

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

The Stability of a Laminated Composite Truncated Conical Shell Under a Dynamic External Pressure <i>Tabakalı Kesik Konik Bir Kabuğun Dinamik Bir Dış Basınç Etkisi Altında Stabilitesi</i> Ali SOFYEV, Orhan AKSOĞAN, Abdullah H. SOFYEV.....	1
Numerical Analysis of the Fully Developed Turbulent Flow in Pipes and Ducts by the Standard K-ε Turbulence Model <i>Boru ve Kanallarda Tam Gelişmiş Türbülanslı Akışın K- ε Modeli ile Nümerik Çözümü</i> Gülhan KAPLAN, Tuncay YILMAZ	15
Investigation of the Hydrodynamic Behaviour of Double Acting Intensifier <i>Çift Etkili Basınç Yükselticinin Hidrodinamik Davranışının İncelenmesi</i> Bilgin YANIKTEPE, Beğül ŞAHİN, Erdem KOÇ	29
Bileşik Deprem Perdelerinin Dinamik Analizi <i>Dynamic Analysis of Coupled Shear Walls</i> Murat BİKÇE, Orhan AKSOĞAN, H. Murat ARSLAN	45
Yapı-Zemin Etkileşim Analizinde Sınır Eleman Yönteminin Kullanılması <i>The Use of Boundary Element Method in Soil-Structure Interaction Analysis</i> Ahmet TANRIKİLLİ, Hüseyin K. YERLİ	73
Su Çarpanı ile Geyik Beton Dayanımına Etkisi <i>Influence of Water-Cement Ratio on the Strength of Concrete</i> Çengiz DEMİR, A.T.S. Yüzbay AKÇAÖZOĞLU, Fatih ÖZCAN	91
Dinamik Bağlılık Başlıklı Deprem Perdelerinin Serbest Titreşim Analizi <i>Free Vibration Analysis of Elastically Connected Coupled Shear Walls</i> Ali Faik AKSOĞAN, Şerif AKAVCI, Ferhat KAYMAKÇI	99

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
DERGİSİ**

Çukurova University, Journal of Faculty of Engineering and Architecture

Sahibi

A.Hamit SERBEST
Çukurova Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dekanı

Editör

Mesut ANIL

YAYIN KURULU

Mesut ANIL Beşir ŞAHİN
Recep YURTAL Hasan ÇETİN
Osman BABAARSLAN

YAZI İNCELEME KURULU (Editorial Board)
(SÜREKLİ)

İ.Deniz AKÇALI (Ç.Ü.)	Nur AKIN (İ.T.Ü.)
Ergin ARIOĞLU (İ.T.Ü.)	Orhan AKSOĞAN (Ç.Ü.)
Ahmet AYHAN (G.Y.T.E.)	Ergüzer BİNGÖL (Ç.Ü.)
A.Feyzi BİNGÖL (F.Ü.)	Baki CANİK (A.Ü.)
Cavit DEMİRKOL (Ç.Ü.)	İlhan ERHAN (M.S.Ü.)
Aziz ERTUNÇ (Ç.Ü.)	Cahit HELVACI (D.E.Ü.)
M.Baki KARAMIŞ (E.Ü.)	Erdal KEREY (İ.Ü.)
Erhan KIRAL (Ç.Ü.)	Salih KIRKGÖZ (Ç.Ü.)
Erdem KOC (Ç.Ü.)	Engin MERİÇ (İ.Ü.)
Güven ONAL (İ.T.Ü.)	İşık ÖZPEKER (İ.T.Ü.)
Kazım PIHTILI (F.Ü.)	Senai SALTÖĞLU (İ.T.Ü.)
Hamit SERBEST (Ç.Ü.)	Vedia TOKER (A.Ü.)
Bedri TUC (G.Ü.)	İbrahim UZMAY (E.Ü.)
Servet YAMAN (Ç.Ü.)	Cengiz YETİŞ (Ç.Ü.)
Yücel YILMAZ (İ.T.Ü.)	Tuncay YILMAZ (Ç.Ü.)

(Bu Sayıda Görüşlerinden Yararlanılan Diğer Hakemler)

S.Seren AKAVCI (Ç.Ü.)	H.Murat ARSLAN (Ç.Ü.)
Orhan BÜYÜKALACA (Ç.Ü.)	Osman Nuri ÇELİK (Selçuk Ü.)
Sonay CEVİK (K.T.Ü.)	İbrahim ÇOPUROĞLU (N.Ü.)
Hakan ERDEM (19 Mayıs Ü.)	Rızvan EROL (Ç.Ü.)
Erkin ERTEN (Ç.Ü.)	Erdoğan GÜLTEKİN (Ç.Ü.)
Murat GÜNAYDIN (İ.Y.T.E.)	Ahmet ÖZEL (Sakarya Ü.)
A.Kamil TANRIKULU (Ç.Ü.)	M.Rifat ULUSOY (Ç.Ü.)
Suphi URAL (Ç.Ü.)	Yasin VAROL (F.Ü.)
Çetin YILMAZ (O.D.T.Ü.)	Oya ZEREN (Mersin Ü.)

YAZISMA ADRESİ

Ç.Ü., Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Dergi ve Yayın Kurulu Başkanlığı
01330 Balcalı / ADANA

Tel : (322) 338 63 57 Fax : (322) 338 61 26

(Bu sayı Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Eğitim-Araştırma ve Güçlendirme Vakfı (ÇUMVAK)-Yayıncılık ve Fuarçılık İktisadi İşletmesi (YA-FU) tarafından yayımlanmıştır).



J

CİLT
VOL

The S

Dyna

Taba

Stabi

Ali S

Num.

by th

Boru

Çöz

Güll

Inve

Çift

Bül

Bile

Dy

Mu

Ya

Th

A

Su

İnj

Ce

El

F

H



ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
DERGİSİ



ÇUKUROVA UNIVERSITY
JOURNAL OF FACULTY OF ENGINEERING AND ARCHITECTURE

CİLT
VOL 15

SAYI
NO 1-2

Haziran / Aralık
June / December 2000

ISSN 1019-1011

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

The Stability of a Laminated Composite Truncated Conical Shell Under a Dynamic External Pressure <i>Tabakalı Kesik Konik Bir Kabuğun Dinamik Bir Dış Basınç Etkisi Altında Stabilitesi</i> Ali SOFUYEV, Orhan AKSOĞAN, Abdullah H. SOFİYEYV.....	1
Numerical Analysis of the Fully Developed Turbulent Flow in Pipes and Ducts by the Standard K-ε Turbulence Model <i>Boru ve Kanallarda Tam Gelişmiş Türbülanslı Akışın K- ε Modeli ile Nümerik Çözümü</i> Gülhan KAPLAN, Tuncay YILMAZ	15
Investigation of the Hydrodynamic Behaviour of Double Acting Intensifier <i>Çift Etkili Basınç Yükselticinin Hidrodinamik Davranışının İncelenmesi</i> Bülent YANIKTEPE, Beşir ŞAHİN, Erdem KOÇ	29
Bileşik Deprem Perdelerinin Dinamik Analizi <i>Dynamic Analysis of Coupled Shear Walls</i> Murat BİKÇE, Orhan AKSOĞAN, H.Murat ARSLAN	45
Yapı-Zemin Etkileşim Analizinde Sınır Eleman Yönteminin Kullanılması <i>The Use of Boundary Element Method in Soil-Structure Interaction Analysis</i> A.Hamza TANRIKULU, Hüseyin R. YERLİ	73
Su-Çimento Oranının Beton Dayanımına Etkisi <i>Influence of Water-Cement Ratio on the Strength of Concrete</i> Cengiz Duran ATIŞ, Kubilay AKÇAÖZOĞLU, Fatih ÖZCAN	91
Elastik Bağlantılı Boşluklu Deprem Perdelerinin Serbest Titreşim Analizi <i>Free Vibration Analysis of Elastically Connected Coupled Shear Walls</i> H. Murat ARSLAN, S.Seren AKAVCI, Ferhat KAYMAKÇI	99

Agrega Tane Boyutu Dağılımının Çimento Miktarına Etkisi <i>Influence of Aggregate Gradation on the Cement Quantity</i> Kubilay AKÇAÖZOĞLU, Cengiz Duran ATİŞ, Fatih ÖZCAN	117
Boşluklu Perde Analizinde Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması <i>Comparison of the Methods Used in the Analysis of the Coupled Shear Walls</i> H.Murat ARSLAN	125
Yapı Üretiminde Toplam Kalite Anlayışının Uygulanabilmesi İçin Yüklenici Organizasyonlarında Gerekli Alt Yapının Oluşturulması <i>A Study for the Application of Total Quality Management in the Contractor Organizations</i> M.Emin ÖCAL, Ergün ŞAHİN	139
Bilgisayar Destekli Tasarım Sistemlerinin Yapı Tasarım ve Üretim Sürecine Etkileri <i>The Effects of Systems of Computer Aided Design to the Design and the Production Process of Structures</i> S.Seren AKAVCI, Yeşim BABA, H.Murat ARSLAN	151
Geleneksel Mersin Evlerinin Biçimsel Özelliklerinin İncelenmesi <i>Form Feature Analysis of Traditional Mersin Houses</i> Erkin ERTEN, S.Seren AKAVCI, Tülin ARSLAN	163
Otokorelasyonlu Verilerde Zaman Serileri Modellemesi Kullanılarak İstatistiksel Kalite Kontrol Şemalarının Hazırlanması <i>Preparing the Statistical Quality Control Charts Using by Time Series Modelling for Autocorrelated Data</i> Funda YILDIRIM, İlker KARTAL	179
Çukurova Bölgesinde Pestisit (Aldicarb) Kirlenmesinin Matematik Modelle Saptanması <i>Determination of Aldicarb Pollution in Çukurova Region Using a Mathematical Model</i> Derya DÖNMEZ, Hayriye İBRİKÇİ	191
İnşaat ve Sanayi Hammaddesi Olarak Kireç ve Önemi <i>Lime as a Building and Industrial Raw Material and Its Importance</i> Mesut ANIL, Özen KILIÇ	201

ÖNS

F

Anc

sebe

süre

etki

E

Fak

sayı

bilg

dah

C

(Ç)

süre

Bas

yaz

bas

teş

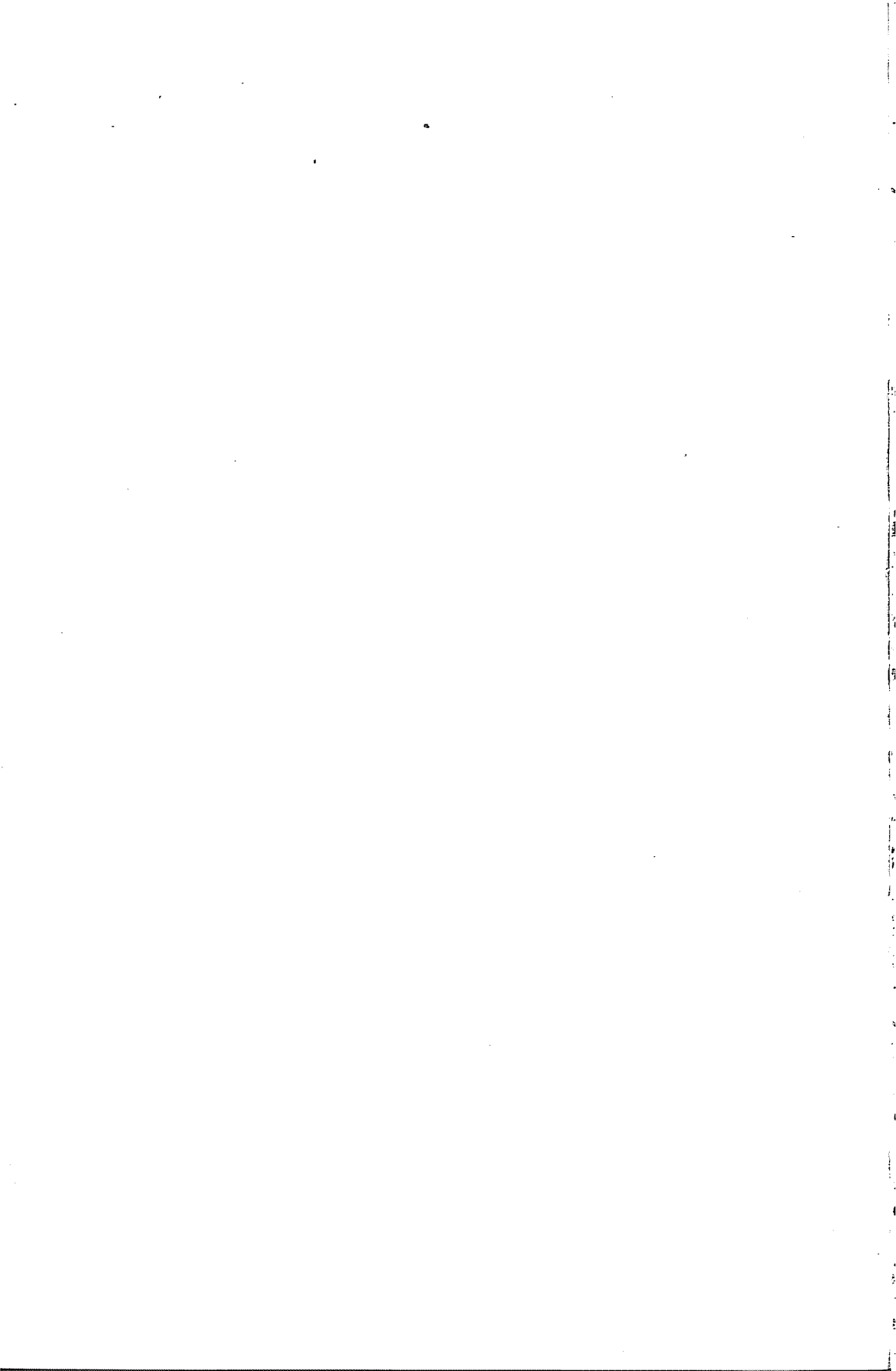
ÖNSÖZ

Fakülte Dergimizin 15.cilt 1-2. sayısını maalesef yine gecikmeyle yayımlayabildik. Ancak 2001 yılına ait 16. cilt de dizilmeye başlanmıştır. Bu gecikmelerin en önemli sebebi maddi imkansızlıklar olup, ülkemizin içinde bulunduğu ve uzun süreden beri süregelen derin ekonomik kriz herkesi, dolayısıyla genç araştırmacıları da büyük ölçüde etkilemektedir.

Bu sayımızda toplam 15 makaleye yer verilmiştir. Bu çalışmaların çoğu Fakültemizdeki bölümlerde gerçekleştirilen master ve doktora tezleriyle ilgilidir. Bu sayıda dergimiz IBM uyumlu bilgisayarda dizilmiştir. Bundan sonra da IBM uyumlu bilgisayarla dizgiye devam edeceğimizden dergi dizimi için zaman kaybı azalacak ve daha kısa sürede baskı gerçekleştirilecektir.

Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Eğitim-Araştırma ve Güçlendirme Vakfı (ÇÜMVAK) – Yayıncılık ve Fuarcılık İktisadi İşletmesi (YA-FU) tarafından bir süreden beri yayınlanan Fakülte Dergimize her türlü desteğini esirgemeyen Vakıf Başkanı ve Fakülte Dekanı Prof.Dr. A.Hamit Serbest'e, dergimize makale veren değerli yazarlarımıza, büyük bir özveriyle derginin dizgisini yapan Filiz Demirkıran'a ve basımını büyük bir titizlikle gerçekleştiren Üniversitemiz Matbaası yetkililerine teşekkür etmeyi görev biliriz.

Yayın Kurulu



THE STABILITY OF A LAMINATED COMPOSITE TRUNCATED CONICAL SHELL UNDER A DYNAMIC EXTERNAL PRESSURE

Ali SOFUYEV

Azerbaijan Republic Gence Pedagogics University,
Kazag Filial Technical Sciences Department, Kazag/Azerbaijan

Orhan AKSOGAN

Department of Civil Engineering, Çukurova University, Adana/Turkey

Abdullah H. SOFIYEV

Department of Civil Engineering, Ondokuz Mayıs University, Samsun/Turkey

ABSTRACT : *The present study considers the dynamic stability of a laminated composite conical shell, subject to a uniform external pressure which is a power function of time. At first, the dynamic stability and compatibility equations of a laminated elastic conical shell, subject to an external pressure, have been obtained. Then, employing Galerkin's method, those equations have been reduced to a system of time dependent differential equations with variable coefficients. Finally, applying a modified form of the method given by Sachenkov and Baktieva [1], the critical dynamic and static loads, the corresponding wave numbers and the dynamic factor have been found analytically. Using those results, the effects of the variations of the number and ordering of the layers and the power of time in the external pressure expression are studied through pertinent computations. It is observed that these factors have appreciable effects on the critical parameters of the problem in the heading.*

TABAKALI KESİK KONİK BİR KABUĞUN DİNAMİK BİR DIŞ BASINÇ ETKİSİ ALTINDA STABİLİTESİ

ÖZET : *Bu makalede tabakalı kesik konik bir kabuğun zamana göre kuvvet fonksiyonu şeklinde değişen üniform dış basınç yükü etkisi altında dinamik stabilitesi incelenmiştir. Önce Donnell tipi dinamik stabilite denklemleri çıkarılmış, sonra temel denklemlere Galerkin yöntemi ve Sachenkov ve Baktieva [1] tarafından sunulan yöntem bazı düzenlemelerle uygulanarak dinamik ve statik kritik yükler, bunlara karşı gelen dalga sayıları ve dinamiklik katsayısı için formüller elde edilmiştir. Son olarak da değişik dizilişli kesik konik kabuklar için tabaka sayısı, tabaka dizilişi ve dış basınç ifadesinde zamanın kuvvetinin değişiminin kritik parametrelere etkileri sayısal olarak incelenmiş ve bu etkilerin önemli düzeyde olduğu anlaşılmıştır.*

1. INTRODUCTION

Recently, engineers are using laminated members made up of materials with different physical properties in structures and machines. The progress in the production of composite materials has had a paramount effect on the wide use of laminated structural members and machine parts. Most materials have laminated structures. Structural members comprising such materials can be considered to be composed of thin layers. The theory of laminated structural members can be considered as an extension of the classical theory of plates and shells. Following the pioneering works of Ambartsumyan [2] and Bolotin [3] to establish the theory of laminated plates and shells, quite a number of papers have been published concerning the vibration and stability of plates and shells. Weingarten [4] studied the vibration modes of laminated cylindrical shells and found out that the results he found analytically agreed with the experimental ones; Bert et al. [5] examined the free vibrations of anisotropic cylindrical shells; Hsu and Wang [6] obtained the governing equations for the free vibration analysis of a laminated orthotropic cylindrical shell considering each layer separately; Jones and Morgan [7] presented numerical results obtained from the exact solution they found for the buckling and vibration of simply supported circular cylindrical shells; Soldatos and Tsivanidis [8] studied the buckling and vibration problems of a cross-ply laminated cylindrical panel subject to axial and external pressures, employing the Kirchhoff-Love hypothesis and a Donnell-type theory. Later, Tylikowski [9] worked on the dynamic stability of cross-ply laminated nonlinear rectangular plates subject to stochastic membrane forces, using Liapunov method; Argento and Scott [10] studied the parametric resonance of laminated anisotropic cylindrical shells subject to static and harmonic axial compressions using the linear shell theory; using different methods Suzuki et al [11], Baruch [12], Korjakin et al [13] and Tong [14] studied the vibrations of circular and noncircular cylindrical and conical shells made of laminated materials, Ng et al [15] examined the dynamic stability of thin, laminated cylindrical shells under combined static and periodic axial forces, using Love's classical theory of thin shells; Wu and Hung [16] developed an asymptotic theory for the bending analysis of laminated circular conical shells by application of the perturbation method.

Until now, the dynamic stability of thin conical shells has not been considered much. The dynamic solution of a stability problem is, generally, thought of as the determination of the dynamic factor for certain loading conditions. The dynamic factor can be found by various methods, depending on how the dynamic load varies and, in special cases, on the loading speed. In this respect, the method given by Sachenkov and Baktieva [1] for the dynamic stability problem under impulsive loads plays an important role in the verifications concerning the stability of thin plates and shells.

The aim of the present study, is to analyse the dynamic stability of laminated truncated conical shells, subject to a uniform external pressure, varying with a power function of time, using the method given by Sachenkov and Baktieva [1].

2. FUNDAMENTAL RELATIONS AND GOVERNING EQUATIONS

Consider a truncated circular conical shell with N layers of equal thickness made of isotropic elastic materials. The total thickness is $2h$. The contact condition between any two consecutive layers is one of perfectly rigid bonding, which ensures that the Kirschoff-Love hypothesis is satisfied for the whole shell, meaning that there is a single displacement and a single strain expressions for the whole plate and the pressures at the surfaces of contact do not need any particular attention. During the deformation there is no loss of contact or slip at the contact surfaces and the material remains in the elastic range.

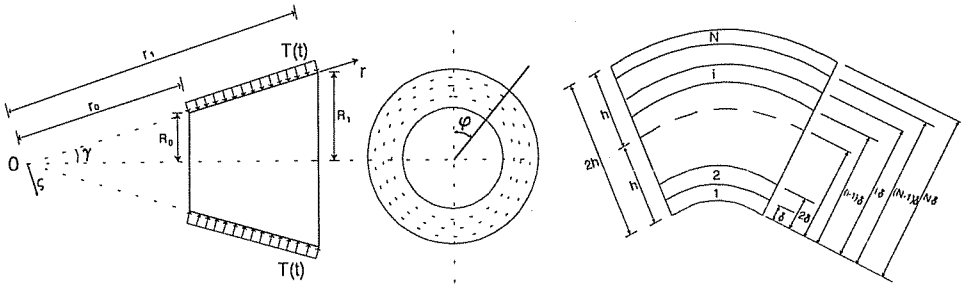


Fig. 1. The geometry and the cross-section of a conical shell with N layers

Let the coordinate system be chosen such that, the origin O is at the vertex of the middle surface of the whole cone and r is measured starting at the origin and increasing on the side of the cone on the middle surface of it, r_0 and r_1 being the coordinates of the points where this axis intersects the small and large bases, respectively. The average radii of the small and large bases are R_0 and R_1 , respectively, and γ is the semi-vertex angle. Furthermore, ζ axis is always normal to the moving r axis, lies in the plane of the r axis and the axis of the cone and points inwards. φ is the angle of rotation around the longitudinal axis starting from a radial plane (Fig. 1). The φ -axis is in the direction perpendicular to the $r - \zeta$ plane (see Fig. 1). The surface representing the middle surface of the shell is found, for even values of n at $\zeta=0$, whereas, for odd values of n , depending on the value of n , either on one or the other side of $\zeta=0$.

For the multi-layered shell described above, the stress-strain relations are as follows:

$$\begin{pmatrix} \sigma_r^{(i+1)} \\ \sigma_\varphi^{(i+1)} \\ \sigma_{r\varphi}^{(i+1)} \end{pmatrix} = \frac{E^{(i+1)}}{1 - [\nu^{(i+1)}]^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu^{(i+1)} & 0 \\ \nu^{(i+1)} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 - \nu^{(i+1)} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \epsilon_r \\ \epsilon_\varphi \\ \epsilon_{r\varphi} \end{pmatrix}, \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (1)$$

where $\sigma_r^{(i+1)}$, $\sigma_\varphi^{(i+1)}$ and $\sigma_{r\varphi}^{(i+1)}$ are the stresses in the layers, $E^{(i+1)}$ are the elasticity moduli of their materials and $\nu^{(i+1)}$ are their Poisson's ratios.

The strains are taken to be linear functions of the thickness coordinate ζ , as in Love's first approximation theory,

$$[\varepsilon_r, \varepsilon_\varphi, \varepsilon_{r\varphi}] = \left[\varepsilon_r^0 - \zeta \frac{\partial^2 w}{\partial r^2}, \varepsilon_\varphi^0 - \zeta \left(\frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \phi^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} \right), \varepsilon_{r\varphi}^0 - \zeta \left(\frac{1}{r} \frac{\partial^2 w}{\partial r \partial \phi} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial w}{\partial \phi} \right) \right] \quad (2)$$

where ε_r^0 and ε_φ^0 are the normal strains in the curvilinear coordinate directions r and θ on the middle surface, respectively, $\varepsilon_{r\varphi}^0$ is the shear strain. In (2) $\phi = \varphi \sin \gamma$ and w is the displacement of the middle surface in the normal direction, positive towards the center of curvature and assumed to be much smaller than the thickness [17,18].

The stress resultants are defined by the following integrals [2,18]:

$$[(N_r, N_\varphi, N_{r\varphi}), (M_r, M_\varphi, M_{r\varphi})] = \sum_{i=0}^{N-1} \int_{-h+i\delta}^{-h+(i+1)\delta} [\sigma_r^{(i+1)}, \sigma_\varphi^{(i+1)}, \sigma_{r\varphi}^{(i+1)}] [1, \zeta] d\zeta \quad (3)$$

where $\delta = 2hN^{-1}$ is the thickness of the layers. The relations between the forces N_r, N_φ and $N_{r\varphi}$ and the stress function ψ are as follows:

$$[N_r, N_\varphi, N_{r\varphi}] = \left[\frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \phi^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial S}, \frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2}, -\frac{1}{r} \frac{\partial^2 \psi}{\partial r \partial \phi} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial \psi}{\partial \phi} \right] \quad (4)$$

Taking the radial inertial forces into consideration, the modified Donnell type stability and compatibility equations of a laminated conical shell are given as follows [17]:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^2 M_r}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial M_r}{\partial r} + \frac{2}{r} \frac{\partial^2 M_{r\varphi}}{\partial r \partial \phi} - \frac{1}{r} \frac{\partial M_\varphi}{\partial r} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial M_{r\varphi}}{\partial \phi} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 M_\varphi}{\partial \phi^2} + \\ & \frac{N_\varphi}{r} \text{ctg } \gamma + N_r^0 \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{N_\varphi^0}{r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial^2 w}{\partial \phi^2} + \frac{\partial w}{\partial r} \right) + 2N_{r\varphi}^0 \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial \phi} \right) = \tilde{\rho} \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\frac{\text{ctg } \gamma}{r} \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} - \frac{2}{r} \frac{\partial^2 \varepsilon_{r\varphi}^0}{\partial r \partial \phi} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial \varepsilon_{r\varphi}^0}{\partial \phi} + \frac{\partial^2 \varepsilon_\varphi^0}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \varepsilon_r^0}{\partial \phi^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \varepsilon_\varphi^0}{\partial r} - \frac{1}{r} \frac{\partial \varepsilon_r^0}{\partial r} = 0 \quad (6)$$

where $\bar{\rho} = \frac{2h}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \rho^{(i+1)}$, $\rho^{(i+1)}$ are the densities of the materials of the layers, N_r^0 , N_ϕ^0 and $N_{r\phi}^0$ are the membrane forces in the fundamental configuration and t is time. The shell is subject to a uniform external pressure varying as a power function of time as follows (Fig. 1):

$$[N_r^0, N_\phi^0, N_{r\phi}^0] = [0, -r(T_1 + T_0 t^q) \operatorname{tg} \gamma, 0] \quad (7)$$

where T_0 is the loading speed, T_1 is the static external pressure and $q \geq 1$ is the power which expresses the time dependence of the external pressure. Substituting expressions (2) in (1), taking (4) into consideration, doing some rearrangements, the moments and strains are found. Substituting the latter quantities together with (4,7) in (5,6), a system of equations is obtained for w and ψ . After applying $s = \ln r / r_1$ transformation to this system of equations and taking derivatives with respect to variables ϕ and r each at a time, it is noted that, the functions involved in them should be steeply increasing with respect to ϕ and varying slowly with respect to r . Taking these properties into consideration, neglecting small terms, multiplying the first equation by $w r_1^2 e^{2s} ds d\phi$ and the second by $\psi r_1^2 e^{2s} ds d\phi$ and applying Galerkin's method [19],

$$\int_0^{2\pi} \int_{-x}^{\sin \gamma} \left[\frac{\theta_6}{r_1^4 e^{4s}} \frac{\partial^4 w}{\partial \phi^4} - \frac{\theta_5}{r_1^4 e^{4s}} \frac{\partial^4 \psi}{\partial \phi^4} - \frac{\operatorname{ctg} \gamma}{r_1^3 e^{3s}} \frac{\partial^2 \psi}{\partial s^2} + \frac{T_1 + T_0 t^q}{r_1 e^s \operatorname{tg} \gamma} \frac{\partial^2 w}{\partial \phi^2} + \bar{\rho} \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \right] w r_1^2 e^{2s} ds d\phi = 0 \quad (8)$$

$$\int_0^{2\pi} \int_{-x}^{\sin \gamma} \left[\frac{\theta_1}{r_1^4 e^{4r}} \frac{\partial^4 \psi}{\partial \phi^4} - \frac{\theta_4}{r_1^4 e^{4s}} \frac{\partial^4 w}{\partial \phi^4} + \frac{\operatorname{ctg} \gamma}{r_1^3 e^{3s}} \frac{\partial^2 w}{\partial s^2} \right] \psi r_1^2 e^{2s} ds d\phi = 0 \quad (9)$$

The coefficients θ_j , ($j = 1, 2, \dots, 6$) are given explicitly in the Appendix.

3. THE SOLUTION OF THE EQUATIONS

The bases of the cone being simply supported along their circumferences, the solution of (8-9) which satisfies edge conditions is in the following form:

$$w = \xi(t) e^{\alpha s} \sin m s \cos k \phi, \quad \psi = \zeta(t) r_1 e^{(\alpha+1)s} \sin m s \cos k \phi \quad (10)$$

where $\xi(t)$ and $\zeta(t)$ are time dependent amplitudes, $m = \pi / x$, $k = n / \sin \gamma$ in which n is the wave number in the circumferential direction. For a truncated cone the parameter α varies with the geometric parameter x as follows [20]

$$\left\{ \begin{array}{l} x < 2.7 \quad \text{when } \alpha = 1.2, \\ 2.7 \leq x \leq 3.5 \quad \text{when } \alpha = 1.6, \quad \text{and} \\ x > 2.7 \quad \text{when } \alpha = 2.0. \end{array} \right. \quad (11)$$

Substituting expressions (10) in (8) and (9), integrating them and eliminating $\zeta(t)$ the following differential equation is obtained:

$$\xi_{,\tau\tau}(\tau) + \tilde{\rho}^{-1} t_{kr}^{-2} t_{kr}^2 \left[\theta_0 \theta_1^{-1} t_{kr}^{-2} \delta_{-1} k^4 + \mu \delta_0 \theta_1^{-1} \text{ctg}^2 \gamma k^{-4} - (T_1 + T_0 \tau^q t_{kr}^q) \delta_{1/2} t_1 \text{tg} \gamma k^2 \right] \xi(\tau) = 0 \quad (12)$$

in which $t = t_{kr} \tau$, t_{kr} being the critical time and τ being the dimensionless time parameter such that $0 \leq \tau \leq 1$. In (12) the following definitions apply:

$$\theta_0 = \theta_1 \theta_6 - \theta_5 \theta_4 \quad (13)$$

$$\mu = (m^2 + \alpha^2)^2 \quad (14)$$

$$\delta_\beta = \frac{[1 - e^{-2(\alpha+\beta)x}][m^2 + (\alpha+1)^2](\alpha+1)}{[1 - e^{-2(\alpha+1)x}][m^2 + (\alpha+\beta)^2](\alpha+\beta)}, \quad \beta = -1, 0, 1/2 \quad (15)$$

The approximating function will be chosen for the first approximation as

$$\xi(\tau) = Ae^{p\tau} \tau [(p+2)(p+1)^{-1} - \tau] \quad (16)$$

satisfying the initial conditions $\xi(0)=0$ and $\xi'_\tau(1)=0$. Here, p is an unknown coefficient. Applying the method of [1] on (12), i.e. multiplying it by $\xi'(\tau)$ and integrating it with respect to τ , from 0 to τ and from 0 to 1, in that order, the following characteristic equation is obtained:

$$T_0 t_{kr}^q = \omega_0 [t_1^{-3} \delta_{1/2} \theta_1^{-1} \theta_0 \delta_{-1} \text{ctg} \gamma k^2 + t_1^{-1} \delta_{1/2} \theta_1^{-1} \mu \delta_0 \text{ctg}^3 \gamma k^{-6} - T_1] + \omega_1 \tilde{\rho} t_1 t_{kr}^{-2} \delta_{1/2} \text{ctg} \gamma k^{-2} \quad (17)$$

where the following definitions apply:

$$\omega_0 = \frac{\int_0^1 [\xi(\tau)]^2 d\tau}{2 \int_0^1 \int_0^\tau \eta^q \xi'_\eta(\eta) \xi(\eta) d\eta d\tau}, \quad \omega_1 = \frac{\int_0^1 [\xi'_\tau(\tau)]^2 d\tau}{2 \int_0^1 \int_0^\tau \eta^q \xi'_\eta(\eta) \xi(\eta) d\eta d\tau} \quad (18)$$

Minimizing $(T_0 t_{kr}^q)$ with respect to k^2 using the result in (17), after some mathematical operations, the following expression is found for the minimum critical load:

$$T_0 t_{kr}^q = \omega_0 \left[2r_1^{-3} \delta_{1/2}^{-1} \theta_1^{-1} \theta_0 \delta_{-1} \text{ctg} \gamma k^2 - 2r_1^{-1} \delta_{1/2}^{-1} \theta_1^{-1} \mu \delta_0 \text{ctg}^3 \gamma k^{-6} - T_1 \right] \quad (19)$$

For $T_1 = 0$ and $T_0 \geq 200 \text{ MPa/s}$, eliminating t_{kr} from (17) and (19), solving the resulting equation for the wave parameter k and taking the relation $k = n/\sin \gamma$ into consideration, one finds [21],

$$n_d^2 = \left[\mu r_1^2 \delta_0 \theta_0^{-1} \delta_{-1}^{-1} \lambda^{2q/(1+q)} \text{ctg}^2 \gamma \right]^{1/4} \sin^2 \gamma \quad (20)$$

where, n_d is the wave number corresponding to the dynamic critical load and the following definition applies:

$$\lambda = \omega_1 \bar{p} (0.5 T_0 \delta_{1/2})^{2/q} r_1^{(3q+5)/q} \theta_1^{(2+q)/q} \omega_0^{-(2+q)/q} (\mu \delta_0)^{-(1+q)/(2q)} (\theta_0 \delta_{-1} \text{ctg}^2 \gamma)^{-(3+q)/(2q)} \quad (21)$$

Substituting (20) in (19), the dynamic critical load is found as

$$T_{kr}^d = T_0 t_{kr}^q = 2 \omega_0 \delta_{1/2}^{-1} \theta_1^{-1} \left[\mu \delta_0 \theta_0^3 \delta_{-1}^{-1} r_1^{-10} \lambda^{2q/(1+q)} \text{ctg}^6 \gamma \right]^{1/4} \quad (22)$$

The coefficient p for which this dynamic critical load takes its minimum value is found as the ordinate of the minimum point of (T_{kr}^d, p) parabola and for external pressures given as a power function of time, it can be shown by numerical computations that it corresponds to $p = q + 1$. For the static case ($t_{kr} \rightarrow \infty$, $T_0 \rightarrow 0$) the wave number corresponding to the critical load is found as

$$n_{st}^2 = \left[3\mu \delta_0 r_1^2 \theta_0^{-1} \delta_{-1}^{-1} \text{ctg}^2 \gamma \right]^{1/4} \sin^2 \gamma \quad (23)$$

Substituting (23) in (19) and replacing $T_0 t_{kr}^q / \omega_0$ by T_{kr}^{st} , the static critical load is found as

$$T_{kr}^{st} = 1.7548 \delta_{1/2}^{-1} \theta_1^{-1} \left[\mu \delta_0 r_1^{-10} \theta_0^3 \delta_{-1}^{-1} \text{ctg}^6 \gamma \right]^{1/4} \quad (24)$$

and the dynamic factor as

$$K_d = T_{kr}^d / T_{kr}^{st} = 1.1398 \lambda^{0.5q/(1+q)} \quad (25)$$

4. NUMERICAL COMPUTATIONS AND RESULTS

A computer program has been used to compute numerical values from the formulas obtained. Computations have been carried out for the case where the material properties for the first layer are $E^{(1)} = 2 \times 10^5$ MPa, $\nu^{(1)} = 0.3$, $\rho^{(1)} = 7.8 \times 10^2$ kg s²/m⁴ and those for the second one are $E^{(2)} = 7.75 \times 10^4$ MPa, $\nu^{(2)} = 0.3$, $\rho^{(2)} = 3.1 \times 10^2$ kg s²/m⁴, the shell parameters are $R_1 = 8 \times 10^{-2}$ m, $R_0 = 2.25 \times 10^{-2}$ m, $h = 2.5 \times 10^{-4}$ m and the loading speed is $T_0 = 650$ MPa/s [19]. The results found are presented in the form of tables.

Table 1 shows the values of the dynamic critical load corresponding to particular values of the semi-vertex angle, the number of layers and their ordering. It is observed from this table that, as the vertex angle of the conical shell increases, the dynamic critical load decreases. Furthermore, as the number of layers increases, for even number of layers and odd number of layers (2/1/2/...) the dynamic critical load increases, whereas, for odd number of layers (1/2/1/...) it decreases. Consequently, as the number of layers increases beyond 19, independent of the order of layers, the dynamic critical loads do not vary appreciably. An increase in the number of layers does not necessarily increase the dynamic critical load continuously.

Table 1. Variation of the dynamic critical load with γ . ($T = T_0 t$)

γ	T_{cr}^d (MPa)							
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
(1)	0.5291	0.5169	0.4962	0.4667	0.4275	0.3770	0.3118	0.2222
(2)	0.3315	0.3238	0.3108	0.2923	0.2678	0.2362	0.1953	0.1392
(1/2) and (2/1)	0.4244	0.4146	0.3980	0.3743	0.3429	0.3024	0.2501	0.1782
(1/2/1)	0.4974	0.4859	0.4665	0.4387	0.4019	0.3544	0.2931	0.2087
(2/1/2)	0.3724	0.3638	0.3492	0.3285	0.3009	0.2654	0.2195	0.1564
(1/2/1/2) and (2/1/2/1)	0.4374	0.4273	0.4102	0.3858	0.3534	0.3117	0.2578	0.1837
(1/2/1/2/1)	0.4773	0.4663	0.4476	0.4210	0.3856	0.3401	0.2813	0.2004
(2/1/2/1/2)	0.4007	0.3914	0.3757	0.3534	0.3237	0.2855	0.2361	0.1682
19 (1/2/1/...)	0.4515	0.4411	0.4234	0.3982	0.3648	0.3217	0.2661	0.1896
19 (2/1/1/...)	0.4311	0.4211	0.4043	0.3802	0.3484	0.3072	0.2541	0.1810
20 (1/2/1/...)	0.4413	0.4311	0.4139	0.3893	0.3566	0.3145	0.2601	0.1853

Table 2 shows the values of the dynamic factor corresponding to particular values of the semi-vertex angle, the number of layers and the ordering of the layers. It is observed that the dynamic factor decreases for $10^\circ \leq \gamma \leq 45^\circ$ but increases for $45^\circ < \gamma \leq 80^\circ$. The dynamic factor decreases as the number of layers increases if there are even number of layers or odd number of layers (2/1/2/...), whereas, if there are odd number of layers (1/2/1/...) it increases with an increase in the number of layers. However, beyond 19 the

dynamic factor does not change appreciably with further increase, independent of the ordering of layers. Consequently, an increase in the number of layers does not necessarily decrease the dynamic critical load continuously.

Table 2. Variation of the dynamic factor with γ . ($T = T_0 t$)

γ	K_d							
	10^0	20^0	30^0	40^0	50^0	60^0	70^0	80^0
(1)	1.6595	0.8830	0.6554	0.5763	0.5763	0.6554	0.8830	1.6595
(2)	2.6828	1.4275	1.0695	0.9317	0.9317	1.0695	1.4275	2.6828
(1/2) and (2/1)	2.1600	1.1493	0.8531	0.7502	0.7502	0.8531	1.1493	2.1600
(1/2/1)	1.6804	0.8941	0.6636	0.5836	0.5836	0.6636	0.8941	1.6804
(2/1/2)	2.5983	1.3825	1.0261	0.9024	0.9024	1.0261	1.3825	2.5983
(1/2/1/2) and (2/1/2/1)	2.0334	1.0820	0.8031	0.7062	0.7062	0.8031	1.0820	2.0334
(1/2/1/2/1)	1.7788	0.9465	0.7025	0.6178	0.6178	0.7025	0.9465	1.7788
(2/1/2/1/2)	2.3181	1.2334	0.9155	0.8051	0.8051	0.9155	1.2334	2.3181
19 (1/2/...)	1.9297	1.0268	0.7621	0.6702	0.6702	0.7621	1.0268	1.9297
19 (2/1/...)	2.0695	1.1012	0.8173	0.7187	0.7187	0.8173	1.1012	2.0695
20 (1/2/...)	1.9974	1.0628	0.7888	0.6937	0.6937	0.7888	1.0628	1.9974

Figure 2 shows the values of the critical dynamic loads and the dynamic factors for truncated conical shells, corresponding to particular values of the number of layers, their ordering and the variation of the power of time in the external pressure expression, for cases up to four layers. In shells with even number of layers, the critical parameters do not change whether the outermost layer is made of material 1 or 2. Whatever the number of layers, as the power of time in the external pressure expression increases, the values of the dynamic critical load and the dynamic factor decrease. Furthermore, as the number and ordering of the layers are changed, quite a difference is observed in the critical parameters compared to the case of one layer.

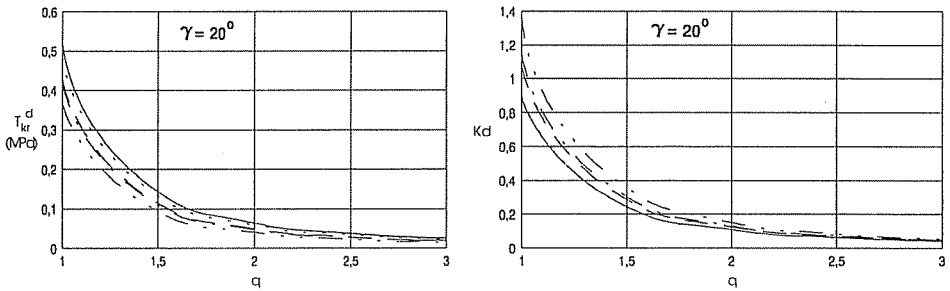


Fig. 2. Variations of dynamic critical loads and dynamic factors with q .
 —, (1); , (1/2/1); - - -, (1/2/1/2) and (2/1/2/1); - · - ·, (1/2) and (2/1); - - - - , (2/1/2).

The truncated conical shell used in the experimental study of Sachenkov and Klementev [19] having a single layer, for a comparison of the numerical results of the present work with those experimental ones, all of the layers were taken to be made of the same material, i.e. $E^{(i+1)} = 2.11 \times 10^5$ MPa, $\nu^{(i+1)} = 0.3$, $\rho^{(i+1)} = 8 \times 10^2$ kg s² / m⁴. Furthermore, the shell parameters in their experiments were $2h = 1.3 \times 10^{-4}$ m, $R_1 = 8 \times 10^{-2}$ m and $R_0 = 2.25 \times 10^{-2}$ m. The power of time in the external pressure expression being taken as $q = 1$ the loading speed they used was $T_0 = 225$ MPa/s. Irrespective of the differences in the analytical approach, there was a fair agreement between the results of the present work and the theoretical-experimental and purely experimental results of [19] (see Tablo 3).

Table 3. Comparison of critical parameters with those of Sachenkov and Klementev [19]*

γ	Exper.-Theor. [19]*			Exper. [19]*			Present study		
	T_{cr}^{st} (MPa)	T_{cr}^d (MPa)	K_d	T_{cr}^{st} (MPa)	T_{cr}^d (MPa)	K_d	T_{cr}^{st} (MPa)	T_{cr}^d (MPa)	K_d
20°	0.0208	0.0837	4.0240	0.0200	0.0575	2.8800	0.0213	0.0805	3.7886
30°	0.0269	0.0720	2.6766	0.0270	0.0726	2.6900	0.0275	0.0773	2.8120
40°	0.0288	0.0699	2.4271	0.0300	0.0810	2.7000	0.0294	0.0727	2.4728

5. CONCLUSIONS

The dynamic stability of a laminated truncated conical shell is studied under the effect of a uniform external pressure which is a power function of time and general formulas are obtained for the critical parameters. The computations carried out have shown that, it is possible to increase and decrease the values of the critical parameters for a multi-layered shell by changing the number of layers and their ordering. Furthermore, it has also been concluded that, the critical parameters are substantially affected by the semi-vertex angle and the power of time in the external pressure expression.

The analytical results found in the present study can be used to determine the critical parameters pertaining to the dynamic stability problems of multi-layered truncated conical shells very easily in a straightforward manner.

6. NOMENCLATURE

$E^{(i+1)}$	Elasticity moduli of the homogeneous materials in the layers
$2h$	Thickness of the shell
K_d	Dynamic factor
k	$= n / \sin \gamma$
$M_r, M_\varphi, M_{r\varphi}$	Internal moments per unit length of the cross-section of the shell

*THE STABILITY OF A LAMINATED COMPOSITE TRUNCATED
CONICAL SHELL UNDER A DYNAMIC EXTERNAL PRESSURE*

$N_r, N_\varphi, N_{r\varphi}$	Internal forces per unit length of the cross-section of the shell
$N_r^0, N_\varphi^0, N_{r\varphi}^0$	Membrane forces prior to buckling
N	Number of layers
n	Wave number in the circumferential direction
n_{st}	Wave number corresponding to the static critical load
n_d	Wave number corresponding to the dynamic critical load
q	Power of time in the external pressure expression
R_0, R_1	Average radii of the small and large bases of the conical shell
r	The coordinate axis through the vertex on the curvilinear middle surface
r_0, r_1	The inclined distances of the bases of the cone from the vertex
s	$= \ln r / r_1$
T_{cr}^{st}	Static critical load
T_{cr}^d	Dynamic critical load
T_0	Loading speed
T_1	Static external pressure
t	Time
t_{cr}	Critical time
w	Displacement of the middle surface in the inwards normal direction ζ
x	$= \ln r_1 / r_0$
α	A parameter that depends on the geometry of shell, defined in Eqs.(11)
δ_β	coefficients defined in Eqs.(15)
$\varepsilon_r, \varepsilon_\varphi, \varepsilon_{r\varphi}$	Strains in the curvilinear coordinate directions
$\varepsilon_r^0, \varepsilon_\varphi^0, \varepsilon_{r\varphi}^0$	Strain components on the middle surface of the conical shell
ϕ	$= \phi \sin \gamma$
$Or\varphi\zeta$	Curvilinear coordinate system on the middle surface
φ	The angle of rotation around the directrix starting from a radial plane
μ	coefficients defined in Eqs. (14)
γ	Semi-vertex angle of the cone
$\nu^{(i+1)}$	Poisson's ratios of the homogeneous materials in the layers
θ_0	coefficients defined in Eqs.(13)
$\theta_1, \dots, \theta_6$	coefficients defined in Eqs.(A1)
$\rho^{(i+1)}$	Density of the homogeneous materials in the layers

τ	Dimensionless time parameter
$\sigma_r, \sigma_\varphi, \sigma_{r\varphi}$	Stress components
$\xi(t), \zeta(t)$	Time dependent amplitudes
ψ	Stress Function
ς	The coordinate axis in the inwards normal direction of the middle surface

7. APPENDIX

$$\theta_1 = a_{11}^0 L^{-1}, \quad \theta_2 = -a_{12}^0 L^{-1}, \quad \theta_3 = (a_{12}^0 a_{12}^1 - a_{11}^0 a_{11}^1) L^{-1}, \quad \theta_4 = (a_{12}^0 a_{11}^1 - a_{12}^1 a_{11}^0) L^{-1},$$

$$\theta_5 = a_{12}^1 \theta_1 + a_{11}^1 \theta_2, \quad \theta_6 = a_{12}^1 \theta_4 + a_{11}^1 \theta_3 + a_{11}^2, \quad L = (a_{11}^0)^2 - (a_{12}^0)^2,$$

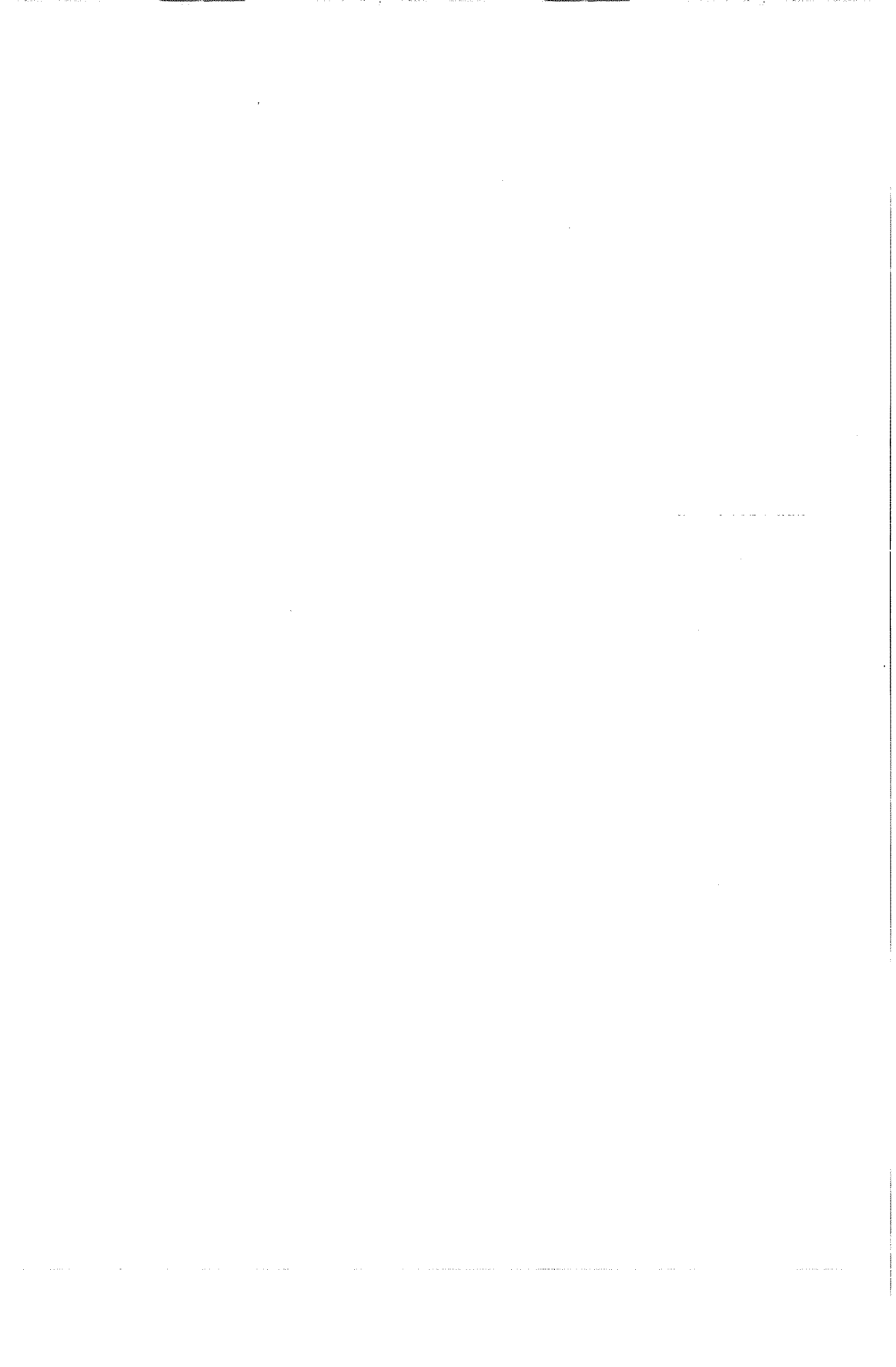
$$a_{11}^j = h^{j+1} \sum_{i=0}^{N-1} \frac{E^{(i+1)} \bar{h}^{(i)}}{1 - [v^{(i+1)}]^2}, \quad a_{12}^j = h^{j+1} \sum_{i=0}^{N-1} \frac{v^{(i+1)} E^{(i+1)} \bar{h}^{(i)}}{1 - [v^{(i+1)}]^2},$$

$$\bar{h}^{(j)} = (-1 + 2(i+1)/N)^{j+1} - (-1 + 2i/N)^{j+1}, \quad j = 0, 1, 2.$$

8. REFERENCES

1. Sachenkov, A.V. and Baktieva, L.U., "Approach to The Solution of Dynamic Stability Problems of Thin Shells", *Studies in the Theory of Plates and Shells*, Kazan State University, 13, 137-152, (in Russian), 1978.
2. Ambartsumyan, S.A., "On General Theory of Anisotropic Shells", *Journal of Applied Mathematics and Mechanics (Translation of Prikladnaia Matematika and Mekanika)* 22, 2, 226-237, 1958.
3. Bolotin, V.V., "Vibration of Layered Elastic Plates", *Proceedings of Vibration Problems*, 4, 4, 331-346, 1963.
4. Weingarten, V.I., "Free Vibration of Multi-Layered Cylindrical Shells", *Experimental Mechanics*, 4, 200-205, 1964.
5. Bert, C.W., Baker, J.L. and Egle, D.L., "Free Vibration of Multi-Layer Anisotropic Cylindrical Shells", *Journal of Composite Materials*, 3, 480-500, 1969.
6. Hsu, T. and Wang, J.T., "Rotationally Symmetric Vibrations of Orthotropic Layered Cylindrical Shells", *Journal of Sound and Vibration*, 16, 473-487, 1971.
7. Jones, R.M. and Morgan, H.S., "Buckling and Vibration of Cross-Ply Laminated Circular Cylindrical Shells", *American Institute of Aeronautics and Astronauts Journal*, 13, 5, 664-671, 1975.
8. Soldatos, K.P. and Tzivanidis, G.J., "Buckling and Vibration of Cross-Ply Laminated Circular Cylindrical Panels", *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 33, 230-240, 1982.
9. Tylikowski, A., "Dynamic Stability of Nonlinear Antisymmetrically-Laminated Cross-Ply Rectangular Plates", *Transactions of the ASME Journal of Applied Mechanics*, 56, 375-381, 1989.

10. Argento, A. and Scott, R.A., "Dynamic Instability of Layered Anisotropic Circular Cylindrical Shells", Part I: Theoretical Development, *Journal of Sound and Vibration*, 162, 2, 311-322, 1993.
11. Suzuki, K., Shikanai, G. and Leissa, A.W., "Free Vibrations of Laminated Composite Noncircular Thin Cylindrical Shells", *Transactions of the ASME, Journal of Applied Mechanics*, 61, 4, 861-971, 1994.
12. Baruch, M., "Vibration and Damping Analysis of Multi-Layered Conical Shells", *Composite Structures*, 35, 2, 245-245, 1996.
13. Korjakin, A., Rikards, R., Chate, A. et al., "Analysis of Free Damped Vibrations of Laminated Composite Conical Shells", *Composite Structures*, 41, 1, 39-47, 1998.
14. Tong, L., "Free Vibration of Axially Loaded Laminated Conical Shells", *Transactions of the ASME, Journal of Applied Mechanics*, 66, 3, 758-763, 1999.
15. Ng, T.Y., Lam, K.Y. and Reddy, J.N., "Dynamic Stability of Cross-Ply Laminated Composite Cylindrical Shells", *International Journal of Mechanical Sciences*, 40, 8, 805-823, 1998.
16. Wu, C.P. and Hung, Y.C., "Asymptotic Theory of Laminated Circular Conical Shells", *International Journal of Engineering Science*, 37, 977-1005, 1999.
17. Wolmir, A.S., "The Stability of Deformable Systems", Nauka, Moscow, (in Russian) 1967.
18. Jones, R.M., "Mechanics of Composite Materials", McGraw-Hill, New York, 1975.
19. Sachenkov, A.V. and Klementev, G.G., "Research of The Stability Of Conical Shells By Theoretical-Experimental Method Under Impulsive Load", *Studies in the Theory of Plates and Shells*, Kazan State University, 15, 115-125, (in Russian) 1980.
20. Sachenkov, A.V. and Agenesov, L.G., "The Stability and Vibration of Circular Conical and Cylindrical Shells at Different Boundary Conditions", *Studies in the Theory of Plates and Shells*, Kazan State University, 2, 111-126, (in Russian) 1964.
21. Aksogan, O. and Sofiyev, A.H., "The Dynamic Stability of a Laminated Non-Homogeneous Orthotropic Elastic Cylindrical Shell Under a Time Dependent External Pressure", *International Conference on Modern Practice in Stress and Vibration Analysis*, 349-360, Nottingham, United Kingdom, 2000.



NUMERICAL ANALYSIS OF THE FULLY DEVELOPED TURBULENT FLOW IN PIPES AND DUCTS BY THE STANDARD K- ϵ TURBULENCE MODEL

Gülhan KAPLAN ve Tuncay YILMAZ

Ç.Ü., Makina Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ABSTRACT: *In this study, numerical results are obtained for incompressible fully developed turbulent flow both in pipes and channels with the standard k- ϵ turbulence model. One-dimensional Navier-Stokes equation is nondimensionalized according to the k- ϵ turbulence model before the solution. The k- ϵ solution was obtained using finite difference implicit method. Solution uses an iterative process to converge the solutions of velocity u , turbulence kinematic viscosity ν_T , turbulent kinetic energy k , and turbulent dissipation rate ϵ . Then, velocity profiles, friction coefficients and turbulent kinematic viscosity are obtained and compared with the available data in the literature.*

BORU VE KANALLARDA TAM GELİŞMİŞ TÜRBÜLANSLI AKIŞIN K- ϵ MODELİ İLE NÜMERİK ÇÖZÜMÜ

ÖZET: *Bu çalışmada, boru ve kanalda tam gelişmiş türbülanslı akışın k- ϵ modeli ile nümerik çözümü elde edilmiştir. Öncelikle tek boyutlu Navier Stokes denklemi k- ϵ türbülans modeline göre boyutsuzlaştırılmış olup, elde edilen denklemin çözümü sonlu farklar metoduna göre yapılmıştır. Sonuç olarak ortalama hız, türbülans vizkositesi ve sürtünme katsayısı literatürdeki değerlerle karşılaştırılmıştır.*

1. INTRODUCTION

Turbulent flow motion is always three-dimensional, unsteady, rotational and, most important, irregular. The irregularity of turbulent motion is due to the non-linear nature of the Navier-Stokes equations when the Reynolds number is beyond the critical value. Thus, contrary to laminar flow, which is regular and deterministic, turbulent flow is stochastic and chaotic. Complex turbulent flows exist in many circumstances in our natural environment, as well as in human-made, industrial environments. Although the Navier-Stokes equations can properly describe the details of the turbulent motions, it is too costly and often time consuming for engineers to solve such complex and detailed equations. Instead, averaged Navier-Stokes equations are often sufficient and practical to describe the turbulent motions in engineering problems. However, in taking an average of the Navier-Stokes equations for turbulent flow that is three dimensional, unsteady, random, irregular, and rotational, detailed information about fluid motion is lost. In order to recover the information lost during the averaging process, a turbulence model must be introduced. However, no such unified turbulence model is available at the present time, although some prediction capability has been achieved. The development of a turbulence model is still not completed.

Turbulent flow is the most important flow pattern in industrial application. Turbulent pipe and channel flow have wide application in the field of engineering. For the numerical calculation of the flow one needs turbulent models. Using these theories it is possible to get velocity profiles and pressure loss in various channels. With velocity profiles one can calculate different heat and mass transfer problems. With these calculations one is able to obtain optimal solution for the design of heat and mass exchangers. The ability to predict the detailed nature of the behaviour of developing turbulent flow in various channels lead to the improved design of engineering equipment. In practice, turbulent flow is mostly encountered in: transportation of various liquids and gases in long pipes, heat exchangers, coolant passages of electrical generators, combustion chamber systems and air conditioning and heating systems.

The objective of the study is to obtain numerical prediction for incompressible fully developed turbulent flow both in pipes and channels with the standard k - ϵ turbulence model (1). One-dimensional Navier-Stokes equation according to the k - ϵ turbulence model is nondimensionalized before the solution.

2. PREVIOUS STUDIES

The origin of time-averaged Navier-Stokes equation dates back to the end of the nineteenth century when Reynolds (2) published result of his research on turbulence.

Boussinesq (3) introduced the concept of eddy viscosity. As with Reynolds, Boussinesq has been immortalized in turbulence literature.

Prandtl (4) introduced the mixing length and a straightforward prescription for computing the eddy viscosity in terms of the mixing length. The mixing length hypothesis, closely related to the eddy-viscosity concept. Important early contributions were made by several researchers, most notably by Von Karman (5).

Kolmogorov (6) introduced the first complete model of turbulence. In addition to having a modeled equation for k , he introduced a second parameter ω that he referred to as "the rate of dissipation of energy in unit volume and time".

Rotta (7) laid the foundation for turbulence models that obviate use of the Boussinesq approximation. He devised a plausible model for the differential equation governing evolution of the tensor that represents the turbulent stresses, i.e., the Reynolds-stress tensor.

Thus, by the early 1950's, four main categories of turbulence models had evolved.

1. *Algebraic Models.* Van Driest (8) devised a viscous damping correction for the mixing length model. Cebeci and Smith (9) refined the eddy-viscosity/mixing-length model to a point that it can be used with great confidence for most attached boundary layers. To remove some of the difficulties in defining the turbulence length scale from the shear-layer thickness, Baldwin and Lomax (10) have proposed an alternative algebraic model.

2. *One Equation Models.* The most successful model of this type was formulated by Bradshaw, Ferriss and Atwell (11). Baldwin and Barth (12), Goldberg (13) and Spalart and Allmaras (14) show that such equations can be solved numerically.

3. *Two Equation Models.* The most extensive work on two equation models has been done by Launder and Spalding (1). Even the model's demonstrable inadequacy for flows with adverse pressure gradient (Rodi and Scheuerer (15) and Wilcox (16)) has done little to discourage its widespread use. With no prior knowledge of Kolmogorov's work, Saffman (17) formulated a k- ω model that enjoys advantages over the k- ϵ model, especially for integrating through the viscous sub layer and for predicting effects of adverse pressure gradient. As pointed out by Lakshminarayana (18), k- ω models are the second most widely used type of two-equation turbulence model.

4. *Second Order Closure Models.* By the 1970's, sufficient computer resources became available to permit serious development of this class of model. The most noteworthy efforts were those of Donaldson (19), Daly and Harlow (20) and Launder (21), Lumney (22), Speziale (23) have added mathematical rigor to the closure process.

The purpose of this work is to apply finite difference method to developed flow for turbulent in tubes and channels and compare the results with the known results.

3. GOVERNING EQUATIONS

The equations of motion for one-dimensional turbulent flow at high Reynolds number in Cartesian coordinates are:

$$\frac{dp}{dx} = \frac{d}{dy} \left(\eta_c \frac{du}{dy} \right) \quad (1)$$

Values of k and ϵ are obtained from the solution of below equations according to the k- ϵ model (1).

$$\rho \cdot \epsilon = \frac{d}{dy} \left(\frac{\eta_c}{\sigma_k} \cdot \frac{dk}{dy} \right) + \eta_r \left(\frac{du}{dy} \right)^2 \quad (2)$$

$$C_2 \cdot \rho \cdot \frac{\varepsilon^2}{k} = \frac{d}{dy} \left(\frac{\eta_e}{\sigma_e} \cdot \frac{d\varepsilon}{dy} \right) + C_1 \cdot \eta_T \cdot \frac{\varepsilon}{k} \left(\frac{du}{dy} \right)^2 \quad (3)$$

As shown in Figure 1, fluid enters into the channel with a uniform velocity. Let d be the reference length. If above equations are nondimensionalized, we arrive at the following equations:

Dimensional arguments lead to the following relation for the eddy viscosity;

$$\eta_T = \rho \cdot C_\mu \cdot \frac{k^2}{\varepsilon}$$

The effective viscosity is:

$$\eta_e = \eta + \eta_T$$

The kinematic viscosity is:

$$v_T = C_\mu \cdot \frac{k^2}{\varepsilon}$$

$$p^* = \frac{p - p_a}{\rho \bar{u}^2}$$

$$x^* = x / (L_{ref})$$

$$y^* = y / (L_{ref})$$

$$v_c^* = \frac{v_c}{d \bar{u}}$$

$$v_c^* = 1 / Re + v_T^*$$

$$v_T^* = C_\mu \cdot \frac{k^{*2}}{\varepsilon^*}$$

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon L_{ref}}{\bar{u}^3}$$

$$k^* = \frac{k}{\bar{u}^2}$$

$$\frac{dp^*}{dx^*} = \frac{d}{dy^*} \left(v_c^* \frac{du^*}{dy^*} \right) \quad (4)$$

$$\epsilon^* = \frac{d}{dy^*} \left(\frac{v_c^*}{\sigma_k} \cdot \frac{dk^*}{dy^*} \right) + v_T^* \left(\frac{du^*}{dy^*} \right)^2 \quad (5)$$

$$C_2 \cdot \frac{\epsilon^{*2}}{k^*} = \frac{d}{dy^*} \left(\frac{v_c^*}{\sigma_\epsilon} \cdot \frac{d\epsilon^*}{dy^*} \right) + C_1 \cdot v_T^* \cdot \frac{\epsilon^*}{k^*} \left(\frac{du^*}{dy^*} \right)^2 \quad (6)$$

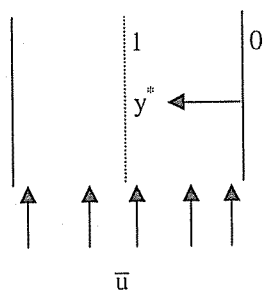


Figure 1. Boundary conditions for channel flow

$$y^* = 1: \frac{du^*}{dy^*} = \frac{d\epsilon^*}{dy^*} = \frac{dk^*}{dy^*} = 0$$

$$y^* = 0: u^* = \epsilon^* = k^* = v_T^* = 0$$

The equations of motion for one-dimensional turbulent flow at high Reynolds number in cylindrical coordinates are:

$$\frac{dp^*}{dx^*} = \frac{1}{r^*} \frac{d}{dr^*} \left(r^* v_e^* \frac{du^*}{dr^*} \right) \quad (7)$$

$$\epsilon^* = \frac{1}{r^*} \frac{d}{dr^*} \left(r^* \frac{v_c^*}{\sigma_k} \cdot \frac{dk^*}{dr^*} \right) + v_T^* \left(\frac{du^*}{dr^*} \right)^2 \quad (8)$$

$$C_2 \cdot \frac{\varepsilon^{*2}}{k^*} = \frac{1}{r^*} \frac{d}{dr^*} \left(r^* \frac{v_e^*}{\sigma_\varepsilon} \cdot \frac{d\varepsilon^*}{dy^*} \right) + C_1 \cdot v_T^* \cdot \frac{\varepsilon^*}{k^*} \left(\frac{du^*}{dr^*} \right)^2 \quad (9)$$

The empirical constants, following Launder and Spalding (1), are summarized in Table 1.

Table 1. Turbulence model constants

C_{μ}	C_1	C_2	σ_k	σ_ε
0.09	1.44	1.92	1.0	1.3

3.1. Method of Solution

Fully developed turbulent flow equation and the other k - ε turbulence model equations were nondimensionalized. Then they were discretized. The finite difference method was used for the solution of the turbulent flow equations.

Three equations are available for the channel and pipe flow. However, there are four unknown properties, velocity, pressure, turbulent kinetic energy and turbulent dissipation rate. This shows that the system is not closed yet. To close the system, another equation is needed. Continuity equation can be used to close it. Continuity equation is defined by the following equation.

$$\int_0^1 u^* dy^* = 1 \quad (10)$$

For the solution of mean velocity, we take turbulent kinetic energy and turbulent dissipation rate as constant initially. Then we find velocity with varying pressure and constant turbulent kinetic energy and dissipation rate. After then we find pressure according to the continuity equation. Then it is possible to find turbulent kinetic energy according to the known velocity and unknown turbulent dissipation rate. Finally we find turbulent dissipation rate according to the known velocity and turbulent kinetic energy. Calculations continue like this until velocity, turbulent kinetic energy and turbulent dissipation rate converge. The resulting equations were solved by FORTRAN programming language. The flow chart of turbulent flow is shown in Figure 2, in which the various steps for solving the sets of governing equations.

4. RESULTS AND DISCUSSION

Using the equations derived for the simple case of turbulence in one dimensional Cartesian system, results for the flow in pipe and channel have been obtained. Standard k - ε model has been used for the calculation of turbulent flow equations. The k - ε solution was obtained using finite differencing implicit method. Solution uses an iterative process to convergence on the solutions of velocity u , turbulence kinematic

*NUMERICAL ANALYSIS OF THE FULLY DEVELOPED TURBULENT FLOW
IN PIPES AND DUCTS BY THE STANDARD K- ϵ TURBULENCE MODEL*

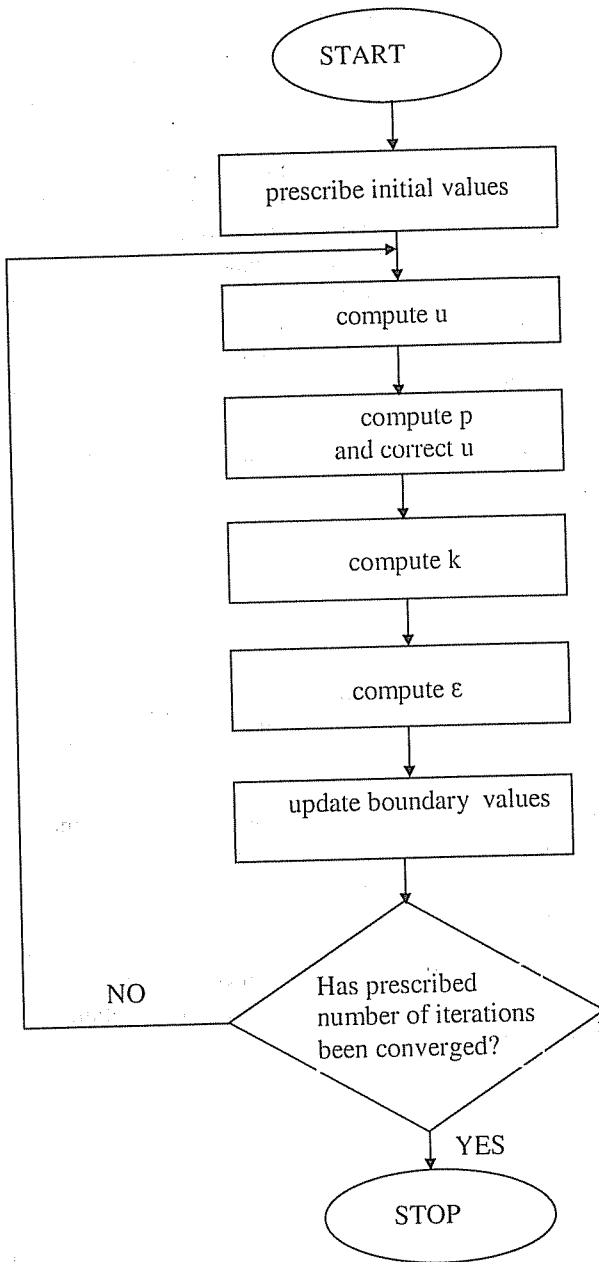


Figure 2. Flow chart for turbulent flow

viscosity ν_T , turbulent kinetic energy k , turbulent dissipation ε , pressure p (and therefore friction coefficient). In both cases, the computational domain consisted of half of the flow with a fixed, zero-velocity wall and a symmetric boundary condition at the centerline.

4.1 Channel Flow

In Figure 3, u^* is given as a function of y^* . The computation has been done for $Re = 5000$ and the same case has been verified with two commercially available CFD packages and a numerical study (24): Fluid Dynamics International with finite elements method (FEM), Advanced Scientific Computing with control volume method (CVM) and Boundary domain integral equation method (BEM). When this figure is compared with CFD packages and BEM method, it is seen that results are in good agreement.

In Figure 4, the influence of Reynolds number on friction coefficient for turbulent channel flow is shown. As it can be seen from the figure, friction coefficient decreases with increasing Reynolds number.

The values of friction coefficient f is in excellent agreement with Halleen and Johnston's correlation of experimental data,

$$f = \frac{0.2824}{Re^{0.25}} \quad (11)$$

In Figure 5, dimensionless kinematic viscosity ν_T^* is given as a function of dimensionless channel coordinate y^* for different values of Reynolds number. As shown, kinematic viscosity decreases slightly with increasing Reynolds number.

4.2 Pipe Flow

In Figure 6, u^* is given as a function of y^* . The computation has been done for $Re = 250000$ and the same case has been verified with a numerical study available in the literature. When this figure is compared with the results of Lawn (25), it is seen that the agreement is satisfactory.

In Figure 7, the influence of Reynolds number on friction coefficient for turbulent pipe flow is shown. As it can be seen from the figure, friction coefficient decreases with increasing Reynolds number. The values of friction coefficient f is excellent to that of H. Blasius's formula, which is known to be quite accurate:

$$f = \frac{0.3164}{Re^{0.25}} \quad (12)$$

In Figure 8, dimensionless kinematic viscosity ν_T^* is given as a function of dimensionless pipe radius y^* for different values of Reynolds number. As shown, kinematic viscosity decreases slightly with increasing Reynolds number.

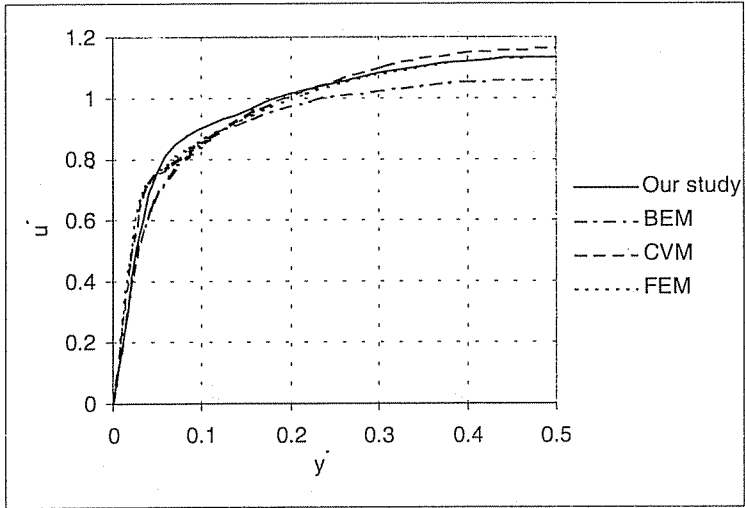


Figure 3. Velocity profiles according to our study, BEM, CVM, and FEM (24).

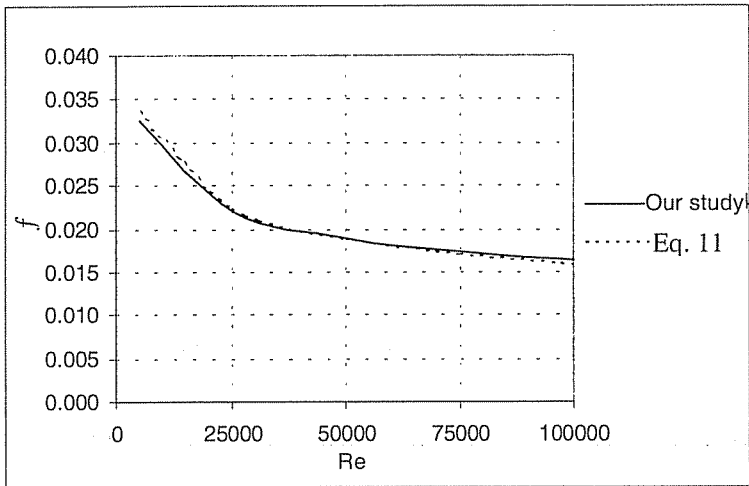


Figure 4. Variation of friction coefficient with Reynolds numbers.

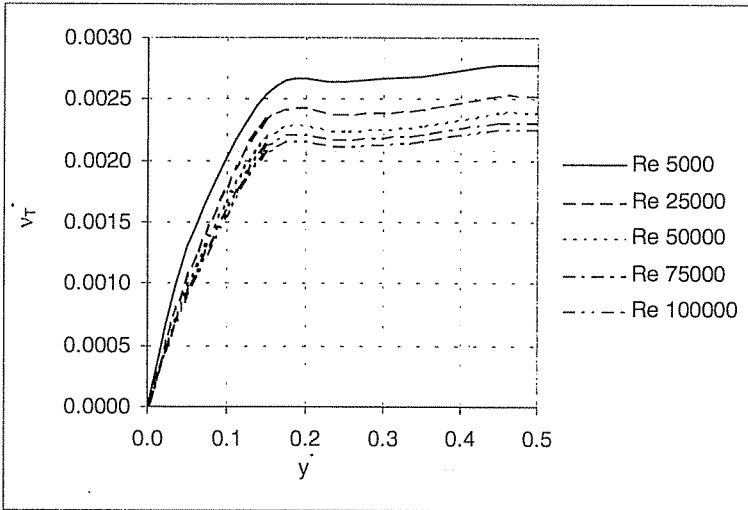


Figure 5. Variation of dimensionless turbulent kinematic viscosity with dimensionless channel coordinate y^* for different values of Reynolds number.

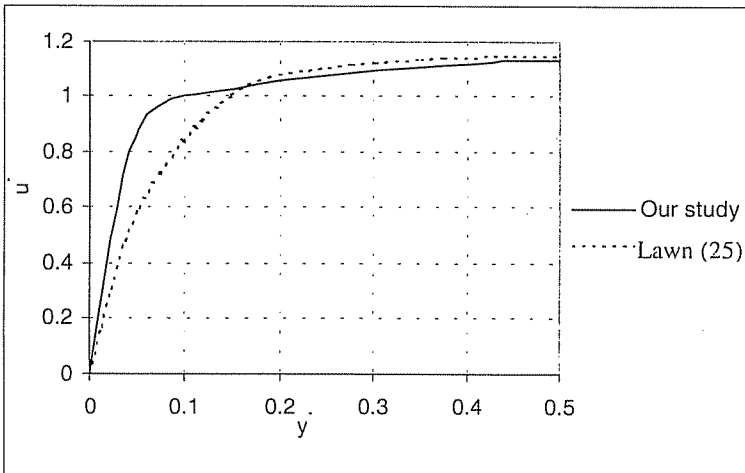


Figure 6. Velocity profiles according to our study and Lawn (25).

NUMERICAL ANALYSIS OF THE FULLY DEVELOPED TURBULENT FLOW
IN PIPES AND DUCTS BY THE STANDARD K- ϵ TURBULENCE MODEL

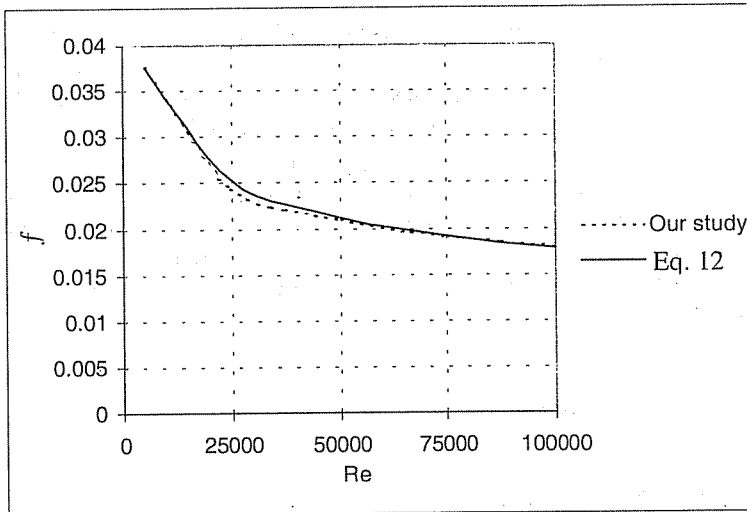


Figure 7. Variation of friction coefficient with Reynolds numbers.

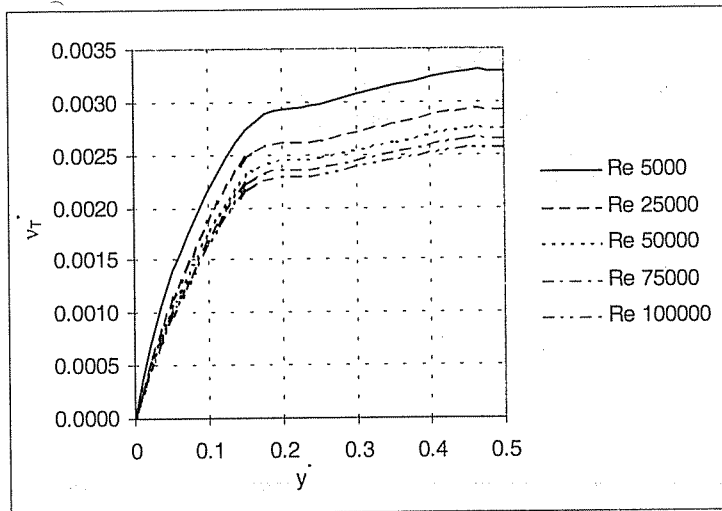


Figure 8. Variation of dimensionless turbulence kinematic viscosity with dimensionless pipe radius y^* for different values of Reynolds number.

5. CONCLUSIONS

In this study, the solution of one-dimensional turbulent pipe and channel flow using finite difference method has been presented. Standard k- ϵ model has been applied to solve the turbulent flow velocity profiles for a range of different Reynolds numbers. The influence of Reynolds number on the velocity profile, friction coefficient and turbulence kinematic viscosity ν_T is investigated for the both channel and pipe flow. Assuming one-dimensional turbulent flow, k- ϵ model is applied for the steady and incompressible fluid flow. After the discretization is performed, finite difference method is applied for the solution of the equations. Then the resulting equations are solved by FORTRAN programming language. The results obtained have been compared with available results.

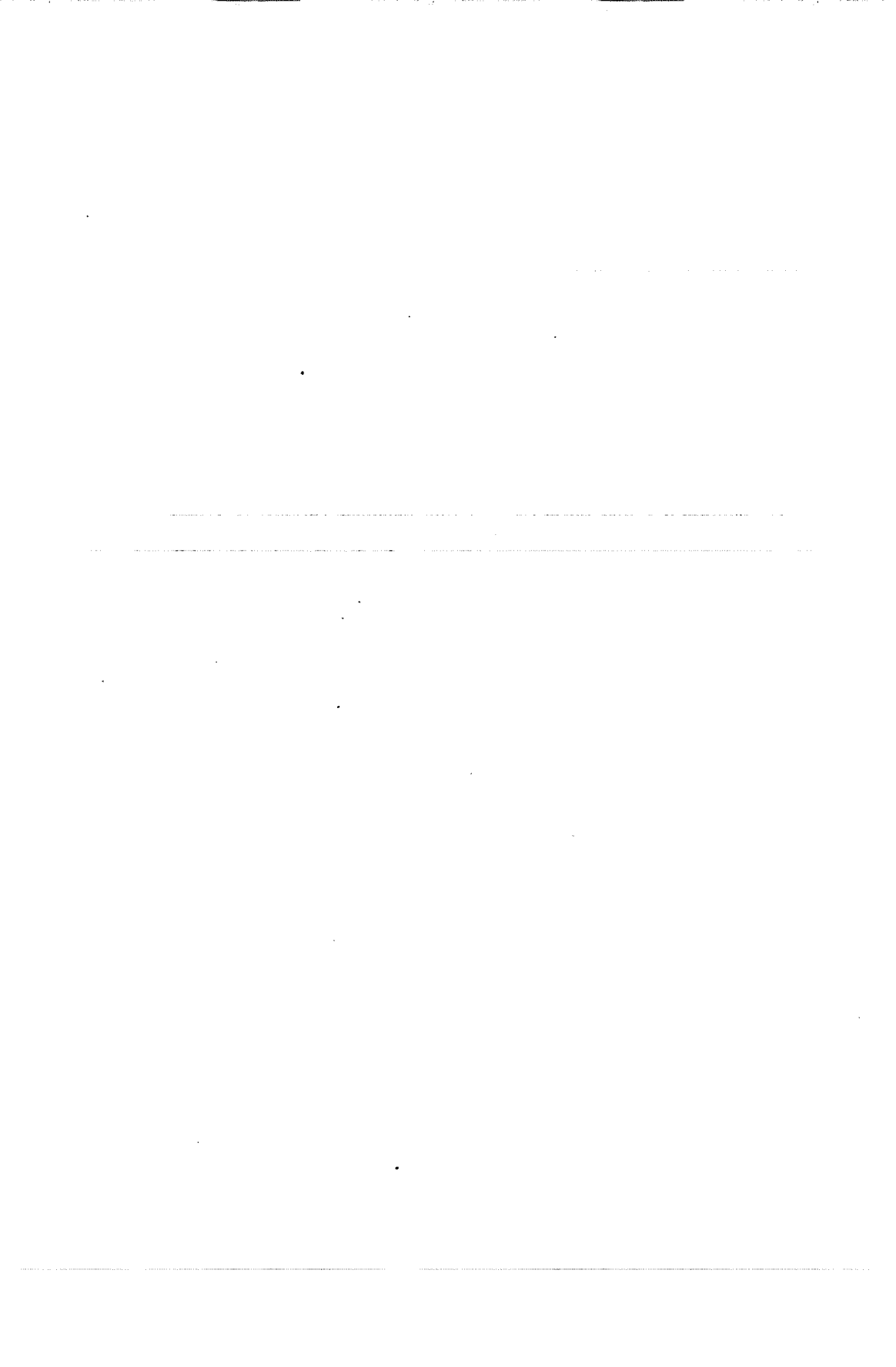
6. NOTATION

C_1, C_2, C_μ	: Closure coefficients
e	: Effective
f	: Friction coefficient
k	: Turbulent kinetic energy
L_{ref}	: Reference length
p	: Instantaneous static pressure
P	: Mean static pressure
r	: Radius of the pipe
T	: Turbulent
U	: Mean velocity
u^*	: Dimensionless velocity
u'	: Fluctuating velocity component in y direction
x	: x-direction width of channel or pipe
y	: Thickness of the channel
$\sigma_k, \sigma_\epsilon$: Closure coefficients
ϵ	: Turbulent dissipation rate
f	: Friction coefficient
μ_T	: Eddy viscosity
ν_T	: Kinematic eddy viscosity, μ_T/ρ
ρ	: Density of the fluid
*	: Dimensionless

7. REFERENCES

1. Launder, B.E. and Spalding, D.B., "Mathematical Models of Turbulence", Academic Press, 250p, London, 1974.
2. Reynolds, O., "On the Dynamical Theory of Incompressible Viscous Fluids and the Determination of the Criterion", Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 123p, London, 1895.
3. Boussinesq, J., "Theorie de l'Ecoulement Tourbillant", Mem. Presentes par Divers Savants Acad. Sci. Inst. Fr. (23), 46-50, 1877.
4. Prandtl, L., "Über die ausgebildete Turbulenz", ZAMM (5), 136-139, 1925.

5. Karman, T.V., "M echanische  ahnlichkeit und turbulenz (Mechanical similarity an turbulence)", *Math. Phys. Klasse* (50), 58-68, 1930.
6. Kolmogorov, A.N., "Equations of Turbulent Motion of an Incompressible Fluid", *Physics* (6), 56-58, 1942.
7. Rotta, J.C., "Statistische Theorie nichthomogener Turbulenz", *Zeitschrift fur Physik* (129), 547-572, 1951.
8. Van Driest, E.R., "On Turbulent Flow Near a Wall", *Journal of the Aeronautical Sciences* (23), 1007-1080, 1956.
9. Cebeci, T. and Smith, A.M.O., "Analysis of Turbulent Boundary Layers", Academic Press, 200p, London, 1974.
10. Baldwin, B.S. and Lomax, H., "Thin Layer Approximation and Algebraic Model for Separated Turbulent Flows", *AIAA Journal* (10), 230-257, 1978.
11. Bradshaw, P., Ferriss, D.H. and Atwell, N.P., "Calculation of Boundary Layer Development Using the Turbulent Energy Equation", *Journal of Fluid Mechanics* (28), 593-616, 1967.
12. Baldwin, B.S. and Barth, T.J., "A One Equation Turbulence Transport Models for High Reynolds Number Wall-Bounded Flows", 125-136, *NASA* (50), 1990.
13. Goldberg, U.C., "Derivation and Testing of a One-Equation Model Based on Two Time Scales", *AIAA Journal* (29), 1337-1340, 1991.
14. Spalart, P.R. and Allmaras, S.R., "A One-Equation Turbulence Model for Aerodynamic Flows", *AIAA Journal* (34), 160-171, 1992.
15. Rodi, W. and Scheuerer, G., "Scrutinizing the $k-\epsilon$ Turbulence Model Under Adverse Pressure Gradient Conditions", *Journal of Fluids Engineering*, (108), 174-179, 1986.
16. Wilcox, D.C., "Multistage Model for Turbulent Flows", *AIAA Journal* (26), 1311-1320, 1988.
17. Saffman, P.G., "A Model for Inhomogeneous Turbulent Flow", *Proc. Roy. Soc.* (317), 417-433, 1970.
18. Lakshminarayana, B., "Turbulence Modeling for Complex Shear Flows", *AIAA Journal* (24), 1900-1917, 1986.
19. Donaldson, C. P. and Rosenbaum, H., "Calculation of the Turbulent Shear Flows Through Closure of the Reynolds Equations by Invariant Modeling", Princeton, 180p, 1968, New York.
20. Daly, B.J., Harlow, F.H., "Transport Equations in Turbulence", *Physics of Fluids* (13), 2634-2649, 1970.
21. Launder, B.E., Reece, G.J. and Rodi, W., "Progress in the Development of a Reynolds-Stress Turbulence Closure", *Journal of Fluid Mechanics* (99), 220-231, 1975.
22. Lumney, J.L., "Computational Modeling of Turbulent Flows", *Advanced Applied Mechanics* (18), 123-176, 1978.
23. Speziale, C.G., "Modeling the Pressure-Gradient-Velocity Correlation of Turbulence", *Physics of Turbulence* (28), 69-71, 1985.
24. Rek, Z., Skertget, L. and Alujevic, A., "Boundary-Domain Integral method for Turbulent Fluid Flow", *Turbulence, Heat and Mass Transfer* (1), 245-249, 1995.
25. Lawn, C.J., "The Determination of the Rate of Dissipation in Turbulent Pipe Flow", *J. Fluid Mech.* (48), 477-505, 1971.



INVESTIGATION OF THE HYDRODYNAMIC BEHAVIOUR OF DOUBLE ACTING INTENSIFIER

Bülent YANIKTEPE and Beşir ŞAHİN

Ç. U., Mechanical Engineering Department, Adana / TURKEY

Erdem KOÇ

Ç. U., Textile Engineering Department, Adana / TURKEY

ABSTRACT : *In this study, double acting intensifier which is the main component of the water-jet cutting system was investigated theoretically by considering the effects of important design parameters such as; piston characteristics, fluid volume flow rate, axial force, viscous frictional force, the necessary pump power and stroke time. Pressure exerted on both pistons was examined hydrodynamically. Furthermore, the fluid leakage in radial clearance which is the most effective parameter on the piston performance was analyzed theoretically considering the piston having parallel surface and the eccentricity between piston and cylinder.*

Keywords: High pressure intensifiers, viscous frictional force, fluid leakage

ÇİFT ETKİLİ BASINÇ YÜKSELTİCİNİN HİDRODİNAMİK DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

ÖZET : *Bu çalışmada, su jeti ile kesme sisteminin en önemli parçasını oluşturan çift etkili basınç yükselticisi, piston karakteristikleri, akışkanın hacimsel debisi, eksenel kuvvet, viskoz sürtünme kuvveti, gerekli pompa gücü ve strok zamanı gibi önemli tasarım parametrelerinin etkileri göz önünde bulundurularak teorik olarak incelenmiştir. Pistonlara etkiyen basınç da hidrodinamik olarak incelenmiştir. Ayrıca, piston performansını etkileyen en önemli parametrelerden biri olan radyal açıklıktaki kaçak akışın, piston ve silindir yüzeylerinin birbirine paralel veya iki yüzey arasında eksen kaçıklığının olduğu göz önünde bulundurularak teorik olarak analizi yapılmıştır. Anahtar kelimeler: Basınç yükseltici, viskoz sürtünme kuvveti, kaçak akış*

1. INTRODUCTION

In recent years, many experimental and theoretical studies of the fluid flow through various shaped constrictions have been reported. The flow of an incompressible fluid under externally high pressure is encountered in many engineering problems. For example, in the principle of water-jet cutting system, the highly pressurized water that forced through a nozzle is discharged to the atmosphere and the cutting process is accomplished due to the high kinetic energy of water mass. Kırbaş (1), has worked on the design and manufacturing of a double acting high pressure intensifier, Tunç (2) has analyzed design factors and design parameters of multi-layer intensifiers. Yaniktepe (3) has investigated the behaviour of double acting intensifier hydrodynamically.

In the present study, fluid leakage in radial clearance which is the most effective on the piston performance has been analyzed theoretically considering the piston in parallel position. Furthermore, double acting intensifier that is the main component of the water-jet cutting system has been investigated theoretically considering the effects of important design parameters such as; piston characteristics, fluid volume flow rate, viscous frictional forces, necessary pump power, stroke time and pressure exerted on both pistons. Hydraulic forces exerted on both pistons under steady-state flow conditions have also been investigated. Non-dimensional theoretical approach has been applied to determine viscous frictional forces and fluid leakage between the outer surface of the piston and inner surface of the cylinder of double acting intensifier. Furthermore, the study of power requirement and stroke time have also been analyzed as non-dimensional parameters.

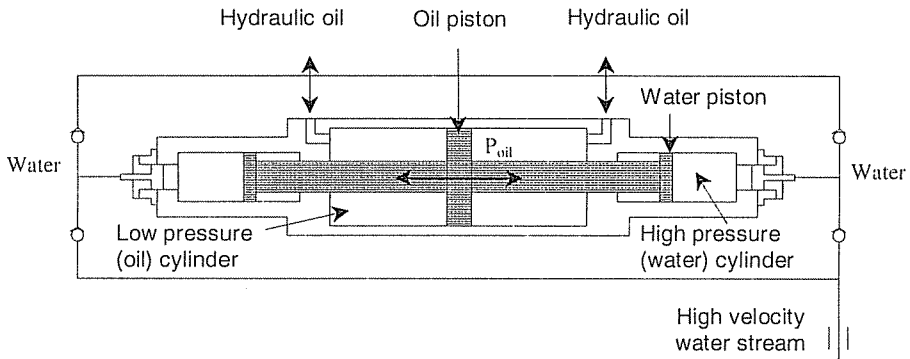


Figure 1. Schematic representation of double acting intensifier

The schematic representation of double acting intensifier and water-jet cutting system are shown in figures 1 and 2 respectively. Higher ratios of cross-sectional areas mean higher pressure but reliability condition must be considered. Pressure intensification in double acting intensifier is based on basic Pascal principle. An oil pressure acting on a large oil piston area provides a higher water pressure on a small water piston area.

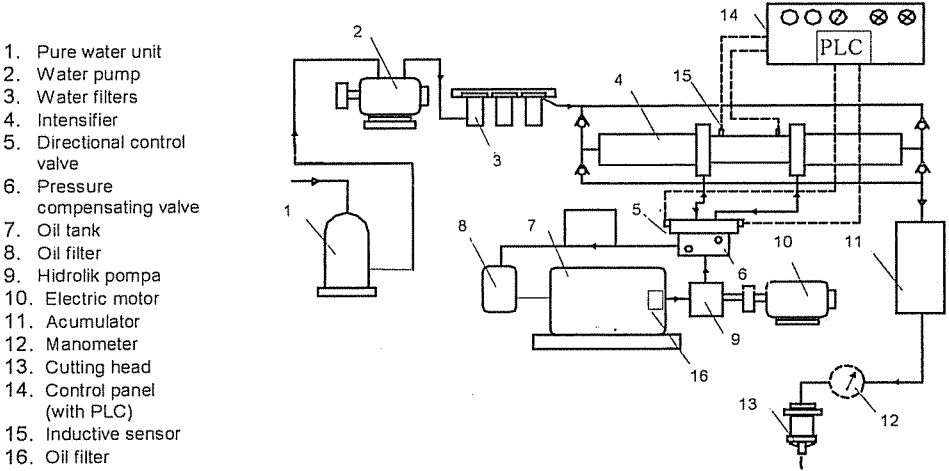


Figure 2. Water-jet cutting system.

2. THEORETICAL APPROACH

2.1 Determination of Viscous Frictional Forces

Excessive friction at interface between piston and cylinder has always caused trouble to designers and users of hydraulic equipment. Viscous frictional forces due to the movement of the piston are the most important forces to be minimized. In this theoretical investigation, these forces acting in the opposite direction to the movement of the piston were analyzed for different operating parameters (shown in Figure 3).

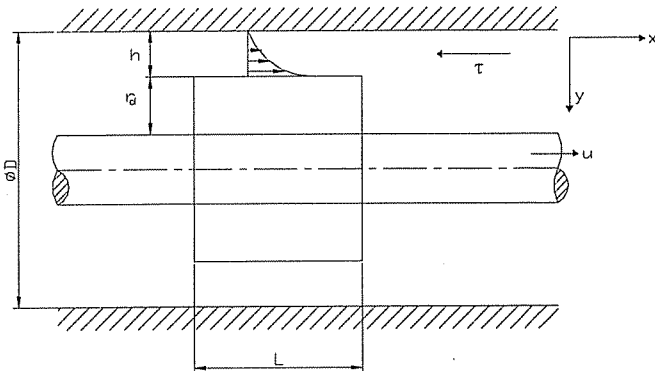


Figure 3. Schematic representation of the piston for viscous frictional force

Viscous frictional forces which affect piston balance considerably. General formula of the viscous frictional forces can be deduced between piston and cylinder in high pressure intensifier by using momentum equation and it can be calculated as follows,

$$F_{\text{fric}} = \left(\mu \frac{u}{h} + \frac{\Delta P}{L} \frac{h}{2} \right) 2\pi r_d L \quad (1)$$

Here, h as seen in Figure 3, presents radial clearance between piston and cylinder, ΔP denotes system pressure differences, piston length and piston radius are designated as L and r_d , respectively.

In order to obtain non-dimensional Equation (1) with dimensionless parameters based up on the piston diameter, it can also be defined the dimensionless viscous frictional forces as,

$$F_{\text{sl}}^* = 2\pi L^* \left(\frac{1}{h^*} + \frac{h^* P^*}{2L^*} \right) \quad (2)$$

Here, dimensionless parameters are given as follows,

$$L^* = L/r_d, \quad h^* = h/r_d, \quad P^* = \frac{\Delta P}{\mu \frac{u}{r_d}}, \quad F_{\text{sl}}^* = F_{\text{fric}} / (\mu u r_d)$$

2.2. Determination of Fluid Leakage

There is always fluid leakage between piston and cylinder or hydraulic system (see Figure 4). The fluid flow loss (leakage) in radial clearance, which is the most effective on the piston performance, is expressed in Equation (3) by considering the piston asymmetric or eccentric with the cylinder axis (4).

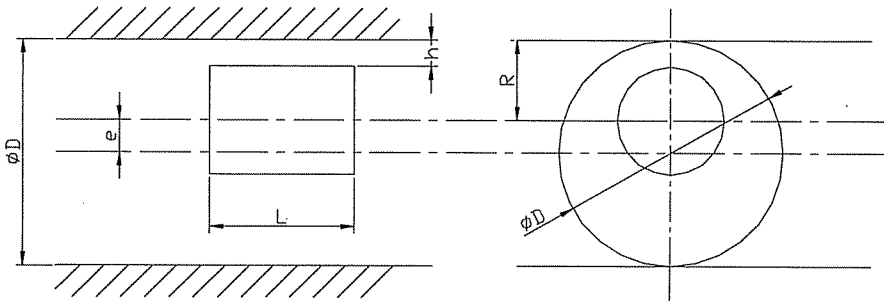


Figure 4. Schematic representation of the piston for fluid leakage.

$$Q_k = \frac{\pi D h^3}{12 \mu L} \left[1 + 1.5 \left(\frac{e}{h} \right)^2 \right] \Delta P \quad (3)$$

Here, D and L denote the cylinder diameter and piston length, h is the radial clearance between piston and cylinder, μ denotes the fluid dynamic viscosity, e is the eccentricity, and ΔP is the pressure difference.

By non-dimensionalizing Equation (3) using dimensionless parameters based upon the piston diameter, we can also define the non-dimensional fluid leakage given below

$$Q_i^* = \frac{\pi (1 + h^*) h^{*3}}{6 L^*} \left[1 + 1.5 \left(\frac{E}{h^*} \right)^2 \right] P^* \quad (4)$$

Here, dimensionless parameters are taken as follows;

$$h^* = \frac{h}{r_d}, \quad L^* = L/r_d, \quad E = \frac{e}{r_d}, \quad P^* = \frac{\Delta P}{\mu \frac{u}{r_d}}, \quad Q_i^* = \frac{Q_k}{r_d^2 u}$$

2.3. Determination of Stroke Time and Power Requirement

The time required for the high pressure intensifier or oil piston to reach the end of cylinder is calculated by the Equation (5) as

$$T = \frac{L_s A_o}{Q - Q_k} = \frac{\pi r_d^2 L_s}{Q - Q_k} \quad (5)$$

Here, L_s is the stroke length, r_d is the oil piston radius, Q is the flow rate and Q_k is fluid flow loss (leakage) in the high pressure intensifier.

We can also define the dimensionless stroke length given below by non-dimensionalizing Equation (5) with dimensionless parameters based upon the piston diameter.

$$T^* = \frac{L_s^*}{1 - \left[\frac{1}{6} \frac{(1 + h^*) h^{*3}}{L^*} \left[1 + 1.5 \left(\frac{E}{h^*} \right)^2 \right] P^* \right]} \quad (6)$$

Here, dimensionless parameters are taken as follows;

$$h^* = \frac{h}{r_d}, \quad L^* = L/r_d, \quad L_s^* = L_s/r_d, \quad E = \frac{e}{r_d}, \quad P^* = \frac{\Delta P}{\mu \frac{u}{r_d}}, \quad T^* = T \frac{u}{r_d}$$

Hydraulic power requirement for the oil piston can be determined by the equation given below,

$$W = F_{\text{net}} U = (F - F_1 - F_2) U \quad (7)$$

where, W is the power requirement, F is the axial force, F_1 is the viscous frictional forces for oil piston, F_2 is the viscous frictional forces for water piston, U is the piston velocity.

Equation (7) is converted into non-dimensional form based upon the piston diameter. We can also define the dimensionless power requirement as

$$W^* = \pi a b P_1^* - 2\pi a b L_1^* \left(\frac{1}{h_1^*} + \frac{h_1^* P_1^*}{2L_1^*} \right) - 2\pi L_2^* \left(\frac{1}{h_2^*} + \frac{h_2^* P_2^*}{2L_2^*} \right) \quad (8)$$

Here, a is the viscosity ratio for oil to water, b is the radius ratio for the oil to water piston.

$$h_1^* = \frac{h_1}{r_d}, \quad L_1^* = L_1/r_d, \quad P_1^* = \frac{\Delta P}{\mu \frac{u}{r_d}}, \quad h_2^* = \frac{h_2}{r_2}, \quad L_2^* = L_2/r_2, \quad P_2^* = \frac{\Delta P}{\mu \frac{u}{r_2}}$$

$$W^* = \frac{W}{\mu_2 u^2 r_2}, \quad a = \frac{\mu_1}{\mu_2}, \quad b = \frac{r_d}{r_2}$$

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Before designing the intensifier, it is necessary to determine the operating forces exerted on the piston and the flow passages occurring in the system. During the operation, radial and axial forces are generated depending on the direction of movement of piston. Here, axial forces are the forces to be compensated by a hydraulic power unit during the running process and consist of flow forces, frictional forces and inertial forces. During the operation, radial forces push the piston towards the cylinder inner surface, the frictional forces will tend to increase and in turn the axial forces will be increased. In general, the surface non-flatness or irregularities and the axial misalignment should be adjusted properly not to cause the hydraulic lock in the system. For this reason, a suitable radial clearance or tolerance between the piston and cylinder must be given. If this clearance is over estimated, there will be undesired leakage of fluid causing the flow loss and reduction in pressure unexpectedly (5). On the other hand, if the radial clearance is kept at a very low level (below the limit), in particular in water-piston cylinder, the metal to metal contact will inevitably occur and, as a result, the wear of the surface failure will be unavoidable.

Here, fluid leakage through the radial clearance, which is the most effective on the system performance, was analyzed theoretically considering the oil-piston and water-piston are in perfect alignment with cylinders.

3.1. Results of Viscous Frictional Force

Figure 5 shows the variation of non-dimensional viscous frictional forces, F_{s1}^* , with non-dimensional radial clearance, h^* , for a range of values of non-dimensional pressure difference, P^* , at a fixed non-dimensional piston length ($L^*=1$). The non-dimensional radial clearance h^* is varied from 0.001 to 0.009. As can be seen from this figure, increasing the radial clearance causes an increase in viscous frictional forces under different values of dimensionless pressure. From the design point of view, decreasing frictional force by increasing film thickness (radial clearance) is not desirable. This increase in film thickness results in an increase of leakage. There is a linear change between this frictional force and radial clearance (film thickness). It may be observed that for high values of h^* the viscous frictional force approaches to very high values for all values of pressure difference.

Figure 6 presents non-dimensional viscous frictional force F_{s1}^* as a function of non-dimensional pressure difference P^* for a range of values of non-dimensional piston length L^* at a constant film thickness ($h^*=0.0005$). It may be observed that non-dimensional viscous frictional force F_{s1}^* increases gradually with a linear variation in non-dimensional pressure difference at $h^*=0.0005$ for different values of piston length. It is concluded that when the pressure difference increases, it causes an increase in viscous frictional forces.

3.2. Effect of the Fluid Leakage on the Performance of the System

Particularly in the case of intensifier, which produces a high level of pressure, it is substantially important to minimize the fluid leakage as much as possible so that the performance of the system can be promoted to an optimum value.

Figure 7 presents the variation of the leakage Q_1^* with non-dimensional piston length L^* for a constant pressure ($P^*=15 \times 10^8$) under the concentric case of $E=0$. Here, the leakage is investigated for a range of values of non-dimensional radial clearance h^* . For the case of non-dimensional piston length varied from 0.1 to 1.4, the observation shows that for small values of L^* the leakage approaches to very high values for all film thicknesses. The reduction in Q_1^* is rapid at higher values of L^* . The leakage remains nearly constant after a certain value of piston length ($L^*=1$) depending on the film thickness. Since there is no eccentricity, a desired radial clearance h^* and piston length L^* should be selected in order to obtain a leakage flow rate as small as possible. For design purposes, the thickness and shape of film (radial clearance) must neither be so thick as to cause intolerable leakage nor so thin as to produce excessive friction and wear.

The variation of non-dimensional flow rate (leakage) Q_1^* with non-dimensional eccentricity E is shown in Figure 8 under a constant pressure difference ($P^*=15 \times 10^8$) and piston length ($L^*=1$) for a range of non-dimensional film thicknesses. With no eccentricity, increasing radial clearance increases the leakage. At very small value of h^* , the leakage approaches 0.0. With the eccentricity in the range of $0 < E < 0.00003$, the rate of variation in leakage is very low for the film thickness value of $h^*=0.00006$ and having the eccentricity with a range of $0.00003 < E$ the fluid leakage increases in

higher rate. It may be observed that this increase is not linear for various radial clearance values.

Figure 9 illustrates the variation of non-dimensional flow rate (leakage) Q_1^* with non-dimensional eccentricity E for a range of non-dimensional piston length L^* at a fixed pressure ($P^*=15 \times 10^8$) and film thickness ($h^*=0.0001$). The non-dimensional eccentricity E was in between 0.00001 and 0.00014 and non-dimensional piston length was varied in between 0.5 and 5. The results of analysis indicates that the leakage Q_1^* decreases slightly with increasing the piston length L^* and the rate of the leakage goes to a higher value when the eccentricity is expanded. Furthermore, results obtained indicate that the piston length is an important parameter for the design of the intensifier.

Figure 10 demonstrates the variation of leakage Q_1^* with non-dimensional piston length L^* at a constant pressure ($P^*=15 \times 10^8$) and radial clearance ($h^*=0.0001$) for a certain range of non-dimensional values of eccentricity E . Here, The non-dimensional piston length was varied from 0.1 to 1.4 and also non-dimensional eccentricity was varied from 0 to 0.001. It is found that the quantity of fluid leakage goes to a higher value by having an increase in the eccentricity. As it was mentioned before the rate of the leakage affects the performance of the intensifier substantially. The variation in leakage Q_1^* increases rapidly for the low level of piston length. As it is seen in Figure 10, the reduction in Q_1^* is rapid when the piston length L^* is increased slightly. With the piston length, having values of 0.3 and over, the leakage Q_1^* appears to decrease gradually depending upon the eccentricity. In water jet cutting system a hydraulic oil was used with a dynamic viscosity of 0.0288 kg/(ms). During the operation, the piston speed and radius are taken as $U=0.020$ m/s, and $r_d=0.08$ m respectively having non-dimensional eccentricity as $E=0.001$ and the piston length as $L^*=1.4$. According to the results of these variables presented in Figure 10, system produces a non-dimensional leakage of $Q_1^*=1.43 \times 10^{-3}$ which corresponds to $Q_k=0.01$ l/min.

3.3. Results for Determination of the Stroke Time and Power Requirement

Operating pressure and the flow rate directly influence the stroke time in which the plunger rod reaches the end of its stroke in cylinder. Results for dimensionless stroke time in terms of piston diameter was concluded.

The variation of non-dimensional stroke time T^* versus non-dimensional piston length L^* is shown in Figure 11 at a fixed pressure ($P^*=15 \times 10^8$), radial clearance ($h^*=0.00001$) and stroke length ($L_s^*=2.5$) for the eccentric case ($E=0.001$). In this case, the non-dimensional piston length is varied from 1 to 2.3. As it can be seen from the results presented in Figure 11, for small values of L^* , the stroke time approaches very high values. Increasing in the non-dimensional piston length, in general, decreases the stroke time gradually. The observation shows that the variation is not linear for various piston length values.

Figure 12 demonstrates the results concerning non-dimensional stroke time T^* as a function of non-dimensional eccentricity E at a constant piston length ($L^*=1$), stroke length ($L_s^*=2.5$) and film thickness ($h^*=0.00001$). Here, the non-dimensional stroke time is investigated for a range of values of non-dimensional pressure difference P^* . The non-dimensional eccentricity is varied from 0.0001 to 0.0014. For this case, non-dimensional stroke time T^* increases as does non-dimensional eccentricity E . For a

pressure of $P^* = 4 \times 10^8$, the stroke time remains virtually constant upto an eccentricity value of 0.001. Further increase in eccentricity causes a gradual increase in the stroke time. For the pressure value of $P^* = 15 \times 10^8$, the stroke time appears to have a rapid increase depending on eccentricity. When the piston speed and radius are $U=0.02$ m/s and $r_d=0.08$ m respectively, for the non-dimensional pressure $P^*=15 \times 10^8$, eccentricity $E=0.001$ and film thickness $h^*=0.00001$, Figure 12 shows that a non-dimensional stroke time is $T^*=2.509$ which corresponds to $T=10.03$ sec.

Power requirement was investigated in non-dimensional form according to various parameters which affect the system performance, such as; radial clearance, piston length and system pressure. In this section the results of dimensionless power requirement for high pressure intensifier in terms of piston diameter were analyzed by using Equation (8). As mentioned before, the present intensifier consists of two parts: one of them is oil piston and cylinder and the other one is the water piston and cylinder. So, it is necessary to consider each part separately and finally to calculate the overall power losses.

Figures 13 and 14 present the variation of non-dimensional power requirement W^* as a function of non-dimensional film thickness (radial clearance) at a fixed pressure for oil and water pistons ($P_1^*=15 \times 10^8$, $P_2^*=16 \times 10^{10}$). A similar analysis was done varying the piston length for a fixed oil and water pistons ($L_1^*=1$, $L_2^*=2.8$). Here, non-dimensional radial clearance (film thickness) is varied in the range of $0.001 \leq h_1^* \leq 0.014$ for oil piston and $0.0001 \leq h_2^* \leq 0.0014$ for water piston. As seen in these figures, an increase in film thickness with a certain pressure difference for both cases causes a decrease in power requirement W^* . It may be observed that power requirement increases gradually by decreasing the film thickness. The film thickness influences the system performance directly due to intolerable leakage, excessive friction and wear. For design purposes, the thickness (radial clearance) should be selected properly. When the piston speed and radius are taken as $U=0.02$ m/s and $r_2=0.02$ m respectively, having values of non-dimensional film thickness as $h_1^*=0.002$ and $h_2^*=0.0002$, the system produces a non-dimensional power requirement of $W^*=5.303 \times 10^{11}$ which corresponds to $W=4.242$ kW as shown.

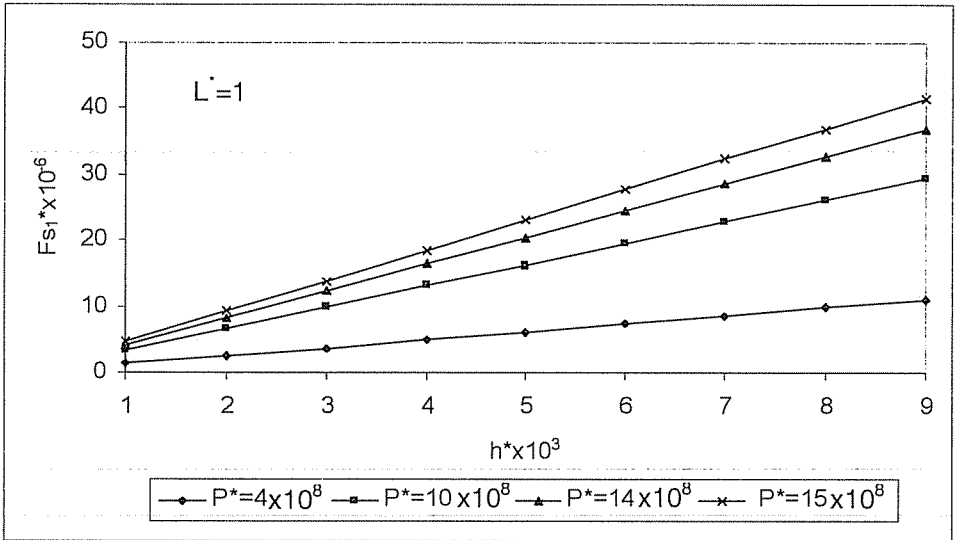


Figure 5. Variations of the dimensionless viscous frictional force with the dimensionless radial clearance.

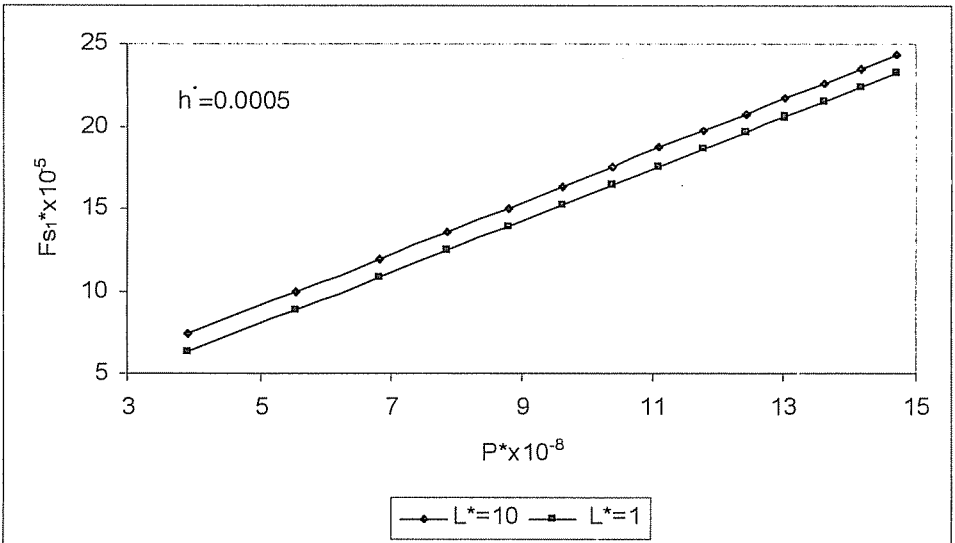


Figure 6. The variations of the dimensionless viscous frictional forces with the dimensionless pressure differences.

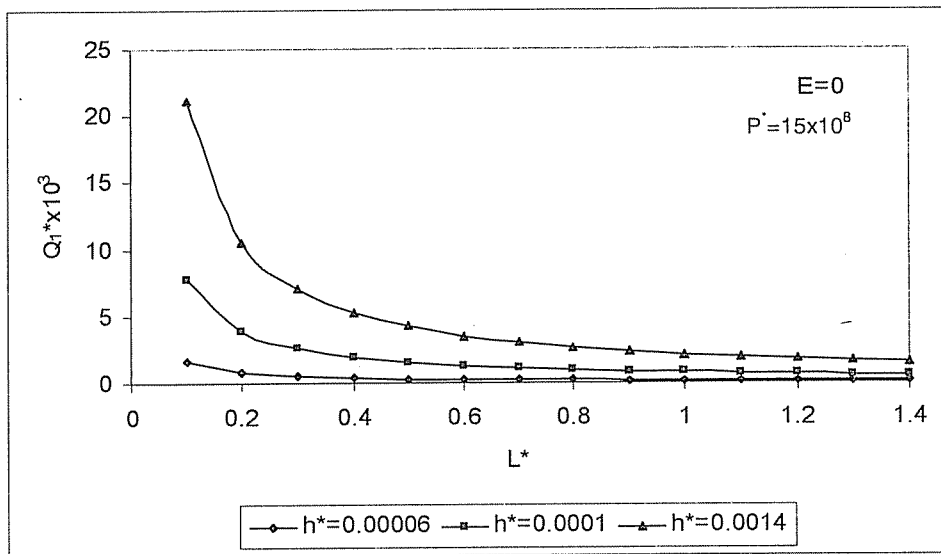


Figure 7. Variations of the dimensionless fluid leakage with the dimensionless piston length.

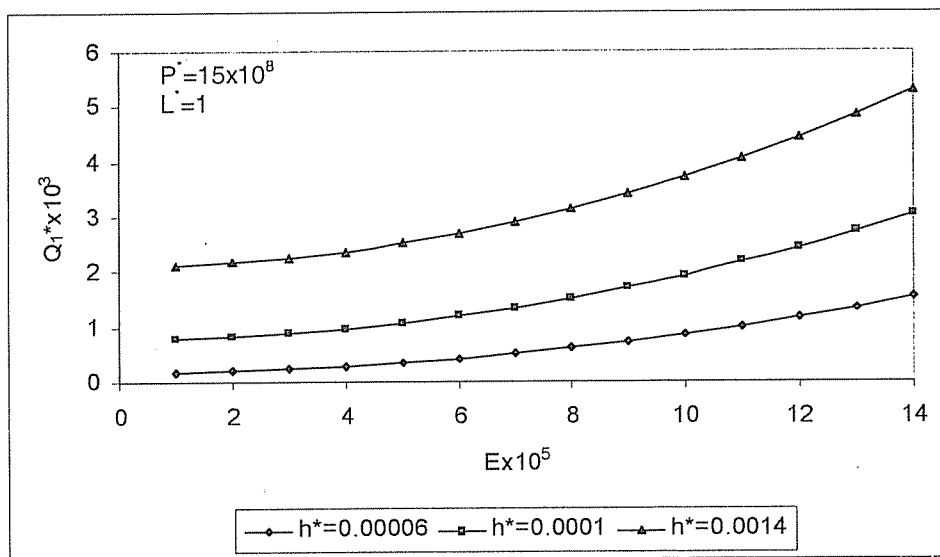


Figure 8. Variations of the dimensionless fluid leakage with the dimensionless eccentricity.

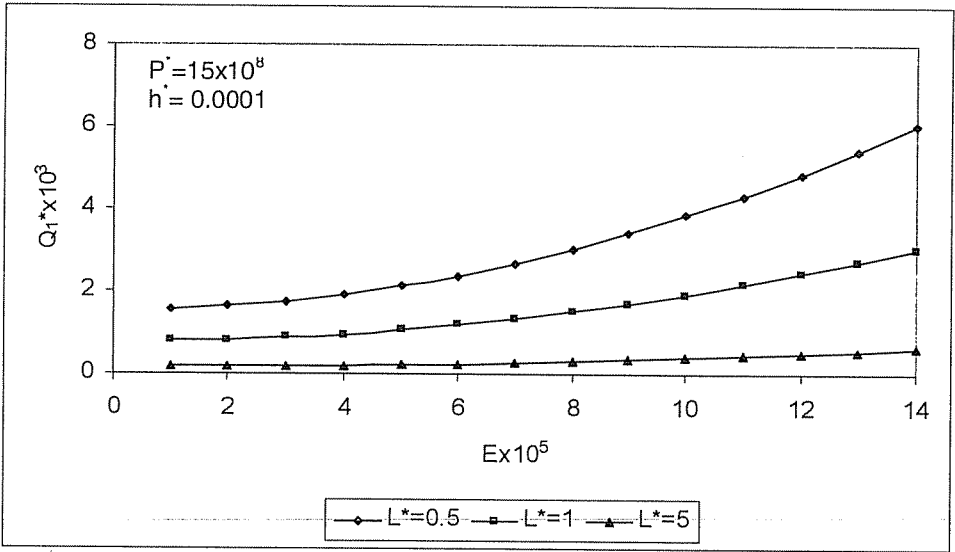


Figure 9. Variations of the dimensionless fluid leakage with the dimensionless eccentricity

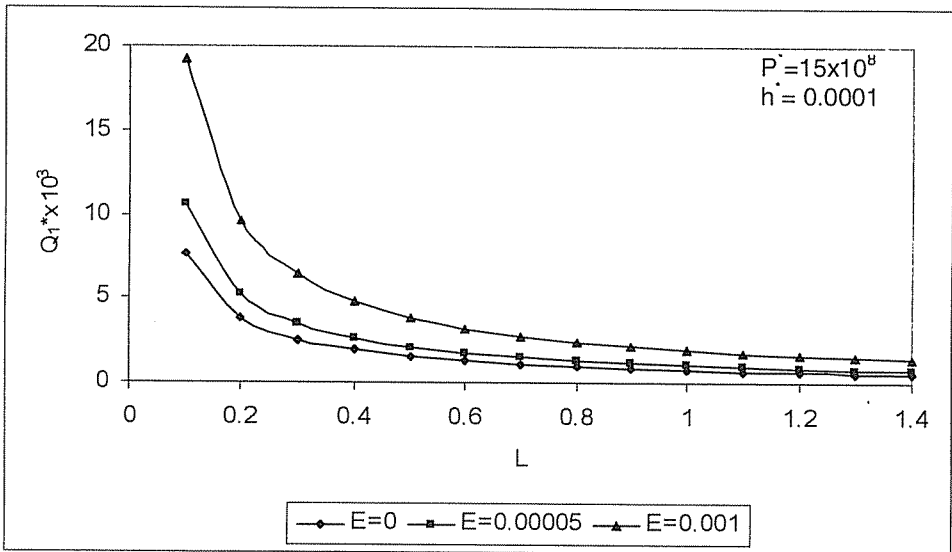


Figure 10. Variations of the dimensionless fluid leakage with the dimensionless piston length.

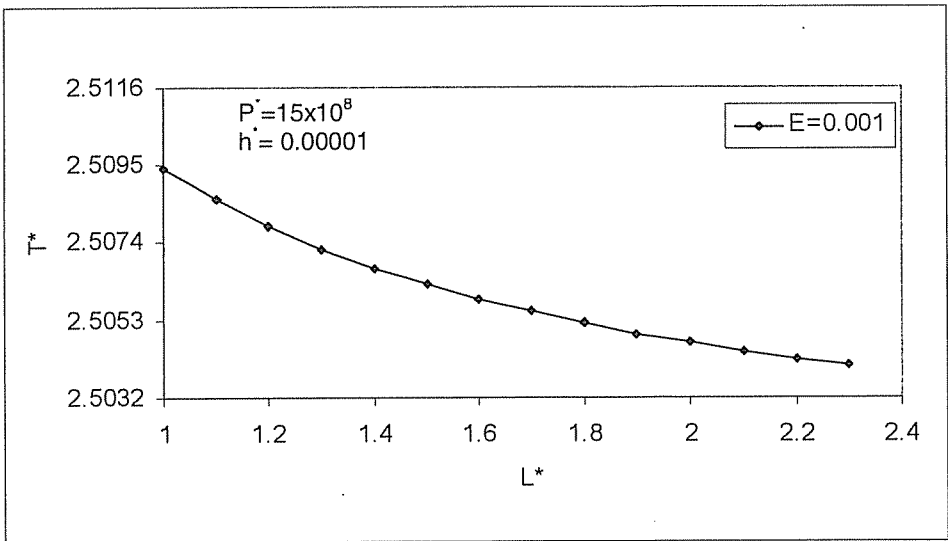


Figure 11. Variations of the dimensionless stroke time as a function of the dimensionless piston length.

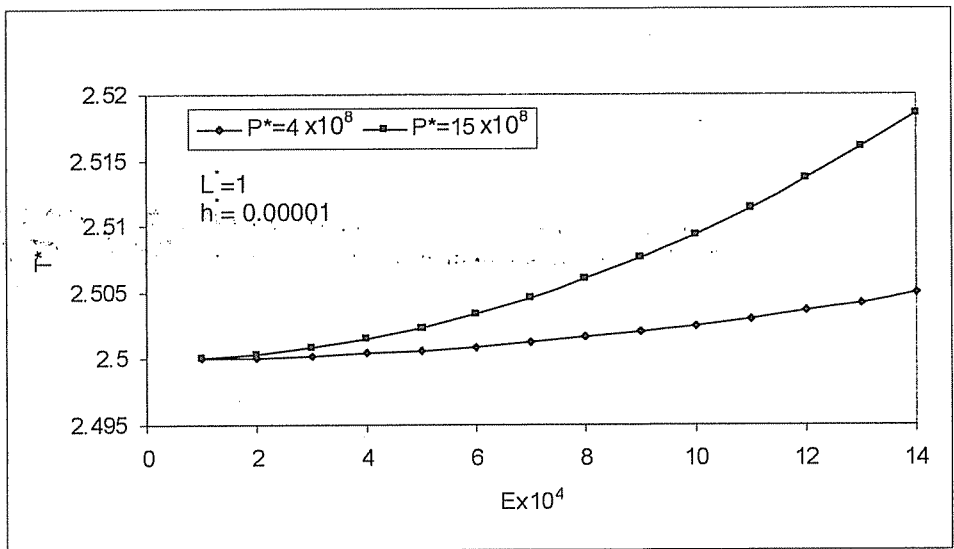


Figure 12. Variations of the dimensionless stroke time as a function of the dimensionless eccentricity.

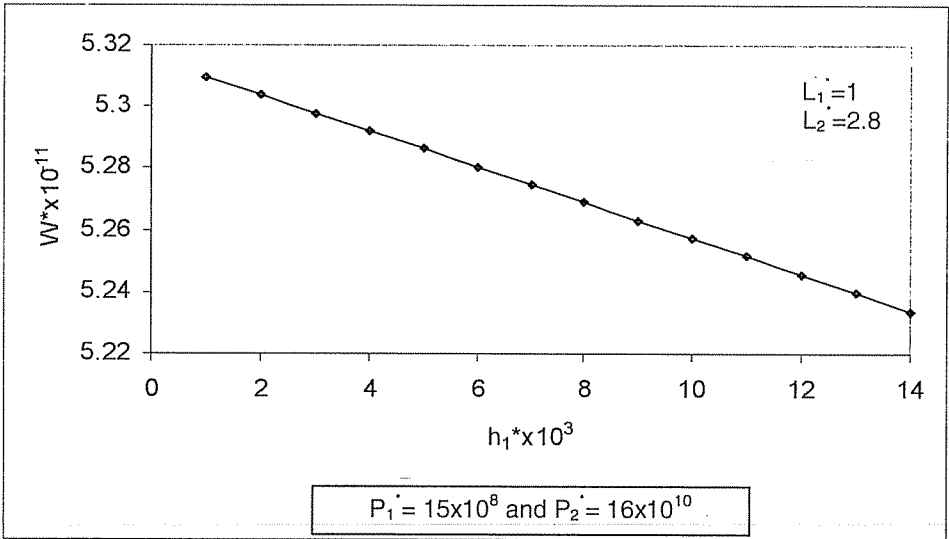


Figure 13. Variations of the dimensionless power requirement with dimensionless oil piston radial clearance.

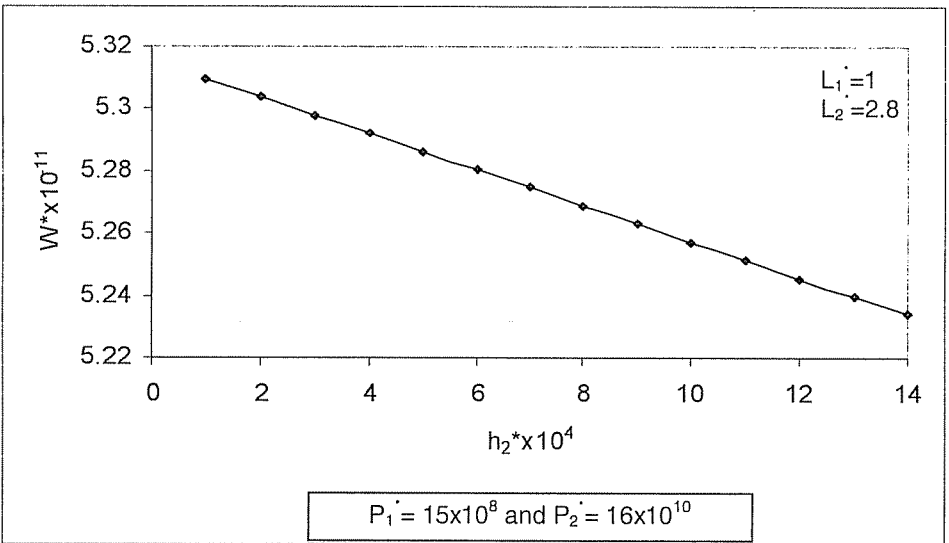


Figure 14. Variations of the dimensionless power requirement with dimensionless water piston radial clearance.

4. CONCLUSIONS

In this investigation, it is found that viscous frictional forces increase with increasing radial clearance. It is the fact that undesired leakage of fluid causing the flow loss and reduction in pressure unexpectedly occur as well when film thickness (radial clearance) is increased. Consequently, it is recommended that the radial clearance should not have high values in order to obtain losses as small as possible. An increase in film thickness with a certain pressure differences causes a decrease in power requirement and also an increase in stroke time. For the design purposes, the thickness and the shape of film (radial clearance) must neither be so thick as to cause intolerable leakage nor so thin as to produce excessive friction and wear.

One of the important parameter affecting the system performance is piston length. If piston length increases, viscous frictional force increases too. In addition to this, fluid leakage is decreased as piston length is increased. On the other hand, a short length of piston causes a higher level fluid leakage but less friction force occurs in the system. Because of these two reasons, it is necessary that the piston length should be limited between certain values. For the selected film thickness and pressure difference, increasing the piston length decreases the power requirement of the system due to an increase in the viscous frictional force. So, the piston length should be selected properly.

It has clearly seen that increasing the eccentricity (misalignment) causes an increase in fluid leakage. It can be concluded that the eccentricity between piston and cylinder should be kept as low as possible in order to have optimum system performance. In conclusion, values of eccentricity should be chosen at a suitable level in order to get a lower rate of fluid leakage in hydraulic systems.

5. NOMENCLATURE

A	Area
D	Piston diameter
E	Non-dimensional eccentricity
e	Eccentricity
F_{fric}	Friction force
h	Radial clearance
L	Piston length
L_1	Oil piston length
L_2	Water piston length
P	Pressure
P_1	Oil piston pressure
P_2	Water piston pressure

ΔP	Pressure difference
r_d	Outer radius of oil piston
r_2	Outer radius of water piston
T	Stroke time
Q	Volume flow rate
Q_k	Volume flow rate of fluid leakage
U	Velocity
W	Power requirement
μ	Dynamic viscosity
μ_1	Dynamic viscosity of oil
μ_2	Dynamic viscosity of water

Others

Stars denote dimensionless quantities.

6. REFERENCES

1. Kurbaş,S., “Design and Manufacturing of a Double-Acting High Pressure Intensifier”, Ç.Ü., Fen Bil. Ens., Makine Müh. Anabilim Dalı, M.Sc Thesis, 101p, Adana, 1999.
2. Tunç,T., “Multi-Layer Intensifier Design and Analysis of Design Parameters”, Ç.Ü., Fen Bil. Ens. Makine Müh., Anabilim Dalı, M.Sc. Thesis, 219 p, Adana, 2000.
3. Yanıktepe,B., “Investigation of The Hydrodynamic Behaviour of Double Acting Intensifier”, Ç.Ü., Fen Bil. Ens., Makine Müh. Anabilim Dalı, M.Sc. Thesis, 54 p, Adana, 2000.
4. Özdemir,B., “Hidrolik Yön Denetim Valflerinin Hidrostatik ve Hidrodinamik Davranışı-Teorik Analiz”, Ç.Ü., Fen Bil. Ens., Makina Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 111 p, Adana, 1994.
5. Koç,E., and Şahin,B., “Theoretical Analysis of Leakage and Frictional Force In Hydraulic Directional Control Valves”, Modelling, Measurement and Control, Journal of A.M.S.E., 69 (5), 51-68, 2000.

BİLEŞİK DEPREM PERDELERİNİN DİNAMİK ANALİZİ

Murat BİKÇE, Orhan AKSOĞAN ve H. Murat ARSLAN

Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada, elastik veya rijit temel üzerine oturan, sonlu sayıda güçlendirici kirişi olan, bağlantı kirişi özellikleri boşluktan boşluğa ve/veya bölgeden bölgeye değişebilen, istenilen sayıda boşluğu olan ve bölgeden bölgeye duvar kalınlığı değişebilen çok sıra boşluklu perdelerin dinamik analizi yapılmıştır. Sistem rijitlik matrisi oluşturulurken sürekli bağlantı yöntemi (SBY) kullanılmıştır. Bunun için bağlantı kirişleri yerine eşdeğer rijitlikte tabakalı ortam düşünülmüş ve birim yükler uygulanarak bina boyunca yerdeğiştirmeler hesaplanmıştır. Sistem kütle matrisi toplanmış kütle kabulüne göre yükseklik boyunca istenilen sayıda toplanmış kütle alınarak elde edilmiştir. Serbest titreşim analizinden sonra mod-süperpozisyon yöntemi ile girişimsiz rijitlik, sönüm ve kütle matrisleri oluşturulmuştur. Zaman tanım alanında (Time-history) analiz, Newmark sayısal integrasyon yöntemi kullanılarak her zaman değerine karşı gelen sistem yerdeğiştirme değerleri hesaplanarak yapılmıştır. Çalışmanın sonunda, MATHEMATICA programlama dilinde bir program hazırlanarak sunulan yöntemle bazı örnekler çözülmüştür. Elde edilen sonuçlar SAP2000 yapı analizi programı ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak sonuçların çok yakın olduğu gözlenmiştir.*

DYNAMIC ANALYSIS OF COUPLED SHEAR WALLS

ABSTRACT : *In this study a dynamic analysis has been carried out for a multi-bay coupled shear wall on an elastic or rigid foundation, with a finite number of stiffening beams, the properties of the connecting beams varying from span to span and/or from region to region in the vertical direction. The system may have any number of spans and the thickness may vary, vertically, from region to region. Continuous connection method (CCM) has been employed to find the stiffness matrix of the system. For this*

purpose, the connecting beams have been replaced by an equivalent layered medium and unit horizontal forces have been applied to find the corresponding displacements of the system. The system mass matrix has been found in the form of lumped masses at the heights where the unit forces have been applied. Following the free vibration analysis, uncoupled stiffness, damping and mass matrices have been found employing the mode superposition method. A time-history analysis has been carried out using Newmark numerical integration method to find the system displacement vector for every time step. Finally, a computer program has been prepared in the MATHEMATICA programming language to solve some examples by the forgoing procedure. The results obtained have been compared with those of SAP2000 structural analysis program and a good match has been observed.

1. GİRİŞ

Yüksek binalarda, rüzgar ve depremden meydana gelen yatay kuvvetler genellikle perdeler tarafından karşılanır. İçi dolu bir perde konsol kiriş gibi çalıştığından hesabı kolaydır. Ancak, içlerinde kapı, pencere ve koridor geçişleri için bırakılan boşluklarla zayıflatılan deprem perdeleri yüksek dereceden hiperstatik olduklarından hesapları da güçleşmektedir. Yatay yüklere karşı etkili bir dayanım gösteren deprem perdelerinin çok katlı yapılarda yaygın bir şekilde tercih edilmesi ile birlikte, mimari nedenlerle bırakılan boşluk sıra sayısında da artış olmuştur.

Yatay yükler etkisindeki boşluklu perdelerin analizi için çok yaygın bir şekilde kullanılan yöntemlerden birisi SBY'dir. Bu yöntemde yapılan en önemli kabul bağlantı kirişleri ile güçlendirici kirişlerin eksenleri doğrultusunda sonsuz rijitmiş gibi ele alınmalarıdır. Bu kabul kat döşemeleri için çok yaygın şekilde kullanılan rijit diyafram modeliyle eşdeğer olup, çok doğru sonuçlar verdiği bilinen bir gerçektir. Bu kabule dayanarak herhangi bir yükseklikte tüm duvarlar aynı yanal yerdeğiştirmeyi yaparlar ve buna bağlı olarak aynı eğime sahip oldukları kabul edilebilir. Bu yöntemde, ayrıca, katlardaki boşluklar arasındaki bağlantı kirişlerinin özelliklerinin ve aralarındaki uzaklıkların tüm bina boyunca (veya bölge bölge) sabit olduğu kabul edilir. Böylece, bağlantı kirişleri bina boyunca (veya bölge bölge) eşdeğer rijitlikte tabakalar şeklinde bir ortama dönüştürülerek incelenebilmektedir. Bu değişiklik yapının özelliklerinin yüksekliğin fonksiyonları olarak verilmesini sağlar.

SBY kullanılarak yapılan boşluklu perde analizinde boşluk sıra sayısının artmasıyla birlikte bilinmeyen sayısı da artmakta ve kapalı çözümler vermek zorlaşmaktadır. Bu yüzden bilinmeyen sayısını düşük tutmak amacı ile SBY kullanılarak bugüne kadar yapılmış olan statik analizlerde rijit temele oturan, güçlendiricisiz, iki sıra ve simetrik üç sıra boşluklu perdeler üzerine çıkılmamıştır (1). Halbuki, perdeler katlarda bulunan kapı, pencere ve koridor geçişleri için bırakılan boşluklar nedeniyle simetrik olmayan ve ikiden fazla sayıda sıra boşluklu olarak ortaya çıkabilmektedir. Koo ve Cheung (2), temel bilinmeyen olarak aldıkları perdedeki eksenel kuvveti, çeşitli koordinat fonksiyonları cinsinden ifade ederek, yaptıkları çalışmanın sonunda verdikleri örnekte büyük hata oranları ile karşılaşmışlardır. Elkholy ve Robinson (3), sonlu farklar yöntemi kullanarak çok sıra boşluklu perdeler üzerine yaptıkları çalışmada bazı analitik hatalar yapmışlardır. Eğer bina çok yüksekse binanın duvar kalınlığını yüksekliği boyunca kademe kademe azaltmak ekonomik olur (4).

Tasarım sırasında, bir yapının serbest titreşim özelliklerini bilmek, dinamik yatay yüklerin ele alınışı ve ona göre hesap yapılması için büyük önem taşır. Bu konuda Li ve Choo (5), güçlendirici kirişsiz tek sıra boşluklu perdelerin serbest titreşim analizini yaparak serbest titreşim frekanslarını ve mod şekillerini vermişlerdir. Bağlantı kirişlerinin, yüksekliklerinin kısıtlanması nedeniyle, tepedeki yanal yerdeğiştirmeyi ve tabandaki eğilme momentini azaltma görevlerini yeterince sağlayamadıkları yapılarda belirli yüksekliklere güçlendirici kirişler diye adlandırılan yüksek bağlantı kirişleri yerleştirilir. Arslan ve Aksoğan (6), elastik temele oturan ve sonlu sayıda güçlendirici kirişi olan tek sıra boşluklu perdelerin dinamik analizini yapmışlardır. Literatürde çok sıra boşluklu perdelerin öntasarımı üzerinde yapılan dinamik çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, önce, elastik temele oturan, sonlu sayıda güçlendirici kirişi olan çok sıra boşluklu perdelerin serbest titreşim analizi yapılmış daha sonra da, zamanla değişen yükler etkisindeki çok sıra boşluklu perdelerin zorlanmış titreşimleri mod superpozisyon tekniği ve Newmark yöntemi kullanılarak incelenmiştir.

Eğer SBY çok sıra boşluklu perdelerle doğrudan doğruya uygulanacak olursa yapılacak dinamik analiz sonucunda her bölge için yazılacak yüksek dereceden diferansiyel denklemlerin hepsinin ortak çözülmesi gerektiğinden kapalı çözüm zor veya olanaksızdır. Bu sorunu ortadan kaldırmak amacıyla problem özel bir uygulama ile çözülecektir.

Bu çalışmada kullanılan özel yöntem iki adımdan oluşur. Birinci adımda elastik temele oturan çok sıra boşluklu perde ayrı kütlelerden oluşan bir toplanmış kütle sistemine dönüştürülür. Kütle sayısı sistemin serbestlik derecesini oluşturur ve çözümü yapan kişi tarafından serbestçe seçilebilir. Ancak, her bir kütle için büyüklüğü yapının yükseklik boyunca ortalama kütle dağılımından elde edilir ve böylece yapının kütle matrisi bir köşegen matris olarak bulunur.

Bundan sonra sıra sistemin rijitlik matrisinin bulunmasına gelmiştir. Bunun için ayrı kütlelerin her birinin yatay yerdeğiştirmeleri doğrultusunda birim yük ile yüklenmeleri ve yerdeğiştirmelerin bulunması gerekir. Bu yüklemelerin her biri için SBY kullanılarak boşluk sıralarındaki bağlantı kirişlerinin ve güçlendirici kirişlerin dönüm noktaları olan orta noktalarında uygunluk denklemleri yazılır. Boşluk sayısı kadar denklemden oluşan ikinci dereceden, lineer, girişimli diferansiyel denklem takımı, güçlendirici kirişlerle ve/veya perde kalınlığının değiştirilmesiyle iki ve daha fazla bölgeye ayrılan çok sıra boşluklu perdelerde her bölge için tekrarlanır. Ortak çözülmesi gereken bu diferansiyel denklem takımı değişken dönüşümü yapılarak özdeğer problemi şekline dönüştürülür. Daha sonra katsayılar matrisinin diagonal hale getirilmesiyle girişimsiz forma dönüşen denklemler çözülür. Bu analiz sırasında temel düşey, yatay ve dönel rijitlikleri de gözönüne alınarak tabanda sınır koşulları yazılır. Yatay yerdeğiştirmelerin bulunması sırasında, bölgeler arasında hem komşu iki bölgenin hem de aralarındaki güçlendirici kirişin aynı yatay yerdeğiştirme ve eğime sahip olmaları koşulları uygulanır.

Çok sıra boşluklu perdenin, tüm birim yüklemeler için yerdeğiştirme şekilleri bulunduktan sonra esneklik matrisi doğrudan doğruya yazılabilir ve tersi alınarak da rijitlik matrisi bulunur. Rijitlik matrisi ve toplanmış kütle kabulü ile elde edilen kütle matrislerinin serbest titreşim denkleminde yerlerine konulması ile sistemin doğal frekansları ve bunlara ait şekil vektörleri elde edilir.

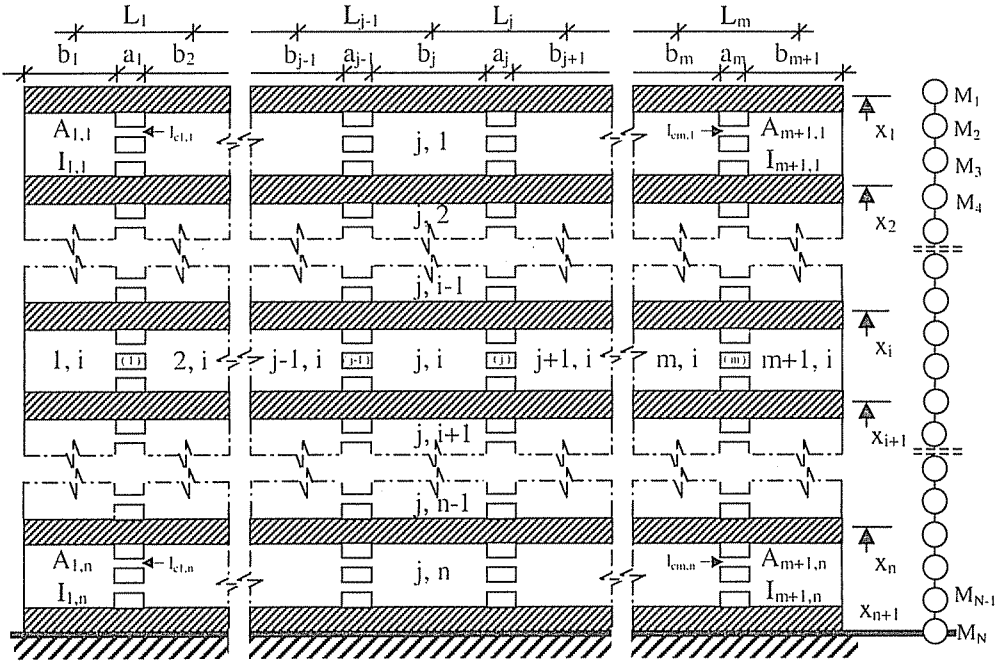
Sistemin zorlanmış titreşim analizi, sistem rijitlik ve kütle matrislerini mod süperpozisyon yöntemi yardımı ile girişimli durumdan girişimsiz duruma çevirerek yapılır. Matrisler girişimsiz duruma dönüştürüldükten sonra sayısal çözüm yöntemlerinden Newmark yöntemi kullanılarak zamanla değişen yükler etkisindeki güçlendirilmiş çok sıra boşluklu perdelerin "Time-History" analizi yapılır. Newmark yöntemi (Newmark integrasyon yöntemi) lineer ivme ve ortalama sabit ivme kabullerine dayanmaktadır. Yöntemin ilk adımında yapı sisteminin yerdeğiştirme, hız ve ivme vektörleri için başlangıç değerleri belirlenir. İkinci adımda, zaman artım değeri ve ilgili parametreler, α ve δ , belirlenir. Daha sonra, bu parametreler yardımı ile integrasyon sabitleri bulunur ve sistemin efektif rijitlik matrisi oluşturulur. Bundan sonraki kısımda seçilen zaman artımının her tekrarı için aşağıdaki hesaplar yapılır. İlk olarak, efektif yük vektörü hesaplanır. Efektif rijitlik matrisi ve efektif yük vektörü belirlenen yapının yerdeğiştirmeleri sistem denklemi ile bulunur. Son olarak, bir sonraki zaman adımında efektif yük vektörünün hesabı için kullanılacak olan hız ve ivme vektörleri belirlenir. Her zaman adımına karşı gelen girişimsiz yerdeğiştirme vektörleri kullanılarak sistemin gerçek yerdeğiştirme vektörleri bulunur.

Buraya kadar anlatılan hesapları yapan bir bilgisayar programı MATHEMATICA bilgisayar programlama dilinde bir bilgisayar programı yazılarak önce literatürde var olan tek sıra boşluklu perde örneği (5) ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, farklı yöntemler kullanılarak yapılan statik analiz çalışmalarında kullanılan üç sıra ve beş sıra boşluklu perde örneklerinin (2-3) dinamik analizleri yapılmıştır. Tüm örnekler hem bu çalışmada hazırlanan program ile hem de SAP2000 (7) yapı analiz programı ile çözümlenerek elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve sonuçların oldukça uyumlu oldukları gözlenmiştir.

2. ANALİZ

Problemin çözümü için çok sıra boşluklu perde, önce, ayırık kütlelerle modellenecek sonra, SBY kullanılacaktır. Çok sıra boşluklu perdenin kütle matrisi bir köşegen matris olarak toplanmış kütle kabulü ile bulunmaktadır. Bu amaçla çok sıra boşluklu perdenin tepesi ve tabanı ile güçlendirici kirişlerin bulunduğu yükseklikler ve perdenin kalınlık değişikliklerinin olduğu yükseklikler "uçlar" olarak adlandırılacak, iki ucun arasında kalan kısma da "bölge" denilecektir. Her bölgeye uygun sayıda toplanmış kütle yerleştirilecek bölge ağırlığının bu sayıya bölünmesi ile bölgedeki kütlelerin ağırlığı bulunacak, uçlardaki kütlelerin ağırlığı ise diğer kütlelerin ağırlığının yarısına eşit olacaktır. Bu işlemler tüm bölgeler için yapıлып güçlendirici kirişlerden gelen katkılar da hesaplandıktan sonra yapının M kütle matrisi köşegen matris olarak bulunur. Bu matrisin boyutu, kütle sayısı N olmak üzere, $N \times N$ olur (Şekil 1).

Her kütle için düşey ve dönel atalet etkileri gözardı edilerek yalnız yatay yerdeğiştirme doğrultusunda serbestlik derecesi gözönüne alınır. Bu kabul, yüksek modlarda küçük bir hata doğurmakla birlikte kütle sayısının artırılmasıyla elde edilen sonucun hassasiyeti de artmaktadır. Bu çalışmada, kütlelerin düşey ve dönel atalet etkilerinden daha önemli olan temellerin elastikliği gözönüne alınmıştır. Bunun için her duvarın temeli yatay, düşey ve dönel olmak üzere üç yay ile modellenmiştir.

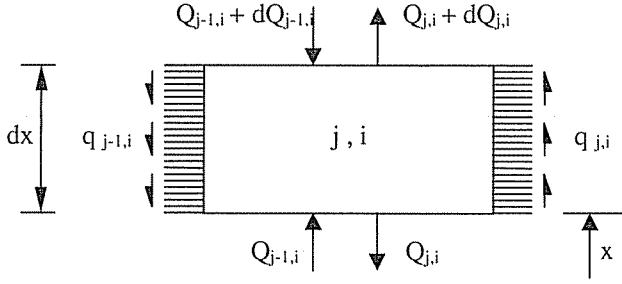


Şekil 1. Güçlendirici Kirişleri Olan Çok Sıra Boşluklu Perde

SBY'de yapılan önemli kabuller şunlardır. Bağlantı kirişlerinin boy değişimleri gözardı edildiğinden aynı yükseklikte tüm duvarların yatay yerdeğiştirmeleri, eğimleri ve eğrilikleri birbirine eşittir. Bağlantı kirişlerinin ve güçlendirici kirişlerin moment sıfır noktaları orta noktalarıdır. Eğilme rijitliği $EI_{c,j,i}$ olan bağlantı kirişlerinin yerine eğilme rijitliği birim yükseklik için $EI_{c,j,i}/h_i$ olan eşdeğer rijitlikteki sürekli yayılı tabakalar düşünülür. Burada, E , $I_{c,j,i}$ ve h_i , sırasıyla, elastisite modülü, i bölgesinde j numaralı boşluktaki bağlantı kirişlerinin atalet momenti ve i bölgesindeki kat yüksekliğidir. Aynı şekilde, bağlantı kirişlerindeki kesme kuvvetlerinin yerine sürekli yayılı tabakanın moment sıfır noktaları boyunca birim boydaki değeri $q_{j,i}$ olan sürekli yayılı kesme kuvveti fonksiyonu düşünülür.

Esneklik matrisi her toplanmış kütleli bulunduğu yükseklikteki yatay yerdeğiştirme doğrultusunda birim kuvvet uygulayarak bulunacaktır. Her birim yük uygulamasından elde edilen yatay yerdeğiştirmeler esneklik matrisinin bir kolonunu oluşturacaktır. Böylece, bir genel birim yükleme için yapılan analiz tüm esneklik matrisini bulmak için yeterlidir.

Sürekli bağlantı ortamına dönüştürülmüş çok sıra boşluklu perde sisteminde, i bölgesinde j numaralı duvarın sağ ve sol tarafındaki yayılı tabakaların moment sıfır noktaları olan orta noktalarından geçen düşey kesitler alınırsa birim boydaki değeri $q_{j-1,i}$ ve $q_{j,i}$ ile gösterilen kesme kuvvetleri ortaya çıkar (Şekil 2).



Şekil 2. Perdede Düşey Kuvvetlerin Dengesi

Şekil 2’de görülen, i bölgesinde j numaralı duvarın, dx uzunluğundaki parçasına etkiyen düşey kuvvetlerin dengesinden

$$\frac{dQ_{j-1,i}}{dx} - \frac{dQ_{j,i}}{dx} = q_{j,i} - q_{j-1,i} \quad j = 1, 2, \dots, m+1, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

eşitliği elde edilir. Burada,

$$Q_{0,i} = Q_{m+1,i} = q_{0,i} = q_{m+1,i} = 0 \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

olduğu unutulmamalıdır. Burada, dikkat edilmesi gereken bir nokta, i bölgesinde j numaralı duvar üzerinde aksel kuvvet yerine duvarın komşu boşluklarındaki kesme kuvvetlerinin tepeden itibaren toplamları olan $Q_{j,i}$ ve $Q_{j-1,i}$ fonksiyonları bu analizde temel bilinmeyenler olarak ele alınmaktadır. Bunların arasındaki fark i bölgesindeki j numaralı duvarın aksel kuvvetini verecektir. Denklem takımı (1)’in bir sonucu olarak

$$\frac{dQ_{j,i}}{dx} = -q_{j,i} \quad j = 1, 2, \dots, m+1, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

eşitlikleri yazılabilir. İşlemler sırasında birim yük daha önce tanımlanan bölgelerin birinin içine rastladığında o bölge iki yeni bölgeye ayrılır.

Macaulay parantezleri

$$\left. \begin{array}{l} x > x' \text{ için } \langle x - x' \rangle^n = (x - x')^n \text{ ve } \langle x - x' \rangle^0 = 1 \\ x \leq x' \text{ için } \langle x - x' \rangle^n = 0 \quad \text{ve} \quad \langle x - x' \rangle^0 = 0 \end{array} \right\} \quad (4)$$

şeklinde tanımlanmak üzere herhangi bir x yüksekliğinde çok sıra boşluklu perde için moment eğrilik ilişkisi

$$EI_i \frac{d^2 y_i}{dx^2} = \langle H_p - x \rangle^1 - \sum_{j=1}^m Q_{j,i} L_{j,i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

şeklinde yazılabilir. Burada H_p , $L_{j,i}$ ve I_i , sırasıyla, birim yükün bulunduğu yükseklik, i bölgesinde j ve $(j+1)$ numaralı duvar eksenleri arasındaki uzaklık ve i bölgesindeki duvar atalet momentleri toplamıdır.

Çok sıra boşluklu perdenin j numaralı boşluğunda sürekli yayılı tabakaların moment sıfır noktaları olan orta noktalarının bina boyunca kesildiği düşünülecektir. Uygunluk denklemi, perdenin herhangi bir i bölgesinde kesilen uçların yaptığı bağıl düşey yerdeğiştirme toplamının sıfıra eşitlenmesi ile

$$\begin{aligned} & L_{j,i} \frac{dy_i}{dx} - \frac{h_i a_j^2}{2C_{cbi}} q_{j,i} - \frac{h_i a_j^3}{12EI_{c,j,i}} q_{j,i} \\ & - \frac{1}{E} \sum_{k=i+1}^n \left[\left\{ \frac{1}{A_{j,k}} \right\} \int_{x_{k+1}}^{x_k} (Q_{j,k} - Q_{j-1,k}) dx + \left\{ \frac{1}{A_{j+1,k}} \right\} \int_{x_{k+1}}^{x_k} (Q_{j,k} - Q_{j+1,k}) dx \right] \\ & - \frac{1}{E} \left[\left\{ \frac{1}{A_{j,i}} \right\} \int_{x_{i+1}}^x (Q_{j,i} - Q_{j-1,i}) dx + \left\{ \frac{1}{A_{j+1,i}} \right\} \int_{x_{i+1}}^x (Q_{j,i} - Q_{j+1,i}) dx \right] - \delta_0 = 0 \\ & j = 1, 2, \dots, m, \quad i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (6)$$

şeklinde bulunur. Bu uygunluk denklemi, (2) denklemleri geçerli kalmak üzere tüm boşluklar için yazılabilir. Burada a_j , C_{cbi} , $I_{c,j,i}$, $A_{j,i}$ ve δ_0 , sırasıyla, j numaralı boşluk genişliği, i bölgesinde kiriş-duvar bağlantı esnekliği, i bölgesinin j numaralı boşluğundaki bağlantı kirişinin atalet momenti, i bölgesindeki j numaralı duvarın enkesit alanı ve temelın bağıl düşey yerdeğiştirmesidir. Bu denklemdaki terimler, kesilen kiriş uçlarının, sırasıyla, perdenin eğilmesinden, kiriş-duvar bağlantısının dönmesinden, bağlantı kirişlerinin kesme kuvvetiyle eğilmesinden, duvarların tabandan i bölgesine kadar olan kısımlarının boy değişimlerinden, i bölgesinde duvarların boy değişiminden ve temeldeki bağıl hareketten doğan bağıl düşey yerdeğiştirmelerdir. Bu denklemin x 'e göre türevi alınır. (3) ve (5) ifadeleri denklemden yerlerine yazılarak düzenlenirse

$$\begin{aligned} & \left[\gamma_{j,i}^2 Q_{j,i}'' \right]_{mx1} - \left[\alpha_{jk}^2 \right]_{mxm} \left[Q_{j,i} L_{j,i} \right]_{mx1} = - \left[\langle H_p - x \rangle^1 \right]_{mx1} \\ & j = 1, 2, \dots, m, \quad i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (7)$$

şeklinde matris formda Q 'ye bağılı ikinci mertebeden homojen olmayan lineer diferansiyel denklem takımının genel ifadesi bulunmuş olur. Burada,

$$\begin{aligned}
\alpha_{jk}^2 &= \left(1 + \frac{I_i}{L_{j,i}^2} \left(\frac{1}{A_{j,i}} + \frac{1}{A_{j+1,i}} \right) \right) & (j = k) \\
\alpha_{jk}^2 &= \left(1 - \frac{I_i}{L_{j,i} L_{j-1,i} A_{j,i}} \right) & (j = k+1) \\
\alpha_{jk}^2 &= \left(1 - \frac{I_i}{L_{j,i} L_{j+1,i} A_{j+1,i}} \right) & (j = k-1) \\
\alpha_{jk}^2 &= 1 & (j < k-1) \\
\alpha_{jk}^2 &= 1 & (j > k+1) \\
\gamma_{j,i}^2 &= \frac{EI_i}{L_{j,i}} \left(\frac{h_i a_j^2}{2C_{cbi}} + \frac{h_i a_j^3}{12EI_{cj,i}} \right) & k = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad i = 1, 2, \dots, n
\end{aligned} \tag{8}$$

tanımları geçerlidir. Görüldüğü gibi (7) numaralı diferansiyel denklem takımı girişimlidir ve boşluk sayısına bağlı olarak matris boyutları büyüdüğünden ikiden fazla boşluk sayısı için kapalı çözümünü aramak pratiklikten çok uzaktır. Burada, (7) numaralı denklemin çözümü için matris ortogonalizasyon yöntemi kullanılacaktır. Bunun için, önce,

$$Q_{j,i} L_{j,i} = Z_{j,i} \Rightarrow Q_{j,i} = \frac{Z_{j,i}}{L_{j,i}} \Rightarrow Q_{j,i}'' = \frac{Z_{j,i}''}{L_{j,i}} \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad i = 1, 2, \dots, n \tag{9}$$

şeklinde değişken değişimi yapılarak (7) numaralı denklem, temel bilinmeyenler $Z_{j,i}$ olmak üzere, daha açık olarak,

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \frac{\gamma_{1,i}^2}{L_{1,i}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{\gamma_{2,i}^2}{L_{2,i}} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{\gamma_{m,i}^2}{L_{m,i}} \end{bmatrix}}_{\underline{A}} \underbrace{\begin{bmatrix} Z_{1,i}'' \\ Z_{2,i}'' \\ \dots \\ Z_{m,i}'' \end{bmatrix}}_{\underline{Z}''} + \underbrace{\begin{bmatrix} -\alpha_{11}^2 & -\alpha_{12}^2 & \dots & -\alpha_{1m}^2 \\ -\alpha_{21}^2 & -\alpha_{22}^2 & \dots & -\alpha_{2m}^2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -\alpha_{m1}^2 & -\alpha_{m2}^2 & \dots & -\alpha_{mm}^2 \end{bmatrix}}_{\underline{B}} \underbrace{\begin{bmatrix} Z_{1,i} \\ Z_{2,i} \\ \dots \\ Z_{m,i} \end{bmatrix}}_{\underline{Z}} = \underbrace{\begin{bmatrix} -\langle H_p - x \rangle' \\ -\langle H_p - x \rangle' \\ \dots \\ -\langle H_p - x \rangle' \end{bmatrix}}_{\underline{M}_c} \tag{10}$$

$i = 1, 2, \dots, n$

şeklinde yazılabilir. Burada, \underline{A} ve \underline{B} $m \times m$, \underline{Z} ve \underline{M}_c ise $m \times 1$ boyutlu matrislerdir. Bu denklemin homojen kısmı

$$\underline{A} \underline{Z}'' + \underline{B} \underline{Z} = 0 \quad (11)$$

şeklinde yazılarak bu özdeğer problemi çözümler ve her özdeğere karşı gelen özvektörler ilgili kolonlara yazılırsa T dönüşüm matrisi elde edilir. Denklem (10), \underline{Z} vektörü katsayılarının sabit olmasından dolayı diyagonalize edilebilir. Bu amaçla \underline{Z} , dönüşüm matrisi kullanılarak

$$\underline{Z} = \underline{T} \underline{Y}, \quad \underline{Z}'' = \underline{T} \underline{Y}'' \quad (12)$$

şeklinde ifade edilirler ve (10) numaralı denklemin matris formunda yerine konulursa

$$\underline{A} \underline{T} \underline{Y}'' + \underline{B} \underline{T} \underline{Y} = \underline{M}_e \quad (13)$$

eşitliği elde edilir. Burada \underline{T} ve \underline{Y} , sırasıyla, $m \times m$ boyutunda dönüşüm matrisi ve $m \times 1$ boyutunda x 'e bağlı lineer bağımsız fonksiyonlardan oluşan matristir. Bu denklemin her iki tarafı \underline{T}^T ile çarpılırsa \underline{A} ve \underline{B} matrisleri diyagonal şekle dönüşür ve

$$\tilde{\underline{A}} \underline{Y}'' + \tilde{\underline{B}} \underline{Y} = \tilde{\underline{M}}_e \quad (14)$$

şeklinde girişimsiz bir diferansiyel denklem takımı elde edilir. Denklem (14)'ün tüm $i = 1, 2, \dots, n$ bölgeleri için genel çözümü

$$Y_{j,i} = C_{j,i} \text{Cosh} \left(\sqrt{\frac{\tilde{B}_{j,i}}{\tilde{A}_{j,i}}} x \right) + D_{j,i} \text{Sinh} \left(\sqrt{\frac{\tilde{B}_{j,i}}{\tilde{A}_{j,i}}} x \right) + \frac{1}{\tilde{B}_{j,i}} < H_p - x >^1$$

$$j = 1, 2, \dots, m, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (15)$$

şeklinde verilebilir. Elde edilen (15) numaralı genel çözümde, her bir i bölgesi için boşluk sıra sayısı kadar $C_{j,i}$ ve $D_{j,i}$ sabitleri bulunmaktadır.

Sınır koşulları yazılmadan önce, sınır koşullarında kullanılacak olan güçlendirici kirişlerdeki kesme kuvveti değerleri belirlenmelidir. Bu amaçla, (6) numaralı uygunluk denklemi hem i bölgesinin x_i konumu için, hem de x_i yükseklikteki güçlendirici kiriş için yazılarak ortak çözümler ve düzenlemeler yapılırsa

$$\eta_{j,i} = \frac{1}{H} \left(\frac{h_i}{C_{cbi}} + \frac{h_i a_j}{6EI_{cj,i}} \right) \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (16)$$

$$\left(\frac{1}{C_{sbi}} + \frac{a_j}{6EI_{si}} \right)$$

tanımları da kullanılarak güçlendirici kirişlerdeki kesme kuvveti değerleri

$$V_{j,i} = -\eta_{j,i} H \left. \frac{dQ_{j,i}}{dx} \right|_{x=x_i} \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (17)$$

şeklinde elde edilir.

Her bölgede boşluk sıra sayısı kadar $C_{j,i}$ ve $D_{j,i}$ bilinmeyen integral sabiti çifti olduğundan bunlar, birim yükün bulunduğu kesit dahil duvar tepesi hariç bütün bölge uçlarında düşey kuvvet dengesi ve birim yükün bulunduğu kesit dahil duvar tabanı hariç bütün bölge uçlarında yazılan eğimlerin sürekliliği koşullarından bulunurlar. Bu sınır şartları yazılırken tepedeki tüm duvarlarda eksenel kuvvet değeri sıfır ve tabandaki eğim ve bağıl düşey yerdeğiştirme, sırasıyla.

$$\left. \frac{dy_n}{dx} \right|_{x=0} = \frac{H_p - \sum_{j=1}^m Q_{j,n} L_{j,n}}{\sum_{j=1}^{m+1} K_{rj}} \quad (18)$$

$$\delta_0 = \frac{Q_{j,n} - Q_{j-1,n}}{K_{vj}} + \frac{Q_{j,n} - Q_{j+1,n}}{K_{v(j+1)}} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (19)$$

şeklinde alınmalıdır. Burada K_{rj} ve K_{vj} , sırasıyla, j numaralı duvar temelinin dönel ve düşey rijitliklerini gösterirler. Duvar tabanında bir güçlendirici kiriş olduğu zaman $Q_{j,i}$ o güçlendirici kirişteki kesme kuvveti kadar arttırılmalıdır.

Yukarıda belirtilen tüm sınır koşulları yazılır ve ortak çözülürse bütün bölgelere ait $C_{j,i}$ ve $D_{j,i}$ integrasyon sabitleri bulunur. Daha sonra sırasıyla integrasyon sabitleri (15) denkleminde yerlerine konular, elde edilen $Y_{j,i}$ değerleri (12) denklemlerinin birincisinde yerlerine konular ve elde edilen ifade (9) numaralı denklemlerin birincisinde yerine konularsa $Q_{j,i}$ bilinmeyen fonksiyonları elde edilir.

Elde edilen $Q_{j,i}$ ifadeleri (5) numaralı moment eğrilik ilişkisinde yerlerine konular iki kez integre edilirse

$$y_i = \frac{1}{EI_i} \int \left[\int \left(\langle H_p - x \rangle^1 - \sum_{j=1}^m Q_{j,i} L_{j,i} \right) dx \right] dx + H_i x + G_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (20)$$

ifadeleri elde edilir. Bu denklemlerdeki, bölge sayısı kadar H_i ve G_i bilinmeyen integrasyon sabiti çifti, x_i yükseklikte komşu iki bölge yanal deplasmanlarının ve türevlerinin eşitliği ve perde tabanında yanal deplasmanın

$$y_n|_{x=0} = \frac{1}{\sum_{j=1}^{m+1} K_{hj}} \quad (21)$$

ve perde tabanında dönmenin

$$\frac{dy_n}{dx}|_{x=0} = \frac{\sum_{j=1}^{m+1} M_{j,n}}{\sum_{j=1}^{m+1} K_{rj}} \quad (22)$$

şeklinde yazılmasıyla elde edilen sınır koşullarından bulunur. Burada K_{hj} ve $M_{j,n}$, sırasıyla, j numaralı duvar temelini yatay rijitliğini ve j numaralı duvar tabanında dış yükten dolayı oluşan momenti göstermektedir.

Yatay yerdeğiştirme ifadesi kullanılarak her bir kütle yüksekliğindeki birim yükten dolayı oluşan yatay yerdeğiştirme değerleri ile yapının esneklik ve rijitlik matrisleri oluşturulur. Elde edilen kütle ve rijitlik matrisleri serbest titreşim denkleminde yerlerine konularak özdeğerler ve daha sonra da bu özdeğerlere karşı gelen özvektörler elde edilir.

Çok serbestlik dereceli yapıların zorlanmış titreşim analizinde serbestlik derecesi arttıkça denklem takımının çözümü zorlaşmakta ve özellikle zaman artım değeri azaldıkça veya adım sayısı arttıkça hesap miktarı fazlalaşmakta olup çok yüksek bilgisayar kapasitesi gerekmektedir. Bir önceki bölümde kütle ve rijitlik matrisleri belirlenen boşluklu perdeye ait hareket denklemini

$$\underline{M} \ddot{\underline{X}} + \underline{C} \dot{\underline{X}} + \underline{K} \underline{X} = \underline{P} \quad (23)$$

şeklinde yazılabilir. Bu denklem takımında her bir eşitliğin bütün düğümlere ait büyüklükleri içerdiği görülmektedir. Bu denklem takımının çözümü mümkün olmakla birlikte çok serbestlik dereceli perdelerde çözüm oldukça zorlaşır. Çözümü kolaylaştırmak amacıyla mod-süperpozisyon yöntemi kullanılabilir. Bu yöntemde, (23) numaralı denklemdeki \underline{X} yerdeğiştirme vektörü modal yerdeğiştirme vektörü, \underline{U} , cinsinden

$$\underline{X} = \underline{\Phi} \underline{U} \quad (24)$$

şeklinde ifade edilip, bu ifade ve türevleri (23) numaralı denklemde yerlerine konularak

$$\tilde{M} \ddot{U} + \tilde{C} \dot{U} + \tilde{K} U = \tilde{P} \quad (25)$$

şeklinde girişimsiz denklem takımı elde edilir.

Zamanla değişen yükler etkisindeki boşluklu perdelerin değişik zamanlardaki yerdeğiştirme veya eleman uç kuvvetlerinin hesabına zaman tanım alanında analiz denilir. (25) denklemi incelendiğinde ikinci mertebeden bir diferansiyel denklem takımı olduğu ve özellikle çok serbestlik dereceli perdeler için çözümün zor ve zaman alıcı olacağı anlaşılabilir. Çözümü kolaylaştırmak ve hesapları azaltmak için çeşitli sayısal çözüm yöntemleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada dinamik yükler etkisindeki güçlendirilmiş boşluklu perdelerin zorlanmış titreşim analizi için Newmark yöntemi kullanılacaktır.

Newmark integrasyon yönteminde lineer ivme ile ortalama sabit ivme kabulleri yapılmaktadır. Bu yöntemde

$$\begin{aligned} \dot{x}_{t+\Delta t} &= \dot{x}_t + [(1-\delta)\ddot{x}_t + \delta\ddot{x}_{t+\Delta t}] \Delta t \\ x_{t+\Delta t} &= x_t + \dot{x}_t \Delta t + [(0.5-\alpha)\ddot{x}_t + \alpha\ddot{x}_{t+\Delta t}] \Delta t^2 \end{aligned} \quad (26)$$

bağıntıları kullanılır. Bu bağıntılardaki α ve δ parametreleri, lineer ivme ile ortalama sabit ivme kabullerine göre sırası ile 1/6 ve 1/2 değerlerini alırlar. Newmark yönteminin çözüm adımları aşağıdaki şekildedir:

1)(25)'te elde edilen denklem için başlangıç değerleri kabul edilir. Perdenin $t=0$ anında hız ve yerdeğiştirme vektörleri sıfır alınır. İvme vektörünün başlangıç değeri $t=0$ anındaki hız ve ivme vektörlerinin (25)'te yerine konulmasıyla

$$\ddot{U}_0 = \tilde{M}^{-1} [\tilde{P}(t) - \tilde{C} \dot{U}_0 - \tilde{K} U_0] \quad (27)$$

şeklinde elde edilir.

2)Zaman artım değeri Δt ile α ve δ parametreleri belirlenir :

$$\begin{aligned} \delta &= 0.50 \\ \alpha &\geq 0.25(0.5 + \delta)^2 \end{aligned} \quad (28)$$

3)Newmark yönteminde kullanılacak olan sabitler hesaplanır :

$$\begin{aligned}
 a_0 &= \frac{1.0}{\alpha \Delta t^2} \\
 a_1 &= \frac{\delta}{\alpha \Delta t} \\
 a_2 &= \frac{1.0}{\alpha \Delta t} \\
 a_3 &= \frac{1.0}{2 \alpha} - 1.0 \\
 a_4 &= \frac{\delta}{\alpha} - 1.0 \\
 a_5 &= \frac{\Delta t}{2.0} \left(\frac{\delta}{\alpha} - 2.0 \right) \\
 a_6 &= \Delta t (1.0 - \delta) \\
 a_7 &= \alpha \Delta t
 \end{aligned} \tag{29}$$

4) Sistem efektif rijitlik matrisi oluşturulur :

$$\underline{\tilde{K}}_{ef} = \underline{\tilde{K}} + a_0 \underline{\tilde{M}} + a_1 \underline{\tilde{C}} \tag{30}$$

5) Bu adımdaki hesaplar her Δt değeri için tekrarlanacaktır.

(a) $t+\Delta t$ zamanında efektif yük vektörü hesaplanır :

$$\underline{\tilde{P}}_{ef,t+\Delta t} = \underline{\tilde{P}}_{t+\Delta t} + \underline{\tilde{M}} (a_0 \underline{U}_t + a_2 \underline{\dot{U}}_t + a_3 \underline{\ddot{U}}_t) + \underline{\tilde{C}} (a_1 \underline{U}_t + a_4 \underline{\dot{U}}_t + a_5 \underline{\ddot{U}}_t) \tag{31}$$

(b) $t+\Delta t$ zamanında perde yerdeğiştirme vektörleri hesaplanır :

$$\underline{\tilde{K}}_{ef} \underline{U}_{t+\Delta t} = \underline{\tilde{P}}_{ef,t+\Delta t} \tag{32}$$

(c) $t+\Delta t$ zamanında ivme ve hız vektörleri hesaplanır :

$$\begin{aligned}
 \underline{\ddot{U}}_{t+\Delta t} &= a_0 (\underline{U}_{t+\Delta t} - \underline{U}_t) - a_2 \underline{\dot{U}}_t - a_3 \underline{\ddot{U}}_t \\
 \underline{\dot{U}}_{t+\Delta t} &= \underline{\dot{U}}_t + a_6 \underline{\ddot{U}}_t + a_7 \underline{\ddot{U}}_{t+\Delta t}
 \end{aligned} \tag{33}$$

(d) Perde için gerçek yerdeğiştirme, hız ve ivme vektörleri hesaplanır :

$$\begin{aligned}
\underline{X}_{t+\Delta t} &= \underline{\Phi} \underline{U}_{t+\Delta t} \\
\dot{\underline{X}}_{t+\Delta t} &= \underline{\Phi} \dot{\underline{U}}_{t+\Delta t} \\
\ddot{\underline{X}}_{t+\Delta t} &= \underline{\Phi} \ddot{\underline{U}}_{t+\Delta t}
\end{aligned} \tag{34}$$

3. SAYISAL UYGULAMALAR

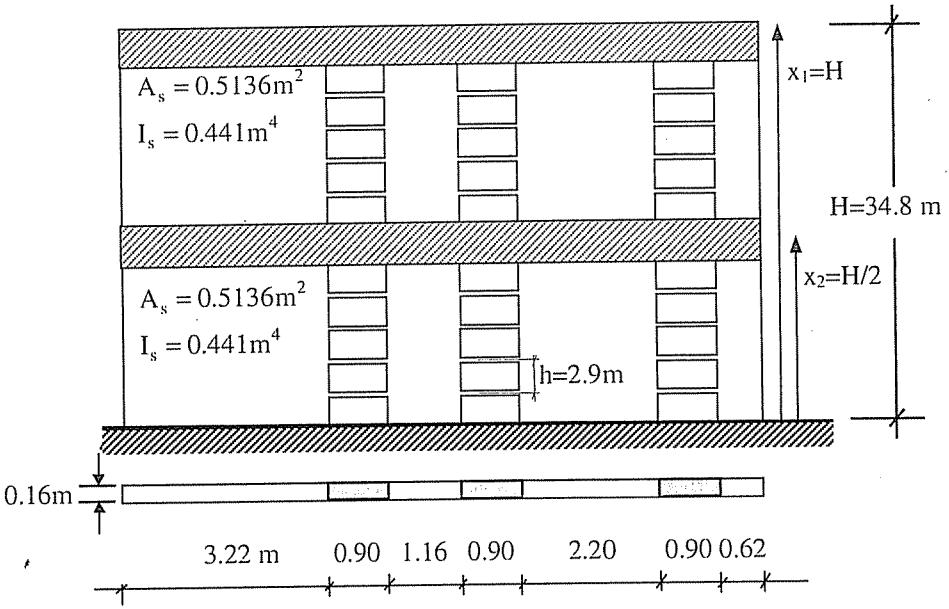
Yapılan analizin ve hazırlanan MATHEMATICA programlama dilindeki programın doğruluğunu kontrol etmek amacıyla üç örnek ele alınmıştır. Birinci örnek literatürde var olan dinamik analizi yapılmış tek sıra boşluklu bir perde örneğidir (5). İkinci ve üçüncü örnekler için, literatürde çok sıra boşluklu perdelerin dinamik analizi üzerine yapılan çalışmaya rastlanılmadığından çok sıra boşluklu perdelerin statik analizi için literatürde örnek olarak ele alınan problemlerin dinamik analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar SAP2000 yapı analizi programı ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır (2-3).

Birinci örnek olarak literatürde var olan (5) tek sıra boşluklu perde örneği tekrar çözülmüş ve elde edilen sonuçlar o çalışmada verilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bu örnekteki boşluklu perde, simetrik, güçlendirici kirişsiz ve rijit temele oturan tek sıra boşluklu perdedir. Boşluk genişliği 2.438 m, perde genişliği 6.096 m, sistem yüksekliği 60.96 m ve kat yüksekliği 3.048 m olan tek sıra boşluklu perdenin kalınlığı 0.3048 m, bağlantı kirişi alanı $A_c=0.2127 \text{ m}^2$, bağlantı kirişi atalet momenti $I_c=8.63 \times 10^{-3} \text{ m}^4$, elastisite modülü $2.876 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ ve yoğunluğu 2405 kg/m^3 'tür. Yapılan analiz sonucunda elde edilen frekanslar literatürde verilenler ile Çizelge 1'de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1. Örnek 1'e Ait Frekansların Karşılaştırılması

Yöntemler		Li ve Choo	Galerkin	Matrix progression	SAP2000	Bu çalışma
Frekanslar (Hz)	1 ^{inci} mod	2.08	2.08	2.05	2.08	2.08
	2 ^{nci} mod	9.34	9.37	8.78	9.34	9.34

İkinci örnek olarak, Koo ve Cheung (2) tarafından ele alınan üç sıra boşluklu perde (Şekil 3), önce literatürde verildiği şekliyle güçlendiricisiz olarak, daha sonra da tepesine ve ortasına güçlendirici konularak çözülmüştür. Bu örnekte, literatürde verilen bağlantı kirişi yüksekliği 0.31 m, perde ve bağlantı kirişi kalınlıkları 0.16 m, bağlantı kirişi yüksekliği 0.31 m, kat yüksekliği 2.9 m, sistem yüksekliği 34.8 m, elastisite modülü $2 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$ değerlerine ek olarak güçlendirici kiriş alanı 0.5136 m^2 , güçlendirici kiriş atalet momenti 0.441 m^4 , yoğunluk 2405 kg/m^3 olarak alınmıştır. Yapılan analiz sonucunda elde edilen ilk on doğal frekans (DF) SAP2000 (7) yapı analiz programından elde edilenlerle karşılaştırılarak oransal farklarıyla birlikte Çizelge 2'de sunulmuştur.

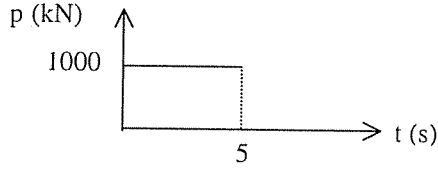


Şekil 3. Üç Sıra Boşluklu Perde

Çizelge 2. Üç Sıra Boşluklu Örnek Perdeye Ait Frekansların Karşılaştırılması

Mod no.	Güçlendiricisiz			Güçlendiricili		
	SAP2000 (Hz)	Bu çalışma (Hz)	Fark (%)	SAP2000 (Hz)	Bu çalışma (Hz)	Fark (%)
1	3.0030	3.0299	0.90	3.1926	3.2138	0.66
2	11.8810	12.0035	1.03	12.0504	12.2186	1.40
3	25.8336	25.9693	0.53	30.7974	30.7603	0.12
4	42.8116	42.8838	0.17	45.5791	45.6712	0.06
5	64.0564	64.0681	0.02	71.4034	71.4489	0.06
6	89.2601	89.4336	0.19	93.3409	93.6721	0.35
7	118.3703	119.0197	0.55	133.6663	133.0426	0.47
8	150.5239	152.1349	1.07	157.5070	160.4458	1.87
9	184.3159	187.3833	1.66	193.2167	194.8379	0.84
10	217.0551	222.0005	2.28	221.6485	227.5125	2.65

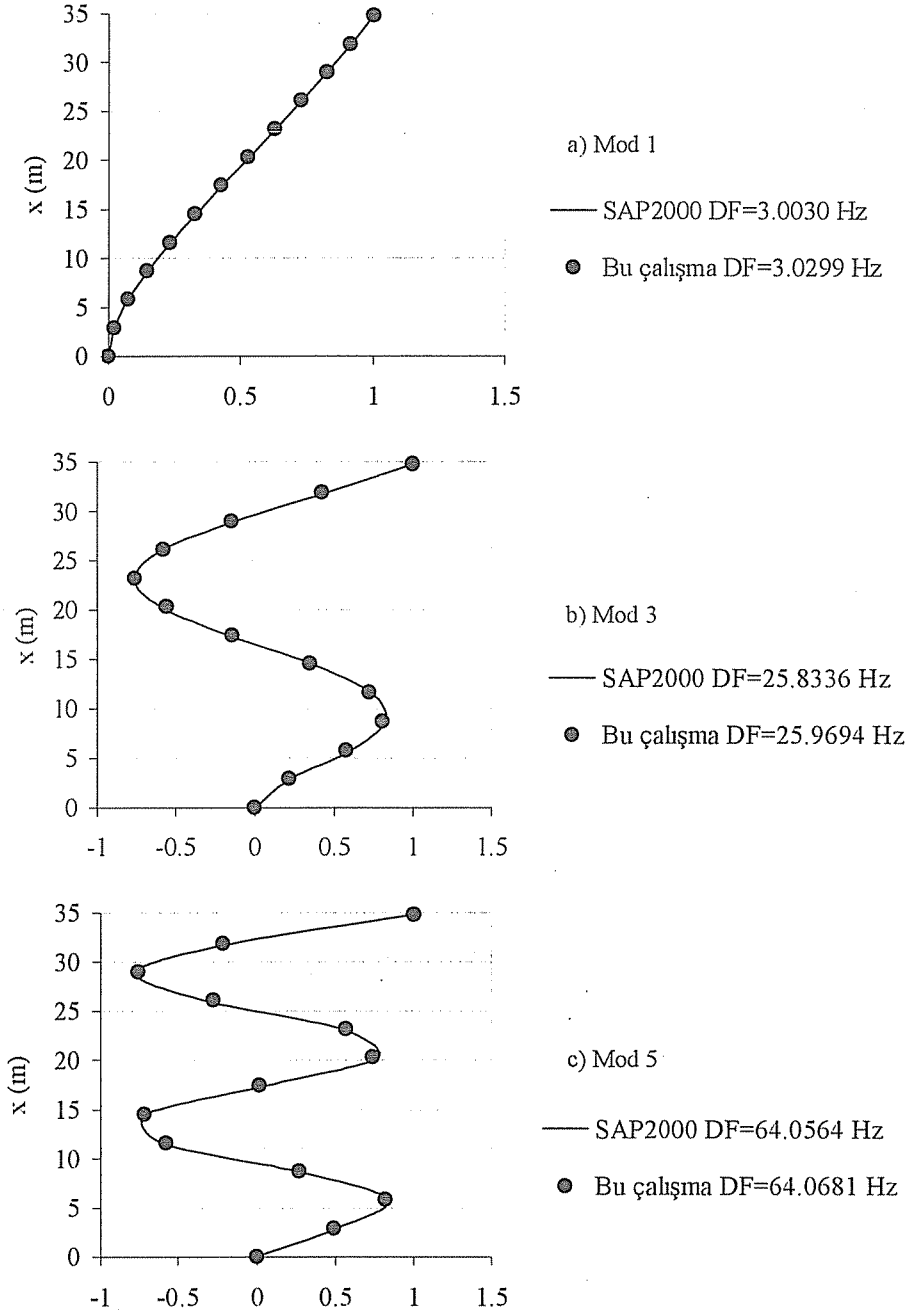
Daha sonra, aynı örnek, Şekil 4'teki yükleme etkisinde programın çalıştırılması sonucunda sönümsüz ve sönüm oranı %5 alınarak elde edilen perde tepesi maksimum yerdeğiştirmeleri Çizelge 3'te SAP2000 yapı analiz programından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Üç sıra boşluklu perde örneğine ait güçlendiricisiz ve güçlendiricili durumlar için birinci terime göre normalize edilmiş birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörlerinin karşılaştırılması Şekil 5-7'de sunulmuştur.



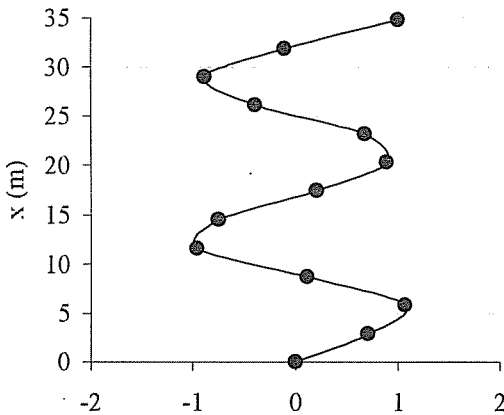
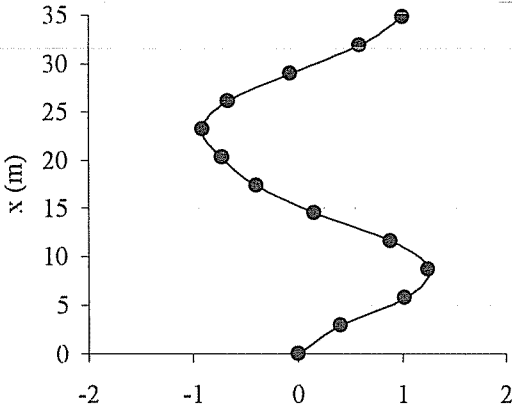
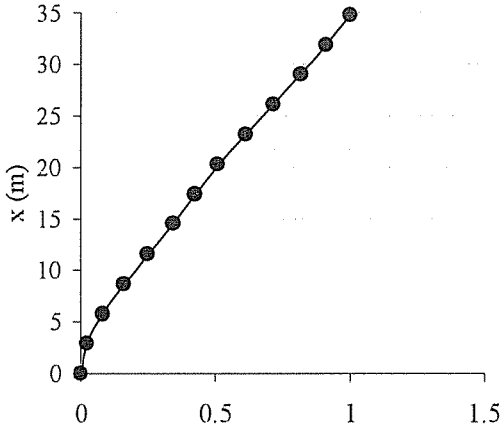
Şekil 4. Örnek Perdeye Ait Yükleme

Çizelge 3. Sönümsüz ve Sönümlü Durumlar İçin Örnek Üç Sıra Boşluklu Perdeye Ait Maksimum Tepe Yerdeğiştirmelerinin Karşılaştırılması

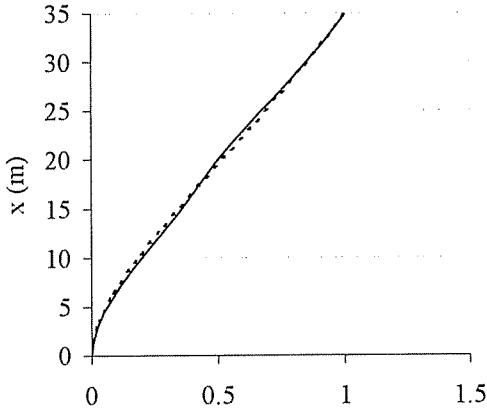
Sönüm oranı	y_{max} (m)					
	Güçlendiricisiz			Güçlendiricili		
	SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)	SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
%0	0.1988	0.1972	0.81	0.1781	0.1769	0.67
%5	0.1764	0.1748	0.89	0.1594	0.1579	0.92



Şekil 5. Örnek 2'nin Güçlendiricisiz Durum İçin Birinci, Üçüncü ve Beşinci Mod Şekil Vektörlerinin Karşılaştırılması

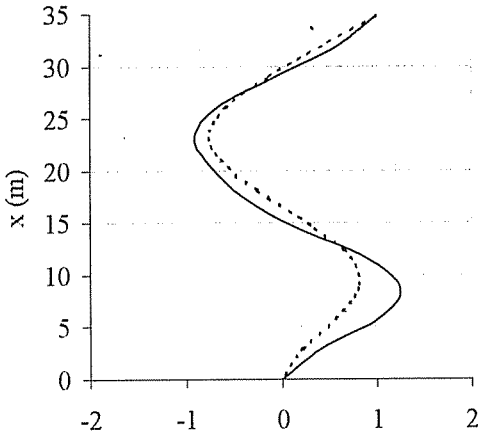


Şekil 6. Örnek 2'nin Güçlendiricili Durum İçin Birinci, Üçüncü ve Beşinci Mod Şekil Vektörlerinin Karşılaştırılması



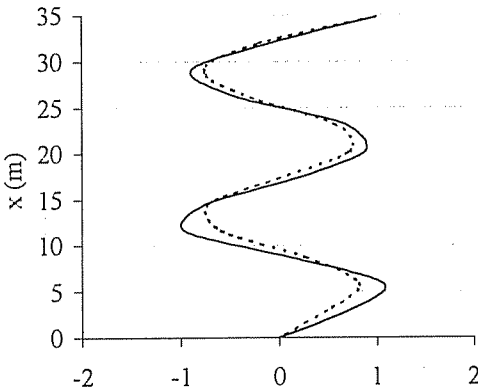
a) Mod 1

— Güçlendiricili DF=3.1926 Hz
- - - Güçlendiricisiz DF=3.0299 Hz



b) Mod 3

— Güçlendiricili DF=30.7603 Hz
- - - Güçlendiricisiz DF=25.9694 Hz

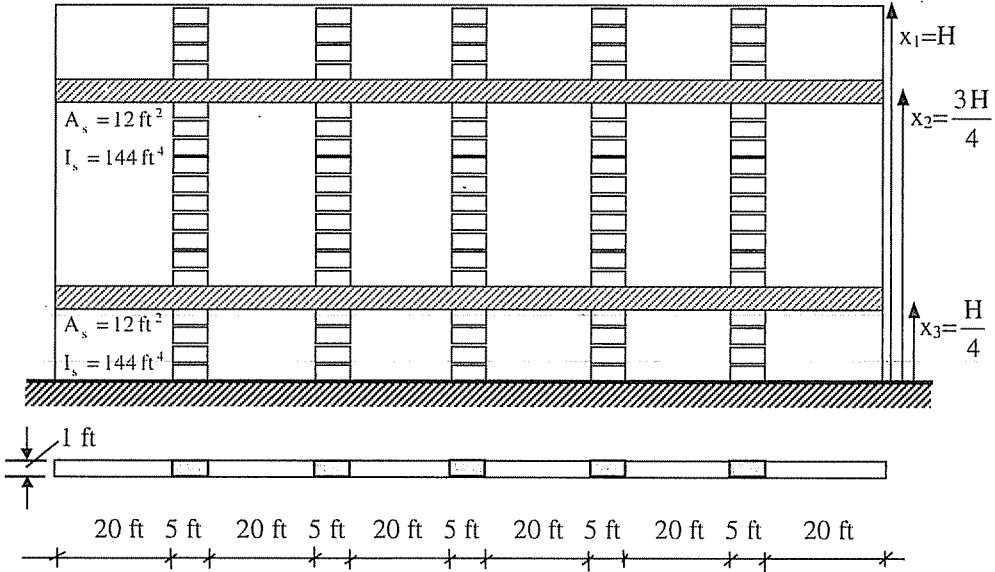


c) Mod 5

— Güçlendiricili DF=71.4489 Hz
- - - Güçlendiricisiz DF=64.0681 Hz

Şekil 7. Örnek 2'nin Güçlendiricili ve Güçlendiricisiz Durumları İçin Birinci, Üçüncü ve Beşinci Mod Şekil Vektörlerinin Karşılaştırılması

Üçüncü örnek olarak, Elkholy ve Robinson (3) tarafından statik analizi yapılan beş sıra boşluklu perde örneği (Şekil 8). çeşitli zemin özellikleri için önce literatürde verildiği şekliyle güçlendiricisiz ve daha sonra da yüksekliğin $\frac{1}{4}$ ve $\frac{3}{4}$ 'ünde güçlendirici



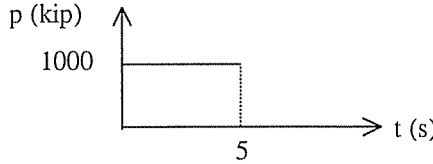
Şekil 8. Beş Sıra Boşluklu Perde

kiriş konularak çözülmüştür. Perde yüksekliği 200 ft, kat yüksekliği 10 ft, perde ve bağlantı kirişi kalınlığı 1 ft, boşluk genişlikleri 5 ft, $K_h = \infty$, bağlantı kirişi yükseklikleri 2 ft ve elastisite modülü 2×10^5 kip/ft² olarak verilen bu örnek, zemin özellikleri $K_v = 9.00 \times 10^6$ kip/ft, $K_r = 3.00 \times 10^8$ kip-ft/rad, güçlendirici kiriş alanı 12 ft², güçlendirici kiriş atalet momenti 144 ft⁴ ve yoğunluk 1527×10^{-4} kip/ft³ alınarak hem bu çalışmadaki yöntemle hem de SAP2000 yapı analiz programı ile çözülmüş ve ilk 10 doğal frekansları güçlendiricisiz ve güçlendiricili olarak Çizelge 4'te oransal farklarıyla birlikte verilmiştir. Daha sonra, aynı örnek, Şekil 9'daki yükleme etkisinde sönümsüz olarak ve literatürde verilen çeşitli zemin koşulları için çözülmüş ve elde edilen perde tepesi maksimum yerdeğiştirmeleri Çizelge 5'te SAP2000 yapı analiz programından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bu örneğe ait zemin özellikleri $K_v = 9.00 \times 10^6$

Çizelge 4. Beş Sıra Boşluklu Örnek Perdeye Ait Frekansların Karşılaştırılması

Mod no.	Güçlendiricisiz			Güçlendiricili		
	SAP2000 (Hz)	Bu çalışma (Hz)	Fark (%)	SAP2000 (Hz)	Bu çalışma (Hz)	Fark (%)
1	1.4206	1.4363	1.11	1.5633	1.5759	0.81
2	4.9781	5.0445	1.34	5.8251	5.8937	1.18
3	10.0356	10.1479	1.12	10.5414	10.6245	0.79
4	15.7272	15.8470	0.76	16.4968	16.6099	0.69
5	22.6412	22.7381	0.43	26.8118	26.9379	0.47
6	30.7472	30.8214	0.24	35.6444	35.8231	0.50
7	40.2204	40.2796	0.15	42.0400	41.5256	1.22
8	51.0169	51.0995	0.16	52.7775	52.9952	0.41
9	63.1797	63.3266	0.23	69.6975	70.2666	0.82
10	76.6337	76.9126	0.36	83.4785	84.0288	0.66

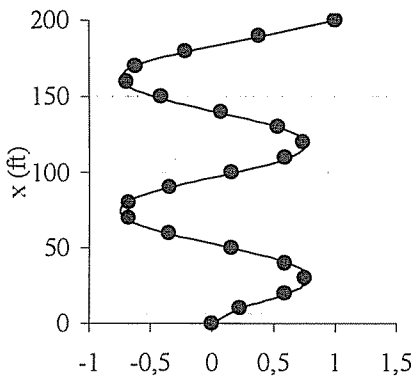
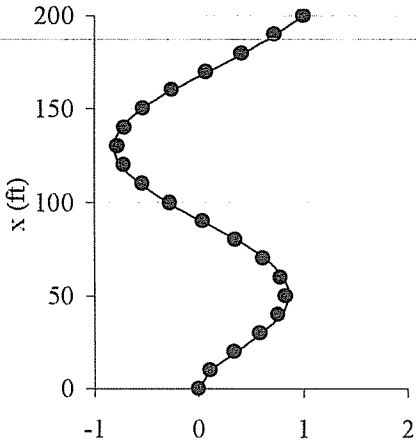
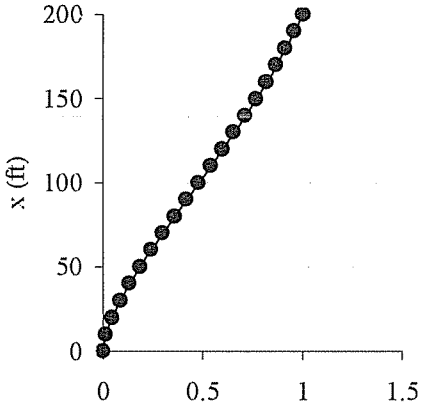
kip/ft, $K_r=3.00 \times 10^8$ kip-ft/rad için güçlendiricisiz, güçlendiricili ve çeşitli zemin koşullarında güçlendiricili durum için birinci terime göre normalize edilmiş birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörlerinin karşılaştırılmaları Şekil 10-13'te verilmiştir.



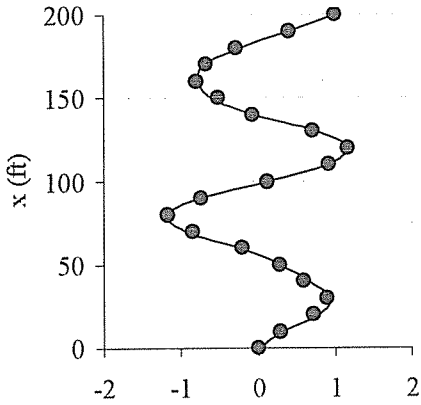
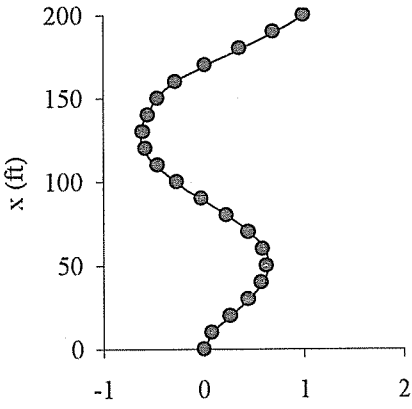
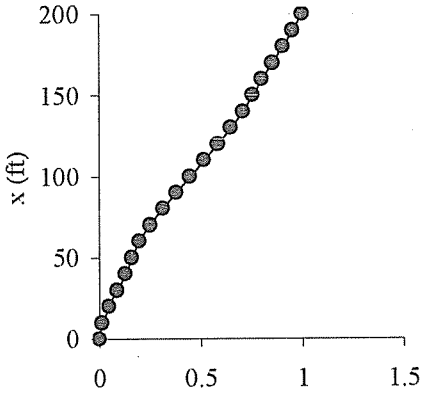
Şekil 9. Örnek Perdeye Ait Yükleme

Çizelge 5. Beş Sıra Boşluklu Perde Örneğine Ait Çeşitli Zemin Koşulları İçin Maksimum Tepe Yerdeğiştirmelerinin Karşılaştırılması

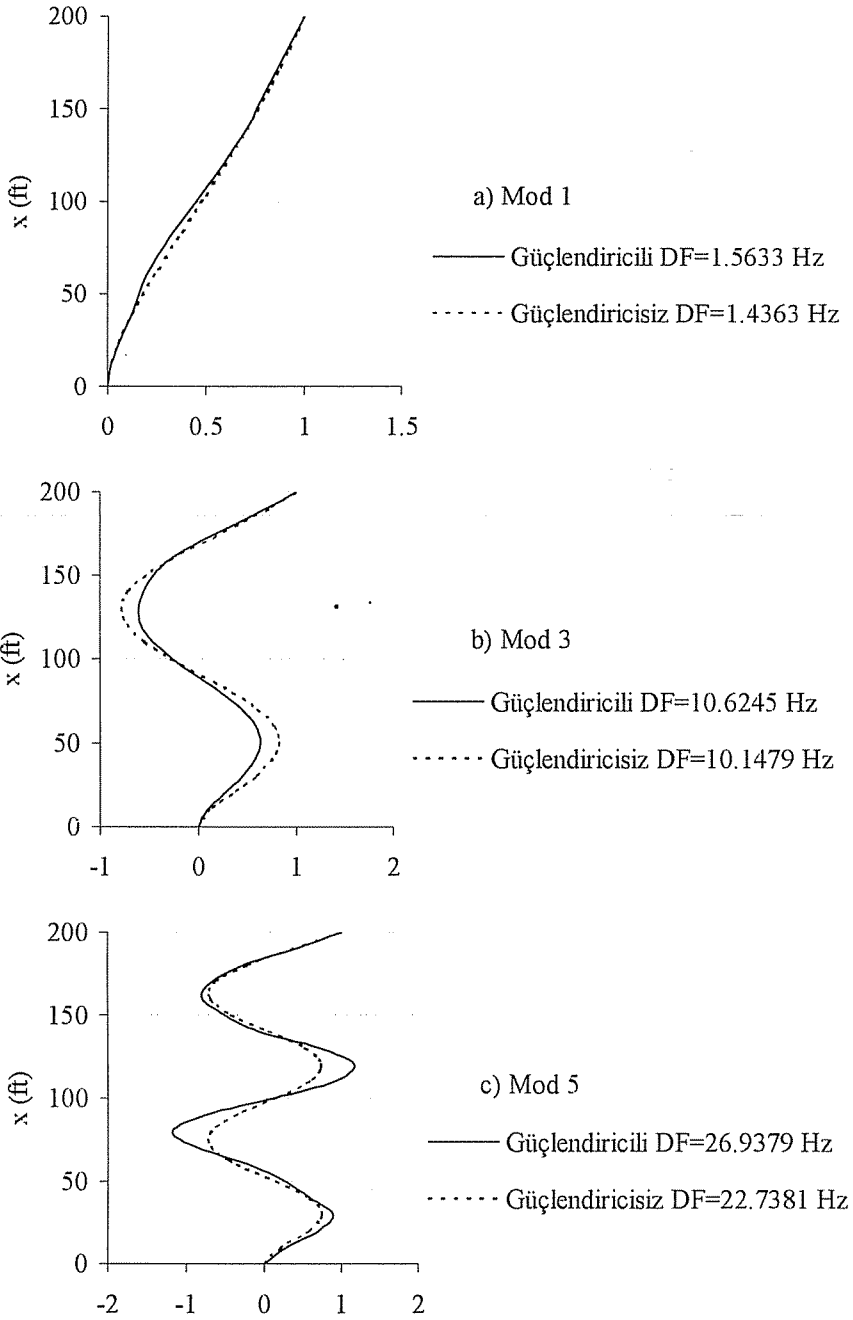
Zemin Özellikleri		y_{max} (ft)					
		Güçlendiricisiz			Güçlendiricili		
K_v kip/ft	K_r kip-ft/rad	SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)	SAP2000	Bu çalışma	Fark (%)
∞	∞	0.2121	0.2078	2.03	0.1816	0.1817	0.06
9×10^6	3×10^8	0.2115	0.2087	1.32	0.1816	0.1837	1.16
4×10^6	∞	0.2126	0.2081	2.12	0.1816	0.1822	0.33
∞	1.5×10^8	0.2161	0.2102	2.73	0.1860	0.1805	2.96
4×10^6	1.5×10^8	0.2159	0.2104	2.55	0.1864	0.1808	3.00
3×10^4	∞	0.2439	0.2414	1.03	0.2150	0.2167	0.79
3×10^3	1×10^5	0.6373	0.6276	1.52	0.5942	0.5983	0.69



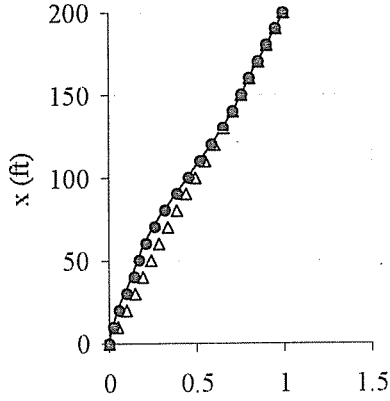
Şekil 10. Örnek 3'ün Güçlendiricisiz Durum İçin Birinci, Üçüncü ve Beşinci Mod Şekil Vektörlerinin Karşılaştırılması



Şekil 11. Örnek 3'ün Güçlendiricili Durum İçin Birinci, Üçüncü ve Beşinci Mod Şekil Vektörlerinin Karşılaştırılması

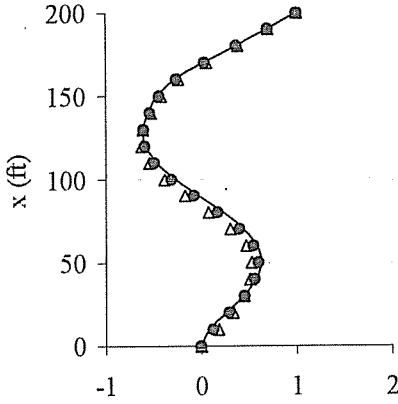


Şekil 12. Örnek 3'ün Güçlendiricisiz ve Güçlendiricili Durumları İçin Birinci, Üçüncü ve Beşinci Mod Şekil Vektörlerinin Karşılaştırılması



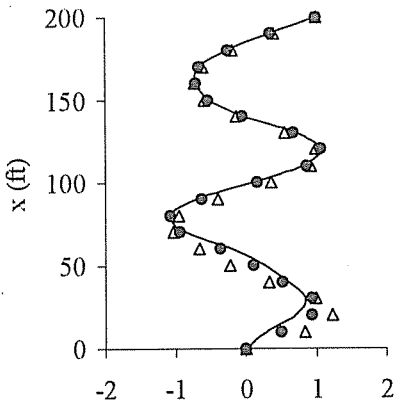
a) Mod 1

- $K_r = \infty$ kip-ft/rad, $K_v = \infty$ kip/ft
- $K_r = 1.5 \times 10^8$ kip-ft/rad, $K_v = \infty$ kip/ft
- △ $K_r = 1 \times 10^5$ kip-ft/rad, $K_v = 3 \times 10^3$ kip/ft



b) Mod 3

- $K_r = \infty$ kip-ft/rad, $K_v = \infty$ kip/ft
- $K_r = 1.5 \times 10^8$ kip-ft/rad, $K_v = \infty$ kip/ft
- △ $K_r = 1 \times 10^5$ kip-ft/rad, $K_v = 3 \times 10^3$ kip/ft



c) Mod 5

- $K_r = \infty$ kip-ft/rad, $K_v = \infty$ kip/ft
- $K_r = 1.5 \times 10^8$ kip-ft/rad, $K_v = \infty$ kip/ft
- △ $K_r = 1 \times 10^5$ kip-ft/rad, $K_v = 3 \times 10^3$ kip/ft

Şekil 13. Örnek 3'ün Güçlendiricili Durumu İçin Çeşitli Zemin Koşullarında Birinci, Üçüncü ve Beşinci Mod Şekil Vektörlerinin Karşılaştırılması

4. SONUÇLAR

Birinci örnekte, literatürde var olan (5) dinamik analizi yapılmış tek sıra boşluklu bir perde örneği, yapılan analizin ve hazırlanan MATHEMATICA programlama dilindeki programın doğruluğunu kontrol etmek amacıyla çözülmüş ve sonuçlar Çizelge 1'de karşılaştırılmıştır. İkinci ve üçüncü örnekler için, literatürde çok sıra boşluklu perdelerin dinamik analizi üzerine yapılan çalışmaya rastlanılmadığından çok sıra boşluklu perdelerin statik analizi için literatürde (2-3) örnek olarak ele alınan problemlerin dinamik analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar SAP2000 yapı analizi programı ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Birinci örnekte, literatürde (5) elde edilen sonuçlarla bu çalışmada hazırlanan program sonuçları tamamen çakışmıştır. İkinci örnekte, üç sıra boşluklu perde güçlendiricisiz ve güçlendiricili olarak çözülmüş ve SAP2000 (7) yapı analizi programı ile elde edilen frekanslar, sönümsüz ve sönüm oranı %5 alınarak elde edilen maksimum tepe yerdeğiştirmeleri ve sönümsüz durum için güçlendiricili ve güçlendiricisiz olarak elde edilen birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörleri karşılaştırılarak sonuçların uyumlu olduğu gözlenmiştir. Üçüncü örnekte, beş sıra boşluklu perde güçlendiricisiz ve güçlendiricili olarak çözülmüş ve SAP2000 (7) yapı analizi programı ile elde edilen frekanslar, çeşitli zemin koşulları için elde edilen maksimum tepe yerdeğiştirmeleri ve sönümsüz durum için güçlendiricili ve güçlendiricisiz olarak elde edilen birinci, üçüncü ve beşinci mod şekil vektörleri karşılaştırılarak sonuçların uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışmada önerilen yöntem, iki bakımdan büyük kolaylık sağlamaktadır. Birincisi, çubuk elemanlar olarak hesap yapan diğer yöntemlere göre data hazırlamasının çok daha kolay olmasıdır. Ayrıca, değişik olasılıkları denemek için perdede bazı değişiklikler yapılması gerektiğinde yeni data hazırlanırken eskisinde bazı küçük değişiklikler yapılmasının yeterli olması da büyük kolaylık sağlamaktadır. İkinci kolaylık ise, burada verilen yöntemle yapılan çözüm süresinin diğer yöntemlere göre daha kısa olmasıdır. Örneğin, Elkholy ve Robinson (3) tarafından sonlu farklar yöntemi kullanarak yaptıkları statik analizde aynı problem için gerekli çözüm süresi bu çalışmada kullanılan yöntem için gerekenin yaklaşık olarak beş katı kadardır. Bu iki kolaylık gözönüne alındığında kolayca görülebilir ki, bu yöntem öntasarım amacı ile çok etkin bir şekilde kullanılabilir. Perdenin özelliklerini ve güçlendirici kirişlerin yerlerini saptamada çok fazla sayıda olasılık, kısa bir süre içerisinde denenerek, sistem seçimi aşaması etkin bir şekilde ve kısa bir sürede tamamlanır. Daha sonra yapılan kesin çözümde istenilen doğruluğa göre uygun olan bir yöntem kullanılır.

5. SEMBOLLER

- a_j : j numaralı boşluk genişliği,
 $A_{j,i}$: i bölgesinde j numaralı duvarın alanı,
 b_j : j numaralı duvar genişliği,
 C_{cbi}, C_{sbi} : i bölgesinde kiriş-duvar ve güçlendirici-duvar bağlantı rijitliği,
 E : elastisite modülü,
 h_i : i bölgesindeki kat yüksekliği,
 I_{si} : x_i yükseklikteki güçlendirici kirişin atalet momenti.

$I_{c,j,i}$: i bölgesinin j numaralı boşluğundaki bağlantı kirişi atalet momenti,
$I_{j,i}$: i bölgesinin j numaralı duvarının atalet momenti,
I_i	: i bölgesindeki duvarların atalet momentleri toplamı,
i	: bölgelerin ve bölgeler arası sınırların numaraları,
j	: açıklık ve duvar numaraları.
K_{vj}, K_{hj}, K_{rj}	: j numaralı duvar temelinin eşdeğer düşey, yatay ve dönel rijitlik sabitleri,
$L_{j,i}$: i bölgesinde j ve (j+1) numaralı duvar eksenleri arasındaki uzaklık,
$M_{j,i}$: i bölgesinde j numaralı duvardaki eğilme momenti,
$M_e(x)$: daha üstte kalan yükün x yüksekliğine göre momenti,
m	: düşey doğrultudaki boşluk sıralarının sayısı,
n	: düşey doğrultuda bölge sayısı,
$q_{j,i}$: i bölgesinde j numaralı açıklıktaki kesme kuvveti akış fonksiyonu,
$Q_{j,i}$: i bölgesinin j numaralı boşluğundaki kesme kuvvetlerinin perde tepesinden itibaren toplamı,
T	: transformasyon matrisi,
$V_{j,i}$: x_i yükseklikteki güçlendirici kirişin j açıklığındaki kesme kuvveti,
x_i	: i bölgesinin üst noktasının yüksekliği,
y_i	: i bölgesinde yatay yerdeğiştirme fonksiyonu,
\underline{U}	: modal yerdeğiştirme vektörü,
$\underline{\dot{U}}$: modal hız vektörü,
$\underline{\ddot{U}}$: modal ivme vektörü,
δ_{0j}	: j ve j+1 numaralı duvar tabanlarının bağıl düşey yerdeğiştirmesi,
Φ	: modal matris.

6. KAYNAKLAR

1. Coull,A. ve Subedi,N.K., "Coupled Shear Walls with Two and Three Bands of Openings", *Build. Sci.*, 7, pp. 81-86, 1972.
2. Koo,K.K. ve Cheung,Y.K., "The Static Analysis of Multi-bay Coupled Shear Walls", *Building and Environment*, 19(2), pp. 93-99, 1984.
3. Elkholy,N.S. ve Robinson,N., "Analysis of Multi-bay Coupled Shear Walls", *Build. Sci.*, 8, pp. 153-157, 1973.
4. Coull,A. ve Puri,R.D., "Analysis of Coupled Shear Walls of Variable Thickness", *Build. Sci.*, 2, pp. 181-188, 1967.
5. Li,G.Q. ve Choo,B.S., "Free Vibrations of Coupled Shear Walls", *Proceeding of Fifth International Conference on Advances in Structural Dynamics*, 2, 859-868, 1984.
6. Arslan,H.M. ve Aksogan,O., "Dynamic Analysis of Stiffened Coupled Shear Walls by Continuous Connection Method", *Ç.U. J. Fac. Eng. Arch.*, 11(2), pp. 1-13, 1998.
7. Wilson,E.L., "SAP2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures", *Computers and Structures, Inc.*, 1-2, 1997.



YAPI-ZEMİN ETKİLEŞİM ANALİZİNDE SINIR ELEMAN YÖNTEMİNİN KULLANILMASI*

Ali Hamza TANRIKULU ve Hüseyin R. YERLİ
Ç. Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada, iki malzemeli kompozitin dinamik analizi için yerel olmayan sınır şartlarını içeren sınır eleman formülasyonu yapılmıştır. Formülasyon, tabakalı zeminleri içeren yapı-zemin etkileşim problemlerine uygulanmıştır. Fourier dönüşüm uzayında yapılan formülasyonda, sabit eleman yaklaşımı kullanılmıştır. Yapılan formülasyona dayalı iki ve üç boyutlu elastodinamik problemlerinin çözümü için genel amaçlı iki bilgisayar programı hazırlanmıştır. Fourier dönüşüm uzayında dinamik analiz yapan bu programlar yardımıyla, frekansa küçük değerler verilerek statik analiz de yapılabilmektedir. Hazırlanan programlar ile çözülen iki adet yapı-zemin etkileşim probleminin sonuçları, literatürde verilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

THE USE OF BOUNDARY ELEMENT METHOD IN SOIL-STRUCTURE INTERACTION ANALYSIS

ABSTRACT : In this study, a boundary element formulation having nonlocal boundary conditions is presented for the dynamic analysis of a two-phase composite. The formulation is applied to soil-structure interaction problems including layered soil. The formulation is performed in Fourier transform space by using constant element model. Based on the formulation presented in this study, two general purpose computer programs are developed for two and three dimensional elastodynamic problems. The programs perform the analysis in Fourier transform space and can also be used for static analysis by assigning a small value to the frequency. The results of two soil-structure interaction problems obtained using the programs are compared with those in the literature.

* Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir. Proje No: MMF.2000.45.

1. GİRİŞ

Yapıların analiz ve tasarımının depreme karşı risk içermeyecek şekilde yapılması gerekmektedir. Böyle bir analiz, yapı-zemin etkileşiminin göz önüne alınmasını zorunlu kılmaktadır. Yapı-zemin etkileşiminde esas olarak iki bileşen bulunmaktadır. Bunlar, sonlu bir boyuta sahip olan yapı ve yarı sonsuz zemindir. Yarı sonsuz zeminin dışından veya içinden etkimekte olan dinamik yüklere ve sismik dalgalara karşı yapıların emniyetli bir şekilde tasarlanarak inşa edilmesi gerekmektedir.

Yapı-zemin etkileşim analizi için iki ana yöntem bulunmaktadır: Alt Sistemlere Ayırma Yöntemi ve Direkt Yöntem (1). Alt sistemlere ayırma yönteminde, yapı ile zemin arasındaki impedans ilişkisi yardımıyla etkileşim kuvvetleri bulunarak, yalnızca sonlu bir boyuta sahip olan yapı çözülmektedir. Ancak, impedans ilişkisinin bulunabilmesi için yarı sonsuz zeminin modellenmesi gerekmektedir. Yarı sonsuz zeminin modellenmesinde, sınır eleman yöntemi, son yıllarda, yaygın olarak kullanılmaktadır.

Sınır eleman yöntemi, herhangi bir sınır değer problemini, çözüm bölgesinin sınırında tanımlanan integral denklemler yardımıyla çözen, sayısal bir yöntemdir (2-7). Integral ifadelerinin içinde yer alan temel çözümler, analitik olarak hesaplandığından, bu yöntem, yarı analitik bir yöntemdir. Yarı analitik olması nedeniyle, bu yöntemle, diğer sayısal yöntemlere göre daha doğru sonuçlar elde edilebilmektedir. Sınır eleman yöntemi, özellikle sonsuza uzanan çözüm bölgeleri ve lineer problemler için oldukça uygundur.

Bu çalışmada, iki malzemeli kompozitin iki ve üç boyutlu dinamik analizi için yerel olmayan sınır şartlarını içeren direkt sınır eleman formülasyonu yapılmış ve yapılan formülasyon, tabakalı zeminleri içeren yapı-zemin etkileşim problemlerine uygulanmıştır. Malzemenin lineer elastik olduğu kabul edilmektedir. Fourier dönüşüm uzayında yapılan formülasyonda, sabit eleman modeli kullanılmıştır. Direkt sınır eleman yönteminde, öncelikle, probleme ait diferansiyel denklemler, integral denklemlere dönüştürülmektedir (8). Bu integral denklemler, çözüm bölgesinin sınırında tanımlanan integrallerden oluşmaktadır. Integral denklemlerin içinde yer alan temel çözümler (çekirdek fonksiyonları), referans ortamında birim yükleme yöntemiyle analitik olarak elde edilebilmektedir (9). Integral denklemler oluşturulduktan sonra, ikinci adımda, çözüm bölgesinin sınırı küçük elemanlara (sınır elemanı) bölünmekte ve probleme ait bilinmeyen sınır büyüklükleri, integral denklemlerin sayısal integrasyonu ile hesaplanmaktadır. Son olarak, çözüm bölgesi içinde yer alan noktalarda hesaplanması istenilen büyüklükler sayısal olarak elde edilmektedir. Integral denklemlerin sayısal çözümünde, yalnızca çözüm bölgesinin sınırının küçük elemanlara bölünmesi, göz önüne alınan problemdeki bilinmeyen sayısını, sonlu elemanlar yöntemine göre, önemli ölçüde azaltmaktadır.

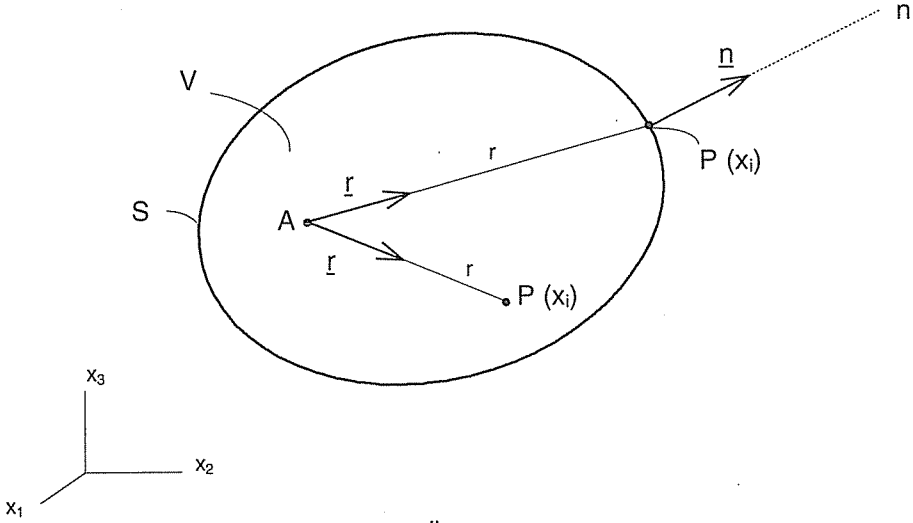
2. FORMÜLASYON

2.1. Elastodinamik Problemleri için Sınır Eleman Denklemi

Elastodinamik problemleri için sınır eleman denkleminin elde edilmesi, literatürde detaylı olarak verilmektedir (9-12). Şekil 1'de görülen üç boyutlu bir cismin elastodinamik analizi için sınır eleman denklemi, Fourier dönüşüm uzayında ve matris formunda,

$$\underline{c} \underline{u}(A) = \int_S \underline{G}(A, P) \underline{t}(P) dS - \int_S \underline{H}(A, P) \underline{u}(P) dS + \int_V \underline{G}(A, P) \underline{f}(P) dV \quad (1)$$

şeklinde yazılabilmektedir. Burada S , cismin sınır yüzeyini; V ise cismin hacmini göstermektedir. İntegrallli terimlerde görülen \underline{G} ve \underline{H} , sırasıyla, elastodinamik problemleri için elde edilmiş olan birinci ve ikinci temel çözümleri temsil etmektedir. \underline{u} , \underline{t} ve \underline{f} ise, sırasıyla, deplasman, gerilme ve hacim kuvveti vektörlerini göstermektedir. Ayrıca, A ve P sırasıyla, integral işlemlerinde kullanılan sabit noktayı ve integrasyon noktasını temsil etmektedir.



Şekil 1. Üç boyutlu cisim

(1) denklemini, A noktasının deplasmanlarını, cismin iç bölgesi ve sınır yüzeyi üzerinde tanımlanan integral ifadelerine bağlamaktadır (Şekil 1). Denklemde sol tarafında görülen \underline{c} matrisinin tanımı, A noktasının konumuna bağlı olarak değişmektedir. A noktası Şekil 1'de görüldüğü gibi cismin içinde bir nokta ise, \underline{c} matrisi birim matrise (\underline{I}) eşittir. Eğer A noktası cismin dışında bulunuyorsa bu durumda, \underline{c} matrisinin bütün elemanları sıfırdır. Son olarak, A noktası sınır yüzeyi üzerinde bir nokta ise,

$$\underline{c} = \frac{1}{2} \underline{I} \quad (2)$$

olarak verilmektedir. (2) eşitliği, A noktasının köşe noktası olması durumunda geçerli değildir. Eğer A noktası, S üzerinde bir köşe noktası ise, \underline{c} matrisi, A noktasındaki köşe açılarına bağlı olarak verilmektedir (10).

Elastodinamik problemleri için temel çözümler (\underline{G} ve \underline{H}), literatürde, referans sisteminin sonsuz ortam olarak seçilmesi durumunda analitik olarak elde edilmektedir (9).

2.2. Sınır Eleman Denkleminin Sayısal Çözümü

Elastodinamik problemleri için (1) eşitliği ile verilmiş olan sınır eleman denklemi, cismin sınırının küçük elemanlara bölünmesiyle (sınır elemanları) sayısal olarak

çözülerek, sınır üzerindeki bilinmeyen deplasman ve gerilme vektörü bileşenleri (sınır büyüklükleri) hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada, sınır eleman denkleminin sayısal olarak çözümü için sabit eleman formülasyonu kullanılmıştır (9).

Sayısal çözüm için Şekil 2'de görüldüğü gibi, cisim sınırı, N adet sınır elemanına bölünmektedir. Şekilde, sınır elemanlarının düğüm noktaları, A_m ($m = 1, 2, \dots, N$) ile gösterilmiştir. Buna göre, (1) denklemi, m'inci sınır elemanının A_m düğüm noktası için, hacim kuvvetlerinin bulunmaması durumunda,

$$\frac{1}{2} \underline{u}^m = \sum_{n=1}^N \underline{G}^{mn} \underline{t}^n - \sum_{n=1}^N \underline{H}^{mn} \underline{u}^n \quad (m = 1, 2, \dots, N) \quad (3)$$

şeklinde yazılabilir. Bu denklemde,

$$\underline{G}^{mn} = \int_{S_n} \underline{G}(A_m, P) dS ; \quad \underline{H}^{mn} = \int_{S_n} \underline{H}(A_m, P) dS \quad (4)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. (4) denklemine görülen S_n , n'inci elemanın sınırını temsil etmektedir (Şekil 2). \underline{u}^n ve \underline{t}^n ise, n'inci eleman için deplasman ve gerilme vektörü bileşenlerini göstermektedir. Sabit eleman formülasyonunda yapılan kabullere göre düğüm noktası bir köşe noktası olamayacağından, \underline{c} matrisi (2) eşitliğinde verildiği gibidir.

(3) denklemi, N adet sınır elemanı için yazılırsa, elde edilen denklemler bir araya toplanarak, matris formunda,

$$\underline{\tilde{H}} \underline{\tilde{u}} = \underline{\tilde{G}} \underline{\tilde{t}} \quad (5)$$

eşitliği bulunur. Burada,

$$\underline{\tilde{G}} = (\underline{G}^{mn}) ; \quad \underline{\tilde{H}} = (\underline{H}^{mn} + \frac{1}{2} \underline{I} \delta_{mn}) \quad (6)$$

$$\underline{\tilde{u}} = (\underline{u}^n) ; \quad \underline{\tilde{t}} = (\underline{t}^n) \quad (m, n = 1, 2, \dots, N)$$

olarak verilmektedir. (6) eşitliklerinde görülen δ_{mn} Kronecker delta'yı göstermektedir.

$\underline{\tilde{H}}$ ve $\underline{\tilde{G}}$ matrislerinin elemanları olan \underline{H}^{mn} ve \underline{G}^{mn} , (4) eşitliklerinde görülen integrallerin, Gauss sayısal integrasyon yöntemi kullanılarak hesaplanmasıyla elde edilmektedir (13).

(5) sistem denklemi $3N$ adet denklem içermektedir. Cisim sınırının N adet sabit sınır elemanına bölünmüş olması nedeniyle, toplam $6N$ adet sınır büyüklüğü (\underline{u} , \underline{t}) olduğu için, $3N$ adet bilginin sınır şartı olarak verilmesi gerekmektedir. Sınır şartları olarak, her bir sınır elemanı üzerinde x_i ($i = 1-3$) doğrultusunda

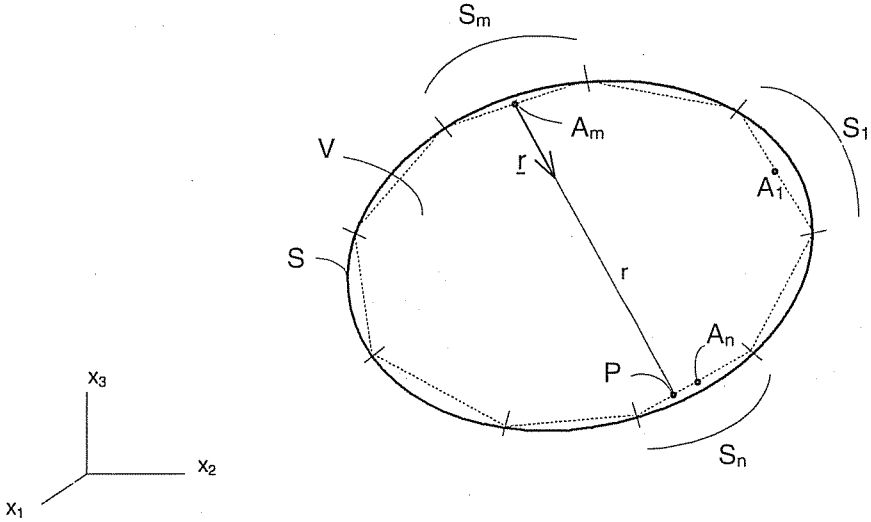
$$(\underline{t}_i, \underline{u}_i) \quad (i = 1-3) \quad (7)$$

bileşenlerinden birinin veya kombinasyonunun bilinmesi gerekmektedir.

Böylece, bilinen sınır şartları, (5) sistem denkleminde yerine konularak, bilinmeyenler denklemin sol tarafında toplanırsa bu denklem,

$$\underline{A} \underline{X} = \underline{B} \underline{Y} \quad (8)$$

formunda elde edilebilir. Burada, \underline{X} ve \underline{Y} sırasıyla, bilinmeyen ve bilinen sınır büyüklüklerini temsil etmektedir. \underline{A} ve \underline{B} matrisleri ise; tüm bilinmeyenler denklemin sol tarafında toplanacak şekilde, $\underline{\tilde{H}}$ ve $\underline{\tilde{G}}$ matrislerinin ilgili kolonlarının yer değiştirilmesiyle elde edilmektedir. (8) denklemi çözülerek, cisim sınırı üzerindeki bilinmeyen sınır büyüklükleri hesaplanmaktadır.



Şekil 2. Cisim sınırının sınır elemanlarına bölünmesi

2.3. İç Noktalarda Gerilme ve Deplasmanların Hesabı

(8) denkleminin çözümü ile elde edilen sınır büyüklükleri kullanılarak, cismin içinde bulunan herhangi bir A noktasında (Şekil 1) gerilme ve deplasman değerleri hesaplanabilmektedir.

2.3.1. Deplasmanların Hesabı

Cismin içinde bulunan herhangi bir A noktasındaki deplasmanlar, (1) denklemi yardımıyla bulunabilmektedir. Buna göre, c matrisi için verilen (2) eşitliği kullanılırsa, A noktasındaki deplasmanlar için indisli notasyonda, hacim kuvvetlerinin bulunmaması durumunda,

$$u_i(A) = \int_S G_{ik}(A, P) t_k(P) dS - \int_S H_{ik}(A, P) u_k(P) dS \quad (9)$$

eşitliği yazılabilir. Bu eşitliğin sayısal olarak çözümü için, cisim sınırı N adet sınır elemanına bölünerek sabit eleman formülasyonu kullanılırsa,

$$u_i(A) = \sum_{n=1}^N G_{ik}^n t_k^n - \sum_{n=1}^N H_{ik}^n u_k^n \quad (10)$$

denklemini elde edilir. Burada,

$$G_{ik}^n = \int_{S_n} G_{ik}(A, P) dS ; \quad H_{ik}^n = \int_{S_n} H_{ik}(A, P) dS \quad (11)$$

eşitlikleri kullanılmıştır. Böylece, (10) denklemi, A noktasının deplasmanlarını, cisim sınırı üzerindeki sınır büyüklüklerine bağlı olarak vermektedir. (11) eşitliklerinde görülen integraller, Gauss sayısal integrasyon yöntemi ile hesaplanabilmektedir.

2.3.2. Gerilmelerin Hesabı

Gerilmelerin hesabının yapılabilmesi için, (9) denklemi ile birlikte A noktasında bünye denkleminin yazılması gerekmektedir. A noktasında bünye denklemi,

$$\tau_{ij}(A) = c_{ijsl} \frac{\partial u_l}{\partial a_s}(A) \quad (12)$$

şeklinde yazılabilir. Burada τ_{ij} , gerilme bileşenlerini göstermektedir. Elastik c_{ijsl} katsayıları, izotropik malzemeler için,

$$c_{ijsl} = \mu (\delta_{is} \delta_{jl} + \delta_{il} \delta_{js}) + \lambda \delta_{ij} \delta_{sl} \quad (13)$$

olarak verilmektedir. Bu eşitlikte λ Lamé sabiti ve μ kayma modülüdür. (12) denkleminde görülen a_s , A noktasının koordinatlarını temsil etmektedir. Buna göre, (9) denkleminin A noktasının koordinatlarına göre türevi alınırsa,

$$\tau_{ij}(A) = \int_S D_{kij}(A, P) t_k(P) dS - \int_S S_{kij}(A, P) u_k(P) dS \quad (14)$$

eşitliği elde edilir. Burada,

$$D_{kij}(A, P) = c_{ijsl} \frac{\partial G_{lk}(A, P)}{\partial a_s} \quad ; \quad S_{kij}(A, P) = c_{ijsl} \frac{\partial H_{lk}(A, P)}{\partial a_s} \quad (15)$$

eşitlikleri kullanılmıştır. Görüldüğü gibi, D_{kij} ve S_{kij} gerilme çekirdek fonksiyonları, temel çözümlerin (\underline{G} , \underline{H}) A noktasının koordinatlarına göre türevleri cinsinden elde edilebilmektedir (14).

(14) denklemi sayısal olarak çözümlerse, A noktasındaki gerilmeler bulunabilir. Bu amaçla, cisim sınırı N adet sınır elemanına bölünerek sabit eleman formülasyonu kullanılırsa, (14) denklemi,

$$\tau_{ij}(A) = \sum_{n=1}^N D_{kij}^n t_k^n - \sum_{n=1}^N S_{kij}^n u_k^n \quad (16)$$

şeklinde yazılabilir. (16) denkleminin elde edilmesinde,

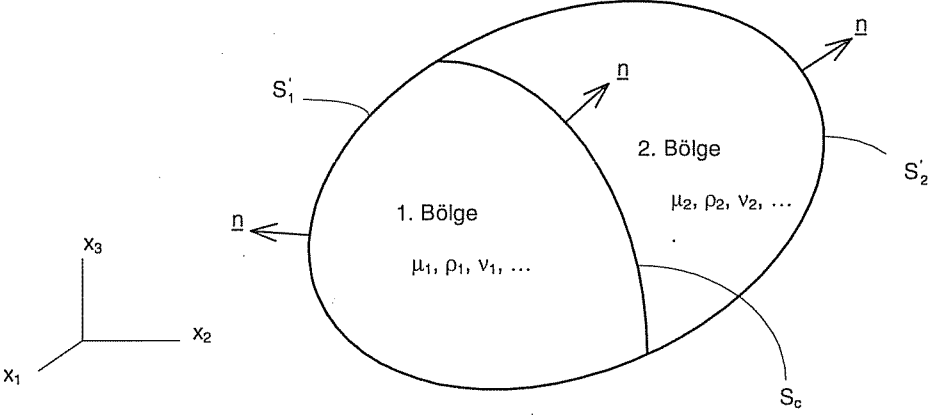
$$D_{kij}^n = \int_{S_n} D_{kij}(A, P) dS \quad ; \quad S_{kij}^n = \int_{S_n} S_{kij}(A, P) dS \quad (17)$$

tanımları kullanılmıştır.

2.4. İki Malzemeli Kompozitin Dinamik Analizi için Sınır Eleman Formülasyonu

İki malzemeli kompozit, Şekil 3'te görüldüğü gibi, malzeme özellikleri farklı olan iki bölgeden oluşmaktadır. Birinci bölgenin malzeme özellikleri ' $\mu_1, \rho_1, \nu_1, \dots$ ' ile, ikinci bölgenin malzeme özellikleri ise ' $\mu_2, \rho_2, \nu_2, \dots$ ' ile gösterilmiştir. İki malzemeli kompozitin toplam sınırı, birinci bölgeye ait olan S_1 ve ikinci bölgeye ait olan S_2 sınırlarından oluşmaktadır. İki bölgenin arakesitini oluşturan sınır yüzeyi ise S_c dir.

İki malzemeli kompozitin dinamik analizi için yapılacak olan sınır eleman formülasyonu, iki adımda gerçekleştirilecektir. İlk adımda, (5) eşitliği ile verilen sistem denklemi, birinci ve ikinci bölge için ayrı ayrı yazılacaktır. Böylece her iki bölge için elde edilen sistem denklemleri, ikinci adımda, S_c sınırı üzerinde süreklilik şartları sağlanacak şekilde birleştirilecektir.



Şekil 3. İki malzemeli kompozit cisim

İki bölge için ayrı ayrı sistem denkleminin elde edilebilmesi için, iki malzemeli kompozit, Şekil 4'te görüldüğü gibi, S_c sınırı boyunca iki parçaya ayrılmaktadır. Buna göre, birinci ve ikinci bölgeye ait toplam sınırlar, sırasıyla, S_1 ve S_2 ile gösterilirse, bu sınırlar için,

$$S_1 = S'_1 \oplus S_c \quad ; \quad S_2 = S'_2 \oplus S_c \quad (18)$$

eşitlikleri yazılabilir.

(5) eşitliği ile verilen sistem denklemini, birinci bölge için yazılırsa,

$$\begin{bmatrix} \tilde{H}_1 & \tilde{H}_{1c} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{u}_1 \\ \tilde{u}_{c1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{G}_1 & \tilde{G}_{1c} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{t}_1 \\ \tilde{t}_{c1} \end{bmatrix} \quad (19)$$

denklemini elde edilir. (19) eşitliği, birinci bölgeye ait sistem denklemini temsil etmektedir. Benzer şekilde, ikinci bölgeye ait sistem denklemini,

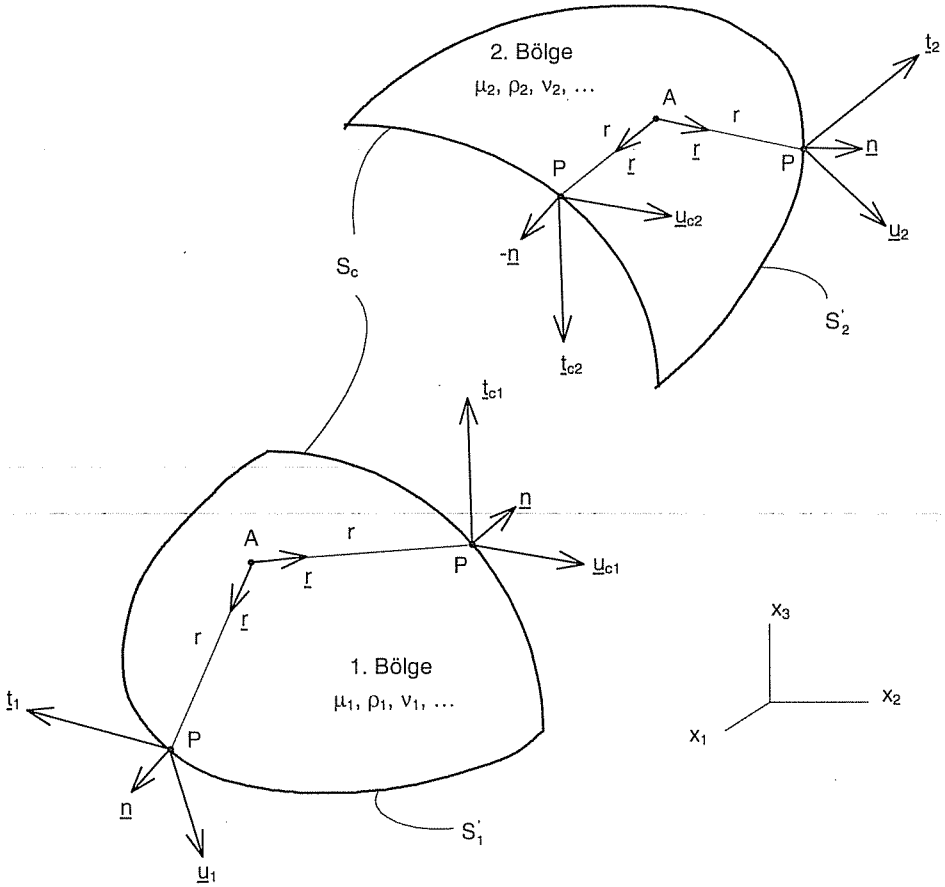
$$\begin{bmatrix} \tilde{H}_2 & \tilde{H}_{2c} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{u}_2 \\ \tilde{u}_{c2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{G}_2 & \tilde{G}_{2c} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{t}_2 \\ \tilde{t}_{c2} \end{bmatrix} \quad (20)$$

şeklinde bulunabilir.

Birinci ve ikinci bölge için oluşturulan sistem denklemleri, S_c sınırı üzerinde deplasman ve gerilme sürekliliği sağlanacak şekilde birleştirilebilir. S_c sınırı üzerindeki sınır büyüklükleri için,

$$\underline{u}_{c1} = \underline{u}_{c2} \quad ; \quad \underline{t}_{c1} = -\underline{t}_{c2} \quad (21)$$

eşitlikleri yazılabilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Kompozit cismin iki bölgesine ait serbest cisim diyagramları

Böylece, (21) eşitliği kullanılarak, (19) ve (20) denklemleri birleştirilirse, iki malzemeli kompozit için sistem denklemi,

$$\begin{bmatrix} \tilde{H}_1 & 0 & \tilde{H}_{1c} \\ 0 & \tilde{H}_2 & \tilde{H}_{2c} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{u}_1 \\ \tilde{u}_2 \\ \tilde{u}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{G}_1 & 0 & \tilde{G}_{1c} \\ 0 & \tilde{G}_2 & -\tilde{G}_{2c} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{t}_1 \\ \tilde{t}_2 \\ \tilde{t}_c \end{bmatrix} \quad (22)$$

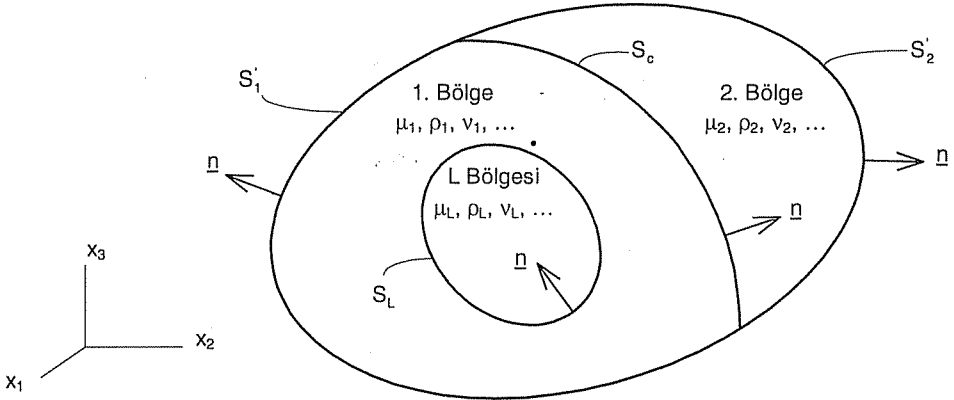
şeklinde elde edilebilmektedir. Burada,

$$\tilde{u}_{c1} = \tilde{u}_c \quad ; \quad \tilde{t}_{c1} = \tilde{t}_c \quad (23)$$

tanımlamaları kullanılmıştır.

2.5. Üç Malzemeli Kompozitin Dinamik Analizi için Sınır Eleman Formülasyonu

Şekil 5'te görülen ve üç farklı malzemeden oluşan cisim göz önüne alınmaktadır. Şekilde görüldüğü gibi, önceki bölümde formülasyonu verilen iki malzemeli kompozitin birinci bölgesinde, malzeme özellikleri ' $\mu_L, \rho_L, \nu_L, \dots$ ' ile gösterilen, bir 'L' bölgesinin bulunduğu kabul edilmektedir. Birinci bölge ile L bölgesinin arakesitini oluşturan sınır yüzeyi, S_L ile gösterilmiştir. L bölgesinin tamamının birinci bölgenin içinde kaldığı ve S_L sınırının, L bölgesinin tüm sınırı olduğu kabul edilmektedir.



Şekil 5. Üç farklı malzemeden oluşan cisim

L bölgesinin birinci bölgeden çıkarılmasıyla elde edilen iki malzemeli kompozit için sistem denklemi, (22) eşitliğinin bulunmasında izlenen yol kullanılarak düzenlenebilir (Şekil 6). Ancak burada, birinci bölgeye ait sınırın değiştiğine dikkat etmek gerekir. Birinci bölgeye ait sınır S_1^L ile gösterilirse, bu sınır için,

$$S_1^L = S_1' \oplus S_L \quad (24)$$

eşitliği, ve birinci bölgenin toplam sınırı için ise,

$$S_1 = S_1^L \oplus S_c \quad (25)$$

eşitliği yazılabilmektedir. Bu durumda, birinci bölge için sistem denklemi,

$$\begin{bmatrix} \tilde{H}_1 & \tilde{H}_{1L} & \tilde{H}_{1c} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{u}_1 \\ \tilde{u}_L \\ \tilde{u}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{G}_1 & \tilde{G}_{1L} & \tilde{G}_{1c} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{l}_1 \\ \tilde{l}_L \\ \tilde{l}_c \end{bmatrix} \quad (26)$$

şeklinde elde edilebilir. Bu denklemde görülen \tilde{u}_L ve \tilde{l}_L vektörleri, S_L sınırı üzerinde tanımlanan sınır büyüklüklerini temsil etmektedir. Diğer taraftan, ikinci bölgeye ait sistem denklemi, (20), (21) ve (23) eşitlikleri kullanılarak,

$$\begin{bmatrix} \tilde{H}_2 & \tilde{H}_{2c} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{u}_2 \\ \tilde{u}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{G}_2 & -\tilde{G}_{2c} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{l}_2 \\ \tilde{l}_c \end{bmatrix} \quad (27)$$

$$\begin{bmatrix} \underline{\tilde{H}}_1 & \underline{\tilde{H}}_{1L} & \underline{0} & \underline{\tilde{H}}_{1c} \\ \underline{0} & \underline{0} & \underline{\tilde{H}}_2 & \underline{\tilde{H}}_{2c} \\ \underline{0} & \underline{\tilde{H}}_L & \underline{0} & \underline{0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{\tilde{u}}_1 \\ \underline{\tilde{u}}_L \\ \underline{\tilde{u}}_2 \\ \underline{\tilde{u}}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{\tilde{G}}_1 & \underline{\tilde{G}}_{1L} & \underline{0} & \underline{\tilde{G}}_{1c} \\ \underline{0} & \underline{0} & \underline{\tilde{G}}_2 & -\underline{\tilde{G}}_{2c} \\ \underline{0} & -\underline{\tilde{G}}_L & \underline{0} & \underline{0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{\tilde{t}}_1 \\ \underline{\tilde{t}}_L \\ \underline{\tilde{t}}_2 \\ \underline{\tilde{t}}_c \end{bmatrix} \quad (30)$$

şeklinde bulunur. (30) denkleminin sağ tarafında görülen, bilinmeyen $\underline{\tilde{t}}_L$ ve $\underline{\tilde{t}}_c$ vektörleri, denklemin sol tarafına taşınırsa,

$$\begin{bmatrix} \underline{\tilde{H}}_1 & \underline{\tilde{H}}_{1L} & \underline{0} & \underline{\tilde{H}}_{1c} & -\underline{\tilde{G}}_{1c} & -\underline{\tilde{G}}_{1L} \\ \underline{0} & \underline{0} & \underline{\tilde{H}}_2 & \underline{\tilde{H}}_{2c} & \underline{\tilde{G}}_{2c} & \underline{0} \\ \underline{0} & \underline{\tilde{H}}_L & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{\tilde{G}}_L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{\tilde{u}}_1 \\ \underline{\tilde{u}}_L \\ \underline{\tilde{u}}_2 \\ \underline{\tilde{u}}_c \\ \underline{\tilde{t}}_c \\ \underline{\tilde{t}}_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{\tilde{G}}_1 & \underline{0} \\ \underline{0} & \underline{\tilde{G}}_2 \\ \underline{0} & \underline{0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{\tilde{t}}_1 \\ \underline{\tilde{t}}_2 \end{bmatrix} \quad (31)$$

denklemini elde edilir. Ayrıca, S'_1 ve S'_2 sınırları üzerinde bilinen ve (7) eşitliği ile tanımlanmış olan sınır şartları, (31) denkleminde yerine konularak, tüm bilinmeyenler denklemin sol tarafında toplanırsa, bu denklem,

$$\underline{A} \underline{X} = \underline{B} \underline{Y} \quad (32)$$

formunda yazılabilir. Burada, \underline{A} ve \underline{B} matrisleri, tüm bilinmeyenler denklemin sol tarafında toplanacak şekilde, $\underline{\tilde{H}}_1 \leftrightarrow \underline{\tilde{G}}_1$ ve $\underline{\tilde{H}}_2 \leftrightarrow \underline{\tilde{G}}_2$ matrisleri arasında kolon değişikliği yapılarak elde edilmektedir. \underline{X} ve \underline{Y} ise, sırasıyla, bilinmeyen ve bilinen sınır büyüklüklerini temsil etmektedir. Böylece, (32) denkleminin çözümü yapılırsa, S'_1 ve S'_2 sınırları üzerinde bilinmeyen sınır büyüklükleri ile S_c ve S_L sınırları üzerinde bilinmeyen deplasman ve gerilme vektörü bileşenleri bulunmuş olacaktır. Elde edilen bu büyüklükler kullanılarak, (10) ve (17) denklemleri yardımıyla, birinci ve ikinci bölgeye ait iç noktalarda deplasman ve gerilmeler hesaplanabilmektedir.

3. BİLGİSAYAR PROGRAMLARI

Bu çalışmada, yukarıda anlatılan formülasyon ve sayısal yöntemler kullanılarak, genel amaçlı iki adet bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bunlardan CD2NL programı, iki boyutlu dinamik analizde; CD3NL programı ise, üç boyutlu dinamik analizde kullanılmaktadır. Programlar FORTRAN 77 dili ile yazılmıştır. Her iki programda analiz, Fourier dönüşüm uzayında gerçekleştirilmektedir. Dinamik analiz için hazırlanmış olan programlar, frekansa küçük değerler verilerek statik analiz için de kullanılabilirlerdir.

4. SAYISAL UYGULAMALAR VE SONUÇLAR

Bu bölümde, iki ve üç boyutlu bazı problemlerin, CD2NL ve CD3NL programları ile çözümü verilmektedir. Bu programlar kullanılarak elde edilen sonuçlar, literatürde verilen sonuçlarla karşılaştırılmaktadır.

4.1. Silindirik Boşluk Problemi

Bu örnekte, Şekil 7'de görüldüğü gibi, üzerinde elastik bir tabaka bulunan yarım uzay göz önüne alınmaktadır. Yarım uzay içinde silindirik bir boşluk bulunmaktadır. Silindirik boşluğun iç yüzeyine, zamanla değişimi Şekil 8'de görülen, uniform P basıncı etki etmektedir. P basıncının etkisiyle, A, B ve C noktalarında (Şekil 7) oluşacak düşey deplasmanların zamanla değişimi incelenmektedir. Her iki bölgeye ait malzeme özellikleri,

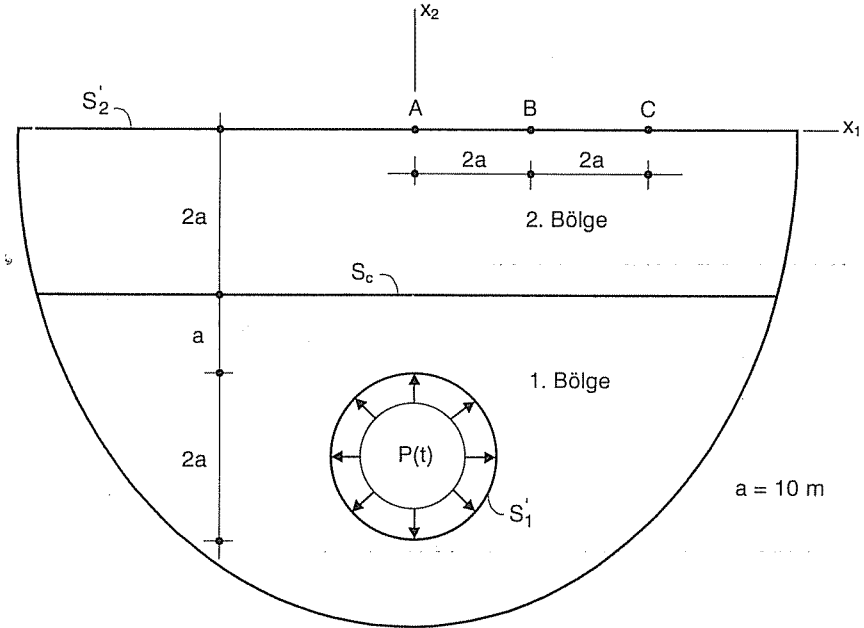
birinci bölge (yarım uzay) :

kayma modülü	: $\mu_1 = 1.99115 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
Poisson oranı	: $\nu_1 = 0.3$
yoğunluk	: $\rho_1 = 2850 \text{ kg/m}^3$
histeretik sönüm oranı	: $z_1 = 0.00075$

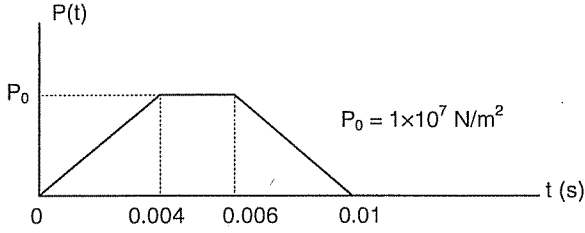
ikinci bölge (elastik tabaka):

kayma modülü	: $\mu_2 = 6.472 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
Poisson oranı	: $\nu_2 = 0.35$
yoğunluk	: $\rho_2 = 3250 \text{ kg/m}^3$
histeretik sönüm oranı	: $z_2 = 0.00125$

olarak verilmektedir. Düzlem şekil değiştirme problemi olarak ele alınabilen problemin çözümünde, CD2NL programı kullanılmıştır.

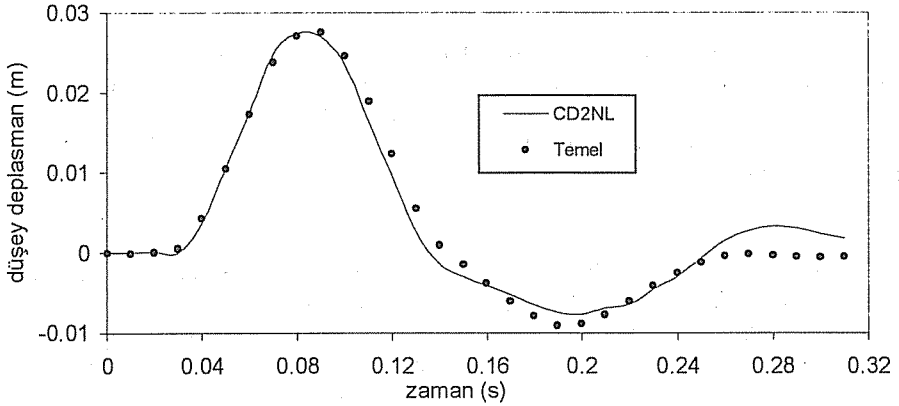


Şekil 7. Üzerinde elastik bir tabaka bulunan yarım uzayda silindirik boşluk

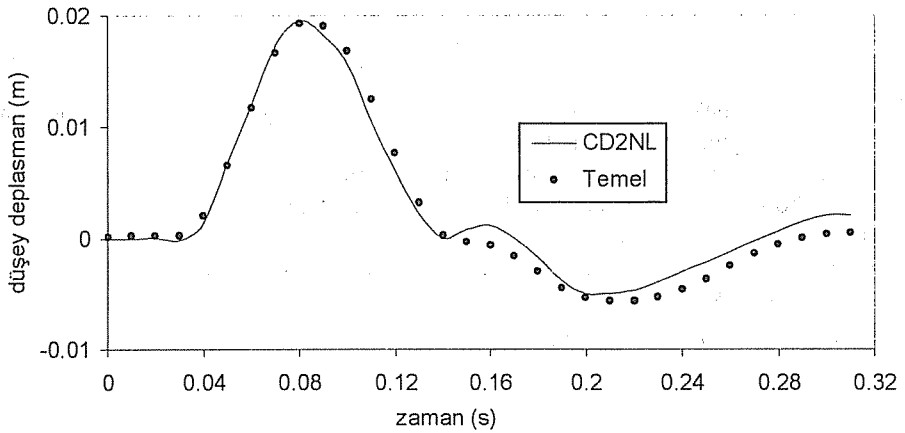


Şekil 8. P basıncının zamanla değişimi

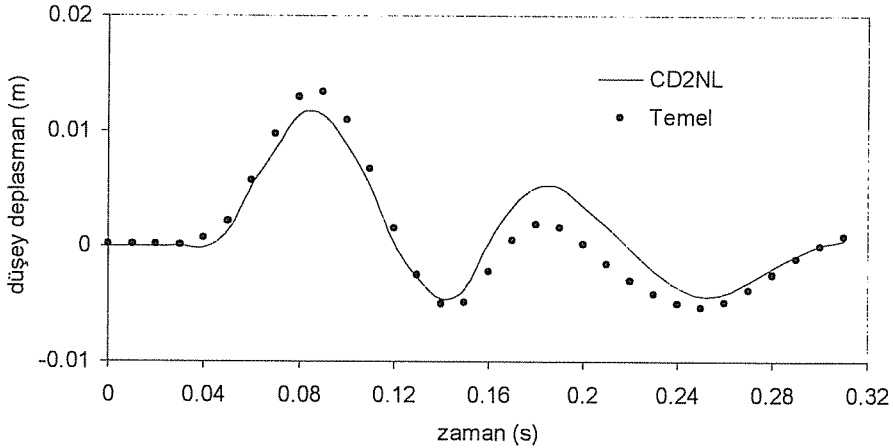
Çözüm sonucu bulunan deplasman değerleri, Temel (15) tarafından sonlu elemanlar yöntemi ile, sonlu ve sonsuz elemanlar kullanılarak elde edilmiş olan sonuçlarla karşılaştırılmıştır (Şekil 9-11). Şekillerden, her iki yöntem ile bulunan sonuçların uyumlu oldukları görülmektedir.



Şekil 9. A noktasındaki düşey deplasmanın zamanla değişimi



Şekil 10. B noktasındaki düşey deplasmanın zamanla değişimi



Şekil 11. C noktasındaki düşey deplasmanın zamanla değişimi

4.2. Statik Tekil Yüke Maruz Elastik Tabaka Problemi

Bu örnekte, Şekil 12’de görüldüğü gibi, yarım uzay üzerine oturan elastik bir zemin tabakası göz önüne alınmaktadır. Tabaka üzerine, düşey yönde, statik bir P yükü etki etmektedir. $x_1x_2x_3$ eksen takımının orijini, P yükünün etki ettiği noktada seçilmektedir. Birinci bölgenin içinde bulunan A ve B noktalarının x_1, x_2, x_3 koordinatları (Şekil 12),

A noktası : $(-3a, 0, a)$

B noktası : $(3a, 0, a)$

olarak verilmektedir. P yükü etkisi altında, A ve B noktaları arasında düşey deplasman (u_3) ve düşey normal gerilme (τ_{33}) dağılımı incelenmektedir.

A ve B noktaları arasında deplasman ve gerilme dağılımları, yarım uzay ile elastik tabakanın aynı malzeme özelliklerine sahip olmaları halinde, yani statik tekil yükün homojen izotrop bir elastik yarım uzay üzerine etkimesi durumunda, (Boussinesq problemi), analitik olarak hesaplanabilmektedir (16). Buna göre, zemin içinde bulunan herhangi bir C noktasında (Şekil 12), u_3 ve τ_{33} değerleri,

$$u_3 = \frac{P}{4\pi\mu R} \left[2(1-\nu) + \frac{z^2}{R^2} \right] ; \quad \tau_{33} = -\frac{3Pz^3}{2\pi R^5} \quad (33)$$

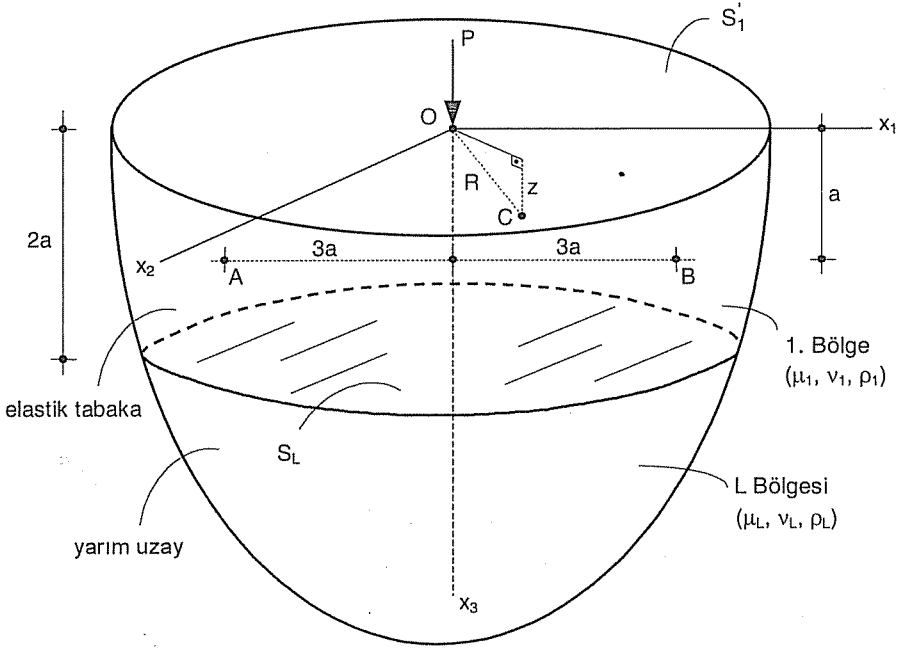
ifadeleri ile bulunmaktadır. Burada z, C noktasının derinliğini; R ise, aynı noktanın orijine olan uzaklığını göstermektedir (Şekil 12).

Analitik olarak hesaplanan sonuçlarla karşılaştırma yapabilmek amacıyla, birinci bölge ve L bölgesi için malzeme özelliklerinin aynı olduğu kabul edilerek, problem CD3NL programı ile çözülmüştür.

CD3NL programı ile elde edilen sonuçlarla, analitik olarak hesaplanan sonuçların karşılaştırılması, Şekil 13 ve Şekil 14’de görülmektedir. Şekillerde görülen boyutsuz deplasman (\bar{u}_3) ve boyutsuz gerilme ($\bar{\tau}_{33}$),

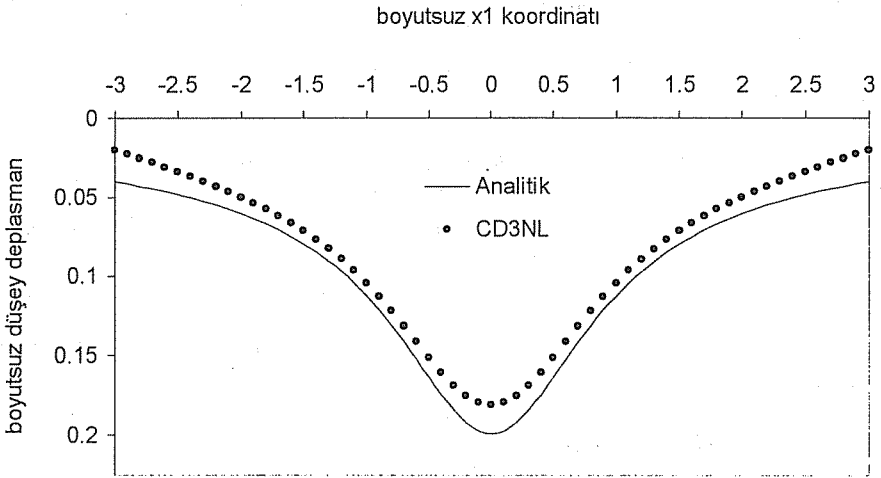
$$\bar{u}_3 = \frac{u_3 \mu_1 a}{P} ; \quad \bar{\tau}_{33} = \frac{\tau_{33} a^2}{P} \quad (34)$$

şeklinde tanımlanmaktadır.

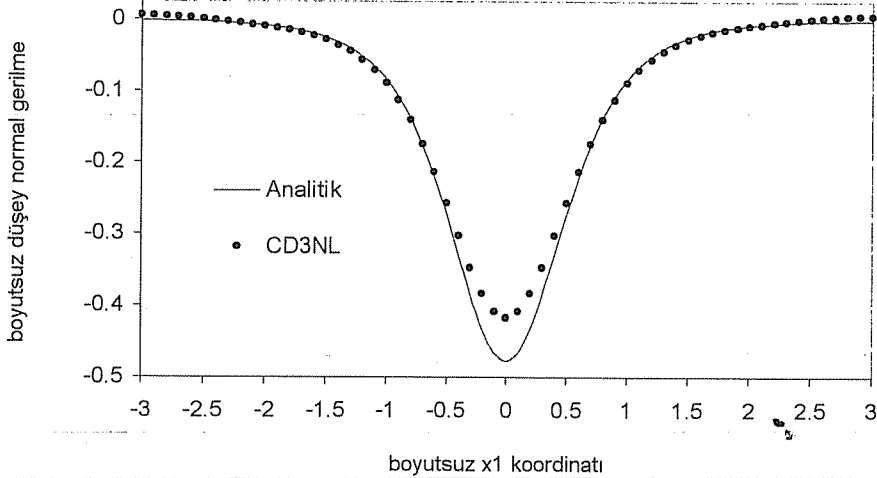


Şekil 12. Yarım uzay üzerine oturan ve statik tekil yüke maruz elastik tabaka

CD3NL programı ile elde edilen sonuçların, analitik değerlere oldukça yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 13. A ve B noktaları arasında düşey deplasman dağılımı

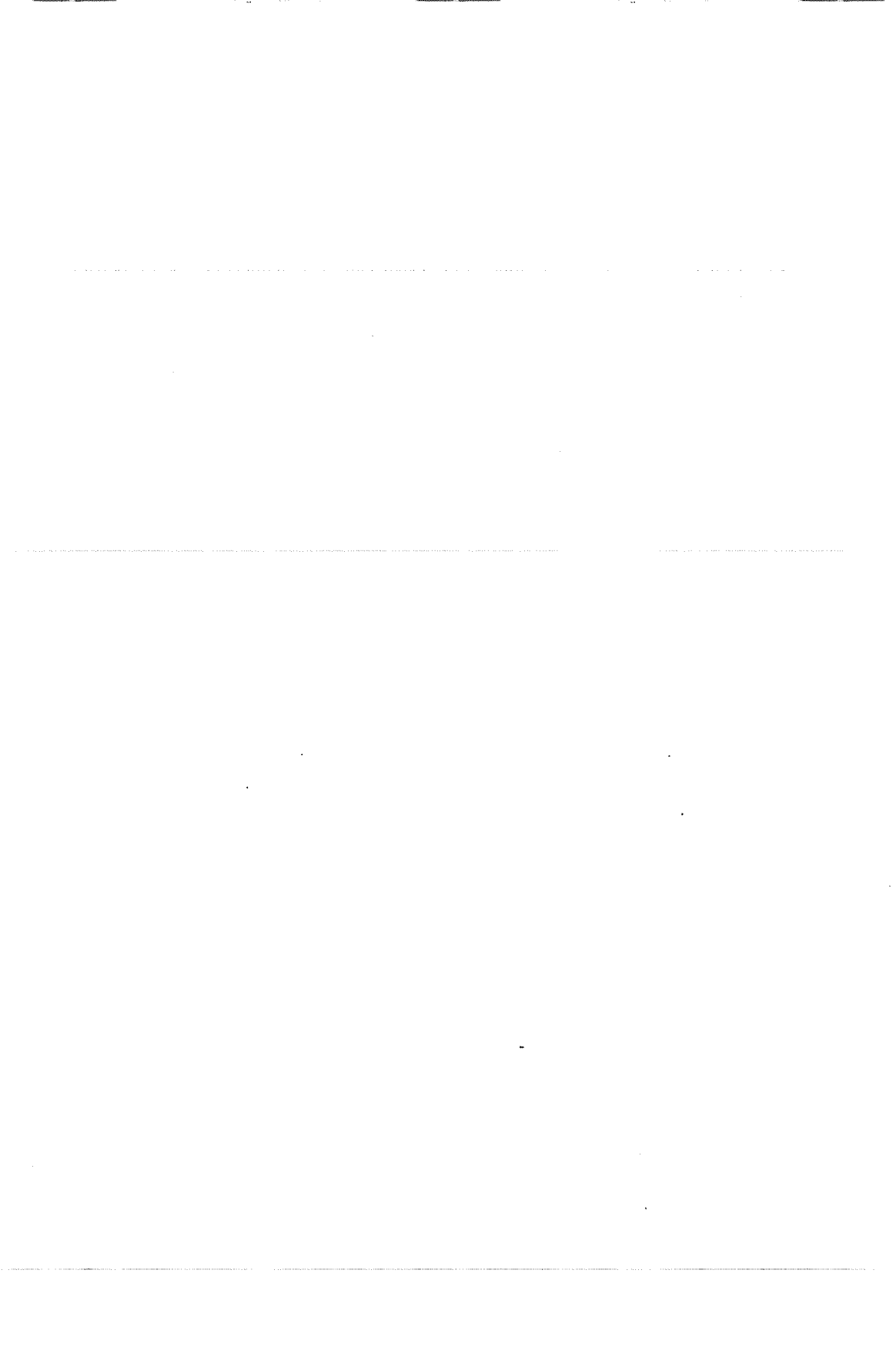


Şekil 14. A ve B noktaları arasında dişey normal gerilme dağılımı

5. KAYNAKLAR

1. Wolf, J.P., "Soil-Structure Interaction Analysis in Time Domain. Prentice-Hall", New Jersey, 1988.
2. Banerjee, P.K., and Watson, J.O., "Developments in Boundary Element Methods-4", Elsevier Applied Science Publishers, London, 1986.
3. Mackerle, J. and Brebbia, C.A., "The Boundary Element Reference Book", Computational Mechanics Publications, Southampton, 1988.
4. Brebbia, C.A., and Connor, J.J., "Advances in Boundary Elements" Vol.1, Computational Mechanics Publications, Southampton, 1989.
5. Cheng, A.H.D., Brebbia, C.A., and Grilli, S., "Computational Engineering with Boundary Elements" Vol. 2, Computational Mechanics Publications, Southampton, 1990.
6. Tanaka, M., Brebbia, C.A., and Shaw, R., "Advances in Boundary Element Methods in Japan and USA", Computational Mechanics Publications, Southampton, 1990.
7. Trevelyan, J., "Boundary Elements for Engineers, Theory and Applications", Computational Mechanics Publications, Southampton, 1994.
8. Beskos, D.E., "Boundary Element Methods in Mechanics", Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1987.
9. Mengi, Y., Tanrikulu, A.H., and Tanrikulu, A.K., "Boundary Element Method for Elastic Media", An Introduction, ODTÜ Basım İşliği, Ankara, 1994.
10. Brebbia, C.A., and Dominguez, J., "Boundary Elements An Introductory Course", Computational Mechanics Publications, Southampton, 1989.
11. Banerjee, P.K., "The Boundary Element Methods in Engineering", McGraw-Hill Book Company, London, 1994.
12. Manolis, G.D., and Beskos, D.E., "Boundary Element Method in Elastodynamics", Unwin Hyman, London, 1987.

13. Press, W.H., Flannery, B.P., Teukolsky, S.A., and Vetterling, V.T., "Numerical Recipes", Cambridge University Press, New York, 1986.
14. Özkan, G., Mengi, Y., "On the use of FFT Algorithm for the Circumferential Coordinate in Boundary Element Formulation of Axisymmetric Problems", *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 40: 2385-2412, 1997.
15. Temel, B., "Dinamik Zemin Yapı Etkileşimi Problemlerinin Sonlu-Sonsuz Elemanlar ve Laplace Dönüşüm Yöntemi ile Analizi", *Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 1996.*
16. Fung, Y.C., *Foundations of Solid Mechanics*. Prentice-Hall, New Jersey, 1965.



SU-ÇİMENTO ORANININ BETON DAYANIMINA ETKİSİ

Cengiz Duran ATİŞ, Kubilay AKÇAÖZOĞLU ve Fatih ÖZCAN

Ç.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada, su-çimento oranının beton dayanımı üzerindeki etkisi farklı su-çimento oranları ile çeşitli betonlar üretilerek incelenmiştir. Üç farklı agrega gradasyonu için sabit dayanım ve işlenebilirlik sağlayacak beton karışımı hesapları mutlak hacim hesabına göre yapılmıştır. Bu karışım oranları ile beton numuneler üretilmiştir. Sabit işlenebilirliği veren karışım oranları için maksimum sıkışmayı sağlayan optimum su-çimento oranları sarsma çökmesi yardımıyla tespit edilmiştir. Beton karışımları optimum su-çimento oranları ile tekrar yapılmış ve beton numuneler üretilmiştir. İşlenebilirlikleri sıfır çökme olarak elde edilen optimum su-çimento oranları ile üretilen betonlar daha sonra hiper akışkanlaştırıcı kullanarak işlenebilirliği yüksek betonlara dönüştürülmüş ve numuneler alınmıştır. Üretilen bütün beton numunelerin 28 günlük basınç ve çekme dayanımları elde edilmiştir. Laboratuvarda elde edilen sonuçların karşılaştırılmasından su-çimento oranının düşmesiyle beton dayanımlarının oldukça yükseldiği görülmüştür. Akışkanlaştırıcı kullanımı ile işlenebilirliği sıfır olan betonlara yüksek işlenebilirlik verilebileceği anlaşılmıştır. Akışkanlaştırıcı kullanımının çekme dayanımını artırdığı kanatine varılmıştır.*

INFLUENCE OF WATER-CEMENT RATIO ON THE STRENGTH OF CONCRETE

ABSTRACT : *In this work, the influence of water-cement ratio on the compressive strength of concrete was investigated by testing various concrete mixtures with different water-cement ratio. Concrete mixture design were made to achieve a constant strength with a given workability for three different aggregate gradation using absolute volume method. Concrete samples were prepared with these mixtures. Optimum water-cement ratios were determined using vibrating slump test for the same concrete mixture proportions, then, new concrete samples were also prepared using optimum water-cement ratio. The concrete mixtures obtained using optimum water-cement ratio with no workability were converted to the flowing concrete using a hyperplasticiser and the samples were taken. The concrete produced were tested at 28 days to obtain its compressive and tensile strength. It was seen from the comparison of the result obtained from the laboratory study that the strength was significantly increased with the reduction in the water-cement ratio. It was explored that a non workable concrete could be converted into a flowing concrete by the use of a hyperplasticiser. Also, the use of hyperplasticiser resulted in an increase in the tensile strength of the concrete produced was concluded.*

1. GİRİŞ

Su-çimento oranının değişiminin beton dayanımı üzerinde etkili olduğu bilinmektedir (1-5). Bu çalışmada bu etki irdelenmiş ve hangi mertebede olduğu gözlenmiştir. Ayrıca akışkanlaştırıcı kullanımının beton dayanımı üzerinde herhangi bir etkisi olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla üç farklı agrega gradasyonu, farklı iki su-çimento oranı ve akışkanlaştırıcı kullanımı ile toplam dokuz değişik beton üretilmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

2. KULLANILAN MALZEMELER VE ÖZELLİKLERİ

2.1 Çimento

Laboratuvar çalışmasında Adana Çimento Sanayi tarafından üretilen KZÇ/A 32,5 R Kompoze Çimento kullanılmış olup, 7 ve 28 günlük basınç dayanımı sırasıyla 264 ve 351 kgf/cm² olarak bulunmuştur. Çimentonun kimyasal bileşim ve fiziksel özellikleri sırasıyla Çizelge 1 ve 2 de verilmektedir.

Çizelge 1. Çimentonun Kimyasal Bileşimi (%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	KK
27,18	8,86	4,28	0,74	47,85	4,74	2,36	0,45	1,03	1,22

Çizelge 2. Çimentonun Fiziksel Özellikleri

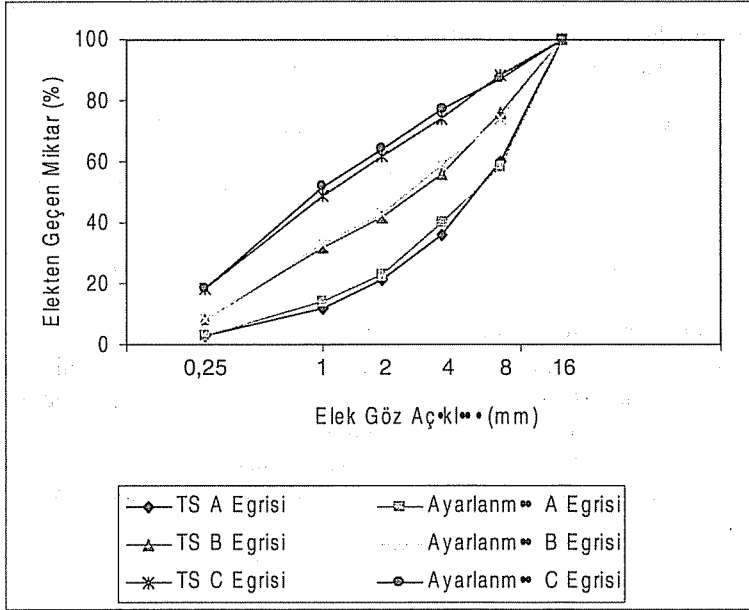
Fiziksel Özellik		Değeri
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)		2,97
Priz süresi	İlk (saat:dakika)	3:20
	Son (saat:dakika)	3:57
İncelik	Özgül Yüzey (cm ² /gr)	3960
	0,200 mm elekte kalıntı (%)	0,0
	0,090 mm elekte kalıntı (%)	0,3

2.2 Agrega

Bu çalışmada temiz, yıkanmış doğal kuvarsitik agrega kullanılmıştır. TS 3526 (6) e göre bulunan ince agrega kuru yüzey doygun özgül ağırlığı 2,65 gr/cm³ ve su emme kapasitesi %1,5 tur. İri agrega kuru yüzey doygun özgül ağırlığı 2,73 gr/cm³ ve su emme kapasitesi %0,99 dur. İri agreganın TS 3694 (7) e göre yapılan LosAngeles aşınma testi sonucu ise 100 dönüş sonunda % 3,6 ve 500 dönüş sonunda % 19,2 olarak tespit edilmiştir. İlgili standart aşınma değerinin 100 dönüş sonunda en fazla %10, 500 dönüş sonunda en fazla %50 ye kadar müsade ettiğinden kullanılan agrega standart sınırları ile uyumlu bulunmuştur.

2.3 Agregat Tane Boyutu Dağılımı

Agregatlar etüvde 105 °C derece sıcaklıkta 24 saat bekletilmiş ve tamamen kuru durum elde edilmiştir. Soğuyan agregatlar standart eleklerden elenerek 0/0,25mm, 0,25/1mm, 1/2mm, 2/4mm, 4/8mm, 8/16mm elekler arasından oluşan 6 ayrı gruba ayrılmıştır. Ayrılan bu gruplardan gerekli miktarlarda alınarak TS 706 (8) da belirtilen agregat alt sınırı (A eğrisi), orta sınırı (B eğrisi), üst sınırı (C eğrisi) oluşturan eğriler ile aynı tane dağılımına sahip agregat karışımları elde edilmiştir. Hazırlanan yeni karışımların elek analizleri tekrar yapılarak sınır eğrileri ile bire bir örtüşmenin ne kadar sağlandığı kontrol edilmiştir. Şekil 1 de verilen yeni elek analiz sonuçları bire bir örtüşmenin oldukça iyi sağlandığını göstermektedir. A, B, C eğrilerine ait incelik modülleri ise sırasıyla 4, 61, 3, 66 ve 2,75 tir (9).



Şekil 1. TS 706 (8) sınır eğrileri ve laboratuvar ortamında hazırlanan karışımların elek analizleri

2.4 Katkı Maddesi

Deneylerde, betonun işlenebilirliğini sağlamak amacıyla akışkanlaştırıcı katkı maddesi olarak SİKADETEKS Yapı Kimyasalları A. Ş.'nin ürettiği Sikament 300 Yüksek Performanslı Hiper Akışkanlaştırıcı katkısı kullanılmıştır. Deney betonlarında ağırlıkça çimentonun % 1,76'sı kadar akışkanlaştırıcı kullanılmıştır.

3. BETON KARIŞIM ORANLARI

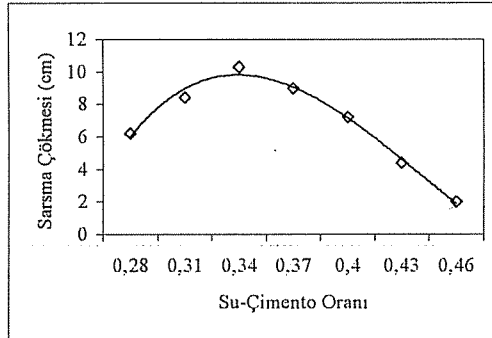
Deneysel çalışmada üretilecek betonların karışım hesapları için işlenebilirliklerinin 7 cm çökme değeri ve silindir basınç dayanımlarının 28 günde 400 kgf/cm^2 ve küp basınç dayanımlarının 28 günde 450 kgf/cm^2 olması öngörülmüştür. Belirli dayanım ve işlenebilirliği sağlayacak şekilde üç farklı agrega gradasyonu için (A, B, C eğrileri) ayrı ayrı teorik beton karışım hesapları TS 802 (9) ye göre yapılmıştır. Teorik olarak bulunan beton karışım oranları için ön-denemeler yapılmıştır. Ön-denemeler sonucu istenilen işlenebilirliği elde etmek için gereğinde karışıma su ilavesi yapılmış ve daha sonra sabit dayanımı korumak amacı ile su-çimento oranı sabit tutulacak şekilde karışım oranlarında düzeltmeler yapılmıştır. Düzeltmeler sonucunda elde edilen beton karışım oranları Çizelge 3'te sunulmaktadır. Çizelge 3'te verilen her bir beton karışım oranı için laboratuvarında betonlar üretilmiştir. Bu betonların basınç dayanımı ve çekme dayanımlarının tespiti için bir kenarı 15 cm olan küp numuneler, yüksekliği 30 cm ve çapı 15 cm olan silindir numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler 24 saat sonra kalıplardan alınmış ve deneye tabi tutulacağı güne kadar sıcaklığı $23 \text{ }^\circ\text{C}$ olan su içinde kür edilmişlerdir.

Çizelge 3. Sabit işlenebilirliği sağlamak için bulunan ayarlanmış karışım oranları

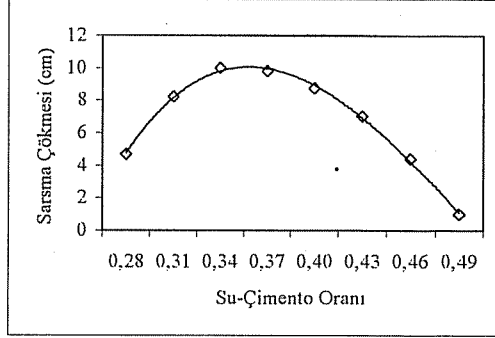
	Çimento	Agrega	Su	S/Ç
A Karışımı	402	1810	173	0,43
B Karışımı	460	1685	198	0,43
C Karışımı	549	1499	236	0,43

3.1 Optimum Su-Çimento Oranının Bulunması

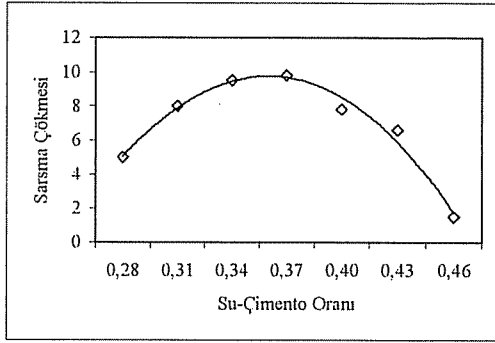
Optimum su-çimento oranlarının bulunuşu zemin mekaniğinde zeminlere ait optimum su muhtevası felsefesine (10) dayanmakta olup, bir başka yerde detaylı olarak verilmektedir (11). Burada sadece her bir karışım için optimum su-çimento oranını veren sarsma çökmesi deneyi grafikleri (Şekil 2 ve Şekil 4) ve bulunan optimum su-çimento oranları verilmektedir (Çizelge 4). Sarsma çökmesi deneyi bir başka yerde detaylı olarak verilmektedir (11).



Şekil 2. A karışımı titreşimli sarsma deneyi sonucu



Şekil 3. B karışımı titreşimli sarsma deneyi sonucu



Şekil 4. C karışımı titreşimli sarsma deneyi sonucu

Çizelge 4. Titreşimli sarsma deneyi sonucunda elde edilen optimum su-çimento oranları

	Optimum su-çimento oranı
A Karışımı	0,34
B Karışımı	0,35
C Karışımı *	0,36

Çizelge 3'te verilen karışım miktarları ile elde edilen optimum su-çimento oranlarıyla (Çizelge 4) yeni beton karışımları hazırlanmış ve yukarıda belirtildiği şekilde yeni beton numuneleri elde edilmiştir. Tekrar üretilen bu betonlara ait karışım miktarları Çizelge 5'te verilmektedir.

Çizelge 5'te verilen karışım miktarlarına ilave olarak çimento ağırlığının %1,76 oranında hiper akışkanlaştırıcı ilave edilerek işlenebilirlikleri çok yüksek (20 cm standart çökme) betonlar elde edilmiştir (12). Akışkanlaştırıcı ilavesi ile üretilen beton karışım miktarları Çizelge 6'da verilmektedir.

Çizelge 5. Optimum su-çimento oranları ile üretilen beton karışım miktarları

	Çimento (kg)	Agrega (kg)	Su (Lt)	S/Ç
A Karışımı	402	1810	173	0,34
B Karışımı	460	1685	198	0,35
C Karışımı	549	1499	236	0,36

Çizelge 6. Optimum su-çimento oranı ve akışkanlaştırıcı ilavesi üretilen beton karışım miktarları

	Çimento (kg)	Agrega (kg)	Su (Lt)	S/Ç	H.A (Lt)
A Karışımı	402	1810	173	0,34	7,1
B Karışımı	460	1685	198	0,35	8,1
C Karışımı	549	1499	236	0,36	9,7

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çizelge 7 de, su-çimento oranı 0,43, optimum su-çimento oranları (0,34, 0,35, 0,36) ve optimum su-çimento oranlarıyla birlikte akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilen karışımların 28 günlük küp numune basınç dayanımı sonuçları verilmektedir. Çizelge 7, 0,43 olan su-çimento oranının optimum değerlere düşmesiyle küp numune beton dayanımlarında yaklaşık %17 civarında bir artış olduğunu göstermektedir. Yine Çizelge 7'den, optimum su-çimento oranları ve optimum su-çimento oranıyla birlikte akışkanlaştırıcı kullanımıyla üretilen beton karışımların küp numune basınç dayanımları karşılaştırıldığında önemli bir artış olmadığı görülür.

Çizelge 7. Farklı su-çimento oranlarıyla üretilen karışımların küp numune basınç dayanımları

Karışım Kodu	0,43 S/Ç Küp Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)	Opt S/Ç Küp Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)	Opt .S/Ç ve Akışkanlı Küp Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)
A Karışımı	477	543	513
B Karışımı	475	590	598
C Karışımı	490	556	550

Yukarıda yapılan karşılaştırmalar Çizelge 8'de verilen su-çimento oranı 0,43, optimum su-çimento oranları (0,34, 0,35, 0,36) ve optimum su-çimento oranlarıyla birlikte akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilen karışımların 28 günlük silindir numune basınç dayanımları arasında da yapıldığında yukarıda belirtilen benzer sonuçlar çıkmaktadır. Ayrıca Çizelge 7 ve Çizelge 8'in karşılaştırılmasından silindir numune dayanımlarının küp

numune dayanımlarından küçük olduğu gözlenmiş olup, bu durumun boyut etkisi ile açıklandığı bilinmektedir (1-5).

Çizelge 8. Farklı su-çimento oranlarıyla üretilen karışımların silindir numune basınç dayanımları

Karışım Kodu	0.43 S/Ç Silindir Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)	Opt S/Ç Silindir Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)	Opt .S/Ç ve Akışkanlı Silindir Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)
A Karışımı	382	432	416
B Karışımı	360	455	461
C Karışımı	353	420	407

Çizelge 9. Farklı su-çimento oranlarıyla üretilen karışımların silindir numune çekme dayanımları

	0.43 S/Ç Silindir Yarma Dayanımı (kgf/cm ²)	Opt S/Ç Silindir Yarma Dayanımı (kgf/cm ²)	Opt. S/Ç ve Akışkanlı Silindir Yarma Dayanımı (kgf/cm ²)
A Karışımı	36	41	52
B Karışımı	35	45	53
C Karışımı	33	38	44

Çizelge 9'da, su-çimento oranı 0,43, optimum su-çimento oranları (0,34, 0,35, 0,36) ve optimum su-çimento oranlarıyla birlikte akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilen karışımların 28 günlük silindir numune yarmada çekme dayanımı sonuçları verilmektedir. Çizelge 9, 0,43 olan su-çimento oranının optimum değerlere düşmesiyle, basınç dayanımlarında olduğu gibi, silindir numune yarmada çekme dayanımlarında da yaklaşık %18 mertebesinde bir artış olduğunu göstermektedir. İlaveten, optimum su-çimento oranları ve optimum su-çimento oranıyla birlikte akışkanlaştırıcı kullanımıyla üretilen beton karışımların karşılaştırılmasında basınç dayanımlarında önemli bir değişiklik görülmemiş ise de aynı karışımların silindir yarmada çekme dayanımlarının yaklaşık %20 oranında arttığı ilginç bir gözlem olarak ortaya çıkmıştır.

5. SONUÇ

Su-çimento oranının düşmesiyle beton basınç ve çekme dayanımının oldukça yükseldiği görülmüştür. Uygun akışkanlaştırıcı seçimi ile sıfır işlenebilirliğe sahip betonun akıcı hale getirilebilmesi mümkün olduğu anlaşılmıştır. Silindir numune basınç dayanımlarının küp numune basınç dayanımlarından daha düşük olduğu görülmüştür. Akışkanlaştırıcı kullanımının basınç dayanımlarını önemli ölçüde değiştirmediği, ancak, çekme dayanımını %20 mertebesinde artırdığı kanaatine varılmıştır.

6. KAYNAKLAR

1. Neville,A.M., "Properties of concrete", 4th Edition, Longman Group UK Limited, 1995.
2. Neville,A.M. and Brooks,J.J., "Concrete Technology", Longman Group UK Limited, 1993.
3. Postacıoğlu,B., "Beton", Cilt 2, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, 1986.
4. Mehta,P.K., "Concrete: Structure, Properties, and Materials", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, ISBN 0-13-167115-4 01, New Jersey, 1986.
5. Popovics,S., "Concrete Materials, Properties, Specifications and Testing", Noyes Publication, New Jersey, US, 1992.
6. TS 3526, "Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini", TSE, Ankara, 1980.
7. TS 3694, "Beton Agregalarında Aşınmaya Dayanıklılık Aşınma Oranı Tayini Metodu", TSE, Ankara, 1981.
8. TS 706, "Beton Agregaları", TSE, Ankara, 1980.
9. TS 802, "Beton Karışım Hesap Esasları", TSE, Ankara, 1985.
10. TS 1900, "İnşaat Mühendisliğinde Zemin Labratuvar Deneyleleri", TSE, Ankara, 1987.
11. Akçaözöğlü,K., "Yüksek Dayanımlı Beton Karışımı Dizayını", Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 2001.
12. TS 2871, "Taze Beton Kıvam Deneyi", TSE, Ankara, 1977.

ELASTİK BAĞLANTILI BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ

H. Murat ARSLAN, S. Seren AKAVCI ve Ferhat KAYMAKCI

Ç.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada kesit değişikliği olan ve elastik temele oturan güçlendirilmiş boşluklu perdelerin serbest titreşim analizi yapılarak, perde ve kirişlerdeki kayma etkilerini ve bağlantı kirişlerinin elastik bağlantılı olmasından doğan etkileri de hesaba katan bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Sistem rijitlik matrisi oluşturulurken sürekli bağlantı yöntemi kullanılmıştır. Bunun için bağlantı kirişleri yerine eşdeğer rijitlikte tabakalar düşünülmüş ve birim yükler uygulanarak bina boyunca yerdeğiştirmeler hesaplanmıştır. Sistem kütle matrisi toplanmış kütle kabulüne göre yükseklik boyunca istenilen sayıda toplanmış kütle alınarak elde edilmiştir. İlk adımda sürekli bir yöntem, ikinci adımda ise ayrıık kütleler kullanıldığı için yöntem sürekli-ayrıık yöntem olarak adlandırılabilir. Belirtilen iki adımda rijitlik matrisi ve kütle matrisi elde edildikten sonra serbest titreşim analizi yapılır. Çalışmada, sunulan yöntemle çeşitli örnekler çözülmüştür. Bulunan sonuçlar, başka yöntemlerle bulunan sonuçlarla karşılaştırılmış ve sonuçların çok yakın olduğu gözlenmiştir.*

FREE VIBRATION ANALYSIS OF ELASTICALLY CONNECTED COUPLED SHEAR WALLS

ABSTRACT : *In this work, the free vibration analysis of stiffened coupled shear walls with variable cross sections on flexible foundations is studied considering the effects of shear deformations in the walls and beams and the flexible connections of the connecting beams. A pertinent computer program has been prepared. The stiffness matrix is obtained by employing the continuous connection method. To this end, the connecting beams are replaced by continuous laminae of equivalent stiffness. Applying unit forces, the corresponding displacements along the height are calculated. The mass matrix of the system is formed employing the lumped mass assumption and by choosing the number of lumped masses along the height freely. The method used can be called a continuous-discrete method, since the first step is a continuous method and the second step is a discrete one. We can perform free vibration analysis as we get the stiffness matrix and mass matrix. Many examples are solved using the present method. The results found are compared with the results of other methods and a perfect match is observed.*

1. GİRİŞ

Yüksek binalar, statik mühendisleri tarafından rüzgar ve deprem gibi yatay yüklerin binanın yüksekliğinden dolayı yapının analizinde daha etkin olduğu binalar olarak tanımlanır. İşte bu yatay yüklere genellikle perdeler karşı koyarlar. Bu perdeler içleri dolu olduğu zaman birer konsol kiriş gibi davranırlar ve hesapları kolaydır. Ancak perdeler kapı, pencere ve koridorlar nedeniyle boşluklu hale gelirler, dolayısıyla yüksek dereceden hiperstatik olup çözümleri güçtür.

Boşluklu perdelerin çözümünde yaygın olarak kullanılan yöntem sürekli bağlantı yöntemidir. Ön tasarım amacıyla kullanılan bu yöntemde yapılan en önemli kabul bağlantı kirişleri ile güçlendirici kirişlerin eksenel doğrultuda sonsuz rijitmiş gibi ele alınmalarıdır. Bu kabul, kat döşemeleri için yaygın bir şekilde kullanılan rijit diyafram modeliyle eşdeğer olup, çok doğru sonuçlar verdiği bilinen bir gerçektir. Bu kabule dayanarak herhangi bir yükseklikte sağ ve sol perdeler eşit yatay yerdeğiştirme yaparlar ve buna bağlı olarak aynı eğime ve eğriliğe sahip oldukları kabul edilebilir. Bu yöntemde ayrıca katlardaki boşluklar arasındaki bağlantı kirişlerinin tüm bina boyunca (veya bölge bölge) eşdeğer rijitlikte tabakalar şeklinde bir ortama dönüştürülerek incelenebilmektedir. Böylece perde yanal yerdeğiştirmesi yüksekliğin fonksiyonu olarak verilir. Boşluklu perde olan bir binada bağlantı kirişlerinin amacı, tepenin yatay yerdeğiştirmesinin ve tabandaki eğilme momentlerinin azaltılması için iki perdede eksenel kuvvetler doğurarak oluşan kuvvet çiftinin momentiyle katkıda bulunmaktır. Ancak, bu amacın gerçekleşmesi bağlantı kirişlerinin yüksekliklerinin kısıtlanması ile yeterince sağlanamaz. Bu nedenle, bu amaca ulaşmak için özellikle servis ve depo katlarına güçlendirici kirişler olarak adlandırılan yüksek bağlantı kirişleri yerleştirilir. Fakat bu kirişlerin azami yararı sağlanmaları konulacakları yüksekliklere bağlıdır.

Eğer sürekli bağlantı yöntemi, boşluklu perdeler doğrudan uygulanacak olursa yapılacak dinamik analiz sonucunda altıncı dereceden bir diferansiyel denklem ortaya çıkar ki, bunu kapalı olarak çözmek çok zordur. Ayrıca, güçlendirici kirişlerle iki veya daha fazla bölgeye ayrılan boşluklu perdelerde her bölge için yazılacak aynı tür denklemlerin hepsinin ortak çözülmesi gerekmektedir. Bu nedenle problem özel bir uygulama ile çözülecektir.

Bu çalışmada kullanılan yöntem iki aşamadan oluşur. Birinci aşamada elastik temele oturan sürekli boşluklu perde ayrı kütlelerden oluşan bir toplanmış kütle sistemine dönüştürülür. Kütle sayısı perdenin serbestlik derecesini oluşturur ve çözümü yapan kişi tarafından serbestçe seçilebilir. Ancak, her bir kütle için büyüklüğü, yükseklik boyunca ortalama kütle dağılımından elde edilir ve böylece perdenin kütle matrisi bir köşegen matris olarak bulunur.

Bundan sonraki adım rijitlik matrisinin bulunmasıdır. Ayrı kütlelerin herbirinin yatay yerdeğiştirmeleri doğrultusunda birim yük ile yüklenmeleri ve yerdeğiştirmelerinin bulunması gerekir. Bu yüklenmelerin herbiri için sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak ve bağlantı kirişlerinin ve güçlendirici kirişlerin dönüm noktaları olan orta noktalarında uygunluk denklemleri yazılarak çözüm yapılır. Bu analiz sırasında temelin düşey, yatay ve dönel rijitlikleri de gözönüne alınarak tabanda sınır koşulları yazılır. Yatay yerdeğiştirmelerin bulunması sırasında, bölgeler arasında hem komşu iki bölgenin hem

de aradaki güçlendirici kirişin aynı yatay yer- değiştirme ve eğime sahip olmaları koşulları uygulanır. Bu analiz iki kısımdan oluşur; birincisi eksenel kuvvetlerin bulunması ve ikincisi ise her ikisinin ortak yerdeğiştirme şekillerinin bulunmasıdır.

Perdenin tüm birim yükleme durumları için yerdeğiştirme şekilleri bulunduktan sonra esneklik matrisi doğrudan doğruya yazılır ve tersi alınarak rijitlik matrisi bulunur. Rijitlik matrisi ve toplanmış kütle kabulü ile elde edilen kütle matrislerinin serbest titreşim denkleminde yerlerine konulması ile perdenin doğal frekansları ve bunlara ait şekil vektörleri elde edilir.

Bu çalışmanın sonunda, kesit değişikliklerini, kayma şekil değiştirmelerini, bağlantı kirişlerinin elastik bağlantısını, temelin yatay, düşey ve dönel rijitliklerini hesaba katan ve çok sayıda güçlendirici kiriş için çözüm yapabilen Mathematica dilinde yazılmış olan bir bilgisayar programı yer almaktadır.

2. ANALİZ

Bu çalışmada kullanılan yöntem iki aşamalıdır. Birinci adımda, elastik temele oturan güçlendirilmiş boşluklu perdeli yapı toplanmış kütlelerden oluşan ayrıık sistem olarak düşünülür. Burada serbestlik derecesi toplanmış kütle adedi kadardır. Toplanmış kütlelerin adedi bağımsız olarak seçilebilir. Böylelikle kütle matrisi oluşturulur. İkinci adım ise rijitlik matrisinin birinci adımda seçilen serbestlik derecesine göre oluşturulmasıdır. Bu işlem her toplanmış kütleye birim kuvvet uygulanarak yapılır. Bu yüklemelerin herbiri için, sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak orta noktalar için uygunluk denklemi yazılır. Bu orta noktalar güçlendiricilerin ve tabaka kirişlerin moment sıfır noktalarıdır. Önce, perdelerdeki eksenel kuvvetler bulunur, sonra, perdelerin yerdeğiştirmeleri tespit edilir. Bütün yüklemeler için yerdeğiştirmeler bulunduktan sonra esneklik matrisi oluşturulur ve tersi alınarak rijitlik matrisi elde edilir. Böylelikle serbest titreşim analizi uygulanabilir.

Günümüze kadar yapılan çalışmalarda en fazla iki bölge, tepesinde, tabanında ve ortasında birer güçlendirici kiriş bulunan perdeler incelenmiştir. Bu çalışmada ise problem en genel durumu ile ele alınacak, perdenin tüm geometrik özelliklerinin bölgeden bölgeye değişebileceği düşünülecek, bağlantı kirişlerinin perdelere elastik bağlantılı olması dikkate alınacak, temelin düşey ve dönel esnekliklerinin yanında yatay hareketleri de hesaba katılacak, perde ve kirişlerdeki kayma şekil değiştirme etkileri de göz önünde bulundurulacak ve güçlendirici kiriş sayısına sınırlama getirilmeyecektir.

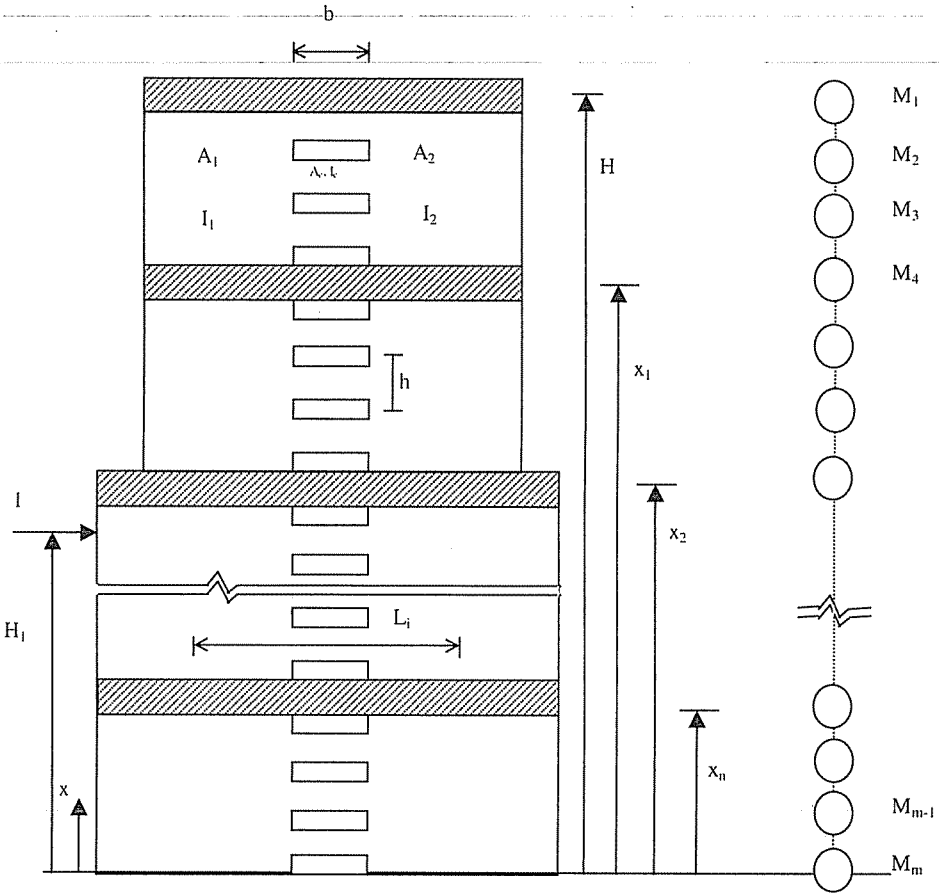
2.1. Kütle Matrisinin Oluşturulması

Daha önce belirtildiği gibi bu çalışmada kullanılan yöntemin birinci adımında elastik temele oturan güçlendirilmiş boşluklu perdeli yapı ayrıık kütlelerden oluşan bir toplanmış kütle sistemine dönüştürülür. Kütle matrisi toplanmış kütle prensibine dayalı olarak oluşturulmuş bir köşegen matristir. Bu nedenle tepe, taban ve güçlendirici kirişlerin olduğu seviyeye "uç", bu uçlar arasında kalan kısım ise "bölge" olarak adlandırılır. Her bölge m_i sayıda eşit parçaya bölünebilir, bu bölgenin toplam kütlesi m_i 'ye bölünerek her iç nokta için kütle bulunur. Fakat uçlarda yukarıda bulunan miktarın

yarısı alınmalıdır. Bu işlem devam ettirilerek ve güçlendirici kirişlerin de kütlesi ilave edilerek diyagonal matris \underline{M} bulunur. Bu matrisin boyutu $m \times m$ olacaktır.

$$m = \sum m_i + 1 \quad (1)$$

Kütle matrisi yukarıda belirtilen yöntemle bulunduktan sonra, toplanmış kütleler seviyesindeki yatay hareketler sistemin serbestlik derecelerini oluşturur. Perdelerin düşey ve dönel deplasmanları gözönüne alınmasada yatay deplasmanlara nazaran bu yerdeğişmeler ihmal edilebilir. Her ne kadar yüksek modlarda küçük bir hata ortaya çıksa da, bu kabul açısal frekansın ve titreşim modunun değerlendirilmesi için mükemmeldir. Zaten bu çalışmada düşey ve dönel eylemsizlikler düşünülmediği halde, temelin çok daha önemli olan elastik etkileri göz önüne alınacaktır. Ayrıca bu çalışmada kayma etkisi de değerlendirilecektir



Şekil 1. Bir boşluklu perdenin toplanmış kütlelerle modellenmesi

2.2. Rijitlik Matrisinin Oluşturulması

Bu yöntemin ikinci aşaması rijitlik matrisinin seçilen serbestlik derecesine göre oluşturulmasıdır. Bu işlem her toplanmış kütleyle birim kuvvet uygulanarak yapılır. Bu yüklemelerin her biri için, sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak orta noktalar da uygunluk denklemi yazılır. Bu orta noktalar güçlendiricilerin ve tabaka kirişlerin moment sıfır noktalarıdır. Öncelikle perdelerdeki eksenel kuvvetler bulunur, ikinci olarak perdelerin yerdeğiştirmeleri belirlenir. Bütün yüklemeler için deformasyonlar bulunduğundan sonra esneklik matrisi oluşturulur ve tersi alınarak rijitlik matrisi elde edilir.

Sürekli bağlantı yönteminde eğilme rijitliği EI_c olan eşit aralıklı bağlantı kirişlerinin yerine birim yükseklikte eğilme rijitliği EI_c/h olan tabakalı bir ortam düşünüldüğü belirtilmişti. Aynı şekilde bağlantı kirişlerindeki kesme kuvvetlerinin yerine de dönüm noktaları boyunca birim boydaki kesme kuvvetini ifade eden q kesme kuvveti fonksiyonu düşünülür. Ayrıca bu yöntemde bağlantı kirişlerinin eksenleri doğrultusunda sonsuz rijit oldukları kabul edilir. Bundan dolayı her iki perde aynı yükseklikte eşit yatay yerdeğiştirme yaparlar. Bu kabule göre aynı yükseklikte sağ ve sol perde eğimleri ve eğrilikleri de birbirlerine eşittir ve perdelerdeki eğilme momentleri perde eğilme rijitlikleri ile orantılıdır.

Bu yöntemde, bağlantı kirişleri moment sıfır noktalarından kesilerek iki ayrı perde elde edilir. Sırasıyla sağ ve sol tarafta kalan bağlantı kirişleri için kiriş uçlarının yaptığı deplasmanlar hesaplanır ve bu deplasmanların toplanmasıyla bölge için uygunluk denklemi elde edilir. Kiriş uçlarının yaptığı düşey yerdeğiştirmeye ise sırasıyla perde dönmesinden,

$$\delta_1 = L_i \frac{dy_i}{dx} \quad (2)$$

kirişin konsol olarak davranmasından,

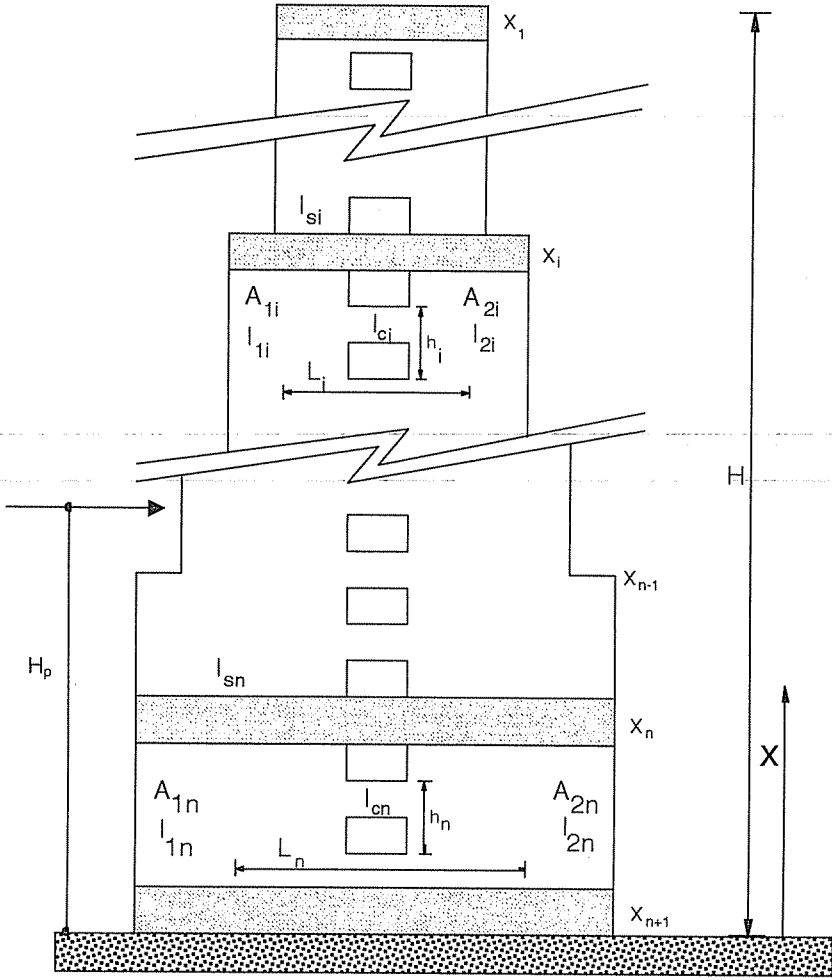
$$\delta_2 = -\frac{h_i b^3}{12EI_{ci}} q_i \quad (3)$$

perde eksenel deformasyonundan,

$$\delta_3 = -\frac{1}{E} \sum_{j=i+1}^n \left[\left\{ \frac{I_i}{A_{1j}} + \frac{1}{A_{2j}} \right\} \int_{x_{j+1}}^{x_j} T_j dx \right] - \frac{1}{E} \left\{ \frac{1}{A_{1i}} + \frac{1}{A_{2i}} \right\} \int_{x_{i+1}}^x T_i dx \quad (4)$$

perde kayma şekil değiştirmesinden,

$$\delta_4 = \frac{Q_i L_i}{G A_{ki}} = \frac{Q_i L_i \mu_w}{G (A_{1i} + A_{2i})} \quad (5)$$



Şekil 2. Kesit değişikliği olan bir boşluklu perde

bağlantı kirişi kayma şekil değiştirmesinden,

$$\delta_5 = -\gamma_i b \quad (6)$$

perde eksantrisitesinden,

$$\delta_6 = \delta_{ei} = \sum_{j=i+1}^n \Delta_j = \sum_{j=i+1}^n \left\{ (L_j - L_{j-1}) \left[\frac{dy_j}{dx} \Big|_{x=x_i} \right] \right\} \quad (7)$$

temel hareketinden,

$$\delta_7 = \delta_f \quad (8)$$

ve perde giriş bağlantısının elastik olmasından,

$$\delta_8 = \frac{q h b^2}{2 c_{cb}} \quad (9)$$

gelen katkılar toplanıp sıfıra eşitlenmesiyle bölgeye ait uygunluk denklemi yazılmış olur. Elde edilen uygunluk denkleminde moment eğrilik ilişkisi ve perde eksenel kuvveti ile bağlantı girişlerindeki kesme kuvveti akış fonksiyonu arasındaki ilişki yazılır ve ifade düzenlenirse

$$\frac{d^2 T_i}{dx^2} - \alpha_i^2 T_i = -\beta_i M_{ei} \quad (10)$$

şeklinde ikinci dereceden diferansiyel denklem elde edilir. Burada

$$\beta_i = \frac{\frac{L_i}{EI_i}}{\left(\frac{h_i b^3}{12EI_{ci}} + \frac{b\mu_c h_i}{GA_{ci}} + \frac{b^2 h_i}{2c_{cb}} \right)} \quad (11)$$

ve

$$\alpha_i^2 = \beta_i \left(L_i + \frac{I_i}{L_i} \left(\frac{1}{A_{1i}} + \frac{1}{A_{2i}} \right) \right) \quad (12)$$

şeklinde tanımlanmıştır. (10) ifadesinin genel çözümü

$$T_i = B_i \text{Cosh}(\alpha_i x) + C_i \text{Sinh}(\alpha_i x) + \frac{\beta_i}{\alpha_i^2} M_{ei} \quad (13)$$

olup boşluklu perde üzerindeki her bölge için yazılan eksenel kuvvet ifadesinde iki adet integrasyon sabiti vardır ve bunların belirlenmesi gerekir. Bunun için perde tepesinde ve bölge birleşim yerlerinde statik denge denklemleri ve süreklilik koşulları ve temel seviyesinde uygunluk denklemi uygulanarak B_i ve C_i integrasyon sabitleri belirlenir. Perde ye ait momet eğrilik ilişkisi

$$EI_i \frac{d^2 y_i}{dx^2} = M_{ci} - T_i L_i \quad (14)$$

şeklinde olup bu ifadenin iki kez integre edilmesiyle

$$y_i = \frac{1}{EI_i} \int \left[\int (M_{ci} - T_i L_i) dx \right] dx + D_i x + G_i \quad (15)$$

şeklinde yanal deplasman fonksiyonu belirlenir. Burada D_i ve G_i integrasyon sabitleri belirlenmek zorundadır. Yazılacak $2n$ adet sınır şartının ortak çözümünden tüm perde için y fonksiyonu belirlenir. Sınır şartlarının ortak çözümünden sonra, perdenin eğilmeden kaynaklanan yatay yerdeğiştirme ifadesi elde edilir. Perdedeki kesme kuvvetinden kaynaklanan yatay yerdeğiştirme

$$y = \begin{cases} \frac{\mu_w x}{GA} + \frac{1}{K_h} & x \leq H_p \\ \frac{\mu_w H_p}{GA} + \frac{1}{K_h} & x > H_p \end{cases} \quad (16)$$

ile hesaplanır. Perdenin toplam yatay yerdeğiştirmesi ise eğilmeden kaynaklanan (15) ile kaymadan kaynaklanan (16) ifadelerinin toplanması ile elde edilir.

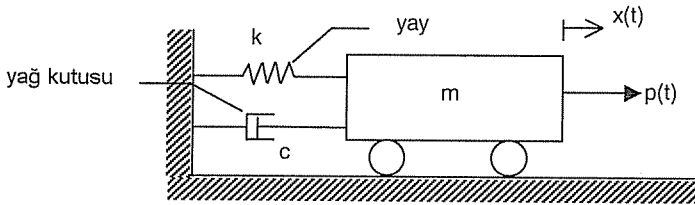
Yukarıda anlatılan hesaplar sonucunda esneklik matrisi, \underline{E} , kolon kolon oluşturulur ve tersi alınırsa

$$\underline{K} = \underline{E}^{-1} \quad (17)$$

rijitlik matrisi bulunur.

2.3. Özdeğer ve Özvektörlerin Belirlenmesi

Bilindiği gibi yapı dinamiğinde tek serbestlik dereceli bir sistem Şekil 3'teki gibi gösterilir. Burada, $p(t)$ hareketi doğuran dış kuvvet olup yay sistemde harekete karşı koyan elastik kuvvetleri ve yağ kutusu ise harekete karşı koyan viskoz kuvvetleri temsil etmektedir. Şekil 3'teki cisme hareket doğrultusunda



Şekil 3. Tek serbestlik dereceli bir sistem



Şekil 4. Tek serbestlik dereceli sistemde hareket doğrultusundaki kuvvetler

etki eden kuvvetler Şekil 4’de gösterilmiştir. Bu cisme virtüel yerdeğiştirme ilkesinin uygulanması ile tek serbestlik dereceli sistemlerin hareket denklemi

$$m \ddot{x} + c \dot{x} + k x = p(t) \quad (18)$$

şeklinde elde edilir. Bu denklemin sağ tarafının sıfır olması durumunda sönümlü serbest titreşim denklemi

$$m \ddot{x} + c \dot{x} + k x = 0 \quad (19)$$

şeklinde elde edilir. Çok serbestlik dereceli bir sistem için bu denklem kapalı olarak

$$\underline{M} \ddot{\underline{X}} + \underline{C} \dot{\underline{X}} + \underline{K} \underline{X} = \underline{0} \quad (20)$$

şeklinde yazılır. Bu denklemde \underline{X} yerdeğiştirme vektörü olup

$$\underline{X} = \underline{u} \sin(\omega t + \theta) \quad (21)$$

kabulü yapılır. Burada \underline{u} genlik vektörü ve ω frekanstır. θ faz açısı olup sabit olduğu için (19) ifadesinin zamana göre türevleri

$$\begin{aligned} \dot{\underline{X}} &= \omega \underline{u} \cos(\omega t + \theta) \\ \ddot{\underline{X}} &= -\omega^2 \underline{u} \sin(\omega t + \theta) \end{aligned} \quad (22)$$

şeklinde bulunur. Elde edilen ifadeler çok serbestlik dereceli bir sistemin sönümsüz serbest titreşimi için geçerli olan

$$\underline{M} \ddot{\underline{X}} + \underline{K} \underline{X} = \underline{0} \quad (23)$$

denkleminde yerlerine konulursa aşağıdaki denklem elde edilir:

$$-\omega^2 \underline{M} \underline{u} + \underline{K} \underline{u} = \underline{0} \quad (24)$$

Bu denklem düzenlenir ve $\lambda = \omega^2$ yazılırsa sonuç olarak

$$(\underline{K} - \lambda \underline{M}) \underline{u} = \underline{0} \quad (25)$$

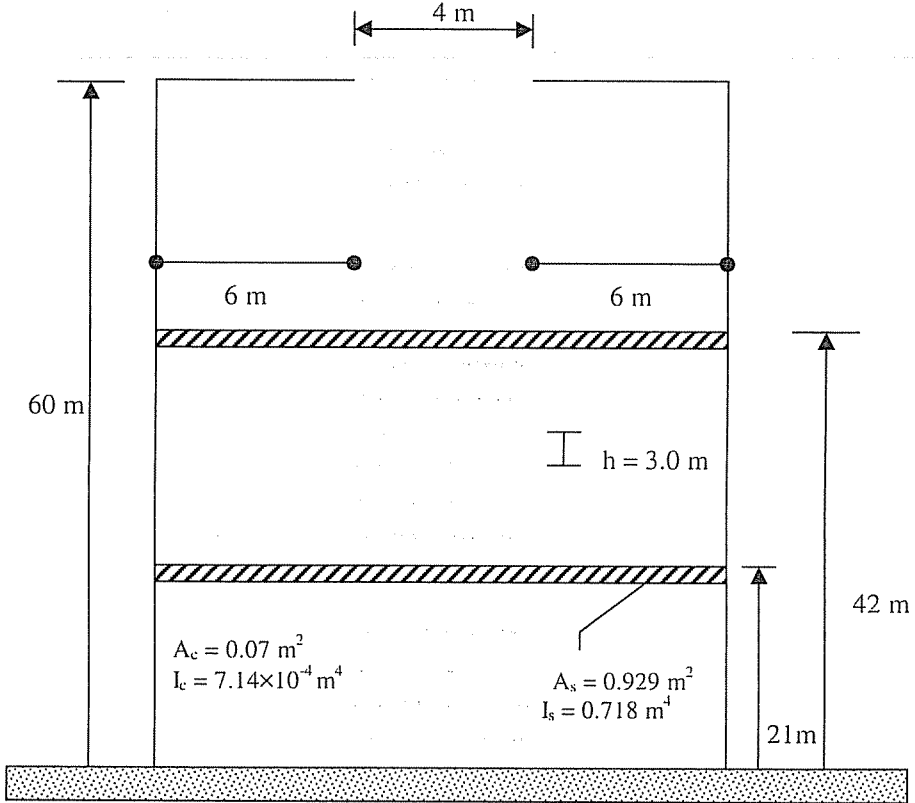
denklemini elde edilir. Bu denklemin sıfır vektörden farklı bir çözümünün olması için

$$|\underline{K} - \lambda \underline{M}| = 0 \quad (26)$$

karakteristik denkleminin sağlanması gerekir. Sistem serbestlik derecesi mertebesinde olan bu denklemin çözümünden bulunan özdeğerler (25)'de tek tek yerlerine konularak çözüm yapılarak her özdeğere karşı gelen özvektör elde edilir.

3. SAYISAL UYGULAMALAR

Örnek-1. Bu örnekte simetrik, kesiti sabit olan ve güçlendirilmiş bir boşluklu perde ele alınmıştır (Şekil 5). Boşluklu perdenin kalınlığı 0.2 m, yoğunluğu 2400 kg/m^3 ve elastisite modülü $15 \times 10^6 \text{ KN/m}^2$ 'dir.



Şekil 5. Örnek 1'e ait boşluklu perde

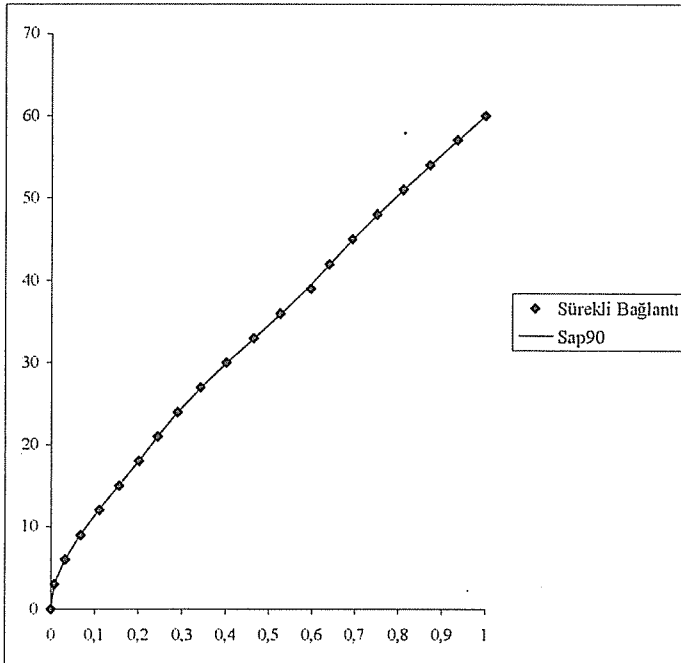
Sürekli bağlantı yöntemi ve SAP 90 ile bulunan dönel yay katsayılarının mod 1, mod 3 ve mod 5 frekanslarına etkileri ile birinci, üçüncü ve beşinci şekil vektörlerine etkileri Çizelge 1. ve Şekil 6, 7, 8.' de gösterilmiştir.

Birinci, üçüncü ve beşinci şekil vektörleri için $c_{cb} = c_{sb} = 1 \times 10^7$ KN m/ rad alınarak sürekli bağlantı yöntemi ve SAP 90 ile bulunan sonuçlar Çizelge 7.10 ve Şekil 7.12, 7.13 ve 7.14 'de verilmiştir.

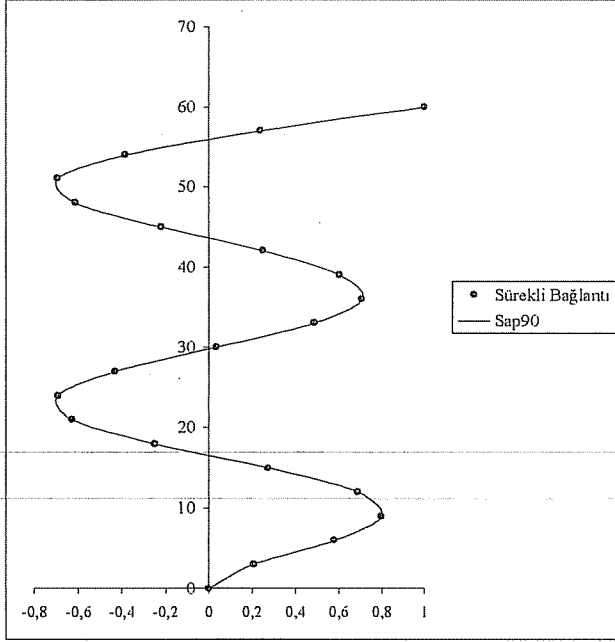
Bağlantı kirişlerinde ve güçlendirici kirişlerde kayma etkileri gözönüne alınmamıştır.

Çizelge 1. Örnek 1 için farklı dönel yay katsayılarına ait frekansların karşılaştırılması

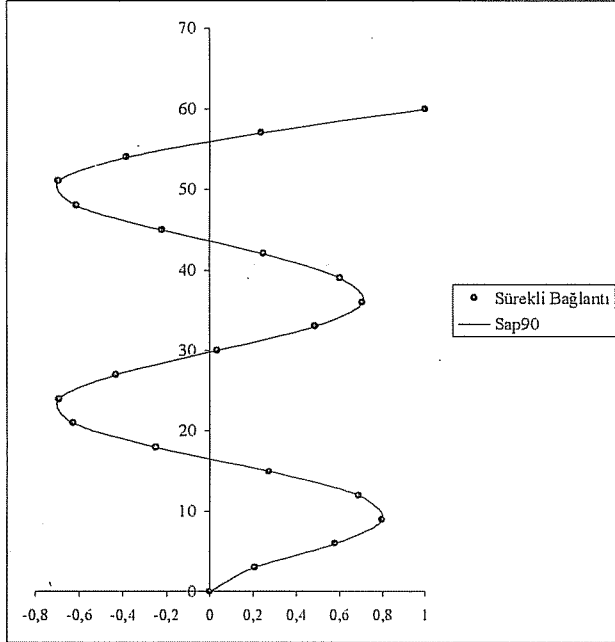
c_{cb}, c_{sb} KN m/rad	Mod 1		Mod 3		Mod 5	
	Sürekli Bağl.	SAP 90	Sürekli Bağl.	SAP 90	Sürekli Bağl.	SAP 90
10^1	0,0208	0,0208	0,3634	0,3634	1,1711	1,1711
10^2	0,0210	0,0209	0,3635	0,3634	1,1712	1,1712
10^3	0,0242	0,0212	0,3639	0,3638	1,1716	1,1715
10^4	0,0299	0,0235	0,3666	0,3662	1,1744	1,1738
10^5	0,0415	0,0287	0,3710	0,3710	1,1818	1,1806
10^6	0,0000	0,0397	0,3761	0,3758	1,2031	1,2001
10^7	0,5050	0,0500	0,3828	0,3831	1,2252	1,2250
10^8	0,0522	0,0521	0,3847	0,3855	1,2299	1,2312
10^9	0,0524	0,0524	0,3849	0,3858	1,2304	1,2319



Şekil 6. Örnek 1 için birinci şekil vektörlerinin karşılaştırılması

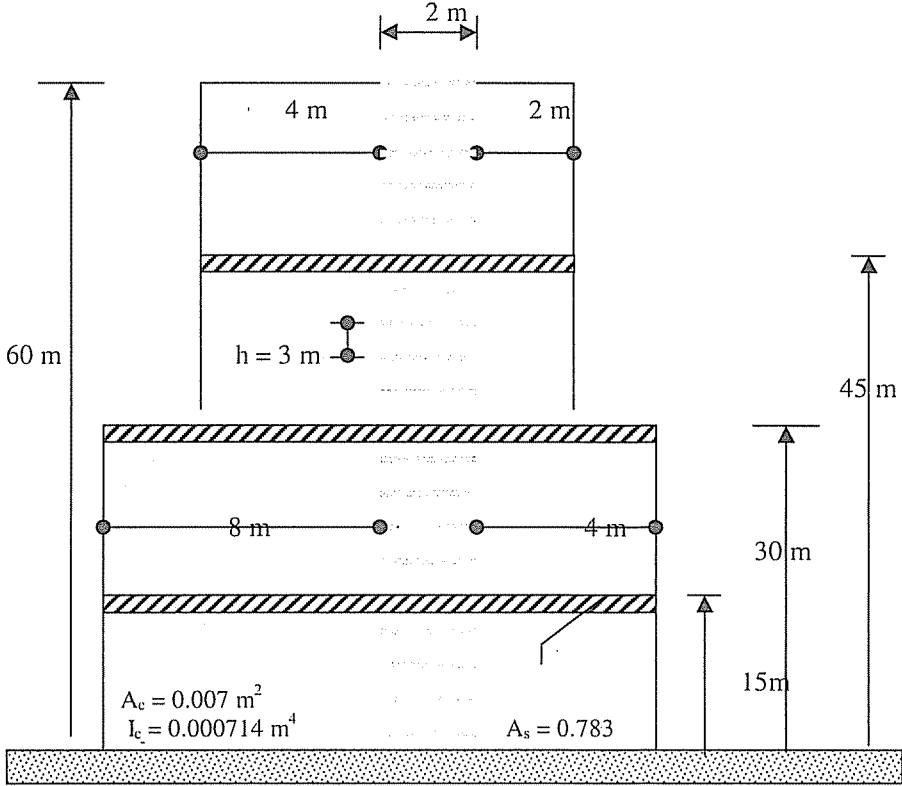


Şekil 7. Örnek 1 için üçüncü şekil vektörlerinin karşılaştırılması



Şekil 8. Örnek 1 için beşinci şekil vektörlerinin karşılaştırılması

Örnek-2. Bu örnekte, kesiti değişken olan ve güçlendirilmiş bir boşluklu perde ele alınmıştır (Şekil 9). Boşluklu perdenin kalınlığı 0.2 m, yoğunluğu 2400 kg/m^3 ve elastisite modülü $2 \times 10^7 \text{ KN/m}^2$ dir.



Şekil 9. Örnek 2 'ye ait boşluklu perde

Bu örnekte önce rijit temele oturan perdede kayma alan katsayılarının frekanslara etkileri incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 2'de karşılaştırılmıştır. Kayma modülü $6 \times 10^6 \text{ KN/m}^2$ ve güçlendirici kirişler ve bağlantı kirişleri için dönel yay sabiti $1 \times 10^7 \text{ KN m/rad}$ olarak alınmıştır.

Bu örnekte ayrıca farklı zemin türleri için birinci, üçüncü ve beşinci şekil vektörleri incelenmiş, sonuçlar Şekil 10., 11. ve 12.'de karşılaştırılmıştır. Kayma etkileri ve bağlantı kirişlerinin elastik bağlantılı olması hali probleme dahil edilmiştir. Problem incelenirken,

Kayma modülü	: $6 \times 10^6 \text{ KN/m}^2$
Kayma alan katsayıları	: $\mu_w = \mu_c = \mu_s = 1.2$
Elastik bağlantı dönel yay sabitleri	: $c_{cb} = c_{sb} = 1 \times 10^7 \text{ KN m/rad}$

Zemin özellikleri;

Rijit Zemin : $K_r = \infty$, $K_v = \infty$, $K_h = 1 \times 10^{19} \text{ N m}^{-1}$

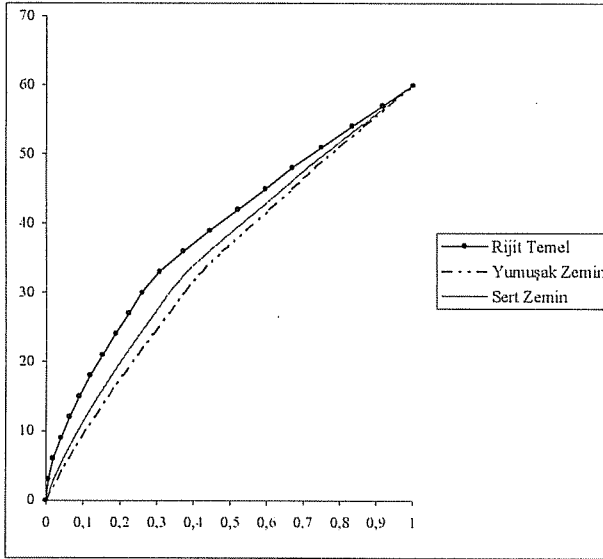
Sert Zemin : $K_r = 2.72 \times 10^{10} \text{ N m / rad}$, $K_v = 8.78 \times 10^8 \text{ N m}^{-1}$
 $K_h = 7.52 \times 10^9 \text{ N m}^{-1}$

Yumuşak Zemin : $K_r = 1.36 \times 10^{10} \text{ N m / rad}$, $K_v = 4.39 \times 10^8 \text{ N m}^{-1}$
 $K_h = 3.76 \times 10^9 \text{ N m}^{-1}$

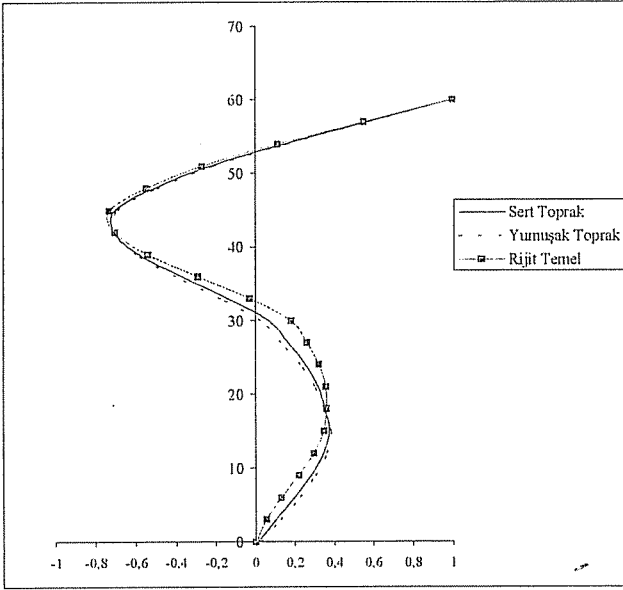
olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 2. Örnek 2`ye ait frekansların karşılaştırılması

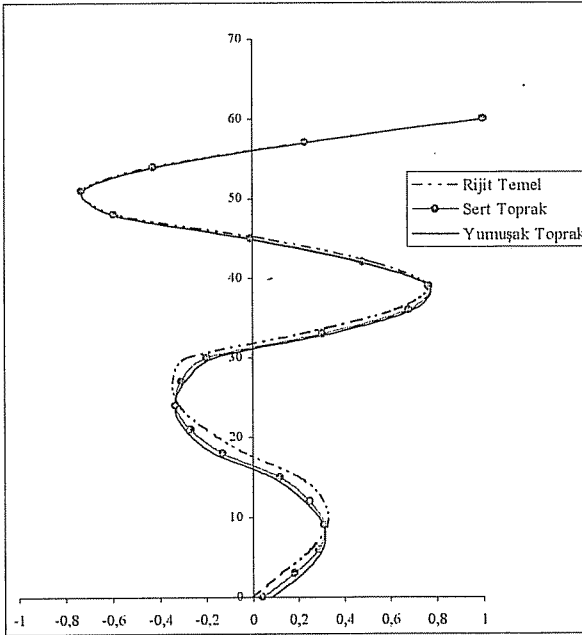
Mod No	$\mu_w = \mu_c = 0.0$ $\mu_s = 0.0$	$\mu_c = \mu_s = 0.0$ $\mu_w = 1.2$	$\mu_c = \mu_w = 0.0$ $\mu_s = 0.0$	$\mu_w = \mu_c = 1.2$ $\mu_s = 1.2$
1	0,0687	0,0675	0,0668	0,0612
2	0,2230	0,2092	0,2041	0,1673
3	0,4389	0,3988	0,3784	0,3571
4	0,8062	0,6500	0,6378	0,6070
5	1,2498	1,0008	0,9693	0,9123
6	1,9057	1,3596	1,3429	1,2624
7	2,4881	1,5677	1,5595	1,5342
8	3,1848	1,8684	1,8569	1,9382
9	3,9668	2,1644	2,1676	2,1676
10	4,8049	2,4458	2,4424	2,4861



Şekil 10. Örnek 1 için birinci şekil vektörlerinin karşılaştırılması



Şekil 11. Örnek 2 için üçüncü şekil vektörlerinin karşılaştırılması



Şekil 12. Örnek 2 için beşinci şekil vektörlerinin karşılaştırılması

4. SONUÇLAR

Hazırlanan program ile örnek perdeler çözülmüş elde edilen sonuçlar garfikler yardımı ile sunulmuştur. Ayrıca bulunan değerler SAP90 paket programı ile elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır sonuçta her iki program çıktıları arasında tam bir uyum gözlenmiştir.

Değişik güçlendirici giriş adet ve konumları, temel durumları ve perde üzerinde çeşitli yüksekliklerde kesit değişikliklerini içeren örneklerin çözümü çeşitli özdeğer ve özvektörlere ait sonuçlar elde edilmiştir. Üzerinde çalışılan örnekler göstermiştir ki, boşluklu deprem perdelerinin analizinde kullanılan sürekli bağlantı yöntemi eşdeğer çerçeve yöntemine çok yakın sonuçlar vermiştir. Buna dayanarak, bir boşluklu deprem perdesinin ön tasarımında sürekli bağlantı yöntemini kullanılması, zaman tasarrufu sağlayacaktır. Ayrıca girilen verinin az olması ve veri girişinin kolay olması hata yapma olasılığını azaltacaktır.

5. NOTASYON

A_{1i}	: i numaralı bölgede sol perde kesit alanı
A_{2i}	: i numaralı bölgede sağ perde kesit alanı
A_{ci}	: i numaralı bölgede bağlantı girişi kesit alanı
A_{si}	: i numaralı bölgede güçlendirici giriş kesit alanı
b	: Perde boşluk genişliği
e_i	: i ve $i-1$ numaralı bölgeler arasındaki eksantrisite
E	: Elastisite modülü
E_s	: Güçlendirici giriş elastisite modülü
F	: Esneklik matrisi
G	: Kayma modülü
h_i	: i numaralı bölgede kat yüksekliği
H	: Perde toplam yüksekliği
H_p	: Birim yükün uygulandığı yükseklik
I_{1i}	: i numaralı bölgede sol perde atalet momenti
I_{2i}	: i numaralı bölgede sağ perde atalet momenti
I_{ci}	: i numaralı bölgede bağlantı girişi atalet momenti
I_{si}	: i ve $i-1$ numaralı bölgeler arasındaki güçlendirici giriş atalet momenti
i	: Bölge ve bölgeler arası sınır numarası
inc	: Toplanmış kütleler arasındaki uzaklık
K	: Rijitlik matrisi
K_h	: Temelin yatay yerdeğiştirmeye karşı rijitliği
K_r	: Temelin dönmeye karşı rijitliği
K_v	: Temelin düşey yerdeğiştirmeye karşı rijitliği
L_{1i}	: i numaralı bölgede sol perde eksenini ile boşluk ortası arasındaki mesafe
L_{2i}	: i numaralı bölgede sağ perde eksenini ile boşluk ortası arasındaki mesafe
L_i	: i numaralı bölgede perde eksenleri arasındaki mesafe
m	: Boşluklu perdenin serbestlik derecesi
m_i	: i numaralı bölgedeki toplanmış kütle sayısı

- \underline{M} : Kütle matrisi
 $M_{1i}(x) = M_{1i}$: i numaralı bölgedeki sol perde momenti
 $M_{2i}(x) = M_{2i}$: i numaralı bölgedeki sağ perde momenti
 $M_{ei}(x) = M_{ei}$: i numaralı bölgede dış yükten dolayı oluşan moment
 $M_i(x) = M_i$: i numaralı bölgedeki perde momentleri toplamı
 n : Bölge sayısı
 Q_i : i numaralı bölgede perde kesitindeki toplam kesme kuvveti
 $q_i(x) = q_i$: i numaralı bölgedeki kesme kuvveti akış fonksiyonu
 t_i : i numaralı bölgede perde kalınlığı
 $T_i(x) = T_i$: i numaralı bölgedeki perde eksenel kuvvet fonksiyonu
 V_i : i numaralı sınırdaki güçlendirici giriş kesme kuvveti
 l_{1wi} : i numaralı bölgede sol perde genişliği
 l_{rwi} : i numaralı bölgede sağ perde genişliği
 x_i : i ve i - 1 numaralı bölgeler arasındaki sınırın yüksekliği
 \underline{X} : Yerdeğiştirme vektörü
 $\dot{\underline{X}}$: Hız vektörü
 $\ddot{\underline{X}}$: İvme vektörü
 μ_c : Bağlantı kirişi kayma alanı katsayısı
 μ_s : Güçlendirici giriş kayma alanı katsayısı
 μ_w : Perde kayma alanı katsayısı
 $\lambda_i = w_i^2$: Sisteme ait özdeğerler

6. KAYNAKLAR

1. Aksogan, O., Turker, H.T. and Oskouei, A.V., "Stiffening of Coupled Shear Walls at Arbitrary Number of Heights", *Advances in Civil Engineering First Technical Congress*, 2, pp.780-787, North Cyprus, 1993.
2. Arslan, H.M., "Boşluklu Deprem Perdelerinin Yatay Yüklere Karşı Güçlendirilmesi", *Master Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, 96 s., Adana, 1996.
3. Arslan, H.M. ve Aksoğan, O., "Güçlendirici Kirişlerin ve Kesit Değişikliklerinin Elastik Mesnetlenmiş Boşluklu Deprem Perdelerinin Davranışına Etkileri", *IX. Ulusal Mekanik Kongresi*, 7, s.158-167, Ürgüp, Eylül 1995.
4. Bathe, K.J. and Wilson, E.L., "Numerical Methods in Finite Element Analysis", *Prentice-Hall Inc.*, 528 s., New Jersey, 1976.
5. Chan, H.C. and Kuang, J.J., "Effect of a Single Deep Beam on Twin Shear Walls with Rotational Coupling", *Proceedings of The Institution of Civil Engineers, Part-2*, pp.503-515, 1988.
6. Chan, H.C. and Kuang, J.J., "Stiffened Coupled Shear Walls", *Journal of Structural Engineering*, 115(4), pp.689-703, April, 1989.
7. Choo, B.S. and Coull, A., "Stiffening of Laterally Loaded Coupled Shear Walls on Elastic Foundations", *Building and Environment*, 19(4), pp.251-256, 1984.

8. Coull,A., "Stiffening of Coupled Shear Walls Against Foundation Movement Structural Engineering", 52(1), pp.23-26, 1974.
9. Coull,A. and Bensmail,L., "Stiffened Coupled Shear Walls", Journal of Structural Engineering, 117(8), pp.2205 –2223, 1991.
10. Coull,A. and Mukherjee,P.R., "Approximate Analysis of Natural Vibrations of Coupled Shear Walls", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 2, pp.171-183, 1973.
11. Coull,A. and Puri,R.D., "Analysis of Coupled Shear Walls of Variable Cross-Sections", Building Science, 2, pp.313-320, 1968.
12. Jennings,P.C. and Skattum, K.S., "Dynamic Properties of Planar Coupled Shear Walls", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 1, pp.337-405, 1973.
13. Johnson,D. and Choo,B.S., "The Static and Dynamic Analysis of Coupled Shear Walls by a Discrete Force Method", The Structural Engineer, Journal of The Institution of Structural Engineers, 71(1), pp.10-14, January 1993.
14. Li,G.Q. and Choo, B.S., "Free Vibration of Coupled Shear Walls", Proceedings of Fifth International Conference on Advances in Structural Dynamics, 2, pp.859-868, 1994.
15. Li,G.Q. and Choo, B.S., "Natural Frequency Evaluation of Coupled Shear Walls", The Structural Engineer, Journal of The Institution of Structural Engineers, 73(18), pp.301-304, Sept. 1995.
16. Li,G.Q. and Choo, B.S., "A Continuous–Discrete Approach To The Free Vibration Analysis of Stiffened Pierced Walls on Flexible Foundations", International Journal of Solid an Structures, 33(2), pp.249-163, 1996.
17. Mukherjee,P.R. and Coull,A., "Free Vibration of Coupled Shear Walls", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 1, pp.377-386, 1973.
18. Mukherjee,P.R. and Coull,A., "Free Vibrations of Coupled Shear Walls on Flexible Bases", Proceedings of The Institution of Civil Engineers, Part 2, pp.493-511, Sept., 1974.
19. Tanrıku, A.K., Yapı Dinamiği Ders Notları.
20. Tso,W.K., Asce,A.M. and Chan,H.B., "Dynamic Analysis of Plane Coupled Shear Walls", Journal of Engineering Mechanics, Asce, 97(Em1), pp.33-49, 1970.
21. Wilson,E.L. and Habibullah,A., "Sap90-Structural Analysis Users Manual", Computers and Structures Inc., 286 s., Berkeley, California, 1992.
22. Yerli,H.R., "Düzlem Çerçeve Sistemlerin Mod-Süperpozisyon Metodu ile Zorlanmış Titreşim Analizi ve Mathematica Uygulamaları", Master Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 148 s., Adana, 1994.

AGREGA TANE BOYUTU DAĞILIMININ ÇİMENTO MİKTARINA ETKİSİ

Kubilay AKÇAÖZOĞLU, Cengiz Duran ATIŞ, Fatih ÖZCAN
Ç.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada sabit dayanım ve işlenebilirlik için agrega tane boyutu dağılımının birim hacim beton için gereken çimento miktarına etkisi incelenmiştir. Mutlak hacim metodu yardımıyla üç farklı tane boyutu dağılımı için belirli dayanım ve işlenebilirliği verecek beton karışımı hesabı yapılmış ve deney karışımları hazırlanmıştır. Deney karışımları yardımıyla beton karışım oranlarında gerekli düzeltmeler yapılmış ve yeni karışım oranları ile beton numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan bu numuneler su altında 23 °C sıcaklıkta kür edildikten sonra 28 günlük küp ve silindir numune basınç dayanımları ile silindir numune yarmada çekme dayanımları tespit edilmiştir. Elde edilen deney sonuçları arasında yapılan karşılaştırmalar sonucunda beton karışımında kullanılan agreganın ince kısmının fazla olması birim hacim beton içinde kullanılacak çimento miktarını %35 oranına kadar artırdığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Agrega, Tane Boyutu Dağılımı, Çimento Miktarı

INFLUENCE OF AGGREGATE GRADATION ON THE CEMENT QUANTITY

ABSTRACT : In this study, the influence of the change in the aggregate gradation on the amount of cement used in a unit volume of concrete was investigated for a given strength and workability. Concrete mix proportions was designed to have a constant strength and workability using absolute volume method. Trial mix was made and if necessary corrections took place in the mix proportions to provide the given workability and strength. With the corrected mix proportions, concrete cube and cylinder specimens were prepared. These specimens were de-moulded after a day and then they were cured in water with 23 °C degree of temperature until the specimens were tested. The compressive strength and the modulus of rupture of these specimens were measured at 28 days of age. The results obtained from the laboratory investigation were compared. Comparison showed that the finer aggregate gradation resulted with the need of more cement as high as 35%.

Key Words : Aggregate, Gradation, Cement Quantity

1. GİRİŞ

Agrega tane boyutu dağılımının belli bir beton sınıfı için çimento dozajını etkilediği bilinmektedir (1-5). Ancak konu ile ilgili yayımlanmış kaynaklarda bu etkinin mertebesi hakkında fazla bilgi sunulmamaktadır. Bu nedenle agrega tane dağılımının çimento miktarını nasıl değiştirdiğini ve hangi mertebelerde etkili olduğunu araştırmak amacı ile bir laboratuvar çalışması yürütülmüştür. Bu laboratuvar çalışmasında üç farklı agrega tane dağılımı için belirli dayanım ve işlenebilirliği sağlayan beton karışımları hazırlanmış ve test edilmiştir.

2. KULLANILAN MALZEMELER VE ÖZELLİKLERİ

2.1. Çimento

Laboratuvar çalışmasında Adana Çimento Sanayi tarafından üretilen KZÇ/A 32,5 R kompoze çimento kullanılmış olup, 7 ve 28 günlük basınç dayanımı sırasıyla 264 ve 351 kgf/cm² olarak bulunmuştur. Çimentonun kimyasal bileşim ve fiziksel özellikleri sırasıyla Çizelge 1 ve 2 de verilmektedir.

Çizelge 1. Çimentonun kimyasal bileşimi (%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	KK
27,18	8,86	4,28	0,74	47,85	4,74	2,36	0,45	1,03	1,22

Çizelge 2. Çimentonun fiziksel özellikleri

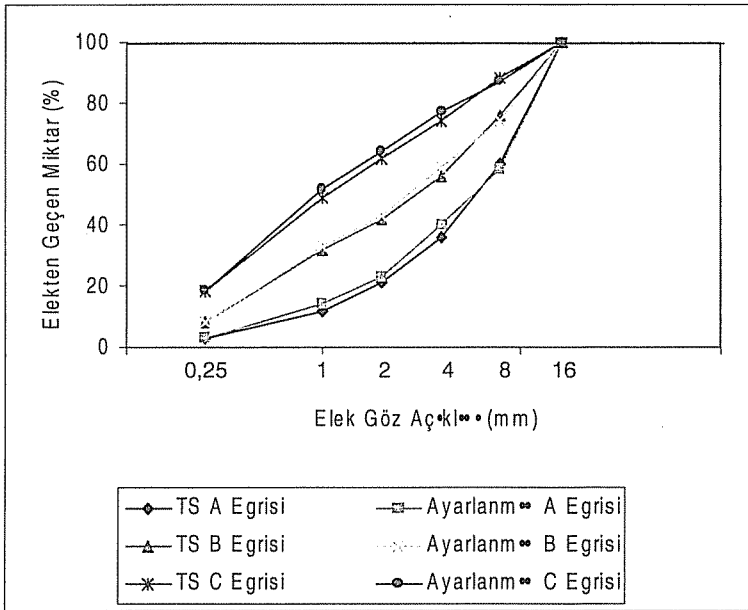
Fiziksel Özellik		Değeri
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)		2,97
Priz süresi	İlk (saat:dakika)	3:20
	Son (saat:dakika)	3:57
İncelik	Özgül Yüzey (cm ² /gr)	3960
	0,200 mm elekten kalıntı (%)	0,0
	0,090 mm elekten kalıntı (%)	0,3

2.2. Agregata

Bu çalışmada temiz, yıkanmış doğal kuvarstik agregata kullanılmıştır. TS 3526 (6)'ya göre bulunan ince agregata kuru yüzey doygun özgül ağırlığı 2,65 gr/cm³ ve su emme kapasitesi %1,5'tir. İri agregata kuru yüzey doygun özgül ağırlığı 2,73 gr/cm³ ve su emme kapasitesi %0,99'dur. İri agregatanın TS 3694 (7)'e göre yapılan LosAngeles aşınma testi sonucu ise 100 dönüş sonunda % 3,6 ve 500 dönüş sonunda % 19,2 olarak belirlenmiştir. İlgili standart aşınma değerinin 100 dönüş sonunda en fazla %10 ve 500 dönüş sonunda en fazla %50'ye kadar izin verdiğinden kullanılan agregata standart sınırları ile uyumlu bulunmuştur.

2.3. Agregra Tane Boyutu Dağılımı

Agregalar etüvde 105 °C sıcaklıkta 24 saat bekletilmiş ve tamamen kuru durum elde edilmiştir. Soğuyan agregalar standart eleklerden elenerek 0/0,25mm, 0,25/1mm, 1/2mm, 2/4mm, 4/8mm, 8/16mm elekler arasından oluşan 6 ayrı gruba ayrılmıştır. Ayrılan bu gruplardan gerekli miktarlarda alınarak TS 706 (8) da belirtilen agregra alt sınırı (A eğrisi), orta sınırı (B eğrisi), üst sınırı (C eğrisi) oluşturan eğriler ile aynı tane dağılımına sahip agregra karışımları elde edilmiştir. Hazırlanan yeni karışımların elek analizleri tekrar yapılarak sınır eğrileri ile bire bir örtüşmenin ne kadar sağlandığı kontrol edilmiştir. Şekil 1 de verilen yeni elek analiz sonuçları bire bir örtüşmenin oldukça iyi sağlandığını göstermektedir. A, B, C eğrilerine ait incelik modülleri ise sırasıyla 4,61, 3,66 ve 2,75 tir (9).



Şekil 1. TS 706 (8) Sınır eğrileri ve laboratuvarında hazırlanan karışımların elek analizleri

3. BETON KARIŞIM ORANLARI

Deneyisel çalışmada üretilecek betonların karışım hesapları için işlenebilirliklerinin 7 cm çökme değeri, silindirik basınç dayanımlarının 28 günde 400 kgf/cm² ve küp basınç dayanımlarının 28 günde 450 kgf/cm² olması öngörülmüştür. Belirli dayanım ve işlenebilirliği sağlayacak şekilde üç farklı agregra gradasyonu için (A, B, C eğrileri) ayrı ayrı teorik beton karışım hesapları TS 802 (9)'ye göre yapılmıştır. Teorik beton karışımı

oranları Çizelge 3 de sunulmaktadır. Elde edilen beton karışımı oranları için ön-deneme karışımları yapıp belirli işlenebilirliği sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiş ve sabit işlenebilirliği elde etmek için karışım oranlarında düzeltmeler yapılmıştır. Düzeltmeler sonucunda elde edilen beton karışım oranları Çizelge 4 de sunulmaktadır. Çizelge 4 te verilen her bir beton karışım oranı için laboratuvarında betonlar üretilmiştir. Bu betonların basınç dayanımı ve çekme dayanımlarının tespiti için bir kenarı 15 cm olan küp numuneler, yüksekliği 30 cm ve çapı 15 cm olan silindir numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler 24 saat sonra kalıplardan alınmış ve deneye tabii tutulacağı güne kadar sıcaklığı 23 °C olan su içinde kür edilmişlerdir.

Çizelge 3. Teorik beton karışımları

Karışım Kodu	Agrega İncelik Modülü	Çimento (kg)	Agrega (kg)	Su (Lt)	Su/Çimento Oranı
A Karışımı	4,61	340	1923	146	0,43
B Karışımı	3,66	388	1825	167	0,43
C Karışımı	2,75	444	1700	191	0,43

Çizelge 4. Düzeltilmiş beton karışımları

	Agrega İncelik Modülü	Çimento (kg)	Agrega (kg)	Su (kg)	Su/Çimento
A Karışımı	4,61	402	1810	173	0,43
B Karışımı	3,66	460	1685	198	0,43
C Karışımı	2,75	549	1499	236	0,43

Çizelge 3 ve 4 ün karşılaştırılmasından TS 802 (9)'nin öngördüğü su miktarı ile istenilen işlenebilirliğin elde edilemediği ve su miktarını artırmak gerektiği anlaşılmaktadır. İşlenebilirlik sadece su tarafından etkilenmeyip, agrega yüzey dokusu ve su emme kapasitesi tarafından da etkilenmektedir. Kullanılan agreganın su emme kapasitesi arttıkça doğal olarak işlenebilirlikte düşecektir. Karışımda kullanılan agregaya doygun yüzey kuru halde değilse, TS 802 (9)'nin öngördüğü su miktarı ile işlenebilirliğin sağlanıp sağlanmadığının kontrolü için ön denemeler yapmak gerekmektedir. Öngörülen işlenebilirliği sağlamak için gerektiğinde ön deneme karışımlarına su ilavesi yapmak ve elde edilen sonuçlara göre karışımlarda düzeltmelere gitmek gerekmektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Dayanım

Çizelge 5 te her bir agregaya tane boyutu dağılımı için üretilen betonlardan elde edilen silindir ve küp numune dayanımları, kullanılan çimento miktarı ile birlikte verilmektedir.

Küp numunelerden elde edilen sonuçların TS 802 (9)'nin öngördüğü dayanımı (450 kgf/cm²) sağladığı görülmektedir. Ancak, silindir numunelerden elde edilen değerler TS 802 (9)'nin öngördüğü dayanımı (400 kgf/cm²) sağlamamaktadır (Çizelge 5). Silindir

numunelerden elde edilen sonuçların küp numuneye göre sapma ve dağılımının daha yüksek olduğu düşünülmekte olup, bu dağılımın yüksek olmasının nedenlerinin ise silindir numune hazırlamada kullanılan kalıpların çok düzgün olmaması ve silindir numune üzerinde yapılan kükürt başlıklamadan kaynaklandığı varsayılmıştır.

Çizelge 5. A, B, C karışımları için elde edilen 28 günlük basınç dayanımları (kgf/cm²)

Karışım Kodu	Çimento (kg)	Agrega İncelik Modülü	Küp Numune Basınç Dayanımı	Silindir Numune Basınç Dayanımı
A Karışımı	402	4,61	477	382
B Karışımı	460	3,66	475	360
C Karışımı	549	2,75	490	353

Çizelge 6 da her bir agregata tane boyutu dağılımı için üretilen betonlardan elde edilen silindir numune yarmada çekme dayanımları kullanılan çimento miktarı ile birlikte verilmektedir. Silindir numune basınç dayanımlarının silindir numune yarmada çekme dayanımlarına oranları da verilmekte olup, elde edilen oranlar ortalama %10 civarındadır ve literatürde yayımlanan değerler ile uyumlu olduğu söylenebilir (1, 10, 11, 12).

Çizelge 6. A, B, C karışımları için elde edilen 28 günlük çekme dayanımları (kgf/cm²)

	Çimento (kg)	Silindir Numune Yarmada Çekme Dayanımı	Silindir Numune Basınç Dayanımı	Çekme/Basınç
A Karışımı	402	36	382	9,4
B Karışımı	460	35	360	9,7
C Karışımı	549	33	353	9,3

4.2. Agregata Tane Boyutu Dağılımı Değişiminin Çimento Miktarına Etkisi

Çizelge 5 ten görüleceği üzere, her bir farklı karışım için bulunan küp numune basınç dayanımlarının birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Aynı şekilde her bir farklı karışım için bulunan silindir numune basınç dayanımlarının da birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Çizelge 6 dan da her bir karışım için elde edilen çekme dayanımlarının, basınç dayanımlarında olduğu gibi, birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Agregata tane dağılımı ve beton karışım oranları değişirken basınç ve çekme dayanımları yaklaşık olarak sabit kalmaktadır. Böylece agregata tane dağılımı değişiminin, sabit dayanım ve işlenebilirlik için karışım oranlarına özellikle çimento miktarına etkisi gözlenmiştir.

Çizelge 5 ten görüleceği üzere, üretilen beton karışımları göz önüne alındığında birim hacim beton karışımı için A karışımında 402 kg çimento, B karışımında 460 kg çimento, C karışımında 549 kg çimento kullanılmıştır. Üretilen bu betonlar yukarıda da belirtildiği gibi

yaklaşık olarak aynı basınç dayanımlarına sahip olup, işlenebilirlikleri ise taze halde iken yaklaşık 7 cm standart çökmedir (13).

Çizelge 5, A eğrisinden C eğrisine gidildikçe agreganın incelik modülü düşmekte ve agreganın inceliğinin artmakta olduğunu göstermektedir. İnceliğin artması ise sabit işlenebilirlik için ihtiyaç duyulan su ve çimento miktarını arttırmaktadır. Yaklaşık olarak aynı dayanım ve işlenebilirliği elde etmek için C eğrisi ile üretilen beton, A eğrisi ile üretilen betondan %35 daha fazla çimento gerektirmektedir.

Özetle, agreganın tane dağılımı incelidikçe agreganın özgül yüzeyi artmış ve karıştırma sırasında karışım suyunun bir miktarı agreganın yüzeyinin ıslatılmasında kullanılmış ve sabit işlenebilirliği sağlamak için su miktarını arttırmak gerekmiştir. Bunun yanısıra sabit dayanımı sağlamak için S/Ç sabit tutulmuş ve dolayısı ile çimento miktarı da artırılmıştır. TS 802 (9)'de verilen A eğrisi ile C eğrisi için elde edilecek sabit dayanım için çimento miktarı oldukça farklı olmuştur.

Bu laboratuvar çalışması sonucunda agreganın tane dağılımı değişiminin pahalı sonuçlar vereceğini göstermekte olup, uygun tane boyutu dağılımı ile istenilen basınç ve çekme dayanımının daha az çimento miktarı ile elde edilebileceği görülmüştür.

Bu bulgular özellikle hazır beton üreticileri için oldukça büyük önem taşıdığı gibi, ulusal enerji tasarrufu ve küresel çevre kirliliği açısından da önemlidir. Çünkü, agreganın tane dağılımının optimizasyonu sonucunda çimento miktarından elde edilecek tasarruf daha az çimento tüketilmesini dolayısıyla çimento üretiminde kullanılan enerjinin tasarruf edileceğini göstermektedir. Ayrıca, dünya çimento sektörünün CO₂ emisyonunun %10 lar civarında olduğu bilinmektedir (14, 15). Daha az çimento tüketimi sonucu CO₂ emisyonunun azalacağı bir gerçektir.

5. SONUÇ

1. TS 802 beton karışım hesabının, basınç dayanımını sağlamak üzere su-çimento oranını oldukça makul olarak tahmin edebildiği anlaşılmıştır. Ancak, tamamen kuru agreganın kullanımında, belirli bir işlenebilirlik için gerekli su miktarını çok iyi tesbit edememektedir. En uygun su miktarının, deneme karışımı sonucunda bulunması gerektiği ortaya çıkmıştır.

2. TS 802 nin beton karışım hesabının PÇ 32.5 çimentosu için geçerli olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada bu karışım hesabının KZÇA 32.5 R ile de kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

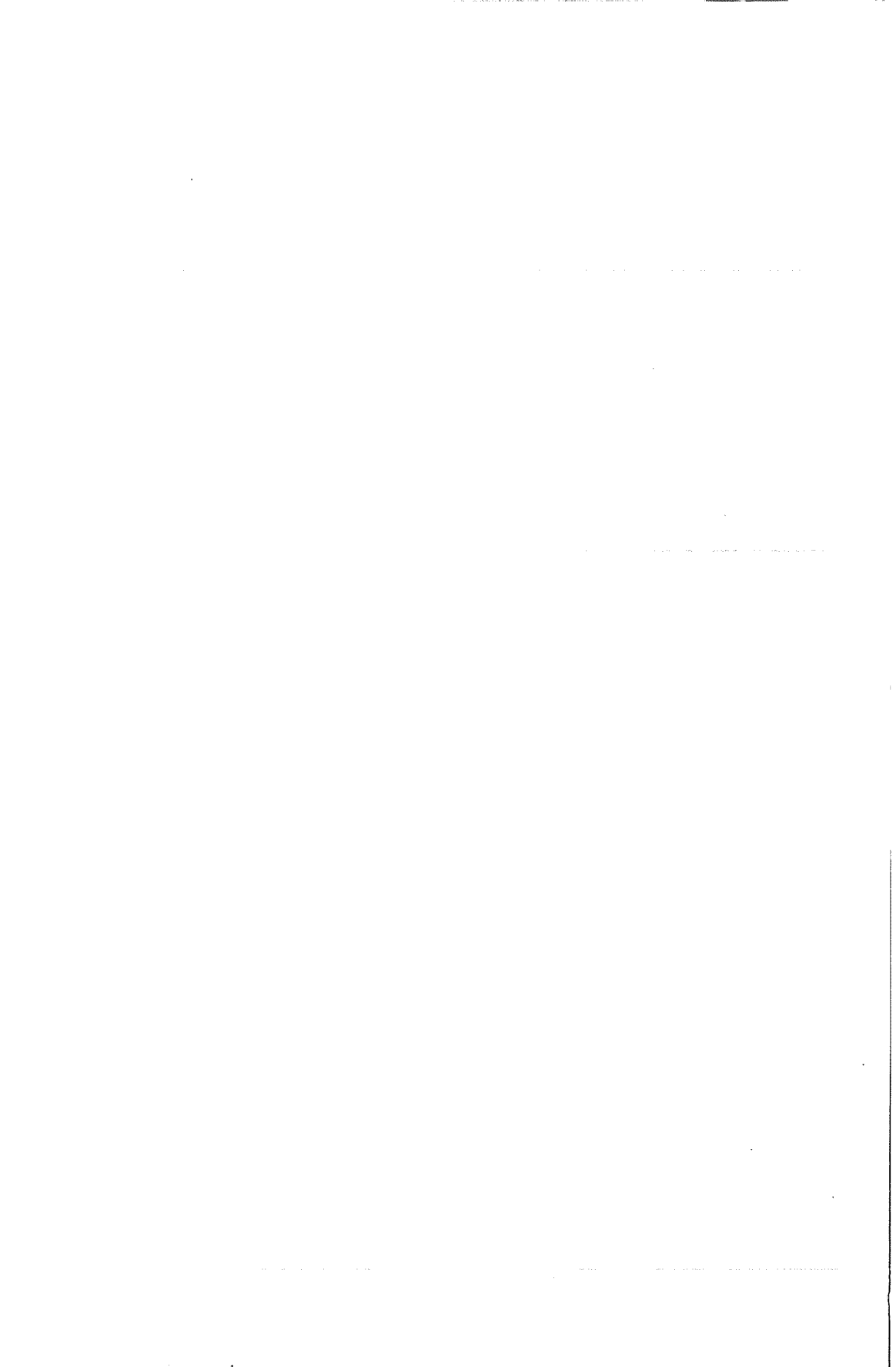
3. Agreganın tane dağılımının işlenebilirliği etkilediği, tane dağılımı incelidikçe sabit su miktarı için işlenebilirliğin düştüğü tesbit edilmiştir.

4. Agreganın tane dağılımının işlenebilirliği etkilemesi nedeniyle, sabit işlenebilirlik için çimento miktarının değiştirilmesi gerektiği yani, agreganın tane dağılımı incelidikçe daha fazla çimento kullanımının gerektiği tesbit edilmiştir.

5. Agreganın optimizasyonunun, çevre kirliliği ve ekonomi üzerinde dolaylı bir faydası olabilir.

6. KAYNAKLAR

1. Neville, A.M., "Properties of Concrete", 4th Edition, Longman Group UK Limited, 1995.
2. Neville, A.M. and Brooks, J. J., "Concrete Technology", Longman Group UK Limited, 1993.
3. Postacıoğlu, B., "Beton", Cilt 2, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, 1986.
4. Mehta, P.K., "Concrete: Structure, Properties, and Materials", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, ISBN 0-13-167115-4 01, 1986.
5. Popovics, S., "Concrete Materials, Properties, Specifications and Testing", Noyes Publication, New Jersey, US, 1992.
6. TS 3526, "Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini", TSE, Ankara, 1980.
7. TS 3694, "Beton Agregalarında Aşınmaya Dayanıklılık Aşınma Oranı Tayini Metodu", TSE, Ankara, 1981.
8. TS 706, "Beton Agregaları", TSE, Ankara, 1980.
9. TS 802, "Beton Karışım Hesap Esasları", TSE, Ankara, 1985.
10. Atiş, C.D., "Design and Properties of High Volume Fly Ash Concrete for Pavements", Doktora Tezi, Leeds Üniversitesi, İngiltere, 1997.
11. Akçaözöğlü, K., "Yüksek Dayanımlı Beton Karışımı Dizayını", Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 2001.
12. TS 500, "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları", TSE, Ankara, 1984.
13. TS 2871, "Taze Beton Kıvam Deneyi", TSE, Ankara, 1977.
14. Mehta, P.K., "Pozzolanic and Cementitious By-Products as Mineral Admixtures for Concrete – A Critical Review", Proc. of 1st Intern. Conf. on the use of Fly Ash, Silica Fume, Slag and other Mineral By-products in Concrete, Canada, Montebello, July 31-August 5, Editor. V. M. Malhotra; ACI SP-79, Detroit, 1-48, 1983.
15. Malhotra, V. M., "Fly Ash, Silica Fume and Rice-Husk Ash in Concrete : A Review", Concrete International, Vol.15, No.4, 23-28, 1993.



BOŞLUKLU PERDE ANALİZİNDE KULLANILAN YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

H. Murat ARSLAN

Ç.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

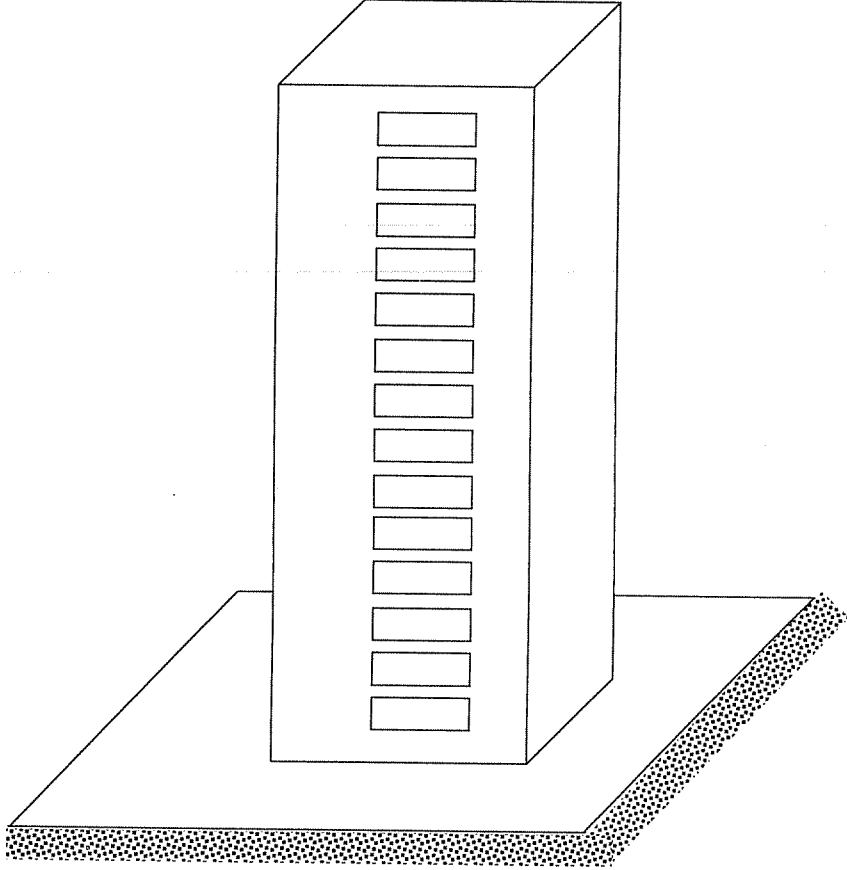
ÖZET : Bu çalışmada, boşluklu perdelerin analizinde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması yapılmıştır. İlk olarak yüksek binalarda bulunan boşluklu perdeler tanıtılmış ve perde yapısal davranışı hakkında kısa bilgiler verilmiştir. Sonra boşluklu perde analiz yöntemlerinden eşdeğer çerçeve yöntemi, sonlu elemanlar yöntemi ve sürekli bağlantı yöntemi anlatılmıştır. Yöntemler tanıtılırken kısaca yöntemin dayandığı temel ilkelerden bahsedilmiş ve yöntemin uygulanması için gerekli kabuller tanıtılmıştır. Her yöntem için temel denklemler verilmiş ve bunların çözüm yolları anlatılmıştır. Örnekler çözülmüş çok bölgeli perdelerde perde geometrik ve fiziksel özelliklerinin bölgeden bölgeye değiştiği kabul edilmiştir. Bu değişiklikler gözümlene alınarak hazırlanan bilgisayar programı ile çeşitli örnekler çözülmüş ve bulunan sonuçlar SAP90 ve PAFEC sonlu elemanlar paket programları ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

COMPARISON OF THE METHODS USED IN THE ANALYSIS OF THE COUPLED SHEAR WALLS

ABSTRACT : In this study, the methods used for the analysis of coupled shear walls have been compared. First, the use of coupled shear walls in high rise buildings has been introduced and some information about structural behaviour of coupled shear walls has been given. Then, the equivalent frame method, finite element method and continuous connection method which are used for the analysis of coupled shear walls have been explained. When the methods are introduced, the main idea for the methods are explained briefly and the assumptions for the methods are made. For each method governing equations are given and the solutions are explained. All the geometric and cross-sectional properties of the walls, have been kept variable from zone to zone in the examples. Some numerical examples have been given and the results obtained have been compared with the results that are obtained from finite element codes called SAP90 and PAFEC.

1. GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı karşısında insanlar birbirlerine yakın olmak, varolan yerleşim sahalarını ekonomik şekilde değerlendirmek ve şehirlerdeki ulaşım sorununu ortadan kaldırmak amacı ile çok katlı bina yapmak istemişlerdir (Şekil 1). Bu nedenle ortaya çıkan yüksek bina ihtiyacından dolayı yapı mühendisleri sorunu çözmek amacı ile yüksek binalar yapmışlar ve bu binalara yapısal davranışta iyileştirmeyi sağlamak için perdeler koymuşlardır.



Şekil 1. Boşluklu perdeli bir yüksek bina

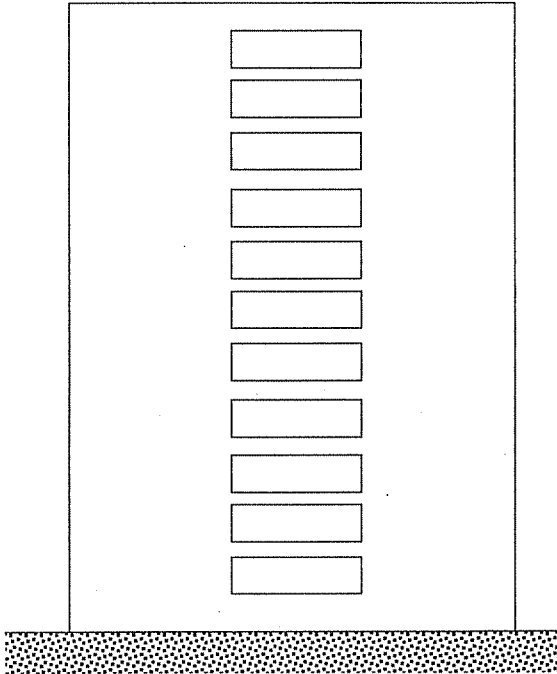
Yüksek binalardaki perdeler, genellikle, yatay yüklere karşı tek başlarına karşı koyarlar. Bu tür yapılarda birbirinden bağımsız çalışan perdelerin eğilme rijitliğine sahip elemanlar ile birbirlerine bağlanması ile yapının yatay yönde rijitliği daha da arttırılır. Örneğin kapı, pencere veya koridor geçişleri için bırakılan boşluklardan dolayı iki ayrı perde olarak düşünülen deprem perdeleri pencere veya kapı üstü lento kirişleri

ile birbirlerine bağlanmış gibi düşünülebilir. Lento veya döşeme elemanları perdelerle rijit bağlandıklarında bu elemanlar bağlantı kirişi görevini üstlenir ve perdeler arasında kesme kuvveti ilişkisini sağlarlar. Bu tür yapı elemanlarına boşluklu perde denir (Şekil 2).

İki perde uçlarında mafsal olan bağlantı kirişleri ile bağlanırsa, bu kirişler yalnız aksenal kuvvet geçişi sağlayacağından perdeler dış kuvvetlere ayrı ayrı karşı koyacaklardır. Diğer taraftan kirişler perdelerle rijit bağlanırsa iki perde tek bir boşluklu perde gibi davranıp dış kuvvetlere birlikte karşı koyarlar.

Perdeler yatay yükler etkisi ile yatay yerdeğiştirme yaptıklarından iki perde arasında bulunan bağlantı kirişleri dönmeye ve düşey yerdeğiştirmeye zorlanırlar. Buna bağlı olarak kirişler çift eğrilikli olur ve perdelerin serbestçe eğilmesine karşı koyarlar.

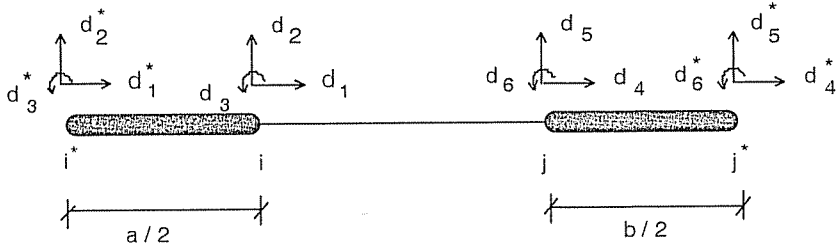
Perdelerdeki eğilme etkisi ile bağlantı kirişlerinde kesme kuvveti oluşur. Bu kesme kuvvetleri ise perdelerde T aksenal kuvvetlerini ortaya çıkarır. Örneğin rüzgar yükü etkisindeki bir perdede, rüzgarın geldiği yandaki perdede çekme, diğer perdede ise basınç, kuvveti doğar. Dış kuvvetlerden dolayı perdede herhangi bir yatay kesite gelen M_c momenti perdelerdeki M_1 ve M_2 kesit momentleri ve T aksenal kuvvetleri tarafından karşılanır.



Şekil 2. Boşluklu perde

yerdeğiştirme de oluşur. Bu yerdeğiştirme eşdeğer çerçeve yönteminde bağlantı kirişinin perdelerce saplandığı yerler ile perde eksenleri arasında kalan uzunlukların sonsuz rijit olarak hesaba alınması ile gözönüne alınır (Şekil 4).

Şekil 4'te görülen modeli kullanarak yapılan analizlerde perde eksenleri arasında oluşan bileşik elemanlar için hesaplar kısılmaktadır. Perde-kiriş bağlantı noktalarının yerdeğiştirmeleri ile perde eksen noktalarının yerdeğiştirmeleri arasındaki ilişki,



Şekil 4. Uçlarında rijit bölgeler bulunan bir çubuk elemanın serbestlik dereceleri

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \\ d_5 \\ d_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & a/2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -b/2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1^* \\ d_2^* \\ d_3^* \\ d_4^* \\ d_5^* \\ d_6^* \end{bmatrix} \quad (1)$$

şeklinde bulunur. Bu ifadeye sağ yandaki kare matrise \underline{H} denecek olursa (1) ifadesi kapalı olarak,

$$\underline{d} = \underline{H}\underline{d}^* \quad (2)$$

şeklinde gösterilir. Düzlemde altı serbestlik derecesi olan elastik bir çubuğun eleman rijitlik matrisi,

$$\underline{k} = \begin{bmatrix} EA/L & 0 & 0 & -EA/L & 0 & 0 \\ 0 & 12EI/L^3 & 6EI/L^2 & 0 & -12EI/L^3 & 6EI/L^2 \\ 0 & 6EI/L^2 & 4EI/L & 0 & -6EI/L^2 & 2EI/L \\ -EA/L & 0 & 0 & EA/L & 0 & 0 \\ 0 & -12EI/L^3 & -6EI/L^2 & 0 & 12EI/L^3 & -6EI/L^2 \\ 0 & 6EI/L^2 & 2EI/L & 0 & -6EI/L^2 & 4EI/L \end{bmatrix} \quad (3)$$

ile Şekil 4'te görülen elemanın rijitlik matrisi arasındaki ilişki.

$$\underline{k}^* = \underline{H}^T \underline{k} \underline{H} \quad (4)$$

olarak verilir.

2.2. Sonlu Elemanlar Yöntemi

Sonlu elemanlar yöntemi genel olarak tüm yapısal analiz problemleri için kullanılabilir. Bu yöntemin gerçekçi sonuçlar vermesi kullanılacak modelin yapısal davranışa uygun hazırlanması ve yöntemin genel kurallarına uyulması ile mümkündür.

Çerçevelerden oluşan bir sistemin elemanları, kesit boyutlarının uzunluklarına oranı küçük olduğundan tek boyutlu, döşeme ve kubbe gibi yüzey yapıları iki boyutlu, beton dolgu barajları gibi masif beton yapılar ise üç boyutlu olarak sonlu elemanlar yöntemi ile modellenebilir. Bilgisayar analiz yöntemlerinin gelişmesi ile artık bu üç eleman tipi bir arada kullanılabilmektedir. Düzleminde yüklü perde problemlerinin çözümü için birçok sonlu eleman modeli olmakla birlikte iki boyutlu dört veya sekiz düğümlü dörtgen elemanlar daha çok tercih edilmektedir.

Sonlu elemanlar yönteminde problemin çözümü için sırasıyla şu adımlar izlenir :

1) Seçilen referans elemanları ile yapı üzerinde ağ oluşturup yapıyı modellemek (Şekil 5).

2) Yerdeğiştirme fonksiyonunu seçmek.

3) Elemanın geometrik ve elastik özelliklerini kullanarak eleman rijitlik matrisini oluşturmak.

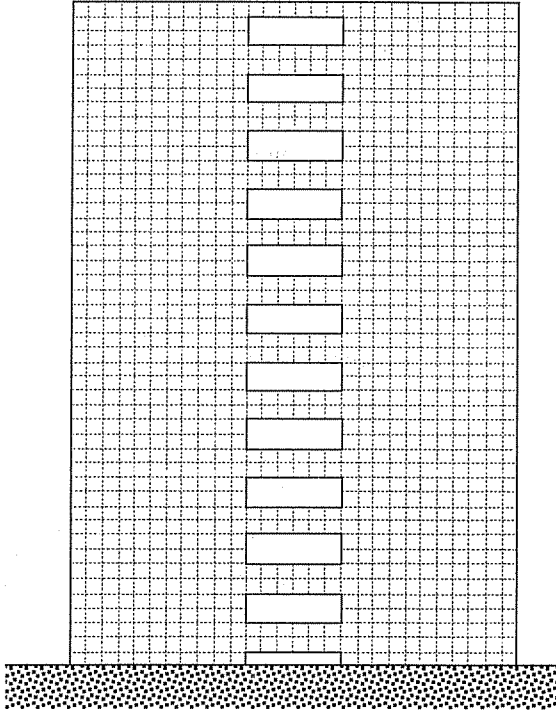
4) Tüm elemanlara ait eleman rijitlik matrislerini kullanarak sistem rijitlik matrisini oluşturmak.

5) Sınır şartlarını kullanarak sistem rijitlik matrisi üzerinde düzenlemeler yapmak,

6) Düğüm noktalarının yerdeğiştirmelerini bulmak için bulunan denge denklemlerini çözmek,

7) Eleman rijitlik matrislerini kullanarak gerilme ve yerdeğiştirmeleri bulmak.

İki boyutlu sonlu elemanların kullanılması ile boşluklu perdelerin daha gerçekçi analizleri yapılabilir. Boşluklu betonarme perdelerin sonlu elemanlar yöntemi ile elastik analizi yapılırken, perdeler ve bağlantı kirişleri için birbirleriyle uyumlu sonlu eleman tiplerinin seçilmesi ve seçilen sonlu elemanların yapının şekildeğiştirmiş durumunu temsil edebilmesine dikkat edilmelidir.



Şekil 5. Bir boşluklu perdenin sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmesi

2.3. Sürekli Bağlantı Yöntemi

Son otuz yıl boyunca, boşluklu perde çözümü için kullanılan yöntemlerden biri olan sürekli bağlantı yöntemi üzerinde üniversitelerde ve kuruluşların araştırma laboratuvarlarında çalışan mühendisler tarafından oldukça geniş çapta araştırma yapılmış ve bu konu üzerinde birçok makale yayınlanmıştır.

Sürekli bağlantı yönteminin ana fikri, her kat seviyesinde perdeleri birbirlerine bağlayan bağ kirişlerinde ve/veya döşemelerde bulunan kesme kuvvetlerini sürekli dağıtılmış reaksiyonlar olarak modellemektir (Şekil 6). Başlıca iki ana kısımdan oluşan yöntemin ilk aşamasında her bölge için uygunluk denklemleri yazılıp

$$\frac{d^2 T_i}{dx^2} - \alpha_i^2 T_i = -\beta_i M_{ci} \quad (5)$$

şeklinde perde eksenel kuvveti fonksiyonuna bağlı ikinci dereceden bir lineer diferansiyel denklem elde edilmektedir. Perde tabanında ve tepesinde yazılan sınır şartları ile beraber bölge birleşim yerlerinde yazılan süreklilik şartlarını da kullanarak yükseklik değişkenine bağlı perde eksenel kuvvet fonksiyonu elde edilir. İkinci aşamada ise perde için yazılan moment-eğrilik ilişkisi

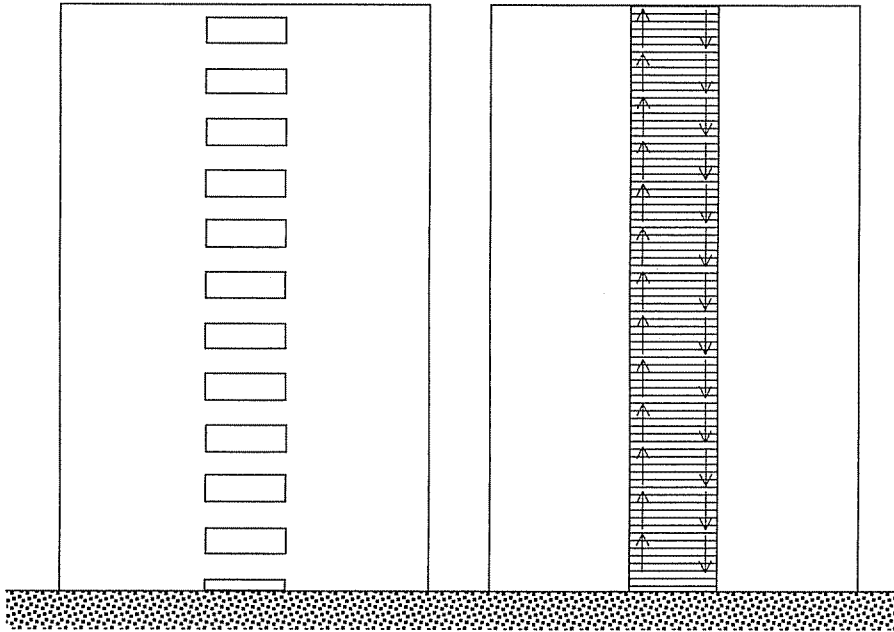
$$EI_i \frac{d^2 y_i}{dx^2} = M_e - T_i L_i \quad (6)$$

kullanılarak yatay yerdeğiştirme fonksiyonu bulunur:

$$y_i = \frac{1}{EI_i} \int \left[\int (M_e - T_i L_i) dx \right] dx + D_i x + G_i \quad (7)$$

Bu yöntemde bütün önemli büyüklükler yüksekliğe bağlı olarak ifade edilebilir. İki boyutlu bir sistem olan boşluklu perdelerin çözümü, sürekli bağlantı yöntemiyle tek boyuta indirilerek, problem lineer diferansiyel denklem takımı ile formüle edilip kapalı çözüm elde edilir.

Bazı durumlarda perde düzensiz boşluklara veya karmaşık temel sistemine sahip olabilir. Bu nedenle perdeyi sürekli reaksiyonlarla modellemek olanaksızlaşır. Bu gibi durumlarda eşdeğer çerçeve yöntemini veya sonlu elemanlar yöntemini kullanmak sağlıklı olacaktır. Unutmamak gerekir ki, sonlu elemanlar yönteminde karmaşık problemler kolayca modellenebilmekte ise de, bu tür problemlerin çözümünde diğer yöntemler sonlu elemanlar yönteminden daha ekonomiktir.

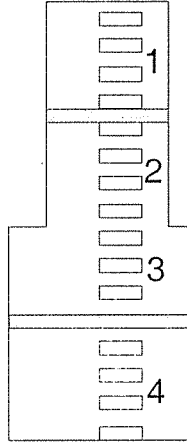


Şekil 6. Bir boşluklu perdenin sürekli bağlantı yöntemi ile modellenmesi

3. SAYISAL UYGULAMALAR

Örnek-1. Sürekli bağlantı yöntemi ile eşdeğer çerçeve yöntemini karşılaştırmak amacıyla bu ve bundan sonraki örnekte iki değişik tipte güçlendirilmiş boşluklu perdeler için çözüm yapılmış sonuçlar bir tabloda karşılaştırılmıştır. 60.0m yükseklikteki simetrik olmayıp rijit temele oturmuş olan perde (Şekil 7) 15 kN/m'lik düzgün yayılı yük etkisindedir. Boşluk genişliği ve bağlantı kirişleri atalet momenti bina yüksekliği boyunca sabit olup sırasıyla 2.0m ve 0.000714m⁴'tür. Tüm elemanlar için E=20.0×10⁹ kN/m² olup bölgelere ait özellikler aşağıda belirtildiği gibidir:

1. bölge için L=5.0m, h=3.0m, A=1.2m², I=1.2000m⁴, x₁=60.0m, I_{s1}=0.0m⁴,
2. bölge için L=5.0m, h=3.0m, A=1.2m², I=1.2000m⁴, x₂=45.0m, I_{s2}=1.0m⁴,
3. bölge için L=8.0m, h=3.0m, A=2.4m², I=9.6000m⁴, x₃=30.0m, I_{s3}=0.0m⁴,
4. bölge için L=8.0m, h=3.0m, A=2.4m², I=9.6000m⁴, x₄=15.0m, I_{s4}=1.0m⁴.



Şekil 7. Örnek 1'e ait boşluklu perde

Problem hem sürekli bağlantı yöntemi hem de eşdeğer çerçeve yöntemi ile çözülmüş ve sonuçlar Tablo 1'de topluca verilmiştir.

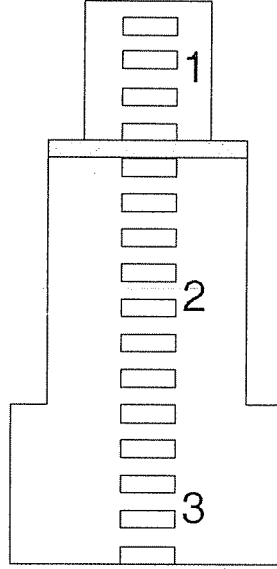
Tablo 1. Örnek 1'e ait sonuçların karşılaştırılması

	y(H) (m)	T(0) (kN)	M(0) (kN-m)
Sürekli Bağlantı Yöntemi	0.0419473	2057.33	10541.40
Eşdeğer Çerçeve Yöntemi	0.041958	2055.92	10552.63
Fark (%)	0.026	0.069	0.107

Örnek-2. 60.0m yükseklikte simetrik olmayıp rijit temele oturmuş olan Şekil 8'deki perde 15 kN/m'lik düzgün yayılı yük etkisindedir. Boşluk genişliği ve bağlantı

kirişlerinin atalet momenti bina yüksekliği boyunca sabit olup sırasıyla 2.0m ve 0.000714m⁴'tür. Tüm elemanlar için $E=20.0 \times 10^6$ kN/m² olup bölgelere ait özellikler aşağıda belirtildiği gibidir:

1. bölge için $L=6.0m$, $h=3.0m$, $A=1.6m^2$, $I=2.1333m^4$, $x_1=60.0m$, $I_{s1}=0.0m^4$,
2. bölge için $L=8.0m$, $h=3.0m$, $A=2.4m^2$, $I=7.2000m^4$, $x_2=45.0m$, $I_{s2}=1.0m^4$,
3. bölge için $L=10.0m$, $h=3.0m$, $A=3.2m^2$, $I=17.067m^4$, $x_3=15.0m$, $I_{s3}=0.0m^4$.



Şekil 8. Örnek 2'ye ait boşluklu perde

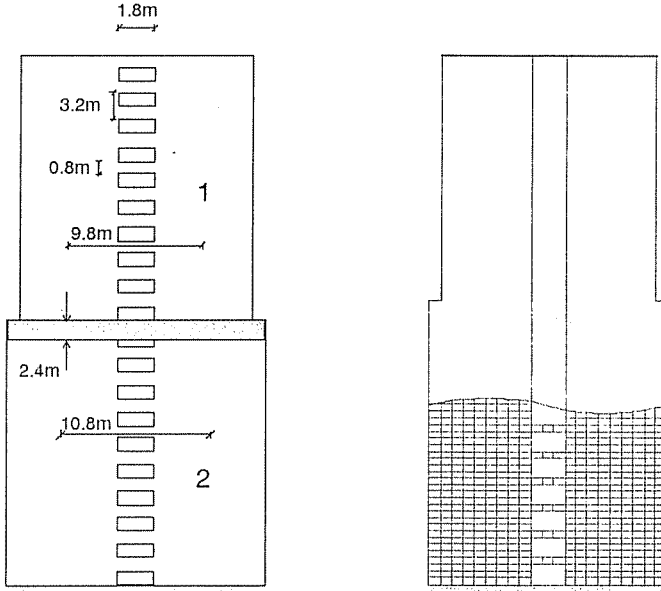
Örnek 1'de olduğu gibi bu örnekte de problem hem sürekli bağlantı yöntemi hem de eşdeğer çerçeve yöntemi ile çözülmüş ve sonuçlar Tablo 2'de topluca verilmiştir.

Tablo 2. Örnek 2'ye ait sonuçların karşılaştırılması

	y(H) (m)	T(0) (kN)	M(0) (kN-m)
Sürekli Bağlantı Yöntemi	0.0251672	1356.19	13438.10
Eşdeğer Çerçeve Yöntemi	0.0251860	1353.63	13463.67
Fark (%)	0.075	0.189	0.19

Örnek-3. Sonlu elemanlar yöntemi (S.E.Y.) ile sürekli bağlantı yöntemini (S.B.Y.) karşılaştırmak amacıyla hazırlanan bu örnekte güçlendirici kiriş 32.0m yükseklikte yerleştirilmiştir. Örnek perde 63.83m yükseklikindedir ve rijit temele oturmuştur. 15 kN/m'lik düzgün yayılı yük etkisindeki perdenin boşluk genişliği, bağlantı kirişlerinin

atalet momenti ve kat yüksekliği bina yüksekliği boyunca sabit olup sırasıyla 1.8m, 0.008533m⁴ ve 3.2m'dir. Tüm elemanlar için E=20.0×10⁶ kN/m² olup bölgelere ait özellikler sırasıyla :



Şekil 9. Örnek 3'e ait boşluklu perde

1. bölge için L=9.80m, A=3.2m², I=17.067m⁴, x₁=63.83m, I_{s1}=0.0m⁴,
2. bölge için L=10.8m, A=3.6m², I=24.300m⁴, x₂=32.00m, I_{s2}=0.2304m⁴.

Örnek 8'deki boşluklu perdenin tepe deplasmanı ve perde eksenel kuvveti için çözüm yapılmış ve sonuçlar Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Örnek 3'e ait sonuçların karşılaştırılması

		y(H) sol (m)	y(H) sağ (m)	T(20) sol (kN)	T(20) sağ (kN)
Güçlendirici var	S.B.Y.	0.0135	0.0135	1127.77	1127.77
	S.E.Y.	0.0159	0.0158	1156.02	1155.94
Güçlendirici yok	S.B.Y.	0.0136	0.0136	1109.64	1109.64
	S.E.M.	0.0163	0.0162	1080.72	1081.06

4. SONUÇLAR

Birinci ve ikinci örnekler önce sürekli bağlantı yöntemi ile çözülmüş, daha sonra da eşdeğer çerçeve yöntemi ile sürekli bağlantı yönteminin temel kabullerini gözönüne

arak modellenmiş ve SAP90 paket programı kullanılarak çözümlenmiş sonuçlar tablolarla sunulmuştur. Son örnek problem ise sonlu elemanlar yöntemi ile sürekli bağlantı yöntemini karşılaştırmak amacı ile hazırlanmıştır. Bu problemde boşluklu perde 1.0x0.8m'lik dikdörtgen elemanlara bölünerek sonlu elemanlar ağı oluşturulmuştur. Tek kesit değişikliği olan problem güçlendirici kirişli ve güçlendirici kirişsiz durumlar için ayrı ayrı çözülmüş ve sonuçlar bir tablo ile verilmiştir.

Sürekli bağlantı yönteminin en önemli kabullerinden bir tanesi bağlantı kirişlerin eksenleri doğrultusunda rijit olmalarıdır. Bu kabul gözönünde bulundurularak ilk iki problem eşdeğer çerçeve yöntemi ile çözülmüş ve heriki yöntemin uygulanması ile elde edilen sonuçlar arasında tam bir uyum görülmüştür. Söz konusu kabulün sonuç üzerindeki etkisini görmek ve sonlu elemanlar yöntemi ile sürekli bağlantı yöntemini karşılaştırmak amacı ile üçüncü örnek çözülmüştür. PAFEC paket programı ile çözülen örnekte bağlantı kirişlerindeki eksenel yerdeğiştirmelerin etkisi de hesaba katıldığından burada, sürekli bağlantı yönteminin verdiği sonuçlardan farklı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak literatürde rijit diyafram modeli kabul gördüğünden, döşeme hizalarındaki bağlantı kirişlerinin eksenleri doğrultusunda rijit davrandığını düşünmek literature ve gerçeğe daha uygun olacaktır.

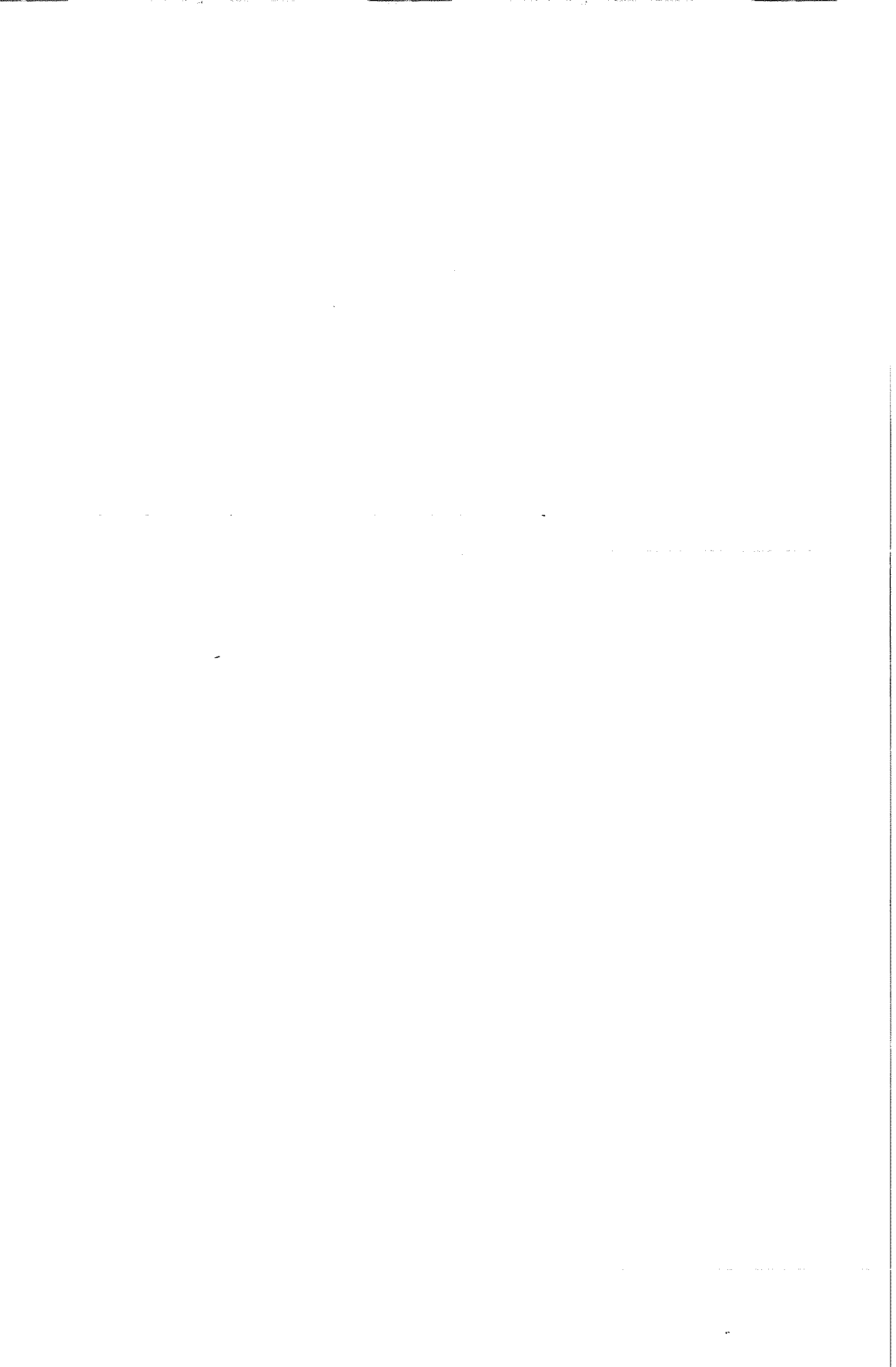
5. NOTASYON

- I : Bölge numarası.
- H : Perde toplam yüksekliği,
- I_{si} : Güçlendirici kiriş atalet momenti,
- T_i : Perde eksenel kuvveti,
- q_i : Kesme kuvveti akış fonksiyonu,
- I_{li} : Sol perde atalet momenti,
- I_{2i} : Sağ perde atalet momenti,
- I_i : Perdelerin toplam atalet momenti,
- M_i : Toplam moment,
- y_i : Yanal deplasman fonksiyonu,
- E : Elastisite modülü,
- L_i : Perde eksenleri arasındaki mesafe,
- M_{ci} : Dış kuvvetlerin oluşturduğu toplam moment,
- b : Boşluk genişliği,
- h_i : Kat yüksekliği,
- I_{ci} : Bağlantı kirişi atalet momenti,

6. KAYNAKLAR

1. Aksogan, O., Türker, H.T. and Oskouei, A.V., "Stiffening of Coupled Shear Walls at Arbitrary Number of Heights," *Advances in Civil Engineering, First Technical Congress, Vol.2, pp.780-787, North Cyprus, 1993.*
2. Chan, H.C. and Kuang, J.J., "Effect of a Single Deep Beam on Twin Shear Walls with Rational Coupling," *Proc. Inst. Civ. Engrs., Part-2, pp.503-515, September, 1988.*

3. Chan,H.C. and Kuang,J.J., "Stiffened Coupled Shear Walls," *Journal of Structural Engineering*, Vol.115, No.4, pp.689-703, April, 1989.
4. Choo,B.S. and Coull,A., "Stiffening of Laterally Loaded Coupled Shear Walls on Elastic Foundations," *Building and Environment*, Vol.19, No.4, pp.251-256, 1984.
5. Coull,A. and Puri,R.D., "Analysis of Coupled Shear Walls of Variable Cross-Section," *Build. Sci.*, Vol.2, pp.313-320, 1968.
6. Coull,A., "Stiffening of Coupled Shear Walls Against Foundation Movement," *The Structural Engineer*, Vol.52, No.1, pp.23-26, January, 1974.
7. Coull,A. and Bensmail, L., August, "Stiffened Coupled Shear Walls," *Journal of Structural Engineering*, Vol.117, No.8, pp.2205-2223, 1991.
8. Coull,A. and Smith,B.S., "Tall Building Structures : Analysis and Design," John Wiley & Sons. Inc., U. S. A., (537 s.), 1991.
9. Macleod,I.A., "Lateral Stiffnes of Shear Walls With Openings," (A. Coull and B.S. Smith Editors), "Symposium On Tall Buildings, Southamton", Pergamon Press, pp.223-253, Oxford,1967.
10. Macleod,I.A., "Analysis of Shear Wall Buildings by Frame Method," *Proc. Inst. Civ. Eng.*, pp.593-603, 1973.
11. Rosman,R., "Approximate Analysis of Shear Walls Subject to Lateral Loads," *Journal of The American Concrete Institute*, Vol.61, No.6, pp.717-732, June 1964.
12. Taranath,B.S., "Structural Analysis and Design of Tall Buildings," Mcgraw-Hill, Singapore, (739 s.), 1988.
13. Traum,E.E., "Multistorey Pierced Shear Walls of Variable Cross-Section," (A. Coull and B.S. Smith Editors), "Symposium on Tall Buildings, Southamton", Pergamon Press, pp 181-204, Oxford, 1967.
14. Yılmaz,Ç., Çitipitioğlu,E. ve Doğan,E., "Delikli Betonarme Perde Duvarların Elastik Analizi," (S.T. Wasti, M.R. Aydın ve İ. Özdemir Editörler), *Yapı Mekaniği Semineri 94, Dumlupınar Üniversitesi, Yayın No:2, s.175-190, Kütahya, Haziran, 1994.*
15. Reddy,J.N., "An Introduction to The Finite Element Method", Mcgraw-Hill, Singapore, (683 s.), 1993.



YAPI ÜRETİMİNDE TOPLAM KALİTE ANLAYIŞININ UYGULANABİLMESİ İÇİN YÜKLENİCİ ORGANİZASYONLARINDA GEREKLİ ALT YAPININ OLUŞTURULMASI

M. Emin ÖCAL ve Ergün ŞAHİN

Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/ Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada, yapı üretiminde toplam kalite yönetiminin uygulanabilmesine yönelik öneri geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, önce toplam kalite yönetiminin özellikle yüklenici organizasyonlarında yerleşmesi için izlenecek stratejiler saptanmıştır. Sonra da, bu organizasyonlarda yer alan birimlerin toplam kalite yönetimi açısından iş tanımları yapılmıştır.*

A STUDY FOR THE APPLICATION OF TOTAL QUALITY MANAGEMENT IN THE CONTRACTOR ORGANIZATIONS

ABSTRACT : *It is aimed to make suggestions for the application of total quality management in the construction. First, the strategies to be followed are determined in order to have contractor organizations get used to total quality management. Later, the work description of the units of those organizations are done from total quality management point of view.*

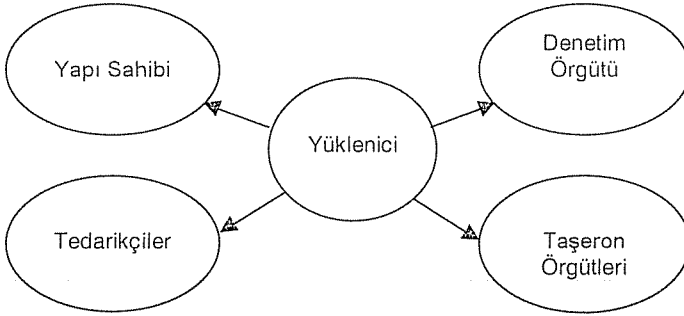
1. GİRİŞ

Türkiye'de, yapı üretiminde, toplam kalite yönetiminin uygulanabilmesi için bir çok araştırma yapıp öneriler sunulmuş olmasına rağmen, halen günümüzde bu yönetim anlayışıyla faaliyet gösteren inşaat şirketi sayısı oldukça azdır.

Yüklenici firmalar, üretimdeki konumları itibarıyla mal sahibi (dış müşteri), denetim firması, müşavir firma, alt müteahhitler (taşeron şirketler) ve tedarikçiler gibi yapının inşasında görev alan kişi ve organizasyonlarla yakın ilişki içinde olması nedeniyle yapı üretiminin kilit (odak) noktasında yer almaktadır (Şekil 1). Dolayısıyla, yüklenici firmaların kalite anlayışı, yapının kalite düzeyinin belirlenmesinde çok etkili olmaktadır. Bu nedenle toplam kalite yönetiminin, yüklenici firma tarafından benimsenmesi büyük önem taşımaktadır. Çünkü, yüklenici organizasyonunda kalite anlayışının gelişmesi, ilişki içinde olduğu diğer kişi veya organizasyonları da zaman içinde olumlu yönde etkileyecektir.

Diğer bir ifadeyle, yapı üretiminde en büyük sorumluluğu üstlenen yüklenici firmalarda toplam kalite yönetiminin hayata geçirilmesi, bu sektördeki uygulamalarını hem kolaylaştıracak hem de hızlandıracaktır.

Bu nedenle bu çalışmada, yüklenici organizasyonlarında toplam kalite yönetimine geçiş için nasıl bir strateji uygulanması gerektiğine yönelik öneriler geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, önce yapı üretiminin kendine özgü koşulları irdelenmiş; sonra bu yönetim anlayışının yapı üretiminde uygulanması ile ilgili bugüne kadar yapılmış çalışmalar incelenmiş; daha sonra da toplam kalite yönetiminin, yüklenici örgütüne yerleşmesi için izlenecek stratejiler özetlenmiştir (1).



Şekil 1. Yüklenicinin, yapı üretiminde görev alan diğer taraflarla olan ilişkisi

2. YAPI ÜRETİMİNİN KENDİNE ÖZGÜ KOŞULLARI

İmalat sanayinde veya hizmet sektöründe bir fabrika veya bir işletme kurulur ve rekabet koşullarında kârlı satışlar yaptığı sürece faaliyetini sürdürür. Yapı üretiminde ise, bu sektörün fabrikası olan şantiyelerin işletme ömrü ve bu yapıyı gerçekleştiren organizasyonların faaliyet süresi, projenin tamamlanma süresine eşittir. Yapının inşası tamamlandıktan sonra şantiye kaldırılır, çalışanlar farklı projelerde, farklı organizasyonlarda tekrar göreve başlar. Bu hızlı değişim, her projede farklı uygulamalara ve işgücü devrine neden olmaktadır. Her yapı projesi, bir diğerinden farklıdır, tek düzey bir sistem kurulup, o sistemde sürekli iyileştirme yapmak yapı projelerinde kolay olmamaktadır.

Yapı üretiminde diğer önemli zorluk da çalışmaların, yağmur, rüzgar ve sıcaklık değişimi gibi doğa olaylarına maruz kalarak sürdürülmesidir. Toplam kalite yönetiminin ilkelerinden olan çalışma ortamının sağlıklı ve kaliteli olması, yapı üretiminde özellikle şantiye ortamında çoğu zaman sağlanamamaktadır.

Öteyandan, toplam kalite yönetimi ile faaliyet gösteren sınırlı sayıdaki inşaat şirketlerinin karşılaştıkları en önemli olumsuzluklardan birisi de inşa edilecek bir yapının kalite kriterlerinin, taraflarca açık ve net bir şekilde ortaya konulmamasıdır. Bu durum, kalite standardının oluşmasını engellemekte ve kalitenin bir değerlendirme kriteri olarak kullanılmasını güçleştirmektedir. Dolayısıyla müşteri, kalitenin de bir maliyeti olduğunu gözardı ederek işi en fazla tenzilat yapan ve en ucuz maliyeti taahhüt eden yükleniciye yaptırmakta. Bu da toplam kalite anlayışıyla faaliyet gösteren inşaat şirketlerini zor duruma sokmaktadır.

3. TOPLAM KALİTE YÖNETİMİNİN YÜKLENİCİ ÖRGÜTÜNE YERLEŞMESİ İÇİN İZLENECEK STRATEJİ

Toplam kalite yönetiminin yüklenici örgütüne yerleşmesi ve gelişmesi için aşağıda belirtilen stratejinin benimsenmesi ve kesintisiz izlenmesi gerekmektedir.

3.1. Üst Yönetimin Toplam Kalite Anlayışının Benimsemesi

Üst yönetim veya yüklenici, toplam kalite yönetiminin yararına yeterince inanmış olmalı, benimsemeli ve liderlik yapmalıdır. Bu konuda üst yönetimin desteğinin ve inancının tam olması gereklidir.

3.2. Mevcut Durumun Analiz Edilmesi

Toplam kalite yönetimine sahip olmak, şirket kültürünün değişimini gerektiren iddialı bir hedeftir ve kapsamlı bir çalışma gerektirir. Dolayısıyla yüklenici, bu işletme yönetimine geçmeden önce şirketin müşteri potansiyelini, aylık ve yıllık gelir durumunu, sermayesini, çalışanların iş ahlakını, eğitim durumunu, mesleki deneyim ve becerilerini ve şirketin içinde bulunduğu şartları analiz ederek tesbit etmeli ve bu bilgileri belgeleyerek dökümantasyon işlemini gerçekleştirmelidir. Bu uygulama, değişimi kolaylaştıracağı gibi, daha sonraki değerlendirmelerde, toplam kalite yönetiminin şirkete ne düzeyde ve yönde etki ettiğini açığa çıkaracaktır.

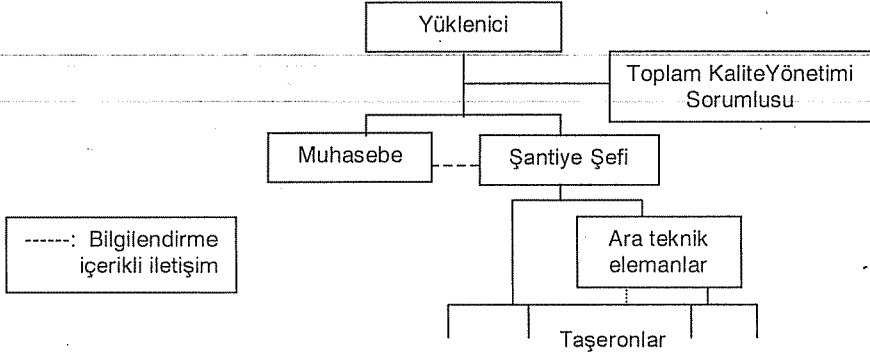
3.3. İşletmede Toplam Kalite Anlayışının Yerleşmesi İçin Bu Konuda Uzman Yardımının Gerekliğinin Kabul Edilmesi

Yüklenici veya üst yönetim, organizasyonlarında toplam kalite yönetimine geçilebilmesini sağlamak amacıyla, bu konu hakkında uzman yardımının gerekliliğini kabul etmelidir. Yüklenici organizasyonlarının büyüklüğüne göre, bu konu hakkında bir uzman, sorumlu olarak görevlendirilebilir. Veya bir yada bir çok uzmanın yer aldığı toplam kalite yönetimi kurulu oluşturulabilir.

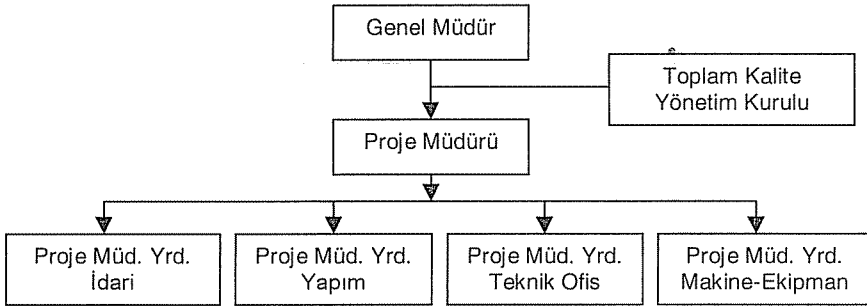
Yüklenici organizasyonu, yapımını üstlendiği işin niteliğine ve boyutuna göre, ihtiyaçları karşılamak ve işi inşaat teknolojisinin gerektirdiği şekilde yapabilmek amacıyla gerekli insan gücü istihdam edilerek yapılandırılır. Yapılandırılan bu organizasyon, küçük boyutlu ve az özellikli bina veya konut üretebilir veya daha kompleks ve geniş kapsamlı baraj veya otoyol da üretebilir. Sonuçta, yüklenici, bu

mühendislik yapısını meydana getirecek organizasyonu gereksinim duyulan boyutta ve birimlerden oluşturacaktır. Burada üzerinde durulacak husus, yüklenici firmalarda toplam kalite yönetimi kurulunun veya sorumlusunun organizasyonlardaki yerinin belirlenmesidir. Bu konuda yaygın uygulama, toplam kalitenin işletmeye yerleştirilmesinden sorumlu uzman ekibin üst yönetime yakın konuşlandırılmasıdır (Şekil 2. ve Şekil 3.) (1). Diğer önemli husus ise, bu ekibin boyutu ve iç organizasyonunun nasıl oluşturulacağıdır.

Küçük organizasyonlarda, toplam kalite yönetimine geçiş büyük organizasyonlara nazaran daha hızlı gerçekleşmektedir. Bu nedenle, küçük yüklenici organizasyonlarında, toplam kalite rehberliği bir ekip yerine bir sorumlunun görevlendirilmesi yeterli olabilir. Ancak büyük yüklenici örgütlerinde, toplam kalite yönetim kurulu oluşturulması gerekmektedir. Bu kurulun yönetim yapısı ise Şekil 4'deki gibi oluşturulabilir (3). Bu yapı, yüklenicinin gerekli değişimi sağlaması için ihtiyaç duyduğu ölçüde olmalıdır.



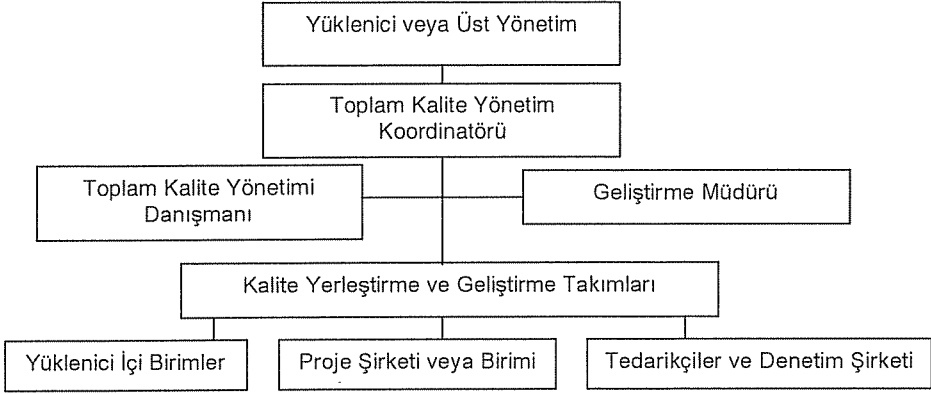
Şekil 2. Küçük ölçekli yüklenici organizasyonlarında toplam kalite yönetimi sorumlusunun yeri



Şekil 3. Büyük ölçekli yüklenici organizasyonunda toplam kalite yönetimi kurulunun yeri

Kalite kurulu, toplam kalite felsefesinin yüklenici örgütünde çalışan her seviyedeki personele aktarılması için gerekli faaliyetleri sürdürür. Toplam kalitenin örgütlenmesi

ve kalite performansının gelişmesi açısından eğitim ve geliştirme oldukça önemli bir etkidir. Bu nedenle, yöneticiler, mühendisler, teknisyenler, merkez ve şantiye ofisi elemanları, destek personeli ve saha işgücü için özel olarak hazırlanmış eğitim programları olmalıdır. Çünkü: çalışanların nitelikli olması ancak eğitim ve geliştirme programları sayesinde sağlanır.



Şekil 4. Büyük firmalarda toplam kalite yönetimi kurulu yönetim yapısı

3.4. Toplam Kalite Yönetimini Uygulamaya Başlamak İçin Pilot Proje Olarak Küçük Projelerin Seçilmesi

Yüklenici firma, toplam kalite yönetimine geçişi kolaylaştırmak amacıyla proste meydana gelebilecek muhtemel sorunları az olan küçük ölçekli bir projeyi pilot proje olarak seçmelidir. Pilot projede uygulama esnasında karşılaşılan aksaklık ve sorunların giderilmesi daha kolay olacağı gibi kompleks projelere de alt yapı oluşturulmuş olunacaktır.

3.5. Yüklenici Örgütünde Yürütülen Her Faaliyetle İlgili İş Tanımları Yapılması

Yüklenici firmalar toplam kalite yönetimine geçiş için, organizasyonlarında alt yapı oluşturmak ve sistem kurmak durumundalar. Bu bağlamda organizasyonu oluşturan her birim ve yürütülen her faaliyetle ilgili iş tanımlarının yapılması, bu faaliyetleri gerçekleştiren kişi ve birimlerin toplam kalite anlayışıyla ne yapmaları gerektiğini açıkça ortaya koyacaktır. Yüklenici veya üst yönetim, iş tanımlarının içeriğini iyi bilir ve her çalışana başarıyla benimsetirse kültür değişiminin başarısı artacaktır.

4. İŞ TANIMLAR

İş tanımı, işgörenlerin bir faaliyeti, içgüdüsel değil bilinçli ve koordineli bir biçimde gerçekleştirmelerine olanak sağlayacak oldukça önemli bir çalışmadır. İşletmede kimin neyi niçin ve nasıl yapacağı, ancak işletme amaçlarını dikkate almak ve organizasyon içerisinde yürütülen faaliyetleri bir bütün olarak değerlendirmek suretiyle yapılacak iş tanımları ile mümkün olabilir. Bu nedenle, bilimsel esaslara dayalı ayrıntılı iş tanımlarının yapılması toplam kalite hedefli bir yüklenici organizasyonu için oldukça önemlidir.

İş tanımının içeriği hakkında bir fikir vermek ve önemini vurgulamak bakımından burada, yönetim kademeleri ve inşaaata başlama aşamasında yapılması gereken çalışmalar ile ilgili iş tanımları örneklenmiştir.

Büyük ve kompleks mühendislik yapılarının, inşa sorumluluğunu üstlenmiş bir yüklenici, organizasyonunu üst yönetim, orta kademe yönetim ve alt kademe yönetim olmak üzere üç ana kademeden teşkil edebilir. Üst yönetim, genel müdür, proje müdürü ve proje müdür yardımcılardan oluşur. Orta kademe yönetim şantiye şefi, baş mühendisler, grup şefleri ve saha mühendislerinden oluşur. Alt kademe yönetim ise işgücünün yönetime katılması ile formen, ustabaşı, usta ve işçilerden oluşur.

4.1. Üst Yönetim

Toplam kaliteye geçiş döneminde üst yönetimden beklenen tutum ve davranışlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- a) Üst yönetim sistem kurulmasında liderlik yapmalı.
- b) Amaç ve hedefler belirlenmeli ve bu hedeflere ulaşılması için süresel planlama ve gerekli maliyet hesapları yapılmalı.
- c) Zamanının büyük bölümünü kalite ile ilgili sorunlara ayırmalı (4).
- d) Hem sözlü hem de yazılı olarak kalite hedeflerini sürekli biçimde örgüte yaymalı. Bu doğrultuda, kalite el kitabı, kalite planları ve prosedürler hazırlatarak çalışanların kullanımına sunmalı.
- e) Toplam kalite yönetimi sorumlusunun ve diğer bölümlerin işlevlerini ve rollerini arttırmalı ve çalışanlar arasında sağlıklı bir iletişim sistemi kurmalı.
- f) Eğitim ve geliştirme için fon ayrılmalı ve bir program dahilinde tüm personele eğitim verilmesini sağlamalı.
- g) Başarılı olan grupları taktir etmek amacıyla ödüllendirme sistemi kurmalı.
- h) Yönetim, firma çapında toplam kalite kararı aldığı zaman, doğru olan bütün proses ve yöntemleri standartlaştırmalı ve daha sonra bütün alt düzey çalışanlarına cesaretle yetki vermeli.
- i) Üst yönetim savurganlıkları engellemelidir. Bu savurganlıklara neden olan bazı olumsuz durum ve davranışlar: planlama olmaması, organizasyon bozuklukları, yetki devrinin istenen ölçüde gerçekleşmemesi, doğru ve yeterli yöneltmenin yapılmaması, koordinasyonsuzluk, kontrol yetersizliği, iletişim ve bilgi akışı aksaklıkları, motivasyona önem verilmemesidir (5).
- j) Üst yönetim, iş gücünde yapılan savurganlıkları engellemelidir. Bu konudaki savurganlıklar: uygun personel seçilmemesi, metod ve iş tarifi olmayışı, eğitim yapılmaması, personel devir hızının yüksek oluşu, ödüllendirme ve cezalandırma sisteminin olmayışı, iş güvenliği olmaması, grev ve lokavttır (5).

4.2. Orta Kademe Yönetim

Yüklenici firmaların büyüklüğüne göre değişen ve organizasyonlarda üst yönetimle işgücü arasında bilgi akışını sağlayan ve işlerin tekniğine göre gerçekleşmesini sürdüren birimler orta kademe yönetimi oluşturmaktadır.

İşçilerin huzurlu olması ve dolayısıyla verimli çalışması, orta kademe yönetim ile işçiler arasındaki sosyal ilişkilerle büyük ölçüde ilgilidir. Bu nedenle, orta kademe yönetim aşağıdaki hususları göz önünde bulundurmalıdır.

a) İşçi, yönetimi daima, kendilerinin koruyucusu ve her türlü dertlerini halledebilecek bir kişi olarak görmek ister. Bunun aksini hissettiği anda şantiyede huzursuzluk başlar (6). Bu açıdan yönetici, çalışanlara güven duygusu verebilmelidir.

b) Her insanda olduğu gibi işçide de, yalnız sevdiği ve saydığı kişiden emir alma ve yaptığı işten gurur duyma isteği vardır. Bu nedenle, amir, olumlu bir tutum sergilemeli ve başarılı olan işçileri farketmelidir.

c) İşçi, her zaman mantıklı ve kararlı bir otorite altında daha rahat ve verimli çalışır. Bu otoritenin sağlanması kurallardan taviz vermemek ve ayırım yapmamakla mümkün olur. Otorite hiçbir zaman sinirlenmek, bağırıp çağırmak ve hakaret ile sağlanmaz. Bunlar otoriteyi zedeleyen unsurlardır (6).

d) Mahzurlu diğer bir davranış biçimi de, işçi ile gereksiz bir samimiyet kurmaktır. İşçi ile ilişkiler bir mesafe dahilinde olmalıdır. İşçi iyi iş yaparsa mükafatlandırılacağını, kendinin her zaman şirketçe korunacağını, verimsiz çalışmaların şirkete dolayısıyla kendine zarar vereceğini bilmelidir ve orta kademe, işçileri bu açıdan bilgilendirmelidir.

e) Yöneticilerin, işçilerle belli zamanlarda yemek yemeleri, onlarla toplantı yapıp sorunlarını öğrenmeleri ve bu sorunların çözümü için uğraşmaları yöneticilik gereği bir tutumdur (6).

f) Bir amir astını iş başında özel olarak eğitmelidir. Ast bu şekilde eğitildikten sonra ona yetki verip, işini yapması için rahat bırakılmalı. Bu şekilde ast zamanla gelişecektir (7).

g) Eğer bir yönetici astlarına güvenmezse ve onlara sıkı bir denetim uygularsa, iyi bir idareci olamaz. İşgücü eğitilmişse yetkinin verilebileceği güvenilir bir kişi haline gelir (7).

h) Eğer işler belirlenen hedeflere ve standartlara göre yürüyorsa kendi haline bırakılmalıdır. Ancak olağan üstü durumlar ortaya çıkarsa, ya da işler alışılmışın dışındaysa yönetici müdahale etmelidir (7).

i) Eğitimsiz ve yetişmemiş kişiler için otoriter yönetim tarzı uygun olurken, çağdaş ve eğitilmiş insanlar için toplam kalite yönetiminde olduğu gibi demokratik yönetim tarzı uygundur (8). Bu nedenle, çalışanların eğitim düzeyi arttıkça uygulanan yönetim tarzı da değişmelidir.

j) İş gücünün yapmış olduğu işin kaliteli olması için orta kademe yöneticilerin sürekli mesleki eğitim vermeleri, günlük ve haftalık faaliyetlerinde PUKÖ (Planla-Uyula-Kontrol et-Önlem al) döngüsünü kullanmaları gereklidir (9).

k) Kalite kontrol çemberleri oluşturmalı ve bu çember içinde yer alan tüm işgücünün kalite geliştirme faaliyetlerine katılımını sağlamalı. Proseste meydana gelen problemlerin çözümünde işçilerin de fikir ve önerilerini almalıdır.

l) Prosesteki hataların bulunması, giderilmesi veya azaltılmasında istatistiksel teknikleri kullanılmalıdır. Yaygın olarak kullanılan teknikler şunlardır: Kontrol tabloları, Histogram, Sebep sonuç analizi, Pareto analizi, Guruplandırma, Dağılıma (serpilme) diyagramı, Kontrol çizelgeleridir (10).

4.3. Alt Kademe Yönetim (İş Gücü)

Toplam kalite yönetiminin sağlanmasında işgücüne önem vermek gereklidir; bunun için de aşağıdaki unsurlar gözönüne alınmalıdır.

a) Çalışanların o anki psikolojisi ile yaptığı iş arasında büyük bir bağlantı vardır (5). Bu nedenle, çalışanların kaliteli üretim yapması ve verimli olması için iş ortamı huzurlu olmalıdır. Bunu sağlamak için de bireyler arası iletişim dostça yapılandırılmalı ve işçilerin olumlu arzuları değerlendirilip karşılanmalıdır.

b) Ustabaşının ve işçilerin bilgi ve becerilerinin derecesi formen ve mühendislerce iyi bilinmelidir. Böylece onlara verilen işin cinsi ve hacmi en uygunu olacaktır.

c) Formen ve ustabaşından istenen işin tanımı çok açık ve kesin olmalıdır. Formen hedefin ne olduğunu bildiği zaman, adamlarını çok daha etkili ve doğru olarak yönetir ve yönetir (6).

d) Formen ve ustabaşılar sorumlu oldukları işin kalite düzeyini, miktarını ve süresini önceden bilmeleri gereklidir. Bu nedenle günlük veya haftalık iş programlarını ve kalite planlarını belgeli olarak amirlerinden almalıdırlar.

e) Çalışanların birden çok işi yapabilecek yetenekte olmaları, buna göre kendilerini yetiştirmeleri gerekmektedir.

f) İşgücü, çalışma ortamının düzenli ve temiz olmasına özen göstermelidir.

g) İşgücü çalışmaya başlamadan önce baret, emniyet kemeri, koruyucu gözlük ve eldiven gibi kişisel koruyucuları kullanarak güvenlik tedbirlerini almalıdır.

h) Çalışanlar, yaptıkları işlerin bir defada hatasız olmasını hedef edinmelidir. Üretimini tamamladığı işi bir sonraki ekibe, yani iç müşterisine vermeden önce hata kontrolünü yapmalı ve hatasız teslim etmelidir.

i) Çalışanlar, kullandıkları malzemelerde israf ve ıskartanın minimuma indirilmesine gayret etmelidirler.

j) Çalışanlar, çalışma esnasında meydana gelen sorunların çözümünde kendi görüş ve deneyimlerini cesaretle ortaya koymalıdırlar.

4.4. İhale Aşamasında Yapılması Gerekenler

Yapı üretimi, proje hazırlığı da yüklenicinin sorumluluğunda olmak üzere ihale edilebilir veya yüklenici yap-sat sistemiyle çalışmalarını sürdürüyorsa, inşaat işini kendi isteği üzerine gerçekleştirebilir. Hangi koşulla yapılırsa yapılsın, bu aşamada en önemli husus yapıyı kullanacak hedef müşterinin beklentilerinin ne olduğunun doğru ve yeteri açıklıkta ortaya konulmasıdır.

Yüklenici yap-sat usulü ile inşaat yapıyorsa, arsa seçimi de ayrıca önem arz etmektedir. Çünkü, yapının fiziki boyutları ve manzara durumu arsanın yeri ve büyüklüğü ile doğrudan ilgili olmaktadır. Bu nedenle yüklenici yap-sat işlerinde önce hedef müşterisini sonra da onların muhtemel beklentilerini saptamaya çalışarak buna uygun arsa seçmelidir.

Diğer önemli bir hususda ihalelerde, ihale türü ne olursa olsun yapının keşif bedeli üzerinden en fazla tenzilat yapan ve en ucuz maliyeti taahhüt eden yükleniciye iş yaptırılmasıdır. Kalitenin de bir maliyeti olduğu unutulmamalıdır. İşveren (müşteri), yapının kalite düzeyini göz önüne alarak gerçekçi bir maliyet çıkarmalı ve işi en fazla tenzilat yapan yükleniciye değil en uygun tenzilat yapan yükleniciye vermelidir. Kısa vadede kâr amacıyla proje ve standartların dışına çıkılarak rasgele yapılan bir yapının maliyeti kaliteli yapının maliyetinden daha düşük olacaktır. Ancak, uzun vadede kalitesiz yapının dezavantajları, başta müşteriye ve dolaylı olarak da yükleniciye yansıyan memnuniyetsizliklere neden olacaktır.

4.5. Proje Hazırlama Aşamasında Gözönünde Bulundurulacak Hususlar

Proje hazırlığı yapı sahibinin isteklerinin somutlaştırıldığı, yapının işlevselliği, estetiği ve sağlamlığı ile ilgili kararların verildiği aşamadır. Bu nedenle, yapı üretiminin temelini teşkil eder. Yapının, maliyetini, estetiğini, foksiyonunu, dayanıklılığını ve üretim süresini projelerin kalitesi belirler.

Toplam kalite yönetimi anlayışıyla hareket edilerek yapının kaliteli ve ekonomik olması için proje aşamasında aşağıdaki hususlara özen gösterilmelidir.

Projeleri hazırlayan proje takımı, şantiyede üretimi gerçekleştiren orta kademe yönetimin, iş gücünün ve mal sahibinin tedarikçisi olduğu bilinciyle hatasız ve tam zamanında, hatta zamanından önce projeleri hazırlamalıdır. Projelerde hatalı ve eksik bilgi olmadığı ve zamanında ilgililere ulaştığı sürece proje takımının müşterisi olan üretim birimi ve mal sahibinin memnuniyeti sağlanacaktır.

Proje safhasında mal sahibinin yapıdaki beklentileri en ince ayrıntısına kadar analiz edilerek tespit edilmeli ve yapı üretimine başlamadan önce, daha sonra fikir değişikliklerine neden olmayacak şekilde açığa çıkarılarak projede doğru ve açık bir şekilde ifade edilmelidir.

Projenin hiç bir safhasında teknik hata veya çizim hatası yapılmamalıdır.

Projeler üretime başlanmadan önce hazırlanmalıdır. Uygulamalarda çoğu zaman, projenin hazırlanıp sahaya intikal etmesinde geç kalınmaktadır. Bu da yapının üretim süresini uzatmakta ve dolayısıyla maliyeti arttırmaktadır. Aynı zamanda üretime motive olmuş iş gücünde duraklamaya neden olduğundan motivasyonu bozmakta, dolayısıyla verimliliği düşürmektedir.

Projeler hazırlanırken, uygulamada çalışma hızını yavaşlatan ve pratik olmayan çizimlerden kaçınılmalıdır.

Proje hazırlığı aşamasında, malsahibi teknik hususlarda teknik elemanlar tarafından yeterli ölçüde bilgilendirilmeli ve tercih imkânı sağlanmalıdır.

Hazırlanan projelerin maketleri yapılarak inşa edilecek yapının son durumu hakkında mal sahibine aydınlatıcı bilgiler aktarılmalıdır.

Uygulamanın kusursuz olması için 1/25, 1/10, 1/5, 1/2 ve 1/1 ölçeğinde detay projeleri hazırlanıp, üretim birimlerine sunulmalıdır.

4.6. Teknik Şartname Hazırlanmasında Gözönünde Bulundurulacak Hususlar

Teknik şartname, yapı üretiminde kullanılacak her türlü yapı bileşeni, malzeme, cihaz ve teknolojinin ayrıntılı bir şekilde tanımlandığı, iyi bir üretim için gerekli teknik şartların açıklandığı bir dökümandır (11). Yapının kalite düzeyinin tanımlanmasında ve toplam kalitenin sağlanmasında teknik şartnameler büyük önem arz etmektedir. Bu açıdan, teknik şartname hazırlanması aşamasında aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.

Teknik şartnameler yapı sahibi ile müteahhidin istek ve bilgileri doğrultusunda ve yapıda kullanılacak imalatın teknik şartlarını açıklayacak şekilde hazırlanmalıdır.

Her inşaat sözleşmesi ekinde, üretilecek yapının niteliğini tanımlayan bir teknik şartnamenin mutlaka yer alması gerekmektedir. Çünkü, teknik şartname eklenmemiş bir projede belki ne yapılacağı belirtilebilir, ancak üretimin hangi kalitede yapılacağı yeterince anlatılamaz.

Özellikle işverenin yeterli teknik bilgiden yoksun olduğu durumlarda, teknik şartnamenin hazırlanması sırasında konuyla ilgili uzman kişilerin görüşlerine baş vurulmalıdır. Bu uygulama, hazırlanacak teknik şartnamenin tutarlı ve eksiksiz olmasına olanak vermektedir (11).

Teknik şartname hazırlarken ilgili standartlardan yararlanılmalıdır. Böylece, önemli ölçüde zaman kazanılması yanında, taraflar, anlaşmazlıklara neden olabilecek yetersiz şartname hazırlama riskinden de korunmuş olacaktır. Çünkü, standartlar, konu edilen malzeme ve ürünün fiziksel, mekanik, (gerekliyorsa) kimyasal niteliklerini yeteri ayrıntıda tanımlamaları yanında bu nitelikleri denetleme yöntemlerini de içerecek biçimde hazırlanmaktadır (11).

4.7. Sözleşme Düzenlenmesi Aşamasında Gözönünde Bulundurulacak Hususlar

İnşaat sözleşmesi, yapı sahibi ile yapıyı yapacak yüklenici arasındaki idari ve hukuki ilişkilerin yazıldığı ve tarafların karşılıklı olarak yerine getirecekleri hususların taahhüt edilmiş olduğu bir belgedir (11). Sözleşme düzenleme aşamasında aşağıdaki hususlar göz önüne alınmalıdır:

İnşaat aşamasında taraflar arasında anlaşmazlık çıkması olasılığını büyük ölçüde azaltmak için sözleşmeler ayrıntılı ve noksansız düzenlenmelidir.

İnşaat sözleşmelerinde asıl amaç, taraflar, yani yüklenici ile mal sahibi (müşteri) arasındaki hakların korunması ve bunların yerine getirilmesidir. Her iki tarafın karşılıklı isteklerini ortaya koymaları ve belirtilen bu isteklerin tarafların haklarını koruyacak şekilde düzenlenip yazılması gerekmektedir.

Sözleşmelerde, teknik şartname, kalite planları, iş programları ve projeler mutlaka ek olarak yer almalıdır.

Sözleşmelerde, yapının toplam maliyeti, hakedişlerin düzenlenmesi, işin başlama ve bitiş tarihleri ve diğer önemli özel hususlar ayrıntılı ve açık bir şekilde ifade edilmelidir.

Yapının kalite düzeyini açıklayıcı ve ayrıntılı hazırlanmış mahal listeleri mutlaka sözleşme eklerinde yer almalıdır.

Sözleşmelerdeki hukuki bazı konuların karışıklığa ve suistimale meydan bırakmayacak şekilde yazılabilmesi için bir hukuk danışmanıya görüşülmesi, belgelerin kusursuz hazırlanmasına imkan sağlayacaktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda, yüklenici organizasyonlarında toplam kalite yönetiminin yerleşmesi ve yaygınlaşması için oluşturulan önerileri aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür (1).

Yüklenici veya üst yönetim toplam kalite yönetimini benimsemesi ve liderlik yapması gereklidir.

Toplam kalite yönetimine sahip olmak, şirket kültürünün değişimini gerektiren iddialı bir hedeftir ve kapsamlı bir çalışma gerektirir. Dolayısıyla yüklenici böyle bir yönetim metoduna geçmeden önce şirketin mevcut durumunu analiz ederek, müşteri potansiyelini, aylık ve yıllık gelir durumunu, sermayesini, çalışanların iş ahlakını, kültür yapısını, eğitim durumunu, mesleki deneyim ve becerilerini ve şirketin içinde bulunduğu şartları tesbit etmeli ve belgeleyerek dökümantasyon işlemini gerçekleştirmelidir. Bu çalışma, değişimi kolaylaştıracağı gibi, daha sonraki

değerlendirmelerde, toplam kalite yönetiminin şirkete ne düzeyde ve yönde etki ettiğini açığa çıkaracaktır.

Yüklenici veya üst yönetim, bu konu hakkında uzman yardımının gerekliliğini kabul etmelidir. Yüklenici organizasyonlarının büyüklüğüne göre, bu konu hakkında bir uzman, sorumlu olarak görevlendirilebilir. Veya gereksinimlere göre bir veya bir çok uzmanın yer aldığı toplam kalite yönetimi kurulu oluşturulabilir. Böylece, bu değişimi gerçekleştirecek ve bu konu hakkında eğitimleri başlatıp sürdüreceği sorumlu tesbit edilmiş olacaktır.

Yüklenici, toplam kalite yönetimine geçişi kolaylaştırmak amacıyla pilot proje olarak proste meydana gelebilecek muhtemel sorunları az olan küçük ölçekli bir projeyi seçmelidir. Pilot projede karşılaşılan aksaklık ve sorunların giderilmesi daha kolay olacağı gibi kompleks projelere de alt yapı oluşturulmuş olacaktır.

Yüklenici firmalar, toplam kalite yönetimine geçiş için, organizasyonlarında alt yapı oluşturmak durumundadır. Bu bağlamda organizasyonu oluşturan her birimin ve yapı üretiminin tüm safhalarında yürütülen her faaliyetle ilgili iş tanımlarının yapılması, bu faaliyetleri gerçekleştiren kişi ve birimlerin toplam kalite anlayışıyla ne yapmaları gerektiğini açıkça ortaya koyacaktır.

Bu doğrultuda organizasyonu oluşturan ve üretimde görev alan her çalışanı kapsayan eğitim programları uygulanmalı. Bu eğitimlerin kapsamı, toplam kalite yönetimi, insan ve insan ilişkileri, şirketin durumu ve hedefleri ve mesleki konularda olmalıdır. Kullanılmayacak ve gereksiz bilgilerle eğitim israfı yapılmamalıdır.

Toplam kalite yönetimi dinamik bir yönetim anlayışı olup, sürekli izlenmesi, geliştirilmesi ve güncellenmesi gerekmektedir.

Mimar ve Mühendisler Odaları, Müteahhitler Birliği gibi meslek kuruluşlarının, üyelerini toplam kalite yönetimi konusunda bilinçlendirmeye yönelik yayınlar yapması, kurs ve seminer düzenlemesi konunun benimsenip yaygınlaşmasına katkılar sağlayacağı kuşkusuzdur.

6. KAYNAKLAR

1. Şahin,E., "Yapı Üretiminde Toplam Kalite Anlayışının Uygulanabilmesi İçin Yüklenici Organizasyonlarında Gerekli Alt Yapının Oluşturulması", Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 68 s., Adana, 2000.
2. Öcal,M.E., "Yapı Üretiminde Verimliliğin ve Üretim Kalitesinin Arttırılmasında Mütteahhitin Yönetim Etkinliğinin Önemi", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Dergisi, Sayı 20, 1-16, 1999.
3. Telford,T., "Implementing TQ in The Construction Industry", Thomas Telford Services Ltd, Thomas Telford House, 280 s., E14 4DJ London, 1996.
4. Ersen,H., "Toplam Kalite ve İnsan Kaynakları Yönetimi İlişkisi", Sim Matbaacılık, 222 s., İstanbul, 1997.
5. Efil,İ., "Toplam Kalite Yönetimi ve ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi", Alfa Basım Yayın Dağıtım, 344 s., İstanbul, 1999.
6. Galipoğulları,N., "Şantiye Yöneticileri İçin İnşaat Yönetimi", Kelebek Yayınevi, 220 s., İstanbul, 1998.
7. Ishikawa,K., "Toplam Kalite Kontrol", Kalite Der., 202 s., İstanbul, 1997.

*YAPI ÜRETİMİNDE TOPLAM KALİTE ANLAYIŞININ UYGULANABİLMESİ İÇİN YÜKLENİCİ
ORGANİZASYONLARINDA GEREKLİ ALT YAPININ OLUŞTURULMASI*

8. Özevren, M., "Toplam Kalite Yönetimi Temel Kavramlar ve Uygulamalar", Alfa Basım Yayın Dağıtım, 155 s., İstanbul, 1997.
9. Imai, M., Kaizen, "Japonya'nın Rekabetteki Başarısının Anahtarı", Brisa Sabancı Lastik San. ve Tic. A.Ş. Onk Ajans, 269 s., 1994.
10. Akın, B., Çetin, C., Erol, V., "Toplam Kalite Yönetimi ve ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi", Beta Basım Yayın Dağıtım, 409 s., İstanbul, 1998.
11. Öcal, M.E., "Proje Teknik Şartname ve Sözleşme", Teknik Yayınevi, 331 s., Ankara, 1995.

**BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM SİSTEMLERİNİN
YAPI TASARIM VE ÜRETİM SÜRECİNE ETKİLERİ****S. Seren AKAVCI ve Yeşim BABA**

Ç.Ü., Mimarlık Bölümü, Adana/Türkiye

H. Murat ARSLAN

Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Günümüzde mükemmelleşen ve yaygınlaşan bilgisayar teknolojisi mühendislik-mimarlık alanlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma ile; bu teknolojinin tasarım ekibi tarafından kullanımının mesleki uygulamalara ve sonuç ürüne etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, bilgisayar teknolojisinin sağladığı kazanımları ortaya koymak, yaşanan eksiklikleri ve sebeplerini araştırmak ve bunlara çözüm üretebilmek için bir anket çalışması düzenlenmiş ve bu anket çalışmasının sonuçları grafiklerle sunulmuştur.*

**THE EFFECTS OF SYTEMS OF COMPUTER AIDED DESIGN
TO THE DESIGN AND THE PRODUCTION PROCESS OF STRUCTURES**

ABSTRACT : *Nowadays computer technology, which has experienced a rapid boom and become widely accessible to many disciplines is widely used in areas of engineering and architecture. The aim of this study was to analyse the impacts of the technology used by the design team on the proffessional applications and the end product. A questionnaire was undertaken in order to examine the gains through the use of computer technology, to investigate the defects and the reasons for them and consequently to produce solutions. The result of the questionnaire was illustrated in diagrams.*

1. GİRİŞ

Günümüzde gelişen ve durmaksızın yeni olanaklar sunan teknolojinin insan yaşamı ve gereksinimleriyle birlikte tüm mesleki uygulama, araştırma, eğitim ve öğretim eylemlerini de etkilediği ve bu eylemlerin kapsamını, yapısını, yönünü ve önceliklerini değiştirdiği bir gerçektir.

Bilgi ve iletişimin hızla geliştiği günümüzde, bilgilerin sistematik olarak düzenlenmesi, bilgi işlemedeki rutin işlemlerin ortadan kaldırılması, analizler sonucunda yeni bilgilerin üretilmesi, işlemlerin çokluğu nedeniyle günümüze kadar ele alınmayan problemlerin incelenmesi ve yeni yöntemlerin geliştirilmesi insanlara her alanda inanılmaz ufuklar açmaktadır. Söz konusu gelişmelerde büyük payı olan bilgisayar teknolojisi, bu açıdan bakıldığında 20. yüzyılın en önemli bileşenlerinden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu kadar yeniliği yaşamımıza sunan bilgisayar teknolojisinin yapıyı üreten farklı meslek gruplarının mesleki uygulamalarını etkilememesi olanaksızdır. Bilgisayar teknolojisi, tasarım sürecinin bütünleştirilmesi, sürece katılan tüm disiplin temsilcilerinin aynı dili konuşmaları ve bir veri tabanına çeşitli bilgilerin aktarılması ve iletilmesi sağlamada büyük görev üstlenmektedir. Bu teknoloji sayesinde disiplinler arası ilişkiler standartlaştırılarak hata olasılığı azaltılmaktadır.

Bu çalışmada bilgisayar teknolojisinin mesleki uygulama vb. sağladığı kazanımları ortaya koymak ve ayrıca yaşanan eksiklikleri ve nedenlerini araştırmak için bir anket çalışması düzenlenmiştir. Bu anket çalışmasında mimarlık ve mühendislik disiplinlerinden bilgisayar kullanıcıları ile görüşülmüş, bu teknolojinin getirdiği yenilikler ve yaşanan sorunlar birebir olarak öğrenilmeye çalışılmıştır.

2. MİMARİ PLANLAMA SÜRECİ VE BİLGİSAYARIN BU SÜREÇTEKİ YERİ

2.1. Mimari Planlama Süreci

Mimari planlama süreci, bir yapının üretilmesi sırasında gerekli olan verilerin toplanarak yöntemli bir şekilde bir araya getirilmesi ve bütünleştirilmesi ile, istenen amaca varmak için gerekli mühendislik-mimarlık etkinliklerinin yönlendirilmesi ve değerlendirilmesi sürecidir. Bina projesi süreci;

- Programlama
- Tasarlama
- Uygulama
- Kullanım

alt süreçlerinden oluşmaktadır. Bu alt süreçler arasında kesin sınırları çizmek zor olmasına karşın, amaçlar doğrultusunda, sıralı düzende birbirini tamamlayacak biçimde izleyerek planlamayı sonuçlandırır (1).

Bu alt süreçlerin gerçekleştirilmesinde farklı disiplinlerden oluşan tasarım ekibinin birlikte olması ve aralarındaki koordinasyonun sağlanması, disiplinler arasında uyumu sağlayacağı gibi ortaya konan ürünün kalitesini arttırması açısından da oldukça önemlidir.

Günümüzde bilgisayar teknolojisinin hızla ilerlemesi ve bu ilerlemenin hem günlük yaşam koşullarına hemde çeşitli meslek ve bilgi dallarına olan etkisi

küçümsenemeyecek boyutlara ulaşmıştır. Bir çok bilim dalında olduğu gibi mühendislik ve mimarlık alanlarında da bilgisayar teknolojisi söz sahibi olmaktadır. Tasarım sürecinin belli bir kısmında, farklı disiplinler tarafından yapılacak çizimlerin çoğunda, mühendislik alanlarında yapılan hesaplama işlemlerinde ve hazırlanan keşif, metraj, mahal listeleri ve detaylarda ve bunların çeşitli yöntemlerle iletilmesinde çok yoğun olarak kullanılmaktadır.

Bu çerçevede yazılımları, tasarım sürecinin yaratım, analiz, düzenleme, değiştirme ve optimizasyonu aşamalarında kullanılan bilgisayar yazılımları (CAD - Computer Aided Design) ve üretim sisteminde operasyonların planlanması, kontrolü ve yürütülmesinde, sistemin üretim kaynakları ile doğrudan ve dolaylı ilişkili olarak kullanılan bilgisayar yazılımları (CAM - Computer Aided Manufacturing) gibi iki ana başlık altında toplayabiliriz.

CAD sistemlerinin fonksiyonlarını dört ana grupta toplamak mümkündür:

- a. Geometrik Modelleme: Bu işlev, bir cismin geometrisinin bilgisayar uyumlu matematiksel tanımını yapabilme özelliğidir. Cisimler için iki ve üç boyutlu çerçeve modelleme ve daha da gelişmiş bir yöntem olan üç boyutlu katı cisim modellemesi en çok kullanılan modelleme yöntemleridir.
- b. Mühendislik Analizi: Tüm tasarım projelerinde çeşitli analizler yapılması gerekir. Bunlar sonlu elemanlar analizi, kütle özellikleri analizi, ısı transferi, gerilme-şekil değiştirme analizi, ağırlık, hacim, kütle merkezi hesaplamaları, dinamik analiz gibi çeşitli analizleri içerir.
- c. Mantıksal Tasarımın Denetlenmesi ve Değerlendirilmesi: Tasarımın doğruluğu ve hassasiyeti grafik ekranda denetlenebilir. Taslağı çeşitli şekillerde görmek, belli bir kısmını büyütme, otomatik boyutlandırma ve tolerans verme yöntemleri ile hataları ortadan kaldırmak mümkündür.
- d. Taslak ve Çizimlerin Otomatik Olarak Hazırlanması: Klasik anlamda CAD sistemlerinin en bilinen fonksiyonu olan bu işlem, ürün veya proje bilgilerinin saklı tutulduğu veri tabanından tasarım taslakları ve son çizimlerin basılı olarak alınmasıdır. Plan ve/veya projelerin çiziminin istenilen sayıda ve şekilde, döndürülerek, renklendirilerek, değişik açılardan otomatik olarak çizim birimlerinden alınması mümkün olmaktadır (2).

Bu sistemler tasarımın sentez, analiz ve dökümantasyonu için gerekli vakti kısaltır. Taslakların daha hızlı hazırlanmasını, hazırlanan taslakların saklanarak tekrar tekrar değiştirilebilmesini sağlar. Çizimlerde elle düzeltme işine gereksinimin ortadan kalkmasıyla insan gücü ve zamandan tasarruf sağlanır.

Bir CAD sistemi çok sayıda ve derinlemesine analizler yapılabilmesini mümkün kılar. Sistemin getirdiği hassasiyet ile tasarım hataları en aza indirilir.

Bu sistemlerin kullanımı ile çizimlerin kalitesi yükselir, yaratılan veri tabanının farklı disiplinler tarafından ortak kullanımı ile çizimlerde ve tasarımların dökümantasyonunda standardizasyon sağlanır. Çizimlerde hatalar azalır, daha açık anlaşılır ve okunur hale gelir.

Günümüzde CAD/CAM amaçlı olarak yazılmış olan programların sayısı oldukça fazladır. Bu programlardan mimarlık-mühendislik alanlarında en yaygın olarak kullanılanı AUTOCAD programıdır. Bu programın elektrik, tesisat, haritacılık, makina

mühendisliği için de özel modülleri vardır. Bu sayede çeşitli mühendislik birimleri ve mimarlık alanları arasında bütünleşik çalışma ve dosya transferi olanağı sağlamaktadır.

2.2. Tasarım Ekibi ve Koordinasyon

Her proje tasarımı ve uygulaması bir ekip çalışması gerektirir. Herhangi bir projenin tasarımında mimarla birlikte çalışan tüm gruplar bu ekibin bir parçasıdır. Tasarım ekibi adını verebileceğimiz ve esnek bir yapısı olan bu ekipte mimar ile birlikte teknik bilgileriyle katkıda bulunan, tasarımın uygulanabilmesi için gerekli hesaplamaları yaparak süreç içinde yeralan çeşitli mühendislik grupları (inşaat, makina, elektrik, vb.) bulunmaktadır. Projenin özelliğine göre tasarım ekibinde yeralan teknik elemanların meslek grupları değişebilmekte, daha özel çalışma alanlarından elemanlar da sürece katılmaktadırlar (3).

Tasarım ekibi içinde farklı grupların aynı sektörden olmaları nedeniyle birbirlerinin uzmanlık alanları hakkında gerek eğitimleri sırasında aldıkları gerekse pratikte edindikleri bilgileri olmasına karşın genelde birbirlerinin uzmanlık alanlarına girmemeleri meslek pratiğinin karakteristiklerindedir.

Tasarım sürecindeki tüm grupların ortak amacı süreç sonunda ortaya çıkan ürünün istenilen niteliklere ve karşılıklı memnuniyeti sağlayan özelliklere sahip olmasıdır. Bu da gruplar arası koordinasyonun iyi sağlanmasına, her grubun karşılıklı olarak birbirlerinin kapasitesini bilmesine ve sürecin kontrol mekanizmasının iyi çalışmasına bağlıdır.

Çalışılan proje konusunda başarılı olunabilmesi için ekip içindeki grupların akılcı bir şekilde düzenlenmesi ve karşılıklı beklentilerin açık bir şekilde ortaya konması sağlanmalıdır. Yani iletişim çok önemlidir. İletişimin sağlıklı olmadığı durumlarda çeşitli problemler yaşanmaktadır.

Bilgisayar kullanılan bürolarda koordinasyon, sistemden kaynaklanan bir yöntem olan dosya alış-verişi ile hızlı ve güvenilir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Eş zamanlı çözümler de koordinasyonda fazla tercih edilen yöntemlerdendir. Özellikle bilgisayar ağının tüm bürolar arasında kurulabileceği düşünüldüğünde eş zamanlı çözümlerin daha fazla rağbet göreceği açıkça ortadadır.

İnsanların toplum içinde yaşamaları nasıl onları birbirleriyle sürekli olarak ilişki içinde olmaya zorluyorsa bir yapıyı meydana getirirken, mimari planlama sürecinde beraber çalışması gereken farklı disiplinlerden bireylerinde sürekli ilişki içinde olmaları gerekir. Kurulan iletişimin kalitesi, ortaya çıkacak yapının da kalitesini arttıracaktır. Böylelikle tasarım sürecinin bütünleştirilmesi sağlanacak, doğabilecek hata oranı minimuma düşürülecektir (4).

3. MESLEKİ UYGULAMALARDA VE DİSİPLİNLER ARASI İLİŞKİLERDE BİLGİSAYAR TEKNOLOJİSİNİN YERİ

3.1. Anket Çalışması

Adana'da bilgisayar teknolojisiyle çalışan proje bürolarında bilgisayarların mesleki uygulamalara ve bir iletişim aracı olarak disiplinler arasındaki ilişkilere etkilerini incelemek amacıyla bir araştırma yapılmasına karar verilmiş ve konuyla ilgili olarak bilgisayar kullanan tasarım ekibi elemanlarının tecrübe ve görüşlerinin ortaya konabilmesi için bir anket çalışması düzenlenmiştir.

Yeterli bilgi alabilmek için, anketin yapılacağı kişilerin konuyla ilgili tecrübelerinin süresinin ve boyutunun önemli olduğu düşünülmüş, bu kişilerin tesbiti için bir ön çalışma yapılmıştır. Bunun için öncelikle her disiplinin kendine ait meslek odasına gidilmiş, buradaki yetkili kişilerin görüşleri alınarak bilgisayar teknolojisini kullanan bürolar tesbit edilmiş ve buna göre de anketin uygulanacağı bürolar seçilmiştir.

Anket çalışması 48 ayrı büroda, mimari planlama sürecinde birarada çalışması gereken farklı meslek gruplarından kişilerle çalışarak gerçekleştirilmiştir.

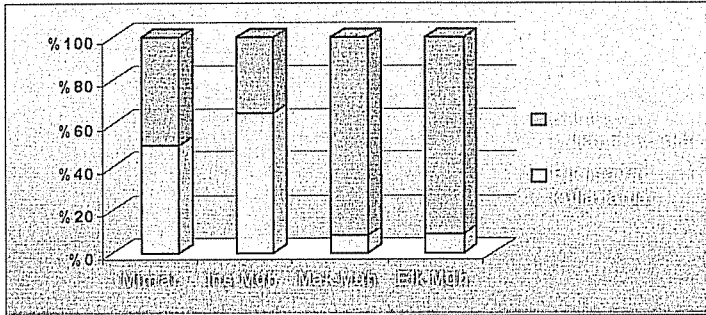
Anket çalışması için çoktan seçmeli, kapalı ve açık uçlu 17 soru hazırlandı. Bazı soruların cevaplarında anket çalışmasına katılan kişilere birden fazla seçenek işaretleme olanağı verildi.

Anket sonuçları Microsoft Visual Fox Pro veri tabanı programına aktarılmış ve bu program aracılığıyla değerlendirmeler yapılmış, alınan rakamsal veriler grafikler şeklinde ifade edilmiştir.

3.2. Anket Çalışmasının Sonuçları

Yapılan anket çalışmasını oluşturan sorulardan bazıları ve ankete katılan çeşitli disiplinlerden kişilerin bu sorulara verdiği yanıtlar aşağıda grafik ifadelerle sunulmuştur.

İnşaat, makina, elektrik mühendisleri meslek odaları ve mimarlar odası ile yapılan öngörüşmelerde bilgisayar teknolojisinin en çok inşaat mühendisleri tarafından kullanıldığı görülmüştür. İnşaat mühendislerini sırasıyla mimarlar, elektrik mühendisleri ve makina mühendisleri izlemektedir (Şekil 1). Bu sıralamanın oluşmasında piyasada yaygın olarak kullanılan mesleki bilgisayar programlarının etkisinin büyük olduğu düşünülmektedir.



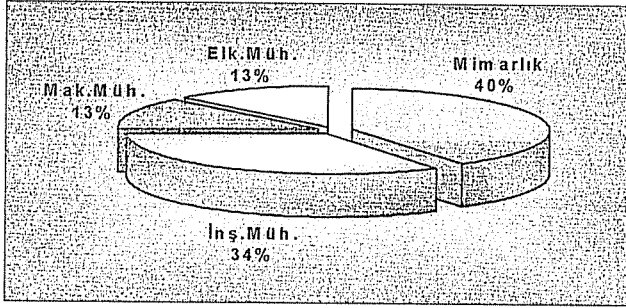
Şekil 1. Mesleki uygulamalarında bilgisayar teknolojisinden yararlanan tasarım ekibi elemanları

Ankete katılan 48 büronun meslek gruplarına göre yüzdelik dağılımı Şekil 2'de verilmiştir.

Soru 1. Çalışma ortamınızda mühendislik-mimarlık hizmetlerini gerçekleştirme anlamında bilgisayarlardan aşağıda verilen alanlardan hangilerinde yararlanıyorsunuz?

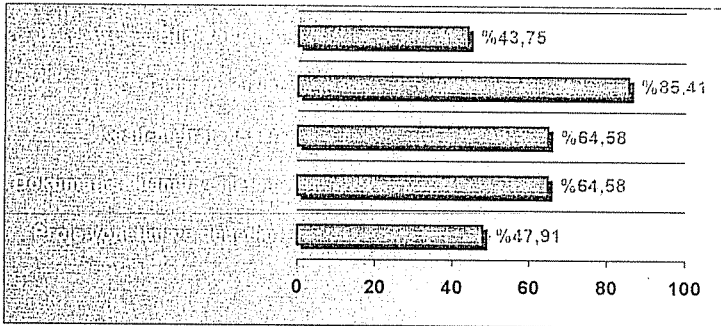
a. Bilgi toplama hizmetleri

- b. Tasarım, çizim
- c. Keşif-metraj ve çeşitli hesap işleri
- d. Döküman saklama ve iletme
- e. Proje yönetimi ve denetimi



Şekil 2. Ankete katılan farklı disiplinler

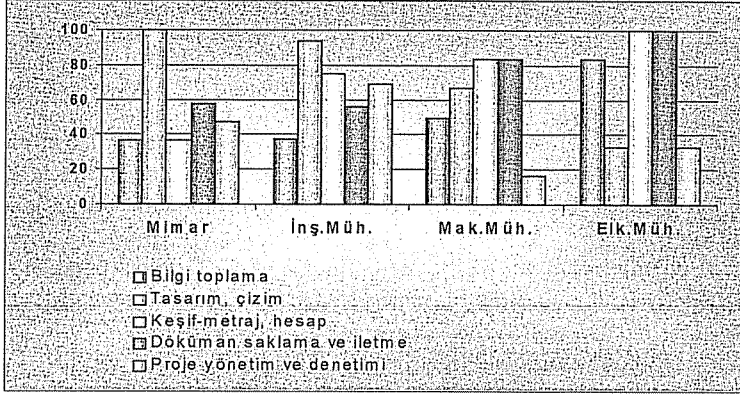
Meslek grupları gözönüne alınmadan değerlendirme yapıldığında, bilgisayar kullanım alanlarının başında tasarım ve çizime yönelik çalışmaların geldiği anlaşılmıştır. Bu alanlarda bilgisayarın işgücü ve zamandan tasarruf sağlaması ayrıca çizim alanında büyük kolaylıklar getirmesi bilgisayarla çalışmanın çok tercih edilmesini sağlamaktadır. Bilgisayar kullanım alanlarının genel dağılımı Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. Bilgisayar kullanım alanlarının genel dağılımı

Konu meslek grupları bazında ele alındığında ise mimar ve inşaat mühendislerinin bilgisayar kullanım alanlarının paralellik gösterdiği görülmüştür. Bilgisayar kullanım alanlarının farklı disiplinlere göre dağılımı Şekil 4'te verilmiştir. Grafik incelendiğinde makina ve elektrik mühendisleri açısından durumun farklı olduğu, her iki meslek grubunun daha çok keşif-metraj, hesap işleri ve döküman saklama, iletme konularında ve bilgisayarları genel anlamda her kullanıcıya sunabilecekleri imkanlar doğrultusunda kullandıkları tesbit edilmiştir. Bu konu irdelenince, her iki disiplinin mesleki

problemlerine yönelik sorunların çözümlerine uygun yazılımların yeterli olmadıkları sonucuna ulaşmıştır.

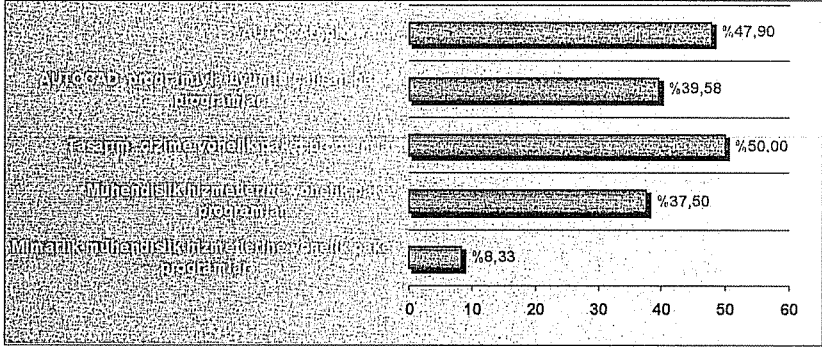


Şekil 4. Bilgisayar kullanım alanlarının farklı disiplinlere göre dağılımı

Soru 2. Kullandığımız paket programlar aşağıdaki gruplardan hangisine girmektedir?

- AutoCAD
- AutoCAD ile uyumlu çalışan paket programlar
- Tasarım, çizime yönelik paket programlar
- Mühendislik hizmetlerine yönelik paket programlar (proje yönetimi ve denetimi ile ilgili prgramlar)
- Mimarlık-mühendislik hizmetlerinin hepsine yanıt veren paket programlar

Tasarım ekibi elemanlarına kullandıkları bilgisayar programının çeşidi ile ilgili bu soru yöneltildiğinde, problemlerin çözümüne yönelik birden fazla programdan yararlandıkları anlaşılmıştır. Kullanılan bilgisayar programlarının genel dağılımı Şekil 5'te görülmektedir. AutoCAD paket programı da tasarım ve çizime yönelik bir programdır fakat yaygın kullanım alanı nedeniyle ayrı bir program dalı gibi ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlar kullanılan paket programların yetersiz kaldığını ya da mevcut programlar hakkında kullanıcıların yeterli bilgi sahibi olmadığını göstermektedir.

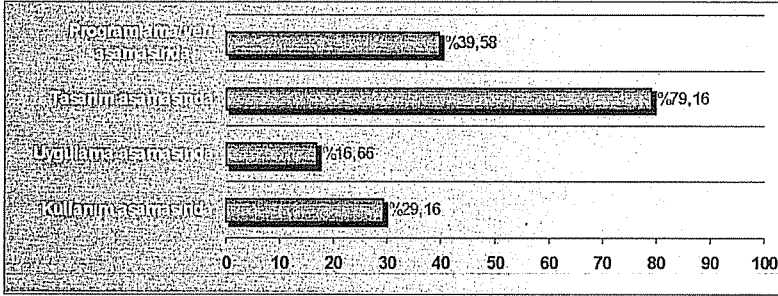


Şekil 5. Kullanılan bilgisayar programlarının genel dağılımı

Soru 3. Mühendislik-mimarlık hizmetlerinizin aşamalarının hangisinde bilgisayar kullanımı nedeniyle değişiklikler oldu?

- Programlama, veri aşamasında
- Tasarım aşamasında
- Uygulama, yapım aşamasında
- Kullanım aşamasında

Tasarım ekibi elemanlarından alınan yanıtlar incelendiğinde birden fazla aşamada değişiklikler yaşandığı tesbit edilmiştir (Şekil 6).

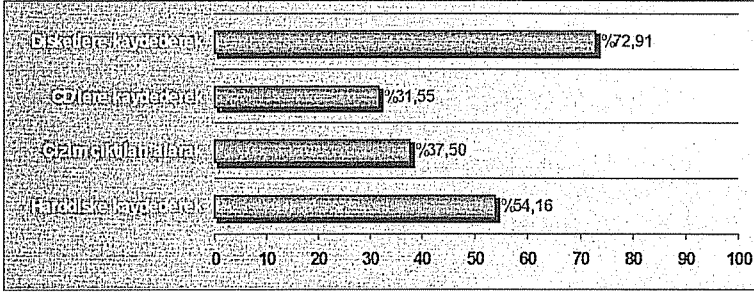


Şekil 6. Bilgisayar kullanımının etkilerinin genel dağılımı

Soru 4. Ürettiğiniz veya uyguladığınız projelerin revizyon, uygulama ve diğer mühendislik birimleriyle ortak kullanımı amacına yönelik veri toplama ve arşivleme yönteminiz nedir?

- Disketlere kaydederek saklama
- CD'lere kaydederek saklama
- Çizim çıktıları ile saklama
- Bilgisayarın hafızasında saklama
- Diğerleri

Kullanıcıların bu soruya verdiği yanıtlar incelendiğinde, bilgilerin, cd ve disketlere kaydedilerek saklanması yanında, geleneksel çalışma sisteminin bir yolu olan aydınlar ile çizimleri saklama yönteminin benzeri olarak ifade edebileceğimiz çiziciden çıktı alarak projeleri arşivleme yönteminin de kullanılmakta olduğu tesbit edilmiştir. Bu konularda bilgisayar kullanıcıları tasarım ekibi elemanlarının bir güvensizlik yaşadıkları anlaşılmıştır. Bu güvensizliğin ise teknolojinin yeterli derecede öğrenilmemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 7).

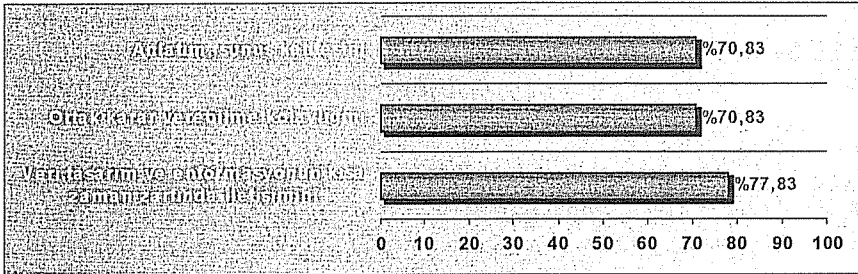


Şekil 7. Mesleki uygulamalarda veri toplama/arşivleme yöntemi

Soru 5. Proje üretimi, uygulaması ve organizasyonunda mühendislik birimleri arasında iletişim kavramı sizce neleri içine alır?

- Anlatım sunuş kalitesini
- Ortak karar verebilme kolaylığını
- Veri, tasarım ve enformasyonun kısa zaman içerisinde iletimini

İletişim, bilgi, düşünce ve tutumların ortak semboller aracılığıyla kişiler veya gruplar arasında değiş tokuş edildiği bir süreçtir. Tasarım ekibi elemanları verdikleri yanıtlarda ortak çalışılan yapı üzerinde birlikte karar verebilmek, yapılan çalışmaların birbirlerine en doğru haliyle ve en önemlisi de en kısa zaman içerisinde aktarabilmek istediklerini belirtmişlerdir. Geleneksel sistemde iletişimin bu boyutlarda yaşanmasının zor olduğu ve bu konularda bilgisayarın çözüm olabileceği düşünülmektedir (Şekil 8).



Şekil 8. Bilgisayar kullanımının mühendislik birimleri arası iletişim kalitesine etkileri

Soru 6. Tasarım, yapım ve denetim çalışmalarınızda, farklı disiplinler arasındaki iletişim aksaklığı sizce nelere sebep olabilir?

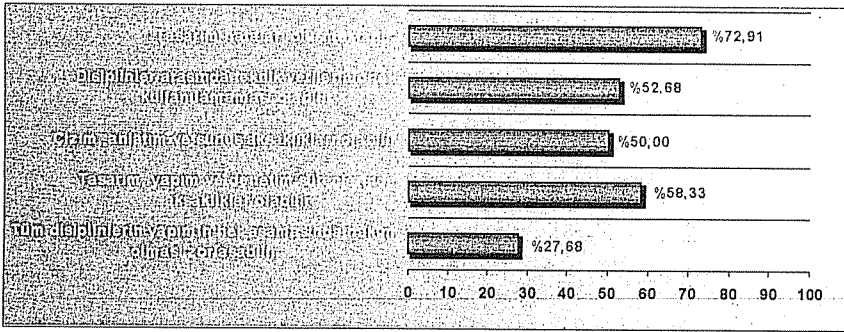
- Tasarım sürecinde birlikte kararlar alınmadığı için tasarım hataları oluşması

- b. Disiplinler arasında teknik verilerin ortak kullanılmaması
- c. Çizim, anlatım ve sunuş aksaklıkları
- d. Yapım ve denetim süreçlerinde aksaklıklar oluşması
- e. Diğer disiplinlerin yapı aşamalarına hakim olmanın zorlaşması

Mimari planlama sürecinde değişen ve gelişen teknolojik koşullar farklı meslek gruplarından elemanların beraber çalışmasını zorunlu kılmıştır. Böylece çeşitli kişi veya grupların proje yapım sürecinde karşılıklı etkileşimi sağlayacak şekilde, birbirlerine sürekli bilgi iletmeleri zorunlu olmuştur. Gidiş geliş şeklinde olan bu bilgi akışının koordineli bir biçimde gerçekleştirilmesi yapının geleceği bakımından çok önemlidir. Bu şekilde yapılmayan iletişim sonucunda ileride önüne geçilmesi zor olan çeşitli aksaklıklar meydana gelmektedir. Bu aksaklıkların neler olabileceği sorusuna anket katılımcılarının verdiği yanıtlar Şekil 9’da görülmektedir.

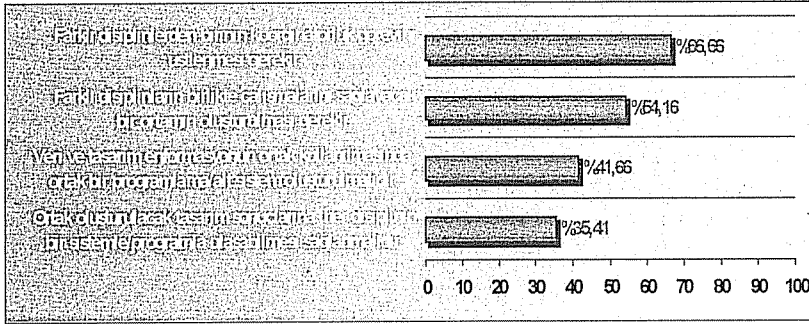
Soru 7. İletişimden kaynaklanan aksaklıkların giderilmesi için sizce aşağıdakilerden hangileri uygulanmalıdır?

- a. Farklı disiplinlerden birinin koordinasyonu sağlamak amacıyla, koordinatörlük görevini üstlenmesi
- b. Farklı disiplinlerin birlikte çalışmalarını sağlayacak bir ortamın oluşturulması
- c. Veri ve tasarım enformasyonunun ortak kullanılmasında ağ sistemleri oluşturulması
- d. Ortak oluşturulacak tasarım sonuçlarına her disiplinin bir programla (ortak bir dille) ulaşabilmesinin sağlanması



Şekil 9. Farklı disiplinler arası iletişim aksaklıklarının, tasarım, yapım ve denetim aşamalarına etkileri

Aksaklıkların önüne geçilmesini sağlamak amacıyla uygulanması gereken tedbirlerin neler olabileceği sorusuna yanıt olarak anket katılımcıları çoğunlukla bir koordinatörün varlığının çözüm olabileceği konusunda fikir birliği içindedirler. Katılımcıların bu soruya verdikleri cevaplardan tüm disiplinler arası ortak çalışmayı sağlayacak bir koordinatör disiplinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Koordinatörlük için tüm disiplinlerle ortak çalışma gerekliliği içinde bulunan mimarlık disiplininin oldukça uygun olduğu düşünülmektedir. Ayrıca birlikte çalışmayı sağlayacak bir ortamın geliştirilmesi gerekliliği de katılımcıların fikir birliği içinde oldukları diğer bir seçenektir. İletişimden kaynaklanan aksaklıkların giderilmesine yönelik genel öneriler Şekil 10’da görülmektedir.



Şekil 10. İletişimden kaynaklanan problemlerin çözümüne yönelik öneriler

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, bilgisayar kullanımının giderek yaygınlaştığı ve zorunlu hale geldiği günümüzde bu teknolojinin yapı üretiminde tasarım ekibi elemanlarınınca kullanımının mesleki uygulamalara etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda mimari planlama sürecinde beraber çalışması gereken farklı disiplinlerle bir anket çalışması yapılmış ve elde edilen veriler literatür bilgileri ışığında yorumlanmıştır.

Tasarım ekibi elemanlarının bilgisayar kullanımıyla mesleki uygulamalarında birçok kazanımlar sağladıkları, bu kazanımların başında hız-zaman ve işgücü kazanımının geldiği anlaşılmaktadır. Bilgisayar teknolojisinin bürolara girmesiyle teknik personel sayısında azaltılmalarına gidildiği ve daha çok eğitilmiş elemanların tercih edildiği görülmüştür. Ayrıca bu bürolarda kullanılan ekipmanlar da değişmiş, rapido, eskiz kağıdı ve cetvellerin yerini klavye, mouse ve ekran almıştır.

Bilgisayar teknolojisinde en çok kullanılan arşivleme yönteminin disketlere kaydederek saklama olduğu görülmüştür. Ancak hala aydıngeçirilere çıktılar alarak arşivleme yapan büroların sayısının oldukça fazla olduğu, bununda bilgisayar teknolojisine olan güvensizlikten ve ayrıca farklı disiplinler arasında ortak kullanım sağlayan bilgisayar programlarının yetersizliğinden ve mevcut olanlarında kullanıcılar tarafından yeterince bilinmemesinden kaynaklandığı anlaşılmıştır.

Meslek grupları gözönüne alınmadan tasarım ekibi elemanlarının kullandığı programlar değerlendirildiğinde, yüksek oranda ortak kullanım özelliğine sahip programın autoCAD olduğu anlaşılmıştır. Alınan yanıtlardan, bu programın ortak kullanıma uygun olması ve ayrıca tüm disiplinlere kullanım kolaylığı sağlaması nedenlerinden ötürü yaygın olarak kullanıldığı sonucuna varılmıştır.

Meslek grupları gözönüne alındığında, inşaat mühendislerinin mesleki uygulamalara yönelik paket programların yanında tasarım ve çizime yönelik paket programlara ihtiyaç duymalarından bu konuda eksikler olduğu, makina ve elektrik mühendislerinin mesleki uygulamalarına yönelik programların çok az, var olanlarında yetersiz olduğu anlaşılmıştır.

Tasarım ekibi elemanları arasında iletişim koordineli bir şekilde gerçekleştirilmediğinde, projelerde tasarım hataları oluşmakta, yapım ve denetim

süreçlerinde aksaklıklar olmakta ve disiplinler arasında teknik verilerin ortak kullanılmaması gibi daha büyük sorunlara sebep olabilecek durumlar yaşanmaktadır. İletişim aksaklıklarının giderilmesi için, mimarlık ve mühendislik birimleri arasında iyi bir iletişim ağı kurulması gerektiği, ayrıca her disiplin kendisine ait meslek odasıyla ve yerel yönetimlerle de iletişim içinde bulunması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Farklı disiplinlerin beraber çalışmalarını sağlayacak koşulların oluşturulması sağlanmalıdır. Bu da oluşturulacak bir ağ sistemi ile mümkün olabilir. Bu ağ sisteminin verimli olarak çalışabilmesi için tüm disiplinlerin mesleki uygulamalarına hizmet verebilecek bir yazılım kullanılması gerektiği açıkça görülmektedir.

Ayrıca bilgisayar teknolojisi hakkındaki bilinç artırılmalı, teknolojinin sunduğu her türlü iletişim yöntemleri araştırılmalı ve bunlardan koordinasyon amaçlı yararlanılmalıdır. Bunun içinde kullanıcıların gerekli eğitimi almaları sağlanmalıdır.

5. KAYNAKLAR

1. Arcan,E.F., Evcı,F., "Mimari Tasarıma Yaklaşım", Mart Matbaacılık Sanatları Tic. Ve San. Ltd. Şti., 199s, İstanbul, 1999.
2. Keskinel,F., "CAD/CAM Sistemlerine Genel Bir Bakış", Mimarlık Dergisi, 85/9, 18-21, 1985.
3. Ökmen,M.A., "Tasarım Sürecinde Mimar Müşteri İlişkilerinin İncelenmesi: Türkiye Örneği", İTÜ, Yüksek Lisans Tezi, 96s, İstanbul, 1996.
4. Fundukoğlu,T.S., "Yaşasın, Mimarlık Amaçlı Workstation Kullanımı Ülkemizde", Tasarım Dergisi, Kasım/Aralık, 95-96, 1990.

GELENEKSEL MERSİN EVLERİNİN BİÇİMSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Erkin ERTEN ve S. Seren AKAVCI

Ç.Ü., Mimarlık Bölümü, Adana / Türkiye

Tülin ARSLAN

Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana / Türkiye

ÖZET : Geçmişte birçok uygarlığın birlikte yaşadığı, değişik gelenek ve inançların kaynaştığı Mersin'de; malzeme olanakları ve toplum yapısı ile kendine özgü niteliklere sahip bir konut mimarisi gelişmiştir. Konutlar konumları, işlevleri ve mimari özellikleriyle bir toplumun tarihine, kültürüne ve sosyo-ekonomik yapısına ışık tutar. Mersin'in zengin bir kültürel mirasa sahip olması ve Mersin evlerinin tülkemiz konut mimarisinde önemli bir yeri olması, sağlıklı bir koruma politikasının izlenmesini gerektirir. Bu çalışmada; Mersin evlerinin özellikleri incelenerek, konutların biçimlenmesini sağlayan etmenler belirlenmektedir.

FORM FEATURE ANALYSIS OF TRADITIONAL MERSİN HOUSES

ABSTRACT : In Mersin where a lot civilizations had lived and various traditions and beliefs had melted together, a form of authentic architecture has been developed in terms of the structure of the society and available substances for them. Houses reveals information about the history, culture, socio-economic structure of a society by means of their architecture, functions and positions. For that reason, traditional houses in Mersin has significant role in Turkish architecture require a healthy protection policy. In this study, we aimed at describing the features of traditional Mersin houses and the factors which have impact on their formation.

1. GİRİŞ

Bugünkü fiziksel çevrede kimliksizleşme, tekdüzeleşme ve yozlaşma, toplumsal bilincin derinliklerinde kök salmakta olan bir kültürel yabancılaşmanın olduğunu göstermektedir. Hızla yok olan tarihsel çevre ve onun yerini alan inanılmaz bir duyarsızlık örneği çok katlı yapılaşmalar, gecekondular ya da kent içi yoğunlaşmaya alternatif olarak önerilen, yaşamsal zenginlikten yoksun toplu konut yerleşmeleri sorununun, Türk kentlerinin bugünkü biçimlerine nasıl yansıdığını göstermektedir.

19. yüzyılın ikinci yarısından sonra bir kıyı kenti olarak ortaya çıkan Mersin; Tanzimat Devri sonrasında devletin gerekli gördüğü yeni örgütlenme ve yapılanmanın bir ürünüdür. Farklı bir toplumsal yapının ve farklı sosyo-ekonomik koşulların egemen olduğu Mersin evleri kentin karma ve zengin kültürel yapısı ile bütünleşmiştir. Bunun etkisini kent dokusunda ve konut mimarisinde görmek mümkündür.

Günümüz yapılaşmalarının birçoğu estetik ve kültürel değerlerden yoksun, mekan ve onu oluşturan kabuğu, bölgesel iklimi, topoğrafyayı gözardı eden, doğaya ve çevreye saygısı olmayan örneklerden oluşmaktadır. Bundan dolayı Geleneksel Mersin konutlarının mekansal, estetik ve çevresel açılarından analizlerinin yapılması ile elde edilecek sonuçların, bugün yapılacak konutlarda kullanılabilmesi önem taşımaktadır.

Bu amaçla, bu çalışmada geleneksel konutların biçimlenme ilkelerine değinilerek, bu kapsamda konutların plan ve cephe oluşumlarına, yerleşim özelliklerine veri teşkil edecek ön bilgilerin tespiti yapılmıştır. Alan çalışmasına dahil edilen bölgeden seçilen örnekler üzerinde yapılacak analiz işlemi ve bunların değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Mersin ilinde günümüze kadar varlığını sürdürmüş geleneksel Mersin evlerinin olumlu değerlerinin saptanarak yorumlanması, sağlıklı bir yapılaşma için büyük bir önem taşımaktadır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

Mersin'in kent hakkında bilgilerin elde edilmesi için kitaplar, tezler, makaleler araştırılarak ilgili yayınlara ulaşılmaya çalışılmış, ayrıca yöre insanı ve ilgili mimarlardan da yararlanılmıştır. Mersin'de yer alan geleneksel konutlarının tespit edilmesinde, Adana Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu tarafından sınırları belirlenmiş olan tarihi kent dokusunda yer alan konutlardan yararlanılmıştır. Geleneksel dokudaki konutların özelliklerini yorumlamayı amaçlayan tezlerden ve ülke genelinde yapılan ilgili çalışmalardan da yararlanılmıştır.

2.2. Metod

Mersin kenti geleneksel konutlarının incelenmesinde genellikle görsel ağırlıklı bir metod uygulanmıştır. Tarihi doku içerisinde, özgün niteliklerini en iyi koruyabilmiş konutların yoğun olarak bulunduğu bölgede bir çalışma alanı tespit edilmiştir. Bu alanın oluşumu, geçirdiği süreçler görsel analizle, tarihi belgelerle açıklanmıştır.

2.2.1. Çalışma Alanı Hakkında Genel Bilgi

Geleneksel konutların yoğun olarak bulunduğu çalışma alanı; kentin lineer yapısı içerisinde doğu-batı istikametinde çok önemli iki ana ulaşım aksı olan İsmet İnönü Bulvarı ve İstiklal Caddesi arasında kalmakta olup, batı sınırını ise güney-kuzey

istikametinde yine çok önemli bir ulaşım aksı olan Hastane Caddesi oluşturmaktadır. Kentsel sit alanı doğuda kentin ana girişi olan Kurtuluş Meydanına kadar uzanmaktadır. Bu alan, Mersin kentinin tam olarak merkezini oluşturmaktadır. Halen, tümüyle ticaret ve yönetim merkezi olarak kullanılmaktadır.

Sit alanı Mersin kent içi trafiğinin en yoğun olduğu kesimdir. Kentin tek ticaret ve yönetim merkezi olması nedeniyle, kitle ulaşım araçlarının tümü ve özel araçların büyük bir bölümü bu bölgeyi kullanmaktadır. Ayrıca kentin doğusundaki sanayi ve konut dışı kentsel çalışma alanlarını, batıdaki konut alanlarına taşıyan ana ulaşım aksları da sit alanı içerisinde kalmakta ve trafik yükünü arttırmaktadır. Ticari merkezin yoğun kendi iç trafiği de eklenince, özellikle gün içinde trafik yükü daha da artmaktadır. Sit alanındaki en büyük sorunlardan biri de otopark sorunudur.

Sit alanı içerisinde konutlar dışında sayıları az olmakla birlikte heykel, çeşme, hamam, cami vb. anıtsal yapı örnekleri de yer almaktadır. Ancak büyük bir çoğunluğu özgün niteliklerini yitirmiştir.

Tescilli sivil mimarlık örnekleri kentsel doku içinde dağılmış bir durumdadır. Büyük çoğunluğunun 19. yy sonu yada 20. yy başında yapıldığı tahmin edilmektedir. Bu örneklerin kamu mülkiyetinde olanları özgün niteliklerini koruyabilmiş bir durumda olup, bazıları restore edilmiştir. Ancak özel mülkiyette olanların önemli bir bölümü ya tahrip edilmiş ya da yıkılmaya terk edilmiş durumdadır. Bunlar karakteristik özelliklerini tümüyle yitirmişlerdir (1).

3. MERSİN KENTİ

Mersin, Akdeniz Bölgesi'nde Çukurova Alt Bölgesi'nin batı kesiminde yer alan İçel İli'nin merkez ilçesidir. Çukurova'nın en eski yerleşim merkezlerinden Yunuktepe yakınlarında yer alan Mersin; Akdeniz'in en büyük limanına sahip olması, serbest bölgenin varlığı ve iklimsel özellikleri nedeniyle yerleşim bölgesi olarak tercih edilen bir kent olmuştur.

Ch. Texier, " Küçük Asya " adlı eserinde Mersin'in Eskiçağdaki Zephyrium şehrinin yerinde kurulduğunu ve bu köyün 1836'da Tarsus'un iskelesi durumuna geldiğini yazar. Adana – Mersin demiryolunun 1886'da işlemeye başlamasıyla Mersin iskelesinin önemi artmıştır. Zamanla gelişen pamuk üretimi yüzünden Mersin, Avrupalı tüccarların ve konsolosların yerleştiği bir şehir olmuştur (2).

I. Dünya savaşından sonra 17 Aralık 1918 de Fransızlar tarafından işgal edilen Mersin, 1921 de işgal kuvvetlerince boşaltılmıştır. Önceleri Adana ilinin Tarsus ilçesi sınırları içerisinde bir bucak olmuş, 1864 de Tarsus'tan ayrılarak üç bucaklı bir ilçe durumuna getirilmiştir. 1888 de sancak merkezi Cumhuriyet döneminde önce il, sonrada eskiden merkezi Silifke olan İçel İli'nin merkezi olmuştur .

Mersin, bir kıyı kenti olarak 19. yüzyılım ikinci yarısında ortaya çıkmıştır. Kent, tanzimat sonrasında devletin gerekli gördüğü yeni örgütlenme ve yapılanma modelinin bir ürünüdür. Tanzimat Dönemi'nde Avrupa ile yapılan ticaret anlaşmaları, yabancı uyruklulara ve azınlıklara tanınan ticaret ve mülkiyet hakları, geliştirilen ulaşım ağı bir çok Osmanlı yerleşim alanının yapısını değiştirmiş ve yeni kentler yaratmıştır. Daha önce kaynaklarda adı bile geçmeyen Mersin bu değişimin ve yeni koşulların oluşturduğu bir kıyı kenti olarak ortaya çıkmıştır (1).

Mersin'in kurtuluş yılları ve sonrasında gelişimi, ekonomik ve sosyal durumu hakkında Yunan dilinde yazılmış bir kitaba göre: "Mersin 1841 yılında birkaç kerpiç balıkçı ve köylü evlerinden ibaret bir yer" olduğu belirtildikten sonra ilk sakinlerinin Kapadokya'dan gelen Rumlar olduğunu iddia edilmiştir (3).

Esas yerleşim ticaret yaşamının gerçekleştiği Camişerif Mahallesi'dedir ve bu yerleşim batıya ve kuzeye doğru yönelen mahallelerle genişletilmiştir. Mersin'in en eski caddeleri; bugünkü Uray Caddesinin bulunduğu yer olan istasyon ve hükümet caddeleridir.

1903 tarihli Adana Vilayet Salnamesi'nde Mersin'de altı mahallenin mevcut olduğu yazmaktadır. Bunlar: Kiremithane, Hamidiye, Mesudiye, Mahmudiye, Camişerif ve İhsaniye mahalleleridir. En eski bu altı mahalleye zamanla Nusratiye, Yeni Mahalle, Bahçe gibi mahalleler eklenmiş, daha sonra şehrin kuzeyindeki Hıristiyan köyü Rumların burayı boşaltmasından sonra Osmanîye olarak Mersin'e katılmış, yine şehirden ayrı olan Yeni Köy de şehrin bir mahallesi olmuştur. Daha sonra Karaduvar ve Çavuşlu birer köy iken, şehir hudutları içerisine alınarak mahalle halini almışlardır (3).

Mersin'in ilk imar planı çalışması 1932 yılında Avusturyalı kent uzmanı Prof. Jansen tarafından yapılmıştır. 1960 yılında İller Bankası tarafından yapılmış olan imar planı yenilenerek ancak 1981 yılında elde edilebilmiştir. Şehirde korumaya yönelik ilk çalışmalar, 1974 yılında Mimar Şevki Vanlı tarafından başlatılmış ve sit alanları saptanmıştır. 1992 yılında Belediye tarafından İstanbul Teknik Üniversitesi'ne ihalesi yapılan Koruma Amaçlı İmar Planı, kentin ilk koruma planıdır.

Kentin fiziksel yapısını belirleyen en önemli etken deniz ve liman olmuştur. Deniz kıyısında Alman İskelesinden başka, Belediye iskelesi, Taş İskele ve Gümrük İskelesi bulunuyordu. Sanayi yatırımlarının kentin doğusuna doğru gelişmesi, denizinde çekiciliği ile batıya doğru lineer bir kent formu oluşturan şehir, kuzey-güney istikametinde yalnızca birkaç kilometre uzanır.

Mersin 1960 yılında limanın hizmete girmesiyle birlikte çok canlı bir ticaret merkezi haline gelmiştir. Mersin'e Osmanlı İmparatorluğu'nun çeşitli yerlerinden göç olmuştur. Örneğin Suriye'nin Lazkiye kentinden gelenler, Lübnan'daki Dürzi-Maruni çatışmasından kaçanlar, adalardan gelen Rumlar, Kıbrıs'tan, Anadolu'dan gelen Rum, Müslüman ve Ermeni nüfus ve Mısır'dan gelenler, XIX. yüzyıl sonunda Mersin halkını oluşturmaktaydı (4).

1893 yılında Mersin'de oniki ülkenin konsoloslukları bulunmakta idi. Bunlar; Fransa, İngiltere, Rusya, İtalya, İspanya, Lübnan, Amerika, Hollanda, Danimarka, Portekiz, Norveç ve Avusturya idi (3).

Mersin'in ekonomik yapısını belirleyen en önemli kaynak, uzun yıllar boyunca tarımsal üretim olmuştur. 1960 yılından itibaren limanın hizmete girmesiyle Mersin, çok canlı bir ticaret merkezi haline gelmiştir. Yine aynı yıllarda Çukurova yöresinde başlayan sanayileşme hareketinin etkisiyle bazı büyük sanayi kuruluşları Mersin'de yer seçmiş ve kent giderek sanayiye dönük bir yerleşim birimi görüntüsü vermeye başlamıştır. 1980 yılından sonra Serbest Bölge'nin faaliyete geçmesi ve Orta Doğu Ülkeleri ile ticaretin canlanması sonucu Mersin bir transit ticari merkez haline gelmiştir. Kent ithalat, ihracat, uluslararası taşımacılık, sigortacılık konularında uzmanlaşmıştır. Bunun sonucunda hızla ve kontrolsüz bir biçimde artan nüfus beraberinde gecekondulaşmayı ve tarım alanlarının önce tahrip edilmesini daha sonra da tümüyle

yok edilmesinin getirmiştir. Bunun yanısıra son birkaç yıldır Orta Doğu ülkeleri ile olan ticaretin hemen hemen durması ve yeni sanayi yatırımları yapılmaması sonucu Mersin kenti giderek ülke ekonomisi içerisindeki önemini yitirmeye başlamıştır.

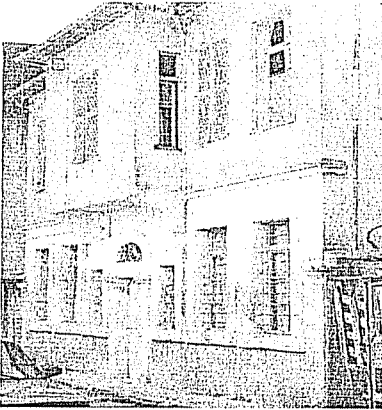
4. GELENEKSEL MERSİN KONUTLARININ BİÇİMLENMESİ

Mersin geleneksel konut mimarisi, Çukurova Bölgesi'nde yaşamış olan Osmanlı, Arap, Rum ve Ermeni mimari kültürleri ile nemli güney ikliminin gerektirdiği fonksiyonların birleşmesiyle meydana gelmiştir.

19. yüzyıl sonu ile 20. yüzyıl başında yapılmış olan Geleneksel Mersin evlerinin karakteristik özellikleri vardır. Geleneksel konutların çoğunluğu iki katlı olup, taştan yapılmıştır. Bunun yanısıra bir veya üç katlı(çatı katı) evler de görülmektedir. Bu simetrik cepheli taş evlerde neoklasik mimarinin izlerini de görmek mümkündür. Tarım ve ticarete dayalı olan yerel ekonomi, konut mimarisinin gelişmesinde etkili olmuştur. Konutların zemin katında bulunan dükkan veya depo, cephelerde farklı bir mimari oluşumuna neden olmuştur. Sokak cephesinde bulunan konut girişleri farklı biçimleriyle, evleri yaptıran kişilerin beğeni ve zevkini yansıtmaktadır. Havanın sıcaklığı ve nem durumu göz önüne alınarak, denizden dağ eteklerine doğru uzanan sokakların iki yanında bahçeli, bir veya iki katlı evler bulunmaktadır.

4.1. Geleneksel Mersin Konutlarında Mekan Kullanımı ve Plan Tipleri

Mersin evleri iç ve dış sofalı evlerin farklı varyasyonları olarak inşa edilmişlerdir. Konutların plan tipleri, sofaların yapı içindeki konumuna göre isimlendirilmişlerdir.



Şekil 1. 2. Geleneksel Mersin konutlarından görünüşler

4.1.1. Katların Kullanım Biçimleri

Genellikle iki katlı olan Mersin evlerinde, katlar arasında bağlantı yoktur. Her iki katta ayrı ailelerin oturduğu konutların plan tipleri aynıdır. Bazı konutların zemin katı depo ya da ticarethane olarak yapılmıştır. Bu tip yapıların zemin kat yüksekliği, üst kattaki konuta göre daha yüksek tutulmuştur. Giriş katları zeminden biraz yükseltilerek bodrum katlar elde edilmiş konutlar da görülmektedir. Bodrum kat ile zemin kat

arasında bağlantı bulunmamaktadır. Bu tip konutlarda, iki kollu simetrik merdivenlerle ulaşılan görkemli girişlerin oluşturulduğu görülmektedir.

4.1.2. Mekan Kullanımı

Mersin'de, Geleneksel Osmanlı konutlarındaki plan şemalarının yöreye ve döneme uygun çeşitlemeleri uygulanmıştır. Geleneksel Osmanlı ev planını belirleyen öge sofadır. Odaların açıldığı sofanın biçimi ve konumu plan tipini tanımlamıştır. İç sofalı ve dış sofalı diye en geniş anlamıyla ayrılan plan tipleri yüzyıllar içinde birçok yörede birlikte kullanılmıştır.

Mersin Geleneksel konutları, avlulu ve avlusuz olarak ayrıldığında, mekansal özellikleri de farklılık göstermektedir. Avlusuz olan konutların zemin katlarında, sokaktan eve girişte iç sofaya varılmaktadır. Avlulu olan konutlarda ise , önce bahçeye, bahçeden sofaya varılmaktadır.

Genelde giriş ve üst kat düzenine sahip olan geleneksel konutların zemin(giriş) katlarının mekan kullanımı incelendiğinde; depo, ahır, işyeri ya da konut olarak düzenlendiğini görmekteyiz (Şekil 3). İşyeri ya da depo olarak yapılmış olan mekanlar geniş tutulmuş olup yüksekliği fazladır. Sokak cephesinde bulunan kapı ve pencere genişlikleri çok büyüktür.



Şekil 3. Zemin katı depo-işyeri olan konut

4.1.3. Plan Tipleri

Mersin'de bugün varlığını sürdüren geleneksel konutların zemin ve üst kat planları; konutların konumlanmasına göre; iç ve dış sofalı olarak yapılmışlardır. Plan tipleri, evleri kullananların gereksinimlerine ve mesleklerine göre biçimlenmişlerdir. Başlangıçta; oda sıralarını birbirine bağlamak amacı ile kullanılan sofalar, zamanla Türk Evi plan şemasının ana ögesi olan sofa durumuna dönüşmüştür. Konutların plan tipleri, sofaların yapı içindeki konumuna göre isimlendirilmişlerdir.

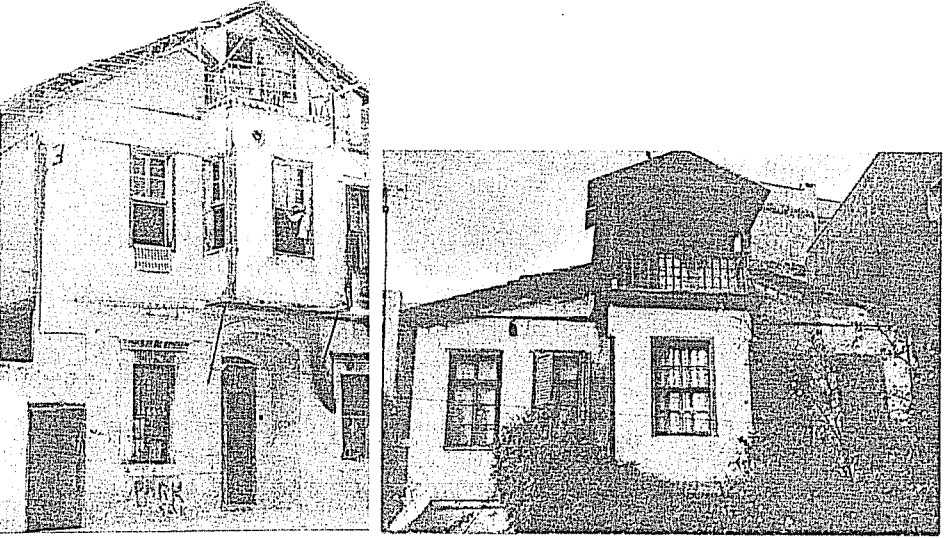
4.1.3.1. İç Sofalı Evler

İç sofalı plan tipinin daha sık görüldüğü Mersin konutlarının alt katı dükkan ya da depo olarak kullanılmıştır. Karnıyarık plan da denilen bu tipler de, evin ana eksenini oluşturan dikdörtgen bir sofanın etrafında odalar bulunmaktadır. İç sofalı iki odalı

konutlarda, sofanın iki yanında birer oda yer almaktadır. İki odadan fazla odalı konutlarda, sofanın yanında ikişer ya da daha fazla sayıda oda yer almaktadır. Odaların tümünün açıldığı dikdörtgen sofa, sokağa ya da bahçeye açılmıştır. Sofanın bu cephesinde kapalı ya da açık bir balkon bulunmaktadır. İç sofalı evlerde görülen farklı bir uygulama ise; sofanın bahçeye bakan cephesinde kemer açıklıklı hayat mekanının yapılmasıdır. Bu ev içinde hava dolaşımını sağlamaktadır. Mutfak, banyo gibi ıslak hacimler genelde sofanın bir köşesinde yer almıştır. Merdiven, sofada odalar arasında ya da sofanın bir ucunda bulunmaktadır.

İki tarafı oda sıraları ile çevrilmiş olan iç sofalı konutlarda ve meltem rüzgarı aksına dik olan sokaklarda, sofa genellikle meltem rüzgarını alabilecek şekilde sokağa dik yerleştirilmiştir. Yazın serin, kışın sıcak bir mekan olması, yaşamın büyük bir bölümünün bu mekanda geçmesini sağlamıştır. Odalara pencere ve kapı ile bağlanan sofa; aile için bir dağılım noktası olmuştur. Bir tarafı balkon ile sokağa veya bahçeye açılan dikdörtgen sofanın iki tarafına odalar düzenlenmiştir.

Dikdörtgen şeklinde olan iç sofalı konutların bir kısmının çatısında cihannüma denilen yazlıkların bulunduğu ve bu yazlıklarda, hem serin esen rüzgarların alınabildiği, hem de manzaranın geniş bir alana hakimiyetinin sağlandığı görülmektedir (Şekil 4-5).



Şekil 4. 5. Çatı katında cihannüması olan evler

4.1.3.2. Dış Sofalı Evler

Dış sofalı konut plan tipi Mersin'de çarşı içinde yer alan konutların dükkan-konut olarak düzenlenmesine uygun değildir. Bir veya iki katlı olan dış sofalı evler sadece konut olarak kullanılmak üzere inşa edilmiştir. Mersin evlerine özgü bir uygulama ise bu plan tipinin tek katlı evlerde de görülmesidir. Direkler üzerinde taşınan, avluya bakan dış sofalı evlere çok az rastlanır. Daha geleneksel bir anlayışa sahip olan bu evler, Kiremithane ve Mesudiye mahallelerinde bulunmaktadır. Genellikle tek katlı evlerde

görülen dış sofa doğrudan doğruya bahçeye açılmaktadır. Bu evler taş yapı olduğu halde dış sofa ya da hayatlardaki sütun ve kemerlerde ahşap kullanılmıştır.

Dış sofalı plan tipinde, odalar genelde sofanın iki yada üç yüzü açıkta kalacak şekilde ve serbest bir biçimlenişle dizilmiştir. Sofalar yalnız yanlar açıkta, üstü kapalı değil, yanları pencereci duvarlı da kullanılmıştır. Güneye yerleştirilen sofalar kuzey güney aksına konumlandırılmıştır. Böylece odalar hem sofaya, hem de sokağa açılarak görüş zenginliği artırılırken, güneş ışığı ve kuzey güney rüzgarından yararlanan sofalar, yaz kış konforlu oturma mekanları sunmaktadır.

4.2. Mersin Geleneksel Konut Cephelerinin Biçimlenme İlkeleri

Cephe oluşumunda, yapının sokak dokusunda yer aldığı konumunun yanı sıra estetik kaygı da önem taşımaktadır. Cephe elemanlarının kendi aralarında olduğu gibi diğerleriyle de ölçü uyumu içerisinde olmasına dikkat edilmiştir.

Mersin geleneksel konutlarının bütün genel özelliklerini sokak cephesi olarak adlandırdığımız, çoğu zaman eve giriş cephesi de olan ön cepheler taşımaktadır. Arka cepheler planlamada servis mahallerinin arka kenara konmasından dolayı, yan cepheler ise bazen mahremiyet, bazen de parsel konumu ile bağlantılı olması nedeniyle sağır görünümündedir. Arka ve yan cepheler ancak buldukları parselin arkasından ya da yanından cadde ve sokak geçiyor ise yapının cadde ile ilişkisini sağlaması nedeniyle önem kazanmaktadır.

Manzara cephelerinin etkin unsurları sofa ile odalardır. Özellikle cephenin orta aksında yer alan sofalar, girişler, bazen pencere biçimi ya da sayısı, bazen de balkon veya kapalı çıkmaları ile kendilerini belli etmektedir. Çıkınalar cepheye hareketlilik kazandıran çeşitli tipleriyle zengin perspektifler sunmaktadır. Pencereci çevreleyen ahşap pervazlar, cephede kontur oluşturan yatay ve düşey silmelerle birlikte ahenkli bir doluluk-boşluk dağılımını belirginleştirirler. Cephelerde dikkat çeken diğer bir unsur ise; katlar arasında döşeme kirişlerinin önüne yerleştirilen ahşap kaplama tahtası ile kat silmesidir.

Genellikle konutların ön, bazen yan ve arka cephelerinde düşey eksene göre bir simetri mevcuttur. Genellikle iki bölümlü olan konut cephelerinde eğer sofa ortada ise simetri ekseni ile sofanın orta ekseni çakışmaktadır.

Yazın sıcaklığın fazla olması nedeniyle güneş kontrolünü sağlamak amacıyla ve yağmurdan yapıyı korumak amacıyla, saçaklar yapılmıştır. Saçak ve çatılarda doğal havalandırma ve nem etkisini hafifletmek amacıyla açıklıklar bırakılmıştır. Yaz ayları için çatıda bir oda ve bir teras bırakılmıştır.

Geleneksel yapılarda, cepheler güneşi kontrol edecek şekilde yerleştirilmiştir. Güneyde, yüzeylerde geniş ve açık boşluklar bırakılırken, kuzeyde gerek olmadıkça açıklık bırakılmamıştır. Özellikle güney cephelerinde güneş kontrol elemanları kullanılmıştır. Ayrıca sokak cephelerinde rüzgardan yararlanmak için de açık ve kapalı çıkınalar yapılmıştır.

4.2.1. Çıkınalar ve Balkonlar

Birçok sivil mimaride uygulanan çıkınalar, binanın çevre ilişkisini görsel olarak arttırmanın yanı sıra iç alanda da kullanım alanının büyümesine sebep olmaktadır.

Mersin evlerinin cephelerinde dikkati çeken, bazen bir, bazen de iki cephesinde bulunan çıkmalar, farklı uygulamalarla karşımıza çıkmaktadır. Bunlar; kapalı çıkma(cumba). ve açık çıkma(balkon) şeklinde olmaktadır. Konutların çoğunda kapalı çıkma kullanılmıştır. 1868'de geçerli olan Ebniye Nizamnameleri ile sokakların genişliği, sokak genişliğine göre evlerin cephelerinin biçimlenişi, çıkmaların yüksekliği ve eni, evlerin cephelerinin belirlenen sokak çizgisinin üstüne taşmaması, sokağa taşan merdivenin bulunmaması, çıkmaların bu ölçülere göre planlanması ve gerekli ölçülerle ilgili kurallar belirlenmiştir(5). Ebniye nizamnamelerine göre yapılan, yalın görünüşlü ve fazla bezemesi olmayan çıkma cepheyi oluşturan ana elemandır. Bazen cephenin inşaa malzemesinden farklı bir malzeme ile yapılan bu çıkmalar, renk ve doku farklılığı ile dikkat çekerler. Dikdörtgen ya da düz çıkma olarak adlandırabileceğimiz bu çıkma biçimi; konutların manzara, sokak veya cadde cephelerinde ve nadiren yan bahçe cephelerinde oluşturulmuştur. Çıkma ya yapı boyunca tüm cephede, ya oda genişliğince köşelerde ya da sofa genişliğince cephe ortasında yer almıştır. Genellikle giriş cephesinde, girişin tam üstünde bulunan cumba; evlerin bir odasının tüm cephesi boyunca sokağa doğru çıkma yapmıştır. Bu oda genellikle iç sofalı evlerin sofasıdır. İç sofanın sokak cephesinde vurgulandığı cumbanın eni, sofanın enine eşittir. Cepheden taşan kısmın uzunluğu ise; yaklaşık 60 cm dir. Mersin evlerinde, cumbalar bazen düz bir çatı ile bitmekte, bazen de üçgen bir alınlıkla taçlanmaktadır. Bu tür cumbaların çatı ile birleştiği yerde düz silmeler, bazen de dış ve yumurta frizler görülmektedir. Düz konsollarla veya yuvarlak gelen konsollarla desteklenen çıkmalar, genellikle ahşaptan yapılmıştır. Bunlardan farklı olarak bazı cephelerde çift cumba yapıldığı görülmüştür. Parsel sınırlarının dik olarak birleşmediği yerlerde, odaları genişletmek amacıyla çıkma tekrarlanabilir elemanlar olarak kullanılmıştır.

Açık çıkma ya da açık konsol çıkma dediğimiz balkonlar ise, dökme demirden veya masif taş konsollarla taşınmış, 8 cm lik masif mermer plakaların üstüne oturmasıyla meydana getirilmiştir. Balkon kaliteli demir işçiliği olan korkuluklarla veya ahşap kafesle çevrelenmiştir. Ahşap sundurmalar ile kapatılan balkonlar, bazen çinko ile kaplanmış bazen de cephede taşan saçak altında kalmıştır (Şekil 6-7).



Şekil 6-7. Çıkma yapılmış konutlar

4.2.2. Çatılar

Geleneksel konutlarda en çok Kıрма çatı kullanılmıştır. Ahşap, bağdadi veya taş duvarlar üzerine ahşap çatı konstrüksiyonu kurulmuştur. Kurulan ahşap çatı iskeleti üzerine kiremit ya da nadiren oluklu sac(çinko) döşenmiştir. Çatının dört bir yanında dışarıya doğru taşan saçak, taş ve bağdadi yapıları yağmurdan korumakta ve güneş ışınlarını denetlemektedir.

Bazı balkon çatıları, beşik çatılı olarak çözümlenmiş ve bu nedenle balkonların üst kısmında üçgen alınlıklar oluşmuştur.

Azınlık konutlarında genellikle teras çatı kullanılmıştır. Saçaklar çatı parapetlerinin içinde kalmıştır. Çatı parapetleri boyunca kat silmeleri yapılmıştır.

4.2.3. Girişler

Evlerin girişleri alt ve üst katta değiştiği gibi, iç ve dış sofalı evlerde de farklılık göstermektedir. İki katlı evlerde zemin kat girişleri sokakta, üst kat girişleri ise yan cephede veya bahçede bir merdivenle sağlanmıştır. Ana caddede olan girişler yan cephedeki girişten daha gösterişlidir (Şekil 8). Alt katı depo veya dükkan olan evlerin girişlerine genelde yan cephede bulunan bir merdivenle çıkılır. Bununla birlikte zemin kat girişi ile üst kat girişinin ana sokak üzerinde yan yana bulunduğu da rastlanmaktadır. Evlerin girişlerinde görülen diğer bir dikkat çekici şey ise içerlek girişli olmalarıdır. Evin cephesinde büyük bir kemerle vurgulanan içerlek bölümün üstünde aynı dikey eksenle üst katın çıkması yer almaktadır. Bu tip evlerde iki taraftan veya tek taraftan çıkılan merdivenle sahanlığa varılır. Cephenin dikey ekseninde yer alan kapı çevresi, cephedeki diğer açıklıklara göre farklı bezenmiştir. Başlıkların korint üslubunu yansıtması ve bunların taşıdığı dış frizli lentoyla, neo-klasik özellikler görülmektedir. Yuvarlak, sivri kemerli veya basık kemerli, kapı üstünde penceresi bulunan girişler eklektik yapısıyla ilginç örnekleri oluşturmaktadır.



Şekil 8. Konut girişi örneği

4.2.4. Konut Giriş Kapıları

En sık rastlanılan kapı biçimleri, kemerli kapılardır. İki kanatlı kapının çevresinde, kaide ve başlık görünümü ile zenginleştirilen ve pilastr izlenimi veren söveler yekpare bir lentoyu taşır. Bunun üzerinde yer alan kemer açıklık, dökme demir şebekelerle bezenmiş ve camla kapatılmıştır. Kemer üzerindeki kilit taşı çıkıntı yaparak vurgulanmıştır. Değişik kemer biçimlerine rastlanılmaktadır.

Bunların yanında sade ve bezemesiz, tek kemerli veya dikdörtgen kapılar da görülmektedir. Bazı kapılarda kemer açıklığının yerinde üçgen alınlık kullanılmıştır. Bezemeci bir biçim anlayışıyla yapılan üçgen alınlığı bir dış friz çevrelemektedir.

4.2.5. Pencereler

Çok değişik pencere düzenlemelerinin bulunduğu Mersin evleri, düz yalın cepheleri ve özellikle ön cepheleri ile dikkati çeker. Pencerelerin yatay ve dikey ekseninde aynı doğrultuda düzenli ve ritmik aralıklarla yerleştirildiği gözlenmiştir. Pencerelerin tümü çift kanatlıdır. Pencerelerin üst kısmı bağımsız olarak açılabilir ve üstten havalandırma sağlanır. Bazı evlerde alt ve üst kat pencere yükseklikleri eşit bazen de birbirinden bağımsız çift kanatlı pencerelerdir. Odaların büyüklüğüne ve ihtiyaca göre sayısı değişen pencereler, cephede genelde ikili gruplar halinde düzenlenmiştir. Bazı cephelerde ise, tek ve üçlü gruplar halinde bir arada toplanmıştır. Enleri 85-110 cm, boyları 170-220 cm arasında değişen pencereler 1/2 oranındadır.

Mersin evlerinde pencereler kemerli, lentolu veya oval olmak üzere üç farklı şekilde olmaktadır. Taş evlerde söveler taş olduğu gibi, ahşap ta kullanılmıştır. Bağdadi olarak inşa edilen evlerin pencerelerindeki söveler ahşaptan yapılmıştır. Lento ve sövelerin üzerindeki bezeme özellikleri ahşap ve taş malzemelerde benzerlik göstermektedir.

4.2.6. Kepenkler ve Kafesler

Mersin evlerinde en çok karşılaştığımız kepenkler ahşaptan yapılmış, pancurlu olarak kullanılmışlardır. Böylece içerinin görünmesi engellenmiş, hava girişi sağlanmıştır. Çoğunlukla iki kanatlı olarak karşılaştığımız kepenkler bazı yerlerde her bir kanat iki parçadan oluşmuştur. Dikey ekseninde ikiye katlanabilen bu kepekler güneşin gelişine göre ayarlanabilmektedir. Bazı uygulamalarda ise kepenk, yalnızca pencerenin alt kısmında yer almaktadır. Karşılaştığımız bir diğer uygulama ise, çift kanatlı kepenklerin alt kısmının yukarıya doğru açılmasıdır.

Kafeslere en çok Kiremithane ve Mesudiye mahallesinde rastlanılmaktadır. Dış sofalı evlerde sık sık karşılaştığımız kafesler, zemin kat pencerelerinde, mahremiyeti sağlamak için yapılmıştır. Ahşap çitaların sık aralıklarla birbirlerine çakılmasından oluşan kafesler, pencerenin alt kısmından üst kısmına doğru kaydırılabilmektedir. Bazı evlerde ise kepenk ve kafes birlikte kullanılmıştır. Bunun yanında zemin katlarda demir parmaklıkların kullanıldığı görülmüştür.

4.2.7. Dekoratif Öğeler

Mersin evlerinde dekoratif işlemlerin pek sık görülmediği gibi, cephelerde yer alan çıkma, kapı ve pencere düzenlemelerinde bazen bezemeci bir anlayışın hakim olduğu görülmektedir.

Yapı işçiliği: cumba süslemelerinde, pencere üstü ve kapı üzerlerindeki hatılarda, konsollarda dikkat çekmektedir. Taş işçiliği kapı ve pencere sövelerinde, sütunçelerde, kemerlerde ve çatı eteği kornişlerinde görülmektedir. Tavan ve kapı süslemelerinde ahşap nakışlı işler, boyanmış tavan süslemeleri görülmektedir. Demir işçilikleri ise: daha çok Ermeni ve Rum ustalarının yaptığı, balççe parmaklıklarında, kapılarda, pencerelerde, balkon korkuluklarında ve kapı toknaklarında görülmektedir.

4.3. Geleneksel Konutların Yapım Sistemleri ve Malzeme Kullanımı

Kentsel sit alanı içindeki yapılar, büyük çoğunlukla taştır. Bu evlerin yanısıra, ahşap-taş karışımı yapılara da rastlanmaktadır. Bunların bir kısmında taş zemin kat üzerinde yükselen üst kat tümüyle hınuş yapım tekniğinde yapıldığı gibi, bazı örneklerde de üst katın yalnız çıkmasının hınuş yapım tekniğinde yapıldığı gözlenmektedir.

Eski Mersin yapılarında, taş ve ahşabın ana yapım malzemesi olduğu gözlenmektedir. Önceleri Suriye'den(Lazkiye) getirtilen Sükkari taşı kullanılmış, daha sonra Toros dağları eteklerindeki zengin kireç taşı ocaklarından çıkartılan taşlar kullanılmıştır. Osmaniye, Nacarlı ve Evcı köylerindeki ocaklardan elde edilen homojen ve kaliteli taşlar, Rum ve Ermeni taş ustalarının Mersin'den göçünden sonra Gümüşhane kökenli taş ustaları tarafından işlenmiştir Yapı işçiliği Mersin yöresinde yaşayan Türkler arasında yaygın değildir.

Taş yapı malzemesi kullanılmasıdaki amaç: yörede bolca elde edilebilmesi, kolay şekil alması, ısı yalıtımı özelliği olması ve en önemlisi rutubeti atarak iç mekanı daima serin tutabilmesidir. Ocaklardan çıkan taşlar homojen ve yumuşak olduğundan kaba yonusu ocak yakınında yapılmıştır. Yığma tekniği ile inşa edilen yapılarda genellikle 30x60 cm ölçülerinde kesme taşlar kullanılmıştır.

Stratejik bir mal olan ahşap malzemesi Toroslardan elde ediliyordu. Kolay elde edildiği için yapılarda bolca kullanıldığı gözlenmiştir. Genellikle üst kat taban döşemelerinde, merdivenlerde, cumbalarda ve çatılarda kullanılmıştır. Kıрма ya da beşik çatılarda ahşap çatı iskeleti üzerinde Marsilya kiremiti dizilidir.

4.3.1. Duvarlar

4.3.1.1. Taş Duvarlar

Geleneksel konutlar, yaklaşık 2.5 m derinliğinde taş temellere sahiptirler. Temel boşluğu taşla karışık kum ve kireç harcı ile doldurulmuştur. Döşemenin zemin suyunu çekmemesi için Sükkari taşları, su basmanına kadar yatık olarak dizilmiştir. Sükkari taşı pahalı ve işlenmesi zor bir malzeme olduğu için, geri kalan duvarlar Mersin taşı ile örülmüştür. Saçak altı seviyesine kadar devam eden taş duvarlarda bağlayıcı olarak kireç harcı kullanılmıştır. Taş duvarların bazen iç ve dış yüzeyleri sıvanmıştır.

4.3.1.2. Ahşap Çatkılı Duvarlar

Zemin katın bitim seviyesinde, taş beden duvarları üzerine yerleştirilen ahşap hatıllar ile ahşap iskeletin oturacağı taban oluşturulmuş, üst kat döşeme kirişleri bu tabanın üzerine oturtulmuştur. Kiriş başlarının üzerine konan bir ikinci tabana da köşelerde ve pencere kenarlarında bulunan ana dikmelerle, ara dikmeler bastırılmıştır. Ana dikmeler pencere alt ve üst seviyelerinde kuşaklarla birbirine bağlanmış, yer yer

payandalarla desteklenmiş ve tavan seviyesinde üzerleri çepeçevre üst tabanla sarılmıştır. Tavan kirişleri ile çatı mertekleri de bu üst tabanlara oturtulmuştur.

Ahşap çatkılı duvarların kalınlıkları dış duvarlarda 15 cm. iç duvarlarda 10-12 cm kadardır. Dikmelerin arası bazen taş, bazen de harman tuğlası ile doldurulmuştur. Duvarların iç ve dış yüzeyleri, önce çamur harçla, daha sonra kireç harç ile sıvanmıştır. Bazı evlerde çıkmaların dış yüzeyi çinko sac ile kaplanmıştır.

4.3.2. Döşemeler

Döşemeleri oluşturan ahşap kirişler, evin kısa kenarına paralel olarak ortalama 40-50 cm aralıklarla yerleştirilmiştir. Döşeme kirişleri, taş duvar üzerindeki ahşap tabanlara ve kendilerine dik konumda uzanan ana kirişlere oturtulmuştur.

Döşeme kalınlıkları 18-21cm arasında değişmektedir. Döşeme kaplaması olarak zemin katta şap ve karo kaplama, üst katta ahşap kaplama kullanılmıştır. Bazı evlerin yalnız sofalarında karo mozaik kullanılmıştır. Döşeme kirişlerinin dış cepheden gözüken aralıkları bazen taş, bazen de ahşap kat silmeleri ile kapatılmıştır.

4.3.3. Çıkmalar

Basit, konsol çıkma; döşeme kirişlerinin dışarıya uzatılması ile oluşturulan çıkma biçimidir. Bu tip çıkmalarda çıkma derinliği ancak 40-50 cm kadar olabilmektedir. Döşeme kirişlerinin çıkma yapılacak cepheye paralel konumda olduğu örneklerde ise bu kirişlere dik konumdaki ana kirişler dışarıya doğru konsol olarak çıkartılmıştır.

Payandalı veya konsol destekli çıkmalarda çıkma derinlikleri fazla, dışarıya doğru çıkan döşeme kirişleri daha ufak kesitli olmaktadır. Bu tip çıkmaların en yalın şekli dışarıya doğru çıkarılan döşeme kirişlerinden sadece çıkmanın iki başındakilere destek koymak biçimindedir. Bazen ortadaki kirişlere de destek konulabilmektedir. Destekli çıkmaların bir başka uygulanış biçimi de; çıkmanın dış kenarına, çıkma yapan döşeme kirişlerinin altına, kirişlere dik konumda olan ve çıkma boyunca uzanan bir kiriş koymak ve göğüsleme veya konsollarla bu kirişi desteklemektir.

4.3.4. Çatılar

Çatılar genellikle dört yöne eğimli kırma çatılardır. Bu tip çatıların yanısıra iki yöne eğimli beşik çatılar ile üç yöne eğimli, bir tarafı kalkan duvarlı, kırma çatılarda yapılmıştır. Kırma çatılar ayrıklı düzenli, bir kenarı kalkan duvarlı kırma çatılar bitişik düzenli, beşik çatılar ise hem bitişik düzenli hem de ayrıklı düzenli konutlarda kullanılmıştır. Konutların çıkıntılı kısımları genellikle aynı eğimle devam eden ana çatı ile örtülmüş olmakla birlikte çıkma çatılarının ayrıca çözümlenerek ayrı çatıya saplandığı örnekler de mevcuttur.

5. SONUÇLAR

Araştırmada Geleneksel Mersin Konutlarının biçimsel özellikleri incelenmiştir. Konutlar üzerinde yapılan incelemelerde elde edilen bilgilere göre cephe oluşumu ve plan oluşumunu etkileyen elemanlar belirlenmiştir. İncelemeler sonucunda en çok görülen özellikler konutların genel özelliklerini oluşturduğundan bu özellikler üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır.

Geleneksel Mersin Konutlarının cephe analizi sokak cephesinden ya da ön cepheden yapılmıştır. Güneye bakan cephelerin boşluk oranı diğer cephelere göre daha fazladır. Cephelerdeki pencere sayısı kuzeye bakan yönlerde biraz daha azalmaktadır. Pencerelerin tümü çift kanatlı, 1/2 oranında ve enleri 85-110 cm, boyları 170-220 cm arasında değişmektedir. Pencerelerin üst kısmı bağımsız olarak açılmaktadır. Konutların doluluk-boşluk oranlarında belirgin bir özelliğe rastlanmamıştır. En sık karşılaşılan oran %20 boşluk-%80 doluluk olarak saptanmıştır. Zemin katta işyeri olan konutların cephelerinde boşluk oranı daha da artmaktadır.

Birinci katta çıkmalarda ve düz cephelerde en sık görülen pencere düzeni “[a]” ve “[a a]”dır. Zemin katları depo ya da işyeri olan konutların pencere düzeninde farklılıklar gözlenmektedir. En çok kullanılan pencere düzenleri “[a]”, “[a a]” ve “[b]”dir.

Cephelerde dört çeşit çıkma belirlenmiştir. Binadaki konumlarına göre; köşe(oda) çıkımlar, orta(sofa) çıkımlar, sokaktaki konumlarına göre ise; açık çıkımlar, açık ve kapalı çıkımlar görülmüştür. Çıkımlar ya yapı boyunca düz cephede, ya oda genişliğince köşelerde, ya da sofa genişliğince cephe ortasında yer almıştır. Genellikle giriş cephesinde girişin tam üstünde olan orta çıkımlar iç sofalı evlerin sofasının çıkmasıdır. Bunlardan farklı olarak bazı cephelerde parsel sınırlarının dik olarak birleşmediği yerlerde düzeltme çıkımları yapılmıştır.

Cephelerde kemerle vurgulanmış içerlek girişler, Mersin Evlerinin dikkat çekici örneklerini oluşturmaktadır. İçerlek girişli konutlar incelenen konutlar arasında %30 oranında görülmektedir. İki kanatlı kapının üzerinde yer alan kemer açıklık, dökme demir şebekelerle bezenmiş ve camla kapatılmıştır. Enleri 125-150 cm, boyları 250-300 cm arasında değişen kapılar 1/2 oranındadır.

Sıcak ve nemli iklimin etkisiyle konutların çatısında cihannüma denilen yazlıkların yapıldığı görülmüştür. Yazın serin esen rüzgarın alınabildiği, aynı zamanda geniş bir alana hakimiyetin sağlandığı bu tip konutlar zengin insanların oturduğu konutlardır.

Çoğunluğu iki katlı olan Geleneksel Mersin konutlarının zemin kat planı ile birinci kat planı aynıdır. Zemin kat ile üst kat arasında bağlantı bulunmamaktadır. Her iki kat ayrı bir konut olarak yapılmıştır. Bazı konutların zemin katı yerden biraz yükseltilerek bodrum katlar elde edilmiştir. Halkın geçim kaynağının tarım ve ticarete dayalı olması nedeniyle, konutların zemin katı depo ya da işyeri olarak yapılmıştır.

Konutların saçak kullanımı incelendiğinde, %65 oranında yatay kaplamalı saçak, %25 oranında eğik kaplamalı saçak kullanıldığı belirlenmiştir. Saçak uzunlukları 20 cm-60 cm arasında değişmektedir. Konutların %90'ında kırma çatı yapıldığı saptanmıştır.

Plan oluşumlarında odaların tümünün sofaya açıldığı, sofanın ana mekan olduğu görülmüştür. Karniyarık plan olarak adlandırılan bu tiplerde, evin ana eksenini oluşturan dikdörtgen sofanın çoğunlukla sokağa dik şekilde yerleştirildiği görülmüştür.

İncelenen konutların %90 oranında iç sofalı olduğu belirlenmiştir. Sofanın iki yanında odalar bulunmaktadır. Sofanın kısa kenarları ya sokağa ya da bahçeye bakmaktadır. Bu tip konutlarda sofanın bahçeye bakan cephesinde kemer açıklıklı bir hayatın yapılmış olduğu örneklerle de rastlanmıştır.

Oda-sofa yönlennmelerinin ışık-güneş-manzaraya doğru olduğu görülmektedir. Yönlennmede %45 oranında güney yönü tercih edilmiştir. Birinci katta sofanın sokağa

bakan cephesinde çıkma yapılarak cumba veya balkon yapılmıştır. Işık-güneş-rüzgar ve manzaradan daha fazla yararlanmak amacıyla yapılan bu çıkımlar bazı konutlarda kapatılarak ayrı bir mekan oluşturulmuştur. Konut yerleşimlerinde hakim rüzgarın yönü etkili olmamıştır.

Konutların yerleşiminde en çok limana yakınlık etkili olmuştur. Konutların limana olan uzaklığı 180 m- 660 m arasında değişmektedir. Bazı konutların zemin katları ticari amaçla işyeri veya depo olarak yapılmıştır.

Zemin kat girişleri ön cepheden, birinci kat girişleri ise ön-arka ve yan cepheden verilmiştir. Zemin kat girişleri % 90 oranında sokaktan, birinci kat girişleri ise % 16.6 oranında ön cepheden, % 50 oranında yan cepheden, % 33.4 oranında arka cepheden verilmiştir.

Konutların yerleşiminde kentsel planlamanın da önemli ölçüde etkili olduğu gözlenmiştir. Konutlar birbirini dik kesen yollara paralel olarak konumlanmıştır. Genellikle konutlar yol çizgisi ile birleştirilmiş, arka cephede büyük bir bahçe bırakılmıştır.

Geleneksel evlerimizin oluşumunda iklim, yerel malzeme, arazi eğimi, gibi doğal koşulların, üretim türü ve üretim ilişkilerinin, örf, adet ve törelerle biçimlenen yaşam koşullarının, toplumun estetik anlayışının önemli rolü vardır.

Yapılan incelemelerle, geleneksel konutları bugün bile geçerli kılan özellikler şöyle yorumlanabilir:

- Yaşam tarzının mekana yansıtılması
- Malzemenin ve strüktürün yorumlanması
- Bina-çevre ilişkilerinin bir bütünlük içinde yorumlanması

Geleneksel konutlarda, iklimsel sorunlar karşısında, en az kaynakla en fazla konfor sağlama yeteneği ile akılcı çözümlere ulaşılmıştır. Çinko bir saçakla, ahşap bir kafesle, iç mekanda gölgeli mekanlar sağlanabilmıştır. Konutlar rüzgar alabilecek şekilde güneye doğru yerleştirilmiş, odalar ve sofalar sıcak mevsimde güneyden esen serin rüzgarlara açılmıştır. Sokak doğrultuları da bu yöndedir. Günümüz evlerinde ve kent dokusunda yönlendirmeye dikkat edilmediği için, insanlar yazın bunaltıcı sıcaktan rahatsızlık hissetmektedirler. İnsanın psikolojisi olumsuz yönde etkilenmekte ve çalışma verimi de düşmektedir. Geleneksel dokuda binalar birbirini gölgelemekte, gölgeli yürüyüş alanları kendiliğinden oluşmaktadır. Yeni yerleşim alanlarındaki geniş sokaklarda binalar birbirini gölgelemekten oldukça uzaktır.

Mersin'de yapılan incelemeler sonunda geleneksel konut mimarisinin yavaş yavaş yok olmaya başladığı belirlenmiştir. Geleneksel doku gidereke yok olmakta, yerini her yerde uygulanan betonarme sistemlerin kullanıldığı aynı tip konutlar almaktadır. Böylece, yapılar gittikçe kimliksizleşmiş ve artan nüfusa cevap vermek için bilinçsizce yerleştirilen apartmanlar şehirde çirkin bir görüntünün oluşmasına neden olmuştur.

Günümüzde yapı eylemi ile çevreye bağlı malzeme arasındaki ilişkiler önemini yitirmiş, her bölgede her iklimde kullanılan standart malzeme ile yapılar evrensel ölçülere yönelmiştir. Gelecek kuşaklara ışık tutması açısından geleneksel konutların korumaya alınması, çağdaş malzeme ile bölgelere uygun yapıların yapılması, sıradan kimliksiz yapılardan kaçınılması gerekmektedir. Bunda da büyük görev mimarlara düşmektedir. Yapıları tasarlayıcı olan mimarlar geleneksel dokuyu dikkate alan, onu

bozmayan. ezmeyen fakat günün teknik imkanlarından yararlanarak yapılar tasarlanmalıdır. Halk geleneksel yapıların korunması konusunda bilinçlenmelidir.

6. KAYNAKLAR

1. Beker,M.O., "Mersin Kentsel Sit Alanı Koruma Amaçlı İmar Planı Revizyonu Araştırma Raporu", (Yayınlanmamış), 1998.

2. Anonymous, "Mersin, Meydan Larousse Ansiklopedisi", 8.cilt, s.648-649, İstanbul, 1973.

3. Develi,H.Ş., "Dünden Bugüne Mersin", s.56-119, Mersin, 1990.

4. Abaç,S., "Çorbada Tuzu Olanlar, 1730-1930 Arası Mersin'e İlk Yerleşen Aileler", İçel Sanat Kulübü Bülteni, sayı.3, s.7, 1992.

5. Renda,G., Yenişehiroğlu,F, "Mersin Evleri", Hacettepe Üniversitesi, Sanat Tarihi Bölümü, Kültür Bakanlığı Yayını, s.8-59, Ankara, 1995.

OTOKORELASYONLU VERİLERDE ZAMAN SERİLERİ MODELLEMESİ KULLANILARAK İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROL ŞEMALARININ HAZIRLANMASI

Funda YILDIRIM ve İlker KARTAL

Ç.Ü., Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET : Korelasyonlu verilerin nasıl kontrol edileceği son yıllarda çok sık tartışılmıştır. Bu çalışmada korelasyonlu verilerin kontrol şemalarına uygulandığında ortaya çıkan sorunlar açıklanmıştır. Meydana gelen sorunların en önemlisi proses kontrol altında olmasına rağmen yanlış sinyallerle sonuçlanmasıdır.

Korelasyonlu veriler kontrol şemalarında yanlış sinyallere neden olmaması için öncelikle korelasyonun ortadan kaldırılması gerekmektedir. Korelasyonun ortadan kaldırılması için zaman serileri modellemesi kullanılır. Modellemeden elde edilen verilerin rezidüleri kontrol şemalarına uygulanır.

Bu çalışmada zaman serileri analizinin yapılmasında ve kontrol şemalarının hazırlanmasında Statistica paket programı kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler : Otokorelasyonlu prosesler, Kontrol şemaları, İstatistiksel proses kontrol.

PREPARING THE STATISTICAL QUALITY CONTROL CHARTS USING BY TIME SERIES MODELLING FOR AUTOCORRELATED DATA

ABSTRACT : The matter of how to monitor an autocorrelated data set has been discussed frequently in recent years. In this article, problems arising in the application of control charts with autocorrelated data have been investigated. It has been observed that although the investigated process is statistically in-control, false alarms happen. Thus, in order to make statistical process control charts less biased, the autocorrelation in the data set has to be removed. Time series modelling can be used to remove autocorrelation. Later, obtained residuals from the model used in control charts.

Statistica software package can be used to eliminate autocorrelated data and to further analysis.

Key Words: Autocorrelated process, Control charts, Statistical process control.

1. GİRİŞ

Otokorelasyonun varlığı kontrol şemalarında çok büyük etkiye sahiptir. İlk etki meydana gelen yanlış sinyallerin sıklığının artmasıdır. Başka bir deyişle kontrol şemalarının kontrol içi ARL'leri belirlenenden daha küçüktür. Otokorelasyonun çok düşük seviyelerinde bile kontrol şemalarında çok kötü karışıklıklara neden olur. Bu karışıklıklar proses kontrol durumu hakkında yanlış kararlar ile sonuçlanır.

Shewhart ve CUSUM kontrol şemaları genellikle otokorelasyon çok büyük olduğu zaman otokorelasyonlu verilere aşırı duyarlılık gösterebilirler. Bir çok yanlış sinyal otokorelasyonun makul seviyelerinde dahi meydana gelebilir.

Otokorelasyonlu veriler için literatürde farklı yaklaşımlar önerilmiştir. İlk yaklaşım kontrol şeması limitlerinin değiştirilmesidir. İkinci yaklaşım, otokorelasyonu ortadan kaldırmak ve rezidüler olarak kontrol şemalarına uygulamaktır.

Bu çalışmada, verilerde otokorelasyonun varlığında modellemenin yapılması, istatistiksel proses kontrol şemalarının hazırlanması, proses kontrolünün sağlanması ve korelasyonsuz durumda hazırlanan kontrol şemaları ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR

Konu ile ilgili literatürler aşağıda özetlenmiştir.

1. Literatürde önerilen en iyi yaklaşım otokorelasyonu yok etmek için zaman serileri modellerini kullanmak ve sonra rezidüler yada tahmin hatalarına kontrol şemalarını uygulamak olduğunu göstermiştir.
2. Orijinal verilerde otokorelatif yapı modellemesine ve rezidülere kontrol şemalarının uygulanmasına dayanmaktadır.
3. Daha önce alınmış olan son gözlemden çok etkili olan VSI (Variable Sampling Interval) şemaları geliştirmişlerdir. VSI şemaları proses değişikliklerini FSI şemalarından daha hızlı bulduğunu göstermişlerdir.
4. Schmid otokorelasyonlu prosesler için klasik EWMA kontrol şemasını genişletmiştir.
5. Temel veriler seri korelasyonun varlığını gösterdiği zaman CUSUM kontrol şemasının Run-Length karakteristikleri değerlendirmesi ile ilgilenmiştir.
6. Otokorelasyonlu veriler için geleneksel zaman serileri otokorelasyonu modellemiştir.
7. Ortalama değişiklikler büyük olmadığı ve otokorelasyon çok güçlü olmadığı zaman yeni şema rezidü şemasından ve diğer şemalardan daha iyi performans göstermiştir.

3. KONTROL ŞEMALARININ HAZIRLANMASI

Kontrol şemalarının hazırlanmasında kullanılan kontrol limitleri aşağıda verilmiştir.

\bar{X} Kontrol Şemaları için kontrol limitleri:

$$\text{ÜKL} = \bar{x} + \frac{3}{d_2\sqrt{n}} \bar{R}, \text{OÇ} = \bar{x}, \text{AKL} = \bar{x} - \frac{3}{d_2\sqrt{n}} \bar{R}$$

d_2 = sabit değer \bar{R} = ranj ortalaması n = örneklem büyüklüğü

R Kontrol Şemaları için kontrol limitleri:

$$\hat{ÜKS} = \bar{R} + 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} + 3d_3 \frac{\hat{R}}{d_2}, \quad O\check{C}_R = \bar{R}, \quad \hat{AKS} = \bar{R} - 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} - 3d_3 \frac{\hat{R}}{d_2}$$

\bar{R} = ranj ortalaması, d_2 ve d_3 = sabit değer, $\hat{\sigma}_R$ = ranj tahmini standart sapma değeri
EWMA Kontrol Şemaları için kontrol limitleri:

$$UCL = \bar{\bar{X}} + 3\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}}, \quad LCL = \bar{\bar{X}} - 3\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}}$$

λ = ağırlık faktörü. σ = standart sapma n = örneklem büyüklüğü
CUSUM kontrol şeması istatistikleri:

$$S_1 = (x_1 - k), S_2 = (x_1 - k) + (x_2 - k), \dots, S_r = \sum_{i=1}^r (x_i - k) = S_{r-1} + (x_r - k)$$

k = referans değeri, S_r = birikimli toplam

Bu çalışma için gerekli olan viskosite ölçüm değerleri aşağıda Tablo 1'de verilmiştir. Bu değerlere göre kontrol şemaları hazırlanarak yorumlanacaktır.

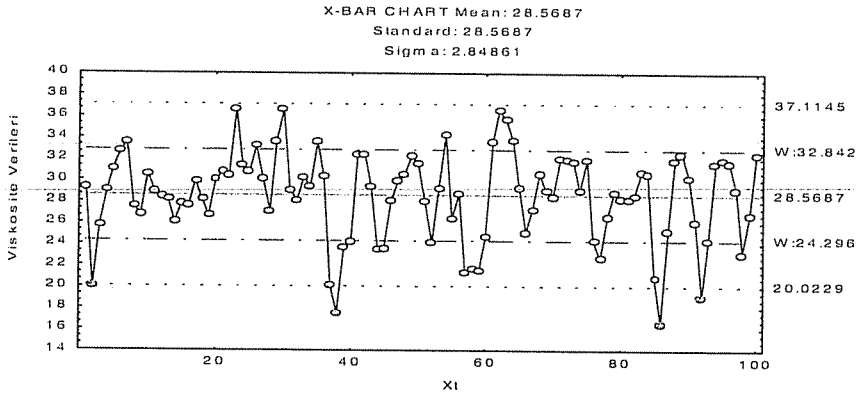
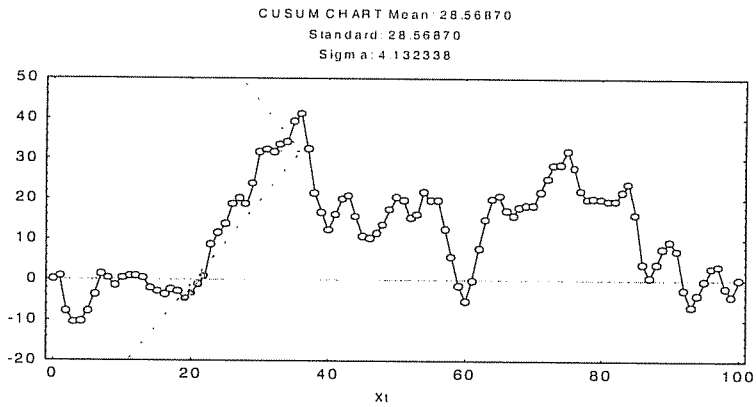
Tablo1. Viskosite Ölçüm Değerleri

Gözlem No	Ölçüm Değeri (X _i)	Gözlem No	Ölçüm Değeri (X _i)	Gözlem No	Ölçüm Değeri (X _i)	Gözlem No	Ölçüm Değeri (X _i)
1	29,33	23	36,61	45	23,62	67	27,23
2	19,98	24	31,40	46	28,12	68	30,61
3	25,76	25	30,83	47	29,94	69	29,06
4	29,00	26	33,22	48	30,56	70	28,48
5	31,03	27	30,15	49	32,30	71	32,01
6	32,68	28	27,08	50	31,58	72	31,89
7	33,56	29	33,66	51	27,99	73	31,72
8	27,50	30	36,58	52	24,13	74	29,02
9	26,75	31	29,04	53	29,20	75	31,92
10	30,55	32	28,08	54	34,30	76	24,28
11	28,94	33	30,28	55	26,41	77	22,69
12	28,50	34	29,35	56	28,78	78	26,60
13	28,19	35	33,60	57	21,28	79	28,86
14	26,13	36	30,29	58	21,71	80	28,27
15	27,79	37	20,11	59	21,47	81	28,17
16	27,63	38	17,51	60	24,71	82	28,58
17	29,89	39	23,71	61	33,61	83	30,76
18	28,18	40	24,22	62	36,54	84	30,62
19	26,65	41	32,43	63	35,70	85	20,84
20	30,01	42	32,44	64	33,68	86	16,57
21	30,80	43	29,39	65	29,29	87	25,23
22	30,45	44	23,45	66	25,12	88	31,79

Tablo 1. devamı

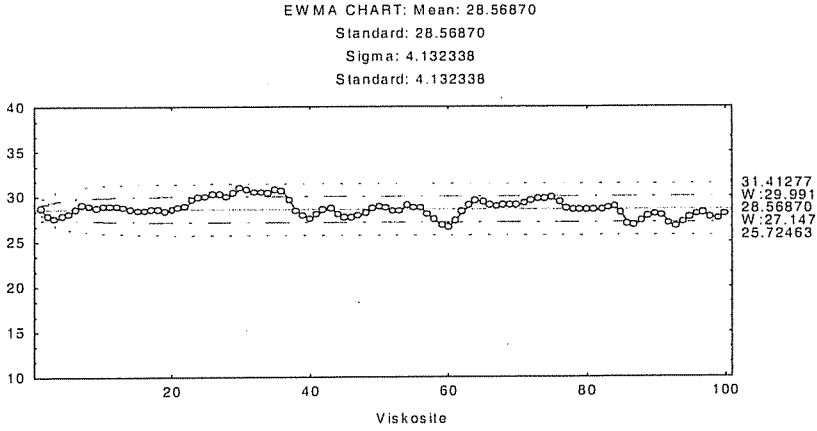
Gözlem No	Ölçüm Değeri (X_i)	Gözlem No	Ölçüm Değeri (X_i)	Gözlem No	Ölçüm Değeri (X_i)	Gözlem No	Ölçüm Değeri (X_i)
89	32,52	92	19,03	95	31,95	98	23,15
90	30,28	93	24,34	96	31,68	99	26,74
91	26,14	94	31,53	97	29,10	100	32,44

Viskosite verilerine göre statistica paket programında hazırlanan kontrol şemaları aşağıda gösterilmiştir.

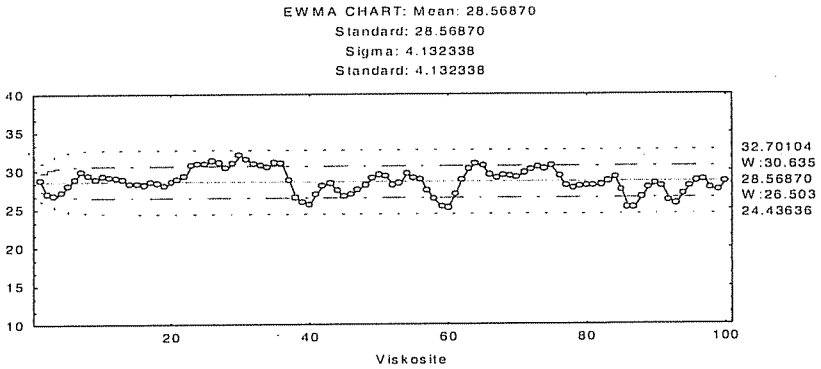
Şekil 1. Viskosite verileri için \bar{X} kontrol şeması

Şekil 2. Viskosite Verileri İçin CUSUM Kontrol Şeması

OTOKORELASYONLU VERİLERDE ZAMAN SERİLERİ MODELLEMESİ KULLANILARAK
İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROL ŞEMALARININ HAZIRLANMASI



Şekil 3. Viskosite Verileri için EWMA Kontrol Şeması ($\lambda = 0,1$)



Şekil 4. Viskosite Verileri için EWMA Kontrol Şeması ($\lambda = 0,2$)

Bu kontrol şemalarından elde edilen sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.

- \bar{X} Şeması : 4 tane kontrol dışı değer vardır. Uyarı sınırlarının dışına çıkan değer sayısı 25 tanedir.
- CUSUM Şeması : 4 tane kontrol dışı değer vardır.
- EWMA Şeması($\lambda=0,1$) : Uyarı sınırları dışında 17 değer vardır.
- EWMA Şeması($\lambda=0,2$) : Uyarı sınırları dışında 21 değer vardır.

Şekil-3 ve Şekil-4'te gösterilen kontrol şemalarında kontrol sınırları dışına çıkan değer olmamasına rağmen EWMA ($\lambda=0.1$) kontrol şemasında art arda gelen 20 gözlemin 16 tanesi, EWMA ($\lambda=0.2$) kontrol şemasında art arda gelen 20 gözlemin 17 tanesi merkez değerine göre aynı tarafta kalmaktadır. Bu sonuçlar prosesin her an kontrol dışına çıkabileceği anlamına gelmektedir.

Verilerde otokorelasyon olup olmadığını anlamak için zaman serileri analizi yapılacaktır. Veriler otokorelasyonlu ise uygun bir ARIMA modeli seçilerek modellenmesi yapılarak yeni veriler elde edilecektir.

4. OTOKORELASYONUN BELİRLENMESİ VE ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ İLE MODELLEMESİNİN YAPILMASI

4.1. Otokorelasyonun İncelenmesi

Otokorelasyonun belirlenmesi için kimyasal prosesten toplanan viskosite verilerinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerleri elde edilmelidir. Tablo-1 viskosite verileri için Statistica Paket Programından elde edilen Otokorelasyon fonksiyonu ve Tablo-2. Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu değerlerini göstermektedir. Ayrıca Statistica paket programı ile elde edilen otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarının grafikleri Şekil-5 ve Şekil-6'da gösterilmiştir. Şekil-5 viskosite verilerinin otokorelasyon fonksiyonunun grafiğini, Şekil-6 ise Viskosite verilerinin kısmi otokorelasyon fonksiyonunun grafiğini göstermektedir. Viskosite verileri için Otokorelasyon fonksiyonu değerlerine bakıldığı zaman pozitif bir otokorelasyon olduğu görülmektedir. Verilerde pozitif otokorelasyonun olması kontrol şemalarında yanlış sinyallerini artırır. Bu nedenle otokorelasyonun ortadan kaldırılması gerekmektedir. Otokorelasyonun ortadan kaldırılması için zaman serileri analizi yardımı ile model belirlenir. Modelin belirlenmesinde otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon grafiklerinden yararlanır.

4.2. Uygun Modelin Belirlenmesi

Modelin belirlenmesi için öncelikle otokorelasyon grafiğine bakılır bu grafikte gittikçe azalan bir sinüs eğrisi eğilimi gösterdiğinden modelin otoregresif bir model olabilir. Otoregresif modelin derecesini belirlemede ise kısmi otokorelasyon fonksiyonunun grafiğine bakılır. Kısmi otokorelasyon grafiğinde 2. Gecikmeden sonra bir azalma olduğu için otoregresif model derecesi 2 olabilir.

Bu veriler için hipotezimiz verilere ARIMA(2,0,0) bir başka deyişle AR(2) modeli uygundur hipotezidir. Bu model için katsayılar Yule-Walker denklemi olarak bilinen aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$\hat{\phi}_1 = r_1(1-r_2)/(1-r_1^2) \quad \text{ve} \quad \hat{\phi}_2 = (r_2 - r_1^2)/(1-r_1^2)$$

Buradaki r_1 ve r_2 'ler otokorelasyon fonksiyonunun birinci ve ikinci gecikmeleridir.

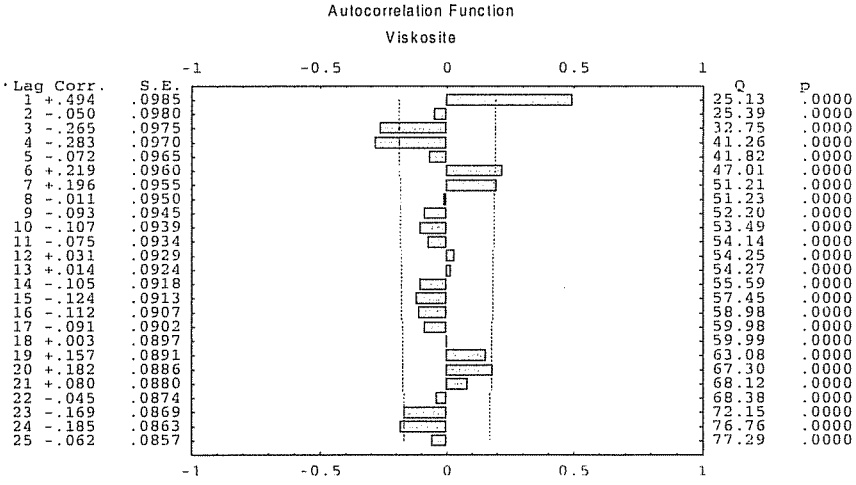
Bu gecikmeler grafikten alınarak aşağıda gösterilmiştir.

$$r_1 = 0.494 \quad \text{ve} \quad r_2 = -0.0495$$

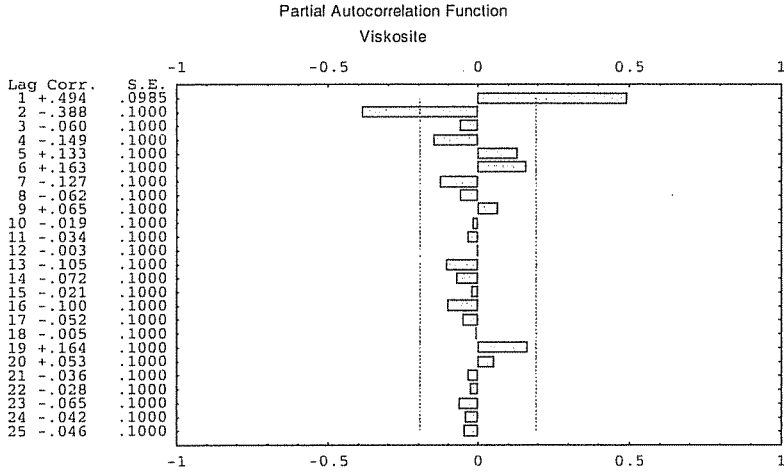
bu değerlerden faydalanarak $\hat{\phi}_1$ ve $\hat{\phi}_2$ Yule-Walker denklemi kullanılarak ve Statistica Programı kullanılarak aşağıdaki gibi bulunur.

$$\hat{\phi}_1 = 0.70167, \quad \hat{\phi}_2 = -0.4035$$

OTOKORELASYONLU VERİLERDE ZAMAN SERİLERİ MODELLEMESİ KULLANILARAK İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROL ŞEMALARININ HAZIRLANMASI



Şekil 5. Viskosite Verilerinin Otokorelasyon fonksiyonu



Şekil 6. Viskosite Verilerinin Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu

Durağanlık koşulları.

AR(2) modeli için: $-1 < \phi_2 < 1$, $\phi_2 + \phi_1 < 1$, $\phi_2 - \phi_1 < 1$ şeklindedir.

Model parametreleri bu durağanlık koşullarını da sağlamaktadır.

Bu koşulları sağladıktan sonra ξ sabitini bulmak için aşağıdaki formül kullanılır.

$$\mu = E(x_t) = \frac{\xi}{1 - \phi_1 - \phi_2}$$

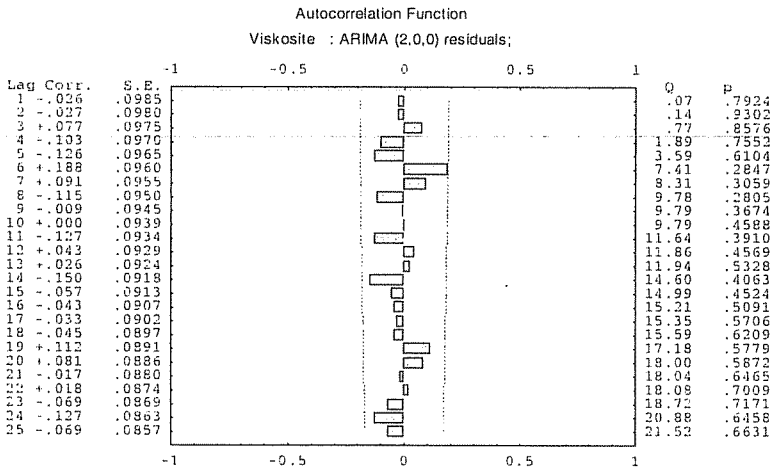
Bu formülden ξ sabiti çekilirse, $\xi = E(x_t)(1 - \phi_1 - \phi_2)$ formülü elde edilir. Bu formülde değerler yerine koyulursa:

$$\xi = 28.675(1 - 0.70167 + 0.4035) = 20.125$$

Bu sonuçlara göre modelimiz aşağıdaki gibi olacaktır:

$$x_t = 20.125 + 0.70167 x_{t-1} - 0.4035 x_{t-2} + \varepsilon_t$$

Şeklinde olacaktır.



Şekil 7. Model Rezidüleri için Otokorelasyon fonksiyonu

4.3. Uygunluk Testi

Seçilen modelin uygun olup olmadığı χ^2 testi ile aşağıda test edilmiştir.

Rezidüelerin χ^2 değeri $Q = n \sum r_{\kappa}^2(\hat{a})$ $\kappa=1,2,3,\dots,m$ formülü ile hesaplanır. χ^2 değeri Şekil-7'deki Q değeridir. Bu değer $Q = 21.52$ 'dir. $\chi^2_{\kappa-p-q}$ değerinde $\kappa=25$ (genellikle $n/4$ alınır), $p=2$ ve $q=0$ 'dır. $\chi^2_{0.05,22}$ değeri χ^2 tablosuna bakıldığı zaman $\chi^2_{0.05,22} = 33.924$ değeri bulunur. Bu değere göre bizim bulduğumuz Q değeri şekildeki değerden küçük olduğu için seçilen model uygundur hipotezini kabul ederiz. Bir başka deyişle değerler AR(2) veya ARIMA(2,0,0) modeline uygundur.

4.4. Model Rezidüleri İçin Kontrol Şemalarının Hazırlanması

Şekil-8 \bar{X} kontrol şemasını, Şekil-9 R kontrol şemasını, Şekil-10 CUSUM kontrol şemasını, Şekil-11 $\lambda=1$ için EWMA kontrol şemasını, Şekil 12. $\lambda=0.1$ için EWMA

kontrol şemasını ve Şekil-13 $\lambda=0.2$ için EWMA kontrol şemasını göstermektedir. Rezidüleri için hazırlanan kontrol şemalarından elde edilen sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.

\bar{X} kontrol Şeması : Uyarı sınırları dışına çıkan 14 değer vardır.
R Kontrol Şeması : Kontrol dışına çıkan 1 değer, uyarı sınırları dışına çıkan 8 değer vardır.
CUSUM Kontrol Şeması : Kontrol Dışına çıkan 2 değer vardır.

EWMA Kontrol Şeması ($\lambda=1$) : Uyarı sınırları dışına çıkan 12 değer vardır.

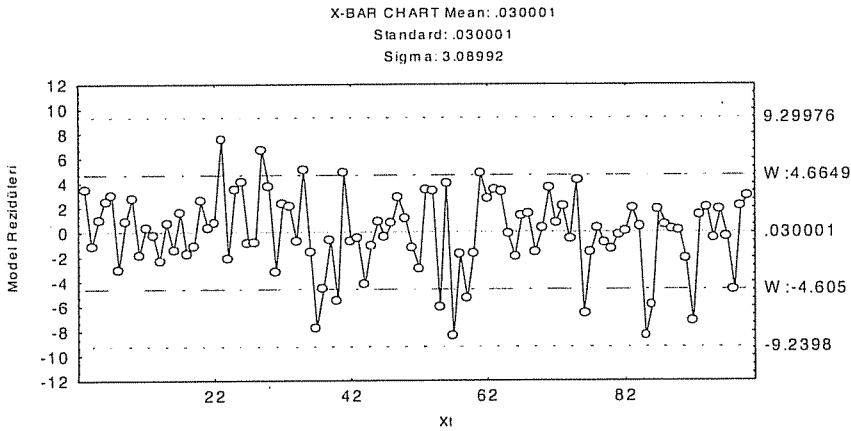
EWMA Kontrol Şeması ($\lambda=0.1$) : Uyarı sınırları dışına çıkan 9 değer vardır.

EWMA Kontrol Şeması ($\lambda=0.2$) : Uyarı sınırları dışına çıkan 13 değer vardır.

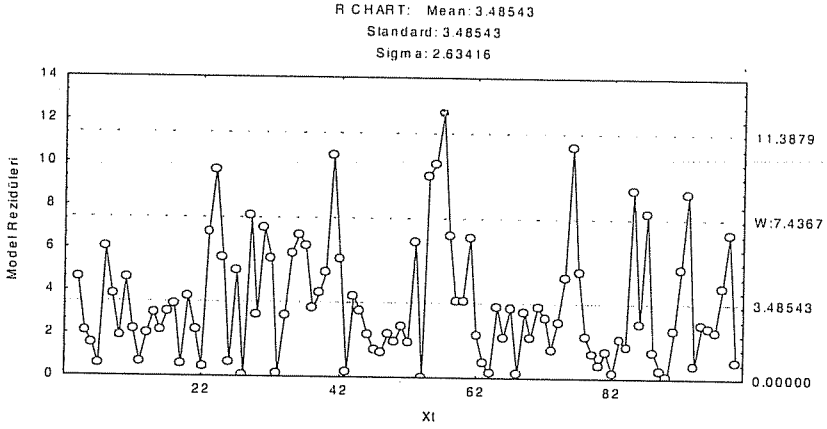
ARIMA (2.0.0) model rezidüleri için hazırlanan kontrol şemalarını incelediğimiz zaman proses kontrol altında olduğu halde her an kontrol dışına çıkabileceği durumlar aşağıda gösterilmiştir.

R kontrol şemasında kontrol dışına çıkan bir gözlem vardır ayrıca art arda gelen 7.8 ve 13 gözlem merkez değere göre aynı tarafta kalmaktadır.

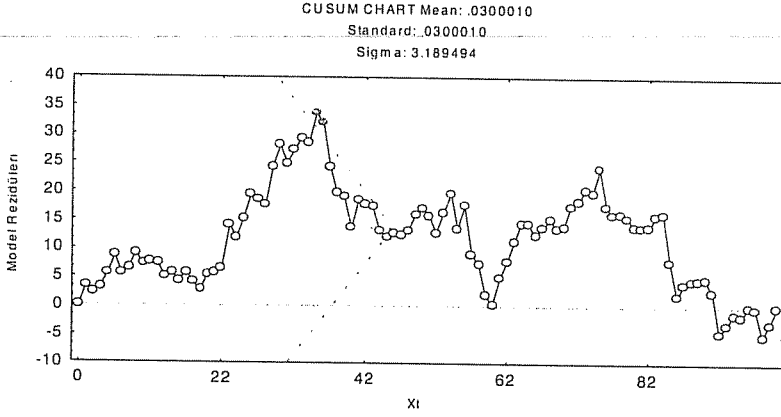
EWMA ($\lambda=0.1$) kontrol şemasında art arda gelen 12,14,15 ve 18 gözlem EWMA ($\lambda=0.2$) kontrol şemasında art arda gelen 7,12,13,15 ve 17 gözlem merkezi değere göre aynı tarafta kalmaktadır.



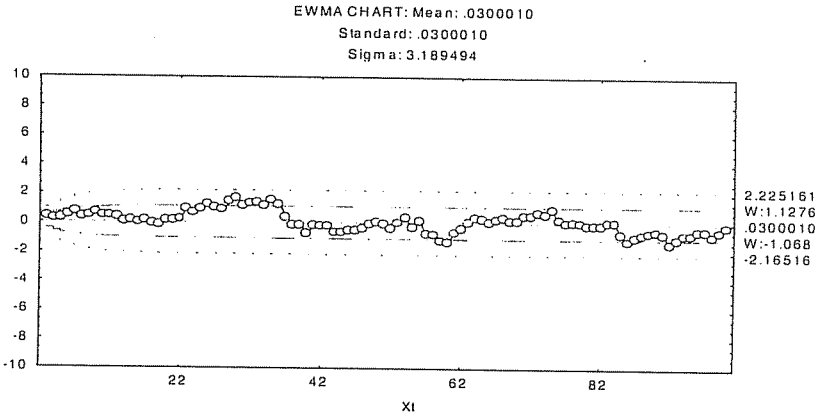
Şekil 8. Model Rezidüleri için \bar{X} Kontrol Şeması



Şekil 9. Model Rezidüleri için R Kontrol Şeması

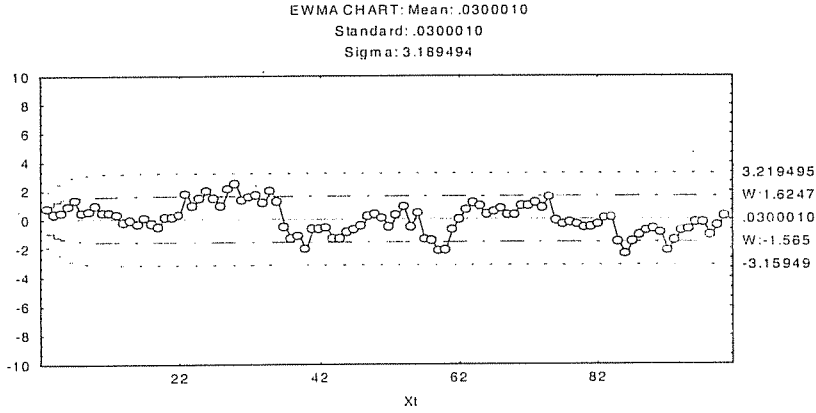


Şekil 10. Model Rezidüleri için CUSUM Kontrol Şeması

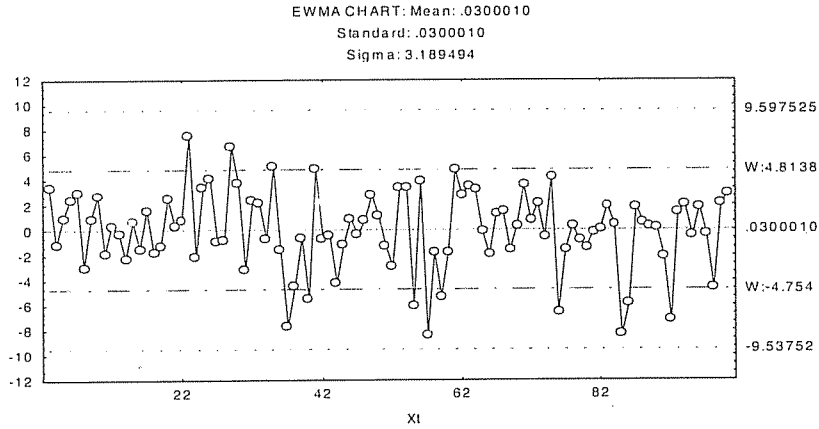


Şekil 11. Model Rezidüleri için EWMA Kontrol Şeması ($\lambda = 0,1$)

OTOKORELASYONLU VERİLERDE ZAMAN SERİLERİ MODELLEMESİ KULLANILARAK İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROL ŞEMALARININ HAZIRLANMASI



Şekil 12. Model Rezidüleri için EWMA Kontrol Şeması ($\lambda = 0,2$)



Şekil 13. Model Rezidüleri için EWMA Kontrol Şeması ($\lambda = 1$)

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Korelasyonlu veriler için hazırlanan kontrol şemalarında zaman serileri analizi yapılarak elde edilen yeni verilerin rezidüleri için kontrol şemalarını hazırlamak daha iyi sonuç vermektedir. Ayrıca SPC-PI+ paket programı yardımı ile tahmin hatalarını minimum eden λ değerine göre elde edilen yeni verilerin rezidüleri için hazırlanan kontrol şemaları hazırlamak daha iyi sonuç vermektedir. Bu paket programında kullanılan yöntem zaman serileri analizi yardımı ile tahmin hatalarını minimum yapan λ değeri elde edilerek yeni veriler ve rezidülerinin elde edilmesidir. Bu çalışmanın devamında, korelasyonlu veriler için zaman serileri analizinde elde edilen parametrelerin duyarlılık analizi yapılabilir. Arındırma sırasında yanlış model seçilirse ne gibi durumlar ortaya çıkabileceği incelenebilir.

6. KAYNAKLAR

1. Hu,S.J. and Roan,C., "Change Patterns of Time Series-Based Control Charts", *Journal of Quality Technology*, Vol.28, No.3, pp.302-312, July 1996.
2. Montgomery,D.C., "Introduction to Statistical Quality Control", Arizona State University, 1996.
3. Reynolds,M.R. and Arnold,J.C. and Baik,J.W., "Variable Sampling Interval \bar{X} Charts in The Presence of Correlation", *Journal of Quality Technology*, Vol.28, No.1, pp.12-30, January 1996.
4. Schmid,W. and Schöne,A., "Some Properties of The EWMA Control Chart in The Presence of Autocorrelation", *The Annals of Statistics*, Vol.25, No.3, pp.1277-1283, 1997.
5. Yashchin,E., "Performans of CUSUM Control Schemes for Serially Correlated Observations", *Technometrics*, Vol.35, No.1, pp.37-59, February 1993.
6. Zhang,N.F. and Pollard,J.F., "Analysis of Autocorrelations in Dynamic Processes, *Technometrics*", Vol.36, No.4, pp.354-368, November 1994.
7. Zhang,N.F., "A Statistical Control Chart for Stationary Process Data", *Technometrics*, Vol.40, No.1, pp.24-38, February 1998.

ÇUKUROVA BÖLGESİNDE (ALDİCARB) KİRLENMESİNİN MATEMATİK MODELLE SAPTANMASI

Derya DÖNMEZ

Ç.Ü., Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana /Türkiye

Hayriye İBRİKÇİ

Ç.Ü., Toprak Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Günümüzde ürün veriminin artması için dünyada ve ülkemizde pestisitlerin kullanılması hızla artmaktadır. Aşırı dozda ve sıkça uygulanan pestisitlerin yararları yanında bitkilerin bünyesinde birikmesinden dolayı insan sağlığına zararları tespit edilmiştir. Deneysel metodlar yanında matematiksel modellerle pestisit kimyasallarının bilinen özelliklerinden hareketle toprağın katı ve sıvı fazında birikimi tahmin edilebilir. Bu çalışmada iki toprak serisinin fiziksel ve aldicarb pestisitinin bilinen parametreleri kullanılmıştır. Derinlik ve zamana bağlı olarak yapılan 50 günlük uygulama sonrasında toprağın katı ve sıvı fazında kalıntılar olacağı saptanmıştır.*

DETERMINATION OF ALDICARB POLLUTION IN ÇUKUROVA REGION USING A MATHEMATICAL MODEL

ABSTRACT : *Today , pesticides are used increasingly in order to get good crop yield in our country and around the world. Overdose and frequent application of pesticides may increase the productivity, but negative effects of the accumulation of chemicals in plants on human health has been determined. In addition to experimental methods, accumulation of chemicals in the soil solid and liquid phase can be predicted by using matemactical models and pesdicides chemical properties. In this study, by using soil physical parameters and pesticide parameters chemical residues were calculated depending on depth and time in the soil solid phase and liquid phase 50 days after the application.*

1. GİRİŞ

Pestisitlerin kullanılmadığı durumlarda ürün kaybının %45-65 olması, dünyada beslenme sorunun arttığı, gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde beslenme yetersizliğinden ölümlerin olduğu düşünülürse, pestisitlerin kullanılması kaçınılmaz olmaktadır.

Diğer taraftan da pestisitlerin uzun süreli ve aşırı dozda kullanılması, zararlılarda kalıtsal direnç oluşturmakta, toprak, su ve havada belli uzaklıklara taşınarak ekolojik dengenin bozulması neden olmaktadır. Toprakta pestisit kalıntılarının birikmesi ve bu topraklarda yetişen bitkilerde de kalıntı oluşması insan sağlığı için de ciddi tehlike oluşturmaktadır. Örneğin, aşırı dozda ve sıklıkla pestisit uygulanarak yetiştirilen yiyecekler üzerinde yapılan araştırmalara göre, domates tüketen her 10.000 kişiden 9 kişinin, patates için 5, portakal için 4 ve et için 6 kişinin kanserden ölme riskinin olduğu yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir (1).

Dünyada pestisit tüketimi yılda 2.6 milyon ton olup bunun %33'ü Asya'da, %27'si Avrupa'da, %26'si Kuzey Amerika'da, %11'i Güney Amerika'da ve %3'ü Afrika'da tüketilmektedir (2).

Türkiye'de yıllık pestisit tüketimi yılda ortalama 30000-35000 ton olup bunun %40'ı Adana, İçel ve Antalya'da, %25'i ise İzmir yöresinde kullanılmaktadır (2). Adana ilinde yıllık ortalama tüketim 2000 tondur.

Türkiye'de kullanılan pestisitlerin %47'si pamuk bitkisi için kullanılmaktadır. İnsektisitlerin içinde, carbamatlar grubundan aldıcارب pamukta beyaz sineğe karşı önemli miktarda kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, Adana ilinde, pamuk ekilen toprak serilerinde, aldıcارب uygulamasıyla oluşan su ve topraktaki kalıntıların matematik modelleme ile belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Pestan Modeli

Bu modelde, organik kimyasal konsantrasyonlarının topraktan yeraltı suyuna doğru hareketi incelenmektedir. Model, Enfield ve Ark. (3) tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra Enfield ve Ark.(3), Jones ve Back (4), Melanon ve Ark. (5) tarafından laboratuvar ve arazi şartlarında model test edilmiştir.

Modelde Ficks kanunlarından yararlanarak konsantrasyonun yatay taşınma denklemi kullanılmaktadır. Bu denklemde sıvı ve katı fazda konsantrasyon miktarındaki değişiklikler gösterilmiştir. Buna göre denklemin genel yazılışı

$$; \frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - \frac{\partial c}{\partial x} v - \phi(x, c, t) \quad \text{dir (1)}$$

$\phi(x, y, z)$ terimi sistemde artan ve eksilen değerleri göstermektedir. Bu da katı faz için

$$\frac{\rho_b \partial s}{\theta \partial t}, \text{ sıvı faz için de } k_1 . C \text{ dir. Diğer taraftan } \frac{\partial s}{\partial t} = K_u \frac{\partial c}{\partial t} \quad \text{dir. Denklem tekrar}$$

$$\text{düzenlenirse } \frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - \frac{\partial c}{\partial x} v - \frac{\rho_b}{\theta} K_u \frac{\partial c}{\partial t} - k_1 c \quad (2) \text{ şeklini alır.}$$

$$1 + \frac{\rho_b}{\theta} K_d = R \text{ ise; } \frac{\partial c}{\partial t} R = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - \frac{\partial c}{\partial x} v - k_1 \cdot c \quad (3) \text{ olarak kısalır.}$$

C = sıvı fazdaki konsantrasyon, t = zaman, x = uzunluk, D = dispersiyon katsayısı, v = Gözenek hızı, ρ = Toprağın yoğunluğu, θ = Toprağın hacimsel su içeriği, S = Katı fazdaki konsantrasyon, k₁ = Reaksiyon katsayısı, K_d = Freundlich adsorbsiyon katsayısıdır.

$$K_d = K_{oc} \cdot f_{oc} \quad (4)$$

K_{oc} = Kimyasal ait organik karbon katsayısı, f_{oc} = Toprağın organik madde içeriğidir.

(3) no'lu denklem için sınır koşulları :

$$C(x,0) \text{ için } C=0 \quad -\infty < x < -x_0, C=C_0 \quad -x_0 < x < 0, C=0 \quad 0 < x < \infty$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\partial c}{\partial x} = 0 \text{ olup aşağıdaki çözüm elde edilir.}$$

$$C(x,t) = \frac{C_0}{2} \exp(-k_1 t) \left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{x + x_0 - vt}{2\sqrt{Dt/R}} \right] - \operatorname{erf} \left[\frac{x - vt}{2\sqrt{Dt/R}} \right] \right\} \quad (6)$$

Bu modelde problemin çözümü için aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

a) Toprakta hareket eden, yüzeyden aşağı inen çözelti miktarı, maksimum çözelti olup bu da pestisitler için tespit edilmiş çözünebilirlik miktarına eşit alınmıştır.

b) Çözeltinin toprağa giriş hızı gözenek hızına eşit alınmış olup $v = \frac{I}{\theta}$ dir. Burada I

infiltrasyon hızı, θ toprağın hacimsel su içeriğidir. Hacimsel su içeriği infiltrasyon hızı ile permeabilite arasındaki bağıntı aşağıda verilmiştir.

$$\theta = \theta_s \left(\frac{I}{K_s} \right)^{\frac{1}{2b+3}} \quad I \leq K_s$$

$$\theta = \theta_s \quad I > K_s \quad \frac{K}{K_s} = \left(\frac{\theta}{\theta_s} \right)^{2b+3} \text{ dir.} \quad K_s \text{ doymun toprağın halde permeabilite}$$

katsayısı, θ_s doymun toprağın hacimsel su içeriğidir.

c) Ortam homojen ve izotropdur.

d) Sıvı ve katı fazda pestisit in parçalanma hızı eşit alınmıştır.

e) Biyolojik aktivitenin zaman ve derinlikle artması ihmal edilmiştir.

2.2. Aldicarb

Aldicarb oldukça toksik bir carbamatlı insektisit olup, kontakt ve gaz etkilidir. Taneli yapılı olanı toprağa uygulanır. Toprakta kalıcılığı kısa olup, yarılanma süresi 30 gündür. Aldicarbın yayılma hızı diğer pestisitlere göre yüksek olup suda çözünürlüğü 6000 mg/l, topraktaki adsorpsiyon katsayısı 30 l/kg dir (6). Toprağa uygulandıktan 12 hafta sonra süratle parçalanarak aldicarb sülfoksit formunu alır. Sulfon, nitrile sülfoksit ve oksim olan türevleri oluşur. Aldicarb sulfon ve aldicarb sulfoksit toprakta bitkide en çok kalıntı oluşturanlardır. Aldicarbın en fazla uygulandığı bitkiler pamuk, şeker pancarı, patates ve yerfıstığıdır. Pamukta uygulanması kaynaklara göre değişmektedir.

Örneğin Xuefeng ve ark. (7), çalışmalarında Kaliforniya 'da iki farklı uygulamadan bahsedilmektedir. Birincisi tek uygulama olup 4.5 kg/ha, diğeri ise yılda iki uygulama olup 4.5 kg/ha nisan ayında ve 13.5 kg/ha mayıs ayındadır.

2.3. Toprak ve Bitki Özellikler

2.3.1. Pamuk

Adana bölgesinde yaygın olarak ekilen pamuk bitkisi, ağır killi ve çok kumlu topraklar hariç, hemen hemen her türlü toprakta yetişebilmektedir. Esas olarak bu bitkinin yetişmesinde iklim faktörü daha önemlidir. Sıcak 200 gün pamuğun en iyi yetiştiği dönemdir. Bu bölge için Nisan-Eylül ayları arası en iyi verimin alındığı dönemlerdir.

2.3.2. Toprak Özellikleri

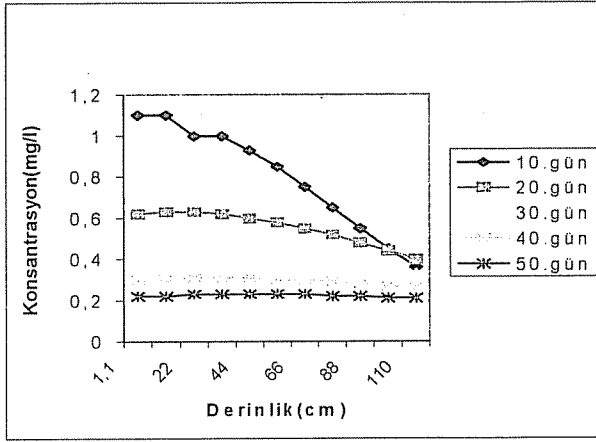
Çukurova bölgesinde yer alan Menzilat ve Arık serisi topraklar, pamuk ekiminin yapıldığı verimli topraklardır. Bu tip topraklar aluviyal topraklar olup drenajları iyidir. Toprak özgül ağırlığı ortalama 1.5 kg/cm^3 , dispersiyon katsayısı $12.5 \text{ cm}^2/\text{saat}$ dır.

Menzilat serisi topraklarda $\text{pH}=7.2-7.5$, kil içeriği %45, kireç içeriği %30-50 arasındadır. Organik madde %1.7-0.7 arasında ve derinlikle azalmaktadır. Gözenekliliği %35-40, hidrolik geçirgenliği 6.3-10.58 cm/s, kation değişim kapasitesi 34-35 me/100g'dır (8).

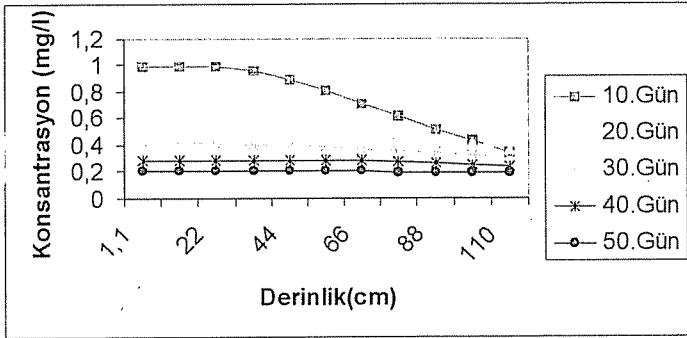
Arık serisi topraklarda, $\text{pH}=7.2-8$, kil içeriği %40, kireç miktarı %20-35, organik madde derinliğe bağlı olarak %0.97-1' dir. Toplam gözeneklilik %27-28 , hidrolik geçirgenlik 4.5-10.72 cm/s ve kation değişim kapasitesi 33 me/100 g'dır. Her iki seride de toprak derinliği 75-100 cm arasında değişmektedir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Menzilat ve Arık serisi topraklarda ortalama hidrolik geçirgenlik ve gözeneklilik değerleri kullanılarak derinliğe bağlı olarak sızan aldıcارب konsantrasyon değerleri bulunmuştur (Şekil 1 ve 2).



Şekil 1. Arık serisinde zamana bağlı olarak aldıcارب konsantrasyon değerleri

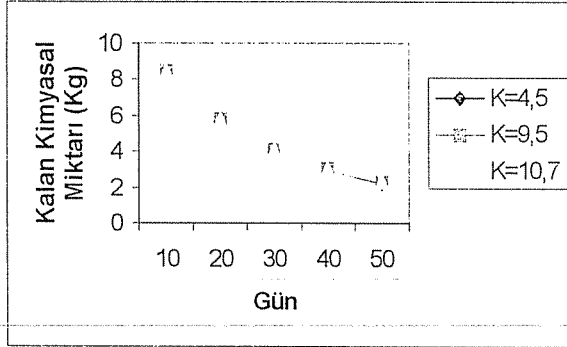


Şekil 2. Menzilat serisinde zamana bağlı olarak sızan aldıcارب konsantrasyon değerleri

Bu kısımda verilen sonuçlar, belli toprak ve aldıcارب parametreleri kullanılarak çalıştırılan PESTAN matematiksel sonuçlarını ve modelle bulunan yaklaşık değerlerini göstermektedir. Model sonuçlarına göre 10 günlük periyod sonunda konsantrasyonun zamanla ve derinlikle azalan değerler aldığı görülmüştür. 20 gün sonunda azalmanın ilk 10 günlük periyodun sonunda elde edilen sonucun yarısı kadar bir değerdir. Bu azalma her iki seri için de aynı olmuştur.

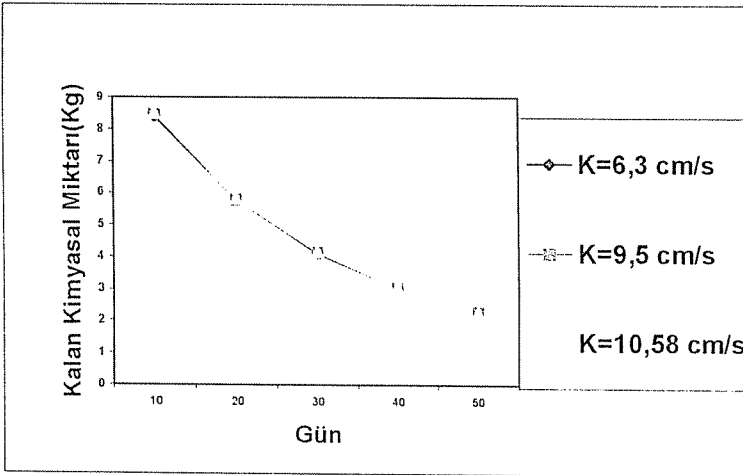
40. ve 50. günler sonunda konsantrasyonda azalmalar devam etmekte fakat daha sonra hemen hemen bütün derinliklerde sabit bir duruma gelmiştir. Konsantrasyondaki bu azalmalar aldıcاربın toprak tarafından adsorbsiyonundan ve bir miktarının da form değiştirmesinden kaynaklanmaktadır. Diğer taraftan her iki seri toprakta kil oranı fazla olduğundan kimyasalları adsorbe edecek yüzey alanı fazladır. 10. günde toprağa sızan aldıcارب 1.2-1 mg/l arasında olup 30-40 cm derinlikten sonra azalma artmaktadır. Bu kadar belirgin bir azalma 10 günlük periyotta elde edilmiştir. 30., 40., 50. günlerde ölçülebilen aldıcارب konsantrasyonu azalmaya devam etmiş fakat derinliğe bağlı olarak fazla değişmemiştir (Şekil 1 ve 2). Aldıcاربın yarılanma ömrü 30 gün olup bu durum

30. günden sonraki düşük konsantrasyon değerleri ile doğrulanmıştır. Bu sonuçlar uygulamanın 50. gününde, halen toprak profilinin tüm derinliklerde aldıcab kalıntısının olduğunu göstermiştir. Bu süre artırdığı durumda örneğin bir üretim dönemi veya yıl sonunda daha da azalmış olarak bulunacaktır. Ancak bu değerlerin dünya standart değerleri ile karşılaştırılıp toksisite düzeyinin belirlenmesi gerekir.

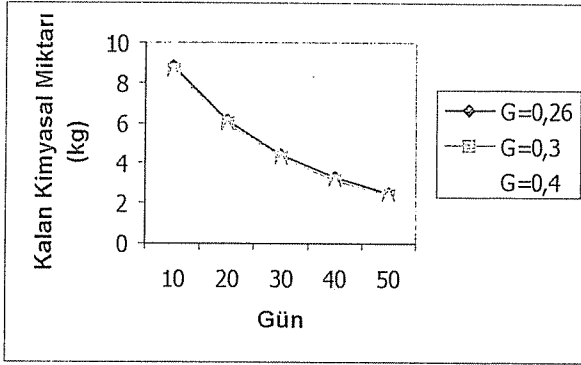


Şekil 3. Arık serisi için, farklı hidrolik geçirgenlik değerlerinde, sızan kimyasal miktarının zamanla değişimi.

Toprak geçirgenliğinin toprakta ölçülebilen pestisit miktarına etkisi Şekil 3 ve 4'te verilmektedir. Her iki seride de değişen toprak geçirgenliği, toprakta kalabilen pestisit miktarını etkilememiştir. Kullanılan geçirgenlik değerleri bu profil için ölçülmüş ve modelde gerçek rakamlar kullanılmıştır. Ancak zamana bağlı olarak pestisit miktarında azalma olmuştur. Sonuçlar, toprak geçirgenliğinin pestisit kalıntı miktarını etkileyecek bir parametre olmadığını göstermektedir. Yapılacak hassaslık analizleri ile daha detaylı olarak, bu parametrenin etkinliği belirlenebilir.

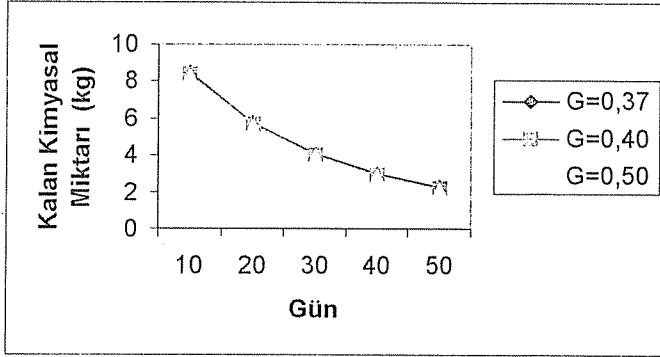


Şekil 4. Menzilat serisi için farklı hidrolik geçirgenlik değerlerinde, sızan kimyasalın zamanla değişimi.



Şekil 5. Arık serisinde, farklı gözeneklilikte, kimyasalın zamanla değişimi.

Toprak gözenekliliğinin derinlikle değişmesi, toprakta kalan pestisit miktarına etki etmemiştir (Şekil 5 ve 6). Bu modelde kullanılan değerler birbirlerine çok yakın olduğu için sonuçlarda bir değişiklik olmamıştır. Zamana bağlı olarak topraktaki aldicarb miktarı hemen hemen 4-5 kata varan bir azalma göstermiştir.



Şekil 6. Menzilat serisinde, farklı gözeneklilikte, kimyasalın zamanla değişimi.

Bütün geçirgenlik ve gözeneklilik değerlerinde toprakta kalan miktarın sadece zamanla değiştiği görülmektedir. Bu da toprağın fiziksel özelliklerinin toprakta pestisit kalıntı miktarını etkilemediğini göstermektedir. Arık serisinde de gözenekliliğinin kalan konsantrasyon miktarına etkili olmadığı saptanmıştır.

Tablo 1. Arık serisinde, ortalama hidrolik geçirgenlik ve porozite değerleri kullanılarak bulunan, parçalanmadan sonra kalan aldicarb miktarları.

Zaman (gün)	10	20	30	40	50
Sıvı fazda kalan miktar (kg)	7.02	4.79	3.42	2.58	1.95
Katı fazda kalan miktar (kg)	1.47	1.	0.72	0.68	0.51
Toplam miktar (kg)	8.49	5.8	4.14	3.26	2.46

Tablo 2. Menzilat serisinde, ortalama hidrolik geçirgenlik ve porozite değerleri kullanılarak bulunan, parçalanmadan sonra kalan aldicarb miktarları.

Zaman (gün)	10	20	30	40	50
Sıvı fazda kalan miktar (kg)	7.02	4.85	3.49	2.58	1.95
Katı fazda kalan miktar (kg)	1.85	1.28	0.92	0.68	0.51
Toplam miktar (kg)	8.87	6.13	4.41	3.26	2.46

Tablolarda görüldüğü gibi sıvı ve toprak fazda kalan konsantrasyon miktarları zamanla azalmaktadır.

Yukarıdaki tablo ve şekillerden görüldüğü gibi farklı hidrolik geçirgenlik ve porozite değerlerinde elde edilen konsantrasyon eğrileri birbirlerine çok yakın bulunmuştur. Her iki toprak serisinde parametre değerleri birbirlerine çok yakın çıkmıştır. Her iki seride de, 50. günde sızan konsantrasyon değerleri en az olmuş, ancak hala sıfırlanmadığı görülmüştür. Her iki seride de gözenekler arası suyun hızı 0.027-0.045 cm/saat, konsantrasyon yayılma hızı 0.22-0.35 cm /saat bulunmuştur. Bu değerlerden de konsantrasyonun daha hızlı yayıldığı anlaşılmaktadır. Diğer taraftan toprağın sıvı fazında bulunan aldicarb miktarı katı fazından daha fazla bulunmuştur. Bu sonuç sıvı fazda daha fazla birikme olacağını göstermektedir.

Modelde kullanılan uygulama miktarları Bakanlığın ve İl Tarım Müdürlüklerinin tavsiye ettikleri yönetmeliklerce belirlenmiş miktar olup gerçekte üreticiler kontrollü olarak ilacı kullanmaktadır. Bu bakımdan modelde elde sonuç dozaj aşıldığında sıvı ve katı fazda kalıntı miktarının daha fazla olacağını doğrulamaktadır.

Bitkilerin gelişmesi ve verimliliğin artırılması için bitki zararlılarını önlemek gerekli olup, çevreye ve doğal kaynaklara verilecek zararın da minimize edilmesi gerekmektedir. Böyle bir optimizasyon için bu tür model çalışmaları yararlı olabilmekte, ancak kimyasalların toprak içinde etkileşimini ve özellikle killi topraklarda pestisitlerin adsorbsiyonlarını ve davranışını açıklamak için daha detaylı çalışmalar gerekmektedir.

4. KAYNAKLAR

1. Raven,P., Berg,L., Johnson,G.B., "Environment", Fort Worth, Saunders College, 1995.
2. Erkin,E., Kışmır,A., "Dünyada ve Türkiye'de Tarım İlaçlarının Kullanımı", II.Ulusal Zirai Mücadele İlaçları Sempozyumu, 3-11, 1996.
3. Enfield,C.G., Carsel,R.F., Cohen,S.E., Phan,T. and Walters,D.M., "Approximating Pollutant Transport to Ground Water", Ground Water , (2); No.6, 711-722, 1982.
4. Jones,R. and Back,R.C., "Monitoring Aldicarb Residues in Florida Soil and Water", Environmental Toxicology and Chemistry, (3); 9-21, 1984.
5. Melanon,S.M., Pollard,J.E. and Hern,S.C., "Evaluation of SESOIL, PRZM, and PESTAN in a Laboratory Column Leaching Experiment", Environmental Toxicology and Chemistry, (5); 123-125, 1986.

6. Augustijn-Beckers, Hornsby,A.G. and Wauhope,R.D., "The SCS/ARS/CES Pesticides Properties Data Base for Environmental Decision Making", *Additional Compounds, Reviews of Environmental Contamination Toxicology*, 137:1-82, 1994.

7. Xuefeng,C., Başağaoğlu,H., Marino,M., Volker,R.E., "Aldicarb Transport in Subsurface Environment: Comparison of Models", *J. Env. Quality* 126 (2) 121-129. 2000.

8. Canbolat,R., "Ziraat Fakültesi Alanlarında Yayıgın Bazı Toprak Serilerinin Fiziksel Parametrelerinin Belirlenmesi ve Hidrolik Özelliklerinin Matematiksel Modellenmesi", *Master Tezi*, 1996.



İNŞAAT VE SANAYİ HAMMADDESİ OLARAK KİREÇ VE ÖNEMİ

Mesut ANIL ve Özen KILIÇ

Ç.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET: Kullanıldığı alanların ve üretiminde katkısı olan ürünlerin son derece çok ve çeşitli olması nedeni ile kireç endüstrisi, dinamik ve gelişmelere açık bir endüstri dalıdır. Eski yüzyıllarda yalnızca inşaatlarda harç bağlayıcısı olarak kullanılan kireç ürünlerinin (kireçtaşı, sönmemiş kireç, sönmüş kireç) sanayiinin gelişmesine paralel olarak kullanımı çelik endüstrisi, karayolları stabilizasyonu, cam ve otoklav endüstrisi, tarım topraklarının ıslahı gibi pek çok alanda artmıştır. Bunun başlıca nedenleri, kirecin diğer elementlere karşı kimyasal afinitesinin büyük olması, ortamı nötrleştirici özelliği ve ucuz olmasıdır. Çok eski zamanlardan beri dezenfektan olarak kullanılan kireç, günümüzde çelik ve kimya endüstrisinde kullanılmaktadır. Çevre sorunları ile mücadelede en ucuz ve etkili madde olmuştur.

Bu çalışmada kireç üretim teknolojisi, kirecin kullanım alanları ve Türkiye'de yürütülen kireç üretimi konularına değinilmiştir. Mevcut durum özellenerek Türkiye'de kireç üreticilerinin sorunları üzerinde durulmuştur. Sonuç olarak Anadolu kireç üreticilerinin üzerine çeşitli bahanelerle gümenin ülke ekonomisine zararlı olacağı vurgulanarak, bu sektördeki modernleşmenin belli bir zaman aralığında gerçekleşmesi gerektiği belirtilmiştir.

LIME AS A BUILDING AND INDUSTRIAL RAW MATERIAL AND ITS IMPORTANCE

ABSTRACT: Lime is used in a number of different areas. In addition, lime contributes to the production of various products. Therefore, lime industry is a dynamic industry branch, which is open to changes and developments. In the ancient times, lime products such as limestone, quicklime and hydrated lime were being used only as mortar binding in the construction of buildings. However, today, parallel to the development of industry, the usage of lime has increased in a lot of different areas such as steel industry, highway stabilization, glass and autoclave industry, and soil neutralization. One of the chief reasons for this increase is that the chemical affinity of lime is higher than the other elements. Moreover, there is a good neutralization power of lime and its cheapness. Lime has been used as disinfectant since very old times. It is being employed in steel and chemistry industry nowadays. Furthermore, lime has turned out to be the most effective and the cheapest material in the struggle with the environmental issues.

This study focuses on lime production technology, the usage areas of lime, and the lime production issues in Turkey. Considering the current situation, the problems of lime producers in Turkey are emphasised. To sum up, the results emphasise that confronting the Anadolu lime producers with various reasons may damage the national economy, and modernising this sector should be carried out in a certain period of time.

1. GİRİŞ

Kireç antik çağlardan beri bilinen ve çok yönlü kullanımı olan bir maddedir. Kireç üretiminin hammaddesi kireçtaşıdır. Kireçtaşları yüksek kalsiyum içeren kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı olmak üzere kabaca iki sınıfa ayrılabilir. Yüksek kalsiyumlu kireçtaşları %97-99 CaCO_3 içermektedir. Dolomitik kireçtaşlarında MgCO_3 oranı %43'e kadar yükselebilmektedir. Oluştığı yere, içerdiği safsızlıkların cinsi ve miktarına, kullanım alanlarına göre 40 kadar kireçtaşı cinsi bulunmaktadır. Bunların bazıları; Bitümlü kireçtaşı, Tebeşir, Kimyasal kireçtaşı, Demirli kireçtaşı, Litografik kireçtaşı, Flux kireçtaşı, Fosilli kireçtaşı, Camtaşı, Hidrolik kireçtaşı, Mermer, Marn, Oolitik kireçtaşı, Silikatlı kireçtaşı, Traverten, Silikatlı kireçtaşı olarak sayılabilmektedir (1).

Bilindiği gibi kimyasal bileşiminde asgari %90 kalsiyum karbonat (CaCO_3) bulunan tortul kayalara kalker ya da kireçtaşı adı verilmektedir. Bu kayacın mineralojik bileşiminde asgari %90 kalsit minerali bulunmaktadır. Kireçtaşı saf halde kalsit ve çok az miktarda aragonit kristallerinden oluşmaktadır. Kalsit ve aragonit kalsiyum karbonatın iki ayrı kristal şekli olup teorik olarak %56 CaO ve %44 CO_2 ihtiva etmektedir. Ancak tabiatta hiçbir zaman saf olarak bulunmamaktadır. İkinci derecede değişik madde ve bileşiklerin içinde yer alması nedeni ile orijinal halde sarı, kahverengi ve siyah renklerde görülebilmektedir. Kireçtaşının sertlik derecesi 3, özgül ağırlığı $2.5-2.7/\text{cm}^3$ arasındadır. Yer altı sularında travertenler şeklinde, deniz ya da tatlı sularda ise kimyasal, organik veya mekanik çökeltme sonucunda kalker yatakları oluşmaktadır. Oluşum süreçlerinden de anlaşılacağı üzere kireçtaşı iki ana grupta toplanabilmektedir. Organik ve kimyasal kireçtaşları otokton, klastik kireçtaşları ise allokton olarak kabul edilmektedir. Yaygın olarak oluşan kireçtaşlarının çoğu organik, detritik ve kimyasal materyaller ihtiva etmektedir (2).

Eski Mısır Piramitleri'nin yapımında, Yunan ve Roma İmparatorluğu döneminde çeşitli yapıtların inşasında kireç kullanıldığı bilinmektedir. Kirecin yapı harcında kullanımı üzerine yazılmış en eski yazı Marcus Pollo isminde bir Romalı mühendisin İmparator Augustus döneminde (MÖ 27-MS 14) yazdığı "De Architectura" isimli kitapta bulunmaktadır (3).

Kirecin kullanımı, çok eski zamanlardan beri öncelikli olarak inşaat sektöründe ardından ise kimya sektöründe (dezenfektan olarak) olmuştur. 20. Yüzyılın başında hızla gelişen kimya ve demir çelik endüstrisi ile çok büyük miktarlarda kireç kullanılmaya başlanmıştır. Kirecin endüstri, tarım ve çevre sektörlerindeki gün geçtikçe artan kullanımı, kireç üretim yerlerinin yaygınlığının, kullanım yerlerine yakınlığının, üretim teknolojisinin geliştirilmesinin ve bu sayede fiyatının diğer rakip kimyasallara oranla oldukça ucuz olmasının bir sonucudur. Bu nedenle, üretim yöntemlerinde modernleşme ve pazar payı kapma savaşları hızlanmıştır.

2. KİREÇ ÜRETİM YÖNTEMİ VE TEKNOLOJİSİ

Açık işletme yöntemi ile üretilen kireçtaşı, çeneli kırıcıda 20 cm boyutuna kadar indirilmekte ve elekler yardımı ile kum, mıcır (-4 cm) ve fırın taşı olarak tasnif edilmektedir. Dikey şaftlı ve Eberhart tipi kireç fırınlarında daha çok 4-20 cm boyutundaki kireçtaşı fırın taşı olarak alınmak sureti ile tasnif edilmekte; fırında meydana gelebilecek tıkanıklıklar minimuma indirilmekte ve kireçtaşının homojen

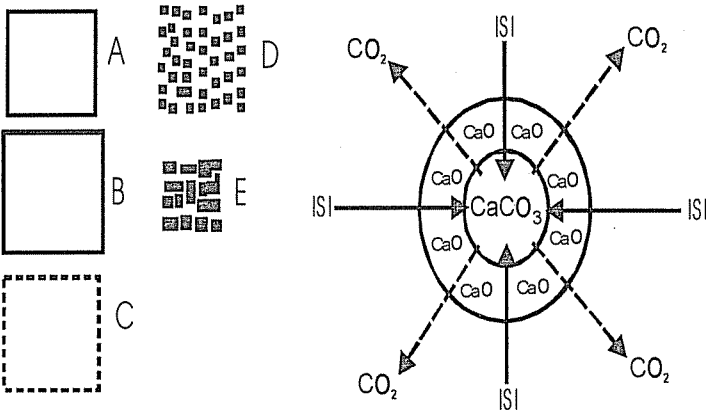
kalsinasyonu sağlanmaktadır. Ancak yatay (rotary) fırınlarda daha küçük boyutlu kireçtaşları (-4 cm) da kalsine edilebilmektedir.

Yüksek kalsiyumlu kireçtaşının kalsinasyonu aşağıdaki iki yönlü eşitlik ile ifade edilebilmektedir (4).



Kalsinasyon sıcaklığı CO₂ gazının kısmi basıncına bağlı olarak değişmektedir. CaCO₃, %100 CO₂ atmosferinde ve 760 mm Hg basıncında 898 °C'de bozunmaktadır. Bozunma daima dış kabuktan içeriye doğru oluşmaktadır. Kireçtaşının boyutu büyüdükçe kireçtaşının sıcaklığı artırılmalıdır. Dış kabuğun kalsinasyon sıcaklığı ile çekirdeğin kalsinasyon sıcaklığı arasında 150-350 °C fark oluşabilmektedir.

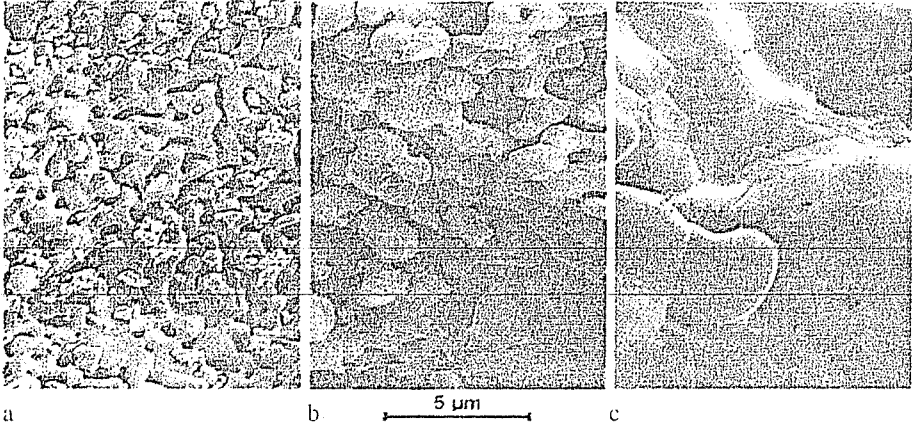
Pratikte kalsinasyon 1050-1200 °C arasında gerçekleşmektedir. Kireçtaşının gerekli olan minimum sıcaklıktan daha yüksek sıcaklıklarda kalsine edilmesinin ana nedeni kalsinasyon hızının sıcaklık ile artması ve dolayısıyla fırın kapasitesinin de artmasıdır. Ancak kalsinasyonda elde edilecek kirecin reaktivitesi azalacağından 1200 °C'den yüksek sıcaklıklar, özel durumlar hariç tercih edilmemektedir. Kalsinasyon sıcaklığı olan 900 °C geçildiğinde kısmi basınç 1 atm'yi geçmekte ve kireçleşen tabakanın kalınlığı artmakta ve kalsinasyon tamamlanmaktadır. CO₂'in taştan çıkmak için izlediği yollarda gözenekler meydana getirerek dışarı çıkması ile CaO oluşumu gerçekleşmektedir (5). Bu arada rekarbonizasyonu önlemek için kireçtaşından çıkan karbondioksit gazı ortamdan uzaklaştırılmaktadır. Yüzeyde ve ön ısıtma bölgesinde 800 °C'lerde başlayan taş dekompozisyonu, yüzeyden çekirdeğe gittikçe yavaşlamaktadır. Bunun ana nedenlerinde birisi teşekkül eden CaO'in ısı geçirgenliğinin CaCO₃'e göre daha az olmasıdır. Diğer taraftan kalsinasyon süresi, taş yoğunluğu ve kalınlığı arttıkça artmaktadır. Şekil 1'de kalsinasyon sırasında kireçtaşında olan değişiklikler gösterilmektedir.



- A) Kireçtaşı oda sıcaklığında.
- B) CO₂ çıkışı öncesi taş genişlemesi.
- C) Yüzeysel gaz çıkışı başlangıcı.
- D) Mikro CaO kristalleri henüz kalsinasyona uğramamış çekirdek dış yüzeyine yapışmakta, taş hacmi pek değişmemekte ancak CaO'de gözenek sayısı artmaktadır.
- E) Kalsinasyon sona ermekte, CaO kristalleri büyümekte, gözenek hacmi maksimuma ulaşmakta ve taş hacmi ise yine eski büyüklüğündedir.
- F) Büyümeye devam eden CaO kristalleri aglomera olmakta, taş ve gözenek hacmi ise küçülmektedir.

Şekil 1. Kalsinasyon sırasında kireçtaşında meydana gelen değişiklikler (6)

Kireçtaşının çözünme sıcaklığına etki eden en önemli faktörlerin başında içinde CO_2 basıncı ve CO_2 konsantrasyonu gelmektedir. Isının kalsinasyon sıcaklığını geçmesi halinde aglomerasyon başlamakta, gözenekler ve gaz yolları kapanmakta, taş küçülmekte ve ağırlaşmaktadır. Kireçteki karbonat kısmının çok azalması ve böylece serbest CaO oranının çok yükselmiş olmasına rağmen gözenekler kapandığından kirecin reaktivitesi düşmektedir. Böyle pişmiş kirece aşırı pişmiş sert kireç denmektedir (Şekil 2).

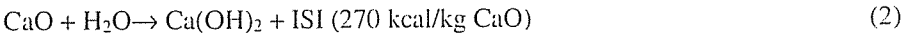


Şekil 2. Kireç kalitesini gösterir SEM fotoğrafı (a- az pişmiş, b- orta pişmiş, c- sinterleşmiş kireç) (7)

Yumuşak pişmiş kireç daha düşük sıcaklıklarda 900-1000 °C'de pişirilmiştir (veya fırın kalsinasyon bölgesinden hızlı geçmiştir). bol gözenekli, yüksek reaktiviteli, hafif ve söndürülmesi kolay bir kireçtir. Optimal kalitede kireç çekirdeğinde %2-3 oranında CO_2 (%5 CaCO₃) kalmış, aktif CaO oranı ve reaktivitesi mümkün mertebe yüksek bir kireçtir (6).

Klasik kireç fırınlarında kalsinasyon süresi, takriben 24 saat'tir; ancak ön ısıtma ve soğutma sürelerine bağlı olarak 3-4 güne kadar çıkabilmektedir. Fırından çekilen sönmemiş kirecin bir kısmı parça kireç olarak piyasaya arz edilmektedir. Geriye kalanı ise söndürme işlemlerine tabi tutulmaktadır. Söndürme tesisine verilen parça kireç, kırıcıda -1 mm boyutuna indirgenmekte ve söndürme helezonunda suyla muamele edilmektedir. Söndürme işlemi olarak tanımlanan bu proses ekzotermik bir reaksiyondur. Söndürme helezonunu terk eden sönmüş kireç biyalı değirmenlerde öğütülerek 90 µ boyutuna getirilmekte ve 25 kg'lık standart paketler halinde torbalanmaktadır. Söndürülmemiş kirecin özellikleri ise Tablo 1'de verilmiştir.

Reaksiyon ürünü kalsiyum oksit veya diğer ismi ile sönmemiş kireç (CaO) bu haliyle kullanılabilirdiği gibi, suyla reaksiyona sokularak toz sönmüş kireç (Ca(OH)₂) şeklinde de kullanılabilir. Sönmüş kuru toz kireç, sönmemiş kirecin higroskopik özelliği sonucu suyla olan kontrollü reaksiyonu neticesinde elde edilmektedir. Ekzotermik olan bu reaksiyonun sonucunda dışarıya önemli miktarda ısı verilmektedir.



Tablo 1. Söndürülmemiş kirecin tanıtımı (8)

Bileşimi teşkil eden maddeler ve nispetleri	Kalsiyum Kireci			Dolomit Kireci	
	KK 90	KK 80	KK70	DK 85	DK 80
CaO ağırlıkça %, en az	90	80	70	85	80
MgO ağırlıkça %	≤5	≤5	≤5	≥30	>5
CO ₂ ağırlıkça %, en çok	4	7	12	7	7
Asitte çözünmeyen maddeler, SiO ₂ dahil, ağırlıkça %, en çok	2	2	2	2	2
Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ , metal oksitleri, ağırlıkça %, en çok	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
SO ₃ ağırlıkça %, en çok	2	2	2	2	2

Söndürülmüş kalsiyum kireci, kalsiyum hidrattır (Ca(OH)₂). Söndürülmüş dolomit kireci ise, kalsiyum/magnezyum hidrattır (CaMg(OH)₄). Her iki kirecin kurutulması ile söndürülmüş toz kireç elde edilmektedir. Bunlar kraft kağıdından veya yüksek yoğunluktaki polietilenden yapılan torbalar içine 25 kg miktarlarda doldurularak piyasaya sürülmektedir. Sönmüş kirecin özellikleri ise Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Söndürülmüş kirecin tanıtımı (8)

Bileşimi teşkil eden maddeler ve nispetleri	Kalsiyum Kireci (S-KK)			Dolomit Kireci (S-DK)	
	S-KK 90	S-KK 80	S-KK70	S-DK 85	S-DK 80
CaO ağırlıkça %, en az	90	80	70	85	80
MgO ağırlıkça %	≤5	≤5	≤5	≥330	>5
CO ₂ ağırlıkça %, en çok	4	7	12	7	7
Asitte çözünmeyen maddeler, SiO ₂ dahil, ağırlıkça %, en çok	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ , metal oksitleri, ağırlıkça %, en çok	1	1	1	1	1
SO ₃ ağırlıkça %, en çok	2	2	2	2	2

Sönmemiş kirecin gözenekleri ile temas eden su, derhal kimyasal reaksiyonu başlatarak hidrasyon ısısının ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu ısı kireç partiküllerinde büyük termal iç gerilmelere neden olarak sönmemiş kirecin tozlaşımcaya kadar parçalanmasına yol açmaktadır. Bu arada reaksiyona su buharı oluşumu ve hafif bir ses eşlik etmektedir. Sönmemiş kireç suyla reaksiyona girdiğinde ısı açığa çıkmakta ve önceleri çok hızlı yükselen sıcaklık sönmemenin sonlarına doğru sabitleşmektedir. Sönme eğrisinin karakteristiği öncelikle CaO’in pişme biçimine bağlıdır. Yumuşak pişmiş gözenek sayısı fazla, yüksek reaktiviteli kirecin 3-4 dakikada çok şiddetli reaksiyon göstererek sönme sıcaklığının 60-80°C’lere çıkmasına rağmen sert pişmiş gözenek sayısı az düşük reaktiviteli kireç, çok daha uzun zamanda sönmektedir.

1 kg kireçtaşı = 0.74 kg sönmüş kireç = 0.56 kg sönmemiş kirece eşdeğerdir.

Kireç sektöründe iyi vasıflı sayılıp yağlı kireçler diye adlandırılanlar en fazla %4 oranında yabancı madde içerirler. Daha düşük vasıflı olup zayıf kireçler diye

adlandırılanlarda bu oran %5-6'dır. Su altında donabilen su kireçleri ise, bünyelerinde %6-22 oranında kil taşırlar. Bunların üretimi için killi kireçtaşları kullanılmaktadır.

İstenmeyen ancak kalker bileşiminde çoğunlukla bulunan yabancı maddeler SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 ve TiO_2 'dir.

Teknolojik gelişmelerin ardındaki itici güç, kalsinasyonun mümkün mertebe homojen olması ve minimal enerjiyle gerçekleştirilme arzusudur. Proses için gerekli olan ısı enerjisini tayin eden faktör, baca gazı sıcaklığıdır. Baca gazı sıcaklığı, döner ve dikey fırınlar için önemli farklar gösterdiği gibi, dikey fırınlar kullanımında da direkt ve dolaylı yanmalara bağlı olarak yine dikkate değer farklar göstermektedir. Baca gazı sıcaklığının fonksiyonu olarak proses için ısı gereksinimi ve yakılan faydalı ısı ile ilgili değerler Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Baca gazı sıcaklığına bağlı olarak proses ısısı ve yakıtın faydalı ısısının değişimi (9)

Baca gazı sıcaklığı (°C)	Kalsinasyon ısısı (kcal/kg CaO)	Yakıtın faydalı ısı yüzdesi (%)
400	901	74-76
350	891	76-79
300	880	79-81
250	871	81-83
200	861	83-85
150	851	85-87

(%) aralığının alt değerleri linyit, odun vb. kalorili yakıtlara, üst değerleri ise, taşkömürü, petrokok ve fuel-oil gibi yakıtlara karşılık gelmektedir.

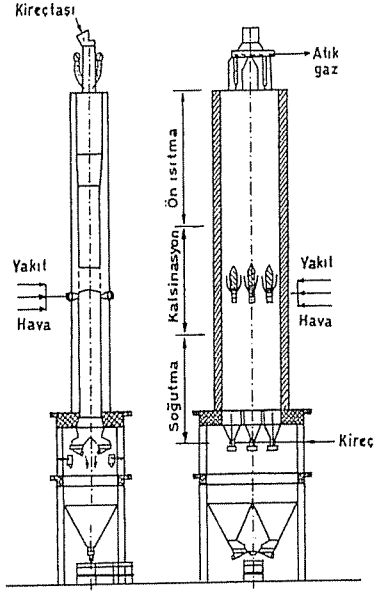
Kireç kalitesine etki eden faktörler ise:

- ☛ Kireçtaşı kalitesi (kristal yapısı, safsızlıklar, ufalanabilmesi)
- ☛ Kireçtaşı ebat ve granülasyonu
- ☛ Kalsinasyon hızı (şok ısı, yavaş ısı)
- ☛ Kalsinasyon sıcaklığı
- ☛ Kalsinasyon süresi
- ☛ Kimyasal reaktivite
- ☛ Büzülme karakteristikleri (yoğunluk, gözeneklilik)
- ☛ Yüzey alanı
- ☛ Yakıt tipi ve kalitesi
- ☛ Rekarbonasyon olasılığı'dır (5).

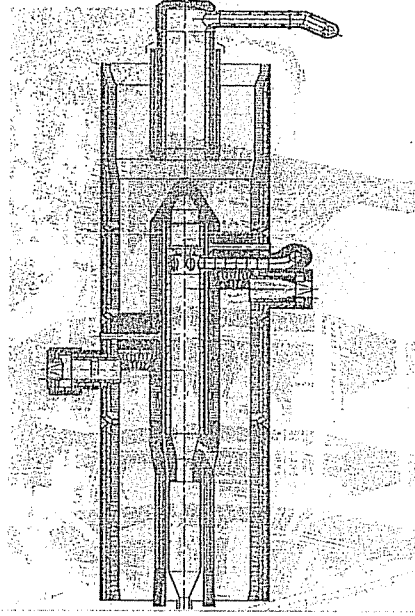
Kireç üretiminde Avrupa'da ve ülkemizde genellikle çok değişik tiplerde dik fırınlar kullanılmaktadır. Kireçtaşı ön ısıtma, kalsinasyon ve kireç soğutma bölümleri olan dairesel, elips, dikdörtgen ve halka kesitli 15-20 m yükseklikte olan fırınlarda gaz, sıvı ve katı yakıtlar kullanılarak üretilmektedir (Şekil 4 ve 5) (5, 10).

Dik fırın tiplerinin çoğunda sıcak gazlar ve kireçtaşının akış yönleri terstir (ters akımlı fırın). Bu fırınlardaki enerji tüketimi 950-1700 kcal/kg kireç civarındadır. Dik fırınlara beslenen kireçtaşı ebadı 250 mm kadar büyük olabilmektedir. Dik fırınların kapasiteleri 60-300 t/gün civarındadır.

Paralel akımlı fırınların en tanınmışları Maerz fırınları olup bu fırınlar birbirine bağlı 2 veya 3 fırın gövdesinden oluşur. Maerz fırınlarında yakıt bir fırına 12-15 dakika süre ile verilir. Bu fırından çıkan sıcak gazlar ile diğer fırındaki kireç taşı ön ısıtmaya tabi tutulur, yakma süresi tamamlandığında diğer fırına yakıt verilir. Kalsinasyon bu şekilde dönüşümlü olarak gerçekleştirilir. Maerz fırınlarının ısı verimi çok iyi olup yakıt sarfiyatı 850-950 kcal/kg kireç mertebesindedir. Maerz fırınlarına diğer dik fırınlara beslenen taş ebadından daha küçük ebatta taşlar da beslenebilmektedir. Maerz fırınları 100-600 t/gün kireç üretimi yapabilecek kapasitededirler.



Şekil 4. Dikey fırın kesiti

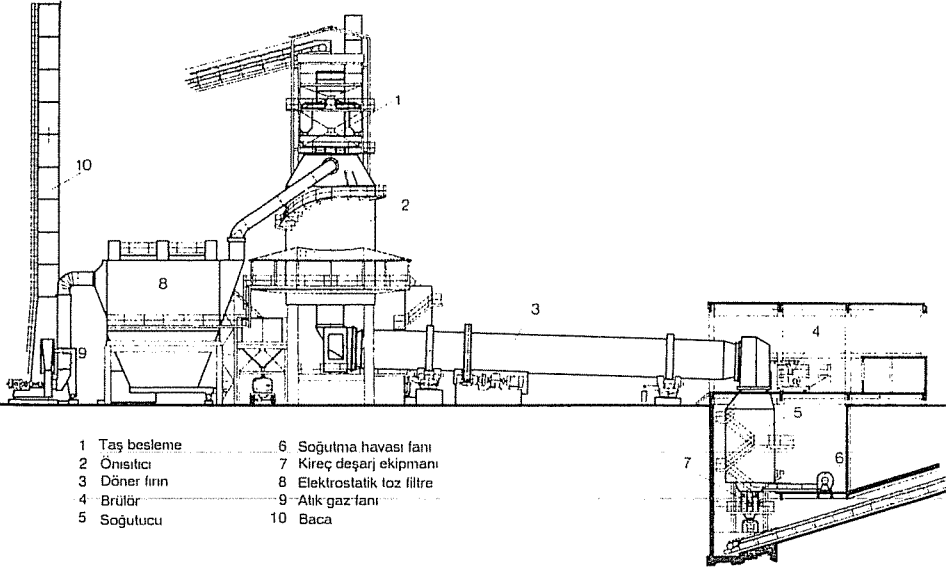


Şekil 5. Dikey fırın görünüşü

Kireç üretiminde kullanılan modern döner fırınlar maksimum 5 m çapında 45-60 m uzunluğunda olup çeşitli tipte önısıtma ekipmanları ile donatılmışlardır (Şekil 6). Ön ısıtmanın döner fırının içinde yapıldığı eski tip 100 m boyunda döner fırınlar da hala kullanılmaktadır. Döner fırınlarda gaz, sıvı ve katı yakıtlar kullanılabilir. Döner fırınlara beslenen taş boyutu genellikle 10-60 mm'dir. ABD' de hemen hemen bütün kireç fırınları döner fırınlardır. Döner fırınların yakıt tüketimi 1250-2000 kcal/kg ile oldukça yüksektir ve toz tutma sistemleri büyük ve masraflıdır. Döner fırınların kapasitesi 150-1500 t/gün civarındadır (11).

Maerz ve döner fırınlarda yumuşak pişmiş yüksek reaktiviteli kireç üretilebilirken ters akımlı dikey fırın tipleri ile yüksek reaktiviteli kireç pişirmek oldukça zordur. Bu fırınlarda genellikle orta sertlikte ve sert pişmiş kireç üretilebilmektedir.

0.2-3 mm boyutundaki kireçtaşlarının kalsine edilebildiği fırınlara akışkan yataklı Dorco Fluosolids fırını örnek olarak verilebilir. Tablo 4' de çeşitli kireç fırını tiplerinin kapasitesi, yakıt ve elektrik enerjisi sarfiyatları verilmiştir.



Şekil 6. Rotary fırın kesiti (11)

Tablo 4. Çeşitli kireç fırını tiplerinin karşılaştırılması (12, 13)

Fırın Tipi	Kapasite (t/gün CaO)	Fırın taşı ebadı (mm)	Yakıt sarfiyatı (kcal/kg CaO)	Elektrik sarfiyatı (kWh/t kireç)
Dik fırın				
Basit	40-120	50-250	1100-1700	4-15
Karışık beslemeli	10-300	90-200	950-1050	4-15
Çift eğimli	10-150	25-55	1000-1150	22-29
Halka kesitli	80-600	20-150	950-1150	25-30
Paralel akımlı rejeneratif (Maerz)	100-600	20-200	850-950	15-34
Döner fırın				
Uzun, ön ısıtmasız	150-1500	10-65	1500-2000	14-24
Kısa, ızgara ön ısıtmalı	150-1500	10-50	1200-1450	20-25
Kısa, şaft ön ısıtmalı	150-1500	10-60	1150-1450	17-45
Kısa, siklon ön ısıtmalı	-	0-2	1100-1300	23-37
Döner yataklı fırın	-	8-75	1400-1500	29-36
Akışkan yataklı fırın	30-150	0-2	1100-1300	20-25

3. KİRECİN KULLANILDIĞI ALANLAR

Kirecin kullanım alanları sayılamayacak kadar çoktur. Kireç direkt veya dolaylı olarak hemen hemen her endüstri ürününde katkısı olan bir kimyasaldır. Endüstride kullanım alanlarının sayısı açısından birinci ve tüketim miktarı açısından ise beşinci sıradadır (14).

Tablo 5'de ise kirecin en önemli kullanım alanları ve Türkiye'de bu alanlarda kullanılıp kullanılmadığı belirtilmektedir.

Tablo 5. Kirecin kullanım alanları (15)

ANA SEKTÖR	KULLANIM ALANI	KİREÇ CİNSİ	KULLANIM AMACI	Türkiye’de kullanımı
MADEN	Flotasyon	Sönmüş toz kireç	Bakır, kurşun, çinko gibi cevherlerin flotasyonunda pH ayarlayıcı ve pirit bastırıcısı olarak	var
	Aglomerasyon	Sönmüş toz kireç	Demir cevheri konsantrelerinin peletlenmesinde bağlayıcı olarak ve kendinden cüruf lu (self-fluxed) pelet üretiminde	yok
	Kömür briketleme	Sönmüş toz kireç	Melasin bağlayıcı olarak kullanıldığı kömür briketlerinde sertleştirici ve aynı zamanda kükürt sorbenti olarak	var
METAL	Demir ve çelik	Parça, granül, ve yüksek kalsiyumlu kireç	Bazik oksijen ve elektrik ark ocaklarında cüruf yapıcı ve kükürt, fosfor, silika giderici, ikincil rafinasyonda pota ocaklarında kükürt ve fosfor giderici	var
		Sönmemiş toz kireç -150 mikron	Bazik oksijen çelik üretiminde kükürt giderici olarak (metalik magnezyum ile birlikte)	yok
		Parça, granül veya toz dolomitik kireç	BOF, EAO ve Pota ocaklarında bazik refrakteri korumak için	yok
	Çelik ürünleri	Sönmüş toz kireç	Haddehanelerde kayganlaştırıcı olarak ve korozyonu önlemek üzere nötralizasyon için	var
	Demir dışı metaller	Sönmüş toz kireç	Altın ve gümüşün siyanürleme yöntemi ile kazanımında pH ayarlayıcısı olarak	var
		Sönmemiş kireç	Alümina üretiminde boksitten silisin uzaklaştırılmasında (Bayer prosesi)	var
		Dolomitik kireç	Metalik magnezyum üretiminde	yok
Sönmemiş kireç		Düşük karbonlu ferrokrom üretiminde cüruf yapıcı olarak	var	
SERAMİK	Refrakter	Sinter dolomit, sönmüş kireç	Dolomit tuğla üretiminde, silisli tuğla üretiminde	var
	Cam	Dolomitik kireç	Cam üretiminde flux olarak	var
	Diğer	Sönmüş ve sönmemiş kireç	Emaye, porselen eşya üretiminde	var

Tablo 5'in devamı

ANA SEKTÖR	KULLANIM ALANI	KİREÇ CİNSİ	KULLANIM AMACI	Türkiye'de kullanımı
İNŞAAT	Yol	Kireç, sönmüş toz kireç, kireç sütü	Yol yapımında killi zeminlerin stabilizasyonunda	yok
		Sönmüş toz kireç	Sıcak asfaltta "antistripping" kimyasalı olarak asfaltın dayanımını arttırmada	yok
	Yapı malzemeleri	Toz sönmemiş kireç	Gazbeton üretiminde	var
		Sönmüş veya sönmemiş toz kireç	Kalsiyum silikat tuğla (sand lime brick) üretiminde	yok
		Sönmüş toz kireç	Beton blok ve elemanlar üretiminde ürünün sağlamlığını arttırmada	yok
		Sönmemiş toz kireç	Diatomit veya silisle birlikte kaliteli malzemeleri yapımında	yok
Sönmüş toz kireç, hamur kireç	Harç ve sıva yapımında bağlayıcı ve sıvaya işlenebilirlik vermek için, badana olarak	var		
KAĞIT	Sülfat prosesi	Sönmemiş kireç	Sülfat prosesinde sodyum hidroksitin rejenerasyonunda	var
	Sülfite prosesi	Sönmemiş kireç	Sülfite prosesinde kalsiyum bisülfite üretiminde	var
	PCC	Sönmemiş kireç	Dolgu ve kaplama maddesi olarak çöktürülmüş kalsiyum karbonat üretiminde	yok
	Beyazlatma	Kireç sütü	Kağıt beyazlatmada kullanılan kalsiyum hipokloritin üretiminde	var
	Diğer	Sönmüş kireç	Kağıt endüstrisi atık sularındaki katıların çöktürülmesinde, filtrasyon yardımcısı olarak, alkol, kalsiyum lignosülfanatın geri kazanımında	?
ŞEKER	Şeker kamışı	Sönmüş kireç	PH düzenleyici ve impürite giderici olarak	yok
	Şeker pancarı	Sönmüş kireç	PH düzenleyici ve impürite giderici olarak	var

Tablo 5'in devamı

ANA SEKTÖR	KULLANIM ALANI	KİREÇ CİNSİ	KULLANIM AMACI	Türkiye'de kullanımı
KİMYA	Alkaliler (NaOH)	Kireç sütü	Tabii sodadan kostik soda üretiminde	yok
	Karbit ve Cyanamide	Sönmemiş kireç	Kok ve kirecin yüksek sıcaklıkta reaksiyonu ile karbit (CaC ₂) ve karbitin azot ile tepkimesinde azot gübresi Cyanamide (CaCN ₂) üretimi	var
	MgO	Dolomitik kireç	Deniz suyundan MgO üretiminde	yok
	Kalsiyum hipo klorit	Sönmüş kireç	Sönmüş kireç ve klor gazının reaksiyonu ile kalsiyum hipo klorit üretiminde	var
	CMA	Dolomitik kireç	Yollarda buzlanmayı önleyen kalsiyum magnezyum asetat üretiminde	yok
	Sitrik asit	Sönmüş kireç	Sitrik asitin rafinasyonunda	?
	Kalsiyum tuzları	Sönmüş veya sönmemiş kireç	Kirecin organik veya inorganik asitlerle reaksiyonu neticesinde çeşitli kimyasalların üretiminde. Kalsiyum fosfat (mono,di,tri), florit, bromit, ferrosiyanit ve nitrit. Kalsiyum asetat, stearate, oleate, tartrate, lactate, citrate, benzoate ve glukonate	Kısmen
	Diğer	Sönmüş veya sönmemiş kireç	Krom kimyasalların üretiminde nötrleştirici olarak, etilen veya propilen glikolün üretiminde, glikoz ve dekstrinin konsantrasyonunda, adsorbent ve desikkant olarak çeşitli kimyasal proseslerde	Kısmen
TARIM GIDA	Tarım	Sönmüş veya sönmemiş kireç	Tarım topraklarında pH ayarlamada	var
	Gıda ve gıda yan ürünleri	Sönmüş kireç	Kemiklerden jelatin yapımında, tereyağ, sodyum kazeinat, laktik asit, kabartma tozu, meyve endüstrisinde meyve atıklarının yeme dönüştürülmesinde, tartarik asit üretiminde ve meyvelerin tazeliğini korumada	var

Tablo 5'in devamı

ANA SEKTÖR	KULLANIM ALANI	KİREÇ CİNSİ	KULLANIM AMACI	Türkiye'de kullanımı
ÇEVRE	Baca gazı arıtma	Kireç sütü, sönmüş toz kireç, dolomitik kireç	Yaş veya kuru desülfürizasyon yöntemi ile baca gazındaki kükürt dioksitin temizlenmesinde	yok
		Kireç sütü, sönmüş toz kireç	Evsel atıkların insinerasyonunda baca gazlarında bulunan HCl'in temizlenmesinde	yok
		sönmüş toz kireç	Aktif karbonla birlikte baca gazlarındaki civanın temizlenmesinde	yok
	İçme suyu arıtma	Sönmüş kireç	Karbonat sertliğinin giderilmesinde, kireç/soda prosesinde karbonat sertliği dışındaki sertliğin giderilmesinde	var
		Sönmüş kireç	Asidik suların nötrleştirilmesinde, alüminyum ve demir tuzları ile birlikte sudaki katı partiküllerinin çöktürülmesinde	var
		Sönmüş kireç	Suyun PH değerini yükseltip sudaki bakteri ve bazı virüsleri yok etmekte "excess alkalinity treatment"	?
		Dolomitik sönmüş kireç	Sudaki silisin, manganın, floridlerin ve organik taninin giderilmesinde	yok
	Atık su arıtma	Sönmüş kireç	Evsel atık suların arıtılmasında, alüminyum ve demir tuzları ile birlikte katı maddelerin çöktürülmesinde, Fosfor ve azotun giderilmesinde	var
		Sönmüş kireç	Endüstride, asit ihtiva eden suların nötrleştirilmesinde, demir, krom gibi metal iyonlarının çöktürülmesinde, pancar şekeri fabrikalarında proses suyunun berraklaştırılmasında;	var
	Atık çamur hazırlama	Sönmüş veya sönmemiş kireç	Evsel atık su arıtma tesislerinden çıkan çamurun stabilizasyonunda ve gübreye dönüştürülmesinde, Hayvansal atıkların stabilizasyonunda	yok
		Sönmüş veya sönmemiş kireç	Sülfür-sülfat çamurları, petrol atıkları gibi endüstriyel atıkların stabilizasyonunda	yok
	Zararlı atıklar	Sönmüş kireç	Bakır, kurşun, çinko, arsenik gibi metalleri ihtiva eden atıkların stabilizasyonunda	yok

4. TÜRKİYE'DE KİREÇ ÜRETİMİ

Ülkemizde kireç denilince akla ilk gelen inşaat kirecidir. Kirecin endüstride de büyük miktarlarda kullanıldığı birçok kişi tarafından bilinmemektedir. Tablo 6'da ülkemizde tüketilen kireç miktarının kullanıldığı sektörler göre dağılımı verilmektedir. Türkiye'de yılda 4 milyon ton civarında kireç üretilmektedir. En fazla kireç 2 milyon ton ile inşaat sektöründe kullanılmakta olup bunu metalurji ve kimya sektörleri takip etmektedir. Halen çevre sektöründe kireç kullanımı oldukça azdır. Ancak tüketim bu sektörde de gündün güne artmaktadır (16).

Kireç ülkemizde ilkel çalı ve yamaç ocaklarından başlayıp bilgisayar kontrollü modern fırınlara kadar uzanan bir teknoloji çeşitliliğinde üretilmektedir. Bu fırınlarda, yakıt olarak odun, kömür, petrokok, doğal gaz, fuel oil ve artık yanıcı maddeler kullanılmaktadır. Çevre kirliliğine yol açan ve yakıt olarak kullanılması yasaklanan çok ucuz yanıcı artıkları da (lastik, plastik vs.) kullanan, sigortasız işçi çalıştıran ve kalitesiz mal üreten çoğu ruhsatsız bir çok üretici önemli miktarlarda kireci piyasaya sürmektedir. Kireç sektöründeki bu haksız rekabet yüzünden kireç teknolojisindeki gelişmeler ivme kazanmamakta ve dolayısıyla ülkemizde üretilen kireç Avrupa ve ABD'de üretilen kireçlere oranla kalite ve çeşitlilik açısından belli bir seviyeyi aşmamaktadır. Bu durum kirecin kullanıldığı alanları kısıtlamakta ve diğer kimyasallarla olan rekabetini güçleştirmektedir.

Tablo 6. Türkiye'de kireç tüketimi (x 1000 t)

KULLANIM ALANI	1996 Yılı	1997 Yılı	1998 Yılı
I. ENDÜSTRİ	1492.5	1660.5	2276.5
1) Demir ve çelik	804.0	856.4	991.0
2) Demir dışı metal	14.0	74.3	100.0
3) Kimya	419.5	456.5	845.5
a) Kalsiyum karpit	34.0	37.4	40.0
b) Soda	385.0	418.1	510.1
c) Petrokimya	0.5	0.5	0.5
d) Diğer	0.5	0.5	0.5
4) Diğer endüstri dalları	255.0	273.3	340.0
a) Şeker	205	273.3	340.0
b) Cam	50.0	---	---
II. YAPI MALZEMELERİ	67	66.5	51.6
1) Gazbeton	42	41.5	51.6
2) Diğer	25.0	25.0	-
III. İNŞAAT	2000.0	2291.5	1675.0
IV. ÇEVRE	15.6	15.5	65.0
1) Su arıtma	15.6	0.5	50.0
2) Atık gaz desülfürizasyon	---	15.0	15.0
V. İHRACAT	----	15.0	15.0
TOPLAM	3575.1	4049.0	4083.1

Türk Standartları Enstitüsü ancak 1993 yılında ham ve sönmüş kireci TS 30 ve TS 4022 sayılı standartları ile kontrol altına alabilmiştir. Şu anda büyük ölçüde Kireç Üreticileri Birliği ve Anadolu Kireç Üreticileri Derneği adı altında birleşen üreticiler dışında hiçbir organizasyona dahil olmayan az sayıda kireç üreticisi bulunmaktadır. 1987 yılında kurulan Türkiye Kireç Üreticileri Birliği 1990 yılında ILA (International Lime Association) ve 1993 yılında da EULA (European Lime Association)'ya üye olmuştur. Birlik içinde hem paralel akışlı Maerz tipi ve hem de Eberhart tipi klasik fırınlarda kireç üretilmektedir. Üyeler arasında henüz bir kalite uyumu sağlanmamış olmasına rağmen hızla Avrupa'yla entegrasyona gitme yönünde çalışmalar sürdürülmektedir. Toplam kapasiteleri de günden güne artmaktadır. Eberhart tipi klasik fırınlarda kireç üretilmektedir. Çoğu cebri çekişli ve yıkama sistemi ile modernleştirilen bu fırınlarda oldukça kaliteli kireç üretimi gerçekleştirilmektedir.

5. YURTIÇİ TALEP VE SEKTÖRÜN ENERJİ KULLANIMI İLE İLGİLİ SORUNLAR

Parça kireç talebi genellikle Demir-çelik işletmelerinden gelmektedir. Devamlı ve büyük ölçekli üretim yapan bu işletmeler ihtiyaçlarını fabrikasyon üretim yapan fabrikalardan temin etmektedir. Kireç, ucuz bir malzeme olmasına rağmen uzak mesafelere nakli ekonomik olmamaktadır. Bu durum demir-çelik tesislerinin kireç ihtiyaçlarını yakın çevredeki kireç üreten fabrikalardan üretmelerini zorunlu kılmakta ve çok fazla rekabet yaşanmasına neden olmaktadır.

Söndürülmüş, torbalanmış toz kireçte ise durum biraz daha farklıdır. Bu tür kirece talep inşaat sektöründen gelmektedir. Yamaç ocakları veya çalı ocakları tabir edilen ocaklarla üretim yapan küçük kireç imalathaneleri, daha düşük maliyetlerle çalışmalarını nedeniyle fabrikasyon kireç üreten kuruluşlarla rekabet edebilmekte ve hatta fiyatın belirlenmesinde etkili olmaktadır. Bu durum inşaat sektörüne dönük kireç üretiminde, bir işletmeden diğerine değişmekle beraber kar marjını düşürmektedir. Yabancı kaynak kullanan ve amortisman giderleri nispeten yüksek olan işletmeler ya başabaş şartlarında çalışmakta veya zarar etmektedir (3).

Kireç üretiminde en önemli maliyet unsurlarının kaynağını sağlayan kömür ve sıvı yakıttır. Son zamanlarda LPG de denenmiş ise de kireç üretiminde çok yaygın olarak kullanılmamaktadır. 1985'li yıllardan sonra Türkiye'ye giren ve çimento fabrikalarında ve daha sonra da kireç ve tuğla fabrikalarında yaygın bir şekilde kullanılmaya başlayan petrokok yüksek kalorifik değeri ve nispeten ucuz olması sebebi ile alternatifsiz bir enerji kaynağıdır. Maliyeti çok ucuzlatan bu enerji son zamanlarda çevresel etki ve paralel akışlı fırınlarda üretim yapan holdinglerin baskısı ile Eberhart tipi fırınlarda üretim yapan kireç üreticilerine yasaklanma yoluna gidilmiştir. Bu durum ülke çıkarlarına aykırıdır. Zira halen oldukça ucuz fiyata satılan kireç, petrokok sayesinde mümkün olmaktadır. Bazılarının atık madde olarak tanımladığı bu yakıt bir sanayi yakıtı olup, Anadolu Kireç Üreticileri Derneği üyesi üreticilerin tahsislerinin kaldırılması halinde rekabet ortamı tamamen paralel akışlı fırınlara geçecek ve fiyatlar birden artacaktır. Bu arada da 50 kadar Eberhart fırını kapanacak, binlerce işçi ve küçük üretici açığa kalacaktır.

6. ÇEVRE İLE İLGİLİ DİĞER SORUNLAR

Sektörün çevre üzerindeki etkileri, ocak işletmeciliği ve fabrikalardan ileri gelecek etkiler olmak üzere iki kategoride incelenebilmektedir. Ocakların ormanlık veya tarım alanları içinde bulunması halinde bu sahalara bir miktar zarar verilmektedir. Doğal görünümümüz bozulmaması için ocak işletmeciliği dikkatli yapılmalı ve kireçtaşı istihracı yapılmış yerlerin ağaçlandırılması konusunda gayret sarfedilmelidir.

Kireç fabrikalarında ise çevreyi kirletici tek atık fırınlardan çıkan baca gazıdır. Fırın içerisindeki şarjın filtre görmesi nedeni ile baca gazı içerisindeki katı madde miktarı oldukça azalmaktadır. Baca gazının çevre üzerindeki kirletici etkileri içerisindeki kükürt oksitlerinden ileri gelmektedir. Kükürt oksitlerin kaynağı yakılan yakıtın kükürt içeriğidir.

Yakıtta kükürt oranı arttıkça baca gazının kirletici etkisi de artmaktadır. Ancak kirecin kükürt oksitleri tutma özelliği nedeni ile yanma gazlarında bulunan kükürt oksitlerin çok büyük bölümü kireç tarafından tutulmaktadır.

Yamaç ocakları olarak tabir edilen küçük imalathanelerde ise durum biraz daha farklıdır. Yanma gazının ocak içerisinde geçtiği yolun kısa olması nedeni ile bu tip ocaklarda baca gazının filtrasyonu ve kükürt oksitlerinden arındırılması o kadar etkili olmamaktadır (3).

7. SONUÇLAR

Kirecin kullanımını, çok eski zamanlardan beri öncelikli olarak inşaat sektöründe ardından ise kimya sektöründe (dezenfektan olarak) olmuştur. Son zamanlarda ise çelik ve kimya endüstrisindeki kullanım oranı artmaya başlamış ve önemli bir sanayi hammaddesi olarak değer kazanmıştır. Bu nedenle, üretim yöntemlerinde modernleşme ve pazar payı kapma savaşları hızlanmıştır. İlk zamanlarda yamaç fırınlarında üretim yapan Anadolu kireç üreticileri zamanla Eberhart tipi nispeten daha modern olan kireç fırınlarında üretim yapmaya başlamışlardır. Bu fırınları ise daha modern olan paralel akışlı Maerz fırınları izlemiştir. 21. yüzyıla yönelik planlar yapılırken tıpkı çimento sektörü gibi kireç sektörünü de kontrol etmek isteyen holdingler, Anadolu'daki 50'den fazla klasik fırınla üretim yapan küçük işletmelerle mücadele edemediklerini belirterek onların piyasayı terk etmelerine neden olacak baskı ve yasaklamaları teşvik etmektedir. Yaklaşık 10 yıldır tahsisli ucuz yakıt olan petrokok kullanımının çevreye zarar verdiği gerekçesi ile Anadolu'daki kireç fırınlarında kullanımını yasaklatmaya çalışarak bu sektörde tek başlarına kalıp, fiyatları istedikleri gibi kontrol etmeyi amaçlamaktadır.

Eberhart tipi fırınların özellikle kireç üretimi sırasında yüklenme yapılırken hava kalitesini olumsuz yönde etkiledikleri bilinmektedir. Ancak bu sorunların çözüm yolları mevcuttur. Belli bir zaman aralığında Anadolu'daki bu kireç fırınlarının modernizasyonuna gidilerek orta yolun bulunması ülke ekonomisi için daha uygun olacaktır. Yalnızca AB penceresinden olaya yaklaşarak mevcut potansiyellerimizi ard arda heba etmek tam bir gaffet olacaktır. Bu sektöre tam 50 yıldır yatırım yapmış ve babadan oğula geçen söz konusu işletmelerde binlerce kişi istihdam edilmekte ve hayatlarını kazanmaktadır. Yasakçı tedbirlerle sorunlara yaklaşmak ülke ekonomisine büyük kayıplar verdirecektir. Bu sektörde gerçekleştirilecek modernleşme, belli bir zaman aralığında yapıldığı takdirde istihdam edilmiş çalışan elemanların mağdur

edilmesi önlenecek ve yeni proses için gerekli alt yapının oluşturulması sağlanmış olacaktır.

8. KAYNAKLAR

1. Erol,B., Kaçı,A., Bayraktaroğlu,Ş.Ş., "Kireç ve Kireçtaşı", Kireç Üreticileri Birliği Yayını, 1998.
2. DPT, "Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri", Cilt 2, Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara, 1996.
3. Austin,G.T., "Shreve's Chemical Process Industries", 5th Edition, Mc-Graw-Hill International Editions, 1984.
4. Rudolfs,W., "Lime Handling and Application in Treatment Process", Nat. LimeAssoc. Bull. 13, 1949.
5. Boynton,R.S., "Chemistry and Technology of Lime and Limestone", John Wiley& Sons Inc., 1980.
6. Lokman,L., "Kireç", 2000.
7. Wolter,A., "Present Situation and Future Outlook for Burning Fine Grained Limestone", ZKG International Cement-Lime-Gypsum, 518-526, No. 9-2000.
8. TS 30, 1993.
9. Dinçtürk, "Düşük Maliyetli Yakıtların Sanayide Fuel-Oil Yerine Kullanımı", ISO Dergisi, 18-216, 1984.
10. ZKG, "International Cement-Lime-Gypsum", 4th Refractory Workshop at Walhalla Kalk, A29, Regensburg, Germany, 2000.
11. Wiemer,K.H., "Limeburning Using a Rotary Kiln with a Vertical Preheater", Quarry Management and Products, October 1975.
12. IPC, "Guidance Note", S2 3.01, Cement Manufacture, Lime Manufacture and Associated Processes, September 1996.
13. Oates,J.A.H., "Lime and Limestone Chemistry and Technology", Production and Uses, Wiley-VCH Verlag GmbH, Germany, 1998.
14. National Lime Association, Lime Facts, Arlington, U.S.A., 1999
15. Çiçek,T., "Kireç ve Kullanımı", 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 1999.
16. International Lime Association (ILA), "Lime and Limestone Statistics", Arlington, U.S.A., 1999.

YAZIM KURALLARI

Gönderilecek makaleler, Mühendislik Bilimleri ile ilgili başka hiçbir yerde yayınlanmamış, orijinal bir araştırma niteliğinde olmalıdır. Çeviri ve derleme makaleler kabul edilemez. Yazı dili Türkçe ve İngilizce'dir. Dergi ofset tekniği ile basıldığından makaleler IBM uyumlu bilgisayarla Microsoft Word'97 ve yukarısı programda yazılmış, biri orijinal, ikisi fotokopi olmak üzere üç nüsha olarak gönderilmelidir.

Makalelerin incelemesi yapıldıktan sonra düzeltmeler yazarlar tarafından yapılmalı, tüm şekil ve grafikler yerleştirilmiş olarak, düzeltilmiş nüshaya ait disket ile birlikte 15 gün içerisinde geri gönderilmelidir. Makalenin başlığı metne uygun, kısa ve açık ifadeli olmalıdır. Başlık, büyük harflerle ve sayfa ortalanarak yazılmalıdır. Makale 1 satır aralıkla yazılmalıdır. Alt başlıklarla ilk paragraf ve paragraflar arasında 1 aralık bırakılmalıdır. Yazar ad ve soyadları unvan belirtilmeden, başlığın 1 cm altına sayfa ortalanarak yazılmalıdır. Yazar sayısı birden çok ise, hepsi alt alta yazılmalıdır. Yazar adresi (Üniversite, Fakülte, Bölüm, Şehir) makale başlığının altına yazılmalıdır.

Makaleler çizelge, şekil ve fotoğraflarla en fazla 15 sayfa olmalıdır. Ancak kısaltılması mümkün olmayan makalelerin yayınlanmasında yayın kurulu yetkilidir. Şekil ve grafikler çini mürekkep ile aydınlar kağıdına veya beyaz kuşe kağıda çizilmeli, resimler parlak fotoğraf kartına siyah-beyaz ve net basılmış olmalıdır.

Çalışma herhangi bir kurumun desteği ile yapılmış ise, bu ilk sayfanın altına * işaretini takip edecek şekilde dipnot olarak yazılmalıdır.

Başlıklar 1., 2., ve alt başlıklar 1.1., 1.2., vb. numaralandırılıp, alt başlıklar küçük harflerle, fakat kelime baş harfleri büyük olarak yazılmalıdır. Metindeki eşitlikler (1), (2),... vb. şeklinde numaralandırılmalı ve numaralar sayfanın en sağına yerleştirilmelidir. Daktiloda bulunmayan işaretler, siyah çini mürekkep ve şablon kullanılarak (veya elle çok düzgün bir şekilde) yazılmalıdır.

Makalenin bölümleri aşağıdaki sıraya göre olmalıdır : Türkçe başlık, özet, İngilizce başlık ve özet, metin, teşekkür (gerekli ise) ve kaynaklar. Özetler en az beş, en fazla on satır olmalıdır. Özetten sonra makalenin İngilizce başlığı büyük harflerle ve sayfa ortalanarak yazılıp, bunun altına da "Abstract" İngilizce olarak verilmelidir. Metinde mutlaka giriş ve sonuç bölümleri bulunmalıdır. Ara bölümler materyal ve metod, deneysel çalışma, teorik esaslar gibi başlıklar veya alt başlıklar şeklinde düzenlenebilir. Metin içinde kaynaklara atıfta bulunmak istenildiğinde, yazar adı verilerek veya verilmeksizin kaynak numarası parantez içinde gösterilmelidir. Numaralandırma metinde veriliş sırasına göre yapılmalıdır. İki den fazla yazar sayısı durumunda ilk iki yazar adı yazılıp, Türkçe kaynaklarda "ve diğ." yabancı kaynaklarda "et.al." ibaresi eklenir. Kaynak makale ise, önce yazar adı baş harfi, yazarın soyadı, makalenin adı (yalnız ilk kelimenin baş harfi büyük), derginin adı veya varsa kısaltılmış adı, dergi cilt ve sayısı, parantez içinde yılı ve en son da başlangıç ve bitiş sayfaları tire ile ayrılarak verilmelidir. Kaynak bir kitap ise yazar adının ilk harfi, soyadı, kitap adı (kelime harfleri büyük), yayınevi, yayın yeri, yayın yılı ve sayfa numarası verilmelidir.

Makalesi yayınlanan yazarlara bir adet dergi, 10 adet ayrı baskı gönderilir, ancak telif hakkı ödenmez. Dergiye gönderilen yazılar yayınlanmasın veya yayınlanmasın iade edilmez. Makaleleri yayınlama yetkisi dergi yayın kuruluna aittir.

Yayınlaması istenen makaleler aşağıdaki adrese gönderilir:

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Dergi Yayın Kurulu Başkanlığı
01330 Balcalı-ADANA

Tel : (322) 338 63 57 Fax : (322) 338 61 26

Agrega Tane Boyutu Dağılımının Çimento Miktarına Etkisi <i>Influence of Aggregate Gradation on the Cement Quantity</i> Kubilay AKÇAÖZOĞLU, Cengiz Duran ATIŞ, Fatih ÖZCAN	117
Boşluklu Perde Analizinde Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması <i>Comparison of the Methods Used in the Analysis of the Coupled Shear Walls</i> H.Murat ARSLAN	125
Yapı Üretiminde Toplam Kalite Anlayışının Uygulanabilmesi İçin Yüklenici Organizasyonlarında Gerekli Alt Yapının Oluşturulması <i>A Study for the Application of Total Quality Management in the Contractor Organizations</i> M.Emin ÖCAL, Ergün ŞAHİN	139
Bilgisayar Destekli Tasarım Sistemlerinin Yapı Tasarım ve Üretim Sürecine Etkileri <i>The Effects of Systems of Computer Aided Design to the Design and the Production Process of Structures</i> S.Seren AKAVCI, Yeşim BABA, H.Murat ARSLAN	151
Geleneksel Mersin Evlerinin Biçimsel Özelliklerinin İncelenmesi <i>Form Feature Analysis of Traditional Mersin Houses</i> Erkin ERTEN, S.Seren AKAVCI, Tülin ARSLAN	163
Otokorelasyonlu Verilerde Zaman Serileri Modellemesi Kullanılarak İstatistiksel Kalite Kontrol Şemalarının Hazırlanması <i>Preparing the Statistical Quality Control Charts Using by Time Series Modelling for Autocorrelated Data</i> Funda YILDIRIM, İlker KARTAL	179
Çukurova Bölgesinde Pestisit (Aldicarb) Kirlenmesinin Matematik Modelle Saptanması <i>Determination of Aldicarb Pollution in Çukurova Region Using a Mathematical Model</i> Derya DÖNMEZ, Hayriye İBRİKÇİ	191
İnşaat ve Sanayi Hammaddesi Olarak Kireç ve Önemi <i>Lime as a Building and Industrial Raw Material and Its Importance</i> Mesut ANIL, Özen KILIÇ	201