

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

Dynamic Stability of an Elastic Cylindrical Shell with an Axially Varying Elasticity Modulus

Elastisite Modülü Eksenel Doğrultuda Değişen Elastik Silindirik Bir Kabuğun Dinamik Stabilitesi

Abdullah Heydaroğlu SOFİYEY, Orhan AKSOĞAN, Hüseyin DEMİR 1

Homojen Olmayan Ortotrop Elastik Silindirik Bir Kabuğun Zamanla Değişen Bir Dış Basınç Etkisi Altında Dinamik Stabilitesi

Dynamic Stability of a Non-Homogeneous Orthotropic Elastic Cylindrical Shell Under a Time Dependent External Pressure

Orhan AKSOĞAN, Abdullah Heydaroğlu SOFİYEY,

Hakan ERDEM, Zihni ZERİN 11

Güçlendirilmiş Boşluklu Deprem Perdelerinin Davranışına Bağlantı Esnekliğinin Etkisi

The Effect of Flexible Connections on the Dynamic Behaviour of Stiffened Coupled Shear Walls

Orhan AKSOĞAN, Muhsin KILIÇ, H.Murat ARSLAN 23

Yarı-Rijit Düzlemsel Çelik Çerçevelerin Geometrik Nonlineer Analizi

Geometric Nonlinear Analysis of Semi-Rigid Planar Steel Frames

M.Cemal GENEŞ, Orhan AKSOĞAN 35

Kıyılarda Sediment Taşınımı: I. Genel Bilgiler

Coastal Sediment Transport: I. General Information

M.Salih KIRKGÖZ, Mustafa MAMAK, M.Sami AKÖZ 49

Kıyılarda Sediment Taşınımı: II. Yakacık'taki Kıyı Erozyonu

Coastal Sediment Transport: II. Erosion at Yakacık Coast

M.Salih KIRKGÖZ, Mustafa MAMAK, M.Sami AKÖZ 61

**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 Osman BABAARSLAN
Hasan ÇETİN

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 ERTUNC (Ç.Ü.)	Cahit HELVACI (D.E.Ü.)
M.Baki KARAMIŞ (E.Ü.)	Erdal KEREM (İ.Ü.)
Erhan KIRAL (Ç.Ü.)	Salih KIRKGÖZ (Ç.Ü.)
Erdem KOÇ (Ç.Ü.)	Engin MERİÇ (İ.Ü.)
Güven ÖNAL (İ.T.Ü.)	Işık ÖZPEKER (İ.T.Ü.)
Kazım PIHTILI (F.Ü.)	Senai SALTOĞLU (İ.T.Ü.)
Hamit SERBEST (Ç.Ü.)	Vedia TOKER (A.Ü.)
Bedri TUÇ (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)

N.Çaykun ALPASLAN (Y.T.Ü.)	Mesut ANIL (Ç.Ü.)
Mehmet ARDIÇLIOĞLU (Erc.Ü.)	Mesut BAŞIBÜYÜK (Ç.Ü.)
Oktay BAYAT (Ç.Ü.)	Mehmet CANBAZOĞLU (Ç.Ü.)
Cengiz DÜNDAR (Ç.Ü.)	Erkin ERTEN (Ç.Ü.)
Ziya Lugal GÖKSU (Ç.Ü.)	Tefaruk HAKTANIR (Erc.Ü.)
Mine İNCEOĞLU (İ.T.Ü.)	A.Kamil TANRIKULU (Ç.Ü.)
Çetin YILMAZ (O.D.T.Ü.)	Recep YURTAL (Ç.Ü.)

YAZISMA ADRESİ

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

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

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

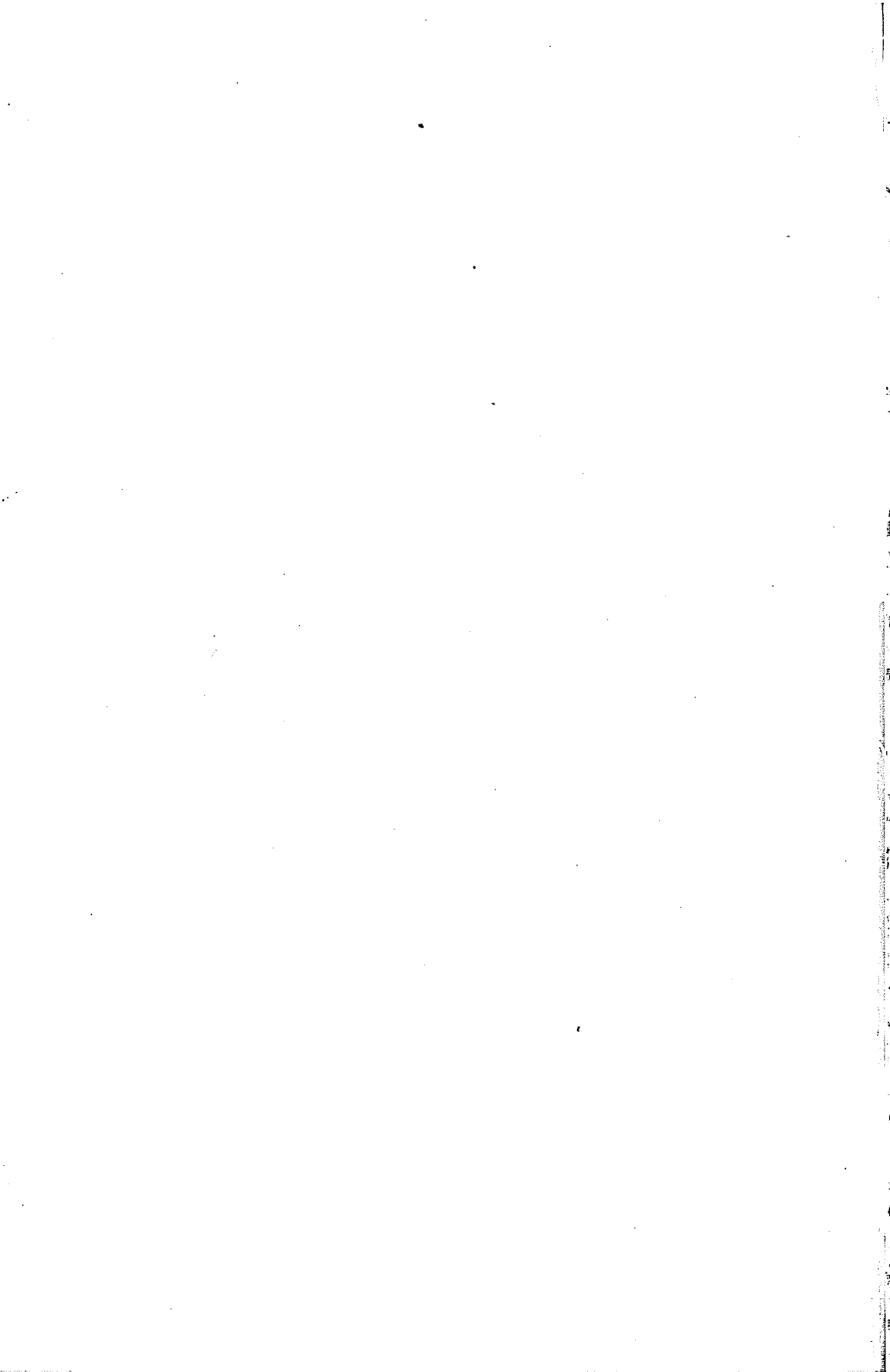
ÖNSÖZ

Fakülte Dergimizin 13.cilt 1-2.sayısını yine gecikmeyle yayımlayabildik. Bu gecikmeyi kaçınılmaz kılan sebeplerin başında maddi imkânsızlıklar gelmektedir. Bu yüzden 14.ciltin de 1-2. sayısı yine aynı anda yayınlanacaktır. Böylece 2000 yılına gecikmesiz girilmesi planlanmaktadır.

Bu sayıda toplam 12 adet makale yayınlanmıştır. Bu makalelerin çoğu Fakültemizin çeşitli bölümlerinde gerçekleştirilen yüksek lisans tezleriyle ilgilidir. Halen dizgisi devam eden 14.cilt için Fakültemiz öğretim elemanlarınca gerçekleştirilen araştırmalar ile ilgili sonuçları içeren özgün makaleleri bekliyoruz.

Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Eğitim-Araştırma ve Güçlendirme Vakfı (ÇÜMVAK) - Yayıncılık ve Fuarçılık İktisadi İşletmesi (YA-FU) tarafından yayınlanan bu sayımıza da 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





İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

- Dynamic Stability of an Elastic Cylindrical Shell with an Axially Varying Elasticity Modulus
Elastisite Modülü Eksenel Doğrultuda Değişen Elastik Silindirik Bir Kabuğun Dinamik Stabilitesi
Abdullah Heydaroğlu SOFİYEV, Orhan AKSOĞAN, Hüseyin DEMİR 1
- Homojen Olmayan Ortotrop Elastik Silindirik Bir Kabuğun Zamanla Değişen Bir Dış Basınç Etkisi Altında Dinamik Stabilitesi
Dynamic Stability of a Non-Homogeneous Orthotropic Elastic Cylindrical Shell Under a Time Dependent Externall Pressure
Orhan AKSOĞAN, Abdullah Heydaroğlu SOFİYEV,
Hakan ERDEM, Zihni ZERİN 11
- Güçlendirilmiş Boşluklu Deprem Perdelerinin Davranışına Bağlantı Esnekliğinin Etkisi
The Effect of Flexible Connections on the Dynamic Behaviour of Stiffened Coupled Shear Walls
Orhan AKSOĞAN, Muhsin KILIÇ, H.Murat ARSLAN 23
- Yarı-Rijit Düzlemsel Çelik Çerçevelerin Geometrik Nonlineer Analizi
Geometric Nonlinear Analysis of Semi-Rigid Planar Stell Frames
M.Cemal GENEŞ, Orhan AKSOĞAN 35
- Kıyılarda Sediment Taşınımı: I. Genel Bilgiler
Coastal Sediment Transport: I. General Information
M.Salih KIRKGÖZ, Mustafa MAMAK, M.Sami AKÖZ 49
- Kıyılarda Sediment Taşınımı: II. Yakacık'taki Kıyı Erozyonu
Coastal Sediment Transport: II. Erosion at Yakacık Coast
M.Salih KIRKGÖZ, Mustafa MAMAK, M.Sami AKÖZ 61

Teras Çatılarda Su Yalıtımı Kaynaklı Sorunların Nedenleri ve Çözüm Önerileri <i>The Reasons of Water Insulation Problems of Terrace Roofs and Solution Methods</i> M.Emin ÖCAL.....	73
Bileşik Kesitli Açık Kanallarda Pürüzlülük Katsayısının Derinlikle Değişiminin Laboratuvar Deneyleleriyle İncelenmesi <i>An Experimental Determination of Variation of Roughness Coefficient with Depth in Compound Channels</i> Galip SEÇKİN, Serter ATABAY, Recep YURTAL.....	87
Bileşik Kanallarda Sediment Taşınımının Laboratuvar Deneyleleriyle İncelenmesi <i>An Experimental Investigation of Sediment Transport in Compound Channels</i> Serter ATABAY, Galip SEÇKİN, Recep YURTAL.....	95
Konut Çevresi Kalite Arayışlarında Standartlar <i>Standarts of Living for the Housing of the Domicile Quality</i> Serpil ÇERÇİ.....	101
Stabilizasyon Havuzları Çıkış Sularından Mikroalglerin Giderilmesinde Balık Kullanımının Bazı Kirlilik Parametrelerine Etkisi <i>The Effect of Fish Usage to Some Pollution Parameters for Removal of Algae from Stabilization Ponds Effluent</i> Olçayto KESKİNKAN.....	115
Silifke-Mersin (İçel) Kuvarsitik Kumtaşlarının Cam Sanayi İçin Hazırlanması <i>Processing of Quartzite Sand Stones for Glass Industry of Silifke-Mersin (İçel)</i> Özen KILIÇ, Hüseyin AKARSU.....	125

DYNAMIC STABILITY OF AN ELASTIC CYLINDRICAL SHELL WITH AN AXIALLY VARYING ELASTICITY MODULUS

Abdullah Heydaroğlu SOFİYEY

Ondokuz Mayıs University, Civil Engineering Department, Samsun/Turkey

Orhan AKSOĞAN

Cukurova University, Civil Engineering Department, Adana/Turkey

Hüseyin DEMİR

Ondokuz Mayıs University, Mathematics Department, Samsun/Turkey

ABSTRACT : *In this study, the stability problem of a non-homogeneous elastic cylindrical shell with an elasticity modulus varying in the axial direction is studied under a dynamic external pressure. After deriving the dynamic stability equations of a non-homogeneous elastic cylindrical shell, under an external pressure which is a power function of time, Bubnov-Galerkin method is applied to find the time dependent differential equation of the problem. Applying Saçenkov's method [1] to this differential equation the critical load and the dynamic factor for the problem in the title are determined in a straight-forward manner. Finally, a computer program is prepared for carrying out comparisons with some results in literature and presenting the numerical results for selected example problems in the form of graphical curves.*

ELASTİSİTE MODÜLÜ EKSENEL DOĞRULTUDA DEĞİŞEN ELASTİK SİLİNDİRİK BİR KABUĞUN DİNAMİK STABİLİTESİ

ÖZET : *Bu makalede, elastisite modülü aksenal doğrultuda değişen nonlineer elastik silindirik bir kabuğun zamana bağlı bir kuvvet fonksiyonu ile değişen bir dış basınç etkisi altında dinamik stabilitesi incelenmektedir. Önce, homojen olmayan elastik silindirik kabuğun bir dış basınç etkisi altında dinamik stabilite denklemleri çıkarılmaktadır. Daha sonra, Bubnov-Galerkin metodu ile zamana bağlı bir diferansiyel denklem elde edilip, Saçenkov metodu [1] uygulanarak kritik yük ve dinamiklik katsayısı için genel formüller elde edilmektedir. Son olarak da, literatürdeki bazı sonuçlarla karşılaştırmalar yapmak ve seçilen bazı örnekler için grafiklerle eğriler sunmak için hesaplar yapmak amacıyla bir bilgisayar programı hazırlanmıştır.*

1. INTRODUCTION

In the design of shells, the physical properties of the materials used have to be taken into consideration. Hence, in solving stability problems, that the material is homogeneous or not, should be accounted for and its effect on the critical parameters should be assessed accordingly. If the non-homogeneity of the materials of construction are accounted for properly, an appreciable amount of material can be saved by decreasing dimensions and weights in design [2-6]. Depending on their geometry and production technique the elastic properties of a shell may vary in different manners [7-9].

Saçenkov[1] has given a special method of solution for the dynamic stability of plates and shells. This method has increased the number of problems that can be solved during the investigation of the stability of plates and shells. The purpose of the present study is to find out the relevant measures of design concerning the dynamic stability of a non-homogeneous elastic cylindrical shell under the effect of an external pressure varying with time. The particular type of non-homogeneity, to be considered, is a continuous variation of elasticity modulus in the longitudinal direction.

2. ANALYSIS

2.1. The Fundamental Relations and the Stability Equations for a Non-homogeneous Elastic Cylindrical Shell under a Dynamic External Pressure

Let us consider a cylindrical shell, made of a non-homogeneous material with immovable hinged supports along the whole circumference of the ends. The elasticity modulus is taken to be a function of the longitudinal coordinate as follows:

$$E(\bar{x}) = E_0 [1 + \mu f(\bar{x})], \quad \bar{x} = \frac{x}{L} \quad (1)$$

where L shows the length of the shell, E_0 is the elasticity modulus for homogeneous material, μ is the elasticity modulus variation coefficient and $f(\bar{x})$ is a function continuous with all its derivatives.

The stress-strain relations for the shell described above are as follows:

$$\sigma_x = \frac{E(\bar{x})}{1-\nu^2} (\epsilon_x + \nu \epsilon_y), \quad \sigma_y = \frac{E(\bar{x})}{1-\nu^2} (\epsilon_y + \nu \epsilon_x), \quad \sigma_{xy} = \frac{E(\bar{x})}{2(1+\nu)} \epsilon_{xy} \quad (2)$$

where ν is the Poisson's ratio.

Let's assume that the shell is under the effect of an external pressure which is a power function of time [10]:

$$T_x^0 = 0, \quad T_{xy}^0 = 0, \quad T_y^0 = -R(T_1 + T_0 t^\alpha) \quad (3)$$

where R is the average radius of the shell, T_0 the loading speed, T_1 the static external pressure, t the time and α a whole number power, expressing the variation of the external pressure with time.

For this shell, under the given conditions, the compatibility and dynamic stability equations are as follows [10]:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^2 D_1(\bar{x})}{\partial x^2} \left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} - \nu \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} \right) + 2 \frac{\partial D_1(\bar{x})}{\partial x} \left(\frac{\partial^3 \Phi}{\partial x^3} + \frac{\partial^3 \Phi}{\partial x \partial y^2} \right) + D_1(\bar{x}) \left(\frac{\partial^4 \Phi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \Phi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \Phi}{\partial y^4} \right) \\ & + \frac{1}{R} \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^2 D_1(\bar{x})}{\partial x^2} \left[\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right] + 2 \frac{\partial D_1(\bar{x})}{\partial x} \left[\frac{\partial^3 W}{\partial x^3} + \frac{\partial^3 W}{\partial x \partial y^2} \right] + D_1(\bar{x}) \left[\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} \right] \\ & - \frac{1}{R} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + R(T_1 + T_0 t^\alpha) \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \rho h \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} = 0 \end{aligned}$$

where W is the radial displacement, Φ the stress function, h the shell thickness and ρ the material density and the following definitions apply:

$$D(\bar{x}) = \frac{E(\bar{x})h^3}{12(1-\nu^2)}, \quad D_1(\bar{x}) = \frac{1}{E(\bar{x})h} \quad (5)$$

Since the cylindrical shell has simple supports at the two ends, the solution of equations (4) is chosen as [11]:

$$\Phi = \zeta(t) \sin \frac{m_1 x}{R} \sin \frac{ny}{R}, \quad W = \xi(t) \sin \frac{m_1 x}{R} \sin \frac{ny}{R} \quad (6)$$

where $m_1 = \frac{m\pi R}{L}$, the wave numbers are shown by n and m and the time dependent amplitudes by $\zeta(t)$ and $\xi(t)$.

If expressions (6) are substituted in equation (4) and Bubnov-Galerkin method is applied, after some simplifications:

$$\frac{d^2 \xi}{d\tau^2} + \lambda(\tau) t_{kr}^2 \xi = 0 \quad (7)$$

where t_{kr} is the critical time, $t = \tau t_{kr}$, $0 \leq \tau \leq 1$ and the following definitions apply:

$$\lambda(\tau) = \frac{2}{\rho h R^2 L} \left\{ -\beta_1(m_1^2 + v n^2) - \frac{\beta_2 m_1}{R}(m_1^2 + n^2) + \frac{\beta_3}{R^2}(m_1^2 + n^2)^2 + \right. \\ \left. + \frac{L^2}{4R^2} \frac{m_1^4}{\beta_4(v n^2 - m_1^2) - \frac{\beta_5}{R} m_1(m_1^2 + n^2) + \frac{\beta_6}{R^2}(m_1^2 + n^2)^2} - R(T_1 + T_0 t_{kr}^\alpha \tau^\alpha) \frac{n^2 L}{2} \right\}$$

$$\beta_1 = \int_0^L \frac{\partial^2 D(\bar{x})}{\partial x^2} \sin^2 \frac{m_1 x}{R} dx, \quad \beta_2 = \int_0^L \frac{\partial D(\bar{x})}{\partial x} \sin \frac{2m_1 x}{R} dx, \quad (8)$$

$$\beta_3 = \int_0^L D(\bar{x}) \sin^2 \frac{m_1 x}{R} dx, \quad \beta_4 = \int_0^L \frac{\partial^2 D_1(\bar{x})}{\partial x^2} \sin^2 \frac{m_1 x}{R} dx,$$

$$\beta_5 = \int_0^L \frac{\partial D_1(\bar{x})}{\partial x} \sin \frac{2m_1 x}{R} dx, \quad \beta_6 = \int_0^L D_1(\bar{x}) \sin^2 \frac{m_1 x}{R} dx$$

With an application of Saçenkov's method [1] equation (7) takes the following form:

$$\frac{n^2 T_0 t_{kr}^\alpha}{\rho h R} = \frac{2B_0(\alpha)}{\rho h R^2 L} \left\{ -\beta_1(m_1^2 + v n^2) - \frac{\beta_2 m_1}{R}(m_1^2 + n^2) + \frac{\beta_3}{R^2}(m_1^2 + n^2)^2 + \right. \\ \left. + \frac{L^2}{4R^2} \frac{m_1^4}{\beta_4(v n^2 - m_1^2) - \frac{\beta_5}{R} m_1(m_1^2 + n^2) + \frac{\beta_6}{R^2}(m_1^2 + n^2)^2} - \frac{T_1 R n^2 L}{2} \right\} + \frac{B_1(\alpha)}{t_{kr}^2} \quad (9)$$

where $B_0(\alpha)$ and $B_1(\alpha)$ are defined as follows:

$$B_0(\alpha) = \frac{\int_0^1 [\xi(\tau)]^2 d\tau}{2 \int_0^1 \int_0^1 \eta^\alpha \xi'(\eta) \xi(\eta) d\eta d\tau}, \quad B_1(\alpha) = \frac{\int_0^1 [\xi'(\tau)]^2 d\tau}{2 \int_0^1 \int_0^1 \eta^\alpha \xi'(\eta) \xi(\eta) d\eta d\tau} \quad (10)$$

The approximating function being chosen as in [12] to be $\xi = A e^{50\tau} \left(\frac{52}{51} - \tau \right)$, $\alpha=1,2,3$ yield $B_0(1)=1.0365$, $B_1(1)=539.95$, $B_0(2)=1.0740$, $B_1(2)=559.46$, $B_0(3)=1.1124$, $B_1(3)=579.46$. A is an arbitrary constant with no effect on the results.

Since the wave numbers satisfy the inequality $n^4 \gg m_1^4$, an asymptotic analysis gives

$$T_0 t_{kr}^\alpha = q_1 n^2 + q_2 \frac{m_1^4}{n^6} - \tilde{T}_1 + \frac{\bar{B}_1(\alpha)}{t_{kr}^2 n^2} \quad (11)$$

for the dynamic critical load. The following definitions apply in equation (11):

$$q_1 = \frac{2\beta_3 B_0(\alpha)}{R^3 L}, \quad q_2 = \frac{L B_0(\alpha)}{2R\beta_6}, \quad \bar{B}_1(\alpha) = B_1(\alpha)\rho h R, \quad \tilde{T}_1 = T_1 B_0(\alpha) \quad (12)$$

2.2. Determination of the Minimum Values of the Dynamic Critical Load and the Dynamic Factor

The minimization of $T_0 t_{kr}^\alpha$ with respect to n^2 yields the dynamic critical load as

$$T_0 t_{kr}^\alpha = 2q_1 n^2 - 2q_2 \frac{m_1^4}{n^6} - \tilde{T}_1 \quad (13)$$

and the static critical load as ($t_{kr} \rightarrow \infty, T_0 \rightarrow 0$)

$$T_{kr}^{st} = 3^{-3/4} q_1^{3/4} q_2^{1/4} m_1 (4 - 3^{-3/4} \tilde{T}_1) \quad (14)$$

where

$$\bar{T}_1 = \tilde{T}_1 q_2^{-1/4} m_1^{-1} q_1^{-3/4} \quad (15)$$

Eliminating t_{kr} from (11) and (13)

$$(1 - 3\psi) \left(1 - \psi - \frac{1}{2} \bar{T}_1 \psi^{1/4} \right)^{2/\alpha} = \Omega \psi^{1+\alpha/2\alpha} \quad (16)$$

where

$$\psi = \frac{q_2 m_1^4}{q_1 n^8}, \quad \Omega = \frac{\bar{B}_1(\alpha) T_0^{2/\alpha}}{2^{2/\alpha} q_1^{(\alpha+3)/2\alpha} (q_2 m_1^4)^{(1+\alpha)/2\alpha}} \quad (17)$$

For very large T_0 values $\Omega \gg 1$. Hence, the solution of (16) is sought in the form $\psi = \frac{1}{\Omega^\beta}$ in which β is an unknown constant. Neglecting the terms in (16) which are much less than unity,

$$\Omega^\beta \approx \Omega^{\frac{2\alpha}{1+\alpha}} \quad (18)$$

which yields $\beta = \frac{2\alpha}{1+\alpha}$, resulting in

$$\psi = \Omega^{\frac{2\alpha}{1+\alpha}}, \quad n_d^2 = \left(\frac{q_2}{q_1} m_1^4 \right)^{\frac{1}{4}} \Omega^{\frac{\alpha}{2(1+\alpha)}} \quad (19)$$

in which n_d is the wave number corresponding to the dynamic critical load. For vanishing T_1 substituting n_d^2 in (13), one finds

$$T_{kr}^d = T_0 t_{kr}^\alpha = 2q_1^{3/4} q_2^{1/4} m_1 \Omega^{\frac{\alpha}{2(1+\alpha)}} \quad (20)$$

for the dynamic critical load and

$$K_d = \frac{T_{kr}^d}{T_{kr}^{st}} = \frac{3^{3/4}}{2} \Omega^{\frac{\alpha}{2(1+\alpha)}} \quad (21)$$

for the dynamic factor.

The expressions for a homogeneous shell are found, as a special case, by putting $\mu=0$.

3. NUMERICAL RESULTS AND CONCLUSIONS

As an example [12], after computing the dynamic critical load and dynamic factor for $E_0=7.75 \times 10^4$ MPa, $\nu=0.3$, $\mu \in [0,1]$, $\rho=3.1 \times 10^3$ kg/m³, $L=0.8$ m, $R/h=125$ their variations with α and T_0 are presented in the form of graphs. The results found show that: 1) The horizontal dashed lines for case 2 coincide with those in [12] for homogeneous material when $\alpha=1$ (see Figs.1-2). 2) When $E = E_0 \left(1 + \mu e^{\mathcal{M}_L} \sin \frac{\pi x}{L} \right)$ the critical load is increased by 26.93% and the dynamic factor is decreased by 45.00% (see Fig.2). 3) When $E = E_0 \left(1 - \mu e^{-\mathcal{M}_L} \sin \frac{\pi x}{L} \right)$ the critical load is decreased by 17.95% (Fig.1) and the dynamic factor is increased by 74.47% (Fig.2). 4) When $E = E_0 \left(1 + \mu e^{-\mathcal{M}_L} \sin \frac{\pi x}{L} \right)$ the critical load is increased by 10.13% (Fig.1) and the dynamic factor is decreased by 23.52% (Fig.2).

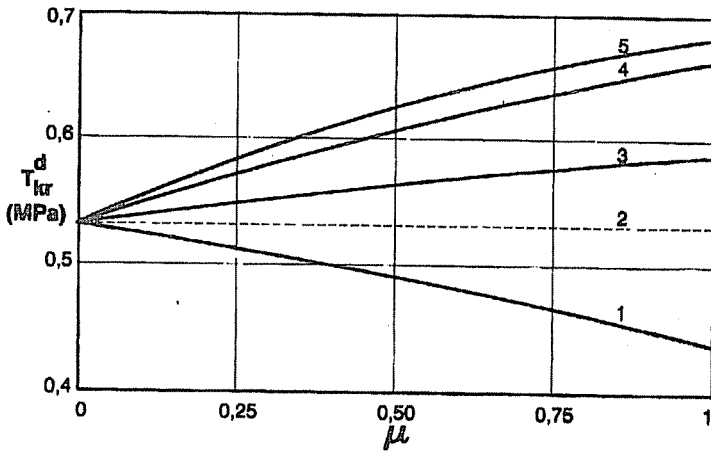


Figure 1. The variation of the dynamic critical load with the elasticity modulus variation coefficient when $T = T_{0t}$, $T_0 = 200$ MPa/s and

- 1) $E = E_0 \left(1 - \mu e^{-\frac{\pi x}{L}} \sin \frac{\pi x}{L} \right)$, 2) $E = E_0$, 3) $E = E_0 \left(1 + \mu e^{-\frac{\pi x}{L}} \sin \frac{\pi x}{L} \right)$,
4) $E = E_0 \left(1 + \mu e^{\frac{\pi x}{L}} \sin \frac{\pi x}{L} \right)$, 5) $E = E_0 \left(1 + \mu e^{\frac{\pi x}{L}} \right)$

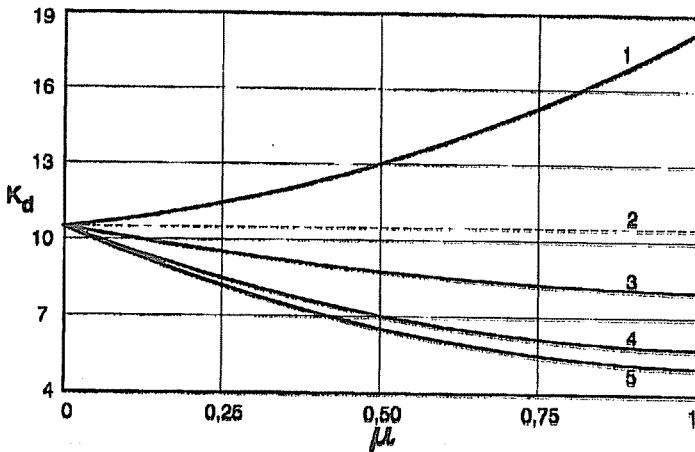


Figure 2. The variation of the dynamic factor with the elasticity modulus variation coefficient when $T = T_{0t}$, $T_0 = 200$ MPa/s and

- 1) $E = E_0 \left(1 - \mu e^{-\frac{\pi x}{L}} \sin \frac{\pi x}{L} \right)$, 2) $E = E_0$, 3) $E = E_0 \left(1 + \mu e^{-\frac{\pi x}{L}} \sin \frac{\pi x}{L} \right)$,
4) $E = E_0 \left(1 + \mu e^{\frac{\pi x}{L}} \sin \frac{\pi x}{L} \right)$, 5) $E = E_0 \left(1 + \mu e^{\frac{\pi x}{L}} \right)$

5) When $E = E_0(1 + \mu e^{\%L})$ the critical load is increased by 28.20% (Fig.1) and the dynamic factor is decreased by 51.81% (Fig.2). 6) An increase in T_0 causes a raise in the dynamic factor (Fig.3) and an increase in α causes a decrease in the critical load (Fig.4).

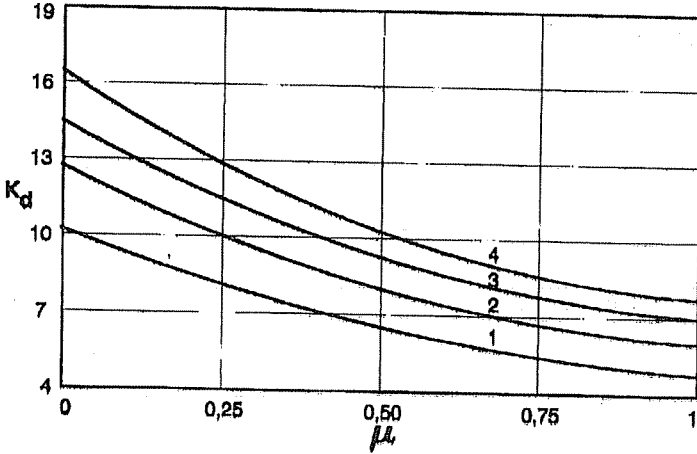


Figure 3. The variation of the dynamic factor with the elasticity modulus variation coefficient when $E = E_0(1 + \mu e^{\%L})$, $T = T_0 t$ and 1) $T_0 = 200$ MPa / s, 2) $T_0 = 300$ MPa / s, 3) $T_0 = 400$ MPa / s, 4) $T_0 = 500$ MPa / s

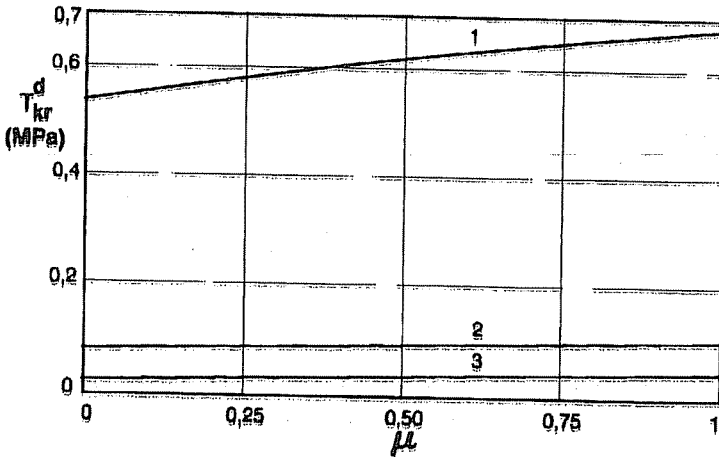


Figure 4. The variation of the dynamic critical load with the elasticity modulus variation coefficient when $E = E_0(1 + \mu e^{\%L})$ and 1) $T = T_0 t$, $T_0 = 200$ MPa / s, 2) $T = T_0 t^2$, $T_0 = 200$ MPa / s², 3) $T = T_0 t^3$, $T_0 = 200$ MPa / s³

4. NOTATION

E_0	: elasticity moduli for homogeneous materials
$f(\bar{x})$: a continuous function
h	: shell thickness
L	: shell length
m, n	: wave numbers
n_d	: wave number corresponding to dynamic critical load
R	: shell average radius
T_0	: loading speed
T_1	: static external pressure
t	: time
t_{kr}	: critical time
W	: radial displacement
α	: the power of the time dependence of pressure
β	: an undetermined constant
$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_{xy}$: strain components
μ	: elasticity modulus variation coefficient
ν	: Poisson's ratio
$\xi(t), \zeta(t)$: time dependent amplitudes
ρ	: material density
$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_{xy}$: stress components
Φ	: stress function

5. REFERENCES

1. Saçenkov, A.V., *The Dynamic Criterion of the Stability of Plates and Shells, Research on the Theory of Plates and Shells, No.12, Kazan State University, pp.281-289, Kazan, 1976 (in Russian).*
2. Lomakin, V.A., *The Elasticity Theory of Non-Homogeneous Materials, 145 pages, Nauka, Moscow, 1976 (in Russian).*
3. Hacıyev, V.C. and Musayev, I.U., *The Stability of Construction Elements Made of Non-Homogeneous Materials, I. International Conference on the Mechanics of Non-Homogeneous Structures, pp.50-51, Lvov, 1983 (in Russian).*
4. Koroşun, L.P. and Kozlov, S.Y., *The Generalized Theory of Plates and Shells Non-Homogeneous in Thickness Direction, 152 pages, Naukova Dumka, Kiev, 1988 (in Russian).*
5. Heyliger, P.R. and Julani, A., *The Free Vibrations of Inhomogeneous Elastic Cylinders and Spheres, Int. J. Solids Structures, Vol. 29, No.22, pp. 2689-2708, 1992.*
6. Amenzade, R.Y. and Şesterikov, S.A., *The Stability of a Composite Bar Non-Homogeneous in Thickness Direction, The Mechanics of Composite Materials,*

No.1, *The Russian Science Academy News*, pp.115-121, Moscow, 1992 (in Russian).

7. Sofiyev, A.H., *The Stability of a Non-Homogeneous Cylindrical Shell under Environmental Effects*, VINITI, Ref. Journal "Mechanics", No.3(189), pp.1-9, Moscow, 1987 (in Russian).

8. Hacıyev, V.C. and Sofiyev, A.H., *The Effect of a Moving Load on a Non-Homogeneous Cylindrical Shell*, *The Mechanics of Deformable Bodies*, Bakü State University, pp.28-33, Bakü, 1988 (in Russian).

9. Sofiyev, A.H., Mahmudov, R.N. and Marandi, B., *The Dynamic Stability of Non-Homogeneous Orthotropic Plates and Shells*, *Mechanics Journal of Scientific Works*, No.6, Azerbaijan Civil Engineering University, pp.126-130, Bakü, 1996 (in Russian).

10. Sofiyev, A.H. and Marandi, B., *The Dynamic Stability Problem of Non-Homogeneous Cylindrical Shells on Elastic Foundations*, *Azerbaijan Science Academy Mechanics and Mathematics Institute Conference Proceedings*, Vol.2, pp.76-81, Bakü, 1996 (in Russian).

11. Yakusev, A.N., *The Stability of Orthotropic Cylindrical Shells under Dynamic External Pressure*, *Research on the Theory of Plates and Shells*, No.20, Kazan State University, pp.215-222, Kazan, 1990 (in Russian).

12. Volmir, V.V., *The Dynamic Stability of Deformable Bodies*, 984 pages, Nauka, Moscow, 1967 (in Russian).

**HOMOJEN OLMAYAN ORTOTROP ELASTİK SİLİNDİRİK BİR
KABUĞUN ZAMANLA DEĞİŞEN BİR DIŞ BASINÇ ETKİSİ
ALTINDA DİNAMİK STABİLİTESİ**

Orhan AKSOĞAN

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

Abdullah Heydaroğlu SOFİYEV, Hakan ERDEM ve Zihni ZERİN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Samsun / Türkiye

ÖZET : *Bu makalede homojen olmayan ortotrop elastik silindirik bir kabuğun, zamanın bir kuvvet fonksiyonu ile değişen bir dış basınç etkisi altında dinamik stabilitesi incelenmektedir. Önce, homojen olmayan ortotrop elastik silindirik bir kabuğun bir dış basınç altında dinamik stabilite denklemleri çıkarılmaktadır. Daha sonra, Saçenkov metodu [1] uygulanarak kritik yük ve dinamiklik katsayısı için genel formüller elde edilmektedir. Son olarak da, bazı özel durumlar için hesaplar yapıp malzemenin homojen olmayışından dolayı kritik yük ve dinamiklik katsayısına gelen etkiler incelenmektedir.*

**DYNAMIC STABILITY OF A NON-HOMOGENEOUS ORTHOTROPIC
ELASTIC CYLINDRICAL SHELL UNDER A TIME DEPENDENT
EXTERNAL PRESSURE**

ABSTRACT : *The paper considers the dynamic stability of a non-homogeneous orthotropic elastic cylindrical shell under the effect of an external pressure varying with a power function of time. At first, the dynamic stability equations of a non-homogeneous orthotropic elastic cylindrical shell are derived. Then, the general formulas for the critical load and the dynamic factor are obtained by applying Saçenkov's method [1]. Finally, carrying out the computations for some special cases, the effect of the non-homogeneity on the critical load and the dynamic factor are studied.*

1. GİRİŞ

Günümüzde şantiyede, makina ve gemilerin konstrüksiyonlarında değişik şekillerde kabuk ve levhalar kullanılır. Projelendirme sırasında malzemelerin fiziksel özelliklerinin dikkate alınması zorunludur. Buna göre stabilite problemlerinde malzemenin homojen olmayışının gözönüne alınması ve kritik parametrelere etkisinin bilinmesi gerekir. Malzemenin homojen olmayışının gözönüne alınması konstrüksiyonların boyut ve ağırlıklarının küçülmesine, sonuçta, malzemenin tasarrufa imkan verir. Çoğunlukla malzemelerin bileşenlerinin homojen olmaması ve konstrüksiyon elemanlarının üretim tekniği ile termik ve yüzey cilalamalar konstrüksiyonun homojenliğini bozarlar [2-5].

Kaynak [1] 'de levha ve kabuklarla ilgili dinamik stabilite problemlerinin çözümü özel bir metotla elde edilmiştir. Bu metot levha ve kabukların stabilitesinin tahkikinde çözülebilecek problemler sınıfını genişletmiştir.

Bu makalede amaç, homojen olmayan ve özellikleri sürekli değişen ortotrop elastik silindirik bir kabuğun zamanla değişen bir dış basınç etkisi altında dinamik stabilitesinin yukarıda anılan özel metotla incelenmesidir.

2. ANALİZ

2.1. Homojen Olmayan ve Özellikleri Sürekli Değişen Ortotrop Elastik Silindirik Bir Kabuğun Zamanla Değişen Bir Dış Basınç Etkisi Altında Temel Bağlıları ve Stabilite Denklemleri

Homojen olmayan ortotrop elastik bir malzemenin yapılmış uçlarında tüm çevre boyunca mafsallı mesnetlenmiş dairesel silindirik bir kabuk düşünelim. Malzemenin elastisite modülleri kalınlık koordinatının sürekli fonksiyonları olsunlar:

$$E_x(\bar{z}) = E_{0x}[1 + \mu_x \varphi(\bar{z})], \quad E_y(\bar{z}) = E_{0y}[1 + \mu_y \varphi(\bar{z})], \quad G(\bar{z}) = G_0[1 + \mu_{xy} \varphi(\bar{z})], \quad \bar{z} = z/h$$

Burada, h kabuğun kalınlığı, E_{0x} , E_{0y} ve G_0 homojen malzemeler için elastisite modülleri, μ_x , μ_y ve μ_{xy} elastisite modülü değişim katsayıları ve $\varphi(\bar{z})$ ise sürekli bir fonksiyondur [3-10].

Yukarıda tanımlanan kabuk için gerilme ve şekildeğiştirme arasındaki bağıntı şu şekilde olur:

$$\sigma_x = \frac{E_x(\bar{z})}{1 - \nu_x \nu_y} (\epsilon_x + \nu_y \epsilon_y), \quad \sigma_y = \frac{E_y(\bar{z})}{1 - \nu_x \nu_y} (\epsilon_y + \nu_x \epsilon_x), \quad \sigma_{xy} = 2G(\bar{z}) \epsilon_{xy} \quad (1)$$

Burada, ν_x ve ν_y Poisson oranlarıdır.

Kabuk zamanın bir kuvvet fonksiyonu ile değişen üniform radyal bir dış basınç etkisi altında olsun [11]:

$$T_x^0 = 0, \quad T_{xy}^0 = 0, \quad T_y^0 = -R(P_1 + P_0 t^{\alpha_1})$$

Burada, P_0 yükleme hızı, P_1 statik dış basınç, R kabuk ortalama yarıçapı, t zaman ve α_1 basıncın zamana göre değişimini gösteren kuvvet olup bir tamsayıdır.

Bu kabuk için belirtilen koşullarda dinamik stabilite denklemleri aşağıda görüldüğü gibidir:

$$D \left[\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2\delta_1 \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \delta_2 \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} \right] - \frac{1}{R} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} - \delta_3 \frac{\partial^4 \Phi}{\partial x^4} - \delta_4 \frac{\partial^4 \Phi}{\partial x^2 \partial y^2} - \delta_5 \frac{\partial^4 \Phi}{\partial y^4} +$$

$$R(P_1 + P_0 t^{\alpha_1}) \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \rho h \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} = 0 \quad (2a)$$

$$\gamma_2 \frac{\partial^4 \Phi}{\partial x^4} + 2\gamma_3 \frac{\partial^4 \Phi}{\partial x^2 \partial y^2} + \gamma_1 \frac{\partial^4 \Phi}{\partial y^4} - \gamma_4 \frac{\partial^4 W}{\partial x^4} - \gamma_5 \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} - \gamma_6 \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} = -\frac{1}{R} \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \quad (2b)$$

Burada, W radyal yerdeğiştirme, Φ gerilme fonksiyonu ve ρ malzemenin yoğunluğu olup şu tanımlar geçerlidir:

$$D = a_{11}^1 c_{13} + a_{12}^1 c_{23} + a_{11}^2,$$

$$\delta_1 = \frac{a_{11}^1 c_{14} + a_{12}^1 c_{24} + a_{12}^2 - 4a_{33}^1 c_{32} + 4a_{33}^2 + a_{21}^1 c_{13} + a_{22}^1 c_{23} + a_{21}^2}{2(a_{11}^1 c_{13} + a_{12}^1 c_{23} + a_{11}^2)},$$

$$\delta_2 = \frac{a_{21}^1 c_{14} + a_{22}^1 c_{24} + a_{22}^2}{a_{11}^1 c_{13} + a_{12}^1 c_{23} + a_{11}^2}, \quad \delta_3 = a_{11}^1 c_{12} + a_{12}^1 c_{22},$$

$$\delta_4 = a_{11}^1 c_{11} + a_{12}^1 c_{21} - 4a_{33}^1 c_{31} + a_{21}^1 c_{12} + a_{22}^1 c_{22},$$

$$\delta_5 = a_{21}^1 c_{11} + a_{22}^1 c_{21},$$

$$\gamma_1 = c_{11}, \quad \gamma_2 = c_{22}, \quad 2\gamma_3 = c_{12} + c_{21} + 2c_{31}, \quad \gamma_4 = c_{23}, \quad \gamma_5 = c_{13} + c_{24} + 2c_{32}, \quad \gamma_6 = c_{14},$$

$$c_{11} = a_{22}^0 l^{-1}, \quad c_{12} = -a_{12}^0 l^{-1}, \quad c_{13} = (a_{11}^1 a_{22}^0 - a_{12}^0 a_{21}^1) l^{-1}, \quad c_{14} = (a_{12}^1 a_{22}^0 - a_{12}^0 a_{22}^1) l^{-1},$$

$$c_{21} = -a_{21}^0 l^{-1}, \quad c_{22} = a_{11}^0 l^{-1}, \quad c_{23} = (a_{11}^0 a_{21}^1 - a_{11}^1 a_{21}^0) l^{-1}, \quad c_{24} = (a_{11}^0 a_{22}^1 - a_{21}^0 a_{12}^1) l^{-1},$$

$$c_{31} = (2a_{33}^0)^{-1}, \quad c_{32} = \frac{a_{33}^1}{a_{33}^0}, \quad l = a_{11}^0 a_{22}^0 - a_{12}^0 a_{21}^0,$$

$$a_{11}^K = \frac{1}{1 - v_x v_y} \int_{-h/2}^{h/2} z^K E_x(\bar{z}) dz,$$

$$a_{22}^K = \frac{1}{1 - v_x v_y} \int_{-h/2}^{h/2} z^K E_y(\bar{z}) dz,$$

$$a_{12}^K = \frac{v_y}{1 - v_x v_y} \int_{-h/2}^{h/2} z^K E_x(\bar{z}) dz,$$

$$a_{21}^K = \frac{v_x}{1 - v_x v_y} \int_{-h/2}^{h/2} z^K E_y(\bar{z}) dz,$$

$$a_{33}^K = \int_{-h/2}^{h/2} z^K G(\bar{z}) dz, \quad K = 0, 1, 2$$

Silindirik kabuk uçlarında mafsallı olduğundan, (2) denklem sisteminin çözümü aşağıdaki gibi aranır [12]:

$$\Phi = \phi(t) \sin \frac{m_1 x}{R} \sin \frac{ny}{R}, \quad W = f(t) \sin \frac{m_1 x}{R} \sin \frac{ny}{R} \quad (3)$$

Burada, $m_1 = \frac{m\pi R}{L}$ olup n ve m dalga sayıları, $\phi(t)$ ve $f(t)$ zamana bağlı genlikler ve L kabuğun uzunluğudur.

(3) ifadeleri (2) denklemlerinde yerlerine yazılıp iki denklemden $\phi(t)$ yok edilirse bazı işlemlerden sonra,

$$\frac{\partial^2 f(\tau)}{\partial \tau^2} + \left(\lambda - \frac{P_0 t_{kr}^{\alpha_1} \tau^{\alpha_1}}{\rho h} \frac{n^2}{R} \right) t_{kr}^2 f(\tau) = 0 \quad (4)$$

denklemini elde edilir. Burada, t_{kr} kritik zaman olup $t = \tau t_{kr}$, $0 \leq \tau \leq 1$ ve

$$\lambda = \frac{D}{\rho h R^4} [m_1^4 + 2\delta_1 m_1^2 n^2 + \delta_2 n^4 - \frac{P_1 R^3 n^2}{D}] + \frac{(m_1^2 R - \delta_3 m_1^4 - \delta_4 m_1^2 n^2 - \delta_5 n^4)(\gamma_4 m_1^4 + \gamma_5 m_1^2 n^2 + \gamma_6 n^4 + R m_1^2)}{\rho h R^4 (\gamma_2 m_1^4 + 2\gamma_3 m_1^2 n^2 + \gamma_1 n^4)}$$

ifadeleri geçerlidir. (4) denklemi $f(\eta)$ ile çarpılıp η 'ya göre integre edilirse [1], bazı işlemlerden sonra,

$$\frac{1}{2} [f'(\eta)]^2 + \frac{1}{2} \lambda t_{kr}^2 [f(\eta)]^2 - \lambda t_{kr}^2 \int_0^{\tau} \frac{P_0 n^2}{\rho h R} t_{kr}^{\alpha_1} \eta^{\alpha_1} f(\eta) f'(\eta) d\eta = 0 \quad (5)$$

denklemi elde edilir.

(5) denklemi $0 \leq \tau \leq 1$ aralığında integre edilirse, bazı işlemlerden sonra,

$$\frac{n^2 P_0 t_{kr}^{\alpha_1}}{\rho h R} = B_0 \lambda + \frac{B_1}{t_{kr}^2} \quad (6)$$

şekline gelir. Burada, B_0 ve B_1 aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$B_0(\alpha_1) = \frac{\int_0^1 [f(\tau)]^2 d\tau}{2 \int_0^1 \int_0^{\tau} \eta^{\alpha_1} f'(\eta) f(\eta) d\eta d\tau}, \quad B_1(\alpha_1) = \frac{\int_0^1 [f'(\tau)]^2 d\tau}{2 \int_0^1 \int_0^{\tau} \eta^{\alpha_1} f'(\eta) f(\eta) d\eta d\tau}$$

Yaklaşım fonksiyonu $f(\tau) = Ae^{50\tau} \left(\frac{52}{51} - \tau \right)$ olarak alınacak olursa [1], $\alpha_1=1,2,3$ için $B_0(1) = 1.0365$, $B_1(1) = 539.95$, $B_0(2) = 1.0740$, $B_1(2) = 559.46$, $B_0(3) = 1.1124$, $B_1(3) = 579.46$ olur. Burada, A herhangi bir sabit olup sonuçlara etkisi yoktur. Buradan anlaşılacağı gibi $B_0(\alpha_1) \approx 1$ olup sonraki aşamalarda $B_0(\alpha_1) = 1$ kabul edilerek işlemlere devam edilmiştir.

Dalga sayılarının $m=1$ için $n^4 \gg m_1^4$ eşitsizliğini sağladığı düşünülürse (6)'dan dinamik kritik yük için,

$$P_0 t_{kr}^{\alpha_1} = d_1 \left[n^2 + \frac{d_2 m_1^4}{d_1 n^6} - \frac{P_1}{d_1} \right] + \frac{B_1}{t_{kr}^2 n^2 d_3} \quad (7)$$

denklemi elde edilir. Burada, $d_1 = \frac{D\delta_2}{R^3} - \frac{\gamma_6 \delta_3}{\gamma_1 R^3}$, $d_2 = \frac{1}{R\gamma_1}$ ve $d_3 = \frac{1}{\rho h R}$ tanımları geçerlidir.

2.2. Dinamik Kritik Yükün ve Dinamiklik Katsayısının Minimal Değerlerinin Bulunması

$P_0 t_{kr}^{\alpha_1}$ fonksiyonunu n^2 ye göre minimize etmek için,

$$\frac{B_1}{d_3 t_{kr}^2 n^4} = d_1 \left(1 - 3 \frac{d_2}{d_1} \frac{m_1^4}{n^8}\right) \quad (8)$$

olmalıdır. Statik durum için ($t_{kr} \rightarrow \infty$ ve $P_0 \rightarrow 0$) (8) denkleminde

$$n_{st}^8 = 3 \frac{d_2}{d_1} m_1^4 \quad (9)$$

ifadesi elde edilir. Burada, n_{st} statik kritik yüke karşı gelen dalga sayısıdır.

(7-8) denklemlerinden $\frac{B_1}{d_3}$ yokedilirse:

$$P_0 t_{kr}^{\alpha_1} = 2d_1 \left[n^2 - \frac{d_2}{d_1} \frac{m_1^4}{n^6} - \frac{1}{2} \frac{P_1}{d_1} \right] \quad (10)$$

(9) ifadesi (7) denkleminde yerine konursa, statik kritik yük için

$$P_{kr}^{st} = 3^{-3/4} d_1 \left(\frac{d_2}{d_1} m_1^4 \right)^{1/4} (4 - 3^{-3/4} \bar{P}_1) \quad (11)$$

ifadesi elde edilir.

Burada,

$$\bar{P}_1 = P_1 \left(\frac{d_2}{d_1} m_1^4 \right)^{-1/4} d_1^{-1}$$

olup (7) ve (10) ifadelerinden t_{kr} yok edildiğinde,

$$(1 - 3\zeta) \left(1 - \zeta - \frac{1}{2} \bar{P}_1 \zeta^{1/4} \right)^{2/\alpha_1} = d_4 \zeta^{\frac{1+\alpha_1}{2\alpha_1}} \quad (12)$$

denklemini bulunur. Burada ise,

$$\zeta = \frac{d_2 m_1^4}{d_1 n^8} \quad \text{ve} \quad d_4 = \frac{B_1 P_0^{2/\alpha_1}}{2^{2/\alpha_1} d_3 d_1^{\frac{\alpha_1+2}{\alpha_1}} \left(\frac{d_2}{d_1} m_1^4 \right)^{\frac{\alpha_1+1}{2\alpha_1}}}$$

tanımları geçerlidir.

Çok büyük P_0 değerleri için $d_4 \gg 1$ olduğundan bu durumda (12) denkleminin çözümü $\zeta = d_4^{-\beta}$ şeklinde aranır. β bilinmeyen bir katsayıdır. (12) denkleminde 1'den çok küçük olan terimler atıldığında aşağıdaki yaklaşık eşitlik elde edilir:

$$1 \approx d_4^{2\alpha_1} \left(\frac{1}{d_4^\beta} \right)^{1+\alpha_1}$$

Buradan, $\beta = \frac{2\alpha_1}{1+\alpha_1}$ olduğu görülür ki, bu durumda,

$$n_d^2 = \left(\frac{d_2}{d_1} m_1^4 \right)^{\frac{1}{4}} d_4^{\frac{\alpha_1}{2(1+\alpha_1)}}$$

olur. Burada, n_d dinamik kritik yüke karşı gelen dalga sayısıdır. $P_1 = 0$ olduğunda n_d^2 nin değeri (10)'da yerine konursa dinamik kritik yük için,

$$P_{kr}^d = 2d_1 \left(\frac{d_2}{d_1} m_1^4 \right)^{\frac{1}{4}} d_4^{\frac{\alpha_1}{2(1+\alpha_1)}} \quad (13)$$

ve dinamiklik katsayısı için,

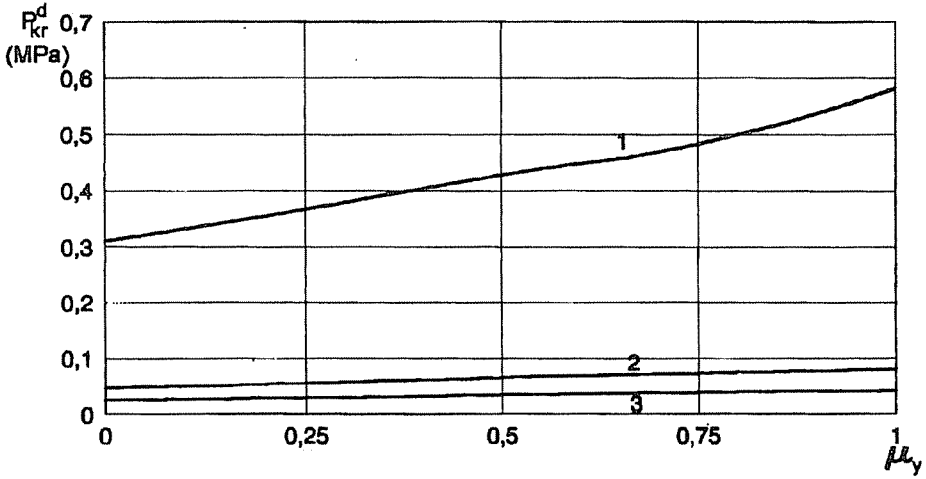
$$K_d = \frac{P_{kr}^d}{P_{kr}^{st}} = \frac{3^{\frac{3}{4}}}{2} d_4^{\frac{\alpha_1}{2(1+\alpha_1)}} \quad (14)$$

ifadeleri elde edilir.

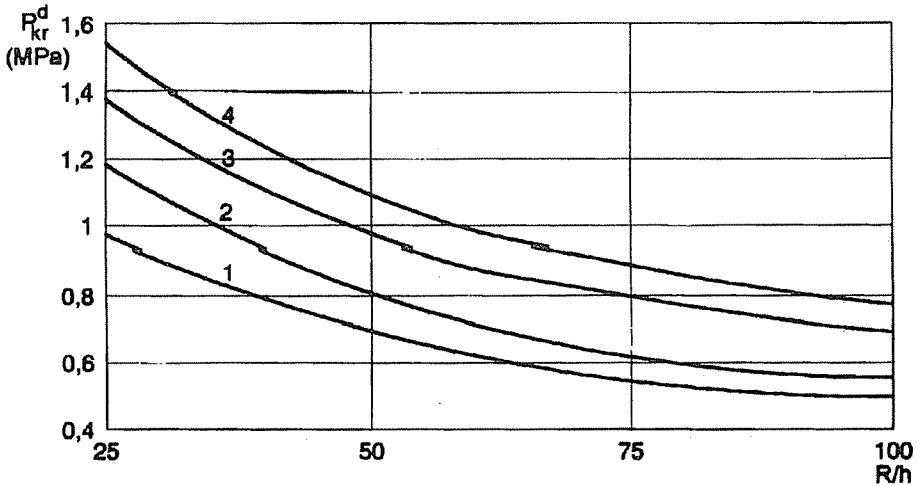
3. SONUÇ

Örnek olarak [11], $E_x(\bar{z}) = E_{0x}(1 + \mu_x e^{z/h})$, $E_y(\bar{z}) = E_{0y}(1 + \mu_y e^{z/h})$, μ_x ve $\mu_y \in [0,1]$, $E_{0x} = 2.225 \times 10^4$ MPa, $E_{0y} = 1.085 \times 10^4$ MPa, $\nu_x = 0.117$, $\nu_y = 0.055$, $\rho = 1.84 \times 10^3$ kg/m³, $L = 6.552 \times 10^{-2}$ m, $h = 8 \times 10^{-4}$ m için sayısal hesaplar yapılmış ve α_1 'in değişik değerleri için R/h oranının ve elastisite modülü değişim katsayılarının değişimine bağlı olarak dinamik kritik yük ve dinamiklik katsayısı grafikleri çizilmiştir.

Yapılan hesaplardan ve elde edilen grafiklerden bazı sonuçlar çıkarmak mümkündür. Örneğin, elastisite modülleri eksponansiyel olarak değişiyorken kritik yükün değeri homojen duruma göre %39 arttığında dinamiklik katsayısının değeri %66 azalmaktadır. Ayrıca, P_0 büyüdükçe kritik yükün ve dinamiklik katsayısının değerleri artmakta olup α_1 büyüdükçe kritik yükün değeri azalmaktadır (Şekil 1-4).

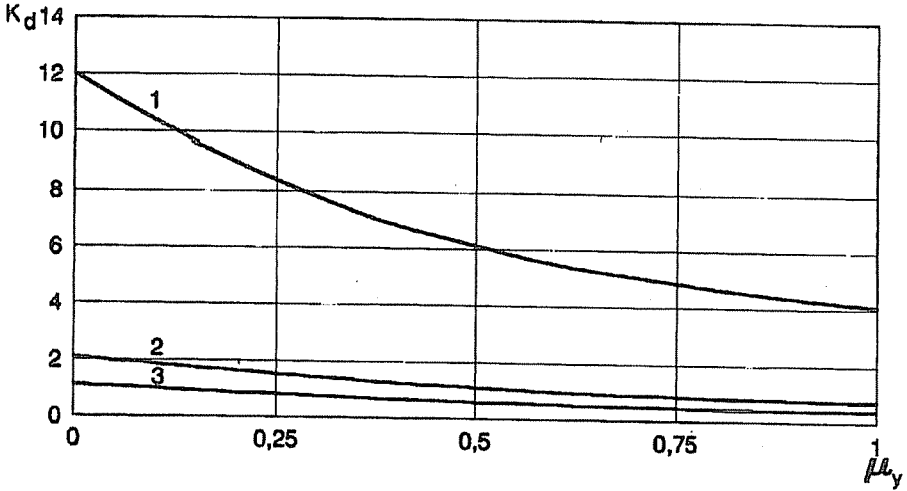


Şekil 1. $\mu_x = 0$, $R/h = 100$ ve 1) $P = P_0 t$, $P_0 = 200$ MPa/s, 2) $P = P_0 t^2$, $P_0 = 200$ MPa/s², 3) $P = P_0 t^3$, $P_0 = 200$ MPa/s³ olduğunda dinamik kritik yükün elastisite modülü değişim katsayısına göre değişimi

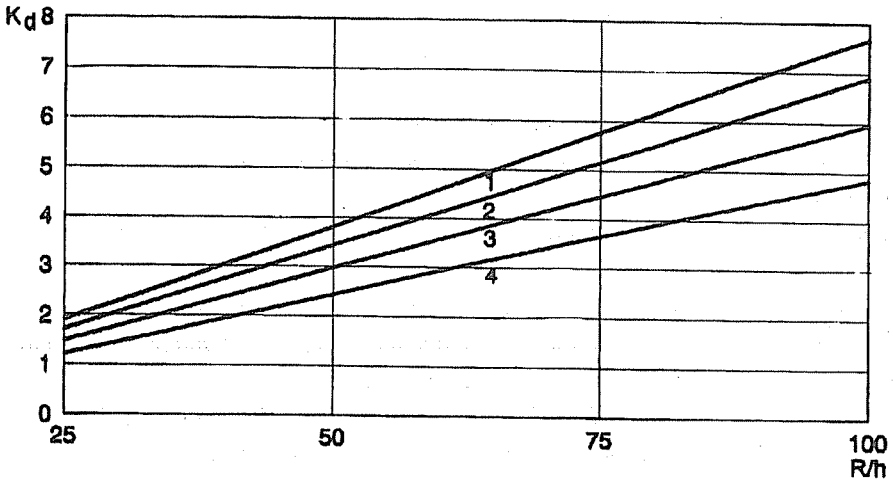


Şekil 2. $\mu_x = \mu_y = 0,75$, $P = P_0 t$ ve 1) $P_0 = 200$ MPa/s, 2) $P_0 = 300$ MPa/s, 3) $P_0 = 400$ MPa/s, 4) $P_0 = 500$ MPa/s olduğunda dinamik kritik yükün R/h oranına göre değişimi

HOMOJEN OLMAYAN ORTOTROP ELASTİK SİLİNDİRİK BİR KABUĞUN ZAMANLA DEĞİŞEN BİR DIŞ BASINÇ ETKİSİ ALTINDA DİNAMİK STABİLİTESİ



Şekil 3. $\mu_x = 0$, $R/h = 100$, $P_0 = 200$ MPa/s ve 1) $P = P_0 t$, 2) $P = P_0 t^2$, 3) $P = P_0 t^3$ olduğunda dinamiklik katsayısının elastisite modülü değişim katsayısına göre değişimi



Şekil 4. $\mu_x = \mu_y = 0.75$, $P = P_0 t$ ve 1) $P_0 = 500$ MPa/s, 2) $P_0 = 400$ MPa/s, 3) $P_0 = 300$ MPa/s, 4) $P_0 = 200$ MPa/s olduğunda dinamiklik katsayısının R/h oranına göre değişimi

4. SEMBOLLER

E_{0x} , E_{0y} , G_0	: homojen malzemeler için elastisite modülleri
h	: kabuk kalınlığı
L	: kabuk uzunluğu
m , n	: dalga sayıları
n_{st}	: statik kritik yüke karşı gelen dalga sayısı
n_d	: dinamik kritik yüke karşı gelen dalga sayısı
P_0	: yükleme hızı
P_1	: statik dış basınç
R	: kabuk ortalama yarıçapı
t	: zaman
t_{kr}	: kritik zaman
W	: radyal yerdeğiştirme
α_1	: basıncın zamanla değişimini gösteren kuvvet
β	: bilinmeyen bir katsayı
ε_x , ε_y , ε_{xy}	: şekildeğiştirmeler
μ_x , μ_y , μ_{xy}	: elastisite modülü değişim katsayıları
ν_x , ν_y	: Poisson oranları
ρ	: malzeme yoğunluğu
σ_x , σ_y , σ_{xy}	: gerilmeler
Φ	: gerilme fonksiyonu
$\phi(t)$, $f(t)$: zamana bağlı genlikler
$\varphi(\bar{z})$: sürekli bir fonksiyon

5. KAYNAKLAR

1. Saçenkov, A.V., *Levha ve Kabukların Stabilitésinin Dinamik Kriteri, Levha ve Kabuk Teorisinde Araştırmalar, No.12, Kazan Devlet Üniversitesi, s.281-289, Kazan, 1976 (Rusça).*
2. Lomakin, V.A., *Homojen Olmayan Cisimlerin Elastisite Teorisi, Nauka, 245 s., Moskova, 1976 (Rusça).*
3. Hacıyev, V.C. ve Musayev, I.U., *Homojen Olmayan Malzemelerden Yapılmış Konstrüksiyon Elemanlarının Stabilitési, Homojen Olmayan Yapıların Mekaniği Üzerine I. Uluslararası Konferans, s.50-51, Lvov, 1983 (Rusça).*
4. Koroşun, L.P. ve Kozlov, S.Y., *Kalınlık Boyunca Homojen Olmayan Levha ve Kabukların Genelleştirilmiş Teorisi, 152 s., Naukova Dumka, Kiyev, 1988 (Rusça).*
5. Sofiyev, A.H., Mahmudov, R.N., ve Marandi B., *Homojen Olmayan Ortotrop Levha ve Kabukların Dinamik Stabilitési, Mekanik İlimi Eserler Mecmuası, No.6, Azerbaycan İnşaat Mühendisleri Üniversitesi, s. 126-130, Bakü, 1996 (Rusça).*
6. Amenzade, R.Yu. ve Şesterikov, S.A., *Kompozit Malzemedden Yapılmış Kalınlık*

Boyunca Homojen Olmayan Çubuğun Stabilitesi, Kompozit Malzemeler Mekaniği, No.1, Rusya Bilim Akademisi Haberleri, s. 115-121, Moskova, 1992 (Rusça).

7. Sofiyev, A.H., *Homojen Olmayan Silindirik Kabukların Çevre Etkisi Altında Stabilitesi, VINITI, Ref. Dergi "Mekanik", No.10, s.1-12, Moskova, 1987 (Rusça).*

8. Hacıyev, V.C. ve Sofiyev, A.H., *Hareket Eden Yükün Homojen Olmayan Silindirik Kabuğa Etkisi, Şekil Değiştiren Cisimler Mekaniği, Bakü Devlet Üniversitesi, s.28-33, Bakü, 1988 (Rusça).*

9. Visscher, W.M., Migliori, A., Bell, T.M. and Reinert, R.A., *On the Normal Modes of Free Vibration of Inhomogeneous and Anisotropic Elastic Objects, J. Acoust. Soc. Am. Vol.90, pp. 2154-2162, 1991.*

10. Sofiyev, A.H. ve Marandi, B., *Elastik Zeminde Homojen Olmayan Silindirik Kabukların Dinamik Stabilitate Problemi, Azerbaycan Bilim Akademisi Mekanik ve Matematik Enstitüsü Konferansı Bildiri Kitabı, Cilt.2, s. 76-81, Bakü, 1996 (Rusça).*

11. Yakuşev, A.N., *Dinamik Dış Basınç Etkisinde Ortotrop Silindirik Kabukların Stabilitesi, Levha ve Kabuk Teorisinde Araştırmalar, No.20, Kazan Devlet Üniversitesi, s. 215-222, Kazan, 1990 (Rusça).*

12. Volmir, V.V., *Şekil Değiştiren Cisimlerin Dinamik Stabilitesi, 984 s., Nauka, Moskova, 1967 (Rusça).*

GÜÇLENDİRİLMİŞ BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN DAVRANIŞINA BAĞLANTI ESNEKLİĞİNİN ETKİSİ*

Orhan AKSOĞAN, Muhsin KILIÇ ve H.Murat ARSLAN

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

ÖZET : *Bu çalışmada, elastik veya rijit temeller üzerine oturmuş, elastik bağlantılı boşluklu perdeler incelenmiştir. İlk olarak, perdeler ve boşluklu perdeler hakkında genel bilgiler verilmiş ve boşluklu perdelerdeki bağlantı kirişlerinin ve kiriş perde bağlantısının boşluklu perdenin davranışına etkileri incelenmiştir. Boşluklu perde analiz yöntemleri kısaca anlatıldıktan sonra sürekli bağlantı yöntemi ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Daha sonra, bu yöntemden yararlanarak elastik bağlantılı boşluklu perdelerin analizini yapmak için, bağlantı kirişlerini sürekli bağlantı ortamlarına çeviren ve bunların birim boylarındaki kesme kuvveti fonksiyonlarını temel bilinmeyenler olarak alan bir yöntem kullanılmıştır. Son olarak, hazırlanan bilgisayar programı ile literatürden çeşitli örnekler çözülmüş ve elde edilen sonuçlar SAP90 bilgisayar programı ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.*

THE EFFECT OF FLEXIBLE CONNECTIONS ON THE DYNAMIC BEHAVIOUR OF STIFFENED COUPLED SHEAR WALLS

ABSTRACT : *In this work, coupled shear walls on rigid or flexible foundations, with semi-rigid connections are studied. At first, a presentation has been made about the behaviour of shear walls and coupled shear walls and the effect of the connecting beams and their connections to the walls on the structural behaviour of the coupled walls is considered. After a brief explanation about the analysis methods of coupled shear walls, the continuous connection method has been examined in detail. Then, a method, to analyze shear walls with semi-rigid connections making use of this technique, has been used, that treats the connecting beams as continuous laminae and takes the functions of the shear flows in them as the fundamental unknowns. Finally, a computer program was prepared with which various examples from literature were solved. The results found were compared with those found using SAP90 computer program.*

* Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir. Proje No : FBE.98.YL.67.

1. GİRİŞ

Çok katlı binalarda, artan kat sayısı ile birlikte bina daha fazla yatay kuvvete maruz kalmaktadır. Artan bu yatay etkilere karşı emniyeti sadece çerçeveler ile sağlamak, kolon boyutlarını büyüteceğinden, gerek katlardaki hacim kaybı nedeniyle, gerekse maliyet bakımından uygun çözüm olmamaktadır.

Deprem bölgelerinde kolonlar, taşıdıkları düşey servis yüklerinden daha fazla eğilme momentine maruz kalmaktadır. Bu durumda yatay yüklere karşı, rijitlikleri kolonlara göre daha fazla olan perdeler tercih edilmektedir.

Günümüzde perdelerin gerek yatay kuvvetlere karşı dayanımının yüksek olması gerekse mimari açıdan kolonlara nazaran daha avantajlı olmasının görülmesi üzerine yüksek binalarda perde kullanımı yaygınlaşmıştır. Bugüne kadar sürekli bağlantı yöntemi kullanarak yapılan boşluklu perde analizinde boşluklu perde-bağlantı kirişi bağlantısının rijit olduğu kabul edilmiştir. Oysa durum bundan farklıdır. Literatürde bazı yazarlar tarafından bir veya iki güçlendirici kiriş konularak ve konulan güçlendirici kirişlerin yerleri tabanda, tepede ve ara yüksekliklerde olmak üzere uygulanmış, ve perde kiriş bağlantısı rijit alınmıştır [1-8]. Ancak, yazarlar kapalı çözüme varabilmek için en fazla iki güçlendirici kiriş durumunu incelemek ile yetinmek zorunda kalmışlardır. Oysa günümüzdeki çok yüksek binalar, ikiden daha çok sayıda güçlendirici kiriş ve kiriş-duvar bağlantısı elastik alınarak perdeler daha ekonomik olarak tasarlanabilir. Yakın zamanda MATHEMATICA adlı bilgisayar cebir sistemi yardımı ile çok sayıda güçlendirici kirişi olan bina tasarımı için analitik ifadeler bulabilen bir bilgisayar programı hazırlanmıştır [9]. O çalışmada önerilen program ile değişik parametrelere göre optimizasyon yapma olanağı ortaya çıkmıştır. Arslan ve Aksoğan [10] tarafından hazırlanan yayında ise tüm bina yüksekliğince perdenin geometrik ve fiziksel özellikleri ile boşluk büyüklükleri ve kat yükseklikleri sabit tutulmamıştır. Ancak bu yayında da perde-kiriş bağlantısı rijit kabul edilmiştir. Bu çalışmada [10] nolu yayındaki yöntem kullanılarak ve gereken değişiklikler yapılarak bina yüksekliği boyunca istenilen sayıda güçlendirici kiriş, istenilen yerlerde perde özellikleri değişimi ve istenilen perde-kiriş bağlantı rijitlik katsayısı ile öntasarım yapılmakta kullanılabilir bir program hazırlanmıştır. FORTRAN dilinde hazırlanan program doğrudan doğruya sayısal çözüm elde edilebilmektedir.

Sürekli bağlantı tekniğine göre boşluklu deprem perdesi, birleşik iki deprem perdesi gibi düşünülerek bağlantı kirişi adı verilen kat kirişleri eşdeğer rijitlikte sürekli yayılı kirişlerle gösterilir ve bunların eksenel şekil değiştirmeleri gözönüne alınmayarak her iki perdenin de aynı yatay yerdeğiştirmeyi yaptıkları düşünülür. Bu tekniğin temel diferansiyel denklemi bağlantı kirişlerinin orta noktasındaki düşey yerdeğiştirme için yazılan uygunluk denklemdir. Ancak, güçlendirici kirişlerin ve diğer özelliklerin değişimlerinin buldukları yerlerde bölünmeler olduğundan her bölüm için ayrı diferansiyel denklem yazılır. Bölümler arasında süreklilik ile bina tepe ve tabanında

sınır koşulları kullanılarak integrasyon sabitleri bulunur. Son olarak da, moment-eğrilik ilişkilerinden yararlanılarak yeniden diferansiyel denklemler ile sınır ve süreklilik koşulları yazılır ve yerdeğiştirmeler elde edilir.

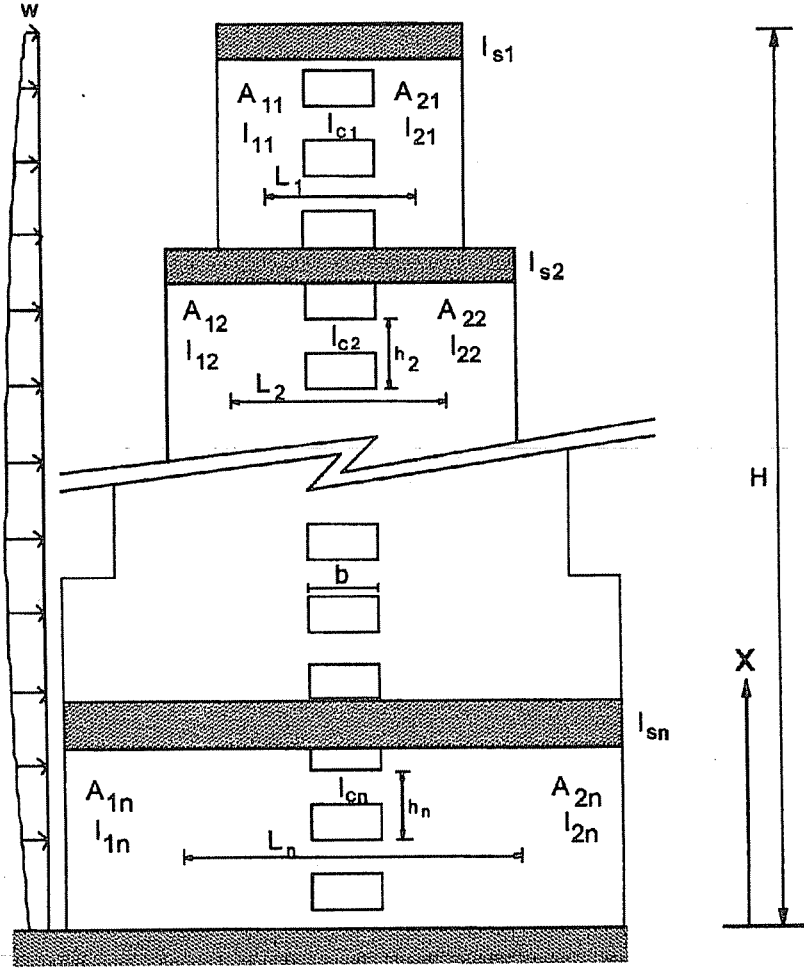
2. ANALİZ

Başlıca iki ana kısımdan oluşan sürekli bağlantı yönteminin dayandığı temel ilke, her kat düzeyinde perdeleri birbirine bağlayan bağ kirişlerinde ve/veya döşemelerdeki kesme kuvvetlerini sürekli dağıtılmış etkiler olarak hesaba katmaktır. Başlıca iki ana kısımdan oluşan yöntemin ilk aşamasında, her bölge için moment-eğrilik, denge ve uygunluk bağıntılarından yararlanılarak perde eksenel kuvveti (T) fonksiyonu için ikinci dereceden lineer bir diferansiyel denklem bulunur. Perde tabanında, tepesinde ve bölge birleşim yerlerinde yazılan koşullar kullanılıp yüksekliğe bağlı olarak T fonksiyonu elde edilir. İkinci aşamada ise, perde için yazılan moment-eğrilik ilişkisi ve yerdeğiştirme sınır ve süreklilik koşulları kullanılarak yanal yerdeğiştirme fonksiyonu (y) bulunur. Görüldüğü gibi, iki boyutlu bir sistem olan boşluklu perdelerin çözümü sürekli bağlantı yöntemi ile tek boyuta indirilmiştir. Tüm önemli büyüklükler çözüm sonunda yüksekliğe bağlı olarak ifade edilebilir. Böylece, problem lineer diferansiyel denklem takımı ile formüle edilip kapalı çözüm elde edilmiş olur.

2.1. Formülasyon

Şekil 1'de görülen, yatay yükler etkisindeki, güçlendirici kirişler, kesit değişiklikleri ve elastik perde-kiriş bağlantısı içeren ve bir sıra boşluğu olan bir perdeyi ele alalım. Bu sistem iki yanda kalan perde parçalarını ayrı iki perde ve aradaki bağlantıları da bağlantı kirişleri olarak düşünmekle oldukça basit şekilde incelenebilir. Bu amaçla, literatürde sürekli bağlantı yöntemi için verilen kabuller ve bazı ek kabuller şunlardır:

1. Duvarların ve bağlantı kirişlerinin özellikleri ile kat yüksekliğinin değişmediği ve güçlendirici kirişle kesilmeyen her aralık bir bölge olarak ele alınır.
2. Eğilme rijitliği EI_c olan kat bağlantı kirişlerinin yerine eğilme rijitliği birim yükseklik için EI_c/h olan eşdeğer sürekli bağlantı ortamı düşünülür (Şekil 2).
3. Eğilmeden önce düzlem olan eksene dik kesitler eğilmeden sonra düzlem kalırlar.
4. Bağlantı kirişlerinin eksenel şekildeğiştirmeleri gözardı edilir. Bu nedenle her iki perde aynı yükseklikte eşit yatay yerdeğiştirme yaparlar. Sonuç olarak, aynı yükseklikte sol ve sağ perdelerin yerdeğiştirmeleri birbirine eşit olur ve eğilme momentleri de eğilme rijitlikleriyle orantılıdır.
5. Bağlantı kirişlerindeki kesme kuvvetlerinin yerine eşdeğerleri olan birim yükseklik için q sürekli kuvvetleri alınır.
6. Bağlantı kirişlerinin sağ ve sol duvarlarla bağlantıları aynı eşdeğer yay sabitine sahiptirler.
7. Bağlantı kirişlerinin üzerinde ara yük yoktur.



Şekil 1. Problemin Genel Görünümü

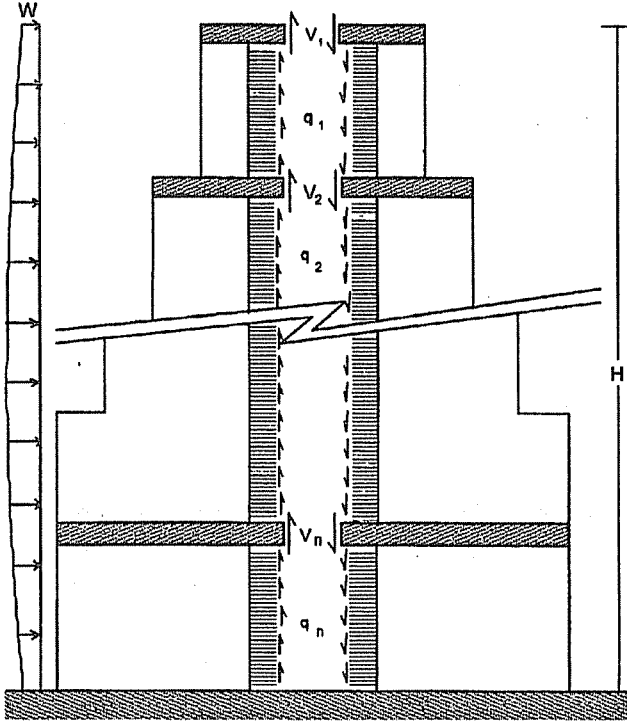
Perde üzerinde dx uzunluktaki bir perde parçasının düşey kuvvet dengesinden

$$\frac{dT_i}{dx} = -q_i \quad (1)$$

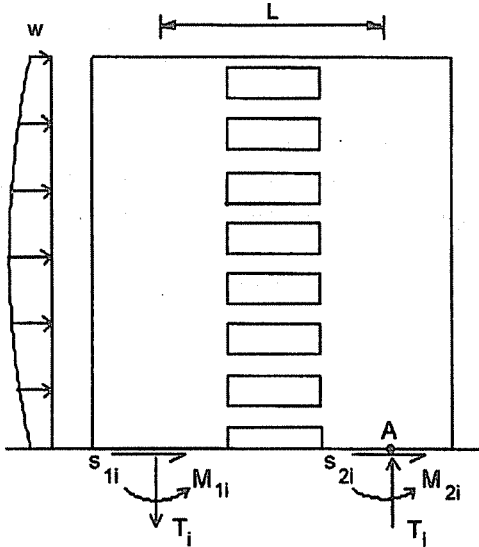
şeklinde bulunan diferansiyel bağıntı herhangi bir aralıkta integre edilerek, eksenel kuvvettteki değişim, kirişlerdeki kesme kuvveti cinsinden bulunabilir.

$$T_i = \int_x^H q_i dx + \sum_x^H V \quad (2)$$

GÜÇLENDİRİLMİŞ BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN
DAVRANIŞINA BAĞLANTI ESNEKLİĞİNİN ETKİSİ



Şekil 2. Sürekli Bağlantı Modeli



Şekil 3. Boşluklu Perde Serbest Cisim Diyagramı

Şekil 3'de görülen serbest cisim diyagramında i bölgesinde iki perde için ayrı ayrı moment-eğrilik ilişkileri yazılır ve taraf tarafa toplanırsa, iki perde aynı yatay yerdeğiştirmeyi yaptıklarından $M_i = M_{1i} + M_{2i}$ ve $I_i = I_{1i} + I_{2i}$ olmak üzere

$$EI_i = \frac{d^2 y_i}{dx^2} = M_i \quad (3)$$

şeklinde gösterilir. Buradaki toplam moment, A noktasına göre moment denge denklemi yazılarak bulunur ve dış kuvvetlerin ele alınan kesitin üzerinde kalan bölümünün kesite göre moment $M_{ei}(x)$ olarak gösterilirse

$$EI_i = \frac{d^2 y_i}{dx^2} = M_{ei} - T_i L_i \quad (4)$$

ifadesi bulunur.

Bağlantı kirişlerinin üzerinde yük olmadığı ve iki uçları aynı dönmeyi yaptıkları için moment sıfır noktaları ortalarında olur. Bağlantı kirişleri eğilme momenti olmayan orta noktalarından kesilmiş gibi düşünülür ve bu kesim noktalarının iki yanı için düşey yerdeğiştirmenin eşitliğini gösteren uygunluk denklemi yazılacak olursa basitleştirmeler sonucunda aşağıdaki denklem elde edilir:

$$L_i \frac{dy_i}{dx} \frac{b^3 h_i q_i}{12EI_{ei}} - \frac{q_i h_i b^2}{2c_{cb}} - \frac{1}{E} \sum_{j=i+1}^n \left[\left\{ \frac{1}{A_{1j}} + \frac{1}{A_{2j}} \right\} \int_{x_{j+1}}^{x_j} T_j dx \right] \\ \frac{1}{E} \left\{ \frac{1}{A_{1j}} + \frac{1}{A_{2j}} \right\} \left[\int_{x_{i+1}}^x T_i dx \right] - \delta_f + \delta_{ei} = 0 \quad (5)$$

Bu denklemde ilk iki terim sırasıyla duvarların eğimlerinden ve bağlantı kirişlerinin eğilmelerinden (uçlarında qdx için) doğan düşey yerdeğiştirme farklarını, üçüncü terim perde-kiriş bağlantısının elastik olmasından doğan katkısı ve izleyen iki terim ise perdelerin eksenel kuvvetlerinden doğan farkı gösterirler. δ_f sol duvarın tabanının sağ duvarın tabanına göre yukarı doğru hareketini gösterir. δ_{ei} ise kesit değişikliklerinden doğan eksantrisitelerin eksen noktalarında doğurduğu düşey yerdeğiştirmelerin katkısını göstermekte olup şöyle ifade edilebilir:

$$\delta_{ei} = \sum_{j=i+1}^n (L_j - L_{j-1}) \frac{dy_j}{dx} \Big|_{x=x_j} \quad (6)$$

(5) denkleminin x 'e göre türevi alınır, elde edilen denklemde (1) ifadesinin türevi ile (4) ifadesi yerlerine konulur ve düzenlemeler yapılırsa

$$\frac{d^2T_i}{dx^2} - \alpha_i^2 T_i = -\beta_i^2 M_{ei} \quad (7)$$

şeklinde ikinci dereceden bir diferansiyel denklem elde edilir. Burada,

$$\beta_i^2 = \frac{1}{\frac{EI_i}{L_i} \left(\frac{b^3 h_i I_i}{12 L_i I_{ci}} + \frac{b^2 h_i}{2 c_{cb}} \right)}, \quad \alpha_i^2 = \beta_i^2 \left[L_i + \frac{I_i}{L_i} \left\{ \frac{1}{A_{1i}} + \frac{1}{A_{2i}} \right\} \right] \quad (8)$$

olup genel çözüm

$$T_i = B_i \cosh(\alpha_i x) + C_i \sinh(\alpha_i x) + \frac{\beta_i^2}{\alpha_i^2} \left[\sum_{j=0}^{\infty} \frac{1}{\alpha_i^{2j}} \frac{d^{2j}}{dx^{2j}} (M_{ei}) \right] \quad (9)$$

şeklinde verilebilir. Bu şekilde verilen çözüm M_{ei} dış kuvvet momentinin yüksekliğe bağlı olarak polinom şeklinde ifade edildiği her durum için geçerlidir. Bu nedenle, özel durumlar olarak literatürde ele alınan üniform yayılı, üçgen şeklinde yayılı ve tepede tekil yatay kuvvetler için de uygulanabilir. Başka fonksiyonlar ile verilen M_{ei} durumları için özel çözümlerin ele alınan probleme göre bulunması gerekir.

(9) eksenel kuvveti ifadesi yükseklik boyunca n bölge için ayrı ayrı yazılırsa problemin çözümü için $2n$ integrasyon sabitinin bulunması gerekir. Bunun için, önce, gerekli sınır koşullarının yazılmasında kullanılacak güçlendirici kirişlerin kesme kuvvetleri bulunmalıdır. Bu amaçla x_i yükseklikteki güçlendirici kiriş için uygunluk denklemi yazılacak olursa

$$L_i \frac{dy_i}{dx} \Big|_{x=x_i} - \frac{b^3 V_i}{12 EI_{si}} - \frac{b^2 V_i}{2 c_{cb}} - \frac{1}{E} \sum_{j=1}^n \left[\left\{ \frac{1}{A_{1j}} + \frac{1}{A_{2j}} \right\} \int_{x_{j+1}}^{x_j} T_j dx \right] - \delta_f + \delta_{ei} = 0 \quad (10)$$

Burada V_i sözkonusu güçlendirici kirişin kesme kuvvetidir. Benzer şekilde güçlendirici kirişin altındaki bölge için yazılan uygunluk denkleminin x_i yükseklikte uygulanması ile

$$L_i \frac{dy_i}{dx} \Big|_{x=x_i} - \frac{b^3 h_i}{12 EI_{ci}} q_i - \frac{b^2 h_i q_i}{2 c_{cb}} - \frac{1}{E} \sum_{j=1}^n \left[\left\{ \frac{1}{A_{1j}} + \frac{1}{A_{2j}} \right\} \int_{x_{j+1}}^{x_j} T_j dx \right] - \delta_f + \delta_{ei} = 0 \quad (11)$$

bağıntısı elde edilir. Son iki denklem birbirinden çıkarılarak ve basitleştirmeler yapılarak

$$V_i = \gamma_i H q_i(x_i) \quad (12)$$

ifadesi elde edilir. Burada

$$\gamma_i = \frac{\frac{bh_i}{12EI_{ci}} + \frac{h_i}{2c_{cb}}}{\frac{b}{12EI_{si}} + \frac{1}{2c_{sb}}} \frac{1}{H} \quad (13)$$

şeklinde tanımlanan bir sabittir.

Bina tepesindeki güçlendirici kirişin statik dengesi koşulunun

$$T_1(H) - V_1 = 0 \quad (14)$$

ve en alt bölgedeki uygunluk denkleminin $x=0$ için uygulanması ile de

$$L_n \frac{dy_n}{dx} \Big|_{x=0} - \frac{h_n b^3}{12EI_{cn}} q_n - \frac{b^2 h_n q_n}{2c_{sb}} - \delta_f = 0 \quad (15)$$

koşulunun sağlanması gerektiği açıkça görülmektedir. (15) denkleminde temeldeki dönme

$$\frac{dy_n}{dx} \Big|_{x=0} = \frac{1}{K_R} M_n \quad (16)$$

ve çökme

$$\delta_f = \frac{1}{K_V} T_n \quad (17)$$

şeklinde yerlerine konulursa ikinci koşul

$$\frac{L_n}{K_R} M_n - \frac{h_n b^3}{12EI_{cn}} q_n - \frac{b^2 h_n q_n}{2c_{sb}} - \frac{1}{K_V} T_n = 0 \quad (18)$$

şeklini alır. (16-18) denklemlerinde M_n , en alt bölgede iki duvarın tabanlarındaki momentler toplamı olup, K_V ve K_R ise temelin özelliklerine göre eşdeğer düşey ve dönele rijitlik sabitleridir ve aşağıdaki şekilde tanımlanırlar:

$$\frac{1}{K_V} = \frac{1}{k_1 A_{b1}} + \frac{1}{k_2 A_{b2}}, \quad K_R = k_1 I_{b1} + k_2 I_{b2} \quad (19)$$

Burada, A_{b1} ve A_{b2} , I_{b1} ve I_{b2} , k_1 ve k_2 sırasıyla duvarların taban alanları, atalet momentleri ve zemin yatak katsayılarıdır.

Moment sıfır noktasından kesilmiş olan x_i yükseklikteki güçlendirici kirişin sol yanı için düşey kuvvet dengesinden

$$T_{i-1}(x_i) + V_i - T_i(x_i) = 0 \quad (20)$$

Ayrıca, i ve $i-1$ bölgelerine ait (5) uygunluk denklemleri $x=x_i$ için uygulanır ve her ikisinde (6) ifadesi yerleştirilerek biri diğerinden çıkarılacak olursa

$$h_i \left(\frac{b}{12EI_{c(i)}} + \frac{1}{2c_{cb}} \right) q_i \Big|_{x=x_i} = h_{i-1} \left(\frac{b}{12EI_{c(i-1)}} + \frac{1}{2c_{cb}} \right) q_{i-1} \Big|_{x=x_i} \quad (i = 2, 3, \dots, n) \quad (21)$$

(14) ve (18) denklemlerinden birer ve (20) ve (21) denklemlerinden $(n-1)$ 'er adet yazılarak ortak çözüm yapılır ve bulunan B_i ve C_i sabitleri (9) ifadesinde yerlerine konulursa aksenal kuvvet ifadeleri bulunmuş olur.

Son olarak, yanal yerdeğiştirmeleri elde etmek için tüm bölgelerin moment-eğrilik ilişkileri (3) denklemindeki tanımlara uyularak yazılır ve iki kez integralleri alınacak olursa

$$y_i = \frac{1}{EI_i} \int \left\{ \int M_i dx \right\} dx + D_i x + G_i, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (22)$$

Bu ifadelerdeki integrasyon sabitleri, bölgeler arasında yatay yerdeğiştirme ve türevinin süreklilik koşulları ve tabanda yatay yerdeğiştirme ve türevi ile ilgili sınır koşulları kullanılarak bulunur. Bu koşullar aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$y_i(x_i) = y_{i-1}(x_i), \quad (i = 2, 3, \dots, n)$$

$$\frac{dy_i}{dx} \Big|_{x=x_i} = \frac{dy_{i-1}}{dx} \Big|_{x=x_i}, \quad (i = 2, 3, \dots, n)$$

(23)

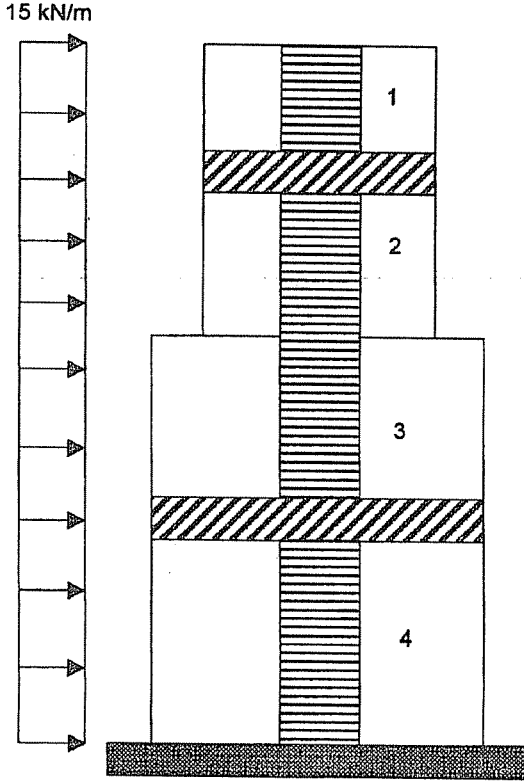
$$y_n(0) = 0$$

$$\frac{dy_n}{dx} \Big|_{x=0} = \frac{1}{K_R} M_n(0)$$

3. SAYISAL UYGULAMA VE SONUÇLAR

Örneklerdeki perde (Şekil 4), 60.0 m yüksekliktedir. Boşluk genişliği ve bağlantı kirişlerinin atalet momenti bina yüksekliği boyunca sabit olup sırasıyla 6.0m ve 0.000714m⁴tür. Perde-Kiriş bağlantı katsayıları ise değişken alınmıştır. Perde kalınlığı 0.2 m ve tüm elemanlar için $E=20.0 \times 10^6$ kN/m² olup perdenin diğer özellikleri aşağıda belirtildiği gibidir:

1. bölge için $L=12.0\text{m}$, $h=3.0\text{m}$, $A=1.2\text{m}^2$, $I=3.6000\text{m}^4$, $x_1=60.0\text{m}$, $I_{s1}=0.0\text{m}^4$,
2. bölge için $L=12.0\text{m}$, $h=3.0\text{m}$, $A=1.2\text{m}^2$, $I=3.6000\text{m}^4$, $x_2=45.0\text{m}$, $I_{s2}=1.0\text{m}^4$,
3. bölge için $L=14.0\text{m}$, $h=3.0\text{m}$, $A=1.6\text{m}^2$, $I=8.5333\text{m}^4$, $x_3=30.0\text{m}$, $I_{s3}=0.0\text{m}^4$,
4. bölge için $L=14.0\text{m}$, $h=3.0\text{m}$, $A=1.6\text{m}^2$, $I=8.5333\text{m}^4$, $x_4=15.0\text{m}$, $I_{s4}=1.0\text{m}^4$,

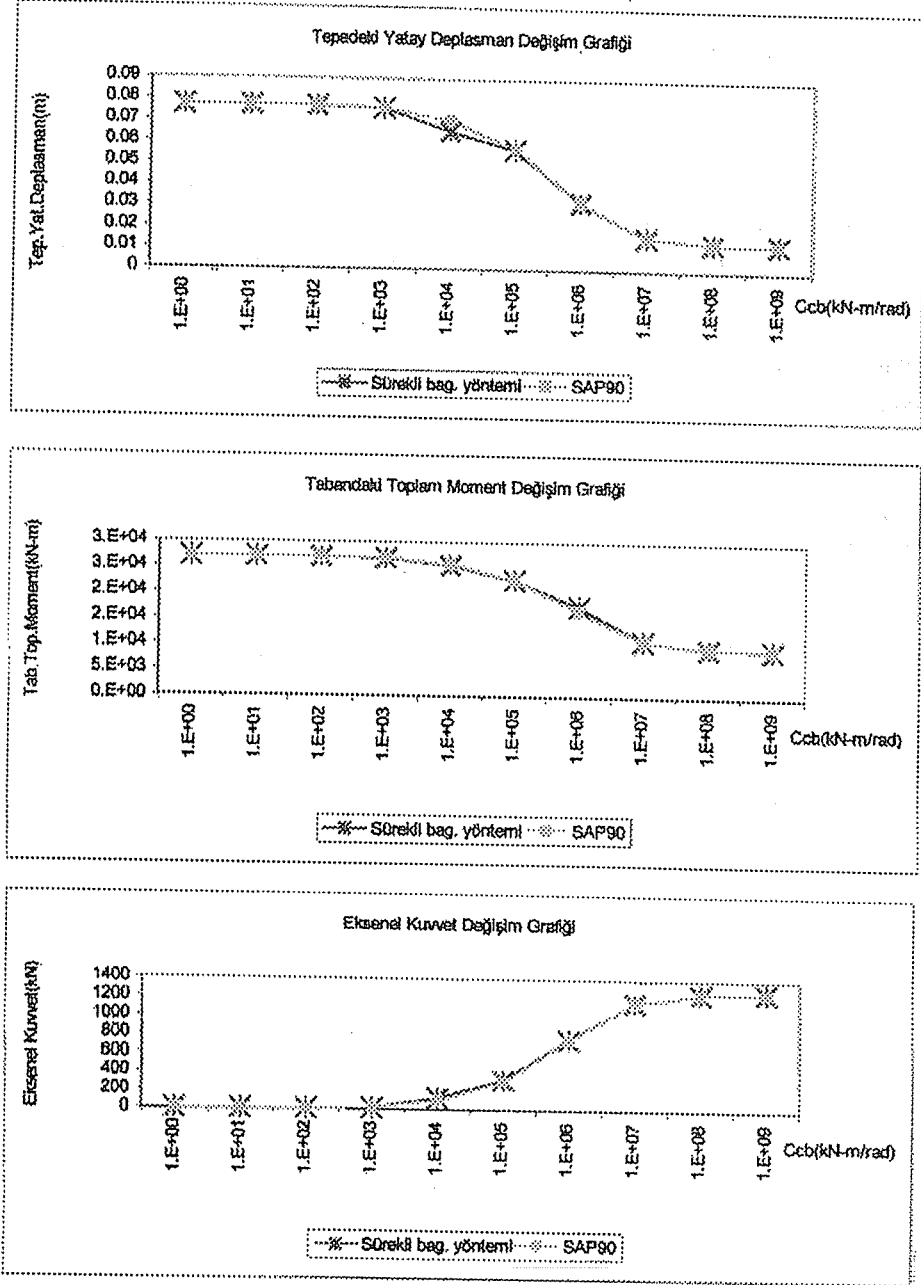


Şekil 4. Örnek Boşluklu Perde

Hazırlanan program ile örnek perde 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 kiriş adet ve konumları, temel durumları ve perde üzerinde çeşitli yüksekliklerde kesit değişikliklerini içeren örneklerin çözümü ile moment, deplasman, perde eksenel kuvveti, bağlantı kirişlerindeki kesme kuvveti akış fonksiyonlarının bağlantı esnekliklerine göre değişimini gösteren grafikler elde edilmiştir. Üzerinde çalışılan örnekler göstermiştir ki, boşluklu deprem perdelerinde perde duvar-kiriş bağlantı elastik katsayıları arttıkça boşluklu perde sisteminin yapısal davranışında iyileşme olmuştur.

GÜÇLENDİRİLMİŞ BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNİN
DAVRANIŞINA BAĞLANTI ESNEKLİĞİNİN ETKİSİ



Şekil 5. Örnek Boşluklu Perde için Bazı Sonuçlar

4. KAYNAKLAR

1. Coull, A., *Stiffening of Coupled Shear Walls Against Foundation Movement*, *Struct. Engng.*, 52(1), 23-26, 1974.
2. McNabb, J.W. and Muvdi, B.B., *Drift Reduction Factors for Belt High-rise Structures*, *Engng. J.*, AISC, 3rd Quarter, 1975.
3. Choo, B.S. and Coull, A., *Stiffening of Laterally Loaded Coupled Shear Walls on Elastic Foundations*, *Build. Envir.*, 19(4), 251-256, 1984.
4. Moudarres, F.R. and Coull, A., *Stiffening of Linked Shear Walls*, *J. Engng. Mech.*, ASCE, 112(3), 223-237, 1986.
5. Chan, H.C. and Kuang, J.S., *Effect of a Single Deep Beam on Twin Shear Walls with Rational Coupling*, *Proc. Inst. of Civil Engineers*, 85, 503-515, London, 1988.
6. Chan, H.C. and Kuang, J.S., *Stiffened Coupled Shear Walls*, *J. Engng. Mech.*, ASCE, 115(4), 689-703, 1989.
7. Chan, H.C. and Kuang, J.S., *Elastic Design Charts of Stiffened Coupled Structural Walls*, *J. Struct. Engng.*, ASCE, 115(2), 247-267, 1989.
8. Coull, A. and Bensmail, L., *Stiffened Coupled Shear Walls*, *J. Struct. Engng.*, ASCE, 117(8), 2205-2223, 1991.
9. Aksoğan, O., Türker, H.T. and Oskouei, A.V., *Stiffening of Coupled Shear Walls at Arbitrary Number of Heights*, *Proc. First Technical Congress on Advances in Civil Engineering*, 2, 781-787, North Cyprus, 1993.
10. Arslan, H.M., Aksoğan, O., *Güçlendirici Kirişlerin ve Kesit Değişikliklerinin Elastik Mesnetlenmiş Boşluklu Deprem Perdelerinin Davranışına Etkileri*, IX. Ulusal Mekanik Kongresi, Cilt I, pp. 158-167, Ürgüp, 1995.

YARI-RİJİT DÜZLEMSEL ÇELİK ÇERÇEVELERİN GEOMETRİK NONLİNEER ANALİZİ

M. Cemal GENEŞ

M.K.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hatay / Türkiye

Orhan AKSOĞAN

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

ÖZET : *Bu çalışmada, uçlarında nonlineer dönел yaylar bulunan elemanlardan oluşan düzlemsel çerçevelerin büyük deformasyonlar altında geometrik nonlineer analizleri yapılmış ve bu konuda bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. İlk önce, deplasmanlar için beşinci dereceden bir polinom ile analiz yapıp, daha sonra toplam potansiyel enerji metodu kullanılarak uçlarında nonlineer dönел yaylar bulunan eleman için sekant ve tanjant rijitlik matrisleri elde edilmiştir. Son olarak, geometrik nonlineer sistemlerin çözümü için etkili bir yöntem olan Direkt Ardışık Yaklaşımlı Adım Adım Yükleme Metodu kullanılarak bir bilgisayar programı hazırlanmış ve literatürden çeşitli örnekler çözülerek sonuçların çok uyumlu olduğu görülmüştür.*

GEOMETRIC NONLINEAR ANALYSIS OF SEMI-RIGID PLANAR STEEL FRAMES

ABSTRACT : *In this study, the geometric nonlinear analysis of planar frames which undergo large deformations and are composed of members with nonlinear rotational springs at the ends has been carried out and a pertinent computer program has been prepared. Firstly, an analysis has been carried out using a fifth degree polynomial for the displacements. Then, the secant and tangent stiffness matrices for members with nonlinear rotational springs at the ends has been obtained by using the total potential energy method. Finally, employing the Direct Incremental-Iterative Method, which is an affective solution method for geometric nonlinear systems, a computer program has been prepared. Various examples from the literature have been solved and a good agreement has been observed.*

* Bu araştırma ÇÜ. Araştırma Fonu tarafından FBE 96.106 nolu proje çerçevesinde desteklenmiştir.

1. GİRİŞ

Çerçeve tipi çelik veya prefabrik olan yapıların analiz ve tasarımları, düğüm noktalarının ya tümüyle rijit ya da mafsallı olarak kabul edilmesi ile yapılır. Fakat gerçek düğüm noktaları üzerinde yapılan deneysel çalışmalarda, bağlantıların büyük bir kısmı rijit bağlantı ile mafsal bağlantı davranışı arasında bir davranış göstermiştir. Bu davranış literatürde yarı-rijit bağlantı davranışı olarak nitelendirilir. İlk zamanlarda deneysel sonuçların yetersizliğinden ve sıkıcı hesaplama işinden dolayı, birçok mühendis tarafından bu davranış gözardı edilmekteydi. Bazı bilim adamları birçok bağlantı tipi için deneysel sonuçlardan elde ettikleri moment-dönme ($M-\phi$) ilişkileri ile bu davranışın anlaşılmasını sağlamışlardır.

Yarı-rijit bağlantı yaklaşımının mühendisler tarafından tercih edilebilmesi için kullanılan metodun, bilinen çözüm metodlarından daha doğru olup bağlantı davranışını daha gerçekçi şekilde ifade etmesi gerekmektedir. Bundan dolayı, bu çalışmada sistemin ve bağlantıların nonlineer davranışı analiz programına katılmıştır.

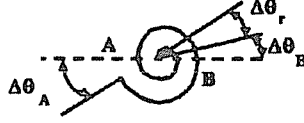
Yarı-rijit bağlı çerçevelerin nonlineer analizlerinde eleman boyunca değişen düşey deplasman için beşinci dereceden polinom [1] kullanılmış ve sonlu elemanlar yönteminden yararlanılarak, elemanın sınır ve denge şartlarından bu polinom şekil fonksiyonları cinsinden yazılmıştır. Bu yöntemin kullanılışı, yarı-rijit bağlantı etkisinin stabilize fonksiyonu yaklaşımı ile [2] ve [3] nolu kaynaklarda elde edilen tanjant rijitlik matrisinden farklıdır. Stabilite fonksiyonu yaklaşımında aksenal kuvvetin çekme, basınç veya sıfır olması durumları için ayrı çözümler kullanılmaktadır. Fakat bu metotta aksenal kuvvetin basınç olması durumunda işareti negatif, çekme olması durumunda ise işareti pozitif alınmaktadır ve aynı çözüm kullanılmaktadır.

2. KABULLER

Bu çalışmadaki kabuller: Eleman prizmatik ve elastiktir. Uygulanan kuvvetler enerjiyi koruyan tipten olup düğümlere etki etmektedir. Burkulma ve kesme deformasyonları ihmal edilmektedir. Elemanın iki ucunu birleştiren eksen ile eleman ucundaki teğetin arasındaki açının yeteri kadar küçük olduğu kabul edilmektedir. Böylece aksenal kuvvetin iki uç noktasından geçtiği kabul edilmektedir. Küçük şekil değiştirmeler fakat büyük deformasyonlar olduğu kabul edilmektedir. Bağlantı nonlineer yarı-rijit olarak modellendirilmiştir.

3. BAĞLANTI DAVRANIŞININ MODELLENMESİ

Bağlantıların, çerçevenin davranışı üzerindeki etkisini belirlemek için, bağlantı davranışını en iyi şekilde ifade eden nonlineer modeller kullanılması gerekmektedir. Yarı-rijit bağlantıların davranışları genellikle moment-dönme ($M-\phi$) eğrileri ile ifade edilir.



Şekil 1. Bir bağlantının şematik gösterilişi

Bu çalışmada kullanılan bağlantı, Şekil 1'de görülen iki serbestlik derecesine sahip nonlinear yay elemanıdır. Adım adım yükleme için, yük-deplasman ilişkisi,

$$\begin{Bmatrix} \Delta M_A \\ \Delta M_B \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} r & -r \\ -r & r \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta \theta_A \\ \Delta \theta_B \end{Bmatrix} \quad (1)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada ΔM_A , ΔM_B , $\Delta \theta_A$, ve $\Delta \theta_B$ sırası ile, yay elemanının A ve B uçlarındaki momentler ve dönmelerdir. r ise, herhangi bir adımda yayın tanjant rijitliğidir yani, moment-dönme eğrisinin eğimidir.

Eğer bir bağlantının moment-dönme eğrisi için "Exponential Model" de denilen,

$$M = \sum_{i=1}^k Q_i [1 - \exp(-|\phi|/21\xi)] + r_f |\phi| + M_0 \quad (2)$$

kullanılırsa [4], bağlantı rijitliği r için aşağıdaki ifade yazılabilir:

$$r = \frac{dM}{d\phi} \Big|_{|\phi|=|\phi|} = \sum_{i=1}^k \frac{Q_i}{21\xi} [\exp(-|\phi|/21\xi)] + r_f \quad (3)$$

Burada, M bağlantıdaki moment, M_0 bağlantıdaki ilk moment, $|\phi|$ yayın iki ucu arasındaki bağıl dönmenin mutlak değeri, r yayın şekil değiştirme rijitliği, ξ ölçü faktörü, Q_i eğri uydurma katsayısıdır.

Bu çalışmada, literatürde verilen [1,5,6,7] dört bağlantı modeli ve lineer yay için uygulama yapabilen bir bilgisayar programı hazırlanmıştır.

4. DEPLASMAN FONKSİYONUNUN BULUNMASI

Giriş bölümünde bahsedilen, eleman boyunca değişen düşey deplasmanı veren beşinci dereceden polinomun bilinmeyen katsayıları Şekil 2'deki eleman için altı şart yazılarak bulunur. Bu şartlardan dört tanesi iki düğüm noktasında uygunluk denklemleri ve iki tanesi ise eleman ortasında denge denklemleridir.

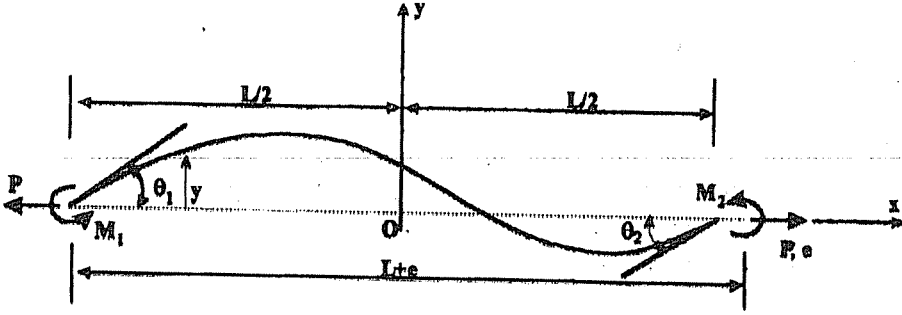
Şekil 2'deki eleman için sınır şartları aşağıda görüldüğü gibidir:

$$x = -\frac{L}{2} \quad \text{için} \quad y' = \theta_1 \quad (4)$$

$$x = \frac{L}{2} \text{ için } y' = \theta_2 \quad (5)$$

$$x = +\frac{L}{2} \text{ için } y = 0 \quad (6)$$

$$x = -\frac{L}{2} \text{ için } y = 0 \quad (7)$$



Şekil 2. Elemanda temel kuvvet - deplasman ilişkisi

Denge denklemleri de $x = 0$ için,

$$EI y'' = Py + \frac{M_1 + M_2}{L} \left(\frac{L}{2} + x \right) - M_1 \quad (8)$$

$$EI y''' = Py' + \frac{M_1 + M_2}{L} \quad (9)$$

şeklinde gösterilebilir. Burada, E elastisite modülü, I atalet momenti, x orijine olan yatay uzaklık, y düşey deplasman, θ_1 ve θ_2 düğüm dönmeleri, M_1 ve M_2 düğüm momentleri, P aksenal kuvvet, L eleman uzunluğu, y 'nin üzerindeki her bir üs y polinomunun x 'e göre türevini göstermektedir.

(4-9) şartlarını sağlayan fonksiyon beşinci dereceden bir polinom olarak,

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + a_4 x^4 + a_5 x^5 \quad (10)$$

şeklinde seçilebilir. Burada, $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ polinomun bilinmeyen katsayılarını göstermektedir. Polinomun bilinmeyen katsayıları (4-9) şartlarından bulunup, (10) denkleminde yerine konulursa,

$$y = [N_1, N_2] [L\theta_1, L\theta_2]^T \quad (11)$$

şeklinde elde edilir. Burada, N_1 ve N_2 şekil fonksiyonlarıdır. Eğer

$$q = \frac{L^2 P}{EI} \quad (12)$$

tanımı yapılır ve N_1 ve N_2 şekil fonksiyonları sembolik formda ifade edilirse,

$$N_1 = \frac{A}{H_1} + \frac{B}{H_2}, \quad N_2 = \frac{A}{H_1} - \frac{B}{H_2} \quad (13)$$

Burada, şu tanımlar geçerlidir:

$$A = -20 \frac{x}{L} + (80 - q) \left(\frac{x}{L} \right)^3 + 4q \left(\frac{x}{L} \right)^5, \quad B = 6 - \frac{1}{2} (48 - q) \left(\frac{x}{L} \right)^2 - 2q \left(\frac{x}{L} \right)^4, \quad (14)$$

$$H_1 = 80 + q, \quad H_2 = 48 + q$$

5. SEKANT RİJİTLİK İFADELERİNİN ELDE EDİLiŞİ

Sekant rijitliğinin formülasyonu için minimum potansiyel enerji prensibi uygulanabilir. Serbestlik dereceleri, dönmeler ve eksenel uzama

$$u_1 = \theta_1, \quad u_2 = \theta_2, \quad u_3 = e \quad (15a,b,c)$$

ve bu deformasyonlarla ilgili momentler ve kuvvet

$$S_1 = M_1, \quad S_2 = M_2, \quad S_3 = P \quad (16a,b,c)$$

şeklinde gösterilebilir.

Toplam potansiyel enerji fonksiyonu, iç enerji ve dış kuvvetlerin yaptığı iş cinsinden,

$$\Pi = U - V \quad (17)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada,

$$U = \frac{1}{2} EA \int_{-L/2}^{L/2} (u')^2 dx + \frac{1}{2} EI \int_{-L/2}^{L/2} (y'')^2 dx + \frac{1}{2} P \int_{-L/2}^{L/2} (y')^2 dx \quad (18)$$

$$V = S_1 u_1 + S_2 u_2 + S_3 u_3 \quad (19)$$

ifadeleri geçerlidir.

Minimum potansiyel enerji prensibine göre, denge durumu ve buna bağlı olarak rijitlik katsayıları, toplam potansiyel enerji fonksiyonunun birinci türevinin sıfıra eşitlenmesiyle elde edilebilir. Toplam potansiyel enerjinin varyasyonu,

$$\delta\Pi = \frac{\partial\Pi}{\partial u_i} + \frac{\partial\Pi}{\partial q} \frac{\partial q}{\partial u_i}; \quad i = 1, 2, 3 \quad (20)$$

şeklinde yazılabilir. (19) ifadesinden P için,

$$P = \frac{\partial U}{\partial e} + \frac{\partial U}{\partial q} \frac{\partial q}{\partial e} \quad (21)$$

ifadesi yazılabilir. Bu ifadedeki türevler alınır ve basitleştirmeler yapılırsa,

$$P = EA \left[\frac{e}{L} + b_1(\theta_1 + \theta_2)^2 + b_2(\theta_1 - \theta_2)^2 \right] \quad (22)$$

ifadesi elde edilir. Burada b_1 ve b_2 eksenel kuvvet etki fonksiyonlarıdır [8].

Aynı şekilde (20) ifadesinden uç momentleri,

$$M_i = \frac{\partial U}{\partial \theta_i} + \frac{\partial U}{\partial q} \frac{\partial q}{\partial \theta_i}, \quad i = 1, 2 \quad (23)$$

şeklinde ifade edilebilir. Buradaki türevler bulunup yerlerine konulduğunda,

$$M_1 = \frac{EI}{L} [c_1(\theta_1 + \theta_2) + c_2(\theta_1 - \theta_2)] \quad (24)$$

ve

$$M_2 = \frac{EI}{L} [c_1(\theta_1 + \theta_2) - c_2(\theta_1 - \theta_2)] \quad (25)$$

ifadeleri elde edilir. Burada, c_1 ve c_2 stabilite fonksiyonlarıdır [8].

6. TANJANT RİJİTLİK MATRİSİNİN ELDE EDİŞİ

Bir elemanın (17)'deki toplam potansiyel enerji ifadesinin deplasmanlara göre ikinci varyasyonu

$$\delta^2\Pi = \frac{\partial^2\Pi}{\partial u_i \partial u_j} \delta u_i \delta u_j = \left[\frac{\partial S_i}{\partial u_j} + \frac{\partial S_i}{\partial q} \frac{\partial q}{\partial u_j} \right] \delta u_i \delta u_j, \quad i, j = 1, 2, 3 \quad (26)$$

şeklinde yazılarak adım adım yükleme için tanjant rijitlik matrisi

$$\begin{Bmatrix} \Delta M_1 \\ \Delta M_2 \\ \Delta P \end{Bmatrix} = \frac{EI}{L} \begin{bmatrix} c_1 + c_2 + G_1^2/H & c_1 - c_2 + G_1 G_2/H & G_1/LH \\ & c_1 + c_2 + G_2^2/H & G_2/LH \\ \text{Simetrik} & & 1/L^2H \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta \theta_1 \\ \Delta \theta_2 \\ \Delta e \end{Bmatrix} \quad (27)$$

şeklinde elde edilir. Buradaki G_1 , G_2 ve H sembolik ifadeleri [8]'de verilmiştir.

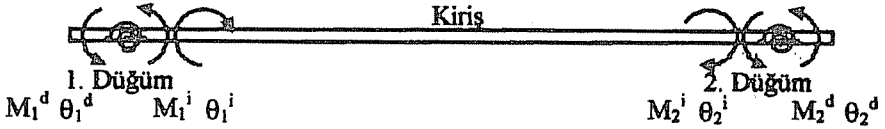
7. YARI-RİJİT BAĞLANTILARIN ETKİSİNİN SEKANT RİJİTLİK İFADELERİNE KATILMASI

Yarı-rijit bağlantı etkisinin hesaplara katılması Şekil 3'te görüldüğü gibi incelenebilir. Momentlerin dönmelerle olan ilişkisi,

$$M_1 = r_1(\theta_1^d - \theta_1^i) = r_1\phi_1 \quad (28)$$

$$M_2 = r_2(\theta_2^d - \theta_2^i) = r_2\phi_2 \quad (29)$$

şeklinde. Burada, $\theta_1^d, \theta_1^i, \theta_2^d$ ve θ_2^i birinci ve ikinci düğüm noktalarının iç ve dış tarafındaki mutlak dönmeler, ϕ 'ler bağlantı yaylarının iki tarafı arasındaki bağlı dönmeler ve r 'ler uçlardaki yayların rijitlikleridir.



Şekil 3. Uçlarında yarı-rijit bağlantılar bulunan kiriş elemanı için basit model

Kiriş elemanın rijitlik matrisi cinsinden ifadesi,

$$\begin{Bmatrix} M_1^i \\ M_2^i \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \theta_1^i \\ \theta_2^i \end{Bmatrix} \quad (30)$$

olup, (24) ve (25) ifadelerinden,

$$k_{11} = k_{22} = \frac{EI}{L}(c_1 + c_2) \quad (31)$$

$$k_{12} = k_{21} = \frac{EI}{L}(c_1 - c_2) \quad (32)$$

olduğu görülebilir.

Dış yüklerin ve momentlerin, sistem düğüm noktalarına uygulanması kabulüne dayanarak iç serbestlik dereceleri yok edilebilir. Kiriş ile uçlarındaki yayların oluşturduğu eleman için

$$\begin{bmatrix} r_1 & -r_1 & 0 & 0 \\ -r_1 & r_1 + k_{11} & k_{12} & 0 \\ 0 & k_{21} & r_2 + k_{22} & -r_2 \\ 0 & 0 & -r_2 & r_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \theta_1^d \\ \theta_1^i \\ \theta_2^i \\ \theta_2^d \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} M_1 \\ M_1^i \\ M_2^i \\ M_2 \end{Bmatrix} \quad (33)$$

ifadesi yazılabilir [9]. Yukarıdaki kabulden dolayı (33) denkleminde,

$$\begin{Bmatrix} M_1 \\ M_2 \end{Bmatrix} = \frac{1}{\beta} \begin{bmatrix} r_1\beta - r_1^2(k_{22} + r_2) & r_1r_2k_{21} \\ r_1r_2k_{12} & r_2\beta - r_2^2(k_{11} + r_1) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \theta_1^d \\ \theta_2^d \end{Bmatrix} \quad (34)$$

bağıntısı elde edilir. Burada,

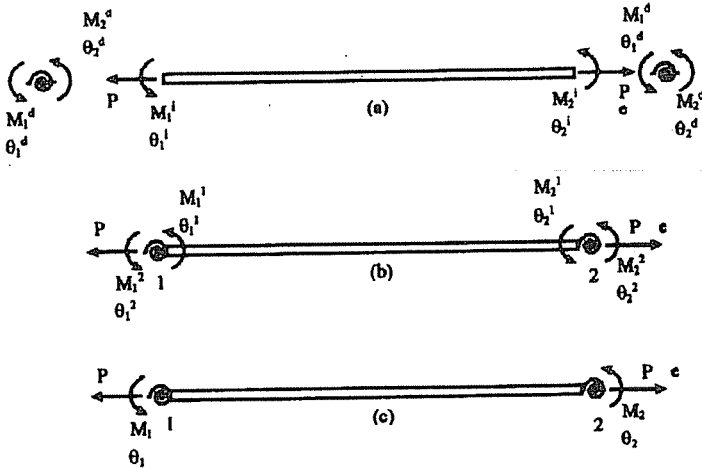
$$\beta = \det \begin{bmatrix} r_1 + k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & r_2 + k_{22} \end{bmatrix} = (r_1 + k_{11})(r_2 + k_{22}) - k_{12}^2 \quad (35)$$

8. YARI-RİJİT BAĞLANTILARIN ETKİSİNİN TANJANT RİJİTLİK MATRİSİNE KATILMASI

Kiriş elemanın uçlarında yarı-rijit bağlantı varsa, (27) ifadesinde bulunan giriş elemanı rijitlik matrisi aşağıdaki şekilde değiştirilebilir:

$$[k_c] = \begin{bmatrix} [k_{cn}]_1 & \underline{0} & \underline{0} \\ \underline{0} & [k] & \underline{0} \\ \underline{0} & \underline{0} & [k_{cn}]_2 \end{bmatrix} \quad (36)$$

Burada, $[k]$ (27) denkleminde elde edilmiş olan (3x3) tanjant rijitlik matrisi ve $[k_{cn}]_{1,2}$ 1. ve 2. düğümlerdeki yay elemanları için (2x2) tanjant rijitlik matrisi olup denklem (1)'de verilmektedir.



Şekil 4. Yay elemanı ile değiştirilmiş giriş elemanı

Bağlantı elemanı ile giriş elemanı birleşim noktasındaki denge ve uygunluk şartlarından yararlanılarak Şekil 4.a'dan Şekil 4.b'ye geçiş yapılabilir:

$$[k]' = [T_f]^T [k_c] [T_f] \quad (37)$$

Burada,

$$[T_f]^T = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (38)$$

Yük-deplasman ilişkisi (36) ifadesinden yararlanılarak aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\begin{Bmatrix} \Delta S_1 \\ \Delta S_2 \\ \Delta S_3 \\ \Delta S_4 \\ \Delta S_5 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{33} & 0 & 0 & k_{31} & k_{32} \\ 0 & r_1 & 0 & -r_1 & 0 \\ 0 & 0 & r_2 & 0 & -r_2 \\ k_{13} & -r_1 & 0 & r_1 + k_{11} & k_{12} \\ k_{23} & 0 & -r_2 & k_{21} & r_2 + k_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta u_1 \\ \Delta u_2 \\ \Delta u_3 \\ \Delta u_4 \\ \Delta u_5 \end{Bmatrix} \quad (39)$$

Burada, u'lar ve S'ler (15-16) ile tanımlanan dış serbestlik dereceleri ve karşı gelen kuvvetlere iki yeni iç serbestlik derecesi ve karşı gelen kuvvetlerin eklenmesiyle elde edilen ifadelerdir. Bu bağıntı sembolik formda yazılırsa:

$$\begin{Bmatrix} \{\Delta S_1\}_{3 \times 1} \\ \{\Delta S_2\}_{2 \times 1} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} [k_{11}]_{3 \times 3} & [k_{12}]_{3 \times 2} \\ [k_{21}]_{2 \times 3} & [k_{22}]_{2 \times 2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{\Delta u_1\}_{3 \times 1} \\ \{\Delta u_2\}_{2 \times 1} \end{Bmatrix} \quad (40)$$

Yüklerin yalnız sistem düğüm noktalarına uygulanması kabulünden dolayı Şekil 4.b'deki iç serbestlik dereceleri

$$\{\Delta S_2\} = \{0\} \quad (41)$$

alınarak yok edilebilir. Böylece (40) ifadesinden

$$([k_{11}] - [k_{21}] [k_{22}]^{-1} [k_{21}]) \{\Delta u_1\} = \{\Delta S_1\} \quad (42)$$

ve daha genel bir formda yazıldığında,

$$[k]^* \{\Delta u_1\} = \{\Delta S_1\} \quad (43)$$

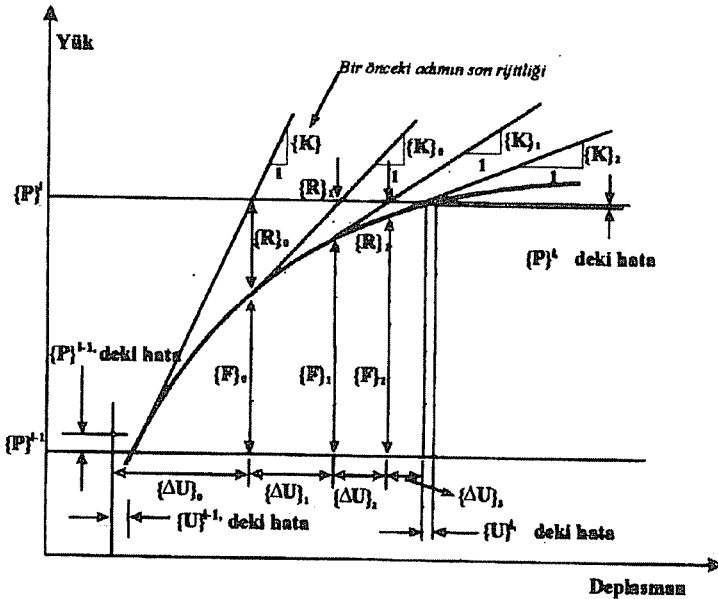
bağıntısı elde edilir. $[k]^*$ tanjant rijitlik matrisinin boyutu (3x3) olup global koordinatlardaki ifadesi,

$$[K] = [B] [k]^* [B]^T + \sum_{k=1}^3 S_k [g^{(k)}] \quad (44)$$

şeklinde ve bu ifadedeki sembollerin tanımları [10]'da verildiği gibidir.

9. NÜMERİK METOT

Literatürde, nonlinear sistemlerin çözümündeki yükleme faktörünün bulunması için ardışık yaklaşımli adım adım yükleme metotları geliştirilmiştir. Bu çalışmada "Direkt Ardışık Yaklaşım Metodu" kullanılmıştır (Şekil 5). Ardışık yaklaşımli adım adım yükleme metodu uygulanırken, sistemin rijitliği elemanların tanjant rijitlik matrisleri kullanılarak bulunur.



Şekil 5. Ardışık yaklaşımli adım adım yükleme metodunun bir adım için çözüm işleminin grafiksel gösterilişi

Bir yapının nonlinear yük-deplasman denklemleri, i'yinci artırımın j'yinci ardışık yaklaşımında aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$[K_{j-1}^i] \{\Delta U_j^i\} = \{P^i\} - \{F_{j-1}^i\} \quad (45)$$

Burada başlangıç değerleri, $[K_0^i] = [K_{i-1}^i]$, $\{F_0^i\} = \{F_{i-1}^i\}$, ve $\{U_0^i\} = \{U_{i-1}^i\}$ şeklindedir ve "1" alt indisi son ardışık yaklaşımı göstermektedir. Ayrıca, $\{\Delta U_j^i\}$ i'yinci yük

adımında j'yinci ardışık yaklaşım için yapının deplasman artımı, $\{P^i\}$ i'yinci yük adımında yapının düğüm noktalarına uygulanan dış kuvvet, $\{F_{j-1}^i\}$ bir önceki ardışık yaklaşımda yapının düğüm noktalarındaki iç kuvvetlerin toplamıdır.

Dış yük vektörü $\{P^i\}$ aşağıdaki gibi yeniden,

$$\{P^i\} = \{P^{i-1}\} + \{\Delta P^i\} \quad (46)$$

veya eşdeğeri,

$$\{P^i\} = \{P^{i-1}\} + \omega\{\hat{P}\} \quad (47)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada, ω yük adımı artırım oranı ve $\{\hat{P}\}$ sistemin toplam yük vektörüdür. (45) denkleminde bulunan adım deplasman artımları, $\{\Delta U_j^i\}$, yardımı ile, j'yinci ardışık yaklaşım için yapının toplam deplasmanları aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\{U_j^i\} = \{U_{j-1}^i\} + \{\Delta U_j^i\} \quad (48)$$

Genel olarak uygulanan dış kuvvetler $\{P^i\}$ ile, eleman uç kuvvetleri $\{F_{j-1}^i\}$ arasındaki farka dengelenmemiş kuvvetler denir. Dengelenmemiş kuvvetler $\{R_{j-1}^i\}$ aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\{R_{j-1}^i\} = \{P_i\} - \{F_{j-1}^i\} \quad (49)$$

Eleman uç kuvvetleri bulunurken sekant rijitlik ifadeleri kullanılır. Bunun kullanılmasının nedeni, eleman uç kuvvetleri bulunurken toplam deplasmanların kullanılması olup, böylece sekant rijitliği de bulunulan adıma kadarki bütün tanjant rijitliklerinin ortalaması olarak alınmaktadır [6]. Dengelenmemiş kuvvetler vektörü $\{R_{j-1}^i\}$ 'nin elemanlarının mutlak değerce en büyüğü, belirtilen bir değerden küçük oluncaya kadar iterasyonlara devam edilir.

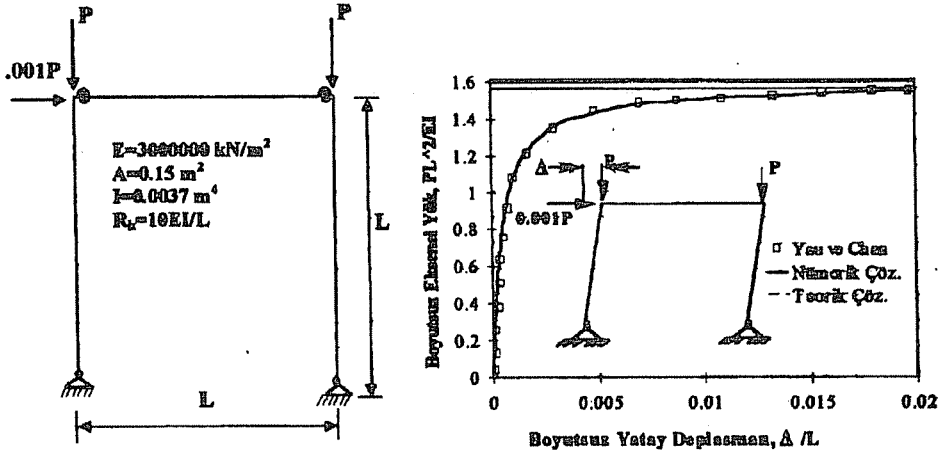
10. SAYISAL UYGULAMALAR

Bu bölümde, hazırlanan bilgisayar programının geçerliliğini ispatlamak için literatürde bulunan iki örnek çözülmüştür. Bu örnek için bulunan sonuçlar, [9] ve [12]'de verilenlerle karşılaştırılmıştır.

Örnek 1: Yarı-Rijit Bağlantılı Tek Açıklıklı Çerçevenin Nonlineer Analizi [9]

Teorik olarak elde edilen kiritik yükten biraz daha az bir yükleme yapılarak Yük-Deplasman ($PL^2/EI - \Delta/L$) ilişkisini gösteren grafik çizilmiştir. Basit "Tek Açıklıklı Çerçeve" Şekil 6a'da görülmektedir. Çerçevenin kirişi kolonlarına, rijitliği R_k olan iki yarı-rijit lineer bağlantı elemanı ile bağlanmıştır. Bütün elemanlar için E , I ve L sabit olarak alındığında, çerçevenin yatay kayma davranışını gösteren karakteristik denklem aşağıdaki gibi olmaktadır [12]:

$$RS - (R + S)(kL)^2 = 0 \quad (50)$$



Şekil 6. Yarı-rijit bağlantılı portal çerçevenin: (a) Yükleriyle geometrik ve fiziksel özellikleri (b) Yük-deplasman grafiği ve elastik göçme yükü

Burada,

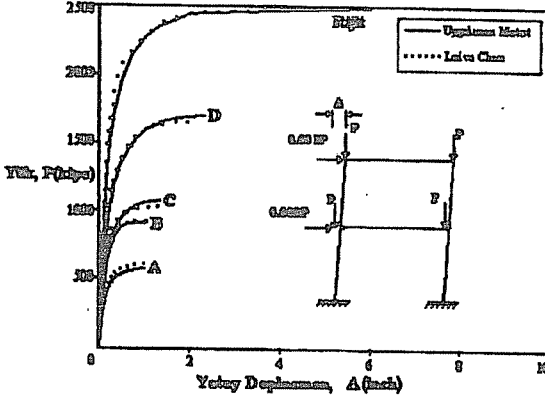
$$R = (6 + 12EI/LR_k) / (1 + 8EI/LR_k + 12(EI/LR_k)^2), \quad (51)$$

$$S = s_1 - s_2^2 / s_1, \quad s_1 = c_1 + c_2, \quad s_2 = c_1 - c_2, \quad k^2 = P/EI$$

olup c_1 ve c_2 stabilite fonksiyonlarıdır [9].

$EI/LR_k = 0.1$ özel durumu için, eğer $P_{cr} = 1.56EI/L^2$ 'den $kL = 1.25$ olursa, denklem (50) sağlanır. P_{cr} için bu teorik değer Şekil 6b'de yatay çizgi olarak gösterilmektedir. Bilgisayar programında, P_{cr} değerine yakın bir P yükü ile, yatay deplasman yapması için $0.001P$ yükü uygulanması durumunda yük-deplasman eğrisi Şekil 6b'de görüldüğü gibi olmaktadır. Şekil 6b'deki eğrinin, [9]'da verilen eğriye çok yakın olduğu görülmüştür.

Örnek 2: İki Katlı Çerçevenin Değişik Nonlineer Yay Elemanları Kullanılarak Geometrik Nonlineer Analizi [12]



Kiriş: W14x48
 $A=14.1 \text{ in}^2$
 $I=485 \text{ in}^4$
 $L=20 \text{ ft}$

Kolon: W12x96
 $A=28.2 \text{ in}^2$
 $I=833 \text{ in}^4$
 $L=12 \text{ ft}$
 $E=29000 \text{ ksi}$

Şekil 7. Zemine ankastre bağlı iki katlı çerçevenin, beş değişik yay modeli için yük-deplasman eğrileri

Bu örnekte, daha gerçekçi yay elemanı davranışı gözönüne alınarak analiz yapılmıştır. Bağlantıların nonlineer davranışları denklem (2)'de verilen fonksiyona göre dir. Şekil 7'deki çerçeve, daha önce anlatılan dört tip nonlineer yay elemanı ve rijit bağlantı için çözülmüştür. Çerçeve zemine ankastre bağlı olmak üzere düşey ve yatay yükler altında çözülmüş olup, elde edilen P-Δ eğrileri Şekil 7'de görülmektedir. Bu eğriler, yine [12]'de elde edilmiş olan eğriler ile karşılaştırıldığında, birbirlerine yakın oldukları görülmektedir. Aralarındaki küçük farkın, eleman tanjant rijitlik matrisleri elde edilirken, Lui ve Chen tarafından kullanılan ifadelerin sadece aksenal kuvveti içermekte olması, bu çalışmada ise, eleman uç dönmeleri ve momentlerinin de alınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

11. SONUÇLAR

Bu çalışmada kullanılan beşinci dereceden deplasman polinomunun özelliği, sonlu elemanlarda kullanılan polinomlara benzemesine rağmen, elde edilen tanjant rijitlik matrisi, her bir elemanı tek bir eleman olarak, yeteri kadar doğrulukta sonuç vermesidir. Tanjant rijitlik matrisi, elemanın deforme olmuş şekli için bulunduğuandan, bu rijitlik matrisi, aksenal kuvvetin çekme, basınç ve sıfır olması durumları için de geçerli olmaktadır. Çelik yapıların yük-deplasman eğrilerini etkileyen nonlineer faktörlerden, büyük deformasyonlar ve nonlineer yay rijitliği gözönüne alınarak çerçeve analizi yapılmıştır.

Bu çalışmada, elemanların geometrik nonlineeritesinin ve yarı-rijit yay elemanlarının nonlineeritesinin ele alınması ile daha doğru sonuçlar elde edilmesi sağlanmıştır.

Çarpraz takviyesiz çerçeve sistemlerde yayların sabit rijitliğe sahip olduğu düşünülerek tam doğru bir çözüm yapılamıyacağı görülmüş ve yayların nonlineer davranışı adım adım gözönüne alınarak hatanın azaltılması yoluna gidilmiştir.

12. KAYNAKLAR

1. Chan, S.L. and Zhou, Z.H., "Pointwise Equilibrating Polynomial Element for Nonlinear Analysis of Frames", *J. Struct. Engng., ASCE, Vol.120, No.6, pp.1703-1717, 1994.*
2. El-Sheikh, A.I., "Numerical Analysis of Space Trusses with Flexible Member-End Joints", *Space Struct., Vol.8, No.3, pp.189-197, 1993.*
3. Toader, I.H.I., "Stability Function for Members with Semi-Rigid Joint Connections", *J. Struct. Engng. ASCE, Vol.119, No.2, pp.505-521, 1993.*
4. Chen, W.F. and Lui, E.M., "Column with End Restraint and Bending in Load and Resistance Factor Design", *Engng. J. AISC, Third Quarter, pp.105-132, 1985.*
5. Johnson, N.D. and Walpole, W.R., "Bolted End-Plate Beam-to-Column Connections Under Earthquake Type Loading", *Research Report 81-87, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 1981.*
6. Ostrander, J.R., "An Experimental Investigation of End-Plate Connections", *Master's Thesis, University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan, Canada, 1970.*
7. Richard, R.M., Kreigh, J.D. and Hormby, D.E., "Design of Single Plate Framing Connections with A307 Bolts", *Engng. J. AISC, Vol.19, No.4, Fourth Quarter, pp.209-213, 1982.*
8. Zhou, Z.H. and Chan, S.L., "Self-Equilibrating Element for Second Order Analysis of Semi-Rigid Jointed Frames", *J. Engng. Mech., ASCE, Vol.121, No.8, pp.896-902, 1995.*
9. You, Y.C. and Chan, S.L., "Inelastic and Stability Analysis of Flexibly Connected Steel Frames by Springs-in-Series Model", *J. Struct. Div., ASCE, Vol.120, No.10, pp.2803-2819, 1994.*
10. Oran, C., "Tangent Stiffness in Plane Frames", *J. Struct. Div., ASCE, Vol.99, No.ST6, pp.973-985, 1973.*
11. Lee, S.L. and Basu, P.K., "Secant Method for Nonlinear Semi-Rigid Frames", *J. Construct. Steel Research, Vol.14, pp.273-299, 1989.*
12. Lui, E.M. and Chen, W.F., "Behavior of Braced and Unbraced Semi-Rigid Frames", *Int. J. Solids Struct., Vol. 24, No.9, pp.893-913, 1988.*

KIYILARDA SEDİMENT TAŞINIMI : I. GENEL BİLGİLER

M.Salih KIRKGÖZ

Mustafa MAMAK ve M.Sami AKÖZ

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

ÖZET : Kıyı bölgeleri dış kıyıda sürüntü maddesi, iç kıyıda sürüntü ve askı maddesi biçiminde sediment taşınımına maruz kalır. Kıyıya eğik olarak yaklaşan dalgalar kıyı-deniz yönünde sediment taşınımı yanında kıyıboyu taşınımına da sebep olurlar. Kıyı-deniz yönü sediment taşınımı kısa dönem kıyı profili değişimlerinde etkili olduğu halde, kıyıboyu taşınımı uzun dönemdeki değişimlerin en önemli nedenini oluşturmaktadır. Bu çalışmada kıyı bölgelerindeki sediment hareketlerini etkileyici ve belirleyici nitelikteki bazı temel bilgiler sunulmaktadır.

COASTAL SEDIMENT TRANSPORT : I. GENERAL INFORMATION

ABSTRACT : The coastal regions are subjected to the sediment transportation as bed load in the inshore zone, and as bed and suspended load in the offshore zone. When waves approaching the coast obliquely they cause sediment transport in on-offshore direction as well as longshore direction. While on-offshore sediment transport is effective for the short term coastal profile changes, the longshore transport is responsible for the long term variations. In this study, the basic information which affects and governs the coastal sedimentation is presented.

1. GİRİŞ

Kıyı bölgesi denince genelde hava, kara ve denizin ortak etkileşiminde bulunan kıyı şeridi olarak anlaşılmaktadır. Kıyı bölgesini, daha açık bir şekilde, dalga iklimine bağlı olarak, dalga etkisinin hissedildiği deniz tabanı ile kıyı çizgisinin kara tarafında etkileşimin sona erdiği nokta arasındaki kıyı profilinin oluşturduğu kara parçası olarak tanımlamak mümkündür.

Kıyı bölgesini oluşturan zeminin katı madde yapısı ince taneli, iri taneli, sürekli kaya veya bunların bileşimi şeklinde olabilir. Kıyı bölgesindeki deniz suyu ve kısmen de havanın kara ile etkileşiminden doğan en önemli olgulardan biri tabanı oluşturan taneli yapıdaki katı maddenin (sediment) taşınımı ile ilgilidir. Sediment taşınımını etkileyen mekanizmalardaki farklılıklar nedeniyle kıyı bölgesini üç kısma ayırmak uygun görülmektedir.

- Dış Kıyı : Dalga hareketinin tabanda hissedildiği yer ile dalga transformasyonunu müteakip kırılma noktası arasındaki kısım.
- İç Kıyı (Köpüklenme Bölgesi) : Dalga kırılma noktası ile kıyı çizgisi arasında dalga kırılması ile birlikte akıma aşırı ölçüde çalkantıların ve hava kabarcıklarının karıştığı bölge.
- Plaj : Kıyı çizgisi ile katı madde hareketinin kara tarafında son bulduğu nokta arasında kalan konsolide olmamış malzemenin oluşturduğu kısım.

Katı madde taşınımına bağlı olarak, uzun vadedeki kıyı morfolojisinde oluşabilecek kararlı durumların dışında, belli bir kıyı bölgesinin aşınması (erozyon) veya dolması sözkonusu olabilir. Aşınma ve dolma durumlarının analizi için kıyı bölgelerindeki hidrodinamik proseslerin iyi anlaşılması gerekmektedir. Kıyı bölgelerindeki gerek koruma amaçlı gerekse özel amaçlı çeşitli mühendislik uygulamalarında bazen sebep bazen de sonuç bakımından sediment hareketlerinin incelenmesi gerekmektedir.

Kıyı bölgelerindeki sediment taşınımı genelde iki bileşenden meydana gelmektedir: kıyıya dik doğrultudaki kara-deniz taşınımı ve kıyı boyunca oluşan yanıl taşınım. Kara-deniz taşınımı fırtına sırasında veya sonrasında oluşabilecek dalga şartlarına bağlı olup kısa dönemdeki mevsimlik taban profili değişmelerinde etkili olduğu halde yanıl taşınım uzun dönemdeki profil değişmelerine (aşınma veya dolmaya) sebep olur.

İki bölümden oluşan bu çalışmanın birinci bölümünde kıyı bölgelerindeki sediment taşınımı ile ilgili genel bilgiler sunulacak, ikinci bölümde ise erozyona maruz bir kıyı bölgesi üzerindeki özel düşünceler açıklanacaktır.

2. TEMEL DÜŞÜNCELER VE SEDİMENT HAREKETİNİN BAŞLANGICI

Tek yönlü düzenli akımlardaki katı madde hareketi ile ilgili deneysel veya yarı-deneysel çalışmaların çokluğuna karşın katı madde debisinin tahminini kolaylaştıracak başarılı bir formülasyon henüz mevcut değildir. Bu durum katı madde

hareketinin modellenmesinde kullanılan akım ve sediment parametrelerinin kesin olarak belirlenememesinden kaynaklanmaktadır. Çift yönlü değişken akım olan dalga hareketinin sebep olduğu katı madde hareketi ile ilgili problemler daha da karmaşık olup kıyı bölgesi katı madde taşınımının tahminine yönelik çalışmalar henüz arzulanan başarıya ulaşmış bulunmamaktadır.

Einstein (1), her türlü akım şartlarındaki sediment taşınım probleminin başlıca ortak özelliklerini aşağıdaki gibi sıralamıştır:

- (a) Sediment hareketi, sürüntü maddesi hareketi ve askı maddesi hareketi olarak iki kısma ayrılabilir.
- (b) Sürüntü maddesi ağırlığının büyük bölümü doğrudan hareketsiz tabana iletilir.
- (c) Sürüntü maddesi debisi, hareketsiz taban ile sürüntü maddesi arasındaki dinamik denge şartlarına bağlıdır.
- (d) Sürüntü maddesi debisi ile taban civarındaki akım şartları arasında yakın ilişki mevcuttur.
- (e) Sürüntü maddesi tabakasının üzerinde askı maddesi olarak taşınan tanelerin ağırlığı bunları çevreleyen suya aktarılır.

Sıralanan genellemeler çerçevesinde dalga akımlarının oluşturduğu sediment hareketi de sürüntü ve askı maddesi olarak iki türlü taşınımına maruz kalmaktadır. Ancak aşağıda açıklanacağı gibi kıyı bölgesindeki çift yönlü değişken akım özelliklerinden kaynaklanan özel durumlar nedeniyle sürüntü ve askı hareketini net olarak birbirinden ayırmak mümkün görülmemektedir.

Akım tabanındaki bir katı madde tanesinin sürüntü maddesi olarak harekete geçmesi taneye etkiyen kuvvetlerin dengesi ile açıklanabilir. Bu anlamda, tek yönlü düzenli akımda sediment tanesinin hareket başlangıcını belirlemede geleneksel olarak Shields (2) kriteri esas alınmaktadır. Bu kriter taneyi hareket ettiren ve karşı koyan kuvvetler (akımda sınır kayma kuvveti ve tanenin batmış ağırlık) oranını temsil eden büyüklüğün kritik değerini belirlemede kullanılan Shields parametresi (ψ) ve bunun Reynolds sayısına ($Re_* = u_* d/v$) bağlı olarak değişimi ile ifade edilmektedir:

$$\psi = \frac{\tau_0}{(s-1)\gamma d} \quad (1)$$

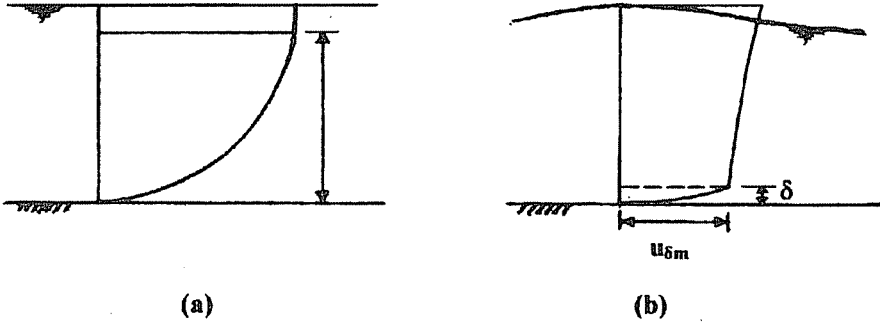
Burada τ_0 akımda sınır kayma gerilmesi, γ suyun özgül ağırlığı, s tanenin rölatif özgül kütlesi, d tane çapı, u_* kayma hızı, ve v kinematik viskoziteyi göstermektedir. Katı sınırla temasta olan her türlü akımda sınır tabakası teşekkülü söz konusu olduğuna göre dalga akımından doğan sediment debisinin tahminine yönelik çalışmalarda da tane hareketinin başlangıcını belirlemede bir kriter olarak (1) ifadesinin

$$Re = \frac{[(s-1)gd]^{1/2} d}{4v} \quad (2)$$

şeklinde tanenin çökme hızına bağlı Reynolds sayısı ile değişiminin kullanılması uygun bulunmuştur (3). Dalga sınır tabakasındaki kayma gerilmesinin tanımlanmasında sürtünme itkisinin hesabındaki yarı-deneysel ifade kullanılabilir:

$$\tau_0 = f_w \frac{1}{2} \rho u^2 \quad (3)$$

Burada ρ suyun özgül kütlesi, u sınır tabakasındaki maksimum yatay akım hız bileşeni, ve f_w taban pürüzlülüğü ve dalga sınır tabakasındaki akım şartlarına bağlı yerel sürtünme faktörüdür. Dalgada sınır tabakası kalınlığı Şekil 1'de temsili olarak gösterildiği gibi tek yönlü düzenli akıma kıyasla su derinliğinin çok küçük bir bölümünü oluşturmaktadır (4).

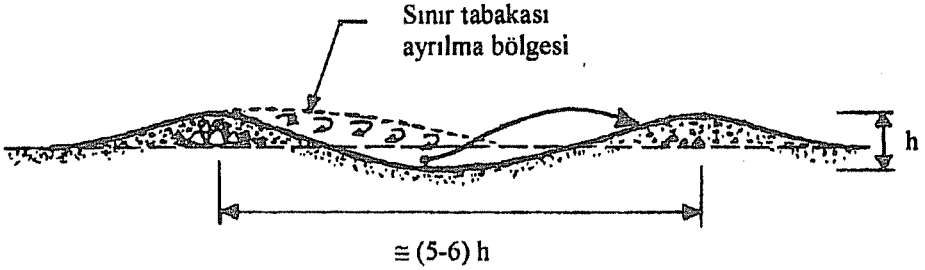


Şekil 1. Sınır tabakası (a) Düzenli akımda, (b) Dalga akımında

3. SEDİMENT TAŞINIMI

3.1. Dış Kıyıda Kum Dalgacıklarının (Ripple) Oluşumu ve Sediment Taşınımı

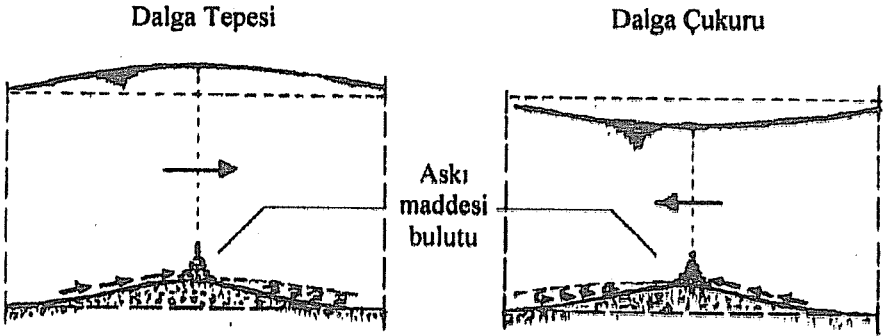
Tek yönlü düzenli akımlarda taban kayma gerilmesi, sediment taşınımını başlatan kritik değeri aştıktan sonra hareketli taban, tane büyüklüğü ve akım şartlarına bağlı olarak dalgacık (ripple), eşik (dalgalı,düz), düzlem, ters eşik gibi formasyonlar gösterir. İnce taneli ($d \leq 0.5 - 0.7$ mm) kum içeren hareketli tabanlarda kritik kayma gerilmesinin aşılmasını müteakip (düşük türbülans düzeylerinde) ripple formasyonunun olduğu görülür. Ripple formasyonu birbirine yakın, üç boyutlu ve büyük ölçüde rastgele bir desen içindeki kum dalgacıklarının oluşturduğu taban şekillenmesidir. Bu şekillenme tabanda oluşması muhtemel bir yerel oyulma, yığılma veya çevrıntilerin sebep olduğu sınır tabakası ayrılma bölgelerindeki çalkantılardan kaynaklanmaktadır. Şekil 2'de görüldüğü gibi yerel bir katı madde yığınının "wake" bölgesinden sürüklenen kum taneleri mansap tarafında ikinci bir yığılmanın oluşmasına yardımcı olmakta ve bu tür sınır tabakası etkileşimleri tabanın düzensiz dalgacıklardan meydana gelen bir görünüm kazanmasına yol açmaktadır.



Şekil 2. Ripple formasyonunun oluşumu

Kıyılarda taşınım maruz katı maddeler tane büyüklüğü bakımından çoğunlukla çapı 0.1 – 1 mm arasında değişen kum sınıfındandır. Sığlaşan (çift yönlü) dalga akımında da deniz tabanının hissedilmesinden sonra kritik kayma gerilmesinin aşıldığı durumlarda çift yönlü sürüntü hareketi söz konusudur ve bu sediment hareketi ile birlikte tabanda ripple formasyonunun oluşumu başlar ve aynı taban şekillenmesi ve taşınım süreci dalga kırılma noktasına kadar dış kıyı boyunca devam eder.

Ripple formasyonundaki sediment hareketi Bijker (5) tarafından yapılan deneylerde gözlemlendiği ve görüntülediği gibi bir dalga periyodu içerisinde Şekil 3'te görülen taşınım süreçlerinden geçmektedir.



Şekil 3. Ripple formasyonunda sediment hareketi

Su dalgalarının sediment dalgacığının üzerinden her geçişi sırasında çift yönlü sürüntü maddesi taşınımı oluşmakta ve dalga tepesi ve çukurunun geçişleri esnasında yatay akım hızlarının maksimum değerlere ulaşması ve sınır tabakasının daralması sonucu oluşan basınç azalmasına bağlı olarak ripple tepesinde yerel askı maddesi bulutu meydana gelmektedir.

Bir dalga periyodu içindeki bu çift yönlü sediment taşınım sürecindeki denge kıyıya doğru net bir kütle taşınımının varlığı ile bozulmakta ve böylece sığlaşma sürecinde deniz tabanında kıyıya doğru ortaya çıkan net kütle taşınımı bu yöndeki sediment taşınımının sebebini oluşturmaktadır. İç kıyıda askı maddesinin bir kısmı bazı dalga şartlarında çökme fırsatı bulamadan kütle taşınımı ile dış kıyıya doğru sürüklenir. Bu gibi durumlarda deniz yönünde net bir askı maddesi taşınımı sözkonusudur.

Dış kıyıda sediment taşınımında yukarıda açıklandığı gibi baş rolü oynayan kütle taşınımını dolayısıyla sediment taşınımını etkileyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir,

- Dalga karakteristikleri
- Gel-git olayı
- Rüzgar durumu
- Rip akıntıları
- Yoğunluk akımları
- Kıyı ve deniz yapılarının etkisi
- Biyolojik aktivitenin varlığı
- Batimetrideki düzensizlikler
- Taban eğimi
- Katı madde özellikleri.

3.2. İç Kıyıda Sediment Taşınımı

İç kıyı bölgesinde dalga kırılması sonucu meydana gelen şiddetli çalkantılar nedeniyle tüm derinlik üzerinde askı maddesi konsantrasyonu artar (20-2000 ppm). Katı maddeler dalga içindeki akım hız alanına ve kütle taşınımına bağlı olarak sürüntü ve askı halinde taşınırlar (Şekil 4).



Şekil 4. İç kıyıda sediment hareketi

Dalgaların kıyıya dik olarak değil de belli bir açı ile yaklaşması durumunda akım hızının kıyıya paralel bileşeni kıyı boyunca bir yan akıntının doğmasına sebep olur. Yanal akıntının etkisi altında, bir kısım askı maddesi kıyıboyu taşınımına maruz kalır. Yanal taşınım ile hareket eden katı maddeler kıyı bölgelerinde uzun dönemde görülen

aşınma (erozyon) ve dolmanın önemli bir kaynağını oluştururlar. Kıyıboyu taşınımını etkileyen önemli faktörler:

- Dalgaların kıyıya geliş açısı
- Dalga karakteristikleri
- Taban eğimi
- Katı madde özellikleri.

4. KIYI PROFİLİNDEKİ KISA DÖNEM DEĞİŞMELERİ

Erozyona müsait bir kıyı bölgesindeki kıyı-deniz doğrultusundaki sediment taşınımı kıyı profilinin kısa dönemdeki değişimleri üzerinde etkili olabilmektedir. Özellikle dalga ikliminin farklı özellikler gösterdiği yaz ve kış aylarında bu değişimler açık olarak görülebilmektedir. Kıyı profili değişmelerinde iç kıyıda sediment taşınımı daha etkili olmakla birlikte bu bölgedeki sediment problemleri yarı-deneysel modellere dayanmak zorundadır.

Kıyı-deniz sediment taşınımından dolayı kıyılarda dolma veya aşınma şartlarının oluşmasını belirlemede aşağıdaki yarı-deneysel ifade verilmiştir (6).

$$C = \frac{(H_0 / L_0) \tan \theta}{V_c / gT} \quad (4)$$

$C < 0.5$ için kıyı yönünde taşınım (dolma) - yaz profili

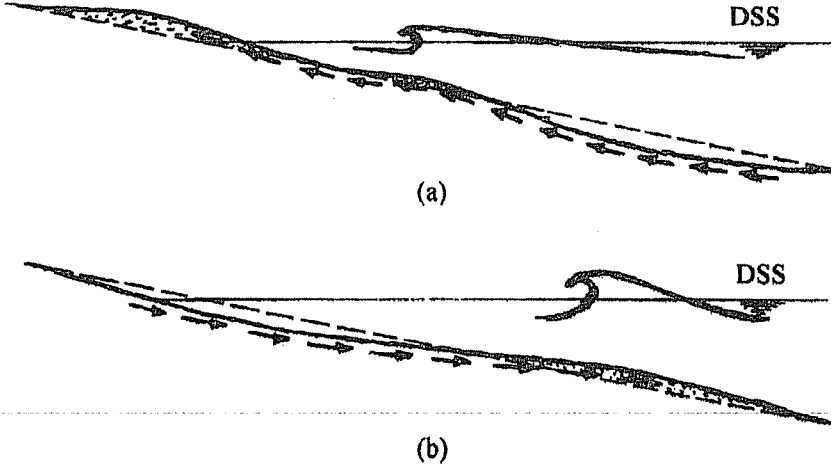
$C > 0.5$ için deniz yönünde taşınım (aşınma) - kış profili

Burada H_0 , L_0 derin-su dalga yüksekliği ve boyu, θ tabanın yatayla yaptığı açı, V_c d_{50} çaplı tanenin çökme hızı ve T dalga periyodudur. (4) ifadesinden görüldüğü gibi kıyı-deniz doğrultusu sediment taşınımını ve bununla bağlantılı olarak kıyı profilini etkileyen önemli parametreler: (a) derin-su dalga dikliği (H_0/L_0), (b) taban eğimi ($\tan\theta$), ve (c) boyutsuz çökme hızı (V_c/gT) olmaktadır. Bu parametreler temelde iç kıyıda askı maddesi konsantrasyonunu etkilemektedir. Kış aylarında daha dik dalgalar sık aralıklarla gelmesi nedeniyle yaz aylarındaki duruma göre daha fazla miktarda sediment askıda kalabilmekte ve daha fazla sediment kütle taşınımının etkisinde kalarak deniz yönünde taşınabilmektedir.

Kıyı profilindeki kısa dönem değişimleri mevsimlere bağlı olarak önemli boyutlarda olabilir. Yukarıda açıklandığı biçimde oluşan bu değişimler tipik olarak yaz profili ve kış profili şeklinde ortaya çıkmaktadır (Şekil 5).

5. SEDİMENT TAŞINIM DEBİSİ

Önceki bölümlerde açıklandığı gibi kıyı bölgelerindeki sediment taşınımı dış kıyıda sürüntü, iç kıyıda ise sürüntü ve askı maddesi biçiminde meydana gelmektedir. Gerek kısa dönem gerekse uzun dönemdeki kıyı sediment problemlerinde iç kıyıda



Şekil 5. Kıyı profilleri, (a) yaz profili, (b) kış profili

sediment taşınım mekanizmaları daha etkili olmaktadır. Dalga ortamındaki sediment taşınım debisini belirlemeye yönelik çalışmaların tek yönlü düzenli akım ortamlarına kadar henüz başarılı olamadığını söylemek mümkündür. Bunun nedenleri olarak dalga akımındaki tam olarak tanımlanamayan çift yönlü akım hız alanının mevcudiyeti, iç kıyıdaki akım şartlarının karmaşıklığı, dalga yayılmasının yönsel istikrarsızlığı ve en önemlisi düzensiz dalga ortamındaki kontrol edilemeyen zamansal değişkenliklerin modelleme üzerindeki olumsuz etkileri gibi faktörleri sayabiliriz.

Bu bölümde dış kıyıdaki sürüntü maddesi ve iç kıyıdaki kıyıboyu (yanal) sediment taşınım debisini tanımlamaya yönelik birer çalışmadan özetlemeler yapılacaktır.

5.1 Dış Kıyıda Sürüntü Maddesi Debisi

Düzenli akım için Brown (7) tarafından verilen formülün, zamana bağlı olarak tanımlanmasıyla salımlı dalga akımı altındaki sediment debisinin bulunmasında da kullanılabilmesi Madsen ve Grant (3) tarafından deney bulgularına dayanılarak aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

$$\phi(t) = 40 \psi^3(t) \quad (5)$$

$\phi(t)$ boyutsuz sediment debisi ve $\psi(t)$ Shields parametresi olup herhangi bir andaki değerleri aşağıdaki gibidir.

$$\phi(t) = \frac{q_s(t)}{V_c d} \quad (6)$$

$$\psi(t) = \frac{\tau_o(t)}{(s-1)\gamma d} \quad (7)$$

Burada $q_s(t)$ birim genişlik için sürüntü maddesi hacim debisi, V_c sediment tanesi ile eşdeğer çökme hızına sahip d çaplı kürenin çökme hızıdır. (3) denklemi ile verilen sınır kayma gerilmesinin anlık değeri

$$\tau_o(t) = f_w \frac{1}{2} \rho u(t) |u(t)| \quad (8)$$

şeklinde yazılabilir. (8) ifadesindeki $u(t)$ değeri dalga sınır tabakasındaki serbest akım hızı olup aşağıdaki gibi tanımlanabilir (Şekil 1).

$$u(t) = u_{\delta m} \cos \omega t \quad (9)$$

Burada $u_{\delta m}$ $u(t)$ nin maksimum değeri, $\omega = 2\pi/T$ açısal frekans ve T dalga periyodudur. (8) ifadesindeki yerel sürtünme faktörü f_w ince taneli tabanlar için ve bir dalga periyodu içerisinde sabit olarak aşağıdaki gibi alınabilir (4).

$$f_w = 454 \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{-0.29} \left(\frac{u_{\delta m} L_0}{v} \right)^{-0.87} \quad (10)$$

(5)-(8) denklemlerinden anlık sürüntü maddesi debisini veren ifade

$$\bar{q}_s(t) = 5 V_c d \left[\frac{f_w \bar{u}(t) |\bar{u}(t)|}{(s-1)gd} \right]^3 \quad (11)$$

şeklinde elde edilir. (11) ifadesi ile bulunan sediment debisi Shields parametresinin kritik değeri aştığı $|\psi(t)| > \psi_c$ durumlarında gerçekleşecektir. (1) ifadesi ile tanımlanan Shields parametresinin kritik değerleri (2) ifadesi ile verilen Reynolds sayısına göre aşağıdaki gibidir (3).

Re	0.7	1	2	5	10	20	50	100	200	400
ψ_c	0.13	0.09	0.06	0.04	0.033	0.0325	0.0375	0.0425	0.052	0.055

Bir dalga periyodu içerisindeki net sediment debisi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\bar{q}_{net} = \frac{1}{T} \int_0^T \bar{q}_s(t) dt \quad (12)$$

Dalganın kıyıya eğik olarak gelmesi durumunda sediment taşınımının kıyıya dik ve paralel bileşenleri (11) ve (12) denklemleri yardımıyla bulunabilir. Dalga asimetrisi,

kütle taşınımı, akıntı ve taban eğiminden doğan etkiler başarılabildiği ölçüde (12) denklemini oluşturan değişkenlere dahil edilebilir.

5.2. İç Kıyıda Kıyıboyu Sediment Debisi

Kıyıya eğik gelen dalgalar kırılma noktası ile kıyı çizgisi arasında (köpüklenme bölgesinde) kıyıboyu akıntısının, ve bu akıntıya bağlı olarak kıyıboyu sediment hareketinin olduğu Bölüm 3.2 de açıklanmıştı. Sürüntü ve askı maddesinden oluşan bu katı madde hareketinin toplam debisinin bulunmasında kıyıboyu akıntısına ve kıyıboyu enerji akısına dayalı yöntemler geliştirilmiştir (8,9). Aşağıda "U.S.Army Coastal Engineering Research Center" tarafından verilen enerji akısı yönteminden kısaca bahsedilmektedir (9).

Kırılma derinliğindeki dalga cephesi ile kıyı çizgisi arasında α_b açısı bulunması durumunda kıyının birim genişliği itibariyle enerji akısının kıyıboyu bileşeni

$$P = \frac{\rho g}{16} H_b^2 C_g \sin 2\alpha_b \quad (13)$$

şeklinde dir. Burada H_b kırılma derinliğinde dalga yüksekliği ve C_g grup hızıdır. (13) ifadesi derin-su özelliklerine bağlı olarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$P = 484 H_0^{5/2} \cos^{1/4} \alpha_0 \sin 2\alpha_0 \quad (14)$$

Yapılan saha ölçümleri, (14) ifadesindeki derin-su dalga yüksekliği yerine belirgin dalga yüksekliğinin ($H_{1/3}$) alınmasıyla kıyıboyu enerji akısı ile yıllık kıyıboyu sediment debisi arasında aşağıdaki ilişkinin var olduğunu göstermiştir.

$$Q = 4230 P \quad (15)$$

(14) ifadesinin (15) de kullanılması, ve bir yöredeki α_0 yönlü ve H_0 yükseklikli dalga ikliminin yıllık frekans yüzdesi f olduğu düşünülürse sözkonusu dalgaların o kıyı kesimindeki yıllık kıyıboyu sediment debisi içindeki payı aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$Q = 2.05 \times 10^6 f H_0^{5/2} \cos^{1/4} \alpha_0 \sin 2\alpha_0 \quad (16)$$

Burada derin-su belirgin dalga yüksekliği H_0 m ve sediment debisi Q m³/yıl cinsinden ölçülmektedir.

(16) denklemi ile bir kıyı profilinden net olarak geçen yıllık kıyıboyu sediment debisinin ve yönünün belirlenebilmesi için kıyıdan denizi gören merkez açığa bağlı olarak yönsel hesapların süperpozisyonunun yapılması gerekmektedir.

6. SONUÇLAR

Kıyı bölgelerinde dalgaların sebep olduğu sediment taşınımı, temel mekanizmalar bakımından tek yönlü düzenli akımlardaki katı madde hareketleriyle benzerlik göstermekle birlikte önemli farklılıklar da içermektedir. Bu farklılıkların başlıca nedenleri; çift yönlü değişken akım niteliğindeki düzensiz dalga ortamında hız alanının üç boyutlu değişimi, sığlaşan dalgalaradaki kütle taşınımından doğan akıntılar ve dalga kırılmasını müteakip akım ortamına karışan şiddetli çalkantılar olarak sıralanabilir. Bu karmaşıklıklardan dolayı kıyı bölgelerindeki sediment hareketinin iki bileşeni olan kıyı-deniz yönü ve kıyıboyu sediment taşınım debilerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar mevcut durum itibariyle arzulanan nitelikte bulguların elde edilmesinde yeterli olamamaktadır.

7. KAYNAKLAR

1. Einstein, H.A., *A Basic Description of Sediment Transport on Beaches*. Meyer, R.E., *Waves on Beaches and Resulting Sediment Transport*, Academic Press, 53-93, New York, 1972.
2. Shields, A., *Anwendung der Ähnlichkeits-Mechanik und der Turbulenzforschung auf die Geschiebebewegung*. Preussische Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau, No 26, Berlin, 1936.
3. Madsen, O.S. and Grant, W.D., *Quantitative Description of Sediment Transport by Waves*. Proc.15th Coastal Eng.Conf., 1093-1112, Honolulu, 1976.
4. Kirkgöz, M.S., *An Experimental Investigation of Plunging Breaker Boundary Layers in the Transformation Zone*. Coastal Engineering, 13, 341-356, 1989.
5. Bijker, E.W., van Hijum, E. and Vellinga, P., *Sand Transport by Waves*. Proc.15th Coastal Eng.Conf., 1149-1167, Honolulu, 1976.
6. Hattori, M. and Kawamata, R., *Onshore-Offshore Transport and Beach Profile Change*. Proc.17th Coastal Eng.Conf., 1980.
7. Brown, C.B., *Sediment Transportation*. Rouse, H., *Engineering Hydraulics*, John Wiley & Sons, 769-857, New York, 1950.
8. Bijker, E.W., *Longshore Transport Computations*. J.Waterways, Harbors and Coastal Eng. Div., ASCE, 97/4, 687-701, 1971.
9. CERC, *Shore Protection Manual*. U.S.Army, Coastal Engineering Research Center, 1984.

KIYILARDA SEDİMENT TAŞINIMI : II. YAKACIK'TAKİ KIYI EROZYONU**M.Salih KIRKGÖZ****Mustafa MAMAK ve M.Sami AKÖZ***Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye*

ÖZET : *İskenderun'a 19 km mesafedeki Yakacık bucağında yaklaşık 3 km uzunluğundaki bir kıyı kesimi önemli ölçüde erozyona maruz bulunmaktadır. Erozyon nedeniyle kıyı bölgesinde meydana gelen morfolojik değişimler 1979 ve 1997 yıllarında çekilen fotoğraflarla tesbit edilmiştir. Yapılan hesaplar, kıyı bölgesinde kuzeye doğru net bir kıyıboyu sediment taşınımının varlığını göstermiştir. Dolayısıyla, alüvyon formasyonundaki bölgede kıyıboyu sediment taşınımı erozyon sürecini etkileyen en önemli etken durumundadır.*

COASTAL SEDIMENT TRANSPORT : II. EROSION AT YAKACIK COAST

ABSTRACT : *3 km long coastal zone in Yakacık township, 19 km from İskenderun, is faced with the erosion problem of a considerable degree. Due to the erosion, the morphological changes at the coastal region are determined by the pictures taken in the years 1979 and 1997. The results of the present study show that in this coastal region there exists a net longshore sediment transport towards the north. Therefore the longshore sediment transport is the most important factor affecting the erosion process of the alluvial coastal area.*

1. GİRİŞ

Kıyı bölgelerindeki sediment taşınımı ile ilgili genel bilgiler I. makalede sunulmuştur. Bu makalede ise sediment taşınımının sebep olabileceği sonuçlara bir örnek oluşturmak üzere bir kıyı bölgesindeki durumun tesbitine çalışılacaktır.

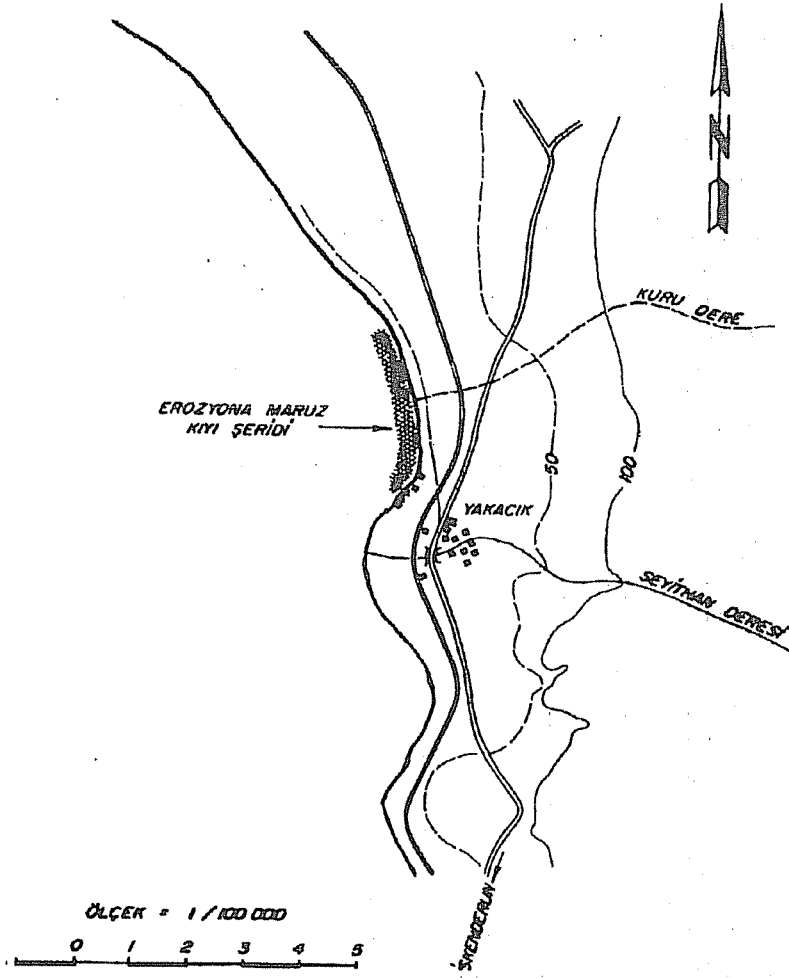
Kıyı bölgelerindeki katı madde hareketinin kıyıboyu bileşeni uzun dönem itibariyle kıyı morfolojisinde önemli değişimler meydana getirebilmekte, bunun sonucu olarak kıyı çizgisinin zamanla kara veya deniz yönünde kaymasına sebep olabilmektedir. Kıyı çizgisinin kara yönünde ilerlemesi, o kıyı bölgesinden net bir sediment kaybının varlığını gösterir. Bu gibi durumlarda taneli yapıdaki kıyı bölgelerinin önemli ölçüde erozyona maruz kalması mümkündür. İskenderun'a 19 km mesafedeki Yakacık bucağındaki bir kıyı kesimi de bu tür bir erozyon problemi ile karşı karşıya bulunmaktadır.

Yakacık'ta deniz erozyonunun etkisi altındaki bölge Şekil 1'deki haritada görüldüğü gibi Kuzey-Güney doğrultusunda ve yaklaşık 3 km uzunluğunda bir kıyı şeridini oluşturmaktadır. Kıyı bölgesi jeolojik yapı itibariyle yeni alüvyonlardan oluşmaktadır (1). Yöredeki kıyı erozyonu ile ilgili bir gözlem ve inceleme Kırkgöz (2) tarafından yapılmıştır. Söz konusu çalışmada Aralık 1997 tarihi itibariyle yörede olduğu gözlenen erozyonun boyutlarına dikkat çekilmiş ve kıyı erozyonunu önleyici mahiyette öneriler getirilmiştir. Bu çalışmada, bölgedeki erozyon durumu Temmuz 1997 tarihi itibariyle yeniden incelenmiş ve 18 yıllık bir zaman sürecinde erozyon nedeniyle kıyı morfolojisinde gözlenen değişimlerin izahına çalışılmıştır.

2. YÖREDEKİ DALGA İKLİMİ

Yakacık kıyısındaki dalga ikliminin belirlenmesinde Deniz Kuvvetleri Komutanlığınca yayımlanan Rüzgar-Deniz-Ölüdeniz ve Dalga Atlası (3) ndaki Doğu Akdeniz Bölgesi'nin kuzey kesimi için verilen bilgilerden yararlanılmıştır. Bu yayında yeralan bilgiler bölgede seyreden gemilerin gözlemlerine dayanılarak derlenmiştir. Açık deniz gözlemlerinden elde edilen dalga verilerinin İskenderun Körfezi'ndeki Yakacık kıyıları için kullanılması belirli ölçüde hatalı bulgular vermesi kaçınılmaz olmakla birlikte niteliksel analiz bakımından bu çalışmanın sonuçlarını fazla etkilemeyeceği kabul edilmektedir.

Tablo 1'de bölgedeki dalga yüksekliklerinin çeşitli yönler için aylık frekans yüzdeleri verilmiştir. Tabloda H_0 derin suda belirgin dalga yüksekliğini, α_0 dalgaların yayılma yönünü göstermektedir. "Diğer" kolonunda, incelenen kıyı bölgesinde sediment taşınımı bakımından etkisi olmayan yönler ile sakin deniz durumlarının toplam aylık yüzdeleri verilmiştir. Tablonun incelenmesinden görüleceği gibi Haziran-Ekim arasındaki kara yönü dalga hareketleri diğer zamanlara kıyasla biraz daha yoğunluk kazanmaktadır. Yine tablodan, yılın büyük bölümünde (Mart-Kasım arasında) Doğu ve Güney-Doğu yönlü dalga ikliminin daha hakim olduğu görülmektedir.



Şekil 1. Yakacık'ta erozyona maruz kıyı şeridi

Tablo 1. Aylık frekans yüzdeleri

Ay	α_0	N	NE	E	SE	S	Diğer
	Ho(m)						
Ocak	<1	5.5	8.5	3	1.8	2	SW
	1-1.5	3.6	3	2.2	1	1.8	W
	1.5-2.5	2	1.2	2	1	1	NW
	2.5-3.5	1	0.4	-	0.6	0.8	Sakin
	>3.5	-	-	-	-	-	-
	Toplam	12.1	13.1	7.2	4.4	5.6	57.6

Tablo 1. (devam)

Ay	α_0	N	NE	E	SE	S	Diğer
	Ho(m)						
Şubat	<1	3.8	7.7	6.2	3.3	3.8	
	1-1.5	2.1	4.2	5.1	2.1	1.3	
	1.5-2.5	1	2.8	4.2	1.3	-	
	2.5-3.5	0.8	1.2	3.1	0.7	-	
	>3.5	-	-	-	-	-	
	Toplam	7.7	15.9	18.6	7.4	5.1	45.3
Mart	<1	3	3	12	5	2	
	1-1.5	2	2.5	7.2	3.5	1	
	1.5-2.5	1.2	0.7	4	2.2	0.3	
	2.5-3.5	0.5	0.5	2	1.6	0.2	
	>3.5	-	-	1	1.4	-	
	Toplam	6.7	6.7	26.2	13.7	3.5	43.2
Nisan	<1	3.1	3.3	13.1	6.9	2	
	1-1.5	2	2	7.5	4.7	2	
	1.5-2.5	1	0.5	1.2	2.9	1	
	2.5-3.5	0.5	-	-	1.2	0.5	
	>3.5	-	-	-	1	-	
	Toplam	6.6	5.8	21.8	16.7	5.5	43.6
Mayıs	<1	2.5	2.8	12.7	10	3	
	1-1.5	0.8	0.7	8	8.1	1.3	
	1.5-2.5	0.5	0.3	3	2.6	-	
	2.5-3.5	-	-	1	1	-	
	>3.5	-	-	-	-	-	
	Toplam	3.8	3.8	24.7	21.7	4.3	41.7
Haziran	<1	2.2	6	15	10.5	2.7	
	1-1.5	1	3	9.2	6	1.5	
	1.5-2.5	0.3	2	3.5	2.9	1	
	2.5-3.5	-	1	2.2	1	-	
	>3.5	-	-	-	-	-	
	Toplam	3.5	12	29.9	20.4	5.2	29
Temmuz	<1	-	12.5	12.2	10.1	3.7	
	1-1.5	-	6.5	10.1	3.8	-	
	1.5-2.5	-	4	6.6	1.3	-	
	2.5-3.5	-	1.2	2.5	0.5	-	
	>3.5	-	-	-	-	-	
	Toplam	-	24.2	31.4	15.7	3.7	25
Ağustos	<1	1.3	9.6	14.9	9.9	2.3	
	1-1.5	-	5	10.3	5	2	
	1.5-2.5	-	2.5	5.8	3	1.3	
	2.5-3.5	-	1	3	1.7	0.7	
	>3.5	-	-	-	-	-	
	Toplam	1.3	18.1	34	19.6	6.3	20.7

Tablo 1. (devam)

Ay	α_0	N	NE	E	SE	S	Diğer
	$H_0(m)$						
Eylül	<1	2.7	5.8	9.8	15.9	2.5	
	1-1.5	0.7	2.5	6	12.6	1.2	
	1.5-2.5	-	1	3.4	8	0.6	
	2.5-3.5	-	0.5	2.4	2.5	-	
	>3.5	-	-	1	-	-	
	Toplam		3.4	9.8	22.6	39	4.3
Ekim	<1	8.3	10.1	11.3	12.2	4.5	
	1-1.5	2.1	4	6.9	3.2	1.5	
	1.5-2.5	1	1.8	3.2	1.2	0.5	
	2.5-3.5	0.3	-	-	1	-	
	>3.5	-	-	-	-	-	
	Toplam		11.7	15.9	21.4	17.6	6.5
Kasım	<1	2.5	4.8	8.9	9.5	3	
	1-1.5	1.3	2.3	2.1	2.1	1.1	
	1.5-2.5	0.7	1	1.3	1	-	
	2.5-3.5	-	0.8	0.9	-	-	
	>3.5	-	-	-	-	-	
	Toplam		4.5	8.9	13.2	12.6	4.1
Aralık	<1	3.7	6.5	4.2	5.1	3.6	
	1-1.5	1.9	4.5	2.8	3	2.1	
	1.5-2.5	0.9	1.3	1.6	1.7	1.3	
	2.5-3.5	-	0.3	0.5	1	0.4	
	>3.5	-	-	0.2	0.3	-	
	Toplam		6.5	12.6	9.3	11.1	7.4

Tablo 2'deki çeşitli yükseklik aralığındaki dalgaların yönlere göre yıllık frekans yüzdeleri Tablo 1'deki değerlerden hesaplanarak verilmiştir. Tablo 2'den de görüldüğü gibi yıl içinde Doğu ve Güney-Doğu yönlü dalgalar daha hakim durumdadır. Tablodaki değerlerden $\alpha_0=N$, NE, E, SE, S yönündeki dalgaların yıllık toplam frekans yüzdeleri $H_0<1$ m için $f=\%31.5$, $H_0=1-1.5$ m için $f=\%17.4$, $H_0=1.5-2.5$ m için $f=\%8.6$, $H_0=2.5-3.5$ m için $f=\%3.5$, $H_0>3.5$ m için $f=\%0.4$ olarak bulunmuştur.

Tablo 2. Yıllık frekans yüzdeleri (f)

α_0	N	NE	E	SE	S	Diğer
$H_0(m)$						
<1	3.2	6.7	10.3	8.4	2.9	SW
1-1.5	1.5	3.3	6.5	4.6	1.4	W
1.5-2.5	0.7	1.6	3.3	2.4	0.6	NW
2.5-3.5	0.2	0.6	1.4	1.1	0.2	Sakin
>3.5	-	-	0.2	0.2	-	
Toplam	5.6	12.2	21.7	16.7	5.1	38.7

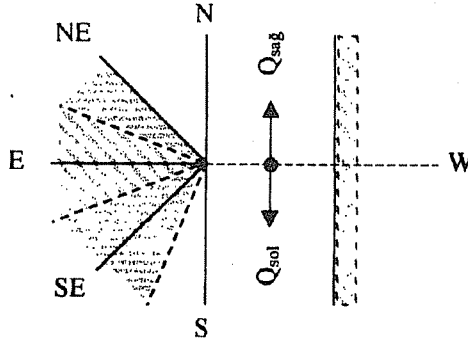
3. KIYIBOYU SEDİMENT DEBİSİ

Yakacak kıyısındaki erozyon uzun vadeli bir sediment taşınım süreci sonucunda gerçekleşen bir olgudur. Yani alüvyon formasyonundaki kıyı malzemesi uzun yıllar boyunca net bir kıyıboyu taşınımı ile yöreden uzaklaştırılmıştır. Burada, bölgedeki kıyıboyu sediment taşınımının varlığını göstermek ve boyutları hakkında fikir vermek üzere Tablo 2'deki dalga iklimine ait frekans yüzdeleri kullanılarak sediment debileri hesaplanmış ve bulgular Tablo 3'te verilmiştir. Kuzey-Güney yönünde uzanan Şekil 1'deki kıyı parçasının plandaki durumu gözönüne alınarak kıyıboyu taşınımında etkili olabilecek yönler SE, E ve NE olarak Tablo 3'ün altındaki şekilde taralı olarak gösterilmiştir. Bu yönlerdeki aralıklar itibariyle kıyıboyu sediment taşınım debileri I. makaledeki (16) ifadesi ile hesaplanmıştır:

$$Q = 2.05 \times 10^6 f H_0^{5/2} \cos^{1/4} \alpha_0 \sin 2\alpha_0$$

Tablo 3. Yıllık kıyıboyu sediment debileri

α_0	SE 67.5°-22.5°	E 22.5°-0	E 0-22.5°	NE 22.5°-45°
Ho(m)				
<1 (0.5)	19026	6476	-6476	-9773
1-1.5 (1.25)	51480	40387	-40387	-47567
1.5-2.5 (2)	86974	66396	-66396	-74682
2.5-3.5 (3)	109850	77622	-77622	-77175
>3.5 (3.5)	29363	16302	-16302	-
Q (m ³ /yıl)	296693	207183	-207183	-209197
Q _{sağ} , Q _{sol} (m ³ /yıl)	503876		-416380	
Q _{net} (m ³ /yıl)	503876 - 416380 = 87496			
Q _{top} (m ³ /yıl)	503876 + 416380 = 920256			



Bu ifadedeki f yıllık frekans yüzdeleri Tablo 2'den alınmış ve belirgin dalga yükseklikleri için $H_0=0.5, 1.25, 2, 3$ ve 3.5 m ortalama değerleri kullanılmıştır. Tablo 3 ün son üç satırında sırayla sağa (kuzeye), sola (güneye) kıyıboyu sediment debileri; net sediment debisi; ve toplam sediment debisi için bulunan değerler yer almaktadır. Görüldüğü gibi incelenen kıyı kesiminden kuzeye doğru net bir kıyıboyu sediment taşınımı sözkonusu olup bu değer kullanılan dalga verilerine göre $Q_{net} = 87496 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak hesaplanmıştır. Bu rakamın büyüklüğü tartışmaya açık bulunmaktadır ve azaltıcı yöndeki faktörlerden önemlileri aşağıdaki gibi sıralanabilir: (a) Kullanılan dalga iklimine ait değerler yukarıda da işaret edildiği gibi İskenderun Körfezi için gerçeğe göre daha büyüktür, (b) Kıyıdaaki alüvyon yapı Şekil 2 ve Şekil 3'teki fotoğraflarda görüldüğü gibi büyük oranda iri taneli malzeme içermektedir, (c) Kıyı çizgisi Şekil 1'de görüldüğü gibi eğriseldir.

4. GÖZLEM ANALİZLERİ

Erozyona uğrayan kıyı şeridinin Aralık 1979 ve Temmuz 1997 tarihlerinde çekilmiş fotoğrafları sırayla Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir. Bu kısımda eski ve yeni fotoğrafların karşılaştırılması suretiyle 18 yıllık süredeki erozyon etkisi analiz edilecektir. Fotoğraflarda görüldüğü gibi kıyı bölgesindeki alüvyon arazi uzun yıllar boyunca erozyona maruz kalarak kıyıda yüksekliği 10 m'ye ulaşan bir şüt oluşturmuştur.

Kıyının eski ve yeni görüntüleri arasında tespit edilen farklılıklar aşağıdaki gibidir:

- (a) 1997 yılı itibariyle, kıyı çizgisi 1979 durumuna nazaran büyük ölçüde kara yönünde ilerleme göstermiş ve kıyının plaj kesimi daralmış durumdadır.
- (b) 1979 yılına ait erozyon sevi daha düzensiz ve eğimli bir genel görünüm vermekte, 1997 durumunda ise şev düzensizliklerinin nisbeten kaybolarak plaj sonundaki arazinin düşeye yakın bir süreksizlik durumuna yaklaştığı görülmektedir.

1979 ve 1997 görüntüleri arasında tespit edilen bu değişimler kıyı bölgesinden önemli ölçüde bir kara parçasının erozyon sonucu kaybolduğunu kanıtlamaktadır.

İnceleme konusu kıyı alanındaki erozyonun temel sebebi üçüncü kısımda açıklandığı gibi kıyıboyu akıntısına bağlı kuzey yönündeki net bir kıyıboyu sediment hareketidir. Bu süreci hızlandıran ve besleyen önemli bir faktör ise plajda turmanan dalgaların şev tabanında sebep olduğu oyulma ve buna bağlı olarak şev stabilitesinin bozularak kayma ve dökülmelerle plaj üzerinde dalgalarla denize doğru taşınmaya hazır bir malzeme oluşmasıdır.

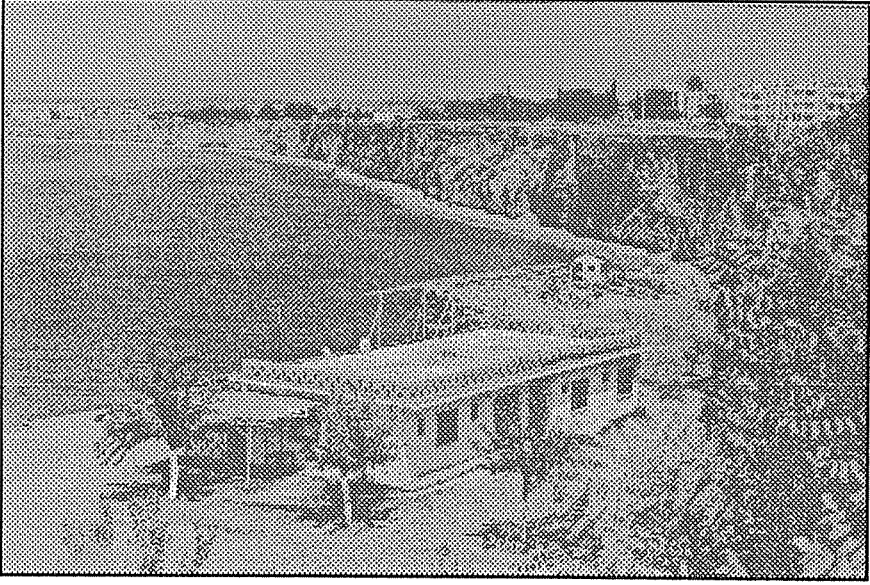


(a)

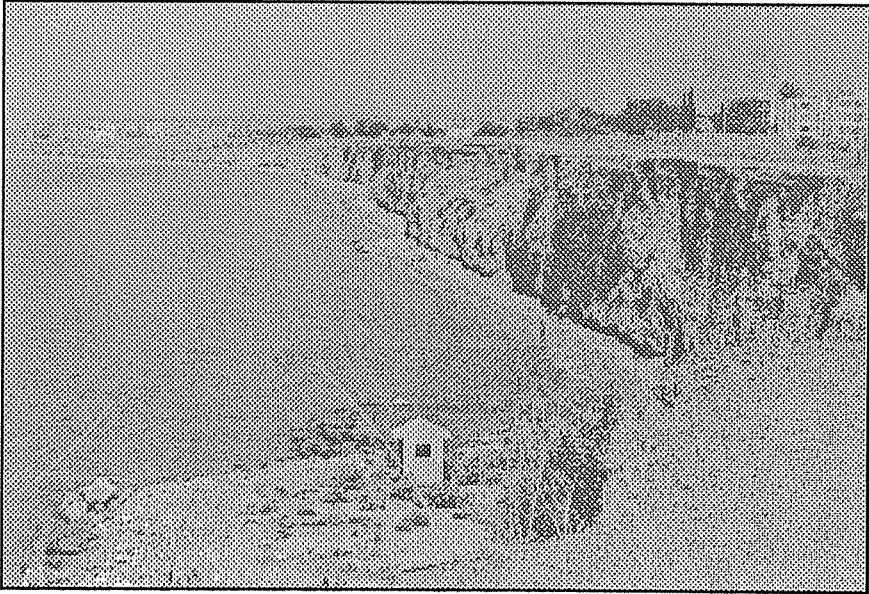


(b)

Şekil 2. Kıyının Aralık 1997 tarihindeki görüntüleri

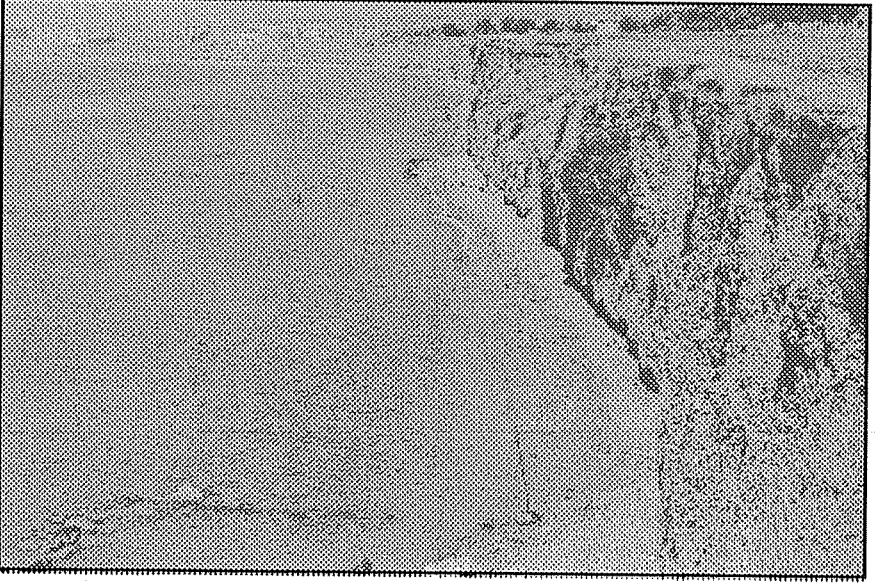


(a)

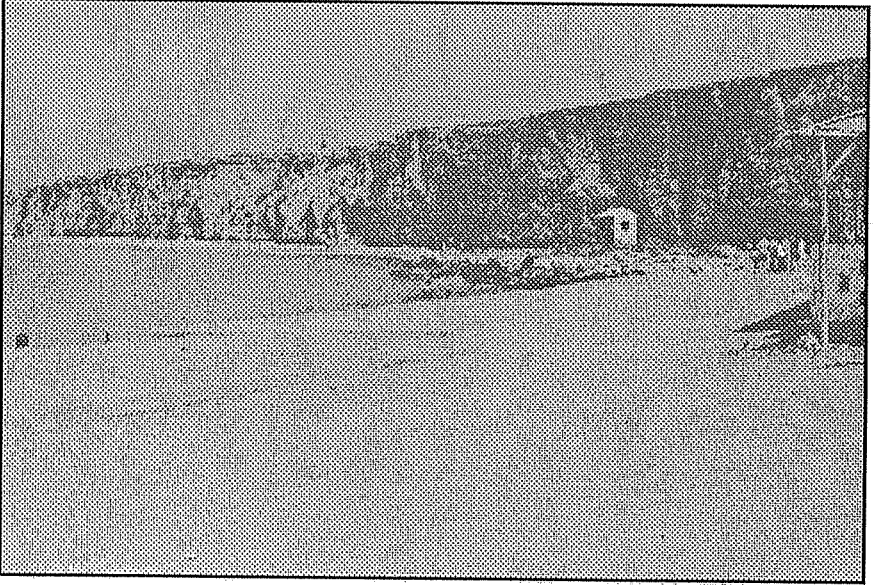


(b)

Şekil 3. Kıyının Temmuz 1997 tarihindeki görüntüleri



(c)



(d)

Şekil 3. (devam)

5. SONUÇLAR

Yeni alüvyonlardan oluşan Yakacık kıyısının, 1979 ve 1997 yıllarındaki fotoğraflarının karşılaştırılmasından önemli ölçüde bir erozyon problemi ile karşı karşıya olduğu tespit edilmiştir. Yöredeki dalga iklimi kullanılarak yapılan hesaplarda sözkonusu kıyı kesiminde kuzeye doğru net bir kıyıboyu sediment taşınımının varlığı görülmüştür. Bu itibarla bölgedeki kıyı erozyonunun başlıca sebebinin kıyıboyu sediment hareketleri olduğu ve sürecin alüvyon formasyonundaki erozyon şevi tarafından hızlandırıldığı sonucuna varılmıştır.

6. KAYNAKLAR

1. Pamir, H.N., *Türkiye Jeoloji Haritası (Hatay)*, MTA Enstitüsü Yayınları, Ankara, 1975.
2. Kırkgöz, M.S., *Kıyı Erozyonuna Tipik Bir Örnek*, *Uygulamalı Araştırmalar Dergisi*, O.D.T.Ü., 2/7, 1980, 47-56.
3. *Deniz Kuvvetleri Komutanlığı, Rüzgar-Deniz-Ölüdeniz ve Dalga Atlası*, Çubuklu, İstanbul, 1970.

TERAS ÇATILARDA SU YALITIMI KAYNAKLI SORUNLARIN NEDENLERİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

M. Emin ÖCAL

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

ÖZET : Türkiye'de halen teras çatılarda yalıtım uygulaması yok denecek düzeydedir. Bunun da ötesinde, bu çatılarda yüzey kaplaması da doğru yapılmadığından son kat döşemesinden binalara su girmektedir. Dolayısıyla teras çatılı binalarda su yalıtımının yetersizliğinden kaynaklanan çeşitli sorunlar yaşanmaktadır. Bu çalışmada, teras çatılarda özellikle su tutucu tabakanın tasarım ve uygulanması aşamalarında göz önünde bulundurulması gereken ilkeler özetlenmiştir.

THE REASONS OF WATER INSULATION PROBLEMS OF TERRACE ROOFS AND SOLUTION METHODS

ABSTRACT : The application of water insulation of terrace roofs is not still used widely in Turkey. Moreover, since surface covering is not done properly on these roofs, there is water leakage in the top floor of buildings. Therefore, some problems occur due to the insufficient insulation in buildings with terrace roof. In this study, some important principles need to be considered in the design and application stages of surface covering layer of the terrace roofs, in particular, are summarized.

1. GİRİŞ

Mimari nedenler yanında, soğuk çatıya nazaran daha ekonomik olabileceği düşünüldüğünden ve ilave kullanım alanı kazanma amacıyla teras (sıcak) çatı, bina yapılarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, güneş enerjisinden yararlanılması düşünülen binalarda enerji kolektörlerinin montaj kolaylığı ve özellikle gecekondular ile kaçak yapılarda, mevcut yapıya zamanla kat ilavesi yapma niyeti de teras çatıların tercihine neden olmaktadır. Dolayısıyla, ülkemizin özellikle güney sahillerimizdeki yerleşim yerlerinde inşa edilen binaların tamama yakını teras çatılıdır.

Çatı, "binayı, üstten gelecek dış etkilere karşı koruyan yapı elemanı" olarak tanımlanmaktadır. Yapıların üstten maruz kalacakları etkilerin başında yağmur ve kar suları ile dış ortam sıcaklığı gelmektedir. Dolayısıyla, bir yapıda çatının varlığından söz edilebilmesi için, binanın, üstten gelecek su, rutubet ve ısı etkisinden korunmuş olması gerekir. Diğer bir ifadeyle, çatının, yapıyı su ve ısının olumsuz etkilerinden koruyacak şekilde inşa edilmiş olması gerekmektedir. Bu da ancak çatıda su ve ısı yalıtımı yapılması ile mümkündür.

Ülkemizde 1983 yılından beri binalarda ısı yalıtımı yapma zorunluluğu bulunmaktadır (1). Ancak, bu düzenleme yeterli düzeyde hayata geçirilememiştir. Halen inşa edilen binaların çok azında yalıtım uygulanmaktadır. Bunun çeşitli nedenleri vardır. Yapılan düzenlemenin yeterince kapsamlı olmaması, yalıtımın önemi konusunda yeterli toplumsal bilincin oluşmaması, yapıların tasarım ve uygulama aşamalarında görev alan teknik elemanların, yalıtım konusunda yeterince bilgilendirilmemiş olmaları, bu nedenlerden bazılarıdır ve bunların her biri ayrı birer inceleme konusu olacak kadar kapsamlıdır.

Teras çatı yalıtımlarında, döşeme betonu üzerine ısı ve su yalıtım katları uygulandıktan sonra, bu yalıtımların, su tutucu (koruyucu) tabaka ile korunması gerekmektedir. Su tutucu tabaka, çatının kullanım amacına göre çeşitli malzemelerle ve çeşitli şekillerde oluşturulabilmektedir.

Ülkemizde halen teras çatılarda ısı ve su yalıtımı hemen hemen hiç uygulanmadığı gibi, su tutucu tabakanın düzenlenmesinde de önemli hatalar yapılmaktadır. Bunun sonucu olarak yapı son katlarının ısı etkisinden korunması bir yana, suyun neden olduğu çok yönlü sorunlar yaşanmaktadır. Örneğin, son katların tavan döşemelerinde yaygın kılcal çatlaklar meydana gelmekte; yağışın çok olduğu mevsimlerde döşeme betonunun su geçirmesi sonucu sıva, badana ve varsa tavan kaplaması zarar görmekte; parapet duvarının dış tarafındaki sıvanın çatlaması sonucu binanın dış cephesinde sıva ve boya tahrip olmakta ve olumsuz bir görüntü meydana gelmektedir. Bu olumsuzlukların ortadan kaldırılması için yapılan bilinçsiz müdahaleler, sorunu çözmediği için yapılan harcamalar boşa gitmekte, özellikle çok katlı yapılarda bu masrafların bölüşümü önemli anlaşmazlıklara neden olmaktadır. Belirtilen nedenlerle günümüzde, teras çatılı binaların son katlarında yalıtım kaynaklı sorunlarla

karşılaşılacağı konusunda yaygın bir kanaat oluşmuştur. Bu nedenle, son katlardaki bağımsız bölümlerin satış ya da kira bedelleri, aynı büyüklük ve kalitedeki alt katlara kıyasla önemli ölçüde düşük olmaktadır.

Genel bir tanımlama ile, yapılarda su, nem, buhar ve ısıнын kontrol altında tutulması ve bunların olumsuz etkilerinden korunmak amacıyla yapıların sistem ve bileşenlerinde alınacak önlemlerin dayanağını oluşturan ilkelerin tümüne **yapı fiziği** denilmektedir (2). Yapı fiziği ile ilgili prensipler göz önünde tutulmadan, yapıların sistem ve bileşenlerinde uygulanacak yalıtım önlemlerinde olumlu sonuç almak mümkün değildir.

İfade edilen nedenlerle, bu çalışmada önce, teras çatı yalıtımları ile ilgili bazı yapı fiziği ilkeleri özetlenmiş; sonra da, ülkemizde teras çatılı yapılarda yaygın şikayet ve rahatsızlığa neden olan su yalıtımı kaynaklı sorunları en aza indirmek amacıyla, **üzerinde gezilebilir teras çatılarda su tutucu tabakanın düzenlenmesine yönelik tasarım ve uygulama ilkeleri üzerinde durulmuştur**. Çünkü, teras çatıda ısı ve su yalıtımı yapılsa bile, su tutucu tabakanın oluşturulmasında yapılan hatalar, yalıtımı tamamen etkisiz hale getirebilmektedir.

2. YAPI FİZİĞİ İLE İLGİLİ TEMEL İLKELER

a. Isı etkisiyle tüm cisimlerde belirli düzeylerde boyut değişmesi olmaktadır. Yapı malzemesi ve elemanları da, özelliklerine bağlı olarak ısı etkisinde farklı davranışlar göstermektedirler. Örneğin, tuğlanın ısı etkisiyle uzama katsayısı 0.005 mm/m °C iken, çimento için bu değer 0.014 mm/m °C, beton için 0.010-0.015 mm/m °C, şap kaplama için 0.010 mm/m °C düzeyindedir (2, 3). Anlaşılabileceği gibi, 1 °C'lık sıcaklık artışında, tuğlanın bir metresinde meydana gelen boy uzaması 0.005 mm iken, aynı ısı etkisine maruz kalan betondaki boy değişimi 0.014 mm, yani tuğlanın yaklaşık üç katına yaklaşmaktadır. Dolayısıyla, teras çatıda bir arada kullanılacak yapı malzemesinin seçimi ve eleman boyutlarının belirlenmesinde, söz konusu malzemelerin ısı genleşme katsayılarının dikkate alınması gerekmektedir.

b. Yapı elemanlarında ısı etkisiyle meydana gelecek genleşme miktarı, elemanın ısı genleşme katsayısı, boyutu ve maruz olduğu sıcaklık değişimi dikkate alınarak aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (4):

$$\Delta l = L \cdot \alpha_t \cdot \Delta \vartheta \quad (1)$$

Δl = Yapı elemanında meydana gelecek boy değişimi (mm)

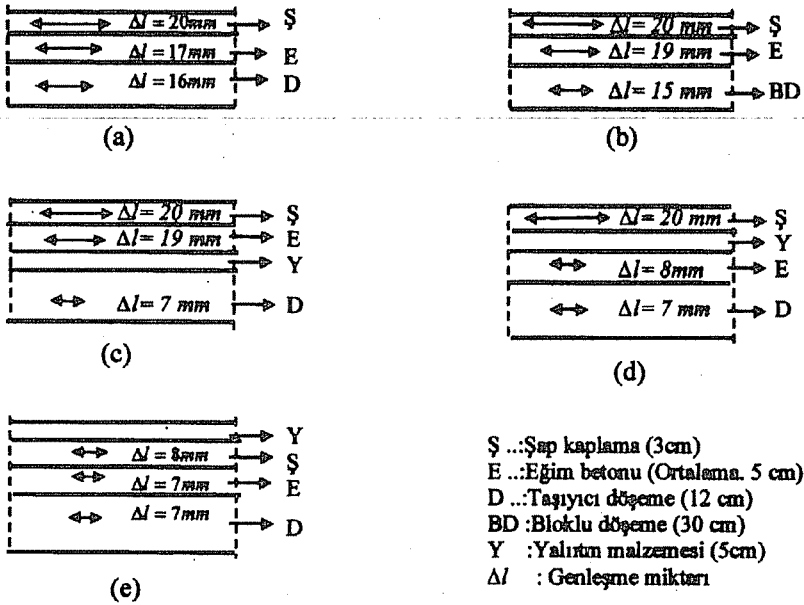
L = Yapı elemanının boyu (m)

α_t = Elemanın ısı genleşme katsayısı (mm/m °C)

$\Delta \vartheta$ = Elemanın maruz kaldığı sıcaklık farkı (°C)

c. Teras çatı yüzeyinde sıcaklık, yazın 80 °C'a ulaşmaktadır [5]. Çatıyı oluşturan yapı elemanlarının maruz kaldıkları sıcaklık değişimi, bu elemanların ısı geçirgenlik dirençleri dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Beton, şap, mozaik gibi çimento

bağlayıcı elemanların sıcaklık değişimi hesaplanırken bu malzemelerin priz sıcaklıkları da dikkate alınmaktadır. Hesaplamalardan, teras çatılarda çimento bağlayıcı söz konusu malzemeler ile yapılan bir yüzey elemanının 60-65 °C sıcaklık farkına maruz kalmakta olduğu görülmektedir. Bu kadar yüksek sıcaklık farkı, teras çatıyı oluşturan elemanların cinsi ve sıralanışına göre, bu elemanlarda önemli miktarlarda genleşmelere neden olabilmektedir. Bir fikir vermesi bakımından, farklı şekilde tasarlanmış ve uzunluğu 30 m olan bir teras çatının elemanlarında meydana gelen yaklaşık genleşme miktarları Şekil 1'de örneklenmiştir (2,5,6).



Şekil 1. Farklı şekilde düzenlenmiş teras çatı elemanlarında meydana gelen yaklaşık genleşme düzeyleri.

Yukarıdaki örnekten de anlaşılmaktadır ki,

- Sıcaklık değişimi nedeniyle yapının normal kat döşemelerinde önemli bir deformasyon olmazken, çatı katı döşemesinde önemli miktarda genleşme meydana gelmektedir. Örneğin, Şekil 1-a'daki uygulamada, taşıyıcı döşemedeki birim deformasyon ($\epsilon = \Delta l/L$) 0.0005 dir. Oysa, betonun çekmede birim deformasyonu için öngörülen sınır değer $1 \times 10^{-4} - 2 \times 10^{-4}$ düzeyindedir (7). Dolayısıyla, örneklenen döşemede şayet önlem alınmazsa, genleşme çatlaklarının oluşması kaçınılmaz görünmektedir.

- Isı yalıtımının altında bulunan elemanlardaki genleşme miktarı derhal ve önemli ölçüde azalmaktadır. Bu nedenledir ki, teras çatıda ısı yalıtımı yapılması, sadece

ısıtma ve soğutma enerjisinden tasarruf sağlamak ve son kattaki mekânların konfor koşullarını artırmak için değil, aynı zamanda, genişlemenin yapıda neden olduğu hasarları önlemek için de önemli ve gereklidir.

d. Isı yalıtım malzemelerinin pek çoğu, su ile temas etmeleri halinde, yalıtkanlıklarını %80 düzeyinde kaybetmekte, diğer bir deyişle, yalıtım işlevlerini neredeyse tamamen yitirmektedirler. Dolayısıyla, iyi bir su yalıtımı yapılmadan, ısı yalıtımından sonuç olmak mümkün olmamakta, ısı yalıtımı için yapılan harcamalar tamamen boşa gitmektedir.

e. Yapı elemanının maruz kaldığı sıcaklık farkından kaynaklanacak boy değişiminin neden olacağı olumsuzlukları ortadan kaldırmanın en yaygın, pratik ve ekonomik yolu, belirli aralıklarla ve yeterli genişlikte genişleme derzleri bırakmaktır. Şüphesiz, bırakılan derzlerden su girmemesi için, bu derzlerin esnek bir malzeme ile doldurulması gerekmektedir. Derz dolgu malzemesinin elastiklik düzeyine, 'derz malzemesi esnekliği' denilmektedir. Bırakılacak derzin genişliği, dolgu olarak kullanılacak malzemenin esnekliği ile doğrudan ilgili olup aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$d = \frac{d_0}{s} \quad (2)$$

d_0 = Genleşme miktarı (mm)

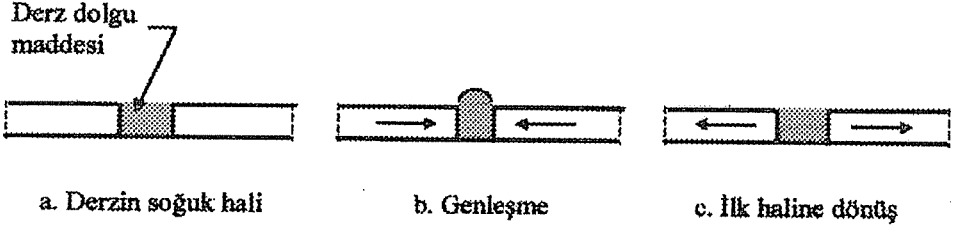
d = Bırakılması gereken derz genişliği (mm)

s = Derz malzemesi esnekliği (%)

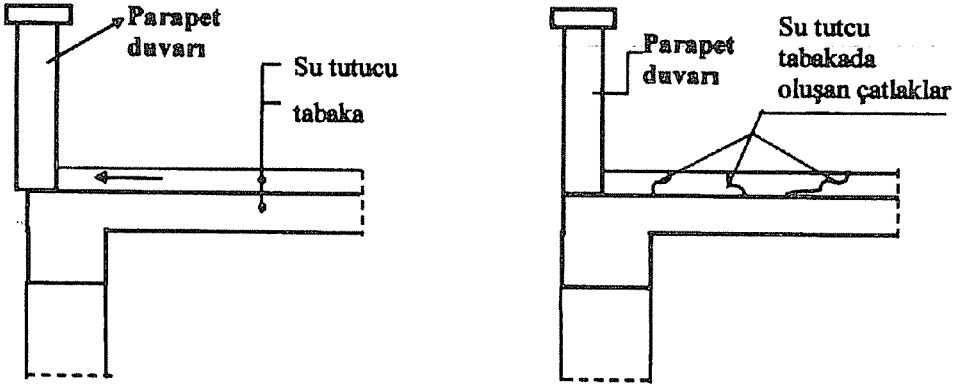
Örneğin, bir elemanda meydana gelmesi beklenen genişleme (d_0) 10 mm, derze doldurulacak malzemenin esnekliği (s) % 50 ise, bırakılması gereken derz genişliği (d), (2) nolu formüle göre, $10 / \%50 = 20$ mm olması gerekecektir. Esneklik düzeyi ve derz genişliği doğru saptanan bir derzde dolgu maddesi bir yay gibi çalışmaktadır. Eleman genişleşip derz aralığı küçüldüğünde, dolgu malzemesi dışarı doğru çıkmakta, eleman eski halini aldığı anda dolgu malzemesi de yerini tekrar doldurmaktadır (Şekil 2). Derz genişliği ile dolgu malzemesi esnekliğinin uyumlu olmaması halinde ise, dolgu malzemesi yerini tam doldurmadığı için derzde boşalmalar oluşmakta ve buralardan su girmektedir.

f. Farklı miktarlarda genişleyen ve üst üste gelen katların, birbirlerinin hareketlerini önlemeyecek şekilde düzenlenmeleri gerekmektedir. Örneğin, yalıtım katları Şekil 1-c'deki gibi sıralanması halinde, döşeme ile eğim betonu ve su tutucu katın genişlemeleri arasındaki fark büyümektedir. Bu durumda, gerekli önlemin alınmaması halinde, şap kaplamanın boyu, yapının taşıyıcı sisteminden daha fazla uzayacağı için, ya parapet duvarları dışa itilecek, ya da kaplama parçalanarak işlevini tamamen yitirecektir (Şekil 3).

Anlaşılacağı gibi, yapı fiziği temel ilkeleri dikkate alınmadan yapılacak bir teras çatı tasarımının başarılı olma olasılığı oldukça zayıftır.



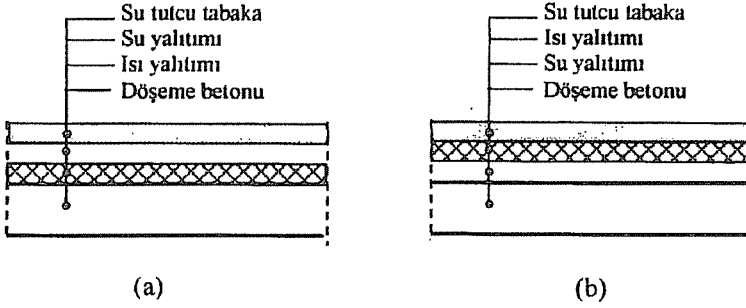
Şekil 2. Uygun düzenlenmiş bir derzin çalışma şekli



Şekil 3. Su tutucu tabakanın yapı taşıyıcı sisteminden farklı miktarda genişlemesi sonucu meydana gelebilecek hasarlar

3. TERAS ÇATILARDA SU TUTUCU TABAKANIN TASARIM İLKELERİ

Teras çatıda ısı ve su yalıtımı katları, Şekil 4'de (a) veya (b) seçeneklerinden birine göre oluşturulmaktadır. Su tutucu tabakanın rolü, sadece alttaki yalıtım katlarını dış ortam etkilerinden korumak değil, aynı zaman ve özellikle de (a) seçeneğinde, aktif suyun alt katlara geçmesini önlemektir. Çünkü yüzey sularının su yalıtım katına kolayca ulaşması, su yalıtımının zayıf noktalarından daha alttaki katlara geçmesi konusunda potansiyel tehlike oluşturmaktadır. Bu nedenle, üzerinde gezilebilen ve ısı yalıtımının sudan korunması gerektiği (a) seçeneğinde, su yalıtımının varlığına rağmen, su tutucu tabakanın olabildiğince su geçirmeyecek şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Ancak, hiç su yalıtımı yapılmayan teras çatılarda, su tutucu tabakanın (yüzey kaplamasının) hiç su geçirmeyecek şekilde oluşturulması çok daha hayati önem taşımaktadır. Çünkü bu tip çatılarda yüzey kaplamasından giren su, doğrudan bina iç



Şekil 4. Teras çatılarda uygulanan iki farklı yalıtım sistemi

hacimlerini etkilemektedir. Bu nedenle burada, üzerinde gezilebilen teras çatının yüzey kaplamasının su geçirmeyecek şekilde düzenlenmesi üzerinde durulacaktır. Bu amaçla, aşağıda bu tip çatıları oluşturan elemanların tasarım aşamasında dikkat edilecek hususlar özetlenmiştir.

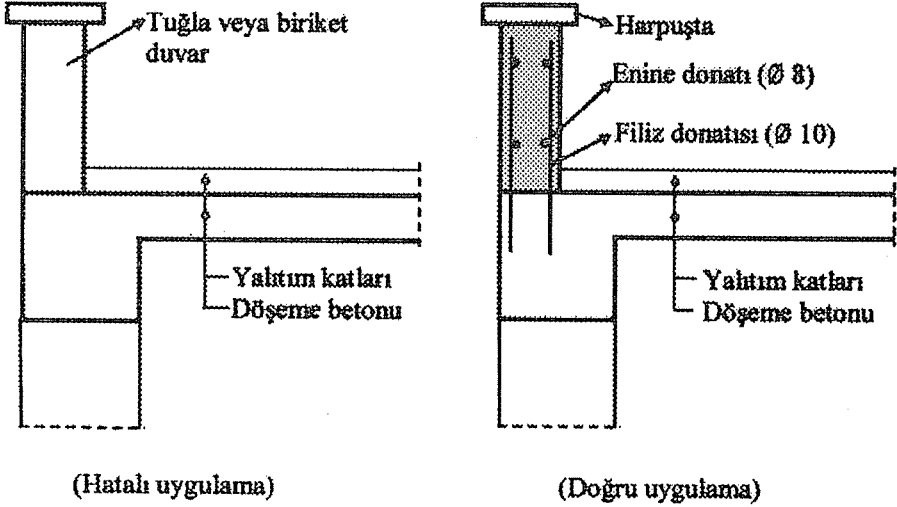
3.1. Parapet Duvarı

Teras çatı çevresine dönülen parapet duvarının, yapı taşıyıcı sistemi ile aynı çalışmayı göstermesi gerekmektedir. Örneğin betonarme karkas bir yapıda parapet duvarının, ısı genleşme katsayısı betonarmeden farklı olan tuğla ya da biriket ile yapılması halinde, duvar ile döşeme kesişme noktasında açılmalar olmaktadır. Buralardan giren su, dış tarafta sıvanın çatlayıp dökülmesine; iç tarafta ise, tavanın nemlenmesine, sıva, badana ve/veya kaplamanın bozulmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, parapet duvarı da, yapı taşıyıcı sistemi ile aynı malzemeden yapılmalıdır. Örneğin, betonarme karkas yapıda, son kat döşeme betonu dökülürken gerekli filiz donatısı konularak parapet duvarı da betonarme olarak inşa edilmelidir (Şekil 5).

Parapet duvarı üzerine, dökme malzeme ile veya bu amaçla özel olarak üretilmekte olan alüminyum levhalardan koruma (harpuşta) yapılmalıdır.

3.2. Oturma Derzi

Yapının inşa tarzı ve fiziki boyutları gerekli kılıyorsa, kaba yapıda gerekli oturma derzleri bırakılmış olmalıdır. Bilindiği gibi, yapının plandaki boyutlarının 30 m'yi geçmesi, yapının oturduğu zeminin taşıma gücü ve/veya yapıdan gelen yüklerin farklılıklar göstermesi ve temel sisteminde değişiklik olması gibi durumlarda, gerekli yerlere oturma derzleri düzenlenmesi gündeme gelmektedir. Gerekli halde oturma derzi bırakılmamanın, yapıda çeşitli hasarlara neden olması yanında, teras çatı su yalıtımında da önemli sorunlar yaratması kaçınılmazdır. Diğer taraftan, ısı, su ve yüzey kaplaması katlarının oturma derzi üzerinden geçerken, derzin çalışmasına engel olmayacak detayların geliştirilmesine de dikkat edilmesi gerekmektedir. Aksi halde, derzin hareketi sonucu su yalıtımında yırtılmalar olmakta ve bu noktalardan su girmektedir.



Şekil 5. Parapet duvarının düzenleniş şekli

3.3. Genleşme Derzleri

a. Isı Yalıtımı Yapılmayan Teras Çatılarda Genleşme Derzi

Taşıyıcı Sistemde Bırakılacak Genleşme Derzi: Teras çatıda ısı yalıtımı yapılmaması durumunda, yapı son kat döşemesinde önemli ölçüde genleşme olacağı Şekil 1-a'da görülmektedir. Yapı alt bölümlerinde oldukça sınırlı düzeyde genleşme olur ya da hiç genleşme olmazken, son kat döşemesinde oldukça fazla ve sürekli tekrarlayan bir boyut değişimi oluşmaktadır. Son kat döşemesindeki genleşme ve bunun neden olacağı olumsuzlukları önleyebilmek için, bu döşemede genleşme derzi bırakılması veya statik hesap aşamasında, genişlemenin neden olacağı gerilmeleri dikkate alan bir donatılandırma ve boyutlandırma yapılması gerekmektedir. Döşemede derz bırakılmasının öngörülmesi halinde, derzin yapı taşıyıcı sisteminde süreksizliğe neden olacağından, yapının statik hesabı yapılırken, derzin yerinin dikkate alınması, derz genişliğinin, genleşme miktarı ve derz dolgu maddesinin esnekliğine bağlı olarak belirlenmesi gerekmektedir.

Taşıyıcı sistemde belirtilen önlemlerin alınmaması halinde, zamanla döşemede, sıva ve badanaya yansıyan çatlakların oluşması kaçınılmazdır.

Eğim betonu ve Su Tutucu Tabaka Bırakılacak Genleşme Derzi: Üzerinde sadece eğim betonu ve su tutucu tabaka bulunan plak döşemelerde, bina son kat döşemesindeki genleşme ile eğim betonu ve son kat kaplamanın genleşmesi birbirine oldukça yakındır. Şayet taşıyıcı sistemde genleşme derzi bırakılmazsa, eğim betonu ve son kat kaplamasında da genleşme derzi bırakılmasına gerek olmamaktadır. Ancak

rötre nedeniyle eğim betonu ve su tutucu tabakanın anolar (bölümler) halinde dökülmesi gerekmektedir.

Ancak, taşıyıcı sistemde genişleme derzi bırakılmışsa, döşeme ve üzerindeki elemanların müşterek çalışmalarını sağlamak amacıyla, eğim betonu ve su tutucu tabakada da genişleme derzlerinin bırakılması gerekmektedir.

Bloklü döşemelerdeki genişleme, döşemede kullanılan blokların ısı geçirgenliği direncine göre önemli ölçüde değişeceği kuşkusuzdur. Örneğin, Şekil 1-b'de örneklenen döşeme, beton birikmelerle yapılan bloklü döşemeye ait değerleri yansıtmakta olup, genişleme düzeyinin plak döşemeden çok farklı olmadığı görülmektedir. Ancak, blokların kil ya da özel üretilmiş boşluklu beton blok olması halinde, döşemede genişleme miktarı daha düşük olacaktır.

Döşeminin beton bloklarla yapılması halinde, plak döşemeler için ifade edilenler bu döşemeler için de geçerlidir. Ancak, özel blokların kullanılması halinde, alt döşeme ile üst kaplamalar arasındaki genişleme farkı artacağından, döşemede genişleme derzi bırakılmamasına rağmen, üst kaplamalarda derz bırakılması gerekecektir. Şüphesiz bu konuda kesin karar, kullanılan malzeme ve yapının boyutlarına dayalı olarak gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra verilebilecektir.

b. Isı Yalıtımı Yapılmış Teras Çatılarda Genişleme Derzi

Isı yalıtımı altında ve üzerinde bulunan çatı elemanlarında meydana gelen genişleme miktarı birbirinden çok farklı olmaktadır (Şekil 1-c ve Şekil 1-d). Yeterli düzeyde ısı yalıtımı sağlanması halinde, yalıtım malzemesi altında kalan çatı elemanlarında derz bırakmaya gerek olmayacak, ancak yukarıdaki katlarda mutlaka gerekli aralıklarla ve yeterli genişlikte genişleme derzlerinin bırakılması gerekecektir. Aksi halde, önce de ifade edildiği gibi, genişleme derz bırakılmayan su tutucu tabaka tahrip olacağından, yapıya su girecek ve ısı yalıtımı işlevini yitirecektir.

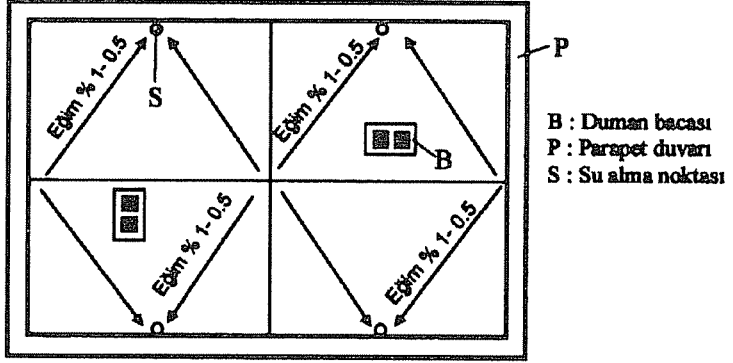
Isı yalıtımının en üste koymak suretiyle, su yalıtımı da dahil tüm katları genişlemeden korumak mümkündür (Şekil 1-e). Ancak böyle bir uygulama için, bünyesine hiç su almayan ve bu amaçla üretilmiş sentetik esaslı ısı yalıtımı gereçlerinin kullanılması gerekmektedir.

3.4. Eğim Betonu

En ucuz su yalıtımı, yüzeye verilen uygun eğimle sağlanabilir. Diğer bir ifadeyle, suyun neden olabileceği olumsuzlukları en aza indirebilmek için suyun yüzeyden en kısa yoldan uzaklaştırılması gerekmektedir. Bunun için, çatı yüzeyine, suyun, yüzeyin hiç bir noktasında birikmeden su alma noktalarında toplanmasını sağlayacak şekilde kesintisiz ve düzenli bir eğim verilmelidir. Eğim, % 0.5 veya %1 olabilir. Eğim betonunun düzenlenmesinde aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- Çatıda su alma noktaları belirlenmeli ve yüzey suyunun bu noktalarda toplanması

için çatı yüzeyine verilecek eğimin yönü ve düzeyi saptanarak çatı planında gösterilmelidir (Şekil 6).



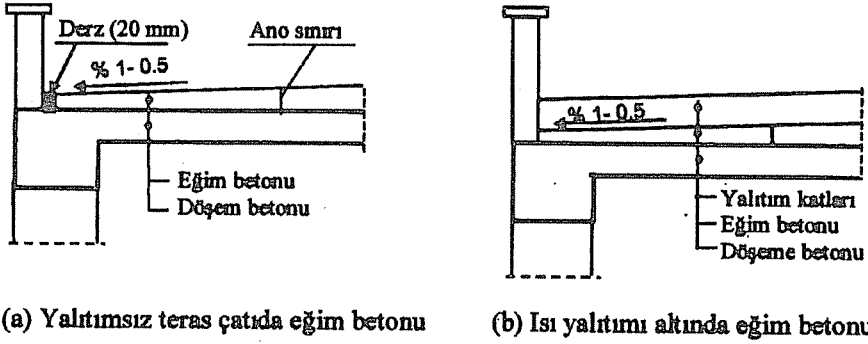
(Teras çatı plan görünüşü)

Şekil 6. Su toplama yüzeylerinin düzenlenmesi

- Eğim betonunun kalınlığını fazla artırmamak için, su toplama noktaları, su eğim mesafesini minimum tutacak şekilde belirlenmelidir.
- Eğim betonu kalınlığı, su alma noktasında 2 cm'den az olmaması gerekmektedir. Bu durumda, eğimli yüzeyin en üst noktasında beton kalınlığı epeyce artmaktadır. Böylece yapıya eğim betonundan dolayı ek yük gelmektedir. Bu nedenle, eğim betonunun, perlit veya volkan tüfü gibi hafif agregalar ile yapılması halinde, eğim betonundan yapıya yansıyan ölü yük azalacak ve aynı zamanda bir miktar da ısı yalıtımı sağlanmış olacaktır.
- Çatıda ısı yalıtımı yapılmamışsa (Şekil 1-a) ya da ısı yalıtımı yapılmış ve ısı yalıtım malzemesi eğim betonu üzerine konulmuşsa (Şekil 1-e), eğim betonunda ayrıca genleşme derzi bırakılmasına gerek yoktur; bir kenarı 4 m'yi geçmeyen anolar halinde dökülmesi yeterlidir. Ancak, su tutucu tabaka ile uyumlu çalışmasını sağlamak için, parapet duvarı eteği ile eğim betonu arasında 2 cm boşluk bırakılmalı ve burası düşük yoğunluklu polistren köpük veya bitüm ile doldurulmalıdır (Şekil 7).
- Çatıda ısı yalıtımı yapılmış ve yalıtım malzemesi eğim betonunun altında ise (Şekil 1-d), eğim betonu anoları çevresine 1 cm derz bırakılmalı ve bu derzler düşük yoğunluklu polistren köpük ile doldurulmalıdır.
- Eğim betonu 250 - 300 dozlu olabilir. Beton içerisine, su geçirimsizliğini artırıcı kimyasalların katılması yararlı olabilir.

3.5. Su Tutucu Tabaka

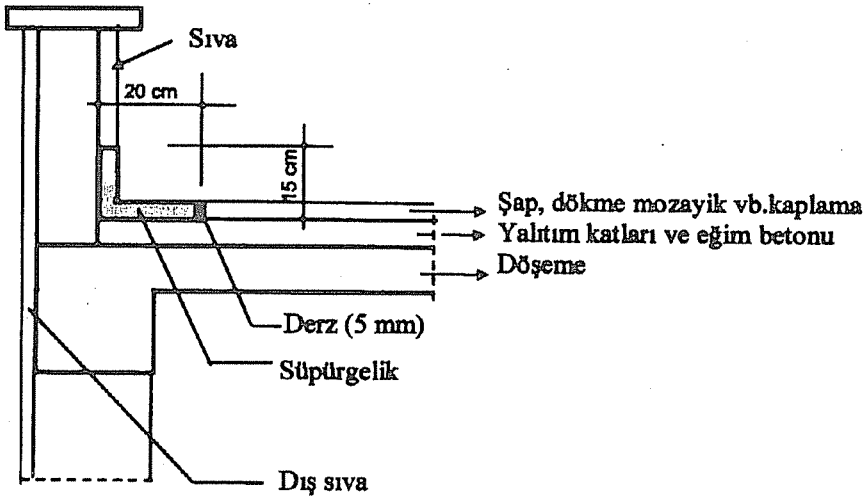
Üzeri çeşitli şekillerde kullanılacak teras çatılarda su tutucu tabaka, yerinde dökme



Şekil 7. Yalıtımlı ve yalıtımsız teras çatılarda eğim betonunun düzenlenmesi

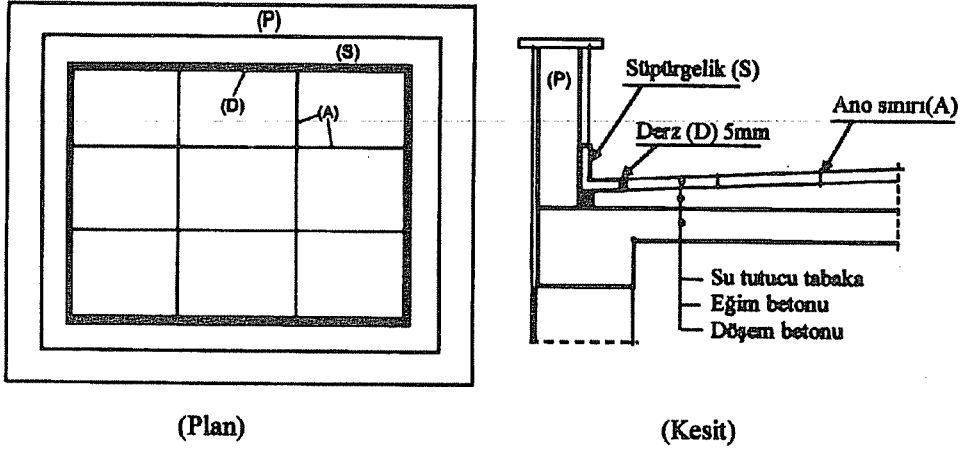
mozaik, şap ya da karo mozaik ile yapılmaktadır. Bu kaplamaların teşkili aşamasında aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Şap ve mozaik kaplama 3 cm kalınlığında olmalıdır.
- Her üç kaplamada da önce, çatı üzerindeki parapet duvarı, bacalar, merdiven ve asansör yuvası kenarlarına 20 cm genişliğinde ve 15 cm yüksekliğinde süpürgelik yapılmalıdır (Şekil 8). Karo mozaik kaplamada süpürgelik, şap veya dökme mozaik ile yapılabilir. Süpürgeliklerde, her 4 m'de bir 0,5 cm derz bırakılmalıdır. Şayet çatıda su yalıtımı yapılmışsa, su yalıtımının süpürgelik arkasına kadar tırmandırılması gerekecektir.



Şekil 8. Üzerinde gezilebilir teras çatıda parapet ve baca eteklerinde süpürgelik teşkili

- Şap ve mozaik kaplamalar, uzun kenarları 2-3 m'yi geçmeyen anolar halinde ve eğim betonu ile verilen eğime uygun olarak dökülmelidir. Karo mozaik kaplama yapılacaksa karolar 2 cm kalınlığında ve 250 dozlu çimento harcı ile, aralarında boşluk kalmayacak şekilde ve uygun eğimde döşenmelidirler.
- Çatıda ısı yalıtımı yapılmamış ve taşıyıcı döşemede genişleme derzi bırakılmamışsa, şap ve mozaik kaplamanın anoları arasında ayrıca genişleme derzi bırakmaya gerek olmayıp, sadece süpürgelik ile çatı yüzeyi arasında bırakılan derz, özel olarak üretilmiş derz dolgu maddesi ile doldurulmalıdır (Şekil 9).

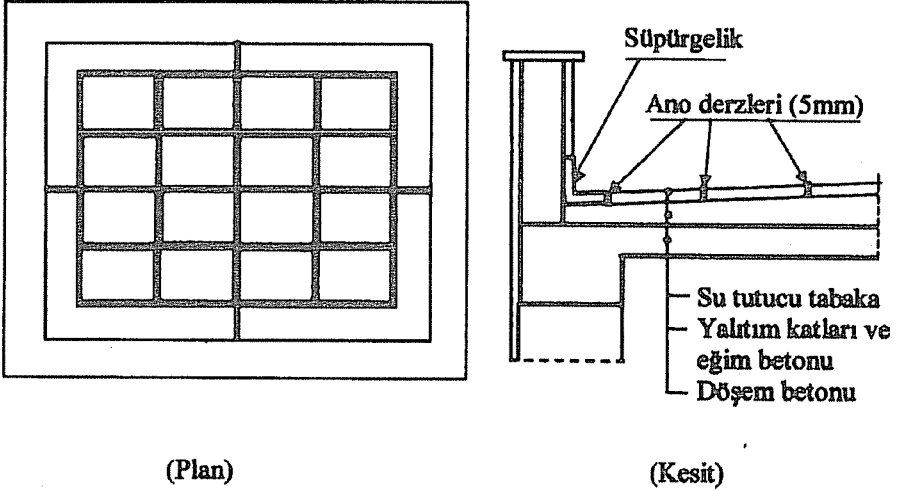


Şekil 9. Yalıtımsız teras çatıda su tutucu tabakanın teşkili

- Isı yalıtımı yapılmamış ve son kat döşemesinde genişleme derzi bırakılmış, ya da ısı yalıtımı uygulanmış teras çatılarda, şap ve mozaik kaplama anoları çevresinde 4-5 mm derz bırakılmalı ve derzler, bu amaçla üretilmiş derz dolgu malzemeleri ile iyice doldurulmalıdır (Şekil 10). Bu nitelikteki çatılarda su tutucu tabaka karo mozaik kaplama ile teşkil edilecekse, karolar, uzun kenarı 4-5 m'yi geçmeyen anolar halinde ve her ano arasında 1 cm genişliğinde genişleme derzi bırakılarak döşenmelidir.

4. UYGULAMA

Isı ve su yalıtımında tasarım ve projelendirme ne kadar kusursuz olursa olsun, uygulama aşamasındaki küçük ihmaller ve yanlışlıklar, yalıtım için sarf edilen çaba ve yapılan harcamaların tümünün boşa gitmesine neden olabilmektedir. Yalıtım konusundaki genel ilgisizlik bu konuda bilgi ve deneyim birikiminin oluşmasını yavaşlatmaktadır. Bu nedenle, halen yapı fiziği konusunda gerekli bilgiye sahip, uygulama sırasında yalıtım işinin gerektirdiği titizliği gösterecek uzman kişi ya da ekiplerin sayısı oldukça azdır. Dolayısıyla, yalıtımın projelendirme ve uygulamasını üstlenecek olanların seçimi aşamasında titiz bir ön araştırma yapılması gerekmektedir.



Şekil 10. Isı ve su yalıtımı yapılmış teras çatıda su tutucu tabakanın teşkili

Uygulama aşamasında göz önünde tutulması gereken diğer önemli hususlar aşağıda özetlenmiştir:

a. Yapıda ısıya bağlı boyut değişimlerinin neden olduğu olumsuz etkileri önleyebilmek için teras çatılarda genişleme derzi bırakılması çoğu kez kaçınılmaz olmaktadır. Ancak yapının sistem ve elemanlarında bırakılan bu derzler su yalıtımının en zayıf noktalarını oluşturmaktadır. Her derz, su girişi için birer potansiyel tehlike kaynağı olmaktadır. Bu nedenle, sadece gerekli yerlere derz bırakılmalı, derz dolgu maddesinin esnekliğine uygun genişlikte derz bırakılmalı, dolgu maddesi derzin çalışmasına engel olmayacak esneklikte olmalı ve derzler, hiç boşluk kalmayacak şekilde doldurulmalıdır. Derzler, bu amaçla üretilmekte olan malzemelerle ve önerildiği şekilde doldurulmalıdır.

Eğim betonundaki derzler, ilk anolar döküldükten sonra, diğer anolar çevresine yeteri kalınlıkta polistren köpük yerleştirilerek oluşturulabilir. Şap üzerindeki derzler, kaplama yapıldıktan sonra, anoların çevresi, özel derz kesme makinaları ile kesilerek oluşturulabilir.

b. Şap kaplama 400 dozlu, yerinde dökme mozaik 600 dozlu olarak yapılmalı; her iki kaplama da 3 cm kalınlığında olmalıdır. Bu kaplamalarda çimento dozajı yüksek olduğundan rötre de fazla olmaktadır. Bu nedenle, bu kaplamalar piriz sürecinde, özel kür malzemeleri kullanılarak ya da yeterince sulanmak suretiyle dikkatle korunmalıdırlar.

c. Çatı döşemesi üzerinde her yeni kat oluşturulurken, bir önceki katın yüzeyi yeterince temizlenmeli, tozdan arındırılmalı ve ıslatılmalıdır.

d. Parapet duvarı, bacalar ve merdiven yuvası etek sıvaları, süpürgelikler

tamamlandıktan sonra ve hiç bir boşluk kalmayacak şekilde yapılmalı, süpürgelik ile siva yüzeyi aynı doğrultuda olmalıdır (Şekil 8).

e. Daha önce de belirtildiği gibi, son kat kaplamada oldukça düzgün ve kesintisiz bir yüzey eğimi sağlanmalıdır. Çatıya güneş enerjisi kollektörü konulacaksa, bunların ayakları, yüzeyde su akışını önlemeyecek şekilde düzenlenmelidir.

f. Yüzey kaplaması yapıldıktan sonra çatı yüzeyine bir şeyler tutturmak için rasgele herhangi bir şeyin çakılmaması gerektiği konusunda yapıyı kullanacak olanlar uyarılmalıdır.

g. Suyun toplandığı noktalar, yani yüzey kaplaması ile su borusu birleşim yerleri, işçilik hatasının sık yapıldığı noktalardır. Toplanan suyun hiç birikmeden ve yüzey kaplaması altına veya boru dışına kaçmadan uzaklaştırılması için özen gösterilmelidir.

5. SONUÇ

Teras çatılarda ısı ve su yalıtımının hiç yapılmaması ya da bilinçli yapılmayışi sonucu, yapılar çabuk yıpranmakta, enerji kayıpları, tamir ve bakım masrafları büyük boyutlara ulaşmakta; bu yapıları kullananlar sağlıksız ortamlarda yaşamak ve yalıtım kaynaklı sorunlarla mücadele etmek durumunda kalmaktadırlar. Bu konuda alınabilecek önlemlerin başında, yapılarda yalıtım uygulamasının yaygınlaştırılmasına yönelik gerçekçi ve kapsamlı düzenlemelerin yapılması gelmektedir. Ancak bunun yanında, yapıları projelendiren, inşa eden ve kullanacak olanların, yalıtım işinin nitelikli bilgi ve deneyim gerektirdiğini göz önünde tutarak, yalıtım uygulamasının her aşamasında kendi paylarına düşen gayret ve duyarlılığı göstermeleri gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

1. *Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Bazı Belediyelerin İmar Yönetmeliklerinde Değişiklik Yapılması ve Bu Yönetmeliklere Yeni Maddeler Eklenmesi Hakkında Yönetmelik, 30 Ekim 1981 Tarih ve 17499 Sayılı Resmi Gazete.*
2. Baldaş, A., Kantar, F., *Yapı Fiziği, Sermet Matbaası, İstanbul, 1975.*
3. *TS 500 Betonarme Yapıların Hesap Ve Yapım Kuralları, Nisan 1984.*
4. Kocataşkın, F., *Yapı Malzemesi Bilimi, Birsen Kitabevi, 1975.*
5. Özer Muzaffer, *Yapılarda Isı - Su Yalıtımları, Met/Er Matbaası, İstanbul, 1982.*
6. *TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları, Haziran 1979.*
7. Neville, A.M., *Properties of Concrete, Pitman Publishing Ld. London, 1977.*

**BİLEŞİK KESİTLİ AÇIK KANALLARDA PÜRÜZLÜLÜK KATSAYISININ
DERİNLİKLE DEĞİŞİMİNİN LABORATUVAR
DENEYLERİYLE İNCELENMESİ**

Galip SEÇKİN

Ç.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

Serter ATABAY

School of Civil Engineering, The University of Birmingham, Birmingham / UK

Recep YURTAL

Ç.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET : Açık kanallardaki tek boyutlu kararlı akım için bir laboratuvar düzeneği üzerinde pürüzlülük katsayısının belirlenmesi ve derinlikle değişiminin tesbiti amacıyla deneysel bir çalışma yapılmıştır. Manning pürüzlülük katsayısı n 'in derinlikle önemli derecede değiştiği gözlenmiş ve deneysel bulgular irdelenmiştir.

**AN EXPERIMENTAL DETERMINATION OF VARIATION OF ROUGHNESS
COEFFICIENT WITH DEPTH IN COMPOUND CHANNELS**

ABSTRACT : A comprehensive set of experiments were conducted to determine Manning's roughness coefficient and to investigate its variation with depth using a laboratory flume for one-dimensional steady flow in open channels. It was noticed that Manning's n varied significantly with flow depth and this variation was concisely reported herein.

1. GİRİŞ

Doğal akarsulardaki su hareketinin incelenmesi hidrodinamik problemlerinin çözümünde büyük bir önem teşkil etmektedir. Manning pürüzlülük katsayısı n hemen her türlü hidrolik problemlerinde kullanılan bir parametredir. Bu yüzden tesbitinin doğru yapılması son derece önemlidir. Pürüzlülük katsayısını etkileyen bir çok faktör vardır. Bu yüzden n 'in sabit bir değere sahip olmadığı araştırmacılar tarafından da doğrulanmaktadır (1, Ch.5). Pürüzlülük katsayısını etkileyen faktörler; yüzey pürüzlülüğü, bitki örtüsü, kanal kesit değişimi, kanal kurbu, fiziki yapı, kanal şekli ve büyüklüğü, debi ve su seviyesi, mevsim değişimi ve askı maddeleri şeklinde sıralanabilir.

Çoğu nehirlerde debi ve seviyedeki artışla n değeri küçülür. Bunun yanında eğer nehrin taşkın yatakları pürüzlülüğü fazlaysa debinin artışıyla n değeri de yükselebilir. Eğer nehrin ana kanal ve taşkın yatakları pürüzsüz ve üniform ise n değeri tüm seviyeler için sabit kalabilir (1, Ch.5).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

1889 yılında İrlanda'lı mühendis Robert Manning aşağıdaki formülü geliştirdi:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Burada: V , Ortalama hız (m/s), R , Hidrolik yarıçap (m), S , Enerji çizgisi eğimi ve n , Manning Pürüzlülük katsayısıdır. Bu formül Bazin'in deneysel verilerine dayanan ve daha sonra 170 gözlemlerle tanımlanan yedi farklı formülle dayanmaktadır. Şu anda Manning formülü açık kanallardaki üniform akım problemlerinde kullanılan en yaygın formüldür. Chezy formülüyle karşılaştırıldığı zaman, Chezy ve Manning pürüzlülük katsayıları arasında:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

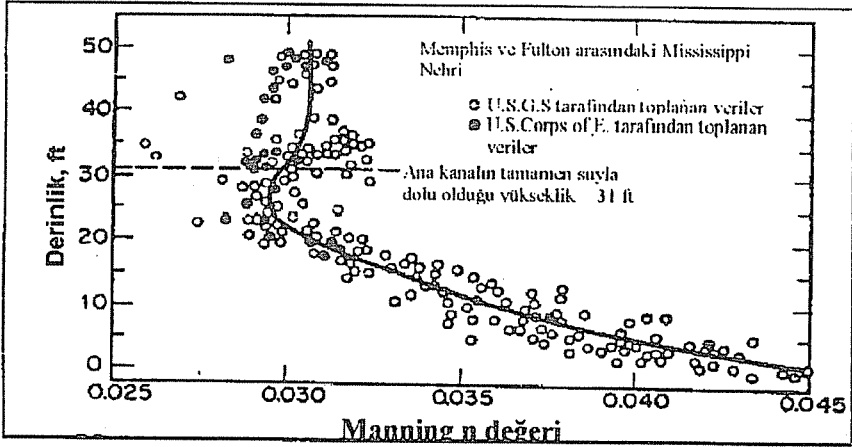
bağıntısı bulunacaktır.

Panama kanalının dizaynı amacıyla, Meyers ve Schultz (6) geniş kanalların pürüzlülüğü üzerine 1949 yılında bir çalışma yaptı. Ve buradan iki önemli sonuca vardılar:

1. Ana kanal kısmı tamamen su ile dolu iken Manning n değerinin en küçük değeri aldığı, bu seviyenin alt ve üst seviyelerinde iken tekrar arttığını bulmuşlardır.
2. Ana kanalın tamamen suyla dolu olduğu durumdaki n değerleri farklı özellikteki malzemelere ve üniform olmayan pürüzlülük yerlerine sahip nehirler ve kanallar için önemli derecede değişmektedir.

BİLEŞİK KESİTLİ AÇIK KANALLARDA PÜRÜZLÜLÜK KATSAYISININ DERİNLİKLE DEĞİŞİMİNİN LABORATUVAR DENEYLERİYLE İNCELENMESİ

Doğal bir kanal için n değerinin sabit olmadığı fakat derinliğin bir fonksiyonu olduğu Cornelis Toebes, H.L. Hagen, ve Philipp Forchheimer tarafından ele alınmıştır (2,4,11). E. W. Lane 1951 yılında U.S. Geological Survey ve U.S. Corps of Engineers tarafından Mississippi nehri üzerinden toplanan verilerle n katsayısının seviyeyle değişimini gösteren bir grafik oluşturmuştur (3) (Şekil 1). 1979 yılında D.W. Knight ve J.A. Macdonald laboratuvarında deneysel bir düzenek üzerinde yapay pürüzlülük malzemelerini eşit ve değişken aralıklarda yerleştirerek pürüzlülüğün değişkenliğini inceledi (7). 1983 yılında S.G. Wallis ve D.W. Knight North Wales'teki Conwy nehri üzerindeki 12 kesit aralığı için pürüzlülük katsayılarının derinlikle değişimini inceledi, ve derinlikle n 'in değiştiğini gözlemlediler (8). 1989 yılında Knight ve arkadaşları Montford'daki Severn nehri üzerindeki taşkın akımı için Manning n katsayısının derinlikle değişimini gösteren bir grafik önerdiler (10) (Şekil 2). 1994 yılında Mountain nehri üzerinden toplanan gerçek verilerle Manning pürüzlülüğünün derinlikle değişimi James C. Bathurst tarafından incelendi (5). 1995 yılında Ta Wei Soong ve ark. tarafından n 'in nehir seviyesiyle değişimi üzerine bir araştırma yapıldı (13).



Şekil 1. Manning n katsayısının derinlikle değişimi (3).

3. GELİŞTİRİLEN LABORATUVAR MODELİ VE YÖNTEM

Çalışmalar, laboratuvarında geliştirilen, 18 m. uzunluğunda deneysel bir düzenek üzerinde yapıldı. Deneysel düzenek, 0,4 m derinliğinde ve 0,398 m genişliğinde bir ana kanal ve 0,4073 m genişliğinde iki simetrik taşkın yatağından oluşan ve toplam 1,212 m genişliğinde iki seviyeli bir kanaldır (Şekil 3).

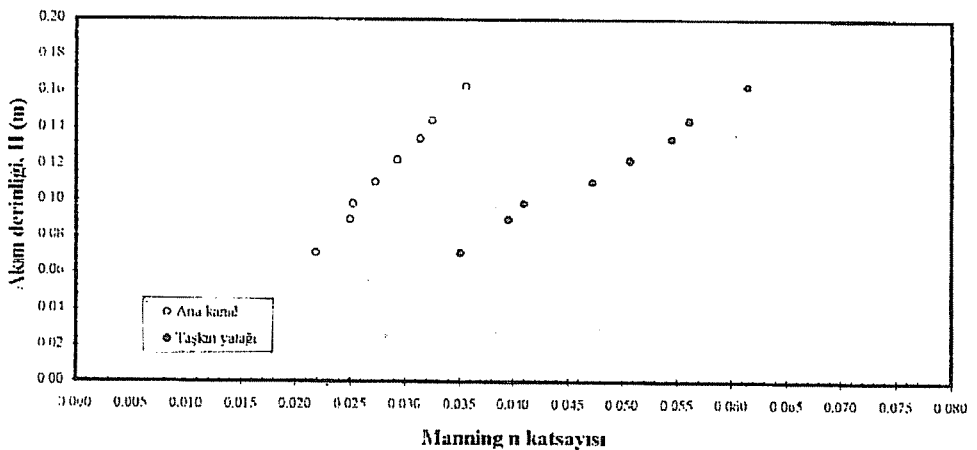
Ana kanal ve simetrik taşkın yatakları tabanları ve duvarları düzgün yüzeyli PVC malzemeden yapıldı. Deneysel düzenekte suyu mansap kısmındaki tanktan alıp memba kısmına boşaltan, yani devirdaim sistemine sahip olan iki pompanın yanında, yüksek

venturimetreler yardımı ile ölçüldü. Herbir deney için üniform akım, deneysel düzeneğin mansap tarafındaki 3 adet keskin kenarlı, ayarlanabilir, dikdörtgen savaklar yardımı ile elde edildi. Sadece ana kanal üzerindeki akım için tek bir savak ve taşkın durumunda ise diğer iki savak M_1 ve M_2 profili elde edebilmek için ayarlandı. Su yüzü profili eğiminin yatak eğimine (2.024×10^{-3}) eşit olduğu durumdaki su yüksekliği üniform akım yüksekliği olarak kabul edildi. Suyüzü profilleri, hassasiyet derecesi 0.1 mm olan, ayarlanabilir aletler ile (pointer gauges) ölçüldü.

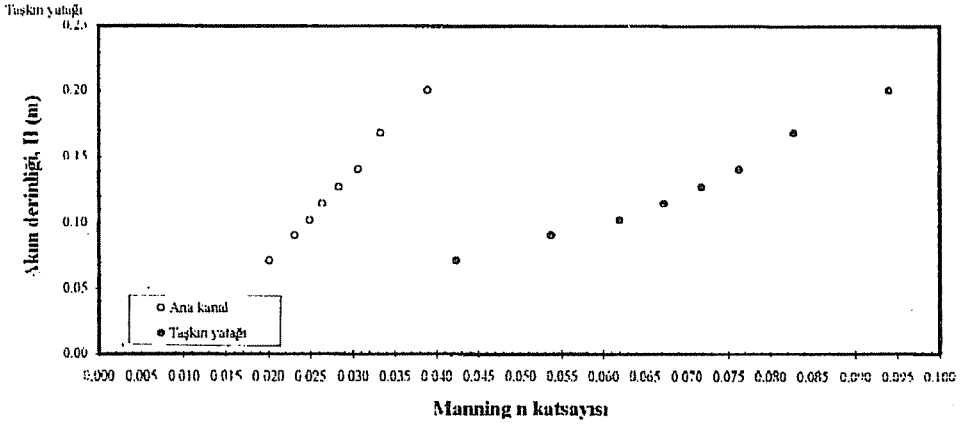
Açık kanallardakine benzer yapay pürüzlülüğü oluşturmak maksadıyla ızgara şeklinde tel örgüler kullanıldı (Şekil 3). Pürüzlülük malzeme aralığı λ üç farklı deney durumu için şu şekilde ayarlandı:

1. Ana kanal kısmına pürüzlülük malzemesi konulmadı, sağ ve sol taşkın yatakları için $\lambda=50$ cm olarak alındı. 9 farklı debi için deney yapıldı.
2. Ana kanal kısmı için $\lambda=200$ cm, sağ ve sol taşkın yatakları için $\lambda=50$ cm olarak alındı. 8 farklı debi için deney yapıldı.
3. Ana kanal kısmı için $\lambda=300$ cm, sağ ve sol taşkın yatakları için $\lambda=25$ cm olarak alındı. 8 farklı debi için deney yapıldı.

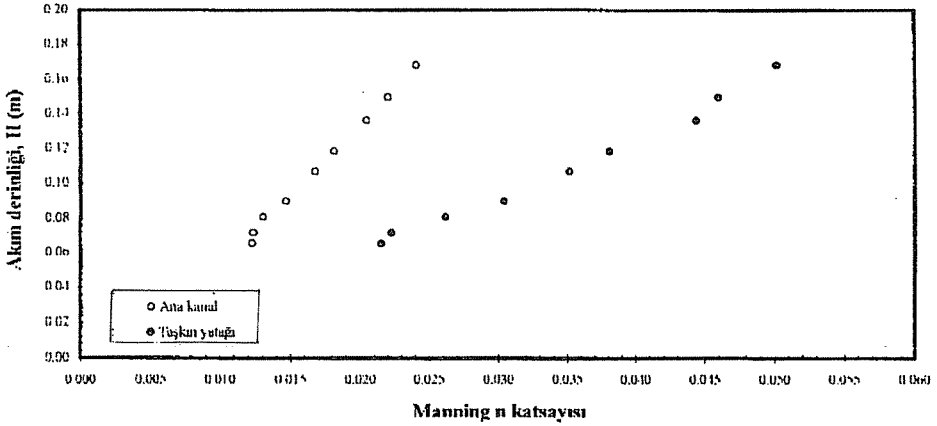
Her bir deney durumu için su hızı ölçümleri yatay doğrultuda her 2 cm'de bir ve düşey doğrultuda 0.4H yükseklikte (H = Kanal tabanından itibaren su yüksekliği), her defasında 10 saniyede bir beş okumanın ortalaması alınarak yapıldı. Daha sonra Manning formülü yardımıyla herbir derinliğe karşılık gelen n hesaplandı. Bu değerler Şekil 4, 5 ve 6'da görülmektedir.



Şekil 4. Manning n katsayısının derinlikle değişimi (taşkın yatağı için $\lambda=50$ cm, ana kanal için $\lambda=200$ cm)



Şekil 5. Manning n katsayısının derinlikle değişimi (taşkın yatağı için $\lambda=25$ cm, ana kanal için $\lambda=300$ cm)



Şekil 6. Manning n katsayısının derinlikle değişimi (taşkın yatağı için $\lambda=50$ cm, ana kanal için pürüzlülük malzemesi yok)

4. SONUÇLAR

1. Pürüzlülüğe sahip bileşik kanallar için derinlikle Manning pürüzlülük katsayısının önemli derecede arttığı gözlemlendi.
2. Deneysel olarak bulunan bu veriler bugüne kadar yapılan çalışmalarını desteklemektedir.
3. Yapılan bu deneylerin matematiksel model geliştirme çalışmalarına önemli bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Chow, V.T., *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill, New York, 1959.
2. Toebes, C., *Streamflow: Poly-Dimensional Treatment of Variable Factors Affecting the Velocity in Alluvial Streams and Rivers*, *Proceedings, Institution of Civil Engineers*, Vol. 4, No. 3, pt. III, pp. 900-938, London, December, 1955.
3. Lane, E.W., *Discussion on Slope Discharge Formulae for Alluvial Streams and Rivers*, by E. C. Schnackenberg, *Proceedings, New Zealand Institution of Engineers*, Vol. 37, pp. 435-438, Wellington, 1951.
4. Hagen, H.L., "Untersuchungen über die gleichförmige Bewegung des Wassers", Berlin, 1876.
5. Bathurst, J.C., "At-A-Site Mountain River Flow Resistance Variation", *Hydraulic Engineering '94 Conference Proceeding* pp. 682-686, 1994.
6. Meyers, J.S. and Schultz, E.A., *Panama Canal: The Sea-Level Project*, in a *Symposium : Tidal Currents*, *Transactions, ASCE*, Vol. 37, pp. 435-438, Wellington, 1951.
7. Knight, D.W. & Macdonald, J.A., *Hydraulic Resistance of Artificial Strip Roughness*, *Journal of the Hydraulics Division, ASCE* 105, HY6, 675-690, 1979a.
8. Knight, D.W. & Macdonald, J.A., *Open Channel Flow with Varying Bed Roughness*, *Journal of the Hydraulics Division, ASCE* 105, HY6, 1167-1183, 1979b.
9. Knight, D.W., *Some Field Measurements Concerned with the Behaviour of Resistance Coefficients in a Tidal Channel*, *Coastal and Shelf Science*, 303-322, *Estuarine*, 1981.
10. Knight, D.W., Shiono, K., and Pirt, J., "Prediction of Depth Mean Velocity and Discharge in Natural Rivers with Overbank Flow" *Proc. Int. Conf. On Hydraulic and Environmental Modelling of Coastal, Estuarine and River Waters*, (Ed. R. A. Falconer, P. Goodwin, R. G. S. Mathew), Gower Technical, University of Bradford, Paper 38, pp. 419-428, September, 1989.
11. Forchheimer, P., "Hydraulik" (*Hydraulics*), Teubner Verlagsgesellschaft, pp. 139-163, Leipzig and Berlin, 1930.
12. Wallis, S.G. and Knight, D.W. *Calibration Studies Concerning a One Dimensional Numerical Tidal Model with Particular Reference to Resistance Coefficients*, *Coastal and Shelf Science*, 541-562, *Estuarine*, 1984.
13. Soong, T.W., Depue, M., Anderson, D, and Xia, R., "The Changes of Manning's Roughness Coefficient with River Stages ", *Water Resources Engineering Conference Proceeding*, pp. 1759-1763, 1995.



**BİLEŞİK KANALLARDA SEDİMENT TAŞINIMININ
LABORATUVAR DENEYLERİYLE İNCELENMESİ****Serter ATABAY***School of Civil Engineering, The University of Birmingham, England / UK***Galip SEÇKİN ve Recep YURTAL***Ç.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye*

ÖZET : *Bu çalışmada, bileşik kanallardaki sediment taşınım miktarını araştırmak için tasarlanan fiziksel bir model üzerinde yapılan deney sonuçları sunulmaktadır. Yatak formlarındaki boyut ve zamana bağlı değişimler, ortalama yatak yükü taşınım miktarını önemli ölçüde etkilemektedir. Aynı zamanda simetrik ve asimetrik kesitli bileşik kanallar üzerinde yapılan deneylerle de kanal geometrisinin yatak yükü taşınım miktarına etkisi araştırılmaktadır.*

**AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SEDIMENT TRANSPORT
IN COMPOUND CHANNELS**

ABSTRACT : *In this study, the results of experiments which were conducted to investigate sediment transport rate in compound channels over a physical model are presented. Temporal and spatial variations in the bed forms affect significantly the mean bed load transport rate. In addition to this, the effect of channel geometry to the bed load transport rate is also investigated by the experiments conducted over asymmetric and symmetric compound channel models.*

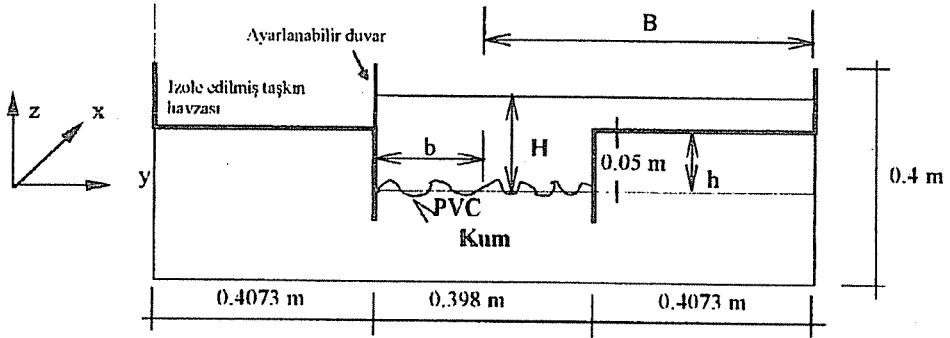
1. GİRİŞ

Dünyada yapıldıktan bir yıl sonra kret seviyesine kadar sedimentle dolan barajlar vardır (10). Bu da göstermektedir ki sediment taşınım miktarının yapıya başlamadan önce tahmini son derece önemlidir. Bundan dolayı konu güncelliğini korumaktadır. Ana kanalda meydana gelen sediment taşınımı üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır. Fakat taşkın yataklarını da kapsayan çalışmalar oldukça azdır. Nehir taşkın hidroliği, mekanizması ve bu konudaki araştırmalar Knight ve Shiono (6) tarafından kısaca özetlenmiştir. Bileşik kanallardaki sediment yükü-debi ve seviye-debi arasındaki ilişkileri hesaplamak için kullanılan yöntemler genellikle tek boyutlu yaklaşımlara dayanmaktadır. Taşkın yatağı akımının etkisi ve sediment taşınım miktarının tesbiti için birçok matematiksel model geliştirilmiştir. The Coherence Method (1), Single Channel Method, The Lateral Division Method (LDM) ve Shiono and Knight (1) Method (SKM) yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yöntem ikincil akıma ilaveten taşkın havzaları ve ana kanal arasındaki etkileşimi, enine doğrultu boyunca gerilme ve yatak türbülansını hesaba katmaktadır (6,7). Bu makalede özetlenen çalışma üniform yatak malzemesi kullanarak değişik kanal geometrisine sahip (simetrik ve asimetric) kanallar üzerindeki ana kanal ve taşkın yatağı arasındaki etkileşimi (momentum transferi) ve bunun sediment yatak formları taşınım miktarı etkisi üzerine yoğunlaşmıştır.

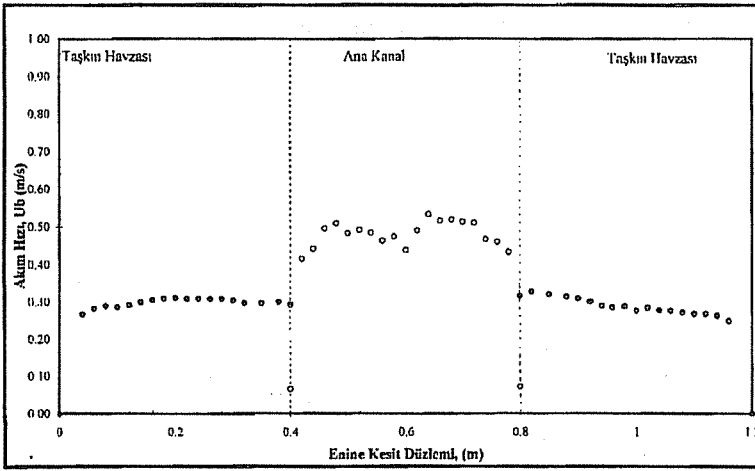
2. DENEYSEL YÖNTEMLER

Çalışmalar Birmingham Üniversitesi laboratuvarlarında 18 m. uzunluğunda deneysel bir düzenek üzerinde yapıldı. Deneysel düzenek 0.4 m derinliğinde ve 0.398 m genişliğinde bir ana kanal ve 0.4073 m genişliğinde iki simetrik taşkın yatağından oluşan toplam 1.212 m genişliğinde iki seviyeli bir kanaldır (Şekil 1). Ana kanal kesitinde üniform boyutlu 0.80 mm çapa sahip (d_{35}) kum malzeme kullanıldı. Taşkın yatakları düzgün yüzeyli PVC malzemeden yapıldı. Hız ölçümleri, minyatür hız ölçücü alet kullanılarak, (Novar Nixon miniature current meter) kanal tabanından itibaren yerel su derinliğinin 0.4 katı yükseklikte yapıldı ve tipik datalar elde edildi (Şekil 2). Pürüzsüz ıslak çeper elemanlarının (taşkın yatağı) üzerindeki yerel sınır kayma gerilmeleri, 4.75 mm çaplı Preston tübü yardımıyla taşkın yatakları üzerinde 20 mm aralıklarla, yan duvarlar üzerinde ise 10 mm aralıklarla ölçüldü.

Sediment taşınım miktarları hem akım ana kanallar içinde iken hem de ana kanalı aşır taşkın durumuna geçtiği durumlarda ölçüldü. Sediment taşınım miktarları, devirdaim sistemi yardımı ile menba kısmında ortalama her 15 dakikada bir ölçüldü. Akım taşkın durumuna geçtiği anda taşkın yatakları üzerinde daha yavaş hareket eden su, ana kanal üzerinde daha hızlı hareket eden ve ikisi arasında bir gerilme sınırı oluşturan su tarafından geciktirildi. Ana kanaldaki toplam akımın bir parçası olarak değişen 0.40 m. genişliğindeki ana kanal sediment yatağının direnci bundan dolayı değişti ve farklı



Şekil 1. Deneylerin uygulandığı bileşik kanal kesiti.

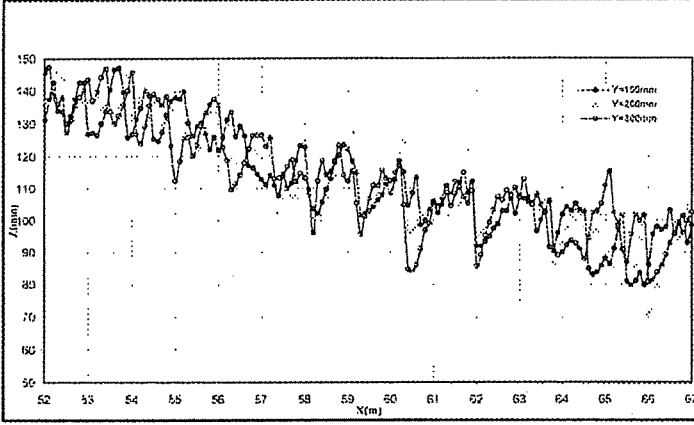


Şekil 2. Yatay düzlem boyunca akım hızı dağılımı (Debi=15 l/s).

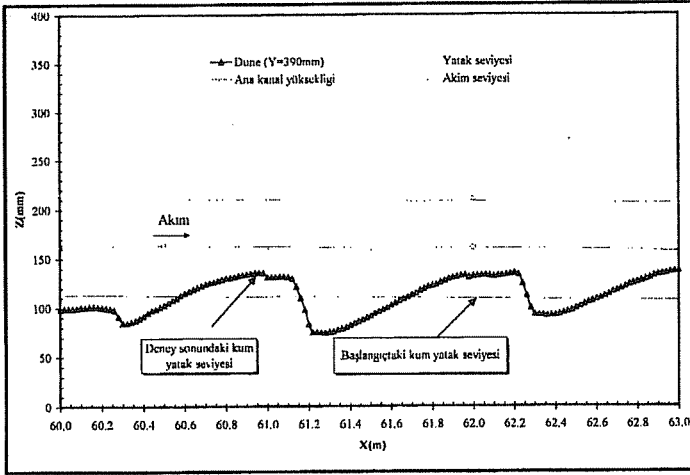
büyükükte yatak formları oluştu. Her deneyin sonunda yatak formu istatistikleri elde etmek amacıyla otomatik yatak profili belirleyici bir alet ile (bed profiler) yatak profilleri elde edildi. Boyuna doğrultuda tipik yatak formları gösterilmektedir (Şekil 3 ve Şekil 4). Yatak formlarından dolayı sediment yükü önemli oranda değişti. Bu çalışmada aynı zamanda taşkın yataklarından biri ana kanaldan izole edilerek asimetrik bileşik kanal üzerinde de çalışmalar yapılmıştır. Deneyde kullanılan araçlar ve yöntemler hakkında daha detaylı bilgiler Ayyoubzadeh (3) çalışmalarından bulunabilir.

3. DENEYSEL BULGULAR

Şekil 2'de gösterilen hız dağılımı oldukça yüksek gerilmeli bir akıma işaret eden bileşik kanal kesitlerindeki hız dağılımıdır. Ana kanaldaki profillerin değişimi oradaki yatak formlarına asimptotiktir. Zamanla oluşan değişimler sadece yatak yükü miktarında değil, aynı zamanda su yüzü eğiminde de oluşmaktadır. İlk olarak mansap



Şekil 3. Kanal boyunca tipik yatak formu (Debi=15 l/s).



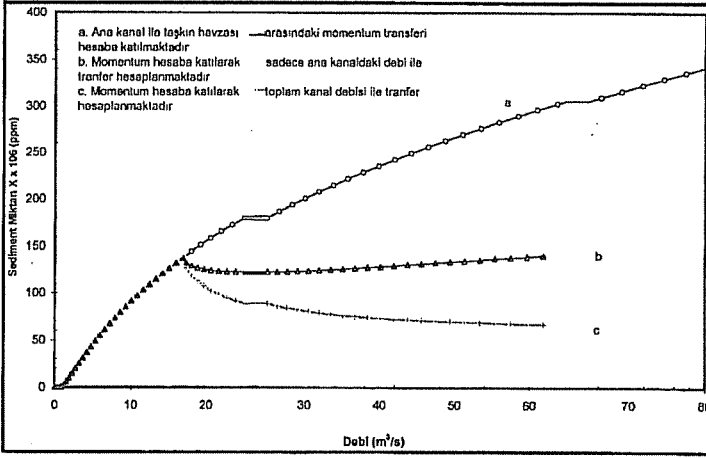
Şekil 4. Akımın taşkın olduğu durumdaki detaylı tipik yatak formu (Debi=27 l/s).

kısımındaki kapaklar yardımı ile kararlı üniform akım elde etmek sonra da her bir debideki ortalama sediment konsantrasyonunun hesaplanmasında tam bir değer elde etmek için yeterli miktarda ölçümler yapıldı.

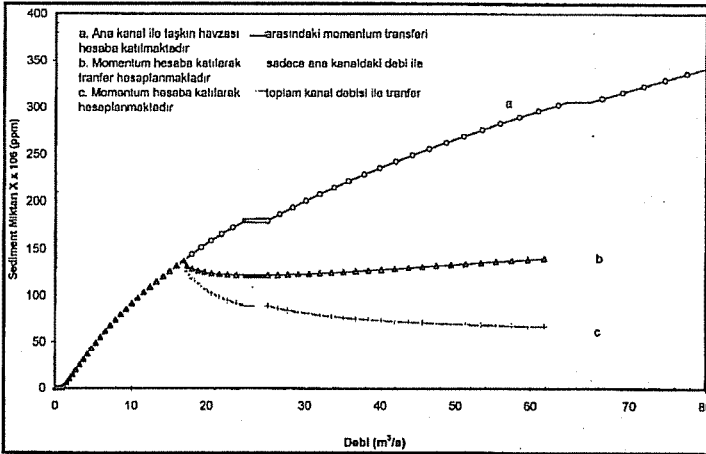
Ana kanal yatağı üzerinde ortalama sınır gerilmesi değerini elde etmek için sınır gerilmesi ölçümleri deneyler boyunca rijit ıslak çevre kesitlerinde yapıldı. Bu veriler hız verileriyle birlikte bölgesel ve yerel direnç katsayılarını elde etmek için kullanıldı (2,5). Boyuna doğrultuda yatak profilleri ortalama yatak eğimlerinin tüm sedimentin doğru bir şekilde devirdaim edilmesi için oluşturulan denge şartlarını gösteren rijit taşkın yatağı eğimleriyle uyum içinde olduğundan emin olmak için analiz edildi. Brown (4) bu çalışmaların paralelindeki aynı çalışmayı çok daha büyük boyutlu bileşik kanal üzerinde çalıştı.

4. TARTIŞMA

Deneylerin yapıldığı laboratuvardaki mevcut imkanlar bileşik kanallardaki hem seviye-debi hem de sediment yükü-debi bağıntıları üzerine kaliteli ve hassas veri elde etmeyi mümkün kılmıştır. Taşkın yatağı akımının etkisi ve sediment taşınım miktarının tesbiti için geliştirilen yöntemlerde bazı akım rejimleri ve deneyler için sediment taşınım oranının tahmininde bazı problemlerle karşılaşıldı. Şekil 5, Ackers'in (1993) Coherence metoduna dayanan kum yataklı bir bileşik kanal için sediment konsantrasyonu sonuçlarını, Şekil 6 ise asimetrik ve simetrik bileşik kanalda elde edilmiş tüm deneysel sonuçları göstermektedir. a eğrisi ana kanal akım eğrisini

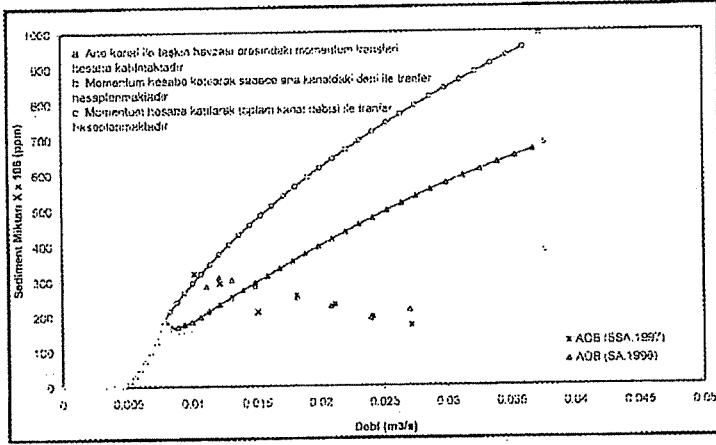


Şekil 5. Ackers & White sediment taşınım kanununu kullanarak 0.25 mm çaplı kuma sahip yapay bir nehirdeki sediment taşınımı.



Şekil 6. Asimetrik ve simetrik bileşik kanallar için sediment taşınım miktarı-debi ilişkisinin karşılaştırılması.

uzatmakta ve ana kanal ile taşkın yatakları arasında hiçbir etkileşime izin vermemektedir. Oysa b ve c eğrisi taşkın yatağı akımıyla etkileşimi içermektedirler. Bir başka deyişle b ve c eğrisi ana kanal ile taşkın yatağındaki momentum transferi etkisini göz önüne almaktadır. Bu çalışmada asimetrik bileşik kanalda elde edilen deneysel sonuçlar, Ackers'in matematiksel modeli COH ile karşılaştırıldı. Bu karşılaştırma sonucunda bu yöntemin deneysel sonuçlara tam anlamı ile cevap veremediği görüldü (Şekil 7). Bunun sebebi ise Ackers tarafından yayınlanan (1) orijinal örnekte ana kanal Manning pürüzlülük katsayısı n sabit tutulmuştur. Fakat hareketli akarsu yataklarında Manning pürüzlülük katsayısı n akım derinliğine bağlı olarak değişmekte olup sabit değildir. Bu sebepten bileşik kanallarda bölgesel sürtünme katsayıları önemli bir rol oynamakta olup hesaplanması zordur. Bileşik kanallardaki sürtünme katsayıları Myers ve arkadaşları (8,9) tarafından daha detaylı bir şekilde incelenmektedir.



Şekil 7. Asimetrik bileşik kanal için COH metodunu kullanarak sediment konsantrasyonunun bulunması.

5. SONUÇLAR

1. 1970'ten önce çok sayıda açık kanal çalışmaları ana kanal akımı üzerinde yoğunlaşmıştı. Bundan dolayı taşkın yataklarını da gözönünde bulunduran taşkın akımlarıyla ilgili bu yeni veriler oldukça önemlidir.

2. Bileşik kanallarda sedimentle üniform akım oluşturmak mümkündür. Bununla birlikte denge şartlarını oluşturmak için kullanılan zaman oldukça uzun olabilir.

3. Bileşik kanallardaki yatak formları üzerindeki yatak yükü miktarında dikkate değer derecede zamana bağlı değişimler oluşmaktadır.

4. Bileşik kanallardaki sediment taşınımını içeren çok az deney vardır. Geniş laboratuvar çalışmalarından elde edilen bu verilerin nümerik metodlar geliştirmeye çalışan araştırmacılar için faydalı olacağı açıktır.

5. Coherence metodun karmaşık hidrolik akım mekanizmalarını da hesaba katan bileşik kanallardaki sediment taşınım oranının tahmininde yapmış olduğu yaklaşımlar geleceğe yönelik umutları artırmaktadır.

6. KAYNAKLAR

1. Ackers,P., "*Sediment Transport in Open Channels: Ackers and White Update*", *Proc. Instn. Civ. Engrs Wat., Marit. & Energy*, 101, pp. 247-249, Water Board, Technical Note 619, December, 1993.
2. Atabay,S., Knight,D.W., *Stage Discharge and Resistance Relationships for Laboratory Alluvial Channels with Overbank Flow*, *Proc. Seventh International Symposium on River Sedimentation*, [Eds. A. W. Jayawardena,J.H.W. Lee & Z. Y. Wang] Hong Kong, December 1998, pp 223-229, Balkema, 1999.
3. Ayyoubzadeh,S.A., "*Hydraulic Aspects of Straight-Compound Channel Flow & Bed Load Sediment Transport*", PhD Thesis, University of Birmingham, April, 1997.
4. Brown,F.A., "*Sediment Transport in River Channels at High Stage*", PhD Thesis, The University of Birmingham, England, UK, 1997.
5. Knight,D.W., Brown,F.A., Ayyoubzadeh,S.A., Atabay,S., *Sediment Transport in River Models with Overbank Flow*, *Proc. Seventh International Symposium on River Sedimentation*, [Eds. A.W.Jayawardena, J.H.W.Lee & Z.Y.Wang] Hong Kong, December 1998, pp 223-229, Balkema, 1999.
6. Knight,D.W., and Shiono,K., "*River Channel and Floodplain Hydraulics*", Chapter 5, *Floodplain Processes*. Edited by Malcom G. Anderson, Des E. Walling and Paul D. Bates, John Wiley & Sons Ltd., pp.139-181, 1996.
7. Knight,D.W., and Abril,J. B., "*Refined Calibration of A Depth-Averaged Model for Turbulent Flow in A Compound Channel*", *Proc. Instn Civ. Engrs Wat., Marit. & Energy*, No. 118, pp. 151-159, September 1996.
8. Myers,W.R.C., "*Physical Modelling of A Compound Channel*", *International Conference on River Flood Hydraulics (Edited by White, W.R.)*, Hydraulic Research Ltd., J.Wiley & Sons, pp. 381-390, September 1990.
9. Myers,W.R.C., Cassells,J., Knight,D.W., Brown,F.A., *Resistance Coefficients for Inbank and Overbank Flows*, *Proc. Instn Civ. Engrs Wat., Marit. & Energy Division*, No 136, pp 105-115, June 1999.
10. Şentürk,F., "*Hydraulics of Dams and Reservoirs*", Water Resources Publications, Colorado, USA, 1994.

KONUT ÇEVRESİ KALİTE ARAYIŞLARINDA STANDARTLAR

Serpil ÇERÇİ

Ç.Ü. Mimarlık Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET : Yaşam çevrelerinde nesnel kalite yanısıra öznel kalite de istenmektedir. Bu yöndeki çalışmalar optimum kaliteyi elde etme yönünde gelişmektedir. İyi bir çevre tasarımı ve üretiminde, çevresel kalite faktörleri yanısıra, kullanıcı istekleri ve gereksinimlerinin de bilinmesi gerekmektedir. Yaşam kalite seviyesi insanların sosyal ve psikolojik yapısını belirler. Günümüzde, konut yakın çevrelerinde yaşam kalite ve standartlarının ne durumda olduğu çok fazla önemsenmemektedir. Ülkemizde sadece toplu konutlarda iyi uygulamaların ve kontrolün olduğu bilinmekte olup konut çevrelerinde yaşam standartlarının ve normlarının geliştirilmesi gerekli görülmektedir.

THE STANDARTS AT SEARCHING QUALITY FOR DOMICILE ENVIRONMENT

ABSTRACT : It's wanted that objective quality also subjective quality at living environments. The studies in this direction are developing by the side of getting optimum quality. It's necessary to know that; the users requests and necessities also for well environmental design and production. The level of living quality determines the human beings social and phycologic structure. Nowadays it's not considered the importance of living quality and standarts for domicile environments. It's known that well applications are present only in housing estates in our country, so it's necessary to develop the standarts and norms at quality for domicile environments.

1. GİRİŞ

1950'li yıllardan bu yana ülkemizde, hızlı nüfus artışı ve insanların yatırım amaçlı konut isteklerinin geçerli hale gelmesi vb. nedenler sonucu, sunulan konut modellerinin yetersiz ve sağlıksız çevreler yarattığı bilinen bir gerçektir. İnsanların barınma gibi temel fizyolojik gereksinimlerini somut olarak karşılayan ve yaşam kalitesinin belirleyici faktörü olan konut ve çevresi, sosyalleşme, statü oluşturma gibi soyut gereksinimlere de yanıt veren bir olgudur. Bu nedenle konut ve çevreleri kültürel ilişkileri ve kentlerin gelişimini oluşturduğundan nicelik kadar niteliğe de önem verilmesi gerekmektedir.

Çevrenin insan üzerindeki etkisinin incelendiği araştırmalarda, ortamların insan kişiliğinin gelişimine etkileri, onların gereksinme ve beklentilerinin karşılanmasını zorunlu kılmakta, dolayısıyla çevresel kalitenin görsel ve işlevsel olarak artırılmasını gerekli kılmaktadır. Bu açıdan, iç mekanın devamı, tamamlayıcısı niteliğini taşıyan dış mekanlar bireylerin sosyal kültürel ilişkilerini de kuran ve düzenleyen bir özelliğe sahiptir. Örneğin, iç ve dış mekansal süreklilik, mekansal zenginlik ve kullanım açısından zemin kat düzenlemeleri, konut girişleri, çevre binalar ve estetik öğeler konut çevrelerinde sözü edilen düzenleyici öğelerdir.

Bireyler arası iletişimin sağlanması, ortak gereksinimlere yanıt verebilmesi, teknik ve görsel açıdan kent içinde olumlu bir yer edinebilmesi v.b. yönlerden konut çevreleri, insanları geleceğe hazırlayan, kültürünü, duygularını, sosyal ve ekonomik yapısını oluşturan ve yansıtan bir karakter taşımaktadır. Doğal olarak konut ve çevrelerinde etkinlik ve karakter değişkenliğine göre, kalitenin değişkenliği ya da sürekliliği söz konusu olmaktadır.

Bu çalışma kapsamında çevresel kalitenin dolayısı ile yaşam kalitesinin oluşumunu etkileyen olumlu/olumsuz faktörler ele alınarak; kalitenin sağlanmasında standartların öneminden söz edilecektir.

2. YAŞAM KALİTESİ - ÇEVRESEL KALİTE

İnsanların yaşadıkları mekanda yaşam kalitesinin artırılması için,

- Birtakım gereksinmelerinin karşılanmış olması,
- Konut mekanlarının bireyselleştirilmesi,
- Konut alanlarında kullanıcıların istek ve gereksinmelerine göre esnek düzenlenmesi,
- Sosyal ortam, doğal öğelere erişilebilirlik v.b.

olanaklarının tasarım aşamasında ele alınmış olması gerekmektedir.

Konut çevrelerinde, bu tür insan gereksinmelerinin karşılandığı, güvenli, huzurlu, sosyal, çevresel ve estetik olanakların sunulduğu sağlıklı bir yaşam çevresinin yaratılması için bina, yapı adası, konut alanı ve daha üst ölçeklere uzanan çok boyutlu ve çeşitli sorunların tanımlanması gerekmektedir. Oysa, kullanıcıların gelecekteki yaşam konforunu belirleyen kararların kullanıcı dışındaki kişilerce verilmesi nedeni

ile, kullanıcı hoşnutsuzluğunu ortadan kaldırmak için, kullanıcı görüşlerinin alınması gerekmektedir. Bu bağlamda kalite kavramının anlamsal içeriğini de oluşturan kullanıcı karar ve istekleri önem taşımakta, dolayısı ile, mekanda kaliteyi saptamak için kullanıcı etkeninin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, konu ile ilgili yapılan araştırmalarda mekanda yaşam kalitesi kavramının oluşturulmasında, nesnel olarak fiziksel çevre standartlarının ölçümü yanısıra, hoşnutsuluk düzeyini belirleyen öznel değerlendirmelerin de göz önüne alınması gerektiği savunulmaktadır. Kalite kavramının "kullanıcının belirli ihtiyaçları için en uygun olan" (3) şeklinde tanımlanması ise, bu görüşü desteklemektedir.

Kalite, fonksiyonellik, güvenlik, dayanıklılık, güvenilirlik, estetik özellikler v.b. paradigmaları bağlamında,

- Standart ve spesifikasyonlara uygunluk,
- Kullanıma uygunluk,
- Kullanıcı istek, ihtiyaç ve beklentilerinin tatmin edilmesi,

içeriklerini taşıması gerekmektedir (7).

Bu konu ile ilgili ve duyarlı kişi, kuruluş ve yönetsel birimler, farklı model arayışları, toplumsal beklentiler, yaşam kalitesi v.b. gibi olguları tartışarak, özellikle yeni kurulan yerleşim alanlarının bu değerlere ne ölçüde yanıt verebildiği konusuna çözüm aramalıdır. Bu anlamda son yılların önemli bir çözüm arayışı olarak kabul edilen Habitat II gündemi ile, yerleşimlerde, konut çevrelerinde insan onuruna yaraşır yaşam sürmenin yolları, yöntemleri tartışılmış, özelemler ve öneriler sunulmuştur.

Habitat II Türkiye Ulusal Rapor ve Eylem Planında 28 adet öncelikli konularından olan çevresel kalitenin artırılmasına yönelik, "birlikte çalışarak kaliteli yapı ve kaliteli çevrenin tanımına ve bunlara ilişkin performans ölçütlerine açıklık kazandırılması, bu konuda ilgili yapı malzemesi, yapı, tasarım ve planlamaya ilişkin standartlar ve yönetmeliklerde değişiklik yapılması, yenilerinin çıkarılması, TSE standartlarının ve yönetmeliklerinin uygulanmasının sağlanması" (12) maddesi, konu ile ilgili meslek odaları ve sivil toplum örgütlerinin duyarlı olması gerektiği önemli bir maddedir.

3. ÇEVRESEL KALİTE İÇİN YAPILMASI GEREKENLER

Bilimsel çalışmalarla ortaya çıkan ölçütler baz alınarak,

- İnsan - çevre ilişkilerinden elde edilecek verilerin, tasarım ve uygulamada yaşamsal değerini ortaya koymak,
- Nüfus alan ve yapı ilişkileri, fiziksel çevre ve bireylerin gereksinimleri ile yönetmelik, standart ve şartnameler geliştirmek,
- Denetimdeki boşlukların giderilmesi için, mevzuatların yeniden düzenlenmesini sağlamak,
- Yapı üretiminde rol alan kişiler arasında iletişimin artırılmasına olanak vermek,
- Toplumun tüm kesimlerinin katılımı için yeterli bilinç düzeyine ulaşmak

gerekmektedir.

Yapı üretim sürecinde ise (2), yapının genel kalitesinin oluşmasında etkili olan;

- Planlamanın başarısı, verimi,
- Malzeme koşulları (seçim, kontrol v.b.)
- İnşaataın yapılması (bileşenlerin kontrolü, personel v.b.),

gibi işlemlerin kalitesine önem vermek gerekmektedir.

Ayrıca binanın üretim aşamasında ortaya çıkan sorunların;

- Dikkat, yetenek ve teknik bilgi eksikliği,
- Organizasyon yetersizliği,
- Tamamlanan işlerin korunma yetersizliği,
- İşçi, usta, teknisyenlere bağlı olan eksiklikler olduğu (6) ve bunların kaliteyi

olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır. Bunlara ek olarak,

- Çevresel faktörler,
- Kullanıcı ve mal sahibi isteklerinin binayı üreten yüklenicilere etkisi v.b. benzer

faktörler de kaliteyi etkilemektedirler.

4. STANDARTLAR VE ÖNEMİ

Üreticiler ve kullanıcılar için yapıda kalite parametrelerinin sağlanmasında çevresel faktörler çok büyük önem taşımakta olup, kullanıcılardan gelen isteklere göre belirlenmiş, düzenlenmiş şartnameler veya standartlar yoluyla gerçekleşmektedir. Son yıllarda,

- Kaliteli bir fiziksel çevrenin insan davranışları üzerindeki öneminin anlaşılması ;
- Global düzeyde sıklıkla ele alınan enerji, ekoloji ve çevre duyarlı yaklaşımlar ve arayışların sürdürülmesi, v.b. sorunlara çözüm getirebilmesi açısından sevindiricidir. Günümüzde bu arayışların bir sonucu olarak ortaya çıkan ve Uluslararası Standardizasyon Örgütü tarafından geliştirilen ISO-9000 standartları, üretim kalitesinin simgesi olarak kabul edilmektedir.

Bu standartların amacı koşullara uygun kalite güven sistemi kurmak isteyen kuruluşlara temel oluşturabilecek bir model sağlamaktır. Ancak, ISO ve benzeri olan diğer standartlar, daha çok madde ve ürüne yönelik standartlar olup, günümüzdeki konut ve çevresi ile ilgili olarak kişilerin yaşam kalitesini artıracak anlamda geliştirilmemiştir. Bunun önemli nedeni, çevresel kaliteyi sağlama kriterlerinin çok boyutlu olması nedeni ile, standartların oluşturulması ve yaşama geçirilmesinin çok uzun bir zaman içinde gerçekleştirilebilmesi ve özümlelenebilmesidir.

Son yıllarda, yapı açığı büyük olan ülkelerde, yapıda kalite ile ilgili hedefin, gereksinmelerin nicel olarak karşılanması yanısıra, optimum düzeyde toplam kaliteyi elde etmek yönündedir. Kullanıcının istek ve gereksinmelerini tümüyle karşılayan kalite düzeyine ulaşmak ve bu kalite düzeyinin güvenli ve kontrollü bir şekilde korunmasını sağlamak için "toplam kalite yönetimi / kontrolü" denilen sistem

geliştirilerek, kaliteyi güvence altına alma uğraşları vardır.

Ülkemizde de, kalite güvence sistemlerinin kurulmasına yönelik bazı standartlar oluşturulmuştur. 132. Sayılı Türk Standartları Enstitüsü Kuruluş Kanunu'nun ikinci maddesine eklenen 3205 sayılı ve 1985 tarihli yasa ile "standartlara uygun kalite ve üretim..." ifadesi ile kalite ve standart kelimeleri birbirine yaklaştırılmıştır.

Standart en geniş anlamı ile, benzerleri için bir örnek olması ve kabul edilmiş "kavram, süreç, nesne" olarak tanımlanmakta, belirli ölçülere, yasaya, kullanıma uygun olan, örnek yada temel olarak alınabilen bir kavram olarak kabul edilmektedir (1).

Araştırmacılara göre, konut çevresi oluşumunu etkileyen standartların tümü, "konut standartları" olarak tanımlandığında, bu standartlar;

- Toplumsal hizmetlere yakınlık,
- Kentle işlevsel bağlantı,
- Açık alan ve bahçe gereksinimi,
- Emniyet, temizlik v.b. gibi, konut dışında kalan çevrenin konforuna yönelik standartlardır. Yukarıda sözü edilen ve henüz gelişim aşamasında olan ürüne yönelik standartların konut çevrelerinde boyutsal, fonksiyonel, süreç ve konforsal haline dönüştürülebilmesi için içeriğinin, türlerinin çok iyi anlaşılması, gelecekte oluşabilecek konut ve çevresi standartlarını daha kolay kavramamız için gereklidir.

Günümüzde, çevresel kaliteyi olumlu yönde etkileyebilecek anlamda kuruluşların uyması gereken bazı standartlar ve direktifler geliştirilmiştir. Örneğin, Avrupa Topluluğunda kamu ihalelerinde inşaat malzemeleri imalatçılarında aranan şartlar arasında ISO 9000 önemli bir yere sahiptir. İnşaat malzemelerine ait, kanun, tüzük ve yönetsel tedbirlerle ilgili olarak oluşturulan ve üye ülkelerin, inşaat malzemeleri ile ilgili mevzuatlarının emniyet, sağlık gerekleri yönünden uyumlu hale getirilmesinin hedeflendiği "inşaat malzemeleri direktifi" yaşam kalite standartlarını artırma yönünde önemli atılımlardır.

Çevre korumaya yönelik, geleceğin çevresel standardı olarak görülen ISO - 14000 standartları, ekonomik, sosyal, fiziki plan ve programların tümünü; birimsel, bölgesel ve ülkesel olarak uygulanabilirliğini içeren ve çevre yönetimini ön plan çıkaran anlayışla, ekonomik kararlar, ekolojik kararların bir arada düşünülmesini esas almaktadır. Bu standartlar, çevreyle ilgili sorun ve çalışmalara pratik bir yön kazandıracak nitelikte olup, kullanıcıların gereksinimlerine daha iyi yanıt vereceği düşünülmektedir. Günlük yaşantımızın her bölümüne girmesine olanak sağlayacak çevre koruma standardı, uyum, uygulama ve devamlılık gerektirdiğinden "yaşam boyu değerlendirme" olarak da anılmaktadır (8).

Ülkemizde kaliteli üretim konusunda önemli bir yeri olan TSE üstte sözü edilen standartları, DIS (Draft International Standarts) halinde yayımlayarak uyum sağlama sürecini başlatmıştır (10).

Avrupa Birliğinin çevre ile ilgili tüm mevzuatlarını karşılaştırmalı olarak inceleyen

ülkemiz, AB ve Gümrük Birliği'ne uyum için çevre mevzuatında yapılacak değişiklikleri belirlemiştir. Ancak, bu mevzuatlar Çevresel Etki Değerlendirmesi, şehircilik ve diğer disiplinlerle ilgili olmakta konut yakın çevresi ölçeğine inmemektedir.

En az iç mekan kadar kullanım kalitesi gerektiren konut çevrelerinde iç ve dış mekanın bütünleşmesi bir anlamda konutta yaşayanların sosyal yaşamını da etkilemesi açısından "ideal bir konut çevresi" oluşturabilir. Bu nedenle konut çevrelerinin yaşanır kılınması ve bu yaşanırılık sürekliliğinin sağlanması için konut dışı alan kullanımlarında geliştirilebilecek norm ve standartlar,

- Alan kullanımı (yaya, taşıt vs. yolu, otopark, oyun, spor, eğlence, dinlenme) ,
- Açık mekan oluşumu,
- Sosyal ilişki düzenleme birimleri (kent mobilya ve obj.),
- Yeşilin kullanımı,
- Bina kompozisyonu (çeşitlilik, estetik),
- Konut çevresi, kent ilişkisi ve imaj,
- Malzeme seçimi ve kullanımı v.b. konusunda yapılabilecek bazı düzenlemelere göre oluşturulmalıdır.

Konut standartlarının kabul ve geçerliliğinde belirleyici kesim;

• Devlet : Kalite hedeflerini gerçekleştirecek kaynak, enerji, işgücünü oluşturacak ekonomik olanakları sağlar.

• Yetkili otoriteler : Mimarlar, şehir plancıları, eğitimciler, devlete ait veya özel çeşitli kurumlar (DPT, TÜBİTAK v.b) yeni güncel araştırmalarla konut standartlarını belirleyici ve yönlendiricidirler.

• Yapımcı ve üreticiler : Malzeme-yapı elemanı veya yapı sistemi, toplu konut üreten firmalar ürün tipi ve kalitesini yönlendirirler

• Tüketici ve kullanıcılar : Tüketicinin toplumsal özellikleri, sosyolojik, psikolojik, ekonomik durumu, alım gücü, statü, yatırım rantı, teknoloji gibi nedenlerden dolayı yakından ilgilenmektedir.

Konut standartlarında kararları etkileyen sınırlamalar ise, hiyerarşik sıra ile, kanunlar, karamameler, tüzükler, yönetmelikler, şartnameler ve standartlardır. Bu nedenle Çubuk'un da ifade ettiği gibi sorunlara bütüncül yaklaşarak politikalar ve stratejilerin saptanması gerekliliği vardır. Ayrıca konut üretimi ve yerleşmeleri birlikte ele alan bir yaklaşımla ülkesel ölçekte planlanması ile çözümlenebilmesinde devletin yaptırım gücü ve denetiminin zorunluluğu olmakta, ülkemizde ise böyle bir uygulama yaptırım ve denetimle ilgili yasal düzenlemelerin toplu konut alanları dışındaki alanlar için henüz getirilemediği vurgulanmaktadır (5). Dış mekan standartlarına ait yeterince kaynak olmaması, buna önemli neden olarak gösterilebilir.

Toplu konutlar için çıkarılan yasalarda, konut ve yerleşme ilişkilerinin kurulması, konutun çevresi ile birlikte ele alınarak çevre kalitesinin yaratılması mümkün

olmaktadır. Ülkemize önemli katkıları olan ve devlet tarafından desteklenen Emlak Kredi Bankası, Toplu Konut İdaresi gibi kuruluşlar, konut grubu, sosyal ve teknik alt yapı, dış mekan düzeni ve donatıları oluşturma konusunda özen göstermektedirler.

Toplu konut alanları için geliştirilen yaptırımlar konut çevreleri için oluşturulan norm ve standartlara yol gösterici niteliktedir. Örneğin,

- Konut - yerleşme ilişkisi ve vaziyet planı ile ilgili tanımlamalar,
- Yaşanır çevreler için, bakım-onarım-işletme ve yönetim hizmetleri ile ilgili yöntemler,
- Sosyal tesisin, konut kullanıcılarının sosyal yaşamının sürekliliğinin sağlanması için gerekli eğitim, spor, sağlık tesisleri, yeşil alan, çocuk parkı ve benzeri yaptırımlar (imar), çevre kalitesinin yaratılması ve konutun çevresinden bağımsız düşünülmebileceği anlayışını yerleştirebilirler.

Sözü edilen bu yaptırımlar,

- Yeni tasarlanacak konut alanları için,
- Mevcut konut alanlarındaki sıhhileştirme-yenileştirme şeklinde iki farklı düzeyde ele alınması gerekmektedir.

5. ADANA KENTİNDE ÇEVRE KALİTESİ

Ülkemizde konut çevrelerinde yaşam kalite ve standartlarını geliştirme konusunda bir çaba gösterilmemektedir. Oysa bu standartlar amaçlanan bir yaşam kalitesinin alt sınırını koyması ile birlikte yaşam kalitesinin biçimini ya da çok gelişmişlik kavramlarını tanımlaması açısından önem taşımaktadır (11). Çevremizdeki yapılaşmalara içerik olarak bakıldığında, daha çok konutun inşa biçimine, büyüklüğüne, iç dekorasyonda kullanılan malzeme ve mobilya çeşitliliğine önem verilmekte olduğu, statü, kimlik, öz saygı, bireysel özgürlüğe ait duyulan öznel gereksinmelerin salt konut içinde sınırlı kaldığı gözlemlenmektedir. Ayrıca bu konutlarda kullanılan malzeme ve işçilikle ilgili sorunlar dış mekana yansımakta, dış mekanda spontane kurgulanan şekillenmeler ise çoğu kez yeterli ve esnek çözümlere olanak vermeyen niteliksiz çevreler yaratmaktadır. Kullanıcıların geçmiş, gelecekle ve doğa ile bağlarını kurabilen, iç ve dış mekanların bütünleşebileceği, kendilerini yenileme ve ifade etme olanakları verebilen farklı konut çevresi tercihlerine duyarlı tasarım yaklaşımlarını geliştirmeye gereksinim duyulmaktadır.

Doğal kaynaklarına bağlı olarak ekonomik verilerinin çeşitliliği nedeni ile, günümüzde de en çok tercih edilen bölge olan Adana kentinde, göçe bağlı olarak, az gelirli kesimin gittikçe artması ile kişi başına düşen alanın ve yeşil alanların azalması ve yerine yoğun yapılaşmaların oluşması, konut çevre kalitesini olumsuz yönde etkilemiştir. Bu kentin son on yılında henüz alt yapı ve istihdamı sağlayacak sağlam ve ekonomik taban yaratılmadan hızlı ve plansız bir büyüme meydana gelmiştir.

Adana kentinin genelinde,

- Sanayileşme sürecinde yavaşlama,
- Az gelirli kesimin gittikçe artması,
- Toplu konut çalışmalarının azalması,
- Gecekondu ve kaçak yapılaşma sonucu alt yapının yetersiz kalması,
- Verimli topraklara rağmen kişi başına düşen yeşil ve spor alanının yetersiz olması sorunlarını ortaya çıkarmıştır.

Buna karşın kısa süren kış ayları nedeni ile, hava kirliliği oranları düşüktür ve kent bilincinde özellikle çevre bilincinde olumlu gelişmeler de gözlenmektedir.

Hızlı kentleşmenin getirdiği sorunlar; gelir seviyesinde azalma, yetersiz, düşük standartlı konut ve çevreleri, farklı nitelikteki konut alanları ve yaşam kaliteleri oluşturmuştur. Adana kentinde geleneksel konut ve çevrelerini yaşatmaya çalışan ekonomik ve sosyal yatırımların yapılması gerektiğini savunan görüşler çeşitli şekillerde ortaya atılmakta ise bu tür yeni yerleşimler için yaşam kalitesini artıracak tedbirler alınmamaktadır. Ülkemizin birçok yerleşim bölgesinde yaşanan bu sorunlar için günümüze kadar çıkarılan yasa ve yönetmelikler konut çevresi alanlarında iyi bir yaşama düzeni ve koşulları sağlayacak denetimli yapıları getirmiş olsa idi, kuşkusuz bugünkü uğraşlarımız karmaşık ve yoğun yapılaşmaları nasıl düzenleyebileceğimiz konusunda değil, var olan iyi koşulları daha iyiye götürmek yönünde olacaktır.

6. SONUÇ

Bu gün her kentte Bahçeşehir, Konukkent ve benzeri standartlarda bir yerleşim beklememiz mümkün olmasa da, gelecek nesiller için;

- Yapı ve yörenin çevresi ile ilişkilerinin, sosyal ve kültürel gereksinimlerinin sağlanabileceği imar planlarının tasarlanması,
- Geleneksel yerleşmelerdeki olumlu değerlerin, eko-sistemi v.b. içine alan verilerin kullanımının önemsendiği yaklaşımların kurumsal ve yönetsel olarak ele alınması,
- Konut ve çevresinin yapılanmasında kullanılan inşaat malzemelerinin üretiminde dayanım, yangın güvenliği, hijyen, çevre ve insan sağlığı konusunda belirsizliklerin kalkması ve temel gerekleri yerine getirmesi,
- Yeterli olmasa da, toplu konut yasaının getirdiği konut çevre standartlarının, diğer konut alanlarında da oluşturulması için yasal düzenlemelerin yapılması,
- Konut çevresi standartlarına model oluşturabilecek ISO ve benzer standartların daha iyi anlaşılması,
- Konut çevre kalitesinin sağlanması ya da sürdürülebilir olması için bakım, yönetim, organizasyon konusunda duyarlı olabilecek birlik ve kuruluşların desteklenmesi gerekliliği vardır.

Ülkemizde, özel ve resmi kurumlarca yapılan değerlendirmelerde, çevresel kalitenin tanımlanamaması, inşaatçının ya da kullanıcının öz çabası dışında kalitenin çok fazla

aranan bir faktör olmamasına yol açmaktadır.

Konut sayısı kadar konut ve çevre kalitesinin önem kazandığı ülkelerde artık, geleceğin konutu nasıl olmalıdır? araştırmaları yapılmaktadır. Her geçen gün geçerliliği daha çok kabul edilen, insanı ve doğayı koruyucu, manevi, insani, sosyal, ekolojik ve ekonomik değerleri savunan ekolojik mimari akımı çevresel standartların artırılmasında ve yaşam kalitesinin gelecek için artırılmasında önemli roller üstlenebilir.

Bu nedenle, yaşanabilirliği sağlanmış çevrelerin sürekliliğinin korunması için öncelikle toplum bilinci oluşturulmalıdır. Sadece konut çevreleri ile sınırlı olmayan her alanda kalite arayan bir toplum bilincinin oluşturulması için örgütsel kuruluşlar, eğitimciler, basın ve yayın organlarının çaba ve katkıları gerekmektedir. Ülkemizde, bu çabalara örnek oluşturacak ve son yıllarda Türk Sanayi Sektörünün Avrupa kalite ödülünü alarak sağladığı katkılar ise, kuşkusuz bireylere kalite bilincinin daha iyi yerleştirilmesi yönünde önemli yararlar sağlayacaktır.

7. KAYNAKLAR

1. Anon, "Kalitenin Dünü ve Bugünü", *Standart Dergisi*, sayı 411, s.89, 1996.
2. Bussmeyer, "Gedanken Zur Qualität Im Bau Wesen", Q2 19 Heft 1, BR, Deutschland, 1974.
3. Feigenbaum, A.V., "Total Quality Control", Mc Graw Hill International Editions, s.835, 1991.
4. Çerçi, S., "Konut Çevre Kalitesinin Kullanıcı Bilişsel, Duygusal, Davranışsal Parametrelere Bağlı Olarak Değerlendirilmesi", *Doktora Tezi*, İ.T.Ü., 1997.
5. Çubuk, M., "Türkiye Şehircilik Kongresi", s.200-206, 1985.
6. Griffith, A., "Quality Assurance in Building" *Mac Millan Building and Survey in Serie*, Printed in G.B., 1990.
7. Hutchins, G.B., "Introduction to Quality - Control, Assurance and Management", *Mac Millan International Publishing*, s.2, New York, 1991.
8. Knight, A., "ISO-TC 207", *UNEP Industry and Environment*, 1995.
9. Timurlenk, M., "Toplu Konut ve Çevresel Kalite Standartları, Y.L. Tezi, İ.T.Ü., Mayıs 1996.
10. TSE Yayınları, 1995.
11. Özsoy, A., "Toplu Konutlarda Kalite ve Sürdürülebilirliği", *Mimari ve Kentsel Çevrede Kalite Arayışları Sempozyumu*, İ.T.Ü., s.209-214, Haziran 1995.
12. Ulusal Komite, *Habitat II Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşimleri Konferansı, Türkiye Ulusal Rapor ve Eylem Planı*, s.111, 1996.

STABİLİZASYON HAVUZLARI ÇIKIŞ SULARINDAN MİKROALGLERİN GİDERİLMESİNDE BALIK KULLANIMININ BAZI KİRLİLİK PARAMETRELERİNE ETKİSİ

Olçayto KESKİNKAN ve Ahmet YÜCEER
Ç.Ü. Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada, stabilizasyon havuzu çıkış sularından balık kullanarak alg giderilmesi ve balık kullanımının pH, BOI₅, KOİ, NH₄-N, NO₂ gibi kirlilik parametrelerine etkisi araştırılmıştır. Araştırmada kullanılan balık türleri Oreochromis niloticus ve Oreochromis aureus dur. Araştırma sonunda her iki türün de besin olarak model havuzdaki algleri kullanmak suretiyle alg gideriminde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca alg giderimine bağlı olarak çıkış suyundaki KOİ ve BOI₅ konsantrasyonlarının düştüğü görülmüştür. Balık sayısının artırılması ile giderim verimi yükselmektedir. Ancak, bu süreç içinde ölçülen pH, NH₄-N ve NO₂ parametrelerinin yükseldiği gözlenmiştir.*

THE EFFECT OF FISH USAGE TO SOME POLLUTION PARAMETERS FOR REMOVAL OF ALGAE FROM STABILIZATION PONDS EFFLUENT

ABSTRACT : *In this study, the removal of algae from stabilization ponds effluent by using fish and the effect of this method on some pollution parameters such as pH, BOD₅, COD, NH₃, NO₂ have been evaluated. Oreochromis niloticus and Oreochromis aureus species had been used during the experiments. At the end of the study it has been found that both of fish species provided well algae removal due to feed on algae. It was also observed that COD and BOD₅ concentrations in the effluent were decreased depending on the algae removal. As the number of fish increased in model ponds the removal efficiency had been increased. But increase of pH, NH₄-N and NO₂ parameters has been observed during the process.*

* Bu çalışma Ç.Ü.Rektörlüğü Araştırma Fonu tarafından (FBE.96.128) nolu proje ile desteklenmiştir.

1. GİRİŞ

Atıksuların ileri arıtımı, konvansiyonel atıksu arıtma tesislerinden çıkan suların kalitesini yükseltmek için yapılmaktadır. Bu işlem, özellikle çökeltme veya biyolojik hasat ile gerçekleşmektedir (1). Çökeltme işleminin yapıldığı mekanik ve kimyasal arıtma bağımsız olarak her zaman pozitif bir yöntem değildir. Olgunlaştırma havuzlarında akuakültür oluşturularak askıda katı madde (AKM) giderimi yapılabilir (1). Alglerin ve birçok akuatik bitkinin, çeşitli balıklar örneğin *Puntius javanicus*, *Tilapia rendalli* veya *Tilapia zilli* ve *Oreochromis niloticus* tarafından giderildiği bildirilmiştir (2,3). Balıkların kullanıldığı havuz ortamlarında bekletme süresini uzatmakla, çıkış suyu kalitesini artırmak mümkün olabilmektedir. Stabilizasyon havuzlarında alglerin büyümeleri, protein türünü elde etme açısından da verimli bir süreçtir (1). Algler olgunlaştırma havuzlarından bir şekilde toplanıp hayvan yemi olarak kullanılabilir (4). Fakat, bu yöntem yerleşmiş bir yöntem değildir. Bu nedenle, alg havuzlarında daha çok alg yiyen balık kullanılarak alg giderimi sağlanmaktadır. Örneğin, *Sarotherodon mossambica* yüksek yoğunlukta alg konsantrasyonuna toleranslı bir balık olup olgunlaştırma havuzlarında iyi büyüme gösterir. Ayrıca, yemek için de müsaittir. Bu amaçla kullanılan diğer başka balıklar da, örneğin *Catla catla*, *Ictalurus punctatus* ve *Gambusia spp.* da aynı görevi görmektedir. Örneğin Papua Yeni Gine'de çok basit fakat etkili bir aquakültür geliştirilmiştir (1). Bu sistemde, olgunlaştırma havuzları balık yetiştirme havuzu olarak kullanılmış ve çıkış suyundan zirai sulamada yararlanılmıştır. Başka bir çalışmada, tek hücreli alglerin *Tilapia* yavruları tarafından kullanımı araştırılmış ve yavruların *Chroococcus dispersus*, *Oscillatoria quadripunctata*, *Navicula notha*, *Chlorella elipsoidea* ve *Euglena elongata* türlerini besin olarak kullandıkları ve aldıkları alge göre değişik oranlarda ağırlıklarını artırdıkları tespit edilmiştir (5).

2. ALG GİDERİMİNDE BALIK KULLANILMASI

Kolay kültivasyonu, fakir su kalitesine ve hastalıklara dayanıklılık, çevresel kondisyonlara büyük oranda tolerans gösterme, evsel organik ve zirai atıkların yüksek kalitede proteine dönüşümü, çabuk ve iyi büyümesi ve kötü şartlara karşı bazı üstün karakteristikleri *Tilapia*ları yetiştirmede ideal bir tür durumuna getirmektedir (6). Akuakültürlerde oluşan başarısızlıkların sebebi genellikle proje için yanlış mevkinin seçilmesi, yanlış balık türü seçilmesi ve sosyo-ekonomik sebepler olabilir (7). Türlerin doğadaki dağılımı, organizmaların iklimlere adapte olmasını belirlemeye yarar ve kültür transferinde canlı kalmalarında yardımcı olabilmektedir. Genel olarak *Tilapia* türü balıklar plankton tüketicisidir ve havuzlardaki algal populasyonları kontrol edebilme özellikleri vardır (8).

2.1. Balıkların Beslenme Ortamları

Türlerin doğal yiyecek tercihi yoğun kültür yetiştirme süresince ilave besin tiplerini belirlemede ve temel yiyecek tipini belirlemede kullanılabilir. Tilapia genel olarak herbivor bir balıktır fakat fırsatçı beslenmeye doğru yönelimleri de vardır. Tilapia tohum keklerini, değirmen atıklarını, bira sanayi atıklarını ve evsel atıkları birçok evcil olarak yetiştirilen hayvana göre daha kolay tüketebilmektedir (6).

Havuz çıkış sularından alglerin fitoplanktonla beslenen balıklarla giderilmesi çok verimli yöntemlerdir. Tayland gibi bazı uzak doğu ülkelerinde balıkçılığın akuakültür şeklinde uygulanması % 5 lere kadar ulaşmıştır (4).

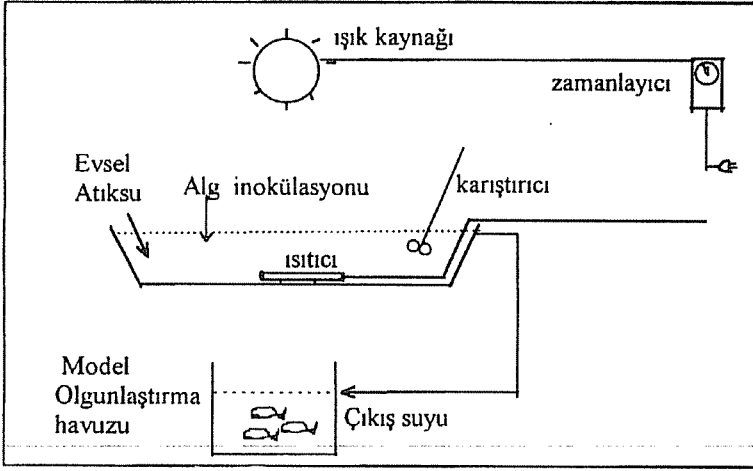
2.2. Akuakültür İçin Önemli Parametreler

Tilapiaların yaklaşık % 0,40-0,45 civarına kadar tuzluluğa dayanabildiği belirtilmektedir. Sıcaklık ele alındığında Tilapia genel olarak termofiliktir. Ancak büyüme ve üretim 20 °C nin altında verimli değildir (6). Ayrıca *Oreochromis niloticus* üzerinde Alabama (A.B.D.) da yapılan araştırmalarda bu türlerin havuzlarda kış mevsiminde de yaşadığı görülmüştür (9). Tilapia hava-su ara yüzeyinde "yutma" (gulping) olayı ile su ortamındaki çözünmüş oksijen yetersizliklerine dayanabilmektedir. Tanklarda bu sayede balıklar 1.2 mg/l lik O₂ konsantrasyonunda hayatlarını sürdürebilirler (6).

pH değeri 5 ten az olduğu zamanlarda büyüme olumsuz etkilenebilir. Ayrıca Tilapia alkaliniteden fiziksel olarak etkilenebilmektedir ve tolere seviyeleri 700-3000 mg/l CaCO₃ olarak bildirilmiştir. Bunların yanında Nitrit gibi çözünebilir organik maddeler toksik seviyelere ulaşabilir. Tilapia'lar Nitriti 2.1 mg/l, amonyağı 3,4 mg/l ye kadar tolere edebilirler (6).

3. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, model alg yetiştirme havuzu çıkış suları bir model olgunlaştırma havuzuna alınarak su içinde bulunan mikroalgleri gidermek için *Oreochromis niloticus* ve *Oreochromis aureus* türü balıklar kullanılmıştır (Şekil 1). Çalışmada kullanılan atıksu evsel atıksudur. İnokülasyondan sonra kısa sürede (2 gün) çıkış suyunda yoğun alg hücre konsantrasyonu oluşmaktadır. Bu sular 20 l hacime sahip model havuza alınmış sonra suyun alg hücresi sayımları, BO₅, KOİ, pH, NH₄-N, NO₂ gibi parametrelerinin ilk ölçümleri yapılmıştır. Alg hücresi sayımları geliştirilmiş Neubauer (improved Neubauer) lamı ile, KOİ, NH₄-N, NO₂ analizleri Nanocolor 100D model spektrofotometre ile spektrofotometrik olarak, pH ölçümleri Milwaukee marka el tipi pH metre ile ve BO₅ deneyi Standard Metodlar'a göre yapılmıştır (10). Daha sonra yaş ağırlıkları ortalama 9.45 gr boyları ortalama 8.2 cm olan *Oreochromis niloticus* ve *Oreochromis aureus* türü balıkların herbiri 20 l hacime sahip model olgunlaştırma havuzlarına nakledilerek 1. ve 2. adımda 5 gün 3. adımda 10 günlük bekleme süresi



Şekil 1. Model stabilizasyon-olgunlaştırma havuzlarının akım şeması

uygulanmıştır. 1. ve 3. adımda yoğun alg konsantrasyonuna sıra ile 10 ve 40 balık, 2. adımda belli bir oranda seyreltik alg konsantrasyonuna 40 balık konmuştur. Balıkların alg giderme faaliyetinin sudaki etkisini daha iyi tespit edebilmek için bir kontrol havuzu kurulmuş ve bu havuza balık konulmamıştır. Tüm havuzlara aynı özellikteki sudan dağıtım yapılmıştır. Akvaryumlarda havalandırma mevcuttur. Projede kullanılan algli sular 10 gün bekleme süreli bir model havuzun çıkış sularından alınmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Yapılan deneyler sonucu oluşturulan tablolarda görüldüğü gibi 1. 2. ve 3. adımlarda yapılan deneylerde elde edilen başlangıç ve bitiş alg sayıları, $KO_İ$, $BO_İ_5$, NH_4-N , NO_2 , pH değerleri ve günlük alg giderim sonuçları sunulmaktadır. Günlük alg giderim sonuçları tablo halinde verildikten sonra grafik halinde de ifade edilmiştir (Şekil 2-3-4).

Tablo 1. I.Adım: 5 Gün bekleme süresinde 10 balıkla yapılan deney sonuçları.

	Alg Sayısı hücre/ml		$KO_İ$ mg/l		$BO_İ_5$ mg/l		NH_4-N mg/l		NO_2 mg/l		pH	
	1	2	1	2	1	2	3	4	3	4	1	2
n	602222	413333	426	412	240	232	1.20	2.43	0.40	0.91	7.1	7.7
a	602222	390000	426	409	240	225	1.20	2.38	0.40	0.93	7.1	7.8
K	60222	438888	426	410	240	235	1.20	1.45	0.40	0.45	7.1	7.3

n:O.niloticus, a:O.aureus, k:Kontrol kabı, l:Deney başlangıcı, 2:Deney sonu 3:Deney başlangıcı (filtre edilmiş numune), 4:Deney sonu (filtre edilmiş numune)

**STABİLİZASYON HAVUZLARI ÇIKIŞ SULARINDAN MİKROALGLERİN
GİDERİLMESİNDE BALIK KULLANIMININ BAZI KİRLİLİK
PARAMETRELERİNE ETKİSİ**

Tablo 2. I.adımda elde edilen zamana bağlı alg giderim değerleri.

Bekletme süresi 5 gün I.adım	Alg Hücre Sayısı (Hücre/mL)		
	1	2	3
Havuz no:	1	2	3
Başlangıç	602222	602222	602222
1.gün	655511	672222	677777
2.gün	661600	675000	680800
3.gün	598700	590980	588888
4.gün	440000	455555	471111
5.gün	413333	390000	438888

I.adımdaki deney sonuçlarına göre alg giderim oranları düşüktür (%31.3-35.2). Bunun sonucu olarak BO₅ ve KOİ değerlerinde de çok az bir azalma olmaktadır.

Tablo 3. II.Adım: 5 Gün bekletme süresinde 40 balıkla yapılan deney sonuçları.

	Alg Sayısı hücre/ml		KOİ mg/l		BO ₅ mg/l		NH ₄ -N mg/l		NO ₂ mg/l		pH	
	1	2	1	2	1	2	3	4	3	4	1	2
1	97777	1481	255	102	175	55	0.24	1.55	0.14	0.30	7.2	8.1
2	97777	1851	255	105	175	57	0.24	1.53	0.14	0.32	7.2	8.1
K	97777	91111	255	250	175	172	0.24	0.32	0.14	0.17	7.2	8.4

n:O.niloticus, a:O.aureus, k:Kontrol kabı, l:Deney başlangıcı, 2:Deney sonu 3:Deney başlangıcı (filtre edilmiş numune), 4:Deney sonu (filtre edilmiş numune)

Tablo 4. I.Adımda elde edilen zamana bağlı alg giderim değerleri,

Bekletme süresi 5 gün 2.adım	Alg Hücre Sayısı (Hücre/mL)		
	1	2	3
Havuz no:	1	2	3
Başlangıç	97777	97777	97777
1.gün	31111	22222	99100
2.gün	2222	5000	110000
3.gün	3220	3530	99259
4.gün	2222	1666	94444
5.gün	1481	1851	91111

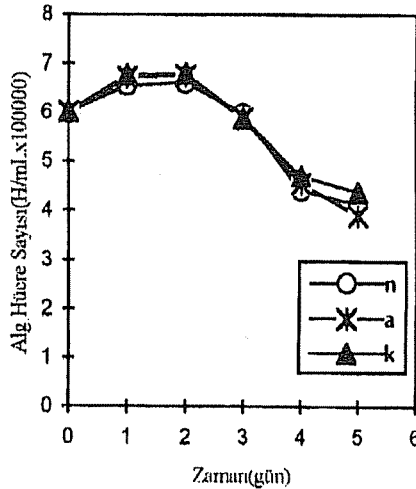
Tablo 5. III.Adım: 10 Gün bekleme süresinde 40 balıkla yapılan deney sonuçları.

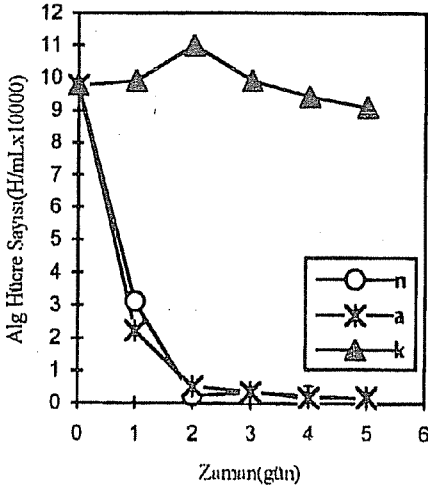
	Alg Sayısı hücre/ml		KOİ mg/l		BOİ ₅ mg/l		NH ₄ -N mg/l		NO ₂ mg/l		pH	
	1	2	1	2	1	2	3	4	3	4	1	2
n	614074	222	435	152	240	85	1.30	2.85	0.45	2.00	7.4	8.2
a	614074	359	435	167	240	90	1.30	2.90	0.45	1.97	7.4	8.3
K	614074	3703	435	112	240	65	1.30	1.55	0.45	0.70	7.4	8.8

n:O.niloticus, a:O.aureus, k:Kontrol kabı, 1:Deney başlangıcı, 2:Deney sonu 3:Deney başlangıcı (filtre edilmiş numune), 4:Deney sonu (filtre edilmiş numune)

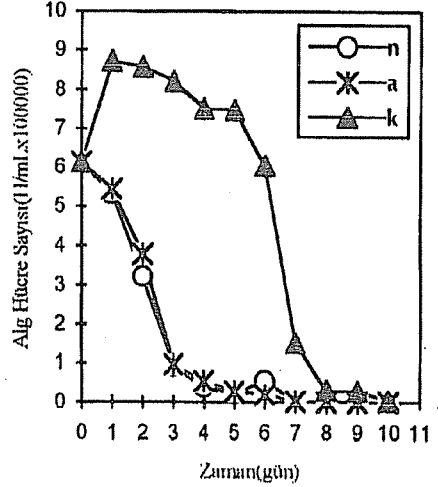
Tablo 6. III.Adımda elde edilen alg giderim değerleri.

Bekletme süresi 5 gün 1.adım	Alg Hücre Sayısı (Hücre/mL)		
Havuz no:	1	2	3
Başlangıç	614074	614074	614074
1.gün	533333	544440	872222
2.gün	322222	380555	858333
3.gün	92592	96296	822222
4.gün	38730	53333	752592
5.gün	22222	28888	749259
6.gün	55185	19629	605185
7.gün	1851	2962	152222
8.gün	1666	1388	30000
9.gün	740	277	28888
10.gün	222	359	3703

**Şekil 2.** Gün bekleme süresinde 10 balıkla yapılan alg giderimi, (n:O.niloticus, a:O.aureus, k:kontrol havuzları)



Şekil 3. 5 Gün bekletme süresinde 40 balıkla yapılan alg giderimi (n:*O.niloticus*, a:*O.aureus*, k:kontrol havuzları).



Şekil 4. 10 Gün bekletme süresinde 40 balıkla yapılan alg giderimi (n:*O.niloticus*, a:*O.aureus*, k:kontrol havuzları).

II. Adımda elde edilen alg giderimi yüksek oranlardadır (%98,1-98,4). Ancak bu adımda model havuzlardaki alg konsantrasyonu diğer adımlara göre düşük tutulmuştur. III. Adımda ise, alg konsantrasyonu yüksek olmasına rağmen alg giderimi çok yüksek oranlardadır (%99,94-99,96). Fakat, bu adımda balık sayısı artırılmıştır. Her üç adımda da ortamdaki NH_4-N ve NO_2 konsantrasyonları ile pH değerlerinde artış olduğu gözlenmektedir.

5. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada model stabilizasyon havuzlarının çıkış sularından balık kullanarak verimli bir şekilde alg giderimi sağlanması ve bu giderim sonucu ortamda değişen bazı kirlilik parametrelerinin gözlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, balık sayısı artırılması durumunda ve havuzda alg sayısının fazla tutulması durumunda elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir:

1. *Oreochromis aureus* ve *Oreochromis niloticus* türü balıklarla yapılan deneysel alg giderimine bağlı olarak deney havuzlarında $KOİ$ ve $BOİ_5$ konsantrasyonlarının azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 1-3-5). Bu konsantrasyonların azalmasının alg sayılarının azalmasına paralel şekilde gerçekleştiği görülmüştür (Tablo 2-4-6). Dolayısıyla havuzlarda $KOİ$ ve $BOİ_5$ konsantrasyonlarının azalışına alg gideriminin sebep olduğu ortaya çıkmaktadır. NH_4-N ve NO_2 değerlerinde ise artış olmaktadır. Bu artışların model havuzlardaki balıkların metabolik faaliyetleri sonucu oluştuğu düşünülmektedir.

2. Alg giderim çalışmaları sonucunda balıkların algleri beslenmede kullanarak giderdiği tespit edilmiştir. Özellikle balık sayısının 40'a çıkarılmasıyla yapılan deneylerde iki gün içinde gözle görülür bir şekilde alglerin havuzlardan giderildiği görülmüştür (Şekil 3-4). 15 l lik havuz hacminin balık sayısına oranla çok küçük olduğu göz önünde tutulursa giderim sağlanabilmesi için balık sayısı-havuz hacmi arasında belli bir oranın olması gerektiği düşünülmektedir. Balık sayısının 10 tane olması halinde alg gideriminde verimin oldukça düşük olduğu gözlenmiştir (Şekil 2).

3. Bekletme süresi 10 gün olarak alındığında balık konmayan kontrol havuzlarında algler 6-8 gün arasında çökelmeye başlamakta ve 10 günde çok düşük konsantrasyonlara ulaşmaktadır (Şekil 4). Bunun sebebinin muhtemelen azalan mikronutrientlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

1. Mara,D., *Sewage Treatment in Hot Climates*. Wiley-Interscience Publication, Great Britain, 1978.
2. Bard,J., De Kimpe,P., Lazard,J., Lemasson,J., Lessent,P. *Handbook of Tropical Fish Culture*, Centre Technique Forestier Tropical. France.1976.
3. U.S.Environmental Protection Agency., *Municipal Wastewater Stabilization Ponds*, EPA-625/1-83-015, 1983.
4. Shelef,G. and Soeder,C.J. *The Production of Microalgae on Human Wastes and Their Harvest by Herbivorous Fish*, *Algae Biomass*, Editors: Edwards, P, Elsevier,1980.
5. Pantastico,J.B., Baldia,J.P. and Reyes,D., *Acceptability of Five Species of Freshwater Algae to Tilapia (Oreochromis Niloticus) Fry*, *Finfish Nutrition*, The Philippines, 1984.
6. Muir,J.F. and Roberts,R.J., *Recent Advances in Aquaculture*. Antony Rowe Ltd.Chippenham,1982.
7. Pruginin, Y. *Planning Aquaculture Projects in Developing Countries*. *International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Nazareth, Israel,1983.
8. Sarig,S., *A Review on Tilapia Culture in Israel*, *International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Nazareth, Israel,1983.
9. McGinty,A.S. *Population Dynamics of Peacock Bass, Cichla Ocellaris, Tilapia Nilotica in Fertilized Ponds*. *International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Nazareth,Israel,1983.
10. *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater*, APHA, USA, 1989.

SİLİFKE-MERSİN (İÇEL) KUVARSİTİK KUMTAŞLARININ CAM SANAYİ İÇİN HAZIRLANMASI

Özen KILIÇ

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

Hüseyin AKARSU

Camiş Madencilik A.Ş., İçel/Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada Silifke-Mersin (İçel) yöresi kuvarsitik kumtaşı yataklarının fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri incelenmiştir. Yapılan mineralojik çalışmalar ve kimyasal analizler kuvarsitik kumtaşı yataklarının az miktarda demir ve alüminyum içerdiğini ortaya çıkarmıştır. Cam kumlarında en kritik özellik Fe_2O_3 içeriğidir. Bu nedenle Fe_2O_3 'ün çeşitli cevher hazırlama yöntemleri ile hammaddeden uzaklaştırılması gerekmiş ve bu amaçla kırma, eleme, öğütme ve flotasyon işlemleri yapılmıştır. En iyi konsantrite %98 SiO_2 , %0.061 Fe_2O_3 ve %87 verimle elde edilmiştir.

Silifke-Ovacık (İçel) yöresi kuvarsitik kumtaşı yataklarından elde edilen kuvarsit kumlarının Camiş Madencilik A.Ş. tesisindeki hazırlama aşamaları detaylı olarak incelenmiştir.

PROCESSING OF QUARTZITE SAND STONES FOR GLASS INDUSTRY OF SİLİFKE-MERSİN (İÇEL)

ABSTRACT: In this study; physical, chemical and mineralogical properties of sand stones located in Mersin-Silifke (İçel) region were investigated. Mineralogical studies and chemical assays indicated that the quartz sand beds contained small quantities of iron and aluminium minerals etc. The most critical impurity in the glass sands are their Fe_2O_3 % contents. For this reason, Fe_2O_3 content has been needed to eliminate by various glass-sand processing methods and, for this purpose, crashing, seiving, grinding and flotation methods were carried on the glass sand. The best concentrate was obtained 98% SiO_2 , 0.061% Fe_2O_3 and 87% efficient.

Processing steps of glass-sand in the Camiş Madencilik A. Ş. obtained from quartzites located at Silifke-Ovacık (İçel) region were investigated in a detail.

1. GİRİŞ

Kuvars kumu camın ana hammaddesidir. Genel olarak cam üretiminde kullanılan diğer hammaddeler içindeki, yani cam harmanındaki kullanımı %57-60 civarındadır. Doğada, kuvars kumu genellikle cam hammaddesi olarak kullanılacak kalitede bulunmamaktadır. Bu nedenle mutlaka cevher hazırlama işlemlerinin uygulanması gerekmektedir. Kuvars kumu kaynakları, kuvars kumları, kuvars kumtaşları, kuvarsitik kumtaşları ve kuvarsitler olarak sıralanmaktadır. Sözü edilen kuvars kumu kaynaklarından elde edilecek kuvars kumları, camın türüne göre farklı kalitelerde üretilmektedir. SiO₂ içeriği %98'in üzerindeki kuvars ve/veya kuvarsit kumlarında, cam türüne göre kaliteyi belirleyen en önemli faktör kuvars kumunun Fe₂O₃ içeriğidir. Hammaddelerden cama giren Fe₂O₃'ün sabit bir değerde olması önemli olmaktadır. Zira Fe₂O₃, ışık geçirgenliğini etkileyen önemli bir oksittir (1).

Bu çalışmada konu edilen kuvarsitlerde ve/veya kuvarsitik kumtaşlarından elde edilecek kuvarsit kumlarında, herhangi bir cevher hazırlama işlemine tabi tutulmadan doğal olarak istenen Fe₂O₃ içeriklerine rastlamak mümkün değildir (1).

Doğu Akdeniz Bölgesi'ndeki (Adana-Feke-Kozan, İçel-Silifke) Devoniyen yaşlı birimler içinde yer alan kuvarsitik kumtaşı yatakları %0.150-0.350 arasında Fe₂O₃ içeriğine sahiptir. Bu yataklardan ortalama %0.250 Fe₂O₃ içeren cevher üretimini gerçekleştirmek ocaklarda uygulanabilecek üretim yöntemleriyle sağlanabilmektedir.

Uygulamada kuvars kumunda safsızlık olarak bulunan demir minerallerinin uzaklaştırılması, flotasyon koşullarının sağlanması ve uygulanması ile gerçekleştirilmektedir. Uygun kimyasal bileşime ancak bu şekilde ulaşılabilir. Cevher flotasyon koşullarına hazırlanırken elde edilecek ürünün tane boyutu açısından cam ambalajda kullanılan hammadde özelliklerine uygun olması gerekmektedir. İstenen tane boyutu 0.100-0.500 mm aralığıdır. Daha büyük ve daha küçük taneleri içeren kumlar cam spesifikasyonlarına uygun değildir (2).

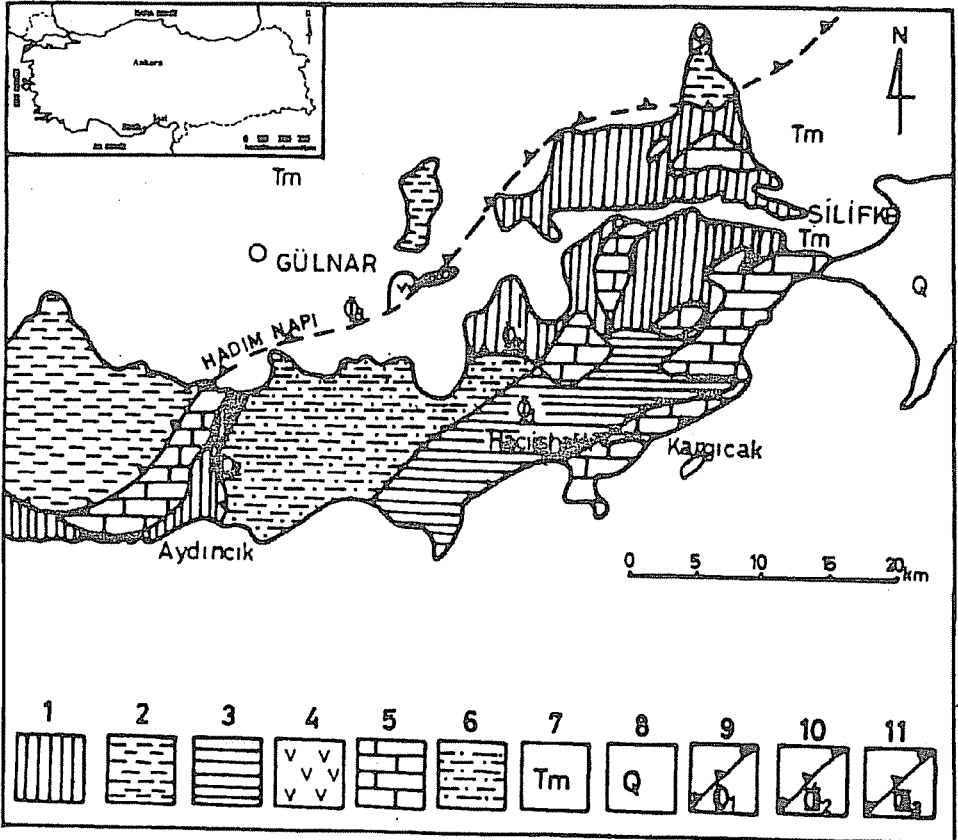
2. KUVARSİTİK KUMTAŞI YATAKLARININ JEOLJİSİ

Üzerinde çalışılan kuvarsitik kumtaşı yatakları Orta Toros kuşağında yer almaktadır. Bu yörelerde yapılan jeolojik çalışmalarda sedimanter olarak oluşan yatakların Kambriyen-Tersiyer aralığında çökeldiği, Permiyen'deki aşırı hareketliliklerden de önemli ölçüde etkilendiği Eosen'deki sıkışmalarla da son şeklini aldığı ifade edilmektedir (2).

Silifke Hacıishaklı yöresinde yer alan sedimanter kuvarsit cevherleşmesinin jeolojisi Şekil 1'de verilmiştir (3).

Çalışma alanımız Demirtaşlı (1987)'ye göre Şekil 1'de belirtilen Güney Bölge içerisinde yer alan Sığırcık formasyonunda bulunmaktadır. Sığırcık formasyonu adı, Güney ve Kuzey bölgedeki Alt Devoniyen yaşlı kumtaşları ile ardalanmalı kireçtaşları için kullanılmıştır. Yapılan incelemelerde kuvarsitlerin beyazdan sarımsı renge kadar

değiştii tespit edilmiş, yerel olarak da kiremit renkli çapraz tabaka ve dalga izleri gözlenmiştir. Şekil 1'de belirtilen Güney bölge, Silifke ile Ovacık arasında sahil boyunca uzanan ve diğerlerine göre otokton konumlu olan bir bölgedir. Bu bölgede Kambriyen'den Miyosen'e kadar metamorfik olmayan çeşitli litostratigrafi birimleri bulunmaktadır. Orta bölge, Güney bölge kuzeyinde yer alan ve ona göre allokton konumlu olan bir bölgedir. Kuzeyden güneye doğru Güney bölge üzerinde itilmiş durumdadır. Kuzey bölge, Orta bölgenin kuzeyinde bulunan ve bir fayla kuzeyden güneye doğru Orta bölge üzerine itilmiş durumdadır. Aladağ birliği ise, inceleme alanının en kuzeyinde (Silifke kuzeybatısında Deđirmendere köyü civarı) dar bir alanda yüzeylenmektedir (3).



Şekil 1. Silifke-Hacıshaklı yöresinde yer alan cevherleşmeleri gösteren jeolojik harita, (1- Kuzey bölge, 2- Aladağ birliği, 3- Güney bölge, 4- Ofiyolitik melanj, 5- Jura-Kretase yaşı platform karbonatları, 6- Orta bölge, 7- Denizel Miyosen örtüsü, 8- Kuvaterner çökelleri, 9, Büyükeceli bindirmesi, 10- Aydınçık bindirmesi, 11- Hadım napı) (3).

Hacıshaklı yöresinde bulunan yataklarda litolojik birimler aşağıdan yukarıya doğru kireçtaşı-şeyl ardalanması, kuvarsitik kumtaşı, şeyl kireçtaşı ardalanması, şeyl, silttaşı kumtaşı ve kireçtaşı ardalanması, kuvaritik kumtaşı (kuvars arenit), kuvarsitik kumtaşı-kireçtaşı ardalanması, kuvarsitik kumtaşı (kuvars arenit) ve Permiyen, Triyas, Jura ve Kretase yaşlı kireçtaşı birimleri istiflenmektedir (Şekil 2). Bu istif içerisinde cam hammaddesi olma özelliğinde olan birimler, kuvarsitik kumtaşı birimleridir. Çalışma alanımızın yer aldığı Sığırcık formasyonu yaklaşık olarak 250 m kalınlığındadır (4).

3. KUARSİTİK KUMTAŞLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ

İncelenen Devoniyen yaşlı kuvarsitik kumtaşı yatakları gerek İçel Silifke-Kargıcak gerekse Adana-Feke yöresinde yer alan kumtaşı yatakları ile benzer mineralojik özellikler göstermektedir (4). Ana mineral kuvars olmak üzere ortoklas ve limonit, hematit gibi bazı demir minerallerinden oluşmaktadır. Bu minerallerin dağılımları ortalama olarak şöyledir (5):

Kuvars	: %88
Ortoklas	: %10
Demir Mineralleri	: %0.25


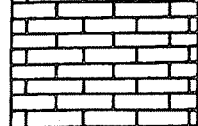
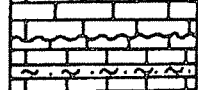

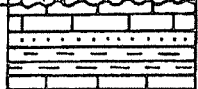
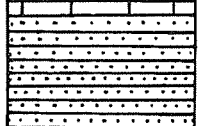
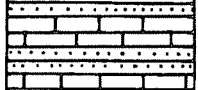
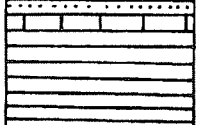


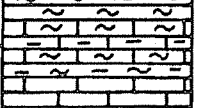

Ayrıca mineralojik incelemelerde belirlenen diğer tespitler ise aşağıda yer almaktadır.

1. Diğer mineraller içerisinde eser olarak bulunan mineraller, zirkon, serisit, hematit, kromit, kalsit, epidot'tur.
2. Mineral taneleri arasında çimento bulunmamaktadır. Küçük damar ve çatlaklarda küçük taneli kuvars bulunmaktadır.
3. Görülen yaygın alterasyonlar limonitleşme ve serisitleşmedir. Serisitleşme ortoklasın alterasyonundan meydana gelmiştir.
4. Demir kaynağı, limonit, hematit mineralleri ve kuvars tanelerinin limonit boyaması şeklindedir.
5. Mineral taneleri (kuvars ve ortoklas) küt köşeli olup, 0.050-0.600 mm boyut aralığına sahiptir. Ancak 0.100-0.300 mm arası ağırlıkça %80 civarındadır.

4. CEVHER HAZIRLAMA ÇALIŞMALARI

4.1. Homojenleştirme ve Ön Hazırlama (Kırma-Elleme)

Cam kalitesindeki hammaddelerin fiziksel ve kimyasal olarak homojen olmaları son derece önem taşımaktadır. Mersin-Silifke kuvarsitik kumtaşı yatakları kimyasal olarak Tablo 1'de verilen bileşimi göstermiştir.

YAŞ			LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
ERATEM	SİSTEM	SERİ		
SENOZOİK	KUVATERNER			Alüvyon taraça, yamaç molozu vs.
		MESOZOİK	KRETASE	
JURASİK			Açılı diskordans Kireçtaşı, Şeyl	
TRİYAS			Kireçtaşı	
	PERMYEN	ÜST		Açılı diskordans Kireçtaşı, Şeyl Silttaşı
PALEOZOİK	DEVONİYEN	ALT		Kuvarsitik kumtaşı (Kuvars arenit)
				Kireçtaşı kuvarsitik kumtaşı ardalanması
				Kuvarsitik kumtaşı (Kuvars arenit)
				Şeyl, silttaşı, kumtaşı ve kireçtaşı ardalanması
				Kuvarsitik kumtaşı, şeyl, kireçtaşı ardalanması
				Kireçtaşı, şeyl ardalanması
	SİLURİYEN	ÜST		

Şekil 2. Silifke-Mersin civarının stratigrafik dizilimi (4).

Tablo 1. Silifke-Mersin Kuvarsitik Kumtaşı Yataklarının Kimyasal Bileşimi (4).

Kimyasal bileşim	Ortalama (%)	Değişken Değer Aralığı (%)
SiO ₂	96	90-98
Al ₂ O ₃	2.5	1.5-3.5
K ₂ O	1.2	0.8-1.6
Fe ₂ O ₃	0.25	0.15-0.35

Flotasyon işleminden iyi sonuç alabilmek için ön hazırlama tesisine beslenen cevherin homojen bileşime sahip olması gerekmektedir. Homojenleştirme ise kimyasal bileşimi önceden belirlenmiş ve üretilmiş cevherin istenilen ortalama bileşimleri sağlayacak şekilde ön hazırlama öncesi belli oranlarda karıştırılması ile gerçekleştirilmektedir. Ocak üretimlerinden sonra gerçekleşen boyut dağılımı ortalama olarak aşağıda verildiği şekildedir.

+300 mm	%10
-300 mm+0.5 mm	%65
-0.5 mm	%25

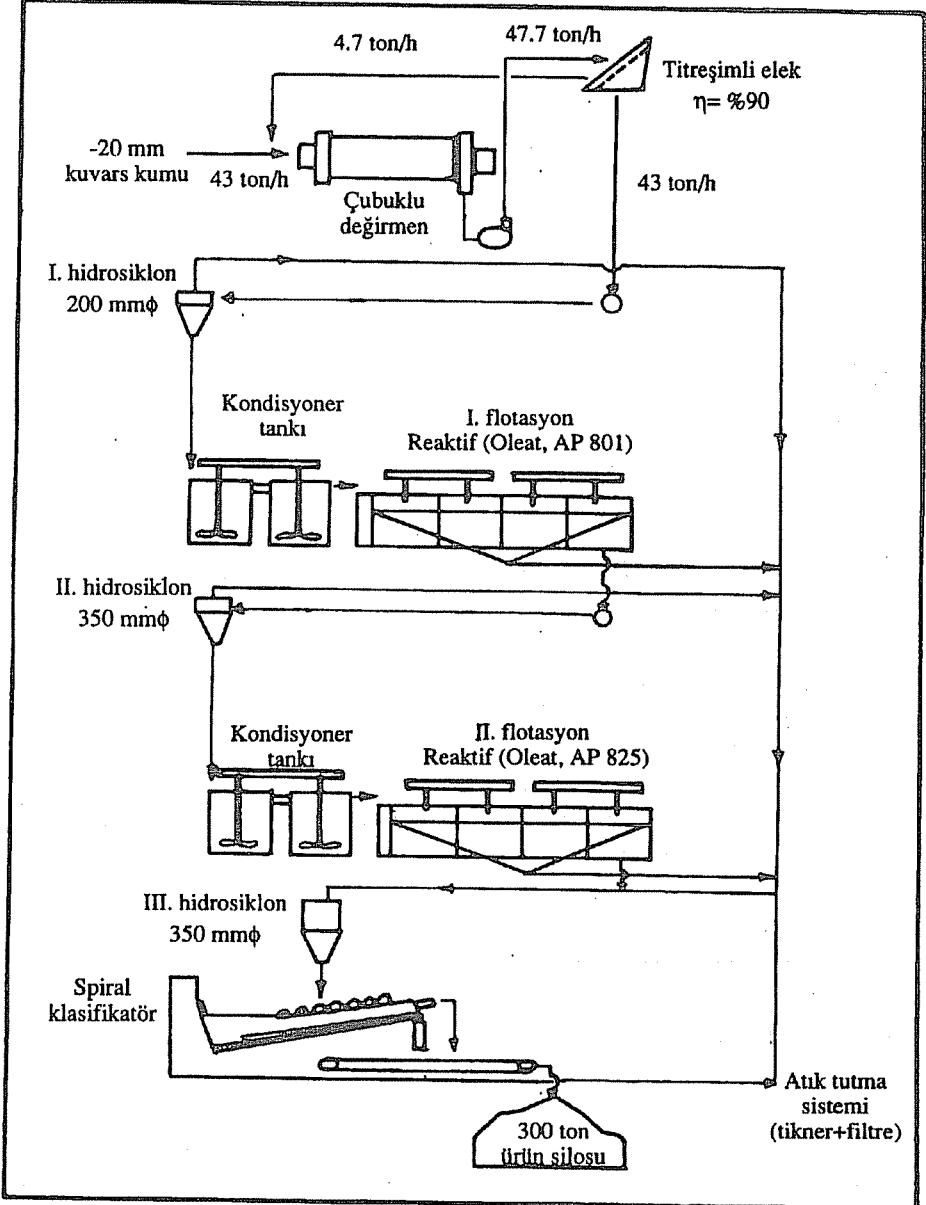
Bu boyut dağılımına sahip cevherin cam ambalajda kullanılan hammadde özelliklerine uygun hale getirilmesi için cevher hazırlama işlemlerine tabi tutulması gerekmektedir. +300 mm cevherin yeniden patarlanması veya herhangi bir iş makinası ile boyut küçültmesine tabi tutularak -300 mm boyutuna indirilmesi sağlanmalıdır. Giriş bölümünde belirtilen ürünün tanecik boyutu özellikleri dikkate alındığında ilk işlem olarak kırma işleminin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Öğütme için önemli olan homojen boyut dağılımının sağlanabilmesi, kırılan cevherin belirli boyuta elenmesi ile gerçekleştirilebilmektedir. Kuvarsit cevherinde öğütme öncesi boyutun 20 mm olması iyi bir öğütme için yeterlidir. Maksimum 300 mm boyutlu cevherden maksimum 20 mm boyutlu kırılmış cevher elde edebilmek için gerekli olan Camış Madencilik A.Ş.'ye ait tesisin akım şeması ise Şekil 3'de gösterilmiştir (6).

4.2. Öğütme Öncesi Klasifikasyon ve Bu Aşamalarda Mineralojik, Fiziksel ve Kimyasal Tespitler

Camın ana hammaddesi olan kuvars kumunun boyut özellikleri çok önemlidir. Fraksiyon bazında homojen bir dağılım istenmekte ve değişkenlik göstermemesi gerekmektedir. Bazı cam türlerinde kumların tane boyutlarına göre olması gereken % dağılımları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2'den de görüldüğü gibi bazı cam türlerinde birbirine benzer tane boyut özellikleri istenirken, bazılarında farklı tane boyut özellikleri gerekmektedir. Cam harmanının izabesinde sürekli sağlanan gelişmeler ve yeni tespitler bu özellikleri daha da sınırlı spesifikasyonlarda tutmanın gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu kapsamda

1978 yılına kadar olan cam kumu boyut spesifikasyonlarındaki kabuller özellikle düzcam ve cam ambalaj cam kumlarında istenen +0.500 mm %5 iken günümüzde +0.500 mm %0.0 olarak istenmektedir (7).



Şekil 3. Camiş Madencilik A.Ş. cam kumu hazırlama tesisi akım şeması (6).

Tablo 2. Cam Türlerine Göre Kabul Edilebilir Tane Boyutları (7).

Tane Boyutu (mm)	Renksiz (-)	Renkli (-)	Züccaciye	Borosilikat	Kristal	Düzcamlar	Optik	Camelyaf
+1.000	0	0	-	0	0	0	-	-
+0.710	0.2*	0.25*	0.25*	0.25	0.25	0.25	-	-
+0.500	5*	5	5	5	5	5	-	-
+0.355	-	-	-	-	-	-	0	-
+0.255	-	-	-	-	-	-	15*	20*
-0.125	5*	5*	5*	5*	13*	5*	5*	-
-0.090	0	0	0	0	0	0	0	-
Nem	4.5±0.5	4.5±0.5	4.5±0.5	4.5±0.5	4.5±0.5	5±0.5	4.5±0.5	0.1*

* Maksimum

(-) Cam ambalaj

4.3. Öğütme-Elleme

Kuvarsit ön hazırlama ile -20 mm boyuta indirilmekte ve bu boyuttan mikron mertebesine kadar boyut küçültülmesi öğütme işlemi ile sağlanmaktadır. Cam sektöründe kuvarsitlerden cam kumu üretiminde çubuklu değirmenler kullanılmaktadır. Bunun nedeni, üründe kum boyutunun -0.500 mm, -0.100 mm aralığında istenmesidir (4). Böyle bir öğütme ancak çubuklu değirmenlerle sağlanabilmektedir (7). Çalışma konusu olan tesiste öğütme yaş ortamında gerçekleştirilmektedir. Bu hem yüksek kapasitelere ulaşmak hem de yeterli kum boyutunu sağlamak amacıyla gerekli olmaktadır. Katı sıvı dengesi öğütmede son derece önemli olup sabit bir aralıkta tutulması homojen ve istenen boyutta öğütme gerçekleştirebilmek için gerekmektedir. Bu dengenin sağlanmasında ise eleklerin değirmenlerle kapalı devre oluşturacak şekilde dizayn edilmesi şart olmaktadır. Bu devrede beslenen mal ve elek verimi miktarları bir süre sonra denge oluşturmaktadır. Bu denge oluştuktan sonra devreden yük miktarı belirli bir miktara ulaşmakta ve bu miktarda sabit kalmaktadır. Tesiste en iyi öğütmenin %66 katı ve 150-200 gr/ton çubuk sarfı ile elde edildiği işletme kalite kontrol verilerinden anlaşılmaktadır (6). Değirmen kapasitesi 43 ton/h, kullanılan titreşimli eleklerin eleme verimi ise %90'dır.

Yukarıda sözü edilen koşullarda değirmene beslenen mal, değirmende öğütülen mal ve elek altı malın elek analizleri ise Tablo 3'de verilmiştir.

Kuvarsitten veya kuvarsitik kumtaşlarından cam kumu üretilirken iki temel hedeften birisi, istenen kimyasal bileşimin sağlanması; diğeri ise istenen tane boyutunun sağlanması ile elde edilen cevherin fraksiyon bazında gösterdiği özelliklerdir. Stabil ve belirli düzende olması istenen safsızlıklar ortoklas ve demir minerallerine bağlı bulunmaktadır. Elek altındaki -0.100 mm'luk malzeme mineralojik olarak

Tablo 3. Öğütme-Eleme Devresinin Σ EA Dağılımları

Elek açıklığı (mm)	Değirmen girişi (%)	Değirmen çıkışı (%)	Titreşimli EA (%)
+0.500	49.2	3.2	0.0
+0.425	1.9	2.3	0.6
+0.300	9.4	18.8	12.4
+0.180	18.6	39.8	33.4
+0.106	16.6	22.8	29.4
+0.075	2.7	4.9	8.8
+0.045	1.2	4.2	5.0
-0.045	0.4	4	10.4

incelendiğinde bu malzemenin yüksek oranlarda ortoklas ve demir mineralleri içerdiği görülmektedir. Bunun nedeni ise altere olmuş ortoklas minerallerinin ve demir minerallerinin kuvars tanelerine göre daha düşük sertliğe sahip olmalarıdır. Bu durum ince boyuta indirgenmiş istenmeyen impürüteleri içeren fraksiyon aralığının istenen fraksiyon aralığından önemli ölçüde ayrılmış ve serbestleşmiş olması şeklinde değerlendirilmektedir. İnce boyutun alt sınırı 0.001 mm civarındadır. Yani 0.001-0.100 mm boyuta sahip malzemenin ayrılması hidrosiklonlarla yapılabilmektedir. Demir impürütelerini içeren tanelerin uzaklaştırılması ancak flotasyon işlemi ile gerçekleştirilebilmektedir.

4.4. Hidrosiklonlarla Klasifikasyon

0.9 kg/cm² basınçla besleme 350 mm ϕ 'lik siklona %20 katıda giren elek altı malzemenin ince fraksiyonu taşandan, iri fraksiyonu alttan siklonu terk etmektedir. Taşan atık niteliğinde olduğundan atık tutma sistemine alt kısım ise prosesteki diğer cevher hazırlama işlemlerine tabi tutulmak üzere flotasyon öncesi kıvamlandırma tankına gitmektedir. Cam kumu boyutuna indirgenmiş elek altı kum içerisinde istenmeyen tüm safsızlıklar; Al₂O₃'ün %48'i ve Fe₂O₃'ün %37'si siklon aracılığı ile ayrılabilir. Hidrosiklonların bir başka önemli işlevi ise, alt çıkıştan alınan pülpün flotasyon öncesi uygun kondisyon koşullarında % katı oranının sağlanmasıdır. Taşandaki katı miktarı %2-3 gibi gerçekleşirken alt çıkıştan alınan pülpün % katı ağırlığı %60-70 arasında gerçekleşebilmektedir.

4.5. Flotasyon

4.5.1. Kıvamlandırma

Proseste flotasyon aşamasından önce %66 katıda I. kondüsyon tankına gelen bulamaç halindeki kum (pülp), burada reaktif çözeltileriyle karıştırılmaktadır. Reaktif çözeltileri ağırlıklı olarak istenmeyen demir minerallerinin yüzdürülmesini sağlayacak

reaktiflerden oluşmaktadır. Saf demir mineralleri sülfonat türü petrol türevi kimyasal reaktiflerle başarılı bir şekilde yüzdürülebilmektedir (9). Ancak limonit boyalı kuvars ve ortoklas tanelerinin yüzdürülmesinde sülfonatlar kısmi olarak işlevsel olabilmektedir. Bu nedenle yapılan yapılan araştırmalarda potasyum oleatın bazı sülfonatlarla belli oranlarda birlikte kullanılmasıyla limonit boyalı kuvars ve ortoklas tanelerinin yüzdürülmesinde başarı sağlanmıştır. Kondüsyon işlemi çok önemlidir. Bu nedenle I. kondüsyon tankından sonra, II. kondüsyon tankıyla kondüsyon işleminin tam olarak yapılması gerekmektedir. Bunun anlamı, yüzmesi istenen demir mineralleri ve limonitle boyalı tanelerin yüzeylerinin tamamen reaktifle kaplanmasıdır. Böylelikle bu tanelerin yüzeyleri ıslanmaz hale gelerek uygun koşullarda yüzme eğilimi kazanmaktadır (7).

Cam kumu hazırlamada kullanılan reaktifler sülfonat ve oleat jel halinde flokülasyonda kullanılmaktadır. A-110 süperflok granül halde, susuzlandırmada kullanılan Alcopol ise sıvı haldedir. Flotasyon reaktifleri olan oleat ve sülfonatların hazırlanmasında 70°C'lik su kullanılırken diğer amaçlarla kullanılan kimyasallarda ise kuyu suyu kullanılmaktadır. İşletme bazındaki tecrübelerle göre reaktifler ve çözelti oranları ve bir ton kum üretimi için kullanım miktarları Tablo 4'de verilmiştir. Tesiste kullanılan reaktifler 801 AP ve 825 AP Cytec firması, Oleat Damas firması, A-110 süperflok ve Alcopol Alloïd-Colloïd firması tarafından üretilmektedir.

Tablo 4. Reaktifler, Görevleri, Çözelti Oranları ve Kullanım Miktarları.

Reaktif	Görevi	Çözelti oranları (%)	Miktarı (gr/ton)
801 AP	Köpürtücü	20	170
825 AP	Kollektör	20	200
Oleat	Kollektör	2.6	200
Süperflok A-110	Flokülant	0.018	
Alcopol	Susuzlandırıcı	5	80
H ₂ SO ₄	Kontrol reaktifi	Derişik	3000

4.5.2. Oleat Flotasyonu

Belirli boyuta gelmiş, içindeki ince malzemesi hidrosiklonlarla ayrılmış kondüsyon tanklarında reaktif çözeltileri (801 AP ve Oleat) ile karıştırılmış pülp, flotasyona hazır olmaktadır. Oleat ve 801'in müşterek kullanıldığı flotasyonda oleat kollektör reaktifi görevini yaparken 801 AP ise köpürtücü reaktifi görevini yapmaktadır. İyi bir flotasyonda köpük canlı ve 4-5 cm kalınlığında ve yüklü olmalıdır (8). Flotasyona uygun hale gelen kumdaki özellikle limonit boyalı tanelerin flotasyonu başarı ile gerçekleştirilmektedir. Ayrıca siklonla atılamayan demir minerallerinin önemli bir miktarı yine bu oleat flotasyonu ile yüzdürülmektedir. Mevcut koşullarda sağlanan 7.5

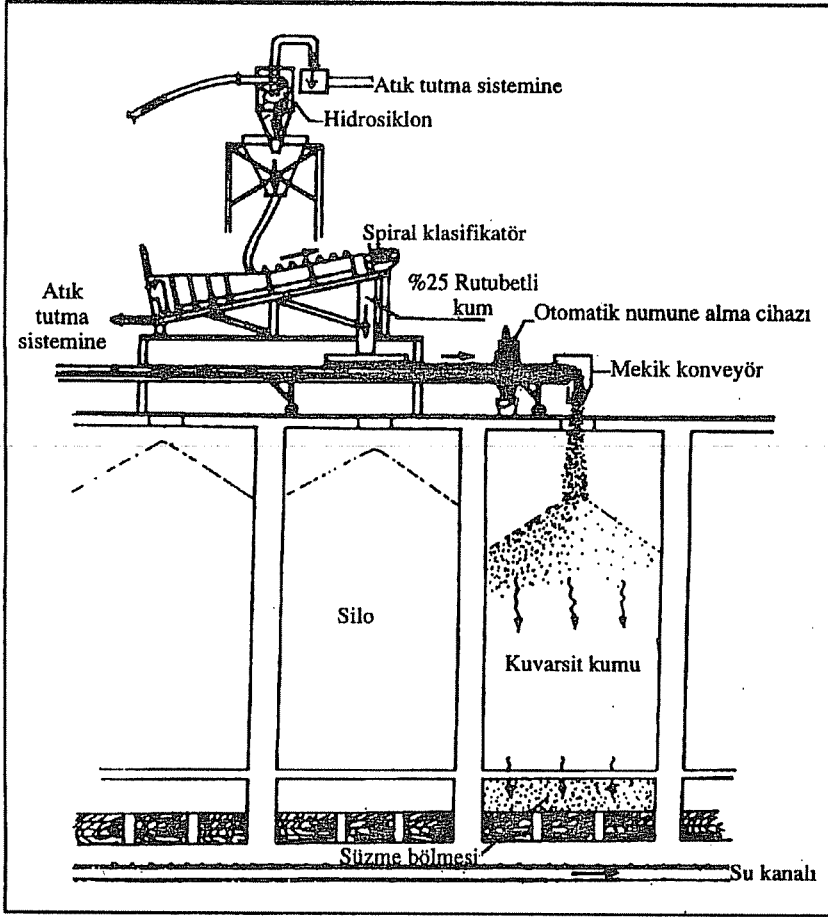
civarındaki pH, oleat flotasyonu için yeterli olmaktadır. 6-8 hücreli bir işletmede ortalama olarak toplam Fe_2O_3 'ün %25'i oleat flotasyonu ile ayrılabilir.

4.5.3. Sülfonat Flotasyonu

Dünyada demir minerallerinin yüzdürülmesinde sülfonat türü 801 AP, 825 AP veya diğer türevleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi kum hazırlama tesislerinde safsızlık olarak bulunan demir minerallerinin yüzdürülmesinde 801 AP köpürtücü, 825 AP kollektör reaktifi olarak kullanılmaktadır. Sülfonat flotasyonu genellikle asit ortamda pH 2.5-3 aralığında gerçekleştirilmektedir. Klasifikasyon ve oleat flotasyonundan arta kalan Fe_2O_3 'ün %10'u kadarı da bu flotasyonla ayrılmış olmaktadır (4).

Sülfonat flotasyonu, demir flotasyonundan başka bir önemli görevi daha yerine getirmektedir. Bu da kum taneleri yüzeyinde yapışma etkisi oluşturan oleatın bu olumsuzluğunu gidermektir. Oleat flotasyonundan sonra siloya konan kumun silodan akıtılması kesinlikle mümkün olmamaktadır. Asit ve sülfonatların birlikte çözücü etkisi, oleat kalıntılarını kum taneleri yüzeyinden uzaklaştırmaktadır. Oleat flotasyonunda bahsedilen tüm koşullar sülfonat flotasyonunda da geçerli olmaktadır.

Sülfonat flotasyonundan sonra bir pompa haznesinde toplanan pülp, pompa haznesine su ilave edilerek yaklaşık %20 katı içeren pülp haline getirilmektedir. Buradan da 15 m yüksekliğe sahip kum stoklama ve susuzlandırma siloları üzerinde bulunan III. grup hidrosiklonlara basılmaktadır. Burada % katı miktarı kadar, siklona giriş basıncı da önemli olmaktadır. 350 mm ϕ 'lik siklonlarda bu basıncın 0.9 kg/cm² olması gerekmektedir. Siklon altında %60-65 katıda elde edilen sulu kum hidrosiklon altından bir hazneye buradan da cazibeyle bir spiral klasifikatöre ulaşmaktadır. Bu klasifikatörün kullanım amacı %60-65 katıda elde edilen sulu kumun daha da susuzlandırılarak %75-78 katıya çıkarılmasıdır. %25 rutubetli kum yaklaşık kapasiteleri 300 ton olan kum silolarında ortalama olarak 200 saat dinlendirilmektedir. Silo doldurulurken %25 rutubetli kuma ester türü susuzlandırıcı çözültisi (Alcopol) ilave edilmektedir. Susuzlandırma için Alcopol'ün %5'lik çözültisi yeterli olup 50 gr/ton civarında kullanılmaktadır. 250 saat'lik dinlendirmenin sonucunda kum rutubeti ortalama %5 civarında gerçekleşmektedir. Susuzlandırıcı kullanılmadan %5'lik rutubete ancak 350 saat'te ulaşılabilir. Dinlendirme silosunda 250 saat bekletilen kum cam harmanı için uygun olan %5 rutubete geldikten sonra sevkedilmeye hazırdır. Dinlendirme silolarının alt kısmında asıl süzme işlevini yapan bir süzme bölgesi bulunmaktadır. Süzme bölgesi üç ayrı bölümden oluşmaktadır. Alttaki iri çakıl boyutunda (16-75 mm), ortada ince çakıl boyutunda (4-16 mm) ve üstte iri kum boyutunda (1-4 mm) bölmeler yer almaktadır. Spiral klasifikatör, dinlendirme silosu ise Şekil 4'de gösterilmektedir.



Şekil 4. Camış Madencilik A.Ş.'deki spiral klasifikatör ve dinlendirme silosu (5).

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Silifke-Mersin (İçel) civarı kuvarsitik kumtaşı yatakları cam hammaddesi olarak kullanılabilirliği açısından incelenmiştir. Yapılan fiziksel, kimyasal analizler ve mineralojik bulgular neticesinde cam ambalaj hammaddesi olarak kullanılabilirlik açısından olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bu aşamadan sonra ise Fe_2O_3 'ün en verimli şekilde kuvarsitik kumtaşlarından uzaklaştırılabileceği cam kumu hazırlama yöntemleri seçilmiştir.

Öğütme, eleme, yıkama ve flotasyon işlemleri laboratuvarında deneyler sonucunda bulunmuştur. Örneğin; öğütmenin pH 2-6'da %66 katıda gerçekleştirilmesi laboratuvar

koşullarında %50-60 arasında katı miktarları denenerek cam ambalaj ürün boyutunun 0.500-0.100 mm olduğu göz önüne alınarak elde edilmiştir.

Yapılan incelemeler neticesinde ince fraksiyonun Al_2O_3 ve Fe_2O_3 içeriği açısından zengin olduğu yapılan kimyasal analizlerle elde edilen kimyasal kompozisyondan anlaşılmaktadır. Al_2O_3 'ün sadece ortoklas kökenli olduğu dikkate alındığında ortoklas tanelerinin öğütme işleminde kuvars tanelerine oranla daha çok boyut küçülmesine maruz kalıp ince fraksiyon boyutunda toplandığı görülmektedir. Kimyasal kompozisyondaki Al_2O_3 miktarına göre, siklon taşanından atılan ince malzemenin yaklaşık %60'ı ortoklastır. Bu atık üzerinde yapılan mineralojik araştırmada bu durum açık bir şekilde görülmektedir. Taşan;

Elek Açıklığı (mm)	Σ EÜ (%)
+0.100	1
+0.045	15
-0.045	100

tane boyutu dağılımı gösterirken, kimyasal olarak ise aşağıda verilen bileşime sahip olduğu görülmektedir (8).

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	Kızdırma Kaybı
80.15	12.0	1.0	0.25	3.0	0.4	0.1	2.5	0.7

Cam ambalaj kalitesindeki ürünün tane boyutu dağılımı ve kimyasal analizi ise aşağıda verilmiştir.

Elek Açıklığı (mm)	Σ EÜ (%)
+0.300	18.3
+0.105	85.2
-0.105	100

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	Kızdırma Kaybı
98.0	0.55	0.061	0.039	0.08	0.06	0.02	0.03	0.25

Yapılan zenginleştirme işlemleri ve analizler neticesinde Silifke-Ovacık (İçel) yöresi kuvarsitik kumtaşı yataklarından elde edilen kuvars kumlarının cam ambalaj kalitesinde cam kumu üretmek amacıyla kullanılabilceği belirlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

1. Mills, H.N., *Glass Raw Materials, Industrial Minerals and Rocks*, Lefond, S.J. (Ed.), AIME, NY, pp 339-37, 1983.

2. Akarsu, H. ve Ateş, M.Z., *Doğu Akdeniz Bölgesi Kuvarsit Kumtaşı Yataklarının Ekonomik Jeoloji Etüdü ve Feka Yöresi Yataklarının Maden İşletme ve Cevher*

Hazırlama Açısından İncelenmesi, ACS Maden Müdürlüğü Raporu, İçel, 1992.

3. Demirtaşlı,E., Silifke Batısında, Büyükeceli, Korucak ve Akdere Köyleri Arasında Kalan Bölgenin Jeolojisi, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdüleri Dairesi, Derleme, Rapor, 1987.

4. Akarsu,H. ve Ateş,M.Z., Doğu Akdeniz Genç Çökellerinde Kuvars Kumtaşlarının Araştırılması ve Hebilli Kuvars Kumtaşlarının Maden İşletme ve Cevher Hazırlama Açısından İncelenmesi, ACS Maden Müdürlüğü Raporu, İçel, 1994.

5. Akarsu,H., Kuvarsit kumununun Hazırlanması, Yüksek Lisans. Seminer Notları, Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Maden Müh. Böl., Adana, (yayınlanmamış), 1997.

6. Akarsu,H., Kuvarsitlerden Züccaciye Kalitesinde Cam Kumu Elde Edilmesi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Haziran, Adana, 1998.

7. Tüllümen,E., Anadolu Cam Sanayi A.Ş. Hammaddeleri, TŞCF A.Ş., Araştırma Müdürlüğü, Rapor no: 178, İstanbul, 1985.

8. Kılıç(Ardıç),Ö., Cam Sanayi Atıklarının Elektrokinetik Yöntemlerle Susuzlandırılması, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Haziran, Adana, 1998.

9. Atak,S., Flotasyon İlkeleri ve Uygulamaları, İTÜ Yayınları, İstanbul, 1974.

YAZIM KURALLARI

Gönderilecek makaleler, Mühendislik Bilimleri ile ilgili başka bir 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 Macintosh veya Macintosh uyumlu bilgisayarla yazılmış, biri orijinal ikisi fotokopisi 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 1,5 satır aralıkla yazılmalıdır. Alt başlıklarla ilk paragraf ve paragraflar arasında 1,5 aralık bırakılmalıdır. Yazar ad ve soyadları ünvan 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 birlikte en fazla 15 sayfa olmalıdır. Ancak kısaltılması mümkün olmayan makalelerin yayınlanmasında yayın kurulu yetkilidir. Şekil ve grafikler çini mürekkep ile aydınlatılmış kağıda 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 sayfa altına * işaretini takip edecek şekilde dipnotu olarak yazılmalıdır.

Başlıklar 1., 2., ve alt başlıklar 1.1., 1.2.,..... v.b. numaralandırılıp alt başlıklar küçük harflerle, fakat kelime başharfleri büyük olarak yazılmalıdır. Metindeki eşitlikler (1), (2),.... v.b. 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 10 satır olmalıdır. Özeten 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 başharfi, 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 sona 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 yayınlansın veya yayınlanmasın iade edilmez. Makaleleri yayınlama yetkisi dergi yayın kuruluna aittir.

Yayınlaması istenen makaleler aşağıdaki adrese gönderilmelidir,

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Dergi Yayın Kurulu Başkanlığı
01330 Balcalı-ADANA
Tel : (322) 338 63 57 Fax: (322) 338 61 26

Teras Çatılarda Su Yalıtımı Kaynaklı Sorunların Nedenleri ve Çözüm Önerileği <i>The Reasons of Water Insulation Problems of Terrace Roofs and Solution Methods</i> M.Emin ÖCAL.....	73
Bileşik Kesitli Açık Kanallarda Pürüzlülük Katsayısının Derinlikle Değişiminin Laboratuvar Deneyleleriyle İncelenmesi <i>An Experimental Determination of Variation of Roughness Coefficient with Depth in Compound Channels</i> Galip SEÇKİN, Serter ATABAY, Recep YURTAL	87
Bileşik Kanallarda Sediment Taşınımının Laboratuvar Deneyleleriyle İncelenmesi <i>An Experimental Investigation of Sediment Transport in Compound Channels</i> Serter ATABAY, Galip SEÇKİN, Recep YURTAL	95
Konut Çevresi Kalite Arayışlarında Standartlar <i>Standarts of Living for the Housing of the Domicile Quality</i> Serpil ÇERÇİ.....	101
Stabilizasyon Havuzları Çıkış Sularından Mikroalglerin Giderilmesinde Balık Kullanımının Bazı Kirlilik Parametrelerine Etkisi <i>The Effect of Fish Usage to Some Pollution Parameters for Removal of Algae from Stabilization Ponds Effluent</i> Olçayto KESKİNKAN	115
Silifke-Mersin (İçel) Kuvarsitik Kumtaşlarının Cam Sanayi İçin Hazırlanması <i>Processing of Quartzite Sand Stones for Glass Industry of Silifke-Mersin (İçel)</i> Özen KILIÇ, Hüseyin AKARSU.....	125