



**T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**ÇELİK BİR SİSTEMİN ELASTİK VE PLASTİK ANALİZ  
SONUÇLARININ BETONARME SİSTEMLE MALİYET  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**İSMAİL ŞİRİKÇİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KAHRAMANMARAŞ  
Eylül – 2006**

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇELİK BİR SİSTEMİN ELASTİK VE PLASTİK ANALİZ SONUÇLARININ  
BETONARME SİSTEMLE MALİYET KARŞILAŞTIRILMASI

İSMAİL ŞİRİKÇİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kod No:

Bu Tez 14/09/2006 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından  
Oy Birliği ile Kabul Edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr.  
M.Metin KÖSE

Yrd. Doç. Dr.  
Hatip TOK

Yrd. Doç. Dr.  
Salih YAZICIOĞLU

Danışman

Üye

Üye

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. ÖZDEN GÖRÜCÜ  
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## İÇİNDEKİLER

## SAYFA

İÇİNDEKİLER.....	I
ÖZET .....	III
ABSTRACT .....	IV
ÖNSÖZ .....	V
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	VIII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
2.1. Elastik ve Plastik Dizayn Üzerinde Yapılan Çalışmalar.....	4
2.2. Tasarım Felsefesi .....	4
2.3. Plastik Mafsal Kavramı .....	5
2.3.1. Çeliğin Sünekliği ve Enerji Yutma Özelliği .....	5
2.3.2. Plastik Mafsal.....	7
2.4. Yük Katsayıları ve Bileşenleri .....	9
2.5. Elastik Dizayna Göre Boyutlandırma .....	9
2.5.1. Kirişlerin Boyutlandırılması.....	9
2.5.2. Kolonların Boyutlandırılması.....	10
2.6. Plastik Dizayna Göre Boyutlandırma.....	10
2.6.1. Kirişlerin Boyutlandırılması.....	10
2.6.2. Kolonların Boyutlandırılması.....	10
2.7. Elastik Ve Plastik Dizaynda Kullanılan Tasarım kuralları .....	12
2.7.1 Kolonların Kiriş Birleşimlerinin Boyutlandırılması .....	12
2.7.2. Alın Levhalı Birleşimde Yapılan Tahkikler.....	15
2.7.3. Kolon Ekleri .....	16
2.7.4. Sünek Güçlendirilmiş Çerçeve Sistemleri .....	17
2.7.4.1 Merkezi Güçlendirme Tasarım Kuralları.....	19
2.7.4.2.Dış Merkez Tasarım Kuralları.....	20
3. MATERYAL VE METOT .....	24
3.1. Materyal .....	24
3.1.1. Analizi Yapılan Binanın Özellikleri.....	24
3.1.2. Hesaplarda Kullanılan Analiz Programları.....	26
3.1.3. Analizde Kullanılan Profiller .....	26
3.1.4. Analizde Kullanılan Bulonlar.....	26
3.2. Metot .....	26
3.2.1. Adım Adım Yöntemi .....	26
3.2.2. Bilgisayar Programı .....	26
3.2.3. Bilgisayar Programı Akış Diyagramı .....	31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	32
4.1. Çelik Yapıların Avantaj ve Dezavantajları.....	32
4.1.1. Çelik Yapıların Avantajları.....	32

4.1.2. Çelik Yapıların Dezavantajları .....	34
4.2. Betonarme Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi .....	35
4.2. Elastik Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi .....	37
4.3. Plastik Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi .....	38
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	39
5.1. Sonuçlar .....	39
5.1.1. Betonarme Karkas Binanın Maliyeti .....	39
5.1.2. Elastik Dizayna Göre Çelik Karkas Maliyeti .....	39
5.1.3. Plastik Dizayna Göre Çelik Karkas Maliyeti .....	40
5.2. Genel Sonuçlar .....	41
5.3. Öneriler .....	41
6. KAYNAKLAR .....	43
ÖZGEÇMİŞ .....	45

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖZET

ÇELİK BİR SİSTEMİN ELASTİK VE PLASTİK ANALİZ SONUÇLARININ  
BETONARME SİSTEMLE MALİYET KARŞILAŞTIRILMASI

İSMAİL ŞİRİKÇİ

DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. M.METİN KÖSE

Yıl : 2006 Sayfa : 45

Jüri: Yrd. Doç. Dr. HATİP TOK  
Yrd. Doç. Dr. SALİH YAZICIOĞLU

Ülkemiz, deprem kuşağında yer almasına rağmen yapıların büyük çoğunluğu betonarme olarak yapılmaktadır. Son dönemlerde çelik yapılara olan ilgi artsa da hala çelik yapılara olan önyargı ülkemizde devam etmektedir. Betonarme ve çelik arasındaki kıyaslamalar devam etmekle beraber çelik yapıların maliyetinin azaltılabilmesi çabalar son derece azdır.

Bu çalışmada mimari planı aynı olan betonarme ve çelik taşıyıcı sistemlerin maliyet bakımından kıyaslanması ve ayrıca çelik taşıyıcı sistemlerin elastik metotla ve plastik metotla tasarlanması halinde maliyet bakımından aralarında ne kadar bir fark oluşacağı konusu araştırılmıştır. Betonarme taşıyıcı sistem analizi için STA4CAD programı, çelik taşıyıcı sistem analizi için SAP2000 programı kullanılmıştır. Plastik analizde sistem önce Sap2000 programında analiz yapıldıktan sonra elde edilen kesit kuvvetleri yazılan bilgisayar programına girilerek mafsalsal noktası bulundu. Elde edilen mafsalsal noktası Sap2000 programında yerine konularak tekrar analiz yaptırıldı. Bu döngü sistem labil olana kadar devam ettirildi.

**Anahtar Kelimeler:** Çelik Yapılar, Çelik Yapı Maliyeti, Plastik Analiz, Elastik Analiz

UNIVERSITY OF KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM  
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

MSc THESIS

ABSTRACT

A ONE OF STEEL SYSTEM'S ELASTIC AND PLASTIC ANALYS RESULTS  
AND CONCRETE SYSTEM COST COMPARİSON

İSMAİL ŞİRİKÇİ

Supervisor: Assist. Prof. Dr. M.METİN KÖSE

Year: 2006, Page: 45

Jury : Assist. Prof. HATİP TOK  
: Assist. Prof. SALİH YAZICIOĞLU

Although our country is on earthquake zone, most of the residential structures are made by concrete. Prejudice to steel construction still continues while the interest to steel structures are growing. Price and time comparison of the steel and concrete structure are still made by contractors but very limited works on the cost reduction on the steel structures are available.

In this study, concrete steel structures with the same floor planes were analyzed and cost of the structures were compared with each other. Steel structures were analyzed by using two methods which are elastic and plastic design. Concrete structure was design analyzed by STA4CAD whereas elastic design and analysis of steel structure was done by SAP2000. A separate computer program was written for plastic analysis to run with SAP2000. Member-end forces found by SAP2000 and then entered to the computer code to find the location of plastic hinges. Model in SAP2000 was modified by entering the plastic hinges and then rerun. This cycle was continued until system became unstable. At the end of the analyses, cost comparison of three analyses were made with each other.

**Key Words:** Steel construction, Cost of Steel Construction, Elastic Analysis, Plastic Analysis.

**ÖNSÖZ**

Bu çalışmada, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Malzeme laboratuvarı ve Adana Çimento Fabrikası ile Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği laboratuvarlarında C ve F Sınıfı Uçucu Külleri, Beton'un bağlayıcı maddesi olan çimentonun belli bir kısmı yerine katarak daha düşük maliyetle yeterli dayanımlı ve daha dayanıklı yol kaplama betonu üretilebilme imkanları deneysel çalışmalar yapılarak araştırılmıştır.

Yüksek Lisans tezimi yöneten ve tez çalışmam boyunca destek gördüğüm danışman Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Metin Köse' ye şükranlarımı sunuyorum.

Yine yardımlarından dolayı İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, hocalarımdan Yrd.Doç.Dr. Hatip TOK' a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimde desteklerini esirgemeyen dostlarım Aslan İspir ve Mustafa Hacıbebekoğlu'na ve yaşam boyu maddi ve manevi destekleri ile yanımda olan aileme saygı ve sevgilerimi sunarım.

**Eylül 2006**  
**KAHRAMANMARAŞ**

**İSMAİL ŞİRİKÇİ**

**ÇİZELGELER DİZİNİ****SAYFA**

<b>Çizelge 2.1. <math>C_B</math> Sabit Değer Çizelgesi.....</b>	<b>21</b>
<b>Çizelge 4.1. Elastik Analiz Malzeme Çizelgesi.....</b>	<b>38</b>
<b>Çizelge 4.2. Plastik Analiz Malzeme Çizelgesi.....</b>	<b>38</b>
<b>Çizelge 5.1. Betonarme Karkas Bina Maliyet Çizelgesi.....</b>	<b>39</b>
<b>Çizelge 5.2. Elastik Analiz Malzeme Çizelgesi.....</b>	<b>39</b>
<b>Çizelge 5.3. Elastik Analiz Maliyet Çizelgesi.....</b>	<b>40</b>
<b>Çizelge 5.4. Plastik Analiz Malzeme Çizelgesi.....</b>	<b>40</b>
<b>Çizelge 5.5. Plastik Analiz Maliyet Çizelgesi.....</b>	<b>41</b>

ŞEKİLLER DİZİNİ	SAYFA
Şekil 1.1. Taşıyıcı Sistem Malzemesine Göre Yapı Türleri (İngiltere) .....	1
Şekil 2.1. Yük-Deformasyon Eğrisi .....	5
Şekil 2.3. Gerilme-Deformasyon İlişkisi .....	8
Şekil 2.4. Bulonlu Birleşim .....	13
Şekil 2.5. Kolon-Kiriş Birleşimleri .....	15
Şekil 2.6. Kolon Ekleri .....	16
Şekil 3.1. Mimari Plan .....	24
Şekil 3.2. Bina Kesiti .....	25
Şekil 3.3. Geliştirilen Hesaplama Programı .....	27
Şekil 3.4. Mafsal Noktalarının Bulunması Penceresi .....	28
Şekil 3.5. Mafsal Noktalarının Bulunması Penceresinde, Çubuklar İçin Kesit Seçiminin Gösterilmesi .....	29
Şekil 3.6. Mafsal Noktalarının Gösterilmesi .....	30
Şekil 4.1. Bina Görünüş .....	35
Şekil 4.2. Betonarme Kalıp Planı .....	36
Şekil 4.3. Çelik Kalıp Planı .....	37

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$\tau_{eb}$	:	Eksenel basınç kuvvetine göre hesaplanan gerilme
$\tau_b$	:	Eğilme momentine göre hesaplanan eğilme-basınç gerilmesi
$\delta_o$	:	Enine yükten dolayı maksimum çökme
$m_o$	:	Enine yükten dolayı maksimum açıklık momenti
<b>S</b>	:	Elemanın boyu
$d_c$	:	Kolon kesitinin yüksekliği
$d_b$	:	Kiriş kesitinin yüksekliği
$t_{pl}$	:	Alın levhasının kalınlığı
<b>P</b>	:	Tekil yük
<b>W</b>	:	Yaylı yük
<b>L'</b>	:	Plastik mafsallar arası mesafe
$T_{ub}$	:	Bir bulonun dış dibi en kesiti ile taşıyabileceği maksimum çekme kuvveti
$A_b$	:	Bulon gövde en kesit alanı
<b>L</b>	:	Kolon geometrik eksenleri arasındaki mesafe
$V_g$	:	Kolon başlık yüzeyinde ölü yüklerden dolayı oluşan kesme kuvveti
$d_c$	:	Kolon kesit yüksekliği
<b>n</b>	:	Birleşimlerdeki bulon sayısı
$\tau_{sem}$	:	Bulona ait kayma emniyet gerilmesi
<b>C</b>	:	$\frac{1}{2}$ gövde kalınlığı + 1,6 mm.
$c_1$	:	$\frac{g}{2} - k_1$
$k_1$	:	$\frac{1}{2}$ gövde kalınlığı + r
$t_p$	:	Minimum alın levhası kalınlığı
<b>s</b>	:	$\sqrt{b_p g}$
$\tau_{yp}$	:	Alın levhasının akma sınır gerilmesi
<b>g</b>	:	Bulon sıraları arasındaki yatay mesafe
$T_{cf}$	:	Kiriş başlığı çekme kuvvetine dayanacak minimum kolon başlık kalınlığı
$\tau_{yc}$	:	Kolon akma sınır gerilmesi
$d_b$	:	Kirişin kesit yüksekliği
$t_{bf}$	:	Kirişin başlık et kalınlığı
<b>r</b>	:	Boyun bölgesi geçiş eğrili yarıçapı
$M_p$	:	Plastik kiriş, plastik moment taşıma kapasitesi
$V_p$	:	Bağlantı kirişinin kesme kuvveti taşıma gücü
<b>d</b>	:	Kiriş gövde yüksekliği
$t_w$	:	Gövde levhası kalınlığı
<b>e</b>	:	Bağlantı kirişi uzunluğu
<b>S</b>	:	Güçlendirme elemanına gelecek yük
$V_p$	:	Bağlantı kirişinin kesme kuvveti taşıma gücü
$\cos \vartheta$	:	Güçlendirme elemanının bağlantı kirişine saplama açısı
<b>E</b>	:	Elastisite modülü

$\sigma_y$	:	Çelik akma sınır gerilmesi
$d$	:	Bağlantı kirişinde gövde yüksekliği
$t_w$	:	Gövde et kalınlığı
$b$	:	Takviye levha genişliği
$t$	:	Takviye levhası kalınlığı
$b_f$	:	Bağlantı kirişi başlık genişliği
$t_f$	:	Başlık et kalınlığı
$a$	:	Gövde dikişlerinin kalınlığı
$h_1$	:	Profil gövde yüksekliği
$A$	:	Mesnet reaksiyonu
$T$	:	Alın levhası kalınlığı
$d$	:	Bulon çapı
$P$	:	Üst kolon profilindeki merkezi basınç kuvveti
$F$	:	Üst kolon profilinin en kesit alanı
$F_g$	:	Profilin gövde en kesit alanı
$F_b$	:	Profilin başlık en kesit alanı
$G$	:	Kalıcı yük etkisi
$Q$	:	Hareketli yük etkisi
$T$	:	Sıcaklık değişimi etkisi
$E$	:	Deprem etkisi
$\sigma$	:	Gerilme
$M$	:	Momet
$W$	:	Mukavemet momenti
$\sigma_{em}$	:	Emniyet gerilmesi
$\tau$	:	Kayma gerilmesi
$H_g$	:	Profil yüksekliği
$T_g$	:	Profil gövde kalınlığı
$\delta$	:	Sehim miktarı
$L$	:	Açıklık
$\lambda$	:	Narinlik modülü
$\omega$	:	Burkulma katsayısı
$q$	:	Kesme kuvveti değeri
$q_p$	:	Plastikleşme kesme kuvveti değeri
$F_g$	:	I kesit gövde alanı
$F_a$	:	I kesit başlık alanı
$N_p$	:	Plastikleşme normal kuvvet değeri
$N_{kr}$	:	Kritik normal kuvvet değeri
$F_{eff}$	:	Efektif enkesit alanı
$S_b$	:	Eğilme düzlemindeki hakiki serbest boy
$\dot{I}_b$	:	Eğilmenin meydana geldiği düzleme dik eksene göre atalet yarıçapı
$K$	:	Eğilme düzleminde etkin burkulma boyu katsayısı
$I_c$	:	Düğümündeki kolonların toplam atalet momenti
$S_c$	:	Kolonun hakiki boyu
$I_g$	:	Düğümüne birleşen kirişlerin toplam atalet momenti

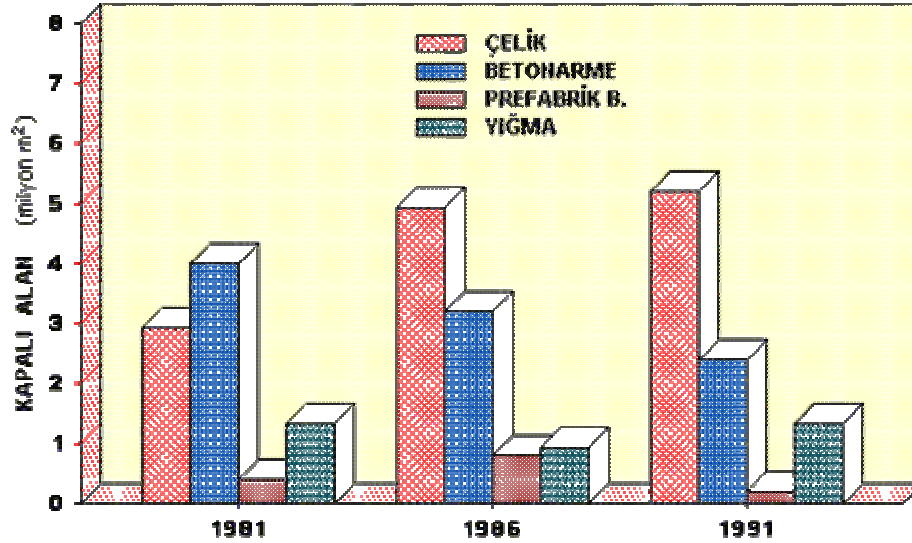
<b><math>S_g</math></b>	<b>:</b>	<b>Kirişin hakiki boyu</b>
<b><math>d_c</math></b>	<b>:</b>	<b>Kolon kesitinin yüksekliği</b>
<b><math>d_b</math></b>	<b>:</b>	<b>Kiriş kesitinin yüksekliği</b>
<b><math>F_n</math></b>	<b>:</b>	<b>Etkili faydalı enkesit alanı</b>
<b><math>F</math></b>	<b>:</b>	<b>Kesitin kayıpsız alanı</b>
<b><math>\sigma_u</math></b>	<b>:</b>	<b>Malzemenin çekme mukavemeti</b>
<b><math>\alpha</math></b>	<b>:</b>	<b>Güçlendirme elemanının birleşiminin taşıması gereken yükün, faydalı enkesit tarafından taşınan kısmına oranı.</b>

## 1. GİRİŞ

%92'si deprem bölgelerinde bulunan ve insanların %95'i bu bölgelerde yaşayan ülkemizde (Akbaş,2001) , depreme dayanıklı yapıların önemi çoğu inşaat mühendisi tarafından bilinmekteydi. Bu gerçek; büyük can, mal ve iş kayıplarına neden olan son depremlerden sonra kamuoyuna da mal olmuştur. Fay hatlarının yeri konusunda yapılan gereksiz tartışmalar sürerken, tüm bu kayıplarda asıl suçlunun; depremler değil depreme dayanıksız yapılar olduğu anlaşılacak yapı türlerinin sorgulanmasına başlanabilmektedir.

Deprem bölgeleri haritasına göre, büyük sanayi bölgelerinin %98'i ve barajlarımızın %93'ünün deprem bölgesinde bulunduğu bilinmektedir. Ülkemizde son 58 yıl içerisinde depremden 58.202 insan hayatını kaybetmiştir. 122.096 kişi yaralanmış ve yaklaşık olarak 411.465 bina yıkılmış veya ağır hasar görmüştür. Ülkemizde meydana gelen depremlerde her yıl ortalama 1003 vatandaşımız ölmekte ve 7009 bina yıkılmaktadır (Coşkun,2004).

Gelişmiş ülkeler hızla çelik taşıyıcı sisteme geçmektedirler. İngiltere Yapısal Çelik Derneği (BCSA)'ne göre, İngiltere inşaat pazarı dünyada çeliğin en yoğun kullanıldığı pazarlardan biridir. Bina çerçeveleri için konut olmayan çok katlı yapıların pazar payı, oturma alanı esasına göre %70 olup, bu oran beton için %21 ve taşıyıcı taş yapılar için %9'dur. Çelik için Amerika'da bu oran %50 ve Kıta Avrupa'sında ortalama %30'dur. İngiltere'de %70 yapısal çelik payı, kuvvetli ürün geliştirilmesinin ve iyi bir pazarlamanın sonucudur.



Şekil 1.1. Taşıyıcı Sistem Malzemesine Göre Yapı Türleri (İngiltere)

İngiltere Yapısal Çelik Derneği Genel Direktörü Derek Tardoff'a göre İngiltere'deki bu durum, son 25 yılı aşkın sürede kuvvetli ürün geliştirme çabasının ve çelik üreticileri, yüklenicileri, tasarımcıları, şartname hazırlayanların ve mimarların iyi pazarlamanın sonucudur.

Corus, bağımsız bir şekilde organize edilmiş bir fiyat karşılaştırması çalışması tarafından belirlenenleri kullanarak, çelik ve beton için bina maliyetlerinin izlemekte ve analiz etmektedir. 2005'in ikinci üç aylık fiyatlarına göre yapılan en son mukayese göstermiştir ki; çelik en süratli ve en düşük maliyetli seçenek olup betona nazaran tipik olarak %3-5 aşağıdadır. Fakat yapısal çelik yalnız yapılardan ibaret değildir. Her tip ve ölçüdeki köprüler, kuleler ve direkler, spor sahaları ve ağır endüstriyel yapılar; kullanılan yapısal çeliğin her gün arttığı uygulamalardır. Demir ve Çelik İstatistikleri Bürosunun (ISSB) rakamları; İngiltere'deki inşaat sektörü çıktılarının değer olarak % 40 kadarının bir şekilde çelik ile ilgili olduğunu göstermektedir (Türk Yapısal Çelik Derneği - TUCSA).

Çelik yapıların ülkemizde tüm inşaat pazarı içindeki yeri son zamanlara kadar çoğunluğu endüstriyel yapılar olmak kaydıyla %5 civarındadır (Arkitera,2002) . Bu oran, sadece endüstriyel yapılar düşünüldüğünde %20 oranına çıksa bile Avrupa ülkelerinkine karşılaştırıldığında çok düşüktür. Türkiye'de çelik yapıların yapılması için gerekli tüm teknoloji ve ekonomik olabirlik vardır. Son depremlerde çelik yapılar tüm özelliklerinin yanı sıra can ve mal kurtarır özelliğini de göstermiştir. Ancak yine de geçmişi yüzyılı aşan yapısal çelik taşıyıcı yapılar karşı Türk inşaat sektöründe büyük bir direnç vardır. Avrupa genelinde 1998 verilerine göre tüketilen 170 milyon ton çeliğin yüzde 38'i inşaat sektöründe kullanılmaktadır. ABD, Japonya ve Avustralya'da da yılda yaklaşık 500 bin konut soğuk bükülmüş ya da sıcak haddelenmiş çelik profillerle inşa edilmektedir. Oysa Türkiye'de inşaat sektöründeki payı yüzde 5'i geçmeyen yapısal çeliğin konut üretimindeki kullanım oranı sıfıra yakındır (Tuca. 2006).

Bugün Türkiye'de konstrüksiyon teknolojisi tamamen betona dayalı bir bina kültürü üzerine kuruludur. Betona geçiş, 1940'ların başında, tümüyle tasfiye edilen geleneksel yöntemlerle inşa edilen taş, ahşap, tuğla binalarla yer değiştirerek başlamıştır. Bugün Türkiye dünyada en büyük çimento üreticilerinden birisidir ki, bu durum çimentoya büyük bir nüfuz, iş gücü ve ülke genelinde bir lobi kazandırmaktadır. Türkiye'deki çelik yapımcıları ise genel olarak endüstriyel yapılar yapan fabrikatörler olup bir kaç yıl öncesine kadar çeliğin enerji santralleri gibi yalnızca endüstriyel yapılarda kullanılabileceğini düşünmekteydiler. Çünkü sıradan bir enerji santrali için orta büyüklükteki bir binanın 5 ila 25 katı arasında çelik kullanılır (Trade ARBED Türkiye Gen.Müd. Ö.Selçuk Özdi ).

Aslında öyle olmamasına rağmen çelik yapıların betonarme yapılardan pahalı oldukları varsayılsa bile, çelik çerçevesel yapıların yapımında işçilik hatalarının daha az olmasından, ve depreme dayanıklılığından dolayı, kullanım amacı veya kat sayısı ayırımı yapılmadan bir an önce çelik çerçevesel yapıların yapımına insanlar teşvik edilmelidir.

Bir diğer dikkat edilmesi gereken nokta ise çelik yapıların maliyetinin farklı hesap yöntemleri kullanılarak azaltılabilemesidir. Genel olarak dünyada çelik sistemler için yaygın olarak kullanılan iki yöntem vardır. Elastik teori ve plastik teori.

Plastik teorinin ilk tatbikatından biri, II.Dünya Savaşı sırasında İngiltere'de portatif sığınak olarak kullanılan "Morrison Masası"dır. Sandık şeklinde olan ve geceyin iki kişinin

yattığı bu masa 2 metre uzunlukta, 1.20 metre genişlikte ve 0.75 metre yüksekliktedir. Aynı zamanda bombardımanda çöken çatıların yükünü kaldırabilecek niteliktedir. Elastik metotlarla böyle bir portatif sığınak için 2,5 ton çelik gerekirken, portatif sığınanın yapımı, nispeten büyük deformasyonlara müsaade eden plastik hesaplara göre 0,25 ton çelikten yapılabilmektedir (Baker, J.F., Horne, M. R. Ve Heyman 1956).

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Elastik ve Plastik Dizayn Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Selim Şengel, Nevzat Kırac (2003), bir makalelerinde, çelik bir yapının iki farklı hesap yöntemiyle çözümünü yapmışlardır. Bu çalışmada, yapının, elastik hesapla boyutlandırılmasında, düşey yükler altında enine ve boyuna doğrultudaki kirişler ve kolonlar boyutlandırılmıştır; plastik hesapla boyutlandırılmasında ise, enine ve boyuna doğrultudaki kirişler, adım adım yöntemiyle hesaplanmıştır. Daha sonra, her iki yöntemde de, kirişlerde kesme kuvveti etkisi irdelenmiş ve sehim şartı göz önüne alınmıştır. Kirişler ve kolonlar boyutlandırıldıktan sonra deprem hesabı yapılmış, kiriş ve kolonlara gelen normal kuvvet etkisi irdelenerek kesitlerde gerekli değişiklikler yapılmıştır. Diyagonaller deprem kuvvetlerine göre boyutlandırılmıştır.

Nesrin Yardımcı (2005), bu makalede çelik yapıların tasarımı ve tasarım yöntemleri hakkında irdemeler yapmıştır. Tasarım yöntemlerinin temel mantığı ve yüzeysel olarak yük katsayıları hakkında incelemeler yapmıştır. Plastik dizayn ve elastik dizayn tasarım yöntemlerini irdelenmiştir. Çelik taşıyıcı sistemleri kendi aralarında sınıflandırmış ve taşıyıcı sistemin analizi konusunda öneriler sunmuştur

Tanvir Wasti (1968), çeliğin akma sırasındaki davranışını incelemiş, eğilme momenti ve eğrilik bağlantısı arasındaki durumu incelemiştir. Kesitlerin plastik momentinin hesaplamasını da incelemiştir. Basit kiriş, tek açıklıklı çerçeve, çok açıklıklı çerçeve gibi sistemlerin limit analizini incelemiş, bu sistemlerin hesapları için yöntemler sunmuştur.

Arda, T.S ve Aşkar (1986), bu çalışmalarında çelik yapıların plastik tasarım kuralları hakkında irdemeler yapmıştır.

Güven Kıymaz, Erdal Coşkun, bu makalelerinde çelik yapıların perdeli tasarımı ile ilgili irdemeler yapmıştır. Perdeli tasarım yöntemleri ve davranış şekilleri incelenmiştir.

Fırat Çıngı (2005), çelik yapılarda birleşim bölgelerindeki mafsal oluşumunu irdelenmiştir. Etabs programı ile birleşim bölgeleri modellenip mafsal oluşumları ve birleşime etkileri irdelenmiştir.

Hilmi Deren, Erdoğan Uzgider, Filiz Piroğlu, çelik yapıların elastik dizayn kuralları ve tasarım şekilleri ile ilgili çalışmalar yapmıştır.

### 2.2. Tasarım Felsefesi

Günümüzde, başlıca iki tür tasarım felsefesi mevcuttur. Bunlardan birincisi güvenlik gerilmeleri (Allowable Stres Design), diğeri ise yük ve dayanım artımı (Load and Resistance Factor Design) olarak adlandırılır. Önceleri güvenlik gerilmeleri esasına dayanan yöntemler kullanılmış olmakla beraber, son yıllarda daha rasyonel ve olasılık esaslı sınır yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır. Tasarım için en yaygın kullanılan sınır yöntemleri; taşıma gücü

tasarımı (ultimate strength design), plastik tasarım (plastic design), yük ve dayanım artırımı tasarımı (load and resistance factor design) dır.

Yük ve dayanım katsayıları yöntemiyle hesap yapılırken, tasarım dayanımı, en azından artırılmış yüklere eşit olmalıdır.

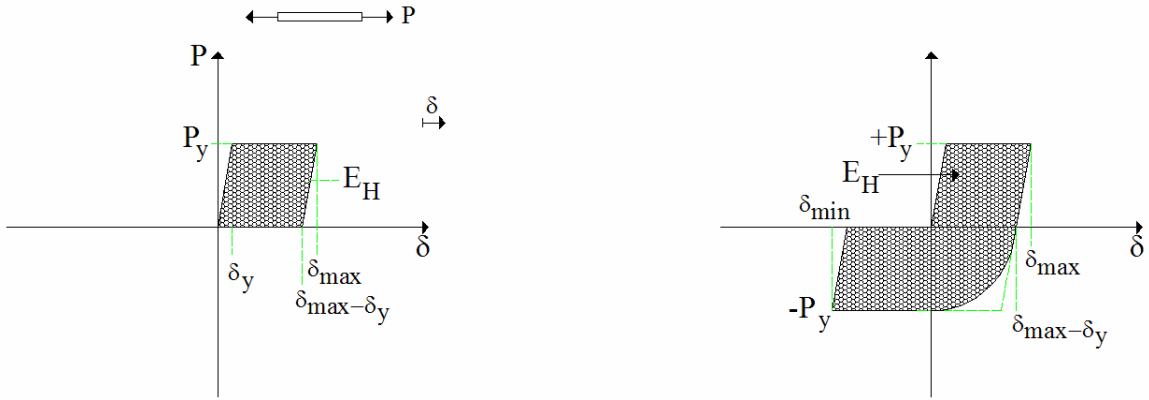
Taşıma yükü esasına göre yapılan analizlerde, sistemi göçme durumuna getirecek olan yük hesaplanır ve bir güvenlik katsayısına bölünerek sistemin taşıyabileceği yük miktarı elde edilir.

Plastik tasarım, sınır durum tasarımının özel bir halidir. Sınır durumu, plastik moment dayanımı olan  $M_p$  değerini belirler. Enkesitin tamamında gerilme değerinin akma gerilmesine eşit olduğu durumda, plastik moment değerine ulaşılır.

### 2.3. Plastik Mafsal Kavramı

#### 2.3.1. Çeliğin Sünekliği ve Enerji Yutma Özelliği

Çeliğin en önemli iki özelliği, sünekliği ve tekrarlı inelastik yükleme altında enerji yutma kapasitesidir. Bir çelik elemanın plastik uzaması veya kısalması için ihtiyaç duyulan enerji, plastik kuvvet ile plastik deformasyonun çarpımı olarak hesaplanır ve histerik enerji olarak adlandırılır. Kinetik ve elastik deformasyon enerjisinin tersine, histerik enerji geriye dönüşü olmayan, sarf edilmiş enerjidir.



Şekil 2.1. Yük-Deformasyon Eğrisi

Şekil 2.1.'de de görüldüğü gibi, artan ve daha sonra boşalan yükleme halinde,  $E_h$  olarak gösterilen histerik enerji,

$$E_H = P_y (\delta_{\max} - \delta_y) \text{ dir.} \quad (2.1)$$

Süneklik oranı ise,

$$\mu = \frac{\delta_{\max}}{\delta_y} \quad (2.2)$$

Tam çevrim bir yükleme-boşalma halinde histerik enerji, yük deformasyon eğrisi tarafından çevrelenen alandır ve yaklaşık olarak aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$E_H \cong P_y [(\delta_{\max} - \delta_y) + (\delta_{\max} - \delta_{\min} - 2\delta_y)] \quad (2.3)$$

Histerik enerjinin daha hassas hesabı için, Bauschinger etkisi nedeniyle meydana gelen enerji kaybının da hesaba katılması gerekir. Tekrarlı yükleme halinde her bir tekrarda yutulan veya harcanan enerji, toplam harcanan enerjinin hesabı için toplanmalıdır.

Bu basit tanımlara dayanarak şunu söylemek mümkündür: Bir taşıyıcı sisteme etkiyen deprem yükü, bu sisteme bir dış enerji uygular. Bu enerjinin karşılığı ise, sistemde harcanan plastik enerji ile depolanan deformasyon enerjisi ve kinetik enerjidir.

$$E_D = E_H + E_e + E_K \quad (2.4)$$

$E_D$ =Deprem enerjisi

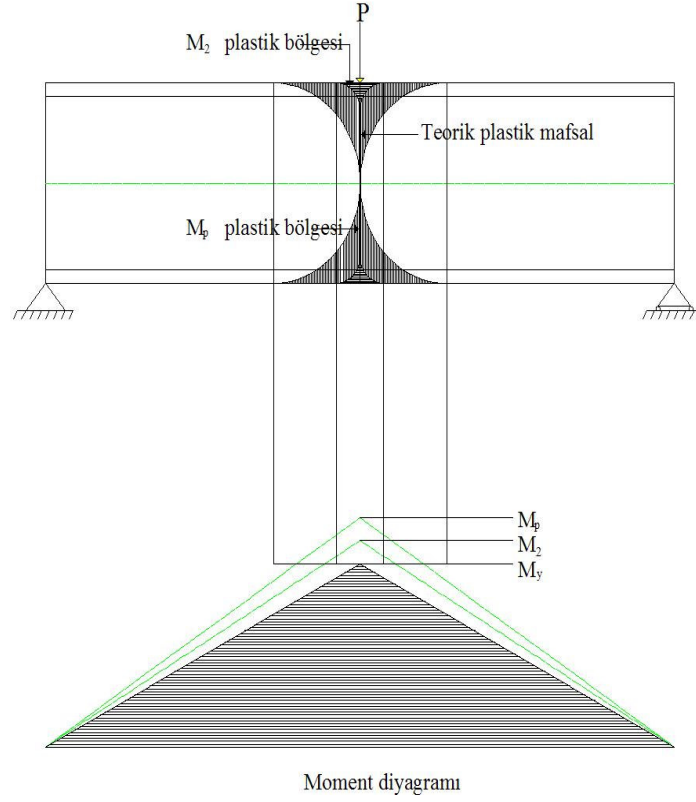
$E_K$ =Kinetik enerji

$E_e$ =Elastik deformasyon enerjisi

$E_H$ =Harcanan plastik enerji

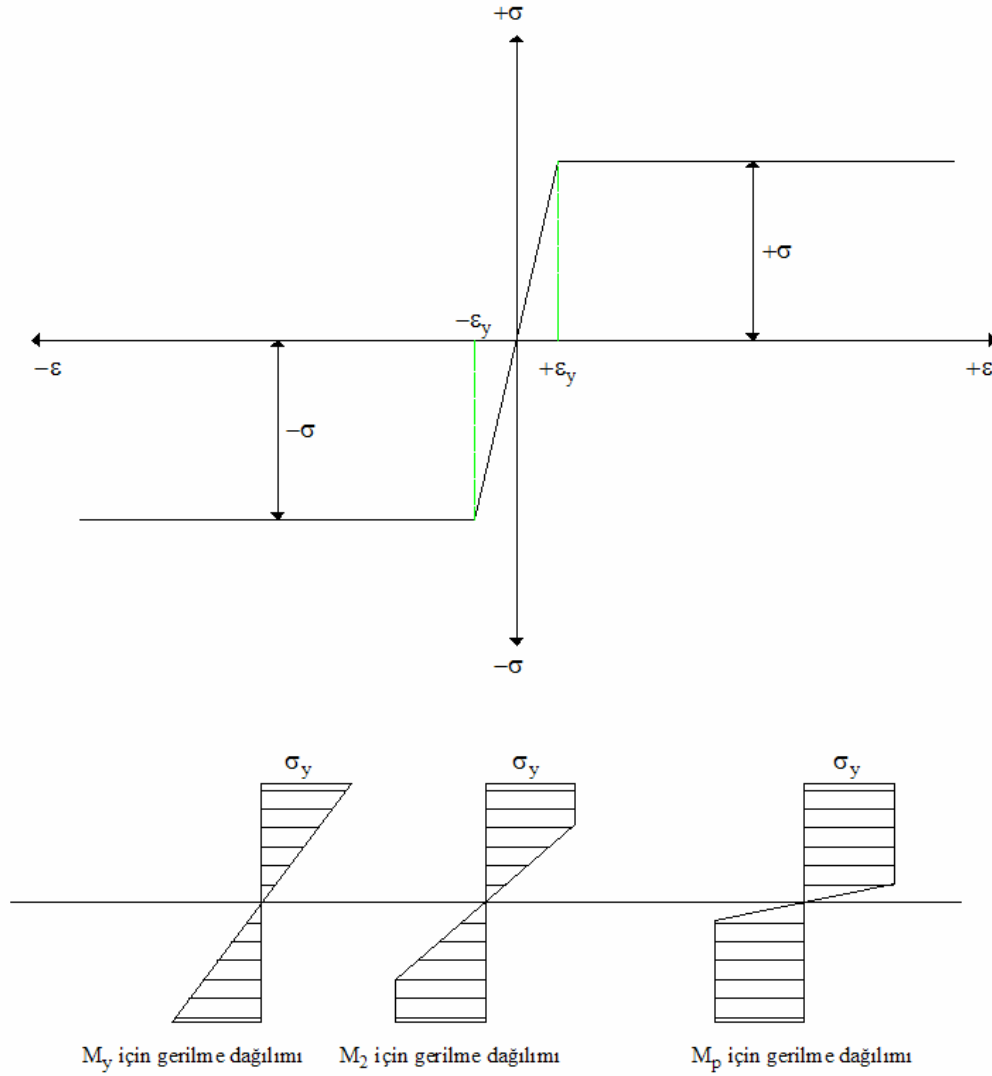
Buradan da anlaşılıyor ki, yüksek enerji yutma kapasitesi sayesinde çelik; deprem anında çelik yapıların kinetik ve elastik enerji birikimini azaltarak, yapının deprem anında dinamik etkiler karşısındaki kararlılığını olumlu yönde etkiler.

### 2.3.2. Plastik Mafsal



Şekil 2.2. Mafsal Oluşumu

Plastik mafsal kavramını anlayabilmek için açıklık ortasında  $P$  yükü ile yüklenmiş basit bir kiriş düşünülür. Gerilme-deformasyon ilişkisi olarak elastik ve plastik tasarımda kullanılan idealleştirilmiş gerilme-deformasyon ilişkisi göz önüne alınır.



**Şekil 2.3.** Gerilme-Deformasyon İlişkisi

P yükünün belirli bir değerinde, kirişin en dış liflerinin akma sınır gerilmesine ( $\sigma_y$ ) ulaştığını düşünelim. P'nin değeri daha da artırılsa, bu sefer kesitin en dış liflerine ek olarak tarafsız eksene doğru daha başka lifleri de ( $\sigma_y$ ) akma sınır gerilmesine ulaşır.  $\sigma_y$  akma gerilmesi sınırına ulaşan liflerin göz önüne alınan gerilme-deformasyon ilişkisi uyarınca, yükün artırılmasıyla gerilme  $\sigma_y$ 'nin üstüne çıkamaz. Buna karşılık deformasyonlar çok büyük değerlere ulaşabilir. Kirişte oluşan gerilme dağılımı adım adım grafikte gösterilmiştir.  $M_p$  momentine gelen plastikleşmenin, bu noktada yer alan kiriş kesitinde meydana geldiği kabul edilir. Maksimum momentin olduğu noktada bütün kesitin plastikleştiği hale karşı gelen  $M_p$  momentini oluşturan P yükü değeri tekrar arttırılmaya çalışılırsa,  $M_p$  momentinin olduğu

nokta, bu yük artırımını için gerçek bir plastik mafsal davranışı gösterir. P noktasında oluşan plastikleşme adım adım aşağıdaki gibi oluşur.

#### 2.4. Yük Katsayıları ve Bileşenleri

Elastik dizaynda TS500-2000’de ki yük katsayıları kullanılarak.

Yalnız düşey yük için;

$$\begin{aligned} 1.4G+1.6Q \\ 1.0G+1.2Q+1.2T \end{aligned}$$

Deprem söz konusu olduğu durumda;

$$\begin{aligned} 1.0G+1.0Q+1.0E \\ 0.9G+1.0E \end{aligned}$$

Plastik dizaynda kullanılan yük katsayıları:

Ölü yükler+Hareketli yükler için 1.7

Ölü yükler+Hareketli yükler+Rüzgar veya Deprem etkisi için 1.5

#### 2.5. Elastik Dizayna Göre Boyutlandırma

##### 2.5.1. Kirişlerin Boyutlandırılması

Kirişteki maksimum kesme kuvveti ve moment değeri bulunduktan sonra şu kontroller yapılır:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} \leq \sigma_{em} \quad (2.5)$$

$$\tau = \frac{Q_{\max}}{h_g t_g} \leq \tau_{em} \quad (2.6)$$

$$\delta \leq \frac{L}{300} \quad (2.7)$$

### 2.5.2. Kolonların Boyutlandırılması

Kolonlara gelen moment, kesme kuvveti ve normal kuvvet değerleri bulunduktan sonra boyutlandırılmaya geçilir. Elde edilen kesit kuvvetlerine göre kesitler seçilir.  $\lambda_x$ ,  $\lambda_y$  değerleri bulundu.

$$\lambda_x = \frac{S_{kx}}{i_x}$$

$$\lambda_y = \frac{S_{ky}}{i_y} \quad (2.8)$$

Bulunan değerlerden en büyük olanına göre yönetmelikten  $\omega$  katsayısı bulunur. Bulunan  $\omega$  katsayısına göre gerilme kontrolü yapılır.

$$\sigma = \frac{\omega N}{F} \leq \sigma_{em} \quad (2.9)$$

## 2.6. Plastik Dizayna Göre Boyutlandırma

### 2.6.1. Kirişlerin Boyutlandırılması

Düşey yükler 1.7(G+Q) olarak hesaplandıktan sonra sistemin göçme yükü belirlendi. Göçme yükü belirlendikten sonra incelenen kirişte elde edilen moment ve maksimum kesme kuvveti değerleri,  $q_x$  ve  $q_y$  değerleri bulunur. Daha sonra plastikleşme kesme kuvveti değerleri bulunur. **TS4561 tasarım kurallarına göre;**

$$q_{px} = 0.52\sigma_a \sum F_g \quad (2.10)$$

$$q_{py} = 0.52\sigma_a \sum F_b \quad (2.11)$$

$q \leq q_p$  şartı olacak şekilde kiriş kesitleri değiştirilir.

### 2.6.2. Kolonların Boyutlandırılması

TS4561 tasarım kurallarına göre;

Kolonlara gelen maksimum normal kuvvet ve moment değerleri bulunduktan sonra

$$\lambda_x = \frac{S_{kx}}{i_x} \lambda_y = \frac{S_{ky}}{i_y} \text{ değerleri bulunur.} \quad (2.12)$$

Bulunan değerlerden en büyük olanına göre yönetmelikten  $\omega$  katsayısı bulunur.

$$N_p = F_{eff} \sigma_a \text{ değeri bulunur.} \quad (2.13)$$

$$N_{kr} = \frac{N_p}{\omega} \text{ değeri bulunur.} \quad (2.14)$$

$$\frac{N}{N_{kr}} \leq 1.00 \text{ değeri sağlanır.} \quad (2.15)$$

Kolonlara gelen basınç kuvveti ve moment değerleri bulunduktan sonra boyutlandırılmaya geçilir. Boyutlandırmada kesme kuvveti etkisi ihmal edilerek normal kuvvet ve eğilme momenti kuvvetinin etkimesi dikkate alınır.

$$\frac{\tau_{eb}}{\tau_{bem}} + \frac{C_{mx} \tau_{bx}}{\left(1 - \frac{\tau_{eb}}{\tau_{ex}}\right) \tau_{Bx}} + \frac{C_{my} \tau_{by}}{\left(1 - \frac{\tau_{eb}}{\tau_{ey}}\right) \tau_{By}} \leq 1 \quad (2.16)$$

$$\frac{\tau_{eb}}{0,6\tau_a} + \frac{\tau_{bx}}{\tau_{Bx}} + \frac{\tau_{by}}{\tau_{By}} \leq 1 \quad (2.17)$$

$$\frac{\tau_{eb}}{\tau_{bem}} \leq 0,15 \quad (2.18)$$

ise

$$\frac{\tau_{eb}}{\tau_{bem}} + \frac{\tau_{bx}}{\tau_{Bx}} + \frac{\tau_{by}}{\tau_{By}} \leq 1 \quad (2.19)$$

$\tau_{bem}$  : Sadece basınç kuvveti etkimesi halinde burkulma emniyet gerilmesi

$\tau_B$  : Sadece eğilme momenti etkimesi halinde emniyet gerilmesi

$$\tau'_e = \frac{8290000}{\left(K \frac{S_b}{i_b}\right)^2} \quad (2.20)$$

K katsayısı bulunurken; A ve B bulonun uçları olmak üzere:

$$G_A = \frac{\sum I_c / S_c}{\sum I_g / S_g} \quad (2.21)$$

$G_A$  ve  $G_B$  bulunduktan sonra TS648'den K katsayısı bulunur.

$C_m$  değeri;

Yanal harekete serbest olan çerçeve kolonlarında;  $C_m=0,85$

- a. Yanal harekete karşı tutulmuş çerçevelerin, uçlarına rijit bağlı ve üzerinde eğilme düzleminde yanal yükü bulunmayan kolonlarda;  $C_m=0,6-0,4 \frac{m_1}{m_2}$

Bu değer 0,4'ten küçük alınamaz.  $\frac{m_1}{m_2}$  göz önüne tutulan eğilme düzleminde elemanın uçlarındaki eğilme momentlerinden küçüğün büyüğe oranıdır. Eleman uçlarındaki eğrilik aksi yönde olursa pozitif, aynı yönde olursa negatif alınır.

- b. Yanal harekete karşı tutulmuş çerçevelerde, üzerinde yanal yük bulunan basınç çubuklarında

$$C_m = 1 + \psi \frac{\tau_{eb}}{\tau_{el}} \quad (2.22)$$

$$\psi = \frac{\Pi^2 \delta_o EI}{m_o S^2} - 1 \quad (2.23)$$

## 2.7. Elastik Ve Plastik Dizaynda Kullanılan Tasarım kuralları

### 2.7.1 Kolonların Kiriş Birleşimlerinin Boyutlandırılması

Bu tip birleşimlerde plastikleşme kirişte başlayacak şekilde boyutlandırma yapılır. Ancak alın levhası, bulonlar ve kaynaklarda plastikleşme oluşmayacak şekilde boyutlandırma yapılır. Fema 350'de verilen tasarım kurallarına göre;

1. Kolon ekseninden plastik mafsallın yeri

$$S_n = \frac{d_c}{2} + \frac{d_b}{3} + t_{pl} \quad (2.24)$$

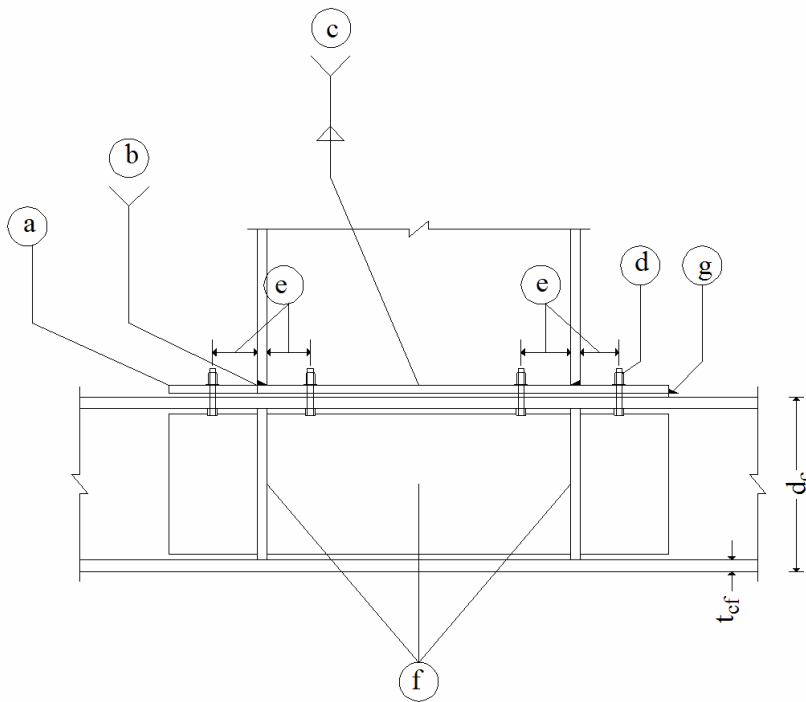
$$2. \quad M_{pr} = W_p \tau_y \quad (2.25)$$

$$V_p = \frac{M_{pr} + M_{pr} + \frac{PL'}{2} + \frac{WL'^2}{2}}{L'} \quad (2.26)$$

$$M_f = M_{pr} + V_{px} \quad (2.27)$$

$$M_c = M_{pr} + V_p \left( x + \frac{d_c}{2} \right) \quad (2.28)$$

$$M_f < 2T_{ub} (d_o + d_1) \quad (2.29)$$



- a. Alın levhası
- b. Yarım V küt kaynak dikişi
- c. Her iki taraftan köşe kaynağı
- d. Öngermeli 10.9 kalitesinde yüksek mukavemetli bulon
- e. Bulon aralıkları
- f. Süreklilik levhaları ve kayma bölgesi takviye levhaları
- g. Gerekmesi halinde şim kullanılabilir.

Şekil 2.4. Bulonlu Birleşim

$$3. A_b \geq \frac{\frac{2M_f}{L-d_c} + V_g}{n\tau_{sem}} \quad (2.30)$$

$$4. t_p = \sqrt{\frac{M_f}{0,8\tau_{yp} \left( (d_b - p_f) \left[ \frac{b_p}{2} \left( \frac{1}{p_f} + \frac{1}{s} \right) + (p_f + s) \frac{2}{9} \right] + \frac{b_p}{2} \left( \frac{d_b}{p_f} + \frac{1}{2} \right) \right)}} \quad (2.31)$$

$$t_p = \frac{m_f}{1,1\tau_{yp} b_p (d_p - t_{bf})} \rightarrow \text{Kayma levhasında kaymadan dolayı akma oluşmaması için}$$

$$5. t_{cf} = \sqrt{\frac{\frac{m_f}{d_b - t_{bf}} c_1}{2\tau_{yc} c}} \quad \begin{array}{l} c: \frac{1}{2} \text{ gövde kalınlığı} + 1,6 \text{ mm.} \\ c_1: \frac{g}{2} - k_1 \\ k_1: \frac{1}{2} \text{ gövde kalınlığı} + r \end{array} \quad (2.32)$$

Kolon için yukarıdaki  $t_{cf}$  şartı sağlanamadığı durumlarda süreklilik levhası kullanıldı. Süreklilik levhası kullanıldığında kolon başlık kalınlığı:

$$t_{cf} \geq \sqrt{\frac{\frac{m_f}{2(d_b - t_{bf})}}{0,8\tau_{yc} y_c}} \quad (2.33)$$

$$y_c = \left( \frac{c}{2} + s \right) \left( \frac{1}{c_2 + c_1} \right) + (c_2 + c_1) \left( \frac{4}{c} + \frac{2}{5} \right) \quad c_1 = \frac{g}{2} - k_1 \quad (2.34)$$

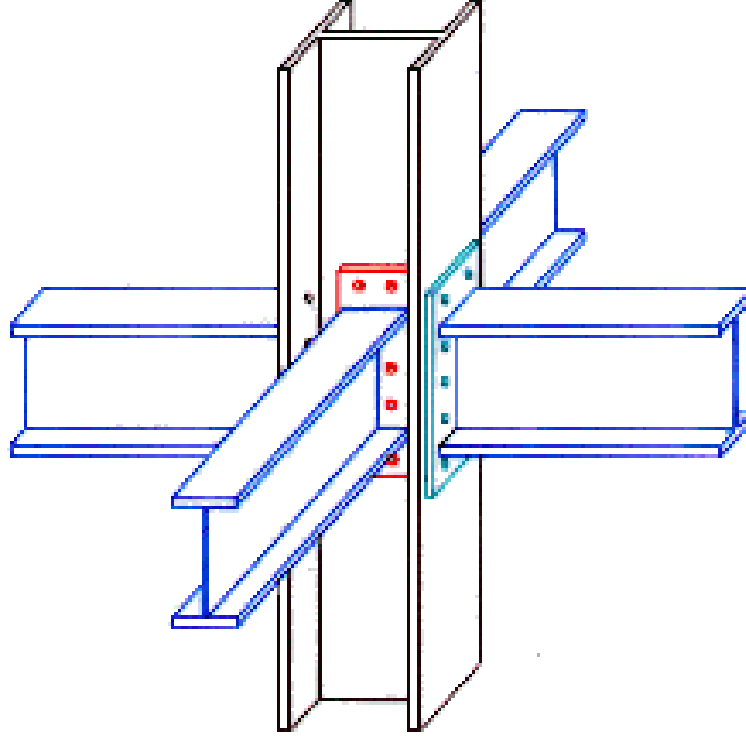
$$s = \sqrt{\frac{c_1 c_2}{c_2 + 2c_1} (2b_{cf} 4k_1)} \quad c_2 = \frac{b_{cf} - g}{2} \quad (2.35)$$

### 2.7.2. Alın Levhalı Birleşimde Yapılan Tahkikler

Fema 350’de verilen tasarım kurallarına göre;

1. Alın levhasını profilin ucuna bağlayan kaynak dikişlerin tahkiki: Bu tahkikte A mesnet reaksiyonunu sadece gövde dikişlerinin aktardığı kabul edilir.

$$\tau_K = \frac{A}{2ah_1} \leq \tau_{kem} = \begin{matrix} 0,9t/cm^2 & (DIN4100) \\ 1,1t/cm^2 & (TS3357) \end{matrix} \quad (2.36)$$



Şekil 2.5. Kolon-Kiriş Birleşimleri

2. Bulonların tahkiki: Bulonlar kaba bulon ve sayısı da n olmak üzere bir bulona gelen kuvvet

$$N = \frac{A}{n} \text{ olmak üzere gerilme tahkikleri}$$

$$\tau_s = \frac{N}{\frac{nd^2}{4}} \leq \tau_{Sem} = 1,12 \text{ t/cm}^2 \quad (2.37)$$

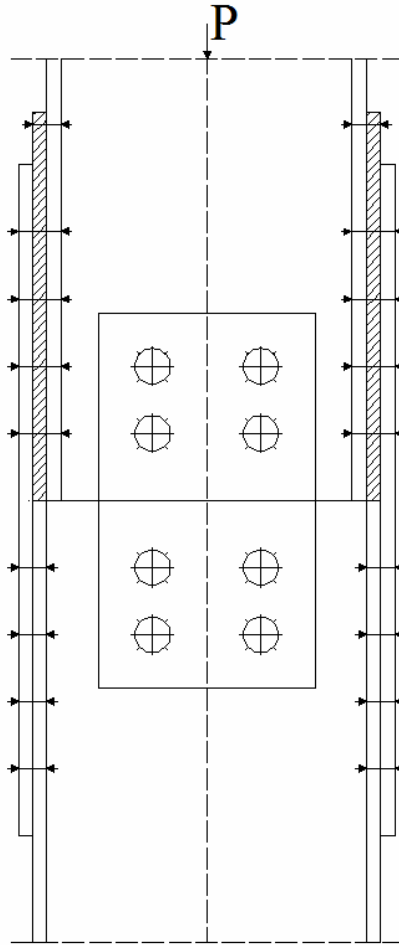
$$\wp_L = \frac{N}{dt} \leq \wp_{Lem} = 2,4 \text{ t/cm}^2 \quad (2.38)$$

Bu tip birleşimlerde ankastrelik etkisini azaltmak amacıyla alın levhası ince seçilir.  
( $t \cong 8-10$ )

Bulonlar arası uzaklık,

$$e \geq 8d, \quad 15t \quad (2.39)$$

### 2.7.3. Kolon Ekleri



Şekil 2.6. Kolon Ekleri

Kullanılan yapıda üst kolon profillerinin alt kolon profillerine uygun olmasından dolayı kolon eki, gövde ve başlık ek levhaları kullanılarak yapılır.

Gövde ve başlık ek levhalarının en kesit alanları, üst kolon profilinin gövde ve başlık alanlarından az olmayacak şekilde seçilir.

Üst kolon profilinin alt kolon profilinden küçük olduğu durumda besleme levhaları kullanılır. Besleme levhaları kolon profiline bir çift bulonla tespit edilir.

Deren H 2003’de verilen tasarım kurallarına göre;

Gövde ve başlık eki bulonlarının hesabında şu kuvvetler dikkate alınır.

$$P_g = P \frac{F_g}{F} \quad (2.40)$$

$$P_b = P \frac{F_b}{F} \quad (2.41)$$

Üst kolon profili ile alt kolon profilinin gövde kalınlıkları farkı 1,5 mm.’den fazla olduğunda besleme levhası konulur.

#### 2.7.4. Sünek Güçlendirilmiş Çerçeve Sistemleri

Merkezi güçlendirilmiş sistemlerinin çoğu, rüzgar yüklerini lineer elastik bölgede kalarak taşıyabilmesi amacıyla konulur. Diyagonal güçlendirme elemanları daima çekme kuvveti etkisi altında kalacak şekilde tasarlanır. Genellikle yapılarda rüzgar yüklerinin taşınması amacıyla konulur. En çok X formunda yerleşim tercih edilmektedir. Merkezi güçlendirilmiş sistemlerde kullanılan diyagonallerin narinliğinin yüksek olması gerekir. ( $\lambda > 300$ ) (TS648). Bunun için genelde diyagonal olarak korniyer, yuvarlak çelik çubuk veya çelik lama elemanları kullanılır.

Ancak merkezi güçlendirilmiş sistemlerin inelastik çevrimsel durumlarda yetersiz kalmaktadır. Çünkü yapılan deneyler gösteriyor ki narinlik azaldıkça enerji yutma kapasitesi artmaktadır. Bu yüzden deprem yönetmeliğinde X formunda ki güçlendirme elemanları için kısıtlamalar getirilmiştir. (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik)

Diyagonallerin sadece çekmeye çalışacak şekilde boyutlandırılması durumunda  $\lambda \leq 250$  Diyagonallerin hem çekme, hem basınç alacak şekilde boyutlandırılması durumunda  $\lambda \leq 100$  sınırlaması getirilmiştir. (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik)

Dış merkez güçlendirilmiş sistemler, yüksek elastik rijitliğe, çevrimsel yatay yükler altında stabil bir inelastik davranışa ve mükemmel bir süneklik ve enerji yutma kapasitesine sahip olduklarında yüksek sismik aktivitesi olan bölgelerde kullanılır. (Deren H, 2003.)



**Şekil 2.7.** Çapraz Birleşim

Dış merkez güçlendirilmiş sistemlerinde güçlendirme elamanının en az bir ucu, kirişte bağlantı kiriş adı verilen bir parça oluşturacak şekilde yerleştirilir.

Dış merkez güçlendirilmiş sistemlerinin süneklilik düzeyi yüksek çelik çaprazlı çerçeveler olarak değerlendirilmesi için, güçlendirme elemanları kiriş kolon birleşim noktasından belirli uzunlukta, dış merkez bir noktaya ayanmalıdır. Birleşim noktası ile bu bağlantı arasında ki mesafe büyük plastik deformasyonlar yapabilmelidir. Bunun böyle yapılmasının sebebi güçlendirme elemanlarının burkulmasını önlemektir. (Deren H,2003.)

Dış merkez güçlendirilmiş sistemleri tasarlanırken;

1. İnelastik davranışı bağlantı kirişi üzerinde sınırlamak
2. Bağlantı kirişi etrafındaki çerçeve sistemini, bağlantı kirişinden gelecek maksimum kuvvetlere göre boyutlandırmak

Bağlantı kirişleri gövde takviye levhaları olmaksızın tekrarlı yüklere karşı koyacak kapasiteye sahip değildir. Taşıma kapasitesi gövde burkulması nedeniyle önemli ölçüde azalır. Bunun için gövde burkulmasını önleyecek şekilde bağlantı kirişine rijitlik verilir.

Kısa bağlantı kirişlerinin davranışını kaymadan kaynaklanan plastikleşmeler kontrol ederken, uzun bağlantı kirişinin davranışı ise eğilmeden kaynaklanan plastikleşmeler kontrol eder. Bu yüzden kısa bağlantı kirişleri daha çok tercih edilir.

#### 2.7.4.1 Merkezi Güçlendirme Tasarım Kuralları

Uniform Building Code,1997’de verilen tasarım kurallarına göre,

1.Örgü elemanlarının narinliği süneklilik düzeyi normal merkezi güçlendirilmiş çerçeveler için;

$$4.23 \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}} \quad (2.42)$$

değerini aşmayacaktır.

Örgü elemanlarının narinliği süneklilik düzeyi yüksek merkezi güçlendirilmiş çerçeveler için;

$$5.87 \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}} \quad (2.43)$$

değerini aşmayacaktır.

2.Basınç etkisindeki güçlendirme elemanları, bu elemanların enkesit değerleri; Korniyer kesitler için;

$$0.31 \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}}$$

değerini aşmayacaktır.

Daire kesitli boru kesitler için;

$$7.33 \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}}$$

değerini aşmayacaktır.

Dikdörtgen kesitler için;

$$0..65 \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}}$$

değerini aşmayacaktır.

### 3. Güçlendirme elemanının birleşiminin taşıması gereken yük

Güçlendirme elemanları birleşimleri, aşağıdaki yüklerin en küçüğünü taşıyabilecek yük taşıma kapasitesine sahip olacak şekilde tasarlandı.

a) Örgü elemanın aksenal çekme halindeki yük taşıma kapasitesi.

b) deprem yükünden dolayı örgü elemanlarında oluşan aksenal kuvvetin 2.8 katı ile ölü yüklerden aynı elemanlarda oluşan aksenal yüklerin toplamı.

c) Taşıyıcı sistem tarafından örgü elemanına aktarılabilen maksimum aksenal kuvvet.

### 4. Etkili faydalı enkesit alanı

Güçlendirme elemanının bulonlu birleşiminde elemanın etkili faydalı enkesit alanının, kayıpsız enkesit alanına oranı şu eşitsizliği sağlamalıdır.

$$\frac{F_n}{F} \geq \frac{1.2\alpha\sigma}{\sigma_u} \quad (2.44)$$

### 5. Güçlendirme elemanı teşkil koşulları

V ve ters V şeklinde güçlendirme elemanları;

a) örgü elemanları, deprem yüklerinin oluşturduğu aksenal yükün 1.5 katı için boyutlandırılmalıdır.

b) örgü elemanlarının birleştiği kiriş elemanları, kolonlar arasında sürekli olmalıdır.

c) ters V şeklinde örgü elemanları kirişe alttan birleşirse, kiriş, üzerine gelen bütün ölü yükleri söz konusu örgü sistemi yokmuş gibi taşıyabilmelidir.

#### 2.7.4.2. Dış Merkez Tasarım Kuralları

Uniform Building Code, 1997'de verilen tasarım kurallarına göre;

1. Bağlantı kirişi uzunluğu  $e \leq 1.6 \frac{M_p}{V_p}$

Orta uzunluktaki bağlantı kirişleri için  $e \leq 1.6 \frac{M_p}{V_p} < e < (2 \sim 3) \frac{M_p}{V_p}$

Uzun bağlantı kirişleri için  $e < (2 \sim 3) \frac{M_p}{V_p}$

$$M_p = W_{px} \sigma_y = \int \sigma_y y d_x d_y = \sigma_y 25x \quad (2.45)$$

$$V_p = 0.55 \sigma_y d t_w \quad (2.46)$$

2. Bağlantı kirişinin gövde takviye levhaları arasında ki mesafe (GT)

$$\frac{a}{t_w} + \frac{d}{5t_w} = C_B \quad (a \leq d) \quad (2.47)$$

$C_B$  değeri, madde 5'de belirlenen dönme değerlerine göre tablodan belirlenir.

**Çizelge 2.1.**  $C_B$  Sabit Değer Çizelgesi

$C_B$	$\gamma_u$ (rad)
56	0,03
38	0,06
29	0,09

3. Güçlendirme diyagonali

$$S = \frac{V_p}{\cos \vartheta} \quad (2.48)$$

Güçlendirme diyagonali bu kuvvete göre burkulmayacak şekilde boyutlandırılmalıdır.

4. Bağlantı kiriş başlıklarında

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 0.31 \leq \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}} \quad (2.49)$$

5. Toplam bir  $\Delta_m$  görelî kat ötelenmesinde bağlantı kirişinin, geri kalan parçasına göre dönmesi, aşağıda verilen değeri aşmayacaktır.

Uzunluğu  $1,6 \frac{m_p}{v_p}$  veya daha kısa olan bağlantı kirişlerinde 0,09 radya

$3 \frac{m_p}{v_p}$  veya daha büyük olan bağlantı kirişlerinde 0,03 radya

Uzunluğu verilen sınırlar arasında olan uzunluklar için interpolasyon yapılır.

6. Bağlantı kirişi gövdesi tek parça olacak, gövde düzleminde takviye levhası içermeyecektir. Bağlantı kirişinin gövdesinde herhangi bir delik açılmayacak, gövde makaslama kuvveti  $0,8 \cdot v_p$  değerini aşmayacaktır.
7. Güçlendirme elemanı kiriş birleşiminde; güçlendirme elemanlarının taşıyabileceği minimum aksenal basınç kuvvetini bağlantı kirişine aktarabilmelidir. Ayrıca birleşimin hiçbir parçası bağlantı kirişinin gövde bölgesine uzanmayacaktır.
8. Bağlantı kirişleri, güçlendirme elemanları ile birleştiği uçlarında, gövde yüksekliğince gövdenin her iki tarafına konan gövde takviye levhalarına sahip olacaktır. Takviye levhaları en az  $\frac{b_f - 2t_w}{2}$  genişliğine sahip olacaktır.  
( $b_f$  :Başlık genişliği ;  $t_w$  :Bağlantı kirişi gövde et kalınlığı).  
Ayrıca takviye levhaları et kalınlığı  $0,75 t_w$ 'den az olmayacaktır.
9. Gövde yüksekliğince, gövdenin her iki tarafına konan ara gövde takviyeleri aşağıda verilen şartlarda konulacaktır.
  - Bağlantı kirişi yük taşıma kapasitesi  $v_p$  tarafından kontrol edilmesi halinde
  - Bağlantı kirişi yük taşıma kapasitesi eğilme momentince kontrol ediliyorsa ve  $M_{rp}$  azaltılmış eğilme momenti kapasitesinde hareketle bulunan kesme kuvveti,  $0,45 \sigma_y \cdot d \cdot t_w$  değerini aşması halinde
10. Bağlantı kirişi ara gövde levhaları gerekmesi halinde bunların a ara mesafeleri aşağıda verilen koşulları sağlamalıdır.
  - 0,09 radyan dönme açısına sahip bağlantı kirişlerinde, gövde takviye levhaları ara mesafeleri  
$$a \leq 38t_w - \frac{d}{5}$$
  - 0,03 radyan veya daha küçük dönme açısına sahip bağlantı kirişlerinde, gövde takviye levhaları ara mesafeleri  
$$a \leq 56t_w - \frac{d}{5}$$
11. Gövde takviye levhalarını bağlantı kirişi gövdesine birleştiren köşe kaynakları ( $A_{st}, \sigma_y$ ) kuvvetini taşıyabilmelidir. Takviye levhalarını bağlantı kirişi başlıklarına birleştiren köşe kaynakları ( $A_{st}, \sigma_y/4$ ) kuvvetini taşıyabilmelidir.

$$A_{sb} = b_{xt}$$

12. Kolona birleşen bağlantı kirişinin uzunluğu  $1,6 \frac{m_p}{v_p}$  değerini aşmayacaktır. Ayrıca bağlantı kirişinin kolon başlığına bağlandığı yerlerde şu koşulu sağlamalıdır.

- Kirişi başlıkları kolonlara, derin nüfuziyetli küt kaynaklarla bağlanacaktır.
- Bağlantı kirişi yük taşıma kapasitesi  $v_p$  tarafından kontrol ediliyorsa, gövde levhasının kolona birleşimi, gövde levhasının  $v_p$  kayma mukavemetini karşılayabilecek kaynaklarla gerçekleştirilmelidir.

$$v_p = 0,55 \cdot d \cdot t_w \cdot \sigma_y \quad (2.50)$$

13. Bağlantı kirişinin kolon gövdesine bağlandığı yerlerde kiriş başlıkları derin nüfuziyetli küt kaynaklarla bağlanacaktır. Bağlantı kiriş bölgesi ise, gövde levhasının,  $v_p$  kayma mukavemetini karşılayabilecek kaynaklarla gerçekleştirilecektir. Kolon ile bağlantı kirişi arasındaki rölatif dönme 0,015 radyan değerini aşmayacaktır.

14. Bağlantı kirişinin kontrol eden mukavemeti;  $v_p$  kayma mukavemeti veya  $m_{rp}$  azaltılmış eğilme momenti kapasitesinden, güçlendirme elemanında en küçük eksenel yük oluşturanıdır.

15. Bağlantı kirişi dışındaki güçlendirme elemanı ve kiriş parçası, bağlantı kirişinin kontrol eden mukavemetine karşı gelen kuvvetlerin, en az 1,5 katına eşit eksenel yük veya  $m_{rp}$  azaltılmış eğilme momenti kapasitesine sahip olacaktır. Bağlantı kirişi dışındaki her bir güçlendirme elemanı, kiriş parçası çifti; bağlantı kirişini kontrol eden mukavemetinin en az 1,3 katına karşı gelen, toplam  $m_{rp}$  azaltılmış eğilme momenti kapasitesine sahip olmalıdır.

16. Kolonlar bağlantı kirişinin kontrol eden  $v_p$  yada  $m_{rp}$  kuvvetlerinden 1,25 katı değerinde elastik kalacak şekilde boyutlandırılacaktır.

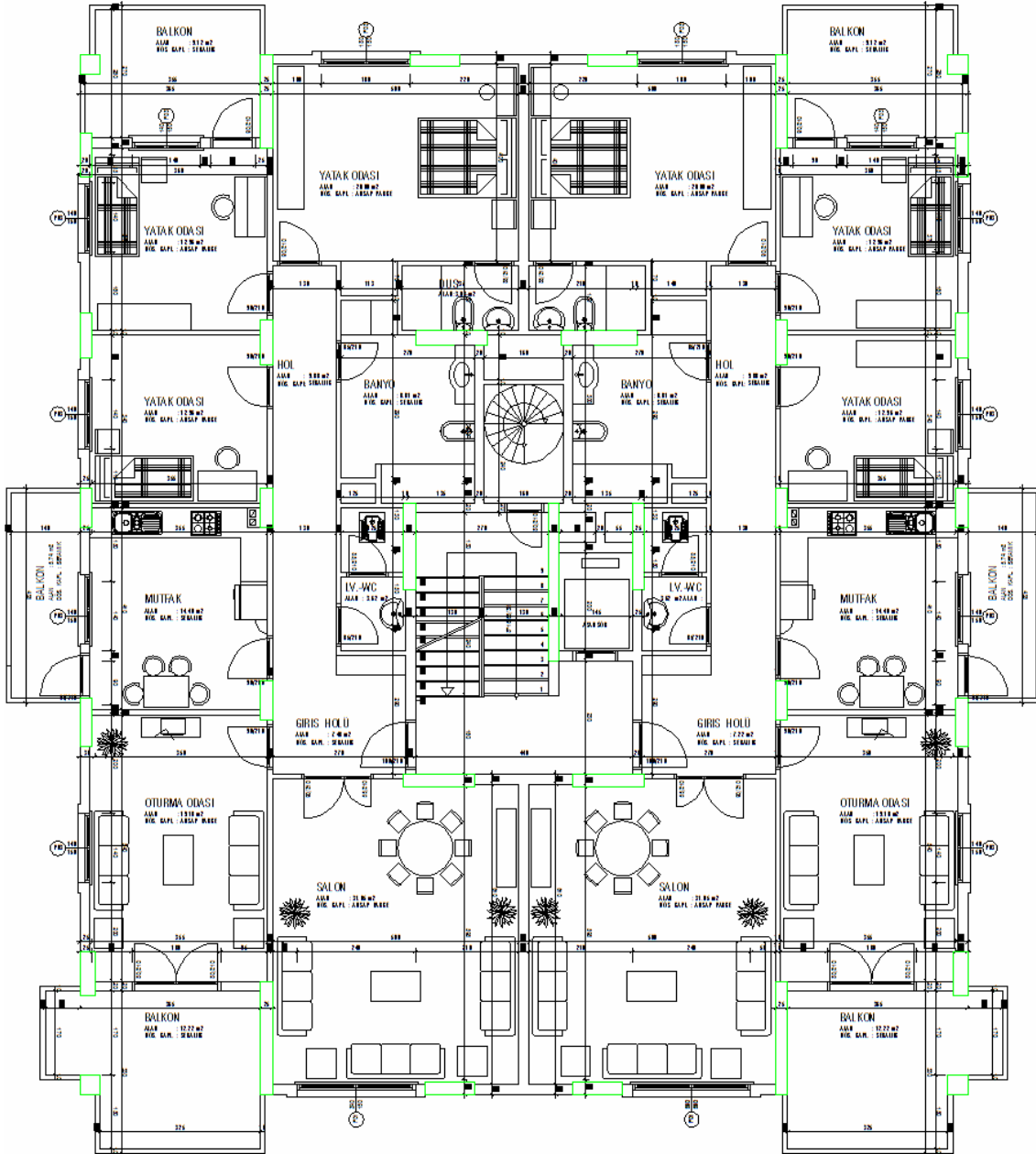
17. Dış merkez güçlendirilmiş çerçeve kirişlerinin üst ve alt başlıkları, bağlantı kirişleri uçlarında ve  $[ 0,45 \times \sqrt{E/\sigma_Y} \times \text{başlık genişliği} ]$  uzunluğunu geçmeyen aralıklarla kiriş gövde düzlemi dışında harekete karşı tutulmalıdır. Bağlantı kirişleri uçlarında gövde düzlemi dışına harekete karşı tutun elemanlar,  $(\sigma_y, b_f, t_f)$  olarak tanımlanan kiriş başlık mukavemetinin %6'sı için boyutlandırılmalıdır.

Diğer ara yanal tutucu elemanlar ise yanal tutulan noktalarda bağlantı kirişi mukavemeti kullanılarak hesaplanan başlık kuvvetinin %1'ine göre boyutlandırılır.

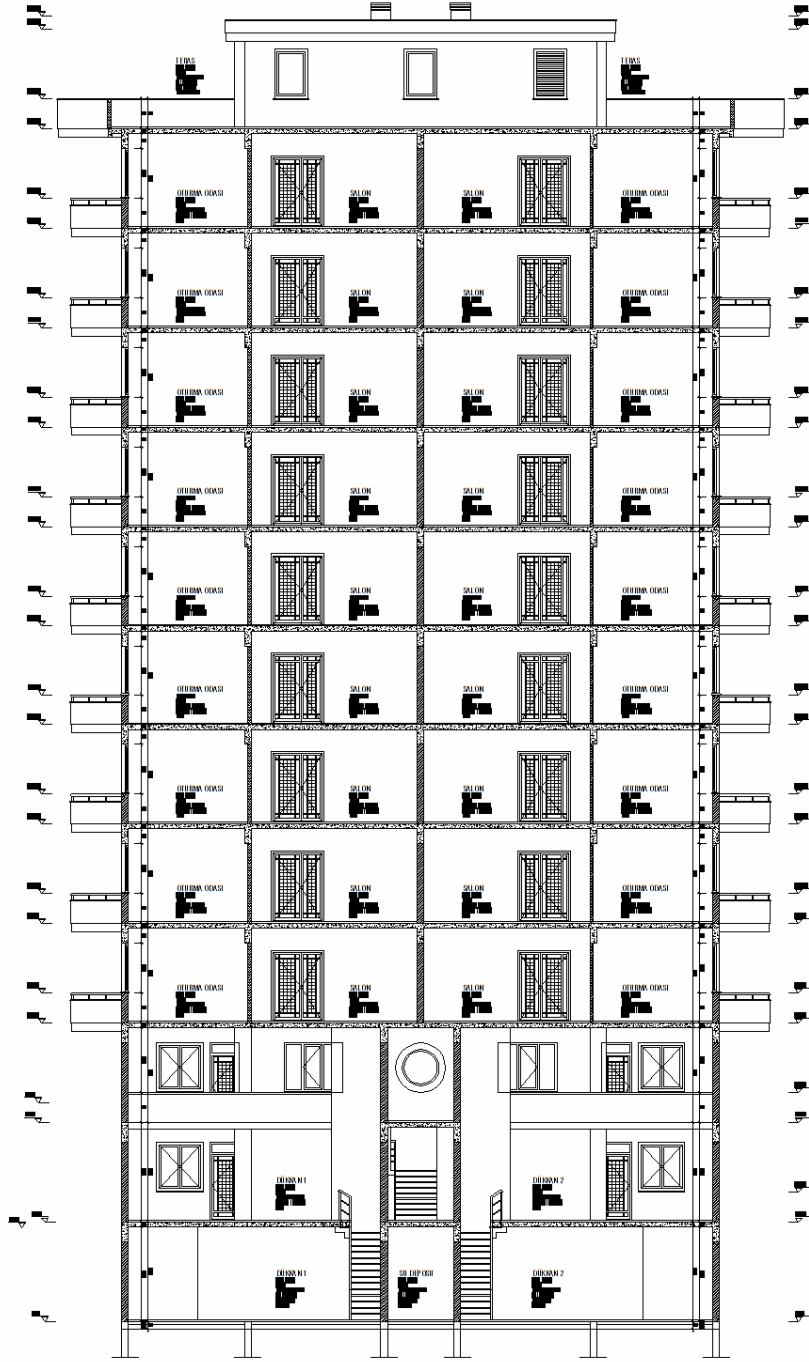
## 3. MATERYAL VE METOT

## 3.1. Materyal

## 3.1.1. Analizi Yapılan Binanın Özellikleri



Şekil 3.1. Mimari Plan



Şekil 3.2. Bina Kesiti

Farklı karkas sistemlerin ekonomik analizlerini yapmak amacıyla Kahramanmaraş'ta 3992 Ada 2 Parselde yapılmakta olan bodrum+zemin kat+asma kat+9 normal kat+çatı kattan oluşan konut+işyeri olarak yapılan 18m ye 21 metre boylarında 40.7 metre yüksekliğindeki bina incelenmiştir. İncelemesi yapılan binanın zemin sınıfı Z3 zemin emniyet gerilmesi  $16t/m^2$ dir.

### **3.1.2. Hesaplarda Kullanılan Analiz Programları**

Binanın betonarme hesabında Sta4Cad betonarme analiz programı kullanıldı. Elastik çelik boyutlandırılmasında Sap2000 programı kullanıldı. Plastik çelik boyutlandırılmasında tarafımızdan geliştirilen bilgisayar programı ile Sap2000 programı kullanıldı.

### **3.1.3. Analizde Kullanılan Profiller**

Çelik sistemlerinin boyutlandırılmasında Arcelor firmasının çelik kataloğu kullanıldı.

### **3.1.4. Analizde Kullanılan Bulonlar**

Analiz sırasında TSE garantili 8.8 kalitesinde çelik cıvatalar kullanıldı. Kullanılan bulonlardaki rakamların anlamı: Birinci rakam 100 ile çarpıldığında malzemenin çekme mukavemetini  $Newton/mm^2$  olarak; ikinci rakam ise malzemenin çekme dayanımı ile çarpılarak malzemenin akma gerilme sınırını veya orantısız uzama gerilmesini verir.

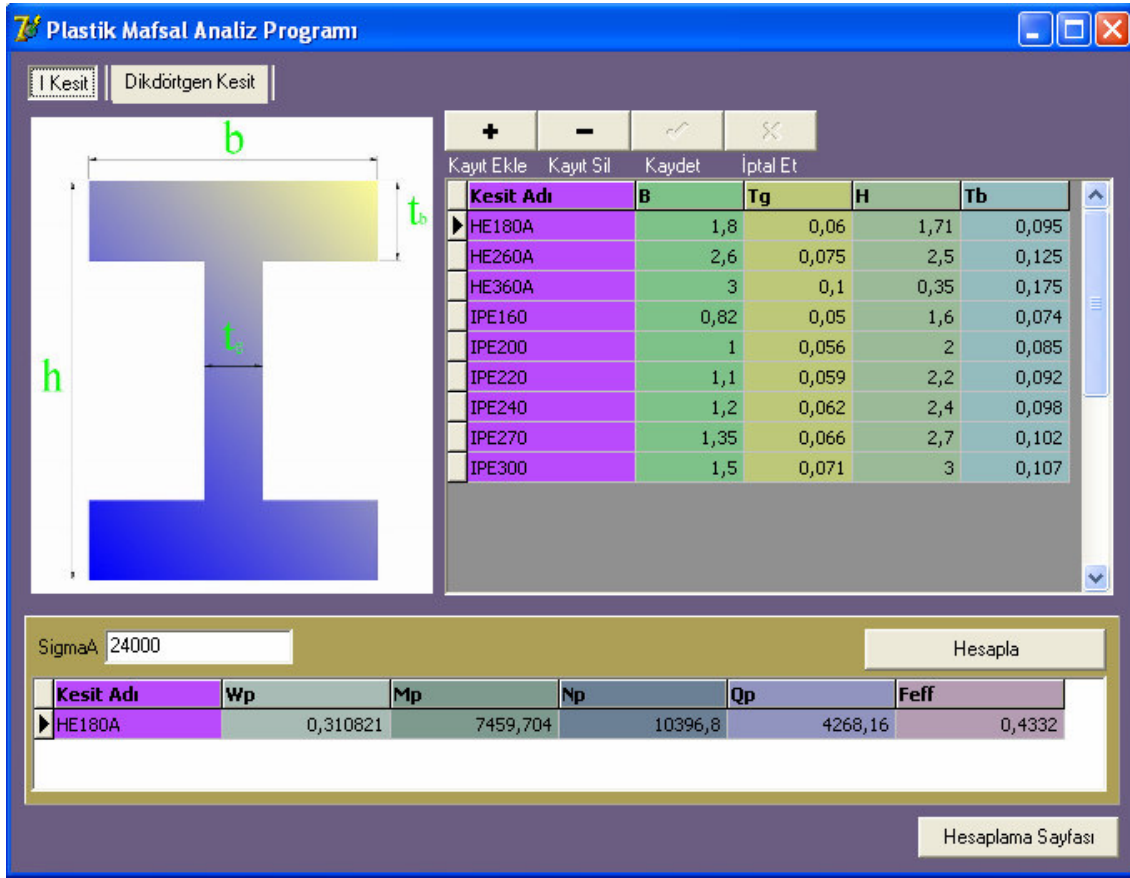
## **3.2. Metot**

### **3.2.1. Adım Adım Yöntemi**

Sistem Sap2000 programına girildikten sonra analiz yaptırılır. Elde edilen kesit değerleri geliştirilen bilgisayar programına girildikten sonra programa analiz yaptırılır. Analizden sonra program tarafından sistemde oluşan mafsalsal noktası bulunur. Bulunan mafsalsal noktası Sap2000 programında girildikten sonra Sap2000'de tekrar analiz yaptırılır. Analiz sonucu çıkan kesit değerleri tekrar geliştirilen bilgisayar programına girilir. Program analizi sonucu diğer mafsalsal noktası belirlenir. Belirlenen mafsalsal noktası tekrar Sap2000 programına girilerek tekrar analiz yaptırılır. Bu işlem sistemde yeter sayıda mafsalsal oluşana kadar tekrarlanır.

### **3.2.2. Bilgisayar Programı**

Plastik dizaynda mafsalsal noktalarının bulunması için adım adım yöntemi kullanılarak bir bilgisayar programı geliştirildi.



Şekil 3.3. Geliştirilen Hesaplama Programı

Bu programda ilk olarak; ön aşamada tahmin edilen kesitlerin, başlık genişlikleri ( $b$ ), gövde genişlikleri ( $t_g$ ), profil yüksekliği ( $h$ ) ve başlık kalınlığı ( $t_b$ ) değerleri girildi. Malzeme akma gerilmesi ( $\sigma$ ) değeri de girildikten sonra “Hesapla” düğmesine basarak girilen kesitlerin her birinin plastik mukavemet momenti ( $W_p$ ), plastik momenti ( $M_p$ ), plastikleşme normal kuvveti ( $N_p$ ), plastikleşme kesme kuvveti ( $Q_p$ ) ve efektif en kesit alanı ( $F_{eff}$ ), program tarafından bulunur. Program tarafından bulunan bu değerler “Kesit Özellikleri” bölümünden ayrı ayrı incelenebilir.

Yapı Sap2000 programında modellendikten sonra programdan  $M$ ,  $N$  ve  $Q$  değerleri alındı.

Kesit girme işlemi bittikten sonra “Hesaplama Sayfası” düğmesine basıldığında “Mafsall noktalarının bulunması” penceresi açılır.

Mafsal noktalarının bulunması

M Durumu M+N Durumu M+N+Q Durumu

En küçük K = 6,81870728611501

Cubuk	IJ	M	N	Q	T'g	Kesit Adı	K
1	I-J	98,28	546,36	46,6	0,0499763280326023	IPE160	6,81870728611501
1	J-I	-41,52	546,36	46,6	0,0499763280326023	IPE160	7,70690079030541
2	I-J	-41,52	-53,4	13,97	0,0599996786088991	HE180A	101,345635032524
2	J-I	22,36	-53,4	13,97	0,0599996786088991	HE180A	386,342372157866
3	I-J	22,36	-53,4	26,97	0,065997967991708	IPE270	299,781561434878
3	J-I	-64,12	-53,4	26,97	0,065997967991708	IPE270	100,13682637832
4	I-J	-64,12	-578,87	53,4	0,0589868143095741	IPE220	11,99400266812
4	J-I	96,07	-578,87	53,4	0,0589868143095741	IPE220	15,9710201143252

K'ları hesapla

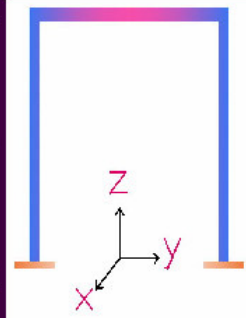
Mafsal Ekle Mafsal Sil

Mafsal No	En küçük "K" değeri
Mafsal 1	225,138181856349
Mafsal 2	

Mafsal Noktaları

Cubuk	IJ	M	N	Q	T'g	K	Bilgi
1	I-J	1	1	1			0 Mafsal
1	J-I	1	1	1	0,0499999891016751	225,138181856349	
2	I-J	1	1	1	0,059999983532037	5079,1739367348	
2	J-I	1	1	1	0,059999983532037	4842,97478664813	
3	I-J	1	1	1	0,065999972064471	5961,08885547186	
3	J-I	1	1	1	0,065999972064471	6225,40050433324	
4	I-J	1	1	1	0,058999953764895	6049,69426606456	
4	J-I	1	1	1	0,058999953764895	5503,6848171768	

K'ları hesapla



Şekil 3.4. Mafsal Noktalarının Bulunması Penceresi

Bu pencerede üç ayrı analiz yaptırılabilir. Bunlar M durumu, M+N durumu, M+N+Q durumlarıdır. M durumu; elemana sadece moment etkimesi halinde mafsal noktalarının bulunması, M+N durumu; elemana moment ile birlikte normal kuvvetin de etkimesi halinde mafsal noktalarının bulunması, M+N+Q durumu; elemana moment, normal kuvvet ve kesme kuvveti etkimesi halinde mafsal noktalarının bulunması işlemini yapar.

Analiz şekli seçildikten sonra, tablodaki “Çubuk” bölümüne çubuk numarası yazılır. Bundan sonra, Sap2000 analizinden bulunan, çubuğun I ucundaki, moment (M), normal kuvvet (N) ve kesme kuvveti (Q) değerleri tablodaki yerlerine yazılır. Sonra, daha önce programda tanımlamış olduğumuz kesitlerden birisi, tablodaki kesit kısmına seçilir. Çubuğun J ucu için de M, N ve Q değerler yazılır. I ucu için seçilen kesit aynen J ucu için de seçilir.

Mafsal noktalarının bulunması

M Durumu M+N Durumu M+N+Q Durumu

En küçük K = 6,81870728611501

Cubuk	IJ	M	N	Q	T'g	Kesit Adı	K
1	I-J	98,28	546,36	46,6	0,0499763280326023	IPE160	6,81870728611501
1	J-I	-41,52	546,36	46,6	0,0499763280326023	HE180A	7,70690079030541
2	I-J	-41,52	-53,4	13,97	0,0599996786088991	HE260A	101,345635032524
2	J-I	22,36	-53,4	13,97	0,0599996786088991	HE360A	386,342372157866
3	I-J	22,36	-53,4	26,97	0,065997967991708	IPE160	299,781561434878
3	J-I	-64,12	-53,4	26,97	0,065997967991708	IPE200	100,13682637832
4	I-J	-64,12	-578,87	53,4	0,0589868143095741	IPE220	11,99400266812
4	J-I	96,07	-578,87	53,4	0,0589868143095741	IPE240	15,9710201143252

K'ları hesapla

Mafsal Ekle Mafsal Sil

Mafsal No	En küçük "K" değeri
Mafsal 1	225,138181856349
Mafsal 2	

Mafsal Noktaları

Cubuk	IJ	M	N	Q	T'g	K	Bilgi
1	I-J	1	1	1			0 Mafsal
1	J-I	1	1	1	0,0499999891016751	225,138181856349	
2	I-J	1	1	1	0,059999983532037	5079,1739367348	
2	J-I	1	1	1	0,059999983532037	4842,97478664813	
3	I-J	1	1	1	0,0659999972064471	5961,08885547186	
3	J-I	1	1	1	0,0659999972064471	6225,40050433324	
4	I-J	1	1	1	0,0589999953764895	6049,69426606456	
4	J-I	1	1	1	0,0589999953764895	5503,6848171768	

K'ları hesapla

Şekil 3.5. Mafsal Noktalarının Bulunması Penceresinde, Çubuklar İçin Kesit Seçiminin Gösterilmesi

Sistemdeki bütün çubuklar için gereken değerler girildikten sonra, değer girilen pencerenin sağ alt tarafındaki “K’ları hesapla” düğmesine basılır. “Mafsal Noktaları” tablosunun sol tarafındaki tabloya yeni mafsal eklemek için öncelikle tablonun hemen üzerindeki “Mafsal Ekle” düğmesine basılır. Mafsal ekle düğmesine basıldığında sistemde mafsal oluşan noktada “Mafsal Noktaları” tablosundaki “Bilgi” sütununda “Mafsal” yazdığı görülür. “Mafsal” yazan kısma bakılarak sistemde oluşan ilk mafsal yeri belirlenir. Oluşan bu mafsal noktası, Sap2000 programında girildikten sonra sistem tekrar analiz ettirilir. Bulunan M, N ve Q değerleri “Mafsal Noktaları” penceresine girilir. Daha sonra “Mafsal Noktaları” penceresinin altındaki “K’ları Hesapla” düğmesine tıklanır. Sistemde oluşan diğer mafsal noktası da program tarafından belirlenir. Belirlenen bu noktaya da program tarafından, “Mafsal Noktaları” tablosundaki “Bilgi” sütununa “Mafsal” yazılır.

Mafsal noktalarının bulunması

M Durumu M+N Durumu M+N+Q Durumu

En küçük K = 6,81870728611501

Cubuk	IJ	M	N	Q	T'g	Kesit Adı	K
1	I-J	98,28	546,36	46,6	0,0499763280326023	IPE160	6,81870728611501
1	J-I	-41,52	546,36	46,6	0,0499763280326023	IPE160	7,70690079030541
2	I-J	-41,52	-53,4	13,97	0,0599996786088991	HE180A	101,345635032524
2	J-I	22,36	-53,4	13,97	0,0599996786088991	HE180A	386,342372157866
3	I-J	22,36	-53,4	26,97	0,065997967991708	IPE270	299,781561434878
3	J-I	-64,12	-53,4	26,97	0,065997967991708	IPE270	100,13682637832
4	I-J	-64,12	-578,87	53,4	0,0589868143095741	IPE220	11,99400266812
4	J-I	96,07	-578,87	53,4	0,0589868143095741	IPE220	15,9710201143252

K'ları hesapla

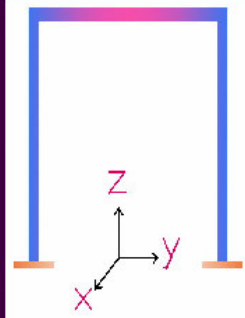
Mafsal Ekle Mafsal Sil

Mafsal No	En küçük "K" değeri
Mafsal 1	225,138181856349
Mafsal 2	

Mafsal Noktaları

Cubuk	IJ	M	N	Q	T'g	K	Bilgi
1	I-J						0 Mafsal
1	J-I						0 Mafsal
2	I-J						
2	J-I						
3	I-J						
3	J-I						
4	I-J						
4	J-I						

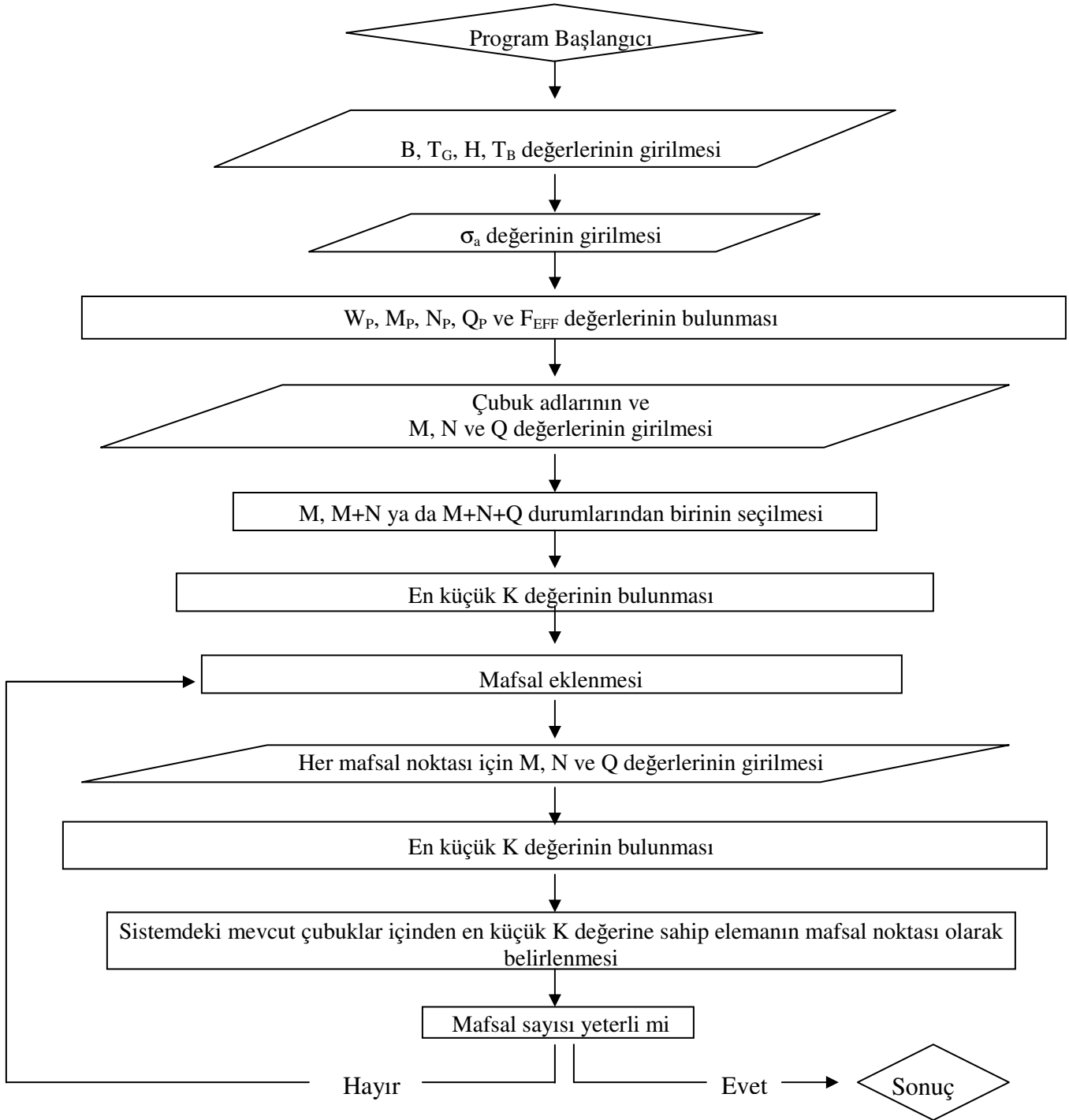
K'ları hesapla



Şekil 3.6. Mafsal Noktalarının Gösterilmesi

Sap2000 programında mimari modellendikten sonra ilk analiz yapıldı. Analiz sonucunda elde edilen moment, kesme kuvveti ve normal kuvvet değerleri geliştirilen bilgisayar programına girildi. Sistemde mafsal oluşan nokta belirlendikten sonra Sap2000 programında bu noktaya mafsal tanımlanarak tekrar analiz yapıldı. Sistem bu şekilde adım adım çözüldü.

## 3.2.3. Bilgisayar Programı Akış Diyagramı



## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Çelik Yapıların Avantaj ve Dezavantajları

#### 4.1.1. Çelik Yapıların Avantajları

**Mimari Özgürlük:** Büyük bir bölümü ülkemizde de kullanılmakta olan hassas fabrikasyon teknolojileri; çelik çerçeveli sistemlerin CAD programları ve bilgisayar kontrollü bükme, kesme, delme ve kaynak makineleri ile her biçimde üretilen standart veya özel yapı elemanlarından oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu sayede dairesel, silindirik gibi farklı kesitler kullanılabilmesi, geniş açıklıkların kullanılabilmesi mimari tasarımlara estetiklik katmaktadır.

**Narinlik:** Yapısal çeliğin yüksek dayanımı nedeniyle öz ağırlığının taşıdığı yararlı yüke oranı küçüktür. Çelik çerçeveli yapılarda bu nedenle küçülen kolon ve kiriş boyutları önemli avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca döşeme kalınlığının da azalması sonucu kat yüksekliklerinin artması da sağlanmaktadır.

**Hafiflik:** Çelik çerçeveli yapılarda kullanılan yapısal çeliğin yüksek dayanımı nedeniyle öz ağırlığının taşıdığı yararlı yüke oranının küçük olması eleman boyutlarının da küçülerek yapı ağırlığının azalması sonucunu doğurmaktadır. Azalan ağırlık neticesinde temel boyutları küçülmekte bunun sonucu kazı miktarı azalmaktadır. Binanın hafiflemesi sonucunda çok kötü zeminlerde bile inşaat yapılabilme olanağı sağlanmaktadır. Binanın hafiflemesi ile deprem hesaplarında kullanılan yatay yüklerin yapı ağırlığıyla orantılı olarak azalması ile depreme daha dayanıklı bir bina yapılmaktadır.

**Çok Katlı Bina Yapımı:** Betonarme yapı sistemlerinin uygulandığı çok katlı binalarda; döşeme ve kiriş maliyetlerindeki küçük artışlara karşın, kolon maliyeti yapıdaki kat sayısı ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Yükseklikle artan rüzgar ve ağırlıkla artan deprem gibi yatay yük etkilerine karşı kullanılan betonarme elemanların maliyeti ise hızla artarak genel yapısal maliyet içinde büyük oranlara ulaşmaktadır. Çok katlı çelik çerçeveli binalarda ise; döşeme ve kirişlerin özel yöntemlerle azaltılan maliyetlerindeki artışlar, betonarme yapılardaki kadar veya daha küçük olmaktadır. Kolonlar ve yatay yük dayanımı için betonarme yapılardaki perde duvarların yerine kullanılan, çaprazlar ve/veya saclarla oluşturulan perde duvarların çok düşük olan maliyetlerinde, yine kat sayısına bağlı olan artışların hızı da düşük olmaktadır. Rüzgar ve deprem yüklerinin bir bölümü veya tamamı betonarme çekirdek veya perde duvarları tarafından taşınan, prefabrik beton veya hafif çelik çerçeveli sistemlerle de çok katlı binalar yapılabilir. Ancak, ulaşılabilecek kat sayısının sınırlı olması, yatay yük taşıyıcı elemanların yerinde üretilmesinin getirdiği zorluklar ve toplam yapım süresinin uzaması nedeniyle bu tür sistemler tercih edilmemektedir.

**Depreme Dayanım:** Tasarım ve üretiminin doğru yapılması ve denetlenmesi koşuluyla yığma, betonarme veya çelik çerçeveli olsun her türlü taşıyıcı sistem ve malzeme ile depreme dayanıklı binalar yapılması olanaklıdır. Ancak, olmuş büyük depremlerin binalara verdiği hasarların incelenmesi; çelik çerçeveli yapıların, can kayıplarının önlenmesi ve mal / iş

kayıplarının azaltılması bakımından, diğerlerinden çok üstün olduklarını göstermiştir.

Prefabrikasyon ; Fabrikada sürekli denetim altında yapılan üretimin hızlı, kaliteli ve ekonomik olması nedeniyle tüm dünyada uygulanmakta olan prefabrikasyonun önemi bilinmektedir.

Kolay Denetim; Çelik profil olarak üretiminde denetlendiği gibi, çoğu bilgisayar kontrollü makineler ile prefabrik yapı elemanı haline getirildiği fabrikalarda da sürekli olarak denetlenmektedir. Ayrıca, beton içinde kalmayan çelik taşıyıcı sistem elemanları ile birleşimlerinin nitelik ve niceliklerinin; üretiminin her aşamasında ve yapının kullanılmaya başlanmasından sonra, proje ve yönetmeliklere uygunluğu kolaylıkla denetlenebilmektedir. Bu özellik, betonarme yapılarda sıkça rastlanan ve ne yazık ki büyük can ve mal kayıplarına neden olan depremlerden sonra ortaya çıkan, bilinçli veya bilinçsiz olarak yapılan hataların önlenmesi bakımından önemlidir.

Hızlı Yapı Üretimi: Çelik çerçeveli yapıların tercih edilmesinde en önemli etken olan zaman kavramına ülkemizde önem verilmemekte, bir binanın yapım süresinin planlanandan bir kaç kat daha uzun olması doğal karşılanmaktadır. Oysa, taşıyıcı sistemlerin maliyeti kıyaslanırken, örneğin; çelik çerçeveli bir hastanenin aynı büyüklükteki betonarme çerçeveli hastaneden bir yıl daha erken hizmete açılması durumunda elde edilecek işletme veya kira gelirinin büyüklüğü de dikkate alınmalıdır. Çelik çerçeveli yapı elemanları; kesme, düzeltme, temizleme, delme, kaynak ve boya gibi her türlü işlemin bilgisayar kontrollü makineler ile dış hava koşullarından bağımsız olarak yapıldığı fabrikalarda kısa sürede üretilmektedir. Bu üretim gibi çok basit olan montaj işlemi de her türlü hava koşullarında kısa sürede yapılabilmektedir. Betonarme yapılarda hava koşullarının uygun olması gerekliliği bir yana; kalıp hazırlama, demir dökme, beton dökümü ve zorunlu olarak belirli bir süre beklendikten sonra kalıp sökümü gibi zaman alıcı işler tamamlanmadan birçok işe başlanması olanaksızdır. Yapısal çeliğin montajı tamamlandığı anda tam yükte çalışabilme özelliği; duvar, cephe vb. mimari yapı elemanlarının montajına da hemen başlanıp çelik çerçeveli yapıların kısa sürede tamamlanarak kullanılabilmelerini sağlamaktadır. Ayrıca, üretimin büyük bir bölümünün fabrikada yapılması inşaat alanı ve çevresindeki kirliliğin en aza inmesini sağlarken, tüm montaj işlerinin büyük ve sesli inşaat makinelerine gereksinim duyulmadan kısa sürede tamamlanabilmesi çevreye verilen rahatsızlığın kısa süreli ve çok düşük düzeylerde olmasını sağlamaktadır.

Ekonomi: Çelik çerçeveli yapılar; narin elaman olmalarından dolayı daha küçük kesitlerde ve daha az sayıda taşıyıcı elemandan oluşmaları, daha az kazı maliyeti, hızlı yapım, çok katlı yapı yapma olanağı, her türlü hava koşullarında yapılabilmeleri, kalıp gerektirmemeleri, prefabrikasyon olmaları gibi nedenlerden dolayı ekonomiktir.

Değişim: Kullanım amacı değişen, hasar gören, yer değiştirmesi gereken binalar, merdiven, asansör vb. eklemeler yapılması, geniş açıklıklar için kolon eksiltilmesi, kat yüksekliklerinin değiştirilmesi, büyütülmesi veya küçültülmesi, yenilenen deprem vb. yönetmeliklerine uyarlanması gereken binalarda bir dizi değişikliğin yapılması zorunludur. Betonarme çerçeveli binalarda çelik yapı elemanları kullanılmadan yapılması çoğu kez

olanaksız olan tüm bu değişiklikler, çelik çerçeveli binalarda kısa sürede ve ekonomik olarak yapılabilmektedir.

**Dönüşüm:** Deprem vb. çeşitli nedenlerle kullanılmayacak duruma gelen betonarme yapılarda; yalnızca taşıyıcı olmayan elemanların önemli oranda fire verilerek sökümü, taşıyıcı elemanların ise yıkımı söz konusudur. Çok az fire ile sökülebilen tüm elemanlarının yeniden kullanılabilmesi, çelik yapıların tartışılmaz üstünlüklerinden biridir. Başka bir yapıda değerlendirilemeyen çelik yapı elemanları eritilerek ekonomiye yeniden kazandırılmaktadır. Çelik yeniden kullanılabilen maddeler arasında en esnek olanıdır. Birçok atık madde yeniden ilk kullanım alanında değerlendirilebilirken eritilen çelik yapı elemanları; araba, tren, uçak, gemi, konserve kutusu vb. olarak başka alanlarda da yeniden kullanılabilir.

**Güçlendirme:** Depremlerde hasar gören veya çeşitli nedenlerle güçlendirilmesi gereken betonarme yapılarda da en etkili ve ekonomik yöntem yine çelik çerçevelerden yararlanmaktır.

#### 4.1.2. Çelik Yapıların Dezavantajları

**Eleman Azlığı:** Çelik çerçeveli sistemlerin ülkemizdeki uygulama alanı, bir bölümünün uygulama projeleri yurtdışından getirilen, endüstri yapıları ile sınırlı kalmıştır. Doğal olarak, bu alanda deneyimli proje bürolarının sayısı da sınırlıdır. Söz konusu bürolarda yetişmiş teknik elemanların endüstri yapılarının tasarımında edindiği deneyim, çok katlı binaların tasarımı için yeterli olmamaktadır. Projelendirmedeki bu sorun yapımda da kendini göstermektedir. Az sayıda yapılan çelik yapılardan dolayı vasıflı şantiye elemanı sayısı sınırlı kalmaktadır.

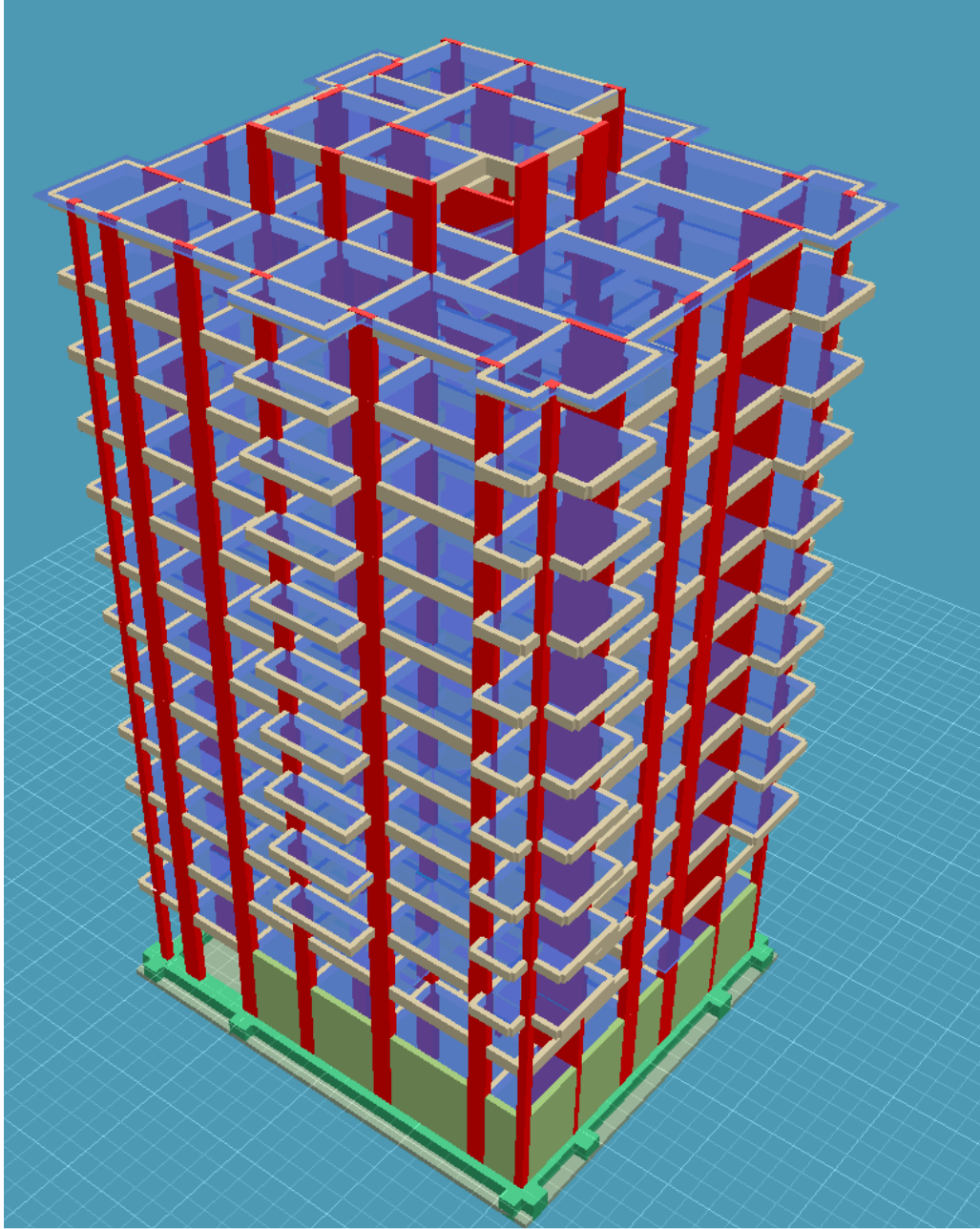
**Malzeme:** Çelik çerçeveli yapılarda ağırlıklı olarak kullanılmakta olan **I** ve **U** gibi hadde profil kesitlerin istenilen boyutlarda üretilmemesi veya gereken miktarlarda bulunmaması ülkemize özgü bir sorun değildir. Ülkemizde üretilen profil çeşitlerinin azlığı nedeniyle daha çok karşılaşılan bu gibi durumlarda en yakın büyük kesitin kullanılması ortalama %15 malzeme kaybına neden olmaktadır. Sıkça karşılaşıldığı gibi, bir üst kesitte bulunmadığında bu kaybın ortalama %35'e yükseldiği görülmektedir. Söz konusu sorunun çözümü için başvurulan yöntemler ile bulunmayan kesitten çok daha ekonomik kesitler elde edilebilmektedir.

**Korozyon:** Çelik ile ilgili değişmeyen inanışlardan birisi de çeliğin kısa sürede paslanarak taşıyıcı olmaktan çıkacağıdır. Bu yanlış inanış, bilinçli mimarların hayal ettiği çelik yapıların, müşterilerinin kabusu olması sonucunu doğurmaktadır. Oysa, yalnız su ve kimyasal endüstri tesislerinde olduğu gibi, korozyona neden olan maddeler ile doğrudan temasta olan çelik yapı elemanlarının boya, galvaniz veya katodik kaplama ile korunması gerekir. İşyeri, konut vb. yapılarda iç ve dış duvarlar içinde kalan çelik yapı elemanlarının boyanmasına gerek yoktur.

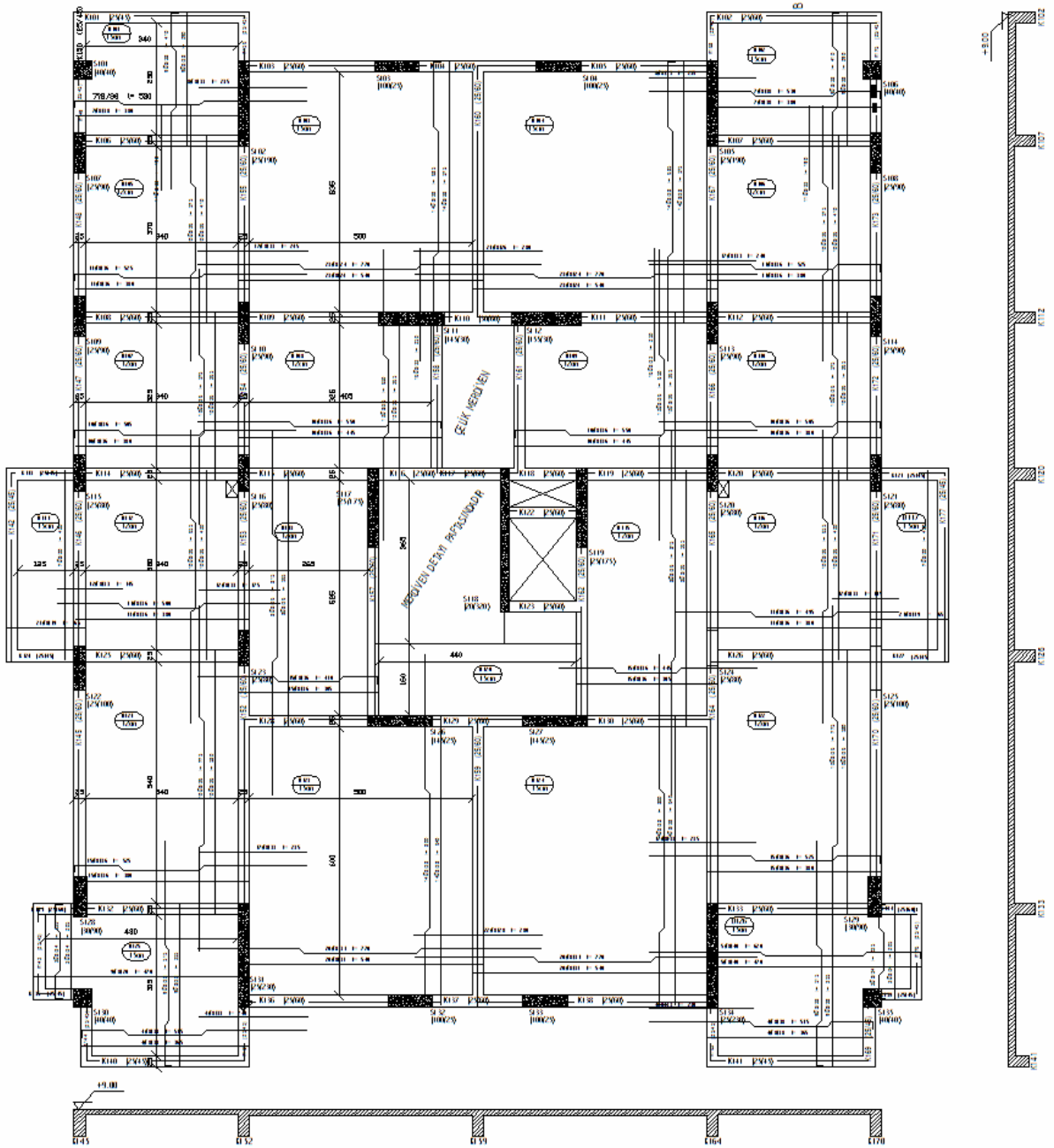
**Yangına Dayanım:** Tüm yapı malzemeleri, az veya çok, yangından etkilenmektedir. Çelik ise; yangın sırasında belirli bir kritik sıcaklıkta taşıyıcı özelliğini, çok yüksek sıcaklıklarda ise tüm mekanik özelliklerini yitirmektedir. Bu özelliğine karşın, yangına karşı

tüm yapılarda alınması gereken önlemler ile çelik, taşıyıcı sistem malzemesi olarak güvenle kullanılmaktadır. Özellikle gelişmiş ülkelerde yüksek yapıların yaygınlaşmasından sonra çeşitli uzmanlık alanlarına dayanarak gerçek bir mühendislik bilimine dönüşen yangın güvenliği konusuna ülkemizde yeterince önem verilmediği gibi bu konuda yetişmiş eleman sayısı da çok azdır.

#### 4.2. Betonarme Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi



Şekil 4.1. Bina Görünüşü

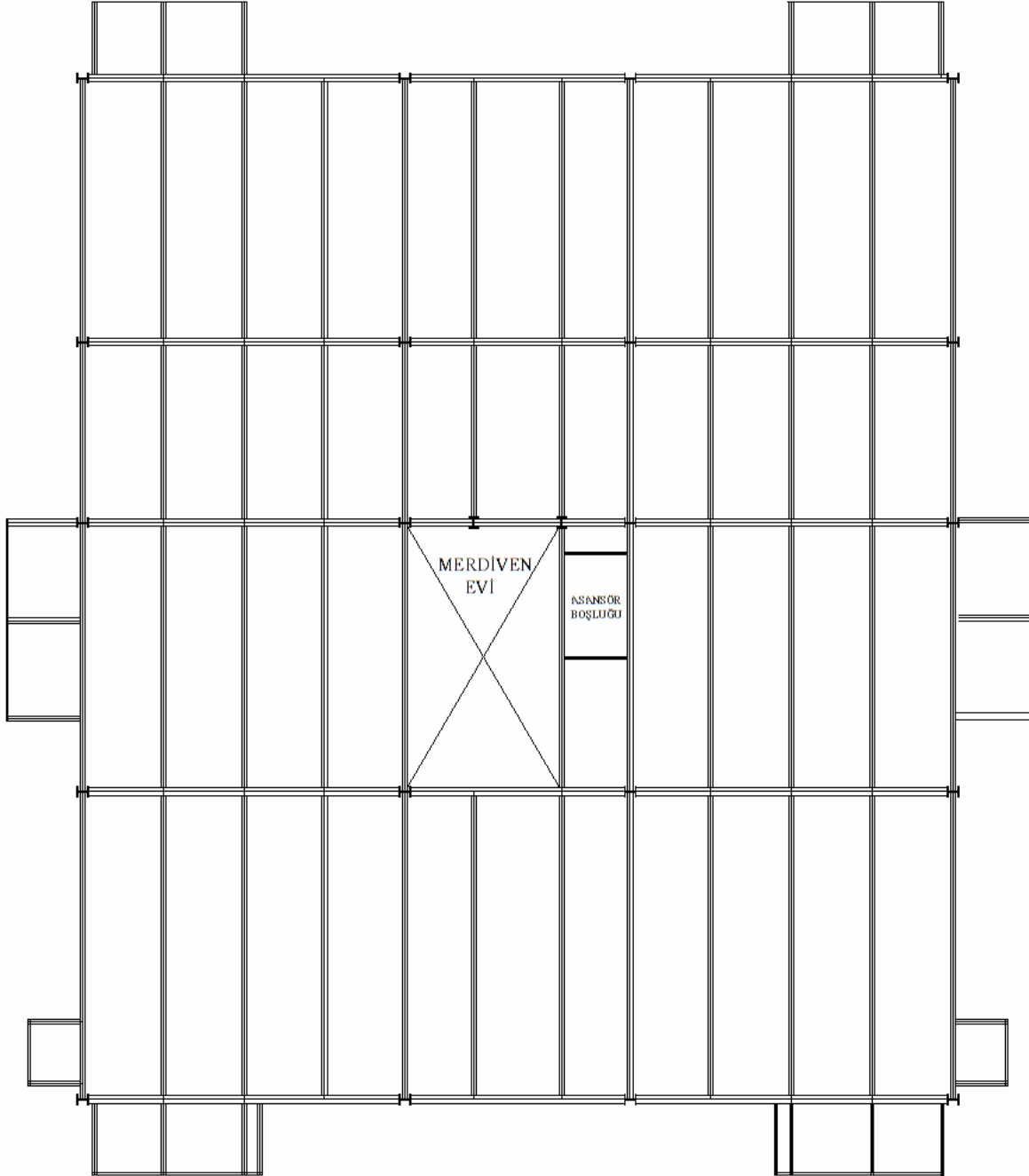


Şekil 4.2. Betonarme Kalıp Planı

Betonarme binanın analizi sonucu elde edilen metraj:

BS 20 HAZIR BETON	=1667.2 m <sup>3</sup>
Betonarme kalıbı	=11327.8 m <sup>2</sup>
Betonarme demiri	=185.8 ton

## 4.2. Elastik Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi



Şekil 4.3. Çelik Kalıp Planı

Elastik analizin sonucunda elde edilen metraj:

**Çizelge 4.1.** Elastik Analiz Malzeme Çizelgesi

IPE160	=	67.610 kg
IPE200	=	2.698 kg
IPE220	=	9.716 kg
IPE240	=	22.510 kg
IPE270	=	7.435 kg
IPE300	=	17.380 kg
HE180A	=	3.323 kg
HE260A	=	12.767 kg
HE300A	=	41.324 kg
HE360A	=	31.448 kg
TOPLAM	=	216.211 kg

Metal Deck	:	4959.6 m <sup>2</sup>
Shear Studs	:	7500 adet
BS20 Beton	:	1025m <sup>3</sup>
Döşeme Hasır Donatısı	:	14.22 ton

#### 4.3. Plastik Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi

Plastik analizin sonucunda elde edilen metraj:

**Çizelge 4.2.** Plastik Analiz Malzeme Çizelgesi

IPE160	=	52.008 kg
IPE200	=	2.075 kg
IPE220	=	7.474 kg
IPE240	=	17.315 kg
IPE270	=	5.719 kg
IPE300	=	13.369 kg
HE180A	=	2.556 kg
HE260A	=	9.821 kg
HE300A	=	31.788 kg
HE360A	=	24.191 kg
TOPLAM	=	166.316 kg

Metal Deck	:	4959.6 m <sup>2</sup>
Shear Studs	:	7500 adet
BS20 Beton	:	850m <sup>3</sup>
Döşeme Hasır Donatısı	:	14.22 ton

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada bir binanın betonarme karkas, elastik yöntem ile hesaplanmış çelik karkas ve plastik yöntem ile hesaplanmış çelik karkas maliyetleri incelenmiştir.

#### 5.1.1. Betonarme Karkas Binanın Maliyeti

**Çizelge 5.1.** Betonarme Karkas Bina Maliyet Çizelgesi

Açıklama	Birim Fiyat	Adet	Tutar
Betonarme yapı proje ve fenni mesuliyet değerleri.	İnşaat Mühendisleri Odası liste fiyatı		23.090 YTL
BS 20 Hazır beton ve nakliyesi;	82 YTL	1667.2 m <sup>3</sup>	125.040 YTL
Betonarme kalıbı ve kalıp işçiliği	70 YTL	1667.2 m <sup>3</sup>	116.704 YTL
Betonarme demiri	1050 YTL	185,8 ton	195.090 YTL
Demir işçiliği	135 YTL	185,8 ton	25.083 YTL
Temel kazı ve hafriyatı			22.000 YTL
Demir bağlama teli	0,16 YTL	743,2 kg	1.189,12 YTL
Paspayı; (her kat için, döşemelere 2500 adet, toplam 14 kat)	0,075 YTL	35000 adet	2.625 YTL
Paspayı; (her kat için, kiriş ve kolonlara 3000 adet, toplam 14 kat)	0,05 YTL	42000 adet	2.100 YTL
Kolon ve perde çizrozları	2,75 YTL	1.200 adet	3.250 YTL
Yük asansörü			3.500 YTL
Betonarme karkas binanın toplam maliyeti			<b>414.637 YTL</b>

#### 5.1.2. Elastik Dizayna Göre Çelik Karkas Maliyeti

**Çizelge 5.2.** Elastik Analiz Malzeme Çizelgesi

IPE160	=	67.610 kg
IPE200	=	2.698 kg
IPE220	=	9.716 kg
IPE240	=	22.510 kg
IPE270	=	7.435 kg
IPE300	=	17.380 kg
HE180A	=	3.323 kg
HE260A	=	12.767 kg
HE300A	=	41.324 kg
HE360A	=	31.448 kg
TOPLAM	=	216.211 kg

**Çizelge 5.3.** Elastik Analiz Maliyet Çizelgesi

Açıklama	Birim Fiyat	Adet	Tutar
Plastik dizaynla hesaplanan çelik yapı proje ve fenni mesuliyet değerleri.	İnşaat Mühendisleri Odası liste fiyatı		26.720 YTL
IPE VE HEA serisi KOLON ve kiriş profilleri ve imalatı	920 €	216.211 kg	367.986 YTL
Levhalar,çapraz profilleri, bulonlar, ankrajlar			21.500 YTL
Profil, levhalar, çaprazlar ve diğer malzemelerin tır ile nakliyesi	1.750 YTL	19 sefer	33.250 YTL
metal deck montaj, (kesim için)	12 €	4587.6 m <sup>2</sup>	101.845 YTL
Shear stud	1,2 €	7500 adet	16.650 YTL
Merdiven ve merdiven basamakları malzeme ve CNC ile kesim ve nakliye için			31.524 YTL
Döşeme ve temeller için BS20 hazır beton	82 YTL	1025 m <sup>3</sup>	84.050 YTL
Döşemeler için hasır donatı.	1.150 YTL	14 ton	16.100 YTL
Vinç için ortalama kullanım süresi (ay)	12.000 YTL	5 ay	60.000 YTL
Shear stud'ların çakılması için gerekli 240kva'lık jeneratör			35.000 YTL
Temel kazısı			18.000 YTL
Elastik Dizayn Çelik karkas maliyeti			<b>812.629 YTL</b>

**5.1.3. Plastik Dizayna Göre Çelik Karkas Maliyeti****Çizelge 5.4.** Plastik Analiz Malzeme Çizelgesi

IPE160	=	52.008 kg
IPE200	=	2.075 kg
IPE220	=	7.474 kg
IPE240	=	17.315 kg
IPE270	=	5.719 kg
IPE300	=	13.369 kg
HE180A	=	2.556 kg
HE260A	=	9.821 kg
HE300A	=	31.788 kg
HE360A	=	24.191 kg
TOPLAM	=	166.316 kg

Çizelge 5.5. Plastik Analiz Maliyet Çizelgesi

Açıklama	Birim Fyat	Adet	Tutar
Plastik dizaynla hesaplanan çelik yapı proje ve fenni mesuliyet değerleri.	İnşaat Mühendisleri Odası liste fiyatı		26.720 YTL
IPE VE HEA serisi KOLON ve kiriş profilleri ve imalatı	920 €	166.316 kg	283.066 YTL
Levhalar,çapraz profilleri, bulonlar, ankrajlar			18.500 YTL
Profil, levhalar, çaprazlar ve diğer malzemelerin tır ile nakliyesi	1.750 YTL	15 sefer	26.250 YTL
metal deck montaj, kesim	12 €	4587.6 m <sup>2</sup>	101.845 YTL
Shear stud	1,2 €	7.500 adet	16.650 YTL
Merdiven ve merdiven basamakları malzeme ve CNC ile kesim ve nakliye için			31.524 YTL
Döşeme ve temeller için BS20 hazır beton.	82 YTL	850 m <sup>3</sup>	69.700 YTL
Döşemeler için hasır donatı.	1.150 YTL	14 ton	16.100 YTL
Vinç için ortalama kullanım süresi (ay)	12.000 YTL	5 ay	60.000 YTL
Shear stud'ların çakılması için gerekli 240kva'lık jeneratör			35.000 YTL
Temel kazısı			15.000 YTL
Plastik Dizayn Çelik karkas maliyeti			<b>700.355 YTL</b>

## 5.2. Genel Sonuçlar

Ele alınan üç farklı ana taşıyıcılı sistemin karkas maliyeti kıyaslandığında:

Elastik dizaynla hesaplanan çelik karkas binanın karkas maliyeti betonarme binadan %96 daha fazla.

Plastik dizaynla hesaplanan çelik karkas binanın karkas maliyeti betonarme binadan %69 daha fazla.

Plastik dizayn ile elastik dizayn arasındaki karkas maliyet farkı %16

## 5.3. Öneriler

Betonarme bir bina ile ülkemizde sık olarak kullanılan elastik dizaynla hesaplanan bir çelik binanın arasındaki maliyet farkı yalnız karkas maliyetleri kıyaslandığında %93.54'tür. Ancak bu kıyaslamada dikkate alınmayan bazı hususlar vardır. Bunlar:

1. Betonarme karkas bina tahmini yapım süresi 18ay, çelik karkas bina tahmini yapım süresi 6 aydır. Bunun anlamı yatırım maliyetinin bir yıl geç dönmesidir.

2. Betonarme binada yapılan işçilik hatalarından dolayı binada yapılan ince işlerde malzemenin artması. Örneğin en basitinden seramik işçiliğinde kullanılan kum miktarının artması, eğiklikten dolayı oluşan sıva hatalarından dolayı çimento ve kum miktarının artması gibi. Oysa çelik bir binada hassas fabrikasyon teknolojisi sayesinde ölçüler de ve kotlar son derece hassas olduğundan işçilik hatalarından malzeme artışı betonarme binaya göre son derece azdır.
3. Betonarme bina için öngörülen süre şayet hava şartlarında bir anormallik olursa uzayabilir. Oysa çelik bina hava şartlarından yapım anında etkilenmez.
4. Betonarme binanın malzeme artışlarından etkilenme olasılığı zaman yüzünden çelik binaya göre son derece fazladır.
5. Betonarme binanın yaklaşık karkas ağırlığı 1450 ton, çelik binanın ağırlığı ise yaklaşık 718 ton'dur. Bu da deprem için son derece önemli bir artıdır.
6. Betonarme binadaki kolon sıklığı ve ebatları çelik binaya göre son derece fazladır. Bu da çelik binada kullanım alanlarının artması anlamına gelmektedir. Özellikle dükkânlar için açıklığın artması ve kolon ebatlarının küçülmesi dükkânın değerini artırmaktadır. Ayrıca döşeme kalınlığının betonarmeye göre az olması sayesinde net kat yüksekliği de artmaktadır.
7. Betonarme bir binanın denetimi çelik bir binanın denetimine göre çok daha zordur.
8. Çelik sistemde malzemeler fabrikasyon olduğundan betonarmeye göre kullanılan vasıflı işçi sayısı azdır.
9. Çelik sistemin yaygınlaşan giydirme cephe ve panel duvarlar gibi mimari elemanlara montajı betonarme binaya göre çok daha uygundur.
10. Çelik binanın öngörülen kullanım ömrü, betonarme binaya göre daha fazladır.

Bir yapının sadece karkas maliyetlerine bakılarak karar vermek yerine, karkasın, binanın toplamında yaptığı etkiler de dikkate alınarak karar verildiğinde, elastik dizayna göre hesaplanan çelik karkas bina maliyeti ile betonarme karkas bina maliyeti arasındaki farkın %94'ten çok daha aşağı düşeceği bir gerçektir.

Plastik dizayn yöntemi kullanılarak hesaplanan çelik karkas maliyeti öngörülen binada %14 daha aşağı çekilebilmektedir. Bu yöntemle beraber çeliğin binanın tamamında sağladığı dolaylı etkiler de dikkate alınırsa çelik çok daha mantıklı hale gelmektedir.

Plastik dizayn yönteminin daha da geliştirilmesiyle çelik maliyetinin aşağı çekilmesi sonucu çelik kullanımı artacaktır. Çelik kullanımının artması sonucu şu an çelik üretim ve montaj fabrikaları ve vasıflı işçi artacaktır. Fabrikaların artması sonucu nakliye bedelleri; vasıflı işçi artması sonucu işçilik bedelleri daha da azalacaktır.

**6. KAYNAKLAR**

- ANONİM, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, İzmir.
- AKA İ, KESKİNEL F., ARDA T.S., 1999. Betonarmeye Giriş, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- AKBAY F, 2001. <http://fatihakbay.tripod.com>
- ANONİM, 1995. Etabs ile Çelik Yapıların Optimize Edilerek Modellenmesi ve Boyutlandırılması, 53.
- ANONİM, 2006. Arcelor Profil Katoloğu.
- ARDAN F, 1973. Çelik Yapı Elemanları, Ankara.
- ARKİTERA, 2002. <http://www.arkitera.com>
- CELEP Z. KUMBASAR, N, 1998. Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İkinci Baskı, İstanbul.
- CELEP Z. KUMBASAR, N, 1993. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. İstanbul.
- ÇINGİ F, 2005. Çelik Kiriş Kolon Birleşimlerinin Sismik Tasarım Parametreleri İçin Bir Yayımlım, Türkiye Mühendislik Haberleri,(435).
- DEREN H., UZGİDER E., P FİLİZ, 2003. Çelik Yapılar, Çağlayan Kitabevi, İstanbul,814.
- DOĞANGÜN. A., 2002. Betonarme Yapıların Hesap Ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul.780.
- EDWİN H., CHARLES N., JAMES E., 1992. Steel Structures. McGraw-Hill Book Co, Singapore,792.
- ERŞEN N., 2002.Çelik Yapılar Ve Çözümlemiş Problemler, Birsen Yayınevi, İstanbul, 263
- FEMA 350, 2000. Recommended Sismic Design Criteria For New Steel Moment Frame Buildings
- KARADUMAN M., 1999. Çelik Yapılar,Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 197.
- KIYMAZ G., COŞUN E., 2001. Çelik Levha Perdeli Yapılar.
- ODABAŞI Y., 2000. Ahşap Ve Çelik Yapı Elemanları, Beta Basım A.Ş., İstanbul,477.

- ÖZTÜRK Z., 2005. Çelik Yapılar, Kısa Bilgi ve Çözölmüş Problemler, Birsen Yayınevi, İstanbul,250
- ŞENGEL S., KIRAÇ N., 2003. Çelik Yapılarda Elastik Ve Plastik Yöntem Çözümleri Ve Birleşimler.
- TS 500-2000, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım Ve Yapım Kuralları, TSE, Ankara.
- TS 648., 1980. Çelik Yapıların Hesap Ve Yapım Kuralları, TSE, Ankara.
- TS 3357., 1979. Çelik Yapılarda Kaynak Birleşimlerin Hesap Ve Yapım Kuralları, TSE, Ankara.
- TS 4561., 1985. Çelik Yapıların Plastik Teoriye Göre Hesap Kuralları, TSE, Ankara.
- TS 7046., 1989. Yapıların Tasarımı İçin Esaslar-Çatılardaki Kar Yüklerinin Tespiti, TSE, Ankara.
- TUCSA., 2006. Türk Yapısal Çelik Derneği. <http://www.tucsa.org> .
- UNIFORM BUILDING CODE, 1997.
- DR. WASTI T. S. ODTÜ., 1968. Yapılar İçin Plastik Hesap Metodu.
- YARDIMCI N., 2005. Çelik Yapıların Tasarımı Ve Tasarım Yöntemleri, Türkiye Mühendislik Haberleri,(435).

**ÖZGEÇMİŞ**

1980 yılında Kahramanmaraş'ta doğdum. İlköğrenimimi Özel Doğu Akdeniz Lise'sinde, orta öğrenimimi Kahramanmaraş İlköğretim Okulu'nda ve lise öğrenimimi Hoca Ahmet Yesevi Lisesi'nde tamamladım. 1999 yılında girmeye hak kazandığım Selçuk Üniversitesi Mimarlık Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünden 2003 yılında mezun oldum. Şu an serbest inşaat mühendisliği yapmaktayım.