

ÇOK KATLI ÇELİK YAPILARIN PLASTİK HESABINDA DEĞİŞİK ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Hasan GÖNEN

*Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Bilim Dalında
DOKTORA TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.*

Danışman: Prof. Dr. Tefik Seno ARDA

Temmuz - 1989

Hasan Gönen'in DOKTORA tezi olarak hazırladığı "Çok Katlı Çelik Yapıların Plastik Hesabında Değişik Çözüm Yöntemlerinin İncelenmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

25.7.1989

Üye : Prof. Dr. Tüfekçi Seno Arda

Üye : Prof. Dr. Yalman ODABAĞI

Üye : Prof. Ömer Rıza Akgün

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 3.1. TEMMUZ 1989.
gün ve 24/5... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem KAYA
Enstitü Müdürü

ÖZET

"Çelik yapıların Otomatik Bilgisayar Programı (ÇYOBP)" adıyla, iki ve üç boyutlu çelik çerçevelerin analizi ve boyutlandırılması için otomatik ve ekonomik bir dizayn prosedürü sunulmuştur.

ÇYOBP, kararlılık bağlı, kararlılık bağımsız, tüp, kafes ve perde duvarlı çerçeveleri; statik ve dinamik analiz, otomatik enkesit elemanı seçimi, kuvvetli kolon-zayıf kiriş ve drift kontrol stratejileri, ve P-delta tesiri kullanarak ekonomik ve verimli bir şekilde otomatik olarak boyutlandırmaktadır.

Çerçeveler, Amerikan Standardı AISC ve Türk Standardı TS4561'e göre iki ayrı şekilde boyutlandırılarak karşılaştırılmıştır.

SUMMARY

An efficient automated design procedure for the analysis and design of the two and three dimensional steel buildings is presented. The program is designated, "Computer Program for Automated Design of Steel Structures (ÇYOBP)".

ÇYOBP, may be used for automated design of two and three dimensional moment frames, braced frames, framed tubes, trussed tubes, and frames with infilled walls. ÇYOBP features include statik and dynamic analysis, automatic member selection, strong column-weak girder option, drift control, and application of P-delta effects.

Same frames are designed twice to compare American Standart (AISC) and Turkish Standart (TS4561).

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın meydana getirilmesinde her türlü destek ve yönlendirmeyi gördüğüm danışman hocam Sayın Prof.Dr. Tevfik Seno ARDA'ya sonsuz şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
SİMGELEER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Tarihçe	1
1.2. Bu Araştırmanın Gayesi ve Kapsamı	4
1.3. Çelik Yapıların Otomatik Bilgisayar Programı (ÇYOBP) nın Tanıtımı	4
2. AMERİKAN VE TÜRK STANDARTLARINA GÖRE BOYUTLANDIRMA FORMÜLASYONLARI	7
2.1. Giriş	7
2.2. Amerikan Standartlarına Göre Plastik Boyutlandırma Formülasyonu	8
2.2.1. Kolon boyutlandırılması	8
2.2.1.1. Kuvvetli eksene göre eğilme hali	9
2.2.1.2. Zayıf eksene göre eğilme hali	12
2.2.1.3. Boyutlandırma kontrolleri ...	13
2.2.2. Kiriş boyutlandırılması	16
2.2.3. Kararlılık bağı boyutlandırılması	18

İÇİNDEKİLER (DEVAM)

	<u>Sayfa</u>
2.2.3.1. Çekme tesiri altındaki kararlılık bağı	18
2.2.3.2. Basınç tesiri altındaki kararlılık bağı	19
2.3. Türk Standartlarına Göre Plastik Boyutlandırma Formülasyonu	20
2.3.1. Kolon boyutlandırılması	20
2.3.1.1. Kuvvetli eksene göre eğilme hali	21
2.3.1.2. Zayıf eksene göre eğilme hali	24
2.3.1.3. Boyutlandırma kontrolleri....	25
2.3.2. Kiriş boyutlandırılması	28
2.3.3. Kararlılık bağı boyutlandırılması.....	29
2.3.3.1. Çekme tesiri altındaki kararlılık bağı	29
2.3.3.2. Basınç tesiri altındaki kararlılık bağı.....	30
2.4. Sonuç	31
3. KARARLILIK BAĞLI ÇERÇEVELER	31
3.1. V-Kararlılık Bağlı Çerçeveseler	32
3.1.1. Giriş	32
3.1.2. Amerikan Standardı AISC'ye göre boyutlandırma	33
3.1.2.1. Sonuç	37
3.1.3. Türk Standardı TS4561'e göre boyutlandırma	39
3.1.4. Amerikan ve Türk Standartlarının	

İÇİNDEKİLER (DEVAM)

	<u>Sayfa</u>
karşılaştırılması	41
3.2. ^-Kararlılık Bağlı Çerçeveseler	41
3.2.1. Giriş	41
3.2.2. Amerikan Standardı AISC'ye göre boyutlandırma	43
3.2.3. Türk Standardı TS4561'e göre boyutlandırma	44
3.2.4. Amerikan ve Türk Standartlarının karşılaştırılması	44
3.3. /-Tek Kararlılık Bağlı Çerçeveseler	46
3.3.1. Giriş	46
3.3.2. Amerikan Standardı AISC'ye göre boyutlandırma	46
3.3.3. Türk Standardı TS4561'e göre boyutlandırma	47
3.3.4. Amerikan ve Türk Standartlarının karşılaştırılması	48
3.4. Kararlılık Bağlı Çerçeveselerin Genel Değerlendirilmesi	48
4. KARARLILIK BAĞSIZ ÇERÇEVESLER	50
4.1. Giriş	50
4.2. Amerikan Standardı AISC'ye Göre Boyutlandırma.	50
4.3. Türk Standardı TS4561'e Göre Boyutlandırma....	53
4.4. Amerikan ve Türk Standartlarının Karşılaştırılması.....	54
5. GENİŞ AÇIKLIKLI ÇERÇEVESLER	54
5.1. Giriş	54

İÇİNDEKİLER (DEVAM)

	<u>Sayfa</u>
5.2. Amerikan Standardı AISC'ye göre boyutlandırma	56
5.3. Türk Standardı TS4561'e göre boyutlandırma ...	56
5.4. Amerikan ve Türk Standartlarının karşılaştırılması	59
6. KUVVETLİ KOLON-ZAYIF KİRİŞ PRENSİBİNE GÖRE BOYUTLANDIRMA	59
6.1. Giriş	59
6.2. Amerikan Standardı AISC'ye göre boyutlandırma	62
6.3. Türk Standardı TS4561'e göre boyutlandırma	63
6.4. Amerikan ve Türk Standartlarının karşılaştırılması	64
7. DİNAMİK YÜKLERE GÖRE BOYUTLANDIRMA	64
7.1. Giriş	64
7.2. Amerikan Standardı AISC'ye göre boyutlandırma.	66
7.3. Türk Standardı TS4561'e göre boyutlandırma ...	71
7.4. Amerikan ve Türk Standartlarının karşılaştırılması	71
8. BOYUTLANDIRMADA DRİFT (YANAL DEPLASMAN) KONTROLÜ	73
8.1. Giriş	73
8.2. Amerikan Standardı AISC'ye göre boyutlandırma	75
8.3. Amerikan ve Türk Standartlarının karşılaştırılması	75

İÇİNDEKİLER (DEVAM)

	<u>Sayfa</u>
8.4. Amerikan ve Türk Standartlarının Karşılaştırılması	78
9. ÜÇ BOYUTLU BİNA (TÜP ÇERÇEVE) BOYUTLANDIRILMASI...	81
9.1. Giriş	81
9.2. Amerikan Standardı AISC'ye Göre Boyutlandırma.....	81
9.3. Türk Standardı TS4561'e Göre Boyutlandırma.....	83
9.4. Amerikan ve Türk Standartlarının Karşılaştırılması.....	87
10. GENEL DEĞERLENDİRME	90
11. SONUÇ	95
KAYNAKLAR DİZİNİ	98

EKLER

1. AISC'ye Göre Kolon Boyutlandırılmasının Akış Diyagramı
2. AISC'ye Göre Kiriş Boyutlandırılmasının Akış Diyagramı
3. AISC'ye Göre Kararlılık Bağı Boyutlandırılmasının
Akış Diyagramı
4. TS4561'e Göre Kolon Boyutlandırılmasının Akış Diyagramı
5. TS4561'e göre Kiriş Boyutlandırılmasının Akış Diyagramı
6. TS4561'e Göre Kararlılık Bağı Boyutlandırılmasının Akış
Diyagramı
7. Amerikan Standardında Seçilecek Enkesitler
8. Türk Standardında Seçilecek Enkesitler

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Ebatları verilen tipik bir çerçeve, yapıya etkiyen yükler	34
3.2. Başlangıç boyutlandırılması (Anderson)	35
3.3. Nihai boyutlandırma (Anderson)	35
3.4. ÇYOBP'nin nihai boyutlandırması (3.iterasyon) ..	36
3.5. İterasyonların nihai çözüme yaklaşma mertebesi	38
3.6. Anderson ve ÇYOBP'nin ağırlık açısından mukayesesi	38
3.7. ÇYOBP'nin nihai boyutlandırması (4.iterasyon) ..	40
3.8. AISC ve TS4561'in kesitler ve ağırlık açısından mukayesesi	42
3.9. AISC ve TS4561'in kesitler ve ağırlık açısından mukayesesi	45
3.10. AISC ve TS4561'in kesitler ve ağırlık açısından mukayesesi	49
4.1. Yükleme ve boyutları gösterilen tipik bir çerçeve	51
4.2. Driscoll'un önboyutlandırması	52
4.3. Driscoll'un nihai boyutlandırması	52
4.4. AISC için nihai çözüm	55
4.5. TS4561 için nihai çözüm	55
5.1. Geniş açıklıklı çerçeve ve düşey ve yatay yükler	57
5.2. Geniş açıklıklı çerçevenin önboyutlandırması ...	58
5.3. AISC ve TS4561'in kesitler ve ağırlık açısından mukayesesi	60

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.1. AISC ve TS4561'in kesitler ve ağırlıklar açısından mukayesesi	65
7.1. Çerçeve geometrisi, enkesitler ve çerçeve yükleri	67
7.2. El Centro depreminin davranış spektrumu	68
7.3. AISC ve TS4561'in enkesit ve ağırlık açısından mukayesesi	73
8.1. Çerçeve boyutları	76
8.2. Başlangıç boyutlandırma enkesitleri	76
8.3. Nihai taşıma gücü boyutlandırılması (AISC)	77
8.4. Drift şartını sağlayan nihai boyutlandırma (AISC)	77
8.5. Nihai taşıma gücü boyutlandırması (TS4561)	79
8.6. Drift şartını sağlayan nihai boyutlandırma (TS4561)	79
8.7. Taşıma gücüne göre nihai çözümler	80
8.8. Drift kontrollü nihai çözümler	80
9.1. Beş katlı çerçeve tüpün normal kat planı	82
9.2. Tüp çerçeveye tesir eden yükler	84
9.3. Önboyutlandırma enkesitleri	85
9.4. Nihai çözüme yaklaşma mertebeleri	86
9.5. Tüp çerçevede geniş cephedeki enkesitlerin mukayesesi	88
9.6. Dar cephedeki enkesitler ve tüm ağırlıkların mukayesesi	89

SİMGELELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler		Açıklama
Amerikan St.	Türk St.	
A	F	Elemanın enkesit alanı
C_c	λ_p	Elastik ve inelastik burkulmanın oranı
C_m	C_m	AISC (1.6.1) de tarif edilen bir katsayı
E	E	Elastisite modülü
F_a	σ_{bem}	Emniyetli aksenal gerilme
F_y	σ_a	Akma gerilmesi
K	-	Efektif uzunluk faktörü
L	S_k	Elemanın uzunluğu
L_{cr}	L_{KR}	Kritik eleman uzunluğu
M_i	M_i	Kirişin i ucundaki moment
M_j	M_j	Kirişin j ucundaki moment
M_m	M_{KR}	Eksenal yük olmadığı zaman plastik olarak boyutlandırılan elamanın taşıyacağı kritik moment
M_p	M_p	Plastik moment
M_{x1}	M_{x1}	Kiriş-kolonun serbest uzunluğunun ucundaki kuvvetli eksene göre küçük moment
M_{x2}	M_{x2}	Kiriş-kolonun serbest uzunluğunun ucundaki kuvvetli eksene göre büyük moment
M_{y1}	M_{y1}	Kiriş-kolonun serbest uzunluğunun ucundaki zayıf eksene göre küçük moment
M_{y2}	M_{y2}	Kiriş-kolonun serbest uzunluğunun ucundaki zayıf eksene göre büyük moment
P	N	Uygulanan aksenal yük
P_{cr}	N_{KR}	Kritik aksenal yük

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (DEVAM)

<u>Simgeler</u>		<u>Açıklama</u>
<u>Amerikan St.</u>	<u>Türk St.</u>	
Pe	Ne	Euler burkulma yükü
Py	Na	Akma noktasındaki aksenal kuvvet
SQT	SQT	Kare kutu kesit
STD	STD	Standart boru
V	Q	Kirişteki statiksel kesme kuvveti
Vu	Qp	Plastik boyutlandırmada maksimum yükün verdiği statiksel kesme kuvveti
W14X22	W14X22	W enkesitinin yüksekliği (inch) X birim uzunluk ağırlığı
XSG	XSG	Ekstra kuvvetli boru
Z _x	W _x	Kuvvetli eksene göre mukavemet momenti
Z _y	W _y	Zayıf eksene göre mukavemet momenti
b _f	b	Elemanın başlık genişliği
d	h	Elemanın yüksekliği
r _x	i _x	x eksenine göre atalet yarıçapı
r _y	i _y	y eksenine göre atalet yarıçapı
t _f	t _b	Başlık kalınlığı
t _w	t _g	Gövde kalınlığı

Kısaltmalar

ÇYOBP :	Çelik yapıların otomatik bilgisayar programı
AISC :	Amerikan Standardı (plastik teori)
TS4561 :	Türk Standardı (plastik teori)

1. GİRİŞ

1.1. Tarihçe

1965 te Lehigh Üniversitesi'nde Driscoll et al. tarafından verilen yaz kursunun ders notlarının yayınlanması plastik hesap metodlarının gelişmesinde esas adımı teşkil etmiştir. Bu yayın yapıyı alt elemanlara bölme tekniğini getirmiştir, ki bu daha sonra değişik araştırmacılar tarafından bilgisayar destekli boyutlandırma prosedürlerinin üretiminde kullanılmıştır. Driscoll et al. (1968 a, 1968 b, 1970) statik yüklemeye maruz iki boyutlu kararlılık bağımsız çelik çerçevelerin plastik hesabı için iki program geliştirmiştir. Birinci program çerçevelerin ön boyutlandırılması için kullanılırken, ikinci program ön boyutlandırma safhasını analiz için yapıyı alt elemanlara bölme tekniğini kullanmıştır.

Nakamura ve Litle (1968) adı geçen tekniği iki boyutlu kararlılık bağımsız çelik çerçeveler için, bilgisayar prosedürü geliştirmek üzere Lagrange çarpanı metodu ile birlikte kullanmıştır. Bu metod kullanılarak statik yükler altındaki kararlılık bağımsız 24 katlı çerçeveler boyutlandırılabilmiştir.

Horne ve Morris (1972), Horne (1973) ve Morris (1972) iki boyutlu çelik çerçevelerin plastik hesap prosedürünü geliştirmişlerdir. Bu program önce doğrusal programlamaya iterasyon uygulayarak düşey yükler ve rüzgar yükü için rijit-plastik hesap yoluyla minimum ağırlık tesbit etmekte,

sonra maksimum yükleme durumundaki P-Delta tesirlerini hesaplamak için ön boyutlandırma servis yükü şekil değiştirmeleri bazı pratik faktörlerle düzeltmektedir.

Emkin ve Litle (1970) ve Emkin (1975) iki boyutlu çelik çerçevelerin plastik hesabı için alt elemanlara ayırma tekniği kullanılarak bir bilgisayar prosedürü geliştirmişlerdir. Bu prosedür, önce yalnız artırılmış düşey yükler için rijit-plastik hesap yapmakta, sonra çökme mekanizması durumundaki kolon şekil değiştirmeleri esas alınarak her kat için P-Delta tesirlerini hesaplamaktadır. Son olarak, program artırılmış düşey yükler ve rüzgar yükü altında, gerekli yanal rijitliğin getirdiği ekstra ağırlığı minimuma indirmek için, her katta gradient arama algoritması kullanılmaktadır.

El Hafez ve Powell (1973, 1974 a, 1974 b) iki boyutlu kararlılık bağımsız çelik çerçevelerin maksimum yük altında bilgisayar destekli dizaynı için iki program geliştirmişlerdir. Minimum maliyet elde edebilmek için doğrusal programlamayla birlikte modife edilmiş alt elemanlara ayırma tekniği kullanılmıştır. Kuvvetli kolon-zayıf kiriş stratejisi dahil edilmiştir. Birinci program, taşıma gücü, servis yük şekil değiştirmeleri, eleman yüksekliği ve minimum kiriş ağırlığı kriterlerini sağlayan bir ön boyutlandırma üretmektedir. İkinci program ise hassaslaştırılmış alt elemanlara ayırma tekniği kullanılarak ön boyutlandırmayı analiz etmektedir.

Bertero ve Kamil (1975) iki boyutlu kararlılık bağımsız çelik çerçevelerin doğrusal olmayan sismik dizaynı için bil-

gisayar destekli dizayn prosedürü hazırlamışlardır. Prosedür aşağıdaki beş adımdan meydana gelmektedir.:

1) Ön mod analizi, 2) El Hafez ve Powell'inkine benzer yaklaşım kullanılarak tek tek katlar ele alınıp yapılan ön boyutlandırma, 3) Ön boyutlandırmanın inelastik statik ve dinamik analizi, 4) Hassas kat alt elemanlarına bölme ve doğrusal programlama kullanılarak nihai optimum boyutlandırma, 5) Nihai boyutlandırmayı kuvvetli deprem yükü altında analiz etme. Prosedür otomatik değildir ve kabul edilebilir neticeler elde edebilmek için adı geçen her adım bir kaç defa tekrarlanmaktadır. Bundan dolayı kullanılması pratik değildir.

Saddick (1978) çelik çerçevelerin otomatik plastik dizaynını gerçekleştiren bir bilgisayar programı geliştirmiştir. Bu program bir çok açıdan tatmin ediciydi. O, tüp çerçeveler de dahil üç boyutlu yapıları analiz ve projelendirilebilmekte ve her türlü kararlılık bağı düzenini kullanabilmekteydi. Statik yükler ve dinamik spektrum yüklemeler kullanılabilirdi. Bu program bilgisayar zamanı açısından ve iterasyon sayısı bakımından verimliydi.

Fakat programın bazı sınırlandırmaları vardı: P-Delta tesirleri dikkate alınmıyordu; kuvvetli kolon-zayıf giriş stratejisi kullanılmamıştır; drift kontrol algoritması bazı eksisliklere sahipti; benzer elemanlar guruplanmadan her eleman ayrı ayrı boyutlandırılıyordu, ve kaynaklanmış plak krişler veya yapma kolonlar kullanılarak boyutlandırma yapamıyordu. Üç boyutlu yapıların dinamik deprem yükü altındaki boyutlandırılmasında iki ortogonal spektrum gerektiği

halde bir yükleme ile sınırlıydı.

1.2. Bu Araştırmanın Gayesi ve Kapsamı

Bölüm (1.1) de sayılan bilgisayar destekli boyutlandırma prosedürleri iki boyutlu, dikdörtgen, kararlılık bağımsız çerçevelerle sınırlıdır. Bu, çeşitli yanal yükler taşıyan sistemlerin kullanıldığı günümüzde ciddi bir limitasyon getirmektedir. Bilgisayar programları perde duvarlı kararlılık bağımsız çerçevelerin yanında çeşitli kararlılık bağılı çerçevelerin boyutlandırılmasını yapabilmelidirler. Günümüzde çok katlı tüp çerçeveler ve kafes tüpler gibi üç boyutlu sistemler inşa edilmektedir. Çoğunlukla bu sistemler üç boyutlu dizayn prosedürü gerektiren moment tipi çerçevelerle kombinasyon yapılarak kullanılmaktadır.

Bu araştırmanın gayesi iki ve üç boyutlu çelik binaların analiz ve boyutlandırılması için verimli, otomatik bir dizayn prosedürü sunmaktır.

Çelik binaların incelenmesinde kullanılan program "Çelik Yapıların Otomatik Bilgisayar Programı (ÇYOBP)" olarak adlandırılmıştır.

1.3. Çelik Yapıların Otomatik Bilgisayar Programı (ÇYOBP)'nin Tanıtımı

ÇYOBP iki ve üç boyutlu moment tipi çerçeveler, kararlılık bağılı çerçeveler, tüp çerçeveler, kafes tüpler ve perde duvarlı çerçevelerin otomatik boyutlandırılması için

kullanılabilir. Kolonlar, standart ve özel imal edilen geniş başlıklı enkesitler ve çeşitli yapma enkesitleri ihtiva eden eleman tablosundan seçilebilir. Kirişler, yapma ve ekonomik standart enkesitleri içine alan tablodan seçilir. Kararlılık bağı elemanları boru ve kutu enkesitler olmak üzere tablodan seçilebilir.

Yukarıda adı geçen tablolar Ek (3 ve 4) de verilmiştir.

ÇYOBP de yükler; üç düzey yükleme, iki statik yanal yükleme ve iki bağımsız dinamik spektrumun doğrusal kombinasyonu olarak uygulanabilir.

ÇYOBP, P-Delta tesirlerini dikkate almakta ve yanal deprem kuvvetlerini otomatik olarak hesaplama kabiliyetine sahiptir.

ÇYOBP nihai çözüme bir dizi analiz ve boyutlandırma iterasyonları sonunda ulaşır. Nihai çözüme ulaşma, arka arkaya iki iterasyonun neticeleri aynı olduğu veya iki iterasyon esnasında değişen eleman sayısı sabit olup kullanıcı tarafından belirlenen bir sayıdan küçük olduğu zaman mümkün olur.

Otomatik boyutlandırma prosedürü, statik ve dinamik deplasmanlar ve bunlara tekabül eden eleman kuvvetlerini hesaplayarak başlar. Her elemandaki kuvvetler doğrusal elastik analiz kullanılarak bulunan artırılmış dizayn yüklerinden hesaplanır. Sonra elemanlar enkesitin maksimum taşıma gücü esas alınarak boyutlandırılır. Şayet kuvvetli kolon-zayıf kiriş kriteri seçilmişse, maksimum yük altında bütün

plastik deformasyonları kolonlar yerine kirişlere yönlendiren boyutlandırma felsefesini yansıtmak üzere kolon uç momentleri modife edilir. Sonra elemanların boyutlandırılması belirlenen elemanların "guruplandırılması" yoluyla yapılır. Guruplama aynı gurup enkesitler arasından en kuvvetli eleman diğer elemanlar yerine kullanılır. Böylece her iki ya da üç katta aynı kolon enkesitini ve istenen bir katta kiriş enkesitlerini sabit tutmak mümkün olacaktır.

Sonra, mevcut boyutlandırma iterasyonu sonuçları ondan önceki iterasyon sonuçlarıyla mukayese edilir. Şayet nihai çözüme ulaşılmışsa kat driftleri aşılmaması istenen kat drift indeksi ile kıyaslanır. Eğer drift kriteri sağlanmamışsa bazı elemanların enkesitleri yapının rijitliğini artırmak için büyütülür. Bunu, drift kriterine geçmek üzere yapının deplasmanlarını belirleme takip eder. Drift dizayn prosedürü bütün katların drift değerleri müsaade edilen değere eşit ya da küçük oluncaya kadar devam eder.

Drift kriterinin sağlanması otomatik boyutlandırma prosedürünün sonunu işaret eder.

Sonuç olarak, program tamamen otomatik olup ara bir müdahale gerektirmemektedir. ÇYOBP'nin uygulanması konvansiyonel metodlara kıyaslandığında verimli ve ekonomik sonuçlar doğurmaktadır. Kullanım kolaylığı, hesaplamada ekonomi ve pratik boyutlandırma imkanları ÇYOBP'yi profesyonel mühendislikte kullanmada son derece cazip bir program yapmaktadır.

Yukarıda verilen otomatik boyutlandırma prosedürü hem Amerikan standardı AISC(1978), hem de Türk Standardı TS4561 (1985) in boyutlandırma kriterlerini kullanarak iki ayrı şekilde dizayn edilmiştir.

Bu araştırmaya data olarak kullanılan bütün bilgisayar çözümleri Eskişehir Anadolu Üniversitesi Bilgi İşlem Merkezi'nde IBM4341 (Real Memory - 4 Mb) makinasında gerçekleştirilmiştir.

2. AMERİKAN VE TÜRK STANDARTLARINA GÖRE PLASTİK BOYUTLANDIRMA FORMÜLASYONLARI

2.1. Giriş

Genelde bir çerçevenin nihai boyutlandırılması, yaklaşık analiz teknikleri kullanılarak elde edilen belli ön boyutlandırmaya dayanır. Diğer yandan, ÇYOBP (Çelik Yapıların Otomatik Bilgisayar Programı), bir çerçevenin nihai boyutlandırılmasına önce herhangi bir gurup enkesitle başlar ve otomatik iterasyon prosesi kullanmak suretiyle en son kesitleri bularak ulaşır.

Ön boyutlandırma enkesitleri girdi olarak verildiğinde, program kuvvet analizini uygular ve sonra şartları sağlayan enkesitleri seçer. Elde edilen yeni enkesitler ön boyutlandırmada kullanılan enkesitlerle mukayese edilir ve bu adımdaki değişiklikler not edilir. Bu, boyutlandırma prosesinin ilk adımıdır. Daha sonra program ilk iterasyon sonuçlarını, otomatik olarak daha hassas boyutlandırmaya gitmek üzere gir-

di olarak değerlendirir. Aynı şekilde, ikinci iterasyondaki enkesitler birinci iterasyondaki enkesitlerle otomatik olarak karşılaştırılır. Bu proses son iki iterasyon sonuçları aynı oluncaya kadar devam eder; böylece nihai boyutlandırma elde edilir.

ÇYOBP ile herhangi bir çerçevenin son boyutlandırılması, programa eklenmiş enkesit tablolarında standartlardaki şartları sağlayan bir enkesit bulunduğu müddetçe, her zaman mümkündür.

2.2. Amerikan Standartlarına Göre Plastik Boyutlandırma Formülasyonu

2.2.1. Kolon boyutlandırılması

Kolon boyutlandırılmasına (KL/r_x) ve (KL/r_y) narinlik oranları hesaplanarak başlanır. Burada; K efektif uzunluk faktörü, L gerçek kararlılık bağımsız uzunluk, r_x , X-X eksenine göre atalet yarıçapı, ve r_y , Y-Y eksenine göre atalet yarıçapıdır.

Sonra bu narinlik oranları kuvvetli ve zayıf eksenlere göre eğilme şartlarının sağlanması için elastik burkulmanın elastik olmayan burkulmaya bölünmesiyle elde edilen C_c ile kıyas edilir. Eğilme kuvvetli eksene göre olduğu zaman, $KL/r_x \leq C_c$; zayıf eksene göre olduğu zaman $KL/r_y \leq C_c$ olmalıdır. Burada $C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}}$, E elastisite modülü ve F_y akma gerilmesidir.

Bir eleman için emniyetli aksenal gerilme en büyük narinlik oranı KL/r kullanılarak hesaplanır:

$$F_a = \frac{\left(1 - \frac{(KL/r)^2}{2C_c^2}\right) F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3KL/r}{8C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8C_c^3}} \quad (2.1.)$$

Buradan kritik aksenal yük emniyetli yüke bir yük faktörü uygulanarak elde edilir:

$$P_{cr} = (1.7) A F_a \quad (2.2.)$$

burada A elemanın enkesit alanıdır.

Bileşik eğilmeye maruz elemanlar için plastik boyutlandırma kriterleri AISC standardından alınır. Bu standart elemanların aşağıdaki formülleri sağlayacak şekilde boyutlanmasını şart koşmaktadır.

2.2.1.1. Kuvvetli eksene göre eğilme hali

$$\frac{P}{P_{cr}} + \frac{C_m M}{\left(1 - \frac{P}{P_e}\right) M_m} \leq 1.0 \quad (2.3)$$

$$\frac{P}{P_y} + \frac{M}{1.18 M_p} \leq 1.0; M \leq M_p \quad (2.4)$$

(2.3.) ve (2.4.) denklemleri (2.4-2) ve (2.4-3) AISC formülleridir.

Kullanım kolaylığı gayesi ile (2.3) ve (2.4) denklemleri aşağıdaki şekilde yazılmıştır.

$$M_m = \frac{C_m M_{x2}}{\left(1 - \frac{P}{P_{cr}}\right) \left(1 - \frac{P}{P_e}\right)} \quad (2.5.)$$

$$M_{px} = \frac{M_{x2}}{1.18 \left(1 - \frac{P}{P_y}\right)} \quad (2.6.)$$

$$P_y = AF_y$$

$$P_e = \frac{\pi^2 AE}{(KL/r_x)^2}$$

Burada C_m , AISC, bölüm (1.6.1.)de tarif edilmiştir. Kararlılık bağımsız çerçeveler için $C_m=0,85$ iken kararlılık bağılı çerçeveler için aşağıdaki formül kullanılarak C_m hesaplanır:

$$C_m = 0.6 - 0.4 \frac{M_{x1}}{M_{x2}} \geq 0.4$$

Bu durumda C_m , 0.4 den daha küçük olamaz. M_{x1} kuvvetli eksene göre uygulanan küçük moment, M_{x2} kuvvetli eksene göre uygulanan büyük moment, M_m aksenal yük olmadan plastik boyutlandırılmış elemanın taşıyabileceği kritik moment, M_{px} plastik moment, P uygulanan aksenal yük, P_y akma noktasındaki aksenal yük ve P_e Euler burkulma yüküdür.

Şayet kuvvetli eksene göre bir eğilme meydana gelirse herhangi bir I profilinden teşkil edilmiş kolon elemanı, taşıyabileceği maksimum yüke erişmeden eğilme düzleminden dışarıya burkulabilir. Bu sebeple mekanizmaya bağlı olarak ortaya çıkan plastik mafsallarda meydana gelecek yanal ve

burulma deplasmanlarına karşı koyacak yanıl kararlılık bağlarına ihtiyaç vardır. Elemanın yanıl olarak tutulmamış uzunluğu L_{cr} , eleman uç momentlerinin oranına bağlı olarak uygulanan AISC formülleri (2.9.-1a) ve (2.9.-1.b) den alınan aşağıdaki değerlerle sınırlandırılmıştır.

Böylece,

$$-0.5 < \frac{M_{x2}}{M_{px}} < 1.0 \quad \text{için}$$

$$L_{cr} = r_y \left(\frac{1375}{F_y} + 25 \right) \quad (2.7.)$$

veya

$$-1.0 < \frac{M_{x2}}{M_{px}} \leq -0.5 \quad \text{için}$$

$$L_{cr} = r_y \left(\frac{1375}{F_y} \right) \quad (2.8.)$$

burada L_{cr} kritik tutulmamış uzunluktur.

şayet $L \leq L_{cr}$ ise, kolon zayıf eksen doğrultusunda kararlılık bağlı (tutulmuş) kabul edilir, bu halde M_p olarak (2.5.) ve (2.6.) denklemlerinden bulunan momentlerin büyüğü alınıp boyutlandırma yapılır.

şayet $L > L_{cr}$ ise, kolon zayıf eksen doğrultusunda kararlılık bağsız (tutulmamış) kabul edilir. Bu halde, plastik moment M_{p2} aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$M_{p2} = M_m / \left(1.07 - \frac{(KL/r_y) F_y}{3160} \right) \quad (2.9.)$$

Burada M_p olarak (2.6) ve (2.9) denklemlerinden elde edilen momentlerin büyüğü alınıp boyutlandırma yapılır. Bundan sonra gerekli plastik mukavemet momenti Z_x , aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$Z_x = \frac{M_p}{F_y} \quad (2.10.)$$

2.2.1.2. Zayıf eksene göre eğilme hali:

Bu halde küçültülmüş plastik moment:

$$M_{py} = 1.67M_{y2} \left(1 - \frac{P}{P_y}\right) \quad (2.11.)$$

burada 1.67 faktörü Johnston (1976) dan alınmıştır ve M_{y2} zayıf eksene göre uygulanan büyük momenttir. Bu hal için M_m momenti (2.5.) denklemi değiştirilerek bulunur:

$$M_m = \frac{C_m M_{y2}}{\left(1 - \frac{P}{P_{cr}}\right) \left(1 - \frac{P}{P_e}\right)} \quad (2.12.)$$

burada $P_e = \frac{\pi^2 AE}{(KL/r_y)^2}$ dir.

Bundan sonraki adımlar, kuvvetli eksene göre boyutlandırma safhaları M_{px} yerine M_{py} ve M_{x2} yerine M_{y2} yazılarak aynen tekrar edilecektir.

Şayet kolon zayıf eksen doğrultusunda tutulmuş ise, M_p olarak (2.11.) ve (2.12.) denklemlerinden büyüğü alınıp boyutlandırma yapılır.

Şayet kolon zayıf eksen doğrultusunda tutulmamış ise (2.9.) denklemi aşağıdaki gibi değiştirilir:

$$M_{p3} = M_m \left(1.07 - \frac{(KL/r_x) \sqrt{F_y}}{3160}\right) \quad (2.13.)$$

Bu durumda, M_p (2.11.) ve (2.13.) denklemlerinden elde edilen M_{py} ve M_{p3} ten büyüğü olacak ve boyutlandırmaya esas

teşkil edecektir.

Böylece plastik mukavemet momenti aşağıdaki gibi hesaplanacaktır.

$$Z_y = \frac{M_p}{F_y} \quad (2.14.)$$

Kolonun mukavemet momentleri elde edildikten sonra program enkesit tablolarından bunlara karşı gelen elemanı seçecektir.

2.2.1.3. Boyutlandırma kontrolleri

Elemanın boyutlandırılmasındaki son adım boyutlandırılan elemanın AISC (1978) de belirtilen boyutlandırma kriterlerine uygunluğunun kontrolüdür. Bu kontroller aşağıdaki gibi yapılır.

A. Kesme Kuvveti

Plastik teori yapının belli kesitlerinin tam plastik momente erişmesi, bunu, uygulanan yük arttıkça bu sabit moment değerinde uygun dönmenin takip etmesi fikrine dayanır. Tam plastik moment M_p veya $F_y \cdot Z$ nin hesabında elemanın stabil ve sadece momente maruz kaldığı kabul edilir; böylece aksenal zorlama ve kesme kuvveti ihmal edilir.

Genelde plastik mafsallar kesme ve aksenal kuvvetlerin mevcut olduğu pozisyonlarda meydana geldiğinden, bu kuvvetler sebebiyle plastik moment değerlerindeki değişimleri kestirebilmek önem kazanmaktadır. En çok karşılaşılan hal-

lerde kesme kuvvetinin tesiri çok küçüktür. Bazı özel hallerde kesme ve aksenal zorlamanın bileşik tesiri önemlidir. Kesme kuvvetleri gövdeleri aynı düzlemde bulunan birbirlerine rijit olarak bağlanmış iki ya da daha fazla elemanın bağlantı bölgelerinde genellikle yüksektir. Şayet, bağlantı bölgeleri de dahil olmak üzere gövde diyagonal takviye çubukları veya levhalarla rijitleştirilmemişse, elemandaki kesme kuvveti aşağıda verilen maksimum kesme kuvveti kapasitesini aşamaz.

$$V_u = (0.55)F_y t_w d \quad (2.15.)$$

Burada V_u öngörülen bir faktörle artırılmış yüklemekten hasil olan maksimum kesme kuvveti kapasitesi, t_w gövde kalınlığı ve d elemanın yüksekliğidir.

B. Başlık Burkulması

Mekanizmaya yol açacak yeterli mafsallar oluşuncaya kadar elemanın plastik moment kapasitesi plastik moment seviyesinde kalır. Gerekli dönmeye ulaşuncaya kadar moment kapasitesinin yerel veya yanal burulmalı burkulma tarafından engellenmemesi önemlidir. Basınç başlığının yerel burkulmaya direnci onun genişliğinin kalınlığına oranına ve gövde rijitliğine bağlıdır. Gövde burkulması içinde benzer durum söz konusudur. Yanal burulmalı burkulmaya karşı koyma, elemanın narinlik oranına bağlıdır. Öyleyse problem, elemanın, yapının hesaplanan maksimum yüke erişebilmesi için fonksiyonunu yerine getirmesine müsaade eden geometrik özellikleri, oranlar şeklinde bulmaktır. AISC kriterle-

ri, maksimum yükleme altında mafsal dönmesine ulaşmış, akma noktası 36 ksi ve daha yüksek, basınca maruz haddeden çekilmiş W enkesitlerin başlıklarının genişlik-kalınlık oranlarını aşağıdaki değerlerle sınırlandırmaktadır:

F_y	$b_f/2t_f$
36	8.5
42	8.0
45	7.4
50	7.0
55	6.6
60	6.3
65	6.0

C. Gövdenin Yerel Burkulması

Plastik eğilmeye maruz elemanların gövdelerinin yükseklik-kalınlık oranı aşağıda AISC formülleri (2.7.-la) veya (2.7.-lb) ile verilen değerleri aşamaz.

Şayet $\frac{P}{P_y} \leq 0.27$ ise

$$\frac{d}{t_w} = \frac{412}{F_y} (1 - 1.4 \frac{P}{P_y}) \quad (2.16.)$$

veya Şayet

$\frac{P}{P_y} > 0.27$ ise

$$\frac{d}{t_w} = \frac{257}{F_y} \quad (2.17.)$$

D. Çerçeve Stabilitesi

Kararlılık bağısız çerçeveler hali için çerçeve stabilitesi, kolonlarda uygulanan aksenal kuvveti tam plastik aksenal kuvvetin % 75 ile sınırlandırarak emniyete alınmalıdır, yani $P \leq 0,75 P_y$ olmalıdır.

Kolon boyutlandırma prosedürü ek (1) Şekil (1) deki akış diyagramı ile özetlenmiştir.

2.2.2. Kiriş boyutlandırılması

Kirişin boyutlandırılmasında kirişin i ve j uçlarındaki M_i ve M_j uç momentlerinden büyüğü esas alınır. Bundan sonra kesit mukavemet momenti aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Z_x = \frac{M_{\max}}{F_y} \quad (2.18.)$$

Bulunan Z_x değerine göre program enkesit tablolarından en uygun kiriş elemanını seçecektir.

Kiriş boyutlandırılmasındaki en son adım boyutlandırılan elemanın kolon boyutlandırma kontrolleri bölümü (2.2.1.3.) deki aynı kıstaslar ve prosedür kullanılarak AISC (1978) de verilen boyutlandırma kriterlerine uygunluğunu kontrol etmektir. Daha sonra aşağıda belirtilenleri kapsayacak şekilde kontrollara devam edilir:

1. Elemanın kesme kuvveti kapasitesi taşınabilecek maksimum kesme değerine karşı kontrol edilir; elemana tesir eden kesme kuvveti aşağıdaki gibi tesbit edilir.

$$V_s = \frac{M_i + M_j}{L} + \frac{WL}{2} \quad (2.19.)$$

burada V_s elemana gelen kesme kuvveti ve W düzgün yayılı yükür. Taşınabilecek maksimum kesme kuvveti kapasitesi aşağıdaki formülle verilir.

$$V_u = (0.55)F_y.d.t_w \quad (2.20.)$$

2. Başlık burkulması için bundan önceki bölümde verilen kıstaslar uygulanır. Başlık genişlik-kalınlık oranı ($b_f/2t_f$) kontrolü, kolon boyutlandırma bölümünde açıklandığı gibi AISC kriterlerine göre yapılır. Fakat, kiriş gövdesinin yükseklik-kalınlık oranı (d/t_w) kontrolü, aşağıdaki eşitliği sağlamalıdır.

$$\frac{d}{t_w} = \frac{412}{\sqrt{F_y}} \quad (2.21.)$$

Bu denklem önceki bölümde verilmiş (2.7.-12) nolu AISC formülüdür, fakat burada eksenel yük gözönüne alınmamıştır.

Bir elemanın plastik mafsallarda gerekli inelastik dönmeyi gerçekleştirmesi için, mekanizma meydana gelmeden önce yanıl burulmalı burkulma tesiriyle bu mafsallardaki plastik moment kapasitesinin düşürülmesini engellemek üzere, yeterli yanıl desteğe ihtiyacı vardır. Kolon boyutlandırma bölümünde açıklandığı gibi yerel burkulma başlık ve gövdenin genişlik-kalınlık oranlarını sınırlandırmakla, ve yanıl-burulmalı burkulma elemanın serbest açıklığını sınırlandırmakla kontrol edilir.

Kiriş boyutlandırma prosedürü ek(1) Şekil (2) deki akış diyagramı ile özetlenmiştir.

2.2.3. Kararlılık bağı boyutlandırılması

2.2.3.1. Çekme tesiri altındaki kararlılık bağı

Öngörülen enkesit alanı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$A = \frac{P}{F_y} \quad (2.22.)$$

burada P elemana etkiyen çekme kuvvetidir.

Seçilen elemanın narinlik oranı aşağıdaki şartı sağlamalıdır.

$$\frac{KL}{r} \leq 300$$

Bu şart çekme tesiri altındaki kararlılık bağı boyutlandırılması için mecburi kriter olmadığı halde program bu kontrolü yapacaktır.

Düşey kararlılık bağlama sisteminde, elemanların yeterli aksenal rijitliğini sağlamak için, aşağıdaki sebeplerden dolayı her elemana tesir eden aksenal yükün $0.85 P_y$ den daha büyük olmaması tavsiye edilmiştir. (AISC, 1978).

1. Aksenal kuvvet ve kalıcı gerilme bileşik tesiriyle meydana gelen kısmi akma neticesi, aksenal rijitlik azalmasını sınırlandırmak.

2. Düşey kararlılık bağlama sisteminde ikinci derece momentlere karşı koymak üzere, bir yedek plastik moment kapasitesi elde etmek. Mafsal bağlantılı sistem kabulü ile bu momentler başta ihmal edilmişti.

3. Düşey bağlama sistemindeki yanal olarak kararlılık bağımsız basınç çubuklarının davranışlarına, yanal-burulmalı burkulmanın tesirini sınırlandırmak.

2.2.3.2. Basınç tesiri altındaki kararlılık bağı

Burada prosedür, bir eleman seçmek ve onun narinlik oranının aşağıdaki şartı sağlamasını kontrol etmektir.

$$\frac{KL}{r} \leq 200$$

$\frac{KL}{r}$ değerini tesbit ettikten sonra buna tekabül eden eksenel gerilme aşağıdaki gibi hesaplanacaktır.

Şayet $\frac{KL}{r} \leq C_c$ ise

$$F_a = \frac{\left(1 - \frac{(KL/r)^2}{2C_c^2}\right) F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{(KL/r)}{C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8C_c^3}} \quad (2.23.)$$

Şayet

$\frac{KL}{r} > C_c$ ise

$$F_a = \frac{12}{23} \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \quad (2.24.)$$

Bundan sonra gerekli eleman enkesit alanı aşağıdaki gibi elde edilir.

$$A = \frac{P}{1.7 F_a}$$

Fakat; şayet $P > 0.85 P_y$ ise

$$A = \frac{P}{0.85 F_y}$$

olacaktır.

Kararlılık bağı boyutlandırma prosedürü ek (1) Şekil (3) deki akış diyagramı ile özetlenmiştir.

2.3. Türk Standartlarına Göre Plastik Boyutlandırma Formülasyonu

2.3.1. Kolon boyutlandırılması

Kolon boyutlandırılmasına ($\lambda_x = S_{kx}/i_x$) ve ($\lambda_y = S_{ky}/i_y$) narinlik oranları hesaplanarak başlanır. Burada; S_{kx} , S_{ky} , x-x ve y-y asal eksenlerine dik düzlemlerdeki burkulma boyları, i_x ve i_y ise bu asal eksenlere ait asal atalet yarıçaplarıdır.

Sonra bu narinlik oranları, plastik narinlik sınırı (kritik narinlik) λ_p ile mukayese edilir. Eğilme, kuvvetli eksene göre olduğu zaman, $\lambda_x \leq \lambda_p$, zayıf eksene göre olduğu zaman $\lambda_y \leq \lambda_p$ olmalıdır. Burada $\lambda_p = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_a}}$, E elastisite modülü ve σ_a çeliğin akma gerilmesidir.

Elemanın basınç emniyet gerilmesi λ_x ve λ_y değerlerinin büyüğü gözönüne alınarak hesaplanır (TS648, 1980).

$$\sigma_{bem} = \frac{\left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda}{\lambda_p}\right)^2\right] \sigma_a}{n} \quad (2.3.1.)$$

Buradan kritik aksenal yük, basınç emniyet gerilmesi kullanılarak aşağıdaki gibi elde edilir.

$$N_{KR} = \frac{F \cdot \sigma_a \cdot \sigma_{bem}}{\sigma_{\text{çem}}} \quad (2.3.2.)$$

Burada F elemanın enkesit alanı, $\sigma_{\text{çem}}$ çekme emniyet gerilme-

sidir.

Bileşik eğilmeye maruz elemanlar için plastik boyutlandırma kriterleri TS4561 standardından alınır.

2.3.1.1. Kuvvetli eksene göre eğilme hali

$$\frac{N}{N_{Kr}} + \frac{C_m M}{M_{Kr}(1-N/N_e)} \leq 1.0 \quad (2.3.3.)$$

$$\frac{N}{N_a} + \frac{M}{1.18 M_p} \leq 1.0; \quad M \leq M_p \quad (2.3.4.)$$

(2.3.3.) denklemini TS4561 standardının (2.39) nolu formülü, (2.3.4.) denklemini ise Arda (1986) nın (4.3.4.) nolu formülüdür. (2.3.3.)den M_{kr} ve (2.3.4) ten M_p çekilecek olursa

$$M_{kr} = \frac{C_m M_x^2}{\left(1 - \frac{N}{N_{kr}}\right) \left(1 - \frac{N}{N_e}\right)} \quad (2.3.5.)$$

$$M_{px} = \frac{M_x^2}{1.18 \left(1 - \frac{N}{N_a}\right)} \quad (2.3.6.)$$

$$X_x = \left(1 - \frac{1}{1.18}\right) = 0.15$$

$$N_a = F \cdot \sigma_a$$

$$N_e = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

Burada, C_m TS4561 (1985) bölüm (2.5.1.1.) de tarif edilmiştir. Kararlılık bağımsız çerçeveler için $C_m = 0.85$ iken kararlılık bağılı çerçevelerde

$$C_m = 0.6 - 0.4 \frac{M_{x1}}{M_{x2}} \geq 0.4$$

formülü ile hesaplanır. Burada (M_{x1}/M_{x2}) elemanın iki ucundaki eğilme momentlerinden sayısal olarak küçüğünün büyüğüne oranı, M_{kr} aksenal yük etkisi olmadığında elemanın taşıyabileceği en büyük eğilme momenti, M_{px} plastik moment, N elemana etkileyen aksenal basınç kuvveti, N_{kr} elemanın eğilme momentsiz taşıyabileceği en büyük aksenal yük, ve N_e Euler burkulma yüküdür.

Kuvvetli asal eksenlerine göre eğilme etkisi altında olan ve mesnetlerinde çubuk boyuna ekseni çevresinde dönme-leri ve yanal hareketleri önlenmiş iki doğrultuda simetrik I profilinden teşkil edilmiş elemanda bir plastik mafsalin oluştuğu, bu sebeple de yanal bağlanması gereken kesitle yanal bağlanmış komşu kesitler arasında kolonun serbestçe yanal burkulma yapabileceği parçasının uzunluğu, aşağıdaki bağıntılar yardımıyla elde edilen L_{kr} değerini aşmamalıdır.

$$0,625 < \frac{M_{x2}}{M_{px}} \leq 1 \quad \text{için}$$

$$L_{kr} = 35 i_y \sqrt{\frac{2400}{\sigma_a}} \quad (2.3.7.)$$

$$-0,625 < \frac{M_{x2}}{M_{px}} < 0,625 \quad \text{için}$$

$$L_{kr} = (60 - 40 \frac{M_{x2}}{M_p}) i_y \sqrt{\frac{2400}{a}} \quad (2.3.8.)$$

$$-1 \leq \frac{M_{x2}}{M_{px}} < -0,625 \quad \text{için}$$

$$L_{kr} = 85 i_y \sqrt{\frac{2400}{\sigma_a}} \quad (2.3.8a)$$

Burada σ_a , kgf/cm² ya da daN/cm² boyutunda olmalıdır.

Şayet $L < L_{kr}$ ise, kolon zayıf eksen doğrultusunda tutulmuş kabul edilir, bu halde M_p olarak (2.3.5.) ve (2.3.6.) denklemlerinden bulunan momentlerin büyüğü alınıp boyutlandırma yapılır.

Şayet $L > L_{kr}$ ise, kolon zayıf eksen doğrultusunda tutulmamış kabul edilir. Bu halde, plastik moment M_{p2} aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$M_{p2} = M_{kr} / \left(1.07 - \frac{(s_k/i_y) \sqrt{\sigma_a}}{26500} \right) \quad (2.3.9.)$$

Bu hal için, M_{p2} nin hesabında, TS4561 (2.4.6.) nolu -Fransız şartnamesinden alınmış- formülü teklif ettiği halde zincirleme işlemler gerektirdiği ve programlama tekniğine uymadığı için Amerikan standardındaki karşılığı kullanılmıştır[§]. Burada M_p olarak (2.3.6.) ve (2.3.9.) bağıntılarından elde edilen momentlerin büyüğü alınıp boyutlandırma yapılır. Bundan sonra gerekli plastik mukavemet momenti W_x , aşağıdaki gibi hesaplanacaktır.

$$W_x = \frac{M_p}{\sigma_a} \quad (2.3.10.)$$

[§] TS4561, $M_{p2} = k_D M_p$ formülünü kullanmıştır. Burada,

$$k_D = \frac{1}{3 \sqrt{1 - 1.3 (M_p/M_D)^3}} \quad 0 \leq k_D < 1$$

$$M_D = \frac{C_1 \pi^2 EI_y (h-t_b)}{2L_D L} \left[\sqrt{1 - (nC_2)^2 + \frac{GK_T}{EI_y} \left(\frac{2L}{\pi h} \right)^2} + nC_2 \right]$$

C_1 ve C_2 katsayıları, TS4561 çizelge 3'ten yükleme durumuna göre seçilecektir.

2.3.1.2. Zayıf eksene göre eğilme hali

TS4561 bu halde kullanılacak plastik moment hesabında, basitleştirilmiş normal kuvvet eğilme momenti karşılıklı etkileşim diyagramını benimsemiştir. Buradan

$$M_{py} = 1.67 M_{y2} \left(1 - \frac{N}{N_a}\right) \quad (2.3.11.)$$

Burada M_{y2} zayıf eksene göre uygulanan büyük momenttir. Bu hal için M_{kr} momenti (2.3.5.) denklemi aşağıdaki şekilde değiştirilir.

$$M_{kr} = \frac{C_m M_{y2}}{\left(1 - \frac{N}{N_{kr}}\right) \left(1 - \frac{N}{N_e}\right)} \quad (2.3.12.)$$

Burada $N_e = \pi^2 EI/L^2$ dir.

Bundan sonraki adımlar kuvvetli eksene göre boyutlandırma safhaları M_{px} yerine M_{py} ve M_{x2} yerine M_{y2} yazılarak aynen tekrar edilecektir.

Şayet kolon zayıf eksen doğrultusunda tutulmuş ise, M_p olarak (2.3.11.) ve (2.3.12) denklemlerinden büyüğü alınıp boyutlandırma yapılır.

Şayet kolon zayıf eksen doğrultusunda tutulmamış ise (2.3.9.) denklemi aşağıdaki gibi değiştirilir.

$$M_{p3} = M_{kr} / \left(1.07 - \frac{(S_k/i_x) \sqrt{\sigma}}{26500} a\right) \quad (2.3.13.)$$

Bu durumda, M_p (2.3.11.) ve (2.3.13.) denklemlerinden elde edilen M_{py} ve M_{pz} ten büyüğü olacak ve boyutlandırmaya esas teşkil edecektir.

Böylece gerekli plastik mukavemet momenti aşağıdaki gibi hesaplanacaktır.

$$W_y = \frac{M}{\sigma_a} \quad (2.3.14.)$$

Kolonun kuvvetli ve zayıf eksenlerine göre bulunan mukavemet momentlerine karşı gelen elemanı, program otomatik olarak enkesit tablolarından seçecektir.

2.3.1.3. Boyutlandırma kontrolleri

TS4561'e göre boyutlandırma kontrolleri aşağıdaki gibi yapılmalıdır.

A. Kesme Kuvveti

Elemandaki kesme kuvveti değeri aşağıda verilen kesit plastikleşme kesme kuvveti değerinden küçük olmalıdır.

$$Q_p = 0.52 F_Q \sigma_a \quad (2.3.15.)$$

Kesmeli eğilme söz konusu olduğunda $Q > 0.3Q_p$ ise kesme kuvvetinin etkisi bu kuvvetin doğrultusuna paralel kesit bölümlerinin kalınlıkları azaltılarak gözönüne alınır. Hasaba azaltılmış kalınlıklarla kesme kuvveti yokmuş gibi devam edilir.

$Q < 0.3Q_p$ ise kesme kuvveti etkisi gözönüne alınmaz. Şayet $Q > 0.3Q_p$ ise azaltılmış gövde kalınlığı aşağıdaki gibi hesaplanacaktır.

$$t'_g = t_g \sqrt{1 - \left(\frac{Q}{Q_p}\right)^2}$$

B. Başlık Burkulması

Başlık levhalarında yerel burkulma meydana gelmemesi için uyulması gereken şartlar aşağıda verilmiştir.

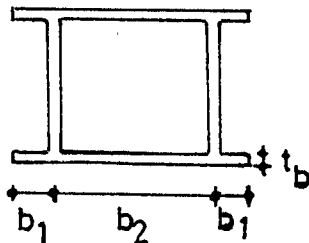
$$\frac{b}{t_b} \leq 17 \sqrt{\frac{24}{\sigma_a}} \quad **$$

Burada b başlık genişliği, t_b başlık kalınlığıdır.

C. Gövdenin Yerel Burkulması

Eğilme momenti ve aksenal basınç kuvvetine maruz gövde levhalarında yerel burkulma meydana gelmemesi için uyulması gereken (gövde levhası yüksekliği/ gövde levhası kalınlığı) oranı

** Sandık kesitlerinde



$$\frac{b_1}{t_b} \leq 10 \sqrt{\frac{24}{\sigma_a}}$$

$$\frac{b_2}{t_b} \leq 32 \sqrt{\frac{24}{\sigma_a}}$$

$\frac{N}{N_a} > 0.27$ olması halinde

$$\frac{d_g}{t_g} \leq 43 \frac{2531}{\sigma_a} \text{ veya } 42 \sqrt{\frac{24}{\sigma_a}} \quad (2.3.16.)$$

olacak,

$\frac{N}{N_a} \leq 0.27$ olması halinde

$$\frac{d_g}{t_g} \leq (70-100 \frac{N}{N_a}) \sqrt{\frac{2531}{\sigma_a}} \text{ veya} \quad (2.3.17.)$$

$$(68-97 \frac{N}{N_a}) \sqrt{\frac{24}{\sigma_a}}$$

olacaktır. (2.3.16.) ve (2.3.17.) ifadelerinde ilk terimlerdeki σ_a kgf/cm² cinsinden yerine konması gereken çeliğe ait akma gerilmesi (St37 çeliği için $\sigma_a=2400$ kgf/cm², St52 çeliği için $\sigma_a=3600$ kgf/cm²) dir. İkinci terimlerde ise σ_a kgf/m² cinsinden verilmiştir.

D. Çerçeve Stabilitesi

TS4561'in bu konuda bir tavsiyesi yoksa da Amerikan standardının tavsiyesine uyularak kararlılık bağısız çerçeveler hali için çerçeve stabilitesi, kolonlarda uygulanan eksenel kuvveti tam plastik eksenel kuvvetin % 75'i ile sınırlandırılıp emniyete alınmıştır.

Kolon boyutlandırma prosedürü ek (2) Şekil (1) deki akış diyagramı ile özetlenmiştir.

2.3.2. Kiriş boyutlandırılması

Kiriş boyutlandırılmasında kirişin i ve j uçlarındaki M_i ve M_j uç momentlerinden büyüğü esas alınır. Bundan sonra kesit mukavemet momenti aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$W_x = \frac{M_{\max}}{\sigma_a} \quad (2.3.18.)$$

Bulunan W_x değerine göre program enkesit tablolarından en uygun kiriş elemanını seçecektir.

Kiriş boyutlandırılmasının son adımı kolon boyutlandırılması bölüm (2.3.1.3.)e benzer şekilde boyutlandırma kontrollerinin yapılmasıdır.

1. Elemanın kesme kuvveti kapasitesi taşınabilecek maksimum kesme değerine karşı kontrol edilir.

$$Q = \frac{M_i + M_j}{L} + \frac{WL}{2} \quad (2.3.19.)$$

Burada Q elemana gelen kesme kuvveti ve W düzgün yayılı yüküdür. Taşınabilecek maksimum kesme kuvveti kapasitesi aşağıdaki formülle belirlenmiştir.

$$Q_p = 0.52 F_Q \sigma_a \quad (2.3.20.)$$

Şayet $Q > 0.3Q_p$ ise kesme kuvvetinin doğrultusuna paralel kesit bölümlerinin kalınlıkları azaltılarak, hesaba kesme kuvveti yokmuş gibi devam edilir.

2. Başlık burkulması için bundan önceki bölümde verilen kriterler uygulanır. Başlık genişlik-kalınlık oranı (b/t_p) kontrolü, kolon boyutlandırma bölümünde açıklandığı gibi TS4561 kriterlerine göre yapılır. Fakat burada ki-

riş gövdesinin yükseklik-kalınlık oranı (dg/tg) kontrolü aksenal yük gözönüne alınmadan aşağıdaki gibi yapılacaktır.

$$\frac{dg}{tg} \leq 43 \sqrt{\frac{2531}{\sigma_a}}$$

Burada σ_a kgf/cm² cinsinden yerine konması gereken çeliğe ait akma gerilmesidir.

Kiriş boyutlandırma prosedürü ek (2) Şekil (2) deki akış diyagramı ile özetlenmiştir.

2.3.3. Kararlılık bağı boyutlandırılması

2.3.3.1. Çekme tesiri altındaki kararlılık bağı

Gerekli enkesit alanı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$F = \frac{N}{\sigma_a} \quad (2.3.22.)$$

Burada N elemana etkiyen çekme kuvvetidir.

Seçilen elemanın narinlik oranı aşağıdaki şartı sağlamalıdır.

$$\frac{S_k}{i} \leq 250$$

Bu şart, çekme tesiri altındaki eleman için gerekli olmadığı halde, yatay kuvvetin kabul edilen yönün tersine etki ettiği zaman elemanın basınca maruz kalabileceği düşünülerek öne sürülmüştür.

Hernekadar TS4561 öngörmediyse de düşey kararlılık bağlama sisteminde elemanların yeterli aksenal rijitliğini sağlamak için bölüm 2.2.3.1.de sayılan sebepler dolayısı ile her elemana tesir eden aksenal yük akma noktasındaki

çekme yükünün-Amerikan standardında olduğu gibi-0.85 katı ile sınırlandırılmıştır.

2.3.3.2. Basınç tesiri altındaki kararlılık bağı

Burada da program narinlik oranı aşağıdaki şartı sağlayacak bir eleman seçecektir.

$$\frac{S_k}{i} \leq 250$$

Çubuk narinlik oranı tesbit edildikten sonra buna tekabül eden aksenal gerilme aşağıdaki gibi hesaplanacaktır.

Eğer $\frac{S_k}{i} \leq \lambda_p$ ise

$$\sigma_{bem} = \frac{\left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda}{\lambda_p}\right)^2\right] \cdot \sigma_a}{n \approx 1.70} \quad (2.3.23.)$$

veya

$$\frac{S_k}{i} > \lambda_p \text{ ise}$$

$$\sigma_{bem} = \frac{2}{5} \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad (2.3.24.)$$

Böylece gerekli eleman enkesit alanı aşağıdaki gibi elde edilir.

$$F = \frac{N}{1.7 \sigma_{bem}}$$

Fakat; eğer $N > 0.85 N_a$ ise

$$F = \frac{N}{0.85 \sigma_a}$$

olacaktır.

Kararlılık bağı boyutlandırma prosedürü ek (2) Şekil (3) deki akış diyagramı ile özetlenmiştir.

2.4. Sonuç

Bölüm 2.1. de özetlenen çelik çerçevelerin taşıma gücüne göre boyutlandırılması prosedürü Amerikan Standardı (AISC) de ve Türk Standardı (TS4561) de genel olarak birbirine benzerlik göstermektedir. Esasen TS4561 ilke olarak AISC yi benimsemiştir. Türk Standardı diğer bütün değerlerin tesbiti için formülleri Amerikan Standardından aldığı halde yalnızca yanal burkulma yapabilecek kritik serbest açıklık hesabındaki formülleri Fransız Standardı (C.T.I.C.M.) den almıştır.

Türk Standardı TS4561 Amerikan Standardı AISC ye kıyaslandığında muhteva olarak üzerinde daha fazla çalışılmaya muhtaç olduğu gözlenmiştir. Bu yüzden TS4561 de bahsedilmeyen noktaların değerlendirilmesinde Amerikan standardına bağlı kalınmıştır.

3. KARARLILIK BAĞLI ÇERÇEVELER

Kuvvetli depremlerde çok katlı kararlılık bağısız çerçevelerin davranışları incelendiğinde, yüksek binaların deplasmanlarının sınırlandırılması fikri önem kazanmaktadır.

Yüksek binaların yanal deplasmanları, diyagonal kararlılık bağı sistemi kullanılarak, önemli oranda azaltılabilir.

Bu bölümün amacı, (ÇYOBP) nin herhangi bir kararlılık bağı sistemine sahip çelik çerçevelerin ekonomik olarak analiz ve boyutlandırma kabiliyetini göstermektir.

3.1. V-Kararlılık Bağlı Çerçeveler

3.1.1. Giriş

Çok katlı çerçevelerin yanal yüklere direnç göstermesinin verimli bir yolu da V-kararlılık bağı sistemi kullanılmasıdır. Bu sistemde, kirişler ortasından kararlılık bağı elemanı ile desteklenir. Bu durum kararlılık bağı elemanının enkesitini artırır ama kirişin enkesitini azaltır. Kararlılık bağı elemanının boyutunun artırılması, kuvvetli bir yer hareketine karşı inelastik dinamik reaksiyonun değerlendirilmesinde, burkulma taşıma kapasitesinin artık ihmal edilemeyeceği neticesini vermektedir.

V-kararlılık bağı sistemi düşey yükler tesiriyle basınca değil de çekmeye çalışacak şekilde düzenlenmiştir.

Buradaki V-kararlılık bağı çerçeve, on katlı, üç açıklıklı olarak gözönüne alınmıştır. Bu çerçevenin seçilmesi, onun daha önce Anderson (1975) tarafından klasik elastik metodlar kullanılarak analiz edilmesi ve boyutlandırılması sebebiyledir. Bu çerçeve Şekil (3.1.)de gösterilmiştir.

Amerikanın 3.deprem bölgesine giren batı sahilindeki bir büro binası için Uniform Building Code (1973) tarafından belirlenen yük bileşimleri zati yük, hareketli yük,

rüzgar yükü ve deprem yükünü içine almaktadır. Yükleme durumu Şekil (3.1.) de gösterilmiştir.

Yapı 25 foot (7.6 metre) açıklıklarla bir V-kararlılık bağı ve bir kararlılık bağısız çerçeve olacak şekilde yerleştirilmiş çerçevelerden oluşmuştur. Kararlılık bağı elemanları orta açıklıklara, yukarıdaki katlara V şeklinde yerleştirilirken en alt kata yanıl deplasmanı kontrol etmesi için çapraz şekilde yerleştirilmişlerdir. Yanıl yüklerin V-kararlılık bağı çerçeveler tarafından alınacağı kabul edilmiştir. Düşey yükler, kararlılık bağı ve bağısız çerçeveler tarafından eşit şekilde taşınacaktır.

Aşağıdaki bölümlerde (ÇYOBP) nin Amerikan ve Türk Standartlarına göre verdiği nihai boyutlandırma analiz edilecek ve sonra Anderson (1975) un elde ettiği nihai çözümlerle karşılaştırılacaktır.

3.1.2. Amerikan Standardına göre boyutlandırma

Anderson (1975) tarafından kullanılan başlangıç boyutlandırması Şekil (3.2.) de gösterilmiştir. Başlangıç boyutlandırması girdi datası olarak kullanılmıştır. Sonuçlar otomatik olarak ikinci iterasyona girdi olarak alınmış ve bu şekilde üçüncü iterasyondaki nihai çözüme kadar devam edilmiştir.

İterasyonların nihai çözüme yaklaşma mertebesi Şekil (3.5.)de gösterilmiştir. Bu şekil üç iterasyonun herbirinde değişen eleman sayılarının yetmişbir, otuzyedı ve

DÜŞEY YÜKLER:

Zati yük: Çatı katı 100psf (0.489 t/m²)

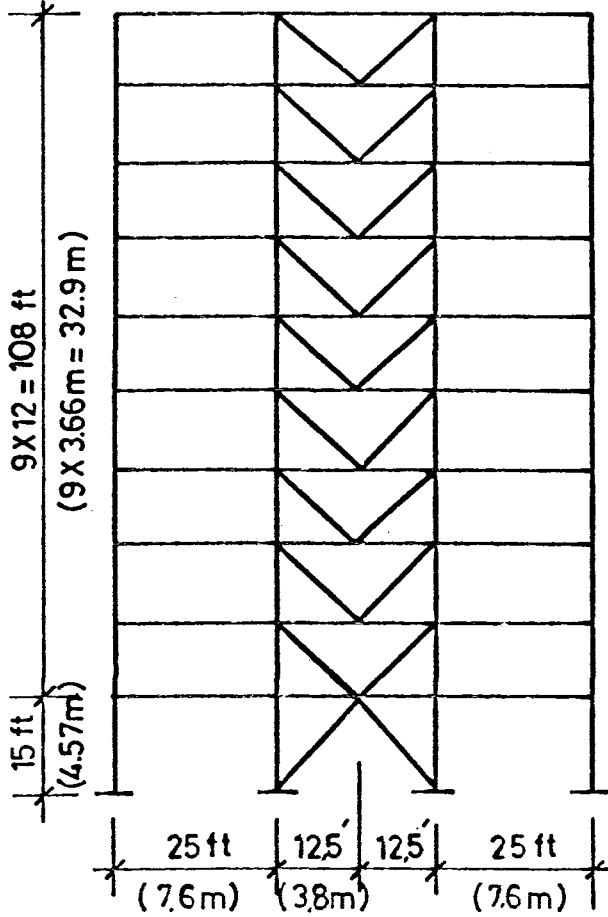
Diğer katlar 120psf (0.586 t/m²)

Hareketli yük: Çatı katı 16psf (0.078 t/m²)

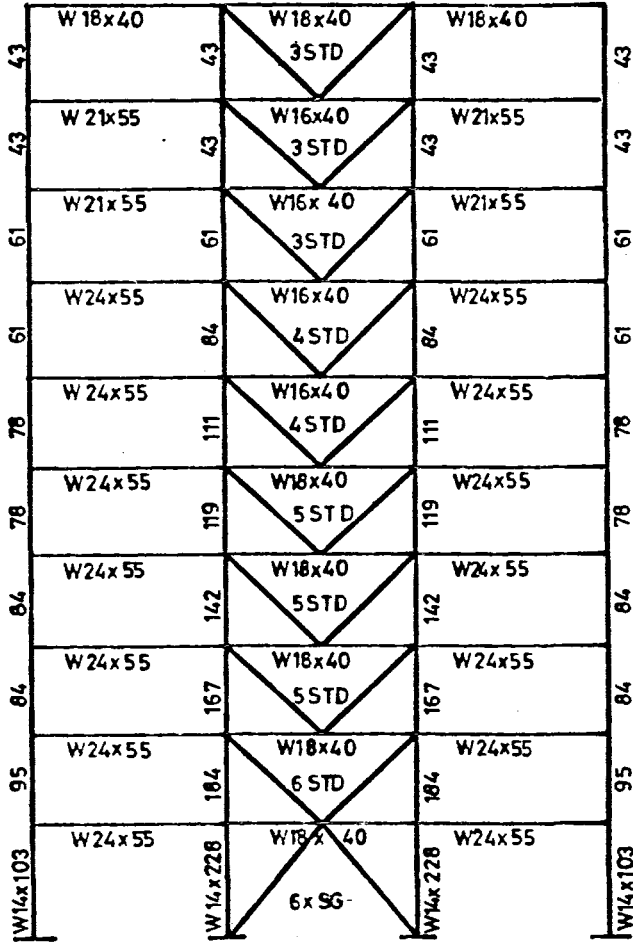
Diğer katlar 70psf (0.342 t/m²)

HER KATTAKİ YATAY YÜKLER:

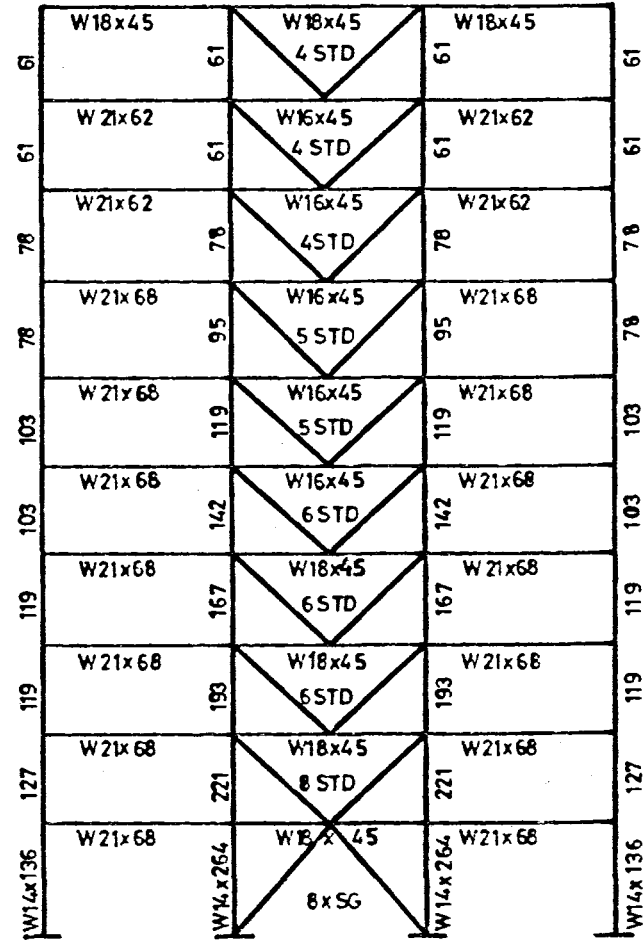
<u>Kat</u>	<u>Rüzgar (kips)</u>	<u>Deprem (kips)</u>
10	9.0 (4.08 ^t)	30.52 (13.84 ^t)
9	18.0 (4.08 ^t)	33.10 (15.01 ^t)
8	16.5 (7.48 ^t)	29.54 (13.40 ^t)
7	15.0 (6.80 ^t)	25.96 (11.78 ^t)
6	15.0 (6.80 ^t)	22.40 (10.16 ^t)
5	15.0 (6.80 ^t)	18.82 (8.54 ^t)
4	13.74 (6.23 ^t)	15.26 (6.92 ^t)
3	12.0 (5.44 ^t)	10.30 (4.67 ^t)
2	9.76 (4.43 ^t)	8.12 (3.68 ^t)
1	12.0 (5.44 ^t)	4.36 (1.98 ^t)



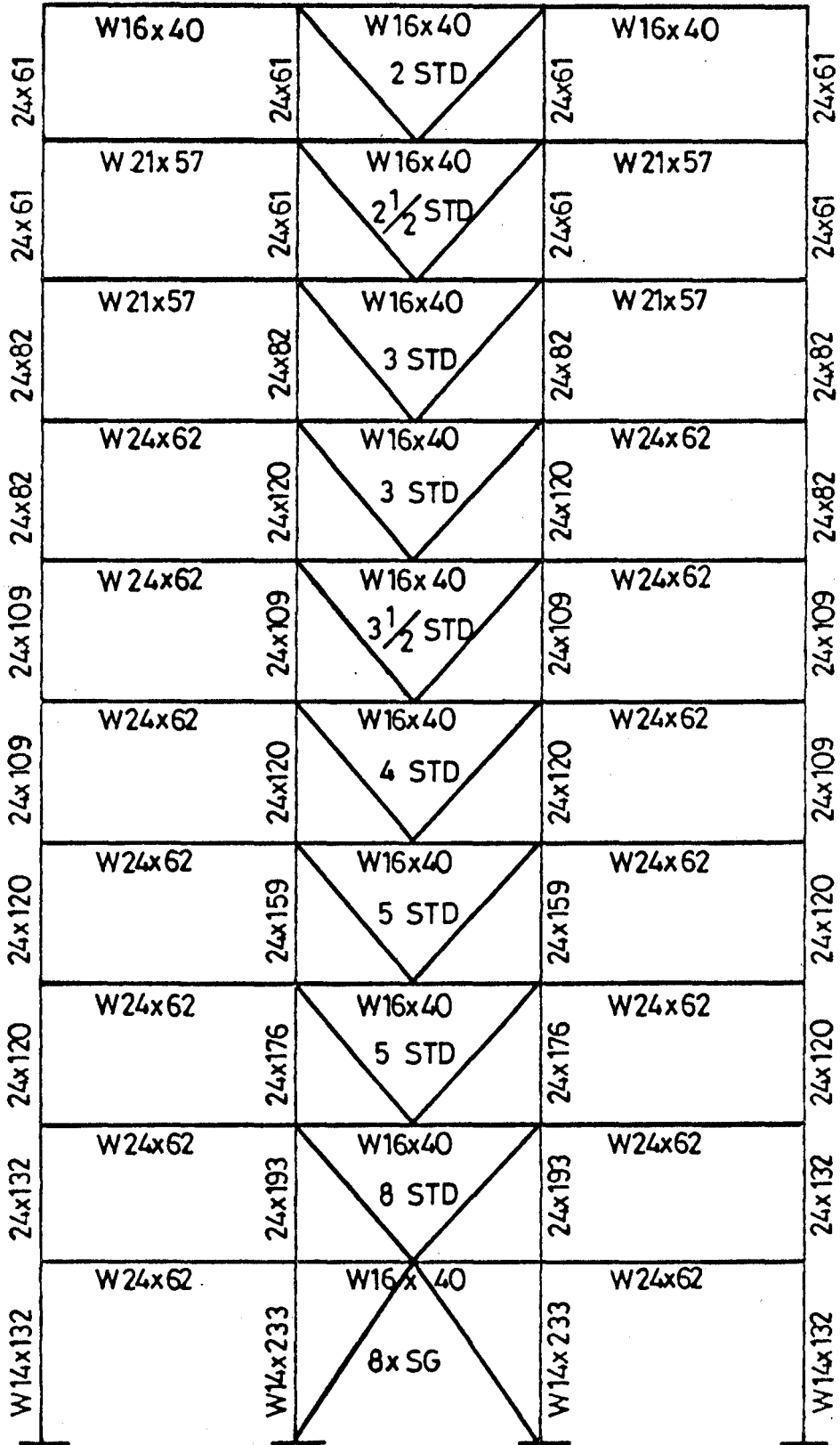
Sekil (3.1) Ebatları verilen tipik bir çerçeve yapıya etkiyen düşey ve yatay yükler.



Şekil (3.2) Başlangıç boyutlandırılması.
(Anderson)



Şekil(33) Nihai boyutlandırma
(Anderson)



Şekil(3.4) Ç.Y.O.B.P'nin nihai boyutlandırması
(Üçüncü İterasyon)

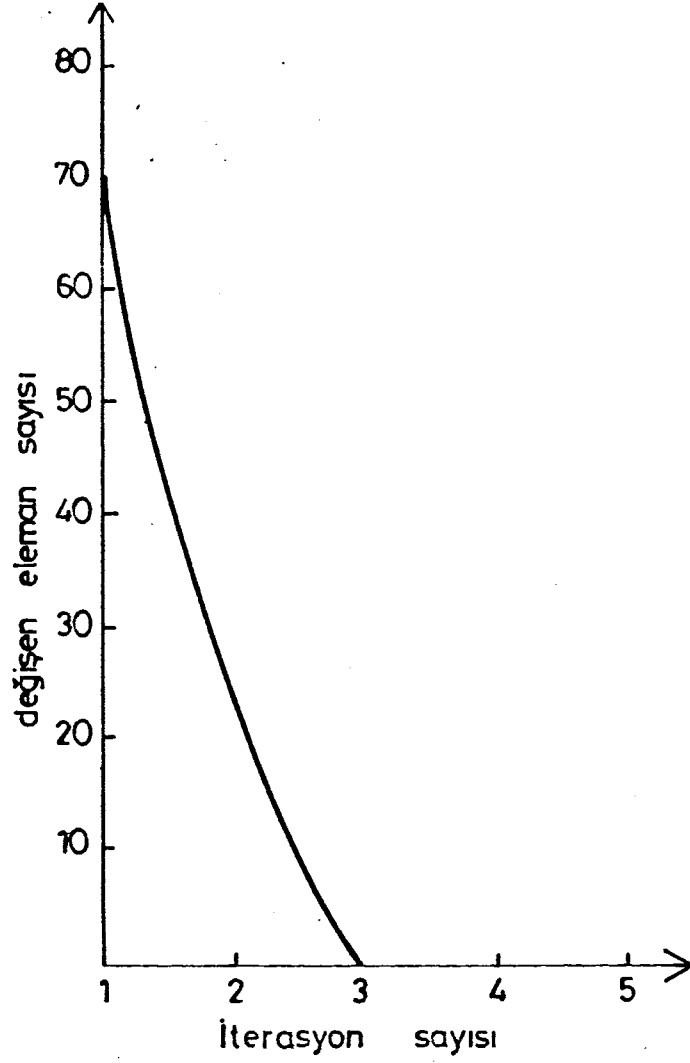
sıfır olduğunu göstermektedir. Burada çerçevedeki toplam eleman sayısının doksan olduğu gözönünde bulundurulmalıdır.

Anderson (1975) un nihai boyutlandırması Şekil (3.3,) te ve (ÇYOBP) nin nihai boyutlandırmasında Şekil (3.4) te gösterilmiştir.

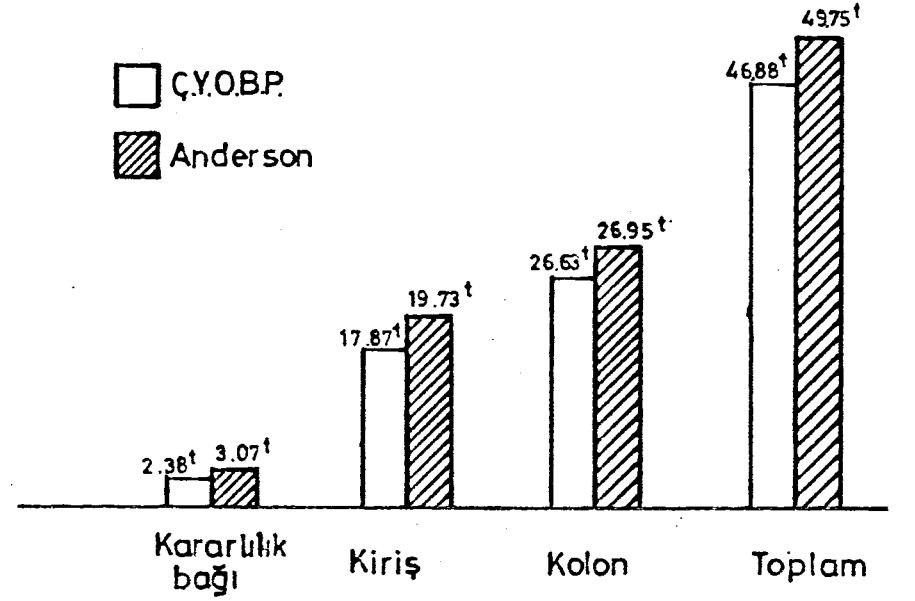
3.1.2.1. Sonuç

Anderson'un nihai boyutlandırması Şekil (3.3.)te ve ÇYOBP nin nihai boyutlandırması Şekil (3.4.) te gösterilmiştir. Her iki boyutlandırmanın ağırlık açısından mukayesesi Şekil (3.6.) da verilmiştir. ÇYOBP nin boyutlandırmasında Anderson'un boyutlandırmasına kıyasla toplam kolon ağırlığında 0,32 ton, toplam kiriş ağırlığında 1.86 ton ve toplam kararlılık bağı elemanları ağırlığında 0.69 ton azalmalar tesbit edilmiştir.

ÇYOBP tarafından yapılan boyutlandırma incelendiğinde, yatay kuvvetlerin uygulandığı taraftaki dış kolonların boyutlandırılmasında, düşey yükler ve deprem yükü bileşiminin etkin olduğu gözlenmekte, diğer uçta kalan dış kolonların boyutlandırılmasında ise sadece düşey yüklerin etkin olduğu görülmüştür. Diğer yandan, alttan itibaren ilk dört katta yatay yüklerin uygulama noktasına yakın iç kolonların boyutlandırılmasında düşey yükler ve deprem yükü etkin olurken, yatay yüklerin uygulama noktasına uzak kalan diğer kolonların boyutlandırılmasında sadece düşey yükler etkin olmuş, sonraki katlarda ise bu durumun tersi gözlenmiştir. Kirişlerin boyutlandırılmasında ise alttan ilk dört katta



Şekil(3.5) İterasyonların nihai çözüme yaklaşma mertebesi.



Şekil(3.6) Anderson ve Ç.Y.O.B.P.'nin boyutlandırma larının ağırlık açısından mukayesesi.

ve en üst katta yatay yüklerin uygulandığı taraftaki kirişler düşey yükler ve deprem yükü bileşimi, diğerlerinin boyutlandırılmasında ise düşey yükler etkin olmuş, daha yukarıdaki katlarda ise tersi durum görülmüştür. Bütün kararlılık bağı elemanlarının boyutlandırılmasında düşey yükler ve deprem yükü bileşimi etkin olmuştur.

3.1.3. Türk Standardı TS4561'e göre boyutlandırma

Burada da Şekil (3.1.) de konfigürasyonu verilen aynı çerçeve ebatları ve üzerine gelen yükler aynen alınıp metrik boyutlara çevrilerek boyutlandırılacaktır. Tekrar Anderson'un başlangıç boyutlandırma elemanları ilk girdi olarak kullanılmıştır.

Nihai çözüme dördüncü iterasyonda ulaşılmış, birinci iterasyondan başlayarak her iterasyonda değişen eleman sayıları sırasıyla yetmişsekiz, on, dört ve tekrar dört olmuştur.

TS4561 kriterleri uygulanarak yapılan nihai boyutlandırma Şekil (3.7.) de gösterilmiştir.

Burada da Amerikan Standardına göre boyutlandırmada aynı yerlerdeki kolon, kiriş ve kararlılık bağı elemanlarının boyutlandırılmasında düşey yükler ve deprem yükü bileşimi ya da sadece düşey yükler etkin olmuştur.

3.1.4. Amerikan ve Türk Standartlarının karşılaştırılması

Türk Standardına göre çözümdeki ağırlıklar Amerikan Standardına nazaran kirişlerde 0.36 ton (% 2), kolonlarda 0.75 (% 3) ve kararlılık bağı elemanlarında ise 0.09 ton (% 4) daha ağır dolayısı ile kesitler daha büyük olmuştur. Buna, kolon ve kirişlerde kesme kuvvetinin $0.3Q_p$ yi geçtiği yerlerde kesit azalmasının hesaba dahil edilmesi ve basınca çalışan kararlılık bağı elemanlarında narinlik sınırının 250 olarak alınması sebep olarak gösterilebilir.

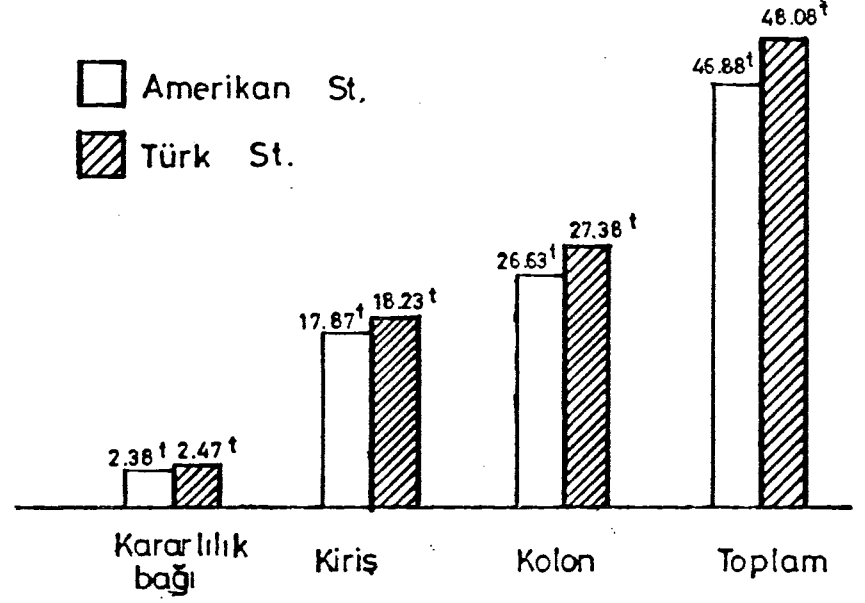
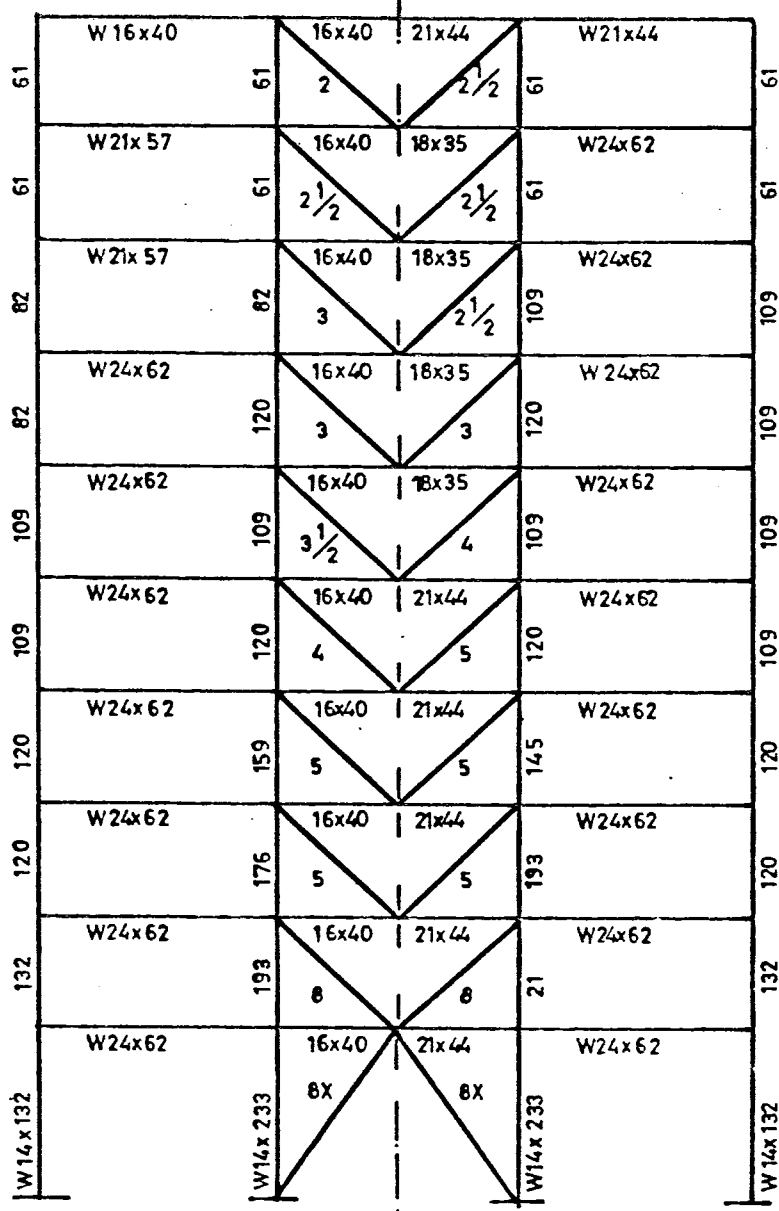
Yukarıda bahsedilen hususların çerçevede yukarıdan aşağıya doğru kirişlerde bir kat, kolonlarda iki kat sonra boyutlandırmayı hemen etkilediği gözlenmektedir. Kararlılık bağı elemanlarında etkilenme yukarıdan aşağı doğru uniform olmaktadır.

Amerikan ve Türk Standartlarına göre nihai boyutlandırmaların kesit değerleri ve ağırlık açısından mukayeseleri Şekil (3.8.) de gösterilmiştir.

3.2. \wedge -Kararlılık Bağlı Çerçeveler

3.2.1. Giriş

Bu bölümde giriş açıklıklarının ortalarında alçalarak değilde yükselerek birleşen kararlılık bağı elemanları kullanılacaktır. Bu tür kararlılık bağı elemanı kullanılmasının kapı açabilmek gibi mimari açıdan avantajı vardır. Fakat kararlılık bağı elemanları düşey yükler tesiri ile



Şekil (3.8) Amerikan ve Türk Standartlarının kesitler ve ağırlık açısından mukayeseleri

basınca çalışacaklardır.

Amerikan ve Türk Standartlarına göre boyutlandırmada Bölüm 3.1.de Anderson (1975) tarafından kullanılan Şekil (3.1.)deki aynı çerçeve ve yükleme durumu kararlılık bağları \wedge şeklinde yerleştirilerek kullanılacaktır. Daha sonra her iki standart birbirlerine kesit ve ağırlık bakımından kıyaslanacaktır.

3.2.2. Amerikan Standardına göre boyutlandırma

Burada da Şekil (3.2.)deki Anderson (1975) tarafından kullanılan başlangıç boyutlandırması girdi datası olarak kullanılmıştır. Nihai çözüme beşinci iterasyonda ulaşılmış, ilk iterasyonda seksenaltı, ikinci iterasyonda otuzsekiz, üçüncü iterasyonda yirmidört, dördüncü iterasyonda on ve beşinci iterasyonda sıfır eleman değerlerini değiştirmişlerdir.

Yatay yüke maruz dış kolonların boyutlandırılmasında deprem ve düşey yükler bileşimi, yatay yük almayan dış kolonlarda ise sadece düşey yükler etkili olurken, yatay yüklerin etkidiği tarafa yakın iç kolonların yukarıdan ilk beşi düşey yükler, geriye kalanlar deprem ve düşey yükler bileşimi, yatay yüklere uzak kalan iç kolonların yukarıdan ilk beşi deprem ve düşey yük bileşimi, geriye kalanlar ise düşey yükler tarafından etkilenmişlerdir. Orta açıklıktaki kirişlerin boyutlandırılmasında sadece düşey yükler etkin olurken, yatay yüke maruz açıklığın aşağıdan ilk dört

ve son kat kirişleri deprem ve düşey yük bileşimi, geriye kalanlar sadece düşey yükler tarafından etkilenmişler, yatay yüklere uzak kalan iç kolonlarda yukarıdaki yükleme durumlarının tersi gerçekleşmiştir. Kararlılık bağlarının boyutlandırılmasında sadece düşey yükler etkin olmuşlardır.

Toplan kolon ağırlığı 26.28 ton, toplam kiriş ağırlığı 15.99 ton ve toplam kararlılık bağı ağırlığı 3.20 ton olarak nihai çözüme ulaşılmış toplam çerçeve ağırlığı 45.47 ton olmuştur.

3.2.3. Türk Standardı TS4561'e göre boyutlandırma

Bölüm 3.1.3.deki aynı prosedür kararlılık bağı elemanlarının yönleri değiştirilerek burada kullanılmış ve nihai çözüme dördüncü iterasyonda ulaşılmıştır. Her iterasyonda değişen eleman sayıları sırasıyla sensendört, onaltı, ondört ve sıfır olmuştur. Elemanların boyutlandırılmasında deprem ve düşey yükler bileşimi veya sadece düşey yüklerin etkin olması hususu aynen bölüm (3.2.2.) deki gibi gerçekleşmiştir.

48.44 ton olarak bulunan toplam çerçeve ağırlığının 27.97 tonu kolon, 17.24 tonu kiriş ve 3.23 tonu kararlılık bağı elemanları tarafından paylaşılmıştır.

3.2.4. Amerikan ve Türk Standartlarının karşılaştırılması

Şekil (3.9.)dan da görüleceği gibi Türk Standardına göre boyutlandırmada kesitler Amerikan Standardına nazaran

daha büyük ve kararlılık bağları 0.03 ton (% 1), kirişler 1.25 ton (% 7) ve kolonlar da 1.69 ton (% 6) olmak üzere çerçeve ağırlığı toplam 2.97 ton (% 6) daha ağır olmuştur. Tabiatıyla bölüm (3.1.4.) te tartışılan nedenler burada da aynen geçerlidir.

3.3. /-Tek Kararlılık Bağlı Çerçeveler

3.3.1. Giriş

Çerçevelerin yanal deplasmanlarının sınırlandırılması, bu bölümde üç açıklıklı bir çerçevenin orta açıklığına her katta tek bir diyagonal yerleştirilerek incelenecektir.

Analiz için bölüm 3.1. ve 3.2.de kullanılan aynı çerçeve, yükleme ve başlangıç boyutlandırması kıyaslama kolaylığı gerekçesi ile burada da kullanılacak ve her iki standart birbirine kesit ve ağırlık bakımından karşılaştırılacaktır.

3.3.2. Amerikan Standardına göre boyutlandırma

Birinci iterasyonda doksanyedi, ikincisinde otuzsekiz, üçüncüsünde dört eleman değerlerini değiştirerek nihai çözüme dördüncü iterasyonda ulaşılmıştır.

Yatay yüklerin tesir ettiği tarafta kalan kolonların boyutlandırılmasında deprem ve düşey yükler bileşimi etkili olurken, diğer kolonlarda sadece düşey yükler etkili olmuştur. Kirişlerin boyutlandırılması birinci ve üçüncü katlarda

yatay yüklerin tesir noktalarına uzak kalan birer açıklıkta dokuzuncu ve onuncu katlarda ikişer açıklıkta sadece düşey yükler tesiriyle, diğer açıklıklarda ise deprem ve düşey yükler bileşimi tesiriyle olmuştur. Kararlılık bağı elemanlarının boyutlandırılmasında bütün katlarda düşey yükler bileşimi tesiriyle olmuştur.

58.73 ton olan toplam çerçeve ağırlığınının 31.39 ton'unu kolonlar, 26.44 ton'unu kirişler ve 0.896 ton'unu kararlılık bağı elemanları teşkil etmiştir.

3.3.3. Türk Standardına göre boyutlandırma

Analiz Bölüm 3.3.2.deki aynı çerçeve ve yükleme sisteminde boyutlar metrik birimlere çevrilerek yapılmış, nihai çözüme ilk iterasyonda doksanyedi, ikincisinde ellisekiz, üçüncüsünde otuzdört elemanın değerleri değişerek dördüncü iterasyonda ulaşılmıştır.

Kolon, kiriş ve kararlılık bağı elemanlarının boyutlandırılmasında deprem ve düşey yükler bileşimi veya düşey yüklerin etkin olması hususu beklenildiği üzere bölüm 3.3.2.deki gibi olmuştur.

Kolonların ağırlığı 31.39 ton, kirişlerin ağırlığı 27.17 ton ve kararlılık bağı elemanlarının ağırlığı 0.908 ton olmak üzere toplam çerçeve ağırlığı 59.47 ton olmuştur.

3.3.4. Amerikan ve Türk Standartlarının karşılaştırılması

Her iki standartta kolon ve kararlılık bağı elemanlarının ağırlıkları aynı kalırken Türk Standardına göre boyutlandırmada kirişler Amerikan Standardına göre boyutlandırılmadan 0.73 ton (% 3) daha ağır olmuştur.

Her iki standarda göre bulunan kesitler ve ağırlıkların mukayesesi Şekil (3.10.)da gösterilmiştir.

3.4. Kararlılık Bağlı Çerçevelerin Genel Bir Değerlendirilmesi

Ağırlık bakımından en ağır çerçeve tek diyagonalli kararlılık bağlı çerçeve olurken, V-diyagonalli çerçeve \wedge -diyagonalli çerçeveye nazaran % 1 oranında daha hafif olmuştur. Fakat mimari bakımdan kapı açmak zorunlu ise bu oran dikkate alınmıyacak kadar küçük olup \wedge -diyagonalli çerçeve rahatlıkla kullanılabilir.

Tek diyagonalli çerçevede kararlılık bağı elemanı çift diyagonalli çerçevelere nazaran % 72 daha hafifken, kolonlar % 11, kirişler % 37 ve toplam çerçeve ağırlığı olarak da % 19 daha ağır olmuştur.

Tek olarak düzenlenen kararlılık bağları daha düktil olduğu için depreme çalışma açısından ağır çözümler vermesine rağmen daha çok tavsiye edilmektedir.

4. KARARLILIK BAĞSIZ ÇERÇEVELER

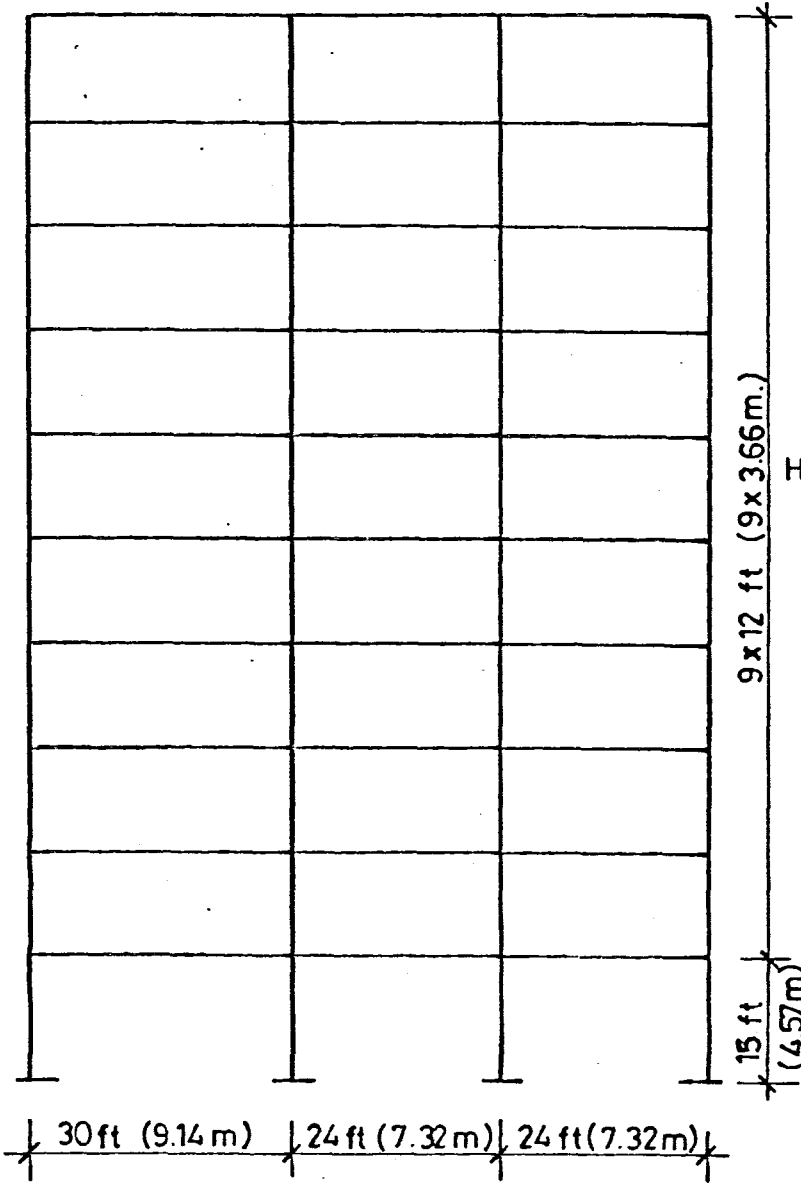
4.1. Giriş

Bu bölümün amacı ÇYOBP kullanarak analiz ve boyutlandırma prosedürlerinin on katlı, üç açıklıklı, kararlılık bağımsız çelik çerçeveye uygulamaktır. Driscoll et al. tarafından analiz edilip boyutlandırılan bir çerçeve burada incelemeye esas alınmıştır. Şekil (4.3.)de gösterilen Driscoll'un nihai çözümü ÇYOBP ile elde edilen nihai çözümle karşılaştırılacaktır. Driscoll tarafından gözönüne alınan çerçeve ve yükleme durumu Şekil (4.1.) de gösterilmiştir. Driscoll'un kullandığı yükleme durumu ve Şekil (4.2.)de gösterilen ön boyutlandırma enkesitleri ÇYOBP tarafından da kullanılacaktır.

Driscoll'ün analiz ve boyutlandırma prosedürü plastik metodu kullanırken, ÇYOBP analizde elastik metodu boyutlandırmada ise plastik metodu kullanmıştır.

4.2. Amerikan Standardına Göre Boyutlandırma

Düşey yükler ve rüzgar yüklerinin tesir ettiği bu çerçevede nihai çözüme üçüncü iterasyonda ulaşılmıştır. Ön boyutlandırma enkesitlerinin yetmiş birinci iterasyonda, yeni enkesit setinin onaltısı ikinci iterasyonda değişmiş ve üçüncü iterasyonda aynı enkesitler elde edilerek nihai çözüme ulaşılmıştır.



YÜKLEME DURUMU

Servis Yükleri

ZATİ { Çatı döşemesi.....60 psf (0.293 t/m²)
 Diğer döşemeler.....80 psf (0.391 t/m²)
 Dış duvarlar45 psf (0.220 t/m²)

HAREKETLİ { Çatı döşemesi.....30 psf (0.146 t/m²)
 Diğer döşemeler.....80 psf (0.391 t/m²)

Rüzgar20 psf (0.098 t/m²)

Şekil(4.1) Yükleme ve boyutları gösterilen her 24 ft (7.32 m) te bir yerleştirilen tipik bir çerçeve.

	W16x40	B16x26	B16x26			
43	18x45	12x40	W14x34	8x24	W14x34	12x40
43	18x45	12x40	14x34	8x24	14x34	12x40
53	18x45	61	14x34	48	14x34	43
53	18x45	61	14x34	48	14x34	43
74	18x45	84	14x34	68	14x34	61
74	18x50	84	16x36	68	16x36	61
111	18x50	119	16x36	111	16x36	84
111	18x50	119	16x36	111	16x36	84
111	18x55	142	16x40	127	16x40	111
14x111		142		127		111

Şekil (4.2) Driscoll'un
ön boyutlandırması

	W16x40	B16x26	B16x26			
43	18x45	12x40	14x34	8x24	14x34	12x40
43	18x45	12x40	14x34	8x24	14x34	12x40
53	18x45	61	14x34	48	14x34	43
53	18x50	61	16x40	48	16x40	43
74	18x50	84	16x40	84	16x40	61
74	18x50	84	16x40	84	16x40	61
111	18x55	119	18x55	119	18x55	84
111	21x55	119	21x55	119	21x55	84
136	21x55	142	21x55	142	21x55	136
W14x136		142		142		136

Şekil (4.3) Driscoll'un
nihai boyutlandırması

Kolonların ağırlığı 22.28 ton ve kirişlerin ağırlığı 16.66 ton olmak üzere toplam çerçeve ağırlığı 38.94 ton olarak bulunmuştur. ÇYOBP'de "Guruplama alternatifi" ve elastik kuvvet analizi kullanıldığı için Driscoll et al.'ın çözümüne göre kolonlar 3.63 ton (% 16) ve kirişler 1 ton (% 6) daha ağır olmuştur. Zira Driscoll et al. moment dağıtımına imkan veren plastik kuvvet analizi kullanarak kirişleri boyutlandırmıştır.

Driscoll et al.'ın boyutlandırmasında kiriş ve kolonlar yukarıdan ilk altı katta düşey yükler etkili olurken, geri kalan dört katta ise düşey yükler ve rüzgar yükü bileşimi etkili olmuştur.

ÇYOBP'nin boyutlandırmasında bütün katlarda rüzgar yükü alan tarafta kalan düşey aksdaki kolonlar ve ilk açıklıktaki kirişlerin boyutlandırılmasında düşey ve rüzgar yükü bileşimi etkili olurken, geri kalan kolon ve kirişler düşey yükler tesiriyle boyutlandırılmıştır.

4.3. Türk Standardına Göre Boyutlandırma

Boyutlar metrik sisteme çevrilmek suretiyle bölüm (4.2.) de kullanılan aynı çerçeve, aynı yükler ve ön boyutlandırma data girdisi olarak yine Driscoll'un ön boyutlandırma enkesitleri bu bölümde de kullanılmıştır.

Birinci iterasyonda yetmiş, ikinci iterasyonda iki eleman değerlerini değiştirerek üçüncü iterasyonda nihai çözüme ulaşılmıştır.

39.87 ton olan toplam çerçeve ağırlığının 22.83 ton'unu kolonlar ve 17.04 ton'unu da kirişler teşkil etmiştir.

Kolon ve kiriş elemanlarının boyutlandırılmasında düşey yükler ve rüzgar yükü bileşimi veya düşey yüklerin etkin olması hususu bölüm (4.2.) deki gibi gerçekleşmiştir.

4.4. Amerikan ve Türk Standartlarının Karşılaştırılması

Türk Standardına göre boyutlandırma kolonlarda 0.55 ton (% 2) ve kirişlerde 0.38 ton (% 2) olmak üzere toplam 0.93 ton (% 2) daha ağır olmuştur. Adı geçen fazlalıklar kolonlarda ve kirişlerde aşağıdan ilk dört katta toplanmıştır.

Her iki standarda göre bulunan nihai çözümler Şekil (4.4.) ve Şekil (4.5.)de gösterilmiştir.

5. GENİŞ AÇIKLIKLI ÇERÇEVELER

5.1. Giriş

Günümüzde gerek fonksiyonel açıdan gerekse mimari açıdan geniş açıklıkları kolonsuz geçmek istenmektedir. Bu bölümün amacı ÇYOBP'nin geniş açıklıklı çerçeveleri ($L \geq 15.0$ m) de verimli ve ekonomik olarak boyutlandırabileceğini göstermektir. Bu gaye ile beş katlı ve 17.50 metre açıklıklı bir çerçeve ele alınıp çözümlenecektir. Aynı çerçeve Amerikan ve Türk Standartlarına göre boyutlandırılıp kesitler ve ağır-

lıklar açısından mukayese yapılacaktır.

5.2. Amerikan Standardına Göre Boyutlandırma

Bu bölümde boyutlandırılacak çerçevenin açıklığı 57.42 feet, zemin kat yüksekliği 15 ve diğer katların yüksekliği 12 feet'tir. Çerçevenin geometrik özellikleri ve zati yük, hareketli yük, rüzgar yükü ve deprem yükünden müteşekkil yükleme durumu Şekil (5.1.)de gösterilmiştir. Ön boyutlandırma enkesit data girdileri Şekil (5.2.)deki gibi gelişigüzel seçilmişlerdir.

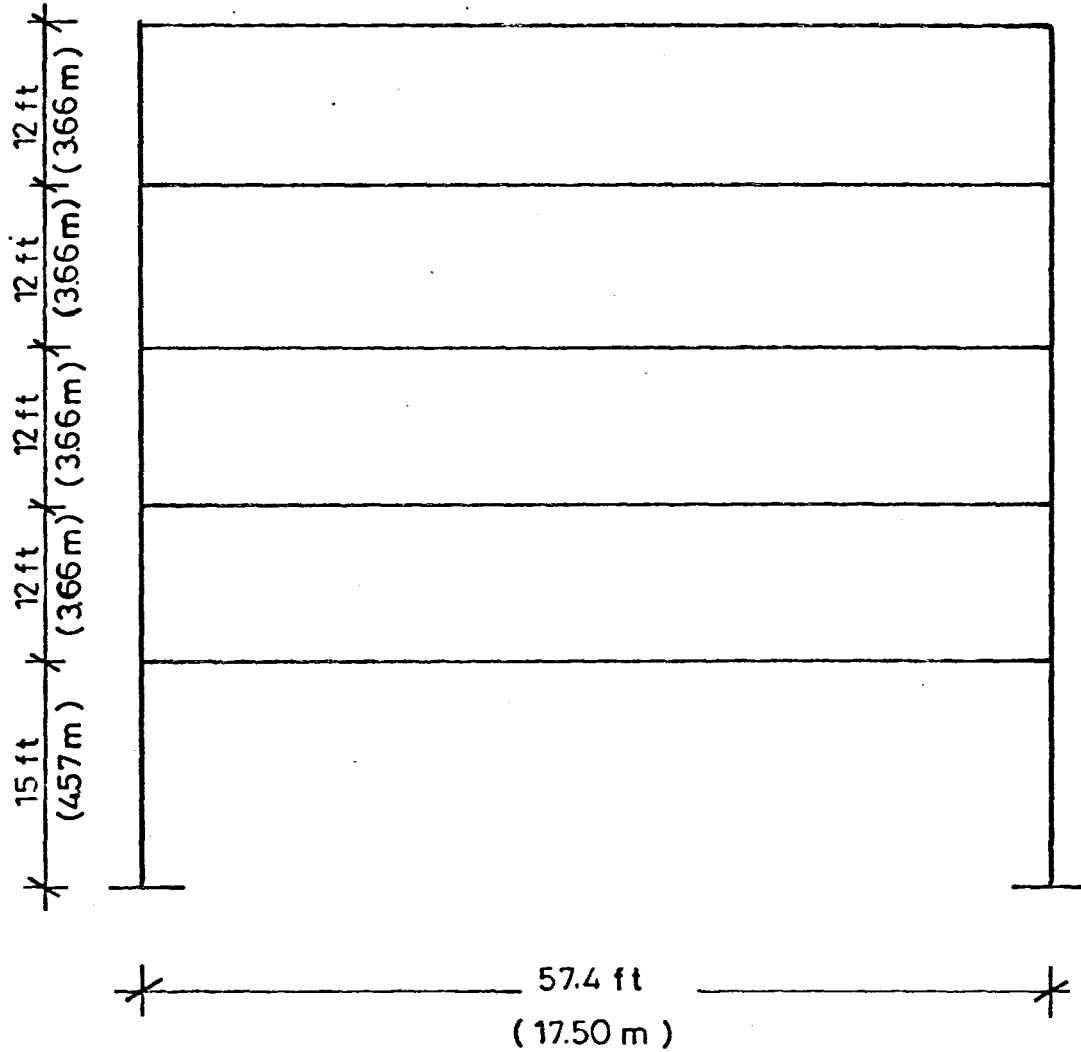
Onbeş elemanlı çerçevede birinci iterasyonda onbeş eleman, ikinci iterasyonda altı eleman değerlerini değiştirerek üçüncü iterasyonda nihai çözüme ulaşılmıştır.

22.14 ton'u kiriş ve 13.44 ton'u kolon ağırlığı olmak üzere toplam çerçeve ağırlığı 35.58 ton olmuştur.

Yatay yüklerin etki ettiği tarafta kalan düşey akstaki kolonların boyutlandırılmasında düşey ve deprem yükü bileşimi etkin olurken diğer düşey akstaki kolonlar ve bütün kirişlerin boyutlandırılmasında sadece düşey yükler etkili olmuştur.

5.3. Türk Standardına Göre Boyutlandırma

Bölüm (5.2.)de kullanılan aynı çerçeve -geometrik ve yük değerleri metrik sisteme adapte edilerek- burada da kullanılmıştır.



DÜŞEY YÜKLER:

Zati yük: Çatı katı 100psf (0.489 t/m²)

diğer katlar 120psf (0.586 t/m²)

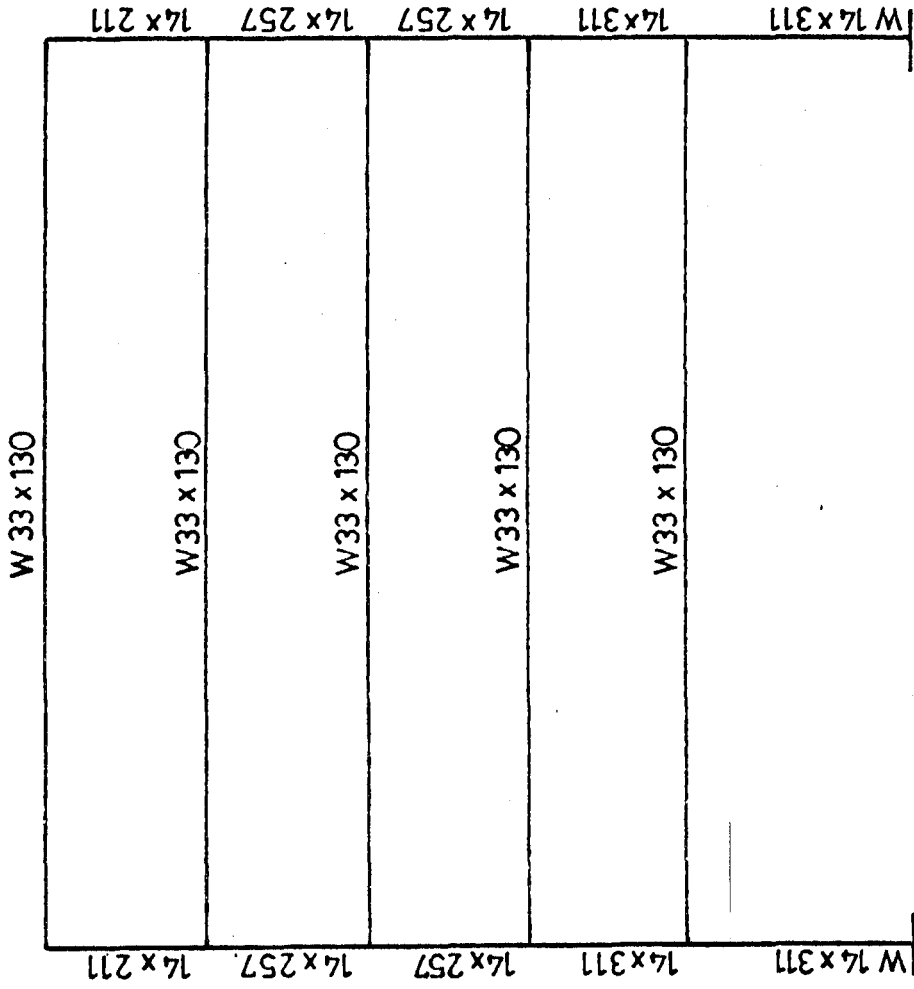
Hareketli yük: Çatı katı 16psf (0.078 t/m²)

diğer katlar 70psf (0.342 t/m²)

YATAY YÜKLER:

<u>Kat</u>	<u>Rüzgar (kips)</u>	<u>Deprem (kips)</u>
5	15.0 (6.80 ^t)	18.82 (8.54 ^t)
4	13.74 (6.23 ^t)	15.26 (6.92 ^t)
3	12.0 (5.44 ^t)	10.30 (4.67 ^t)
2	9.76 (4.43 ^t)	8.12 (3.68 ^t)
1	12.0 (5.44 ^t)	4.36 (1.98 ^t)

Sekil (5.1) Geniş açıklıklı çerçeve ve kendisine uygulanan düşey ve yatay yükler



Şekil (5.2) Geniş açıklıklı çerçevenin ön boyutlandırma en kesitleri

Nihai çözüme birinci iterasyonda onbir ikinci iterasyonda altı eleman değerlerini değiştirerek üçüncü iterasyonda ulaşılmıştır. 38.89 ton toplam çerçeve ağırlığının 15.19 ton'unun kolonlar, 23.70 ton'unu kirişler teşkil etmiştir.

Kolon ve kiriş elemanlarının boyutlandırılmasında yük bileşimlerinin etkinliği bölüm (5.2.)deki gibi olmuştur.

5.4. Amerikan ve Türk Standartlarının Karşılaştırılması

Türk Standardı kirişlerde 1.56 ton (% 7) ve kolonlarda 1.75 ton (% 12) olmak üzere toplam çerçeve ağırlığı 3.31 ton (% 9) daha ağır çözüm vermiştir. 3. ve 4. bölümlerde incelenen çerçevelerde kolon ağırlıkları kiriş ağırlıklarına nazaran daha fazla olduğu halde geniş açıklıklı çerçevelerde tersi durum ortaya çıkmıştır.

Türk Standardında kolon ağırlıklarının kirişlere oranı Amerikan Standardına kıyasla % 3 daha büyük olmuştur.

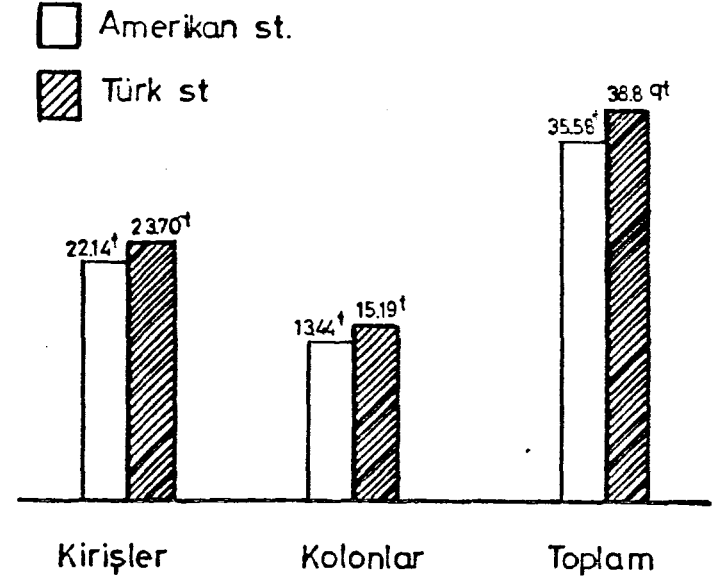
Her iki standarda göre elde edilen nihai çözümlerdeki enkesitlerin ve ağırlıkların mukayesesi Şekil (5.3.) de gösterilmiştir.

6. KUVVETLİ KOLON-ZAYIF KİRİŞ PRENSİBİNE GÖRE BOYUTLANDIRMA

6.1. Giriş

Aşırı yükler altında "süneklik"e yapının zayıf noktalarında ihtiyaç olduğu gösterilmiştir (Park and Paulay,

	W36 x 170	W36 x 182	
14 x 176	W36 x 170	W36 x 182	14 x 193
14 x 211	W36 x 170	W36 x 182	14 x 283
14 x 211	W36 x 170	W36 x 182	14 x 283
14 x 283	W36 x 170	W36 x 182	14 x 283
W 14 x 283	Amerikan Standardı	Türk Standardı	W 14 x 283



Şekil (5.3) Amerikan ve Türk Standartlarının enkesit ve ağırlık açısından mukayeseleri

1980). Şayet plastik mafsallar kirişten önce kolonda oluşursa bir çerçeve (kolon) mekanizması oluşabilir. Böyle bir mekanizma deformasyonu sadece bir kata konsantre etmeye meyillidir ve çok büyük eğrilik sünekliği ister. Diğer yandan, şayet plastik mafsallar önce kirişlerde oluşursa kiriş mekanizması meydana gelebilir. Bu mekanizma inelastik deformasyonu binanın yüksekliği boyunca dağıtmaya çalışır. Böylece plastik mafsallarda daha az eğrilik sünekliğine ihtiyaç duyulacaktır. Yalnız burada kirişlerin zayıflığının her katta ve binanın yüksekliği boyunca uniform (aynı şekilde) olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca, kirişlerde gerekli eğrilik sünekliğinin sağlanması daha kolaydır ve hasar durumunda kolonların tamiri kirişlere nazaran daha zordur.

Yukarıdaki veriler deprem gibi aşırı yüklere maruz yapıların boyutlandırılmasında kuvvetli kolon-zayıf kiriş prensibinin kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Kuvvetli kolon-zayıf kiriş prensibini uygulamak için ÇYOBP kuvvet analizinden elde edilen kolon uç momentlerini modife eder. Her yükleme durumu için kuvvetli ve zayıf eksenlere bulunan artırılmış kolon uç momentleri kendilerine bitişik kirişlerin moment kapasiteleri ile karşılaştırılır. Son olarak kiriş ve kolonun meydana getirdiği düğümdeki büyük yük moment, aksenal kuvvet ve kesme kuvveti ile birlikte kolonun boyutlandırılması için kullanılır.

Uygulama için bölüm (3.1.)de incelenen Anderson (1975) un kullandığı çerçeve bu bölümde de ele alınacaktır. Her

iki standart için önce kuvvetli kolon-zayıf kiriş prensibi kullanılarak çerçeve boyutlandırılacak ve bu prensip kullanılmadan elde edilen bölüm (3.1.)deki sonuçlarla karşılaştırılacak sonra Amerikan ve Türk Standartlarına göre kuvvetli kolon-zayıf kiriş prensibi kullanarak bulunan nihai çözümler mukayese edilecektir.

6.2. Amerikan Standardına Göre Boyutlandırma

Bölüm (3.1.2.)de bulunan sonuçlarla kıyaslamak bakımından bölüm (3.1.)de kullanılan Şekil (3.1.)deki çerçeve ve yükleme durumu ve şekil (3.2.)deki başlangıç boyutlandırması enkesitleri bu bölümde de kullanılacaktır.

Kuvvetli kolon-zayıf kiriş prensibi kullanılarak yapılan boyutlandırmada doksan toplam eleman bulunan çerçevede birinci iterasyonda yetmişbeş ikinci iterasyonda yirmi-dört üçüncü iterasyonda bir eleman değerlerini değiştirerek dördüncü iterasyonda nihai çözüme ulaşılmıştır.

Kararlılık bağı elemanları 2.32 ton, kirişler 17.64 ton ve kolonlar 36.08 ton olmak üzere toplam çerçeve ağırlığı 56.04 ton olmuştur.

Bölüm (3.1.2.)de kuvvetli kolon-zayıf kiriş prensibi kullanılmadan elde edilen boyutlandırmaya nazaran burada kolonlar 9.45 ton daha ağır, kararlılık bağı elemanları yaklaşık aynı kalırken kirişler 0.23 ton daha hafif olmuştur. Oranlanacak olursa kolonlar % 26 daha ağır, kirişler % 1 oranında daha hafif olmuştur.

Öngörülen zati ve hareketli yüklerden müteşekkil düşey, ve deprem ve rüzgar olarak yatay yükler altında ve kuvvetli kolon-zayıf kiriş prensibi tesiriyle çerçevede bütün kolonlar düşey ve yatay yükler bileşimi tesiriyle boyutlandırılırken, onuncu ve ilk beş katta yatay yüklerin etkisine bitişik açıklıklarda düşey ve yatay yük bileşimi, diğer iki açıklıklardaki kirişlerin boyutlandırılmasında sadece düşey yükler etkin olmuş, geriye kalan katlarda yukarıdaki durumun yükler ve açıklıklar açısından tamamiyle tersi durum gözlenmiştir. Kararlılık bağı elemanlarının boyutlandırılmasında da düşey yükler etkin olmuştur.

6.3. Türk Standardına Göre Boyutlandırma

Bölüm (3.1.3.)deki çerçeve ve yükleme durumuna kuvvetli kolon-zayıf kiriş prensibi eklenerek analiz yapılmış, birinci iterasyonda yetmişsekiz, ikinci iterasyonda kırk eleman değerlerini değiştirerek üçüncü iterasyonda nihai çözüme ulaşılmıştır.

Toplam çerçeve ağırlığı 57.1 ton olurken, kolonlar 37.04 ton, kirişler 17.55 ton ve kararlılık bağı elemanları 2.50 ton olmuştur.

Bölüm (3.1.3.)de kuvvetli kolon-zayıf kiriş prensibi kullanılmadan bulunan nihai boyutlandırmaya nazaran burada kolonlar 9.66 ton (% 26) daha ağır olurken, kirişler 0.68 ton (% 4) daha hafif olmuş ve kararlılık bağı elemanlarının değeri yaklaşık aynı kalmıştır. Böylece toplam çerçe-

ve ağırlığı olarak 9 ton (% 16) daha ağır bir çözüm elde edilmiştir.

Çerçeve elemanlarının boyutlandırılmasında yük bileşimlerinin etkinliği hususu aynen bölüm (6.2.) deki gibi olmuştur.

6.4. Amerikan ve Türk Standartlarının Karşılaştırılması

Toplam çerçeve ağırlığı olarak Türk Standardına göre yapılan boyutlandırma 1.06 ton (% 2) daha ağır bir çözüm verirken bu fazlalığın 0.96 ton (% 2.6)unu -beklendiği gibi- kolon elemanları teşkil etmiştir.

Her iki standarda göre elde edilen nihai çözümlerin enkesit ve ağırlıklar açısından mukayesesi Şekil (6.1.)de verilmiştir.

7. DİNAMİK YÜKLERE GÖRE BOYUTLANDIRMA

7.1. Giriş

Bu bölümün amacı ÇYOBP'nin deprem yüklemesi altındaki çok katlı çelik çerçevelerin boyutlandırılmasında verimli ve ekonomik bir çözüm sağladığını göstermektir.

İnceleme için yedi katlı iki açıklıklı bir çerçeve ele alınacaktır. Çerçevenin geometrisi, tesadüfen seçilen başlangıç boyutlandırma enkesitleri, ve düşey yükleme durumu Şekil (7.1.) de verilmiştir. Deprem yüklemesi olarak

bundan önceki bölümlerde her katın döşeme seviyesine tesir ettirilen yanal yükler alındığı halde burada 1940 da Amerika, El Centro'da meydana gelen depremin Şekil (7.2.) de verilen Spektrumu ve bundan çıkarılan deprem Spektrum datası kullanılmıştır. Bilindiği gibi ikinci yaklaşım deprem yüklemesini karakterize etmede daha gerçekçidir, çünkü deprem "dinamik" bir kuvvettir.

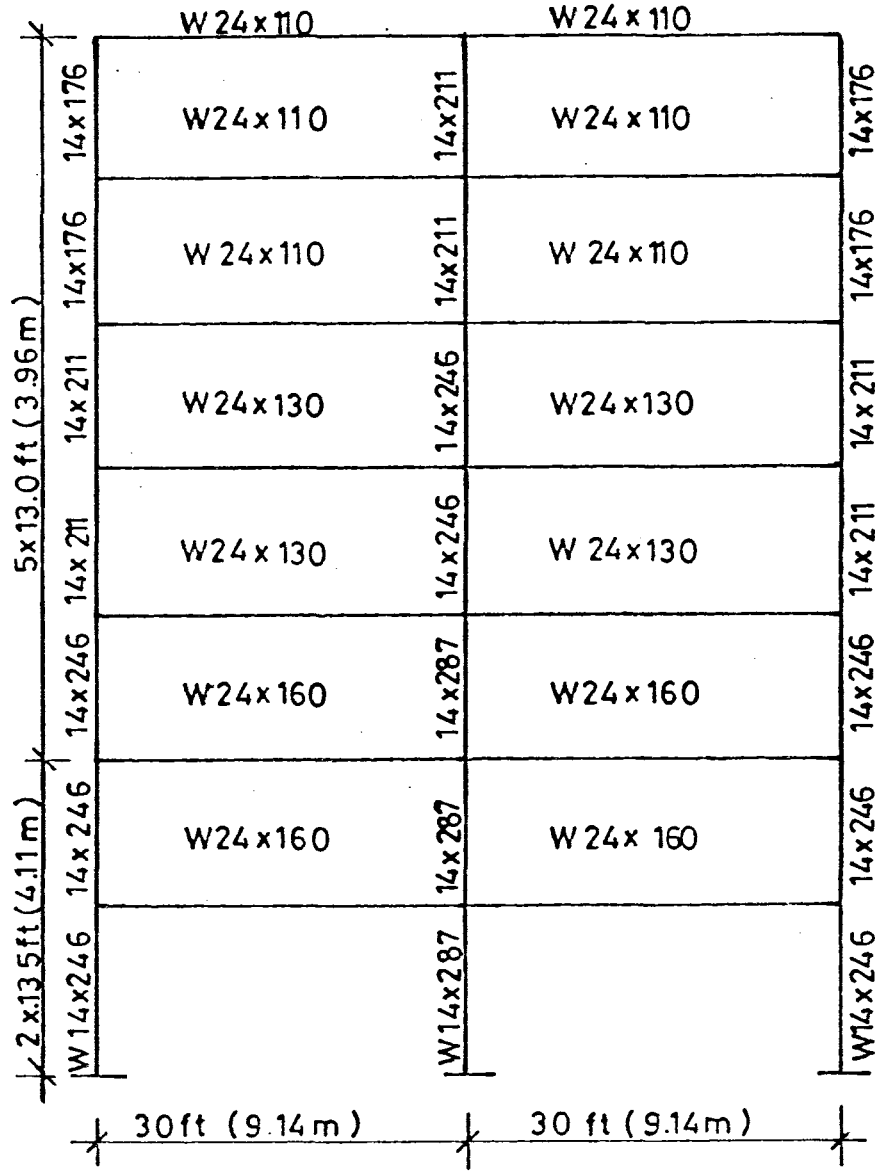
Adı geçen çerçeve Amerikan ve Türk Standartlarına göre incelenecek ve nihai çözümler kesitler ve ağırlıklar açısından karşılaştırılacaktır.

7.2. Amerikan Standardına Göre Boyutlandırma

Başlangıç boyutlandırma enkesitleri olarak Şekil (7.1.) de verilen kiriş ve kolon enkesitleri ÇYOBP'ye yüklenmiş, ilk iterasyonda bu enkesitlerin hepsi değişmiş, bu değişen enkesitler ÇYOBP tarafından ikinci iterasyona otomatik bir şekilde enkesit datası olarak girilmiş ve ikinci iterasyon sonucu tekrar değişik otuzbeş enkesit bulunmuştur. Üçüncü ve dördüncü iterasyonlarda ikişer eleman değerlerini değiştirerek beşinci iterasyonda nihai çözüme ulaşılmıştır.

27.06 ton olan toplam çerçeve ağırlığınının 14.11 ton'unu kolonlar ve 12.95 ton'unu kirişler teşkil etmiştir.

Bütün çerçeve elemanlarının boyutlandırılmasında düşey yükler ve deprem yükü bileşimi tesirli olmuştur.



DÜŞEY YÜKLER

Zati yük :

Çatı katı: 100 psf (0.488 t/m²)

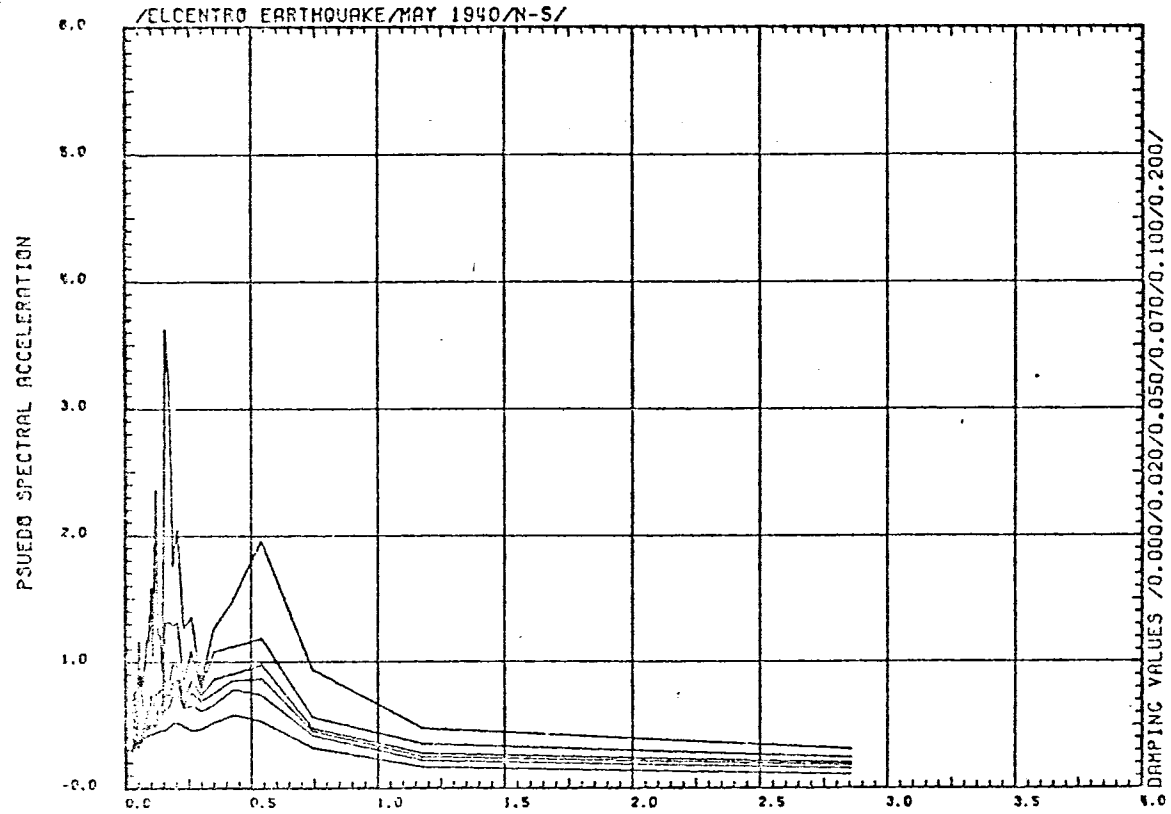
Diğer katlar: 120 psf (0.586 t/m²)

Hareketli yük:

Çatı katı: 16 psf (0.078 t/m²)

Diğer katlar: 70 psf (0.342 t/m²)

Şekil (7.1) Çerçeve geometrisi, başlangıç boyutlandırma enkesitleri ve çerçeveye gelen düşey yükler



CARD INPUT
TIME FUNCTION
TABLE 1

EAC/CSI/ERSE2/E2SPEC

TIME PERIOD

FRAME NUMBER 1

RUN DATE 01/28/77

Şekil (7.2) El Centro depreminin davranış spektrumu

Deprem Davranış Spektrumu Datası

<u>Periyot</u>	<u>İvme (birim/san./san.)</u>
0.000	0.327
0.026	0.330
0.027	0.330
0.028	0.343
0.029	0.354
0.029	0.363
0.030	0.368
0.031	0.368
0.032	0.363
0.033	0.360
0.035	0.364
0.036	0.363
0.037	0.361
0.039	0.358
0.040	0.355
0.042	0.346
0.043	0.344
0.045	0.347
0.048	0.353
0.050	0.354
0.053	0.354
0.056	0.355
0.059	0.392
0.063	0.430
0.067	0.445
0.071	0.478
0.077	0.505
0.083	0.518
0.091	0.478
0.097	0.553
0.100	0.582
0.102	0.585

Deprem Davranış Spektrumu Datası (Devam)

<u>Periyot</u>	<u>İvme (birim/san./san.)</u>
0.107	0.555
0.113	0.529
0.120	0.595
0.127	0.637
0.136	0.662
0.146	0.689
0.158	0.871
0.171	0.817
0.187	0.988
0.206	0.970
0.230	0.701
0.260	0.858
0.296	0.739
0.351	0.870
0.426	0.909
0.540	0.982
0.741	0.476
1.177	0.271
2.857	0.198

7.3. Türk Standardına Göre Boyutlandırma

Bölüm (7.2)de kullanılan çerçeve ve yükleme değerleri metrik sisteme adapte edilerek data girdileri tekrar ÇYOBP'ye verilmiş, birinci ve ikinci iterasyonların sonucunda bulunan bütün elemanların enkesit değerleri değişmiş, üçüncü iterasyonda dört eleman değerlerini değiştirerek dördüncü iterasyonda nihai çözüme ulaşılmıştır.

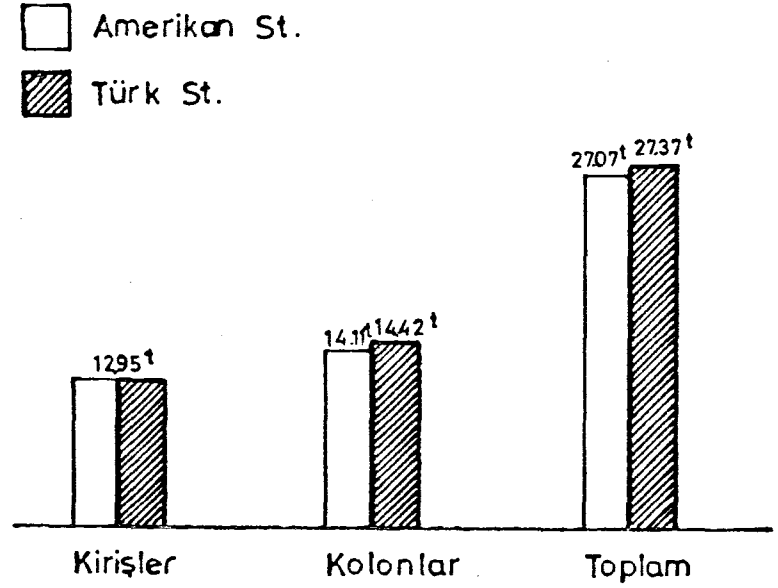
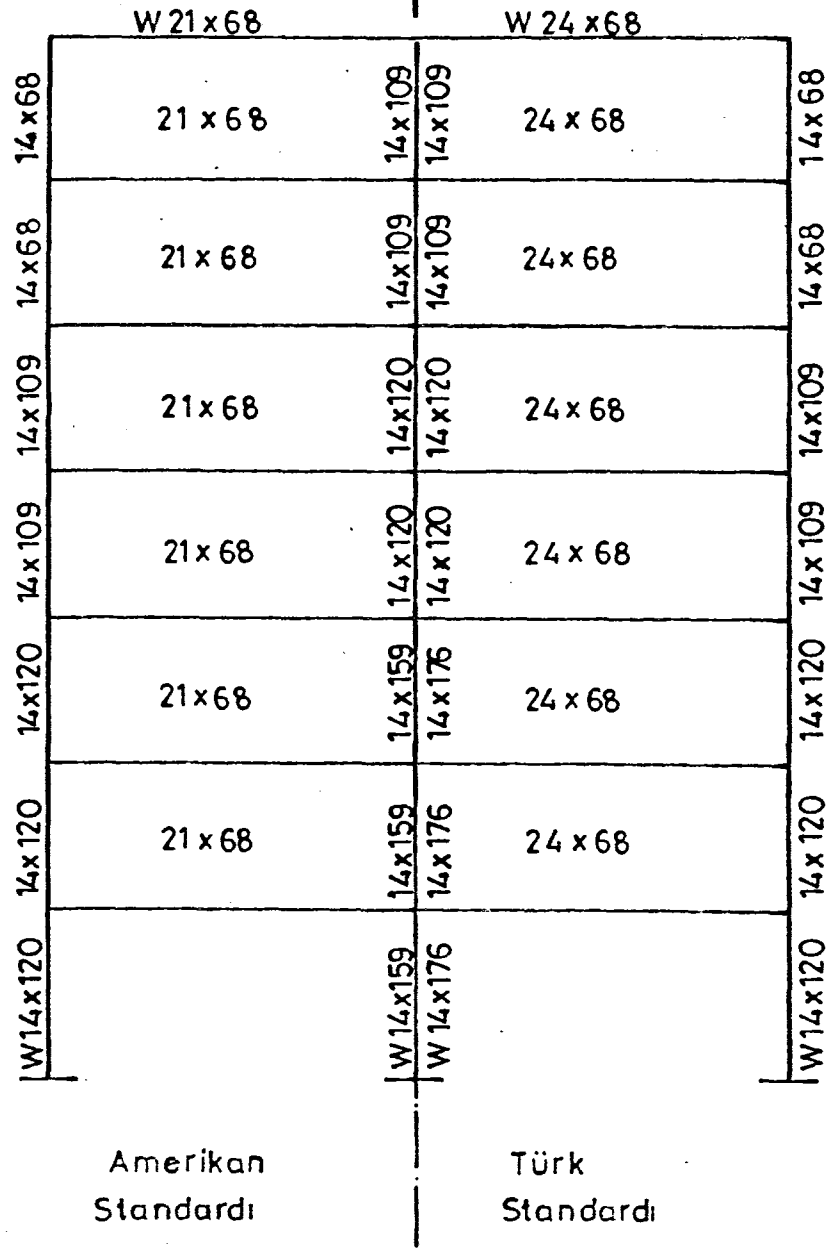
Kolonların ağırlığı 14.42 ton, kirişlerin ağırlığı 12.95 ton olmak üzere toplam çerçeve ağırlığı 27.37 ton olmuştur.

Burada da bölüm (7.2.)de olduğu gibi bütün çerçeve elemanlarının boyutlandırılmasında düşey yükler ve deprem yükü bileşimi etkin olmuştur.

7.4. Amerikan ve Türk Standartlarının Karşılaştırılması

Her iki standartta toplam kiriş ağırlıkları aynı olurken Türk Standardına göre boyutlandırmada kolonlar 0.31 ton (% 2) daha ağır olmuştur. Bu fazlalık orta akstaki alttan ilk üç kolona dağılmıştır.

Her iki standarda göre bulunan kirişler ağırlık bakımından aynı oldukları halde enkesit değerleri bakımından değişik olmuştur. Türk Standardına göre elde edilen kirişler Amerikan Standardına göre bulunan kirişlere nazaran daha yüksek, başlık genişliği daha fazla fakat gövde ve başlık kalınlığı olarak daha incedir. Bu da yanal yükler açısından avantaj olarak görülürken gövde burkulması ve kesme



Şekil (7.3) Amerikan ve Türk Standartlarının enkesit ve ağırlık açısından mukayeseleri

kapasitesi açısından dezavantaj olarak görülebilir.

Heriki standarda göre bulunan nihai çözümlerin enkesitler ve ağırlıklar bakımından mukayesesi Şekil (7.3.) de verilmiştir.

8. BOYUTLANDIRMADA DRİFT (YANAL DEPLASMAN) KONTROLU

8.1. Giriş

Çok katlı bir binanın drifti iki ardışık katın birbirine göre izafi deplasmanının kat yüksekliğine oranı ile ölçülür. Çok katlı binaların driftinin sınırlandırılması ihtiyacı 1930 larda kendini göstermiştir. ASCE Structural Subcommittee 31 (1931), binaların içinde rahatlıkla oturulabilecek şekilde yan al deplasmanlar sınırlandırılarak çerçeveler boyutlandırılmalıdır, tavsiyesini yapmıştır. Daha yeni referanslarda yüksek binaların boyutlandırılmasında insan konforunun gözönüne alınması gerçeğinden söz edilmiştir. İnsan konforunun kriterlerinden birisi de drift kontrolüdür (Council on Tall Buildings, 1979). Büyük yan al deplasmanlar sebebiyle ara bölmeler, tavan kaplamaları ve bazı cihazlar gibi taşıyıcı olmayan elemanlarda hasarı önlemek için de drift kontrolü istenir (Council on Tall Buildings, Committee 17, 1979, Fintel, 1974).

Yan al kat deplasmanları beş ana faktörden meydana gelir (de Buen, 1980):

1) Kolon eğilme ve kesme deformasyonu; 2) Kirişlerin elastik ve inelastik deformasyonlarından doğan birleşim (düğüm) noktası dönmesi; 3) Kiriş-perde kolon birleşim bölgesi çarpılması; 4) Kolon boylarının değişmesi sebebiyle yapının bütün olarak eğilmesi; 5) Binanın bütün olarak dönmesi.

Yanal deplasmanlar kirişlerin L/EI oranlarıyla yaklaşık olarak orantılı olduğundan kolonlar yerine kirişlerin rijitliğini artırmak suretiyle drift kontrolü yapmak daha ekonomik görünmektedir. Fakat, bu metod plastik mafsalları kirişlerden kolonlara kaydırabilir. Bundan dolayı hem kiriş hem de kolonların rijitleri artırılarak çerçevelerin yanal deplasmanlarının kontrolü en etkili ve ekonomik yol olacaktır.

ÇYOBP kat driftini kullanıcı tarafından seçilen (emniyetli) bir değere eşit ya da ondan küçük olarak kabul etmekte ve kattaki drift kontrolü için kiriş ve kolon rijitliklerinin artırılmasını gözönüne almaktadır.

Bu prosedürü göstermek için on katlı, üç açıklıklı, kararlılık bağı elemanları olmayan Şekil (8.1.)de gösterilen bir çelik çerçeve ÇYOBP tarafından taşıma gücüne ve drift kontrol kriterine göre analiz edilip boyutlandırılmıştır. Emniyetli kat drift indeksi 0.0025 olarak kabul edilmiştir. Şekil (8.2.) başlangıç datası olarak girilen enkesitleri göstermektedir.

ÇYOBP önce taşıma gücüne göre nihai boyutlandırmayı ve bununla ilgili çerçevedeki her katın driftini verir. Şayet katların drifti müsaade edilen drift indeksini aşıyor-

sa, program giriş ve kolon enkesitlerini otomatik olarak bir üst enkesite artırmakta ve çerçevedeki yeni kat driftlerini hesaplamak gayesiyle tekrar analiz için yeni değerleri işleme sokmaktadır. Bu proses her katın driftini müsaade edilen drift indeksinin altına düşünceye kadar devam etmektedir.

8.2. Amerikan Standardına Göre Boyutlandırma

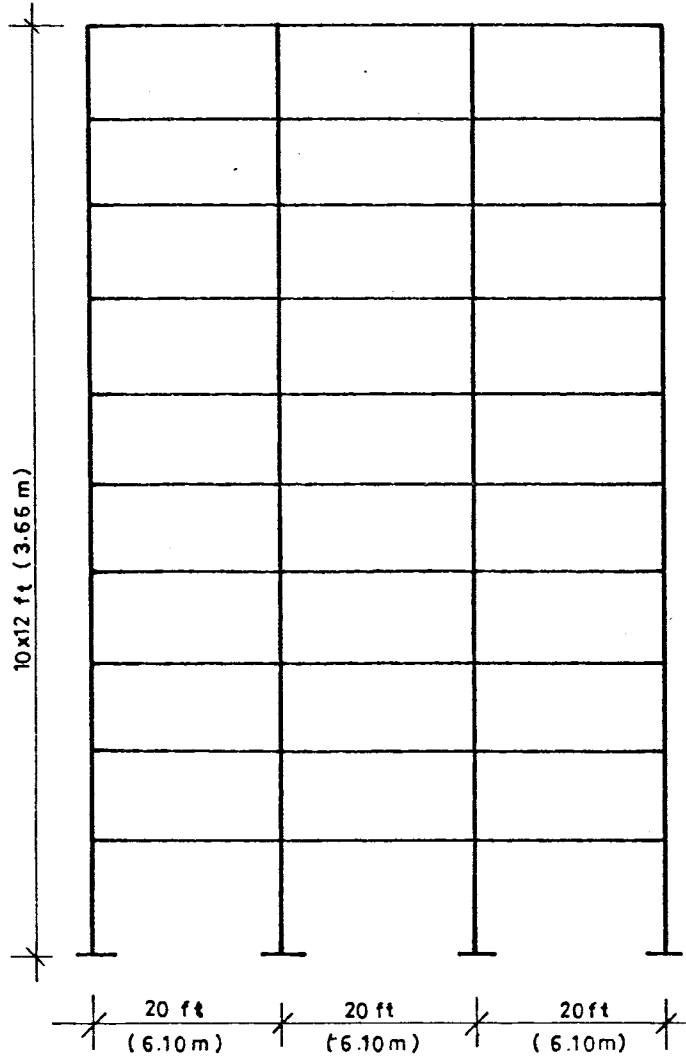
Başlangıç datası olarak girilen enkesitlerinin hepsi birinci iterasyonda değişmiş, bu yeni değerler ikinci iterasyonda değişmediği için nihai çözüm enkesitleri olmuşlardır.

Taşıma gücüne göre boyutlandırma sonuçları her katın driftleriyle beraber Şekil (8.3.)de, drift kontrol kriterini sağlayan boyutlandırma her katın driftleriyle birlikte Şekil (8.4.)de gösterilmiştir.

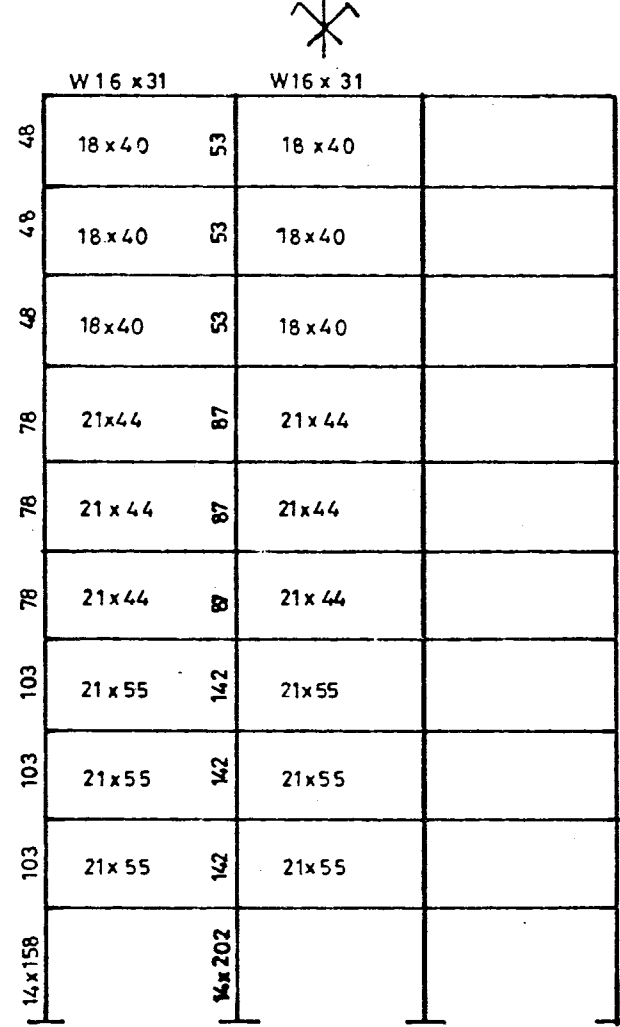
Taşıma gücüne göre boyutlandırmada toplam çerçeve ağırlığı 23.9 ton olurken, drift kontrolü yapıldıktan sonra elde edilen boyutlandırmada çerçeve 1.57 ton artarak 25.47 ton olmuştur. Bu fazlalık kolonlarda alttan ilk dört katta ve girişlerde ilk altı katta enkesit değerlerinin artması yüzünden meydana gelmiştir. Bu % 6.57 lik bir artışa teka-bül etmektedir.

8.3. Türk Standardına Göre Boyutlandırma

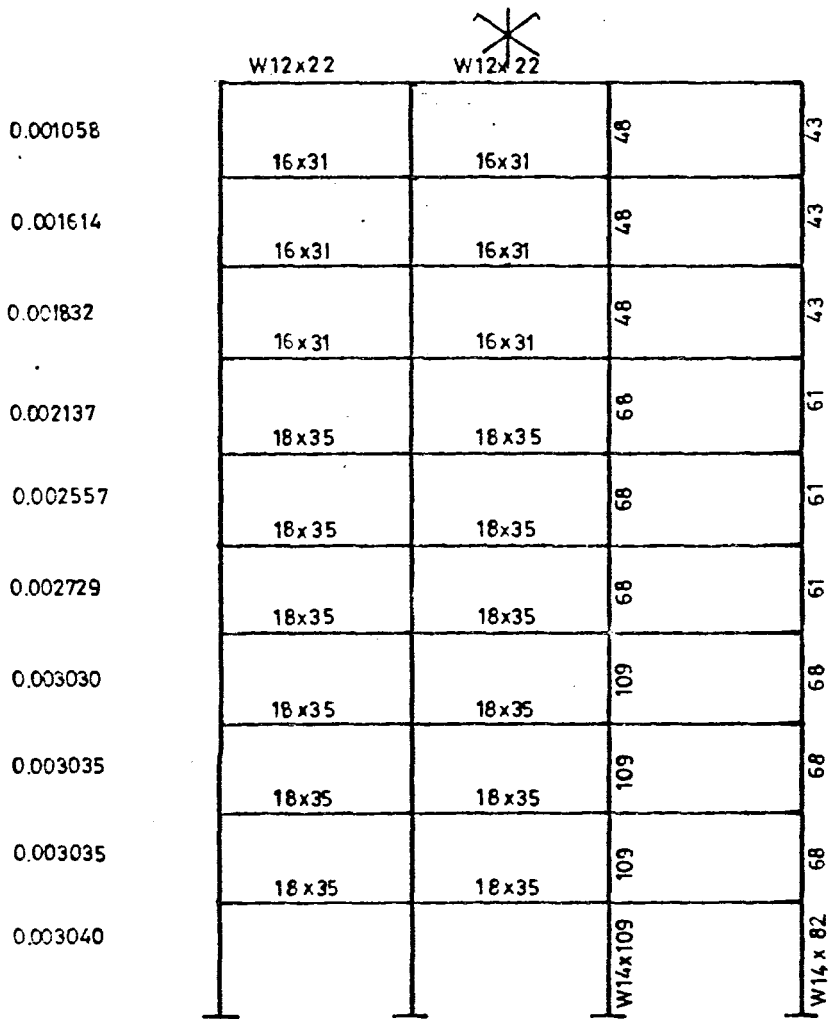
Burada da nihai çözüm bölüm (8.2.)de olduğu gibi ikinci iterasyonda elde edilmiştir.



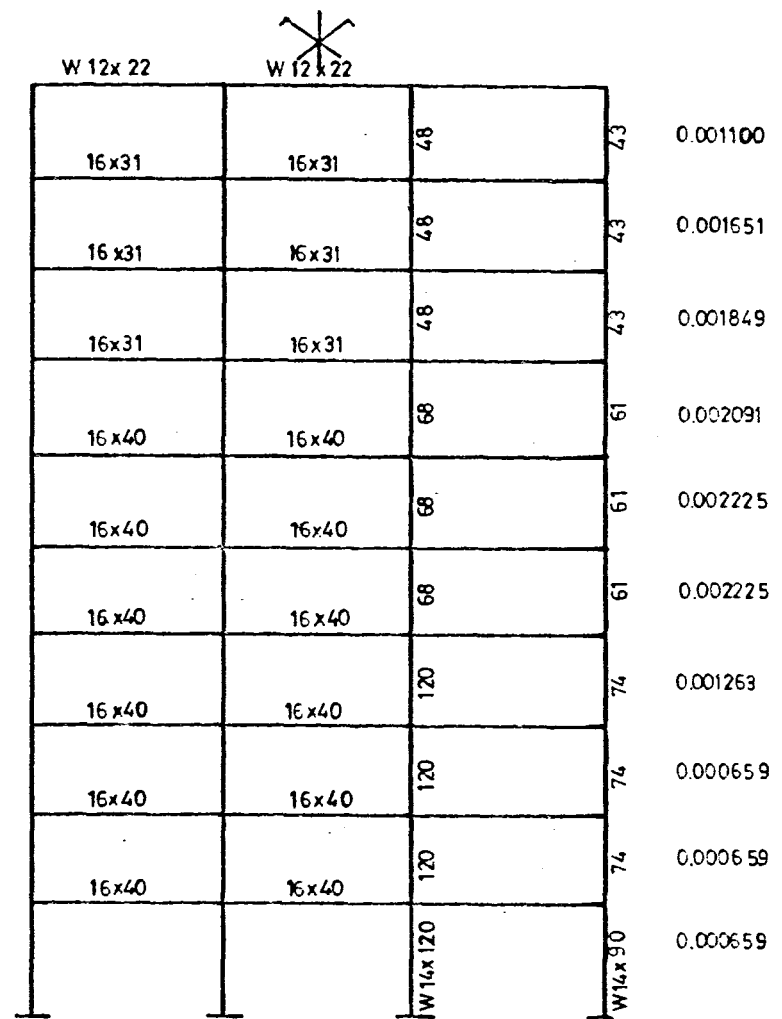
Şekil (8.1): Çerçeve boyutları



Şekil(8.2): Başlangıç boyutlandırma enkesitleri



Şekil(8.3) Nihai taşıma gücü boyutlandırılması.



Şekil (8.4) Drift şartını sağlayan nihai boyutlandırma .

(Amerikan Standardı)

Her kata tekabül eden driftlerle birlikte taşıma gücüne göre boyutlandırma sonuçları Şekil (8.5.)de, modife edilmiş driflerle beraber drift kontrol kriterini sağlayan nihai boyutlandırma enkesitleri de Şekil (8.6.)de verilmiştir.

Taşıma gücüne göre boyutlandırmada toplam çerçeve ağırlığı 24.5 ton olurken, drift kontrolü yapıldıktan sonra elde edilen çerçeve ağırlığı 25.4 ton olmuştur. % 3.6 lık bir artış zemin kat kolonları ve alttan ilk üç katın kirişleri büyüterek elde edilmiştir.

8.4. Amerikan ve Türk Standartlarının Karşılaştırılması

Taşıma gücüne göre boyutlandırma sonuçları Türk Standardında 0.6 ton (% 2.4) daha ağır olurken drift kontrollü boyutlandırmada aşağı yukarı aynı ağırlığı veren çözümler elde edilmiştir. Her iki boyutlandırmanın birbirinden farkının Amerikan Standardında Türk Standardına nazaran daha büyük olduğu gözlenmiştir.

Her iki standarda göre elde edilen taşıma gücü nihai boyutlandırmaları ve drift kontrollü nihai boyutlandırmalarının enkesitler açısından mukayeseleri Şekil (8.7.) ve (8.8.)de verilmiştir.

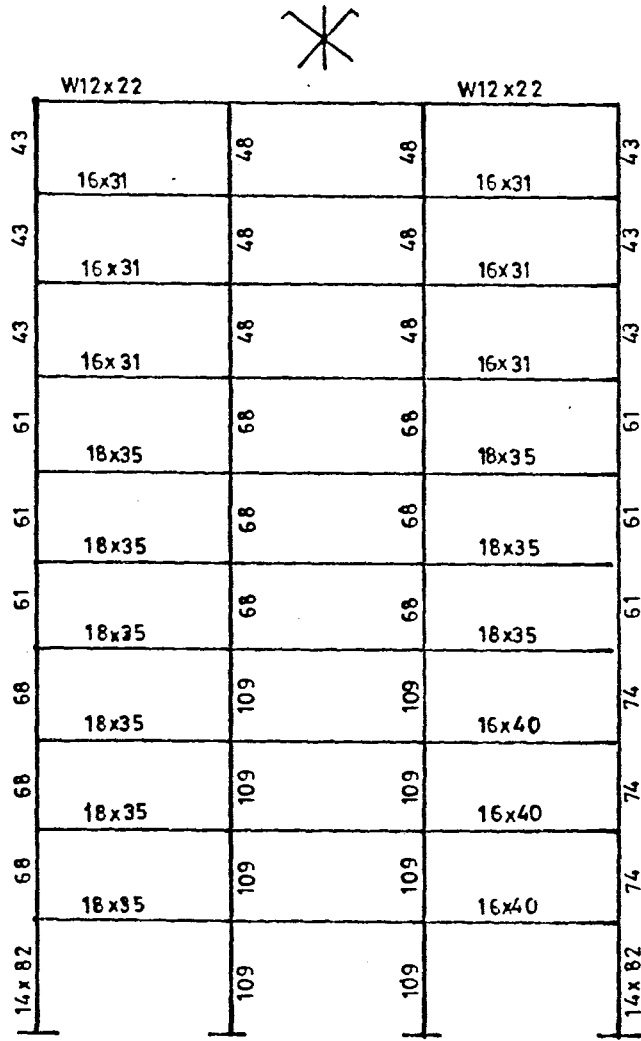
	W12x22	W12x22		
0.001023	16x31	16x31	48	43
0.001563	16x31	16x31	48	43
0.001775	16x31	16x31	48	43
0.002070	18x35	18x35	68	61
0.002475	18x35	18x35	68	61
0.002610	18x35	18x35	68	61
0.002880	16x40	16x40	109	74
0.002887	16x40	16x40	109	74
0.002887	16x40	16x40	109	74
0.002894			W14x109	W14x82

Şekil(8.5) Nihai taşıma gücü boyutlandırması.

	W12x22	W12x22			
	16x31	16x31	48	43	0.001069
	16x31	16x31	48	43	0.001607
	16x31	16x31	48	43	0.001810
	18x35	18x35	68	61	0.002058
	18x35	18x35	68	61	0.002199
	18x35	18x35	68	61	0.002199
	21x44	21x44	109	74	0.001280
	21x44	21x44	109	74	0.000677
	21x44	21x44	109	74	0.000677
			W14x109	W14x90	0.000677

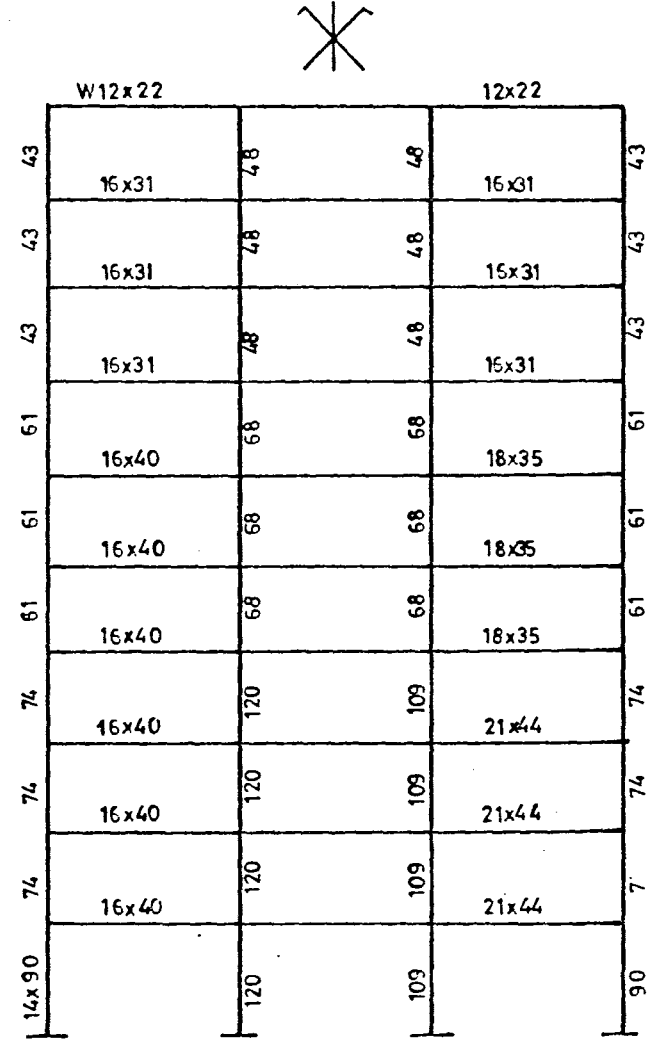
Şekil(8.6) Drift şartını sağlayan nihai boyutlandırma.

(Türk Standardı)



Amerikan Standardı | Türk Standardı

Şekil (8.7) Taşıma gücüne göre nihai çözümler.



Amerikan Standardı | Türk Standardı

Şekil (8.8) Drift kontrollü nihai çözümler.

9. ÜÇ BOYUTLU BİNA (TÜP ÇERÇEVE) BOYUTLANDIRILMASI

9.1. Giriş

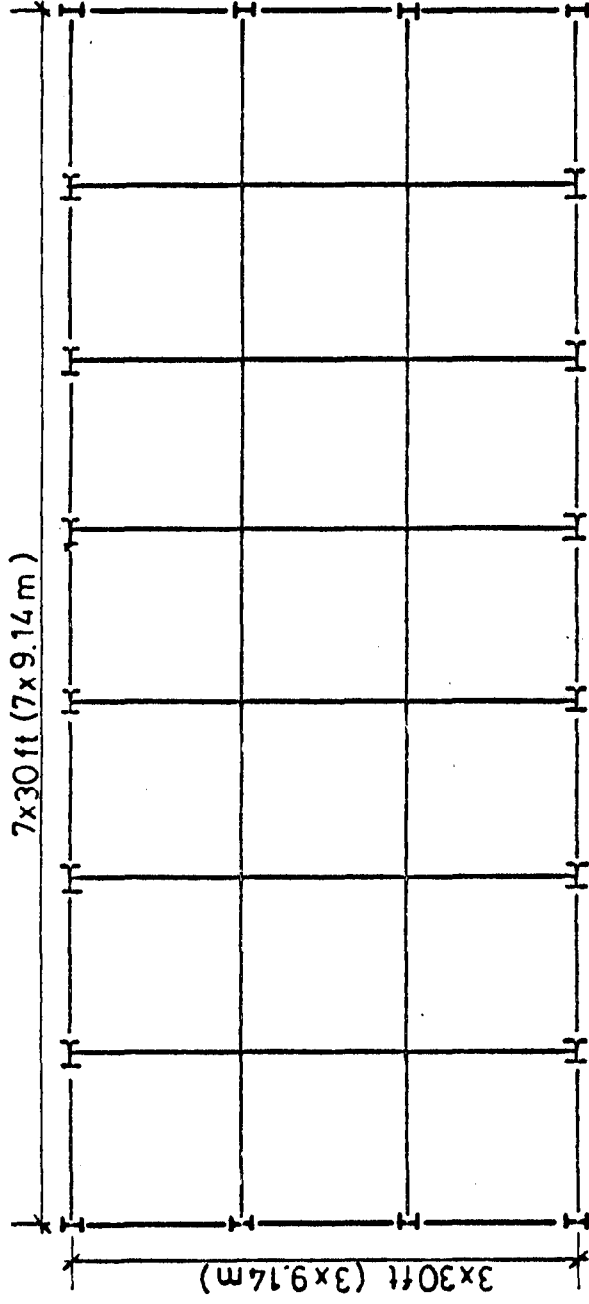
Bu bölümün amacı ÇYOBP'nin üç boyutlu binaları ekonomik ve verimli bir şekilde boyutlandırıldığını göstermektir. Bu gaye ile ön boyutlandırması bir mühendislik firması tarafından yapılmış 5 katlı, 20 açıklıklı bir tüp çerçeve incelenecektir.

Binanın tipik bir kat planı Şekil (9.1.)de gösterilmiştir. Yanal kuvvetler binanın çevresindeki rijit çerçeve ile alınacaktır. Bu rijit çerçeveye düşey yükler, rüzgar yükü ve dinamik deprem spektrumunun bileşenleri tesir etmektedir. Düşey yükler ve rüzgar yükü ve boyutlandırma yük kombinasyonları Şekil (9.2.)de özetlenmiştir. Dinamik deprem spektrumu bölüm (7)de kullanılan spektrum olacaktır.

Ön boyutlandırma enkesitleri Şekil (9.3.)de özetlenmiştir. Bu boyutlandırma otomatik boyutlandırma prosedürü için başlangıç boyutlandırılması için kullanılmıştır.

9.2. Amerikan Standardına Göre Boyutlandırma

Tüp çerçeve giriş ve kolon olmak üzere toplam 200 elemana sahiptir. İlk iterasyonda ön boyutlandırma enkesitleri olarak girilen bu elemanların hepsi değişmiştir. Bu proses iki iterasyon arasında hiç bir elemanın boyut değiştirmemesine kadar devam edilmiş ve sekizinci iterasyonda nihai çözüme ulaşılmıştır. Nihai çözüme ulaşma mertebesi



Şekil(9.1) 5 katlı çerçeve tütün tütün tipik bir normal kat planı.

Şekil (9.4.)te gösterilmiştir. Maksimum kat driftleri aşılması öngörülen drift indeksinden (0.0025) küçük olduğu için kat driftlerini azaltmak için ayrıca iterasyona gerek kalmamıştır.

Kolonlar 278.0 ton ve kirişler 105.0 ton olmak üzere toplam tüp çerçeve ağırlığı 383.0 ton olmuştur.

Bütün katlarda geniş cephelerde sıralanan kolonların boyutlandırılmasında düşey yükler ve deprem yükü bileşimi etkili olurken köşe kolonların da dahil olduğu dar cephelerdeki kolonların boyutlandırılmasında düşey yükler ve rüzgar yükü bileşimi etkili olmuştur.

Aynı zamanda, bütün katlarda geniş cephelerde yer alan kirişlerin boyutlandırılması sadece düşey yükler tarafından gerçekleştirilirken, dar cephelerdeki kirişlerin boyutlandırılması düşey yükler ve rüzgar yükü bileşimi veya düşey yükler ve deprem yükü bileşimi tarafından gerçekleştirilmiştir.

9.3. Türk Standardına Göre Boyutlandırma

Bölüm (9.2.)deki çerçeve Şekil (9.1.) ve (9.2.) deki değerler metrik sisteme adapte edilerek ve Şekil (9.3.)teki ön boyutlandırma enkesitleri girilerek analiz edilmiş ve yedinci iterasyonda nihai çözüme ulaşılmıştır. Birinci iterasyonda bütün elemanlar değerlerini değiştirirken, ikinci iterasyonda 130 eleman, üçüncü iterasyonda 96 eleman değerlerini değiştirmiş, dördüncü, beşinci ve altıncı iterasyonlar-

SERVİS YÜKLERİ VE KAT KÜTLELERİ

Servis Yükleri

Zati Yükler	:	Çatı katı	1.70 k/ft (1.49 t/m)	kiriş yükü
		Normal kat	1.34 k/ft (1.17 t/m)	kiriş yükü
		Zemin kat	1.37 k/ft (1.20 t/m)	kiriş yükü
Hareketli Yükler	:	Çatı katı	0.60 k/ft (0.53 t/m)	kiriş yükü
		diğer katlar	0.45 k/ft (0.39 t/m)	kiriş yükü
Rüzgar Yüğü	:	20 psf (0.049 t/m ²)	

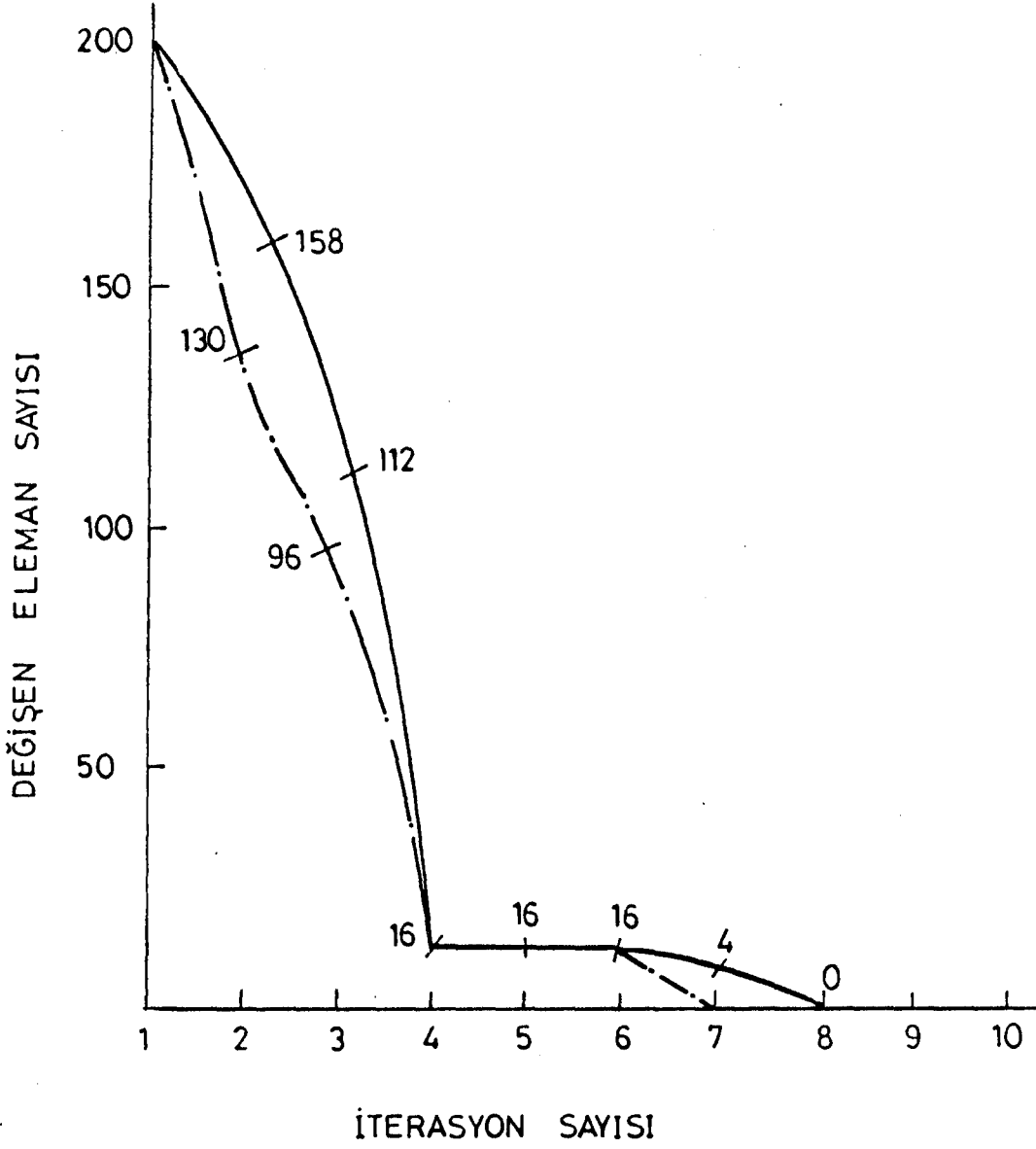
Yük Kombinasyonları

- 1) 1.7 (Z.Y - H.Y)
- 2) 1.3 (Z.Y - H.Y - R)
- 3) 1.0 (Z.Y - H.Y - D)
- 4) 0.8 (Z.Y - H.Y) - 1.0(D)

Kat Kütleleri

Çatı Katı	4.02 k-see ² /in ²
Normal Kat	5.05 k-see ² /in ²
Zemin Kat	5.10 k-see ² /in ²

Şekil (9.2.): Tüp çerçeveye tesir eden yükler



Sekil(9.4) Nihai çözüme yaklaşma mertebeleri

- Amerikan Standardı
- - - Türk Standardı

da değişen eleman sayısı 16 olarak sabit kalmış, son olarak yedinci iterasyonda hiç bir eleman değerini değiştirmemiştir. Nihai çözüme yaklaşım mertebesi kesik çizgi ile çizilerek Şekil (9.4.)de gösterilmiştir.

Toplam 392.0 ton olan çerçeve ağırlığının 284.0 ton'unu kolonlar ve 108.0 ton'unu kirişler teşkil etmiştir.

Tüp çerçevadaki kolon ve kirişlerin boyutlandırılmasında yük bileşimlerinin etkinliği bölüm (9.2.)deki gibi gerçekteşmiştir.

Burada da maksimum kat driftleri aşılmaması öngörülen drift indeksinden (0.0025) küçük olmuştur.

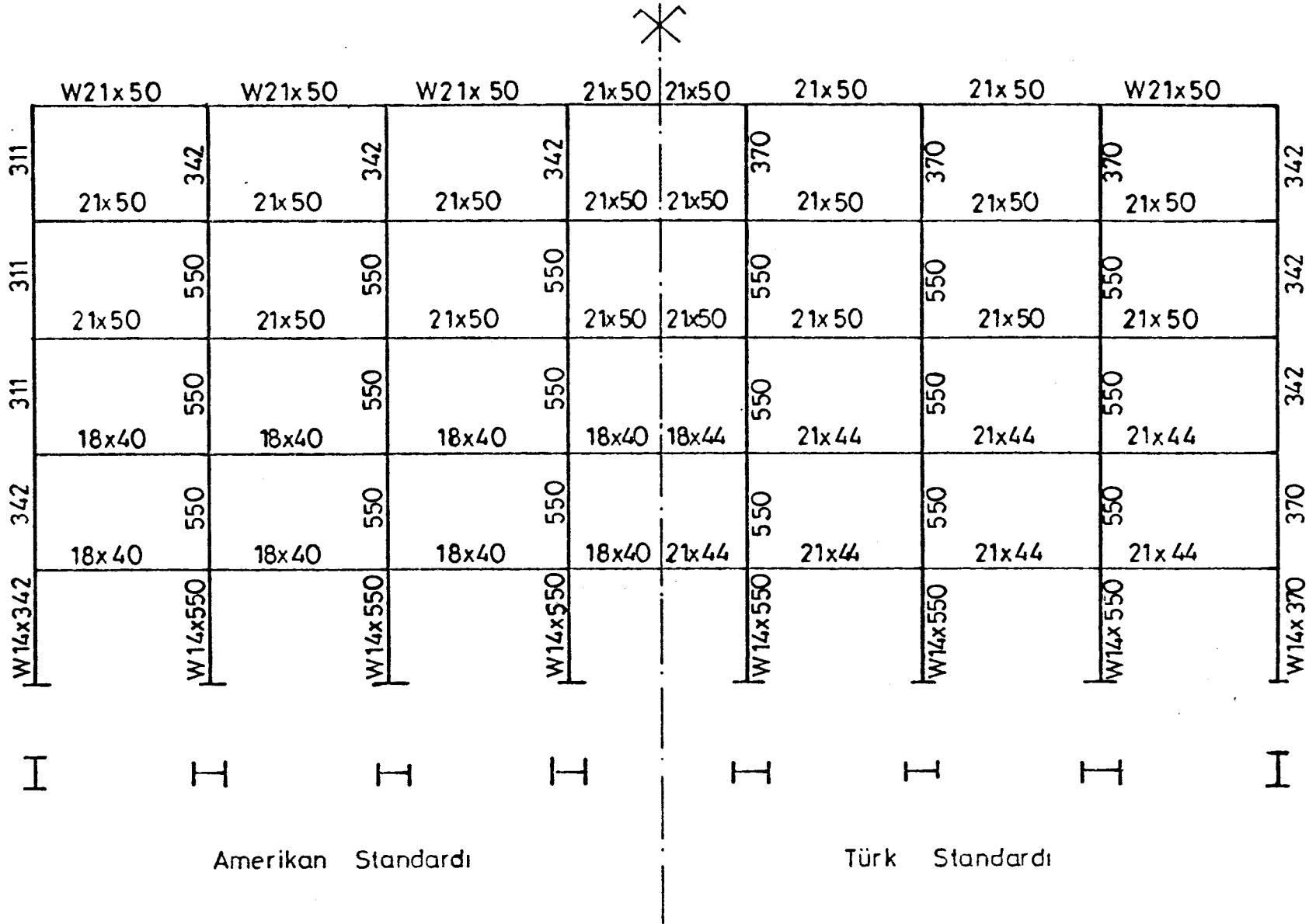
9.4. Amerikan ve Türk Standartlarının Karşılaştırılması

Türk Standardında nihai çözüme Amerikan Standardına nazaran Şekil (9.4.)ten de görülebileceği gibi daha hızlı ulaşılmıştır. Türk Standardı Amerikan Standardına kıyasla toplam tüp çerçeve ağırlığı olarak 9 ton (% 2.2), kolon ağırlığı olarak 6 ton (% 2.1) ve kiriş ağırlığı olarak da 3 ton (% 2.8) daha ağır çözüm vermiştir.

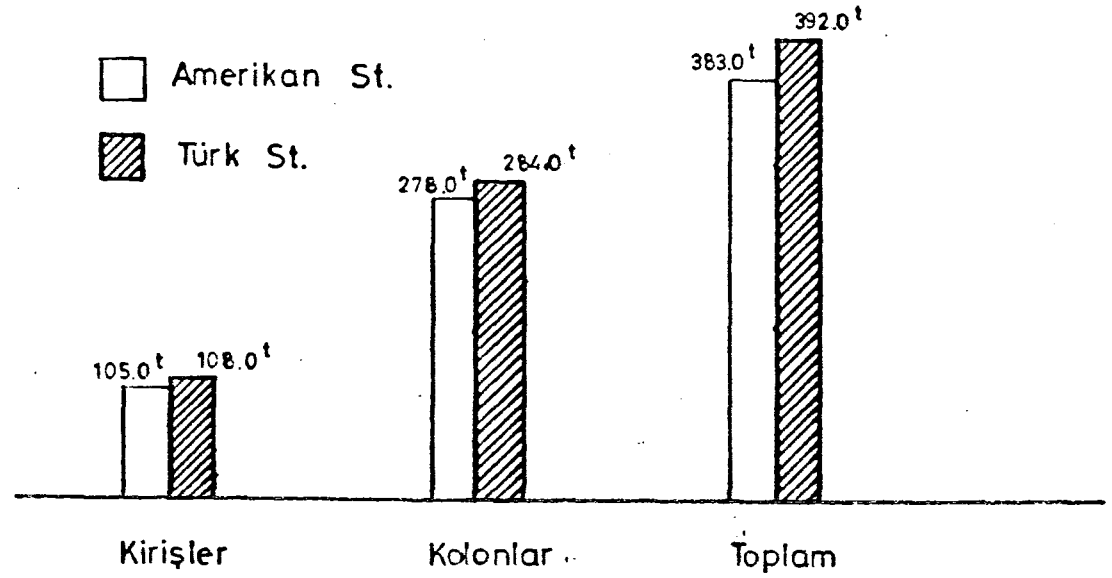
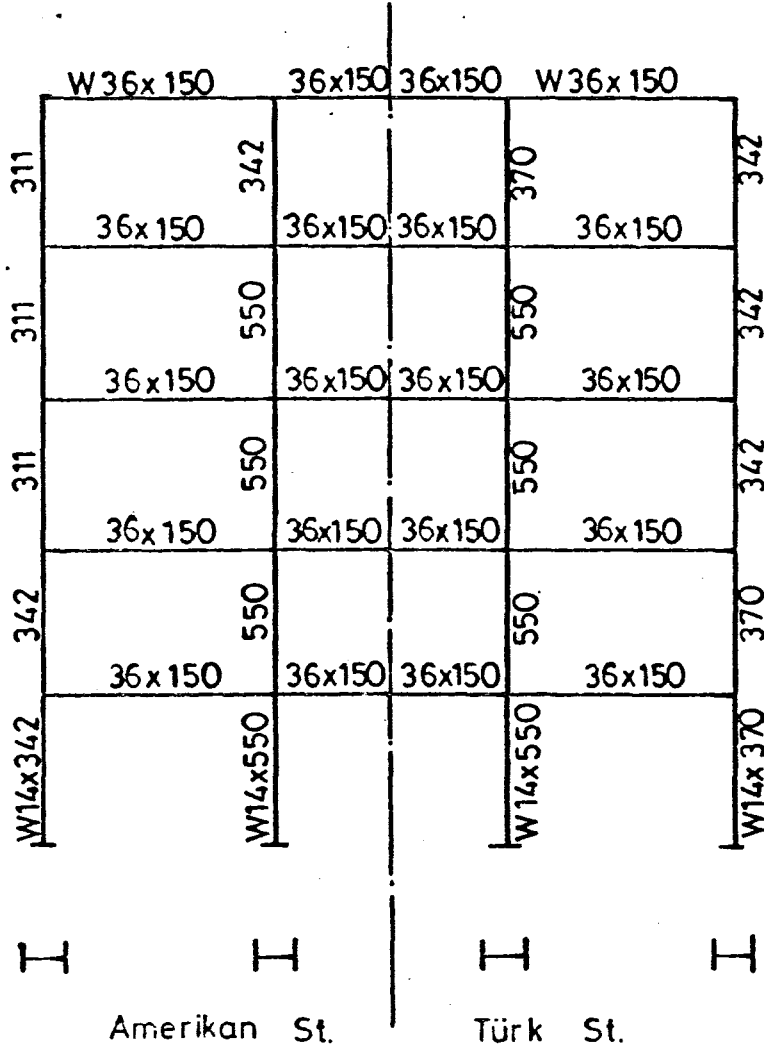
Her iki standartta da maksimum kat driftleri aşılmaması öngörülen drift indeksinden küçük olmuştur.

Amerikan ve Türk Standartlarına göre bulunan nihai çözümlerin enkesitler ve ağırlıklar açısından karşılaştırılması Şekil (9.5.) ve (9.6.) da gösterilmiştir.

Kolonlar incelendiğinde köşe kolonlar Türk Standardında bütün katlarda bir üst büyük enkesit değerini alır-



Sekil (9.5) Tüp çerçevenin geniş cephesindeki en kesitlerin mukayesesi.



Sekil (9.6) Tüp çerçevenin dar cephesindeki en kesitler ve ağırlıklar açısından mukayesesi.

ken iç kolonlar sadece en üst katta bir üst büyük enkesit değerini almış diğer katlarda her iki standart aynı enkesiti kullanmıştır. Kirişlere bakıldığında Türk Standardı aşağıdan ilk iki katta daha büyük enkesit kullanırken diğer katlarda her iki standart aynı enkesitleri kullanmıştır.

10. GENEL DEĞERLENDİRME

Giriş bölümünde plastik hesap metodlarının geçen yirmi sene içinde başlayıp, gelişme seyri, bu konuda çalışan araştırmacılar ve çalışmaları özetlenip irdelenerek bir perspektif verilmeye çalışılmış, bu konuda niçin araştırma yapma gereği duyulduğu belirtilmiş ve ÇYOBP'nin kapasitesi ve getireceği yenilikler üzerinde durulmuştur.

Çelik yapıların plastik teoriye göre hesap kurallarını içeren Amerikan Standardı AISC ve Türk Standardı TS4561'e göre çok katlı çelik yapıların plastik boyutlandırılması ÇYOBP ile iki ayrı şekilde yapılmıştır. Zira her iki standardın boyutlandırma formülasyonlarının benzerlikleri olduğu gibi değişik yaklaşımları da bulunmaktadır.

Her iki standartta da kolon boyutlandırılmasına kolonların narinlikleri hesaplanarak girilmiş ve bu değerler eğilmenin meydana geldiği eksene bağlı olarak plastik narinlik sınırı (kritik narinlik) ile mukayese edilmiştir. Emniyetli aksenal yükün bulunmasında Amerikan Standardı'nda kritik aksenal yükün bulunmasında ise Türk Standardı'nda daha detaylı formül verilmiştir.

Kararlılık bağı veya kararlılık bağısız çerçevelerdeki bileşik eğilmeye maruz kolonların boyutlandırılmasında kuvvetli eksene göre eğilme halinde burkulmalı veya burkulmasız durumda sağlanması gereken şartlar aynı olurken, elemanın yanal olarak tutulmamış uzunluğunun hesabında elemanın uç momentlerinin oranları Amerikan Standardı'nda iki bölgeye bölünürken, Türk Standardı'nda Fransız Standardı benimsenerek üç bölgeye bölünmüştür.

Elemanın uzunluğu, yanal olarak tutulmamış uzunluktan büyük olduğu zaman plastik moment kapasitesinin Türk Standardı'na göre hesabında Fransız Standardı'nın bu konudaki formülü benimsenmiştir. Fakat, bu çalışmada drift kontrolünün ve kesmeli eğilme durumunda kesit azaltılarak hesap yapılmasının verdiği emniyet ve Fransız Standardı'nın öngördüğü formül programlama tekniğine uymadığı gözönüne alınarak Amerikan Standardı'nda verilen formül kullanılmıştır.

Bileşik eğilmeye maruz kolonların zayıf eksene göre eğilme durumunda kullanılan kriterler her iki standart için de paralellik arz etmektedir.

Kesme kuvveti, başlık burkulması, gövdenin yerel burkulması ve çerçeve stabilitesi kriterlerine göre yapılan boyutlandırma kontrolleri her iki standartta da aynı kısıtları ihtiva etmiştir.

Kiriş elemanının boyutlandırılması her iki standartta da kiriş iki ucunda tesir eden momentlerden büyüğü plastik mukavemet momenti hesabında kullanılıp tablodan enkesit seçerek gerçekleştirilmekte, kirişin boyutlandırılma kont-

rolları, kolon boyutlandırma kontrolleri gibi yapılmakta bir istisna olarak başlık burkulması kontrolunda aksenel yük sıfır kabul edilmektedir.

Kararlılık bağı boyutlandırılmasında Amerikan Standardı'nda çekme tesiri altındaki elemanın narinlik oranı 300'den, basınç tesiri altındaki elemanın narinlik oranı 200'den küçük olması şart koşulurken, Türk Standardı'nda her iki tesir altındaki elemanın da 250'den küçük olması öngörülmüştür. Her iki standartta da Stabilite kriterleri gözönüne alınarak düşey kararlılık bağı elemanına gelen kuvvet akma noktasındaki aksenel yükün % 85 i ile sınırlandırılmıştır.

Çok katlı yapıların yanıl deplasmanlarının sınırlandırılmasında önemli katkıları olan diyagonal kararlılık bağları üç şekilde düzenlenerek incelenmiştir.

Birincisi düşey yükler tesiri ile çekmeye çalışan V-kararlılık bağıdır. Bu tip kararlılık bağı elemanı kullanılarak on katlı bir çerçeve düşey ve yanıl yükler tesiri altında Anderson tarafından boyutlandırılmış, bu, ÇYOBP ile Amerikan Standardı gözönüne alınarak yapılan boyutlandırma ile karşılaştırıldığında ÇYOBP % 5.8 daha hafif çözüm vermiştir. Burada ÇYOBP daha etkin bir iterasyon tekniği kullanarak nihai çözüme ulaşmıştır.

ÇYOBP ile aynı çerçevenin Amerikan ve Türk Standartlarına göre yapılan nihai boyutlandırılmaları karşılaştırıldığında ise Türk Standardı % 2.5 daha ağır bir çözüm vermiştir. Bu sonucun elde edilmesine kolon ve kirişlerde

kesme kuvvetinin $0.3Q_p$ yi geçtiği yerlerde kesit azalması-
nın hesaba katılması ve basınca çalışan kararlılık bağı
elemanlarında narinlik sınırınının 250 olarak alınması sebep
olarak gösterilebilir.

^-tipi kararlılık bağı elemanları mimari açıdan kapı
açmak gayesi ile düzenlenir. Burada da Türk Standardı,
Amerikan Standardı'na nazaran % 6 daha ağır bir çözüm ver-
miştir.

Tek diyagonal olarak düzenlenen kararlılık bağı eleman-
ları diğer iki kararlılık bağı elemanlarına nazaran % 20
daha ağır olmasına rağmen çok düktil bir özellik gösterdi-
ği için tercih edilmektedir.

Kararlılık bağısız çerçevelerin incelenmesinde Driscoll
tarafından boyutlandırılmış on katlı bir çerçeve ele alınıp,
Amerikan ve Türk Standartlarına göre ÇYOBP tarafından boyut-
landırılmış, Amerikan Standardı % 12 ve Türk Standardı % 14
daha ağır çözüm vermiştir. Buna, Driscoll'un moment dağıtı-
mına imkan veren plastik kuvvet analizi kullanması sebep
gösterilebilir.

Diğer bir inceleme konusu da açıklığı 15.0 metreden
fazla olan geniş açıklıklı çerçevelerin ÇYOBP tarafından
boyutlandırılabilceğinin gösterilmesidir. 17.50 metre açık-
lıklı, beş koltu bir çerçeve incelemeye konu edilmiş ve
Türk Standardına göre boyutlandırmada toplam % 8.5 daha
ağır bir çözüm elde edilirken burada giriş ağırlıkları ko-
lon ağırlıklarına nazaran alışılmışın tersi olarak daha
ağır olmuştur. Türk Standardı'nda kolon ağırlıklarınının ki-

rişlere oranı Amerikan Standardı'na kıyasla % 3 daha ağır olmuştur.

İnelastik deformasyonu bina yüksekliği boyunca dağıtmak için plastik mafsalların kolonlar yerine kirişlerde teşekkül ettirilmesine yarayan kuvvetli kolon-zayıf kiriş prensibini kullanmak, aşırı yüklere maruz çok katlı yapıların emniyeti için bir ihtiyaçtır. Bu prensip kolon uç momentleri modife edilerek uygulanmaktadır. Bölüm (3.1.) de kullanılan çerçeve burada da kuvvetli kolon-zayıf kiriş prensibi kullanılarak boyutlandırılmış her iki standarda göre Bölüm (3.1.)'e nazaran kolonlar % 26 daha ağır olurken, kirişler Amerikan Standardına göre % 1, Türk Standardına göre % 4 daha hafif olmuştur.

Dinamik yükler altında ÇYOBP'nin boyutlandırma kabiliyetini göstermek için daha önce deprem yükü olarak statik yanal kuvvetler uygulanırken bu sefer dinamik yük olarak davranış spektrumu verileri uygulanmış Türk Standardı % 1 daha ağır çözüm verirken her iki standarda göre kirişler ağırlık bakımından aynı olurken enkesit değerleri bakımından Türk Standardı daha yüksek, geniş başlıklı fakat ince et kalınlıklı kesitler vermiştir. Bu da yanal yükler açısından avantaj olarak görülürken gövde burkulması ve kesme kapasitesi açısından dezavantaj olarak görülebilir.

Çok katlı yapıların yanal deplasmanlarının sınırlandırılması bir çok sebepten gerekli görülmüştür. Bu da kolon ve kirişlerin rijitliklerinin artırılmasıyla mümkün olmaktadır.

On katlı bir çerçeve önce taşıma gücüne göre boyutlandırılmış, bazı katların drift değerleri müsaade edilen drift indeksinden büyük olduğu için iterasyona devam edilmiş ve adı geçen değerden küçük değerler elde edilmiştir. Amerikan Standardı'na göre drift çözümü % 6.57, Türk Standardı'na göre drift çözümü % 3.6 daha ağır olmuştur.

Üç boyutlu, beş katlı bir tüp çerçeve bina, düşey yükler, rüzgar ve dinamik yüklere maruz olup değişik yük kombinasyonları altında analiz edildiğinde Türk Standardı'na göre boyutlandırılmada nihai çözüme daha hızlı ulaşılmıştır. Türk Standardı toplam tüp çerçeve ağırlığı olarak % 2.2 daha ağır olmuştur. Bu fazlalık köşe kolonlar ve aşağıdan ilk iki kattaki kirişler tarafından paylaşılmıştır.

Şekil (9.1.)den de görüleceği gibi kolonlar kuvvetli eksene ya da zayıf eksene göre moment alacak şekilde düzenlenebilmekte ve ÇYOBP ye her iki oriyantasyonun da girdi olarak yansıtılabilmesi mümkün olmaktadır.

11. SONUÇ

ÇYOBP (Çelik Yapıların Otomatik Bilgisayar Programı) olarak adlandırılan bir entegre analiz ve dizayn programı sunulmuş ve test edilmiştir. Programın boyutlandırma kısmı Amerikan Standardı AISC ve Türk Standardı TS4561 için iki ayrı şekilde düzenlenmiş, her ikisinde de aynı enkesit sembolleri kullanılmıştır.

Programın kullanılabilirliği ve verimliliğini göstermek ve ÇYOBP'nin verdiği çözümleri karşılaştırmak için daha önce incelenmiş farklı konular ele alınmıştır.

ÇYOBP kullanılarak analiz edilen ve boyutlandırılan değişik çerçeve tipleri: on katlı V, \wedge ve tek diyagonal kararlılık bağlı çerçeveler, on katlı kararlılık bağımsız çerçeveler, beş katlı geniş açıklıklı çerçeveler, ve üç boyutlu tüp çerçevelerdir. Kullanılan inceleme metodları da kuvvetli kolon-zayıf giriş ve drift kontrol stratejileri, dinamik yükler ve P-delta tesiri altında boyutlandırılmadığıdır.

Bu araştırmada ulaşılan sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

A- Otomatik bilgisayar programı ÇYOBP'nin kapasitesi ve getirdiği imkanlar açısından:

- 1) İterasyon uygulanarak yapılan boyutlandırma prosedürü tamamen otomatiktir. Enkesit elemanları ÇYOBP'ye eklenmiş zengin enkesit tablosundan seçilmektedir.
- 2) ÇYOBP, konvensiyonel boyutlandırma prosedürlerine kıyasla çok ekonomik çözümler vermektedir.
- 3) ÇYOBP 2 ya da 3 boyutlu her çeşit kararlılık bağımlı veya kararlılık bağımsız çok katlı çelik çerçeveleri analiz edip boyutlandırabilir.
- 4) Şayet nihai çözüme yaklaşık bir ön boyutlandırma kullanılabilirse çözüm zamanı ve iterasyon sayısı azalmaktadır.
- 5) ÇYOBP, kuvvetli ve zayıf eksene göre eğilmeler için ekonomik boyutlandırmalar vermektedir.

6) Kolon bağlantıları ve bir kattaki kirişlerin boyutunu sabit tutmak gibi pratik yaklaşımlar programa eklenmiştir.

7) Yükleme; düşey yükler, statik yatay yükler ve üç boyutlu sistemlerin boyutlandırılmasında esas olan iki bağımsız davranış spektrumunun kombinasyonları şeklinde verilebilir.

8) Üç boyutlu analiz ve boyutlandırmada ÇYOBP çerçeveleri bağımsız olarak inceler. Şayet aynı kolon iki ayrı çerçeveye aitse, her iki çerçevenin analiz ve boyutlandırması arka arkaya yapılmasına rağmen ÇYOBP her iki çerçeveden gelen aksenal yükleri eklemeyiz.

B- Çelik yapıların plastik teoriye göre hesap kurallarını ihtiva eden Amerikan Standardı AISC ve Türk Standardı TS4561'i karşılaştırma açısından:

1) TS4561 nihai çözüme AISC'ye nazaran daha çabuk ulaşmaktadır.

2) TS4561 ağırlık açısından konservatif çözümler vermektedir.

3) TS4561'e göre boyutlandırmada AISC ye nazaran kolon ağırlıkları kirişlere nispetle % 3 daha ağır olmaktadır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Driscoll, G.C.Jr., Beedle, L.S., Galambos, T.V., Lu, L.W., Fisher, J.W., Ostapenko, A., Daniels, J., and Parikh, B., 1965, "Plastic Design of Multistory Frames-- Lecture Notes and Design Aids", Fritz Engineering Laboratory Reports Nos. 273.20 and 273.24, Lehigh University, Bethlehem, PA.
- Driscoll, G.C. Jr., Armacost, J.D.III, and Hansell, W.C., 1968 a "FORTRAN Programs for Preliminary Design and Subassemblage Method of Analysis of Multistory Frames, "Fritz Engineering Laboratory Report No.345.11, Dept. of Civil Eng., Lehigh University, Bethlehem, PA.
- Driscoll, G.C., Jr., and Armacost, J.D.III, 1968, "Computer Analysis of Unbraced Multistory Frames", Fritz Engineering Laboratory Report No.345.5, Dept. of Civil Eng., Lehigh University, Bethlehem, PA.
- Driscoll, G.C., Jr., Armacost, J.O.III, and Hansell, W.C., 1970, "Plastic Design of Multistory Frames by Computer", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.96, No.ST1, Proc.Paper 6995, 17p.
- Nakamura, Y., and Litle, R.N., 1968, "Plastic Design Method of Multi-Story Planar Frames with Deflection Constraints", Civil Engineering Research Report R68-12, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- Horne, M.R., and Morris, L.J., 1972, "Optimum Design of Multi-Story Rigid Frames", presented at International Symposium on Computers in Optimization of Structural Design, University of Wales, Swanson, January.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Horne, M.R., 1973, "Plastic Design of Unbraced Sway Frames", Planning and Design of Tall Buildings, Proceedings of the 1972 ASCE-IABSE International Conference, ASCE, New York, Vol.II-15, 311p.
- Emkin, L.Z., and Litle, W.A., 1970, "Plastic Design of Multistory Steel Frames by Computer", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 100, no.ST9, Proc. Paper 19796, 1837 p.
- Emkin, L.Z., and Swanger, M.H., 1975, "ICES PLADS I, A Practical Approach to the Plastic Design of High-Rise Steel Building Frames", ASCE Convention, New Orleans, LA, April.
- El Hafez, M.B., and Powell, G.H., 1973, "Computer Aided Ultimate Load Design of Unbraced Multistory Steel Frames", Report No. EERC 73-3, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.
- El-Hafez, M.B., and Powell, G.H., 1974a, "Subassemblage Concept of Tall Frame Analysis", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.100, No.ST8, Proc. Paper 10739, August, 1611 p.
- El-Hafez, M.B., and Powell, G.H., 1974b., "Preliminary Plastic Design of Tall Steel Frames. "Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.100, No.ST9, Proc. Paper 19796, 1837p.
- Bertaro, V.V., and Kamil, H., 1975, "Nonlinear Seismic Design of Multistory Frames, "Canadian Journal of Civil Engineering, Vol.2, No.4, 494p.
- Saddick, M.H., 1978, "Automated Design of Steel Frames", Ph.D. Dissertation, Dept. of Civil Engineering, University of Southern California, Los Angeles.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

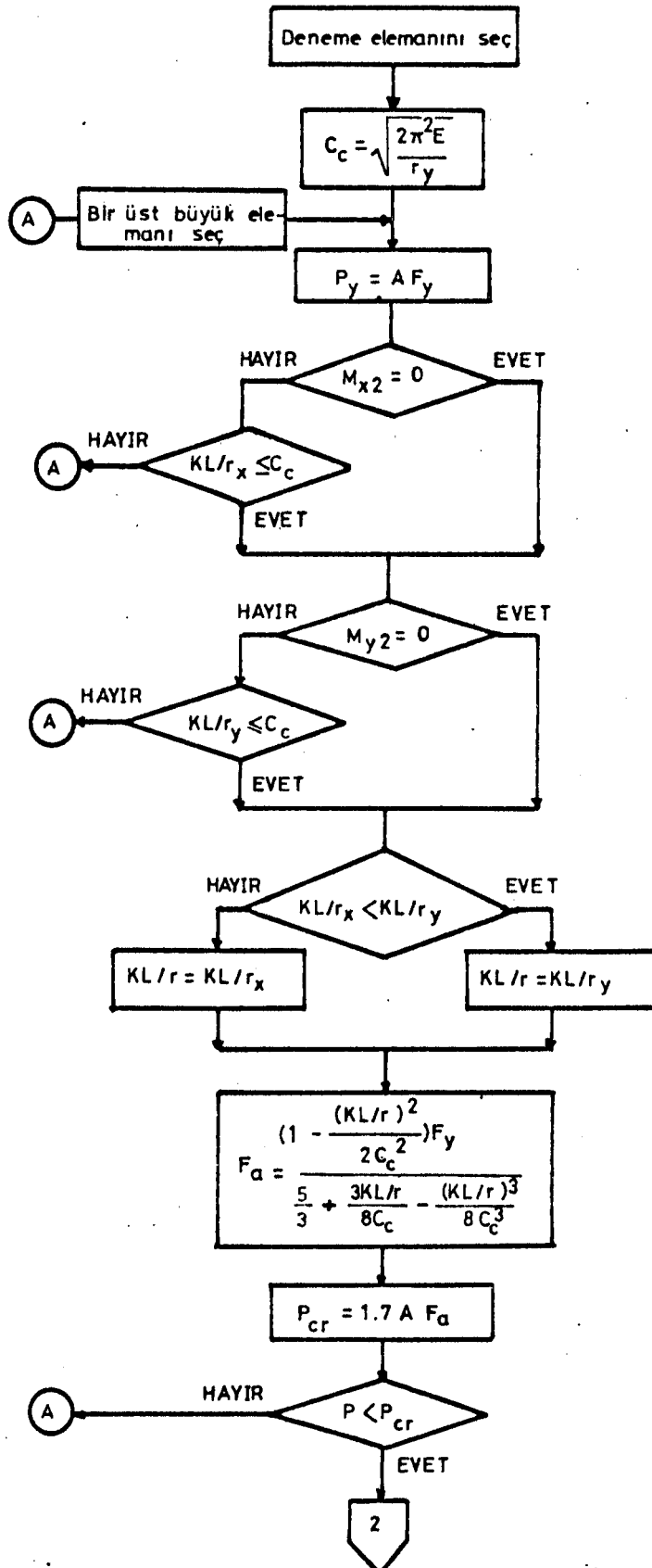
- American Institute of Steel Construction, 1978, Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings, New York.
- Türk Standartları, 1985, Çelik Yapıların Plastik Teoriye Göre Hesap Kuralları (TS4561), Ankara.
- Johnston, B.G., 1976, Guide To Stability Design Criteria for Metal Structures, third edition, John Wiley and Sons, New York.
- Türk Standartları, 1980, Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları (TS648), Ankara.
- Arda, T.S., ve Uzgider, E., 1986, Çelik Yapılarda Taşıma Gücü, İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörlüğü, 89 s.
- Anderson, J.C., 1975, "Seismic Behavior of K-Braced Framing Systems", ASCE, Journal of the Structural Division, vol.101, No.ST10, Proc.Paper 11636, 2147 p.
- Uniform Building Code, 1982, International Conference of Building Officials, Whittier, CA.
- Park, R., and Paulay, T., 1980, "Concrete Structures", Design of Earthquake Resistant Structures, E. Rosenblueth (Ed.), Chapter 5, Halsted Press, New York.
- ASCE, Structural Subcommittee, 1931, "Designing Wind Bracing for Skyscrapers", Civil Engineering, Vol.1, No.8, 700 p.
- Council on Tall Buildings, Committee 17, 1979, "Design Methods Based on Stiffness", Planning and Design of Tall Buildings, ASCE, Vol. SC, New York.
- Fintel, M., 1974, "Ductile Shear Walls in Earthquake Resistant Multistory Buildings", Journal of the American Concrete Institute, Vol.71, No.6,

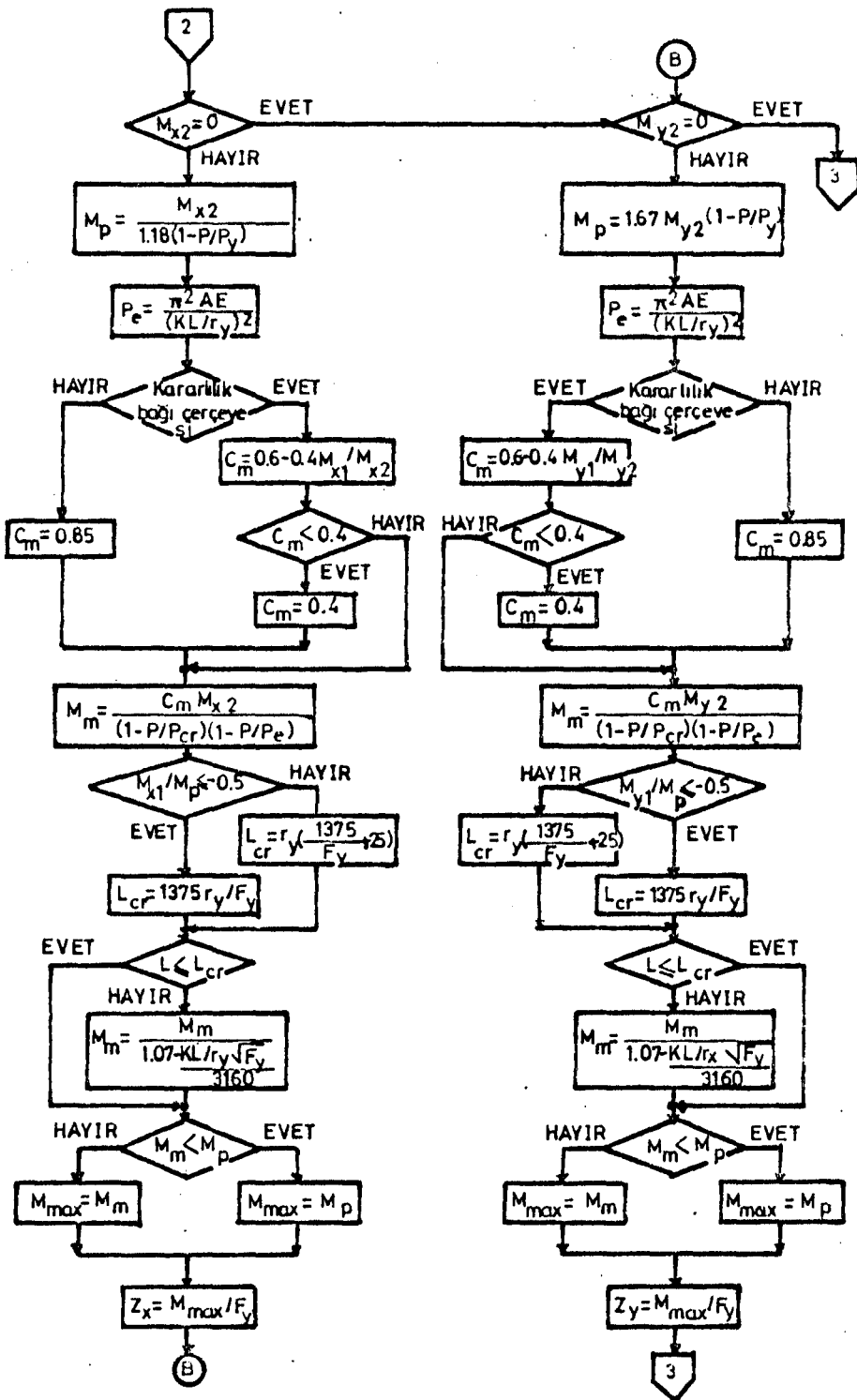
KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

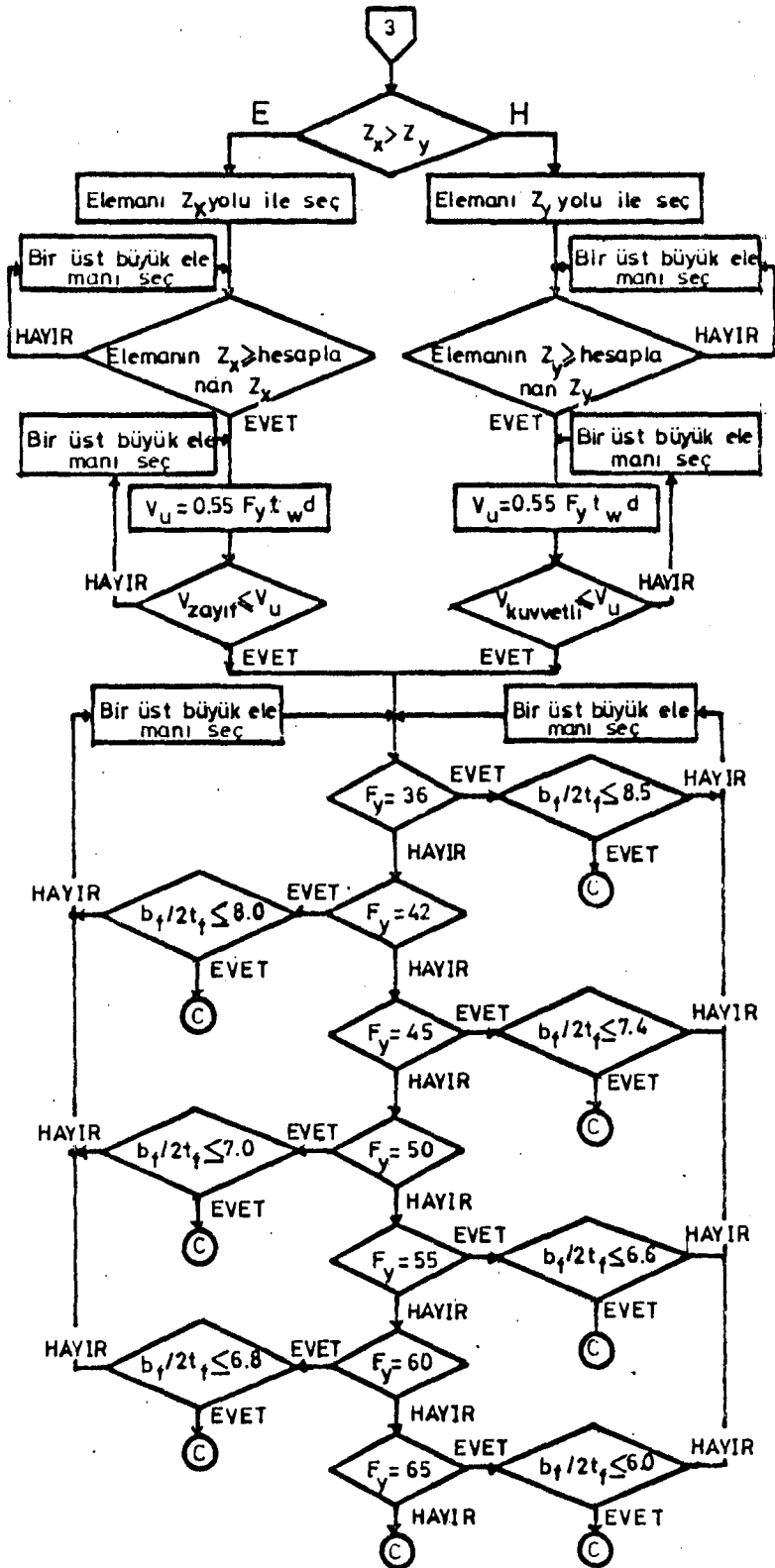
de Buen, O., 1980, "Steel Structures, "Design of Earthquake Resistant Structures, E.Rosenblueth (Ed.), Chapter 4, Halsted Press, New York.

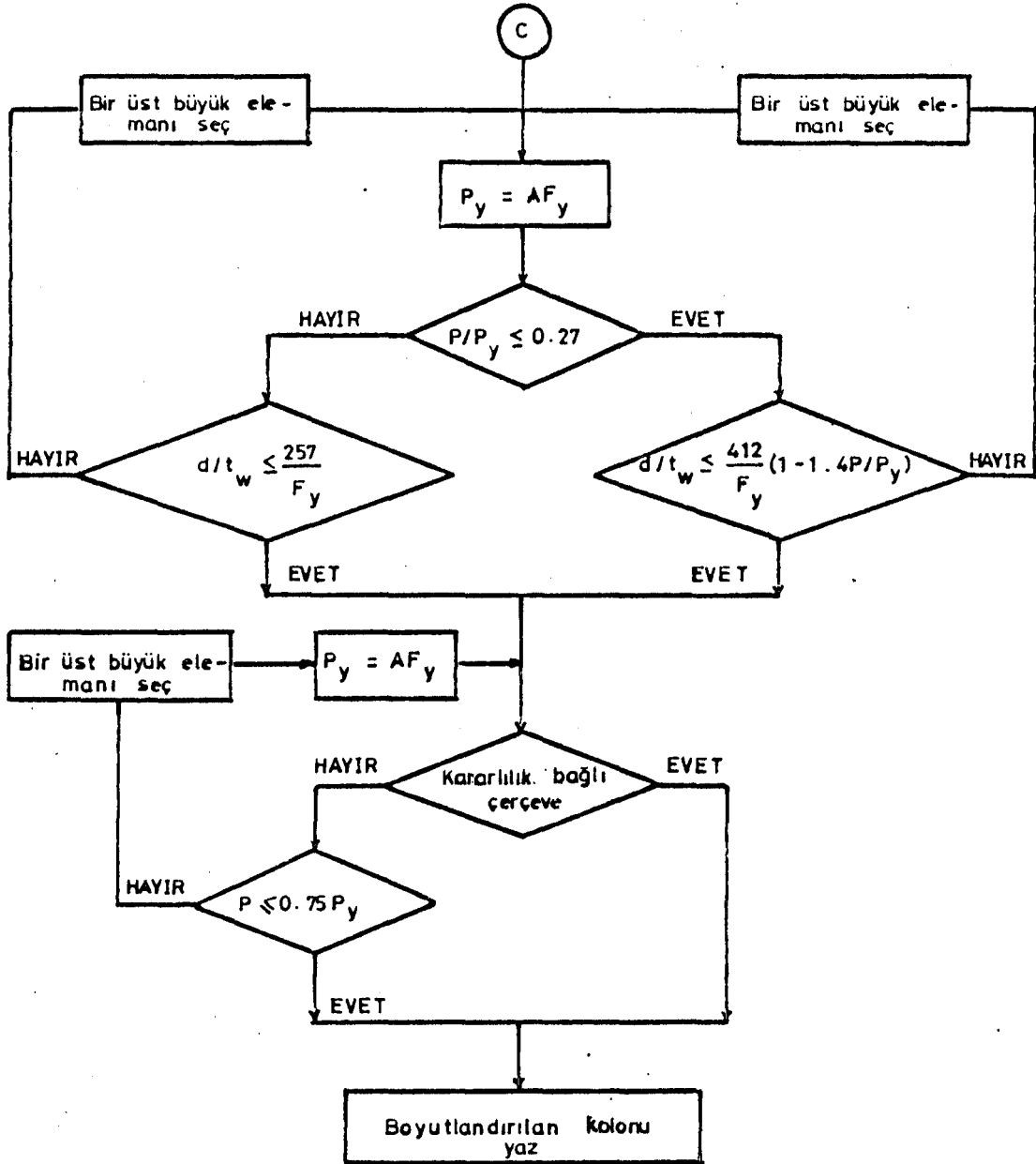
EKLER

EK(1)ŞEKİL(1):AISC YE GÖRE KOLON AKIŞ DIYAGRAMI

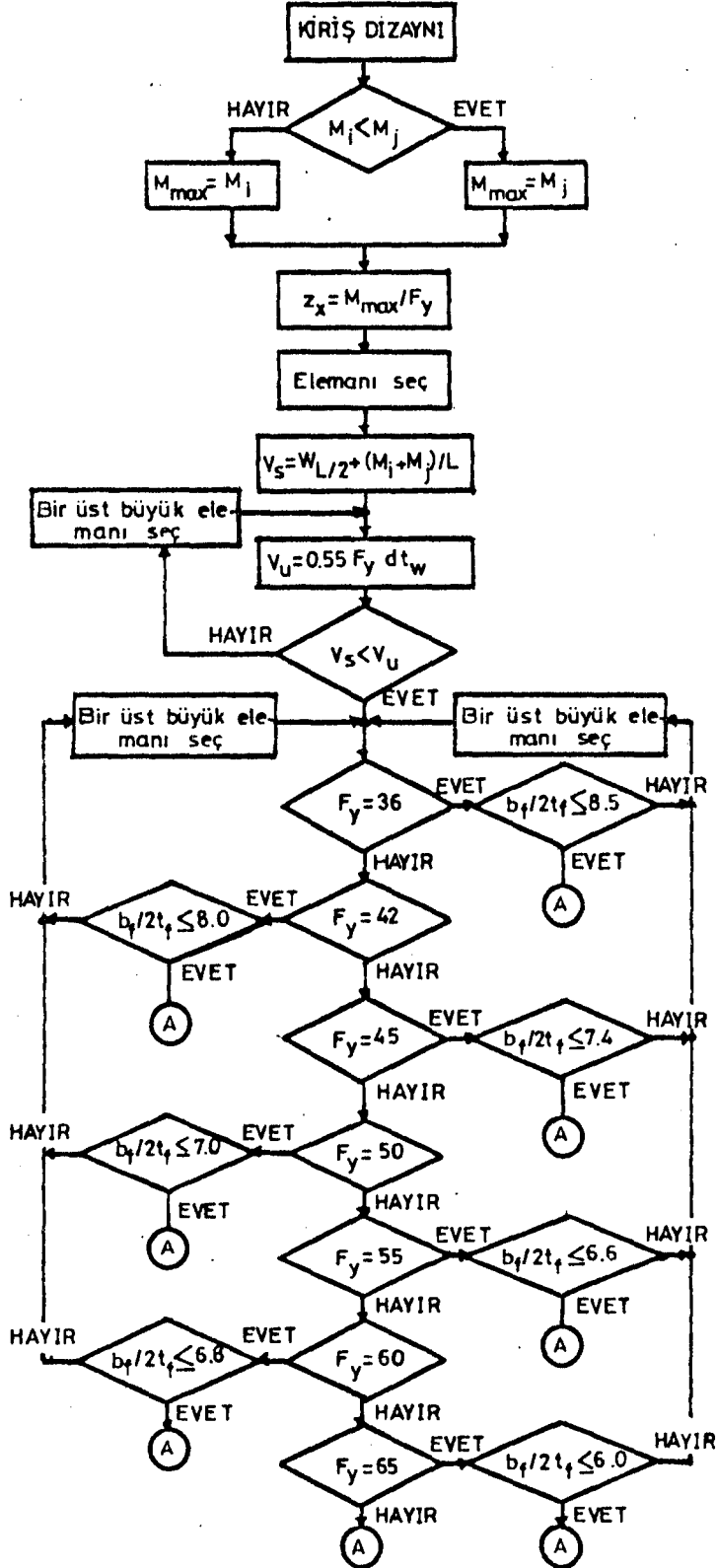


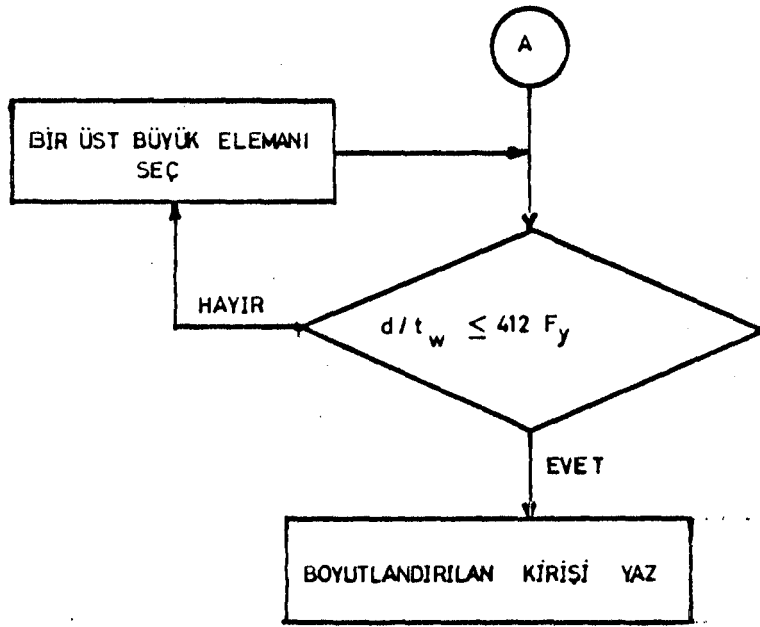




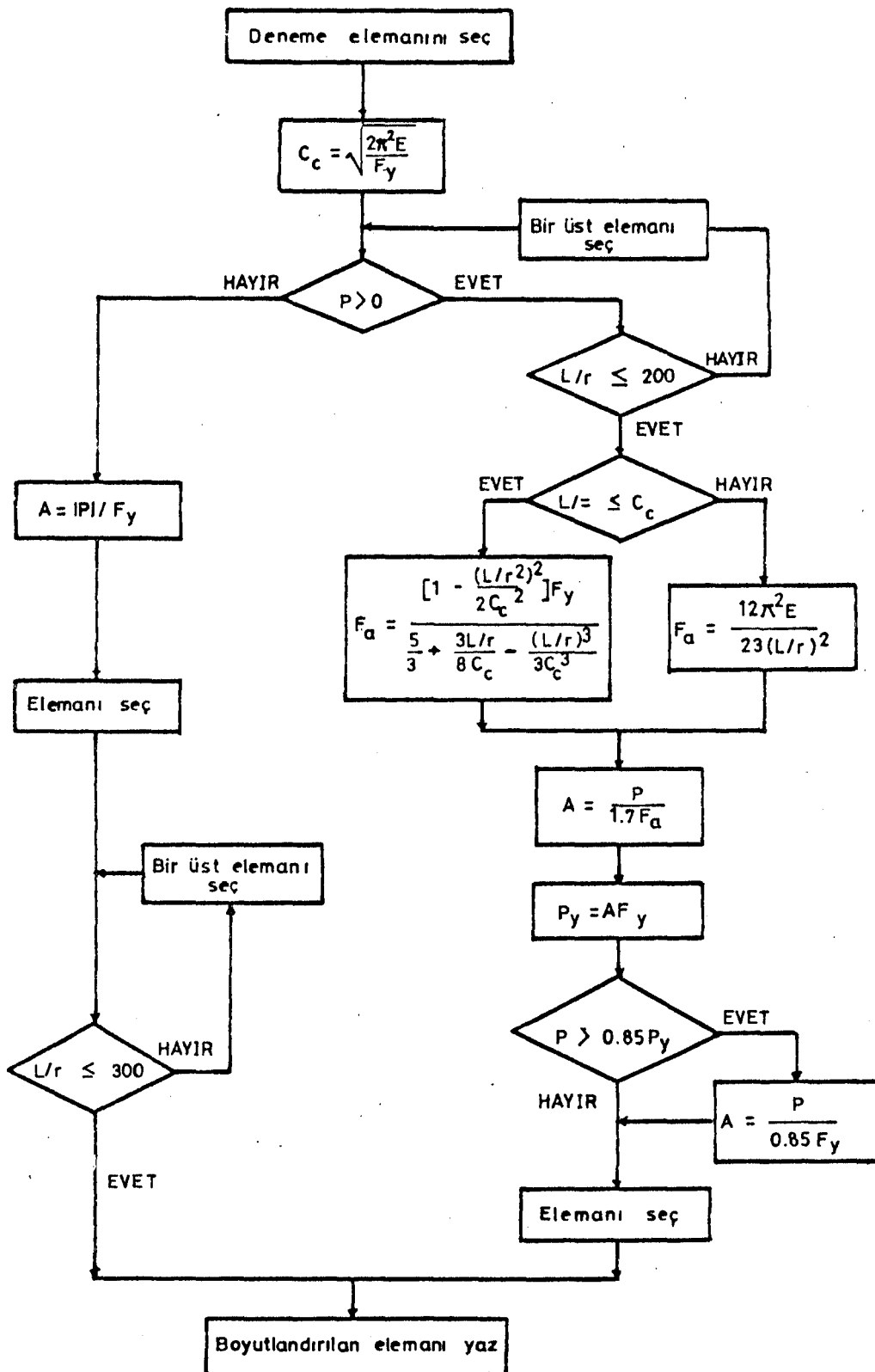


EK(1) ŞEKİL(2): AISC YE GÖRE KİRİŞ AKIŞ DİYAGRAMI

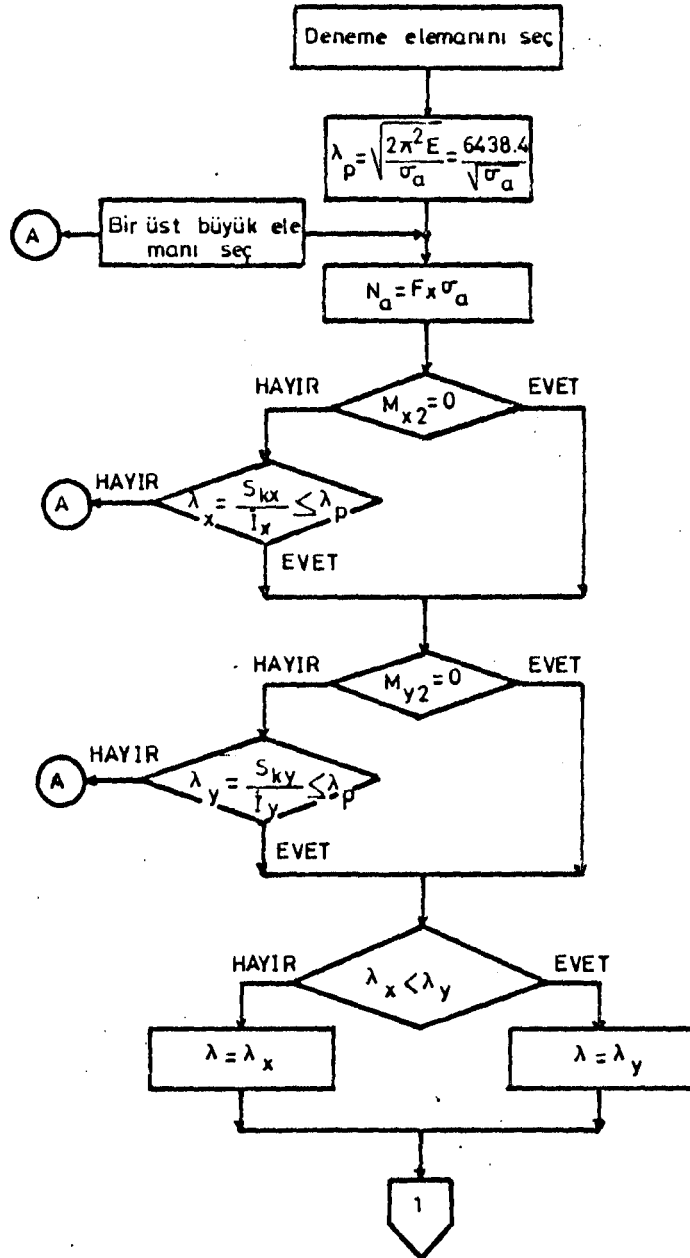


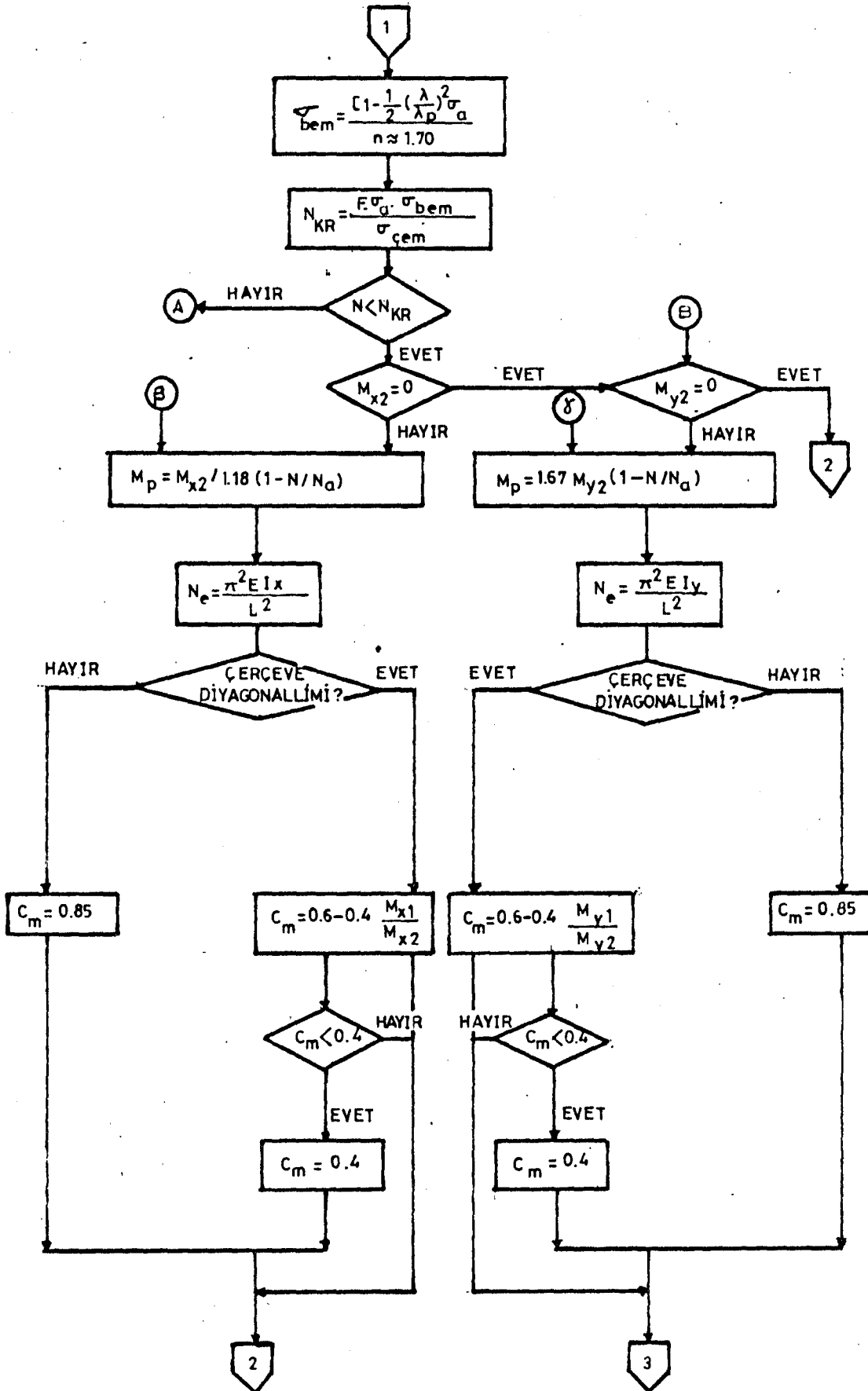


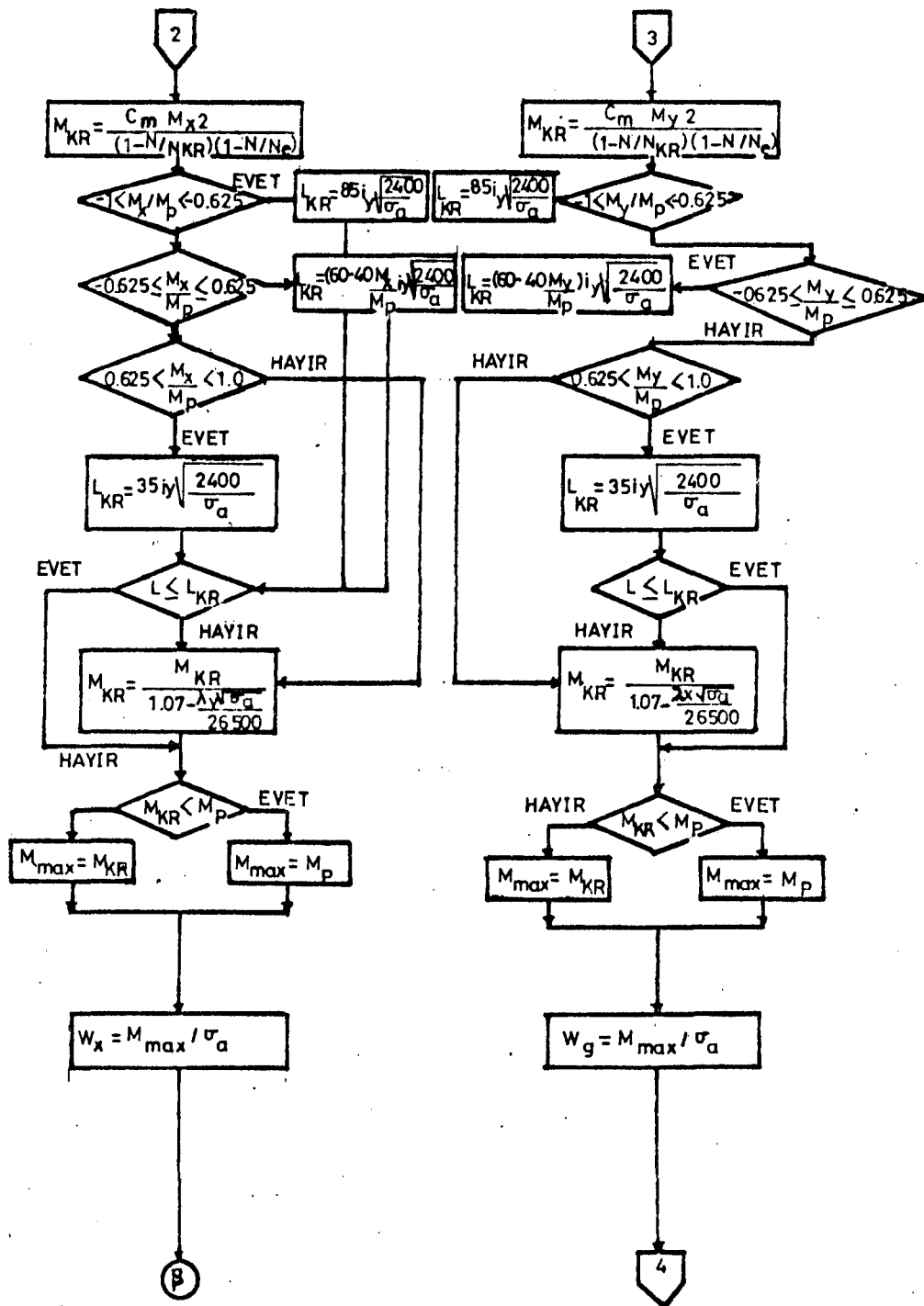
EK(1) ŞEKİL(3) AISC'YE GÖRE KARARLILIK BAĞI AKIŞ DİYAGRAMI

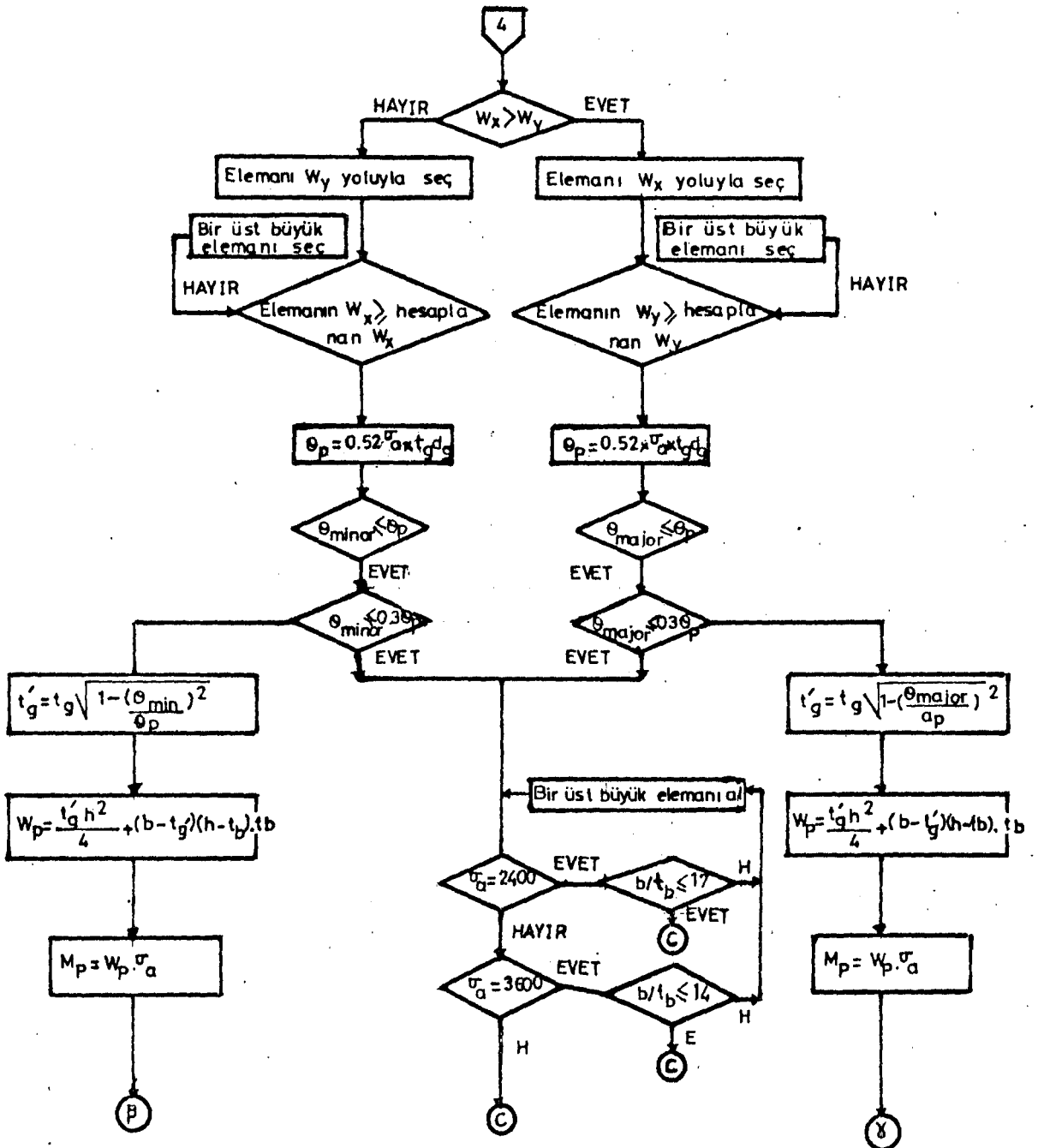


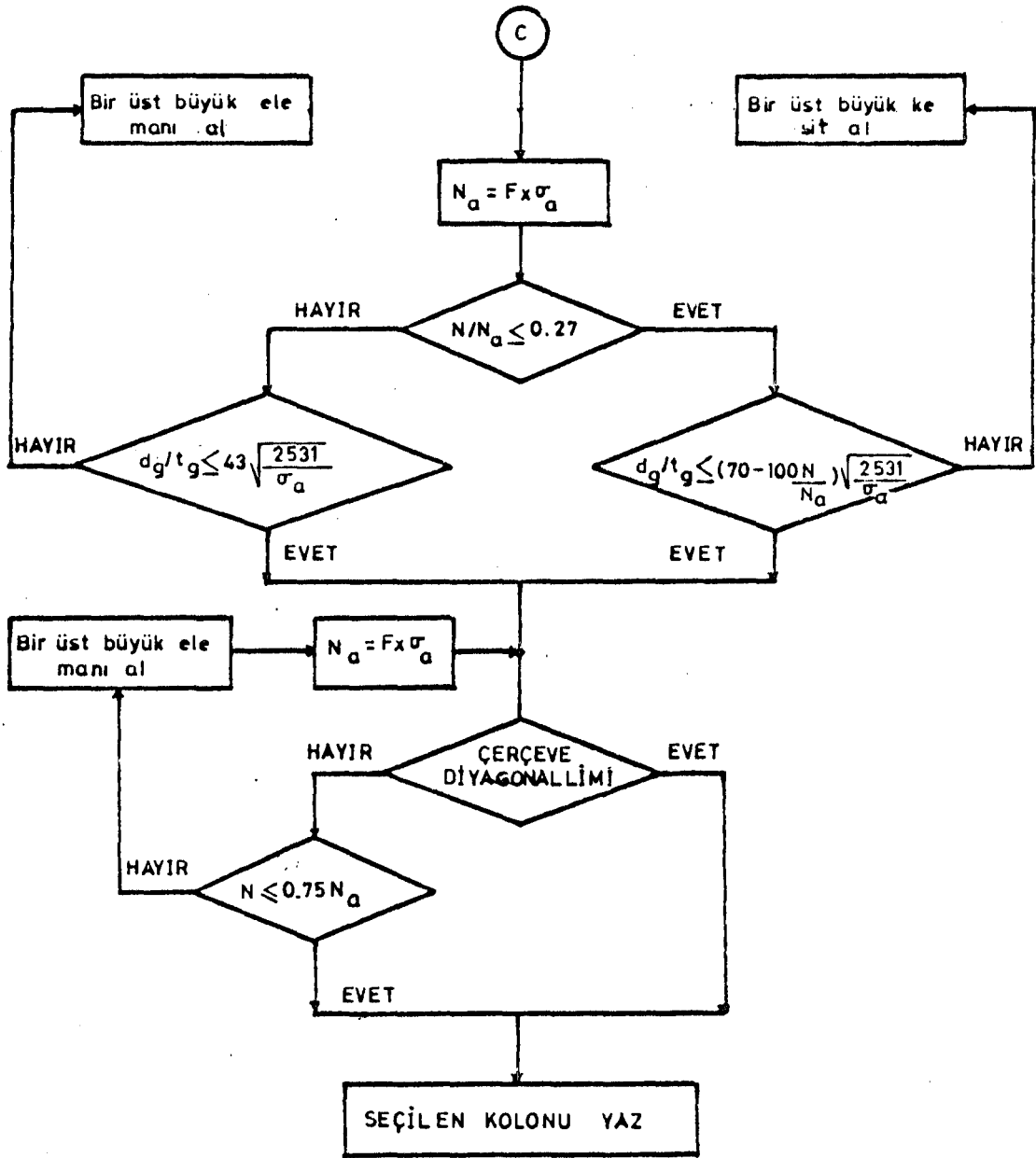
EK(2) ŞEKİL (1) :TS4561'E GÖRE KOLON AKIŞ DİYAGRAMI



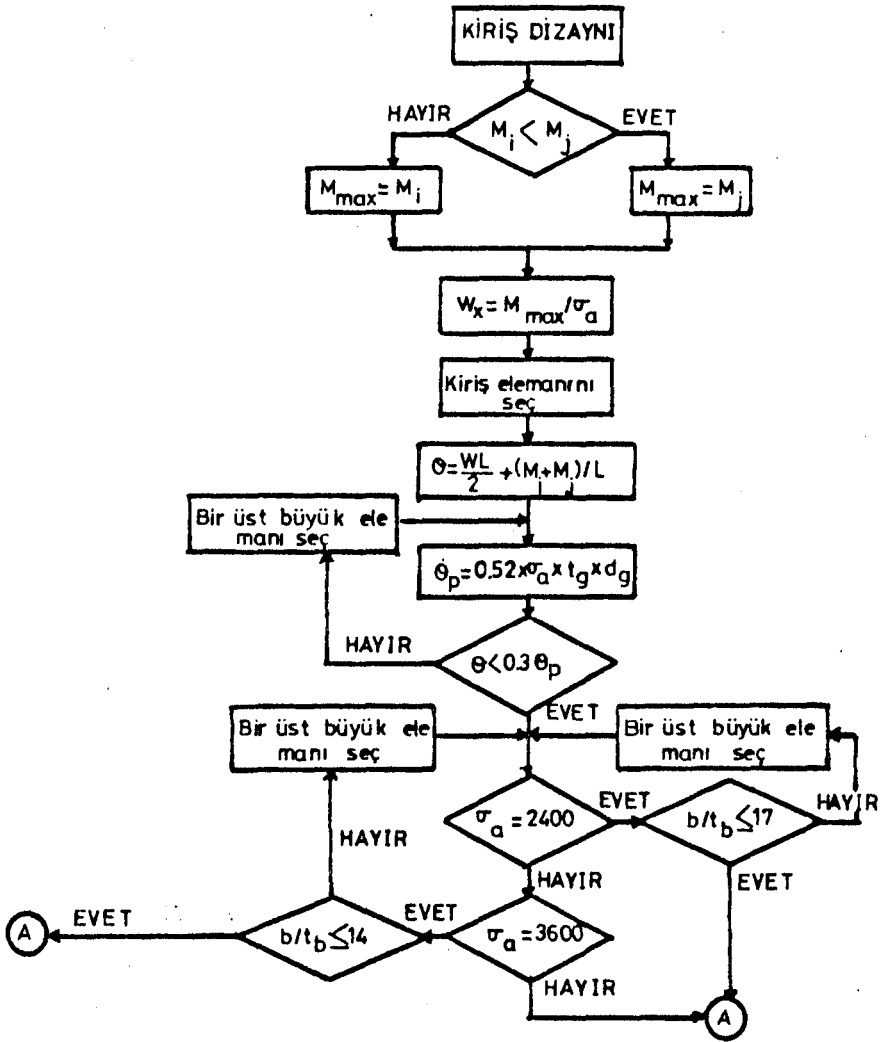


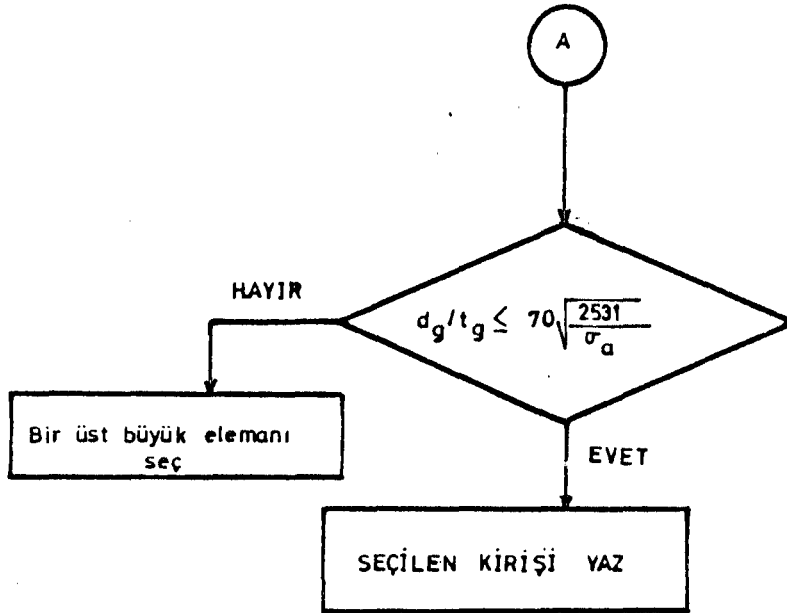




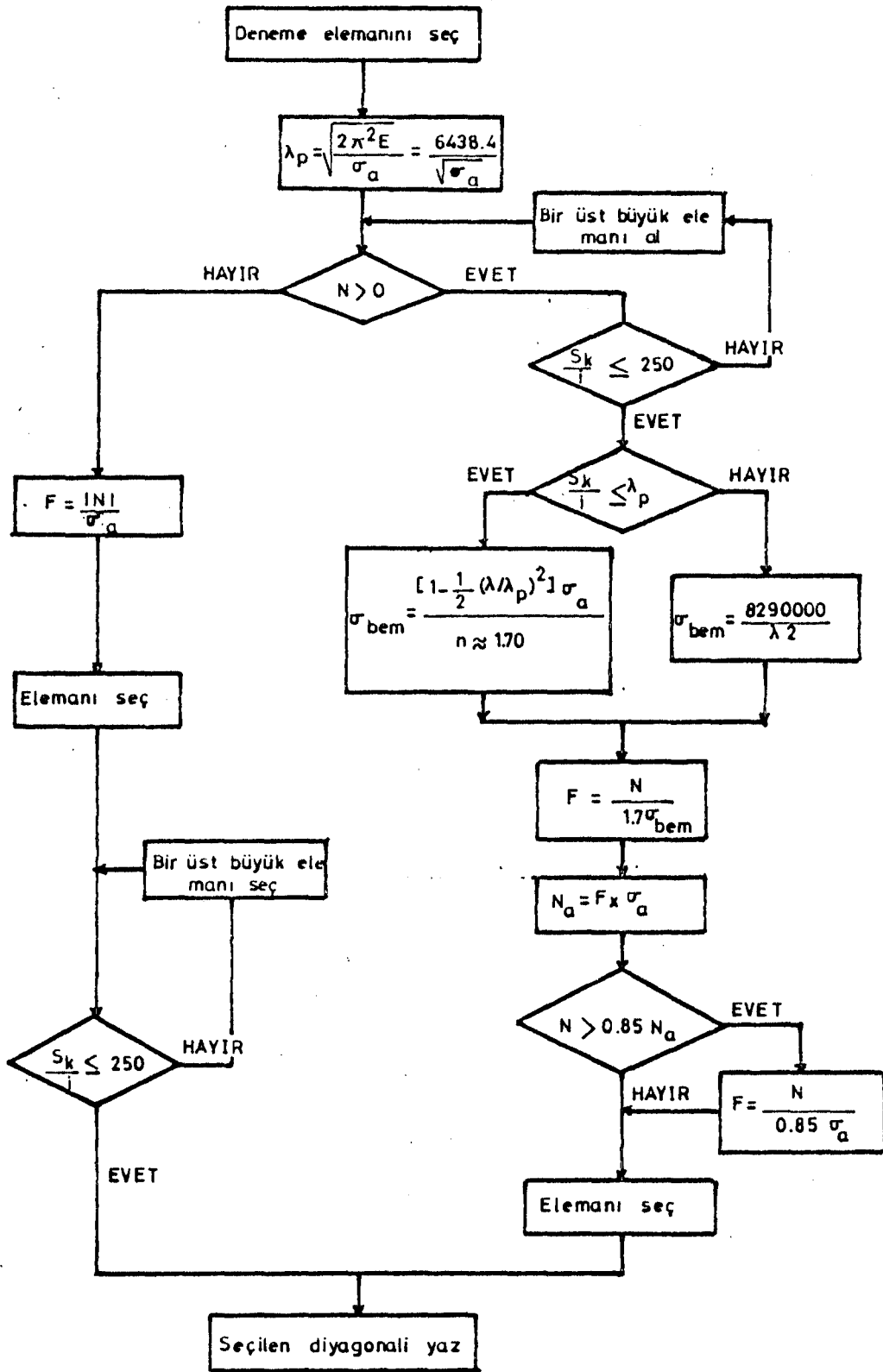


EK(2) ŞEKİL(2): TS 4561'E GÖRE KİRİŞ AKIŞ DİYAGRAMI





EK(2)ŞEKİL(3): TS 4561'E GÖRE KARARLILIK BAĞI AKIŞ DİYAGRAMI



EK 3: AISC NİN EN KESİTLER TABLOSU

Z_x	Z_y	A	r_x	r_y	bf/2tf	d
33.	4.	6.490	5.530	1.040	7.460	13.720
.230	198.	7.W14X	22			
40.	6.	7.670	5.640	1.080	6.010	13.890
.255	244.	9.W14X	26			
47.	9.	8.830	5.740	1.490	8.790	13.860
.270	290.	20.W14X	30			
55.	11.	10.000	5.830	1.520	7.450	13.980
.287	340.	23.W14X	34			
62.	12.	11.200	5.880	1.540	6.000	14.120
.313	386.	27.W14X	38			
70.	17.	12.000	5.820	1.890	7.580	13.680
.308	429.	45.W14X	43			
78.	20.	14.100	5.860	1.910	6.700	13.790
.339	485.	51.W14X	48			
87.	22.	15.600	5.900	1.920	6.130	13.940
.370	542.	58.W14X	53			
102.	33.	17.900	5.980	2.450	7.700	13.910
.378	640.	107.W14X	61			
115.	37.	20.000	6.020	2.460	7.000	14.060
.418	724.	121.W14X	68			
126.	41.	21.800	6.050	2.480	6.430	14.190
.450	797.	134.W14X	74			
139.	45.	24.100	6.050	2.480	5.900	14.310
.510	882.	148.W14X	82			
157.	76.	26.500	6.140	3.700	10.200	14.000
.440	999.	362.W14X	90			
173.	84.	29.100	6.170	3.710	9.300	14.160
.485	1110.	402.W14X	99			
192.	93.	32.000	6.220	3.730	8.500	14.320
.530	1240.	447.W14X109				
212.	102.	35.300	6.240	3.740	7.800	14.500
.590	1380.	495.W14X120				
234.	113.	40.000	6.230	3.770	7.100	14.660
.645	1530.	548.W14X132				
260.	133.	42.700	6.320	3.970	7.100	14.780
.680	1710.	677.W14X145				
286.	146.	46.700	6.400	4.000	6.540	14.980
.745	1900.	748.W14X159				
320.	163.	51.800	6.450	4.020	6.000	15.220
.830	2140.	838.W14X176				
355.	180.	56.800	6.510	4.050	5.500	15.480
.890	2400.	931.W14X193				
390.	198.	62.100	6.560	4.070	5.050	15.750
.980	2660.	1030.W14X211				
436.	221.	68.500	6.600	4.110	4.550	16.040
1.070	3010.	1150.W14X233				
487.	246.	75.600	6.710	4.120	4.200	16.380
1.175	3400.	1290.W14X257				
542.	274.	83.300	6.790	4.170	3.900	16.740
1.290	3840.	1440.W14X283				
603.	304.	91.400	6.880	4.200	3.560	17.120
1.410	4330.	1610.W14X311				
672.	338.	101.000	6.980	4.240	3.320	17.560
1.545	4900.	1810.W14X342				
736.	370.	109.000	7.080	4.270	3.100	17.940
1.655	5440.	1990.W14X370				
t_w	I_x	I_y	ELEMANIN ADI			

801.	402.	117.000	7.170	4.310	2.920	18.290
1.770	6000.	2170.W14X398				
809.	434.	125.000	7.260	4.340	2.750	18.690
1.875	6600.	2300.W14X426				
936.	468.	134.000	7.350	4.370	2.620	19.050
2.008	7190.	2560.W14X455				
1050.	522.	147.000	7.490	4.430	2.430	19.630
2.188	8210.	2880.W14X500				
1180.	584.	162.000	7.640	4.490	2.250	20.260
2.386	9430.	3250.W14X550				
1320.	652.	178.000	7.810	4.550	2.100	20.940
2.598	10800.	3680.W14X605				
1480.	730.	190.000	7.990	4.620	1.950	21.670
2.826	12400.	4170.W14X665				
1660.	816.	215.000	8.180	4.690	1.820	22.440
3.069	14300.	4720.W14X730				
280.000	41.500	30.300	9.960	1.990	4.592	24.530
.550	3000.000	119.000TM24X103				
316.000	47.300	33.900	10.000	2.010	4.116	24.760
.610	3400.000	137.000TM24X115				
352.000	53.300	37.600	10.100	2.030	3.736	25.000
.670	3810.000	155.000TM24X128				
405.000	62.000	43.000	10.100	2.050	3.339	25.320
.770	4410.000	181.000TM24X140				
455.000	70.600	48.000	10.200	2.080	3.016	25.630
.850	5000.000	207.000TM24X163				
511.000	115.000	51.700	10.500	3.040	4.810	25.240
.750	5680.000	479.000TM24X170				
507.000	79.600	53.200	10.300	2.100	2.778	25.950
.940	5600.000	235.000TM24X181				
519.000	113.000	55.300	9.970	2.800	3.929	24.290
.850	5500.000	433.000TM24X188				
559.000	120.000	56.300	10.500	3.070	4.435	25.470
.810	6260.000	530.000TM24X192				
560.000	89.000	58.300	10.300	2.130	2.559	26.260
1.020	6230.000	264.000TM24X198				
606.000	137.000	60.700	10.600	3.080	4.143	25.710
.870	6820.000	578.000TM24X207				
570.000	126.000	60.900	10.000	2.820	3.600	24.610
.930	6140.000	486.000TM24X207				
618.000	99.300	64.000	10.400	2.150	2.381	26.580
1.120	6920.000	296.000TM24X218				
638.000	141.000	67.000	10.100	2.850	3.313	24.920
1.020	6850.000	546.000TM24X228				
676.000	154.000	67.200	10.700	3.110	3.789	26.020
.960	7650.000	651.000TM24X229				
685.000	111.000	70.300	10.500	2.180	2.198	26.970
1.220	7740.000	335.000TM24X239				
744.000	171.000	73.500	10.700	3.140	3.488	26.340
1.040	8490.000	724.000TM24X250				
715.000	159.000	74.400	10.200	2.890	3.011	25.320
1.120	7750.000	621.000TM24X253				
760.000	125.000	77.500	10.600	2.220	2.041	27.360
1.340	8650.000	381.000TM24X264				
835.000	193.000	82.000	10.800	3.170	3.183	26.730
1.160	9600.000	823.000TM24X279				

FILE: TABLO DATA A T.C.ANADOLU UNİVERSİTESİ B.A.U.M.-ESKİŞEHİR

794.000	178.000	82.100	10.300	2.920	2.779	25.710
1.240	8680.000	699.000	TM24X280			
847.000	142.000	85.500	10.700	2.250	1.876	27.840
1.460	9760.000	434.000	TM24X291			
922.000	214.000	89.800	10.900	3.200	2.940	27.130
1.260	10700.000	519.000	TM24X300			
891.000	202.000	91.200	10.400	2.960	2.533	26.180
1.360	9650.000	798.000	TM24X310			
938.000	159.000	93.700	10.800	2.290	1.749	28.310
1.590	10900.000	492.000	TM24X319			
1020.000	238.000	98.400	11.000	3.230	2.726	27.520
1.380	11900.000	1030.000	TM24X335			
982.000	227.000	100.000	10.500	3.010	2.332	26.650
1.500	11100.000	906.000	TM24X343			
1040.000	181.000	103.000	11.000	2.350	1.619	28.860
1.750	12400.000	567.000	TM24X354			
1120.000	267.000	108.000	11.100	3.280	2.511	27.990
1.520	13400.000	1160.000	TM24X370			
1090.000	253.000	110.000	10.600	3.040	2.173	27.110
3.630	12400.000	1020.000	TM24X375			
1250.000	300.000	119.000	11.300	3.330	2.308	28.540
1.650	15100.000	1320.000	TM24X408			
1210.000	285.000	121.000	10.800	3.090	2.008	27.680
1.790	14000.000	1160.000	TM24X414			
1410.000	337.000	132.000	11.400	3.360	2.134	29.090
1.810	17100.000	1490.000	TM24X450			
1360.000	321.000	134.000	10.900	3.140	1.854	28.310
1.950	15900.000	1320.000	TM24X457			
1550.000	375.000	144.000	11.500	3.410	1.994	29.650
1.970	19100.000	1670.000	TM24X492			
1264.	604.	152.520	9.253	5.725	1.744	26.340
4.040	13059.	4999.	WTMBOX 1	WTM24X250+1.500		
1351.	672.	165.690	9.133	5.961	1.744	26.340
4.540	13820.	5888.	WTMBOX 2	WTM24X250+1.750		
1438.	752.	178.860	9.029	6.181	1.744	26.340
5.040	14582.	6833.	WTMBOX 3	WTM24X250+2.000		
1678.	758.	179.030	10.461	6.123	1.728	29.610
4.160	19590.	6713.	WTMBOX 4	WTM27X307+1.500		
1787.	853.	193.835	10.327	6.373	1.728	29.610
4.660	20672.	7872.	WTMBOX 5	WTM27X307+1.750		
1897.	950.	208.640	10.211	6.603	1.728	29.610
5.160	21754.	9097.	WTMBOX 6	WTM27X307+2.000		
2256.	1041.	248.360	10.094	5.998	1.067	29.090
5.810	25306.	8934.	WTMBOX 7	WTM24X450+2.000		
2362.	1139.	262.905	10.008	6.210	1.067	29.090
6.310	26331.	10139.	WTMBOX 8	WTM24X450+2.250		
2468.	1241.	277.450	9.930	6.413	1.067	29.090
6.810	27357.	11412.	WTMBOX 9	WTM24X450+2.500		
2938.	1303.	288.080	11.327	6.410	1.077	32.520
5.970	36964.	11836.	WTMBOX10	WTM27X539+2.000		
3070.	1423.	304.340	11.232	6.631	1.077	32.520
6.470	38397.	13382.	WTMBOX11	WTM27X539+2.250		
3202.	1546.	320.600	11.146	6.842	1.077	32.520
6.970	39830.	15009.	WTMBOX12	WTM27X539+2.500		
3334.	1673.	336.860	11.068	7.045	1.077	32.520
7.470	41263.	16718.	WTMBOX13	WTM27X539+2.750		

LE: TABLO DATA A T.C.ANADOLU UNIVERSITESI B.A.U.M.-ESKISEHIR

3466.	1803.	353.120	10.996	7.240	1.077	32.520
7.970	42696.	18512.	WTMBOX14	WTM27X539+3.000		
3599.	1936.	369.380	10.930	7.430	1.077	32.520
8.470	44129.	20392.	WTMBOX15	WTM27X539+3.250		
3731.	2076.	385.640	10.869	7.615	1.077	32.520
8.970	45562.	22360.	WTMBOX16	WTM27X539+3.500		
4245.	2239.	400.035	11.938	7.824	1.144	35.390
8.470	57009.	24488.	WTMBOX17	WTM30X581+3.250		
4402.	2396.	417.730	11.870	8.012	1.144	35.390
8.970	58856.	26818.	WTMBOX18	WTM30X581+3.500		
4558.	2565.	435.425	11.807	8.196	1.144	35.390
9.470	60703.	29251.	WTMBOX19	WTM30X581+3.750		
4715.	2721.	453.120	11.749	8.376	1.144	35.390
9.970	62550.	31789.	WTMBOX20	WTM30X581+4.000		
6083.	2988.	461.250	14.671	7.685	1.001	42.450
7.520	99273.	27244.	WTMBOX21	WTM36X848+2.500		
6533.	3490.	503.700	14.483	8.115	1.001	42.450
8.520	105648.	33170.	WTMBOX22	WTM36X848+3.000		
6984.	4012.	546.150	14.322	8.516	1.001	42.450
9.520	112022.	39609.	WTMBOX23	WTM36X848+3.500		
7434.	4556.	588.600	14.183	8.896	1.001	42.450
10.520	118397.	46581.	WTMBOX24	WTM36X848+4.000		
7885.	5122.	631.050	14.061	9.260	1.001	42.450
11.520	124771.	54108.	WTMBOX25	WTM36X848+4.500		
971.	971.	113.750	9.302	9.302	4.800	24.000
2.500	9842.	9842.	SQ BOX 1	0	1.250	
1150.	1150.	123.750	10.117	10.117	5.200	26.000
2.500	12666.	12666.	SQ BOX 2	0	1.250	
1343.	1343.	133.750	10.933	10.933	5.600	28.000
2.500	15986.	15986.	SQ BOX 3	0	1.250	
1141.	1141.	135.000	9.206	9.206	4.000	24.000
3.000	11441.	11441.	SQ BOX 4	0	1.500	
1302.	1302.	155.750	9.112	9.112	3.429	24.000
3.500	12930.	12930.	SQ BOX 5	0	1.750	
1352.	1352.	147.000	10.021	10.021	4.333	26.000
3.000	14761.	14761.	SQ BOX 6	0	1.500	
1582.	1582.	159.000	10.836	10.836	4.067	28.000
3.000	18669.	18669.	SQ BOX 7	0	1.500	
2032.	2032.	208.000	10.646	10.646	3.500	28.000
4.000	23573.	23573.	SQ BOX 8	0	2.000	
2356.	2356.	224.000	11.460	11.460	3.750	30.000
4.000	29419.	29419.	SQ BOX 9	0	2.000	
2605.	2605.	249.750	11.366	11.366	3.333	30.000
4.500	32205.	32265.	SQ BOX10	0	2.250	
2844.	2844.	275.000	11.273	11.273	3.000	30.000
5.000	34948.	34948.	SQ BOX11	0	2.500	
3073.	3073.	299.750	11.181	11.181	2.727	30.000
5.500	37475.	37475.	SQ BOX12	0	2.750	
3294.	3294.	324.000	11.091	11.091	2.500	30.000
6.000	39852.	39852.	SQ BOX13	0	3.000	
3798.	3798.	348.000	11.902	11.902	2.667	32.000
6.000	49300.	49300.	SQ BOX14	0	3.000	
4338.	4338.	372.000	12.715	12.715	2.833	34.000
6.000	60140.	60140.	SQ BOX15	0	3.000	
5432.	5432.	480.000	12.356	12.356	2.125	34.000
8.000	73280.	73280.	SQ BOX16	0	4.000	

LE: TABLO DATA A T.C.ANADOLU UNIVERSITESI B.A.U.M.-ESKISEHIR

4914.	4914.	396.000	13.528	13.528	3.000	36.000
6.000	72468.	72468.SQ	80x17	0	3.000	
6176.	6176.	512.000	13.166	13.166	2.250	36.000
6.000	88747.	88747.SQ	80x16	0	4.000	
7808.	7808.	576.000	14.787	14.787	2.500	40.000
8.000	125952.	125952.SQ	80x19	0	4.000	
8552.	8552.	639.000	14.609	14.609	2.222	40.000
9.000	136373.	136373.SQ	80x20	0	4.500	
9250.	9250.	700.000	14.434	14.434	2.000	40.000
10.000	145833.	145833.SQ	80x21	0	5.000	
12818.	12818.	783.000	17.854	17.854	2.667	48.000
9.000	249581.	249581.SQ	80x22	0	4.500	
16256.	16256.	832.000	21.292	21.292	3.500	56.000
8.000	377173.	377173.SQ	80x23	0	4.000	
18848.	18848.	896.000	22.920	22.920	3.750	60.000
6.000	470699.	470699.SQ	80x24	0	4.000	
20837.	20837.	999.000	22.732	22.732	3.333	60.000
9.000	516233.	516233.SQ	80x25	0	4.500	
25576.	25576.	1107.000	25.174	25.174	3.667	66.000
9.000	701561.	701561.SQ	80x26	0	4.500	
27970.	27970.	1220.000	24.987	24.987	3.300	66.000
10.000	761687.	761687.SQ	80x27	0	5.000	
33730.	33730.	1340.000	27.429	27.429	3.600	72.000
10.000	1008127.	1008127.SQ	80x28	0	5.000	
39312.	39312.	1584.000	27.055	27.055	3.000	72.000
12.000	1159488.	1159488.SQ	80x29	0	6.000	
39312.	39312.	1584.000	27.055	27.055	3.000	72.000
12.000	1159488.	1159488.SQ	80x29	0	6.000	
16.	4.	3.950	.809	7.430	10.000	.230
69.W10X 15						
20.	5.	4.670	.773	7.500	12.000	.230
103.W12X16						
29.	6.	4.910	.847	4.700	12.310	.260
156.W12X 22						
33.	6.	5.530	1.040	7.500	13.720	.230
199.W14X 22						
40.	8.	5.650	1.080	6.010	13.890	.255
245.W14X 26						
44.	8.	6.250	1.120	8.000	15.690	.250
301.W16X 26						
43.	9.	5.210	1.540	7.400	12.340	.260
238.W12X 30						
54.	9.	6.400	1.170	6.250	15.880	.275
375.W16X 31						
55.	10.	5.830	1.520	7.400	13.980	.287
340.W14X 34						
67.	10.	7.050	1.230	7.100	17.710	.298
510.W18X 35						
73.	12.	6.620	1.560	6.960	16.000	.307
518.W16X 40						
78.	12.	7.210	1.270	5.740	17.900	.316
612.W18X 40						
95.	13.	8.060	1.260	7.210	20.660	.348
843.W21X 44						
110.	15.	8.180	1.310	6.100	20.820	.380
984.W21X 50						

112.	16.	7.420	1.670	5.980	18.120	.390
890.W18X 55						
129.	17.	8.360	1.350	5.000	21.060	.405
1170.W21X 57						
134.	16.	9.100	1.340	6.960	23.550	.396
1350.W24X 55						
153.	18.	9.250	1.380	6.000	23.720	.419
1550.W24X 62						
160.	20.	8.600	1.800	6.040	21.130	.430
1480.W21X 68						
177.	20.	9.530	1.870	7.700	23.710	.416
1830.W24X 68						
200.	22.	9.690	1.920	6.590	23.910	.440
2100.W24X 76						
224.	25.	9.790	1.950	5.840	24.090	.470
2370.W24X 84						
244.	25.	10.700	2.060	7.830	26.710	.463
2850.W27X 84						
254.	28.	9.860	1.980	5.200	24.310	.516
2700.W24X 94						
278.	28.	10.900	2.120	6.690	26.910	.490
3270.W27X 94						
312.	29.	11.700	2.100	7.800	29.640	.522
3990.W30X 99						
346.	32.	11.900	2.150	6.900	29.820	.548
4470.W30X108						
378.	34.	12.000	2.190	6.200	30.000	.564
4930.W30X116						
415.	35.	13.000	2.320	7.780	32.860	.554
5900.W33X118						
467.	38.	13.200	2.380	6.730	33.100	.580
6710.W33X130						
509.	40.	14.000	2.390	7.520	35.550	.600
7800.W36X135						
514.	42.	13.400	2.430	6.010	33.310	.605
7450.W33X141						
581.	44.	14.300	2.470	6.400	35.840	.625
9040.W36X150						
624.	47.	14.400	2.500	5.880	36.000	.653
9750.W36X160						
668.	50.	14.500	2.530	5.470	36.160	.680
10500.W36X170						
718.	54.	14.500	2.550	5.120	36.320	.725
11300.W36X182						
767.	57.	14.600	2.560	4.810	36.480	.770
12100.W36X194						
855.	65.	14.100	3.600	6.200	33.930	.775
12800.W33X221						
943.	68.	14.900	3.730	6.540	35.880	.761
12500.W36X230						
1010.	72.	15.000	3.750	6.120	36.060	.802
16100.W36X245						
1080.	77.	15.000	3.770	5.750	36.240	.841
17300.W36X260						
1170.	82.	15.110	3.810	5.290	36.500	.885
18900.W36X280						

1260.	88.	15.210	3.830	4.960	36.720	.945
20300.W36X300						
2030.	90.	24.310	4.131	3.556	52.500	.375
53190.PG49X16						
2200.	92.	25.807	4.609	4.500	56.000	.375
60938.PG53X18						
2550.	96.	28.566	4.925	5.714	63.500	.437
78502.PG61X20						
2770.	99.	30.249	5.185	7.333	69.000	.500
90585.PG68X22						
2930.	100.	31.748	5.367	9.600	74.500	.563
100797.PG74X24						
3000.	101.	32.690	5.385	13.000	80.000	.625
107934.PG80X26						
3150.	110.	30.902	5.314	6.286	69.500	.500
105040.PG68X22						
3380.	112.	32.571	5.555	8.000	75.000	.563
118816.PG74X24						
3530.	114.	33.776	5.667	10.400	80.500	.625
130054.PG80X24						
3830.	124.	33.276	5.702	6.857	75.500	.563
137303.PG74X24						
4050.	127.	34.677	5.882	8.667	81.000	.625
152714.PG80X26						
4280.	136.	33.897	5.821	6.000	70.000	.563
156264.PG74X24						
4580.	140.	35.448	6.051	7.429	81.500	.625
175920.PG80X26						
5110.	153.	36.126	6.188	6.500	82.000	.625
199679.PG80X26						
5920.	164.	38.875	6.680	7.000	88.000	.625
247851.PG86X28						
6210.	167.	40.312	6.867	8.571	93.500	.688
271387.PG92X30						
7160.	192.	40.078	6.902	5.600	89.000	.625
308397.PG86X28						
8410.	220.	41.097	7.063	4.667	90.000	.625
371574.PG86X28						
9760.	242.	43.459	7.469	5.000	96.000	.688
457056.PG92X30						
0.250	0.0170.261	0.109	0.85	1/2 STD		
0.333	0.0370.334	0.113	1.13	3/4 STD		
0.494	0.0870.421	0.133	1.68	1 STD		
0.669	0.1950.540	C.140	2.27	1 1/4 STD		
0.799	0.3100.623	C.145	2.72	1 1/2 STD		
1.07	0.6660.787	0.154	3.65	2 STD		
1.70	1.53 0.947	0.203	5.79	2 1/2 STD		
2.23	3.02 1.16	0.216	7.58	3 STD		
2.68	4.79 1.34	0.226	9.11	3 1/2 STD		
3.17	7.23 1.51	0.237	10.79	4 STD		
4.30	15.2 1.88	0.258	14.62	5 STD		
5.58	28.1 2.25	0.280	18.97	6 STD		
8.40	72.5 2.94	0.322	28.55	8 STD		
1.9	161.0 3.67	0.365	40.48	10 STD		
4.6	279.0 4.38	0.375	49.56	12 STD		
0.320	0.0200.250	C.147	1.09	1/2 X SG		

0.433	0.0450	.321	0.154	1.47	3/4 X SG
0.639	0.1060	.407	0.179	2.17	1 X SG
0.881	0.2420	.524	0.191	3.00	1 1/4 X SG
1.07	0.3910	.605	0.2	3.63	1 1/2 X SG
1.48	0.8680	.766	0.218	5.02	2 X SG
2.25	1.92	0.924	0.276	7.66	2 1/2 X SG
3.02	3.89	1.14	0.300	10.25	3 X SG
3.68	6.28	1.31	0.318	12.50	3 1/2 X SG
4.41	9.61	1.48	0.337	14.98	4 X SG
6.11	20.7	1.84	0.375	20.78	5 X SG
8.4	40.5	2.19	0.432	28.57	6 X SG
12.8	106.0	2.88	0.500	43.39	8 X SG
16.1	312.0	3.63	0.500	54.74	10 X SG
19.2	362.0	4.33	0.500	65.42	12 X SG
11.1	106.0	3.09	.375	37.7	8X8
14.1	214.0	3.90	.375	47.9	10X10
17.1	380.0	4.72	.375	58.1	12X12
20.1	615.0	5.54	.375	68.3	14X14
23.1	931.0	6.35	.375	78.5	16X16
26.4	791.0	5.48	.500	89.7	14X14
30.4	1200.0	6.29	.500	103.3	16X16
3.52	13.40	1.95	0.19	11.97	SQT5X5
4.27	23.80	2.36	0.19	14.53	SQT6X5
5.02	38.50	2.77	0.19	17.08	SQT7X7
5.77	58.20	3.18	0.19	19.63	SQT8X8
7.59	75.10	3.15	0.25	25.82	SQT8X8
8.08	41.60	2.27	0.38	27.48	SQT6X5
8.11	59.50	2.71	0.31	27.59	SQT7X7
8.36	27.00	1.80	0.50	28.43	SQT5X5
9.36	90.90	3.12	0.31	31.84	SQT8X8
9.59	151.00	3.96	0.25	32.63	SQT10X10
11.60	265.00	4.78	0.25	39.34	SQT12X12
14.40	324.00	4.75	0.31	48.86	SQT12X12
17.10	380.00	4.72	0.38	58.10	SQT12X12
20.10	615.00	5.54	0.38	68.31	SQT14X14
23.10	931.00	6.35	0.38	78.52	SQT16X16
30.40	1200.00	6.29	0.50	103.30	SQT16X16

EK 4 : TS 4561 İN ENKESİTLER TABLOSU

<u>W_x</u>	<u>W_y</u>	<u>F</u>	<u>i_x</u>	<u>i_y</u>	<u>b/2 tb</u>	<u>h</u>
540.87	65.56	41.86	14.05	2.64	7.46	34.85
0.58	8240.76	291.34W14X	22			
655.60	98.34	49.47	14.33	2.74	6.01	35.28
0.65	10155.28	374.58W14X	26			
770.33	147.51	56.95	14.58	3.78	8.79	35.20
0.69	12069.80	832.4CW14X	30			
901.45	180.29	64.50	14.81	3.86	7.45	35.51
0.73	14150.80	957.26W14X	34			
1016.18	196.68	72.24	14.94	3.91	6.60	35.86
0.80	16065.32	1123.74W14X	38			
1147.30	278.63	81.27	14.78	4.80	7.58	34.75
0.78	17854.98	1872.9CW14X	43			
1278.42	327.80	90.95	14.88	4.85	6.70	35.03
0.86	20185.70	2122.62W14X	48			
1425.93	360.58	100.62	14.99	4.88	6.13	35.41
0.94	22558.04	2413.96W14X	53			
1671.78	540.87	115.46	15.19	6.22	7.70	35.33
0.96	26636.80	4453.34W14X	61			
1884.85	606.43	129.00	15.29	6.25	7.00	35.71
1.06	30132.88	5036.02W14X	68			
2065.14	671.99	140.61	15.37	6.30	6.43	36.04
1.14	33171.14	5577.08W14X	74			
2278.21	737.55	155.45	15.37	6.30	5.90	36.35
1.30	36708.84	6159.76W14X	82			
2573.23	1245.64	170.93	15.60	9.40	10.20	35.56
1.12	41578.38	15066.44W14X	90			
2835.47	1376.76	187.70	15.67	9.42	9.30	35.97
1.23	46198.20	16731.24W14X	99			
3146.88	1524.27	206.40	15.80	9.47	8.50	36.37
1.35	51608.80	18604.14W14X109				
3474.68	1671.78	227.69	15.85	9.50	7.80	36.83
1.50	57435.60	20601.90W14X120				
3835.26	1852.07	258.00	15.82	9.58	7.10	37.24
1.64	63678.60	22807.76W14X132				
4261.40	2179.87	275.42	16.05	10.08	7.10	37.54
1.73	71170.20	28176.74W14X145				
4687.54	2392.94	301.22	16.26	10.16	6.54	38.05
1.89	79078.00	31131.76W14X159				
5244.80	2671.57	334.11	16.38	10.21	6.00	38.66
2.11	89066.80	34877.56W14X176				
5818.45	2950.20	366.36	16.54	10.29	5.50	39.32
2.26	99888.00	38748.22W14X193				
6392.10	3245.22	400.55	16.66	10.34	5.05	40.01
2.49	110709.20	42868.60W14X211				
7146.04	3622.19	441.83	16.76	10.44	4.55	40.74
2.72	125276.20	47863.00W14X233				
7981.93	4031.94	487.62	17.04	10.46	4.20	41.61
2.98	141508.00	53689.80W14X257				
8883.38	4490.86	537.29	17.25	10.59	3.90	42.52
3.28	159820.80	59932.80W14X283				
9883.17	4982.56	589.53	17.48	10.67	3.56	43.48
3.58	180214.60	67008.20W14X311				
11014.08	5539.82	651.45	17.73	10.77	3.32	44.60
3.92	203938.00	75322.20W14X342				
12063.04	6064.30	703.05	17.98	10.85	3.10	45.57
4.20	226412.80	82823.80W14X370				
<u>t_y</u>	<u>J_x</u>	<u>J_y</u>	<u>ELEMANIN ADI</u>			

13128.39	6588.78	754.65	18.21	10.95	2.92	46.46
4.50	249720.00	90315.40	14X358			
14242.91	7113.26	806.25	18.44	11.02	2.75	47.47
4.76	274692.00	98223.20	14X426			
15341.04	7670.52	864.30	18.67	11.10	2.62	48.39
5.10	299247.80	106547.20	14X455			
17209.50	8555.58	948.15	19.02	11.25	2.43	49.86
5.56	341700.20	119365.60	14X500			
19340.20	9571.76	1044.90	19.41	11.40	2.25	51.46
6.06	392476.60	135265.00	14X550			
21634.80	10686.28	1148.10	19.84	11.56	2.10	53.19
6.60	449496.00	153161.60	14X605			
24257.20	11964.70	1264.20	20.29	11.73	1.95	55.04
7.18	516088.00	173555.40	14X665			
27207.40	13374.24	1386.75	20.78	11.91	1.82	57.00
7.80	595166.00	196446.40	14X730			
4589.20	680.19	195.44	25.30	5.05	4.59	62.31
1.40	124860.00	4952.78	TM24X103			
5179.24	775.25	218.66	25.40	5.11	4.12	62.89
1.55	141508.00	5701.94	TM24X115			
5769.28	873.59	242.52	25.65	5.16	3.74	63.50
1.70	158572.20	6451.10	TM24X128			
6637.95	1016.18	277.35	25.65	5.21	3.34	64.31
1.96	183544.20	7533.22	TM24X146			
7457.45	1157.13	309.60	25.91	5.28	3.02	65.10
2.16	206100.00	8615.34	TM24X163			
8375.29	1884.85	333.47	26.67	7.72	4.81	64.11
1.91	236401.60	19935.98	TM24X176			
8309.73	1304.64	343.14	26.16	5.33	2.78	65.91
2.39	233072.00	9780.70	TM24X181			
8506.41	1852.07	356.69	25.32	7.11	3.93	61.70
2.16	228910.00	18021.46	TM24X188			
9162.01	2065.14	363.14	26.67	7.80	4.44	64.69
2.06	260541.20	22058.60	TM24X192			
9178.40	1458.71	376.04	26.16	5.41	2.56	66.70
2.59	259292.60	10987.68	TM24X198			
9932.34	2245.43	391.52	26.92	7.82	4.14	65.30
2.21	283848.40	24056.36	TM24X207			
9440.64	2065.14	392.81	25.40	7.16	3.60	62.51
2.36	255546.80	20227.32	TM24X207			
10129.02	1627.53	412.80	26.42	5.46	2.38	67.51
2.84	288010.40	12319.52	TM24X218			
10456.82	2310.99	432.15	25.65	7.24	3.31	63.30
2.59	285097.00	22724.52	TM24X228			
11079.64	2524.06	433.44	27.18	7.90	3.79	66.09
2.44	318393.00	27094.62	TM24X229			
11227.15	1819.29	453.44	26.67	5.54	2.20	68.50
3.10	322138.80	13942.70	TM24X239			
12194.16	2802.69	474.08	27.18	7.98	3.49	66.90
2.64	353353.80	30132.88	TM24X250			
11718.85	2606.01	479.88	25.91	7.34	3.01	64.31
2.84	322555.00	25846.02	TM24X253			
12456.40	2048.75	499.88	26.92	5.64	2.04	69.49
3.40	360013.00	15857.22	TM24X264			
13685.65	3163.27	528.90	27.43	8.05	3.18	67.89
2.95	399552.00	34253.26	TM24X279			

13013.66	2917.42	529.55	26.16	7.42	2.78	65.30
3.15	361201.60	29092.38	TM24X280			
13882.33	2327.38	551.48	27.18	5.72	1.88	70.71
3.71	406211.20	18063.08	TM24X291			
15111.58	3507.46	579.21	27.69	8.13	2.94	68.91
3.20	445334.00	38248.78	TM24X306			
14603.49	3310.78	588.24	26.42	7.52	2.53	66.50
3.45	409957.00	33212.76	TM24X310			
15373.82	2606.01	604.37	27.43	5.82	1.75	71.91
4.04	453658.00	20477.04	TM24X319			
16717.80	3900.82	634.68	27.94	8.20	2.73	69.90
3.51	495278.00	42868.60	CTM24X335			
16094.98	3720.53	645.00	26.67	7.65	2.33	67.69
3.81	461982.00	37707.72	TM24X343			
17045.60	2966.59	664.35	27.94	5.97	1.62	73.30
4.45	516088.00	23598.54	TM24X354			
18356.80	4376.13	696.60	28.19	8.33	2.51	71.09
3.86	557708.00	48279.20	TM24X370			
17865.10	4146.67	709.50	26.92	7.72	2.17	68.86
9.22	516088.00	42452.40	TM24X375			
20487.50	4917.00	767.55	28.70	8.46	2.31	72.49
4.19	628462.00	54938.40	CTM24X408			
19831.90	4671.15	780.45	27.43	7.85	2.01	70.31
4.55	582680.00	48279.20	CTM24X414			
23109.90	5523.43	851.40	28.96	8.53	2.13	73.89
4.60	711702.00	62013.80	TM24X450			
22290.40	5261.19	864.30	27.69	7.98	1.85	71.91
4.95	661758.00	54938.40	TM24X457			
25404.50	6146.25	928.80	29.21	8.66	1.99	75.31
5.00	794942.00	69505.40	CTM24X492			
20716.96	9899.56	983.75	23.50	14.54	1.74	66.90
10.26	543515.58	208058.38	WTMBOX 1	WTM24X250+1.50Ü		
22142.89	11014.08	1068.70	23.20	15.14	1.74	66.90
11.53	575188.40	245058.56	WTMBOX 2	WTM24X250+1.75Ü		
23568.82	12325.26	1153.65	22.93	15.70	1.74	66.90
12.80	606902.84	284389.46	WTMBOX 3	WTM24X250+2.00Ü		
27502.42	12423.62	1154.74	26.57	15.55	1.73	75.21
10.57	815335.80	279395.06	WTMBOX 4	WTM27X307+1.50Ü		
29288.93	13980.67	1250.24	26.23	16.19	1.73	75.21
11.84	860368.64	327632.64	WTMBOX 5	WTM27X307+1.75Ü		
31091.83	15570.50	1345.73	25.94	16.77	1.73	75.21
13.11	905401.48	378617.14	WTMBOX 6	WTM27X307+2.00Ü		
36975.84	17061.99	1601.92	25.64	15.23	1.07	73.89
14.76	1053235.72	371833.08	WTMBOX 7	WTM24X450+2.00Ü		
38713.18	18668.21	1695.74	25.42	15.77	1.07	73.89
16.03	1095896.22	421985.18	WTMBOX 8	WTM24X450+2.25Ü		
40450.52	20339.99	1789.55	25.22	16.29	1.07	73.89
17.30	1138598.34	474967.44	WTMBOX 9	WTM24X450+2.50Ü		
48153.82	21356.17	1858.12	28.77	16.28	1.08	82.60
15.16	1538441.68	492614.32	WTMBOX10	WTM27X539+2.00Ü		
50317.30	23322.97	1962.99	28.53	16.84	1.08	82.60
16.43	1598083.14	550958.84	WTMBOX11	WTM27X539+2.25Ü		
52480.78	25338.94	2067.87	28.31	17.38	1.08	82.60
17.70	1657724.60	624674.58	WTMBOX12	WTM27X539+2.50Ü		
54644.26	27420.47	2172.75	28.11	17.89	1.08	82.60
18.97	1717366.00	695803.16	WTMBOX13	WTM27X539+2.75Ü		

56807.74	29551.17	2277.62	27.93	18.39	1.08	82.60
20.241777007.52	770469.44	WTMBOX14		WTM27X539+3.000		
58987.61	31731.04	2382.50	27.76	18.37	1.08	82.60
21.511836648.98	848715.04	WTMBOX15		WTM27X539+3.250		
61151.09	34025.64	2487.38	27.61	19.34	1.08	82.60
22.781896290.44	930623.20	WTMBOX16		WTM27X539+3.500		
69575.55	36697.21	2580.23	30.32	19.87	1.14	89.89
21.512372714.58	1015190.56	WTMBOX17		WTM30X581+3.250		
72148.78	39270.44	2694.36	30.15	20.35	1.14	89.89
22.782449586.72	1116165.16	WTMBOX18		WTM30X581+3.500		
74705.62	42040.35	2808.49	29.99	20.82	1.14	89.89
24.052526458.80	1217426.62	WTMBOX19		WTM30X581+3.750		
77278.85	44597.19	2922.62	29.84	21.28	1.14	89.89
25.322603331.00	1323058.18	WTMBOX20		WTM30X581+4.000		
99700.37	46973.32	2975.06	27.26	19.52	1.00	107.82
19.104131742.20	1133895.28	WTMBOX21		WTM36X848+2.500		
107075.87	57201.10	3248.87	26.79	20.61	1.00	107.82
21.644397069.70	1380535.40	WTMBOX22		WTM36X848+3.000		
114467.76	65756.68	3522.67	36.38	21.63	1.00	107.82
24.184662355.64	1648526.58	WTMBOX23		WTM36X848+3.500		
121843.20	74672.84	3796.47	36.02	22.60	1.00	107.82
26.724927683.14	1938701.22	WTMBOX24		WTM36X848+4.000		
129235.15	83949.58	4070.27	35.71	23.52	1.00	107.82
29.265192969.02	2251974.96	WTMBOX25		WTM36X848+4.500		
15914.69	15914.69	733.69	23.63	23.63	4.80	60.96
6.35	409624.04	409624.04	SQ BOX 1	0	1.250	
18848.50	18848.50	798.19	25.70	25.70	5.20	66.04
6.35	527158.92	527158.92	SQ BOX 2	0	1.250	
22011.77	22011.77	862.69	27.77	27.77	5.60	71.12
6.35	665337.32	665337.32	SQ BOX 3	0	1.250	
18700.99	18700.99	870.75	23.38	23.38	4.00	60.96
7.62	476174.42	476174.42	SQ BOX 4	0	1.500	
21339.78	21339.78	1004.59	23.14	23.14	3.43	60.96
8.89	538146.60	538146.60	SQ BOX 5	0	1.750	
22159.28	22159.28	948.15	25.45	25.45	4.33	66.04
7.62	614352.82	614352.82	SQ BOX 6	0	1.500	
25928.98	25928.98	1025.55	27.52	27.52	4.67	71.12
7.62	777003.78	777003.78	SQ BOX 7	0	1.500	
33304.48	33304.48	1341.60	27.04	27.04	3.50	71.12
10.16	981108.26	981108.26	SQ BOX 8	0	2.000	
38614.84	38614.84	1444.80	29.11	29.11	3.75	76.20
10.16	1224418.78	1224418.78	SQ BOX 9	0	2.000	
42695.95	42695.95	1610.89	28.87	28.87	3.33	76.20
11.43	1342869.30	1342869.30	SQ BOX10	0	2.250	
46613.16	46613.16	1773.75	28.63	28.63	3.00	76.20
12.70	1454535.70	1454535.70	SQ BOX11	0	2.500	
50366.47	50366.47	1933.39	28.40	28.40	2.73	76.20
13.97	1559709.50	1559709.50	SQ BOX12	0	2.750	
53988.66	53988.66	2089.80	28.17	28.17	2.50	76.20
15.24	1658640.24	1658640.24	SQ BOX13	0	3.000	
62249.22	62249.22	2244.60	30.23	30.23	2.67	81.28
15.24	2051866.00	2051866.00	SQ BOX14	0	3.000	
71099.82	71099.82	2399.40	32.30	32.30	2.83	86.36
15.24	2503026.80	2503026.80	SQ BOX15	0	3.000	
89030.48	89030.48	3096.00	31.38	31.38	2.13	86.36
20.32	3049913.60	3049913.60	SQ BOX16	0	4.000	

80540.40	80540.40	2554.20	24.36	34.36	3.00	91.44
15.243016118.163016118.16SQ	80X17		0	3.000		
01224.64	101224.64	3302.40	33.44	33.44	2.25	91.44
20.323693650.143693650.14SQ	80X18		0	4.000		
27973.12	127973.12	3715.20	37.56	37.56	2.50	101.60
20.325242122.245242122.24SQ	80X19		0	4.000		
40167.28	140167.28	4121.55	37.11	37.11	2.22	101.60
22.865675844.265675844.26SQ	80X20		0	4.500		
51607.50	151607.50	4515.00	36.66	36.66	2.00	101.60
25.406069569.466069569.46SQ	80X21		0	5.000		
210087.	210087.	5050.	45.35	45.35	2.667	121.92
22.86	10387561.	10387561.SQ	80X22	0	4.500	
266436.	266436.	5366.	54.08	54.08	3.500	142.24
20.32	15697940.	15697940.SQ	80X23	0	4.000	
308919.	308919.	5779.	58.22	58.22	3.750	152.40
20.32	19590492.	19590492.SQ	80X24	0	4.000	
341518.	341518.	6444.	57.74	57.74	3.333	152.40
22.86	21485617.	21485617.SQ	80X25	0	4.500	
419191.	419191.	7140.	63.94	63.94	3.667	167.64
22.86	29198969.	29198969.SQ	80X26	0	4.500	
458428.	458428.	7869.	63.47	63.47	3.300	167.64
25.40	31701413.	31701413.SQ	80X27	0	5.000	
552835.	552835.	8643.	69.67	69.67	3.000	182.88
25.40	41958246.	41958246.SQ	80X28	0	5.000	
644324.	644324.	10217.	68.72	68.72	3.000	182.88
30.48	48257891.	48257891.SQ	80X29	0	6.000	
644324.	644324.	10217.	68.72	68.72	3.000	182.88
30.48	48257891.	48257891.SQ	80X29	0	6.000	
262.24	25.80	10.03	2.05	7.43	25.40	0.58
2871.78W10X	15					
327.80	32.25	11.86	1.96	7.50	30.48	0.58
4286.86W12X16						
475.31	38.70	12.47	2.15	4.70	31.27	0.66
6492.72W12X	22					
540.87	38.70	14.05	2.64	7.50	34.85	0.58
8282.38W14X	22					
655.60	51.60	14.35	2.74	6.01	35.28	0.65
10196.90W14X	26					
721.16	51.60	15.88	2.84	8.00	39.85	0.64
12527.62W16X	26					
704.77	58.05	13.23	3.91	7.40	31.34	0.66
9905.56W12X	30					
885.06	58.05	16.26	2.97	6.25	40.34	0.70
15607.50W16X	31					
901.45	64.50	14.81	3.86	7.40	35.51	0.73
14150.80W14X	34					
1098.13	64.50	17.91	3.12	7.10	44.98	0.76
21226.20W18X	35					
1196.47	77.40	16.81	3.96	6.96	40.64	0.78
21559.16W16X	40					
1278.42	77.40	18.31	3.23	5.74	45.47	0.80
25471.44W18X	40					
1557.05	83.85	20.47	3.20	7.21	52.48	0.88
35085.66W21X	44					
1802.90	96.75	20.78	3.33	6.10	52.88	0.97
40954.08W21X	50					

1835.68	103.20	18.85	4.24	5.98	46.02	0.99
37041.80W18X 55						
2114.31	109.65	21.23	3.43	5.00	53.49	1.03
48695.40W21X 57						
2196.20	103.20	23.11	3.40	6.96	59.82	1.01
56187.00W24X 55						
2507.67	116.10	23.50	3.51	6.00	60.25	1.06
64511.00W24X 62						
2622.40	129.00	21.84	4.57	6.04	53.67	1.09
61597.60W21X 68						
2901.03	129.00	24.21	4.75	7.70	60.22	1.06
76164.60W24X 68						
3278.00	141.90	24.61	4.88	6.59	60.73	1.12
87402.00W24X 76						
3671.36	161.25	24.87	4.95	5.84	61.19	1.19
98639.40W24X 84						
3999.16	161.25	27.18	5.23	7.83	67.84	1.18
118617.00W27X 84						
4163.06	180.60	25.04	5.03	5.20	61.75	1.31
112374.00W24X 94						
4556.42	180.60	27.69	5.38	6.69	68.35	1.24
136097.40W27X 94						
5113.68	187.05	29.72	5.33	7.80	75.29	1.33
166063.80W30X 99						
5670.94	206.40	30.23	5.46	6.90	75.74	1.39
186041.40W30X108						
6195.42	219.30	30.48	5.56	6.20	76.20	1.43
205186.60W30X116						
6801.85	225.75	33.02	5.89	7.78	83.46	1.41
245558.00W33X118						
7654.13	245.10	33.53	6.05	6.73	84.07	1.47
279270.20W33X130						
8342.51	258.00	35.56	6.07	7.52	90.30	1.52
324636.00W36X135						
8424.46	270.90	34.04	6.17	6.01	84.61	1.54
310069.00W33X141						
9522.59	283.80	36.32	6.27	6.40	91.03	1.59
376244.80W36X150						
10227.30	303.15	36.58	6.35	5.88	91.44	1.66
405795.00W36X160						
10948.52	322.50	36.83	6.43	5.47	91.85	1.73
437010.00W36X170						
11768.02	348.30	36.83	6.48	5.12	92.25	1.84
470306.00W36X182						
12571.13	367.65	37.08	6.50	4.81	92.66	1.96
503602.00W36X194						
14013.45	419.25	35.81	9.14	6.20	86.18	1.97
532736.00W33X221						
15455.77	438.60	37.85	9.47	6.54	91.14	1.93
520250.00W36X230						
16553.90	464.40	38.10	9.53	6.12	91.59	2.04
670082.00W36X245						
17701.20	496.65	38.10	9.58	5.75	92.05	2.14
720025.00W36X260						
19175.30	528.90	38.38	9.68	5.29	92.71	2.25
786618.00W36X280						

20651.40	567.60	38.63	9.73	4.96	93.27	2.40
844886.00W36X300						
33271.70	580.50	61.75	10.49	3.56	133.35	0.95
2213767.80PG49X15						
36058.00	593.40	65.55	11.71	4.50	142.24	0.95
2536239.56PG53X18						
41794.50	619.20	72.56	12.51	5.71	161.29	1.11
3267253.24PG61X20						
45400.30	638.55	76.83	13.17	7.33	175.26	1.27
3770147.70PG68X22						
48022.70	645.00	80.64	13.63	9.60	189.23	1.43
4195171.14PG74X24						
49170.00	651.45	83.03	13.68	13.00	203.20	1.59
4492213.08PG80X26						
51628.50	709.50	78.49	13.50	6.29	176.53	1.27
4371764.80PG68X22						
55398.20	722.40	82.73	14.11	8.00	190.50	1.43
4945121.92PG74X24						
57856.70	735.30	85.79	14.39	10.40	204.47	1.59
5412847.48PG80X24						
62773.70	799.80	84.52	14.48	6.86	191.77	1.43
5714550.86PG74X24						
66379.50	819.15	88.08	14.94	8.67	205.74	1.59
6355956.66PG80X26						
70149.20	877.20	86.10	14.79	6.00	193.04	1.43
6503707.68PG74X24						
75066.20	903.00	90.04	15.37	7.43	207.01	1.59
7321790.40PG80X26						
83752.90	986.85	91.76	15.72	6.50	208.28	1.59
8310639.98PG80X26						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0PG						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0PG						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0PG						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0PG						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0PG						
1.61	0.71	0.66	0.28	0.01	1/2 STD	
2.15	1.54	0.85	0.29	0.02	3/4 STD	
3.19	3.62	1.07	0.34	0.02	1 STD	
4.32	8.12	1.37	0.36	C.C31	1/4STD	
5.15	12.90	1.58	0.37	C.C41	1/2STD	
6.90	27.72	2.00	0.39	0.05	2 STD	
10.97	63.68	2.41	0.52	C.C92	1/2STD	
14.38	125.69	2.95	0.55	0.11	3 STD	
17.29	199.36	3.40	0.57	C.143	1/2STD	
20.45	300.91	3.84	0.60	C.16	4 STD	
27.74	632.62	4.78	0.66	0.22	5 STD	
35.99	1169.5	5.72	0.71	0.28	6 STD	
54.18	3017.5	7.47	0.81	0.42	8 STD	
76.76	6700.8	9.32	0.93	0.60	10 STD	
94.17	11612.	11.1	0.95	0.74	12 STD	
2.06	0.83	0.64	0.37	0.02	1/2 X SG	

2.79	1.87	0.82	0.39	0.02	3/4 X SG
4.12	4.41	1.03	0.45	0.03	1 X SG
5.68	10.07	1.33	0.49	0.041	1/4X SG
6.90	16.27	1.54	0.51	0.051	1/2X SG
9.55	36.13	1.95	0.55	0.07	2 X SG
14.51	79.91	2.35	0.70	0.112	1/2X SG
19.48	161.90	2.90	0.76	0.15	3 X SG
23.74	261.37	3.33	0.81	0.193	1/2X SG
28.44	399.97	3.76	0.86	0.22	4 X SG
39.41	861.53	4.67	0.95	0.31	5 X SG
54.18	1685.6	5.56	1.09	0.43	6 X SG
82.56	4411.7	7.32	1.27	0.65	8 X SG
103.8	12985.	9.22	1.27	0.81	10 X SG
123.8	15066.	11.0	1.27	0.97	12 X SG
71.60	4411.7	7.85	0.95	0.56	8X8
90.95	8906.7	9.91	0.95	0.71	10X10
110.3	15816.	12.0	0.95	0.86	12X12
129.6	25596.	14.1	0.95	0.02	14X14
149.0	38748.	16.1	0.95	0.17	16X16
170.3	32921.	13.9	1.27	0.33	14X14
196.1	49944.	16.0	1.27	0.54	16X16
22.70	557.71	4.95	0.48	0.18	SQT5X5
27.54	990.56	5.99	0.48	0.22	SQT6X6
32.38	1602.37	7.04	0.48	0.25	SQT7X7
37.22	2422.28	8.08	0.48	0.29	SQT8X8
48.96	3125.66	8.00	0.64	0.38	SQT8X8
52.12	1731.39	5.77	0.97	0.41	SQT6X6
52.31	2476.39	6.88	0.79	0.41	SQT7X7
53.92	1123.74	4.57	1.27	0.42	SQT5X5
60.37	3783.26	7.92	0.79	0.47	SQT8X8
61.86	6284.62	10.1	0.64	0.49	SQT10X10
74.82	11029.3	12.1	0.64	0.59	SQT12X12
92.88	13485.0	12.1	0.76	0.73	SQT12X12
110.31	15815.6	12.0	0.9	0.86	SQT12X12
129.62	25596.3	14.1	0.9	0.02	SQT14X14
149.03	38748.2	16.1	0.9	0.17	SQT16X16
196.14	49944.0	16.0	1.2	0.54	SQT16X16