



İÇİNDEKİLER

(CONTENTS)

Yaz şartlarında değişik yapı malzemelerinin iç ortam sıcaklıklarına etkisi
*Effect of various building materials on indoor temperatures under
summary conditions*

R. Tuğrul OĞULATA, Tuncay YILMAZ 1

Klasik bir takım tezgahında kalem hareket mekanizmasının bilgisayarla
denetiminde AC ve ADIM motorları kullanımı
*Using an AC and STEPPING motors in the computer aided control
of the cutter movement mechanism in a classical machine tool*

Ertuğrul ÜNVER, Erdem KOÇ 11

M3 Sınıfı ağır taşıtlarda S kamlı ön fren sisteminin disk fren sistemine
dönüştürülmesi ve uygulaması
*Conversion of S-CAM type front wheel brake system to disc type
brake system in class M 3 heavy vehicles*

O. Tuğrul GÖNCEL 25

Konvensiyonel bir takım tezgahında ayna ve kalem hareket
mekanizmasının bilgisayarla denetlenmesi
*A computer control of cutting tool and spindle motion mechanisms
in conventional machine tool*

Erdem KOÇ, Hidayet ÖZTÜRK 37

Masa üstü konvensiyonel bir takım tezgahının bilgisayar kontrollü hale getirilmesi
Conversion of a bench type conventional lathe to CNC form

Erdem KOÇ, Hidayet ÖZTÜRK 49

Kaynak dikişi civarında ısı tesiri altında kalan bölgenin (ITAB) irdelenmesi
The investigation of heat affected zone around the welding seam

O. Tuğrul GÖNCEL, Onur GÜVEN 61

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
DERGİSİ

Sahibi

Prof.Dr. Aziz ERTUNÇ
Çukurova Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dekanı

Editör

Mesut ANIL

YAYIN KURULU

Mesut ANIL Cengiz DÜNDAR
Fikret İŞLER Beşir ŞAHİN
Yusuf GÜRÇİNAR

YAZI İNCELEME KURULU (Editorial Board)

Nur AKIN (İ.T.Ü.)	Orhan AKSOĞAN (Ç.Ü.)
Fazlı ARSLAN (K.T.Ü.)	Mustafa ARSLANER (K.T.Ü.)
Ahmet AYHAN (S.Ü.)	Teoman AYHAN (K.T.Ü.)
Fevzi BİNGÖL (F.Ü.)	Atıla BOZACI (İ.T.Ü.)
Gürel ÇAM (G.Ü.)	Ataman DEMİR (M.S.Ü.)
Tuncay EGE (G.Ü.)	Ayhan ERLER (O.D.T.Ü.)
İlhan ERHAN (M.S.Ü.)	Veysel EROĞLU (İ.T.Ü.)
Okay EROSKAY (İ.Ü.)	Aziz ERTUNÇ (Ç.Ü.)
Ergun GEDİZLİOĞLU (İ.T.Ü.)	Cemal GÖNCÜOĞLU (ODTÜ)
M.Yılmaz GÜRLEYİK (K.T.Ü.)	Cahit HELVACI (D.E.Ü.)
M.Baki KARAMIŞ (E.Ü.)	Erdal KEREY (F.Ü.)
Erhan KIRAL (Ç.Ü.)	Salih KIRKGÖZ (Ç.Ü.)
Muhammet KÖKSAL (G.Ü.)	Engin MERİÇ (İ.Ü.)
İ.Kutay ÖZAYDIN (Y.Ü.)	Işık ÖZPEKEL (İ.T.Ü.)
Kazım PIHTILI (F.Ü.)	Yusuf TATAR (F.Ü.)
Selçuk TOKEL (K.T.Ü.)	Gökhan UZGÖREN (İ.Ü.)
İbrahim UZMAY (E.Ü.)	Sami YILBAŞ (E.Ü.)
Osman YILMAZ (İ.Ü.)	Yücel YILMAZ (İ.T.Ü.)

YAZIŞMA ADRESİ:

Ç.Ü.Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Dergi ve Yayın Kurulu Başkanlığı
011330 Balcalı/ADANA
Tel: 326357 Fax: 326126



CILT
VOL 6

SAYI
NO 1

HAZİRAN
JUNE 1991

İÇİNDEKİLER
(CONTENTS)

Yaz şartlarında değişik yapı malzemelerinin iç ortam sıcaklıklarına etkisi
*Effect of various building materials on indoor temperatures under
summary conditions*

R. Tuğrul OĞULATA, Tuncay YILMAZ 1

Klasik bir takım tezgahında kalem hareket mekanizmasının bilgisayarla
denetiminde AC ve ADIM motorları kullanımı

*Using an AC and STEPPING motors in the computer aided control
of the cutter movement mechanism in a classical machine tool*

Ertuğrul ÜNVER, Erdem KOÇ 11

M3 Sınıfı ağır taşıtlarda S kamlı ön fren sisteminin disk fren sistemine
dönüştürülmesi ve uygulaması

*Conversion of S-CAM type front wheel brake system to disc type
brake system in class M 3 heavy vehicles*

O. Tuğrul GÖNCEL 25

Konvensiyonel bir takım tezgahında ayna ve kalem hareket
mekanizmasının bilgisayarla denetlenmesi

*A computer control of cutting tool and spindle motion mechanisms
in conventional machine tool*

Erdem KOÇ, Hidayet ÖZTÜRK 37

Masa üstü konvensiyonel bir takım tezgahının bilgisayar kontrollü hale getirilmesi

Conversion of a bench type conventional lathe to CNC form

Erdem KOÇ, Hidayet ÖZTÜRK 49

Kaynak dikişi civarında ısı tesiri altında kalan bölgenin (ITAB) irdelenmesi

The investigation of heat affected zone around the welding seam

O. Tuğrul GÖNCEL, Onur GÜVEN 61

Sivas-Deliktaş tünel güzergahının jeomühendislik incelenmesi <i>Geoengineering investigation of the Deliktaş tunnel alignment in Sivas</i> Feda ARAL, Aziz ERTUNÇ	71
2000 Yılına doğru Türkiye'de kentleşme konut sorunu <i>Housing and urbanisation problem: Towards the year 2000</i> Yusuf GÜRÇINAR	79
Evsel atksularda askıda katı madde oranları ve çökelme özellikleri <i>Suspended solid concentrations and settling characteristics of domestic wastewaters</i> Ahmet YÜCEER, Ö.Cem DİZDAR.....	99
Boşluklu perdelerde bağ kirişi birleşim yerlerinde özel dikdörtgen eleman kullanımı <i>Use of special rectangular elements at the connections of lintel beams in perforated shear walls</i> Cengiz DÜNDAR, Hasan KAPLAN	111
Kesme kuvvetini hesaba katarak uçlarında rijit bölgeler bulunan çubuklardan oluşan düzlemsel çerçevelerin nonlineer analizi <i>Nonlinear analysis of planar frames with linear prismatic members having rigid end section taking shear deformations into consideration</i> Orhan AKSOĞAN, Rıza DİNÇER	125

YAZ ŞARTLARINDA DEĞİŞİK YAPI MALZEMELERİNİN İÇ ORTAM SICAKLIKLARINA ETKİSİ

R.Tuğrul OĞULATA ve Tuncay YILMAZ
Ç.Ü.Müh.Mim.Fak., Makina Mühendisliği Bölümü, Adana

ÖZET:Yapılarda biyoklimatik konforun sağlanabilmesi, iç ortam sıcaklığının insanların kendini rahat hissedebileceği bir değerde olmasıyla mümkündür. Yaz-kış iklim şartlarına ve bulunulan mahale göre değişen iç ortam sıcaklıklarının istenen değerler civarında olması gerekir. Bu nedenle herhangi bir yapı içerisindeki ortam sıcaklığının, doğal veya yapay soğutma ve ısıtma ile hangi değerler arasında değişebileceği önem kazanmaktadır. Bundan dolayı çalışmada, değişik yapı malzemelerinin ısı kazançlarına, dolayısıyla iç ortam etkisi araştırılmıştır.

EFFECT OF VARIOUS BUILDING MATERIALS ON INDOOR TEMPERATURES UNDER SUMMARY CONDITIONS

ABSTRACT: Bio-climatically comfort is that the level of indoor temperature which should let people feel comfortable. Indoor temperatures which are dependable on summer-winter climates and building materials should always be around desirable level. Therefore, the variation of indoor temperature which depend on the natural and artificial cooling and heating of building materials must be conciered in the stage of design. Due to this reason in this work, investigations was made on the heat gains of different building materials and the variation of indoor temperatures.

1.GİRİŞ

Isı kayıp ve kazançları genellikle hesabın yapılacağı yer için sabit bir iç ortam sıcaklığı kabul edilerek yapılır. Kabul edilen sıcaklık değerine göre belirlenen, ısı yükünü karşılayacak bir iklimlendirme cihazı seçilir. Gerçek çalışma şartlarında iç ortam sıcaklığı dış etkilere bağımlı olarak sürekli değişmektedir. Bu nedenle, sabit seçilen sıcaklığa göre belirlenen iklimlendirme cihazı ya sıcaklığın çok fazla artmasına ya da azalmasına neden olacaktır. Bu da gereğinden büyük veya küçük kapasiteli bir iklimlendirme cihazının çalıştırılması demektir. Bu nedenle ilk yatırım ve işletme şartları da göz önüne alınacak olursa, kullanılan yapı malzemesine göre iç ortam sıcaklığının hangi değerlere ulaşabildiği önem kazanmaktadır. Böylelikle yapı içerisinde hangi saatlerde en yüksek veya en düşük sıcaklıkların oluşacağı veya iklimlendirme sisteminin otomatik kontrole ihtiyacının olup olmadığını belirlenebilir.

Bir binanın yaz kliması yapıldığında; zamana bağlı olarak değişen, ısıtım ve

konveksiyon ısıları ile infiltrasyon yoluyla meydana gelen ısı kazancı ve aydınlatma v.b. kaynaklardan gelen ısı kazançları söz konusu olur. Ayrıca yapının ısı dengesi incelendiğinde, iç duvar ve eşyaların topladıkları, zamanla değişim gösteren ısı miktarlarının da ele alınması gerekmektedir.

2. İÇ DUVAR İLE EŞYALARIN ISI KAPASİTELERİ VE YAPININ ISI DENGESİ

İç duvarın ısı kapasitesi,

$$W_{id} = \sum m_{id} \cdot c_{p,id} \quad (1)$$

eşyaların topladığı ısı kapasitesi ise

$$W_e = \sum m_e \cdot c_{p,e} \quad (2)$$

biçimindedir. Burada m_{id} iç ortamdaki herhangi bir duvarın kütlesi, $c_{p,id}$ ilgili duvarın özgül ısı, m_e herhangi bir eşyanın kütlesi ve $c_{p,e}$ ilgili eşyanın özgül ısıdır. Zamana bağlı ısı akısı ise, iç duvar ve eşyalar aynı mahal sıcaklığında kabul edilerek,

$$\dot{Q}_{ide} = (W_{id} + W_e) \frac{dT_i}{dt} \quad (3)$$

şeklinde bulunur [1]. T_i zamanla değişen iç ortam sıcaklığını göstermektedir.

Mahaldeki iç ortam sıcaklığının zamana bağlı değişimi, yapının çeşitli elemanlarından gelen ısı kazançları ile infiltrasyon yoluyla oluşan ısı kazancı ve yapı elemanlarıyla eşyaların ısı depolama değerlerinin birlikte ele alınmasıyla bulunabilir. Ancak ele alınan mahalde istenen konfor şartlarının sağlanabilmesi için bir soğutma kaynağının da bulunması gerektiği gözönüne alınarak yapının ısı dengesi [1, 2, 3],

$$m_h \cdot c_{p,h} \frac{dT_i}{dt} = Q_{kaz} + Q_{inf} - Q_{ide} - Q_{kay} \quad (4)$$

şeklinde yazılır. Burada m_h mahaldeki havanın kütlesini, $c_{p,h}$ ise özgül ısını göstermektedir. Eşitlikteki, Q_{inf} infiltrasyonla ısı kazancı, Q_{kaz} ise zamanla değişen iç ortam sıcaklığı esas alındığında, yapının opak ve saydam elemanlarından gelen toplam anlık ısı kazancıdır. Q_{kay} da mahalın sabit iç ortam sıcaklığında, 24 saatlik periyod içindeki toplam ısı kazancının maksimum olduğu andaki değeridir.

Değişik Yapı Malzemelerinin İç Ortam Sıcaklıklarına Etkisi

Eşit.(4), içerisindeki ifadelerin matematiksel değerleri yerlerine konularak ve bir noktadaki türevin sonlu farklar cinsinden değerinin yazılmasıyla

$$T_{i,j+1} = T_{i,j} + \frac{\Delta t}{A} \{ Q_{kaz} + K_{inf}(T_a - T_{i,j+1/2}) - Q_{kay} \} \quad (5)$$

$$A = m_h \cdot c_{p,h} + W_{id} + W_e \quad (6)$$

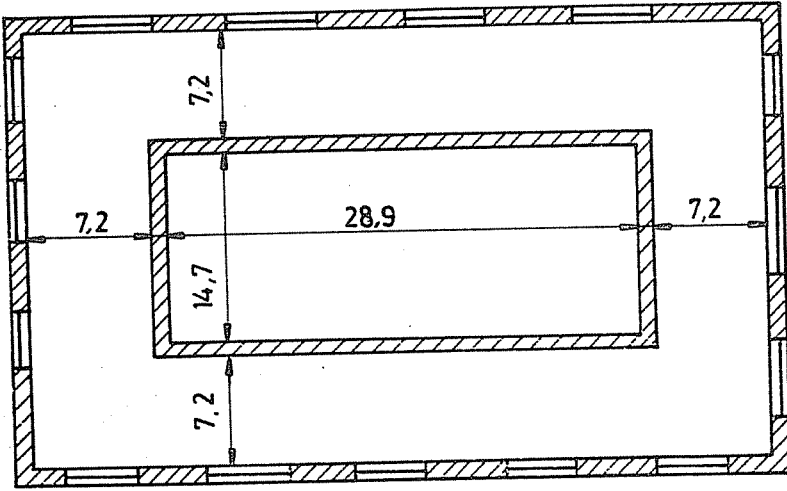
haline getirilmiştir. Burada j+1 indisi, j noktasından Δt zaman sonrasında göstermektedir. İterasyonla aynı zaman diliminde belirlenen iç sıcaklıklar için %1'den az fark oluncaya kadar yapılan hesaplarla, j+1 anındaki iç ortam sıcaklığı bulunur. Anlık iç ortam sıcaklığının nümerik olarak hesaplanması [1] de detaylı olarak açıklanmıştır.

3. UYGULAMA ÖRNEĞİ

Binadaki ortam sıcaklığının arzu edilen değerler civarında olup olmadığının tesbiti, içerisinde yaşayan insanların rahatı ve verimli çalışmaları için oldukça önemlidir. Bunun sağlanması da bilindiği gibi en basit olarak, otomatik kontrollü bir klima sistemi veya herhangi bir cihaz kullanılmadan uygun yapı malzemeleriyle yapılan pasif binalar yardımıyla olmaktadır. Bunlardan birincisi bilhassa özel bir yapı malzemesi kullanılmadan yapılmış mevcut yapılar için geçerlidir. İstenilen iklimsel konforun sağlanması, uygun klima sisteminin seçilmesi halinde işletme masraflarının da göze alınmasıyla gerçekleştirilebilmektedir. İkincisi ise; yapımı planlanan binaların, bulunduğu bölgedeki iklimsel verilerin de gözönüne alınması suretiyle, minimum ısı kazancını oluşturacak yapı elemanlarının kullanılmasıyla olmaktadır. Bu suretle inşaa edilecek yapılarda bir klima sistemi kullanılması zorunlu olduğu taktirde daha küçük kapasiteli bir sistem yeterli olacaktır ki, bu da ilk yatırım ve işletme masrafları açısından önemli oranda kazanç sağlayacaktır.

Bir örnek olması açısından Şekil 1'de gösterilen yapı ele alınmıştır. Yapıda, herhangi bir klima cihazı çalıştırılmadan ve 7-17 saatleri arasında bir klima cihazı çalıştırılması durumlarında değişik yapı elemanları için hesaplar yapılmış, iç ortam sıcaklığının günlük değişimleri belirlenmiştir. Yapı elemanı sözkonusu şekillerde (fiziksel özellikler SI sisteminde verilmiştir); a) Delikli tuğla ($\lambda=0.52$, $\rho=1200$, $c=920$), b) Yatay delikli tuğlalarla duvarlar ($\lambda=0.790$, $\rho=1600$, $c=880$), c) Dolu tuğlalarla duvarlar ($\lambda=0.965$, $\rho=2000$, $c=880$), d) Betondan dolu briket ($\lambda=1.197$, $\rho=2200$, $c=880$), e) Normal Beton ($\lambda=1.744$, $\rho=2200$, $c=1050$), f) Doğal taşlar (mermer, bazalt vb.), ($\lambda=1.744$, $\rho=2200$, $c=1050$) sembolleri ile gösterilmiştir. Soğutma cihazı yükü, yapının 28°C sabit iç ortam sıcaklığına göre hesaplanan maksimum ısı kazancına eşit kabul edilmiştir. Yapının, 20 cm

kalınlığında iç duvarı ($\lambda=2200$, $c=880$) ile yine aynı kalınlıkta dış ortama bakmayan tavan ve döşemeye ($\lambda=1600$, $c=1050$) sahip olduğu kabul edilmiştir. Binada 10 ton eşyanın ($c=1690$) olduğu ve infiltrasyonla ısı kazancı olmadığı varsayılmıştır. Hesaplamalar Adana için, 23 Temmuzda (204. gün) yapılmıştır. Şekil 2'de Adana'da aynı gün için dış ortam sıcaklığının gün boyuncaki değişimi gösterilmiştir [4].

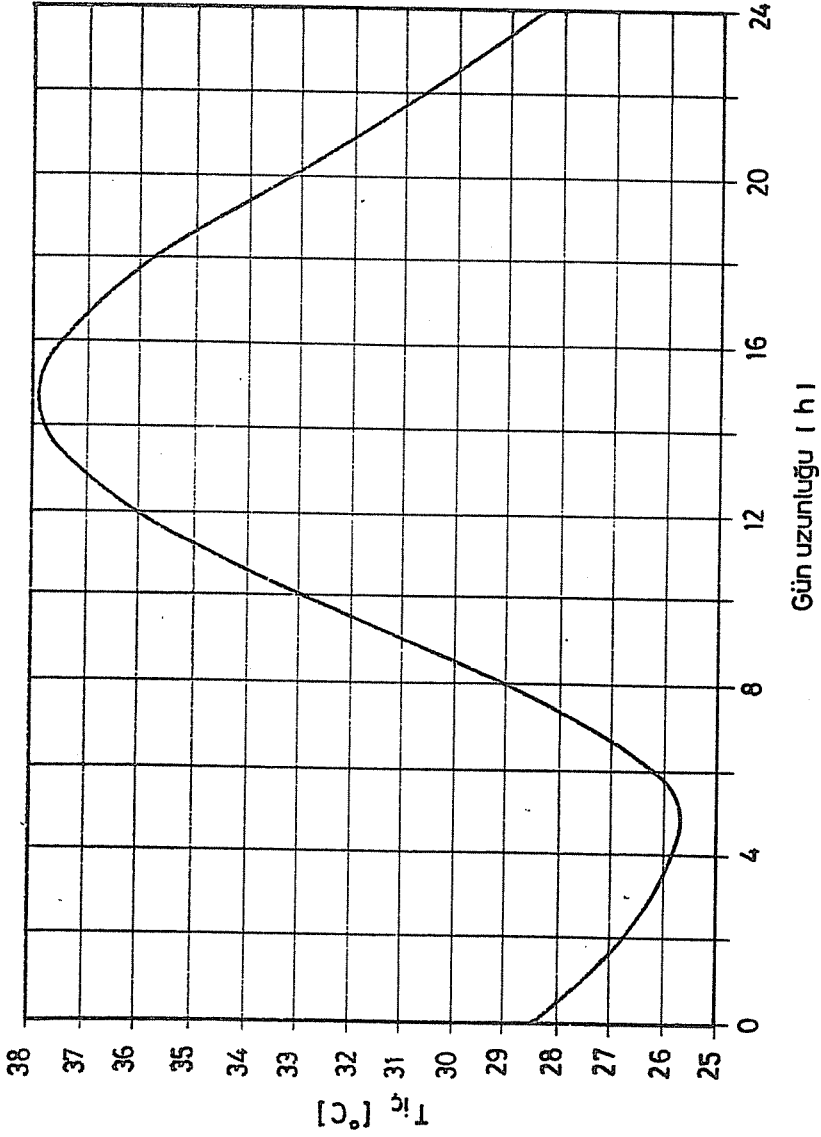


Şekil 1. İç ortam sıcaklığının değişiminin incelendiği örnek yapı.

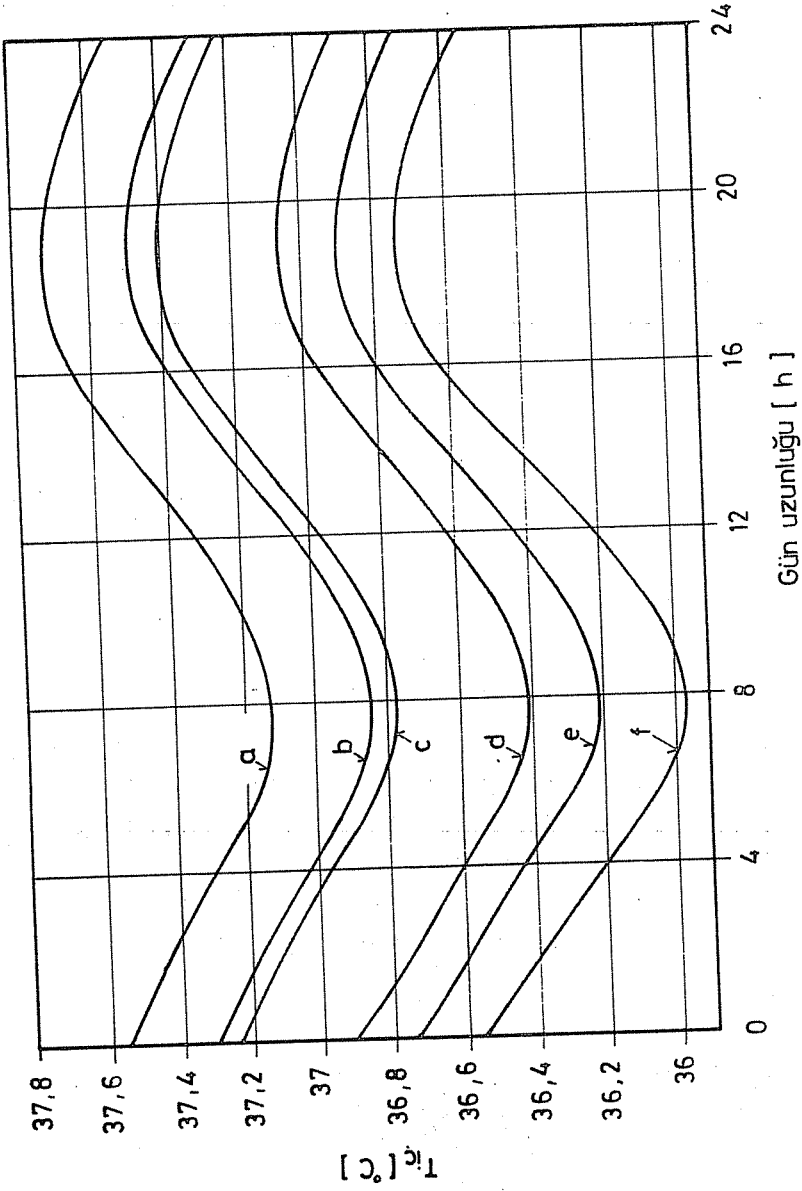
Şekil 3'te örnek yapıda, soğutma kaynağı olmadan, dış etkilerin (sıcaklık ve güneş ışımasını) zamanla değişmesine bağlı olarak meydana gelen iç ortam sıcaklık değişimi gösterilmiştir. Görüldüğü gibi duvarların ısı depolama değeri arttıkça iç ortam sıcaklığı azalmaktadır. Ayrıca duvar ısı iletim katsayısının büyümesi ısıl direnci azaltacağından, kazanılan ısı kazancının dışarının serin olduğu gece saatlerinde daha hızlı verilmesi de sağlanacaktır. Bunu, yapıda soğutma kaynağı olmayan durumda ısı kazançlarının değişiminin verildiği Şekil 4'ten de görmek mümkündür.

Şekil 5'te ise, örnek yapıda ele alınan duvar için 28 oC sabit iç ortam sıcaklığına göre hesaplanan ısı kazancına eşit yükteki bir soğutma kaynağının çalıştığı durum incelenmiştir. Soğutma cihazı 7-17 saatleri arasında toplam 12 saat çalıştırılmıştır. Şekilden görüldüğü gibi bu durumda duvarın ısı depolama değeri azaldıkça, iç ortam sıcaklığı da azalmaktadır. Ayrıca soğutma cihazının çalışmaya başladığı, saat 7'den itibaren sıcaklıkta düşme görülmekte ancak saat 16 civarında dış etkilerin bir gecikme fazı ile içeriye tesir etmeleri nedeniyle hafif bir yükselme olmaktadır. Soğutma cihazının kapatıldığı saat 17'den itibaren ise sıcaklıkta tekrar artış başlamaktadır. Şekil 6'da ise ısı kazançlarının değişimi gösterilmiştir. Duvarın ısı kapasitesi arttıkça ısı kazancının da

Değişik Yapı Malzemelerinin İç Ortam Sıcaklıklarına Etkisi

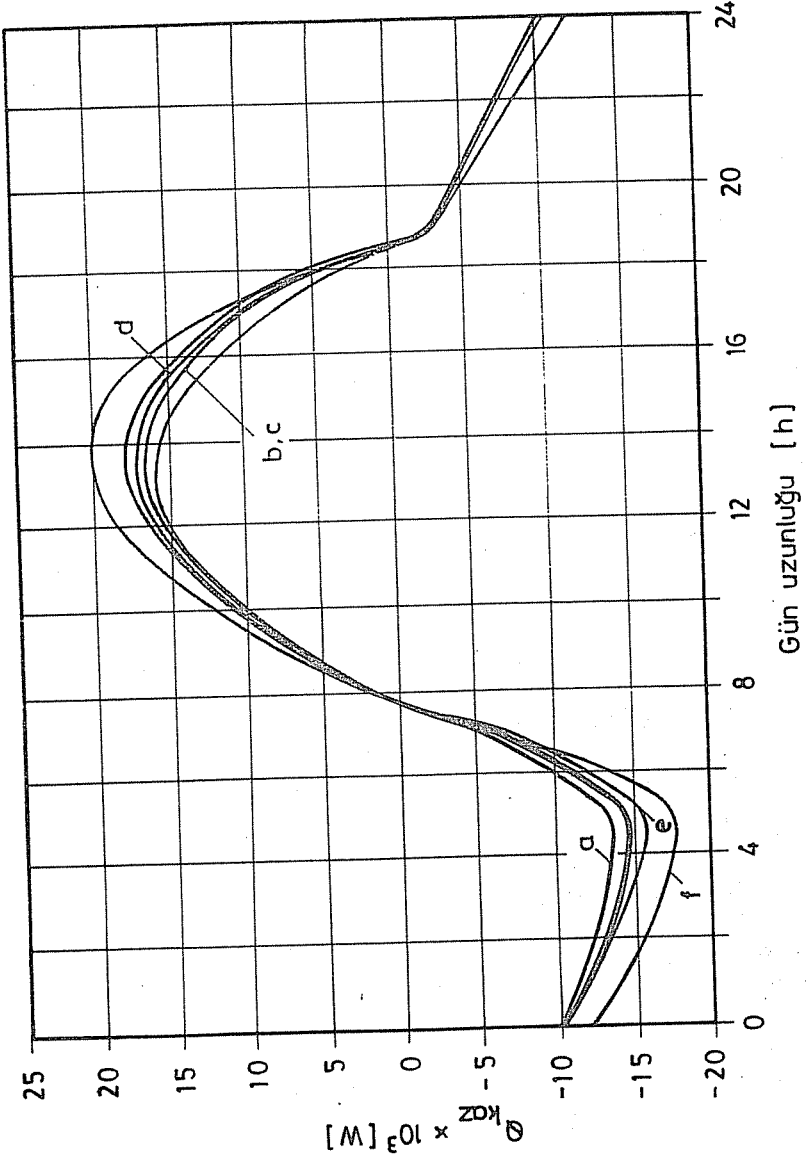


Şekil 2. Adana'da 23 Temmuz'da çevre sıcaklığı değişimi.

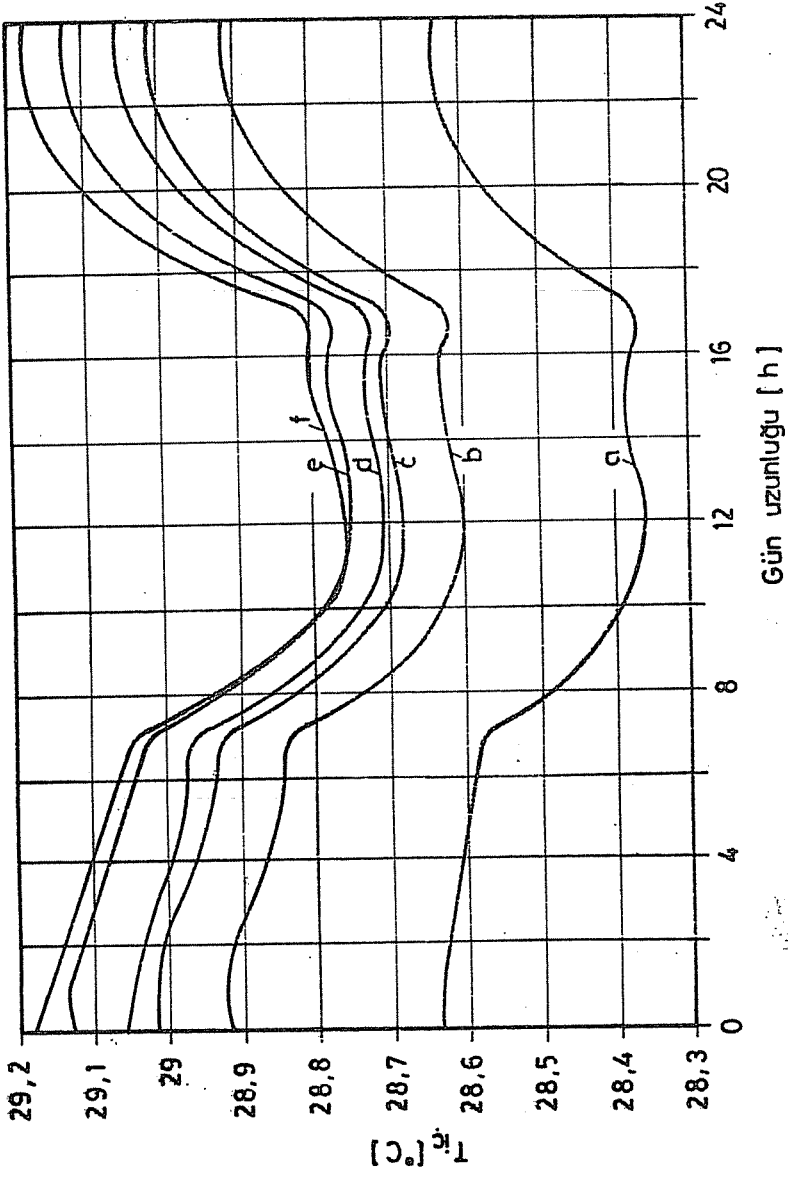


Şekil 3. Soğutma kaynağı yokken iç ortam sıcaklığının, yapının farklı dış duvarlarına göre değişimi.

Değişik Yapı Malzemelerinin İç Ortam Sıcaklıklarına Etkisi

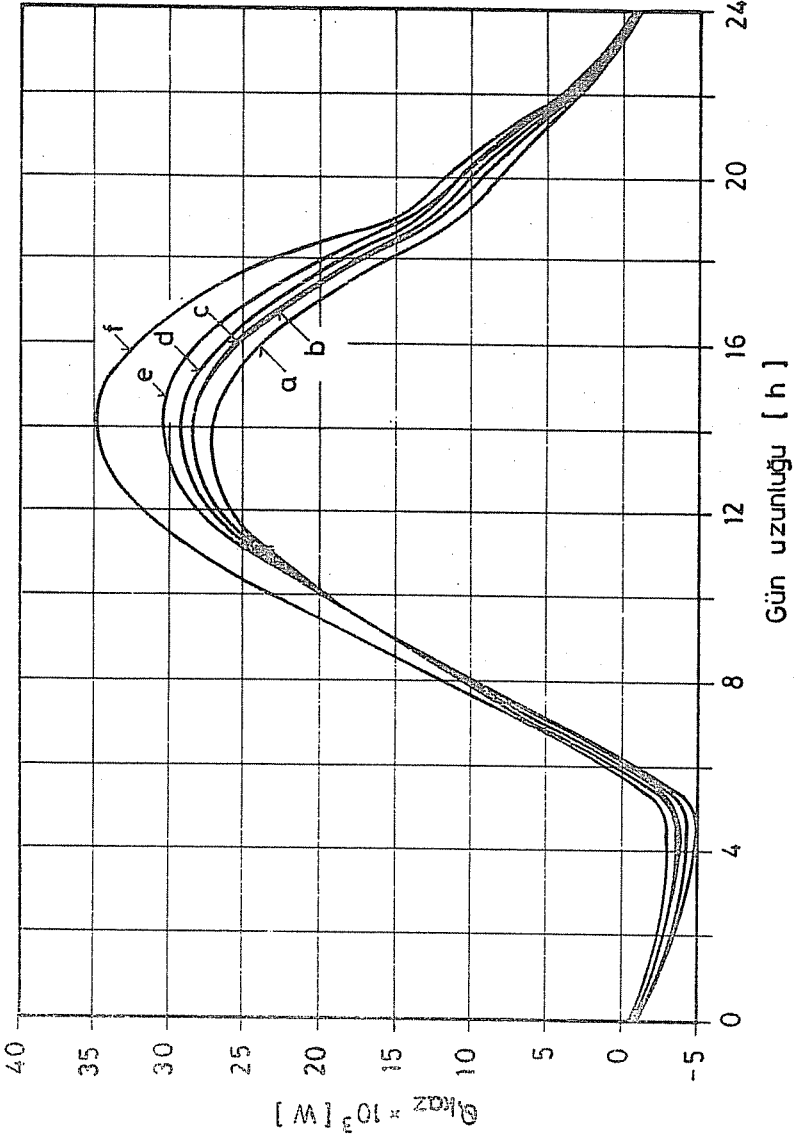


Şekil 4. Soğutma kaynağı yokken mahal ısı kazancının, yapının farklı dış duvarlarına göre değişimi.



Şekil 5. Soğutma kaynağı varken iç ortam sıcaklığının, yapının farklı dış duvarlarına göre değişimi.

Değişik Yapı Matzemelerinin İç Ortam Sıcaklıklarına Etkisi



Şekil 6. Soğutma kaynağı varken mahal ısı kazancının, yapının farklı dış duvarlarına göre değişimi.

arttığı görülmektedir.

4. SONUÇLAR

Yapıların konfor koşulları altında kullanılmalari, insanların kendilerini rahat hissedebilmeleri için oldukça önemlidir. Bu yüzden istenen iç ortam sıcaklığının belirli değerler arasında olması gerekmektedir. Enerjinin oldukça kıymetli olduğu günümüzde, tüketimde mümkün mertebe tasarruf yapılması zorunlu olmaktadır. Bu nedenle iklimsel konforu sağlamada yapı elemanlarının özellikleri üzerinde durulması lüzumlu görünmektedir.

Şekil 5'ten görüldüğü gibi, iklimsel konfor bir klima cihazı kullanılarak gerçekleştirilecekse mümkün mertebe ısı depolama kabiliyeti düşük duvar elemanının kullanılması uygun olmaktadır. Bu durumda kullanılan klima cihazının soğutma yükü de daha küçük olacağından, ilk yatırım ve işletme giderleri de daha az olacaktır. Şayet herhangi bir soğutma cihazı kullanılmayacaksa bu durumda Şekil 3'ten de görüldüğü gibi ısı depolama kapasitesi en yüksek duvar malzemesinin kullanılması iç ortam sıcaklığı açısından daha uygun olmaktadır.

KAYNAKLAR

1. OĞULATA, R.T., YILMAZ, T., *Yapılarda Isı Kazancının Dinamik İncelenmesi, Türk Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Basımda.*
2. CHANDRA, S., KAUSHIK, S.C., BANSAL, P.K., *Thermal Performance of a Non-Conditioned Building for Passive Solar Air-Conditioning: Evaluation of Roof Cooling Systems, Energy and Building, 8, (51-69), 1985.*
3. CHANDRA, S., CHANDRA, S., *Temperature Control in a Building with Evaporative Cooling and Variable Ventilation, Solar Energy, Vol 30, 4, (381-387), 1983.*
4. YILMAZ, T., OĞULATA, R.T., *Ortam Şartlarının ve Yapı Malzemelerinin Fiziksel Özelliklerinin Isı Kazançlarına Etkisi, Ç.Ü.Müh.Mim.Fakültesi Dergisi. Cilt 5, 2, (35-49), 1990.*

KLASİK BİR TAKIM TEZGAHINDA KALEM HAREKET MEKANİZMASININ BİLGİSAYARLA DENETİMİNDE AC VE ADIM MOTORLARI KULLANIMI

Ertuğrul ÜNVER ve Erdem KOÇ

Ç.Ü.Müh.Mim.Fak., Makina Mühendisliği Bölümü, Adana
Ç.Ü.Osmaniye Meslek Yüksekokulu, Osmaniye

ÖZET: *Bu çalışmada, konvansiyonel bir takım tezgahının bilgisayar kontrollu hale getirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla IBM uyumlu kişisel bilgisayar, AC ve Adım motorları, sürücü devreler ve gerekli mekanik dönüşüm elemanları kullanılarak klasik bir torna tezgahı sayısal kontrollu hale dönüştürülmüştür.*

Değişik yüzey şekillerine haiz iş parçalarını işlemek için Pascal dilinde bir program hazırlanmış ve gerçek çalışma şartlarında tornalama işlemi sağlanmıştır.

USING AN AC AND STEPPING MOTORS IN THE COMPUTER AIDED CONTROL OF THE CUTTER MOVEMENT MECHANISM IN A CLASSICAL MACHINE TOOL

ABSTRACT: *In this study, it was aimed that a conventional machine tool be converted into a computer into a computer controlled machine tool. For this purpose, by using an IBM personel computer, AC and stepping motors, driving circuits and the other necessary mechanical elements, a classical lathe was converted into a numerical controlled machine tool.*

A programme in Pascal language has been prepared for machining the work pieces with various surface profiles and the cutting process has been performed under the real operating conditions.

1. GİRİŞ

Günümüzde gelişmiş hatta gelişmekte olan ülkelerde mekanik sistemler mikroişlemcilerle kontrol edilmektedir. Bu tür uygulamaların en çok görüldüğü alan ise takım tezgahlarıdır. Endüstride halihazırda bilgisayar ile takım tezgahlarının birlikte çalışmasından oluşan nümerik kontrollu (NC) ve bilgisayar nümerik kontrollu (CNC) tezgahlar mevcuttur.

Nümerik kontrollu tezgahların tarihi 1950'li yıllara kadar inmektedir. Daha sonraki yıllarda programlamada standardizasyon amacıyla APT (Automatically Programmed

ÜNVER ve KOÇ

Tools) lisansı geliştirilmiştir. 1960'larda ise APT'nin yeni versiyonları olan EXAPT serisi gündeme gelmiştir. Bu aşamada bilgisayar kontrollu robotlar üretilmiş ve 1970'li yıllarda bilgisayar nümerik kontrollu (CNC) tezgahlar üretilmiştir. Daha sonraları çeşitli transport ve taşıma araçlarına uygulanmış ve merkezi bilgisayarlarla Esnek İmalat Sistemleri oluşturulmuştur.

Endüstride CNC tezgahların bu şekilde gelişmesi izlenirken, tezgahların hareket sistemlerinin de gelişmesi şu şekilde oluşmuştur. Başlangıçta hareket elemanı olarak adım motorları, hidrolik üniteler veya her ikisi birden kullanılmakta idi. Adım Motorlarının momentlerinin (torklarının) düşük olması, bu tür tezgahlarda Doğru Adım Motorlarının kullanımını gerektirmiştir.

1960'lı yıllarda sayısal kontrollu tezgahlarda adım motorlarını kullanmak için, adım motorlarının kontrol ettiği hidrolik güçlendiricilere başvurulmuştur. Daha sonraları güçlü adım motorlarının imalatı, DC motorların mikroişlemcilerle kolayca kontrol edilmeye başlanması, hidrolik-adım motoru içeren karına sistemleri ortadan kaldırmıştır. Son yıllarda ve sürücü devrelerdeki inanılmaz gelişme, bilgisayar sayısal kontrollu tezgahlarda AC motor kullanımı sonucunu getirmiştir (1,2).

Bu çalışmada, IBM uyumlu kişisel bilgisayar, öncelikle AC motorlar ve sürücü devreler kullanılarak, klasik bir torna tezgahının sayısal kontrollu hale dönüştürülmesi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada EMCO MAXIMAT SUPER 11 torna tezgahı kullanılmıştır. Tezgahın anma ölçüleri 140x650 mm olup, talaş alma esnasında araba 1,65 ile 660 mm/dak hızları içerisinde hareket ettirilebilmektedir. Tezgah tablasının iki yöndeki hareketi, bilgisayar kontrollü iki adet, üç fazlı 1/2 BG güçlü motorlarla sağlanmıştır. Değişik yüzey şekillerine haiz olan iş parçalarını işlemek için kullanımı kolay olan Pascal dilinde bir program hazırlanmıştır. Tornalama, elle herhangi bir müdahale olmadan yapılabileceği gibi aynı zamanda klavye üzerinde kodlanmış belirli tuşları kullanarak da yapılabilmektedir (3).

2. SAYISAL DENETİMLİ TAKIM TEZGAHLARI VE KONTROL METODLARI

2.1. Tezgahlar

Genel anlamda otomatik tezgahlar mekanik ve nümerik kontrollü tezgahlar olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Bir otomatik tezgahta parça ile ilgili bilgiler direkt olarak giriliyorsa, bu tezgahlara konvensiyonel tezgah; program yolu ile giriliyorsa da bu tip tezgahlara otomat tezgah denmektedir. Klasik ve mekanik otomat tezgahlara göre NC tezgahların üstünlükleri şöyle sıralanabilir (4);

Klasik takım tezgahlarına göre:

Daha yüksek ve sabit bir kalite elde edilmesi, daha az ve basit tutturma tertibatlarına

gerek duyulması, çok karışık parçaları ve yüzey şekillerini işleyebilmesidir.

Otomat tezgahlara göre;

Ayar zamanının çok daha düşük olması, çok daha esnek olmasıdır.

NC tezgahların dezavantajları ise;

Nispeten daha hassas olması ve dolayısıyla daha iyi muhafaza edilmesinin gerekmesi, bozulma ihtimalinin daha yüksek olması ve ayrıca tamirat ve bakım için uzmanlaşmış elemanlara ihtiyaç olması, programlama için kalifiye elemanlara ihtiyaç duyulmasıdır.

2.2. Kontrol Tipleri

İş parçası ile kesici kalem arasındaki hareketin şekline göre nümerik işlem tipleri; Noktasal Kontrol, Doğrusal Kontrol, Eğrisel Kontrol olmak üzere incelenebilir. Noktasal nümerik kontrol punta kaynak makinalarında; doğrusal nümerik kontrol, freze tezgahlarında basit frezeleme işlemlerinde; eğrisel kontrol ise aynı anda iki veya üç eksen boyunca kesici ucun hareketinin kontrol edilmesidir. Bu yöntemle matematiksel olarak ifade edilebilen yüzeylerde işlenebilmektedir.

2.3. Kontrol Sistemleri

Açık ve kapalı devre olmak üzere iki kontrol sisteminden bahsedilebilir. Açık devre kontrol sisteminde, kontrol sisteminden kontrol devresine gönderilen bilgiler hareket elemanına aktarılmakta, hareket elemanının istenildiği kadar hareket edip etmediği kontrol edilmemektedir. Kapalı devre kontrol sistemi ise bunun tersidir, yani geri besleme yapılması gereklidir (5).

2.4. Adım Motorları

Adım Motorları, vurgu şeklindeki elektrik uyarılarını hassas dönme hareketine çeviren eletromekanik elemanlardır. Pratikte üç tip Adım Motorundan söz edilebilir. Bunlar, değişken relüktanslı, sabit mıknatıslı ve hibrit tiptir. Ayrıca dönme hareketi yerine doğrudan yer değiştirme hareketi yapan lineer adım motorları da mevcuttur (6,7).

2.5. Alternatif Akım Motorları

Senkron ve asenkron motorlar olmak üzere iki kısma ayrılabilir. Senkron motorlar sadece ayarlandıkları devir sayılarında çalışabilen motorlardır. Asenkron motorlar ise değişik alt gruplara ayrılabilmeyle birlikte genellikle, çeşitli yöntemlerle değişik devir sayılarında çalıştırılabilen, az arıza yapan ve en fazla kullanılan motorlardır.

Hidrolik hareket sistemleri de pompa motor ve valfler başta olmak üzere nümerik kontrollü tezgahlarda sıkça kullanım alanı bulmaktadır.

3. METOT

3.1. Değişikliğe Tabi Tutulan Torna Tezgahı

Değişiklikten sonra tabla hareketini sağlayan bütün işlemler hem elle hem de bilgisayarın kontrol ettiği motorlarla sağlanabilmektedir. Bu çalışmada tablanın iki boyuttaki ileri ve geri hareketlerinin sağlanması için iki adet üç fazlı asenkron motor kullanılmıştır. Tezgah tablasının hareketinin, bu motorlarla sağlanabilmesi amacıyla z doğrultusunda diş çekmek için kullanılan vidalı milin uç kısmına, kayış-kasnak sistemiyle motorlardan birisinin bağlantısı yapılmıştır. Bu sayede tezgah tablası, istenildiği zaman motordan bağımsız olarak hareket ettirilebilmektedir. Bu değişiklik düşük redüksiyon oranı gerektirmesi nedeniyle de ayrı bir üstünlük sağlamaktadır. Buna karşılık elle yapılan çalışmada diş çekme işleminin yapılamayacak olması yöntemin bir dezavantajıdır. Aslında, motora bağlı bulunan kayışın çıkartılması ile diş çekme işleminin de yapılabilmesi mümkündür.

Bu çalışmada kullanılan torna tezgahı, tezgah gövdesine monte edilmiş bir freze kafasını da içermektedir. Bu kafaya uygun çakıların ve tezgah tablasına da divizörün bağlanması ile dişli imalatı ve frezeleme işlemlerini de yapabilmek mümkündür. Bu tezgahın kullanılması neticesinde bilgisayarla denetlenebilen tabla üzerine parça bağlayarak bilgisayar kontrollü freze tezgahlarının yaptığı işlemleri de yapmak mümkündür. Fakat bunun için tornalama için geliştirilen bilgisayar programı üzerinde değişiklikler yapmak, daha uygunu ise frezeleme işlemi için ayrı bir program hazırlamaktır.

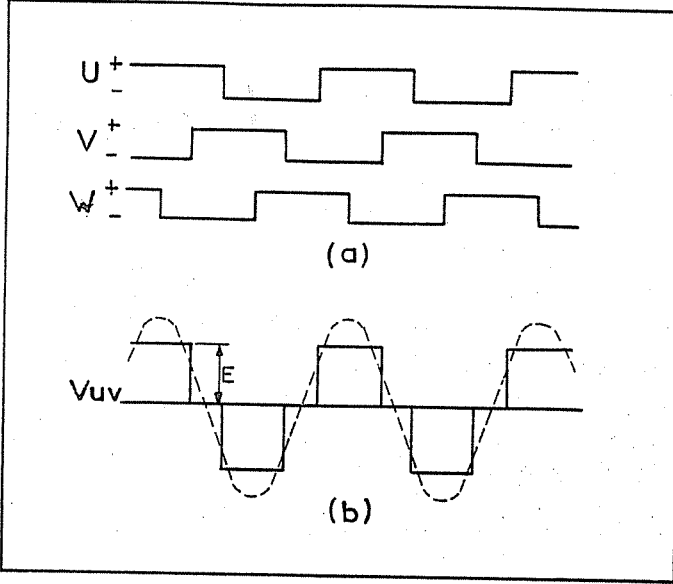
3.2. Kontrolde Kullanılan Elektromekanik Üniteler

3.2.1. Bilgisayar

Bu çalışmada IBM uyumlu, 512 K hafızalı, Intel 8088 mikroişlemcili, 4.77/12 MHz hızlı, kişisel bir bilgisayar kullanılmıştır. Bilgisayarda bu özelliklere ek olarak 8087 yardımcı matematik işlemci, 20 MB'lık hard-disk ve bir adet 5.25 inc, 360 K'lık disk sürücüsü mevcuttur.

3.2.2. AC Motor Sürücü Devre ve Motorları

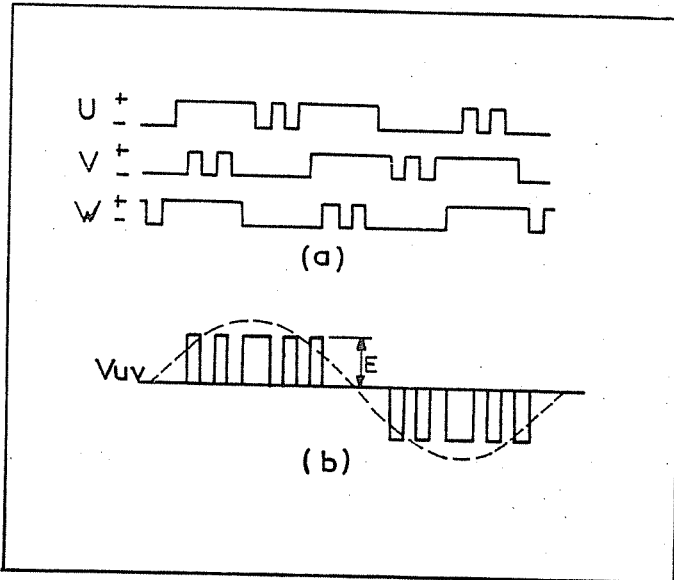
Bu araştırmadaki sistemde asenkron motorun hız kontrolü, PWM (Pulse Width Modulation-Darbe Genişliği Modülasyonu) yöntemiyle yapılmıştır. PWM yöntemiyle hız kontrolü; sisteme sabit olarak verilen, gerilimden, büyüklüğü ve frekansı değiştirilebilen üç fazlı simetrik bir alternatif gerilim elde ederek sağlanır. Bu yöntemle hız kontrolü yapabilmek için Şekil-1a'da gösterilen u, v ve w anahtarlarının, gerilim ve frekanslarının değiştirilmesi gereklidir. Bu şekilde bahsedilen üç fazın istenilen hız kontrolünü yaparken elde edilen dalga biçimleri de Şekil-1b'deki gibi olmaktadır. Aynı şekilde u ve v fazlarının oluşturduğu darbe dalgalarının bileşkesi de vuv olarak verilmiştir. Bu dalga şekli sincap



Şekil: 1. Anahtar konumları ve elde edilen faz arası V_{uv} gerilimi.

kafesli motorun sabit gerilimle beslenmesi için uygundur.

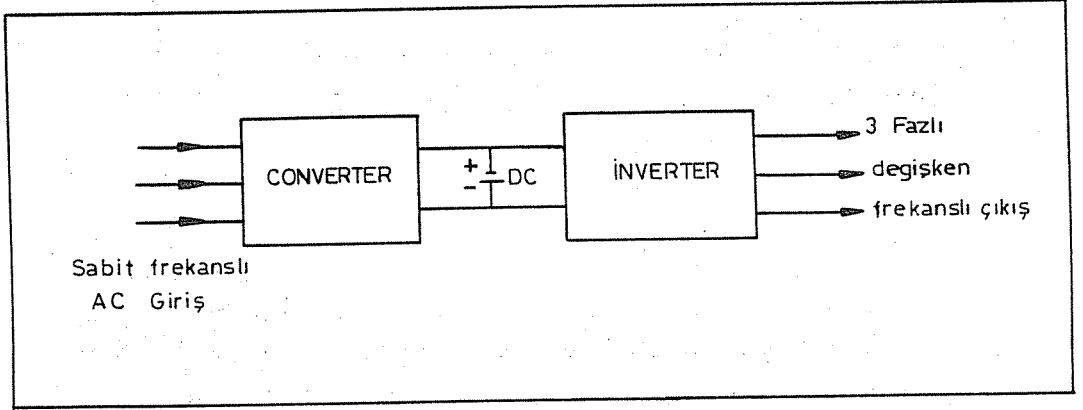
PWM yöntemiyle hız kontrolü yapabilmek için genel olarak, çıkış gerilimi ve frekansı, yarı periyotta birden fazla darbe oluşturularak kontrol edilmektedir. Temel bileşene ilişkin efektif darbelerin genişlikleri ayarlanarak değiştirilir. Şekil 2'de yarı periyotta beş darbe



Şekil: 2. Beş darbeli bir çalışmada anahtar konumları ve faz arası V_{uv} gerilimi.

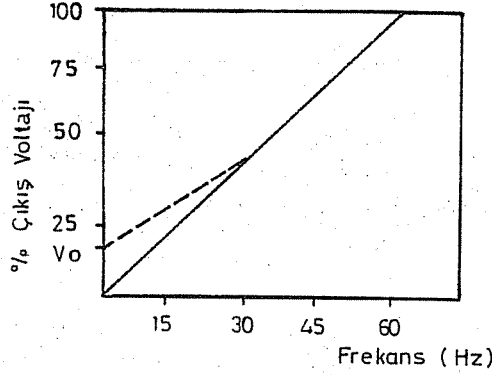
içeren bir dalga şekli verilmiştir. Bu yöntemde modülasyon, anahtarlama işaretlerinin (darbe sayılarının) sinüs eğrisine uyacak şekilde üretilme ve düzenleme tekniğinden ibarettir. Yine şekilden, u ve v fazlarının ürettiği değişik genişliklerdeki darbelerden elde edilmiş, sinüs eğrisine uyarlanmış (modüle edilmiş) dalga formu görülmektedir.

Kullanılan sistemde, PWM prensibiyle hız kontrolu yapmak amacıyla kullanılması olan sürücü devrenin çalışma prensibi şematik olarak Şekil-3'de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere ünite 2 kısımdan oluşmaktadır. Converter bölümü, sisteme sabit frekansta giren voltajı sabit DC voltajına çevirmektedir. Bu DC voltaj kapasitörlerde depolanmaktadır. Inverter bölümü ise, bu voltajı 3 fazlı değişken frekanslı çıkış bilgisine dönüştürmektedir. Ünite içinde kontrol edilen sadece inverter bölümü olduğundan, PWM değişken frekanslı motor sürme ünitesi, kontrollü Converter bölümü de kullanan diğer sistemlerden daha güvenli olmaktadır.

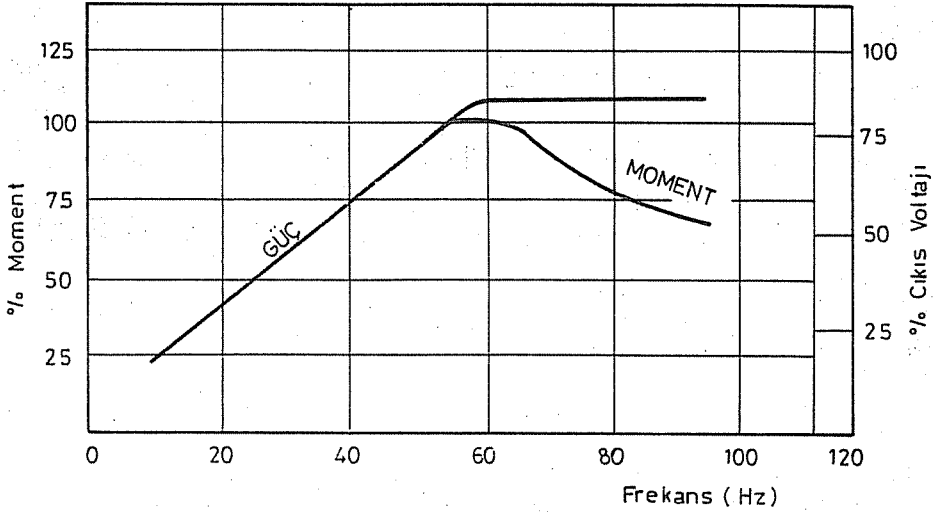


Şekil: 3. PWM Hız kontrol ünitesi.

Bir AC motor, nominal hız değerine erişinceye kadar sabit moment (tork) çıkışını sağlayabilmek amacıyla Şekil-4'de gösterildiği gibi frekansla doğru orantılı voltaj girişine sahip olmalıdır. PWM inverter ünitesi, bu karakteristiği frekans değiştirirken darbe genişliklerini değiştirerek gerçekleştirir. Pratikte, şekilde noktalı çizgiyle gösterildiği üzere, düşük frekanslarda motor küçük oranda zorlayıcı voltaja ihtiyaç gösterir. Motorlar ilk harekete geçişte atalet kuvvetlerinden doğan kayıplar (özellikle stator kayıpları) düşük hızlarda önemli olmakta, bu kayıpları ortadan kaldırmak ve sabit moment operasyonu elde etmek amacıyla bahsedilen zorlayıcı voltaj kaçınılmaz olmaktadır. Motor karakteristiklerinin bilinmesi tasarlanan herhangi bir sistem için son derece önemli olmaktadır. Bu çalışmada kullanılan kontrol ünitesinin sürdüğü motor karakteristiğinin

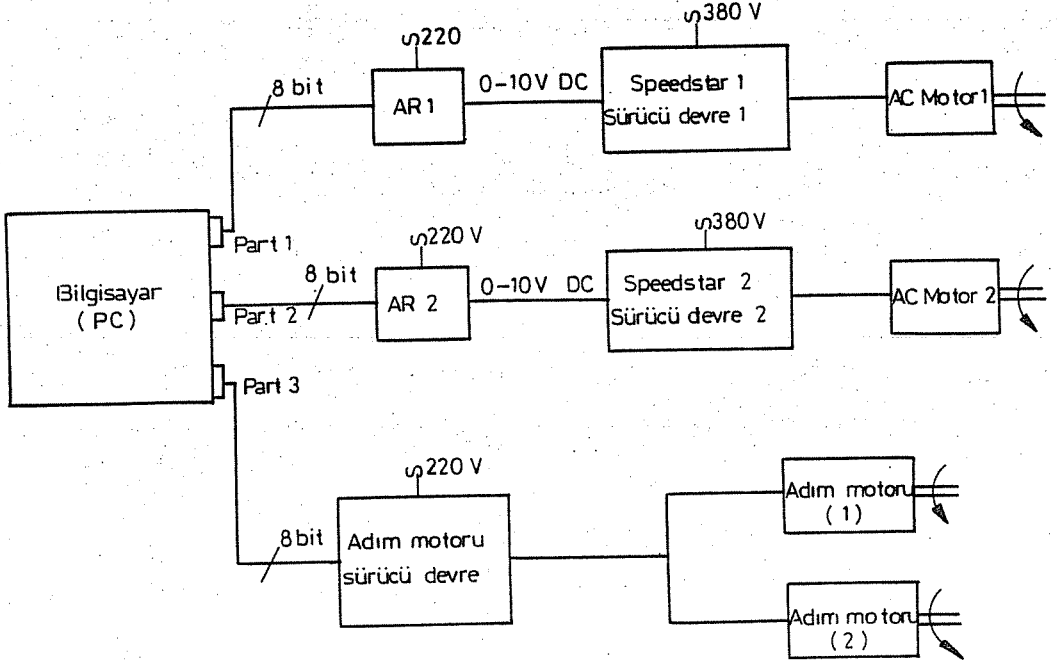


Şekil: 4. Hız Voltaj ilişkisi.



Şekil: 5. Kullanılan AC Motor karakteristiği.

Şekil-5'de gösterildiği gibi olması amaçlanmıştır. Şekilden de görüleceği üzere, sürücü ünitesinin kontrol ettiği AC motor, 60 Hz nominal hızda nominal güce erişmekte ve bu hızdan daha büyük hızlarda güç sabit olmaktadır. Yine şekilden, 0'dan 60 Hz'e kadar nominal moment (%100 moment) sabit seyretmekte ve 60 Hz'den sonra momentte azalış gözlenmektedir. %100 sabit momentin nominal hızın üstünde sağlanamadığı gözlenebilmektedir. Bunun en önemli nedeni, hızın bu değerden sonra, frekansla orantılı olarak voltajın artırılmamasıdır. Bu çalışmada AC motorları sürmek amacıyla iki adet sürücü devre ve iki adet de ara devre kullanılmıştır. Hazır olarak alınan Ac motor sürücü devreleri ve ara devreler ile piyasadan temin edilen alternatif akım motorları, bilgisayar üzerine de gerekli ilaveler yapılarak Şekil-6'da gösterildiği gibi birleştirilmiştir.



Şekil:6. Sistemin kontrol devrelerinin bağlantısı.

Sistemin çalışmasını şu şekilde özetlemek mümkündür; Motorları sürmek için sürücü devreye verilmesi gerekir 0-10V arasındaki DC gerilim, bilgisayardan gönderilen lojik 1 ve 0 dan ibaret olan sinyallerin ara devrede, analog sinyale çevrilmesi ile elde edilmektedir. Bu amaçla, standart olarak bilgisayarda mevcut bulunan bir adet paralel porta iki paralel port daha ilave edilmiştir. Her üç port için data ve kontrol port adresleri tesbit edilerek programda değerlendirilmiştir.

Programın çalıştırılması esnasında her üç porttan da veri gönderilebilmekte ve bu sayede her iki AC motor da istenilen hızlar elde edilebilmektedir. Bu çalışmada her iki AC motoru 255 değişik hızda çalıştırmak mümkündür. Paralel portlardan çıkan bilgi D/A (dijital-analog) konverterden geçirilerek analog sinyale çevrilmektedir. Sinyal daha sonra F/V konverterinden geçirilerek motor sürücü devresine verilmektedir.

Aynı sürücü devre ile motor hızlarının elle değiştirilmesi de mümkündür. Motorların bu

Klasik Bir Takım Tezgahında AC ve ADIM Motorları Kullanımı

devre ile çalıştırılması anında, aşağıdaki özelliklerin değiştirilmesi mümkün olabilmektedir.

- İstenilen hıza ulaşma zamanı,
- İstenilen hıza düşme zamanı,
- Maksimum çalışma hızının tespiti (sınırlanması),
- Minimum çalışma hızının tespiti,
- Düşük devirlerde fazla moment yaratmak için fazla akım ayarı

Kullanılan AC motorlar ise, üç fazlı kısa devre rotorlu asenkron motorlardır. Normal çalışma şartlarında motorlar 50 Hz frekansta çalışmaktadırlar. Bu motorlar 50 Hz frekanstaki gerilimle çalıştırılırsa nominal hızı 905 d/dak'da olmaktadır. 6 kutbu olan motorlar 1/2 BG güce sahip olup, 3,9 Nm moment sağlayabilmekte ve ayrıca 380 V gerilimde 1,26 A akım çekmektedirler. Rotorun atalet momenti 0,015 Nm ve motor ağırlığı da 8 kg'dır.

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

5.1. Tezgahta Tabla Hareketinin Sağlanması

Bilgisayarın kontrol ettiği motorların tezgah tablasını hareket ettirmesi için elektrik motorlarının milleri ve tabla vida hareket millerine kasnaklar dişli kayışlarla irtibatlandırılmıştır. Bu hareket aktarım sistemiyle, motorun dönel hareketi doğrusal harekete dönüştürülmüştür. Elektrik motorlarının adapte edilen kontrol sistemiyle erişebileceği minimum devir sayısının, tezgah tablasının ihtiyaç duyduğu hızdan çok yüksek olması nedeniyle, elektrik motorları ile tabla mili arasında redüktör kullanılmıştır. Bu amaçla önceden hazırlanmış olan redüktör tasarım programı kullanılarak ihtiyaç duyulan redüktörlerin tasarımı yapılmıştır. Bahsedilen programla, düz dişli veya sonsuz vida çark dişlisi tasarımı yapılabilmektedir. Redüktörün kullanım yerinin özellikleri ve gerekli çevrim oranının belirlenmesi neticesinde sonsuz vida karşılık dişlisinden oluşan redüktör çiftinin bu amaçla kullanılacak en uygun redüktör olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca bu redüktörün sessiz çalışacağı da dikkate alınarak kullanıcıya ayrı bir rahatlık sağlayacağı düşünülmüştür. Fakat, tablayı hareket ettirmek için gerekli kuvvetler hesaplandığında, bu kuvvetleri karşılamak için redüktör kullanma yerine, daha basit ve ucuz olarak imal edilebilecek olan kayış kasnak sisteminin de aynı amaçla kullanılacağı anlaşılmıştır. Ancak, değişik kalınlıklardaki talaşları alırken değişik kesme kuvvetlerinin oluşacağı ve bu kesme kuvvetlerinin de motor milinde değişik momentler oluşturacağı dikkate alınarak, tormalama esnasında kayış kasnak sisteminde zamanla değişen (lineer olmayan kaymaların olacağı) anlaşılmıştır. Bu kaymaları önlemek amacıyla, kayış kasnak sisteminde dişli kayış kullanılmasının daha uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

Dönüştürme işleminde 1/10 luk çevrim oranı elde edilecek şekilde motora ve mile takılı kasnak çapları tayin edilmiştir. Bu oranın tesbitinde hem geometrik sınırlamalar (hacim, yer darlığı) hem de düşük devirlerde yeterli motor momentinin elde edilmesi önemli rol oynamıştır.

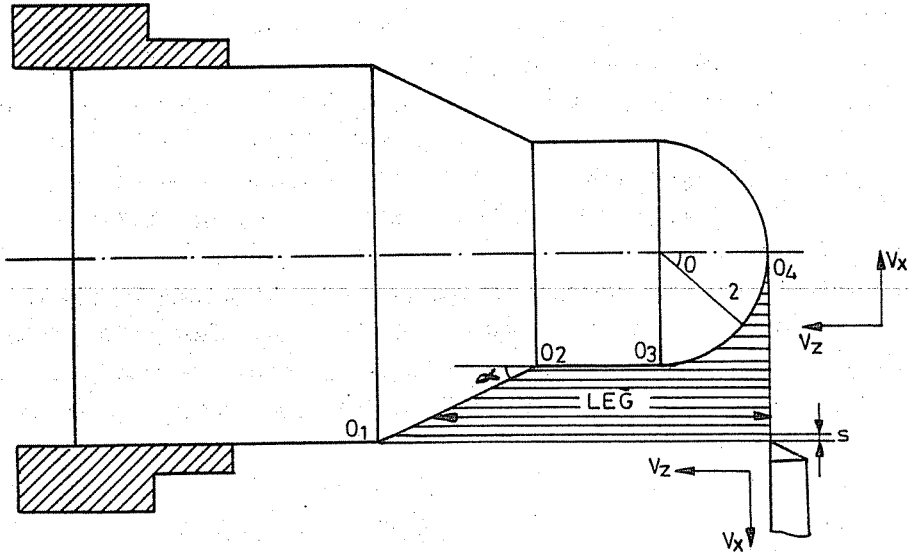
Başlangıçta sadece, motorun miline çapı 15 mm olan ve dişli kayışın diş profiline uygun dişlilere sahip kasnak monte edilmiş, tablanın vidalı miline ise çapı 150 mm olan düz kasnak takılmıştır. Bu konstrüksiyonla küçük dişli kasnakta şekil bağı ile çok güç iletimi planlanmış, büyük kasnakta ise sürtünme ile kuvvet bağı bir güç iletimi sağlanması yolu seçilmiştir. Ne var ki sistem çalıştırıldığında, yeterli büyüklükte sürtünme kuvveti (dolayısıyla momenti) oluşturulamayan büyük kasnağın, kayışa göre, izafi olarak boşta döndüğü gözlenmiştir. Bu durumun kayışlarda yeterli gerginliğin sağlanamamasından kaynaklandığı ve düzeltilmesi için ise kayış elastik uzamasının tasarım sınırlarının üzerine çıkmasından doğan kopma tehlikesi nedeniyle kasnakların eksenler arası mesafesinin artırılması yolu denenmiş fakat yüksek hızlara çıkıldığında iyi bir çözüm olmadığı görülmüştür. Bu mahsuru ortadan kaldırmak için tabla miline bağlı kasnak üzerine de kayış üzerindeki diş modülüne uygun dişler açılarak kayma önlenmiştir.

Bilgisayarla AC motorların hız kontrollerinin sağlanmasından sonra, öncelikle motorların boşta çalışması denenmiştir. Motorların gerçekten istenilen hareketleri sağladığı anlaşıldıktan sonra tezgaha bağlantısı yapılmıştır. Daha sonra, tezgah tablasının hareketi sağlanmış ve iş parçalarını işleme anında büyük sorunların oluşmayacağı anlaşılmıştır. Bu aşamada, tezgahın aynasına tahta bağlanarak tornalama işlemine geçilmiştir. Tezgahta tahta işlenmesinin sebebi, kesme işleminde oluşacak kuvvetleri minimumda tutmak ve sistemi aşırı zorlamaya maruz bırakmadan denemek olduğu açıktır. Bilgisayarın kontrol ettiği tezgah ile tornalam işlemi yaparken önceden düşünülmeyen bazı parametrelerin kesmedeki önemi iyice belirginleşmiştir. Bunlardan başta geleni tezgah veya bağlantı elemanlarının rijitliğidir. Motorları tezgaha bağlamak için kullanılan sehbanın ve motorların ağırlığı nedeniyle tablanın hareketinde de bir zorluk meydana geldiği anlaşılmıştır. Bunun ortadan kaldırılması için, tezgah kızak ve yataklarındaki sürtünmeler, yağlamanın iyileştirilmesi ile minimuma indirilmiştir. Ayrıca kalemin bağlı olduğu katerin, tezgah yataklarının, kesme kalemi uzunluğunun ve aynanın dönmesi nedeniyle oluşan titreşimlerin de parça işlerken elde edilecek yüzey kalitesi ve toleransını büyük ölçüde etkiledikleri görülmüştür. Bu nedenle bir konvensiyonel tezgah bilgisayarla kontrollu hale getirilirken kullanılacak ek elektromekanik ünitelerin yanında tezgahın üzerinde yapılacak değişikliklerin de çok iyi tasarlanması gerektiği sonucuna varılmıştır (8).

5.2. Kontrol Programı

Programlama için öncelikle Pascal programlama dilinde kullanılabilen data ve kontrol port adresleri tespit edilmiş, birçok işlemi yapabilecek ve geliştirilmeye açık bir program hazırlanmıştır. Program, parçaların işlenebilmesi için gerekli dataları aldıktan sonra, hangi motorun ne kadar süre çalışacağını kendisi hesaplamaktadır. Tüm parça işleninceye kadar işlemler devam etmekte, parça istenilen boyuta geldiğinde her iki motor da durdurulmakta ve bilgisayar, tornalama işlemi bittiğini otomatik olarak ses ile ve ekrana yazarak bildirmektedir. Çalışmada ayrıca grafik simülasyona da girilmiş, kalemin iş parçası üzerinde hareket ederek talaş alıyor görüntüsü elde edilmiştir. Kurulan deney düzeneğinde matematiksel olarak ifade edilebilen tüm yüzeylerin bilgisayarla işlenmesi mümkündür. Fakat bu amaçla, istenilen yüzey şeklini elde edebilmek için, tablanın hangi yönde ne kadar gitmesi gerektiği ve hız değişimlerinin hangi motorlarda hangi miktarda yapılması gerektiğinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu ise temelde basit matematiksel eşitliklerin birleştirilmesinden ibarettir. Yüzey şekli çok karmaşık olan parçaları işlemek için, bu çalışmada denenen yöntem, parçayı küçük bölümlere ayırmak; bu küçük bölümleri de kısım kısım düşünüp, bu bölümlerde hız değişimini sağlamaktır. Örnek olarak torna tezgahında Şekil-7 deki gibi bir parçayı işlemek için geliştirilen algoritma açıklanacaktır.

Şekil-7 den görülebileceği üzere, kesme işlemine, kalemi S pasosunu X yönünde vermekle başlanır. Daha sonra kalem Z yönünde LEĞ boyu kadar hareket ettirilir (S kalınlığında talaş alınır) ve aynı mesafede geri getirilir. İkinci S pasosu da verildikten sonra yeni LEĞ değerinde kesme işlemi yapılır. Bu yeni LEĞ değeri 02 noktasına kadar α eğimine bağlı olarak; 02-03 arasında ise çember denkleminde yararlanılarak bulunabilir. 01-02 arasındaki konik, 03-04 arasındaki eğrisel yüzeylerde kademelerin oluşması, bu yüzeylerden son kez ince bir veya daha fazla talaş alınmasını gerektirmektedir. 02 noktasından sonra hem V_z hem de V_x hızını aynı anda değiştirmek mümkün olmadığından V_x hızı sabit tutulup V_z hızı değiştirilir (V_z değ). Eğer θ açısı 0'dan 45 dereceye artırılırken, V_z hızı 0'dan V_x hızına kadar arttırılırsa (ivmelendirilmesi), bu esnada geçen sürenin değiştirilmesi, işlenecek küresel parçanın çapını belirleyecektir. θ açısının 45 dereceden 90 dereceye çıkartılması anında ise, V_z hızı sabit tutulup V_x değ hızı V_z değerinden 0'a kadar indirilirse yarım kürenin ikinci kısmının işlenmesi sağlanmış olur. 02-03 nolu yüzeyin işlenmesi ise basittir. Çünkü, Z yönündeki motoru çalıştırılır ve X yönündeki de durdurulursa, yüzey işlenmiş olur. 01-02 yüzeyinin işlenmesi ise, her iki motoru θ açısına bağlı olarak sabit fakat birbirinden farklı hızlarda çalıştırmakla oluşturulur. Bu işlemlerin tamamlanmasıyla kalemin, eğrisel bir yol izleyerek, 04 noktasından 01 noktasına kadar getirilmesi sağlanır. Bahsedilen parçanın işlenmesinden de anlaşılabilceği gibi yarım küre şeklindeki parçanın uç kısmını



01-02 $V_x = \text{sabit}$, $V_z = \text{sabit}$

02-03 $V_x = 0$, $V_z = \text{sabit}$

03-04 1 = $V_x = \text{değişken}$, $V_z = \text{sabit}$

2 = $V_x = \text{sabit}$, $V_z = \text{değişken}$

Şekil : 7. Geliştirilen Algoritma .

işleyebilmek için tüm yüzey iki parçaya ayrılmıştır. Daha kompleks yüzeylerin işlenmesi için bu parça sayısının artırılmasının yeterli olduğu açıkça görülmektedir. Doğrusal yüzeylerde böyle bir bölme işlemine gerek olmadığı açıktır (9).

Geliştirilen kontrol sistemi daha önceden de bahsedildiği gibi açık devrelidir. Bu tür bir çalışmanın kapalı devreli (geri beslemeli) bir sistem olarak yapılması gerektiği açıktır. Geri besleme yapılabilmesi için gerekli olan doğrusal veya dönel sezgi elemanlarına ihtiyaç vardır. Bu sezgi elemanlarının ürettiği sinyali bir ara devre vasıtasıyla bilgisayara girebilmek için ek elemanlara da ihtiyaç olduğu açıktır. Geri besleme düzeneği şimdilik sisteme ilave edilememiştir. Bu dezavantaja rağmen bahsedilen tezgahta işlenen

parçalarda elde edilen toleranslar şöyledir; Sürücü devreler motorları 3/100 hata ile sürebilmektedirler. Bu değer deneysel olarak da araştırılmış ve doğruluğu anlaşılmıştır. Bunun yanında çok küçük değerlerde de olsa hata oluşturan bir diğer kısım bilgisayardan yani yazılımdan kaynaklanmaktadır. Örneğin, yazılımda belirli hızlar elde edildikten sonra, hesaplanan değer kadar bilgisayarın bekletilmesi gerekmektedir. Pascal programlama dilinde DELAY komutundan faydalanarak yapılan bu bekletmede sürelerin milisaniye olarak girilmesi gerekmektedir. Bu durumda parça işleme anında hesaplanan sürelerin ancak 1/1000 hassasiyetindeki kısmı önem kazanmaktadır. Programda işlemler genellikle virgülden sonra 11-12 hassasiyette yapılmıştır. Hesaplamalarda elde edilen bu hassasiyetteki sonuçların, yuvarlatılarak virgülden sonra 3 hassasiyete indirilmesi, çok küçük (1/1000) de olsa bir hataya neden olabileceği açıktır. Fakat bu değer sürücü devrelerden meydana gelen hatanın yanında ihmal edilebilecek seviyededir. Yazılımdan kaynaklanan bir diğer hata da, bilgisayarda hesaplatılan hız değerlerinin sürücü devrelere aktarılırken, 1 ile 255 değerlerine çevrilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu durum şu şekilde açıklanabilir; Elektrik motorlarının çalışabileceği en büyük devir sayıları önceden belirlenmiştir. Bu değer 1605 d/dak olarak sürücü devre üzerindeki ayar düğmesinden ayarlanmıştır. Motorun hızını 0'dan 1605'e kadar artırırken uygulanabilecek en küçük değişiklik 1605/255 yani 6,29 d/dak'lık hız artışıdır. Başka bir ifadeyle, motorun hızını bu değerden daha küçük olarak artırmak mümkün değildir. Bu hatanın minimum değerde tutulabilmesi için motorun yüksek olan çalışma devir sayısı, kayış kasnak düzeneği kullanılarak düşürülmüştür. 1/10 luk devir düşürme yapılması, motorun düşük devirlerde, yetersiz olan kalkış momentinin artırılmasını da sağlamıştır. Aynı zamanda %3 mertebesinde olan sürücü devre hatasının tezgah tablası üzerinde oluşturacağı hatayı azaltması da redüktörle sağlanmıştır. Bu tür program ve sürücü devreden meydana gelen hataların yanında bir diğer hata kaynağı da kullanılan mekanik sistemlerden dolayı oluşan hatadır. Daha önce de bahsedildiği gibi hareket aktarmak için kayış kasnak sistemi ve vidalı mil kullanılmıştır. Kayışların dişli olanlarının kullanılması ile kaymadan dolayı hata oluşması önlenmiştir. Fakat vidalı milde oluşmuş boşluklardan meydana gelen hatalar da parçaların işlenmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Vidalı mil yerine bilyalı mil-yatak kullanımı bu hatayı minimuma indirecektir.

6. SONUÇ

Klasik bir torna tezgah tablasının bilgisayar kontrollu hale getirildiği bu çalışmada gerçek çalışma şartlarında içbükey ve dışbükey eğrisel yüzeyler dahil, değişik tornalama işlemleri yapılmıştır. İşlenen yüzeylerde elde edilen tolerans değerleri 0,05 ile 0,10 mm arasındadır.

Çalışmaya tezgah fener milinin de bilgisayar kontrollü hale getirilmesi, grafik simülasyonunda değişik kalemlerin devreye katılması, programlama esnasında BEKLETME komutunun elimine edilip bilgisayarın SAAT'ından yararlanılması ve değişik yüzey şekillerine ait prosedürlerin hazırlanması için devam edilmektedir. Ayrıca tezgah sportu üzerine adım motorları bağlanması ile elde edilen yüzey tolerans kalitesi arttırılacak, sistemin geri beslemeli hale getirilmesi ile dönüştürme işlemi tamamlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR

1. BLOK,I.P., *Linear Electrohydraulic Stepping Motor for NC Machines, The Journal of Hydraulic and Pneumatics, Vol.21, 117-123, October 1968.*
2. PRESSMAN,R.S., WILLIAMS,J.E., *Numerical Control and Computer Aided Manufacturing, University of Bridgeport, University of Connecticut, USA, 1977.*
3. ÜNVER,E., *Konvensiyonel Takım Tezgahlarının Bilgisayar Yardımıyla Kontrolü, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana, Şubat 1990.*
4. AKKURT,M., *Nümerik Kontrollü Tezgahlar, Asilteknik Yayın No 1, İstanbul, 1986.*
5. KOÇ,E., ÜNVER,E., *Bilgisayar Sayısal Denetimli (CNC) İşleme Tipleri ve Kontrol Sistemleri, Mühendis ve Makina Dergisi, Cilt 31, Sayı 369, 15-18, Ekim 1990.*
6. ACARNLEY,P.P., *Stepping motors, A guide modern theory and practice, IEE Control Engineering Series, Cambridge, 1984.*
7. KENJO,T., *Stepping motors and their microcomputer controls, Institute of Vocational Training, Kanagawa, Japan, 1984.*
8. KUTMAN,T., *Sincap Kafesli Asenkron Motorların Darbe Genişlik Modülasyonlu Frekans Çeviricilerle Hız Kontrolü, Ç.Ü.Müh.Mim.Fak. ve Elek.Müh.Odası Semineri, Adana, 1985.*
9. ÜNVER,E., KOÇ,E., *Konvensiyonel Takım Tezgahlarının Bilgisayar Kontrollü Hale Dönüştürülmesinde AC Motor Kullanımı, 4.Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, ODTÜ, Ankara, 163-170, Eylül 1990.*

M3 SINIFI AĞIR TAŞITLARDA "S" KAMLI ÖN FREN SİSTEMİNİN DISK FREN SİSTEMİNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ VE UYGULAMASI

O.Tuğrul GÖNCEL

Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Adana

ÖZET: Bu çalışmada, ön ve arka tekerleri pnomatik "S" kamlı fren sistemi ile çalışan bir şehirlerarası otobüsün, fren dinamiğinin düzeltilmesi amacıyla ön tekerlerin hava takviyeli hidrolik disk fren sistemine dönüştürülmesi incelenecektir. Yokuş inerken yapılan frenlemelerde ön kampanalarda meydana gelen aşırı ısıdan, kampanalarda ve balatalarda meydana gelen kimyasal ve fiziksel değişim sonucu frenlerde zayıflamalar ve hatta tamamen yok olma gibi durumlar gözlenmiştir. Deney sırasında 35 mm kalınlığında, 25 kg ağırlığında dökme demirden yapılmış, çabuk soğuyabilmesi için içerisi finli olan disk ve 4K75 lik kaliperler kullanılmıştır. Ön ve arka tekerleri kampanalı olan sistemin fren dinamiği hesaplanarak yol testlerinden elde edilen verilerle adezyon diyagramları çıkarılmış ve ön ve arka tekerlerin bloke olma durumları bulunmuştur. Elde edilen veriler 35 mm kalınlığında olan diskin ağırlığını tam frenleme sırasında, açığa çıkan ısıyı absorbe edemediği ve bu nedenle termal şoka uğradığını göstermiştir. Adhezyon diyagramlarının karşılaştırılmasından, termal şoka rağmen disk frenli sistemin daha büyük negatif ivme değerlerinde bloke olduğunu göstermektedir.

CONVERSION OF S-CAM TYPE FRONT WHEEL BRAKE SYSTEM TO DISC TYPE BRAKE SYSTEM IN CLASS M3 HEAVY VEHICLES

ABSTRACT: This work is part of study of conversion "S" Cam type brake system to pneumatic hydroulic disc-drum type. In this work it was aimed to modify the brake dynamics of an intercity bus. During down-hill driving, overheating of the front axle drums, chemical and physical changes in the brake linings occurs. This is finally followed by wuddering, shadding and fading of the front axle brakes. To overcome this problem front axle "S" Cam type brakes have been changed to disc brake systems. The present results show that disc dimensions play an important role to absorb the heat which has been generated direng full braking. The results are compared with adhesion diagrams. Although the present size of disc are found to be small, but the results show that blocking of front and rear whells occurs at higher value of negative accerelation. The increase in disc dimensions to 48 mm and use of 4K85 callipers instead 4K75 will modify the brake system of the present intercity bus.

GİRİŞ

Taşıtlarda kullanılan frenleme ile ilgili donanımların işlevleri, yokuş aşağı seyir sırasında taşıtın istenmeyen hızlanmalarının önüne geçmek, taşıtı yavaşlatmak, belirli bir yerde durdurmak ve duran bir taşıtın kendiliğinden hareket geçmesini önlemek şeklinde sıralanabilir. Motorlu karayolu taşıtlarında gerek teknik ve gerekse de güvenlik açısından en önemli yere sahip olan sistemlerin başında fren sistemleri gelmektedir.

Hareket halindeki bir taşıtın en kısa mesafe ve sürede durdurulmasında tekniğin etkisi % 90'ın üzerindedir. Bu nedenledir ki, gelişmiş ülkelerde araçların fren sistemlerini teknik olarak geliştirmek için büyük araştırmalar yapılmaktadır. Aynı şekilde bu ülkelerde araçların periyodik teknik muayenelerine ve buranda da fren muayenelerine büyük önem verilmektedir. Herhangi bir fren etkisi ortaya çıkarmak için bir fren kuvvetine gereksinim vardır. Tekerleğe çevresel olarak etkiyen fren kuvveti, zemin ile tekerlek arasındaki kuvvet bağlantısı ile sağlanır.

Zemin ile tekerlek arasındaki kuvvet bağlantısı yoluyla etkiyen fren kuvvetinin kaynağı uygulamada sürtünmeli frenlerin, motorun , egzoz freninin ya da yavaşlatıcı olarak kullanılan hidrolik veya elektrik direncinin oluşturduğu frenleme momentidir. Bugün ticari taşıtlar için sürücünün yükünü önemli oranda azaltan çok emniyetli fren sistemleri üretilmektedir.

Yokuş aşağı sabit hızda seyretmek üzere yapılan frenleme , yeterli olduğu sürece motorun kompresyon momenti kullanılarak sağlanır. Ayrıca ağır taşıtlar için egzoz freni ve yavaşlatıcı kullanımı da aynı fonksiyonu görmektedir. Ancak bu şekilde sağlanan momentin yeterli olmadığı durumlarda sürtünmeli tekerlek frenleri kullanılır. Daha yüksek frenleme ivmeleri ve durmak üzere yapılan yapılan frenlemeler, motor kompresyon momenti, egzoz freni veya yavaşlatıcı ile sağlanamaz. Bu durumda bütün tekerleklerine etki eden servis freni kullanılır. Bu durumda frenleme ivmeleri, fren momentleri arasındaki bağıntılar, fren momentlerinin akslara dağılımı ve çevresel kuvvetlerle kuvvet bağlantıları arasındaki bağıntılar büyük önem taşımaktadır.

Fren Enerjisi

Taşıtın hareketi için gerekli olan tekerlek gücü /1/ :

$$N_T = F_R \cdot v + F_L \cdot v + F_{St} \cdot v + F_B \cdot v \quad (1)$$

$$= (f_R + p + \lambda \ddot{x}/g) \cdot G \cdot v + c_w \cdot A \cdot (\rho/2) v^3 \quad (2)$$

Motordan elde edilen frenleme gücü $N_M \cdot \eta_A$ gerekli frenlemeyi sağlamıyorsa, geri kalan güç N sürtünmeli frenlerden elde edilecektir.

$$N_T = N + N_M \cdot \eta_A \quad (3)$$

bağıntısı ile

$$N = -N_M \cdot \eta_A + (f_R + p + \lambda \ddot{x}/g) \cdot G \cdot v + c_w \cdot A \cdot (\rho/2) v^3 \quad (4)$$

S Kamlı ön fren sisteminin disk fren sistemine dönüştürülmesi

şeklinde sürtünmeli frenlerin sağlayacağı güç ifade edilir. N frenleme gücü nedeniyle birim zamanda açığa çıkan ısının bir kısmı depolanmakta kalan kısmı ise konveksiyonla havaya atılmaktadır.

Hesapları basitleştirmek için frenin homojen olarak θ sıcaklığına ısındığı kabul edilirse

$$N = Q_{\text{depo}} + Q_{\text{konveksiyon}} \quad (5)$$

$$= c \cdot G_F \cdot \theta_O + \alpha \cdot A_F (\theta - \theta_O) \quad (6)$$

yazılabilir. Bu bağıntıda c özgül ısı kapasitesi, G_F fren disk veya kampana ağırlığı, α ısı iletim katsayısı, A_F ısı veren yüzey, θ_O çevre sıcaklığıdır. Bağıntının çözümü

$$\theta - \theta_O = \frac{N}{\alpha A_F} \left[1 - \exp\left(-\frac{\alpha \cdot A_F}{c \cdot G_F} \cdot t\right) \right]$$

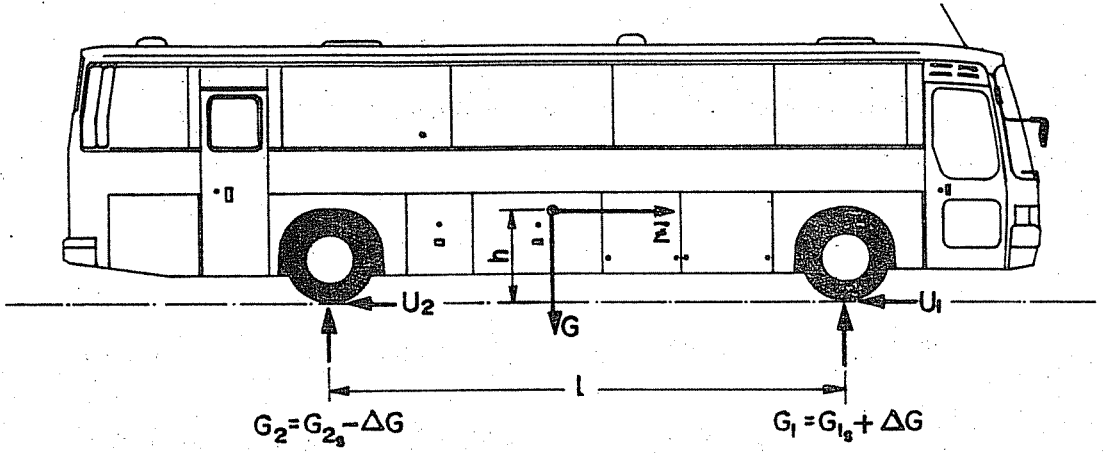
şeklinde elde edilir

DENEYSEL YÖNTEMLER ve NETİCELER

Bu çalışmada Şekil 1 de görülen çalışma ağırlığı 16 500 Kg olan ön ve arka dingilleri "S" Kamlı fren sistemi ile çalışan bir otobüs kullanılmıştır. Daha sonra ön dingil disk fren sistemine çevrilerek testlere devam edilmiştir. Testler boyunca otobüsün kampana ve disk balatalarına termal çiftler bağlanarak sürekli ısı ölçümü yapılmıştır. Otobüsün frenleme kabiliyeti ise otobüse bağlanan deselerometre ile ölçülerek hangi frenleme basıncında otobüsün ne kadar negatif ivmesi olduğu tesbit edilmiştir. Testler 100 °C altındaki balata sıcaklığında 60 km/h hızdan 0 km/h hıza düşerek otobüsün negatif ivmesi elde edilmiştir / 2-3, 5-6 /. Bu arada kampana ve disk sıcaklığı da ölçülerek frenleme sırasında absorbe edilen ısı tesbit edilmiştir. Balata ve kampanalar 100 °C altına düşmeden yeni testlere geçilmemiştir.

Frenleme sırasında 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 7.5 Bar lık basınçlar uygulanmıştır. Eğer otobüs belli bir basınçta blokaja giriyor ise bir üst basınç seviyesi kullanılmamıştır. Kullanılan araç, genellikle, 7.5 Bar da bloke olmaktadır.

Testler sırasında rampa inişleri ve ayrıca otoyol kullanılarak tam frenleme testleri yapılmıştır..



Şekil 1 Testlerde Kullanılan Araç Üzerinde Kuvvetlerin Dağılımı

z	Negatif İvme
h	Araçın Ağırlık Merkezi (1156 cm)
G ₁	Dinamik Ön Dingil Yüğü
G ₂	Dinamik Arka Dingil Yüğü
ΔG	Fren Yığılması
G _{1 sta}	Statik Durumda Ön Dingil Yüğü
G _{2 sta}	Statik Durumda Arka Dingil Yüğü
U ₁	Ön Dingil Fren Kuvveti
U ₂	Arka Dingil Fren Kuvveti

Diskli sistemde Ön Dingil Fren Kuvveti:

$$U_1 = \frac{s \cdot 2 \cdot \omega \cdot P_{hyd} \cdot \mu_B \cdot r_o \cdot \eta}{R_{dyn}} \quad (8)$$

s Kaliper Çifti Sayısı (4), 4K75

Ω Kaliper Piston Alanı

$$\Omega = \frac{\pi \cdot 7,5^2}{4}$$

P_{hyd} Hidrolik Basınç (Bar)

μ_b Sürtünme Katsayısı (0.42)

r_o Etkin Disk Yarıçapı (165.36 mm)

S kamlı ön fren sisteminin disk fren sistemine dönüştürülmesi

η Verim (0,95)
 R_{dyn} Lastik Etkin Yarıçapı (52,2 cm)

Ön ve arka dingiller birbirinden bağımsız olarak incelendiğinde ön dingilin disk sistemli olması halinde;

$$U_1 = \frac{4 \cdot 2 \left[\frac{\pi \cdot 7.5^2}{4} \right] p_{hyd} \cdot 0,42 \cdot 16,536 \cdot 0,95}{52,2} = 44,67 P_{hyd} \text{ (kg)} \quad (9)$$

buradan $U_1 = 44,67 \cdot P_{hyd}$ (kg) bulunur. P_{hyd} ise

$$P_{hyd} = 18,39 P_{hava} \text{ dir.}$$

$$z = \frac{U_1}{G}$$

(10)

Buradan, değişik hava basınçlarında, ön dingil frenleme kuvvetleri bulunur. Bu da;

Bu da ön disk frenlerin ani bir frenlemede otobüse % 37 lik bir negatif ivme kazandırdığını göstermektedir, Tablo 3

Aynı şekilde önlerin kampanalı sistemle çalıştığında tam frenlemede negatif ivmenin ne olabileceğine bakıldığında;

$$U_1 = \frac{2 \cdot c^* \cdot l \cdot (P-e) \cdot \omega \cdot r_T \cdot \eta}{2 \cdot n \cdot r_R} \quad (11)$$

c^* İç kuvvetlendirme oranı

l Fren kolu uzunluğu Ön = 14,5 cm ; Arka = 13,5 cm

P Hava Basıncı

e Etki Başlangıcı (0,25 Bar)

Ω Fren Körük Alanı Ön = 14.5 cm Arka = 13.5 cm

r_T Kampana Yarıçapı (20.5 cm)

η Verim (0.85)

n "S" Kam Etkin Yarıçapı (1,225 cm)

r_R Lastik Etkin Yarıçapı (52,2 cm)

$$U_1' = \frac{2 \cdot c^* \cdot 14,5 \cdot (P - 0,25) \cdot 121 \cdot 20,5 \cdot 0,85}{2 \cdot 1,225 \cdot 52,2} \quad (12)$$

$$= 478,1 c^* (P - 0,25)$$

$$c^* = 1,55 \quad U_1' = 741 (P - 0,25) \text{ kg}$$

$$z = \frac{U_1'}{G} = \frac{5418}{16685} = 0,32 \quad (13)$$

olduğundan değişik frenleme basınçlarından elde edilen dingil fren kuvvetleri Tablo 3 de gösterilmektedir. Dingillerin birbirlerinden bağımsız çalışması halinde Diskli ön fren % 37 lik bir negatif ivme sağlarken "S" Kamlı ön fren % 32 lik bir negatif ivme sağlamaktadır.

Aynı şekilde aracın negatif ivmesini, ön dingili devre dışı bırakıp, salt arka dingil frenlemesi ile aracı durdurur ve bu işlemi yukarıdaki gibi değişik basınçlar uygulayarak, tam frenlemede, yani 7,5 Bar da aracın negatif ivmesi bulunur /3/ .

(14)

$$U_2 = \frac{2 \cdot c^* \cdot 13,5 \cdot (P - e) \cdot 183 \cdot 20,5 \cdot 0,8}{2 \cdot 1,225 \cdot 52,2}$$

$$= 673,2 \cdot c^* (P - 0,25) \quad (15)$$

$c^*=1,55$ olduğundan $U_2= 1043.4 (P-0,25)$ bulunur. Burada değişik uygulama basınçları P formülde (15) yerine konduğunda Tablo 3 de sunulan neticeler elde edilir.

S kamlı ön fren sisteminin disk fren sistemine dönüştürülmesi

Bir frenleme anında ön tarafa bir yük kayması olacak ve arka dingil yükü G_2 kadar azalacak ve ön dingil yükü ise G_1 kadar artacaktır. Buna genelde fren yığılması, ΔG , denir. Buna göre her iki dingil devrede iken, yani ön ve arka dingil kampanalı ve ayrıca ön dingil disk-arka dingil kampanalı sistemde aracın tam frenleme anında her iki sistemde göstereceği negatif ivme değerleri elde edilir.

Ön ve Arka Tekerler "S" Kamlı Sistem Olduğunda

$$z = \frac{U_1 + U_2}{G} \quad (16) \quad \Delta G = \frac{h \cdot z \cdot G}{L}$$

h Ağırlık Merkezinin Yerden Yüksekliği (1156 mm)

L Dingil Mesafesi (6400 mm)

buradan aracın frenlemesi halinde meydana gelecek fren yığılması, ΔG hesaplanırsa;

TABLO 1

1,0 Bar	$z=0,075$	$\Delta G=224$ kg
2,0 Bar	$z=0,189$	$\Delta G=564$ kg
3,0 Bar	$z=0,30$	$\Delta G=895$ kg
4,0 Bar	$z=0,30$	$\Delta G=1253$ kg
5,0 Bar	$z=0,53$	$\Delta G=1600$ kg
6,0 Bar	$z=0,65$	$\Delta G=1943$ kg
7,0 Bar	$z=0,76$	$\Delta G=2289$ kg
7,5 Bar	$z=0,825$	$\Delta G=2462$ kg

Buradan da görüldüğü gibi değişik basınçlarda yapılan frenlemelerde ΔG kadar yük arka dingilden ön dingile kaymaktadır

Buna göre;

$$G_1 \text{ Statik} = 5717 \text{ Kg}$$

$$G_2 \text{ Statik} = 10968 \text{ Kg} \quad \text{olduğuna göre}$$

Ön ve arka tekerler adhezyon katsayıları, kuvvet bağlantısı katsayıları K_1 ve K_2 formül (17) hesaplanır.

$$K_1 = \frac{U_1}{G_1 \text{ statik} + \Delta G} \quad (17) \quad K_2 = \frac{U_2}{G_2 \text{ statik} - \Delta G}$$

Ön Tekerler Disk- Arka Tekerler "S" Kamlı olma durumunda

$$z = \frac{U_1 + U_2}{G} \quad (18)$$

$$\Delta G = \frac{h \cdot z \cdot G}{L}$$

TABLO 2

1,0 Bar	z=0,07	$\Delta G= 230$	Kg	
2,0 Bar	z=0,20	$\Delta G= 612$	Kg	
3,0 Bar	z=0,33	$\Delta G=982$	Kg	
4,0 Bar	z=0,45	$\Delta G=1334$	Kg	
5,0 Bar	z=0,57	$\Delta G=1689$	Kg	
6,0 Bar	z=0,68	$\Delta G=2041$	Kg	
7,0 Bar	z=0,80	$\Delta G=2391$	Kg	
7,5 Bar	z=0,86	$\Delta G=2762$	Kg	değerleri bulunur.

Artan frenleme basınçlarda arka tekerlerden yük artarak ön tekerlere kaymaktadır. Burada da aynı şekilde K_1 ve K_2 adhezyon katsayıları, kuvvet bağlantısı katsayısı, aşağıda formül (19) kullanılarak hesaplanır. Bu değerler Tablo 3 de sunulmaktadır.

$$K_1 = \frac{U_1}{G_1} = \frac{U_1}{G_{1 \text{ statik}} + \Delta G} \quad (19)$$

$$K_2 = \frac{U_2}{G_2} = \frac{U_2}{G_{2 \text{ statik}} - \Delta G}$$

Tablo 3 de sunulan G_1 ve G_2 değerleri dinamik yüklerdir. G_1 ve G_2 statik değerlere Tablo 2 de sunulan fren yığılması miktarları ön tekerlere ilave edilmiş ve arka tekerlerden eksiltmiştir.

Şekil 2 de ön tekerlerin "S" kamlı, yani kampanalı olma durumunda ön ve arka tekerlerin % 30 luk bir negatif ivme de zeminle aynı sürtünme katsayısı değerinde, 0.3 de blokaja girmektedir. Oysa Şekil 3 de ön frenlerin diskli olma durumunda bu değer % 48.5 yükselmektedir. Bu değerdeki bir negatif ivme durumunda ön ve arka tekerler 0.485 değerinde bir sürtünme katsayısında blokaja girmektedir, Şekil 3.

S kamlı ön fren sisteminin disk fren sistemine dönüştürülmesi

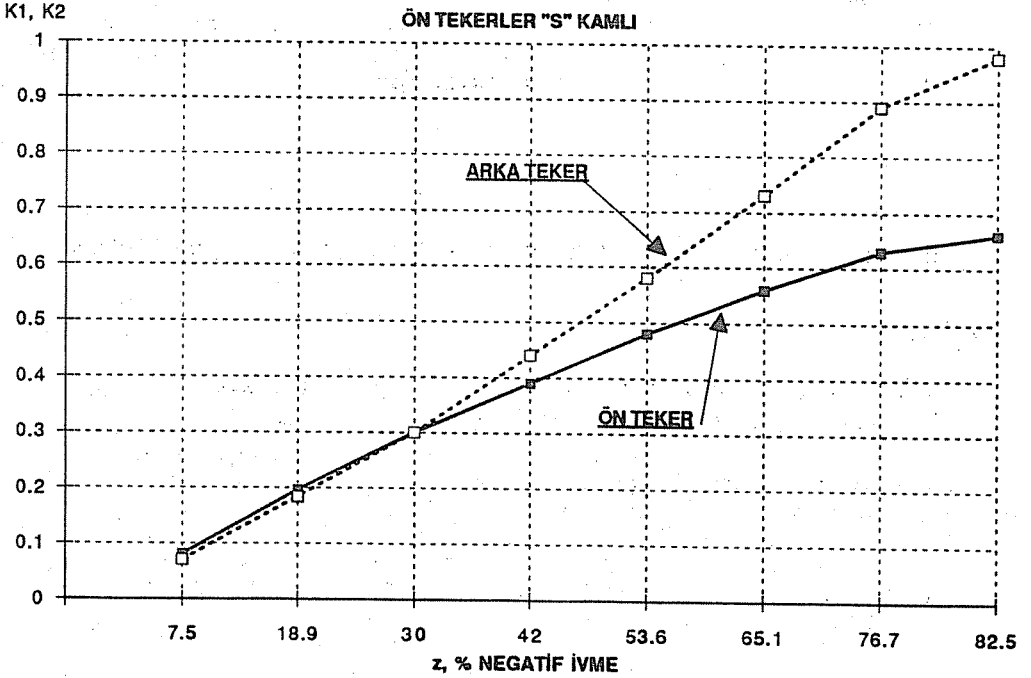
TABLO 3

"S" KAMLI ÖN FREN

P	U1	U2	U1+U2	z	G1	G2	K1	K2
0					5675	10935		
1	484	772	1256	7.5	5899	10711	0.08	0.07
2	1226	1913	3139	18.9	6239	10371	0.2	0.18
3	1976	3066	5042	30	6570	10040	0.3	0.3
4	2745	4227	6972	42	6928	9682	0.41	0.44
5	3512	5394	8906	53.6	7275	9335	0.48	0.56
6	4271	6552	10823	65.1	7618	8992	0.56	0.73
7	5038	7709	12747	76.7	7964	8646	0.63	0.89
7.5	5418	8288	13706	82.5	8137	8473	0.68	0.96

DISKLI ÖN FREN

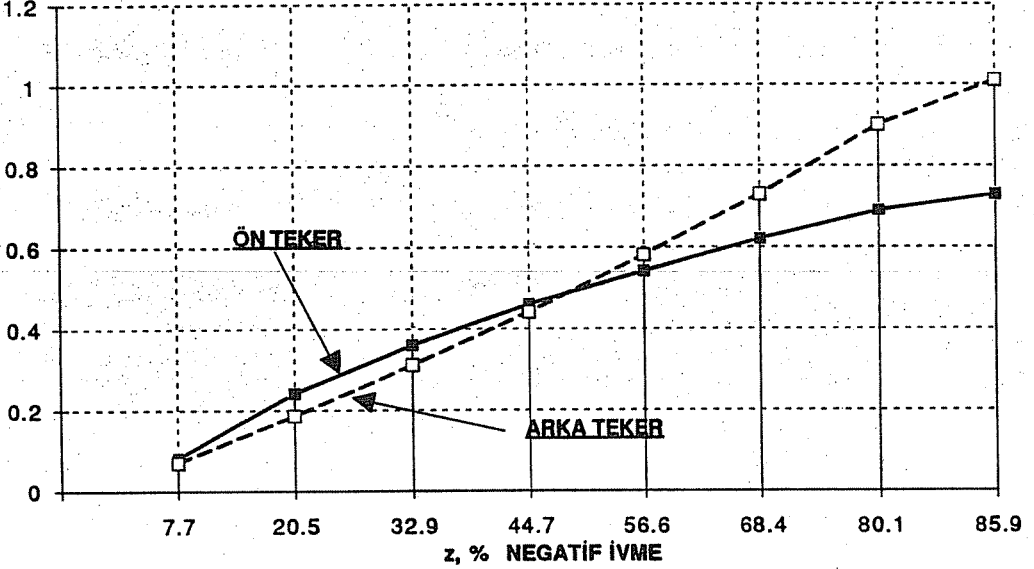
P	U1	U2	U1+U2	z	G1	G2	K1	K2
0					5675	10935		
1	500	772	1272	7.7	5905	10705	0.06	0.07
2	1500	1913	3413	20.9	6287	10323	0.24	0.18
3	2401	3066	5467	32.6	6657	9953	0.36	0.34
4	3201	4227	7428	44.7	7009	9601	0.46	0.44
5	4001	5394	9395	56.3	7364	9246	0.54	0.56
6	4802	6552	11354	68.4	7716	8894	0.62	0.73
7	5602	7709	13311	80.1	8066	8544	0.68	0.8
7.5	5985	8288	14273	85.9	8239	8173	0.73	1.04



Şekil 2. Ön tekerlerin "S" Kamlı olma Durumunda Adhezyon Eğrileri

ÖN TEKERLER DİSK FRENİ

K1, K2



Şekil 3 Ön Tekerlerin Disk Frenli olma Durumunda Adhezyon Eğrileri

SONUÇ

Yapılan bu çalışmada disk frenli sistemin "S" Kamlı sisteme göre kısmen daha başarılı olduğu saptanmıştır. Disk fren sıcaklığı 800 °C kadar çıkmasına rağmen frenleme kabiliyetini yitirmemektedir. Oysa 300 - 400 °C sıcaklık aralığında "S" Kamlı sistemin frenleme kabiliyeti zayıflamakta ve yok denecek kadar az bir değere düşmektedir ve ayrıca tartaklama diye tabir edilen, frenin tutup bırakma ve tekrar tutma olayı, meydana gelmektedir.. Disk fren kampanalı sisteme göre çok daha çabuk ısınmakta fakat daha çabuk soğumaktadır. Fakat mevcut otobüsün iz kalınlığının fazla artmaması için disk kalınlığı 35 mm olarak belirlenmiştir. Bu kalınlıkta diskin gerekli ağırlığı elde edilememiştir.. Bu nedenle disk çok çabuk termal şoka uğramıştır. Yapılacak yeni çalışmada 48 mm lik disk kullanılacaktır. Bu kalınlık artışı disk ağırlığını 10 Kg kadar daha arttıracaktır.

Ağırlık artışı diskin termal şoka uğramasını ve çabuk aşınmasını geciktirecektir. Yapılacak yeni çalışmada 4K85 lik kalıplara kullanılarak piston alanında

S kamlı ön fren sisteminin disk fren sistemine dönüştürülmesi

büyütülecektir.

KAYNAKLAR

- /1/ A. Gökten, "Frenler", İ.T.Ü Yayınları 1989
- /2/ Knorr-Bremse Dictionary, Division of Commercial Vehicles Şubat 1976
- /3/ JASO, Japanese Automobile Standard, C 404-81 ve C405-81
- /4/ Knorr-Bremse Handbuch, Teil 2, Division of Commercial Vehicles
- /5/ Ergin, C., "Yeni Karayolları Trafik Mevzuatı" Yasa Yayınları 54, Bilim Bilgi Dizisi 6, 1985
- /6/ "Araçların İmal, Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelik", Resmi Gazete 18789/19.6.1985.

KONVENSİYONEL BİR TAKIM TEZGAHINDA AYNA VE KALEM HAREKET MEKANİZMASININ BİLGİSAYARLA DENETLENMESİ

Erdem KOÇ ve Hidayet ÖZTÜRK

Ç.Ü.Müh.Mim.Fak., Makina Mühendisliği Bölümü, Adana

Ç.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana

ÖZET: *Bu çalışmada, masa tipi bir torna tezgahı bilgisayar numerik kontrollu hale getirilmiştir. Bu amaçla ayna hızı alternatif akım motoruyla, kesici takım tablası da iki adet karma tip adım motoruyla kontrol edilmiştir. Tezgah yüzey işlemini yaparken aynı anda, bilgisayar ekranında yapılan iş görüntülenmektedir. PASCAL dilindeki kontrol programı yardımıyla, değişik şekilli parçaları (silindirik ve eğrisel yüzey şekilleri) tornalamak mümkün olmaktadır.*

A COMPUTER CONTROL OF CUTTING TOOL AND SPINDLE MOTION MECHANISMS IN CONVENTIONAL MACHINE TOOL

ABSTRACT: *In this study, a bench type lathe has been converted into numerical controlled type. For this purpose, spindle motion has been controlled by using an alternative current motor, whereas the cutting tool table has been controlled by means of two hybrid type stepping motors. While the machine was performing the machining process the working piece was being monitored on the computer screen. It is possible to turn the different shaped parts (cylindrical and curved surfaces) with the help of the program developed in PASCAL.*

1. GİRİŞ

Nümerik kontrollu tezgahlar (NC) 1940 yılından sonra gündeme gelmeye başlamıştır. İlk olarak 1949 yılında M.I.T. (Massachusetts Ins.of Technology)'de bir freze tezgahı nümerik kontrollu hale getirilmiştir. 1957 yılında ise NC takım tezgahları endüstride kullanılmaya başlamıştır.

Nümerik kontrollu tezgahlardaki gelişmelere paralel olarak 1970 yılından sonra bilgisayar yardımcı tasarım (CAD-Computer Aided Design) ve bilgisayar yardımcı imalat (CAM-Computer Aided Manufacturing) sistemleri yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Bilgisayar destekli tasarım sistemi ile bir makina elemanı veya makinanın tasarım işlemleri, bilgisayar yardımcı imalat sistemi ile de üretim kontrolü, görüntüleme, malzeme seçimi ve listeleme işlemleri yapılabilmektedir [1, 2]. CAD ve CAM sistemleri birleştirilerek bilgisayar entegreli imalat sistemi elde edilmiştir (CIM). Bilgisayarın

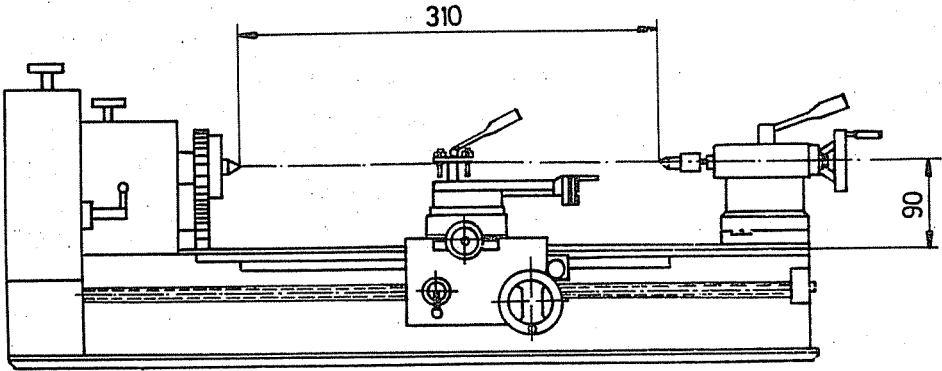
imalattaki kullanımı, bilgisayar nümerik kontrol (CNC) ve doğrudan nümerik kontrol (DNC) sistemlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Bu çalışmada, küçük bir masa tipi konvensiyonel torna tezgahı bilgisayar nümerik kontrollu hale getirilmiştir. Tezgah aynasının denetlenmesi bilgisayarla kontrol edilen bir AC motorla, kalem tutucunun iki boyutlu hareketi ise yine bilgisayar denetimli adım motorlarıyla kontrol edilmiştir. Adım motorları değişmez adımlara düzenine göre çalışan bir sürücü devre ile, AC motoru ise darbe genişliği modülasyonu yöntemi ile çalışan bir sürücü devre ile kontrol edilmiştir. Motorlar ile takım taşıyıcı arabanın milleri arasındaki bağlantı dişli kayış sistemi ile yapılmıştır. Torna tezgahının çeşitli şekillerde parça işleme için PASCAL dilinde bir program geliştirilmiştir. Bu program yardımıyla çok çeşitli yüzeylerin hızlı bir şekilde işlenmesi ve ekranda izlenmesi mümkün olabilmektedir.

2. TORNA TEZGAHI VE KONTROLU

2.1. Torna Tezgahı

Araştırma amacı ile kullanılan torna tezgahı masa tipi küçük bir tezgah olup işlenebilecek maksimum iş parçası yarıçapı 90 mm, uzunluğu 310 mm'dir (Şekil-1). Yarı otomatik



Şekil . 1 : Bu çalışmada kullanılan torna tezgahı

hareket tabla üzerinde bulunan mekanik kumanda kolu ile temin edilmekte ve ayna kayış-kasnak sistemi ile tahrik edilmektedir. DC motor milinde ve iş milinde bulunan karşılıklı üç kademeli kasnak sistemi ile ayna üç değişik hızda çalıştırılabilmektedir. Ayna dönme hızı talaş miline 1/70-1/268 aralığındaki oranlarda azaltılarak iletilmektedir. Torna tezgahında kesme hızını 3,93-100 mm/dk arasında değiştirmek mümkündür.

Tezgah üzerinde tablanın hareketi iki eksende olmaktadır. Tablanın X ve Y yönündeki hareketleri sonsuz vida-somun mekanizması ile yapılmaktadır. Ayrıca X yönündeki hareket tezgah üzerindeki talaş mili ile otomatik olarak sağlanmaktadır. Y yönündeki

hareket tabla volanı ile de yapılabilir.

2.2. Kontrol Elemanları ve Tezgaha Montajı

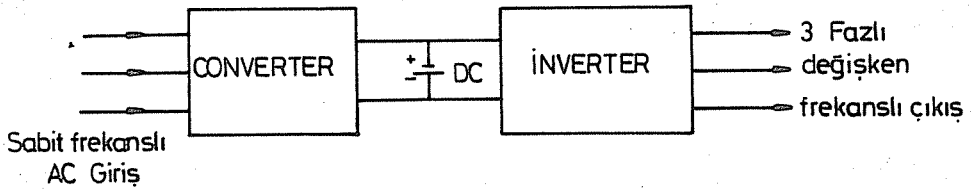
Tezgahın bilgisayar numerik kontrollu hale getirilmesi için tezgahta bazı değişiklikler yapılarak aşağıda özetlenecek olan kontrol elemanlarının devreye sokulması zorunlu olmuştur.

2.2.1. AC Motoru ve Sürücü Devresi

Tezgah ana tahrik doğru akım motorunun yerine 3 fazlı Alternatif Akım Motoru kullanılmıştır. Bu motor kısa devre rotorlu ve B sınıfı izolasyona sahiptir [3, 4]. Normal çalışma frekansı 50Hz, gerilimi 380 V'dır. Bu gerilimde 1,26 A akım çekilmekte olup motor gücü 0,5 BG'dir. Nominal momenti 3,9 Nm, hızı ise 905 d/dk'dır.

Motorun tezgaha montajı için DC motorun tezgaha bağlandığı düz levha kullanılmıştır. Motor miline kademeli hareket sağlamak amacıyla üç kademeli kasnak bağlanmıştır. Motor ile bilgisayar arasındaki iletişimi sağlamak amacıyla Speedstar-33 CO10 tipi sürücü devre kullanılmıştır. Bu devre üzerinde bulunan ayar düğmeleri ile motorun maksimum ve minimum hızlarının belirlenmesi, istenilen hıza ulaşma ve düşme zamanlarının ayarlanması sağlanmaktadır.

Bu devre PWM (darbe genişliği modülasyonu) sistemine göre çalışmaktadır [4]. Şekil-2



Şekil . 2 : Sürücü devre hız kontrol ünitesi

tipik sürücü devre ünitesini göstermektedir. Sabit frekanslı alternatif akım Converter bölümüne verilmekte, bu bölümde akım şekli doğru akıma dönüştürülmektedir. Elde edilen doğru akım sürücü devrenin inverter bölümüne verilerek değişken frekanslı üç fazlı akım elde edilmektedir. Bu akım motorun uyarılması için kullanılmakta ve değiştirilerek hız ayarı yapılmaktadır.

2.2.2. Adım Motorları ve Sürücü Devresi

Kullanılan iki adet karma tip adım motorunun 4 fazlı ve 2° adım açısına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu motorlar için gerekli nominal gerilim 3.02 V, akım ise yaklaşık 3 A'dır. Yüksüz halde iken maksimum hız 82 dev/dk, bu hız değerinde motor momenti 0,036 Nm

olarak tesbit edilmiştir. Motor milinden elde edilebilecek moment aralığı 0.036-0.288 Nm olmaktadır.

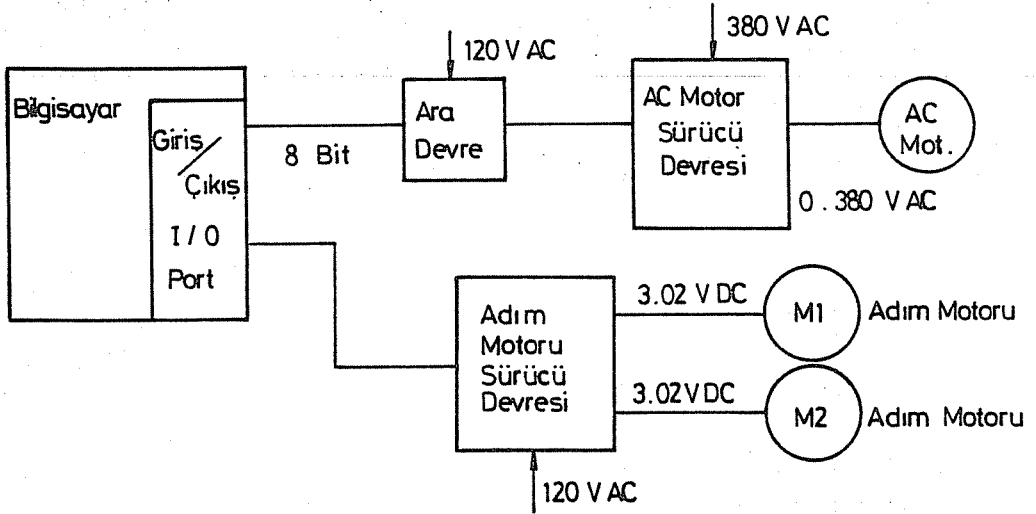
Adım motorları bilgisayar yardımıyla sürücü devreler üzerinden kontrol edilmiştir. Sürücü devre sıralayıcı ve motor sürücüsü olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Sıralayıcı devre ile uyarılacak fazların seçimi yapılır. Motor sürücüsü ise motorun tahrik edilmesini sağlar. Bu çalışma da kullanılan her iki motor için ayrı ayrı sıralayıcı devre ve motor sürücüsü mevcuttur [5].

Motor çıkış momentinin çok küçük olması nedeniyle ilave sınırlayıcı kuvvetlerin ortaya çıkmaması için güç aktarma elemanı olarak dişli kayış kullanılmıştır. Motor miline yuvarlanma çapı 16 mm, hatvesi 5 mm, tezgah üzerindeki millere ise aynı hatveli 62 mm yuvarlanma çaplı dişliler monte edilmiştir. Bu motorlarda elde edilen hız aralığı 0-20.5 dev/dk olmaktadır.

2.2.3. Bilgisayar

Çalışmada kullanılan bilgisayar IBM uyumlu 512 K hafızalı, intel 8088 mikroişlemcili bir bilgisayardır. Bilgisayarda 20 MB hard disk, 5.25" disk sürücüsü ve matematik Coprocessor mevcuttur. Yapılan grafik çalışması için bilgisayarda Hercules-Mono grafik kartı mevcuttur ve bu grafik modunda ekran çözünürlüğü 720x348'dir.

Bilgisayarda 3 adet paralel port mevcuttur. Program çalıştırıldığında her üç porttan da geri gönderilebilmekte böylece aynı anda AC motorunun ve adım motorlarının kontrolu yapılabilmektedir. Şekil-3 deney düzeneğini şematik olarak göstermektedir.



Şekil 3 : Deney Düzeneği Kontrol Ünitesi

3. GELİŞTİRİLEN PROGRAM

Tezgah kontrolü için PASCAL dilinde bir program geliştirilmiştir. Bu programın en önemli özelliği kolayca değiştirilebilen, bir dizi alt programlardan oluşmasıdır. Kullanılan motorlar bilgisayarla kontrol edilmiş ve torna kaleminin izlediği yol ve kesme işlemi bilgisayar ekranında gösterilmiştir. Motorların kontrolü için hazırlanan program grafik çalışması içerisinde kullanılmıştır.

Kontrol programı, motorların kontrolü, veri girişi için menülerin hazırlanması ve grafik ekran üzerinde tornanın parça işleme şeklinin şematik olarak gösterimi olmak üzere üç temel konu için hazırlanmıştır.

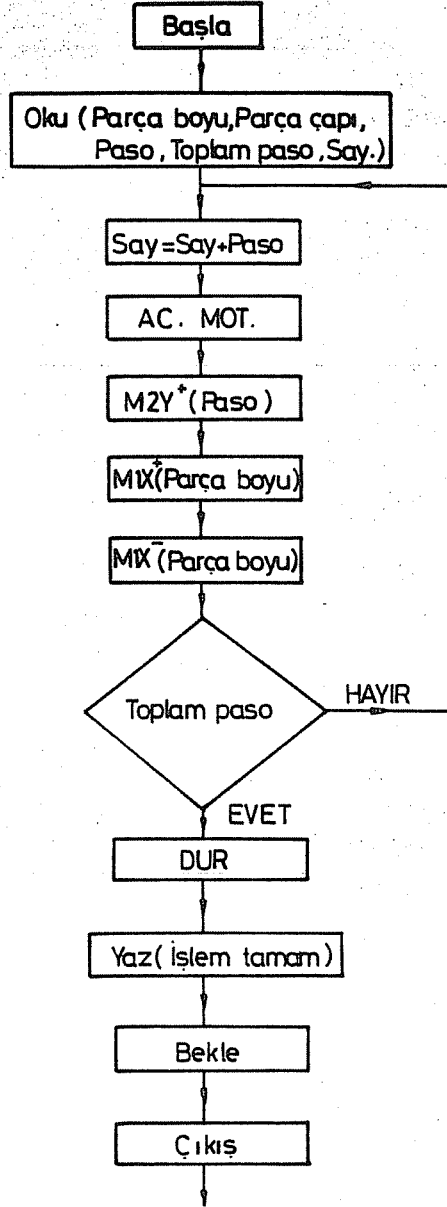
Kontrol programı torna tezgahı ile değişik yüzey şekillerini (düz yüzey, alın, küresel ve konik) işleyecek şekilde geliştirilmiştir. Bu işleme şekilleri dışında elle tornalama yapmak için de bir alt program hazırlanmıştır. Parça imalat işlemi sona erdiğinde parça imalat işleminin bitişi ve imalatın ne kadar sürede yapıldığı ekran üzerinde görüntülenmektedir.

Aşağıda seçilmiş bir alt program verilmiştir. Bu program, (1) numaralı adım motorunun sürekli hareketini sağlamaktadır.

```
PROCEDURE MI(SAYI : REAL) ;
BEGIN
  BİRİMADIM:= 1/246 ;
  ADIM1 := ROUND(SAYI/BİRİMADIM);
  FOR I:= 1 TO ADIM1 DO
    BEGIN
      MOT1
    END;
END;
```

Program içerisindeki SAYI ifadesi adım motorunun gerçekleştirmesini istediğimiz hareket miktarı olup mm birimindedir. Motorun ilerleme miktarı kesirli sayı alabileceği için SAYI değişkeni REAL olarak verilmiştir. BİRİMADIM ise adım motorunun bir adım atığında doğrusal olarak elde edilen ilerleme miktarıdır ve birimi mm/adım'dır. ADIM1 değişkeni SAYI ile belirlenen doğrusal mesafenin adım olarak karşılığıdır. SAYI/BİRİMADIM bölme işleminin sonucu önce ROUND komutuyla tamsayı hale dönüştürülürken sonra tipi tamsayı olan ADIM1 değişkenine atanmaktadır.

AC motora dönmesi için gerekli bilgiler bilgisayar üzerinde paralel portlardan desimal 888 adresine sahip olan veri portu üzerinden gönderilmektedir. Sürücü devreye veri gönderilmesi için iki port adresi gereklidir. Bunlar kontrol port adresi [PORT(890)] ve veri port adresi [PORT(888)]'dir. Veri port adresine atanan değerler adım motorunun hızı



Şekil . 4 : Yüzey işlem programı akış şeması

ile ilgili değerlerdir. Bu porttan atanabilecek değerler 0 ile 255 aralığındadır. AC motorun harekete başlaması için PORT (888) adresine 30'dan büyük değerlerin atanması gereklidir [5].

Aynanın sabit bir hızla dönmesi yerine talaş kaldırma sırasında meydana gelen çap küçülmesi dikkate alınarak ayna hızının ayarlanması daha doğru olacaktır. Üzerinde çalışılan torna tezgahı ile işlenebilecek maksimum parça yarıçapı 90 mm'dir. AC motorun hız ayarı için en küçük çapla motor hızının en yüksek değerini alması sağlanmıştır. Motor hız kademe ayarını yapan alt program, parça işlemek için hazırlanan programda adım motorunun Y yönünde ilerlemesinin sağlandığı döngü içerisinde yazılmasıyla kullanılmaktadır.

Adım motorları ve AC motor için hazırlanan alt programlar birleştirilerek torna tezgahının çalıştırılması Şekil-4'de verilen kontrol programı ile gerçekleştirilmiştir. Örnekleme açısından hazırlanan bu program başlangıcından bitişine kadar imalat aşamalarını takip etmektedir.

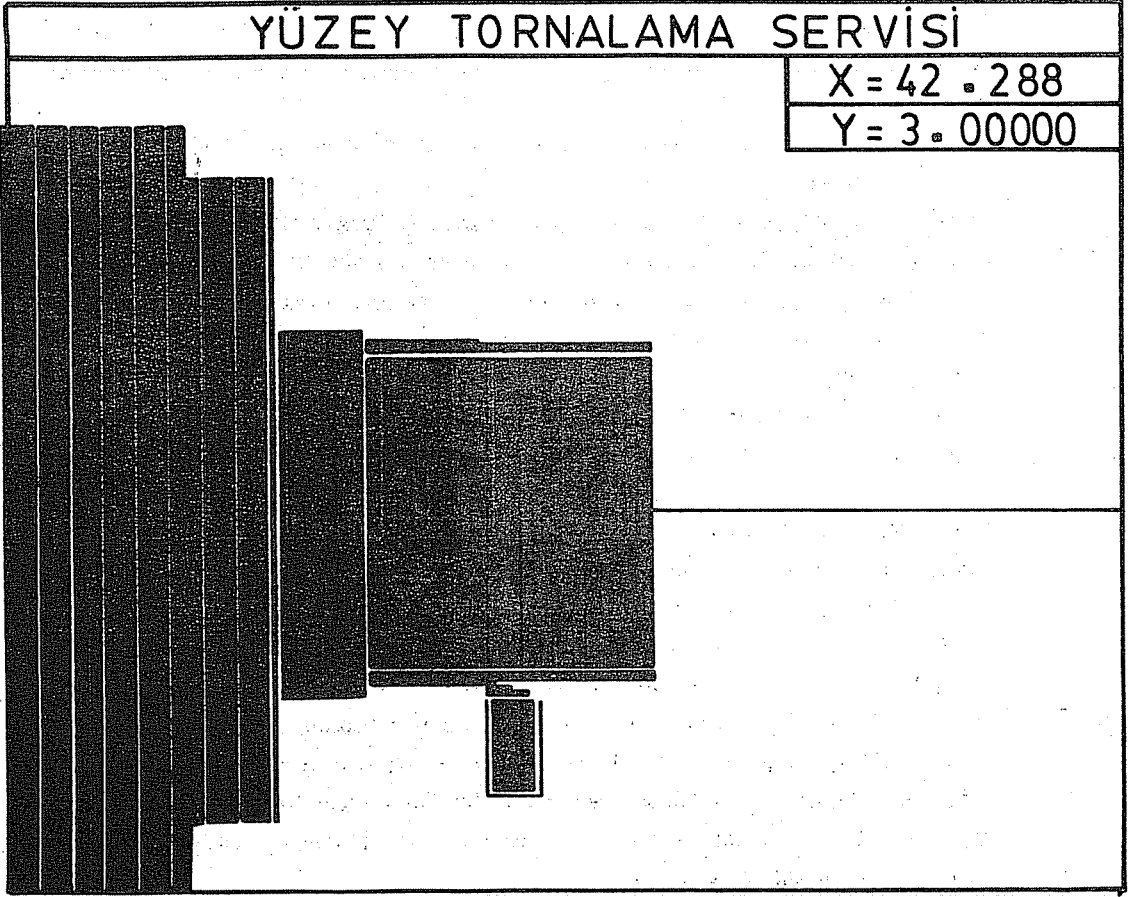
Program BAŞLA komutu ile çalışmaktadır. İşlenecek parçanın toplam boyu, işlenecek kısmın uzunluğu, verilecek paso miktarı gibi bilgiler istenmektedir. Bu değerler girildikten sonra program bir döngüye başlamaktadır. Bu döngü içerisinde ilk olarak ACMOT alt programı çalışmakta ve işlenecek parça çapına göre AC motorun hızı belirlenmektedir. Programın 2. aşaması (2) numaralı motorun Y yönünde paso kadar ilerlemesi, talaş kaldırarak işlenecek mesafe kadar X yönünde gitmesi ve aynı doğrultuda gidilen mesafe kadar geri gelmesi ile devam eder. Bu noktada SAY değerinin TPASO değerine eşit olup olmadığı kontrol edilir. Eğer eşit ya da büyükse döngüden çıkılır ve ekran üzerinde mesaj görüntülenir.

Programda bir de grafik simülasyon bölümü mevcuttur. Şekil-5 yüzey tormalama anında işlenen parça tasvirini göstermektedir. Şekilden görüleceği gibi ayna olarak tasvir edilen şeklin ortasına iş parçasının temsili resmi çizdirilmiştir. Hangi parça işleme programının çalıştığı ekranın üst bölümünde görülmektedir. Ekranın sağ üst bölümünde X ve Y yönü için ilerleme miktarları mm mertebesinde görüntülenmektedir [5].

4. TORNA TEZGAHI İLE ÜRETİM

Tezgah, geliştirilen program ve devre elemanlarının yardımıyla çok karmaşık şekilli parçaları işleyebilmektedir. Geliştirilen programla düz yüzey, alın, konik yüzey ve küresel yüzeyler hassas bir şekilde işlenebilmektedir. Burada sadece küresel yüzey işleme izah edilecektir.

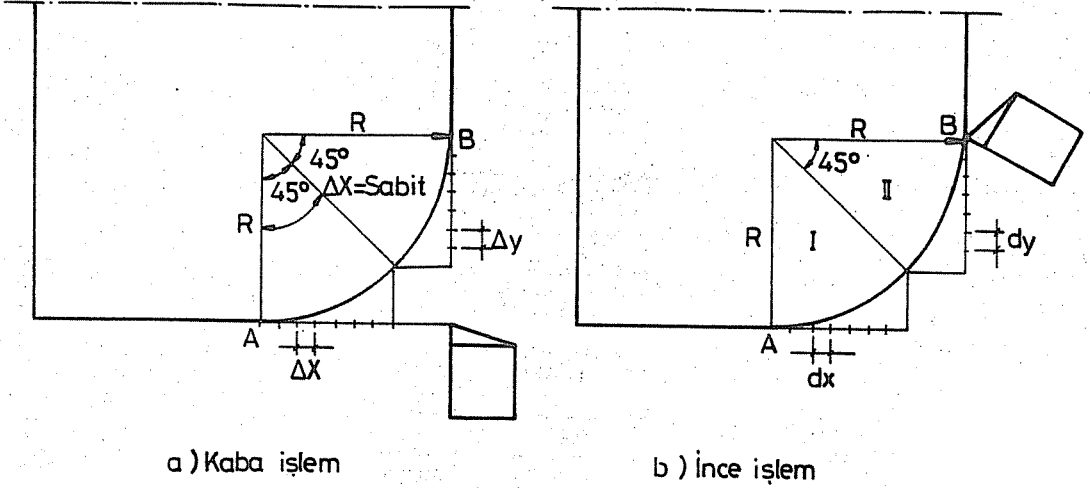
Küre şeklinin incelenmesi için X ya da Y yönlerinden biri için ilerleme miktarının sabit kabul edilmesi gereklidir. Bu yüzey işlemi için parça ikiye ayrılarak analiz edilmiştir.



Şekil . 5 : Yüzey tornalama sırasında bir anlık ekran görünümü.

Şekil 6-da verilen β açısının değişimine bağlı olarak problemler ortaya çıkmaktadır. β açısı 45° 'den küçük olduğunda Y yönündeki küçük bir değişim X yönünde büyük değişime neden olmaktadır. Aynı şekilde β 'nin 45° 'den büyük olması halinde X yönündeki küçük bir değişim Y yönünde büyük değişimlere neden olmalıdır. Bu değişimlerin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için tornalama iki bölgede yapılmıştır. Sabit ilerleme yönü belirlendikten sonra değişken yöndeki ilerleme miktarı R yarıçaplı çember bağıntularından bulunabilmektedir (ΔX ve ΔY).

Şekil-6(a)'dan görüleceği gibi kaba paso işleminin I bölgesinde X ilerleme miktarı, II bölgesinde ise Y ilerleme miktarı sabit kabul edilmiştir. Kürenin son şeklinin verilmesi için uygulanan ince paso tornalama işlemi için sabit ilerleme yönü ve miktarının



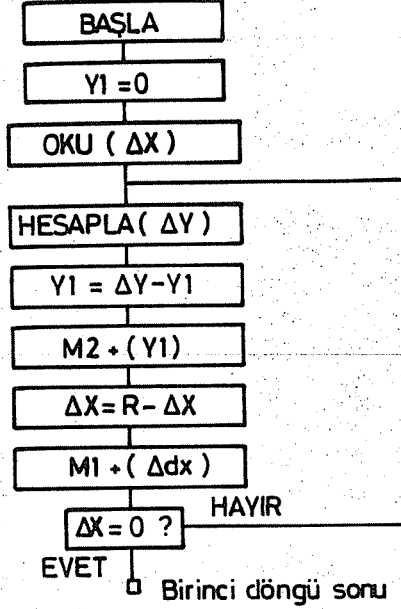
Şekil 6 : Küre profili tornalama tekniği

belirlenmesi kaba tornalamada uygulanan yaklaşımla yapılmıştır (Şekil-6 b).

Programlama açısından küresel tornalama işlemi incelendiğinde kaba paso ve ince paso tornalama için 4 adet döngü konulması gerektiği görülür. Bu döngülerden kaba paso için I.bölgede hazırlanan program yapısı Şekil-7'de verilmiştir.

Şekilden de görüleceği gibi önce sabit olan ΔX ve R değerleri okunup ΔY değeri hesaplanmaktadır. Döngüye girilip kesici uç olarak motor (2) vasıtasıyla hesapla bulunan ΔY kadar Y yönünde ilerlemektedir. Sonra kesici uç X yönünde ΔX mesafesi kadar motor (2) tarafından sırasıyla pozitif ve negatif yönde hareket ettirilir. Döngü tekrarında yeni ΔY değeri hesaplanır. $Y1$ değeri hesapla bulunan ΔY değerinin bir önceki ve bir sonraki değerleri arasındaki farkın bulunması için kullanılmıştır. ΔY için hesaplanan iki değer arasındaki fark 2. motorun hareket miktarını belirtmektedir. 1.döngü ΔX değeri $R/\sqrt{2}$ olana kadar devam eder. Bu eşitlik sağlandıktan sonra ikinci bölgenin tornalama işlemine başlanır.

İnce paso tornalama işleminde en küçük ilerleme miktarı belirlenirken konik tornalama işleminde kullanılan yöntem takip edilmiştir. Ancak II bölgesinde sabit kabul ettiğimiz Y yönündeki en küçük ilerleme miktarı (dy) 0.004 mm, I bölgesinde sabit kabul ettiğimiz X yönündeki en küçük ilerleme miktarı (dx) 0.0297 mm olarak seçilmiştir. Yapılan çalışmada tablanın X ve Y yönündeki hareketleri mikron mertebesindeki hassasiyetle görüntülenmektedir.



Şekil . 7 : 1. Bölge için program yapısı

5. TARTIŞMA

Yukarda üretim açısından incelenen kontrol programı hazırlanan tüm tornalama şekilleri için denenmiş ve bu yüzey şekillerinin elde edilmesi sağlanmıştır. Ölçümler sonucunda elde edilen tolerans değerleri X yönünde 0.03 mm Y yönünde 0.004 mm olmuştur. Ancak parça yüzeyinin pürüzlü olduğu görülmüştür.

Yüzeyde tesbit edilen pürüzlülüğün tümüyle mekanik hatalardan kaynaklandığı tesbit edilmiştir. Takım tezgahının kızaklarında meydana gelen aşınmalar nedeniyle tezgahın parça işleme hassasiyetinin düştüğü bilinmektedir. Bu tür hataları tümüyle önlemek mümkün olamamaktadır. Ancak tezgah geometrik özelliklerinden kaynaklanan hataların yağlama ve kızak sıklığının ayarlanmasıyla belirli oranda iyileştirilmesi mümkün olabilmektedir.

Tornalama işlemi sırasında tezgah tablasının adım motorlarının titreşimli çalışması nedeniyle etkilendiği ve bunun iş parçası yüzey kalitesini olumsuz yönde etkilediği tesbit edilmiştir. Adım motorlarının bağlandığı blok gövdenin daha rijit yapıya getirecek değişikliklerin yapılmasıyla bu olumsuz etkilerin bir miktar azaltılması mümkündür. Motor ile tezgah arasında hareket iletimi için kullanılan dişlilerin tam merkezlemesi yapılamadığı için uzun süreli çalışma durumunda kayış dişli yüzeyinden kurtulmaktadır.

İş parçası yüzey hassasiyetin etkilememekle beraber grafik ekran üzerinde gösterimde simülasyon açısından problemlerle karşılaşmıştır. İş parçası üzerinden talaş kaldırma işleminin grafik ekran üzerinde gösterimi paso ilerleme miktarının 1 mm/dev altındaki değerleri için mümkün olmamaktadır. Bu problem 1 mm'den küçük paso değerleri için ekran üzerindeki kalem görüntüsünün paso değeri 1'e ulaşana kadar aynı Y ekseninde hareket ettirmekle çözülmüştür.

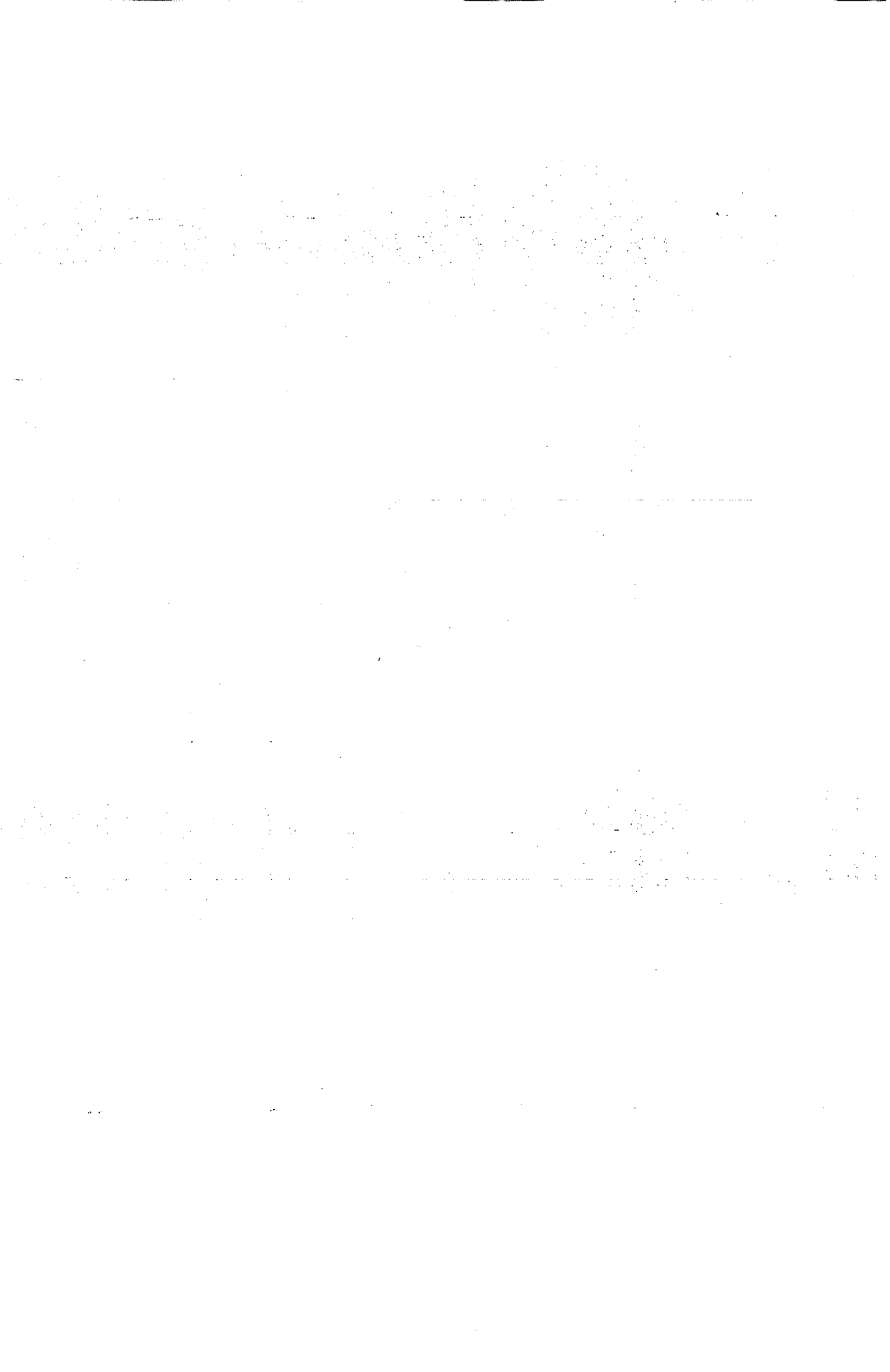
6. SONUÇ

Çalışma başlangıcında planlanan, torna tezgahının bilgisayar kontrollu hale getirilmesi ve üretim yapılması üretim aşamalarının ekran üzerinde gösterimi tatminkar bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu tezgah kullanılarak günümüz CNC tezgahlarının tüm fonksiyonlarının gerçekleştirilebileceği sonucuna varılmıştır.

Kontrol programındaki yüzey şekilleri dışında kalan profiller için uygun alt programlar hazırlanarak programa ilave etmek mümkündür. Arabanın kesme yönündeki hızı için bir çalışma yapmak ve ayna hızına bağlı olarak bu hızı değiştirmek mümkündür. Bu şekilde tabla ilerleme hareketi için optimum hız değerinin kullanılması sağlanmış olacaktır. Sisteme geri besleme düzeneğinin ilave edilmesi yapılan işlemin doğruluğunu sağlayacaktır. Bu şekilde konvensiyonel torna tezgahı tümüyle bilgisayar nümerik kontrollu hale getirilmiş olacaktır.

KAYNAKLAR

1. GROOVER, M.P., ZIMERS, E.W., *CAD/CAM: Computer, Aided Design and Manufacturing*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1984.
2. KOÇ, E., ÜNVER, E., *Bilgisayar Nümerik Kontrollu (CNC) İşleme Tipleri ve Kontrol Sistemleri*, Mühendis ve Makina, 31, 369, 15-18, Ekim 1990.
3. ÜNVER, E., KOÇ, E., *Bilgisayar Kontrollu Tezgahların Hareket Sistemleri I-Adım Motorları ve Doğru Akım (DC) Motorları*, Mühendis ve Makina, 31, 371, 9-13, Aralık 1990.
4. ÜNVER, E., *Konvensiyonel Takım Tezgahlarının Bilgisayar Yardımıyla Kontrolü*, Ç.Ü.Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi, Adana, 1990.
5. ÖZTÜRK, H., *Masa Tipi Bir Konvensiyonel Torna Tezgahının Bilgisayar Nümerik Kontrollu Şekle Dönüştürülmesi*, Ç.Ü.Fen Bilimleri Enst., Makina Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, Şubat 1991.



MASA ÜSTÜ KONVENSİYONEL BİR TAKIM TEZGAHININ BİLGİSAYAR KONTROLLU HALE GETİRİLMESİ

Erdem KOÇ ve Hidayet ÖZTÜRK

Ç.Ü.Müh.Mim.Fak., Makina Mühendisliği Bölümü, Adana
Ç.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana

ÖZET: Bu çalışmada konvansiyonel küçük bir torna tezgahının araba ve ayna hareketlerinin bilgisayar kontrollu hale getirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, tezgah üzerinde gerekli düzeltmeler yapıp bilgisayar tarafından kontrol edilen bir adet alternatif akım motoru (aynanın kontrolü için) ve iki adet adım motoru (tezgah tablasının kontrolü için) tezgaha adapte edilmiş ve dönüştürme işlemi tamamlanmıştır. Tezgah kalem hareketlerinin ekran üzerinde gösterimi için, geliştirilen PASCAL dilindeki kontrol programı modife edilmiştir. Bu program kullanılarak silindirik ve eğrisel yüzey şekillerini tornalamak mümkün olmaktadır.

CONVERSION OF A BENCH TYPE CONVENTIONAL LATHE TO CNC FORM

ABSTRACT: The main objective of this study was to control the spindle and table motion, in a bench type lathe by a computer. For this purpose, having done the necessary modifications on the lathe, an AC Motor (for controlling the spindle) and two stepping motors (being used for the table) both controlled by a computer have been adopted into the lathe and by this way it was thought that the conversion was complete. For simulating the motion of cutting tools on the computer's screen, the program being developed in PASCAL has been modified. It is possible to machine cylindrical and curved surfaces by using this program.

1. GİRİŞ

Takım tezgahlarının geliştirilmesinde, iş parçası imalat zamanının kısa olması, yüzey kalitesinin artırılması, tezgahtan mümkün olduğunca yararlanma, işçiliğin ve maliyetin asgariye indirilmesi, aynı hassasiyetle seri üretim yapabilmek v.b. konulara önem verilir. Bu amaçların büyük ölçüde gerçekleştirildiği ilk takım tezgahları nümerik kontrollu tezgahlardır.

Nümerik kontrollu tezgahların (NC) tarihi 1950'li yıllara kadar inmektedir. 1957 yılında (NC) takım tezgahları endüstride kullanılmaya başlamış, fakat parça programlanmasında güçlüklerle karşılaşmıştır. Bu problemleri ortadan kaldırmak için ilk parça programlama sistemi APT (Automatically Programmed Tools) geliştirilmiştir. 1960'larda ise APT'nin yeni versiyonları olan EXAPT serisi gündeme gelmiştir.

1970 yılından sonra nümerik kontrol, bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli imalat (CAM) sistemlerinin ortaya çıkması ile yeni bir boyut kazanmıştır. Bu

sistemler birleştirilerek bilgisayar entegreli imalat sistemi ortaya çıkmıştır (CIM-Computer Integrated Manufacturing/. Bilgisayarın imalat alanındaki kullanımı), nümerik kontrolün yeni şekilleri olan bilgisayar nümerik kontrol (CNC) ve doğrudan nümerik kontrol (DNC) sistemlerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır [1,2,3].

Nümerik kontrollu ya da bilgisayar nümerik kontrollu tezgahlarda çalışma prensibine bağlı olarak talaş kaldırma işlemi için noktasal, doğrusal ve eğrisel hareket sistemleri esas alınır [4,5]. Tezgahın kontrol edilen elemanının önceden belirlenen bir yol izlemesini sağlayan mekanik ve elektronik elemanları içeren bir kontrol sistemi mevcuttur. Bu tezgahlarda açık ve kapalı devre kontrol sistemleri kullanılmaktadır [5,6].

Bu çalışmada, küçük boyutlu bir torna tezgahının bilgisayar kontrollu hale dönüştürülmesi sağlanmıştır. Elde mevcut bir takım tezgahının bilgisayar kontrollu hale dönüştürülmesi, bir CNC torna tezgahının maliyetinin çok altında olması nedeniyle amaçlanmıştır. Torna tezgahının kesici uç taşıyıcı tablasının iki düzlemde kontrolü adım motorları kullanılarak, ayna'nın kontrolü ise Alternatif akım (AC) motoru kullanılarak yapılmıştır. Tezgahın çeşitli şekillerde parça işlemesi için PASCAL bilgisayar dilinde bir yazılım programı geliştirilmiştir. Hazırlanan program ile, el değmeden (sadece parçanın tezgaha bağlanması ile) parça işlenmesi sağlanmıştır. Bu programla işlem aşamaları tezgahın çalışmasıyla paralel olarak ekranda görüntülenmektedir.

2. TAKIM TEZGAHI VE KONTROL ELEMANLARI

Bu çalışmada elde bulunan motor ve sürücü devreler dikkate alınarak yapılan ön inceleme sonucunda amaca en uygun tezgahın, laboratuvarında bulunan masa tipi torna tezgahının olduğuna karar verilmiştir.

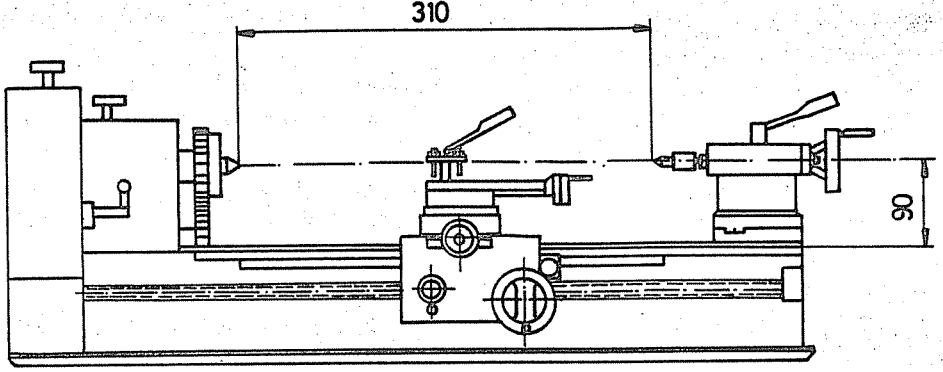
Deney düzeneği; masa tipi bir torna tezgahı, bilgisayar, adım motorları, alternatif akım motoru ve bu motorların sürücü devresinden oluşmaktadır. Tezgahın üç ana hareketi (ayna ve tablanın iki eksende hareketi) de bilgisayarla denetlenmiştir. Aynanın kontrolü alternatif akım motoru, tablanın hareketleri ise adım motorları kullanılarak yapılmıştır.

2.1. Takım Tezgahı

Bu çalışmada kullanılan torna tezgahı Şekil-1'de görülen masa tipi küçük bir torna tezgahıdır. Bu tezgahla işlenebilecek maksimum iş parçası yarıçapı 90 mm, uzunluğu ise 310 mm'dir.

Talaş mili kullanılarak tezgah tablasının X yönündeki hareketi şu şekilde talaş miline iletilmektedir: Aynanın dönme hareketi bir kayış vasıtası ile daha küçük çaplı bir kasnağa aktarılmaktadır. Kasnağın dönme hareketi bir sürtünme diskine aktarılmakta, bu disk ise bir sonsuz vidayı döndürmektedir. Sonsuz vida ise bir dişli çark vasıtasıyla iş milini tahrik etmektedir. İş mili sonsuz vida olup tabla üzerinde bu milleden eş çalışan bir somun vasıtasıyla tezgah tablasının doğrusal hareketi sağlanmaktadır. Aynanın dönmesi tezgah üzerinde bulunan 1500 dev/dk hıza sahip bir doğru akım motoru ile sağlanmaktadır. Aynanın hız kademeleri 390-1500-2800 dev/dk değerleridir. Ayna hızı talaş miline 1/70-1/268 aralığındaki değişik oranlarda azaltılarak iletilmektedir.

Bir Takım Tezgahının Bilgisayar Kontrollü Hale Getirilmesi



Şekil : 1 . Bu çalışmada kullanılan torna tezgahı

2.2. Tezgah Tablası Kontrolü

Bilindiği gibi bir torna tezgahının tablası iki eksende hareket ederek, torna kalemı ile kesme işlemini gerçekleştirir. Tabla eksen takımları X ve Y sırasıyla ilerleme (Paso) yönü ve talaş derinliği yönüne tekabül etmektedir. Tablanın bu iki eksende hareketi adım motorları ile kontrol edilmiştir. Motor milinden elde edilen dönme hareketinin tezgaha iletilmesi için kayış-kasnak sistemi kullanılmıştır.

2.2.1. Adım Motorları

Adım motorları, kontrol devresi tarafından gönderilen giriş vurgu sırasını eşit aralıklı açısal harekete dönüştüren cihazlardır. Motorun bir vurgu işaretine karşılık dönüşüne bir adım denir. Genel çalışma prensipleri ve çeşitleri önceki çalışmada özetlenmiştir [7].

Bu çalışmada, motorun çalışmadığı durumda rotor konumunu sabit tutacak bir statik momente sahip olması, adım açısının yeterince küçük olması nedenlerinden dolayı karma (Hibrit) adım motoru kullanılmıştır. Kullanılan iki adet adım motorunun 4 fazlı olduğu ve adım açıların da 2° olduğu belirlenmiştir. Motorların çalışması için gerekli nominal gerilim 3.02 V, akım ise yaklaşık 3 A'dır. Belirlenen akım ve gerilim değerlerinin sürücü devreden kaynaklanan hatalarla bir miktar değiştiği görülmüş ancak bu değişimin motor hareketlerine olumsuz etkisi gözlenmemiştir.

Adım motorlarının durgun halde sahip olduğu statik moment 0,487 Nm'dir. Yüksüz halde iken maksimum hız 82 dev/dk, bu hız değerinde motor momenti 0,036 Nm olarak belirlenmiştir. Adım motorları sürücü devreler ile kontrol edilmiştir.

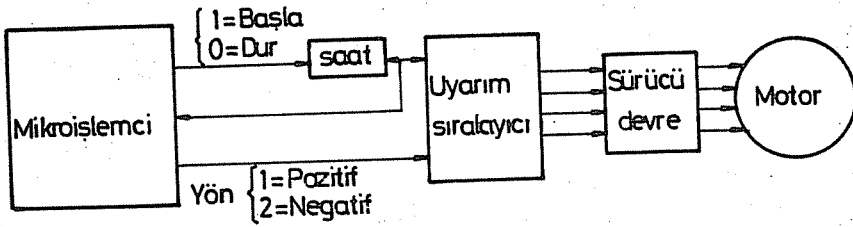
2.2.2. Adım Motoru Sürücü Devresi

Adım motorunun sürücü devresi, sıralayıcı devre ve motor sürücüsü olmak üzere iki

kısımdan oluşur. Sıralayıcı devre ile uyarılacak fazların seçimi yapılır. Motor sürücüsü ise motorun tahrik edilmesini sağlar [8,9].

Şekil-2 tipik bir açık devre kontrol sisteminde adım motoru ve sürücü devreyi şematik olarak göstermektedir. Bilgisayardan uyarılacak adım motoru ve motorun dönme yönü ile ilgili bilgiler veriler (databus) şeklinde önce sıralayıcı devreye gelir. Bu veriler mantık süzgecinden geçirilerek hangi fazın uyarılacağı belirlenir. Belirlenen fazların motor sürücülerine uyarım akımı gönderilir. Bilgisayar tarafından gönderilen her vurgu için sıralayıcı devre birbirini takip edecek şekilde fazların uyarılmasını sağlar.

Adım motoru sürücü devresi 120 volt AC gerilimle beslenmektedir. Bu devrede alternatif akım önce doğru akıma dönüştürülmekte ve akım ve gerilim değeri motorlarının çalışması için gerekli seviyeye (3,02 Volt, 3 A) çıkartılmaktadır.



Şekil : 2 . Sabit adımlama oranı için açık çevrim kontrol sistemi

2.3. Aynanın Kontrolü

Bu çalışmada ayna hızının kontrolü de yapılarak tezgah üzerinde gerçekleştirilen tüm hareketlerin bilgisayar kontrollu hale getirilmesi sağlanmıştır. Torna üzerinde bulunan doğru akım (DC) motorun yerine 3 fazlı alternatif akım (AC) motoru kullanılmıştır. İmal edilen kasnak tertibatı ile aynanın kademede çalışması sağlanmıştır.

2.3.1. AC Motor

Ayna tahriki için üç fazlı, kısa devre rotorlu bir Alternatif Akım (AC) motoru kullanılmıştır. Bu motorun normal çalışma frekansı 50 Hz'dir. Bu frekansta çalıştırıldığında 380 V gerilim elde edilmekte ve 1,26 A akım çekilmektedir. Motorun, nominal çalışma bölgesinde 0.5 BG gücünde 3,9 Nm momentini maksimum 905 dev/dk hızda verdiği görülmüştür. Motor karakteristiği yine önceki çalışmalarda özetlenmiştir [8,9].

2.3.2. AC Motor Sürücü Devresi

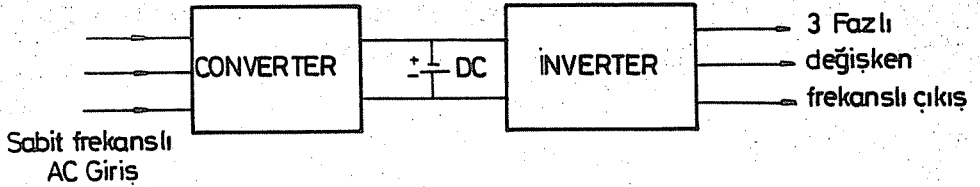
Bu çalışmada SPEEDSTAR-33 CO10 sürücü devresi kullanılmıştır. Bu devre 1 BG'ne kadar olan AC motorları sürebilmektedir. Üzerinde bulunan ayar düğmeleri ile motorun maksimum ve minimum hızlarının belirlenmesi, istenilen hıza ulaşma ve düşme

Bir Takım Tezgahnın Bilgisayar Kontrollü Hale Getirilmesi

zamanlarının ayarlanması sağlanmaktadır.

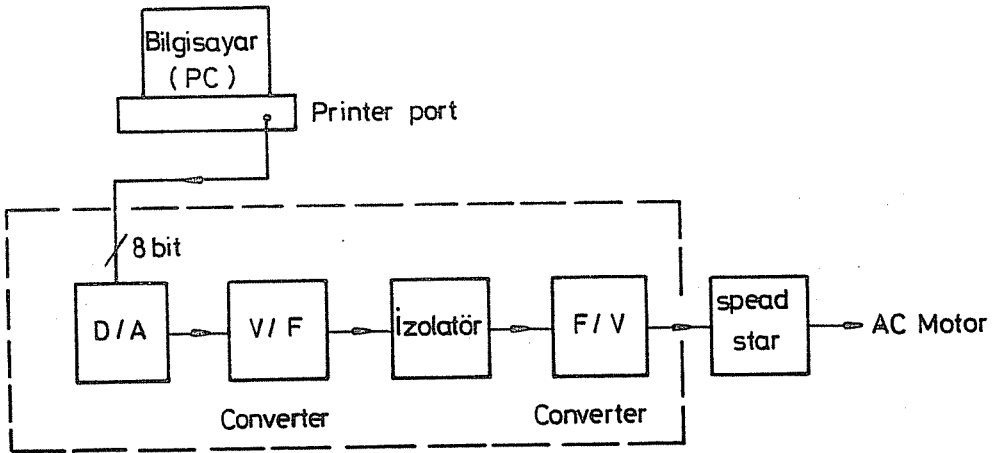
Sürücü devre PWM (darbe genişliği ayarlamalı) sistemine göre çalışmaktadır. Bu yöntem ile hız kontrolü üç fazın da gerilim ve frekanslarının aynı genlikte olmasını sağlayacak şekilde düzenlenmesi ile elde edilmektedir [8].

Şekil-3 böyle bir sürücü devre hız kontrol ünitesini göstermektedir. Sabit frekanslı alternatif akım Converter bölümüne verilmekte ve bu bölümde akım şekli doğru akıma dönüştürülmektedir. Elde edilen doğru akım sürücü devrenin Inverter bölümüne verilerek bu kısımda değişken frekanslı üç fazlı alternatif akım elde edilmektedir. İşte bu akım motorun uyarılması için kullanılmakta ve değiştirilerek hız ayarı yapılmaktadır.



Şekil : 3 . Sürücü devre hız kontrol ünitesi

Sürücü devrenin çalışması için 0-10 V arasında doğru akım gerekmektedir. Ara devre bilgisayar portundan alınan dijital bilgileri kullanarak sürücü devrenin çalışması için gerekli değere ulaştırıp sürücü devreyi uyarın bölümdür. Dijital bilgiler önce D/A konverterinden geçirilerek analog sinyale dönüştürür. Analog bilgiler V/F ve F/V konverterlerinden geçirilerek sürücü devreye verilir (Şekil-4).



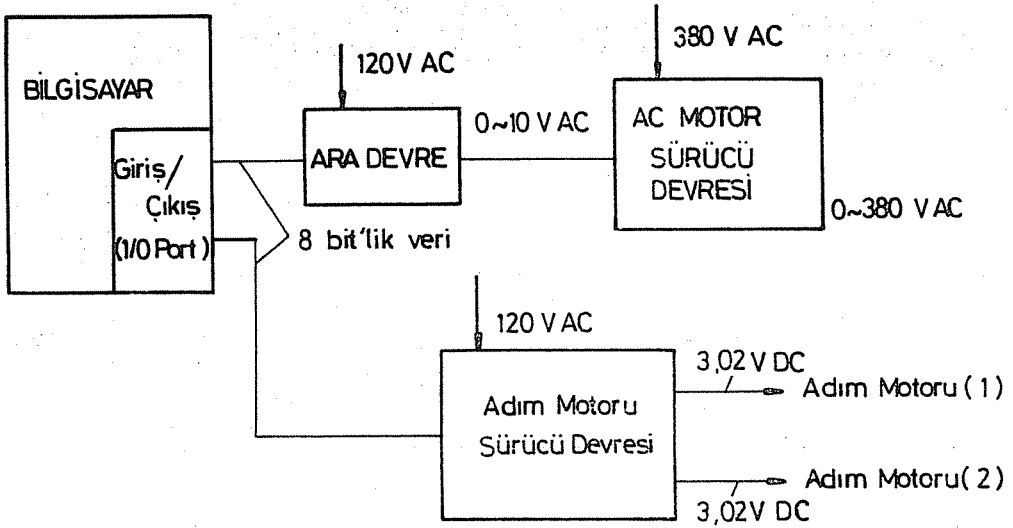
Şekil : 4 . Ara devre prensip şeması

2.4. Bilgisayar

Bu çalışmada kullanılan bilgisayar IBM uyumlu 512 K hafızalı, intel 8088 mikroişlemcili ve hızı 4,77/12 MHz olan kişisel bir bilgisayardır. Bilgisayarlarda ilave olarak 20 MB hard disk, 5,25" dist sürücüsü ve Matematik Coprocessor mevcuttur. Yapılan grafik çalışması için bilgisayara ayrıca Hercules-Mono grafik kartı ilave edilmiştir.

Bilgisayarda 3 adet paralel port bulunmakta ve bu üç port için veri ve kontrol adresleri ayarlanarak bilgisayarla diğer üniteler arasındaki bilgi alışverişi sağlanmaktadır [9].

Program çalıştırıldığında her üç porttan da veri gönderilebilmekte böylece aynı anda AC motorun ve adım motorunun kontrolü yapılabilmektedir. Bilgisayar 8 bitlik mikroişlemciye sahip olduğundan bir porttan gönderilebilecek değer 255 ile sınırlıdır. Bu çalışmada AC motor için LPT1, adım motoru için LPT2 çıkış portları kullanılmıştır. Şekil-5 tezgah kontrol devresini şematik olarak göstermektedir.



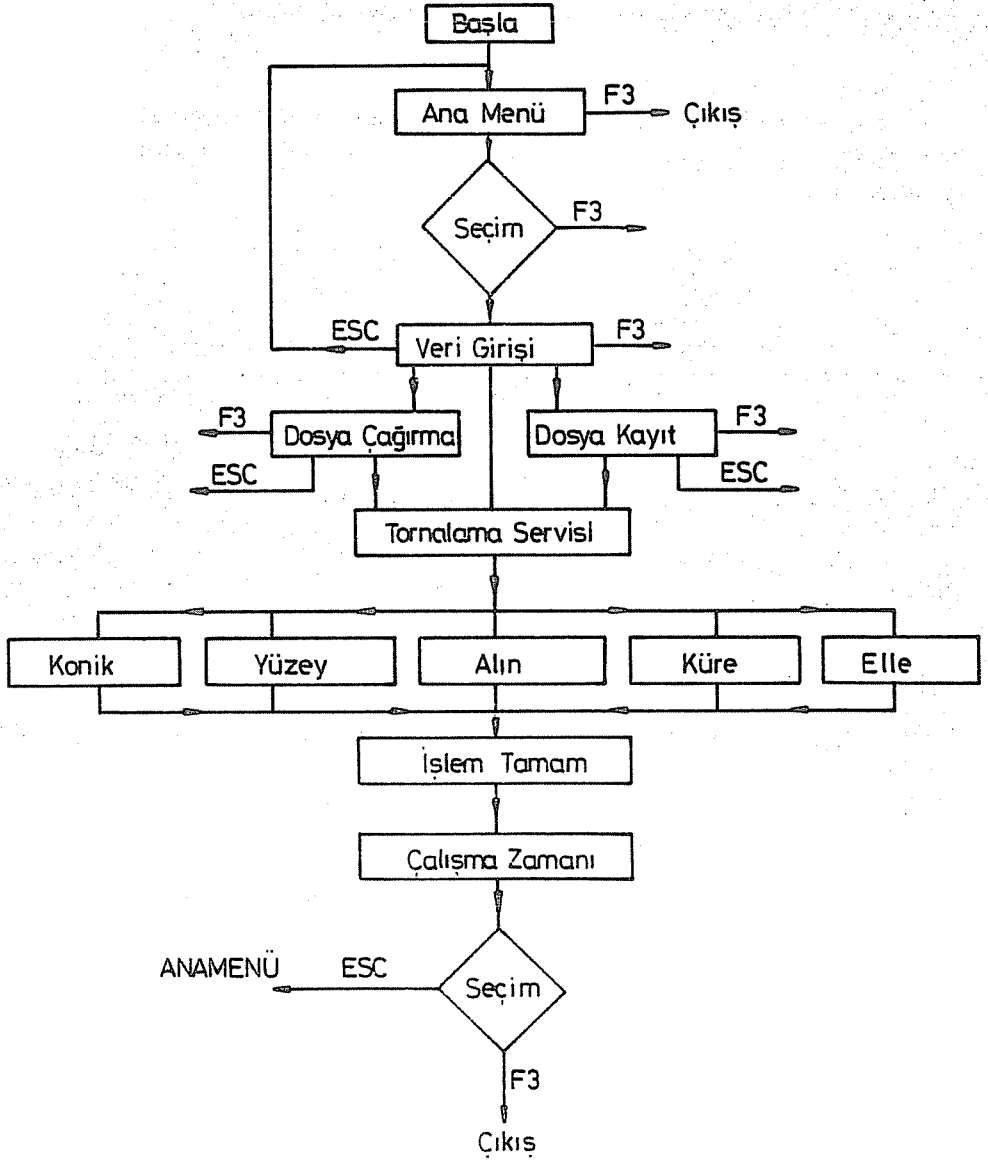
Şekil : 5. Kontrol ünitesi

3. TEZGAH KONTROL PROGRAMI

Diğer dillere oranla daha hızlı bir dil olması, programlama esnekliği ve grafik özelliklerinin kullanım kolaylığı nedeniyle bilgisayar programı PASCAL dilinde hazırlanmıştır. Tezgah kontrol programı, motorların kontrolü, veri girişi için menülerin hazırlanması ve grafik ekran üzerinde tornanın parça işleme şeklinin şematik gösterimi olmak üzere üç temel konu için hazırlanmıştır. Geliştirilen programın genel akış şeması Şekil-6'da gösterilmiştir.

Bu program tezgahla değişik yüzey şekillerini (düz yüzey, alın, küresel ve konik) işleyecek şekilde geliştirilmiştir. Programın çalışmasıyla ilk olarak ANAMENÜ devreye

Bir Takım Tezgahının Bilgisayar Kontrollü Hale Getirilmesi



Şekil : 6 . Kontrol programı akış şeması

girmektedir. Bu bölümde tomalama türlerinden birinin seçimi yapılır.

3.1. Adım Motorları Kontrolü

Adım motorlarının çalışması için gerekli olan bilgilerin sürücü devreye iletilmesinde 956 (decimal) adresli port kullanılmıştır. Bu motorların hareketini sağlayan alt program 1 numaralı motor için

```
PROCEDURE MOT1 ;  
  BEGIN  
    PORT [956]:= 253;  
    PORT [956]:= 255;  
    DELAY (SÜRE);  
  END
```

şeklinde. PORT (956) adresine gönderilen 253 değeri motorun bir adım atmasını, aynı adrese gönderilen 255 değeri ise motor fazlarının ikinci adım için uyarıya hazırlamak amacıyla bir sonraki fazın seçilmesini sağlar. Desimal adresi 956 olan porta gönderilen adım ve hazırlık komutları sonunda adımın gerçekleşme zamanı DELAY komutu ile belirlenir. Bekleme zamanı mikrosaniye mertebesinde olup aynı zamanda adım motorunun hızını belirler.

Adım motorlarının hareketini sağlayan diğer alt programlar benzer şekilde hazırlanmıştır. (1) numaralı motor için yazılmış olan ve yukarıda izah edilen alt program motorun saat yönünde dönmesini sağlamaktadır. Aynı motorun saat yönünün tersi istikametinde dönmesi için porta 254 değerini atamak gereklidir. Aynı şekilde (2) numaralı motor için bu değerler saat yönünde dönüş için 254, ters yönde dönüş için 247'dir.

Bu alt programların bir döngü içerisine yerleştirilmesiyle adım motorunun sürekli hareketi sağlanmış olmaktadır (9).

3.2. AC Motor Kontrolü

AC motora dönmesi için gerekli bilgiler bilgisayar üzerinde bulunan paralel portlardan desimal 888 adresine sahip olan veri portu üzerinden gönderilmektedir. Bu motorun dönmesini sağlayan seçilmiş bir alt program aşağıdaki gibidir;

```
PROCEDURE AC(Hız:INTEGER);  
  BEGIN  
    PORT (890) := 0;  
    PORT (888) := HIZ  
  END
```

Sürücü devreye veri gönderilmesi için programdan görüldüğü gibi iki port adresi

Bir Takım Tezgahının Bilgisayar Kontrollü Hale Getirilmesi

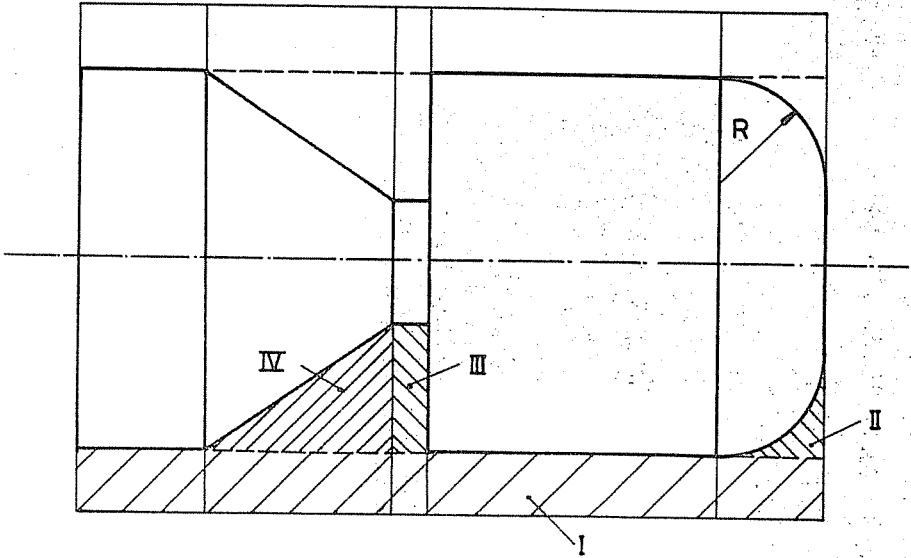
gereklidir. Alt programda 890 adresli porta atanan değerler dönme yönüyle ilgili olup bu değerlerin 0 olması motorun saat yönünde dönmesini, 6 olması saat yönünün tersi istikametinde dönmesini, 3 olması ise motora gönderilen sinyallerin durmasını sağlamaktadır [9].

Aynanın sabit bir hızla dönmesi yerine talaş kaldırma sırasında meydana gelen çap düşümü dikkate alınarak ayna hızının ayarlanması daha doğrudur. Bu amaçla AC motor programı modife edilmiştir. Adım motorları ve AC motor için hazırlanan alt programlar birleştirilerek torna tezgahının çalıştırılması gerçekleştirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Tezgah ile üretilen iş parçaları temel işlem şekillerini (düz yüzey, alın v.s.) içermektedir. Bu yüzey türlerinden birkaç tanesini üzerinde taşıyan iş parçasının üretimi için işlem sırasının belirlenmesi ve bu sıralamaya uygun olarak yüzeylerin işlenmesi esastır.

İşlem sırası ve imalat açısından Şekil-7'de verilen iş parçasının imalatı düşünüldüğünde sırasıyla I, II, III ve IV bölgelerinin tornalanması gerektiği görülür. Bu parçanın üretimi yukarıdaki işlem sırasına göre kontrol programının ilgili bölümleri kullanılarak sağlanır.



Şekil : 7. Karmaşık yapıya sahip bir iş parçasının işlem aşamaları

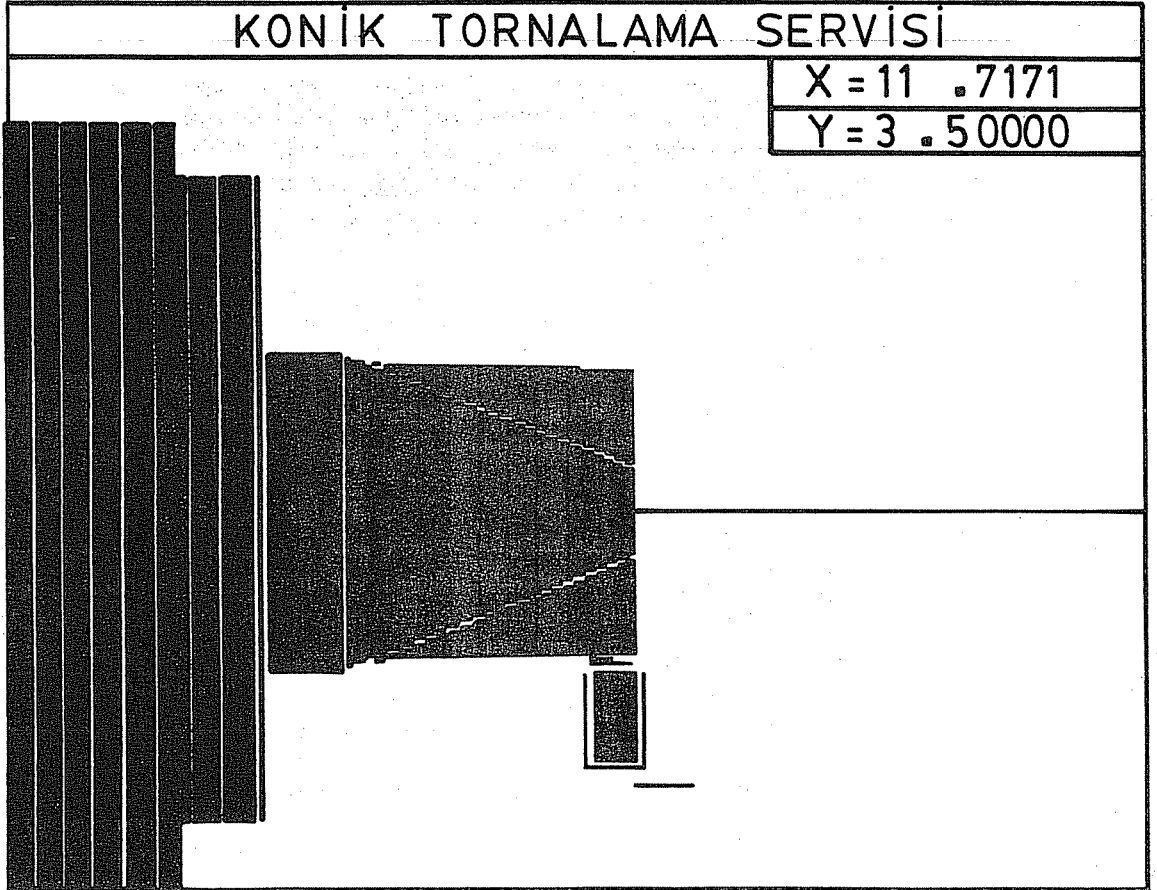
Yüzey ve alın tornalama için hazırlanan program mantığı konik ve küre için hazırlanan programlara oranla nispeten daha basittir. Burada konik tornalama örnek olarak izah edilecektir.

Konik torna edilecek parçanın bilgisayar ekranındaki tornalama işlemi yapılmadan önceki ekran görünümü Şekil-8'de verildiği gibidir. Tornalama işlemi sırasında meydana

gelebilecek hataların kontrol edilmesini sağlamak amacıyla iş parçasının tornalama işlemi sonunda alacağı şekil görünüm üzerinde çizgilerle belirtilmiştir.

Yüzeyin daha temiz elde edilmesi için tornalama işlemi iki kademeli olarak düşünülmüştür. İlk kademenin tornalanmasında paso değeri verilebilecek olan değer üst sınırdır. İkinci kademe tornalama ise kaba tornalama işleminden kalan kısımların tornalanması amacını taşımaktadır. Bu tornalama türünde kesici ucun izlediği yol Şekil-9'da verilmiştir.

Tablannın Y yönündeki hareketi (2) numaralı adım motoru, X yönündeki ise (1) numaralı



Şekil . 8 : Programın konik tornalama servisinin çalışma anında ekran görünümü.

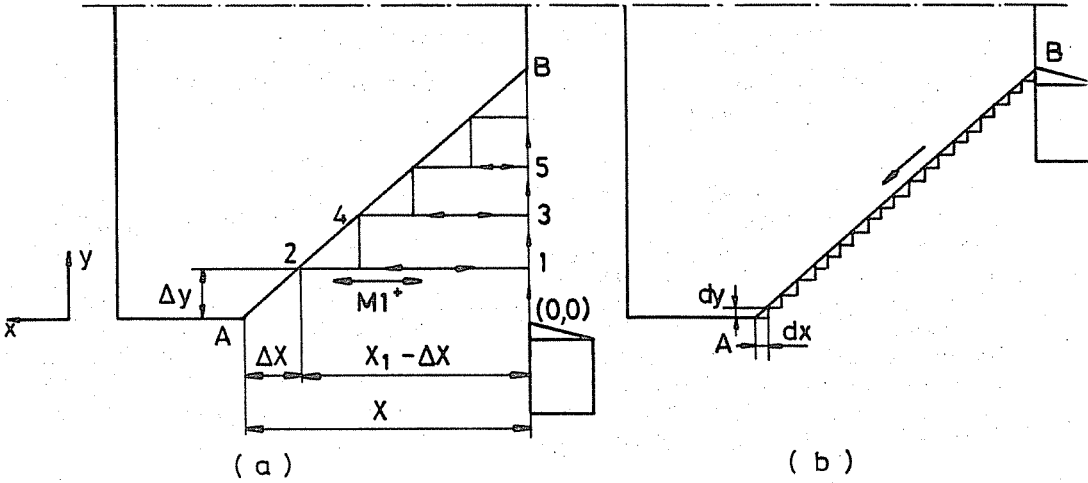
Bir Takım Tezgahının Bilgisayar Kontrollü Hale Getirilmesi

adım motoru tarafından sağlanmaktadır. Kesici uç 0 noktasından harekete başlar ve 2. motor tablayı Y yönünde paso kadar hareket ettirir. 1 ve 2 noktaları arasında 1. motor tablayı X yönünde $X_1 - \Delta X$ kadar önce pozitif sonra da negatif doğrultuda hareket ettirir. Bu işlem B noktasına erişinceye kadar devam eder. Bu tür tornalamada kaba paso tornalama işlemi için yönlerden herhangi birinin sabit ilerleme yönü olarak seçilmesi gerekmektedir.

Program içerisindeki sabit ΔY ilerlemesine göre ΔX 'in hesaplandığı eşitlik

$$\Delta X = \text{Paso} (X_i / Y_i) \quad (1)$$

şeklinde dir. Burada X_i X yönünde, Y_i ise Y yönünde işlenecek maksimum tornalama



Şekil : 9. Konik profil işleme tekniği

mesafesidir.

B noktasına ulaşıldığında işlemin ikinci kademesi olan ince paso tornalama işlemine geçilir. B noktasından harekete başlayan torna kalemni bu kez negatif Y doğrultusunda dy , pozitif X doğrultusunda dx adımlarıyla Şekil 9-b'de verilen yolu izleyerek A noktasına ulaşır.

İkinci kademe tornalamada amaç iş parçası yüzeyine son şeklin verilmesidir. Bu yönde A noktasına ince pasolarla gidilirken X ya da Y yönünde elde edilebilecek minimum noktanın tesbit edilmesi gereklidir. (52) motorunun hareket etmesi halinde (1) motorunun hareket etmeme sakıncası vardır. Bu sakıncayı ortadan kaldırmak için sabit ilerleme yönü X seçilmiş ve ΔX 'in alacağı değere göre ΔY değeri hesaplanmıştır. Bu yönde minimum hareket miktarı 0,0297 mm'dir.

Yukarıda üretim açısından incelenen kontrol programı hazırlanan tüm tornalama şekilleri için denenmiş ve şekiller elde edilmiştir. Açık devre kontrol sistemi kullanılmış olmasına rağmen herhangi bir aksaklıkla karşılaşmamıştır. Ölçümler sonucunda elde edilen tolerans değerleri X yönünde 0.03 mm, Y yönünde ise 0.004 mm olmuştur.

İş parçasının tornalama işleminden sonra yüzeyinde tesbit edilen pürüzlülüğün mekanik hatalardan kaynaklandığı tesbit edilmiştir. Tornalama sırasında tezgah tablasının adım motorlarının titreşimli çalışması nedeniyle etkilendiği ve bunun iş parçası yüzey kalitesini olumsuz etkilediği tesbit edilmiştir. Hareket halindeyken kalemden meydana gelen bu titreşimler iş parçası yüzeyinin pürüzlü olmasına neden olmaktadır. Bu durumun adım motorlarının çalışma prensibinden kaynaklanmakta olduğu görülmüştür. Adım motorlarının bağlandığı blok gövdenin daha rijit yapıya getirecek değişikliklerin yapılmasıyla bu olumsuz etkilerin bir miktar azalması mümkündür.

Tezgaha X yönünde hareket aktarımı için kullanılan elemanlardan kaynaklanan boşlukların olduğu ve bu yönde gerçekleştirilen hareketlerin istenilen doğrulukta sağlanmadığı görülmüştür. Başlangıçta el ile sıfırlanan bu boşluğun, tablanın X doğrultusunda herhangi bir yönde yaptığı hareket sağlandıktan sonra geri dönüş işlemi sırasında ortaya çıkacağı açıktır. Bu durum dikkate alınarak (1) motorunun harekete başlamasından sonra, pozitif ya da negatif yönde gerçekleşecek hareketler için 6 adımlık bir farkın her iki yön için de ilave edilmesiyle çözülmüştür. Problemin tamamen ortadan kaldırılması için, yeni bir hareket aktarım sistemi tasarımı yapıp tezgahta uygulanmasının daha uygun olacağı söylenebilir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmanın başlangıcında planlanan, torna tezgahının bilgisayar kontrollu hale getirilmesi ve bu tezgahla üretim yapılması, üretim aşamalarının ekran üzerinde gösterimi gerçekleştirilmiştir. Açık çevrim kontrol sisteminin kullanılması, (geri beslemenin uygulanmaması) yürütülen çalışmaya olumsuz bir etki yapmamıştır.

Kontrol programında dikkate alınan yüzey şekilleri dışında kalan profiller için uygun alt programlar hazırlanarak ilave edilmesi mümkündür. Torna tablasının kesme yönündeki hızı için bir çalışma yapmak ve ayna hızına bağlı olarak bu hızı değiştirmek mümkündür. Bu sayede tabla ilerleme hareketi için optimum hız değerinin kullanılması sağlanmış olacaktır. Yukarıda bahsedilen çalışmalar da tamamlandığında konvensiyonel torna tezgahı tümüyle bilgisayar nümerik kontrollu hale getirilmiş olacaktır.

6. KAYNAKLAR

1. PRESSMAN,R.S., WILLIAMS,J.E., *Numerical Control and Computer Aided Manufacturing*, Univ. of Bridgeport, Univ. of Connecticut, U.S.A. 1977.
2. ACCARNLEY,P.P., *Stepping Motors: A Guide to Modern Theory and Practice*, Peter Peregrinus Ltd, London, 1984.
3. KENJO,T., *Stepping Motors and their Microprocessor Control*, Oxford University Press, New York, 1986.
4. GROOVER,M.P., ZIMMERS,E.W., *CAD/CAM Computer-Aided Design and Manufacturing*, Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs New Jersey.
5. KOÇ,E., ÜNVER,E., *Bilgisayar Nümerik Kontrollu (CNC) İşleme Tipleri ve Kontrol Sistemleri*, Mühendis ve Makina, 31, 369, 15-18, Ekim 1990.
6. ÜNVER,E., KOÇ,E., *Konvensiyonel Takım Tezgahlarının Bilgisayar Kontrollu Hale Dönüştürülmesinde AC Motor Kullanımı*, 4.Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, 163-170, 19-21 Eylül 1990, Ankara.
7. ÜNVER,E., KOÇ,E., *Bilgisayar Kontrollu Tezgahların Hareket Sistemleri I-Adım Motorları ve Doğru Akım (DC) Motorları*, Mühendis ve Makina, 31, 371, 9-13, Aralık 1990.
8. ÜNVER,E., *Konvensiyonel Takım Tezgahlarının Bilgisayar Yardımıyla Kontrolü*, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi, Adana, 1990.
9. ÖZTÜRK,H., *Masa Tipi Bir Konvensiyonel Torna Tezgahının Bilgisayar Nümerik Kontrollu Şekle Dönüştürülmesi*, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst. Makina Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, Şubat 1991.

KAYNAK DIKIŞI CİVARINDA ISI TESİRİ ALTINDA KALAN BÖLGENİN (ITAB) İRDELENMESİ

O.Tuğrul GÖNCEL ve Onur GÜVEN

Ç.Ü., Mühendislik Mimarlık Fakültesi,
Makina Mühendisliği Bölümü, Adana

ÖZET: *Bu çalışmada katı halde tek fazlı ve birden fazla faz yapısına sahip çelik sac (levha)ların elektrik ark kaynağı ile kaynak sırasında ortaya çıkan ısının tesiri altındaki bölgenin (ITAB) oluşum ve korozyonu ele alınmıştır.*

Korozif ortamlarla temas halinde olan makina parçaları ve metal yapıların çoğu mekanik gerilmeler altındadır. Korozyonun parça yüzeyinde oluşturduğu çukurcuklar, mekanik gerilmelerin de etkisi altında zamanla keskin uçlu çatlaklara dönüşerek, buralarda gerilme yığılmasına neden olmaktadır. Çatlakların büyüme hızı gerilmelerin büyüklüğüne ve korozif ortamın etkinliğine bağlı olarak değişmektedir.

THE INVESTIGATION OF HEAT AFFECTED ZONE AROUND THE WELDING SEAM

ABSTRACT: *In this work, the formation of Heat Affected Zone (HAZ) and its corrosion in an aggressive environment have been investigated.*

Machine parts and construction members are usually under mechanical stress. The pits, caused by corrosion, are usually act as stress risers and becomes a crack growth of cracks is dependent of environment and the magnitude of stress.

GİRİŞ

Günümüzde konstrüksiyonların oluşturulmasında oldukça yaygın şekilde kullanılan çeliklerin kaynağında, en önemli konu; çelik türlerinde görülen ve yüksek sıcaklıktan itibaren hızlı soğuma sonucu, malzemelerin metalurjik yapılarında ve dolayısıyla mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimlerdir. Kaynak bölgesinde ITAB'da malzemenin bileşimine ve soğuma şartlarına bağlı olarak martenzitik ya da temperlenmiş martenzitik bir yapı ortaya çıkmakta olup, bu yapı sert ve gevrektr /1/. Bu yapı gevrek kırılmayı oluşturan çatlağın başlaması ve yayılması için çok uygundur /2/. İkinci Dünya Savaşı sırasında Alman Deniz Kuvvetlerine ait "Liberty" gemileri herhangi bir düşman saldırısına uğramadan deniz ortasında ikiye kırılmışlardır. Hasar gemiyi çepeçevre saran kaynaklar boyunca oluşan çatlaklardan kaynaklanmıştır /3/.

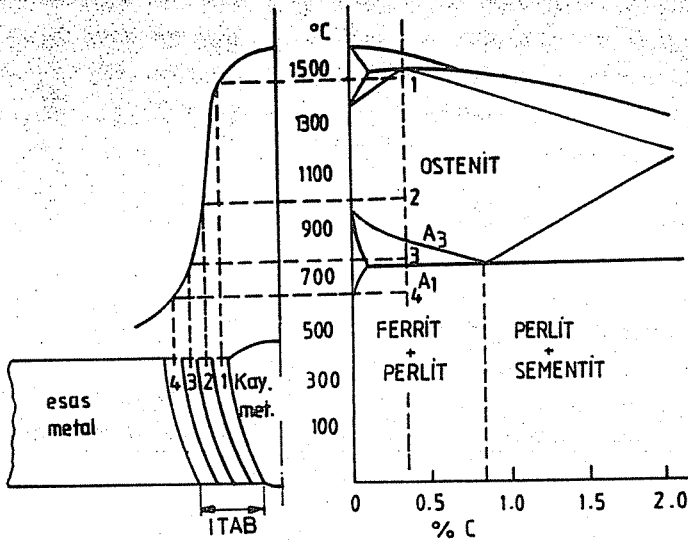
Bu güne dek yapılan pek çok çalışmada ve Uluslararası Kaynak Enstitüsünün IX nolu Kaynak Kabiliyeti Komisyonunca, birleştirilen parçalarda bağlantı bölgesinin emniyeti

için ITAB'nin maksimum sertliğinin 350 Vickers değerini aşmaması önerilmiştir /4/.

Bu çalışmanın amacı elektrik ark kaynağı yapılmasında ortaya çıkan ısının tesiri altında kalan bölgenin (ITAB) oluşum mekanizması ve ne gibi hasarlara neden olduğu ayrıca bu olumsuz etkinin ortadan kaldırılması için neler yapılabileceği şeklindedir.

ISININ TESİRİ ALTINDAKİ BÖLGE VE SICAKLIK DAĞILIMI

Elektrik ark kaynağı ile çelik malzemelerin birleştirilmesinde 1400 °C ile 700 °C arasında sıcaklığın tesirinde kalan esas metale ait kısma "Isının Tesiri Altındaki Bölge (ITAB)" - "Heat Affected Zone (HAZ)" denilmektedir. Bu bölge Şekil-1'de şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil-1. Bir Alın Kaynağında ITAB ve sıcaklık dağılımı.

Genel olarak ITAB dört kısımdan meydana gelmektedir.

Birinci Bölge (1): 1400 °C-1200 °C arasında bir sıcaklığın etkisinde kalan çok iri taneli bölge.

İkinci Bölge (2): 1000 °C-900 °C'lık sıcaklığın etkisinde kalan ufak taneli ancak iç yapı yönünden birinci bölge ile aynı olan bölgedir.

Üçüncü Bölge (3): A₃-A₁ sıcaklığı arasında kalan bölgedir. Yapı kısmen ostenite dönüşmüştür.

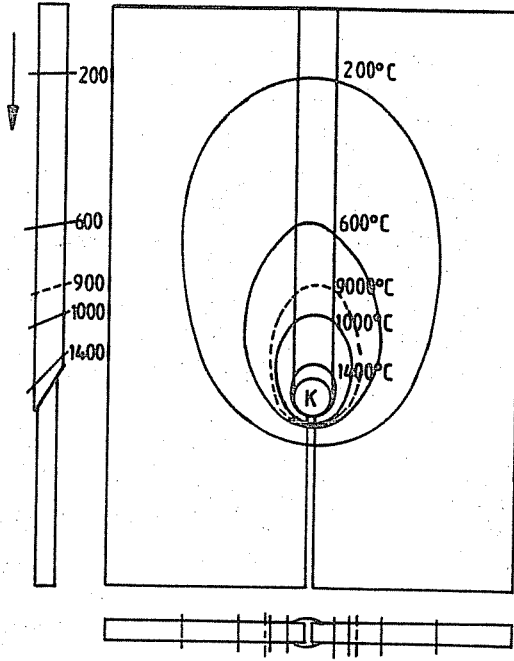
Dördüncü Bölge (4): A₁ sıcaklığına kadar yükselmiş bölge olup yapı dönüşüme

Kaynak Dikişi Civarında Isı Tesiri Altında Kalan Bölgenin İrdelenmesi

uğramamıştır. Ancak malzeme kısmen tavlanmıştır.

KATI HALDE TEK FAZLI METALİN ALIN KAYNAĞINDA ITAB'IN İNCELENMESİ

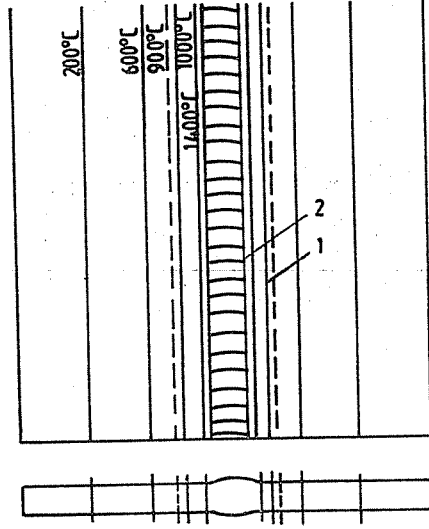
Elektrik ark kaynağı ile tek pasoda, iki metal sac parçası alın kaynağı ile birleştirildiğinde Şekil-2'de görülen sıcaklık dağılımı oluşmaktadır.



Şekil-2. Elektrik ark kaynağı yapılan bir sac parçasında, oluşan sıcaklık dağılımı.

Burada ergimiş kaynak metalinin sıcaklığı ergime noktasının üstünde ve kaynama noktası sınırındadır. Donmuş kaynak metali esas parçaya göre daha yavaş soğur. Kaynak işleminin sonlarına yaklaştıkça ana metaldeki sıcaklıkta en yüksek değerine ulaşacaktır /5/. Malzemenin bir ucundan kaynağa başlarken diğer ucu oda sıcaklığındadır. Hareketli kaynak noktası diğer uca yaklaştıkça bu noktadaki sıcaklıkta 1400 °C'ye kadar çıkmaktadır. Kaynak noktası ilerlemeye devam ettikçe bu noktadaki sıcaklık tekrar düşmektedir. Bu durum kaynak süresince levhaların bütün noktalarında olup sıcaklık maksimuma kadar çıkıp sonra oda sıcaklığına kadar soğumaktadır /6/. Bu ısıl işlem bir malzemeyi fırında ısıl işleme tabi tutmaktan farklıdır /5/. Çünkü fırında yapılan ısıl işlemde malzeme geç ısınmaktadır. Oysa kaynak işleminde, malzeme çok ani olarak

maksimum (1400 °C) sıcaklığa erişmekte ve daha sonra sıcaklığına soğumaktadır. Levhada erişilen maksimum sıcaklık dağılım grafiği Şekil-3'de görüldüğü gibidir.



Şekil-3. Elektrik ark kaynağı ile kaynak yapılan parçadaki kaynak bitimindeki sıcaklık dağılımı.

Şekilde görülen sıcaklık eğrileri arasındaki gerçek durum kaynak yöntemine, kaynak ağız şekline, seçilen akım şiddetine, kaynak hızına, ana malzemenin imalat biçimi gibi bir çok değişkenlere bağlıdır /7/.

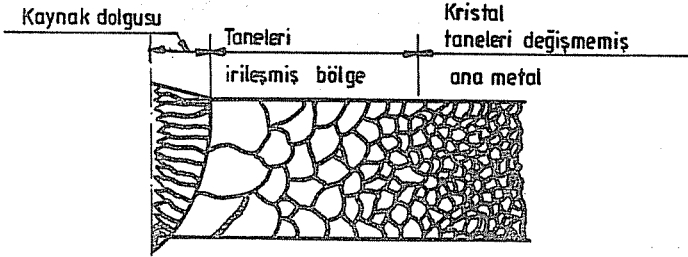
Şekil-2'de 900 °C sıcaklık sınırını belirten kesikli çizgi içerisinde kristal yapı kübik yüzey merkezli olup taneler () formdadır. 900 °C sıcaklığın dışıdır kristal yapı kübik hacim merkezli olup (α - $\kappa\kappa$) formda bulunmaktadır. Kaynak anında, kaynak metali ile 900 °C sıcaklık arasındaki taneler (β +) formuna girmiş ve kaynak sonrası tekrar (α - $\kappa\kappa$) formuna dönmüştür. Bir noktasının sıcaklığı 900 °C'nin bir miktar üzerinde bir değerde olup tane yapısı (β +) formda bulunmaktadır. Buna karşılık iki noktasının sıcaklığı geçiş sıcaklığının (923 °C) çok üstünde bir değere ulaşmış olup belirli bir zaman içerisinde gama formda bulunmaktadır. 900 °C sıcaklığın dışındaki bölgelerde kaynak edilen parçanın kristal yapısı, kaynak öncesi kristal yapısı olan (α - $\kappa\kappa$) formda olup, kaynak işlemi boyunca değişmemektedir. Burada 500 °C ve 600 °C'nin üstünde bir sıcaklığa erişmiş bulunan tanecikler tavllanmışlardır.

Malzeme sıcaklığının 900 °C'ye ulaştığı anda bütün (α - $\kappa\kappa$) tanecikleri (α + - $\kappa\kappa$) forma dönüşmektedir. 900 °C'nin üstündeki ısınma esnasında () taneciklerinin büyümesi özellikle 1100 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda olmaktadır. Malzemenin sıcaklığı sürekli

Kaynak Dikişi Civarında Isı Tesiri Altında Kalan Bölgenin İrdelenmesi

olarak bu üst değerlerde tutulması ile taneler küçük parçalara ayrılmamakta ancak sıcaklığın 900 °C'nin altına düşmesi ile her ($\alpha+$) parçacıkları şekil değiştirerek çok sayıda (α - κ) demir kristal yapısını oluşturmaktadır. 900 °C'deki ($\alpha+$) taneciklerinin büyüklüğünün dönüşümü sonudur.

Kaynak dikişi civarı ortam sıcaklığına düştükten sonra malzeme, kaba yapılı taneler içermektedir. Bu taneler belirli bir düzlem üzerinde sıralanmışlardır. Şekil-4'de görülen yapı oluşmaktadır.

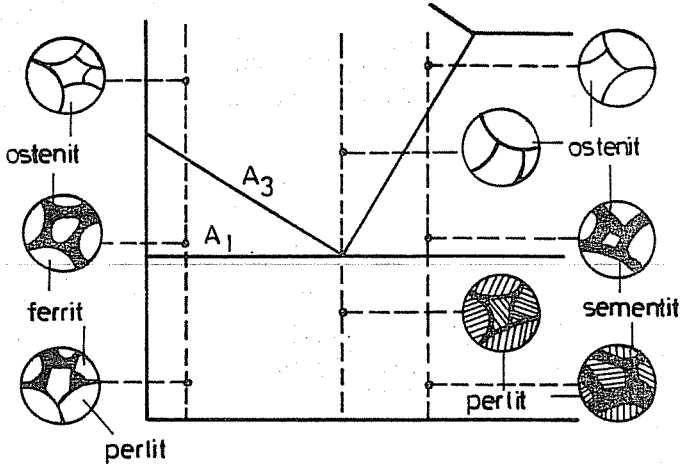


Şekil-4. Katı Halde Tek Fazlı Metalin Tek Paso ile Alın Kaynağı Yapılmasındaki Kaynak Bölgesinin Şematik Görünüşü.

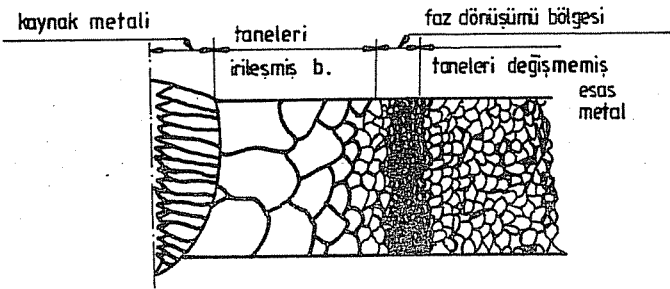
ÇELİĞİN ALIN KAYNAĞINDA İTAB'NİN İNCELENMESİ

Kaynak yapılmış çelikte kaynak bölgesinin yapısında meydana gelen değişimler, karbon içeriği % 0.2 olan çelik incelenecektir. Bu inceleme Şekil 5'teki demir-karbon denge diyagramı dikkate alınarak yapılacaktır. Oda sıcaklığında % 0.2 karbonlu çelik ferrit ve demir karbürden oluşmaktadır. Bu yapıya sementit (Fe_3C -% 6.67C) denmektedir. Sementit çok sert bir yapıdadır.

Çeliğin sıcaklığı 720°C'ye ulaştığı zaman bütün sementite ferrit parçaları ötektoid reaksiyonuna maruz kalmaktadır. Bu reaksiyonun ürünü ostenittir. 850oC civarında ostenit kristalleri meydana gelir ve küçük ostenitler büyüyerek daha büyük ostenitik yapıyı oluşturur. 1490 °C'de ergime başlar ve 1520 °C'de son kristallerde çözünür. Sıcaklığın düşmesiyle ostenit kristallerinin ergimesi yavaşlayıp ostenit kristallerinin oluşumu hızlanmaktadır. Sıcaklık 800 °C'ye düşene kadar ostenit kristallerinde hiçbir değişiklik olmamaktadır. Sıcaklık düşmeye devam edip 720 °C'de tutulduğunda ferrit kristalleri oluşur. Bu andaki yapının dörtte biri ostenit, dörtte üçü ise ferrittir. Bu yapıya "Widmannstaten iç yapısı" denmektedir. 720 °C'de ostenit değişime uğrar ve bu değişime otektoid denir. Otektoid değişiminin sonucu olarak Sementit + Ferrit olur. Kaynak bölgesindeki yapı oluşumu şematik olarak Şekil-6'da görüldüğü gibidir.



Şekil 5. Demir-Karbon Denge Diyagramının Detay Görünümü.

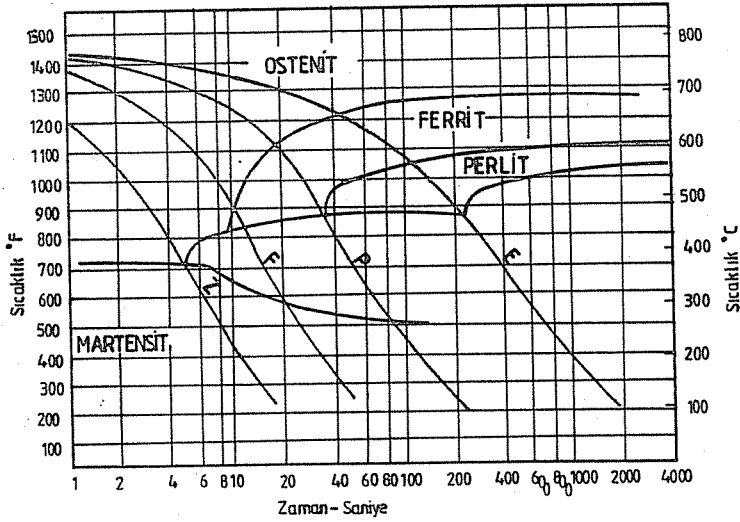


Şekil 6. Katı halde birden fazla faz yapısının sahip metalin, tek pasolu alın kaynağında kaynak bölgesi.

5. CCT DİYAGRAMIYLA ITAB'NİN MİKRO YAPISININ TAHMİNİ

CCT (Continuous, Cooling, Transformation) diyagramları kaynak ısısından ortam ısısına kadar soğuyan metalin bu ısı çevriminin etkisinde kalan bölgesinde oluşan mikro yapıyı, en yakın şekilde tahmin etmek için kullanılmaktadır. CCT diyagramı Ostenit şartındaki yani, A_3 sıcaklığı üzerindeki çeliği göstermektedir. Şekil-7'deki diyagramda görüldüğü gibi, malzemenin mikro yapı sınırlarını belirlemek için dört önemli soğutma eğrisi çizilmiştir.

Kaynak Dikişi Civarında Isı Tesiri Altında Kalan Bölgenin İrdelenmesi



Şekil 7. Sürekli-Soğutma-Dönüşüm (CCT) Diyagramı

Kaynak sırasında ısı girdisi çok düşükse ve soğuma Z soğuma eğrisinden daha hızlı bir oranda oluyorsa ısının tesiri altında kalan bölgenin yapısı tamamen Martensitik olacaktır. Eğer soğuma Z soğuma eğrisi ve F soğuma eğrisi arasında olursa Wiomansteten iç yapısı olacak ve ısı tesiri altındaki son yapı Martenzitik ve ara yapıların karışımı olacaktır. F soğuma eğrisinin sağına geçen bir eğri boyunca gerçekleşen yavaş soğuma, ferritin oluşmasını sağlayacak ve son yapı ferrit-arayapı (ferrit-martenzit) - martenzitten meydana gelecektir. Şekil 7'de F soğuma eğrisinin sağına doğru ilerledikçe daha yavaş soğuma ve proeutectoid ferrit oluşumu başlayacak ve sonuçta meydana gelen yapı ferrit-arayapı (ferrit + perlit) martenzittir. Eğer soğuma P eğrisinden daha yavaş ise, aynı zamanda perlitik bir yapıda ortaya çıkar ve sonuçta ortaya çıkan yapıda perlit-ferrit-arayapı ve martenzit'dir.

Sonuç olarak ısının tesiri altında kalan bölgenin en azından proeutectoid ferrit oluşmayacak şekilde yavaş soğutulduğunda başlangıçta kendiliğinden oluşan çatlakların esneklik ve sertlik derecesine göre oluşmadığı görülecektir.

6. KOROZYON VE ITAB

Yerel korozyon metal içindeki heterojenlik, çevre veya yapının geometrisiyle ilgili olarak metal yüzeyinin bazı bölgelerinin diğer bölgelerden daha hızlı korozyona uğraması olarak tanımlanmaktadır/8/. Bu tanıma en çarpıcı örnek ITAB'ın korozyonudur. Kaynak sırasında metalin heterojenliğinin bozulması kromun ve karbonun yayınmasından kaynaklanmaktadır. 20°C-425°C arası sıcaklıkta kromun ve karbonun yayınma hızı çok düşüktür. Sıcaklığın artmasıyla kromun ve karbonun yayınma hızı artmakta olup, bu sıcaklık artışıyla oluşan karbürler $(Fe, Cr)_3C$ - $(Cr, Fe)_7C_3$ ve $(Cr, Fe)_{23}C_6$ dir. Oluşan karbür çökelmeleri sonucunda tane sınırında serbest krom yüzdesi düştüğü için, korozyon direnci azalmaktadır. Karbürlerin tamamının ayrışması, krom ve karbonun yapıda homojen dağılması için en az 1050°C'a çıkılması gerekmektedir. Bu sıcaklıktan sonra hızlı soğutma yapılmasıyla karbür oluşumu önlenmiş olmaktadır. Bir kaynak dikişinde bulunabilecek karbon miktarını belirleyen etkenler a) Çeliğin bileşimi ve ısı işlem koşulları b) Kaynak yönteminin ve kaynak sırasında ısı girdisinin etkisi c) Kaynak dikişinin içinde bulunduğu korozif ortamdır /9/. Paslanmaz çelikler korozyon dirençlerini yüzeylerinde oluşan pasif filme borçludurlar. Pasifleşmenin kolayca oluşabilmesi temelde alaşımın Cr içeriğine bağlıdır /10,11/. Klor iyonları, pasif tutumu sağlayan yüzey tabakasının içine sızarak metalin o yerlerde aktif duruma geçmesine neden olacaktır. Aktif tutum kazanan yerlerin toplam alanı, pasif tabaka ile örtülü olan yüzey alanına oranla çok düşüktür. Bu koşul, metalin aktif duruma geçen noktalarında hızla çözünmesine ve yer yer çukurcukların oluşmasına yol açacaktır. Paslanmaz çeliklerde, bu durum karincalanma şeklinde ortaya çıkmaktadır.

7. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

1- Katı halde tek fazlı bir malzemeyle, çeliğin kaynağı sonrasında aralarındaki fark tane yapısı bakımından iki alanda görülmektedir. a) Çelik, erimiş kaynak çevresinde yumuşak yapıdadır. b) 850 °C'da çelik () durumuna geçer. 750 ve 720 °C'da iken çelik Ferrit ve Ostenit kristalleri karışımını içermektedir. Kaba Ostenit kristalleri yapıda katılaştığı olup, malzeme sosğuyunca, zaman kaba ferrit tanelerine dönüşmüştür.

2- Tane büyüklüğünün en büyük etkisi malzemenin tok yada gevrek oluşu hakkında bilgi veren çentik darbe mukavemeti üzerinde olmaktadır.

3- Çelik malzemenin kaynağında kaynak kabiliyeti yönünden iyi bir bağlantı elde edilmesi için ITAB'ın maksimum sertliğinin 350 Vickers değerini aşmaması gerekmektedir.

4- Kaynak sonrasında oluşan karbürleri parçalamak için dekarburasyon alma ısı işlemi uygulanabilir. Ancak her zaman pratik veya ekonomik olmayabilir. Bu durumda düşük karbonlu veya titanyum, molibden gibi kuvvetli karbür yapıcı alaşım elemanı içeren malzemeler seçilmelidir.

Kaynak Dikişi Civarında Isı Tesiri Altında Kalan Bölgenin İrdelenmesi

5- Karbür oluşumu sırasında, tane sınırlarında serbest krom yüzdesi düştüğü için, malzemenin korozyona karşı direnci azalmaktadır.

KAYNAKLAR

1. İnce,H. 1982. *Elektrik Ark Kaynağında Isının Tesiri Altındaki Bölgede Tane İrileşmesinin Etüdü. Doktora Tezi, İ.T.Ü. Makina Fakültesi. İstanbul.*
2. Kaluç,E., 1990. *Karbonlu ve Az Alaşımli Çeliklerin Kaynağında Öntav Sıcaklığının Seçimi ve Uygulanması. Gedik Holding Kaynak Dünyası Dergisi. Sayı-1, Sayfa 25-26.*
3. Göncel,O.T.,1990. *Mühendislik Malzemeleri. Ç.Ü. Müh.Mim.Fak.,Yayın No:10,190 s.*
4. Anık,S., 1975. *Kaynak Tekniği Cilt 3, İ.T.Ü.*
5. Henry,O.H.,Claussen, G.E.,1940. *Welding Metallurgy. Vol.1-2. New York.*
6. Linnert, G.E., 1967. *Welding Metallurgy Carbon and Alloy Steels. New York.*
7. Wulff,J.,Taylor,H.F.,Shaler,A.J.,1986. *Metallurgy For Engineers. London.*
8. Üneri,S.,1988. *Metallerin Çukurcuk Korozyonu. 1.Korozyon Simpozyumu. 1-35.*
9. Göncel , O.T., Güven ,O., 1991. *Paslanmaz Çeliklerde Isı tesiri Altında Kalan Bölgenin Korozyonu. 4.Denizli Malzeme Sempozyumu Teb.,284-291.*
10. Göncel,O.T., Bayramoğlu,M., Çakırlar, F.,1984. *Petro-Kimya Tesislerinde Malzeme Seçimi ve Tasarımı, 1.Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi.509-515*
11. Layıktez,C.,1984. *Karbon Miktarının Ostenitik Paslanmaz Çeliklerin Kaynak Kabiliyetine Etkisi. Kaynak Bilimi. Oerlikon. Sayı 1,30-41.*



SİVAS-DELİKTAŞ TÜNEL GÜZERGAHININ JEOMÜHENDİSLİK İNCELEMESİ

Feda ARAL ve Aziz ERTUNÇ
C.Ü.Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sivas
Ç.Ü.Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana

ÖZET: *Deliktaş tüneli Sivas-Malatya arasındaki demiryolu üzerinde, Sivas'tan yaklaşık 57 km uzaklıkta yer alır. Tünel güzergahında Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Kulmaç kireçtaşı ile kumtaşı, kiltası, çakıltası, marn birimlerinden oluşan Örencik formasyonu gözlenir. Bu birimlerdeki eklemler; sık aralıklı, açıklıkları dar-aşırı dar, devamlılıkları orta, yüzeyleri kaba, yer yer dalgalı ve su sızınılıdır. Yapılan Q sistemi ve Jeomekanik RMR tünel kaya sınıflamalarına göre tünel güzergahındaki kayaların "zayıf ve çok zayıf" olduğu saptanmıştır.*

GEOENGINEERING INVESTIGATION OF THE DELİKTAŞ TUNNEL ALIGNMENT IN SİVAS

ABSTRACT: *Deliktaş tunnel takes place on the railway between Sivas and Malatya, approximately 57 km. far from Sivas. In the tunnel alignment Kulmaç limestone and Örencik formation Upper Miocene-Pliocene in the age are observed. Örencik formation is consist of interbedded continental deposits such as sandstone, claystone, conglomerate and marl. While the joints is this rock units are "narrow spaced", "narrow-very narrow apertured", "medium persistanced", the joint surfaces are rough, ondulated and water seepaged. According to the rock classification (Q system and Geomechanic RMR) it is defined that the rocks in the tunnel alignment are weak and very weak.*

1. GİRİŞ

İnceleme alanı 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalardan Sivas J38-a3 paftasında yer almaktadır. Sivas-Kangal arasındaki inceleme alanı Sivas il merkezi 57 km. uzaklıktadır (Şekil 2). Sivas-malatya arasında 5400 m. uzunluğa sahip Deliktaş demiryolu tüneli açımına uzun yıllar önce başlanılmış ancak halen tamamlanamamıştır. Bitirilememesinin nedeni ise; İnceleme yetersizliğinden kayaların gerçek jeoteknik özelliklerinin ortaya konulamaması ve gerekli tünel içi destekleme tasarımı yapılamaması yüzünden meydana gelen sürekli tünel göçmeleridir.

SİVAS - DELİKTİŞ YÖRESİNİN
JEOLOJİ HARİTASI

GEOLOGIC MAP OF THE DELİKTİŞ REGION
IN SİVAS



ÖLÇEK (SCALE) 0 500 m

ACIKLAMALAR (EXPLANATIONS)

- Kuvvetler (Quaternary) Alüvyon (Silt) (Alluvium)
- U. Miyosen - Pliosen (Ulmucens - Pliocenes) Kumluğ basenti (T4) (Kumluğ tabakası) (T4) (Sandy formation)
- Oranç formasyonu (T6) (Oranç formation) (T6)
- Celebiğ kıvrımı (JK) (Celebiğ imbrication)
- U. Jura - A. Kriyasit (U. Jurassic - L. Cretaceous)

63 X 63 Etiler katmanı eğriliği ve eğilimi (Strike and dip of bedding)

Paşmak (Fosil) (Fossil)

Kelimen eğriliği ve eğilimi (Strike and dip of bedding)

Yayı balımsı (Horizontal bed)

Normal yay (Normal fault)

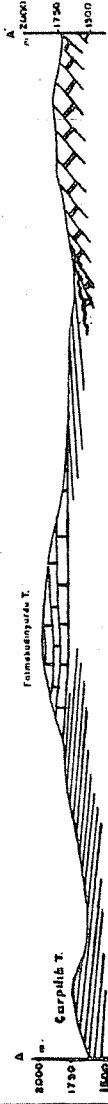
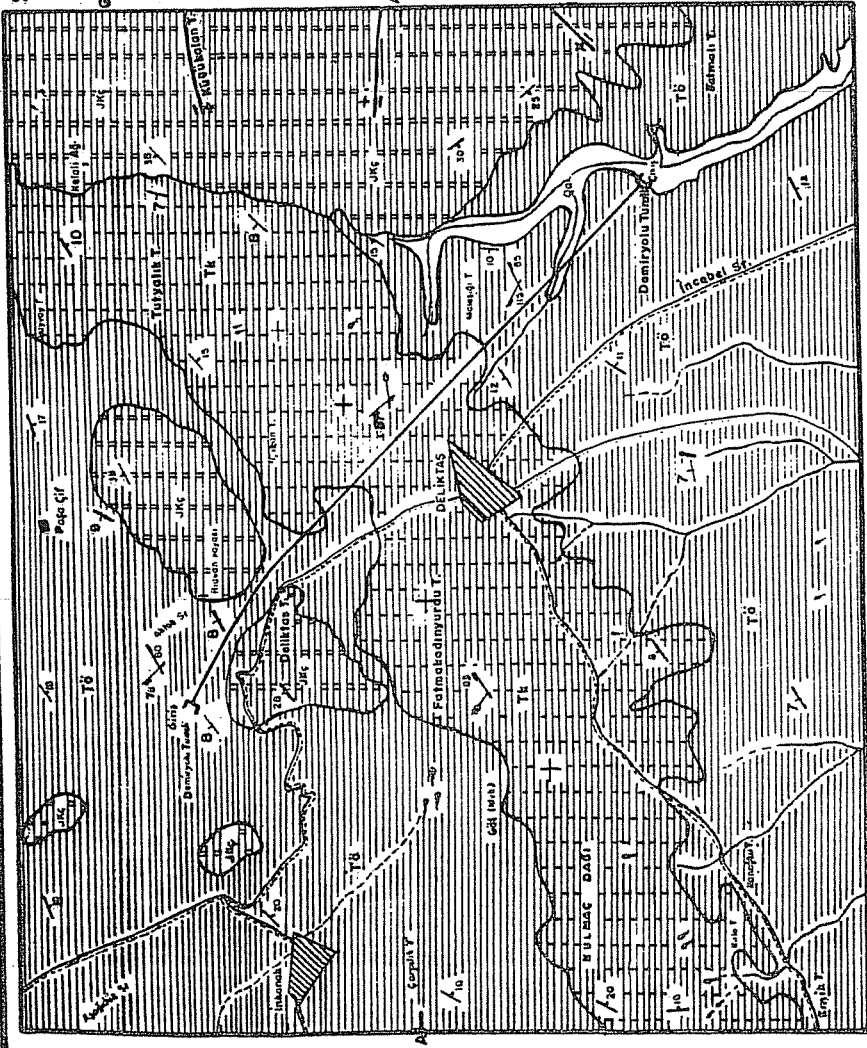
Başı çığı (Section line)

Tünel geçişi (Tunnel line)

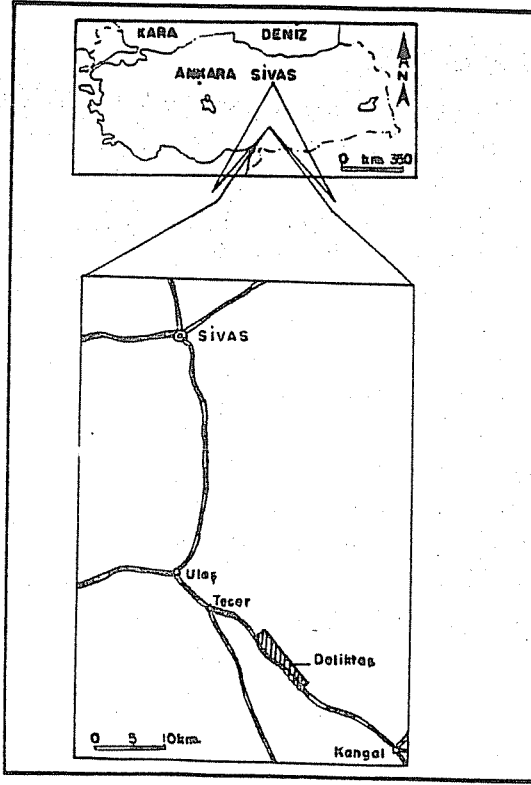
Stabilize yol (Stabilized roads)

Keçmeç (Spring)

Yerleşim yeri (Çayır) (Settlement)



Şekil 1: Sivas - Deliktış Yöresinin Jeoloji Haritası.
Fig. 1: Geological Map of the Deliktış Region in Sivas.



Şekil 2: Bulduru haritası

Figure 2: Location map

Deliktaş tüneli at nalı şekilli olup, kazı yüksekliği 8,15 m., genişliği 7,93 m. ve toplam kazı alanı 50,89 m² dir. Tünel KB-GD doğrultuludur. Çalışmalarda jeolojik harita alımı, süreksizlik ölçümleri, yerinde (in-situ) ve laboratuvar çalışmaları verilerinden yararlanarak kayaların jeomühendislik özellikleri belirlenmiş ve yapılması gereken tünel destek tasarımı saptanmıştır.

Bölge fazla sarp olmamakla beraber yamaçlarında eğimler %20 civarında bulunmaktadır. Çok değişik drenaj örneklerine sahip olan yörede ırsımsal ağaçlar çoğunluktadır. Akarsu yataklarında fazla debili olmayan akışlar gözlenir. Alüvyon incedir. İç Anadolu Bölgesinin tipik iklim koşulları etkindir. Genelde kış ayları soğuk ve yağışlı, yaz ayları sıcak ve kurak olan karasal iklim gözlenir.

2. STRATİGRAFI

İnceleme alanında yapılan arazi çalışmaları sonucu tünel güzergahı ve dolayının jeoloji haritası çıkarılmıştır (Şekil:1). Yörede Çataldağ kireçtaşı (JKrç), Örencik formasyonu (Tö) ve Kulmaç kireçtaşı (Tk) saptanmıştır.

2.1. Çataldağ Kireçtaşı (JKrç)

İnceleme alanında gri, siyahımsı, yer yer masif ve bazı bölgelerde kalın katmanlıdır. Birimin en iyi gözleendiği Çataldağ'dan adlama yapılmıştır (2). Daha çok çalışma alanının doğu kesiminde Felfan Dağı ve yöresinde gözlenen birim Rıdvan Kayası ve Deliktaş Tepe'de de bloklar halindedir. Birimin tabanı çalışma alanının temelini oluşturduğundan gözlenememiştir. Orta-kalın katmanlı, çok çatlaklı, çatlaklar kalsit dolgulu, rekrystalize olmuş kireçtaşıdır. Kayacın mikroskopik incelenmesinde pseudoolitik tanetaşı (grainstone) ve intraklastlı tanetaşı olduğu belirlenmiştir. Yer yer basınç ikizlenmesi gösteren kataklastik dokuya sahiptir. Eski incelemelerde saptanan fosillere göre birimin yaşının Üst Jura-Alt Kretasi olduğu belirlenmiştir (2).

2.2. Örencik Formasyonu (Tö)

İnceleme alanının kuzey-kuzeybatı ve güney kesiminde geniş yayılıma sahiptir. Tabanda Çataldağ kireçtaşı ile uyumsuz, üstte ise Kulmaç kireçtaşı ile uyumlu geçişlidir. Birim genelde yeşil kahverenkli kilitaşı, marn, kumtaşı ve beyazımsı çakilitaşı ardalanması ile temsil olunur. Yer yer ömür bantlarına sahip olan birim yaklaşık 600 m kalınlığa sahiptir. Formasyon Üst Miyosen-Pliyosen yaş aralığındadır.

2.3. Kulmaç Kireçtaşı (Tk)

Birim inceleme alanında, güneybatıdan-kuzeydoğuya bir kuşak halinde yüzeylenmektedir. Genelde beyaz, gri renkli, kalın katmanlıdır. toplam 100 m'lik bir kalınlığa sahiptir. Killi kireçtaşından oluşan birim içerisinde, Gastropoda kavkı izleri gözlenmektedir. Kulmaç Dağı ve civarında karakteristik dizilimi görülür.

3. YAPISAL JEOLJİ

3.1. Katmanlanma

Çalışma alanının temelinde yer alan Çataldağı kireçtaşı yer yer masif özellik yanında, yer yer de kalın katmanlar halindedir. Katmanlar genelde K70°D, 35°KB konumlu olup, belirgin bir kıvrımlanma sunmaktadırlar.

Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Örencik formasyonu ile Kulmaç kireçtaşında katmanların K70°D, 18°GD konumunda olduğu saptanmıştır. Katmanlar orta kalınlığa sahiptirler.

3.2. Eklemlenme

Çataldağ kireçtaşı bol eklemlidir. Eklemler kalsit dolguludur. Kulmaç kireçtaşı ve Örencik formasyonundaki eklemler daha çok makaslama türü eklemlerdir. Eklemlere ait tanımlamalar (3)'e göre yapılmıştır.

Schmidt diyagramından yararlanılarak şu eklem takımları belirlenmiştir: K58°D, 83°KB-K50°D, 85°GD-K67°B, 85°GB. Eklem aralıkları dar aralıklıdır (6-20 cm). Eklem açıklığı, dar-çok dar (0,2-2 mm). Yanal uzunlukları genelde ortadır (3-10 m).

Tünel Güzergahının Jeomühendislik İncelenmesi

Eklemler yer yer kapalı veya kalsit ile kil olgu içerir. Eklem yüzeyleri kaba yüzü yer yer dalgalıdır. Eklemler nemli, su sızıntılıdır.

Eklemler derinlikle de devam etmekte ve tünel içerisinde aşırı sökülme sorunlarını gündeme getirmektedir.

4. TÜNEL GÜZERGAHI KAYAÇLARININ FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Tünel güzergahında yapılan TT-1, TT-1/A, TT-2, TT-3, TT-4, TT-5, TT-6 nolu 7 adet sondajla geçilen birimlerden elde edilen karot numuneler ve güzergahtan alınan blok numuneler üzerinde fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır. Elde edilen veriler aşağıda Çizelge-1'de verilmiştir. Çizelge-1 incelendiğinde kayaçların çok düşük dirençli-düşük modül oranlı olduğu saptanmıştır (4).

Kaya Türü	İçsel Sürtünme Açısı ϕ	Kohezyon kgf/cm^2	Tek Eksenli Basma Dayanımı kgf/cm^2	Elastisite Modülü kgf/cm^2	Poisson Oranı	Doğal Birim Hacim Ağırlığı ton/m^3	Dane Birim Hacim Ağırlığı ton/m^3	Doğal Su İçeriği (%)	
Kulmac Kireçtaşı	43°	40	245	5300	0,25	2,35	2,65	2,5	
Örencik Formasyonu	Kilitaşı	35°	12	135	4330	0,28	2,30	2,72	12
	Kumtaşı	41°	23	185	5350	0,26	2,41	2,68	15
	Çakilitaşı	43°	35	215	4850	0,26	2,55	2,73	18
	Marn	43°	10	50	3855	0,30	2,10	2,25	10

Çizelge 1: Kulmac kireçtaşı ve Örencik formasyonu kayaçlarının fiziksel ve mekanik özellikleri

Table 1: The physical and mechanical properties of Kulmac limestone and Örencik formation

5. KAYA KÜTLELERİNİN MÜHENDİSLİK SINIFLAMASI

Jeomühendislik incelemeler kaya kütlelerinin sınıflaması açısından gereklidir v.d. (5) ile (6) tarafından ortaya atılan sınıflandırmalar yapılmıştır. Amaç bu kaya sınıflamalarının tünel destek tasarımına esas olmasıdır.

5.1. Q Sistemi Sınıflaması

Barton v.d. (1974) (5)'nin Q sistemi ile yaptığı kaya sınıflamasında 6 parametreye göre bulunan Q değeri ile güzergahdaki kayalar sınıflandırılmıştır. 5 kaya türündeki kaya sınıflaması aşağıdaki formül ile saptanmıştır.

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

RQD :Kaya kalitesi belirteci

J_n :Eklem takılı sayısı

J_r :Eklem yüzey pürüzlük sayısı

J_a :Eklem yüzeyi ayrışma sayısı

J_w :Eklem suyu azalma faktörü

SRF :Gerilme azalma faktörü

Bu formüldeki etkenlerin tablo değerleri ve Q değerleri aşağıda verilmiştir.

	RQD	J _n	J _r	J _a	J _w	SRF	Q
KulmaçKireçtaşı	55	9	1,5	3	0,66	2,5	0,806
Kiltaşı	30	12	1	8	0,66	10	0,020
Kumtaşı	45	9	1,5	3	0,66	2,5	0,660
Çakıltaşı	40	9	1,5	4	0,66	7,5	0,146
Marn	15	12	1,5	12	0,66	10	0,010

Örencik Formasyonu

(5)'in yapmış olduğu sınıflamaya göre, marn ile kiltaşı "çok fazla zayıf kaya", kireçtaşı, kumtaşı, çakıltaşı ise "çok zayıf kaya" sınıfında yer almaktadır.

5.2. Jeomekanik RMR Sınıflaması

6'nın 6 parametreye göre yapmış olduğu kaya sınıflaması Kulmaç kireçtaşı ile Örencik formasyonunda yer alan 4 kaya türüne uygulanmıştır. Sayısal değerler aşağıda verilmiştir.

	Kulmaç Kireçtaşı	Örencik Formasyonu			
		Kiltaşı	Kumtaşı	Çakıltaşı	Marn
Tek eksenli basınç direnci	2	2	2	2	1
RQD	13	8	8	8	3
Eklem sıklığı	8	5	8	8	5
Eklemlerin durumu	20	10	10	20	0
Yeraltı suyu gözlemleri	7	10	10	7	7
Eklem yönlenimine göre düzeltme	-5	-5	-5	-5	-5
Toplam puan	45	30	33	40	11

Sayısal değerler incelendiğinde tünel güzergahındaki kayaların, Jeomekanik RMR sınıflaması şu şekildedir; Kulmaç kireçtaşı "orta sağlam kaya", Örencik formasyonuna ait kiltaşı, kumtaşı, çakıltaşı "zayıf kaya", marn ise "çok zayıf kaya" sınıfındadır.

Kayaçların jeomekanik RMR sınıflamasındaki yeri ve tünel açıklığına göre desteksiz

Tünel Güzergahının Jeomühendislik İncelenmesi

kalabilme süresi, açım esnasında Kulmaç kireçtaşı hariç diğerlerinde her an için "ani çökme" gerçekleşebilir. Kulmaç kireçtaşı ise desteksiz kalabilme süresi 1 güne kadar uzamaktadır.

Kaya kütlelerinin mühendislik sınıflandırılmasında verilmiş olan gerek Q sistemi sınıflandırma ve gerekse Jeomekanik RMR sınıflamasının her ikisi de geçerliliğini korumaktadır. Ancak Q sistemi sınıflandırmasında eklemlerin gerek pürüzlülüğü gerekse ayrışma sayısı gibi ayrıntıya girmesi sınıflandırmada daha öncelik tanımaktadır.

6. SONUÇLAR

Tünel güzergahındaki Kulmaç kireçtaşı ve Örencik formasyonuna ait 3 adet makaslama eklemi gelişmiş olup, bunlar düşeye yakın eğimlidir. Eklemler sık aralılı, eklem açıklığı dar-çok dar ve eklem devamlılıkları orta, eklem yüzeyleri kaba, yer yer dalgalı, nemli ve su sızıntılıdır. Dolayısıyla sık sık aşırı sökülme sorunu beklenmelidir.

Kiltaşı, kumtaşı, çakıltası ve marn dan oluşan Örencik formasyonu ile kireçtaşından oluşan Kulmaç kireçtaşı kayaçlarının fiziksel ve mekanik özellikleri incelenerek çok düşük dirençli-düşük modül oranlı olduğu saptanmıştır.

Bu kayaçlar tünel kaya sınıflamalarında Q sistemine göre; Kulmaç kireçtaşı ile Örencik formasyonuna ait kumtaşı, çakıltası "çok zayıf kaya", marn ve kiltası "çok fazla zayıf kaya" sınıfındadır. Jeomekanik RMR kaya sınıflamasında ise; Kulmaç kireçtaşı "orta sağlam kaya", Örencik formasyonuna ait kiltası, kumtaşı, çakıltası "zayıf kaya", marn ise "çok zayıf kaya" sınıfında yer aldığı saptanmıştır.

Yapılan sınıflandırmalardan Q sistemi tünel kaya sınıflandırmasına göre tünelde, 1 m aralıklı sistematik bulonlama ile 20 cm kalınlığında kafes takviyeli püskürtme beton yapılmalıdır. Ayrıca killerin şişmesi olasılığı için destek arkasında boşluk bırakılmalı ve drenaj önlemleri alınmalıdır.

7. KATKI BELİRTME

Yazarlar bu çalışmaya mali destek sağlayan Ç.Ü. Araştırma Fonu ve Mühendislik Fakültesi'ne teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

1. Kumbasar,V., Ülker,R., ve Sağlamer,A., 1984, *Tecer-Kangal Demiryolu Varyantı Deliktaş Tüneli Göçük Araştırması ve İslahı Hakkında Jeoteknik Rapor (Kesin Rapor)*. UYG,AR, İTÜ. İnşaat Fakültesi, Ayazağa, İstanbul.
2. Öztürk,A., İnan,S., Terzioğlu,N., Gürsoy,H., 1986, *Ulaş-Deliktaş-Kavak-Sincan-Beypınarı-Ovacık (Sivas) Yöresinin Jeolojisi, Tektonik Özellikleri ve Yeraltı Zenginlikleri*. T.C.TÜBİTAK TBAG-672 nolu Araştırma Projesi, 68 s.
3. I.S.R.M., 1978, *Suggezted Methods for the Quantative Description of Discontinuities in Rock Masses Commission on Standardization of Laboratory and Field*

ARAL ve ERTUNÇ

Tests. Int. 3. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr. V. 15 pp. 319-368.

4. Deere, D.U., and Miller, R.D., 1966, Engineering classification and indeks properties for Intack Rock Univ. Illinois, Uech. Rept., TR-65-116.

5. Barton, N. Lien, R., ve Lunde, J., 1974, Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support: Norwegian Geotechnical Institute, Pub. 106,88s.

6. Bieniawski, Z.T., 1974, Geomechanics classification of rock masses and aplication in tuneling. Advances in rock mechanics, proc. of 3 rd. Cong. of Inst. Rock Mech. Denver Vol. II a., pp 27-32.

2000 YILINA DOĞRU TÜRKİYE'DE KENTLEŞME VE KONUT SORUNU

Yusuf GÜRÇINAR

Ç.Ü.Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Adana

ÖZET: 2000 yılında ülke nüfusunun yaklaşık %65'inin şehirlerde yaşayacağı ve bu nüfusun özellikle Marmara Bölgesi (İstanbul, Bursa), İç Anadolu Bölgesi (Ankara), Ege Bölgesi (İzmir ve turizm merkezleri), Çukurova Bölgesi (Adana, Mersin) ve Antalya Bölgesi (Antalya ve turizm merkezleri) gibi bölgeleri ve "GAP" yatırımlarının tamamlanması halinde de (Urfa, Gaziantep) gibi yöreleri öncelikle tercih edeceği tahmin edilmektedir. Yani önümüzdeki 9 yıl içerisinde toplam 10,439 milyon insana öncelikle yukarıda belirtilen büyük yerleşim merkezleri olmak üzere şehirlerde ve 5,621 milyon insanada kırsal kesimde iş ve barınma imkanları sağlanması gerektiği DİE, (1) ve DPT, (24 ve 25) verilerine istinaden varsayılabilir.

Bu güne kadar şehirlerimizde, sosyal ve teknik altyapısı olmayan hızlı ve çarpık bir gelişme ve sosyal ve ekonomik alanlarda pek çok problem meydana gelmiştir. Bu problemlerden bazıları: Sosyal donatı eksikliği, teknik altyapı yetersizliği, göçmenlerin şehir yaşamına integrasyon zorluğu, arsa spekülasyonu sonucu aşırı değer kazanan arsalardan dolayı belediyelerin istismak yaparak hizmet götürememesi, konut problemi, yeşil alan yetersizliği, rekreations alan yetersizliği, çevre kirliliği, trafiğin çıkmaza girmesi, taşımacılık v.b. Tamamına çarpık kentleşme diyebileceğimiz bu gelişmelerin 2000 yılına kadar çözülebilemesi mümkün görünmemekte olduğu gibi dahada artacağı tahmin edilmektedir.

Örneğin: Önümüzdeki 9 yıl içerisinde 3.350.252 konutun kentlerimizde ve 1.827.308 konutun ise kırsal kesimde olmak üzere toplam 5.177.560 konutun yapılması gerekecektir. Üst ve orta üst gelir gurupları devlet ve özel sektörün üretimleri ve kredileri ile, alt gelir gurupları ise gecekondularla inşaa ederek kısmende olsa konut ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir. Tüm gelir guruplarının % 64.33'ünü teşekkül eden orta ve orta alt gelir gurupları (Bkz. Tablo 4) ise ne mevcut finans sistemi içerisinde konut kredisi alabilmekte nede kendilerine gecekondularla yapabilmektedirler.

HOUSING AND URBANISATION PROBLEM: TOWARDS THE YEAR 2000

ABSTRACT: In the year 2000, it is predicted that nearly 65 % of the population of the country will be living in cities and the considerable part of this population would particularly prefer the regions as Marmara Region (İstanbul, Bursa), Central Anatolian Region (Ankara), Aegean Sea Region (İzmir, centers of tourism), Mediterranean Region (Adana, Mersin, Antalya and centers of tourism) and in the case of the completeness of

GÜRÇİNAR

GAP investment Southeastern Anatolia (Urfa, Gaziantep). That is, in the coming 9 years, it can be estimated that; according to the statistical data of DIE (1) Institute of State Statistics) and DPT (14, 15) (Organisation of State Planning), working and living places must be provided for a total of 10,439 million people, at first, in the above mentioned metropolises, in urban cities, and for 5,621 million people, in the rural areas.

Until today, in our cities, a rapid and distorted development, without any social and technical infrastructure, have been occurred and caused many problems in social and economic fields. Some of these problems are: Insufficiency in social services (hospitals, cultural and religious buildings and others), insufficiency in technical infrastructure, difficulties of the integration of the immigrants to the city life, decrease of the municipal services because of non expropriation, with the excessive increase of the value of the lands, as a result of land speculation, housing problem, inadequacy of the green areas, inadequacy of the recreational areas, environmental pollution, traffic dilemma, transportation problem etc. It seems that it is impossible to find solutions to all of these formations (totally so called distorted urbanism), until the year 2000 and it is estimated that they will continue to increase.

For instance: It will be necessary to build 3.350.252 housing units in cities and 1.827.308 housing units in rural areas, as a total of 5.177.560 housing units. The upper and upper middle income groups are overcoming the housing problem with the state and the private sectors production and credits. The lower income group have nearly solved the problem by building their own shanties, but the middle and lower middle income groups, who are 64.33 % of the total, neither can have any housing credits in the limits of present finance system nor can build their shanties.

GİRİŞ

Nüfusumuz 1945 ten bu yana 18.790194 milyondan 56.669109 milyona çıkmış ve tablo 1'de görüldüğü gibi nüfus artışının en yoğun olduğu yerler, 29.315000 milyona çıkan kentler olmuştur.

DİE (1) tahminlerine göre nüfus, önümüzdeki 9 yıl içerisinde 16.059.891 kişi daha artarak 73.029.000 rakamına ulaşacaktır. Bu nüfusun takriben % 65'inin kentlerde, özellikle büyük kentlerde yaşayacağı 1945-1990 yılları arasındaki gelişmelere istinaden tahmin edilmektedir.

Şehirlerimizin bu denli hızlı büyümesinin nedenlerini 2 grupta toplamak mümkündür. Bunlar; a) yüksek doğum oranı b) kırsal kesimden ve küçük illerden büyük şehirlere göçtür. A. ve T. Yörükân'ın (2), S. Beygo'nun (3), E. Tümertekin'in (4), T. Şenyapılı'nın (5), İ. Tekeli'nin (6) ve K. Kartal'ın (7) araştırmalarına göre kırsal kesimden ve küçük illerden büyük şehirlere göçün nedenlerini şu şekilde özetlemek mümkündür:

2000 Yılına Doğru Türkiye'de Kentleşme ve Konut Sorunu

<u>Yıl</u>	<u>Toplam Nüfus</u>	<u>Şehir Nüfusu</u>	<u>Kırsal Nüfus</u>
1945	18.790.174 (100 %)	4.687.102 (24.9 %)	14.103.072 (75.1 %)
1950	20.947.188 (100 %)	5.244.337 (25.0 %)	15.702.851 (75.0 %)
1955	24.064.763 (100 %)	6.927.343 (28.8 %)	17.137.420 (71.2 %)
1960	27.754.820 (100 %)	8.859.731 (31.8 %)	18.895.089 (68.1 %)
1965	31.391.421 (100 %)	10.305.817 (32.8 %)	20.585.604 (67.2 %)
1970	35.605.176 (100 %)	13.691.101 (38.5 %)	21.914.075 (61.5 %)
1975	40.347.719 (100 %)	16.869.068 (41.8 %)	23.478.651 (58.2 %)
1980	44.736.957 (100 %)	20.330.084 (44.5 %)	24.406.873 (54.5 %)
1985	50.664.458 (100 %)	23.926.262 (47.2 %)	26.738.196 (52.8 %)
1990	56.969.109 (100 %)	29.315.000 (51.5 %)	27.654.109 (48.5 %)
1995*	64.485.000 (100 %)	36.756.450 (57.0 %)	27.728.550 (43.0 %)
2000*	73.029.000 (100 %)	47.468.850 (65.0 %)	25.560.150 (35.0 %)

Tablo 1: Türkiye'de nüfus artışı ve şehirleşme (DİE, 1979, 1991; DPT, 1990; (*) tahmini değerler).

1930 yıllarına kadar tamamen tarım sektörünün hakim olduğu Türkiye'de 30 yıllarından itibaren sanayi yapılarının kurulmasına ve tarım sektörünün mekanizasyonuna geçilerek, geleneksel üretim metodları gitgide modernleştirilmeye başlanılmıştır.

Yüzyıllardan beri devamlı süren savaşların bitmesi, beslenmenin gittikçe iyileştirilmesi, altyapı çalışmalarının büyük oranda düzeltilerek salgın hastalıkların kontrol altına alınması sonucu ölüm oranı azalmış, doğum oranı artmaya başlamıştır. Bu dönemlerde halkın takriben %90'ının kırsal kesimde yaşamakta olması ve nüfusun giderek artmasına paralel olarak, mevcut tarım arazisi miras yolu ile küçülmüştür. Küçülen araziler ne sahiplerinin doğal ihtiyaçlarını karşılayabilmiş ne de alınan kredilerin geri ödenmesine olanak sağlamıştır. Bu nedenle kırsal kesim halkı borçlarını ödeyebilmek için tarlalarını satmaya başlamıştır. Aynı zamanda başlanan tarımda mekanizasyon sonucu büyük tarım işletmelerinin insan gücüne olan ihtiyaçları giderek azalmaya ve paralelinde, işsiz sayısı hızla artmaya başlamıştır.

45'li yıllardan sonra sanayileşme giderek hızlanmış ve sanayi tesisleri İstanbul, İzmir, Ankara ve Adana gibi belli büyük şehirlerin yakınlarında kurulmuştur. Sanayileşmeye paralel bu şehirlerde okulların, üniversitelerin, hastahanelerin, devlet ve özel sektöre ait idari binaların, spor tesislerinin ve pek çok çeşitli binaların yapımına başlanılmıştır. O dönemlerde yapı sektöründe makina parkı hemen hemen yok denecek kadar az olduğundan inşaatlarda çok miktarda insan gücüne ihtiyaç olmuştur.

Kırsal kesimde sayısı gittikçe artan işsiz ordusu büyük şehirlere giderek önceleri inşaat sezonlarında ve pamuk gibi endüstriyel tarım ürünlerinin hasad sezonlarında çalışmaya başlamışlardır. Bu esnada şehirlerin sosyal ve ekonomik pek çok pozitif yönlerini, askerlik hizmetini yapan genç köylüler gibi öğrenmişlerdir.

İnşaat sektöründe işgücüne olan ihtiyacın artması ve fabrikaların sürekli çoğalması sonucu, şehirlere sezonluk gelen göçmenlerin daimi iş bulma imkanlarının artmasına paralel, kendi yerleşim problemlerini çözer çözmez yakın akrabalarını da yanlarına

GÜRÇİNAR

getirtmeye başlamışlardır.

Ülke içindeki yol ağının gittikçe büyümesi ve insan taşımacılığının ucuzlaması sonucu köy ve küçük şehir halkı büyük yerleşim bölgelerindeki dost, ahbab ve yakın akrabalarını genelde sağlık hizmetlerinden faydalanabilmek amacı ile ziyaret etmişler ve bu ziyaretleri esnasında şehirlerin imkanları ile köylerinin imkanlarını karşılaştırmaya başlamışlardır. Özellikle okul ve sağlık hizmetlerinden faydalanabilmek için köyde yeterli derecede arazisi olanlar bile şehirlere göç etmeyi daha uygun bulmuştur.

Kırsal kesimden şehirlere göçün diğer nedenlerinin kan davası, çevre ile fikir ayrılığına düşme, doğal afetler sonucu ailelerin parçalanması olduğu istatistik çalışmalarda saptanılmıştır.

Göçmenler, şehirlere sahipleri tarafından terkedilmekte olan tarihsel evlere kiracı olarak yerleşerek ve kentlerin etrafında kullanılmayan ve hiç bir alt yapısı olmayan arazilere gecekondular yapılarak, sağlıksız da olsa barınma problemlerini kendi kendilerine çözmeye başlamışlardır.

İstanbul Ticaret Odası gecekondular olgusunun boyutlarını saptamak amacı ile, ekonomist C.Hart'a (11) İstanbul Zeytinburnu gecekondularını üzerine bir araştırma yaptırmıştır. C.Hart kırsal kesimden şehirlere olan göçün geçici bir problem olarak görülmemesi gerektiğini, köy ve şehir arasında sosyo-ekonomik farklılıklar olduğu müddetçe, iç göçün süreceğini saptamıştır.

Gecekonduyu ise "Türkiye'de uygulanan ekonomik model çerçevesinde yeni oluşan işçi sınıfı için kendiliğinden gelişen ucuz ve esnek bir yapı sistemi" olarak tanımlamıştır.

Gecekondular bölgeleri: şehirlere inşaat yapmaya uygun olmayan arazilerde oluşmalarından, belediyelere sosyal ve teknik altyapı yönünden hiç bir maddi yükümlülük getirmemelerinden, fabrikaların ucuz işgücüne ihtiyacının yüksek boyutlara ulaşmasından, göçün sürekli artmasından ve nüfus patlamasından dolayı hızla gelişmiştir.

60'lı yılların ortasından itibaren küçük şehirlere büyük metropollere olan göçün önemli boyutlara ulaştığı görülmektedir. 1965-1970 döneminde üç büyük metropole (İstanbul, İzmir ve Ankara) olan göçün %36'sı köylerden, %33'ü il merkezlerinden ve %31'i ilçe merkezlerindedir. 1975-1980 döneminde ise %9'u köylerden, %46'sı il merkezlerinden ve %45'i ilçe merkezlerinden olduğu saptanılmıştır (12). Büyük şehir nüfuslarının %45 ile %75'ini, %60'lı yıllardan itibaren gecekondulara yaşayan nüfus oluşturmaya başlamış ve nüfuslarının devamlı artması sonucu politik yönden güçlenen göçmenler, oturdukları gecekonduların tapularını alabildikleri gibi, belediyelere sosyal ve teknik altyapı hizmetlerini getirmişlerdir.

K.Kartal'ın (7) araştırmalarına göre şehirlerimizdeki tüm gelişmelerin %70'i doğrudan gecekondular sakinleri tarafından, kendi istek ve arzuları hilafında gerçekleşmektedir ve bu gelişmelerde belediyelerin rolü tapu vermek, sosyal ve teknik altyapı hizmetleri götürmek olmaktadır.

Sonradan götürülen bu hizmetler belediyelere yeni yerleşim bölgeleri için yapacakları hizmetlere nispeten oldukça pahalıya mal olmakta ve uygun olmayan arazi koşullarından ve düzensiz yapılaşmadan dolayı, yetersiz ve randımsız kalmaktadır.

Tüm bu gelişmeler sonucu şehirlerimizde, sosyal ve teknik altyapısı olmayan hızlı ve çarpık bir gelişme ve sosyal ve ekonomik alanlarda pek çok problem meydana gelmiştir. Bu problemlerden bazıları: sosyal donatı eksikliği, teknik altyapı yetersizliği, göçmenlerin şehir yaşamına integrasyon zorluğu, arsa spekülasyonu sonucu aşırı değer kazanan arsalardan dolayı belediyelerin istimlak yaparak hizmet götürmemesi, konut problemi, yeşil alan yetersizliği, rekreations alan yetersizliği, çevre kirliliği, trafiğin çıkmaza girmesi, taşımacılık v.b. dir.

Türkiye'de 1990 yılında toplam 10 milyon adet konutun olduğu ve bu konutların % 35'inin 3,5 milyon adedinin köylerde, %65'inin 6,5 milyon adedinin ise şehirlerde bulunduğu tahmin edilmektedir. İstanbul, İzmir ve Ankara'da toplam olarak yaklaşık 2,5 milyon konut, yani toplam konutun takriben %25'i bulunmaktadır, (10).

2000 yılında ülke nüfusunun yaklaşık %65' inin şehirlerde yaşayacağı ve bu nüfusun özellikle Marmara Bölgesi (İstanbul, Bursa), İç Anadolu Bölgesi (Ankara), Ege Bölgesi (İzmir ve turizm merkezleri), Çukurova bölgesi (Adana, Mersin) ve Antalya Bölgesi (Antalya ve turizm merkezleri) gibi bölgeleri ve "GAP" yatırımlarının tamamlanması halinde de (Urfa, Gaziantep) gibi yöreleri öncelikle tercih edeceği tahmin edilmektedir. Yani önümüzdeki 9 yıl içerisinde toplam 10,439 milyon insana, öncelikle yukarıda belirtilen büyük yerleşim merkezleri olmak üzere, şehirlerde ve 5,621 milyon insana da kırsal kesimde iş ve barınma imkanları sağlanması gerektiği DİE, (1 ve 13) ve DPT, (14 ve 15) verilerine istinaden varsayılabilir.

KONUT İHTİYACI

Konut ihtiyaç tahmini hesaplarında, DİE'nin (9) yapmış olduğu 2000 yılına kadar nüfus artışı tahminleri sabit alınmıştır. Bu veriler çerçevesi içerisinde, yıllık ortalama nüfus artışı ve şehir ve kırsal kesimde olabilecek yıllık ortalama nüfus artışları, Tablo 1'de gösterilen 1945-1990 arasındaki nüfus gelişmeleri esas alınarak hesaplanmıştır.

Ortalama hane halkı büyüklüğü 1960 yılında 5,53 iken 1985 yılında 5,21 kişiye düşmüştür (DPT, 1990, 388). Bu düşüşün devam edeceği ve 1994 yılında 4,67 olacağı (10) tahmin edilmektedir (15).

Hane halkı büyüklüğü il merkezlerinde 4,47, ilçe merkezlerinde 5,00 ve bucak ve köylerde 5,99 olarak DPT tarafından hesaplanmıştır (15).

DİE (13) nüfus gelişmeleri ile ilgili istatistik verilere, yurdumuzdaki sosyal ve ekonomik gelişmeleri göre hane halkının 2000 yılına doğru şehirlerde ortalama 4'e ve kırsal kesimde de ortalama 5'e düşeceği kabul edilebilir. Kırsal kesimde ve şehirlerde ortalama hane halkı büyüklükleri yıllara göre bu varsayımlar çerçevesinde hesaplanarak, elde edilen değerler Tablo 2'ye aktarılmıştır.

1970-1984 yılları arasında toplam 3,624867 konut yapılmış ve bunların sadece 1,515275 adedi kullanma izni almıştır. Bu durumda, takriben 2 milyon konutun büyük bir bölümünün gecekondu niteliğinde olduğu ortaya çıkmaktadır. Türkiye'de bugün

GÜRÇİNAR

takriben 3 milyon adet gecekondulu niteliğinde konutun olduğu tahmin edilmektedir. Gecekondu oturanların arsa tapuları almalarından ve bölgelerine imar getirilmesinden sonra, kendi ve ailelerinin çalışma şartlarına ve gelirlerine paralel olarak evlerini yenilemeye, hatta tamamen yeniden inşaa etmeye başladıkları gözlenmektedir. Bu noktadan hareket ederek mevcut gecekonduların takriben beşte birinin (600.000 kadarının) yenilenebileceği veya yerine normal konut yaptırılabilceği varsayılmıştır. Bu değer, yıllık ortalama nüfus artışına ve kentleşmeye paralel olacak şekilde 1992-2000 yılları arasındaki 9 yıl için hesap edilmiş ve elde edilen konut sayıları Tablo 2'de "Kentlerde Konut İhtiyacı" bölümünde "Yenileme" hanesindeki yenilenecek konut sayısına ilave edilmiştir.

Deprem ve diğer doğal afetler nedeni ile hasar gören ve kullanım ömrünü doldurmasından dolayı yenilenmesi gereken konut miktarının, DİE (1 ve 3)'de verilen toplam konut miktarları içerisinde yenilenen konut miktarları oranlarından giderek her yıl tüm konut stoğunun yaklaşık %0.02'si olacağı T.Dinç'in (14) varsaydığı gibi kabul edilirse, önümüzdeki 9 yıllık konut ihtiyacı Tablo 4'de görüldüğü gibi gelişebilir.

Kent	Kentlerde Konut İhtiyacı					Kırsal Kesimde Konut İhtiyacı					Toplam Konut İht.
	Nüfus Artışı	O.H.H.	Demo grafik	Yenileme	Toplam	Kırsal K. Nüf.Art.	O.H.H.	Demo grafik	Yenileme	Toplam	
1992	777.720	4.73	164.422	132.288	296.710	672.280	5.99	112.233	72.244	184.477	481.187
1993	824.329	4.64	177.657	136.841	314.498	682.671	5.87	116.298	74.477	190.775	505.273
1994	862.668	4.55	189.597	140.633	330.230	683.332	5.75	118.840	77.147	195.987	526.217
1995	903.450	4.46	202.567	144.684	347.251	681.550	5.63	121.056	79.568	200.624	547.875
1996	952.250	4.37	217.906	149.040	366.946	672.750	5.51	122.096	82.010	204.106	571.052
1997	1.001.266	4.28	233.940	153.721	387.661	664.734	5.39	123.327	84.476	207.803	595.464
1998	1.053.836	4.19	251.512	158.750	410.262	654.164	5.26	124.365	86.963	211.328	621.590
1999	1.108.383	4.09	270.998	164.171	435.169	642.217	5.13	125.188	89.467	214.655	649.824
2000	1.166.100	4.00	291.525	170.000	461.525	627.900	5.00	125.580	91.973	217.553	679.078
	8.650.002		2.000.124	1.350.128	3.350.252	2.981.598		1.088.983	738.325	1.827.308	5.177.560

Tablo 2: 1991-2000 yılı arası konut ihtiyaç tahmini (O.H.H. Ortalama hane halkı).

Önümüzdeki 9 yıl içerisinde, 2.000.124 konutun demografik nedenlerden ve 1.350.128 konutun yenilenmeden dolayı olmak üzere, kentlerimizde toplam 3.350.252 konutun yapılması gerekmektedir. Kırsal kesimde ise 1.088.983 konut demografik nedenlerden ve 738.325 konut yenilenmeden dolayı olmak üzere toplam 1.827.308 konutun yapılması gerekecektir. Bu veriler önümüzdeki 9 yıl içerisinde Türkiye'de yapılması gereken toplam konut sayısının 5.177.560 dolayında olacağını göstermektedir. Bu konutların nasıl üretilebileceği hakkında bir fikir yürütebilmek amacı ile konut üretimi yapan sektörlerin durumu kısaca incelenmiştir.

Yapı sektöründe, devletin konut yatırım politikası, yapı malzeme endüstrisinin ürettiği malzeme türleri, konut kredileri için ayrılan miktar ve ödeme şartları, faiz hadleri ve arsa spekülasyonunun boyutlarına bağlı olarak değişik üretim sistemleri ve organizasyon

şekilleri gelişmiştir.

Bunları genelde ruhsatlı ve ruhsatsız konut üretimi yapan sektörler olmak üzere iki ana guruba ve özelliklerine göre de devlet sektörü, kooperatifler, özel sektör ve ruhsatsız konut üretimi yapan illegal sektör olmak üzere dört guruba ayırabiliriz. Tablo 3'de bu sektörlerin konut üretimine katkıları gösterilmiştir.

Tablonun birinci hanesinde istatistikleri verilen yıllar, ikinci hanesinde, yıllık nüfus artışının ortalama aile sayısına bölünmesi ve yenilenmeden dolayı olacak ihtiyaçlar ile elde edilen yıllık konut gereksinmesi, üçüncü, dördüncü ve beşinci hanelerinde Devlet İstatistik Enstitüsü'nün yapı kullanma izin kağıtlarına göre vermiş olduğu konut sayıları ve en son hanesinde ihtiyaç olan konut sayısının resmen üretilen konut sayısından çıkartılması ile elde edilen değer (gecekondu sayısı) yazılmıştır. Tüm verilerin, toplam konut ihtiyacı içerisinde yüzde olarak değeri ayrıca parantez içerisinde belirtilmiştir.

	Toplam konut gereksinmesi (adet/yıl)	Konut üretiminin sektörlere dağılımı			
		Özel Sektör	Yapı Kooperatif.	Devlet Sektörü	İllegal Sektör
1986	290.000 (100%)	150.688 (51.96%)	1.055 (0.36%)	710 (0.24%)	137.547 (47.44%)
1987	298.000 (100%)	142.662 (47.88%)	42.431 (14.24%)	6.516 (2.18%)	106.391 (35.70%)
1988	305.000 (100%)	156.197 (51.21%)	43.389 (14.22%)	5.899 (1.93%)	99.555 (32.64%)

Tablo 3: Konut üretiminin sektörlere dağılımı (1 ve 13'e göre hesap edilmiştir)

İncelenen 3 yıl içerisinde özel sektörün payı toplam konut üretimi içerisinde ortalama %50 ile birinci sırada yer almaktadır. Bunu ortalama %40 oranı ile illegal sektör takip etmektedir. Kooperatifler %9 ve devlet sektörü ise, ortalama %1 ile tüm üretim içerisinde çok az bir yer tutmaktadır.

Değişik sektörlerin konut üretim miktarları özellikle halkın ödeme gücü ile bağlantılıdır. Tablo 3'te halk ödeme gücüne göre üst gelir gurubu, orta üst gelir gurubu, orta gelir gurubu ve alt gelir gurubu olmak üzere 1982 yılı verileri ile 5 guruba ayrılmıştır (DPT, 1983).

Gelir Gurupları	Gelir Gurup Dağ.	Aylık Gelir	Ortalama Aylık Gelir	Ortalama Yıllık Gelir
Alt	8.88%	0-14.640	7.320	87.840
OrtaAlt	25.92%	14.640-25.620	20.130	241.560
Orta	38.41%	25.620-59.240	38.430	461.160
Orta Üst	21.13%	59.240-109.800	80.720	968.840
Üst	5.66%	109.800 ve fazlası	300.000	3.600.000

Tablo 4. Gelir guruplarının dağılımı (14'den alınmıştır).

GÜRÇİNAR

1990 yılında yayınlanan Devlet İstatistik Yıllığı'nda 1979 yılında yapılan hane halkı ve gelirleri ile ilgili anket sonuçları verilmiştir (DİE, 1). Bu değerlerin bir deflatör katsayısı ile çarpılarak 1991 yılına göre düzenlenmesi halinde, hane halkının gelirlerine göre dağılımı hakkında yanıtıcı bilgi vereceğinden, 1982 yılı için T.Dinç (14) tarafından hazırlanmış bulunan değerler Tablo 4'de verilmiştir.

1982 yılında asgari gelir düzeyi 14.640 TL'dir. Halkın %8.8'i asgari geçim için gerekli olan parayı kazanamamaktadır. Alt kesimin düzenli aylık geliri yoktur. Orta ve orta alt gelir gurupları halkın %64.33'ünü oluşturmaktadır. Bu gelir gurupları enflasyonun yüksek olmasına ve aile büyüklüklerine bağlı olarak, asgari geçim sınırında ve altında yaşamak durumundadır.

Tablo 3'teki verileri Tablo 4'teki verilerle karşılaştırınca, özel sektörün toplam konut üretiminin üst ve orta gelir guruplarının konut ihtiyacının tamamını, orta gelir gurubun konut ihtiyacının sadece bir bölümünü karşıladığı anlaşılmaktadır. İlegal sektörün konut üretiminin alt ve orta alt gelir gurubunun toplam konut ihtiyacını ve orta alt gelir gurubunun konut ihtiyacının bir bölümünü karşıladığı görülmektedir.

KONUT SORUNUN ÇÖZÜMÜ İÇİN YAPILAN ÇALIŞMALAR

Orta, orta alt ve alt gelir guruplarının konut sorunu nasıl çözülebilir sorusuna cevap bulmak amacıyla 1945-1991 tarihler arasında konut sorununun çözülmesi için çıkartılmış kanunlar, kararnameler, Devlet Planlama Teşkilatı'nın 5 yıllık planlama dönemleri için önerileri ve Üniversitelerde bu konu ile yapılmış çalışmaların bir bölümü, yayın tarihi sıralamasına göre incelenmiştir.

Çarpık kentleşme ve gecekondulaşma sorununun günümüzde büyük boyutlara ulaşmış olması ve hala tüm hızı ile devam etmesi, bu güne kadar yapılan teorik çalışmaların ve uygulamaların amaçlarına ulaşamadığını göstermektedir. Bunun nedenlerini anlayabilmek için uygulamaların yapıldığı dönemlerdeki tüm sosyal, ekonomik ve politik gelişmelerin incelenip değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu ancak konuların uzmanlarından oluşan bir gurubun çalışması ile mümkün olabilir.

Bu nedenle çalışmaların detaylı analizlerine girme yerine, sadece amaç ve kapsamları kısaca açıklanmış, konuların birbiri ile bağıntıları ve değerlendirilmeleri doğrudan okuyucunun kendi şahsi görüşüne bırakılmıştır. Tüm incelenen konuların genel anlamdaki kısa değerlendirilmeleri, analizlerin sonunda yapılmıştır.

Takriben 1945'ten sonra başlayan gecekondulaşma karşısında ilk alınan önlemlerden birisi konut kredisi vermek. ucuz konut üretmek ve inşa sanayini geliştirmek olmuş ve bu amaçla 1946 yılında 4947 sayılı yasa ile Emlak Kredi Bankası kurulmuştur.

1949 yılında Sosyal Sigortalar Kurumu 5417 sayılı yasa gereğince toplanan paraların %20'sine kadar olmak kaydı ile, ipotek karşılığında konut yapımı için kredi veren bir kurum haline getirilmiştir.

1940'lı yıllarda orta kesimin tek parselde tek konut yapması Ankara Bahçelievler'de olduğu gibi desteklenmiş, konut üretiminin gerek ihtiyacın altında kalması nedeni ile gecekondulu yapıyı hızlandırmıştır. 5218 ve 5228 sayılı kanunlar çıkartılarak belediyelere kent çevrelerindeki toprakları hazineinden alma ve konut yapacak olanlara tahsis etme yetkisi verilmiştir. bu çerçeve içerisinde Ankara Yenimahalle ve İstanbul Levent ve Ataköy yerleşim üniteleri gerçekleştirilmiştir.

1955 yılında Tapu Kanunu'nda değişiklik yapılarak, kat mülkiyeti sistemi oturtulmaya çalışılmış ve bu sistemin yerleşmesi ile birlikte, yapsatçı konut üretim sistemi ağırlık kazanmaya başlamıştır. bu yaklaşımların tümü ancak belirli bir düzeyde geliri olan guruplara hitap edebilmiştir. Nüfusun, iç göçün ve şehirleşme hızının sürekli artması, fakat inşaat sektöründe üretimin yetersiz kalması sonucu, bir yandan kiralar ve konut fiyatları yükselmiş, öte yandan meydana gelen konut açığı gecekondularla kapatılmıştır.

Konut üretim açığının sürekli büyümesi sonucu, şehirlerimizde çarpık kentleşme olarak niteleyebileceğimiz her yönü ile düzensiz bir gelişme meydana gelmiştir. Bu sorunları çözebilmek amacı ile, 1958 yılında 7116 sayılı yasa ile İmar ve İskan Bakanlığı kurulmuştur. Bu bakanlık konut ihtiyacının karlanması için konut politikasını saptamak ve uygulamakla görevlendirilmiştir.

Mevcut maddi kaynakların konut finansmanında çok yetersiz kalması sonucu, 1960 yıllarından itibaren sosyal güvenlik kurumlarından sağlanan fonlarla konut kooperatifçiliği teşvik edilmiştir. Kooperatifler ise, ancak düzenli ve konut için tasarruf yapabilecek düzeyde geliri olan orta ve orta üst guruplarına hitap edebilmiş ve bugüne kadar olan toplam konut üretimleri tüm konut üretiminin %10'nu geçememiştir (Bkz. Tablo 3).

1961 Anayasası'nın 49. maddesi ile sosyal ve refah devleti niteliğinin gereği olarak, devletin dar gelirli ailelerin konut gereksinmelerini karşılayıcı tedbirler alması ilkesi getirilmiş ve 38. madde ile de devletin kamu yararına kamulaştırma ilkesi kabul edilmiştir.

Konut ile ilgili ilk çalışmalardan birini, İmar ve İskan Bakanlığı'nın davetlisi olarak Türkiye'ye gelen E. Wedler 1960 yılında yapmıştır. E. Wedler 1963 yılında yayınlanmış olan raporunda konut araştırma merkezi ve konut danışma merkezleri kurulmasını, yapı standartlarının hazırlanmasını ve kullanılmasını, mevcut yapı sistemlerinin ve yapı malzemelerinin geliştirilmesini, gecekondulu ve çevresi sorununun kendi evini kendin yap sistemi anlayışında giderilmesini önermiştir (16).

Birinci beş yıllık kalkınma planı döneminde (1963-1967) konut sorununun, çarpık kentleşmenin çözümü için GSMH'nin %20'si ayrılmış ve mevcut maddi olanaklar ile maksimum konut üretme olanakları aranmış, maliyet düşürmek için ilk etapta arsa spekülasyonunun önlenmesine ve konut alanlarının küçültülmesine çalışılmıştır. Bu dönemde gecekondulu olgusunun sosyal ve ekonomik sorunlardan kaynaklandığı kabul edilmiş ve soruna tasfiye, iyileştirme, islah ve önleme politikaları getirilerek

yaklaşmıştır. Bu doğrultularda 1966 yılında 775 sayılı Gecekondu Yasası çıkarılmıştır. Bu yasa ile genel anlamda gecekondu sakinlerinin konut ihtiyaçları karşılanmadan, gecekondualarının yıkımı önlenilmiş ve gecekondu bölgelerine alt yapı hizmetleri götürülmesi öngörülmüştür.

1963 yılında yine İmar ve İskan Bakanlığı'nca Hannover Yapı Araştırma Müdürü W.Triebel Türkiye'ye davet edilmiştir. W. Triebel (17) Konut planlaması ve inşaatında yapı maliyetini düşürmek için uygulanması gereken prensipler ve geleneksel inşaat metotlarının rasyonelizasyonu hakkında konferanslar vermiştir. Bu konuda Almanya'da yapılan çalışmaların bir çevirisi mimar ve mühendislere planlama aşamasında ve geleneksel metotlarla inşaatla nasıl zaman kazanılacağı ve uygulama esnasında yapı maliyetinin ne şekilde düşürebileceği hakkında genel bilgiler vermesi amacı ile yapılmıştır.

Bu dönemlerde İmar ve İskan Bakanlığı yapı maliyetlerini düşürebilmek için sosyal konut standartları yapmış ve aynı Bayındırlık ve İskan Bakanlığı gibi tip plan ve tip detay projeler hazırlamıştır. Bu tip projeler iklim, halkın sosyokültürel yapısı ve yörelerdeki geleneksel mimari dikkate alınmadan yurdumuzun her yerinde aynı şekilde uygulanmaya başlanmıştır.

1963 yılında E. Wedler'in önerileri doğrultusunda, ucuz ve kaliteli yapı malzemeleri araştırılmaya başlanılmıştır. Bu çerçeve içerisinde Y. Erciyas Bims ve Bimsbetonunun inşaat sektöründe kullanılması üzerine çalışmalar yapmıştır (18).

1966 yılında T. Sükan doğal hafif agregalarla beton üretimi üzerine çok kapsamlı bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmada doğal hafif agregaların Türkiye'de yayıldığı en önemli bölgeler ve buralardaki malzemelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir (19).

İkinci plan döneminde (1968-1972), küçük tasarrufların toplanarak konut finansmanı sağlayabilecek şekilde organizasyonu, konut kooperatiflerinin kendi aralarında teşkilatlandırılıp güçlenmeleri öngörülmüştür. Alt yapısı tamamlanmış yeni yerleşim bölgeleri açarak kentlerin gelişiminin ve arsa spekülasyonunun kontrol altına alınmasına çalışılmıştır. Gecekondu sorununu ele alış şekli genel olarak birinci plan dönemiyle büyük bir farklılık göstermemektedir. Bu dönemde gecekondu yapımını önlemeye, kendi evini yapana yardıma, arsa sorunlarının çözülmesine ağırlık verilmiş ve konut sorununun çözümünde devletin rolünün üretici yerine, düzenleyici olmasına ağırlık kazandırılmıştır.

Konut probleminin büyük boyutlara ulaşması paralelinde, 1969 yılında Birleşmiş Milletler Teşkilatı kanalı ile R.Davis (20) "Low, cost Housing for Turkey" isimli bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada konutların ve önemli yapı elemanlarının iktisadi formları ve tasarım hakkında tasarımcıya ve uygulayıcıya bilgiler verilmesi amaçlanmıştır.

Arsa ihtiyacının ve paralelinde arsa spekülasyonunun had safhaya ulaşması, öngörülen şehir gelişiminin bölgelerinde teknik alt yapısı olan arsalar üretilmemesi ve yeni açılan yerleşme bölgeleri ile şehir merkezleri arasında ciddi taşıma problemlerinin hala bugün

bile olması nedenleri ile, şehir merkezlerindeki arsalar devamlı değer kazanmış ve buralardaki az katlı binalar yıkılıp, çok katlı olarak yapılmaya başlanmıştır. Bu ve benzeri pek çok problemlerin had safhaya ulaşması sonucu, 1969 yılında 1164 sayılı Arsa Ofisi Yasası yürürlüğe girmiştir. Bu yasa ile şehirlerdeki arsa problemini çözmek, sanayi, yeşil alan ve turizm bölgeleri için arsa istimlak etmek ve satmak, şehirlerde düzenli bir gelişme sağlayabilmek amaçları ile, bir "Arsa Ofisi" kurulmuştur. Ancak bu arsa ofisi maddi yetersizlikten dolayı yukarıda belirtilen amaçlara yönelik bizzat hizmet verememiştir.

1969 yılında Y.Dalokay (21) İç Anadolu Bölgesi'nde doğada tabii olarak bulunan mevcut yapı malzemeleri ile ucuz konut üretim teknolojisi üzerine bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmada İç Anadolu'daki geleneksel bina yapım sistemleri analiz edilmiş ve kerpiç ve kavak ağacının "kendi evini kendin yap" sistemine uyacak şekilde ve yapı fiziği açısından optimal olarak kullanılabilmesi için bir yapı sistemi geliştirmiştir.

Üçüncü plan döneminde (1972-1977) dar gelirlili, yoksul ve kiralık konut sahibi olamayacak orta gelir gurupları için arazi ve alt yapı olanaklarının kamuca sağlanması, kiralık konut üretilmesi, toplu ve sosyal konut yapımı ve oluşturulacak fonların tek merkezde toplanarak bu amaçlara yönelik olarak kullanılması öngörülmektedir. Sosyal ve teknik altyapı ile birlikte bir anda çok konut üretilebilecek teknoloji ve örgütlenme desteklenmesi ve bunun için de kredilerin toplu konuta yönlendirilmesi öngörülmektedir. Depreme duyarlı yörelerde hazırlanacak özel standartların uygulanması ve mevcut yapılarda depreme dayanım gücünün artırılması planlanmıştır.

1977 yılında, E.Arioğlu ve K.Anadol (22) bazı deprem bölgelerinde uygulanan geleneksel yapım sistemlerini incelemiş ve değişik iklim ve deprem bölgelerinde lokal malzemelerle yapılabilecek yapım sistemleri hakkında bilgileri derlemişlerdir.

Dördüncü plan döneminde (1978-1982) şehirleşme ve konut politikaları bir bütün olarak ele alınmıştır. Yerel yönetimler dar gelirlilerin konut probleminin çözülmesinde, kooperatiflere destek olarak, konut yapmaya ve yaptırtmaya yöneltilerek görevlendirilmiştir. Bu dönemde alt yapısı hazırlanmış arsa üretimi teşvik edilmiştir.

O.Paçacı (23), Avrupa ülkelerinde konut probleminin nedenlerini ve konut problemlerinin giderilmesi için yapılmış bulunan çözüm alternatiflerini ve uygulamalarını araştırmıştır. Bu araştırmalarının sonucu Türkiye'de konut probleminin çözülmesi için:

- . Kırsal kesimden şehire göçün önlenmesi için toprak reformu yapılmasını ve tarım üretim kooperatiflerinin kurulmasını;
- . Konutların finansmanı için tüm Emekli Sandığı'na yatırılan paraların bir konut fonuna ucuz kredi verilebilmesi için aktarılmasını;
- . Ucuz ve seri konut üretimini mümkün kılan yapı teknolojilerinin Türkiye'ye getirilmesini;
- . Devletin orta ve alt gelir gurupları için ucuz konut üretmesini önermektedir.

1979 yılında Bakanlar Kurulu'nun aldığı "Yeni Kentsel Yerleşim Alanları Düzenlenmesi Yoluyla Kentleşme ve Konut Sorunu İçin Politikalar" konulu karar ile, gelişmeyi ülke

düzeyine dengeli bir biçimde yaymak ve nüfusu kaynağında tutmak amaçlanmıştır (Resmi Gazete No. 16667, Karar No. 7/17491, 1979).

Bu kararnamede kent hizmetleri ve konut bir bütün olarak ele alınmış ve yerleşim alanları sağlanması, arsa üretimi ve dağıtım, konut yapımı, kredi kaynakları, toplu taşıma ve çevre konularında politikalar geliştirilmesi öngörülmüştür.

Aynı yıl içerisinde "Yerleşim Düzeni Yüksek Kurulu", hızlı kentleşme sürecine girmiş bulunan sağlıklı kentleşmeyi yurda dengeli bir şekilde yaymak, arsa, konut ve kira sorunlarını çözmek üzere, planlama, uygulama, yatırım karar ve tedbirlerine ilişkin eşgüdüm sağlamak amacı ile kurulmuştur (Resmi Gazete, 16671, 1979).

Y. Adam (24), sosyo - ekonomik nedenlerden büyük şehirlerde oluşan konut probleminin çözümünde ele alınabilecek yaklaşımlardan birinin de kendi kendine yardım olduğunu ve konut problemi olan kişilerin guruplandırılarak her konuda kendi problemlerinin çözümü için organize edilmeleri gerekliliğini saptamıştır.

G. Dalay (25), şehirlerdeki tüm problemlerin sosyo-ekonomik nedenlerden kaynaklandığını saptamış ve bu problemlerin çözümü için:

- .Değişik sosyal guruplar arasındaki gelir dağılımının azaltılmasını;
- .Şehirleşme ve sanayileşme arasındaki bağıntının dengeli tutulmasını;
- .Devletin konut teminini eğitim, sağlık hizmetleri gibi bir sosyal hizmet olarak ele almasını;
- .Gerçek ihtiyaç sahiplerine ucuz arsa üretilerek kiralanmasını ve arsaların sadece kullanım hakkının verilmesini;
- .Sosyal konut üreten ve üyelerine kiralyabilen yapı kooperatiflerinin desteklenmesini önermektedir.

1980 yılında Milli Konut Politikasının Uygulanmasına Dair Esaslar Kararnamesi bankaları yapı tasarruf sistemleri ile bütünleştirmek, kamu konut kredilerinin uygulanmasında birlik sağlamak, özel kesimi mali, teknik ve örgütlenme gücü ile çevrime sokmak ve toplu konut yapımında endüstriyel yapım sistemlerini maliyeti düşürebilmek amacı ile desteklemek gibi kararların yanı sıra özel sanayi kuruluşlarının çalıştırdıkları işçilerin barınma sorumluluğunu yüklenmeyi getirmektedir (Resmi Gazete 16980 ve 16985).

Yerel yönetimlerin konut problemini çözmek için yapmış olduğu en büyük toplu konut girişimlerinden biri Batıkent'tir.

Y.Türkili ve E.Sayın (26), 1000 konutun değişik yapı sistemleri ile üretilmesi sonucu olabilecek maliyetleri analiz etmişlerdir.

Bu araştırmalarda, geleneksel yapım sistemlerinin 1000 konuta kadar, tünel kalıp sisteminin 4500'e, panel üretim sistemlerinin 4500 konuttan sonra ekonomik olduğu saptanmıştır.

Devletin ve büyük şehir belediyelerinin konut probleminin çözümü için destekledikleri araştırmalarda, genelde sanayileşmiş yapım teknolojilerinin uygulanması konusu ele

2000 Yılına Doğru Türkiye'de Kentleşme ve Konut Sorunu

	Geleneksel yapım sistemi	Tünel kalıp yapım sistemi	Panel yapım sistemi
İlk yatırım masrafları	2.000.000 TL	85.000.000 TL	220.000.000 TL
Diğer üretim masrafları	350.000.000 TL	150.000.000 TL	110.000.000 TL
<u>1000 konut maliyeti</u>	<u>352.000.000 TL</u>	<u>235.000.000 TL</u>	<u>330.000.000 TL</u>

Tablo 5: 1000 konutun geleneksel, tünel kalıp ve panel yapım sistemleri ile yapım maliyetlerinin karşılaştırılması (26'dan alınmıştır).

alınmıştır. Bundaki ana amacın genel olarak inşaatta kaliteyi yükseltmek, yapı zamanını azaltmak ve yapı maliyetini seri üretim paralelinde düşürmek olduğu söylenebilir. 2487 sayılı Toplu Konut Yasası'nda (27), yukardaki amaç desteklenerek, dar ve orta gelir gurubunun konut sahibi yapılması ve bunun için çok sayıda konutun kitle halinde üretilmesi ve kredilerin de belirli büyüklükte olan firmalara verilmesi öngörülmüştür.

Bu dönemde orta büyüklükteki ve küçük inşaat firmaları, kredi almaya hak kazanabilmek için bir araya gelerek, Toplu Konut Yasası'nın öngördüğü kapasite ve büyüklükte işletmeler kurmaya başlamışlardır.

T.Şenyapılı (5) Ankara ve İstanbul'daki gecekondu bölgelerinde yapmış olduğu araştırmalarda, şehirlerimizde görülen problemlerin temelinde ekonomik nedenler olduğunu saptamıştır. Önerilerinde sosyal, ekonomik ve fiziksel planlamayı, çözüm sisteminin temeli olarak görmekte ve

.konut ve kentsel altyapı problemi olanların kendi kendine yardım kavramı içerisinde organize edilmelerini;

.göçmenlerin sosyal integrasyonunun sağlanmasını;

.göçmenlere iş imkanı yaratılmasını, özellikle gecekondu yaparak, inşaat işlerinde becerilerini ispat etmiş olan göçmenlerin inşaat sektöründe istihdam edilmelerini;

.devamlı değişen sosyo ekonomik yapılarına uyabilen esnek yapım sistemlerinin geliştirilmesini önermektedir.

1982 yılı Anayasası'nın 57. maddesi "Devlet şehirlerin özelliklerini ve çevre şartlarını gözetken bir planlama çerçevesinde, konut ihtiyacını karşılayacak tedbirleri alır, ayrıca toplu konut teşebbüslerini destekler" hükmünü getirmektedir. 56. madde ise "Herkes sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir" açıklaması ile çevre şartlarının boyutlarına açıklık getirmektedir.

K.Kartal (7), Çankırı'dan Ankara'ya göç etmiş olan 402 ailenin göçten evvelki ve göçten sonraki sosyal ve ekonomik yapılarındaki değişimleri araştırmıştır. Araştırmalarını üç guruba ayırmıştır:

.göçmenlerin ekonomik ve sosyal alanda şehirleşmesi;

.şehir ve kırsal kesim arasındaki kapital hareketleri ve göçmenlerin maddi kayıpları;

.devletin uygulamış olduğu gecekondu politikasının sosyal ve ekonomik alanda getirdiği sonuçlar.

GÜRÇİNAR

Araştırmalarının sonunda şu önerileri getirmiştir:

.İnşaat sektöründe kurulacak işletmelerle göçmenlere iş imkanı tanınması. Bu işletmelerin sermayesine göçmenlerin çok az da olsa katılımında bulunmaları, oluşacak fon ile ucuz ve kaliteli yapı malzemesi alınması;

.Kırsal kesimde tarım kooperatiflerinin kurulması ve korunması. Bu şekilde kırsal kesimde çok az olan imkanların optimal kullanımı ve büyük toprak sahiplerine karşı rekabet edecek gücün mümkün kılınması ve paralelinde toprak kaybının önlenilmesi;

.Arsa spekülasyonunun ucuz arsa üretilerek önlenilmesi. Bu şekilde şehir gelişiminin kontrol altına alınması.

1984 yılında, 1981 yılında çıkartılmış bulunan Toplu Konut Yasası, özel tasarrufları konut yatırımlarına yönlendirememesi ve darboğaza giren konut sektörünü canlandıramaması gibi bir çok nedenden dolayı uygulama alanı bulamaması yüzünden yürürlükten kaldırılmış ve proje bazında kredilendirme esasını getiren 2985 sayılı Toplu Konut Kanunu çıkartılmıştır.

Beşinci plan döneminde (1985-1989) ülke bazında dengeli bir şehirleşme sağlanmak istenmiş ve bu amaçla da ekonomik faaliyetlerin, ekonomik potansiyele sahip orta büyüklükteki şehirlere yöneltilmesi ve gelişmekte olan yörelerde, yan sanayii fazla olan imalat sanayi kurulması öngörülmüştür. Şehir imar planlarının tamamlanması, şehirlerin gelişiminin kontrol altına alınması ve kamu kaynaklarının planlama, altyapı götürme ve arsa temininde kullanılması planlanmıştır.

Konut ihtiyaç sahiplerinin bankalar aracılığı ile tasarrufa yönlendirilmesi, kredilerin faiz, vade ve miktar bakımından alıcılar için makul seviyede tutulması için toplu konut fonunun kullanılmasını ve bina maliyetinin düşürülmesi için iktisadi ve iklimsel yapım sistemlerinin geliştirilmesi, toplu konut fonundan gecekonduların islah edilmesi, yeni yerleşim alanları açılarak arsa tahsisi yapılması öngörülmektedir (DPT, 1985).

Y. Gürçınar (29), konut probleminin nedenlerinin sosyo - ekonomik sorunlardan kaynaklandığını, ileriye yönelik şehirleşme problemlerinin ancak sosyo - ekonomik alanda alınacak önlemler ile kontrol altına alınabileceğini yaptığı alan çalışmalarında saptamıştır. Şehirlerdeki mevcut gecekonduların çözümü için yaptığı araştırmaları Ankara şehri ile sınırlandırmış ve bu yöre için "kendi evini kendin yap" sistemine ve yörenin iklimine uyan, yöresel malzemelerin optimal olarak kullanılmasına olanak veren, gerek üretiminde, gerekse transport ve montajında minimum makina parkı ve enerji sarfiyatına ihtiyaç gösteren ve nüve konut olarak uygulanabilen bir yapı sistemi geliştirmiştir.

Altıncı beş yıllık plan döneminde (1989-1994) şehirleşme ve konut politikası, beşinci plan döneminde alınan kararların bir uzantısı olarak ele alınmıştır. Konut inşaatlarının standartlara uygun olması, konutların çevreleri ile bir bütün teşkil edebilmelerinin sağlanması ve gecekonduların çözülmesi için yerel yönetimlerin nüve konut yapması ve arsa üretmesi öngörülmüştür (30).

DEĞERLENDİRME

Planlı dönemlerde konut probleminin nedenleri kent ölçeğinde matematiksel olarak saptanılmış ve çözümü için Türkiye şartlarına göre en uygun önlemlerin uygulanması planlanmıştır. Uygulama ile ilgili olarak gerek teorik, gerekse pratik, yeterli düzeyde ve sayıda araştırma değişik kurumlarca ve üniversitelerce yürütülmüştür.

Konut ve arsa üretimi ile ilgili ayrılan kaynakların GSMH'nın %20'si altında olması (1. Plan dönemi GSMH'nin %20'si, 2. plan dönemi %16,8'i, 3. plan dönemi %15,7'si, 4. plan dönemi %14,6'sı, 5. plan dönemi %15,2'si. DPT (8), (14) ve (15) ve bu oranın da gerekli üretim, finansman ve dar gelirlielerin ödeme güçlerine uyum açılarından çok yetersiz kalması ve genelde arsa üretme yerine konut üretme gibi alanlarda kullanılması ve üretilen konutların gerçek ihtiyaç sahiplerinin alım güçlerine hitap edememesi sonucu meydana gelen arsa ve konut açığı, gecekondulaşma ile kapatılarak çarpık kentleşme hızlandırılmıştır. Kentlerimizde meskenlerin takriben yarısının gecekondu olduğu tahmin edilmektedir.

Önümüzdeki 9 yıl içerisinde kentlerimizde 3 350.252 konuta ihtiyaç olacağı hesaplanmaktadır (bkz. Tablo 2). Bu konutlar için üretilmesi gereken arsa alanı (1 hektara net 100 ünite konut ve brüt 20 ünite konut düşeceği varsayılırsa) net 33 502.52 hektar ve brüt 167 512.60 hektar olacaktır. Bu alan kentlerimizdeki mevcut toplam arsa alanının takriben yarısı büyüklüğündedir. Kentlerimizde arsa üretimi konusunun şimdiden ciddi bir şekilde ele alınmaması halinde, çarpık kentleşme olarak tanımladığımız olgunun aşırı bir şekilde gelişmesi kaçınılmaz olacaktır.

Üst ve orta üst gelir gurupları devlet ve özel sektörün üretimleri ve kredileri ile, alt gelir gurupları ise gecekondu inşaa ederek kısmen de olsa konut ihtiyaçlarını karşılayabilmektedirler. Tüm gelir guruplarının %64.33'ünü oluşturan orta ve orta alt gelir gurupları (bkz. Tablo 4) ise, ne mevcut finans sistemi içerisinde konut kredisi alabilmekte, ne de kendilerine gecekondu yapabilmektedirler.

Toplu Konut Yasası'nda ve endüstrileşmiş yapım sistemlerinin orta ve alt gelir gurupları için uygun olduğunun saptandığı çalışmalarda halkın ödeme gücü, banka faiz oranları, yapı malzemesi, endüstrinin üretim kapasitesi ve şekli, üretilen yapı malzemelerinin naklieleri ve montajları için gerekli olan makina parkı, inşaat sektöründe çalışan iş gücünün becerisi ve bunların eğitilip daimi çalıştırmaları halinde olabilecek maliyet artışları, mevcut caddelerin ve köprülerin yapı elemanlarının taşınması halinde yeterli olup olamayacağı ve tüm bunların ana maliyete etkileri, tam anlamı ile yansıtılmamıştır.

Geleneksel olarak adlandırılan betonarme karkas yapım sistemi ilk yatırım masrafının çok düşük olması, vasıfsız işçiler ile yürütülebilmesi, planlama ve uygulamasının basit olması, inşaatçı çalışanlarına sosyal sigorta fonlarını ve tüm vergileri ödemediği esneklik getirmesi gibi özelliklerinden dolayı yapsatçılar tarafından yurdumuzun her tarafında coğrafik, jeolojik ve sosyo-kültürel veriler ne olursa olsun, aynı şekilde uygulanmaktadır.

Gecekondu yapımcısından en lüks otel yapımcısına kadar her kesim tarafından benimsenmiş olan bu sistemin (endüstriyel üretim sistemleri alternatif olarak getirilemediği sürece), yapı sürecinin azaltılabileceği, vasıfsız işçilerle en zor detayların rahatlıkla uygulanabileceği, düzenli ve denetlenebilir şantiye örgütlenmesinin sağlanabileceği şekilde rasyonalize edilmesi zorunlu görünmektedir. Ayrıca üretilen konutların maliyetlerinin ve satış fiyatlarının hitap edilen gelir guruplarının ödeme güçleri üzerine çıkmaması amaçlanmalı ve sağlanmalıdır.

Türkiye'de konut probleminin en fazla olduğu metropollerde yeterli düzeyde ulaşım ağı vardır, çok sayıda vasıfsız işçi ve her çeşit yapı malzemesi temini mümkündür. Bu veriler çerçevesinde buralarda fazla işçi istihdam edilmesine olanak tanıyan, üretim ve taşıma sırasında az enerji sarfıyatı gerektiren, ilk yatırım masrafları yüksek olmayan, yabancı yapı malzemelerinin kullanımına gerek bırakılmayan ve yöresel malzemelerin optimal olarak kullanılmasına olanak tanıyan yapım teknolojilerinin uygulanması düşünülebilir.

Devletin konut sorununu tek bir konut veya çarpık şehirleşme problemi olarak değil, tüm ülkedeki sosyo ekonomik gelişmelerin bir sonucu olarak ve çözüm alternatiflerinin ancak bu bütünün bir parçası olarak ele alınması gerektiği 1960'lı yıllardan beri yapılmakta olan araştırmaların hemen hemen tamamında önerilmektedir. Plan dönemlerinde bu olgu yer yer ele alınmaya başlanmış, ancak bugüne dek uygulanamamıştır.

ÖNERİLER

1. Sosyo-ekonomik kökenli göçün metropoller etrafında yaratılacak tampon bölgelere yönlendirilmesi: Kırsal kesim ve küçük kent halkı, büyük şehirlerdeki sosyo - ekonomik imkanlardan faydalanabilmek için göç etmektedirler. Bu nedenle birinci etapta, tüm metropol merkezleri yaklaşık 100 km'lik bir daire alanı içerisinde kalan küçük şehir merkezleri ile çok hızlı ve düzenli işleyen bir ulaşım sistemiyle bağlanarak şehir merkezine yerleşmeden, şehrin imkanlarından 24 saat müddetince faydalanmak mümkün kılınmalıdır. Yakın şehirlerden büyük şehirlere olan göç, böylece frenlenebilecek ve yaşam şartları ve arsa maliyetleri büyük şehre göre oldukça ucuz olan bu bölgeler, kırsal kesimden ve uzak kentlerden gelen göçmenleri barındırabilecek tampon bölgeler olacaklardır. Halen mevcut problemlerini çözemeyen metropollerin daha fazla yüklenmesi ve çıkmaza girmesi kontrol altına alınabilecektir.
2. Bölgelerin ihtisaslaştırılmasında devlet sektörlerinin birinci derecede rol alması: 5. ve 6. beş yıllık kalkınma planlarında şehirlerin belirli konularda ihtisaslaştırılması öngörülmektedir. İhtisaslaştırılması öngörülen kentlerde istihdam ve sosyal altyapı yaratılması, ancak çok uzun vadede gerçekleşebilir. Tek alanda ihtisaslaşma, turizm alanında ihtisaslaşan yörelerde olduğu gibi, en küçük ekonomik krizlerde bile, ciddi problemleri beraberinde getirebilir. Bu nedenle ihtisaslaştırılması öngörülen kentlere beraberinde büyük çapta işgücü getiren devlet sektörleri yerleştirilmelidir. Bu konuda Almanya'da

yapılan uygulamalar örnek alınabilir.

Ayrıca büyük sanayi kuruluşlarının genişleme yatırımları (olabilecek tüm maddi zararları sübvansede edilmek şartı ile) küçük kentlere kaydırılabilir. Bu şekilde devlet az bir harcama ile hem belirli sayıda kişiye sürekli iş imkanı sağlamış, hem de yatırım yapılan yörede dolaylı olarak tüm ekonomik aktiviteler geliştirilmiş olur.

3. Endüstrileşmiş ve geleneksel yapıım sistemleri ile üretilen konutların maliyetleri ve satış şartları (ileri teknoloji kullanarak elde edilecek seri üretim sonucu maliyetleri düşürülebilse bile) orta ve orta alt gelir guruplarının ödeme güçlerinin çok üzerindedir. Orta ve orta alt gelir guruplarının konut problemini çözmek için "kendi evini kendin yap" mantığı çerçevesinde, halen Almanya ve Avusturya gibi pek çok Avrupa ülkesinde uygulanan metodlar 5. ve 6. planda belirtilen sınırlar çerçevesinde, Türkiye'nin şartlarına aşağıda belirtildiği gibi adapte edilebilir.

İnşaat işlerinin değişik alanlarında becerisi olan kişilerden kooperatif anlamında kurulacak guruplar ile, şehirlerin yakın çevrelerinde, şehirlerin yakın çevrelerinde teknik ve sosyal alt yapı hizmetleri hemen devreye sokulabilecek şekilde, yerel yönetimlerce üretilmiş bulunan arsalar üzerinde evler inşaat edilebilir.

Kurulacak danışma merkezleri kanalı ile, plan ve yapı tekniği yönlerinden guruplara inşaat esnasında yardım edilerek, olabilecek tüm problemler kısa zaman içerisinde çözülebilir.

İnşaat süresini azaltmak ve yapı kalitesini yükseltmek amacı ile yüksek düzeyde teknik bilgi gerektiren tesisat, baca gibi işler bir çekirdeğe toplanıp, prefabrik olarak üretilerek, isteyenlerin arsaları üzerine monte edilebilir. Böylece kendi evini herhangi bir guruba bağlı olmadan kendi imkanları ile boş zamanlarında yapmak isteyenlere de imkan tanınmış olacaktır.

Konut inşaat işleri bitiminden sonra, bu guruplar iş dağılımı yaparak yerleşim bölgelerindeki teknik ve sosyal alt yapıyı tamamen kendileri inşaat edebilirler. Bu sistem aynı zamanda alınan kredilerin geri ödenmesinde doğabilecek tüm aksamaları önleyebilir.

4. Devletin konuta ayırdığı paranın değerlendirilmesi:

Mevcut konut finansman sistemleri dar gelir guruplarının ödeme güçlerine uymadığından alternatif finansman sistemleri geliştirilmelidir. Bu konuda şu girişimlerde bulunulabilir:

Yöresel yapı malzemelerinin üretilmesi için küçük işletmeler kurularak, kredi yerine bu firmaların ürünleri maliyet fiyatlarına verilebilir. Kredi alıcılar fabrikanın oluşturacağı plana göre düzenleyecekleri yıllık izinlerle ve gecevardiyalarında bizzat fabrikalarda çalışarak, aldıkları borçları ödeyebilirler.

Bu şekilde devamlı önerilen, fakat yüksek enflasyon nedeni ile mümkün olamayan düşük faizli kredi sistemine alternatif geliştirilebileceği gibi, GSHM'nin %20 civarında konut için ayrılan paranın optimal değerlendirilmesi ve enflasyondan etkilenmeden tekrar tekrar devreye sokulabilmesi ve istihdam yaratması mümkün kılınabilir.

5. Üniversite ve Sanayi İşbirliği sağlanmalıdır:
Türkiye bölgelere ayrılmalı ve her bölgede bulunan Mimarlık Fakültelerinde "Konut Araştırma ve Uygulama Merkezleri" kurulmalıdır. Bu merkezler bütçeden konut için ayrılan paradan verilen miktar ile, buldukları yörenin sosyo-kültürel yapısına, iklimine, çevre şartlarına ve yöresel malzemelerine uyan iktisadi bina tipolojileri ve yapım sistemleri geliştirip uygulamalıdır. Planlama ve uygulamanın her kademesi bilimsel olarak incelenip, raporlar tutulmalıdır. Bu raporların diğer bölgelerde yapılan çalışma raporları sonuçları ile karşılaştırılarak, planlama ve uygulamada rasyonalizasyon olanakları saptanmalı ve inşaat maliyet hesapları için doğru bilgiler üretilmelidir. Elde edilecek veriler çerçevesinde yapı endüstrisi yönlendirilmelidir.
6. Konut istatistiklerinde yapılan konutların 100 m²'den büyük olduğu görülmektedir. Ailelerde tahsil, evlenme, ölüm gibi nedenlerle küçülmeler olmaktadır. Bu gibi evlerde kullanılmayan alanların ayrılarak, kiraya verilmesi mümkündür. Bu şekilde boş olarak tutulan milyonlarca m² alanın kullanılması sağlanabilir. Evlerin bölünerek kiraya verilmesini devlet düşük faizli vererek ve üniversitelerin bu konularda araştırma yapmasına olanak tanıyarak, destekleyebilir.

KAYNAKLAR

1. DİE (1990) *1988 İnşaat İstatistikleri*, Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.
2. Yörükan,A., Yörükan,T. (1966) *Türkiye'de Şehirleşme ve Konut Durumu*, Yayınlayan: İmar ve İskan Bakanlığı, Ankara 1966.
3. Beygo,S. (1977) *Anadolu'da Şehirleşmenin Bölgesel Özellikleri*, Şehircilik Enstitüsü Dergisi, Yayınlayan: İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
4. Tümertekin,E., (1977) *Türkiye'de ç Göçlerde Yeni Eğilimler*, Şehircilik Enstitüsü Dergisi, Yayınlayan: İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
5. Şenyapılı,T. (1981) "Gecekondu" Çevre İşçilerin Mekanı, Yayınlayan: ODTÜ, Ankara.
6. Tekeli,İ., Keleş,R., Korum,U., Aktüre,T. (1982) *Konut 81*, Yayınlayan: Kent Koop, Ankara.
7. Kartal,K. (1983) *Ekonomik ve Sosyal Yönleri ile Türkiye'de Kentleşme, Yurt Yayınları*, Ankara.
8. DİE (1979) *Devlet İstatistik Enstitüsü*, Ankara.
9. DİE (1991) *Devlet İstatistik Enstitüsü*, Ankara.
10. DPT (1990) *V.Beş Yıllık Kalkınma Planı Öncesinde Gelişmeler, 1984-1988*, Ankara.
11. Hart,C. (1965) *Zeytinburnu "Gecekondu"- Bölgesi*, Yayınlayan: İstanbul Ticaret Odası, İstanbul.
12. Gedik,A. (1986) *Urban Growth in Turkey*, (26 th Euroean Congres of Regional Serence Assocation'a sunulan tebliğ), Poland 1986.

13. DİE (1989) 1987 İnşaat İstatistikleri, Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.
14. DPT (1983) V.Beş Yıllık Kalkınma Planı, konut Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Yayınlanmamış Rapor: DPT, Ankara.
15. DPT (1991) Konut Sorununa Çözüm Konusunda Geçmişte ve Günümüzde Yapılan Çalışmalar ve İleriye Dönük Proje Çalışmaları, Yayınlayan: Sosyal Planlama Başkanlığı, Ankara.
16. Wedler,E. (1963) Zur Frage der Baustoffe und Bauarten bei der Durchführung eines großen Wohnungsbauprogrammes in Türkei, Yayınlayan: İmar ve İskan Bakanlığı, Ankara.
17. Triebel,W. (1963 b) Geleneksel Metotlarla Rasyonel İnşaat, İmar ve İskan Bakanlığı Yayınları, No. 5-22, Ankara.
18. Erciyas,Y. (1963) Bims- ve Bimsbeton Üzerine Araştırmalar, Yayınlayan: İmar ve İskan Bakanlığı, Ankara.
19. Sükan,T. (1966) Doğal Hafif Agregalarla Beton Araştırması, Yayınlayan: Tübitak, Projekt No. MAG-31, Ankara.
20. Davis,R. (1969) "Low-cost Housing" for Turkey, Yayınlayan: İmar ve İskan Bakanlığı, Ankara.
21. Dalokay,Y. (1969) Lehmflachdachbauten in Anatolien, Dissertation, TU Braunschweig.
22. Arıoğlu,E., Anadol,K. (1977) Responce on Rural Dwellings to Recent Destructive Earthquakes in Turkey (1967-1977), in: International Conference on Disaster Area Housing, Yayınlayan: Tübitak, İstanbul.
23. Paçacı,O. (1978) Housing Policy and Housing Question of "Low-Incom" Groups in Turkey, Master Thesis an Middle East Technical University, Yayınlanmamış, Ankara.
24. Adam,Y. (1979) Almaşık Yeniden Üretim Süreçleri İçin Konut Alanları, Yayınlayan, Mimarlar Odası, Ankara.
25. Dalay,G. (1980) Türkiye'de Kount Sorunu e Konut Planlaması Üzerine Bir Araştırma, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
26. Türkili,Y. Sayın,E. (1980) Bankent Yapı Malzemeleri ve Teknolojisi Ön Çalışması I-IV, Yayınlayan: Kent Koop, Ankara.
27. Toplu Konut Yasası, Yasa No. 2487, Resmi Gazete, Nr. 17396, Ankara.
28. DPT (1985) V.Beş Yıllık Kalkınma Planı 1985-1989, DPT, Ankara.
29. Gürçınar,Y. (1988) Beitrage zur Milderung des Wohnungsproblems in der Türkei, Hrsg., Institut für Bauökonomie der Universitat Stuttgart, Heft Nr. 49, Stuttgart.

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that proper record-keeping is essential for transparency and accountability, particularly in financial matters. This section also touches upon the legal implications of failing to maintain such records, which can lead to severe consequences for individuals and organizations alike.

2. The second part of the document delves into the specific requirements for record-keeping, including the types of records that must be maintained, the frequency of updates, and the methods used to store and retrieve information. It provides a detailed overview of the various types of records, such as financial statements, contracts, and correspondence, and explains how they should be organized and managed to ensure easy access and accuracy.

3. The third part of the document focuses on the role of technology in record-keeping. It discusses the benefits of using digital tools and software to manage records, such as increased efficiency, reduced risk of loss, and improved security. It also addresses the challenges associated with digital record-keeping, such as data migration and compatibility issues, and offers practical solutions to these problems.

4. The fourth part of the document provides a comprehensive guide to the legal aspects of record-keeping. It covers the various laws and regulations that govern record-keeping practices, including those related to privacy, data protection, and access to information. It also discusses the importance of staying up-to-date on these laws and regulations, as they can change frequently and have a significant impact on record-keeping practices.

5. The fifth part of the document offers practical advice and tips for implementing a robust record-keeping system. It discusses the importance of developing a clear policy and procedure for record-keeping, the need for regular training and education for staff, and the importance of conducting regular audits to ensure compliance with all applicable laws and regulations. It also provides a checklist of key tasks and responsibilities to help organizations establish and maintain an effective record-keeping system.

6. The sixth part of the document discusses the importance of record-keeping in the context of business operations. It explains how accurate records can help businesses make better decisions, identify trends and opportunities, and improve their overall performance. It also discusses the role of records in risk management and compliance, and how they can be used to prevent and mitigate potential risks.

7. The seventh part of the document provides a detailed overview of the various types of records that must be maintained, including financial records, contracts, correspondence, and other documents. It explains the specific requirements for each type of record, such as the format, content, and retention period, and provides a checklist of key tasks and responsibilities to help organizations ensure that all records are properly maintained.

8. The eighth part of the document discusses the importance of record-keeping in the context of legal proceedings. It explains how records can be used as evidence in court and how they can help to establish the facts of a case. It also discusses the importance of maintaining records in a secure and accessible manner, and the potential consequences of failing to do so.

9. The ninth part of the document provides a comprehensive overview of the various laws and regulations that govern record-keeping practices. It covers the key provisions of these laws and regulations, including those related to privacy, data protection, and access to information. It also discusses the importance of staying up-to-date on these laws and regulations, as they can change frequently and have a significant impact on record-keeping practices.

10. The tenth part of the document offers practical advice and tips for implementing a robust record-keeping system. It discusses the importance of developing a clear policy and procedure for record-keeping, the need for regular training and education for staff, and the importance of conducting regular audits to ensure compliance with all applicable laws and regulations. It also provides a checklist of key tasks and responsibilities to help organizations establish and maintain an effective record-keeping system.

EVSEL ATIKSULARDA ASKIDA KATI MADDE ORANLARI VE ÇÖKELME ÖZELLİKLERİ*

Ahmet Yüceer ve Ö.Cem Dizdar
Ç.Ü.Müh.Mim.Fak. İnşaat Müh.Böl. ADANA
DSİ VI.Böl.Md. ADANA

ÖZET: Bölgede hiç arıtma tesisinin bulunmaması göz önüne alınarak, tipik Akdeniz iklimine sahip olan Adana'nın atıksu katı madde oranlarının tesbiti ve çökeltme özelliklerinin araştırılması bu çalışmanın amacı olmuştur. Atıksu numuneleri Yüreğir ilçesi deşarj noktasından alınarak askıda katı madde oranları tesbit edilmiş ve bu numunelerin çökeltme özellikleri 1 litrelik cam mezurlarda (silindir) incelenmiştir. Mart-Temmuz 1991 tarihleri arasında alınan numunelerde askıdaki katı madde oranları 104-208 mg/l arasında bulunmuştur. Bu katı maddelerin 30 dakikalık çökeltme süresinde %50-70 oranında, 120 dakika sonunda da çökeltme oranının %64-73 olduğu hesaplanmıştır. Bu değerler literatürle karşılaştırıldığında katı madde oranı olarak düşük ve çökeltme oranı olarak da yüksek görülmüştür. Düşük katı madde oranının sebebi, bölgenin sosyo-kültürel yapısı, sanayi yıkama suyundan vs.den kaynaklandığı ve yüksek çökeltme oranının da çabuk çökelebilen katı madde oranından kaynaklandığı söylenebilir. İncelenen atıksuların düşük katı madde ve yüksek çökeltme oranına sahip olması çökeltim havuzlarının kullanım alanının artışına olumlu yönde etki eder.

SUSPENDED SOLID CONCENTRATIONS AND SETTLING CHARACTERISTICS OF DOMESTIC WASTEWATERS

ABSTRACT: The aim of this study is to determine suspended solid (SS) variations and settling characteristics of wastewaters in Adana where no sewage treatment plant exists. Sewage samples were collected from the sewer discharge point in Yüreğir district. Settling characteristics were investigated at intervals by using 1 litre graduated glass cylinders. Suspended solid variations in the samples were in the range of 104-208 mg/l during March-July 1991. Settlement of suspended solids, in quiescent conditions, were 50-70 % in the first 30 minutes and 64-73 % in two hours. However, in these samples, lower SS concentrations and higher settling ratio were seen when compared with the literature. The reasons of lower SS concentrations and higher settling ratio may well be due to socio-cultural structure of the community, industrial (textile) washing waters etc .

* Bu proje Ç.Ü.Araştırma Fonu tarafından (FBE.91-36) desteklenmiştir.

and faster settling particulate content of this particular sewage respectively. The characteristics of wastewaters, lower SS concentration and greater proportion of settleable solids, obviously effects the reduction of sedimentation tank area.

1. GİRİŞ

Toplum tarafından kullanılan su kullanıldıktan sonra atıksu haline gelir. Dolayısıyla geldiği yerin özelliğine bağlı olarak endüstriyel veya evsel atıksular olarak tanımlanır. Genelde büyük şehirlerde evsel atıksular bir miktar endüstriyel atıksu ihtiva eder. Bundan dolayı evsel atıksular kimyasal olarak çok kompleks bir yapıya sahip olup içerisinde eriyik ve askıda, organik ve inorganik maddeler vardır. Kompleks kimyasal bileşiminin yanısıra atıksular ihtiva ettikleri maddeler bakımından fiziksel olarak dört guruba ayrılırlar;

- Büyük parçalar, ızgaralarla tutulabilir.
- Askıdaki kaba katı maddeler, basit çökeltme ile ayrılabilir.
- Çok küçük katı maddeler (kolloidler) yumaklaşma sonucu ayrılabilir.
- Eriyik maddeler, yumaklaşma ve basit çökeltme ile sudan ayrılmazlar.

Burada en önemli husus askıdaki katı maddelerdir ve evsel atıksu arıtma tesisleri askıdaki katı madde ayrıştırılması için dizayn edilir.

Evsel atıksulardaki katı maddelerin yaklaşık %80'i organikdir. Bu organik maddeler atıksudan ayrıştırılmadan alıcı ortama verildiği takdirde biyolojik olarak bozularak çevrede olumsuz etkiler (pis koku, ötrofikasyon, oksijen tükenmesi vs.) yapar. Bundan dolayı atıksu arıtma projelerinin hazırlanmasında atıksu katı madde oranları ve çökeltme analizlerine ihtiyaç duyulur. Katı maddelerin %45-60 oranında ayrışması atıksu BOI'nın %30-45 oranında azalmasına neden olur [1]. Dolayısıyla arıtma tesislerinin projelendirilmesinde askıdaki katı madde (Si) tayini BOI kadar önemli bir parametredir. Katı madde miktarı atıksuyun gücü ve arıtma ünitesinin verim tayininde kullanılır.

Atıksu ve çökeltme özelliklerinin yöreden yöreye ve hatta gün içinde bile değiştiği bilinmektedir. Bundan dolayı yöresel her atıksuyun katı madde çökeltme özelliklerinin ve değişiminin bilinmesi gerekir. Atıksudaki katı maddelerin çoğunluğu birinci çökeltim havuzunda çöker. İşte bu çökeltme miktarının tayini bir yandan biyolojik arıtmadaki (oksidasyon prosesleri) yükün belirlenmesinde (düşük organik yükte aktif çamur çökeltmesi daha iyi olur [2]) kullanılabilir. Diğer bir yandan da birinci çökeltme havuzu çamurlarının biyolojik arıtma sonucu çıkan çamurlara göre anaerobik çürütmesi ve kurutulması daha kolay olduğundan önem kazanır [3]. Dolayısıyla katı madde çökeltme özelliklerinin belirlenmesiyle birinci çökeltme havuzunda maksimum çökeltmenin sağlanması arzu edilir.

2. EVSEL ATIKLAR VE YUMAKLI ÇÖKELME

Atıksuların içinde bulunan katı maddelerin çökeltme oranlarının veya kolayca çökeltmeyen katı madde oranlarının farklı olması farklı verim ilişkilerini ortaya çıkarmaktadır. Bunun başlıca sebebi yumaklaşabilme özelliğine sahip katı maddelerin oranlarının farklı olmasıdır. Şöyle ki; farklı tülke veya yöredeki toplumların kullandıkları ve kanalizasyona bağlı olan sanayi atıklarının farklı kimyasal yapısı, farklı çökeltme verimlerini doğurabilir.

Atıksularda bulunan partiküllerin veya askıdaki katı maddelerin yumaklaşmasında iki esas mekanizma vardır ki bunlar; perikinetik ve ortokinetiktir.

-Perikinetik yumaklaşma, partiküllerin çarpışmasıyla (Brownian hareketi) meydana gelir ki bu ancak çok küçük partiküller için önem kazanır. Bu proses çok yavaş olduğundan atıksu arıtmalarında pek geçerli olmamakla birlikte, tabiatta önem kazanır.

-Ortokinetik yumaklaşma, suda hız gradyanı artırılarak meydana gelir. Hız gradyanından dolayı partiküllerde farklı hızlar alır ve çarpışmaları (veya karşılaşmaları) meydana gelir. Böylelikle çarpışan partiküllerin bir araya gelmeleri sağlanır. Ortokinetik yumaklaşma katkı malzemeleriyle hızlandırılabilir.

Atıksu partiküllerinin bir araya gelmesi şu mekanizmalara bağlıdır;

- Çift tabaka sıkışması (Double layer comp.)
- Yüzeyde tutulma (Adsorption)
- Elektriksel yük nötreşmesi
- Çökeltmede partikül yakalanması (Entrapment)
- Polimer adsorption'u
- Partiküller arası köprülenme (Interparticuler bridging)

Son iki, yumaklaşma mekanizmasının esasını teşkil eder. Bilhassa evsel atıksulara karışan sanayi atıksularındaki kimyasal maddeler atıksuların içindeki katı maddelerin yukarıda belirtilen şekillerde yumaklaşmasına olumlu veya olumsuz şekilde etki edebilir. Bundan dolayı tesis dizaynında ve işletilmesinde atıksu özellikleri ve arıtmaya etki parametreleri belirlenir, maksimum verimin ekonomik olarak alınması sağlanır.

3. ÇÖKELME VERİM İLİŞKİLERİ

Arıtma işlemlerinin pahalı olması ve verimlerinin artırılabilmesi için tesis dizaynının optimizasyonuna gidilmektedir. Biyolojik arıtmanın yükünü azaltıcı ve çamur ıslahının kolay olması gibi nedenlerden dolayı evsel atıksuların arıtılmasında birinci çökeltme havuzlarının verimini artırmak, daha fazla katı madde çökeltmesini sağlamak amacıyla bir çok çalışmalar yapılmıştır. Bunlar arasında "ön havalandırma", "karıştırma", "sterilizasyon", "aktif çamur ilavesi" gibi işlemler bulunmaktadır [3,4,5]. Ancak

YÜCEER ve DİZDAR

araştırmacılarından bazıları yukardaki işlemlerde başarılı olduklarını belirtmişlerse de bazıları bu işlemlerin pek verimli olmadığını ve hatta ters etkiler (yüzeyde katı madde artışı gibi) olduğunu bildirmişlerdir [6,3]. Bu durumda önerilen ön prosesler hassas işletme şekli istediklerinden genellikle evsel atıksu arıtma tesisleriyle bulunmamaktadır.

Prototip çökeltim havuzlarında çökeltme verimlerini bulmak amacıyla yapılan laboratuvar çalışmalarında çeşitli parametreler (yüzey yükü, dinlenme süresi, katı madde konsantrasyonu vs.) kullanılarak ifadeler geliştirilmiştir. Geliştirilen ifadeler o bölge atıksuları ile yapılan deneylere dayanmakta veya değişik parametreler kullanılmıştır.

Örneğin:

Çökeltme Oranı $R = \frac{S_i - S_e}{S_i}$ ifadesi baz alınarak

$R = (0,00043 S_i + 0,51) (1 - e^{-0,7t})$	CIRIA (1973)	[7]
$R = (0,00043 S_i + 0,38) (1 - e^{-3,2t})$	Clements (1976)	[4]
$R = 0,82 e^{-0,0088q}$	Smith (1969)	[7]
$R = 1.138 e^{-[(358/S_i + 0,0016q)]}$	Tebbutt & Christoulas (1975)	[7]
$R = 0,51 e^{-0,0029q}$	Tebbutt (1975)	[8]

q = hidrolik yük, m^3/m^2d

S_i = atıksu askıda katı madde miktarı, mg/l

S_e = çökeltmeden sonraki askıda katı madde miktarı

t = dinlenme süresi (h)

t' = efektif dinlenme süresi

Clements [4] laboratuvar deney sonuçları ile prototip arıtma tesisleri sonuçlarını karşılaştırarak çalışmalar yapmıştır. Çalışmalarında çökeltme kolonundaki verimi $R_c = a \cdot e^{-bv/S_i}$ (v = partiküller arası hız, yukarı doğru), prototip deney sonuçları ile karşılaştırarak gerçek havuz verimini $R_t = a' \cdot e^{-b'v/S_i}$ şeklinde ifade etmiştir. Muslu [1] silindir (kolon) deneylerinin gösterdiği verimlerin elde edilebilmesi için, projelendirme sırasında çökeltme hızının veya yüzeyel hidrolik yükün silindir deneydekinin 0,65 katına veya bekleme süresinin iki kanna çıkartılmasını tavsiye etmektedir.

4. DENEYLER

4.1. Atıksu Genel Özellikleri ve Miktarı

Yaklaşık 300 bin nüfuslu Yüreğir ilçesi Seyhan nehri sol sahilinde bulunmaktadır. Bölge atıksularının bir kısmı 2 m. çapındaki bir kollektörde toplanıp Karataş yolu Güneşli Mahallesinde yaklaşık 200 dekar çukur araziye (eski kum ocağı) boşalmaktadır. Kapalı alanda göl haline gelen atıksuların buharlaşan ve zemine sızandan geriye kalanı DSİ sulama kanalına verilmektedir. Tabii olarak bozuşan atıksular koku ve sivrisineği ile

çevreyi oldukça rahatsız etmektedir.

Numuneler kollektörün çıkış ağzından alınmıştır. Bu atıksular akım halinde yerde koyu renkte gözükmekte ve cam kaba konulduğunda açık gri renkte ve kokusuz olduğu anlaşılır. Kollektörün ağzından akan atıksular bir müddet seyredildiğinde zaman zaman belirgin şekilde karışık, tabaka veya hat halinde (kırmızı, mavi, sarı...) akmaktadır. Buradan, tekstil sanayi yıkama sularının yakın bir yerden kollektöre girdiği kolaylıkla söylenebilir.

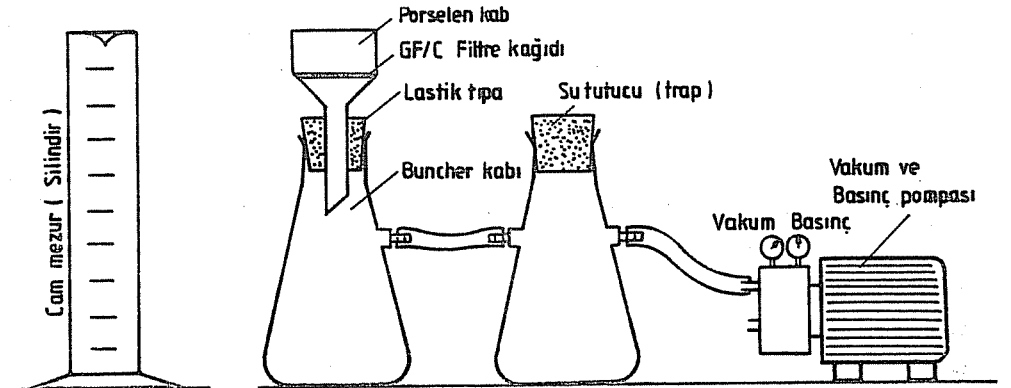
-Hız ve debinin ölçülmesi: Daire kesitli olan kollektör ağzının çeşitli yerlerinde belirli derinliklerde moline yardımıyla hızlar ölçülmüştür, buradan ortalama hız ve debi hesaplanmıştır. Örneğin, 0,75 m. derinlikte orta noktada hız=0,68 m/s, debi=0,96 m³/s dir.

4.2. Numunelerin Alınması

Dik kenarlı toprak bir kanala açılan kollektör çıkışına kova sarkıtılarak, şaşırtmacalı şekilde yaklaşık 40 cm. derinlikten (yarı derinlik) numuneler alınmıştır. Genelde saat 10³⁰-12⁰⁰ arası alınan numuneler laboratuvara getirilerek 1 litrelik mezurlara (silindir) konmuştur. Numunenin alınışı ve deneye başlaması yaklaşık 30 dakika civarındadır. Bazı numuneler Seyhan sağ sahilde Girne Köprüsü yanındaki Seyhan nehrine doğrudan verilen ve sanayi atığının olmadığı kabul edilen deşarj noktasından alınmıştır.

4.3. Deneyin Yapılışı

7.5 cm çapındaki 1 litrelik cam mezurlara konan numuneler 30, 60, 90 ve 120 dakika dinlenmeye bırakılmıştır. Her dinlenme süresi sonunda yüzeyde kalan 300 ml.lik kısım sifonla alınmıştır. Alınan kısmın (supernatant) askıdaki katı madde miktarı Whatman GF/C filtre kağıdı kullanılarak standart metodlara ve TSE'ye uygun olarak hesaplanmıştır. Askıdaki katı madde miktarının filtrasyonundaki deney düzeneği Şekil 1 de gösterilmiştir.



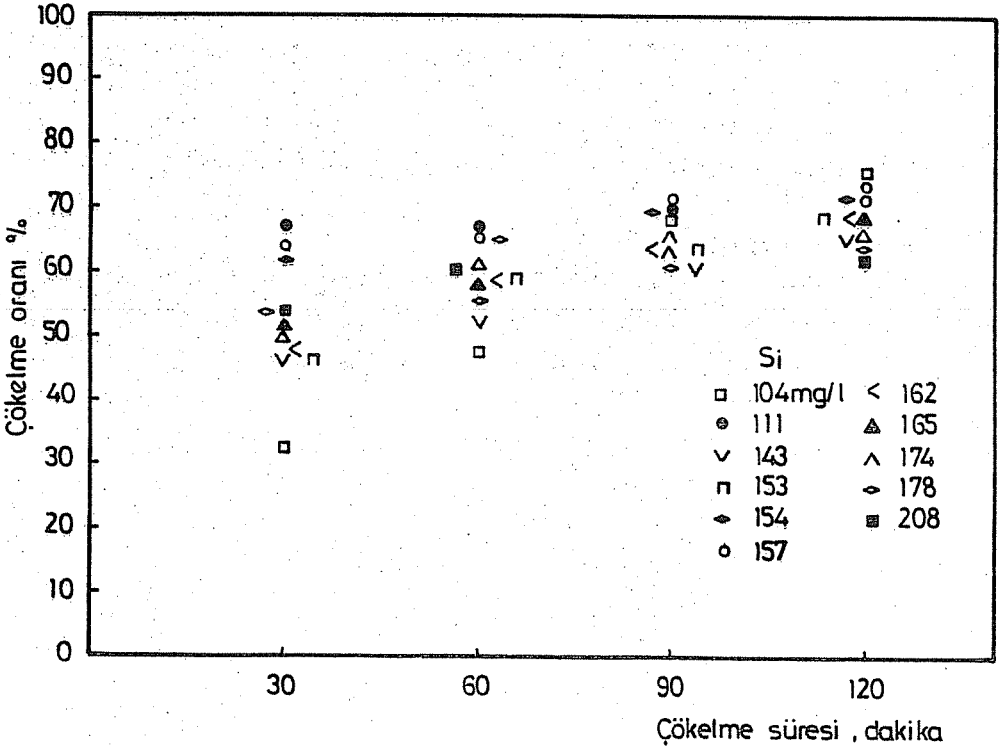
Şekil 1. Askıda katı madde tayini deney düzeneği

Deneyler alınan numunelerin doğrudan dinlenmeye bırakılması ile yapılmıştır. Ayrıca bazı deneyler 30 dakika ön havalandırmadan sonra yapılmıştır. Mukayese için Seyhan ilçesi atıksuları ile de deneyler yapılmıştır.

Deneyler çift olarak yapılmıştır.

4.4. DeneY Sonuçları ve Tartışması

Yüreğir deşarj noktasından alınan numuneler belirli zaman aralıklarında 1 litrelik cam mezurlarda dinlenmeye bırakılmıştır. Dinlenme süreleri sonunda yüzeyde kalan 300 ml'lik kısımda askıdaki katı madde miktarları ölçülmüştür. Burada yüzeyde kalan ve çökelen madde miktarları ve çökeltme oranları hesaplanmıştır. DeneY sonuçları Tablo 1'de ve çökeltme eğrisi Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Farklı Konsantrasyonda Atıksuların Katı Madde Çökeltme Oranları.

Anküsularda Askıda Katı Madde Oranları ve Çökeltme Özellikleri

Tablo 1. Yüreğir ilçesi anksuları çökeltme deney sonuçları

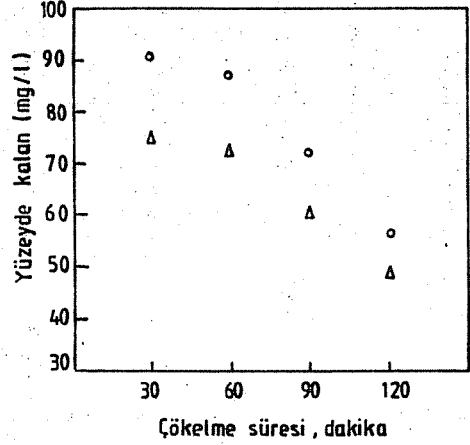
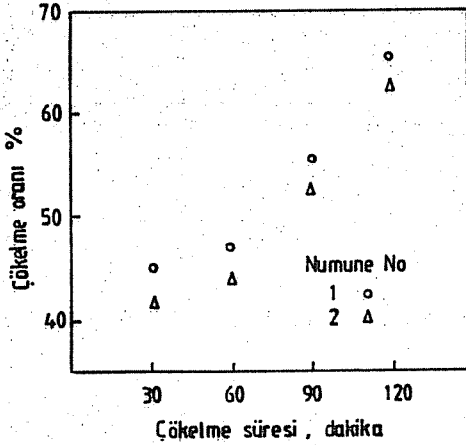
Deney No	Çökeltme süresi t dakika	Yüzeyde kalan mg/l Se	Çökeltme miktar mg/l	Çökeltme oranı $R = \frac{Si-Se}{Si}$ %	Toplam askıda katı madde Si, mg/l	İSİ °C	pH
1	30	97	111	53	208	19	7,4
	60	84	124	60			
	90	-	-	-			
	120	77	131	63			
2	30	77	66	46	143	18	8,7
	60	69	74	52			
	90	55	88	61			
	120	50	93	65			
3	30	82	80	49	162	19	9,8
	60	67	95	59			
	90	58	104	64			
	120	52	110	68			
4	30	82	71	46	153	22	8,6
	60	63	90	59			
	90	56	97	63			
	120	50	103	67			
5	30	59	95	62	154	23	8,9
	60	53	101	65			
	90	49	105	68			
	120	43	111	72			
6	30	79	86	52	165	18	9,3
	60	67	98	59			
	90	58	107	65			
	120	53	112	68			
7	30	37	74	67	111	27	7,8
	60	36	75	67			
	90	34	77	69			
	120	30	81	73			
8	30	87	87	50	174	27	9,1
	60	70	104	60			
	90	63	111	64			
	120	58	116	67			
9	30	57	100	64	157	25	7,9
	60	53	104	66			
	90	46	111	71			
	120	44	113	72			
10	30	71	33	32	104	27	7,9
	60	55	49	47			
	90	35	69	66			
	120	26	78	75			
11	30	82	94	53	176	27	8,8
	60	78	98	55			
	90	68	108	61			
	120	62	114	65			

YÜCEER ve DİZDAR

Girne köprüsü yanından alınan ve Seyhan ilçesine ait atıksu numuneleri ile yapılan deney sonuçları Tablo 2'de ve grafikler Şekil 3'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Seyhan ilçesi atıksuları çökeltme deney sonuçları

Deney No	Çökeltme süresi t dakika	Yüzeyde kalan mg/l Se	Çökelen miktar mg/l Ce	Çökeltme oranı $R = \frac{S_i - S_e}{S_i}$	Toplam askıda madde mg/l	İSİ °C	pH
1	30	91	73	45	164	18	7,3
	60	87	77	47			
	90	72	92	56			
	120	56	108	66			
2	30	75	55	42	130	18	7,3
	60	73	57	44			
	90	61	69	53			
	120	48	82	63			



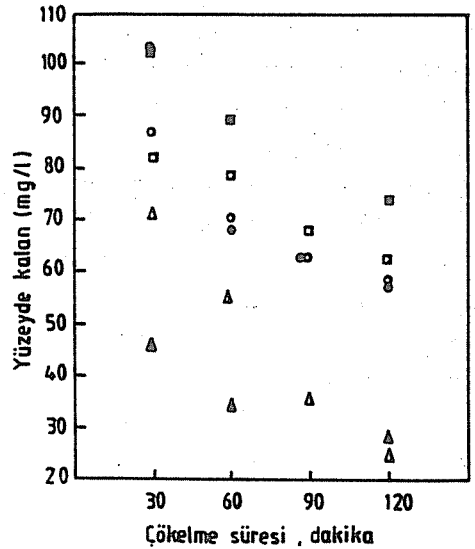
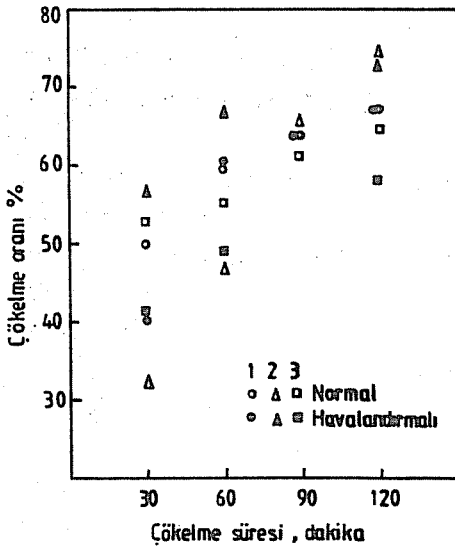
Şekil 3. Atıksu çökeltmesi (Seyhan ilçesi)

Atıksularda Askıda Katı Madde Oranları ve Çökelme Özellikleri

Ön havalandırma işlemine tabi tutulduktan sonra yapılan çökelme deney sonuçları ile aynı atıksu ile doğrudan yapılan deney sonuçları karşılaştırılmış, sonuçlar Tablo 3 ve grafikler Şekil 4'de gösterilmiştir.

Tablo 3. 30 dakika ön havalandırmalı çökelme deneyi sonuçları

Deney No	Çökelme süresi t	Yüzejde kalan mg/l (Se)		Çökelme oranı %		Toplam askıda madde	İSİ °C	pH
		Normal	Hava.	Normal	Hava.			
1	30	87	104	50	40	174	27	9,1
	60	70	68	60	61			
	90	63	63	64	64			
	120	58	57	67	67			
2	30	71	45	32	57	104	27	7,8
	60	55	34	47	67			
	90	35	-	66	-			
	120	26	28	75	73			
3	30	82	103	53	41	176	27	8,8
	60	78	89	55	49			
	90	68	-	61	-			
	120	62	73	65	58			



Şekil 4. Normal ve ön havalandırmalı atıksu çökelmesi

Elde edilen deney sonuçları irdelendiğinde;

-Yüreğir ve Seyhan ilçeleri atıksularının askıdaki katı madde konsantrasyonu 104 mg/l ila 208 mg/l (ort. 160 mg/l) arasında değişmektedir. Bu değerler literatürden elde edilen Batı ülkelerine ait değerlerle karşılaştırıldığında daha düşük görülmektedir.

Tablo 4. Atıksu askıda katı madde konsantrasyonları

Ülke orijini	İngiltere (7)	İskoçya (5)	Almanya (9)	Çalışma alanı (Yüreğir)
Katı madde Kons. mg/l	400	300	223	150
pH	7,6	7,8	7,4	7,8-9,3

Askıdaki toplam katı madde miktarının (Si) çalışma alanında diğerlerine göre daha düşük bulunuşu şu şekilde değerlendirilebilir. Ülkemizde tuvalet kağıtlarının, yemek gibi bozulmuş sulu atıkların kanalizasyona verilmemesi, idareli sabun ve deterjan kullanımı gibi nedenler etki edebilir. Batı toplumlarında sık görülen gıda sanayinin atıklarının bilhassa yıkamaya dayalı tekstil sanayi atıklarından daha fazla atık katı madde ihtiva etmesi, ayrıca evlerde ve işyerlerinde (yemekhanelerde) öğütücülerin kullanılması ayrı bir neden olabilir. Her ne kadar ülkemizde kişi başına su tüketiminin batıya oranla az oluşu katı madde konsantrasyonunu artırıcı bir etken gibi gözüksede deney sonuçlarına göre pek fazla etken olamamaktadır.

Adana atıksuları için hazırlanan arıtma tesisi projesinde evsel atıksularda toplam katı madde ortalama 985 mg/l olarak verilmiştir [10]. Bunun %44 oranında askıda katı madde ihtiva ettiği belirtilmiş ve buradan ortalama 430 mg/l askıda katı madde hesaplanmıştır. Bu değer Adana atıksuları için elde edilen deney sonuçlarına göre yüksek görülmektedir. Çalışma alanında hayat standartları yükseldikçe ve bazı kabuller yapıldığında konsantrasyonun bir miktar yükseleceği tahmin edilmektedir.

-Atıksularda ölçülen pH değerlerinin normal atıksulara göre bazan biraz yüksek görülmesi, işletmeyi yüksek pH değerlerinde terk eden tekstil atıksularından kaynaklandığı öngörülmektedir [11]. Tablo 1'e bakıldığında elde edilen analiz sonuçlarına göre ortamda değişen PH'nın çökeltme oranına etki derecesi açık bir şekilde görülmemektedir.

-Atıksuların 1 litrelik cam mezurlardaki sakin çökeltme deneylerinde askıdaki katı

Atıksularda Askıda Katı Madde Oranları ve Çökeltme Özellikleri

maddelerin %50-67'sinin ilk 30 dakikada sudan ayrıldığı (çökeldiği) görülmektedir. 2 saatlik çökeltme sonunda ise ayrılma oranı %67-73 civarındadır. Bu da göstermektedir ki çalışmaya konu olan atıksular büyük oranda kolayca çökebilen askıda katı madde ihtiva etmektedir. Dolayısıyla bu oranlar çökeltim havuzu dizaynında dinleme sürelerinin kısaltılmasında veya hidrolik yükün artırılmasında (veya düşük yükte aktif çamur ünitesinin daha iyi çökeltme sağlanmasında) havuz kullanım alanlarının artırılması doğrultusunda olumlu sonuçlar verebilir.

-Az sayıda yapılan deneyler 30 dakikalık ön havalandırma sonucunda çökeltme oranlarının 2 saatlik çökeltme süresi sonunda pek fazla değişmediğini göstermekte ve bu durum Stones'un [3]'nin çalışmaları ile de uyum sağlamaktadır.

-Girne köprüsü yakınında Seyhan ilçesine ait ve Seyhan nehrine doğrudan verilen küçük deşarj noktasından alınan numuneler üzerinde yapılan sınırlı çökeltme analizlerinde de yine askıdaki katı maddelerin büyük bir kısmının (%45) ilk 30 dakika içinde çökeldiği görülmüştür. Ayrıca askıdaki toplam katı madde oranlarında 130-164 mg/l arasında kalması Yüreğir ilçesi atıksu ve çökeltme özellikleri ile uyum sağlamaktadır.

Evsel atıksularda askıda madde oranlarının arttıkça çökeltme oranlarında genelde arttığı bilinmektedir. Fakat Şekil 2'den de görüleceği gibi çok düşük konsantrasyondaki (104-111 mg/l) iki deney sonucunun dışındakilerde yaklaşık olarak benzer çökeltme oranları görülmüştür. Numune ısısının çökelmeye etkisinde gözönüne alındığında ve askıda madde değişim aralığının azlığı (ort.160 mg/l) askıda katı maddenin çökeltme oranına etkisi pek açık olarak görülmemektedir. Tebbutt[8]' un yaptığı çalışmalarda askıdaki katı madde 200-600 mg/l, Clements [4]' te ise 210-824 mg/l arasında değişmektedir. Dolayısı ile askıda katı madde oranının çökelmeye etkisi yukarıdaki çalışmalarda [4,8] açıkça görülebilmektedir. Ayrıca Tebbutt [8]'un bildirdiğine göre İngiltere'de evsel atıksular 150-200 mg/l civarında çökelmeyen katı madde ihtiva etmektedir. Bu durum yapılan araştırma alanı atıksu özellikleri ile kıyaslandığında arıtma tesislerinin batılı standartlardan farklı şekilde dizayn edilmesi ve laboratuvar çalışmalarının önemini açıkça ortaya koymaktadır.

5. SONUÇ

Atıksularda yapılan analizlerde (Mart-Temmuz 1991) askıdaki toplam katı madde miktarlarının 104-208 mg/l (ort. 160 mg/l) arasında değiştiği ve bu oranın çeşitli Batılı ülke atıksularına oranla daha az olduğu görülmüştür. Ayrıca sakin çökeltmede ilk 30 dakikada %50-67 oranında katı madde ayrışmasının, bu atıksularda yüksek oranda kolayca çökelebilen askıda katı madde olduğunu göstermektedir. Bu durum BOI ve askıdaki katı maddenin daha çabuk giderimi ve dinlenme sürelerinin kısaltılmasıyla da havuz kullanım alanlarının büyümesi açısından önem kazanır.

KAYNAKLAR

1. Y.Muslu, *Su Temini ve Çevre Sağlığı*, Cilt 3, ITÜ Matbaası, 1985, sh.437.
2. Y.Magara, S.Nambu ve K.Utosowa, *Biochemical and Physical Properties of an Activated Sludge on Settling Characteristics*, *Water Res.* 10 (1976) 71-80.
3. T.Stones, *Experimental Work on the Settlement of Sewage*. *Effl.and Water Treat.J.* Oct. (1975) 529-541.
4. M.S.Clements, *The Application of Static Column Tests to Sedimentation Tank Design*, *Wat.Pollut.Control*, (1976) 360-376.
5. A.Yüceer, *Effect of Waste Activated Sludge on Primary Settlement*, M.Sc.Thesis 1980 (U.K).
6. B.Edwin and J.Fall, *Redesigning Existing Facilities to Increase Hydraulic and Organic Loading*, *J.Wat.Pollut.C.Fed.* 43 (1971) 1697-1705.
7. T.H.Y.Tebbutt and D.G.Christoulas, *Performance Relationships for Primary Sedimentation*, *Water Res.* 9 (1975) 347-355.
8. T.H.Y.Tebbutt, *Pilot-Scale Wastewater Treatment Studies*, *Public Health Eng.* 17 (1975) 129-135.
9. R.Boll ve R.Kayser, *Reuse of Wastewater in Agriculture by Means of Sprinkle Irrig.* *Water Sci.Tech.*, 18 (1986) 163-173.
10. Adana, *Sewerage and Drainage Study, Report on Master Plan and Feasibility Study, Part 1.* İller Bankası Gn,Md. 1976.
11. B.Arikan ve Ö.Çolak, *Alüminyum Sülfat ve Demir [III] klorürün tekstil atıksularının arıtılmasına ve E.Coli Eliminasyonuna Etkisi*, *Ç.Ü.Fen ve Müh.Bil.Der.* 4 (1990), 7-14.

BOŞLUKLU PERDELERDE BAĞ KİRİŞİ BİRLEŞİM YERLERİNDE ÖZEL DİKDÖRTGEN ELEMAN KULLANIMI

Cengiz DÜNDAR ve Hasan KAPLAN

Ç.Ü.Müh-Mim. Fak. İnşaat Mühendisliği Böl., Adana

D.E.Ü. Denizli Müh. Fak. İnşaat Mühendisliği Böl., Denizli

ÖZET: Boşluklu perde sistemlerinin elastik analizleri, sistemin tamamında düzlem gerilme elemanı kullanılarak yapılabilmekte ise de perdelerle göre daha narin olan bağ kirişlerinin davranışı tam olarak temsil edilememektedir. Bu nedenle perdelerin düzlem gerilme elemanı, kirişlerin ise çerçeve elemanı olarak ele alınması gereği ortaya çıkmaktadır. Her iki elemanın birlikte çalıştığı yerlerde uygunluk koşullarının sağlanması için, ya tüm sistemde yada sistemin belli bir kısmındaki düğümlerde dönme serbestlik derecesinin dikkate alınması gerekir.

Bu makalede, boşluklu perde sistemlerinin davranışının sonlu elemanlar metoduyla incelenmesinde, yalnızca birleşim yerlerinde dönme bilinmeyenini içeren 12 serbestlik dereceli dikdörtgen eleman kullanımı araştırılmıştır. Bu tür sistemlerin çözümünü yapan ve farklı elemanların birlikte kullanımına imkan veren bilgisayar programları hazırlanmış, çözülen çeşitli problemlerle, sistemin tümünde 12 serbestlik dereceli eleman kullanılarak elde edilen sonuçlar, sadece bağ kirişleri uçlarında 12 serbestlik dereceli eleman, diğer kısımlarda ise 8 serbestlik dereceli eleman kullanılarak bulunan sonuçlar ile karşılaştırılmış ve sonuçların uyum içinde olduğu görülmüştür.

USE OF SPECIAL RECTANGULAR ELEMENTS AT THE CONNECTIONS OF LINTEL BEAMS IN PERFORATED SHEAR WALLS

ABSTRACT: In multi-story buildings, shear walls are used against the horizontal loads because their stiffness are greater than those of columns. Although the elastic analysis of shear walls with openings can be carried out by using plane stress elements, the behavior of lintel beams can not be defined since the lintel beams are slender. In this case, it would be most natural to employ plane elements for the walls and frame elements for the beams in their representation. But the problem arises at such connections since the plane stress elements do not have rotational degree of freedom.

In this paper, the use of rectangular plane stress elements, having additional rotational degree of freedom at each node, at the connections of lintel beams in perforated shear

walls has been investigated. Computer program has been developed for using aforementioned type elements together with plane stress element and line element for the analysis of perforated shear walls. It is observed that using rectangular elements with 12 degrees of freedom, only at the connections of lintel beams and rectangular elements with 8 degrees of freedom elsewhere in the wall gives adequately close results to those obtained when rectangular element with 12 degrees of freedom are used throughout the wall.

1. GİRİŞ

Çok katlı binalarda, artan kat sayısı ile birlikte bina daha fazla yatay kuvvete maruz kalmakta ve emniyeti yalnız çerçevelerle temin etmek, kolon boyutları büyüyeceğinden, gerek alt katlardaki hacim kaybı nedeniyle, gerekse maliyet bakımından uygun çözüm olmamaktadır. Özellikle deprem bölgelerinde kolonlar, taşıdıkları servis yüklerinden daha fazla eğilme momentine maruz kalmaktadır. Bu durumda yatay etkilere karşı, rijitliği kolonlara nazaran daha fazla olan perde elemanlar tercih edilmektedir.

Perde duvarların davranışı, bir ucu zemine ya da temel yapısına ankastre olan konsol kirişlere benzetilebilir. Ancak bazı durumlarda, kapı, pencere ve koridor gibi mimari nedenlerle açılan boşluklar, perde duvarın davranışını değiştirir. Bu şekilde ortaya çıkan boşluklu perdelerin sonlu elemanlar yöntemi ile çözümünde tek tip eleman kullanımı gerek bilgisayar zamanı ve gerekse sistemin davranışını tam yansıtmadığından uygun olmamaktadır. Burada anlatılan yöntemde perdeler düzlem gerilme elemanı bağ kirişleri ise eğilmeli çubuk elemanı olarak ele alınmakta böylece farklı serbestlik dereceli iki elemanın birlikte kullanımı durumu ortaya çıkmaktadır.

Literatürde bağ kirişli perdeli sistemlerin sonlu eleman modelinin teşkilinde tüm düğümler üç serbestlik dereceli olarak alınması [1], yalnızca bağ kirişinin perdeye birleştiği noktada üç serbestlik derecesi alınması [2,3] şeklinde yaklaşımlar bulunmaktadır. Diğer bir yaklaşım [4] ise tüm sistemi klasik düzlem gerilme elemanları kullanarak çözmek ve bağ kirişi uç deplasmanlarından uç momentlerinin elde edilmesi şeklindedir.

Bu çalışmada, perdeler için 8 serbestlik dereceli düzlem gerilme elemanı bağ kirişleri için ise eğilmeli çubuk elemanı kullanılmıştır. Bağ kirişleri ve perde arasında uygunluk şartı bağ kirişlerinin perdeye birleştiği bölgede, düğümlerinde dönme serbestlik derecesinde içeren dikdörtgen düzlem gerilme elemanları kullanılarak sağlanmıştır.

2. FARKLI SERBESTLİK DERECESESİNE SAHİP ELEMANLARIN BİRLİKTE KULLANILMASI

Bu bölümde farklı serbestlik dereceli elemanların birlikte kullanılabilmesi için gerekli olan

Özel Dikdörtgen Eleman Kullanımı

uygunluk şartları verilecektir. Uygunluk şartları önce 8 ve 12 serbestlik dereceli düzlem gerilme elemanları arasında ve sonra 8 serbestlik dereceli düzlem gerilme elemanı ile bağ kirişi arasında yazılacaktır. Farklı serbestlik derecesine sahip iki düzlem gerilme elemanının ortak düğümleri için yazılan ve komşu düğümlerinde deplasmanlarına bağlı olan denklemlere uygunluk denklemleri denilmektedir. Eleman denklemlerinden sistem denklemleri teşkil edilirken uygunluk denklemlerinin de dikkate alınması gerekir. Bunun için farklı serbestlik dereceli elemanların ortak olan her düğümünde bir imajiner eleman gözönüne alınır. Eleman denklemlerinden sistem denklemleri oluşturulurken imajiner elemanların denklemleride sisteme ilave edilir. İmajiner elemanın serbestlik derecesi, ortak düğüm ve buna komşu olan düğümlerin deplasmanlarına bağlı olacaktır. Ayrıca yazılan her uygunluk şartı için bir Lagrange çarpanı da ortak düğüme fiktif serbestlik derecesi olarak ilave edilmektedir. Düğüm deplasmanları arasında yazılmış olan m adet uygunluk şartı,

$$[G] \{d\} = \{s\} \quad (1)$$

şeklinde ifade edilir. Bu denklemde yer alan $[G]$ $m \times n$ boyutunda katsayılar matrisi olup, m denklem sayısı n ise uygunluk şartı için kullanılan deplasman sayısı olmaktadır. Denklem (1)'de $\{d\}$, uygunluk şartı yazılan düğüm ile bu düğüme komşu olan düğümlerin deplasmanlarını içeren bir vektör; $\{s\}$ ise uygunluk şartında tanımlanmış olan ve bilinen deplasmanlardan teşkil edilen bir vektördür. (1) denkleminin her iki tarafı Lagrange çarpanlarından oluşan vektörün transpozu ile çarpılırsa

$$\{L\}^T [G] \{d\} - \{L\}^T \{s\} = 0 \quad (2)$$

elde edilir. Burada Lagrange çarpanı

$$\{L\}^T = [L_1 \ L_2 \ \dots \ L_m] \quad (3)$$

şeklinde olup, imajiner elemanın fiktif deplasmanlarını temsil etmektedir. Sistemin toplam potansiyel enerji ifadesi; (2) uygunluk denkleminide içerecek şekilde yazılır ve denklemin bağımsız değişkenlerine göre kısmi türevi alınarak sıfıra eşitlenirse,

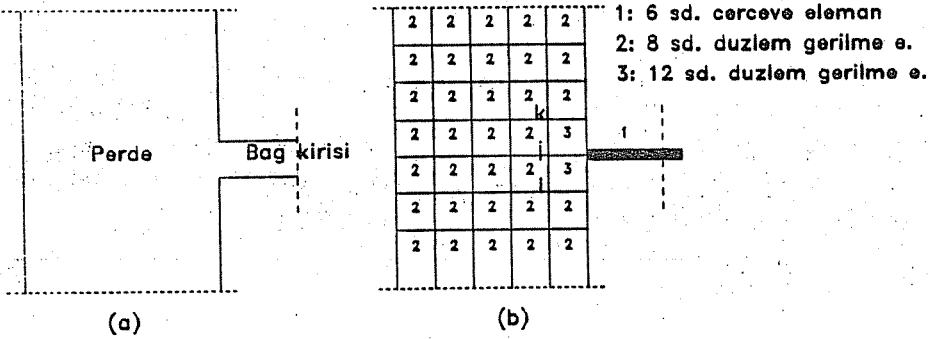
$$\begin{bmatrix} [k] & [G]^T \\ [G] & [0] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \{d\} \\ \{L\} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \{p\} \\ \{s\} \end{bmatrix} \quad (4)$$

ifadesi elde edilir. Denklem (4), uygunluk şartı yazılacak olan her düğümde göz önüne alınması gereken imajiner elemana ait denklem olmaktadır. Burada $[k]$ ve $\{p\}$ sırası ile sözkonusu düğüme bağlanan elemanların gözönüne alınan deplasman doğrultusundaki katkılarını içeren rijitik matrisi ve yük vektörüdür. Ancak esas sistemde, $[k]$ ve $\{p\}$ önceden hesaba dahil edildiğinden (4) denklemini sistem denkleminde ilave edilirken değerleri sıfır olarak alınacaklardır.

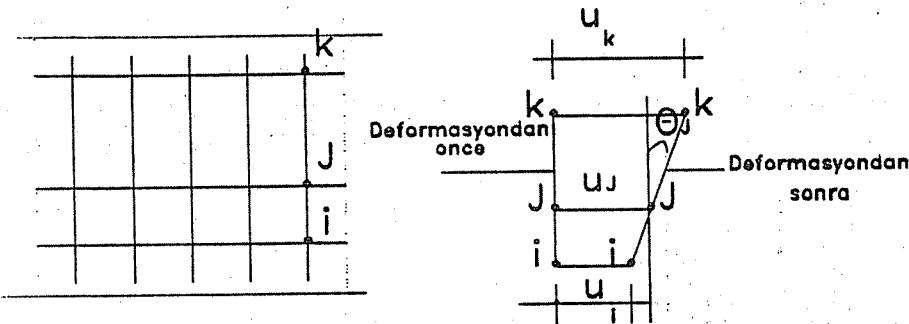
2.1. İki Düzlem Gerilme Elemanı Arasında Uygunluk Şartı

Şekil 1'de bağ kirişi ile perde birleşimi ve sonlu eleman ağı görülmektedir. Burada 1, 2 ve 3 verilen eleman türünü göstermektedir. Sistemin çözümü için birlikte kullanılan elemanlar;

- 1 - 6 serbestlik dereceli çerçeve eleman
- 2 - 8 serbestlik dereceli lineer dikdörtgen eleman
- 3 - 12 serbestlik dereceli dikdörtgen eleman
- 4 - Uygunluk denklemlerinin hesaba katılması için imajiner eleman olacaktır.



Şekil 1. Bağ kirişi perde birleşimi ve sonlu eleman ağı



Şekil 2. İki düzlem gerilme elemanı arasında uygunluk

Özel Dikdörtgen Eleman Kullanımı

Şekil 2'de i, j ve k düğümlerinin deformasyondan önce ve sonraki durumları görülmektedir. Perde elemanının j düğümündeki dönme ile k ve i düğümlerinin x yönündeki deplasmanları arasındaki uygunluk şartından,

$$\frac{1}{d_{ik}} (u_k - u_i) + \theta_j = 0 \quad (5)$$

yazılabilir. Perdenin tepe noktasında k düğümü mevcut olmadığı durumda (5) denklemi

$$\frac{1}{d_{ij}} (u_j - u_i) + \theta_j = 0 \quad (6)$$

şeklinde yazılır. Farklı tip iki elemanın birleştiği her düğüm için (5) ve (6) uygunluk şartının sistem denkleminde ilave edilmesi gerekmektedir.

J düğümündeki dönme serbestlik derecesinin hesaba katılmasında gerekli uygunluk şartları i, j ve k düğümlerinin deplasmanlarına bağlı olmaktadır. Uygunluk denkleminin sisteme dahil edilmesi için kullanılacak olan imajiner elemanın denklemi,

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1/d_{ik} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/d_{ik} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1/d_{ik} & 0 & 0 & 0 & 1 & 1/d_{ik} & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \\ u_k \\ v_k \\ L_1 \end{bmatrix} = \{0\} \quad (7)$$

şeklinde olacaktır. (6) denkleminin kullanılması durumunda, (7)'de, u_j ve v_j 'ye karşılık gelen satır ve sütunlar silinerek k yerine j konulacaktır.

2.2. Bağ Kirişi ve Sekiz Serbestlik Dereceli Düzlem

Gerilme Elemanı Arasında Uygunluk

Yalnız perde duvarı ile bağ kirişi veya çerçeve elemanının birleştiği düğüm noktalarında ilave uygunluk şartları yazılarak, 8 serbestlik dereceli eleman ve eğilmeli çubuk elemanı birlikte kullanılabilir.

Al-Mahaidi ve Nilson [2] tarafından bağ kirişi ve perde birleşim noktalarındaki düğümlerde dönme ifadesi, bağ kirişi üst ve alt yüzünün perdeye bağlandığı düğümlerin yatay deplasmanları cinsinden ifade edilmektedir. Ayrıca, bağ kirişlerinin perdeye saplandığı yerde, bağ kirişi eksenine ile üst ve alt yüzündeki düğümlerin yatay deplasmanları arasındaki ilişkiyi veren bir denklem önerilmektedir (Şekil 3). Bu tür bir çözümde, her düğüm için iki ilave şartın sistem denklemine ilave edilmesi gerekmektedir.

Şekil 3.(b)'de bağ kirişinin perdeyle birleştiği yerde, deformasyondan önce ve sonraki durum görülmektedir. Bağ kirişi ucundaki dönme ile perde elemanının k ve i düğümlerinin x yönündeki deplasmanları arasında,

$$\frac{1}{d} (u_k - u_i) + \theta_i = 0 \quad (8)$$

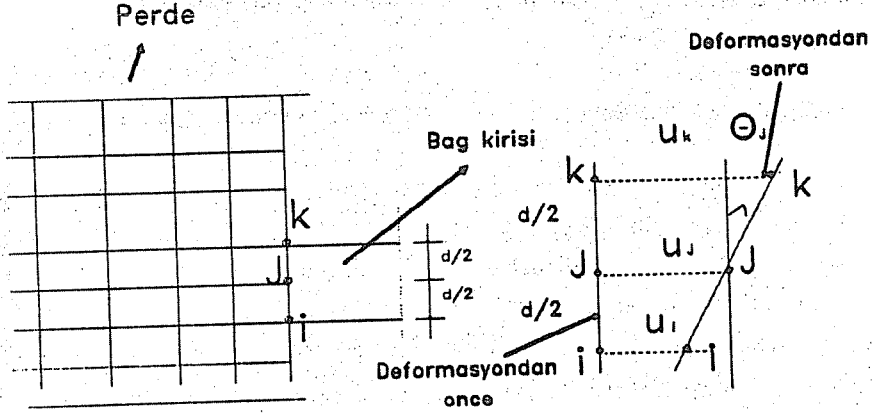
yazılabilir. Diğer taraftan, yatay deplasmanlar arasında,

$$\frac{1}{2} (u_i + u_k) - \theta_j = 0 \quad (9)$$

yazılabilir. Bağ kirişi-perde birleşim yerlerinde bu iki uygunluk şartının sağlanması için her düğümde iki Lagrange çarpanı gerekmektedir. Ortak olan düğümlerde gözönüne alınan imajiner elemanın denklemi (7) denklemine (9) denklemi ilave edilerek bulunmaktadır. Bu tür bir çözümde bazı sınırlamalar mevcuttur. Birleşim yerlerindeki uygunluk şartları bağ kirişi yüksekliğine göre yazılmaktadır. Buna bağlı olarak bölgedeki eleman boyutlarının, bağ kirişi yüksekliğine eşit seçilmesi gerekmektedir. Bu ise sonlu elemanlar yönteminde önemli olan ağ teşkilinin otomatik olarak yapılmasını önleyecektir.

Antony ve Ganesan [3], birleşme yerlerindeki uygunluk şartları için bağ kirişi yüksekliği yerine, bağ kirişinin perdeye saplandığı yerdeki komşu düğümler arası mesafeyi kullanarak [2]'de otomatik ağ teşkilinde ortaya çıkan olumsuzluğu ortadan kaldırmışlardır. Şekil (4)'de bağ kirişi perde birleşimi ile i, j, ve k düğümlerinin deformasyondan önce ve sonraki durumları görülmektedir. Burada j düğümünün dönmesi k ve i düğümü yatay deplasmanlarına bağlı olarak (5)'de verildiği gibi elde edilebilir. Bu tür bir yaklaşımda, bağ kirişlerinin perdeye saplandığı bölgedeki eleman boyutlarının bağ kirişi yüksekliğine yaklaşması oranında sonuçlar, Al-Mahaidi ve Nilson tarafından önerilen yaklaşım kullanılarak elde edilen sonuçlara yaklaşacaktır.

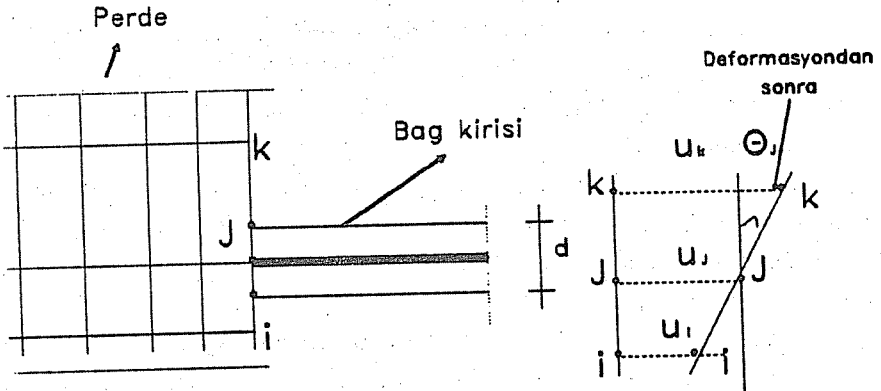
Özel Dikdörtgen Eleman Kullanımı



Bağ kirişi ve perde
(a)

Uygunluk
(b)

Şekil 3. Al-Mahaidi ve Nilson Yaklaşımı



Bağ kirişi ve perde
(a)

Uygunluk
(b)

Şekil 4. Antony ve Ganesan Yaklaşımı

3. FARKLI YAKLAŞIMLARLA ELDE EDİLEN ÇÖZÜMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Boşluklu perdelerin sonlu elemanlar yöntemi ile analizinde, bağ kirişleri eğilmeli çubuk eleman olduğundan, bağ kirişi uçlarındaki dönme serbestlik derecelerinin de hesaba katılması gerekmektedir. Bunun için taşıyıcı sistemin bütün düğümleri üç serbestlik dereceli olarak ele alınabileceği gibi, sadece ilgili düğümlerde üç serbestlik derecesi diğer kısımlarda perde elemanlar için yeterli olan iki serbestlik derecesi alınabilir. Ancak bu durumda farklı serbestlik dereceli elemanların birlikte kullanılması söz konusu olacaktır. Bu ise, Al-Mahaidi ve Nilson, Antony ve Ganesan tarafından önerilen yaklaşımlar kullanılarak yada bu çalışmada önerilen, bağ kirişlerinin perde ile birleştiği belli bölgede, düğümlerinde dönme serbestlik derecesini de içeren dikdörtgen elemanlar kullanılması şeklinde olacaktır.

Bu bölümde, farklı yaklaşımları ele alabilecek şekilde hazırlanmış bir bilgisayar programı kullanılarak yapılan çözümlere ait bağ kirişi uç kuvvetleri ile perdelerle ait yatay deplasmanlar karşılaştırılacaktır.

Çözümler dört farklı yaklaşım için yapılmıştır. Bu yaklaşımlar sırası ile;

I: Tüm düğümlerde üç serbestlik derecesi göz önüne alma,

II: Bağ kirişlerinin perdeyle birleştiği bölgede ikişer tane 12 serbestlik dereceli eleman kullanımı,

III: Al-Mahaidi ve Nilson tarafından önerilen yaklaşım,

IV: Antony ve Ganesan tarafından önerilen yaklaşım.

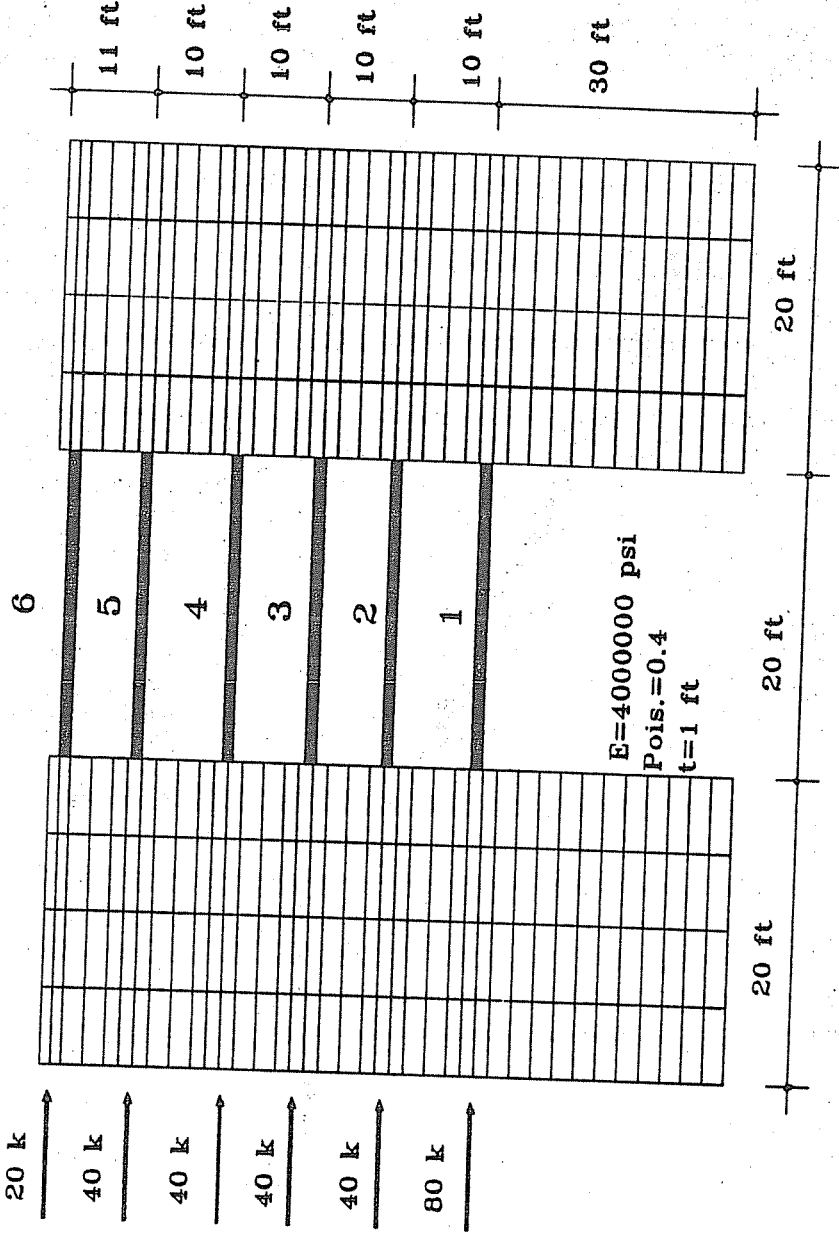
Şekil 5'te boyutları ve sonlu eleman ağı verilen boşluklu perdenin, farklı yaklaşımlar için elde edilen bağ kirişi uç kuvvetleri Tablo 1'de verilmiştir. Yaklaşım I ve II için daha pratik ağ teşkili mümkün olmakla birlikte, karşılaştırma yapmak amacıyla her yaklaşım için aynı sonlu eleman ağı kullanılmıştır.

Her yaklaşım için deplasmanların ne şekilde değiştiğinin araştırılması amacıyla, perde modelinin sol yüzündeki düğümlerin yatay deplasmanları Şekil 6'da verilmiştir.

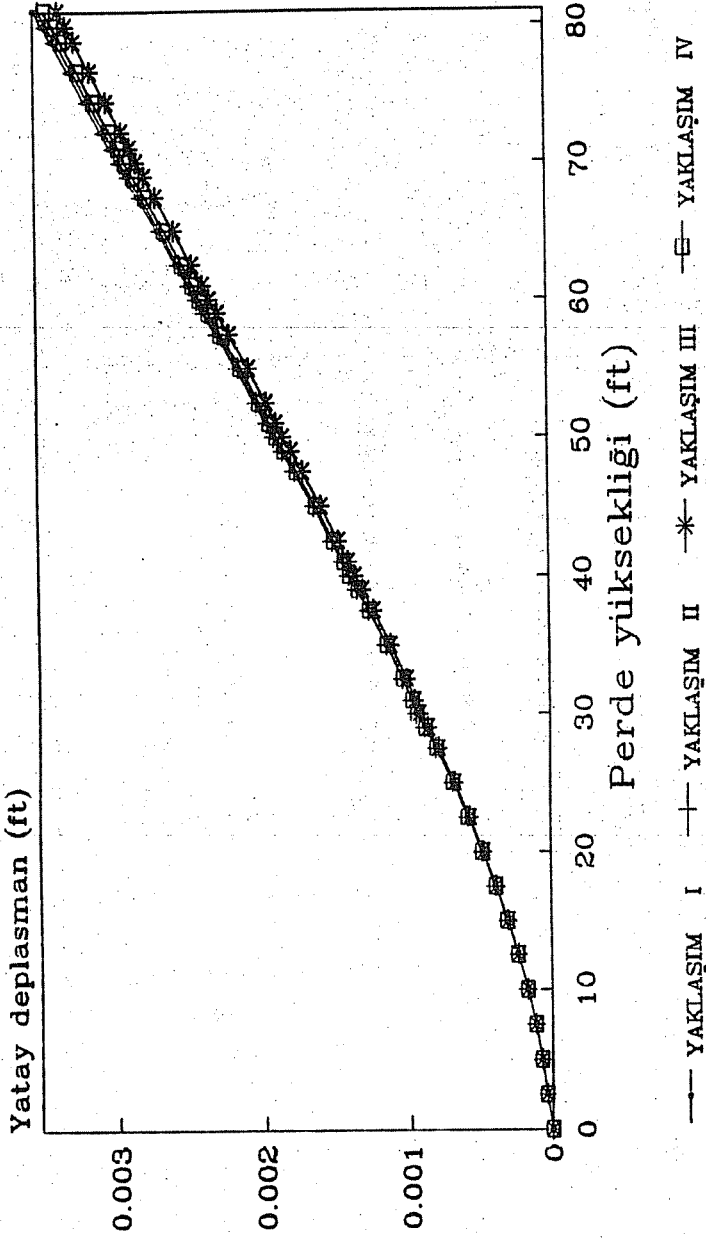
Yalnız bağ kirişi uçlarında oniki serbestlik dereceli eleman kullanılarak elde edilen sonuçların diğerleri ile uyum içinde olduğu görülmektedir (Tablo 1 ve Şekil 6).

Şekil 6'da yaklaşım II için elde edilen deplasman değerlerinin diğerleri ile hemen hemen aynı olduğu görülmektedir. Yaklaşım I'de sistemin bilinmeyen sayısının, II'ye nazaran çok daha fazla olduğu, III'de sonlu eleman ağının otomatik teşkilinde kısıtlamaların ortaya çıkacağı açıktır. Yaklaşım IV'ün bağ kirişinin perde ile birleştiği bölgedeki eleman boyutlarının kiriş yüksekliğine yakın olması durumunda yaklaşım III'e yakın sonuç vereceği gözönüne alınmalıdır.

Özel Dikdörtgen Eleman Kullanımı



Şekil 5. Boşluklu Perde Modeli



Şekil 6. Farklı Yaklaşımlar İçin Yatay Deplasmanlar

Özel Dikdörtgen Eleman Kullanımı

Tablo 1. Farklı Yaklaşımlar İçin Elde Edilen Bağ Kirişleri Uç Kuvvetleri

Bağ K.	M_{ij}	M_{ji}	T_{ij}	T_{ji}	N_i	N_j
1	-48.60	-48.26	-4.84	4.84	19.63	-19.63
2	-53.95	-53.90	-5.39	5.39	22.13	-22.13
I 3	-56.58	-56.66	-5.66	5.66	21.93	-21.93
4	-57.33	-57.48	-5.74	5.74	20.45	-20.45
5	-56.85	-57.08	-5.70	5.70	18.07	-18.07
6	-50.66	-51.66	-5.12	5.12	13.29	-13.29
1	-52.41	-52.06	-5.22	5.22	19.88	-19.88
2	-58.07	-58.02	-5.80	5.80	22.27	-22.27
II 3	-60.79	-60.88	-6.08	6.08	21.96	-21.96
4	-61.50	-61.66	-6.16	6.16	20.45	-20.45
5	-60.95	-61.19	-6.11	6.11	18.08	-18.08
6	-52.74	-53.85	-5.33	5.33	13.18	-13.18
1	-59.67	-59.37	-5.95	5.95	20.26	-20.26
2	-66.01	-65.97	-6.60	6.60	22.53	-22.53
III 3	-68.89	-68.98	-6.89	6.89	22.09	-22.09
4	-69.47	-69.63	-6.96	6.96	20.50	-20.50
5	-68.64	-68.87	-6.88	6.88	18.09	-18.09
6	-65.55	-66.62	-6.61	6.61	12.95	-12.95
1	-52.07	-53.39	-5.27	5.27	19.82	-19.82
2	-57.91	-59.70	-5.88	5.88	22.27	-22.27
IV 3	-60.77	-62.69	-6.17	6.17	22.04	-22.04
4	-61.60	-63.47	-6.25	6.25	20.61	-20.61
5	-60.95	-62.36	-6.17	6.17	17.96	-17.96
6	-60.34	-62.00	-6.12	6.12	13.11	-13.11

Tablo 2. Farklı Yaklaşımlar İçin Perdede Maksimum Yatay Deplasmanlar

YAKLAŞIM I	0.003538
YAKLAŞIM II	0.003502
YAKLAŞIM III	0.003370
YAKLAŞIM IV	0.003465

Tablo 2'de her yaklaşım için perdedenin maksimum yatay deplasmanları verilmektedir. Maksimum deplasman değerlerinin birbirleri ile uyum içinde olduğu görülmektedir.

4. SONUÇLAR

Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak, yüksek yapıların tasarımında karşılaşılan boşluklu perdelerin davranışının, incelendiği bu çalışmada genel olarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

Düğümlerinde yalnızca iki doğrultudaki ötelenmeleri bilinmeyen olarak ele alan düzlem gerilme elemanı ile, bunlara ilave olarak dönme serbestlik derecesini de içeren eleman arasında, süreklilik sağlanabilmekte, böylece sonlu elemanlar yöntemi ile yapı analizinde, sistemde çeşitli serbestlik derecesine sahip elemanların birlikte kullanılma imkanı ortaya çıkmaktadır.

Bağ kirişleri ve perdelerden oluşan boşluklu perdelerin düzlem gerilme elemanı ile çözümünde, bağ kirişi yada çerçeve elemanı perdeye göre daha narin olmakta dolayısıyla bu iki tip elemanın birleştiği ortak düğümde, bağ kirişi yada çerçeve elemanı için dönme serbestlik derecesinin de göz önüne alınması gerekmektedir. Bunu sağlamak için, sistemin tüm düğümlerinde 3 serbestlik derecesi dikkate almak yerine, bağ kirişleri için eğilmeli çubuk elemanı, bağ kirişlerinin perde ile birleştikleri bölgede, düğümlerinde dönme serbestlik derecesini de içeren dikdörtgen elemanlar, diğer bölgelerde ise düğümlerinde yalnızca ötelenmeler olan elemanlar kullanılması yeterli olmaktadır.

Al-Mahaidi ve Nilson [2] ile Antony ve Ganesan [3] tarafından önerilen yaklaşımlarda, bağ kirişi uçlarında uygunluk şartının yazılmasında, dönme bilinmeyenini, komşu düğümlerin yatay deplasmanları cinsinden ifade etmek yerine, o bölgede, düğümlerinde dönme serbestlik derecesini de içeren dikdörtgen düzlem gerilme elemanı kullanarak elde edilen çözüm sonuçlarının, tüm düğümlerde 3 bilinmeyen alınarak elde edilen sonuçlarla uyum içinde olduğu görülmüştür. Bu tür bir çözümle, sonlu eleman ağının otomatik teşkilide kolaylaşacak, aynı zamanda perde yüzü yerine perde içinde yazılan uygunluk şartı daha güvenli olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Macleod, J. A., (1969). *New Rectangular Finite Element For Shear Wall Analysis*. *J. Struc. Engrg., ASCE*, 95(3), 399-409.
2. Al-Mahaidi, R. S., Nilson, A. H. (1975). *Coupled Shear Walls Analysis by Lagrange Multipliers*. *J. Struc. Engrg., ASCE*, 101(11), 2359-2366.
3. Antony, G.Y., Ganesan, T.P., (1983). *Analysis of Wall-Frames by Lagrangian Multipliers*. *J. Struc. Engrg., ASCE*, 109(2), 580-585.
4. Girijavallabhan, C. V. (1969). *Analysis of Shear Walls With Openings*. *J. Struc. Engrg., ASCE*, 95(10), 2093-2103.



NONLINEAR ANALYSIS OF PLANAR FRAMES WITH LINEAR PRISMATIC MEMBERS HAVING RIGID END SECTIONS TAKING SHEAR DEFORMATIONS INTO CONSIDERATION

Orhan AKSOĞAN and Rıza DİNÇER

Ç.Ü. Müh.-Mim. Fak., İnşaat Müh. Böl., Balcalı, Adana

ABSTRACT: *In this study, the nonlinear analysis of frames with linear prismatic members, which may have rigid end sections, has been carried out taking into consideration the effect of shear deformations. First, the stiffness coefficients of linear prismatic members have been obtained, assuming there are rigid sections of arbitrary lengths at both ends. This kind of members show up when there are lintel beams connecting shear walls and columns connecting high beams. Then, using second order theory, the stiffness coefficients of beams have been obtained, taking shear deformations into consideration. For the same case, fixed end forces are found for uniform, concentrated, linear, triangular, and symmetrical trapezoidal loading on a member.*

A computer program has been prepared for the numerical applications of the analytical results. This program, which is written in BASIC language, carries out the second order structural analysis of planar frames and pierced shear walls, taking shear deformations into consideration. Information has been given for the usage of the program along with other explanations concerning the program. Comparisons have been made with some existing solutions in the literature and a perfect match has been observed.

KESME KUVVETİNİ HESABA KATARAK UÇLARINDA RİJİT BÖLGELER BULUNAN ÇUBUKLARDAN OLUŞAN DÜZLEMSEL ÇERÇEVELERİN NONLİNEER ANALİZİ

ÖZET: *Bu çalışmada, kayma deformasyonlarının etkisi de gözönüne alınarak sonsuz rijit kısımları bulunan çubuklardan oluşan çerçevelerin nonlineer analizi yapılmış ve bu konuda bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Önce, heriki ucunda rijit bölgeler bulunan bir çubuk için rijitlik katsayıları elastik bölgesininkiler cinsinden elde edilmiştir. Daha sonra, ikinci mertbe teorisi kullanılarak ve kayma deformasyonları hesaba katılarak rijitlik katsayıları çıkarılmıştır. Nihayet, bir doğrusal prizmatik çubuğun üniform, tekil, lineer, üçgen şeklinde ve simetrik yamuk şeklinde ara yükler*

için ankastrelik uç kuvvetleri elde edilmiştir. Literatürde bulunan bazı sonuçlarla karşılaştırmalar yapılmış ve uyum olduğu görülmüştür.

1. INTRODUCTION

Like in many other science and engineering fields the most powerful tool of the analyst in structural analysis is linearization. However, nothing in the nature seems to be perfectly linear. By linearization, computations become much simpler. One should be cautious against high percentage of error due to linearization. If the nonlinearity effect seems to be relevant nonlinear approach must be utilized. In such cases, one should employ modern methods of numerical analysis and utilize high speed computers for the computations.

In structural mechanics, nonlinearity evolves from different sources. Nonlinearity due to large deformations is handled by finite deformation analysis. This type of nonlinearity is treated in a wide group of appropriate books. A second kind is that caused by variable contact regions among structural members. A few of the research works in this category have been published by Aksoğan [1-3]. In some of those papers, the author has used his modified numerical approach [4] for multi-part mixed boundary value problems. Another study by Liaw and Kwan [5] has recently been published in which the infilling brick walls and the reinforced concrete frames participate interactively in a multistory building. The interaction causes nonlinearity due to the variation of the contact region with the change in the intensity of the loading. Another study of this type has been published by Mason, Balderes and Armen [6] which treats the nonlinearity by the utilization of a technique that makes joint use of force and displacement methods to solve steel design problems in the computer. In this approach an iterative procedure has been necessary. However, at every step the stiffness matrix of the structure has been the same, saving a lot of computation time. The authors have found the stiffness matrix by the displacement method. Then, they have found the flexibility coefficients for joints at the ends of the contact regions. Finally, using force method and an iterative procedure they have found the force distribution in the contact region.

Another source of nonlinearity is the nonlinear behaviour of structural materials. Besides many classical publications on this subject, three recent papers (Gurujee and Agashe [7], Bozzo and Gambarotta [8], and Roberts and Azizian [9]) have treated steel and reinforced concrete structures by special computer programs using different approaches, considering the special behaviours of the structural materials.

In the present work a further source of structural nonlinearity has been taken into consideration which has been treated by an iterative use of stiffness method. This

nonlinearity is highly effective in slender structures composed of high strength structural members. The real causes of nonlinearity are the axial forces in the members which increase their bending moments caused by lateral deflections. Sometimes this increase may be so high that the structure loses its stability. Aksoğan [10] has recently considered stability losses of this kind in planar frames, where the procedure is similar to the one employed in the present work.

The nonlinear effect mentioned in the previous paragraph is frequently called second order effect and the pertinent analysis is called second order analysis. This kind of nonlinearity has been studied, for example, by Çakıroğlu and Özden [11], who have analyzed the planar frame problem by the force method and have prepared a computer program for numerical applications.

In the present work a thorough analysis of planar frames and pierced shear walls has been carried out using stiffness matrix method and a second order approach, taking into consideration, not only the effects of bending and axial deformations, but those due to shear, as well. A computer program has been prepared for applications. Results found in the literature by other methods have been obtained by a straightforward application of this computer program and there is a perfect match between the results of previous works and those of the present one.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Material

As far as material is concerned there is only computer usage in the present study. The rest of the study involves solely analytical work.

2.2. Method

In the present study there are two parts. The first part is comprised of the analytical study which employs the matrix method of analysis commonly used in structural analysis. Of the two widely used methods of structural analysis, namely, force method and displacement method, the latter is used in the present study. The method involves the determination of the stiffness matrix of the structure of concern, the calculation of the contributions of different types of loads to the loading vector, and the solution of the resulting equilibrium equations for the unknowns of the problem, namely, the displacements. However, the foregoing procedure being used to solve a given problem, the analytical work to be encountered in any problem of the same type was handled so that a computer program of completely general applicability could be obtained. The complete analysis was carried out using second order theory. The

effect of shear deformations was taken into consideration throughout the analytical work. The cases, where members of the planar frames have end sections which are considered to have infinite rigidity, were also included in the analysis so that beams connected to wide walls and columns connecting high beams could also be treated appropriately.

The second part of the study was the establishment of the pertinent computer program. In this part a micro-computer was employed for the computer work and the program was written in BASIC language. Both an interactive program and one with data and output files were prepared.

3. RESEARCH FINDINGS, DISCUSSION AND RESULTS

3.1. Analysis

Analysis of structural systems by matrix methods, especially by the widely used stiffness method, has been developed so well that almost all works in the field are carried out by this method. Tezcan [12] has published a book on the subject which constitutes the cornerstone in the structural analysis in Turkey. In that work only linear analysis has been worked on extensively and computerized. Ghali and Neville [13] have treated second order theory at length and have found the pertinent stiffness influence coefficients for a totally elastic member. The authors have neglected the effect of shear deformations. They have involved only uniform and concentrated forces on the members. Later, Çakıroğlu [14] has reconsidered the shear deformations and has shown how the infinitely rigid end sections could be treated. In this study, the author has considered only uniform forces on the members. In the present study all three kinds of the abovementioned properties are treated at the same time, namely, rigid end sections, second order effects, and the effects of shear deformations.

Fig.1.a shows the directions and the positive senses of the end displacements. Fig.1.b shows the stiffness influence coefficients for one of the end displacements, which is arbitrarily called to be the i 'th displacement. Fig.1.c shows the positive senses of the fixed end forces. Fig.1.d shows a member with rigid end sections. Here, i^* and j^* show the ends of the member including the rigid sections. They represent the points on the axes of the high beams or wide shear walls on the two sides of the member. i and j show the points where the elastic part of the member ends, representing the point on the surface of the high beams and wide shear walls. The rotations and the translations, parallel to the axis of the member, at the ends of either rigid section are equal to each other. Hence, it can easily be proved that the stiffness matrix of member $i^* j^*$ is also symmetrical and its elements which are different from those of member ij can be found as follows:

Nonlinear Analysis of Planar Frames

$$k_{33}^* = k_{33} + k_{23} (dL) + k_{22} (dL)^2 + k_{32} (dL) - N (dL)$$

$$k_{32}^* = k_{32} + k_{22} (dL) = -k_{53}^*$$

$$k_{63}^* = k_{63} + k_{53} (dL) + k_{62} (dL) + k_{52} (dL) (bL)$$

$$k_{62}^* = k_{62} + k_{52} (bL) = -k_{65}^*$$

$$k_{66}^* = k_{66} + k_{56} (bL) + k_{55} (bL)^2 + k_{65} (bL) - N (bL)$$

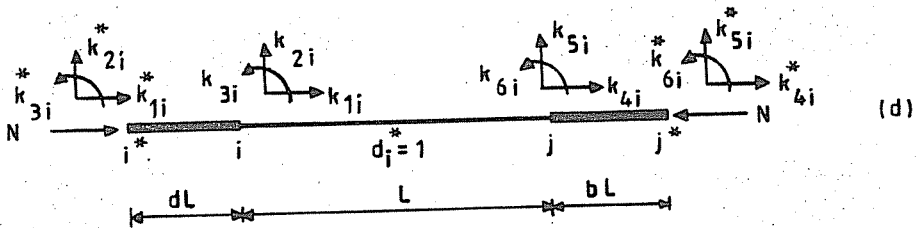
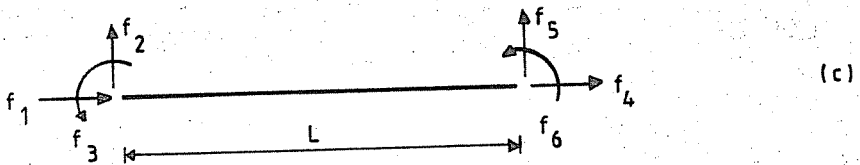
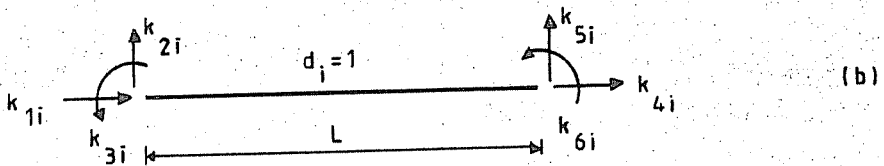
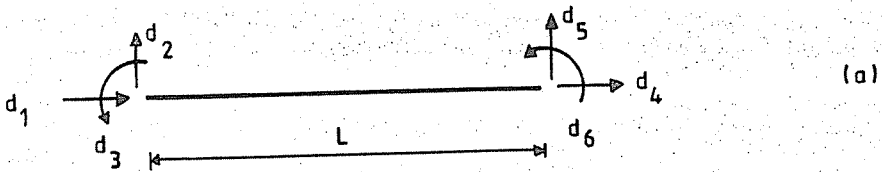


Fig.1. Directions and positive senses of various end properties

Here, substituting zero for N, one gets the corresponding matrix element for linear analysis and changing the sign in front of N, one gets the corresponding matrix element for a member in tension.

In the present study, for members with zero axial forces, the stiffness influence coefficients and the fixed end forces are exactly the same as in the linear analysis. The cases of tensile and compressive axial forces are handled separately writing down the moment curvature relations, in each case, for one or two regions along the member. The differential equations, thus obtained, are solved with the appropriate boundary and continuity conditions at the ends of the aforementioned regions, giving the stiffness matrix of a member on the one hand and the fixed end forces on the other. The results found are presented in a compact form in Tables 1-2 and with the notation

Table 1. Stiffness Matrix for a Member in Compression

$\frac{EA}{L}$	0	0	$-\frac{EA}{L}$	0	0
0	$\frac{EIu^3s \delta^2}{L^3(2-2c-us\delta)}$	$\frac{EIu^2\delta(1-c)}{L^2(2-2c-us\delta)}$	0	$\frac{-EIu^3s \delta^2}{L^3(2-2c-us\delta)}$	$\frac{EIu^2 \delta(1-c)}{L^2(2-2c-us\delta)}$
0	$\frac{EIu^2 \delta(1-c)}{L^2(2-2c-us\delta)}$	$\frac{EIu (s-uc\delta)}{L(2-2c-us\delta)}$	0	$\frac{-EIu^2 \delta(1-c)}{L^2(2-2c-us\delta)}$	$\frac{EIu (u-s\delta)}{L(2-2c-us\delta)}$
$-\frac{EA}{L}$	0	0	$\frac{EA}{L}$	0	0
0	$\frac{-EIu^3s \delta^2}{L^3(2-2c-us\delta)}$	$\frac{-EIu^2\delta(1-c)}{L^2(2-2c-us\delta)}$	0	$\frac{EIu^3s \delta^2}{L^3(2-2c-us\delta)}$	$\frac{-EIu^2 \delta(1-c)}{L^2(2-2c-us\delta)}$
0	$\frac{EIu^2 \delta(1-c)}{L^2(2-2c-us\delta)}$	$\frac{EIu (u-s\delta)}{L(2-2c-us\delta)}$	0	$\frac{-EIu \delta^2 (1-c)}{L^2(2-2c-us\delta)}$	$\frac{EIu (s-uc\delta)}{L(2-2c-us\delta)}$

$$c = \cos \alpha L, \quad s = \sin \alpha L, \quad u = \alpha L, \quad \delta = 1 - N/k_t, \quad \alpha^2 = \frac{N}{EI \delta}, \quad k_t = kGA$$

Nonlinear Analysis of Planar Frames

Table 2. Stiffness Matrix for a Member in Tension

$\frac{EA}{L}$	0	0	$\frac{-EA}{L}$	0	0
0	$\frac{EIu^3s \delta^2}{L^3(2-2c+us\delta)}$	$\frac{EIu^2\delta(c-1)}{L^2(2-2c+us\delta)}$	0	$\frac{-EIu^3s \delta^2}{L^3(2-2c+us\delta)}$	$\frac{EIu^2 \delta(c-1)}{L^2(2-2c+us\delta)}$
0	$\frac{EIu^2 \delta(c-1)}{L^2(2-2c+us\delta)}$	$\frac{EIu (uc\delta-s)}{L(2-2c+us\delta)}$	0	$\frac{-EIu^2 \delta(c-1)}{L^2 (2-2c+us\delta)}$	$\frac{EIu (s-u\delta)}{L (2-2c+us\delta)}$
$\frac{-EA}{L}$	0	0	$\frac{EA}{L}$	0	0
0	$\frac{-EIu^3s \delta^2}{L^3(2-2c+us\delta)}$	$\frac{-EIu^2\delta(c-1)}{L^2(2-2c+us\delta)}$	0	$\frac{EIu^3s \delta^2}{L^3(2-2c+us\delta)}$	$\frac{-EIu^2 \delta(c-1)}{L^2(2-2c+us\delta)}$
0	$\frac{EIu^2 \delta(c-1)}{L^2(2-2c+us\delta)}$	$\frac{EIu (s-u\delta)}{L(2-2c+us\delta)}$	0	$\frac{-EIu \delta^2 (c-1)}{L^2 (2-2c+us\delta)}$	$\frac{EIu (uc\delta-s)}{L (2-2c+us\delta)}$

$$c = \cosh \alpha L, \quad s = \sinh \alpha L, \quad u = \alpha L, \quad \delta = 1 + N/k_t, \quad \alpha^2 = \frac{N}{EI \delta}, \quad k_t = kGA$$

given in Fig.2 as follows:

1- Uniform Load (Fig. 2.a)

Compressive axial force,

$$f_3 = \frac{qL^2}{2(\alpha L)} [1 + (\alpha L)^2 \beta] \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha L}{2} - \frac{\alpha L}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\alpha L}{2}}$$

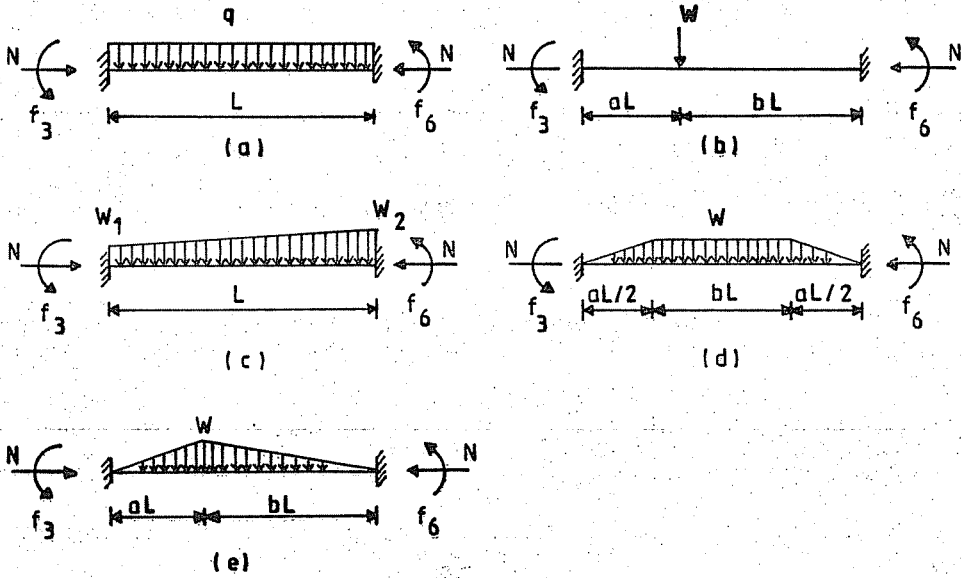


Fig.2. Fixed end forces

Tensile axial force,

$$f_3 = \frac{qL^2}{(\alpha L)^2} [1 - (\alpha L)^2 \beta] \frac{\frac{\alpha L}{2} - \operatorname{tgh} \frac{\alpha L}{2}}{\operatorname{tgh} \frac{\alpha L}{2}}$$

2- Concentrated Load (Fig. 2.b)

Compressive axial force.

$$f_3 = WL \left[\frac{(1+u^2\beta)[bu \cos u - (1+u^2\beta) \sin u + \sin au + \sin bu + au] - \cos bu}{u [(1+u^2\beta)(2 - 2 \cos u) - u \sin u]} \right]$$

Tensile axial force.

$$f_3 = WL \left[\frac{(1-u^2\beta)[bu \cosh u - (1-u^2\beta) \sinh u + \sinh au + \sinh bu + au] - \cosh bu}{u [(1-u^2\beta)(2 - 2 \cosh u) + u \sinh u]} \right]$$

3- Linear Load (Fig. 2.c)

Compressive axial force,

$$f_3 = w_1 L^2 \left[\frac{[(6-6\cos u - 3\sin u)(1+u^2\beta) + 6-6\cos u + 2u^2\cos u - 6\sin u](1+u^2\beta)}{6u^2 [(1+u^2\beta)(2 - 2\cos u) - u\sin u]} \right]$$

$$+ w_2 L^2 \left[\frac{[(6-6\cos u - 3\sin u)(1+u^2\beta) - 6 + 6\cos u + u^2\cos u + 2u^2](1+u^2\beta)}{6u^2 [(1+u^2\beta)(2 - 2\cos u) - u\sin u]} \right]$$

Tensile axial force,

$$f_3 = w_1 L^2 \left[\frac{[(6\cosh u - 6 - 3\sinh u)(1-u^2\beta) - 6 + 6\cosh u + 2u^2\cosh u - 6\sinh u](1-u^2\beta)}{6u^2 [(1-u^2\beta)(2 - 2\cosh u) + u\sinh u]} \right]$$

$$+ w_2 L^2 \left[\frac{[(6\cosh u - 6 - 3\sinh u)(1-u^2\beta) + 6 - 6\cosh u + u^2\cosh u + 2u^2](1-u^2\beta)}{6u^2 [(1-u^2\beta)(2 - 2\cosh u) + u\sinh u]} \right]$$

4- Symmetrical Trapezoidal Load (Fig. 2.d)

Compressive axial force,

$$f_3 = wL^2 \left[\frac{2\sin az}{au^3} - \frac{\cos z}{2u\sin z} + \frac{a\cos z}{4u\sin z} - \frac{2\cos z}{au^3\sin z} + \frac{2\cos z \cos az}{au^3\sin z} \right] [1+u^2\beta]$$

Tensile axial force,

$$f_3 = wL^2 \left[\frac{\cosh z}{2u\sinh z} - \frac{a\cosh z}{4u\sinh z} - \frac{2\sinh az}{au^3} - \frac{2\cosh z}{au^3\sinh z} + \frac{2\cosh z \cosh az}{au^3\sinh z} \right] [1-u^2\beta]$$

5- Triangular Load (Fig. 2.e)

Compressive axial force,

$$f_3 = wL^2 \frac{H_1 + H_2 + H_3}{H}$$

$$H_1 = \left[-\frac{1}{bu^2} - \frac{1}{3} + \frac{b}{6} \right] [-u + (1+u^2\beta) \sin u]$$

$$H_2 = \left[\frac{1}{abu^2} \right] [(\sin au + \sin bu) (1+u^2\beta) - u \cos bu]$$

$$H_3 = \left[-\frac{1}{au^2} - \frac{1}{3} + \frac{a}{6} \right] [-uc + (1+u^2\beta) \sin u]$$

$$H = u [2 (1 - \cos u) (1+u^2\beta) - u \sin u]$$

Tensile axial force,

$$f_3 = wL^2 \frac{H_1 + H_2 + H_3}{H}$$

$$H_1 = \left[-\frac{1}{bu^2} + \frac{1}{3} - \frac{b}{6} \right] [-u + (1-u^2\beta) \sinh u]$$

$$H_2 = \left[\frac{1}{abu^2} \right] [(\sinh au + \sinh bu) (1-u^2\beta) - u \cosh bu]$$

$$H_3 = \left[-\frac{1}{au^2} + \frac{1}{3} - \frac{a}{6} \right] [-u \cosh u + (1-u^2\beta) \sinh u]$$

$$H = u [2 (1 - \cosh u) (1-u^2\beta) + u \sinh u]$$

Nonlinear Analysis of Planar Frames

$$\alpha^2 = \frac{N}{\bar{k}_m}, \quad u = \alpha L, \quad k_t = kGA, \quad z = u/2, \quad k_m = EI, \quad \beta = \frac{k_m}{k_t L^2}$$

For compressive axial force, $\bar{k}_m = k_m(1-N/k_t)$

For tensile axial force, $\bar{k}_m = k_m(1+N/k_t)$

where, E = elasticity modulus, I = moment of inertia, A = cross-sectional area, k = shear shape factor, G = shear modulus, N = axial force, L = length of member and certain abbreviations for each table are given at the bottom of it. The fixed end moment at the right end is found either from symmetry or by an interchange of a and b or w values at the two ends. The other two fixed end forces of relevance are found from equilibrium.

3.2. Programming

After preparing all the necessary materials for a nonlinear analysis, a computer program in BASIC language was written to carry out the numerical computations towards the actual solution of particular problems. In this particular program there are special differences compared to a linear analysis. The main difference is that there is an iteration which can be stopped when a desired accuracy is reached. The geometric stiffness matrix, as it is called, due to axial force is a relevant feature of this analysis, which actually is the cause of the necessity for an iterative procedure. The analysis starts with zero axial forces in all members, giving the linear solution at this first step. Then, at each new step the axial forces found in the previous step are used in the computations, of both the stiffness matrix and the fixed end forces.

When a predetermined precision is attained, the iteration stops and final node displacements, member end forces, and variations of bending moment along relevant members are determined. The maximum value of the bending moment in each member being given, along with the maximum value and its position on the member.

The computer program has two versions, one being interactive and the other employing input and output files. So as not to end up with a bulky program, these two versions were not merged into one, which could easily be accomplished with a few additional statements. Convenient recipes have been appropriately placed in the programs to change or correct previously input data information. Among others, one important advantage of this convenience is that, the results of linear and nonlinear analysis for any number of iterations can be obtained with a single run of the program.

The source programs are available from either of the authors. They cannot be presented here due to the restriction about the number of pages.

3.3. Discussion and Results

Although quite a number of comparisons have been made with the results found in the literature and perfect match has been observed, due to lack of space only one case will be mentioned here. Çakıroğlu and Özden [11] have solved a portal frame problem carrying out a second order analysis and employing a matrix force method. Due to the fact that the authors in that study have started with some predetermined axial forces in the members, it was not known how many iterations they used. In the present work their results were found correct to two thousandths in four iterations.

An example problem has been solved in the present study to expose the results of the novelties concerning the different types of loadings on the members. Due to lack of space and the reason that it is discussed in detail in the second author's master thesis [15], that example will not be presented here.

4. REFERENCES

1. AKSOĞAN, O., *Partial Closure of a Griffith Crack Under a General Loading*, *Int. J. Fracture*, 11(1975), 659-670.
2. AKSOĞAN, O., *Nonhomogeneous Nonsymmetrical Plane Problems with Several Griffith Cracks One or Two Partially Closed*, *Int. J. Fracture*, 12(1976), 223-230.
3. AKSOĞAN, O., *In-plane Bending of Composite Fractured Plates Involving Partial Closures of Cracks*, *METU J. Pure and Applied Sciences*, 10(1977), 199-206.
5. LIAW, T.C. and KWAN, K.H., *Unified Plastic Analysis for Infilled Frames*, *J. Struc. Engng. Div., ASCE*, 92(1985), 1427-1448.
6. MASON, P.W., BALDERES, T. and ARMEN, H., *The Application of Nonlinear Analysis Techniques to Practical Structural Design Problems*, *Comput. Structures*, 16(1983), 549-562.
7. GURUJEE, C.S. and AGASHE, S.N., *INACOF-A Computer Program for the Inelastic Analysis of Reinforced Concrete Framed Structures*, *Int. J. Num. Methods Engng.*, 21(1985), 733-761.
8. BOZZO, E. and GAMBAROTTA, L., *Inelastic Analysis of Steel Frames for Multistorey Buildings*, *Comput. Structures*, 20(1985), 707-713.
9. ROBERTS, T.M. and AZIZIAN, Z.G., *Reduced Degree Displacement Functions for Instability and Nonlinear Structural Analysis*, *Comput. Structures*, 20(1985), 793-799.

10. AKSOĞAN, O., *Düzlemsel Sistemlerin Stabilite Analizi için Bir Bilgisayar Programı*, II. Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Sempozyumu Bildiri Kitabı, B. Kuryel, Editör, 1(1986), 252-261.
11. ÇAKIROĞLU, A. ve ÖZDEN, E.Y., *A Matrix Force Method for the Second Order Analysis of Plane Frames*, Bull. Tech. Univ. İstanbul, 19(1966), 76-94.
12. TEZCAN, S., *Çubuk Sistemlerinin Elektronik Hesap Makineleriyle Çözümü* (in Turkish), Arı Kitabevi Matbaası, İstanbul, 1970, 1-406.
13. GHALI, A. and NEVILLE, A.M., *Structural Analysis*, Chapman and Hall, Second edition, New York, 1978, 364-388.
14. ÇAKIROĞLU, A., *Sonsuz Rijit Kısımları Bulunan Çubukların İkinci Mertebe Analizine Ait Birim Deplasman Sabitleri*, İ.T.Ü. Dergisi, 36(1978), 35-43.
15. DİNÇER, R., *Kesme Kuvvetini Hesaba Katarak Uçlarında Rijit Bölgeler Bulunan Çubuklardan Oluşan Düzlemsel Çerçvelerin Nonlineer Analizi İçin Bir Bilgisayar Programı*, Y.Lisans Tezi, Ç.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 1989.

YAZIM KURALLARI

Gönderilecek makaleler, Mühendislik Bilimleriyle ilgili başka bir yerde yayınlanmamış orijinal bir araştırma niteliğinde olmalıdır. Çeviri ve derleme makaleler kabul edilmez. Yazı dili Türkçe ve İngilizcedir

Dergi ofset tekniği ile basılacağından makaleler Machintosh veya Machintosh uyumlu bilgisayarla yazılmış 1 orijinal ve 2 kopya olarak gönderilmelidir.

Makalelerin incelenmesi 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 yazılır. yazar sayısı birden çok ise hepsi alt alta yazılır. Yazar adresi (Universite, Fakülte, Bölüm, Şehir) yazının 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 aydıngeç kağıdına veya beyaz kuşe kağıda çizilmeli, resimler parlak fotoğraf kartına siyah-beyaz ve net basılmış olmalıdır.

Çalışma herhangi bir kurumun desteği ile yapılmış ise, bu ilk sayfa altına başlıkla(*) ile belirtildikten sonra, dipnotu olarak yazılmalıdır.

Başlıklar 1., 2., ve alt başlıkla 1.1. 1.2..... v.b.g. numaralandırılıp alt başlıklar küçük harflerle, fakat kelime baş harfleri büyük olarak yazılmalıdır.

Metindeki eşitlikler (1), (2),... v.b.g. 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 5, en fazla on satır olmalıdır. Özeten sonra makalenin İngilizce başlığı büyük harfler 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 gösterilecektir. Numaralandırma metinde veriliş sırasına göre yapılmalıdır. İki den fazla yazar sayısı durumunda ilk iki yazar adı yazılıp, Türkçe kaynaklarda " ve diğ." yabancı kaynaklarda "et.al" ibaresi eklenir. Kaynak makale ise, önce yazar adı baş harfi, yazarın soyadı, makalenin adı (yalnız ilk kelimenin baş harfi büyük), derginin adı veya varsa kısaltılmış adı, dergi cilt ve sayısı, parantez içinde senesi ve en son da başlangıç ve bitiş sayfaları tire ile ayrılarak verilir. Kaynak bir kitap ise yazar adının ilk harfi, soyadı, kitap adı (kelime başka harfleri büyük), yayınevi, yayın yeri, yayının yılı ve gerekliyse sayfa numarası verilir.

Makalesi yayınlanan yazarlara bir adet dergi, 10 adet ayrı baskı gönderilir, ancak telif hakkı ödenmez.

Dergiye gönderilen yazılar, yayımlansın veya yayınlanmasın iade edilmez.

Makaleleri yayımlama yetkisi dergi yayın kuruluna aittir.

Dergiye gönderilecek makaleler aşağıdaki adrese gönderilmelidir.

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Dergi Yayın Kurulu Başkanlığı
01330 Balcalı-ADANA

Sivas-Deliktaş tünel güzergahının jeomühendislik incelenmesi <i>Geoengineering investigation of the Deliktaş tunnel alignment in Sivas</i> Feda ARAL, Aziz ERTUNÇ	71
2000 Yılına doğru Türkiye'de kentleşme konut sorunu <i>Housing and urbanisation problem: Towards the year 2000</i> Yusuf GÜRÇINAR	79
Evsel atıksularda askıda katı madde oranları ve çökelme özellikleri <i>Suspended solid concentrations and settling characteristics of domestic wastewaters</i> Ahmet YÜCEER, Ö.Cem DİZDAR.....	99
Boşluklu perdelerde bağ kirişi birleşim yerlerinde özel dikdörtgen eleman kullanımı <i>Use of special rectangular elements at the connections of lintel beams in perforated shear walls</i> Cengiz DÜNDAR, Hasan KAPLAN	111
Kesme kuvvetini hesaba katarak uçlarında rijit bölgeler bulunan çubuklardan oluşan düzlemsel çerçevelerin nonlinear analizi <i>Nonlinear analysis of planar frames with linear prismatic members having rigid end section taking shear deformations into consideration</i> Orhan AKSOĞAN, Rıza DİNÇER	125