

28966

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PREFABRİKE BETONARME TAŞIYICI
SİSTEMLERDE BİRLEŞİM NOKTALARINDAKİ
DEPREM SORUNUNUN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN

Mimar Şükrü PAKSOY

YÖNETEN

Doç. Dr. E. Görün ÖZŞEN

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

İSTANBUL - 1993

ÖNSÖZ

Dünyada prefabrike betonarme yapı sistemlerinin yaygın olarak uygulanması son 30-35 yıl içinde olduğundan bu sistemlerin depreme dayanıklılığı konusunda bilgi ve deneyim birikimi yakın zamanda oluşmuştur. Ayrıca prefabrike taşıyıcı sistemlerin ilk uygulamaları depremlerin pek olmadığı ülkelerde başladığı için deprem dayanımı üzerinde fazla durulmamıştır. Bu sistemlerin deprem kuşağı ülkelerinde de yapılmaya başlanması ile birlikte depreme dayanıklı olarak yapılması gereği gündeme gelmiştir.

Yakın zamanda ayrılan Sovyetler Birliği ve Yugoslavya'da ve Romanya gibi deprem kuşağı ülkelerinde meydana gelen depremlerden prefabrike yapı sistemleri de etkilenmiştir. Bu depremlerden elde edilen deneyimler bu sistemlerin en kritik noktalarının birleşim bölgeleri olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bakımdan prefabrike betonarme taşıyıcı sistemlerin depreme dayanıklı olması büyük ölçüde birleşim noktalarının depreme dayanıklı olmasına bağlıdır. Bu nedenle birleşim bölgelerinin depreme dayanıklı olarak geliştirilmesi üzerindeki çalışmalar yoğunlaştırılmıştır.

Endüstrileşme sürecine batıdan sonra giren Türkiye'de prefabrike betonarme taşıyıcı sistemlerin ilk uygulamaları endüstri yapıları üretimi şeklinde olmuştur. Sonraları hızlı nüfus artışı ve göçle birlikte şehirlerde meydana gelen konut işyeri, vb. ihtiyacını çözmek için batıda denenmiş hızlı yapıım sistemi olan prefabrikasyona yönelinmiştir. Bunun üzerine pekçok yapı üreten kuruluş, teknoloji seçimi için ülke düzeyinde yeterli etüd program ve mevzuat yapılmadan batıdan lisans (know-how) ve fabrika tesisini ülkemize getirdiler. Bu sistemlerle toplu konut, sosyal yapılar vb. yapılar yaptılar. Ancak bu sistemlerin birçoğunun ülke şartlarına uygun olmadığı ortaya çıkan sorunlarla kısa zamanda anlaşıldı.

Artık geçmişte özellikle batı ülkelerinden aktarılan

prefabrike sistem ve birleşimlerin birçoğunun deprem riski yüksek ülkemize uygun olmadığı anlaşılmıştır. Bu nedenle birçok firmamız yerel koşullara uygun ve depreme dayanıklı birleşim detayları geliştirme çabası içindedir. Üniversitelerimizde bu kuruluşlarımıza, ürettikleri elemanlar üzerinde yaptıkları deneylerle yardımcı olmaktadır.

Prefabrike yapıların işlevsel olmaları yanında içinde yaşayacak insana da güven vermesi gerekir. Bu doğrultuda bu yapıların depreme dayanıklı tasarım ilkeleri ve yaklaşımları üzerinde durulmalıdır.

Bu tezin hazırlanmasındaki katkılarından dolayı Doç. Dr. Görün ÖZŞEN'e teşekkür ederim.

Şükrü PAKSOY

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BÖLÜM 1.

1. GİRİŞ

- 1.1 Sorunun Belirlenmesi 1
1.2 Amaç ve Kapsam 2

BÖLÜM 2.

2. PREFABRİKE BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLER

- 2.1 Prefabrike iskelet (Karkas) Sistemler 4
2.2 Prefabrike Panel Sistemler (Düzlem Taşıyıcılar) 15
2.3 Hücre (Kutu) Sistemler 18

BÖLÜM 3.

3. DEPREM ÖZELLİKLERİ VE ZEMİN İLİŞKİLERİ

- 3.1 Deprem Tanımı ve Oluş Nedenleri 20
3.2 Deprem Yer Hareketinin Özellikleri 22
3.3 Zemin Hakim Periyodu 25
3.4 Deprem-Zemin Yapısı ilişkisi 27

BÖLÜM 4.

4. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIM İLKELERİ

- 4.1 Yapıların Deprem Dayanımı ile İlgili Temel
İlkeler 30
4.2 Depreme Dayanıklı Mimari Tasarımda Temel
İlkeler 32
4.3 Yapı Elemanları-Deprem ilişkisi 37
4.4 Depreme Dayanıklı Taşıyıcı Sistem Düzenleme. . 41

BÖLÜM 5.

5. PREFABRİKE BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLERİN DEPREME DAYANIKLI TASARIM YAKLAŞIMLARI

- 5.1 Prefabrike Betonarme Yapıların Yerinde Dökme
Yapılara Göre Davranış Farkları. 50
5.2 Prefabrike Çerçevesiz Yapıların Depreme
Dayanıklı Tasarım Seçenekleri 52

5.3 Prefabrike Betonarme Panel Yapıların Depreme Dayanıklılı Tasarım Seçenekleri	62
5.4 Prefabrike Betonarme Hücre (Kutu) Sistemli Yapıların Depreme Dayanıklılı Tasarımı	70
5.5 Diğler Tip Prefabrike Betonarme Yapıların Depreme Dayanıklılı Tasarımı	71
5.5 Prefabrike Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Birleşimler	76
5.6 Prefabrike Betonarme Yapı Elemanları Arasındaki Birleşimler ve Deprem Davranışları . . .	77
BÖLÜM 6.	
6. SONUÇ	117
KAYNAKÇA	

Bir uçak tasarımcısı aerodinamik kurallara uymayan prizmatik bir uçak yapamayacağı gibi, depremin yapıya etkilerini bilmeyen bir mimar da bir deprem ülkesinde yapı tasarlayamaz.

P.L.Nervi



GİRİŞ

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1 Sorunun Belirlenmesi

1960'lı yıllarda endüstri yapıları üretimiyle ülkemize giren prefabrike betonarme taşıyıcı sistemler, bugün Prefabrik Birliği üyesi 21 kuruluş ile her türlü yapı üretiminde kendini göstermektedir.

Konut açığının büyük olması ve hızlı konut yapımının büyük önem taşıması prefabrike konut üretimini cazip kılmaktadır. Bu uygun ortam içinde hızla gelişen prefabrike endüstrisi birinci derece deprem kuşağında bulunan ülkemizde bir takım sorunları da beraberinde getirmektedir.

Türkiye'de yapıların deprem etkilerine karşı hesaplanmasında uyulması gereken asgari koşulları veren Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar hakkındaki yönetmelikteki deprem ile ilgili bölümler prefabrike yapıları kapsamamaktadır. Bu yönetmelikteki betonarme hesap esasları ve yapı elemanları ile ilgili ayrıntılar ise her bakımdan prefabrike betonarme yapılara uygulanamaz.

Türkiye, batıdan bina endüstrisi alanında çeşitli patent ve teknoloji almaktadır. ithal edilen sistemin bazı noktalarının Türkiye koşullarına uyarlanması konusunda yabancı deneyim güvencesi ile yetinilmekte, ülke düzeyinde yeterli etüd ve programa kaynak ve zaman ayrılmadığından tutarlı teknoloji seçimi yapılamamaktadır. [25]. Yurt dışından getirilen ve Türkiye'de geliştirilen prefabrike yapı ve yapı sistemlerinin deprem etkileri karşısındaki davranışlarının doğru değerlendirilmesi yapılmadan uygulamaya konulması ilerde olacak depremlerde önemli can ve mal kaybına yol açabilir.

Dünyada prefabrike yapıların depreme dayanıklılığı konusunda yeterli bilgi ve deneyim birikimi yeni yeni oluşmaktadır. Çünkü son 20-30 yıl içinde yaygın olarak uygulanan prefabrike yapıların ilk uygulamaları depremlerin pek olmadığı ülkelerde gerçekleştirilmiştir. Prefabrike yapıların deprem

olan bölgelerde de yapılmaya başlanması ile birlikte bu yapı sistemlerinin depreme dayanıklı olarak yapılma zorunluluğu da gündeme gelmiştir.

Yüksek nitelikli malzeme, işçilik ve kontrol ile üretilen prefabrike elemanların depreme dayanıklı olması büyük ölçüde şantiyede yapılan birleşim noktalarının depreme dayanıklı olmasına bağlıdır. "Türkiye gibi aktif deprem bölgelerinde yapılacak prefabrike yapılarda belirli bir deprem dayanımı ve deprem açısından güvenli bir davranış için özellikle birleşim noktalarındaki özel bağlantıların ekonomik ve pratik olarak geliştirilmesi gerekmektedir. [5]

"Son 60 yıl içinde dünyada şiddetli elli depremden yirmisinin Türkiyede olduğu göz önüne alınırsa sorunun büyüklüğü ve ciddiyeti daha iyi anlaşılır." [20]

Prefabrikasyonun Türkiye'de sağlıklı bir şekilde uygulanabilmesi için sistemin tüm aşamalarında hem girişimcilerin ve teknik adamların hem de imalat-taşıma-montaj süreçlerinde yer alacak ekipmanın ve talep edicilerin eğitimi gereklidir. Sistemin her düzeyde aksamaması için bu sorunun çözümlenmesi zorunludur. Dışardan alınan prefabrike sistemler ülke şartlarına göre düzenlenmelidir. Prefabrike betonarme yapıların depreme dayanımı ile ilgili bazı ilke ve kurallar belirlenmeli, seçilen sistem ve birleşim noktaları depreme dayanıklı hale getirilmelidir.

1.2 Amaç ve Kapsam

Bu çalışmayla, yüzölçümünün %92'si deprem bölgesinde bulunan ve deprem risk faktörü yüksek olan ülkemizde prefabrike betonarme taşıyıcı sistemlerle üretilen yapılarda, deprem hareketinden doğabilecek hasarların minimuma indirgenmesi ve birleşim noktalarının depreme dayanıklı hale getirilmesi için ilke ve kuralların belirlenmesi, amaçlanmıştır.

Konuyu irdelerken; ikinci bölümde prefabrike betonarme taşıyıcı sistemler, üçüncü bölümde deprem tanımı ile deprem-

zemin ilişkileri, dördüncü bölümde depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkeleri anlatılarak genel bilgiler verildikten sonra beşinci bölümde prefabrik betonarme taşıyıcı sistemlerin depreme dayanıklı tasarım yaklaşımları ve prefabrik yapı elemanları arasındaki birleşimler ele alınacaktır. Sonuç bölümünde ise edinilen bilgiler doğrultusunda prefabrik taşıyıcı sistemlerin depreme dayanıklılığı üzerine düşüncelere yer verilecektir.





PREFABRİKE BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLER

BÖLÜM 2.

2. PREFABRİKE BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLER

Prefabrikasyon, sonradan yapı alanında birleştirilecek yapı elemanlarının önceden endüstriyel olarak üretilmesidir. Prefabrike yapılar, bu elemanların stoklanması, taşınması ve şantiyede birleştirilmesi ile oluşturulur. Prefabrikasyonda fabrika iş miktarının toplam iş miktarına bölünmesiyle (adam-saat) tanımlanan prefabrikasyon derecesi, üretimin fabrika içeriği ile belirlenir. [31]

Prefabrike yapıların en önemli özellikleri yüksek nitelikli malzeme, işçilik ve kontrol ile üretilmeleridir. Ayrıca üretimin iklime bağlı olmaması, seri üretim nedeniyle, üretim hızının artması, inşaat gereçlerinin tekrar tekrar kullanımı ile ekonomi sağlaması diğer avantajları arasındadır.

Prefabrikasyonda çok çeşitli sistemlerin uygulandığı görülür. Yapılan bir araştırmaya göre, bugün uygulanan 600 kadar prefabrikasyon sistemi tesbit edilmiştir. Uygulamaya bu kadar çeşitli olmasına karşın, sistemler bazı ana gruplar halinde sınıflandırılabilir. Örneğin üretilen parçaların ağırlıklarına göre belirlenen hafif ve ağır sistemler gibi yada bu konuda en çok benimsenen ve uygulamanın çoğunu kapsayabilen Şekil 2.1.'deki temel sınıflandırma gibi. [37]

Bu çalışmada prefabrike sistemler, yapısal ürünlerin imalat süreçlerinin içeriklerine göre:

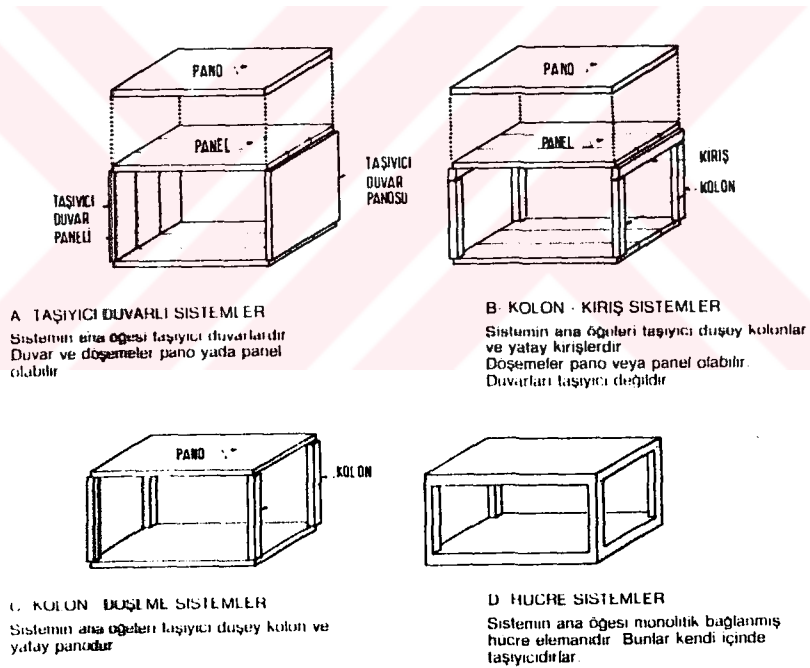
- * İskelet Sistemler
- * Panel Sistemler
- * Hücre Sistemler

olarak sınıflandırılmıştır.

2.1 Prefabrike İskelet (Karkas) Sistemler

Taşıyıcı sistemin düşeyde kolonlarla oluşturulduğu, açıklıkların giriş yada panellerle geçildiği sistemlerdir. Bu sistemde duvarlar taşıyıcı olmayıp, bazı durumlarda rijitlik yönünden yardımcı olurlar. Yapının yüksekliği, kat adedi, k-

reynlerin kapasitesi, elemanların üretim yeri, kolonlar arasındaki ve çerçeve açıklıkları, ve döşemenin ağırlığı taşıyıcı sistemin oluşturulmasına etki eden faktörlerdir. Üretilcek binaların yüksekliği 30 metreyi geçtiği takdirde elemanların montajında kule veya köprü kreynerler kullanılır. Yükseklik 18 metreden az ise mobil ve kule kreynerlerin kullanılması daha uygundur.



Şekil 2.1

Prefabrike iskelet yapım sisteminde taşıyıcı sistem düzenlenmesi çeşitlilik göstermektedir.

- Sürekli (Bağlantısız) Kolonlarla iskelet
- Süreksiz (Bağlantılı) Kolonlarla iskelet
- Çerçeve Elemanlarla iskelet

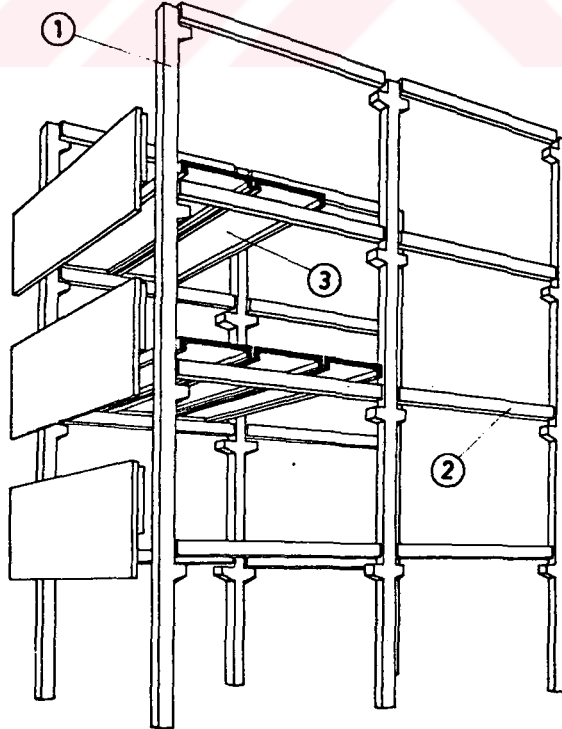
d) Mantar Tipi Taşıyıcı Sistemlerle iskelet

Sürekli kolonlarla iskelet sistem, bir kaç kat yüksekliğindeki kolonlara birleştirilen kiriş elemanları ile oluşturulur. Bu sistemler genellikle yüksekliği 30 metreye kadar olan binalarda kullanılmaktadır. Montajda düşey montaj yöntemi uygulanır. Bu yöntemde sürekli kolonlara ardışık olarak kirişler birleştirilir. Taşıyıcı sistem üç farklı şekilde oluşturulabilir:

1) Sürekli kolonun kat seviyesindeki çıkıntılara kirişlerin oturtulması ile (Şekil 2.2).

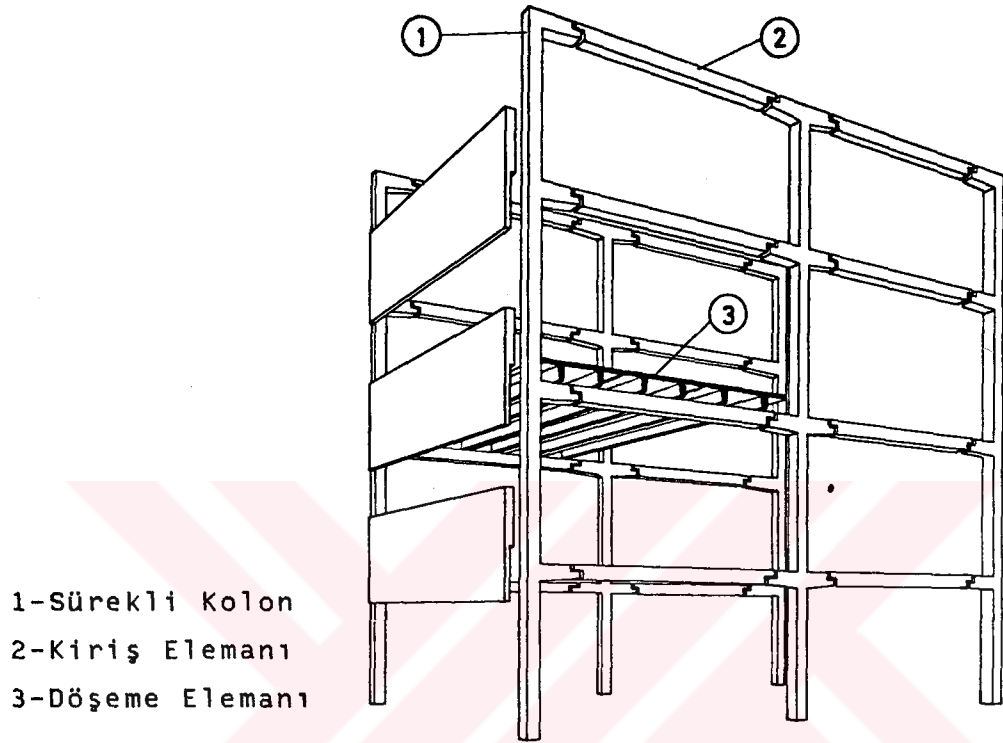
2) Sürekli kolonun kat seviyesindeki küçük kısa konsollarına kirişlerin oturtulması ile (Şekil 2.3): Buna Lambda sistemi de denir. Konsol kiriş ile ara kirişin birleşme noktası tam bir çerçeve kirişinin moment sıfır noktasındadır.

3) Sürekli kolonun kat seviyesindeki kolon başlıklarına döşeme elemanlarının oturtulması ile (Şekil 2.4): Bu sistem en fazla 12m. yüksekliğindeki az katlı yapılarda kullanılır.



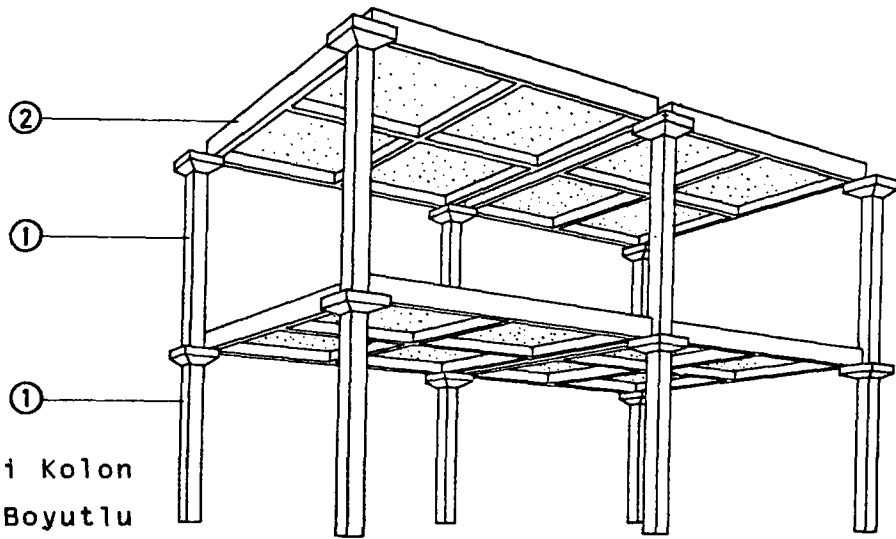
- 1-Sürekli Kolon
2-Döşeme Elemanı
3-Kiriş Elemanı

Şekil 2.2



- 1-Sürekli Kolon
2-Kiriş Elemanı
3-Döşeme Elemanı

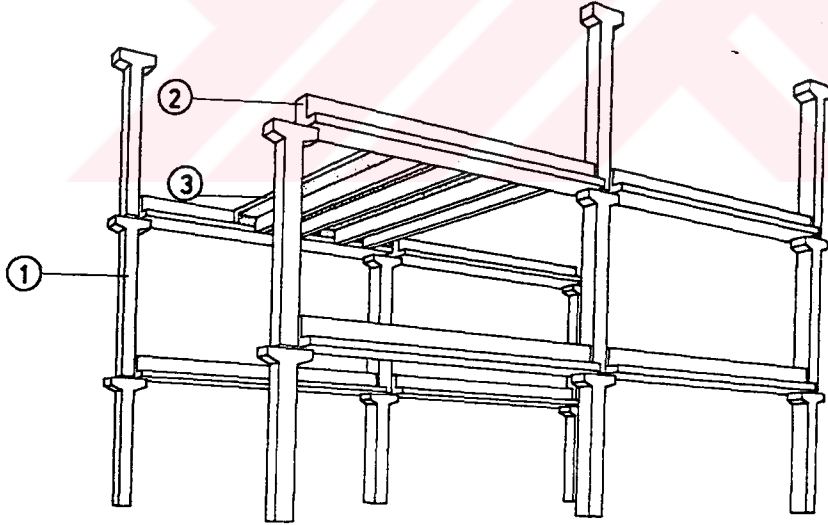
Şekil 2.3



- 1-Sürekli Kolon
2-Büyük Boyutlu
Döşeme

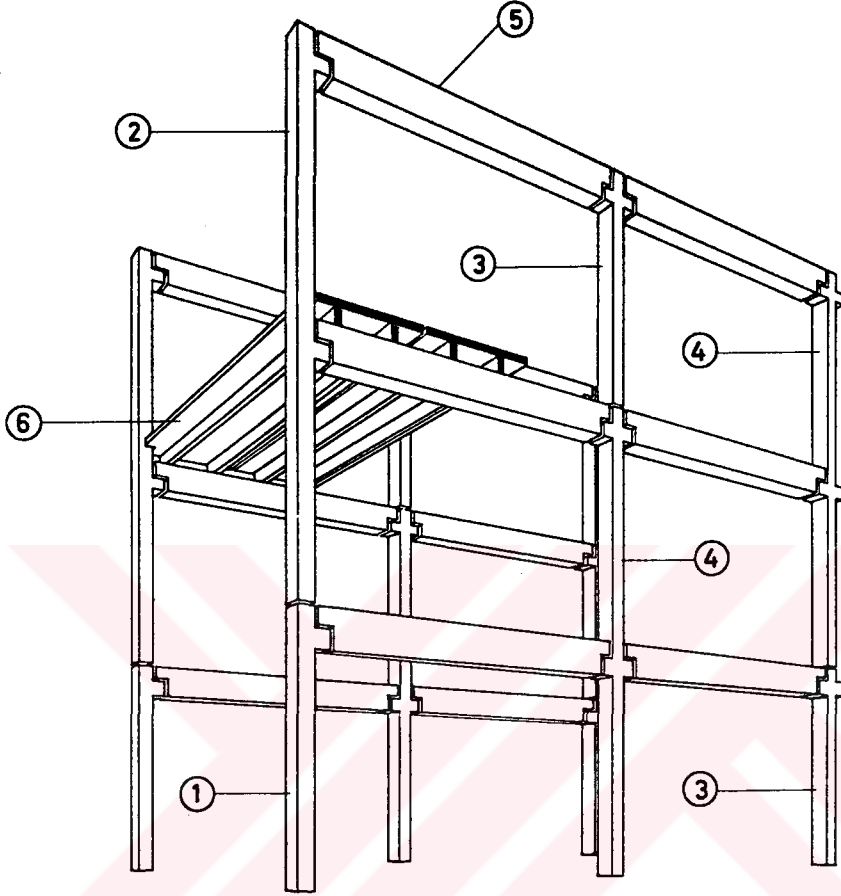
Şekil 2.4

Sürekli kolonlarla iskelet sistemlerde kolonlar, her katta veya iki katta bir bağlanacak şekilde üretilir. Sistem, kolon, kiriş ve döşeme ünitelerinin birleştirilmesiyle oluşturulur. Bu sistemler 10 metreden 60 metreye kadar olan yükseklikler için uygundur. [23] Yatay montaj yöntemiyle uygulanır. Bu yöntemde bir kat birleştirilmeden bir üst katın montajı yapılmaz. Bunlar "imalatı, taşınması ve eleman yapısıyla uygulama alanı en yaygın sistemlerdir." [20] (Şekil 2.5), (Şekil 2.6).



- 1-Her Katta Bağlantılı
Kolon
- 2-Kiriş
- 3-Döşeme Elemanı

Şekil 2.5



- 1-Bir Kat Yüksekliğinde Bağlantılı Süreksiz Kolon
 2-iki Kat Yüksekliğinde Bağlantılı Süreksiz Kolon
 3-4-iç Kolonlar
 5-Kirişler 6-Döşeme Elemanı

Şekil 2.6

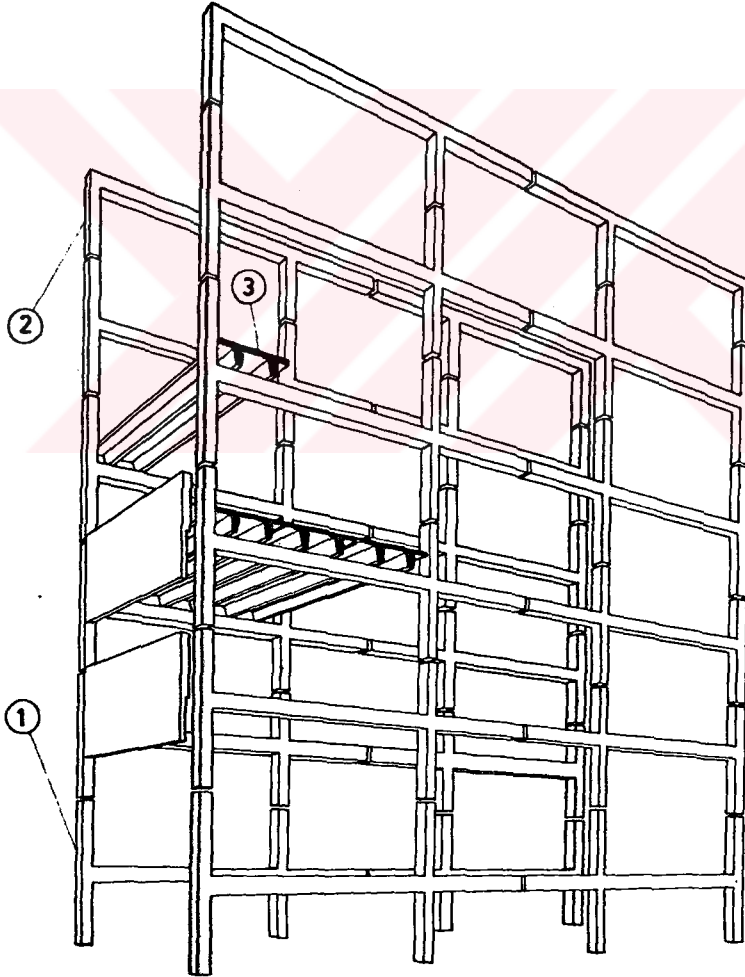
Çerçeve sistemler, kiriş ve kolonların birlikte çalışacak şekilde birleştirilmesiyle oluşturulur. Çerçeve kendi düzlemi doğrultusundaki yatay kuvvetlere düğüm noktalarının rijitliği ile karşı koyar. Düzlemine dik doğrultuda kuvvetlere dayanması için rijit kiriş, perde yada çaprazlamalarla bağlanmalıdır. Çerçeve yüksekliğinin genişliğine oranı arttıkça kolon aksenal şekil değiştirmeleri de önem kazanır.

Prefabrike iskelet sistemlerde çok gözlü çerçeve ile üç farklı şekilde oluşturulabilir:

- 1) (H) şeklindeki çerçeveler (Şekil 2.7): Bu çerçeveler

kiriş seviyesinde konsollu yapılarak H şeklinde üretilir. Bunlarla 3-5-.. gözlü çerçeveler oluşturulur. Ara açıklıklar her iki tarafa yerleştirilen H çerçevelerinin konsolları ile kapatılır. Çerçeve kolonları kat yüksekliğinin ortasında veya 1/3'ünde birleştirilir.

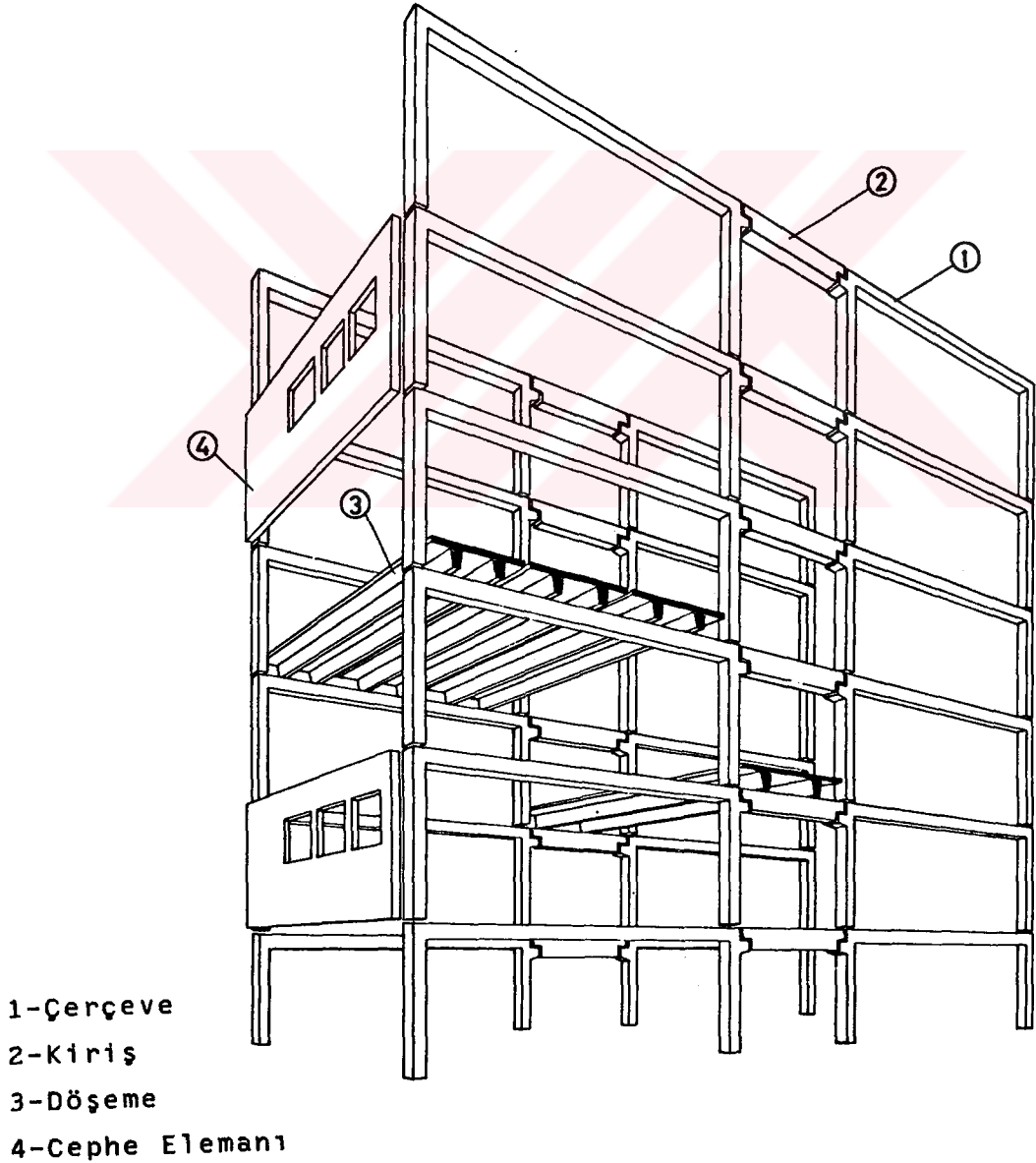
2) Tek açıklıklı çerçevelerle (Şekil 2.8): 3-5-... gözlü çerçevelerin tek sayılı açıklıklarında kullanılır. Ara gözler bu çerçevelere takılı basit kirişlerle geçilir.



- 1-H Formlu Çerçeve Elemanı
2-Yapı (Bina) Bitim Çerçeve Elemanı
3-Döşeme Elemanı

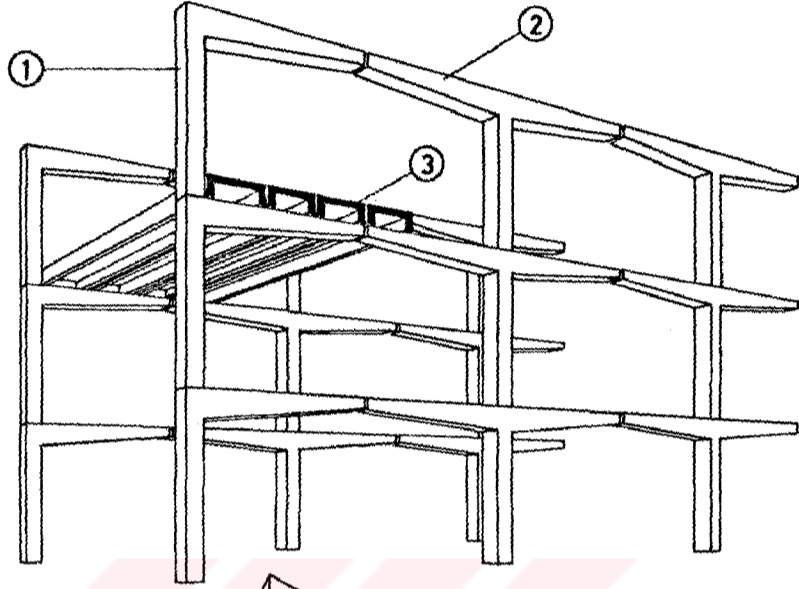
Şekil 2.7

3) (T) ve (L) şeklindeki elemanlarla (Şekil 2.9, 2.10):
Bu sistemde kenar elemanlar L, ara elemanlar T şeklinde üretilir. Göz açıklıkları çok büyük değilse konsol uçlar açıklık ortasında birleştirilir (Şekil 2.9). Göz açıklıkları büyük ise tam bir çerçevenin moment sıfır noktasında birleşecek şekilde araya basit kirişler eklenerek oluşturulur (Şekil 2.10)



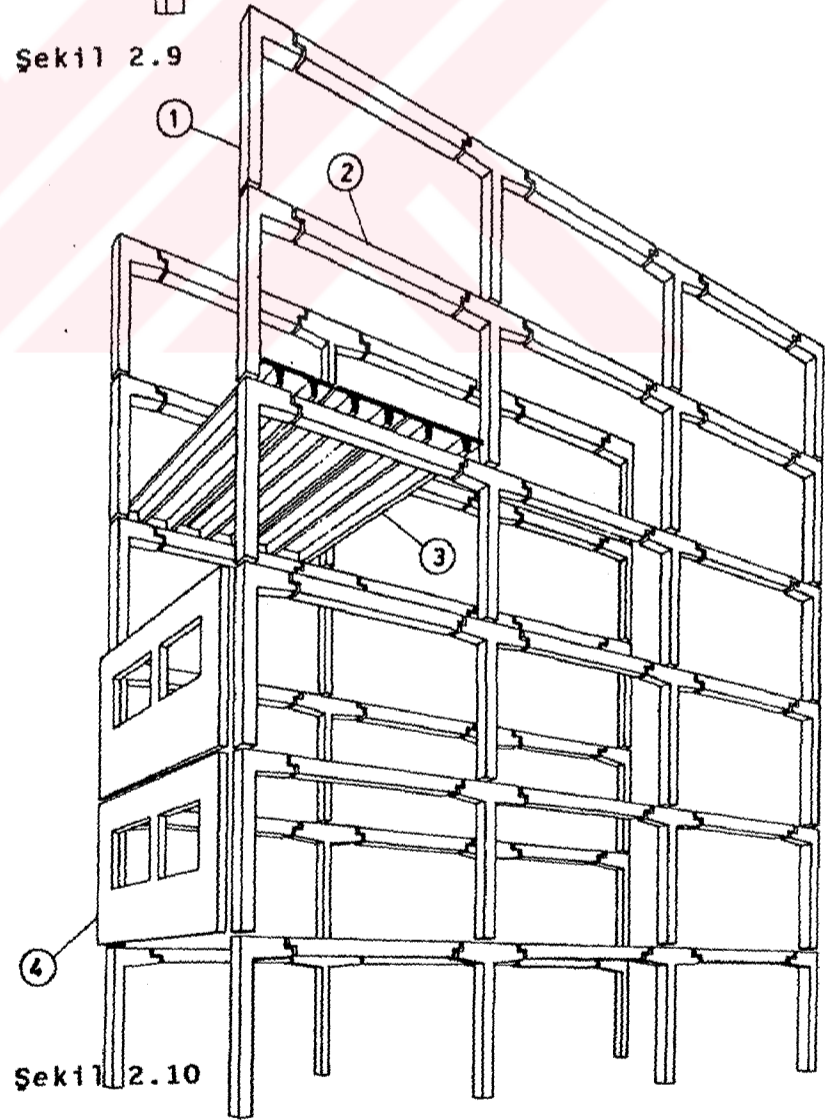
Şekil 2.8

- 1-L Formlu Çerçeve Birimi
2-T Formlu Çerçeve Birimi
3-Döşeme Elemanı



Şekil 2.9

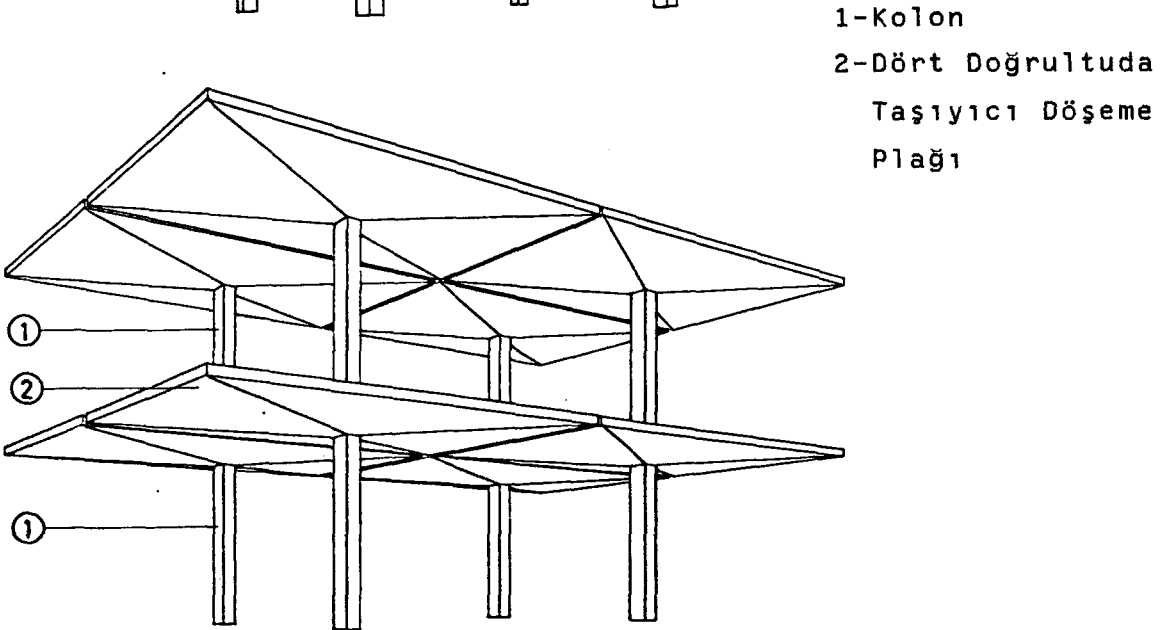
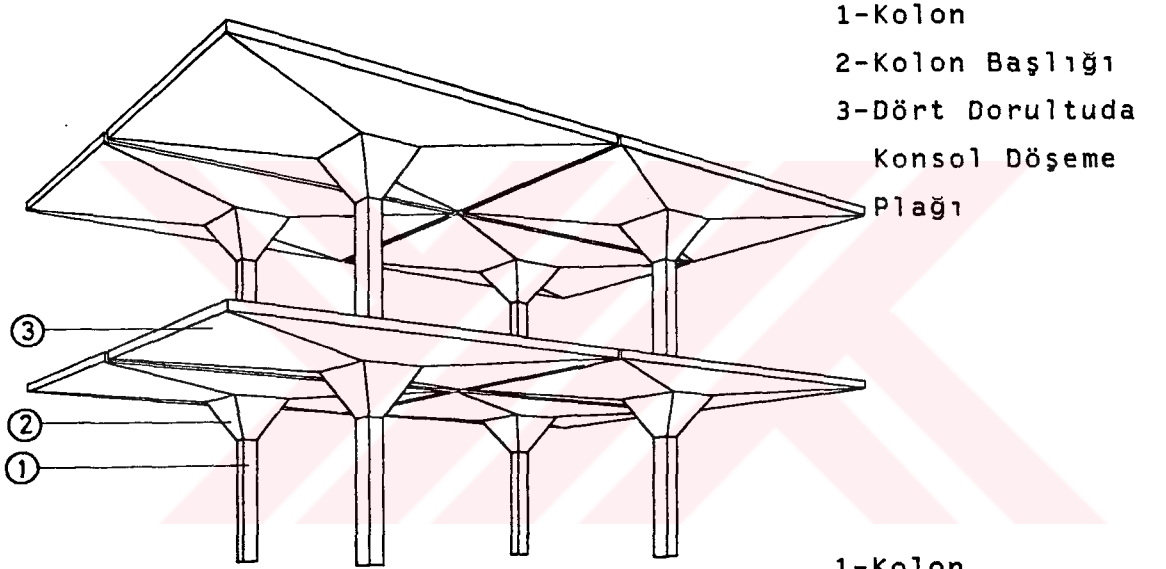
- 1-T Formlu Kolonlar
2-Moment Noktasında Birleşimi Yapılan Kirişler
3-Döşeme
4-Cephe Elemanı



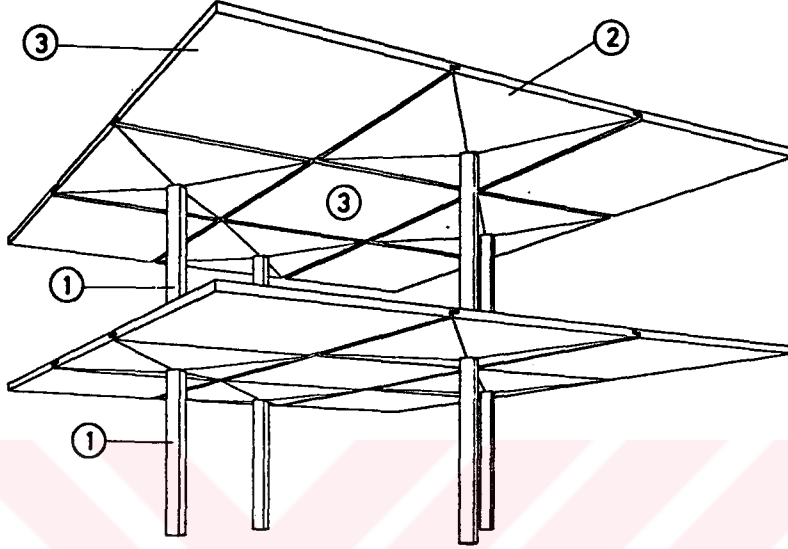
Şekil 2.10

Mantar tipi iskelet sistemler, açıklıkların döşeme elemanları ile geçildiği, kolonların döşeme elemanlarını yırtması için kolon başlıklarının takviye edildiği sistemlerdir. Çerçeve ünitelerinin üç boyutlu bir şekli de denebilir.

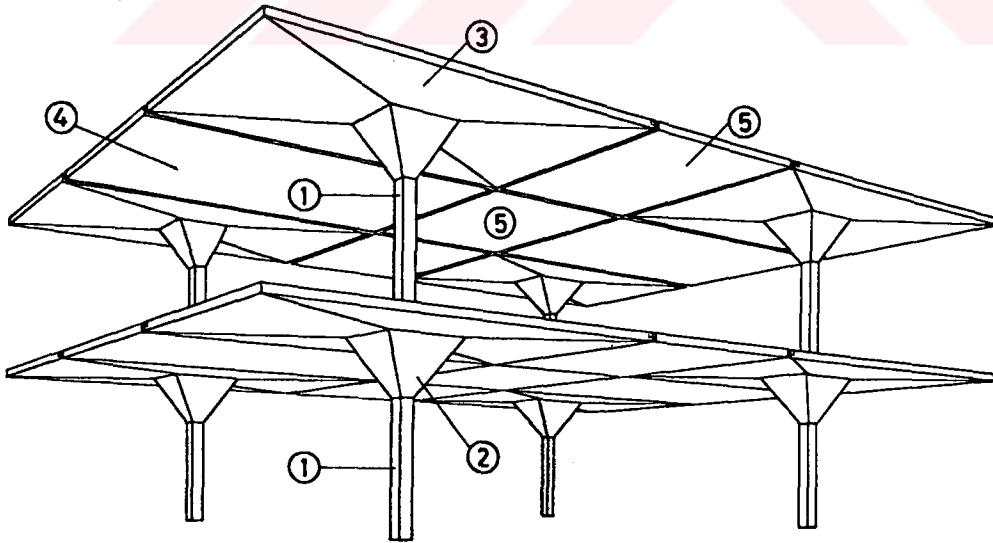
Bu sistemler mantar döşemelerinin yan yana, şaşırtmalı, yada aralıklı düzenlenmesi ile oluşturulur. (Şekil 2.11), (Şekil 2.12), (Şekil 2.13), (Şekil 2.14).



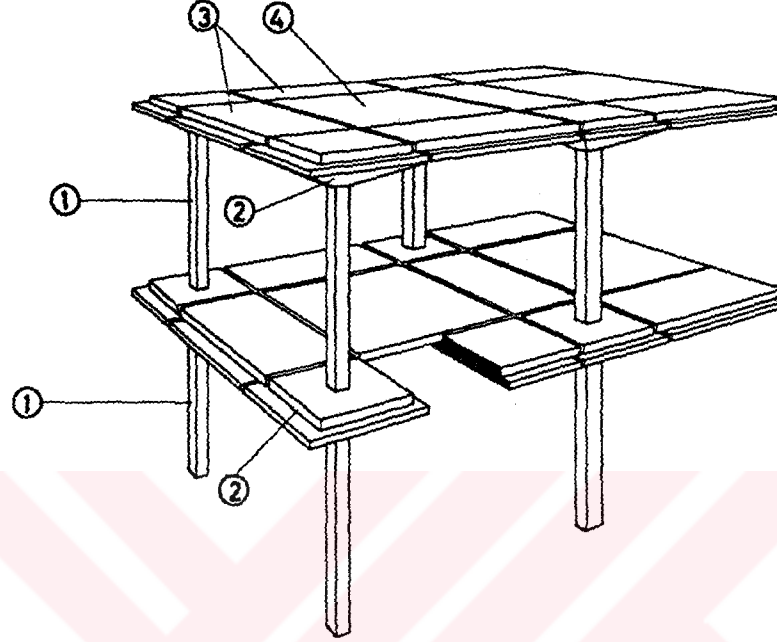
Şekil 2.11



1-Kolon 2-Geniş Kolon Başlığı 3-Döşeme
Şekil 2.12



1-Kolon 2-Geniş Kolon Başlığı 3-Dikdörtgen Mantar Döşeme
Plağı 4-5-Döşeme Plağı
Şekil 2.13



1-Kolon 2-Kolonla Monolitik Dökülen Mantar Döşeme Plağı
3-Döşeme Tipi Geniş Kirişler 4-Döşeme Plağı

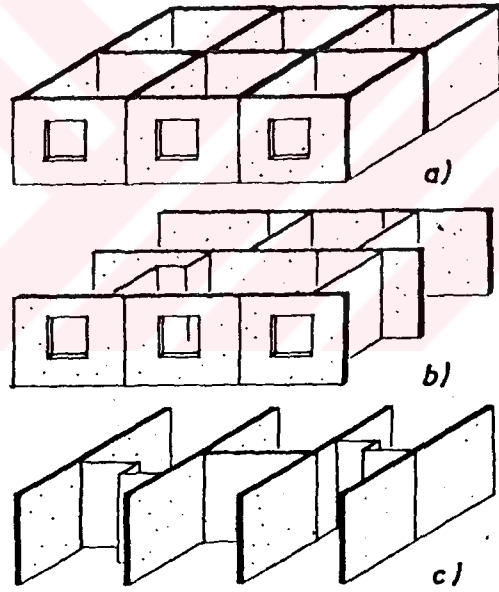
Şekil 2.14

2.2 Prefabrike Panel Sistemler (Düzlem Taşıyıcılar)

Panel sistem, elemanları döşeme ve duvar olarak kullanılacak yatay ve düşey panolarla oluşturulmuş düzlem taşıyıcılardır. Bunlar hacmi sınırlayan alanlar büyüklüğünde yapılabildiği gibi daha küçük boyutta da üretilebilirler. [31]

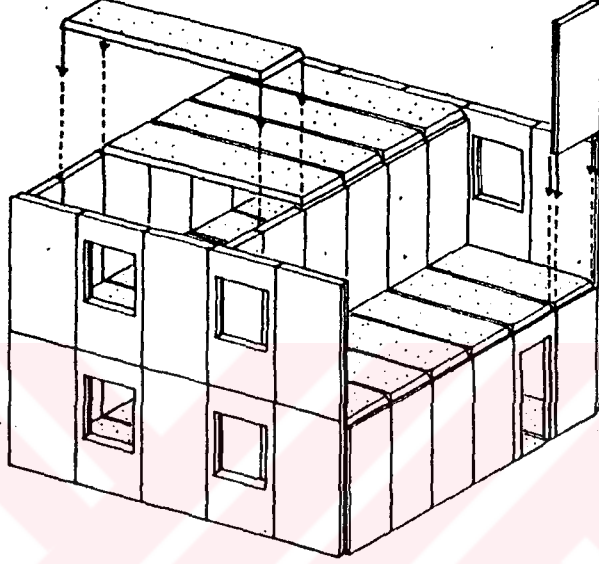
Bu sistem genellikle konut türü yapılarda kullanılır, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan paneller olarak üretilirler. Taşıyıcı paneller düşey, yatay ya da merdiven panelleri şeklindedir. Düşey yükleri taşıyan duvar panelleri genellikle bir kat yüksekliğinde üretilir. "Bir yapı içinde bu taşıyıcı paneller binanın her iki doğrultusunda (çapraz), uzun eksenine paralel (boylamasına), kısa eksenine paralel (enlemesine) olarak düzenlenir (Şekil 2.15)." [3]. "Yatay döşeme panelleri tek veya çift yönlü çalışan plaklar olup döşeme yüklerini duvar panellerine aktarırlar." [4]

Taşıyıcı olmayan paneller sadece mekan ayırma görevi üstlenen bölücü duvar şeklindedir. Bu elemanlar cephelerde yer aldıkları gibi iki kapalı hacmi ayıran eleman olarak da kullanılır.

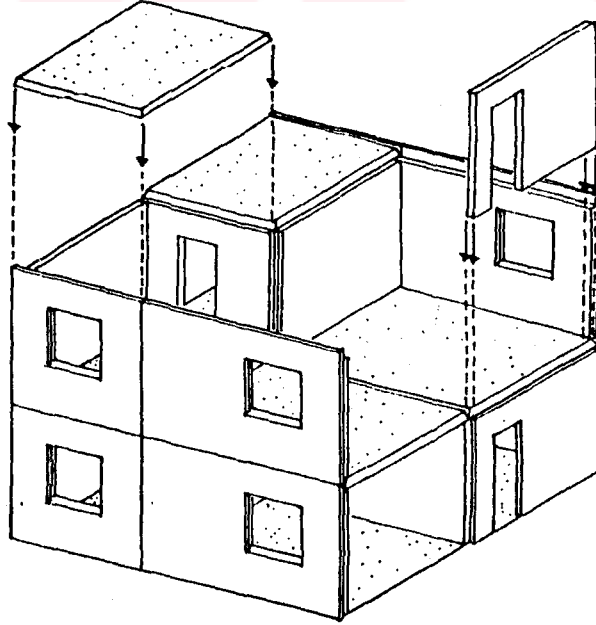


- Şekil 2.15 a) Her iki doğrultuda taşıyıcı panelli "çapraz sistem."
b) Binanın Uzun Eksenine Paralel Taşıyıcı Panelli "boylamasına" Sistem
c) Binanın Kısa Eksenine Paralel Taşıyıcı Panelli "Enlemesine" Sistem

Aşağıda değişik boy panolarla panel sistemin kuruluş şekline örnekler verilmektedir (Şekil 2.16) (Şekil 2.17).



Şekil 2.16 Dar ve Orta Boy Panelli Sistemin Kuruluşu

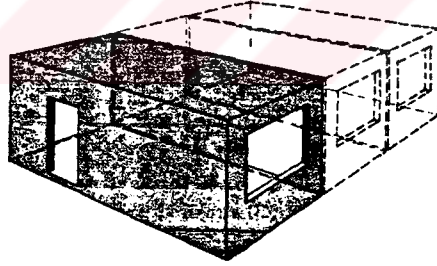


Şekil 2.17 Büyük Boy Panelli Sistemin Kuruluşu

2.3 HÜCRE (Kutu) Sistemler

Hücre, duvar ve döşeme panellerinin birleştirilmesiyle oluşturulan üç boyutlu bir elemandır. Hücre sistem ise birim (ünite) boyutunda üretilmiş hücrelerin üst üste ve yan yana birleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Özel bir imalat, taşıma ve montaj işlemi gerektiren bu sistemlerde fabrika işçiliği maksimum, montaj işlemi minimum düzeydedir. Montaj işleminde mobil vinçler ve köprü vinçler kullanılır. Hücre sistemler kapalı, açık ve kompozit olarak düzenlenir.

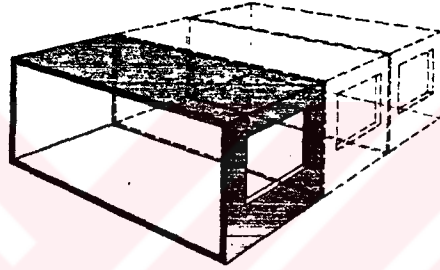
Kapalı hücrelerde mekan birimleri tek hücreyle oluşturulduğundan tüm bitirme ve ince işçilik işlemleri fabrikada tamamlanabilir. ABD'de kapalı hücreler "mobil homes" olarak çok yaygındırlar. ABD'deki bu hücreler, aynı boyutlara sahip oldukları ve tüm ince işçilik fabrikada tamamlandığı için, endüstrileşme derecesi en yüksek ünitelerdir (Şekil 2.18).
[24]



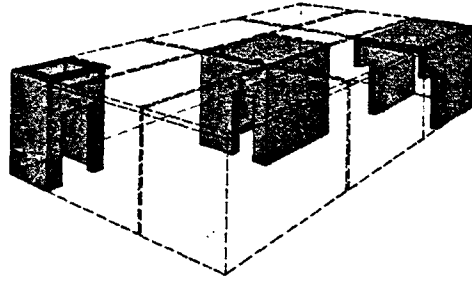
Şekil 2.18 Kapalı Hücre

Açık hücreler, yalnız iki yanda sınırlıdır, diğer yanlar açıktır. Sınırlanan taraf, taşıyıcı dış duvar, taşıyıcı iç duvar veya çerçeve olabilir. Eğer ince işçilik nedeniyle hücrelerin eni tüm yapı genişliğini alırsa döşeme elemanlarının açıklığı yapının genişliğine eşittir. Plan biçimlendirme serbestliği enine yönde tümüyle vardır. Hücrelerin her birleşmesinde, yerinde uygulanması gereken bağlantılar ortaya çıktığı için enine yöndeki derzler ince işçilikte biraz engelleyicidir (Şekil 2.19).

Kompozit düzenleme; hücrelerin mutfak, banyo, asansör boşluğu, merdiven boşluğu, vb. gibi ince yapı işçiliği yüksek elemanları kapsamaması diğer taşıyıcıların iskelet veya panel elemanlarından oluşturulduğu düzenlemedir. Hücre boyutu, bir yönde taşıma koşullarına uymalı, kısaca bir yöndeki boyu 2.40 veya 3.30 m'den daha fazla olmamalıdır (Şekil 2.20). [20]



Şekil 2.19 Açık Hücrenin Dış Duvarları Taşıyıcı



Şekil 2.20 Hücreler Panellerle Birlikte Kullanılmış

DEPREM ÖZELLİKLERİ VE ZEMİN İLİŞKİLERİ

BÖLÜM 3.

3. DEPREM ÖZELİKLERİ VE ZEMİN İLİŞKİLERİ

Deprem hareketinden dolayı yapılarda oluşan hasarları değerlendirilebilmek için öncelikle deprem hareketinin özelliklerinin bilinmesi gerekir.

3.1 Depremın Tanımı ve Oluş Nedenleri

Deprem, yerkabuğunun belirli bir derinliğinde biriken enerjinin belirli bir değere ulaşması ve serbest hale gelmesi sonunda elastik dalgalar halinde bir merkezden başlayıp yayılması ile yerkabuğunun sarsılmasıdır. Derinlerde biriken potansiyel enerji yerkabuğunun zayıf zonları olarak tanımlanan fay bölgelerinde serbest hale gelir. Boşalan enerji belirli bir boyuta ulaşırsa fayların yüzeyinde izlenebilecek hareketler ve ani sarsıntılarla o bölgenin dengesini bozar. "Ortaya çıkan şok dalgaları geçtikleri ortamları ve bunların üzerinde bulunan yapıları sarsıp sallar." [6] "Deprem hareketleri saniye ile ölçülen zaman süreleri içinde devam eden kısa süreli hareketlerdir." [13]

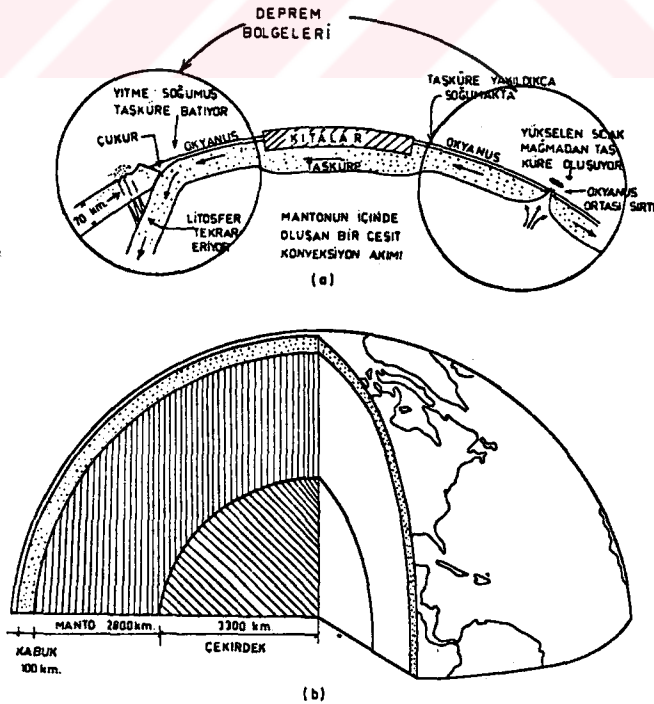
Bugüne dek edinilen bilgilere göre depremlerin oluşumun tek bir nedene dayanmadığı anlaşılmaktadır. Depremler oluş şekillerine göre: Çöküntü depremleri, volkanik depremler, tektonik depremler olarak üç gruba ayrılır.

Çöküntü depremleri, yeryüzüne yakın derinliklerdeki mağaraların, kömür ocaklarındaki galerilerin, tuzlu ve alçılı arazilerdeki erime sonucu olan boşluklarda tavanların çökmesi sonucu oluşur. Bu depremler yerel depremlerdir.

Volkanik depremler, yanardağların etkinliğini sürdürdüğü anlarda, o çevrede meydana gelen çökmeler nedeni ile oluşur.

Tektonik depremler, dünya, en içte hala kızgın ve erimiş metallerden oluşan 3600 km. yarı çaplı bir küre çekirdeği, Bu çekirdeğin üzerinde 2900 km. kalınlığında pelte kıvamında olan manto tabakası ve en üstte kalınlığı 60-70 km. olan taş küreden oluşmaktadır (Şekil 3.1b). Bir çok yerinden parçalan-

mış plaklardan oluşan taş küre ve pelte kıvamındaki manto tabakasının üzerinde adeta yüzmektedir. Çeşitli nedenlerle bu pelte kıvamındaki manto tabakası üzerinde yüzen taş küre plaklarının birbirini itmesi, birbirlerinin üzerine çıkması, birbirlerinin altına girmesi ile plakların dokunma bölgesinde bir sıkışma olmaktadır. Eğer bu sıkışma yer kabuğunun ve plakları oluşturan kayaların dayanamayacağı bir düzeye ulaşırsa kaya ikiye ayrılır ve hareket ederek tektonik depremi oluşturur. Bazen de önceki depremlerde kırılmış kayanın iki yüzü arasındaki sürtünme kuvvetinin aniden giderilmesiyle ortaya çıkan bir hareket te tektonik depremi oluşturmaktadır (Şekil 3.1a). Bu ani hareket ile oluşan sarsıntı dalgalar halinde yeryüzüne, her doğrultuda yayılır ve geçtikleri yerlerdeki cisimleri sallar. Sarsıntıların gücü hareket merkezinden uzaklaştıkça azalır. [10]



Şekil 3.1 Dünya'nın iç Yapısı Yer Kabuğu ve Deprem Oluşumu

Kırılma ve kayma hareketlerinin etkisiyle yeryüzüne doğru ya da yüzey doğrultusu boyunca yayılan salınım hareketlerine deprem (sismik) dalgaları denir. Bu dalgalar yerkürenin yapısal özellikleri nedeniyle yansıma ve kırılmalarla kısmen yutulur.

Yüzey doğrultusu boyunca etkiyen dalgalara boyuna (longitudinal) dalgalar denir. Bunlar ses dalgalarına benzer biçimde yayılır. Bu dalgalar geçerken, yer kabuğundaki zerrelerin titreşim doğrultusu, dalgaların yayılma doğrultusu ile aynıdır. Rasathanelere gelen ilk dalgalar olduğu için bunlara latince (Undae Primae) anlamına gelen (P) dalgaları da denir. Hızları saniyede 7-8km.dir. Bu dalgalar katı, sıvı ve gaz halindeki maddeler içinde yayılır. Bu nedenle P dalgaları dünyanın iç tabakalarından hızlarını değiştirerek geçerler ve Antipod denilen karşı tarafa kadar giderek oradan ya tekrar kırılır yerin içine dönerler veya yeryüzünde yayılarak Yüzey Dalgalarını oluştururlar.

Yer kabuğundaki zerrelerin titreşimlerine dik doğrultuda yayılan dalgalara Enine (Transversel) Dalgalar denir. Rasathanelere ikinci olarak geldiğinden bu dalgalara (Undae Secundae) anlamına gelen (S) dalgaları denir. S dalgaları sadece katı cisimlerden geçer, sıvı cisimlerden geçmezler. 2900 km. derinlikten bu dalgalar geçmediği için dünyanın çekirdeğinin sıvı özelliği gösteren özel rijit bir malzemedan yapıldığı sanılmaktadır. [13]

P ve S dalgalarının yerin içindeki yansımalarından sonra yüzeye çıkması ile oluşan dalgalara Yüzey Dalgaları denir. Genlikleri büyük ve periyodları uzun (1 saniye-1 dakika) olduğundan uzun periyodlu (dalga boyu) dalgalar anlamına gelen (Undae Longae) L dalgaları adı verilir. Yıkıntılara en çok bu dalgalar neden olur.

3.2 Deprem Yer Hareketinin Özellikleri

Depremlerde ölçülen yer hareketlerinin frekans içeriği,

genliği, süresi ve depremlerin çeşitli özellikleri aletin kayıt aldığı yerin depremin merkezine olan uzaklığına bağlıdır. Yer hareketine bağlı olarak deprem özelliğinin bilinmesi için çeşitli parametrelerin bilinmesi gereklidir.

Odak Noktası, yer küresi derinliklerinde deprem enerji-enerjisinin meydana geldiği noktaya denir. Bu nokta iç merkez, Fokus noktası veya Hiposantr olarak da isimlendirilir.

Üst Merkez, yer küresinin yüzeyinde odak noktasına en yakın noktaya denir. Bu noktaya Episantr noktası da denir.

Odak Derinliği, Episantr noktası ile odak noktası arasındaki uzaklıktır. Odak derinliği 0-50 km. olan depremlere yüzeysel deprem, 50-300km. arasında olan depremlere orta derinlikte depremler, 300km. den fazla olan depremlere derin depremler denir. Yüzeysel depremler az bir alanda etki göstermekte ancak çok hasar yapmakta, orta ve derin depremler ise büyük alanda etki göstermekte ve az hasar oluşturmaktadır.

Depremlerin büyüklüklerini ölçmek ve sınıflandırmak için birbirinden farklı iki ölçü kullanılmaktadır. Bunlar, şiddet ve magnitüd (büyüklük) olarak adlandırılır. Richter ölçeği büyüklüğü, Merkalli ölçeği ise şiddeti temsil eder.

"**Magnitüd**, depremlerde ortaya çıkmış toplam enerjinin ölçüsüdür. 1930 yıllarında ABD'de Richter tarafından geliştirildiğinden Richter magnitüdü olarak anılır." [6] "Bu büyüklük, episantrdan 100km. mesafede, standart bir sismograf tarafından kaydedilen zemin hareketinin mikron cinsinden ölçülen maksimum genliğin 10 tabanına göre logaritmasıdır." [22] Deprem magnitüdülerinin bu şekilde elde edilen değerlerinin sıfırdan 8.75'e kadar değiştiği görülmektedir. Richter ölçeğinde 2.0 olarak nitelendirilen büyüklük insanlar tarafından hissedilebilen en küçük değerdir. Depremler genellikle 5 magnitüdüden itibaren kayda değer hasar yapmaya başlarlar. Hasar türleri odak noktasının yüzeysel ve derin olmasına bağlıdır. Farklı odak noktalı aynı magnitüdüdeki depremlerin vere-

cekleri hasarlar da farklı olabilir.

Şiddet, depremin insanlar tarafından hissedilmesi, yapı içindeki eşyalar üzerindeki etkisi, yapılarda yaptığı hasar, arazideki etkileri gibi subjektif kıstaslarla belirlenir. "Bu kıstaslar, depremin enerjisi, episantr mesafesi, odak derinliği ve zemin şartlarına bağlıdır." [6] "Bir depremin şiddeti ivmenin artmasıyla yani depremin 1 sn.deki hareketi ile artar. ivmenin artması deprem periyodunun küçük olması demektir." [30]

Türkiye'de şiddet ölçümü için MSK (Medvedev -Sponhauer-Karnik) ve MM (Modifiye Merkalli) şiddet cetveli kullanılır. Merkalli şiddet cetveline göre depremler XII ayrı şiddet derecesine ayrılmış olup, V. derece şiddetten sonra yapılarda hasarlar başlar. VII. derece şiddetten sonra da arazide etkiler görülür.

Magnitüd-Şiddet ve Maksimum ivme ilişkileri, depremlerde kaydedilen yer hareketlerinin maksimum ivmeleri ile, aletsel kayıtlardan elde edilmiş magnitud değerleriyle ve depremlerin yapı ve araziler üzerindeki etkileri dikkate alınarak verilmiş şiddet değerlerinden çıkarılır. Bu ilişkilerin bazıları kayıt alınan yerin deprem merkezine olan uzaklığını da dikkate alırken bazıları uzaklığı dikkate almayıp depremin merkezindeki maksimum ivme ile buradaki maksimum şiddet ve depremin magnitüdü arasındaki ilişkiyi verir. "Genellikle deprem magnitüdü arttıkça en büyük ivme değerleri arttığı gibi, yapı yerinden uzaklaştıkça da genlikleri azalır." [21]

Maksimum ivme-Uzaklık ilişkileri, depremin merkezindeki yer hareketlerinin özelliklerine bağlıdır. Bu noktadan uzaklaştıkça yer hareketinin genliğindeki azalım uzaklık yada uzaklığın karesi ile ters orantılıdır.

Uzak depremlerin hakim periyodları daha uzun olmaktadır. Kısa periyodlu depremler mesafe ile hızlı bir biçimde güçlerini yitirirler. Çok katlı yapıların periyodları da uzundur.

Uzun periyodlu çok katlı yapıların uzak depremlerden etkilenmeleri daha fazla olacaktır.

Deprem Yer Hareketi Süresi, yapılarda yaptığı hasarlar bakımından önemlidir. Yer hareketinin hasar oluşturma süresinin uzunluğu bazı depremlerde 10-20 saniye bazı depremlerde ise üç-beş saniye sürmektedir. Süresi Uzun fakat ivmesi az olan depremler, süresi kısa ivmesi fazla depremlere göre daha fazla hasar yaparlar.

3.3 Zemin Hakim Periyodu

Yer yüzünde kaydedilmiş kuvvetli yer hareketleri ile zeminin hemen altında kaydedilmiş yer hareketlerinin hem genlik hem de periyod özellikleri bakımından farklı olduğu çok kez gözlenmiş ve teorik olarak da açıklanmıştır.

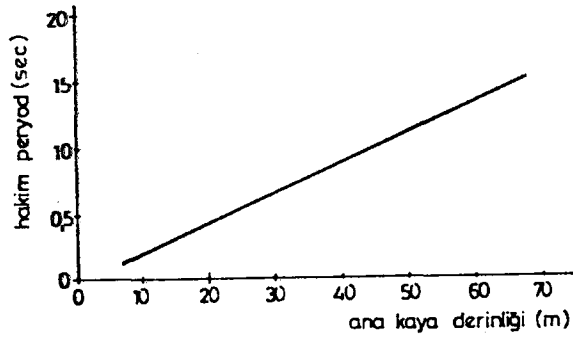
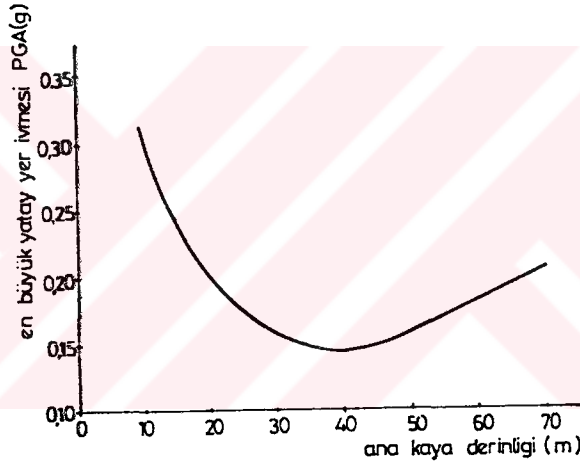
Yapıların üzerinde yapıldığı zeminin belli bir derinliğe kadar olan bölümü yüzey tabakası olarak nitelenir. Yüzey tabakası derinliğine, yoğunluğuna ve titreşim dalgalarını geçirme özelliklerine bağlı olarak taban kayada olan deprem hareketini değiştirerek, çoğu zamanda büyüterek yüzeyde olan deprem yer hareketini oluşturmaktadır. Yüzey tabakasının genliğini büyüttüğü titreşimlerin periyodu bir anlamda yüzey tabakasının ya da zeminin hakim periyodu olmaktadır.

Zeminlerin yüzey tabakalarının hakim periyodlarını deprem olmadan önce tesbit etmek için analitik hesap yöntemleri ve ölçme yöntemleri geliştirilmiştir. Zemin tabakalarının 50 m. seviyesinden farklı kalınlıklara sahip olması halinde, kayma dalgası hızı (V_s ;m/sn) ve tabaka kalınlığı (Hz;metre) deneysel ve teorik olarak zemin hakim periyodu,

$T_0=4 \times H_z / V_s$ denkeleminden hesaplanmalıdır.

Kayalık zeminler ve zemin emniyet gerilmesi $2-3 \text{ kg/cm}^2$ ' den büyük olan zeminler sert zemin olarak nitelendirilir. Yumuşak zeminler ise genellikle emniyet gerilmeleri 1 kg/cm^2 yada daha az olan alüvyon gibi zeminlerdir. Sert zeminlerin hakim periyodları yumuşak zeminlere göre daha küçüktür ve yer

hareketini yumuşak zeminlere göre daha fazla bytmektedirler. "Tabaka kalınlığı arttıķa o zeminin hakim periyodu büyür. Bununla birlikte ivme değerleri değişkendir. Hakim periyodu küçük olan sert zeminde, zeminin hakim periyodu civarında büyük ivmeler görülür. Hakim periyodu büyük olan yumuşak zeminlerde ivmeler genel olarak daha büyüktür. Bu nedenle yumuşak zemin üzerindeki her çeşit yapı tehlike altında olacaktır (şekil 3.2)." [1]



şekil 3.2 En Büyük Yer ivmesinin Zemin Hakim Periyodunun Zemin Tabaka kalınlığı ile Deęiřimi

Zemin hakim periyodu ile yapı hakim periyodunun benzeř-

mesi halinde Rezonans oluşur ve yapı süratle yıkılır. Bu nedenle zemin hakim periyodu ile birlikte yapı hakim periyodunun da bilinmesi gerekir.

Güvenilir varsayımlara dayanan ya da teorik ilkelere göre hesabı yapılmadıkça (S) (yapı dinamik katsayısı-spektrum katsayısı) hesabında kullanılacak yapı hakim periyodunun hesap formülü $T=0.09 H/\sqrt{D}$ ya da $T=0.07-0.10)N'$ 'dir.

H=Binanın temel üstü kotundan ölçülen yüksekliği (m)

D=Yatay yükler doğrultusuna paralel doğrultudaki bina genişliği (m)

N=Bina temel yüzeyi üstündeki kat adedidir.

Periyodu 3 sn. ve daha büyük olan yapılarda çok yüksek frekanslı deprem dalgaları uzun mesafeleri katederken sönmekte, buna karşı düşük frekanslı uzun periyodlu deprem dalgaları fazla bir sönmeye uğramamaktadır. Bu dalgalar uzun periyodlu yapılarda etkili olmaktadır. Örneğin Erzincan'da olabilecek deprem dalgası Ankara'da uzun periyodlu yapılarda hasara yol açabilir. [33]

3.4 Deprem-Zemin Yapısı İlişkisi

Deprem hasarları, zemin özellikleri ile ilgili bir yada birkaç nedene bağlı olarak değişebilir. Bazen bir, bazen de birkaç nedenin etkisi beraber görülebilir. Bu nedenler: Zeminde yapı farklılıkları, yeraltı suyu, zemin sıvılaşması, sismik özellikler, heyelanlı ortamlar, sınır düzlemi topografyası ve faylar olarak sıralanabilir.

Zeminler yapıları bakımından farklılıklar gösterdiğinden sismik uyarılma karşısındaki tepkileri de farklı olmaktadır. Birbirlerine çok yakın oldukları halde jeolojik yapıları farklı olan sahalarda hasar da çok büyük ayrılıklar göstermektedir. Buna örnek olarak, "28 mart 1970 Gediz depreminde Bursa'da yapılmakta olan Fiat-Tofaş otomobil fabrikasında yapımı bitmiş tek katlı karkas binalarda meydana gelen hasarlar gösterilebilir. Bursa kentinde hemen hemen hiç hasar meydana

gelmemiştir. Kent genelde daha katı ve az kalınlıkta alüvyon bir zemin tabakası üzerinde yer almakta, buna karşılık fabrika sahası, kalınlığı 140 m'den fazla olan bir alüvyon tabakası üzerinde yer almaktadır." [2]

Zemin yeraltı suyunun varlığı ve yüzeye olan derinliği, deprem hasarının büyümesinde önemli bir etkidir. "Yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olduğu çakıllı alanlarda ve su tabakasının 10 m.'nin altında olduğu yerlerde şiddet artımı yarım birimdir." [38]. Değişik granülometriye sahip olan ve yeraltı suyu taşıyan çakıllı ve kumlu zeminlerde boşlukların şekli ve dizilimi, su hareketini kolaylaştırır. Bu hareket tanecikler arasındaki bağları ve çimentoyu yıkayıp götürerek sürtünmeyi azalttığından zemin gevşek bir hal almaktadır. Bu durumda deprem hasar şekli de değişmektedir.

"Sıvılaşma, deprem yükleri gibi tekrarlı yükler altında suya doymuş olan bir kum tabakasında boşluk suyu basıncının sürekli olarak artması sonucunda efektif gerilmelerin sıfıra düşmesidir." [1]. Bir çok depremde yeraltı su seviyesi yükselerek zemin sıvılaşmasını oluşturmakta ve deprem hasarını artırıcı rol oynamaktadır. Çoğunlukla kum zeminlerde görülen zemin sıvılaşmasının üzerinde yer alan yapılarda oturmalar, göçmeler ve şev içinde yer alıyorsa şev kaymaları oluşur. "1964 Nigata, Japonya depreminde zemin sıvılaşmadan kaynaklanan yapısal hasarın tutarı 1 milyar ABD dolarıdır." [14]

Deprem kayıtları deprem istasyonuna ulaşan farklı sismik dalgaları verir. Ancak deprem kaydının genliği, periyodu, titreşim süresi ve deprem hareketinin ivmesi o bölgedeki zeminin üst tabakasına bağlı olarak değişir. Yumuşak zeminler, sert zeminlere oranla daha uzun periyodlarla titreşir, daha büyük deplasmanlar yapar ve deprem süresi daha uzundur. Alüvyon tabakası ne kadar kalınsa periyodun o oranda uzun, genliğinde büyük olduğu görülmüştür. Zemin hakim titreşim periyodu yapının periyodu ile aynı büyüklükte olduğu zaman yapı çok bü-

yük titreşimlerle sarsılır ve rezonans oluşur. Rezonans zemin hakim periyodunun yapı periyodu ile benzeşmesidir ve yapılar için istenmeyen bir durumdur. Dolayısıyla zeminin hakim periyodu ile yapıdaki hasar arasında yakın bir ilişki vardır.

Deprem sırasında hasarı artırıcı etkenlerden biri de zeminin veya çevre arazinin heyelan niteliği taşımasıdır. Yapıların oturduğu zeminin heyelan özelliği taşıması, deprem şokuyla hasarın çok büyük olmasına neden olabilir.

Yüzey düzlemi ile sağlam zemin arasındaki sınır düzleminin topoğrafyası, yüzeydeki noktaların titreşimlerine neden olmaktadır. Bu titreşimlerde özellikle sağlam zemin topoğrafyası üzerinde bulunan kabarıklıklar, enerjinin biriktiği ve girişim yaptığı yerler olarak deprem hasarı oluşturabilmektedir.

Aktif faylı bölgeler deprem sırasında içinde buldukları araziye deformasyon özelliği vererek hasar yapabilmektedir. Bu gibi bölgeler çoğunlukla episantr alanları için de olduklarından, depremin yıkıcı tehlikesi ile karşı karşıyadırlar. Fayların yönleri, derinlikleri, geçtikleri yerler bilinirse, projelendirilmenin daha isabetli yapılma şansı doğacaktır.

DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIM İLKELERİ

BÖLÜM 4.

4. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIM İLKELERİ

Depreme dayanıklı yapı tasarımı amacı, yapıların ekonomik ömürleri içinde olacak hafif ve orta şiddetli depremlerde hiç hasar görmemelerinin ve yine aynı süre içinde olacak en şiddetli depremlerde de can kaybına yol açmayacak ve ekonomik biçimde onarılabilecek düzeyde hasar görmelerinin sağlanmasıdır.

Depreme dayanıklı mimari tasarım ilkelerini belirtmeden önce, yapıların depreme dayanımı ile ilgili temel ilkeler üzerinde durmak gerekir.

4.1 Yapıların Deprem Dayanımı ile ilgili Temel İlkeler

Sağlamlık, rijitlik, enerji tüketme gücü ve sünek davranış özellikleri çok iyi düzenlenmiş bir yapı, orta büyüklükteki depremleri önemli bir hasar görmeden atlatabilir. Şiddetli depremlere de kendi stabilitesini ve yapıyı kullanan insanları tehlikeye atmaksızın koruyabilir. [4]

Deprem yükleri dinamik, düşey yükler ise zaman içinde değişmeyen yüklerdir. Deprem sırasında gelen yatay yüklerin hem büyüklükleri hem de yönleri çok kısa bir süre içinde de olsa değişmektedir. Böylece yapı elemanlarında kısa aralıklarla hem basınç hem de çekme etkileri oluşur. Depreme dayanıklı yapı kavramının geliştirilmesinde depremlerde yapılara gelen yüklerin boyutları ile deprem yükleri altındaki davranışları bilinmelidir. Depremlerden edinilen gözlemler ve deneysel çalışmalar yatay yüklere göre hesaplanmış yapıların ancak yeterli enerji tüketme gücüne sahipse şiddetli depremlere dayanabildiklerini göstermektedir. Enerji tüketme gücü ise yapının bazı yerlerinde kalıcı deformasyonlarla sağlanmaktadır. Örneğin yerinde dökme betonarme yapılarda rijit kolon-kiriş birleşim yerlerinin bir bölümünün çatlayarak mafsallaşması ile enerji tüketilmektedir.

Bugün depremle ilgili tüm çağdaş yönetmenliklerde benim-

senen felsefe şöyle özetlenebilir

* Olasılığı yüksek, düşük şiddetdeki depremlerde taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlar hasar görmemelidir.

* Orta şiddetdeki depremlerde taşıyıcı sistem önemli hasar görmemelidir. Taşıyıcı olmayan elemanlarda hasar olabilir

* Olasılığı çok düşük, şiddetli bir depremde taşıyıcı sistem büyük hasar görebilir, ancak göçme olmamalıdır. Bu tür deprem olduğunda yapı elastik sınırlar ötesinde büyük yer değiştirmeler yapabilir. Tasarımda amaç bu tür bir depremde can kaybını önlemek olmalıdır. [17]

Bu genel felsefeye göre yapıda Dayanım, Süneklik ve Rijitlik koşulları sağlanmalıdır.

Dayanım : Bir gerecin, çeşitli dış etkilere karşı direnme özelliği olarak tanımlanan dayanımın en güvenilir ölçüsü taşıma gücüdür. Taşıma gücü hesabı yapılırken elemana etkileyen moment, aksenal kuvvet, kesme kuvveti, vb. dikkate alınır. Depremde yapı ve yapıyı oluşturan elemanların belirli bir dayanıma sahip olmaları gerekmektedir.

Süneklik (Düktilite) : Yapının plastik (kalıcı) ve elastik (geçici) olarak enerji yutma gücü arasındaki orandır. Süneklik düzeyi taşıma gücü sona ererken varolan deformasyonun elastik limitte varolan deformasyona oranı, süneklik oranı olarak tanımlanır. Sünek yapıların plastik enerji yutma kapasiteleri yüksektir. Sünek bir yapı elemanı ve yapı taşıma kapasitesinde önemli bir azalma olmadan büyük deformasyon yapabilir. Depremde yapının ayakta kalması, yapının enerji tüketimine yani sünekliğine bağlı olduğundan, süneklik depremde aranan çok önemli bir özelliktir.

Sünek inşaatta amaç, yapıya gelecek büyük deprem kuvvetlerini elastik sınırlar içinde en aza indirmek ve gerekirse plastik mafsallarla alternatif yönlü yatay deprem deplasmanları sağlayarak yapının yıkılmasını önlemektir. [32]. Betonarme yapı elemanlarının sünekliği, uygun boyutlandırma ve do-

natı detayı ile sağlanır.

Betonun sünekliği çok düşük olmasına rağmen çeliğin sünekliği oldukça yüksektir. Bu nedenle kırılma durumuna gelmemiş yapı elemanında, donatı akma sınırına gelmişse davranış sünek olacaktır.

Rijitlik : Bir yapının veya yapı elemanının üzerine gelen kuvvetler karşısında yerdeğiştirme ve dönme şeklinde ortaya çıkan deformasyona gösterdiği dirençtir. "Yakın bir geçmişe kadar rijitliği az, esnek bir yapının deprem davranışının daha sağlıklı olacağına inanıldığından, rijit yapılardan kaçma eğilimi vardı. Ancak, deprem sonrası hasar çalışmaları, rijitliği az olan yapılardaki maddi hasarın rijit yapılara oranla daha fazla olduğunu göstermiştir. Bunun nedeni, aşırı yanal ötelenme sonucu taşıyıcı olmayan elemanlarda oluşan büyük hasar ve bu elemanların yapı içindeki eşyalara verdiği zarardır." [17]. Ayrıca yanal ötelenme nedeniyle, aksenal yüklü elemanlarda oluşan ikinci derece momentleri de yapı stabilitesinin bozulmasına ve göçmesine neden olur.

4.2 Depreme Dayanıklı Mimari Tasarımda Temel İlkeler

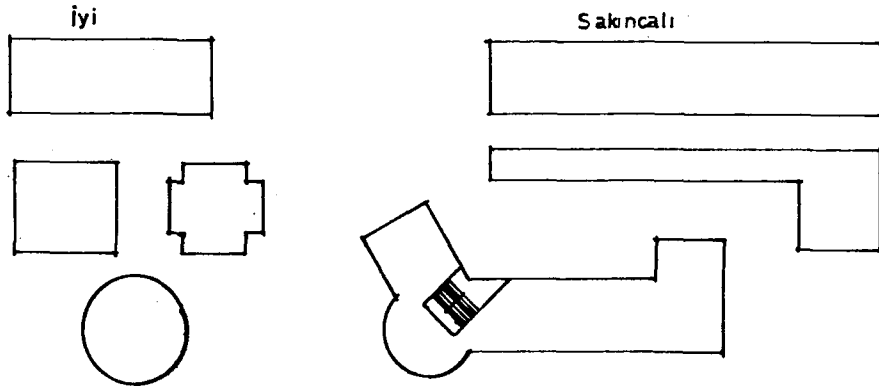
Gerek Türkiye'de gerekse dünyada olmuş depremlerden elde edilen deneyimler, depreme dayanıklı yapıların daha mimari tasarım aşamasında başladığını ortaya koymaktadır. Depremlerde hasar gören yapıların hasar nedenleri veya hasar oranları bazen doğrudan doğruya mimari tasarım ile bağlantılıdır.

Mimari tasarımlarda mimarların olabildiğince özgür davranma eğilimi vardır. Ancak olabildiğince özgür davranırken her türlü doğal şartlar ve yapının bu şartlara uyumu da beraberinde düşünülmelidir. Depreme dayanıklı bir yapıda yapının hafif olması, plan ve kesitte basit ve düzenli olması istenir.

Yapı Hafif Olmalı: Depremlerde yapılara gelen kuvvetler $F=Co.K.S.I.W$ formülüyle hesaplanır ve yapının ağırlığı ile orantılıdır. (F=yapıya gelen deprem kuvveti, Co=deprem bölge

katsayısı, K =yapı tipi katsayısı, S =Dinamik katsayısı, I =yapı önem katsayısı, W =yapı ağırlığı). Yapı ne kadar hafif olursa yapıya gelen deprem kuvvetleri de o oranda daha az olacaktır. "Birinci derece deprem bölgesinde bir yapının ekonomik ömrü içinde karşılaşacağı IX şiddetindeki bir depremde oluşan yatay yük, yapı ağırlığının %30-40' ı kadardır. [5]. Hafiflik, yapının dayanıklılığı bozulmadan sağlanmalıdır. Betonarme bir yapının hafif olması için dolgu ve bölme duvarlarının hafif malzemeden yapılmış olması gerekir. Ağır süsleyici ayrıntılardan kaçınılmalıdır.

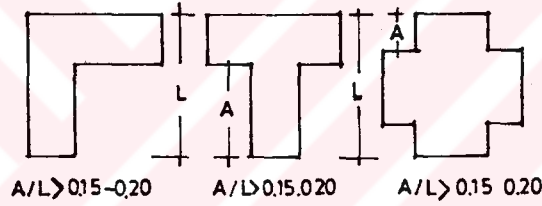
Yapı Planda Basit ve Düzenli Olmalı: Basit ve düzenli plan şeması olmayan yapılarda deprem sırasında burulma etkileri ortaya çıkmaktadır. Burulma etkileri yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezinin aynı noktada olmayışından kaynaklanmaktadır. Depremde yapıya gelen kuvvetlerin etkideği kütle merkezi, yapının geometrik merkezidir. Rijitlik merkezi ise yapıdaki taşıyıcı elemanların (kolon ve perde duvar) rijitliklerinin ağırlık merkezidir. Rijitlik ve kütle merkezlerinin birbirlerinden uzak oluşu, yapıya gelen deprem kuvvetleri etkisiyle yapının düşey bir eksen etrafında burulmasına yol açar. Şekil 4.1'de deprem açısından sakıncalı ve iyi plan tipleri görülmektedir.



Şekil 4.1 Deprem Açısından iyi ve Sakıncalı Plan Tipleri

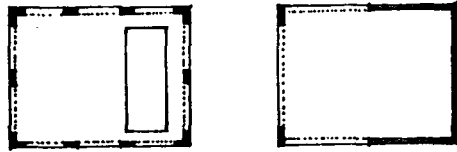
Planı kare ve daire olan yapılar simetrik olduklarından her yönde aynı oranda deprem etkisindedirler ve her yönde aynı şekilde davranırlar. Fazla uzun olmamak koşulu ile dikdörtgen yapı planı da basitlik ve düzen açısından uygundur.

Plan şemaları L,T,H,+ olan yapılarda, rijitlik merkezi ile kütle merkezi, taşıyıcı elemanlarının uygun düzenlenmesiyle aynı noktaya düşürülse bile bu tip yapıların içeriye dönük köşelerindeki gerilme yığılmaları, bu bölgelerde büyük hasarlar oluşturur. Bu nedenle yapılarda çıkıntılar fazla olmamalıdır. (Şekil 4.2). [27]



Şekil 4.2 Planda Çıkıntılarının Yapı Boyuna oranı

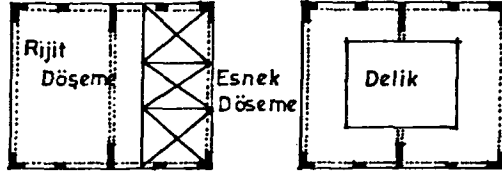
Düşey taşıyıcılar simetrik olarak düzenlenmemişse, eleman boyutları farklı seçilmişse yada ağırlıklar yapının belli bölümlerinde yoğunlaşmışsa yapı şekil bakımından uygun olsa bile burulma etkileri oluşabilir. (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Planda Rijitlik ve Ağırlık Düzensizlikleri

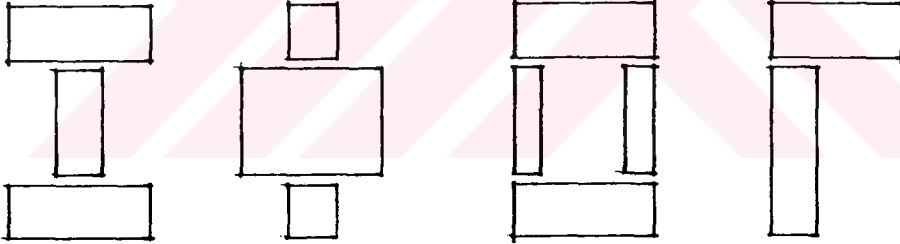
Bundan başka döşemelerin değişik rijitlikli ve delikli

olması da yapıda burulmaya neden olur. (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Döşeme Rijitliklerindeki Düzensizlikler

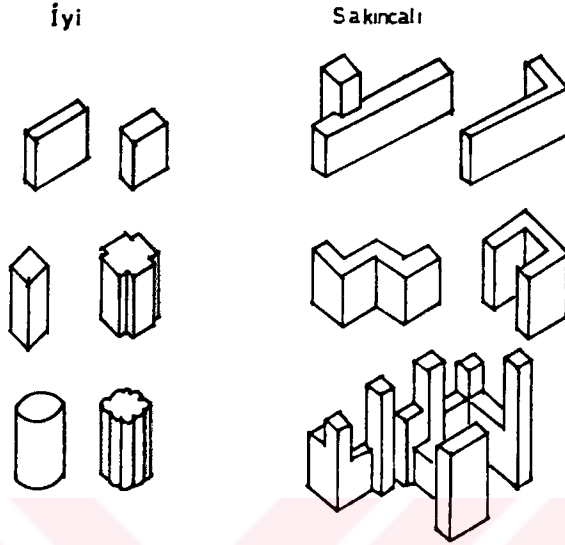
Planda burulmayı önlemek için dilatasyonlarla yapı bloklara ayrılır. Deprem derzi dediğimiz dilatasyon aralığı planda en az 30 mm. olmalı ve derzler iyi tasarlanıp yapılmalıdır (Şekil 4.5).



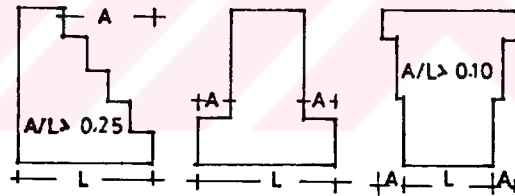
Şekil 4.5 Düzenli Plan için Dilatasyonlarla Yapıyı Bloklara Ayırma

Yapı Düşey Eksen Boyunca Basit ve Düzenli Olmalı: Yapıda alt kattan başlayarak üst kata doğru ağırlık ve rijitlikle uyumlu bir gidiş olmalıdır. Aynı yapının katları arasında büyük yük yükseklik farkları olması sakıncalıdır.

Yapı narinliğinin (yapı yüksekliği / yapı eni) büyük olması yapıda büyük devrilme momentleri oluşturur. Bu oranın 3-4'den fazla olması taşıyıcı sistem tasarımında sorunlar çıkarabilir. Şekil 4.6'da deprem açısından iyi ve sakıncalı kütle düzenlemeleri görülmektedir.



Şekil 4.6 Deprem Açısından İyi ve Sakıncalı Kütle Düzenleri
Yapı yüksekliği boyunca girinti ve çıkıntılar şekil 4.7'de belirlenen oranlarda düzenlenmelidir.

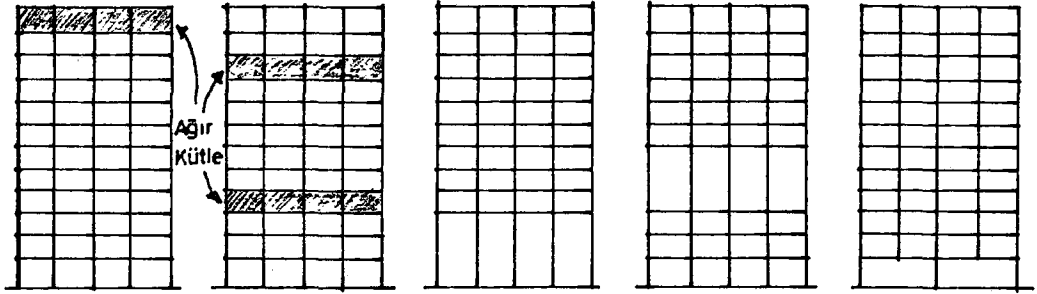


Şekil 4.7 Yapı Yüksekliğinde Girinti ve Çıkıntılarının
Yapı Boyuna Oranı

Yapı kütlesi simetrik olsa da taşıyıcı sistemindeki rijitlik ve kütle dağılımındaki düzensizlikler deprem açısından sakıncalıdır. Bu tür düzensizliklerin bulunduğu bölgelerde deprem sırasında büyük gerilme yığılmaları oluşabilir ve yapı hasar görebilir. (Şekil 4.8)

Farklı yükseklikteki yapılar bitişik yapılmamalı, dilatasyon derzleri ile bloklara ayrılmalıdır. Bloklar arasındaki derz aralıkları 30 mm.'den az olmamalı ve iki kattan sonra her kat için 10 mm. artırılmalıdır. Buna göre 12 m. yüksekliğinde 4 katlı yapıda üst kat dilatasyon derzi 50 mm. olmalı-

dır. Deprem sarsıntısında yapının birbirine çarpması için bu gereklidir.



Şekil 4.8 Yapı Yüksekliğinde Kütle ve Rijitlik Düzensizlikleri

4.3 Yapı Elemanları-Deprem İlişkisi

Deprem yapılar üzerindeki etkisini değerlendirebilmek için tümevarım metodu olarak niteleyeceğimiz yapı elemanları üzerindeki etkisinden faydalanarak tüm yapı üzerindeki etkileri üzerinde teoriler geliştirebiliriz.

Kirişler: iskelet sistemde kolonları birbirine bağlayan yatay elemanlardır. Dolu veya boşluklu gövdeli olarak yapılabilmektedirler. Basık kirişleri olan çerçevelerden oluşan yapılar, hafif ve orta şiddetli depremlerde, büyük ötelemeler yaparak taşıyıcı olmayan bölme duvarlarına ve yapı içindeki eşyalara, onların yatay hareketten dolayı devrilip düşmesi sonucu zarar verdirebilirler. Bu nedenle deprem yönetmeliğinde kiriş genişlikleri kirişin oturduğu kolonun eni artı döşeme kalınlığının 1.5 katı olarak sınırlandırılmıştır. Büyük açıklıklı kirişler de basık kirişler gibidir.

Kolonlar: Eksenel basınca ya da eksantrik basınca çalışan doğru eksenli çubuklardır. Bunlar bağlı oldukları kat döşeme yükleri dışında üst katlardaki toplam döşeme yüklerini de taşırlar. Üst katlardan zemine inildikçe kolon yükleri de artacağı için boyutlarının 2-3 katta bir uyumlu bir şekilde artırılması gerekir. Eksenel yükleri az olan kolonlar depremde büyük eğilme momenti taşıyabilir. Kolonun eksenel yükü ne

kadar az olursa düktilitesi de o derecede yüksek olacaktır. Kolonun uzun kenar/kısa kenar oranı 2.5'den büyük olması durumunda elemanın perde gibi çalışmasına neden olur. Depremlerde yapıya gelen enerji, yapının rijit ek yerlerinin mafsallaşması ile tüketilir. Çok sayıda kolonu olan yapı, mafsallaşma noktası fazla olacağından tercih edilir. Özellikle iç aks kolonlarına, deprem nedeniyle oluşan yatay yüklerden büyük eğilme yükleri gelmesi, normalde büyük düşey yük alan bu kolonların tehlikeli duruma gelmesine yol açabilir. Kolon aksları arasının fazla olması özellikle dış aks kolonlarında büyük eğilme gerilmeleri oluşturur.

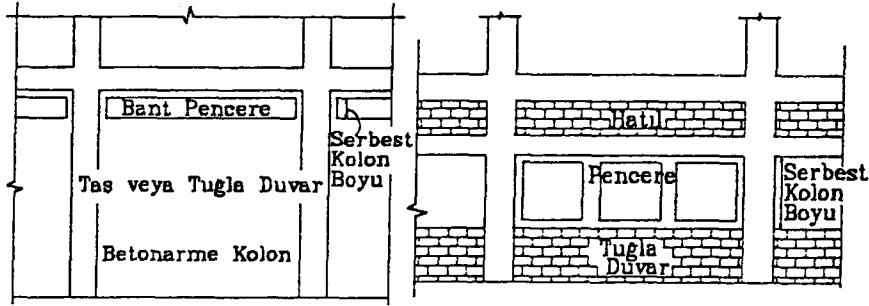
"Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar hakkındaki yönetmelik minimum kolon boyutunu 25 cm. olarak belirlemiştir. Oysa deprem tehlikesi bakımından Türkiye'den pek farklı bir durumda olmayan Japonya ve ABD'nin Kaliforniya eyaletinde minimum kolon boyutu 30 cm.'dir." [33]

Okul, yatakhane ve kışla gibi yapılarda genellikle kat ortalarındaki koridorlara ışık gelmesi için çerçevelerin dolgu duvarlarının üst başlarına pencere yapılır. Bu durumda kolonun pencere olan bölümündeki rijitliği, duvar olan bölümündeki rijitliğinden çok daha az olmakta, yatay ötelemeyi bant pencere bölümü yapmaktadır. Sonuçta kolonun burkulma boyu kısalarak ve yüksek rijitliğe ulaşacaktır. Buna kısa kolon davranışı da denir.

Kısa Kolon Davranışı: Kolona bağlanan kat kirişlerinin derin olması, kolonda gusse yapılması, pencere üstü hatılları, bant pencereler veya taşıyıcı olmayan dolgu duvarları da kolonun boyunun kısılmasına neden olabilir (Şekil 4.9). Kısa kolonlar diğer kolonlara göre daha rijit olduklarından ve düşey açıklıkta serbestçe deformasyon yapamadıklarından yatay yükler altında büyük hasarlara uğrarlar.

Kolonlarda, çeşitli etkiler nedeni ile kolon boyunun kısılması ihtimali karşısında kolona yeterli kesme donatısı ko-

nulmalı, çerçeve kolonu ile dolgu duvar arasında derz bırakılmalı ya da çerçeve kolonu ile pencere kenarı arasına yaklaşık 0.40-0.50 m.'lik dolgu duvar örülmelidir.



Şekil 4.9 Kısa Kolon Davranışı

Döşemeler: Yapının duvar, kolon ya da çerçeve gibi düşey iskeleti üzerine oturan modülasyon ızgarası üzerini örterek katlar arası ayırımı sağlayan yatay levhalardır. Kare ya da dikdörtgen şekilli, kirişsiz ya da kirişli olarak düzenlenirler. Kirişsiz döşemeleri olan yapılar genellikle daha esnek olduklarından deprem kuvvetleri altında büyük yatay ötelemeler yaparlar. Asmolenli ve kirişsiz döşemeli yapılar normal plak döşemeli yapılara göre %20 daha ağırdırlar. Yapılara gelen deprem yükleri yapı ağırlığı ile orantılı olduğu için bu cins yapılara daha çok deprem kuvveti gelecektir. Bu da yıkılmayı kolaylaştırır.

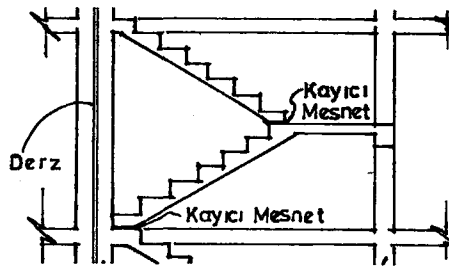
Kirişsiz döşemeleri veya kiriş derinlikleri döşeme kalınlığı ile sınırlanmış asmolen gibi döşemeleri olan yapılarda yatay ötelemelerin sınırlandırılması gerekir. Yoksa hafif depremler de bile yapının içindeki eşyalarda ve yapının taşıyıcı olmayan elemanlarında büyük hasar olacaktır. Bu nedenle kirişsiz veya asmolen döşemeli yapılarda mutlaka yatay ötelemeleri kısıtlayan perde duvarlar kullanılmalıdır.

Duvarlar: Bir kolonun büyük kenarının boyu, kolon genişliğinin dört katından büyük ise perde olarak isimlendirilir. Yapılarda büyük deprem kuvvetlerini taşıyabilme ve yatay öte-

temelleri kısıtlama açısından perde duvarlar çok etkilidirler. Ancak perde duvarlar yapı içinde uygun yerleştirilmeli ve burulmaya yol açmamalıdır. Perde duvarların temelden yapının üst katına kadar sürekli olması gerekir. Zemin katta perde duvar yapılmadan üst katlarda perde duvarlarla devam edilmesi zemin katın esnek, üst katların rijit olmasına neden olur. Zemin katı esnek yapılarda deprem anında zemin katta çok büyük gerilmeler ve yatay ötelemeler oluşturacağından deprem açısından sakıncalıdır.

Serbestçe döşeme üstüne oturan ve özellikle tavana kadar ulaşamayan bir bölme duvar ters bir sarkaç gibi davranıp kolayca devrilebilir. Betonarme çerçeve arasındaki duvarlar ise kolon ve kirişlerle aralarında oluşacak sürtünme ile daha güçlüdür. Teraslarda yapılan parapet ve bahçe duvarları belli bir yükseklikten sonra betonarme hatıl ile bağlanmamışlarsa yatay bir yük karşısında yıkılabilir. Ayrıca yüksek duvarların stabilitesi zayıf olduğundan, duvarların 3 m.'den yüksek yapılması halinde duvar üstü hatılına ek bir ara hatıl yapılmalıdır.

Merdivenler: Katlar arasında diyagonal bir kiriş gibi çalıştıklarından bir bakıma merdiven aksları yapıların en rijit çerçeve akslarını oluşturur. Yatay yükler altında bir diyagonal elemana çekme kuvvetlerinin gelmesi merdivenin yıkılmasına yol açar. Deprem sırasında kaçışı sağlaması beklenen merdivenlerin ayakta kalması için bir ucu ankastre, diğer ucu kayıcı olarak oturtulmalı ya da merdivenler yapıdan derzlerle ayrılmış ayrı bir blok olarak yapılmalıdır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10

4.4 Depreme Dayanıklı Taşıyıcı Sistem Düzenleme

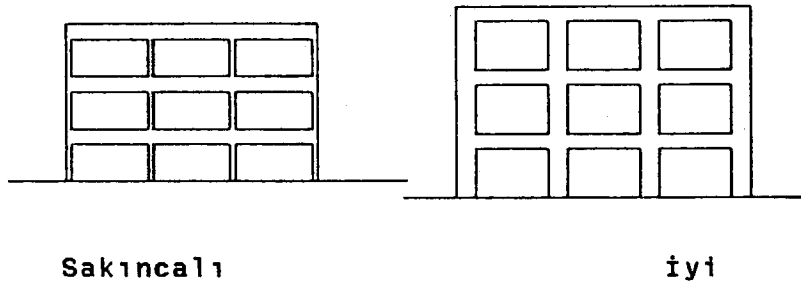
Deprem kuvvetlerine dayanımda, yapının taşıyıcı sistem elemanlarının bilinçli düzenlenmesinin rolü büyüktür. Deprem kuvvetleri göz önüne alınmadan yapılan bir düzende yapıda burulma ve kayma etkileri oluşacağından:

- * Çerçevesiz Taşıyıcı,
- * Perdeli Taşıyıcı,
- * Esas Taşıyıcısı Çekirdek olan,

taşıyıcı sistem düzenlemesinde dikkat edilmesi gereken noktaları incelemek yararlı olacaktır.

Çerçevesiz Taşıyıcı Sistem, kiriş ve kolonların birlikte çalışacak şekilde mafsallı ya da ankastre birleştirilmesiyle oluşturulur. Betonarme yapıların depremlerde sünek bir davranış göstermesi kolonların taşıdığı aksenal yükler ile çok sıkı ilişkilidir. Kolon aksenal yüklerinin küçük olması yüksek düktilite elde etmek için gereklidir.

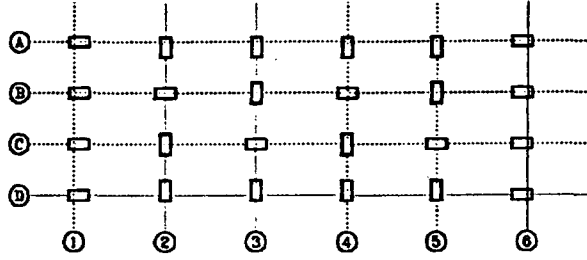
Betonarme çerçevesiz yapılarda kolonlar, kiriş ve döşeme gibi yatay elemanlardan daha güçlü yapılmalıdır. Çünkü kirişlerde oluşacak kırılma yapının toptan göçmesine yol açmayacağından yapı güvenliği açısından daha az sakıncalıdır. Ayrıca kirişlerde oluşan mafsallaşmanın onarımı da daha kolaydır. Kısaca kuvvetli kiriş , zayıf kolon yerine kuvvetli kolon, nispeten daha zayıf kiriş tercih edilmelidir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11

Depreme dayanıklı taşıyıcı sistem için aşağıdaki noktalar dikkate alınmalıdır.

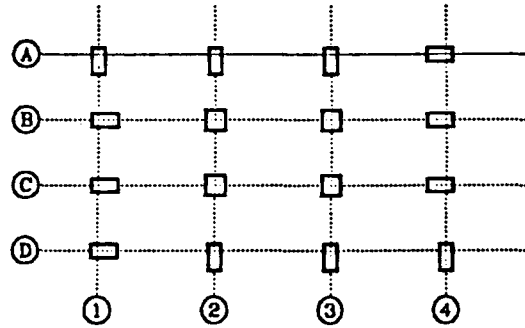
* Kolonların bir aks sistemine yerleştirilmesine özen gösterilmelidir. Rastgele yerleştirilen kolonlar üzerlerine gelen etkileri diğer elemanlara rasyonel bir şekilde aktarmayacağından sistemde zorlanmaya sebep olabilir. (Şekil 4.12)



Şekil 4.12 Kolonları Düzgün Dağılmış Plan

* Aks aralıklarının olabildiğince eşit veya eşite yakın olması yapının ekonomik olmasını sağlayacaktır.

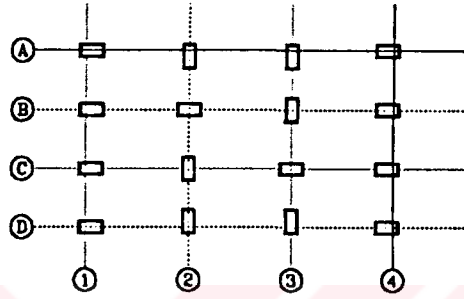
* Kolonların planda olabildiğince cephelere dik olarak yerleştirilmesine özen gösterilmiştir (Şekil 4.13). Cephelere dik yerleştirilmiş kolonlar yatay etkileri daha iyi iletileceğinden yapım hatalarından kaynaklanan eksantrisitenin büyük boyutta kalmasına yardım eder ve II. derece moment etkisinin oluşumunu önler.



Şekil 4.13

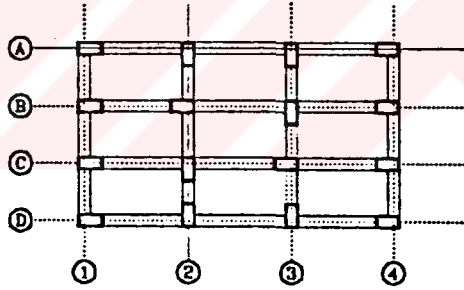
* Kolonları iki eksen doğrultusunda eşit sayıda yerleş-

tirmeye gayret edilmelidir. Her iki doğrultuda rijitlikler arasında önemli fark olmaması için kolonların yarısının bir doğrultuda, yarısının da diğer doğrultuda yerleştirilmesi yararlıdır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14

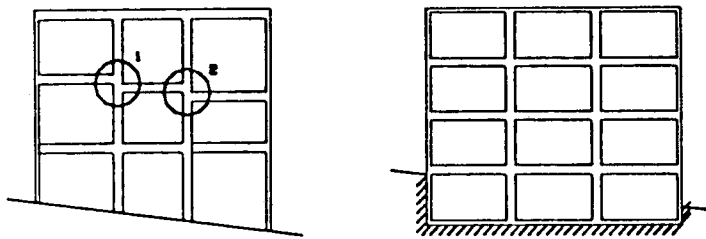
Kolonlar birbirlerine her iki doğrultuda kuvvet aktaracak şekilde kirişlerle bağlanmalıdır (Şekil 3.15).



Şekil 4.15

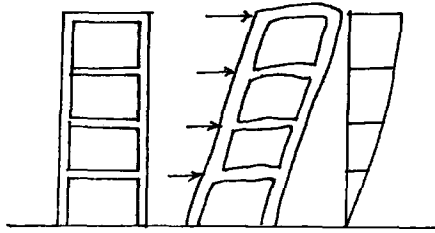
* Kolon ve kirişlerin boyutlarının yönetmelikteki minimum ölçüleründen az olmamalıdır.

* Çerçevelerin teşkilinde sürekli kolon ve kirişe dikkat edilmelidir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16

Çerçeveseli yapılar hafif ve orta şiddetli depremlerde hasar görmese dahi esnek yapı oldukları için yatay ötelemeler nedeniyle taşıyıcı olmayan elemanlar ve eşyalar büyük zarar görebilir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 Çerçeveseli Yapının Yatay Kuvvetler Altındaki Ötelemeleri

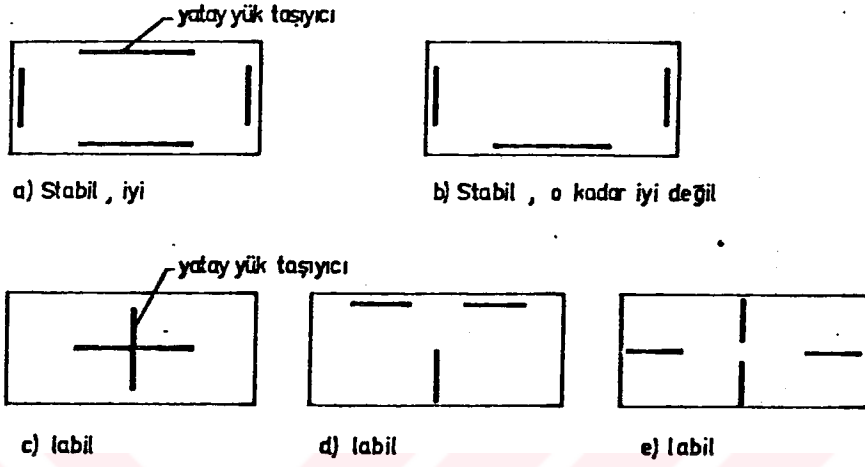
Perdeli Taşıyıcı Sistem'le yapılan yapılar hafif ve orta şiddetli depremlerde yatay kuvvetlere elastik olarak karşı koyarak fazla yatay öteleme yapmazlar. Bu nedenle rijit sayılabilecek perde duvarlar bir deprem sırasında veya sonrasında önemli hizmetler görecek olan hastane, PTT merkezi, itfaiye vb. binaların tasarımında kullanılmalıdır.

"önceleri aksi düşünölmekle beraber son depremler perde duvarların oldukça yüksek sünekliğe sahip olduklarını ortaya koymuştur." [7]

Çerçeveseli yapıların bir miktar perde duvarı ile birlikte tasarlanması depreme dayanıklılık açısından üstünlük sağlar. [8]

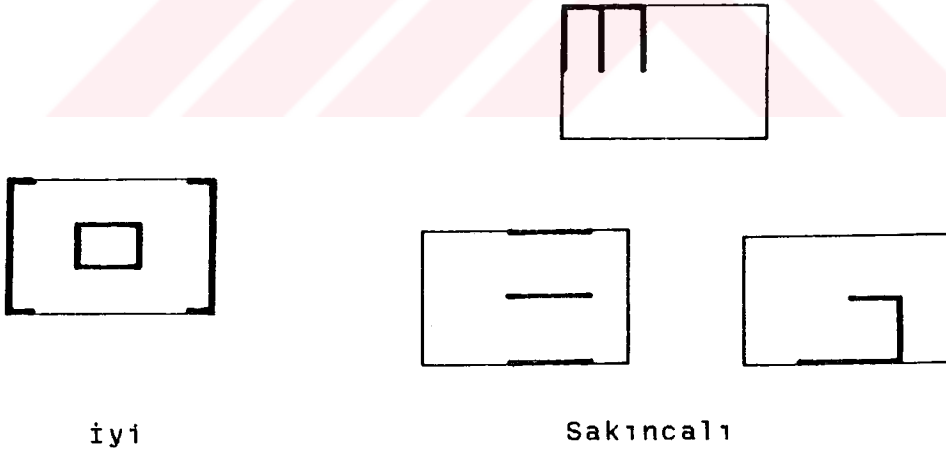
Deprem dayanıklı perdeli taşıyıcı sistem için aşağıdaki noktalar dikkate alınmalıdır.

* Sistem, aks çizgileri birbirini kesmeyen en az üç perde ile oluşturulmalıdır. Binanın burulma dayanımını artırmak için perdeler olabildiğince binanın dış çevresine yakın ve bina kenarlarına paralel olarak yerleştirilmelidir (Şekil 4.18) [26].



Şekil 4.18

* Perdeler plan düzleminde düzenli şekilde yerleştirilmeli, belirli bölgelerde yoğunlaştırılmamalıdır (Şekil 4.19).



Şekil 4.19

Düzenli yerleşim yapılmadığı takdirde burulma titreşimleri kaçınılmaz olmaktadır.

* Perdeler her iki doğrultuda kirişlerle birbirine bağlanmalı.

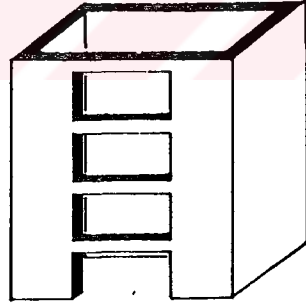
* Perde genişliği yönetmeliklerdeki verilen minimum ölçülerden küçük olmamalıdır.

* Perdelerin her bir yöndeki toplam alanlar A_d olmak üzere yapının tabanındaki alanı A_p , kat adedi n ise $A_d/A_p > 0.0015n$ şeklinde bir bağıntı kurulabilir. [33].

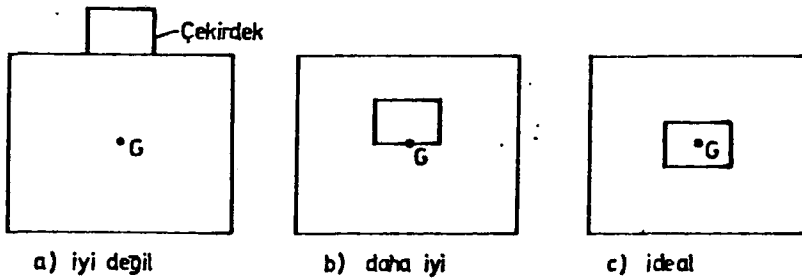
Çerçeve giriş genişliği giriş yüksekliğinin iki katından daha fazla olan dişli döşemelerde yüksekliğin açıklığının $1/15'$ inden az olması halinde ve girişsiz döşeme ile yapılan temel üstünden yapı yüksekliği 8 m.yi aşması halinde deprem etkileri iki yöndeki deprem perdeleri ile karşılanmalıdır.

Esas Taşıyıcısı Çekirdek Olan Taşıyıcı Sistemde, çekirdek genel olarak binadaki asansör veya merdiven boşluklarının etrafı çevrilerek elde edilen, kesitleri ince cidarlı profil çelik çubuklara benzeyen düşey eksenli elemanlardır (Şekil 4.20). [26]

* Çekirdeğin mümkün olduğu kadar yapının kütle merkezine yakın olmasına gayret etmelidir (Şekil 4.21).

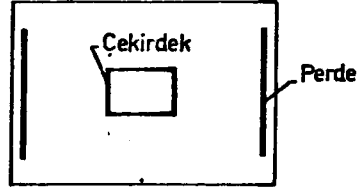


Şekil 4.20



Şekil 4.21

* Çekirdeği büyük burulma etkisinden kurtarmak için kenarlarda birbirine paralel en az iki yatay yük alacak perde yerleştirilmelidir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22

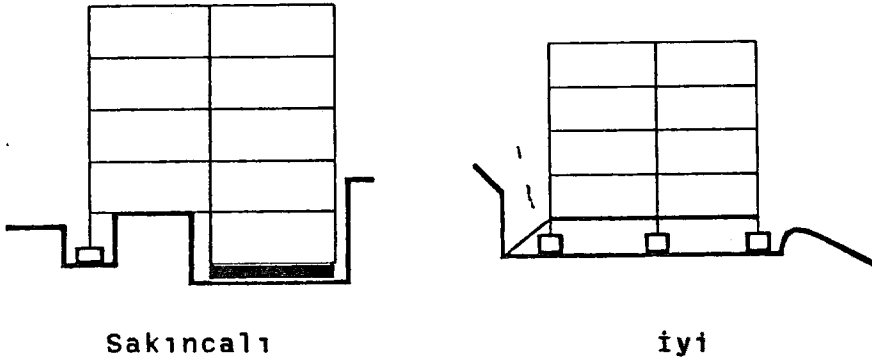
* Düşey ekseni boyunca uzanan simetrik çekirdek kullanılmalı (Şekil 4.23).



Şekil 4.23

Yapıların Temel-Zemin ilişkisinde aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir.

* Değişik seviyede değişik türde temel yapılmasından kaçınılmalıdır. Değişik yükseklikteki temeller deprem titreşimlerini üst yapıya farklı zamanlarda ileteneğinden titreşimler simetrik ve üniform olmayacaktır. Üst yapıya farklı titreşimlerin ulaşması da yapıda hasar oluşturacaktır. (Şekil 4.24)

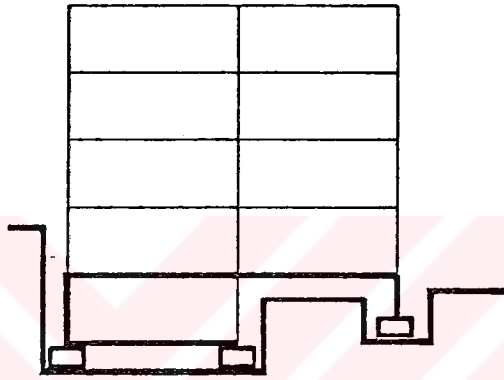


Sakıncalı

iyi

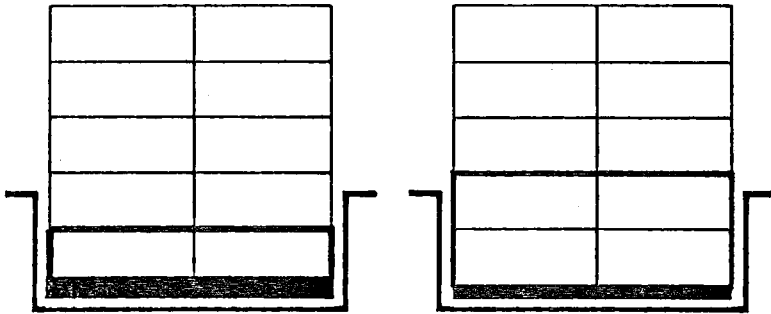
Şekil 4.24

* Temelde kademe yapılması zorunlu ise bodrum katlarının çevresi perde ile çevrilip tavanı ve temeli ile rijit bir kutu kesit oluşturulmalıdır. Bu şekilde kademeli temelin yaratacağı titreşimler absorbe edilerek, üst yapıya üniform olmayan titreşimlerin iletilmesi önlenir (Şekil 4.25).



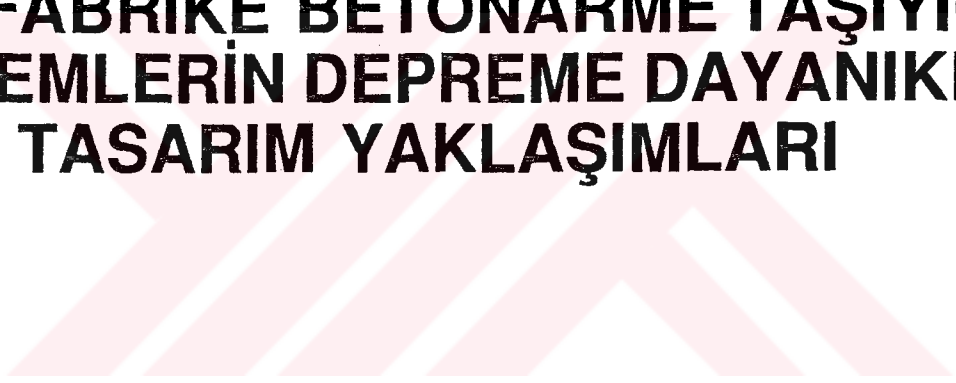
Şekil 4.25

* Temeller birbirlerine bağ kirişleri ile bağlanmalıdır. Ayrık olması halinde yerdeğiştirmeleri bağımsız ve farklı olacağından yapıda bütünlüğün bozulmasına sebep olabilir. Radye temel olması halinde kolonlar bağımsız deplasman yapamayacaklarından deprem etkisiyle yapının hasar görmesi de önlenmiş olur. Zemin döşemesi ile birlikte bodrum katının perdeleriyle çevrilmesi ile oluşturulan sandık (keson) temel de depreme karşı rijit bir temeldir. (Şekil 3.26).



Şekil 4.26

**PREFABRİKE BETONARME TAŞIYICI
SİSTEMLERİN DEPREME DAYANIKLI
TASARIM YAKLAŞIMLARI**



BÖLÜM 5.

5. PREFABRİKE BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLERİN DEPREME DAYANIKLI TASARIM YAKLAŞIMLARI

Depreme dayanıklı yapı kavramı, iyi bir tasarımın önemli bir parçası olsa bile, yalnızca belirlenmiş yatay kuvvetlere dayanabilen yapılar yapmak değildir. İyi tasarlanmış bir yapıda sağlamlık, rijitlik, enerji tüketme gücü ve sünek davranış özelliklerinin iyi bir oranda karışımı sağlanmalıdır. Böylece yapı sık olan orta büyüklükteki depremleri önemli bir hasar görmeden atlattırırken, şiddetli depremlere kendi stabilitesini, içindeki insan ve eşyaları tehlikeye atmaksızın koruyabilir.

Ülkemizde betonarme yapılarda deprem nedeniyle oluşan hasar ve göçmelerin, bina geometrisi ve sistem seçimi, yetersiz boyutlandırma ve detay hatalarından kaynaklandığı gözlenmiştir. [16]. Bina geometrisi ve sistem seçiminde uyulması gereken şartlar; yapının planda basit ve düzenli olması, yapı yüksekliği boyunca ani rijitlik değişimlerinden kaçınılması, düşey taşıyıcı elemanların yapı yüksekliğince sürekli olması, kısa kolon oluşturulmasından kaçınılması, bitişik düzendeki çerçevelerin birbirinden yeterli derzlerle ayrılması daha önce anlatılmıştı.

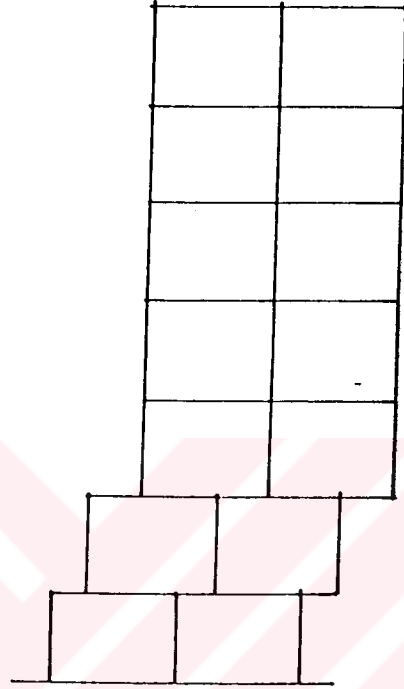
Prefabrike yapı elemanları yüksek nitelikli malzeme, işçilik ve kontrol ile üretildiklerinden yüksek dayanımlı olmaktadır. Ancak şantiyede gerçekleştirilen birleşim noktaları aynı kalitede olmamaktadır. Bu bakımdan prefabrike yapıların depreme dayanıklı olması büyük ölçüde birleşim bölgelerinin depreme dayanıklı olmasına bağlıdır. Birleşim bölgelerinin bilinçli olarak detaylandırıldığı takdirde bunların yerinde dökme birleşimler kadar sağlıklı davranacakları deneylerle gözlenmiştir. Birleşim bölgelerinin yeterli dayanıma sahip olmaları yanında gerekli süneklik ve rijitliğe sahip olmaları gerekir. [4].

5.1 Prefabrike Betonarme Yapıların Yerinde Dökme Yapılara Göre Davranış Farkları

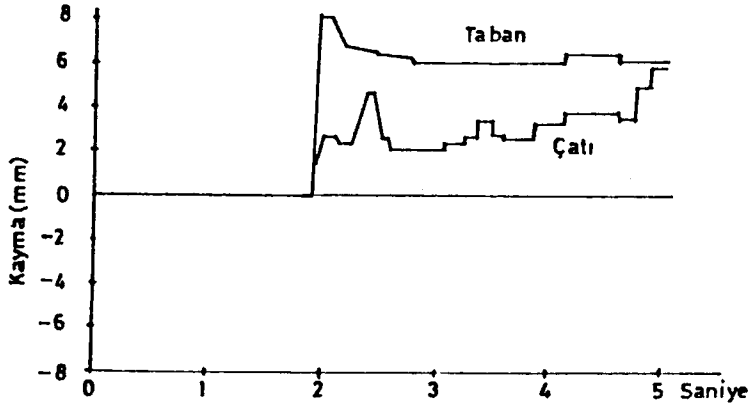
Yerinde dökme betonarme yapılarda deprem enerjisi, yapının monolitik ve rijit olan birleşim noktalarının hasar göerek mafsallaşması ile tüketilmektedir. Bu yapılarda sünek davranış betona tam bir aderans ile bağlı donatının kalıcı birim deformasyon (strain Hardening) bölgesine girmekle sağlanmaktadır. Prefabrike yapıların birleşim bölgeleri tam monolitik ve rijit olamadığından şiddetli depremlerde prefabrike yapıların birleşim bölgelerinde deprem enerji tüketme gücü yerinde dökme betonarme yapıların birleşim bölgelerine göre daha azdır. Prefabrike yapıların birleşim bölgelerinde donatıların sürekliliğinin kaynak yada bulonlu birleşim ile sağlanması da güç olmaktadır. Şantiye koşullarında kaynak gevrek kırılmaya yol açmakta, bulonların kısa boylu oluşu ise kopmadan kalıcı uzamalar yapmalarına olanak vermemektedir. Uzun bulonların ise tersinir yükleme nedeniyle basınç altında burkulmaları söz konusudur. Böylece enerji tüketimi gerçekleşmeyebilir. Donatıların birleşim yerinde kaynaksız ve bulonsuz olarak basit biçimde bindirilip betonlandığı birleşimlerde betonun ezilmesi ile aderans yok olmakta ve donatı kuvvet aktaramamaktadır.

Panel yapılarda, alt ve üst duvar panelleri ile döşeme panellerinin birleşim bölgelerinin kesme ve basınç gerilmeleri taşıma kapasitesi, birleşen bu elemanlara göre daha zayıf olmaktadır. Prefabrike panel yapılarda panel uçlarının daha geniş yada dişli olarak yapılması düktilite açısından çok olumlu olmaktadır. Ancak bu tür panel imali kolay değildir.

Deneyler ve analitik değerlendirmeler prefabrike panel yapıların yatay birleşim yerlerinde yatay deprem yükleri altında kalıcı kaymaların olabileceğini ve bu tür kaymaların zamanla yapının stabilitesini tehlikeye sokabileceğini göstermektedir (Şekil 5.1).



Zayıf Yatay Ek Yerleri
Olan Panolu Yapının Davranışı



Şekil 5.1 Deprem Etkisi ile Zayıf Yatay Birleşim Yerlerinde Kayma

Prefabrike yapıların birleşim bölgeleri bir bakıma, yerinde dökme yapıların rijit birleşim bölgelerine göre önceden çatlamaş olarak nitelenebilir. Monolitik betonarme yapıda

birleşim yerindeki çatlama ile birlikte yapı salınımları sönümlenerek yapının deprem enerjisi tüketimi artar. Yerinde dökme betonarme yapıya göre prefabrike yapılar daha esnek olmaları nedeniyle daha uzun periyodludurlar. Uzun periyodlu yapıların yatay ötelemeleri ise daha fazladır. Bu nedenle prefabrike yapı, sönümdeki artışı ile birlikte olan büyük miktarda yatay ötelemeler yapacağından yapı stabilitesi bozulabilir. [5] Prefabrike panel yapılarda yatay ve düşey birleşim yerlerinin deprem yükleri altındaki davranışları bu tür yapıların tasarımında en belirleyici unsur olmaktadır.

"Prefabrike yapıların düktilitesinin yerinde dökme betonarme yapılardan az oluşu yada aynı miktar düktilitenin sağlanmasındaki güçlük karşısında pratik olarak ne miktarda düktilitenin gerçekleştirilebileceği sorusu ortaya çıkmaktadır. Çünkü bu miktar prefabrike yapı tasarımında gerek deprem yükünün, gerekse de çeşitli bağlantı detaylarının üzerinde belirleyici olmaktadır." [5].

Betonarme prefabrike yapıların depreme dayanıklı tasarımında yukarıda verilen, yerinde dökme betonarmeden farklı olan noktaların dikkate alınması ve buna göre tasarım seçeneklerinin geliştirilmesi gerekir.

5.2 Prefabrike Çerçevesiz Yapıların Depreme Dayanıklı Tasarım Seçenekleri

Prefabrike çerçevesiz yapıların yerinde dökme betonarme yapılar kadar deprem güvenliğine sahip biçimde tasarımında çeşitli seçenekler vardır. Bunlar:

Moment Alabilen Kolon-Kiriş Birleşimli Sistemler: Bu seçenek; yerinde dökme betonarme çerçevesiz yapılarda kiriş uçlarında mafsallaşma ile gerçekleşen enerji tüketimini prefabrike çerçevesiz yapıların kolon-kiriş birleşimlerinde de gerçekleştirmek şeklinde özetlenebilir.

Yatay kuvvetlerin, taşıyıcı sistemi oluşturan çerçevelerle karşılandığı sistemlerde birleşim noktalarının moment

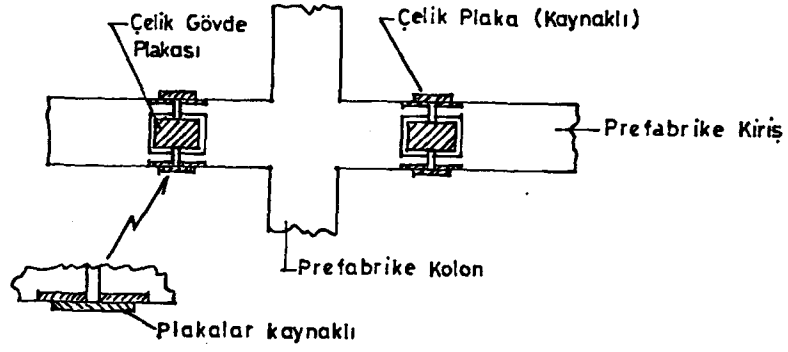
ve kesme kuvvetini aktarabilir özellikte olması gerekir. Birleşim bölgesinde dayanım koşulunun yanında bilinçli detaylandırma ile gerekli süneklik sağlanmalı ve yanal ötelemenin artması önlenmelidir. Bu koşulların sağlanması için düşey yük taşıma görevini yüklenen prefabrikte çerçevenin birleşimlerinin birdöküme eşdeğer olması gerekir. Bu tür birleşimleri dört sınıfta toplamak mümkündür.

1. Kuru Birleşimler (Plaka ve civata kaynatılarak),
2. Yerinde Dökme Birleşimler (Donatılar bindirme veya manşonla eklendikten sonra yerinde beton dökülerek),
3. Geçmeli Birleşimler (Kolonlarda bırakılan filizler, özel açılmış deliklere geçirilip, epoxy veya özel harçla doldurulur),
4. Sonradan Germe (Post Tension).

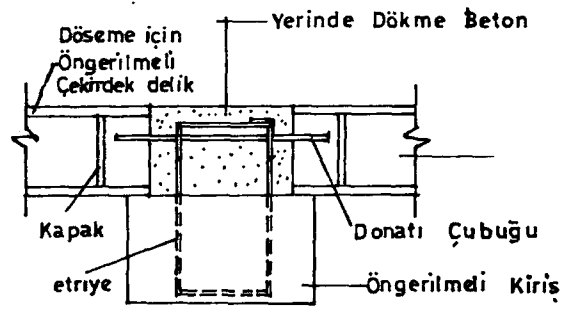
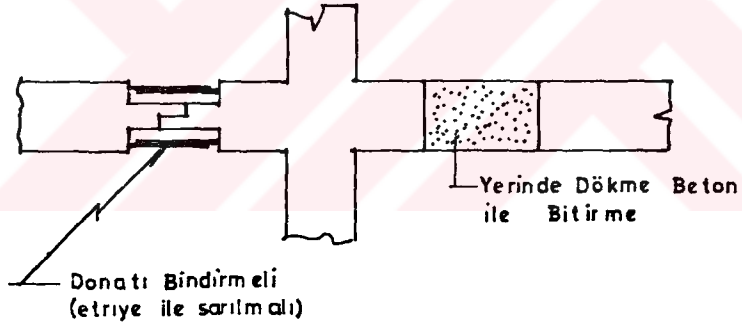
Son yıllarda depremi benzeştiren yükler altında yapılan deneyler, dört sınıfta toplanan birleşimlerin iyi detaylandırıldığı takdirde iyi bir davranış göstereceği ispatlanmıştır. Şekil 5.2, 5.3, 5.4 ve 5.5'de bu tür birleşimler ile ilgili örnekler yer almaktadır. [17]

Şekil 5.2'de gösterilen birleşimde, moment ve kesme kuvveti kaynatılan çelik plakalarla aktarılmaktadır. Alt ve üst plaka, momenti aktaran kuvvet çiftini oluştururken, gövde plakası da kesme kuvvetini aktarma görevini yüklenmektedir. Bu tür bir birleşimin deprem türü yükler altında sağlıklı davranabilmesi için, kaynağın çok dikkatli yapılması ve kaynak yapılan gömülü plakaların eleman içindeki ankrajının iyi yapılması gerekir. "Ayrıca ODTÜ'de yapılan deneyler, iki eleman arasındaki açıklığın da çok önemli bir parametre olduğunu gösterdiğinden, bu konudaki toleranslara kesinlikle uyulması gerekir." [19]

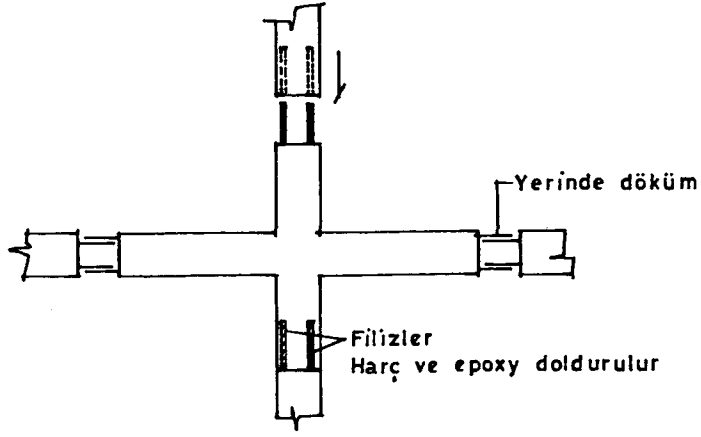
Şekil 5.3'de gösterilen yerinde dökme birleşimde, birleşim yerindeki donatı sürekliliği için gerekli bindirme boyunu sağlamak zor olduğu için kaynak yada manşon kullanılır.



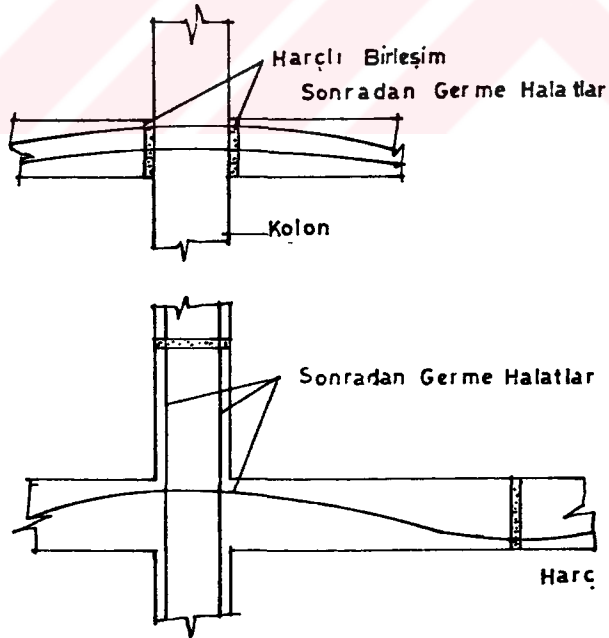
Şekil 5.2 Kuru Birleşimler



Şekil 5.3 Yerinde Dökme Beton Birleşimler



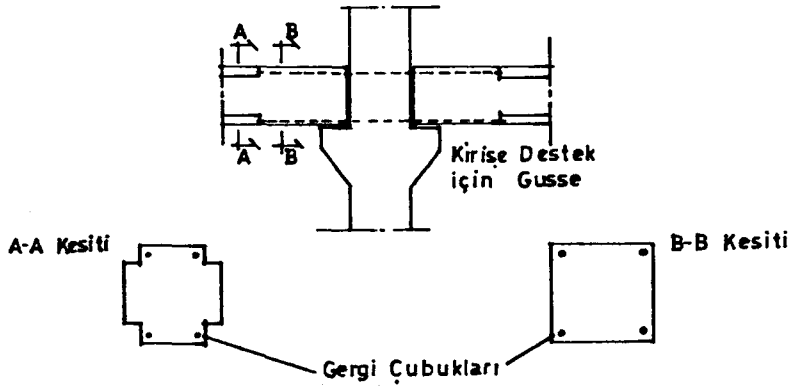
Şekil 5.4 Geçmeli Birleşim



Şekil 5.5 Sonradan Germe ile Yapılan Birleşim

Şekil 5.4'de geçmeli birleşimde, bir kolonda bırakılan filizler diğer kolondaki deliklere girmekte, daha sonra bu delikler epoxy veya özel harç enjekte edilerek doldurulmaktadır. Bu tür birleşimlerde kesme kuvvetinin filizlerce karşılanacağı unutulmamalıdır.

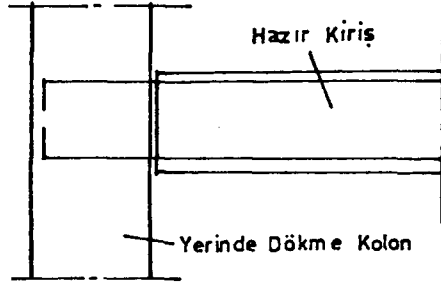
Şekil 5.5'te görülen sonradan germe (post tensioning) ile oluşturulan kolon-kiriş birleşim yerlerinin de mafsallaşarak enerji tüketebilecekleri deneylerle belirlenmiştir. Bu tür birleşim noktalarının montaj sırasında desteklenmesi için kısa konsollu birleşim noktası bağlantısı önerilmektedir (Şekil 5.6). Çerçevesel yapılarda bu tür birleşim yerlerinin uygulama öncesinde denenmesi gerekir. Çünkü son gerilme düzeyi, gergi çubuklarının ankrajlanma nitelikleri, gergi çubuklarının betonlanmış yada betonlanmamış yuvalar içinde yer almaları, birleşim yerlerinde harcın kalınlığı ve niteliği gibi faktörler etkili olmaktadır. [28]



Şekil 5.6 Sonradan Germe Elemanlar ile Kolona Bağlanmış Prefabrike Kirişler

Hazır kiriş ve yerinde dökme kolondan oluşan birleşim

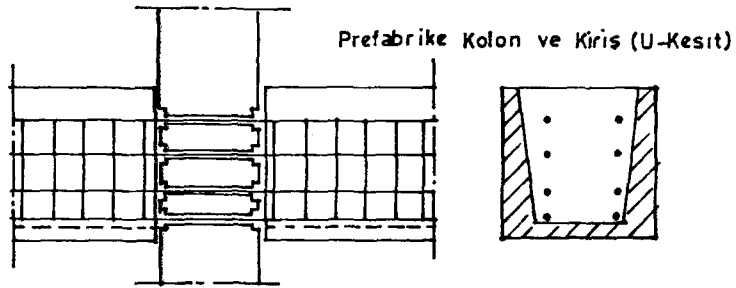
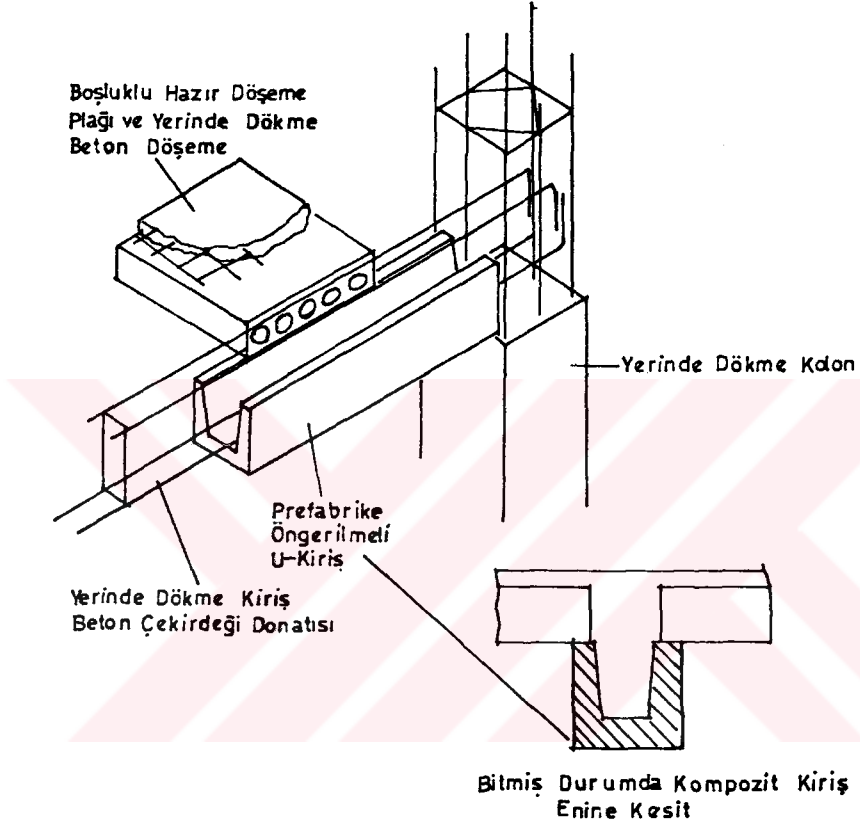
yerinin yerinde dökme kolon-kiriş gibi davranabildiği gözlemlenmiştir (Şekil 5.7) [5].



Şekil 5.7 Yerinde Dökme Kolon-Prefabrike Kiriş Birleşimi

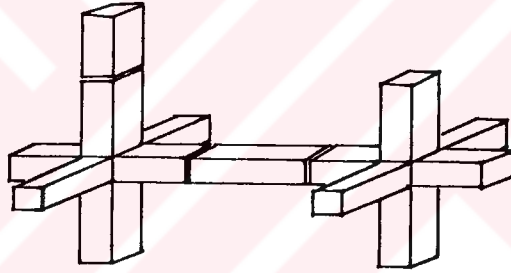
Yerinde dökme kolon ve hazır U kirişler ve döşeme plaklarından oluşan birleşim yerlerinde, yerinde dökme betonarme kiriş çekirdekleri bulunmaktadır. Yapılan deneylerde bu tür birleşimin yüksek duktilite ve enerji tükettikleri belirlenmiştir (Şekil 5.8). [5]

Moment taşıyabilen ve mafsallaşarak enerji tüketebilen birleşim noktaları genellikle yapımı güç, önemli miktarda yerinde dökme beton ve donatı işçiliği, kontrollü son gerilme işlemleri gibi şantiye işçiliği fazla olan çözümlerdir.



Şekil 5.8 Moment Taşıyabilen Yerinde Dökme Kolon ve Prefabrike U Kiriş Birleşim Noktası Ayrıntıları

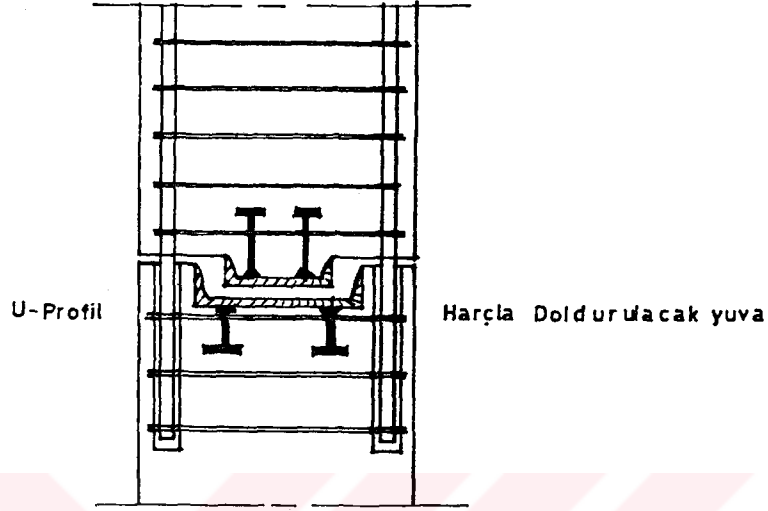
Moment Almayan Kolon-Kiriş Birleşimli Sistemler: Kolon-kiriş birleşim noktalarını prefabrike elemanlarının moment etkilerinin minimum olduğu yerlerde yapmak iyi bir çözümdür. Kolonların orta noktaları yaklaşık olarak yatay yüklerden dolayı oluşan momentlerin sıfır veya çok küçük değerde olduğu noktalardır. Bu durumda kolon-kolon birleşim yerlerini bu noktalarda yaparak, birleşim yerlerinden yalnızca kesme kuvvetlerinin taşıma işlevi beklenmektedir. Bu tür çerçevesel prefabrike sistemler üç boyutlu elemanlardan oluşmaktadır. (Şekil 5.9). Üç boyutlu elemanların üretimi, taşınması doğrusal elemanlara göre daha zordur.



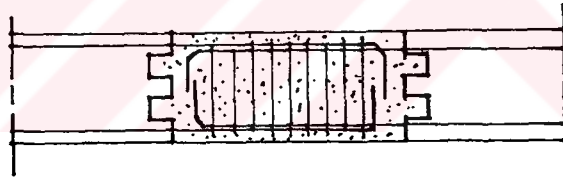
Şekil 5.9 Üç Boyutlu Elemanlardan Oluşan Prefabrike Çerçeve Sistemler.

Birleşimler Momentin En Küçük Yerlerde

"Bu tasarımda kolon-kolon bağlantılarının kesme gerilmesini aktarması gerekir. Kolon-kolon birleşimlerinde yeterli kesme kuvveti aktarabilmesi için Şekil 5.10'deki bağlantı önerilenler arasındadır." [30]. Bu tür bir bağlantının genel olarak moment taşıma gücü çok kısıtlıdır. Ancak bu noktaya fazla bir moment zorlaması gelmez. Kolon-kiriş birleşimlerinde ise mafsallaşmanın kiriş açıklığına doğru kaydırılması dönmeye dayanıklı kiriş-kiriş bağlantısının oluşturulmasını gerektirir. Şekil 5.11'de kolona saplanan kiriş ucu-kiriş bağlantısının büyük tersinir yüklemelerin yarattığı dönmelere karşı koyabilmesi için oldukça uzun olması gerekir.



Şekil 5.10 Kesme Kuvveti Aktaran Kolon-Kolon Birleşimi

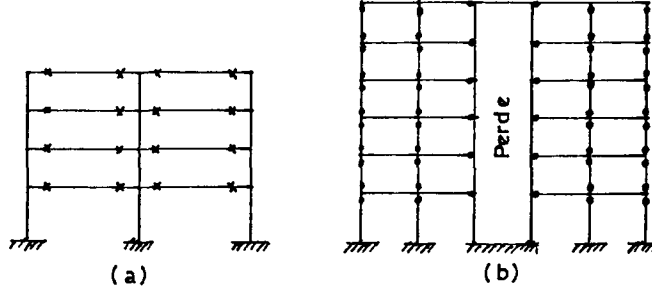


Şekil 5.11 Moment Alabilecek Kiriş-Kiriş Birleşimi

Birleşim noktasının uzun olması moment kapasitesinde etkili.

Üç boyutlu elemanların montaj sırasında desteklenme zorunluluğu olup, ek yerlerinin betonlanmasının uzun zaman alacağı unutulmamalıdır.

Yatay Yük Almayan Prefabrike Çerçevesel Sistemler: Çerçeve elemanlarının enerji tüketemeyecek şekilde üretildiği enerji tüketimi ve yatay yük taşıma işlevinin yerinde dökme betonarme perde veya kutu sistemler tarafından alındığı, kolonların yalnızca düşey yük taşımakta oldukları kabul edilen bir tasarım şeklidir (Şekil 5.12b).



- x - Yerinde Döküme Eşdeğer (Moment transfer edebilir)
o - Zayıf Birleşim (Moment transfer edemez)

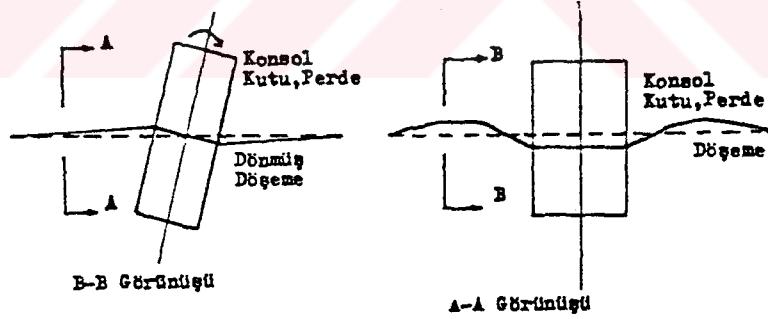
Şekil 5.12

Bu tasarımda döşeme, kiriş ve kolonların oluşturduğu sistemin, yerinde döküm perde duvarlı sisteme bağlantısı önemlidir. Yatay yüklerin tümünü taşıyan perde yada kutu sistemin yatay ötelemeleri özellikle üst katlarda kolonlarda ve döşemelerde önemli yatay ötelemelere ve uç dönmelerine yol açacaktır (Şekil 5.13). Bu yatay ötelemeler altında kolon-kiriş bağlantılarının kayması, döşeme ve kirişlerin mesnetlerden düşmesi önlenmelidir. Döşemenin de kendi düzlemi içinde rijit olması gerekmektedir. Boşluklu perdelerin oluşturduğu sistemler ise enerji tüketme bakımından daha üstün olup, yapı stabilitesi de daha az etkilenmektedir.

Düktilitesi ve Enerji Tüketme Gücü Olmayan Birleşim Yeri Sistemleri: Enerji tüketiminin beklenmediği, birleşim bölgelerinin büyük yatay kuvvetleri elastik gerilim ve deformasyon limitlerini aşmadan taşıyabildiği tasarım şeklidir. Bu da birleşim noktalarının, şiddetli depremlerde çok büyük yatay yüklere elastik olarak dayanacak biçimde boyutlandırılmalarını gerektirir. Bu durumda ekonomik olmayan eleman boyutları ve donatı miktarları gerekebilir.



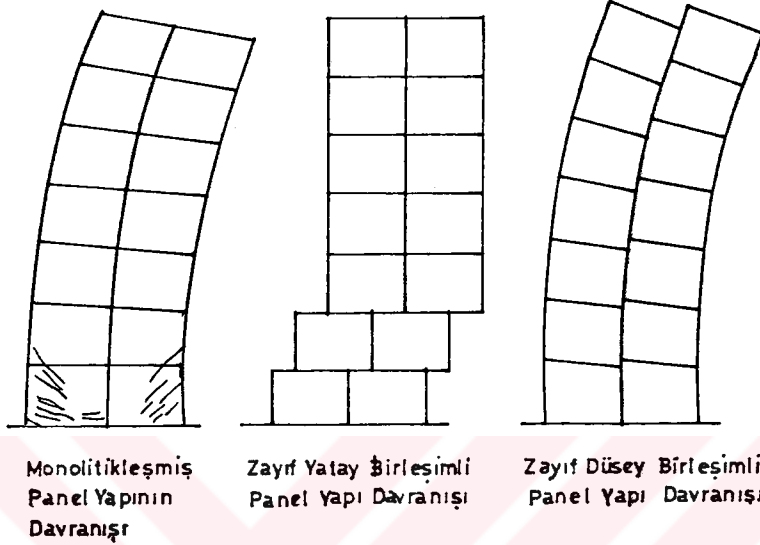
Münferit Konsol Perde Duvarın Tabanında Mafsallaşma ve Üst Katlara Doğru Artan Yatay Ötelemeler ve Dönmeler



Şekil 5.13 Perde Duvardaki Dönmelerin Döşemeye Etkisi

5.3 Prefabrike Betonarme Panel Yapıların Depreme Dayanıklı Tasarım Seçenekleri

Prefabrike panel yapılar yatay ve düşey birleşim yerlerinin taşıma gücü ve enerji tüketme kapasitesine göre değişik davranışlar göstermektedirler (Şekil 5.14).

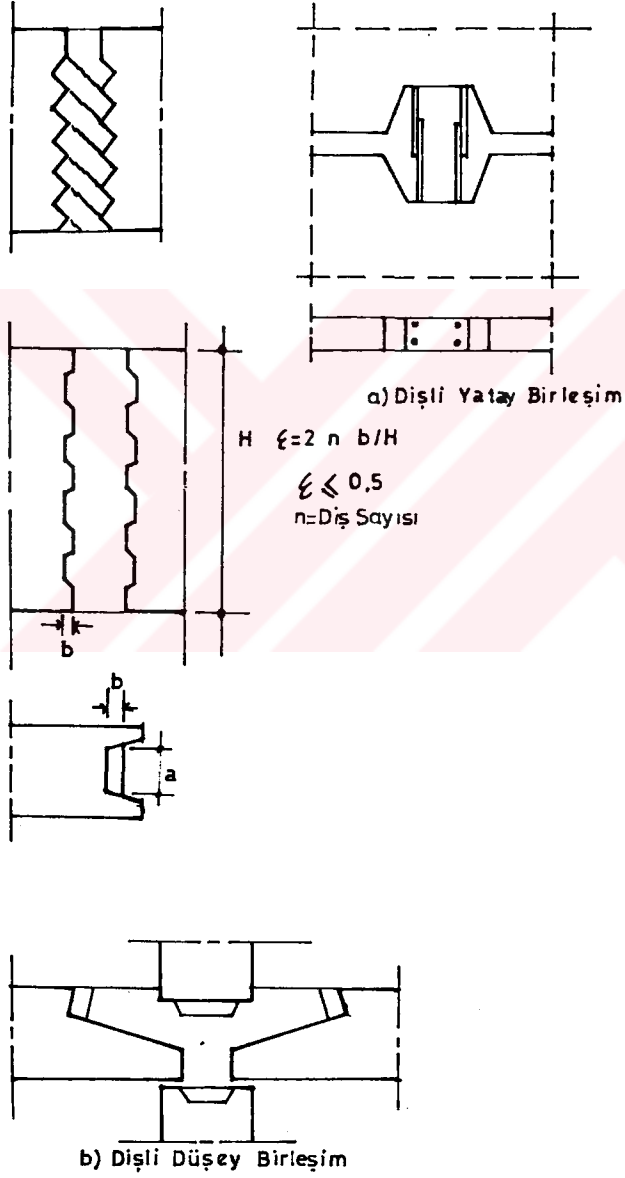


Şekil 5.14 Prefabrike Panel Yapıların davranışı

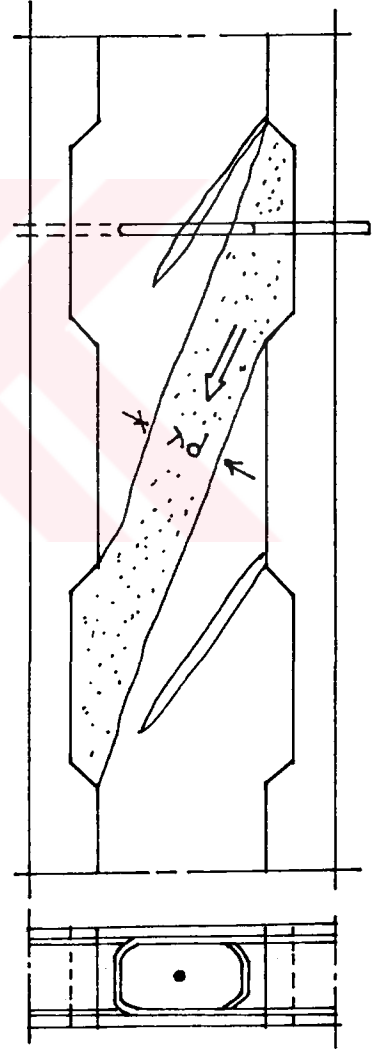
Prefabrike betonarme panel yapıların yerinde dökme betonarme yapılar kadar deprem güvenliğine sahip biçimde tasarımında birkaç seçenek bulunmaktadır.

Monolitik Tasarım:

Bu tasarım yaklaşımında amaç prefabrike betonarme panel yapının, afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelikteki belirtilen tüm perde duvarlı kutu sistemler gibi sünek ve rijit davranmasını sağlamaktır. Bu tasarım yaklaşımında; panellerin düşey, yatay birleşim yerlerinin ve perde duvarın tabanında plastik mafsallaşma oluşacak boyutta deprem kuvvetlerine dayanabilecek kesme kuvveti taşıma gücünde olmalarının sağlanması gerekir (Şekil 5.13). Panel uçlarının daha geniş yada dişli yapılması düktilite açısından çok olumlu olmaktadır (Şekil 5.15). Şekil 5.16'da dişli düşey birleşim yerinde oluşan çatlaklar arasında kalan beton parçalarının, basınç gerilmesi taşıyan diyagonal elemanlar oluşturdukları kabul edilir. [4]

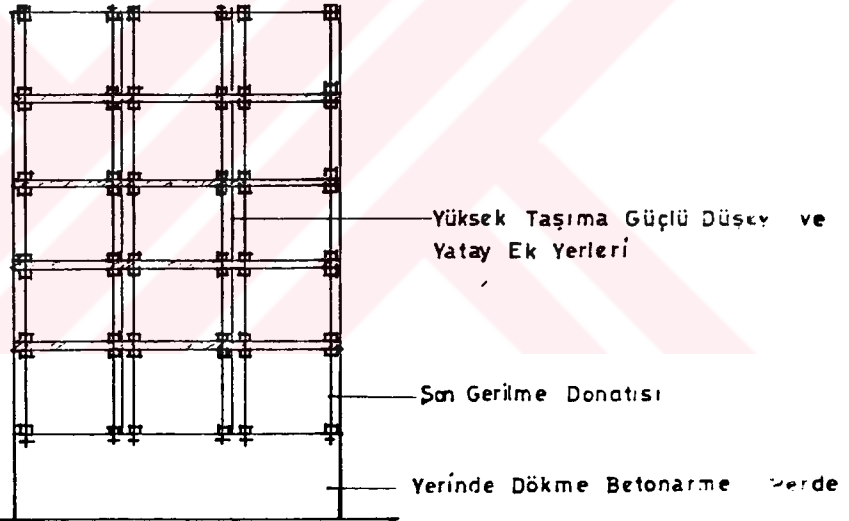


Şekil 5.15



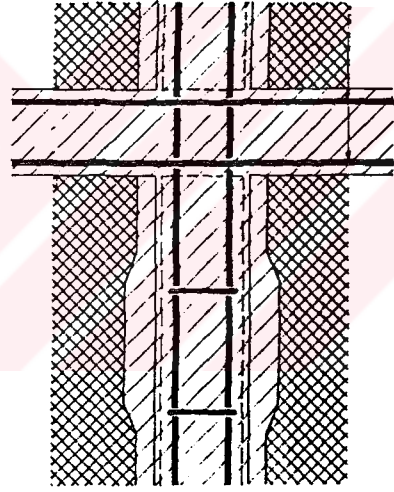
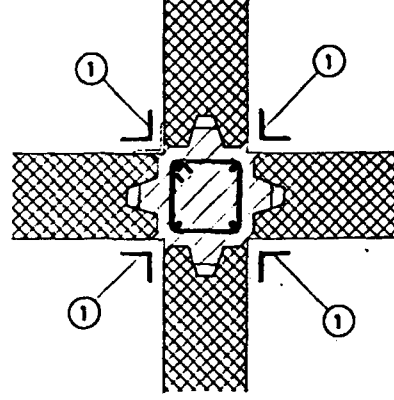
Şekil 5.16 Düşey Birleşim Yerlerinin Kesme Kuvveti Taşıma Modeli

Panel uçlarına yakın bölgelerde yığılmış yapı yüksekliği boyunca uzanan düşey donatılar bulunmalı ve bu düşey donatılar kaynaklı yada özel bağlantı elemanı ile birleştirilmelidir (Şekil 5.17). Panel uçları dik yönde uzanan duvar panelleri tarafından desteklenmelidir. Boyuna donatıların birleşmesi, donatıların taşıma gücüne burkulmadan ulaşabilmesini sağlayacak biçimde olmalıdır. Binanın alt katlarında mafılaşmanın olduğu yerde, kesme donatıları, betonun kesme kuvveti taşımaya katkısı olmayacak biçimde hesaplanmalıdır. Duvar panellerinin temelden kaymasını önleyecek biçimde donatıların temelde ankrajı gerekir.



Şekil 5.17 Prefabrik Yapıların Yerinde Dökme Betonarme Perdeli Yapılar Gibi Davranmasını Sağlayan Ayrıntı

Bazı sistemlerde, duvar panellerinin rolleri azaltılarak paneler arasında ek donatı ve etriyeler düzenlenir ve böylece bina yüksekliğince devam eden, yerinde dökme kolonlar oluşturulur. Bu kolonların kat seviyelerinde hatıllarla birleşmesi taşıyıcı sistemin kurulmasını sağlar. Bu durumda kenarlar kalıp görevini yüklenen panellerle oluşturulan bu sistem, yerinde dökme perde duvarlı yapılar kadar deprem kuvvetlerine dayanabilir (Şekil 5.18).



Şekil 5.18

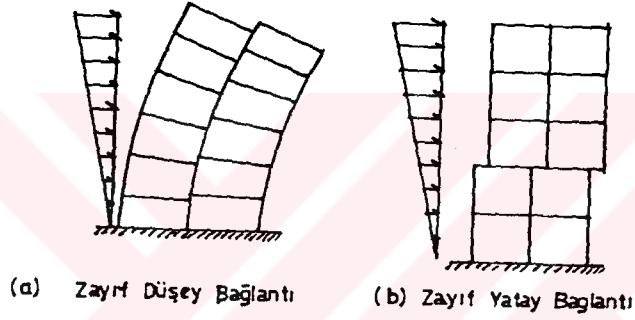
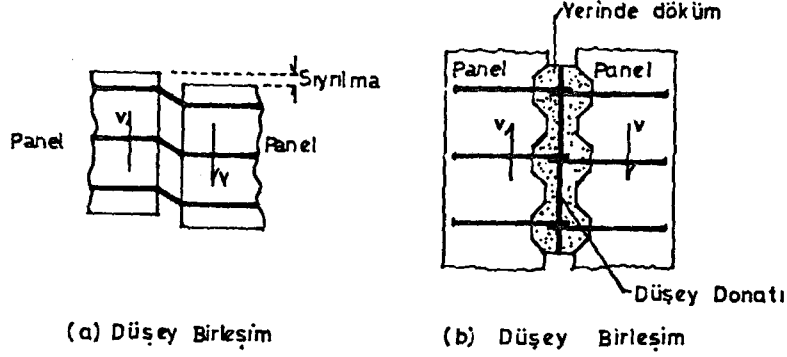
Monolitik tasarım yaklaşımını gerçekleştirebilmek için yapının bir kaç katının veya döşemelerin yerinde dökme betonarme olarak yapılması veya duvar panellerinin temele ankrajlı çubuklarla son gerilme ile birbirine bağlanması ile prefabrik panel yapılar, yerinde döküm perde duvarlı yapılar kadar depreme dayanıklı olabilir (Şekil 5.17).

Prefabrike Betonarme Panel Yapının Depremde Elastik Kalmasını Sağlayan Tasarım: Bu tasarım yaklaşımında yapı ekonomik ömrü içinde olabilecek en şiddetli depremde oluşacak kuvvetlere elastik olarak, hiç hasar görmeden dayanabilecek biçimde tasarlanmaktadır. Yapının herhangi bir yerinde sünek davranış beklentisi yoktur. C (Yatay yük) katsayısının en az bir kaç katı kadar olan bir katsayının oluşturacağı yatay yükü elastik olarak taşıyabilecek güçte olmalıdır. Yapının yatay deprem yükü yapı ağırlığının %25-30 undan az olmamalıdır.

"Yapının şiddetli bir depremde hasar görmemesi isteniyorsa yatay yük katsayısı yerinde dökme sünek betonarme yapılara göre en az 2-3 kat daha büyük alınmalıdır." [9]

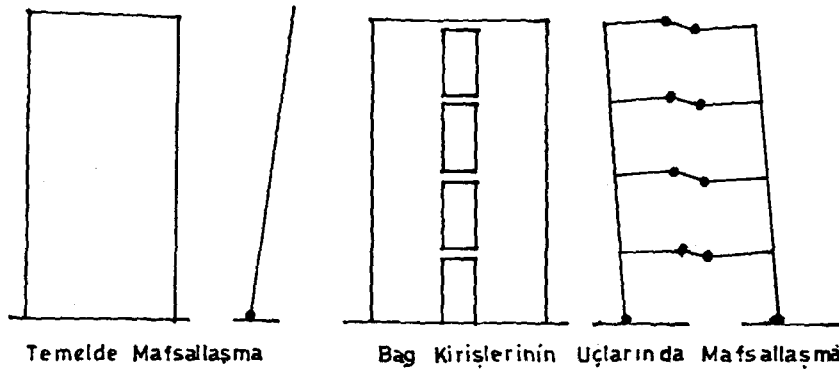
Bu tür rijit yapıda temelde oluşabilecek devrilmelere karşı önlemler alınması gerekir. Birleşim noktalarının, elemanlara göre daha büyük alınmış yatay kuvvetlere dayanabilecek güçte olmaları sağlanmalıdır. Bunun için panellerin ise yeterli genişlikte olması ve yatay birleşim yerini kesen pek çok sayıda düşey donatı bulunması gerekmektedir. Aynı şekilde düşey birleşim yerlerinin çatlamayacak şekilde tasarlanması gerekir.

Prefabrike Betonarme Panel Yapının Deprem Enerjisi Tüketebilen Tasarımı: Bu tasarım yaklaşımı daha önce önerilen monolitik ve elastik yaklaşımın ortası bir yaklaşım olarak kabul edilebilir. Bu yaklaşımda prefabrike panel yapıların enerji tüketebilme gücünden olabildiğince yararlanma ile birlikte yapının stabilitesinde tehlikeye sokulmaması gerekmektedir. Düşey birleşimin yeterli olmadığı durumlarda yapı Şekil 5.19a'daki gibi davranacaktır. Yatay birleşimlerde kuru birleşimler tercih edilir. Panellerin belirli noktalarına gömülen plakalar, diğer paneldeki plakalara kaynatılmaktadır. Ancak yatay birleşimin iyi olmadığı durumda katlar arası kayma meydana gelir (Şekil 5.19b).



Şekil 5.19

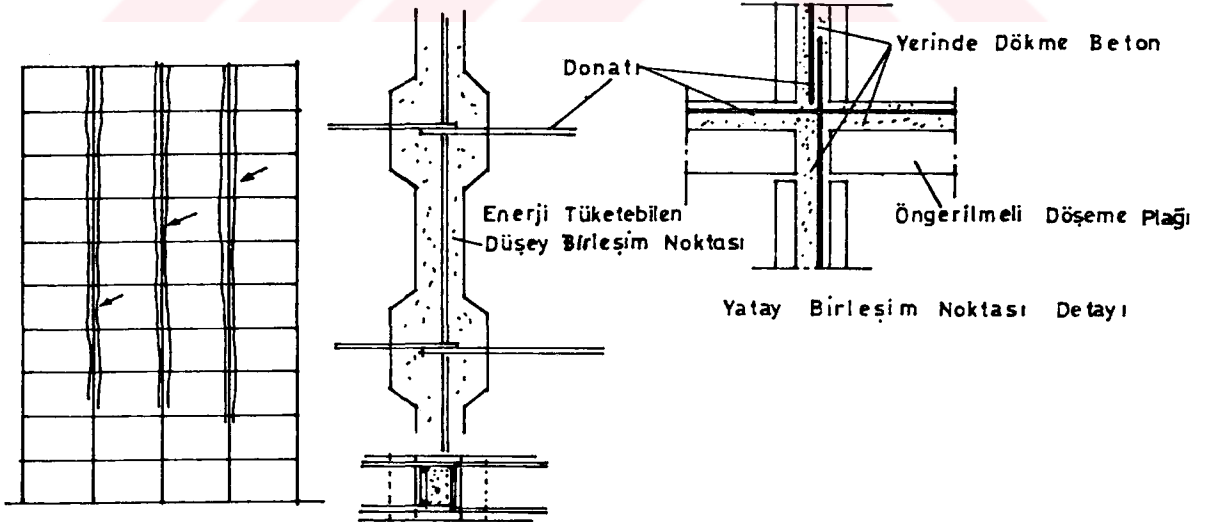
"Panellerin boşluklu olması iç deformasyonların artmasına, panel birleşim bölgelerine daha az zorlanma gelmesine yardımcı olur." [33]. Kapı ve pencere boşlukları olan panellerin boşluk üzerindeki lentoları, yerinde dökme boşluklu perde duvarlı yapıların bağ kirişleri gibi çalışarak, uçlarının mafsallaşması ile enerji tüketimine katkıda bulunurlar (Şekil 5.20).



Şekil 5.20 Perde Duvarlı Yapılarda Mafsallaşma Biçimleri

Panellerin arasındaki düşey birleşim yerlerinde de deformasyonun başlaması ile enerji tüketimi başlar (Şekil 5.21) önce sürtünme ile enerji tüketimi olurken daha sonra kesme takozları varsa bunların çatlaması ve parçalanması ile enerji tüketimi olur (5.16). Birleşim noktasını kesen donatıların deformasyonu ile enerji tüketimi için daha büyük deformasyonlara gerek vardır.

Yapılan değerlendirmeler, zayıf fakat sünek birleşim yerlerinin yapıların davranışlarına olumlu katkıda bulunabileceklerini göstermektedir. Yapıdaki bütün panellerin düşey birleşim yerlerinin zayıf yapılması gerekmez, belli bazı düşey birleşim noktalarının zayıf fakat sünek olması yeterli olabilir. Bu tür birleşim noktalarında panellerde iyi ankrajlanmış halkalı donatıların aralarına düşey donatı konularak yapılmış uçları dişli yada dişsiz ve betonlanmış olmalıdır. (Şekil 5.22).



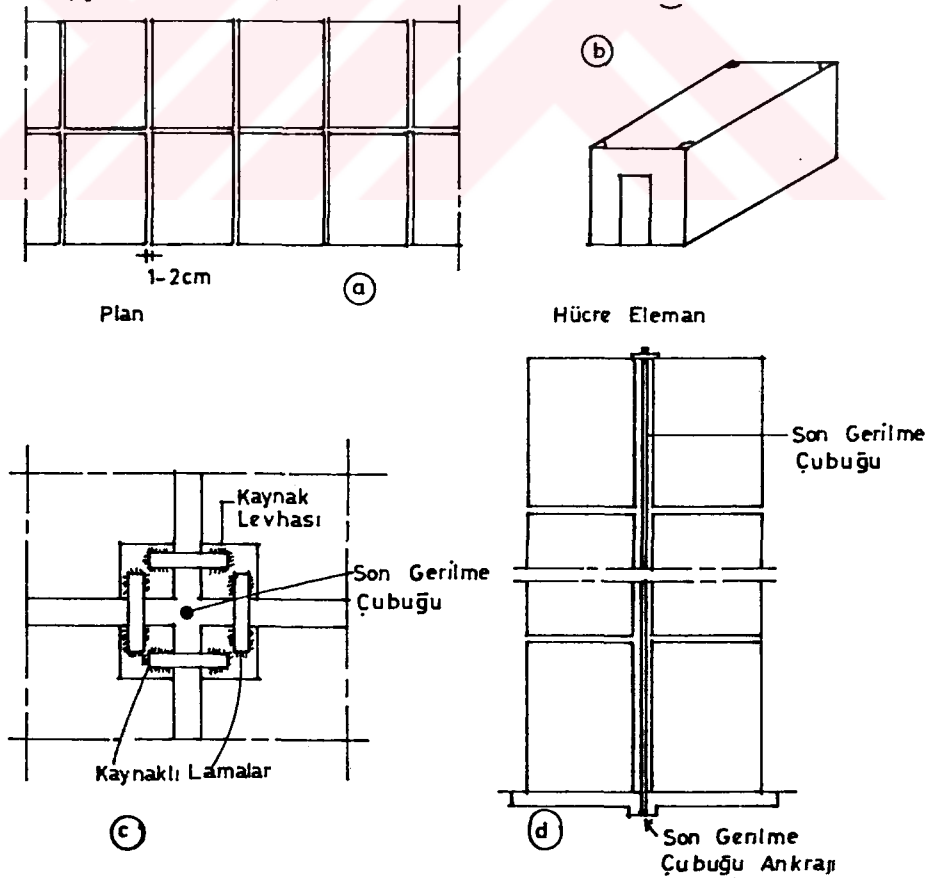
Şekil 5.21

Şekil 5.22

Panel yapıların düşey birleşim noktalarının kolayca çatlayıp, ancak çatladıktan sonra sürtünme ve birleşim yerlerindeki halkalı donatılarda olacak deformasyonlar ile enerji tüketimi sağlamak, en ekonomik deprem tasarımı olarak görülmektedir.

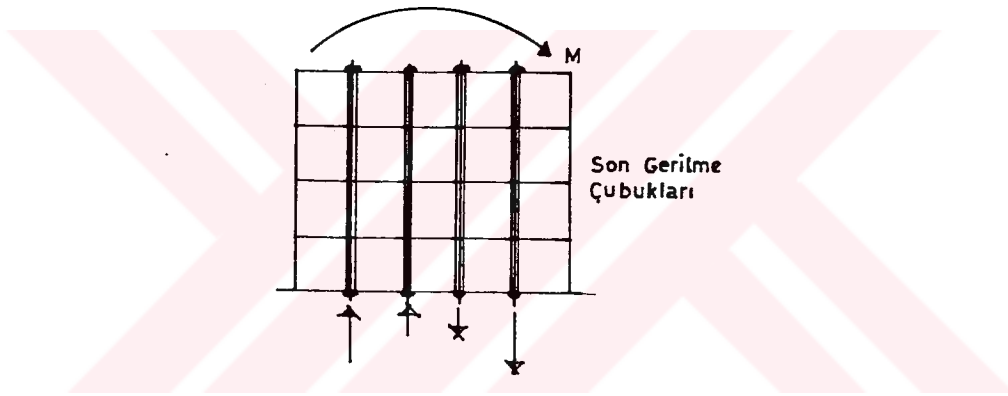
5.4 Prefabrike Betonarme Hücre (Kutu) Sistemli Yapıların Depreme Dayanıklı Tasarımı

En az üç tarafı kapalı kutu şeklindeki elemanların üst üste ve yan yana konulması ile oluşan bu prefabrike sistemlerin, yapım sisteminde düşey ve yatay derz bulunmaktadır. Yatay derzlerde, hücre birimleri arasında yatay deprem yüklerini sürtünmeden başka taşıyacak güç yoktur. Çoğu uygulamada hücre elemanlar köşelerden birbirlerine lamalar ile kaynaklanmaktadır (Şekil 5.23).



Şekil 5.23 Hücre Elemanlarının Birleşimleri

"Hücre sistemlerin depremde gelen yatay yükler altında aralarındaki yatay düzlemlerden kaymamaları için kutu elemanlar köşelerinden geçen son gerilme elemanları ile birbirlerine bağlanmaları uygun görülmektedir." [4] (Şekil 5.23). Gergi çubuklarına depremde gelen ek çekme gerilmelerinin çubuğun akma gerilmesini aşmaması da sağlanmalıdır. Bu nedenle çok sayıda yüksek dayanımlı gergi çubuklarının kullanılması uygundur (Şekil 5.24).



Şekil 5.24 Depremde Gelen Moment Altında Son Gerilme Çubuklarının Durumu

Bu tür gergi elemanının yokluğu şiddetli depremlerde hücre elemanların birbiri üstünden kayarak devrilmelerine yol açabilir. Hücre elemanlar arasındaki sürtünme de kesme dayanımına katkıda bulunacaktır.

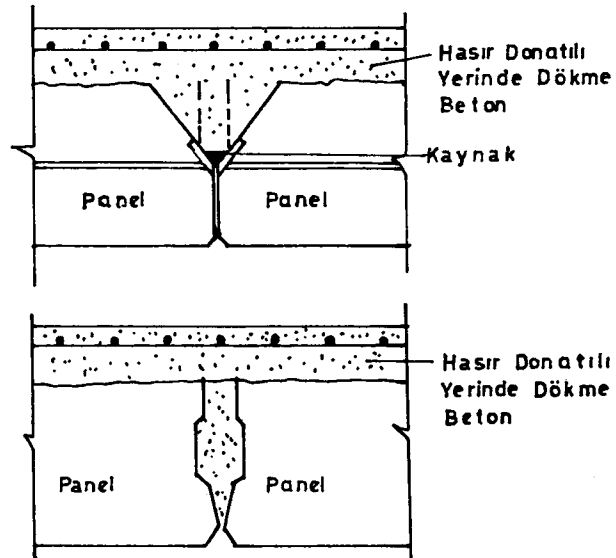
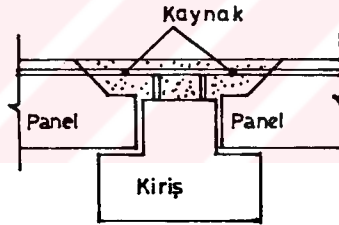
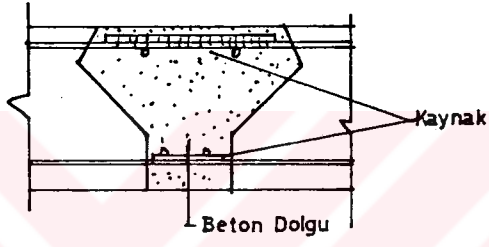
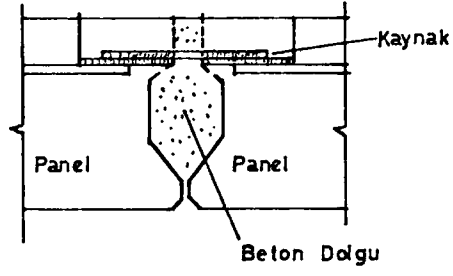
5.5 Diğer Tip Prefabriğe Betonarme Yapıların Deprem Dayanıklı Tasarımı

Bu bölümde döşeme panellerinin birbirleriyle olan birleşimleri ve döşeme-kolon sistemli yapıların depreme dayanıklı tasarımı üzerinde durulacaktır.

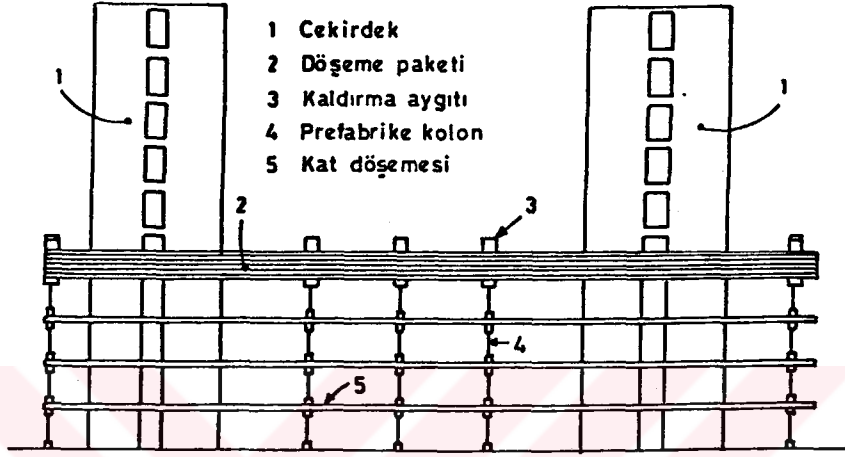
Döşeme Panelleri: Depremden oluşan yatay kuvvetlerin bir çerçeveden diğerine veya perde duvarlara aktarılması, diyaf-ram olarak çalışan döşemelerle sağlanır. Döşemelerin deprem etkisinde temel görevi, kendi düzleminde bir kiriş gibi çalışarak yatay kuvvetleri aktarmaktadır. Bunu yapabilmesi için döşemelerin kendi düzleminde belirli bir rijitliğe sahip olması gerekir. Daha önemlisi, prefabrike döşemelerin çerçeve ve perdelerle sağlıklı şekilde bağlanmaları gerekir.

Döşeme panellerinin duvar panellerine birleşim yerlerinde de kesme ve çekme kuvvetleri taşıyabilecek ayrıntılar sağlanmalıdır. Bu arada panellerin birbirlerine kaynaklandıkları noktalardaki profillerin ve levhaların panel betonu içinde yeterli bir şekilde ankraj edilmeleri gerekir. Şekil 5.25'de değişik panel birleşimleri görülmektedir. Bu birleşimlerden kaynaklı ve aralarına beton doldurulabilecek dişler konulmuş olanları iyi olanlarıdır. Bir de döşeme panellerin üstüne içinde donatı olan bir beton dökülürse tek parça yerinde dökme döşemelere yakın rijitlikte döşemeler elde edilecektir.

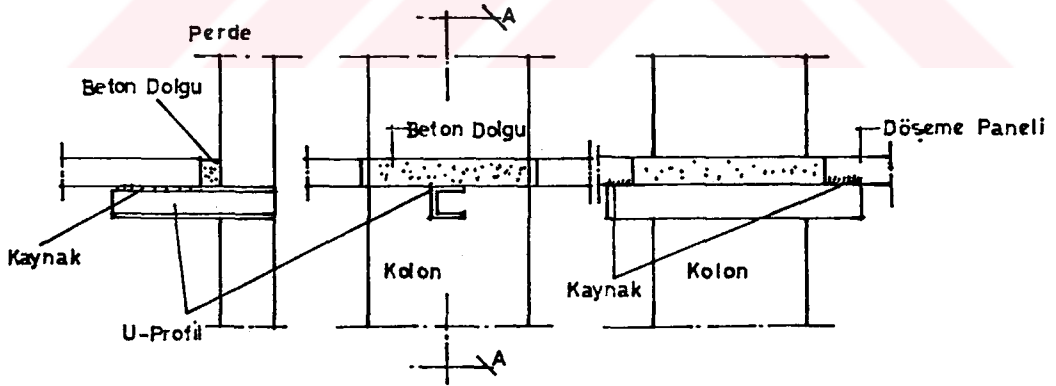
Döşeme-Kolon Sistemli Yapılar: Yerinde üst üste dökülen kat döşemeleri özel vinçlerle kaldırılmakta bunların aralarına uçları döşemeye mafsallı olarak birleştirilmiş kolonlar yerleştirilmektedir (Şekil 5.26). Bu tür yapılara gelen deprem yatay kuvvetleri ise döşemelerin bağlandığı yerinde dökme perde duvarlar tarafından taşınmaktadır. Burada önemli olan perde duvarların bütün deprem yüklerini taşıyabilecek güçte yapılmış olması ve döşemelerin perdelerle bağlantısıdır (Şekil 5.27). Kaynaklı olan bu bağlantı oldukça gevrek bir birleşimdir.



Şekil 5.25 Değişik Tip Döşeme Panel Birleşimleri

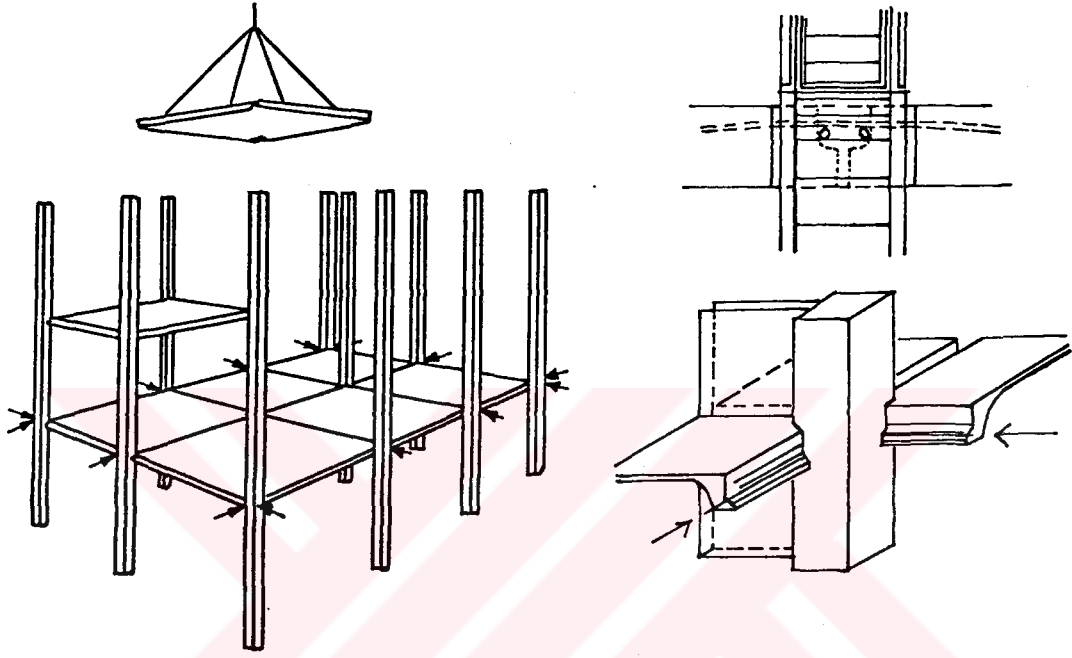


Şekil 5.26 Tek Parça Döşeme Kaldırma Sistemi

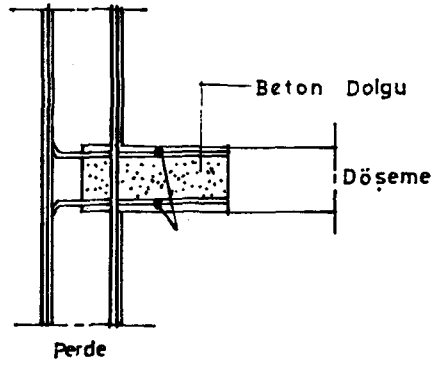


Şekil 5.27 Perde-Döşeme Paneli Birleşimi

Şekil 5.28'da görülen yapı sisteminde hazır döşemeler prefabrike betonarme kolonlara oturmakta, sonra döşemeye son gerilme verilmektedir. Bu sistem yerinde dökme perde duvarlarla birlikte kullanılmalıdır. Şekil 5.29'de döşemenin perde duvarlara birleşimi görülmektedir.



Şekil 5.28 Sonradan Germe Panel Döşeme-Kolonlu Sistem



Şekil 5.29 Döşeme Paneli Yerinde Dökme Perde Birleşimi

5.6 Prefabrike Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Birleşimler

Prefabrike sistemlerin birleşim noktaları, birleşim yöntemleri ve birleştirilen elemanların cinslerine göre çok çeşitli olabilmektedir. Deprem kuşağı üzerinde olan ülkemizde, yapıların düşey yüklerle beraber yatay kuvvetlere karşı da güvenli yapılması zorunluluğu, bu noktaları daha önemli duruma getirmektedir.

Bir birleşim, yapının ömrü boyunca karşılaşacağı, ölü ve yararlı yükler, deprem ve rüzgar kuvvetleri, toprak ve su basıncı gibi yükleri taşıyabilecek dayanımda olmalıdır.

Bir birleşim noktasında genel olarak basınç, çekme ve kesme kuvvetleri ile eğilme ve burulma momentlerinin aktarılması söz konusu olabilir. Birleşim bu kuvvetlerin birkaçına dayanıklı olabileceği gibi hepsine de dayanıklı yapılabilir.

Birleşimde önemli olan, elemanlara etkileyen, aksenel kuvvet, moment ve kesme kuvvetinin tersinir ve tekrarlanır yükler altında sağlıklı olarak aktarabilmesi ve gerekli süneklik ve enerji tüketiminin sağlanabilmesidir. Metalle yapılan kaynaklı ve bulonlu birleşimler yangına ve korozyona karşı korunmalıdır. Birleşimler kolay uygulanabilir olmalı ve yapının genel estetiğine katkıda bulunmalıdır.

Prefabrike yapı elemanları arasındaki birleşimler çeşitli şekillerde yapılmasına rağmen, bunlar genel olarak dört ana başlık altında toplanabilir.

- a) Kuru Birleşimler
- b) Yerinde Dökme Birleşimler
- c) Geçmeli Birleşimler
- d) Sonradan Germe Birleşimler

Kuru Birleşimler, elemanlara gömülen çelik levhalardan yararlanarak, plaka veya civata kaynatılarak yapılır. Bu gibi durumlarda iki eleman arasındaki açıklık sınırlanmalı ve gömülü plakaların yeterli ankraja sahip olmasına ve kaynağın

dikkatli yapılmasına özen gösterilmelidir. Bu tür birleşimlerde, moment ve kesme kuvveti, kaynatılan çelik plaka ve civatalarla aktarılır.

Yerinde Dökme Birleşimler, eleman ucunda açıkta bırakılmış donatıların birbirine eklenmesi ve bu bölgeye beton dökülmesi ile yapılır. Bu birleşim taşıyıcı sisteme monolitik bir karakter verir. Birleşimde bir miktar kalıba ve beton prizini yapması için zamana gereksinim vardır. Ancak priz süresini kısaltmak için çabuk sertleşen çimentolar kullanılabilir.

Geçmeli Birleşimler, bir elemanda bırakılan filizlerin, diğer elemandaki özel açılmış deliklere geçirilmesi, daha sonra bu deliklere epoxy veya özel harç enjekte edilerek doldurulması ile yapılır. Bu gibi birleşimlerde kesme kuvvetinin filizlerce karşılanacağı unutulmamalıdır.

Sonradan Germe (Post Tension) Birleşimler, eleman içinde yağlanarak ya da tüp içine alınarak betona yapışmaması sağlanmış çelik halatların montaj sırasında hidrolik krikolarla çekme uygulanıp uçlarının bulonlanması ile yapılır. Bu işlemden sonra donatı yapışmadan bırakılabileceği gibi tüp içine harç ta enjekte edilebilir. Bu tür birleşimlerin tersinir ve tekrarlanır yük altında sağlıklı bir davranış gösterdiği yapılan deneylerle gözlenmiştir. [28]

5.7 Prefabrike Betonarme Yapı Elemanları Arasındaki Birleşimler ve Deprem Davranışları

Değerlendirme birleştirilen elemanların cinslerine göre yapıldığında birleşimleri;

Temel-Kolon Birleşimleri

Kolon-Kolon Birleşimleri

Kolon-Kiriş Birleşimleri

Kolon-Döşeme Paneli Birleşimleri

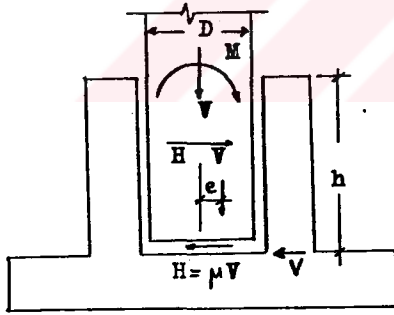
Kiriş-Kiriş Birleşimleri

Kiriş-Döşeme Paneli Birleşimleri

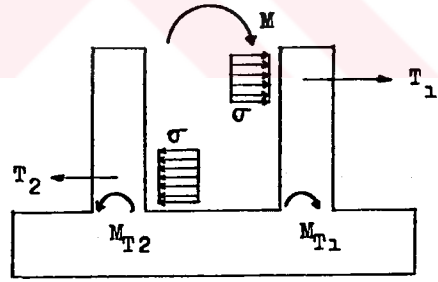
Temel-Duvar Paneli Birleşimleri
 Duvar Paneli-Duvar Paneli Birleşimleri
 Duvar Paneli-Döşeme Paneli Birleşimleri
 Döşeme Paneli- Döşeme Paneli Birleşimleri
 olarak sıralanabilir.

Temel-Kolon Birleşimi, genellikle yuvalı temele (soket) kolonun oturtulması, bulonlu ve kaynaklı olarak kuru, yerinde dökme ve geçmeli olarak yapılmaktadır.

Çerçevesel yapıların kolonlarının sandık (soket) şeklindeki hazır temel pabuçlarına oturduğu birleşimde, yatay kuvvetin bir bölümü sürtünme, bir bölümü ise kolonun içine girdiği yuva çevresinin kesme dayanımı tarafından karşılanır (Şekil 5.30). Kolondaki eğilme momenti, kolon temel yuvası çevre betonunda gerilmeler oluşturur (Şekil 5.31).



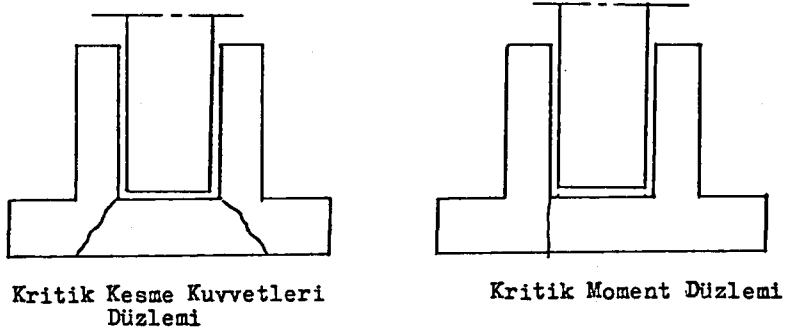
Şekil 5.30 Sandık Temel içinde Oluşan Kuvvetler



Şekil 5.31 Sandık Kenarlarında Oluşan Kuvvetler

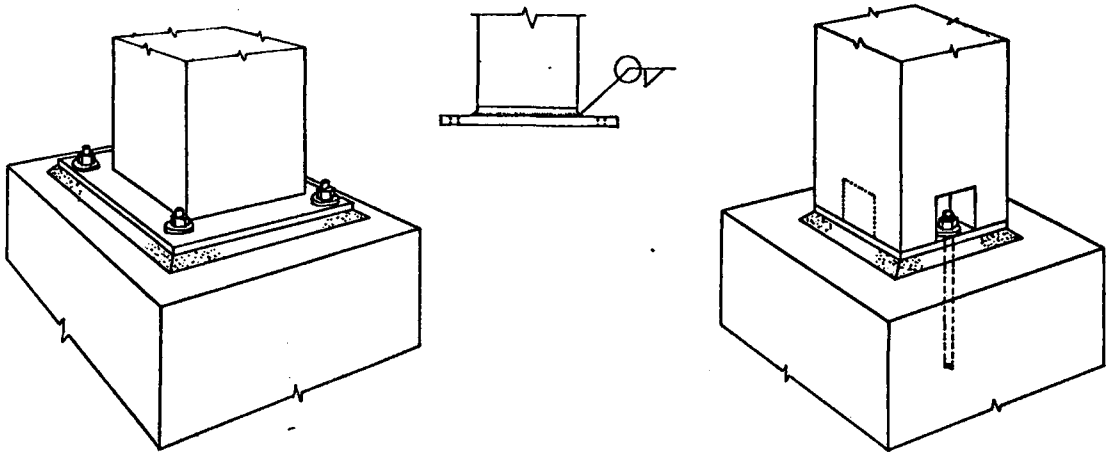
Temel soketi, yükleri zemine iletecek taşıma gücünde olmalı, kesme yada eğilmeden dolayı kırılmamalıdır (Şekil 5.32) Bu tip temelde kolonun zemine ankastre bağlanması için kolonun içine girdiği sandık derinliği, kolonun en büyük enkesit boyutunun 1.5 katı ya da daha fazla olmalıdır. [36]. Eğer temel oyuğu (soket) temel seviyesinden yüksekte ise moment hareketine dayanabilmesi için soket duvarları kuvvetlendirilir.

Bu tip birleşimin montaj işlemi kolay ve çabuktur.



Şekil 5.32 Sandık Temellerin Kritik Noktaları

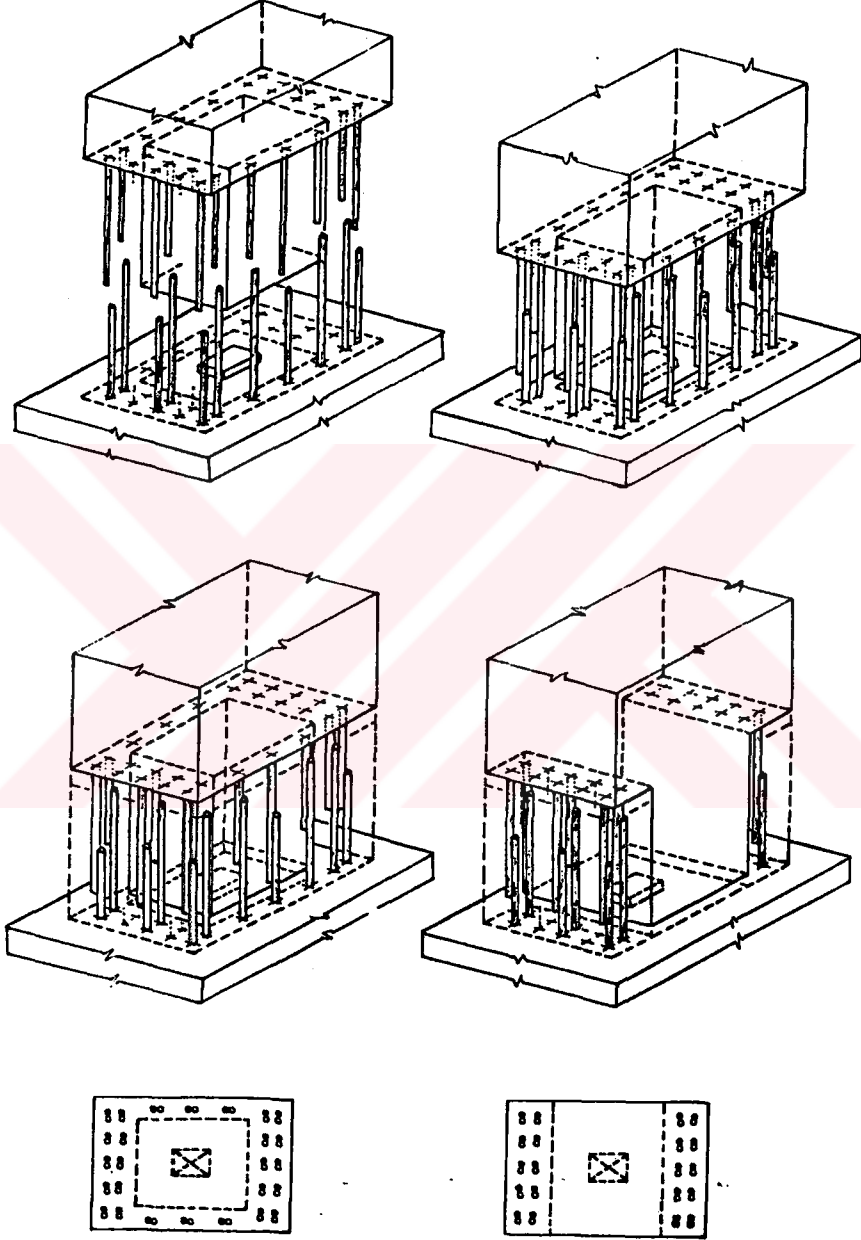
Temel-kolon kuru birleşiminde kolon tabanına kaynaklanmış kolonla aynı büyüklükte veya kolondan daha geniş bir çelik levha temelde bırakılan ankraj bulonları yardımıyla temele birleştirilir (Şekil 5.33). Ankraj bulonları kolonda bir yuva içine alınabildiği gibi kolon dışına da yerleştirilebilir. Çelik kısımlar korozyona karşı korunmalıdır. "Temel levhasının moment taşıma gücü az olduğundan bu tür bir temel-kolon birleşiminin deprem bölgelerinde yatay yük almayan çerçevelerde kullanılması düşünülebilir." [4]



Şekil 5.33

Yerinde dökme temel-kolon birleşiminde kolonda bırakılan filizlere kolon donatıları kaynaklanarak kalan boşluklar

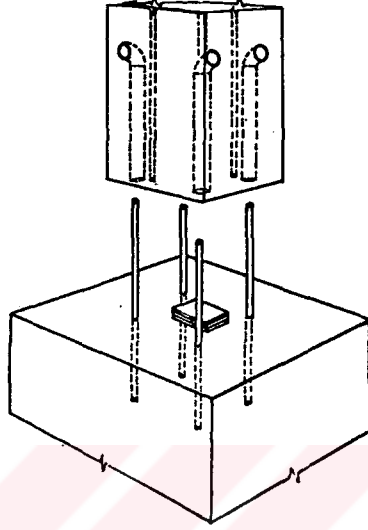
betonlanır (Şekil 5.34).



Şekil 5.34

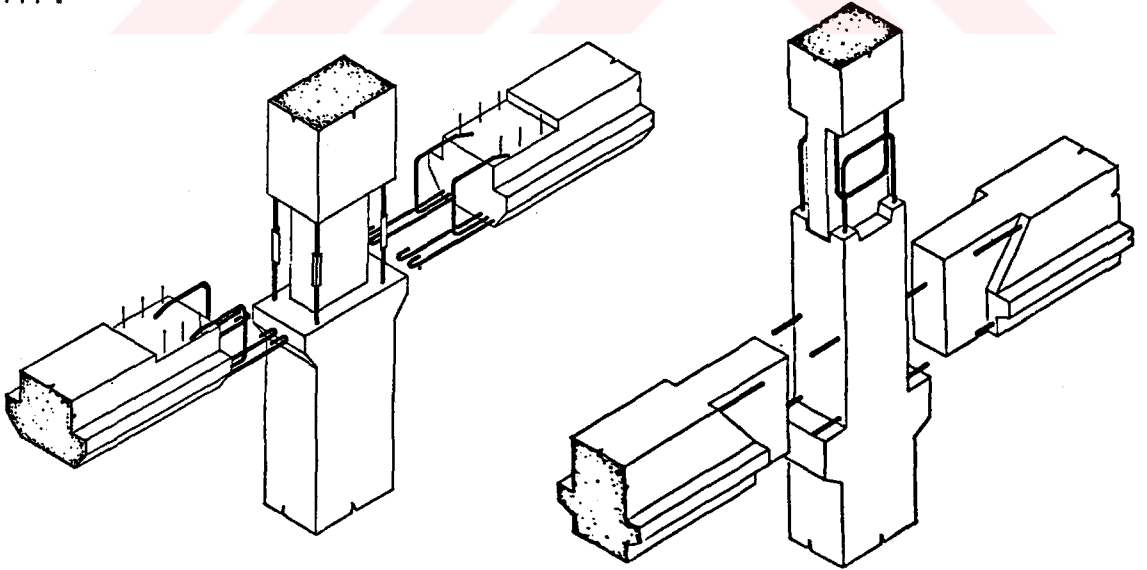
Temel-kolon geçmeli birleşiminde, temele önceden yerleştirilen donatı filizleri kolondaki yuvasına geçirildikten sonra etrafındaki boşluklara özel harç enjekte edilerek birleşim tamamlanır (5.35). Yuva boyu donatı çapına göre artırılır.

Tabilir. Birleşimin dönmeye karşı direnci donatıların dayanabilirliğine bağlıdır.



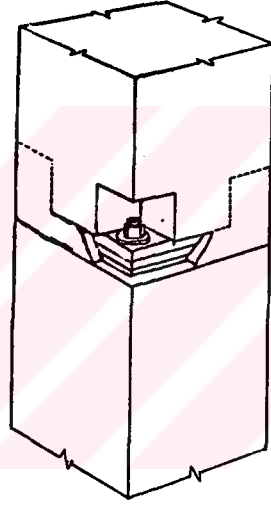
Şekil 5.35

Kolon-Kolon Birleşimleri, genellikle kolon ortalarında yada kiriş seviyesinde yapılır (Şekil 5.36). Bu birleşimlerde kuru, yerinde dökme, ve geçmeli birleşim yöntemleri uygulanır.

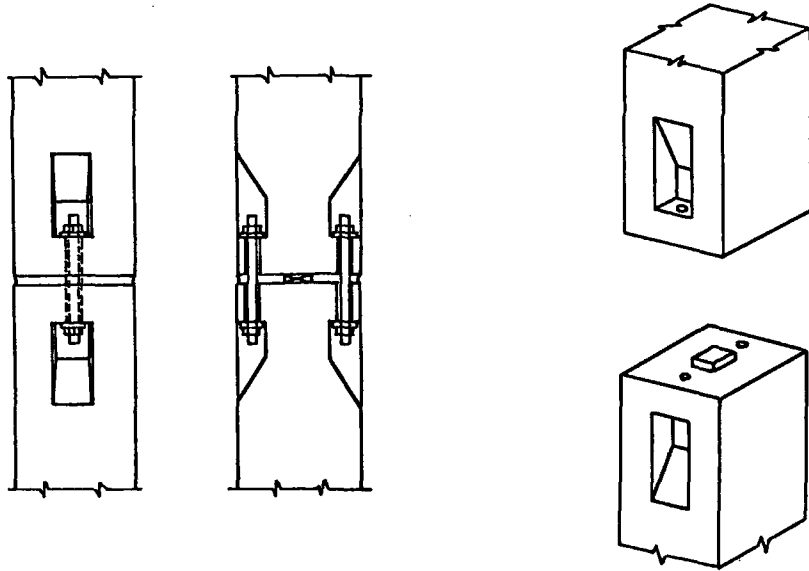


Şekil 5.36

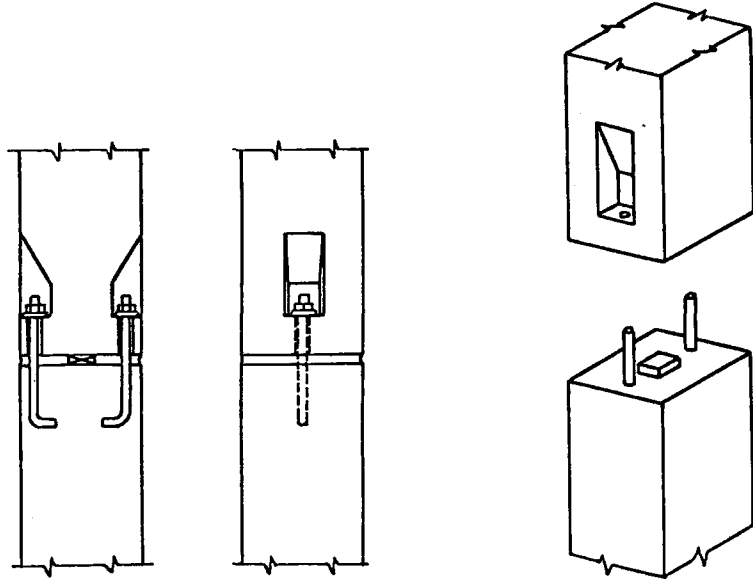
Kolon-kolon kuru birleşimi taban levhali yada levhasız bulonlu veya kaynaklı olarak yapılabilmektedir. Şekil 5.37'deki taban levhali birleşimin moment taşıma kapasitesi bulonlarla sınırlıdır. Şekil 5.38'deki bulonlu ve Şekil 5.39'daki kaynaklı birleşimin moment aktarma kapasitesi düşüktür. Bu tip birleşimin kolay uygulanabilmesi açısından birleşim, ya kolon ortasında yada kolon yüksekliğinin 1/5 mesafesinde yapılmalıdır. Kiriş seviyesindeki birleşim için uygun değildir.



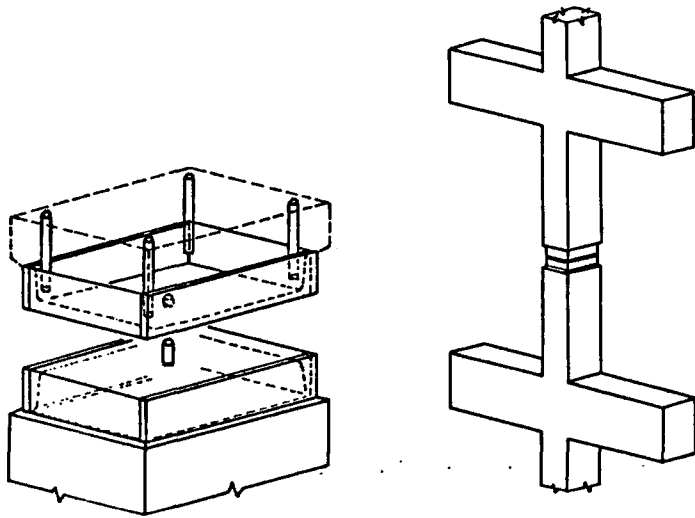
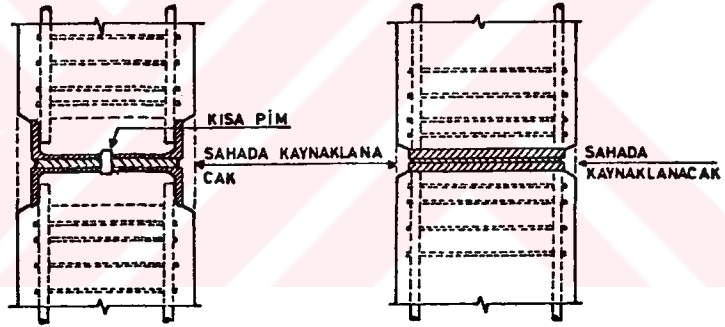
Şekil 5.37 Taban Levhali Birleşim



Şekil 5.38a Bulonlu Kolon-Kolon Birleşimi

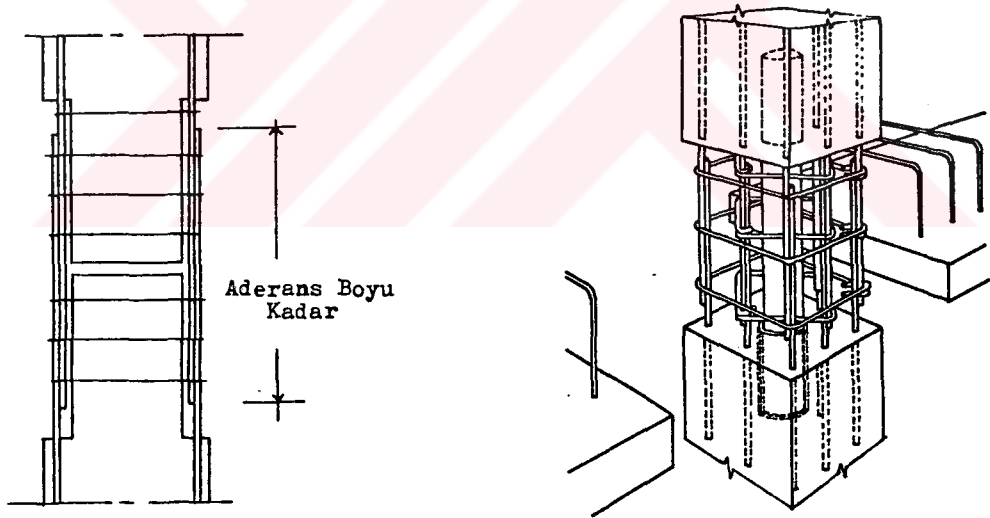


Şekil 5.38b Bulonlu Kolon-Kolon Birleşimi



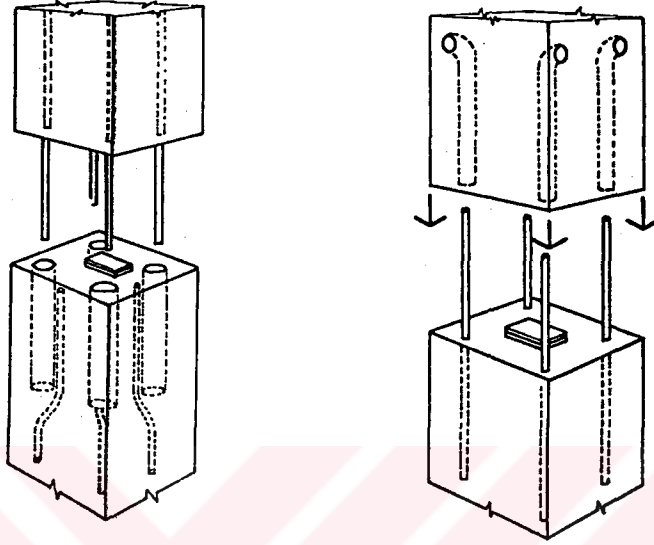
Şekil 5.39 Kolon-Kolon Kaynaklı Birleşimi

Birleşimlerin olabildiğince rijit olması için yerinde dökme betonlu yapıldığı da olur. Bu tür birleşimlerde kolon uçlarındaki donatılar etriyelerle sarılır veya kaynak yapılır. Birleşimin kaynaklı olduğu yerlerde kolonun tek parça olmasını sağlayacak biçimde kaynak yapılması gerekir. Diğer bir deyişle birleşim, moment aktarabilmeli ve kesme kuvveti taşıyabilmelidir. Şekil 5.40'daki yerinde dökme birleşimde, kolonlarda bırakılan filizler bindirme şeklinde eklendikten ve etriyelerle sarıldıktan sonra beton dökülmektedir. Bu birleşim moment aktarabilir. Donatıların aderans boyları kadar birbirlerine bindirilmeleri ve sonradan dıştan betonlanmaları ile monolitiklik sağlanır. İşçiliği fazla ve zaman alıcı bir uygulamadır.



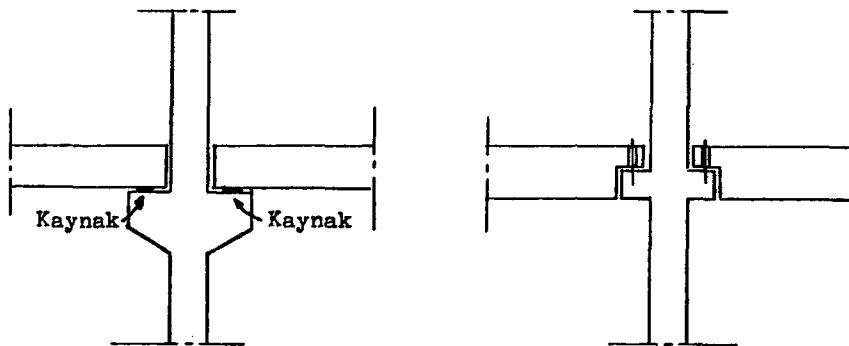
Şekil 5.40 Sonradan Betonlanacak Rijitleştirilmiş Kolon-Kolon Birleşimleri

Şekil 5.41'da yuvaları alt veya üst kolonda olan kolon-kolon geçmeli birleşimi görülmektedir. Moment taşıma kapasiteleri donatı çubuklarının mukavemeti ile sınırlıdır.

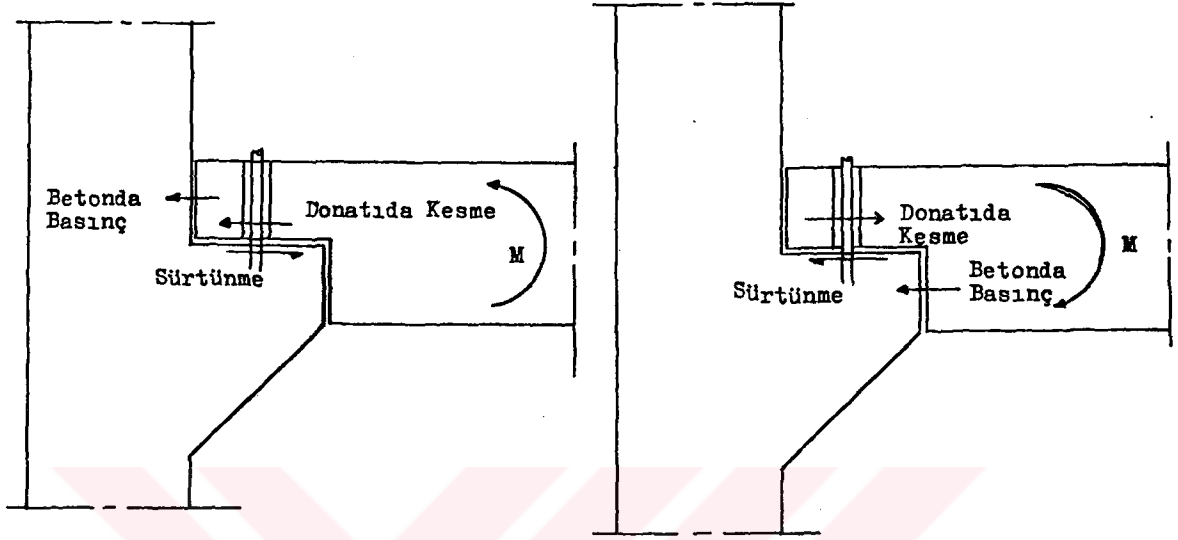


Şekil 5.41 Geçmeli Kolon-Kolon Birleşimi

Kolon-Kiriş Birleşimlerinde, kuru birleşim, yerinde dökme, geçmeli ve sonradan germe yöntemleri kullanılmaktadır. Bu birleşimlerde zaman zaman kolona bağlı kısa konsollardan yararlanılır (Şekil 5.42). Bu birleşimlerin sadece sürtünmeye dayanarak yük taşımaları deprem açısından uygun değildir. Geçmeli ve kaynaklı olmaları daha uygundur. Şekil 5.43'de bu tür birleşimlerde deprem sırasında oluşan kuvvetler gösterilmektedir.



Şekil 5.42 Kısa Konsollu Kolon-Kiriş Birleşimleri

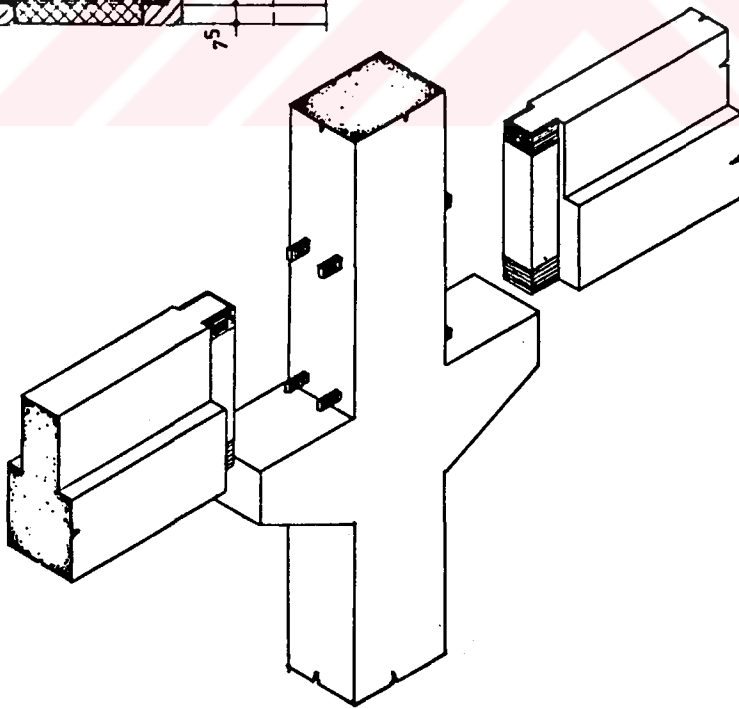
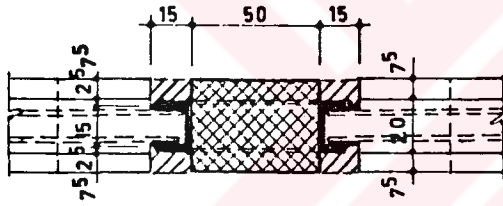
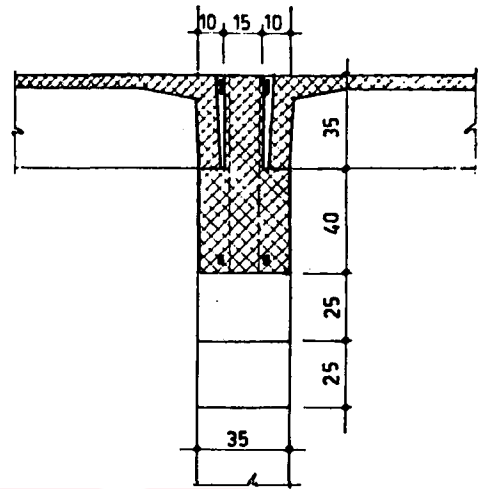
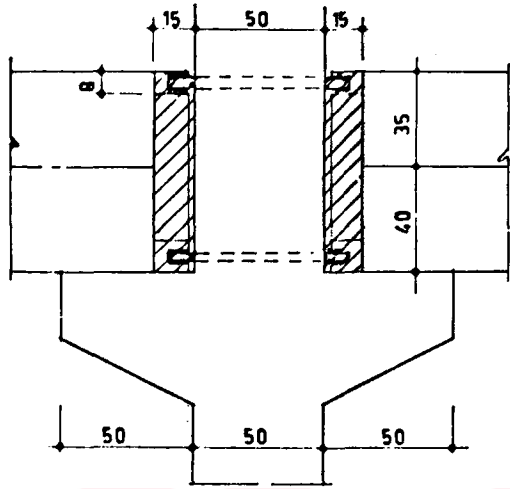


Şekil 5.43 Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesinde Oluşan Etkiler

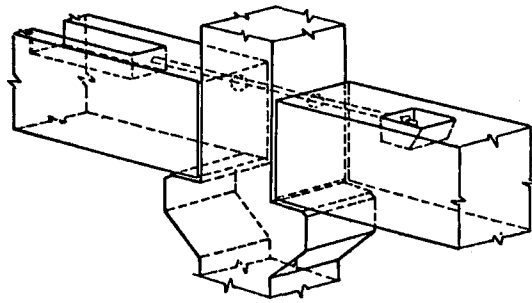
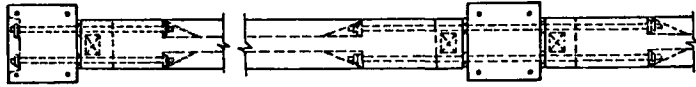
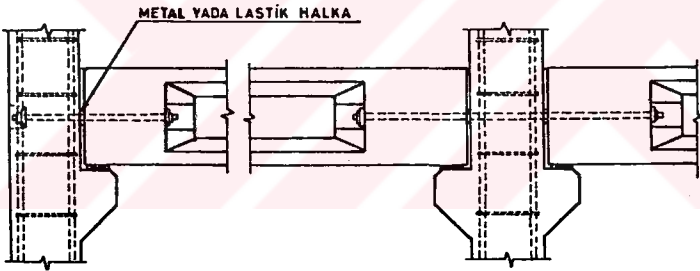
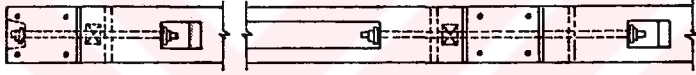
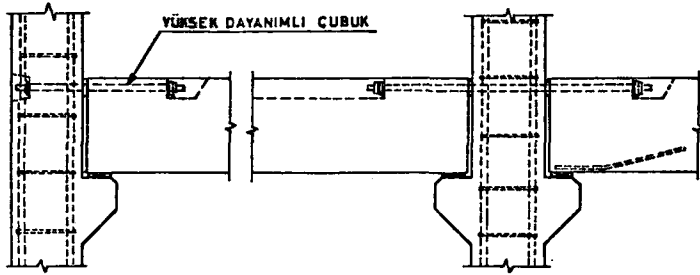
Kolon-kiriş kuru birleşimleri çeşitli şekillerde olmaktadır. Şekil 5.44'de sürekli kolonlarda kat seviyesinde oluşturulan konsollara kirişler oturtulur. Kolondaki çelik donatılar, kiriş uçlarındaki çelik plakaya kaynaklanır. Birleşim noktaları korozyona karşı betonlanır.

5.45'deki uzun bulonlarla yapılan birleşimin kesme, normal kuvvet ve moment aktarma kapasitesi yüksektir. [15]

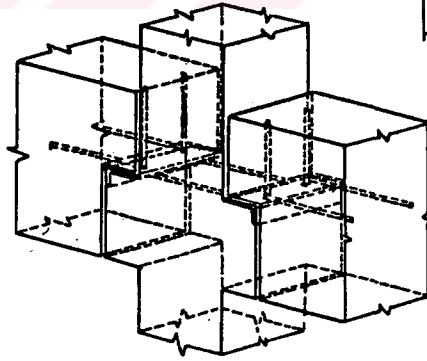
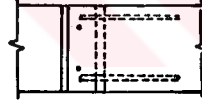
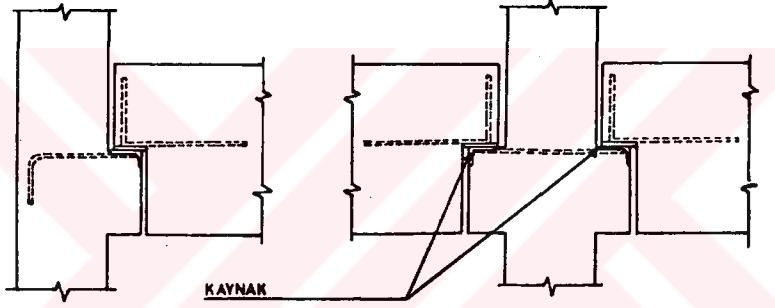
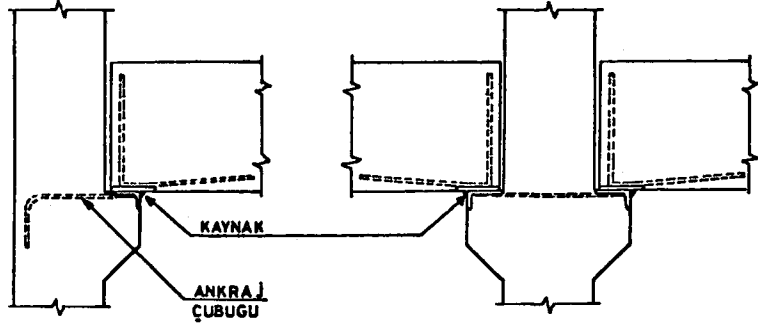
Şekil 5.46'da çelik oturma yüzeyli birleşimin düşey kesme kuvveti aktarma kapasitesi oldukça yüksek, montajı kolaydır. Birleşim kaynaklı olduğu için korozyona ve yangına karşı korunmalıdır. Kirişin donatısı ve boyutları birleşim yerinde oluşacak eğilme momentlerini taşıyabilecek güçte olmalıdır.



Şeki 5.44



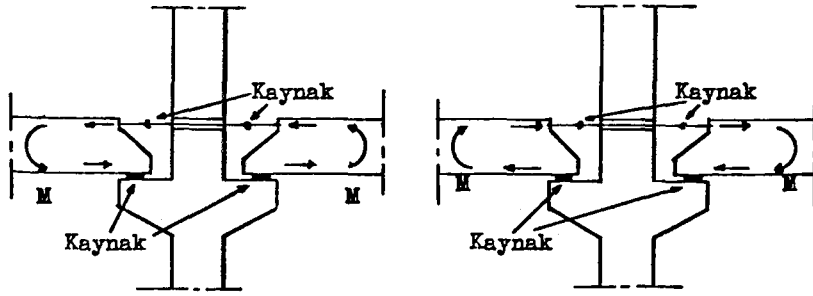
Şeki 5.45



Şeki 5.46

Orta aks kolon-kiriş birleşimlerinde iç kuvvetler Şekil 5.47'de gösterilmektedir. Kaynaklı olan bu birleşim yerinde kirişin üst tarafındaki kaynaklı donatılar ile kirişin alt yüzeyindeki kaynak kirişteki oluşacak kuvvetleri taşıyabilmelidir. Ayrıca hem üst donatının hem de alt taraftaki

kaynağın kiriş ve kolon betonları içine yeterli şekilde ankraj edilmeleri gerekir.



Şekil 5.47 iç Aks Kolon-Kiriş Birleşiminde Oluşan Etkiler

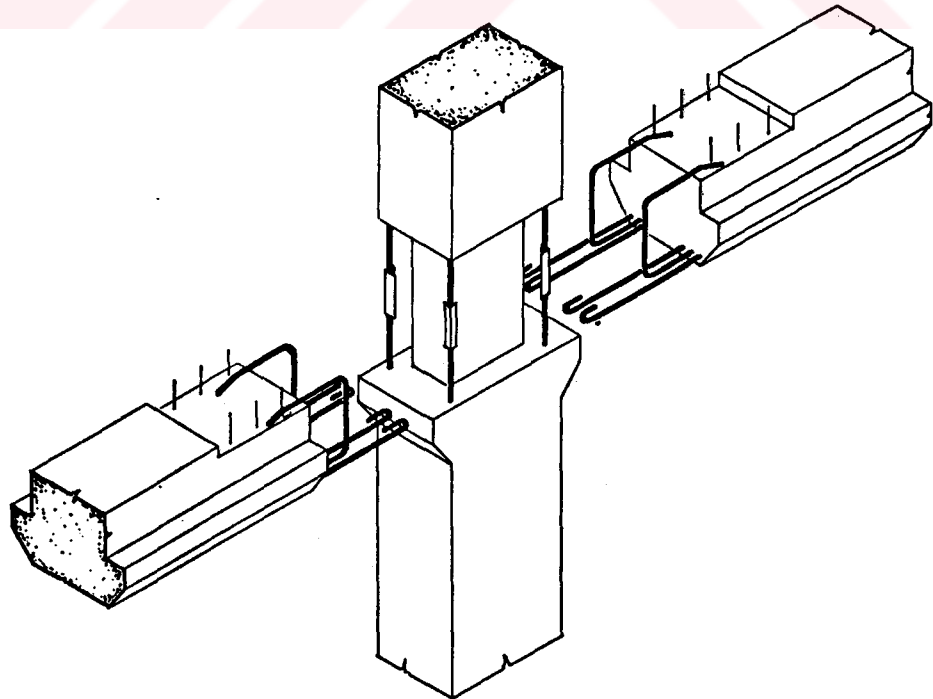
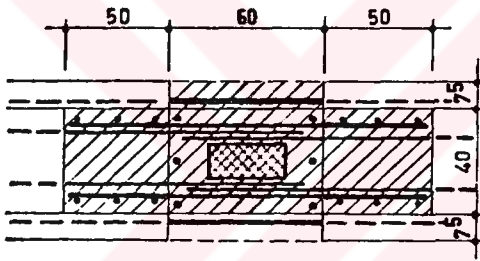
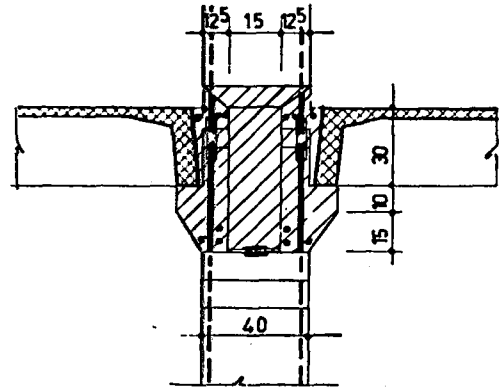
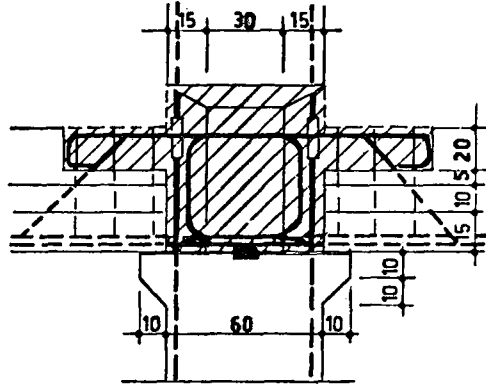
Kolon-kiriş yerinde dökme birleşiminde normal ve kesme kuvvetlerinin yanısıra, eğilme momentleri de bir elemandan diğer elemana aktarılabilir. Şekil 5.48'deki kolon-kiriş birleşiminde alt ve üst kolondaki takviye donatıları kaynaklanarak birbirine bağlanır. Kirişler, uçlarındaki demir filizler üst üste gelecek şekilde kolondaki konsolcuklara yerleştirilir. Birleşim bölgesine beton dökülerek işlem tamamlanır.[23]

Şekil 5.49'daki kolon-filigran kiriş birleşimi de yerinde döküm betonla yapılır.

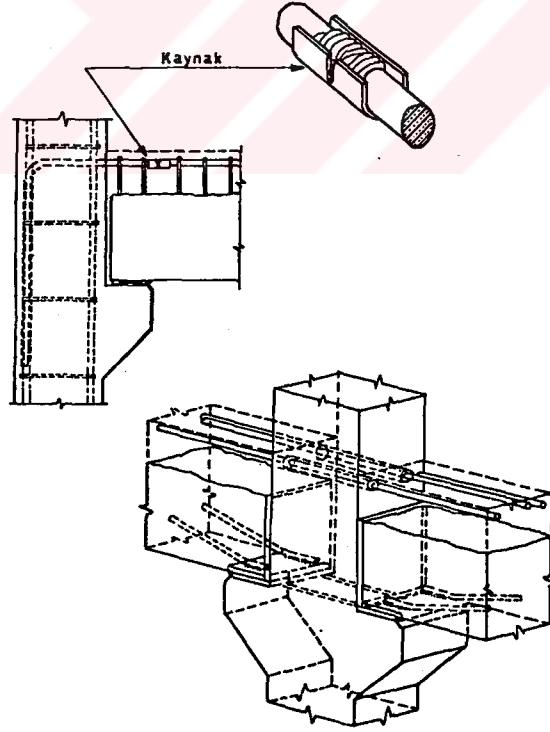
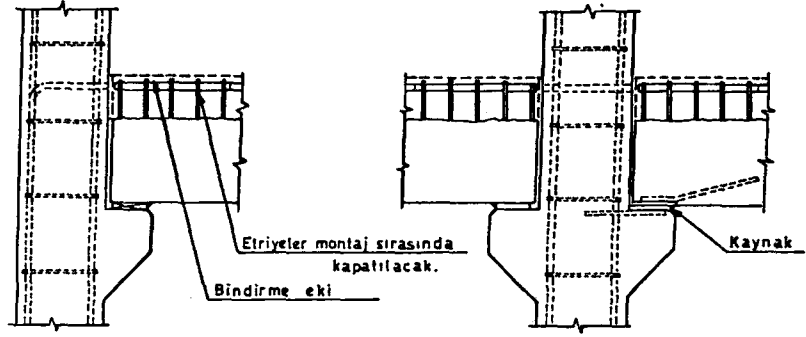
Kolon-kiriş geçmeli birleşiminde kolondaki donatı çubukları kirişteki yuvalarına geçirilmektedir. Şekil 5.50'deki oturmalı ve geçmeli birleşimlerde birleşim tamamlanmadan önce kirişin yana devrilmesi önlenmelidir. Şekil 5.51'de kirişin doğrudan kolona geçmeli birleşimi görülmektedir.

Bu tür birleşimler deprem kuvvetlerinden çok düşey yüklerin taşınmasında etkili olurlar. Deprem kuvvetleri yerinde döküm perde duvarlarca karşılanır.

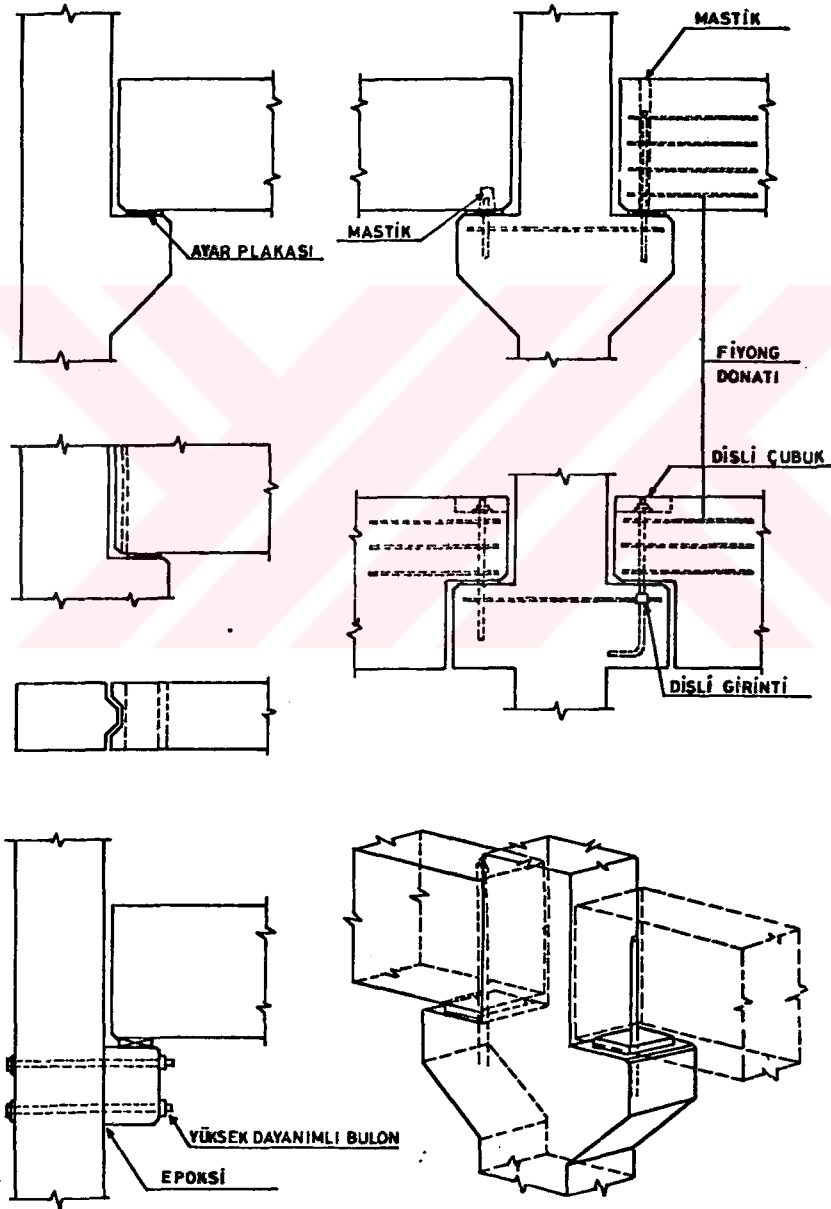
Sonradan germeli kolon-kiriş birleşimi şekil 5.52'de görülmektedir. Birleşimin kesme kuvveti, normal kuvvet ve moment taşıma kapasitesi yüksektir. Şekil ve performans olarak monolitik yapımı andırır.



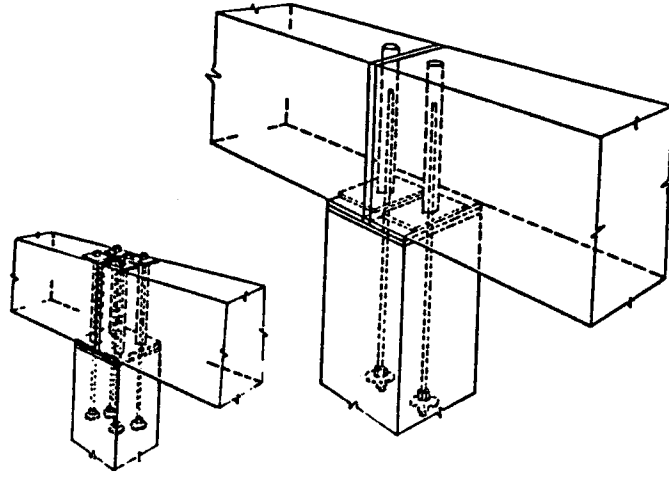
Şekil 5.48 Yerinde Dökme Birleşim



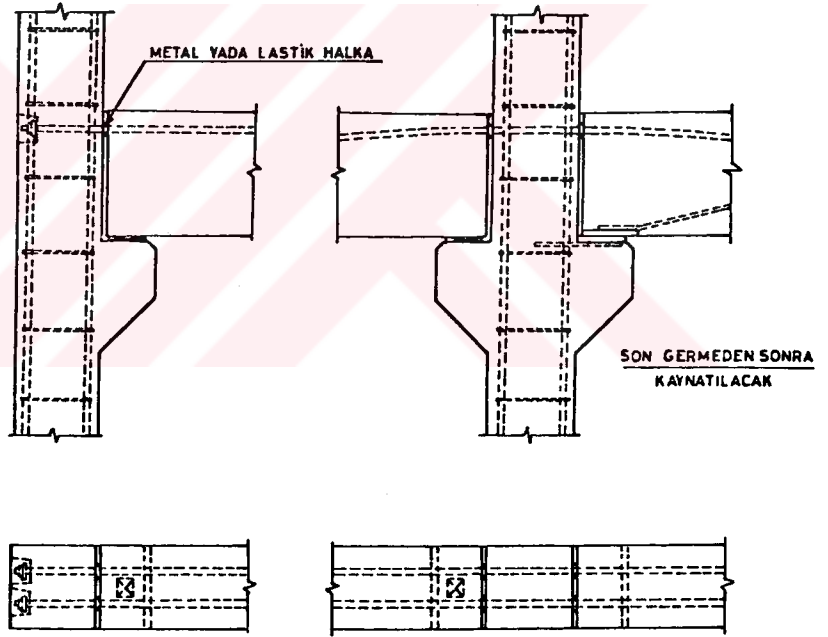
Şekil 5.49 Filigran Kiriş-Kolon Birleşimi



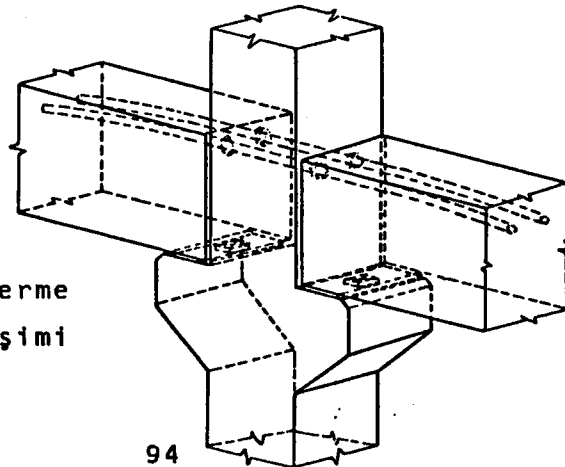
Şekil 5.50 Oturmalı ve Geçmeli Birleşim



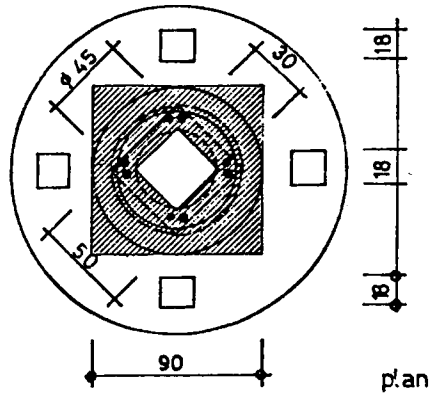
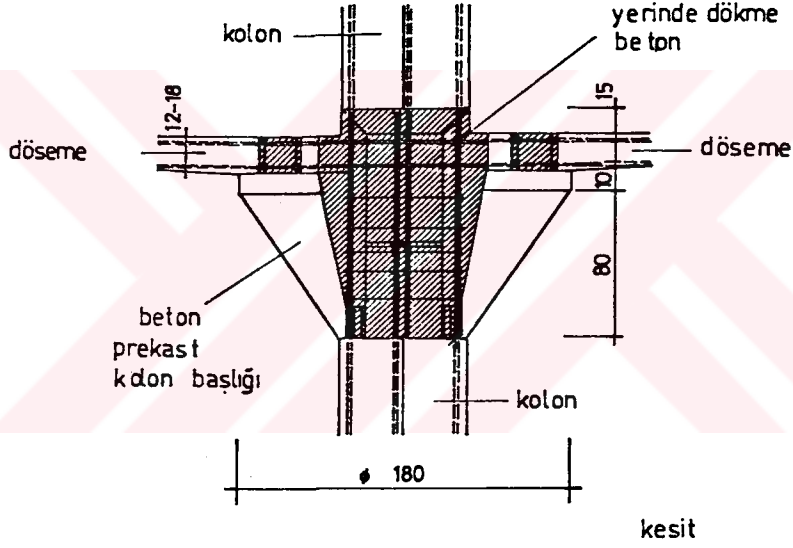
Şekil 5.51 Geçmeli Kolon-Kiriş Birleşimi



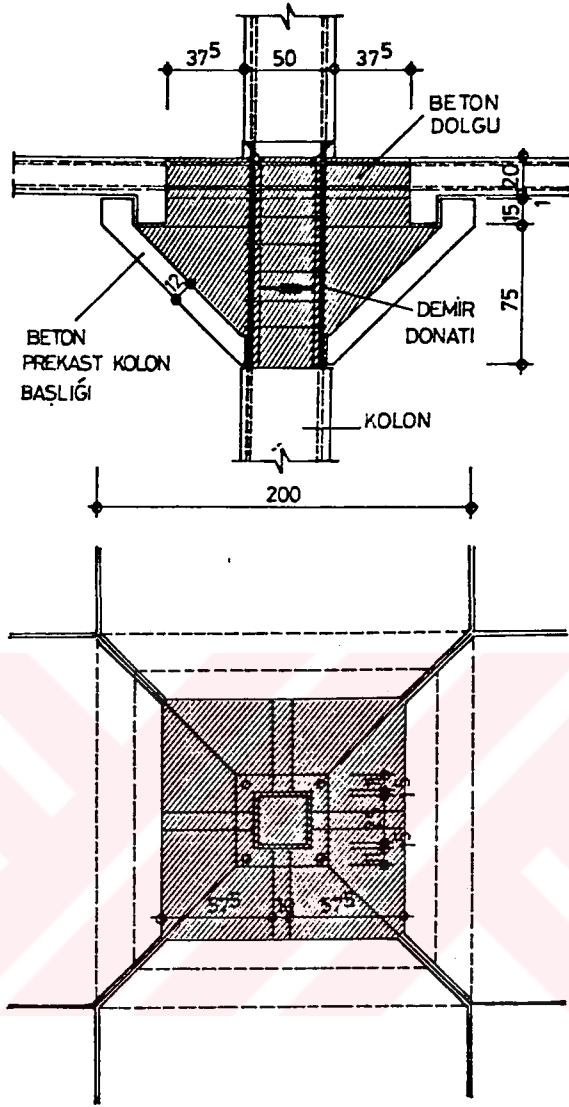
Şekil 5.52 Sonradan Germe Kiriş-Kolon Birleşimi



Kolon-Döşeme Birleşimi (Mantar Tipi Taşıyıcı Sistemlerde): Yerinde dökme betonla yapılan kolon-mantar döşeme birleşimini Şekil 5.53 ve 5.54'de gösterilmektedir. Burada kolon üzerine kolon başlığı olarak kalıp niteliğinde içi boş beton prekast yerleştirilir. Döşemeler bu elemanın kenarlarına oturtulur. Aynı zamanda üzerine gelecek kolon da buraya yerleştirilir. Bağlantılar demir donatılar aracılığı ile yapıldıktan sonra birleşim noktası betonlanır. İşlem sırasında mantar başlık desteklenmelidir. Birleşim rijittir.



Şekil 5.53 Mantar Tipi Taşıyıcı Sistemlerde Yerinde Dökme Betonla Kolon-Döşeme Birleşimi

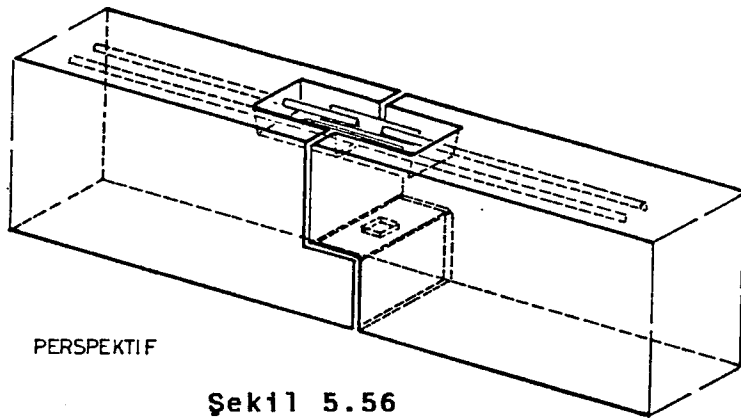
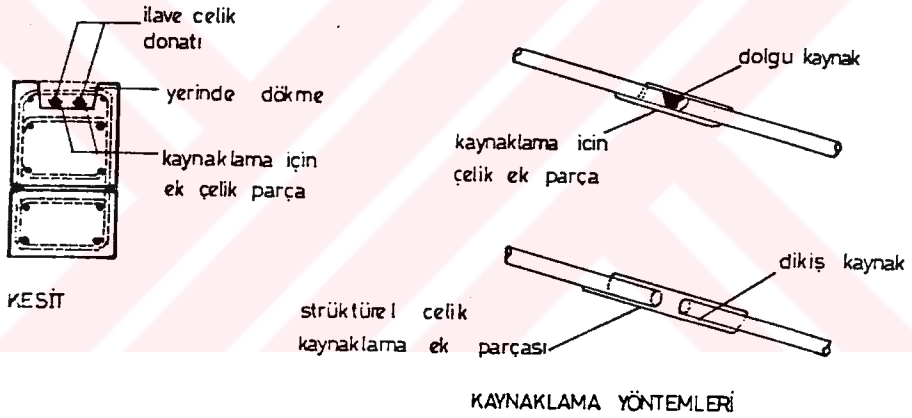
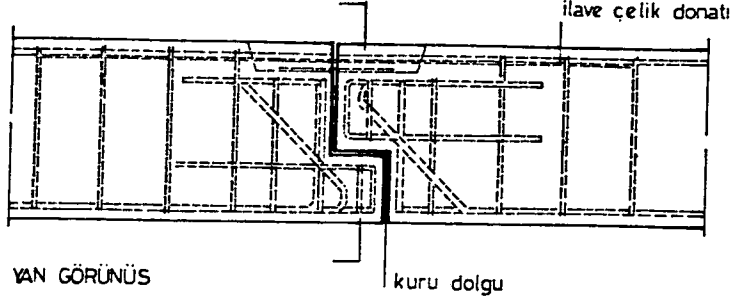


Şekil 5.54 Mantar Tipi Taşıyıcı Sistemlerde Yerinde Dökme Kolon-Döşeme Birleşimi

Şekil 5.55'de bulonlu kolon-mantar döşeme birleşiminde, kolon mantar başlıklı şekilde üretilir. Uçları binili döşeme elemanları kolonun üzerine dört köşeden oturur ve arada kalan boşluğa beton ara eleman yerleştirilir. Bu eleman kolondan çıkan bulonlara vidalanır. Bu şekildeki döşemeler konsol olarak çalıştırılabilir. [23]

Mantar tipi taşıyıcı sistemlerde birleşimler yatay kuvvetlere teorik olarak mukavemetli olabilirler. Ancak yapıya gelen deprem kuvvetleri yapının ağırlığı ile doğru orantılı olduğu için bu yapılar depremlerden çok fazla etkilenirler.

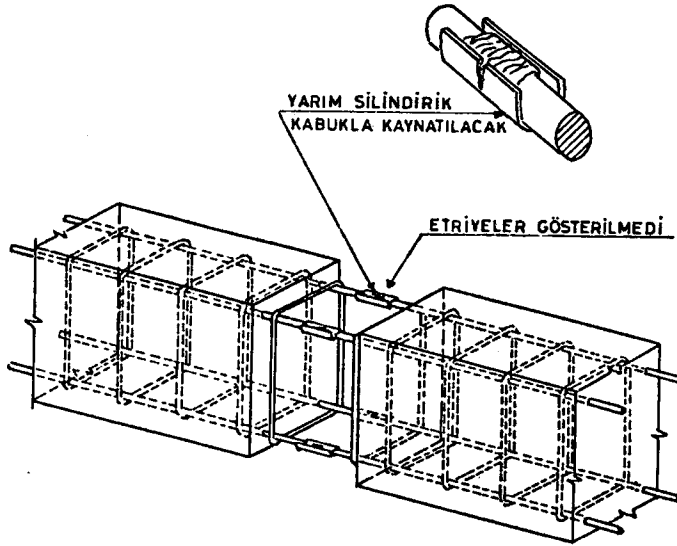
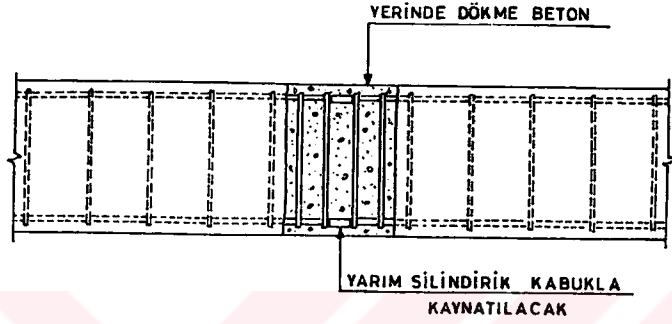
1izler kaynaklanarak birleşim yapılır. Daha sonra birleşim yeri korozyona karşı beton ile doldurulur. Birleşimin yeterli mukavemete sahip olmasında donatıların ve kaynağın niteliği önemlidir. Birleşim negatif moment taşıyabilir.



Şekil 5.56

Şekil 5.57'de yer alan yerinde dökme kiriş-kiriş birleşimi moment, kesme kuvveti ve normal kuvvet aktarır. Birbi-

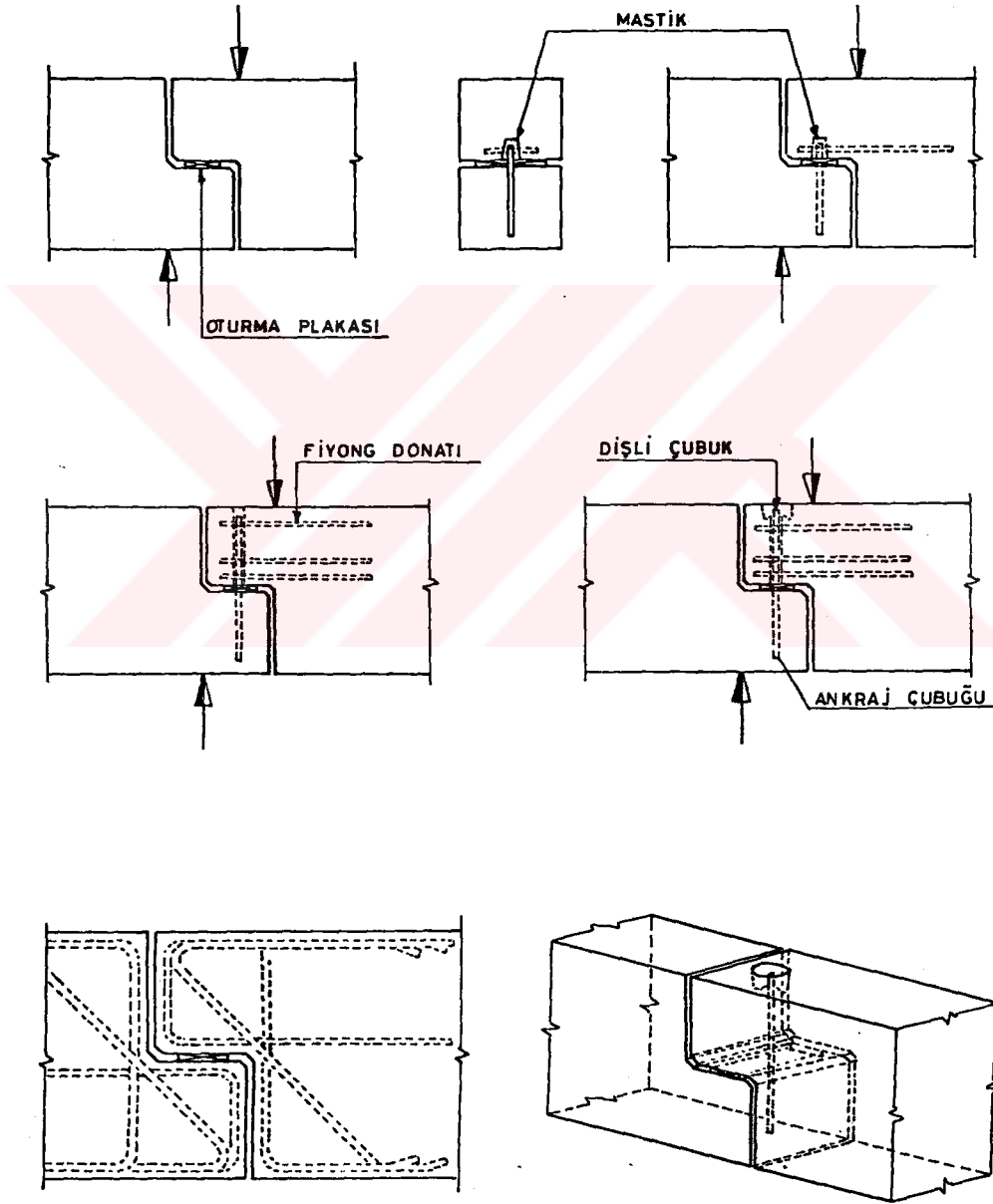
rine birleştirilen kirişlerin uçları beton dökülmeden önce epoxy ile fırçalanmalı ve beton priz alınca kadar kalıp oynatılmamalıdır. Dökülen betonun kalitesi hazır elemanların beton kalitesiyle aynı olmalıdır. [36]



Şekil 5.57 Yerinde Dökme Kiriş-Kiriş Birleşimi

Kiriş-kiriş geçmeli birleşime örnek olarak Şekil 5.58'-

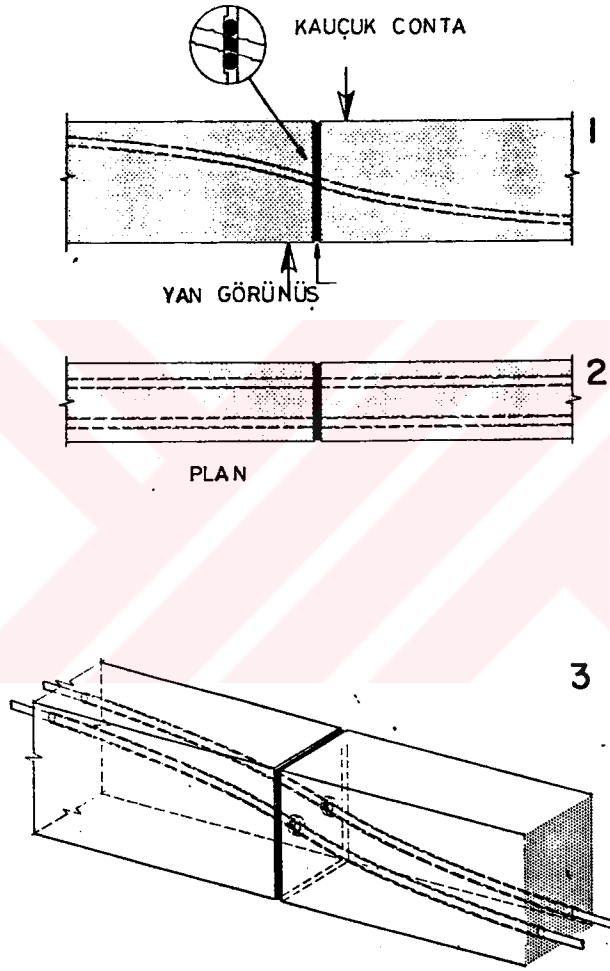
deki ucu binili olarak düzenlenmiş kiriş birleşimi verilmektedir. Burada kirişe ankrajlı çelik çubuk diğer kirişteki boşluktan geçirilerek bulonlanır. Birleşim mafsallı bir birleşimdir.



Şekil 5.58 Geçmeli Kiriş-Kiriş Birleşimi

Kiriş-kiriş sonradan germeli birleşim şekil 5.59'da

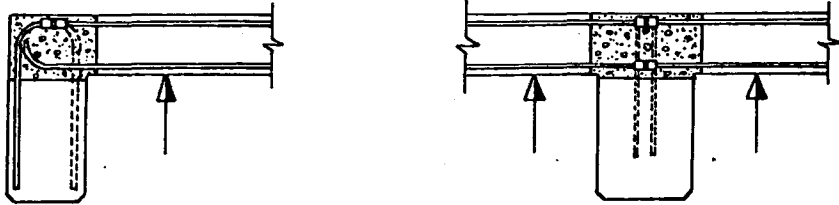
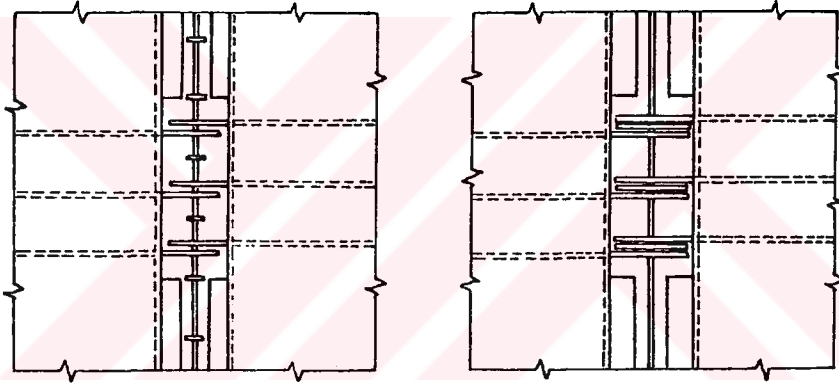
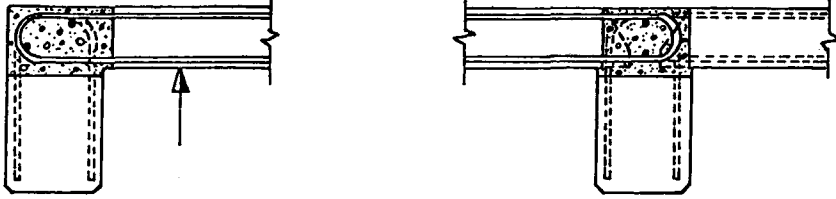
görülmektedir. Bu birleşimin kesme kuvveti, normal kuvvet ve moment taşıma kapasitesi yüksektir.



Şekil 5.59 Sonradan Germeli Kiriş-Kiriş Birleşimi

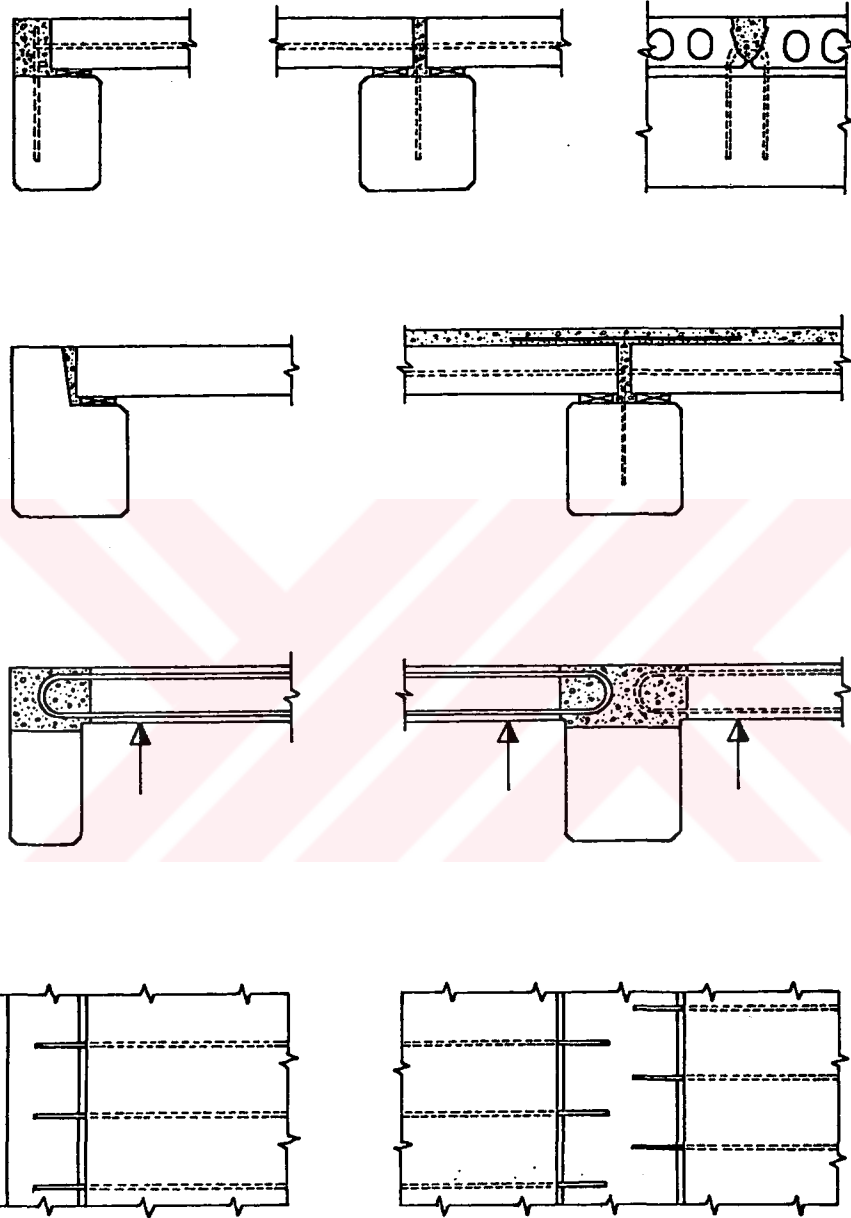
Kiriş-Döşeme Paneli Birleşimi: Şekil 5.60'da fiyong donatılı veya kaynaklı donatılı olarak düzenlenmiş kiriş-döşeme paneli birleşimi görülmektedir. Birleşimde eleman ucundaki donatılar birbirlerine bu iki yöntemle birleştirildikten sonra bu bölgeye beton dökülmektedir. Bu birleşim moment aktarabilir. Montaj sırasında döşeme panellerinin geçici olarak

desteklenmesi gerekir.



Şekil 5.60 Yerinde Dökme, Kiriş-Döşeme Paneli Birleşimi

Şekil 5.61'de görülen kiriş-döşeme paneli birleşimleri panelin moment aktarmasına gerek olmadığı durumlarda kullanılır. Çünkü elemanların birbirleriyle olan bağlantıları çok zayıftır.

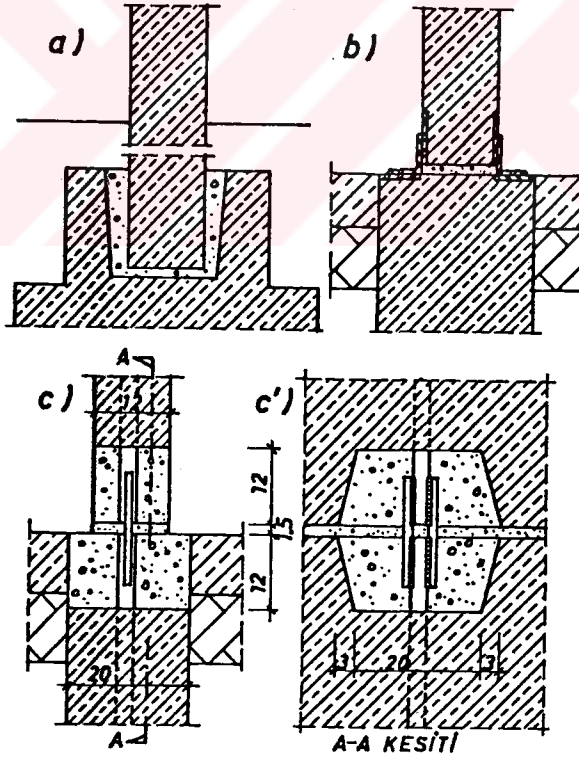


Şekil 5.61

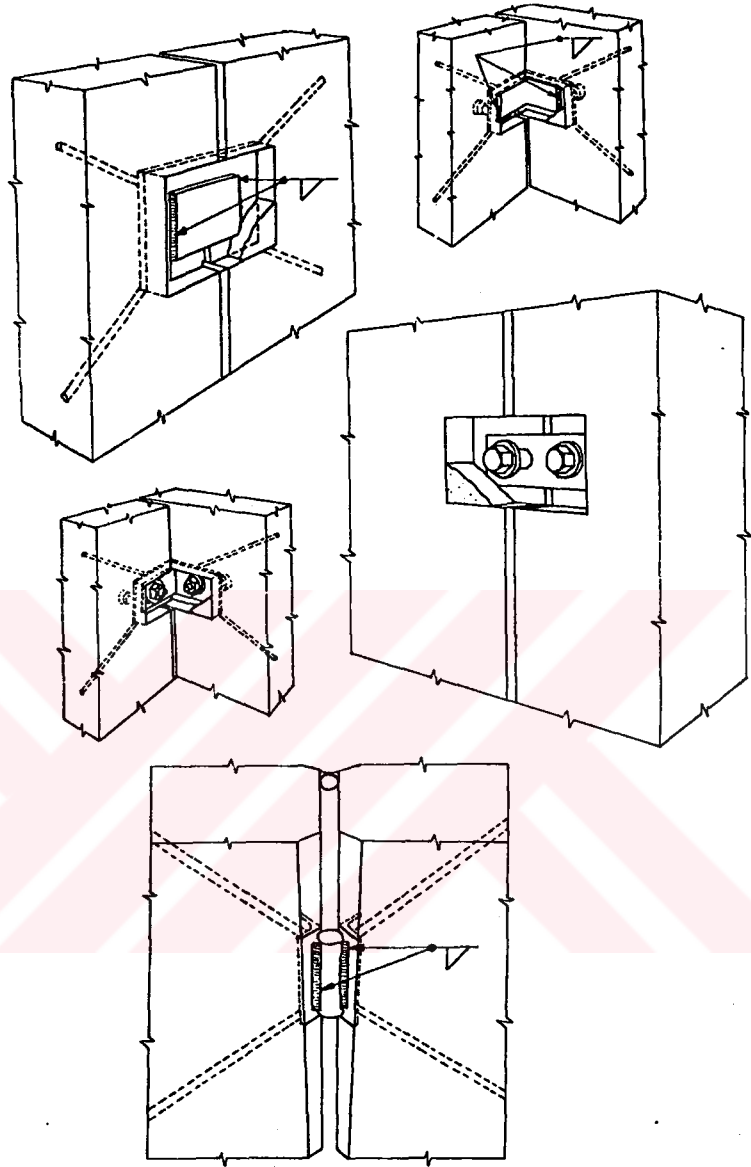
Temel-Duvar Paneli Birleşimi, az katlı yapılarda yuvalı temele (soket) duvar panelinin oturtulması, çok katlı yapılarda kuru birleşimli (plaka kaynatılarak) veya temelden başlayan düşey doğrultuda yapı boyunca uzanan sonradan germeli olarak yapılır. Bir iki katlı yapılarda paneller yuvalı temele

(soket) sokulur, gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra kalan boşluk betonla doldurulur (Şekil 5.62a).

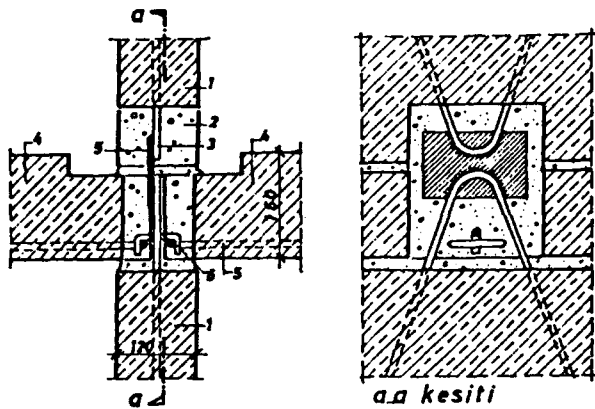
Çok katlı panel yapılarda duvarın temele ankrajı daha çok kaynaklı bağlantılarla yapılmaktadır. Uçlarında ankrajlı plakalarla üretilen elemanlar ek profiller yardımıyla kaynaklanarak birleştirilir (Şekil 5.62b). Bu birleşimin korozyon tehlikesi vardır. Bu sorunu gidermek için şekil 5.62 c ve c'-deki gibi temele harç tabakası yardımıyla oturtulan duvar panelinin alt kenarında, duvar ve temel donatılarının ek çubuklar yardımıyla kaynaklanabilmesi için oyuk açılmakta kaynak yapıldıktan sonra oyuk betonla doldurulmaktadır. Kaynaklı olan bu birleşimler rijittir.



Şekil 5.62 Duvar Panellerinin Temel ile Birleşimi
(Betonsan-Türkiye)



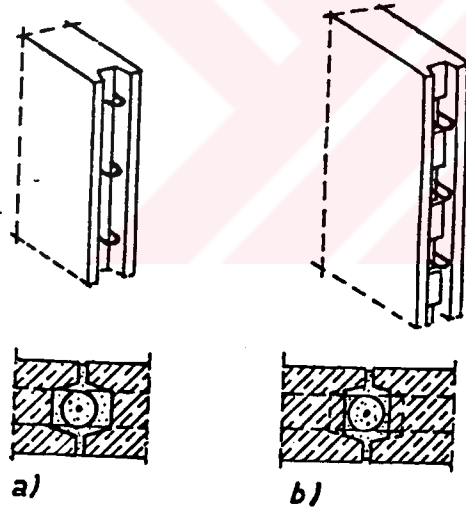
Şekil 5.64 Kaynaklı ve Bulonlu Duvar-Duvar Birleşimi



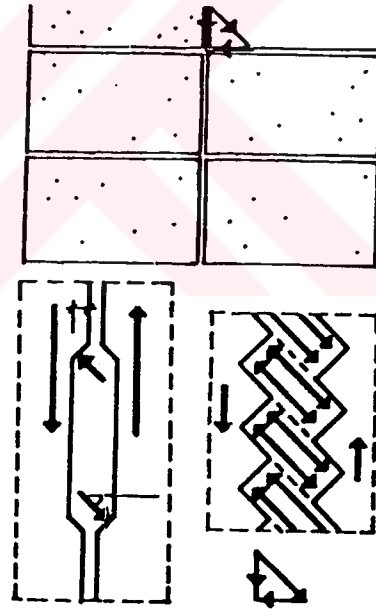
Şekil 5.65 Deprem Bağlantısı (Betonsan-Türkiye)

Farklı oturmalar, aksenal olmayan yüklemeler ve binaya etkiyen yatay kuvvetler, düşey bağlantılarda basınç, çekme ve kesme kuvvetleri oluşturabilir. Elemanların kenarlarından çıkan firkete filizlerinin içiçe geçirilmesi ve birleşimin betonlanması, genellikle, basınç ve çekme kuvvetlerinin karşılanabilmesi için yeterli olmaktadır (Şekil 5.66a). Ancak kesme kuvvetlerinin de etkimesi söz konusu ise, duvar paneli kenarlarında ayrıca cepler ve dişler yapılır (Şekil 5.66 b).

Şekil 5.67'deki duvar panellerinin düşey bağlantısında, kesme kuvvetinin basınç bileşenlerinin panel kenarlarındaki betonlanmış dişler veya cepler tarafından karşılandığı birleşim şekli görülmektedir.

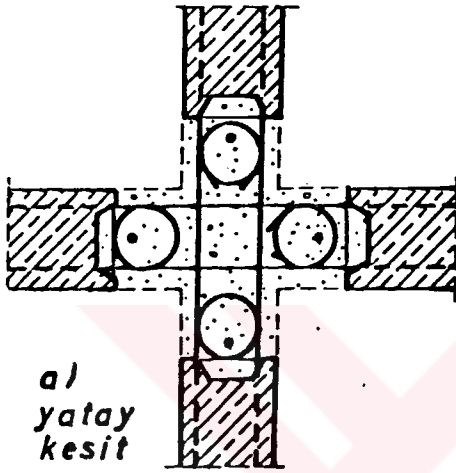


Şekil 5.66

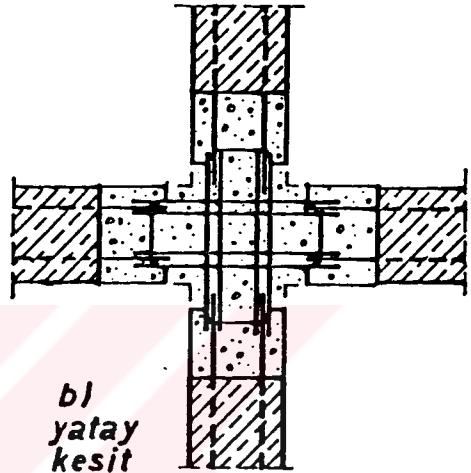


Şekil 5.67

Deprem kuşağı yapılarında duvar panelleri arasındaki düşey bağlantıya oldukça büyük çekme ve kesme kuvvetleri gelebilmektedir. Bu kuvvetlerin karşılanması için, donatı filizleri ek etriyelerle sarılır, ek donatı çubuğu ile kaynaklanır ve kalan boşluk yerinde dökme betonla doldurulur (Şekil 5.68) [3]

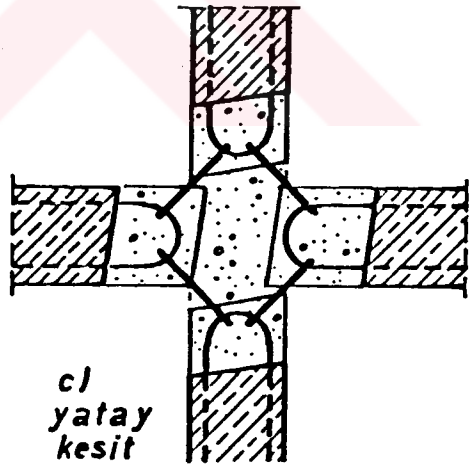


a)
yatay
kesit



b)
yatay
kesit

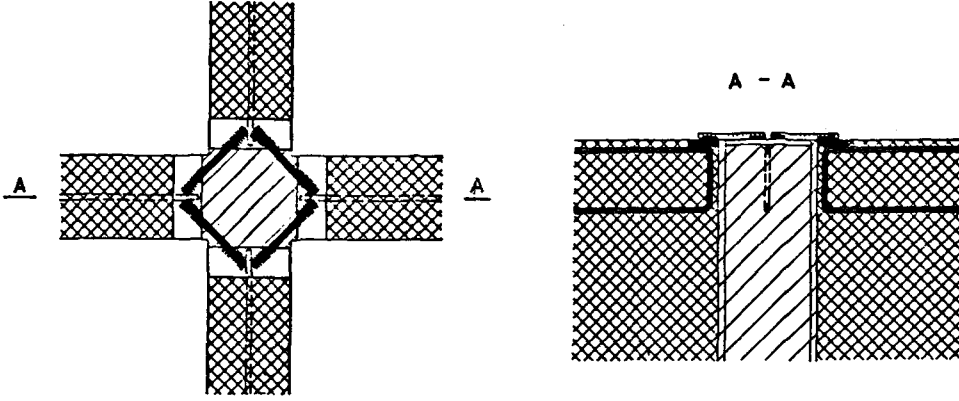
- a) Etriyeler ile Bağlama
(Oyak-Kutlutaş-Türkiye)
- b) Donatı Filizlerinin Ek
Çubuklarla Kaynaklanması
(Doğu Almanya)
- c) Firkete Filizlerin Kenet
Şeklindeki Çubuklarla Kay-
naklanması (Macaristan)



c)
yatay
kesit

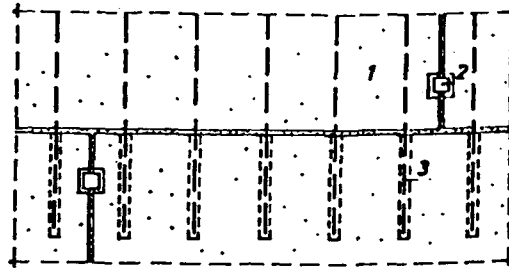
Şekil 5.68

Elemanlardan çıkan donatı filizleri özellikle üretim evresinde bazı güçlükler getirir. Kenarlarında çelik plakalarla üretilen duvar panelleri birbirlerine çelik çubuklar, plakalar veya korniyer parçalarının yardımıyla kaynaklanmakta ve aralarındaki boşluğa beton dökülmektedir (Şekil 5.69). [3]



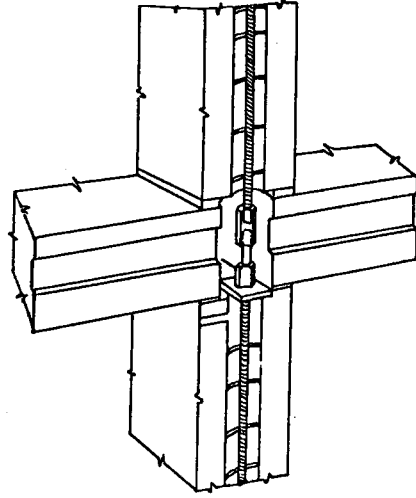
Şekil 5.69

Duvar panellerinin geçmeli birleşimine örnek olan, ABD' de yapılan bir uygulama Şekil 5.70' de gösterilmiştir. Burada düşey duvarlar arasındaki deprem bağlantısı, üst panelin alt kenarından çıkan donatı filizlerinin alt paneldeki harçlı yuvalara sokulmasıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.70

Deprem bölgeleri için uygun çözümlerden biri olan sonradan germeli birleşim, duvar panellerinin düşey donatılarının bir bölümünün son germeli olarak bütün yapı yüksekliği boyunca uzaması şeklinde olmaktadır (Şekil 5.71).



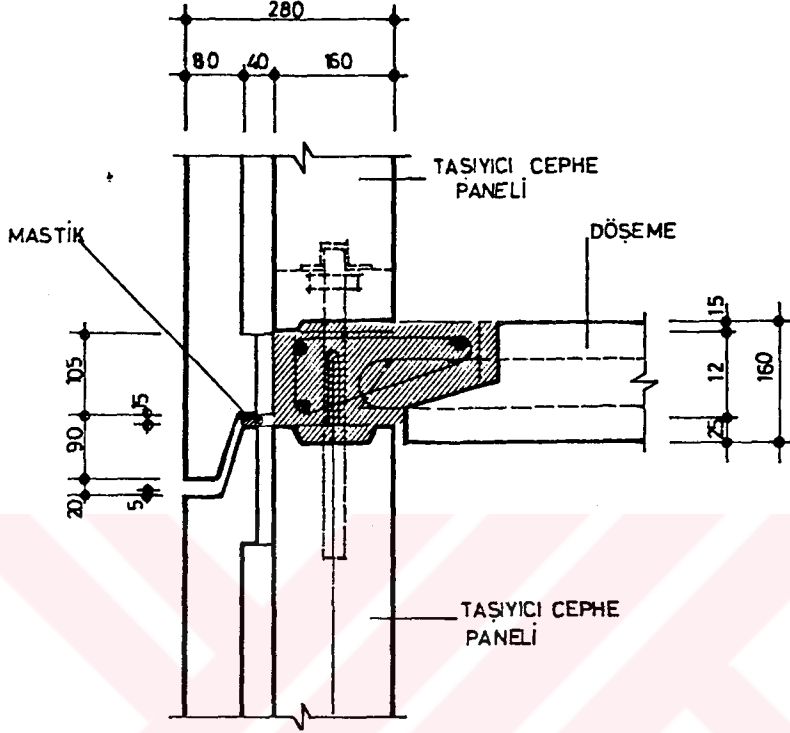
Şekil 5.71 Sonradan Germeli Duvar-Duvar Birleşimi

Duvar Paneli-Döşeme Paneli Birleşimi: Bu birleşim noktaları düşey yüklerin dışında, döşemeden gelen yatay yükleri de duvar panellerine aktarmak durumundadır. Birleşimler çoğunlukla yerinde dökme betonla yapılmaktadır. Ancak eleman uçlarındaki donatının birbirini çok iyi sarması gerekir.

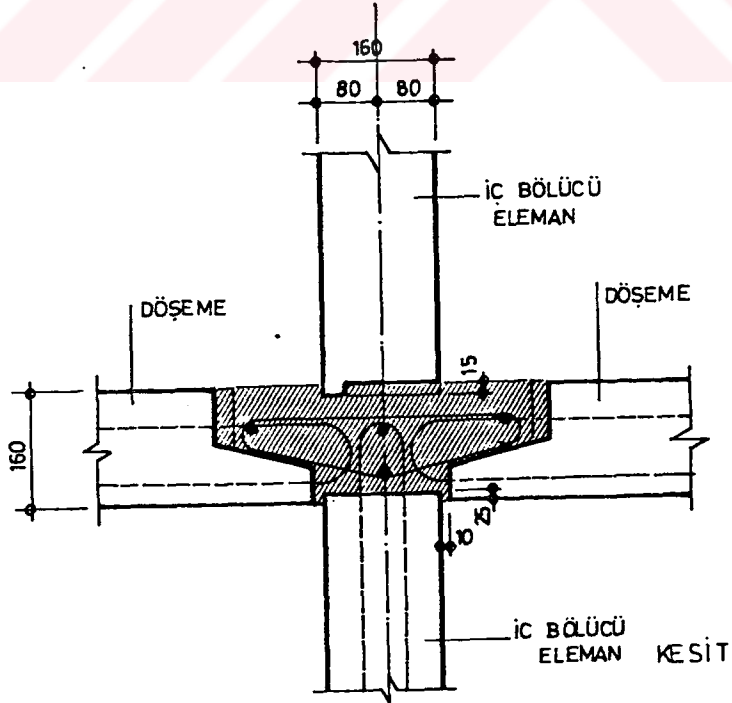
Şekil 5.72'deki birleşim noktasında duvar panellerinin birbirine bağlantısı, döşeme panelinin duvar paneline bağlantısı kadar rijit değildir. Döşeme panelinin uçları moment alabilir. Ancak yatay birleşim yerinde her iki duvar panelini bağlayan düşey donatı enerji tüketimi açısından yeterli değildir. (Oyak-Kutlutaş-Türkiye) [4]

Binaya etkiyen kuvvetlerin döşeme yüzeyi içerisinde daha iyi dengelenebilmesi için, döşeme-duvar birleşiminde geniş hatılların oluşturulması gerekebilir (Şekil 5.73). Döşeme-döşeme ve döşeme-duvar panellerinin birleşimi duvar-duvar panellerinin birleşimine oranla daha rijittir.

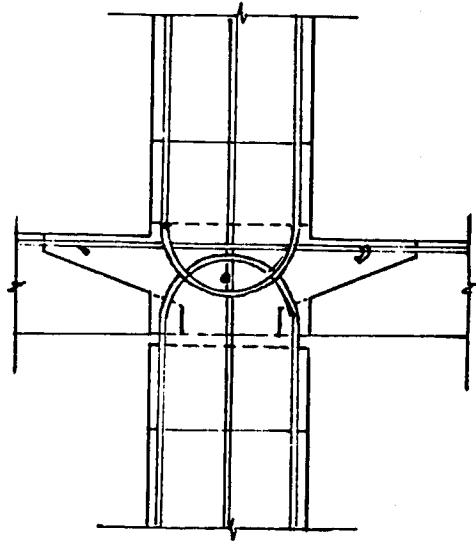
Şekil 5.74'deki birleşim, yüksek ölçüde sünekliği ve enerji gücü olan bir birleşim yeridir. Ayrıca döşemenin de bir ölçüde sünekliği sağlanmaktadır. Döşeme donatılarının birleşiminin kaynaklı olması daha iyidir. Birleşimin yatay kesme dayanımı da yüksektir. [4]



Şekil 5.72



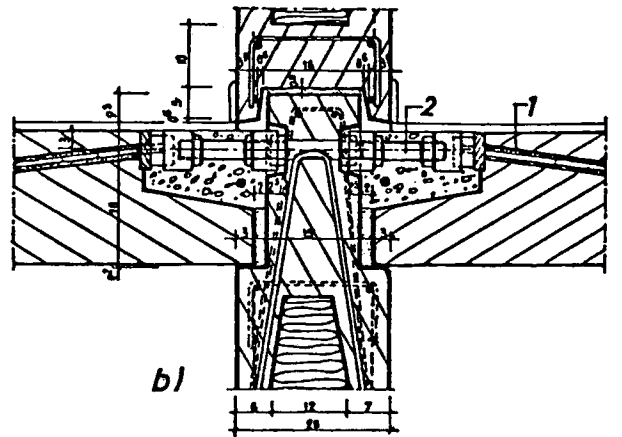
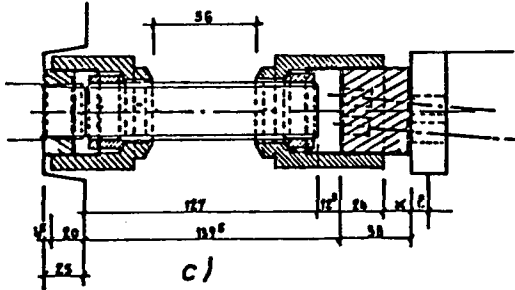
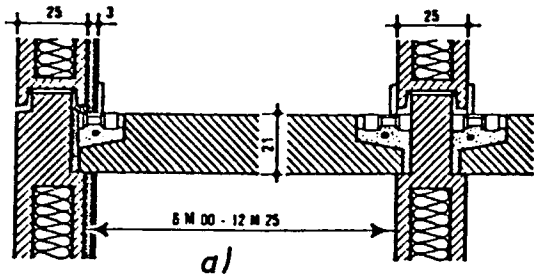
Şekil 5.73



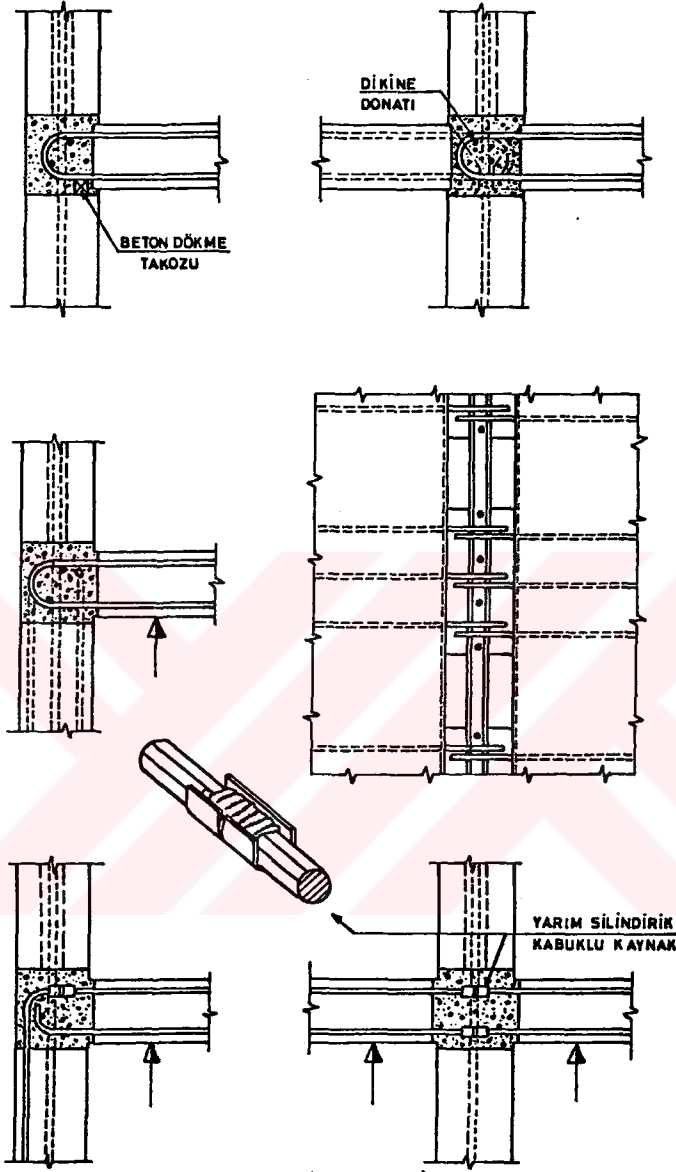
Şekil 5.74

Şekil 5.75'deki yerinde dökme fiyong donatılı veya kaynaklı donatılı birleşimler moment, normal kuvvet ve kesme kuvveti aktarabilirler. Döşeme montajı için geçici destek gerekir.

Şekil 5.76'de yatay doğrultuda yapılan sonradan germe birleşimde döşeme elemanları birbirine 45 cm'de bir düzenlenen özel gergi tertibatları ile bağlanmaktadır. Deprem açısından uygun bir birleşimdir. [3]



Şekil 5.76 LEIGA Sistemi (Fransa)

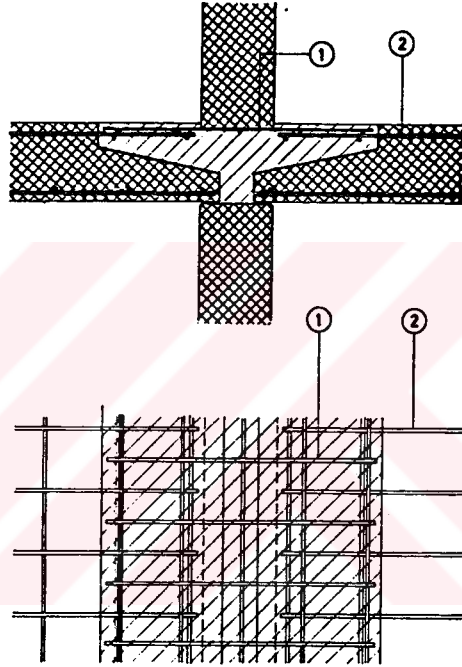


Şekil 5.75

Döşeme Paneli-Döşeme Paneli Birleşimi, döşeme elemanlarının basit biçimde yan yana getirilmesi ve derzlerin harçla doldurulmasıyla yapılabilir. Döşemeler, yatay yükleri dikey elemanlara rijitlikleri ile doğru orantılı olarak aktardıkları için deprem dayanımı açısından döşemelerin monolitik bir davranış göstermesi gerekir. Bunu gerçekleştirmek için döşeme-döşeme birleşimleri yerinde dökme veya sonradan germe

yöntemleriyle yapılır.

Döşemelerde mütemadilik sağlanması istenen bir durum olduğu için döşeme elemanlarının üst donatı filizleri geniş bir hatıl içerisinde birbirine bağlanır ve hatılın üst kesitinde, her iki doğrultuda ek donatı düzenlenir (Şekil 5.77).



1. Hasır Donatı
2. Döşeme Donatısı

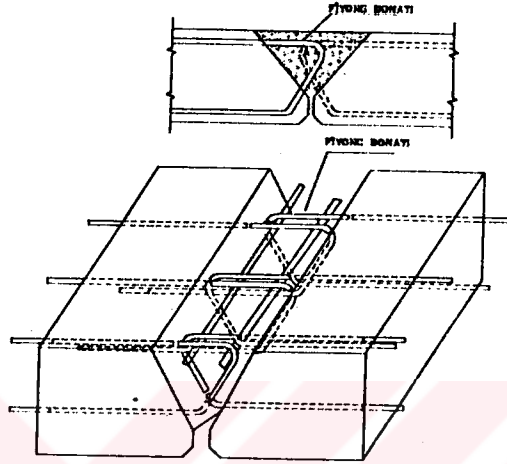
Şekli 5.77

Şekil 5.78'de gösterilen birleşimde fiyong donatı deprem kuvvetlerine karşı diyafram görevi yaparak etkili olmaktadır.

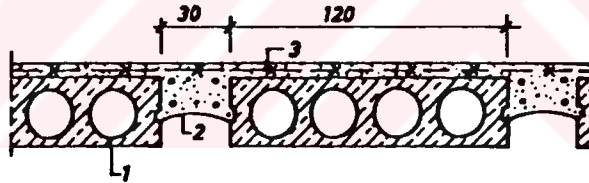
A.B.Devletlerinde deprem kuşağı yapılarında, dar paneller halindeki boşluklu döşeme elemanları ile oluşturulan kat döşemesinin, yerinde dökme, hasır donatılı bir üst betonun uygulanması ve ara derzlerin hatıllara dönüştürülmesi ile rijit yatay perde gibi çalışması sağlanmaktadır (Şekil 5.79).

[3]

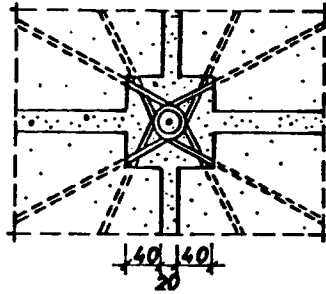
Bazı sistemlerde, döşeme köşelerinin de birbirine bağlanması olumlu bir uygulamadır (Şekil 5.80). (Betonsan-Türkiye).



Şekil 5.78 Fiyong Donatılı Döşeme-Döşeme Birleşimi



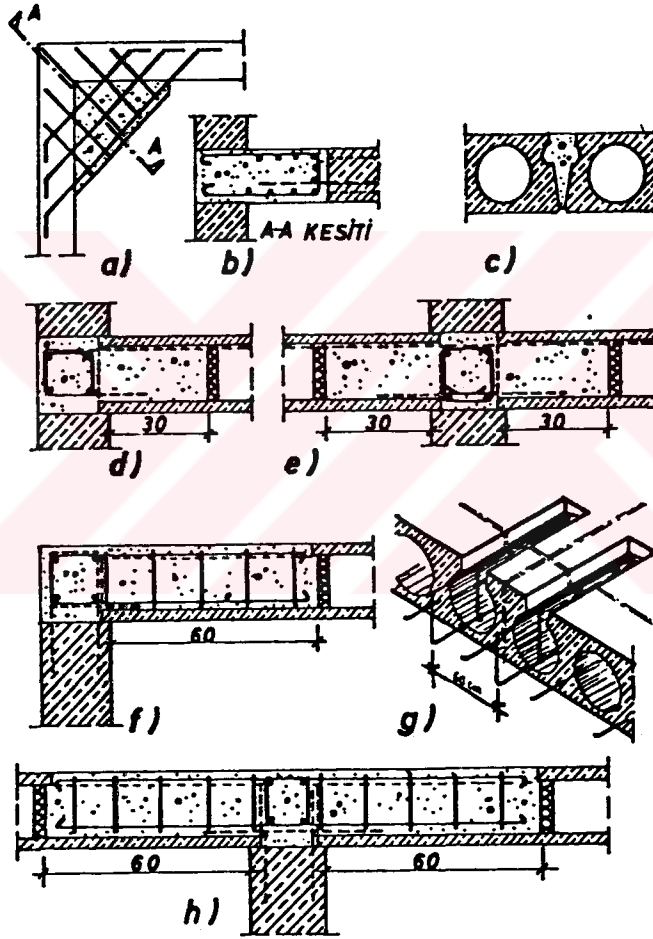
Şekil 5.79



Şekil 5.80

Fransa'da (Setma ve Corefloor Sistemleri) deprem kuşağı yapılarında, boşluklu ve öngermeli döşeme elemanları ile oluşturulan döşemelerde, köşelerde ek donatı ve betonlu bağlantı yapılması (Şekil 5.81 a,b), derz donatısı konulması

(Şekil 5.81 c), kenar ve orta duvar paneli üzerinde 60 cm. de bir boşluk içlerinin betonlanması (Şekil 5.81 d,e), 60 cm.'de bir boşlukların yarılıp ek donatı ile betonlanması (Şekil 5.81 f,g,h) gibi önlemler alınmaktadır.



Şekil 5.81

SONUÇ

BÖLÜM 6.

6. SONUÇ

Depreme dayanıklı yapı tasarımının temel amacı yapıların ekonomik ömürleri içinde olabilecek hafif ve orta şiddetli depremlerde hiç hasar görmemesinin ve yine aynı süre içinde olabilecek en şiddetli depremlerde de can kaybına yol açmayacak ve ekonomik biçimde onarılabilecek düzeyde hasar görmesinin sağlanmasıdır. Deprem dayanımını sağlamak sadece mühendisin görevi değildir. Yapıların deprem dayanımı mimari tasarım aşamasında oluşturulduğundan, bu konuda mimarlara büyük sorumluluk düşmektedir. Deprem davranışının bilincinde olan bir mimar, bazı kısıtlamalara karşın istenilen estetik ve fonksiyonu kolaylıkla sağlayabilecektir. Japonya, Kaliforniya (ABD) ve Yeni Zelanda'da yapılmış depreme dayanıklı binlerce yapı bunun kanıtıdır.

Bugüne kadar yapılan gözlemler ve edinilen deneyimler mimarisi ve taşıyıcı sistemi, deprem etkisi göz önünde bulundurularak tasarlanmış yapıların depreme dayanabileceğini göstermiştir. Ülkemizde deprem sonucunda gözlenen hasar ve göçmelerin çok büyük bir yüzdesi, hesap yanlışlıklarından değil, sistem ve detay hataları ile özensiz yapımdan kaynaklanmaktadır. [18]

Ülkemiz aktif bir deprem kuşağında bulunduğu göre deprem dayanımı yapıların mimari tasarım aşamasında göz önüne alınmalıdır.

Depreme dayanıklı prefabrike yapı tasarımında aşağıdaki kriterler dikkate alınmalıdır.

* Prefabrike yapı elemanları ileri düzeyde malzeme, işçilik ve kontrol ile üretildiklerinden, bu sistemlerin yerinde dökme betonarme sistemlerden tek farkı birleşim bölgeleridir. Bugünkü bilgi birikimimiz prefabrike yapılardaki birleşimlerin yerinde dökme birleşimler gibi davranmasını sağlayabilecek düzeye erişmiştir. Deprem bölgeleri için geliştirilen

bir birleşim, tersinir ve tekrarlanır yükler altında gerekli dayanıma sahip olmalı ve belirli bir sünekliği sağlamalıdır. Prefabrike sistemlerin rijitliği de önemli olduğu için boyutlar yanal öteleme için konulan sınırları sağlayacak düzeyde seçilmelidir.

* Prefabrike yapılarda zayıf bağlantılı (mafsal gibi) birleşimler kullanıldığında çerçeveler yatay yük altında yeterli stabiliteye sahip olmayacak ve yeterli enerji tüketemeyecektir. Bu tür çerçevelerin depremde sağlıklı davranmalarını sağlamak için yapıda tüm yatay kuvvetleri alabilecek kapasitede yerinde dökme perde duvar oluşturulmalıdır.

* Kiriş aksenal yük taşıyan kolona oranla daha sünek olduğundan, boyutlandırma ve detaylandırma kiriş mekanizmasını oluşturabilecek biçimde yapılmalıdır. Kiriş mekanizması kuvvetli kolon, daha zayıf kiriş oluşturarak gerçekleştirilir.

* Prefabrike döşeme panelli yapılarda döşemelerin yatay yükleri rijitlikleri ile doğru orantılı olarak düşey elemanlara aktarabilmesi için döşeme panellerinin birbirine sonradan germe çubuklarla bağlanması veya üzerine 3-5cm. kalınlığında beton dökülerek monolitikleştirilmesi iyi bir çözümdür.

* Prefabrike çerçeveli yapılarda kirişsiz döşemelerden kaçınılmalıdır. Bu tip yapılar yatay kuvvetler altında çok büyük yatay ötelemeler yapar ve bina yıkılmasa bile bina içindeki eşyalar zarar görür.

* Prefabrike panel yapıların yerinde dökme betonarme perde duvarlı yapılar gibi davranabilmesi için; yapının ilk bir kaç katının yerinde dökme betonarme olarak yapılması, veya döşemelerin yerinde dökme betonarme olarak yapılması, yada bütün duvar panellerinin temele ankrajlı çubuklarla sonradan germe ile birbirine bağlanması gerekmektedir. [5]

Panel yapıların düşey birleşim yerlerinin kolayca çatlaması ve çatladıktan sonra sürtünme ile birleşim yerlerindeki firketelerde deformasyonlarla enerji tüketimini sağlaması ve

prefabrike eleman ve yatay birleşim yerlerinin ise düşey birleşim yerlerine göre iki kat daha büyük yatay kuvvetlere göre tasarlanması en uygun panel yapı tasarımıdır. [4]

* Sonradan germe ile yapılan birleşimlerin mafsallaşarak enerji tüketebilecekleri yapılan deneylerle belirlenmiştir.

* Hücre sistemlerin depremde gelen yükler altında, aralarındaki yatay düzlemlerden kaymamaları için, hücre elemanlar köşelerinden geçen son gerilme elemanları ile birbirine bağlanmaları uygun görülmektedir. Bu tür gergi elemanlarının yokluğu şiddetli depremlerde hücre elemanların birbiri üstünden kayarak devrilmelerine yol açar.

Bugün dünyada depreme dayanıklı bir yapı tasarımında taşıyıcı sistem nasıl olursa olsun içinde rijit perde duvarlar bulunmalıdır. [9]

Prefabrike yapılarda birleşim detayları için mutlaka minimum koşulları veren bir yönetmelik oluşturulmalı ve çeşitli firmalarca üretilen sistemelerin depreme dayanıklılığı bilirkişi heyetince onaylanmalıdır. Bu sağlanamadığı takdirde yapı güvenliği ile ilgili ciddi sorunların yanısıra haksız rekabet ortamı da oluşabilecektir.

KAYNAKÇA

- [1] ANSAL, A. M., "Depremlerde Yerel Zemin Koşullarının Yapısal Hasara Etkisi", "Deprem" Panel/Seminer Yapı Endüstri Merkezi, 1986.
- [2] ANSAL, A. M., "Depremlerde Yerel Zemin Şartlarının Önemi", ERKEN, A. Türkiye İnşaat Mühendisliği IX. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, Cilt 1, Deprem Mühendisliği Ulaştırma Yapıları Toplu Konut Millî Kütüphane 16-20 Kasım 1987.
- [3] AYAYDIN, Y., "Taşıyıcı Duvar Perdeli Prefabrike Yapılar", Yılmaz Ofset Matbası, İstanbul, 1987.
- [4] BAYÖLKE, N., "Deprem Dayanıklı Prefabrike Yapılar", DAE. Bülteni, Sayı 54, Temmuz 1986.
- [5] BAYÖLKE, N., "Prefabrike Yapı Sistemlerinin Depreme Dayanıklı Tasarım Yaklaşımları", DAE. Bülteni, Sayı 56, Ocak 1987, s.5-29.
- [6] BAYÖLKE, N., "Depremlerde Yapılara Gelen Kuvvetlerin Özellikleri", DAE. Bülteni Sayı 49, Nisan 1985, s.5-25.
- [7] BAYÖLKE, N., "Depreme Dayanıklı Betonarme Yapı Tasarımı Üzerine Notlar", DAE. Bülteni, Sayı 32, Ocak 1981, s.1-52.
- [8] BAYÖLKE, N., "3. Prefabrikasyon Sempozyumu, Türkiye'de Prefabrikasyon Uygulamaları ve Gelişmeler" Ankara, 1988, s.142-145.
- [9] BAYÖLKE, N., "Prefabrike Yapıların Depreme Dayanıklı Tasarımında Yatay Kuvvet Seçimi", Dünya Konut Yılında Türkiye Sempozyumu, TMMOB. İnş. Müh. Odası İzmir Şubesi 1987, s.61-72

- [10] BAYÜLKE, N., "Depremler ve Depreme Dayanıklı Yapılar", T.C. İmar ve İskan Bakanlığı, DAE. Başkanlığı, Baylan Matbası, Ankara, 1978.
- [11] BÜYÜKAŞIKOĞLU, S., "Deprem Hasarı İle Zemin Özellikleri Arasındaki İlişki", Gediz Depremi Sempozyumu, Tebliğler-Tartışmalar, İMO Yayınları, Ankara, 1970, s.76-81.
- [12] BÜYÜK LORUSSE, Ansiklopedik Sözlük, İstanbul, Görsel Yayınları, Cilt 5, 1987, s.3052.
- [13] ÇAMLİBEL, N., "Depreme Dayanıklı Yapıların Tasarım İlkeleri", Y.Ü. Mim. Fak. Ders Notları, 1980.
- [14] ERDİK, M., "Türkiye İnşaat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Deprem Mühendisliği Raporu", Bildiriler Kitabı, Deprem Mühendisliği Ulaştırma Yapıları Toplu Konut, Cilt 1, Milli Kütüphane 16-20 Kasım 1987, Ankara.
- [15] ERHAN, B., "Prefabriğe Betonarme Yapıların Tasarım İlkeleri Kılavuzu", Türkiye Prefabrik Birliği Yayını, Ankara, 1990.
- [16] ERSOY, U., "Çerçeve Türü Yapılar İçin Hesap İlkeleri" 2. Prefabrikasyon Sempozyumu, Nisan 1987, s.82-104.
- [17] ERSOY, U., "Binaların Deprem Dayanımında Mimarinin Önerileri", Yapı, Sayı 125, Nisan 1992, s.58-69
- [18] ERSOY, U., "Depreme Dayanıklı Prefabrik Yapılar Temel İlkeleri", Türkiye İnşaat Mühendisliği IX. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, Cilt 1, Deprem Mühendisliği Ulaştırma Yapıları Toplu Konut, Milli Kütüphane, 16-20 Kasım

1987, Ankara, s.89-103.

- [19] ERSOY, U., "Yapılardaki Birleşimlerin Deprem Yükleri TANKUT, T., Altındaki Davranışı (Deneysel Bir Araştırma)", Prefabrik Birliği Dergisi, Ocak 1987 s.11-15.
- [20] ESER, L., "Önyapım Endüstrileşmiş Yapı-4", İ.T.Ü Mim. Fak. Baskı Atölyesi, 1982.
- [21] HASGÖR, Z., "Deprem Hasarı Üzerine Yerel Zemin Koşullarının Etkisi", DAE Bülteni, Sayı 53.
- [22] İPEK, M., "Sismoloji ve Deprem Mühendisliğine Giriş" İ.T.Ü. İnş. Fak. Ders Notları, 1971, s.1-55.
- [23] KONCZ, T., "Handbuch der Fertigteile Bauweise", Band 3 Bauverlag GmbH, Berlin, 1967.
- [24] KONCZ, T., (Çeviri Yapı Merkezi), "Prefabrikasyona Giriş, Endüstrileşmiş Yapı Üretimi", İstanbul.
- [25] KULAKSIZOĞLU, E., "Toplu Konut Çözümünde Bugün Türkiye'de Prefabrikasyondan Beklenen Verimlilik Sağlanabiliyor mu?", Dizayn/Konstrüksiyon, Mart 1987, s.40-41.
- [26] ÖZDEN, K., "Betonarme Yüksek Yapılar" İ.T.Ü. İnş.Fak. KUMBASAR, N., Matbası, İkinci Baskı, 1993.
- [27] ÖZŞEN, E. G., "Taşıyıcı Sistem Tasarımı" Birsen Yayınevi, YAMANTÜRK, F. E., vi, İstanbul, 1991.
- [28] PARK, P., "Design Concepts For Prestressed And Partially Prestressed/Precast Concrete Frames", Proc. of Workshop on Design of Pre-

fabricated Concrete Blds. for Eartquake Loads, NSF, Berkeley, Calif., 1981.

- [29] PCI DESIGN MANUEL COMMITTEE., "Architectural Precast Concrete", Prestressed Concrete Institute, Chicago, 1973.
- [30] PEKİN, D., "Yapılarda Deprem Güvenliği Nasıl Sağlanır?", Grup Matbacılık, İstanbul, 1982.
- [31] SEY, Y., "Toplu Konut Üretiminde Uygulanan Yapım TAPAN M., Sistemelerinin Analiz ve Değerlendirmesi", TÜBİTAK, Y.A.E. Yayın No:U.6., Mayıs 1987.
- [32] TEZCAN, S., "Betonarme Binalarda Düktilite Şartları", Türkiye'de Deprem Sorunu ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu, ODTÜ, Ankara, TÜBİTAK. Matbası, 2-5 Şubat 1972.
- [33] TUNA M. E., "Depreme Dayanıklı Yapı Tasarım İlkeleri", Tuna Müh. Mim. A.Ş. Bayındır Sok. No:54/5 Kızılay/Ankara.
- [34], "Connections For Precast and Prestressed Concrete", PCI-MNL 123, 1988.
- [35], (Çeviri YORULMAZ, M.), "Binaların Yatay Kuvvetler Karşısında Davranışı", ACI/Amerikan Beton Enstitüsü 442. Komite Raporu, İ.T.Ü. Mim. Fak. Y.A.K. Yayınları, Sayı 138, 1977.
- [36], "Precast Concrete Connection Details", Structural Design Manuel, By Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1987.
- [37], Prefabrike Betonarme Yapı Üreten Kuruluş Mensupları Birliği Katoloğu,

[38], TÜBİTAK, Türkiye'de Deprem Sorunu ve Deprem Mühendisliği Sorunu, ODTÜ-Ankara, Şubat 1972.

