

**TÜRKİYE’DE UYGULANAN ÇOK KATLI YAPI ÜRETİMİNDE KAT
ADEDİ VE BETON SINIFININ KABA İNŞAAT MALİYETİNE ETKİSİ**

Zeynep Yeşim HARMANKAYA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2010
ANKARA**

Zeynep Yeşim HARMANKAYA tarafından hazırlanan TÜRKİYE’DE UYGULANAN ÇOK KATLI YAPI ÜRETİMİNDE KAT ADEDİ VE BETON SINIFININ KABA İNşAAT MALİYETİNE ETKİSİ adlı bu tezin Yüksek Lisans olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mehmet Emin TUNA
Tez Danışmanı, Mimarlık Anabilim Dalı

Prof. Ali İhsan NAY
Tez Danışmanı, Mimarlık Anabilim Dalı

Bu alışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet Emin TUNA
Mimarlık Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. Kurtuluř SOYLUK
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Mustafa Kemal ERVAN
Mimarlık Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih 27 / 01 / 2010

Bu tez ile G.. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

.....
Zeynep Yeşim HARMANKAYA

**TÜRKİYE’DE UYGULANAN ÇOK KATLI YAPI ÜRETİMİNDE KAT
ADEDİ VE BETON SINIFININ KABA İNŞAAT MALİYETİNE ETKİSİ**
(Yüksek Lisans Tezi)

Zeynep Yeşim
HARMANKAYA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ocak 2010

ÖZET

Türkiye’de hızla artan kent nüfusu beraberinde giderek büyüyen boyutuyla kentleşme sorunu da getirmektedir. Bu soruna çözüm olarak da, daha yüksek katlı yapılar inşa edilmektedir. Amaç sadece yapı üreterek yapı açığını azaltmak veya kapatmak olmadığı için en ideal işlev, biçim, estetik ve ekonomi sağlamalıdır. Böyle karmaşık bir süreci koordine etmek görevi doğal olarak tasarım esaslarını ve ana prensipleri belirleyen mimarın olacaktır.

Günümüzde Türkiye’de çok katlı yapı üretiminde en yaygın işlev konut, konut sektöründe ise en fazla kullanılan teknoloji perde sistemlerdir. Ankara ve çevresinde kurulan Or-An, Konutkent, Yaşamkent gibi kendi başlarına küçük birer şehir sayılabilecek yerleşim alanlarında çok katlı konutların taşıyıcı sistemi olarak perdeli sistemler, yapımı için ise tünel kalıp yöntemi kullanılmıştır.

Toplu konut üretiminde bu kadar yaygınlaşmış olan bu teknolojilerin olanak ve kısıtlamalarının tasarımcılar tarafından çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada çok katlı yapılar hakkında genel bilgiler verilip, kullanılan malzemelerden ve taşıyıcı sistemlerinden bahsedilmiştir. Daha ayrıntılı olarak taşıyıcı sistemlerden biri olan betonarme perdeli sistemler ele alınmış, betonarme

perdelerin sınıflandırılması, tüm taşıyıcı sistemlerin davranışı, DBYBHY 2007 yönetmeliğinde perdeler için verilen kurallar incelenmiştir. Ardından perdeli sistemlerin uygulanma metotlarından olan tünel kalıp sistemlere, sistemin yararlarına değinilmiştir.

Bahsedilen sebepler doğrultusunda sayısal araştırmanın yapıldığı örnek uygulamada taşıyıcısı perde sistemden oluşan ve tünel kalıp teknolojisi kullanılan bir konut yapısı ele alınıp, farklı kat adetlerine sahip modelleri oluşturularak maliyetleri kıyaslanmıştır. Şehir planlaması sırasında ada parsel uygulamaları ve bölge bazında uygulamalar olabileceği için iki konuya da ışık tutacak maliyet hesapları düşünülmüştür. Modellerde daire başına düşen maliyetlerde, beton ve zemin sınıflarının etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak uygulanacak proje için bu doğrultuda yapılacak analizlerin tasarım kararlarında önemli bir kriter oluşturduğuna inanılmaktadır.

Bilim Kodu : 804.1.144
Anahtar Kelimeler : Perdeli sistem, kat adedi, maliyet hesabı
Sayfa Adedi :110
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Mehmet Emin TUNA

**EFFECTS OF NUMBER OF STOREYS AND CONCRETE CLASS
ON THE BUILDING COST OF THE MULTI STORIED
BUILDINGS IN TURKEY
(M.Sc. Thesis)**

**Zeynep Yeşim
HARMANKAYA**

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
January 2010**

ABSTRACT

The rapidly increasing urban population in Turkey introduces along with its self the urbanization issue in increasing scales. As a solution to this problem, structures with more storey are being constructed. As the intention is not only to fulfill the building deficits by building structures, it must provide the most ideal functionality, style, aesthetics and economy. The task to coordinate such complicated processes shall be the architecture's duty who determines the fundamentals and the main principles of the design.

In our contemporary time in Turkey the most common functionality of multi-storied structures is the housing, and most intensively used technology in the housing sector is the shear-wall systems. In the settlement areas such as Or-An, Konutkent, Yaşamkent; which can be considered solely as small cities; shear-wall systems are used as the structural system of the multi-storied buildings and for their production tunnel form method is used.

It is necessary that designers know the facilities and the restrictions of this widely common technology in mass housing productions. Therefore in this study general information is provided about the multi-storied structures. Concrete

shear-wall system, which is one of the structure systems, is handled in more details; and classification of concrete shear-walls and the behaviors of all systems are examined according to the rules given in Turkish Earthquake Regulation 2007. Subsequently, tunnel form system; which is one of the application methods of shear-wall systems, and the benefits of it are mentioned.

In the example application a housing structure formed up by the sheer-wall system and in which tunnel form system is used; is handled, and models with different numbers of storey are established, and costs are compared. During the city planning, as there can be city block parcel applications and applications based on region; cost calculations are considered to enlighten these two subjects. The effects of concrete and soil classes are examined in the models and in the costs per an apartment flat. As a result, it is believed that the analysis which is done will constitute a significant decision criterion.

Science Code : 804.1.144

Key Words : Shear-wall system, number of storey, cost calculation

Page Number: 110

Adviser : Prof. Dr. Mehmet Emin TUNA

TEŞEKKÜR

İlk olarak çalışmamın planlanması ve yürütülmesi süresince değerli bilgisi ve tecrübesi ile beni yönlendiren, destek veren danışmanım Sn. Prof. Dr. Mehmet Emin TUNA'ya; değerli eleştiri ve tavsiyeleriyle konuya farklı bakış açılarından yaklaşmama yardımcı olan danışmanın Sn. Prof. Dr. Ali İhsan ÜNAY'a büyük sevgi ve saygı içinde teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmada yardımlarını benden esirgemeyen sevgili arkadaşım İnşaat Mühendisi Seda YAVAŞBATMAZ'a; değerli katkılarından dolayı İnşaat Yüksek Mühendisi Kerem TAŞTAN'a; çalışmama ve bana her zaman destek olan İnşaat Mühendisi Emrah İLERİSOY'a ve her aşamada beni teşvik eden, bana destek olan adını sayamadığım tüm dostlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak hayatım boyunca başarıya ulaşmamda maddi ve manevi her türlü desteğini yanımda hissettiğim, canım kadar değerli annem Yurdanur HARMANKAYA'ya; hiç ayrılmadığım babam Seyit Ali HARMANKAYA'ya ve beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan canım kadar değerli kardeşlerime ise bu tezi adayarak sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvii
1. GİRİŞ	1
2. ÇOK KATLI YAPILAR.....	3
2.1. Çok Katlı Yapılar Hakkında Genel Bilgi.....	3
2.2.1. Tanımı.....	3
2.2.2. Gelişimi.....	5
2.2. Çok Katlı Yapılarda Malzeme Seçimi	7
2.2.1. Beton.....	9
2.2.2. Çelik.....	15
2.2.2. Kompozit.....	17
2.3. Çok Katlı Yapılarda Taşıyıcı Sistemler	18
2.3.1. Taşıyıcı sistemlere etkiyen yükler	19
2.3.2. Dinamik özellikleri	23
2.3.3. Taşıyıcı sistemlerin sınıflandırması.....	24

Sayfa

2.3.3. Döşeme sistemleri.....	32
3. YAPILARDA PERDELİ SİSTEMLER.....	33
3.1. Betonarme Perdelerin Sınıflandırılması	35
3.1.1. En kesit özelliğine göre.....	35
3.1.2. Boy kesit özelliğine göre.....	36
3.1.3. En/ boy oranına göre.....	37
3.1.4. Yükseklik durumuna göre.....	37
3.2. Yalnız Betonarme Perdelerden Oluşan Taşıyıcı Sistemlerin Davranışı.....	38
3.2.1. Perdelerde eğilme kırılması.....	39
3.2.2. Perdelerde kesme kırılması.....	40
3.2.3. Perde-temel birleşiminde yetersizlik.....	41
3.2.4. Bağ kirişli perde taşıyıcı elemanlar ve bağ kirişler.....	42
3.2.5. Perdelerde burkulma (stabilite).....	43
3.3. DBYBHY(2007)'de Betonarme Perdeli Yapılar İçin Verilen Kurallar	44
3.3.1. En-kesit koşulları.....	44
3.3.2. Perde uç bölgeleri ve kritik perde yüksekliği.....	45
3.3.3. Perdelerde donatı koşulları.....	47
3.3.4. Boşluklu perdeler ve bağ kirişleri.....	48
4. TÜNEL KALIP SİSTEMLER.....	51
4.1. Tünel Kalıp Sisteminin Tanımı.....	52
4.2. Gelişimi ve Uygulama Alanları.....	53
4.3. Tünel Kalıp Sisteminin Kullanım Avantajları.....	53
4.3.1. Yapı güvenliği.....	53

	Sayfa
4.3.2. Üretim kalitesi	54
4.3.3. Üretim hızı.....	55
4.3.4. Maliyet.....	56
4.4. Sistemin Yapısal Özellikleri.....	57
5. ÖRNEK ÇOK KATLI YAPI PROJESİ.....	59
6. KARŞILAŞTIRMALAR.....	68
6.1. Beton Sınıfı Değişimi.....	69
6.2. Zemin Taşıma Gücü Değişimi.....	72
6.3. Aynı Daire Sayısı İçin Kat Adetleri Ve Blok Sayılarının İncelenmesi.....	74
6.4. Aynı Beton Sınıfı Ve Zemin Durumunda Bina Maliyetlerinin Dağılımı.....	77
7. SONUÇ	82
KAYNAKLAR	85
EKLER.....	89
EK-1 Beton sınıfı değişiminin maliyet tabloları.....	90
EK-2 Zemin taşıma gücü değişiminin maliyet tabloları.....	97
EK-3 Tez kapsamındaki proje planları.....	103
EK-4 Tez kapsamındaki proje kesitleri ve tesisat katları	107
ÖZGEÇMİŞ.....	109

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.1. Modellerde uygulanan perde kalınlıkları.....	64
Çizelge 5.2. Modellerde uygulanan temel türleri.....	65
Çizelge 5.3. Modellerin kat dağılımları.....	66

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Nervürlü çelik türleri.....	16
Şekil 2.2. (a) Q Hasırları, (b) R Hasırları.....	17
Şekil 2.3. Rüzgâr hızının yükseklik ile artması	21
Şekil 2.4. Yatay yük etkisinde çok katlı yapıda kritik yükler ve deformasyonlar.....	21
Şekil 2.5. Yapılarda eksantrisite sınırları.....	22
Şekil 2.6. Çerçeve taşıyıcı sistem sembolik plan çizimi.....	26
Şekil 2.7. Perde duvarlı taşıyıcı sistem sembolik çizimi.....	27
Şekil 2.8. Perde duvarlı ve çerçeveli sistemler sembolik çizimi	28
Şekil 2.9. Yatay yükler altındaki davranışları a) Rijit çerçeve b) Perde c) Perde-Çerçeve	29
Şekil 2.10. (a) Çekirdekli sistemlerin sembolik çizimi (b) Çekirdeğin farklı konumlarda olması.....	30
Şekil 2.11. (a) Çekirdekli tüp (b) Tüp içinde tüp sistem.....	31
Şekil 2.12. Taşıyıcı elemanlarının bir araya toplanması uygulama örnekleri.....	32
Şekil 3.1. Perdelerde karşılaşılan en kesit şekilleri.....	35
Şekil 3.2. Perdelerde karşılaşılan boy kesit şekillerine göre perde tipleri.....	36
Şekil 3.3. En-boy oranına göre (a) kısa perde, (b) narin perde.....	37
Şekil 3.4. Yükseklik ile değişen perdeler.....	38
Şekil 3.5. Yatay yükler altında eğilme biçimi.....	38
Şekil 3.6. Eğilme kırılması şematik gösterimi.....	40
Şekil 3.7. (a) Kesme kırılması şematik gösterimi (b) Asal çekme ve asal basınç çatlakları.....	40

Şekil	Sayfa
Şekil 3.8. (a) Kayma kırılması şematik gösterimi (b) Ankraj çözülmesi.....	42
Şekil 3.9. Bağ kirişlerin kesme dayanım mekanizmaları.....	42
Şekil 3.10. Mesnetli perdelerde uç bölgeleri minimum alanları.....	47
Şekil 3.11. Kenetlenme boyları gösterimi.....	48
Şekil 3.12. Bağ kirişlerin taşıması gereken minimum moment koşulu.....	49
Şekil 3.13. Bağ kirişlerde kullanılacak çapraz donatı detayı.....	50
Şekil 4.1. Kalıpların uygulanma yönleri.....	52
Şekil 4.2. (a) Yarım tünel kalıp gösterimi, (b) Tam tünel kalıp gösterimi.....	57
Şekil 5.1. İki asansöre sahip kat planı.....	62
Şekil 5.2. Dört asansöre sahip kat planı.....	63
Şekil 6.1. Farklı beton sınıfları için toplam maliyetler.....	69
Şekil 6.2. Farklı beton sınıfları için daire başına düşen maliyetler.....	71
Şekil 6.3. Farklı zemin sınıfları için toplam maliyetler.....	72
Şekil 6.4. Farklı zemin sınıfları için daire başına düşen maliyetler.....	74
Şekil 6.5. Şematik olarak 6 katlı altı adet blok uygulaması ve arazi kullanımı.....	75
Şekil 6.6. Şematik olarak 12 katlı üç adet blok uygulaması ve arazi kullanımı.....	76
Şekil 6.7. Şematik olarak 18 katlı iki adet blok uygulaması ve arazi kullanımı.....	76
Şekil 6.8. Şematik olarak 36 katlı tek blok uygulaması ve arazi kullanımı.....	76
Şekil 6.9. 6 katlı yapı maliyet dağılımı.....	78
Şekil 6.10. 12 katlı yapı maliyet dağılımı.....	78
Şekil 6.11. 18 katlı yapı maliyet dağılımı.....	79
Şekil 6.12. 24 katlı yapı maliyet dağılımı.....	79
Şekil 6.13. 30 katlı yapı maliyet dağılımı.....	79

Şekil	Sayfa
Şekil 6.14. 36 katlı yapı maliyet dağılımı.....	80
Şekil 6.15. 42 katlı yapı maliyet dağılımı.....	80
Şekil 6.16. 48 katlı yapı maliyet dağılımı.....	80
Şekil 6.17. 54 katlı yapı maliyet dağılımı.....	81

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Keops piramidi.....	5
Resim 2.2. Ulm katedrali.....	5
Resim 2.3. San Gimignano.....	6
Resim 5.1. (a) 12 katlı model 3 boyutlu görünümü, (b) 30 katlı model 3 boyutlu görünümü.....	60

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
ΣA_g	Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en-kesit alanlarının toplamı
ΣA_p	Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı
A_o	Deprem bölge katsayısı (Etkin yer ivmesi katsayısı)
A_{sd}	Bağ kirişinde çapraz donatı demetinin her birinin toplam alanı
B	Model analiz minimum yük oranı
C_z	Hareketli yük azaltma katsayısı
f_{ck}	Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
f_{ctd}	Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{yd}	Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
F_{wi}	Binanın i'inci katında bağ kirişli perde sistemine etkileyen deprem yükü
H_{cr}	Kritik perde yüksekliği
H_i	Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği)
H_w	Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
K_o	Zemin yatak katsayısı değerleri
I	Yapı önem katsayısı

Simgeler	Açıklama
I_w	Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
n	Hareketli yük katsayısı
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
T_A, T_B	Spektrum karakteristik periyotları
V_d	Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
V_t	Eşdeğer deprem yükü yönteminde göz önüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
γ	Bağ kirişinde kullanılan çapraz donatı demetinin yatayla yaptığı açı
σ	Zemin emniyet gerilmelerine

Kısaltmalar	Açıklama
D.B.Y.B.H.Y. 2007	Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında
TS 500	Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları
Sta-4 Cad V-13.1	STA Bilgisayar Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti. Analiz programı

1.GİRİŞ

İnsanların kent merkezlerinde yaşama istekleri, depremler sonucunda yıkılanlar yerine yeni yapıların yapılması, hızlı nüfus artışı, nüfusun kentlerde yoğunlaşması ve endüstrileşme gibi sebeplerden dolayı ülkemizde hızla artan bir yapı gereksinimi vardır. Bunların karşılanabilmesi için yapı üretiminin geleneksel yöntemlerinden daha ileri teknolojilerle, en ekonomik çözümler uygulanması gerekmektedir. Zamanla yeni yapım tekniklerinin gelişiminden dolayı yapılarda kat sayısı artmıştır.

60 katlı bir yapı 4 tane 15 katlı bir yapının üst üste konması demek değildir [Bektaş, 1989]. Ancak ülkemizde özellikle yükleniciler tarafından yap-sat amacına yönelik olarak yapılan bazı çok katlı konut yapıları ne yazık ki bu anlayışla yapılmaktadır. Hâlbuki kat adedinin maliyete etkisi üzerinde elde edilmiş kesin bir veri yoktur. Amaç sadece konut üreterek konut açığını azaltmak veya kapatmak olmamalıdır. En ideal işlev, biçim, estetik ve ekonomi sağlamalıdır.

Çeşitli tasarım, üretim ve yapım ekiplerinin koordineli bir şekilde çalışmalarını gerektiren yapı üretiminde mimarın işlevini, salt işlevsel gereksinimlerin karşılanması ve estetik çözümler ile sınırlamak yetersizdir. Yapılarda taşıyıcı sistem, estetik kaygılar vb. kriterler gibi, *ekonomik doğrular* da tasarım aşamasında mimar tarafından ayrıntılı olarak ele alınmalıdır. Mimarın insanların yaşam biçimlerini belirlediği noktada ekonomiye müdahale etmek de elinde olmalıdır. Örneğin bir tasarımda bir kat artışının ekonomik olarak götürüleri yanında kazançları ve yapısal olarak değişimi mimar tarafından düşünülmelidir. İşverenin istediği kat adedi ile sınırlı kalınmamalı, bu konuda tasarımı yönlendirecek bilgiye sahip olunmalı ve tasarıma göre en rasyonel yüksekliğin kararı verilebilmelidir.

Bu çalışmada günümüzde yaygın olarak kullanılan “betonarme perde sistemler ile oluşturulan yapılar” ele alınmıştır. Ele alınan bu sistemlerin çok katlı sosyal konut üretiminde ve ülkemiz koşulları çerçevesinde farklı yükseklikte modellerinin maliyeti açısından irdelemesi yapılmış, kat adedi değişimi sırasında beton sınıfının ve zemin taşıma gücünün değişiminin yapının ekonomisi üzerine olan etkilerinin araştırılması

amaçlanmıştır. Bu çalışma gelecekteki bina tasarımcılarına gerek münferit tasarımlarda gerek bölgesel tasarımlarda ekonomik açıdan ışıktutacak bir kaynak olmayı hedeflemektedir.

Bu çalışmanın kapsamı olarak; kat sayısı fazla olan yapıların; malzeme özelliklerini, maruz kaldığı yükleri, kullanılan taşıyıcı sistemleri anlatmak; betonarme çok katlı yapı uygulaması konusunda en çok uygulaması yapılan perdeli sistemleri incelemek ve maliyeti etkileyebilecek değişkenlere göre analiz yapılarak sonuç elde etmek önerilebilir. Bu tez kapsamında öncelikle, konunun anlaşılması ve çalışmaya yön vermesi açısından katkı sağlaması amacıyla yukarıdaki konular ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Ankara’da, ülkemiz genelinde olduğu gibi yapı uygulamasında yaygın olan işlev konuttur. Bundan dolayı çalışmanın sayısal örnek kısmında deprem bölgesi olan ülkemiz için depreme dayanıklı tasarım ilkeleriyle ve Türk Deprem Yönetmeliği 2007’deki kurallara göre tasarlanmış bir konut planının farklı kat adetleri ile analizi yapılmıştır.

Yapıların Statik ve dinamik analizleri Sta4cad v-13.1 paket programı ile gerçekleştirilmiştir.

Analizlerde tasarım değişkenleri kat adedi, perde boyutları, beton sınıfı ve zemin emniyet gerilmesidir. Kat adedinin artması sonucunda taşıyıcı sisteminde oluşan değişiklikler, beton kalitesindeki ve zemin taşıma gücündeki farklılıkların yapının maliyeti üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapının toplam malzeme maliyetini minimize eden perde boyutları kullanılmış, “DBYBHY” ve “TS 500” de perde boyutları ve donatı ile ilgili koşullar da problemin kısıtlamaları olarak alınmıştır. Elde edilen sonuçların karşılaştırılması yapılmış, tablolar ve grafikler halinde sunulmuştur. Karşılaştırmalı maliyet analizlerinde; kaba inşaat malzeme bedelleri göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmış, maliyet analizleri sırasında piyasadan güncel fiyat incelemeleri yapılarak değerlendirmelerin günümüz şartlarına uygun olması sağlanmıştır.

2.ÇOK KATLI YAPILAR

2.1. Çok Katlı Yapılar Hakkında Genel Bilgi

2.1.1. Tanımı

Bir binanın, yüksekliğin göreceli bir kavram olmasından ötürü hangi kurallara oturduğunda, hangi yükseklik ve kat adedinde olduğunda yüksek bina tanımına uyacağı üzerine ortak bir tanım, görüş yoktur [Sev, 2001]. Çok katlı binalar ile ilgili tanımlamalar çeşitli disiplinler ve bu disiplinlerin çalışma sınırları içinde farklı biçimlerde yapılmaktadır. Çok katlı yapı tanımı, öncelikle o binanın nereye inşa edildiğine göre değişir. Örneğin; depremselliği yüksek olan Japonya’da 45 m’lik yüksekliği geçen yapılar yüksek yapı sınıfına alınıp dinamik hesapla birlikte özel tasarım önlemleri alınırken, depremselliği farklı, başka ülkelerde bu yüksek yapı değeri değişmektedir. Ya da 20 katlı bir yapı ABD’de Illinois’de Evanston’da inşa edildiğinde yüksek olarak düşünülürken New York’ta yüksek yapı olarak algılanmamaktadır [Hasgür, 1996].

Genel anlamalı sözlük anlamına bakıldığında yüksek yapı için ; “Taban alanı küçük, yüksekliği taban boyutlarına göre daha fazla, genellikle kule biçiminde, narin binalardır.” şeklindeki açıklamaya ulaşılır [Büyük Larousse Sözlük ve Ansiklopedisi, 1986].

“*Council on Tall Buildings and Urban Habitat*” adlı kitapta ise “Yüksek bir yapı; yüksekliği ile çevresindeki binalardan farklı bir tasarım, konstrüksiyon ve kullanım koşulları oluşturan bina” şeklinde bir açıklama ile tanımlama yapılmıştır. Ancak değinildiği gibi yüksekliğin göreceli bir kavram olmasından dolayı tanımlama konusunda yorum yapmaya izin vermemek isteniyorsa teknik şartnameler bakmak gerekmektedir.

Birçok ülkede çok katlı binaların karakteristiğine uygun olarak hazırlanmış yönetmelikler bulunmaktadır. Buna karşılık Türkiye’de bu düzeyde yönetmelikler

henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bir tek 1996 yılında çalışmaları yapılan İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapılar Yönetmeliği mevcuttur. Ancak hemen her belediyenin imar yönetmeliğinde yüksek yapı sınırları tanımlanmaktadır. Bu tanımlar ve değerler şehirlere göre de değişmektedir.

İstanbul İmar yönetmeliğinde; “Yüksek yapı; genel olarak yakın ve uzak çevresini, fiziksel çevre, siluet, kent dokusu ve her türlü kentsel alt yapı yönünden etkileyen bir yapı türüdür. Binanın herhangi bir cephesinden görünen en düşük kottaki bina yüksekliği en az 60.50 metre olan yapılar, yüksek yapılar olarak kabul edilir.” şeklinde iken Ankara İmar Yönetmeliğinde; “Bina yüksekliği 21.50 metreden veya yapı yüksekliği 30.50 metreden fazla olan binalar yüksek yapı olarak kabul edilir.” şeklindedir. Ayrıca İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapılar Yönetmeliğine göre de tanımlama şu şekildedir; “Yüksek yapı, genel olarak yakın ve uzak çevresini, fiziksel çevre, kent dokusu ve her türlü kentsel alt yapı yönünden etkileyen bir yapı (bina) türüdür. Son kat tavan döşeme kotu 30.80 m’yi ve/veya bodrum kat dâhil olmak üzere toplam kat adedi 13’ü aşan (13. kat hariç) yapılar yüksek yapı olarak kabul edilir.” [İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapılar Yönetmeliği, 1996].

Çok katlı yapı tanımı hangi meslekten kişiye sorulduğuna da bağlıdır. Örneğin; *makine mühendisleri* açısından asansör, yürüyen merdiven, ısıtma, havalandırma ve tesisat işleri çözülecek yapı yüksek yapı olurken; *bir yangın uzmanına* göre yatay yangın bölgelerine bölünmesi ve yangınla mücadele için özel ekipmanların yerleştirilmesi gerektiren yapı yüksek yapı kabul edilir. *Yapı mühendisliği* açısından da bir yüksek yapı, belirlenen mukavemet, öteleme ve işletme ölçülerine uyarak yatay rüzgâr ve deprem yüklerine dayanacak ve yeterince ekonomik olacak şekilde yapısal taşıyıcı sistemi düzenlenecek bir yapıdır [Hasgür, 1996].

Bir mimar için ise yüksek bina; yakın ve uzak çevresini fiziksel çevre, kent dokusu, her türlü kentsel altyapı yönünden etkileyen, yapım, üretim yöntemlerinde ve taşıyıcı sistem kurgusunda geleneksel yöntemlere göre farklılaşmaların olduğu bir yapı türü olarak düşünülebilir.

2.1.2. Gelişimi

Tarihte çevredeki diğer yapıların yükseklikleri ile belirlenen ve üzerinde işlev barındıran, başka deyişle işlevi yüksek olmak olan yüksek yapılara her dönemde ve her yerleşme biriminde rastlama olanağı vardır [Eyüce, 1996]. Çok katlı yapıların oluşum sürecine bakıldığında zaman önemli bir etken *dini inanışlar*'dır. Tarihin en eski yapılarından biri olan, Mısırlıların kralları Keops'u gömüp, hazinesini saklamak için taştan yaptıkları piramit (MÖ 2600), 146 metre yüksekliği ile yüksek yapıların ilkidir (Resim 2.1). Sonraları da gökyüzüne ulaşmayı amaçlarcasına şekillenen cami, katedral gibi dinsel yapılar vardır. Günümüzde bu göğe uzanış olgusu en iyi 162 metre yüksekliğinde, dünyanın en yüksek katedrali olan Ulm katedralinde hissedebilir (Resim 2.2).



Resim 2.1.Keops piramidi



Resim 2.2. Ulm katedrali

Korunma amaçlı şatolar da aynı etkileri uyandırmak amaçlı yapılmışlardır [Sepkin, 1989]. İtalya’da San Gimignano’da, güçlü ailelerin evleri kule biçiminde yükselmiş, savaşı yitirme korkusu ile düşmanlarına karşı kendilerini emniyette hissetmek isteyen insanlar bir üst kata sığınma gereği duymuşlar ve bu evler kat sayıları arttıkça kule evler haline dönüşmüşlerdir (Resim 2.3) [Bektaş, 1989]. Edinilen bu bilgiler ışığında eski tarihlerde yükselen yapıların oluşum gerekçelerini; gözetleme, güvenlik, göğe yükselme tutkusu, manzarayı görme, sınıf ayırma vb. şeklinde sınıflandırılabilir.



Resim 2.3. San Gimignano

Eski çağlardan günümüze kadar gelen değişik amaçlı ilk örneklerden sonra, Endüstri Devrimi ile yüksek yapı kavramı değişmiş; dini sembollerden ticari yüksek binalara geçiş ile 19. yy.’ın ortalarından sonra endüstriyel mimariye geçiş belirmiştir. Dünyada ilk olarak yükselen yapılar A.B.D. ortaya çıkmıştır. Fakat daha sonra birçok ülkede örneklerine rastlanmıştır.

Teknolojik açıdan; bilimsel gelişmeler, yapı malzemesindeki ve yapım teknolojisindeki teknik aşamalar çok katlı yapı gelişiminde geniş olanak yaratmıştır. Zamanla bu gelişmeler ülkeler, şehirler veya firmalar arasında bir yarış niteliğinde amaç haline gelmiştir.

Gelişme konusuna Türkiye açısından bakacak olursak; Türkiye’de kule ve minare gibi, çevrenin genel düzeninden farklı olarak, yükselen narin yapılarının oldukça uzun bir tarihi vardır. Ancak her katında insanların yaşadığı ve çeşitli faaliyetler yürüttüğü çağdaş çok katlı yapılar, ülkemizde ancak 1950’lerde gündeme gelmiştir. 1970’lerin

ortalarına kadar 15 katı geçmeyen yapılar yapılmıştır. 1975–1985 yılları arasında kat sayılarında sınırlı da olsa artışlar dikkati çeker [Benli, 2005].

Türkiye’deki gecikmenin arkasında Türkiye’nin birinci derece deprem kuşağında bulunması önemli rol oynamaktadır. Ancak zamanla diğer ülkelerde yüksek bina yapımını gerektiren çeşitli faktörlerin ülkemizde de oluşması ve gelişen teknoloji yapılarda kat adedinin artmasını zorunlu hale getirmiştir [Özgen ve Sev, 2000]. 1980’li yıllardan itibaren Türkiye’nin dış ülkelere açılma politikasına paralel olarak iş hacminin artması, barınma gereksiniminin çoğalması ve turizm alanındaki gelişmeler başta İstanbul ve Ankara olmak üzere büyük şehirlerde çok katlı bina yapımını hızlandıran faktörlerden olmuştur [Sev, 2001]. Geçmişten günümüze kadar yüksek yapıların yapılma sebepleri değişmiştir. Günümüzde;

- ◆ Şehirlerde kullanılan sahaların azalması,
- ◆ Buna paralel olarak kullanılacak arsa fiyatlarının baş döndürücü şekilde artması,
- ◆ Yine bunun neticesi olarak da arsadan azami kazanç temin etmek hırs ve arzusu,
- ◆ Teknik imkânların artması ve yüksek binaların yapımının artık zor olmaması,
- ◆ Firmalar arasındaki rekabetin, firmaların kudretini, içinde çalıştıkları binalarla reklâm etmek arzusu,
- ◆ Şehir nüfuslarının mütemadiyen artması nedeniyle, merkezlerdeki iş yerlerinin, artan çalışan insan nispetinde genişletilmesinin artık zeminde değil, binaların yükseltilmesiyle mümkün olabileceği gibi sebeplerle artık binalara gün geçtikçe yeni katların eklenmesi, çatıların gökyüzüne yaklaşması hiç de şaşırtıcı olmamaktadır. Yüksekçe ulaşma arzusu günümüze kadar kagir duvarlar ile başlayıp betonarme veya çelik sistem ile gelmiştir. Değişen koşullarla da daha da ilerleyecektir.

2.2. Çok Katlı Yapılarda Malzeme Seçimi

Yapı inşa etme eyleminin ilk ortaya çıktığı günden bugüne kadar geçen süre içerisinde birçok malzeme ve uygulama teknikleri geliştirilmiştir. Tez kapsamındaki çok katlı yapılar incelendiğinde;

Çok katlı yapılar uzun yıllar yalnızca giriş ve ışık için delikler içeren kâgir duvarlarla oluşturulmuştur. Bu yapılarda tüm düşey yükleri ve dış etkileri kâgir duvarlar taşınmış; açıklıklar kemerlerle, döşemeler ise kubbe ve tonozlar gibi geleneksel yöntemler ile geçilmiştir. Belirli bir dönem devletlerin zayıflaması ile kaybolan yüksek kâgir duvarlı yapılar, 19.yüzyılda batı şehirlerinin hızla büyümesiyle artan nüfus yoğunluğu karşısında yeniden ortaya çıkmıştır. Fakat bu sistemde yükseklik arttıkça duvar kalınlığının da artması sistemin olumsuz yönlerinden biri olmuştur.

19. yüzyılın başında mühendisler, yeni birer inşaat malzemesi olan dövme ve dökme demir ile çeliğin bulunmasıyla duvar kalınlığı sorununu halletmişlerdir. Demir ve daha sonra çelik çerçeve, yapıda yükselmeye ve daha büyük açıklıklara olanak sağlamıştır. Ağırlık ve kalınlık sorunu olan sistemler yerine hafif iskelet sistemler kullanılmaya başlanmıştır. 19. yüzyılda çelik iskelet çerçeveli yapıların ilk uygulamalarında, çerçevelerle birlikte cephelerde kâgir duvarlar geleneksel olarak kullanılmıştır. Bu uygulamalarda çerçeveler, masif duvarların içine gizlenmiştir. Ancak daha sonra yüksek yapılara gereksinimin artması ve kısa zamanda çok sayıda, hafif bina yapılması gerekleriyle, taşıyıcı duvar terk edilerek bütünüyle çelik iskelet sistemlere yönelinmiştir.

İlerleyen zaman ve tecrübeyle 19.yüzyılda bir dizi teknolojik gelişmeler olmuş, 1824 yılında Portland çimentosunun J.ASPDİN tarafından bulunmasıyla basınca dayanıklı bir malzeme olan beton yapı alanına girmiştir [Sev, 2001]. Beton ve çeliğin avantajlarından birlikte yararlanılarak betonarme şeklinde kullanılması ise 1890'lara denk gelmektedir.

Günümüz koşullarında ise çok katlı yapı yapımında çelik ve betonarme en fazla kullanılan malzemelerdir. Mimari tasarımın omurgasını teşkil eden taşıyıcı sistemin belirlenmesinde, fonksiyonellik ve ekonomikle birlikte kullanılacak malzemenin de etkisi vardır. Kat adedine ve yapının fonksiyonuna göre yapının taşıyıcı sistemine karar verilirken malzeme kararının önemi ortaya çıkmaktadır. Kullanılan malzemenin niteliği, taşıyıcı sistem seçiminde önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin binanın yakın çevresinde elde edilemeyen ve yüksek taşıma giderlerine neden olacak

bir taşıyıcı sistem malzemesi bina maliyetini önemli ölçüde arttıracaktır. Ancak kolay bulunabilen malzemeler bile özellikleri, davranış biçimleri içinde değerlendirilmelidir. Nitelikleri göz ardı edilerek değerlendirilen taşıyıcı sistem malzemeleri daha sonra giderilmesi zor problemlerin ortaya çıkmasına neden olabilirler.

Zamanla yeni strüktürel sistemler gelişim gösterirken yüksek mukavemetli malzemelerin gelişimi de söz konusudur. Edinilen tecrübeler ile inşaat uygulama teknolojisindeki yöntemler içinde yeni yollar bulunmuştur. Çok katlı yapı taşıyıcı sistemi çelik, betonarme ya da kompozit malzemeden yapılmış olabilir. Tez kapsamında betonarme taşıyıcılar inceleneceği için betonarme malzeme ayrıntılı olarak ele alınmış, diğer adı geçen malzemelerden de bahsedilmiştir.

2.2.1. Betonarme

Basınca dayanıklı bir malzeme olan beton'un yapı alanına girmesi 1824'te J.ASPDİN tarafından Portland çimentosunun bulunmasına rastladığından bahsedilmiştir. Bu yeni yapı malzemesi, birkaç saat içinde sertleşmeye başlayıp üç hafta içinde taşlaşıp inanılamayacak bir taşıma gücüne sahip olmuştur. İlk başlarda ağırlığı fazla olan yapı temellerinde; sonra kirişler ve döşemelerde kullanılmıştır [Turani, 1995]. Beton; çimento, su ve agreganın karışımından oluşan yapay taştır. Gerçek bir beton mukavemeti yüksek, dış etkilere karşı dayanıklı, boşluksuz ve geçirgenliği olmayan bir malzeme olmalıdır. Betonda aranan diğer bir özellikte, servis ömrü boyunca beklenen davranışı sergilemesidir. Betonun servis ömrü ise durabilitesi ile orantılı olmaktadır [Gjorv, 2001].

Beton ve çeliğin avantajlarından birlikte yararlanılarak betonarme şeklinde kullanılması ise 1890'lara denk gelmektedir. Betonarme elemanlar, beton ve çelik donatının birleşimi olarak tarif edilebilir. 20.yy da betonarmenin kendine özgü nitelikleri araştırılıp ortaya konmasıyla betonarme çok katlı binaların gelişimi hızlanmıştır [Özgen, 1989].

Betonarme yapıda betonun basınca, çeliğin çekmeye çalıştırılması bu her iki malzemenin özelliklerinin gereğidir. Betonarmenin esası, elemanın bünyesinde meydana gelen çekme gerilmelerini çeliğin karşılamasıdır. Çelik olarak düz veya yivli, dairesel kesitli çelik çubuklar kullanılır. Betona yerleştirilen çeliğin betona yapışmasında aderans dayanımı çok önemli rol oynamaktadır [Tuna, 1993]. Sünek olarak kırılan betonarmede çok enerji tüketilir. Kırılma yavaş yavaş ve çok büyük deformasyonlar oluştuktan sonra ortaya çıkar. Şekil değiştirmeler artmaya devam ederken, betonarme eleman, üzerine uygulanan yükü aynen taşımaya devam eder.

Betonarme formdaki esneklikler çok çeşitli taşıyıcı sistemin geliştirilmesine olanak sağlamıştır [Ali ve Armstrong, 1995]. Betonun önemli bir görevi de beton ve betonarme kısımlara form vermektir. Betonarme, çelik konstrüksiyona göre karmaşık kaynaklı veya soğuk birleşimli detayların getirdiği zorluklardan uzaktır. Böylece daha az kalifiye elemana ihtiyaç vardır. Kullanılacak malzemenin ve işgücü miktarının taşıyıcı sistem seçiminde önemli bir rolü bulunmaktadır. Taşıyıcı sistem yapımında ve malzeme uygulanmasında gerekli olan işçilik düzeyi önem taşımakta, kalifiye işçi gereksiniminin az olması maliyeti düşürmektedir.

Betonarmenin bahsedilenler dışındaki diğer avantajları da günümüzde kullanılan pompalama teknolojisi ile belli yüksekliklere kolaylıkla ulaşmasını sağlaması, betonarme yapıların yangından korunumu zaten her inşaata koyulan pas paylarıyla kolaylıkla sağlanması ve taşıyıcı sistemin yangından korunması için başka bir önleme gerek kalmamasıdır.

Türkiye koşullarında beton kullanımı en ideal seçimdir. Agreganın fazla olması, taşıma maliyetinin az olması, çimento üretiminin fazla olması betonarme kullanımını en ekonomik çözüm haline getirmektedir. Yapıların büyük bir bölümü betonarme taşıyıcı sistem ile tasarlanmıştır ve tasarlanmaktadır. Ancak son on yıl içerisinde yaşanan depremler ve felaketler ülkemizde beton kalitesinin önemini gündeme getirmiştir. Düşey yükler altında yeterli gibi görünen bir kalitesiz betonun, yatay yüklerin etkimesi ile birlikte ufalandığı, toz gibi dağıldığı ve çelik donatıyı saramadığı diğer bir deyişle aderansı sağlayamadığı gözlenmektedir. Bir beton, basınç gerilmelerine dayanıklı, donatıyı sararak burkulmayı önlediği ve donatı

sıyırılmasına müsaade etmediği sürece kaliteli bir beton olarak kabul edilebilir. Marmara depremi sonrasında belirli bölgelerdeki yapılardan alınan karot numunelerin beton mukavemeti; Bağcılar 8.1- Avcılar 7.9- Adapazarı 16.2- Kocaeli 16.2- Yalova 18.2- Çınarcık 5.4- Gölcük 11.7 N/mm² bulunmuştur [Taşdemir ve Özkul, 1999]. Bu da birçok bölgede üretilen betonların C14 betonunu dahi sağlamadığını göstermektedir.

Yaşanan depremlerle birlikte, yapılan çalışmalar ışığında sağlam bir yapı elde edilebilmek için beton sınıfının önemi bir kez daha görülmüş, bu sebeple 2007 Mart ayında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, beton mukavemetinin en az 20 N/mm² olması (C20) gerektiğini şart koşturmuştur. Gelişmiş ülkelere göz gezdirildiğinde Avrupa Birliğine üye ülkelerde ve Amerika’da C25 altında beton kullanımına izin verilmemekle birlikte C30 ve C35 betonları yaygın olarak kullanılmaktadır. Kaliteli ve uzun ömürlü bir binanın C30 beton ve üzeri betonlarla sağlanabileceği bir gerçektir [Özkan, 2004].

Günümüzde beton üzerine çalışmalar hala devam etmektedir. Beton endüstrisinin hızla gelişimi ve gereksinimlere süratle cevap vermesi ile çeşitli beton türleri üretilmektedir. Amaç; yenilikçi yaklaşımlar ile doğru uygulamalar yapmak olmuştur. Günümüzde yaygın olarak kullanılan beton türlerinden bahsetmek gerekirse ilk akla gelen yüksek dayanımlı beton olacaktır. Ardından ise kendiliğinden yerleşen beton ve çelik tel donatılı beton gelecektir.

Yüksek dayanımlı beton

Gelişen beton teknolojisiyle “süper akışkanlaştırıcı” katkı kullanımı ile su/çimento oranının düşürülerek basınç dayanımın arttırıldığı yüksek dayanımlı betonlar günümüzde yaygınlaşmış durumdadır. Beton basınç dayanımına göre sınıflandırıldığında 3 ana grupta toplanabilir:

- a) Normal Beton: basınç dayanımı 12 ~ 40 N/mm² arasında
- b) Yüksek Dayanımlı Beton: basınç dayanımı 40 ~ 80 N/mm² arasında

c) Çok Yüksek Dayanımlı Beton: basınç dayanımı $80 \sim 140 \text{ N/mm}^2$ arasında[Tuna, 1993].

Yapılarda kullanılabilen yüksek dayanımlı beton; maliyette, kolon boyutlarında ve inşaat zamanında önemli ölçüde değişikliğe sebep olan, ayrıca çevre koşullarına karşı farklı davranan bir beton türüdür. Günümüzde şantiyede uygulanabilir beton sınıfı çeşidinin artması, inşa edilecek yapılarda kullanılabilecek beton sınıfı alternatiflerini de artırmıştır. Yüksek dayanımlı betonların sık kullanıldığı yerler; gökdelenler, köprüler, barajlar, deniz yapıları, su ve akarsu yapıları vb. gibi önemli yapılardır.

Yüksek dayanımlı betonun sağladığı bazı yararları açmak gerekirse; Yüksek dayanımlı beton kullanılınca kolon ve kiriş boyutları daha az olacağı için betonun imalat bedelinde nisbeten bir artış olsa da betonarme taşıyıcı sistemin toplam maliyetinde önemli kazançlar sağlanabilir. Bu maliyet hesabında; beton hacmindeki, betonarme kalıplarındaki, demir donatı miktarındaki ve iskele masraflarındaki azalmalardan doğan tüm kazançlar düşünülmelidir. Ayrıca bina kat adedi arttıkça yüksek dayanımlı beton kullanarak imal edilen kolonların toplam maliyetinde sağlanan kazançlarda gittikçe büyür [Gürlek ve Özturan, 1991]. Yüksek dayanımlı beton elastisite modülünün yüksek olması binanın rijitliği artmasına, böylece katlar arası relatif deplasman oranlarında önemli düşmeler olmasına neden olur. Buda binanın depreme karşı davranışında ve depremde beklenen hasar seviyesinde önemli kazançlar sağlar. Bu beton sınıfının ekonomi ve sağlamlıktan başka getirdiği en önemli kazanç ise dış etkenlere, zararlı çevre koşullarına karşı dayanıklı ve uzun ömürlü olmasıdır.

Çok katlı betonarme yapıların yükseklikleri; perde duvarlar ve tüp sistemler gibi taşıyıcı sistemler ve kimyasal katkıları, yüksek mukavemet ve hafifliğe sahip beton sayesinde büyük bir oranda arttırılabilmektedir. Yüksek dayanımlı beton ile duvar kalınlığının minimuma inmesinin sağlanabilmiş olması bu yapılarda kat alanında kazançlar sağlamıştır.

Elde edilen yararlar doğrultusunda yüksek dayanımlı beton üretiminde daha büyük ilerlemeler olmuş, 2007 yılında yurtdışında çok yüksek dayanımlı beton sınıfına giren C120 ve üstüne çıkmıştır. Hatta günümüzde Fransa’da Lafora Belen firması C250’yi rutin olarak pazarlamaktadır. Aynı firma laboratuvarlarında da C800’leri test etmektedir [Gürlek ve Özturan, 1991].

Yüksek dayanımlı betonların önemli sakıncaları ise; yangına karşı dayanımlarının az olması, otojen rötrenin yüksek değerler alması ve kırılırken gevrek davranış göstermeleridir. Gevrek kırılma ile büyük miktarda enerji tüketilemez. Oysa depremle başa çıkabilmek için büyük miktarda enerji tüketmek gerektir. Yüksek ve çok yüksek dayanımlı yalın betonlarda farklı bir uygulama olarak bu malzemelere kısa kesilmiş çelik teller eklenerek sünek davranış elde edilmektedir [Taşdemir ve diğ., 2003]. Bu uygulamalar genellikle yollar, köprüler için tercih edilmektedir.

Çelik tel donatılı beton

Çelik tel donatılı betonda çelik tellerin yüzey ve kenarlar da dahil, betonun her doğrultusunda kontrollü ve güvenceli bir şekilde dağılması sağlanır. Böylece çelik tel donatılı beton ile üç boyutlu bir donatı sistemi elde edilir. Sonuçta, bu beton karmaşık yüklemelere karşı koyar ve çatlama riski azalır [Akçansa, 2009].

Çelik tel donatılı betonun kullanma alanları olarak, zemin betonları, şap ve koruma betonları, saha betonları, fabrika zeminleri, otoparklar, beton yollar, benzin istasyonları, stok sahaları, derzsiz zemin betonları, soğuk hava depoları zeminleri, döşeme şapları, topping betonları, liman kaplamaları ve tersaneler sayılabilir. Zeminlerde betonunun enerji yutma kapasitesi artar, böylece zeminin ömrü uzar. Çelik teller, beton gibi yarı gevrek bir malzemede sünekliği arttırmak için giderek daha fazla kabul görmektedir.

Avantajları düşünülürse; ek donatıya gerek olmadığından inşaat süresi kısalmış ve işçilikten tasarruf sağlanır. Ayrıca çelik tel donatılı betonda geleneksel donatıya göre tasarım, çizim, ölçme, kesme, kaynak, stoklama, yerleştirme ve denetim

aşamalarında insan gücünde tasarruf sağlanır. Çelik tel donatılı beton ile döşeme kalınlığı azaltılır. Böylece toplam maliyet de düşer. Çelik tel donatılı beton esnemeyi artırır. Çelik donatının tüm kesite dağılması sayesinde çatlak kontrolü sağlanır. Sıcaklık değişimine ve farklı sertleşme sürecine bağlı çatlamlar yok edilir. Çelik teller ilerleme eğilimindeki çatlak üzerinde köprü görevi üstlenerek çatlağın büyümesini engeller. Sonuçta betonun durabilitesi artar. Dinamik yüklemelere ve şok etkilere karşı yüksek direnç gösterir.

Kendiliğinden yerleşen beton

İlk olarak 1980’li yıllarda Japonya’da Prof. Hajime Okumura tarafından geliştirilen bu beton türünün özelliği, beton dökümü sırasında vibratör ile veya şişleyerek sıkıştırmaya gerek kalmadan, en sık donatılı bölgelerde ve en dar kesitlerde bile ayrıışmadan kendi kendine yayılarak yerleşmesidir. Bu beton türü işçilikten ve zamandan tasarruf sağlar. Kendiliğinden yerleşen beton aynı zamanda en zor ve karmaşık kalıplarda bile yüksek akıcılığı ve boşluk doldurma yeteneği sayesinde son derece pürüzsüz yüzeyler elde edilmesini sağlar, kalıp tasarımlarına estetik ve mimari özgürlük getirir.

Kendiliğinden yerleşen beton tüm akışkanlığına rağmen yüksek dayanıma ek olarak, aynı zamanda son derece düşük boşluk yapısı nedeniyle geçirimsiz, dış etkilere dayanıklı ve uzun ömürlü bir betondur. Ayrıca gürültü probleminin ortadan kalkması, şehir merkezlerinde ve özellikle gece beton dökümlerinde avantaj getirir.

Kendiliğinden yerleşen beton; güçlendirme projelerinde, sık donatılı elemanlarda, şehir merkezlerindeki şantiyelerde, estetik kalıp tasarımlarında zor ve ulaşılmaz kalıplarda, vibratör kullanımının imkânsız olduğu yerlerde kullanılabilir.

Kendiliğinden yerleşen beton ile ilgili çok sayıda deney yapılarak C35/45 sınıflarında da üretimi sağlanmıştır [Akçansa, 2009]. Standart beton yerine tüm taşıyıcı yapı elemanlarında kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak tünel kalıplar ve yüksek katlı konutlar içinde yayılım, dane boyutu, priz süresi gibi özellikler ile dizayn değişikliği yapılarak farklılaştırılabilir. Kendiliğinden yerleşen beton ile ilgili çok sayıda deney yapılarak C35/45 sınıflarında da üretimi sağlanmıştır [Akçansa, 2009]. Standart beton yerine tüm taşıyıcı yapı elemanlarında kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak tünel kalıplar ve yüksek katlı konutlar içinde yayılım, dane boyutu, priz süresi gibi özellikler ile dizayn değişikliği yapılarak farklılaştırılabilir.

Beton teknolojisindeki gelişmeler, dayanım ve dayanıklılık açısından yüksek performanslı beton üretimine olanak sağlamıştır. Betonun mekanik özellikleri büyük ölçüde malzeme bileşenleri, taze beton performansı ve bakım koşullarına göre değiştirilmiş, geliştirilmiştir. Beton malzeme kullanımıyla ekonominin sağlanması ve birlikte yapıların depreme karşı dayanıklılığını sağlayan malzeme davranışı sağlanmaktadır.

2.2.2. Çelik

Yapı sistemlerinde **çeliğin** kullanılması her ne kadar 1856'da Bessemer'in çelik yapım sürecini keşfetmesine dayansa da çelik profillerin yapımı ancak 1885'te mümkün olmuştur. Bu profillerin yüksek yapılarda uygulanması 1889'da 300m yüksekliğindeki Eiffel Kulesi'nin yapımında ortaya çıkmıştır [Sev, 2001].

Çok katlı binaların ilk örneklerinde yalnızca yerçekimi yüklerini taşımak üzere tasarlanan çelik elemanlar bir süre sonra rüzgâr ve depreme dayanıklı basit portal çerçevelerin üretilmesinde kullanılmıştır. Bölge koşulları yeterli olduğu durumlarda çelik konstrüksiyon çok katlı binalar için en etkin ve maliyet açısından da en yararlı konstrüksiyon tipi olabilir.

Çeliğin yüksek dayanımı ve esneklik modülü, strüktürel dayanım ve rijitlik açısından bakıldığında büyük avantaj sağlamaktadır. Çelik sünekliği, hafifliğine oranla yüksek dayanımı, üretim kolaylığı ve ulaştırma ekonomisinden dolayı başta 70 veya 80 kattan daha yüksek olarak tanımlanan süper yüksek binalar olmak üzere orta yükseklikte ve yüksek binalar için de tüm dünyada yaygın olarak tercih edilen bir taşıyıcı sistem malzemesidir [Ali ve Armstrong, 1995]. Çelik üretiminde ülkemiz dünyada ön sıralarda yerini almasına rağmen, bu üretim potansiyeli inşaat sektörüne aynı düzeyde yansımamaktadır [Badem, 2004].

Çelik malzemenin uygulaması, hava şartlarına bağlı olmayan bir yapım sürecidir. Atölyelerde milimetre ölçülerinde kesilebilen çelik, işlendikten sonra sadece montaj aşamasında şantiye şartlarına bağımlı kalmaktadır. Ayrıca çelikten yapı elemanları

gerekli görülen durumlarda yerinden çıkartılabilmekte ve yenisiyle değiştirilebilmektedir.

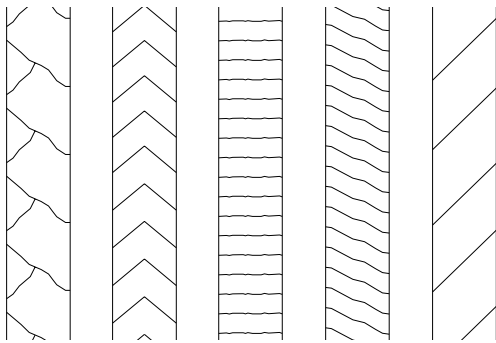
Çelik malzeme betonarme için de önemlidir. Yapı elemanlarının donatılarında kullanılmaktadır ve görevi çekme gerilmelerini taşımaktır. Donatıların uygun biçimde eklenmesi, doğru donatı seçimi ve beton içinde yeterli biçimde ankrajlanması çok önemli konulardır. Betonarme yapı elemanlarında sünekliği sağlayan donatı yüksek plastik biçim değiştirmeler altında dahi tersinir yükleri taşıyabilmelidir.

Donatı olara kullanılan çelikler en küçük akma sınırı gerilmelerine göre:

- ◆ En küçük akma sınırı 220N/mm^2 , (I)
- ◆ En küçük akma sınırı 420 N/mm^2 , (III)
- ◆ En küçük akma sınırı 500 N/mm^2 , (IV)

Beton çelik çubukları yüzey özelliklerine göre:

- ◆ Düz yüzeyli (D)
- ◆ Nervürlü (N)
- ◆ Yüzeyi profilli (P) şeklinde sınıflandırılabilirler [Tuna, 1993]. Betonarmede çoğunlukla düz yüzeyli yuvarlak çelik, üzeri nervürlü çelikler kullanılır.



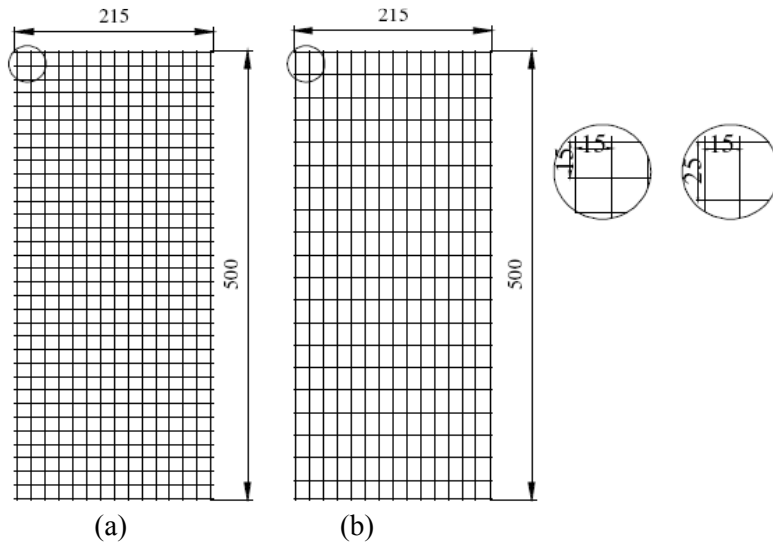
Şekil 2.1. Nervürlü çelik türleri

Farklı olarak döşemeler, perdeler ve sömelleri için fabrikasyon hasır çelik imal edilmektedir. Hasır çelikler muhtelif çap ve aralıkta yüksek mukavemetli nervürlü

ubukların iki doğrultuda nokta kaynağı ile tespit edilerek hazırlanan betonarme donatı malzemesidir [Tuna, 1993].

İnşaat demirine göre bu uygulama ekonomi, işçilikte kalite ve kolaylık sağlar. Donatı montaj ve kalıp bekleme sürelerini azaltır, inşaata hız kazandırır. Donatılara kanca yapmaya, pilye kıvrırmaya, çubukları tek tek düzeltip kesmeye gerek kalmaz. Ancak normal betonarme donatıları ile kıyaslandığında mukavemeti yüksek buna karşılık sünekliği azdır. Hasırlar, ubuk aralıklarına göre önce iki türe ayrılır.

Q hasırları; Her iki yöndeki çubuk aralıkları eşittir.(15x15 cm) (Sekil 2.2a) İki doğrultuda çalışan döşemeler ile perde gövdelerinde kullanılır. R hasırları ise en çubuk aralıkları boy çubuk aralıklarından farklıdır.(15x25 cm) (Sekil 2.2b) Tek doğrultuda çalışan döşemelerde, döşeme mesnetlerinde kullanılır[Sucu, 2006].



Şekil 2. 2. (a) Q Hasırları, (b) R Hasırları

Çelik, nitelikleri ve sağladığı olanaklarla yapı tasarımı için göz ardı edilemeyecek bir yapı malzemesidir. Gerek yalnız kullanıldığında gerek beton ile tercih edildiğinde uygun tasarım ve birleşimlerle büyük deprem yüklerine karşı koymaktadır.

2.2.3. Kompozit malzeme

Yüksek binaların tarihsel sürecinde betonarme ve elik yapım sistemleri birbirinden bağımsız olarak gelişmiş, mühendisler ve mimarlar bu binaları betonarme veya elik

olarak tasarlamaya göre eğitim almışlardır. Fakat Kahn bu sınırı 1969'da 20 katlı bir binada betonarme ve çeliği kompozit bir sistem oluşturacak şekilde bir arada kullanarak aşmıştır [Taranath, 1997]. Günümüzde karma fonksiyonlara olduğu gibi malzemelere doğru da büyük bir eğilim görülmektedir. Kompozit çelik ve beton uygulamalarına pek çok projede rastlanmaktadır. Farklı sistemlerin birlikte kullanıldığı durumlarda, yüksek yapıların yatay rijitliğini arttırmak amacıyla yapılan son çalışmalar beton ve çeliğin birlikte çalışmasını sağlamaktır. Bu kavram döşeme ve kolonlar gibi taşıyıcı sistem elemanlarında yıllardır uygulanmıştır. Fakat tüm yapıyı kompozit olarak tasarlamak yeni sayılabilecek bir yaklaşımdır [Özgen & Sev, 2000]. Bu uygulamada çelik strüktürün hızlı yapım ve yüksek dayanımı, iç mekanda serbestliği ile beton uygulamanın yangın koruyuculuğu, yalıtkanlığı, yatay rijitliği ve şekil verilebilirliği bir araya getirilmektedir.

2.3. Betonarme Çok Katlı Yapılarda Taşıyıcı Sistemler

Binaların birçok yapı bileşeninden oluştuğu düşünüldüğünde bu bütünü ayakta tutarak dıştan ve içten gelebilecek tüm etkilere karşı dayanım sağlayacak bir sisteme gereksinim olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu sistem aynı zamanda mimari, teknik işlev ve donanımlarının düzenlenmesi ve binanın konfor koşullarının sağlanması için de olanak sağlamalıdır. Binadaki tüm bu işlevlerin yerine getirilebilmesi, *etkin bir taşıyıcı sistem tasarımı* ile mümkün olmaktadır [Sev, 2001]. Yapının taşıyıcı sistemi yatay ve düşey düzlemlerde birbiriyle birleştirilmiş düzlem ve çubuk elemanların oluşturduğu bir bütündür. Bu elemanlar, kendilerine gelen yükleri, en emin ve kısa yoldan zemine aktaracak şekilde düzenlenmektedir [Yamantürk ve Özşen, 1993].

Çok katlı yapıların taşıyıcı sistem tasarımında sistemin yatay ve düşey yükler altında davranışı ve etkinliği ilk plandadır. Fakat bunlar kadar kullanım amacı, işlevsel çözüm, estetik, yapım kolaylığı, ekonomisi de taşıyıcı sistem seçimini etkileyecektir. Örneğin; serbest büro anlayışının gelişmesiyle, büyük ve kolonsuz mekânlara gereksinim duyulmuş ve bu gereksinim büyük açıklıkların gelişmesi gereğini ortaya çıkarmıştır. Ya da taşıyıcı sistem kullanımı açısından konut işlevli çok katlı yüksek

yapılar incelendiğinde, genelde büyük açıklıklı mekânlar gerektirmediklerinden dolayı perde duvarlı taşıyıcı sistemler kullanıldığını görülecektir.

Yapının yükler karşısındaki davranışları ilerde oluşacak problemleri önleyip taşıyıcı etkinliğini sağlamak için çok iyi incelenmelidir. Yapının güvenliği ve kullanılabilir olması için tasarımcının kuvvetleri ve yük etkilerini iyi bilmesi gerekir. Ayrıca optimum maliyetli, karmaşık detaylandırma gerektirmeyen, yapımı kolay olan bir sistem seçmek gibi amaçların yerine getirtilebilmesi için strüktürel davranışın iyi bilinmesi gerekmektedir. Strüktürel davranış ise; mekanik kanunlara, malzeme özelliklerine, taşıyıcı sistem elemanlarının davranışlarına ve zemin koşullarına bağlıdır.

2.3.1.Taşıyıcı sistemlere etkiyen yükler

Yüksek yapılar ömürleri boyunca birçok yük etkisinde kalırlar. Bu yüklerin birçoğu kendinden veya tasarım tercihlerinden kaynaklanır. Bu bölümde kuvvetler ve bunların yapı üzerindeki yük etkileri incelenmiştir. Binaya etkiyen yüklerin bina tasarımından önce tayin edilebilir duruma gelmesi gerekmektedir. Çünkü bütün yerleşim bölgeleri için geçerli olabilecek, standart bir taşıyıcı sistem çözmek mümkün değildir. Her bina kendine ve bulunduğu bölgeye özel koşullara göre tasarlanıp uygulanmaya konulmalıdır. Hesaplamalar yapılırken yükler birleştirilmelidir ve yapı tasarımında bu yükler birlikte ele alınmalıdır. Bu yüklerin tahmini için yapı yönetmelik ve şartnameleri göz önünde bulundurulmalıdır. Şartname değerleri yüksek olarak verilir, çünkü her zaman için dikkate alınması gereken ilave yükler olabilir.

Düşey yükler

Bir yapıya taşıyıcı sistem seçerken ve bu taşıyıcı sistem boyutlandırırken mühendis ve mimarın öncelikle düşündüğü yapının düşey yükler için yeterli güvenlikte olması, kendini taşıyabilmesidir. Düşey yükler yapının taşıyıcı elemanlarının, döşeme ve tavan kaplamalarının, sabit bölücü duvarlarının, cephe kaplamasının, depolama tanklarının, teknik sistemlerinin ve benzer bileşenlerin ağırlığıdır. Bütün bu elemanların toplam ağırlıkları yapının ölü yüklerini oluşturur.

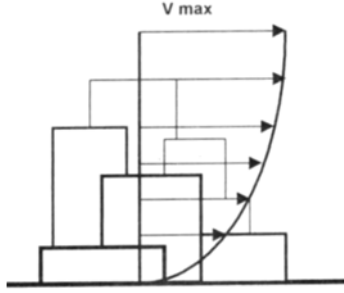
Düşey yüklere maruz kalan taşıyıcılar her katta, daha üst katlardan gelen yüklerin toplamını taşımaktadır. Bu nedenle alt katlara inildikçe, taşınan yükler arttığından bunlara bağlı olarak düşey taşıyıcıların kesitleri de ona göre tasarlanmalıdır. Yapıda düşey strüktür elemanları, üst üste konmuş yatay düzlemlerdeki yükleri toplayarak zemine ve temellere aktarır. Bu aktarmanın dengeli olması için, katlarda yüklerin düşey taşıyıcılara aktarıldığı noktalar düzenli olmalıdır.

Yatay yükler

Çok katlı yapılarda taşıyıcı sistem, düşey yüklerin yanı sıra, rüzgâr ve depremden oluşan yatay yükleri de taşımaktadır. Kat sayısının artmasına bağlı olarak düşey yüklerin artması durumu gibi adı geçen yatay yükler de yüksekliğe göre hızla artarlar. Belirli bir yükseklikten sonra yapının dayanımının yanı sıra yatay yüklere karşı rijitliği ciddi olarak düşünülür. Çok katlı yapılarda yatay yüklere dayanım açısından narinlik oranı(yükseklik/kısa kenar) önemli bir etkindir. [Çamlıbel, 1994].

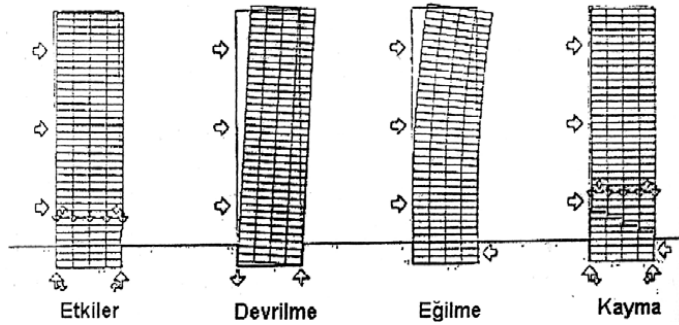
Taşıyıcı sistemde yatay yer değiştirmeler(yatay ötelenmeler) oluşur. Yatay yer değiştirme tüm bina yüksekliğinin 0,0015'i, kat aralarının ise 0,002'sini geçmemelidir [Özgev ve Sev, 2000]. Taşıyıcı sistemin etkiyen kuvvetlere karşı koyarken çok fazla yatay salınım yaptığını düşündüğümüzde kullanıcıların bundan rahatsızlık duyacağı, daha da önemlisi strüktürel olan ve olmayan elemanların bu davranışlardan zarar göreceği akla gelmektedir. Bu nedenle de yer değiştirmelerinin sınırlandırılması şarttır.

Rüzgâr akımları bilgisi (aerodinamik) yalnız uçak mühendislerini ilgilendiren bir bilim dalı olmayıp çok katlı yapı tasarımı için de önemlidir. En bilinen kurallarından biri; zemin yüzeyinin engebese rüzgâr hızını azaltmakta oluşu ve hızı azalan rüzgâr kütlelerinin de daha üstteki hava tabakasının hızını azaltmasıdır (Şekil 2. 3) [Özgev ve Sev, 2000]. Ama belli bir yükseklikten sonra rüzgâr araziden hiç etkilenmeden binaya gelir. Çok katlı yapılar eğer aerodinamik kuralları göz önünde tutulmadan yapılsa çevreleri için önemli bir tehlike yaratır.



Şekil 2.3. Rüzgâr hızının yükseklik ile artması [Özgev ve Sev, 2000]

Çok katlı yapılarda, taşıyıcı sistemlerin yatay yükler altındaki şekil değiştirme biçimleri; devrilme, dönme, eğilme, kayma şeklindedir (Şekil 2.4). Bu davranışları doğrultusunda düşey yüklerin oluşturduğu basınç kuvvetleri etkisindeki çok katlı yapı bir konsola benzetilebilir. Yapıya etkiyen toplam yatay ve düşey kuvvetlerin bileşkesi bu konsolda yapı alanının içinde kalmalıdır. Aksi yapıda devrilme olayını meydana getirir. Bileşke ne kadar yatıksa devrilme olasılığı o kadar yüksek olacaktır.



Şekil 2.4. Yatay yük etkisinde çok katlı yapıda kritik yükler ve deformasyonlar [Özgev ve Sev, 2000]

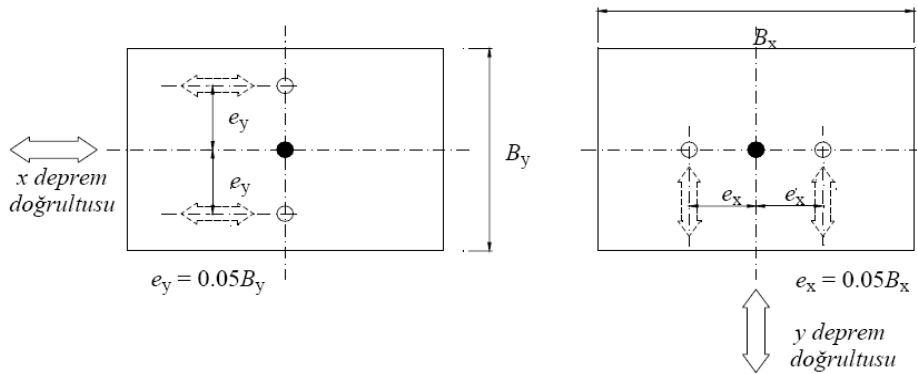
Deprem bölgesinde olsun yâda olmasın, yüksek binalarda rüzgâr yüklerine göre gerekli tasarım yapılmışsa dahi depreme dayanıklılık için gerekli detaylandırma ve boyutlandırma da dikkatli bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Çok katlı yapılar uzakta olan depremlerden dahi etkilenmektedir. Deprem bölgesi olarak görünmeyen bir yerde bile yapılan çok katlı yapı birkaç yüz km uzakta olan depremden eğer depreme karşı gerekli önlem alınmamışsa ciddi ölçüde hasar görebilir [Bayülke,1989]. Deprem, yapı elemanlarında hızlı gerilme değişimleri oluşturduğu için yapı yorulma etkilerine dayanacak malzeme ve detaylar ile tasarlanmalıdır.

Deprem anında meydana gelen sarsıntılar, yeryüzünde yatay ve düşey yönde yer ivmeleri oluşturur. Ancak yapılar için önemli olan ivmeler, yatay yönde olanlardır. Bu ivmeler, yapılarda yatay atalet kuvvetlerinin oluşmasına sebep olur. Yapıların depremde hasar görmemesi için, bu kuvvetlere dayanıklı olmaları gerekir. Sismik hareketler yapının zemine değme noktaları olan temelleri sallayarak yapıya etkir.

Depremde gelen yükler yapının ağırlığı ile doğru orantılıdır. Yapıya eklenecek fazla düşey yükler deprem sırasında büyük momentler oluşturmaktadır. Özellikle faylara yakın bölgelerde düşey yükler gözden geçirilmelidir [Yamantürk ve Özşen, 1993].

Yapı planları, farklı yapı kısımlarının birleşim noktalarında burulma kuvvetleri ve gerilme yığılmalarını engelleyecek şekilde basit olmalıdır. Yapı kütlesi düzgün olmalı, herhangi bir süreksizlik de önlenmelidir.

Çok katlı binalarda taşıyıcı sistem, teknik donanım ve sirkülasyon sistemi ile birlikte düşünülmelidir. Çünkü düşey ve yatay yüklerin taşınmasını en çok etkileyen faktörler; merdivenler, asansörler, mekanik, sıhhi tesisat shaftları ve dış cephe cidarları gibi düşey çekirdeklerdir. Düşey çekirdekler yapının rijitlik merkezini etkilemektedir. Çekirdeğin yapının kütle merkezinden uzak olması halinde burulma kaçınılmaz olacaktır. Yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezi çakışmalı ve en fazla eksantrisite, doğrultusundaki yapı boyutunun %5'ini aşmamalıdır (Şekil 2.5).



Şekil 2. 5.Yapılarda eksantrisite sınırları [D.B.Y.B.H.Y., 2007]

Sonuç olarak; orta yüksekliklere kadar binalar düşey yüklere göre tasarlanır, sonra yatay yüklere göre mukavemeti kontrol edilir. Yükseklik arttıkça yatay kuvvet etkileri öne geçer. Yukarıdan aşağıya gerekli olan strüktür ağırlığı kat sayısına göre hemen hemen lineer olarak artar. Buna karşılık yatay yüklere mukavemet için gerekli malzeme miktarı yüksekliğe oranla çok hızlı artış gösterir [Özgev ve Sev, 2000].

Bütün etkiler doğrultusunda yüksek yapıların taşıyıcı sistem tasarımında sistem elemanlarının seçilmesinde ve boyutlandırılmasında çok özen gösterilmelidir. Binanın taşıyıcı sisteminin seçim kararında tüm bahsedilen etkenler göz önünde bulundurulmalıdır. Eleman boyutlarının fazla artmamasına dikkat edilmeli; yükseklikle artan deprem ve rüzgâr yüklerinin karşılanması, artan eleman boyutları ile değil taşıyıcı sistemin etkinliği ile kazanılmalıdır.

2.3.2. Dinamik özellikleri

Yapıların en önemli dinamik özelliği doğal titreşim periyodudur. Periyot; yapının ağırlığı ve taşıyıcı sistemin yatay yüklere karşı rijitliğine bağlıdır. Çok katlı yapılarda aynı zamanda titreşim periyodu yapının kat adedine göre de değişir.

Bir yapının doğal periyodu; yapının maksimum potansiyel enerjisi ile maksimum kinetik enerjisinin eşitlenmesi ile bulunabilir [Atımtay, 2009]. Doğal titreşim periyodu bir çok analitik yöntemlerle hesaplanabilir ancak bu oldukça zaman alıcı bir iş olduğu için bir çok ülkenin deprem yönetmeliklerinde birinci mod titreşim periyotları ampirik formüllerle verilmektedir.

Çok katlı yapıların kat adetleri kadar doğal titreşim periyotları bulunmakla beraber bunların ilk birkaç tanesi önemlidir. Çünkü yüksek modlardaki titreşimlerin gerektirdiği enerji büyük olduğundan yapılar çoğunlukla ilk birkaç yâda en çok beş moda titreşim yaparlar.

Yapıların periyotları (T), kütleleri (m) ve rijitlikleri (k) arasında $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ gibi bir ilişki vardır. Yapı periyodundaki bir artış tümüyle yapının yay katsayısı (k : yatay yükler altında ötelenmenin ters fonksiyonu) yani rijitliğin azalmasının bir sonucudur. Yapıyı titreştiren kuvvetlerin şiddeti arttıkça yapının periyodu uzar. Bir yapı için titreşim periyodu deprem öncesi ve sonrası çok değişik değerlerde olabilir ve buda yapının durumunu değerlendirmesinde etkili bir kıstas olarak kullanılabilir. Örneğin deprem sonrası yapı periyodunda olacak %100'lük bir artış yapının rijitliğinin %400 azaldığını gösterecektir. Bu da yapıda ciddi taşıyıcı sistem hasarının işaretidir.

Çok katlı yapıların dinamik özelliklerinden doğal titreşim periyodunun depremde yapıya gelen yer hareketinin hâkim titreşim periyodu ile olan ilgisi önemlidir. Çünkü bu iki periyot değeri birbirine yakın ise rezonans oluşmakta ve yapılarda hasar büyümektedir. Bu durum deprem yer hareketinin periyot özelliklerinin incelenmesini gerektiğini gösterir.

2.3.3. Taşıyıcı sistemlerin sınıflandırması

Farklı işlevlerin planlamaya yansmasıyla açıklıklardaki değişkenlik ve yapım teknolojilerinin gerektirdiği farklılıklar, çok katlı binalarda tüm yüklerin yapı yüksekliği ile artması, rüzgâr yüklerinin ve ölü yüklerin yüksekliğe bağımlılığı, deprem yükünün bina ağırlığı ile artması ve yatay ötelenmenin çok katlı yapılarda daha fazla önem kazanması yapı strüktürlerini önemli ölçüde etkilemiştir. Gelişen teknolojiyle ve tecrübelerle değişen taşıyıcı sistem sınıflandırmaları olmuştur. Çok katlı binalarda kullanılan taşıyıcı sistemler; başta kullanılan malzemenin çelik, betonarme veya kompozit olmasına, ardından binanın kat adedine, mimari planlamasına ve de kullanım amacına göre değişiklik göstermektedir.

Etkin bir taşıyıcı sistem geliştirmek yalnızca gereksinim ve güvenlik için olmayıp aynı zamanda ekonomi açısından da önem taşımaktadır. Çok katlı yapılarda taşıyıcı sistem maliyeti bina maliyetini büyük ölçüde etkilediği için taşıyıcı sistemin rasyonel olması diğer binalara nazaran daha önemlidir. Özellikle tasarımın yapılacağı yerel koşullara göre alınacak kararlar, fonksiyonel istekler vb. etmenler doğrultusunda

optimum karar alınması için çok katlı yapılarda taşıyıcı sistem kararı başta gelmektedir.

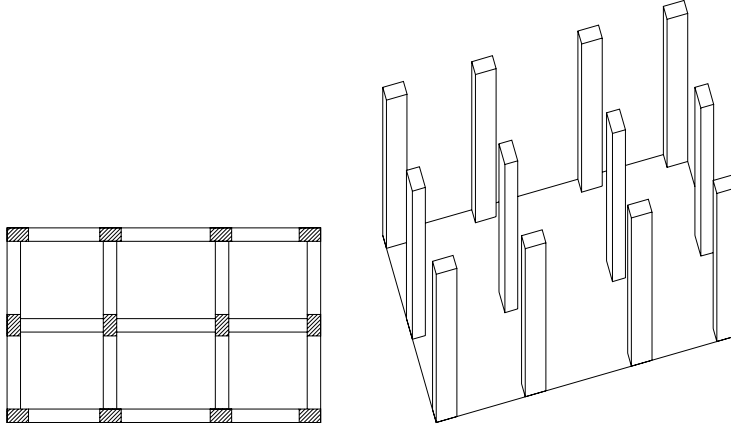
Yapılan analitik çalışmalar, çok katlı yapıların taşıyıcı sistemlerinde en az strüktürel malzeme kullanımının hedeflendiği durumlarda (ki bu deprem açısından önemli bir noktadır) her sistemin belli yükseklik sınırları içerisinde uygulanması gerektiğini göstermektedir. Taşıyıcı sisteme göre kat adedinde doğru seçimler yapılmadığında strüktürel eleman boyutları büyüdüğü için malzeme kaybı büyümekte, bina kullanım alanı küçülmektedir.

Tez kapsamında günümüzde yaygın olarak kullanılan “betonarme perde sistemler ile oluşturulan yapılar” ele alınacağı için betonarme malzeme için sınıflandırma yapılacaktır. Betonarme taşıyıcı sistemleri sınıflandırılırsa, sistem davranışı ve sistemin biçimsel özellikleri göz önünde bulundurularak en sade sınıflandırma şu şekilde yapılabilir;

- ◆ Çerçeve Sistemler
- ◆ Perde (Kesme) Duvarlı Sistemler
- ◆ Perde Duvarlı ve Çerçeve Sistemler
- ◆ Çekirdekli Sistemler
- ◆ Tübüler Sistemler

Çerçeve sistemler

Çok katlı yapılarda çerçeve sistemler, birbirine rijit bağlantılarla bağlanmış düşey kolon ve yatay kirişlerden oluşur. Betonarme malzemenin kullanıldığı bu sistemlerin yatay yüklere karşı sağlamlığı, bağlantı noktalarının rijitliğine bağlıdır [Smith&Coull, 1991]. Çerçevelerin mukavemeti kolon ve kiriş ölçüleriyle doğru orantılı, kolon açıklığı ile ters orantılıdır.



Şekil 2. 6. Çerçeve taşıyıcı sistem sembolik plan çizimi

Betonarme çok katlı yapılara çerçeve tipi taşıyıcı sistem seçerken dikkat edilmesi gerekli özelliklerden bir tanesi kolonların en az iki doğrultuda kirişlerle bir çerçeve oluşturmak üzere bağlanması gerektiğidir. Aksi durumda kolonun bağlanmadığı doğrultuda yeteri rijitlik yoksa ikinci derece etkileri ve burkulma sorunları ortaya çıkabilir. Artık deprem yönetmeliğinde de buna dikkat edilmektedir.

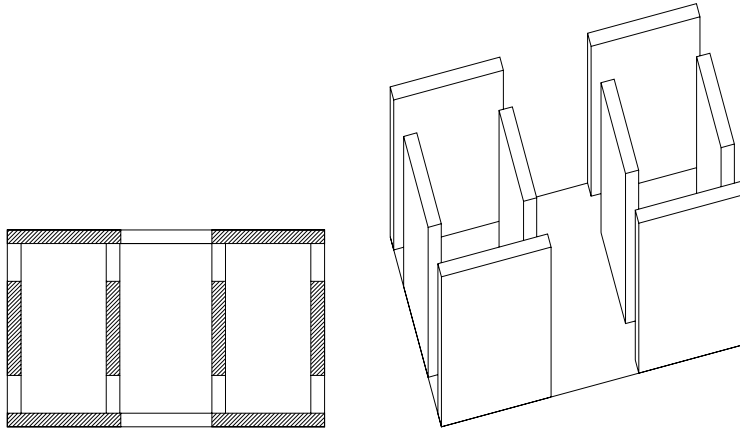
Çerçeveli sistemlerin avantajı, mimari tasarım esnasında, pencere ve kapı gibi boşlukların düzenlenmesinde diğer sistemlere oranla çok daha esneklik sağlayabilmesidir. Bu sistemler, apartman, otel ve öğrenci yurdu gibi iç bölmeleri sabit olan çok katlı yapılar için genellikle uygun olmaktadır.

Çerçeveli sistemle tasarlanan yapılar teorik olarak 60 kata kadar statik açıdan uygulanabilse de bir yapının taşıyıcı sisteminin ekonomik açıdan uygunluğu dikkate alındığında düzlem çerçeve sistemler, tek başlarına uygulandığı betonarme yapılarda kat adedi az olan (~ 8–10 katlı) yapılar için uygundur. Yapı yüksekliği arttıkça, kolon ve kiriş boyutları hızla büyümeye başlar. Bu durumda hem maliyet artar, hem de artan boyutlar nedeniyle sistem ağırlaşarak yapımı zorlaşır. Bu nedenle çerçeveler, yüksek yapıda, diğer taşıyıcı elemanlarla pekiştirilerek kullanılır. Ayrıca yatay yüklere dayanıklılık bakımından diğer sistemlerle karşılaştırıldıklarında, elastik olmayan sınırlar içindeki performanslarından dolayı sismik bölgeler için uygun olmayan strüktürlerdir.

Perde (kesme) duvarlı sistemler

Belirli bir kat yüksekliğinden sonra betonarme yapılarda çerçeve sistemler uygun olmamaktadır. Bu durumda bina içinde yapılacak bölmelerden sabit olanlar hem düşey hem de yatay yüklere karşı koyacak şekilde düzenlenerek “perde duvarlar” oluşturulur. Perdeler, kesitinin uzun kenarı, kısa kenarının en az 7 katı olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır [D.B.Y.B.H.Y., 2007]. Perde duvarlar; yapıya sismik ve rüzgâr kuvvetlerine karşı çerçeve sistemlere göre daha fazla rijitlik kazandıran, düşey konsollar şeklinde davranan düşey düzlemsel diyaframlardır.

Bir perde ile bir kolon arasındaki temel ayırıcı özellik; perdelerin esas eksenindeki atalet momentlerinin kolonların esas eksenindeki atalet momentlerinin yanında çok büyük mertebelerde olmasıdır. Perdelerin temel görevi çok katlı yapıların yatay rijitliklerini arttırmaktır. Fakat düşey yük de taşırlar.



Şekil 2.7. Perde duvarlı taşıyıcı sistem sembolik çizimi

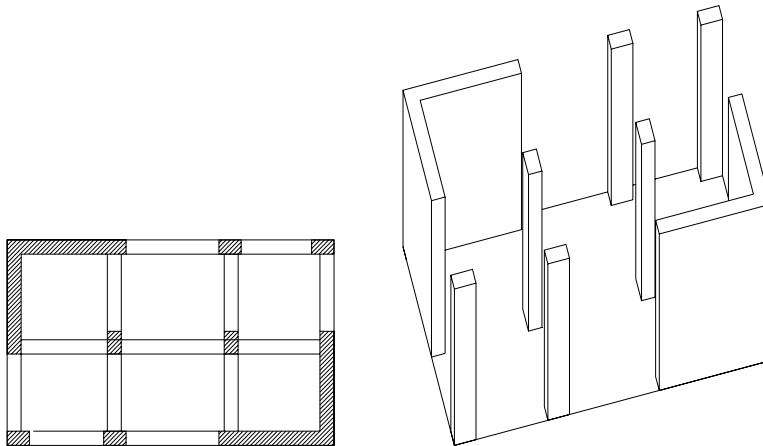
Perdelerden meydana gelecek yapıların tercih edilmesinin nedeni; yapının süratli oluşu, donatı miktarının düşük oluşu ve depreme karşı mukavemetli olmasında dolaydır. Serbest planlı geniş açıklık gerektiren ticari ve ofis amaçlı yapılar için tercih edilmezler. Tek tek düzlem elemanlardan oluşan taşıyıcı perde duvar sistemler, daha çok işlevlerin ve kullanıcı gereksinimlerinin belirli ve kesin olduğu apartman tipi binalara (otel, yurt, vb.) genellikle iyi uymaktadır.

Perde duvarlı sistemlerde kullanılan perde duvarlar genellikle masif olup, kapı, pencere, mekanik tesisat boşlukları vb. için çok sınırlı boyutlarda geçitler sağlarlar. Doluluk oranı düştüğü durumlarda, perdelerin yük karşısındaki davranışı çerçeve sistem veya tübüler çerçeve sistem gibi olmaktadır. Bu sistemlerin, kendi içindeki stabiliteyi, çekirdekler (asansörler ve merdiven boşlukları) çevresinde kurulan diğer perdeler ile sağlanabilir. Perde sistemlerden Bölüm 3'te ayrıntılı olarak bahsedilecektir.

Perde duvarlı ve çerçeveli sistemler

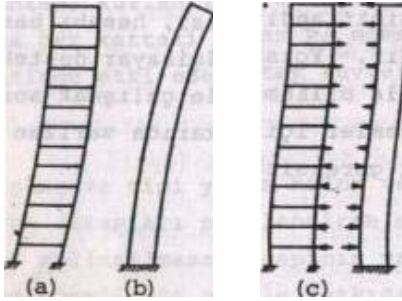
Yalnızca çerçevelerle oluşturulan çok katlı yapılarda belirli bir yüksekliği geçtikten sonra kolon kesitleri çok büyür. Bunun sebebi sistemlerin yatay yükleri karşılamada yetersiz kalmalarıdır. Yapı yüksekliği arttıkça sadece perde veya çerçeve sistemler, betonarme yapılarda uygun olmamaktadır. Bu sebepten yapı içinde yatay yükleri karşılayacak perde duvarlar (taşıyıcı duvarlar) düzenlenir.

Perdeli ve çerçeveli sistemler genellikle 40–60 kat yükseklikler için uygundur; ancak deprem etkisi altındaki bölgelerde bu kat adetleri çok daha düşüktür. Yurdumuzda ve dünyada, çok katlı yapı tasarımında en çok kullanılan taşıyıcı sistem perde ve çerçevelerden oluşan sistemlerdir. Betonarme konstrüksiyonlar için tercih edilse de, çapraz kuşaklarla desteklenen çelik çerçeveler de bu sistem için uygun olabilmektedir.



Şekil 2. 8. Perde duvarlı ve çerçeveli sistemler sembolik çizimi

Perde ve çerçevelerin, yatay yükler altındaki davranışları farklıdır. Yatay yük altında *çerçevelerin* şekil değiştirmesi kayma hareketi şeklinde gerçekleşir, en fazla olduğu bölüm binanın alt katıdır. *Perdelerde* ise eğilme şeklinde gerçekleşir, en fazla yer değiştirme de tepe kısımda meydana gelir. *Çerçeve ve perdelerden meydana gelen sistemlerde* ise çerçeve ve perdenin farklı şekil değiştirme karakteristiklerinden dolayı yapının üst bölümünde perde geriye doğru çekilir. Alt bölümünde ise ileriye doğru itilir. Bundan dolayı yatay yük üst bölümde çoğunlukla çerçeve, alt bölümde perde tarafından karşılanmaktadır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Yatay yükler altındaki a) Rijit çerçeve davranışı b) Perde davranışı c) Perde-Çerçeve davranışı [Hasgür,1996]

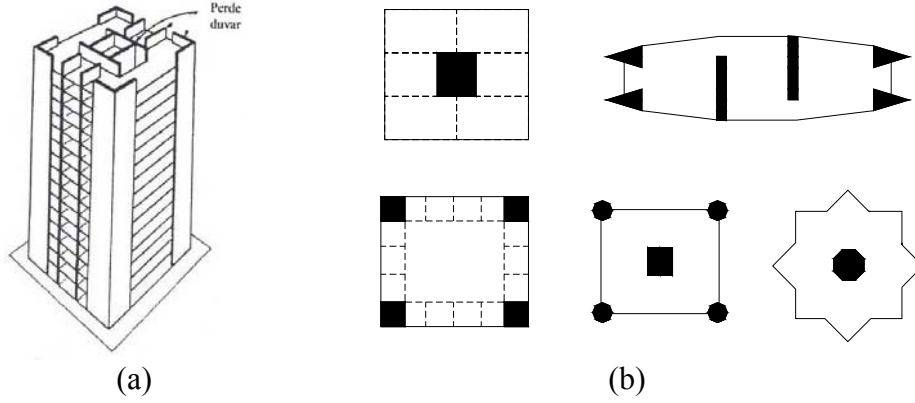
Çekirdekli sistemler

Özellikle büro binaları ve ticari amaçlı binalarda, mümkün olduğunca büyük ve geniş alanlara ihtiyaç vardır. İçerisinde yatay yükleri karşılayacak perdeler bulunan bir taşıyıcı sistem bu isteklere cevap veremez, mekânın bölünmesine ve hareket kabiliyetinin sınırlandırılmasına yol açarlar. Bu aşamada çekirdekli sistemler daha avantajlı hale gelirler. Taşıyıcı sistem elemanlarının binanın cephesinde ve çekirdekte çözülmesiyle büro binalarında istenilen kullanım esnekliğine kavuşulmaktadır.

Çekirdekler, perdelerin birleşmesiyle oluşan düşey taşıyıcı elemanlardır. Çekirdekler iki yönde çalışan perde sistemler olarak da düşünülebilir. Bu sistemler iki doğrultuda da rijitleştirilmiş perde davranışı gösterir, perdeler için tek doğrultuda geçerli olan ilkeler, çekirdeğin iki doğrultusuna da uygulanır [Özgev ve Sev, 2000].

Binanın işlevi ve alanına bağlı olarak çekirdek boyutları değişiklik göstermektedir. Kullanım alanı açısından verimi arttırmak için çekirdek boyutlarını azaltma yönüne

gidilir. Yine de çekirdek tüm katlarda döşeme alanının yaklaşık % 20–25 kadarını kaplar.



Şekil 2.10. (a) Çekirdekli sistemlerin sembolik çizimi [Tuna, 2000] (b) Çekirdeğin farklı konumlarda olması

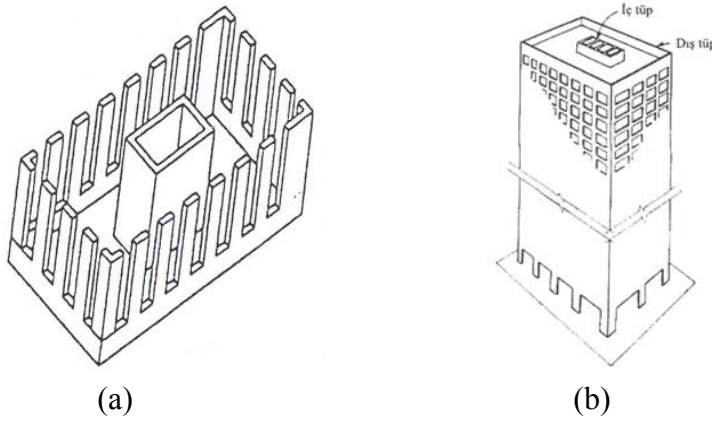
Çekirdekli sistemler birçok farklı taşıyıcı sistem arasında yer alabilirler. Bu taşıyıcı sistem tasarımında çekirdeğin yeri, çekirdeğin biçimi, çekirdeğin sayısı, çekirdeğin düzenlenmesi ve çekirdek bina geometrisi ilişkisi önemlidir. Çekirdeklerin şekli konusunda herhangi bir sınırlama yoktur. Ancak yatay yük etkisinde cephe sistemi ile etkileşim içinde olmaları için genellikle plan ile aynı formda düzenlenmeleri tercih edilmektedir (Şekil 2.10b). Ayrıca yatay yüklere karşı yeterli mukavemetin kazanılması amacıyla çekirdekte kapılar ve mekanik-sıhhi donanım için bırakılan açıklıkların mümkün olduğunca küçük olması yararlı olmaktadır.

Tübüler sistemler

Birbirine yakın dış kolonlar ve kirişlerin birleşmesiyle oluşturulan çerçevelerden meydana gelen bir taşıyıcı sistemdir. Bu sistemlerde bina çevresini oluşturan, aralıkları genellikle 1.5 m ile 3 metre arasında değişen kolonlar, ana kirişlerle birbirine bağlanmaktadır. Tübüler sistemlerin yararı ve etkinliği; yapının birim alanına düşen strüktürel malzemenin, geleneksel çerçeveli bürolardakinin yarısına düşmesiyle çarpıcı bir şekilde ortaya çıkmaktadır [Özgev ve Sev, 2000].

Bina dış çevresini oluşturan boş tüplerin apartman binalarında kullanılmasında, 40 kattan sonra büyüyen taşıyıcı eleman boyutları dolayısıyla maliyet de hızla

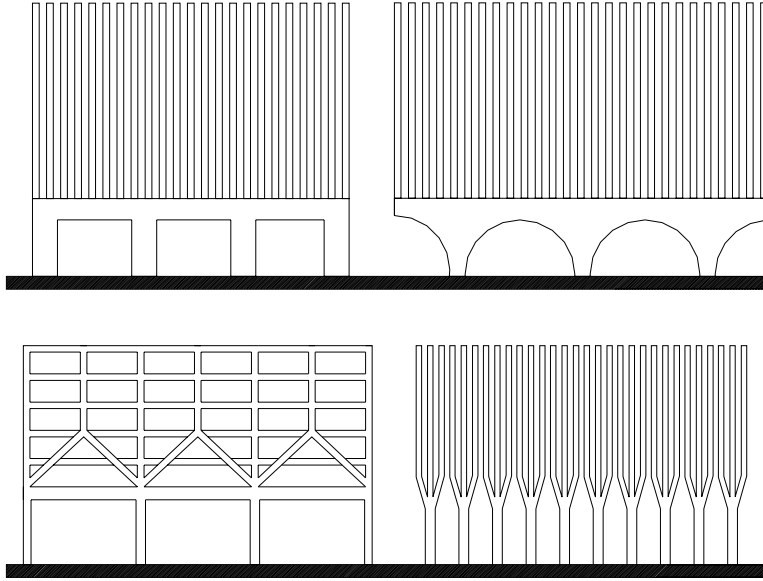
artmaktadır. Tübüler sistemlerde, dış cephe duvarları yatay yüklerin çoğunu ya da tümünü karşıladığından, içte kullanılacak rüzgâr bağlantısı ve perdeler gerek kalmamaktadır. Ancak yapı yüksekliği ya da yatay yükler arttığında iç perdeler ya da çekirdekler tasarıma dâhil edilir. İç perde ve çekirdeklerin eklenmesiyle elde edilen iç içe tüpler ekonomik olmakta ve büro binalarında da iç bağlantılı tüplerin kullanılmaktadır.



Şekil 2.11. (a) Çekirdekli tüp (b) Tüp içinde tüp sistem [Tuna, 2000]

Tüp içinde tüp sistemler ise oldukça büyük bir servis çekirdeğinin bulunduğu yüksek büro binalarında, bütün bir servis çekirdeğini çevreleyen perde duvarları, yatay yükü taşıyan tüm sistemin bir parçası olarak kullanmak genellikle bir üstünlük sağlar.

Artan düşey ve yatay yükler sonucunda onları emniyetli bir şekilde karşılamak için yapılan sık taşıyıcılar, bazen açık alanların ve geçitlerin istendiği zeminlerde çok fazla yer kaplamakta, sorunlar doğurmaktadır. Gerek bu yer kaybını gidermek ve binaya giriş gibi istenen serbest alanları yaratmak gerekse cephedeki sürekliliği bozmamak için üst katlardan itibaren aynı biçimde inen taşıyıcı elemanlar zeminde seyreltilerek yükü karşılayacak farklı sistemler dönüştürülmektedir. *Basınç elemanlarının bir araya toplanması ve yatay bir geçiş elemanı kullanılması* yoluyla bir dizi estetik çözüme gidilerek çözülmektedir (Şekil 2.12). Bu uygulama örnekleri genellikle tübüler çerçeveler gibi sık kolonlara sahip sistemler için geçerlidir.



Şekil 2.12. Taşıyıcı elemanlarının bir araya toplanması uygulama örnekleri

2.3.4. Döşeme sistemleri

Çok katlı yapılarda yatay düzlem elemanlar, kiriş ve plaklardan oluşan döşemeler, dış yükleri alırlar, düşey taşıyıcı sistemi birbirine bağlar ve sağlamlaştırırlar. Düşey ve yatay yükleri kolon ve duvarlara iletirler. Döşeme sistemlerinin seçimi rüzgâr ve düşey kuvvetlerin akış yönünü belirleyerek, yapı iskeletinin geometrisini biçimlendirir.

Döşeme kalınlığı geçilen açıklığa yüklere ve mevcut duruma göre belirlenir. Döşemeden tavana yüksekliğin sabit olduğu kabul edilirse, döşeme kalınlığı tüm yapı yüksekliğini etkiler. Yapı yüksekliğindeki her artış mimari, mekanik ve taşıyıcı sistem maliyetini artıracığından döşeme kalınlığı optimize edilmelidir.

Döşemeler çelik ve betonarmenin pek çok farklı kombinasyonuyla bir araya gelir. Çok katlı binalarda betonarme döşemeler genellikle düz plak, mantar başlıklı ve kaset döşemeler gibi betonarme döşeme sistemleri gibi iki yönlü döşeme sistemlerinden uygulanmaktadır [Taranath, 1997].

3. YAPILARDA PERDELİ SİSTEMLER

Deprem bölgelerinde yapılan yapılarda en önemli gereksinim güvenilir bir tasarım oluşturabilmektir. Depremle ilgili tüm çalışmalarda benimsenen temel kriterler ise; dayanım, süneklik ve rijitliktir. Bir bütün olarak deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminde ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte *rijitlik*, *kararlılık* ve *dayanım* bulunmalıdır. Bu kriterler sağlandığında yapı deprem esnasında istenilen davranışı gösterecektir.

Bilindiği gibi depreme dayanıklı yapı tasarımında taşıyıcı sistemin göçmeyecek şekilde ayakta kalması temel koşuldur. Bu da, sistemde önemli ölçüde enerji yutulması gerekliliğini beraberinde getirir. Yaşanan deprem felaketlerinde, perde duvarlı yapılar çok daha az hasar görerek, perde duvarların depremlerdeki önemli rolü görülmüştür. Bu bağlamda perdeler, çerçeve sistemlerin yatay yüklere karşı rijitliklerini gerekli değerlere çekebilmek açısından, yapı tasarımında oldukça sık kullanılan eleman olma özelliğini taşımaktadırlar.

Yapı tasarımının temel elemanlarından olan perdeler, gerek mimari gerekse statik açıdan tercih edilmektedir. Perde duvarlar; betonarme yapılara gelen yatay yüklerin önemli bir bölümünü taşımakta, yapının yanal rijitliğini arttırarak yatay ötelenmeleri kısıtlayıp yapıda oluşabilecek büyük hasarları önlemektedirler. Perdelerin, her kat düzleminde diyafram görevi yapan döşemelerle, sünek kirişlerle ya da derin kirişlerle birbirine bağlanarak birlikte çalışması sağlanır. Çok katlı yapılarda da deprem karşısında güvenliği arttırmak için kullanılacak en uygun çözüm perde duvarlardır. Özellikle yüksek binalarda katlar arası meydana gelen görece kat ötelenmeleri ve burulma düzensizlikleri ile meydana gelecek kat dönmelerinin etkilerini azaltmaktadır.

Perdelerin kesitlerinden dolayı uzun kenar doğrultusundaki atalet momentleri kısa kenara göre çok daha büyüktür, böylece yatay yükleri uzun kenar doğrultusunda

etkin olarak taşırlar. Bu nedenle planda, binanın iki doğrultudaki rijitliğinin birbirine yakın olması sağlanacak şekilde yerleştirilmeleri uygun olmaktadır.

Düşey taşıyıcı elemanların simetrik düzenlenmemesi halinde burulma tesirleri kaçınılmaz olmaktadır. Rijitlik ve kütle merkezi çakışmalıdır. Rijitlik ve kütle merkezinin çakışmaması halinde yapıda burulma momenti deprem etkisi ile oluşacaktır. Gerekli hesaplamalar yapılmak kaydıyla Deprem yönetmeliğinde %5 maksimum eksantrisiteye izin verilmektedir. Bu ise çoğu zaman binanın mimari plan tasarımını zorlaştırır. Buna göre perde duvarlarda kapı ve pencere boşluklarının göz önüne alınması gerekli olur. Perdelerin, sismik ve rüzgâr yüklerini temellere aktarabilmesini temin etmek için perdelerdeki kapı ve pencere boşluklarının kenarlarının ek konstrüktif tedbirler ile güçlendirilmesi gerekir. Bu ise perdelerin tasarımı ve yapımını zorlaştırabilir.

Bütün binanın perde duvardan oluştuğu düşünülürse herhangi bir deprem anında binanın yatay kuvvetlere karşı yeterince stabil olabileceği kabul edilmelidir. Bu sistemin diğer bir avantajı da inşaat sektöründe kullanılan teknolojiler ile yapım hızının oldukça hızlı olabilmesidir.

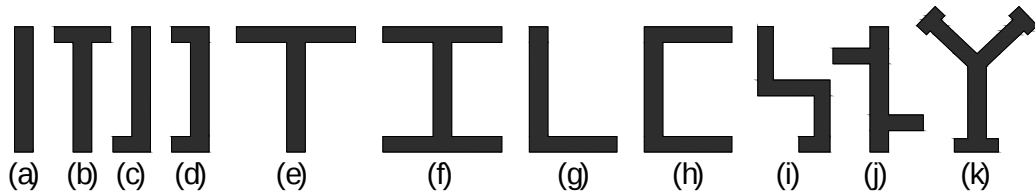
Çerçeve sistemlere eklenen perde duvarların kullanımında mekân bölünmesinin sakınca yaratması durumu ortaya çıkarsa, perde duvarlarla oluşturulan kutu çekirdeklerin kullanılması ve çekirdeklerin merkezde yer alması mümkün olmaktadır. Sadece perde duvarlı taşıyıcı sistem tasarımlarında mekân büyüklükleri ve perde duvar açıklıkları arasında yakın bir ilişki vardır. Bu tür taşıyıcı sistemlerde mekân büyüklükleri belirleyici rol oynamaktadır. Böylece de perde duvar açıklıkları mekânların işlevlerinden ortaya çıkmaktadır. Bu taşıyıcı da çok geniş açıklıklara sahip tasarımlarda kullanılmamasına sebeptir. Yüksek apartman binalarının, yurt bloklarının her katta birbirini takip eden planlara sahip olmaları, bu kat planlarının sık aralıklarla bölümlendirilmeleri ve büro yapılarında olduğu gibi açık mekânlara gerek olmaması sadece perde duvarlı taşıyıcı sistem tasarımını uygun kılmaktadır.

3.1. Betonarme Perdelerin Nicel Durumlarına Göre Sınıflandırılması

Bu sınıflandırmanın amacı; düşey taşıyıcı eleman olarak perdenin diğer düşey taşıyıcılardan ayrıldığı özellikleri ve aynı zamanda yapı içerisinde nicelik bakımından özelliklerinin değişmesi durumunda sahip olduğu sıfatları açıklamaktır.

3.1.1. En kesit özelliğine göre

Yapılarda çeşitli geometrik şekillerde birden fazla perde kullanılabilir. Perde kesitleri dikdörtgen olabildiği gibi I, L, H, Y, T, U gibi şekillerde de olabilir. Bu perdelerin minimum kalınlıkları, plana yerleştirilmeleri yönetmelikteki ilkeler doğrultusunda yapılmaktadır.



Şekil 3.1. Perdelerde karşılaşılan en kesit şekilleri

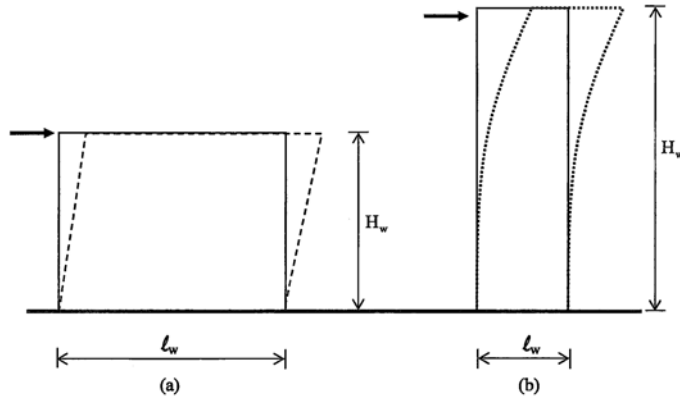
Deprem etkilerinin önemli olduğu durumlarda perdelerde kayma dayanımı ve stabiliteyi sağlamak için kalınlığı arttırmak gerekir. Ancak bazı durumlarda perde kesitinin uçlarında gerilmeler büyük olacağı için buralarda Şekilde b, c, d ve k'da görüldüğü üzere perde uç elemanları da oluşturulur. Uç elemanlar, perdenin yanal burkulma stabilitesini arttırmaları ve potansiyel plastik mafsallardaki basınca maruz betonun daha iyi sarılmasını sağlarlar, böylece sıkışan betonun erken dağılması önlenmiş olur [Öztürk, 2005]. Ayrıca bu elemanlar kirişlerin perdelerle mesnetlenmelerini kolaylaştırdıkları gibi eğilme donatılarının yerleştirilmesinde de kolaylık sağlarlar.

Şekil 3.1 e, f, g, h ve j'de görüldüğü gibi perdelerin birbirleriyle dik açıyla birleşmeleri sonucunda kanatlı perde şekilleri oluşur. Bu tip perdeler, iki doğrultuda da dayanım gösterirler. Kanatlı perdeler basınç altında oldukça sünek davranırlar, ancak çekmeye zorlandıklarında dikdörtgen kesitlere oranla oldukça sınırlı sünekliğe sahiptirler [Öztürk, 2005]. Kanatlı perde tasarımlarının kullanılması durumunda

izin verilen hasarlarıyla, deprem enerjisinin önemli bir bölümünü yutar. Bu nedenle, dolu perdeli sistemler boşluklu perdeli sistemlerden daha rijit olsa bile, boşluklu perdelerden oluşan sistemler daha sünektir.

3.1.3. En/ boy oranına göre

Perde duvarların yatay yükler altındaki davranışını etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesi duvarın yüksekliği (H_w) ile genişliğinin (L_w) oranıdır. Bu orana göre perdeler yüksek(narin) ve alçak(kısa) perdeler olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Perdelerin H_w / L_w oranı tüm yönetmeliklerde farklı değerler ile belirtilmektedir

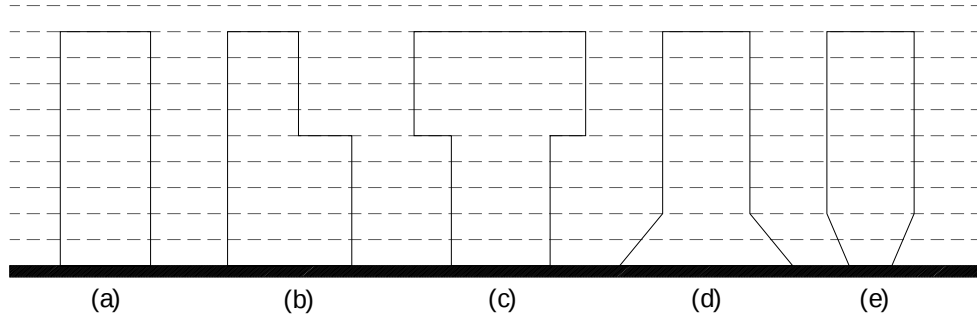


Şekil 3.3. En-boy oranına göre (a) kısa perde, (b) narin perde

Yatay yükler altında yüksek (narin) ve alçak (kısa) perdelerin davranışları farklılaşmaktadır. Yüksek perdeler eğilme etkisine maruz kalırken kısa perdeler kesme etkilerine maruz kalırlar.

3.1.4. Yükseklik durumuna göre

Yatay kuvvetlere dayanım talebi yüksek binaların üst katlarında azalmaktadır. Bu sebeple perde kesitlerinin boyu, perde kanatlarının uzunluğu sabit iken perdelerin kalınlığı bazen uygun bir şekilde azaltılabilir. Ancak Şekil 3.4 b ve d'deki gibi perde boyunun değiştiği durumlarda rijitliklerde ciddi değişiklikler görülür. Ya bu şekilde değişikliklerden kaçınılmalıdır ya da potansiyel plastik mafsallıkların boylarını ve yerlerini tanımlama da dikkatli olunmalıdır [Öztürk, 2005]. Doğru tanımlamalar yapıldığında kritik bölgelerin detaylandırılması doğru bir şekilde yapılmış olur.

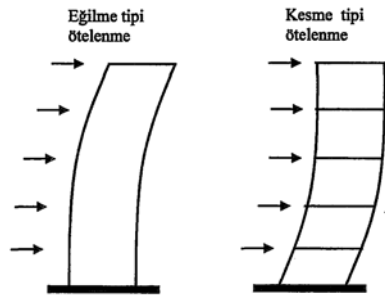


Şekil 3.4. Yükseklik ile değişen perdeler

Şekil 3.4 e'deki gibi gittikçe kalınlaşan perde sistemi ise yapısal olarak çok doğru değildir. Bazen mimari açıdan tercih edilen bu tipteki perdelerde süneklik talebi fazla olacaktır.

3.2. Yalnız Betonarme Perdelerden Oluşan Taşıyıcı Sistemlerde Davranış

Yapının depremdeki davranışının iyi belirlenmesi, iyi bir sistem seçimi, doğru bir hesaplama, uygun detaylandırma ve inşa sırasında gösterilen özen ile depreme mukavemetli yapı yapılabilir.



Şekil 3.5. Yatay yükler altında eğilme biçimi

Perdeler genel olarak davranışları nedeniyle diğer düşey taşıyıcı elemanlardan ayrılırlar. Ayrıldıkları davranış biçimi ise yatay yükler altında oluşan eğilme biçimidir. Çerçevesel yapılarda yatay yükler altında katlar arasındaki ardışık ötelenmeler, kat rijitliğine bağlı olarak kesme kuvvetinin en büyük olduğu alt katlardan başlayarak yükseklik ile birlikte gittikçe azalmaktadır. Buna karşılık perde elemanlarında ise eğilme momentinin davranışa etkili olması sebebiyle katlar

arasındaki ardışık ötelenmelerde giderek bir artma söz konusudur. Bu artışın, perde elemanların yatay yükler altında konsol kirişe benzer bir davranış biçimi sergilemesinden geldiğini de düşünebiliriz.

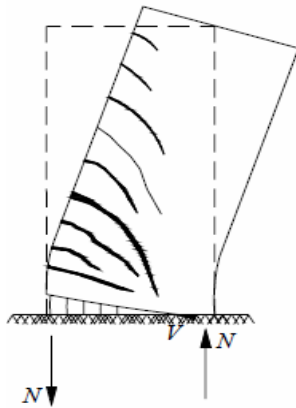
Yapı elemanlarında oluşan şekil değiştirmeler elastik sınırın çok ötesinde olabilir. Depremde yapının ayakta kalabilmesi için ortaya çıkan enerjinin tüketilebilmesi gerekmektedir. Bu da sünekliğin çok önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda süneklik; bir malzeme veya yapı elemanının yapının taşıma kapasitesinde önemli bir azalma olmadan büyük plastik deformasyon yapabilme özeliğidir ve enerji yutabilme kapasitesi olarak düşünülebilir [Tuna, 1993].

Süneklik düzeyinin her iki yatay deprem doğrultusunda da yüksek olması zorunludur. Yapı elemanlarının belirli bölgesinde donatının akması ile oluşacak plastik mafsallar enerji tüketimini sağlar ve enerji tüketimi elastik sınır ötesinde oluşacak deformasyonlarla sağlanabilmektedir. Perdelerde mafsallaşma oluşması beklenen bölgelerin sünek olacak şekilde donatılması gereklidir.

Deprem perdelerinin kendi içinde davranışlarının farklılaşması ile perde elemanların deprem yükleri altında farklı deformasyon türleri oluşur. Betonarme perde elemanlarda genellikle oluşacak güç tükenmelerinin, moment ve kesme kuvvetinin maksimum olduğu, perdelerin tabanda mesnetlendiği perde-temel birleşim düzeyinin hemen üstünde meydana gelmesi beklenir.

3.2.1. Perdelerde eğilme kırılması

Bir düşey konsol eğilme kirişi olarak düşünülen ve duvarın yüksekliğinin (H_w) genişliğine (L_w) oranı 2'den büyük olan durumlarda perdeler, eğilmeye çalışır. Eğilme kirişinde, kiriş kesitinin altı çekmeye, üstü ise basınca çalışır. Bu kırılma türü; perdenin en büyük moment kısmındaki elastik ötesi şekil değiştirmeleri artırarak kesit göçmesine neden olur. Bu sünek türden bir göçmedir. Tersinir deprem yükü altında perdenin her iki yüzünde de eğilme çatlakları meydana gelebilir. Çekme donatısı çok az olursa eğilme çatlaklarının genişliği büyük olacaktır [Tuna, 1993].

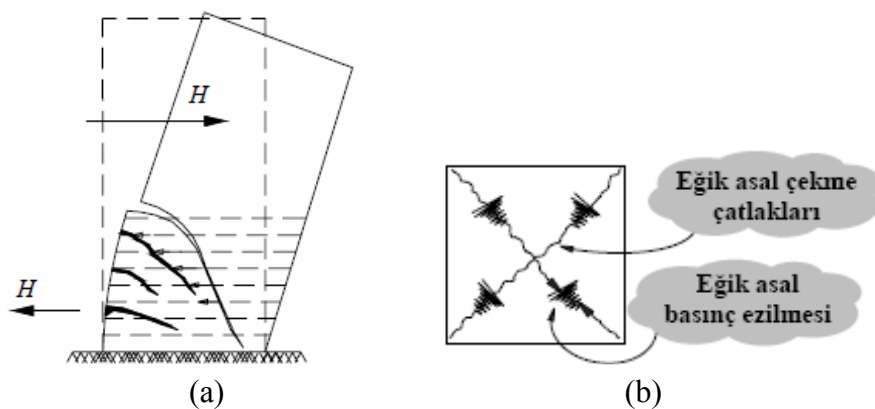


Şekil 3.6. Eğilme kırılması şematik gösterimi [Atımtay, 2009]

Perde elemanların eğilme dayanımları; beton basınç dayanımı ve tarafsız eksen derinliğine göre tanımlanır.

3.2.2. Perdelerde kesme kırılması

Bu kırılma türü; kesme kuvvetlerinin meydana getirdiği köşegensel çekme sebebiyle oluşan kırılmadır. Deprem etkisi tersinir olduğundan perde taşıyıcıların her iki yüzünde de çatlaklar meydana gelir. Betonarmede kesme kırılması eğilmeye oranla çok daha gevrek bir kırılma türü olduğundan, depremde kesme kırılmasının kesinlikle önlenmesi gerekir.



Şekil 3.7. (a) Kesme kırılması şematik gösterimi (b) Asal çekme ve asal basınç çatlakları [Atımtay, 2009]

Kesme kuvveti etkisi ile perde duvarda, birbirlerine 90° dik yönde, eğik asal çekme ve eğik asal basınç kuvvetleri oluşur(Şekil 3.7b). Kesme çatlakları, öncelikle eğik

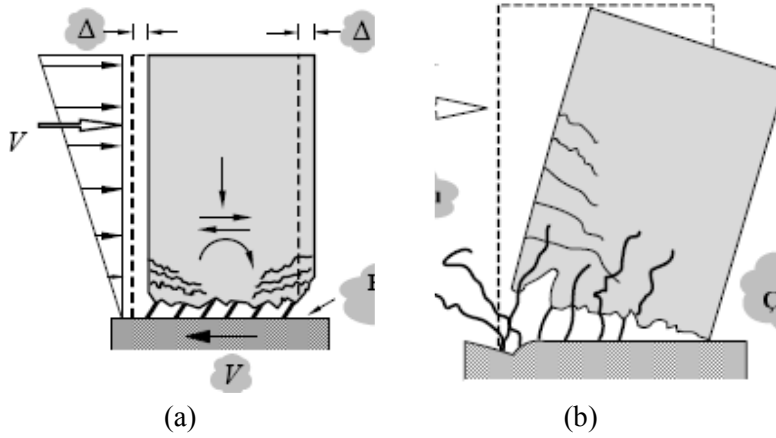
asal çekme kuvveti altında ortaya çıkar, çünkü çekmeye maruz beton, betonun ezilmesinden önce çatlar. Eğik asal basınç altında ise "betonda ezilme kırılması" söz konusudur. Eğik asal basınç kırılması perde duvarın yük taşıma kapasitesine son verir.

Perdenin eğilme donatısında, akma durumuna gelmeden, kesme ve stabilite bozulmasından dolayı ani güç tükenmelerinin olması; perde elemanların gerekli enerjiyi absorbe edemediği rijitlik kaybına ve erken göçmesine yol açar. Kesme etkilerinin perdelerin sünek davranışını engellemesini ve kayma etkilerinin enerji yutma kapasitesini belirgin bir biçimde azaltmasını önlemek için kesme kuvvetinin perde mukavemetinde belirleyici olmaması gerekir. Bunun sağlanabilmesi için, aynen kolon boyutlandırılmasında olduğu gibi, tasarımda kullanılacak kesme kuvveti, perde uçlarında oluşan pekleşme momentlerinden dolayı oluşacak kesme kuvvetinden büyük olmalıdır. Tasarımlarda perdelerde oluşabilecek maksimum kesme kuvveti ve perdelerin kesme dayanımı bilinmeli, kesme kırılması eğilme kırılmasından önce oluşmaması sağlanmalıdır.

3.2.3. Perde-temel birleşiminde yetersizlik

Perde tabanında tersinir deprem momenti maksimumdur. Yoğun eğilme ve/veya kesme kuvvetine maruz kalan perde-temel birleşiminde yeterli filiz donatısının bulunmadığı durumda kayma kırılması oluşur. Perde rijit kütle hareketi yaparak yatay düzlem üzerinde kayar (Şekil 3.8a). Oluşan yatay deplasmanla birlikte eğilme kırılması da meydana gelebilir.

Perde-temel birleşiminde sadece kayma kırılması değil, temel filiz donatısının ankrajının çözülmesi hasarı da oluşabilir (Şekil 3.8b). Çatlama ile zedelenen betonun içinden, eğer bindirme boyu yetersiz ise ve sargı donatısı da kullanılmamış ise filiz boyuna donatısı sıyrılarak çıkar; ankraj çözülmesi oluşur. Perde temel birleşim hasarlarının, yapı içinde kaç perde duvarda ve ne ciddiyette olduğuna bağlı olarak çökme olmayabilir, ancak bu hasarlar yapıda onarılmaz, ağır hasardır.



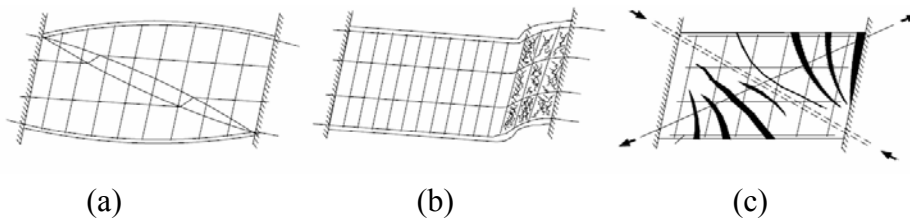
Şekil 3.8. (a) Kayma kırılması şematik gösterimi (b) Ankraj çözülmesi [Atımtay, 2009]

Yüksek yapılar ağırlıklarının fazla olmasına bağlı olarak önemli miktarlardaki düşey ve yatay yükü temel zeminine güvenle aktarmak durumundadır. Bu nedenle önemli temel sorunları ile karşılaşmak kaçınılmaz olmaktadır. Bu sorunlar değişik temel türleri kullanılarak çözülebilir.

3.2.4. Bağ kirişli perde taşıyıcı elemanlar ve bağ kirişler

Yapıya rijitlik vererek deprem etkisini zemine aktaran perde taşıyıcılarda boşluklar açılarak, perde bağ kirişli taşıyıcı elemanlar elde edildiğinden bahsedilmiştir. Bağ kirişlerinin kısa ve açıklığa göre derin olduğu durumlarda, istenilen sünek davranışın elde edilebilmesi için doğru donatılendirma önemli bir parametredir, denilmiştir.

Bu kirişlerde yönetmelikte çerçeveler için verilen koşullara göre tasarım yapıldığı takdirde, neredeyse kesin olarak diyagonal basınçtan dolayı göçme meydana gelmektedir (Şekil 3.9a). Büyük kesme kuvvetinin karşılanması için çok sık etriye düzenlendiğinde ise bağ kirişin perdeyle birleştiği kesitlerde betonda basınç kırılması oluşur ve istenen davranış eğrisi elde edilemez (Şekil 3.9b).



Şekil 3.9. Bağ kirişlerin kesme dayanım mekanizmaları

Yönetmeliklerde belirlenen kayma gerilmesi değerin aşılmaması halinde, bağ kirişlerinin hem kesme kuvvetini hem de onun oluşturduğu eğilme momentini karşılayacak çapraz donatı demetiyle donatılması istenen sünek davranış için en uygun çözüm olarak görülmektedir (Şekil 3.9c) [Council on Tall Buildings and Urban Habitat Committee].

3.2.5. Perdelerde burkulma (stabilite)

Süneklik düzeyi yüksek perdelerde, perde uçlarındaki donatılarda büyük çekme uzamaları meydana gelir. Bununla birlikte plastik mafsallarda oluşan çekme kuvvetleri nedeniyle düzgün aralıklarla betonda çatlaklar belirir. Yatay yükler yön değiştirdiğinde önceden akmış olarak uzayan donatılar, basınç gerilmelerine maruz kalır. Betonda oluşan çatlaklar kapanırken bu çubuklarda elastik olmayan basınç kısılmaları meydana gelir. Bu durum da çeliğin elastisite modülünde bir azalmaya yol açar. Çatlaklar kapanmadan elastisite modülünde kritik seviye aşıldığında bu bölgede perde eksenine dik burkulma meydana gelir.

Kritik seviyeye erişilmeden, duvar kalınlığı boyunca oluşan çatlaklar kapanırsa söz konusu bölge rijitleşir ve burkulma engellenmiş olur. Bu tür burkulmalara agreganın düzgün yerleşmemesi ve kayma şekil değiştirmelerinden dolayı, oluşan çatlaklardaki kuvvetlerin eşleşmemesi gibi iç kuvvet süreksizlikleri de neden olabilir [Council on Tall Buildings and Urban Habitat Committee].

Perde kalınlığının yetersiz olduğu durumlarda perdeler tersinir yüke maruz kaldıklarında düzlemleri dışında burkulma sebebiyle stabilite bozukluğu tehlikesi de yaşarlar. Perde elemanlarının stabilitesi hakkında çok kesin sonuçlar elde edilmediğinden çeşitli ülke yönetmelikleri sünekliği yüksek perde boyutları ve tasarımları konusunda kısıtlamalar getirmiştir. Örneğin Türkiye’de geçerli olan D.B.Y.B.H.Y. 2007’de bu oran kat yüksekliğinin 1/20’si olarak belirlenmiştir. Perde uçlarındaki sarılma bölgelerinin gövdeden daha geniş düzenlenmesi ya da perdelerin uçlarında yönetmeliklerce belirlenmiş yeterli uzunlukta flanşlarla (I-kesit) düzenlenmesi önerilir. Bu şekilde ince kesitli narin perde duvarlarda stabilite

göçmesi ile karşılaşılmaz, ayrıca uç bölgelerinde donatı yerleşimi ve etriye sarımı kolaylaşır [Council on Tall Buildings and Urban Habitat Committee].

3.3. DBYBHY(2007)'de Betonarme Perdeli Yapılar İçin Verilen Koşullar

Ülkemizin belli aralıklarla yaşadığı deprem felaketleri çok büyük miktarda mal ve can kaybına sebep olmuştur. Söz konusu kayıpları en aza indirebilmek ve depremlere karşı daha hazırlıklı hale gelebilmek için yönetmelikler oluşturulmuş, zamanla da yeni düzenlemeler yapılmıştır. Yönetmelikler, yorumlara bağlı oranlar ve tavsiyeler yerine, daha kesin verilere, yapıda kullanılan malzeme özelliklerine, depremin bölgesel özelliklerine ve belli hesap yöntemlerine dayanarak hareket etmeyi ön görmektedir ki, bu yöntem gerçekçi ve bilimseldir.

Bu bölüm *betonarme perdeler*e kazandırılması gereken tanım, çözümleme ve boyutlandırma konularının yönetmelikte ne şekilde uygulandığını belirtmek amaçlı ele alınmıştır.

3.3.1. En-kesit koşulları

Yönetmeliğin, *Madde 3.6 Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler* ile ilgili bölümünde, perde gövde kalınlığı ile ilgili 3 farklı koşul ele alınmıştır.

Öncelikle verilen iki özel durum dışındaki perdelerin gövde kalınlığının 200 mm'den ve kat yüksekliğinin 1/20'sinden az olmamak koşulu vardır.

Özel durumlardan biri; taşıyıcı sistemi sadece perdelerden oluşan binalarda, perdelerin toplam alanlarıyla ilgili verilen Eş. 3.1'deki koşulların her ikisinin de sağlanması durumunda perde duvar kalınlığı, binalardaki en yüksek katın yüksekliğinin 1/20'sinden ve 150 mm'den az olmaması durumudur.

$$\Sigma A_g / \Sigma A_p \geq 0.002 \quad (3.1a)$$

$$V_t / \Sigma A_g \leq 0.5 f_{ctd} \quad (3.1b)$$

Yukarıdaki eşitlikte ΣA_g herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en-kesit alanlarının toplamını; ΣA_p binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamını; V_t Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde göz önüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükünü; f_{ctd} ise betonun tasarım çekme dayanımını ifade etmektedir. Söz konusu eşitlikler bodrum katları rijit perdelerle çevrili binalarda zemin katlar dışında, temelin üstünden itibaren uygulanacaktır.

İkinci durum ise; Kat yüksekliği 6 m'den daha büyük olan ve kat yüksekliğinin en az 1/5'ine eşit uzunluktaki elemanlarla yanal doğrultuda tutulan perdelerde, gövde bölgesindeki perde kalınlığı, yanal doğrultuda tutulduğu noktalar arasındaki yatay uzunluğun en az 1/20'sine eşit olabileceği, ancak bu kalınlık 300 mm'den az olamayacağıdır.

3.3.2. Perde uç bölgeleri ve kritik perde yüksekliği

Betonarme perdeler için yönetmeliklere konu olan en önemli konu perdelerin uç bölge ihtiyacı ve bu bölgelerin boyutlarıdır. Bunun sebebi yatay kuvvetler altında perdelerin en fazla zorlandığı ve kesit bakımından en kritik değerlere ulaştığı bölgelerin uç bölgeler olmasıdır.

Yalnız betonarme perdelerden oluşan yapılar çok rijit olup, bu tür taşıyıcı sistemlerin yatay yük taşıma kapasiteleri çok yüksektir. Ancak perdeler boşluklu da olsalar, çerçevelerle birlikte de bulunsalar, konsol kiriş gibi davrandıklarından kritik kesitleri, temelle birleşen kesitler olduğundan süneklikleri sınırlıdır [Celep ve Kumbasar, 2005]. Bu kesit mesnette bir bölge olarak ortaya çıkar. Bu bölge D.B.Y.B.H.Y.'de *kritik perde yüksekliği* olarak adlandırılmıştır.

Temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20 den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren kritik perde yüksekliği, $2 l_w$ değerini aşmamak üzere, Eş. 3. 2'de verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak biçimde belirlenmektedir. Eşitliklerde H_{cr} kritik perde yüksekliğini; l_w perdenin veya bağ kirişli perde

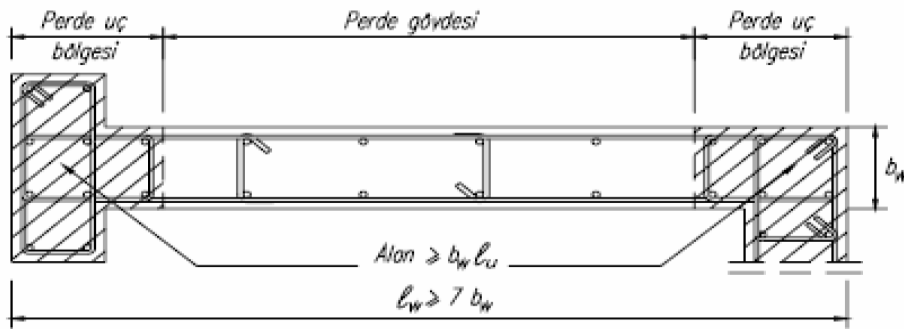
parçasının plandaki uzunluğunu; H_w temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği ifade etmektedir.

$$H_{cr} \geq l_w \quad (3.2a)$$

$$H_{cr} \geq H_w / 6 \quad (3.2b)$$

Yüksekliği fazla olmayan yapılarıdaki perdelerde genellikle çok büyük kesit etkileri meydana gelmez. Bu nedenle perde donatısı kesit çevresine düzgün şekilde dağıtılabilir. Ancak büyük mesnet momenti durumunda donatı uçlarda toplanarak elemanın güç tükenme momenti artırılabilir. Böylece eğilmeden dolayı oluşan basınç kuvvetinin önemli bir bölümü de donatı tarafından karşılanacaktır [Celep, Z. ve Kumbasar, 2000]. Bu etkiyi sağlayabilmek için perde elemanlarında uç bölgesi düzenlenmesi uygun görülmüştür. $H_w / l_w > 2.0$ olan perdelerin planda her iki ucunda perde uç bölgeleri oluşturulacaktır. Taşıyıcı sistemi sadece perdelerden oluşan binalar dışında, perde uç bölgelerindeki perde kalınlığı da kat yüksekliğinin $1/15$ 'inden ve 200 mm'den az olmayacaktır.

Perde uç bölgelerinin, kat yüksekliğinin en az $1/5$ 'ine eşit uzunluktaki elemanlarla yanal doğrultuda tutulduğu durumlarda, uç bölgesindeki perde kalınlığı, yanal doğrultuda tutulan noktalar arasındaki yatay uzunluğun en az $1/20$ 'sine eşit olabilir. Ancak, bu kalınlık kat yüksekliğinin $1/20$ 'sinden veya 300 mm'den az olamaz (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Mesnetli perdelerde uç bölgeleri minimum alanları [D.B.Y.B.H.Y., 2007]

Eğer perdeler, tünel kalıp sistemlerinde olduğu gibi, eğilme etkilerinin yanında düşey yüklerden oluşan önemli miktarda normal kuvvet etkisinde ise; bu etkinin en fazla olduğu temel seviyesindeki sünekliği arttırmak için perde kesitinin başlıklarında sık etriye kullanmak uygun olacaktır. Zira genellikle düşey yüklerden oluşan normal kuvvet, denge durumundaki normal kuvvetten küçüktür ve eğilme momenti nedeniyle perde kesitindeki çekme donatısı akma durumuna gelir ve sünek güç tükenmesi görülür. Fakat normal kuvvetin, büyük olduğu durumlarda, dengeli durumun üzerinde kalındığından, çekme donatısı akma durumuna erişmeden, kesme kuvveti etkisiyle ani güç tükenmesi ortaya çıkacaktır [Celep ve Kumbasar, 2000].

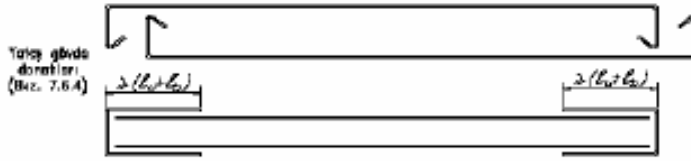
3.3.3. Perdelerde donatı koşulları

Yönetmelikte, anlatılan perde davranışlarının elde edilebilmesi için perde elemanlarının donatılma koşulları belirlenmiştir. *Öncelikle Gövde Donatılarından bahsetmek gerekirse*; Perdenin her iki yüzündeki gövde donatılarının toplam enkesit alanı, düşey ve yatay donatıların her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan *perde gövdesi* brüt enkesit alanının 0,0025'inden az olmayacaktır. $H_w / \ell_w \leq 2.0$ olması durumunda perde gövdesi, perdenin tüm kesiti olarak göz önüne alınacaktır. Perde gövdesinde boyuna ve enine donatı aralığı 250 mm'den fazla olmayacaktır. Ancak Eş. 3.1(a) ve Eş. 3.1(b)'nin her ikisinin de sağlandığı ve deprem kuvvetinin tamamının perdeler tarafından karşılandığı binalarda, donatı aralığı 300 mm'yi geçmemesi koşuluyla en az düşey ve yatay toplam gövde donatısı oranları 0.0015 alınabilmektedir.

Uç bölgeleri dışında, kritik perde yüksekliği boyunca her 1 metrekare perde yüzünde, çapları en az yatay donatı çapı kadar olan, en az 10 adet özel deprem çirozu kullanılacaktır. Bu bölgenin dışında perde gövdelerinin her iki yüzündeki donatı ağırları, 1 metrekare perde yüzünde en az 4 adet özel deprem çirozu düşecek şekilde karşılıklı olarak bağlanacaktır.

Yatay gövde donatıları etriyelerle sarılı perde uç bölgesinin sonunda iki farklı şekilde detaylandırılması önerilmiştir. Donatı, 90 derece kıvrılarak karşı yüzde köşedeki

düşey donatıya 135 derecelik kanca ile bağlanabilir yada kıvrım yapılmaksızın U biçiminde hazırlanan yatay donatılara birleştirilir. Ayrıca bu donatılar perde uç bölgesinin iç sınırından itibaren belirtilen en az kenetlenme boyu kadar uzatılmalıdır (Şekil 3.11). Bu detaylandırmalarının istenilme nedeni depremde enerji tüketirken donatılarda ayrılma meydana gelmesinin engellenmesidir. Donatılardaki erken ayrılmalar yapı elemanlarının deprem karşısındaki rijitliklerini azaltmaktadır.



Şekil 3.11. Kenetlenme boyları gösterimi [D.B.Y.B.H.Y., 2007]

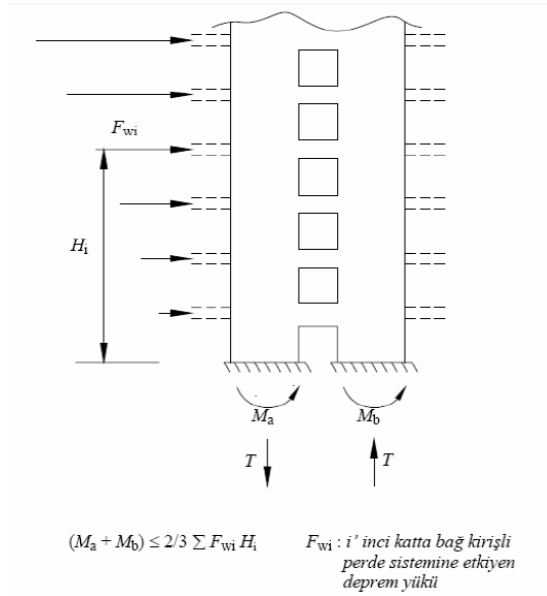
Perde uç bölgeleri incelediğinde de; düşey donatı toplam alanının perde brüt enkesit alanına oranı kritik perde yüksekliği boyunca 0.002'den diğer bölgelerde 0.001'den, donatı miktarı 4φ 14'ten az olmayacağını görmekteyiz. Perde uç bölgelerindeki düşey donatılar, Şekil 3.11'de gösterilen yerleşim kurallarına uyularak, kolonlarda olduğu gibi etriyeler ve/veya çirozlardan oluşan enine donatılarla sarılacaktır. Enine donatının çapı ve aralığı, hiçbir zaman perde gövdesindeki yatay donatıdan az olmayacaktır. Yönetmelikte öngörülen donatı sıklaştırmaları uygulanarak kritik yükseklik bölgesinin sünekliği artırılmış olacaktır [Celep ve Kumbasar, 2000].

3.3.4. Boşluklu perdeler ve bağ kirişler

Perdeler arası bağ kirişleri iki perde sisteminin rijitliğini arttırarak yanal yer değiştirmeleri azaltırlar. Bağ kirişlerinin rijitliği arttırıldıkça eğilme momentleri büyürken perdeler arası etkileşim artar ve perde kesitlerinde meydana gelen normal kuvvetle daha büyük momentin taşınması mümkün olur. Fakat bu kirişlerin, birleşim noktalarında perdelerden daha güçlü olması istenmez. Aksi takdirde istenen süneklik sağlanamaz. Güç tükenmesi önce perdelerde oluşur ve sistem özelliğini kaybeder. Perdelerde tamiri mümkün olmayan hasarlar meydana gelir. Depreme dayanıklı yapı tasarımının temel ilkelerinden olan “*Kuvvetli Kolon, Zayıf Kiriş*” anlayışındaki gibi

önce bağ kirişlerinin büyük bir bölümünün güç tükenmesi durumuna gelmesiyle, perdelerde önemli bir hasar meydana gelmeden enerjinin büyük bir kısmı yutulmuş olur.

Deprem yönetmeliğinde, ikili perde sistemlerindeki bağ kirişlerinin yeteri kadar moment kuvveti taşıması, aşağıda bahsedilen kural ile sağlanır.



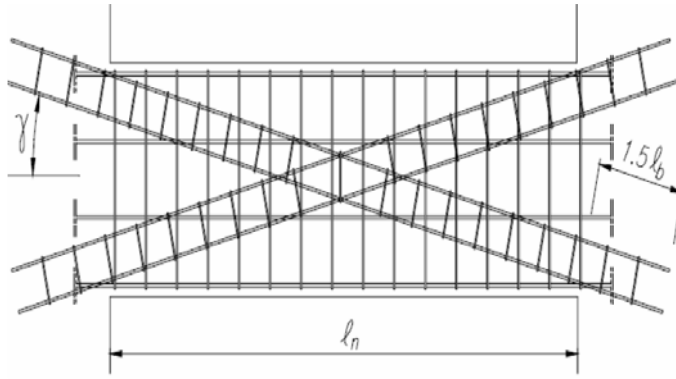
Şekil 3.12. Bağ kirişlerin taşıması gereken minimum moment koşulu [D.B.Y.B.H.Y., 2007]

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, herhangi bir bağ kirişli perde sistemini oluşturan perde parçalarında deprem yüklerinden oluşan taban momentlerinin toplamı, bağ kirişli perde sisteminde deprem yüklerinden oluşan toplam devrilme momentinin $2/3$ 'ünden fazla ise, sistemden beklenen sünek davranışın oluşması için bağ kirişlerinin yeteri kadar moment kuvvetini üzerine almadığı anlaşılır (Şekil 3.11). Burada, sistemi oluşturan perdelerin her biri boşluksuz perde olarak ayrı ayrı göz önüne alınacaktır. Yapının taşıyıcı sistem davranış katsayısı R değiştirilecektir.

Eğer bağ kirişleri kısa ve yüksekse, büyük eğilme momentlerine karşı koyarlar. Bunun sonucunda kesme kuvvetleri de büyür. Açıklığı yüksekliğine göre küçük olan

bağ kirişlerinde, alışlagelmiş kiriş teorisinden ayrılıp, kirişte basınç ve çekme çubuklarının varlığından hareket ederek donatılandırmak uygun olabilir.

Kirişin serbest açıklığı yüksekliğinin 3 katından fazla olduğu ve söz konusu kesme kuvvetinin yönetmelikteki şartları sağlayamadığı durumda yukarıda bahsedilen basınç çekme çubukları teorisine bağlı olarak, bağ kirişine konulacak özel kesme donatısı, bağ kirişindeki kesme kuvvetini ve onun oluşturduğu eğilme momentini karşılamak üzere çapraz donatılar şeklinde olacaktır (Şekil 3.12).



Şekil 3.13. Bağ kirişlerde kullanılacak çapraz donatı detayı[D.B.Y.B.H.Y., 2007]

$$A_{sd} = V_d / (2 f_{yd} \sin \gamma) \quad (3.3)$$

Her bir çapraz donatı demetindeki toplam donatı alanı Eş. 3.3 ile belirlenecektir. Eşitlik A_{sd} bağ kirişinde çapraz donatı demetinin her birinin toplam alanını; V_d yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvvetini; f_{yd} boyuna donatının tasarım akma dayanımını; γ bağ kirişinde kullanılan çapraz donatı demetinin yatayla yaptığı açıyı göstermektedir.

4. TÜNEL KALIPLAR

Betonarme malzemeye form verilebilmesi için kalıplara olan gereksinim bir zorunluluk halindedir. Kalıplar; hem düşeyde hem de yatayda betonun gerekli şekli alması ve dayanım kazanana kadar geçen süre içinde destek olması için kullanılan inşaat malzemeleridir. Betonarme'nin kendi içinde yaşadığı gelişimlere paralel olarak, bulunmasından itibaren yapım tekniklerinde de çok büyük ilerlemeler görülmüştür. Zamanla kat adedi artma, yapım sürelerinin kısaltılma ve işçi güvenliğini sağlama gibi gereksinimler doğmuş, geleneksel kalıplar ihtiyaçlara yeterince cevap veremediği için modern kalıp teknikleri geliştirilmiş, gelişen teknoloji ile klasik yöntemlerle ulaşılamayacak yüksekliklerde binalar yapılmaya başlanmıştır.

Yapılarda, inşaat aşamasında temelden başlayarak çatıya kadar kullanılan kalıp elemanlar yapıldıkları malzemeye göre; tahta kalıp, ahşap levhalı kalıp, sac kalıp, beton içinde bırakılan kalıp (ölü kalıp), duvar kalıbı, kayar kalıp, tırmanır kalıp, tünel kalıp şeklinde sınıflandırılabilir. Kalıp türlerinin avantajları ve dezavantajları düşünüldüğünde tüm türler farklı özellikler göstermektedir.

Yapı üretimi; hızlı üretim tekniği, ekonomisi ve niteliği yönünden büyük ölçüde kalıp tekniğinin doğru seçilip, detaylarının doğru çözümlenmesine bağlıdır [Balkabak, 1998]. Hangi kalıp sisteminin kullanılacağı önceden karar verilmesi tasarım için de faydalıdır. Örneğin, tünel kalıpla yapılacak olan inşaatlarda tasarımcılar, tünel kalıp boyutlarına göre tasarım yapmak zorundadırlar. Diğer kalıp sistemleri için de kalıp boyutlarını ve imkânlarını bilmek ve ona göre bir düzenlemeye gitmek faydalı olacaktır. Kalıp sisteminin seçimini etkileyen pek çok etmen vardır. Bunlardan en önemlileri; binanın yüksekliği, binanın taşıyıcı sistemi, döşeme sistemi inşaatın büyüklüğü ve bitirilmesi istenen zaman olarak sıralanabilir. Kalıp giderlerinin tipik bir betonarme binadaki önemli giderlerden biri olmasından dolayı kalıp sistemlerinden uygun olanın seçilmesi ile rasyonel ekonomi sağlanmaktadır.

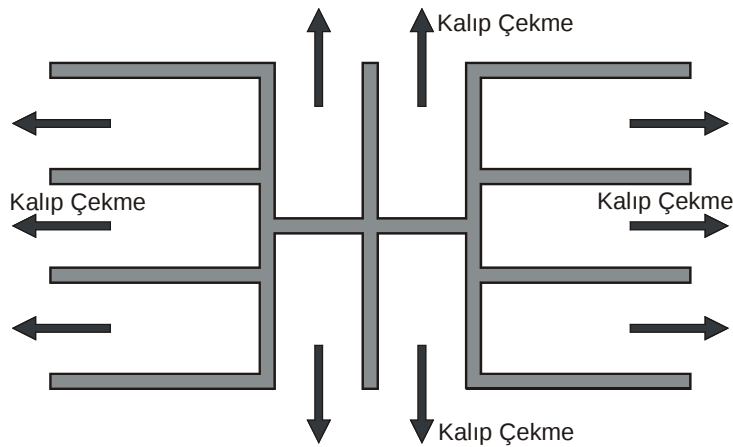
Pratik detay çözümlerine ve fazla kullanım sayısına sahip olan gelişmiş kalıp sistemleri çok katlı perdeli yapılarda tekrar eden kat sayısı çok olduğu için avantajlı konumdadırlar. Son yıllarda ülkemizde ise toplu konut ve çok katlı yapılar üretiminde taşıyıcı sistem olarak perdeli çerçeveli yapılara alternatif olarak tünel kalıp sistemler çokça kullanılmaya başlanmıştır [Sümer, 2003].

Çalışmanın bu bölümünde tünel kalıp sistemlerin tanımı yapılarak başlıklar altında incelenmiştir.

4.1. Tünel Kalıp Sisteminin Tanımı

Tünel kalıp sistemi, yapının duvar ve döşemelerinin hassas boyutlu ve düzgün yüzeyli çelik kalıplar yardımıyla tek bir operasyonla dökülebildiği yapı tekniği olarak tanımlanabilir. Aynı zamanda kalıpların yapının enine boyuna doğrultuda hareket ettirilerek çıkarıldığı ve gerekse yatay yapı elemanlarının aynı anda dökülebildiği bir yapım sistemidir. Bu sistem, geleneksel inşaat tekniklerine göre hızlı ve ekonomik bir yapım sürecine olanak sağlar.

Tünel kalıp işleminde üç tarafı kapalı olan bir hücreye beton döküldüğünde aynı anda iki yan, bir arka duvar ve döşeme oluşmaktadır. Üç tarafı kapalı olan bu hücrenin dışarıya tekerlekler aracılığı ile çıkarılabilmesi için her hücrenin mutlaka bir tarafının açık olması gerekmektedir.



Şekil 4.1. Kalıpların uygulanma yönleri [Tuna, 2000]

4.2. Gelişimi ve Uygulama Alanları

Kalıp sistemler, beton malzemeye şekil verdiği için betonun gelişimini izlemiştir. Ancak 2.Dünya savaşına kadar kalıp malzemesi olarak ahşap, teknik olarak geleneksel sistemler kullanılmıştır. Zamanla hem hızlı hem de ucuz kalıp teknolojisinin gereksinimi ile tünel kalıp sistemler gelişmeye başlamıştır.

İlk olarak Fransa'da 2. Dünya Savaşı'nın sonrasında konut ihtiyacını karşılamak amacıyla düşük maliyetli ve hızlı bir çözüm olarak devreye sokulan bu teknoloji, çok başarılı olmuş ve kısa sürede dünyada yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Fransa'da yapılan ilk uygulamada ahşap malzeme kullanılmış, daha sonra çelik kalıplar devreye sokulmuştur. 1978 yılında yurtiçi piyasaya Mesa İnşaat önderliğinde girmiştir. O zamandan bu yana Türkiye'de de yaygın olarak özellikle tekrarlı kısımlar içeren toplu konut, otel, öğrenci yurdu inşaatlarında sıklıkla kullanılmaktadır [Balkabak, 1998].

Tünel kalıp sistemlerin kurulum ve sökümü nitelikli eleman kullanılması halinde çok basittir. Döşeme ve perdede hasır çeliği kullanılması işçiliği kolaylaştırmaktadır.

4.3. Tünel Kalıp Sisteminin Kullanım Avantajları

Çabuk sökülüp takılabilen, kolay taşınabilen ve stoklanabilen kalıp sistemleri, depreme karşı dayanımı yüksek iken hem maliyeti düşürüyor, hem de uygulama sırasında zaman kazandırıyor. Geri dönüşüm sağlayarak ormanların korunmasına yardımcı olan bu kalıp sistemleri sahip oldukları özellikler nedeniyle inşaat sektöründe öne çıkıyor. Bu bölümde bu kalıp sistemlerinin sağladıkları avantajlar ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

4.3.1. Yapı güvenliği

Ülkemizin deprem bölgesinde olması nedeniyle döşeme ve perdelerin birlikte döküldüğü, monolitik bir yapı elde edilmesiyle özellikle perde ile döşemelerin birleşim bölgelerinde ortaya çıkan inşaat derzleri problemi ortadan kalkmış olur.

Düşey taşıyıcıların perde olmasından dolayı binanın yatay rijitliğinin artmasına, dolayısıyla yatay kuvvetlere karşı direncin artmasına yol açar ve yüklerin temellere homojen olarak dağıtılmasını sağlar [Kıncal, 2006]. 1999 depreminde İzmit Büyükşehir Belediyesi tarafından tünel kalıp sistemiyle yaptırılan 2000 konutluk sitelerde depremden dolayı herhangi bir hasara rastlanmamıştır [Apay, 2005]. Hatta Marmara depreminde hiçbir tünel kalıp bina yıkılmamıştır; hatta önemsiz sayılacak hasar bile almamıştır. Ve bu yapılar hakkında mühendislerce deprem güvenli bir yapı olduğu konusunda genel bir yargıya ulaşılmıştır [Atımtay, 2002].

Bu sistemin betonarme ile uygulanması, betonun ısıya karşı yüksek mukavemetini yanında getirdiği için taşıyıcı sistemi betonarme elemanlardan oluşan yapının yangına karşı direnci fazladır [Erbil, 2005].

Son olarak yapı uygulama güvenliği olarak tünel kalıp sisteminin panelleri, avantajlarından biri olan beton dökümü işleminde yüksek beton dökme hızına dayanması amacıyla m²'de 5 tona kadar beton basıncına dayanabilecek şekilde kurgulanabilir [Gültek, 1989].

4.3.2. Üretim kalitesi

Tünel kalıplar 3–4 mm kalınlığında çelik saclardan imal edilirler. Çelik kalıplar beton yüzeyinin pürüzsüzlüğünü sağlayarak tamirat işçiliğinin en aza indirilmesine ve ince işlerin azalmasına olanak sağlarlar. Boya, duvar kâğıdı gibi dekorasyon malzemeleri direk olarak yüzeye uygulanabilir.

Kullanıma başlanmadan önce imalat tekniği açısından milimetrik hassasiyetle üretilmeleri gerekmektedir, ilk aşamada yapılacak bir hata tüm yapıya aynen yansır. Kapı pencere boşlukları, tesisat delikleri önceden kalıp yüzeyine vidalanacağı için tesisatçıya milimetrelilik hazır boşluklar kalmaktadır. Kalıplar kesin boyutludur. Her defasında kalıpçıların ölçümlemedeki becerisine bağlı kalınmadan, standart yükseklik ve açıklığı kolaylıkla elde etmek olasıdır. Kapı kasaları sac ise kalıba

önceden yerleştirilerek bir imalat kalemi daha kaba inşaat safhasında bitirilmesini sağlar.

Klasik ahşap kalıplama ile malzeme ve zaman kaybından kaynaklanan dezavantajlar bu uygulamada oluşmaz. Ölçülerin hassas ve kalıp toleransların düşük olmasından dolayı kalıptan çıkan elemanların ölçüsel doğruluğunun artması sağlanır. Elektrik ve su tesisatlarının önceden kalıba yerleştirilmesinden dolayı döküm sonrası ince işçiliği azaltır.

4.3.3. Üretim hızı

Sistemin en önemli faydalarından biri geleneksel yöntemlere kıyasla çok hızlı bir üretime olanak sağlamasıdır. Orta büyüklükte bir konutun kalıp kurulumu, tesisatının döşenmesi, kapı ve pencere kasalarının yerleştirilmesi gibi işlemler yarım günde bitirilebilir ve aynı gün beton dökülebilir. Kalıpların içine yerleştirilen buhar kür sistemi sayesinde kalıplar 1 günde sökülerek vakit kaybetmeden üretime devam edilebilir. Günümüzde özellikle prefabrik sektöründe çok yaygın olarak kullanılan kürleme sisteminde tesisatta dolaşan sıcak su veya su buharı betonun priz süresini oldukça azaltarak üretim hızının artmasını sağlamaktadır.

Geleneksel yapım sistemlerinde kış aylarında duran inşaatların yanı sıra tünel kalıp sistemde soğuk zamanlarda tünel hücrelerin açık olan yüzleri çadır perdelerle kapatılarak içeride ısıtıcılar kullanılmak suretiyle aralıksız inşaatla devam edilebilmektedir.

Kendi içinde gruplaşmış 15–20 kişilik bir ekiple bir günde 150–280 m²'lik bir konutun kalıp sökümü ve kurulumu, donatı döşenmesi, elektrik ve mekanik tesisatı işleri tamamlanır [Kasapoğlu, 2008]. Bu sayede 24 saatlik rotasyonla kullanılan kalıplar zaman ve iş gücünün verimli şekilde kullanılmasına olanak sağlar.

Yapının tamamlanması açısından tünel kalıpların hız kazandıran bir özelliği ise cephe elemanlarının, merdivenlerin, sahanlıkların, bölme duvarların, bacaların vb.

elemanların prekast olarak üretilerek montajının yapılmasıdır. Bu elemanlar ön yapımlı olarak üretilip, yerinde dökülen ana yapı ile birleştirilerek kullanıldığı için yarı ön yapımlı bir sistem olarak da kabul edilir. Fabrikasyon üretimi sayesinde malzeme zayiatı en aza inmektedir.

4.3.4. Maliyet

Tünel kalıp sisteminin ön yatırımı yüksektir. Fakat belli bir sayıda üretim amaçlanarak kalıp elemanlarının yeteri kadar kullanılabilmesi için iyi bir planlama yapılırsa yapımda üretim hızının yanı sıra ekonomiklikte sağlanmış olur. Bu sistemin rasyonel olabilmesi için uygulanacak yapılaşma 100 konut biriminden az olmamalıdır. Kalıbın kullanım ömrü kullanım şekline bağlı olarak değişmekle birlikte yaklaşık olarak 1000 kez kadar olabilir. Eğer tünel kalıp sistemlerinin alınması potansiyel kullanım sayılarını bulmuyorsa, kalıp firmalarından kiralama yoluna da gidilebilir.

Tünel kalıp sisteminin şantiyede sökülüp yeniden monte edilmesi diğer geleneksel yöntemlere göre çok kolaydır. Sistemin boyutlarındaki hassasiyet yapı bileşenlerinin standartlaşmasını sağlar. Böylece hem üretim hem de montajda maliyet azalır. Vasıflı işçi ve usta sayısı ile diğer sistemlere göre daha az işçilik maliyeti vardır, en kritik maliyet olan bu işçi maliyeti, geleneksel sistemlere göre %7–8 oranında düşmektedir.

Bu sistemde her gün bir kat yapılabilir. Bu nedenle zaman açısından alternatifi yoktur. Araştırmalara göre, tünel kalıp sistemle inşaat hızı geleneksel sistemin 5 katıdır [Sucu, 2006]. Ekiplerin bekleme süreleri dikkate alındığında, oluşan işçilik kayıpları, tünel kalıp sistemin inşaat hızı ve sürekliliğinden dolayı ortadan kalkmaktadır. Bu da maliyetin düşmesinde önemli bir etkidir. Yapım süresinin kısa oluşu, işgücü ve anaparanın uzun süre bağlı kalmasını önler, yatırımın kendisini kısa sürede amorti etmesini sağlar. Ayrıca yüksek enflasyon göz önüne alındığında, inşaatın kısa sürede bitirilmesi ile maliyeti düşmektedir.

4.4. Sistemin Yapısal Özellikleri

Günümüzde bu kadar yaygınlaşmış olan bu teknolojinin olanak ve kısıtlamalarının tasarımcılar tarafından çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Aksi takdirde bu teknolojinin getirdiği avantajlardan gerektiği gibi yararlanılmaz.

Tünel kalıp sistemi modellerin oluşturulması sırasında mimari tasarımı sınırlayıcı kısıtları olan bir kalıp sistemidir.

Tüm bitmiş kalıp boyutları çeşitli kombinasyonlar yapılarak sağlanmaktadır. Tünel kalıplar, duvar ve döşeme panelleri olan iki ana panelin birleştirilmesi ile oluşurlar. Bu panellerin birleşmesinden oluşan tam veya yarım tünel elemanları (Şekil 4.2a), (Şekil 4.2b)elde edilir. Bu tünel kalıp türleri tekerlekli bir sistem ile taşınır [Kıncal, 2006]. Tünel kalıp tip elemanlarının çeşitli birleşim olanakları vardır. Yarım tünellerle kullanılacak mekâna göre çeşitli kombinasyonlar yapılarak tam tünel kalıp elde edilebilir.



Şekil 4.2. (a) Yarım tünel kalıp gösterimi, (b) Tam tünel kalıp gösterimi

Kalıpların boyutları, üretici firmalar tarafından farklı ölçülerde standartlaştırılmıştır. Bir genelleme yapmak gerekirse; tünel kalıp genişlikleri küçük açıklıklar için minimum 75 cm'e kadar inebilmekte, büyük açıklıklar için ise maksimum 650 cm olmaktadır. Daha büyük açıklıklar için ek kalıp elemanı olarak kutu kalıp veya masa kalıp olarak adlandırılan z açıklıklı kalıplar kullanılmaktadır. Bu tür ek kalıplar açıklık ortasında dikme görevini de yüklenmektedir. Yükseklik olarak da 230 – 300 cm arasında uygulamaları yapılmaktadır. Tasarım sırasında kalıp ölçülerine bağlı

kalınmalıdır. Aksi takdirde özel olarak kalıp imal ettirmek maliyeti çok daha fazla artırmaktadır.

Tünel kalıp elemanların sökülebilmesi için tavanların kirişsiz olması gerektiği gibi düşük döşemede olmamalıdır. Tünel kalıp sistemlerde, döşeme kalınlığı minimum 14 cm olmaktadır. Döşeme 3 yönden perdelerle mesnetlendiği için kalıbın çıktığı doğrultuda çalışması gerekir. Aksi takdirde, döşeme mesnetlenmediği yöne çalışacağından daha fazla yük alacak ve tasarım sırasında döşeme kalınlığının ve donatı alanının artırılması gerekecektir. Açıklığı çok fazla olan döşemelerde iki kat hasır çelik donatı kullanılır.

Perde duvar doğrultuları, yapının iki yöndeki rijitlikleri ve tünelin çıkış yönleri göz önüne alınarak tasarlanmalıdır. Binada her iki doğrultuda çok sayıda perde olması en rasyonel çözümdür. Bu şekilde yapı yatay yüklere karşı iki yönde de daha mukavemetlidir ve burkulma olasılığı azalmaktadır.

Tünel kalıp sisteminde, boşluklu perdelerin bağ kirişleri, uygulama zorlukları nedeni yönetmeliğin belirttiği esaslara uygun biçimde donatılamamaktadır. Bu sebeple bunların yerine yüksek kirişlerde olduğu gibi etriye sıklaştırılmaları yapılmış kirişler tasarlanmaktadır [Kıncal, 2006]. Tünel kalıp sisteminde zeminin kazılıp temelin inşa edilmesi geleneksel yöntemlerle olur.

5. ÖRNEK ÇOK KATLI YAPI PROJESİ

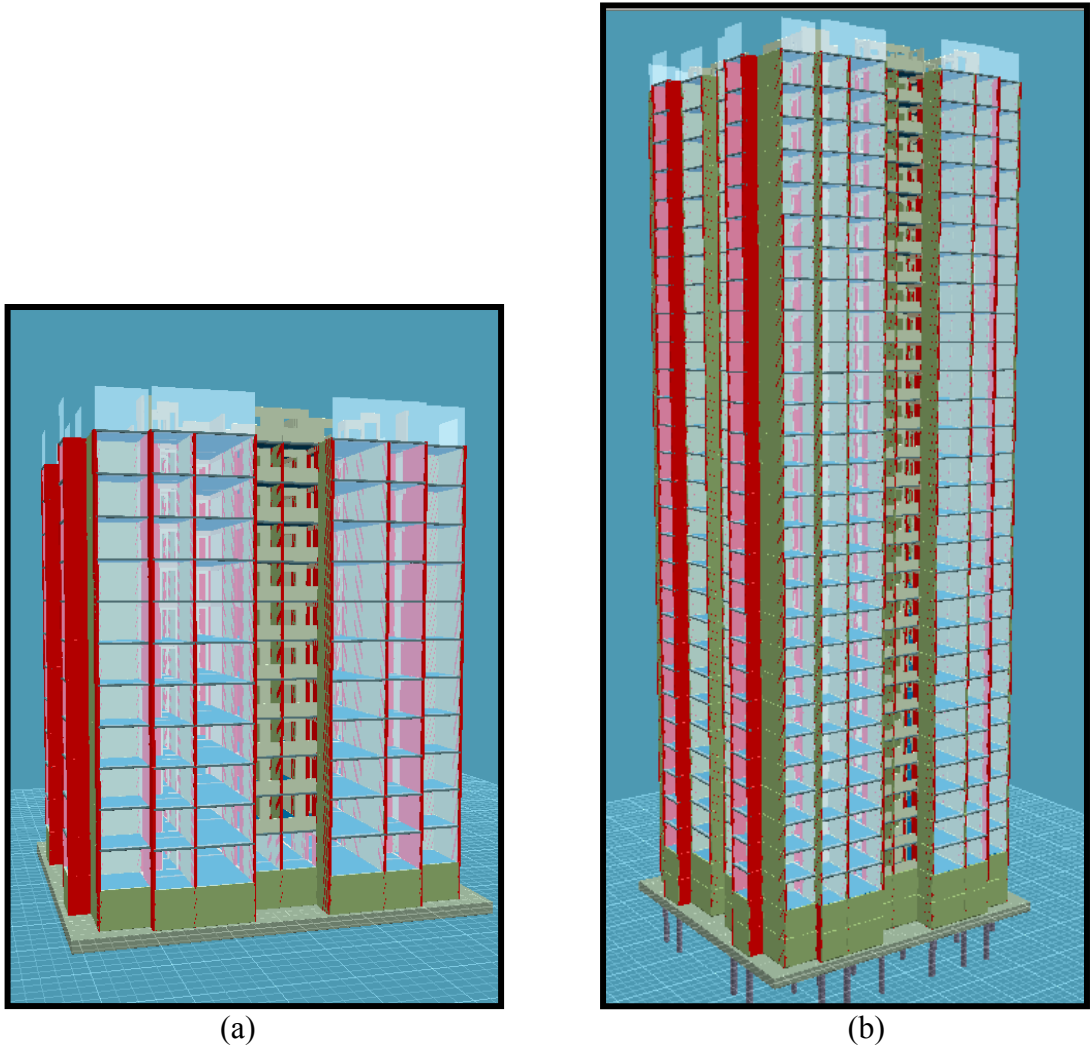
Son yıllarda Türkiye’de çok katlı yapıların sayısı artmaktadır. Türkiye’deki yapı stoğunun %80’inin konutlardan oluştuğu dikkate alınacak olursa çok katlı yapılarda da en çok konut işlevinin yaygın olduğu söylenebilir.

Günümüzde Türkiye’de çok katlı konut sektöründe en fazla kullanılan teknoloji betonarme perde sistemlerdir. Ankara ve çevresinde kurulan Or-An, Konutkent, Yaşamkent gibi kendi başlarına küçük birer şehir sayılabilecek yerleşim alanlarında çok katlı perdeli yapıların yapımı için ise tünel kalıp ile yerinde dökme yapım yöntemi kullanılmış, halende Türkiye’nin birçok bölgesinde bu teknoloji tercih edilmektedir.

Toplu konut üretiminde bu kadar yaygınlaşmış olan bu teknolojinin olanak ve kısıtlamalarının tasarımcılar tarafından çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle bu çalışmada taşıyıcısı perde sistemden oluşan ve tünel kalıp teknolojisi kullanılan bir örnek konut yapısı ele alınmıştır. Kat adetleri 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 ve 54 şeklinde 6’şar kat arttırılarak oluşturulan dokuz örnek bina modeli hazırlanmıştır. Her bir model için kullanılan beton sınıfının bina maliyeti üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla, beton sınıfları C30 ($f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$) ve C45 ($f_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$) olarak alınmıştır. Zemin emniyet gerilmesinin bina maliyeti üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla da C30 betonuyla elde edilen modellerin zemin emniyet gerilmeleri 250 kN/m^2 ve 500 kN/m^2 alınarak analiz yapılmıştır.

Günümüzde teknoloji alanında yaşanan ilerlemeler her sektörde olduğu gibi inşaat sektöründe de köklü değişikliklere yol açmıştır. Son derece hızlı işlemler yapan bilgisayarlar sayesinde elle çözülmesi uzun vakit alan hatta kimi zaman imkânsız olan çeşitli denklem sistemlerinin, geliştirilen algoritmalar ve yazılan bilgisayar programları ile çok kısa sürede son derece hassas bir şekilde hesaplanması mümkün kılınmıştır. Bu tez kapsamındaki analiz sonuçları, özel amaçlı yapısal analiz yapan paket programlardan olan Sta4-Cad programı ile elde edilmiştir.

Sta4-Cad programı; betonarme yapıların statik, deprem, rüzgâr ve betonarme analizini yapan bir paket programdır. Statik ve betonarme analizleri, farklı yönetmelikleri esas alacak şekilde uygulanır. Bu çalışmada TS 500 ve 2007 Türkiye Deprem yönetmeliği kullanılmıştır. Analiz sonrası; eleman optimizasyonu, maliyet analizleri ve deprem yönetmeliğinin tüm kontrolleri yapılabilmektedir. Program otomatik olarak yapısal 3D modelleme yapmakta, çözüm sonrası tüm çizimler hazır duruma getirmektedir. Seçilen modellerin Sta4-Cad programı ile oluşturulmuş 3 boyutlu görünümü Resim 5.1’de verilmiştir.



Resim 5.1. (a) 12 katlı model 3 boyutlu görünümü, (b) 30 katlı model 3 boyutlu görünümü

Oluşturulan konut modellerin Ankara’da yapıldığı yani 4. derece deprem bölgesinde olduğu düşünülmüştür. Deprem yönetmeliğine göre modellerin çözümü için gerekli olan parametreler aşağıdaki gibi kabul edilmiştir:

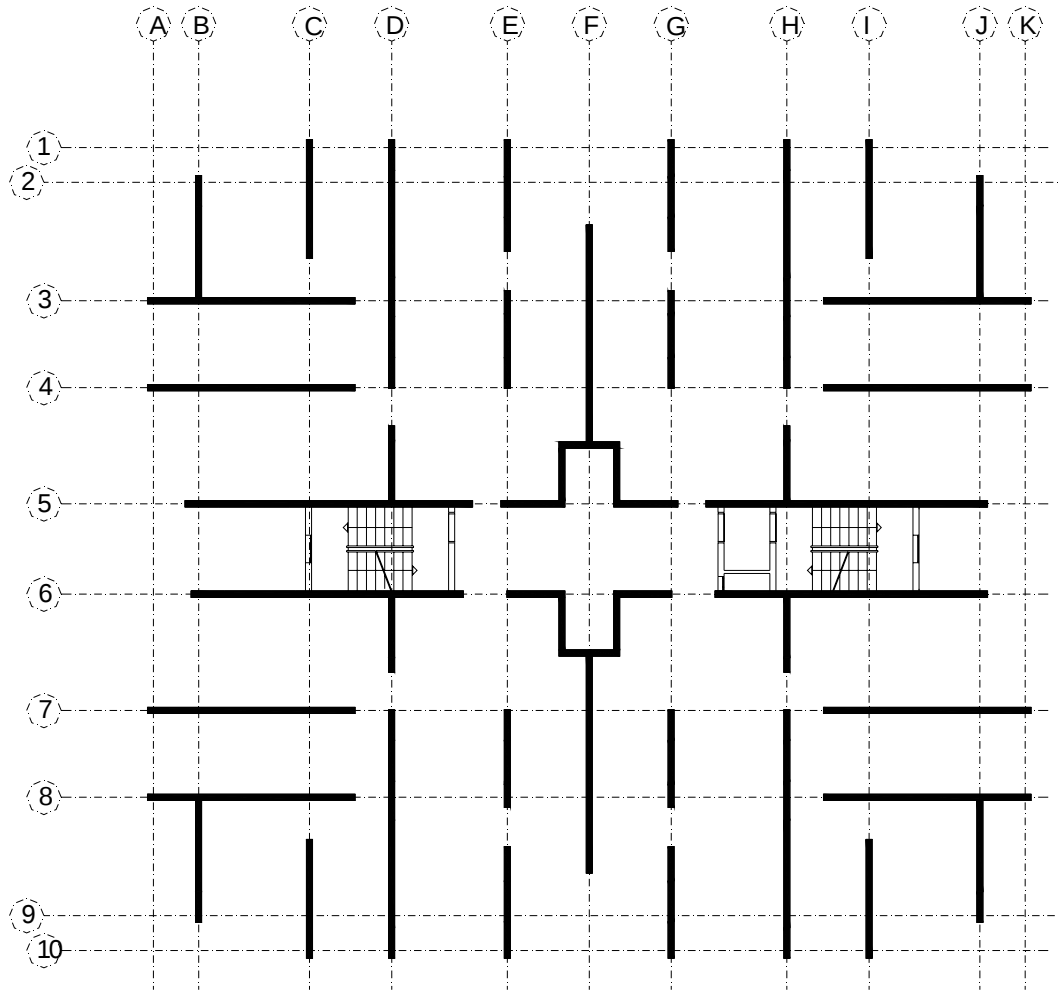
- ◆ Deprem bölge katsayısı, A_o : 0.1 (4. derece deprem bölgesi olduğu için)
- ◆ Spektrum karakteristik periyodu, T_A/T_B : 0.15/0.4 (Z2 olduğu için)
- ◆ Yapı davranış katsayısı, R : 6 (perdeli yapı olduğu için)
- ◆ Yapı önem katsayısı, I : 1 (konut yapısı olduğu için)
- ◆ Hareketli yük katsayısı, n : 0.3 (konut yapısı olduğu için)
- ◆ Hareketli yük azaltma katsayısı, C_z :1 (konut yapısı olduğu için)
- ◆ Model analiz min yük oranı, B : 0.9 (düzensiz yapı olduğu için)

Değişkenlerden olan zemin emniyet gerilmelerine (σ) göre farklılık gösteren zemin yatak katsayısı değerleri (K_o) ise;

- ◆ Zemin emniyet gerilmesi, $\sigma = 250 \text{ kN/m}^2$ iken zemin yatak katsayısı, K_o : 30 000 KN/m^3
- ◆ Zemin emniyet gerilmesi, $\sigma = 500 \text{ kN/m}^2$ iken zemin yatak katsayısı, K_o : 70 000 KN/m^3 şeklinde alınmıştır.

Binalardaki perdelerin plandaki dağılımları Şekil 5.1’de görülmektedir. Perdeler her iki doğrultuda da simetrik olarak yerleştirilmiştir. Tünel kalıp sistemiyle iki doğrultuda rijitliği benzer olan, kareye yakın olarak tasarlanmış örnek yapının kat yükseklikleri bütün modellerde 2.80 m’dir.

Tünel kalıp sistemi ile yapılan binalarda mesnetlenme durumu göz önüne alındığında döşemelerin genelde tek doğrultuda çalışan plaklar olduğu görülmektedir. Döşeme kalınlıkları TS 500’e göre “11.2 Tek doğrultuda çalışan plak döşemeler” başlığı altındaki şartları sağlayacak şekilde boyutlandırılmıştır. Maksimum döşeme açıklığı 360 cm civarında olduğundan TS 500’deki şartlar gereğince döşeme kalınlığı 14 cm alınmıştır. Tünel kalıp yerleşimlerinin uygulanabilir olması için tüm döşemeler aynı kalınlıkta yapılmıştır.

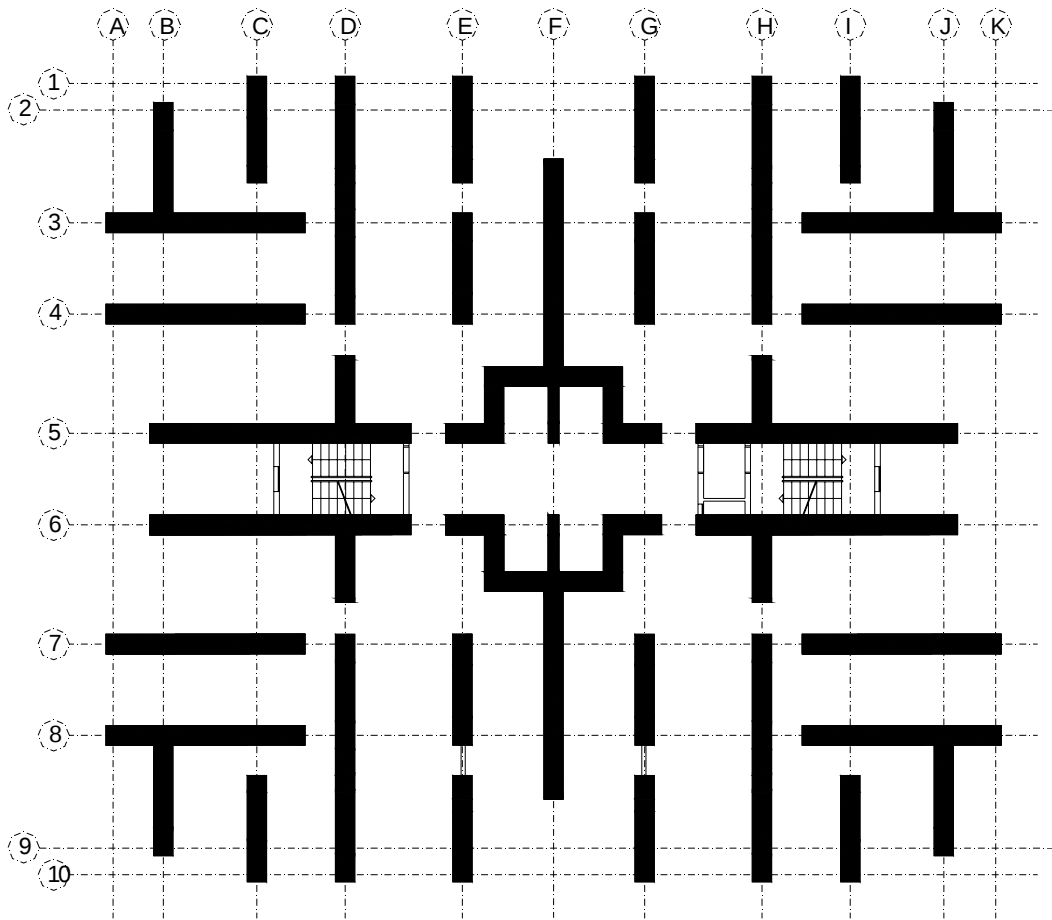


Şekil 5.1. İki asansöre sahip kat planı

Yapılarda kat sayısı arttıkça düşey taşıma sistemlerine ihtiyaç duyulur. Düşey taşıma sistemi her zaman asansörleri içine alır. Asansörlerin seçimi ve çekirdekteki yerinin tespiti mimar için çok kritik bir önem arz eder. Bir bina bitirildiği zaman binanın kurulan asansör sisteminin performansını değiştirmek veya geliştirmek çok mümkün olmamaktadır. Zaten kat sayısının artması, asansörün ve asansör güvenlik sistemlerinin geliştirilmesi ve bu sayede insanların güvenli bir şekilde binanın çeşitli katlarına taşınması sonucunda mümkün olmuştur [Küçükçalı, 2007].

Asansör sistemi alternatifi; asansör sayısının düzenlenmesi, kabinlerin yerleşimi, kabinlerin kapasitesi ve buna bağlı olarak bir kerede kaç kişinin kabinde bulunabileceği, asansörlerin hızı gibi birçok husus göz önüne alınarak hesaplanır.

Bunlara ek olarak bina katsayısı, değişik katlardaki nüfus, inşa edilen binanın kullanım şekli ve özel kullanım alanları da önemlidir. Tez kapsamındaki yapının konut olmasından dolayı asansör sayısı, kat adedi 30 ve üstü olan modellerde iki katına çıkartılmış ve binanın aksları bu doğrultuda artan perde duvar kalınlıkları sebebiyle, iç mekân metrekarelerinde büyük değişiklikler yapılmaması için minimum olarak genişletilmiştir. Şekil 5.2’de 48 katlı modelde perde kalınlıkları 70 cm olan ve dört asansör uygulanan plan tipi verilmiştir.



Şekil 5.2. Dört asansöre sahip kat planı

Çalışmada perde duvarların kalınlıkları, statik analizler sonucunda ve D.B.Y.B.H.Y, 2007 sınırları doğrultusunda minimum alınmaya çalışılmıştır. Deprem yönetmeliğindeki minimum perde boyutları kıstaslarından olan “3.6.1.2 – Taşıyıcı sistemi sadece perdelerden oluşan binalarda, Eş. 3.14 ile verilen koşulların her ikisinin de sağlanması durumunda perde kalınlığı, binadaki en yüksek katın

yüksekliğinin 1/20'sinden ve 15 cm'den az olmayacaktır.” ibaresinden dolayı minimum 15 cm'lik perde duvarlar kullanılabilmiştir. Bu değerin 6 kat ve 12 kat modellerinin statik hesabında yeterli olduğu görülmüştür. Ancak kat adetleri artan sonraki modellerde 15 cm olan minimum perde duvar kalınlığı statik hesaplar sonucunda yeterli olmadığı anlaşıldığı için perde duvar kalınlıkları arttırılmıştır. Perde duvar kalınlıkları arttırılırken tünel kalıbın uygulanabilirliği de göz önüne alınarak 5 cm'lik artışlar yapılmıştır.

Beton sınıfının değiştirilmesi ile taşıyıcı sistem elemanlarının kesitleri uygun olarak revize edilmeye diğer bir deyişle yeni beton sınıfına adapte edilmeye çalışılmıştır. Ancak 6 kat ve 12 kat modellerde minimum perde kalınlığı olduğundan dolayı; 18, 24, 30 ve 36 katlı modellerde ise perde kalınlıklarının statik olarak yeterli olmasından ve yönetmelik gereğince azaltılamamasından dolayı beton sınıflarının (C30 ve C45) değişimi perde kalınlıklarını değiştirmemiştir. Çizelge 5.1'de farklı beton sınıfları için bütün modellere ait perde duvar kalınlıkları verilmiştir.

Çizelge 5.1. Modellerde uygulanan perde kalınlıkları

	6 katlı yapı		12 katlı yapı		18 katlı yapı		24 katlı yapı		30 katlı yapı	
Beton sınıfı	C30	C45	C30	C45	C30	C45	C30	C45	C30	C45
Perde kalınlığı (cm)	15	15	15	15	20	20	20	20	20	20

	36 katlı yapı		42 katlı yapı		48 katlı yapı		54 katlı yapı	
Beton sınıfı	C30	C45	C30	C45	C30	C45	C30	C45
Perde kalınlığı (cm)	20	20	40	35	70	60	80	75

Statik olarak yeterli olan perde duvar kalınlıkları dikkate alındığında 42 kattan sonra büyük artış olduğu Çizelge 5.1'den gözlemlenebilir. Perde duvar kalınlığı büyümeye başlayan modellerde beton sınıfının artması ile boyutlandırılan elemanların kesitlerinde belli bir miktar küçülme sağlanabilmektedir. En fazla küçülme 10 cm kadar olmuştur.

Perdelerin her iki yönde eşit uzunlukta ve simetrik olarak yerleştirildiği farklı yükseklikteki bina modellerinin statik hesapları sonrasında zemin analizleri de yapılmıştır. Bu hesaplar doğrultusunda seçilen temel uygulamaları da maliyet hesaplamalarına dâhil edilmiştir.

Zemin koşullarının izin verdiği sınıra kadar radye temel uygulanmış, binadan gelen yükler altında oluşacak gerilmelerin zemin emniyet gerilmesinin üzerinde olduğu ve bu yüklerin radye temel ile karşılanmadığı durumlarda ise kazık temel sistemi tercih edilmiştir. Modellemeler sırasında zeminde sıvılaşma riski bulunmadığı kabul edilmiş, kazık tasarımı olarak, maruz kalınan yükleri çevresini saran zemin ile sürtünmesinden kaynaklanan kuvvetle karşılayan kazık sistemi olan sürtünme kazığı modellenmiştir.

Zemin taşıma gücü 250 kN/m^2 olan analizlerde 6, 12 ve 18 katlarda radye temel; diğer modellerde kazık temel uygulaması yapılmıştır. Taşıma gücünün 500 kN/m^2 olduğu analizlerde ise 6, 12, 18, 24, 30 ve 36 kat modellerde radye temel uygulaması; diğer modellerde kazık temel uygulaması yapılmıştır. Çizelge 5.2’de modellerde uygulanan temel türleri verilmiştir.

Çizelge 5.2. Modellerde uygulanan temel türleri

Kat Adedi	6	12	18	24	30	36	42	48	54
250 kN/m^2	Radye Temel	Radye Temel	Radye Temel	Kazıklı Temel	Kazıklı Temel	Kazıklı Temel	Kazıklı Temel	Kazıklı Temel	Kazıklı Temel
500 kN/m^2	Radye Temel	Radye Temel	Radye Temel	Radye Temel	Radye Temel	Radye Temel	Kazıklı Temel	Kazıklı Temel	Kazıklı Temel

Yüksek yapılarda tesisat tek zonlu veya tek kademeli yapılsa alt katlardaki tesisata ait borular, donanım ve cihazlar üzerinde çok yüksek bir statik basınç etkisi olacaktır. Bu basınç hem tesisatı daha pahalı hale getirecek, hem de işletme problemleri yaratacaktır. Yüksek yapılar için önemli kriterlerden olan basınç yapının kullanımına

uygun zonlama ile kontrol altına alınabilir. Bu zonlama yaklaşık 35-40 m yükseklikte bir basınç kademesi olarak projelendirilmelidir [Küçükçalı, 2007].

Tez kapsamında yapılacak maliyet kıyaslamalarında kullanılacak daire sayısını etkilediği için bu gereksinim göz önüne alınmış, tesisat katları düşünülmüş ve satılabilecek daire sayısı elde edilirken bu katlar çıkartılmıştır. Bu bölünme ısıtma, havalandırma ve klima tesisatı için kullanılır, tesisat açısından her bir düşey zon besleyecek cihazlar yerleştirilir. Zon yüksekliğini arttırmak ve zon sayısını düşürmek kullanılan tesisatlara göre eldedir. Çizelge 5.3’de modellerin yükseklikleri, bodrum kat, tesisat kat ve daire adetleri mevcuttur.

Çizelge 5.3. Modellerin kat dağılımları

Kat Adedi	6	12	18	24	30	36	42	48	54
Bodrum kat	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Yapı yüksekliği (m)	16.80	33.60	50.40	67.20	84.00	100.80	117.60	134.40	151.20
Tesisat katı	0	0	0	1	1	2	2	3	3
Normal kat	5	11	17	21	27	32	37	42	48
Daire	20	44	68	84	108	128	148	168	192

Çalışmadaki maliyet analizleri için birim fiyatlar Bayındırlık ve İskân Bakanlığı’nca her yıl yayınlanan “*Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2009 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyeti Cetveli (III. Sınıf/B grubundan)*” tablosundan alınmış ve taşıyıcı sistem maliyetleri hesaplanmıştır. Değişkenler doğrultusunda her modelin çözümü sonucunda, taşıyıcı sisteme (perde, döşeme, temel) ait; beton, ahşap kalıp ve donatı metrajları çıkarılmış, Çatı izolasyonu uygulaması da maliyete eklenmiştir.

Modellerde;

- ◆ Betonarme çeliği olarak 23.014 poz no’lu Ø8 - Ø12 mm beton çeliği, 23.015 poz no’lu Ø14 - Ø50 mm beton çeliği
- ◆ Hasır malzeme olarak 4.305 poz no’lu nervürlü çelik hasır

- ◆ Bodrum perdeleri ve radye temel için kalıp malzemesi olarak 21.013 poz no'lu ahşap kalıp
- ◆ Yapılacak hafriyat olarak 15.006/1A poz no'lu “Makine İle Zeminin Kazılması, Depo veya Dolguya Serilmesi, İmalat Veya İnşaattan Sonra Kazı Yerinde Kalan Boşlukların Doldurulması” birim fiyatı
- ◆ Betonarme betonu olarak 16.059/1A poz no'lu C30 niteliğinde ve 16.059/4A poz no'lu C45 niteliğinde yerinden satın alınan hazır beton
- ◆ Çatı izolasyonlarında teras çatı uygulaması yapılacağı için 27.581 poz no'lu tesviye betonu uygulaması, 19.053/1 poz no'lu ısı yalıtımı uygulaması, 18.465/2 poz no'lu su yalıtımı uygulaması ve 27.583 poz no'lu şap uygulamalarının birim fiyatları kullanılmıştır.

Üst yapı kalıp malzemeleri olan tünel kalıp ve zemin taşıma gücü yetersiz kaldığında kullanılan kazık temel uygulamasının maliyet hesabı için gerekli olan özel pozların birim fiyatları için Ankara piyasasındaki ortalama birim fiyatlar kullanılmıştır.

Tünel kalıp uygulamasının maliyeti; her blok için ilk yatırım kalıp maliyeti ile tüm yapıdaki toplam kalıp alanına göre işçilik maliyeti toplanarak elde edilmiştir. Kazık temel maliyet hesabında ise Sta4-Cad programında yapının zemin gerilmesini karşılayan kazıkların beton miktarı ve donatıları hesaplanıp; uygulama ve ankraj ek masrafları eklenmiştir. Kullanılan kazıklar sürtünme kazığı olduğu için donatı oranı kazık kesitinin 0.001'i olarak alınmıştır [TS 500].

Tüm uygulamalara ek olarak hafriyat maliyeti de katılarak maliyet hesabına dahil edilen yapı bileşenleri tamamlanmıştır. Maliyet hesabında kullanılan bütün birim fiyat değerleri ve kaba inşaata ait metrajlar Ek. 1 ve 2'de verilmiştir.

6. KARŞILAŞTIRMALAR

Bölüm 5’te bahsedilen kriterler doğrultusunda elde edilen modellerin kıyaslamaları yapılırken tasarımcılara yarar sağlayabilecek yaklaşımlar oluşturulmaya çalışılmıştır. Öncelikle şehir planlaması sırasında, ada parsel ve bölge bazında olmak üzere farklı uygulamalar olabileceği için iki konuya da ışık tutacak maliyet hesapları düşünülmüştür. Belirlenen ada parsellerde yapılar münferit olarak uygulanmaktadır. Her tasarım, başka bireyler tarafından yapılmaktadır. Bu nedenle modeller maliyet bakımından öncelikle tek tek incelenmiştir. Bu uygulamada amaç mimarlara yön verebilmektir. Bölge bazında planlamada ise belirli bir arazi içinde farklı tasarımlar uygulanabilir. Yerleşimin nasıl çözümleneceğine ekonomik açıdan yaklaşarak; şehir bölge planlamacılar ve mimarlara ışık tutabilmek için aynı arazi içinde daire sayısı sabit tutularak optimum çözüm aranmıştır.

Maliyet hesabına ait sonuçlar dört farklı başlık altında değerlendirilmiştir. İlk olarak modeller tek tek ele alınarak, beton sınıfının maliyet üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla, zemin emniyet gerilmesinin 250 kN/m^2 olduğu durum için beton sınıfları C30 ile C45 karşılaştırılmıştır. İkinci olarak zemin emniyet gerilmesinin maliyet üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla beton sınıfı C30 alınan modellerde zemin emniyet gerilmelerinin 250 kN/m^2 ve 500 kN/m^2 olduğu durumlar kıyaslanmıştır. Üçüncü olarak bölge bazında uygulamalara yön vermek amaçlı belirli bir arazide toplam olarak aynı daire sayısı elde edilmeye çalışılarak kat adetleri değişen farklı sayıda blokların uygulaması karşılaştırılmıştır. Son olarak da aynı kriterlere sahip modellerde kaba inşaat maliyetini oluşturan yapı bileşenlerinin toplam maliyet içindeki oranlarının kıyaslanması yapılmıştır.

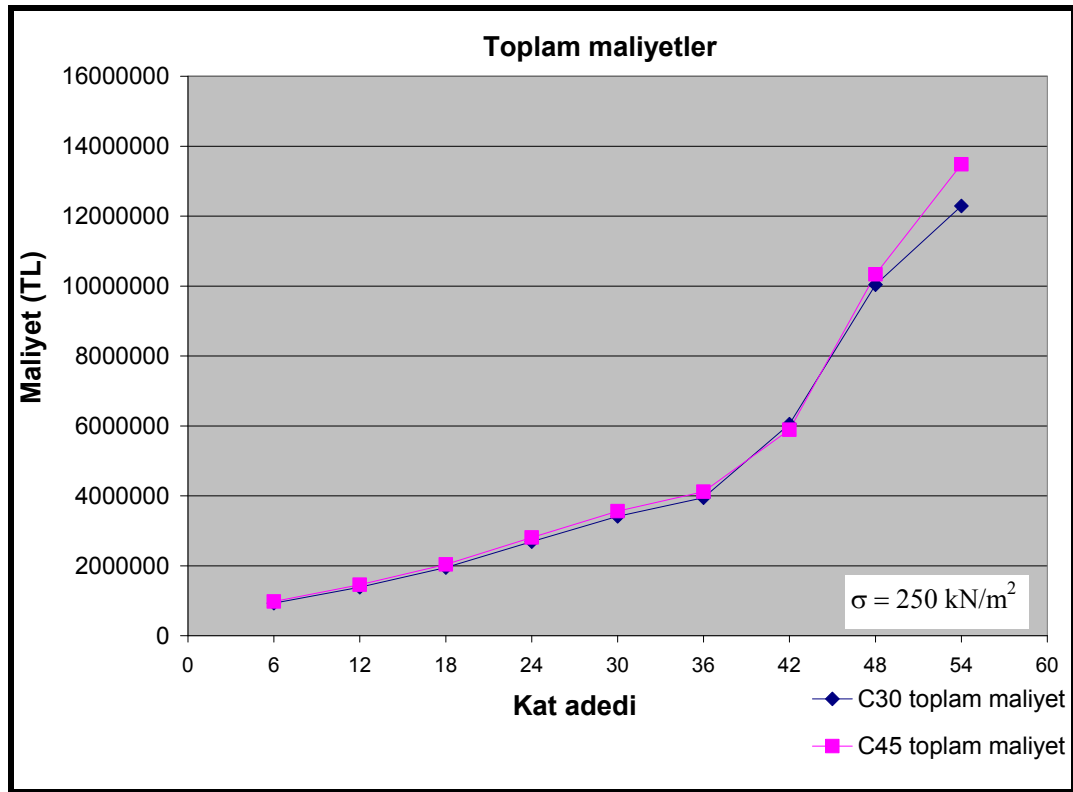
Kıyaslamalar yapılırken elde edilen modellerde değişen perde duvar kalınlıklarından ve asansör sayısı değişiminden dolayı dairelerin mekân metrekairelerinde büyük değişiklikler yapılmaması için aks aralıkları minimum olarak değiştirilmiştir. Bu değişiklikler doğrultusunda mekân metrekairelerinde yaklaşık olarak %2-3’lük farklılıklar oluşmuştur. Asansör sayısı ve perde kalınlıklarındaki değişim

doğrultusunda uygulanan planlar Ek 3’de dairelerin net metrekaresi belirtilerek verilmiştir.

Kıyaslamalarda kullanılacak daire sayısı hesabında ise bodrum katlar ve tesisat katları ele alınmamış, normal katlardaki satılabilecek daireler üzerinden toplam daire sayısı elde edilmiştir.

6.1. Beton Sınıfı Değişimi

Aynı taşıyıcı sistemden oluşan modellerin statik, dinamik ve betonarme analizi farklı beton sınıfları (C30 ve C45) için yapılmıştır. Şekil 6.1’de kat adedine göre toplam maliyetlerin değişimi, karşılaştırmalı olarak özetlenmektedir.



Şekil 6.1. Farklı beton sınıfı için toplam maliyetler

Ele alınan tasarım için toplam yapı maliyetleri beton sınıflarına göre değerlendirildiğinde beton sınıfının değişiminin maliyete etkisinin ihmal edilebilecek kadar küçük olduğu görülmektedir. Bu çalışmada kıyaslama için seçilen beton

sınıfları olan C30 ve C45 arasındaki mukavemet farkının çok büyük olmaması ve birim fiyatlar bakımından da C30'un birim fiyatının 120.083 TL, C45'in birim fiyatının 138.410 TL olmasından dolayı beton sınıfındaki değişimin maliyete etkisi çok fazla olmamıştır.

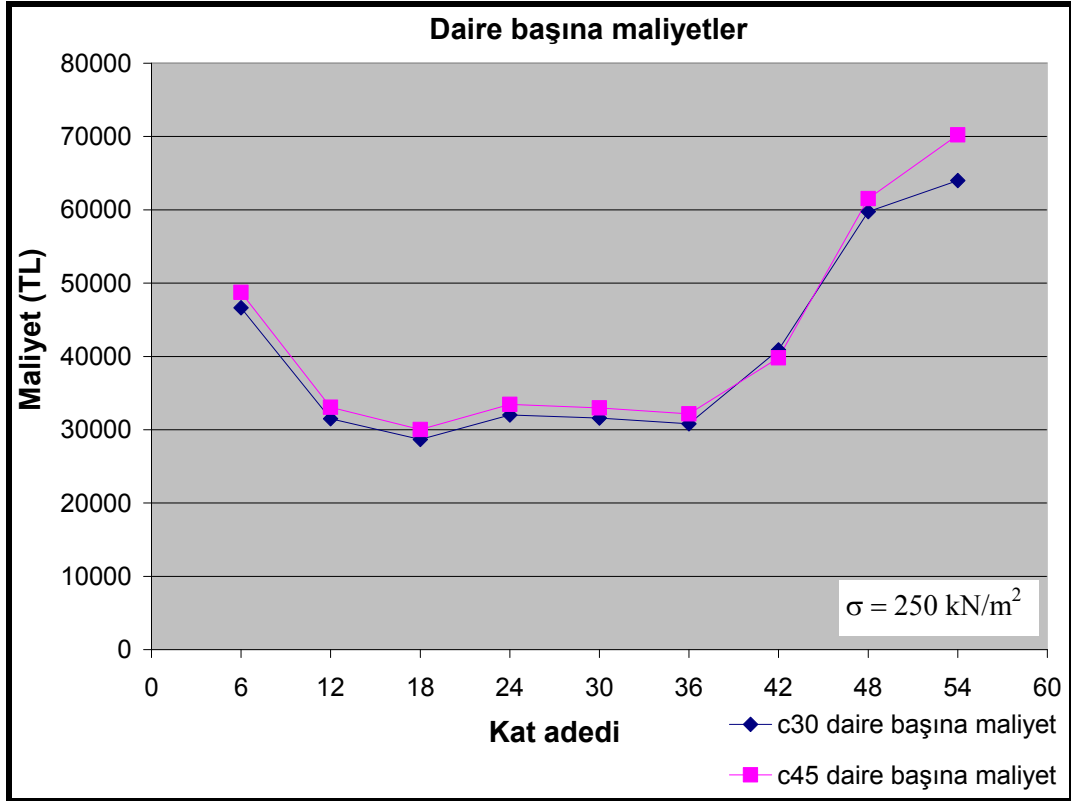
Beton sınıfları arasındaki farkın arttırılmasıyla maliyetteki değişimin etkisinin daha fazla görülebilmesi beklense de, analizlerde kullanılan beton sınıfları; kat adedi artan yapılarda C30'un altında beton sınıflarının kullanımının uygun olmadığından ve Türkiye şartlarında üretim imkânları doğrultusunda C50 betonun üstünde üretimin zor olmasından dolayı C30 ve C45 olarak seçilmiştir.

Yapılarda elde edilen toplam maliyetlere bakıldığında ise bu geometrideki bir tasarım için 6, 12, 18, 24, 30 ve 36 katlarda artışın stabil bir eğimle olduğu, 42 kat ve sonrasında ise artışın önemli derecede bir yükselme gösterdiği gözlemlenmektedir. Bu katlardaki toplam maliyet yükselmesinin nedeni olarak kat sayısının fazlaşmasıyla birlikte perde duvar kalınlıklarındaki artış gösterilebilir. Aynı zamanda zemin gerilmelerindeki yetersizlikten dolayı temel uygulamalarının getirdiği ek maliyet de bu artışın nedenlerinden biridir.

Toplam maliyetlerin ardından taşıyıcı sistemin daire başına düşen maliyetleri incelenirse Şekil 6.2'deki grafik elde edilir.

Grafikte ilk dikkat çeken 6 katlı yapının daire başına düşen maliyetinin 54 ve 48 kattan sonra, en yüksek üçüncü değere sahip olmasıdır. Bu fazla maliyetin nedeni tünel kalıp uygulaması olarak düşünülebilir. Tünel kalıp uygulamasında ilk yatırım maliyeti bu değeri yükseltmiştir.

En düşük maliyet değeri 18 katlı yapıda elde edilmiştir. Aynı perde kalınlığına sahip ilk üç modelde kat sayısı arttıkça daire başına düşen maliyetlerde bir azalma söz konusudur.



Şekil 6.2. Farklı beton sınıfı için daire başına düşen maliyetler

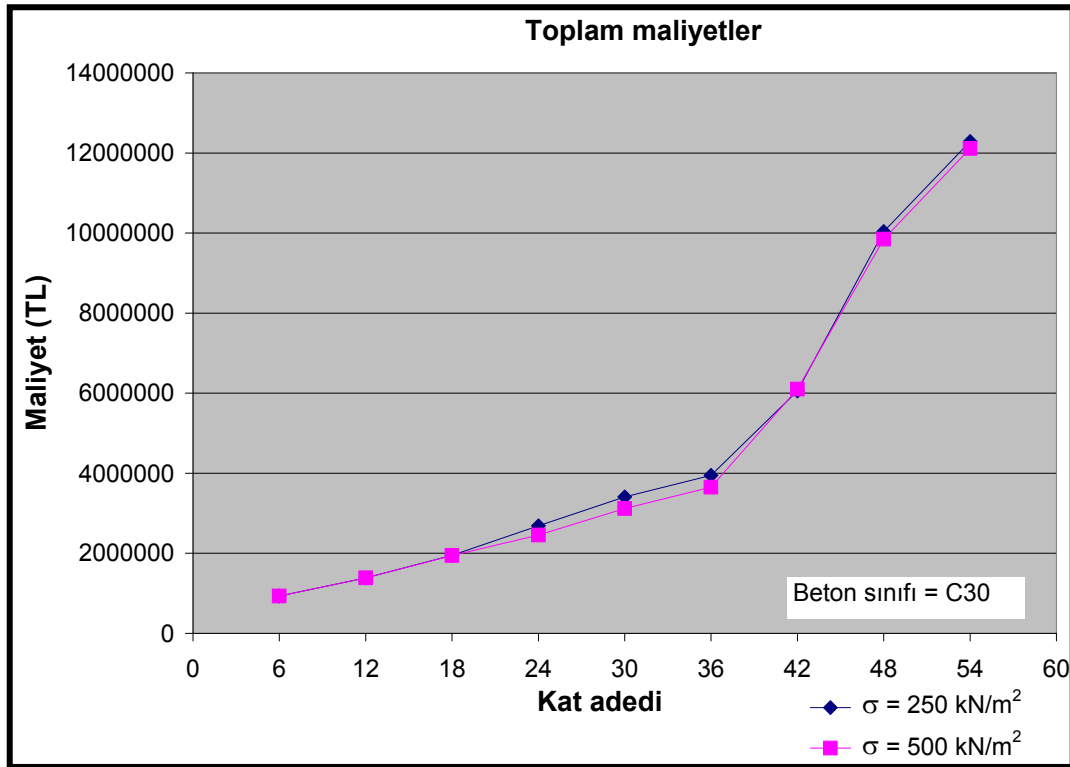
24 katta başlayan kazık temel uygulamasının daire başına düşen maliyetleri arttırdığı ortadadır. Perde duvar kalınlıkları aynı olan 24, 30 ve 36 katlar arasında daire başına düşen maliyetler bakımından ideal olan 36 katlı yapıdır.

Toplam maliyetteki 42 kat ve sonrasındaki artış, daire başına düşen maliyette de kendini göstermiştir. Perde kalınlıklarındaki büyük artıştan ve temel maliyetinin farklılaşmasından dolayı, kat adedi arttıkça taşıyıcı sistemin daire maliyetlerindeki büyük artış özellikle 42 kat ve sonraki çok katlı yapılarda belirgin olarak görülmektedir. Bu nedenle tercih edilen proje için zemin emniyet gerilmesinin 250 kN/m² olduğu durumda C30 ve C45 betonları ile yapılan uygulamalarının 42 kat ve sonrası kat adetlerinin uygulanabilir olmadığı düşünülebilir.

6.2. Zemin Taşıma Gücü Değişimi

Çok katlı yüksek yapıların tasarımı, yapının üzerine oturacağı zeminin güvenilirliği, sistem yüklerinin toplanarak zemine aktarıldığı düşünüldüğünde son derece önem kazanmaktadır. Zemin tüm yükleri taşımak zorundadır. Bu nedenle yapı taşıyıcı sistemi ve temel tipi, zeminin jeolojik yapısına büyük ölçüde uygun olarak seçilmelidir. Dolayısıyla önce zemin koşulları incelenmelidir.

Çalışmada ikinci değişken olarak zemin emniyet gerilmesindeki değişimin maliyet üzerindeki etkisi incelenmek istenmiştir. Bu nedenle beton sınıfı C30 alınan modellerde zemin emniyet gerilmelerinin 250 kN/m^2 ve 500 kN/m^2 olduğu durumlar kıyaslanmıştır. Şekil 6.3'te ele alınan zemin emniyet gerilmelerinin yaklaşık bina toplam maliyetleri üzerindeki etkisi, karşılaştırmalı olarak özetlenmektedir.

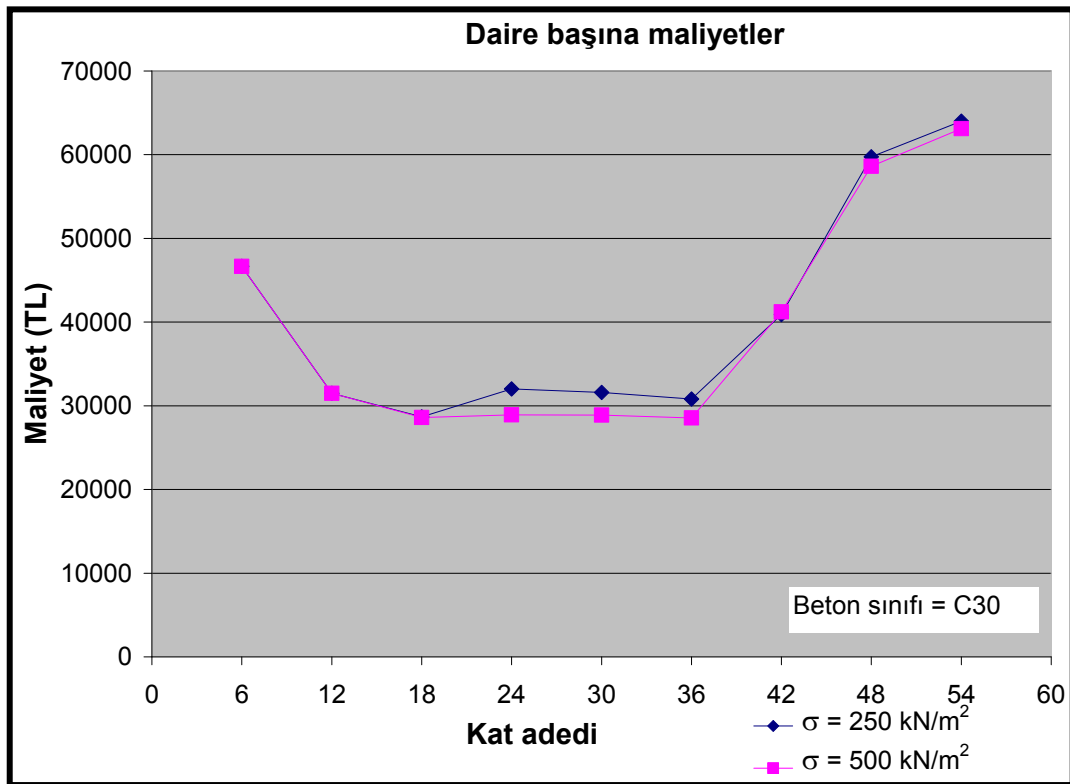


Şekil 6.3. Farklı zemin sınıfları için toplam maliyetler

Zemin taşıma gücünün farklılaştırılması durumunda 6, 12 ve 18 katlı modellerde aynı temel uygulaması yapıldığı için maliyetlerde değişim olmamıştır. Sadece 24, 30

ve 36 katlı modellerde bir maliyet farklılığı görülmektedir. Bunun sebebi ise, zemin emniyet gerilmesinin 250 kN/m^2 olduğu durumda 24 katlı modelde başlayan kazık temel uygulamasının zemin emniyet gerilmesinin 500 kN/m^2 olduğu durumda 42 katlı modelde başlamasıdır.

Zemin taşıma gücünün değiştirildiği durumda taşıyıcı sistemin daire başına düşen maliyetleri ise Şekil 6.4’de gösterilmiştir.



Şekil 6.4. Farklı zemin sınıfları için daire başına düşen maliyetler

Bir önceki kıyaslamada daire başına düşen maliyetlerde 24, 30 ve 36 katlı yapılarda temelden dolayı bir artış görülmekteydi. Ancak zemin emniyet gerilmesi arttırıldığında bu kat sayılarına sahip modellerde de radye temel uygulandığı için daire başına düşen maliyetlerdeki düşüş dikkat çekmektedir.

Zemin emniyet gerilmesi 250 kN/m^2 olan zemin sınıfı için en rasyonel kat adedi 18 iken, zemin emniyet gerilmesi 500 kN/m^2 olan zemin sınıfı için en rasyonel kat adedi sayısı 36 olarak gözükmektedir. Ancak bu kıyaslamada da 42 kat ve sonrasındaki

artış çok fazladır. Bu analiz sonucunda da kıyaslanan her iki zemin sınıfı için de bu tipteki bir projede 42 kat ve sonrasının rasyonel olmadığı anlaşılmıştır.

6.3. Aynı Daire Sayısı İçin Kat Adetleri ve Blok Sayılarının İncelenmesi

Günümüzde yerleşim bölgelerinde yapılan yapılar için minimum alan kullanılan çözümlere yönelinmesi zorunlu hale gelmiştir. Zamanla yapı gereksiniminin artması, kullanılacak arsaların azalması ve fiyatlarındaki yükseliş, minimum taban alanında isteklere cevap aramayı gerektirmektedir. Yaygınlaşan büyük siteler, toplu konut yerleşimleri vb. uygulamaların üretiminde kaynakların doğru kullanımı gerek ekonomik açıdan gerekse toplumsal açıdan önem taşır.

Bahsedilenler doğrultusunda maliyetleri farklı bir bakış açısından irdelemek gerekirse; bölge bazında planlama yapılacak durumlar için, elde edilecek dairelerin hepsinin tek blok şeklinde yapılmasının ya da yaygın olarak birkaç blok şeklinde uygulanmasının daire başına düşecek kaba maliyetteki değişimi incelenebilir. Toplu bir konut yapılacağında yerleşimin nasıl çözümleneceğine ekonomik açıdan en doğru şekilde karar verilmelidir. Bu şekilde maliyet üzerine yapılacak bir çalışma ilk tasarım aşamasında tasarımcıyı yönlendirecek önemli bir ölçüt olabilir.

Örnek olarak 120–130 dairelik bir yerleşim planlanacağında yapılacak blokların sayı ve kat adedi için değişik alternatifler ele alınabilir. Tüm yapılan modeller içinde en yaygın olarak inşa edilebilecek durum zemin emniyeti 250 kN/m^2 olan ve C30 beton ile uygulanan projeler olduğu için bu kriterlere sahip modeller üzerinden kıyaslamalar yapılmış, maliyet hesapları elde edilirken arsa maliyeti göz ardı edilmiştir.

Aynı yapı bileşenlerine sahip modeller arasında yapılan kıyaslama sonuçları aşağıda bahsedilmiştir. 24 kattan sonraki değerlerle bu kıyaslamayı yaptığımızda sonuçlar farklı doğrultuda elde edilir. Çünkü 24 kat ve sonrasında temel uygulamasının ve yapı bileşenlerinden donatı ve beton miktarının değişmesiyle birlikte maliyetin artması, kıyaslama yapılırken sonuçları ters yönde etkilemektedir. Ayrıca Bölüm 6.1

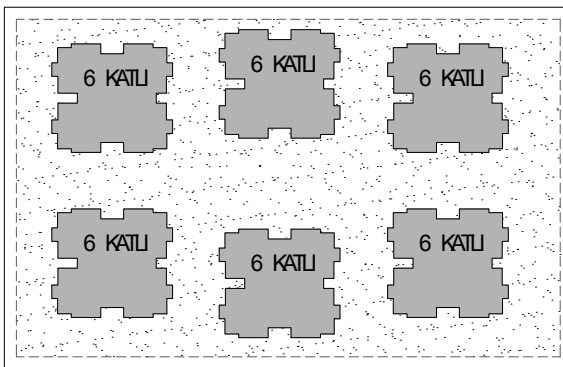
ve Bölüm 6.2'deki analizlerden anlaşıldığı üzere 42 kat ve sonrasının uygulanabilir olmamasından dolayı kıyaslamalarda bu modeller ele alınmamıştır.

Tez kapsamındaki modeller ile 120–130 dairelik bir yerleşim için 6 katlı altı adet blok uygulaması, 12 katlı üç adet blok uygulaması, 18 katlı iki adet blok uygulaması yapılabileceği gibi, aynı plana sahip kat sayısı 36 olan tek blok uygulaması da tercih edilebilir. Karşılaştırmalar yapılırken arsa sınırları değiştirilmeden yerleşimler şematik olarak gösterilmiştir (Şekil 6.5, Şekil 6.6, Şekil 6.7, Şekil 6.8). Vaziyet planlarını önemli derecede etkileyecek bu yerleşimlerin hangisinin en rasyonel olduğunu anlayabilmek için daire başına düşen maliyetlere bakılmalıdır.

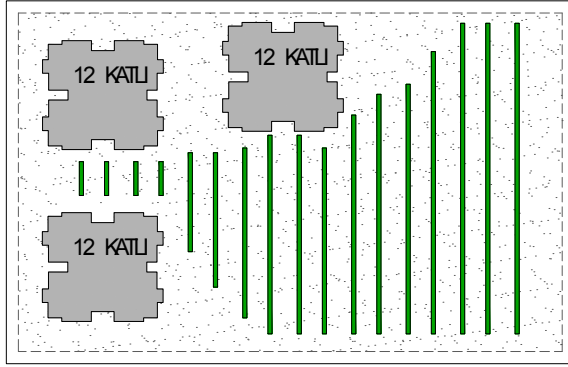
Yapılacak kıyaslamalar sırasında tekrarlanan bloklar için tünel kalıp ilk yatırım maliyeti bir kere alınarak *birim daireye düşen maliyet* aşağıdaki gibi bulunmuştur.

- ◆ 6 katlı altı adet blok uygulamasında 36 208. 463 TL
- ◆ 12 katlı üç adet blok uygulamasında 27 704. 630 TL
- ◆ 18 katlı iki adet blok uygulamasında 26 840.080 TL
- ◆ 36 katlı tek blok uygulamasında 30 814,433 TL

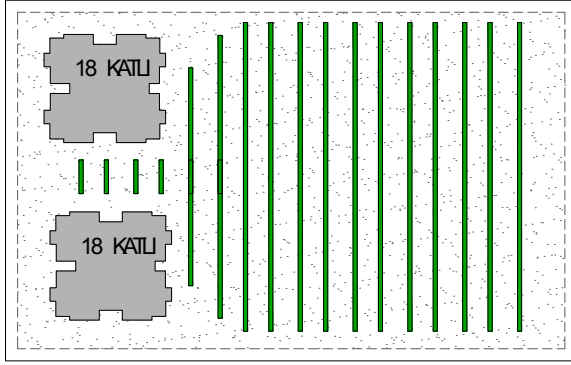
Aynı yapı bileşenlerine sahip 6 katlı, 12 katlı ve 18 katlı modeller arasında maliyetler bakımından en rasyonel seçimin 18 katlı iki blok şeklinde yapılan yerleşim olduğu gözlemlenmektedir. 36 katlı blokta temel uygulamasının değişmesi nedeniyle maliyet fazla çıkmıştır.



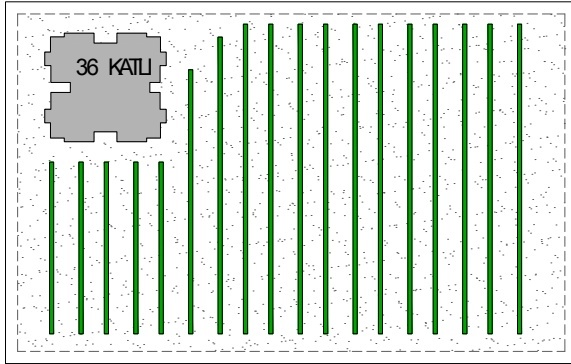
Şekil 6.5. Şematik olarak 6 katlı altı adet blok uygulaması ve arazi kullanımı



Şekil 6.6. Şematik olarak 12 katlı üç adet blok uygulaması ve arazi kullanımı



Şekil 6.7. Şematik olarak 18 katlı iki adet blok uygulaması ve arazi kullanımı



Şekil 6.8. Şematik olarak 36 katlı tek blok uygulaması ve arazi kullanımı

Yapıların maliyet kıyaslamasında çıkan, az sayıda ve kat adedi fazla blok uygulaması yerleşimler planlanırken yer kazancı sağladığı gibi teknik olarak da yarar getirmektedir. Böylece üretim esnasında arsadan ve enerjiden tasarruf sağlanır. Aynı zamanda minimum taban alanı ile arsadan kar edilmekte ya da başka amaçlar için kullanım olanağı sağlanabilmektedir.

6.4. Aynı Beton Sınıfı ve Zemin Durumunda Bina Maliyetlerinin Dağılımı

Uygulanacak taşıyıcı sistemlere, taşıyıcı sistem elemanlarının çeşitlerine ve boyutlarına göre bina maliyetlerinde yapı bileşenleri değişiklik göstermektedir. Doğru kararlar vermek için uygulamalarda maliyet değişimini bilmek önemlidir. Çalışmanın bu bölümünde aynı kriterlere sahip modelleri oluşturan yapı bileşenlerinin maliyet durumları incelenmiştir.

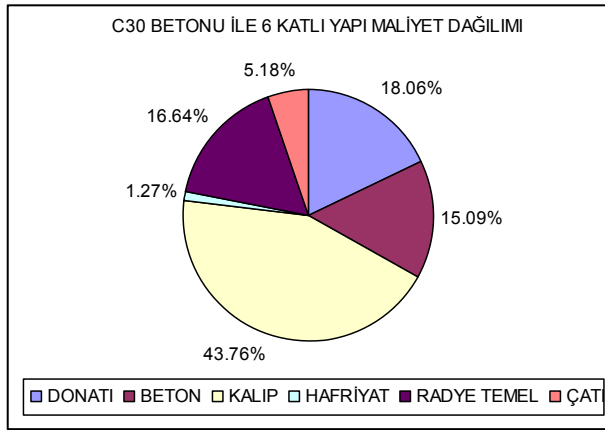
Zemin emniyeti 250 kN/m^2 olan ve C30 beton ile uygulanan projeler için tüm bina maliyetlerinin kat sayısı arttıkça sürekli bir artış gösterdiğinden bölüm 6. 1. de bahsedilmiş, Şekil 6.1’de özetlenmişti. Kriterler değişmeden kat sayısı arttıkça maliyet dağılımları incelenirse önemli tespitler yapılabilmektedir. Bu bölümde modellerin maliyetlerinin dağılımı, oluşturulan daire grafikleri üzerinde yüzdelik değerler olarak verilmiştir. Grafiklerin yan tarafında verilen tablolarda ise maliyet tutarlarının Türk Lirası değerleri bulunmaktadır (Şekil 6.9 - Şekil 6.17). Sürekli artış olmasına karşın modellerdeki kaba inşaat maliyetini oluşturan kalemlerin oranları değişiklik göstermektedir.

Öncelikle kat sayısı arttıkça kalıp maliyetlerinin toplam maliyete oranı düşmektedir. 6 katlı yapıda, yapı maliyetinin neredeyse yarısını kalıp maliyeti oluşturmaktadır. 54 katlı yapıda ise sadece %17,79’luk bir değere sahiptir. Bu nedenle yapılacak betonarme bir bina için kalıp seçiminin önemi anlaşılmaktadır. Kalıp giderlerinin yapı maliyetinde önemli bileşenlerden biri olması sebebiyle ekonomikliği göz önünde bulundurularak seçim yapılmalıdır.

Grafiklerden kat sayısı arttıkça beton maliyetinin ve donatı maliyetinin toplam maliyete oranlarının arttığı gözlemlenmektedir. Ancak dikkat çekilecek nokta donatı maliyetinin her modelde beton maliyetinden fazla çıkmış olmasıdır. Bu durum donatının önemli, hatta kat sayısı fazla olan yapılarda en önemli kalem olduğunu göstermektedir.

Maliyet dağılımında ilk 30 kata kadar en yüksek değere sahip olan yapı bileşeni kalıp malzemesi iken kat sayısı arttığında donatı kalıbın yerini alarak en yüksek değere sahip olmaktadır.

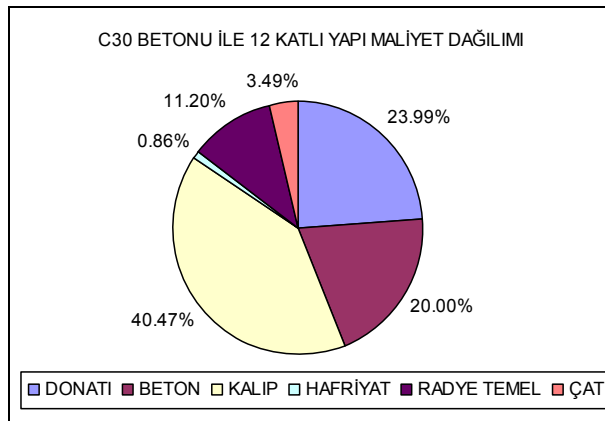
Modellerdeki temel maliyetleri incelenecek olursa kazık temele sahip olan modellerle radye temele sahip olan modeller arasında ciddi bir fark vardır. Örneğin 12 katlı yapının temel maliyeti 155 206,015 TL iken 48 katlı yapının temel maliyeti 613 172,795 TL'dir. Bu farklılık 42 kattan sonraki yapı maliyetindeki ani artışın sebeplerinden bir olarak gösterilebilir.



6 KATLI YAPI

DONATI	: 168 387,199
BETON	: 140 684,381
KALIP	: 408 065,700
HAFRİYAT	: 11 862,430
RADYE TEMEL	: 155 206,015
ÇATI	: 48 296,869

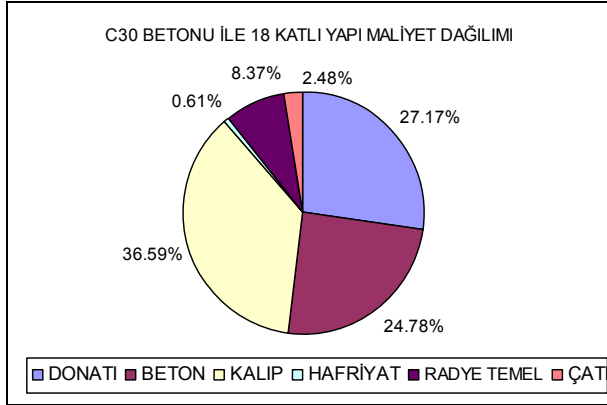
Şekil 6.9. 6 katlı yapı maliyet dağılımı



12 KATLI YAPI

DONATI	: 332 405,780
BETON	: 277 134,565
KALIP	: 560 764,740
HAFRİYAT	: 11 862,430
RADYE TEMEL	: 155 206,015
ÇATI	: 48 296,869

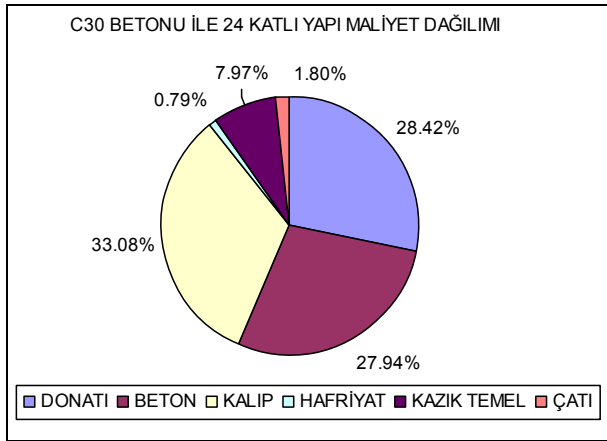
Şekil 6.10. 12 katlı yapı maliyet dağılımı



18 KATLI YAPI

DONATI	: 529 916,060
BETON	: 483 212,433
KALIP	: 713 463,780
HAFRİYAT	: 11 873,085
RADYE TEMEL	: 163 264,439
ÇATI	: 48 395,665

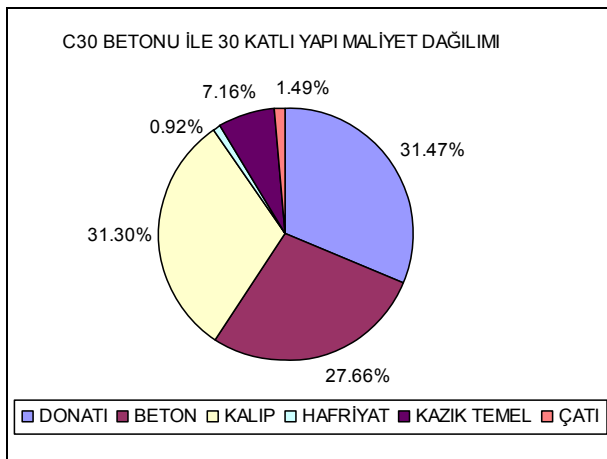
Şekil 6.11. 18 katlı yapı maliyet dağılımı



24 KATLI YAPI

DONATI	: 764 407,448
BETON	: 751 599,406
KALIP	: 889 746,884
HAFRİYAT	: 21 293,391
KAZIK TEMEL	: 214 292,804
ÇATI	: 48 395,665

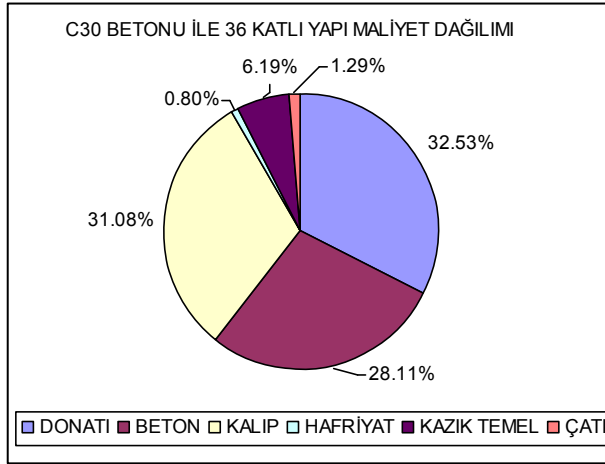
Şekil 6.12. 24 katlı yapı maliyet dağılımı



30 KATLI YAPI

DONATI	: 1 076 639,528
BETON	: 9 461 66,599
KALIP	: 1 070 615,375
HAFRİYAT	: 31 463,817
KAZIK TEMEL	: 244 881,068
ÇATI	: 50 914,217

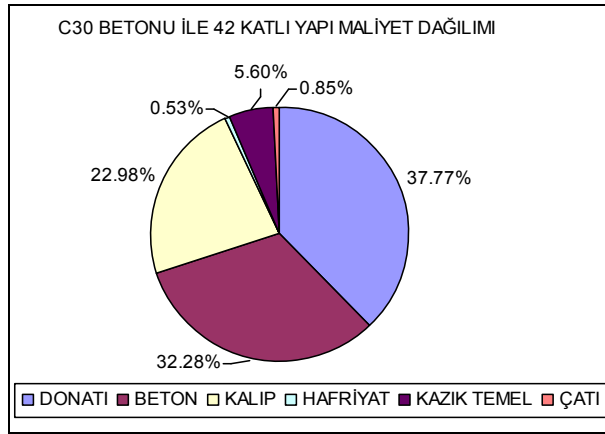
Şekil 6.13. 30 katlı yapı maliyet dağılımı



Şekil 6.14. 36 katlı yapı maliyet dağılımı

36 KATLI YAPI

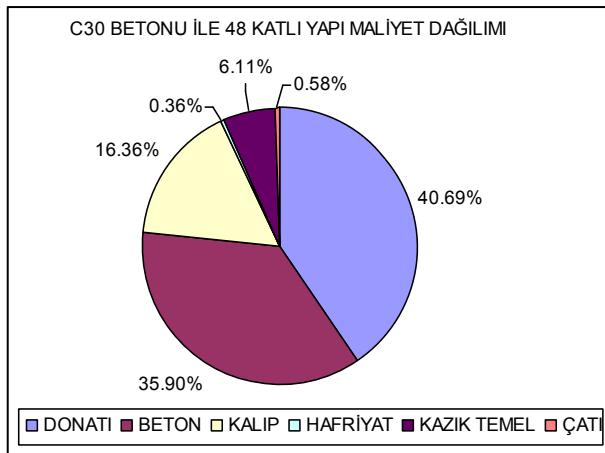
DONATI	: 1 286 017,171
BETON	: 1 111 300,286
KALIP	: 1 228 735,415
HAFRİYAT	: 31 463,817
KAZIK TEMEL	: 244 881,068
ÇATI	: 50 914,217



Şekil 6.15. 42 katlı yapı maliyet dağılımı

42 KATLI YAPI

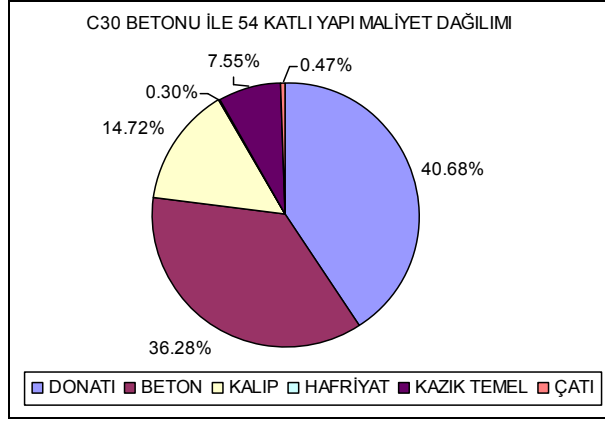
DONATI	: 2 286 083,526
BETON	: 1 953 491,216
KALIP	: 1 390 541,785
HAFRİYAT	: 32 019,250
KAZIK TEMEL	: 338 636,207
ÇATI	: 51 413,141



Şekil 6.16. 48 katlı yapı maliyet dağılımı

48 KATLI YAPI

DONATI	: 4 084 339,033
BETON	: 3 604 192,993
KALIP	: 1 642 483,609
HAFRİYAT	: 330 85,071
KAZIK TEMEL	: 613 172,795
ÇATI	: 58 064,136



54 KATLI YAPI

DONATI	: 4 998 612,561
BETON	: 4 458 264,653
KALIP	: 1 809 466,211
HAFRİYAT	: 36 557,452
KAZIK TEMEL	: 927 734,193
ÇATI	: 58 064,136

Şekil 6.17. 48 katlı yapı maliyet dağılımı

7.SONUÇ

Günümüzde Türkiye’de çok katlı konut sektöründe en fazla kullanılan betonarme perde sistemlerin tasarım ilkelerinin ve uygulanma tekniklerinin uygulayıcılar tarafından iyi bilinmesi şarttır. Yapı gereksinimi doğrultusunda her katta birbirini takip eden planlara sahip projelerde kat sayısı artışının proje tasarımına etkileri bilinmelidir. Bu çalışmada, taşıyıcı sistemi tamamen perdelerden oluşan tünel kalıp sistemle inşa edilecek örnek bir yapı için Sta4-cad programından elde edilen sonuçlar doğrultusunda maliyet analizi yapılmıştır. Şimdiye kadar bu nitelikte yapılmış bir çalışma ulaşılamamıştır. Bu nedenle elde edilen sonuçların tasarımcılara faydalı olacağı düşünülmektedir.

Tez kapsamında yapılan araştırmalar, farklı parametrelere sahip modellerin çözümü ve maliyet analizlerinden elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Kullanım durumlarında göre gerek mimari gerek statik açıdan tercih edilen perde duvarlı sistemler yapıya gelen yatay yüklere karşı yapının yanal rijitliğini arttırarak yatay ötelenmeleri kısıtlayıp yapıda oluşabilecek büyük hasarları önlemektedirler. Bu çalışmada değişen parametreler ile yapılan bütün analizler göstermiştir ki, bu sistem belirli bir yükseklikten sonra uygulanabilirliğini yitirmektedir.

42 kattan sonrasında maliyet artışı çok fazla oluşundan anlaşılabılır ki; bu veya buna benzer tünel kalıp sistemle uygulanan tamamen perde duvarlardan oluşan projeler için, 42 kat ve sonrası ekonomik açıdan rasyonel değildir. Taşıyıcı sisteme göre kat adedinde doğru seçimler yapılmadığında strüktürel eleman boyutları büyüdüğü için malzeme kaybı olmaktadır. Perde duvar kalınlıklarının artmasıyla birlikte yapının ağırlığı artmakta, bu da maliyeti fazla olan temel sistemleri uygulanmasını ve fazla donatı gereksinimini gerektirmektedir. Perde duvar kalınlıklarının artışının sebebi olarak; deplasmanların katlanarak artması sebebiyle ötelenmeleri engellemek ve rijitliği sağlamak için yeterli perde kalınlıklarının çok olması gösterilebilir. Eleman boyutlarının fazla artmamasına

dikkat edilmeli; yükseklikle artan deprem ve rüzgâr yüklerinin karşılanması, artan eleman boyutları ile değil taşıyıcı sistemin etkinliği ile kazanılmalıdır.

2. Beton sınıfları arasında değişimlerin projelerde sağladığı olanaklar araştırılmalıdır. Tez kapsamındaki proje için beton sınıfındaki değişimlerin maliyetler üzerindeki etkisi ihmal edilebilir düzeydedir. Beton sınıfının artmasıyla birlikte yapı maliyetinde meydana gelen artış oranları, beton dayanımlarındaki artış oranlarının yanında oldukça düşük değerlerde kalmaktadır. Bu nedenle bu proje için daha emniyetli olması amacıyla C45 kullanımı tercih edilebilir. Ancak beton sınıflarındaki değişimin getirdiği maliyetteki farklılık başka projelerde veya başka beton sınıfları için değişebilir ve göz önünde tutulmalıdır.
3. Kalıp giderlerinin yapı maliyetinde önemli kalemlerden biri olması sebebiyle ekonomikliği göz önünde bulundurularak seçim yapılmalıdır. Son yıllarda kullanımı giderek artan tünel kalıplar için rasyonellik önemlidir. Olanak ve kısıtlamalarının tasarımcılar tarafından çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Aksi takdirde bu teknolojinin getirdiği avantajlardan gerektiği gibi yararlanılamaz.

Yapılan analizlerde daire başına düşen maliyetlerin fazlalığından anlaşılabileceği üzere az kat adedine sahip yapıların, tünel kalıp ve perdeli sistem uygulaması ile yapılması rasyonel olmamaktadır. Buradan tünel kalıp sistemlerinin, ilk yatırım maliyetinin fazla olduğu ancak kalıp ömrünün konvansiyonel kalıp sistemlerine göre daha uzun olması nedeniyle seri yapı imalatlarında (toplu konut) daha avantajlı olduğu, ancak uygulama sayısının nispeten az olması durumunda ise maliyeti daha düşük geleneksel ahşap kalıp sisteminin daha avantajlı olabileceği anlaşılabilmektedir.

4. Konut tasarımlarında elde edilecek daire sayısı her zaman ilk belirlenen kriterler arasındadır. Çeşitli yerleşimler sonucunda yapıların kat adetlerine karar verilmektedir. Bölge bazında yapılacak çalışmada bu yerleşim sırasında verilecek kararın önemine dikkat çekilmek istenmiştir. Az katlı birçok blok yapılması yerine çok katlı az sayıda blok yapılması daha ekonomik olabilmektedir. Ancak

uygulanacak kriterler doğrultusunda ekonomikliğini kaybetmesi de olasıdır. Bölge bazında planlamalarda tasarıma başlanmadan önce yerleşim konusunda bu şekilde yapılacak bir çalışma tasarımcıya yardımcı olacak ve bina adedi, kat sayısı gibi konular hakkında fikir verecektir.

5. Yapı maliyetinde sürekli artış olmasına karşın modellerdeki kaba inşaat maliyetini oluşturan kalemlerin oranları değişiklik göstermektedir. Aynı parametrelerdeki modellerin maliyet dağılımları düşünüldüğünde; kat sayısı arttıkça beton ve donatı maliyetlerinin toplam maliyete oranının arttığı ve çok katlı yapılarda en fazla maliyete sahip olan yapı bileşeninin donatı çeliği olduğu anlaşılmaktadır. Diğer yapı bileşenlerinden olan kalıp malzemesinin maliyetinin ise, kat sayısı arttıkça toplam maliyete oranı azaldığından tünel kalıbın çok katlı uygulamalar için uygulanabilir olduğu anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Ali, M.M., Armstrong, P.J., "Architecture of Tall Buildings, Council on Tall Buildings and Urban Habitat", *Committee 30 (Architecture), Mc Graw Hill Inc.*, New York, 188-521 (1995).
- Ankara Büyükşehir Belediyesi, "İmar yönetmeliği ve ilgili mevzuat", (2007).
- Akçansa, "Standartlara uygun dayanımlı hazır betonlar", *İnşaat Dünyası Dergisi*, 317 (9): 142, İstanbul, (2009).
- Apay A., Aydın E., Yılmaz, P., "Depreme dayanıklı yapılarda tünel kalıp sisteminin kullanılması", *International Earthquake Symposium*, Kocaeli, 902-911 (2005).
- ATC, "Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings", *Report ATC-40, Applied Technology Council*, Redwood City, California, (2000).
- Atımtay, E., "Tünel kalıp yüksek binaların deprem davranışı ve güvenliği", *TÜBİTAK INTAG 561 Projesi*, Ankara, (2002).
- Atımtay, E., "Depremde çökmeyen bina nedir? Nasıl projelendirilir?", *Ajans Türk Basım*, Ankara, (2009).
- Badem, M., Kurtay, C., "Avrupa ülkeleri ve Türkiye'deki çelik yapı uygulama olarak ve kısıtlarının incelenmesi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19 (4) :351-363 (2004).
- Balkabak, İ., "Seri kalıp teknolojisinde tünel kalıp sistemler ve genel özellikleri" Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, (1998).
- Bayülke, N., "Çok katlı yapılar ve deprem", *Çok Katlı Yapılar Sempozyumu*, İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir, (1989).
- Bektaş, C., "Yüksek yapılar ve mersin gökdeleni", *Yapı Dergisi*, 89(5):59-69, (1989).
- Benli, N., "Çok katlı yüksek yapılarda kullanılan kalıp sistemlerinin irdelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, (2005).
- Birim Fiyat, "Bayındırlık bakanlığı inşaat birim fiyatları", *Bayındırlık Bakanlığı*, Ankara, (2003).
- Celep, Z., Kumbasar, N., "Betonarme Yapılar", *Beta Dağıtım*, İstanbul, (2005).

Celep Z., Kumbasar N., “Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı”, **Beta Dağıtım**, İstanbul, (2000).

Council on Tall Buildings and Urban Habitat Committee, “Cast-in- place concrete in tall building design and costruction” , **Mc Graw- Hill New York**, (1991).

Çamlıbel, N., “Depreme dayanıklı yapı tasarım ilkeleri”, **Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayınları**, İstanbul, (1994).

“Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik (DBYBHY)”, **Bayındırlık Bakanlığı**, (2007).

Erbil, Y., “Toplu konutlarda tünel kalıp uygulamaları”, **Dünya İnşaat Dergisi**, 2(2): 88-90, (2005).

Eser, L.,”Yerinde Yapım Endüstrileşmiş Yapı 3”, **İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Matbaası**, İstanbul, (1981).

Eyüce, A., “Yüksek yapılar için tasarım yaklaşımları”, **Tasarım Dergisi**, 51(12): 50-58, (1995).

Gjorv, O.E., “Service life of concrete structure and performance based quality control”, **International Workshop on Innovations in Concrete Materials and Structures**, ICON-1, Whistler, BC, Canada, (2001).

Gunel, M.H., Ilgin H. E., “A Proposal for the classification of structural systems of tall buildings”, **Building and Environment**, 42: 2667-2675 (2007).

Gürlek O., Özturan T., “Kolonlarda yüksek mukavemetli beton kullanımının maliyet mukayeseli incelenmesi” **İkinci Ulusal Beton Kongresi**, İstanbul, 183-194 (1991).

Gültek, M., “Türkiye’de uygulanmakta olan toplu konutlardaki kalıp teknolojileri ve tünel kalıp”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (1989).

Hasgür, Z., Gündüz, N., “Betonarme Çok Katlı Yapılar”, **Beta Yayınları**, İstanbul, (1996).

İstanbul Büyükşehir Belediyesi, “İmar Yönetmeliği”, (2007).

İzmir Büyükşehir Belediyesi, “Yüksek Yapılar Yönetmeliği”, (1996).

Kasapoğlu, F., “Tünel kalıp sistemlerle üretilen perdeli taşıyıcı sistemlerin konvansiyonel sistemlerle karşılaştırılması”,Yüksek Lisans Tezi, **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Adana, (2008).

Kıncal, T., “Tünel kalıpla inşa edilen yapıların tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi**, İstanbul, (2006).

Küçükçalı, N., “Yüksek Yapılarda Tesisat”, **Isısan yayınları**, İstanbul, (2007).

Kürklü, G., Akbulut, H. “Tüm yönleriyle beton ve betonarme kalıpları” **Teknik Yayınevi**, Ankara, (2004).

Özgen, A., “Çok katlı yüksek yapıların tarihsel gelişimi ve son aşama tübüler sistemler”, **Yapı Dergisi**, 89(5): 47-53 (1989).

Özgen, A., Sev, A., “Çok katlı yapılarda taşıyıcı sistemler”, **Birsan Yayınevi**. İstanbul, (2000).

Özkan, Ö., “Çeşitli beton sınıflarının yapı maliyetine etkisi”, **Ulusal Hazır Beton 2004 Kongresi**, İstanbul, 160-171 (2004).

Özkan, A., “Düşey taşıyıcı elemanlarda betonarme perde davranışının incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Balıkesir, (2005).

Öztürk, T., “Betonarme binalarda deprem perdelerinin yerleşimi ve tasarımı”, **2005 İlkbahar-Yaz Dönemi Meslek İçi Eğitim Kurs Notları**, İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul, (2005).

STA4-CAD V13, “Çok katlı betonarme yapıların analiz ve tasarımı”, STA Bilgisayar Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti. (2004).

Sepkin, Y., “Çok katlı yapılar ve yüksekte yaşam olgusuna sosyo-psikolojik yaklaşım”, **Çok Katlı Yapılar Sempozyumu**, İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir, (1989).

Sev, A., “Türkiye ve dünyadaki yüksek binaların mimari tasarım ve taşıyıcı sistem açısından analizi”, Doktora Tezi, **Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, (2001).

Sucu,Ö., “Tünel kalıplarla inşa edilen tamamen perdeli betonarme yapıların tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, **Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Samsun, (2006).

Sümer, Y., “Deprem etkisindeki tünel kalıp sistemli yapılar için karşılaştırmalı sistem analizi” Yüksek Lisans Tezi, **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Sakarya, (2003).

Şimsek, H., “Çok katlı yapılarda tünel kalıp uygulaması ve bu yapıların projelendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, (2001).

Talipoğlu, N., “Determination of the types of formworks according to the construction systems from the economic point of view”, Yüksek Lisans Tezi, **Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir, (1996).

Taranath, B. S., *Stell, concrete and composite desing of tall buildings*, **McGraw-Hill, Inc.**, New York, 533-534 (1997)

Taşdemir, M.A., Özkul, H., “Marmara depremi beton araştırması”, **Hazır Beton**, 35, (1999).

Taşdemir, M. A., Bayramov, F., Yerlikaya M., “Geleneksel ve yüksek performanslı çelik donatılı betonlar”, **Türkiye Mühendislik Haberleri**, 426(2): (2003).

Tuna, M. E., “Çözümlü Örneklerle Betonarme”, **Gazi Üniversitesi İletişim Fakültesi Matbaası**, Ankara, (1993).

Tuna, M. E., “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı İlkeleri”, **Ajans Türk Basım**, Ankara, (2000)

Turani, A., “Dünya Sanat Tarihi”, **Remzi Kitabevi**, İstanbul, (1995).

Yamantürk, E.F., Özsen, E.G., “Yüksek yapı taşıyıcı sistemleri”, **Yıldız Üniversitesi Yayınları**, İstanbul, (1993).

EKLER

EK 1. Beton sınıfı değişiminin maliyet tabloları

6 KAT TABLOSU (C30)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	80.832	1478.750	119529.581
23.015	KALIN DEMİR (t)	57.010	1384.060	78904.707
4.305	HASIR (kg)	23679.092	0.920	21784.764
16,059/1A	C30 BETON(m³)	1948.830	120.085	234025.191
21.013	İNŞAAT KALIBI (m²)	510.863	19.640	10033.353
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m³)	12158.900	13.000	158065.700
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m²)	691.239	69.870	48296.869
15.006/1A	HARFİYAT	3341.530	3.550	11862.430
6 KAT TABLOSU (C45)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	82.250	1478.750	121627.335
23.015	KALIN DEMİR (t)	57.000	1384.060	78891.282
4.305	HASIR (kg)	28848.192	0.920	26540.336
16,059/4A	C45 BETON (m³)	1948.830	138.410	269737.491
21.013	İNŞAAT KALIBI (m²)	510.863	19.640	10033.353
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m³)	12158.900	13.000	158065.700
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m²)	691.239	69.870	48296.869
15.006/1A	HARFİYAT	3344.522	3.550	11873.052

12 KAT TABLOSU (C30)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	155.010	1478.750	229221.333
23.015	KALIN DEMİR (t)	80.293	1384.060	111130.745
4.305	HASIR (kg)	47701.690	0.920	43885.554
16,059/1A	C30 BETON (m³)	3085.110	120.085	370475.374
21.013	İNŞAAT KALIBI (m²)	510.863	19.640	10033.353
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m³)	23904.980	13.000	310764.740
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m²)	691.239	69.870	48296.869
15.006/1A	HARFİYAT	3341.530	3.550	11862.430
12 KAT TABLOSU (C45)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	157.645	1478.750	233117.840
23.015	KALIN DEMİR (t)	80.268	1384.060	111096.282
4.305	HASIR (kg)	57711.994	0.920	53095.035
16,059/4A	C45 BETON (m³)	3085.110	138.410	427010.006
21.013	İNŞAAT KALIBI (m²)	510.863	19.640	10033.353
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m³)	23904.980	13.000	310764.740
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m²)	691.239	69.870	48296.869
15.006/1A	HARFİYAT	3344.522	3.550	11873.052

EK 1(Devam). Beton sınıfı değişiminin maliyet tabloları

18 KAT TABLOSU (C30)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM(TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	231.601	1478.750	342480.127
23.015	KALIN DEMİR (t)	119.732	1384.060	165716.812
4.305	HASIR (kg)	88705.867	0.920	81609.397
16.059/1A	C30 BETON (m³)	4801.210	120.085	576553.243
21.013	İNŞAAT KALIBI (m²)	510.863	19.640	10033.353
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m²)	35651.060	13.000	463463.780
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m²)	692.653	69.870	48395.665
15.006/1A	HARFİYAT	3344.531	3.550	11873.085
18 KAT TABLOSU (C45)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM(TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	229.043	1478.750	338696.893
23.015	KALIN DEMİR (t)	125.275	1384.060	173388.795
4.305	HASIR (kg)	87423.498	0.920	80429.619
16.059/4A	C45 BETON (m³)	4801.210	138.410	664535.407
21.013	İNŞAAT KALIBI (m²)	510.863	19.640	10033.353
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m²)	35651.060	13.000	463463.780
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m²)	692.653	69.870	48395.665
15.006/1A	HARFİYAT	3344.531	3.550	11873.085

24 KAT TABLOSU (C30)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM(TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	311.222	1478.750	460219.439
23.015	KALIN DEMİR (t)	156.791	1384.060	217008.774
4.305	HASIR (kg)	113888.125	0.920	104777.075
16.059/1A	C30 BETON (m³)	6360.681	120.085	763822.426
21.013	İNŞAAT KALIBI (m²)	927.566	19.640	18217.404
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	360.000	40.000	14400.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJİ	4859.198	35.000	170071.944
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m²)	47809.960	13.000	621529.480
15.006/1A	HARFİYAT	5998.138	3.550	21293.391
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m²)	692.653	69.870	48395.665
24 KAT TABLOSU (C45)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	307.759	1478.750	455098.084
23.015	KALIN DEMİR (t)	163.716	1384.060	226593.390
4.305	HASIR (kg)	112226.918	0.920	103248.764
16.059/4A	C45 BETON (m³)	6360.681	138.410	880381.913
21.013	İNŞAAT KALIBI (m²)	927.566	19.640	18217.404
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	360.000	40.000	14400.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJİ	4859.198	35.000	170071.944
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m²)	47809.960	13.000	621529.480
15.006/1A	HARFİYAT	5998.138	3.550	21293.391
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m²)	692.653	69.870	48395.665

EK 1(Devam). Beton sınıfı değişiminin maliyet tabloları

30 KAT TABLOSU (C30)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	413.524	1478.750	611498.190
23.015	KALIN DEMİR (t)	244.872	1384.060	338916.931
4.305	HASIR (kg)	166955.244	0.920	153598.824
16.059/1A	C30 BETON (m³)	8037.475	120.085	965180.185
21.013	İNŞAAT KALIBI (m²)	959.398	19.640	18842.585
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	560.000	40.000	22400.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	5031.230	35.000	176093.064
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m³)	61674.830	13.000	801772.790
15.006/1A	HARFİYAT	6292.763	3.550	22339.310
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m²)	729.558	69.870	50974.217
30 KAT TABLOSU (C45)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	409.649	1478.750	605768.921
23.015	KALIN DEMİR (t)	252.197	1384.060	349055.586
4.305	HASIR (kg)	165207.487	0.920	151990.888
16.059/4A	C45 BETON (m³)	8037.475	138.410	1112466.915
21.013	İNŞAAT KALIBI (m²)	959.398	19.640	18842.585
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	560.000	40.000	22400.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	5031.230	35.000	176093.064
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m³)	61674.830	13.000	801772.790
15.006/1A	HARFİYAT	6292.763	3.550	22339.310
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m²)	729.558	69.870	50974.217

EK 1(Devam). Beton sınıfı değişiminin maliyet tabloları

36 KAT TABLOSU (C30)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT(TL)	TOPLAM(TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	498.355	1478.750	736942.904
23.015	KALIN DEMİR (t)	284.630	1384.060	393945.219
4.305	HASIR (kg)	198373.332	0.920	182503.465
16,059/1A	C30 BETON (m³)	9412.615	120.085	1130313.872
21.013	İNŞAAT KALIBI (m²)	959.398	19.640	18842.585
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	560.000	40.000	22400.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	5031.230	35.000	176093.064
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m²)	73837.910	13.000	959892.830
15.006/1A	HARFİYAT	6292.763	3.550	22339.310
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m²)	729.558	69.870	50974.217
36 KAT TABLOSU (C45)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	492.683	1478.750	728554.414
23.015	KALIN DEMİR (t)	291.266	1384.060	403129.703
4.305	HASIR (kg)	197754.175	0.920	181933.841
16,059/4A	C45 BETON (m³)	9412.615	138.410	1302800.042
21.013	İNŞAAT KALIBI (m²)	959.398	19.640	18842.585
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	560.000	40.000	22400.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	5031.230	35.000	176093.064
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m²)	73837.910	13.000	959892.830
15.006/1A	HARFİYAT	6292.763	3.550	22339.310
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m²)	729.558	69.870	50974.217

EK 1(Devam). Beton sınıfı değişiminin maliyet tabloları

42 KAT TABLOSU (C30)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	802.260	1478.750	1186341.618
23.015	KALIN DEMİR (t)	718.868	1384.060	994957.095
4.305	HASIR (kg)	150027.368	0.920	138025.178
16,059/1A	C30 BETON (m³)	16459.834	120.085	1976579.142
21.013	İNŞAAT KALIBI (m²)	1335.660	19.640	26232.355
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	680.000	40.000	27200.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	7288.798	35.000	255107.916
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m³)	85716.110	13.000	1114309.430
15.006/1A	HARFİYAT	9019.507	3.550	32019.250
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m²)	735.840	69.870	51413.141
42 KAT TABLOSU (C45)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	746.563	1478.750	1103979.975
23.015	KALIN DEMİR (t)	521.707	1384.060	722074.164
4.305	HASIR (kg)	237558.774	0.920	218554.072
16,059/4A	C45 BETON (m³)	15093.694	138.410	2089118.159
21.013	İNŞAAT KALIBI (m²)	1335.660	19.640	26232.355
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	680.000	40.000	27200.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	7288.798	35.000	255107.916
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m³)	85918.890	13.000	1116945.570
15.006/1A	HARFİYAT	9010.826	3.550	31988.434
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m²)	734.295	69.870	51305.157

EK 1(Devam). Beton sınıfı değişiminin maliyet tabloları

48 KAT TABLOSU (C30)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT(TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	1294.253	1478.750	1913877.129
23.015	KALIN DEMİR (t)	1479.224	1384.060	2047335.240
4.305	HASIR (kg)	282263.983	0.920	259682.865
16,059/1A	C30 BETON (m³)	30785.562	120.085	3696884.227
21.013	İNŞAAT KALIBI (m²)	1460.808	19.640	28690.269
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	2730.000	40.000	109200.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	7849.296	35.000	274725.360
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m³)	104907.180	13.000	1363793.340
15.006/1A	HARFİYAT	10203.015	3.550	36220.704
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m²)	831.031	69.870	58064.136
48 KAT TABLOSU (C45)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	1392.483	1478.750	2059133.706
23.015	KALIN DEMİR (t)	1582.384	1384.060	2190114.454
4.305	HASIR (kg)	187628.856	0.920	172618.547
16,059/4A	C45 BETON (m³)	27420.102	138.410	3795216.334
21.013	İNŞAAT KALIBI (m²)	1464.160	19.640	28756.095
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	2730.000	40.000	109200.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	7869.406	35.000	275429.196
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m³)	104692.200	13.000	1360998.600
15.006/1A	HARFİYAT	10185.476	3.550	36158.440
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m²)	827.637	69.870	57826.997

EK 1(Devam). Beton sınıfı değişiminin maliyet tabloları

54 KAT TABLOSU (C30)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	1488.878	1478.750	2201678.366
23.015	KALIN DEMİR (t)	2032.930	1384.060	2813696.459
4.305	HASIR (kg)	275929.805	0.920	253855.421
16,059/1A	C30 BETON (m³)	38742.236	120.085	4652361.400
21.013	İNŞAAT KALIBI (m²)	1462.248	19.640	28718.551
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	4200.000	45.000	189000.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	7829.136	35.000	274019.760
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m³)	117749.820	13.000	1530747.660
15.006/1A	HARFİYAT	10297.874	3.550	36557.452
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m²)	834.365	69.870	58297.083
54 KAT TABLOSU (C45)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	1666.008	1478.750	2463608.910
23.015	KALIN DEMİR (t)	2273.170	1384.060	3146204.002
4.305	HASIR (kg)	376389.139	0.920	346278.008
16,059/4A	C45 BETON (m³)	37393.220	138.410	5175595.636
21.013	İNŞAAT KALIBI (m²)	1507.768	19.640	29612.556
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	4200.000	40.000	168000.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	7839.166	35.000	274370.796
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m³)	117846.000	13.000	1531998.000
15.006/1A	HARFİYAT	10684.502	3.550	37929.984
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m²)	832.702	69.870	58180.889

EK 2 . Zemin taşıma gücü değişiminin maliyet tabloları

6 KAT TABLOSU (250 kN/m ²)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	80.832	1478.750	119529.581
23.015	KALIN DEMİR (t)	57.010	1384.060	78904.707
4.305	HASIR (kg)	23679.092	0.920	21784.764
16,059/1A	C30 BETON (m ³)	1948.830	120.085	234025.191
21.013	İNŞAAT KALIBI (m ²)	510.863	19.640	10033.353
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m ²)	12195.670	13.000	158543.710
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m ²)	691.239	69.870	48296.869
15.006/1A	HARFİYAT	3341.530	3.550	11862.430
6 KAT TABLOSU (500 kN/m ²)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	80.915	1478.750	119653.056
23.015	KALIN DEMİR (t)	57.122	1384.060	79060.829
4.305	HASIR (kg)	23679.092	0.920	21784.764
16,059/1A	C30 BETON (m ³)	1948.830	120.085	234025.191
21.013	İNŞAAT KALIBI (m ²)	510.863	19.640	10033.353
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m ²)	12195.670	13.000	158543.710
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m ²)	691.239	69.870	48296.869
15.006/1A	HARFİYAT	3344.522	3.550	11873.052

12 KAT TABLOSU (250 kN/m ²)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	155.010	1478.750	229221.333
23.015	KALIN DEMİR (t)	80.293	1384.060	111130.745
4.305	HASIR (kg)	47701.690	0.920	43885.554
16,059/1A	C30 BETON (m ³)	3085.110	120.085	370475.374
21.013	İNŞAAT KALIBI (m ²)	510.863	19.640	10033.353
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m ²)	23904.980	13.000	310764.740
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m ²)	691.239	69.870	48296.869
15.006/1A	HARFİYAT	3341.530	3.550	11862.430
12 KAT TABLOSU (500 kN/m ²)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR(t)	154.999	1478.750	229221.333
23.015	KALIN DEMİR(t)	80.364	1384.060	111130.745
4.305	HASIR (KG)	47701.690	0.920	43885.554
16,059/1A	C30 BETON(m ³)	3085.110	120.085	370475.374
21.013	İNŞAAT KALIBI(m ²)	510.863	19.640	10033.353
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ(m ²)	23904.980	13.000	310764.740
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON(m ²)	691.239	69.870	48296.869
15.006/1A	HARFİYAT	3341.530	3.550	11862.430

EK 2(Devam). Zemin taşıma gücü değişiminin maliyet tabloları

18 KAT TABLOSU (250 kN/m ²)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	231.601	1478.750	342480.127
23.015	KALIN DEMİR (t)	119.732	1384.060	165716.812
4.305	HASIR (kg)	88705.867	0.920	81609.397
16.059/1A	C30 BETON (m ³)	4801.210	120.085	576553.243
21.013	İNŞAAT KALIBI (m ²)	510.863	19.640	10033.353
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m ²)	35651.060	13.000	463463.780
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m ²)	692.653	69.870	48395.665
15.006/1A	HARFİYAT	3344.531	3.550	11873.085
18 KAT TABLOSU (500 kN/m ²)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	231.439	1478.750	342240.421
23.015	KALIN DEMİR (t)	115.872	1384.060	160374.354
4.305	HASIR (kg)	88705.867	0.920	81609.397
16.059/1A	C30 BETON (m ³)	4801.210	120.085	576553.243
21.013	İNŞAAT KALIBI (m ²)	510.863	19.640	10033.353
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m ²)	35651.060	13.000	463463.780
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m ²)	692.653	69.870	48395.665
15.006/1A	HARFİYAT	3344.531	3.550	11873.085

24 KAT TABLOSU (250 kN/m ²)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM(TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	311.222	1478.750	460219.439
23.015	KALIN DEMİR (t)	156.791	1384.060	217008.774
4.305	HASIR (kg)	113888.125	0.920	104777.075
16.059/1A	C30 BETON (m ³)	6360.681	120.085	763822.426
21.013	İNŞAAT KALIBI (m ²)	927.566	19.640	18217.404
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	360.000	40.000	14400.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	4859.198	35.000	170071.944
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m ²)	47809.960	13.000	621529.480
15.006/1A	HARFİYAT	5998.138	3.550	21293.391
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m ²)	692.653	69.870	48395.665
24 KAT TABLOSU (500 kN/m ²)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	308.305	1478.750	455906.019
23.015	KALIN DEMİR (t)	142.339	1384.060	197005.855
4.305	HASIR (kg)	113888.125	0.920	104777.075
16.059/1A	C30 BETON (m ³)	6172.530	120.085	741228.205
21.013	İNŞAAT KALIBI (m ²)	915.796	19.640	17986.241
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m ²)	47809.960	13.000	621529.480
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m ²)	692.653	69.870	48395.665
15.006/1A	HARFİYAT	5911.773	3.550	20986.793

EK 2(Devam). Zemin taşıma gücü değişiminin maliyet tabloları

30 KAT TABLOSU (250 kN/m ²)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	413.524	1478.750	611498.190
23.015	KALIN DEMİR (t)	244.872	1384.060	338916.931
4.305	HASIR (kg)	166955.244	0.920	153598.824
16.059/1A	C30 BETON (m ³)	8037.475	120.085	965180.185
21.013	İNŞAAT KALIBI (m ²)	959.398	19.640	18842.585
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	560.000	40.000	22400.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	5031.230	35.000	176093.064
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m ²)	61674.830	13.000	801772.790
15.006/1A	HARFİYAT	6292.763	3.550	22339.310
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m ²)	729.558	69.870	50974.217
30 KAT TABLOSU (500 kN/m ²)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	409.116	1478.750	604979.679
23.015	KALIN DEMİR (t)	204.811	1384.060	283470.021
4.305	HASIR (kg)	166955.244	0.920	153598.824
16.059/1A	C30 BETON (m ³)	7788.144	120.085	935239.217
21.013	İNŞAAT KALIBI (m ²)	947.312	19.640	18605.216
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m ²)	61674.830	13.000	801772.790
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m ²)	729.558	69.870	50974.217
15.006/1A	HARFİYAT	6201.766	3.550	22016.271

36 KAT TABLOSU (250 kN/m ²)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	498.355	1478.750	736942.904
23.015	KALIN DEMİR (t)	284.630	1384.060	393945.219
4.305	HASIR (kg)	198373.332	0.920	182503.465
16.059/1A	C30 BETON (m ³)	9412.615	120.085	1130313.872
21.013	İNŞAAT KALIBI (m ²)	959.398	19.640	18842.585
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	560.000	40.000	22400.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	5031.230	35.000	176093.064
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m ²)	73837.910	13.000	959892.830
15.006/1A	HARFİYAT	6292.763	3.550	22339.310
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m ²)	729.558	69.870	50974.217
36 KAT TABLOSU (500 kN/m ²)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	494.368	1478.750	731046.976
23.015	KALIN DEMİR (t)	244.026	1384.060	337747.041
4.305	HASIR (kg)	198373.332	0.920	182503.465
16.059/1A	C30 BETON (m ³)	9163.284	120.085	1100372.904
21.013	İNŞAAT KALIBI (m ²)	947.312	19.640	18605.216
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m ²)	73837.910	13.000	959892.830
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m ²)	729.558	69.870	50974.217
15.006/1A	HARFİYAT	6201.766	3.550	22016.271

EK 2(Devam). Zemin taşıma gücü değişiminin maliyet tabloları

42 KAT TABLOSU (250 kN/m ²)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	802.260	1478.750	1186341.618
23.015	KALIN DEMİR (t)	718.868	1384.060	994957.095
4.305	HASIR (kg)	150027.368	0.920	138025.178
16,059/1A	C30 BETON (m ³)	16459.834	120.085	1976579.142
21.013	İNŞAAT KALIBI (m ²)	1335.660	19.640	26232.355
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	680.000	40.000	27200.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	7288.798	35.000	255107.916
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m ²)	85716.110	13.000	1114309.430
15.006/1A	HARFİYAT	9019.507	3.550	32019.250
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m ²)	735.840	69.870	51413.141
42 KAT TABLOSU (500 kN/m ²)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	804.829	1478.750	1190140.644
23.015	KALIN DEMİR (t)	742.333	1384.060	1027433.301
4.305	HASIR (kg)	146535.015	0.920	134812.214
16,059/1A	C30 BETON (m ³)	16470.038	120.085	1977804.554
21.013	İNŞAAT KALIBI (m ²)	1323.574	19.640	25994.986
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	1020.000	40.000	40800.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	7288.798	35.000	255107.916
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m ²)	85716.110	13.000	1114309.430
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m ²)	735.840	69.870	51413.141
15.006/1A	HARFİYAT	8928.510	3.550	31696.210

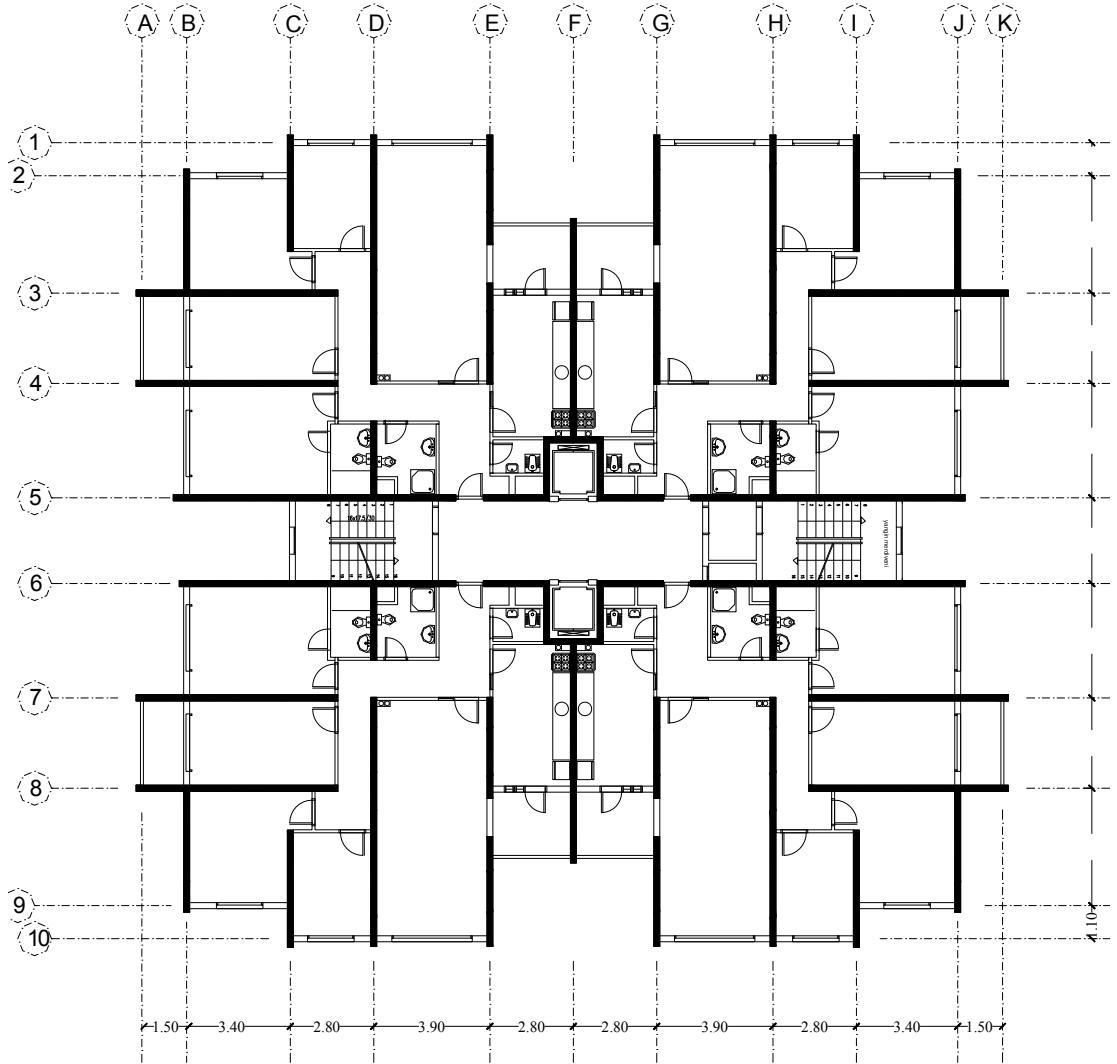
EK 2(Devam). Zemin taşıma gücü değişiminin maliyet tabloları

48 KAT TABLOSU (250 kN/m ²)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT(TL)	TOPLAM(TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	1294.253	1478.750	1913877.129
23.015	KALIN DEMİR (t)	1479.224	1384.060	2047335.240
4.305	HASIR (kg)	282263.983	0.920	259682.865
16,059/1A	C30 BETON (m ³)	30785.562	120.085	3696884.227
21.013	İNŞAAT KALIBI (m ²)	1460.808	19.640	28690.269
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	2730.000	40.000	109200.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	7849.296	35.000	274725.360
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m ²)	104907.180	13.000	1363793.340
15.006/1A	HARFİYAT	10203.015	3.550	36220.704
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m ²)	831.031	69.870	58064.136
48 KAT TABLOSU (500 kN/m ²)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT(TL)	TOPLAM(TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	1292.727	1478.750	1911620.148
23.015	KALIN DEMİR (t)	1431.664	1384.060	1981509.180
4.305	HASIR (kg)	282263.983	0.920	259682.865
16,059/1A	C30 BETON (m ³)	30169.170	120.085	3622864.808
21.013	İNŞAAT KALIBI (m ²)	1422.660	19.640	27941.042
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (60 cm)	1620.000	40.000	64800.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	7849.296	35.000	274725.360
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m ²)	104907.180	13.000	1363793.340
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m ²)	831.031	69.870	58064.136
15.006/1A	HARFİYAT	9017.188	3.550	32011.017

EK 2(Devam). Zemin taşıma gücü değişiminin maliyet tabloları

54 KAT TABLOSU (250 kN/m ²)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	1488.878	1478.750	2201678.366
23.015	KALIN DEMİR (t)	2032.930	1384.060	2813696.459
4.305	HASIR (kg)	275929.805	0.920	253855.421
16.059/1A	C30 BETON (m ³)	38742.236	120.085	4652361.400
21.013	İNŞAAT KALIBI (m ²)	1462.248	19.640	28718.551
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (70 cm)	4200.000	45.000	189000.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	7829.136	35.000	274019.760
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m ³)	117749.820	13.000	1530747.660
15.006/1A	HARFİYAT	10297.874	3.550	36557.452
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m ²)	834.365	69.870	58297.083
54 KAT TABLOSU (500 kN/m ²)				
POZ NO	POZ ADI	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM (TL)
23.014	İNCE DEMİR (t)	1478.690	1478.750	2186612.707
23.015	KALIN DEMİR (t)	1976.643	1384.060	2735791.902
4.305	HASIR (kg)	275929.805	0.920	253855.421
16.059/1A	C30 BETON (m ³)	38016.229	120.085	4565178.912
21.013	İNŞAAT KALIBI (m ²)	1422.900	19.640	27945.756
ÖZEL	KAZIK T. İŞÇİLİĞİ (70 cm)	3150.000	45.000	141750.000
ÖZEL	KAZIK TEMEL ANKRAJI	7829.136	35.000	274019.760
ÖZEL	TÜNEL KALIP	1.000	250000.000	250000.000
ÖZEL	TÜNEL İŞÇİLİĞİ (m ³)	117749.820	13.000	1530747.660
ÖZEL	ÇATI İZOLASYON (m ²)	834.365	69.870	58297.083
15.006/1A	HARFİYAT	9975.949	3.550	35414.621

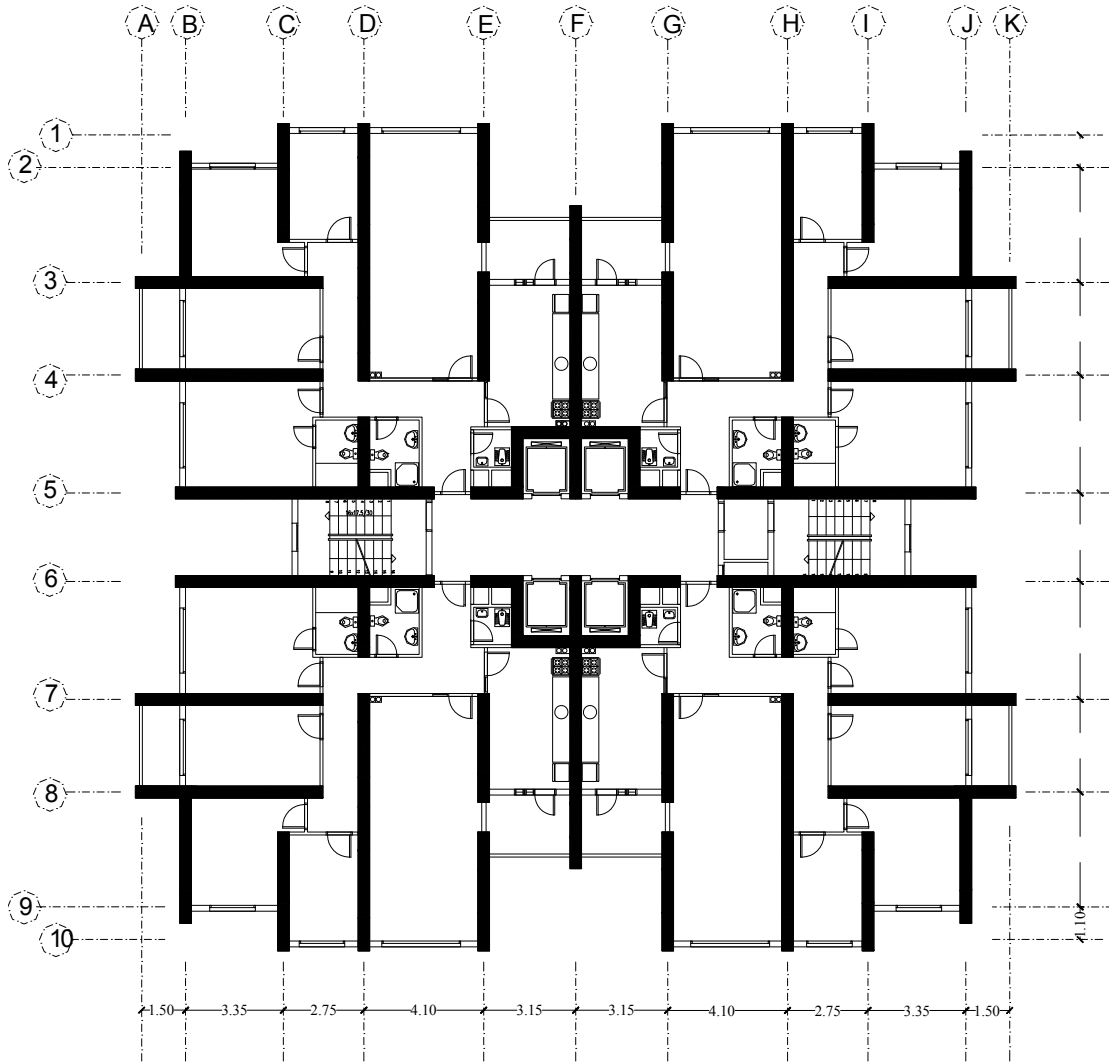
EK 3. Tez kapsamındaki proje planları



20 cm Perde Duvarlı Plan

Birim Daire Metrekaresi: 122.624 m²
(net alan)

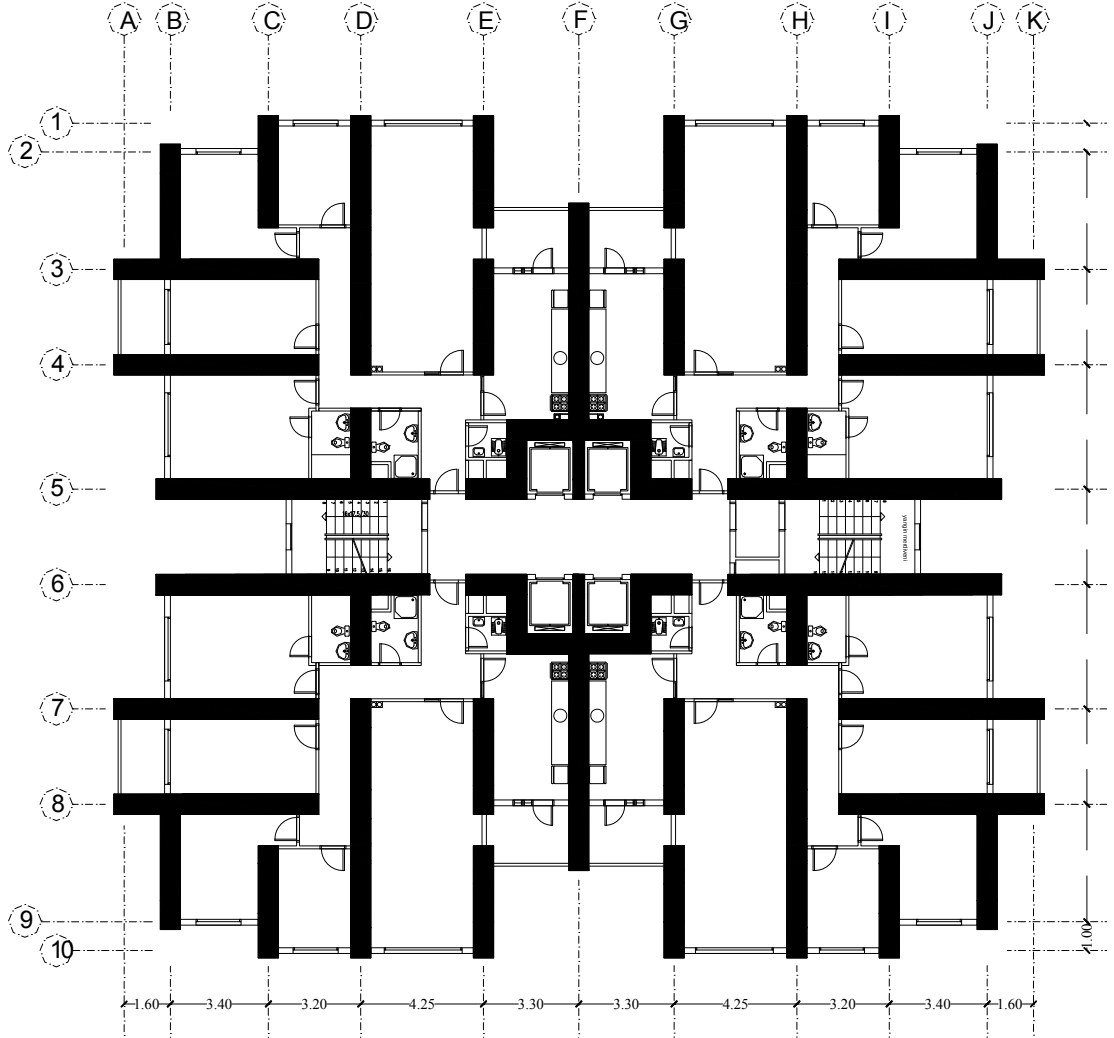
EK 3 (Devam). Tez kapsamındaki proje planları



40 cm Perde Duvarlı Plan

Birim Daire Metrekaresi: 121.191 m²
(net alan)

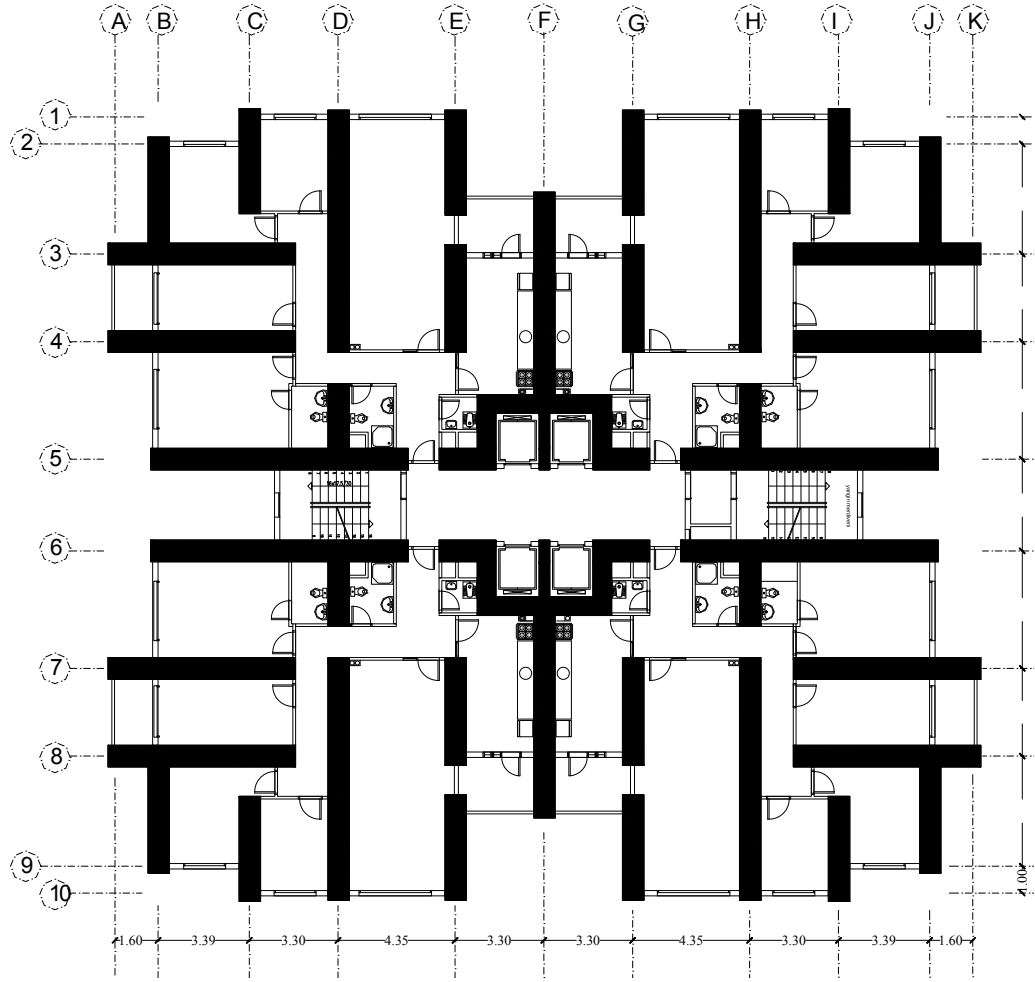
EK 3 (Devam). Tez kapsamındaki proje planları



70 cm Perde Duvarlı Plan

Birim Daire Metrekaresi: 122.851 m²
(net alan)

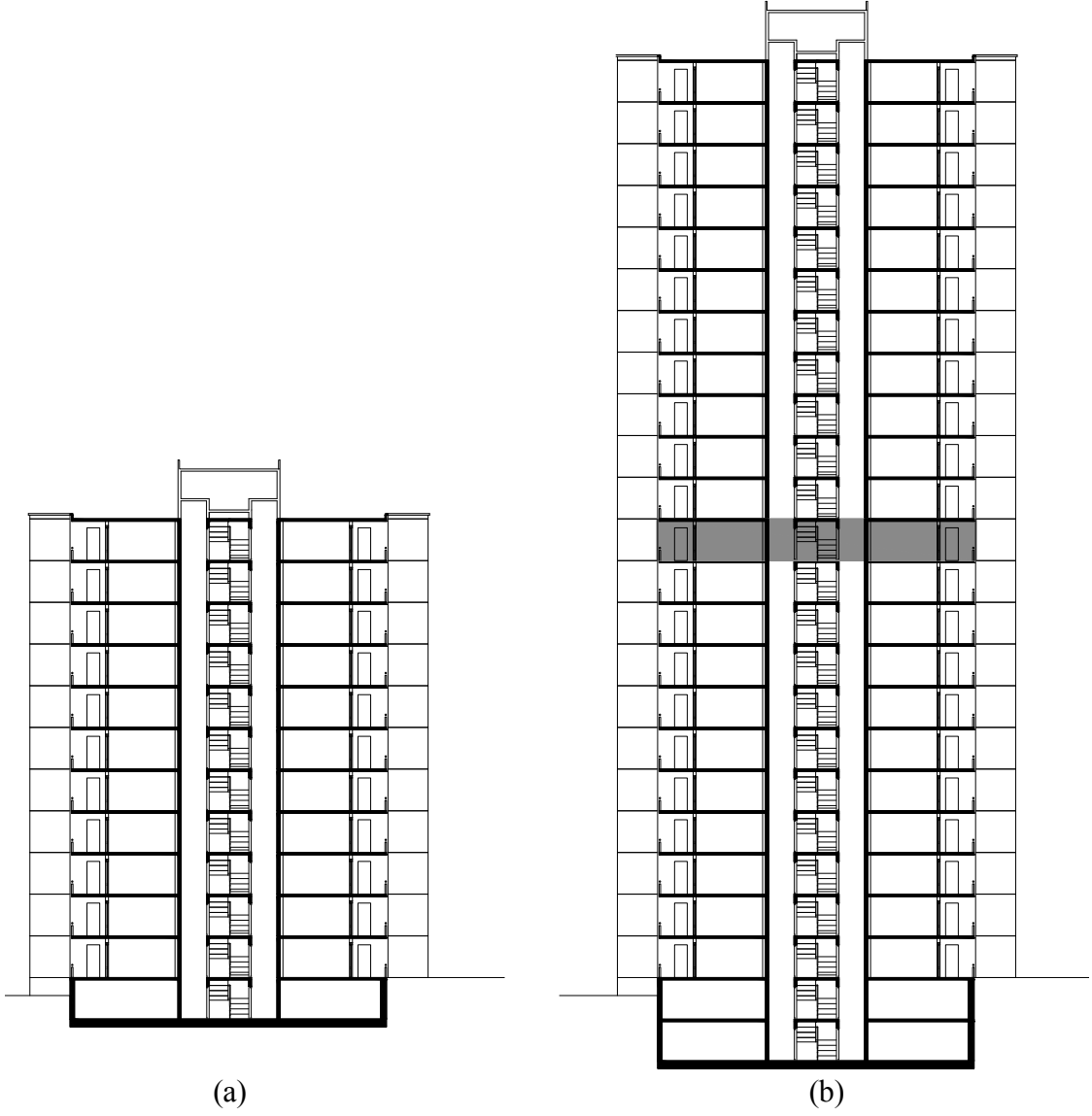
EK 3 (Devam). Tez kapsamındaki proje planları



80 cm Perde Duvarlı Plan

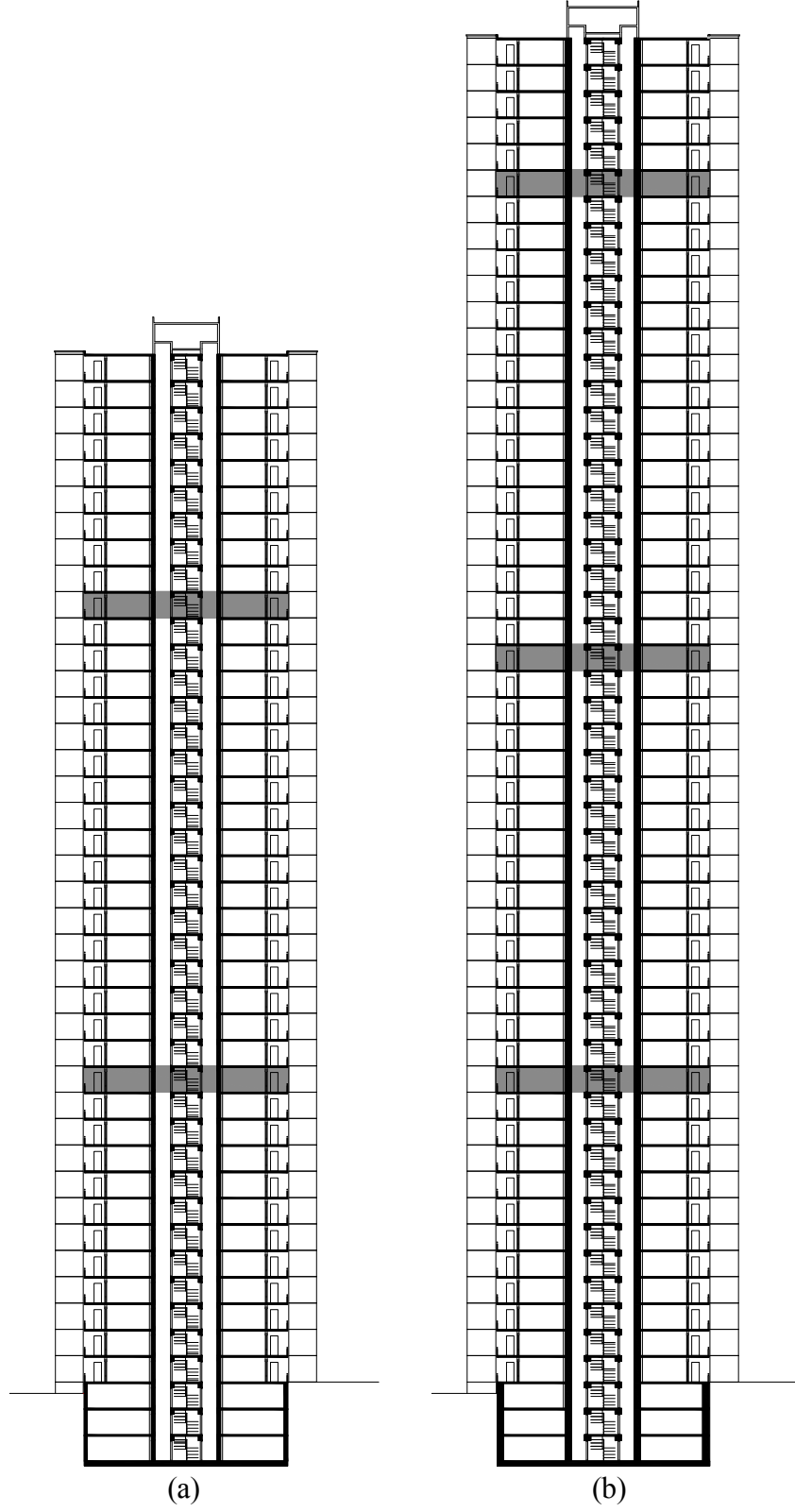
Birim Daire Metrekaresi: 120.9354m²
(net alan)

EK 4. Tez kapsamındaki proje kesitleri ve tesisat katları



(a) 12 katlı model kesiti , (b) 24 katlı model kesiti ve tesisat katı

EK 4 (Devam). Tez kapsamındaki proje kesitleri ve tesisat katları



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : HARMANKAYA, Zeynep Yeşim
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 08.12.1985
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 582 36 09
 Faks : 0 (312) 231 01 83
 e-mail : zyharmankaya@gazi.edu.tr.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Mimarlık Bölümü	2008
Lise	Etimesgut Anadolu Lisesi	2004

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009-...	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- Özmen, C., Harmankaya Z. Y., Koç, Y., Ünay, A. İ., “Mimarlık Eğitiminde Taşıyıcı Sistemlerinin Çözümü Ve Tasarımı” **Mimari Tasarım Eğitimi: Bütünleşme Ulusal Sempozyumu**, İstanbul (2009)
- Harmankaya Z. Y., Koç, Y., Tuna M. E., “The Importance Of Earthquake Resistant Building Design On Architectural Education” **International Earthquake Symposium Kocaeli 2009**, Kocaeli (2009)

3. Harmankaya Z. Y., Soyluk, A., Tuna M. E., "Classification and the Usage Area of the Glass Material in the Structures", **First International Ceramic, Glass, Porcelain, Glaze and Pigment Congress**, Eskişehir (2009)
4. Soyluk, A., Harmankaya Z. Y., Tuna M. E., "Glass As A Structural Element", **First International Ceramic, Glass, Porcelain, Glaze and Pigment Congress**, Eskişehir (2009)
5. Soyluk, A., Harmankaya Z. Y., Tuna M. E., "Mimarlıkta Yapı Malzemesi Olarak Doğal Taş Ve Sınıflandırılması" **Second International Marble and Natural Stone Congress**, İzmir (2010)