

İnceltilmiş Uçlu Prefabrike Kiriş Birleşimlerinin
Türk (TS9967) ve Amerikan (PCI) Yönetmelikleriyle Karşılaştırılması

Gökhan Gündoğan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Şubat 2010

Comparsion Of Recessed Beam Connections In TS9967 And PCI Codes

Gökhan Gündoğan

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department Of Civil Engineering

February 2010

İnceltilmiş Uçlu Prefabrike Kiriş Birleşimlerinin Türk (TS9967) ve Amerikan (PCI)
Yönetmelikleriyle Karşılaştırılması

Gökhan Gündoğan

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mizan DOĞAN

Şubat 2010

ONAY

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Gökhan Gündoğan'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “İnceltilmiş Uçlu Prefabrike Kiriş Birleşimlerinin Türk (TS9967) ve Amerikan (PCI) Yönetmelikleriyle Karşılaştırılması” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd.Doç.Dr. Mizan DOĞAN

İkinci Danışman : -

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Yrd.Doç.Dr. Mizan DOĞAN

Üye : Prof.Dr. Eşref ÜNLÜOĞLU

Üye : Prof.Dr. Hasan GÖNEN

Üye : Doç.Dr. Nevzat KIRAÇ

Üye : Yrd.Doç.Dr. Melih C. KUŞHAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

ÖZET

Fabrika ortamında önceden yüksek kalite standartlarında üretilmiş elemanların yapım yerine taşınarak monte edilmesi anlamına gelen prefabrikasyon teknolojisi özellikle İkinci Dünya Savaşı'nın ardından yapı üretiminde meydana gelen endüstrileşme sonucunda ortaya çıkmıştır. Prefabrikasyon teknolojisinin gelişmesi ile birlikte bu tür sistemlerin en kritik yerleri olan birleşim bölgeleri ile birlikte çok sayıda deneysel ve teorik araştırmalar yapılmıştır. Sistemli bir şekilde yapılmayan bu araştırmalar ABD ve Japonya'nın ortak çalışmaları sonucu oluşturulan PRESSS programı ile birlikte daha koordineli ve kapsamlı hale getirilmişlerdir. Bu tez çalışmasında prefabrike kirişlerin inceltilmiş uçlarının Türk Standardı TS9967 ve Amerikan Standardı PCI'ye göre analizi yapılmış ve EK A'da ise prefabrike sanayi yapısının güncel standart ve yönetmeliklere göre eleman hesaplarının nasıl yapıldığı, eleman imalat çizimlerinin nasıl hazırlandığı gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Prefabrikasyon, Prefabrikasyon Teknolojisi, Prefabrik Birleşim Bölgeleri

SUMMARY

Especially after the Second World War, people searched for fast and applicable alternative construction methods. Prefabricated construction method is one of these methods. Prefabricated structural elements are produced with high quality standards and assembled in site for constructing planned structural systems. As in conventional structural systems, joints are important points in prefabricated buildings. In this paper; recessed beam connection which is an important connection type is studied. TS9967 and PCI codes are examined and it is seen that in TS9967, recommendations and precautions for mentioned connections are safer than PCI.

Keywords: Prefabrication, joint, recessed end, earthquake, wet connection, dry connection

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmalarında, gerek derslerimde ve gerekse tez çalışmalarında, bana danışmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan danışmanım Sayın Hocam Yrd.Doç.Dr. Mizan DOĞAN'a ve beni yetiştiren çok değerli bölüm hocalarıma en içten teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
KISALTMALAR	xiv
SEMBOL LİSTESİ	xv
1.GİRİŞ	1
2.PREFABRİKASYON	6
2.1 Prefabrike Yapıların Özellikleri	7
2.1.1 Prefabrike yapıların imalat yerine göre tipleri	7
2.1.2 Prefabrikasyon teknolojisinin üstünlükleri	8
2.1.3 Prefabrikasyon teknolojisinin olumsuzlukları	13
2.2 Türkiye’de ve Dünya’da Prefabrikasyonun Gelişimi	15
3.PREFABRİKE ELEMANLAR	21
3.1 Çubuk Elemanlar	21
3.1.1 Kiriş elemanlar	21
3.1.2 Kolon elemanlar	22
3.1.3 Çerçeve elemanlar	23
3.2 Düzlemsel Elemanlar	24
3.2.1 Döşeme panoları	24
3.2.1.1 Tekil panoların yanyana oturtulması ile oluşturulan döşemeler	25
3.2.1.2 Nervürlü döşemeler	26
3.2.1.3 Dolu ve boşluklu döşemeler	26
3.2.1.4 Kompozit döşemeler	27
3.2.2 Duvar panoları	27
3.2.3 Bağ elemanları, hatılları ve çubukları	29

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.3 Kabuk Elemanlar	31
4.PREFABRİKE TAŞIYICI SİSTEMLER	32
4.1 Panolu Sistemler	32
4.2 İskelet Sistemler	34
4.3 Hücre Sistemler	36
4.4 Karışık Prefabrike Sistemler	38
5.PREFABRİKE YAPILARDA TEMELLER	39
5.1 Yuvalı Birleşimli Temeller	40
5.2 Yuvalı Tekil Temellerin Hesap Esasları	42
5.3 Yuvalı Tekil Temel Örnek Hesabı	44
5.3.1. Kenetsiz durum için çözüm	44
5.3.2 Kenetli durum için çözüm	45
6.İNCELTİLMİŞ UÇLU PREFABRİKE KİRİŞ BİRLEŞİMLERİ.....	47
6.1 Islak Ve Kuru Birleşimler	47
6.1.1 Moment aktaran birleşim	48
6.1.2 Moment aktarmayan birleşim	48
6.2 İnceltilmiş Uçlu Prefabrike Kirişlerin Türk Standardı TS9967'ye Göre Boyutlandırılması	50
6.2.1 İnceltilmiş uçta eğilme ve çekme donatısı	51
6.2.2 İnceltilmiş uçta kesme-sürtünme donatısı	51
6.2.3 Askı donatıları	52
6.2.4 Çatlak yüzeyine göre sürtünme değeri ve sürtünme katsayıları.....	53
6.2.5 İnceltilmiş uçlu prefabrike kiriş için sayısal örnek	54
6.3 İnceltilmiş Uçlu Prefabrike Kirişlerin Amerikan Standardı PCI'ye Göre Boyutlandırılması	58
6.3.1 PCI'daki temel tasarım kriterleri	59
6.3.1.1 İnceltilmiş uçtaki eğilme ve eksenel çekme durumu	60
6.3.1.2 Doğrudan kesme durumu	60
6.3.1.3 İnceltilmiş ucun birleşim köşesindeki diyagonal çekme.....	61

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
6.3.1.4 İnceltilmiş uçtaki diyagonal çekme	62
6.3.1.5 İnceltilmiş ucun ana kirişle birleştiği köşesindeki diyagonal çekme	62
6.3.1.6 Yapılan takviyelerin ankrajı	63
6.3.1.7 Diğer değerlendirmeler ve öneriler	63
6.3.2 Sayfa 54’ de verilen örneğin PCI ile hesabının yapılması	64
6.4 İnceltilmiş Uçlu Prefabrike Kiriş Birleşiminin TS9967 İle PCI Karşılaştırılması ...	67
6.5 Ek A’da Çözümü Yapılan Prefabrike Sanayi Yapısı Çatı Makası Kirişi İnceltilmiş Uç Hesabının TS9967 İle PCI Karşılaştırılması	68
7. SONUÇLAR	72
8. KAYNAKLAR DİZİNİ	73
EKLER	76
EK A. Prefabrike Sanayi Yapısının Güncel Standart ve Yönetmeliklere Göre Eleman Hesaplarının, İmalat Çizimlerinin Yapılması	76

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Prefabrike endüstriyel yapı ve prefabrike köprü sistem	1
1.2. Prefabrikasyon teknolojisi ile üretilmiş endüstriyel yapı	2
1.3. Prefabrike elemanların fabrikada imalatı sonrası yerine montajı	3
1.4. Prefabrike öngerilmeli döşeme plakları ve prefabrike öngerilmeli köprü kirişleri	3
1.5. Betonarme ve öngerilmeli beton	4
1.6. Öngerme yöntemleri	5
2.1. Prefabrike endüstriyel yapı	6
2.2. Kalıcı prefabrike yapı	7
2.3.a Beton hacminde sağlanacak ekonomi	12
2.3.b Kalıpta sağlanacak ekonomi	12
2.4. Donatı çeliğinde sağlanacak ekonomi	13
2.5. Prefabrike ıslak birleşimli taşıyıcı sistem montajı	14
2.6. Depremde hasar görmüş prefabrike binalar	17
2.7. Prefabrike sanayi yapıları	17
2.8. Öngerilme ve ard gerilmeli beton uygulamaları	20
3.1. Enkesit ve yükseklikleri sabit veya değişken prefabrike kirişler	21
3.2. Prefabrike kolon	22
3.3. Prefabrike yapılarda yaygın olarak kullanılan kolon kesitleri ve işlevlerine göre kolon şekilleri	23
3.4. H ve T formlu çerçeveler	23
3.5. Döşemelerin kirişlere montajı	24
3.6. Döşeme panosu şekilleri	25
3.7. Nervürlü döşeme sistemi	26
3.8. Boşluklu döşeme pano enkesiti	26
3.9. Kompozit döşeme	27
3.10. Prefabrike duvar panosu	28
3.11. Bağ hatılı ve çubukları durumu	30
3.12. Kabuk elemanlar	31

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Büyük boy panellerle oluşturulmuş yapı sistemi	33
4.2. Statik bakımdan kolon-kiriş sistemler	34
4.3. Çerçeve türü iskelet sistemler	35
4.4. Kutu prefabrike sistem	36
4.5. Depremde gelen moment altında son gerilme çubuklarının durumu	37
4.6. Deprem perdesi ile birlikte imalatı yapılmış karışık prefabrike sistem	38
5.1. Prefabrike yapıda temel tipleri	39
5.2. Yuvalı temel kesiti ve planı	40
5.3. Yuvalı temel imalat resmi	41
5.4. Yuvalı temel yük aktarım modeli	42
5.5. Yuvalı model yükleme modeli ve imalat resmi	43
5.6. Yuvalı temel örnek resmi	44
5.7. Yuvalı temel donatı yerleşimi örnek resmi	46
6.1. İnceltilmiş uçlu prefabrike kiriş ve birleşimi	47
6.2. Kolon – kiriş ıslak ve kuru birleşim detayı	47
6.3. Moment aktaran kolon – kiriş birleşimi	48
6.4. Moment aktarmayan kolon – kiriş birleşimi	49
6.5. Moment aktarmayan kiriş yükleme ve diyagramları	49
6.6. İnceltilmiş uçlu kiriş yükleme ve gerilme dağılımı	50
6.7. İnceltilmiş uçlu prefabrike kiriş TS9967 donatı yerleşimi	50
6.8. İnceltilmiş uçlu prefabrike kiriş için sayısal örnek	54
6.9. İnceltilmiş uçlu prefabrike kiriş için sayısal örnek	57
6.10. İnceltilmiş uçlu prefabrike kiriş PCI donatı yerleşim şeması	58
6.11. İnceltilmiş uçlu prefabrike kiriş için PCI sayısal örnek	66
6.12.a Ek A’da verilen prefabrike çatı makası incelttilmiş uç TS9967 çizimi	69
6.12.b Ek A’da verilen prefabrike çatı makası incelttilmiş uç PCI çizimi	69

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.1. TS9967'deki sürtünme katsayıları	53
6.2. PCI'daki sürtünme katsayıları	61
6.3. İnceltilmiş uçlu prefabrike kirişin TS9967 ile PCI karşılaştırmasının yapılması	67
6.4. Ek A'da verilen incelttilmiş uçlu prefabrike çatı makası kirişinin TS9967 ile PCI karşılaştırılmasının yapılması	71

KISALTMALAR**Kısaltma****Acıklama**

ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
ACI	: American Concrete Institute
PCI	: Precast Prestressed Concrete Institute
PRESSS	: Precast Seismic Structural Systems
TS	: Türk Standardı

SEMBOL LİSTESİ

<u>Sembol</u>	<u>Açıklama</u>
A_{cr}	: Çatlak yüzeyi
A_n	: Temas yüzeyine dik teçhizat alanı
A_o	: Etkin yer ivme katsayısı
A_s	: Çekme teçhizatı alanı
$A_{sç}$	: Çekme bölgesindeki teçhizat alanı
A_{sf}	: Kesme sürtünme teçhizat alanı
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
a_{jm}	: m'inci dikdörtgendeki taban uzunluğu
a_t	: Duvar üstüne oturan döşemelerin üst duvar altına girme boyu
b	: Mesnet genişliği
d	: Döşeme panosu faydalı yüksekliği
d_n	: Binanın i'inci katında F_n fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
f_{cd}	: Beton hesap basınç mukavemeti
f_{ctd}	: Betonun hesap kesme mukavemeti
f_{ctk}	: Betonun karakteristik çekme mukavemeti
f_{ck}, f'_c	: Beton karakteristik basınç mukavemeti (silindir)
f_{cu}	: Beton karakteristik basınç mukavemeti (küp)
f_{yk}	: Çelik karakteristik akma mukavemeti
g	: Sabit (ölü) yük, yerçekimi ivmesi (9.81 m/s ²)
h	: Kat yüksekliği
H_d	: Temas yüzeyine dik çekme kuvveti
H_i	: Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (m)
I	: Bina önem katsayısı
I_w	: Perde uzunluğu
m_i	: Binanın i'inci katının kütlesi ($m_i = w_i / g$)
n	: Kenet sayısı, birleşimdeki donatı adedi
N_d	: Yatay yükten gelen normal kuvvet

SEMBOL LİSTESİ (devam)

<u>Sembol</u>	<u>Açıklama</u>
q	: Hareketli yük
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı, rijitlik
$R_a(T)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
T	: Bina temel periyodu
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
V_d	: Hesap kesme kuvveti
V_{fd}	: Kesme kuvveti hesap değeri
V_{res}, V_u	: Kesme kuvveti altındaki kesitin taşıma gücü
V_t	: Taban kesme kuvveti
w_i	: Binanın i 'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
W	: Bina toplam ağırlığı
μ_e	: Sürtünme katsayısı
μ_s	: Sürtünme kuvveti
ρ	: Donatı oranı
ΔFN	: Binanın N 'inci katına (tepesine) etkiyen eşdeğer deprem yükü

1. GİRİŞ

Prefabrikasyonun tarihi ilk uygarlıklar kadar eskidir. Günümüzde ise prefabrikasyon kavramının ilk temelleri 19. yüzyılın başlarında atılmıştır. İngiltere’de yayınlanan ilk teknik makalenin (George Godwin, 1836) ardından prefabrikasyon yöntemlerinin kullanılmasına cesaretle bakılmaya başlanmıştır. Özellikle İkinci Dünya Savaşı sonrasında büyük tahribata uğramış şehirlerin yeniden kurulması amacıyla, hızlı, ekonomik ve güvenli bir şekilde yeniden yapılanma içine giren ülkeler, kullanmakta oldukları geleneksel sistemin yıllık üretim hızının bu olguları karşılayamayacaklarını düşündüklerinden yeni yapım yöntemleri geliştirmek zorunda kalmışlardır. Sonuçta bu talepler önceden üretilmiş elemanlarla oluşturulan yapım sistemleri sayesinde karşılanmış ve az gelişmiş ülkeler için alternatif bir yapım sistemi oluşturulmuştur.

Prefabrike sistemlerin hızlı üretim, ekonomi ve iklim koşullarından tasarruf sağlama gibi özellikleri uzun yıllar boyunca ülkemiz tarafından gözetilmemesi nedeniyle Türkiye’de prefabrike yapıların artması gecikmiştir. Bunun sebebi olarak istihdamın azalacağı ve kaynak gerektireceği gibi yanlış tahminlerde bulunulması rahatlıkla söylenebilir. Ayrıca ülkemizin İkinci Dünya Savaşı’nda tahribata uğramamış olması prefabrikasyonun gecikme sebepleri arasında gösterilebilir. Bununla beraber 1960’lı yıllarda tek katlı endüstriyel yapıların prefabrike olarak yapılmasıyla ilk uygulamalar başlamıştır. Özellikle son yıllarda hızlı inşa edilmeleri nedeniyle endüstri yapılarının çoğu prefabrike olarak yapılmaktadırlar. Ayrıca köprü uygulamalarında da en akılcı çözüm olmaları nedeniyle uygulamalar hızla yayılmaktadır (Şekil 1.1.).



Şekil 1.1. Prefabrike endüstriyel yapı ve prefabrike köprü sistem

Teknoloji düzeyini yükseltmek ve/veya üretim yöntemlerinde örgütlenmeye yönelik önlemler olarak seri (hızlı) üretim yoluyla verimliliğin artırılması anlamına gelen endüstrileşme, yapım sistemlerinde iki şekilde olmuştur. Birincisi; yapımın şantiye ortamında endüstrileşmesi sonucu oluşan çağdaş yerinde yapım sistemleridir. Buna örnek olarak tünel kalıpla yapım sistemi verilebilir. İkincisi ise yapımın fabrikada endüstrileşmesi yani prefabrikasyondur (Şekil 1.2.).



Şekil 1.2. Prefabrikasyon teknolojisi ile üretilmiş endüstriyel yapı

Endüstriyel üretimin özellikleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- İş bölümü,
- İşlemlerin sıralanması ve akılcı olarak düzenlenmesi,
- Kesiksiz-sürekli üretim,
- İşlemlerde tekrar ve uzmanlaşma,
- Makineleşme,
- Standartlaştırma,
- Kaynakların en az israfı,
- Yönetim işlevinin yerine getirilmesi,

Endüstriyel yapı üretimi genel olarak, rasyonelleşme (rasyonalizasyon), makineleşme (mekanizasyon) ve bunların sonucu olarak ortaya çıkmış prefabrikasyon unsurlarının birleşmesiyle oluşur.

Rasyonelleşme; yeni yapı malzemelerinin geliştirilmesi, yapım süresini azaltacak yeni yöntemler uygulanması, iş gücünden tasarruf sağlayacak yeni iş yöntemlerinin geliştirilmesi, şantiye organizasyonunun yoğunluğunun artırılması, yapı

üretiminde daha ucuz, daha seri, daha kolay yöntemler geliştirilmesi gibi kavramlardan oluşur. Makineleşme (mekanizasyon); üretimin bütün aşamalarında mümkün olduğu kadar el emeği yerine makinelerin kullanılmasıdır. Bu kavramların birleşmesinden doğan prefabrikasyon ise; yapıyı oluşturan unsurların şantiye yerine fabrikalarda hazırlanarak, yapım yerinde bu şekilde uygulanmasıdır (Şekil 1.3.).



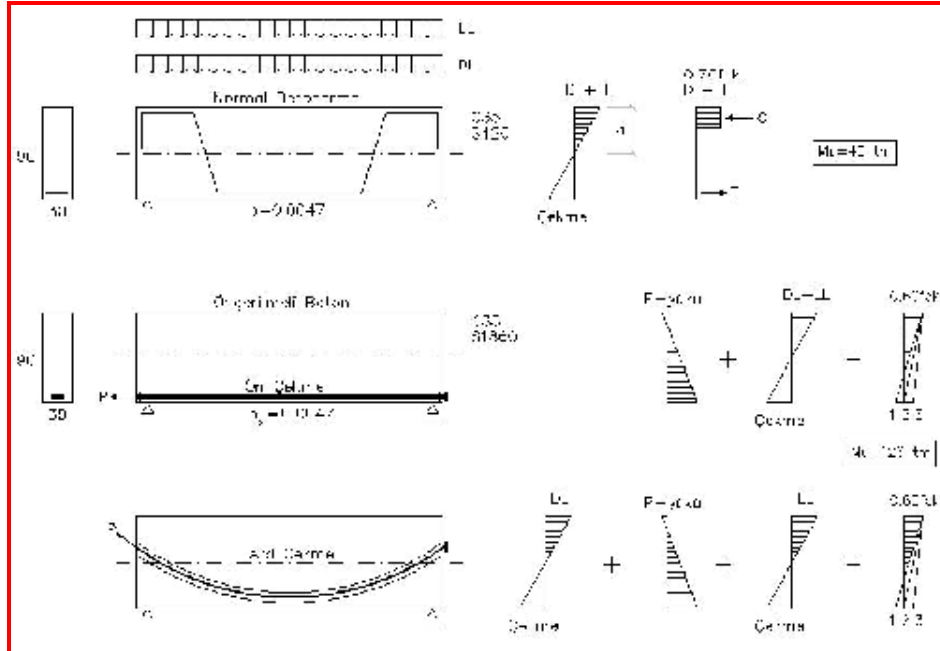
Şekil 1.3. Prefabrike elemanların fabrikada imalatı sonrası yerine montajı

Uygulamada geleneksel betonarme köprülerin ekonomik açıklıkları 10 ile 45 mt. arasında olduğu halde, öngerilmeli betonarme köprülerin etkin açıklıkları 50 ile 300 mt. arasında değişmektedir. Öngerilmeli köprülerin hele özellikle mütemadi olarak inşa edilmeleri halinde çelik köprülerden daha ucuza mal edildikleri bir gerçektir. Bina inşaatında özellikle ağır yükler altındaki döşemelerde veya geniş açıklıklı döşemelerde öngerilmeli teknoloji kullanıldığı zaman önemli malzeme ve işçilik tasarrufları sağlanabilmektedir (Şekil 1.4.).



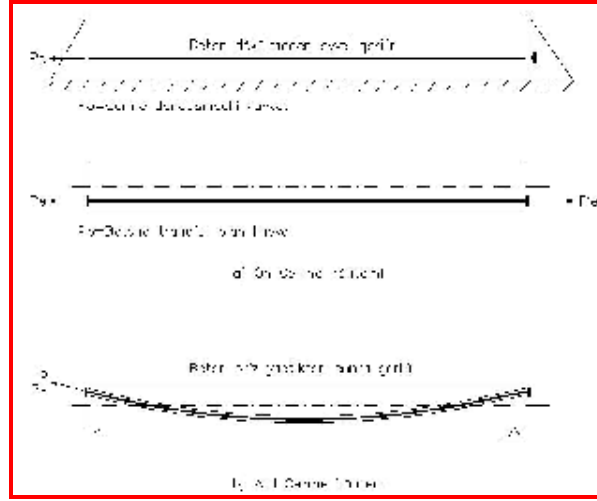
Şekil 1.4. Prefabrike öngerilmeli döşeme plakları ve prefabrike öngerilmeli köprü kirişleri

Normal betonarme donatısının kopma mukavemeti yumuşak çelikte S210, tor çelikte S420 iken, öngerme çeliğinin kopma mukavemeti S1500 ile S1900 arasındadır. Görülüyor ki, çok büyük açıklıkları çok narin kesitlerle geçebilmeyi başaran öngerilmeli kirişlerin en büyük sırrı, hem betonun ve hem de çeliğin normale nazaran çok yüksek kaliteli oluşlarıdır. Şüphesiz, yüksek kalitenin yanı sıra en önemli bir husus, servis yükleri altında normal olarak betonun çekmeye maruz kalacak bölgesinin, servis yüklerinin gelmesinden evvel basınca maruz bırakılmasıdır. Böylece öngerilmeli betonun, pratik olarak hemen hemen hiçbir bölgesinde çekme gerilmeleri doğmaz (veya çok az bir miktar doğarsa da buna müsaade edilir), kesitin her yeri basınca çalışır ve dolayısı ile kesitin etkinliği en yüksek değere ulaştırılmış olur. Bir öngerilmeli kirişin açıklık ortasındaki tipik nominal gerilme dağılımları, öngerilme kavramını açıklamak amacı ile Şekil 1.5.'de verilmiştir (Tezcan ve Köylüoğlu,1997) [11].



Şekil 1.5. Betonarme ve öngerilmeli beton (DL:Zati yük, LL:Hareketli Yük)

İki türlü öngerilmeli beton imalatı vardır. Eğer beton dökülmeden evvel donatı çeliği gerdirilirse buna “ön çekme”, eğer beton döküldükten ve bir miktar sertleştikten sonra (mesela 8 ile 28 gün) donatı çeliği gerdirilirse buna “ard çekme” yöntemi denir. Ön çekme ve ard çekme yöntemleri şematik olarak Şekil 1.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 1.6. Öngerme yöntemleri

Ön çekme yönteminde, germe donatısı beton ile aderans halindedir. Donatıdaki çekme kuvveti bu aderans sayesinde ana kiriş gövdesine transfer olur. Ard çekme yönteminde ise, germe donatısı için beton içinde genelde parabolik bir eksen boyunca, içi boş bir kablo bırakılır. Paslanmaz çelik sac veya plastikten imal edilen bu kablonun betona aderans sağlaması için dış yüzü çentikli veya yivli olur. Beton belli bir süre priz yaptıktan ve yeterli bir dayanım kazandıktan sonra, kirişin bir başında kör ankraja bağlı germe donatısı, diğer baştan P_0 kuvveti ile gerdirilir ve gerdirme işlemi biter bitmez, uzatılmış germe donatısı kamalarla betona kilitlenir ve bu esnada tüm germe kuvveti kirişe basınç kuvveti olarak aktarılmış olur. Germe donatısının yerleştirildiği, aderansı önleyici içi boş kablonun iç kesit alanı A_d , içinden geçen germe demetlerinin toplam alanı A_p 'nin en az iki katı olmalıdır. Bu rahatlığı sağlayabilmek üzere, koruyucu kablonun iç çapı D_d , germe demeti çapı D_p 'den en az 13mm daha geniş olmalıdır.

Bu tez çalışmasında; 2. bölümde prefabrikasyon açıklanmış, 3. bölümde prefabrike elemanlar, 4. bölümde prefabrike taşıyıcı sistemler, 5. bölümde de prefabrike yapıda temeller anlatılmıştır. 6. bölümde ise inceltilmiş uçlu prefabrike kiriş birleşimleri anlatılmış, inceltilmiş uçlu prefabrike kirişlerin Türk TS9967 (Yapı Elemanları, Taşıyıcı Sistemler Ve Yapılar – Prefabrike Betonarme Ve Öngerilmeli Betondan – Hesap Esasları İle İmalat Ve Montaj Kuralları) ve Amerikan PCI (Precast Prestressed Concrete Institute) yönetmelikleriyle karşılaştırılması yapılmıştır.

2. PREFABRİKASYON

Kısaca önceden üretilmiş elemanlarla yapım anlamına gelen prefabrikasyon, genel olarak yapıyı oluşturan eleman ve bileşenlerin üretim tesislerinde seri ve özel olarak üretilerek yapım sahasında birleştirilmesi esasına dayanan bir yapım şekli olarak tanımlanabilir (Şekil 2.1.). Prefabrike yapı uygulamalarının isimleri şunlardır;

- a- Üst yapı; konut, fabrika v.b.
- b- Alt yapı; kanalizasyon
- c- Çevre düzenleme elemanları; yol korkulukları, çitler
- d- Elektrifikasyon; elektrik direkleri



Şekil 2.1. Prefabrike endüstriyel yapı

Kullanım amaçlarına göre prefabrikasyonun tiplerini aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür.

- 1- Konut prefabrikasyonu
- 2- Endüstriyel bina prefabrikasyonu
- 3- Yapı elemanları, döşeme plakları ve duvar panoları imali
- 4- Köprü ve kreyn kirişi imalatı
- 5- Özel renkli mimari elemanların yapılması
- 6- Basit ihata çiti, kilitli parke taşı vs. imalatı olarak sınıflandırmak mümkündür.

2.1 Prefabrike Yapıların Özellikleri

Prefabrike yapıların genel olarak iki şekilde yapıldıkları kabul edilir;

- Geçici prefabrike yapılar: Bulundukları yerde kullanım süreleri sürekli olmayan şantiye binaları, acil ihtiyaç durumlarında oluşturulan barakalar, yemekhaneler ve yatakhaneler gibi daha çok çelik ve ahşap malzemelerden üretilmiş genellikle bir veya iki katlı olabilen ön üretimli yapılardır. Taşınabilir olduklarından avantajlı oldukları düşünülse de ekonomik ömürleri bu yüzden uzun olmamaktadır.

- Kalıcı prefabrike yapılar: Genellikle betonarme olarak inşa edilen bu tür yapılar bir sefer kurulumlar ve kuruldukları yerde kalırlar. Betonarme olarak ön üretimli elemanlarla oluşturulan endüstri yapıları ve çok katlı konut tipi yapılar kalıcı olarak oluşturulan prefabrike yapılara örnektirler (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. Kalıcı prefabrike yapı

2.1.1 Prefabrike yapıların imalat yerine göre tipleri

a- Açık prefabrikasyon; Belirli bir boyutsal kabul ile seri halde üretilecek yapı elemanlarının kataloglardan seçilerek her yapıda kullanılması ilkesine dayanır. Yani üretilmiş veya üretimi için imkanlar hazırlanmış bir prefabrikasyon türüdür.

b- Kapalı prefabrikasyon; Üretilen yapı elemanlarının kullanımı sadece belirli olan yapılar için söz konusu olan prefabrikasyondur. Örneğin bir termik santral için yapılan elemanlar sadece burada kullanılabilir.

c- Ağır prefabrikasyon; Önceden fabrikada hazırlanan köprü kirişleri, cephe panoları ve merdiven kolları gibi yapı elemanlarının vinçlerle yerlerine götürülüp montaj yapılması esasına dayanan prefabrikasyondur.

2.1.2 Prefabrikasyon teknolojisinin üstünlükleri

1- Prefabrike sistemlerde yapım çok daha hızlı bir şekilde gerçekleşecektir. Bunun sonucu olarak mal sahibi kimse arsayı aldıktan çok kısa bir süre içerisinde yapıya sahip olacaktır. Prefabrike sistemlerde, yerinde dökme betonarme sistemlerde olduğu gibi; betonun mukavemetini kazanmasını bekleme, kalıp kurma-sökme gibi durumlar söz konusu olmadığı için çok kısa sürelerde binanın karkas sistemi oluşturulabilir (Hartland,1975) [15].

2- Genel olarak yapı maliyetlerinde azalmalar olacaktır. Prefabrike yapılarda; yapı iskele malzemesi, kalıp malzemesi, geçici destek elemanları ve benzeri malzemelere ihtiyaç duyulmadığından maliyetler azalmaktadır. Ayrıca yapım süresinin çok kısılması nedeniyle, kurulan tesislerin kısa sürelerde işletmeye açılması ile, yatırımcının parası daha çabuk bir şekilde geri dönecektir.

3- Yerinde dökme beton prefabrike yapılarda oldukça az bir şekilde kullanıldığından fazla işçi talebi ve önemli derecede hammadde ihtiyacı olmayacaktır.

4- Prefabrike yapılar yapım sırasında genellikle kötü hava şartlarından etkilenmezler. Kış şartlarında kimi zaman durma noktasına gelen diğer yapım sistemlerine göre prefabrike yapılar, elemanları fabrikadan getirildiklerinden kış şartlarından kolay kolay etkilenmezler.

5- Yapı elemanları kütle üretim metotları ile üretilebilir. Elemanların kalıpları hızlı bir şekilde yeniden kullanılabilirler. Prefabrike elemanlara karışık ve zor detayların verilmesinden kaçınılmalıdır. Çünkü bu tür elemanların inşa alanında uygulanması zor olabilmektedir. Ayrıca bu tür elemanlar ekonomik değildirler.

6- Prefabrike yapıyı oluşturan elemanlar mükemmele yakın bir şekilde ve uygun standartlarda üretilebilirler. Çünkü bu tür elemanlar eğitilmiş ve uzmanlaşmış emek gücüyle fabrika koşullarında üretilmektedirler.

Prefabrike elemanların malzeme kalitesi, üretim sürecinde sürekli denetlendiği ve fabrika içinde üretim olduğundan kötü hava şartlarından etkilenmediği için oldukça kalitelidir. Bu durum da yapıyı oluşturan elemanların daha uzun ömürlü olmaları ve daha az bakıma ihtiyaç duymaları anlamına gelecektir. Şantiye koşullarında işin kaliteli bir şekilde yapılması usta ve teknik elemanların başarısı ve çeşitli kontrol mekanizmaları ile mümkündür. Bu yüzden küçük inşaatlarda yeterli derecede kontrol mekanizması olmadığından kalitesiz yapılar oluşmaktadır. Halbuki prefabrikasyonda tekrarlı üretim sonucu kalite ve düzen en önemli unsurlardır.

7- Fabrikada üretilen elemanlar yapım yerine götürülmeden önce kontrol edilebilirler ve bunun sonucunda standart dışı üretilen bir elemanı eleme fırsatını doğurur.

8- Elektrik ve su tesisatı gibi yapısal olmayan elemanlar prefabrike elemanların içerisinde oluşturulan boşluklarda birleştirilebilirler.

9- Prefabrike elemanlardan oluşturulmuş mevcut yapıda belirli yapı parçaları ihtiyaç duyulduğunda ayrılabilirler veya birleştirilebilirler. Ayrıca mevcut yapıya rahatlıkla ek yapılabilir (Kolonların dış cepheye bakan yüzlerinde guse bırakılması gibi).

10- Yerinde dökme betonarme yapılar için zor veya imkansız olan şekil verme ve rötüşler yapılabilir. Bazı firmalar bu konuda özel bir ihtisasa sahiptirler. Çeşitli şekillerde doğal agregalar, çimentolar gibi çeşitli malzemelerin değişik biçimlerde kullanılması neticesinde farklı ürünler ortaya çıkararak bu firmalar büyük tecrübeler kazanmışlardır. Bu tür uygulamalar eleman yüzeylerinde çeşitli kabartma ve dokular oluşturmak kaydıyla veya değişik renkler kullanılması sonucunda estetik bir görünüm elde edilmesiyle yapılır.

11- Projeler standart olduğundan ve tekrarlı detaylar kullanıldığından projelendirme ve tasarım aşaması hızlı bir şekilde yapılabilir. Prefabrikasyonda bilgisayarın kullanılması sonucunda ise projelendirme ve kullanılacak malzemenin hesaplanması çok küçük sürelerde gerçekleşmektedir.

12- Prefabrike inşaatlarda herşey projelendirme safhasında düşünüldüğünden ve kullanılacak elemanların sayıları belli olduğundan işin süratli bir şekilde devam etmesi neticesinde fiyat artışları maliyete tesir etmemektedir.

13- Prefabrike inşaatlarda kereste sifıra yakın kullanıldığından dolayı olarak ülke ormanlarının azalmasını engeller. Bu durum ancak prefabrike yapım sistemlerinin bir ülkede yaygın olarak kullanılması ile mümkündür.

14- Öngerilmeli beton, köprülerde ve sanayi yapı döşemelerinde büyük ekonomik avantaj sağlamaktadır. Aşağıda önce köprüler daha sonra sanayi yapı döşemeleri için öngerilmeli beton teknolojisinin kazandıracağı malzeme tasarrufları ve genel maliyet ekonomisi konularında bilgiler verilmiştir (Tezcan ve Köylüoğlu,1997) [11].

Köprülerde betondan sağlanan ekonomi; köprünün 1 m² tabliyesi başına çelik köprülerde 0.15 m³, geleneksel betonarme köprülerde ise 0.30 ile 0.70 m³ arasında beton sarf edildiği halde, öngerilmeli köprülerde 1 m² tabliye başına açıklığa bağlı olmak kaydı ile ortalama 0.30 m³ betondan başlayarak her 20 m açıklık için 0.10 m³ beton sarf edilmektedir. Örnek olarak, 45 m açıklıklı öngerilmeli bir köprünün beton ihtiyacı 0.45 m³, 85 m açıklıklı öngerilmeli bir köprünün beton ihtiyacı 0.65m³ tür. Beton miktarında görülen bu ekonomi köprünün genel maliyetine yansımaktadır.

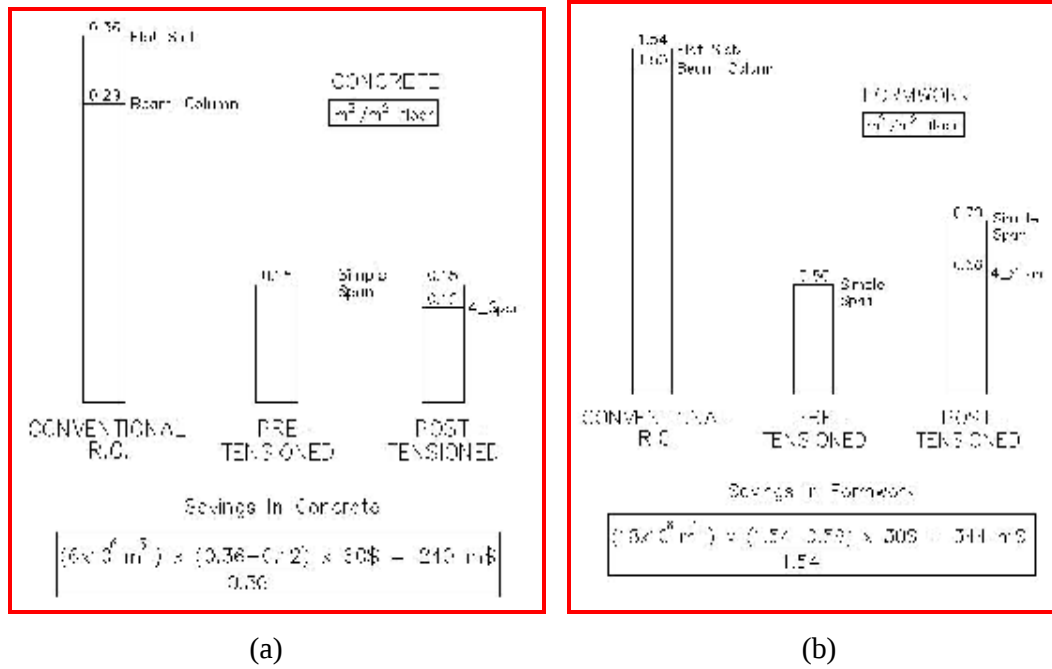
Köprülerde çelikten sağlanan ekonomi; geleneksel betonarme köprülerin çelik ihtiyacı 1 m² tabliye başına 50 ila 120 kg arasında değiştiği halde, öngerilmeli köprülerde bu ihtiyaç yarı yarıya azalmaktadır. Çelik köprülerdeki çelik sarfiyatı ise şüphesiz 1 m² tabliye başına çok yüksek değerlere ulaşmaktadır. Örnek olarak 90 m açıklıklı bir köprüde 1 m² tabliye başına 275 kg çelik kullanıldığını söylemek mümkündür. Halbuki,

aynı açıklıktaki öngermeli bir köprüde çelik miktarı 1 m² tabliye başına sadece 75 kg'dır.

Köprülerde mütemadi açıklıklarla sağlanan ekonomi; mütemadi kirişli öngermeli bir köprü aynı açıklıklı basit mesnetli bir köprüye nazaran iki kat daha fazla yük taşıyabilir. Başka bir deyimle, aynı yükü taşıyabilmek için basit mesnetli bir kirişe nazaran aynı boyuttaki öngermeli ve mütemadi açıklıklı bir kirişin açıklıklarını 1.40 oranında arttırmak mümkündür. Eğer açıklıklar aynı yapılıyorsa, mütemadi açıklıklı ve öngermeli köprünün kiriş yüksekliklerini %30 oranında azaltmak mümkündür. Bu basit karşılaştırma bize mütemadi açıklıklı köprülerin ekonomisi hakkında genel bir bilgi vermektedir. Basit mesnetli bir köprü kirişinin maliyeti L=30 m açıklık için, 1 m² tabliye başına 80 \$ olarak hesaplanırsa aynı maliyet ile mütemadi olarak L=45 m açıklıklı bir köprü inşa edilebilir.

Yapılarda döşemelerden sağlanan ekonomi; içi dolu kesitlere nazaran, öngermeli olan içi boşluklu kesitlerin 1 m² döşeme başına sağladığı ekonomi %30'ların çok üstündedir. Pratik olarak 10 m açıklıklı dolu betonarme döşemenin 1 m²'sinin maliyeti yaklaşık 45 \$ olduğu halde, aynı açıklıktaki boşluklu ve öngermeli döşemenin 1 m²'sinin maliyeti 35 \$ civarındadır. Geleneksel binalarda 1 m² inşaat alanına 0.36 m³ beton isabet ettiği halde, ön veya ard çekmeli betonarme binalarda 1 m² döşeme başına yaklaşık 0.15 m³ beton isabet etmektedir. Bir yılda konut inşaatında ülkemizde 6 milyon m³ civarında betonarme döşeme imal edildiğini kabul edersek, öngermeli döşeme teknolojisinin kullanılması 4 milyon m³ tasarruf sağlayacaktır. Bu ise (1 m³ beton 60 \$ varsayımı ile) yılda 240 milyon \$ tasarruf demektir (Şekil 2.3.a).

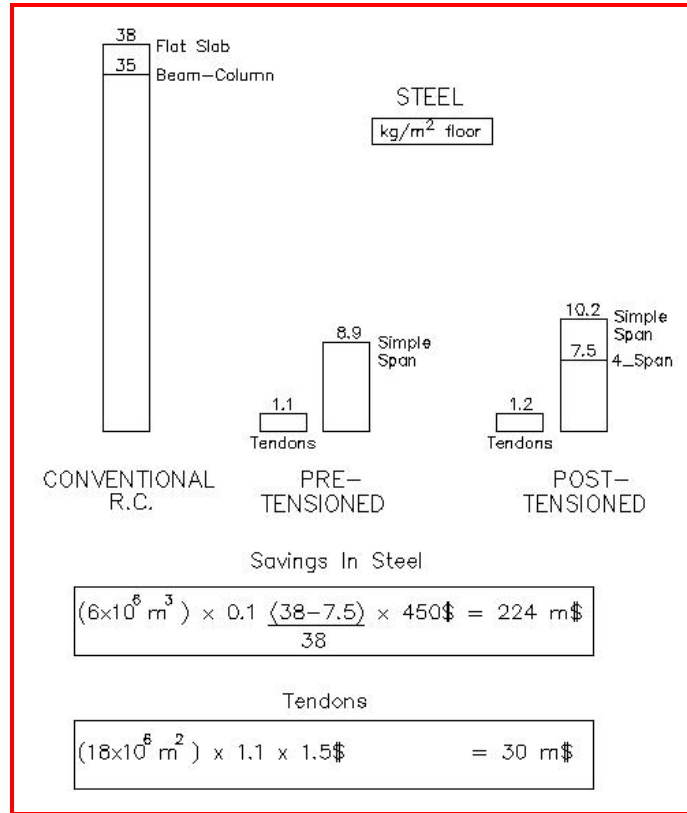
Kalıptan sağlanan ekonomi; endüstriyel binalarda 1 m² inşaat başına geleneksel betonarme kullanılması halinde, yaklaşık 1.5 m² kalıp isabet etmektedir. Halbuki, öngermeli ve prefabrike sistemlerde 1 m² başına isabet eden kalıp miktarı 0.56 m² mertebesindedir. Ülkemizde bir yılda yaklaşık 18 milyon m² kalıp imalatı yapıldığını göz önüne alır ve yukarıda bahsedilen ekonominin sağlandığını varsayarsak, (1 m² kalıp maliyeti için 30 \$ kabul edilirse) yılda 344 milyon \$ tasarruf sağlamanın mümkün olacağını hesaplamak kabildir (Şekil 2.3.b).



Şekil 2.3. a) Beton hacminde sağlanacak ekonomi, b) Kalıpta sağlanacak ekonomi

Çelikten sağlanan ekonomi; geleneksel betonarme inşaatın 1 m^2 ' sinde 38 kg betonarme demiri kullanılmaktadır. Halbuki, mütemadi açıklıklı ve ard çekmeli bir yapı sisteminde m^2 başına düşen çelik miktarının 7.5 kg ve kullanılan öngörme kablosu ağırlığının 1.2 kg mertebesinde olduğu söylenebilir. Ülkemizde konut inşaatında yılda 6 milyon m^3 döşeme betonu imal edildiğini varsayarsak ve m^3 betonarme başına ortalama 100 kg betonarme demiri kullanıldığını göz önüne alırsak, bir yılda sağlanacak tasarruf (çeliğin tonu 450 \$ kabul edilirse) yaklaşık 224 milyon \$ mertebesinde. Şüphesiz, öngermeli kabloların getireceği maliyeti bu tasarruftan düşmek gerekir (Şekil 2.4.). Kısacası, öngermeli betonarme imalatının bir yılda ülkemiz ekonomisine sağlayacağı tasarruf aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

Betonarme betonundan tasarruf	240 Milyon \$
Betonarme demirinden tasarruf	224 Milyon \$
Kalıptan tasarruf	344 Milyon \$
Öngörme kablo maliyeti düşülürse	-30 Milyon \$
Toplam tasarruf	778 Milyon \$



Şekil 2.4. Donatı çeliğinde sağlanacak ekonomi

2.1.3 Prefabrikasyon teknolojisinin olumsuzlukları

Prefabrikasyon teknolojisinin tüm bu anlatılan üstünlüklerine rağmen bazı olumsuz özellikleri bulunmaktadır. Bu olumsuz özellikler aşağıda özetlenmiştir.

1- Prefabrike elemanlar arasındaki birleşim bölgeleri mühendisler için en büyük problemdir. Bu birleşim bölgelerini tasarlamak, gerekli dayanımı sağlamak ve yapım esnasında kolay oluşturulmaları için, büyük bir hüner ve beceri gerektirir. Acemice tasarlanmış birleşim bölgesi detayları yapının heybetli görünüşünü zayıflatabilir. Ayrıca kağıt üzerinde oldukça tatmin edici gözükebilen birleşim detayları uygulama esnasında yerine getirilmesi oldukça zor olabilir ve bunun sonucunda maliye artışı ile karşılaşılabilir (Şekil 2.5.).



Şekil 2.5. Prefabrike ıslak birleşimli taşıyıcı sistem montajı

Hesaplar, inşa halindeyken yapı elemanlarının stabilitesini sağlamak için gerekli olabilen geçici desteklere ihtiyaç duyulmayacak şekilde yapılmalıdır. Ayrıca en ufak bir hareket birleşimin etkinliğini azaltabileceği için bu hususa da dikkat edilmelidir. Sürekliliği sağlamak ve stabilite gereksinimlerine uymak için prefabrike yapılarda yerinde dökme beton uygulamaları sık sık gerekli olmaktadır.

2- Yapımdaki hız faktörü prefabrike yapım sistemlerinde avantaja dönüştürülmek isteniyorsa planlamanın mükemmel bir şekilde yapılması gereklidir. Prefabrike elemanlarda son dakika değişikliklerine yer verilemez. Yerinde dökme betonarme sistemler yapım esnasında meydana gelen yanlışlıkların düzeltilmesi bakımından prefabrike yapılara göre biraz daha şanslıdır. Bu yüzden prefabrike sistemlerde; tasarımda yüksek standart, kontrol ve iyi detaylandırma çok önemli hale gelmektedir.

3- Prefabrike elemanlara nakliye, kaldırma gibi durumlar için bazı ilaveler yapılması gerekmektedir. Bu durum prefabrike elemanların sadece yapıdaki elemanlardan biri olarak tasarlanmasının haricinde, nakliye, kaldırma, gibi zor durumlara da uygun ilaveler yapılması zorunluluğunu da beraberinde getirmektedir.

4- Eğer prefabrike yapılarda çok sayıda veya büyük boyutlara sahip elemanların kullanılması gerekiyorsa depolama alanı bulmak, nakliye ve yapı maliyetlerinin artması gibi problemlerle karşılaşılabilir.

5- Prefabrike yapılar düzenli özelliklere sahip olmayan yapılar için fazla uygun değildirler. Burada anlatılmak istenen şey şudur: En iyi ekonomiyi sağlamak için prefabrike elemanlarda çok sayıda tekrarlanma olmalıdır. Düzensiz yapılarda farklı türde elemanlar kullanılabileceğinden, böyle bir durum prefabrike yapı maliyetlerinin artmasına sebep olacaktır.

6- Prefabrike yapılarda balkon, cepler veya çıkıntılar gibi özel detayları meydana getirmek maliyetleri arttıracaktır.

7- Prefabrike elemanların ağırlıklarında ve boyutlarında birtakım sınırlamalar olması gerekmektedir. Çünkü bu tür elemanları yapı yerine ulaştırmak ve yapım yerinde kaldırmak oldukça zor olabilmektedir. Bu tür elemanlar bir vincin menziline ve kaldırma kapasitesini etkileyebilirler. Böyle bir durumda uygun olmayan vinçlerin kaldırılıp yerine uygun vinçlerin oluşturulması oldukça pahalı bir operasyon olabilir.

8- Yapının farklı kısımlarında değişik zamanlarda üretilmiş beton elemanlar arasında oluşacak rötrelerin uygun donatı detayları ile ortadan kaldırılmaları gerekmektedir.

9- Mimari görünümleri çözülmemiş projelerde monoton bir görünüm elde edilebilir.

10- Prefabrikasyon yerel olarak iş gücünü azaltabilir ve yerel malzemelerin kullanımı büyük ölçüde kısıtlanır.

11- Yangın açısından çelik yapılara göre daha avantajlı olsalar bile, az katlı yapılarda maliyetleri çelik yapılara göre daha fazladır.

2.2 Türkiye’de ve Dünya’da Prefabrikasyonun Gelişimi

Prefabrikasyonda bugünkü anlamıyla ilk gelişmeler 19. yüzyılda başlamıştır. 1836 yılında İngiltere’de George Godwin tarafından ilk teknik makale yayınlanmıştır.

Bu çalışma ile Godwin RIBA (Royal Institute of British Architects) tarafından madalya ile ödüllendirilmiştir. Bu makale prefabrikasyon yöntemlerinin kullanımına cesaret veren ilk teknik yayın olması nedeniyle oldukça önemlidir.

Daha sonra takip eden yıllarda Frederick Ranson 1844 yılında prefabrike beton yapı elemanları konusunda ilk patenti almıştır. Bunu takiben François Coignet (1855), W. Henry Lascelles (1875) ve daha birçok teknisyenin özellikle konut yapı sistemleri konusunda çeşitli patentler aldıkları görülmektedir. Kuşkusuz bu patentlerin içerisinde en önemlisi Edison'a aittir. Edison, Amerika'da sahibi olduğu çimento şirketi adına endüstriyel bir yapı sistemi geliştirmiş, sonra bunun patentini almış (1908) ve aynı yıllarda başarılı uygulamalarda bulunmuştur. Prefabrikasyonun bu tür patentlerle başlayan gelişimi özellikle İkinci Dünya Savaşı sonrasında artan konut ihtiyacı neticesinde daha yaygın ve endüstriyel üretimlerle devam etmiştir. Daha sonra 60 ve 70'li yıllarda ise gelişmiş ülkelerde prefabrikasyon konusunda yeterli düzeyde tecrübe birikimine ulaşılmıştır.

İkinci Dünya Savaşı sonrası daha çok konut ihtiyacını hızlı bir şekilde kapatmak için yapılan prefabrike sistemler, uygulandıkları bölgeler itibari ile deprem bölgesi üzerinde bulunmamalarından dolayı, depreme karşı dayanıklı olup olmadıkları fazla önemsenmemiş ve incelenmemiştir. Prefabrike yapılar üzerinde yapılan araştırmalar daha çok birleşim bölgelerinin detayları ve üretim teknolojilerinin geliştirilmesi konularıyla sınırlı kalmıştır.

Türkiye'de ise prefabrikasyonla ilgili uygulamalara 1960'lı yıllarda başlanmıştır. Bu durumun sebebi konuyla ilgili yanlış tespitlerde bulunulması ve ilk denemelerde beklenen başarının elde edilememesidir. 1970'li yıllarda yaşanan kriz sonrasında inşaat firmaları farklı çözüm arayışlarına girmişler ve bunun sonucunda oluşan prefabrikasyon mantığı, 1980'li yıllara gelindiğinde sistematik ürünlerin yapılması sonucunda prefabrikasyonun gelişim süreci iyice hızlanmıştır. Prefabrike yapıların birleşim bölgelerinden dolayı deprem etkilerine karşı, yerinde dökme betonarme binalara göre daha zayıf olması, hemen hemen tamamı deprem bölgesinde bulunan ülkemiz için, prefabrike yapılarla ilgili bir yönetmelik ihtiyacı doğurmuştur (Şekil 2.6.).



Şekil 2.6. Depremde hasar görmüş prefabrike binalar

Nitekim 1992 yılının Mart ayında Türk Standartları Enstitüsü'nün inşaat hazırlık grubunca kurulan ilgili teknik komite tarafında hazırlanan ve son şekli verilen TS 9967 Standardı hazırlanmıştır. Ayrıca 1998 ve 2007 yılında yürürlüğe girmiş yeni deprem yönetmeliğinde de prefabrike yapılarla ilgili birtakım kıstaslarda bulunulmuştur.

Ülkemizde prefabrike olarak yapılan sanayi yapıları çok rağbet görmektedir. 1996 yılında ülkemizde yapılan tüm sanayi yapılarının %85'inin prefabrike olması bunun bir göstergesidir (Şekil 2.7.). Ancak özellikle 1992 Erzincan, 1998 Adana ve 1999 Marmara depremlerinde özellikle prefabrike sanayi yapıları hasara uğramışlardır (Bkz. Şekil 2.6.). Özellikle hasarlar birleşim bölgelerinde meydana geldiğinden, ülkemizde bu tür birleşimlerle ilgili daha fazla araştırmaların yapılması gerekmektedir.



Şekil 2.7. Prefabrike sanayi yapıları

Depreme dayanıklı prefabrike yapılar konusunda günümüzde gerçekleştirilen en kapsamlı program, ABD ve Japonya'nın ortak olarak yürüttükleri PRESSS (Precast Seismic Structural Systems) programıdır. Bu program ABD ve Japonya'nın ortaklaşa yürüttükleri ve klasik yerinde dökme betonarme binaların deprem davranışı konusunda, daha önce yapılan ve ilk üç kademesi başarı ile tamamlanan hem deneysel hem de

teorik çalışmaları içeren çalışmaların dördüncü ve son kademesini oluşturmaktadır. Bu programın nihai amacı, değişik deprem bölgelerinde yer alan prefabrike, öngerilmeli beton ve betonarme yapılara ait yönetmeliklerde yer alması gereken hususlarda yol gösterici bilgileri geliştirmektir.

Program dahilinde yapılan araştırmalar neticesinde eğer tasarım depremi altında bütün birleşim bölgeleri elastik olarak davranıyor ve birleşim bölgelerinin deformasyonları toplam yapısal deformasyonlara %10'dan daha az katkıda bulunuyorsa bu tür prefabrike çerçeveler kuvvetli birleşimli sistemler olarak tanımlanır. Eğer birleşim bölgelerinin deformasyonları plastik bölgede kalıyor ve diğer prefabrike elemanların deformasyonları elastik bölgede kalıyorsa bu tür sistemler düktil birleşimli sistemler olarak tanımlanır. Bu davranış şekli için en çok kullanılan ve en uygun sistem birleşimlerde yerinde dökme beton kullanmaktır (Priestly and Lew,1994) [4].

PRESSS Programı yukarıda belirtilen ıslak düktil birleşimlerden ziyade, kuru düktil birleşimler üzerinde yoğunlaşmıştır. Değişik birleşimlere sahip modeller üzerinde yapılan deneyler sonucu, tasarım ötelenmelerinde meydana gelen hasarın benzeri monolitik olarak oluşturulmuş betonarme yapılara göre daha az olduğu gözlenmiştir. Depreme dayanıklı prefabrike yapılar konusunda ilgili dünyada değişik ülkelerde birçok deneysel ve analitik çalışma yapılmış olmasına rağmen, bu çalışmalar sistemli bir şekilde yapılmadıkları için düzgün bir genelleştirme yapılamamış ve bu ürünlerin sonuçları deprem yönetmeliklerine tam olarak yansıtılamamıştır. Bunun sonucunda Amerika ve Japonya tarafından yapılan ortaklaşa çalışmaların sonucunda prefabrike yapılarla ilgili en detaylı ve koordineli program olan PRESSS meydana gelmiştir. Bu programın asıl amacı prefabrike yapı tasarımı konusunu mevcut şartnamelere en uygun şekilde dahil etmektir.

Tarihte, öngerilme verilmesi fikri araba tekerleğine çember geçirme şeklinde antik çağlarda uygulanmıştır. Daha sonra ahşap plakaların etrafına sarılan çelik tellerle, yük taşıyan variller yapılmıştır. Öngerme fikri betona ilk defa 1886'da San Francisco, California'da Jackson, P.H. isimli bir mühendis tarafından patent alınarak uygulandı. Bu sırada, 1888 yılında Almanya'da Doebling, C.E.W. isimli bir mühendis, yine patent

olarak yüklemenden evvel döşeme betonunun içine önceden gerdirilmiş metal çubukları yerleştiriyordu. Metalin çekme dayanımı küçük olduğundan uygulanan ε_s birim şekil değiştirme o kadar ufaktı ki,

$$\varepsilon_s = \sigma_s / E_s = 120 \text{ Mpa} / 200\,000 \text{ Mpa} = 0.0006 \quad [2.1]$$

betonun rötre ve sünmesi aynı miktarda olduğu için, zamanla metalin çekme gerilmeleri sıfıra inebiliyor ve betona yapılan ön basınç gerilmeleri de sıfırlanıyordu. Nitekim, betonun rötre ve sünme kayıplarından sonra, metalin yeniden gerdirilmesi önerisi ilk defa 1908 yılında ABD’de Steiner, C.R. tarafından ortaya atıldı. Bu öneri doğrultusunda, 1925 yılında Nebraska, ABD’li bir mühendis olan Dill, R.E. oldukça yüksek mukavemetli germe çeliği kullandı ve betonun rötre ve sünme kayıplarından sonra yeniden germe uyguladı. Ancak, iki kere germe uygulayabilmek için tellerin üzerine, betona yapışmasını önleyecek özel kaplama malzemesi sürülmesi gerekiyordu.

Öngerilmeli betonun çağdaş gelişmesi ilk olarak 1928 yılında Fransız inşaat mühendisi Eugene Freyssinet tarafından başlatılmıştır. Çelik çubuklardaki ε_s birim şekil değiştirme,

$$\varepsilon_s = \sigma_s / E_s = 1000 \text{ Mpa} / 200\,000 \text{ Mpa} = 0.005 \quad [2.2]$$

yaklaşık 8 ile 10 katına çıkınca, 0.0008 mertebesinde olan betonun rötre ve sünme kayıplarının rolü çok azaldı. Almanya’da Hoyer, E. İsimli mühendis yüzlerce metre uzunluğundaki telleri bir yatak üzerinde gerdirerek ve belli mesafelerde aralara tahta kalıplar koyduktan sonra beton dökerek, parça parça ön çekmeli kirişler elde etmeyi denedi. Bu sürekli (100 ile 150 m boyunda) ön çekmeli sistem, bugün bile boşluklu ön çekmeli döşeme elemanı imalinde aynen kullanılmaktadır. Almanya’da 1965-1975 yılları arasında inşa edilen köprülerin özellikle 90 ile 200 m açıklıklı olanlarının, %47’si öngerilmelidir. Rusya’da 1980’li yıllarda ısıtma yöntemi kullanan ilkel germe teknikleri ile de olsa, çoğunluğu ön çekmeli boşluklu döşeme elemanı olmak üzere, yılda 25 milyon m³ öngerilmeli beton imal ediliyordu. ABD’deki öngerilmeli uygulamalar, Avrupa’daki oranların çok üstüne çıkmıştır. Sadece 1974 yılında 4milyon

m³ ard çekmeli beton dökülmüş ve bu betonlarda toplam 39700 ton germe çeliği kullanılmıştır. ABD'deki ard çekmeli uygulamaların yaklaşık %59'u binalarda, %25'i köprülerde, %8'i toprak işlerinde ve %7'si ise nükleer santrallerdedir (Tezcan ve Köylüoğlu, 1997) [11].

Ülkemizde ilk öngerilmeli beton uygulaması, 1954 yılında Alman Wayss und Freitag firması tarafından, Tunçbilek Termik Santralı'nın ambar binasının 15 m açıklığındaki çatı kirişlerinde uygulanmıştır. Özellikle ard çekmeli uygulamalar, 1970'li yılların başında Freyssinet öngerilmeli beton sistemi ve teçhizatının Etiman, R. öncülüğünde lisanslı olarak ülkemizde kullanılmaya başlaması ile artmıştır. Daha sonra piyasaya giren BBRV, VSL ve Dywidag telli sistemleri ile, özellikle otoyol, köprü ve viyadük inşaatlarında, 20 ile 45 m açıklıklı, hem ön çekmeli, hem de ard çekmeli kirişler kullanılmıştır (Şekil 2.8.). Endüstri yapılarında ve ön çekmeli prefabrik elemanlarda oldukça sık kullanıldığı halde, maalesef ard çekmeli uygulamalar binalarda henüz tercih edilmemektedir.



Şekil 2.8. Öngerilme ve ard gerilmeli beton uygulamaları

3. PREFABRİKE ELEMANLAR

Prefabrike elemanlar, fabrika veya atölye gibi yerlerde önceden hazırlanmış kalıplar yardımıyla koordineli ve seri bir çalışma sonucu projesine uygun olarak üretilen hazır betonarme öngerilmeli beton elemanlardır. Prefabrike elemanlar aşağıdaki gibi sınıflandırılırlar;

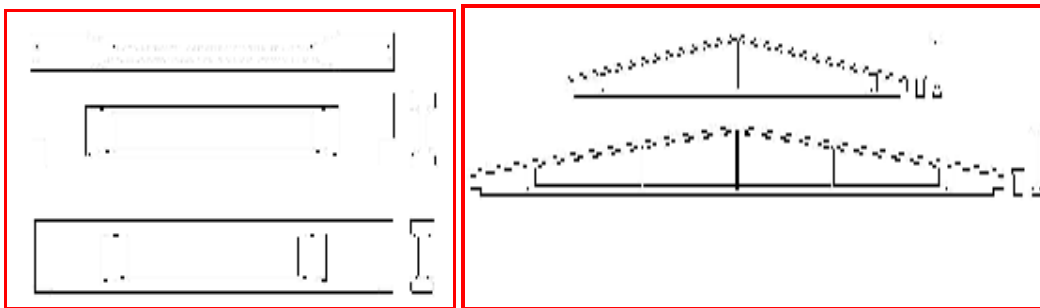
- 1) Çubuk elemanlar; kiriş, kolon, çerçeve, kemer vb. elemanlar,
- 2) Düzlemsel elemanlar; döşeme ve pano elemanları,
- 3) Kabuk elemanlar.

Prefabrike elemanlar iç kuvvetleri birleşim bölgelerinde aktarabilecek kapasiteye sahip olacak şekilde tasarlanmalıdırlar.

3.1 Çubuk Elemanlar

3.1.1 Kiriş elemanlar

Kiriş elemanlar basit, mütemadi veya çerçeve kirişini teşkil etmek için kullanılan prefabrike elemanlardır. Birleşimleri bağlantı şekillerine göre mafsallı (moment aktarmayan) ve rijit (moment aktaran) şekilde olabilir. Prefabrike kirişler, en kesitleri ve yükseklikleri sabit veya değişken olarak yapılabilirler (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Enkesit ve yükseklikleri sabit veya değişken prefabrike kirişler

3.1.2 Kolon elemanlar

Kolon elemanlar prefabrike sistemlerde, döşeme ve kirişlerden gelen düşey veya yatay yükleri temele aktaran elemanlardır. Kolon elemanlar bir, iki veya üç kat yüksekliğinde olabilirler. Kolon-kolon veya kolon-kiriş birleşimleri mafsallı veya rijit olarak oluşturulabilirler. Kolonlar genellikle dikdörtgen en kesitli olmak üzere değişik en kesitlerde de olabilecekleri gibi, kirişlerin oturmaları için, inceltilmiş uçlu konsollar veya kısa konsollar şeklinde yapılabilirler. Mafsallı kolon-kolon birleşim yerlerini kat yüksekliklerinin yarı hizalarında birleştirmek sistemi kat hizalarında birleştirmekten daha iyidir. Çünkü yatay ve düşey yüklere göre yapılan analizlerde kolonların ortalarında oluşan momentler sıfıra yakındır (Şekil 3.2.).



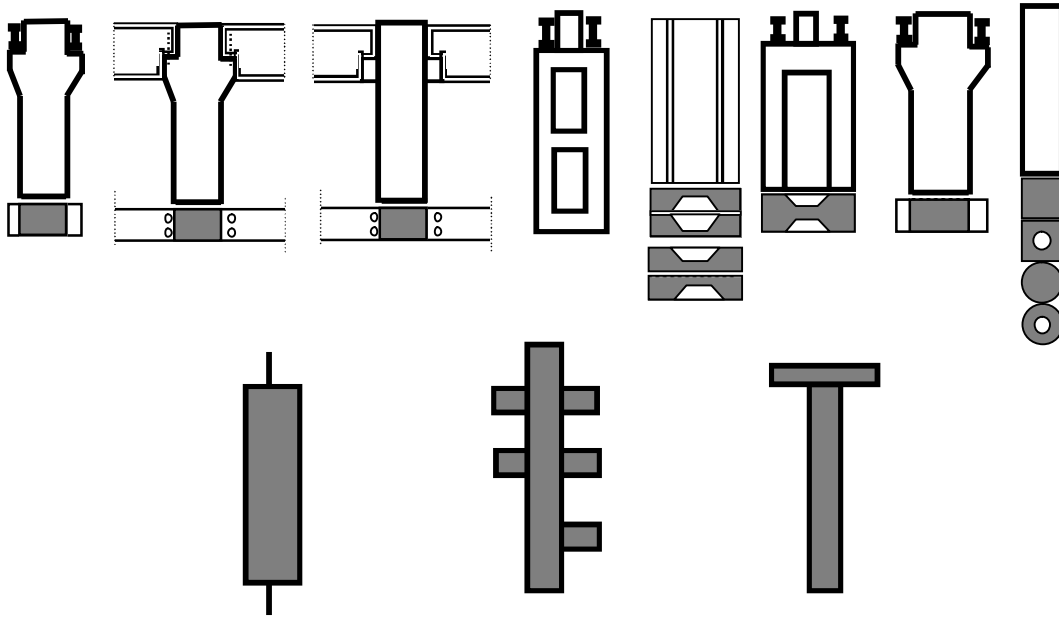
Şekil 3.2. Prefabrike kolon

TS 9967’de prefabrike kolonlar için en az kolon boyutları aşağıda verilmiştir;

- Dikdörtgen ve benzeri kesitlerde, 20 cm.
- Profil kesitlerde; başlık ve gövde kalınlığı, 7 cm, başlık genişliği, 20 cm.

Ayrıca kullanılması gereken minimum boyuna donatı çapı, BÇI için 14mm ve BÇ III için 12 mm olmalıdır.

Prefabrike yapılarda kolonların üretimi ve boyutlandırılması TS 500, TS 3233 ve Deprem Yönetmeliğine göre yapılır. Prefabrike yapılarda yaygın olarak kullanılan kolon kesitleri aşağıdaki şekilde verilmektedir (Şekil 3.3.).

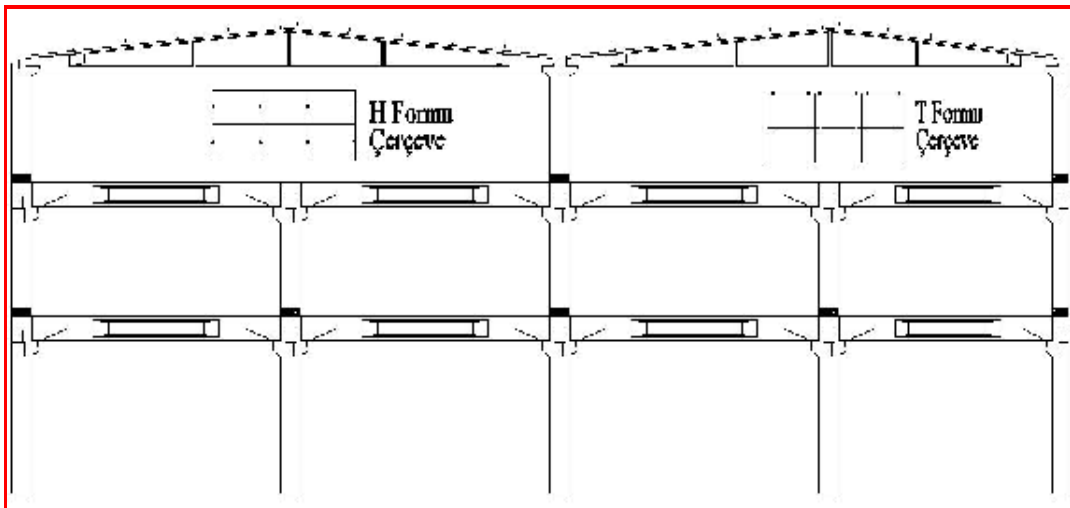


- Mafsallı kolonlar - Çıkmalı kolonlar - Tamamen konsol kolonlar

Şekil 3.3. Prefabrike yapılarda yaygın olarak kullanılan kolon kesitleri ve işlevlerine göre kolon şekilleri

3.1.3 Çerçeve elemanlar

Çerçeve elemanlar, genel olarak T, H ve Λ şeklinde oluşturulabilirler. Birbirleri ve kirişlerle ekleri mafsallı veya rijit olabilir (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. H ve T formulu çerçeveler

3.2 Düzlemsel Elemanlar

3.2.1 Döşeme panoları

Döşeme panoları genel olarak bir hacmin plan kısmında olan ve bazen de en çok üç tanesi bir hacmin plan alanını kaplayan döşeme elemanlarıdır. Prefabrike sistemlerde döşemeler genel olarak (TS9967, 1992) [6];

a) Bir hacmi tümüyle kaplayan döşeme panolarının kenarlarından kiriş veya duvar gibi taşıyıcı elemanlara oturtulmasıyla,

b) Bir doğrultuda çalışan Π , TT, T ya da kaset veya benzeri bir biçimdeki nervürlü döşeme panolarının yan yana oturtulması ve birleştirilmesi ile,

c) Bir doğrultuda çalışan sabit kalınlıklı dolu veya boşluklu döşeme panolarının yan yana oturtulması ve birleştirilmesiyle (Şekil 3.5.),



Şekil 3.5. Döşemelerin kirişlere montajı

d) Genişliği en fazla 150 cm olan prefabrike ince döşeme panolarının üzerine yerinde dökme beton dökülmesiyle,

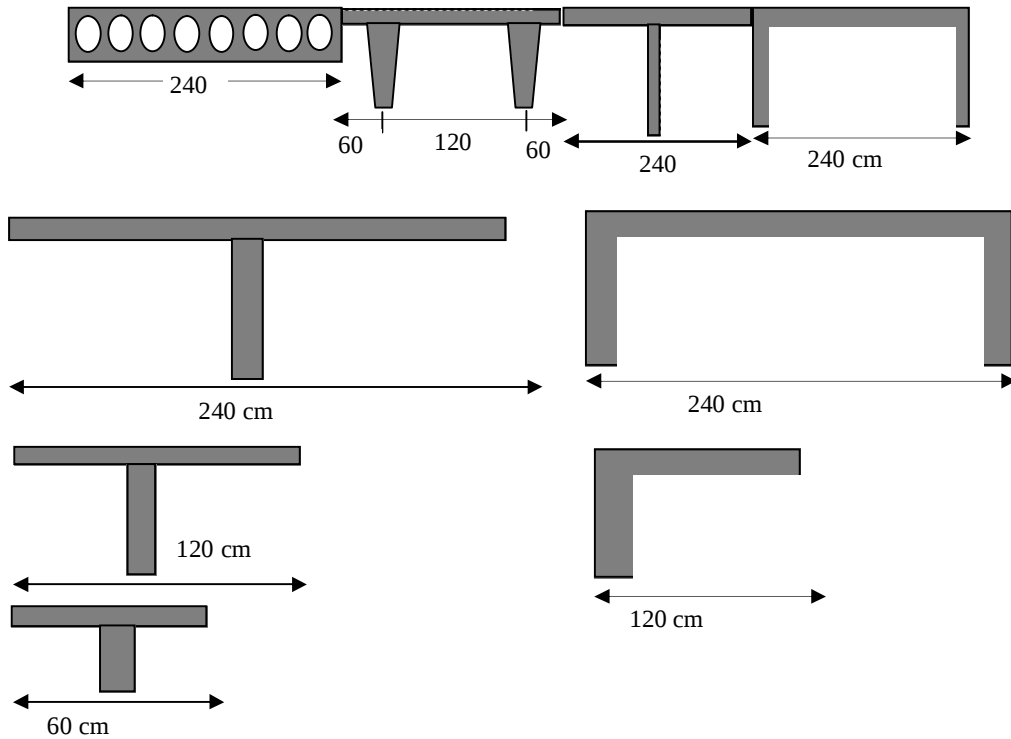
e) Π , TT, T veya boşluklu döşeme elemanları üzerine yerinde dökme beton dökülmesi ile oluşturulabilirler.

3.2.1.1 Tekil panoların yan yana oturtulması ile oluşturulan döşemeler

Eğer bu tür döşeme elemanlarının üzerine yerinde dökme beton atılmayacaksa;

- Dinamik etkili düşey yük bulunmamalı,
- Tekerlek yükü 7.5 kN/m^2 'yi geçmemeli,
- Varsa, çizgisel veya tekil yüke karşı önlem alınmalıdır (TS9967, 1992) [6].

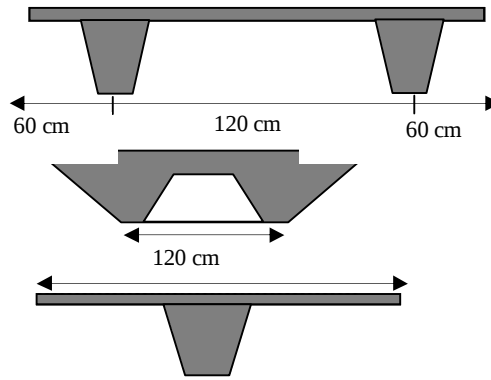
Deprem etkilerinin, döşeme panoları tarafından mesnetlere diyafram gibi taşındıkları hesapla gösterilirse, beton tabakaya gerek yoktur. Panolardan bir tanesi üzerindeki tekil veya çizgisel yükün komşu panolara dağılımı daha kesin bir hesap yapılmadıkça panolar arası bağlantı mafsallı olarak alınıp, panoların kırılma rijitliği göz önüne alınarak hesaplanır (Şekil 3.6.).



Şekil 3.6. Döşeme panosu şekilleri

3.2.1.2 Nervürlü döşemeler

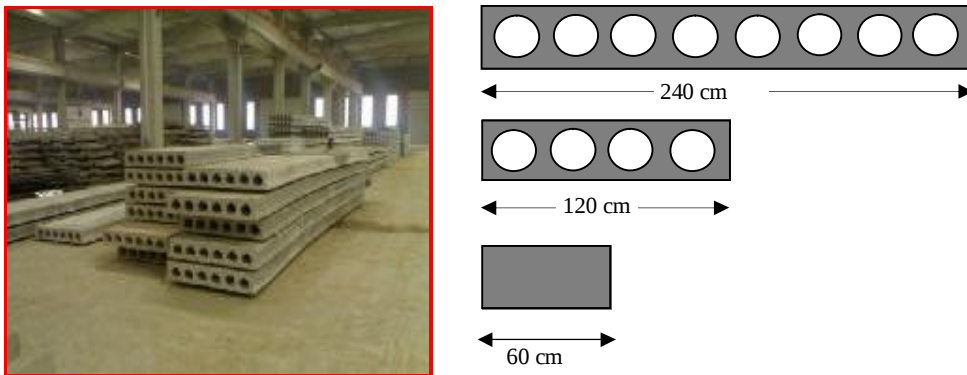
Bu tür panoların plak kalınlığı en az 4 cm olmalıdır. Ancak üzerlerine yalnız temizlik amacı ile çıkılan kasetli döşemelerin teçhizatsız plaklarının kalınlığı, nervür aralığı bir doğrultuda en fazla 65 cm, diğer doğrultuda en fazla 100 cm ise, 3 cm olarak yapılabilir (Şekil 3.7.).



Şekil 3.7. Nervürlü döşeme sistemi (TS9967, 1992) [6]

3.2.1.3 Dolu ve boşluklu döşemeler

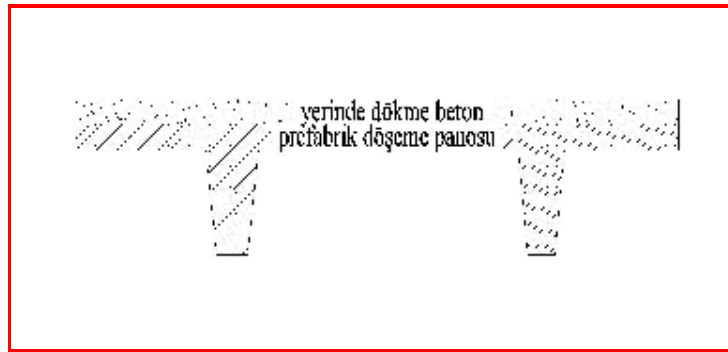
Şekil 3.8.'de en kesiti gösterilmiş veya benzer biçimde olan betonarme öngerilmeli beton veya betonarme panolarla oluşturulurlar. Boşluklu olarak oluşturulan döşeme sistemlerinde kullanım durumundayken aşırı yüklerden dolayı kesme kuvvetlerinin artması durumunda boşluklar üzerindeki beton parçası kırılarak boşluklar betonla doldurulabilir.



Şekil 3.8. Boşluklu döşeme pano enkesiti

3.2.1.4 Kompozit döşemeler

Kesitin bir bölümü prefabrike betonarme veya öngerilmeli beton olarak, geri kalan bölümü yerinde dökme beton ile oluşturulan kompozit elemanlarda, ara yüzeyde kayma oluşmamasına dikkat edilmelidir (Şekil 3.9.).



Şekil 3.9. Kompozit döşeme

3.2.2 Duvar panoları

Duvar panoları genel olarak bir hacmin yan yüzünü yekpare olarak örten dolu kesitli düzlemsel elemanlardır. Duvar panolarının asıl görevi yapının her iki doğrultuda da rijitleştirilmesini sağlamaktır. Deprem ve rüzgar etkilerinin olmadığı durumlarda ise düşey yüklere karşı dayanım sağlarlar. Duvar panoları işlevlerine göre 3'e ayrılırlar;

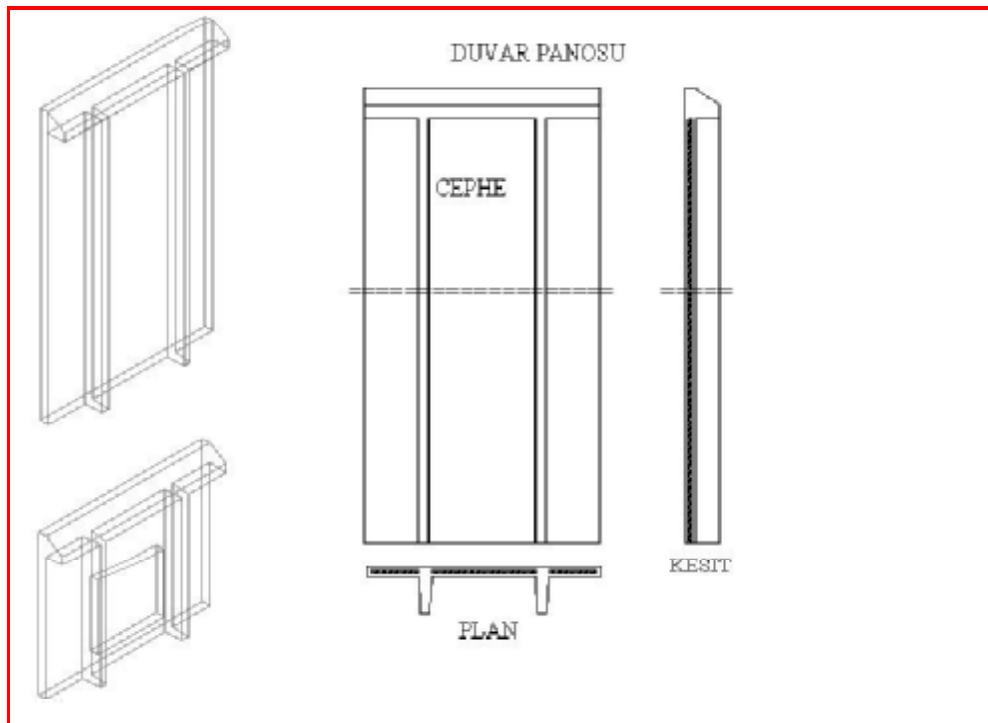
a) Taşıyıcı duvarlar: Döşeme ve döşeme üzerinde bulunan düşey yükleri taşıyan duvarlar ile kolon sayılmayacak kadar geniş düşey kiriş elemanları taşıyıcı duvarlar grubunu oluştururlar.

b) Rijitlik duvarları: Taşıyıcı duvarların burkulmasını önlemek için konulan duvarlar rijitlik duvarlarıdır.

c) Taşıyıcı olmayan duvarlar: Sadece kendi ağırlığını taşıyan ve üzerlerine etkiyen yatay yükleri duvar ve döşeme gibi elemanlara aktarabilen duvarlardır.

Taşıyıcı duvarlar ve rijitlik duvarları kat yüksekliğinden daha az yükseklikte panolar ile yapılamazlar. Ayrıca bu panoların düşey ek yerleri panolara dik bir taşıyıcı duvar veya rijitlik duvarı ile ara kesit çizgisine gelecek şekilde olmalıdır. Prefabrike duvar panolarında taşıyıcı kısmın minimum kalınlığı, dolu kesitli panolarda; tek katlı, yükü hafif binalarda 12 cm ve çok katlı ve yükü ağır binalarda ise 15 cm veya panoların alt ve üst kenarlarındaki yatay mesnetler arasındaki uzaklığın %4'ü kadar olmalıdır. Profilli veya boşluklu panolarda; en dar kesiti 50 mm veya en kısa pano nervür veya kiriş aralığının %10'u kadar olmalıdır (TS9967, 1992) [6].

Profilli panolarda ayrıca, taşıyıcı bölümün atalet momenti, en az kalınlıktaki dolu pano atalet momentinden daha küçük olmamalıdır. Ayrıca panolarda olması gereken donatı yüzdesi; bina yüksekliğinin ilk 1/3'ünde BÇ I ve BÇ III için % 0.002, BÇ IV için % 0.0015; diğer katlarda ise BÇ I ve BÇ III için % 0.0015, BÇ IV için % 0.0013 olmalıdır. Düşeyde Ø10 ve yatayda Ø6' dan daha küçük çapta donatı kullanılamaz (Şekil 3.10.).



Şekil 3.10. Prefabrike duvar panosu

3.2.3 Bağ elemanları, hatıları ve ubukları

Prefabrike sistemlerin monolitik yapıya yakın bir davranış sağlamaları için yatayda veya düşeyde oluşturulan elemanlara, bağ hatıları ve bağ çubukları denir. Az katlı prefabrike sistemlerde bu elemanların sayısı azaltılabilir veya kaldırılabilir.

Bağ hatıları yatay veya düşey olarak oluşturulabilirler. Yatay bağ hatıları;

- 1- Birden fazla panodan oluşan kat döşemesinin çevresinde,
- 2- Yatay yük taşıyan perdelerin çevresinde,
- 3- Panolu sistemlerde, taşıyıcı duvar ve rijitlik duvarları, ereve sistemlerde taşıyıcı ve rijitlik sağlayan kirişler üzerinde düzenlenirler.

Taşıyıcı ve rijitlik panolarının üzerindeki bağ hatılarının genişliği 60 mm'den ve alanı 100 cm²'den daha az olmamalıdır. Bağ hatılı donatısı uç taşıyıcılara aderans boyu kadar saplanmalı ve teçhizatlar arasında kesinti olmamalıdır. Bağ elemanları en az birisi altta ötekisi üstte olmak üzere 2Ø10'luk donatılardan oluşmalıdır.

Boşluklu döşemelerin serbest kenarlarında, bağ hatılı teçhizatı, döşeme elemanının en dış boşluğuna sokulabilir. Taşıyıcı duvarlar üzerindeki bağ hatılı teçhizatları duvar panolarının yatay yüklere karşı birleşimlerinde gereken yatay teçhizat olarak da kullanılabilir.

Döşeme elemanlarını mesnetlere bağlamak için, çekme kuvvetlerini doğrudan ve kesme kuvvetlerini kesme sürtünmesi ile mesnete aktaran yani panel elemanların bağ hatıları yardımıyla sisteme bağlanmasını sağlayan donatılardır. Bağ ubuğu teçhizatı hesabında çeliğin kopma mukavemeti kullanılır. Kenetlenme boyu mesnet dışından llmelidir. Sünekliği arttırmak için sıcak haddelenmiş elik kullanılmalıdır.

şekil 3.11.'de bağ elemanlardan oluşmuş bir sistem ve bu sistemde bağ hatıları içinde bulunan bağ çubuklarının taşıması gereken minimum T ekme ve kesme

kuvvetleri gösterilmiştir. Bu T kuvveti için gerekli teçhizat alanı aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanır (TS9967, 1992) [6].

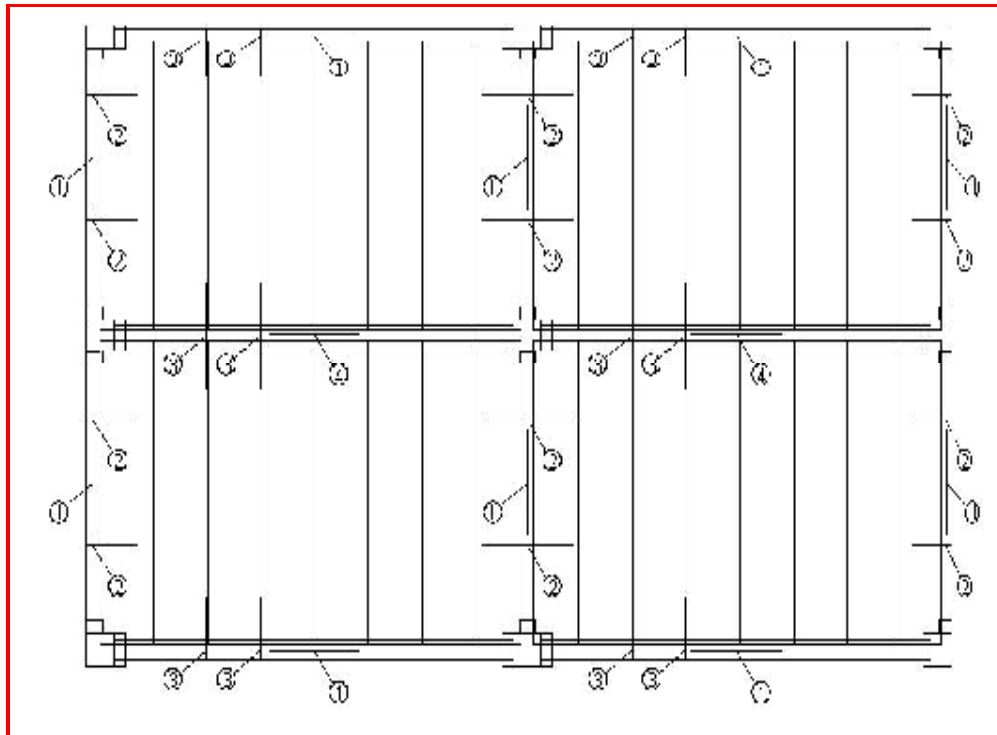
$$A_s = T / 0.7f_{yk} \quad [3.1]$$

1 Bağ hatılı $T \geq (L_1/2) \times 22 \text{ kN} > 70 \text{ kN}$

2 Enine bağ çubuğu $T \geq 22 \text{ kN}$

3 Boyuna bağ çubuğu $T \geq 22 \text{ kN}$

4 Bağ hatılı ara kirişi $T \geq [(L_1 + L_2)/2] \times 22 \text{ kN} > 70 \text{ kN}$



Şekil 3.11. Bağ hatılı ve çubuklarının durumu (L_1 ve L_2 kolonlar arası mesafe)

3.3 Kabuk Elemanlar

Bu tür elemanların kalınlıkları diğer boyutlarına göre oldukça incedir ve eğrisel yüzeylidirler. Kabuk elemanlar üzerlerine etkiyen yükleri yüzeylerine paralel olarak yönlendirerek taşıma görevinde bulunurlar.

Kabuk elemanların kalınlıkları çok az olduğundan hafiftirler ve malzeme tasarrufu sağlarlar. Ayrıca yapılarından dolayı geniş açıklıkların geçilmesine olanak sağlarlar. Çok değişik biçimlerde oluşturulabilen kabuk elemanlar estetik etkilere sahiptirler (Şekil 3.12.).



Şekil 3.12. Kabuk elemanlar

Bu tür elemanların hesapları oldukça karışıktır. Ayrıca biçimlerinden dolayı kalıpları çubuk ve düzlemsel elemanların kalıplarına göre pahalıdır. Kabuk elemanlarda kenar detaylarının uygulanması zor olabilmektedir. Kabuk elemanlara sahip yapıların bir ülkede gelişmesi, o ülkenin ekonomik durumu ve teknik olanakları ile yakından ilişkilidir (Ayaydın, 1989) [3].

4. PREFABRİKE TAŞIYICI SİSTEMLER

Prefabrike taşıyıcı sistemler genel olarak çerçeveli ve panolu sistemler olmak üzere iki gruba ayrılır. Eğer daha ayrıntılı bir sınıflandırma yapılacaksa prefabrike taşıyıcı sistemler dört ana grup altında toplanırlar.

- 1) Panolu (panel) sistemler,
- 2) İskelet sistemler,
- 3) Hücre sistemler,
- 4) Karışık sistemler.

4.1 Panolu Sistemler

Bu tür sistemler daha çok konut türü yapılarda kullanılırlar. Sistemin ana elemanları taşıyıcı duvar panelleridir. Paneller yükleri yüzeyleri boyunca taşırlar. Taşıyıcı duvar panoları merdiven vb. durumlar hariç kat yüksekliğinde yapılmalıdır.

Panolu sistemler çok katlı prefabrike binaların yapımında daha çok tercih edilirler. Bunun sebebi taşıyıcı sistemin oluşturulması ile birlikte iç bölmelerin ve dış cephe duvarlarının da beraberinde oluşmasıdır. Ayrıca bu tür sistemlerin hızlı bir şekilde oluşturulmaları da tercih sebebidir.

Prefabrike panolu sistemler döşemelerden gelen düşey yükleri yüzeyleri boyunca önce birbirlerine daha sonra temele aktarırlar. Yatay yükler ise panoların birleşim bölgelerinde kesme dayanımı ile karşılanır. Deprem kuvvetleri genel olarak taşıyıcı panoların birleşim bölgelerinde kesme kuvvetleri oluştururlar. Bu yüzden taşıyıcı panoların birleşim bölgeleri oluşacak kesme kuvvetlerine karşı dayanıklı olarak tasarlanmalıdır. Birleşim bölgelerinde teçhizat bulunması ve pano ara yüzeylerinin kenetli olarak yapılması alınacak önlemlerin başında gelmektedir (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Büyük boy panellerle oluşturulmuş yapı sistemi

Paneller prefabrike yapılarda üç şekilde düzenlenebilirler,

1) Taşıyıcı duvar panellerinin yapının uzun kenarı boyunca düzenlenmesi; döşemelerden gelen düşey yükler binanın uzun eksenı boyunca düzenlenen panolar yardımıyla karşılanırlar. Deprem yükleri ise her iki doğrultuda uzanan duvar panoları tarafından karşılanırlar.

2) Taşıyıcı duvar panellerinin yapının kısa kenarı boyunca düzenlenmesi; döşemelerden gelen düşey yükler binanın kısa eksenı boyunca düzenlenen panolar yardımıyla karşılanırlar. Deprem yükleri ise her iki doğrultuda uzanan duvar panoları tarafından karşılanırlar.

3) Taşıyıcı duvar panellerinin yapının her iki boyutu boyunca düzenlenmesi; döşemelerden gelen düşey yükler yapının her iki yönünde de düzenlenen taşıyıcı duvar panoları tarafından karşılanırlar. Yatay yükler de, düşey yükler gibi bu panolar tarafından karşılanırlar.

Yapısal özelliklerine göre paneller tek parçalı (monolitik) yapılabildiği gibi çok parçalı (kompozit) olarak da yapılabilmektedir. Sandviç paneller, kompozit paneller örnek olarak verilebilir.

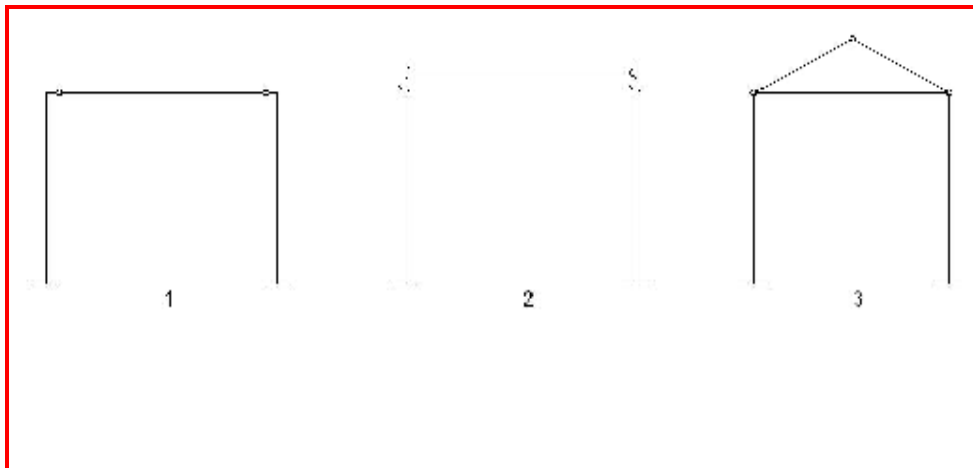
Panolu sistemler ağırlıklarına göre ağır panolu sistemler ve hafif panolu sistemler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Ağır panoların kullanıldığı sistemler; pano yüzeyinin 15 - 30 m² arasında, pano ağırlığının ise 3 - 7 ton arasında olduğu sistemlerdir. Hafif panoların kullanıldığı sistemler ise pano yüzeyinin 2 - 5 m² arasında ve pano ağırlığının 0.25 - 2 ton arasında olduğu sistemlerdir.

4.2 İskelet Sistemler

İskelet sistemler, kolon ve kiriş sistemler, çerçeve sistemler ve mantar sistemlerden oluşurlar. Bu sistemlerin içerisinde en yaygın olarak kullanılanlar, çerçeve sistemler ve kolon kiriş sistemlerdir (Şekil 4.2.).

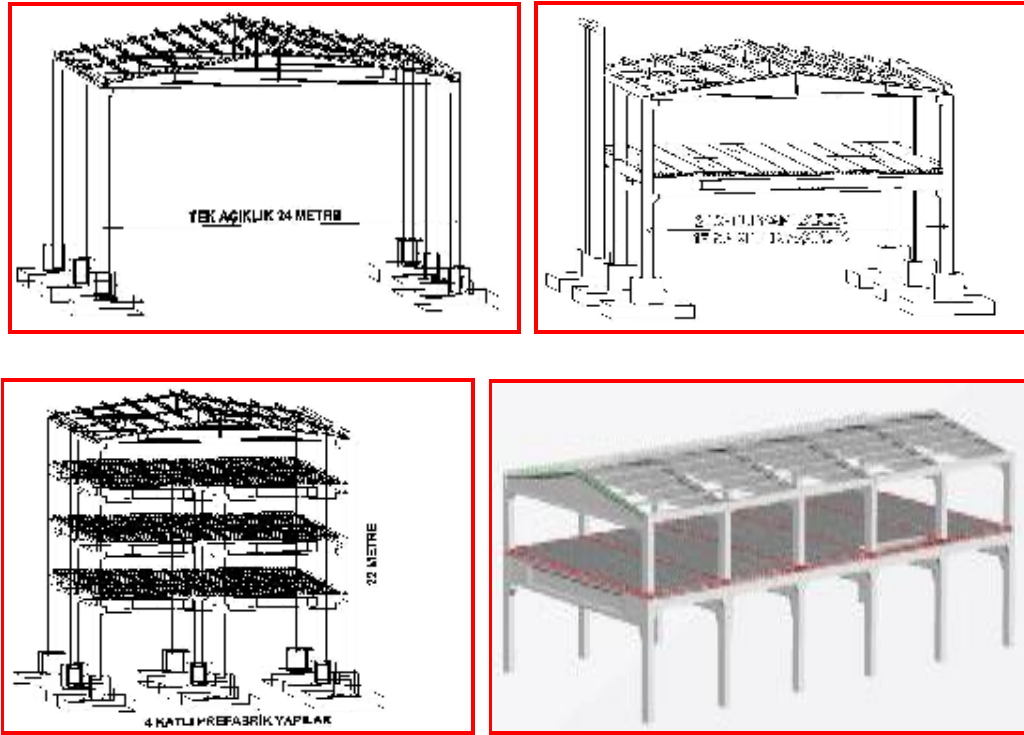
Kolon-kiriş sistemleri statik olarak üç farklı şekilde oluşturulabilirler;

- 1- Ankastre kolonlara oturan sabit mafsallı kirişlerle kurulan sistemler,
- 2- Ankastre kolonlara oturan rijit bağlantılı kirişlerle kurulan sistemler,
- 3- İki kiriş ve bir gergi elemanı ile oluşturulan üçgen kirişli sistemler.



Şekil 4.2. Statik bakımdan kolon-kiriş sistemler

Çerçeve sistemlerde, yükler zemine bir iskelet vasıtasıyla aktarılırlar. Bu sistemlerde panolu sistemlerden farklı olarak taşıma ve bölme işlevleri ayrı ayrı oluşturulurlar. Bu yüzden bu tür sistemler genellikle endüstri yapılarında tercih edilirler. Çünkü yapılarında bölme duvarları çok az bulunurlar. Bölme duvarları çerçeve sistemlerde bağımsız olarak yapılabilecekleri gibi, yatay kuvvetlere karşı katkıda bulunabilecek şekilde de düzenlenebilirler. Bu tür duvarların yatay yükleri karşılayacak şekilde düzenlenmeleri özellikle deprem bölgelerinde bulunan endüstri yapılarında önemli ölçüde güvenlik ve dayanım sağlar. Çerçeve sistemler T, L, H, T ve L formlarında oluşturulabilirler (Şekil 4.3.).



Şekil 4.3. Çerçeve türü iskelet sistemler

Mantar sistemler daha çok estetik tarzda oluşturulan iskelet sistemlerdir. Bu tür sistemlerde mantar elemanlar döşemeyi tümüyle kapsayabildiği gibi aralıklı olarak oluşturulan mantar elemanlarla da döşemeler oluşturulabilirler. Mantar elemanlar diyagonal olarak da oluşturularak daha estetik bir döşeme elde edilebilir.

4.3 HÜCRE SİSTEMLER

Prefabrikasyonun en ileri aşamalarından olan hücre (kutu) sistemlerde taşıyıcı panel ve döşeme elemanlarını ayrı üretilip şantiyede birleştirmek yerine monolitik olarak oluşturulan hücrelerin şantiyede birleştirilmesi esasına dayanır. Böylece çalışmalar çok daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilir.

Hücre (kutu) sistemlerde oda boyutunda üretilmiş hücreler üst üste ve yan yana yerleştirilirler ve beraber çalışmaları için özel detaylarla birbirlerine bağlanırlar. Bu tip hücrelerin ağırlıkları 7 -50 ton arasında değişirler. Kutu sistemlerle yapımda asıl önemli olan aşama fabrikasyon aşamasıdır. En üst düzeyde fabrikada tamamlanmış kutular şantiyede az bir ekiple tamamlanırlar. Hücreler açık (pencere kapı boşlukları) ve kapalı hücreler olarak üretilirler.

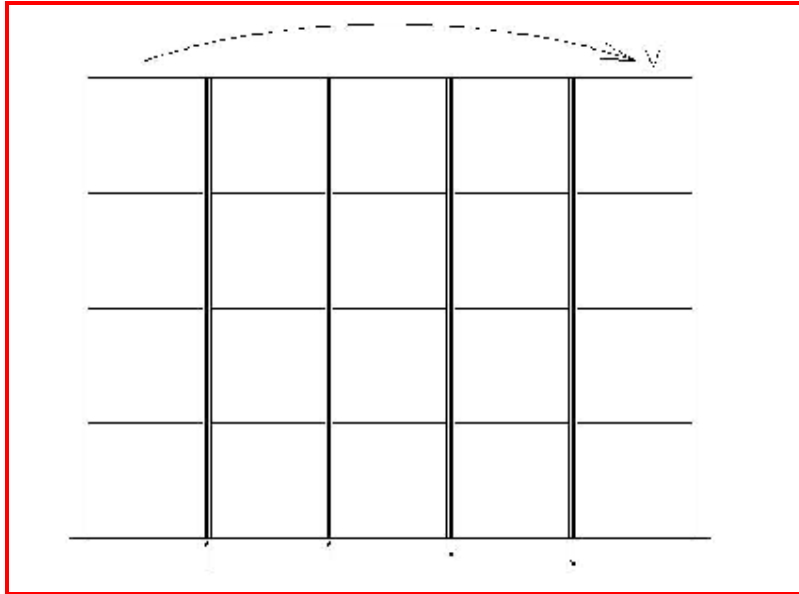
Hücre sistemler diğer prefabrike elemanlara göre (tekil pano elemanları) daha ağır olduklarından nakliye ve kaldırma problemleri olabilmektedir. Bu tür sistemler diğer prefabrike sistemlere göre daha iyi düşünülerek tasarlanmalıdır. Örneğin bazı hücre elemanların ağırlıkları vincin kaldırma kapasitesinden daha fazla olabilir veya vincin menziline azaltabilir. Böyle bir durumla karşılaşılması ekonomik açıdan sıkıntılar yaratır. Ayrıca fabrikanın inşaat yerine yakın olmaması nakliyede problemler yaratır. Bu yüzden hücre sistemlerin seçiminde oldukça dikkatli ve titiz davranılmalıdır (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4. Kutu prefabrike sistem

Üst üste konulan kutuların arasında oluşan yatay derzlerde, kutu birimler arasındaki sürtünme dışında yatay deprem yüklerini taşıyacak başka bir güç yoktur. Birçok uygulamada prefabrike kutu elemanlar köşelerinden birbirlerine lamalar yardımıyla kaynaklanırlar.

Kutu sistemlerin deprem anında yatay birleşim bölgelerinden kaymamaları için kutu eleman köşelerinden geçen son gerilme elemanları ile birbirlerine bağlanma yoluna gidilmektedir. Bu tür gerilme çubukları, deprem etkisi altında çekme ve basınç gerilmeleri altında kalmaktadır. Gerilme çubukları kutu elemanların cidarları tarafından sarıldıkları için basınç gerilmesi altında burkulmaları söz konusu olamaz. Son gerilme çubuklarının çekme gerilmelerinin akma gerilmesini aşmaması konusuna dikkat edilmelidir. Bu yüzden çok sayıda gergi çubuklarının kullanılması uygun olmaktadır (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. Depremde gelen moment altında son gerilme çubuklarının durumu

Gergi çubuklarının yokluğu şiddetli depremlerde kutu elemanların birbirleri üstünden kayarak devrilmelerine yol açmaktadır. Gergi çubukları aynı zamanda katlar arasında oluşan kesme gerilmelerini de taşıyabilecek en kesitlere sahip olmalıdır.

4.4 Karışık Prefabrike Sistemler

En az iki farklı taşıyıcı sistemin çeşitli şekillerde birleştirilmesiyle meydana gelen prefabrike sistemlerdir. Örneğin ana taşıyıcı sistemi iskelet olan (kolon ve kirişler) bir binanın dış cephesi taşıyıcı panellerden, asansör yuvası merdiven boşluğu gibi elemanları da hücrelerden oluşabilir. Bu tür yapılarda birden fazla sistem kullanıldığı için farklı kapasitelerde birden fazla vinç ve iyi eğitilmiş, tecrübeli şantiye elemanlarına ihtiyaç vardır. Ayrıca tasarım aşamasında eşgüdüm ve planlamanın çok iyi bir şekilde yapılması gerekmektedir (Şekil 4.6.).



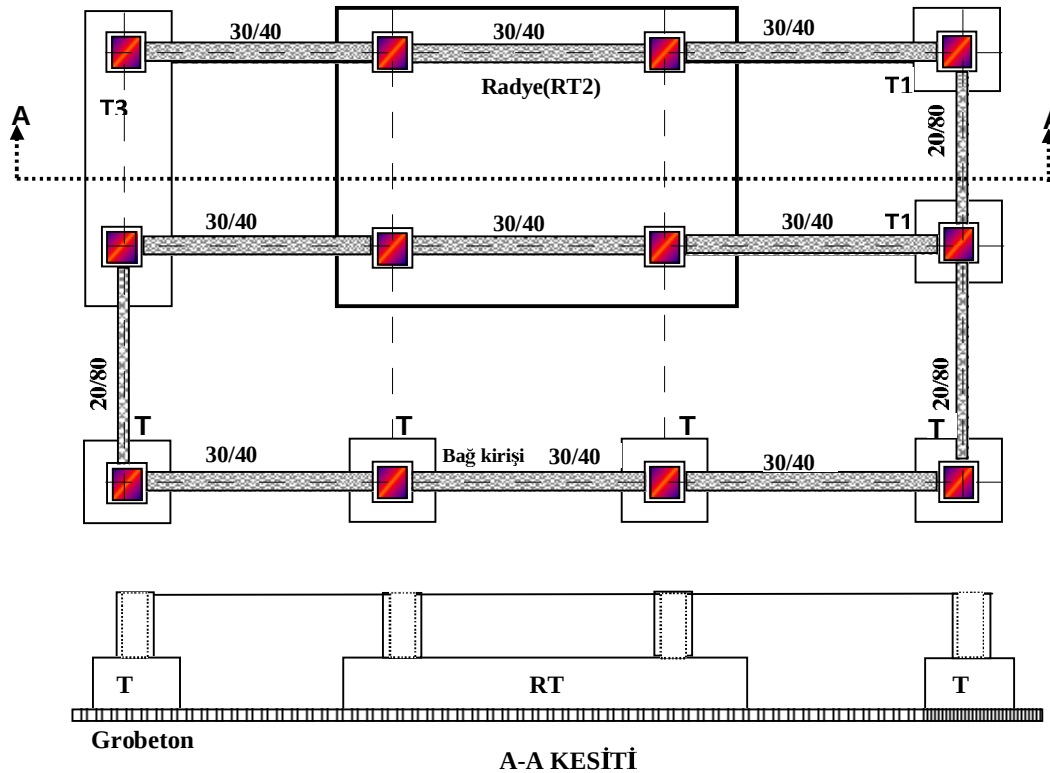
Şekil 4.6. Deprem perdesi ile birlikte imalatı yapılmış karışık prefabrike sistem

5.PREFABRİKE YAPILARDA TEMELLER

Prefabrike yapıların temelleri zemin cinsine, deprem bölgesine, yapının özelliğine ve diğer bazı özelliklere bağlı olarak; Tekil, Mütemadi, Radye, Kazık olarak düzenlenir. Kolonların bu temellere birleşimi;

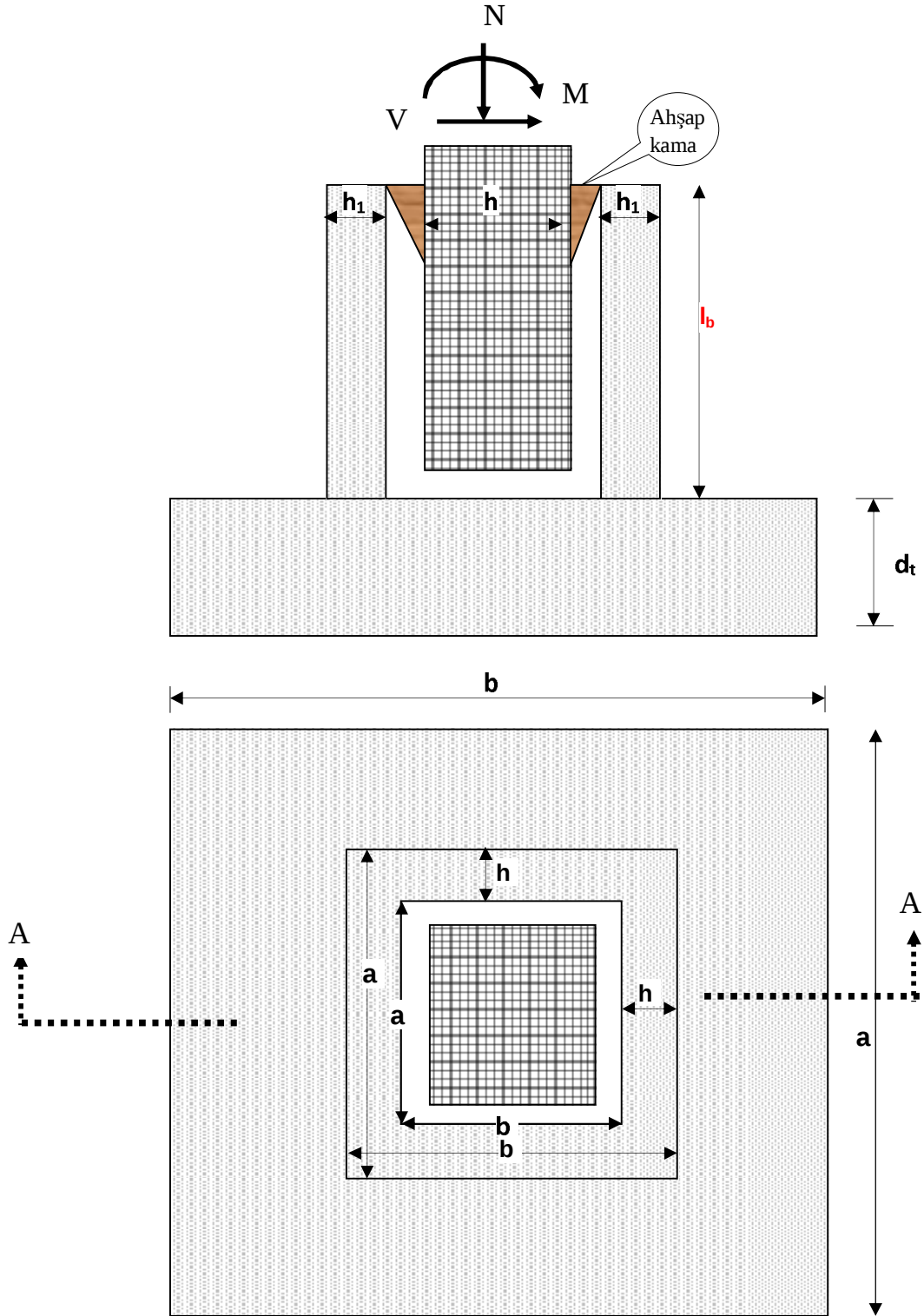
- 1- Yuvalı temellerle
- 2- Kuru birleşim şeklinde
- 3- Islak birleşim şeklinde
- 4- Hem kuru hem ıslak birleşim

olarak yapılabilir. Yuvalı olmayan temellerin boyutlandırma esasları diğer klasik yapılardaki gibi TS500 esaslarına göre yapılır. Aşağıdaki şekilde prefabrik bir yapıda temel sistemi görülmektedir. Bu temel sisteminde tekil, mütemadi ve radye olarak düşünülmüştür (Şekil 5.1.).



Şekil 5.1. Prefabrike yapıda temel tipleri

5.1 Yuvalı Birleşimli Temeller



Şekil 5.2. Yuvalı temel kesiti ve planı

Yuvalı bir temelde (TS9967, 1992) [6];

N, V, M	= kolonun kesit tesirleri	h_1	= yuva kenar kalınlığı
h	= kolon genişliği	a, b	= temel tabanı kenarları
a_1, b_1	= yuvanın iç kenarları	a_2, b_2	= yuvanın planda dış kenarları
d_t	= temel plağı kalınlığı	l_b	= kolonun yuva içindeki boyu

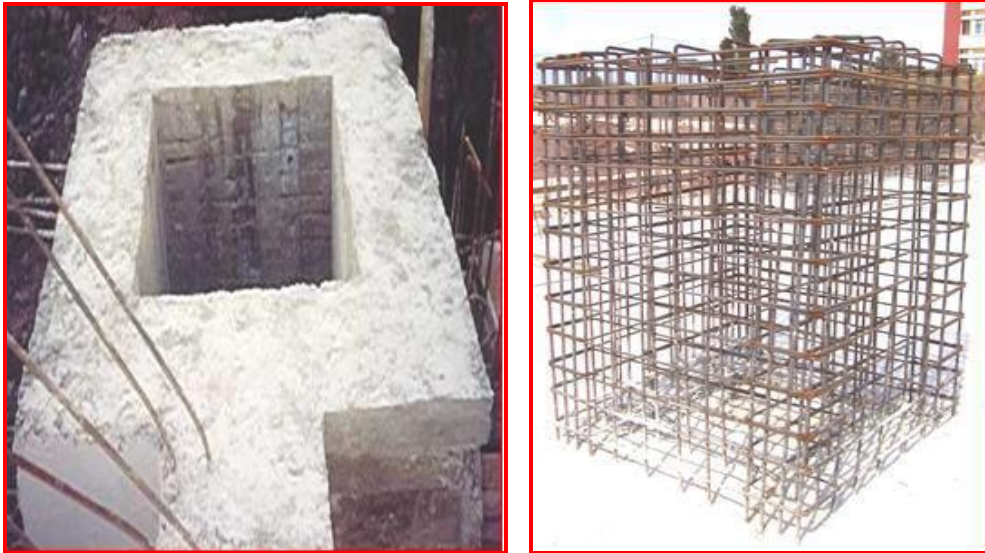
$$\frac{M}{N \cdot h} \leq 0.15 \quad \text{ise} \quad l_b \geq 1.6 h$$

$$\frac{M}{N \cdot h} \geq 2.0 \quad \text{ise} \quad l_b = 2.0 h$$

olması önerilerek aralarında interpolasyon yapılabilir. Eğer kolon ve yuva yüzeylerinde 1 cm den daha büyük pürüzlülük mevcut ise yuva içerisinde kalan kolon boyu,

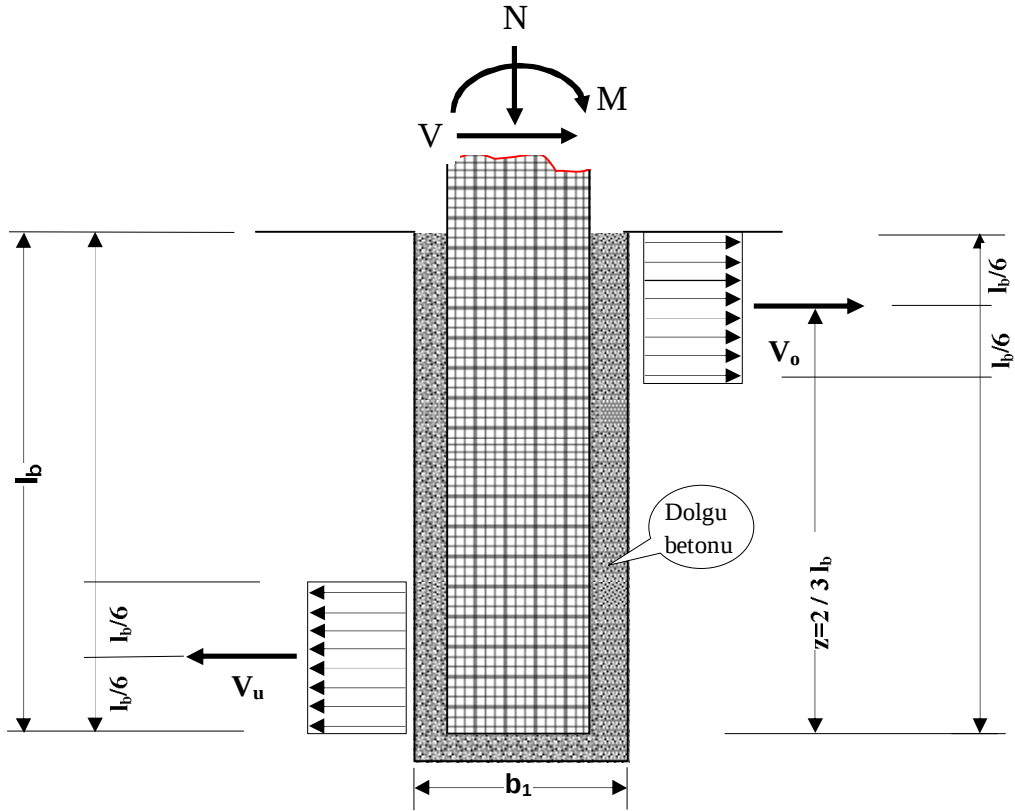
$$l_{bk} = \frac{l_b}{1.4} \quad [5.1]$$

olarak alınabilir. Yuva kalınlığı hiçbir zaman, $h_1 \geq 12 \text{ cm}$ veya $b_1 / 3$ daha küçük olamaz. Kolon yuvasına oturtulup gönyesine getirildikten sonra çevresinde kalan boşluklar yuvanın beton kalitesinde bir betonla sıkıştırılmak suretiyle doldurulur (Şekil 5.3.).



Şekil 5.3. Yuvalı temel imalat resmi

5.2 Yuvalı Tekil Temellerin Hesap Esasları



Şekil 5.4. Yuvalı temel yük aktarım modeli

Yuvalı tekil temeller uygulamada sık olarak kullanılmaktadır. Tekil yuvalı temeller bağ kirişleriyle birbirine bağlanarak mütemadi temel sistemini oluşturmaktadır. Şekil 5.4.'te yuvalı tekil temel yük aktarım modeli gösterilmektedir.

Yuvası ve kolon yüzeyleri kenetsiz olan birleşimlerde,

$$V_0 = \frac{1.5M}{l_b} + \frac{5V}{4} \quad V_u = \frac{1.5M}{l_b} + \frac{V}{4} \quad [5.2]$$

Yuvası ve kolon yüzeyleri kenetli olan birleşimlerde,

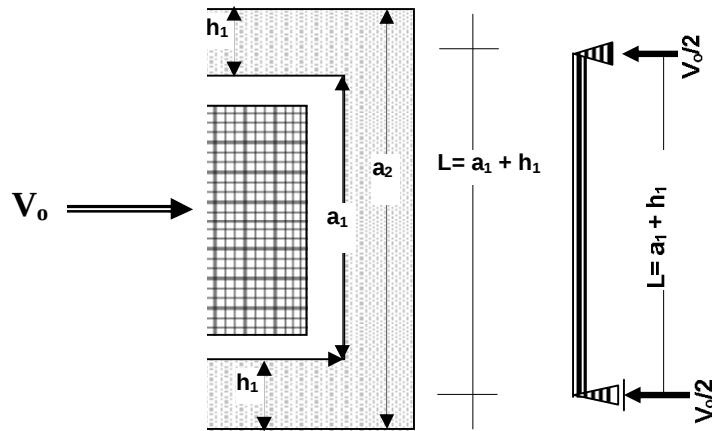
$$V_0 = \frac{5M}{6l_b} + \frac{6V}{5} \quad V_u = \frac{5M}{6l_b} + \frac{V}{5} \quad [5.3]$$

Yuvanın yan kısımlarına V_0 kuvveti etkimektedir.

1- Bundan dolayı bu yan kısmı açıklığı $L=a_1 + h_1$ olan bir kiriş gibi çözüm yapılabilir. Bu çözüm sonunda bulunan mesnet tepki kuvvetleri V_o bu yüze dik iki komşu kenarına etkimeli ve askı teçhizatları ile bu yüzeyin diğer düşey elemanlarına taşınmalıdır. Bu durum diğer yüzeyler içinde aynı şekilde hesaplanır (Şekil 5.5.).

2- Eğilmeye göre hesapta kesitin genişliği $L_b/4$ ve yüksekliği h_1 olarak alınır.

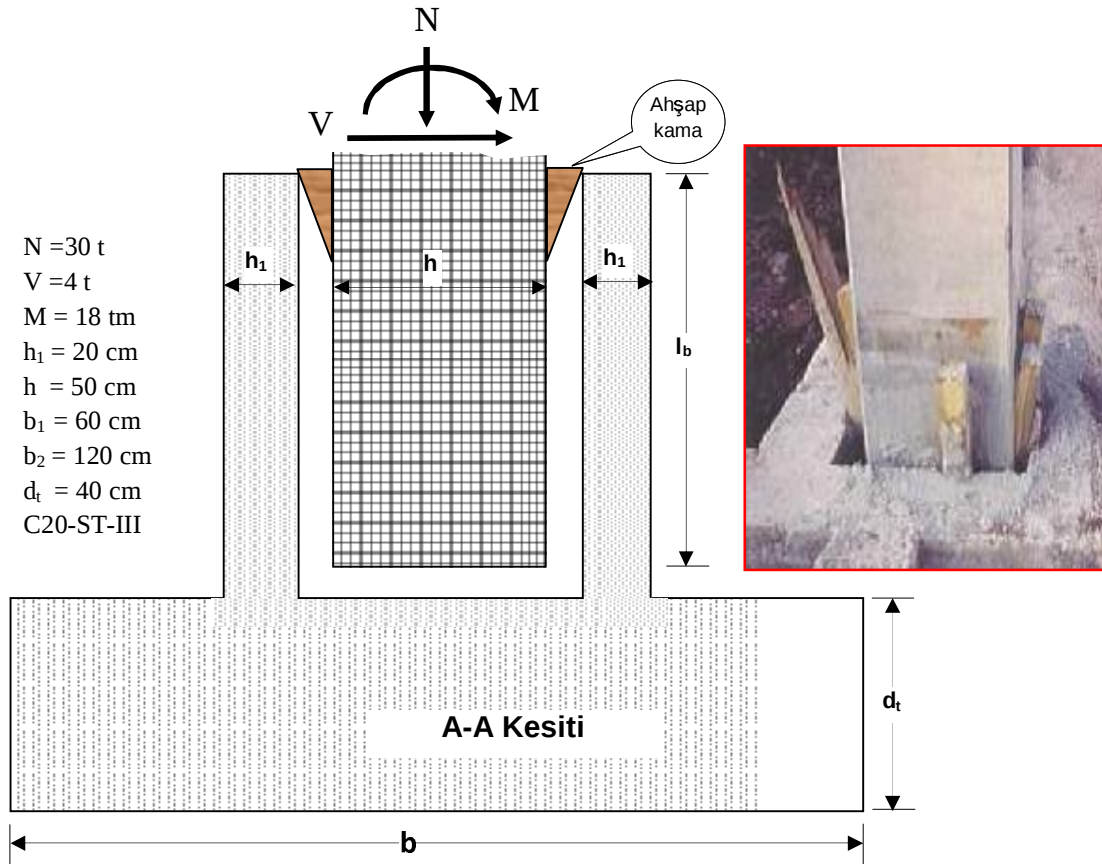
3- Kesme emniyetinin sağlanmasında kesit genişliği $L_b/3$ ve yüksekliği h_1 olarak alınır.



Şekil 5.5. Yuvalı temel yükleme modeli ve imalat resmi

5.3 Yuvalı Tekil Temel Örnek Hesabı

Şekil 5.6.' da verilen temel donatılarının hesaplanması;



Şekil 5.6. Yuvalı temel örnek resmi

5.3.1 Kenetsiz durum için çözüm

1. Kolonun yuvada kalan kısmının boyu,

$$\frac{M}{N \cdot h} \leq 0.15 \quad \frac{1800}{30 \times 50} = 1.2 \quad \text{ise} \quad l_b \geq 1.6 h$$

$$\frac{M}{N \cdot h} \geq 2.0 \quad \frac{1800}{30 \times 50} = 1.2 \quad \text{ise} \quad l_b = 2.0 \times 50 = 100 \text{ cm}$$

Yuvası ve kolon yüzeyleri kenetsiz olan birleşimlerde,

$$V_o = \frac{1.5 \times 1800}{2 \times 100} + \frac{5 \times 4}{4} = 18.5 \text{ t} \quad V_u = \frac{1.5 \times 1800}{2 \times 100} + \frac{4}{4} = 14.5 \text{ t} \quad \frac{V_o}{2} = 9.25 \text{ t}$$

Bu kesme kuvvetini karşılamak için konması gereken donatının hesabı, kesme kuvvetinin donatı gerilmesine bölünmesi sonucu bulunur. Ancak burada bulunan donatı miktarı donatının iki kollu olmasından dolayı yarısı alınır.

$$A_s = \frac{(V_o/2)}{f_{yd}} \left(\frac{1}{2} \right) = \frac{(18.5/2)}{3.65} \left(\frac{1}{2} \right) = 1.27 \text{ cm}^2$$

olarak bulunur. Ancak bu donatı düşey duvarların T çekme kuvveti hesabı aşağıdaki formülden,

$$T = 0.6 \frac{l_b}{b_1} V_o = 0.6 \frac{100}{60} 18.5 = 18.5 \text{ t}$$

$$A_{sd} = \frac{T}{f_{yd}} = \frac{18.5}{3.65} = 5.07 \text{ cm}^2 \quad \text{buna göre seçilen donatı } 5\text{Ø}12 \text{ (5.65 cm}^2\text{)}$$

5.3.2 Kenetli durum için çözüm

$$V_o = \frac{5M}{6l_b} + \frac{6V}{5} = \frac{5 \times 1800}{6 \times 100} + \frac{6 \times 4}{5} = 19.80 \text{ t} \quad V_u = \frac{5M}{6l_b} + \frac{V}{5} = \frac{5 \times 1800}{6 \times 100} + \frac{4}{5} = 15.80 \text{ t}$$

Birleşik çalışma durumunda yatay teçhizatlar $V_o / 2$ alınarak hesaplanır.

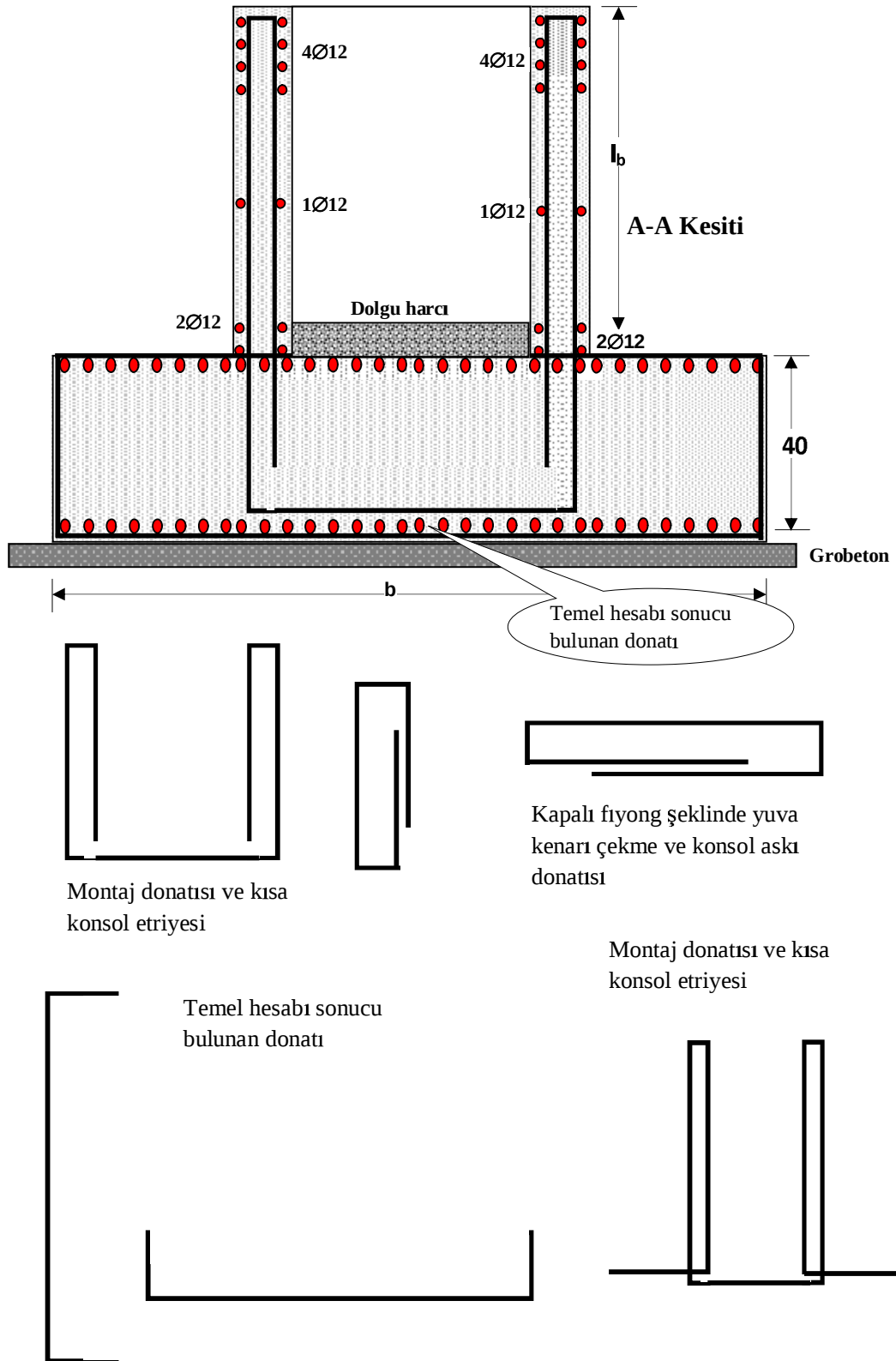
$$A_{sy} = \frac{T}{f_{yd}} \left(\frac{1}{2} \right) = \frac{(19.80/2)}{3.65} \left(\frac{1}{2} \right) = 1.36 \text{ cm}^2$$

Buna göre seçilen donatı 2Ø12 (2.26 cm²)

Düşey duvarların T çekme kuvveti hesabı aşağıdaki formülden,

$$T = 0.6 \frac{l_b}{b_1} V_o = 0.6 \frac{100}{60} 19.80 = 19.80 \text{ t}$$

$$A_{sd} = \frac{T}{f_{yd}} = \frac{19.80}{3.65} = 5.42 \text{ cm}^2 \quad \text{buna göre seçilen donatı } 5\text{Ø}12 \text{ (5.65 cm}^2\text{)}$$



Şekil 5.7. Yuvalı temel donatı yerleşimi örnek resmi

6. İNCELTİLMİŞ UÇLU PREFABRİKE KİRİŞ BİRLEŞİMLERİ

Prefabrike yapılarda en önemli birleşim detaylarından biri de taşıyıcı elemanların birbirleri ile olan birleşimleridir. Bu birleşimlerin yapımında taşıdıkları yükleri diğer elemanlara en kısa yoldan ve en iyi davranış gösterecek şekilde yapılması esastır. Bunun yanında şekil veya görüntü gibi mimari esaslarda dikkate alınmalıdır. Bir kirişin bir kolon ile birleşimi değişik şekillerde yapılması mümkündür (Şekil 6.1.).



Şekil 6.1. İnceltilmiş uçlu prefabrike kiriş ve birleşimi

6.1 Islak ve Kuru Birleşimler

Islak birleşimler yerinde dökme beton kullanılarak yapılan birleşimlerdir. Bu birleşim şekli genelde rijit birleşim elde etmek için yapılan birleşimlerde kullanılır. Kuru birleşim ise kaynak, bulon ve geçmeli olarak yapılan birleşimlerdir. Bu birleşimler rijit ve mafsallı olarak yapılabilir (Şekil 6.2.).



Şekil 6.2. Kolon-kiriş ıslak ve kuru birleşim detayı

6.1.1 Moment aktaran birleşim

Mesneti ankastre olan kirişlerde uygulanan bu tip birleşimlerde, büyük düşey ve yatay kuvvetler ile oldukça büyük eğilme momentleri aktarılabilir. Birleşim, gerek görünüş gerekse davranış olarak yerinde dökme (ankastre) kolon-kiriş birleşimini andırır. Deprem anında oluşan tersinir momentleri karşılamak için kirişin alt ucunda çekme bağlantısı oluşturulmaktadır. Bu çekme bağlantısı için prefabrike kirişte ve beton konsolda mesnet yüzeyleri çelik plakalar ile kaplanarak, birbirlerine kaynaklanmaktadır. Ayrıca bu çelik plakalar prefabrike kirişe ve beton konsola ankraj donatısı ile mesnetlenmektedir. Birleşimin tam olarak çalışabilmesi için kiriş ile kolon arasında kalan düşey boşluk titizlikle doldurulmalıdır. Şekil 6.3.'de moment aktaran kolon-kiriş birleşimi gösterilmektedir (Türkiye Prefabrik Birliği, 1997) [23].



Şekil 6.3. Moment aktaran kolon – kiriş birleşimi

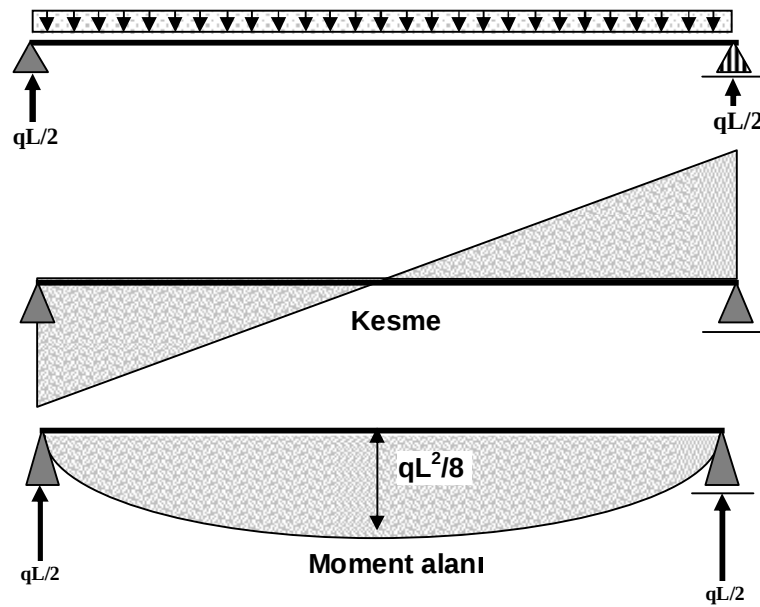
6.1.2 Moment aktarmayan birleşim

Kirişlerin kolonlarla birleşimlerinin klasik yapılarda olduğu gibi bir bütün görünüm vermek için kolonlarda bırakılan guselerin üzerine yapılır. İnceltilmiş uçlu kirişler normal basit kiriş gibi kesit tesirleri bulunur. Ancak bu kirişlerin ucu inceltilmiş olmalarından dolayı kesme kuvvetinin büyük bir kısmını inceltilmiş ucun karşılamasından dolayı boyutlandırma farklı yapılmaktadır. Bu kirişlerin çözümünde aşağıdaki yol izlenmektedir. Şekil 6.4.'de moment aktarmayan kolon-kiriş birleşimi gösterilmektedir.



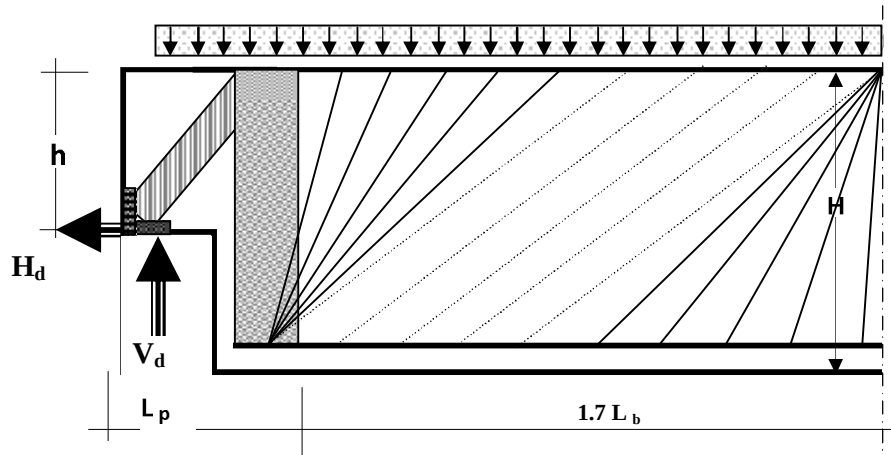
Şekil 6.4. Moment aktarmayan kolon – kiriş birleşimi

- 1- Kirişin üzeri gelen yük belirlenir.
- 2- Bu yükler altında kirişin kesit tesirleri diyagramları Şekil 6.5.'deki gibi çizilir.



Şekil 6.5. Moment aktarmayan kiriş yükleme ve diyagramları

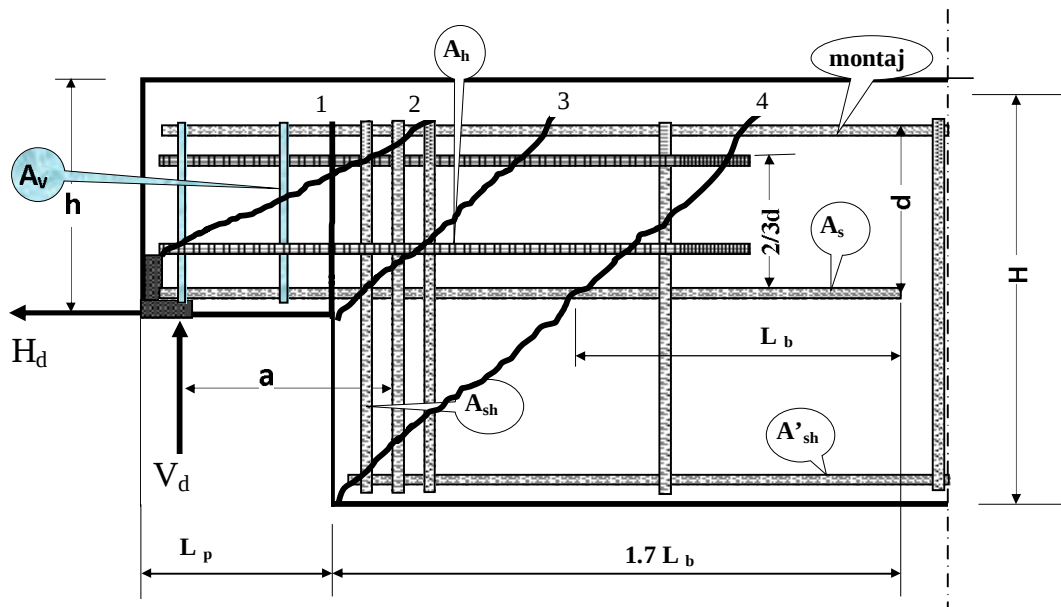
- 3- Mesnet reaksiyonlarına göre kirişin uç kısmı boyutlandırılır.
 - 4- Açıklık momentine göre de açıklık donatısı belirlenir.
 - 5- Boyutlandırma da kirişin her noktasındaki gerilme durumu dikkate alınır.
- Çünkü mesnet bölgesinde moment sıfır iken kesme kuvveti maksimum, açıklıkta ise bunun tam tersi (Şekil 6.6.).



Şekil 6.6. İnceltilmiş uçlu kiriş yükleme ve gerilme dağılımı

6.2 İnceltilmiş Uçlu Prefabrike Kirişlerin Türk Standardı TS9967'ye Göre Boyutlandırılması

Bu çeşit mesnetler, kiriş üst yüzünü belli bir düzeyde tutmak amacıyla kirişin mesnet yüksekliğinin azaltılması sonucu ortaya çıkar. İnceltilmiş uçtaki muhtemel çatlak oluşumları ve bu duruma uyan donatı düzeni Şekil 6.7.'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere donatılar, yüklemenden oluşan çatlakları dik karşılayacak şekilde dizayn edilmektedir (Şekilde kirişin esas eğilme ve çekme donatısı gösterilmemiştir).



Şekil 6.7. İnceltilmiş uçlu prefabrike giriş TS9967 donatı yerleşimi

6.2.1 İnceltirilmiş uçta eğilme ve çekme donatısı

İnceltirilmiş ucun alt yüzüne pas payı uzaklığında yerleştirilmiş ve inceltirilmiş ucun hemen bitiminde firkete şeklinde veya bir enine donatı özel kaynakla vb. kenetlenmesi sağlanmış A_s donatısı,

$$A_s = A_{sf} + A_n = \frac{1}{0,70f_{yk}d} [V_d \cdot a + H_d \cdot (h - d)] + \frac{H_d}{0,70f_{yk}} \quad [6.1]$$

olarak hesaplanır ve inceltirilmiş ucun pas payı mesafesinde enine bir donatıya kaynakla veya diğer bir bağlantı şekliyle düzenlenir.

Burada;

a : V_d nin uygulama noktasının A_{sh} donatı eksenine uzaklığı, (mm)

H_d : en az $V_d/10$ (kN)

H : İnceltirilmiş uçtaki kiriş yüksekliği (mm)

d : İnceltirilmiş uçtaki faydalı kiriş yüksekliği (mm)

f_{yk} : Enine donatının hesap dayanımı (Mpa) dır.

A_s donatıları ince ucun başından açıklığa doğru en az 1,7 ℓ_b boyunda olmalı ve 3 nolu çatlağı ℓ_b kadar aşmalıdır.

6.2.2 İnceltirilmiş uçta kesme – sürtünme donatısı

Şekil 6.7.'deki 1 nolu çatlak boyunda kayma güvenliğini sağlar, A_s ve A_h donatılarının toplamından oluşur.

$$A_s = \frac{V_d}{f_{yk}\mu_e} + \frac{H_d}{0,70f_{yk}} \quad [6.2]$$

olmak üzere A_s donatısı ile karşılaştırılıp, büyüğü seçilir. İnceltirilmiş ucun alt $2/3d$ yüksekliği içinde en az iki sıra yerleştirilen A_h donatısı

$$A_h = \frac{V_d}{2,1f_{yk}\mu_e} \quad [6.3]$$

Burada;

μ_e = Çizelge 6.1. de verilen sürtünme katsayısı,

$$A_{cr} = b.h$$

b = kirişin genişliği (mm), dir.

Ayrıca,

$$A_s \geq 0,6bh/f_{yk} \quad [6.4]$$

$$A_h \geq 0,3bh/f_{ywk} \quad [6.5]$$

olmalıdır. Burada, b , h (mm), f_{yk} , f_{ywk} (Mpa) dır.

Ancak konulan donatılar V_d ile hesaplanan donatıdan yüzde otuz daha fazla ise bu şarta uyulmayabilir. Öte yandan, $V_d < V_{res}$ olmalıdır.

$$V_{res} = 0,20 \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}} b.d \quad (\gamma_{mc} = 1,4' \text{dür}) \quad [6.6]$$

A_h donatıları ince ucun başından açıklığa doğru en az $1,7\ell_b$ boyunda olmalıdır.

6.2.3 Askı donatıları

Şekil 6.7.'deki 3 no'lu çatlağa paralel eğik beton basınç çubuklarına mesnet oluşturan ve dolayısıyla bunun düşey bileşenini kirişin üstüne asmak için konulan A_{sh} donatısı

$$A_{sh} = \frac{V_d}{0,70f_{ywk}} \quad [6.7]$$

olarak hesaplanır. A_{sh} Donatısı, kapalı düşey etriye şeklinde, kapalı eğik etriye şeklinde veya esas donatının bükülebilir çapta olması durumunda, bu donatının ucuna 60° lik pilye ile yukarıya büküp, kirişin üst yüzünde bir çelik levhaya özel kaynaklanarak

düzenlenebilir. A_{sh} donatısının düşey etriye şeklinde olması durumunda, bu donatılar kirişin inceltilmiş ucundan 0,30 – 0,40.d uzaklığa kadar yayılabilir.

3 nolu çatlağa paralel eğik beton basınç kuvvetinin yatay bileşenini alacak A'_{sh} donatısı;

$$A'_{sh} = A_{sh} \quad [6.8]$$

A'_{sh} donatısı, $1,7 \cdot \ell_b$ boyunda ek bir donatı şeklinde veya esas donatının 60° eğimli olarak yukarıya bükülüp kesit alanının en az A'_{sh} olması durumunda bu donatılarla düzenlenebilir.

İnce uçta eğik 4 nolu çatlağa karşı daha önce hesaplanan A_h donatısı ve A_v donatısı

$$A_v \geq \frac{1}{2f_{ywk}} \left[\frac{V_d}{0,70} - 0,17 \sqrt{f_{ck}} b.d \right] \quad [6.9]$$

olmalıdır. Formülde, V_d : Newton, f_{ck} : Mpa, alan: mm^2 cinsindendir.

6.2.4 Çatlak yüzeyine göre sürtünme değeri ve sürtünme katsayıları

Çizelge 6.1. TS9967'deki sürtünme katsayıları

Temas Yüzeyi Durumu	μ	Max μ_e	Maksimum V_d
İki beton birlikte dökülmüş	$1,4 \lambda$	3,4	$0,30 \lambda^2 f_{ck} A_{cr} \leq 6,9 \lambda^2 A_{cr}$
Ek sonradan dökülmüş, eski betonun yüzü yeterince pürüzlü	λ	2,9	$0,25 \lambda^2 f_{ck} A_{cr} \leq 6,9 \lambda^2 A_{cr}$
Ek sonradan dökülmüş, eski betonun yüzü yeterince pürüzlü değil	$0,6 \lambda$	2,2	$0,15 \lambda^2 f_{ck} A_{cr} \leq 4,1 \lambda^2 A_{cr}$
Ek çelik üzerine dökülmüş	$0,7 \lambda$	2,4	$0,20 \lambda^2 f_{ck} A_{cr} \leq 5,5 \lambda^2 A_{cr}$

$$\mu_e = \frac{6,9\lambda^2 A_{cr} \mu}{V_d} \quad [6.10]$$

Burada,

$\lambda = 1$ (Normal betonlar için)

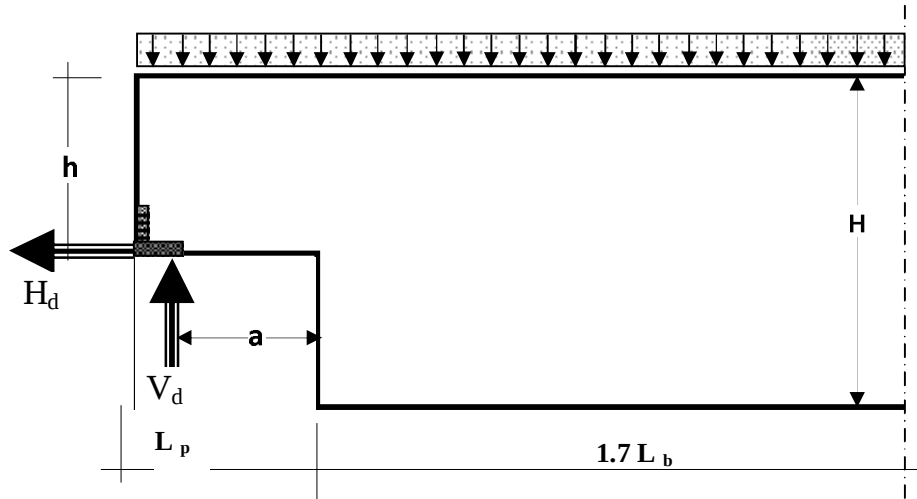
$\lambda = 0,75$ (hafif betonlar için)

μ = Çizelge 6.1'deki değerler

A_{cr} = Çatlak yüzeyi (mm^2)

V_d = Çatlak yüzeyine paralel hesap kesme kuvveti (N) dir.

6.2.5 İnceltilmiş uçlu prefabrike kiriş için sayısal örnek



Şekil 6.8. İnceltilmiş uçlu prefabrike kiriş için sayısal örnek

Veriler:

$b = 300 \text{ mm}; \quad h = 400 \text{ mm}; \quad d = 300 \text{ mm}; \quad a = 200 \text{ mm}$

$f_{ck} = 35 \text{ kN/mm}^2 \quad f_{yk} = 420 \text{ kN/mm}^2 \quad f_{yek} = 420 \text{ kN/mm}^2$

Yayılı yükü $q = 500 \text{ N/mm}$ Açıklığı = 2000 mm

İstenen : Gerekli olan bütün donatıları bulunup düzenlenmesinin çizimi.

$$A_s = A_{sf} + A_n = \frac{1}{0.70 f_{yk} d} [V_d a + H_d (h - d)] + \frac{H_d}{0.70 f_{yk}}$$

$$A_s = \frac{1}{0.70 \cdot 420 \cdot 300} [500000 \times 200 + 50000 (400 - 300)] + \frac{50000}{0.70 \cdot 420} = 1360.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol} \quad A_{s_{\min}} \leq \frac{0.60 \times b \times h}{f_{yk}} = \frac{0.60 \times 300 \times 400}{420} = 171.4 \text{ mm}^2$$

$$A_{cr} = b \times h = 300 \times 400 = 120000 \text{ mm}^2 \quad (\text{çatlak yüzeyi})$$

$$\mu_e = \frac{6.90 \lambda^2 A_{cr} \mu}{V_d} = \frac{6.90 \times 1 \times 120000 \times 1.4}{500000} = 2.32 \quad (\text{sürtünme katsayısı Çizelge 6.1})$$

$$A_s = \frac{V_d}{f_{yk} \mu_e} + \frac{H_d}{0.70 f_{yk}} = \frac{500000}{420 \times 2.32} + \frac{50000}{0.70 \times 420} = 683.2 \text{ mm}^2 < 1360.5 \text{ mm}^2$$

Seçilen donatı 4Ø22 (1520.5 mm²) 1.7 L_b = 1.7 x 50 (Ø) = 1.7 x 50 x 22 = 1870 mm

1- İnceltilmiş uçtaki etriye

$$A_h = \frac{V_d}{2.1 \times f_{yk} \times \mu_e} = \frac{500000}{2.1 \times 420 \times 2.32} = 224.4 \text{ mm}^2 (3\phi 8) (2 \times 3 \times 50 = 300 \text{ mm}^2)$$

Seçilen donatı 3Ø8 (300 mm²) 1.7 L_b = 1.7 x 50 (Ø) = 1.7 x 50 x 8 = 680 mm

$$\text{Kontrol} \quad A_{s_{\min}} \leq \frac{0.30 \times b \times h}{f_{ywk}} = \frac{0.30 \times 300 \times 400}{420} = 85.7 \text{ mm}^2$$

$$V_{res} = 0.20 \frac{f_{ck} \times b \times d}{\gamma_{cm}} = \frac{0.20 \times 35 \times 300 \times 300}{1.3} = 484615 \cong V_d$$

2- İnceltilmemiş uçtaki etriye

$$A_{sh} = \frac{V_d}{0.70 \times f_{ywk}} = \frac{500000}{0.70 \times 420} = 1700.7 \text{ mm}^2 (3\phi 20) (3 \times 2 \times 314 = 1884 \text{ mm}^2)$$

Bu donatı $0.4 \times d = 0.40 \times 300 = 120 \text{ mm}$ ye dağıtılır.

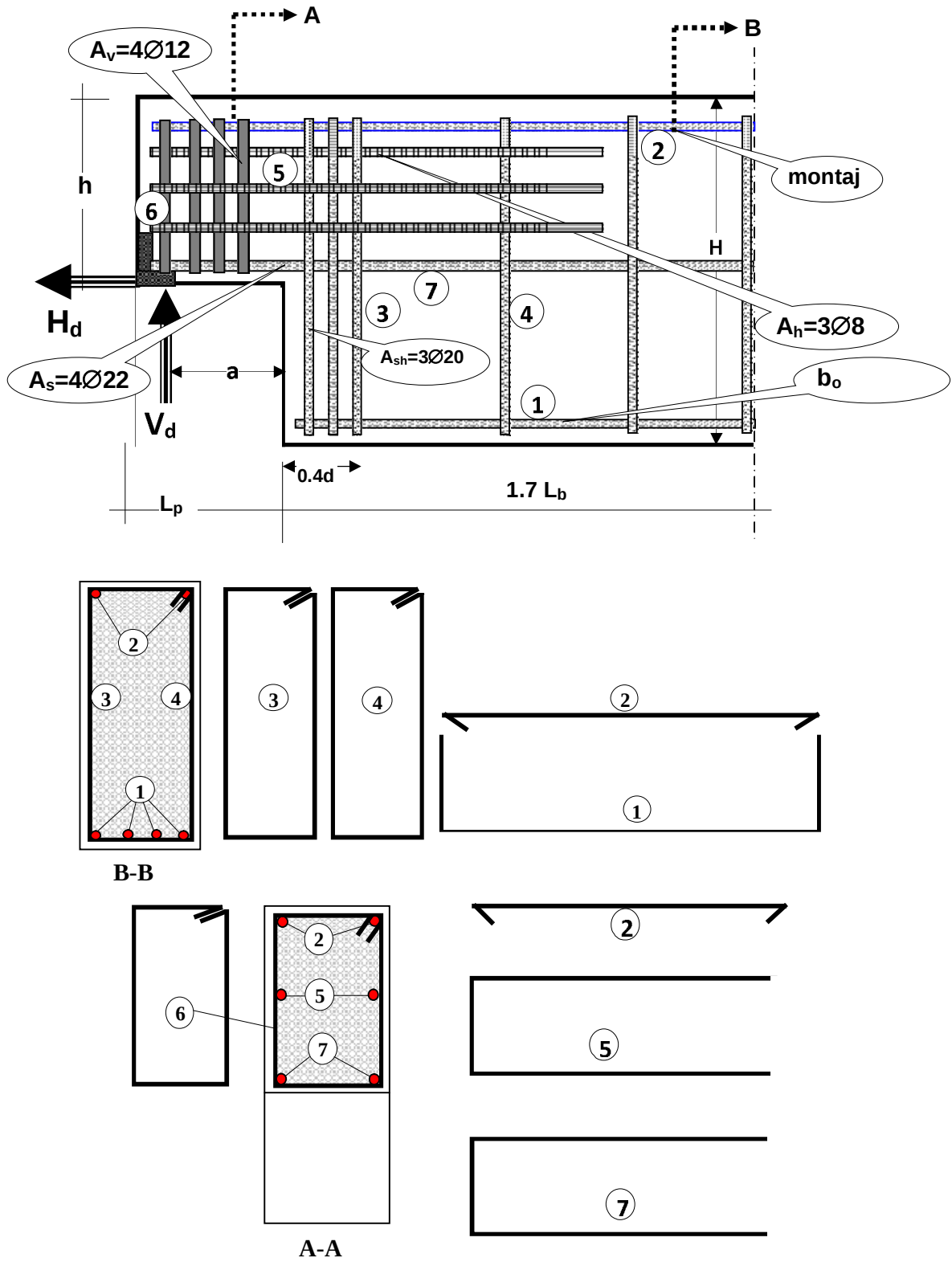
3- İnceltilmemiş uçtaki çekme donatısı

$$A_{sh}^s = \frac{V_d}{0.70 \times f_{ywk}} = \frac{500000}{0.70 \times 420} = 1700.7 \text{ mm}^2 (4\phi 24) (4 \times 542 = 1808 \text{ mm}^2)$$

Seçilen donatı $4\phi 24 (1808 \text{ mm}^2)$ $L_b = 50 \times 24 = 1200 \text{ mm}$

$$A_v = \frac{1}{2 \times f_{ywk}} \left[\frac{V_d}{0.70} - 0.17 \sqrt{f_{ck}} \times b \times d \right] = \frac{1}{2 \times 420} \left[\frac{500000}{0.70} - 0.17 \sqrt{35} \times 300 \times 300 \right] = 742.6 \text{ mm}^2$$

Seçilen donatı $4\phi 12 (133 \times 2 \times 4 = 904 \text{ mm}^2)$



Şekil 6.9. İnceltilmiş uçlu prefabrike kiriş için sayısal örnek

6.3.1 PCI'daki temel tasarım kriterleri

Bu bölümde belirtilen hükümler inceltirilmiş uçtaki kesme durumları için uygun olmakla beraber açıklık/derinlik oranı (a/d) bir oranından fazla olmamalıdır. Komite, hükümleri a/d (bir) durumunu aşmak için hükümleri geliştirmeyi planlamaktadır.

Bu prosedür temelde inceltirilmiş uçlarda tasarım denklemlerini çeşitli potansiyel göçme ilişkileri için göz önüne almaktadır. Bu potansiyel göçme modları (sonuçta çatlaklar olarak ifade edilir) ve gerekli olan takviyeler aşağıda listelenmiştir ve Şekil 6.10.'da gösterilmiştir.

1- İnceltirilen uçtaki eğilme ve eksenel çekme. Gerekli olan takviye A_s , eğilme için oluşan A_f ve A_n (eksenel çekme için).

2- İnceltirilmiş ucun kirişe bağlandığı kısımda oluşan doğrudan kesme ve eksenel çekme. Sağlanan takviye A_s , eksenel çekme için A_n ve kesme sürtünmesi için A_{vf} değerlerinden birinin $2/3$ ünü sağlamalıdır.

Not: Kalan $A_{vf} - 2$ nolu çatlağın açıklığı boyunca (başından sonuna kadar) dağıtılmalıdır ve otomatik olarak aşağıda 4. adımda verilen A_h güçlendirmesi için gereksinim de sağladığı kabul edilebilir.

3- İnceltirilmiş ucun kirişe birleştiği köşede yayılan diyagonal çekme. Sağlanan takviye, A_{sh} .

4- İnceltirilmiş uçtaki diyagonal çekme. Sağlanan takviye A_h ve A_v .

5- Kirişin inceltilmemiş kısmındaki diyagonal çekme. A'_{sh} takviyesi A_s takviyesi kombinasyonu ile birlikte bunun için yapılmaktadır.

6- Kirişin inceltirilmiş ucunun mesnetlendiği yüzey de kontrol edilmelidir.

Bütün bu potansiyel göçme modları ayrı ayrı her biri düşünülmelidir. Bununla birlikte, 1 ve 2 modları için bu takviyeler gereklidir, katkı değildir; A_s daha büyük olarak alınır ve 1 ile 2 hususları için büyük gerekliliği vardır. Burada bahsedilen kriterler ile TS9967'deki kriterler birbirine benzerlik göstermektedir.

6.3.1.1 İnceltilmiş uçtaki eğilme ve eksenel çekme durumu

Yatay takviye tanımlanırsa;

$$A_s = A_f + A_n \quad [6.11]$$

$$A_s = 1/\phi f_y [V_u(a/d) + N_u(h/d)] \quad [6.12]$$

Burada;

$$\phi = 0.85$$

a = inceltilmiş uç kesme açıklığı, burada A_{sh} takviyesi merkezi ile yükün arasındaki mesafe

h = çubuk elemanın inceltilmiş uç derinliği

d = kirişin üst ucundan takviye donatısı A_s merkezi arasındaki mesafe

f_y = eğilme dayanımındaki akma gerilmesi, psi

6.3.1.2 Doğrudan kesme durumu

Doğrudan kesme, Şekil 6.10.'daki 2 nolu çatlakı oluşturmaktadır. A_s ve A_h takviye donatıları ile takviye sağlanır. A_s ve A_h aşağıda verilen formüllerle hesaplanır;

$$A_s = 2V_u/3\phi f_y \mu_e + A_n \quad [6.13]$$

$$A_n = N_u / \phi f_y \quad [6.14]$$

$$A_h = 0.5(A_s - A_n) \quad [6.15]$$

Burada;

$$\phi = 0.85$$

f_y = akma gerilmesi A_s , A_n , A_h için, psi

$$\mu_e = (1000 \lambda b h \mu) / V_u \leq \text{Çizelge 6.2' deki değeri} \quad [6.16]$$

İnceltilmiş uçtaki kesme dayanımı aşağıdaki değerle sınırlandırılmıştır. (Çizelge 6.2.).

$$V_n \leq 0,3 \lambda^2 f'_c b d \leq 1000 \lambda^2 b d \quad [6.17]$$

Çizelge 6.2. PCI'daki sürtünme katsayıları

Çatlak arayüzü durumu	Tavsiye λ	Max μ_e	Maksimum $V_n (=V_u/\phi)$, lb
Beton-yerinde dökülmüş beton	$1,4 \lambda$	3,4	$0,30 \lambda^2 f'_c A_{cr} \leq 1000 \lambda^2 A_{cr}$
Beton- sertleştirilmiş pürüzlü beton yüzeyi	$1,0 \lambda$	2,9	$0,25 \lambda^2 f'_c A_{cr} \leq 1000 \lambda^2 A_{cr}$
Beton-Beton yüzeyi	$0,6 \lambda$	2,2	$0,20 \lambda^2 f'_c A_{cr} \leq 800 \lambda^2 A_{cr}$
Beton-Çelik yüzeyi	$0,7 \lambda$	2,4	$0,20 \lambda^2 f'_c A_{cr} \leq 800 \lambda^2 A_{cr}$

6.3.1.3 İnceltilmiş ucun birleşim köşesindeki diyagonal çekme

İnceltilmiş ucun kirişle birleştiği bu köşede dayanım için takviye gereklidir ve şu formülle hesaplanır.

$$A_{sh} = V_u / \phi f_y \quad [6.18]$$

Burada;

$$\phi = 0.85$$

V_u = uygulanan yük faktörü, lb

f_y = akma gerilmesi A_{sh} için, psi

6.3.1.4 İnceltilmiş uctaki diyagonal çekme

Şekil 6.10.'da görüldüğü gibi inceltilmiş ucta gerekli olan takviye aşağıda belirtilmiştir.

$$\phi V_n = \phi (A_v f_y + A_h f_y + 2\lambda \sqrt{f'_c} b d) \quad [6.19]$$

Bu bölgede dikey yerleştirilmesi gerekli en az bir buçuk takviye gereklidir. Bu nedenle;

$$(A_v)_{\min} = 1/(2f_y) [V_u / \phi - 2\lambda \sqrt{f'_c} b d] \quad [6.20]$$

6.3.1.5 İnceltilmiş ucun ana kirişle birleştiği köşesindeki diyagonal çekme

Düşey takviye A_{sh} bükülmüş olabilir ve kiriş alt tarafına genişlemesine yayılabilir, böylece 5 nolu çatlağa karşı göçme korunmuş olur. Daha iyi bir alternatif ise Şekil 6.10.'da görüldüğü gibi ayrı bir ilave A'_{sh} takviyesi sağlamaktır. A'_{sh} takviyesinin miktarı en azından A_{sh} takviyesine eşit olmalıdır.

Bu nedenle;

$$A'_{sh} \geq A_{sh} \quad [6.21]$$

6.3.1.6 Yapılan takviyelerin ankrajı

İnceltilmiş uçta, yükleme altında oluşabilecek çatlaklara karşı yapılan takviyeler ile ilgili Şekil 6.10. referans alınarak aşağıdaki değerlendirmeler yazılabilir;

1- Yatay çubuklar A_s inceltilmiş uçtan sonra $1.7l_d$ kadar min. geçmelidir, çatlak 5 den sonra ise l_d kadar geçmelidir ve kirişin ucundaki çubuklara, köşebent profile veya plakaya kaynaklanarak ankraj edilmelidir.

2- Yatay çubuklar A_h inceltilmiş ucu $1.7l_d$ kadar geçmelidir ve kancayla veya diğer uygun görülen yöntemlerle kirişe ankrajı sağlanmalıdır.

3- Kirişin alt tarafına uzatılan bükülmüş askı takviyeleri A_{sh} veya ayrı yatay takviyeler A'_{sh} , 5 nolu çatlağın en az $1.7l_b$ kadar ötesinde olmalıdır. A'_{sh} takviyesi Şekil 6.10.'da gösterildiği gibi inceltilmiş ucun kenarında çapraz çubuklara veya profile kaynakla ankraj edilebilir.

4- Düşey A_v çubukları ACI 318-83 (American Concrete Institute)' daki gerekli kanca ile düzgün düzenlenerek ankrajı sağlanmalıdır.

5- Takviyelere gerekli olan yerlerde tel kaynak uygulanabilir ve ankrajlarda ACI 318-83' ye uyulmalıdır.

6.3.1.7 Diğer değerlendirmeler ve öneriler

1- Genişletilmiş ucun derinliği kiriş derinliğinin yarısından daha az olmamalıdır, aksi takdirde kirişin diğer yapısal nedenler dolayısıyla farklı ihtiyaçları ortaya çıkmaktadır.

2- Askı takviyesi A_{sh} , inceltilmiş ucun kirişle birleştiği köşesinde kapalı olarak düzenlenmelidir. Bu takviye gereksinimi diğer kesme takviyesi gereksinimleri için katkı olmamaktadır.

3- Eğer eğilme gerilmesi kesitin tüm derinliği boyunca hesaplanacaksa yükler çarpanlarına ayrılarak kullanılmalıdır ve brüt kesit özellikleri, $6\sqrt{f'_c}$ hemen inceltilmiş ucun altında aşıyorsa boyuna takviye sağlanmalıdır. Kirişin bu bölgesinde eğilme dayanımı için gerekli iyileştirmeler sağlanmalıdır.

4- PCI'de bahsedilen inceltilmiş ucun çevresinde kritik diyagonal çekmeden oluşan (5 nolu çatlak Şekil 6.10.) çatlağın kesmesi, kirişin tüm derinliğindeki kesme dayanımından daha fazla geliştirilmesi mümkün değildir. Bundan dolayı kirişin derinliği, H, kirişin nominal kesme dayanımı beton için, V_c , V_{ci} den daha az olarak alınması önerilmiştir ve V_{cw} H/2 derinliğinde hesaplanmalıdır.

6.3.2 Sayfa 54'de verilen örneğin PCI ile hesabının yapılması

Sayfa 54'de Şekil 6.8.'de verilen sayısal örnek aynı kesit, boyut, malzeme ve yükleme durumu dikkate alınarak PCI'a göre çözümü yapılacaktır. PCI'a göre hesaplanan donatının TS9967 ile çözümü karşılaştırılacaktır.

Veriler:

$$b = 11.81 \text{ in.}; \quad h = 15.75 \text{ in.}; \quad d = 11.81 \text{ in.}; \quad a = 7.87 \text{ in.}$$

$$f_{ck} = 5076.3 \text{ psi} \quad f_{yk} = 60.9 \text{ ksi} \quad f_{yek} = 60.9 \text{ ksi}$$

$$\text{Yayılı yükü } q = 2.852 \text{ kip/in.} \quad \text{Açıklığı} = 78.74 \text{ in.}$$

İstenen : Gerekli olan bütün donatıları bulunup düzenlenmesinin çizimi.

$$V_u = 112.4 \text{ kip} \quad N_u = 11.24 \text{ kip}$$

1-İnceltilmiş uçtaki eğilme ve eksenel çekme durumu

$$A_s = 1/\phi f_y [V_u(a/d) + N_u(h/d)]$$

$$A_s = 1/(0.85) \cdot (60.9) [112.4(7.87/11.81) + 11.24(15.75/11.81)] = 1.74 \text{ sq.in.}$$

$$A_s = 1122.6 \text{ mm}^2$$

Seçilen donatı 4Ø20 (1272 mm²) 1,7 L_b = 1,7 x 50 (Ø) = 1,7 x 50 x 20 = 1700 mm

2-Doğrudan kesme durumu

$$\mu_e = (1000\lambda b h \mu) / V_u = 1000.(1).(11,81).(15,75).(1,4) / 112400 = 2,32$$

$$A_s = 2V_u / 3\phi f_y \mu_e + N_u / \phi f_y$$

$$A_s = 2.(112,4) / 3.(0,85).(60,9).(2,32) + 11,24 / (0,85).(60,9)$$

$$A_s = 0,62 + 0,22 = 0,84 \text{ sq.in.} < 1,74 \text{ sq. in.}$$

Denklem [6.15]'de göre U ubukları hesabı

$$A_h = 0.5(A_s - A_n) = 0.5(1.74 - 0.22) = 0.76 \text{ sq.in.} = 490,3 \text{ mm}^2$$

Seçilen donatı 2x2Ø14 (616 mm²)

Denklem [6.17]'ye göre kesme dayanımı kontrolü

$$V_n = 1000 \lambda^2 b d = 1000.(1)^2.(11,81).(11,81) / 1000 = 139,5 \text{ kips}$$

$$\phi.V_n = (0,85).(139,5) = 118,6 \text{ kips}$$

$$V_n = 118,6 \text{ kips} > V_u = 112,4 \text{ kips} \text{ uygundur.}$$

3-İnceltilmiş ucun birleşim köşesindeki diyagonal çekme

$$A_{sh} = V_u / \phi f_y = 112,4 / (0,85).(60,9) = 2,17 \text{ sq.in.} = 1400 \text{ mm}^2$$

Seçilen donatı 2x3Ø18 (1526 mm²)

4-İnceltilmiş uçtaki diyagonal çekme

Betonun kapasitesi = $2\lambda\sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$

$$= 2 \cdot (1) \cdot (5076,3)^{1/2} \cdot (11,81) \cdot (11,81) / 1000 = 19,88 \text{ kips}$$

Denklem [6.20]'a göre $(A_v)_{\min} = 1/(2f_y) [V_u / \phi - 2\lambda\sqrt{f'_c} b d]$

$$(A_v)_{\min} = 1/2 \cdot (60,9) \cdot [112,4 / 0,85 - 19,88] = 0,92 \text{ sq.in.} = 593,5 \text{ mm}^2$$

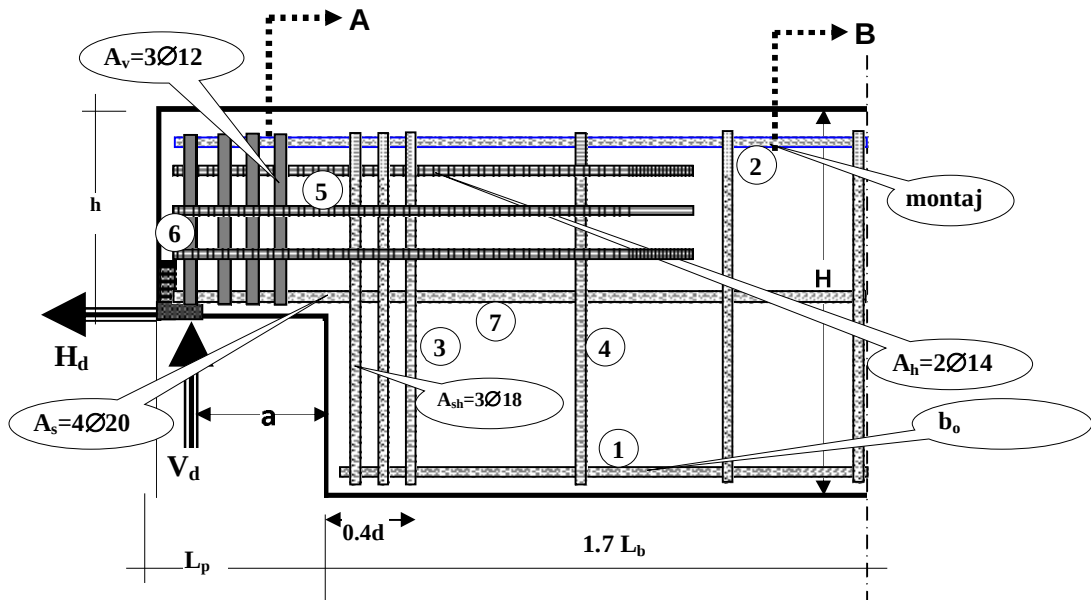
Seçilen donatı $2 \times 3\phi 12$ (679 mm^2)

Seçilen $A_v = 1,05 \text{ sq.in.}$

Seçilen $A_h = 0,96 \text{ sq.in.}$

Denklem [6.19]'un kontrolü $\phi V_n = \phi (A_v f_y + A_h f_y + 2\lambda\sqrt{f'_c} b d)$

$$\phi V_n = 0,85 (1,05 \cdot 60,9 + 0,96 \cdot 60,9 + 19,88) = 121 \text{ kips} > 112,4 \text{ kips uygundur.}$$

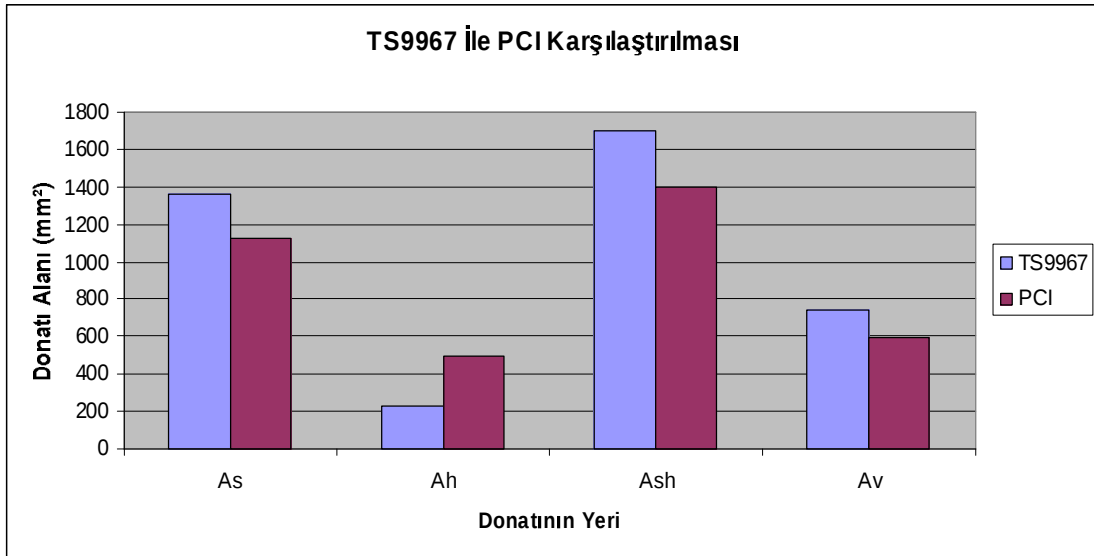


Şekil 6.11. İnceltilmiş uçlu prefabrike kiriş için PCI sayısal örnek

6.4 İnceltilmiş Uçlu Prefabrike Kiriş Birleşiminin TS9967 ile PCI Karşılaştırılması

Çizelge 6.3. İnceltilmiş uçlu prefabrike kirişin TS9967 ile PCI karşılaştırılmasının yapılması

Donatının yeri ve şekli	TS9967'ye göre sağlanan donatı	PCI'ye göre sağlanan donatı	TS9967 ile PCI karşılaştırması (%)
Eğilme ve çekme donatısı A_s	1360,5 mm ²	1122,6 mm ²	TS9967'de %21 daha fazla donatı
Kesme sürtünme donatısı A_h	224,4 mm ²	490,3 mm ²	TS9967'de %46 daha az donatı
Askı donatısı A_{sh}	1700,7 mm ²	1400 mm ²	TS9967'de %21 daha fazla donatı
Askı donatısı A_v	742,6 mm ²	593,5 mm ²	TS9967'de %21 daha fazla donatı

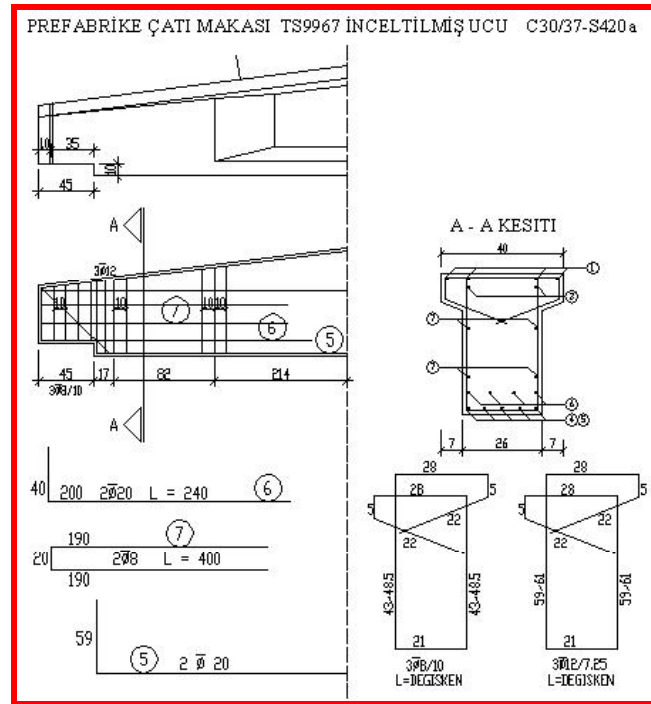


6.5 Ek A'da Çözümü Yapılan Prefabrike Sanayi Yapısı Çatı Makası Kirişi İnceltilmiş Uç Hesabının TS9967 ile PCI Karşılaştırılması

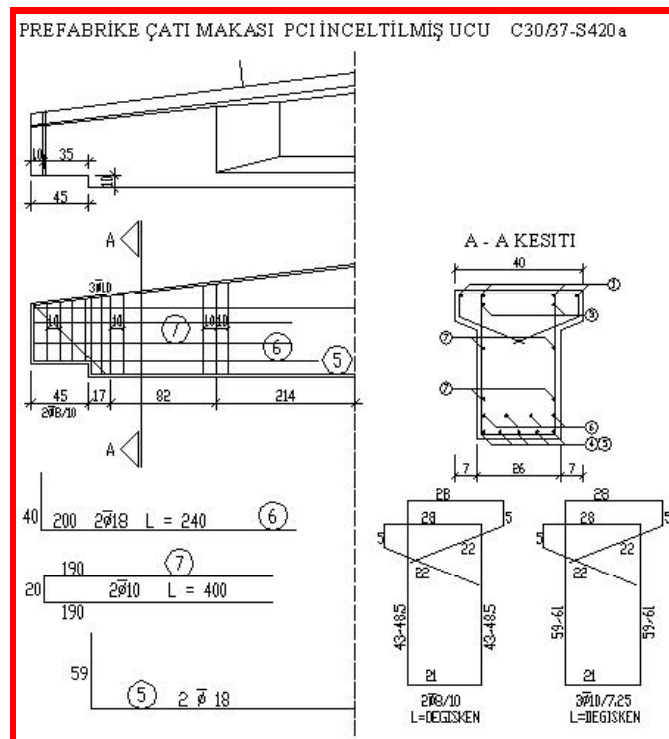
Ek A'da Bursa ili, Nilüfer ilçesi, Alaattinbey mahallesinde inşa edilecek bir prefabrike sanayi yapısının güncel yönetmelik ve standartlara göre hesabı yapılarak çizimleri hazırlanmıştır. Yapı, zemin kat ve 1.normal kattan oluşmakta olup binanın dıştan dışa boyutları 19.70 x 24.00 m'dir. Yapıda yatay yönde aralıkları 9.85 m olan iki açıklık, düşey yönde ise 6.00 m olan dört açıklık bulunmaktadır. Makas altı +8.00 m olup normal kat +5.30 m'de bulunmaktadır. Yapı 1. derece deprem bölgesinde olduğundan dolayı etkin yer ivme katsayısı $A_0=0.40$, yapı önem katsayısı $I=1.00$, taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=3$, hareketli yük azaltma katsayısı $n=0.30$ olarak alınmıştır. Yapıda prefabrike elemanların beton sınıfı C30, öngerilmeli elemanların beton sınıfı C40, yerinde dökme elemanların da beton sınıfı C20 olarak alınmıştır. Betonarme çelik sınıfı ise S420a olarak alınmıştır. Zemin araştırma raporu doğrultusunda zemin sınıfı Z3, grubu C3, emniyet gerilmesi $10t/m^2$ ve yatak katsayısı ise $1100 t/m^3$ olarak alınmıştır. Yapıda sabit yüklerle birlikte çatı kar yükü TS498 uyarınca $75 kg/m^2$ ve normal kat hareketli yükü yine yönetmelik uyarınca $500 kg/m^2$ olarak alınmıştır.

Ek A'da yapı Sap2000 programında modellenip çözüldükten sonra fazla sayfa sayısından kurtulmak için yatayda C aksı düşeyde ise 1 ve 3 aksları kesit tesir diyagramları verilmiştir. Ayrıca pratiklik için kesit hesapları Excel'de önceden hazırlanmış programlarda yapılmıştır. Sap2000'den alınan kesit tesirleri Excel'de hazırlanan programa kesit ve malzeme bilgileri ile birlikte girilmekte ve kesit hesabı hızlı bir şekilde yapılmaktadır. Bu tür programların biz piyasada çalışan projeciler için zamandan tasarruf sağlaması bakımından büyük önemi bulunmaktadır.

Aşağıda ise Ek A'da verilen prefabrike sanayi yapısı çatı makası kirişi incelttilmiş ucunun TS9967 ile PCI'a göre hesabı yapılarak çizimleri verilmiştir (Şekil 6.12.a ve b). Hesaplar uygulamada pratiklik ve hız kazanmak için Excel'de hazırlanmış programlamada yapılmıştır. Programda yük, malzeme ve kesit bilgileri otomatik olarak girilmekte ve hesaplar otomatik olarak yapılmaktadır.



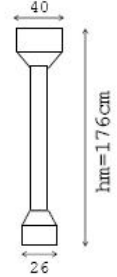
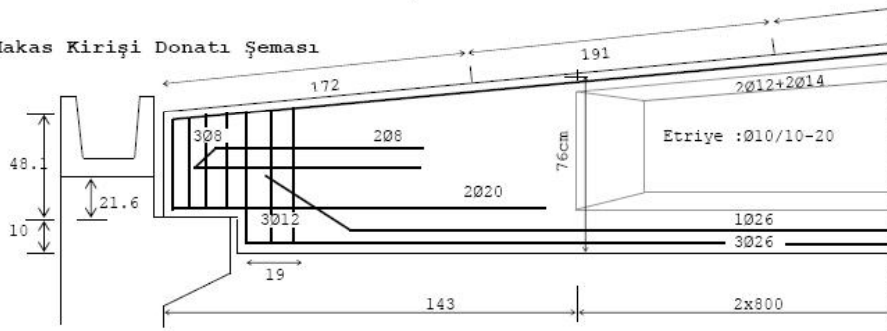
Şekil 6.12.a Ek A'da verilen prefabrike çatı makası inceltilmiş uç TS9967 çizimi



Şekil 6.12.b Ek A'da verilen prefabrike çatı makası inceltilmiş uç PCI çizimi

PREFABRİK MAKAS TS9967 İNCELTİLMİŞ UC HESABI

Makas Kirişi Donatı Şeması

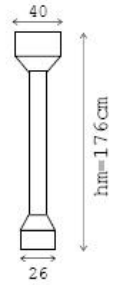
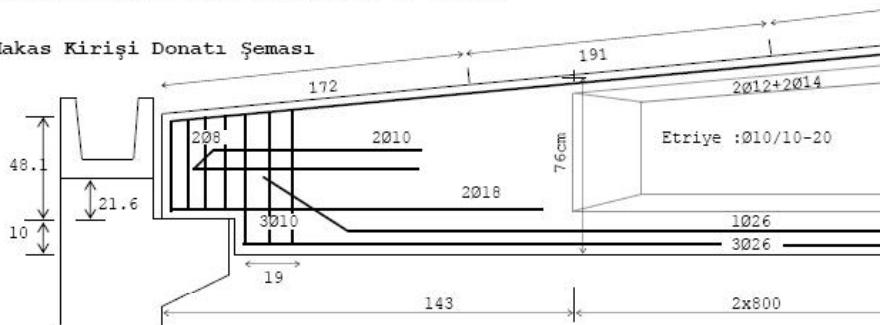


Makas Uç Bölgesi

$$\begin{aligned}
 H_d &= 16.5 \text{ kN} & h &= 481.3 \text{ mm} \\
 a &= 450 \text{ mm} & c &= 100 \text{ mm} & d &= 451.3 \text{ mm} \\
 A_s &= A_{sf} + A_n = 620 \text{ mm}^2 & A_{cr} &= b h = 1251 \text{ cm}^2 & \mu_e &= 7.32 \\
 A_s &= V_d / (f_y k M_e) + (H_d / (0.7 f_y k)) = 110 \text{ mm}^2 < 620 \text{ mm}^2 \\
 \text{Seçim :} & 2 \text{ } \varnothing 20 & 628 \text{ mm}^2 & 1.71 b = 1700 \text{ mm} & [1] \\
 A_h &= V_d / (2.1 f_y k M_e) = 26 \text{ mm}^2 \\
 \text{Seçim :} & 2 \text{ } \varnothing 8 & 2 \times 101 = 201 \text{ mm}^2 & [2] \\
 A_{sh} &= V_d / (0.7 f_y k) = 562 \text{ mm}^2 & \text{Mesafe 1} &= 0.40 d = 180.52 \text{ mm} \\
 \text{Seçim :} & 3 \text{ } \varnothing 12 & 679 \text{ mm}^2 & \text{Kapalı Etriye} & [3] \\
 A_s' h &= A_{sh} = 562 \text{ mm}^2 \\
 \text{Seçim :} & 2 \text{ } \varnothing 20 & 628 \text{ mm}^2 & 50 \varnothing = 1000 \text{ mm} & [4] \\
 A_v &= (1 / f_y k) (V_d / 0.70 - 0.17 (f_{ck})^{(1/2)} b d) = 151 \text{ mm}^2 \\
 \text{Seçim :} & 3 \text{ } \varnothing 8 & /10 \text{ cm} & 151 \text{ mm}^2 & \text{Kapalı Etriye} & [5]
 \end{aligned}$$

PREFABRİK MAKAS PCI İNCELTİLMİŞ UC HESABI

Makas Kirişi Donatı Şeması

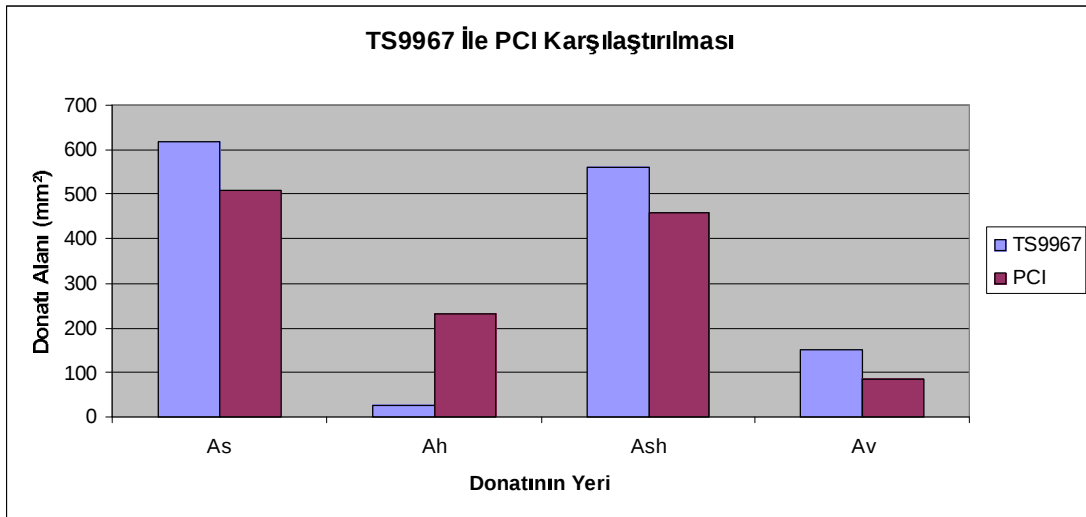


Makas Uç Bölgesi

$$\begin{aligned}
 H_d &= 16.5 \text{ kN} & h &= 481.3 \text{ mm} & \varnothing &= 0.85 \\
 a &= 450 \text{ mm} & c &= 100 \text{ mm} & d &= 451.3 \text{ mm} \\
 A_s &= A_{sf} + A_n = 507 \text{ mm}^2 & A_{cr} &= b h = 1251 \text{ cm}^2 & \mu_e &= 3.40 \\
 A_s &= 2 V_u / (3 \varnothing f_y M_e) + (N_u / (\varnothing f_y)) = 135 \text{ mm}^2 < 507 \text{ mm}^2 \\
 \text{Seçim :} & 2 \text{ } \varnothing 18 & 509 \text{ mm}^2 & 1.71 b = 1530 \text{ mm} & [1] \\
 A_h &= 0.5 (A_s - A_n) = 232 \text{ mm}^2 \\
 \text{Seçim :} & 2 \text{ } \varnothing 10 & 2 \times 157 = 314 \text{ mm}^2 & [2] \\
 A_{sh} &= V_u / (\varnothing f_y) = 458 \text{ mm}^2 & \text{Mesafe 1} &= 0.40 d = 180.52 \text{ mm} \\
 \text{Seçim :} & 3 \text{ } \varnothing 10 & 471 \text{ mm}^2 & \text{Kapalı Etriye} & [3] \\
 A_s' h &= A_{sh} = 458 \text{ mm}^2 \\
 \text{Seçim :} & 2 \text{ } \varnothing 18 & 509 \text{ mm}^2 & 50 \varnothing = 900 \text{ mm} & [4] \\
 A_v &= (1 / 2 f_y) (V_u / \varnothing - 2 \lambda (f' c)^{(1/2)} b d) = 84 \text{ mm}^2 \\
 \text{Seçim :} & 2 \text{ } \varnothing 8 & /10 \text{ cm} & 101 \text{ mm}^2 & \text{Kapalı Etriye} & [5]
 \end{aligned}$$

Çizelge 6.4. Ek A’da verilen inceltilmiş uçlu prefabrike çatı makası kirişinin TS9967 ile PCI karşılaştırılmasının yapılması

Donatının yeri ve şekli	TS9967’ye göre sağlanan donatı	PCI’ye göre sağlanan donatı	TS9967 ile PCI karşılaştırması (%)
Eğilme ve çekme donatısı A_s	620 mm ²	507 mm ²	TS9967’de %22 daha fazla donatı
Kesme sürtünme donatısı A_h	26 mm ²	232 mm ²	TS9967’de %88 daha az donatı
Askı donatısı A_{sh}	562 mm ²	458 mm ²	TS9967’de %22 daha fazla donatı
Askı donatısı A_v	151 mm ²	84 mm ²	TS9967’de %80 daha fazla donatı



7. SONUÇLAR

Prefabrike sistemlerin diğer yapım sistemlerine göre birçok avantajı bulunmaktadır. Geniş açıklığı bulunan köprü, bina ve fabrika gibi yapılarda klasik betonarme yapılara göre prefabrike yapım sistemleri büyük ekonomiklik sağlamaktadır. Prefabrike sistemler fabrikada kapalı ortamda üretildiklerinden ve yapım aşamasında gerekli dayanımı kazanmış olmasından dolayı iklim koşullarından etkilenmeyerek çok soğuk ve sıcak ortamlarda imalat yapmak mümkündür. Prefabrike yapı sisteminde tekrarlı detaylar kullanıldığından projesine ve standartlarına uygun, imalatı denetlenmiş, hata oranı düşük, hızlı bir sürede üretim gerçekleştirilir. Prefabrike yapıda iskele malzemesi, kalıp malzemesi ve işçilikten önemli ekonomi sağlanmaktadır. Ayrıca yerinde uygulanması mümkün olmayan şekil verme ve rötüşler de fabrika ortamında prefabrike yapılarda rahatlıkla yapılabilmektedir.

Prefabrike yapıların gerek imalat aşamalarında ve gerekse deprem ve aşırı yüklemelerden dolayı oluşan hasarların düğüm noktalarında olduğu görülmektedir. Bu nedenle prefabrike yapıların birleşim noktalarının öngörülen yükleri taşıyacak şekilde boyutlandırılması gerekir. Bu çalışmada prefabrike yapıların birleşim noktalarında büyük yer tutan inceltilmiş uçların davranış ve boyutlandırma kriterleri incelenmiştir. Bu inceleme TS9967 ve PCI yönetmeliklerine göre yapılmıştır. Yapılan çözümlemelerden inceltilmiş uçlarda hesaplanan A_s eğilme ve çekme, A_{sh} ve A_v askı donatıları TS9967’de, PCI yönetmeliğine göre yaklaşık %20 fazla çıkarken, A_h kesme sürtünme donatısı yaklaşık %30-40 düşük çıkmaktadır. Bu durum diğer bazı yönetmelik ve çalışmalar dikkate alınarak daha kapsamlı incelenmelidir. TS9967 yönetmeliğinin bu konudaki yönetmelik ve çalışmaları dikkate alınarak revize edilmesinde fayda vardır.

8. KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Sırma, S., 2001. Prefabrike yapılarda taşıyıcı sistemler, birleşimler ve tasarım ilkeleri, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] Nergis, K.C., 2003. Deprem bölgelerinde prefabrike betonarme yapıların tasarımı Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] Ayaydın, Y.,1989. Büyük açıklıklı prefabrike betonarme yapılar, Kurtiş Matbaası, İstanbul.
- [4] Priestly, M. J. N. and Lew, H. S., 1994. The Status of the U.S. Precast Seismic Structural Systems (PRESSS) Program, NIST SP 871 Technical Report.
- [5] Özmen, G., Yüzügüllü, Ö., Zorbozan, M., 1997. Yeni Deprem Yönetmeliğinin Prefabrike Yapılar Bakımından İrdelenmesi, Türkiye Deprem Vakfı, TDV/TR 97-006, İstanbul.
- [6] TS-9967, Mart 1992. Yapı elemanları, taşıyıcı sistemler ve binalar -prefabrike betonarme ve öngerilmeli betondan- hesap esasları ile imalat ve montaj kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [7] TS 7568 EN ISO 4172, 2003. Teknik çizimler - yapı uygulama çizimleri- önyapımlı yapıların montaj çizimleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [8] TS 500, 2000. Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [9] Özden K., 1988. Betonarme ve Öngerilmeli Beton Prefabrike Taşıyıcı Eleman, Sistem ve Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Deprem Mühendisliği Türk Milli Komitesi, İstanbul.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

[10] Özden K., 1997. Prefabrike İnşaatta Şartname Hükümleri ve Hesap Esasları, Türkiye Deprem Vakfı, TDV/TR 97-009, İstanbul.

[11] Tezcan, S. ve Köylüoğlu, M. (Editörler), 1997. Prefabrike İnşaat Teknolojileri Sempozyumu, Türkiye Deprem Vakfı, TDV/TR 97-002, İstanbul.

[12] Bayülke, N., 1986. Depreme dayanıklı prefabrike yapılar, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Müdürlüğü, Deprem Araştırma Bülteni, Ankara, Sayı 54.

[13] Bayülke, N., 1987. Prefabrike yapı sistemlerinin depreme dayanıklı tasarım yaklaşımları, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Müdürlüğü, Deprem Araştırma Bülteni, Ankara, Sayı 56.

[14] PCI, Prestressed Concrete Institute, 1988. Design and typical details of connections for precast and prestressed concrete, MNL 123-88, Chicago.

[15] Hartland, R.A., 1975. Design of Precast Concrete: an Introduction to Practical Design, Surrey University Press, London.

[16] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007. 6 Mart 2007 tarih, 26454 sayılı Resmi Gazete.

[17] TS 498, Kasım 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[18] Sap2000 Three Dimensional Static And Dynamic Finite Element Analysis And Design Of Structures, CSI , 1995, Berkeley, U.S.A.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

[19] Prestressed Concrete Structures, M.P.Collins, D.Mitchell, Prentice Hall, New Jersey, 1991.

[20] Önyapımlı Elemanlar, A.S.Ergin , Gazi Üniversitesi, Ankara, 1985.

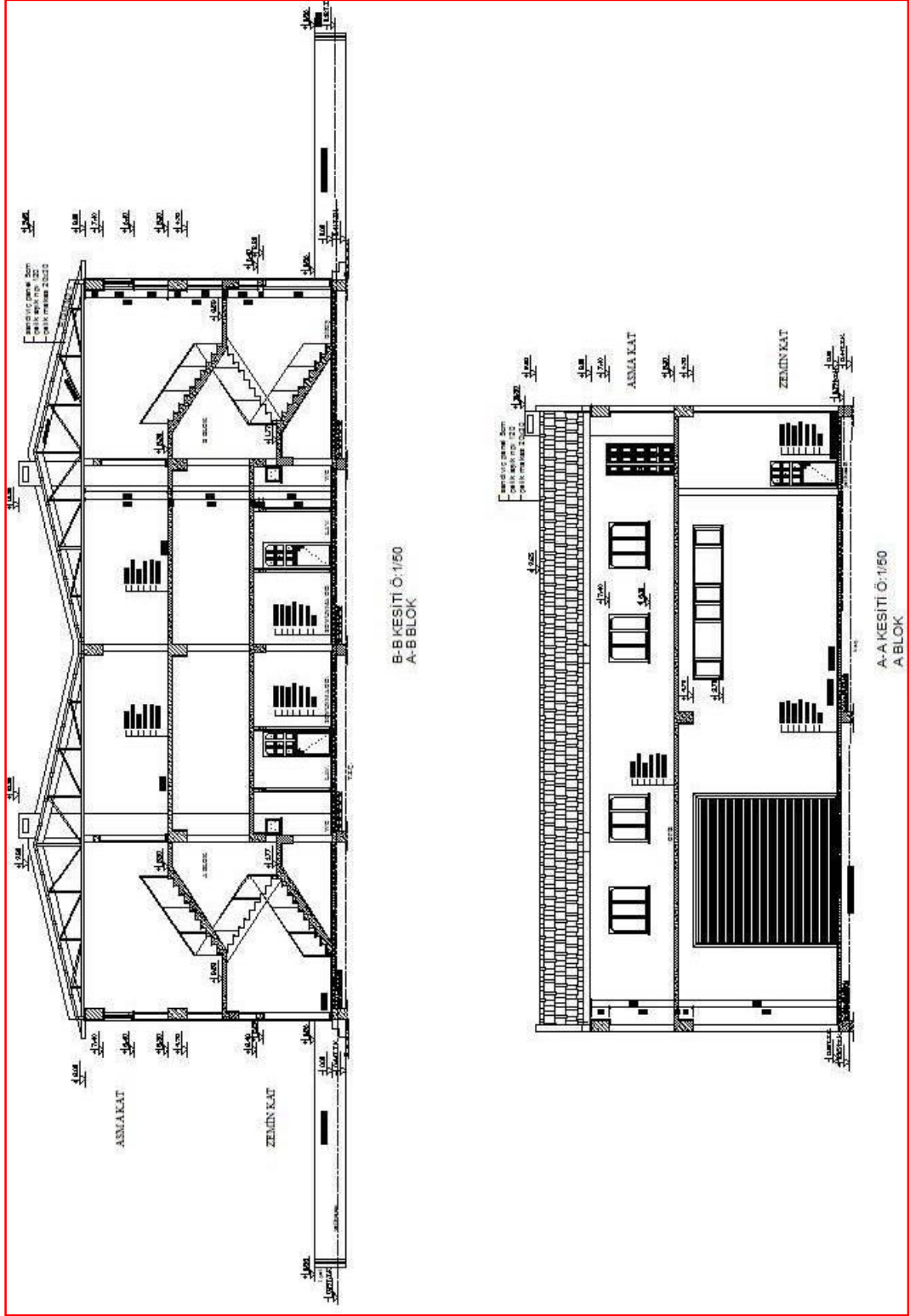
[21] Prefabrikasyon Sempozyumu Bildirileri , Türkiye Prefabrik Birliği , İstanbul , Mayıs 2000.

[22] Prefabrike Yapıların Deprem Davranışı ve 1998 Yönetmeliği'nin Uygulama Esasları, Türkiye Prefabrik Birliği, İzmir, 3 Eylül 2000.

[23] Beton Prefabrike Elemanların Birleşim Detayları, Türkiye Prefabrik Birliği, Ankara, Ocak 1997

EKLER

EK A. Prefabrike sanayi yapısının güncel standart ve yönetmeliklere göre eleman hesaplarının, imalat çizimlerinin yapılması



Şekil A.1. Prefabrike sanayi yapısı mimari kesitleri

PROJE GENEL BİLGİLERİ

Proje Adı :
Proje Özellikleri : Sanayi Yapısı

Genel Bilgiler

Kat Sayısı : 1+Asmakat
Deprem Bölgesi : 1. Deprem Bölgesi
Etkin Yer İvme Katsayısı (A_0) : 0.40
Yapı Önem Kat Sayısı (I) : 1.00
Yapı Davranış Katsayısı (R) : 3

Malzeme Özellikleri

Prefabrik Beton Sınıfı : C30
Prefabrik Çelik Sınıfı : S420 a
Öngermeli Beton Sınıfı : C40
Öngermeli Çelik Sınıfı : 270 K Düşük Gevşemeli Çelik
Yerinde Dökme Beton Sınıfı : C20
Yerinde Dökme Çelik Sınıfı : S420 a
Yapısal Çelik Sınıfı : St.37
Zemin Emniyet Gerilmesi : 10 ton/m²
Zemin Sınıfı : Z3
Zemin Grubu : C3
Zemin Yatak Katsayısı : 1100 ton/m³
Hesap Programı : SAP 2000 Integ. Structural Analysis And Design Software

Prefabrike sanayi yapısının çözümünde yük hesaplamaları, eşdeğer deprem yükü hesabı, düzensizlik kontrolleri, prefabrike elemanların hesaplamaları ve temel hesabı daha önceden Excel'de hazırlanmış olan programlarla gerekli malzeme, kesit ve yüklemeler girilerek otomatik olarak hesaplanmıştır. Bu Excel programların amacı ise uygulamaya yönelik olarak pratiklik ve hızlı bir şekilde proje üretimidir.

Sap2000 programında modellenen binanın çözümünden sonra x yönünde en olumsuz olan C aksı ve y yönünde de 1 aksı ile 3 aksının M-N-Q diyagramları verilmiştir.

Y Ü K H E S A P L A R I

Proje :

ÇATI (+8.00 m) YÜKLERİ

Makas Aks Uzunluğu : 19.70 m. Aşık Kesit Ağırlığı: 0.063 t/m
Dik Aks Uzunluğu : 6.00 m. Alüminyum Kaplama : 0.015 t/m²

A. Sabit Yükler

Pref.Makas Ağırlığı : 8.65 t. Pref. Aşık Ağırlığı: 3.78 t.
Alüminyum Kaplama : 1.77 t. Toplam Sabit Yük : 14.20 t.

B. Hareketli Yükler

Kar Yüğü : 75 kg/m² Top.Hare.Yük (Kar) : 8.87 t.

Makas Yayılı Yükleri (DL = 120.1 kg/m² ; LL = 75 kg/m²)

Sabit Yük Orta DL = 0.28 t./m Kenar DL = 0.14 t./m

Hareketli Orta LL = 0.45 t./m Kenar LL = 0.23 t./m

Oluk Ağırlığı

Oluk Ağırlığı: 1.20 t

Oluk Ağırlığı: 0.20 t./m

1.KAT (+5.30 m) YÜKLERİ

Hareketli Yük : 500 kg/m² **Bağlayıcı Kiriş Yükleri**
Boşluklu Döşeme : 285 kg/m² Duvar= 0.4 t/m Kiriş= 2.16 t.
Toping Betonu : 8 cm DL = 0.4 t./m DL_T = 2.40 t.

A. Sabit Yükler

Kiriş Ağırlığı : 8.51 t. Toplam Hare.Yük : 29.6 t.

Boşluklu Döşeme : 16.84 t.

Toping Betonu : 11.35 t.

Toplam Sabit Yük : 36.7 t.

Kiriş Yayılı Yükleri

DL = 2.86 t./m Ke.DL= 1.43 t/m

LL = 3.00 t./m Ke.LL= 1.50 t/m

DEPREM YATAY YÜKLERİ HESABI

Proje :

ÇATI (+8.00 m) YÜKLERİ

Top.Sabit Yük = 15.39 t. Kolon Ağırl. = 2.33 t/hol
 Top.Har.Yük = 8.87 t.
 Wdep = G+0.3Q = 20.38 t.

1.KAT (+5.30 m) YÜKLERİ

Top.Sabit Yük = 39.10 t.
 Top.Har.Yük = 29.55 t. Kolon Ağırl. = 6.87 t/hol
 Wdep = G+0.3Q = 54.83 t. Wdep = 0.928 t/m2

YAPI DEPREM ANALİZİ

Yerel Zemin Sınıfı Z3 ; Ta=0.15 sn ve Tb=0.6 sn olur.

Dinamik Analiz Sonucu; T1x =0.3042 sn ve T1y =0.3738 sn

1. Deprem Bölgesi Etkin Yer İvme Katsayısı, Ao = 0.4

Bina Önem Katsayısı, I=1; Spektral İvme Katsayısı, At=I.Ao.S(T)

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı(R) : Rx = 3 Rax = 3
 Ry = 3 Ray = 3

(D.Y.Md.6.4.3.1)'e göre Spektrum Katsayıları S(T);

X Yönu Sx = 2.50 Ta<T<=Tb Fi = Vt.(W.h)/(Wti.hi)
 Y Yönu Sy = 2.50 Ta<T<=Tb

Taban Kesme Katsayısı (C)

Toplam Taban Kesme Yükleri :

Cx = A0IS(T)/Ra = 0.333 Vt=A(t)Wt/Ra Vtx = 100.3 t
 Cy = A0IS(T)/Ra = 0.333 Vt=A(t)Wt/Ra Vty = 100.3 t

Base Reactions								
No	n(Adet)	h(m)	W(t)	Ewi.hi	Ewi	Vtix(t)	Vtiy(t)	M(ts/m)
c1	4	8.00	5.10	163.04	20.4	36.0	36.0	0.52
c3	6	8.00	10.19	489.12	61.1			1.04
1.kat	1	5.30	219.32	1162.4	219.3	64.2	64.2	22.36
			E =	1814.56	300.84	100.28	100.28	

Eşdeğer Yük Yöntemi Deprem Kuvvetleri

KAT	KAT	Di	lx (M)	ly (M)	Fx	Mz (x)	Fy	Mz (y)
Çatı	c1	-	24	19.7	2.25	2.7	2.25	2.2
-	c3	-	24	19.7	4.51	5.4	4.51	4.4
1.kat	1.kat	-	24	19.7	64.24	77.1	64.24	63.3

Deprem yüklemeleri ± %5 dışmerkezlikler gözönüne alınarak yapılmıştır.

DEPREM YÖNETMELİĞİ KONTROLLERİ

GÖRELİ KAT ÖTELEMELERİNİN SINIRLANDIRILMASI

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (\Delta i)_{\max}/h_i \leq 0.0035 \quad \text{Elverişsiz Değer:}$$

$$R = 3 \quad (\Delta i)_{\max}/h_i \leq 0.02/R \quad (\Delta i)_{\max}/h_i \leq 0.0035$$

Deplasmanlar	G+Q+Ex	<0.0035				G+Q+Ey	<0.0035			
Kat	hi(m)	di _{min} (cm)	di _{max} (cm)	Δi _{max}	Δi _{max} /hi	di _{min} (cm)	di _{max} (cm)	Δi _{max}	Δi _{max} /hi	
Çatı	2.70	1.02	1.20	0.40	0.0015	1.73	1.85	0.72	0.0027	
1.kat	5.30	0.67	0.80	0.80	0.0015	1.05	1.13	1.13	0.0021	

İKİNCİ MERTEBE ETKİLERİ GÖSTERGE DEĞERİ KONTROLÜ

$$\Theta_i = [(\Delta i)_{\text{ort}} \sum w_j] / (V_i h_i) \leq 0.12 \quad \sum w_j = 300.84 \text{ t.}$$

	G+Q+Ex	Θi<0.12				G+Q+Ey	Θi<0.12			
Kat	hi(m)	Vi(t)x	Δi _{min}	Δi _{ort}	Θi	Vi(t)y	Δi _{min}	Δi _{ort}	Θi	
Çatı	2.70	36.0	0.35	0.38	0.01	36.0	0.68	0.70	0.02	
1.kat	5.30	64.2	0.67	0.74	0.01	64.2	1.05	1.09	0.01	

DEPREM DERZLERİ

$$(a) \text{Derz}_{\min} = 3 + (8-6) / 3 = 3.7 \text{ cm}$$

$$H_n = 8.00 \text{ m}$$

$$(b) \text{Derz}_{\min} = (d_{\max}(a) + d_{\max}(a)) \alpha = 1.80 \text{ cm}$$

$$\text{Derz}_{\min} = 4 \text{ cm seçildi.}$$

YAPI DÜZENSİZLİK KONTROLLERİ

PLANDA DÜZENSİZLİKLER

A1- Burulma Düzensizliği

$$\eta_{bi} = (\Delta i)_{\max} / (\Delta i)_{\text{ort}} > 1.2 \quad D_i = (\eta_{bi} / 1.2)^2$$

	G+Q+Ex			G+Q+Ey			
Kat	ηbi	Al Dz.	Di x	ηbi	Al Dz.	Di y	Di
Çatı	1.07	-	-	1.03	-	-	-
1.kat	1.09	-	-	1.04	-	-	-

A2- Döşeme Süreksizlikleri

$$\text{Kat Boşluk Alanları Toplamı (Ab) / Kat Alanları Toplamı (A) > 1/3}$$

Kat	Ab(m²)	A(m²)	Ab/A	A2	Sonuç
Çatı	0	472.8	0.000	yok	-
1.kat	0	236.4	0.000	yok	-

A3- Planda Çıkıntılar Bulunması

$$a_x > 0.2 L_x \quad a_x : x \text{ yönü çıkıntısı(m)} \quad a_y : y \text{ yönü çıkıntısı(m)}$$

$$L_x : x \text{ yönü bina boyu(m)} \quad L_y : y \text{ yönü bina boyu(m)}$$

Kat	a _x	0.2L _x	a _y	0.2L _y	A3~x	A3~y
Çatı	0	3.94	0	4.8	yok	yok
1.kat	0	3.94	0	4.8	yok	yok

DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİKLER

B1- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf Kat)

Herhangi bir katta etkili kesme alanı; $\sum Ae = \sum Aw + \sum Ag + 0.15 \sum Ak$

Dayanım Düzensizliği Katsayısı ; $\eta_{ci} = (\sum Ae)_i / (\sum Ae)_{i+1} < 0.80$

$\sum Aw$:kattaki kolon enkesit alanları toplamı

$\sum Ag$:kattaki deprem doğr. paralel çalışan perde enkesit alanları toplamı

$\sum Ak$:kattaki deprem doğr. paralel kagir duvarlanaları toplamı (boşluklar hariç)

$\sum Ae$: kattaki göz önüne alınan deprem doğrultusundaki etkili kesme alanı

Kat	$\sum Aw$	$\sum Ag$ x	$\sum Ak$ x	$\sum Ae$ x	η_{ci} x	$\sum Ag$ y	$\sum Ak$ y	$\sum Ae$ y	η_{ci} y	Sonuç
Çatı	3.00	0.00	7.00	4.05	-	0.00	7.00	4.05	-	yok
1.kat	3.00	0.00	7.00	4.05	1.00	0.00	7.00	4.05	1.00	yok

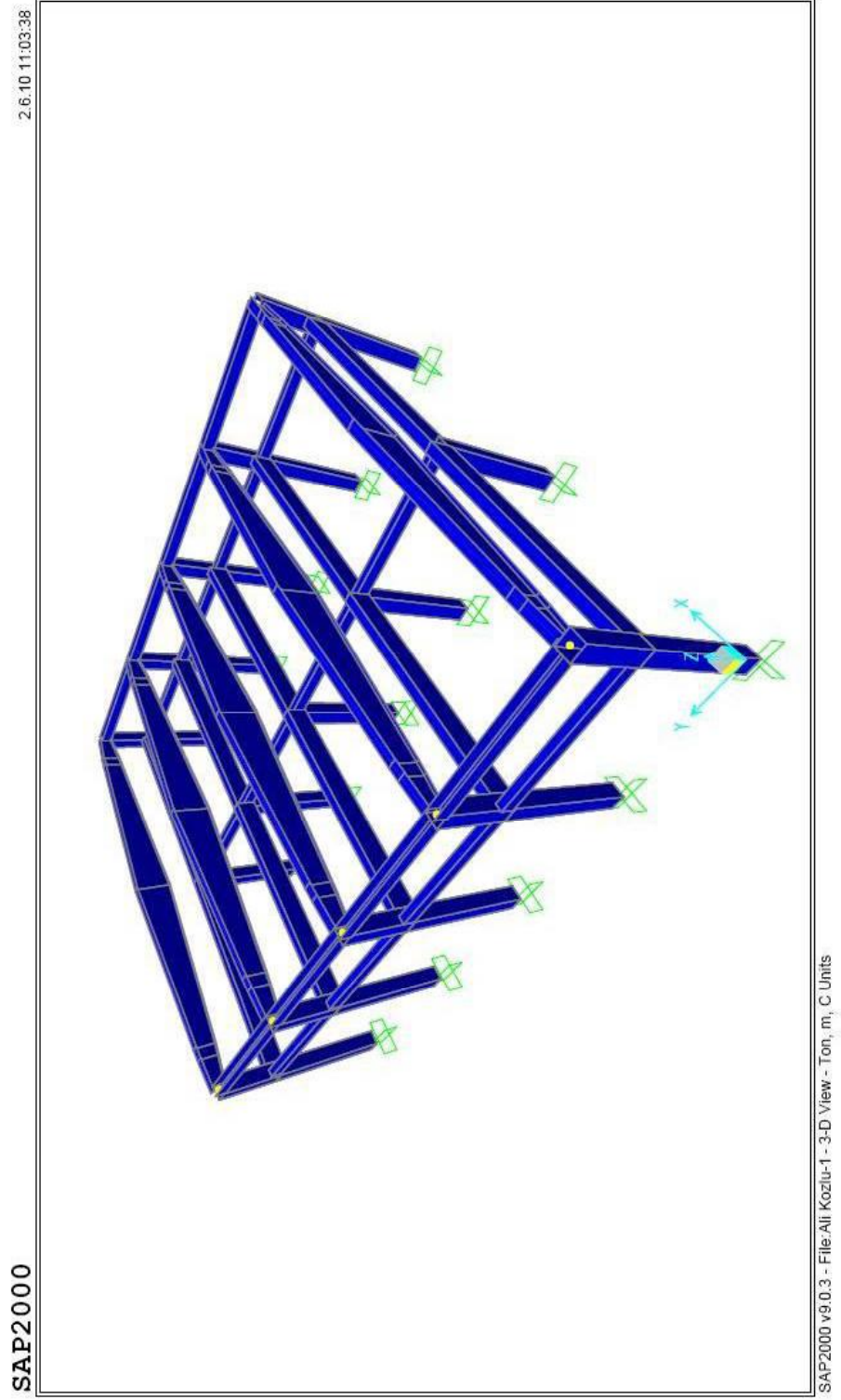
B2- Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat)

Rijitlik Düzensizliği Katsayısı $\eta_{ki} = (\Delta i)_{ort} / (\Delta i+1)_{ort} > 1.5$

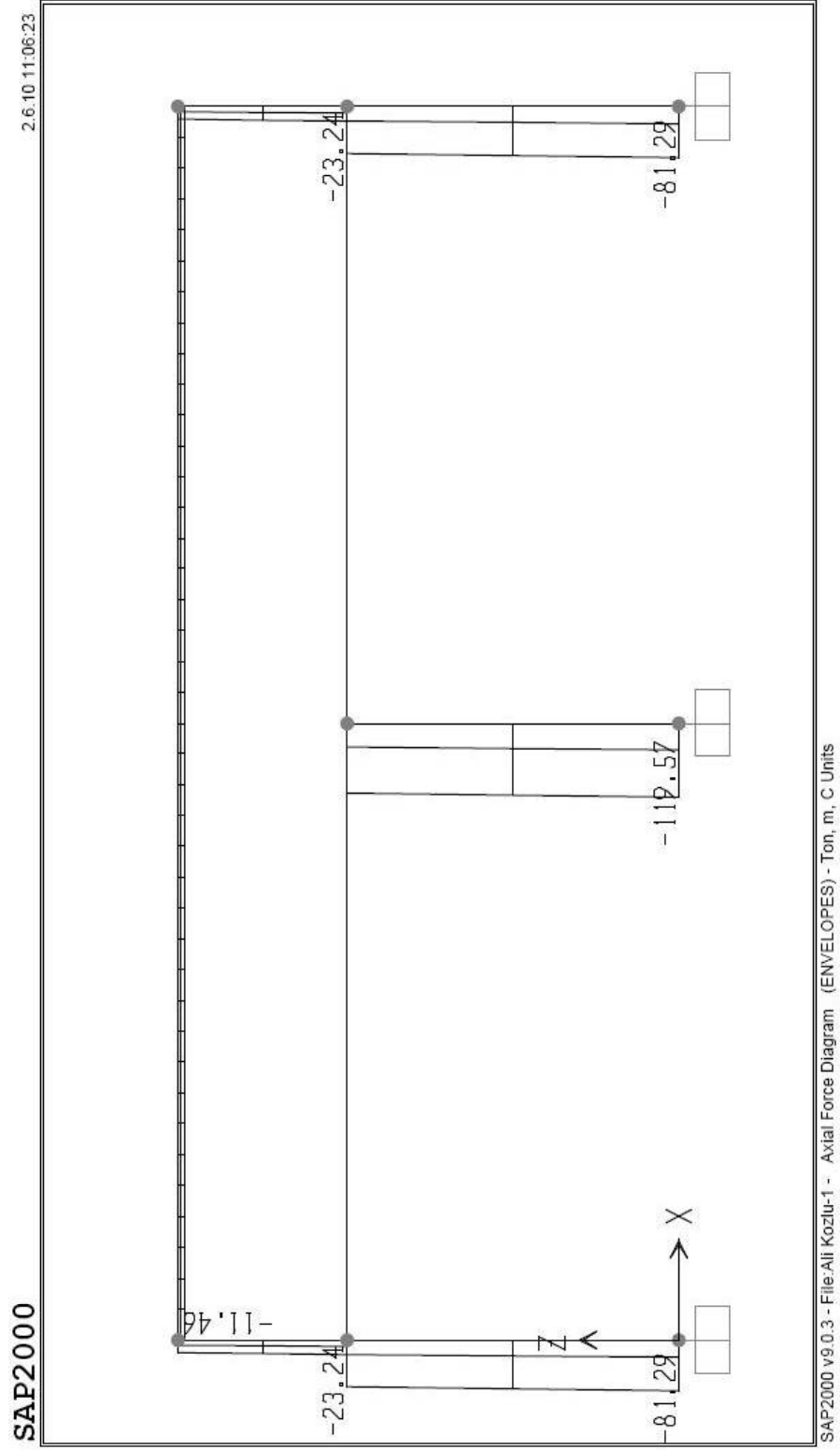
Kat	G+Q+Ex				G+Q+Ey			
	$(\Delta i)_{ort}$	$(\Delta i+1)_{ort}$	η_{ki}	B2	$(\Delta i)_{ort}$	$(\Delta i+1)_{ort}$	η_{ki}	B2
Çatı	0.38	0.00	-	-	0.70	0.00	-	-
1.kat	0.74	0.38	1.96	§5 ek	1.09	0.70	1.56	§5 ek

B3 - Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği (6.3.2.5) :

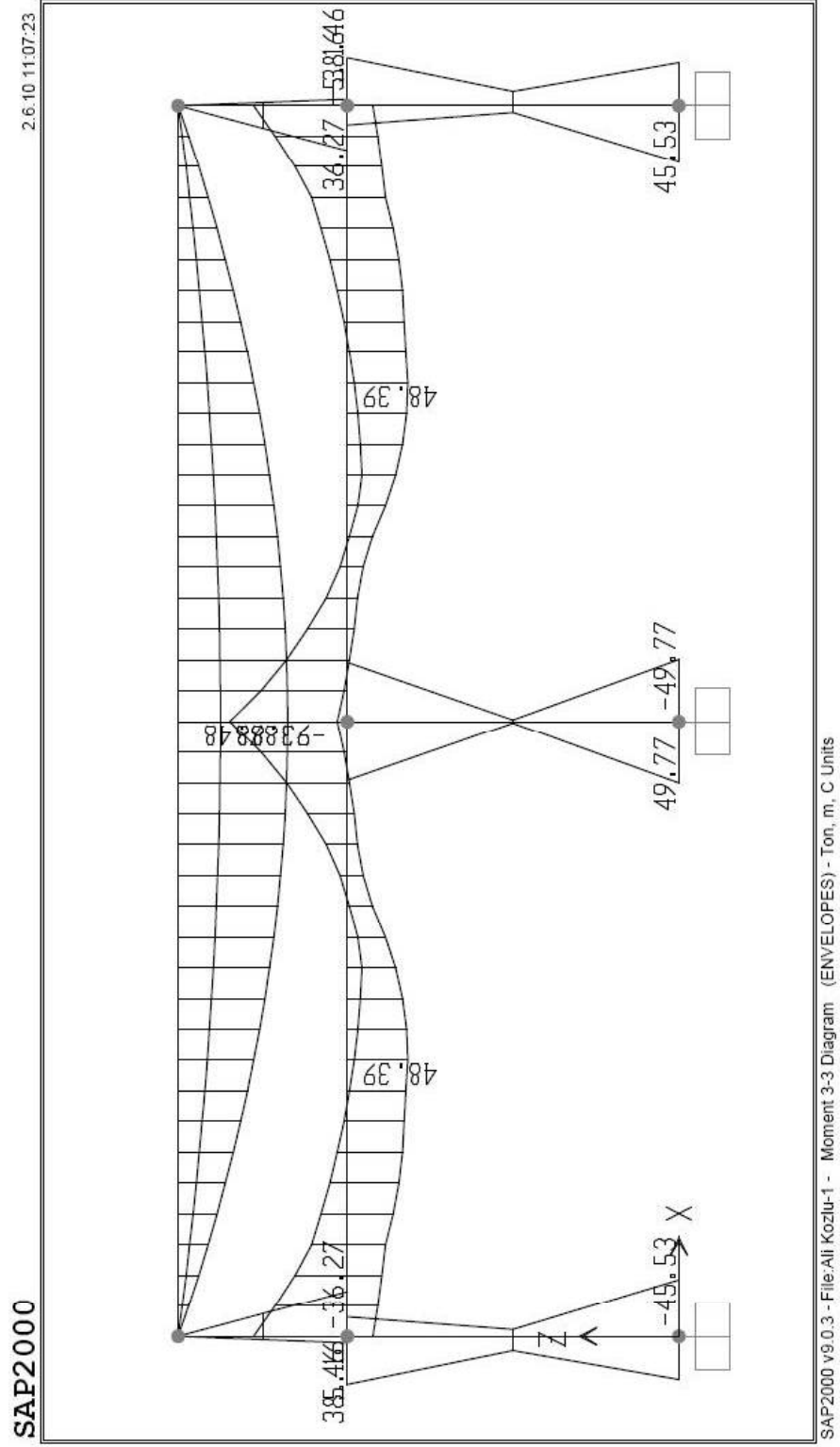
(a) kolonların konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan güselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.	yok	-
(b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması	yok	ilgili d.nok.yükleri §50 arttırılması
(c) Üst kattaki perdenin her iki ucundan altta kolonlara oturtulması	yok	d.nok.yük. §50 artış Kolon boy. sarılma böl.
(d) Perdelerin kendi düzlemlerinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.	yok	-



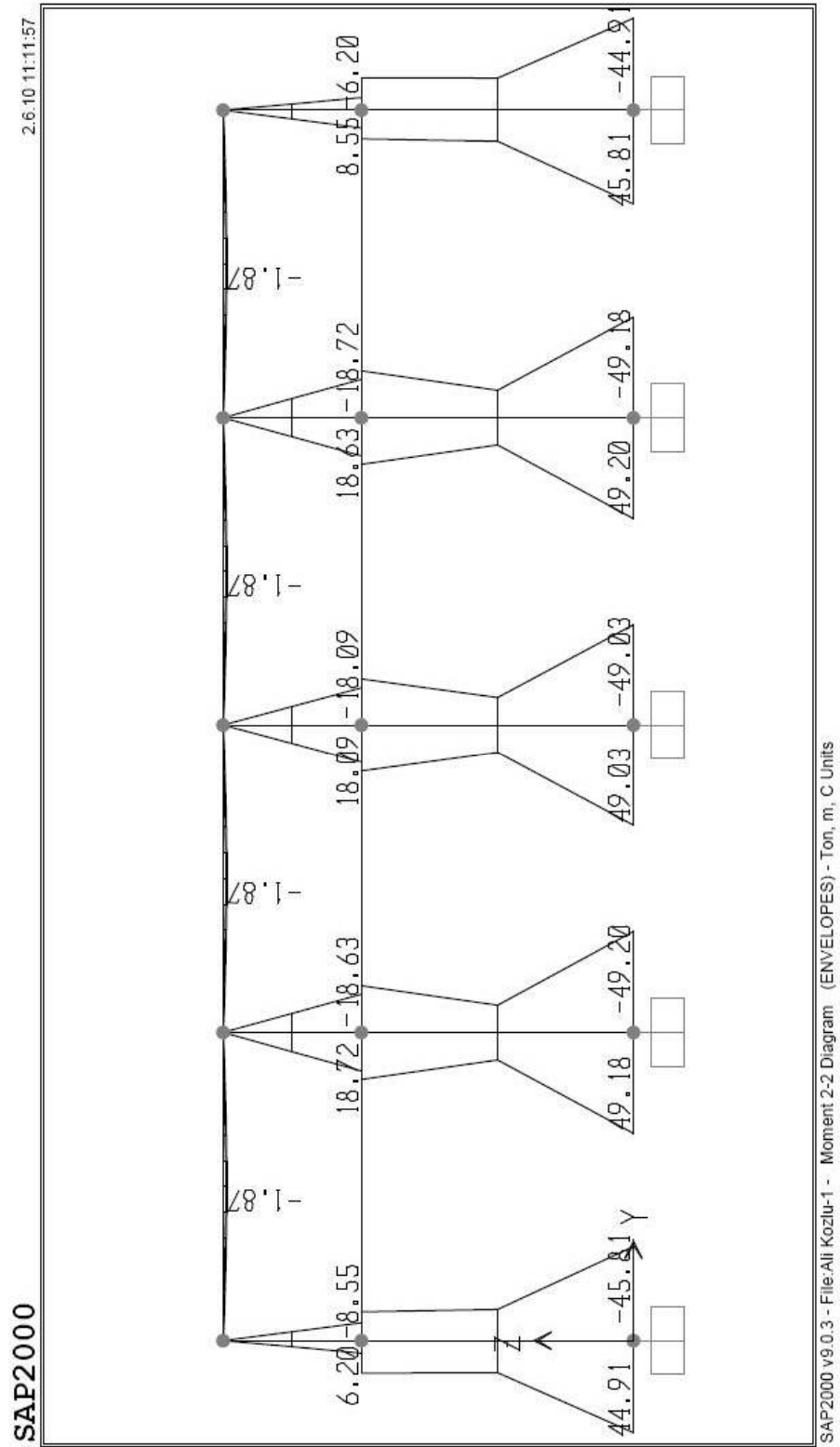
Şekil A.2. Prefabrike sanayi yapısı SAP2000 modeli

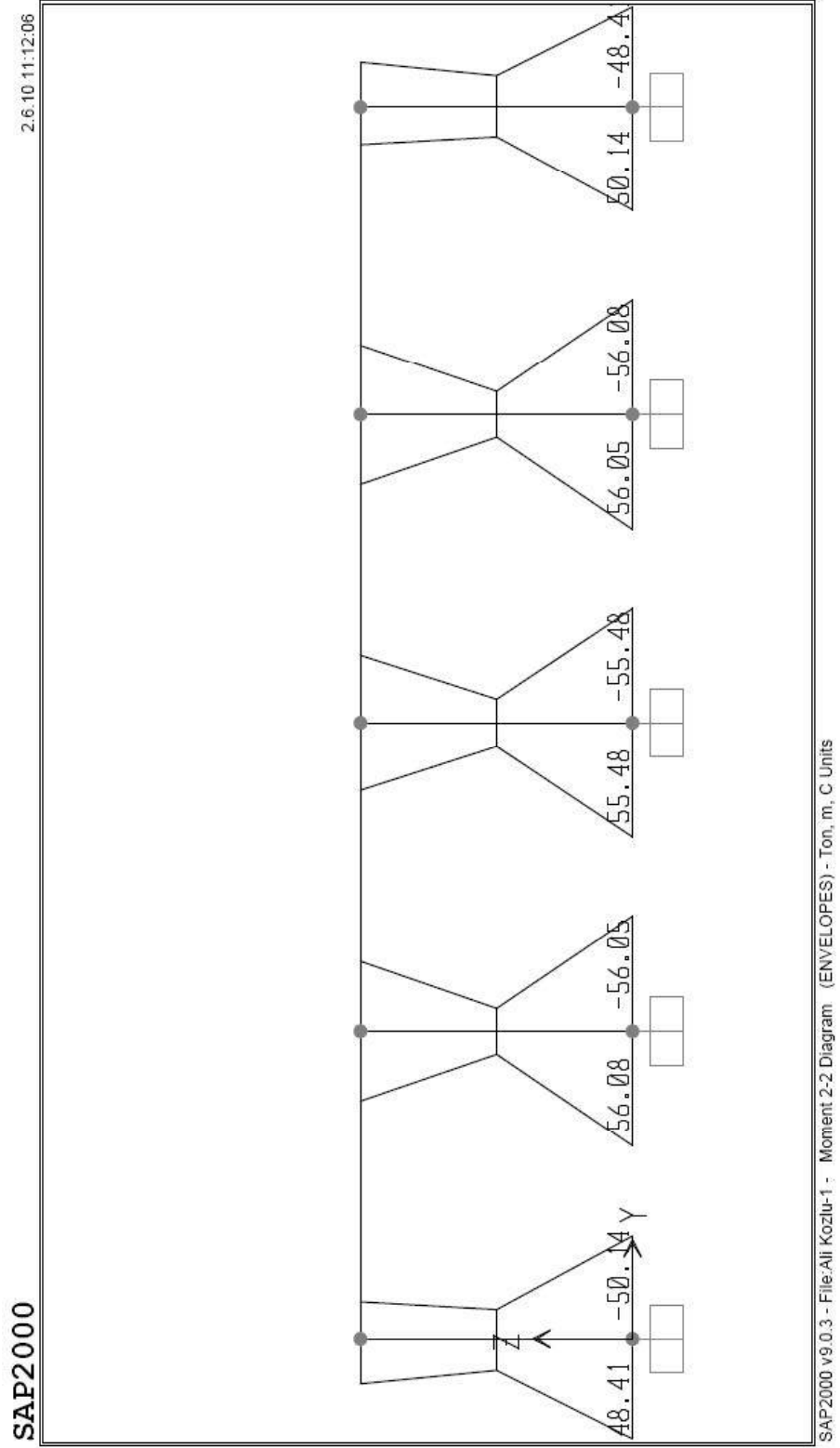


Şekil A.3. Prefabrike sanayi yapısı C aksı eksenel yük diyagramı

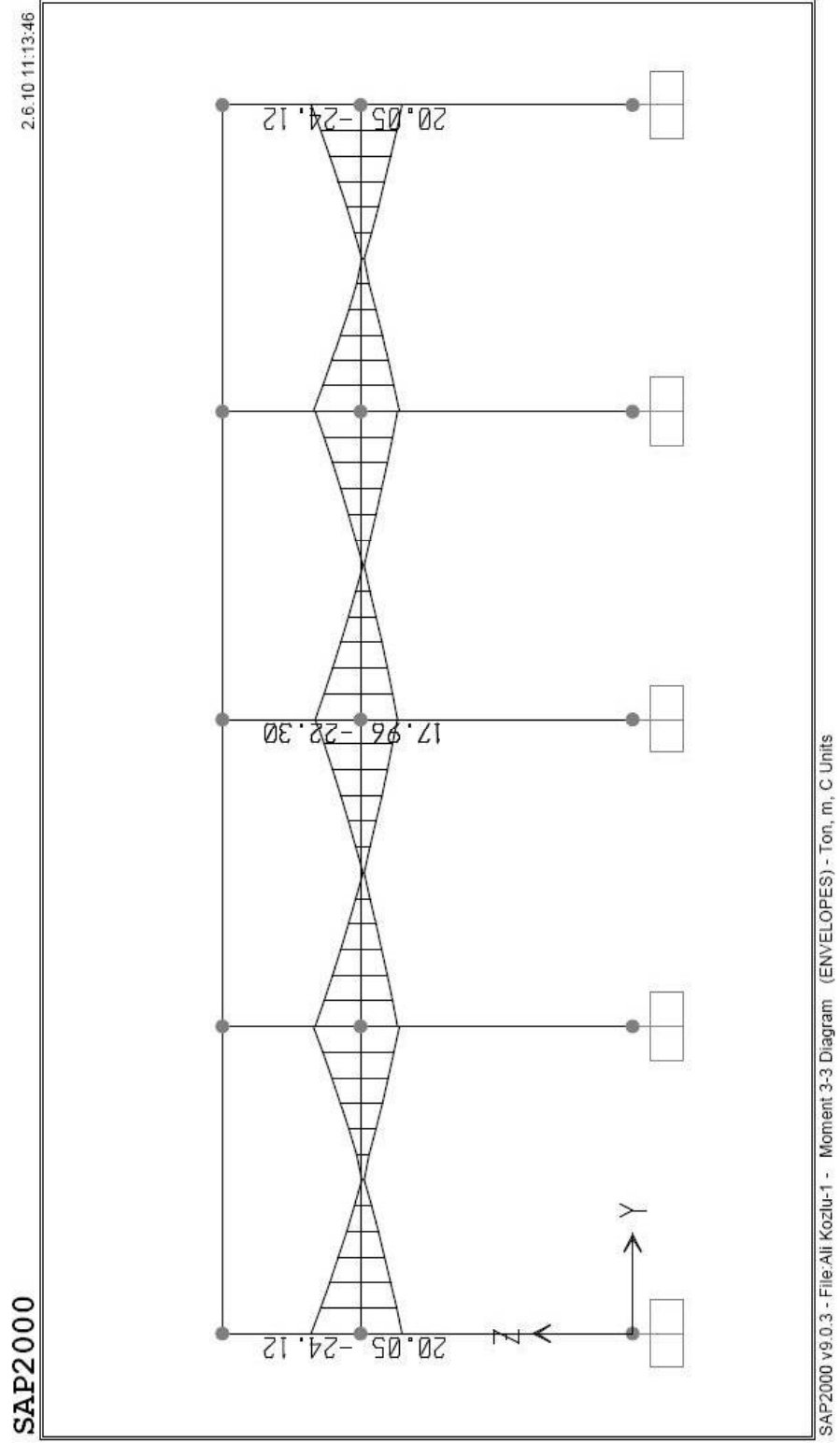


Şekil A.4. Prefabrike sanayi yapısı C aksı M33 moment diyagramı

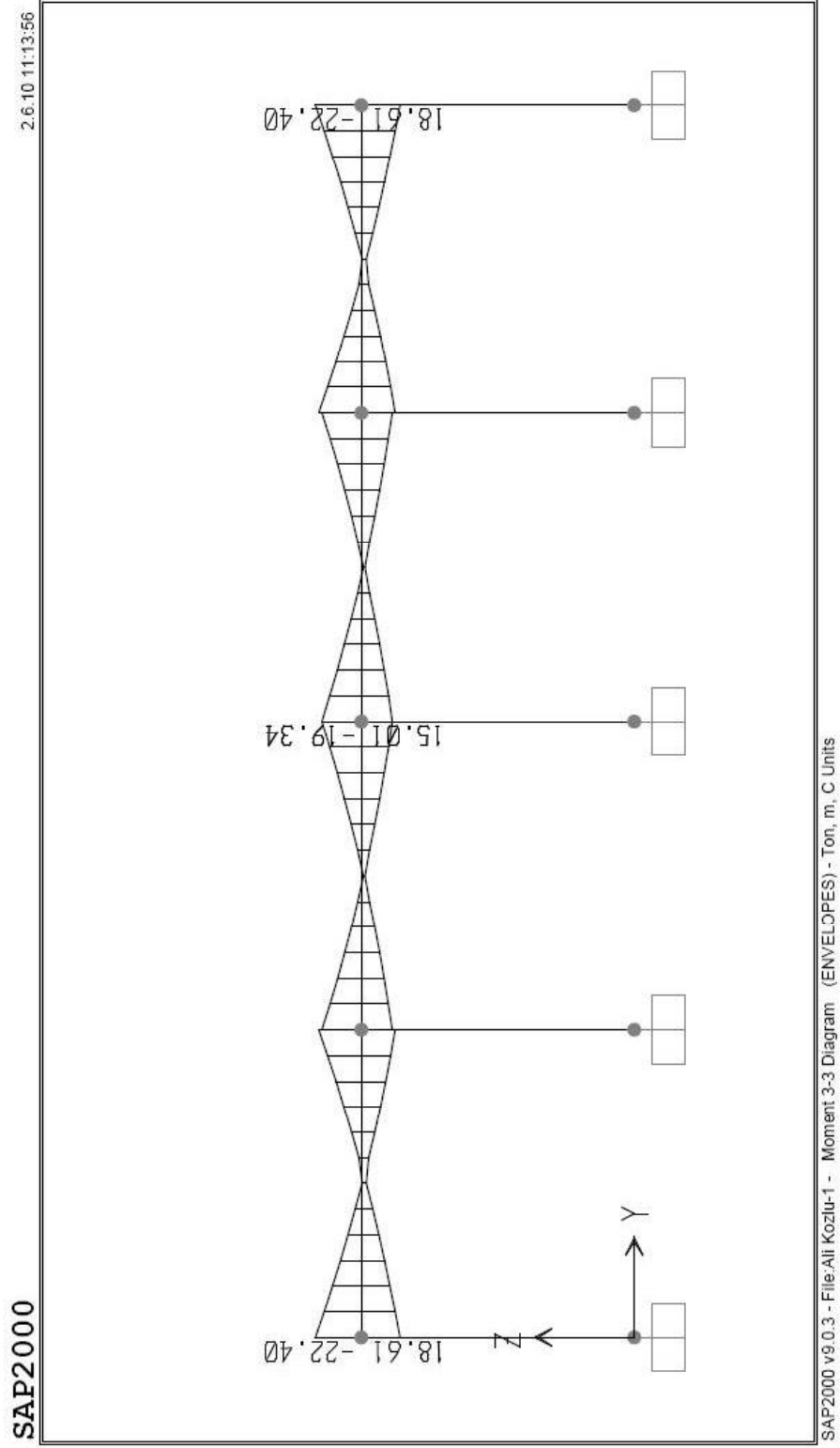




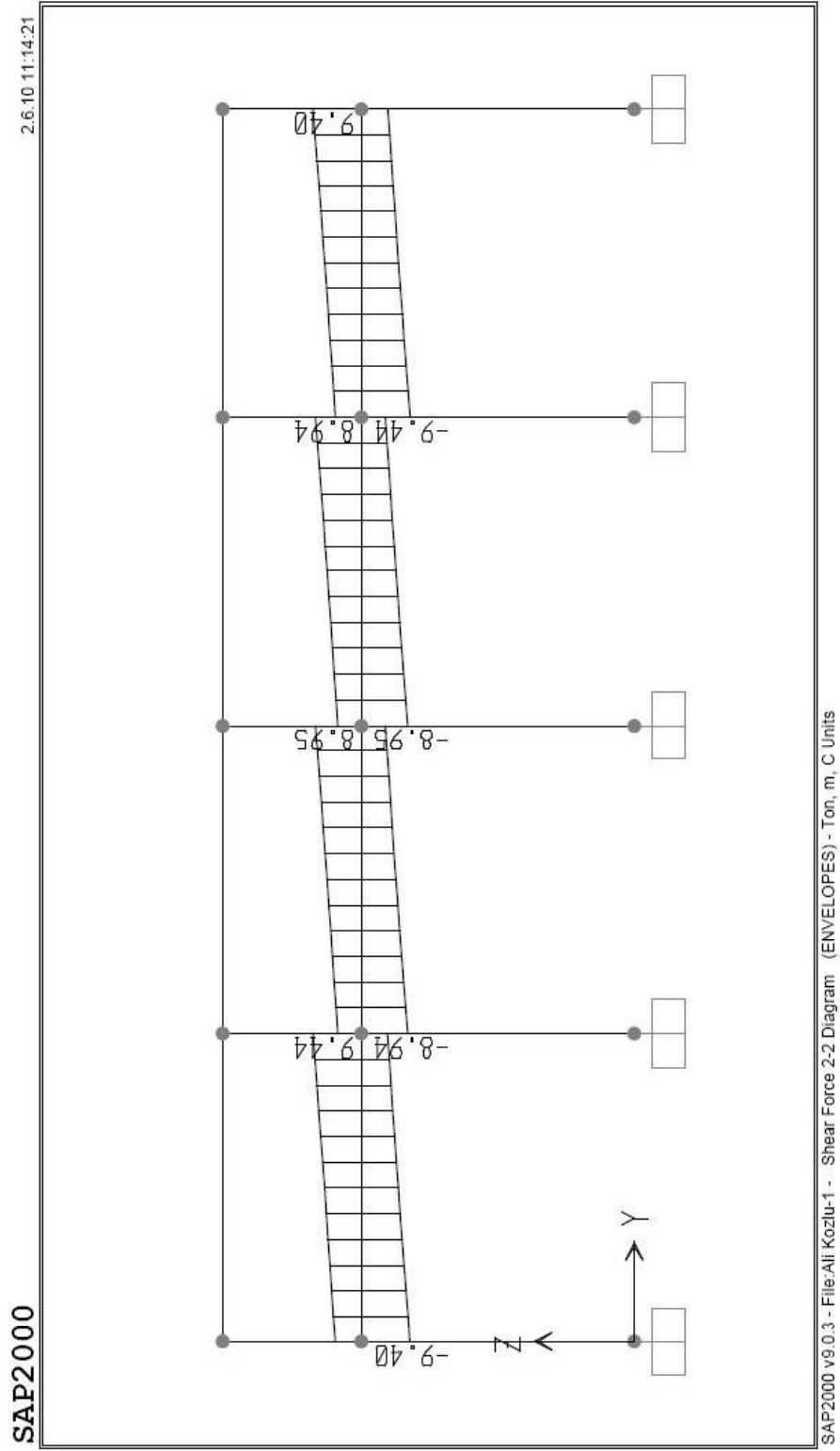
Şekil A.6. Prefabrike sanayi yapısı 3 aksı M22 moment diyagramı



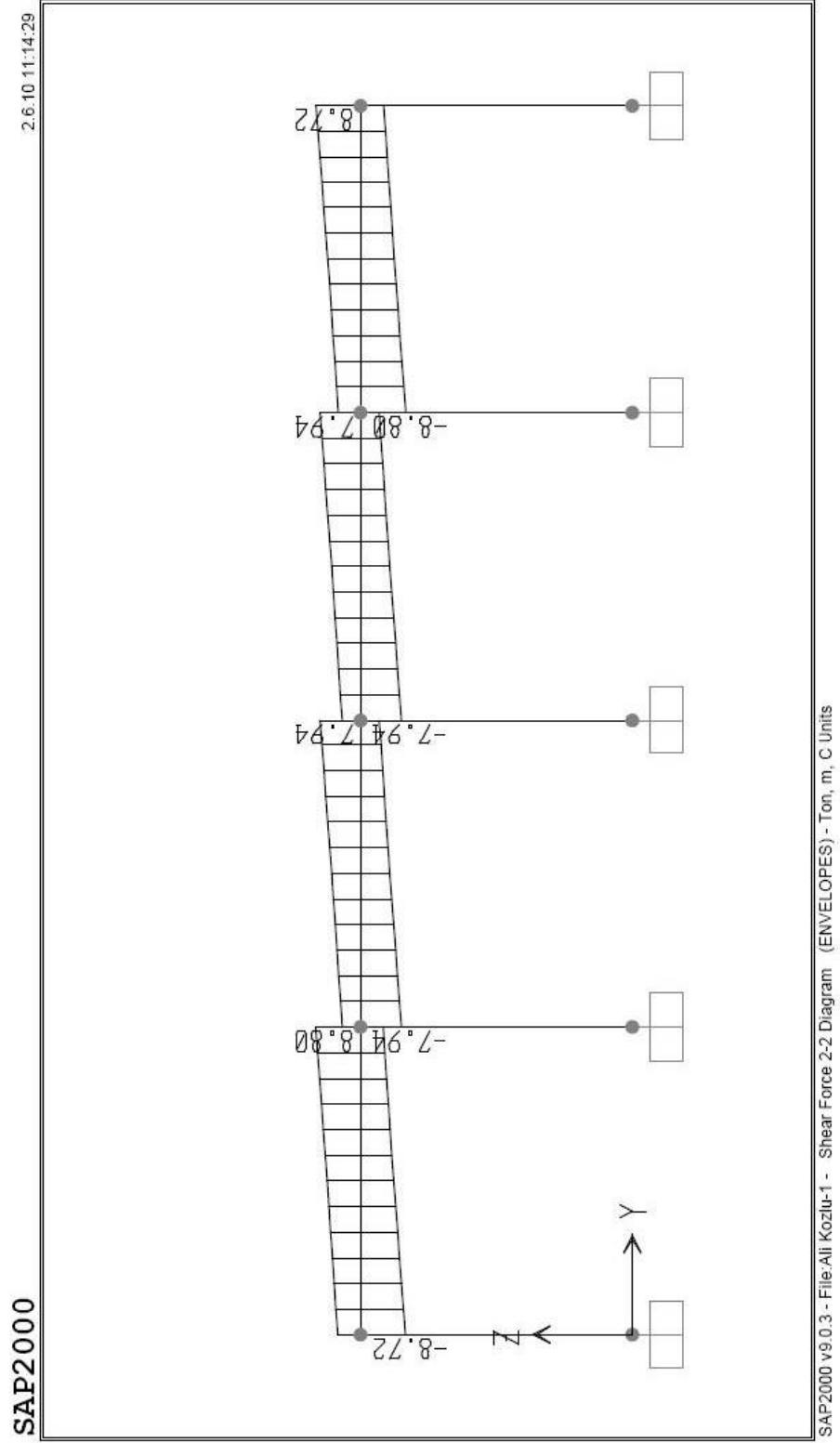
Şekil A.8. Prefabrike sanayi yapısı 1 aksı M33 moment diyagramı



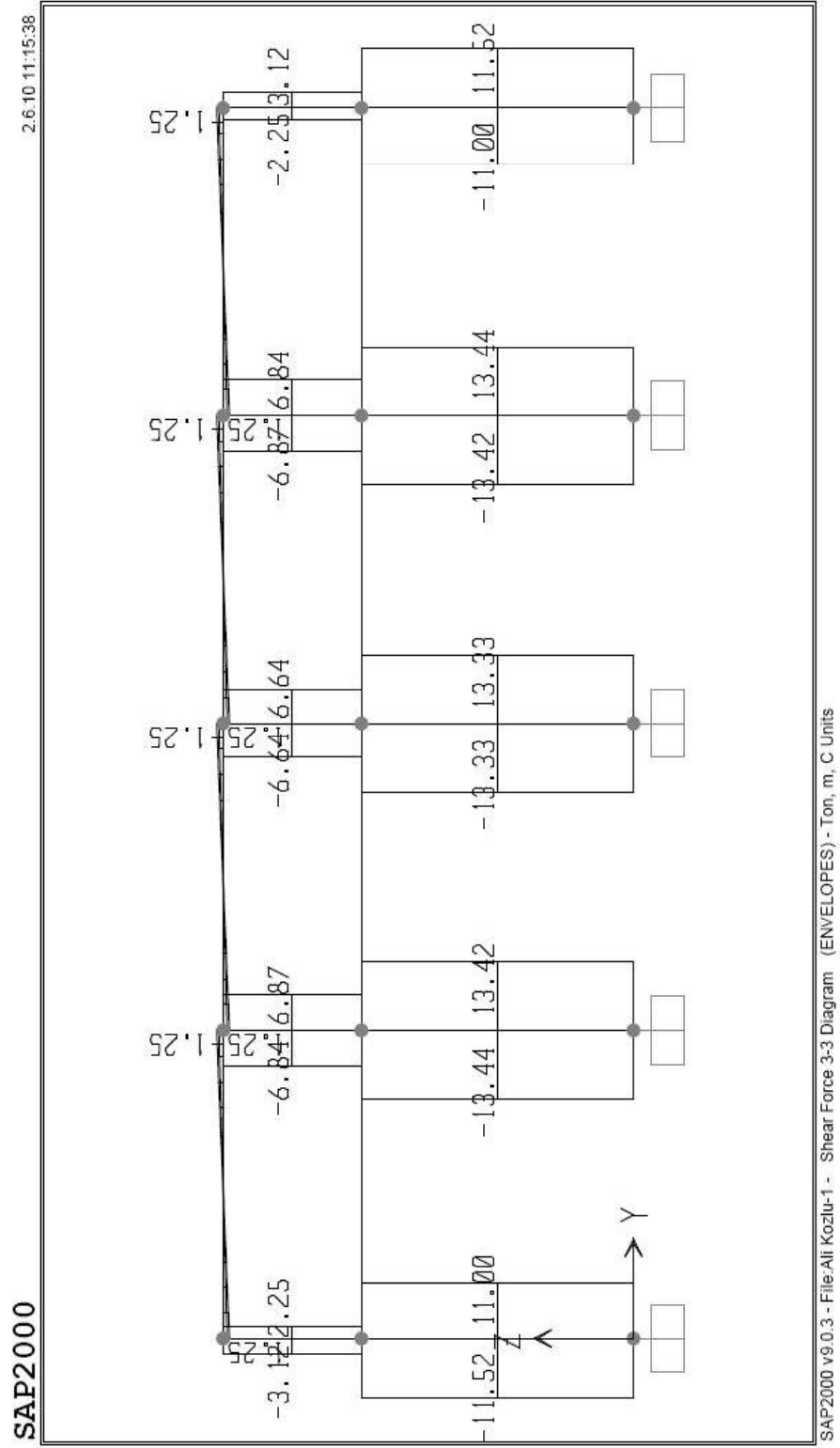
Şekil A.9. Prefabrike sanayi yapısı 3 aksı M33 moment diyagramı



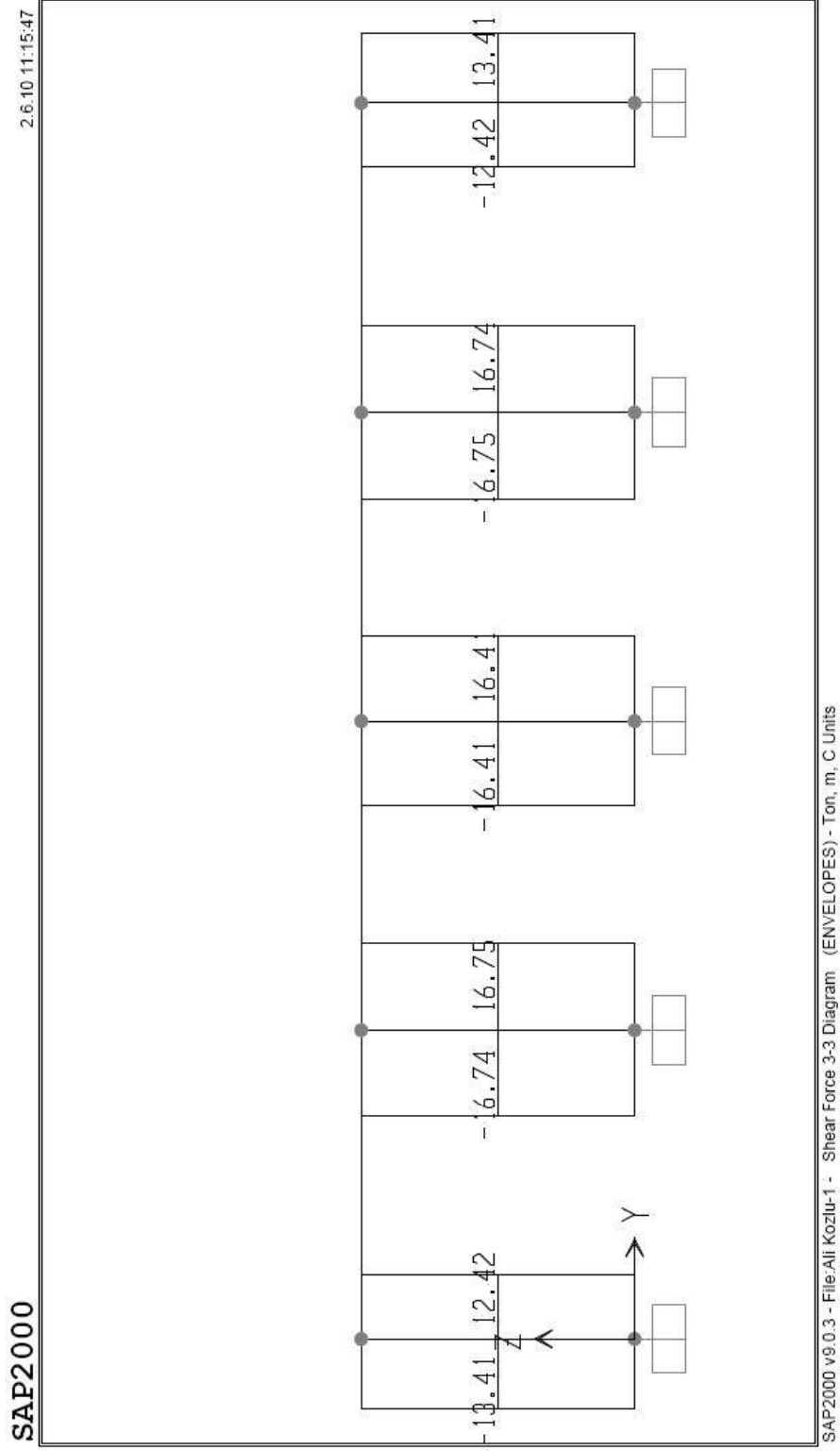
Şekil A.10. Prefabrike sanayi yapısı 1 aksı V22 kesme diyagramı



Şekil A.11. Prefabrike sanayi yapısı 3 aksı V22 kesme diyagramı



Şekil A.12. Prefabrike sanayi yapısı 1 aksı V33 kesme diyagramı



Şekil A.13. Prefabrike sanayi yapısı 3 aksı V33 kesme diyagramı

BÖK ÇATI KIRIŞI (MAKAS) DİSAYNI

Proje :

A. Sabit Yükle

Makas Ağırlığı : 8.28 t
 Çatı Kaplaması : 1.72 t (Al.)
 Aşık Ağırlığı : 3.78 t

B. Hareketli Yükle

Hareketli Yükle : 75 kg/m²
 DL_y = 0.72 t/m
 LL_y = 0.45 t/m
 Pd = 1.4DL + 1.6LL = 1.73 t/m

Malzeme
 Donatı : S 420
 Beton : C 30

Maksimum Moment Hesabı

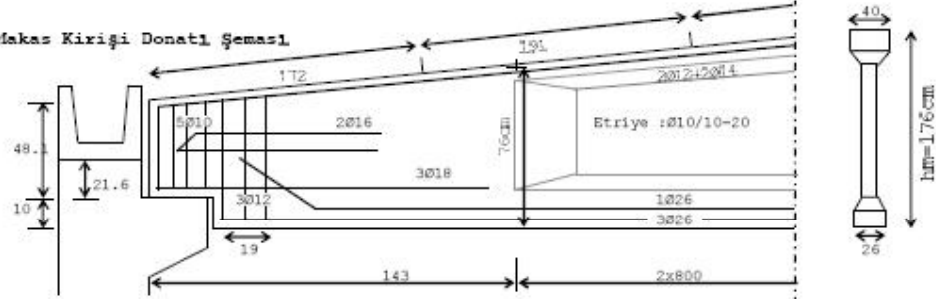
l = 1886 cm h = 176 cm bw = 26 cm
 x = 6.92 m h_x = 114 cm M_x = Pd.x.(L-x)/2 = 71.49 t.m

Açıklıkta Kesit Boyutlandırması

As_{min} = 10.31 cm² ρ_{min} = 0.003 UST 3.79 cm² Tek D.
 As = 18.97 cm² ρ = 0.006 2 Ø 12 + 2 Ø 14 5.34
 As_{max} = 90.65 cm² ρ_{max} = 0.031 ÇEKME ALT 18.97 cm²
 4 Ø 26 21.24
 l_{net} = 1886 cm s_c >= 15 cm As_{2min} = 0.00 cm²
 l_c = 2h = 228 cm s_o s >= 57 cm ρ_m = 0.031 ρ_{max} = 0.020
 C = l_n/4 = 471.5 cm Md1 = 0.00 Md2 = 0.00
 K = 44.81 Kl = 24.75

Kesme Hesabı

V_d = P L / 2 = 16.5 t h_{eq} = 58.1 cm
 V_{cr} = 0.68 f_{ctd} bwd = 11.8 t. Etriye : Ø 10
 V_d = 16.52 t > V_{cr} = 11.8 t Asw = 1.57 cm²
 V_c = 0; V_w = 16.5 t. V_w = Asw/s + f_{sd} d' s <= 19.1cm (Ø10/10-20cm)

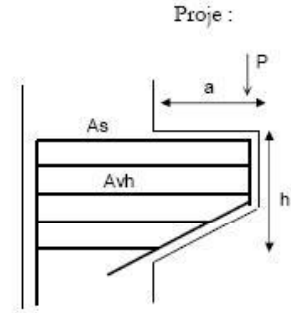
Makas Kiriş Donatı Şeması**Makas Uç Bölgesi**

H_d = 16.5 kN h = 481.3 mm
 a = 450 mm c = 100 mm d = 451.3 mm
 As = Asf + An = 620 mm² Acr = bh = 1251 mm² μ_e = 7.32
 As = V_d / (f_y k Me) + (H_d / (0.7 f_y k)) = 110 mm² < 620 mm²
 Seçim : 3 Ø 18 763 mm² 1.71b = 1530 mm [1]
 Ah = V_d / (2.1 f_y k Me) = 26 mm²
 Seçim : 2 Ø 16 2x402 = 804 mm² [2]
 Ash = V_d / (0.7 f_y k) = 562 mm² Mesafe 1 = 0.40d = 180.52 mm
 Seçim : 3 Ø 12 679 mm² Kapalı Etriye [3]
 As'h = Ash = 562 mm²
 Seçim : 2 Ø 26 1062 mm² 50Ø = 1300 mm [4]
 Av = (1/f_y k) (V_d / 0.70 - 0.17 (f_{ck})^{1/2} bd) = 151 mm²
 Seçim : 5 Ø 10 /7cm 393 mm² Kapalı Etriye [5]

PREFABRİK MAKAS KONSOLU HESAPLARI

Malzeme : C30 / S420 / S420

$$\begin{aligned} V_d &= 16.52 \text{ t.} & a &= 25 \text{ cm} \\ H_d &= 3.3 \text{ t.} & b &= 60 \text{ cm} \\ V_d &\leq \emptyset 0.2f_c'bd & h &= 40 \text{ cm} \\ d_{min1} &= 5.4 \text{ cm} & d &= 37 \text{ cm} \\ V_d &\leq \emptyset 5.5 bd \\ d_{min2} &= 5.9 \text{ cm} \\ V_{res} &= 0.15f_c'bh = 90.0 \text{ t} > V_d = 16.52 \text{ t} \end{aligned}$$



Çekme donatısı As

$$\begin{aligned} As1 &= Asf + An = 4.92 \text{ cm}^2 & \mu_e &= 14.03 > 3.4 \\ As2 &= V_d/f_yk/\mu_e + H_d/0.7/f_yk = 2.28 \text{ cm}^2 \\ As_{min} &= 0.04(f_c'k/f_yk)b.d = 6.34 \text{ cm}^2 \\ As1 > As2 & \quad As = 6.34 \text{ cm}^2 & 4 \emptyset 16 & (8.04 \text{ cm}^2) \end{aligned}$$

Kayma Donatısı Avh

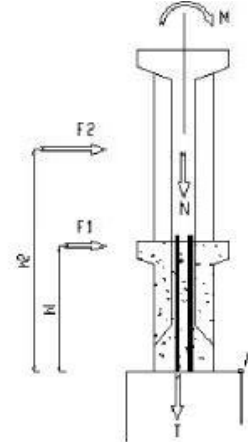
$$\begin{aligned} Avh &= As/2 + f_yk/f_{yw}k = 2.46 \text{ cm}^2 & Avh/2 &= 1.23 \text{ cm}^2 \\ s &= (2/3)d = 24.7 \text{ cm} & 3 \emptyset 12 / 9 \text{ cm} \times 2 & (6.79 \text{ cm}^2) \end{aligned}$$

PREFABRİK MAKAS DEPREM STABİLİTESİ VE BİRLEŞİM HESAPLARI

Yatay Kuvvet Dağılımı (A.B.Y.Y.H.Y.98 - Md.6.11.1)

Değişken kesitli çatı makası;

$$\begin{aligned} h &= 176 \text{ cm} & h1 &= 58 \text{ cm} \\ & & h2 &= 117 \text{ cm} \\ W1 &= 8.28 \text{ t} & F &= \sum W.Ao.I.S(T) \\ W2 &= 4.04 \text{ t} & F &= 0,4.1.1,0.W \\ \Sigma W &= 12.32 \text{ t} & F &= 4.93 \text{ t} \\ F1 &= W1F/W = 3.31 \text{ t} \\ F2 &= W2F/W = 1.62 \text{ t} \\ Md &= F1.h1 + F2.h2 = 3.82 \text{ t.m.} \\ MdA &= T.11 + W.12 \text{ ise } T = 11.70 \text{ t} \end{aligned}$$



Ankraj Bulonu Seçimi : S420 - 2 Adet

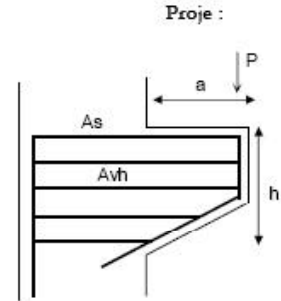
$$\begin{aligned} As &= 1,2T / f_{yd} & f_{yd} &= 3650 \text{ kg/cm}^2 \\ T &= 11.7 \text{ t. ise} & As_{ger} &= 3.85 \text{ cm}^2 & 2\emptyset 20 & (6.3 \text{ cm}^2) \end{aligned}$$

ARAKAT TAŞIYICI KİRİŞ KONSOLU HESAPLARI

Malzeme : C30 / S420 / S420

Vd =	49.33 t.	a =	25 cm
Hd =	9.87 t.	b =	60 cm
Vd <= Ø 0.2fc'bd		h =	50 cm
dmin1 =	16.1 cm	d =	47 cm
Vd <= Ø 5.5 bd			
dmin2 =	17.6 cm		

$$V_{res}=0.15f_{ck}bh=112.5 \quad t > Vd=49.33 \quad t$$



Çekme donatısı As

$$\begin{aligned} As1 &= Asf+An = 12.28 \text{ cm}^2 & \mu e &= 5.87 > 3.4 \\ As2 &= Vd/fyk/\mu e + Hd/0.7/fyk = 6.81 \text{ cm}^2 \\ Asmin &= 0.04(f_{ck}/f_{yk})b.d = 8.06 \text{ cm}^2 \\ As1 &> As2 \quad As &= 12.28 \text{ cm}^2 & 4 \text{ Ø } 22 \quad (15.21 \text{ cm}^2) \end{aligned}$$

Kayma Donatısı Avh

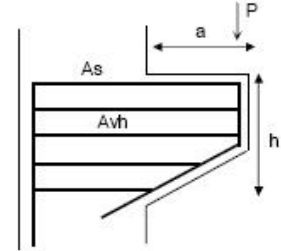
$$\begin{aligned} Avh &= As/2 + fyk/fywk = 6.14 \text{ cm}^2 & Avh/2 &= 3.07 \text{ cm}^2 \\ s &= (2/3)d = 31.3 \text{ cm} & 3 \text{ Ø } 12 / 12 \text{ cm x } 2 & (6.79 \text{ cm}^2) \end{aligned}$$

ARAKAT BAĞLAYICI KİRİŞ KONSOLU HESAPLARI

Malzeme : C30 / S420 / S420

Vd =	1.68 t.	a =	25 cm
Hd =	0.34 t.	b =	35 cm
Vd <= Ø 0.2fc'bd		h =	40 cm
dmin1 =	0.9 cm	d =	37 cm
Vd <= Ø 5.5 bd			
dmin2 =	1.0 cm		

$$V_{res}=0.15f_{ck}bh=52.5 \quad t > Vd=1.68 \quad t$$



Çekme donatısı As

$$\begin{aligned} As1 &= Asf+An = 0.50 \text{ cm}^2 & \mu e &= 80.50 > 3.4 \\ As2 &= Vd/fyk/\mu e + Hd/0.7/fyk = 0.23 \text{ cm}^2 \\ Asmin &= 0.04(f_{ck}/f_{yk})b.d = 3.70 \text{ cm}^2 \\ As1 &< As2 \quad As &= 3.70 \text{ cm}^2 & 4 \text{ Ø } 12 \quad (4.52 \text{ cm}^2) \end{aligned}$$

Kayma Donatısı Avh

$$\begin{aligned} Avh &= As/2 + fyk/fywk = 0.25 \text{ cm}^2 & Avh/2 &= 0.13 \text{ cm}^2 \\ s &= (2/3)d = 24.7 \text{ cm} & 3 \text{ Ø } 12 / 9 \text{ cm x } 2 & (6.79 \text{ cm}^2) \end{aligned}$$

SAP2000 Concrete Design

Project _____
Job Number _____
Engineer _____

ACI 318-99 COLUMN SECTION DESIGN Type: Units: Ton, cm, C (Summary)

L=530.000
Element : 31 B=60.000 D=60.000 dc=3.000
Station Loc : 0.000 E=320.000 fc=0.200 Lt.Wt. Fac.=1.000
Section ID : S6060 fy=3.650 fys=3.650 As=54.938 (Determined)
Combo ID : DLQX1 RLLF=1.000 As=1.526% (Determined)

Phi(Compression-Spiral): 1.000 Overstrength Factor: 1.25
Phi(Compression-Tied): 1.000
Phi(Tension): 1.000
Phi(Bending): 1.000
Phi(Shear/Torsion): 1.000

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3

Rebar Area	Design Pu	Design M2	Design M3	Minimum M2	Minimum M3
54.938	29.155	93.588	5348.225	93.588	93.588

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS

	Cm Factor	Delta ns Factor	Delta s Factor	K Factor	L Length
Major Bending(M3)	0.400	1.000	1.000	1.000	530.000
Minor Bending(M2)	0.405	1.000	1.000	1.000	530.000

SHEAR DESIGN FOR V2,V3

	Design Rebar	Shear Vu	Shear phi*Vc	Shear phi*Vs	Shear Vp
Major Shear (V2)	0.058	19.463	27.076	12.022	0.000
Minor Shear (V3)	0.000	0.460	27.076	0.000	0.000

JOINT SHEAR DESIGN

	Joint Shear Ratio	Shear VuTop	Shear VuTot	Shear phi*Vc	Joint Area
Major Shear (V2)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Minor Shear (V3)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

(6/5) BEAM/COLUMN CAPACITY RATIOS

	Major Ratio	Minor Ratio
	N/A	N/A

Notes:

N/A: Not Applicable
N/C: Not Calculated
N/N: Not Needed

+90 90 ' ' (') , +\$"!</p>
</div>
<div data-bbox="254 586 341 596" data-label="Text">
<p>BOYUNA DONATI:</p>
</div>
<div data-bbox="254 598 387 608" data-label="Text">
<p>Nd<ldmax=0.5fckAc=540t</p>
</div>
<div data-bbox="254 611 351 622" data-label="Text">
<p>As ger= 54.94cm²</p>
</div>
<div data-bbox="254 624 387 635" data-label="Text">
<p>[8Ø22+8Ø22] {60.81 cm²}</p>
</div>
<div data-bbox="254 637 380 647" data-label="Text">
<p>Asmin=36cm²<=60.81cm²</p>
</div>
<div data-bbox="254 650 334 660" data-label="Text">
<p>ENİNE DONATI:</p>
</div>
<div data-bbox="254 663 370 674" data-label="Text">
<p>Ash/s =0.058 cm²/cm</p>
</div>
<div data-bbox="254 676 473 687" data-label="Text">
<p>bk1=540 mm bk2=540 mm Ac=360000 mm²</p>
</div>
<div data-bbox="254 689 473 700" data-label="Text">
<p>a1=270 mm a2=270 mm Ack=291600 mm²</p>
</div>
<div data-bbox="254 702 480 713" data-label="Text">
<p>E.Çapı:Ø 8; Ash=2.01 cm2 ise s<=35 cm</p>
</div>
<div data-bbox="254 715 497 726" data-label="Text">
<p>s<=Ash/(2/3.0,3bk (Ac/Ack)fck/fywk)=11.1cm</p>
</div>
<div data-bbox="254 728 480 739" data-label="Text">
<p>s<=Ash/(2/3.0,075.bk(fck/fywk)=10.4 cm</p>
</div>
<div data-bbox="254 741 376 752" data-label="Text">
<p>Seçim : Ø 8/20=10 cm</p>
</div>
<div data-bbox="621 569 734 643" data-label="Image">

E.Donati:

8Ø22+8Ø22

E.Donati:

Ø 8/20=10 cm

B 40/90+ 24 TAŞIYICI KİRİŞİ BETONARME TASARIMI

Proje :

MONTAJ ANI HESAPLARI

Komb: 1.4G+1.6Q_{montaj}

DL _y = 3.29 t/m	S 420	h = 90 cm	p _{min} = 0.0035
LL _y = 0.45 t/m	C 20	bw = 40 cm	p _{max} = 0.0200
Pd = 5.33 t/m		d' = 4.00 cm	p _a = 0.0306
As _{min} = 11.96 cm ²	K = 48.69	M _d = 60.8 tm	p = 0.0060
As = 20.68 cm ²	K ₁ = 24.75	M _{dl} = 0.00 tm	
As _{max} = 68.80 cm ²		M _{dl} = 0.00 tm	
As _{2min} = 0.00 cm ²	As _{bet} = 5.17 cm ²	4 Ø 14	6.16 cm ²
l _{kiriş} = 9.55 m	Çekme As _{alt} = 20.68 cm ²		

İŞLETME DURUMUNDA KOMPOZİT KİRİŞ HESAPLARI

Mesnet Disaynı 1 (Orta Mesnet)

Komb: Q_{işletme} ± E

As = 18.01 cm ²	M _{mes} = 67.93 tm	M _d = 62.8 tm	
As _{min} = 6.25 cm ²	S 420	h = 114 cm	p _{min} = 0.0028
As _{max} = 44.00 cm ²	C 20	bw = 20 cm	p _{max} = 0.0200
As _{2min} = 0.00 cm ²	K = 38.53	d' = 4 cm	p _a = 0.0211
sc < = 15 cm	K ₁ = 37.13	lc=2h= 228 cm	p = 0.0082
C=ln/4= 239 cm			
M _{dl} = 0.00 tm	As _{alt} = 9.01 cm ²	3 Ø 20	9.43 cm ²
M _{dl} = 0.00 tm	Çekme As _{bet} = 18.01 cm ²	4 Ø 26	21.24 cm ²

Mesnet Disaynı 2 (Kenar Mesnet)

Komb: Q_{işletme} ± E

As = 18.01 cm ²	M _{mes} = 67.93 tm	M _d = 62.8 tm	
As _{min} = 6.25 cm ²	S 420	h = 114 cm	p _{min} = 0.0028
As _{max} = 44.00 cm ²	C 20	bw = 20 cm	p _{max} = 0.0200
As _{2min} = 0.00 cm ²	K = 38.53	d' = 4 cm	p _a = 0.0211
sc < = 15 cm	K ₁ = 37.13	lc=2h= 228 cm	p = 0.0082
C=ln/4= 239 cm			
M _{dl} = 0.00 tm	As _{alt} = 9.01 cm ²	3 Ø 20	9.43 cm ²
M _{dl} = 0.00 tm	Çekme As _{bet} = 18.01 cm ²	4 Ø 26	21.24 cm ²

Bileşke Açıklık (Mon+İşl) Disaynı

Komb: Mon. (1.4G+1.6Q_{mon}) & 1.5E (Q_{ışletme} ± E)

As = 12.49 cm ²	S 420	M _{d(1.4G+1.6Q)} = 23.20 tm	p _{min} = 0.0028
As _{min} = 12.49 cm ²	C 20	h = 114 cm	p _{max} = 0.0200
As _{max} = 88.00 cm ²	K = 208.62	bw = 40 cm	p _a = 0.0211
As _{2min} = 0.00 cm ²	K ₁ = 37.13	d' = 4 cm	p = 0.0028
lc= 2h= 228 cm			
sc < = 57 cm	As _{bet} = 4.50 cm ²		
	Çekme As _{alt} = 12.49 cm ²		
M _{dl} = 0.00 tm	Bileşke As _{bet} = 9.67 cm ²	2 Ø 14 + 3 Ø 18	10.70 cm ²
M _{dl} = 0.00 tm	As _{alt} = 23.17 cm ²	7 Ø 26	37.17 cm ²

KAYMA DAYANIMI HESABI

Va = 25.60 t	Vd = 18.30 t	Pd = 8.20 t/m
Vw = 25.60 t.	Etriye: Ø10	Asw = 1.57 cm ²
Vcr = 0.65f _{ctd} bw d = 16.2 t.	Vw = Asw/s * f _{sd} d'	s < = 24.65 cm (Ø10/10-20 cm)
Vd = 18.3 t. > Vcr = 16.2 t.		
V _{max} = 0.22f _{ctd} bw d = 100.9 t. Uygun		

ALT BAŞLIK BİRLEŞİM HESAPLARI

Komb: Q_{işletme} ± 1.5E

P. Kaynak Hesabı

M_{mes} (tm) = 59.78

t (mm) = 15 l (cm) = 90

a (mm) = 10 F (cm²) = 90

Kay. Kapasitesi Hk = 99 t.

Hd = M/s = 54.3 t < Hk Ka. Yeterli

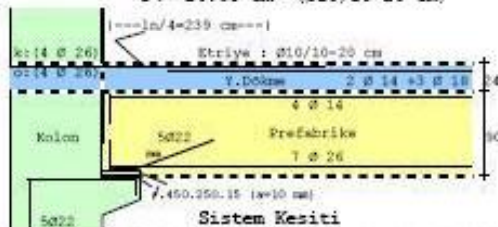
Kiriş Ankraj D. M_{d(1.4G+1.6Q)} = 67.93 tm

Ankraj Donatısı : 5Ø22 (19.01 cm²)

Kay. kal. : a = 0.30Ø = 6 mm

Konsol Ankrajı Hd' = M/s = 48.3 t

Ankraj Dnt. : 5Ø22 (19.01 cm²)



Sistem Kesiti

Hd' = M/s = 61.8 t

As_{alt} = 16.92 cm²

ld = 24 cm + 4Ø = 112 cm

As_{alt} = 16.92 cm²

a = 0.30Ø = 6 mm, lk = l_{max}/a = 24 cm

B 30/50+ 24 BAĞLAYICI KİRİŞİ BETONARME TASARIMI

Proje:

MONTAJ ANI HESAPLARIKomb: 1.4G+1.6Q_{montaj}

DL _y = 0.53 t/m	S 420	h = 50 cm	ρ _{min} = 0.0035
LL _y = 0.45 t/m	C 30	bw = 30 cm	ρ _{max} = 0.0200
Pd = 1.46 t/m		d' = 4.00 cm	ρ _a = 0.0306
As _{min} = 4.80 cm ²	K = 96.62	M _d = 6.6 tm	ρ = 0.0035
As = 4.80 cm ²	K ₁ = 24.75	M _{d1} = 0.00 tm	
As _{max} = 27.60 cm ²		M _{d2} = 0.00 tm	
As2 _{min} = 0.00 cm ²	As _{ort} = 1.20 cm ²	2 Ø 12	2.27 cm ²
l _{kiriş} = 6.00 m	Çekme As _{alt} = 4.80 cm ²		

İŞLETME DURUMUNDA KOMPOZİT KİRİŞ HESAPLARI**Mesnet Disaynı 1 (Orta Mesnet)**Komb: Q_{uygulan} ± E

As = 9.21 cm ²	M _{mes} = 23.43 tm	M _d = 21.9 tm	
As _{min} = 5.96 cm ²	S 420	h = 74 cm	ρ _{min} = 0.0028
As _{max} = 42.00 cm ²	C 20	bw = 30 cm	ρ _{max} = 0.0200
As2 _{min} = 0.00 cm ²	K = 67.15	d' = 4 cm	ρ _a = 0.0211
sc < = 15 cm	K ₁ = 37.13	lc=2h= 148 cm	ρ = 0.0044
C=ln/4= 150 cm			
M _{d1} = 0.00 tm	As _{alt} = 4.61 cm ²	2 Ø 20	6.29 cm ²
M _{d2} = 0.00 tm	Çekme As _{ort} = 9.21 cm ²	2 Ø 26	10.62 cm ²

Mesnet Disaynı 2 (Kenar Mesnet)Komb: Q_{uygulan} ± E

As = 9.21 cm ²	M _{mes} = 23.43 tm	M _d = 21.9 tm	
As _{min} = 5.96 cm ²	S 420	h = 74 cm	ρ _{min} = 0.0028
As _{max} = 42.00 cm ²	C 20	bw = 30 cm	ρ _{max} = 0.0200
As2 _{min} = 0.00 cm ²	K = 67.15	d' = 4 cm	ρ _a = 0.0211
sc < = 15 cm	K ₁ = 37.13	lc=2h= 148 cm	ρ = 0.0044
C=ln/4= 150 cm			
M _{d1} = 0.00 tm	As _{alt} = 4.61 cm ²	2 Ø 20	6.29 cm ²
M _{d2} = 0.00 tm	Çekme As _{ort} = 9.21 cm ²	2 Ø 26	10.62 cm ²

Bileşke Açıklık (Mon+İşl) DisaynıKomb: Mon. (1.4G+1.6Q_{mon}) & 1.5E. (Q_{ort} ± E)

As = 5.96 cm ²			
As _{min} = 5.96 cm ²	S 420	M _{s(1435)} = 1.10 tm	ρ _{min} = 0.0028
As _{max} = 42.00 cm ²	C 20	h = 74 cm	ρ _{max} = 0.0200
As2 _{min} = 0.00 cm ²	K = 1336.36	bw = 30 cm	ρ _a = 0.0211
lc= 2h= 148 cm	K ₁ = 37.13	d' = 4 cm	ρ = 0.0028
sc < = 37 cm			
	As _{ort} = 2.30 cm ²		
	Çekme As _{alt} = 5.96 cm ²		
M _{d1} = 0.00 tm	Bileşke As _{ort} = 3.50 cm ²	2 Ø 14 + 1 Ø 14	4.60 cm ²
M _{d2} = 0.00 tm	As _{alt} = 10.76 cm ²	4 Ø 20	12.57 cm ²

KAYNA DAYANIMI HESABI

Va = 7.69 t	Vd = 7.00 t	Pd = 1.46 t/m
Vw = 7.69 t.	Etriye: Ø8	Asw = 1.01 cm ²
Vcr = 0.65f _{crd} bw d = 17.3 t.	Vw = Asw/s * f _{sd} d'	
Vd = 7 t. < Vcr = 17.3 t. (Min. kes.d.)	s < = 33.42 cm (Ø8/10-20 cm)	
V _{max} = 0.22f _{cd} b ₀ d = 40.5 t. Uygun	[s < = ln/4 = 150 cm < =]	

ALT BAŞLIK BİRLEŞİM HESAPLARIKomb: Q_{uygulan} ± 1.5EP.Kaynak Hesabı M_{mes} (tm) = 35.00

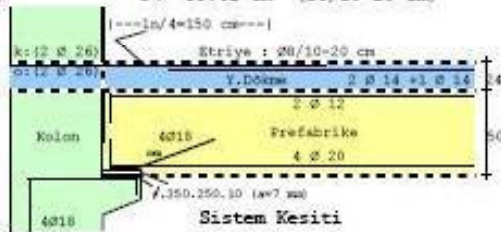
t (mm) = 10	l (cm) = 80
a (mm) = 7	F (cm ²) = 56

Kay.Kapasitesi Hk = 61.6 t.

Hd=M/s = 50 t < Hk Ka.Yeterli

Kiriş Ankraj D. M_{d(14)} = 23.43 tm Hd'=M/s=33.5 t As_{ank} = 9.17 cm²Ankraj Donatıları: 4Ø18 (10.18 cm²) ld= 19 cm + 40Ø = 91 cm

Kay. kal.: a = 0,30Ø = 5 mm Kaynak boyu: lk= Tmax/a = 19 cm

Konsol Ankraja Hd'=M/s=30.5 t As_{ank} = 9.17 cm²Ankraj Dnt.: 4Ø18 (10.18 cm²) a = 0,30Ø = 5 mm, lk=Tmax/a = 19 cm

ÖNGERİLMELİ BOŞLUKLU DÖŞEME ANALİZİ VE DİZEYİNİ

Beton Sınıfı C 40 $f_y = 17,000 \text{ kg/cm}^2$
 $f_{cd} = 267 \text{ kg/cm}^2$ $E_s = 2.E+06 \text{ kg/cm}^2$
 $f_{ctd} = 14.7 \text{ kg/cm}^2$ $p_p = 2.5 \text{ cm}$
 $E_c = 345,500 \text{ kg/cm}^2$ $l_d = 580 \text{ cm}$
 Uzun Dönemde Gerilme Kayıpları : %15.0

Açıklık ve Hare. Yük

l =	600	cm
LL =	500	kg/m ²
DL _{KV} =	200.0	kg/m ²
h _{C(kapı)} =	5.0	cm

Öngerilmeli boşluklu döşeme tipi seçimi

Yükseklik $h_n = 20.00 \text{ cm}$ Kesit Alanı $A_h = 1427 \text{ cm}^2$
 Genişlik $w_n = 120 \text{ cm}$ Atalet Mom. $I_h = 66,950 \text{ cm}^4$

YÜK VE KESİT HESAPLARI

Disayn Mom. $M_d = 557785 \text{ t cm}$ Disayn Yüğü $P_d = 13.26 \text{ t}$

Uzun Dönemde oluşan Kompozit Kesit

$W_{UST} = 11,876 \text{ cm}^3$ Uzun Dönem Öngerme Kuvveti

$W_{ALT} = 9,796 \text{ cm}^3$ $PR_{st2} = 34,791 \text{ kg}$

Uzun Dönem Gerilme Kaybına Göre Öngerilim Teli Alanı

$A_{st} = 3.44 \text{ cm}^2$ $2 \text{ } \varnothing 1/2" + 3 \text{ } \varnothing 3/8" = 3.65 \text{ cm}^2$

TRANSFER ANI ANALİZİ

Öngerme Kuvveti $PR_{st1} = 43,435 \text{ kg}$

$M_1 = 325,763 \text{ kg cm}$ $M_{SAT1} = 144,013 \text{ kg cm}$

Döşemenin Kendi Ağırlığından Dolayı



$UST_{SAT1} = 21.51 \text{ kg/cm}^2$

$ALT_{SAT1} = -21.51 \text{ kg/cm}^2$

Aşağı Deformasyon

$DEF_{SAT1} = 0.22 \text{ cm}$

Öngerme Kuvvetinden Dolayı



$UST_{PRE} = -18.22 \text{ kg/cm}^2$

$ALT_{PRE} = 79.10 \text{ kg/cm}^2$

Yukarı Deformasyon

$DEF_{PRE} = 0.59 \text{ cm}$

Transfer Anı Toplam Gerilme (+ basınç, - çekme)



$UST_{TR} = 3.29 \text{ kg/cm}^2$

$ALT_{TR} = 57.59 \text{ kg/cm}^2$

Tr. Anı Top. Deformasyon

$0.22 \text{ cm} < 0.59 \text{ cm}$

Şehim emniyetlidir.

$ALT_{tr} = 57.59 \text{ kg/cm}^2 < f_{cd} = 267 \text{ kg/cm}^2$

$UST_{tr} = 3.29 \text{ kg/cm}^2 > f_{ctd} = -14.7 \text{ kg/cm}^2$

$UST_{tr} = 3.29 \text{ kg/cm}^2 < f_{cd} = 267 \text{ kg/cm}^2$

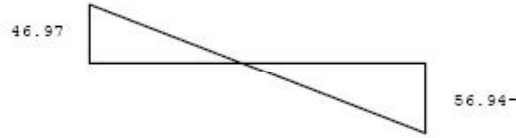
Transfer anında beton şartname ve yapılm emniyetleri sağlanıyor.

UZUN DÖNEM ANALİZİ

Uzun Dönem Öngerme Kuvveti

$$UZ_{PRST} = 36,920 \text{ kg} \quad PR_{MCM} = 413,503 \text{ kg cm}$$

Dış Yüklerden Dolayı (Sabit + Hareketli Yükler)



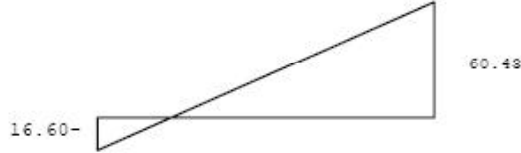
$$UST_{YUK} = 46.97 \text{ kg/cm}^2$$

$$ALT_{YUK} = -56.94 \text{ kg/cm}^2$$

Aşağı Deformasyon

$$DEF_{YUK} = 0.42 \text{ cm}$$

Öngerme Kuvvetinde Dolayı



$$UZ_{USTPRE} = -16.60 \text{ kg/cm}^2$$

$$UZ_{ALTPRE} = 60.43 \text{ kg/cm}^2$$

Yukarı Deformasyon

$$UZ_{DEFPRE} = 0.38 \text{ cm}$$

Uzun Dönem Toplam Gerilme (+ basınç, - çekme)



$$UST_{UZ} = 30.36 \text{ kg/cm}^2$$

$$ALT_{UZ} = 3.48 \text{ kg/cm}^2$$

$$ALT_{UZ} = 3.48 \text{ kg/cm}^2 > 0$$

Oluşan gerilme uygun.

Uzun Dönem Toplam Deformasyon : 0.05 cm

$f_{max} = L/360 = 1.61 \text{ cm} > 0.05 \text{ cm}$ Oluşan sehim güvenlidir.

TAŞIMA GÜCÜNE GÖRE KESME DAYANIMI HESAPLARI

Taşıma Gücü Hesap Değerleri

$$f_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{dt} = 41.0 \text{ kN}$$

$$P_{dt} = 1,4G + 1,6Q = 13.68 \text{ kN}$$

$$M_{dt} = 61.5402 \text{ kNm}$$

Kesme kuvveti altında taşıma gücü

$$V_{res} = (0.043 f_{ck}^{1/2} + 4.25 V_{dt}/M_{dt} d) bwd$$

$$d = 225 \text{ mm} \quad bw = b - \Sigma a = 360 \text{ mm}$$

$$V_{res} = 73666 \text{ N} > V_{dt} = 41027 \text{ N}$$

Kesme emniyeti sağlanıyor.

TEMEL VE SOKET YUVASI DİZAYNI

Proje :

T1 480/420/50 Temelli

C20 S420

Kolon: 60/60

Yüklemeler: G+Q+E

$$b_x = 4.80 \text{ m}$$

$$\sigma_{em} = 10.0 \text{ t/m}^2$$

$$l_b = 1.20 \text{ m}$$

$$b_y = 4.20 \text{ m}$$

$$F_{su} = 1.33 \text{ } \sigma_{em}$$

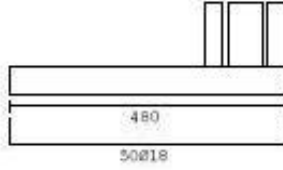
$$\rho_b = 2.4 \text{ t/m}^3$$

$$h = 0.50 \text{ m}$$

$$F_{su} = 13.3 \text{ t/m}^2$$

$$\rho_s = 1.8 \text{ t/m}^3$$

X Yönüne göre tasarımı



$$V_d = 15.7 \text{ t}$$

$$N_d = 61.8 \text{ t}$$

$$M_d = -45.5 \text{ tm}$$

$$Q = N_d + N_{\text{temel}} = 61.8 \text{ t}$$

$$e_x = (M_d - N_d e_{tx}) / Q = 2.59 \text{ m}$$

$$\sigma_{sxmax} = [Q / (b_x b_y)] [1 + 6e_x / b_y] = 13.0 \text{ t/m}^2 \leq F_{su} \text{ O.K.}$$

$$\sigma_{sxmin} = [Q / (b_x b_y)] [1 - 6e_x / b_y] = -6.8 \text{ t/m}^2$$

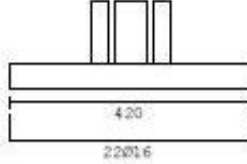
$$R_x = 3.7 \text{ m } \sigma_{sx} = 3.1 \text{ t/m}^2 \quad V_{dx} = 75.4 \text{ ton}$$

$$e_{tx} = 185 \text{ cm } \sigma_{sx} = -3.3 \text{ t/m}^2 \quad M_{max} = 186.03 \text{ ton.m}$$

$$r_o = 0.0067 > r_o \text{ min} \quad A_s = 126.9 \text{ cm}^2$$

$$50 \text{ } \phi \text{ } 18 \quad (127.23 \text{ cm}^2) \text{ } \phi 18/8 \text{ cm}$$

Y Yönüne göre tasarımı



$$V_d = 13.3 \text{ t}$$

$$N_d = 61.8 \text{ t}$$

$$M_d = 49.0 \text{ tm}$$

$$Q = N_d + N_{\text{temel}} = 61.8 \text{ t}$$

$$e_y = (M_d - N_d e_{ty}) / Q = 0.79 \text{ m}$$

$$\sigma_{symax} = [Q / (b_x b_y)] [1 + 6e_y / b_x] = 6.5 \text{ t/m}^2 \leq F_{su} \text{ O.K.}$$

$$\sigma_{smin} = [Q / (b_x b_y)] [1 - 6e_y / b_x] = -0.4 \text{ t/m}^2$$

$$R_y = 1.55 \text{ m } \sigma_{sy} = 3.1 \text{ t/m}^2 \quad V_{dy} = 37.1 \text{ ton}$$

$$e_{ty} = 0 \text{ cm } \sigma_{sy} = 3.5 \text{ t/m}^2 \quad M_{max} = 38.368 \text{ ton.m}$$

$$r_o = 0.0012 < r_o \text{ min} \quad A_s = 43.2 \text{ cm}^2$$

$$22 \text{ } \phi \text{ } 16 \quad (44.23 \text{ cm}^2) \text{ } \phi 16/22 \text{ cm}$$

Embaleme Kontrolü

$$U_p = 2(b_1 + b_2) = 620 \text{ cm} \quad A_p = b_1 b_2 = 2.403 \text{ m}^2$$

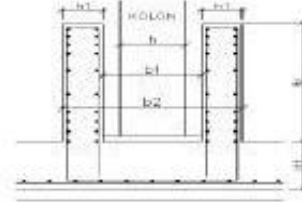
$$V_{pd} = N_d - A_p \sigma_{em} = 29.8 \text{ t} \quad V_{pr} = 1.5 f_{ctd} U_p d = 286 \text{ t}$$

$$V_{pr} = 285.9 \text{ t} > V_{pd} = 29.8 \text{ t} \text{ Uygun}$$

Kolon Yüzü Kesme Kuvveti Tahkiki

$$V_{crx} = 1.5 f_{ctd} b_y d = 192.7 \text{ t/m} > V_d \text{ max} = 75.4 \text{ t} \text{ tamam}$$

$$V_{cry} = 1.5 f_{ctd} b_x d = 221.3 \text{ t/m} > V_d \text{ max} = 37.1 \text{ t} \text{ tamam}$$



SOKET YUVASI

Kolon Saplanma Boyu Hesabı:

$$m = M / (N \cdot h) = 1.32$$

$$0.15 < m < 2 \quad l_b = 1.11 \text{ m}$$

$$m = 0.15; \quad l_b = 1.6h = 0.96 \text{ m}$$

$$\text{Cidar kaln. } h_1 = 30 \text{ cm}$$

$$m = 2.00; \quad l_b = 2.0h = 1.2 \text{ m}$$

$$\text{Cidar yüks. } l_b = 120 \text{ cm}$$

Yatay Donatı Hesabı :

$$V_o = 1.5M / l_b + 5V / 4 =$$

$$81.0 \text{ t.}$$

$$A_{su} = (V_o / 2) (1 / f_{yd}) =$$

$$5.54 \text{ cm}^2$$

Üst etriye

$$4\phi 14 \quad (6.16 \text{ cm}^2)$$

$$V_u = (3/2) (M / l_b) + (V / 4) =$$

$$65.2 \text{ t.}$$

$$A_{sa} = (V_u / 2) (1 / f_{yd}) =$$

$$4.46 \text{ cm}^2$$

Alt etriye

$$4\phi 14 \quad (6.16 \text{ cm}^2)$$

Düşey Duvarların T Çekme Kuvvetine Göre Düşey Çekme Donatısı :

$$T = 0.6 (l_b / b_1) V_o =$$

$$72.86 \text{ ton}$$

$$A_{sd} = (T / 2) (1 / f_{yd}) =$$

$$4.99 \text{ cm}^2$$

Düşey Donatı

$$3\phi 16 \quad (6.03 \text{ cm}^2)$$

METRAJ

Kalıp

$$21.36 \text{ m}^2$$

Harfiyat

$$77.0 \text{ m}^3$$

$$\text{Beton} : 11.66 \text{ m}^3$$

Grobeton

$$2.20 \text{ m}^3$$

Donatı

$$947.3 \text{ kg}$$

TEMEL VE SOKET YUVASI DİZAYNI

Proje :

T2 440/420/50 Temeli C20 S420 Kolon: 60/60

Yukleme: G+Q±M

$$b_x = 4.40 \text{ m}$$

$$\sigma_{em} = 10.0 \text{ t/m}^2$$

$$l_b = 1.20 \text{ m}$$

$$b_y = 4.20 \text{ m}$$

$$F_{su} = 1.33 \sigma_{em}$$

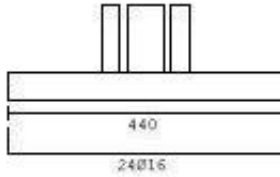
$$\rho_s = 2.4 \text{ t/m}^3$$

$$h = 0.50 \text{ m}$$

$$F_{su} = 13.3 \text{ t/m}^2$$

$$\rho_s = 1.8 \text{ t/m}^3$$

X Yönüne göre tasarım



$$V_d = 18.8 \text{ t} \quad N_{temel} = 62.093 \text{ t}$$

$$N_d = 81.7 \text{ t} \quad Q = N_d + N_{temel} = 143.8 \text{ t}$$

$$M_d = 51.8 \text{ tm} \quad e_x = (M_d - N_d e_{tx}) / Q = -0.36 \text{ m}$$

$$\sigma_{xmax} = (Q / (b_x b_y)) [1 + 6e_x / b_x] = 11.6 \text{ t/m}^2 \leq F_{su} \text{ O.K.}$$

$$\sigma_{xmin} = (Q / (b_x b_y)) [1 - 6e_x / b_x] = 4.0 \text{ t/m}^2$$

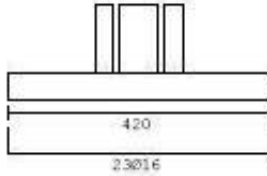
$$R_x = 1.65 \text{ m} \quad \sigma_{x0} = 7.8 \text{ t/m}^2 \quad V_{dx} = 69.0 \text{ ton}$$

$$e_{tx} = 0 \text{ cm} \quad \sigma_{tx} = 8.3 \text{ t/m}^2 \quad M_{max} = 75.918 \text{ ton.m}$$

$$r_o = 0.0025 > r_{o \min} \quad A_s = 48.2 \text{ cm}^2$$

$$24 \quad \varnothing \quad 16 \quad (48.25 \text{ cm}^2) \quad \varnothing 16/18 \text{ cm}$$

Y Yönüne göre tasarım



$$V_d = 16.8 \text{ t} \quad N_{temel} = 62.093 \text{ t}$$

$$N_d = 81.7 \text{ t} \quad Q = N_d + N_{temel} = 143.76 \text{ t}$$

$$M_d = 56.1 \text{ tm} \quad e_y = (M_d - N_d e_{ty}) / Q = 0.39 \text{ m}$$

$$\sigma_{xmax} = (Q / (b_x b_y)) [1 + 6e_y / b_y] = 12.1 \text{ t/m}^2 \leq F_{su} \text{ O.K.}$$

$$\sigma_{xmin} = (Q / (b_x b_y)) [1 - 6e_y / b_y] = 3.4 \text{ t/m}^2$$

$$R_y = 1.55 \text{ m} \quad \sigma_{y0} = 7.8 \text{ t/m}^2 \quad V_{dy} = 69.7 \text{ ton}$$

$$e_{ty} = 0 \text{ cm} \quad \sigma_{ty} = 8.3 \text{ t/m}^2 \quad M_{max} = 72.035 \text{ ton.m}$$

$$r_o = 0.0023 > r_{o \min} \quad A_s = 45.7 \text{ cm}^2$$

$$23 \quad \varnothing \quad 16 \quad (46.24 \text{ cm}^2) \quad \varnothing 16/19 \text{ cm}$$

Simbalama Kontrolü

$$U_p = 2(b_1 + b_2) = 620 \text{ cm} \quad A_p = b_1 b_2 = 2.403 \text{ m}^2$$

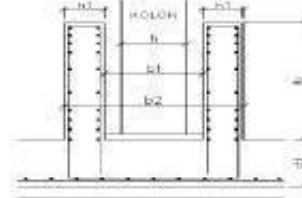
$$V_{pd} = N_d - A_p \sigma_{em} = 49.7 \text{ t} \quad V_{pr} = 1f_{ctd} U_p d = 286 \text{ t}$$

$$V_{pr} = 285.9 \text{ t} > V_{pd} = 49.7 \text{ t} \text{ Uygun}$$

Kolon Yüzü Kesme Kuvveti Tahkiki

$$V_{crx} = 1f_{ctd} b_y d = 193.7 \text{ t/m} > V_d \text{ max} = 69 \text{ t} \text{ tamam}$$

$$V_{cry} = 1f_{ctd} b_x d = 202.9 \text{ t/m} > V_d \text{ max} = 69.7 \text{ t} \text{ tamam}$$



SOKET YUVASI

Kolon Saplanma Boyu Hesabı:

$$m = M / (N \cdot h) = 1.14$$

$$0.15 < m < 2 \quad l_b > 1.09 \text{ m}$$

$$m = 0.15; \quad l_b > 1.6h = 0.96 \text{ m}$$

$$\text{Cidar kaln. } h_1 = 30 \text{ cm}$$

$$m = 2.00; \quad l_b > 2.0h = 1.2 \text{ m}$$

$$\text{Cidar yüks. } l_b = 120 \text{ cm}$$

Yatay Donatı Hesabı :

$$V_o = 1.5M / l_b + 5V / 4 = 93.7 \text{ t.}$$

$$A_{su} = (V_o / 2) (1 / f_{yd}) = 6.41 \text{ cm}^2 \quad \text{Üst etriye} \quad 5\varnothing 14 \quad (7.7 \text{ cm}^2)$$

$$V_u = (3/2) (M / l_b) + (V / 4) = 74.8 \text{ t.}$$

$$A_{sa} = (V_u / 2) (1 / f_{yd}) = 5.12 \text{ cm}^2 \quad \text{Alt etriye} \quad 4\varnothing 14 \quad (6.16 \text{ cm}^2)$$

Düşey Duvarların T Çekme Kuvvetine Göre Düşey Çekme Donatısı :

$$T = 0.6 (l_b / b_1) V_o = 84.29 \text{ ton}$$

$$A_{sd} = (T / 2) (1 / f_{yd}) = 5.77 \text{ cm}^2 \quad \text{Düşey Donatı} \quad 3\varnothing 16 \quad (6.03 \text{ cm}^2)$$

METRAJ

$$\text{Kalıp} : 20.88 \text{ m}^2 \quad \text{Harfiyat} : 72.0 \text{ m}^3$$

$$\text{Beton} : 10.82 \text{ m}^3 \quad \text{Grobeton} : 2.02 \text{ m}^3 \quad \text{Donatı} : 655.9 \text{ kg}$$

TEMEL DİZAYNI

TM 200/160/50 Temeli

C20 S420 Kolon: 60/25

Proje :

Yükleme:1,4G+1,6Q

$$b_x = 2.00 \text{ m}$$

$$\sigma_{an} = 7.0 \text{ t/m}^2$$

$$l_b = 1.20 \text{ m}$$

$$b_y = 1.60 \text{ m}$$

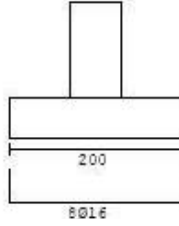
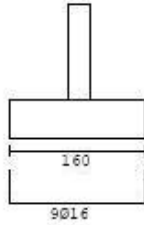
$$F_{zu} = 1.50 \sigma_{an}$$

$$\rho_b = 2.4 \text{ t/m}^3$$

$$h = 0.50 \text{ m}$$

$$F_{xu} = 10.5 \text{ t/m}^2$$

$$\rho_s = 1.8 \text{ t/m}^3$$

X Yönüne göre tasarım**Y Yönüne göre tasarım**

$$V_d = 1.3 \text{ t} \quad N_{temel} = 10.752 \text{ t}$$

$$N_d = 10.5 \text{ t} \quad Q = N_d + N_{temel} = 21.3 \text{ t}$$

$$M_d = 3.0 \text{ tm} \quad e_x = (M_d - N_d e_{tx}) / Q = -0.14 \text{ m}$$

$$\sigma_{zmax} = [Q / (b_x b_y)] [1 + 6e_x / b_x] = 9.5 \text{ t/m}^2 \leq F_{zu} \text{ O.K.}$$

$$\sigma_{zmin} = [Q / (b_x b_y)] [1 - 6e_x / b_x] = 3.8 \text{ t/m}^2$$

$$R_x = 0.7 \text{ m} \quad \sigma_{zo} = 6.7 \text{ t/m}^2 \quad V_{dx} = 9.5 \text{ ton}$$

$$e_{tx} = 0 \text{ cm} \quad \sigma_{xf} = 7.5 \text{ t/m}^2 \quad M_{maxx} = 4.444 \text{ ton.m}$$

$$r_o = 0.0004 < r_o \text{ min} \quad A_s = 14.4 \text{ cm}^2$$

$$8 \quad \varnothing \quad 16 \quad (16.08 \text{ cm}^2) \quad \varnothing 16/20 \text{ cm}$$

$$V_d = 0.3 \text{ t} \quad N_{temel} = 10.752 \text{ t}$$

$$N_d = 10.5 \text{ t} \quad Q = N_d + N_{temel} = 21.252 \text{ t}$$

$$M_d = 0.5 \text{ tm} \quad e_y = (M_d - N_d e_{ty}) / Q = 0.02 \text{ m}$$

$$\sigma_{zmax} = [Q / (b_x b_y)] [1 + 6e_y / b_y] = 7.2 \text{ t/m}^2 \leq F_{zu} \text{ O.K.}$$

$$\sigma_{zmin} = [Q / (b_x b_y)] [1 - 6e_y / b_y] = 6.1 \text{ t/m}^2$$

$$R_y = 0.675 \text{ m} \quad \sigma_{zo} = 6.7 \text{ t/m}^2 \quad V_{dy} = 9.4 \text{ ton}$$

$$e_{ty} = 0 \text{ cm} \quad \sigma_{xf} = 6.7 \text{ t/m}^2 \quad M_{maxy} = 4.2278 \text{ ton.m}$$

$$r_o = 0.0003 < r_o \text{ min} \quad A_s = 18.0 \text{ cm}^2$$

$$9 \quad \varnothing \quad 16 \quad (18.1 \text{ cm}^2) \quad \varnothing 16/22 \text{ cm}$$

Zımbalama Kontrolü

$$U_p = 2(b_1 + b_2) = 350 \text{ cm} \quad A_p = b_1 \times b_2 = 0.735 \text{ m}^2$$

$$V_{pd} = N_d - A_p \sigma_{an} = 2.8 \text{ t} \quad V_{pr} = 1f_{ctd} U_p d = 161 \text{ t}$$

$$V_{pr} = 161.39 \text{ t} > V_{pd} = 2.8 \text{ t} \text{ Uygun}$$

Kolon Yüzü Kesme Kuvveti Tahkiki

$$V_{crx} = 1f_{ctd} b_y d = 73.78 \text{ t/m} > V_d \text{ max} = 9.5 \text{ t} \text{ tamam}$$

$$V_{cry} = 1f_{ctd} b_x d = 92.22 \text{ t/m} > V_d \text{ max} = 9.4 \text{ t} \text{ tamam}$$

Metraj :

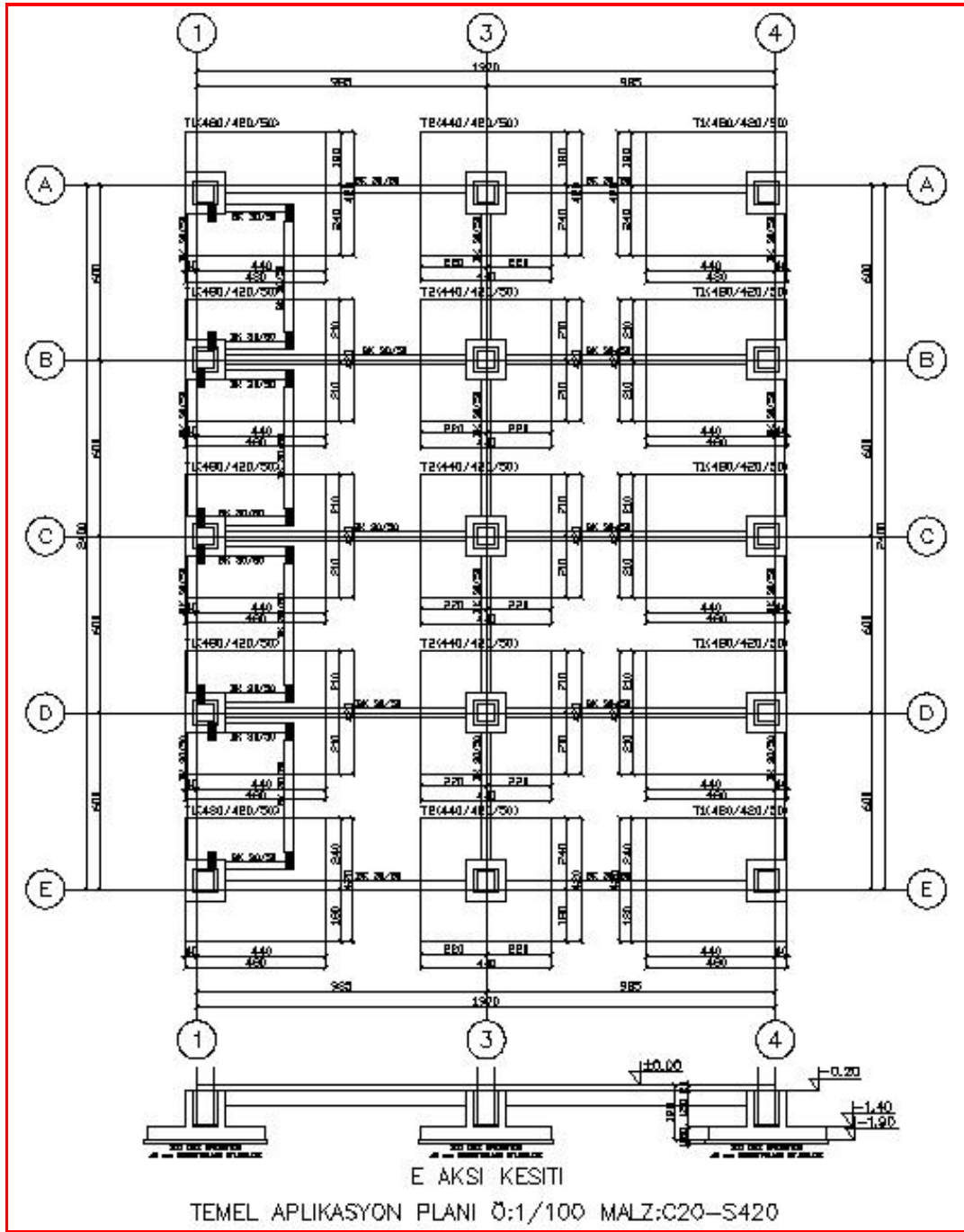
$$\text{Grobeton: } 0.4 \text{ m}^3$$

$$\text{Harfiyat: } 24.8 \text{ m}^3$$

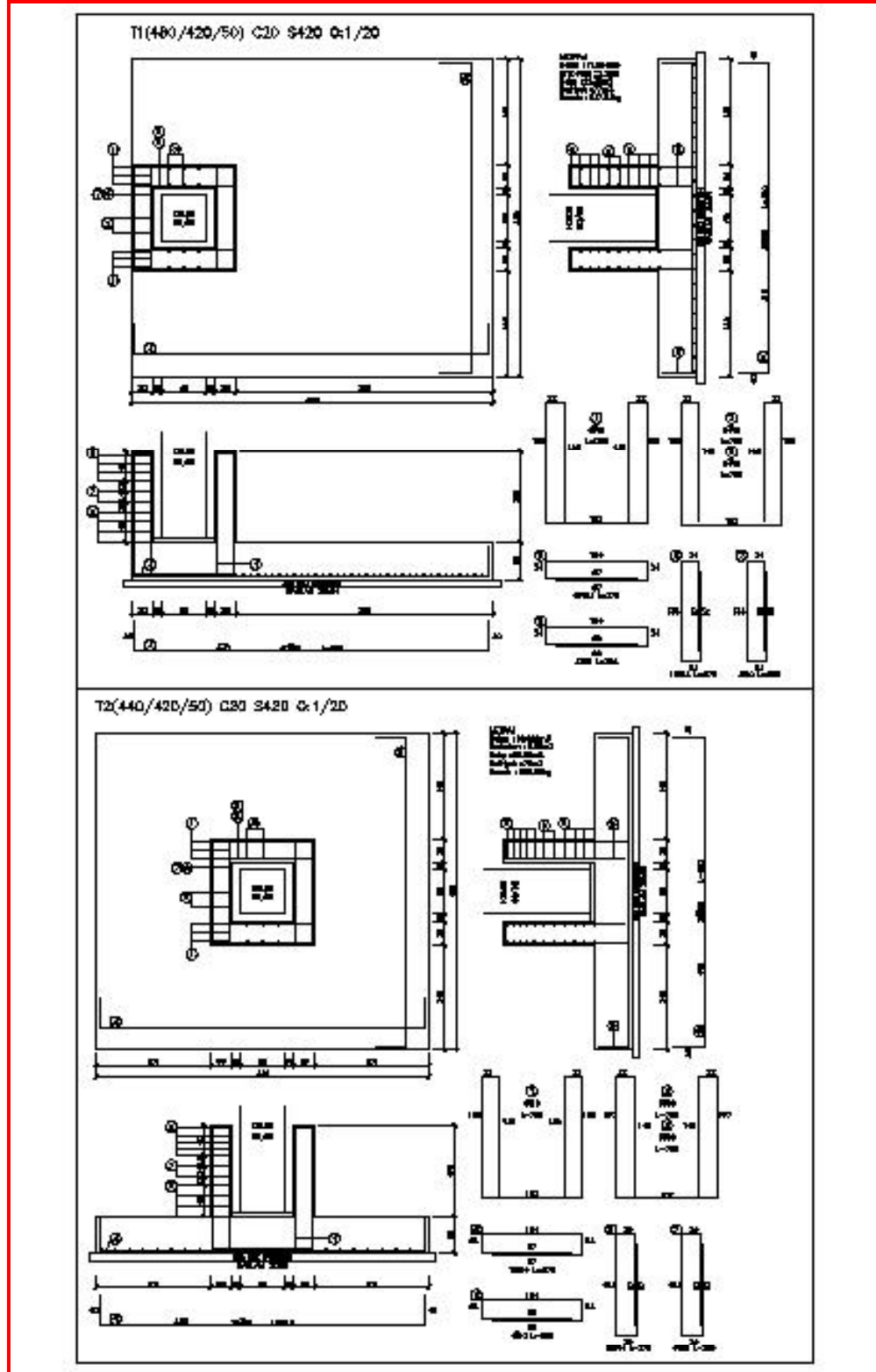
$$\text{Kalıp: } 6.0 \text{ m}^2$$

$$\text{Beton: } 1.8 \text{ m}^3$$

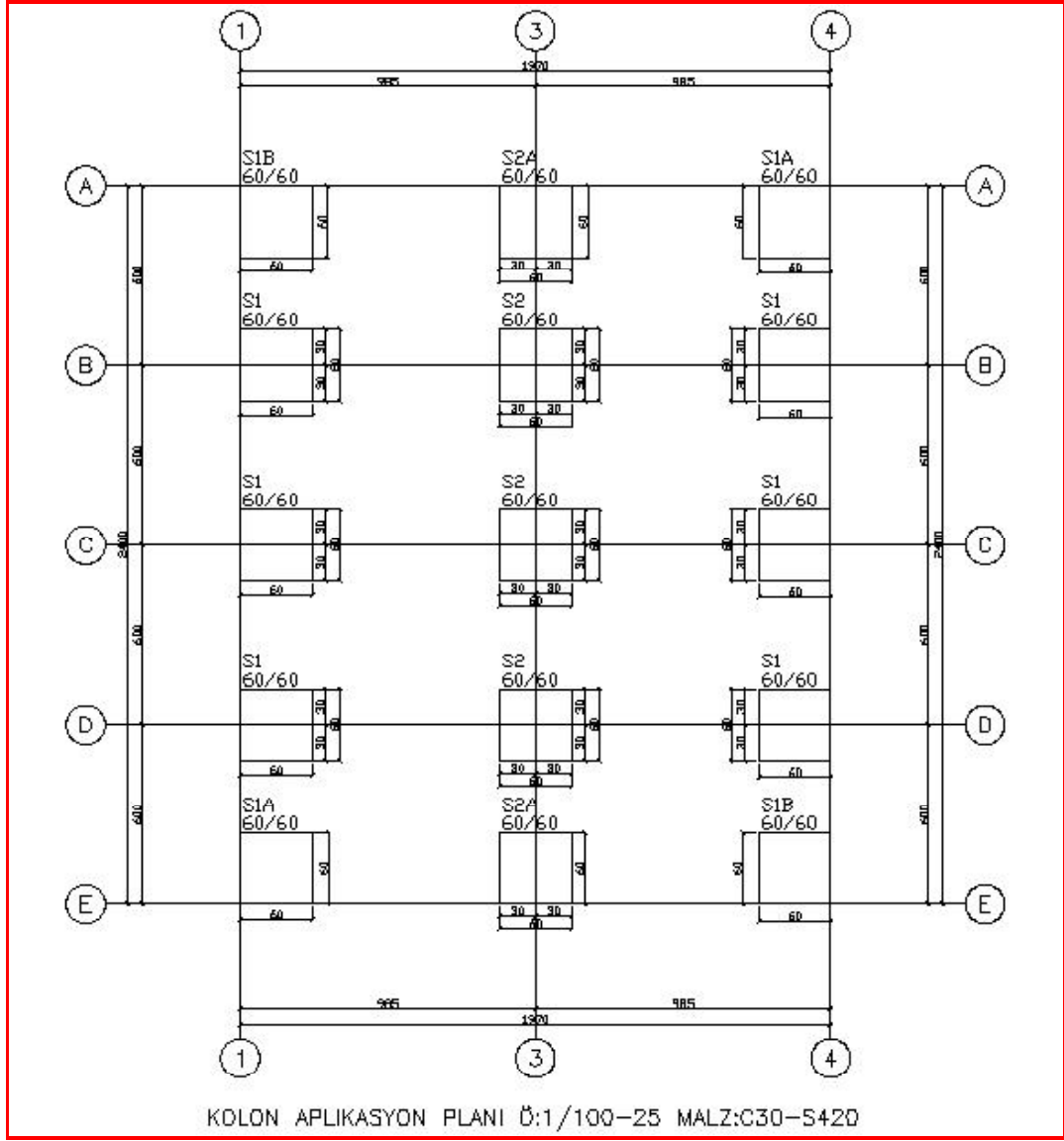
$$\text{Donatı: } 162.8 \text{ kg}$$



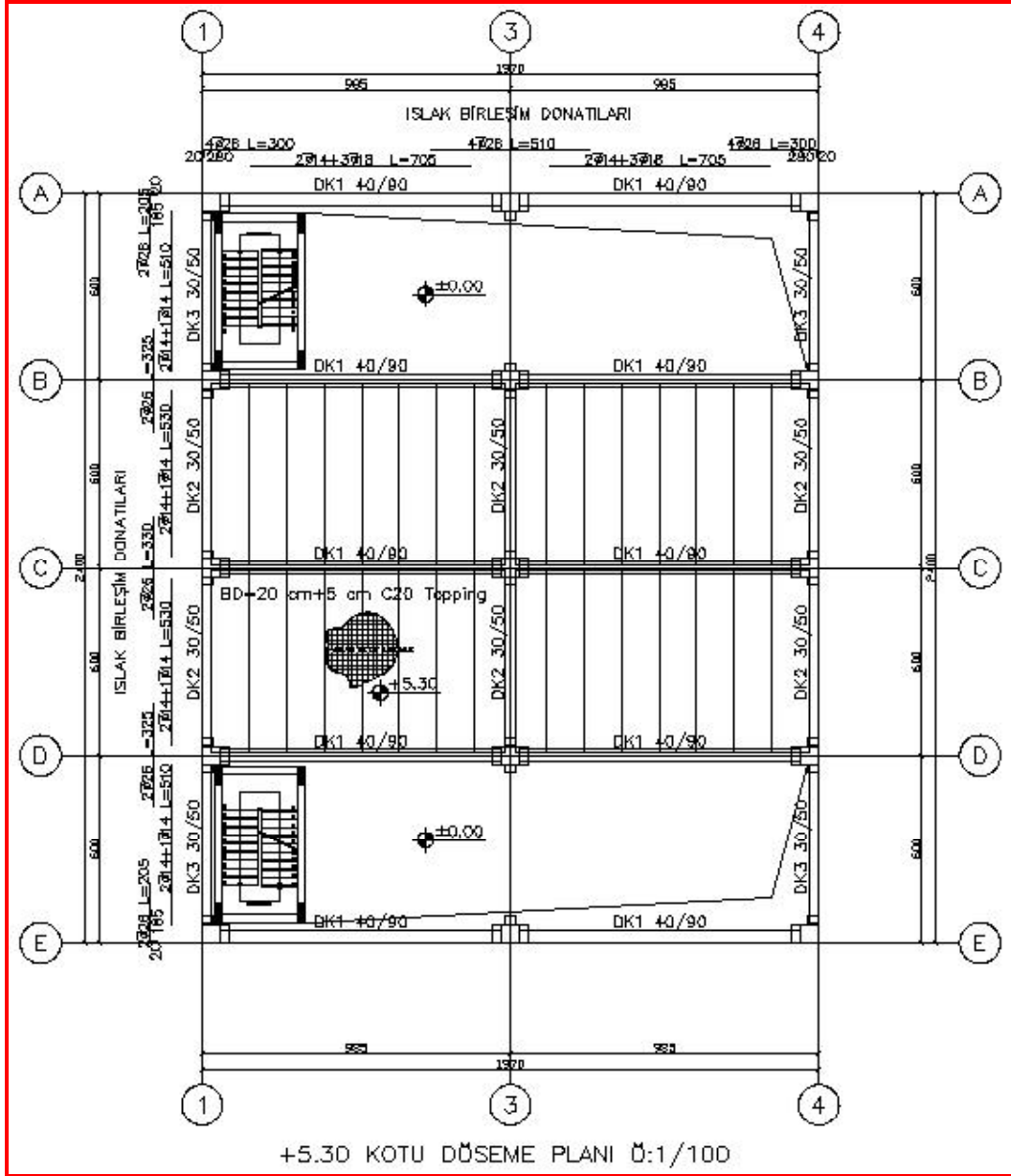
Şekil A.14. Prefabrike sanayi yapısı temel kalıp planı



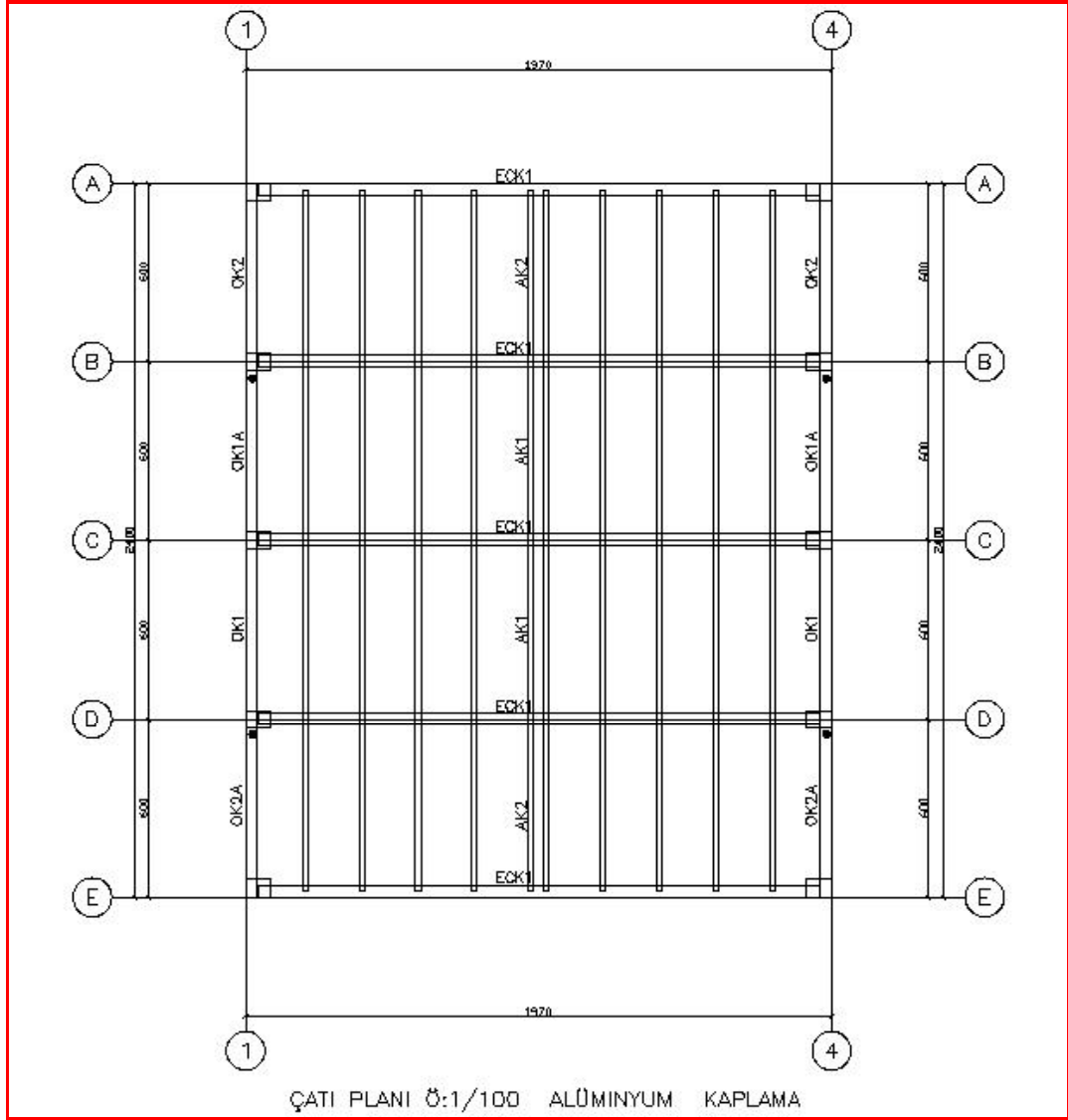
Şekil A.15. Prefabrike sanayi yapısı temel detayları



Şekil A.16. Prefabrike sanayi yapısı kolon aplikasyon planı

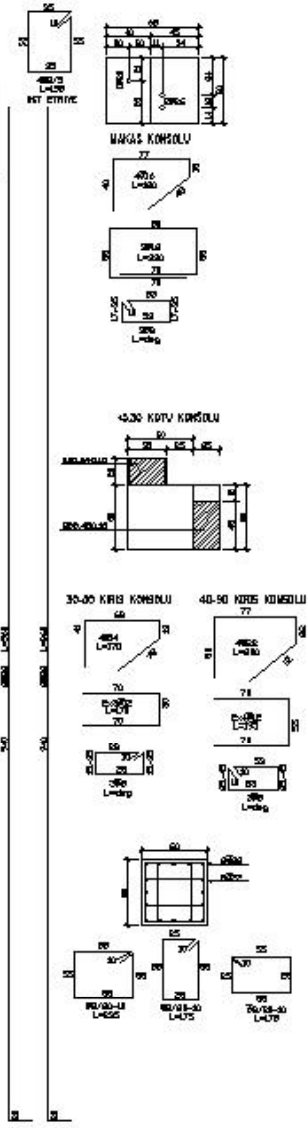
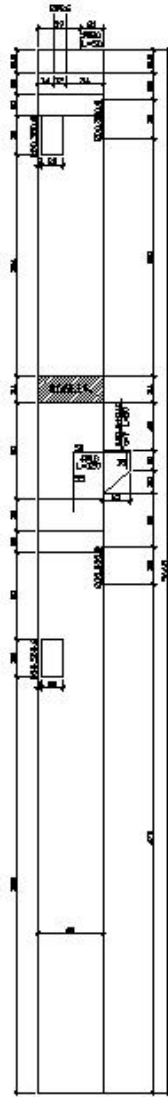


Şekil A.17. Prefabrike sanayi yapısı kat döşeme planı



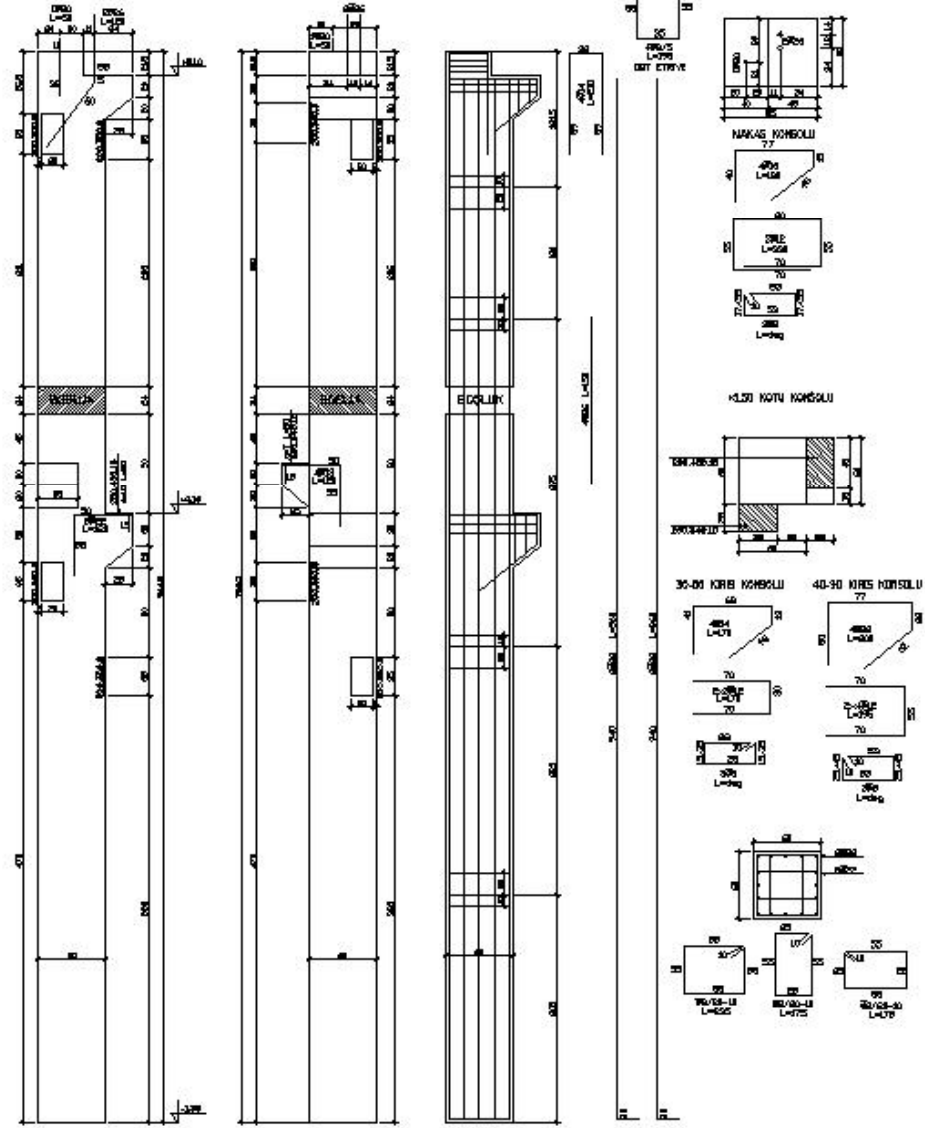
Şekil A.18. Prefabrike sanayi yapısı çatı planı





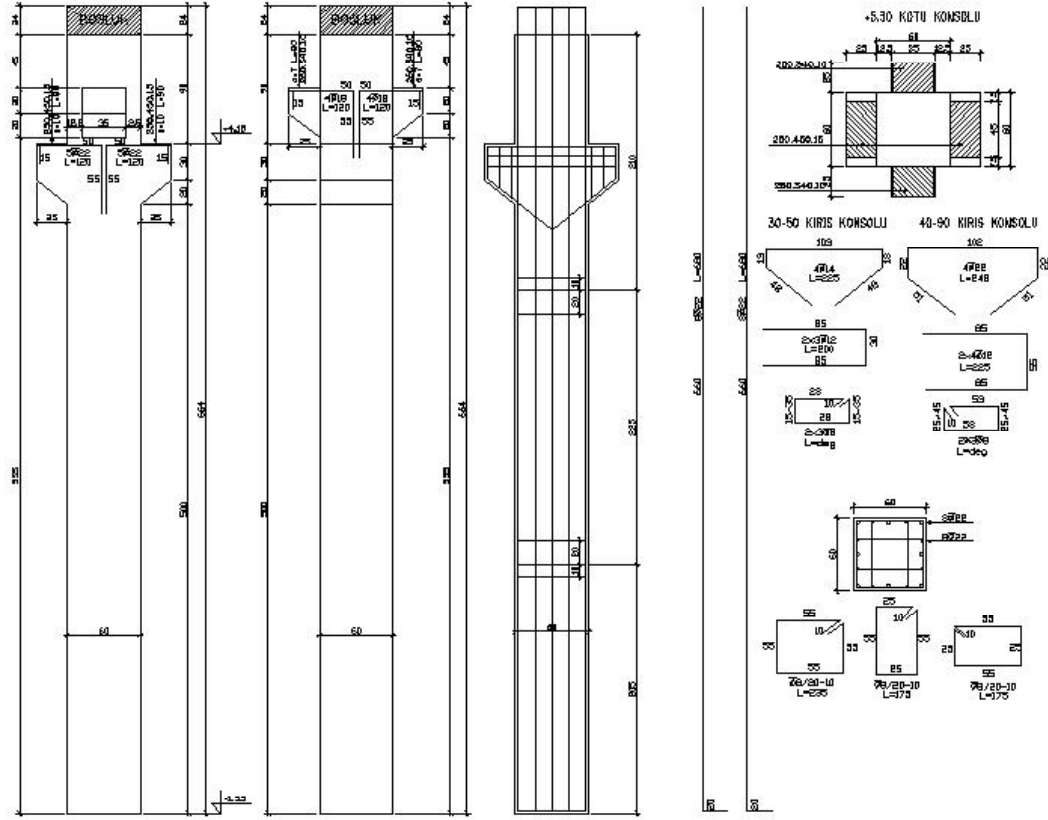
Şekil A.20. Prefabrike sanayi yapısı S1A kolonu detayı

S1B 60/60 KOLON DETAYI MALZ:C30-S420



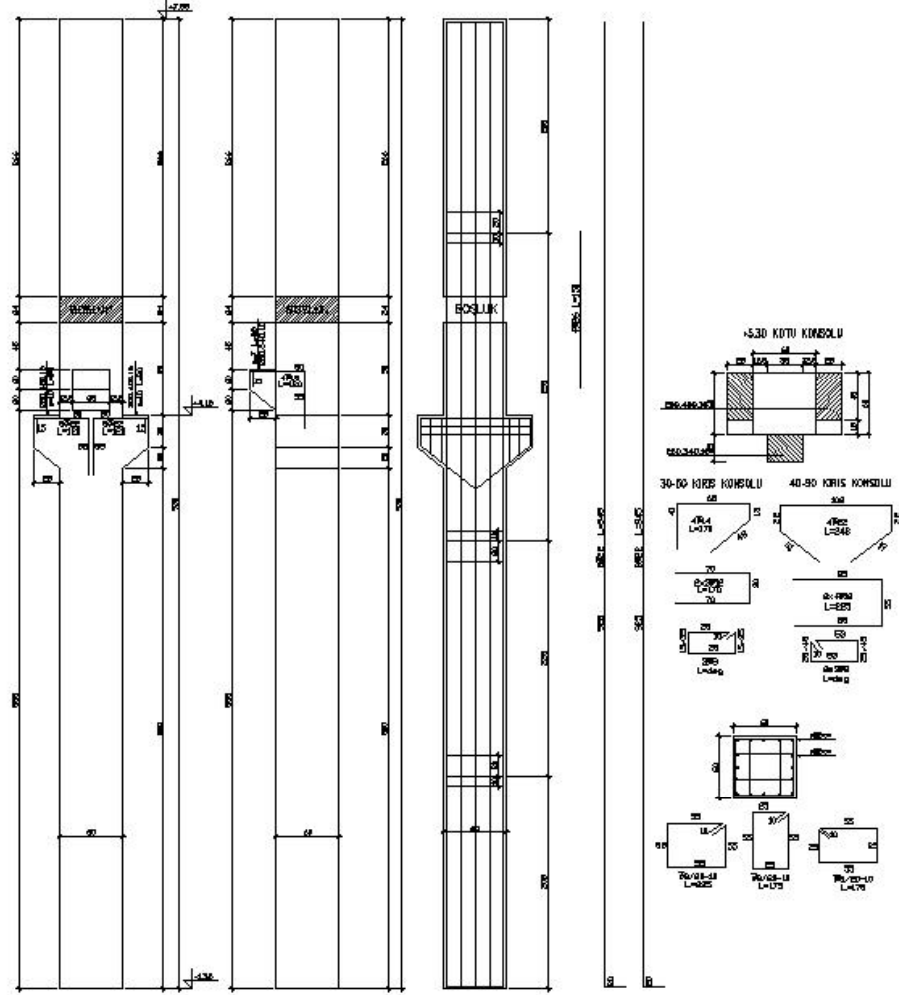
Şekil A.21. Prefabrike sanayi yapısı S1B kolonu detayı

S2 60/60 KOLON DETAYI MALZ:C30-S420



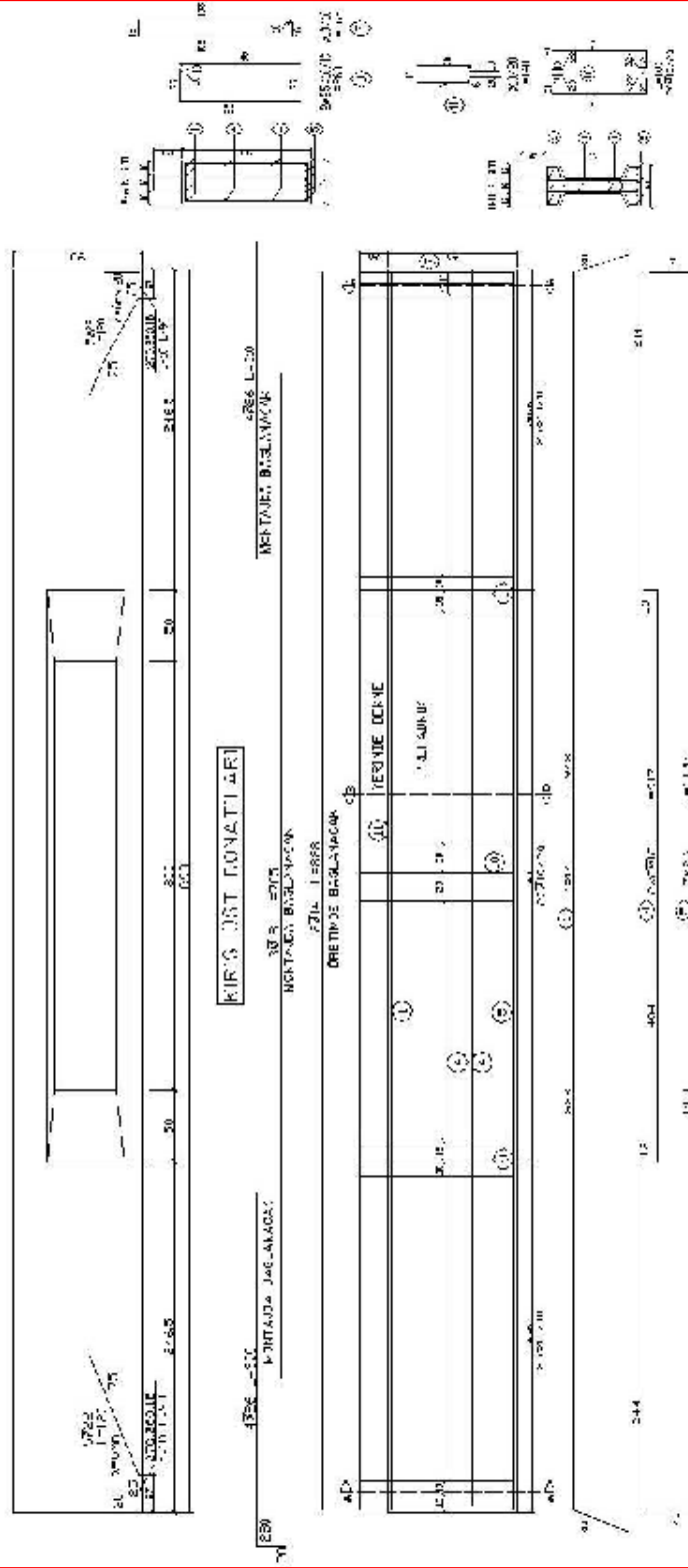
Şekil A.22. Prefabrike sanayi yapısı S2 kolonu detayı

S2A 60/60 KOLON DETAYI MALZ:C30-S420



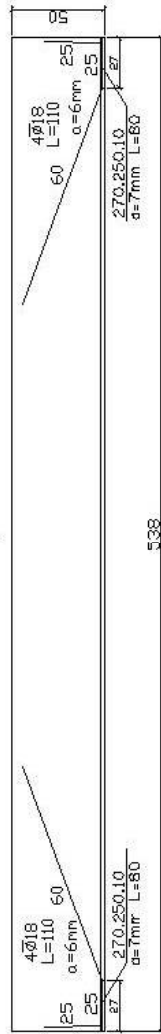
Şekil A.23. Prefabrike sanayi yapısı S2A kolonu detayı

DK1 40/90 ARAKAT TAŞIYICI KIRIŞI C30 S420 Ö.1/20 L-893



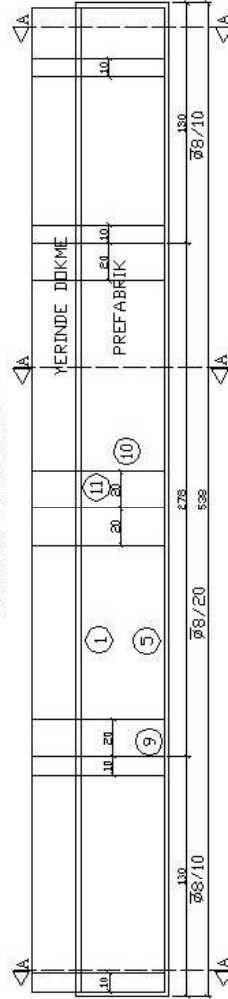
Şekil A.24. Prefabrike sanayi yapısı DK1 kirişi detayı

DK2 30/50 BAĞLAYICI KIRIŞI C30-S420 Ö:1/20 L=538



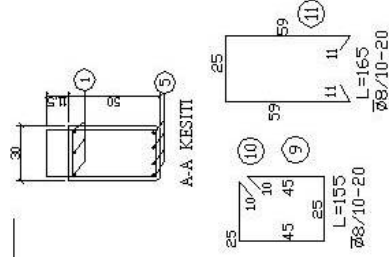
2Ø26 L=330 MONTAJDA BAĞLANACAK
1Ø14 L=530 MONTAJDA BAĞLANACAK
2Ø26 L=325 MONTAJDA BAĞLANACAK

2Ø14 L=533
URETİMDE BAĞLANACAK

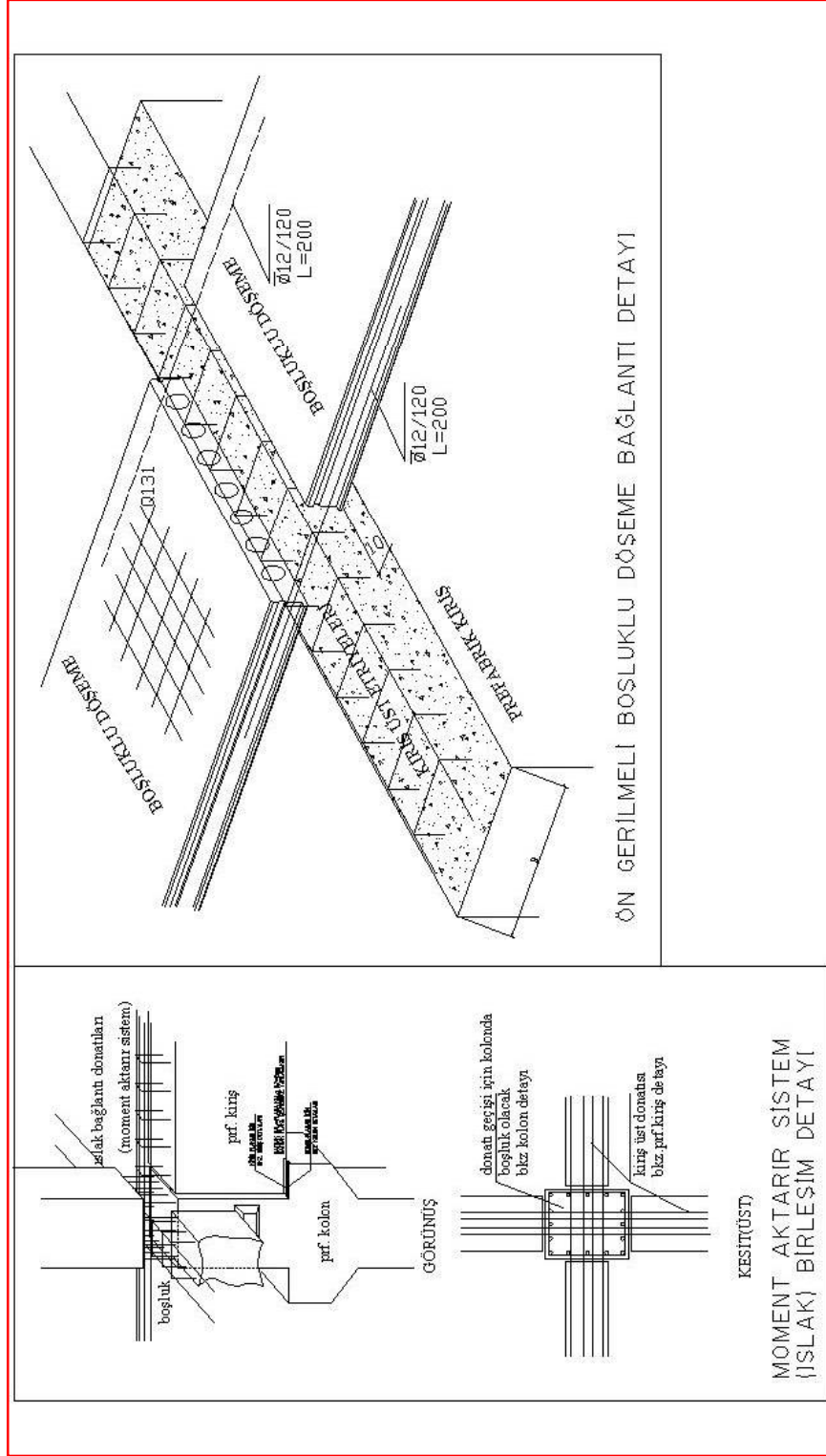


533 ① 3Ø12 L=613

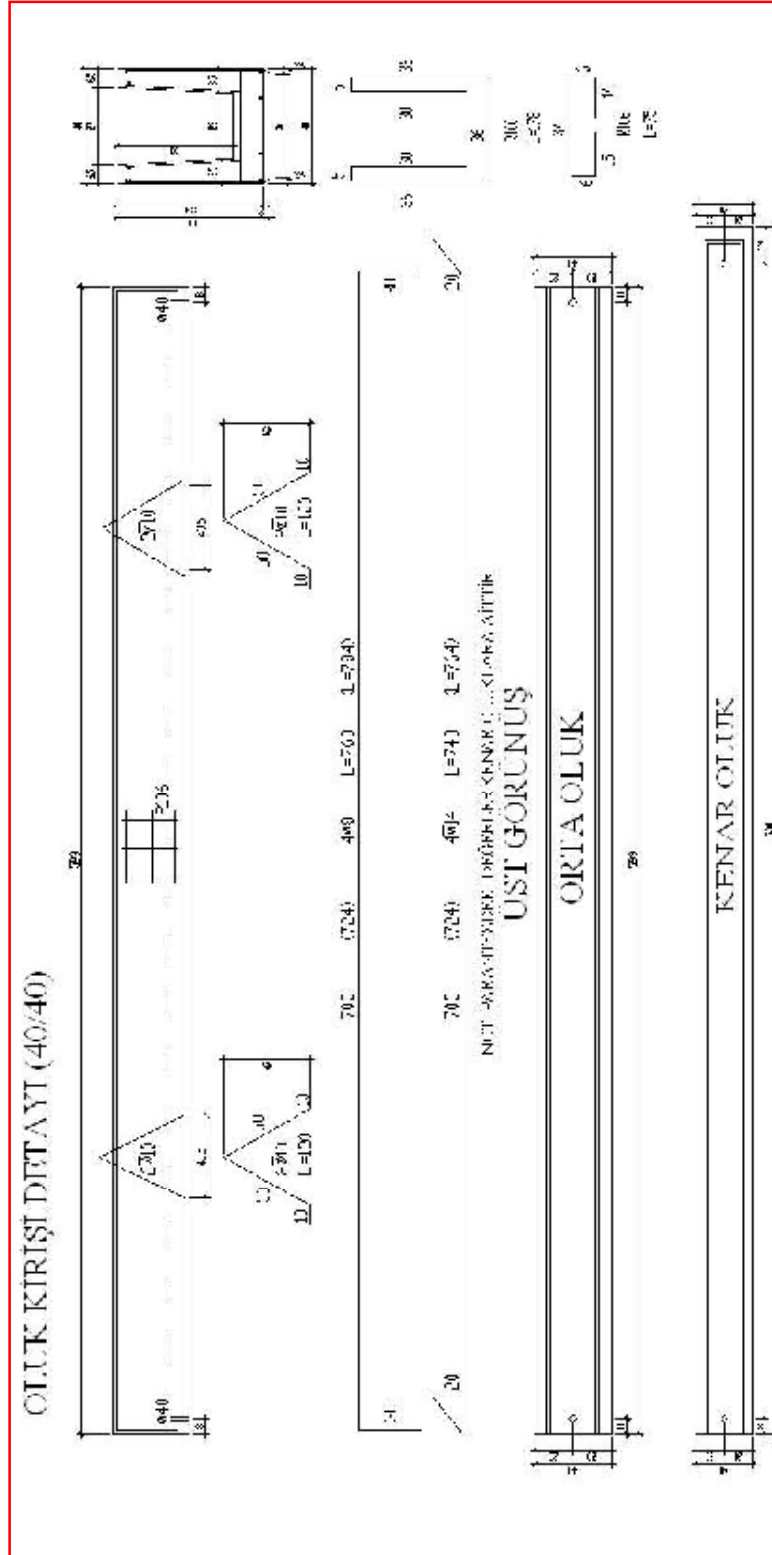
533 ⑤ 4Ø20 L=613



Şekil A.25. Prefabrike sanayi yapısı DK2 kirişi detayı



Şekil A.27. Prefabrike sanayi yapısı ıslak birleşim ve döşeme bağlantı detayı



Şekil A.29. Prefabrike sanayi yapısı oluk kirişi detayı

