

**T.C
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BETONARME PREFABRİK SANAYİ YAPILARININ DEPREM
ETKİSİNDE DAVRANIŞININ İNCELENMESİ**

**Tezi Hazırlayan
Selçuk AKTİKAN**

**Tezi Yöneten
Prof.Dr.Cemal EYYUBOV**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

Ağustos 2008

KAYSERİ

**T.C
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BETONARME PREFABRİK SANAYİ YAPILARININ DEPREM
ETKİSİNDE DAVRANIŞININ İNCELENMESİ**

**Tezi Hazırlayan
Selçuk AKTİKAN**

**Tezi Yöneten
Prof.Dr.Cemal EYYUBOV**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

Ağustos 2008

KAYSERİ

Prof. Dr. Cemal EYYUBOV danışmanlığında Selçuk AKTİKAN tarafından hazırlanan “Betonarme Prefabrik Sanayi Yapılarının Deprem Etkisinde Davranışının İncelenmesi” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

26.08.2008

JÜRİ:

Başkan: Prof. Dr. Cemal Eyyubov

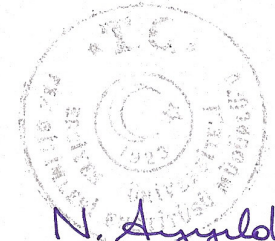
Üye : Y.Doç.Dr. Fatih Altun

Üye : Y.Doç.Dr. Hacı Bekir İCAZ

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulunun 29/08/2008 tarih ve 2008/27-07 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

29/08/2008



N. Ayyıldız
Prof. Dr. Nusret AYYILDIZ
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Çalışma hayatımın yaratmış olduğu durumlara rağmen bana sabır gösterip, tez çalışması sırasında bilimsel katkıları ile bana yardımcı olan, eğitimim süresince yardımlarını esirgemeyen, tez danışmanım ve hocam E.Ü. Müh. Fak. İnşaat Müh. Yapı Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Cemal EYYUBOV'a,

Çalışma süresi boyunca, iş yaşamı ile tez çalışmasının kesiştiği zamanlarda, gösterdikleri anlayış ile desteklerini esirgemeyen şeflerime,

Her koşulda maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen canım aileme,

İçtenlikle teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

BETONARME PREFABRİK SANAYİ YAPILARININ DEPREM ETKİSİNDE DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Selçuk AKTİKAN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2008

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cemal EYYUBOV

ÖZET

Yıkıcı depremler süresince prefabrik sanayi tipi yapılar için yapılan araştırmalar, yapı taşıyıcı sistemi monolitik betonarme olan yapıların deprem etkisinde az hasar gördüğünü ortaya koymuştur. 1998 Adana Ceyhan ve 1999 Marmara Depremlerinde taşıyıcı sistemi monolit olan betonarme birçok yapıda ciddi hasarlar görülmüştür. Bu hasarların başlıca nedeni ise; kolon-kiriş bölgelerinde istenilen şartlara uyulmadan yanlış imalatların yapılmasıdır.

Bu tez çalışmasının 1.bölüm'ünde prefabrik yapıların tarihçesi ve Türkiye'deki konumundan bahsedilmiştir. 2.bölüm' de prefabrik yapıların sınıflandırılması ve bağlantı tiplerine yer verilmiştir. 3.bölüm' de depreme dayanıklı betonarme prefabrik yapıların tasarımı ve hesabı anlatılmıştır. 4. bölüm' de prefabrik sanayi yapılarının depremler süresince davranışının mühendislik incelemesinden bahsedilmiştir. 5.bölüm' de prefabrik binaların hesap methodları anlatılmıştır. 6.bölüm'de araştırma objesi seçilmiştir. 7.bölüm'de prefabrik bir kolonun konsol bölgesindeki gerilme dağılımları incelenmiştir. 8.bölüm' de ise sonuçlar yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Prefabrik, sap 2000, shell modeli, deprem, Hasar

EXAMINATION BEHAVIOR OF REINFORCED PRECAST INDUSTRIAL CONCRETE BUILDINGS DURING EARTQUAKES

Selçuk AKTİKAN

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M. Sc. Thesis, August 2008

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Cemal EYYUBOV

ABSTRACT

Researches about prefabricated industrial type buildings that are made after destructive earthquakes show that buildings with monolithic reinforced concrete system have less effected. In 1998 Adana Ceyhan and 1999 Marmara earthquakes, buildings with monolithic reinforced concrete system had serious damages. The main reason of these damages is unqualified construction at column-beam areas.

In the 1st part of this thesis, history and situation of prefabricated building in Turkey is mentioned. 2nd part is about classification of prefabricated buildings and connection types. In the 3rd part, design and calculation of earthquake resistant prefabricated buildings are explained. In part 4, engineering inspections of the behavior of prefabricated industrial buildings during earthquakes are mentioned. In part 5, calculation methods of prefabricated buildings are explained. in part 6, inspection object is chosen. In part 7, tension distribution of a prefabricated column at consol area is inspected. In part 8, the results are given.

Keywords: Prefabricated, sap 2000, shell model, earthquake, damage

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	I
TEŞEKKÜR.....	II
ÖZET	III
ABSTRACT.....	IV
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	VIII
TABLolar LİSTESİ.....	X
ŞEKİLLER.LİSTESİ.....	XI
1. BÖLÜM	
GİRİŞ	1
1.1. Prefabrik Yapılar	1
1.2. Prefabrik Yapı Sistemleri	3
1.3. Prefabrike Sistemlerin Olumlu ve Olumsuz Yönleri	3
1.4. Türkiye’de Prefabrikasyon.....	12
2. BÖLÜM	
PREFABRİKE YAPI SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI	14
2.1. Türkiye Prefabrik Birliği Sınıflandırılması	14
2.1.1. Taşıyıcı Duvarlı Sistemler (Pano Sistemler).....	14
2.1.2. Kolon-Kiriş Sistemler	16
2.1.3. Kolon-Döşeme Sistemler	17
2.1.4. Hücre Sistemler.....	17
2.2. Ayaydın Sınıflandırması	17
2.2.1. Taşıyıcı Duvar Perdeli Sistemler	18
2.2.2. İskelet Sistemler	18

2.2.3. Hücre Sistemler	18
2.3. Prefabrike Endüstri Yapıları	18
2.4. Prefabrike Sistemlerde Bağlantılar	22
2.4.1 Bağlantı Bölgesi Tanımı	22
2.5. Prefabrike Yapılarda Bağlantıların Sağlaması Gereken Koşullar.....	24
2.6. Betonarme Prefabrik Sanayi Yapılarındaki Rijitlik Bağlantıları	25
2.6.1. Prefabrike Yapılarda Bağlantı Tipleri.....	25
2.6.2. Çubuk Eleman Bağlantıları (Kiriş-Kolon Bağlantıları)	26
2.6.2.1. Basınç Bağlantıları	26
2.6.2.2. Eğilme Momenti Aktaran Bağlantılar	27
2.6.2.3. Kesme Kuvveti Veya Mesnet Reaksiyonu Aktaran Bağlantılar	33
2.6.3. Taşıyıcı Pano Bağlantıları	33
2.6.3.1. Taşıyıcı Panolar Arasındaki Kayma Bağlantıları.....	33
2.6.3.2. Panolar Arası Basınç Bağlantıları	33
2.6.4. Döşeme Bağlantıları.....	34
2.6.5. Temel - Kolon Bağlantıları	34
3. BÖLÜM	
DEPREME DAYANIKLI BETONARME PREFABRİK YAPILARIN TASARIMI VE HESABI.....	36
3.1. Yapı Tasarımı İle İlgili Temel İlkeler	37
3.1.1. Prefabrike Yapıların Doğruları ve Yanlıları.....	39
3.2. Yapıların Deprem Etkisi Altında Hesabı	41
3.3. Betonarme Prefabrik Sanayi Yapılarının Tasarım Örneklerinin İncelenmesi ...	51
3.3.1. Betonarme Prefabrik Sanayi Yapısı Projesinin Karakteristik Örnekleri.....	51
3.3.1.1. Örnek Proje	51

3.3.1.2. Genel Olarak Projedeki Eksiklikler	52
3.3.1.3. Yapılması Gerekenler.....	53
4. BÖLÜM	
PREFABRİK SANAYİ YAPILARININ YIKICI DEPREMLER SÜRESİNCE DAVRANIŞININ MÜHENDİSLİK İNCELEMESİ	55
4.1. Prefabrik Sanayi Yapılarının Davranışı	55
4.2. Betonarme Prefabrik Binaların Deprem Süresince Hasarlarının İncelenmesi ve Sınıflandırılması	58
4.3. Çözüm Önerileri.....	69
5. BÖLÜM	
PREFABRİK BİNALARIN HESAP METHODLARI.....	73
5.1. Kayma-Sürtünme Hipotezi	75
5.2. Konsolların Çerçeveye Benzetilmesi	78
5.3. Ampirik Metot.....	78
6. BÖLÜM	
ARAŞTIRMA OBJESİNİN SEÇİLMESİ.....	80
7. BÖLÜM	
KOLON-KİRİŞ BİRLEŞİM YERLERİNDE GERİLMELERİN HESAPLANMASI ..	82
8. BÖLÜM	
SONUÇLAR.....	95
KAYNAKLAR	105
ÖZGEÇMİŞ	108

KISALTMALAR VE SİMGELER

ABYYHY	:Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
$A(T)$	:Spektral İvme Katsayısı
A_o	:Etkin Yer İvmesi Katsayısı
H_w perde	:Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam
I	: Bina Önem Katsayısı
L_w	: Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
R	:Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$R_{alt}, R_{üst}$	:Kolonları üstten mafsallı tek katlı çerçevelerin, yerinde dökme betonarme, prefabrike veya çelik binaların en üst (çatı) katı olarak kullanılması durumunda, sırası ile, alttaki katlar ve en üst kat için tanımlanan R katsayıları
$R_a(T)$	:Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
$S(T)$	:Spektrum Katsayısı
T	:Bina doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	:Spektrum Karakteristik Periyotları
V_i	: Göz önüne alman deprem doğrultusunda binanın i'inci katma etki eden kat kesme kuvveti
V_t	:Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde göz önüne alman deprem doğrultusunda
W	:Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
α	:Deprem derzi boşluklarının hesabında kullanılan katsayı
α_s	:Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı

C30	:28 günlük silindirik dayanımı 30 N/mm ² olan beton sınıfı.
C40	:28 günlük silindirik dayanımı 40 N/mm ² olan beton sınıfı.
UBC-97	:1997 Uniform Building Code
Euro Code 8	:Depreme Dayanıklı Yapı Tasarım Kuralları
TDY	:Türkiye Deprem Yönetmeliği
U	:Isı iletim katsayısı
Ø	:Donatı çapı mm
TS 9967	:Yapı Elemanları Taşıyıcı Sistemler ve Binalar-Prefabrike Betonarme ve Öngerilmeli Betondan-Hesap Esasları ile İmalat ve Montaj Kuralları
DBYBHY	:Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
TS500	:Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
PCI	:Prestressed Concrete Institute
Q_{zem}	: Zemin emniyet gerilmesi
V_n	:Hesap mukavemeti
V_u	:Kesme kuvveti
A_{vf}	:Donatı Alanı
f_y	:Egilme Donatısı Akma Gerilmesi
μ	:Sürtünme faktörü
A_c	:Beton kesit alanı
S11	:Enine yönde gerilme değeri
S22	:Boyuna yönde gerilme değeri

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1.	Etkin Yer İvme Katsayısı	44
Tablo 3.2.	Bina Önem Katsayısı.....	45
Tablo 3.3.	Zemin Sınıfları İçin Spektrum Karakteristik Periyotları	46
Tablo 3.4.	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	50
Tablo 7.1	Gerilme Değerleri.....	91

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1.	Taşıyıcı Panel.....	15
Şekil 2. 2.	Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi	16
Şekil 2. 3.	Çerçeve Sistem.....	17
Şekil 2. 4.	Prefabrik Sanayi Yapısı.....	19
Şekil 2. 5.	Prefabrik Çerçeve Sistem.....	20
Şekil 2. 6.	Kolon-Kiriş Bağlantısı Lambda Sistem	21
Şekil 2. 7.	Tepeden Mafsallı Lambda Sistemler	21
Şekil 2. 8.	Taşıyıcı Sistem.....	22
Şekil 2. 9.	Eğilme Momenti Aktaran Kuru Bağlantı isometrik görünüşü.....	28
Şekil 2. 10.	Eğilme Momenti Aktaran Kuru Bağlantı yan görünüş ve kesitler.....	29
Şekil 2. 11.	Eğilme Momenti Aktaran Islak Bağlantı	30
Şekil 2. 12.	Eğilme Momenti Aktaran Islak Bağlantı	32
Şekil 2. 13.	Temel-Kolon Birleşimi	34
Şekil 2. 14.	Temel-Kolon Birleşimi	35
Şekil 3. 1.	Spektrum Katsayısı $S(T)$	47
Şekil 3. 2.	Yerel Zemin Sınıflarına Ait İvme Spektrum Eğrileri	47
Şekil 3. 3.	Çatı Seviyesinde Oluşturulan Diyafram.....	54
Şekil 4. 1.	Dolu Gövdeli Kirişin Üst Başlıktan Sıyrılması.....	62
Şekil 4. 2.	Dolu Gövdeli Kirişin Ust Başlıktan Sıyrılması.....	62
Şekil 4. 3.	Kolonda Eğilme Çatlakları.....	64
Şekil 4. 4.	Hasarsız Yapı Örneği	65
Şekil 4. 5.	İki Açıklıklı Yapılarda Orta Kolon Hasarı.....	65
Şekil 4. 6.	İki Açıklıklı Yapılarda Orta Kolon Hasan	66
Şekil 4. 7.	Temel –Kolon Birleşim Bölgesindeki Hasar	67
Şekil 5. 1.	Prefabrik Elemanların Birleşimi	74
Şekil 5. 2.	Kayma düzleminin donatı ile eğimli olması durumunda kuvvet dağılımı	77
Şekil 6. 1.	Örnek Kolon.....	80
Şekil 7. 1.	Grid Seçimi	82
Şekil 7. 2.	Aks Sayısı ve Mesafeler.....	83
Şekil 7. 3.	Mesnet Koşulları	84
Şekil 7. 4.	Yeni Bir Kesit Oluşturma	85
Şekil 7. 5.	Kesit Atama.....	86

Şekil 7. 6.	Oluşturulan modelin 3d görünüşü.....	87
Şekil 7. 7.	S11 Enine Yöndeki Gerilme Dağılımları kN.m.C	88
Şekil 7. 8.	S22 Boyuna Yöndeki Gerilme Dağılımları kN.m.C	89
Şekil 7. 9.	Konsol bölgesi seçilen kesitler.....	90
Şekil 7. 10.	Konsol Bölgesinin Geometrik Ölçüleri.....	92
Şekil 7. 11.	Kesit 1-1 Düşey Yönde Gerilme Değerleri.....	92
Şekil 7. 12.	Kesit 2-2 Düşey Yönde Gerilme Değerleri.....	93
Şekil 7. 13.	Kesit 3-3 Düşey Yönde Gerilme Değerleri.....	93
Şekil 7. 14.	Kesit 4-4 Düşey Yönde Gerilme Değerleri.....	94
Şekil 8.1.	Birleşim Bölgesinin Yan Görünüşleri.....	97
Şekil 8.2.	Kolon-Kolon Birleşimi	99
Şekil 8.3.	Kolon-Temel Birleşimi	101
Şekil 8.4.	Çatlak Bölgeleri [38].....	102
Şekil 8.5.	Kolon-Kolon Birleşimi	103
Şekil 8.6.	Donatı Teşkili.....	104

1. BÖLÜM

GİRİŞ

1.1.Prefabrik Yapılar

Geçen 50 yıla yakın zamanda bina maliyetlerinin artış hızı diğer birçok endüstri ürünlerindeki artıştan fazla olmuştur. Bunun en önemli sebeplerinden biri; klasik şantiye anlayışı ile yapımda maliyeti etkileyen fazla sayıda şantiye işçisi bulundurulmasıdır. Hatta maliyete ilaveten, endüstriyel gelişmiş ülkelerde şantiyede yetişmiş bina işçisi her geçen gün bulunamaz hale gelmiştir. Bu olumsuz durum, yapı sektöründe daha büyük endüstrileşme ile çözümlenmeye çalışılmıştır. Prefabrik yapılara gereksinim 2. Dünya Savaşı sonrasında şehirlerdeki konutların tahrip olması ile konut ihtiyacı açığını ortaya çıkarmıştır. Kullanılmakta olan konvansiyonel sistemin yıllık üretim hızının bu ihtiyacı karşılayamayacak derecede düşük olması nedeniyle, geliştirilen ön üretimli bina yapım yöntemleri belirli standartla, nitelikli, üretim hızı yüksek ve ekonomik özellikleri bir arada sağladığından az gelişmiş ülkeler için çözüm alternatifi oluşturmuştur.

Prefabrike betonarme yapı elemanlarının kullanımı kaliteyi yükseltmesi, yapım süresini kısaltması ve ekonomi sağlaması açısından diğer yapılara göre yatırımcıya, üreticiye ve kullanıcıya pek çok avantaj sunmaktadır Bu tür yapı elemanlarının yerleşik bir tesiste üretimi, gerek kullanılan girdiler ve gerekse imalat koşullarının daha iyi bir şekilde kontrol edilebilmesine olanak sağlamaktadır.

Prefabrikasyonun getirdiği bu avantajlar uzun yıllar Türkiye'de gözetilmemiş ve böylece prefabrik yapıların kullanılması gecikmiştir. Nedeni prefabrikasyonun işsizliği artıracığı ve yüksek başlangıç yatırımı gerektireceği düşüncesiyle prefabrikasyon yapı yatırımlarının desteklenmemesidir. Fakat ülkemizde hızla artan sanayileşme, yapı sektörünü de etkilemiş ve

60'lı yılların başlarında prefabrikasyon yapı üretimleri başlamıştır. Tek katlı endüstriyel yapılarla başlayan ilk uygulamalar sanayileşme hızına paralel olarak artmaktadır. Son yıllarda yaşanan depremler nedeniyle de sanayicinin yapıyı ölü yatırım olarak değerlendirmesi sona ermiştir.

Prefabrike yapı tasarımında, prefabrike yapım kurallarını açıklayan TS 9967, "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" ve bu yönetmelik üzerinden de zaman geçtikçe zaman geçtikçe bir takım güncellemeler yapılması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. 2007 yılında yürürlüğe giren "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" kullanılmaktadır [1,2].

2007 Deprem yönetmeliğine farklı bir yenilik getiren 7. madde'nin eklendiği görülmektedir. Bundan önceki yönetmeliklerde (ABYYHY) bulunmayan "mevcut yapıların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi" maddesi eklenmiştir. Bilimsel olarak çok gerekli olan bu madde ile mevcut yapıların incelenmesi depreme karşı yeterli performansı gösteremeyen yapıların belirlenmesi ve olası yıkıcı bir depreme karşı güvenli hale getirilmesi için yapılması gereken güçlendirme ile ilgili kurallar belirlenmiş bulunmaktadır. Burada mevcut yapı denildiğinde hiç ayırım gözetmeden yapılmış ve hatta yapılmakta olan tüm yapıları kapsamına aldığı görülmektedir [1,2].

Bu çalışmada prefabrike endüstri yapıları incelenmektedir. 1999 Marmara depremlerinden sonra Düzce, Adapazarı, İzmit ve Gebze bölgelerindeki prefabrike yapı hasarları incelenmiş ve ortak hasar sebepleri araştırılmıştır. 1999 Marmara depremlerinden elde edilen ivme kayıtlarının karakteristik özellikleri söz konusu prefabrike yapılarda oluşturduğu hasar seviyelerini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Seçilen endüstri yapılarının rijitlik ve hasar ilişkileri parametrik bir çalışma ile ortaya konulmuştur. Sap2000 programı ile, deprem bölgelerinde hasar almış birleşim detaylarına göre modellenen prefabrik sanayi yapılarda hasara sebep olan gerilme yığılmalarının olduğu bölgelerdeki hasarlar yorumlanmıştır.

1.2. Prefabrik Yapı Sistemleri

Kullanım amacına göre dayanım, görünüm, ikamete uygunluk, konfor, yapım süresi ve en az bakım ihtiyacı yönlerinden olağan koşullara yeterli şekilde yanıt verebilecek tutarlı bir yapım sistemini oluşturmak üzere, elemanlarının çoğunluğunun fabrika ortamında modern endüstriyel yöntemlerin duyarlılığı ile seri halinde imal edilmiş olan yapı türü prefabrikasyon olarak kabul edilebilir. Kilin kalıplara dökülerek tuğla şeklinde kullanılması prefabrikasyonun en ilkel şeklidir [3].

Yapı elemanlarının sabit veya mobil üretim tesislerinde üretilip, inşaat sahasında bütünü oluşturan parçaların birleştirilmesi esasına göre üretim prefabrikasyon olarak tanımlanabilir.

Prefabrike elemanlarla yapılan binalar **geçici** prefabrike yapılar ve **kalıcı** prefabrike yapılar olmak üzere iki gruba ayrılır. Geçici prefabrike yapılar; şantiye binaları, barakalar, yatakhane veya yemekhane olarak kullanılan, daha çok şantiyelerde inşaat süresi boyunca hizmet vermek üzere tasarlanmış yapılardır. Bunlar genellikle çelik veya ahşap malzemeden meydana getirilmiştir. Portatifler, iş bitiminde sökülüp başka bir şantiyeye taşınabilirler. Birkaç kez bu işlem yapıldıktan sonrada, ekonomik ömürleri biter. Kalıcı prefabrike yapılar ise genelde betonarme olarak inşa edilirler. Bir kere kurulur, genelde sökülmez kullanıldıkları yerde kalırlar.

Bu çalışmada kalıcı betonarme prefabrike yapılar incelenecektir. Prefabrike yapı, taşıyıcı elemanlar ve bu elemanların ek yerlerinden oluşmaktadır. Prefabrike yapı sistemleri düşey ve yatay yükleri taşıyan elemanlar, perde duvarlar, giriş ve kolonlardan oluşan çerçeveler ya da her iki sistemin bir arada bulunduğu karma sistemlerden oluşmaktadır. Prefabrike yapı elemanları birbirlerine halkalı, bindirmeli, kaynaklanmış inşaat demirleri ile ya da mekanik olarak bağlanmaktadır.

1.3. Prefabrike Sistemlerin Olumlu ve Olumsuz Yönleri

Prefabrikasyon bir endüstriyel üretim yöntemidir. Geleneksel yapım yöntemlerinin karşısı ve rakibi değildir. Geleneksel yöntemlerle elde edilmiş yapılarda bile prefabrikasyondan kaçınmak mümkün olamamaktadır. Ahşap, tuğla, çimento, çelik, tesisat malzemeleri vb. ön üretilmiş malzemeler prefabrike yapı elemanlarıdır. Bu tür elemanlar her türlü yapıda

kullanılmakta olduğundan, her yapıda bir miktar prefabrikasyondan söz etmek mümkün olmaktadır. Bir yapıyı oluşturan prefabrike elemanların azlığı veya çokluğu, o yapının ne denli prefabrikasyon teknolojisine dayalı olarak üretildiğinin bir ölçüsüdür. Bu oranı arttırabilmenin en etkili yolu, esas taşıyıcı sistemi prefabrike olarak üretmektir. Betonarme yapılarda, prefabrikasyon, tasarımcıya ve yapımcıya önemli avantajlar sağlamaktadır. Prefabrike yapıların monolitik yapılara göre üstünlüklerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz [4].

Prefabrike binalar ve onların tüm elemanları, aynen monolitik binalarda olduğu gibi, depreme dayanıklılık bakımından, dayanım, düktilite ve katlar arası deplasman kriterlerini sağlamalıdır. Ancak, prefabrike elemanların birleşim yerleri dayanım, düktilite veya deplasman bakımından, monolitik bir binanın davranışına kesinlikle benzememektedir. İşte bu fark, prefabrik yapılarda birleşim yerlerinin önemini derhal ön plana çıkarır. Öyle ki, prefabrik yapıların deprem güvencesi adeta birleşim yerlerinin güvencesi ile özdeşleşir. Denilebilir ki, eğer birleşim yerleri güvencede ise, prefabrik yapıda güvencededir.

Prefabrikasyon bir standartlaşma ve belli bir kalite düzeyini tutturabilmektedir. İnşaat hızını artırmaktadır. Prefabrikasyon; yönetim, organizasyon ve örgütlenmeye olanak sağlamaktadır. Prefabrikasyon lehine avantaj sağlayan çelik kalıbın birim elemana düşen maliyeti, ahşap kalıp ve iskele maliyetinin 1/6'sından daha da azdır. Başlangıç maliyeti olarak prefabrikasyon daha pahalı görünse bile, bitiş maliyeti açısından bir dizi ucuzluklar ve yararlar sağlamaktadır [5].

Prefabrikasyonda inşaat kalitesi, makinelerle, geleneksel inşaatlarda ise işçilik kalitesiyle sağlanmaktadır. Serbest piyasada eğitim düzeyi en düşük sektör inşaat sektörüdür. Prefabrike olarak üretilmiş kolonların tamamında birbirine çok yakın fiziksel özellikler sağlanmasına rağmen geleneksel yöntemlerde durum çok değişken ve çok daha düşündürücüdür.

Prefabrike inşaatın, özellikle endüstriyel ve/veya sanayi yapısı alanında tercih edilmesinin başlıca nedenleri arasında [6],

A-İnşa zamanının kısalığı,

B-Beton gibi çok uzun ömürlü, yangın, korozyon, sıcaklık değişimi, rutubet, rüzgâr yükleri ve titreşimler gibi her türlü olumsuz çevre şartlarında bile gücünü yitirmeyen bir malzemenin kullanılması,

C-Kalite kontrolün sağlanabilmesi nedeni ile oldukça yüksek dayanımlı C30 ve C40 sınıfı beton üretilebilmesi,

D-Öngerme tekniklerine olanak sağlaması,

E-Geleneksel inşaata kıyasla daha ucuza mal olması gibi birçok faktör sayılabilir.

Tekniğine uygun olarak üretilmiş betonarme prefabrike yapı ve/veya elemanları, mevsim ve kötü hava şartlarından kolay kolay etkilenmemektedir. Hızlandırılmış beton kür uygulanması ile yüksek kaliteli beton kullanılmasına olanak sağlar, standartlaşmaya ve gelişmiş kalite kontrol tekniklerinin uygulanmasına elverişlidir. Öngerme tekniklerinin uygulanması halinde, geleneksel betonarme imalata göre [6],

A-Daha az kesitlerle daha büyük açıklıkları geçmek,

B-Sehim ve çatlak kontrollerinde iyi bir performans elde etmek ve

C-Malzemedен azami tasarruf sağlamak mümkündür.

Ayrıca, betonarme elemanlara istenilen şekil ve görüntü verilebileceği için, mimar ve mühendislerin yaratıcı hayallerine uyabilen çok orijinal ve estetik yapılar elde edilebilir.

Betonarme prefabrik yapıların bu emsalsiz üstünlüklerinin yanı sıra, onların en önemli bir özelliği, depreme karşı çok titiz ve dikkatli bir şekilde tasarlanmış olmaları gereğidir. Genellikle, betonarme prefabrike elemanlar, tek başlarına depremde hasar görmeyecek kadar yüksek malzeme kalitelerine ve üstün dayanım gücüne sahiptir. Ancak, birleşim noktalarındaki zayıflıklar, bu çok sağlam elemanların oluşturduğu prefabrike taşıyıcı sisteminde, çoğu zaman beklenmedik hasarlara neden olabilmektedir.

Bütün bu üstün özelliklerine rağmen prefabrike yapıların az sayıda da olsa olumsuz yönleri

mevcuttur. Prefabrike inşaatla karşılaşılın sorunlar ve dikkat edilmesi gereken noktaları aşğıdaki gibi sıralayabiliriz;

Prefabrike bir yapının dekorasyonda kullanılan malzemeler tek tek ele alındığında güzel, ancak işçilik için aynı şeyleri söylemek oldukça zordur. Prefabrikasyonda detay sorunları halen çözümlenmemiştir. Konut olarak kullanılan dairelerin birçoğı bu nedenlerden ötürü kullanışsızdır. Açılı duvarlar bazen yerleşim sorunları yaratabilmektedir. Dairelerdeki havalandırma tesisatını gizlemek için yapılan asma tavanların önemli bir bölümü kötü durumdadır. Deprem davranışı açısından, prefabrike ve bir döküm (monolitik) yapılar arasındaki en önemli farklılık, birleşim noktalarından kaynaklanmaktadır. İki prefabrike elemanın birleştirildiğı noktalar deprem dayanım zincirinin en zayıf halkasını oluşturmaktadır [7].

Mafsallı düğüm noktaları enerji yutabilme ve düktilite açısından sistemin en zayıf yerleridir. Montajda kolaylık sağladığı ve üretim maliyeti düşük olduğu için mafsallı düğümler, rijit bağı düğümlere nazaran genelde çok tercih edilen bir bağlantı şeklidir. Ülkemizde, bir katlı endüstriyel yapılarda, bütün kirişler birbirlerine ve kolon başlarına mafsallı olarak bağlanırlar.

Kolonların alt başları temele ankastre bağı kabul edilir. Deprem esnasında kirişlerde ve kolonların üst uçlarında hiç bir moment aktarılması söz konusu değildir. Dolayısıyla deprem zorlanmalarında, plastik mafsallaşmalar sadece kolon alt başlarında oluşur. Kolonlar, kirişlerden daha az düktil olduğu için, plastik mafsallaşmanın kirişlerde oluşmasını esas alan monolitik yapılardaki başarılı düktil davranışı betonarme prefabrike taşıyıcılardan beklemek doğru değildir. Bu nedenle, yapı davranış katsayısı ve yük azaltma faktörü olan R' yi oldukça düşük seçmelidir. Amerikan UBC– 97 yönetmeliğinde $R=2.2$ ve Avrupa Birliğı Euro Code 8–98 yönetmeliğinde $R=2$ ve bazı hallerde $R=1.5$ olduğu halde, maalesef bizim deprem yönetmeliğimiz TDY-98'de $R=5$ 'dir. Böylece, prefabrik yapılarımız güvensiz duruma düşürölmüş olmaktadır [8].

Prefabrike bir yapılarda sorunların en yoğun yaşandığı süreci, montaj aşaması oluşturmaktadır. Yani, temel elemanlarının montajı prefabrikasyonda önemli bir sorundur.

Doğru yerleştirilmeyen temel soketleri, özellikle diğer elemanların montajında, montaj toleranslarını etkilediği için sorunlar yaratmaktadır. Benzer durum, birleşim yerlerinde de karşımıza çıkmaktadır. Bunlara ilave olarak, yerinde döküm bağ hatıllarının, temel soketleriyle birlikte yapılması gerekirken, organize sanayi bölgesindeki birçok yapıda, tüm montaj işlemlerinin bitirilmiş olmasına karşın halen yapılmamış oldukları da gözlemlenmiştir. Söz konusu alanda, yapının tamamlanması için girişimciye verilen sürenin uzunluğu (36 ay), yaptırımların yetersizliği, girişimcinin yeterli finansmana sahip olmaması ve bilgi eksikliği nedeniyle montaj süreci, çok uzamıştır. Oysa üretici kuruluşların, montaj için önerdikleri süre ortalama olarak 10 gündür. Dolayısıyla, sistem bütünü içinde tamamen rijitleştirilemeyen yapı elemanları, kısa süre içinde zararsız olan, ancak, uzun süre içinde olumsuz olarak etkileyen hareketler ve yükler altında kalmışlardır [9].

Ülkemizin değişik sanayi bölgelerinde tespit edilen birkaç yapıda; temel, kolon, kiriş ve oluk kirişi montajlarının yapılmış olmasına karşın, diğer elemanların montajları, aradan uzun zaman geçmiş olmasına rağmen halen gerçekleştirilememiştir. Dolayısıyla, montaj sürecinin parçalanmış olması çeşitli sorunların doğmasına neden olmakla birlikte, prefabrike yapının rasyonellik ilkelerine de ters düşmektedir. Bunlara ilave olarak, montajı yapılacak yapıların çevresinde montaj araçlarının dolaşımı için gerekli olan yolların yapımının gerçekleştirilmemiş olmasının, montaj araçlarının hareketlerini kısıtladığı ve montajı güçleştirdiği görülmüştür.

Girişimci ve üretici kuruluş arasında imzalanan özel şartnamede kalite-kontrol sorumluluğu, üretici kuruluşa bırakılmıştır. Ancak, şartnamede herhangi bir yaptırım kararının olmaması nedeniyle özellikle montaj aşamasında işin kalitesi ve kontrolü açısından çeşitli sorunlar yaşanmıştır. Bu sorunlar, prefabrike taşıyıcı elemanlarda olduğu gibi, yerinde döküm uygulamalarında ve özellikle birleşim yerlerinde ortaya çıkmıştır. Kalite-kontrol mekanizmasının iyi kurulmamış olması, yapım sürecinde taşıyıcı sistemde, taşıyıcı elemanlarda ve detaylarda proje dışına çıkılarak, bazı değişikliklerin yapılmasına neden olmuştur. Örnek alanda faaliyet gösteren tüm kuruluşlara ait yapılarda akustik açısından herhangi bir önlemin alınmadığı gözlenmiştir. Oysa örnek alanda bulunan yapıların yarısından çoğu, gürültülü ve titreşim yapan iş makinelerini barındırmaktadır. Bu

durumda iş makinelerinin yapacağı titreşimler; gürültü sorununun yanı sıra tüm sistemi etkileyerek, yapı elemanları ve birleşimlere zarar verecek, özellikle de iş makinelerinin kolon gibi taşıyıcı elemanlara yakın düzenlendiği yerlerde hasarları artacaktır.

Açıklığın 18 mt'yi geçtiği yapılarda bant pencerelerin kullanılmış olmasının, uygun aydınlatma düzeyi ve gün ışığından maksimum yararlanma açısından yeterli olmadığı düşünülmektedir. Bu durumda çatı pencereleri gibi özel çözümlere gidilmesi gerekmektedir. Örnek alanda yer alan yapılarda ise bu tür çözümlere rastlanılmamakla birlikte, üretim türüne bağlı olarak yapay aydınlatma ile ilgili özel bir tasarıma da gidilmemiştir. Örnek alanda bulunan tüm yapılarda, ısıtma için herhangi bir sistem önerilmediği için, yapı kabuğunda da ısı korunumu için özel bir önlem alınmamıştır. Bu durumda; ikinci ısı bölgesinde yer alan Diyarbakır'da yapı kabuğunda kullanılan elemanların ısı korunumu açısından ($UD = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve $UT = 0,56 \text{ W/m}^2\text{K}$) değerleri ile yetersiz olduğu görülmüştür. Dolayısıyla, iç mekân konforu açısından yapı kabuğunu oluşturan elemanlarda gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Benzer şekilde mekân içinde oluşan nemin tahliyesi için de herhangi özel bir önlem alınmamıştır. Mekân içindeki fazla nemin dışarı atılması, sadece kapılar aracılığı ile doğal havalandırma yöntemiyle gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, yapı kabuğunda nemin oluşturacağı hasarlara yönelik herhangi bir önlem de alınmamıştır. Bu durumun yapı kabuğunda zamanla hasarlara neden olması, kaçınılmaz olarak görülmektedir. Panellerin birleşim noktaları bu tür sistemlerde en sorunlu yerlerdir. Panellerin bir bütün olarak çalışması, hava ve su geçirimsizliklerinin sağlanması ve birleşimlerde ısı köprüsünün oluşmaması gerekmektedir. Panel aksları bir noktada kesişmelidir.

Panel sistemlerde birleşim noktalarının düzenlenmesi en önemli konulardan biridir. Bir yandan farklı elemanların bir bütün olarak çalışmasının sağlanması, diğer yandan da birleşim noktalarında ortaya çıkabilecek yalıtım sorunları, gerek tasarım gerekse gerçekleştirme aşamasında aşağıdaki konulara dikkat edilmesini zorunlu kılmaktadır:

Yapının yatay ve düşey kuvvetlere karşı stabilitesinin sağlanabilmesi için birleşimin rijitliğinin sağlanması, panel akslarının bir noktada kesişecek biçimde düzenlenmesi, birleşim noktalarının hava ve su geçirimsizliğinin sağlanması ve ısı köprüsü oluşumuna

engel olunmasıdır.

Panellerin birleşimde esas olarak açık ve kapalı olmak üzere iki birleşim tipi uygulanmaktadır. Kapalı birleşim; panellerin birleşim noktalarında oluşan derzlerin, bir dolgu malzemesi ile tamamen kapatılması esasına dayanmaktadır. Soğuğa karşı etkin görülmekle birlikte, panelin iç yüzeyinde oluşabilecek nem, dış yüzeye aktarılamamaktadır. Beton panellerin birleşiminde dolgu malzemesi olarak harç kullanılmakta, dışarıda kalan uç genellikle mastik türü bir malzeme ile kapatılmaktadır. Ahşap panellerde temel prensip aynıdır. Derz genellikle yapıştırıcılık özelliği olan bir malzeme ile kapatılmaktadır.

Açık birleşimde temel prensip, dıştan gelen rüzgârın balona benzetilebilecek ve basıncı azaltan bir boşluğa alınması ile iç kısma geçmesinin önlenmesidir. Bu boşluğa alçak basınç odası denilmektedir. Uygulamalar, bu tür birleşim ile yağmur suyunun da iç kısmına geçemediğini ortaya koymaktadır. Bu tür birleşimde derz doldurulmadığından bağlantı metal aksam aracılığı ile yapılmaktadır. Önemli olan nokta, bu metalin panellerin alt yüzeyine yerleştirilmesi ile basınç boşluğunda süzülen suyun uzaklaştırılmasıdır.

Kapalı birleşimler şantiyede bir dolgu betonunun dökümünü ya da yapıştırıcı bir malzeme kullanımı gerektirdiğinden ıslak birleşim olarak da adlandırılmaktadırlar. Açık birleşimler ise benzer nedenle kuru birleşim olarak adlandırılmaktadırlar.

Tasarımın sağlıklı olmasının önkoşulu, tasarımcının taşıma gücü sınır durumuna gelindiğinde, yapının davranış biçimini kestirebilmesidir. Bir başka deyişle, tasarıma sınır durumda plastik mafsalların nerelerde oluşabileceğini kestirebilmeli ve gerekirse boyutlandırma ve detaylandırma ile mafsalların oluşma düzenini yönlendirebilmelidir.

Birleşim bölgeleri zayıf prefabrike çerçevelerde ise, gerekli önlemler alınmadığı takdirde şiddetli depremler altında sorun çıkması kaçınılmaz olacaktır. Zayıf bağlantılı (mafsal gibi) çerçeveler yatay yükler altında yeterli stabiliteye sahip olmayacak ve yeterli enerji tüketemeyecektir. Bu tür çerçevelerden oluşan yapıların depremde sağlıklı davranmalarını sağlamanın en uygun yolu, tüm yatay kuvvetleri alabilecek kapasitede perde duvarlar oluşturulmalıdır. Yani, sistemin salt çerçevelerden oluştuğu durumlarda, birleşim

bölgelerinin bir döküme eşdeğer yapılması gerekir. Eğer sistemde tüm yatay yükü alabilecek kapasitede perde duvar varsa, çerçeve elemanlarının bağlantılarının daha zayıf olmasında bir sakınca görülmeyebilir. Tek katlı çerçevelerde yapı perdesiz de olsa zayıf birleşimlere (mafsal gibi) izin verilebilir. Ancak, böyle bir yapıda kolon kesitlerinin bir döküm yapıya oranla daha büyük seçilmeleri gerekir.

Birçok prefabrike yapıda döşemelerde prefabrik elemanlardan oluşmaktadır. Bunların, depremden oluşacak yatay kuvvetleri bir düşey elemandan diğerine aktarabilecek dayanım ve rijitliğe sahip olmaları gerekir. Diyaframlar basit ve transfer olmak üzere iki başlık altında toplanabilir. Basit diyaframlarda fazla bir sorunla karşılaşılacakla birlikte, transfer diyaframlarında ciddi sorunlar yaşanmaktadır. Sorunun ana kaynağı, kendi katı dışındaki katların da yatay yüklerini aktarmak zorunda olan transfer diyaframlarının, bina planının değiştiği düzeydeki katlarda ciddi sorunlar yaşanmaktadır. Deprem hesabı yapılırken, diyafram düzeyinde etkiyen aynı düzlemlerdeki zorlamalar dikkate alınmalı ve bunların oluşturduğu kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri hesaplanmalıdır. Hesap yapılırken giriş ve döşemelerdeki donatının diyafram zorlamalarını karşılamakta etkili oldukları unutulmamalıdır. Ancak, hesaba katılacak donatı eklerinin en az 40Ø bindirme ile yapılmış olması zorunlu bir koşuldur.

Prefabrike elemanlardan oluşan kat düzeyi elemanların diyafram olarak etkili olabilmeleri için, bu elemanların birbiri ile iyi bir biçimde bağlanmış olması gerekir. Bu nedenle prefabrike elemanlardan oluşan diyaframlarda en önemli sorun, bağlantı sorunudur. Elemanların birbirine bağlı olmalarının yanı sıra, oluşan diyafram, sağlıklı yük aktarabilecek özelliklere sahip birleşimlerle düşey taşıyıcı elemanlara bağlanmalıdır. Diyaframları birbirine ve düşey taşıyıcı elemanlara bağlamanın en sağlıklı yolu, üstte yerinde dökülen bir betonarme tabla bulundurmaktır. Ayrıca bu elemanların, yerinde beton dökümü cıvata ve kaynakla da bağlanmaları mümkündür. Ancak bu tür bağlantıların sağlıklı davranacağı deneylerle kanıtlanmalıdır.

Prefabrikasyonun gelişmesinde tanıtımın oldukça önemli olup, bu konuda halen eksiklikler vardır. Yerel ve/veya bölgesel anlamda halen bir kalite sorunu vardır. Hazır elemanlarla yapılan konutlar, ehliyetli taşeronlar elinden çıktığı için çok kötü sonuçlar vermiştir ve

vermeye devam etmektedir. Niteliksiz uygulamaları gören konut kullanıcıları bu sistemden kaçmalarına ve olumsuz bir eğilimin yaratmasına neden olabilmektedir. Bu konuda Gaziantep ve Elazığ'daki öğrenci yurtları örnek olarak gösterilebilir.

Konut açığının kapatılmasında bir zorunluluk haline gelen prefabrikasyonda bu yönde verimli bir şekilde yararlanılabilmesi için, prefabrikasyonun, “hız” ve “kalite” avantajlarının yanı sıra, özellikle konut maliyetlerinde “ucuzluk” getirecek bir düzeye ulaşması gerekmektedir. Üretim ve montaj alanlarında yeterli bilgiye sahip teknik eleman ve özellikle yeterli sayıda yetişmiş ara eleman bulunmadığından, uygulamalarda istendik kalite sağlanamamaktadır. Bina girişi anlamsız derecede sıkışık ve dar yapılmaktadır. Daireler içerisinde özellikle banyolarda kullanılan seramikler estetik yoksunu ve montaj hataları mevcuttur. Cam giydirme cephelerde camı taşıyan karkas ile betonarme unsurlar arasında çözülmesi çok zor olan detay hataları mevcuttur. Dairelerde vestiyer koyacak uygun bir yer hemen hemen hiç düşünülmemiştir. Bu kadar pahalı bir konutta çamaşır için özel bir yer de bulunmamaktadır. Banyo da veya mutfakta tezgâh altında bir çamaşır makinesi bulundurmak zorunluluğu vardır [10].

Betonarme prefabrike binaların, geçmiş depremlerdeki başarısız davranışlarına ait örnekler, geçmiş dönemlerde Sayın Çolakoğlu [8] tarafından ayrıntıları ile ele alınmıştır. 1964 Alaska depreminde ($M=8,4$), Chrysler araba satış merkezi'nin çatısını örten, öngermeli ve 24 metre açıklıklı T-kirişleri ile diğer Alaska otomobil satış ve bakım binasının prefabrike kiriş-kolon sisteminin göçme nedeni olarak, sadece ek yerleri ve mesnetlerdeki bağlantıların zayıflığı gösterilmektedir. 1994 Northridge, California depreminde ($M=6,8$), betonarme prefabrike yapılar genelde çok iyi davranmıştır. Ancak, California State University yerleşkesindeki dört katlı otopark ile Northridge Moda Merkezi'nin üç katlı prefabrike binası, burulmalar ve birleşim yerlerindeki zayıflıklar nedeni ile göçmekten kurtulamamıştır. Ülkemizde, hem 1998 Adana-Ceyhan depremi ($M=6,3$), hem de 1999 Kocaeli depremi ($M=7,4$) sırasında endüstri yapıları genelde başarılı bir performans sergilemişlerse de, bazı özel hallerde, maalesef çok acı tecrübeler yaşanmıştır. Göçen veya kullanılamayacak kadar hasarlı olan betonarme prefabrike endüstri binalarındaki başlıca kusur, genelde birleşim yerlerindeki zayıflıklar olmuştur.

17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi sırasında bölgede mevcut yaklaşık 481 prefabrike endüstri binasının 17 adedi tamamen göçmüş veya ağır hasar görmüş ve yaklaşık 14 adedi ise orta hasarlı olduğu için onarım ve güçlendirildikten sonra tekrar kullanıma açılmıştır.

Uygulama yeri iklim şartları dikkate alınmadan üretilen elemanların faydalı servis ömürleri kısa olabilmektedir. Hava koşullarına açık olan betonun yüzeyi pek çok etken altındadır. Bu hususa pek çok örnek verilebilir. Şiddeti, süresi ve niteliği, yanında betonun hâkim güneşe ve hâkim rüzgâr yönüne göre denizden yüksekliği, deniz suyu serpintileri varlığı hava ile taşınan kum diğer katı parçacıklar, atmosfer kirliliği, don vb. etkenler sayabiliriz. Yağmur, kar, sıcak değişimleri, havanın oksijeni, güneş ışınları (ultra viole), rüzgâr gibi iklimsel etkilere açık olan ahşabın görünümü değişir birleşim yerleri açılır, yarıma, çatlama, çukurlaşma, burulma olur.

1-Özellikle deprem bölgelerinde, elemanların birbirlerine bağlantıları çok önemli olmaktadır. Hatalı tasarımlar ve yanlış uygulamalar önemli sorunlar oluşturabilmektedir.

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

3-Nakliyenin çok uzun olduğu bölgelerde ekonomik olmalarını kaybederler.

4-Monolitik taşıyıcı sistemlere göre birleşim noktaları bu sistemlerin en zayıf noktasını oluşturmaktadır.

5-Ek yerlerindeki bağlantının istenilen şekilde olabilmesi için deneyimli ve bilgili elemanlara ihtiyaç vardır.

6-Yapının farklı yerlerinde farklı zamanlarda üretilmiş beton elemanlar arasında oluşacak rötrenin uygun donatı detayları ile ortadan kaldırılması gerekmektedir

7- Büyük ön yatırım gerektiren bir yapım tekniğidir [11].

1.4.Türkiye’de Prefabrikasyon

Türkiye’de prefabrikasyon uygulamalarına 60’lı yıllarda başlanabilmektedir. İlk uygulamalar

tek katlı endüstriyel yapılarda denenmiştir. Prefabrikasyon üretim yatırımları, prefabrikasyonun istihdamı azaltacağı ve çok kaynak gerektireceği gibi yanıltıcı tespitler yapılması ve ilk denemelerde beklenen başarının elde edilememesi nedeniyle devlet tarafından yeterince desteklenmemiştir. 70'li yıllarda yaşanan kriz, inşaat sektöründeki firmaların daha rasyonel çözüm arayışlarına girmesine neden olmuş ve böylelikle prefabrikasyon mantığı oluşmaya başlamıştır. 80'li yıllarda sistematik üretimler yapılmaya başlanmış, prefabrikasyonun gelişim süreci hızlandırılmış ve yurtdışından ithal edilen sistemler için o ülkelerin şartları doğrultusunda hazırlanmış yönetmelikler kullanılarak çalışmalar yürütülmüştür. Neredeyse tamamı deprem tehlikesine maruz ülkemiz şartlarında bu tür uygulamalar oldukça sakıncalı olmakla birlikte ülkemizde de yönetmelik ihtiyacı doğmuş ve Türk Standartları Enstitüsü tarafından 1992 yılında TS 9967 hazırlanmıştır. TS 9967 hali hazırda kullanılmaktadır. Ayrıca 1998 yılında yürürlüğe girmiş olan Deprem Yönetmeliği (ABYYHY 1998) ve DBYYHY 2007 prefabrike betonarme yapılarla ilgili yönlendirici ve bağlayıcı kurallar getirmiştir.

Türkiye Prefabrik Birliğinin hazırlamış olduğu "Prefabrikasyon Sektör Raporu" çalışmasında, Türkiye'de inşaat sektöründe prefabrike inşaat sanayisinin payının %7-8 civarında olduğu belirtilmektedir. Genel olarak Türkiye Prefabrik Birliği'ne üye olan firmalar kolon, kiriş, âşık, çatı makası, çift ve tek T kiriş, boşluklu panel, duvar ve döşeme paneli, hücre elemanı, asmolen döşeme kirişi ve betonarme çakma kazık gibi çerçeve, panel veya hücre sistemli prefabrike inşaat tasarımları için gerekli olan prefabrike yapı elemanlarını üretmektedir. Son yıllarda sanayileşme hızına bağlı olarak artan endüstriyel yapıların çoğunluğu prefabrike inşaat sistemi ile inşa edilmektedir [13]. Endüstriyel yapıların ve köprülerin yanı sıra çok katlı yapı türlerinde ve özellikle konut inşaatında da prefabrikasyon uygulaması ciddi boyutlara ulaşmıştır. Son yıllarda yurtdışı deneyimleriyle artan teknolojik potansiyel ve tecrübe birikimi, ülkemizde, prefabrikasyona, gelişmeye açık ve umutlu bir gelecek vaat etmektedir.

2. BÖLÜM

PREFABRİKE YAPI SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Prefabrikasyon tekniğinin gelişim tarihinin incelenmesi ile görülebileceği gibi, ülkelerin endüstrileri geliştikçe, inşaat üretiminde prefabrikasyon uygulamaları artmaktadır. Bugün kalkınmış ülkelerde, prefabrikasyon tekniği mümkün olan her yerde uygulanmaktadır. Her geçen gün, dünyadaki yapı üretimlerinde prefabrikasyon tekniğinin payının hızla arttığı tespit edilmiştir. Prefabrikasyon tekniğinde uygulanan sistemler incelendiğinde çok çeşitli yöntemlerin uygulandığı görülür. Hemen her ülkenin prefabrikasyon teknolojisinde farklılıklar olduğu gibi aynı ülkelerdeki üretici fabrikalar arasında da büyük çeşitlilikler gözlenir.

Yapılan bir araştırmaya göre [14] , bugün uygulanan 600 ayrı prefabrikasyon sistemi tespit edilmiştir. Fakat uygulama bu kadar çeşitli olmasına rağmen çoğu sistemler bazı ana gruplar halinde sınıflandırılabilir. Bu konuda en çok benimsenen ve genelde uygulamanın çoğunu kapsayabilen sınıflandırmalar aşağıda açıklanmıştır

2.1 Türkiye Prefabrik Birliği Sınıflandırılması

Türkiye Prefabrik Birliği halen Türkiye'de mevcut prefabrik yapı firmalarının kurduğu merkezi Ankara'da bulunan bir kuruluştur. Bu kuruluş prefabrike yapı sistemlerini şu şekilde sınıflandırmaktadır [15].

2.1.1 Taşıyıcı Duvarlı Sistemler (Pano Sistemler)

Sistemin ana ögesi taşıyıcı duvarlardır. Duvar ve döşemeler pano ya da panel olabilir. Şekil 2 3'de bu sistem şematik olarak gösterilmiştir. Panolu sistemler esas itibarıyla çok katlı konut binalarında kullanılırlar. Büyük duvar panoları düşey kenarlarından diğer duvar

panoları ve döşeme elemanları ile birleştirilerek istenilen hacimsel mekânlar ve taşıyıcı sistemler meydana getirilirler.

Panoların baştan yük taşıyıcı olmayabilir. Panolar genel olarak bir kat yüksekliğindedir. Türkiye'de de bu sistemin uygulandığı toplu konutlar mevcuttur.



Şekil 2. 1. Taşıyıcı Panel

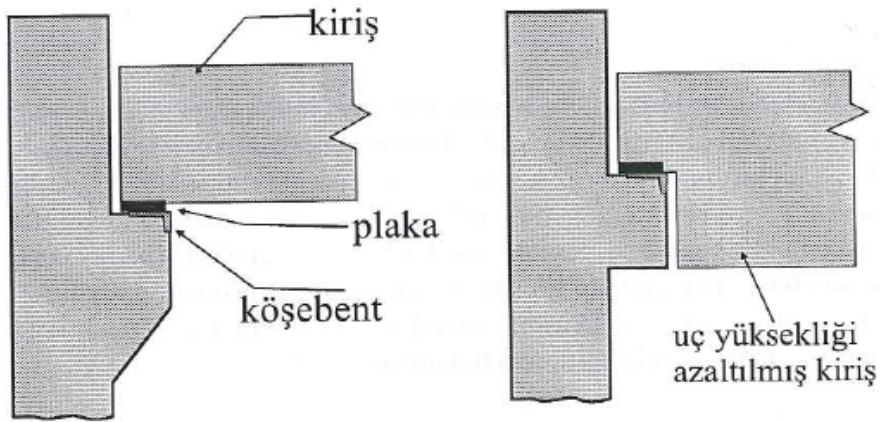
Prefabrik panolar ile oluşturulan taşıyıcı sistem benzerlik açısından yığma yapılar ile örtüşür. Döşeme panolarından duvar panolarına ve oradan da temele düşey yükler aktarılır. Döşeme ve duvar arasında moment aktarmayan bağlantılar yapıldığında, yatay yükler etkisinde tüm serbestlik dereceleri rijit diyaframlar ile engellenmiş bulunduğundan panoların ek yerlerinde momentler meydana gelmeyecek ve yatay yük panoların kesitlerinde oluşacak kesme kuvvetleri ile karşılanacaktır (Şekil 2.1) .

Panolu sistemler üç genel tipte uygulanmaktadır.

- a- Enine duvarlı sistemler: Yapının uzun doğrultusuna dik yönde düzenlenen boşluklu veya boşluksuz panolardan oluşmuştur. Bu panolar tek yönde yük taşıyan döşeme panellerine mesnetlik ederek düşey yükleri ve kendi doğrultusundaki yatay deprem kuvvetlerini taşıyacak şekilde tasarlanabilirler. Yapının uzun doğrultusuna paralel düzenlenen panolarla elde edilen taşıyıcı duvarlar ise sadece yatay kuvvetleri alabilmektedirler.
- b- Boyuna duvarlı sistemler: Kısa yönde duvarlı sistemlerin tersine yapının uzun doğrultusuna paralel olarak düzenlenen panolar, döşeme panellerinden aktarılan düşey yükleri ve deprem kuvvetlerini taşımaktadırlar. Kısa doğrultudaki duvar panoları ise sadece yatay kuvvetlerin etkisi altındadır.
- c- İki yönde duvarlı sistemler: Yapının uzun ve kısa doğrultularının duvar panoları ile düzenlendiği sistemlerdir. Panolar iki yönde yük taşıyan döşeme elemanlarından aktarılan düşey yükleri ve kendi yönündeki deprem kuvvetlerini taşıyacak şekilde tasarlanırlar [16].

2.1.2 Kolon-Kiriş Sistemler

Prefabrike kolon-kiriş sistemler konutlarda ve bilhassa az sayıda bölme duvar isteyen



Şekil 2. 2. Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi

endüstri yapılarında kullanılırlar. Sistemin ana öğeleri taşıyıcı düşey kolon ve yatay kirişlerdir. Kolon ekleri kat döşemeleri üzerinde olabildiği gibi kat yan yüksekliğinde de olabilirler.

2.1.3 Kolon-Döşeme Sistemler

Sistemin ana öğeleri taşıyıcı düşey kolon ve yatay panodur şekil 2.3 'de bu sistem gösterilmiştir. Bu sistem ağırlıklı olarak idari binalar, eğitim binaları ve sosyal tesis yapımında kullanılmaktadır. Bu sistemlerde yatay yükler prefabrike ya da yerinde dökme betonla yapılmış perdeler tarafından alınır.



Şekil 2. 3. Çerçeve Sistem

2.1.4 Hücre Sistemler

Sistemin ana ögesi monolitik bağlanmış hücre elemanıdır. İskandinav ülkelerinde daha çok konut yapımında uygulamalara rastlanmaktadır. Bu sistemler oda hacimlerinin, duvar ve döşemelerinin beraber dökülmesi sonucu, bir birim olarak imal edildiği sistemlerdir. Duvarlar kat ve çatı döşemelerinden gelen düşey yükleri ve her iki doğrultudaki yatay yükleri alırlar.

2.2. Ayaydın Sınıflandırması

Beton esaslı prefabrike yapılar strüktürel kuruluşları açısından Mimar Sinan Üniversitesi

Profesörlerinden Yükselen Ayaydın tarafından şu şekilde sınıflandırılır [16].

2.2.1. Taşıyıcı Duvar Perdeli Sistemler

Daha çok konut binalarında uygulanan ve kısaca panel sistemler adı altında toplanan bu sistemlerde, taşıyıcı duvar ve döşemeleri dar (50-75 cm genişlik), orta boy (75-150 cm genişlik) ve büyük boy (>250 cm genişlikli) panellerle oluşturmak mümkündür. Stabilité sorunlarının küçük olması nedeniyle çok katlı yapılarda öncelikle, büyük boy panelli uygulamalar söz konusu olmaktadır.

2.2.2. İskelet Sistemler

Büyük açıklıklara olanak tanımları, iç duvar düzenlerine ve cephe çözümlerine esneklik sağlamaları sebebiyle ülkemizde daha çok bu sistem grubu üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Söz konusu sistem gruplarını, kolon-kirişli, çerçeve bölümlü ve kolon döşemeli olmak üzere üç ayrı alt bölümlere ayırmak mümkündür.

2.2.3. Hücre Sistemler

Kendi içinde taşıyıcı olan hücresel elemanlardan oluşan sistemdir.

2.3. Prefabrike Endüstri Yapıları

Finansmanı ve detayları önceden çözümlenmiş olduğu için endüstriyel bina karkas elemanlarının prefabrikasyon sistemleri ile imal edilmeleri yaygındır. Bu elemanlar ön gerilimli (Pretension) veya normal betonarme (Precast) olarak imal edilerek iş yerine nakledilmekte ve montajları yapılmaktadır. Endüstri yapılarında genellikle beton prefabrikasyon çelik prefabrikasyondan daha ekonomik olmaktadır. Nakliyenin uzun mesafeler gerektirmesi nedeniyle fiyatlara olumsuz etki ettiği hallerde veya 20 metreyi aşan çok geniş açıklıklarda kompozit çelik yapı makası ve çatı ile prefabrike betonarme kolonlar imal edilebilir veya bir çelik yapı sistem seçilebilir. Sanayi türü prefabrike yapılarda en çok tercih edilen sistemler dolu gövdeli makas kiriş ve kolon sistemleri ile çerçeve oluşturan sistemlerdir. Şekil 2.4 bu türden bir sanayi yapısını göstermektedir.



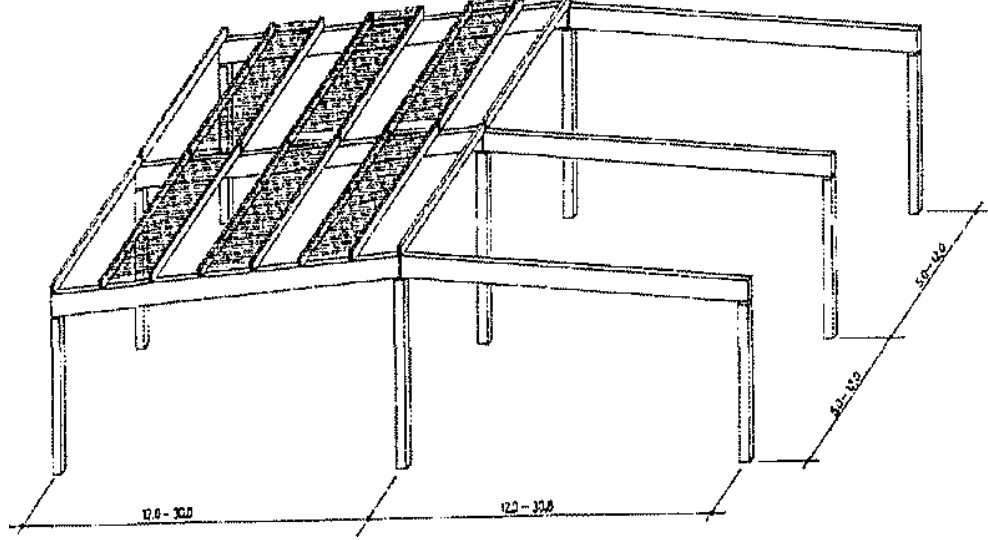
Şekil 2. 4. Prefabrik Sanayi Yapısı

Bugün ülkemizde ağır gezer köprü vinçleri ihtiva eden imalat holleri, 16-17 mt yüksekliğe kadar kolonlar, 20-25 metreye kadar açıklıkta holler, 1000 kg/m^2 hareketli yüke dayanıklı döşeme plakları imal edilebilmektedir.

Ülkemizde tek katlı endüstri yapılarında genellikle düşey taşıyıcı eleman olarak kolonlar, açıklığı geçen ana taşıyıcı eleman olarak da dolu gövdeli, kafes, kemer v b kirişler kullanılmaktadır.

Ülkemizde genellikle ankastre temel-kolon ve mafsallı kolon-kiriş birleşimi uygulanır. Doğrusal elemanların üretim ve montajı kolay ve ekonomik olduğu için bu tür yapılar prefabrike yapıların karakteristik formunu teşkil eder.

Prefabrikasyon sistemleri ile yapılan yapı elemanları laboratuvar koşullarında kalite kontrolü ile imal edilebilir. Yetişmiş ve aynı işte çalışan deneyimli bir iş gücü üretimin kalitesini artırmaktadır. Yerinde dökme üretimin yapıldığı şantiyelerde bu kaliteyi yakalamak zordur.



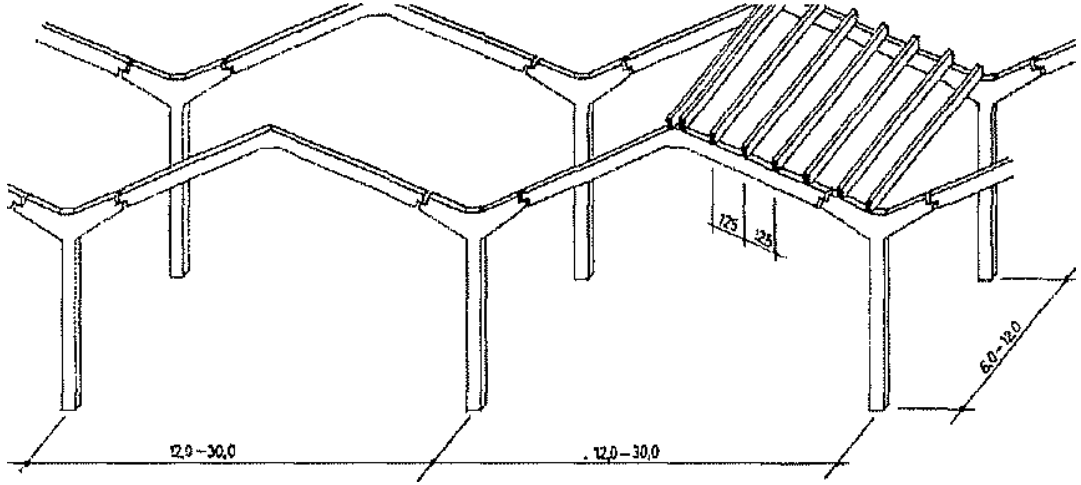
Şekil 2. 5. Prefabrik Çerçeve Sistem

Şekil 2.5 'de doğrusal formda üretilmiş kolon-kiriş yapısına sahip tek katlı çerçeve sistemi görülmektedir. Bağlantıları mafsallı olan bu sistem montaj kolaylığı sağlamaktadır. Limit açıklık uygulaması 30 mt' dir. Limit yükseklik 10 mt, kren taşıma kapasitesi 15 ton'u geçmez.

Düşey ve kırıklı çubukların statikçe uygun bir noktadan birleştirilmesi ile oluşturulan Lambda sistemi ise, proje yükü ağır olmayan yapılarda, kısa rijit kolon ve dik eğimli çatı durumunda malzeme kullanım açısından ekonomiktir. Bu sistemin genel özellikleri şu şekildedir,

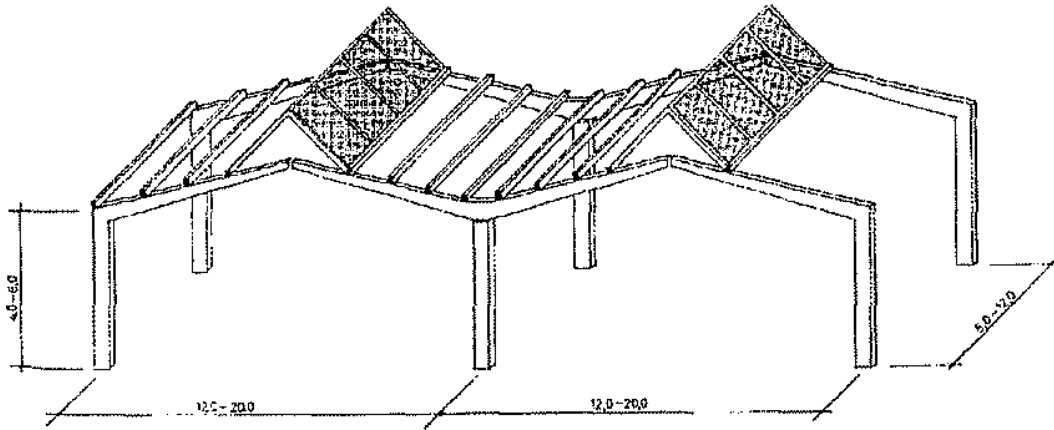
- 1)Çatı eğimi %20' dir.
- 2)Açıklıklar uygulamada 12 m ile 30 m arasında değişmektedir.
- 3)Aks aralıkları 6 m ile 12 m arasında değişmektedir.

Sistemi oluşturan prefabrike elemanlar Şekil 2 6 ve 2.7'de görülmektedir.



Şekil 2. 6. Kolon-Kiriş Bağlantısı Lambda Sistem

Sistem hesap edildikten sonra momentin yaklaşık olarak sıfır olduğu yerlerde kolon inceltilmiş ucu ile tepe elemanın inceltilmiş ucu birbirlerinin üzerine oturtularak iki adet yüksek mukavemetli bulon vasıtasıyla bağlanmaktadır. Bidonların gerilmeleri moment değerlerinin çok küçük olması sebebiyle oldukça düşük olmaktadır. Şekil 2.7 ise tepeden mafsallı ve çatı aydınlık elemanlarının (fener) kullanıldığı iki açıklıklı bina görülmektedir.



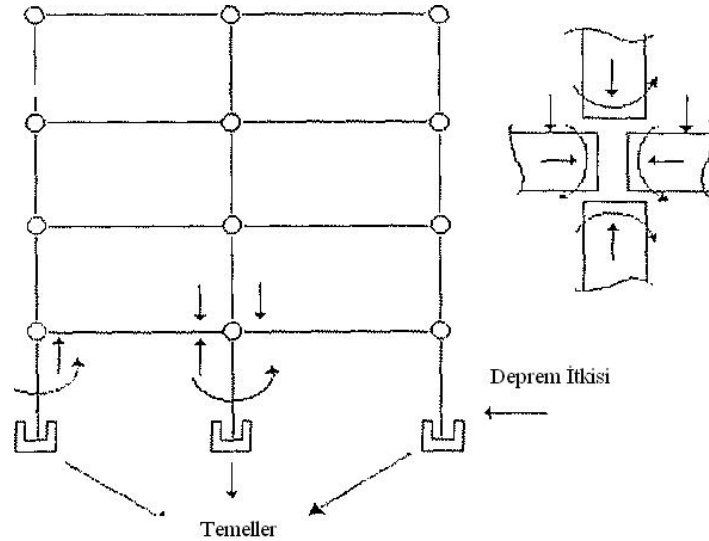
Şekil 2. 7. Tepeden Mafsallı Lambda Sistemler

2.4. Prefabrike Sistemlerde Bağlantılar

2.4.1 Bağlantı Bölgesi Tanımı

Prefabrikasyon teknolojisinde yapı elemanlarının birbirleriyle birleşimi, üzerinde en fazla düşünce üretilen konulardan birisidir. Ülkemizin büyük bir bölümünün deprem bölgesinde bulunması nedeniyle Türk teknik kamuoyu da, prefabrike beton yapı elemanlarının birleşimleri konusunu haklı bir titizlikle ele almaktadır. Bu nedenle birleşimler konusu, prefabrikasyonun gündemindeki önemini koruyacaktır. Özel biçim verilerek uygun metaller ile prefabrik elemanlarda birleştirilen bölge bağlantı bölgesi olarak tanımlanır. Birleşimler düğüm noktası etrafında ya da bir çizgi boyunca olur [18] .

Bu noktasal ya da çizgisel bölge elemanlarının iş birliği ile yük taşıma ve aktarma olanağı sağlanır. Başka bir ifade ile bu birleşim bölgelerinde bağlanan elemanların uçlarında oluşan kesit tesirleri dengelenme ve aktarılma yerleridir. Yapısal süneklilik ve taşıyıcı sistemin genel stabilitesi ve bir bütün olarak dayanımı bu dengeli aktarılmayla sağlanır (şekil 2.8) .



Şekil 2. 8. Taşıyıcı Sistem

Bilindiği üzere, prefabrik betonarme taşıyıcı sistemler, genellikle iki ana birleşim tekniği ile yapılmaktadır. Bunlar mafsallı birleşimler ve moment aktarıcı birleşimler olarak ele alınmaktadır.

Ülkemizde her iki birleşim tekniği ile de imal edilmiş, pek çok örnek bulunmaktadır. Prefabrike betonarme yapım tekniği ile projelendirilen yapılar için ülkemizde öncelikle üç ana yönetmelik tasarıma esas olarak dikkate alınmak zorundadır.

“Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” 2007

TS500 “Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları” 2000 [19].

TS9967 “Yapı Elemanları, Taşıyıcı Sistemler ve Binalar Prefabrike Betonarme ve Öngerilmeli Betondan Hesap Esasları ile İmalat ve Montaj Kuralları” 1992

Prefabrike yapılarda sıkça karşılaşılan kolon-kiriş, kolon-döşeme bağlantıları için muhtelif detaylar uygulanmaktadır. Bu bağlantılar genellikle en basit şekliyle mafsallı yapılmakta zaman zaman rijit uygulamalar da gözlenmektedir.

Bu bağlantılarda tahta, mantar, bakalit, PVC, çelik, kurşun vb gibi genelde rijit ara malzemeler kullanılmaktadır. Bazı durumlarda ara malzeme kullanılmadan betonun betona oturtulduğu uygulamalar da kullanılmaktadır. Ara malzeme kullanılmadığı veya bu malzemenin rijit olması durumunda kiriş sehimine bağlı olarak mesnet noktasındaki yük dağılımı hesaplanandan farklı olmakta, bu da çoğu zaman hasarlara neden olmaktadır.

Yüksek elastik şekil değiştirme özelliğine sahip, uzun ömürlü, ekonomik ve uygulaması kolay elastomer (sentetik kauçuk) mesnetlerin prefabrik yapıların ihtiyaçlarına adapte edilmiş tiplerinin bağlantı bölgelerinde kullanımı da yaygın olarak görülmektedir.

Mühendislik dilinde sürüp gitmekte olan bir terminoloji karışıklığı vardır. Çerçeve yapı sistemlerinde kirişlerle kolonların buluştuğu noktaya " joint" adı verilir. Prefabrike elemanların birbirine bağlandığı bölgeye de yine "birleşim" denmektedir. Birbirinden tümüyle farklı bu iki kavrama aynı adın verilmesi çeşitli yanlış anlamalara neden olmaktadır. Aynı karışıklığa İngilizcede de rastlanmaktadır, joint" ve "connection"

sözcüklerinin her ikisi de yukarıda değinilen iki ayrı kavram için Kuzey Amerika'da "joint" İngiliz dili etkisindeki ülkelerde "connection" ön planda olmak üzere kullanılmaktadır.

Kiriş ve kolonların buluşma noktaları için "joint" prefabrike elemanların bağlantı yerleri için de "connection" deyimlerini kullanması uluslararası yayınlarda uygun olabilir. Ancak Türkçe' de sorun bu kadar kolay biçimde çözümlenememektedir. Birinci kavram için yapısal çözümleme alanında öteden beri kullanılmakta olan "düğüm (model) deyiminin benimsenmesi, "birleşim" deyiminin de yalnızca ikinci kavram için kullanılması akla gelen ilk çözüm önerisi olabilir. Ancak, giriş-kolon buluşma noktası anlamındaki "birleşim" sözcüğü, Türkçe literatüre ve özellikle yönetmelik, şartname gibi belgelere iyice yerleşmiştir. Bu kadar köklü bir değişikliği zorlamak yerine, "birleşim" sözcüğünü bırakarak, prefabrike eleman bağlanma yerleri için "bağlantı bölgesi" ya da kısaca "bağlantı" deyiminin kullanılması tutarlı bir öneri olabilir [7] .

2.5 Prefabrike Yapılarda Bağlantıların Sağlaması Gereken Koşullar

Prefabrike elemanlarda birleşim tiplerinin seçiminde teknik, ekonomik ve gerekli durumlarda estetik yönlerden yeterli bir sonuç alınabilmesi için aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.

Birleşim; elemanlar arasında gerekli olan bütün kuvvet ve momentleri aktarabilmeli, ayrıca birleşimde meydana gelebilecek tasarımdaki kabul edilebilirlik sınırını aşmayan, bütün deplasman ve dönmeleri karşılayabilmelidir.

Birleşimin hesap ve tasarımı, ilgili standartlara, teknik şartnamelere, yerel yönetmeliklere, kanunlara ve konuyla ilgili diğer şartnamelere uygun olmalıdır.

Bağlantı veya mesnet kabul edilebilir dönme yer değiştirme ve deformasyonlara uygun olmalı ve bağlantıyı oluşturan elemanların rölatif deformasyonları da kabul edilebilir sınırlar içinde olmalıdır.

Bağlantılar olabildiğince düktü olmalıdır, yani elastik deformasyondan sonra kırılma olmadan, elastik deformasyonun en az 4 ila 5 katı kadar plastik deformasyon meydana getirebilme özelliğini taşımalıdır. Bütün bu koşulların sağlandığı hesapla ve hesap

yapılmayan yerlerde deneylerle gösterilmelidir.

Montaj süresi kısa olmalıdır, zaman alıcı birleşim ve mesnet şekillerinden kaçınılmalıdır.

Bağlantı ve mesnetlendirme bölgeleri korozyona karşı korunmalı ve yangına dayanıklı olmalıdır.

Açıktaki kalan birleşim yerlerinin estetik olması sağlanmalıdır.

Bağlantı ve mesnetlendirmenin maliyeti, yapının toplam maliyeti yanında mümkün olduğunca küçük olmalıdır.

Doğal olarak bağlantı ve mesnetlendirme maliyeti, aktardıkları zorlamaların cinsine, şaşınsına ve şiddetine bağlıdır. Moment aktaran bağlantılar daha pahalıdır dolayısıyla, yapının rijitlik, stabilite ve benzer özelliklerine zarar vermemek şartıyla mümkün olduğu kadar moment aktaran bağlantıları azaltılmalıdır [20].

2.6 Betonarme Prefabrik Sanayi Yapılarındaki Rijitlik Bağlantıları

2.6.1 Prefabriğe Yapılarda Bağlantı Tipleri

Prefabriğe elemanların bağlantıları genel olarak iki türlü olabilir. Kuru Bağlantı, metal birleşim parçalarını kaynakla veya bulona birleştirmek suretiyle yapılan bağlantıdır. Bu tür bağlantıda, metal birleşim parçalarının bulunduğu ayırık bölgede bağlantı olmaktadır ıslak bağlantı da ise, yerinde dökme betonla elemanlar arasındaki derz kapatılarak iki elemanın donatıları kaynakla veya fiyongla bindirme suretiyle eklenirler.

Türkiye'deki çoğu firma, özellikle kiriş kolon elemanların bağlantılarında kuru bağlantılara uygun prefabriğe eleman üretmektedirler. Bunun yansıra, döşemelerde genellikle boşluklu öngerilmeli prefabriğe elemanlardan büyük ölçüde yararlanılmaktadır.

Özellikle montaj süresinin kısalığı, mesnetlendirmenin kolay ve kontrol edilebilir olması, kuru birleşimlerin daha çok tercih edilmesine neden olmaktadır.

2.6.2 Çubuk Eleman Bağlantıları (Kiriş-Kolon Bağlantıları)

Çubuk elemanları bağlantıları aktardıkları kuvvetlere göre aşağıda açıklandığı şekliyle ayrılırlar.

2.6.2.1 Basınç Bağlantıları

Bu bağlantılara en çok prefabrike eleman mesnetlerinde rastlamak mümkündür. Aktarılan mesnet kuvveti küçük ve oturma yüzeylerindeki temas tam sağlanabiliyorsa araçsız oturmayla birleşim sağlanabilir.

Oturma yüzeyleri arasındaki temasın üniform bir şekilde yayılabilmesi ve birleşen iki eleman arasındaki boşluğun kapatılması istenirse, harç ve beton yataklı oturma söz konusudur.

Elemanların temas yüzleri arasına sertleşmiş polimer malzeme yerleştirerek ince mesnet elde etmek de mümkündür.

Büyük mesnet kuvvetlerinin aktarılması söz konusu olduğunda, uç metal parçaları da mesnet teşkiline gidilebilir.

Çelik levhalar, mesnet kenarlarının korunması veya yük dağıtım levhaları amacıyla kullanılabilir. Bunların ara malzeme olarak kullanılmaları sakıncalıdır. Yük dağıtım levhaları araşma elastomer elemanlar kullanılabilir [16] .

Basınç bağlantılarının hesabında,

a)Asal basınç kuvveti ile beraber ikinci derecedeki kuvvetlerin muhtemel etkisi.

b)Bağlantı boyutlandırılmasında etkilerinin olması durumunda yapım ve montajdaki toleranslar da göz önüne alınmalıdır.

Hesapta kırılma limit durumunun başlangıcına kadar prefabrike elemanın uçlarının lineer elastik, temas yüzleri arasındaki malzemenin plastik davranışta olduğu kabul edilmelidir.

Plastik varsayımda yararlı kesit, ara malzemenin temas yüzlerinin çevre noktalarından

Çizilen 450 ‘lik doğruların belirttiği bölgelerin atılmasıyla ortaya çıkan kesit olarak kabul edilebilir.

2.6.2.2 Eğilme Momenti Aktaran Bağlantılar

Pratikte yalnız eğilme momenti taşıyan bağlantılara pek rastlanılmaz. Kesitlerde eğilme momenti yanında, kesme kuvveti (kiriş ve döşeme kesitlerindeki gibi), basınç ve kesme kuvveti (Kolon kesitlerinde olduğu gibi) vardır. Dolayısıyla bağlantılar bu iç kuvvetleri aktarabilecek şekilde olmalıdır.

Eğilme momenti aktaran bağlantılar, kuru ve ıslak bağlantı şeklinde teşkil edilebilir.

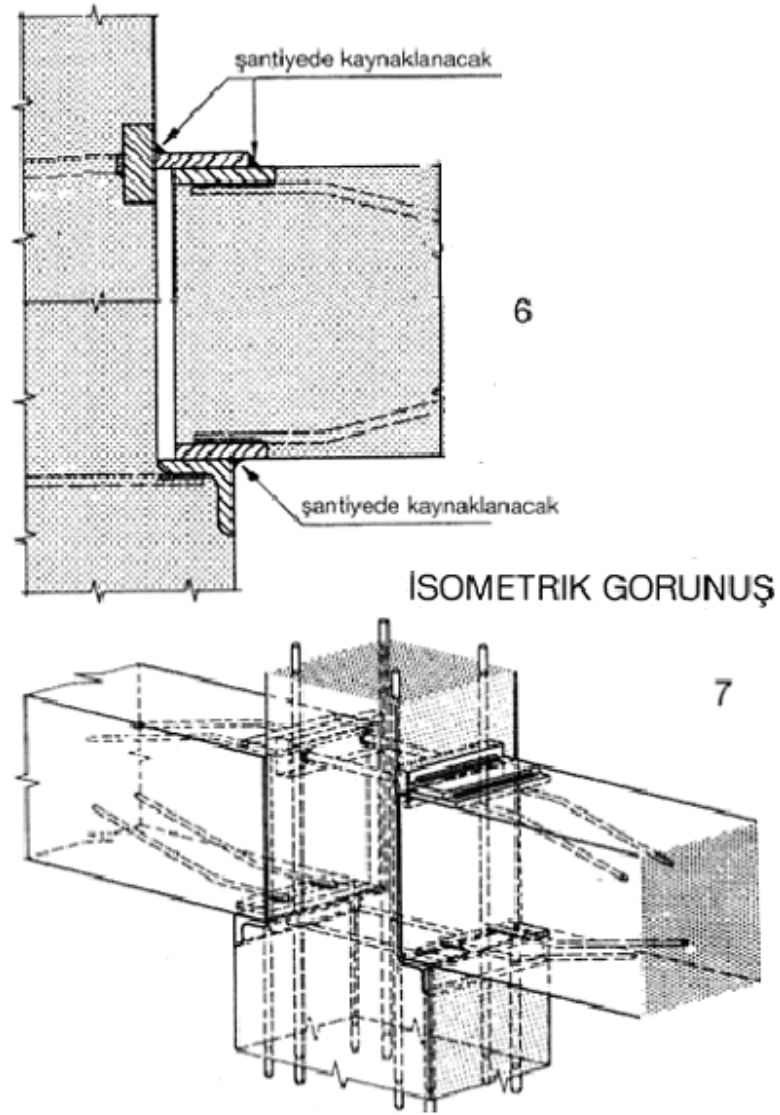
Şekil 2.9’ da kuru bağlantı örneği görülmektedir. Kuru bağlantılarda kesitteki çekme kuvveti aşağıdaki alternatiflerden birisiyle karşılanabilir.

Bu tip birleşimlerde kiriş, elik plaka kaplanmış mesnet yüzeylerine oturtulur ve mesnetin sürekliliği, kirişin alttan ve üstten kaynaklarla kolona bağlanmasıyla sağlanır.

Bu tip birleşimler, mesnedi ankastre olan kirişlerde uygulanır ve kiriş sehiminin az olduğu durumlarda, büyük düşey kesme kuvvetleri aktarabilir. Ayrıca, büyük yatay yükleri ve her iki yönde büyük eğilme momentlerini aktarabilir.

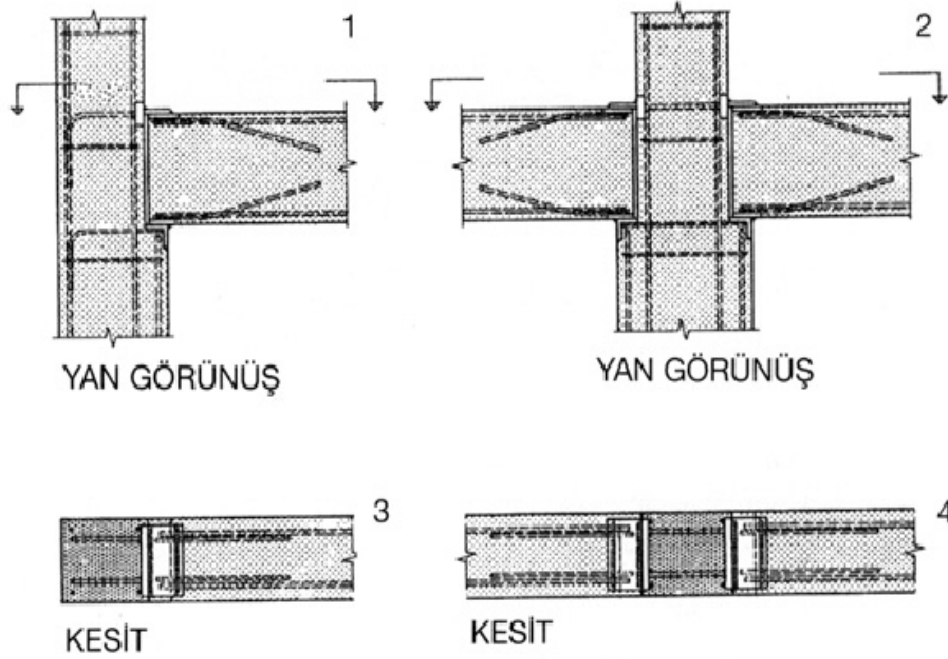
1. Kiriş yerine oturtulduktan sonra, kiriş üst yüzüne gömülü yatay elik plaka ile karşıısına gelen kolon yüzündeki düşey elik plaka, kiriş üstü ile kolon yüzü arasına konulan yatay bir elik plaka aracılığıyla birbirine kaynaklanarak, kirişin üst tarafında çekme birleşimi yapılır.

2. Birleşimdeki bütün elik plaka ve köşebentler, üzerlerine gelen yükleri taşıyabilecek şekilde tasarlanmalı ve elemanlara bağlanmalıdır.



Şekil 2. 9. Eğilme momenti aktaran kuru bağlantı isometrik görünüşü

3. Çelik parçalar kaynaklanıp, mesnette süreklilik elde edilene kadar, kiriş ortasından desteklenerek kirişte oluşacak eğilme momentleri azaltılmalıdır.
4. Kaynak boylarının tayininde, mesnetteki dönmelerin ve kirişteki büzülme ve/veya sünme etkilerinin, birleşimde meydana getirdiği gerilmeler de hesaba katılmalıdır. Bu bakımdan, kirişteki büzülme ve/veya sünme etkilerinin büyük kısmının kaynaklama işlerinden önce tamamlanmış olması gerekmektedir.



Şekil 2. 10. Eğilme Momenti Aktaran Kuru Bağlantı yan görünüş ve kesitler

Çelik inşaata sık rastlanan ek yerlerinin bağlantılarına benzer olarak, prefabrike elemanlarda da başlık ve gövde levhaları vasıtası ile bağlantı teşkil edilebilir. Bağlantılarda momentin alt ve üst plakalarda oluşacak kuvvet çiftiyle kesme kuvvetinin ise, gövde plakalarıyla aktarılacağı varsayılmıştır.

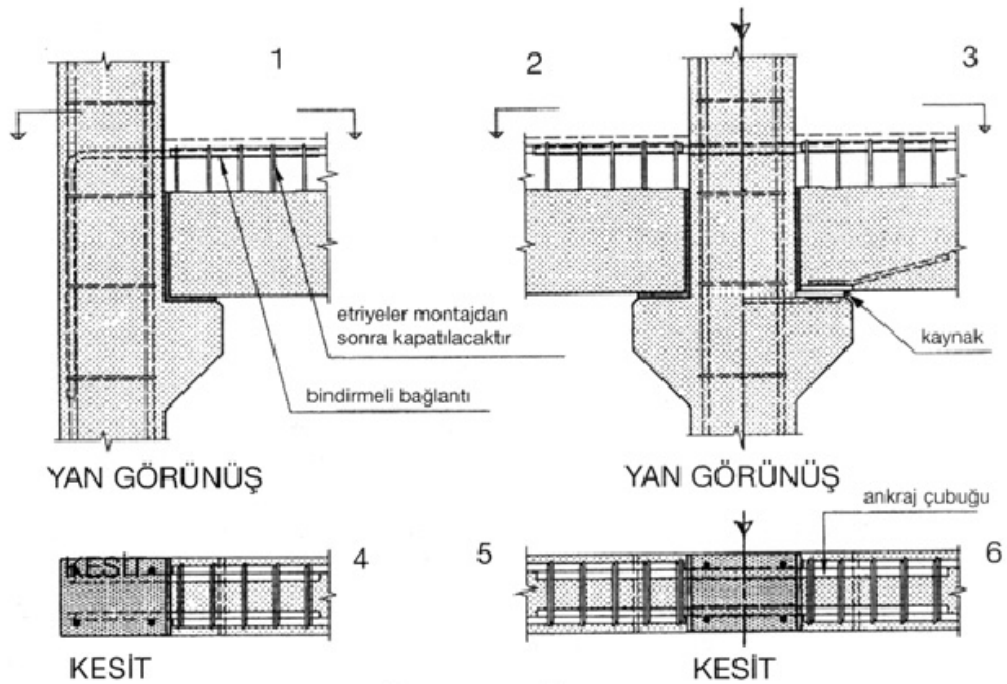
Gövde plakalarının olmadığı durumlarda, üst ve alt plaka kesme kuvvetini aktarırken, bağlantı bölgesinde aşın deformasyon olur ve bunun sonucu plakaları bağlayan kaynaklarda yırtılmalar görülebilir. Özellikle yüklerin tersinir ve tekrarlı olması durumunda elemandaki donatı yer yer akacağından ve deplasmanlar akma deplasmanının birkaç katına çıkacağından bağlantının taşıma gücünde azalma olur. Taşıma kapasitesini azaltan bu olumsuz etkiler göz önünde bulundurularak bağlantıda üst ve alt plakalar yanında gövdeye de plaka kaynaklanırsa, bağlantının taşıma kapasitesi artar. Gövde ek plakalı bu tür bağlantı, bağlantısız tek bir parça halinde dökülen eleman kadar iyi davranır.

Tersinir ve tekrarlanan yük devir sayısı artarsa bağlantının kapasitesinde azalma görülür. Bunun nedeni, bağlantı bölgesindeki deformasyonun artması sonucu gövde plakalarının zorlanması ve dolayısıyla ankrajın zayıflamasıdır.

Kuru birleşimlerde kesitteki beton basınç kuvveti aşağıdaki alternatiflerden biriyle karşılanabilir.

- a) Kesit basınç bölgesine tespit edilmiş, metal bir parçayı sabit kabul edilebilen başka metal parçaya kaynaklamak,
- b) Basınç bölgesinin ön kısmını betonla doldurmak.
- c) Basınç bölgesinin yüzünü, bağlantı elemanın bağlantı bölgesi yüzüne dayamak ve iki temas düzlemi arasına harç koymak.

Islak bağlantıda ise bağlanan iki elemanın çekme donatıları eki fiyonkla bindirme veya kaynakla yapılırsa bağlantı keskindeki çekme kuvveti aktarılabilir.



Şekil 2. 11. Eğilme momenti aktaran ıslak bağlantı

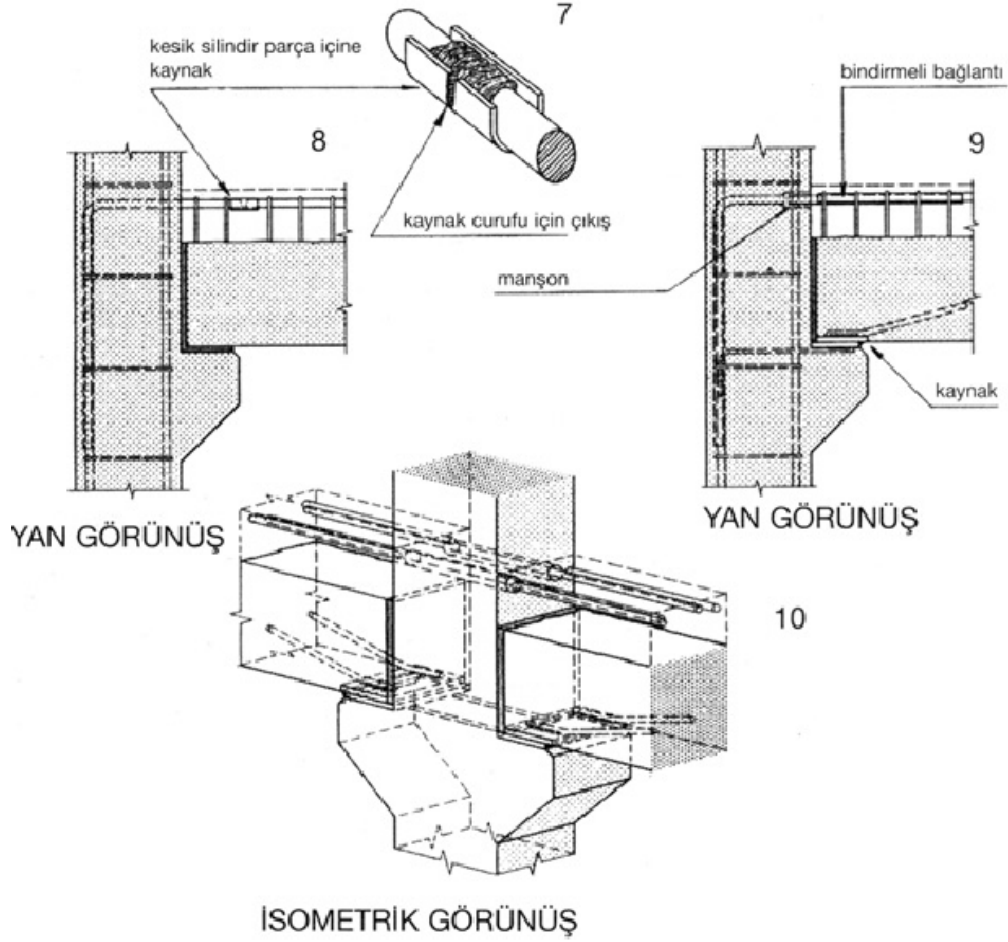
Kesitteki beton basınç kuvveti, iki prefabrike elemanın arasına yerinde dökülen betonla sağlanır. Bu beton, fiyonkla bindirmede donatı ekini de temin eder. Şekil 2 11'de ve 2 12'de ıslak bağlantı örnekleri verilmiştir.

Bu tip birleşimlerde, üst tarafı yerinde dökme beton ile tamamlanan prefabrike kiriş, beton konsol üzerine mesnetlenir. iç kolonlara yapılan birleşimlerde, kolon içerisindeki deliklerden geçirilen donatılar, iki yöndeki yerinde dökme kısımda bulunan kiriş ana donatılarına bindirilerek bağlantı yapılır. Dış kolonlarda ise kolondan çıkan filizler, sonradan kiriş ana donatılarına bindirilerek bağlanır.

Mesneti ankastre olan kirişlerde uygulanan bu tip birleşimlerle, büyük düşey ve yatay kuvvetler ve oldukça büyük eğilme momentleri aktarılabilir. Birleşim, gerek görünüş gerekse davranış olarak yerinde dökme (ankastre) kolon - kiriş birleşimini andırır.

1. Yerinde dökme beton yeterli dayanımı kazanana kadar prefabrike kiriş alttan desteklenmelidir.
2. Birleşimin tam olarak çalışabilmesi için kiriş ile kolon arasında kalan düşey boşluk titizlikle doldurulmalıdır.
3. Kiriş ana donatılarına bindirilerek bağlantının sağlandığı uzun donatılar yerine, ana donatılara kaynaklanan kısa bağlantı çubukları da kullanılabilir.
4. Kolonda, donatı geçişleri için metal veya plastik borular kullanılabilir. Bazı durumlarda, iki taraftan karşılıklı olarak gelen kirişlerin ana donatıları, kolon içerisinden geçip birbirlerine bindirilerek bağlantı sağlanmaktadır. Bu yöntemle, ilave bağlantı çubuklarının kullanımının önüne geçilmektedir [21].
5. Dış kolonlara yapılan birleşimlerde, kolondan çıkan filizlerin kirişe yerleştirilmesi için etriyelerin açılması gerekmektedir (Şekil 2.12). Eğer, bindirmeli bağlantı yerine kaynaklı bağlantı tercih edilirse, açılacak etriye sayısı daha az olacaktır. Çubukların küt olarak kaynaklanmasında, kesik silindir parça içine kaynak yöntemi uygulanmalıdır (Şekil 2.12/7

ve 8).



Şekil 2. 12. Eğilme momenti aktaran ıslak bağlantı

6. Dış kolonda, kolondan çıkan filizlerin bağlanmasında ortaya çıkan problemler, kolon içinde iyi ankrajlanmış manşonlar bırakılıp, bunlara, kirişin ana donatı filizlerinin vidalanmasıyla yapılan bağlantılarla çözülebilir (Şekil 2.12/9).

7. Mesnetteki moment yönünün değişme ihtimali varsa, kirişin alt uçunda bir çekme bağlantısı oluşturulmalıdır. Çekme bağlantısı için prefabrike kirişte ve beton konsolda mesnet yüzeyleri çelik plakalar ile kaplanarak, birbirlerine kaynaklanmalıdır (Şekil 2.11/2-3 ve Şekil 2.12/6. 9 ve 10).

Prefabrike elemanın bağlantı yüzünde kenet dişleri teşkil edilmek suretiyle de kesme kuvveti aktarmak mümkündür. Islak bağlantı prefabrike yapılarda kompozit kiriş ve döşeme teşkilinde tek çözümdür. Islak bağlantıyla momentle beraber basınç ve kesme kuvveti aktarılması genel olarak kolon bağlantılarında görülür.

2.6.2.3 Kesme Kuvveti veya Mesnet Reaksiyonu Aktaran Bağlantılar

Moment aktarmadığı için mafsallı bağlantılar da denen bu bağlantı türünün kesme kuvveti veya mesnet reaksiyonu aktarma esasları, moment aktaran bağlantıların bu iç kuvvetleri aktarış esaslarıyla aynıdır. Bu bağlantılar mafsallı, kayıcı ya da sabit olabilir.

2.6.3 Taşıyıcı Pano Bağlantıları

2.6.3.1 Taşıyıcı Panolar Arasındaki Kayma Bağlantıları

Bu bağlantılar da ıslak ya da kum bağlantı şeklinde olabilir. Kuru bağlantılar aktarılan kuvvetlerin küçük olduğu durumlarda kullanılabilir. Kuru bağlantılarda, bağlanan elemanların bağlantı kenarlarının 2 ya da 3 yerine çelik birleşim parçaları yerleştirilir. Bağlantı esnasında bu parçalar birbirine kaynaklanır. Çelik bağlantı parçalarının aldıkları kesme kuvvetini pano betonlarına yeterli emniyetle aktarması temin edilmelidir. Islak bağlantılar, kenetli bağlantılar ve kenetsiz bağlantılar olmak üzere iki şekilde teşkil edilir.

Panoların bağlantı kenar kesitlerinde, kenara dik doğrultuda donatı filizleri bulunur Enine donatı şeklinde isimlendirilen bu donatılar ya kaynak ya da fiyonk bindirme ile eklenir. Kaynakla ek için aralığın açık olması gerekmektedir İki pano aralığı yerinde dökme betonla doldurularak bağlantı tamamlanır.

2.6.3.2 Panolar Arası Basınç Bağlantıları

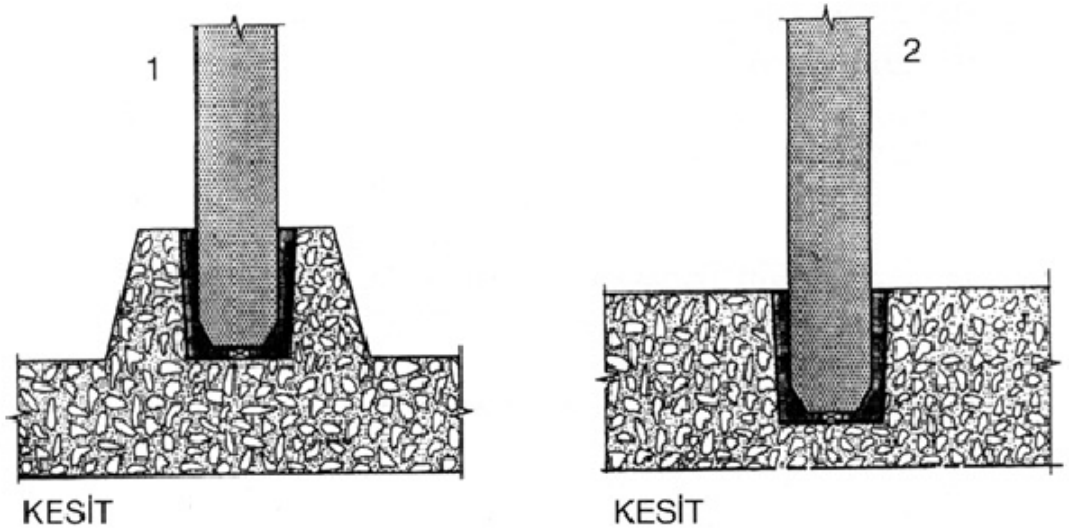
Bu tip bağlantılar, panolar arası basınç bağlantısı veya pano basınç bağlantısı ismini alır

2.6.4 Döşeme Bağlantıları

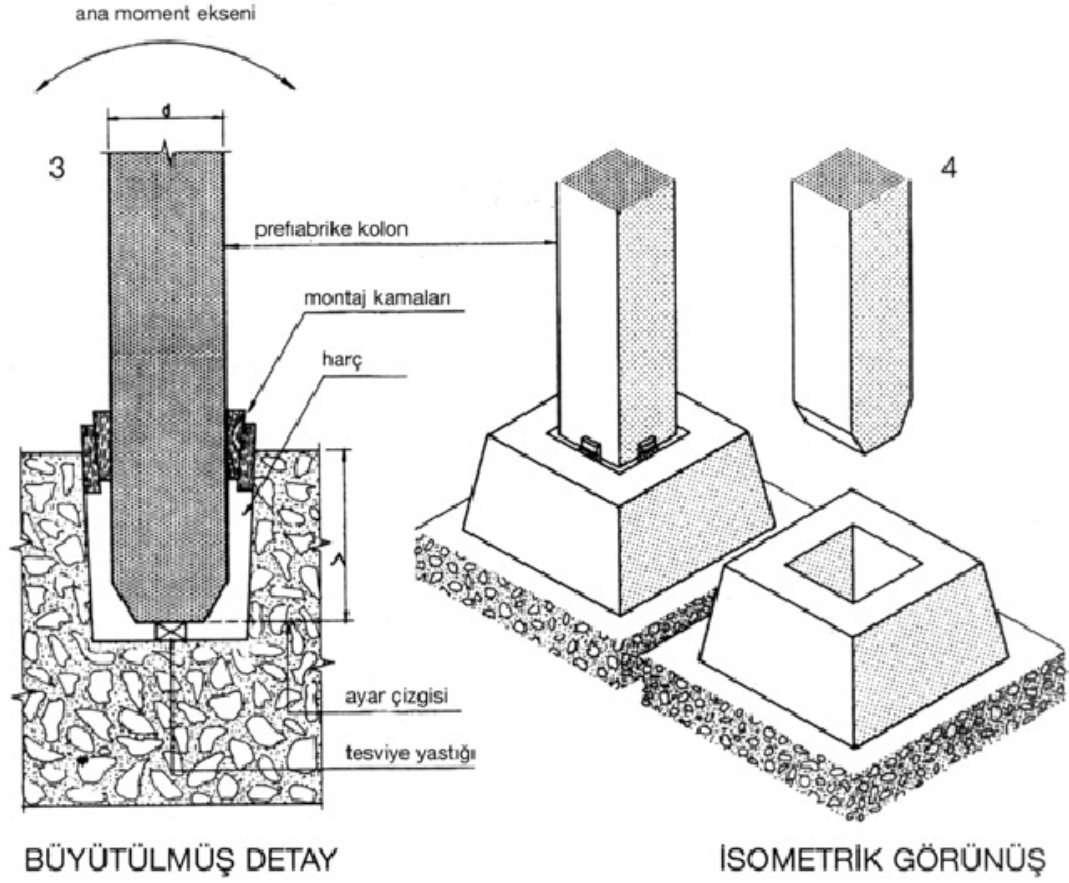
Döşeme bağlantıları, bağlantı yerinde donatı, yerinde dökme beton, enine donatılı kayma kenetleri ve metal birleşim parçaları kullanılarak yapılabilir.

2.6.5 Temel - Kolon Bağlantıları

Şekil 2.13-14'de gösterilen, özellikle prefabrike kolonlara temel oluşturacak yuvalı(soketli) tekil sömeller, montaj kolaylığı montaj süresinin kolay ve kısa olması sebebiyle sık rastlanan bir çözümdür. Bu bağlantı moment aktaran bir bağlantı olmakla beraber üretici firmaya göre bazı detay farklılıkları göstermektedir. 1992 Erzincan, 1996 Adana ve 1999 İzmit depreminde yuvalı (soket) kolon-temel birleşimlerinin kullanıldığı prefabrike yapılarda temellerin performansının oldukça iyi olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 2. 13. Temel-Kolon Birleşimi



Şekil 2. 14. Temel-kolon birleşimi

Şekil 2.14 'de gösterilen şema üzerine kolon montajından sonra soketin içerisinde kalan boşluğun çimento şerbeti ya da düşük çaptaki granül malzeme ile yapılan harçla doldurulması sonrasında kolonun alt kısmında hava boşluğu oluşabilir. Sonuçta alt kısımda kalan boşluk doldurulmamış olarak kalabilir. Bina'nın kullanımı süresinde ise kolonu etkileyen düşey yüklerin tamamı kolonun taban kısmına montaj esnasında konulan ahşap tampon aracılığıyla temele aktarılacaktır. Tampon eleman ezildikten sonra ise kolonda düşey yer değiştirme söz konusu olacak buda kolon-kiriş birleşiminde ve çatının bu kısımlarında bozulmalara neden olacaktır.

3. BÖLÜM

DEPREME DAYANIKLI BETONARME PREFABRİK YAPILARIN TASARIMI VE HESABI

Prefabrike yapıların en çok kuşku uyandıran yönü deprem dayanımları olmuştur. Özellikle çelik yapılarda da olduğu gibi bağlantı bölgeleri en hassas noktayı oluşturmaktadır. Bağlantılardaki zayıflıklar, yapıların deprem davranışını olumsuz etkilemektedir.

Geçmişte birçok deprem ülkesinde bağlantı noktasındaki kuşklar giderilemediği için prefabrik yapılaşmaya izin verilmemiştir [22]. Ancak son yıllarda yapılan yoğun deneysel araştırmalar sonucunda belirli kural ve ilkelere uymak koşulu ile prefabrike yapılarda öngörülen dayanıma ulaşılacağı kanıtlanmıştır.

Prefabrik ve monolitik yapıların deprem davranışı açısından en önemli farklılığı birleşim bölgelerinde bulunmaktadır. Prefabrik elemanların birleşim bölgeleri en zayıf halkayı oluşturmaktadır. Dolayısıyla depreme dayanımı, bu bağlantı bölgelerinin dayanımı belirlemektedir. Prefabrik yapıların üretim aşamasında sürekli kontrol altında bulunması, tasarım esnasında kabul edilen dayanımları birebir fazlası ile sağlamaktadır.

Prefabrike inşaat teknolojisinin başlangıcı deprem tehlikesinin bulunmadığı ülkelerdeki uygulamalara dayanmaktadır. Betonarme yapıların depreme göre detaylandırılması uzun bir geçmişe dayanır ve geliştirilen kurallar genellikle yerinde dökme beton için geçerlidir. Oldukça yakın bir geçmişi olan prefabrike yapılarda ise bağlantı bölgesi yapının en zayıf halkasını oluşturur ve bilhassa deprem bölgelerinde yapılacak prefabrike yapıların depreme karşı dayanıklılığında ve davranışında bağlantıların etkisi daha da belirginleşir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde prefabrike ve öngermeli yapılar konusunda en yetkili ve yol gösterici bir kuruluş olan Precast / Prestressed Concrete Institute (PCI) yayımlanan kitapçığında [23], prefabrike ve öngermeli yapıların projelendirilmesi ve detaylandırılması konusunda en güncel bilgiler verilmektedir. Kitapçıkta prefabrike ve öngermeli birleşimlerin elastik olmayan davranışları konusundaki boşluğa değinilmekte ve mevcut çok sayıda bulonlu veya kaynaklı birleşimin tersinir yükler altındaki elastik olmayan davranışının henüz deneysel olarak ispat edilmediği rapor edilmektedir. Bu yüzden eğer bir birleşimin kendisi monolitik değilse veya davranışı mühendislik kabullerine göre monolitik sayılmıyorsa, PCI Komitesi, deprem bölgelerinde yapılacak bu tür yapılarda deprem performansı yüksek birleşimlerin ancak deneysel olarak elde edilecek veriler ışığında projelendirilmesini tavsiye etmektedir [24].

3.1 Yapı Tasarımı İle İlgili Temel İlkeler

Betonarme prefabrik sanayi yapılarının tasarımında düşey yüklerin yanında yatay yüklerinde dikkate alınarak boyutlandırma yapılması gerekmektedir. Özellikle deprem bölgelerinde yapılan betonarme sanayi yapılarında doğrusal elastik sınırdan kalacak şekilde tasarım yapmak ekonomik değildir. D.B.Y.Y.H.Y de şiddetli depremlerde can kaybını önlemek için binaların kısmen ve tamamen göçmelerini önleyecek tasarımların yapılması istenmektedir. Başka bir ifade ile şiddetli depremlerde yapının elastik sınırlar dışına çıkacağı, donatının yer yer akacağı ve hasar oluşacağı baştan kabul edilmektedir.

Bir yapının tasarımı ve boyutlanması, genel olarak göçme durumunda yeterli güvenliğin sağlanması ve kullanma durumunda kararlılık, çatlama ve yer değiştirme gibi öngörülen koşulların yerine getirilmesi olarak tanımlanabilir.

Deprem bölgelerinde yapılan betonarme yapıları, tasarım depremi yükleri altında bile doğrusal-elastik kalacak şekilde tasarlamak genelde ekonomik değildir. Yeni deprem yönetmeliğinde "şiddetli depremlerde can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen ya da tamamen yıkılmasının önlenmesi öngörülmektedir.

Yapıyı zorlayan etkilerden biri olması nedeni ile dinamik yük olarak kabul edilen depremin şiddeti ve oluşum sıklığı istatistiksel olarak bulunabilir. Bir yapının sabit yük, hareketli yük ve sıcaklık gibi etkilere maruz kalma sıklığı ile karşılaştırıldığında depremin çok daha seyrek olduğu görülür. Birçok yapı bulunduğu bölgede, beklenen şiddette bir depreme maruz kalmadan faydalı ömrünü tamamlar. Bu durumda her yapının, sözü edilen beklenen şiddetteki depremi, hiç hasarsız ve düşey yükler için olduğu gibi elastik davranış sınırları içinde kalarak karşılamasını amaçlamak çok pahalı ve ülke ekonomisine büyük yük getiren bir çözümdür.

Depreme dayanıklı yapı tasarımındaki temel ilke, yapının sık ve küçük şiddetteki depremleri elastik sınırlar içinde kalarak, orta şiddetteki depremleri elastik sınırların ötesinde, fakat taşıyıcı sistemlerde kolayca onarılabilecek önemsiz hasarlarla, çok şiddetli depremleri, büyük hasarla fakat taşıyıcı sistemi tamamen yıkılmadan, can kaybı olmaksızın karşılayabilmesidir. Başka bir deyişle şiddetli depremlerde, yapının elastik sınırlar dışına çıkacağı, donatının yer yer akacağı ve hasar oluşacağı baştan kabul edilmektedir Yapıda, yer yer plastik mafsallaşma oluşacak ve yapının ayakta kalması bu mafsallarda yeterli enerji tüketilmesiyle mümkün olabilecektir.

Yapı elemanlarının dayanımları, taşıyıcı sistemin dayanımı için gerekli olduğu gibi, elemanların birleşim ve bağlantı bölgelerinin gerektiği gibi uygun düzenlenmesi de, elemanların öngörülen dayanımının ortaya çıkması için önemlidir. Bu yerlerdeki çözümler ve büyük dönmeler sistemdeki elemanlarda önemli zorlamalar oluşmadan geçmeyi oluşturabilir. Depreme karşı güvenliğin sağlanmasında, taşıyıcı sistemin tasarımının iyi yapılması, çözümlemeden daha önemli olabilir [25].

Bütün bu noktalar göz önünde bulundurulduğunda, depreme dayanıklı bir yapının üç koşulu sağlaması gerekmektedir. Bunlar yeterli dayanım, yeterli süneklik ve yeterli yanal rijitlik

Seçilen bir deprem etkisine karşı taşıyıcı sistemin gerekli dayanıma sahip olması boyutlamanın esasını teşkil eder. Dayanımın sağlanması sadece kesitte gerekli donatının bulunması şeklinde kabul edilmemelidir Donatının aderansın sağlanması, gerekli

kenetlenme boyuna sahip olacak şekilde başlangıç ve bitiş yerlerinin seçilmesi ve betonun yerleşimini zorlaştıracak donatı düzenlerinden kaçınılması da dayanımın oluşması için gereklidir.

Deprem yönetmeliklerinde, dayanımın taşıma gücü yöntemleri ile hesaplanacağı belirtilmekte ve her elemanın kesme dayanımının, o elemanın eğilme dayanımından büyük olması gerektiği vurgulanmaktadır. Betonarme elemanlarda eğilme momenti altında donatının akma gerilmesine erişmesi sonucu meydana gelen güç tükenmesi sünektir. Tam tersine kesme kuvveti altında eğik çekme gerilmeleri veya eğik basınç gerilmelerinin betonda oluşturduğu güç tükenmesi gevrek olarak meydana gelmektedir. Dolayısıyla betonarme elemanlarda sünek güç tükenmesinin, gevrek olandan daha önce ortaya çıkması sağlanmalıdır [26, 27].

Yapının yeterli enerji tüketebilmesi için gerekli süneklik, eleman boyutları ve donatı detayları ile ilgili getirilen koşullarla sağlanmaktadır. Yapıda büyük hasarların ve tümenden göçmenin önlenmesi, taşıyıcı sistemin yatay yük dayanımının büyük bir kısmını büyük elastik ötesi yer değiştirmelerde devam ettirebilmesi ile mümkündür. Süneklik kavramı büyük şekil ve yer değiştirme yapabilme, tekrarlı yüklemelerde enerji söndürebilme özelliğiyle de doğaldan ilgilidir [28]. Matematiksel olarak süneklik, ulaşılabilecek toplam yer değiştirmenin elastik sınıra erişildiğindeki yer değiştirmeye oranı olarak tanımlanabilir.

3.1.1. Prefabrike Yapıların Doğruları ve Yanlışları

Bu kısımda, ülkemiz prefabrike betonarme yapı uygulamalarında karşılaşılan bazı doğru ve yanlışlar ele alınmıştır. Buna göre, prefabrikasyon sektörün bazı yanlışlara rağmen hızla geliştiği, konut amaçlı yapılara kıyasla endüstriyel ve/veya sanayi yapılarda daha çok kabul gördüğü, uygulama aşamasında (montaj), iç dekorasyon çözümlerinde hatalı uygulamalarla karşılaşmakta olduğu, diğer taraftan ara insan gücü, tanıtım ve yerel iklim şartlarına göre yapı elemanı üretiminde bazı sorunların yaşanmakta olduğu ileri sürülebilir. Prefabrikasyon; planlamaya, programlamaya ve kontrole yatkın yapısı nedeniyle, inşaata yüksek hız, yüksek verimlilik ve yüksek kalite kazandırabilmekte ve sonuçta ekonomik olabilmektedir. Prefabrike binalar ve onların tüm elemanları, aynen monolitik binalarda

olduğu gibi, depreme dayanıklılık bakımından, dayanım, düktilite ve katlar arası deplasman kriterlerini sağlamalıdır. Ancak, prefabrike elemanların birleşim yerleri dayanım, düktilite veya deplasman bakımından, monolitik bir binanın davranışına kesinlikle benzememektedir. İşte bu fark, prefabrik yapılarda birleşim yerlerinin önemini derhal ön plana çıkarır. Öyle ki, prefabrik yapıların deprem güvencesi adeta birleşim yerlerinin güvencesi ile özdeşleşir. Denilebilir ki, eğer birleşim yerleri güvencede ise, prefabrik yapıda güvencededir. Prefabrikasyon bir standartlaşma ve belli bir kalite düzeyini tutturabilmektedir. İnşaat hızını artırmaktadır. Prefabrikasyon; yönetim, organizasyon ve örgütlenmeye olanak sağlamaktadır. Prefabrikasyon lehine avantaj sağlayan çelik kalıbın birim elemana düşen maliyeti, ahşap kalıp ve iskele maliyetinin 1/6'sından daha da azdır. Başlangıç maliyeti olarak prefabrikasyon daha pahalı görünse bile, bitiş maliyeti açısından bir dizi ucuzluklar ve yararlar sağlamaktadır. Prefabrikasyonda inşaat kalitesi makinelerle; geleneksel inşaatlarda ise işçilik kalitesiyle sağlanmaktadır. Serbest piyasada eğitim düzeyi en düşük sektör inşaat sektörüdür. Prefabrike olarak üretilmiş kolonların tamamında birbirine çok yakın fiziksel özellikler sağlanmasına rağmen geleneksel yöntemlerde durum çok değişken ve çok daha düşündürücüdür [5].

Prefabrike inşaatın, özellikle endüstriyel ve/veya sanayi yapısı alanında tercih edilmesinin başlıca nedenleri arasında,

A-İnşa zamanının kısalığı,

B-Beton gibi çok uzun ömürlü, yangın, korozyon, sıcaklık değişimi, rutubet, rüzgâr yükleri ve titreşimler gibi her türlü olumsuz çevre şartlarında bile gücünü yitirmeyen bir malzemenin kullanılması.

C-Kalite kontrolün sağlanabilmesi nedeni ile oldukça yüksek dayanımlı C30 ve C40 sınıfı beton üretilmesi.

D-Öngerme tekniklerine olanak sağlaması.

E-Geleneksel inşaatla kıyasla daha ucuza mal olması gibi birçok faktör sayılabilir.

Tekniğine uygun olarak üretilmiş betonarme prefabrike yapı ve/veya elemanları, mevsim ve kötü hava şartlarından kolay kolay etkilenmemektedir. Hızlandırılmış beton kür uygulanması ile yüksek kaliteli beton kullanılmasına olanak sağlar, standartlaşmaya ve gelişmiş kalite kontrol tekniklerinin uygulanmasına elverişlidir. Öngerme tekniklerinin uygulanması halinde, geleneksel betonarme imalata göre,

A-Daha az kesitlerle daha büyük açıklıkları geçmek

B-Sehim ve çatlak kontrollerinde iyi bir performans elde etmek

C-Malzemededen azami tasarruf sağlamak mümkündür.

Ayrıca, betonarme elemanlara istenilen şekil ve profiller verilebileceği için, mimar ve mühendislerin yaratıcı hayallerine uyabilen çok orijinal ve estetik yapılar elde edilebilir.

Betonarme prefabrik yapıların bu emsalsiz üstünlüklerinin yanı sıra, onların en önemli bir özelliği, depreme karşı çok titiz ve dikkatli bir şekilde tasarlanmış olmaları gereğidir. Genellikle, betonarme prefabrike elemanlar, tek başlarına depremde hasar görmeyecek kadar yüksek malzeme kalitelerine ve üstün dayanım gücüne sahiptir. Ancak, birleşim noktalarındaki zayıflıklar, bu çok sağlam elemanların oluşturduğu prefabrike taşıyıcı sisteminde, çoğu zaman beklenmedik hasarlara neden olabilmektedir.

3.2 Yapıların Deprem Etkisi Altında Hesabı

Deprem etkisi altındaki bina türü yapıların taşıyıcı sisteminde boyutlamaya esas olacak kesitlerin bulunmasında üç farklı çözümleme yöntemi vardır.

I)Zaman Tanım Alanında Çözümleme Yöntemi

Bu yöntemde taşıyıcı sistem zaman alanında boyutlama için kabul edilen bir deprem hareketi esas alınarak adım adım çözülür. Taşıyıcı sistem davranışı elastik kabul edilebileceği gibi daha gerçekçi sonuçlar elde edebilmek için elasto-plastik olarak da hesaba katılabilir. Elde edilen

sonuçlar, kabul edilen deprem hareketi ve taşıyıcı sistem davranışı için yapılan mesnet kabulleri ve kesit atalet momenti değerlerinin geçerliliği oranında güvenilir olmaktadır. Bu yöntem çok özel durumlarda ve araştırmalarda kullanılan bir hesap yoludur [2].

2)Mod Birleştirme Yöntemi

Bu yöntemde birbirlerinden bağımsız şekilde, her bir titreşim modunda oluşan en büyük yük etkileri hesaplanır. Gerçekte en büyük yük etkilerinin tümü taşıyıcı sistemde aynı anda oluşmadığından her bir modda oluşan yük etkileri uygun bir hesap yöntemi ile birleştirilir (Karelerin Karekökü Yöntemi veya Tam Karesel Birleştirme Yöntemi). Binalarda kütlenin katlarda toplandığı varsayılarak her kat için iki öteleme ve bir dönme hareketi esas alınır. Dönme hareketinden dolayı katlarda kütle merkezi ile rijitlik merkezinin st üste düşmemesinin etkisi hesaba katılmış olur. Yöntemin hesap tekniği tamamen elastik davranışa dayanır fakat yapı davranışında süneklik ve enerji tüketimi arttıķa elastik ötesi olaylar davranışı kontrol etmeye başladığından, mod birleştirme yönteminin sonuçlarının geçerliliği azalmaya başlar [2].

3)Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (Birinci Moda Göre Hesap)

Bu yöntem taşıyıcı sistemi düzenli veya düzensizliği sınırlı olan binaların hesabında kullanılan en basit yöntemdir. Soyutlamada kapasite kavramının kullanılması, sünekliğin kontrollü bir şekilde ve istenilen yerlerde oluşmasının sağlanması ve istenmeyen g tükenmesi şekillerinin önlenmesi koşulu ile bu yöntem daha karmaşık yöntemlere ihtiyaç duyulmaksızın yaygın bir şekilde uygulanabilir. Kiriş, kolon ve perdelerden oluşan betonarme iskeleti yapılara etkiyen deprem yükleri genellikle yapıya döşemeleri seviyesinde etkiyen yatay yükler olarak kabul edilir. Taşıyıcı sistemlerin elemanlarında kesit tesirleri, yatay yüklerin binanın asal doğrultularında ayrı ayrı etkidiği kabul edilerek yapılan çözümler sonunda bulunur [29].

Bu yöntemlerden uygulaması kolay olan “Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (Birinci Moda göre Hesap)”, taşıyıcı sistemi düzenli veya düzensizliği fazla olmayan yapılarda, yapının birinci temel modunu esas alarak deprem yüklerini hesaplayan yaklaşımdır.

Boyutlamada kapasite kavramının kullanılması, sünekliğin kontrollü bir şekilde ve istenilen

yerlerde oluşmasının sağlanması ve istenmeyen güç tükenmesi şekillerinin önlenmesi koşulu ile bu yöntem daha karmaşık çözümlere ihtiyaç duyulmaksızın yaygın bir şekilde uygulanabilir.

Kiriş, kolon ve perdelerden oluşan betonarme iskeletli yapılara etkiyen deprem yükleri genellikle yapıya döşemeleri seviyesinde etkiyen yatay yükler olarak kabul edilir Yatay yüklerin binanın asal doğrultularında ayrı ayrı etkidiği kabul edilerek, taşıyıcı sistemlerin elemanlarında kesit etkilenir bulunur.

Depremi oluşturduğu yer hareketleri sonucu, yapı taşıyıcı sistemi de titreşim özelliklerine bağlı olarak harekete geçer. Buna bağlı olarak binanın kat düzeylerinde oluşan ivmeler kat üzerindeki kütleye etki eder ve kat düzeyinde "eylemsizlik kuvvetleri" oluşur, Eylemsizlik kuvvetlerinin oluşturduğu devrilme momenti her kat düzeyinde, düşey taşıyıcılarda oluşan momentler ve eksenel kuvvetlerin oluşturduğu kuvvet çifti tarafından dengelenir. Binanın en alt kotunda binada oluşan deprem kuvvetinin tamamı düşey taşıyıcılarda "kesme kuvvetlerinin toplamı" olarak yatay dengede tutulur. Binanın tabanında düşey taşıyıcılarda oluşan kesme kuvvetlerinin toplamı Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü olarak adlandırılır ve aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanır.

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, tasarıma esas "*Toplam eşdeğer Deprem Yüğü (Taban kesme kuvveti)*" V_t

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10A_0IW$$

olarak belirtilmiştir Bu bağıntıda yer alan, W binanın toplam ağırlığını, $A(T_1)$ göz önüne alınan deprem doğrultusu için binanın birinci doğal titreşim T_1 'e karşı gelen spektral ivme katsayısını ve $R_a(T_1)$ göz önüne alınan deprem doğrultusu için binanın birinci doğal titreşim periyodu he karşı gelen deprem yüğü azaltma katsayısını göstermektedir.

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, Denk. ile verilmiştir. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu'nun

ordinatı olan Elastik Spektral İvme, $S_{ae}(T)$, Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi g 'nin çarpımına karşı gelmektedir.

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) \cdot g$$

Yeni deprem yönetmeliğinde verilen formül ile bulunur.

Spektral İvme Katsayısının bulunmasında kullanılan parametreler aşağıda açıklanmıştır.

Deprem bölgelerine göre değişken ve deprem tehlikesinin bölgedeki durumunu gösteren Etkin Yer İvme Katsayısı, A_0 , Tablo 1 'de tanımlanmıştır.

Tablo 3.1 Etkin Yer İvme Katsayısı

DEPREM BÖLGESİ	$A_0(g)$
1	0.4
2	0.3
3	0.2
4	0.1

Üst taraftaki denklemlerde kullanılan Bina Önem Katsayısı I , binanın kullanım amacı veya türüne göre değişmekte olup, Tablo 3.2 de tanımlanmıştır.

Tablo 3.2 Bina Önem Katsayısı

<i>Binanın Kullanım Amacı veya Türü</i>	<i>Bina Önem Katsayısı (I)</i>
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

Depremden hemen sonra kullanılması gereken yapılarda ve halkın çok yığıldığı yapılarda depremin doğuracağı can kaybı ve zarar daha fazla olacağından bu katsayı daha büyüktür.

Spektrum Katsayısı, $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu 1 "ye bağlı olarak aşağıdaki bağıntılar yardımı ile hesap edilir.

$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A \leq T \leq T_B)$$

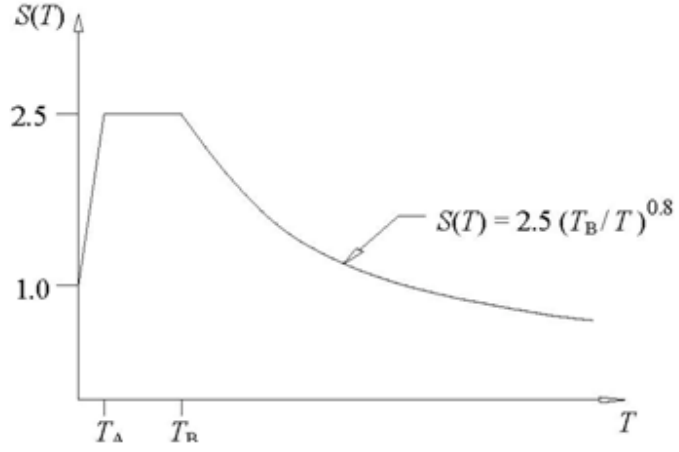
$$S(T) = 2.5 \left[\frac{T_B}{T} \right]^{0.8} \quad (T_B \leq T)$$

Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B (saniye), Yönetmelikte ilgili tablolarda zemin cinsine göre verilmektedir.

Şekil 3.1'de görüldüğü gibi spektrum katsayıları başlangıçta doğrusal olarak yükselen bir kolun ardından en büyük değerini aldığı bir kolu bulunmaktadır. Daha sonra yapı periyodunun büyümesi ile üstel bir şekilde bu katsayı küçülmektedir. Spektrum katsayısı yumuşak zeminlerde, daha geniş periyot bölgesinde en büyük değerini alırken sert zeminlerde bu bölge daha dar olarak ortaya çıkmaktadır. Zemin büyütmesinin yumuşak zeminlerde daha geniş bölgede etkili olduğu sonucu buradan çıkarılabilir. Tablo 3 3'de yerel zemin sınıflarına bağlı olarak Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B (saniye), bu zeminlere ait ivme spektrum eğrileri ise Şekil 3 3'de görülmektedir.

Tablo 3.3 Zemin Sınıfları İçin Spektrum Karakteristik Periyotları

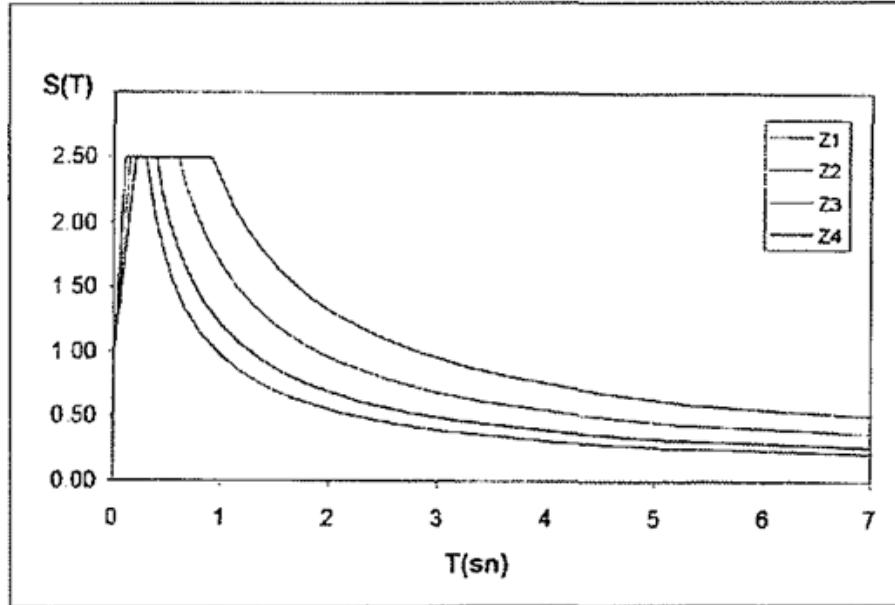
<i>Yerel Zemin Sınıfı</i>	<i>T_A (saniye)</i>	<i>T_B (saniye)</i>
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90



Şekil 3.1. Spektrum Katsayısı $S(T)$

Deprem etkisinin dinamik bir etki olduğu düşünülürse, toplam deprem kuvvetinin Kütle x İvme şeklinde yazılabileceği kabul edilebilir.

Deprem çok gelişigüzel ve karmaşık yer hareketlerine yol açmaktadır. Yapıların deprem



Şekil 3.2. Yerel Zemin Sınıflarına Ait İvme Spektrum Eğrileri [36]

hesabı yapılabilmesi için bu gelişi güzel yer hareketlerinin daha düzenli bir matematik modele indirgenmesi gerekmektedir. Bu model, can güvenliği ve çökme güvenliğinden taviz vermeden basitleştirilmiş elastik tepki spectrumları geliştirilerek karşılanır. Bu spektrumlar tek serbestlik dereceli sistemler için %5 sönümlenme dikkate alınarak geliştirilir.

Gerçek yer hareketi verileri kullanılarak elde edilmiş ve düzensizlikleri düzelterek ve basitleştirerek elde edilmiş model elastik tepki spektrumu hareket süresinin elastik tepkinin oluşumundaki etkisi dikkate alınmaktadır. Ancak yapıda elastik ötesi hasar oluşmaya başladıktan sonra olası dayanım azalmalarının dikkate alınması yöntemin eksikliğidir.

Gerçek yer hareketlerini kullanan zaman tanım alanında hesap yöntemleri daha gerçekçidir. En az 3 ivme tanım alanı gereklidir. Çok özel yapılar için kullanılır.

Spektrum modelleri elde edilirken yer hareketlerini belirleyen unsurlar,

- a- Söz konusu bölgenin altındaki yerel zemin özellikleri
- b- Yer hareketine yol açan depremin şiddeti
- c- Yer hareketlerine yol açan depremin kırılma mekanığı
- d- Deprem merkezini söz konusu bölgeden uzaklığı ve enerji dalgalarının geçtiği güzergâhın jeolojisi

Yerel zemin özelliklerini spektrumun şeklini etkilemesi genel olarak bilinmektedir, fakat diğer parametrelerin etkisi spektrum hesaplarında ihmal edilmektedir. Bu durumda, deprem hareketlerinden spektrum ilişkileri geliştirilirken, tüm parametreler zemin grupları içinde ve toplu olarak düşünülmektedir.

Sonuç olarak taşıyıcı sisteme etkiyen toplam deprem yükü $W_A(T_j)$ şeklinde yapı ağırlığının spektral ivme katsayısı ile çarpımı olarak elde edilir. Bulunan bu deprem etkisini yapının elastik davranarak taşımasını öngörmek ekonomik olmayan büyük boyutların ortaya çıkmasına neden olur [29].

Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını gözönüne almak üzere, aşağıda verilen spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'na bölünecektir. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı, çeşitli taşıyıcı sistemler için Tablo 3.2'te tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R'ye ve doğal titreşim periyodu, T'ye bağlı olarak denk. ile belirlenecektir.

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$R_a(T) = R \quad (T_A < T)$$

Süneklik düzeyi yüksek betonarme boşluksuz perdeli-çerçeve sistemlerde, Tablo 3.5'te yerinde dökme betonarme ve çelik çerçeve durumu için verilen $R = 7$ 'nin veya prefabrike betonarme çerçeve durumu için verilen $R = 6$ 'nın kullanılabilmesi için, boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen kesme kuvvetlerinin toplamı, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetinin %75'inden daha fazla olmayacaktır ($\alpha S \leq 0.75$).

Bu koşulun sağlanamaması durumunda, $0.75 < \alpha S \leq 1.0$ aralığında kullanılacak R katsayısı, yerinde dökme betonarme ve çelik çerçeve durumu için $R = 10 - 4 \alpha S$ bağıntısı ile, prefabrike betonarme çerçeve durumu için ise $R = 9 - 4 \alpha S$ bağıntısı ile belirlenecektir. Unutulmamalıdır ki R taşıyıcı sistem davranış katsayısı yapınıza güvendiğiniz oranda büyümektedir. Dolayısıyla bu düzeni sağlayacak düzeyde enerji tüketebilen detayları uygulamamız zorunludur. Aynı zamanda hesap degerlerine donatı çeliği ve beton kullanmak zorundayız [30]

$H_w / \ell_w \leq 2.0$ olan perdelerde, yukarıda tanımlanan R katsayılarına göre hesaplanan iç kuvvetler, $[3 / (1 + H_w / \ell_w)]$ katsayısı ile çarpılarak büyültülecektir. Ancak bu katsayı, 2'den büyük alınmayacaktır.

Tablo 3 4 Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
<u>(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR</u>		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar.....	4	7
(1.3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar.....	4	6
(1.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar..	4	7
<u>(2) PREFABRİKE BETONARME BİNALAR</u>		
(2.1) Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çerçevelerle taşındığı binalar	3	7
(2.2) Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar.....	—	3
(2.3) Deprem yüklerinin tamamının prefabrike veya yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı, çerçeve bağlantıları mafsallı olan prefabrike binalar..	—	5
(2.4) Deprem yüklerinin, bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen prefabrike çerçeveler ile yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar.....	3	6
<u>(3) ÇELİK BİNALAR</u>		
(3.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar.....	5	8
(3.2) Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar.....	—	4
(3.3) Deprem yüklerinin tamamının çaprazlı perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından taşındığı binalar		
(a) Çaprazların merkezi olması durumu.....	4	5
(b) Çaprazların dışmerkez olması durumu.....	—	7
(c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu.....	4	6
(3.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile birlikte çaprazlı çelik perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar		
(a) Çaprazların merkezi olması durumu.....	5	6
(b) Çaprazların dışmerkez olması durumu.....	—	8
(c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu.....	4	7

3.3 Betonarme Prefabrik Sanayi Yapılarının Tasarım Örneklerinin İncelenmesi

3.3.1 Betonarme Prefabrik Sanayi Yapısı Projesinin Karakteristik Örnekleri

3.3.1.1 Örnek Proje

Kam Ankara Beton Sanayi A.Ş. Proje Müdürlüğü tarafından 2007 yılında projesi yapılan Park Tasarım Peyzaj Plan İnş. Taah. Tic.Ltd. Şti. Prefabrik Sanayi Yapısının karakteristik özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Yapının taşıyıcı sistemini açıklayan krokiler, sistem planı ve en kesitler şekilde sunulmuştur. Yapı prefabrik sanayi yapısı olup yeni 1 adet binadan oluşmaktadır. Bina kısa yönde akstan aksa $3 \times 20 = 60$ m, uzun yönde ise $9 \times 8.9 = 89$ m'dir. Temel tipi, kolonların bir yuva içine oturduğu soket şeklindedir. Kolonlar soketlere ankastre ve üstten çatı kirişlerine mafsallı biçimde bağlanmaktadır. Kolon-çatı kirişi birleşim bölgelerinde ayrıca çift pim olup $\varnothing 26$ bulonlar kullanılmış ve bu bulonlar somunla sıkıştırılmıştır. Ayrıca somunlama işleminden sonra mevcut boşluklar Emako-S-55 kimyasal dolgu malzemesi ile doldurulmaktadır. Âşık çatı kirişi birleşimleri pimlidir. Yapıda 10 tonluk kren bulunmaktadır. Yapı yüksekliği, soket üstü çatı altı net max 1000cm'dir. Yapıda ara kat bulunmamaktadır.

Zemin emniyet gerilmesi $q_{zem} = 2.0 \text{ kg} / \text{cm}^2$ olarak alınmıştır.

Kullanılan donatı çeliği sınıfı S420

Kullanılan beton sınıfı: Kolon, kiriş, âşık ve yağmur oluklarında C35, temelde C20

Deprem Bölgesi : 4

Etkin Yer İvmesi : $A_0 = 0.10$

Binanın Kullanım Amacı : Endüstriyel Yapı

Hareketli Yük Katılım Katsayısı : 0.3

Bina Önem Katsayısı	: I=1.0
Bina Taşıyıcı Sistemi	: Temelde ankastre, çatıda mafsallı
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	: R:3
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Zemin Grubu	: C
Dış Kaplama	: Prefabrik Panel
Kar Bölgesi	: 2
Kar Yüğü	: $90kg / m^2$
Çatı Kaplaması	: $13kg / m^2$
Hareketli Yüğü	: $220kg / m^2$

3.3.1.2 Genel Olarak Projedeki Eksiklikler

Prefabrik sanayi yapısı projesinin mühendislik incelemesi sonuçları.

Bir önceki maddede karakteristik özellikleri verilen binaların yapımında aşağıdaki davranış özellikleri gözlenmektedir.

Bina uzunluğu 89 mt olmasına rağmen uzun kenar boyunca rijitlik bağlantıları bulunmamaktadır.

Bina boyuna yönde etkiyen rüzgâr yâda deprem yüklerinin tamamı kolonlar tarafından kabul edilip temele aktarılacağı düşünülmektedir.

Çatı seviyesinde bina boyuna yönde bağlantı kirişi olarak ince kesitli oluklu elemanlar kullanılmıştır. Bu elemanların birbirlerine birleşimi mafsallı olarak gerçekleşmektedir.

Aşırı deplasmanları artıran faktör ise, kolon temel birleşimindeki detay olan, kolonların soketler içerisine yerleştirilerek boşlukların yüksek mukavemetli beton ile doldurulması yaklaşımıdır.

Beton dayanımının düşük olmasından dolayı soket içerisindeki kolon temel birleşiminde dönme deformasyonları olabilir. Üst kısımda mafsal oluşumu olur iken temel kısmı çevresinde kısmi dönmeler gerçekleşmesi sonucunda sistem sınırlı bir şekilde mekanizmaya çevrilebilir.

Çatıda yağmur suyu iç oluklarının teşkilindeki problem ise, buradan sızan yağmur sularının kolonları nemli bırakması sonucunda kolon donatılarının özellikle kolon giriş birleşim bölgesindeki donatıların korozyona uğramasıdır.

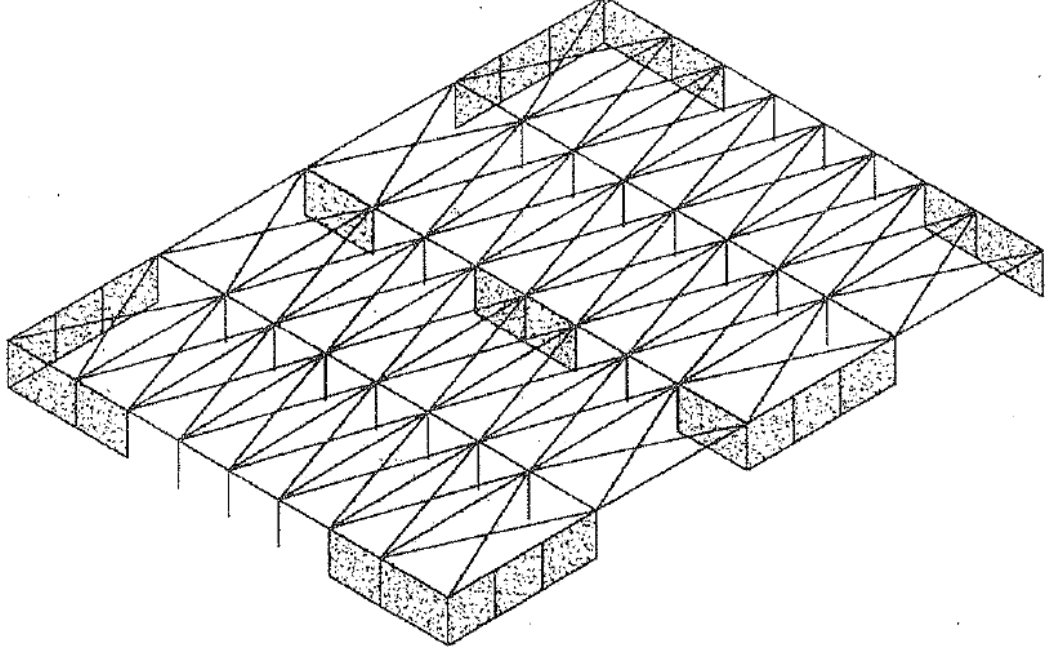
Sanayi yapıları içerisine yapılan ilave yardımcı binalar (idari yönetim binası, yemekhane vb.) bina taşıyıcı sistemine ilave yükler getirmekte ve kesitlerde zorlamalara sebep olmaktadır.

3.3.1.3 Yapılması Gerekenler

İdare ek binası ayrı bir blok olarak yapılmalıydı. Aynı üretim kapasitesini sağlamak içinde binanın ölçülerinin büyütülmeliydi.

Örnek olarak açıklık azaltılarak veya enine çerçeve mesafesi küçültülerek bina simetrisi sağlanabilirdi. Böylece deprem etkisinde şartnamede istenen şartlar sağlanmış olur.

Daha önce yaşanan Marmara ve Ceyhan depremleri sonrasında oluşan hasarlarının en önemli nedeni bağlantı bölgelerindeki zayıflıktır. Yapılması gereken ilk öncelik yanal rijitlik koşulunun sağlanmasıdır. Çelik çaprazlar ile veya betonarme perdeler ile bu koşul sağlanabilir. Bu şekilde çatı düzeyinde etkili bir diyafram oluşturulması sağlanır. (Şekil 3.3.)



Şekil 3.3 Çatı Seviyesinde Oluşturulan Diyafram

4. BÖLÜM

PREFABRİK SANAYİ YAPILARININ YIKICI DEPREMLER SÜRESİNCE DAVRANIŞININ MÜHENDİSLİK İNCELEMESİ

4.1 Prefabrik Sanayi Yapılarının Davranışı

Marmara ve Düzce depreminden etkilenen yapılarda geliştirilmemiş bağlantı detayları kullanıldığı saptanmıştır. Bu binaların hiçbirinde göçme ve ağır hasara rastlanmamış ancak bazı binalarda kolon-kiriş bağlantılarında ağır olmayan türde hasar saptanmıştır. Bu hasarlar deneylerde gözlenen hasarın adeta kopyasıdır. Bağlantılardaki hasar nedenleri aşağıda sıralanmıştır.

- 1) Depremde yükün tersindiği dikkate alınmadığından, kirişin alt donatısının sürekliliği ya hiç sağlanmamış veya yetersiz kalmıştır.
- 2) Plaka ankrajları yetersiz kalmıştır.
- 3) Üstte kiriş donatısının kolondan çıkan filizlere bindirmeli olarak eklenmesi yetersiz kalmıştır.
- 4) Bu tür bağlantılar düğüm noktasında yapıldığından, iki zayıflık bir araya gelmiştir.
- 5) Bağlantıların sağlıklı davranmaması, yanal ötelemeleri artırarak taşıyıcı olmayan dolgu duvarlarda önemli hasar oluşturmuştur.

Bölgede yapılan incelemede, bu tür bazı binalarda hiçbir yapısal ve yapısal olmayan hasara rastlanmamıştır. Hatta projesi aynı olan ve aynı firma tarafından inşa edilen özdeş iki binadan birinin hasar görmesine karşın diğerinde hiçbir hasar gözlenmemiştir. Burada zeminin de etkili olduğu izlenimi edinilmiştir.

Bu binalardaki bağlantılar, deney sonucu geliştirilen detaylara sahip olsalardı, büyük bir olasılıkla hasar görmeyeceklerdi. Bu yargıya, geliştirilmiş detaylara sahip elemanlar üzerinde yapılan deneylerden varılmıştır [31].

Yıkıcı depremler süresince bina ve mühendislik yapılarının davranışları için yapılan araştırmalar, yapı taşıyıcı sistemi monolitik betonarme olan karkas binaların deprem etkisinden daha az hasar gördüğünü ortaya koymuştur. 1993 Japonya depreminden sonra incelenen 710 monolit betonarme binalardan 69 'unun hasar gördüğü ve 16'sının yıkıldığı buna karşılık 485 yığma duvarlı binalardan 47 'sinin tamamen yıkıldığı, 383'ünün ise ciddi hasar gördüğü gözlenmiştir. Kaliforniya depremleri süresince de 10-14 katlı betonarme daha az hasar görmüşlerdir. 1948 Fukio depremi sonrası yapılan araştırmalarda incelenmiş olan 47 betonarme karkas taşıyıcı sistemli binadan sadece 6 katlı olan bir alışveriş merkezi binasının taşıyıcı sisteminde yıkılmalar olduğu görülmüştür. 1992 Erzincan ve Ceyhan depremlerinde ise taşıyıcı sistem monolit betonarme karkas olan yapılarda ciddi hasarlar ve yıkılmalar gözlenmiştir [32].

Bu depremlerde yapı taşıyıcı sistemi prefabrik olan binaların kolon kiriş birleşim yerlerinde ciddi hasarlara yaygın olarak rastlanmıştır. Prefabrik yapı elemanlarında ise (kolon-kiriş) hafif hasarların olduğu görülmüştür.

Betonarme karkas taşıyıcı sistemli binaların deprem süresince davranışının incelenmesi sonucunda, bina üst kotunun depremden dolayı yer değiştirmesinin, binanın yüksekliğine oranının $\frac{1}{1250} - \frac{1}{1500}$ sınırında olduğu durumlarda binaların depremden daha az hasar gördüğü ortaya çıkmıştır [32].

Betonarme karkas taşıyıcı sistemli binalar dünyanın sismik bölgelerinde daha yaygın uygulanmasından dolayı, bu binaların kullanma şartlarında ve deprem süresince davranış hakkında daha geniş bilgi edinilmiştir. Buna rağmen yukarıda kısaca verilen araştırma sonuçlarından, binaların uygun değer taşıyıcı sistemlerinin tasarım esaslarının hazırlanmasının güncel bir sorun olduğu ortaya çıkmaktadır.

Yapılan deneysel araştırmalar, soğuk ve yaz şartlarında yapılan binalardan alınan beton numune dayanımlarının proje dayanımlarından büyük ölçüde düşük olduğunu göstermiştir. Bunun nedeni ise, bu şartlarda dökülen bina taşıyıcı elemanları betonlarının yeteri kadar bakım şartlarına tabii tutulmamasından ileri gelmektedir.

Sıcak yaz şartlarında betonun tasarım dayanımına ulaşabilmesi için gerekli bakım şartları sağlanmalıdır, yani yeni dökülmüş beton yüzeyi güneşin etkisinden korunmalı, açık hava ortamında izole edilmeli ve döküldükten 24 saat sonra 14 gün süreyle beton yüzeyi doygun olacak şekilde yeteri kadar sulanmalıdır. Betondan ayrılan suyun telafisi için yapılan bu iş çok önemlidir.

Ceyhan depreminde hasar gören bir katlı betonarme prefabrik elemanlardan yapılan tekstil fabrikasının, deprem süresince davranışının incelenmesiyle ortaya çıkan sonuç, prefabrik binaların tasarım ve yapımında uygulanması zorunlu olan kuralları bina davranışındaki rolünü anlamak açısından büyük öneme sahiptir. Bu fabrika binasında açıklığı 24 mt olan iki üretim bölümü bulunmaktadır. Kirişler öngermeli prefabrik betonarme elemanlardan, kolonlar ise adi betonarme prefabrik elemanlardan tasarlanmıştır.

Deprem süresince bu betonarme prefabrik betonarme yapının kolon-kiriş ve kolon-temel birleşimlerinin mafsallı birleşime dönüştüğü görülmüştür. Prefabrik elemanların birleşimlerinin tümünde deprem süresince plastik deformasyonların meydana gelmesi, kolonların düşeyden 10-15 cm uzaklaşmasına, kirişlerin bir kısmının düşmesine ve diğerlerinin ise kolon çıkıntısı üzerinde 3-5 cm kadar küçülmesi en sık rastlanan hasarlardır. Yapılan araştırma sonucunda, bu binanın taşıyıcı sistemini teşkil eden prefabrik elemanlarda kolon çıkıntısının uç kısmı hariç, hiçbir çatlak ve hasara rastlanmamıştır. Genellikle bu elemanların durumu, bunların binanın yıkılmasına sebep olacak büyükler altından çalışmasını göstermektedir. Bu prefabrik elemanların fabrika şartlarında daha kaliteli üretildiğini gösteren bir örnektir.

Tekstil fabrikası binasının taşıyıcı sisteminde enine betonarme çerçevesinin deprem etkisinde çalışması daha iyi anlayabilmek için bu çerçevenin konstrüktif özelliklerinin incelenmesinde fayda vardır. Bu binanın enine çerçevesi bir katlı iki prefabrik kolon ve bir

kirişten meydana gelmiştir. Kiriş, kolon üzerindeki çıkıntıya, bu çıkıntı üzerinde bırakılmış 14 mm 'lık 2 adet nervürlü donatının, kirişin uç kısımlarında bulunan boşluklara geçirilmesiyle oturtulmuş ve temel boşluğu ile kolon çevresi arasında kalan boşluklar çimento şerbeti ile doldurulmuştur.

Bina tasarım aşamasında kolonun temel ile birleşim rijit kolon-kiriş birleşimi ise mafsallı olarak düşünülmüştür. Deprem süresince ise tamamen farklı bir durum gözlenmiştir. Öyle ki, deprem yükleri etkisinden, kolon ve temel betonuna oranla daha düşük dayanıma sahip olan çimento harcı ezilmiş ve kolon temel boşluğu içerisinde sınırlı dönme açısı ile serbest dönebilmiştir. Binanın enine çerçevesinin kalıcı deformasyonlarının ölçülmesi sonucunda bulunan yabancı saha değerleri bu bağlantı ile uyum göstermektedir. Kolon kiriş birleşimleri ise tasarımda öngörüldüğü gibi mafsallı olarak çalışmıştır. Bu nedenle de enine çerçevelerde kişilerde düşmeler ve kolonlarda büyük kalıcı şekil değiştirmelere neden olan deplasmanlar meydana gelmiştir [33].

1998 Ceyhan depremi, prefabrik betonarme karkas taşıyıcı sistemlerde, kolon-kiriş ve kolon-temel birleşimlerinin tasarım özelliklerinin, deprem süresince davranışına uygun olarak seçilmesinin, binaların deprem etkisinden daha az hasarla çıkması bakımından ne kadar önemli bir rol oynadığını bir kez daha ortaya koymuştur.

4.2 Betonarme Prefabrik Binaların Deprem Süresince Hasarlarının İncelenmesi ve Sınıflandırılması

Türkiye'de endüstriyel binalarda hasar oluşturan ilk deprem 1998 Ceyhan depremi olmuştur. Ceyhan depreminden büyük çapta hasar gören Adana Endüstri Bölgesi'ndeki yapıların birçoğu ön üretimli çerçevelerden oluşmaktaydı. Bu nedenle Ceyhan depreminin, ön üretimli endüstri türü yapılar için ilk ciddi sınav olduğu söylenebilir.

Bu tür yapılar için ikinci ciddi sınav, 17 Ağustos 1999 Marmara depremi olmuştur. Bu deprem, endüstrinin yoğun olarak bulunduğu bölgedeki ön üretimli yapılarda büyük hasara neden olmuştur [33].

17 Ağustos 1999 Marmara depremi sonrasında Prefabrik Birliği tarafından yapılan bir çalışma sonucunda [34]. Avcılar'dan Düzce'ye kadar uzanan bölgede, birlik üyesi kuruluşlara ait yapı envanteri çıkartılmış ve bölgedeki iller için hasarlı yapı yüzdeleri belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, birlik üyesi kuruluşların Adapazarı bölgesinde yapmış oldukları 98 sanayi tesisinden 16'sında toptan göçme, 8'inde ise yerel göçme belirlenmiştir. Bu veriler % 24.5 oranında bir hasarı ifade etmektedir. Aynı çalışmada, birlik üyesi kuruluşların İzmit yöresindeki üretimlerinin % 3'ü depremden ağır, yada orta derecede hasar gördüğü belirtilmektedir. Birlik üyesi kuruluşların deprem bölgesi genelinde rapor ettikleri hasar ise % 10 dolayındadır.

Bölgedeki prefabrike yapıların ancak bir bölümü Prefabrik Birliğine üye firmalar tarafından üretilmiştir. Birliğe üye olmayan kuruluşların üretimlerinde ise hasar oranının daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet işleri Genel Müdürlüğü'nün yapmış olduğu bir başka araştırma sonucunda bölgedeki hasarlı sanayi yapılarının ancak %50'sinin üreticisi belirlenebilmiştir. Üreticisi bilirlenebilen yapıların ise yalnızca %20'si Prefabrik Birliği üyesi kuruluşlar tarafından üretilmiştir [35].

Türkiye'de endüstriyel binalarda hasar oluşturan ilk deprem 1998 Ceyhan depremi olmuştur. Ceyhan depreminden büyük çapta hasar gören Adana Endüstri Bölgesi'ndeki yapıların birçoğu prefabrike çerçevelerden oluşmaktaydı. Bu nedenle Ceyhan depreminin, önüretimli endüstri türü yapılar için ilk ciddi sınav olduğu söylenebilir.

Bu tür yapılar için ikinci ciddi sınav, 17 Ağustos 1999 Marmara depremi olmuştur. Bu deprem, endüstrinin yoğun olarak bulunduğu bölgedeki Ön üretimli yapılarda büyük hasara neden olmuştur [31].

Deprem bölgesinde, önüretimli yapı hasarının en ağır ve en yoğun olduğu il Sakarya'dır. ODTÜ ekiplerin Adapazarı Organize Sanayi Bölgesinde yaptıkları incelemelerde, tümünden veya kısmen göçen sanayi tesisi oranının % 80'e ulaştığı gözlenmiştir. Bölgedeki sanayicinin öndökümlü yapı sistemlerine olan güveni tamamen kaybolmuş durumdadır. Bu durumun düzeltilebilmesi, Öndökümlü yaps sistemlerinin 17 Ağustos depreminden önce de bilinen, ancak bu deprem sonrasında tartışılmayacak derecede gün yüzüne çıkan sistem

hatalarının giderilmesi ile mümkün olacaktır [31].

Gerek 1998 Ceyhan, gerekse 1999 Marmara depreminden sonra hasar türleri incelenmiş ve genelde hasar nedenlerinin iki ana başlık altında toplanabileceği kanısına varılmıştır;

(a) Sistemden kaynaklanan kusurlar

(b) Detay yetersizliği ve detay kusurları.

SİSTEM KUSURLARI

- 1) Hasar gören mafsal bağlantılı yapılar incelendiğinde, bunların yanal rijitliğinin yetersiz olduğu görülmüştür. Hasar gören hiçbir yapıda kolonlar, 1998 Yönetmeliği'ndeki yanal ötelenme sınırim sağlayacak kesite sahip değildir. Aşırı yanal ötelenime bağlantılarda aşırı zorlamalara yol açmış ve zaten yetersiz olan bağlantılar kırılarak kirişlerin düşmesine neden olmuştur.
- 2) Kullanılan sistemin en zayıf tarafı, çatı düzeyinde bir diyaframın olmamasıdır. Çatıda kirişleri bağlayan tek eleman aşıklardır ve bunların da diyafram etkisi oluşturması sözkonusu olamaz. Diyaframın bulunmaması, her çerçevenin bağımsız davranması ile sonuçlanmış, çerçeveler arasında "uyum" ve yardımlaşma olmamıştır. Diyaframın olmaması depreme dayanıklı davranış açısından büyük bir eksiklikler.
- 3) Çatı düzeyinde kirişleri birbirine bağlayan bir döşeme veya çaprazların olmaması nedeniyle, kirişlerin, özellikle trapez kirişlerin yanal stabilitesi sağlanamamıştır. Deprem etkisiyle kirişte oluşmaya başlayan dönmeyi önleyecek elemanlar olmadığından, kirişler serbestçe dönmüş ve mesnetteki pimleri zorlayarak onları ya sıyırmış ya da kırmıştır.
- 4) Bazı binalarda kirişler konsolun tam ucuna oturtulmuş ve oluşan yanal ötelenmede bu kirişlerin düşmesi kaçınılmaz olmuştur. Özellikle kayar mesnet oluşturulurken yerlerde konsol boyu, oluşan yanal ötelenme için yetersiz kalmıştır.
- 5) Binaya sonradan eklenen ve önüretirli sisteme bağlanan yapılar davranışı olumsuz yönde etkilemiştir.

DETAY KUSURLARI

- 6) Mafsal bağlantıda tek pim kullanılan, durumlarda bu pimin, yanal ötelenme veya kiriş dönmesi sonucunda oluşan zorlamaları karşılaması mümkün olmamıştır. Çift pimli bağlantılar daha iyi davranmıştır.
- 7) Pimlerin kenetlenmesi yeterli olmadığından sıyrılma oluşmuştur.
- 8) Kolon konsolları iyi detaylandırılmadığından yerel ezilme ve kırılmalar oluşmuştur.

17 Ağustos 1999 depreminde prefabrike sanayi yapılarında en sık karşılaşılan hasarlar aşağıda özetlenmiştir,

1) Dolu gövdeli eğimli çatı kirişlerinin kolonlarla bağlandığı bölgelerde detaylandırma eksiklikleri,

Şekil 4.1 'de gösterilen bu sistemde, kolonlarla kirişler arasındaki bağlantı moment almayan mafsallı bağlantıdır. Kirişi mesnette tutan, diğer bir deyişle kirişin boyuna doğrultusunda kayıp düşmesini önleyen ara yüzeydeki sürtünme kuvveti, kirişin ağırlığı, sürtünme katsayısına ve donatının en kesitinin sağladığı kesme dayanımına bağlıdır.

Dolu gövdeli eğimli çatı kirişleri kolondaki konsollara oturmaktadır. Bu konsollardan çıkan 12 ile 20 mm arasında değişen çaptaki iki donatı kiriş ucundaki deliklerden geçmekte ve bu deliklerin çevresi harçla doldurulmaktadır. Çatı kirişleri birbirlerine dik yönde yalnızca âşıklerle bağlanmaktadır. Âşıklar basit bir detaylandırma ile tepe (çatı-dolu gövdeli kirişi üzerindeki 10 ile 12 mm arasında değişen çaptaki filizlerle oturmaktadır. Bu demirlerin çevresi daha sonra harçla doldurulmaktadır.



Şekil 4.1. Dolu Gövdeli Kirişin Üst Başlıktan Sıyrılması

Depremi çerçeve düzlemine dik yatay doğrultudaki etkileri altında çatıyı taşıyan trapez kirişlerde oluşan atalet kuvvetlen, mesnet bağlantılarının yetersizliği nedeniyle kolonlara aktanlamamış, bunun sonucu çatıyı oluşturan eğik çatı kirişleri inmişlerdir. Birleşim hesaplarının çerçeveye dik doğrultuda bu atalet kuvvetlerinden doğan devrilme momenti ve kesme kuvvetleri de dikkate alınarak yapılması, kullanılacak bağlantı elemanlarının çaplarının ve ankraj boylarının bu etkilere göre bulunması gerekmektedir Şekil 4.2 'de dolu gövdeli kirişi kolona bağlayan ankraj bulonları kopmuş ve kiriş kolondan ayrılmıştır.



Şekil 4.2. Dolu Gövdeli Kirişin Ust Başlıktan Sıyrılması

2)Diğer bir hasar türü kayar mesnet detaylandırılmasında yapılan hatalardır. Dilatasyondaki kirişlerin belli bir deplasmana müsaade edebilecek şekilde bağlanmamış ve deprem sırasında oluşacak farklı deplasmanlardan dolayı kirişin mesnetten kurtulmasını önleyecek tedbirlerin alınmamış olması hasara sebep olmuştur [9].

3)Kolonlarının alt uçlarına yakın yerlerde betonda eğilme çatlaklarının oluşması sıkça görülen hasar türlerindendir. Bu hasar kolonların alt uçlarında elastik moment taşıma gücünün aşıldığının göstergesidir. Kolon kesitlerinin özellikle çerçeveye dik yönde yetersiz olması(kolon dizaynında asimetrik yaklaşım) ve içerisinde bulunan donatının çok sık olarak ve yönetmeliklerde verilen maksimum kolon donatısı oranına çok yakın olarak dizayn edilmiş olması, kolon alt uçlarında oluşan hasarların başlıca sebebidir Şekil 4.3 'de İzmit'te 1996 yılında yapılmış bir kahve üretim fabrikasının kolonlarında sokete yakın seviyede görülen eğilme çatlakları görülmektedir [34].

4)Konsola oturan kirişlerin yanal yüzeylerinde. Uçlarında konsoldan gelen demirlerin içinden geçtiği deliklerin olduğu yerlerde gözlenen kılsal çatlaklar görülmüştür. Bazı yapılarda kirişlerin bir uçları konsoldaki demirlerden kurtularak yere düşmüştür. Bu arada kirişin ucu konsolun ucundaki betonu da ezmiştir. Konsoldaki demirler de bükülerek kiriş uçlarındaki deliklerden çıkmıştır. Tepe kirişi kolon bağlantısında bağlantı donatısının çapının, ankraj boyunun yetersiz olması ve kullanılan dolgu malzemesinin istenilen nitelikte olmaması bu hasarın temel sebebidir.

5)Kolonların narin olması nedeniyle kolon uçlarının yönetmelikte öngörülenden fazla deplasman yapmış olması ve dolayısıyla yapıda aynı deplasmanı yapamayan tali elemanların yapımm taşıyıcı sistemine zarar vermiş olması diğer bir hasar türüdür [23].



Şekil 4.3 Kolonda Eğilme Çatlakları

6)Özellikle iki ve daha fazla açıklıklı yapılarda dış duvarların bulunup iç duvarların olmayışı çerçeveye dik yönde deplasman farklılıklarına neden olmuştur. Bu tür yapılarda orta kolonlar çerçeve eksenine dik yönde kenar kolonların yaptığı deplasmandan daha fazla deplasman yapmaktadır Bazı prefabrike sistemlerde bu nedenle hasarın meydana geldiği gözlenmiştir.



Şekil 4.4 Hasarsız Yapı Örneği



Şekil 4.5. İki Açıklıklı Yapılarda Orta Kolon Hasarı

Şekil 4.6 'da Adapazarı Organize Sanayi Bölgesinde 1998 yılında yapılmış iki açıklıklı prefabrike endüstri yapısından alınmıştır. Orta kolonlar kenar kolonlara göre önemli ölçüde hasar görmüştür.



Şekil 4.6. İki Açıklıklı Yapılarda Orta Kolon Hasarı

7) Bazı endüstri yapılarında kısa kolon davranışı sonucu kolonlarda kesme çatlakları oluşmuştur. Duvarlarda aydınlatma için bırakılan boşluklar ve sonradan yapılan yerinde dökme ya da çelik ara katlar kısa kolon davranışına sebep olmaktadır.

Yukarıda sayılan projelendirme ile ilgili hatalarla beraber hasar gören elemanlar üzerinde yapılan malzeme kontrolleri sonucunda, kolonlarda Schmidt çekiciyle okuma yapılmış ve beton dayanımlarında herhangi bir sorun olmadığı gözlemlenmiştir. Projelerde öngörülen C25 ve C30 kalitesindeki dayanımların rahatlıkla sağladığı görülmüştür. İnşaat çeliği örneklerinde yapılan mekanik ve kimyasal analizler sonucunda Karbon eşleniği değeri 0.45 değerinden küçük olma koşulunu oldukça aşmış dolayısıyla donatılan sünek davranış göstermesini engelleyecek duruma getirmiştir. Herhangi bir çatlama, ezilme ve açılma gözlenmemiştir. Sadece Düzce depreminden sonra Bolu-Kaynaşlı da hasar gören bir yapıda

temel soketlerinde çatlaklar olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 4.7 'de Adapazarı Organize Sanayi Bölgesinde hasar görmüş bir sanayi yapısının kolon-soket bağlantı bölgesi görülmektedir. Sokette herhangi bir hasar yoktur. Bu arada bazı yapılarda soket temele oturan kolonların alt uçlarına yakın yerlerde eğilme çatlaklarının olması da kolonların soket temele ankastre olarak bağlandığının bir başka kanıtıdır [24].



Şekil 4.7 Temel –Kolon Birleşim Bölgesindeki Hasar

Hasarların özellikle bazı bölgelerde yoğunlaşması, yerel zemin sınıflarının doğru tespitini ve alüvyonel zeminin büyütme etkisinin de önemini göstermektedir

Bu arada kirişlerinde hiçbir türde düşme ya da devrilme olmayan pek çok prefabrike yapıda kolonların alt uçlarına yakın yerlerde eğilme çatlakları ve guselerin üst yüzey yan köşe uçlarında ezilmeler de gözlenmiştir [23].

1998 Ceyhan ve özellikle 1999 Marmara depreminde önüretimli yapıarda gözlenen yaygın hasar ve göçmeler, bazı yanlış yorum ve irdelemelere yolaçmıştır. Özellikle uzman olmayan ancak kendini uzman olarak tanıtanlar bazı yanlış genellemeler yapmıştır. Konulan en yanlış ve tehlikeli yorum, önüretimli yapıların depreme dayanıklı olmadığı ve deprem bölgelerinde kullanılmaması gerektiği yolundaki yorumdur. Bu yorum kesinlikle yanlıştır. Sonuç bölümünde bu tür yorumların geçersizliği, gerçekler özetlenerek kanıtlanacaktır.

- 1) Önüretimli panellerden oluşan çok katlı yapılar depremde çok sağlıklı bir davranış sergilemiş ve hasar görmemiştir.
- 2) Moment aktarabilen bağlantılara sahip önüretimli çerçevelerden oluşan çok katlı yapıların bazıları depremi hasarsız atlattığı bazılarıda bağlanü bölgesinde hasar oluşmuştur. Hasar gören yapıların tümünde, geliştirilmemiş bağlantılar kullanılmıştır. Eğer geliştirilmiş bağlantılar kullanılsaydı, deneylerde gözleendiği gibi bağlantılarda, bu tür bir depremde büyük bir olasılıkla hasar oluşmayacaktı.
- 3) 1998 Ceyhan ve 1999 Marmara depreminde oran olarak en büyük hasar ve göçme, mafsal bağlantılı önüretimli, tek katlı endüstri yapılarında oluşmuştur. Yukarıda açıklandığı gibi söz konusu hasar ve göçmeler seçilen sistemin deprem dayanımı açısından yetersiz olmasından ve detayların kusurlu olmasından kaynaklanmaktadır. Suç, önüretimli elemanlarda değil, seçilen yanlış sistemde ve yetersiz bağlantı detaylamdadır.

Binayı oluşturan taşıyıcı sistem, çelik olsun, betonarme olsun, önüretimli beton olsun, ahşap olsun, eğer depreme dayanıklı bir sistem seçilmiş, bilinçli bir proje oluşturulmuşsa ve bu proje iyi bir denetimle uygulanmışsa, yapı depremde yeterli güvenliğe sahip olacaktır. Ancak, yanlış bir sistem seçilmiş, yetersiz detaylar oluşturulmuşsa ve/veya yapı denetimsiz inşa edilmişse, kullanılan malzeme ne olursa olsun depremde hasar veya göçme kaçınılmaz olacaktır.

4.3 Çözüm Önerileri

Prefabrike elemanların ve birleşimlerinin projeleri, üretimden kullanım sonuna kadar nakliye, depolama, yerini değiştirme ve montaj dâhil yük ve deformasyonu kısıtlayan koşulları kapsamalı gerekir. Yani prefabrike elemanda dökümden montaj sonuna kadar oluşan gerilmeler, yapıya gelen servis yükleri altında oluşacaklardan daha fazladır. Nakliye sırasında istenmeyen deformasyonlara neden olunabileceğinden depolama, nakliye ve montaj sırasında oluşabilecek etkiler projede dikkate alınmalı ve nakliye, montaj, birleşim uygulamaları esnasında proje kayıtlarına uyulmalıdır. Prefabrike elemanlar yapı içinde birleştirildiklerinde, birleşim civarında oluşan yükler ve deformasyonlar proje hesaplarında dikkate alınmalıdır [9].

Prefabrike elemanların yapısal davranışı, yerinde dökülen benzer elemanlara göre farklı olabilir. Prefabrike yapılar rötre, sünme, sıcaklık değişimi, elastik deformasyon, farklı oturmalar, rüzgar ve deprem gibi etkileri en aza indirecek veya bu etkileri taşıyabilecek şekilde projelendirilmelidir. Gerekli teknik şartname koşul ve çizimlerine ek olarak donatı, nakliye sırasında geçici yükleri karşılayacak kaldırma aletleri, depolama, nakliye ve montaj detayları verilmelidir. Eleman yüzeyine dik kuvvetlerin dağılımı deneysel veya analiz sonucuna göre belirlenmelidir. Tekil ve sürekli yüklerin elemanlar arasında dağılmasında bu elemanların yeterli burulma rijitliğine ve kesme kuvveti dayanımına sahip olması sağlanmalıdır. Burulmaya karşı güçlü olan delikli plaka veya dolu döşemeler, burulmaya karşı esnek olan ince başlıklı çift gövdeli T kesitlere göre yük dağıtım özelliği daha uygun elemanlardır. Yükün gerçek dağılımı çok sayıda etkene bağlıdır. Elemanlardaki geniş delikler ve boşluklar yük dağılımında çok büyük değişime neden olabilirler. Sistem davranışının gerektirdiği düzlem yüklerin prefabrike döşeme veya duvar sistemleri arasında aktarımının gerekli olduğu yerlerde düzlemsel yük şeridinin eleman ve birleşim boyunca sürekli olması, çekme kuvvetinin olduğu yerlerde kesiksiz çelik veya donatı çelikleri kullanılması gerekmektedir. Çünkü düzlemsel kuvvetler öncelikle döşemelerde perde hareketi sonucunda çekmeye veya basınca neden olurlar [9,24].

Çekme kuvvetini taşımak için kaynaklı birleşim veya eklenmiş donatı veya eksiz çelik taşıyıcılar konulması zorunludur. Diğer basınç ve kesme kuvvetleri beton tarafından

taşınabilir. Rötreden, sünmeden, sıcaklık etkilerinden oluşan yükler ve deformasyonlar için özel birleşim detayları hazırlanmalıdır. Hacimsel değişimleri ve farklı sıcaklığın ve zamanla oluşan deformasyonların neden olduğu dönmeleri içeren birleşim detayları seçilmelidir. Bu etkiler tutulduğunda birleşimler ve elemanlar uygun dayanıma ve sünekliğe sahip olacak şekilde projelendirilmelidir.

Ön gerilmeli beton elemanlar için, genişliği 4 m den fazla olmayan, yuvarlak boşluklu döşemeler, dolu döşemeler veya nervürlü döşemelerde, normal olarak kısa doğrultuda rötire ve ısı gerilmelerini almak üzere enine donatıya gerek yoktur. Bu aynı zamanda ön gerilme olmayan döşeme plakalarında da geçerlidir. Rötire ve sıcaklık gerilmelerinin 4 m genişlikte oluşan miktar donatı gerektirecek kadar büyük değildir. Buna ek olarak rötrenin çoğu elemanın yapıya bağlanıp monte edilmesinden önce oluşmuştur. Monolitik döküm gibi eleman enine doğrultuda sıkı sıkıya bağlanmadığından rötire ve ısı değişimini engelinden oluşan gerilmeler önemli ölçüde azalır. Bu gerilmeler için donatının ihmal edilmesi tek veya çift gövdeli geniş ince başlıklı elemanlar için geçerli değildir.

Öngerilmemiş prefabrike duvarlar için yatay ve düşey her bir donatı alanı, duvar panel beton alanının 0.001 katından az olmamalı, donatı çubuk aralıkları duvar kalınlığının 5 katından veya iç duvarlarda 800 mm 'den dış duvarlarda 500 mm 'den fazla alınmamalıdır. Bu, duvarlarda bu minimum donatı alanı ve çubuk aralıklarının artırılması anlamına gelir.

Elemanların konumunda, donatı detayı ve yerleşiminde, kat birleşim detaylarında az miktarda değişikliklerle prefabrike yapının genel bütünlüğü önemli ölçüde iyileştirilebilir. Boyuna ve enlemesine askılar yatay yük taşıyan sisteme bağlanırlar. Prefabrik elemanların her biri yatay yüke karşı koyan sisteme farklı bir metotla bağlanabilir. Köşe elemanı bütün kat elemanlarına birleştirilerek yapının bütünlüğü sağlanabilir. Köşe elemanı kendini taşıyan kolonlarla birlikte bir perdeye bağlanmalıdır. Prefabrike elemanların döşeme diyaframını oluşturduğu yerlerde diyafram ile diğer elemanların birleşimleri yatayda desteklendiğinde gerginin sahip olduğu hesap çekme mukavemeti 4.5 kN/m den az olmamalıdır. Böylece diyaframlar yatay yük taşıyan sistemin bir parçası olarak hazırlanmalıdır. Uniform yapı standardı gergi kuvvetini servis yükü 3 kN/m ye eşdeğer olarak vermektedir. Gerekli düşey gergi, sıva dışındaki bütün elemanlara uygulanmalıdır.

Prefabrike kolonların hesap çekme mukavemetleri 1.5 kN/m 'dan az olmamalıdır. Prefabrike duvar panelleri her bir panel için en az iki gergi kullanılmalı ve her bir gerginin çekme mukavemeti 45 kN/m'dan az olmamalıdır. Prefabrike kolonların, duvar panellerinin, kesme duvarlarının taban birleşimleri ve yatay düğüm noktalarında ki birleşimleri, bütün proje yüklerini ve momentlerini aktarabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Uygulamada duvar gergileri simetrik olup, duvar panelinin düşey orta hattına göre panel genişliğinin dörtte biri mesafesi içinde olanaklı olabilecek yere yerleştirilirler. Ölü yüklerden oluşan ve sadece sürtünmeyi esas alan hesaplarla projelerin detaylandırılması uygun değildir. Diğer bir deyişle, kirişlerin birinde tahribat olması halinde onu destekleyen elemanların deplasmanları en aza indirilmelidir. Böylece diğer elemanlar yük taşıma kapasitelerini kaybetmeyeceklerdir. Çok ağır elemanlardan oluşan yapılar bu uygulamanın dışında tutulabilirler [36,7].

Genel olarak prefabrike bir yapının elemanlarından yapının bütününe yapımına kadar geçen sürede yapılması gerekenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Elemanların kalıptan alma, taşıma ve montaj durumlarının tahkiki, gerektiğinde prefabrike eleman birleşimlerindeki şekil ve yer değiştirmelerle, süneklilik derecesinin tahkiki, özellikle panolu taşıyıcı sistemlerde, elemanlardan birinin yerinden çıkması veya kırılması durumunda ani ve aşamalı yıkılmaya karşı tahkiki yapılmalı, yapı yaşamı sırasında, gaz veya kazan patlaması, taşıt çarpması, deprem gibi etkiler nedeniyle bu tip bir yıkılmaya maruz kalabileceği dikkate alınmalıdır. Bu durumda yapıda meydana gelen hasarın sınırlı ve kısmi olması, yapının diğer bölümlerinin stabilitesine etkimemesi istenir. Bunun için de, yapının tasarımı sırasında, taşıyıcı sistemin düzenlenmesi ve bağ sistemlerinin teşkilinde bu nokta dikkate alınmalı, normal olarak taşıyıcı olmayan elemanların bile sisteme katkısı hesabı katılmalıdır.

Mafsallı çerçeveler dışındaki monolitik olarak tasarlanmış prefabrike yapıların iç kuvvetlerinin hesabında, bu yönetmelikte belirtilen hususlara uyulmak koşuluyla, malzemenin doğrusal elastik olduğu ve döşemelerin diyafram gibi davrandığı kabul edilebilir. Bunu yaparken, birleşimlerde meydana gelebilecek her türlü rij itlik azalması ve TS 9962 deki en az teçhizat koşulu dikkate alınmalıdır [37].

Taşıyıcı sistem davranışının monolitik ve malzemenin doğrusal elastik davranıştan çok farklı olmasının beklendiği durumlarda düşey taşıyıcı sistemler için hesap, söz konusu eleman ve birleşimlerin, rijitlikleri azalmadığına göre, rijitlikleri öngörülen oranda azalmış olduğuna göre iki kez yapıp, boyutlandırma en kritik durum dikkate alınarak sonuçlandırılmalıdır.

Prefabrike elemanlar arasında veya prefabrike elemanlarla yerinde dökme beton arasındaki birleşimlerin ve bir birleşim çeşidi olan mesnetlerin projelendirilmesinde aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir.

Birleşim veya mesnet etkisi altındaki normal kuvvet, kesme kuvveti, eğilme ve burulma momenti gibi zorlamaları genellikle birleşen elemanların birinden diğerine aktarabilmelidir.

Birleşim veya mesnetteki dönme, yer değiştirme ve deformasyonlarla, birleşen elemanların birbirlerine göre deformasyonları kabul edilebilir sınırlar içinde olmalıdır. Birleşimin süneklik katsayısı en az 4 olmalıdır. Birleşim ve mesnet hesaplarında rötre, sıcaklık değişimi ve sünme etkileri hesaba katılmalı ve bu hesaplar TS 500'deki esaslara uygun olarak yapılmalıdır.

Birleşim ve mesnetlerdeki elemanların tolerans sınırları içinde farklı olabilecekleri göz önüne alınmalıdır.

Birleşim ve mesnetler kolayca kontrol edilebilmeli ve gerekiyorsa düzeltme yapılabilmelidir.

Birleşim ve mesnetler korozyona karşı korunmalı ve yangına dayanıklı olmalıdır. Gerektiğinde, yapının değişik aşamalarında, sistem özelliklerinin değişimine bağlı olarak yüklemeler ayrı ayrı hesaplanmalı ve yük kombinezonları buna göre yapılmalıdır. Taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılmasında TS 500, ve "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" esaslarına uyulmalıdır. Ancak, bu TS 9967 standardının da esasları yerine getirilmelidir [19].

5. BÖLÜM

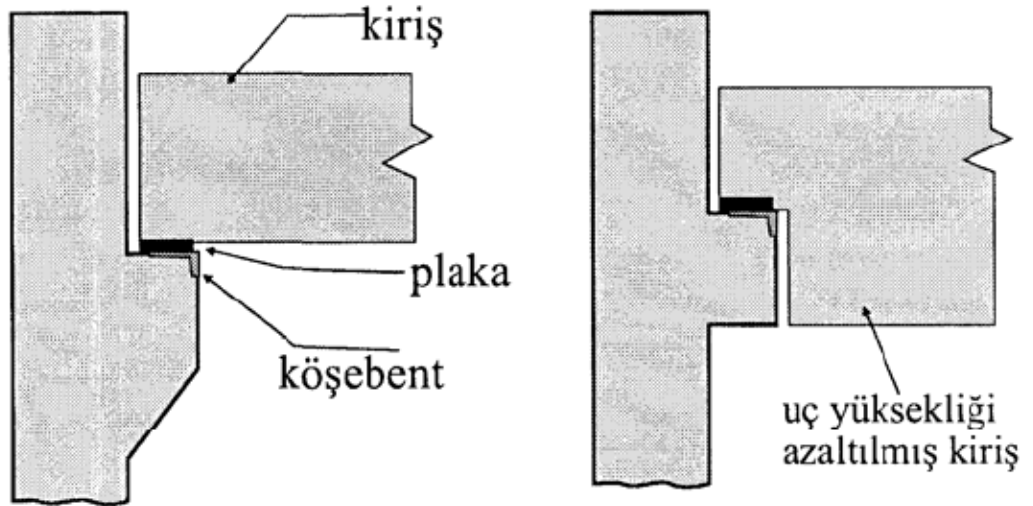
PREFABRİK BİNALARIN HESAP METHODLARI

Yerinde dökülen prefabrik yapılar sürekli ve yekparedir. Bu tip yapılar, çelik yapılara benzer, bunlarda yapının inşaat bitiminde birçok hazır eleman birleştirme sonucu yapı bitirilmiş olur. Yapının bulunduğu bölgenin özelliklerine göre ve yapıdaki elemanın üzerine gelen etkileri göz önüne alınarak elemanların birleşimi yapılması gerekir. Birleşimde yatay, düşey ve moment etkileri göz önüne alınması, kullanılan uygun ankraj elemanları sayesinde gerçekleştirilir. Birleşim çekme, basınç ve kesme gerilmelerini transfer ediyorsa bu bazen yumuşak katı birleşim olarak adlandırılır. Reaksiyonları yalnız bir yönde transfer eden birleşimler çelik yapılardaki esnemeyi ve ya rulmanlı kaymayı anımsatır fakat diğer kuvvetleri rahatlatmak için sınırlı miktarda harekete müsaade eder, bu birleşim yumuşak birleşim olarak adlandırılır. Hemen bütün prefabrike birleşimlerde, elemanlara yük geçişinin düzgün dağılımından emin olmak için ara levhalar kullanılır [38].

Prefabrik yapıların ilk geliştirildiği sıralarda çoğunlukla yumuşak birleşim kullanıldı, yani eksenel yer değiştirmeler kayıcı birleşim sayesinde elemine edildi ve böylece eleman içinde, özellikle birleşimlerde zoraki eksenel kuvvetlerin oluşması önlenmek istendi. Daha sonra anlaşıldığı yumuşak birleşimli yapılar şiddetli rüzgâr ve deprem gibi yatay etkilere karşı yeterli dayanıklılıkta değildir. Bu nedenle bütün bu uzun tecrübeler ile prefabrik sistemlerde süreklilik derecesini yükselten katı birleşim kullanılmasının gerekliliği fark edildi. Normal üst yüklemelerde bir elemanın göçmesi diğer elemanın göçmesine sebep olur ve birbiri ardına yıkılma devam ederek felaketle sonuçlanır. Bu nedenle daha önce müsaade edildiği gibi yalnız yer çekimi kuvvetine göre birleşime artık müsaade

edilmemektedir. Standart ödeneriler doğrultusunda birleşimlerde kaynak veya yüksek çekme bulonları kullanılarak birleşimlerin yapılması, yapıdaki sürekliliği yeterince sağlamaktadır. Ayrıca prefabrik yapılarda tecrübe edilmiştir ki, birleşimlerde özel gergi kullanılması maliyete çok az etki yapmaktadır, buna karşın rüzgâr yükünün fazla olduğu bölgelerde, deprem bölgelerinde ve patlayıcı etkilerin olduğu durumlarda gergi kullanılması yapı bütünlüğüne çok büyük katkı yapmaktadır.

Prefabrik elemanların birleşimi hesap methodu açısından en basit haliyle Şekil 5.1 de görüldüğü gibi bir kolon üzerine bir kirişin oturması durumudur. Kiriş konsol birleşimi yatay yükleri elemine edecek tarzda yapılmamış ise yatay etkiler de konsola etkimektedir. Bu durumda konsol hem düşey tekil yüke hemde yatay yüke göre hesaplanarak gerekli donatının konsola konulması gereklidir. Birleşim elemanı olarak kritik kesit sadece kolon değildir. Kirişin uç bölgesi de özel olarak donatılarak kendisine zarar vermeden yükü konsola aktarması gerekmektedir. Bu itibarla kirişin ucunun da konsol eleman gibi ayrıca hesapları yapılarak gerekli donatının konulması ve donatı detayının gerektiği gibi konumda oluşturulması gerekmektedir [38].



Şekil 5.1. Prefabrik Elemanların Birleşimi

Genellikle betonarme projelerinde, kayma gerilmeleri diyagonal çekmenin uygun bir ölçüsüdür ve zaten ilgi odağı da diyagonal çekmedir. Ancak bazı özel durumlarda betonarme elemanın kırılmasına direk kesme kuvveti bizzat sebep olabilir. Bu tür kırılma birleşim bölgesi civarlarında olur. Kayma gerilmelerinin yüksek olduğu bu bölgelerdeki kesitlerde yeterli miktarda donatı kullanılması gerekmektedir.

Kayma –sürtünme projelendirme methodu esasının temel yaklaşımı, betonda uygunsuz bir çatlama ve zayıf kesit boyunca izafi kayma olacağı kabul edilmesidir. Kayma göçmesini önlemek için çatlak düzleminden geçen kesme kuvvetini karşılayacak donatı konuşmasıdır. Konsolların projelendirilmesi 3 ana düşünce üzerine oturmaktadır.

5.1. Kayma-Sürtünme Hipotezi

Kosol açıklığını itibara almaz ve sadece çatlak boyunca oluşan sürtünme etkisi esas alınmaktadır. Bu metot konsolların moment etkisinde davranışına açıklama getiremediğinden sorun olmaktadır. Diğer bir dezavantaj konsol davranışının fiziksel açıklanması pek mantıklı değildir. Bir tarafta konsollar çerçeve gibi düşünülmekte diğer tarafta konsolun sürtünmeden ibaret olduğu kabul edilmektedir. Her iki düşünce birbirine zıt durum yaratmaktadır. Başka bir deyişle, kayma sürtünmesi hareketinin temel presibi ile konsolların davranışını izah edecek bir açıklama bulmak zor olmaktadır ve sadece deneysel düşünce ile projelerin yapılması sonucuna varılmaktadır [38].

Yük katsayıları sonucu belirlenen kesme kuvveti V_u olarak gösterilirse, hesap mukavemeti olarak öngörülen V_n değeri:

$$V_n = \frac{V_u}{\phi}$$

denkleminde belirlenir ve $\phi = 0.85$ olarak alınacaktır. ACI standardı Kayma-Sürtünme

hesaplarında donatı çatlağa dik ise temel denklem olarak

$$V_n = A_{vf} \cdot f_y \cdot \mu$$

ifadesini kullanmaktadır.

Donatının çatlağa eğimli olması halinde (Şekil 5.2) kayma hareketi donatıda çekme meydana getiriyorsa:

ifadesini kullanılır. Burada α kayma donatısı ile kayma düzlemi arasındaki açıdır. Sürtünme faktörü μ için tavsiye edilen değerler aşağıdadır:

Beton yekpare yerleştirildiğinde	1.4 λ
----------------------------------	---------------

Beton sertleşmiş betona karşı yüzey maksatlı olarak pürüzlendi	1.0 λ
--	---------------

Beton sertleşmiş betona karşı yüzeyde pürüzleme işi yapılmadı	0.6 λ
---	---------------

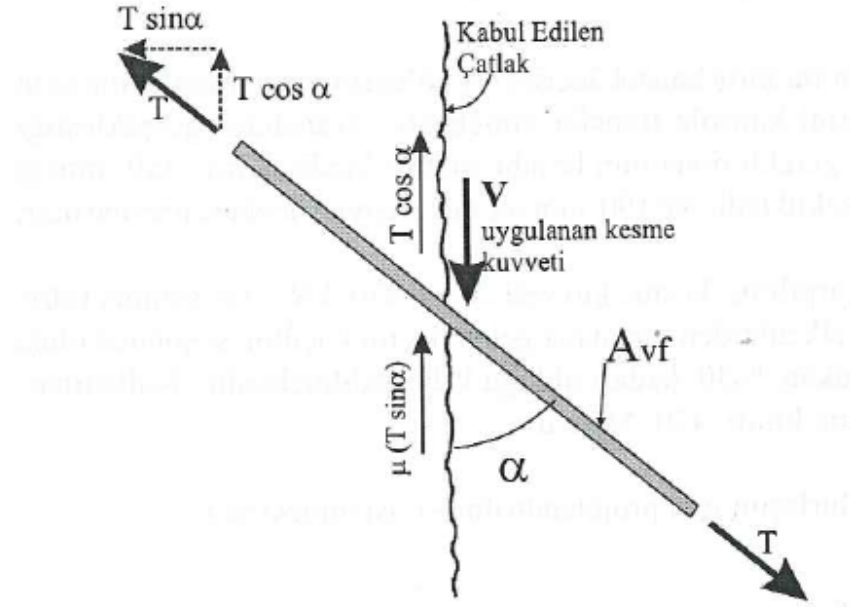
Beton çelik yapıya ankre edildi	0.7 λ
---------------------------------	---------------

Burada λ değeri:

Normal ağırlıklı betonlar için	$\lambda=1.00$
--------------------------------	----------------

Normal kum ve agregası hafif olan betonlar için	$\lambda=0.85$
---	----------------

Hafif betonlar için	$\lambda=0.75$
---------------------	----------------



Şekil 5.2. Kayma düzleminin donatı ile eğimli olması durumunda kuvvet dağılımı

Hesapla belirlenen V_n değeri;

$$V_n \leq 0.20 f'_c A_c$$

$$V_n \leq 5.5 A_c$$

Donatının akma mukavemeti 420 Mpa'dan fazla alınmayacaktır. Burada A_c Kesme etkisine direnç gösteren beton kesit alanıdır.

Sertleşmiş betona karşı yeni yerleştirilen beton arasında kayma etkisi transfer edilmesinde yüzeyin pürüzlülüğü çok önemli bir değişkendir. Maksatlı olarak pürüzlendirilen yüzey çıkıntıları 5 mm olan pürüzlerin tüm yüzeyde oluşturulması kastedilmektedir. Her hali karda yaşlı yüzey mutlaka tozsuz ve temiz olmalıdır. Putrel demir ile beton arasında transfer olacaksa, demir profil boyasız ve temiz olmalıdır (ACI Code 11.7).

Kayma-sürtünme metodu kullanıldığında donatı, hangi tip olursa olsun, çok iyi ankredilmelidir ki akma limitine kadar çelik gerilebilsin. Aderans boyu veya kanca veya eğme veya putrel dikmelerin betonla birleşmesinde başlık veya kaynak kullanılarak tam kenetlenme sağlanabilir. Beton çok iyi kuşatılmalıdır ve cömertçe kapalı etriye kullanılması tavsiye edilir. Kırılma oluşabilecek bütün kesitler dikkatle düşünülmeli ve iyi ankrajı yapılmış yeterli donatı çatlak oluşabilecek kesitlere konulmalıdır.

5.2. Konsolların Çerçeveye Benzetilmesi

Konsolların Çekme ve basınç çubuguna benzeten metoto önerilmiştir. Avrupa da özellikle Almanya da yapılan çalışmaların kaynağını başlangıçta foto elastisite modellerden elde edilen deney sonuçları oluşturmuştur. Elde edilen sonuçlara dayanılarak geliştirilen hesap yönteminde emniyet gerilmelerine göre hesap yöntemi geliştirilmiş ve çok kolay uygulanabilir olması nedeniyle, bu düşünce uzun süre uygulanmıştır. Ancak betonarme malzeme olarak elastik değildir. Emniyet gerilmesine göre yapılan hesaplar zamanla yetersiz kalmıştır. Elastik hesaba göre gergi ve basınç çerçeve elemanı gibi düşünülerek konsol hesaplarına öncülük eden Prof. Franz, kendi metodunu Taşıma gücüne göre geliştirilmesi gerektiğine işaret etmiştir. Bu düşünce üzerine araştırmalar yapılarak konsolların taşıma gücü esasına göre çözümü üzerinde durulmuştur. Farklı görüşler ileri sürülmüş ve farklı analitik ifadeler ortaya konulmuştur. Franz tarafından yayınlanan makalede önerilen metodun dayandığı kabullerin sorgulanması bir taraf önerilen metodun sadece $0,3 < a/d < 1$ arasında geçerli olması ve bu dar saha dışında geçerli olmaması önemli dezavantaj olmuştur [38].

5.3. Ampirik Metot

Bu metodun uygulanması genel olarak Amerika da yapılan deneysel çalışmalar benimsenmiştir. Fiziksel nedei açıklanamayan fakat deney sonuçlarının verdiği gerçek değerleri yansıtan sonuçlara dayanılarak deneysel yoldan uygulama projelerine çözüm getirmek daha mantıklı bir yaklaşım kabul edilmiştir.

Amerikan standartlarında verilen denklem daha sonra kaldırılarak kayma sürtünme denklemleri ile normal konsol hesapları karışımı bir yaklaşım yapılmış ve ilave sınırlamalar getirilerek konsol çözümleri için özel uygulama başlatılmıştır

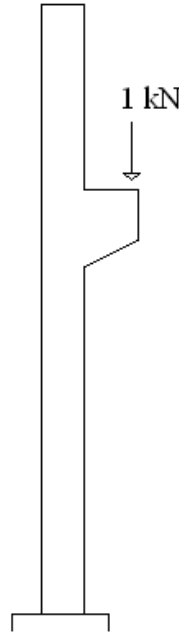
Çok basit anlamıyla bir konsol üzerine etkiyen yk, konsol açıklığı boyunca gezdiğinde konsol nasıl etkilenmektedir? Bunu fiziksel açıklaması nasıldır ve konsol projesinde etken parametrelere karış donatı detayı nasıl olmalıdır gibi sorulara kesin yanıt verecek yeni çalışmalara gerek olduğu sonucuna varılmıştır.

Konsol davranışını açıklayacak düşünce yapısı için öncelikle temel açıklama getirecek yeni deneysel verilere gerek görülmüştür. Ancak detayları açıklana deneysel çalışmalar sayesinde konsol davranışına fiziksel bir açıklama getirilmiş bulunmaktadır. Ayrıca taşıma gücü esas alınarak yeni bir metot geliştirilmiştir. Yeni yaklaşımla geliştirilen yöntem konsolları kısa konsol, normal konsol, uzun konsol gibi bölümlere ayırmaya gerek kalmamıştır. Konsollara getirilen fiziksel açıklama konsol deneyleri tarafından teyid edilmektedir [38].

6. BÖLÜM

ARAŞTIRMA OBJESİNİN SEÇİLMESİ

Yukarıda özetlenen araştırma sonuçları prefabrik yapıların davranışlarında bir kaç özelliklerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Deprem sırasında prefabrik binaların kolon kiriş birleşimlerinin ciddi hasar almasına yaygın olarak rastlanmaktadır. Şekil planda hasar karakterlerinin sınıflandırılması görülmektedir. Buna göre hasarlar kolon kiriş birleşim yerinde, eğilmede, basınç veya çekmede kesme etkisinde, kesmenin eğilme ile birlikte etkisinde, eğilme basınç birlikte etkisinde olduğu görülmektedir.



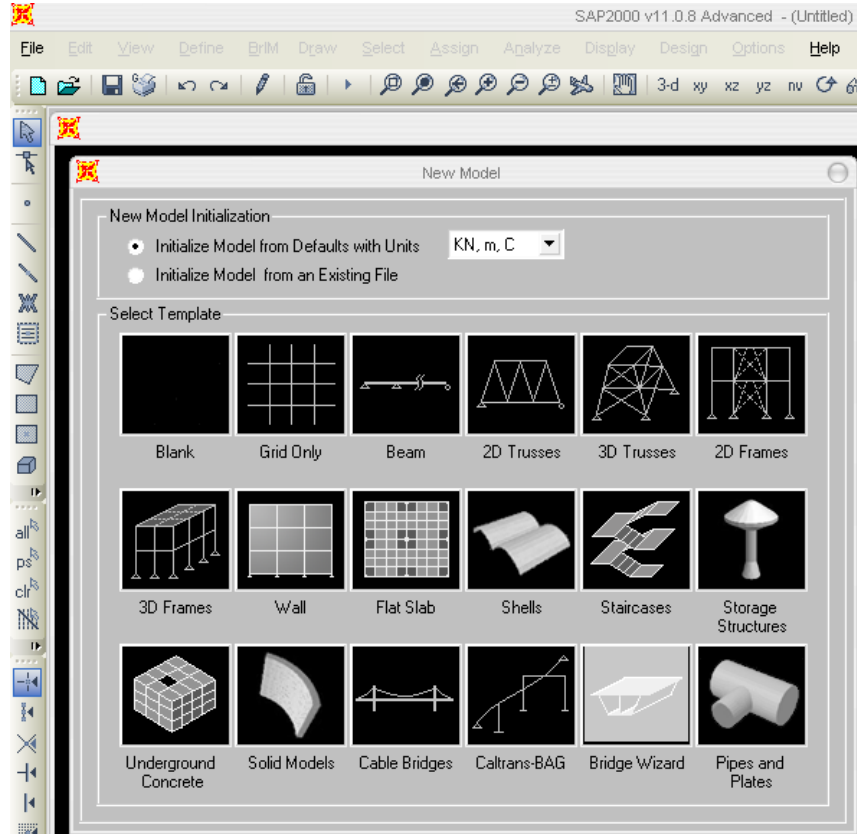
Şekil 6.1. Örnek Kolon

Kolon kiriş birleşme yerlerinde enkesit seçilmesi beton sınıfı belirlemesi donatılaşma karakterinin tayini büyük ölçüde kolon kiriş birleşim yerinde ve bu bölgeye yakın kolon veya kiriş kısımlarında gerilmelerin toplanmasına bağlı olacaktır. Buna göre kolon kiriş birleşim yerlerinde farklı, sabit veya kullanma yüklerinin etkisinde gerilmelerin dağılımını sap2000 programı ile incelenmiştir. Bunun için aşağıdaki şemalarda gösterilen hesaplama maddeleri verilmiştir.

7. BÖLÜM

KOLON-KİRİŞ BİRLEŞİM YERLERİNDE GERİLMELERİN HESAPLANMASI

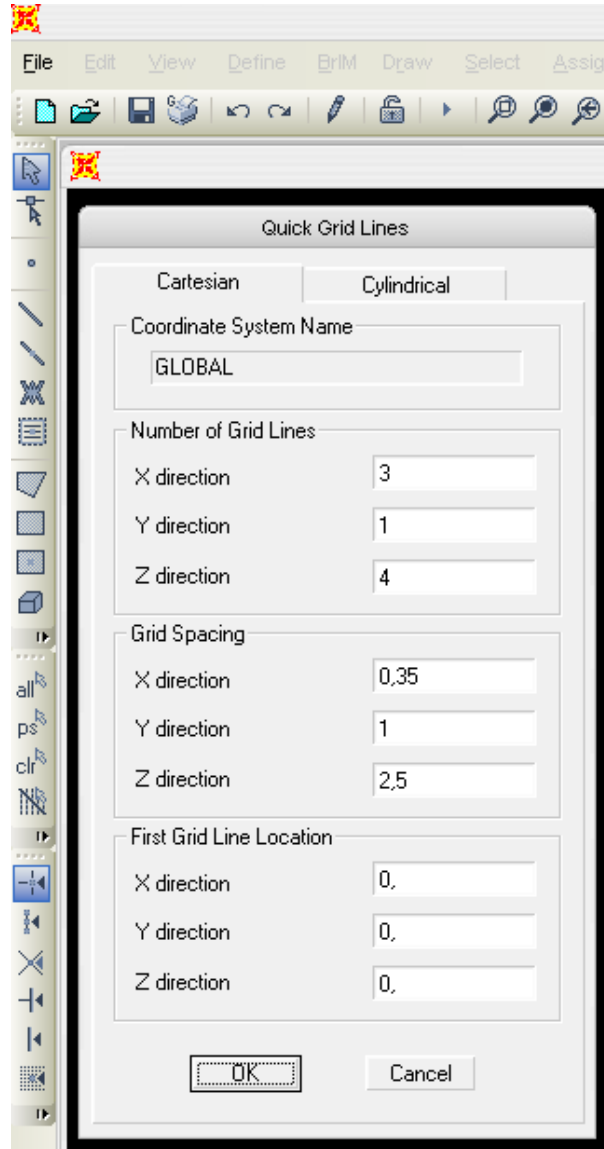
Sap2000 Programı kullanılarak konsol bölgesinin modellenmesi ve yük etkisinde gerilme dağılımının incelenmesi [39].



Şekil 7. 1. Grid Seçimi

Öncelikle yeni bir model oluşturmak için new models ikonundan aşağıdaki diyalog kutusu ortaya çıkar burada birim olarak Kn,m,C seçilir sonrasında ise grid only seçilir.(Şekil 7.1)

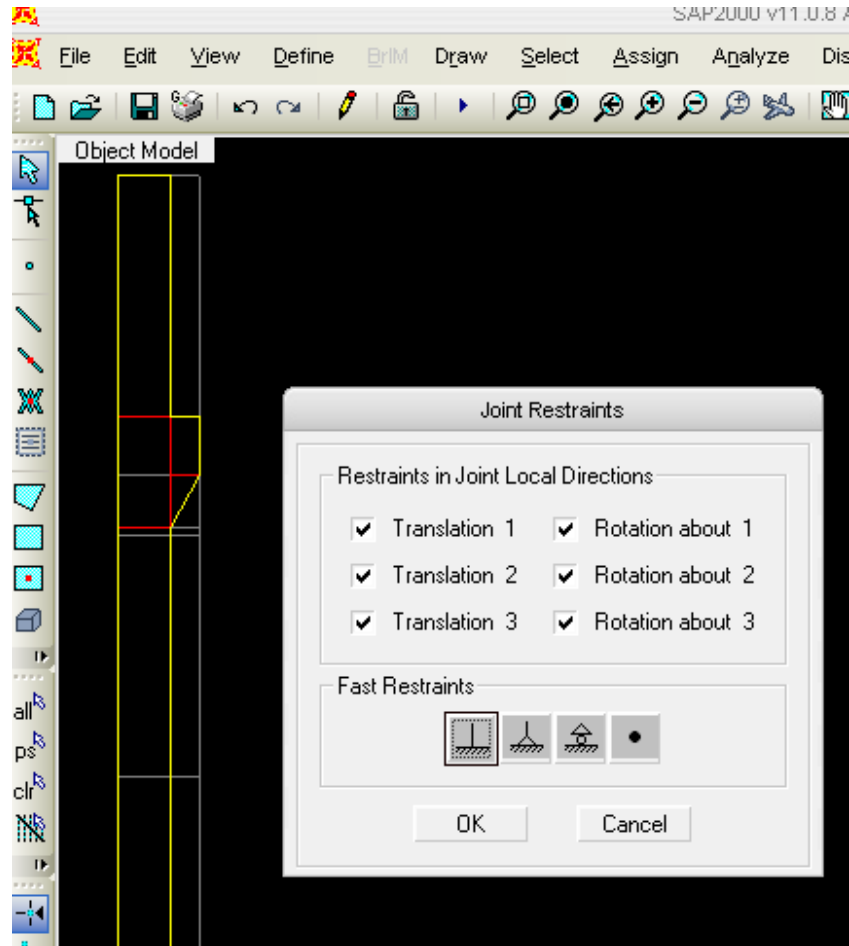
Daha sonrasında aks sayısı ve aks mesafeleri bilgileri ilgili yerlere yazılarak akslar oluşturulur (Şekil 7.2) .



Şekil 7. 2. Aks Sayısı ve Mesafeler

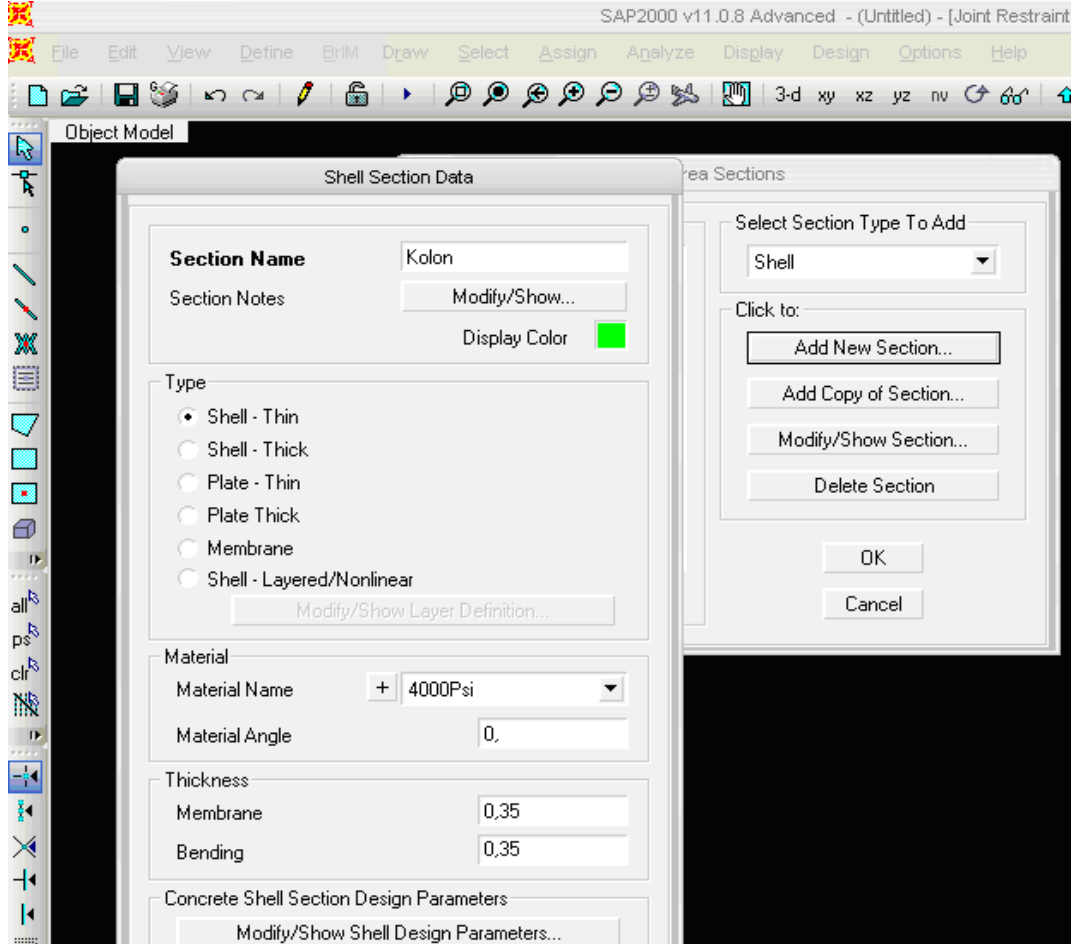
Draw üst menüsünden draw frame element seçilerek kolon sınır bölgeleri çubuk eleman gibi modellenir. Sonrasında gene aynı menüde area element seçilerek kabuk eleman modellenmiş olur.

Temel bölgesi seçilip Assign-Joint-Restraint seçilir ve açılan diyalog kutusundan ankastre temel tipi seçilerek işlem sonlandırılır. (Şekil 7.3)



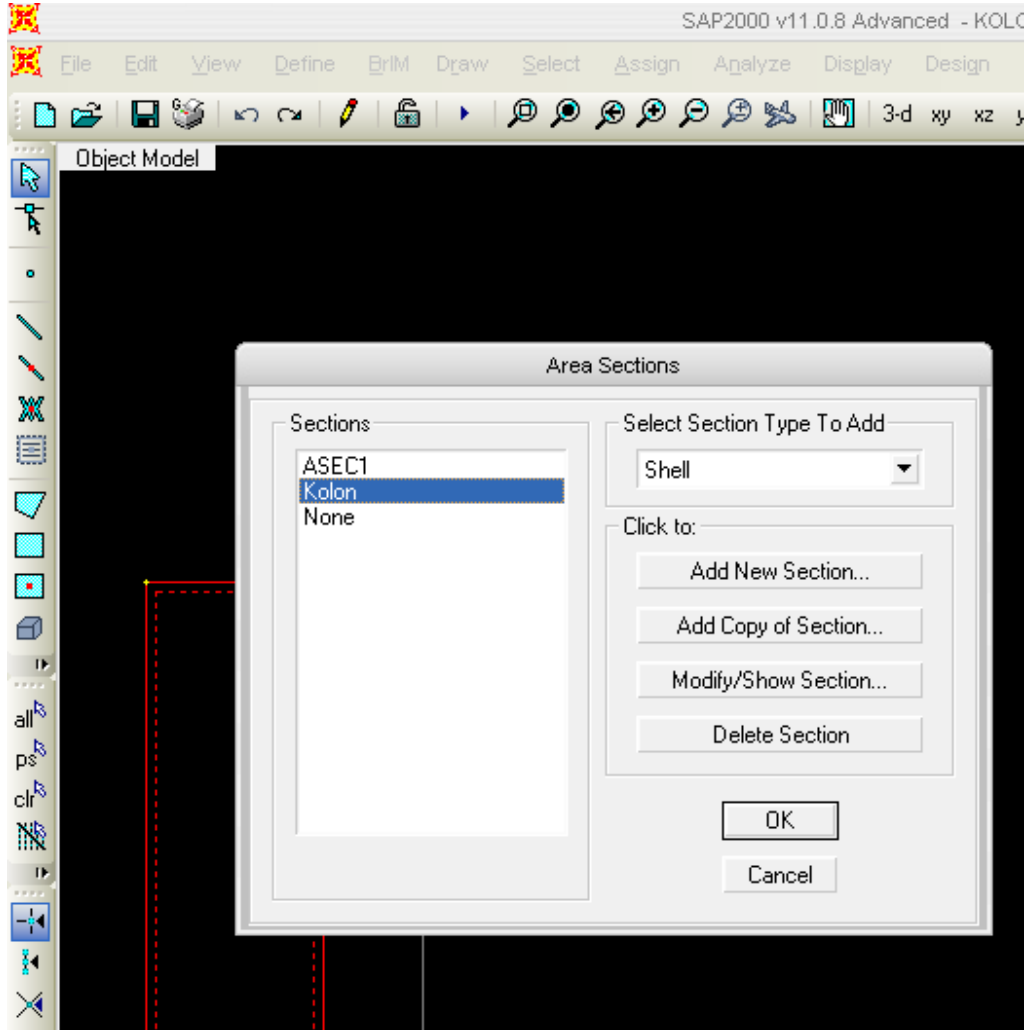
Şekil 7. 3. Mesnet Koşulları

Temel tipi seçildikten sonra sıra modelimizde oluşturduğumuz kabuk elemana kesit atamadır. Öncelikle Define-Area section kısmında kesit ile ilgili istenen bilgiler doldurulur ve oluşturduğumuz bu kesite kolon isimlendirmesi yapılarak işlem sonlandırılır. Burada kalınlık değeri 35 cm seçilmiştir (Şekil 7.4) .



Şekil 7. 4. Yeni Bir Kesit Oluşturma

Kesit tanımlaması yapıldıktan sonra kesit ataması yapacağımız alanlar mouse ile seçilir ve assign-area menüsünde açılan diyalog kutusundan oluşturduğumuz kolon en kesiti atanır (Şekil 7.5) .



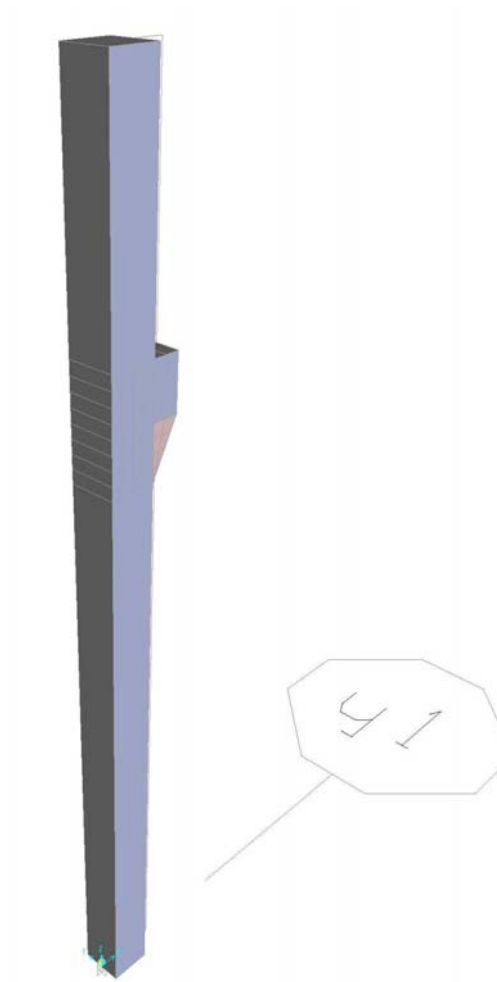
Şekil 7. 5. Kesit Atama

Oluşturduğumuz kabuk elemana kesit atamasından sonra incelemek istediğimiz konsol bölgesinin gerilme dağılımlarını bulmak için shell elemanlara ayrılır. Bu işlemde edit-area-divide ile açılan pencerede seçtiğimiz alanı kaç parçaya ayıracağımız belirtilir. Daha sonrasında konsol bölgenin tam ortasında etki eden 1 kN birim yük etkisinde analizi yapıp

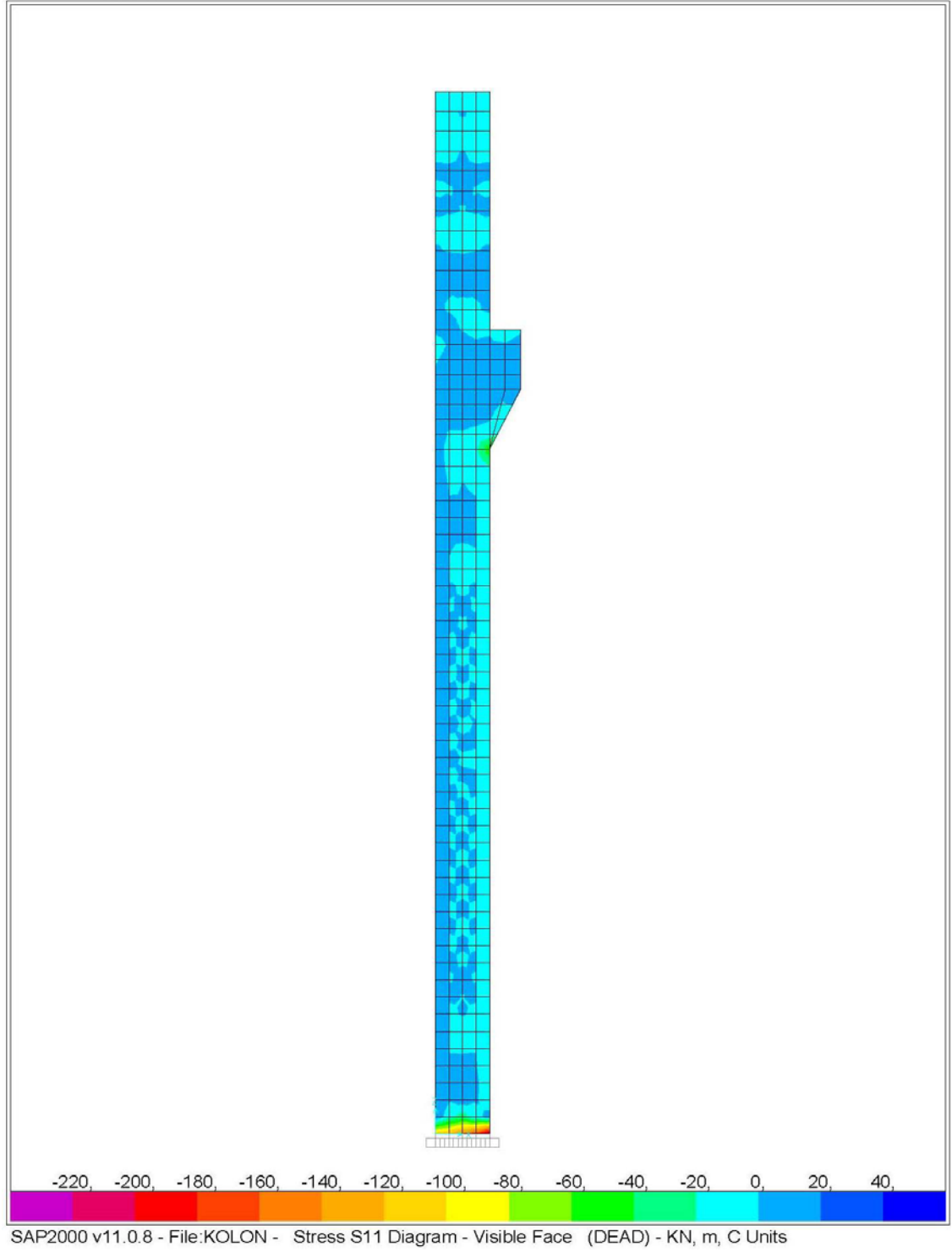
gerilme dağılımı şekillerini elde edeceğiz.

Oluşturulan model Şekil 7.6 ' da görülmektedir.

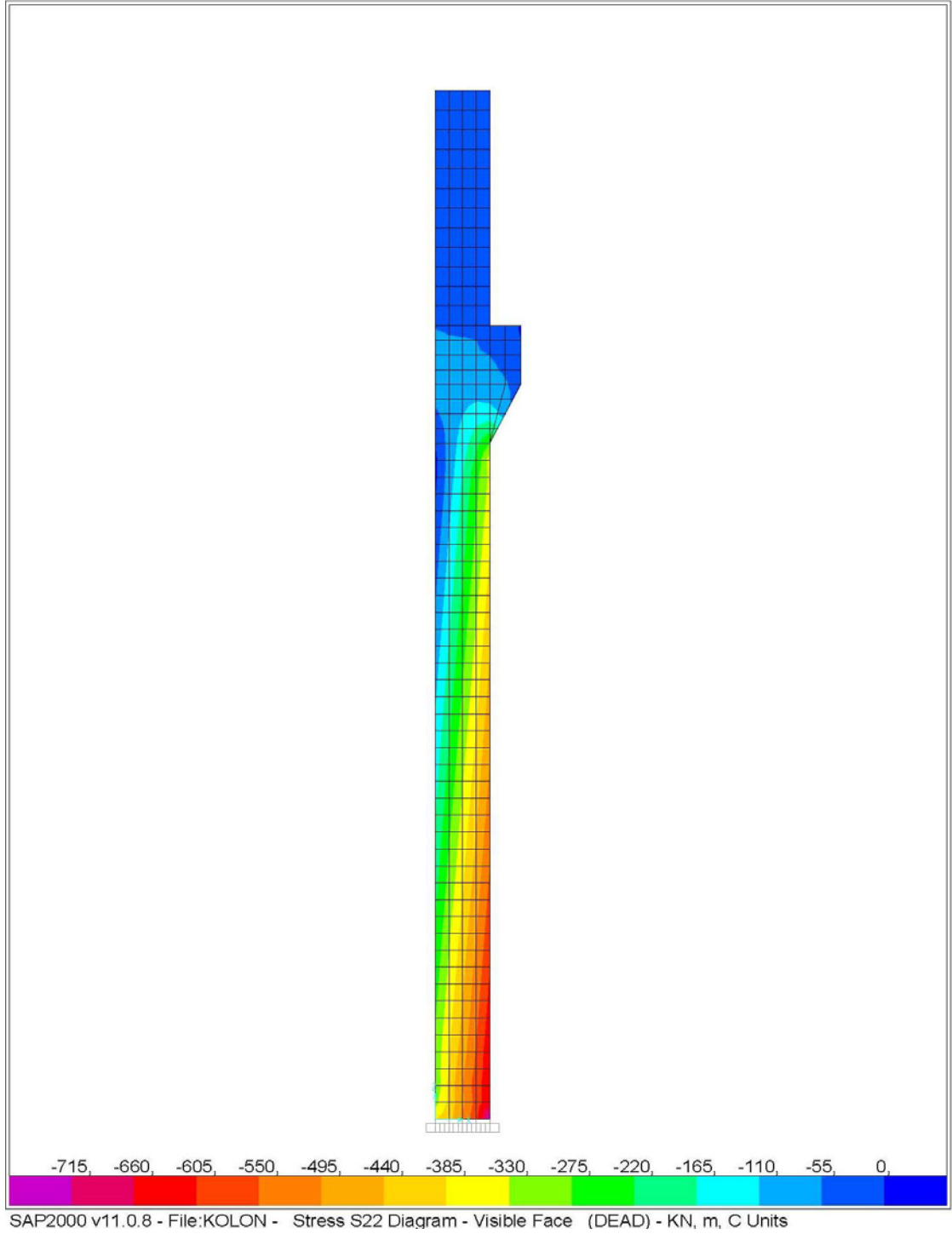
Gerilme dağılımları diagramları yüzeydeki gerilme degerlerine göre oluşturulmuştur. S11 enine yöndeki gerilme dağılımlarını, S22 ise boyuna yöndeki gerilme dağılımlarını ifade etmektedir. (Şekil 7.7 ve Şekil 7.8)



Şekil 7. 6 Oluşturulan modelin 3d görünüşü

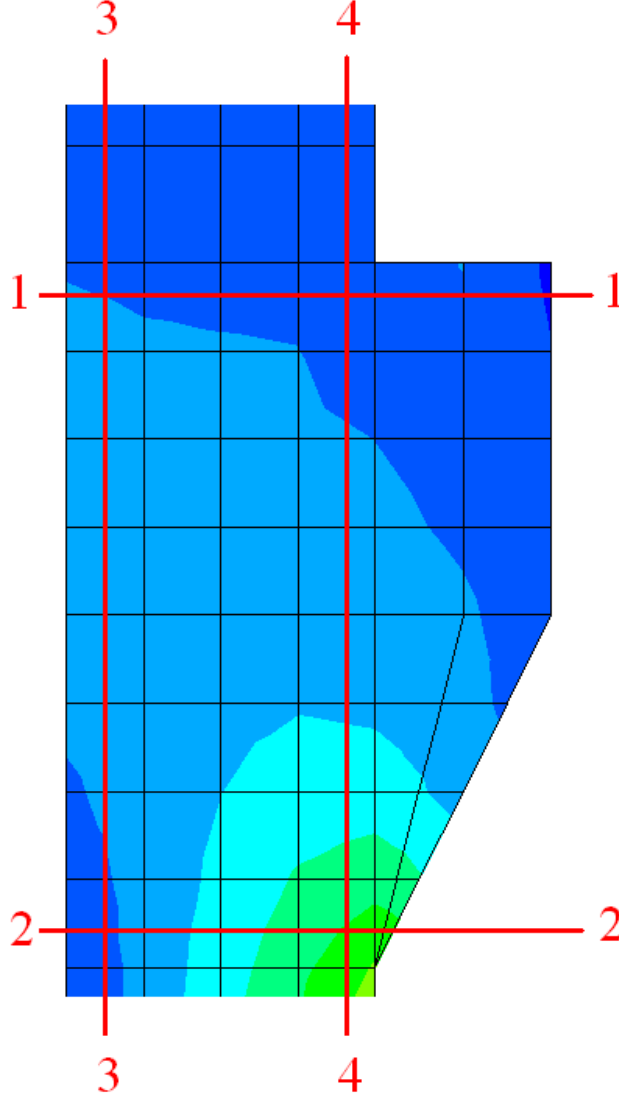


Şekil 7. 7. S11 Enine Yöndeki Gerilme Dağılımları kN.m.C



Şekil 7. 8. S22 Boyuna Yöndeki Gerilme Dağılımları kN.m.C

Gerilme degerleri bulunduktan sonra konsol bölgesinden 4 farklı kesit alınır. Şekil 7.9



Şekil 7. 9. Konsol bölgesi seçilen kesitler

1-1 kesitindeki elemam isimleri; 10, 14, 18, 22, 42, 46

2-2 kesitindeki elemam isimleri; 23, 27, 31, 35, 50, 54

3-3 kesitindeki elemam isimleri; 10, 9, 8, 7, 26, 25, 24, 23

4-4 kesitindeki elemam isimleri; 22, 21, 20, 19, 38, 37, 36, 35

Bu elemanlar üzerindeki gerilme değerleri aşağıdaki tablo 7.5’de verilmiştir.

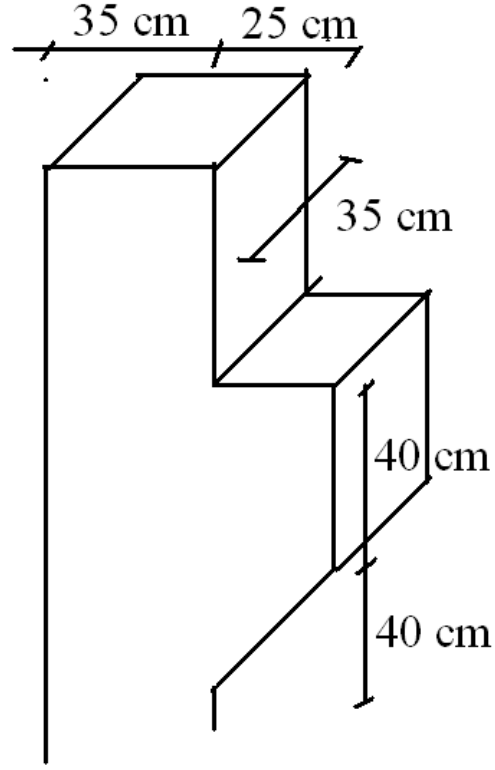
Tablo 7. 5 Gerilme Değerleri

	Area	S11	S22
		KN/m2	KN/m2
Kesit 1-1	10	4,00	-60,39
	14	4,42	-54,65
	18	3,26	-54,50
	22	2,56	-41,44
	42	-4,37	-40,57
	46	-3,01	-20,75

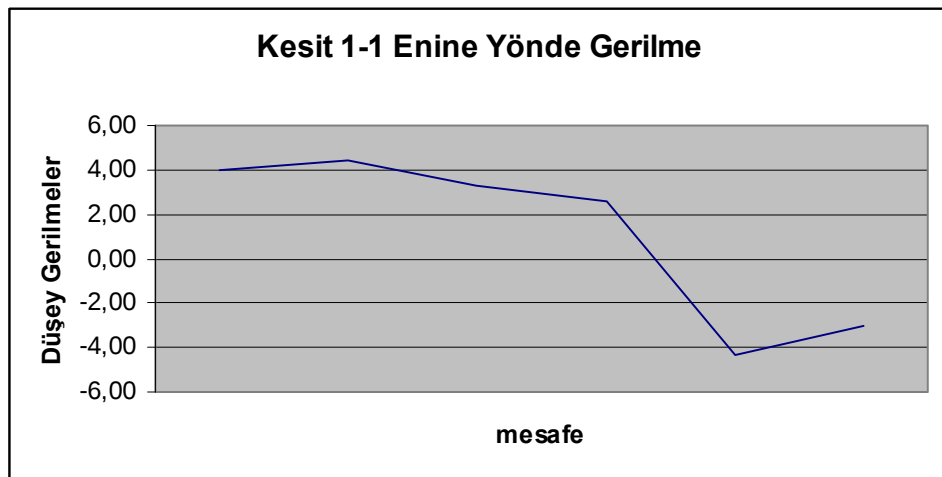
Kesit 2-2	23	-1,08	-44,57
	27	-4,96	-101,40
	31	-11,21	-159,61
	35	-15,88	-217,49
	50	-30,19	-248,37
	54	-47,13	-238,29

Kesit 3-3	7	0,95	-79,29
	8	0,67	-76,04
	9	-0,35	-69,53
	10	4,00	-60,39
	23	-1,08	-44,57
	24	0,21	-57,90
	25	1,16	-70,53
	26	1,29	-77,93

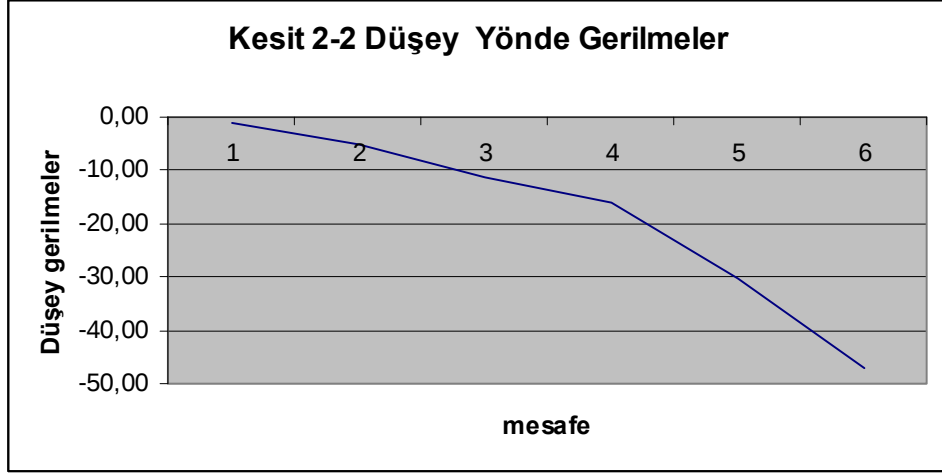
Kesit 4-4	19	9,27	-74,28
	20	7,23	-62,13
	21	2,99	-53,19
	22	2,56	-41,44
	35	-15,88	-217,49
	36	0,57	-152,71
	37	9,75	-114,55
	38	10,65	-90,68



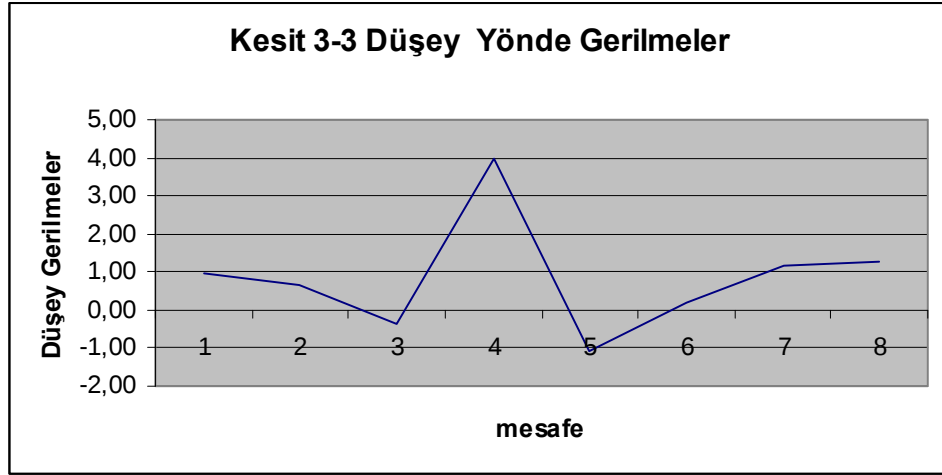
Şekil 7. 10. Konsol Bölgesinin Geometrik Ölçüleri



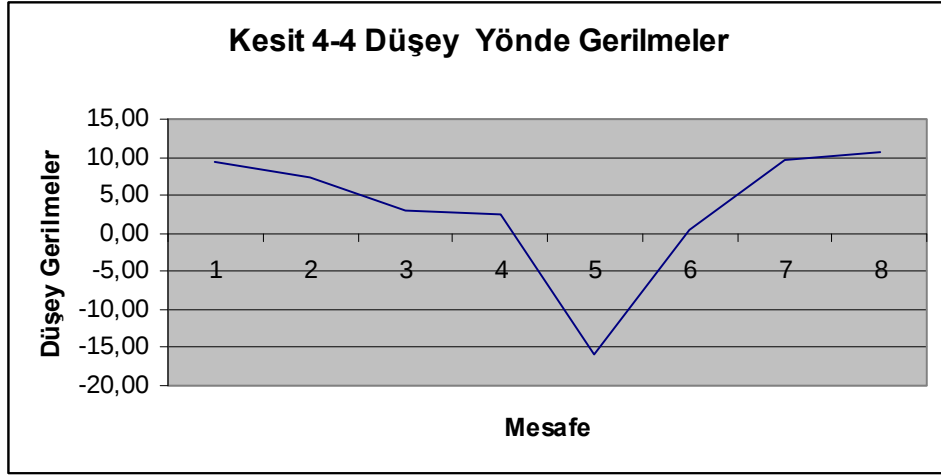
Şekil 7. 11. Kesit 1-1 Düşey Yönde Gerilme Değerleri



Şekil 7. 12. Kesit 2-2 Düşey Yönde Gerilme Değerleri



Şekil 7. 13. Kesit 3-3 Düşey Yönde Gerilme Değerleri



Şekil 7. 14. Kesit 4-4 Düşey Yönde Gerilme Değerleri

8. BÖLÜM

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tezde konu üzere yapılan araştırmaların sonuçları aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

a- Prefabrik yapılar aşağıdaki üstünlüklere sahiptir.

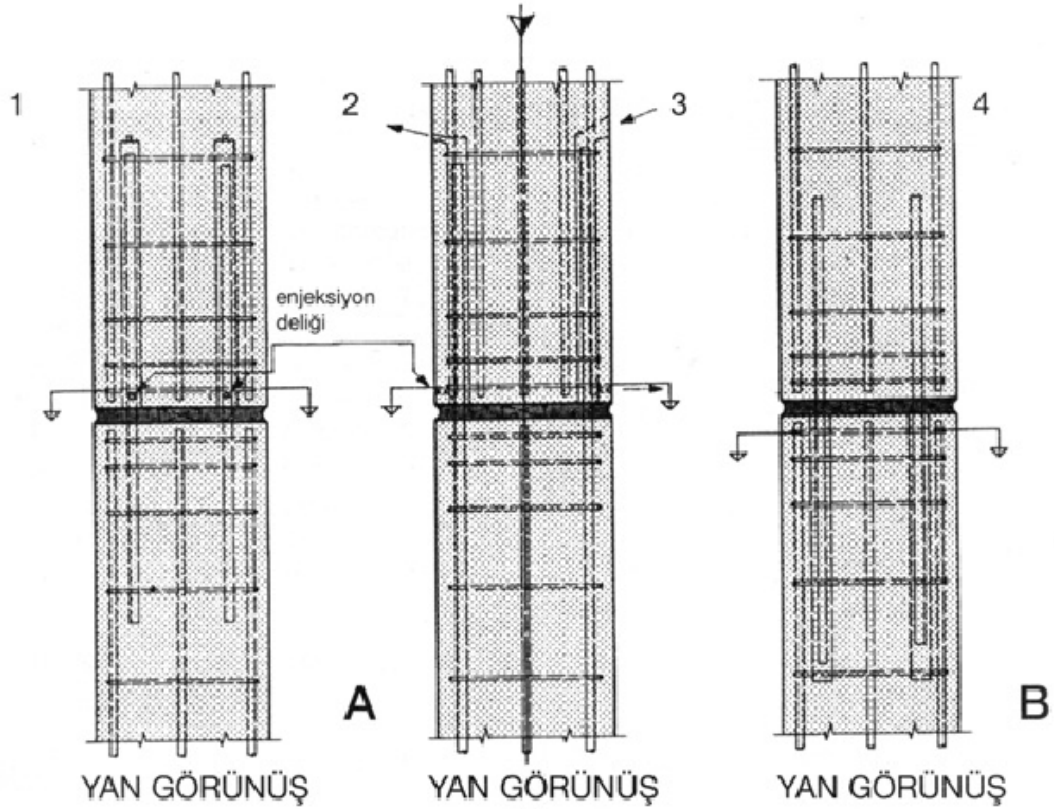
- Yapım tekniği sürekliliğinin mevsim şartlarına bağlı olmayarak sağlanması ve inşa zamanının kısalığı,
- Beton gibi çok uzun ömürlü, yangın, korozyon, sıcaklık değişimi, rutubet, rüzgâr yükleri ve titreşimler gibi her türlü olumsuz çevre şartlarında bile taşıma kapasitesini yitirmeyen bir malzemenin kullanılması.
- Üretim, fabrika şartlarının yapılamından dolayı kalite kontrolünün sağlanabilmesi nedeni ile oldukça yüksek dayanımlı C30 ve C40 sınıfı beton kullanılabilmesi.
- Öngerme tekniklerine olanak sağlaması ve geleneksel inşaata kıyasla daha ucuza mal olması gibi birçok faktör sayılabilir.

b- Yapılan prefabrik inşaat örneklerinin gelişmesini zorlaştıran aşağıda belirtilen özellikler söz konusudur.

- Prefabrik elemanların birleşimlerinin genellikle yaz ve kış aylarında gerçekleştirilmesi çok zordur (beton dökümü, korunması, donatı filizlerinin birleştirilmesi vb.) .
- Prefabrik elemanların birleşim yerleri genellikle deprem ve rüzgâr etkisinde daha erken plastik çalışma sınırını geçer ve sistemde plastik mafsalların oluşmasına neden olur.

- Birleşim yerlerinde etriyelerin şartname şartlarına göre yerleştirilmesi çoğu zaman mümkün olmamaktadır.
 - Farklı şartnamelerde buna bağlı olarak birleşim yerlerinde dökülen beton dayanımını, esas prefabrik elemanın beton dayanımına kıyasla bir üst beton sınıfı alınacaktır.
- c- Prefabrik yapıların tasarım örnekleri yapılan incelemelerde göstermiştir ki bu yapıların dizaynları (kapalı alanların işlevselliği, ekipmanların yerleşimi, tamir ve bakım için müdahale vb.) önceden geometrik ölçüleri belli olan prefabrik elemanlara bağlı kalarak yapılmaktadır, buda sınırlı bir dizayn oluşturmaktadır.
- d- Kolon-kiriş birleşimi (şekil) planda göz önüne alınmakta olan kiriş uç kısmındaki boşluğa kolon çıkıntısında bırakılan donatı filizlerinin yerleştirilmesi ile ve sonrada bu boşluğun çimento harcı ile doldurularak yapılan teşkil daha karmaşıktır ve enine çerçevenin çalışması sırasında daha hafif yükler etkisinde bile plastik mafsallık olarak geçebilmektedir.
- e- Prefabrik çerçeve sistemlerin dizaynında boyuna yönde düşey bağlantı elemanlarının gözönüne alınmaması yaygın olarak gözlenmektedir. Binanın boyuna yönde dayanımı kolon enkesitinin bu yönde dayanımına bağlı olarak temin olunmaktadır.
- f- Kolon-temel birleşimi ise temelde bırakılan sokete kolon alt kısmının yerleştirilmesi, boşluğa ise çimento şerbeti ile doldurulmasından oluşmaktadır.
- g- Yıkıcı depremlerin prefabrik yapılara etkisinin mühendislik araştırmaları aşağıdaki sonuçları ortaya koymuştur.
- Boyuna yönde binanın rijitliği, dayanım ve stabilitesini ancak kolon enketileri ile temin etmek mümkün değildir. Böyle yapıların binaları deprem süresince ciddi hasarlar olduğu 1998 Adana Ceyhan ve 1999 Marmara depremlerinde bir kez daha gözlenmiştir.
 - Binaya enine yönde deprem etkisinde daha yüksek beton dayanımına sahip olan soket içerisindeki kolon yatay kalıcı şekil değiştirme alıyor. Soket boşluğu ile kolon ucu arasında kalan beton harcı tabakası ise daha aşağıya dayanıma sahip olmasından dolayı bu şekil değiştirmeyi engelliyemiyor. Ayrıca kolon kiriş birleşimlerinde kolon çıkıntısından çıkan donatıların kiriş uç kısmındaki boşluğu üzere aşırı şekil

değiştirmelerin olması burada da plastik mafsalların oluşmasına neden olur. Böylelikle daha hafif yükler etkisinde (az şiddetli depremler etkisinde, hafif rüzgâr etkisi) enine çerçevenin kolon-temel ve kolon-kiriş birleşimleri plastik mafsala çevirebilir, etkiyen yükün daha sonraki artışında enine ereve mekanizmaya çevrilebilir.

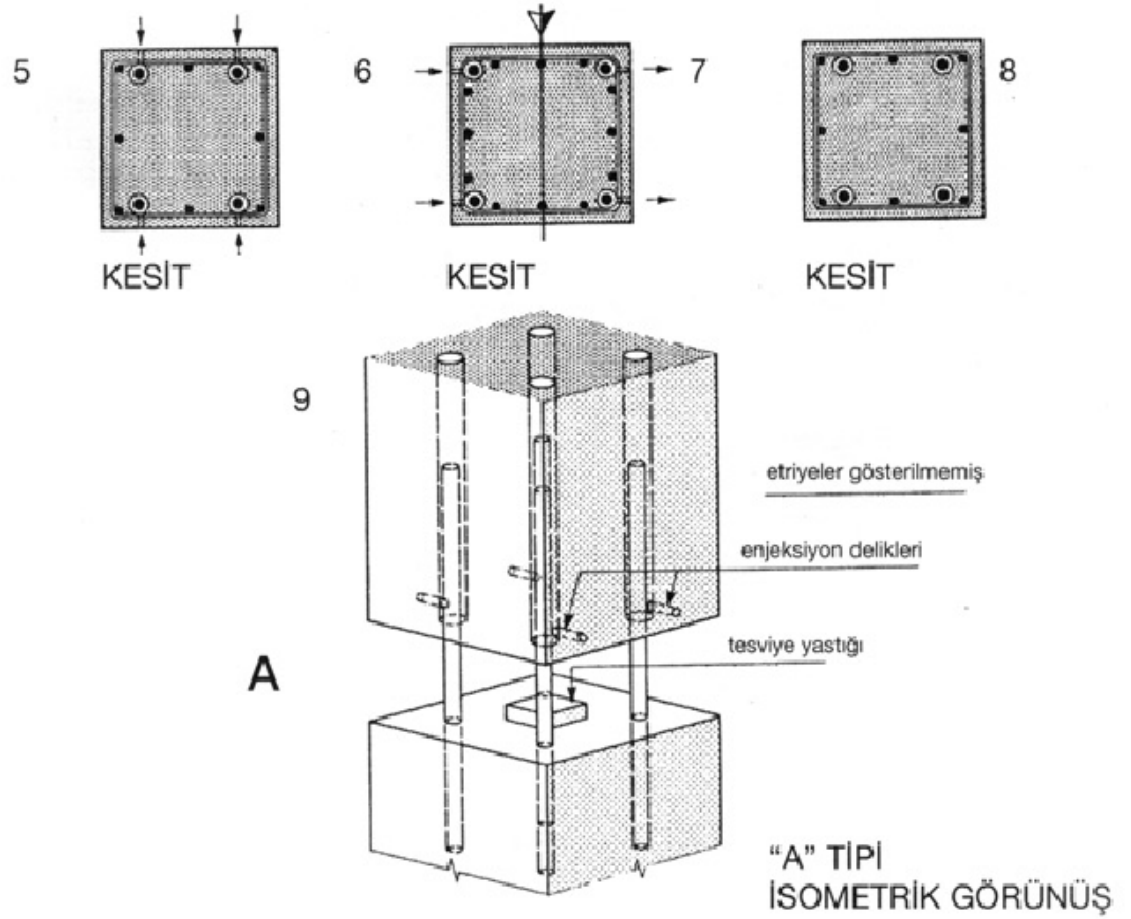


şekil 8.1. Birleşim Bölgesinin Yan Görünüşleri

- h- Prefabrik yapıların deprem süresince davranışlarını deprem şartnamesine uygunlaştırabilmek için aşağıdaki konstrüktif teşkillerin uygulanması gerekmektedir.
- Derz yerini iç kuvvetlerin (genellikle eğilme momenti) daha az olan kesitlere doğru kaydırılması daha doğru bir teşkil olabilir. Bunun için prefabrik yapı elemanları T , $\perp$ ve L şeklinde yapılarak gerçekleştirilebilir.

- Prefabrik yapı elemanlarının kolon-kiriş, kiriş-kiriş ve kolon –kolon birleşimleri monolitik birleşim şeması uygulanarak yapılabilir. Ankraj çubuklu kolon - kolon birleşimlerinde; üst kolonda bulunan yuvalara. Alt kolon filizleri ("A" tipi) veya üst kolondan çıkan ankraj çubukları, alt kolondaki yuvalara girmektedir ("B" tipi). Bu tip birleşimlerde oldukça büyük eğilme momentleri aktarılabilir.
- Şekil 8.1 ve 8.2 /1-3, 5-7 ve 9, "A tipi" için uygulanabilecek modelleri göstermektedir.
- Şekil 8.1/ 4 ve 8'de de ise "B" tipi birleşim gösterilmiştir. "B" tipi birleşimlerde, montaj işinin uzun sürmesi durumunda; paslanmaya neden olan, çubuklardan akabilecek su damlaları önlenmelidir.
- Kolonlardan çıkan uzun ankraj çubukları, taşıma işlerini zorlaştırır. Bunun önlenmesi için hem alt kolonda hem de üst kolonda ankraj çubuğu yuvaları olan ve ankraj çubuklarının montaj sırasında yerleştirilerek, yuvaların çimento şerbeti ile doldurulduğu birleşim yöntemi de kullanılabilir. Bu tipte alt ve üst kolonun birbiriyle aynı olması, prefabrikasyon tekniği açısından da bir avantajdır.
- Ankraj çubukları yerine, kolon ana donatıları da kullanılabilir (Şekil 8.1/ 2, 3. ve 8.2/6 , 7). Bu durumda alt ve üst kolon donatıları birbiriyle aynı olmamasına rağmen, iki ana doğrultuda da eşit moment aktarabilecek şekilde tasarlanabilirler.
- Üst kolon, yüksekliği ayarlanmış tesviye yastığı veya bir bulon üzerine oturtulur. Ayarlama ve destekleme işlerinden sonra, alt ve üst kolon arasında kalan boşluk ve donatı yuvaları 'Genel Bilgiler' 3.3.'te anlatılan yöntemlerden birisi ile çimento şerbeti ile doldurulur. Şekil 8.1 ve 8.2 / 1, 2, 5, 6 ve 9 enjeksiyon yöntemi ile doldurulan birleşim detaylarını gösterirken. Şekil 8.1/ 3 ve 7'de geleneksel doldurma yöntemi kullanılmıştır.
- Üst kolonun stabilitesi, birleşimdeki ve yuva boşluklarındaki çimento şerbeti yeterli dayanımı kazanıncaya kadar desteklerle sağlanmalıdır.
- Düşey kesme kuvveti aktarımını arttırmak için birleşimde nervürlü çubuklar kullanılmalıdır. Ayrıca, çubuk yuvaları da pürüzlendirilmelidir.
- "B" tipi birleşimlerde, çubuk yuvalarının döküntü ve pisliklerle dolmamasına özen gösterilmelidir.

- Kolonlardan çıkan ankraj çubukları dikkatle yerleştirilmeli ve çubuk yuvaları, arada yeterli pay kalacak şekilde düzenlenmelidir.
- Montaj işlerini kolaylaştırması için farklı boylarda kesilmiş çubuklar kullanılabilir



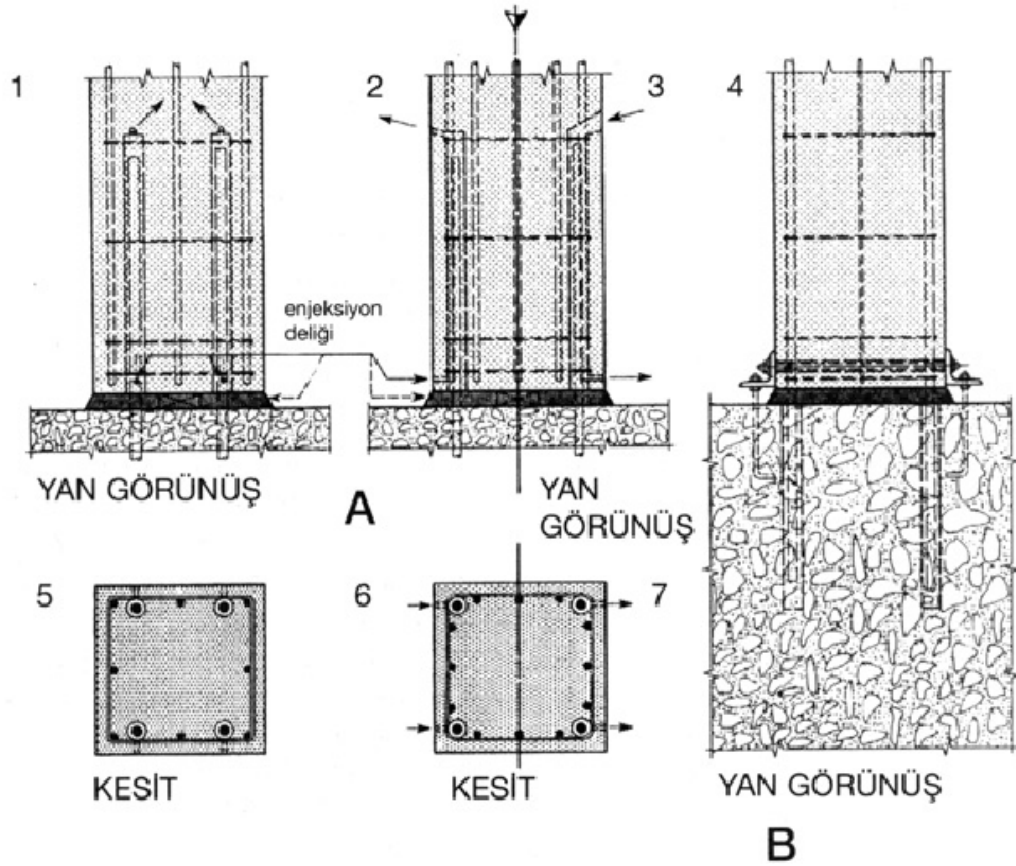
Şekil 8.2. Kolon-Kolon Birleşimi

- Kolon-temel birleşimleri kolonun bir kısmının (yüksekliğin yarısına kadar) temel donatısı ile süreklilik sağlayacak şekilde donatılaştırılması ve beraber beton dökülmesi ile monolitik kolon temel birleşimi sağlanacaktır. Bu şekilde kolonun temelden çıkıntı kısmında beton yüzeyi ve bırakılan filiz donatılarının yerleştirilmesi

şeması kolonların bu kısım ile ona birleşen üst kısım arasını monolitik birleşimini sağlayacak şekilde teşkil olunur [40].

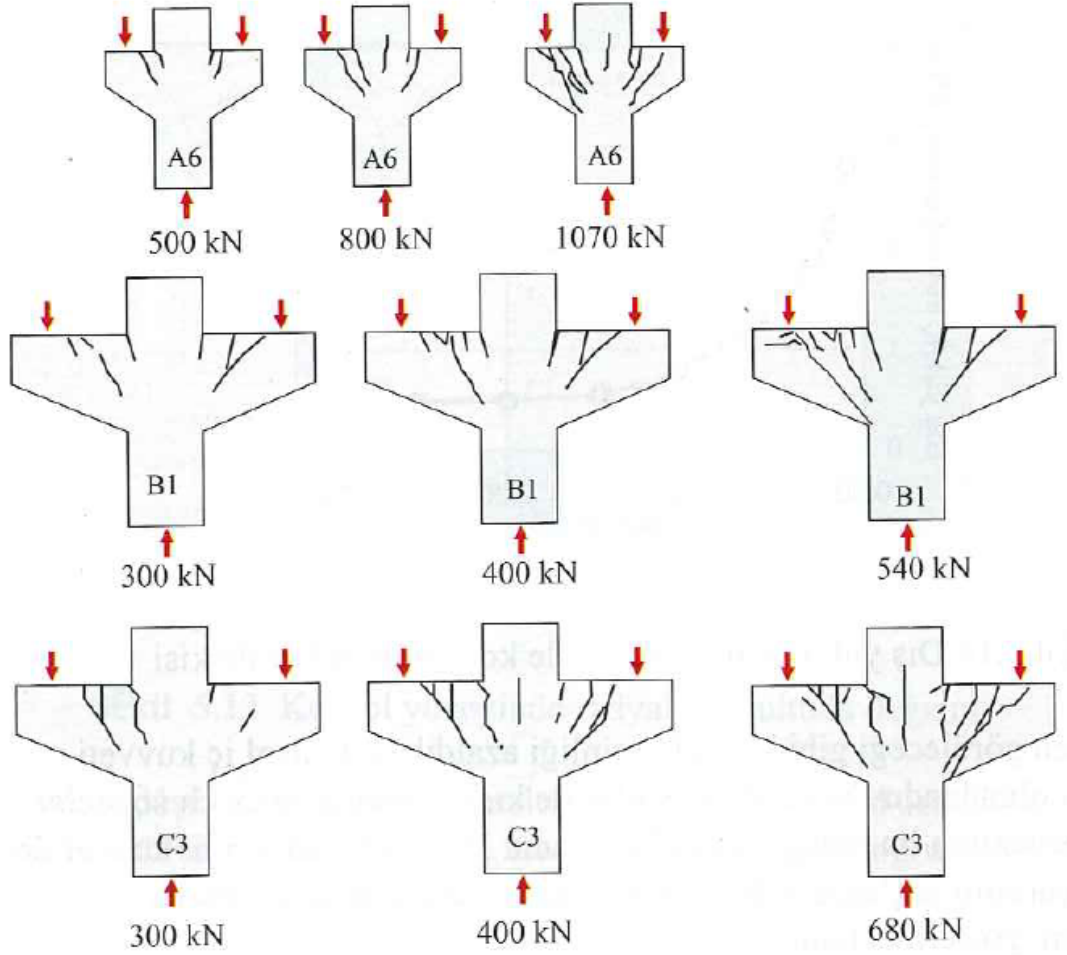
- Ankraj çubuklu kolon - temel birleşimlerinde, temelden çıkan çubuklar kolonda bulunan yuvalara ("A" tipi) veya kolondan çıkan donatı çubukları, temelde bırakılan yuvalara girmektedir. ("B" tipi).
- Bu tip birleşimler, temele büyük eğilme momentleri aktarabilir.
- Şekil 8.3 / 1-3 ve Şekil 5-8, "A" tipi, ankraj çubuklu birleşimler için uygulanabilecek örnekleri göstermektedir.
- Şekil 8.3/4 'te kolon donatı filizinin ankraj olarak temeldeki yuvaya girdiği "B" tipi bir birleşim gösterilmektedir.
- "A" tipi birleşimlerde kolon bir tesviye yastığı veya yüksekliği ayarlanmış bir ankraj çubuğu üzerine oturtulur. Kolon düşey ve yatay akslardaki yerine getirilip desteklendikten sonra, kolon - temel arasında kalan birleşim yeri ve donatı yuvaları çimento şerbeti ile doldurulur.
- Şekil 8.3 / 1, 2, 5, 6 ve 8, çimento şerbetini enjeksiyon yöntemi ile doldurma detaylarını Şekil 3 ve 7 ise geleneksel doldurma yöntemi detaylarını göstermektedir. Kısa kolonlarda stabiliteyi sağlamak için ankraj bulonu ile temele tutturulan köşebentler kullanılabilir (Şekil 36 / 4 ve 9). Birleşim ve çubuk yuvaları boşluklarındaki çimento şerbeti yeterli dayanımı kazanıncaya kadar kolonun stabilitesi sağlanmalıdır.
- "B" tipi birleşimlerde, önce temelde bulunan ankraj çubuğu yuvalarına kum çimento harcı ile doldurulur. Hemen arkasından, kolon yerine konularak Madde 3'de belirtilen yöntemle montajı yapılır. Çubuk yuvalarına doldurulan harcın dışarı taşmaması için gereken önlemler alınmalıdır.
- Kolonun altındaki derz, eğer çimento şerbeti ile doldurulacaksa, derz alanının temelin içinde bir havuz şeklinde oluşturulması gerekir.
- Düşey kesme kuvvetlerini aktarma kapasitesini arttırmak için ankraj olarak nervürlü donatılar kullanılmalı ve donatı çubuğu yuvalarının duvarları dişli olmalıdır.

- "B" tipi birleşimlerde, donatı çubuğu yuvaları sonradan açılabilir. Temelden çıkan çubuklar özenle yerleştirilmeli ve yuvaları bunlara uygun olarak konumlandırılmalı, yeterli tolerans bırakılmalıdır.
- Montaj işlerini kolaylaştırması için farklı boylarda kesilmiş ankraj donatı çubuklarının kullanılması tavsiye edilir. (Şekil 8.3)



Şekil 8.3. Kolon-Temel Birleşimi

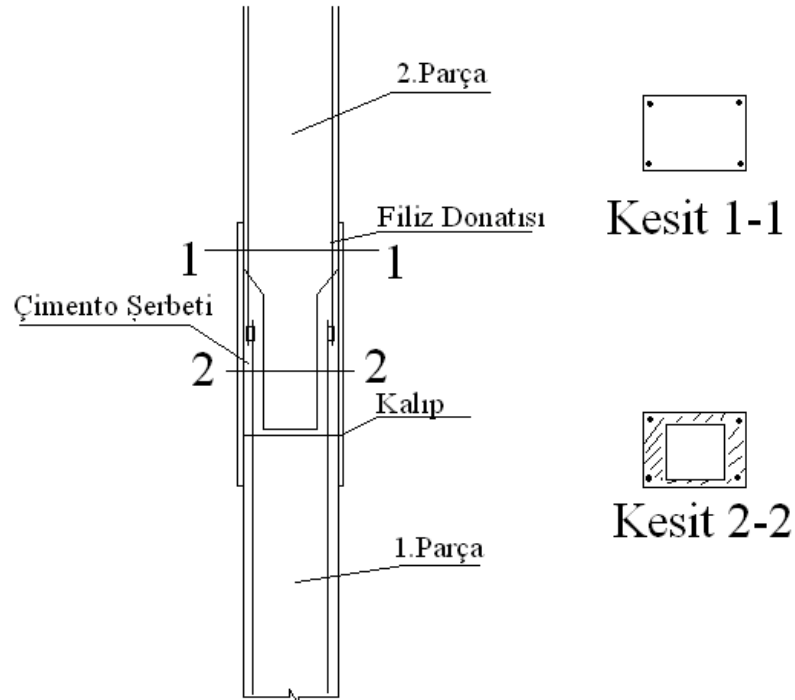
- i- Kolon –kiriş birleşimlerinin yıkıcı depremler süresince davranışının incelenmesi sonucu kolon çıkıntısı ile kolonun ana malzeme birleşim yüzeyinden kolon içersine doğru eğik çatlakları oluşmuştur.
- j- Kolon-kiriş birleşimlerinin Sap2000 programı ile sonlu elemanlar methodu kullanılarak hesaplanması birleşime etkiyen normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momentinden birleşim bölgesinde ve bu birleşim bölgesine bitişik olan kolon uç bölgelerinde ve kiriş uç bölgelerinde gerilme dağılımlarını tertip etmeye imkân vermiştir (Şekil 8.4) .



Şekil 8.4. Çatlak Bölgeleri [38]

- k- Yıkıcı depremler süresince oluşan çatlak karakterleri Sap 2000 programı kullanılarak sayısal olarak tertip olunan gerilme diyagramlarının karşılaştırılması sonucu gerilmelerin max toplandığı yerlerde (kesitlerde) çatlakların oluştuğunu göstermiştir.
- l- Ülkemizde prefabrik binaların yıkıcı depremler etkisinde bina kullanımını zorlaştıran aşırı deformasyonları ve kopmaları engelleme amacı ile aşağıdaki konstrüktif teşkiller tasarım pratiği için teklif olunmaktadır.

- Prefabrik çerçeve taşıyıcı sistemli binalarda enine ve boyuna yönde dış ve iç cephe duvarlarında rijitlik bağlantıları (rüzgâr bağlantıları) teşkili gerekmektedir. Bu bağlantılar çelik çaprazlar diyagonaller şeklinde olabilir. Betonarme predeler ile de bu sağlanabilir (Şekil 3.3).
 - Kolon –temel birleşimleri, kolon-kiriş birleşimleri, kiriş-kiriş birleşimleri monolitik bir şekilde teşkil olunacaktır. Bu zaman beton birleşim yerine dökülen betonun dayanımı birleşen elemanların beton dayanımından bir üst sınıf daha büyük seçilmelidir.
 - Kolon-kiriş birleşim yerlerinin donatılaştırılması Sap 2000 programı ile belirlenen gerilme diyagramlarına bağlı kalarak yapılacaktır. Yani gerilmelerin daha yaygın toplandığı yerlerde buna uygun olarak donatı sıkılaştırması gerekecektir.
- m- Şekil 8.1'deki detayların uygulamasında yaşanan sıkıntılardan dolayı bu detaya alternatif şekil 8.5'de bulunan detay daha uygulanabilir olmaktadır.

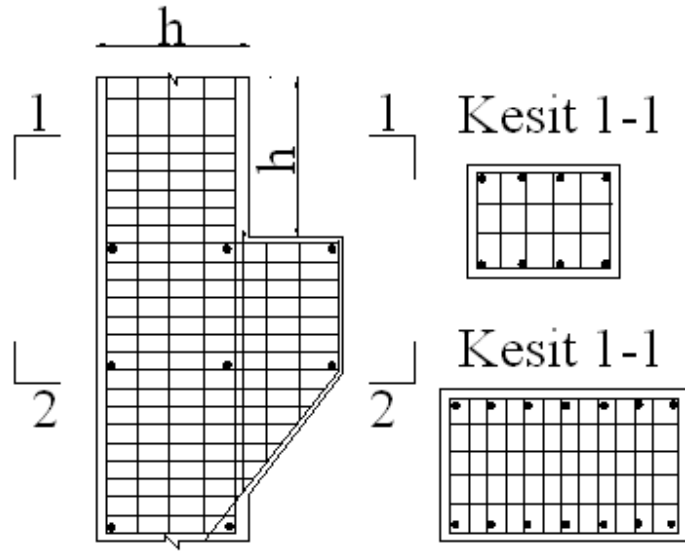


Şekil 8.5 Kolon-Kolon Birleşimi

- n- Sap2000 programı ile modellenerek konsol bölgesini düşey yük ile yüklediğimiz durumlarda kolonun bu kısmında hesaplanan gerilme dağılımı şekil 2.29’da verilmektedir.

Buna göre tayin olunan gerilme dağılımı şekil 8.4’de verilen çatlak oluşumu karakterine uygundur. Buna göre maksimum çekme gerilmeleri kolonun konsol bölgesinde gözlenmiştir.

- o- Sap2000 programı ile bulunan hesap sonuçları ve şekil 8.4’de gösterilen çatlak oluşumu karakterlerini göz önüne alarak konsol bölgesinin donatı teşkili şekil 8.6’de verilmektedir.



Şekil 8.5 Donatı Teşkili

KAYNAKLAR

1. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1975 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Ankara.
2. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Mart, 2007.
3. Hasol D., Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, YEM Yayınevi, İstanbul, 1993.
4. Karamızrak T., Prefabrike İnşaatın Üstünlükleri ve Öneriler, Prefabrike İnşaat Teknolojileri Sempozyumu, İstanbul, 1997.
5. Torun B., Prefabrike Sisemlerde Tasarım Maliyet İlişkisi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ FBE, İstanbul, 1987.
6. Şentürer, A., 1983, Endüstrileşmenin Bina Alanında Gelişimi ve Türkiye'nin Geçiş Dönemi Teknolojileri Üzerine Bir İnceleme, İTÜ MMLS Tezi.
7. Ersoy U., Tunkut T., Önüretimli Betonarme Yapılardaki Birleşimlerin Görünen ve Görünmeyen Sorunları, Prefabrike İnşaat Sempozyumu, Ankara, 1993.
8. Çolakoğlu H.K., Seismic Resistant Design of Precast Industrial Buildings, Y.Lisans Tezi, 2001.
9. Zorbozan M., Barka B., Sarıfakıoğlu F., Ceyhan Depreminde Prefabrike Yapılarda Görülen Hasarlar, Nedenleri ve Cozum Önerileri, Beton Prefabrikasyon, 48, 20-25, Ankara, 1998.
10. Kulaksızoğlu E., Mimarlık Alanında Çağdaş İnşaat Sistemleri Gelişimi Sonucunda Birleşim Sistemler Çeşitliliğinin Sıralama ve Açıklaması, Doçentlik Tezi, İTÜ, FBE, İstanbul.
11. Günerman H., Prefabrike Bina Sistemleri Prefabrike İnşaat Sempozyumu, İstanbul, 1997.
12. Baykal, G, Mekan Boyutlu Beton Paneller ile Prefabrikasyonda Karşılaşılan Sorunlar, İTÜ MMLS Tezi, 1981.
13. Sayan F., Prefabrike Betonun Dünyü, Bugünü, Sorunları, İnşaat Dünyası Dergisi, 2001.
14. Kozanoğlu C., Endüstri'de Kalite Devrimi ve Prefabrikasyon Yapı Teknolojisi, Prefabrike İnşaat Teknolojileri Semineri, İstanbul, 1997.
15. Prefabrik Birliği Kataloğu, TPB Yayını, Ankara, 1985.

16. Ayaydın, Y., Tasiyıcı Duvar Perdeli Prefabrike Yapılar, Yılmaz Ofset Matbaası, İstanbul, 1987.
17. Korkmaz H.H., Seismic Preformance of a Precast Concrete Connection Used in Turkey, Y.Lisans Tezi, 1998.
18. Kızılay V., Prefabrike Elemanlarının Düğüm Noktalarında Elastomer Mesnet Kullanımı, Prefabrikasyon Sempozyumu Bildirileri, İstanbul, 1993.
19. TS-500 Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, TSE, Ankara.
20. Özden K., Betonarme ve öngerilmeli Beton Prefabrike Taşıyıcı Eleman Sistem ve Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, 1998.
21. Dogan M., Mevcut Prefabrike Yapıların Deprem Dayanımlarının Belirlenmesi, 10.Prefabrikasyon Sempozyum Bildirileri, İstanbul, 2000.
22. Yüzügüllü Ö., Depreme Dayanıklı Prefabrike Yapı Tasarımında Son Gelişmeler, Beton Prefabrikasyon Dergisi, Sayı 34, 1995.
23. Karadoğan H.F., Yüksel E, İlki A. S., Darılmaz K., Gürol K., Çanak Temele Yerleştirilen Ön Yapım Kolonların Deprem Davranışı, 4.Ulusal Deprem Konferansı, ODTÜ, Ankara, 1997.
24. Yüzügüllü Ö, Prefabrik Yapılarda Birleşimlerin Deprem Preformansının Geliştirilmesi Konusunda Yapılan Çalışmalar, 7.Prefabrikasyon Sempozyumu Bildirileri, İstanbul, 1993.
25. Yüzügüllü Ö, Recent Development In The Seismic Performance of Connection in Precast Concrete Buildings, Earthquake Resistant Construction, Balkana, Rotterdam, 1994.
26. Türkiye Prefabrik Birliği, Prefabrike Betonarme Yapıların Tasarım İlkeleri Kılavuzu, Ankara, 1990.
27. Kahraman S., Sakar G., Işıklı Ç., Yeni Deprem Yönetmeliğinin Prefabrike Yapılara Etkisi, 10. Prefabrikasyon Sempozyumu, İstanbul, 2000.
28. Ersoy U, Precast Yapıların Deprem Etkileri Altında Davranışı, Prefabrike İnşaat Teknoloji Sempozyumu, İstanbul, 1997.
29. Celep, Z., Kumbasar, N., Deprem Muhendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul, 2000.
30. Küçükayalar S., Prefabrike Beton Çerçevesi Sistemlerin Deprem Esnasındaki Davranışının İrdelenmesi ve Alınması Gereken Önlemler, 10.Prefabrikasyon

Sempozyum Bildirileri, İstanbul, 2000.

31. Ersoy U., Tankut T., Özcebe G., 1999 Marmara ve Düzce Depremlerinde Gözlenen Ölümlü Yapı Hasarları, 10. Prefabrikasyon Sempozyum Bildirileri, İstanbul, 2000.
32. Eyyubov C., Geybullayev G., Koksall F., Yılmaz C., Prefabrik Karkas Binaların Deprem Süresince Davranışının İncelenmesi, X. Mühendislik Sempozyumu, Isparta, 1999.
33. Sucuoğlu H., Kuş Y., Prefabrike Çerçevelerin Deprem Davranışlarının Plastik Mafsal Oluşumu ile Kontrol Edilmesi, 7. Prefabrikasyon Sempozyumu Bildirileri, İstanbul, 1993.
34. Ataköy, H., 17 Ağustos Marmara Depremi ve TPB Uyelerince Yapılan Prefabrike Yapılar, Beton Prefabrikasyon, 52-53, 5-14, Ankara, 2000.
35. Sezen H., Seismic Performance of Industrial Facilities Affected by the 1999 Turkey Earthquake, 2006.
36. Arslan M. H., Prefabrike Endüstri Yapılarının Deprem Yüğü Etkisi Altında Davranışı, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2000.
37. TS-9967, Prefabrike Betonarme ve Öngerilmeli Betondanların Hesap Esasları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1992.
38. Kaplan A.S., Prefabrike Yapıların Hesap Metotları, İstanbul, 1998.
39. CSI 2000. Sap2000, Structural Analysis Program Nonlinear Version 11, User Manuals, Computers and Structures, Inc., California, USA.
40. Beton Prefabrike Elemanların Birleşim Detayları Cd, Türkiye Prefabrike Beton, Betonarme Yapı ve Elemanı Üreten Kuruluş Mensupları Birliği, Ankara, 1997.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Ankara'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Ankara'da tamamladı. 1999 yılında Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2005 yılında mezun oldu. Aynı yıl Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı ve halen öğrenimine devam etmektedir.

Adres : Tevfik Fikret Cad. 12/14
06460- Çankaya ANKARA
Telefon : +90 312 481 96 81
E-posta : saktikan@yuksel.net