

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**PREFABRİKE YAPILARDA KOLON - TEMEL BİRLEŞİMLERİNİN
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Sertaç HAMZAÇEBİ

**TEMMUZ 2011
TRABZON**

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

PREFABRİKE YAPILARDA KOLON – TEMEL BİRLEŞİMLERİNİN
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

İnş. Müh. Sertaç HAMZAÇEBİ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“İNŞAAT YÜKSEK MÜHENDİSİ”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 01.07.2011
Tezin Savunma Tarihi : 21.07.2011

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Selim PUL

Trabzon 2011

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Sertaç HAMZAÇEBİ tarafından hazırlanan**

**PREFABRİKE YAPILARDA KOLON-TEMEL BİRLEŞİMLERİNİN
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 05 / 07 / 2011 gün ve 1412 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından 21 / 07 / 2011 tarihinde yapılan sınavda**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. Selim PUL

Üye : Prof. Dr. Metin HÜSEM

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hasan KOLAYLI

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

“Prefabrike yapılarda kolon-temel birleşimlerinin deneysel olarak incelenmesi” konusundaki bu çalışmayı bana öneren, çalışmalarımın her aşamasında bana yardımını asla esirgemeyen, bana her konuda destek olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Selim PUL'a teşekkür ederim.

Çalışmalarımın tüm aşamalarında yardımlarını gördüğüm, başta Prof. Dr. Metin HÜSEM ve Arş. Gör. Mehmet Emin ARSLAN olmak üzere, lisans bitirme öğrencileri Sevilay GÜLER, Eren ÇAPÇIOĞLU, Pelin MET ve Emine PINAR'a ayrıca İnş. Müh. Engin GÜRAY'a ve deneysel çalışmalar sırasındaki katkıları için lisans öğrencisi arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca hayatım boyunca beni her zaman destekleyen ve maddi manevi hiçbir fedakârlıktan kaçınmayarak başarılarımda büyük pay sahibi olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

Sertaç HAMZAÇEBİ

Trabzon 2011

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum ‘‘Prefabrike Yapılarda Kolon – Temel Birleşimlerinin Deneysel Olarak İncelenmesi’’ başlıklı bu çalışmayı, baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Selim PUL’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri ve örnekleri kendim topladığımı, deneyleri ve analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

26/07/2011

Sertaç HAMZAÇEBİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ	IV
İÇİNDEKİLER	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ	XIII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Prefabrikasyonun Doğruları ve Yanlışları	2
1.2.1. Prefabrikasyonda Doğrular	2
1.2.2. Prefabrikasyonda Yanlışlar	4
1.3. Prefabrike Elemanlar	5
1.3.1. Kiriş Eleman	7
1.3.2. Kolon Eleman	11
1.3.3. Prefabrike Temeller	13
1.3.3.1. Yuvalı Prefabrike Temeller	13
1.3.3.2. Bulonlu Temeller	16
1.3.3.3. Filizli Temeller	16
1.3.3.4. Sürekli Prefabrike Temeller	17
1.3.4. Prefabrike Döşemeler	17
1.3.5. Prefabrike Merdivenler	20
1.3.6. Prefabrike Duvarlar	21
1.4. Prefabrike Birleşimler	23
1.4.1. Moment Aktaran Birleşimler	23
1.4.2. Mafsallı Birleşimler	29
1.4.3. Döşeme Birleşimleri	29

1.5.	Prefabrike Yapı Sistemleri	31
1.5.1.	Çerçeve Sistemler	32
1.5.2.	Panolu Sistemler	33
1.5.3.	Hücre Sistemler.....	34
1.5.4.	Kaldırılmalı Mentşeli Döşeme-Duvar Sistemleri.....	35
1.5.5.	Ardgerilmeli Döşeme – Kolon Sistemleri.....	36
1.6.	Yuvalı Temellerle İlgili Daha Önce Gerçekleştirilmiş Bazı Çalışmalar	37
1.7.	Çalışmanın Amacı.....	38
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	39
2.1.	Deneylerde Kullanılan Malzeme Özellikleri.....	39
2.1.1.	Agrega Özellikleri	39
2.1.2.	Çimento Özellikleri	40
2.1.3.	Kullanılan Kimyasal Katkı Maddesi	41
2.1.4.	Donatı Özellikleri	41
2.2.	Betonların Bileşimi.....	42
2.3.	Deneylerde Kullanılan Betonun Üretimi ve Kürü.....	43
2.4.	Deney Numuneleri Üretimi ve Kürü	45
2.5.	Deney Düzeneği ve Eğilme Deneyleri	54
3.	BULGULAR VE İRDELEMELER	57
3.1.	Çevrimsel Eğrilerin Elde Edilmesi İçin Gerçekleştirilen Deneyler	59
3.1.1.	PC-1 Deney Elemanı	59
3.1.2.	PC-2 Deney Elemanı	60
3.1.3.	PC-3 Deney Elemanı	63
3.1.4.	PC-4 Deney Elemanı	65
3.1.5.	PC-5 Deney Elemanı	67
3.1.6.	Monolitik (RC) Deney Elemanı	69
3.2.	Elde Edilen Bulguların İrdelenmesi	71
3.2.1.	Deney Elemanlarının Süneklikleri	73
3.2.2.	Deney Elemanlarının Enerji Tüketme Kapasiteleri.....	74
3.2.3.	Deney Elemanlarının Rijitlik Azalmaları	76
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	77
5.	KAYNAKLAR	80

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek lisans

ÖZET

PREFABRİKE YAPILARDA KOLON - TEMEL BİRLEŞİMLERİNİN
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Sertaç HAMZAÇEBİ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Selim PUL
2011, 82 Sayfa

Prefabrik yapılar da yuvalı temeller sıkça kullanılmaktadır. Atölyelerde önceden hazırlanmış prefabrik beton elemanlar şantiyeye nakledilmekte ve kolonlar önceden yerinde dökme betonarme teknikle hazırlanmış temel yuvalarına monte edilmektedir.

Çok açıktır ki, düşey yükler ve deprem ile rüzgâr etkilerinden kaynaklanan yatay yüklerin temel yuvasına doğru aktarılması yapı stabilitesi açısından oldukça önemlidir. Teknik literatürde bu konuyla ilgili sınırlı sayıda çalışma olması ve bu çalışmaların da birçok ön kabule dayanması sebebiyle belirli bir yuvalı temel bağlantı tipinin önerilmesi çok zordur.

Bu çalışmanın temel amacı, gerçek monolitik kolon-temel bağlantısına en yakın davranışı sergileyen soket bağlantı tipini tespit etmektir. Bu amaçla 5 ayrı kolon-temel bağlantı tipi üzerinde çalışılmış ve bu çalışmalarda kolona çevrimsel yanal yük uygulayarak tek eksenli eğilme altında, kolon-temel soket bağlantı ara yüzündeki etkiler gözlemlenmiştir. Deneylerde kolonlara eksenel yük uygulanmamıştır. Elde edilen çevrimsel eğriler üzerinden monolitik bağlantıya en yakın sonuçları veren bağlantı tipi tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Prefabrik kolonlar, Soketli bağlantı, prefabrik yapı elemanları, çevrimsel yükleme.

Master Thesis

SUMMARY

STUDY OF COLUMN AND SOCKET FOUNDATION CONNECTION JOINT
UNDER SIMPLE UNIAXIAL BENDING

Sertaç HAMZAÇEBİ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Program
Supervisor: Assoc. Prof. Selim PUL
2011, 82 Pages

Socket foundations are commonly used in precast constructions. Precast concrete components that are prepared beforehand are transported to build sites and columns are assembled to previously prepared socket foundations by the cast-in-place concrete technique.

It is fairly obvious, that transferring vertical loads and horizontal loads which are generated by earthquake and wind effects to socket foundation is quite important in terms of the stability of structures. It is hard to suggest a specific type of socket foundation connection because there is not a sufficient number of study in this field in technical literature and moreover those studies rely on pre-acceptances.

The main purpose of this study is to ascertain the type of socket connection which shows the closest behavior to real monolithic column-foundation connection. To this end, studies have been made on five different types of column-foundation connections and in these studies, results in column-socket connection interface were observed by applying cyclical lateral load under single axis bending. None axial load was applied on columns in experiments. The connection type which showed the closest result to monolithic connection was confirmed via cyclical graphs.

Key Words: Socket bases, precast members, uniaxial bending.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	Prefabrike yapı elemanları	6
Şekil 1.2.	Prefabrike aşık kirişleri	7
Şekil 1.3.	Prefabrike oluk kirişi.....	8
Şekil 1.4.	Prefabrike döşeme kirişi.....	8
Şekil 1.5.	Prefabrike kreyn kirişi.....	9
Şekil 1.6.	Prefabrike köprü kirişi.....	9
Şekil 1.7.	Prefabrike fener kirişleri	10
Şekil 1.8.	Prefabrike boşluklu makas	10
Şekil 1.9.	Bazı prefabrike kolon kesitleri.....	11
Şekil 1.10.	Prefabrike kolon türleri.....	12
Şekil 1.11.	Prefabrike kolon yapımında kullanılan bir kalıp	13
Şekil 1.12.	Prefabrike yuvalı tekil temel.....	14
Şekil 1.13.	Kolon-temel detay ve montajı.....	15
Şekil 1.14.	Bulonlu kolon-temel birleşim detayı	16
Şekil 1.15.	Filizli kolon-temel birleşim detayı.....	17
Şekil 1.16.	Prefabrike döşeme çeşitleri.....	18
Şekil 1.17.	Prefabrike döşeme üretim hattı ve makinesi.....	19
Şekil 1.18.	Prefabrike merdivenler.....	20
Şekil 1.19.	Prefabrike duvar panel elemanları ve montajı	22
Şekil 1.20.	Kolon-kiriş kaynaklı birleşim	24
Şekil 1.21.	Bulonlu kolon kiriş birleşimi	25
Şekil 1.22.	Ardgermeli kolon-kiriş birleşimi	26

Şekil 1.23.	İlave donatılı ıslak birleşim	26
Şekil 1.24.	Donatı kaynaklı ıslak birleşim	27
Şekil 1.25.	Dişli ıslak birleşim	28
Şekil 1.26.	Kuvvet aktaran kolon birleşimi.....	29
Şekil 1.27.	Kolon-kiriş mafsallı birleşimleri.....	30
Şekil 1.28.	Prefabrike döşeme birleşim detayları.....	31
Şekil 1.29.	Çerçeve sistem genel görünüşü.....	32
Şekil 1.30.	Prefabrike panolu sistem.....	33
Şekil 1.31.	Prefabrike hücre sistem.....	34
Şekil 1.32.	Kaldırmalı sistem.....	35
Şekil 1.33.	Ardgermeli prefabrike yapı inşaatı	36
Şekil 2.1.	Beton karışımında kullanılan agregaların granülometrisi.....	39
Şekil 2.2.	Üniversal deney aleti.....	41
Şekil 2.3.	Elektronik terazi.....	44
Şekil 2.4.	Düşey eksenli betoniyer	44
Şekil 2.5.	Beton presisi	44
Şekil 2.6.	Yuvalı temel-kolon numunelerine ait tipik şema	45
Şekil 2.7.	Kolon ve temel detayı	46
Şekil 2.8.	Çalışma kapsamında üretilen deney elemanları.....	47
Şekil 2.9.	Bir yuvalı temelin üretim aşamalarından görünüm	48
Şekil 2.10.	Prefabrike kolon donatıları ve beton dökümü.....	49
Şekil 2.11.	Kolonların ıslak çuvallarla kürü.....	49
Şekil 2.12.	PC – 1 nolu deney numunesinin temel birleşimi	50
Şekil 2.13.	PC – 2 nolu deney numunesinin temel birleşimi	50
Şekil 2.14.	PC – 3 nolu deney numunesinin temele yerleştirilmesi.....	51
Şekil 2.15.	PC – 4 nolu deney numunesinin dış detayı.....	52

Şekil 2.16.	PC-4 nolu deney numunesinin donatısı ve temelle birleştirilmesi.....	52
Şekil 2.17.	PC-5 numunesinin kolon ve temelne kaynaklanmış köşebentler	53
Şekil 2.18.	Deney düzeneği.....	54
Şekil 2.19.	Aktüatör-kolon bağlantısı	55
Şekil 2.20.	Potansiyometrik cetveller (LPDT) ve loadcell.....	55
Şekil 2.21.	Ölçüm sisteminin yerleşimi	56
Şekil 2.22.	TDG marka 32 kanallı veri kayıt sistemi (Data-logger)	56
Şekil 3.1.	Aktüatör kumanda paneli	57
Şekil 3.2.	Deneylerde uygulanan yükleme protokolü	58
Şekil 3.3.	Bir deney numunesinde (RC) oluşan çatlaklar	58
Şekil 3.4.	PC-1 numunesinin deney anındaki görünümü	59
Şekil 3.5.	PC-1 numunesinde kolonun yuvasından sıyrılması	60
Şekil 3.6.	PC-1 numunesinin yük-yerdeğiştirme ilişkisi.....	60
Şekil 3.7.	PC-2 numunesinin mafsallaşması	61
Şekil 3.8.	PC-2 numunesinin deney anındaki görünüşü	62
Şekil 3.9.	PC-2 numunesinin yük-yerdeğiştirme ilişkisi.....	62
Şekil 3.10.	PC-3 numunesinin deney anındaki görünüşü	63
Şekil 3.11.	PC-3 numunesinin kolon-temel yuvası birleşiminde kırılma	64
Şekil 3.12.	PC-3 numunesinin yük-yerdeğiştirme ilişkisi.....	64
Şekil 3.13.	PC-4 numunesinin deney anındaki görüntüsü	65
Şekil 3.14.	PC-4 numunesinde kırılma	66
Şekil 3.15.	PC-4 numunesinin yük-yerdeğiştirme ilişkisi.....	66
Şekil 3.16.	PC-5 numunesinin deney anındaki görünüşü	67
Şekil 3.17.	PC-5 numunesinin mafsallaşması	68
Şekil 3.18.	PC-5 numunesinin yük-yerdeğiştirme ilişkisi.....	68
Şekil 3.19.	RC numunesinin deney anındaki görünüşü	69

Şekil 3.20. RC kolonunda oluşan kırılma ve donatı burkulması.....	70
Şekil 3.21. RC numunesinin yük-yerdeğiştirme ilişkisi.....	70
Şekil 3.22. Çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkilerine ait zarf eğrileri	71
Şekil 3.23. Deney elemanlarının yatay yük taşıma kapasitelerinin karşılaştırılması	72
Şekil 3.24. Süneklik oranlarının belirlenmesi	73
Şekil 3.25. Deney elemanlarının enerji tüketme kapasiteleri.....	75
Şekil 3.26. Deney elemanlarının rijitlik azalmaları.....	76

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 2.1.	Agrega fiziksel özellikleri	39
Tablo 2.2.	Beton üretiminde kullanılan çimento nun bazı özellikleri	40
Tablo 2.3.	Kullanılan çimento nun kimyasal özellikleri	40
Tablo 2.4.	Nervürlü donatıların bazı mekanik özellikleri	41
Tablo 2.5.	Deney elemanlarının yapımında kullanılan beton birleşimi	43
Tablo 2.6.	Üretilen betonların 28 günlük dayanımları	45
Tablo 3.1.	Deney numunelerinin maksimum yük-yerdeğiştirme değerleri.....	71
Tablo 3.2.	Deney elemanlarının süneklik oranları	74
Tablo 3.3.	Deney elemanlarında gözlenen toplam rijitlik azalma oranları	76

SEMBOLLER DİZİNİ

f_{ck}	: Beton numunenin karakteristik basınç dayanımı
f_{cm}	: Beton numunelerin ortalama basınç dayanımı
f_{cd}	: Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ctd}	: Beton tasarım çekme dayanımı
f_{yd}	: Donatı hesap akma dayanımı
f_{ywk}	: Donatının karakteristik akma dayanımını
h	: Eğilme doğrultusundaki kolon boyutu
A_c	: Kolon enkesit alanı
A_{st}	: Toplam boyuna donatı alanı
A_t	: Enine donatı alanı
ρ_t	: Kolonlarda boyuna donatı oranı
ϕ	: Donatı çapı
ϕ_w	: Enine donatı çapı
ε	: Elemanın şekilgeçirmesi
W_c	: Betondaki çimento kütesini
W_a	: Betondaki agrega kütesini
V_w	: Betonda hapsedilmiş hava hacmi
V_h	: Betonda hapsedilmiş su hacmi

Not : Bu dizinde yer almayan bazı semboller, metin içinde ilgili yerlerinde açıklanmıştır.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

İkinci dünya savaşından sonra ortaya çıkan ekonomik kriz, uzmanlaşmış işçi eksikliği sebebiyle, birçok alanda olduğu gibi yapı sektöründe de, kalifiye işçi ihtiyacını azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmasının gerektirmiştir. Özellikle yapı maliyetlerindeki artış diğer endüstriyel ürünlere oranla büyük miktarda olmuş ve bunun sonucu olarak çok sayıda şantiye işçisinin şantiyelerde bulundurulması zorunluluğu bu durumu körüklemiştir. Sonuç olarak, planlar arasında ölçü birliğinin sağlandığı, standart yapı elemanlarını öngören prefabrikasyon yaklaşımı geliştirilmiş, seri üretime geçilerek maliyetten tasarruf yapmak olanaklı hale gelmiştir. Prefabrike (ön yapım) yapılar hızla gelişerek standart kolon, kiriş ve döşeme elemanları, duvar panelleri gibi çok sayıda elemanın seri olarak üretilmesi sağlanmıştır. Bu elemanlar fabrika koşullarında uygun standartlar altında üretilerek çok büyük işlerde prefabrike üretimin, inşaat sahasında veya yakınında yapılması olanaklı olmuştur. Özellikle ülkemiz Toplu Konut Yasası'nın yürürlüğe girmesi ile tek katlı yapı sistemleriyle sınırlanmaktan kurtulup, çok katlı prefabrike uygulamaları gerçekleştirilmiştir.(Amil, Aydın, 2004)

Prefabrike yapı elemanları çeşitlerinin gelişmesiyle, şantiyede bulunması gereken betoncu, demirci gibi grup işçilere gereksinim ortadan kalkmış, inşaat yapım süresi kısalmış, sadece temel pabuç işi ve hazır yapı elemanlarının montajı yapılır olmuştur. Fabrika koşullarında daha iyi nitelik kontrolüne ve daha yüksek beton dayanımına ulaşılabilmektedir. Hava koşullarından ve mevsimden etkilenmeden daha bağımsız inşaat yapımı sürdürülebilmektedir (Kaplan, 1998).

Yüksek düzeyde gerçekleşen enflasyonda prefabrikasyonun ilk maliyeti yüksek olmasına rağmen hızlı yapılaşmaya imkân sağlaması sebebiyle üretimi ve yapılarda kullanımı cazip hale gelmiştir. Bu koşullar altında hızlı bir gelişme alanı bulan prefabrike endüstrisine, deprem kuşağında bulunan ülkemiz için bazı çevrelerce kuşkuyla yaklaşmıştır. Bu çekincenin altında ise, ülkemizdeki prefabrike sektörünün uzun yıllar boyunca deprem kuşaklarında olmayan ülkelerin prefabrike sektörünü örnek alarak üretim

yapması ve Amerika Birleşik Devletleri vb. deprem kuşağındaki ülkelerin bu konuda çekimser kalması etkili olmuştur (Ersoy ve Tankut, 1988). Ancak, son yıllarda yapılan çalışmalar birleşim bölgeleri bilinçli tasarlanmış sistemlerin monolitik yapılar kadar dayanıklı olabileceğini göstermiştir.

Genel inşaat sektöründe prefabrikasyonun aldığı payı yaklaşık %7'dir. Sadece sanayi tesislerinin %80'inde prefabrike sistem kullanılmaktadır. Prefabrikasyonun konut üretiminde kullanım düzeyi (%1) oldukça düşüktür. Gelişmiş ülkelerde bu oran %75'nin üzerindedir. Sanayi tesislerinde prefabrike karkas sistemlerinin ve beton elemanlarının kullanılmasının nedeni olarak prefabrikasyonla büyük açıklıkların ekonomik olarak geçilmesi ve tesislerin çok kısa bir sürede tamamlanarak faaliyete geçmesi şeklinde ifade edilebilir. (Ekinci, Emine1, Özçetin, 2007).

Betonarme prefabrike iskelet sistemlerle tek katlı geniş açıklıklı ve çok katlı yapılar üretilmektedir. Ancak her iki üretim biçiminde, taşıyıcı sistem bütünü, eleman ve birleşim düzeyinde uygulanan çözümler ve sorunlar farklılaşmaktadır. Tek katlı geniş açıklıklı betonarme prefabrike sistemler ile üretimde; elemanlar fabrikada prefabrike olarak üretilerek, şantiyede montajı yapılmaktadır. Taşıyıcı sistem; kolon, giriş ve çerçeve elemanlarından oluşmaktadır. Bu sistemde duvarlar; bölücü, gerektiği durumlarda ise rijitleştirici eleman konumundadır (Ekinci, 1990, Ekinci, 1995; Gönül ve Demirel, 2003).

Bu çalışmanın amacı farklı kolon-yuvalı temel birleşimlerinin basit eğilme etkisi altındaki davranışlarının incelenmesidir. Yapılan bu çalışmada prefabrike yapı sistemi ve elemanları hakkında genel bilgiler verilmiştir.

1.2. Prefabrikasyonun Doğruları ve Yanlıları

Prefabrike yapıların üretimi ve inşasında birçok artı ve eksi yönler mevcuttur. Bu yönleri iyi irdelemek, projelendirme ve inşa sırasında dikkatli ve detaycı davranmak gerekmektedir.

1.2.1. Prefabrikasyonda Doğrular

Prefabrikasyon, planlamaya ve kontrole yatkın oluşu nedeniyle, inşaatlara yüksek hız, yüksek verimlilik ve yüksek kalite kazandırabilmekte ve sonuçta ekonomik olabilmektedir.

Prefabrikte binalar ve onların tüm elemanları, aynen monolitik binalarda olduğu gibi, depreme dayanıklılık bakımından, dayanım, süneklik ve katlar arası deplasman kriterlerini sağlamalıdır. Ancak, prefabrikte elemanların birleşim yerleri dayanım, süneklik veya deplasman bakımından, monolitik bir binanın davranışına kesinlikle benzememektedir. İşte bu fark, prefabrikte yapılarda birleşim yerlerinin önemini derhal ön plana çıkarır. Öyle ki, prefabrikte yapıların deprem güvencesi adeta birleşim yerlerinin güvencesi ile özdeşleşir. Denilebilir ki, eğer birleşim yerleri güvencede ise, prefabrikte yapı da güvencededir (Ekinci, Eminel, Özçetin, 2007).

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

- İnşa zamanının kısalığı,
- 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,
- Kalite kontrolün sağlanabilmesi nedeni ile yüksek dayanımlı beton üretilebilmesi,
- Öngerme tekniklerine olanak sağlaması,
- Geleneksel inşaatla kıyasla daha ucuza mal olması gibi birçok faktör sayılabilir.

Tekniğine uygun olarak üretilmiş betonarme prefabrikte 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. Ön germe tekniklerinin uygulanması halinde, geleneksel betonarme imalata göre,

- Daha az kesitlerle daha büyük açıklıkları geçmek,
- Sehim ve çatlak kontrollerinde iyi bir performans elde etmek,
- Malzemedan 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 prefabrikte yapıların bu emsalsiz üstünlüklerinin yanı sıra, onların en önemli bir özelliği, depreme karşı çok titiz ve dikkatli bir şekilde tasarlanmış olmaları gereğidir. Genellikle, betonarme prefabrikte elemanlar, tek başlarına depremde hasar görmeyecek kadar yüksek malzeme kalitelerine ve üstün dayanım gücüne sahiptir. Ancak, birleşim noktalarındaki zayıflıklar, bu çok sağlam elemanların oluşturduğu prefabrikte

taşıyıcı sisteminde, çoğu zaman beklenmedik hasarlara neden olabilmektedir. (Ekinci, Emine1, Özçetin, 2007).

1.2.2. Prefabrikasyonda Yanlıklar

Deprem davranışı açısından prefabrike ve bir döküm (monolitik) yapılar arasındaki en önemli farklılık, birleşim noktalarından kaynaklanmaktadır. İki prefabrike elemanın birleştirildiği noktalar deprem dayanım zincirinin en zayıf halkasını oluşturmaktadır (Ersoy, 1987).

Mafsallı düğüm noktaları enerji yutabilme ve süneklik açısından sistemin en zayıf yerleridir. Montajda kolaylık sağladığı ve üretim maliyeti bir hayli düşük olduğu için mafsallı düğümler, rijit bağlı düğümlere nazaran genelde çok tercih edilen bir bağlantı şeklidir. Ülkemizde, bir katlı endüstriyel yapılarda, bütün kirişler birbirlerine ve kolon başlarına mafsallı olarak bağlanırlar. (Ekinci, Emine1, Özçetin, 2007).

Kolonların alt başları temele ankastre bağlı 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 sünek olduğu için, plastik mafsallaşmanın kirişlerde oluşmasını esas alan monolitik yapılardaki başarılı sünek 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 Birliği Eurocode 8-98 yönetmeliğinde $R=2$ ve bazı hallerde $R=1.5$ olduğu halde (Tezcan ve Çolakoğlu, 2003), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 (DBYBHY-2007)'de bağlantı şekillerine göre R katsayısı 3 ile 7 arasında değişmektedir. Böylece, prefabrike yapılarımız güvensiz duruma düşmüş olmaktadır.

Prefabrike yapılarda sorunların en yoğun yaşandığı süreç, montaj aşamasıdır. 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 uzun oluşu, 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 (Ekinci, Eminel, Özçetin, 2007).

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 birdöküme (monolitik) eşdeğer yapılması gerekir. Eğer sistemde tüm yatay yükü alabilecek kapasitede perde duvar varsa, çerçeve elemanlarının bağlantılarının daha zayıf olmasında bir sakınca görülmez. 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. (Ekinci, Eminel, Özçetin, 2007).

1.3. Prefabrike Elemanlar

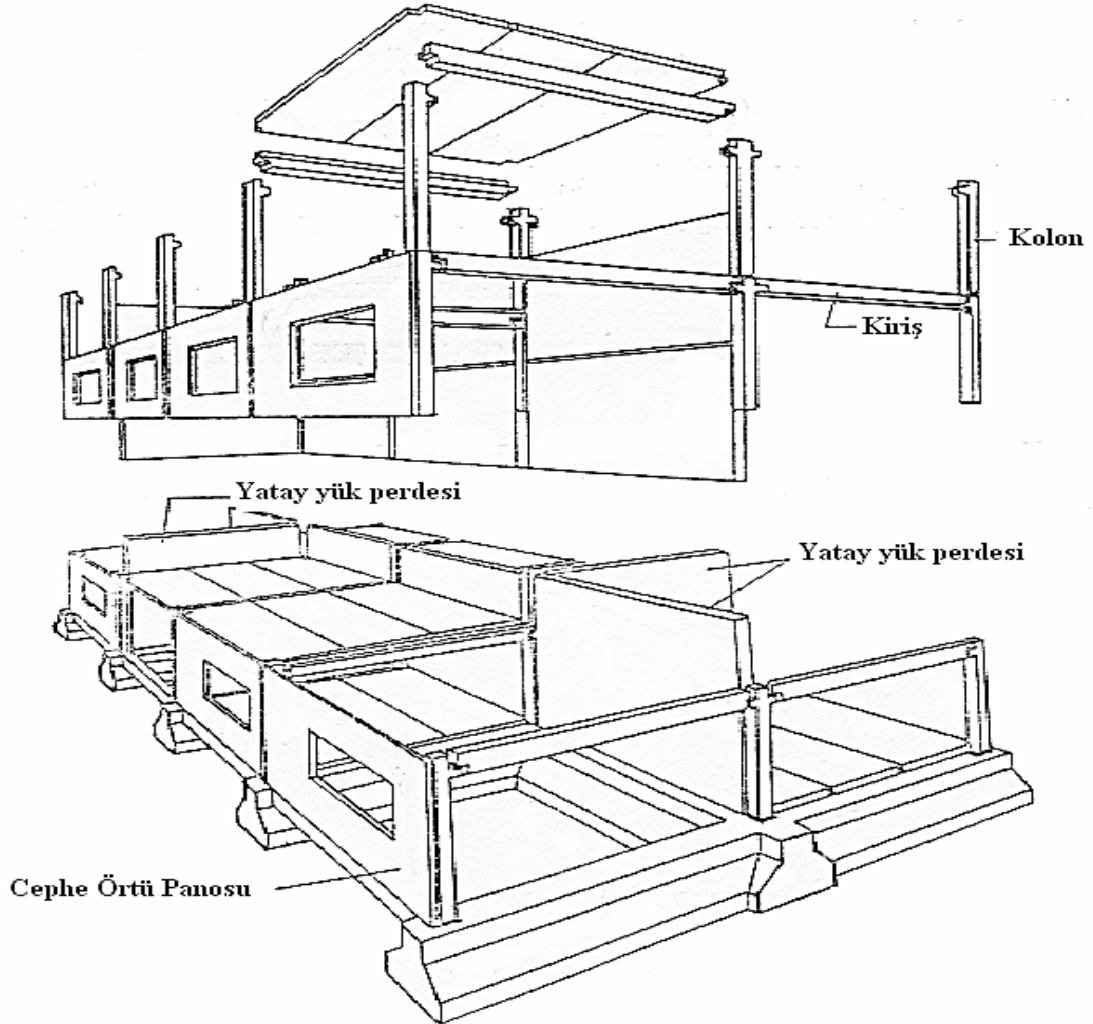
Prefabrike elemanlar, genel olarak kolon, giriş, panel, pano, hücre, asmolen, kazık, balkon korkulukları, merdiven, lento, denizlik, bordür, parke, travers, bariyer, menfez, menhol, boru, kanal, kanal ızgaraları, perde duvarı, çit direkleri, yer kaplaması, reklam panosu, durak, saksı, banklar, elektrik direği, aydınlatma direği, trafo binası, vb. yapımında kullanılabilirler (Şekil 1.1). (Amil, Aydın, 2004)

Prefabrike yapı elemanları, fabrika, atölye gibi nitelik kontrolü ve standardizasyonun kolay olduğu yerlerde hazır kalıplarda seri olarak üretilen, tipik betonarme, öngerilmeli ve ard gerilmeli betonarme elemanlardır.

Prefabrikasyon denilen teknikle hazırlanan bu yapı elemanları inşaat yerine taşınarak vinç v.b. araçlarla montajı yapılan, bu işlemler dolayısıyla da özel olarak tasarlanmış ve projelendirilmiş taşıyıcı sistemleri oluştururlar (TS 9967). Burada dikkat edilmesi gereken nokta, prefabrike elemanların taşınması ve montajı sırasında elemanda ortaya çıkabilecek

gerilmelerin bitmiş yapıda oluşan etkilerden daha büyük olabileceği olasılığıdır. Bu geçici durum için gerekli önlemler alınmalı ve bu gerilmeleri karşılayacak donatı konulmalıdır (Ersoy, 1995).

Prefabrike yapı, genel olarak taşıyıcı sisteminin tamamı prefabrike betonarme, öngerilmeli veya ard gerilmeli betonarme elemanlardan oluşan, konut, otel, okul, yurt, sağlık tesisleri, depo, katlı otopark, ticaret merkezi, hayvan barınağı v.b. yapılardır. Bu yapıların taşıyıcı sistemleri, kolon-kirişlerden, taşıyıcı panolardan ve bunların birleşiminden oluşur. (Amil, Aydın, 2004)



Şekil 1.1. Prefabrike yapı elemanları (Sezer, 2006)

1.3.1. Kiriş Elemanlar

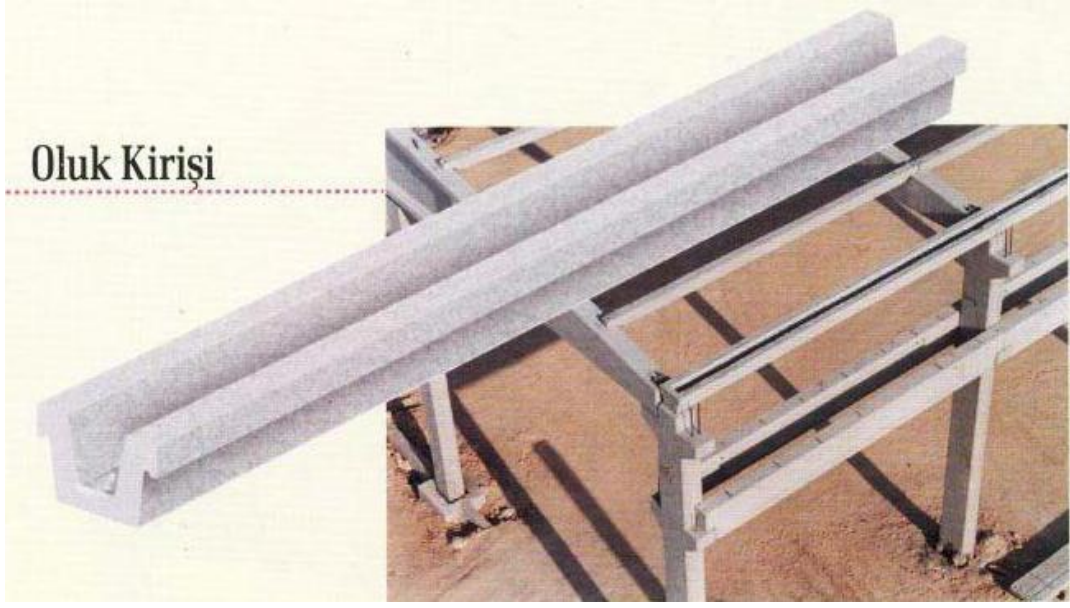
Bu elemanların kesit şekillerini etkileyen bazı faktörler vardır. Bunlar;

- Seçilen statik sistem
- Geçilecek açıklıklar
- Ön germe yapma yeteneği
- Üretim yeri ve metodu
- Kalıp ve işçilik imkânları
- Üretilecek serinin büyüklüğü
- Yapılması istenen tesisat bağlantıları
- Kiriş üzerine oturan aşıklar, çatı plakları ve şed kirişleri
- Ana kirişe ayrıca oluk, vinç kirişi, klima kanalı gibi ek görevler yüklenip yüklenmeyeceği gibi unsurlar belirleyici oluyor.(Gürer, 2008)

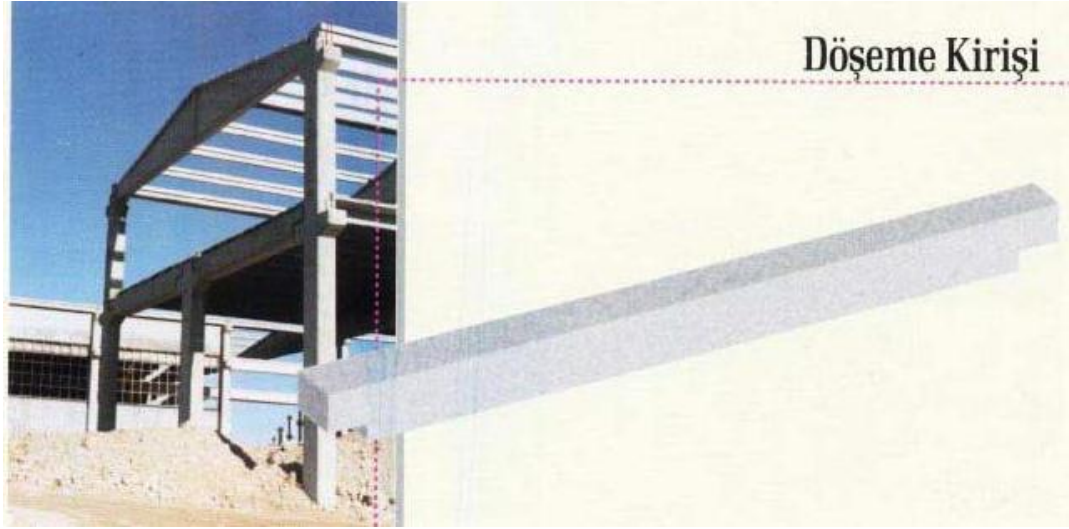
Çeşitler; (Şekil 1.2-1.8; Sezer, 2006)



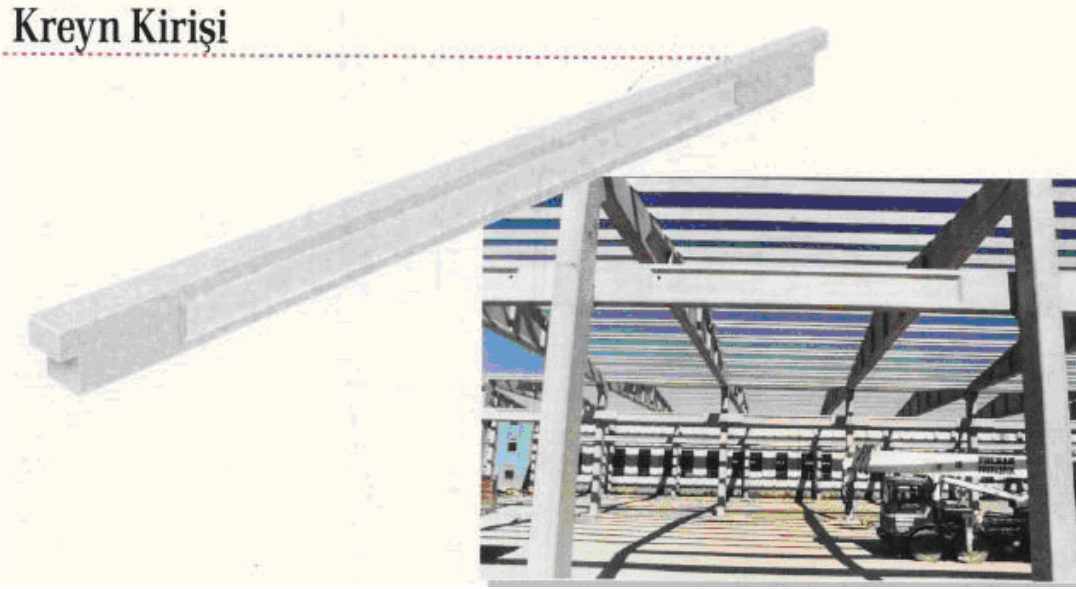
Şekil 1.2. Prefabrike aşık kirişleri



Şekil 1.3. Prefabrike oluk kirişi



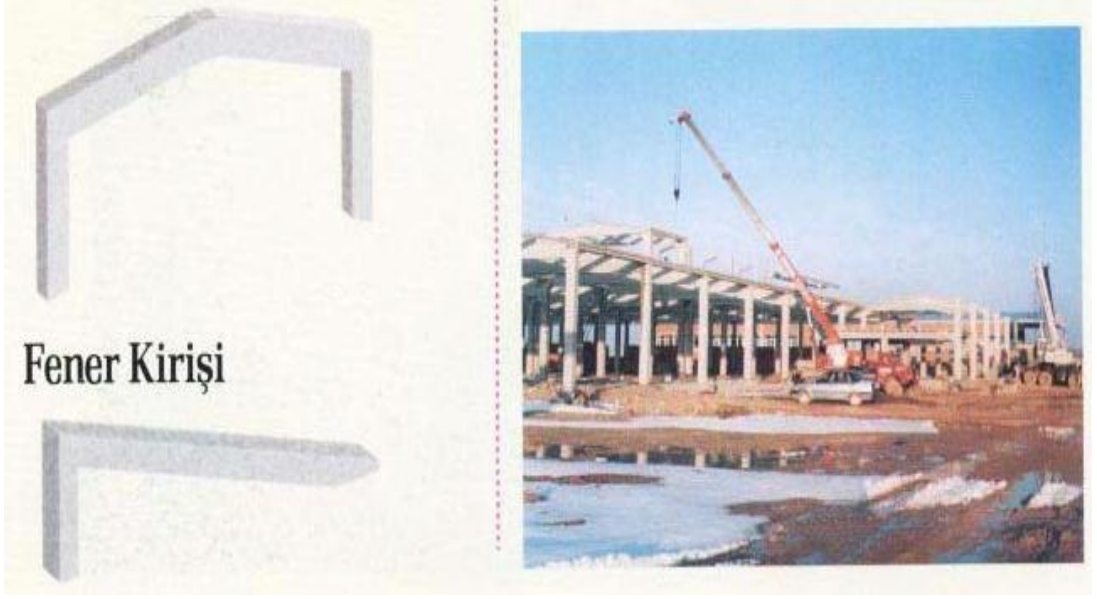
Şekil 1.4. Prefabrike döşeme kirişi



Ŗekil 1.5. Prefabrike kreyn kirişi



Ŗekil 1.6. Prefabrike köprü kirişi



Şekil 1.7. Prefabrike fener kirişleri

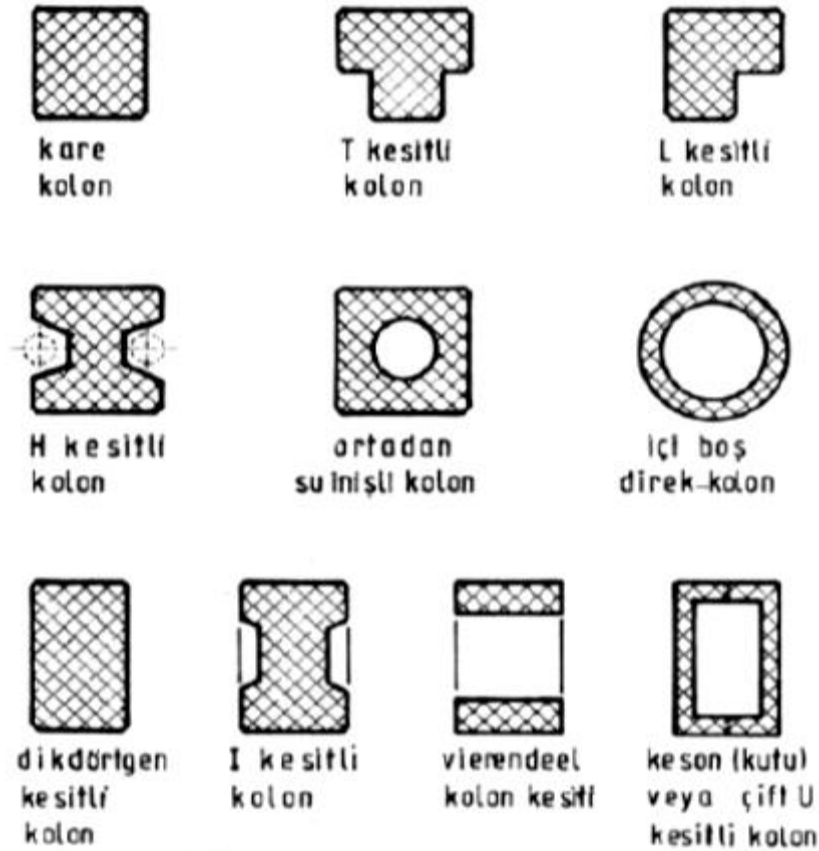


Şekil 1.8. Prefabrike boşluklu makas

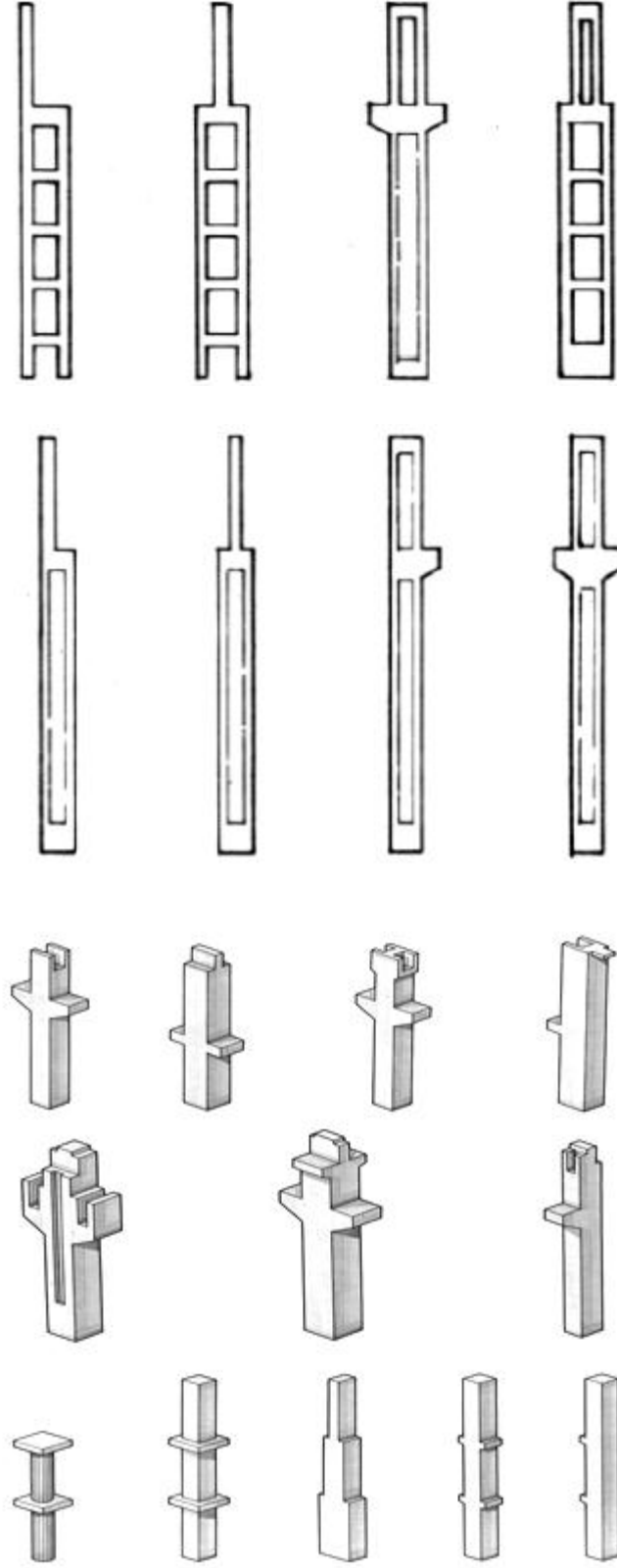
1.3.2. Kolon elemanlar

Kolon elemanlar da kiriş elemanlar gibi birçok parametreye göre boyutlandırılmaktadır. Bunlar; seçilmiş olan statik sistem, yapının yüksekliği, kolon aralıkları, vinç olup olmaması ve varsa vincin kapasitesi, ana kiriş, oluk kirişi, çatı plakları veya duvar elemanların kolona tespit şekilleri ve çatı sularının kolonun yanında veya içinden akıtılma isteği gibi etkenlerdir.

Duvar plaklarının yaslanması, su iniş borularının saklanması gibi mimari istekler karşısında T-L ve H kesitli kolon çözümlerine gidilmektedir (Şekil 1.9). Bina yüksekliği fazla ise, kolon dikdörtgen veya I kesitli yapılır. Dikdörtgen kesitin yapılma kolaylığına karşın, I kesitte malzeme tasarrufu ve hafiflik ön plana çıkar. 10 m ve daha yüksek yapılarda kolonun çok ağır olması bu profillemeyi zorunlu kılar (Şekil 1.10) (Gürer, 2008). Prefabrike kolonların üretildiği bir kalıp, Şekil 1.11'de görülmektedir.



Şekil 1.9. Bazı prefabrike kolon kesitleri(Gürer, 2008)



Şekil 1.10. Prefabrike kolon türleri



Şekil 1.11 Prefabriğe kolon yapımında kullanılan bir kalıp

1.3.3. Prefabriğe Temeller

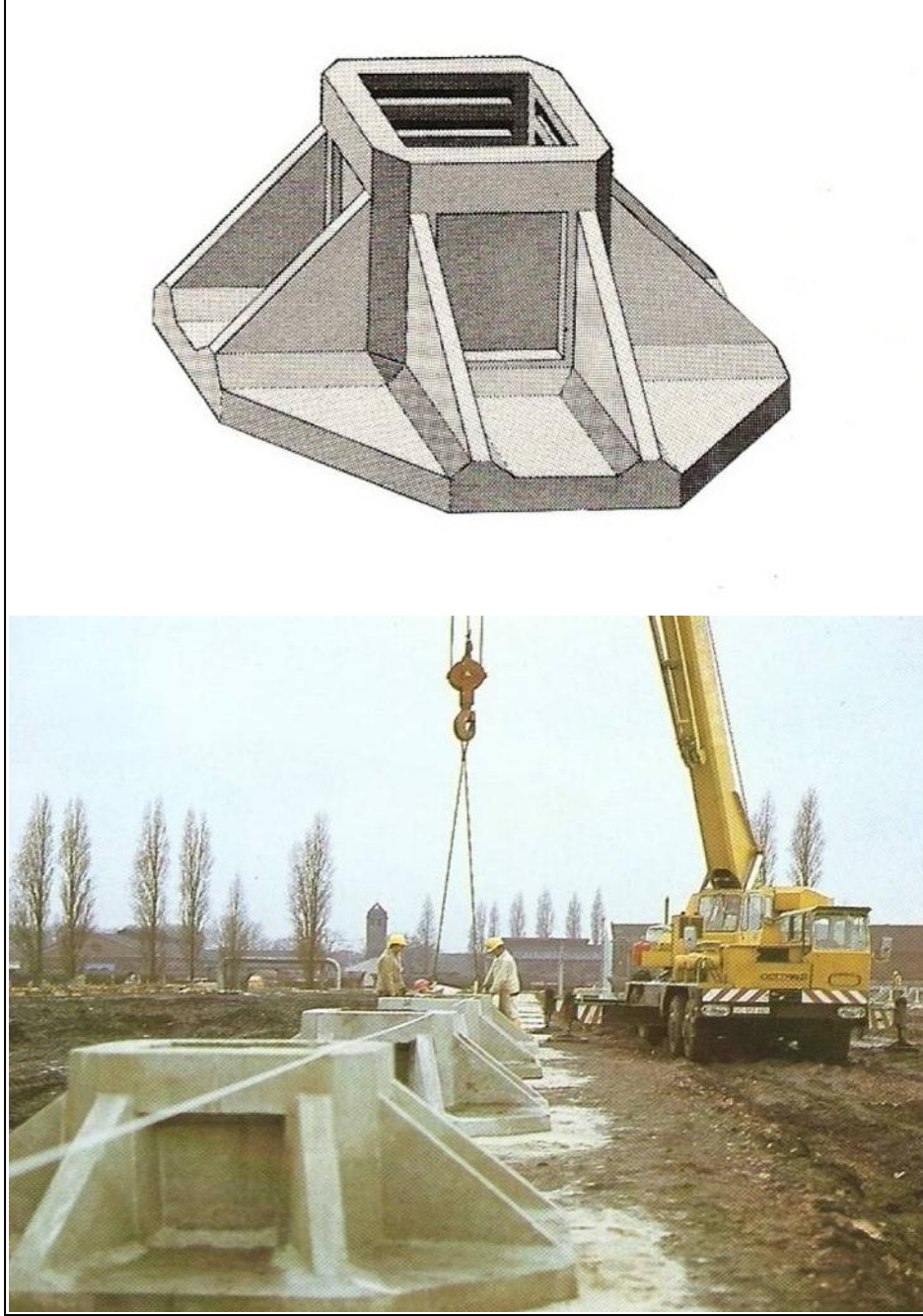
Kare veya dikdörtgen şeklinde yapılabilen bu temeller, her kolonun altına düzenlenir. Temellerin kaymaması için birbirlerine bağ kirişleri ile bağlanması gerekir. Temellerin kolonlara bağlanış şekilleri vardır. Bunlar; yuvalı prefabriğe temeller, bulonlu prefabriğe temeller ve filizli prefabriğe temellerdir.

- a) Yuvalı prefabriğe temeller
- b) Bulonlu prefabriğe temeller
- c) Filizli prefabriğe temeller
- d) Mütemudi (sürekli)prefabriğe temeller

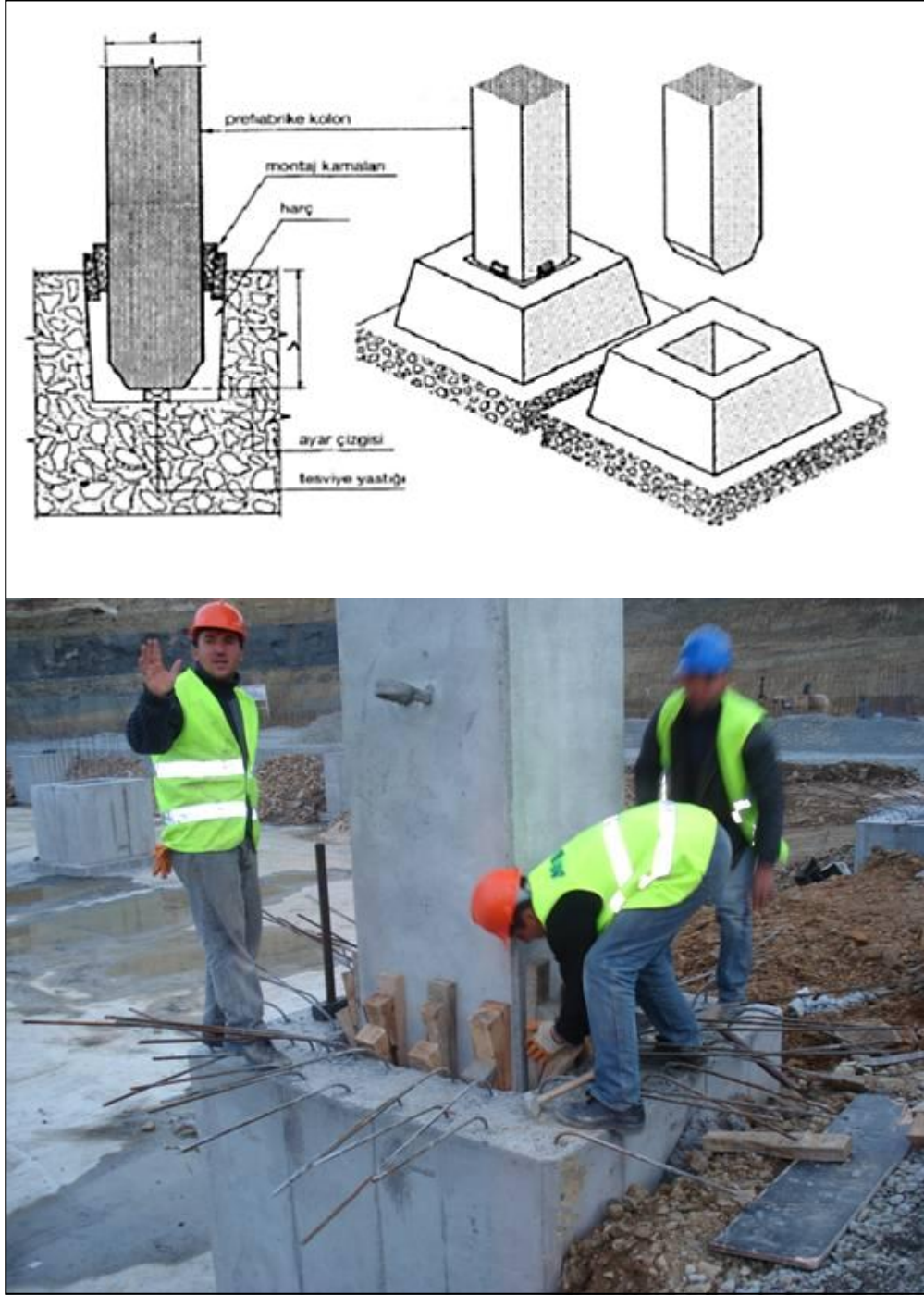
1.3.3.1. Yuvalı Prefabriğe Temeller

Bu tür temelerde yuva için filiz demirleri bırakılır ve temel betonu dökülür. Kolon yuvalarını şekillendirebilmek için, kolon hizası ve üst seviyesi dikkate alınarak çelik kalıp

yerleştirilir. Yuvalar kolondan 40-60 mm geniş yapılarak, boşluklarına çimento harcı veya özel yapıştırıcı reçineler doldurulur (Şekil 1.12-1.13).



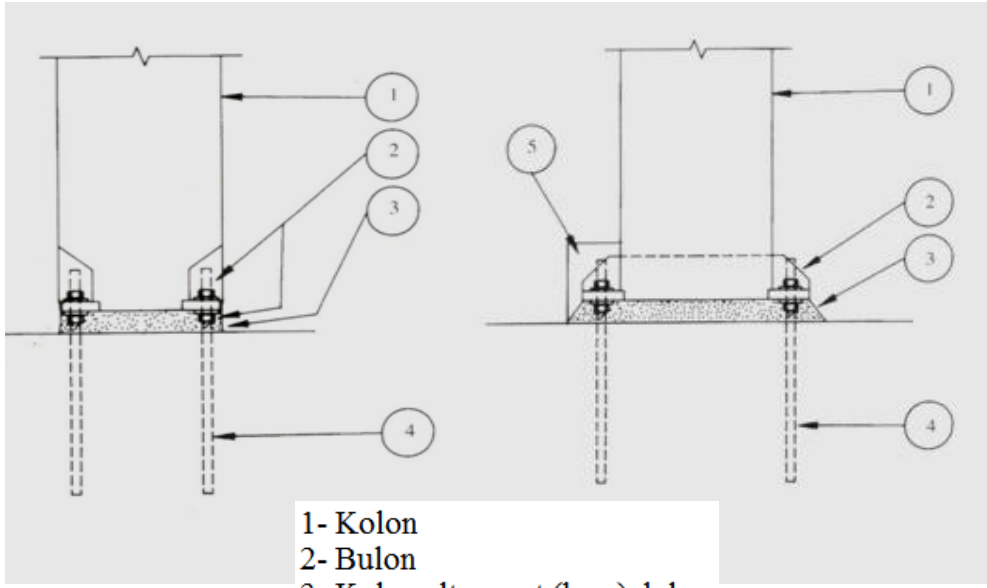
Şekil 1.12. Prefabrike yuvalı tekil temel (Uçar, Barka, 2011)



Şekil 1.13 Kolon-temel detay ve montajı (Uçar, Barka 2011)

1.3.3.2. Bulonlu Temeller

Temel betonu dökülürken içine çelik bulonlar konur. Kolonlar yapılırken altına 8mm-20 mm kalınlığında sac levha monte edilir. Kolon altındaki sac, kolon üzerindeki bulonlara vidalanır. Kolon taban sacı ile temel arasında 3 cm kadar çimento harcı veya epoksi reçine harcı konulmalıdır (Şekil 1.14).

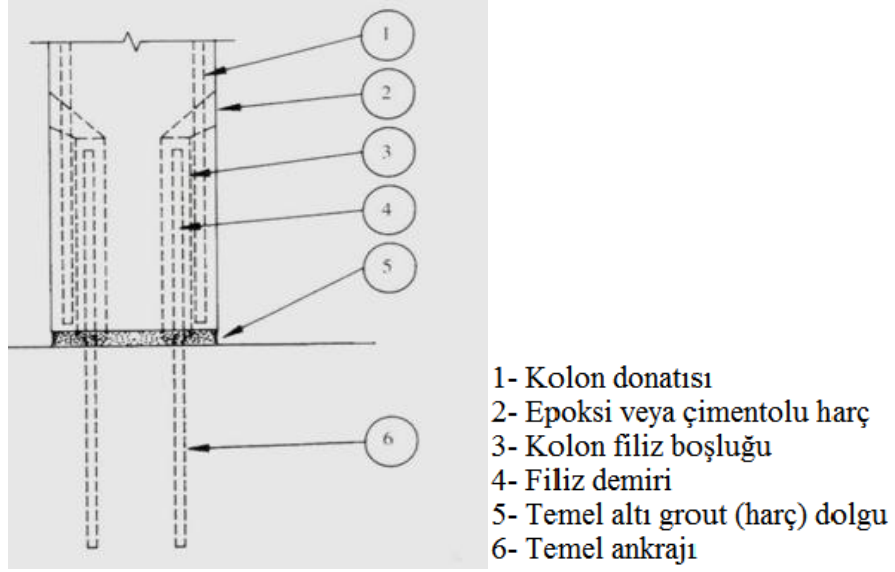


- 1- Kolon
- 2- Bulon
- 3- Kolon altı grout (harç) dolgu
- 4- Temele ankrajlı bulon
- 5- Taban plakası

Şekil 1.14 Bulonlu kolon-temel birleşim detayı (Uçar, Barka, 2011)

1.3.3.3. Filizli Temeller

Temel betonu dökülürken dört veya daha fazla çelik filiz demiri konur. Kolon yerine otururken, filiz demirlerinin kolonun içine girebilmesi gerekir. Bunun için kolonda filiz demiri boşluklarının bırakılması sağlanır. Filiz demirlerinin içine girdiği kanala yüksek dozlu çimento harcı veya epoksi harcı doldurulur (Şekil 1.15).



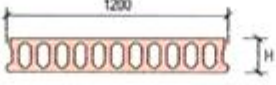
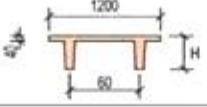
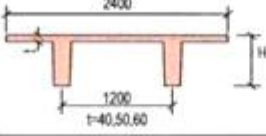
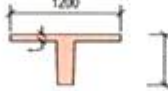
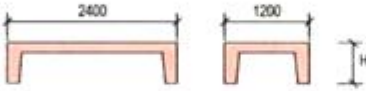
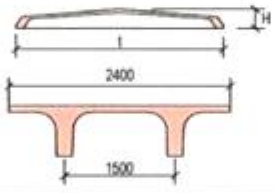
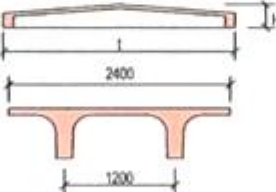

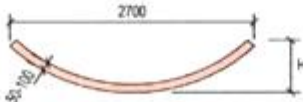


Şekil 1.15 Filizli kolon-temel birleşim detayı (Uçar, Barka, 2011)

1.3.3.4. Sürekli Prefabrike Temeller

İkiden fazla kolonun üzerine oturacağı temellere devamlı temeller denir. Söz konusu temeller, tekil temeller gibi fabrikada üretilerek inşaat yerine getirilir ve altına 5 cm kalınlıkta kum, çakıl serildikten sonra zemine oturtulur. Temellerde kayma olmaması için, birbirlerine kirişlerle bağlanması gerekir. Bağlama olayı, kirişlerin ve temellerin uygun yerlerine konulan sac bağlama levhalarının birbirine kaynak yapılmasıyla gerçekleşir.

1.3.4. Prefabrike Döşemeler

Prefabrike döşemelerin içi boşluklu olup kesitleri itibarıyla birkaç şekilde üretilir. Bunlar "Z", düz "T" ve ters "U" kesitli döşemelerdir (Şekil 1.16). Boşluklu döşemelerin üretimi Şekil 1.17'de gösterilmiştir. Döşemelerin alttaki taşıyıcı elemanlara bağlanabilmesi için alt ve üst yan taraflarına sac levhalar yerleştirilmiştir. Döşeme kaynaklarının birbirlerine oturarak bağlanabilmesi, döşeme plaklarının kenarlarında bırakılan 10-15 cm'lik dişler yardımıyla olur.

ELEMAN TİPİ	DONATI	FORM	BİRİM AĞIRLIK Kg/m ²	YÜKSEKLİK (H) cm	AÇIKLIK (L) m		
BOŞLUKLU DÖŞEME			180 220 280 320 380 450	12 16 20 24 30 38	5 - 12		
NERVÜRLÜ DÖŞEME PLAKALARI	DÖŞEME PLAKALARI	TT 1200	ÖNGERME NORMAL		350	50	7 - 15
		TT 2400	ÖNGERME NORMAL		280-400	30 40 50 60 70	7 - 10
		T 1200			350-550	60 75 100	10 - 20
			ÖNGERME NORMAL		350-550	40 60 80	7 - 20
	ÇATI PLAKALARI	TT 2400	ÖNGERME		240 - 270	52 58 65	17
		TT 2400	ÖNGERME		270 - 350	60 70 80 90 100	28
	DOLU DÖŞEME	GAZ BETON	NORMAL		90 - 180	15 20 24 30	6
	KABUK ELEMAN		ÖNGERME		270	80 85	24
	FLİGRAN DÖŞEME		NORMAL		125 - 250	5 6 8 10	3 - 9
	PREFABRİK DÖŞEME KİRİŞİ		ÖNGERME NORMAL		20	13	3 - 8

Şekil 1.16 Prefabrike döşeme çeşitleri (Uçar, Barka, 2011)



Şekil 1.17 Prefabrike döşeme üretim hattı ve makinesi (Uçar, Barka, 2011)

1.3.5. Prefabrike Merdivenler

Prefabrike merdivenler tek kollu veya çift kollu olarak düzenlenir. Tek veya çift kollu olanlar sahanlıklı olarak düzenlenebilir. Tek kollu olanlarda sahanlık istenmiyorsa merdiven plağı alt ve üst katlarda kirişlere oturtulur. Eğer sahanlıklı olarak düzenlenecekse araya sahanlık konularak duvardan duvara oturtulur. Merdivenlerin döşemeye bağlanması için bas taraflarına dörder adet montaj demiri konulur. Ek yerlerinde dökme beton, epoksi harcı kullanılabileceği gibi kaynaklı birleşimler de yapılabilir.(Gürer, 2008) (Şekil 1.18)



Şekil 1.18 Prefabrike merdivenler (Gürer, 2008) (Uçar, Barka, 2011)

1.3.6. Prefabrike Duvarlar

Duvarlar düşey duran düzlemsel yapı elemanlarıdır. Rüzgâr ve deprem olmadığı zaman düşey yükler nedeniyle, esas olarak basınç etkisindedirler.

Duvarlar işlevlerine göre üç gruba ayrılır:

a) Taşıyıcı duvarlar: Düşey yükleri (örneğin döşeme yüklerini) alan duvarlarla rüzgâr ve deprem etkilerini karşılayan ve kolon sayılmayacak kadar geniş düşey giriş elemanları (bunlar yük de taşıyabilirler) taşıyıcı duvarlar grubunu oluştururlar.

b) Rijitlik duvarları: Taşıyıcı duvarların burkulmasına engel olmak için konan duvarlara rijitlik duvarları denir.

c) Taşıyıcı olmayan duvarlar: Bunlar yalnız kendi ağırlığını taşıyan ve kendi yüzlerine etkiyen yatay yükleri taşıyıcı duvar veya döşeme veya çerçeve gibi elemanlara aktarabilen duvarlardır.

Taşıyıcı duvarlar ve rijitlik duvarları kat yüksekliğinden daha az yükseklikli prefabrike panolarla yapılamazlar. Ancak merdiven sahanlıkları seviyesindeki ayarlama parçaları kat yüksekliğinden daha kısa boylu panolarla yapılabilir.

Taşıyıcı duvarlar ve rijitlik duvarlarının yapımında kullanılan prefabrike panoların genişlikleri, bu panolar arasındaki düşey ek yerleri panolara dik bir taşıyıcı duvarı veya bir rijitlik duvarı ile ara kesit çizgisine gelecek şekilde olmalıdır.

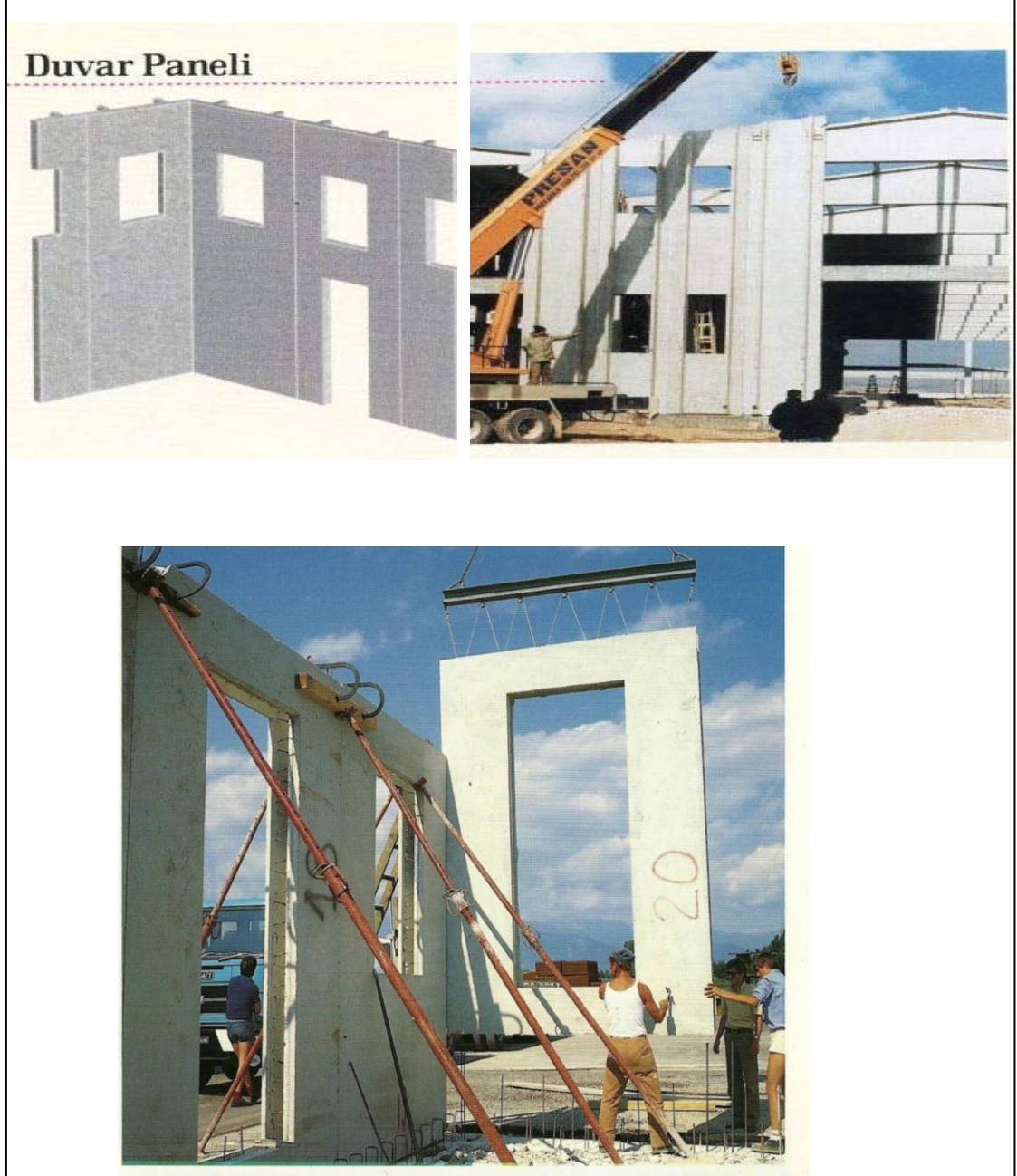
Daha küçük genişlikli panolar ayarlama parçaları hariç, kat yüksekliği 3 ve daha az olan binalarda kullanılabilir.

Üç kattan fazla katlı binalarda böyle dar panolarla yapılan duvarların yatay yük aldığı, ancak özel tahkikler yapmak ve bu binalarda yerinde dökme beton döşemeler kullanmak şartıyla kabul edilebilir. Böyle bir duvarın hesap genişliği, kendi genişliği çok büyük olsa da en fazla 5 m olarak kabul edilebilir.

Örteceği alanın büyüklüğünde olmayan iki veya daha çok panodan yapılmış duvarlar burkulma tahkikinde 2 veya 3 kenarından tutulmuş duvarlar gibi kabul edilirler(Sezer, 2006).

Prefabrike duvar panelleri fabrika ortamında iki ayrı tipte üretilmektedir. Birincisi isi, ses yalıtımsız paneller; ikincisi isi, ses yalıtımlı sandviç panellerdir. Yukarıdan gelen yükleri taşıma bakımından, taşıyıcı ve bölme duvar elemanları olmak üzere ikiye ayrılır. Yalıtım tabakası ile birlikte duvar elemanlarının kalınlığı 12-25 cm arasındadır. Prefabrike

duvar elemanlar uzunluğu 636 cm'ye kadar, yüksekliği ise 270-320 cm'ye kadar üretilir(Gürer, 2008).(Şekil 1.19)



Şekil 1.19 Prefabrikte duvar panel elemanı ve montajı (Sezer, 2006) (Uçar, Barka, 2011)

1.4. Prefabrike Birleşimler

Prefabrike yapılarda çok çeşitli bağlantı şekilleri ve bunların da çok değişik varyantları vardır. Burada en çok uygulanan bazı örnekler verilecektir.

Birleşim detaylarının seçimini;

- Statik sorunlar,
- Üretim şekli, elemanın öngerilmeli olup olmaması,
- Üretimde sağlanabilen hassasiyet derecesi,
- Montaj olanakları,
- Yöresel işçilik şartları gibi faktörler etkilemektedir.

Birleşim boyutlarının ve detaylamada kullanılan yardımcı öğelerin standardizasyonu, hem üretim hem de montaj esnasında büyük ekonomi getirir; yapı süresinin azalmasına neden olur. Hesaplamalar sonucu, birleşim boyutlarında küçük değişimler bile çıksa, genellikle boyutların aynı tutulması yoluna gidilir; çünkü değişik boyutların getirebileceği malzeme tasarrufuna karşın, imalat külfeti çok fazla olmaktadır.

1.4.1. Moment Aktaran Birleşimler

Pratikte birleşim yerlerinde yalnız eğilme momenti taşıyan kesitler pek nadirdir. Kesitlere eğilme momenti ile beraber; kiriş ve döşeme kesitlerinde olduğu gibi kesme kuvvetleri, kolon kesitlerinde olduğu gibi basınç ve kesme kuvvetleri etkir. Birleşimlerde bu iç kuvvetlerin aktarılması da temin edilmelidir. Eğilme momenti aktaran birleşimlerde kuru ve ıslak birleşim şeklinde olabilir. Kuru birleşimde kesitteki çekme kuvveti;

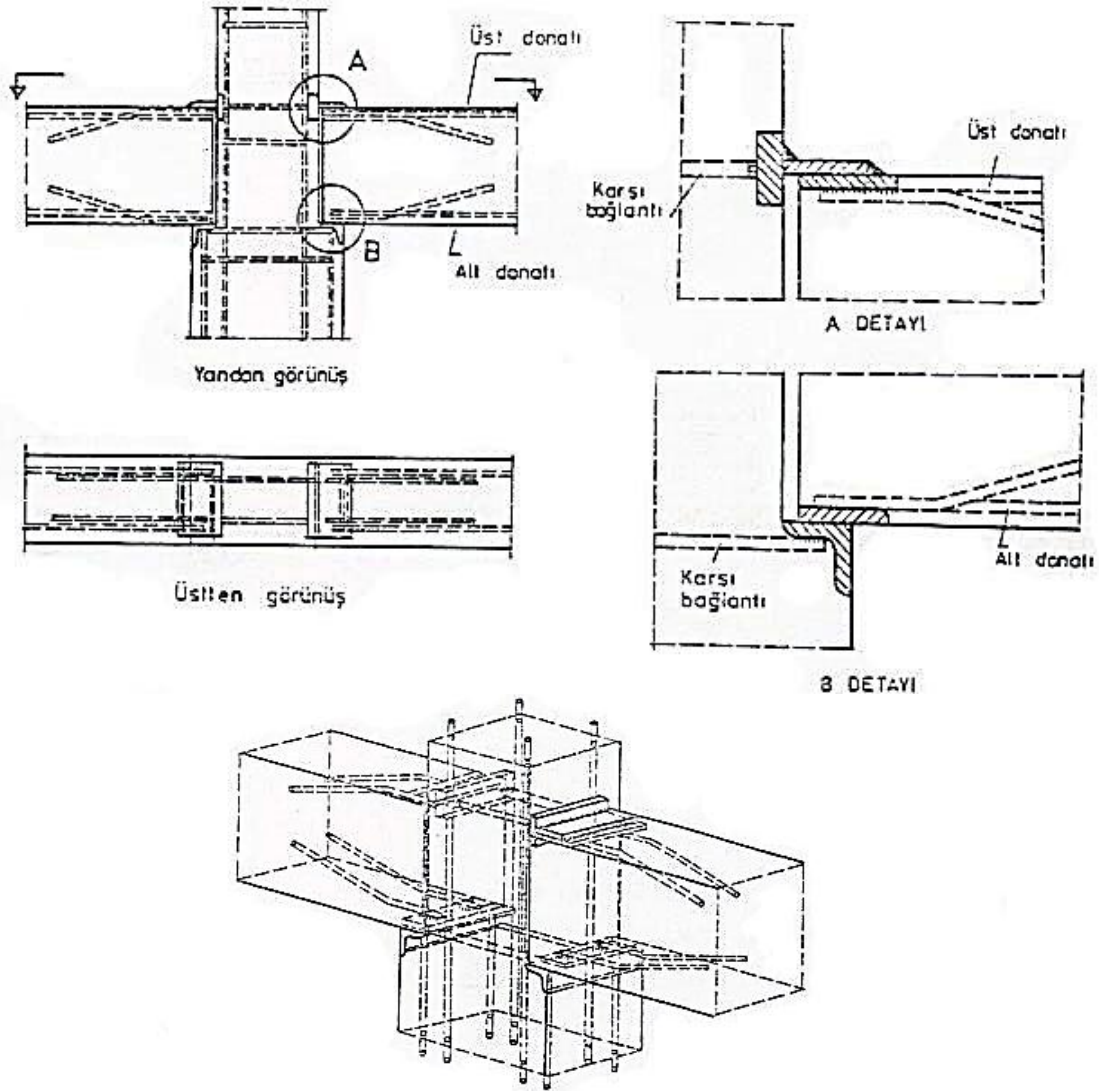
- a) Çekme donatısını metal bir parçaya ve onu da sabit kabul edilebilen başka bir metal parçaya kaynaklamak, (Şekil 1.20)
- b) Birinden diğerine moment aktarılmak istenen iki elemanı çekme kuvveti tatbik noktasında bulonla birleştirmek suretiyle teşkil edilirler. (Şekil 1.21)
- c) İki elemanı çekme kuvveti tatbik noktasında ardgerilme ile birleştirmek suretiyle, şekillerdeki gibi biri ile aktarılabilir (Şekil 1.22)

Islak birleşimde kesitteki çekme kuvveti, iki elemanın çekme donatılarının ekinin;

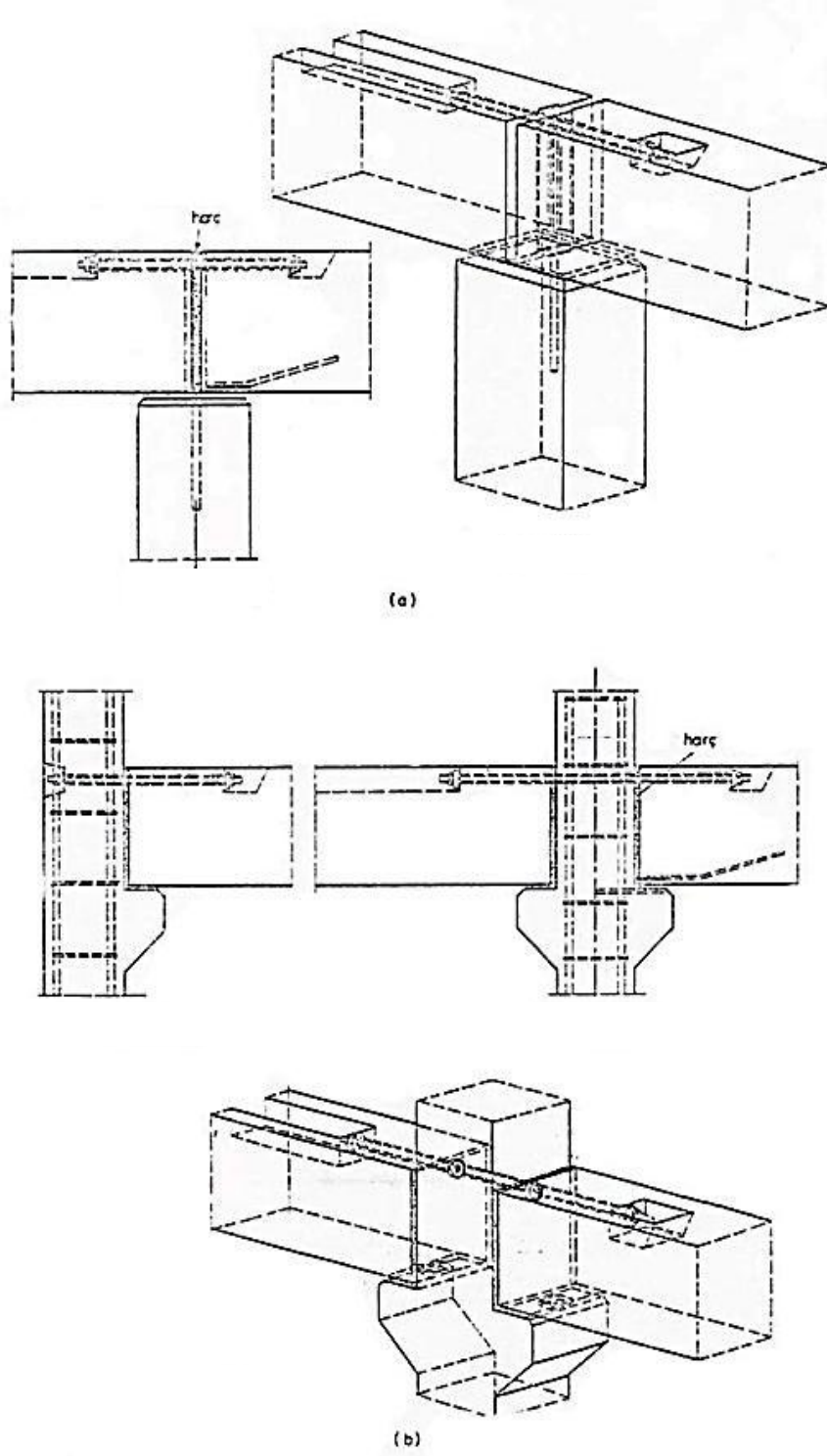
- a) İlave donatılı bindirme (Şekil 1.23) ve
- b) Kaynaklı birleşim olarak teşkil edilirler (Şekil 1.24)

Bulonlu birleşimler ucuz üretim tekniği ve montaj kolaylığı gibi avantajlarından dolayı tercih edilen bir birleşim detayıdır (French, 1989). Bu tip birleşimlerin tasarımı yapılırken, kesme kuvvetlerinin yaratacağı bozulmanın yanında bulonların yetersiz kenetlenme boyundan dolayı sıyrılıp gelmesi gibi problemler dikkate alınmalıdır (French, 1989-2).

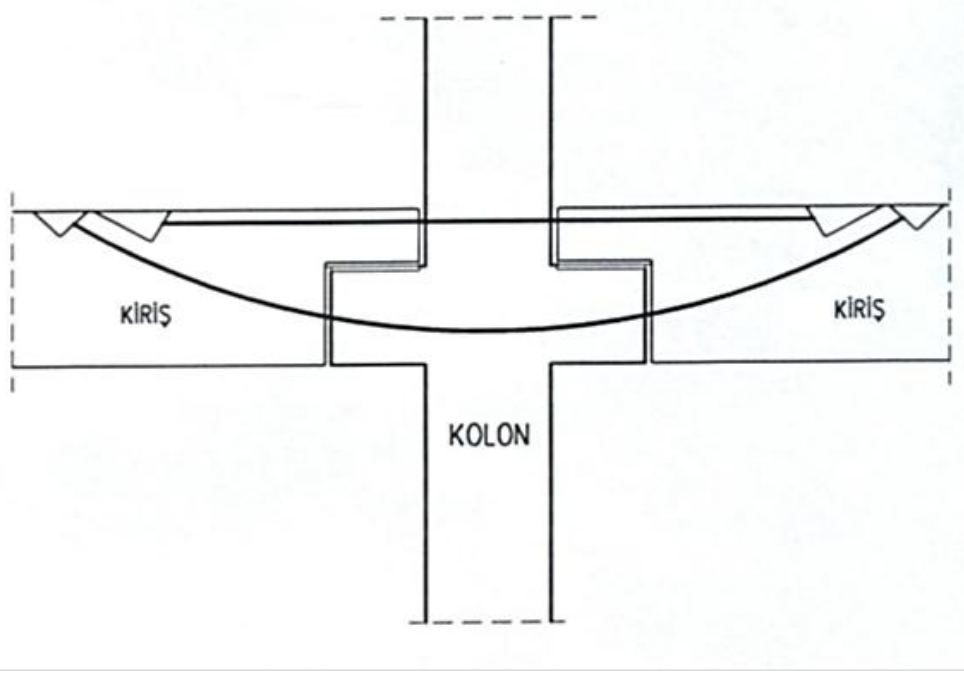
Kaynaklı birleşimler, kolay uygulanabilmesi ve düşük maliyetlerinden dolayı oldukça sık tercih edilmektedir. Yapılan çalışmalar doğru detaylandırıldıklarında kaynaklı birleşimlerin de monolitik sistemler gibi yeterli dayanım, süneklik ve rijitliğe sahip olabileceğini göstermiştir (Bhatt, 1985; Pillai, 1981).



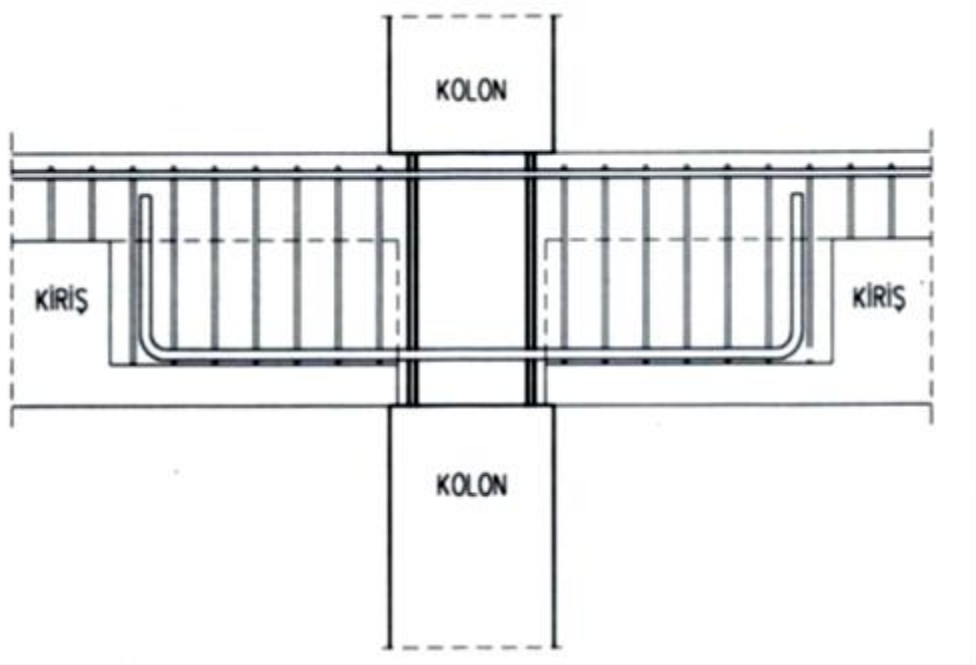
Şekil 1.20 Kolon-kiriş kaynaklı birleşim (Sezer, 2006)



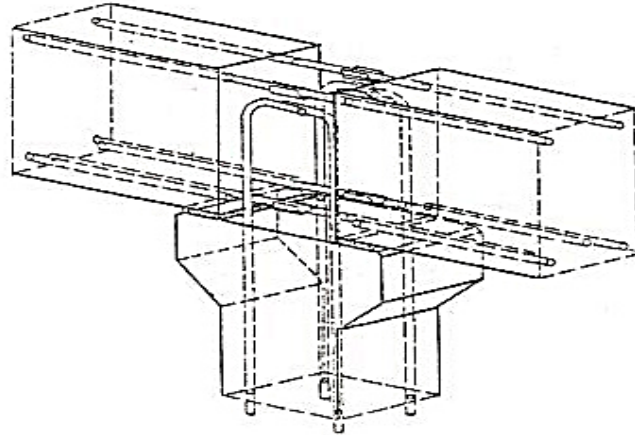
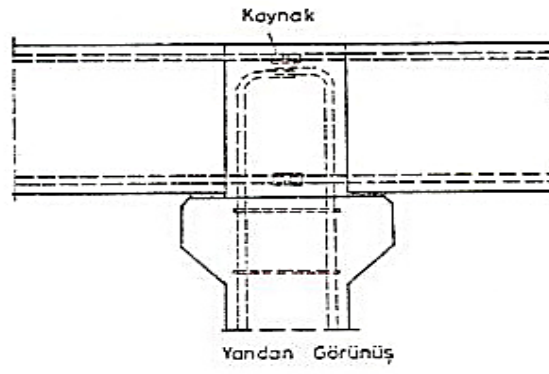
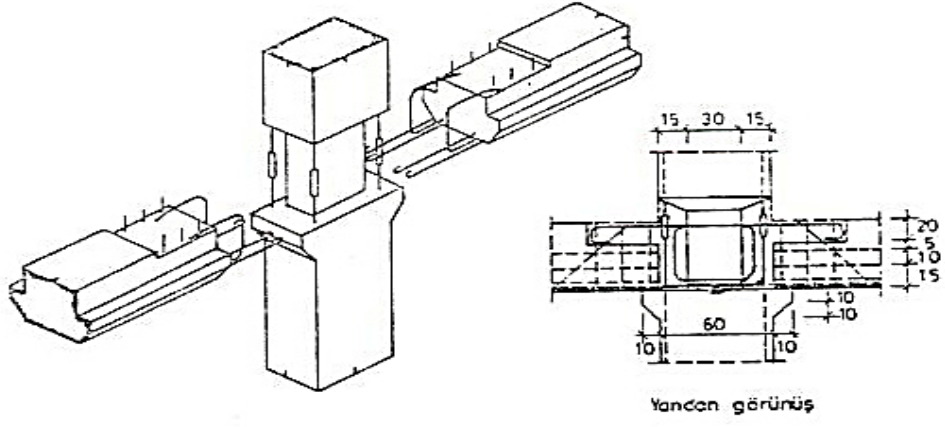
Şekil 1.21 Bulonlu kolon kiriş birleşimi (Sezer, 2006)(Uçar, Barka, 2011)



Şekil 1.22 Ardgermeli kolon-kiriş birleşimi (Uçar, Barka, 2011)



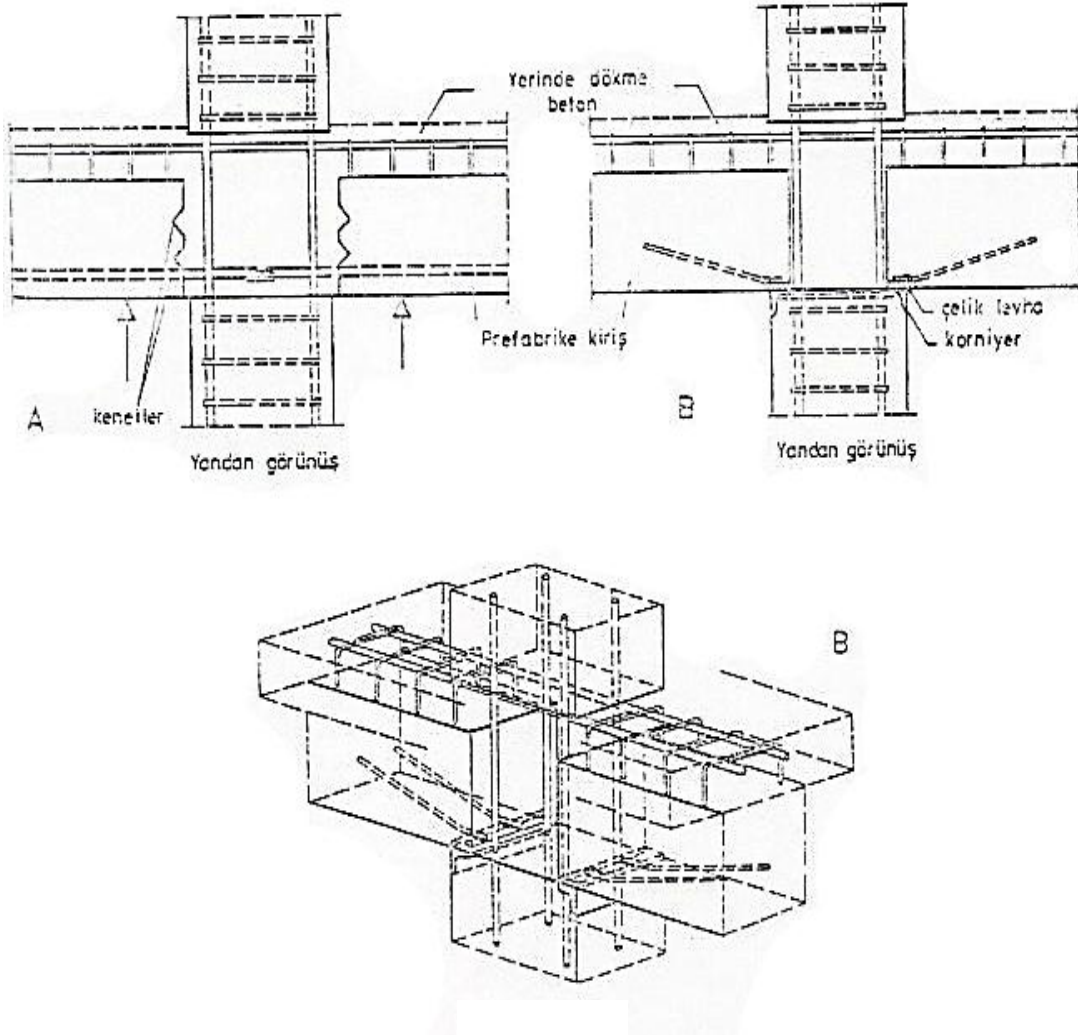
Şekil 1.23 İlave donatılı ıslak birleşim (Uçar, Barka, 2011)



Şekil 1.24 Donatı kaynaklı ıslak birleşim (Sezer, 2006)

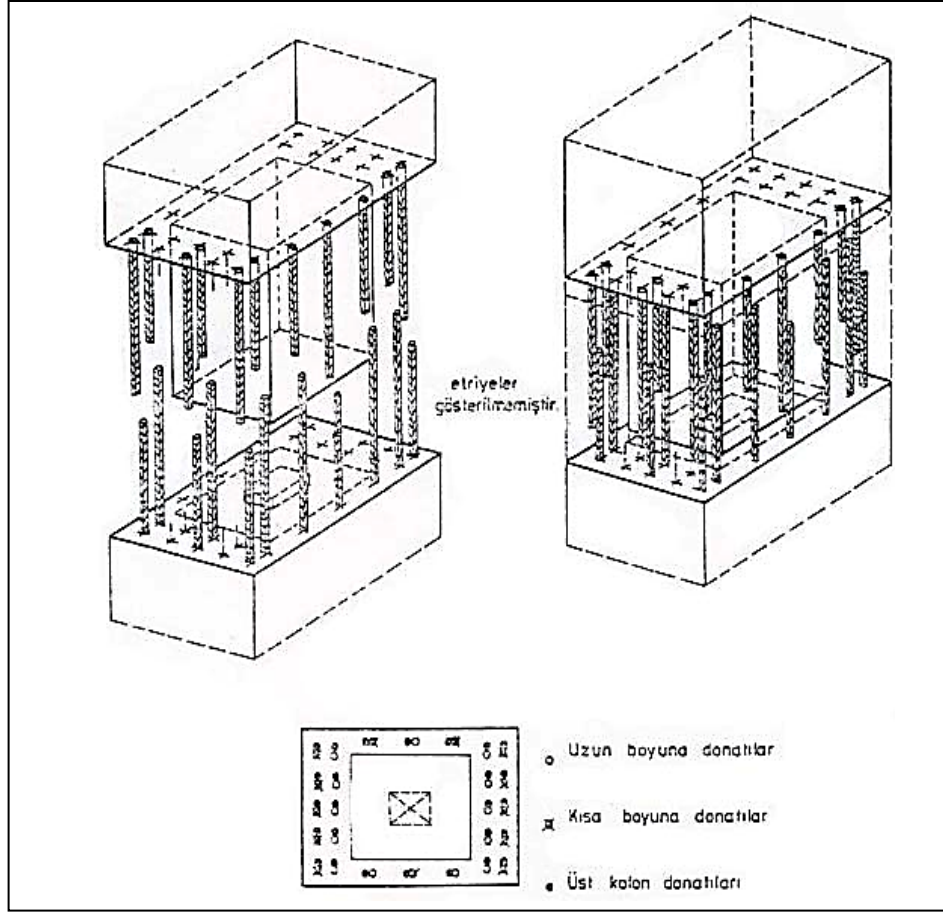
Kesitteki beton basınç kuvveti iki prefabrike elemanın arasına yerinde dökülen betonla sağlanır.

Kesme kuvvetinin aktarılması, kuru birleşimde belirtilmiş iki şekle ilave olarak, prefabrike elemanın yerinde dökme beton bir eleman veya yerinde dökme beton bir bölge ile birleşiminde prefabrike elemanın birleşim yüzünde kenet dişleri yapılarak ta temin edilebilir. (Şekil 1.25)



Şekil 1.25 Dişli ıslak birleşim (Sezer, 2006)

Islak birleşimle momentle beraber basınç ve kesme kuvveti aktarılması genel olarak kolon birleşimlerinde görülür (Şekil 1.26). Birleşimlerin hesap ve konstrüksiyon detaylarında, TS 9967 Prefabrike yönetmeliğine uyulmalıdır.



Şekil 1.26 Kuvvet aktaran kolon birleşimi (Sezer, 2006)

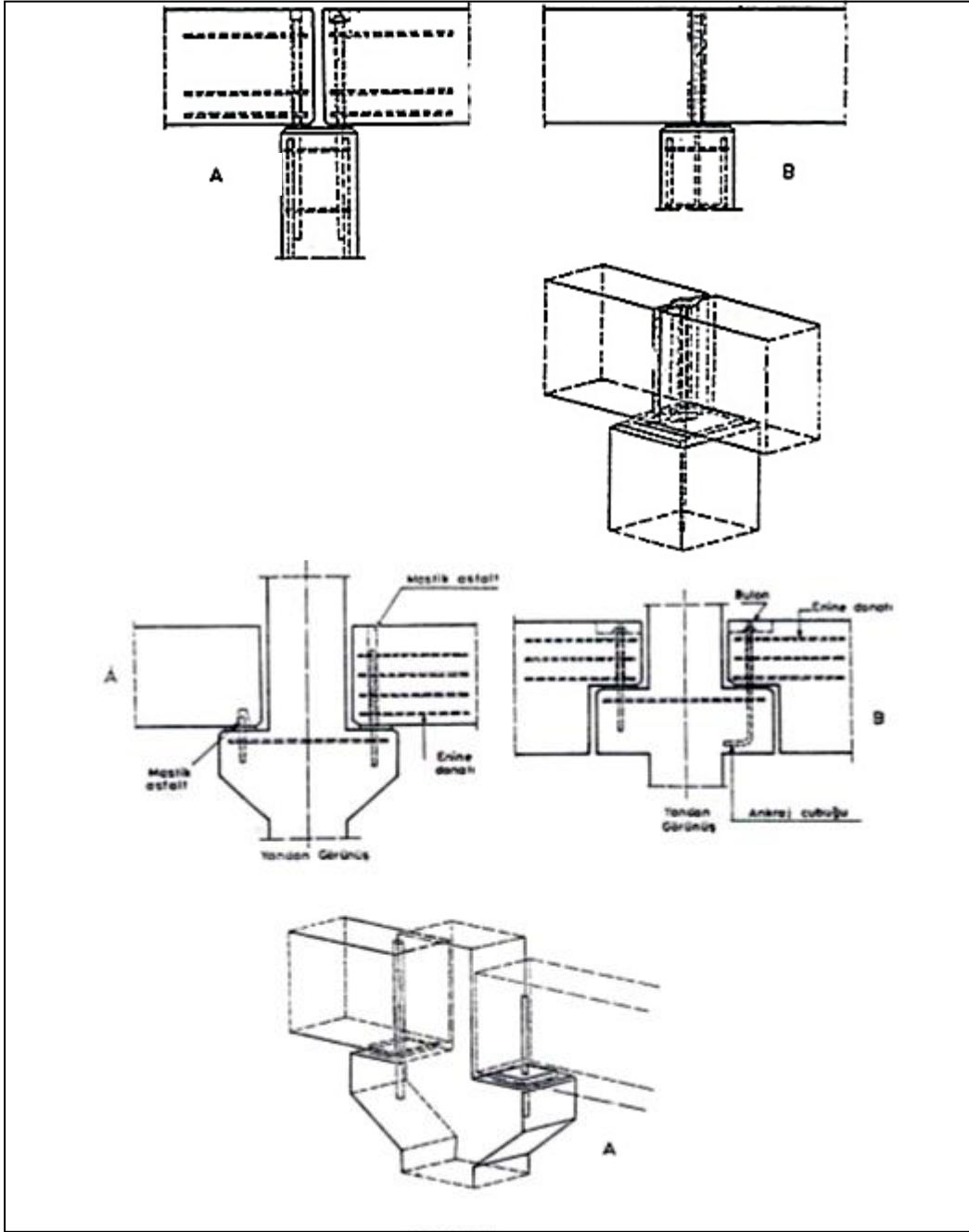
1.4.2. Mafsallı Birleşimler

Moment aktarmadığı için mafsallı birleşimler de denen bu birleşim türünün kesme kuvveti veya mesnet reaksiyonu aktarma esasları, moment aktaran birleşimlerin bu iç kuvvetleri aktarış esaslarının aynıdır. Bu birleşimler, mafsallı kayıcı, kısmen kayıcı ve sabit olabilir. (Şekil 1.27)

1.4.3. Döşeme Birleşimleri

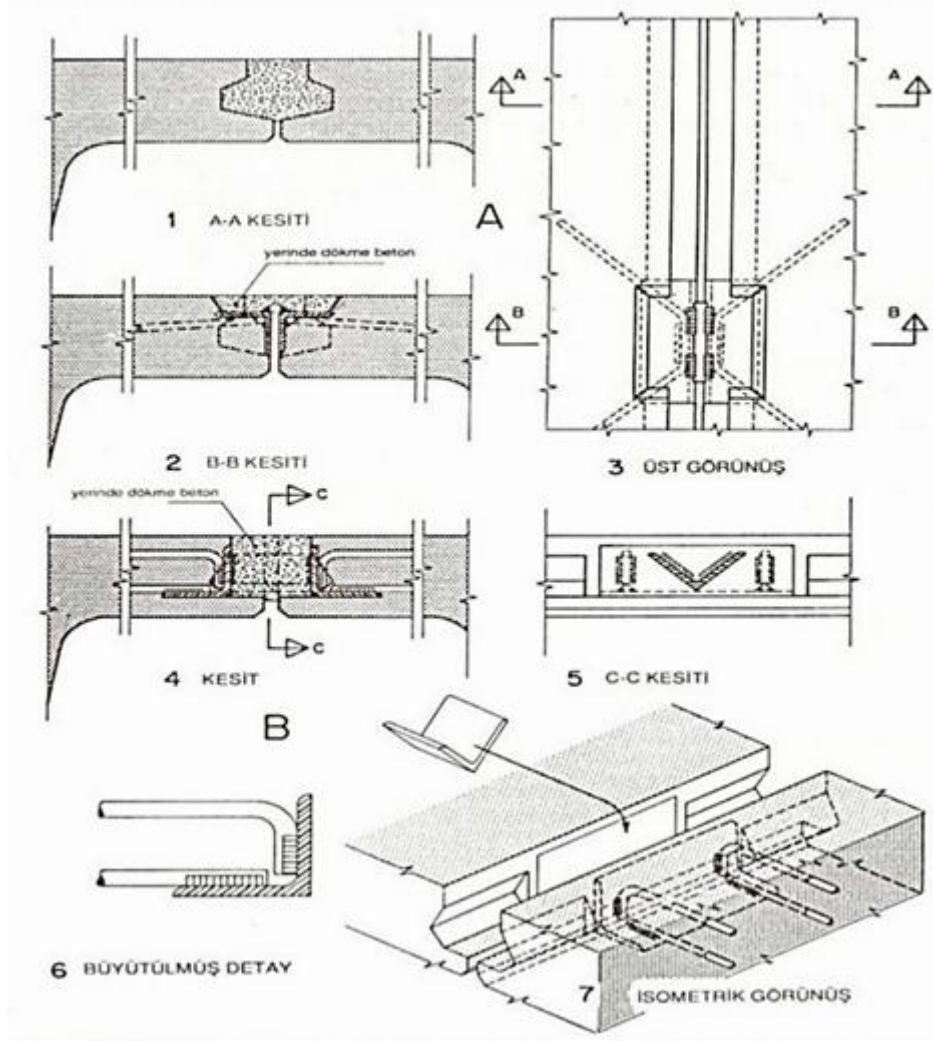
Bir yapıda döşemeler, plandaki boyutlar ve taşıyıcı sisteme bağlı olarak,

- Bir hacmi olduğu gibi kapayan döşeme panolarının taşıyıcı duvarlara iki, üç veya dört taraftan oturtulmaları ile oluşturulabilir.
- Belirli formdaki döşeme panolarının (elemanlarının) yan yana konması ile oluşturulabilir.



Şekil 1.27 Kolon-kiriş mafsallı birleşimleri (Sezer, 2006)

Ancak bu ikinci durumda elemanların kenarları arasında çökme farkı olmamasının ve bu kenarlarda yük dağılımının sağlanmış olması şarttır. Beton mesnetlerde minimum oturma mesafesi 75 mm olmalıdır. (Şekil 1.28)



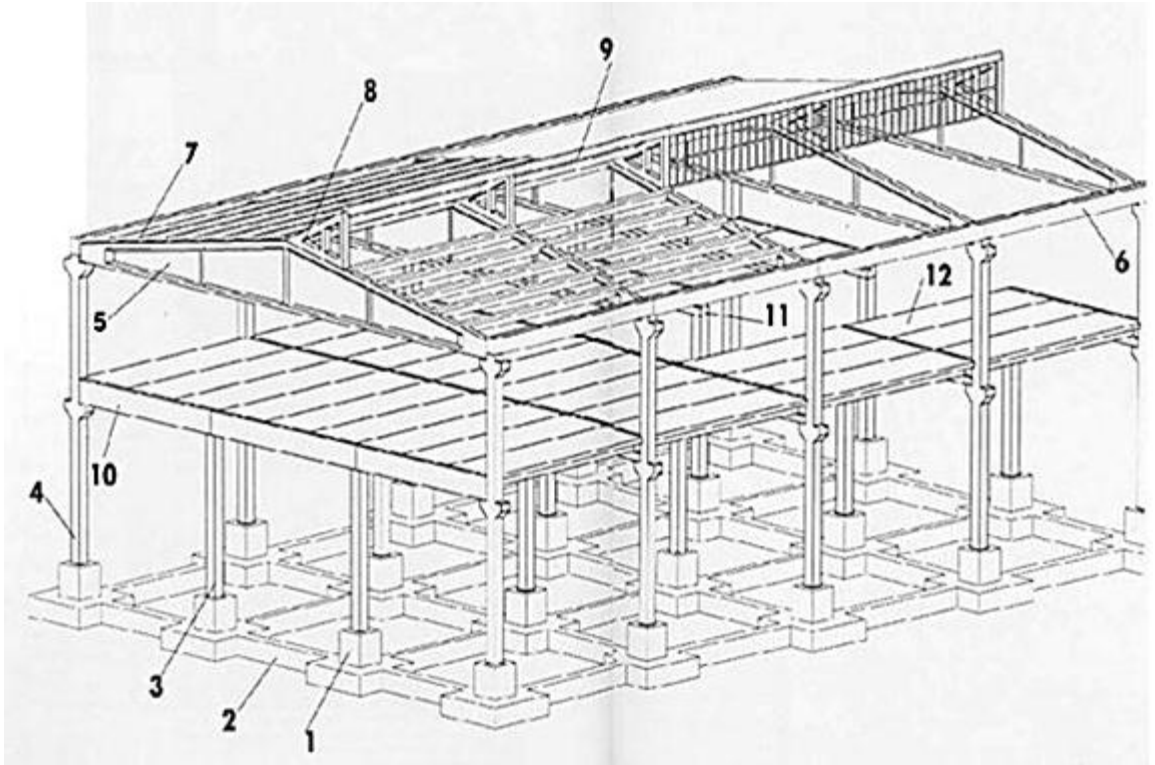
Şekil 1.28 Prefabrike döşeme birleşim detayları (Uçar, Barka, 2011)

1.5. Prefabrike Yapı Sistemleri

Betonarme prefabrike pek çok taşıyıcı sistem türleri mevcuttur. Bunların aynı türden olanlarının detayları bile, ülkeden ülkeye değişmektedir. Burada, konut, hizmet ve endüstri binalarının yapımında kullanılan betonarme prefabrike yapı elemanları ve bu elemanlardan oluşturulmuş taşıyıcı sistemlerin türleri incelenmektedir. Başlıca prefabrike taşıyıcı sistemler; Çerçeve Sistemler, Kaldırmalı Menteşeli Döşeme-Duvar Sistemleri, Büyük Panolu Sistemler, Ardgerilmeli Döşeme-Kolon Sistemleri ve Hücre Sistemler olarak sınıflandırılmaktadır.

1.5.1. Çerçeve Sistemler

Prefabrikte çerçeve sistemler konutlarda ve bilhassa az sayıda bölme duvarı isteyen ofis ve endüstri yapılarında kullanılırlar. Düşey yükler daha ziyade kolonlar tarafından ve yatay yükler, çerçevelerin teşkil tarzına bağlı olarak bir veya iki dik doğrultuda ya prefabrikte veya yerinde dökme perdeler ve/veya çekirdeklerle alınırlar. Kat döşemeleri, yatay yükü, bu yükü taşıyacak elemanlara dağıtacak durumda olmalıdır. Kolon ekleri kat döşemeleri üzerinde olabildiği gibi kat yarı yüksekliğinde de olabilirler. Kiriş kolon birleşimleri mafsallı veya rijit olabilirler.(Sezer, 2006). Tipik bir çerçeve sistem Şekil 1.29'da verilmiştir.



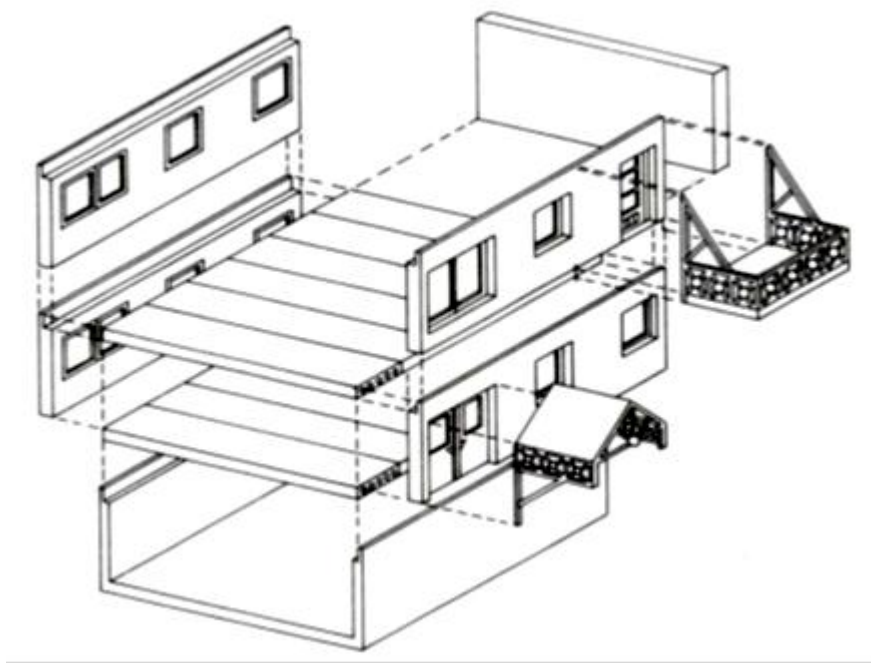
- | | |
|-------------------------------|-------------------|
| 1- Temel soketi | 7- Aşık kirişi |
| 2- Bağ kirişi | 8- Fener şeti |
| 3- Döşeme kolonu (kısa kolon) | 9- Fener aşığı |
| 4- Taşıyıcı kolon | 10- L kirişi |
| 5- Çatı makası | 11- T kirişi |
| 6- Oluk kirişi | 12- Döşeme paneli |

Şekil 1.29 Çerçeve sistem genel görünüşü (Sezer, 2006)

1.5.2. Panolu Sistemler

Panolu sistemler esas itibariyle çok katlı konut binalarında kullanılır. Büyük duvar panoları düşey kenarlarında diğer duvar panoları ile ve yatay kenarlarında yine diğer duvar panoları ve döşeme panoları ile birleşerek istenilen büyüklükte odaları, hacimleri ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi meydana getirirler. Panolardan bazıları yük taşıyıcı olmayabilir. Panolar genel olarak bir kat yüksekliğindedirler.(Şekil 1.30)

Panolu sistemler bina uzun kenarı veya kısa kenarına paralel duvarları veya her iki doğrultudaki duvarların taşıyıcı olmalarına göre sırasıyla boyuna duvarlı sistem, enine duvarlı sistem, iki yönlü sistem isimlerini alırlar.(Sezer, 2006)



Şekil 1.30 Prefabrike Panolu Sistemler (Uçar, Barka, 2011)

1.5.3. HÜCRE SİSTEMLER

Bunlar oda hacimlerinin, duvar ve döşemelerinin beraber dökülmesi sonucu, bir birim olarak imal edildiği sistemlerdir. Birimler yan yana, üst üste konarak ve gerekli birleşimler yapılmak suretiyle bütün yapı, taşıyıcı sistemi, bölme duvar ve döşemeleri ile meydana gelmiş olur. (Şekil 1.31)

Duvarlar kat ve çatı döşemelerinden gelen düşey yükleri ve her iki doğrultudaki yatay yükleri alırlar. Hücreler arasındaki düşey ve yatay ekler, bu hususu temin edecek şekilde olmalıdır.(Sezer, 2006)



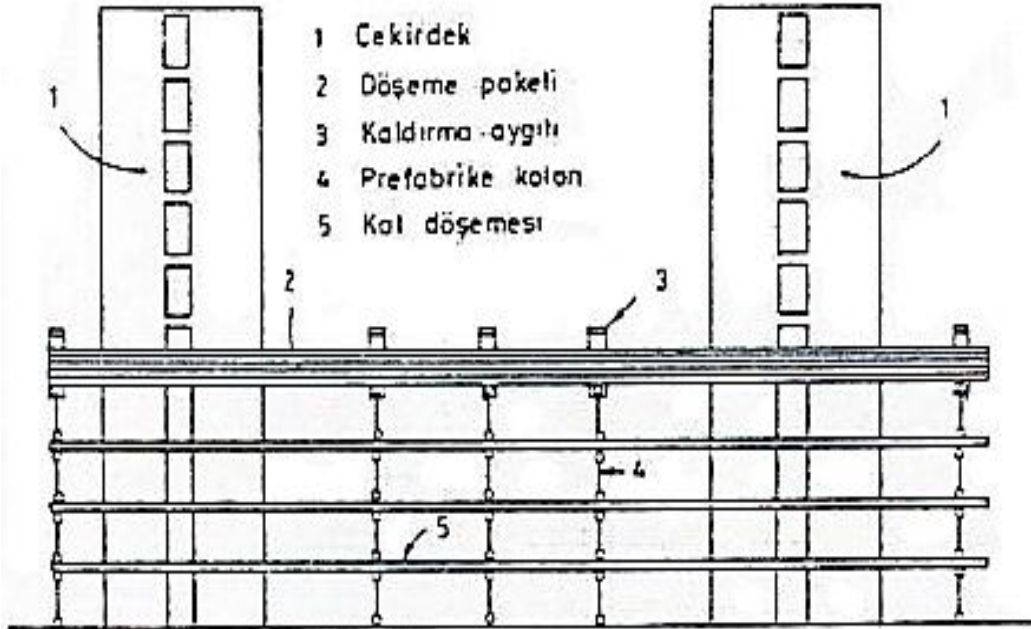
Şekil 1.31 Prefabrike hücre sistem(Uçar, Barka, 2011)(Gürer, 2008)

1.5.4. Kaldırmalı Mentşeli Döşeme-Duvar Sistemleri

Bu sistemde, en altta zemin kat tavan döşemesi olmak üzere kat döşemeleri, kat alanında yekpare olarak üst üste dökülürler. Prefabrike betonarme kolonların boyları, kat temiz yüksekliği kadardır. Bunlar yalnız düşey yükler taşıyacak şekilde boyutlandırılmışlardır. Yatay yükler yerinde dökme betonarme perdeler, merdiven ve asansör kovalarında teşkil edilen çekirdeklerle alınır. Binanın diğer duvarları bölme duvarı mahiyetindedir.

Bütün döşemeler bir paket halinde beraber kaldırılır. Zemin kat döşemesinden bir kat temiz kat yüksekliğine gelince, prefabrike kolonlar yerlerine konur ve döşemeler bunlara oturtulur. Sonra 1. Kat ve diğer kat tavan döşemeleri yine beraberce bir kat yüksekliği kadar kaldırılır ve 1. Kat kolonları yerleştirilir ve böylece devam edilir. Genel olarak perde ve çekirdekler döşemelerden önce dökülürler ve döşemelerin kaldırılmasında kılavuz ve destek olarak kullanılırlar. (Şekil 1.32)

Kolon-döşeme birleşimleri mafsallı ve döşeme-perde, döşeme-çekirdek bağlantıları rijit olarak ve yatay yüklerin perde ve çekirdeklere aktarılmasına imkân verecek şekilde teşkil edilirler.



Şekil 1.32 Kaldırmalı Sistem (Sezer, 2006)

1.5.5. Ardgerilmeli Döşeme – Kolon Sistemleri

Ardgerilmeli döşeme kolon sistemlerinde prefabrike kolonlar 1, 2 veya 3 kat yüksekliğinde olabilirler. Prefabrike döşemeler kolonlar arasındaki temiz açıklığa uygun boyuttadırlar. Bunlar ya düzlemsel veya ters tekne şeklinde olabilirler.

Bir katın kolon ve döşemeleri monte edildikten sonra kat hizalarında kolonların içinden ve döşemelerin arasındaki boşluktan geçen kablolar ardgerme verilmek suretiyle kat monolitik şekle getirilir. Sonra döşemelerin arasına beton dökülür ve kablolarla da aderans temin edilmiş olur. (Şekil 1.33)

Yatay yükler uygun yerlerde teşkil edilmiş perdeler veya çekirdekler tarafından alınır. Bunlar bina yüksekliğinin veya deprem şiddetinin büyük olduğu durumlarda yerinde dökme betonarme olarak yapılırlar. Diğer durumlarda prefabrike olabilirler.



Şekil 1.33 Ardgermeli Prefabrike Yapı İnşaatı (Uçar, Barka, 2011)

Kuru birleşimlerde kesite etkiyen çekme kuvvetini aktarmak için,

- Çekme teçhizatını, sabit kabul edilen teçhizatlara veya metal bir parçaya ve onu da sabit kabul edilebilen başka bir metal parçaya kaynaklamalı veya teçhizatları manşonla birleştirmeli veya
- Birbirlerine moment aktarmak istenilen iki elemanı çekme kuvvetinin etkilediği noktada bulonla veya ardgerme ile birleştirmelidir. (TS 9967)

Kuru birleşimlerde kesite etkiyen basınç kuvvetini aktarmak için ise;

- Kesit basınç bölgesine kenetlenmiş metal parçayı, sabit kabul edilen başka bir metal parçaya kaynaklamalı veya
- Basınç bölgesi yüzünü, birleşilen elemanın birleşim bölgesi yüzüne dayamalı ve temas düzlemine harç, beton veya basınç kuvvetinin büyük olduğu durumlarda elastomer konmalıdır. (TS 9967)

1.6. Yuvalı Temellerle İlgili Daha Önce Gerçekleştirilmiş Bazı Çalışmalar

Yapılan literatür taraması sonucunda yuvalı temel kolon birleşimlerindeki yük aktarım mekanizması ile ilgili sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bunların içinde en detaylı yaklaşım (Osanaı Y., Watanabe F., Okamoto S.) tarafından yapılmıştır. Ayrıca standartlarda da bu bağlantı detayının tasarım ilkeleri ile ilgili bilgiler sınırlıdır.

Yuvalı temellere gömülü kolonların yük aktarım mekanizması ile ilgili olarak Japon yönetmeliği ve Amerikan yönetmeliğinde bir bölüme rastlanmamıştır. Sadece Alman yönetmeliğinde yuvalı temel kolon birleşimlerinde yük aktarımı ile ilgili bir yaklaşım mevcuttur. Bu yaklaşım ise birçok basitleştirici kabulde sadece yuvalı temel kolon birleşim bölgesindeki donatı hesaplanmasına yönelik bilgiler içermektedir.

Literatürde yuvalı temel kolon birleşimlerinin depremi benzeştiren tersinir tekrarlanır yüklemeler altında kolon uç deplasmanı değerlerinin araştırıldığı az sayıda deneysel çalışma yer almaktadır (Karadoğan H. F., Yüksel E., İlki A., Saruhan H., Darılmaz K., Güzel Ö.)(Karadoğan, H., F., Yüksel E., İlki A., Darılmaz, K.). Bu çalışmalarda deney elemanları tersinir tekrarlanır yüklemeler altında test edilerek kolon uç deplasmanı değerlerinin yönetmelik sınırları içerisinde kalıp kalmadığı araştırılmıştır.

Ancak bu deneylerde kolon ve yuvalı temel arasındaki yük aktarım mekanizması ile ilgili bir ölçüm alınmamıştır. Değerli deneysel veriler içeren bu çalışmalarda yük aktarım mekanizması ile ilgili bir yaklaşım yer almamaktadır.

Literatürde yuvalı temellerin donatlandırılması ile ilgili olarak da sınırlı sayıda çalışma mevcuttur (Özmen G., Zorbozan M., 1-2). Ancak bu çalışmalarda yuvalı temellerin donatlandırılması için hesaplanan kesit tesirleri TS 9967 yönetmeliği tarafından önerilen yük aktarım mekanizması kullanılarak hesaplanmıştır.

1.7. Çalışmanın Amacı

Prefabrike yapı elemanları fabrikalarda belirli bir denetim altında istenilen kalitede üretilmektedir. Ancak kiriş-kiriş, kolon-kiriş ve kolon temel birleşimleri şantiyede yapılmakta ve bazen bu birleşimler, uygun yapılmadığından ve/veya denetimsiz yapıldığından, prefabrike yapılarda hasarlara neden olabilmektedir.

Bu nedenle, bu çalışmanın amacına uygun olarak biri monolitik olmak üzere 6 farklı kolon-temel birleşimi oluşturulmuş ve bu birleşimlerin davranışları tekrarlı yükler altında incelenmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

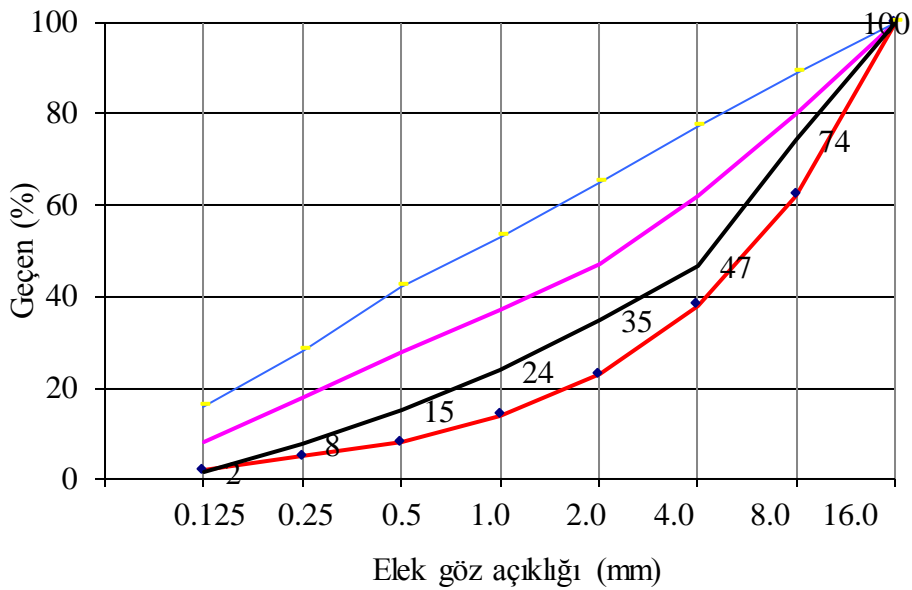
2.1 Deneylerde Kullanılan Malzeme Özellikleri

2.1.1. Agreganın Özellikleri

Üretilen betonda kullanılan agrega, Trabzon İli Maçka İlçesi'nde bulunan bir konkasör tesisinden iri, orta ve ince malzeme olarak üç boyutta temin edilmiştir. İri agrega 16–8 mm, orta agrega 8-4 mm ve ince agrega 4-0 mm boyutlarındadır. Bu agregaların TS3526 ve TS3529'a göre belirlenen bazı fiziksel özellikleri Tablo 2.1'de, granülometrik birleşimi ise Şekil 2.1'de verilmektedir.

Tablo 2.1. Agreganın fiziksel özellikleri

Agreganın Tipi	Doygun Kuru Yüzeyle Birim Ağırlık (kg/m ³)	Kütlece Su Emme yüzdesi (%)
İri	2680	1.63
Orta	2720	1.78
İnce	2650	2.70



Şekil 2.1. Beton karışımında kullanılan agreganın granülometrisi

2.1.2. Çimento Özellikleri

Beton üretiminde Aşkale Çimento'nun Trabzon fabrikasında TS EN 197-1'e göre üretilmiş, basınç dayanımı 32.5 MPa olan, Puzolanik Katkılı CEM II/B-M 32.5 R tipinde çimentosu kullanılmıştır. Çalışma boyunca özelliklerinin aynı kalması için çimento paketleri kapalı naylon torbalar içinde saklanmıştır. Beton üretiminde kullanılan çimentoya ait fabrikadan alınan fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 2.2'de, kimyasal özellikleri ise Tablo 2.3'de verilmektedir.

Tablo 2.2. Beton üretiminde kullanılan çimentonun bazı özellikleri

FİZİKSEL ÖZELLİKLER		
Özgül Kütle (gr/cm ³)		2.86
Blaine Özgül Yüze (cm ² / gr)		4630
200 mm Elek Üstünde Kalan (%)		0.0
90 mm Elek Üstünde Kalan (%)		1.2
Priz süresi (saat)	Başlangıç	3:18
	Bitiş	4:18
Toplam hacim genişmesi (mm)		1:00
MEKANİK ÖZELLİKLER		
7.gün	Eğilme dayanımı (MPa)	5.1
	Basınç dayanımı (MPa)	27.4
28.gün	Eğilme dayanımı (MPa)	6.6
	Basınç dayanımı (MPa)	38.5

Tablo 2.3. Kullanılan çimentonun kimyasal özellikleri

KİMYASAL ÖZELLİKLER	KÜTLECE YÜZDE (%)
SiO ₂	18.44
Al ₂ O ₃	4.5
Fe ₂ O ₃	3.21
CaO	56.5
MgO	2.57
SO ₃	2.14
Kızdırma Kaybı	11.38
Na ₂ O	0.17
K ₂ O	0.53
Cl	0.0086
Ölçülmeyen	0.57
Toplam	100
Katkı %	33.27

2.1.3. Kullanılan Kimyasal Katkı Maddesi

Beton üretimlerinde CHRYSO firmasından temin edilen “polinaftalen bazlı” sentetik polimer esaslı bir süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı maddesi kullanılmıştır.

2.1.4. Donatı Özellikleri

Üretilen numunelerde kullanılan nervürlü donatıların anma çapları 8mm ve 14mm'dir. Kullanılan donatılar üzerinde 600 kN kapasiteli Dinç Makine marka üniversal deney aleti ile (Şekil 2.2) TS 138 EN 10002-1 ve TS 708 'e uygun olarak merkezi çekme deneyi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 2.5.'de verilmektedir.



Şekil 2.2. Üniversal deney aleti

Tablo 2.4. Nervürlü donatıların bazı mekanik özellikleri

Anma Çapı (mm)	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Kopma Birim Uzama (%)
8	536	633	22
14	539	640	20

2.2. Betonların Bileşimi

Deneylerde üretilen betonun bileşim oranları Eurocode-2 ve TS 802’de verilen “mutlak hacim yöntemi” kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır

W_c , W_a , V_w , ve V_h sırasıyla 1 m³ betondaki çimento kütesini (kg), agrega kütesini (kg), su ve hapsedilmiş hava hacmini (dm³), γ_c ve γ_a sırasıyla çimento ve agreganın doymuş kuru yüzeyli (DKY) birim küteslerini (kg/dm³) göstermek üzere agrega mutlak hacmi;

$$V_a = 1000 - \left(\frac{W_c}{\gamma_c} + V_w + V_h \right) \quad (2.1.)$$

bağıntısı ile hesaplanmaktadır. Agrega yığınının i adet farklı agrega sınıfından meydana geldiği göz önüne alındığında, her bir agrega sınıfının kütesi farklı olacağından β_i ve γ_{ai} sırasıyla agrega sınıflarının kütlece oranını ve DKY birim kütesini göstermek üzere toplam agrega kütesi;

$$\sum \left(\beta_i \frac{W_a}{\gamma_{ai}} \right) = 1000 - \left(\frac{W_c}{\gamma_c} + V_w + V_h \right) \quad (2.2.)$$

bağıntısıyla ile hesaplanabilir. Agrega sınıflarının ayrı ayrı kütesleri, bağıntı (2.2)’den elde edilen toplam agrega kütesi ile istenilen agrega sınıfının kütlece oranıyla çarpılarak tespit edilebilir.

$$W_{ai} = \beta_i \cdot W_a \quad (2.3.)$$

Elde edilen agrega kütesleri DKY agrega kütesleridir. Agregalar genellikle doymuş kuru yüzeyli halde bulunmamaktadır. Hesapla elde edilen değerden agregaların doyma suyunu belirlemek için doğal nem (DN_i) durumunun ve su emme miktarının (SE_i) belirlenmesi gerekir. Belirlenen bu değerlerden sonra doyma suyu miktarı (DS_i);

$$DS_i = (SE_i - DN_i) \cdot W_{ai} \quad (2.4.)$$

Formülü ile hesaplanmaktadır. Toplam doyma suyu ise her bir agrega sınıfının doyma suyu miktarlarının toplanmasıyla elde edilir.

$$DS = \sum DS_i \quad (2.5.)$$

Geleneksel ve hafif betonların her ikisinin de üretiminde 350 kg/m^3 çimento, 0,50 su/çimento oranı kullanılmıştır. Ayrıca 1 m^3 beton için hava miktarı 10 dm^3 olarak kabul edilmiştir. Yukarıda verilen bağıntılar yardımıyla hesaplanan malzeme miktarları Tablo 2.5’de verilmiştir.

Tablo 2.5. Deney elemanlarının yapımında kullanılan beton bileşimi

S/Ç oranı	Çimento (kg/m^3)	Su (kg/m^3)	Toplam Agrega (kg/m^3)	Doyma Suyu (kg/m^3)	Süper akışkanlaştırıcı (kg/m^3)
0.50	350	175	1760	35	3.5

2.3. Deneylerde Kullanılan Betonun Üretimi ve Kürü

Geleneksel betonların karılmasında 100 litre kapasiteli pan tipi düşey eksenli betonyer kullanılmıştır. Betonların üretiminde kullanılan her bir sınıf agrega, çimento, doyma ve karma suyu tartılarak hazırlanmıştır. Agregalar önceden nemlendirilmiş betonyere konmuş ve doyma suyu ilave edilerek üç dakika karılmıştır. Ardından çimento ilave edilerek üç dakika daha karıldıktan sonra betonyer çalışır durumda iken karma suyu ilave edilerek bir üç dakika daha karılarak betonlar elde edilmiştir.

Beton üretiminde kullanılan malzemeler 1g hassasiyetli Mettler marka PM 30 tipi elektronik terazi ile (Şekil 2.3) tartıldıktan sonra, betonyerle (Şekil 2.4) karılmıştır. Üretilen betonun dayanımını belirlemek amacıyla her üretimden 3’er adet standart 150 mm ’lik küp numuneler alınmıştır.

Üretilen küp numuneler üretimlerinden bir gün sonra kalıplarından çıkarılarak, sıcaklığı $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ olan kür havuzuna konulmuş ve 28. günde 2500 kN ’luk basınç kapasitesine sahip Dinç makine marka preste deneye tabi tutulmuşlardır. (Şekil 2.5). Elde edilen sonuçlar Tablo 2.6’da verilmektedir.



Şekil 2.3. Elektronik terazi



Şekil 2.4. Düşey eksenli betoniyer



Şekil 2.5. Beton presi

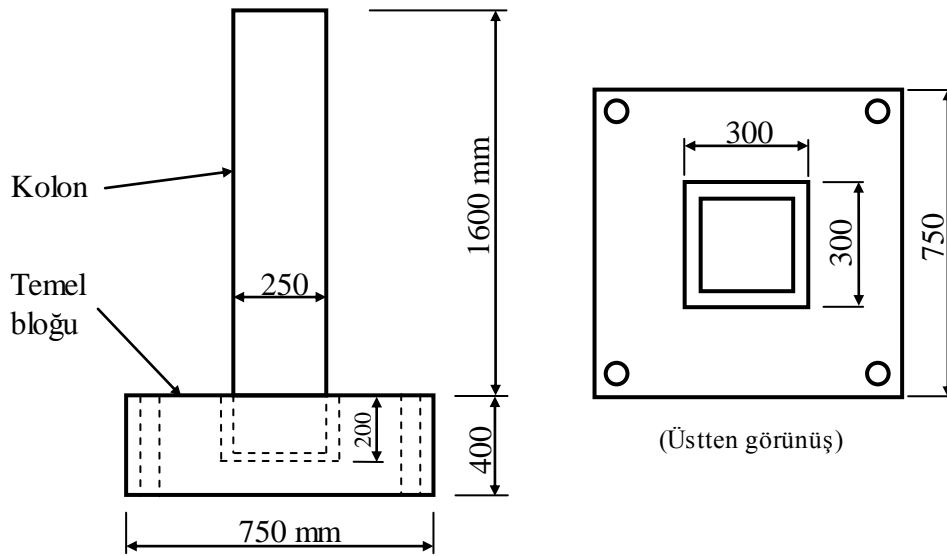
Tablo 2.6. Üretilen betonların 28 günlük dayanımları

Üretim No	f_{cm} (MPa)	f_{ck} (MPa)	Standart sapma (MPa)
1. Üretim	28.0	25.4	2.0
2. Üretim	30.0	27.2	2.2
3. Üretim	27.4	23.4	3.1
4. Üretim	26.3	22.8	2.7
5. Üretim	29.0	26.3	2.1
6. Üretim	26.8	23.3	2.7
Genel	27.9	24.7	2.5

Tablo 2.6'dan görüldüğü gibi, üretilen betonların karakteristik basınç dayanımını ortalama 24,7MPa olup, betonlar C20 dayanım sınıfına girmektedir. Dayanımlar arasındaki farklılık ise %4 civarında gerçekleşmiştir. Bu da numune üretiminde kullanılan beton karışımının aynı özelliklerde yeniden üretilebilirliğini göstermektedir.

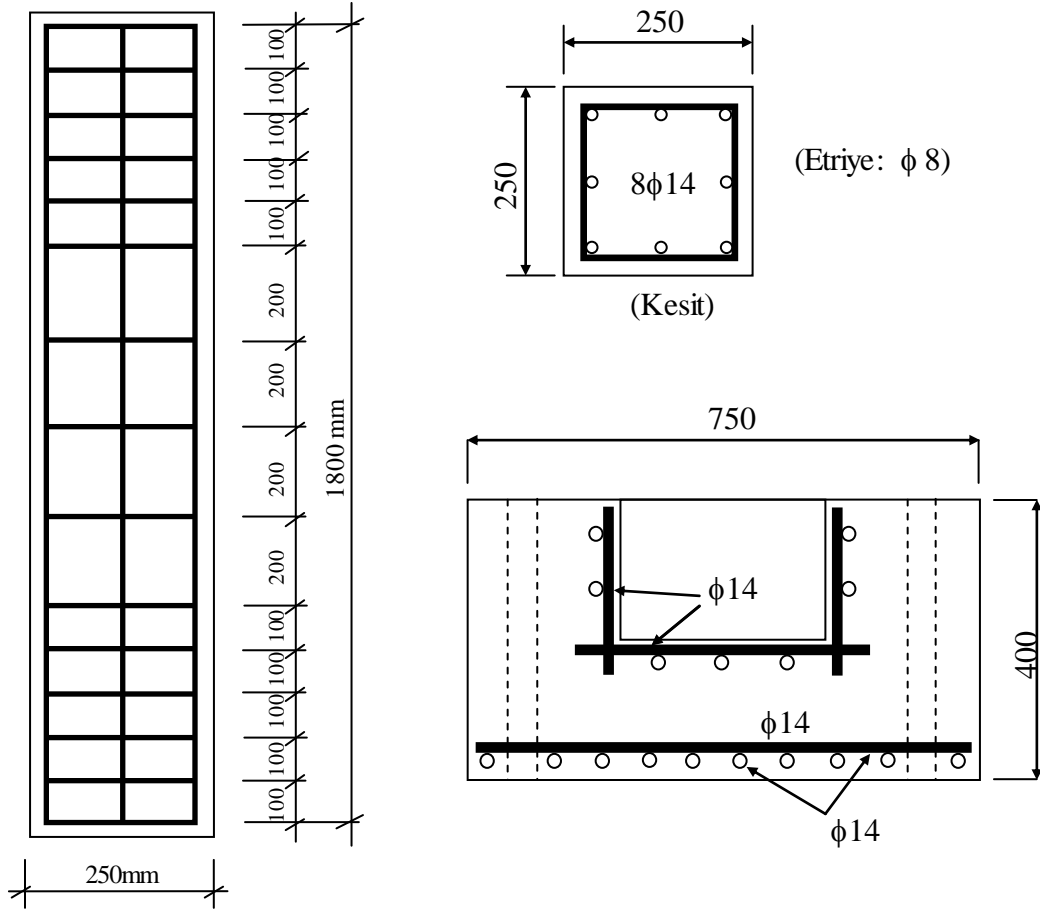
2.4. Deney Numuneleri Üretimi ve Kürü

Farklı temel birleşimi şekillerine sahip prefabrike betonarme kolonların eğilme etkisi altındaki davranışlarının incelenmesi için 6 farklı birleşim detayı hazırlanmıştır. Bu numunelerin ölçülerini içeren tipik şema aşağıda Şekil 2.6'da verilmektedir.



Şekil 2.6. Yuvalı temel-kolon numunelerine ait tipik şema

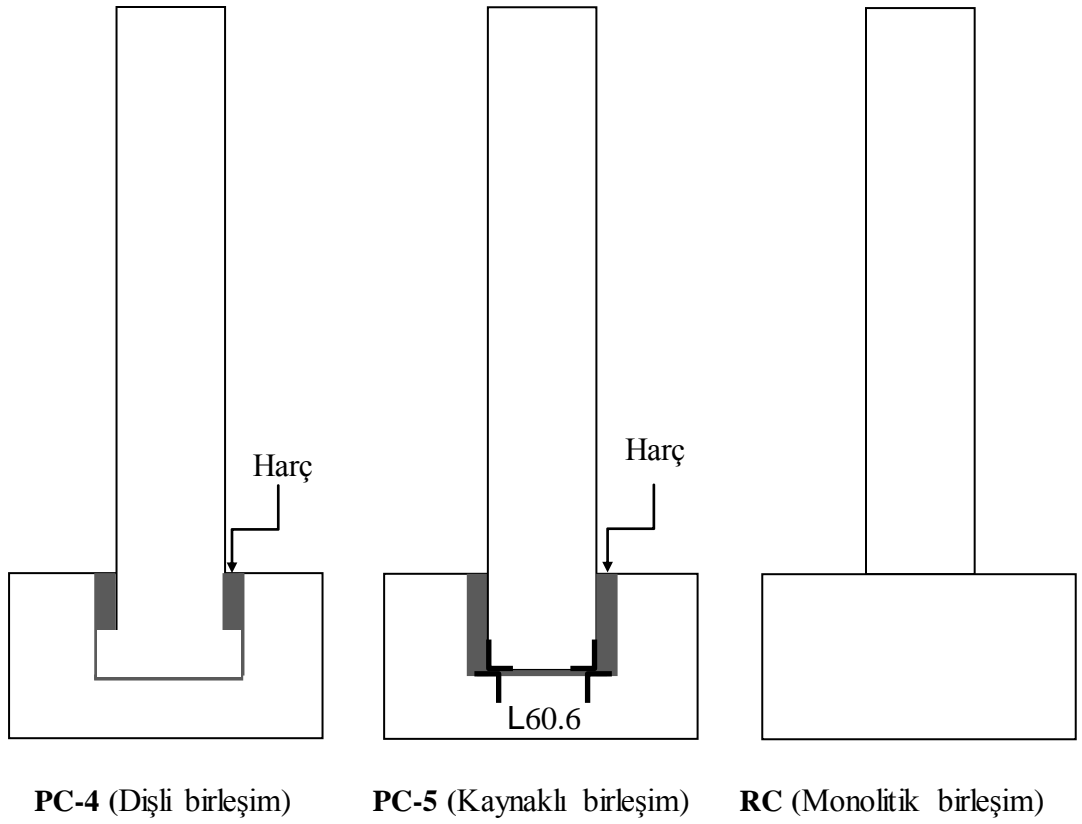
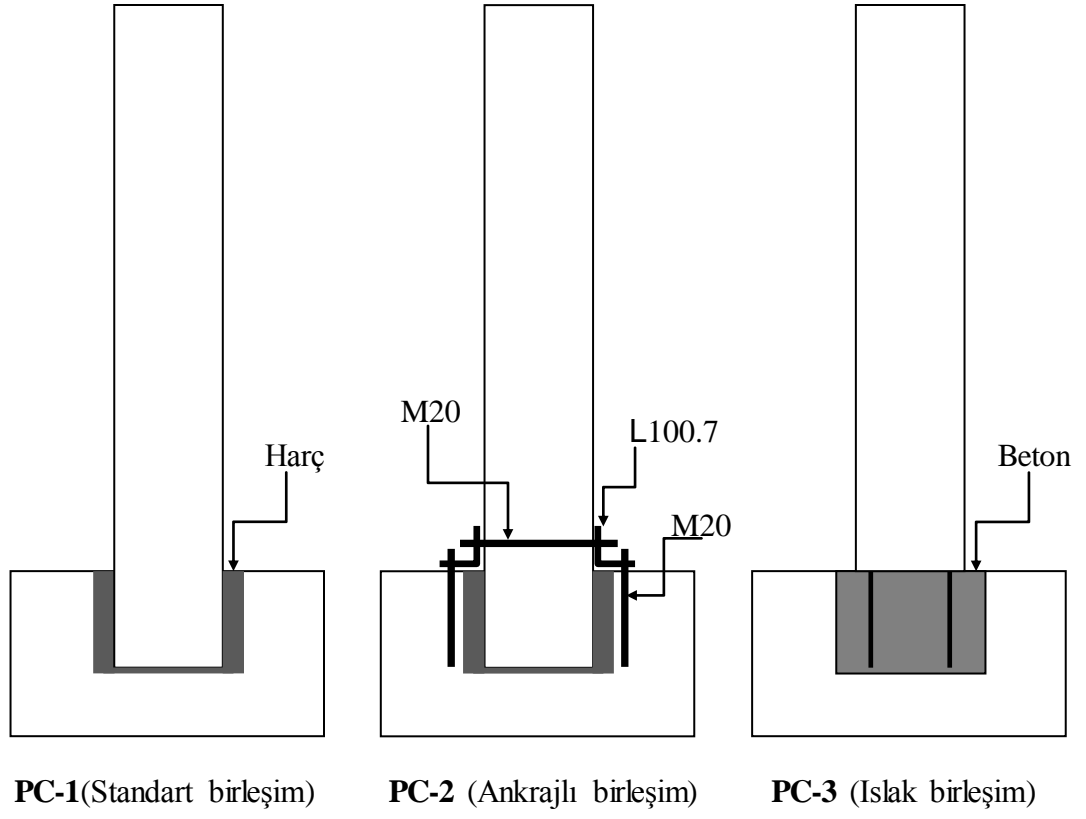
Kolon numunelerine ve temellere ait detaylar Şekil 2.7’de verilmektedir.



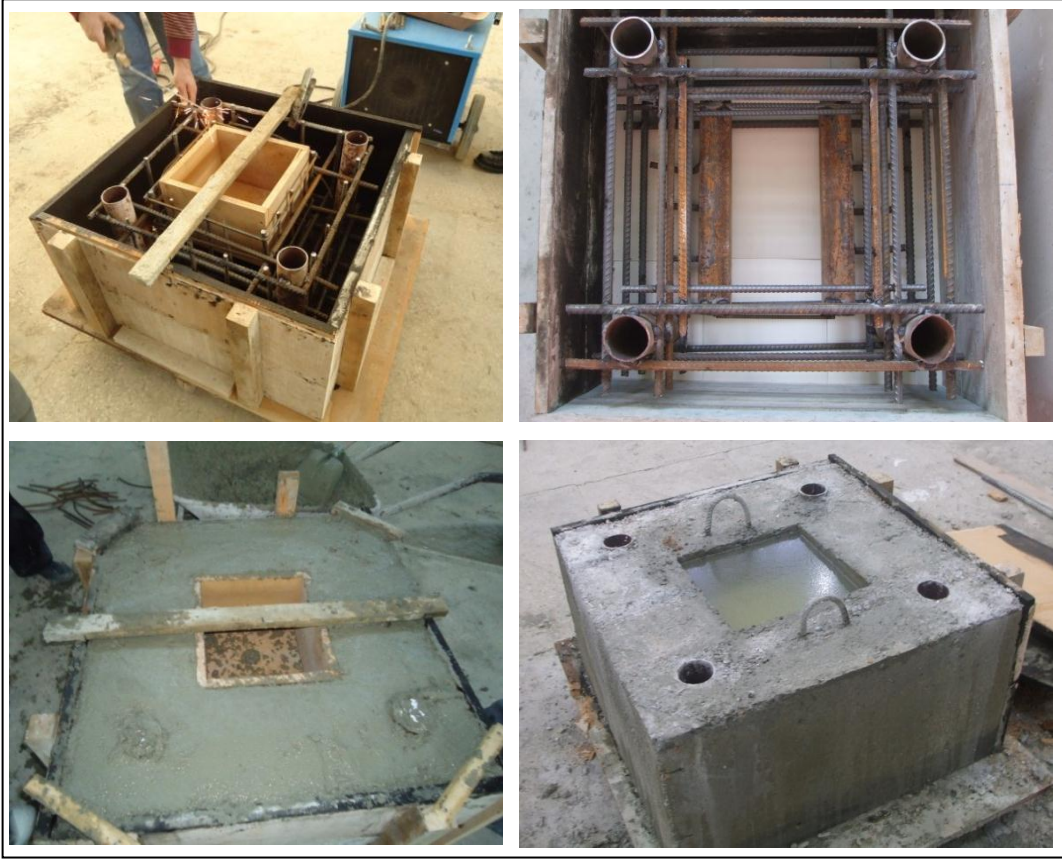
Şekil 2.7. Kolon ve temel detayları

Kolon-yuvalı temel birleşimlerinin standart birleşim ve ıslak birleşim olanlarının haricinde, bu çalışmada 3 ayrı birleşim türü daha tasarlanıp üretilmiştir. Böylece, monolitik deney elemanı ile birlikte toplam 6 farklı deney numunesi elde edilmiştir. Bu deney elemanlarının şematik görünümleri toplu olarak aşağıdaki Şekil 2.8’de verilmektedir.

Prefabrike kolon-yuvalı temel birleşimlerinin deneysel olarak incelenmesi için önce 750mm x 750mm taban alanına sahip 400 mm yüksekliğinde temeller üretilmiştir. Temelerde laboratuvaradaki rijit döşemeye bağlanması için, delikler ve prefabrike kolonların sonradan, temele yerleştirilmesi için 300 mm x 300 mm enkesitinde ve 200 mm derinliğinde çanak (yuva) bırakılmıştır. Bu uygulamalara ilişkin bazı görünümeler ise Şekil 2.9’da verilmektedir.



Şekil 2.8. Çalışma kapsamında üretilen deney elemanları



Şekil 2.9. Bir yuvalı temelin üretim aşamalarından görünüm

Prefabrike kolonların donatıları hazırlandıktan sonra yukarıda Madde 2.3’de belirtildiği gibi hazırlanan beton, donatı yerleştirilmiş kalıba dökülmüş ve uygun bir şekilde sıkılanmıştır (Şekil 2.10). Bu şekilde üretilen prefabrike kolon numuneler de üretimlerinden bir gün sonra yan kalıpları sökülerek 28 gün boyunca ıslak çuvallar altında küre tabi tutulmuştur (Şekil 2.11).

Çalışma kapsamında, monolitik üretim hariç, kolon numuneler üretimlerinden 28 gün sonra temelde bırakılan çanaklara (yuvalara) yerleştirilmiş ve kolon-yuva arasında kalan boşluklara, kolonun düşeyliğine dikkat edilerek, ortalama dayanımı 25MPa olan harç dökülmüştür. Harcın belli bir dayanım kazanmasına kadar kolonlar ahşap elemanlarla desteklenmiştir. Deneyler ise dolgu harçlarının da en az 21 günlük olmasını takiben gerçekleştirilmiştir. Burada, deney numunelerinin üretilmesiyle ilgili bazı ilave detayların daha verilmesinde yarar görülmektedir.



Şekil 2.10. Prefabrike kolon donatıları ve beton dökümü



Şekil 2.11. Kolonların ıslak çuvallarla kürü

Birinci deney numunesi (PC-1) yuvaya yerleştirildikten sonra boşluklara çimento harcı yerleştirilmiştir (şekil 2.12).



şekil 2.12. PC-1 nolu deney numunesinin temel birleşimi

İkinci deney numunesinde ise (PC-2) kolon gövdesinde bırakılan boşluktan M20'lik iki adet cıvata geçirilerek, yine temele üçer adet M20'lik cıvatalarla ankrajlı L100.100.10'luk levhayla bağlanmış ve boşluklara çimento harcı dökülmüştür (şekil 2.13).



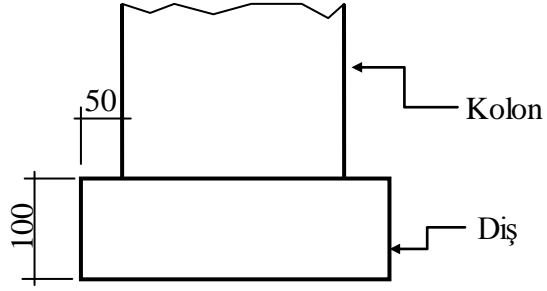
şekil 2.13. PC-2 nolu deney numunesinin temel birleşimi

Üçüncü deney numunesinde (PC-3) kolon-temel birleşimini ıslak birleşim olarak tasarlanmıştır. Bu amaçla, kolonun boyuna donatılarının 200 mm'lik kısmı filiz olarak bırakılıp çanak içi önce beton ile doldurulmuş ve sonra kolon, temel çanağına yerleştirilmiştir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. PC-3 nolu deney numunesinin temele yerleştirilmesi

Dördüncü deney numunesinde (PC-4) ise kolon tabanında yükleme yönünde olacak şekilde, 50mm genişliğinde ve 100mm derinliğinde dişler oluşturulmuştur (Şekil 2.15). Bu elemanın donatısı, kalıbı ve temel çanağına yerleştirilmesinden bazı görünümeler aşağıdaki Şekil 2.16'da verilmektedir.

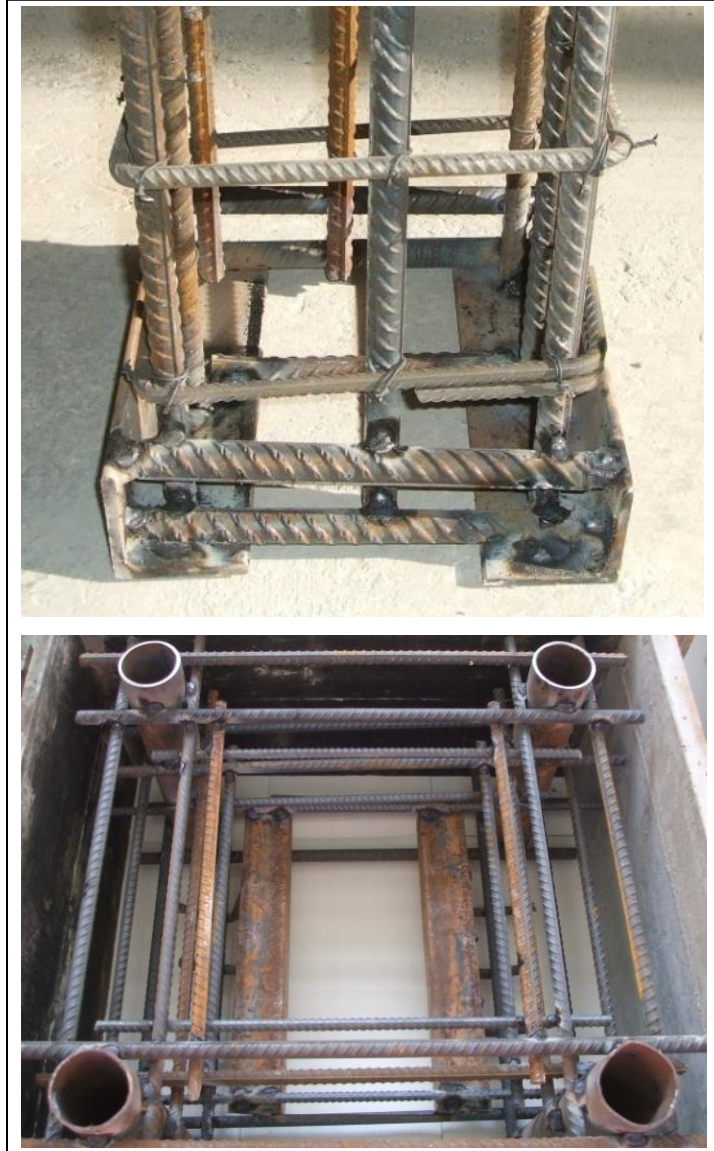


Şekil 2.15. PC-4 numunesinin diş detayı



Şekil 2.16. PC-4 nolu deney numunesinin donatısı ve temelle birleştirilmesi

Beşinci deney numunesinde (PC-5) uygulanan birleşim ise kaynaklıdır. Kolon tabanına ve temel çanağı içine, beton dökülmeden mevcut donatılara L60x60x6'lık köşebent profiller kaynatılmıştır(Şekil 2.17). Kolon ve temel bu şekilde betonlanmıştır. Elemanlar 28 günlük olduktan sonra, kolon temel çanağına yerleştirilmiş düşeyliği sağlandıktan sonra kolon altındaki köşebentler temel çanağında bulunan köşebentlere elektrot kaynağıyla, boydan boya kaynaklanmıştır. Kaynaklamadan işleminden sonra da, hazırlanan harç ile kalan boşluklar doldurulmuştur harcı ile birleşim yapılmıştır.

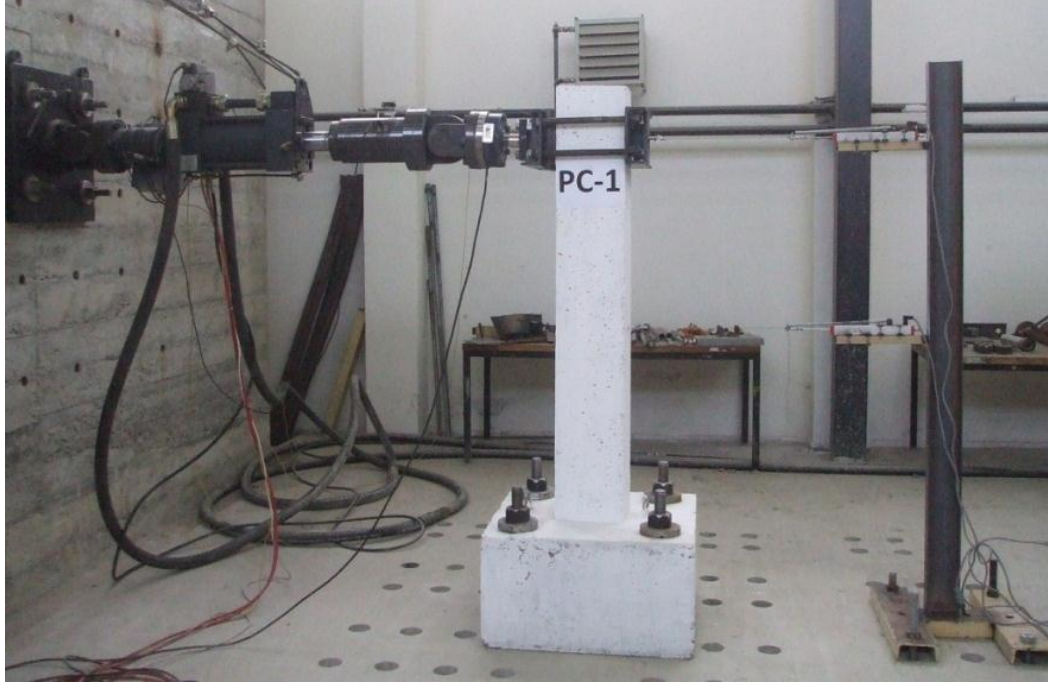


Şekil 2.17. PC-5 numunesinin kolon ve temeline kaynaklanmış köşebentler

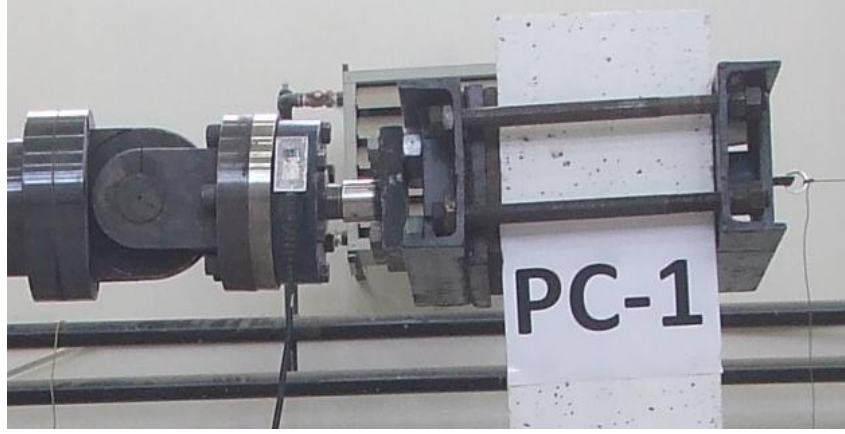
Prefabrike birleşimlerle karşılaştırılmak üzere Monolitik deney numunesi (RC) de üretilmiştir. Bu numunenin üretiminde önce temel, filizleriyle birlikte, üretilmiştir. Sonra kolon kalıbı kurularak üretim tamamlanmıştır.

2.5. Deney Düzenegi ve Eğilme Deneyleri

Prefabrike kolonların basit eğilme deneyleri için Şekil 2.18’de görüldüğü gibi bir deney düzenegi hazırlanmıştır. Deney düzenegi Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı ve Malzeme Laboratuvarında mevcut rijit duvar ve delikli döşemede oluşturulmuştur. Deneye hazır hale gelen temel-kolon birleşimini delikli döşemeye M30 çelik gijonlar ile sıkıca bağlanarak, deney sırasında temelde herhangi bir yer değiştirme olmaması sağlanmıştır. Deney elemanına çevrimsel yatay yükleme uygulayabilmek için 280kN kapasiteli servo-hidrolik aktüatör kullanılmış ve aktüatör deney elemanına iki adet U200 profili ile oluşturulan başlıkların kolon üst ucundan karşılıklı olarak 20mm çapındaki cıvatalarla sıkılmasıyla bağlanmıştır. Oluşturulan deney düzenegine ait bir görünüm Şekil 2.18’de, aktüatör-kolon bağlantısı ise Şekil 2.19’da verilmektedir.



Şekil 2.18. Deney düzenegi

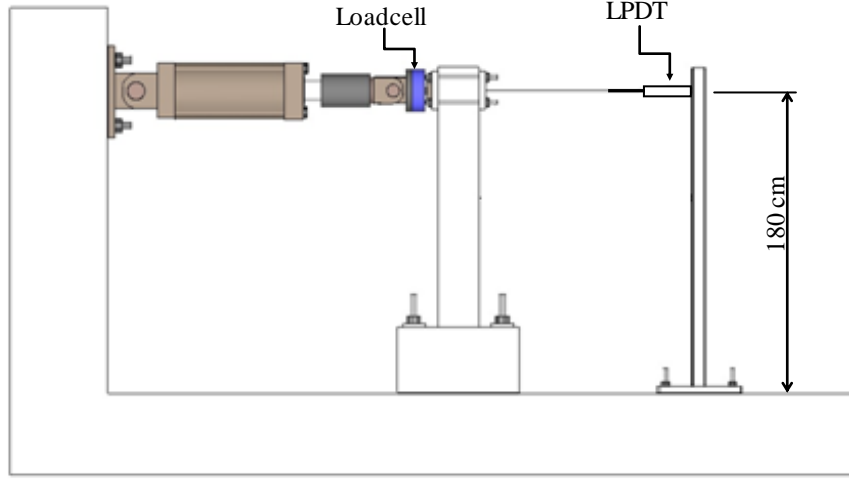


Şekil 2.19. Aktüatör-kolon bağlantısı

Deney sırasında, deney elemanında oluşan yatay yerdeğıştirmelerin belirlenebilmesi için, 200mm ölçü boyuna sahip, doğrusal potansiyometrik cetvel (LPDT), deney elemanına aktüatör yatay eksenine hizasında monte edilmiştir. Deney elemanına uygulanan yükü ölçmek için ise aktüatör ile deney elemanı arasına 500 kN kapasiteli bir elektronik yükölçer (Loadcell) yerleştirilmiştir. Kullanılan LPDT ve Loadcell Şekil 2.20’de, bu cihazların deney düzeneğindeki yerlerini gösteren şema ise Şekil 2.21’de verilmektedir.



Şekil 2.20. Potansiyometrik cetvel (LPDT) ve loadcell



Şekil 2.21. Ölçüm sisteminin yerleşimi

LPDT'den elde edilen yerdeğiştirme değerleri ve elde edilen yük değerleri, saniyede 8 veri okuyabilen 32 kanallı TDG marka veri toplama sistemi (Data-logger) ile kaydedilmiştir (Şekil 2.22).



Şekil 2.22. TDG marka 32 kanallı veri kayıt sistemi (Data-logger)

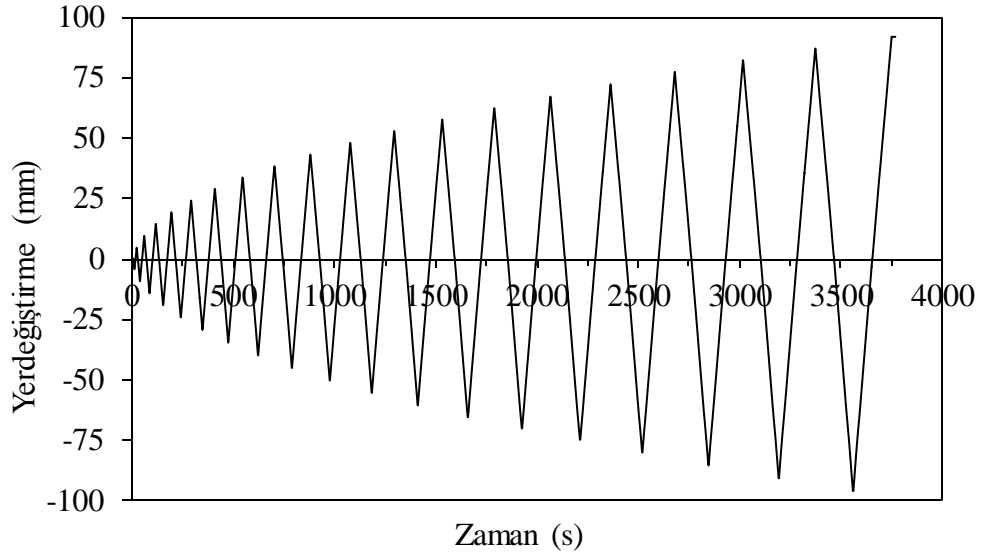
3. BULGULAR VE İRDELEMELER

Prefabrike kolon temel birleşimlerinin basit eğilme altındaki davranışlarının araştırılması için hazırlanan, beşi prefabrike ve biri monolitik olmak üzere toplam altı adet deney numunesine ve deney sistemine ilişkin ayrıntılı bilgiler önceki bölümde verilmişti. Çalışmanın bu bölümünde, söz konusu deney elemanları üzerinde gerçekleştirilen çevrimsel yatay yükleme deneyleri tanıtılmakta ve bu deneylerden elde edilen bulgular verilmektedir.

Deneye hazırlanan kolonlara yatay yükleme çevrimsel (cyclic) olarak uygulanmıştır. Bu yüklemenin uygulanabilmesi için, Şekil 3.1'de görülen Moog FCS Smart Test marka elektronik kumanda paneli kullanılmıştır. Matlab koduyla hazırlanan bir programla çalışan bu cihaz doğrudan aktüatörün servo vanasına kumanda etmekte ve böylece arzu edilen yükleme şekli, aktüatör üzerinden, deney elemanına aktarılabilmektedir. Tüm deneylerde yükleme, baştan sona yerdeğiştirme kontrollü olarak uygulanmıştır. Yükleme adımları, itmede ve çekmede 1'er mm artırılan döngüler olarak uygulanmıştır. Aynı döngü sadece bir defa uygulanmıştır. Bu şekilde uygulanan yükleme protokolü aşağıdaki Şekil 3.2.'de verilmektedir.

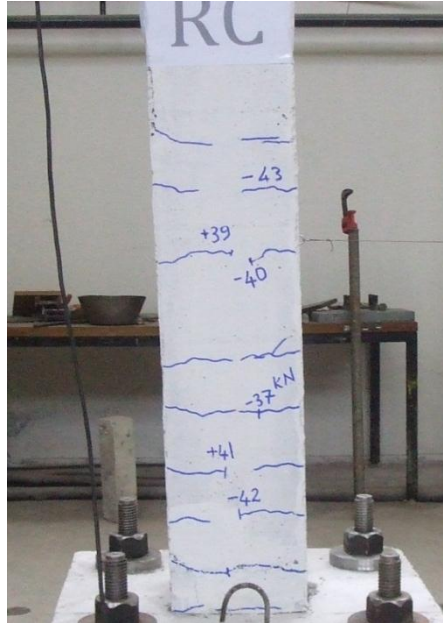


Şekil 3.1. Aktüatör kumanda paneli



Şekil 3.2. Deneysel yüklemeye uygulanan protokolü

Deneylere, kolonların çevrimsel yüklemeye altında elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrilerinde yük artışının artık görülmediği seviyelere kadar devam edildi. Deney süresince eğilme etkisindeki numunelerde oluşan çatlaklar yük değerleriyle birlikte numune üzerinde işaretlendi (Şekil 3.3). Gerçekleştirilen deneyler aşağıda teker teker sonuçlarıyla birlikte verilir, irdelenmektedir.



Şekil 3.3. Bir deney numunesinde (RC) oluşan çatlaklar

3.1. Çevrimsel Eğrilerin Elde Edilmesi İçin Gerçekleştirilen Deneyler

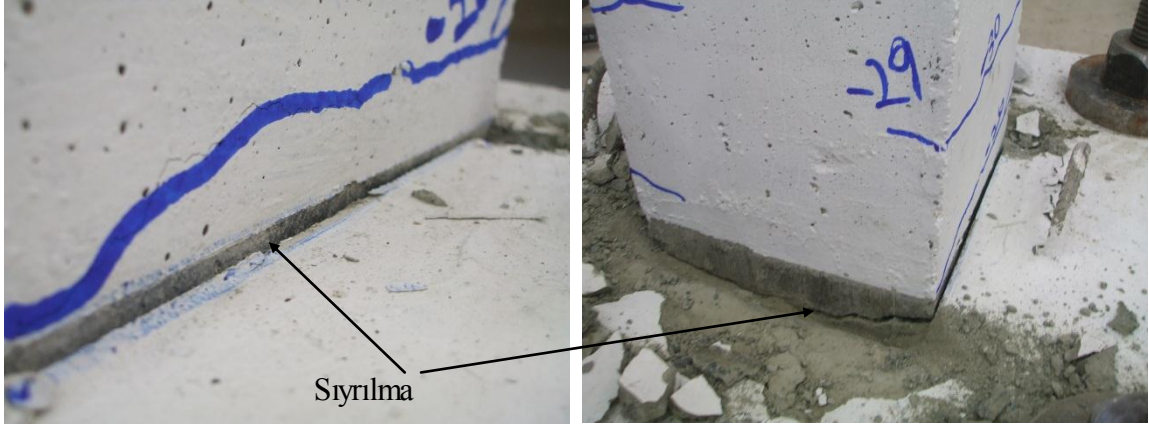
3.1.1. PC-1 Deney Elemanı

Klasik (standart) yuvalı temel- prefabrike kolon birleşimini temsil eden birinci deney numunesi olan PC-1 deney elemanı çevrimsel yükleme etkisiyle kırıldığında elemandaki hasar temel üst yüzünden yaklaşık 50 mm aşağıda, mafsallaşma şeklinde, oluşmuştur. Çevrimsel yüklemenin etkisiyle kolon yerleştiği yuvadan sökülme davranışı da göstermiş, kolonun temeldeki yuvasından yaklaşık 6 mm kadar bir sıyrılma yaptığı gözlenmiştir. Bu göçme şeklinin, kolon temel birleşiminde kullanılan harcın çevrimsel yükleme sırasında ezilmesi ve kolonla olan aderansının kaybolmasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. PC-1 numunesinde çevrimsel yük altında eğilme nedeniyle oluşan diğer çatlaklar ise ortalama 100mm aralıklı olarak kolon boyunca, çekme ve basınç yüzlerinde oluşmuştur.

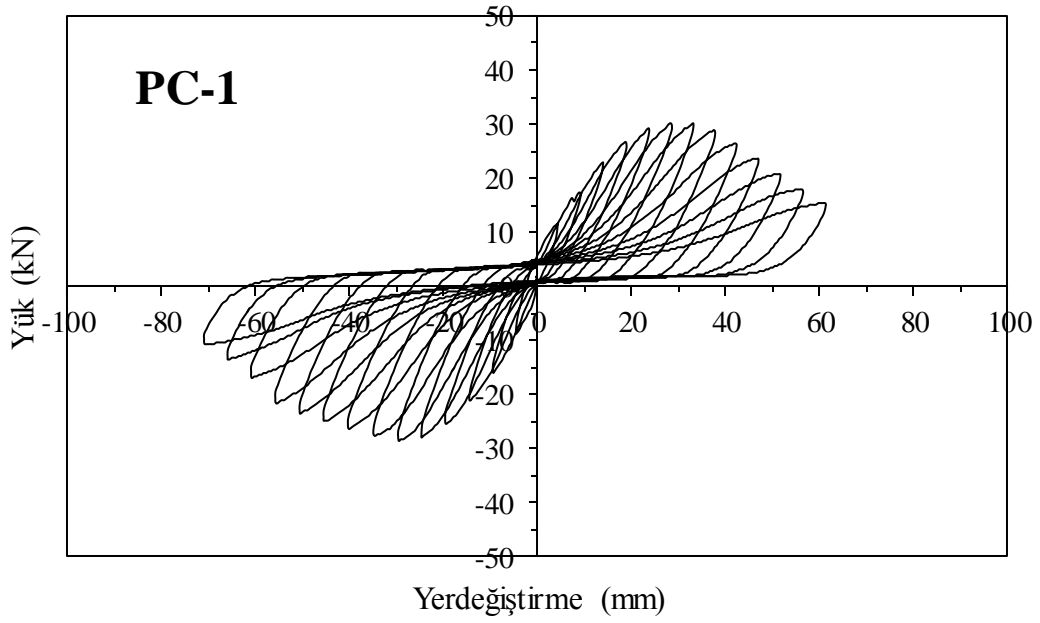
PC-1 deney anından bir görünüşü Şekil 3.4'te, kolon-yuva sıyrılması Şekil 3.5'te, deneyden elde edilen yük-yerdeğiştirme ilişkisi ise Şekil 3.6'da görülmektedir.



Şekil 3.4. PC-1 numunesinin deney anındaki görünümü



Şekil 3.5. PC-1 numunesinde kolonun yuvasından sıyırılması

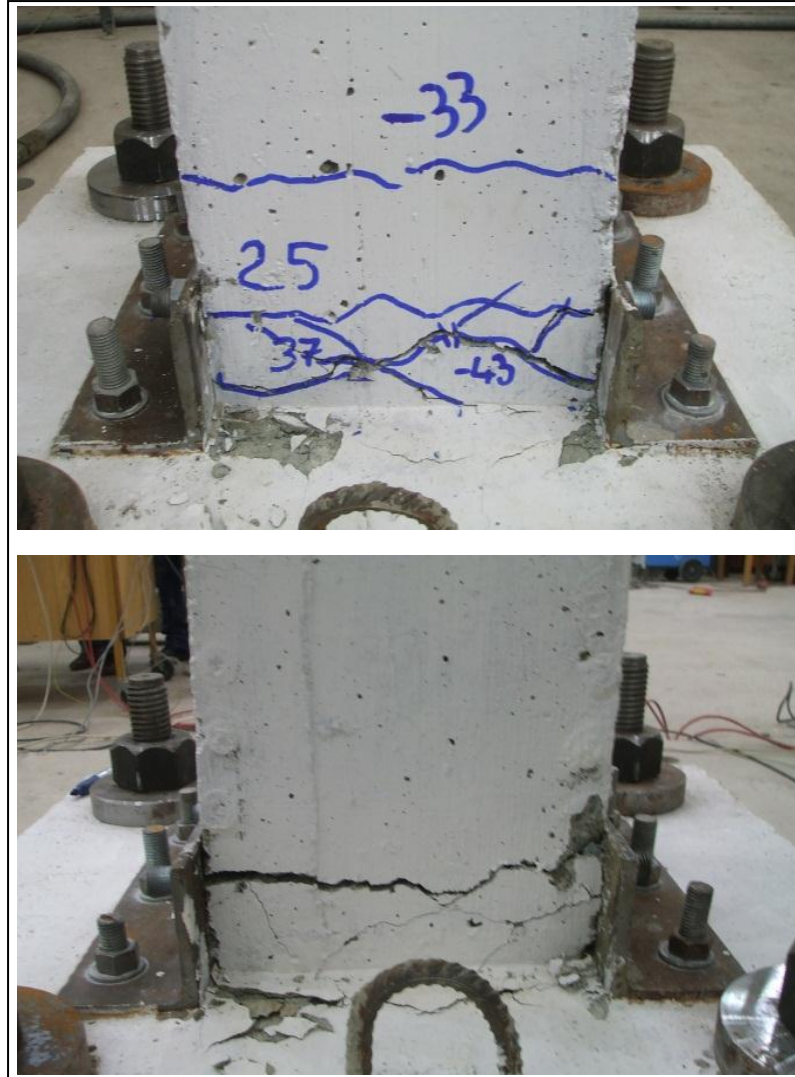


Şekil 3.6. PC-1 numunesinin yük-yerdeğiştirme ilişkisi

3.1.2. PC-2 Deney Elemanı

Prefabrike betonarme kolonun (PC-2) temele birleşimi, önceki bölümde detayları verildiği şekilde, kolonun korniyerler ve kolon içinden geçen cıvatalarla sağlanmıştır. Bu birleşimde çatlaklar kolon boyunca yayılmış ancak PC-1 elemanında gözlenen benzer bir kırılmaya rastlanılmamıştır. Bu deney numunesi, çevrimsel yük etkisinde, kolon alt

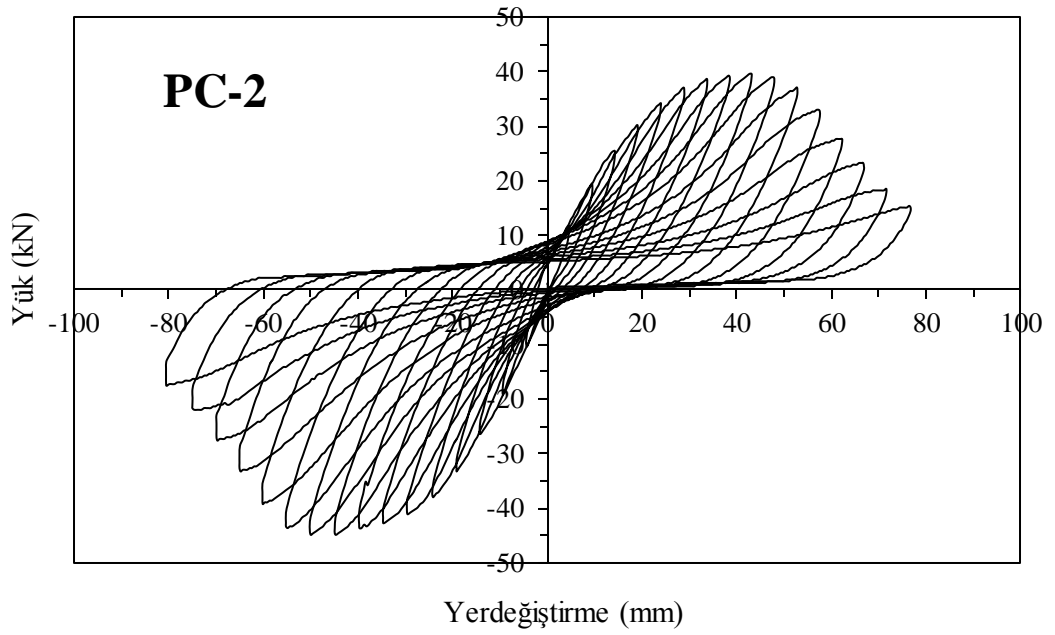
bölgesinde, yatay bağlantı civatalarının geçmesi için bırakılmış bulunan delikler seviyesindeki zayıflamış bölgede, mafsallaşarak taşıma gücünü kaybetmiştir. Bu kırılmaya ilişkin detaylar Şekil 3.7’de, kolonun deney anından bir görünümü Şekil 3.8’de verilmektedir. Şekil 3.8’den de görüldüğü gibi, bu bağlantı şeklinde kolon-yuva arasında bir sıyrıлма durumu ortaya çıkmamıştır. Deneyden elde edilen yük-yerdeğiştirme ilişkisi ise Şekil 3.9’da görülmektedir.



Şekil 3.7. PC-2 numunesinin mafsallaşması



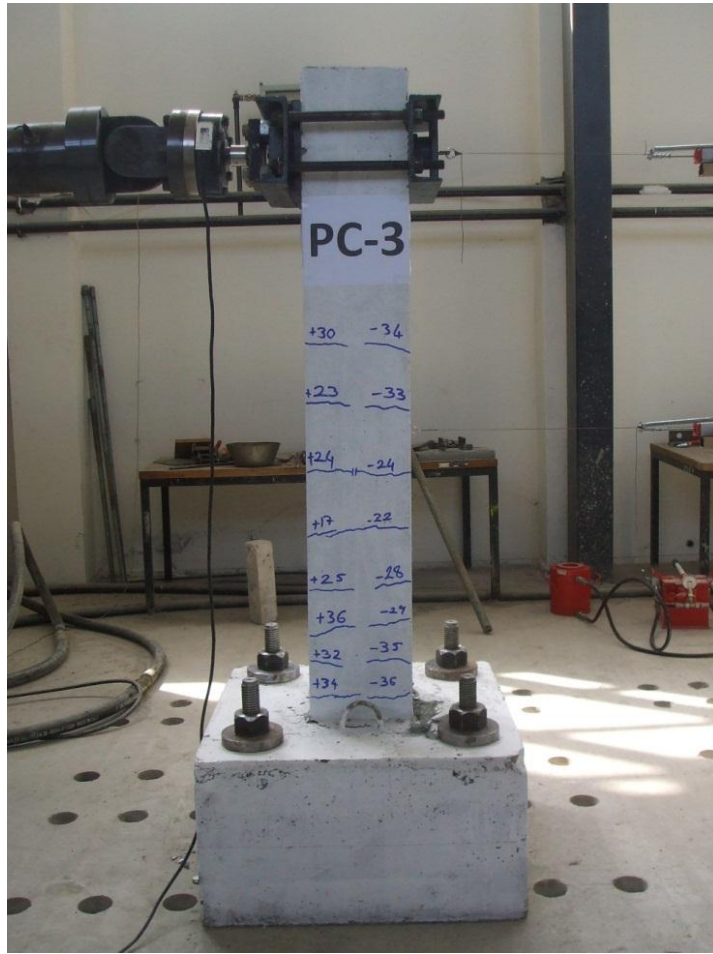
Şekil 3.8 PC-2 numunesinin deney anındaki görünüşü



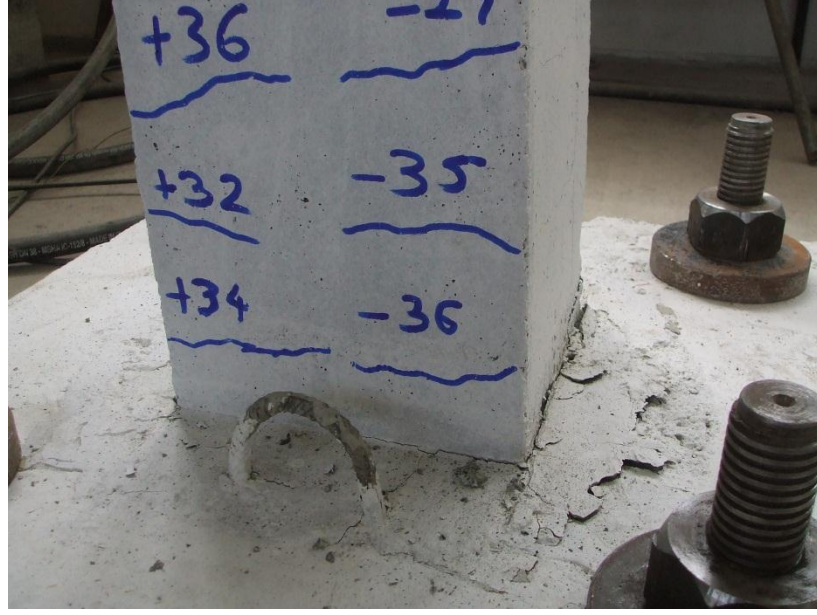
Şekil 3.9. PC-2 numunesinin yük-yerdeğiştirme ilişkisi

3.1.3. PC-3 Deney Elemanı

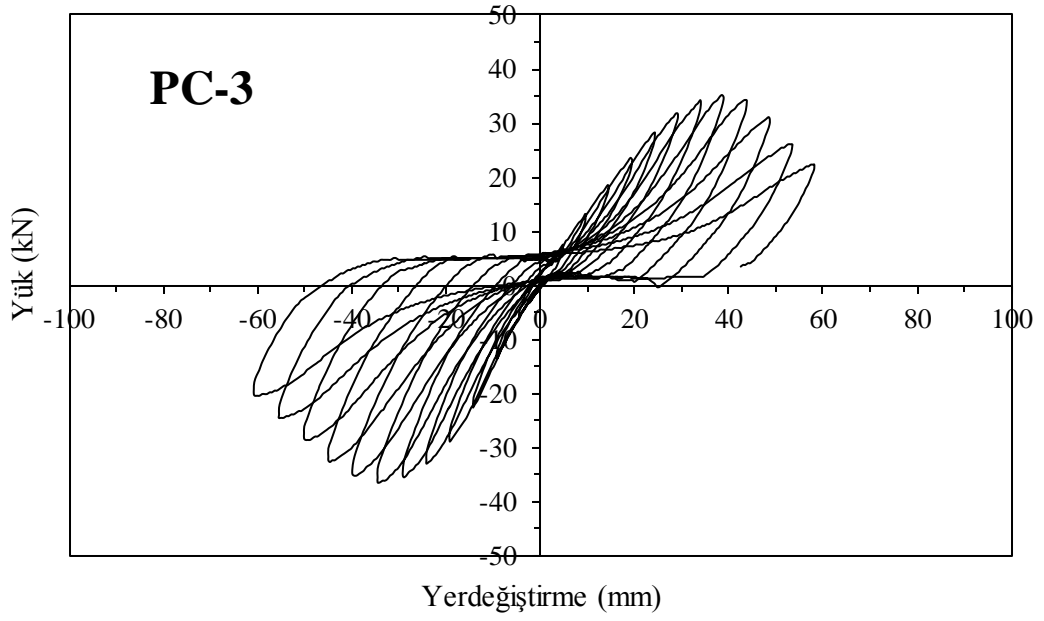
PC-3 nolu elemanda kolon ile temel bağlantısı ıslak birleşim olarak uygulanmıştır. Bu deney elemanında kırılma, kolonun temel yüzeyinden, dolgu betonu olarak sonradan dökülen, soğuk derz bölgesi etrafındaki, betonun parçalanmasıyla ortaya çıkmıştır. (Şekil 3.10-11). Deneyden elde edilen yük-yerdeğiştirme ilişkisi ise Şekil 3.12’de görülmektedir.



Şekil 3.10. PC-3 numunesinin deney anındaki görünüşü



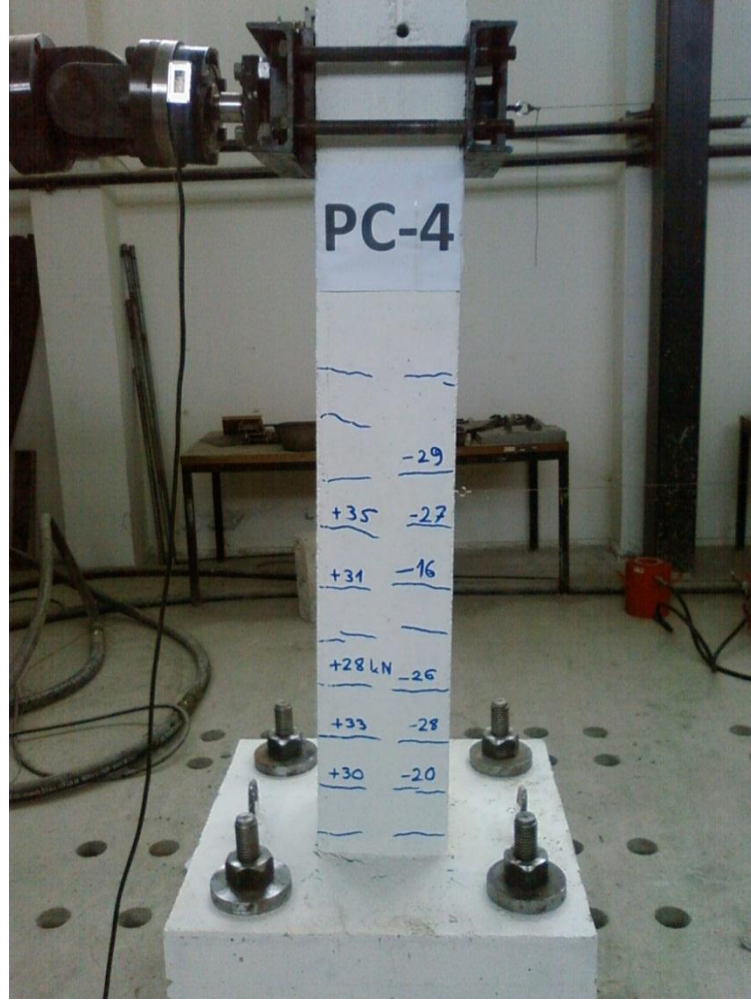
Şekil 3.11. PC-3 numunesinin kolon-temel yuvası birleşiminde kırılma



Şekil 3.12. PC-3 numunesinin yük-yerdeğiştirme ilişkisi

3.1.4. PC-4 Deney Elemanı

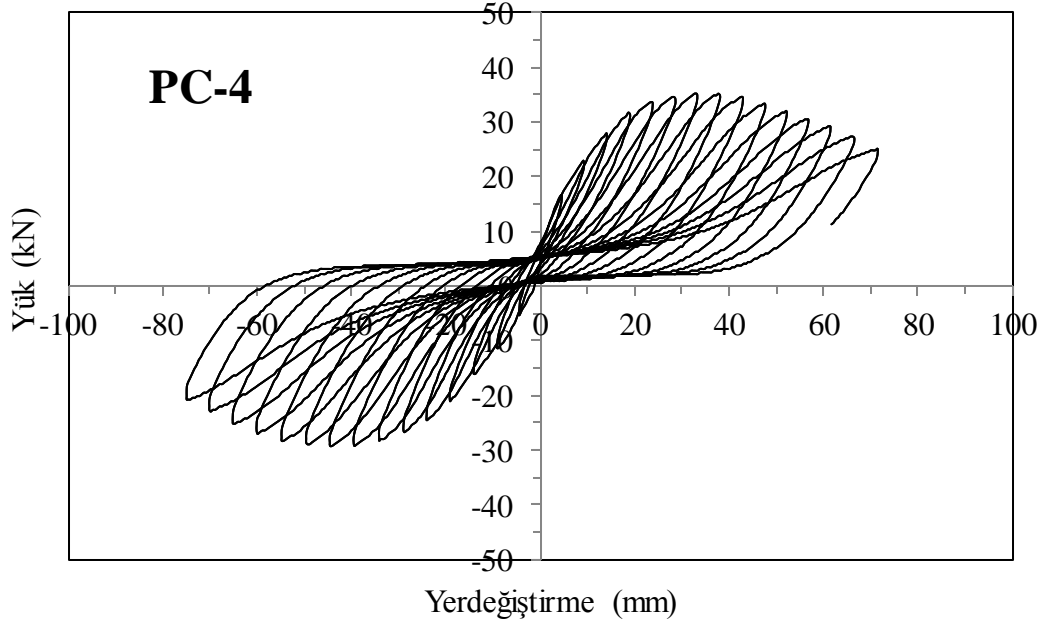
Dördüncü deney elemanı olan PC-4'ün kırılması, PC-3'ünkine benzer olarak kolon-temel yuvası arasındaki dolgu harcının ezilmesi şeklinde meydana gelmiştir. Ancak kolon, altında bulunan ve önceki bölümde “diş” olarak tanımlanmış olan çıkıntılar sayesinde temeldeki yuvadan sıyrılamamış ve yük taşımaya devam etmiştir. Deneyden görüntüler Şekil 3.13 ve Şekil 3-14'de, elde edilen yük-yerdeğiştirme ilişkisi ise Şekil 3.5'te görülmektedir.



Şekil 3.13. PC-4 numunesinin deney anındaki görüntüsü



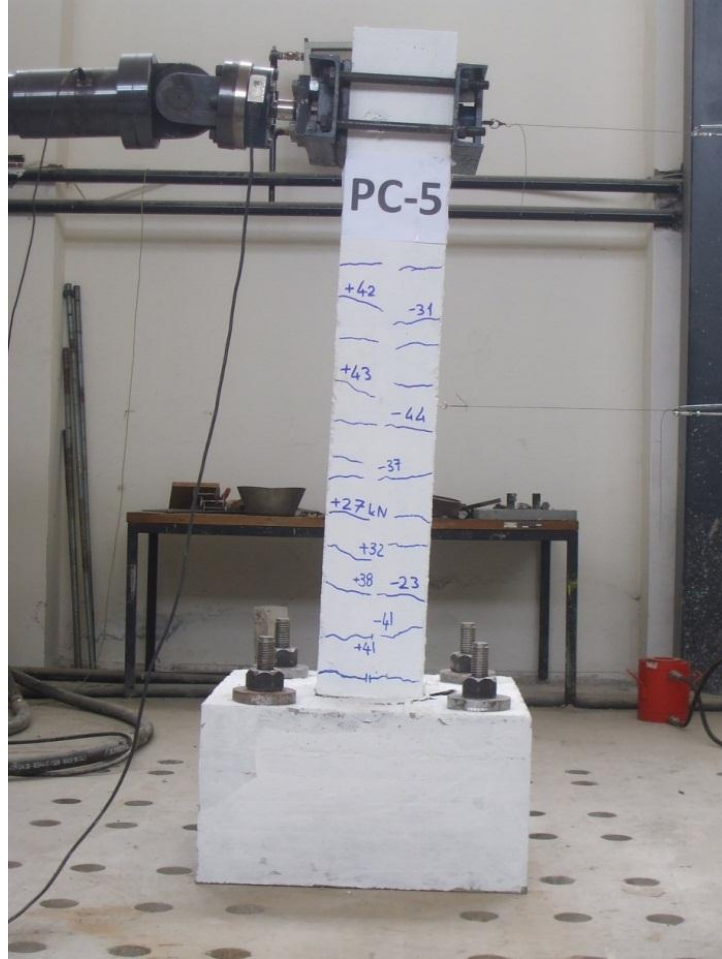
Şekil 3.14 PC-4 numunesinde kırılma



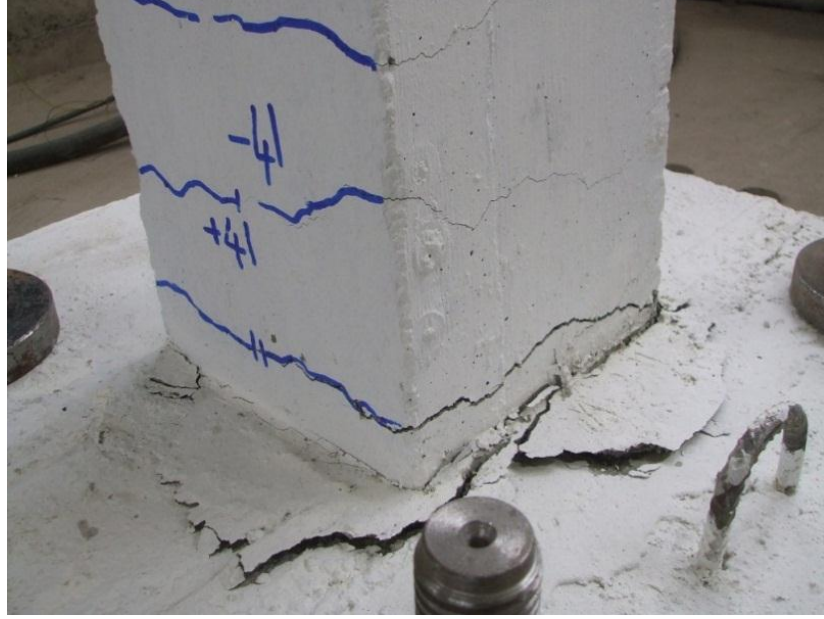
Şekil 3.15. PC-4 numunesinin yük-yerdeğiştirme ilişkisi

3.1.5. PC-5 Deney Elemanı

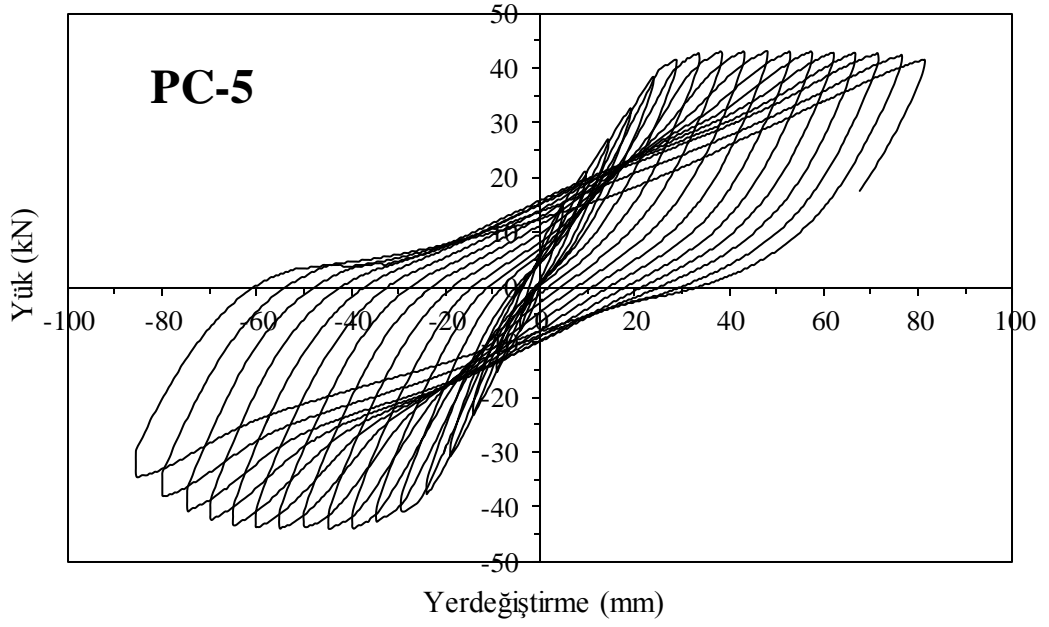
Prefabrike birleşimlerin sonucusu olan PC-5 nolu deney elemanı, donatılara kaynaklı L profillerinin (köşebentlerin) montaj sırasında karşılıklı olarak birbirine kaynaklanması ve sonra da kalan boşluğun harçla doldurulmasıyla elde edilmiştir. Bu bağlantı, yuvalı birleşim deneyleri içinde en başarılı performansı sergilemiştir. Bu birleşimde mafsallaşma RC kodlu monolitik kolondaki gibi meydana gelmiştir. Kolon-temel yuvası arasında bir sıyrılma ortaya çıkmamış, dolgu harcı ezilerek kırılma meydana gelmiştir (Şekil 3.16-17.) Deneyden elde edilen yük-yerdeğiştirme ilişkisi Şekil 3.18’de görülmektedir.



Şekil 3.16. PC-5 numunesinin deney anındaki görünüşü



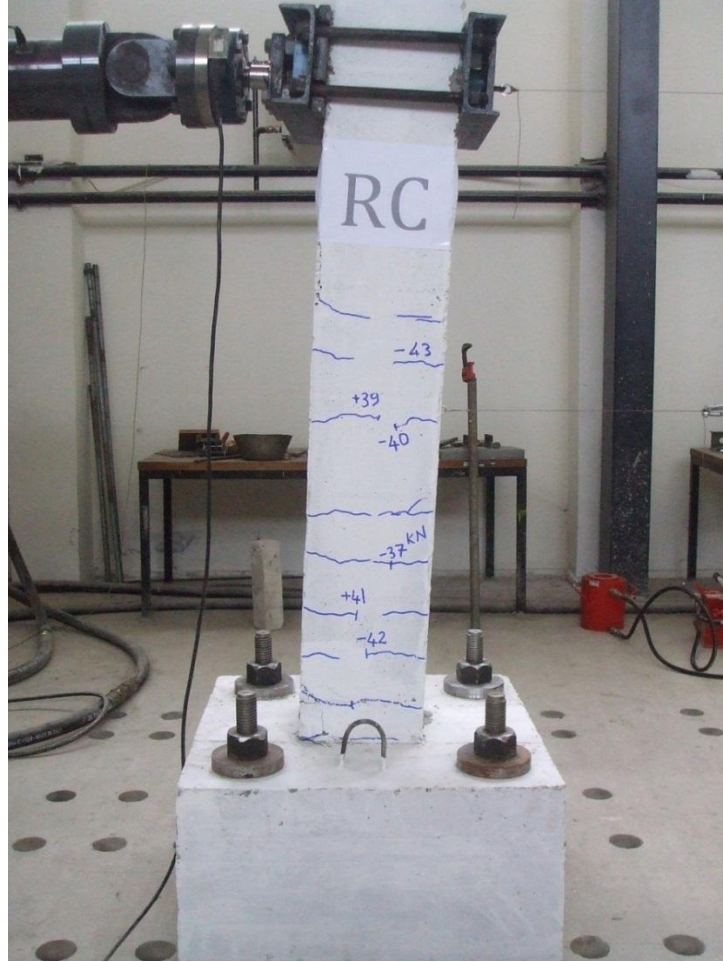
Şekil 3.17. PC-5 numunesinin mafsallaşması



Şekil 3.18 PC-5 numunesinin yük-yerdeğiştirme ilişkisi

3.1.6. Monolitik (RC) Deney Elemanı

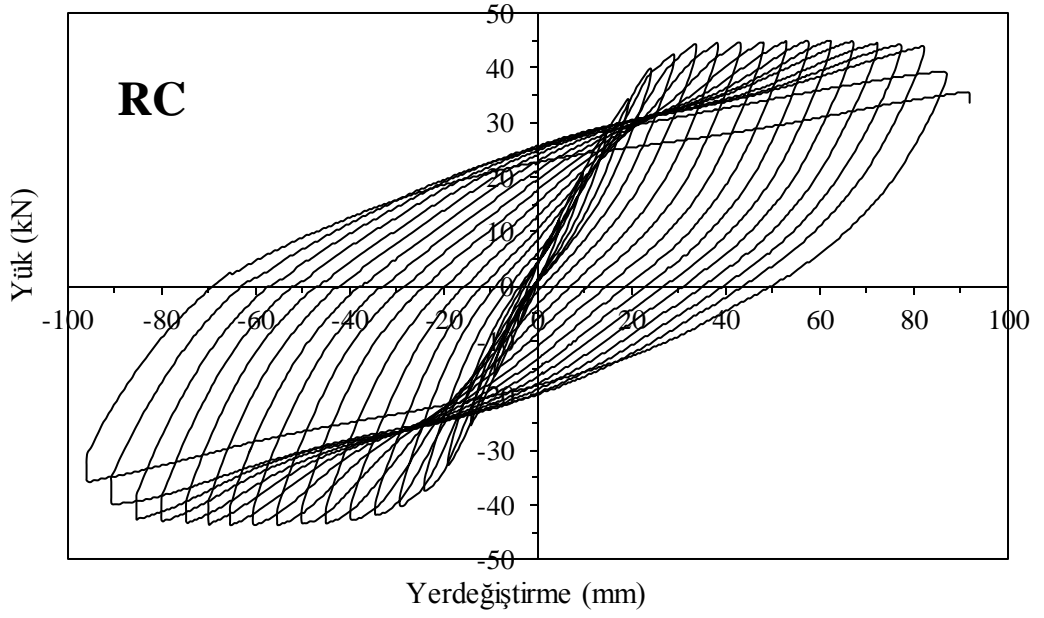
Prefabrike birleşimlerle karşılaştırmak amacıyla üretilen monolitik kolon-temel birleşimi üzerinde gerçekleştirilen deney sonucunda kırılma, beklendiği gibi, kolon-temel birleşiminin hemen üzerinde meydana gelmiştir. Bu numunede mafsallaşma olduğunda o bölgede kolon boyuna donatıları burkulmuştur. Diğer prefabrike birleşimler arasında, monolitik birleşime en yakın davranışı, yukarıda da belirtildiği gibi, PC-5 nolu deney elemanı göstermiştir (Şekil 3.19-20). Monolitik deney elemanı üzerinde gerçekleştirilen deneyden elde edilen yük-yerdeğiştirme ilişkisi ise Şekil 3.21’de görülmektedir.



Şekil 3.19 RC numunesinin deney anındaki görünüşü



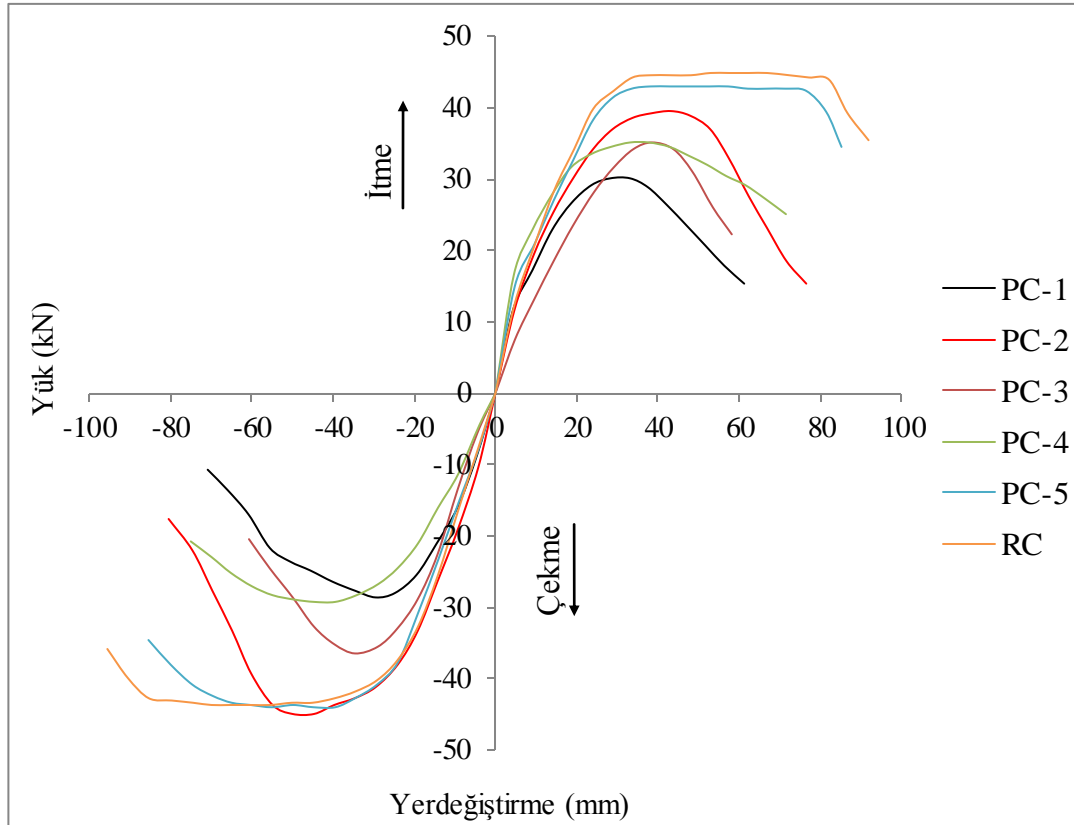
Şekil 3.20. RC kolonunda oluşan kırılma ve donatı burkulması



Şekil 3.21. RC numunesinin yük-yerdeğiştirme ilişkisi

3.2. Elde Edilen Bulguların İrdelenmesi

Deneylerden elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri, her bir deney elemanı için, yukarıda sırasıyla verilmişti. Deney elemanlarının sűneklikleri, enerji tűketime kapasiteleri ve deney sűresince oluşan rijitlik azalmalarının belirlenebilmesi için bu eğrilerin sadeleştirilip zarflarının da çizilmesi uygun olmaktadır. Aynı eksen takımı üzerinde çizilen bu zarf eğrileri toplu halde Őekil 3.22’de, deney elemanların itme ve çekmedeki maksimum yük kapasiteleri ile bu yüklerle karşılık gelen yerdeğiştirme değerleri ise Tablo 3.1.’de verilmektedir.

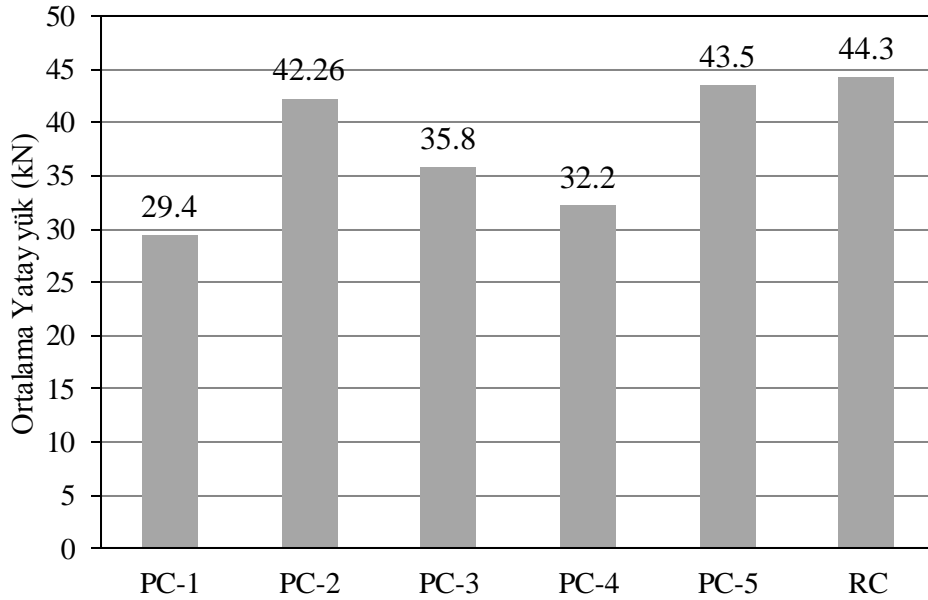


Şekil 3.22. Çevrimsel yük-yerdeğiştirme ilişkilerine ait zarf eğrileri

Tablo 3.1. Deneysel numunelerin maksimum yük-yerdeğiştirme değerleri

Numune	İTME		ÇEKME	
	Maksimum yük (kN)	Yerdeğiştirme (mm)	Maksimum yük (kN)	Yerdeğiştirme (mm)
PC-1	30.17	33.14	28.59	29.48
PC-2	39.59	43.20	44.93	49.91
PC-3	35.19	38.54	36.45	34.54
PC-4	35.19	37.74	29.22	44.55
PC-5	43.04	57.27	43.99	55.01
RC	44.93	66.88	43.67	69.83

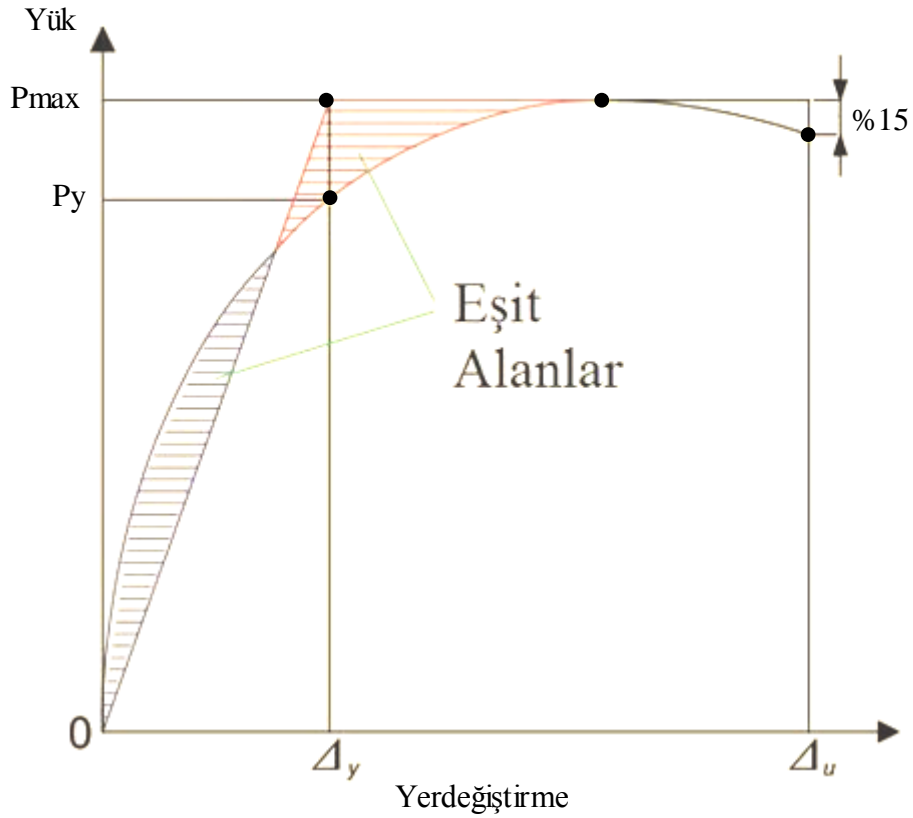
Elde edilen maksimum itme ve çekme değerlerinin ortalamaları, karşılaştırma kolaylığı açısından, çubuk diyagram olarak aşağıdaki Şekil 3.23'te verilmiştir.



Şekil 3.23. Deneysel elemanlarının yatay yük taşıma kapasitelerinin karşılaştırılması

3.2.1. Deneysel Elemanların Süneklikleri

Süneklik değerleri, her bir deneysel elemana ait zarf eğrisinden yararlanılarak elde edilmiştir. Bu amaçla, her deneysel elemanı için akma ve maksimum yerdeğiştirme noktaları Park (1989) tarafından önerilen eşdeğer enerji tüketme kriterine göre, elemanların yük-yerdeğiştirme zarf eğrileri üzerinden, belirlenmiştir (Şekil 3.24). Maksimum yerdeğiştirme (Δ_u), maksimum yükün %15 azalmasına karşılık gelen yerdeğiştirme değeri olarak kabul edilmiştir. Böylece süneklik maksimum yerdeğiştirme değerinin (Δ_u), akma yerdeğiştirmesine (Δ_y) oranı (Δ_u/Δ_y) olarak hesaplanmıştır (Xue, W., Yang, X., 2010). Belirlenen süneklik oranları itmede, çekmede ve bu iki durumun ortalaması olarak Tablo 3.2'de verilmektedir.



Şekil 3.24. Süneklik oranının belirlenmesi

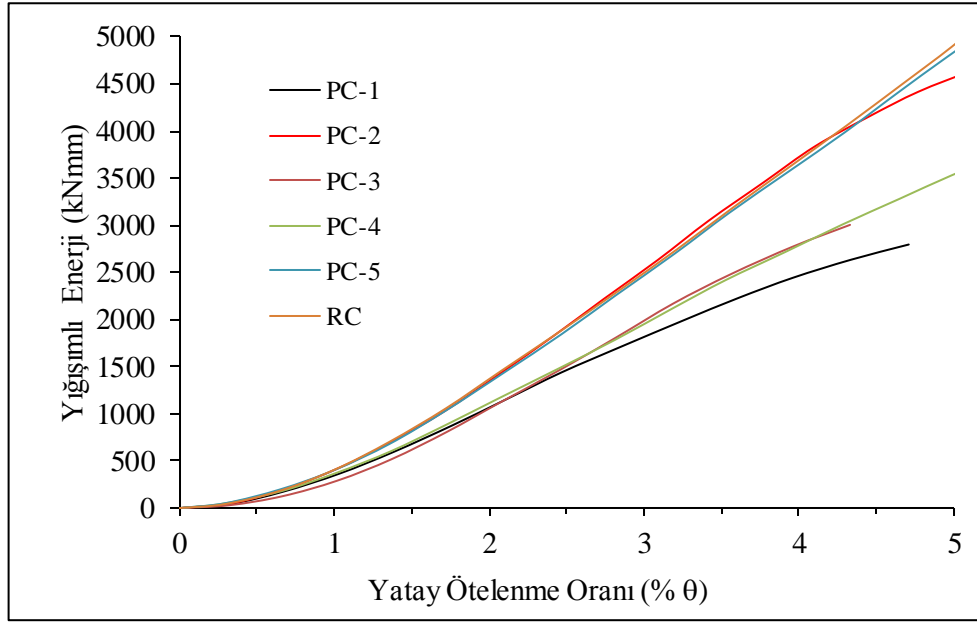
Tablo 3.2. Deney elemanlarının süneklik oranları

Deney Elemanı	Süneklik oranı (Δ_u/Δ_y)		
	İtme	Çekme	Ortalama
PC-1	2.26	2.36	2.31
PC-2	2.19	2.07	2.13
PC-3	1.64	1.74	1.69
PC-4	3.67	2.13	2.90
PC-5	4.13	2.68	3.41
RC	3.38	3.18	3.28

Yukarıdaki Şekil 3.22’de verilen zarf eğrilerinin ve Tablo 3.1’in incelenmesinden, en yüksek yatay yük taşıma kapasitesinin itme ve çekmede ortalama 44.3kN ile RC olarak adlandırılan monolitik referans kolona ait olduğu görülmektedir. PC-5 olarak adlandırılan kaynaklı-yuvalı birleşim ve RC elemanı en sünek davranışı sergilemişlerdir. Monolitik RC kolonu PC-5, den yaklaşık %4 daha az sünektir. RC ve PC-5’ten sonra en yüksek süneklik PC-4 nolu dişli-yuvalı birleşim tipinde elde edilmiştir. PC-4, RC’den ve PC-5’ten sırasıyla %12 ve %15 daha az sünektir. PC-3, PC-2 ve PC-1 deney elemanları ise PC-5’ten sırasıyla %51, %38 ve %32 daha az sünek davranış sergilemişlerdir.

3.2.2. Deney Elemanlarının Enerji Tüketme Kapasiteleri

Deney elemanlarının enerji tüketme kapasiteleri, deney başlangıcından sonuna kadar uygulanan her bir çevrimin içinde kalan ve “Sekant Rijitliği” olarak tanımlanan kapalı alanların yığılımlı olarak toplanmasından elde edilebilmektedir. Bu çalışmada ise enerji tüketme kapasitelerinin belirlenmesi için bu çevrimlere ait itme ve çekmedeki zarf eğrilerini oluşturan noktaların altında kalan alanların (kNmm) yığılımlı olarak toplanması yöntemi uygulanmıştır. Yatay ötelenme oranının %5 değerine kadar (± 70 mm) belirlenen bu kapasiteler, Şekil 3.25’te toplu olarak verilmektedir.

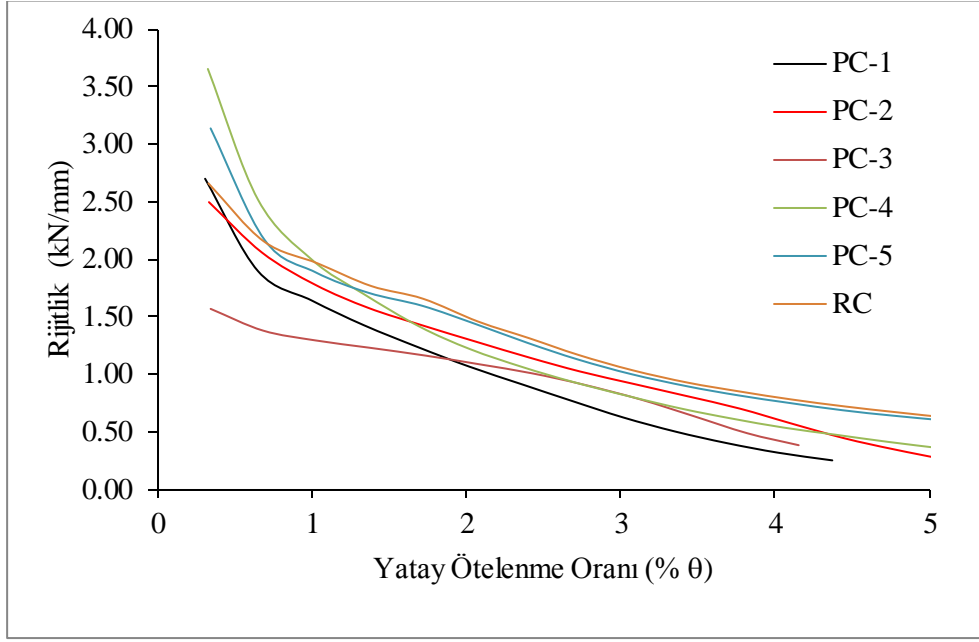


Şekil 3.25. Deney elemanlarının enerji tüketme kapasiteleri

Şekil 3.25'ten de görüldüğü gibi, RC, PC-2 ve PC-5 nolu deney elemanları kırılıncaya kadar hemen hemen aynı miktarda enerji tüketmiştir. PC-3 ve PC-4 nolu deney elemanlarının enerji tüketme kapasiteleri ise aynı olmuştur. ise En düşük enerji tüketme kapasitesi PC-1 elemanında belirlenmiştir. Bu durum, Şekil 3.23'te çubuk diyagram olarak verilen yatay yük taşıma kapasitelerindeki ilişkiyle de birebir örtüşmektedir.

3.2.3. Deney Elemanlarının Rijitlik Azalmaları

Deney elemanlarının rijitlikleri, her çevrimin itme bölgesindeki maksimum yükünün, bu yüke karşılık gelen yerdeğiştirme değerlerine oranıyla belirlenmiştir. Böylece yatay ötelenme oranlarına ($\theta = \delta/l$) bağlı olarak rijitlik azalması eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen eğriler, itmede 70mm yerdeğiştirmeye karşılık gelen %5 maksimum yatay ötelenme oranı için Şekil 3.26'da toplu olarak verilmektedir.



Şekil 3.26. Deney elemanlarının rijitlik azalmaları

Deney elemanlarının, yukarıdaki Şekil 3.26'dan hesaplanan, toplam rijitlik azalma oranları ise Tablo 3.3'te verilmektedir.

Tablo 3.3. Deney elemanlarında gözlenen toplam rijitlik azalma oranları

Deney Elemanı	Toplam Rijitlik azalma oranı (%)
PC-1	91
PC-2	88
PC-3	75
PC-4	89
PC-5	80
RC	76

Yukarıdaki Tablo 3.3'ten görüldüğü gibi, PC-1 elemanı başlangıçtaki (ilk yükleme çevrimindeki) rijitliğinin %91'ini kaybetmiştir. Böylece en fazla rijitlik kaybı bu elemenda görülmüştür. Rijitliğini en az kaybeden (%75kaybı) eleman ise PC-3 nolu elemandır. PC-3 elemanı aynı zamanda en az sünekliğe de sahiptir (bkz. Tablo 3.2).

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın temel amacı, prefabrikte yuvalı temel – kolon birleşimlerinin yatay yükleme altındaki davranışlarını incelemektir. Bu amaçla birinci bölümde bu konuda daha önce gerçekleştirilen bazı çalışmaları içeren genel bilgilerle birlikte, prefabrikte yapı sistem ve elemanları, uygulama örnekleri ve montaj detaylarını da içeren ayrıntılı bir sentez verilmiştir. İkinci bölümde, çalışmanın amacına uygun olarak, planlanan deney programı çerçevesinde kullanılacak beton tanımlanmış ve buna uygun olarak üretilen betonun mekanik özellikleri belirlenmiştir. Bu bölümde gerçekleştirilen çalışmaların bir sonraki aşaması ise incelenecek deney elemanlarının tasarımı olmuştur. Bu kapsamda beşi farklı tip kolon-yuvalı temel birleşimi ve biri monolitik kolon-temel birleşimi olmak üzere toplam altı adet deney elemanı tasarlanıp ve üretilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde ise söz konusu deney elemanları üzerinde gerçekleştirilen çevrimsel yatay yükleme deneyleri ve bu deneylerden elde edilen bulgular karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir.

Gerçekleştirilmiş olan çalışmaların tümünden çıkartılabilecek bazı sonuç ve öneriler aşağıda özetlenmektedir.

- 1) Deney elemanları için S/Ç oranı 0.50, çimento dozajı 350kg/m^3 ve $150\text{mm}\times 150\text{mm}\times 150\text{mm}$ 'lik küp numunelere ait karakteristik dayanımı 24.7 olan geleneksel beton üretilmiştir. Bu betonun sınıfı C20 olarak kabul edilmiştir. Betonların maksimum dayanım farkı %4 mertebesinde kaldığından bu farkların deney elemanlarının davranış farklılıklarında önemli bir etki yapmadığı kabul edilmiştir. Benzer olarak, kullanılan donatılar üzerinde gerçekleştirilen çekme deneyleri sonucunda bu donatıların S420 sınıfına girdiği ve dayanımları arasında elemandan elemana bir değişim olmadığı belirlenmiştir. Böylece deney sonuçlarını malzeme yönünden olumsuz etkileyecek bir durumla karşılaşılmaştır.
- 2) PC-1 olarak tanımlanan standart prefabrikte birleşim deney elemanı deney sonunda temel üst seviyesinden mafsallaşmış ve dolgu harcı ezilmeksizin yuvasından yaklaşık 6mm kadar sıyrılmıştır.
- 3) PC-2 olarak tanımlanan ankrajlı birleşim deney elemanı temel üst seviyesinden mafsallaşmıştır. Bu elemanda sıyrılmaya gözlenmemiştir.

- 4) PC-3 olarak tanımlanan ıslak birleşim deney elemanında kırılma, soğuk derz bölgesi etrafındaki dolgu betonunun parçalanmasıyla meydana gelmiştir. Bu elemanda dolgu betonu içindeki kolona ait filiz donatılarının kırılma anında akıp akmadığı belirlenememiştir. Kolon yüksekliğince bir hasar yoğunluğu yada plastik mafsallaşma durumu da oluşmamıştır.
- 5) PC-4 olarak tanımlanan dişli birleşim tipinde dolgu harcı ezilmesi ortaya çıkmıştır. Bu elemanda da temel yuvasından sıyrılma ve plastik mafsallaşma yoktur.
- 6) PC-5 olarak tanımlanan kaynaklı birleşimde dolgu harcı ezilmesi ve kolonda temel üst seviyesinden mafsallaşma ile kırılma oluşmuştur.
- 7) RC olarak tanımlanan referans monolitik numune ise mafsallaşma ile taşıma gücünü kaybederek kırılmıştır.
- 8) Çevrimsel yatay yükleme altında gerçekleştirilen deneylerde itme ve çekmedeki maksimum yüklerin ortalaması esas alındığında, RC elemanı, beklendiği gibi, 44.3kN ile en fazla yatay yük taşıma kapasitesine sahiptir. PC-5, PC-2, PC-3, PC-4 ve PC-1yuvalı birleşim elemanları ise RC elemanından sırasıyla %2, %4.6, %19, %27 ve %34 daha az yük taşımıştır.
- 9) Deney elemanlarının süneklikleri açısından yapılan incelemede PC-5 elemanının en sünek davranışı sergilediği görülmüştür. RC, PC-4, PC-1, PC-2 ve PC-3 elemanları bu elemandan sırasıyla %4, %15, %32, %38 ve %51 daha az sünekliğe sahiptir.
- 10) Yukarıdaki 8 ve 9 nolu maddelerin birlikte değerlendirilmesinden, uygulanan prefabrikte birleşim türleri içinde yatay yük taşıma kapasitesi ve süneklik açısından en başarılı performansı PC-5 nolu kaynaklı deney elemanının gösterdiği söylenebilir.
- 11) Deney elemanlarının enerji tüketme kapasiteleri bakımından değerlendirilmesinden, RC, PC-2 ve PC-5 nolu deney elemanlarının kırılıncaya kadar hemen hemen aynı miktarda enerji tükettiği, PC-1, PC-3 ve PC-4 nolu deney elemanlarının ise bu üç elemandan ortalama %30 daha az enerji tüketme kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. PC-5 ve RC elemanları kırılıncaya kadar yaklaşık 5000 kNmm enerji tüketirken, PC-1 elemanı 2700kNmm enerji tüketebilmiştir.

- 12) Deney boyunca ortaya çıkan rijitlik azalmaları açısından yapılan incelemede; en fazla rijitlik azalmasının %91 oranla PC-1 elemanında, en az azalmanın ise %75 oranla PC-3 elemanında olduğu görülmüştür. PC-3 elemanı aynı zamanda en az süneklığe de sahiptir.

Özetle, bu çalışmada gerçekleştirilen prefabrikte yuvalı temel-kolon deneylerinden elde edilen sonuçlara göre, PC-5 olarak uygulanan kaynaklı birleşimin en başarılı birleşim tipidir. Pratikte kolaylığı nedeniyle en yaygın olarak uygulanan ve çalışmada PC-1 kodu ile denenen standart birleşimin ise denenen diğer birleşimlerden genellikle daha kötü performans sergilediği anlaşılmıştır. Ancak bu sonuçların çalışmaya konu olan betonlar, deney elemanları ve deney koşulları için geçerli olduğu açıktır. Benzer çalışmaların daha farklı deney elemanları üzerinde gerçekleştirilmesi özellikle prefabrikasyon sektörü için yararlı olacaktır.

5. KAYNAKLAR

- Amil, A.P. ve Aydın, A.C., 2004. Prefabrikte Yapıların Tasarım İlkeleri, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 35, 235-240.
- Ekinci, C.E., Eminel, M. ve Özçetin, Z., 2007. Prefabrikasyonda Doğrular-Yanlışlar. 2. Prefabrikasyon Sempozyumu, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi. İstanbul.
- Kaplan, S.A., 1998. Prefabrikte Yapıların Hesap Metodları, Bilbeyki Yayınları, No:3, S.1-6, 82-88
- Ersoy, U. ve Tankut T., 1988. Depreme Dayanıklı Prefabrikte Yapılar-Temel İlkeler,VIII. Teknik Kongre Bildirileri Kitabı, S.89-103
- Ekinci, C.E., 1990. Türkiye'de uygulanan prefabrikasyona genel bir bakış. Prefabrik Birliği Dergisi, Ekim 1999, Sayı:16, ss:28-29.
- Ekinci, C.E., 1995. Avrupa Birliği'ne Tam Üyelik Sürecinde Türk Prefabrikasyon Sektörünün İncelenmesi, Beton Prefabrikasyon Dergisi, Temmuz 1995, Sayı:35, ss:5-8.
- Alyavuz B., ve Anıl Ö., 2007. "Kolonlardan Yuvalı Temellere Aktarılan Yüklemin Lineer Olmayan Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Analizi", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 22, No:3, 471-479, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Maltepe 06570, Ankara
- Gönül, H. ve Demirel, F., 2003. Prefabrikte Endüstri Yapıları Üzerine Bir Alan Araştırması: Diyarbakır Birinci Organize Sanayi Bölgesi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 18, No 1, ss: 169-184.
- Ersoy, U., 1987. Çerçeve türü prefabrikte yapılar için hesap ilkeleri. 2.Prefabrikasyon Sempozyumu: Dünya Konut Yılında Prefabrikte Yapıların Proje Kriterleri. Bildiriler Kitabı, 16 Nisan 1987, DSİ Gn.Md.Ankara.
- Tezcan, S. ve Çolakoğlu, H.K., 2003. Betonarme Prefabrikte Yapılar Yönetmeliğimizin Zayıflıkları. Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul. Bildiri No: At-001
- Ersoy, U., 1995. Prefabrikte Çerçevelerin Deprem Mukavemeti ile İlgili Bir İrdeleme, Üçüncü Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İTÜ, s.142-160.
- Sezer, R., 2006. "Prefabrik Yapıların Tasarımı Ders Notları", Selçuk Üniv. Müh. Mim. Fakültesi İnşaat Müh. Bölümü.

- Gürer, C., 2008. "Prefabrik Yapılar Yapı Teknolojileri II Ders Notları", Afyonkarahisar Kocatepe Üniv. Teknik Eğitim Fak. Yapı Eğitimi Bölümü
- Uçar, A. ve Barka, G., 2011. "Öndökümlü (Prefabrike) Beton Yapı Sistemleri", Türkiye Prefabrik Birliği, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sunumu
- French, C. W., Amu, O. ve Tarzikhani, C., 1989. "Connections between Precast Elements Failure Outside Connection Region", Journal of Structural Engineering, ASCE, 115(2): 316-340
- French, C. W., Hafner, M. ve Jayashankar, V., 1989. "Connection Between Precast Elements – Failure within Connection Region", Journal of Structural Engineering, ASCE, 115(12): 3171-3192
- Bhatt P. ve Kirk, D.W., 1985. "Test on an Improved Beam Column Connection for recast Concrete ACI Journal" 82(6): 834-843
- Pillai, S. U. ve Kirk, D. W., 1981. "Ductile Beam-Column Connection in Precast Concrete", ACI Journal, 8(6): 480-487.
- Osanai, Y., Watanabe, F., Okamoto, S., 1996. "Stress Transfer Mechanism of Socket Base Connections with Precast Concrete Columns", ACI Structural Journal, Cilt. 93, No 3, 266-276
- Architectural Institute of Japan, 1988. "Standard for Calculation of Reinforced Concrete Structures", pp. 602
- ACI Committee 318, 2002. "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02) and Commentary (ACI 318r-02)", American Concrete Institute, sf. 750
- Deutscher Beton-Verein E.V., 1981. Examples for Calculation in Accordance with DIN 1045, 204- 224,
- Xue, W., Yang, X., "Seismic Tests Of Precast Concrete, Moment-Resisting Frames And Connections" Summer 2010, PCI Journal, V10. p. 102-121.
- Karadoğan, H., F., Yüksel, E., İlki, A., Saruhan, H., Darılmaz, K., Güzel, Ö., 1997. "Çanak Temelle Yerleştirilen Önyapım Kolonların Deprem Davranışı-I", Dördüncü Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Bildiriler Kitabı, 349- 356, 17-19 Eylül
- Karadoğan, H., F., Yüksel, E., İlki, A., Darılmaz, K., 1997. "Çanak Temele Yerleştirilen Önyapım Kolonların İki Yönlü Yükler Etkisindeki Davranışı", TÜBİTAK İkinci Deprem Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 97-101, 27-28
- Özmen G., Zorbozan, M., 1997. "Yuvalı Tekil Temelerde Yuva Yanaklarının Hesabı", Beton Prefabrikasyon, Sayı 43, 5-11
- Özmen, G., Zorbozan, M., 1997. "Yuvalı Tekil Temelerde Yuva Yanaklarının Hesap Yöntemleri", Türkiye Deprem Vakfı Teknik Raporu, No. TDV/TR 97-008, Mayıs

- TS EN 1097-6, 2002. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini, TSE, Ankara.
- Eurocode-2,1999. Design of Concrete Structures, European Committee for Standardisation, Brussels.
- TS 9967, “Yapı Elemanları Taşıyıcı Sistemler Ve Binalar-Prefabrike Betonarme Ve Öngerilmeli Betondan Hesap Esasları İle İmalat Ve Montaj Kuralları”, Mart 1992, TSE, Ankara.
- TS 802, 1985. Beton Karışım Hesapları, TSE, Ankara.
- TS 1226 ISO 3310-1, 1996. Deney Elekleri Teknik Özellikler ve Deneyler Kısım 1:Tel Örgülü Deney Elekleri TSE, Ankara.
- TS 1226 ISO 3310-2, 1996. Deney Elekleri Teknik Özellikler ve Deneyler Kısım 2:Delikli Metal Levhalı Deney Elekleri TSE, Ankara.
- TS 500, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, T.S.E., Ankara.
- TS 3529, 1996. Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini, TSE, Ankara.
- TS 706 EN 12620, 2003. Beton Agregaları, TSE, Ankara.
- TS 708, 2010 Çelik - Betonarme İçin - Donatı Çeliği, TSE, Ankara.
- TS 138 EN 10002-1, 2004 Metalik Malzemeler – Çekme Deneyi – Bölüm1: Ortam Sıcaklığında Deney Metodu, TSE, Ankara.
- TS EN 197-1, Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, TSE; Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

30 Aralık 1984 yılında Trabzon'da doğan Sertaç HAMZAÇEBİ lise öğrenimini Trabzon Lisesi'nde (Trabzon) tamamlamıştır. Lisans öğrenimini 2002-2006 yılları arasında Samsun 19 Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği bölümünde tamamlayan yazar, 2007 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği bölümünde yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. Yazar iyi derecede İngilizce bilmektedir.