

**PREFABRİKE BETONARME PANOLU
YAPILARIN TEŞKİLİ, TASARIMI VE
MALİYET ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Ferdi KARGILI
(501021095)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19 Aralık 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Aralık 2005**

TEZ DANIŞMANI : Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK

Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL (İTÜ)

Doç. Dr. Necdet TORUNBALCI (İTÜ)

ARALIK 2005

ÖNSÖZ

Gelişen teknolojiye paralel olarak ülkemizde ve dünyada yapı alanındaki ihtiyacın karşılanabilmesi için endüstrileşmiş yapım teknolojilerinin kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Son yıllarda toplumsal ve ekonomik değişmeler yapı üretimine yeni bir yaklaşım getirmiş, tek tek inşa edilmekte olan yapılar çok sayıda ve toplu olarak yapılmaya başlanmıştır. Bu üretim biçimi gerek kamu, gerekse özel sektörün ilgisini çekmiş ve buna bağlı olarak prefabrike yapım sistemleri gelişmiştir.

Bu tezde prefabrike betonarme panolu sistemlerin teşkili, tasarımı, maliyet analizi yapılmıştır. Tezin oluşumunda bana bilimsel katkılarıyla yön veren, sabır ve ilgi gösteren, engin tecrübelerinden yararlanma fırsatı sağlayan ve her türlü zorlukta çözüm bulup destek olan değerli hocam Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK'e

Her konuda yardımcı olmaya çalışan, bana her zaman kıymetli vakitlerini ayıran Araş. Gör. Murat YILMAZ'a ve İnş. Yük. Müh. Emrah ALDOĞAN'a, İnş. Yük. Müh. Gürhan ULUŞAN'a

Ayrıca öğrencilik hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her an ilgi, anlayış ve bana duydukları güven ile yanımda olan sevgili annem, babam, kardeşim Nurşen, İsmail ve Fehmi KARGILI'ya, nişanlım Berrin DİNÇER'e

Teşekkür ederim.

ARALIK 2005

Ferdi KARGILI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
KISALTMALAR	vii
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	x
SEMBOL LİSTESİ	xiii
ÖZET	xvi
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
2. PREFABRİKE YAPILAR	4
2.1 Prefabrike Taşıyıcı Sistemler	4
2.1.1 İskelet Sistemler	4
2.1.2 Kolon Döşeme Sistemler	6
2.1.3 Hücre Sistemler	6
2.1.4 Panolu Sistemler	6
2.1.5 Karma Sistemler	11
2.2 Prefabrike Yapılarla Monolitik Yapıların Karşılaştırılması	12
3. PREFABRİKE BETONARME PANOLU SİSTEMLERİN TEŞKİLİ	15
3.1 Temeller	15
3.2 Prefabrike İç Duvar Panoları	16
3.2.1 Taşıyıcı Duvarlar	16
3.2.2 Rijitlik Duvarları	18
3.2.3 Taşıyıcı Olamayan Duvarlar	18
3.3 Prefabrike Cephe Panelleri	20
3.3.1 Statik Açıdan Yüklendikleri Görevlere Göre Cephe Panelleri	21
3.3.2 Boyutlarına Göre Cephe Panelleri	23
3.3.3 Tabaka Sayısına Göre Cephe Panelleri	23
3.4 Prefabrike Döşeme Panoları	26
3.4.1 Düz Tabakalı Döşeme Elemanlarıyla Yapılan Döşemeler	26

3.4.2	Fligran Döşemeler	29
3.4.3	Nervürlü ve Kaset Döşemeler	29
3.4.4	Prefabrike Döşeme Kirişleriyle Yapılan Döşemeler	29
3.5	Prefabrike Panolu Yapılarda Tamamlayıcı Bileşenler	30
3.5.1	Balkon Bileşenleri	30
3.5.2	Parapetler	32
3.5.3	Prefabrike Merdiven Bileşenleri	32
3.5.4	Asansör ve Baca Bileşenleri	33
3.5.5	Çatı Bileşenleri	34
4.	PREFABRİKE PANOLU YAPILARDA BİRLİŞİMLER ve BAĞ SİSTEMLERİ	36
4.1	Birleşimlerde Yük Katsayıları	38
4.2	Birleşim Elemanı Olarak Kesme Sürtünmesi	38
4.3	Birleşim Türleri	39
4.3.1	Islak Birleşimler	40
4.3.2	Kuru Birleşimler	41
4.4	Büyük Boy Panolu Sistemlerde Ana Bileşenler Arasındaki Birleşimler	41
4.4.1	Düşey Birleşimler	42
4.4.2	Yatay Birleşimler	44
4.5	Bağ Sistemleri	45
4.5.1	Bağ Çubukları	46
4.5.2	Yatay Bağ Hatılları	46
4.5.3	Düşey Bağ Elemanları	47
5.	PREFABRİKE BETONARME PANOLU YAPILARIN HESAP ESASLARI	48
5.1	Prefabrike Panolu Yapı Sistemlerinde Stabilitate Problemleri	48
5.1.1	Bileşenlerin Stabilitesi	48
5.1.2	Yapının Uzaysal Stabilitesi	49
5.2	Taşıyıcı Duvar Panolarının Hesap Esasları	50
5.3	Prefabrike Duvar Panolarında Tekil Kuvvet Etkisinin Yayılışı	52
5.4	Duvar Panosunun Burkulma Hesabı	52
5.5	Duvar Panolarında Diyagonal Çatlak Tahkiki	54
5.6	Duvar Panoları Arasındaki Kayma Birleşimleri	54
5.6.1	Duvar Panoları Arasındaki Kuru Kayma Birleşimleri	54
5.6.2	Duvar Panoları Arasındaki Islak Kayma Birleşimleri	55
5.6.3	Panolar Arasında Düşey Kayma Güvenliğinin Sağlanması	56
5.6.4	Panolar Arasındaki Yatay Kayma Güvenliğinin Sağlanması	57

5.7	Panolar Arasındaki Basınç Birleşimleri	59
5.7.1	Pano Basınç Birleşimlerinde Sınırlamalar	60
5.8	Taşıyıcı Duvarlarla Rijitlik Duvarları Arasındaki Düşey Birleşim	61
5.9	Döşeme Panolarının Ara ve Mesnet Birleşimleri	61
5.9.1	Panolar Arasındaki Kuvvetler	61
5.9.2	Panolar Arasındaki Kayma Kuvveti V_{dy} 'ler	62
5.10	Bağ Elemanları	62
6.	MONOLİTİK ve PREFABRİKE BETONARME PANOLU YAPILARIN DEPREME DAYANIKLI TASARIMI	64
6.1	Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı	64
6.2	Deprem Etkisinde Monolitik ve Prefabrike Yapıların Davranışları	67
6.3	Prefabrike Panolu Yapıların Depreme Dayanıklı Tasarımı	69
6.3.1	Monolitik Tasarım	70
6.3.2	Yapının Depremde Elastik Kalmasını Sağlayan Tasarım	70
6.3.3	Deprem Enerjisini Tüketebilen Panolu Yapı Tasarımı	71
6.4	Yönetmeliklerdeki Deprem Hesapları	72
6.4.1	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	72
6.4.2	Eurocode 8' deki Deprem Hesapları	80
6.4.3	UBC 97' de Deprem Hesapları	84
6.5	Sayısal Uygulama ile Deprem Yönetmeliklerin Karşılaştırılması	86
7.	GELENEKSEL ve PREFABRİKE BETONARME PANOLU YAPILARIN MALİYET ANALİZİ	92
7.1	Sabit Maliyetler (Ön Yatırım Maliyeti)	93
7.2	Değişken Maliyetler	93
7.3	Yapı Deprem Yükünün Yapı Maliyetine Etkisi	96
7.4	Prefabrike Elemanların Nakliye ve Montajının Yapı Maliyetine Etkisi	97
7.4.1	Prefabrike Elemanların Montajı	99
7.4.2	Montaj İşgücü Maliyeti	102
7.5	Prefabrike ve Monolitik Yapıların Maliyet Analizi	103
8.	SAYISAL UYGULAMA	120
8.1	Projelendirilecek Bina Sisteminin Tanımı ve Hesap Esasları	120
8.2	Yük Analizi	121
8.2.1	Yapı Deprem Yükü Hesabı	123
8.3	Duvar Panolarının Dış Merkezlik Hesabı	124
8.4	Duvar Panolarının Burkulma Hesabı	127
8.5	İkinci Mertebe Etkileri	128

8.6	Panoda Diyagonal Çatlak Tahkiki	129
8.7	Panolar Arası Bağ Elemanlarının Hesabı	130
8.7.1	Düşey Bağ Elemanlarının Hesabı	130
8.7.2	Yatay Bağ Elemanlarının Hesabı	132
8.7.3	Panolar Arası Düşey Kayma Güvenliğinin Sağlanması	132
8.8	Panolar Arası Yatay Kayma Güvenliğinin Sağlanması	134
8.9	Pano Basınç Birleşimi Mukavemet Hesabı	136
8.10	Bağlantı Kirişlerinin Hesabı	136
8.11	Kat Döşeme Panolarının Hesabı	138
8.12	Temel Hesabı	138
9.	SONUÇLAR	139
	KAYNAKLAR	141
	EK LİSTESİ	143
	ÖZGEÇMİŞ	149

KISALTMALAR

ABYYHY	:Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
Eurocode'98	:European Prestandart for Earthquake Resistance of Structures
PRESS	:Precast Seismic Structural System
TDY'98	:Türkiye Deprem Yönetmeliği'98
TS 498	:Yapı Elemanların Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
TS 500	:Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
TS 3233	:Öngerilmeli Beton Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
TS 9967	:Yapı Elemanları, Taşıyıcı Sistemler ve Binalar-Prefabrike Betonarme ve Öngerilmeli Betondan-Hesap Esasları ile İmalat ve Montaj Kuralları
UBC'97	:Uniform Building Code'97
TS 9967	:Yapı Elemanları, Taşıyıcı Sistemler ve Binalar-Prefabrike Betonarme ve Öngerilmeli Betondan-Hesap Esasları ile İmalat ve Montaj Kuralları

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1	Duvar panolarının taşıma kapasiteleri..... 17
Tablo 3.2	Döşeme panolarında sehim ve moment..... 27
Tablo 4.1	Sürtünme katsayıları..... 39
Tablo 5.1	Taşıyıcı duvar panolarında en az donatı 51
Tablo 5.2	β değerleri..... 57
Tablo 6.1	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı 69
Tablo 6.2	Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar..... 74
Tablo 6.3	Hareketli yük katılım katsayısı..... 74
Tablo 6.4	Etkin yer ivme katsayısı..... 74
Tablo 6.5	Bina önem katsayısı..... 74
Tablo 6.6	Spektrum karakteristik periyotları..... 75
Tablo 6.7	Elastik davranış spektrum parametre değerleri..... 81
Tablo 6.8	Davranış faktörü q_0 81
Tablo 6.9	Düktilite sınıfı faktörü..... 82
Tablo 6.10	Azaltma faktörü..... 82
Tablo 6.11	Önem katsayısı..... 82
Tablo 6.12	Sismik bölge faktörü..... 84
Tablo 6.13	Sismik katsayı, C_v 85
Tablo 6.14	Yakın kuvvet faktörü, N_v 85
Tablo 6.15	Yakın kuvvet faktörü, N_a 85
Tablo 6.16	Sismik katsayı, C_a 85
Tablo 6.17	Zemin profili özellikleri..... 85
Tablo 6.18	A.B.Y.Y.H.Y' de farklı zemin türleri ve kat yükseklikleri için taban kesme kuvveti..... 86
Tablo 6.19	EC 8' de farklı zemin türleri ve kat yüksekliklerine göre taban kesme kuvveti..... 88
Tablo 6.20	UBC 97' de farklı zemin türleri ve kat yüksekliklerine göre taban kesme kuvveti..... 89
Tablo 7.1	Teknolojilere göre toplu konut üretim kapasitesi, Türkiye..... 92
Tablo 7.2	1 m ² geleneksel inşaat için işçilik miktarları..... 93
Tablo 7.3	1 m ² konutun işçilik mukayesesi..... 93
Tablo 7.4	Yapım sistemlerinde işçilik miktarlarının alt ve üst sınır değerleri 96
Tablo 7.5	Vinç kullanımının alt ve üst sınır değerleri..... 99
Tablo 7.6	Yapım sistemlerinde montaj hızına ilişkin alt ve üst sınır değerler..... 103
Tablo 7.7	6 Katlı prefabrike konut binası döşeme panoları donatı metrajı 105
Tablo 7.8	6 Katlı prefabrike konut binası döşeme panoları beton metrajı..... 105
Tablo 7.9	6 Katlı prefabrike konut binası duvar panoları beton metrajı..... 106
Tablo 7.10	6 Katlı prefabrike konut binası duvar panoları donatı metrajı..... 107
Tablo 7.11	6 Katlı geleneksel konut tuğla metrajı(8.5)..... 112

Tablo 7.12	6 Katlı geleneksel konut tuğla metrajı(13.5)	113
Tablo 7.13	6 Katlı geleneksel konut sıva metrajı	114
Tablo 7.14	Geleneksel konut metrajı.....	115
Tablo 7.15	Bayındırlık ve İskan Bakanlığı birim fiyat tarifleri.....	115
Tablo 7.16	Geleneksel konut metraj sonuçları.....	115
Tablo 8.1	Pano ağırlıkları	122
Tablo 8.2	Kat toplam ağırlıkları.....	122
Tablo 8.3	Toplam eşdeğer deprem yükünün katlara dağıtılması.....	124
Tablo 8.4	Pano k ve λ değerleri.....	127
Tablo 8.5	Pano e_0 / t_w değerleri.....	127
Tablo 8.6	Pano $\emptyset$ değerleri.....	128
Tablo 8.7	Moment ve kesme kuvvetlerinin süperpozisyonu	136

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Eğimli ve düz kirişlerle yapılan çubuk sistemler	5
Şekil 2.2 : Duvar ve döşeme panelli yapının kuruluş perspektifi	7
Şekil 2.3 : Taşıyıcı duvar panellerinin boylamasına düzenlenmesine göre tasarlanmış bir konut planı.....	8
Şekil 2.4 : Boylamasına düzenlenmiş prefabrike panolu sistem.....	9
Şekil 2.5 : Yapının kısa eksenine paralel düzenlenen taşıyıcı duvar panelleri (enlemesine sistem)	9
Şekil 2.6 : Taşıyıcı duvar panellerinin enlemesine düzenlenmesine göre tasarlanmış bir konut planı	10
Şekil 2.7 : Karma prefabrike sistemler	10
Şekil 2.8 : Taşıyıcı duvar panellerinin çapraz düzenlenmesine göre tasarlanmış bir konut planı.....	11
Şekil 3.1 : Büyük boy panelli yapı kuruluşlarını oluşturan başlıca elemanlar	15
Şekil 3.2 : Duvar panellerinin temellerle olan bağlantı şekilleri.....	16
Şekil 3.3 : İki, üç ve dört kenarından desteklenmiş taşıyıcı duvarlar.....	17
Şekil 3.4 : İç duvar ve döşeme panellerinin biteri kalıplarda yapımı.....	19
Şekil 3.5 : Taşıyıcı iç duvar panellerine uygulanabilen çeşitli demir donatı çözümleri.....	19
Şekil 3.6 : Kompozit cephe panelleri.....	24
Şekil 3.7 : Üç tabakalı sandviç paneller.....	25
Şekil 3.8 : Sandviç cephe panelleri.....	25
Şekil 3.9 : Prefabrike döşeme bileşenleri.....	26
Şekil 3.10 : Prefabrike boşluklu döşeme panelleriyle oluşturulan döşemeler	28
Şekil 3.11 : Dolu kesitli, boşluklu, nervürlü, seramik dolgulu döşeme paneli detayları.....	30
Şekil 3.12 : Balkon döşemelerinin çeşitli mesnet tipleri.....	31
Şekil 3.13 : Prefabrike panolu sistemlerde uygulanan balkon çözümleri.....	31
Şekil 3.14 : Merdivenlerin, ayrı üretilen elemanlara bölünmesi ve çalışma doğrultuları.....	32
Şekil 3.15 : Ayrı üretilen merdiven kolunun sahanlıklara oturtulması.....	33
Şekil 3.16 : Kat yüksekliğince üretilen prefabrike baca bileşenleri	34
Şekil 3.17 : Prefabrike yapılarda uygulanabilen az eğimli çatı çözümleri.....	34
Şekil 3.18 : Nervürlü betonarme çatı plakları ile eğimli çatı çözümleri	35
Şekil 4.1 : Bağlantı noktasına etki eden kuvvetler.....	36
Şekil 4.2 : Çok katlı büyük boy panolu yapılarda bağ sistemi şeması.....	41
Şekil 4.3 : Duvar panel birleşimlerinde kesme ve çekme kuvvetlerine karşı alınabilecek önlemler.....	43
Şekil 4.4 : Fermuar bağlantı.....	43
Şekil 4.5 : Deprem esnasında döşeme bağlantılarında oluşan iç kuvvetler...	44
Şekil 4.6 : Duvar panolarından biri kırılmış prefabrike sistem.....	46
Şekil 5.1 : Düşey yapı elemanlarına etkiyen kuvvetler.....	48

Şekil 5.2	: Yatay yapı elemanlarına etkiyen kuvvetler	49
Şekil 5.3	: Panolu sistemlerde perde zemin ilişkileri	49
Şekil 5.4	: a)Yalnız yatay kenarları bağlanmış panel.....	50
	: b)Düşey ve yatay kenarları bağlanmış panel.....	50
Şekil 5.5	:Taşıyıcı duvar panolarına etkiyen yükler.....	51
Şekil 5.6	: Betonarme panolarda tekil yükün yayılışı.....	52
Şekil 5.7	: Burkulma kontrol şeridi	53
Şekil 5.8	: k katsayıları.....	53
Şekil 5.9	: Pano birleşim kesitleri	55
Şekil 5.10	: Dolu panolar için kenet detayları	56
Şekil 5.11	: Gerilme dağılımı.....	59
Şekil 5.12	: Sürekli-sürekli-kısmen sürekli-serbest birleşim kontrol kesitleri.	60
Şekil 5.13	: Kenetlenme boyu için kesit.....	60
Şekil 5.14	: Döşeme pano aralarındaki kuvvetler	61
Şekil 5.15	: Taşıyıcı duvar panolu binalarda tavsiye edilen bağ kuvvetleri.....	62
Şekil 5.16	: Bağ hatlı ve bağ çubukları en az yükleri.....	63
Şekil 6.1	: Betonarme elemanların yük deformasyon özellikleri	66
Şekil 6.2	: Yapı elemanlarının enerji tüketme güçleri	66
Şekil 6.3	: Perde duvarlarda yüksek dayanım ve düktilite sağlamanın yolları.....	68
Şekil 6.4	: Deprem etkisi ile zayıf ek yerlerinde kayma.....	68
Şekil 6.5	: Konsol perdede mafsallaşma.....	70
Şekil 6.6	: Boşluklu panolarda lentoların mafsallaşmasıyla enerji tüketimi	71
Şekil 6.7	: Prefabrike panolu yapılarda ek yerlerinin mafsallaşmasıyla enerji tüketimi.....	72
Şekil 6.8	: Spektrum katsayısı S ve deprem yükü azaltma katsayısı R_a	75
Şekil 6.9	: Farklı zeminler için ivme spektrumları	76
Şekil 6.10	: Farklı sönümler için spektrum eğrileri.....	77
Şekil 6.11	: ABYYHY' de taban kesme kuvvetlerinin kat adedine ve zemin türlerine göre değişimi	88
Şekil 6.12	: EC8' de taban kesme kuvvetlerinin kat adedine ve zemin türlerine göre değişimi.....	89
Şekil 6.13	: UBC' de taban kesme kuvvetlerinin kat adedine ve zemin türlerine göre değişimi.....	91
Şekil 7.1	: 1 m ² konut inşaatı için işçilik mukayesesi	94
Şekil 7.2	: Prefabrike ve geleneksel inşaatlar için insan gücü ihtiyacı.....	95
Şekil 7.3	: Yapı maliyetinin deprem yatay yük katsayısı ile artışı.....	97
Şekil 7.4	: Taşıyıcı duvar panellerinin montajı	99
Şekil 7.5	: Döşeme elemanlarının montajı.....	101
Şekil 7.6	: Dikey duvar montajı	102
Şekil 7.7	: Elemanların boyutları ile gerekli işgücü saati miktarı arasındaki ilişki.....	103
Şekil 7.8	: 6 katlı prefabrike panolu yapı kalıp planı.....	104
Şekil 7.9	: 6 katlı geleneksel yapı kalıp planı.....	111
Şekil 7.10	: 6 katlı prefabrike ve geleneksel yapı maliyet grafikleri.....	116
Şekil 7.11	: 8 katlı prefabrike ve geleneksel yapı maliyet grafikleri.....	117
Şekil 7.12	: 10 katlı prefabrike ve geleneksel yapı maliyet grafikleri.....	118
Şekil 7.13	: 12 katlı prefabrike ve geleneksel yapı maliyet grafikleri.....	119
Şekil 8.1	: Panolar ile döşemeler arasındaki dış merkezlikler.....	124
Şekil 8.2	: P1 Perdesi alt gerilme diyagramı.....	130

Şekil 8.3	: P2 Perdesi alt gerilme diyagramı.....	131
Şekil 8.4	: P1 Perdesi gerilme diyagramı.....	132
Şekil 8.5	: P2 Perdesi gerilme diyagramı.....	133
Şekil 8.6	: Çekme ve basınç bölgesindeki gerilmeler.....	134
Şekil A.1	: Yalıtımlı duvar panellerinin plan düzleminde köşe birleşimi	144
Şekil A.2	: Yalıtımsız duvar panellerinin plan düzleminde köşe birleşimi	144
Şekil A.3	: Yalıtımlı duvar panellerinin yan yana bağlanması.....	144
Şekil A.4	: Yalıtımlı duvar paneli ile yalıtımsız panelin plan düzleminde T birleşimi.....	145
Şekil A.5	: Yalıtımlı duvar panellerinin plan düzleminde köşe birleşimi.....	145
Şekil A.6	: Yalıtımsız duvar panellerinin plan düzleminde T birleşimi.....	145
Şekil A.7	: Taşıyıcı cephe panelleri birleşimi	145
Şekil A.8	: Taşıyıcı cephe panelleri köşe birleşimi	146
Şekil A.9	: Taşınan cephe panelleri birleşimi	146
Şekil A.10	: Taşınan cephe panelleri ile iç bölücü duvar elemanı birleşimi.....	147
Şekil B.1	: Taşıyıcı cephe paneli birleşimi	147
Şekil B.2	: Yalıtımlı duvar panelinin pre-slab döşeme ile bağlantı kesiti.....	148
Şekil B.3	: Yalıtımsız dış duvar panelinin pre-slab döşeme ile bağlantı kesiti.....	148

SEMBOL LİSTESİ

A, A_c	: Betonarme kesit alanı
A_{cr}	: Çatlak yüzeyi
A_j	: Birleşim kesit alanı
A_n	: Temas yüzeyine dik teçhizat alanı
A_s	: Çekme teçhizat alanı
$A_{sç}$	: Çekme bölgesindeki teçhizat alanı
A_{sf}	: Kesme-sürtünme teçhizat alanı
A_{cr}	: Çatlak Yüzeyi
A_t	: Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında kullanılan eşdeğer alan
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
A_{wj}	: Binanın temel üstündeki ilk katında j'inci perdenin brüt enkesit alanı
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
a	: En kısa pano ve kiriş ağırlığı
a_{jm}	: m'inci dikdörtgendeki taban uzunluğu
b	: Teçhizatın konduğu taşıyıcı duvarın plandaki uzunluğu(m)
b_j	: Düşey birleşimde ek genişliği
b_{ke}	: Kenet genişliği
C_a, C_v	: Sismik katsayılar
C_t	: Eşdeğer deprem yükü yönteminde birinci doğal titreşim periyodu belirlenirken kullanılan katsayı
d	: Döşeme panosu faydalı yüksekliği
d_e	: Yapısal sistemde yerin yer değiştirmesi
d_i-d_{i-1}	: i'inci ve i-1'inci katlardaki herhangi bir kolon yada perdenin hesapla bulunan yatay yer değiştirmesi
d_r	: Katlar arası dizayn yer değiştirmesi
d_s-d_{s-1}	: Belirtilen noktanın yer değiştirmesi
E_c	: Beton elastisite modülü
E_s	: Çelik elastisite modülü
F_b	: EC 8' de sismik taban kesme kuvveti
F_i	: Eşdeğer deprem yükü yönteminde i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
F_p	: ABYYHY'de birleşimlere etkiyen dizayn yatay sismik kuvvet
f_{cd}	: Betonun hesap basınç mukavemeti
f_{ck}	: Betonun karakteristik basınç mukavemeti

f_{cm}	: Betonun ortalama basınç mukavemeti
f_{ctd}	: Betonun hesap kesme mukavemeti
f_{yk}	: Teçhizat çeliğinin karakteristik akma mukavemeti
g_i	: Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
g	: Yerçekimi ivmesi
H_d	: Temas yüzeyine dik çekme kuvveti
H_N	: Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği
h	: kat yüksekliği
h_i	: Binanın i'inci katının kat yüksekliği
h_k	: Burkulma boyu
h_{ke}	: Kenet boyu
I	: Bina önem katsayısı
k_d	: Düktilite sınıf faktörü
l_w	: Perde uzunluğu
l_1, l_2	: Duvar panosunun solundaki ve sağındaki hacimlerin duvara dik boyutu (m)
M	: Eğilme momenti
M_0	: Birinci mertebe momenti
N_a, N_v	: UBC 97'de yakın kuvvet faktörü
N_d	: Yatay yüklerden gelen normal kuvvet
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
n	: Kenet sayısı
q, q_0	: EC 8 'de davranış faktörü
q_a	: EC 8 'de iç veya dış duvarlar için davranış faktörü
q_i	: i'inci kattaki toplam hareketli yük
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T_1)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
R_d	: Sabit yükleme altındaki dizayn dayanımı
S	: Zemin parametresi
S_d	: Dizayn dayanımı
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
T	: Bina temel periyodu, bağ elemanlarındaki çekme kuvveti
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
T_B, T_C, T_D	: Periyot sınırları
T_w	: Duvar temel titreşim periyodu
T_1	: Binanın 1. doğal titreşim periyodu
t_{ke}	: Kenet derinliği
t_w	: Pano kalınlığı
V	: Kenede etkiyen kesme kuvveti
V_d	: Hesap kesme kuvveti
V_{fd}	: Duvar panosu mesnetinde hesap kesme kuvveti
V_{res}	: Kesme kuvveti altındaki kesitin taşıma gücü

V_t	: Binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü
W	: Bina toplam ağırlığı
W_w	: Duvar ağırlığı
w_i	: Binanın i'inci katının ağırlığı
w_s	: Kayma teçhizat oranı
Z	: UBC 97'de sismik bölge faktörü
β_0	: EC 8'de spektral ivme amplifikasyon faktörü
$\beta_1, \beta_2, \beta_3$	: Katsayı
γ_{cycl}	: EC 8'de dayanım azaltma faktörü
γ_{er}	: Katsayı
γ_I	: EC 8'de önem faktörü
γ_{Rd}	: EC 8'de ilave model kesin olmayış faktörü
σ	: Standart sapma
σ_m	: m'inci dikdörtgende gerilme değeri
σ_{ck}	: Betondaki kontrol şeridinde gerilme
μ_e	: Sürtünme katsayısı
μ_s	: Sürtünme kuvveti
ρ	: Donatı oranı

PREFABRİKE BETONARME PANOLU YAPILARIN TEŞKİLİ, TASARIMI VE MALİYET ANALİZİ

ÖZET

Ülkemizde hastane, okul, konut, endüstri yapıları gibi en çok gereksinim duyulan binaların üretimi, tüm gelişmiş ülkelerde olduğu gibi, eğer yeterli kaynak akışı sağlanabilirse prefabrike yapım sistemleri ve teknolojileri kullanılarak yapılabilmektedir.

Büyük üretim taleplerinin karşılanmasında ekonomik ve kaliteli sonuçlar veren panel sistemler bu tezde ele alınmakta ve tanıtılmaktadır. Ayrıca bu çalışmada, toplu konut üretiminde gelişmiş ülkelerde çok yaygın kullanıma alanı bulmuş olan “panel sistemler” için tasarım süreci aşamaları, hesap esasları, depreme dayanıklı yapı tasarımı, panel sistem teknolojilerine ait özellikler, kısıtlamalar, ve yapı maliyetleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Bu tez çalışması toplam dokuz bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde dünyada ve Türkiye’de prefabrikasyonun gelişme süreci, çalışmanın kapsamı ve amacı anlatılmıştır.

İkinci bölümde prefabrikasyon teknolojisi tanıtılmış, prefabrike taşıyıcı sistemler anlatılmış ve prefabrike yapıların avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde prefabrike betonarme panolu sistemler ayrıntılı olarak ele alınmış, yapıyı oluşturan taşıyıcı duvar panoları, rijitlik duvarları, cephe panoları, döşeme panoları, ve prefabrike merdivenler anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde yatay ve düşey birleşimler, bağ sistemleri tanıtılmış, bağlantı noktalarına etki eden kuvvet tipleri gösterilmiştir.

Beşinci bölümde prefabrike panolu yapıların hesap esasları anlatılmıştır. Ayrıca bu bölümde prefabrike yapılar için ülkemizde kullanılan “TS 9967” ’deki hesap kurallarına yer verilmiştir.

Altıncı bölümde prefabrike ve monolitik yapıların depreme dayanıklı tasarımı anlatılmıştır. Ayrıca “ABYYHY”, “UBC 97” ve “EC 8” prefabrike yapılar açısından irdelenmiş, sayısal örnek üzerinde deprem yüklerinin zemin cinslerine ve bina yüksekliğine göre değişimi karşılaştırılmıştır.

Yedinci bölümde prefabrike panolu ve geleneksel bir yapının maliyet analizi farklı kat adetleri için yapılmıştır. Gerekli kaynak akışı sağlandığı taktirde, prefabrike yapıların ne zaman tercih edilmesi gerektiği saptanmaya çalışılmıştır.

Sekizinci bölümde prefabrike panolu örnek bir sistem için hesaplar yapılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeler tezin son bölümünde özetlenmiştir.

DESIGN AND FORMATION OF THE PREFABRICATED REINFORCED CONCRETE PANEL STRUCTURES WITH COST OPTIMIZATION

SUMMARY

The construction of buildings such as, hospitals, schools, houses, industrial buildings that are very much needed in our country can be solved by using prefabricated construction technologies, as all developed countries do, on condition that the necessary amount of capital should be provided.

In this thesis, panel systems, which are widely used for providing economical and high quality solutions are studied and introduced. In addition that, in this dissertation, design process phases, the prefabricated structures resistant to earthquake, the cost of structures, technological properties, restrictions of panel systems which have widespread areas in the mass housing, are presented in detail.

This study is composed of nine separate parts. In the first part, the development process of prefabrication in Turkey and in the world, the scope and the target of this study are introduced.

In the second part, the prefabrication technology is introduced, the prefabricated carrier systems are studied and the advantages and disadvantages of the prefabricated constructions are mentioned.

In the third part, the prefabricated panel structures are examined in detail, the carrier wall panels, rigidly walls, front panels, floor panels and prefabricated stairs are studied.

In the fourth section, vertical and horizontal connections and tie systems are presented, types of force which affect connection points are shown.

In chapter five, the requirement of prefabricated panel structures is explained. Besides, in this part; the calculations methods of prefabricated panel systems based on "TS 9967" are mentioned.

In the sixth section, the design of the prefabricated and conventional structures resistance to earthquakes is studied. Besides, "ABYYHY", "UBC 97" and "EC 8" are studied for prefabricated structures and the comparison of resistance against earthquake forces depending on type of substructures and height of the buildings is done by using numerical sample.

In chapter seven, the cost analysis of prefabricated panel and conventional construction are done for various number of floors. It is studied when to prefer prefabricated structures if required source flow is provided.

In the eighth part, calculations are done for a prefabricated paneled sample system. The results and evaluation of the study are summarized in the final part of the thesis.

1. GİRİŞ

Prefabrikasyon çok eski çağlardan beri insanların üstünde durduğu bir konu olmuştur. Ülkelerin ekonomik ve toplumsal gelişmelerine koşut olarak ve karşılıklı etkileşim içinde; ilkel üretim biçimlerinden endüstrileşmiş üretim biçimlerine doğru bir gelişme olmaktadır. Artan dünya nüfusu, doğal afetlerin büyük kayıplara yol açması, insanların kırsal bölgelerden kentlere göçü ve çeşitli yan etmenlerden dolayı yapım alanındaki ihtiyaç ve talep giderek artmaktadır.

17. y.y da Yeni Dünya' ya ayak basan İngilizler evlerini kısa sürede minimum işgücü ile inşa etmek istemişler ve ahşap çerçevelerden oluşan duvar parçalarını kullanmışlardır. Bu durum günümüzde "Balloon Frame" olarak anılan, Amerikan ahşap çerçeve sisteminin doğuşu olmuştur. Kendi içinde standartlaşmış bu sistemde birleşim noktaları çelik birleştiricilerle veya daha çok çivili birleşimlerle bağlanmaktadır. Bu sistemin başarısı klasik ahşap birleşim detayları yerine çivili birleşimi ağırlıklı kullanması, ahşap bileşenlerin standart boylarda büyük marangoz atölyelerinde hazırlanması, kompozit bileşenlerin üretilmesi ve bir konutun büyük bir bölümünü yapabilecek olan tüm ahşap bileşen ve birleştiricilerin bir paket halinde satışa sunulması olmuştur.

Motorlu taşıtların icadına kadar prefabrikasyon yalnız çok hafif yapı öğeleriyle sınırlı kalmıştır. Çağdaş anlamda prefabrikasyon 2. dünya savaşından sonra, bazı dallarda uzmanlaşmış işçi ihtiyacını süratle ortadan kaldırma zorunluluğundan doğan bir ekonomi fikriyle ortaya çıkmıştır. Savaş sonrası yerleşim bölgelerinin büyük ölçüde tahrip olması konut gereksinimini gündeme getirmiştir. Konutları süratli, ekonomik, güvenilir bir biçimde üretmek geleneksel sistemlerle mümkün olmadığından prefabrike sistemler uygulanmıştır.

Bu sistem, planlar arasında ölçü birliğinin sağlanmasını ve yapı elemanlarının standartlaşmasını öngörür. Kullanılacak temel modülün ölçüleri açısından prefabrikasyon mimarların, inşaat mühendislerinin, yapı malzemesi üreticilerinin yakın işbirliğini gerektirir. Standart birim belirlendikten sonra, yapıların planları

buna göre yapılır. Yalıtım, su ve elektrik, havalandırma donanımları bu temel modüle uygun olacak biçimde tasarlanır.

Önceden hazırlanmış yapı öğeleri arasında kirişler, kolonlar, döşemeler, perdeler, merdivenler, modül ölçülerine uygun hücreler, hatta her şeyiyle tamamlanmış mutfaklar ve banyolar bulunabilir. Fabrikalarda hazırlanan yapı öğeleri aynı öğenin yapı yerinde ustalarca üretilmesinden daha ekonomiktir, üretim süreleri de daha kısadır. Çağdaş yapı öğelerinin üretilmesi ve fabrikadan şantiyeye taşınması pahalı araçlar gerektirmektedir. Malzeme fiyatları ile üretim maliyetini ucuzlatmak için prefabrikasyonun belli bir yerde yapılması gerekmektedir. Çok sık kullanılan yapı öğeleri önceden hazırlanarak depolarda saklanabilir. Bunlara ek olarak yapı öğelerinin standartlaşması da, malzemenin ucuz olduğu bir dönemde üretim yapılmasına olanak sağlayarak yapı maliyetini düşürebilir. Ancak prefabrikasyon etütleri çoğu zaman klasik inşaatlardan daha pahalı, yerleştirilmesi daha masraflı ve bazı durumlarda, birleştirilmesi daha az ekonomiktir. İnşaatın maliyeti ancak prefabrike elemanların seri üretimiyle düşürülebilir.

Prefabrikasyonun en önemli kusurlarından biri sorumluluğun kimde olduğunun tam olarak bilinmemesidir. Ülkenin bir yerindeki koşullara göre tasarlanan yapı öğesi başka bir yerde üretilebilir, gene tasarım ve üretim koşulları çok değişik olan başka bir yerde kullanılabilir. Denetimin bu şekilde dağılması yapının taşıyıcı sistemini olumsuz etkileyebilir.

Ülkemizde prefabrikasyonun yaygınlaşması gecikmiştir. Bunun nedeni prefabrike yapıların üstünlüklerinin uzun yıllar gözetilmemesidir. Bir diğer sebep ise prefabrikasyonun istihdamı azaltacağı ve çok kaynak gerektireceği gibi tahminler yapılmış ve prefabrikasyon üretim yatırımları kalkınma programlarında desteklenmemiştir. Diğer taraftan sanayileşme çabaları ile birlikte şehirli nüfusundaki hızlı artışın doğurduğu konut açığı, 50'li yıllardan itibaren kendini hissettirmeye başlamışsa da, gerek bu açıyla birdenbire karşılaşılmaması, gerekse gecekondulaşma, prefabrikasyona özellikle konut sektöründe duyulması gerekli ihtiyacı perdelemiştir. Prefabrike olarak yapılan konutlar 1984 yılından itibaren yapılmaya başlanmıştır. Çünkü 1984 yılında çıkartılan "Toplu Konut Kanunu" olarak adlandırılan kanun, bu alana kaynak akışını hızlandırmıştır. Bu sebeple konut alanında prefabrikasyon ülkemizde oldukça gecikmiş olarak başlayabilmiştir. Fakat bu kaynak akışı sürekli olarak sağlanamayınca, konut alanında prefabrikasyon yeteri

kadar gelişmemiştir. Sekizinci beş yıllık kalkınma verilerine göre yıllık konut talebi 347.600 birim konuttur. Bu açığın kapatılabilmesi için endüstrileşmiş yapım tekniklerinin kullanılması aşıkardır.

Prefabrike yapım sistemlerinde binanın tasarımı sistemin ekonomikliğini etkilemektedir. Yetersiz bilgilenme ve yanlış verilen kararlarla bu sistemlerden elde edilmesi düşünülen ekonomik sonuçlar yok olacaktır. Dolayısıyla proje aşamasında gerek fiziksel kaynakların seçimi, gerekse etkin kullanımı araştırılmalıdır. Sistemin gerekli tüm girdilerinin neler olduğu önceden belirlenmelidir. Üretim, depolama, taşıma ve montaj maliyetleri önceden saptanmalıdır. Prefabrike yapım sistemlerinde gerekli olan kaynakların iyi kullanılması sadece yapıyı yapacak firma için değil, aynı zamanda ülke ekonomisi açısından da büyük önem taşımaktadır.

Bu tez çalışmasında prefabrike betonarme panolu sistemler ayrıntılı olarak ele alınmış, yapıyı oluşturan taşıyıcı duvar panoları, rijitlik duvarları, cephe panoları, döşeme panoları ele alınmış, prefabrike panolu yapıların teşkili, tasarımı yapılmış; ayrıca prefabrike binalar için deprem yükünü hesaplama yöntemleri çeşitli yönetmelikler karşılaştırılarak incelenmiştir. Tezin amacı prefabrike ve monolitik yapılar için maliyet kıyaslaması yapılarak gerekli kaynak akışı sağlandığı takdirde hangi sistemin, hangi üretim miktarı için ekonomik olacağını bulmaktır.

2. PREFABRİKE YAPILAR

Fabrikada imal edilen taşıyıcı elemanların iş yerine nakli ve montajı suretiyle yapı yapma sistemine prefabrike yapım adı verilir. Fabrikada yapılan imalat betonarme prekast, ön gerilimli beton, çelik konstrüksiyon, alüminyum, ahşap veya akla gelebilecek olan tüm malzemelerin kullanılması ile gerçekleştirilebilir. Ülkemizde konutlar, endüstriyel binalar, köprü, kreyn kirişleri imalatı; yapı elemanları olarak döşeme plakları, duvar panoları, özel renkli mimari elemanlar prefabrike olarak üretilmektedir. Ancak ülkemizde genel anlamda taşıyıcı beton elemanlarla yapılan binalara prefabrike yapı denilir.

Ülkemizde endüstri yapılarının çoğunluğu prefabrike olarak yapılmalarına karşın konut prefabrikasyonu gelişmemiştir. Yüksek binalarda deprem şartnamelerine uygun birleşim detaylarının yeterli olmamaları ve henüz araştırmaya muhtaç olması; duvar elemanlarının ses ve ısıya karşı izolasyon detaylarının ekonomik olmaması; duvar, döşeme, kolon elemanlarının ağır olması ve nakliye fiyatlarının inşaat maliyetine yüksek oranda tesir etmesi; bina karkas inşaatının, bina bitmiş maliyetindeki yüzdesinin az olması ile bu sistemde ulaşılabilecek ekonominin bütün bina maliyetine az tesir etmesi gibi etkenler konut prefabrikasyonun gelişmesini engellemiştir.

2.1 Prefabrike Taşıyıcı Sistemler

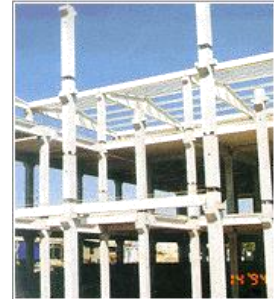
- İskelet Sistemler
- Kolon Döşeme Sistemler
- Hücre Sistemler
- Taşıyıcı Duvarlı (Pano) Sistemler
- Karışık Sistemler

2.1.1 İskelet Sistemler

Bu sistemlerde kirişler ve kolonlar prefabrike olarak hazırlanır. Taşıma işlevi iskeleti oluşturan kiriş ve kolonlarla; bölme işlevi ise panel ve döşeme plakları ile sağlanır.

Kirişlerden kolonlara gelen kesme kuvvetlerinin problemsiz aktarılabilmesi için kirişlerle kolonların birleştikleri yerlere genellikle gusse yapılır. Çerçeve sistemler genellikle az sayıda bölme duvarı isteyen fabrika, depo ve ofislerde kullanılırlar. Bu sistemlerde, düşey yükler kolonlar tarafından yatay yükler ise prefabrike yada yerinde dökme perdelerle karşılanırlar. Kat döşemesi yatay yükleri kolonlara ve perdelerle aktaracak şekilde dizayn edilmelidir. Taşıyıcı olmayan bölme duvarları deprem sırasında çerçevelerin deformasyonlarına engel olmayacak şekilde teşkil edilmelidir. Bu duvarların deprem esnasında yatay yük almamaları sağlanır; yada deprem esnasında bir kısmının yatay yük alacak şekilde teşkil edilmesiyle yatay yük taşımaya katkıda bulunmaları sağlanır.

İskelet sistemlerle büyük açıklıklar rahatlıkla geçilebilir, iç duvar düzenlemelerine ve cephe çözümlerine esneklik sağlanabilir. Bileşenlerin üretim, taşıma ve montajı oldukça kolaydır. Elemanlar farklı projelerde uygulanabilecek şekilde tiplileştirilerek, kitlesel üretime olanak sağlanabilir. Tüm bu olumlu yönlerine karşın iskelet sistemlerde bağlantı bölgelerinde özel önlemler alınmazsa stabilite problemleri çıkabilir, bileşen sayısının fazla olması, bağlantı sayısının artmasına dolayısıyla yapı maliyetinin artmasına sebep olur. Bileşen türlerinde büyük farklılaşmalar üretim, kaldırma ve montaj aşamalarında zorluklara neden olur. Ülkemizdeki sanayi yapılarında kolon-kirişli sistemler yaygın olarak uygulanmaktadır. Bunun en büyük nedeni bu sistemlerin statik açıdan diğerlerine nazaran üstün olmasıdır. Kolon-kirişli sistemler genellikle tek doğrultulu kirişlere oturan; tek doğrultulu döşemelerden oluşurlar.



Şekil 2.1: Eğimli ve Düz Kirişlerle Yapılan Çubuk Sistemler

2.1.2 Kolon Döşeme Sistemler

Kolon – döşeme sistemler kaldırılan döşeme perdeli sistemler ve ön gerilmeli döşeme kolon sistemler olmak üzere 2 şekilde dizayn edilirler.

Kaldırılan döşemeli perdeli sistemlerde, döşeme panolarının doğrudan kolonlar, perde yada prefabrike pano duvarlar üzerine oturtulduğu ve döşemelerin diyafram gibi çalışarak yatay yükleri düşey taşıyıcılara aktardığı sistemlerdir. Çok katlı ofis, konut ve endüstri binalarında tercih edilirler. Bu sistemlerde kat döşemeleri üst üste yekpare dökülürler. Prefabrike betonarme kolonların boyları, kat yüksekliği kadardır. Kolonlar yalnız düşey yükleri alacak şekilde boyutlandırılırlar; yatay yükler ise yerinde dökme betonarme perdelerle ve asansör kovalarındaki çekirdeklerle alınır. Bu sistemlerde tüm kat döşemeleri kaldırılır; zemin kat döşemesi bir temiz kat yüksekliğe gelince prefabrike kolonlar yerlerine konur ve döşemeler bunlara oturtulur. Bu işlem bina tamamlanıncaya kadar sürdürülür.

Ön gerilmeli döşeme kolon sistemlerde prefabrike döşemeler düzlemsel, yada ters tekne şeklinde olabilirler. Bir katın kolon ve döşemeleri monte edildikten sonra boşluklardan geçen kablolarla ön germe verilerek, kat monolitik şekle getirilir. Daha sonra döşemelerin arasına beton dökülerek kablolarla aderans sağlanmış olur.

2.1.3 Hücre Sistemler

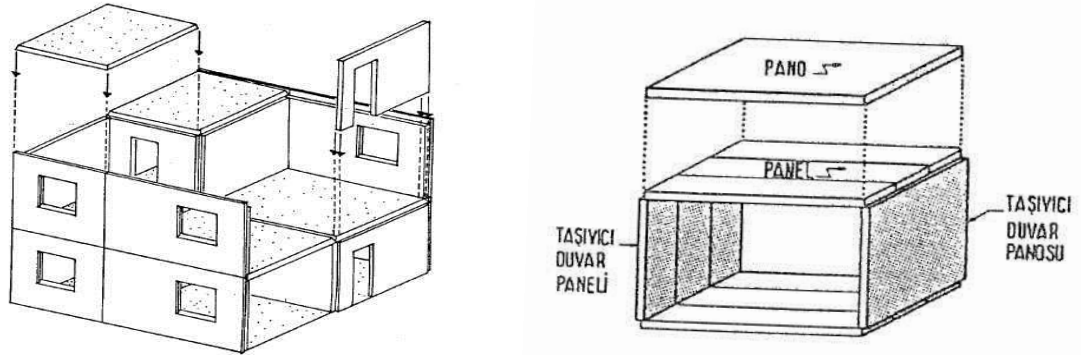
Döşemelerin ve duvarların fabrikada birlikte veya ayrı ayrı dökülerek hücrelerin oluşturulduğu sistemlerdir. Hücreler yan yana veya üst üste teşkil edilerek gerekli birleşimler yapılır ve böylece bina meydana getirilmiş olur. Sistemin ana ögesi monolitik bağlanmış hücre elemanıdır; bunlar kendi içinde taşıyıcıdır. Hücre ağırlıkları 7-50 tondur. Hücrelerin tesisatları, cam, doğrama ve kaplama gibi ince işleri fabrikada tamamlanarak şantiyeye getirilirler. Bu sistemler diğer sistemlere nazaran daha ağır olduklarından montaj için güçlü vinçler gerekmektedir.

2.1.4 Panolu Sistemler

Prefabrike yapılarda duvar ve döşemeleri oluşturan düzlemsel hazır elemanlara panel denilmektedir. Panel, uzunluğu ve genişliği kalınlığına oranla çok büyük olan ve geometrik açıdan düzlem etkisi yapan elemandır. Paneller taşıyıcılık fonksiyonunu yüklenebildikleri gibi, bölücülük fonksiyonunu da yüklenebilirler veya bu iki görevi aynı anda yerine getirebilirler. Mekan ile aynı boyutta üretilen panel bileşenlerle

yapımda, birleşim yerleri sayısı azalmaktadır. Buda endüstrileşmiş yapımda panel sisteme üstünlük getiren bir unsurdur. Panolu sistemler uygulama kolaylığından dolayı konut yapımı için oldukça elverişlidir. Bu sistemler yatay ve düşey yönde bağlantıları yapılan duvar panolarıyla tek veya çift yönde çalışan döşeme panolarından oluşan sistemlerdir. Düşey yükler, taşıyan duvar panoları genellikle bir kat yüksekliğindedir. Taşıyıcı sistem panoları oluşturulmasıyla aynı zamanda dış cepheler ve iç bölmelerde oluşturulmuş olur. Betonarme panolardan oluşturulmuş döşemeler yüklerini duvar panolarına aktarır ve böylece düşey yönde taşınan yükler temele ulaştırılır.

Panolu sistemler değişik form ve yüzey görünümünde yapılabilmeleri nedeni ile estetik açıdan değişik olanaklara sahiptirler. Tek tabakalı olarak üretilebilmelerinin yanında, yapı fiziği gereksinimlerine cevap verebilmeleri için birden fazla tabakalı olarak da üretilebilirler. Prefabrike panolu sistemler tüm dünya ülkelerinde yaygın olarak uygulanmaktadır. “Koncz / İsviçre” sisteminde 25 katlı; “Borets / Fransa”, “Camus / Fransa” sistemlerinde 22 katlı bina üretimine olanak verdiği görülmektedir.



Şekil 2.2:Duvar ve Döşeme Panelli Yapının Kuruluş Perspektifi

Bu sistemlerde taşıyıcı duvar ve panoları dar (50-70cm genişlikli), orta boy (75-150cm genişlikli), ve büyük boy (>250cm genişlikli) panellerle oluşturmak mümkündür. Ancak stabilite sorunlarının çözümü bu sistemlerde kolay olduğundan genellikle büyük boy panelli uygulamalar yaygındır. Şekil 2.2’de duvar ve döşemelerin pano veya panellerle yapıldığı görülmektedir.

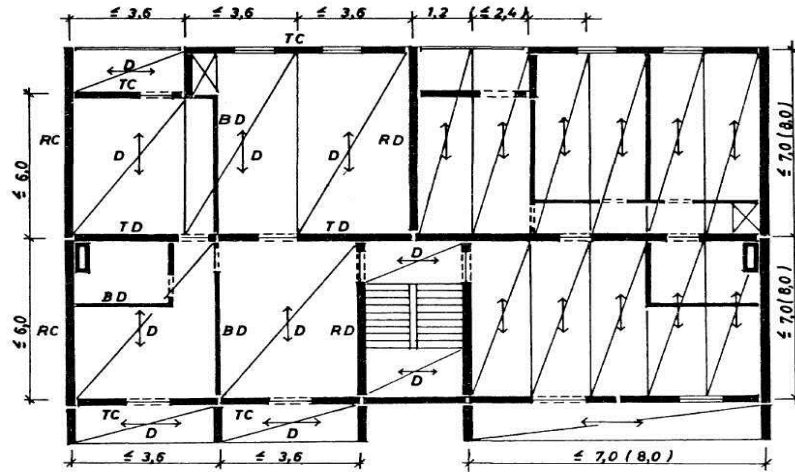
Panolu sistemleri kuruluş biçimlerine göre üç tiptedirler.

- Yapının uzun eksenine paralel
- Yapının Kısa eksenine paralel
- Her iki doğrultuda (karma)

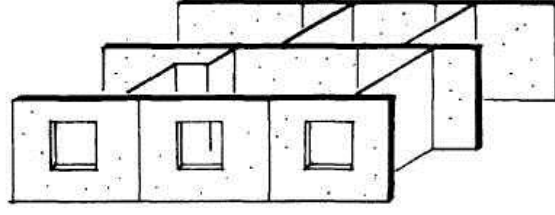
a)Yapının Uzun Eksenine Paralel Düzenlenen Taşıyıcı Duvar Panelleri (boylamasına sistem)

Bu sistemlerde döşemeler tek doğrultuda çalışır; yapının rijitliği taşıyıcı panellere dik olarak düzenlenen diğer duvar panelleri ile sağlanır. Döşeme panolarından gelen düşey yükler yapının uzun doğrultusuna paralel yerleştirilen duvar panoları tarafından taşınırlar. Yatay yükler ise her iki doğrultuda yerleştirilen duvar panoları ile karşılanırlar.

Bu sistemin olumlu yanı mahal genişliklerinde sağlanabilen esnekliktir. Dar döşeme dilimleri ve uygun bağlantılarla, taşıyıcı duvar araları 6-7 m yapılarak mahal derinlikleri artırılabilir. Bu sistemin uygulanmasında küçük paneller daha uygun sonuçlar vermektedir. Cephe panelleri taşıyıcı olup, plan tertibi daha serbest olabilmektedir.



Şekil 2.3: Taşıyıcı Duvar Panellerinin Boylamasına Düzenlenmesine Göre Tasarlanmış Bir Konut Planı (TD: taşıyıcı iç duvar; TC: taşıyıcı cephe duvarı; RC ve RD: destek duvarı; BD: bölme duvarı; D: döşeme)

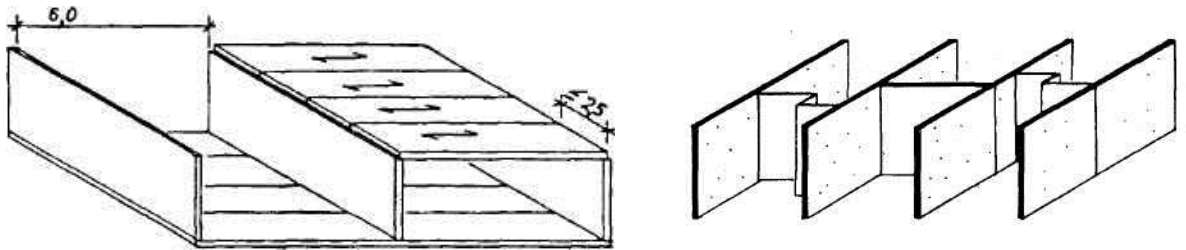


Şekil 2.4: Boylamasına Düzenlenmiş Prefabrike Panolu Sistem

Yapının uzun eksenine paralel düzenlenen taşıyıcı duvar panelleri ile yapılan prefabrike yapılarda binaya etkiyen yatay kuvvetlerin karşılanması sırasında uzun cepheye dik duvarların azlığı nedeniyle problemler yaşanabilir. Bölme duvarların çok olması maliyet artırıcıdır. Ayrıca hafif bölme duvarlarla mahaller arasındaki ses yalıtımını gerçekleştirmek güçtür.

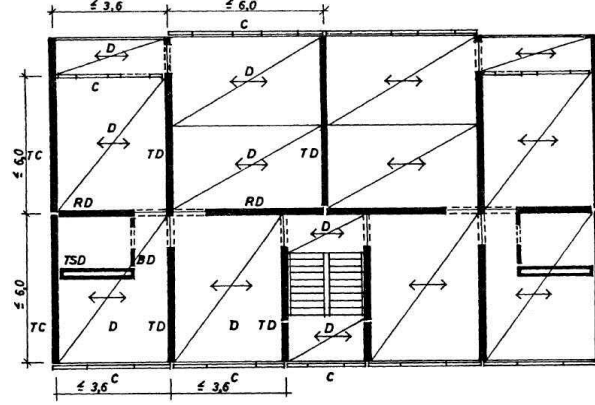
b)Yapının Kısa Eksenine Paralel Düzenlenen Taşıyıcı Duvar Panelleri (enlemesine sistem)

Bu sistemlerde de döşemeler yine tek doğrultuda çalışırlar. Döşemelerden gelen düşey yükler yapının uzun eksenine dik yerleştirilen duvar panelleriyle taşınırlar. Taşıyıcı paneller katlar arasında yük aktarma görevini de üstlenmektedirler. Yapının rijitliği döşeme elemanları ve taşıyıcı panellere dik doğrultuda düzenlenen duvar panelleri ile sağlanmaktadır. Sık aralıklarla düzenlenen taşıyıcı duvarlar mahalleri bölme görevini de yüklenir. Döşemelerde taşıma doğrultusunun dar kenara paralel olması ekonomiktir fakat nakliye sorununa bağlı olarak mahal genişlikleri 3,6 m'den fazla yapılamamaktadır. Bu sistemlerde dış cephe duvarları taşıyıcı değildir.



Şekil 2.5: Yapının Kısa Eksenine Paralel Düzenlenen Taşıyıcı Duvar Panelleri (enlemesine sistem)

Yapının kısa eksenine paralel düzenlenen taşıyıcı duvar panelleri ile yapılan prefabrike yapılarda deprem kuvvetlerine karşı stabilite oldukça iyidir. Kalın ve ağır bölme duvarlar nedeniyle ses yalıtımı oldukça iyidir, eşit kalınlıkta çok sayıda duvar üretimi ekonomiktir. Ayrıca bu sistemlerde cepheler taşıyıcı olmadığından farklı çözümlere açıktır.

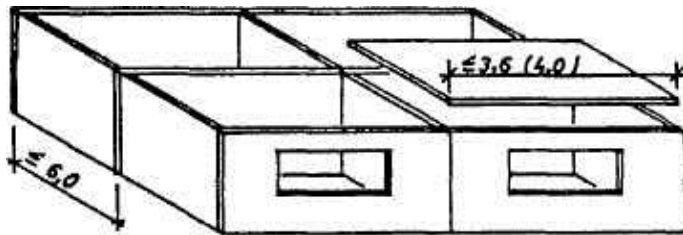


Şekil 2.6: Taşıyıcı Duvar Panellerinin Enlemesine Düzenlenmesine Göre Tasarlanmış Bir Konut Planı

Şekil 2.6' da TD: taşıyıcı iç duvar, TC: taşıyıcı cephe duvarı, C: taşıyıcı olmayan cephe duvarı, RD: destek duvarı, BD: bölme duvar, D: döşeme, TSD: tesisat duvarıdır. Bu sistemlerde döşeme donatısı iki doğrultuda çalışan döşemelere oranla ekonomik değildir. Mahal genişliklerinin kısıtlı olması tasarım esnekliğini engeller.

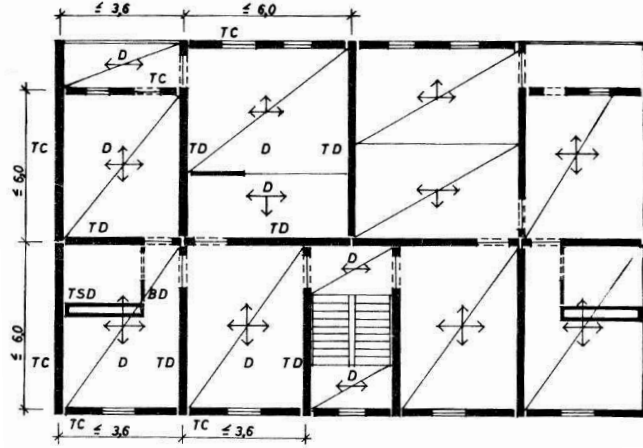
c) Her İki Doğrultuda Düzenlenen Panellerle Oluşturulan Taşıyıcı Sistemler (karma sistem)

Her iki doğrultuda duvar panelleri ile düzenlenen karma sistemlerde büyükçe alanları çevreleyen duvarlar taşıyıcıdır. Döşeme plakları taşıyıcı duvarlara dört kenarından veya taşımadan dolayı bölmeler gerekiyorsa üç kenarından mesnetlendirilirler.



Şekil 2.7: Karma Prefabrike Sistemler

Bu sistemler yeterince rijittirler; bu yüzden deprem bölgelerindeki yapılar ve yüksek yapılar için uygundurlar. Duvarlar birbirlerini desteklediğinden, bileşenlere ve bağlantılara gelen kuvvetler fazla olmamakta buda eleman kuruluşlarını ve birleşim detaylarını basitleştirmekte ve dolayısıyla maliyeti düşürmektedir. İki doğrultuda çalışan döşemeler donatı maliyetinin azalmasını sağlamaktadır.



Şekil 2.8: Taşıyıcı Duvar Panellerinin Çapraz Düzenlenmesine Göre Tasarlanmış Bir Konut Planı

2.1.5 Karma Sistemler

Panel sistemler, diğer yapıım sistemleri ile bütünleşerek yapıyı oluşturabilirler. Yerinde dökme perdelerle prefabrike döşeme elemanlarının birlikte kullanılarak yapılan binalar bu gruba örnek olarak gösterilebilir. Cephe panelleri yapısal kuruluş içerisinde taşıyıcılık görevi üstlenebildikleri gibi, taşıyıcı olmayan paneller şeklinde de görev alabilirler. Bu tip uygulamalar özellikle toplu konutlarda sıkça tercih edilmektedirler. Cephelerin tuğla veya benzeri malzemelerle kaplanması, hem zaman kaybına hem de maliyetin artmasına sebep olduğu için, endüstriyel çözümler tercih edilmektedir. Panellerin, iskelet sistemlerle beraber kullanıldığı alternatiflerde yaygın olarak uygulanmaktadırlar. Örnek olarak Eston sisteminde yapı taşıyıcı iskelet ve panel elemanlarından oluşmaktadır. Konut türü binalar için en fazla beş kata kadar üretilirler.

Prefabrike yapıların taşıyıcı sistemleri arasından seçim yapılırken, tasarım beklentileri ortaya konmalı ve sistemler hakkında yeterli bilgi edinilmelidir. Üretim merkezlerinin geliştirdikleri sistemlerde, bileşen boyutları modüler tutulmalı; bileşen ve sistemler farklı tasarım beklentilerine yanıt verebilecek ve değişik projelere

uyabilecek özellikler taşınmalıdır. Taşıyıcı sistem tipi ne olursa olsun planı oluşturulan yapının tekrar eden eşit birimler şeklinde düzenlenmesi yeğlenmelidir. Proje aşamasında dik açılı olmayan düzenlemelerden, düşük veya kademeli döşemelerden, girintili çıkıntılı duvar perdelerinden kaçınılmalıdır.

2.2 Prefabrike Yapılarla Monolitik Yapıların Karşılaştırılması

Prefabrike yapı elemanları birbirlerinden bağımsız olarak imal edilebilirler. Buda yapım süresini kısaltır. Geleneksel yapımda ise birbirlerini takip eden elemanlar belli bir yapım sırasına göre imal edilir. Hiçbir zaman bir sonraki eleman önceden yerinde imal edilemez.

Prefabrike yapılar genel olarak öngörülen bütçeler içerisinde bitirilirler, enflasyondan etkilenmezler. Geleneksel yapımda, işgücünün geniş ölçüde kullanımı sonucu hazırlama ve uygulama aşamalarında oldukça önemli malzeme kayıpları olmaktadır. Prefabrike yapılarda, geleneksel yapılara oranla birim eleman başına düşen kalıp ve işçilik maliyetleri oldukça düşüktür. Yerinde dökme yapılarda genellikle kalıplar bir kere kullanıldıktan sonra belli bir malzeme kaybı ile birlikte sökülür. Prefabrike üretimde ise kalıplar defalarca kullanılarak, kısa sürede kendini amorti eder. Geleneksel yapımda kullanılan ahşap kalıplar ekolojik dengeyi olumsuz etkilemektedir. Prefabrike yapım sistemlerinde ise ahşap kalıp kullanımı ortadan kalkmıştır.

Malzemelerin inşaat alanına taşınması, stoklanması, ahşap kalıpların hazırlanması, rasyonel olmayan birimlerin seçilmesi, duvar ve sıva işlerinde her türlü tesisatın zamanlama ve yerleştirilmesinden doğan, kırma, yıkma ve yeniden yapma işlerinde kullanılan malzemenin yaklaşık %15'i fire vermektedir. Bu fire prefabrike yapı sistemlerinde oldukça minimize edilmiş durumdadır. Böylece zayıat önlenerek ülke ekonomisine katkıda bulunulmuş olur. Ayrıca ince kesitli ve boşluklu üretilen elemanlar nedeniyle yapı hafiflemiş ve malzemedan tasarruf edilmiş olur.

Prefabrikasyonda yüksek kalite ve seri imalatın getirdiği avantajlar nedeniyle ekonomi yapmak mümkündür. Normal inşaatlarda keşif bedeli eksik yapılabilir; enflasyon göz önüne alınmayabilir. Prefabrike yapılarda işin başında eleman cins ve sayıları tam belli olduğundan ve bina hızlı inşa edildiğinden fiyat artışı maliyete tesir etmez. Üretim iklim şartlarından etkilenmediği için; prefabrike olarak inşa edilen

yapılar erken devreye girer; buda yatırımcının erken getiri vermeye başlamasına hizmet eder.

Ön yapımda konut üretiminde; konut birimi başına işgücü azalmaktadır. Bu durum ilk bakışta istihdam olanaklarını azaltmış gibi görünse de hazır yapı elemanları üreten fabrikalarda oluşan işgücü talebi ortaya çıkmaktadır. Geleneksel yapım sırasında kullanılan işçiler mevsimlik işçiler olup sosyal güvenceden uzaktırlar. Prefabrike yapımda ise işçiler daimidir ve çalışma koşulları çok iyidir. Prefabrike sistemlerde konut birimi başına düşen işgücü talebi düşük olmasına karşılık, her yıl üretilebilecek konut sayısındaki artış nedeni ile ortaya çıkacak işgücü sayısının artması ile yapı sektöründeki istihdamın azalmayacağı sonucuna varılabilir.

Prefabrike sistemlerde dış cephe panellerinde sandviç cephe panelleri kullanılarak sıcak ve soğuğa karşı yalıtım sağlanır. Böylece yapıların ısıtılmasında kullanılan yakıt miktarı azalmış olur ve önemli tasarruflar sağlanır.

Ön yapım tekniği kullanılarak yapılan yapılar geleneksel yapılara göre daha kalitelidirler. Yapı elemanları fabrikalarda sıkı bir kalite kontrolü ile üretilirler. Makineleşme ile üretime elle müdahale azaltılarak prefabrike elemanlar seriler halinde aynı kalitede üretilir. Normal inşaatlarda iş kalitesi işçilerin becerisi ile sınırlıdır. Gelişmiş kalıplarla düzgün yüzeyler üretilir. Fabrikada kolayca uygulanabilen ön germe yöntemleri ile dayanım artırılabilir. Bu sistemlerde merkezi bir organizasyona gidildiği için, geleneksel yapılara oranla verimlilik yüksektir. Standart projeler yaparak proje yapım süresi kısaltılabilir. Geleneksel yapımda, yerinde imal edilen elemanların gerekli kalite ve performansa sahip olup olmadıkları kontrolü oldukça güçtür. Ayrıca istenilen dayanıma sahip olmayan elemanların ıslahı oldukça güçtür. Prefabrike yapılarda ise taşıyıcı sistem elemanlarının dayanımı montaj yapılmadan önce kontrol edilir ve böylece ileride doğabilecek sorunlar ortadan kalkmış olur.

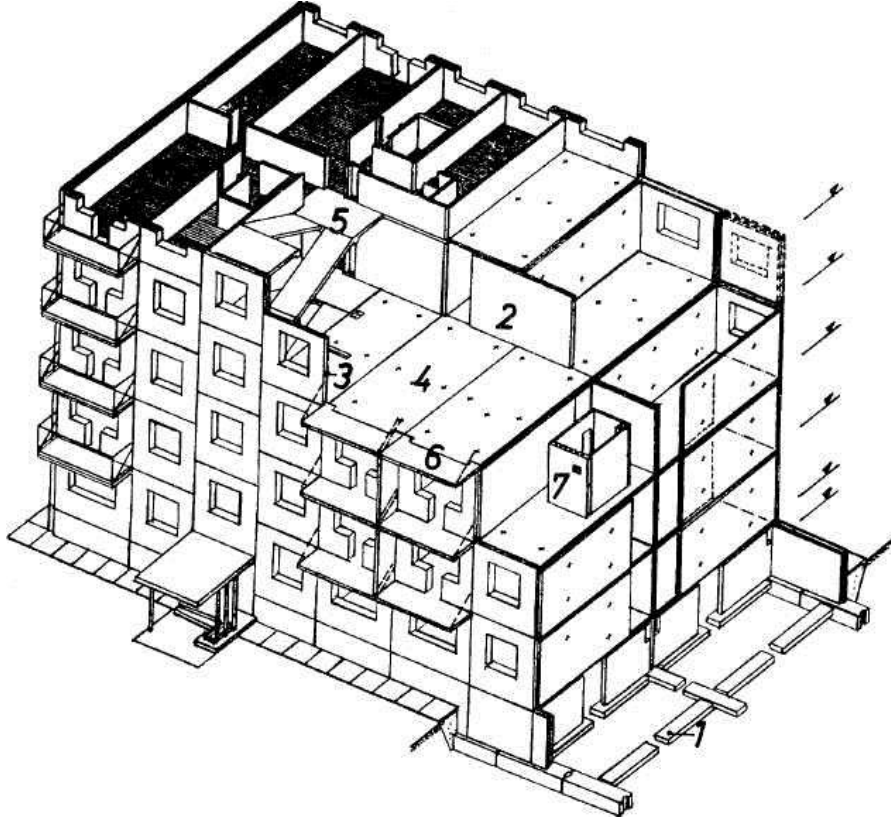
Fabrikada üretilen elemanların; şantiye sahasına getirilerek montaja hemen geçilmesiyle; işin çabuk bitirilmesi mümkündür. Prefabrike inşaatlarda yapım esnasında mevsimsel duraklamalar olmaz. Elemanlar montaja hazır halde şantiyeye getirildiği için betonun dayanım kazanması için gerekli bekleme süresi en aza indirilmiş olur.

Tüm bu olumlu yönlerine rağmen prefabrike elemanların fabrikada üretilmeleri ek nakliye maliyetini beraberinde getirir. Bu maliyet ülkelerin gelişmişlik düzeyleriyle doğrudan ilgilidir. Üretilen elemanların taşınmasında kullanılacak araçların üretimini sağlayamayan ülkelerde maliyet fazlalaşır. Nakliyenin çok uzun ve pahalı olduğu yerlerde ekonomikliklerini kaybederler. Taşıma araçlarının güzergahlarının yetersiz olması da maliyeti artırıcı rol oynar.

Prefabrike yapılar mimari açıdan monoton bir görünüme sebep olabilirler. Ayrıca bu tesislerin ilk yatırım maliyeti oldukça yüksektir. Elemanların düğüm noktası teşkili oldukça önemli bir sorundur.

3. PREFABRİKE BETONARME PANOLU SİSTEMLERİN TEŞKİLİ

Prefabrike betonarme elemanlar, fabrikada önceden hazırlanan kalıplarda seri olarak üretilen, inşaat yerine taşınan, vinçlerle kaldırılarak montajı yapılan ve özel olarak projelendirilen hazır yapı elemanlarıdır.



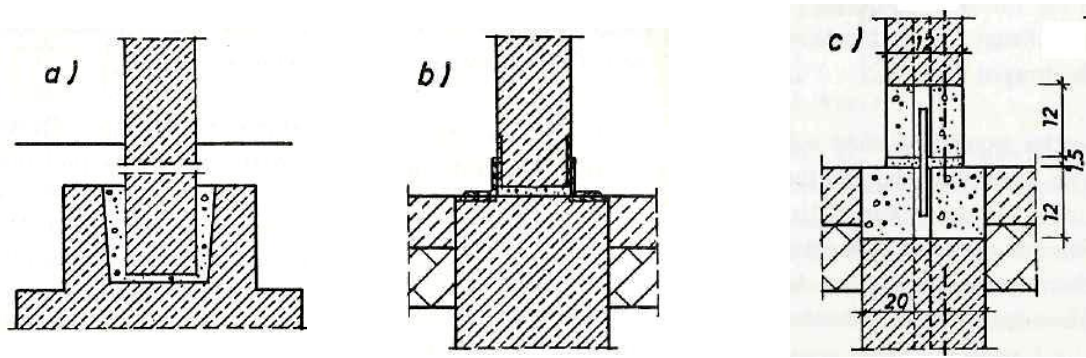
Şekil 3.1: Büyük Boy Panelli Yapı Kuruluşlarını Oluşturan Başlıca Elemanlar

Şekil 3.1’ de sırasıyla temeller, iç duvar panoları, cephe panoları, döşeme panoları, merdiven, balkon ve tesisat bileşenleri görülmektedir.

3.1 Temeller

Temeller genellikle prefabrike olarak üretilmemekte, yerinde dökülen temel tipleri uygulanmaktadır. Zemin ve yükleme şartlarındaki farklılıklar standartlaşmayı önlemektedir; öğelerin biçim ve ağırlıkları taşıma sorunları getirmekte; ve sistemin

Bir, iki katlı yapılarda panel ile temellerin bağlantılarında yaygın olarak kullanılan yöntem, panel elemanların çanak temele sokularak yerinde dökme beton uygulanmasıdır, (Şekil3.2a). Çok katlı yapılarda ise panel elemanların temele bağlantısı kaynak ve bulonlarla yapılmaktadır, (Şekil3.2b). Diğer bir çözümde temel perdesine bir harç tabakası ile oturtulan duvar panelinin alt kenarında, ek çubuklar yardımı ile kaynaklanabilmesi için oyuklar düzenlenmesidir. Bu oyuklar bağlantı tamamlandıktan sonra betonlanmaktadır, (Şekil3.2c).

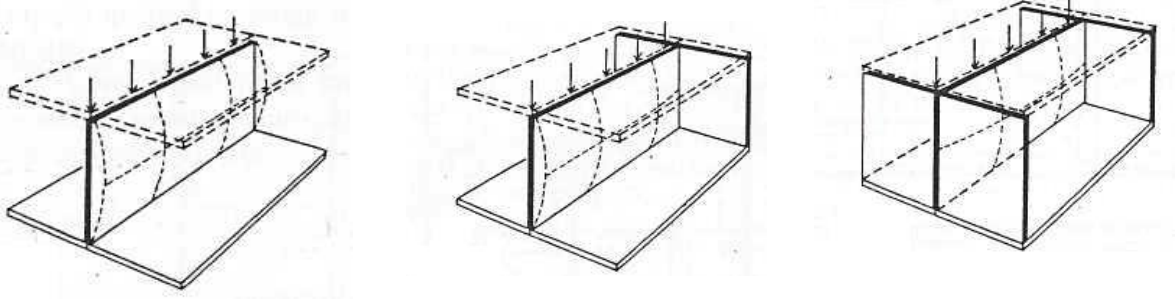


3.2 Prefabrike İç Duvar Panoları

1) Taşıyıcı Duvarlar, 2) Rijitlik Duvarları, 3) Taşıyıcı Olmayan Duvarlar

Taşıyıcı duvar panelleri, yapısal kuruluş içerisinde taşıma ve rijitleştirme görevini üstlenirler. Düşey yükleri taşıyan duvarlarla, yatay yükleri karşılayan ve eni kalınlığının 4 katından fazla olan panolardır. Döşemelerden ve üzerlerindeki panolardan gelen yükleri temellere aktarırlar. Bununla birlikte kendilerine dik doğrultudaki diğer panelleri destekleyerek, binaya etki eden yatay kuvvetleri taşırlar. Taşıyıcı duvarların düşey kenarlarından biri veya her ikisinin duvar düzlemine dik doğrultuda bir başka taşıyıcı veya rijitleştirici duvar elemanı ile kesme kuvvetlerini

aktaracak şekilde bağlantı kurması halinde, duvarın 3 veya 4 kenarının desteklenmiş olduğu kabul edilir. Şekil 3.3’ de taşıyıcı duvarlarda, kenarların duvar düzlemine dik doğrultudaki elemanlarla desteklenme şekilleri görülmektedir.



Şekil 3.3: İki, Üç ve Dört Kenarından Desteklenmiş Taşıyıcı Duvarlar

Kenarları desteklenmiş duvar perdesinin eğilme mukavemeti ve dolayısıyla taşıma kapasitesi artar. Yapılan araştırmalar sonucunda yükseklik/genişlik oranı 0,6/1 olan duvarlarda taşıma kapasitesinin sadece bir düşey kenarı desteklenmiş ise %26, her iki düşey kenar desteklenmiş ise %84 oranında arttığı gözlenmiştir. Eğer duvar genişlikleri azaltılırsa bu artış daha da fazla olmaktadır. Tablo 3.1’de duvarlarla kenarların desteklenme şekline ve yükseklik / genişlik oranlarına bağlı olarak taşıma kapasiteleri görülmektedir, [3].

Tablo 3.1: Duvar Panolarının Taşıma Kapasiteleri [3]

	0,6 1	1 1	2 1
a	1,00	1,00	1,00
b	1,26	1,61	3,44
c	1,84	4,00	16,00

Taşıyıcı duvarların kalınlıkları ve donatıları duvara etkiyen kuvvetler, duvarın kuruluş şekli ve malzemesi, taşıyıcı duvarların düzenleniş şekline göre farklılık göstermektedir. Ayrıca döşemelerin mesnet genişlikleri; süreklilik durumları da kesit boyutlarını etkilemektedir.

Taşıyıcı duvar panellerinin içeride yada dışarıda oluşu, üstlenecekleri görevi farklılaştırmaktadır. Buda panellerin konstrüktif kuruluşlarını değiştirir. Taşıyıcı duvar panelleri bina içerisinde yer aldıklarında rüzgar kuvvetlerinden etkilenmezler. Bu panellerin döşeme ile yapmış oldukları bağlantı iki taraflı olduğu için, eksenel olmayan yükleme söz konusu değildir. Taşıyıcı iç duvar panellerinde ısı yalıtımına gerek yoktur. Bileşen kalınlığı, donatısı ve malzemesi bu gibi özellikler dikkate alınarak belirlenir.

3.2.2 Rijitlik Duvarları

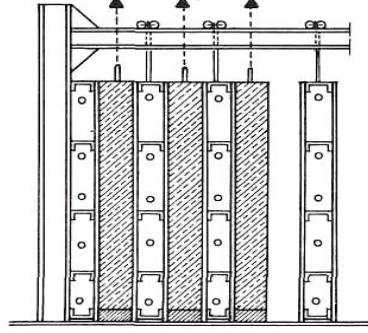
Taşıyıcı duvarların burkulmasını engellemek amacıyla kullanılan duvarlardır. Yapıda destekleme görevini üstlenirler. Taşıyıcı duvarlar ve rijitlik duvarları, merdiven sahanlıkları düzeyindeki ayarlama parçaları dışında, kat yüksekliğinden daha kısa olamazlar. Rijitlik duvarlarının genişlikleri, düşey ek yerlerinin, taşıyıcı duvar veya rijitlik duvarları ile arakesit çizgisi oluşturulmasını sağlayacak şekilde seçilmelidir, [5].

3.2.3 Taşıyıcı Olmayan Duvarlar

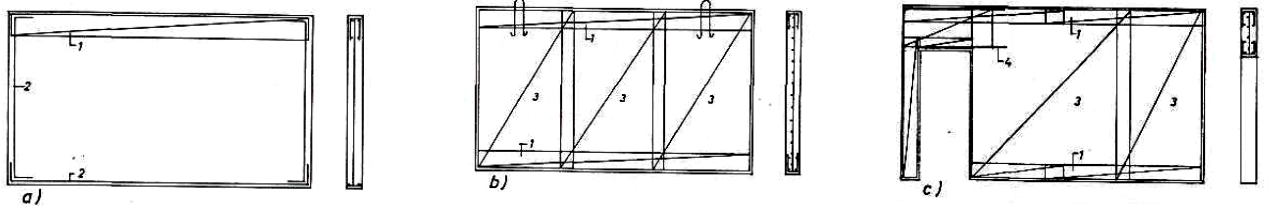
Kendi ağırlıklarını taşıyan ve yüzeylerine etkileyen yatay yükleri taşıyıcı elemanlara aktaran duvarlardır, mekanları birbirlerinden ayırmak için kullanılırlar. Taşıyıcılık fonksiyonları olmadığından az donatılı olarak üretilirler. Genellikle ısı ve ses yalıtımını iyileştirmek için sandviç panel şeklindedirler. İç duvar bileşenlerinin, üst kat döşemesi yerine konmadan, montajının yapılması gerekir. Bu elemanların montajı, taşıyıcı duvar panellerindeki oyuğa sokularak, taşıyıcı duvar veya döşemeye kaynaklanarak, döşemeye taşıyıcı halkalar yada pim ile tutturularak farklı şekillerde yapılabilir. Taşıyıcı duvarlar ve rijitlik duvarları, merdiven sahanlıkları düzeyindeki ayarlama parçaları dışında, kat yüksekliğinden az olamazlar.

Prefabrike duvar panoları dolu kesitli betonarme, hafif beton dolgulu ve boşluklu olarak üretilirler. Dolu kesitli duvar panelleri en yaygın uygulanan tiptir. Duvar bileşenleri düşey olarak bati kalıplarda üretilir. Böylece hem imalat kolaylaşır, hem de duvarın iki yüzeyi düzgün yapılmış olur. Dolu kesitli duvar panellerinin olumlu noktaları iyi ses yalıtımı sağlaması, iyi ısı depolaması, düzgün yüzeylere sahip olması, yangına karşı dayanımının iyi olması şeklinde özetlenebilir. Tüm bu olumlu yönlerine rağmen bu panellerin ağırlıkları fazladır ve sonradan tesisat geçirmek zordur.

Dolu kesitli betonarme paneller boyutlandırılırken kalıptan çıkarma, taşıma, depolama ve montaj evrelerinde oluşabilecek gerilmelerde hesaplanmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır.



Şekil 3.4: İç Duvar ve Döşeme Panellerinin Bateria Kalıplarda Yapımı



Şekil 3.5: Taşıyıcı İç Duvar Panellerine Uygulanabilen Çeşitli Demir Donatı Çözümleri

Şekil 3.5’ de sırasıyla bükme hasır donatı, çubuk donatı, düz hasır donatı ve ilave lento donatısı görülmektedir. Bazı özel durumlarda donatılar sadece kenar bölgelere konulabilirler. Bu durumda donatısız beton duvar olarak hesap yapılır. Ayrıca orta eksene hasır donatı yerleştirilerek de taşıyıcı iç duvar panelleri yapılabilir. Kalıptan çıkarma ve montaj esnasında panelleri tutmaya yarayan kaldırma halkalarının yerleri ve kesitleri belirlenirken halkaların taşıma kapasiteleri dikkate alınmalıdır. Özel hallerde bu halkalar uzun yapılarak donatı olarak kullanılırlar.

Boşluklu duvar panellerinin hafiflik ve sonradan tesisat geçirme kolaylığı gibi avantajları vardır. Fakat kalınlıklarının fazla olması, pahalı üretim teknikleri gerektirmesi, ses yalıtımlarının yetersiz olması, üretim şekli ve yatay taşımadan dolayı genişliklerinin 240 cm den az olması gibi olumsuz yönleri vardır. Bu yüzden yaygın olarak kullanılmazlar.

Taşıyıcı duvar panelleri boyutlandırılırken, panele gelebilecek tüm yükler özenle belirlenmelidir. Panelin cephe veya iç duvar paneli olması, etkilendiği yüklerin büyüklüğü, paneldeki boşluklar donatının konumunu ve boyutunu belirler. Panelde ayrıca kaldırma ve taşıma sırasında yüklere karşı koyacak donatıda ek olarak yerleştirilmelidir. Beton panellerin kaldırılmasında panelin yapıdaki çalışma şekli dikkate alınmalıdır. Paneller stoklama veya kaldırma sırasında yatay tutulursa, panel eğilmeye çalışacaktır. Donatı seçimi sırasında bu durum dikkate alınmalıdır. Bu nedenle duvar panellerinin genellikle düşey durumda stoklanması ve taşınması tercih edilir.

3.3 Prefabrike Cephe Panelleri

Prefabrike cephe elemanları şantiyede kurulan geçici üretim yerlerinde veya sürekli seri üretimin sağlandığı sabit fabrikalarda üretilerek uygulanacağı yapıya monte edilirler. Prefabrike cephe panoları iç mekânı dış mekândan ayırtan; yapı bünyesini ısı, su, nem termal gerilmeler ve radyasyon gibi dış ortam koşullarının zararlı etkilerinden koruyan düşey yada eğrisel yapı elemanlarıdır. Bu paneller hem hazır kalıplı yapım sistemlerinde hem de taşıyıcı duvar perdeli ve iskelet sistemlerde uygulanabilirler.

Prefabrike cephe panelleri diğer cephe kaplama elemanlarına göre hem ekonomik hem de daha işlevseldirler. Malzeme üretim, montaj, taşıma giderleri azdır. Kalıplar az değişiklik yapılarak çok kez kullanılabilirler. Yapım süresi kısadır, sıva ve iskele gerektirmez, boyutsal sapmalar birleşimlerde güçlük çıkarmayacak düzeydedir. Bir dış duvar genel hatlarıyla aşağıdaki nitelikleri taşımalıdır.

- Dıştan ve içten gelebilecek fiziksel veya kimyasal etkilere, yangına, dona dayanıklılık,
- Yağmur ve rüzgara karşı geçirimsizli sağlayabilmeli,
- Yeterli ısı yalıtım ve depolama özelliğine sahip olmalı,
- Duvarlarda ve fugalarda ısı köprüleri oluşmamalı,
- Isısal deformasyon meydana gelmemeli,
- Yeterli ses yalıtımı sağlamalı,

- Amaçlanan mimari etki sağlanmalı [3]

Cephe panelleri görsel açıdan dış yüzeylerde sonsuz çözümler sunar. Beyaz çimento kullanılması sayesinde istenilen renkte boya kullanılmasının verdiği renk alternatiflerine ilave olarak satırların istenildiğinde parlak veya pütürlü olması ve bazı asitler kullanılarak agreganın ön plana çıkarılması mümkündür. Bu özellikler değişik kombinasyonlarla bir panelin içinde veya bir cephede kullanılabilirler.

Dış cephe panoları sözü edilen etmenler karşısında kendinden beklenen özellikleri yerine getirememesi durumunda, cephe panellerinde oluşan hasarların onarımı için büyük ölçüde malzeme ve işçilik sarfıyatı gerekir; yapı bünyesi kısa sürede bozularak, çeşitli hasarlar ortaya çıkabilir; ayrıca cephe panelinin onarımı için geçen sürede yapının kullanılması engellenmiş olur. Bu gibi durumlarla karşılaşılması için cephe panellerinden beklenen özellikler iyi saptanmalıdır. Cephe panelleri içinde yer alan malzemelerin yapı fiziği kuralları içinde doğru seçilmesi ve uygulanması ile sağlanan konforun süreklilik sağlayacağı kesindir. Cephe panelleri gelişen teknoloji ve malzeme çeşitliliğine bağlı olarak çok değişik yapıda ve özellikte olabilmektedirler.

Paneller çeşitli nedenlerle deformasyona uğrarlar. Cephe panellerinde düşey kuvvetler, rüzgar ve deprem etkisiyle oluşan yatay kuvvetler, ısı değişimleri sonucunda oluşan ekstra gerilmeler sonucunda deformasyonlar oluşur.

3.3.1 Statik Açıdan Yüklendikleri Görevlere Göre Cephe Panelleri

Cephe panelleri yapıda mahalleri, dış mekandan ayırmalarının yanı sıra taşıyıcılık fonksiyonunu da yüklenirler. Cephe panelleri iç duvar panellerinden farklı olarak rüzgar yükü etkisi altındadırlar. Döşeme panelleri ile olan birleşimlerinin tek yönde olması nedeniyle, eksenel olmayan yüklemeler söz konusudur. Cephe panelleri binada oluşabilecek tüm yüklemelere karşı, diğer taşıyıcı panellerle birlikte, yapının stabilitesini sağlarlar.

a) Taşıyıcı Cephe Panelleri

Taşıyıcı dış duvar panelleri, üzerlerindeki duvar ve döşemelerden gelen yükleri temellere aktarırlar. Ayrıca yapıya deprem sırasında gelen kuvvetlere karşı diğer taşıyıcı elemanlarla birlikte direnerek yapı stabilitesinde önemli rol alırlar. [3]

Duvar panelleri genellikle izostatik olarak hesaplanırlar. Bunun sebebi bağlantı noktalarında sürekliliğin tam olarak sağlanmamasıdır. Cephe panellerinde tam bir hiperstatiklik sağlanamamaktadır. Fakat birleşim noktaları yerinde dökme beton dökülerek donatılı olarak yapılan sistemler belirli oranda rijitlik sağlamaktadır; dolayısıyla sisteme izostatik de denilemez.

Cephe panellerinde yer alan pencere ve kapı boşlukları panelin taşıyıcılığını etkilemektedir. Boşluklu panellerdeki donatılar bu durum dikkate alınarak hesaplanır. Boşluklar mümkün olduğu kadar az olmalı ve panelin ortasında düzenlenmelidirler.

Panelin statik davranışında yükün uygulanış biçimi de önemlidir. Taşıyıcı panele oturan döşeme panelleri ve bir üstteki panelin konumu, yükün uygulama biçimini etkiler. Cephe panellerinde oluşan momentler tek yönde olduğundan büyük dışmerkezlilikler oluşur. Paneller bu kuvvetleri karşılayacak şekilde donatılmalıdırlar. [9]

b) Kendini Taşıyan Cephe Panelleri

Kendini taşıyan cephe panelleri, ağırlıklarını ve üzerlerine oturtulan diğer panellerden gelen düşey yükleri temellere, yatay kuvvetleri ise döşeme panellerine iletirler. Yapının diğer elemanları ile birleşimleri noktasal yada elastiki bağlantılarla yapılmaktadır. Cephe panelleri arasındaki düşey derzler aynı zamanda dilatasyon derzleri olarak görev yaparlar. Böylece 10 kata kadar yükselen bağımsız olarak hareket edebilen cephe dilimleri oluşur.

c) Taşınan Cephe Panelleri

Taşınan cephe panelleri öz ağırlıklarını ve kendilerini etkileyen rüzgar kuvvetlerini iç duvar ve döşeme elemanlarına iletirler. Enlemesine sistemlerde bu tip paneller yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu tip paneller taşıyıcılık özellikleri olmadıkları için az donatılı olarak üretilirler. Isı ve ses yalıtımı iyi olan sandviç paneller olarak kullanılırlar.

3.3.2 Boyutlarına Göre Cephe Panelleri

a) Büyük Boy Cephe Panelleri

Genişlikleri 2.5 m. ve uzunlukları veya yükseklikleri 10 m.'ye kadar yapılabilen cephe panelleridir. Eğer cephe panelleri düşey durumda taşınacaksa ülkenin trafik durumu da düşünülerek boyutlardan biri 4 m.'ye kadar yapılırlar. Diğer boyut ise ağırlık ve ısısal problemler düşünülerek 6-7 m.'den fazla tutulmazlar.

Büyük boy paneller taşıma ve montaj için özel elemanlar gerektirir. Panel boyutları büyüdükçe tasarım özgürlüğü sınırlanır, birleşim noktaları azalır, montaj kolaylığı sağlanır, ince yapı kalitesi artar.

b) Küçük Boy Cephe Panelleri

Bu tip paneller en çok 6 m. uzunluğunda olup genişlikleri ise 0.5-1 m.'dir. Dolu, boşluklu, düz, nervürlü olarak üretilebilmektedirler.

3.3.3 Tabaka Sayısına Göre Cephe Panelleri

a) Tek Tabakalı Cephe Panelleri

Bu tip cephe panellerinde taşıma, ses ve ısı yalıtımı tek bir tabaka ile sağlanmaktadır. İki kata kadar taşıyıcı, daha yüksek yapılarda kendini taşıyan veya taşınan cephe paneli olarak uygulanırlar. Tek tabakalı cephe panelleri genellikle ısı yalıtımının uygulanmadığı tek katlı endüstri yapılarında uygulanırlar. Bu paneller hafif olmaları ve üretim kolaylığı nedeniyle tercih edilirler. Ancak panelin taşıma kapasitesi azdır, yağmura karşı direnci iyi değildir. Dış cephenin sıva ve boya ile geçirimsiz hale getirilmesi gerekmektedir. Donatının korozyondan korunabilmesi için önlemler alınmalıdır.

b) İki Tabakalı Cephe Panelleri

İki tabakalı cephe panellerinde dış katman panelin taşıyıcı olan bölümüdür. Dış katmanın yağmur, rüzgar, sıcaklık gibi atmosferik olaylardan etkilenmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Dış tabakanın iç tarafında ısı yalıtım tabakası bulunmaktadır. Isı yalıtım tabakası iç yüzeyden buhar tutucu olarak görev yapan sıva ile korunur. Bu panellerde tabakalar ısı gerilmeleri karşısında farklı çalışabilirler; bu yüzden gerekli önlemler alınmalıdır.

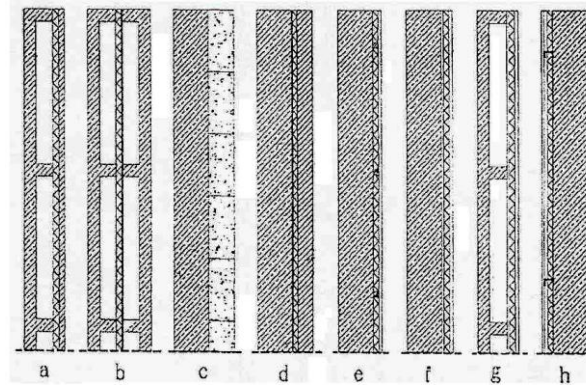
c) Üç veya Daha Fazla Tabakalı Cephe Panelleri

Bu panellerde taşıma ve yalıtım görevleri farklı tabakalar tarafından karşılanmaktadır. Bu tabakaların birleşimleri imalat esnasında fabrikada veya sonradan şantiyede gerçekleştirilebilir. Bu birleşimlerin fabrikada yapıldığı paneller sandviç paneller, şantiyede yapıldığı paneller ise kompozit panellerdir, [21].

Kompozit panellerde tek tabakalı olarak üretilen beton panellerine şantiyede dıştan yalıtım yapılır ve yalıtım malzemesi ince plaklarla kaplanır. Bu panellerin ısı yalıtımı açısından çok uygun çözüm getirmelerine rağmen bazı olumsuz yönleri vardır. Şantiye ortamında uygulanması güçtür, iskele kurmak gerekmektedir, dış etkilere dayanıklı kaplama plakları pahalıdır.

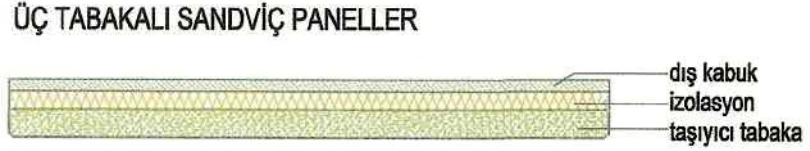
Kompozit panellerin bir başka uygulanma şeklide; her katın döşemesi yerleştirildikten sonra iç yüzeyleri yalıtımlı büyük boy betonarme dış kabuk panelleri taşıyıcı duvarlara yada döşemelere asılmaktadır. Bu sistemin en önemli avantajı kalkan duvarların taşıyıcı iç duvar gibi üretilmesi, böylece farklı bir panel tip oluşturmamasıdır.

Doğu Almanya'da geliştirilen bir başka çözümde ise, enlemesine taşıyıcı duvarlar düzenlenmekte ve bunlara dik olan cephelerde içten yalıtılan taşınan cephe panelleri uygulanmaktadır. Taşıyıcı kalkan duvarlar ise, dıştan asılan büyük boy betonarme kaplama plakları ile cephe duvarı haline getirilmektedir. Paneller montaj sırasında önce kaynaklı bağlantılarla iç duvarlara asılmakta; daha sonra kat döşemesi oturtulduktan sonra ek çubukların yardımı ile kaplama panelinin üst kısmından belirli aralıklarla çıkan donatı filizleri döşemeninkilerle kaynaklanmaktadır. Bu asma bağlantısı daha sonra su geçirmeyen esnek bir malzeme ile sarılmakta ve montaj bağlantıları kesilmektedir.



Şekil 3.6: Kompozit Cephe Panelleri

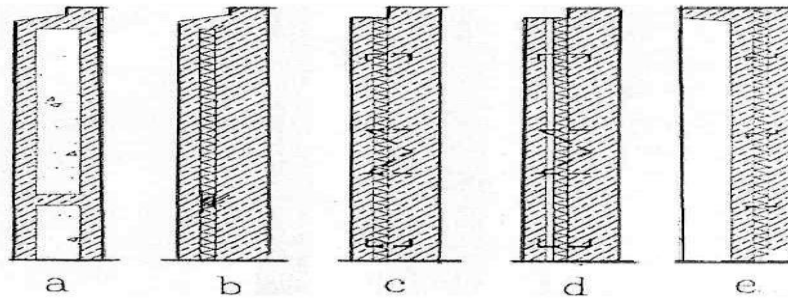
Sandviç paneller iki katman arasında ısı yalıtımı gören üçüncü bir katmanın yerleştirilmesiyle oluşan panellerdir. İç katman panele gelen düşey ve yatay yükleri karşılar. İç katmanlara göre daha kalın olan dış katman ise yağmur vb. gibi atmosferik olaylara karşı ısı yalıtımını sağlamaktadır. Isı yalıtımını sağlamak için cam pamuğu, cam yünü ve polistrol köpüğü gibi polimer malzemeler kullanılmaktadır, [22].



Şekil 3.7: Üç Tabakalı Sandviç Paneller

Taşıyıcı tabakanın boyutları; kullanılan betonun türüne, mekanik özelliklerine, donatıda kullanılan malzemenin türüne ve donatı şekline bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca panellerin ekonomik ömrü boyunca karşılamak zorunda oldukları mekanik etkiler de taşıyıcı tabakanın boyutlandırılmasında önem taşımaktadır. Sandviç paneller fabrikalarda tek parça halinde, değişik tipte ve çeşitli malzemeler kullanılarak üretilmektedir. Şekil 3.8’ de görülen cephe panellerinde:

- a) Sandviç paneller; imalat aşamasında iki beton tabakası arasında hazır gazbeton bloklar yerleştirilmesi ve hafif beton dökülmesi suretiyle oluşturulmuştur,
- b) Beton tabakalar arasında, ısı geçirgenlik direnci yüksek olan ince bir malzeme uygulanmıştır,
- c) Dış kabuk iç kabuğa özel paslanmaz çelikten ankraj öğeleri ile bağlanarak serbest genişip, daralma imkanı sağlanmıştır,
- d) Sandviç panel hava tabakalı yapılarak, yoğunlaşma tehlikesi önlenmiştir,
- e) Taşıyıcı tabaka dışta düzenlenerek tabakalar arası bağlantı kolaylaştırılmıştır.



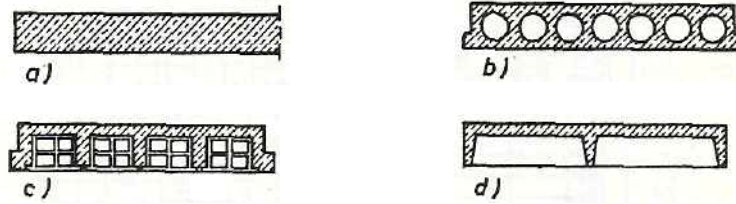
Şekil 3.8: Sandviç Cephe Panelleri

3.4 Prefabrike Döşeme Panoları

Döşemeler düşey yükleri taşımalarının yanı sıra yatay kuvvetlerin perde duvarlara veya çekirdek elemanlara aktarılmasının sağlanması için diyafram oluşturacak şekilde bağlanmalıdır. Bu döşeme elemanlarının üstüne hasır çelikli beton kaplama yapılarak döşemenin taşıma kapasitesi ve diyafram kabiliyeti artırılabilir. Prefabrike döşeme elemanlarıyla her türlü yapının büyük açıklıkları kısa zamanda, ekonomik olarak geçilir. Döşemeler ayrıca katları birbirinden ayırma, ısı ve ses yalıtımı sağlama gibi temel işlevleri de yerine getirmelidir. Döşemelerden beklenen yapısal özellikler rijitlik, yük taşıma kapasitesi, gerekli hallerde yapı stabilitelerine katkı, ani veya aşamalı yıkılmanın önlenmesine katkı şeklinde özetlenebilir. 60-120 cm. modüler genişlikte olan prefabrike döşeme elemanları 3000 kg/m^2 ye kadar hareketli yük taşıma kapasitesine sahiptir. Biçim ve kuruluşlarına, taşıyıcı sisteme ve plandaki boyutlarına göre prefabrike betonarme döşemeler sınıflandırılmaktadır.

- 1) Düz yüzeyli homojen (dolu veya boşluklu kesitlerde)
- 2) Fligran (Preslab) Döşemeler
- 3) Nervürlü veya kaset plaklar
- 4) Prefabrike döşeme kirişleri ve dolgu bloklarıyla yapılan plaklar

Şekil 3.9’da sırasıyla dolu kesitli, boşluklu, dolgulu nervürlü ve nervürlü prefabrike döşeme tipleri görülmektedir.



Şekil 3.9: Prefabrike Döşeme Bileşenleri

3.4.1 Düz Tabakalı Döşeme Elemanlarıyla Yapılan Döşemeler

Döşeme elemanları, yerinde dökme birleşim bölgeleriyle birbirlerine bağlanırlar. Döşeme elemanları :

- Tek veya çift T döşeme elemanları

- Dikdörtgen kesitli dolu veya boşluklu plakalar

Prefabrike döşemelerin stabilitelerini artırmak, ses veya ısı yalıtımını sağlamak için üzerlerine 4-10 cm.'lik toping betonu dökülebilir. Deprem bölgelerinde bu değer minimum 5 cm.'dir. Eğer geçilen açıklık büyükse döşeme elemanları öngermeli olarak yapılırlar.

a) Dolu Kesitli Döşemeler

Prefabrike panelli sistemlerde yaygın olarak uygulanan döşeme tipi dolu kesitli betonarme plaklardır. Döşeme panolarının yan yana oturulması ve birleştirilmesiyle oluşturulurlar. Bu tip döşemeler üretim kolaylığı, kalınlığının azlığı, düz bir tavan yüzeyi sağlaması, tesisatın ankastre olabilmesi gibi olumlu yönleri nedeniyle tercih edilirler. Döşeme plağı hem düşey hem de yatay kalıplarda 14-16 cm.'lik kalınlıklarda üretilebilmektedir. Boyutları 3,6 (4) - 6 (7) m olarak yapılmaktadır. Bu sistemler ağır oldukları için havadan yayılan sesleri oldukça iyi yalıtır, [3].

Yapının kuruluş sistemine bağlı olarak bu döşemeler

- 1) Tek doğrultuda,
- 2) İki doğrultuda çalışırlar.

İki doğrultuda çalışan sistemlerde mesnetlendirme şekli 2 , 3 veya 4 kenardan yapılabilir. Bu da plak kalınlığında veya donatı hesaplarında farklılık getirir. Tablo 3.2'de döşeme elemanlarında mesnet şartlarının sehime ve maksimum momentlere etkisi görülmektedir.

Tablo 3.2: Döşeme Panolarında Sehime ve Moment

mesnet durumu	sehime	eğilme momenti	mesnet durumu	sehime	eğilme momenti
	100,0	100,0		19,8	69,3
	82,7	82,1		12,1	47,7
	31,2	29,4		9,8	40,9
	20,0	68,6		216,9	128,3

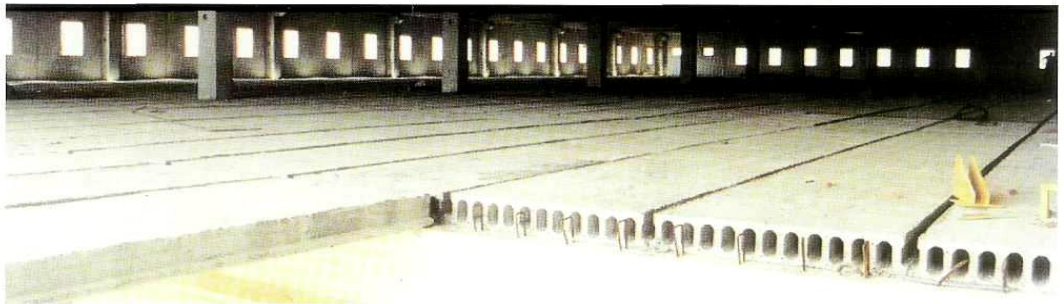
Tablo 3.2’de görüldüğü gibi en ekonomik donatı 4 kenarın mesnetlendirilmesiyle elde edilir. Fakat bu durumda mahal boyutlarının döşeme boyutlarına uyması gerekir. Tek doğrultuda çalışan döşemeler kullanıldığı zaman planda farklı tasarımlar yapmak daha kolaydır. Döşeme birleşimleri taşıma doğrultusuna paralel olarak yapılır; buda montajda kolaylık sağlar.

b) Boşluklu Döşemeler

Dolu kesitli döşemelerin ağırlıklarının fazla olması, geçilebilen açıklıkların sınırlı olması, fazla malzeme gerektirmesi gibi nedenlerden dolayı tasarımcılar yeni döşeme türleri arayışlarına gitmişlerdir.

Malzemede hafiflik sağlamak için boşluklu döşemeler günümüzde yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu döşemelerin hafiflik ve malzeme tasarrufu getirmesi, oldukça büyük açıklıkları geçebilmesi, düzgün bir tavan yüzeyi sağlaması, boşluklarından sonradan tesisat geçirilebilmesi gibi olumlu noktalarına karşın, bazı sakıncaları vardır. Havadan yayılan seslerin yalıtımı dolu kesitli plaklar kadar iyi değildir, sık derzler bağlantı ve tavanda fugaların görünümü sorunlarını getirir.

Öngerilmeli boşluklu döşemeler, sanayi tipi yapıların arakatlarında ağır hareketli yükleri taşımak için günümüzde en yaygın olarak kullanılan döşeme tiplerinden biridir. Bazı durumlarda bu döşemeler fabrika çatılarında kullanılmaktadır. Boşluklu döşemelerde kesitin %40-50’sine varan boşluk oranları sayesinde kendi ağırlıkları azalırken eğilme rijitlikleri aynı metebelerde kalmaktadır. Kaliteli beton ve önceden germe yöntemiyle uygulanan öngerilme sayesinde faydalı yük taşıma kapasitesi artmaktadır. Öngerilmeden dolayı oluşan ters sehim işletme aşamasında oluşacak normal sehimini azaltmakta ve böylece 10-12 m açıklıklar 20-30 cm kalınlıklı boşluklu döşemelerle geçilebilmektedir.



Şekil 3.10: Prefabrike Boşluklu Döşeme Panelleriyle Oluşturulan Döşemeler

3.4.2 Fligran Döşemeler

Bu tip döşemeler genişliği en fazla 150cm. olan prefabrike ince döşeme (fligran) panolarının üzerine yerinde beton dökülmesiyle oluşturulurlar. Fligran plaklar özellikle çok katlı konut inşaatlarında kullanılırlar. 240cm. eninde ve 5-8cm. kalınlığında tam öngermeli olarak üretilirler. Bu tip döşemelerde tek tip eleman ile döşeme teşkili sağlanır; yangın, ses ve ısı izolasyonu iyidir; elektrik ve tesisat kabloları kolaylıkla döşenebilir, yüzeyleri pürüzlü olduğu için aderans kolaylıkla sağlanabilir.

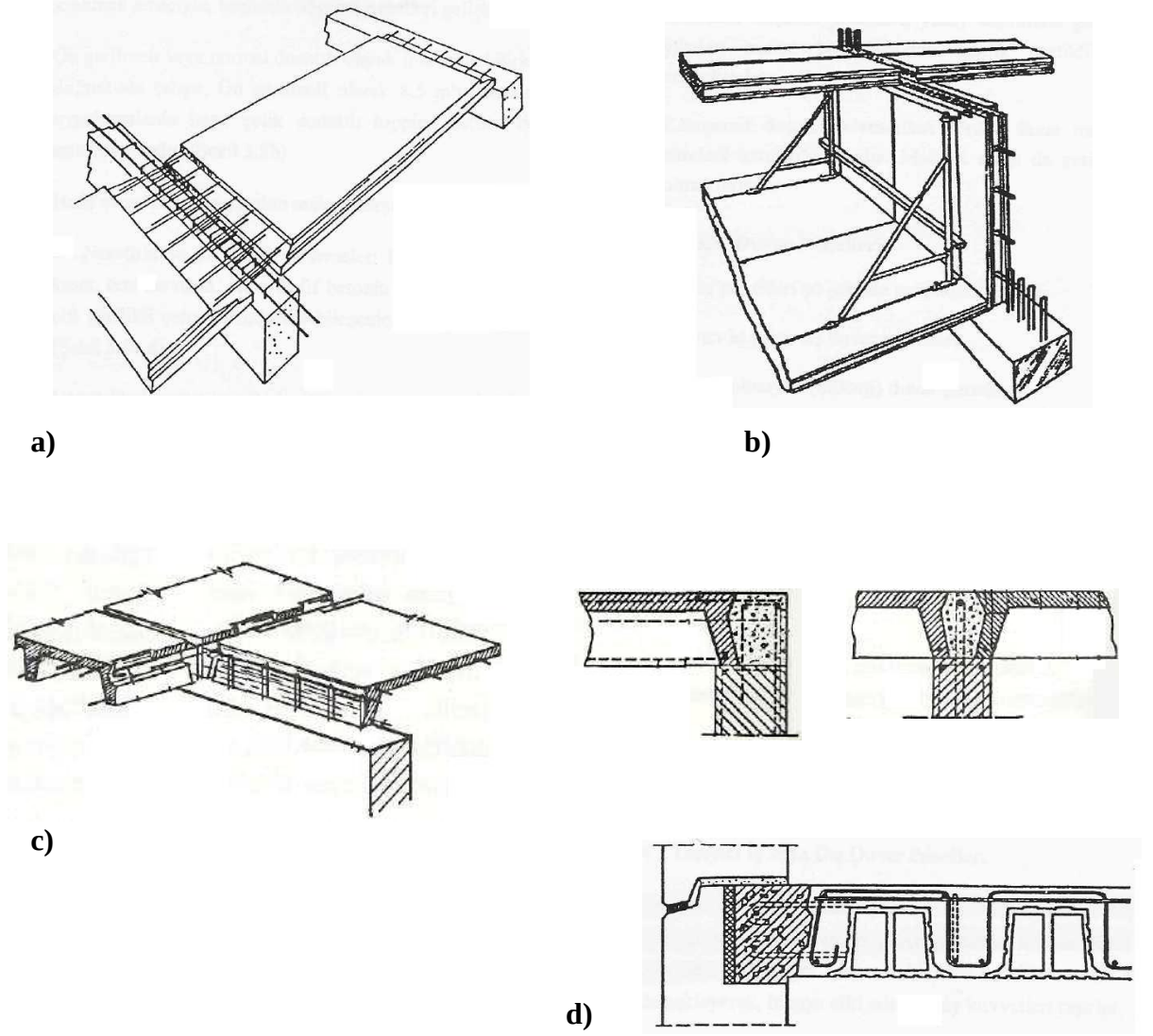
3.4.3 Nervürlü ve Kaset Döşemeler

Bu tip döşemeler bir doğrultuda çalışan T, II, TT ya da kaset veya benzeri bir biçimdeki nervürlü döşeme panolarının yan yana oturtulması ve birleştirilmesi ile yapılan döşemelerdir. Panoların plak kalınlığı en az 4cm olmalıdır. Ancak üzerlerine yalnız temizlik amacı ile çıkılan kasetli döşemelerin donatısız döşemelerinin kalınlığı, nervür aralığı bir doğrultuda en fazla 65cm, diğer doğrultuda en fazla 100 cm ise 3cm olarak yapılabilirler.

Günümüzde kaset, nervürlü, dolgu nervürlü, ters nervürlü kompozit döşeme elemanları da uygulanmaktadır. Bu plaklar hafif olmalarına rağmen nervürlerden dolayı kalınlıkları fazla, nakliyedeki kısıtlamalardan dolayı genişlikleri sınırlıdır. Nervürlü plaklar; özellikle bölme duvarların teşkili sırasında bağlantı ve estetik sorunlar getirmektedir. Bu tip plaklar 6 m'den büyük açıklıklar gerektiren, okul, hastane vb. yapılar için uygundur.

3.4.4 Prefabrike Döşeme Kirişleriyle Yapılan Döşemeler

Bu döşemelerde kirişlerin flanşlarına bloklar yerleştirilerek blokların arası tamamlanır ve döşemede oluşan boşluklar yerinde dökme betonla tamamlanır. Döşemelerin açıklığına, yüklerine bağlı olarak döşeme üstüne 3-5 cm kalınlığında yerinde dökme beton uygulanabilir. Bu döşemelerde kirişler  veya I kesitlidirler. Bu tip döşemelerin en önemli avantajları, ekonomi, hız, kalite ve döşeme öz ağırlığındaki azalmadır.

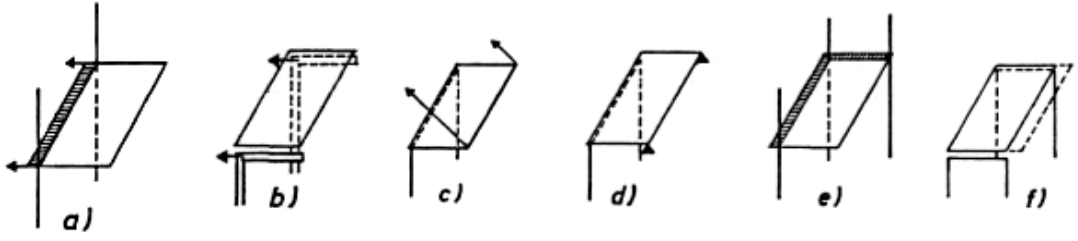


Şekil 3.11: Dolu Kesitli, Boşluklu, Nervürlü, Seramik Dolgulu Döşeme Paneli Detayları

3.5 Prefabrike Panolu Yapılarda Tamamlayıcı Bileşenler

3.5.1 Balkon Bileşenleri

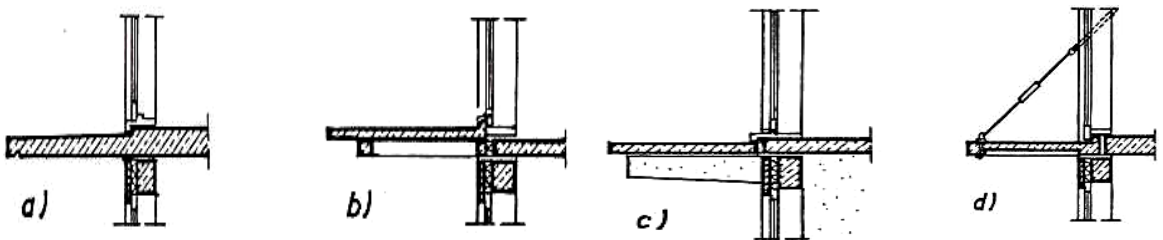
Şehirlerde çok katlı yapılarda yaşayan insanlar açık havadan yararlanabilmelerini sağlamak için iki veya üç yüzeyleri açık balkonlar veya tek yüzeyleri açık localar yapılmaktadır. Bu mahaller prefabrike yapılara canlılık kazandırmakta ancak taşıyıcı sistem ile bağlantıları özel detaylama ve yalıtım problemleri getirdiğinden yapı maliyetini artırmaktadır. Şekil 3.12’ de balkon döşemelerinin çeşitli mesnet tipleri görülmektedir.



Şekil 3.12: Balkon Döşemelerinin Çeşitli Mesnet Tipleri

- a) döşemeden konsol çıkan veya döşemeye sonradan ankastre edilen plak
- b) konsol çıkıntılara veya çerçevelere oturtulan plak
- c) bir kenarın sürekli, diğerinin asılarak mesnetlendirilmesi
- d) bir kenarın sürekli, diğerinin noktasal olarak dikmelerle mesnetlendirilmesi
- e) yan yana iki kenarın ankastre olması
- f) iki dar kenarın duvarlara oturtulması

Cephe duvarının taşıyıcı olması halinde kat döşemesi konsol çıkarılabilir veya balkon döşemesi donatı filizli veya kaynaklı beton bağlantılarla kat döşemesine bağlanır. Bu tür balkonlarda hatıl yapımı ve cephe paneli döşeme bağlantıları güçlükleri görülmektedir. Ayrıca konsol çıkan balkon ısı köprüleri oluşturmaktadır. Şekil 3.12 b’de konsollar yerine çeşitli biçimlerdeki çerçeveler taşıyıcı duvarlara mesnetlenmiştir. Bu tip balkonların montajları zaman almaktadır. Şekil 3.12e’ de köşe balkonları oluşturabilmek amacı ile balkon döşemesinin iki kenarı ankastre olarak yapılmaktadır. Bu tip uygulama ısı köprüleri açısından getirdiği sorunlar nedeniyle sık yapılmamaktadır.



Şekil 3.13: Prefabrike Panolu Sistemlerde Uygulanan Balkon Çözümleri

- a) Konsol plak
- b) Konsol çerçeveye oturan plak : Hatıl donatısı prefabrike döşeme elemanları içerisinde yer alır. Mahaller içerisinde tavanın cepheye yakın bölümüne ısı yalıtım

malzemesi yerleştirilerek ısı köprülerinin etkisi azaltılabilir. Balkon döşemesi, kat döşemesinden konsol çıkan bir çerçeveye oturtulur.

c) Konsol kirişlere oturan plak: Balkon döşemesinin cepheye dik duvarlardan çıkan konsol kirişlere oturtulması ısı köprülerini azaltan kolay bir uygulama olduğu için yaygın olarak yapılmaktadır.

d) Köşelerinden asılan plak: Şekil 3.13d 'de tek doğrultuda çalışan döşeme plağının, dar kenarlarından duvarlara oturtulması ile yapılan balkon görülmektedir.

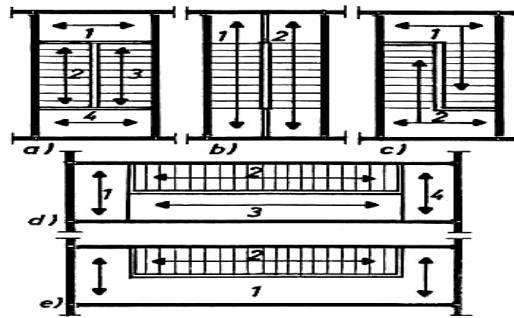
3.5.2 Parapetler

Beton korkuluklar yan duvarlara bağlanarak veya bu duvarların konsol çıkıntılarına oturtularak yapılırlar. Balkon yapılan yerde taşıyıcı yan duvarlar yoksa balkon döşemesiyle bağlantı yapmak oldukça zordur. Bu durumda balkon plağı ile birlikte üretilmeleri tercih edilir.

Hafif korkuluklar yan duvarlara veya balkon döşemelerine bağlanarak taşınabilirler. Ancak böyle bir uygulamaya gidilecekse montaj sırasında kırma veya delme gibi işlemlerin olmaması için döşeme ve duvar elemanlarına üretim sırasında gerekli tesbit öğeleri yerleştirilmelidir.

3.5.3 Prefabrike Merdiven Bileşenleri

Prefabrike merdivenler, taşıyıcı duvarların düzenleniş şekli, üretim, taşıma ve montaj olanakları dikkate alınarak üretilirler, (Şekil 3.14). Merdiveni çevreleyen üç veya dört kenarın taşıyıcı veya rijitleştirici olması nedeniyle bu bölümlerin taşınması sorun getirmez. En yaygın uygulama merdivenlerin sahanlıktan ayrı olarak veya yarım sahanlık bölümü ile birlikte üretilmesidir.

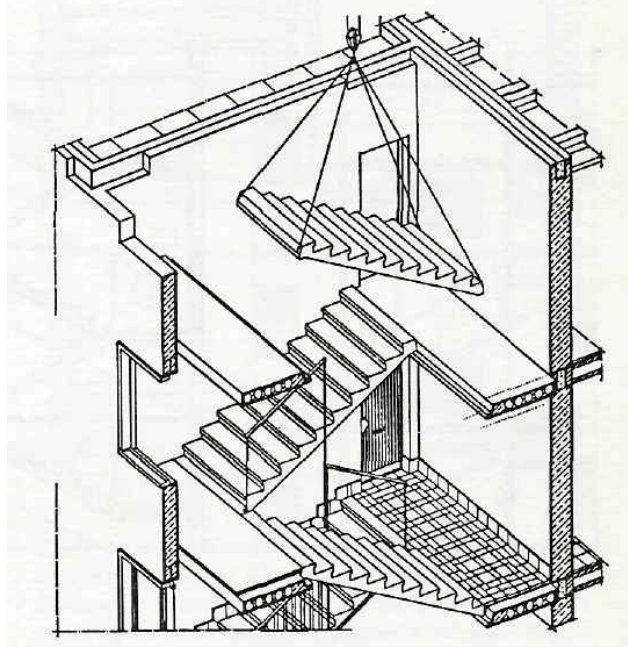


Şekil 3.14: Merdivenlerin, Ayrı Üretilen Elemanlara Bölünmesi ve Çalışma Doğrultuları

a)-b)-c) İki kollu merdivenlerin 4 veya 2 elemana teşkili

d)-e) tek kollu merdivenlerin 4 veya 2 elemana teşkili

Tek doğrultuda çalışan sahanlık döşemelerine oturan merdiven kollu çözümde, elemanlar basit plaklı kirişler şeklinde ele alınırlar. Bu tip merdiven sistemlerinde üretim ve taşıma sorunları en aza indirilmiştir, (Şekil 3.15).



Şekil 3.15: Ayrı Üretilen Merdiven Kolunun Sahanlıklara Oturtulması

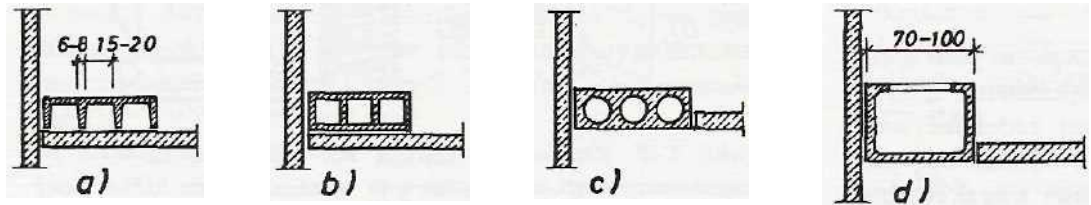
Sahanlık döşemeleri 2 veya 3 kenarlarından taşıyıcı duvarlara oturtulurlar. Ancak ara sahanlık seviyesinin yarım kat kadar şaşırtılmış olması, bu mesnetlenmeyi güçleştirir. Sahanlığın taşıyıcı duvarda düzenlenen ve sonradan betonlanan deliklere oturtulması yaygın olarak uygulanmaktadır. Merdiven kollarının ağırlıklarını azaltmak ve üretimlerini kolaylaştırmak amacı ile bunlar üst yüzeyleri düz olan nervürlü plaklar şeklinde üretilirler. Basamaklar ise üretim sırasında veya sonradan yerleştirilen hazır elemanlarla oluşturulurlar.

3.5.4 Asansör ve Baca Bileşenleri

Asansörlerin dört taraftan birleştirilen duvar panelleri ile yapılması mümkündür. Ancak üretim olanakları ve vinç kapasitesi yeterli ise, kat yüksekliğinde hücre

şeklinde asansör kovaları üretilebilir. Asansörlerin standart elemanlar olması, asansör bileşenlerinin kat yüksekliğinde hücre elemanlar olarak üretilmesini kolaylaştırmıştır. Bu elemanlar kendilerini taşıdıkları gibi, yapı stabilitesine de katkıda bulunurlar. Deprem yüklerine karşı binanın stabilitesini artırmak amacıyla, merdiven ve asansör çekirdeği yerinde döküm betonarme olarak da yapılabilir. Asansör hücrelerinin cidarları kalın tutulabilirse; kat döşemelerinin bunlara oturtulması mümkün olur. Bu durumda asansör boşluğu merdiven evi ile birlikte yapının stabilitesini sağlayan bir çekirdek oluşturur.

Yapılarda kullanılan havalandırma, duman veya çöp bacaları da kat yüksekliğinde üst üste oturan elemanlardır. Bacaların 6-8 cm.'lik ince cidarlı olanları döşemelere taşıtılır. Cidarları 8-10 cm.'lik olanları ise asansör boşluklarında olduğu gibi kendilerini taşırlar. Asansör ve baca bileşenlerinin kullanılması sırasında oluşabilecek seslerin mekana ulaşmaması amacıyla bu bileşenler taşıyıcı strüktürden bağımsız olarak yapılırlar. Bu da bileşenlerin kendilerini taşıyabilmelerini gerektirir. Şekil 3.16' da sırasıyla taşıyıcı duvara dayanan nervürlü, taşınan veya kendini taşıyan baca grubu, taşıyıcı olabilen baca grubu ve bir çöp bacası örneği görülmektedir.



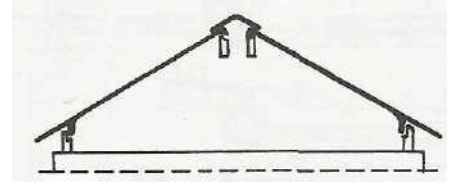
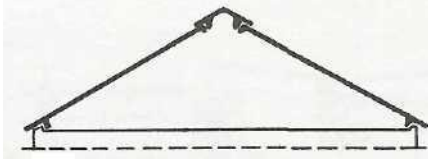
Şekil 3.16: Kat Yüksekliğince Üretilen Prefabrike Baca Bileşenleri

3.5.5 Çatı Bileşenleri

Prefabrike panelli sistemlerde, geleneksel sistemlerde olduğu gibi, eğimli, az eğimli ve düz çatı uygulamaları yapılabilmektedir. Böylelikle çatı kuruluşundan dolayı yapıların biçim ve boyutlarına herhangi bir kısıtlama getirilmemiş olur. Şekil 3.17'de prefabrike panel sistemlerde uygulanabilen çeşitli çatı çözümleri görülmektedir.



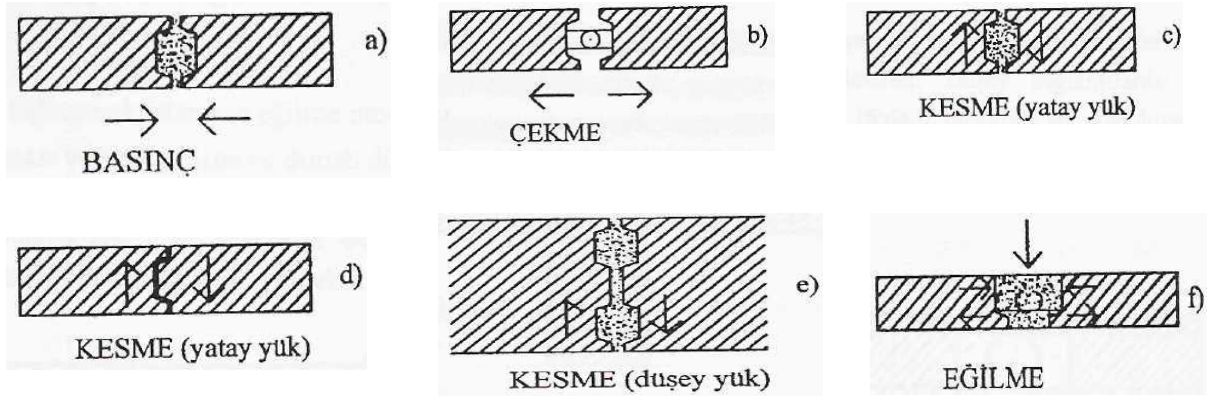
Şekil 3.17: Prefabrike Yapılarda Uygulanabilen Az Eğimli Çatı Çözümleri



Şekil 3.18: Nervürlü Betonarme Çatı Plakları ile Eğimli Çatı Çözümleri

4. PREFABRİKE PANOLU YAPILARDA BİRLEŞİMLER VE BAĞ SİSTEMLERİ

Taşıyıcı öğeler olan duvar ve döşeme panelleri, bağlantı noktaları ile bir araya gelerek sistem bütünlüğü oluştururlar. Prefabrike yapıların deprem ve rüzgar kuvvetleri etkisinde monolitik yapı gibi davranabilmeleri için birleşim yerleri çok iyi detaylandırılmalı ve aynı şekilde şantiyede uygulanmalıdır. Prefabrike panolu yapılarda panolar arası ve panolarla temel arasındaki yatay ve düşey birleşimlerin boyutlandırılmasında en önemli husus bağlantıya etkiyecek kuvvetin ve şiddetinin saptanmasıdır. Eğer bağlantıya sadece basınç kuvveti geliyorsa, iyi yapılmış bir beton veya harç dolgu yeterli olabilir. Çekme kuvvetleri ise beton içerisindeki donatı veya ankrajlı çelik plakların ek öğelerinin yardımı ile kaynaklanması sureti ile karşılanabilir. Şekil 4.1’de bağlantı noktalarına etki eden kuvvetler görülmektedir.



Şekil 4.1: Bağlantı Noktasına Etki Eden Kuvvetler

Bağlantı noktasına basınç kuvvetinin etkimesi durumunda, beton veya harç dolgu yeterli olabilmektedir, (Şekil 4.1a). Çekme kuvvetleri beton içerisindeki donatı veya kuru birleşimlerde kaynaklı çelik plakalarla karşılanmaktadır,(Şekil 4.1 b). Kesme kuvvetlerine karşı yatayda ve düşeyde bileşen yüzeyinde cepler yapılması en uygun çözümdür. Kuru bağlantı türlerinde bileşenler birbirleri içerisine geçirilebilir, (Şekil 4.1 c-d-e). Döşemelerde devamlılık sağlanmak istenirse eğilme momentleri söz

konusudur. Üst donatı filizlerinin bağlanması ve enlemesine ek donatı düzenlenmesi ile bu kuvvetler karşılanabilir, (Şekil 4.1 f).

Özellikle 1. derece deprem bölgelerinde yapılan prefabrike panolu yapılarda yapıya deprem esnasında etkiyen kuvvetlerin karşılanabilmesi için birleşim bölgelerinin yüksek düktiliteye sahip olması istenir. Böylece deprem sonucu yapıya etkiyen enerji, yapı tarafından emilerek yapının büyük oranda hasar görmesi engellenmiş olur.

Prefabrike yapılarda birleşim yerleri, kat yükseklikleri, plan çözümleri değişse bile bileşen türleri aynen veya ufak değişikliklerle uygulanabilmeli, üretim, taşıma, montaj güçlükleri çıkartan kenar biçimlerinden kaçınılmalıdır. Birleşim noktaları zemindeki farklı oturmalarından kaynaklanan şekil değişikliklerine, ısısal hareketlerden dolayı oluşan genleşmelere, üretim ve montaj aşamalarında oluşan boyutsal hataların giderilmesine olanak tanınmalıdır. Birleşimler o yerde oluşabilecek normal kuvvet, kesme kuvveti, moment gibi zorlamaları güvenlikle birleşen elemanların birinden diğerine aktarabilmelidir. Birleşimler sünek olmalıdır; birleşimin süneklik katsayısı en az 4 olmalıdır; yani bina yapmış olduğu elastik deformasyondan sonra kırılma olmadan, en az elastik deformasyonun 4 katı kadar plastik deformasyon yapabilmelidir. Montajı zaman alabilecek birleşim detaylarından kaçınılmalıdır. Birleşimler ve mesnetler yangına ve korozyona karşı dayanıklı olmalıdır, birleşimlerin yapının toplam maliyetine etkisi oldukça az olmalıdır. Birleşim ve mesnetlerdeki elemanların tolerans sınırları içinde farklı olabilecekleri göz önüne alınmalıdır.

Birleşimlerin maliyetinin toplam yapı maliyetine oranı oldukça küçük mertebede olmalıdır. Birleşimin ekonomik olarak yapılabilmesi için toplam birleşim maliyeti elemanların imalat, taşıma, depolama ve montaj maliyetleriyle karşılaştırılmalıdır. Birleşim tiplerinin, toplam yapı maliyetine oranı hesaplanmalı ve en uygun birleşim tipi seçilmelidir. Birleşimlerin maliyetleri aktardıkları kuvvetlerin cinsine ve sayısına bağlı olarak değişmektedir. Moment aktaran birleşimler daha pahalı olduğundan, yapının stabilitesine zarar vermemek şartıyla moment aktaran birleşimlerden kaçınılmalıdır, [2].

Birleşimlerin yangına, paslanmaya karşı mukavemetleri iyi olmalıdır. Yangın esnasında alevler döşeme birleşimlerinden diğer döşeme panolarına geçmemelidir.

Yerinde dökme beton tabakası olmayan döşeme sistemlerinde özel önlemler alınmalıdır. Yapısal ve yapısal olmayan nedenlerden dolayı yerinde dökme beton tabakası olmayan döşemelerde ses yalıtımı sağlamak oldukça güçtür. Bu gibi durumlarda birleşimler ses kaçağına izin vermeyecek biçimde tasarlanmalıdır. Yerinde dökme beton tabakası olmayan döşemelerde ve birleşim bölgelerinin harç veya yerinde dökme betonla doldurulmadığı birleşimlerde rutubet için özel önlemler alınmalıdır.

4.1 Birleşimlerde Yük Katsayıları

Prefabrike yapıların inşası sırasında yapılabilecek değişiklikler birleşime gelen yüklerin artmasına sebep olabilir. Hesap yükü artırılarak bu gibi olumsuz durumlarda birleşim elemanlarında meydana gelebilecek dönmeler ve deformasyonlar büyük ölçüde önlenmiş olur.

TS 9967’ de her tip prefabrike yapının, her türlü birleşim hesabında deprem yüklerinin ve düşey yüklerin proje değerleri ile hesaplanmış en olumsuz kesit zorları 1.33 katsayısı ile artırılması önerilir.

A.B.Y.Y.H.Y’ de ise deprem etkisi ile birleşime gelen kesit zorlarının kaynaklı birleşimlerde 1.5; diğer tür birleşimlerde ise 1.2 katsayısı ile çarpılması istenmektedir. Bu durumda hesap yükü : $\frac{4}{3} * (G+Q) * 1.2 E$ olmaktadır.

Neopren gibi mesnet ara malzemelerinin hesabında katsayı ile artırılmamış yükler kullanılmalıdır. Korniyer, kaynak gibi malzemelerle gerçekleştirilen bazı birleşimlerde malzeme katsayıları da artırılmalıdır.

Mafsallı birleşimlerde depremden gelen etkiler, yalnız mafsala veya mesnede etkiyen yatay kuvvet şeklindedir. Depremsiz durumda mesnet veya mafsalda kabul edilen yatay kuvvet H , düşey reaksiyonun, V_d ’ nin $1/5$ ’ dir.

$$H=0.20V_d \quad (4.1)$$

4.2 Birleşim Elemanı Olarak Kesme Sürtünmesi

Birleşim bölgelerindeki betonun çatlamaması için bu bölgelerin süneklik kazanması gerekmektedir. Betonarme veya öngerilmeli beton bir elemanda, betonu kendisi ile birlikte veya sonradan dökülmüş bir parçanın, ilk dökülen bölümden ayrılması ve

bu ara kesitte oluşacak çatlakların pürüzlü yüzündeki sürtünme kuvvetlerini almak için konacak kesme - sürtünme donatısı A_{sf} aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$A_{sf} = V_d / (\Phi * f_{yk} * \mu_e) \text{ (mm}^2\text{)} \quad (4.2)$$

A_{sf} donatısı çatlak yüzeyine dik doğrultuda ve gerekirse çelik lamalarla kaynaklanarak iki parçaya tamamen kenetlenmiş olarak yerleştirilmelidir. Temas yüzeyine dik bir H_d çekme kuvveti varsa , A_{sf} ' nin yanı sıra

$A_n = H_d / (0,7 * f_{yk}) \text{ (mm}^2\text{)}$ donatısı eklenmelidir. H_d her durumda düşey mesnet reaksiyon kuvvetinin %10' undan küçük olmamalıdır.

Tablo 4.1: Sürtünme Katsayıları

Temas Yüzey Durumu	μ	Maksimum Hesap Kesme Kuvveti (V_d)
İki beton birlikte dökülmüş	1,4	$0,30 \lambda^2 f_{ck} A_{cr} \leq 6,9 \lambda^2 A_{cr}$
Ek sonradan dökülmüş eski betonun yüzü yeterince pürüzlü	1	$0,25 \lambda^2 f_{ck} A_{cr} \leq 6,9 \lambda^2 A_{cr}$
Ek sonradan dökülmüş eski betonun yüzü yeterince pürüzlü değil	0,4	$0,15 \lambda^2 f_{ck} A_{cr} \leq 4,1 \lambda^2 A_{cr}$
Ek çelik üzerine dökülmüş	0,6	$0,20 \lambda^2 f_{ck} A_{cr} \leq 5,5 \lambda^2 A_{cr}$

Birim kayma değeri tabloda verilen değeri aşıyorsa μ_e yerine denklem (4.3) kullanılmalıdır.

$$\mu_e = 6,9 \lambda^2 A_{cr} \mu / V_d \quad (4.3)$$

Hafif betonlar için $\lambda = 0.75$, normal betonlar için $\lambda = 1$ ' dir.

4.3 Birleşim Türleri

- 1) Islak birleşimler
- 2) Kuru birleşimler

4.3.1 Islak Birleşimler

Prefabrike elemanların birleşimlerinde beton ile birleşim arasındaki bağlantı aderans ve oturma ile sağlanır. Bağlantının sünek bir davranış göstermesi için sınır durumunda betondan önce bağlantı içindeki çeliğin akmaya başlaması istenir. Elemanlar arasındaki birleşimlerde basınç ve kesme kuvvetlerinin aktarılması için ıslak birleşimler kullanılabilir. Birleşim yerine dökülen beton prizini tamamladıktan sonra yük taşımaya başlar. Birleşim noktalarının yük aktarması montaj öncesi ve sonrası olmak üzere ayrı ayrı hesaplanmalıdır.

Eğilme momenti aktaran ıslak birleşimlerde deprem kuvvetleri altında eğilme momentlerinin tersinir olabileceği de dikkate alınarak hesap yapılmalı ve birleşimin sünekliği sağlanmalıdır. Bunu sağlamak için şantiyede yapılan kaynakların emniyet gerilmeleri %30 azaltılmalı ve malzeme katsayısı 1.5 alınmalıdır. Bu birleşimlerde kesitteki çekme kuvveti, iki elemanın çekme donatısına fiyonglu bindirme veya kaynaklı ek yapılarak aktarılmalıdır. Ancak kaynaklı ekler deprem esnasında çok etkili değildirler. Kesitteki beton basınç kuvveti, iki prefabrike elemanın arasına yerinde beton dökülerek aktarılmalıdır, [5].

Panolar arasındaki ıslak kayma birleşimlerinde; birleşen kenar kesitler kenetli ve kenetsiz olmak üzere iki şekilde yapılır. Her iki durumda da panoların birleşim kenar kesitlerinde, kenara dik doğrultuda hesapla bulunan teçhizat filizleri konulur. Yerinde dökülen betonlarda minimum beton sınıfı BS 20 ve en büyük agrega çapı 15 mm.' dir. Birleşimler projelendirilmeden önce bağlantı türlerinin olumlu ve olumsuz yönleri dikkate alınarak uygun olan bağlantı türü seçilmelidir. Islak bağlantılar monolitik yapıya yakın çözüm getirirler, birleşim bölgelerinde hava ile teması engellenen donatının korozyon problemi ortadan kalkmış olur, ölçü sapmaları kolay giderilebilir. Ayrıca bu bağlantıların ses yalıtımı ve yangına dayanımları iyidir. Fakat ıslak bağlantıların tüm bu avantajlarına rağmen bazı olumsuzlukları vardır. Farklı betonların bir araya gelmesi çatlama ve görünüm problemleri yaratabilir, betonun prizini alması için beklenmesi yapım süresini uzatabilir, beton dökümü sırasında bileşen yüzeylerinin kirlenmesi nedeniyle elemanların şantiyede tekrar işlem görmesi gerekebilir, şantiyede yapılan kalıp işçiliği; beton dökümü kötü hava şartlarından etkilenebilir.

4.3.2 Kuru Birleşimler

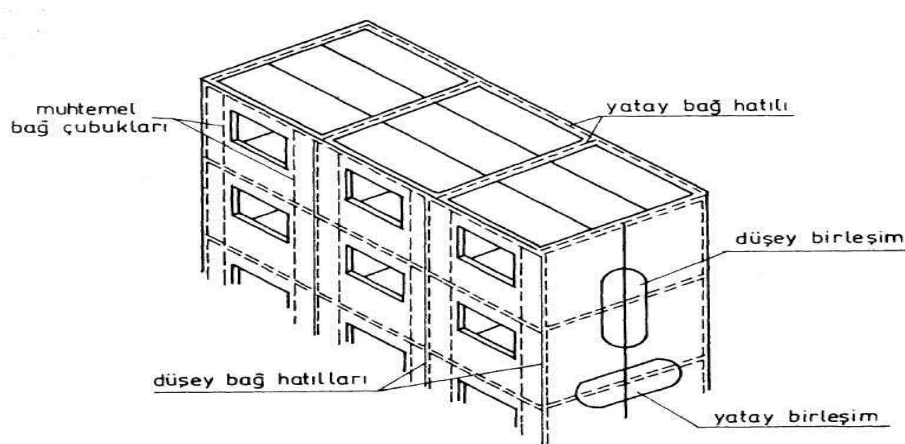
Yerel olarak büyük etkiler doğurdukları için aktarılan kuvvetin küçük olduğu durumlarda kullanılmalıdır. Kuru birleşimlerde kesme kuvvetinin aktarılması için birleşim bölgelerine hesapça gereken sayıda çelik parçalar gömülerek kaynakla birleştirilirler. Bu tür birleşimlerde, çelik birleşim elemanları pano betonuna iyice kenetlenmeli ve kaynak emniyet gerilmesi %30 azaltılmalıdır. Birleşimin dayanımı gömülü olan ankraj elemanının kapasitesi tarafından kontrol edilir. Kuru birleşimlerde birbirlerine moment aktarmak istenilen iki elemanı çekme kuvvetinin etkilediği noktada bulonla veya ardgerme ile birleştirmelidir.

Kuru birleşimlerde yük taşıma; ıslak birleşimlerden farklıdır. Bu tür birleşimler projelendirilirken çelik yapı hesap metotları kullanılmalıdır. Islak birleşimlerde kullanılan geçici montaj elemanları gerektirmez. Kuru birleşimlerde ıslak birleşimlerde olduğu gibi bekleme süresi yoktur; dolayısıyla zamandan tasarruf sağlanmış olur. Üretim sırasında güçlük getiren donatı filizleri gerektirmez. Ancak kuru birleşimlerin şantiyede kontrolü oldukça güçtür, korozyona karşı alınması gereken önlemler maliyeti artırabilir.

4.4 Büyük Boy Panolu Sistemlerde Ana Bileşenler Arasındaki Birleşimler

Prefabrike panolu yapıların birleşimleri iki grupta incelenecektir.

- 1) Düşey Birleşimler
- 2) Yatay Birleşimler



Şekil 4.2: Çok Katlı Büyük Boy Panolu Yapılarda Bağ Sistemi Şeması

4.4.1 Düşey Birleşimler

Düşey birleşimler duvar panolarının bağımsız olarak yada tek bir yapı ünitesi olarak davranmalarını sağlamak amacıyla oluşturulurlar.

a) Ara Malzemesi Harç Olan Birleşimler

Ara malzemesi olarak harç kullanılan birleşimler sınırlı bir yatay kuvvetin dışında yalnız basınç kuvvetinin aktarıldığı durumlarda kullanılmalıdırlar. Bu çeşit mesnetlerde d ara malzeme kalınlığı 10mm. $< d \leq 40$ mm. olmalıdır.

Birleşimin dayanımı sıcaklık, sünme ve büzülme etkileri sonucunda duvar ile harç arasında çatlak oluşsa bile kesme sürtünmesi ile hesaplanır.

b) Kenetli Birleşimler

Kenetli birleşimler donatılı veya donatısız olarak yapılabilirler. Ancak her iki birleşim tipi benzer yük-deformasyon davranışı göstermelerine rağmen, donatılı olarak yapılan kenetli birleşimin yüksek duktilite özelliğine sahip olduğu gözlenmiştir. Bu sebeple deprem riskinin yüksek olduğu ülkelerde, donatılı kenetli birleşimler yaygın olarak uygulanmaktadır.

Her bir düşey birleşimde ki kenet sayısına bağlı olarak, düşey kesme kuvvetinden dolayı her bir kenette ortaya çıkan kuvvet, aşağıdaki bileşenlerden oluşur.

$$J = V * \sin\alpha \quad C = V * \cos\alpha \quad (4.4)$$

Kenede etkiyen J kuvveti, kesme kuvveti (R)tarafından karşılanır.

$$R = C * \tan\Phi \quad (4.5)$$

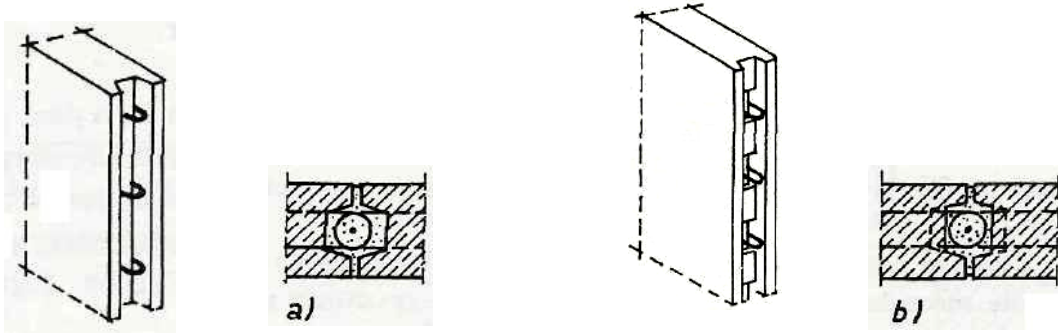
$\tan\Phi = 0.60$ olduğu için J kuvvetinden dolayı kayma oluşmaz, $R > J \quad \alpha \leq 30^\circ$

$\alpha > 30^\circ$ ve $R < J$ olduğunda, oluşan T çekme kuvveti birleşimdeki yatay donatılar tarafından alınmalıdır.

$$\Delta T = V * (\tan\alpha - \tan\Phi) \quad (4.6)$$

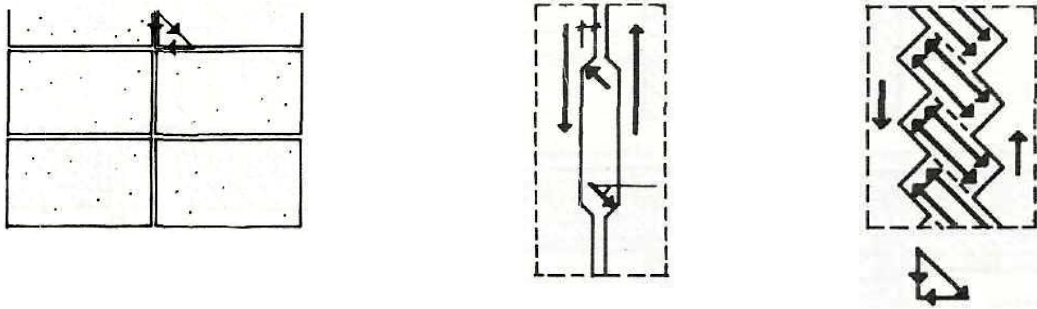
Şekil 4.3' de Düşey bağlantılara gelebilecek çekme ve kesme kuvvetlerine karşı duvar panellerinin kenarlarında alınabilecek önlemler görülmektedir. Şekil 4.3a' da elemanların kenarlarından çıkan firkete filizleri iç içe geçirilip ortalarından ek donatı çubuğu geçirilerek, birleşime beton dökülmekte ve böylece

basınç ve çekme kuvvetleri karşılanmaktadır. Şekil 4.3b' de ise kesme kuvvetlerinin de etkimesi durumunda duvar kenarlarında cepler ve dişler yapılmıştır.



Şekil 4.3: Duvar Panel Birleşimlerinde Kesme ve Çekme Kuvvetlerine Karşı Alınabilecek Önlemler

Şekil 4.4' de kesme kuvvetinin iki bileşene ayrıldığı kabul edilmektedir. Daha büyük olan basınç kuvveti beton dökülmüş cepler tarafından, küçük olan çekme kuvveti şeklindeki yatay bileşen ise birleşimlerdeki demir donatı tarafından karşılanmaktadır. Bu birleşim şekline fermuar bağlantı denilmektedir.



Şekil 4.4: Fermuar Bağlantı

c) Mafsallı Birleşimler

Mafsallar basınç ve çekme kuvvetini ileten, ancak moment transferi sağlayamayan birleşimlerdir. Genellikle kat seviyesinde döşeme diyaframı boyunca ve bağ çubuklarında oluşturulurlar. Mafsallı birleşimlerin ses ve ısı yalıtımı detayları dikkatle seçilmelidir.

d) Mekanik Birleşimler

Döküm esnasında betona gömülmüş başlıklı çelik sapmalar, kesme kuvveti ve bunun doğurmuş olduğu eğilme momenti veya çekme kuvveti veya bu etkileri beraber

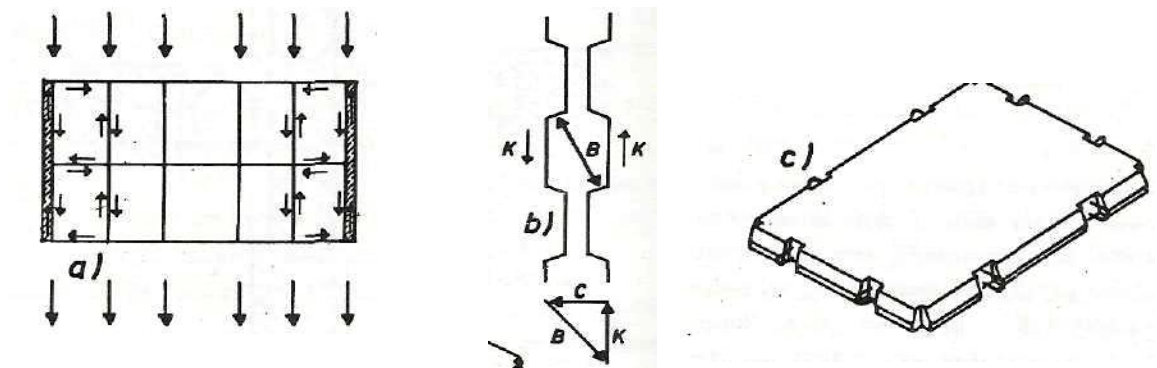
taşıyabilir. Ankraj elemanı ile çelik kısımların birleşimi, bulon, kaynak veya harç ile sağlanır. Elemanların bu etkileri taşıma gücü, betonun ve çeliğin dayanımına bağlıdır. Her iki malzemenin de durumu ayrı ayrı kontrol edilmelidir.

4.4.2 Yatay Birleşimler

Birleşim elemanlarının seçiminde teknik, ekonomik ve gerekli durumlarda estetik yönlerden iyi sonuçlar alınması gerekmektedir. Yatay birleşimler gerek görülen bütün kuvvet ve momentleri aktarabilmeli, ayrıca birleşimlerde meydana gelebilecek bütün deplasman ve dönmeleri karşılayabilmelidir. Bu kuvvetler genellikle bağlantının içinde yer alan hatıllar tarafından duvar panolarına aktarılırlar. Binanın çevresinde ve taşıyıcı duvarların altında düzenlenen ve birbirlerine bağlantılı bu hatıllar, montaj sapmalarından dolayı oluşabilecek gerilmelerin dengelenmesini sağlamak ve perdelerin düşey birleşimlerinde meydana gelebilecek çekme gerilmelerini karşılamakla yükümlüdürler.

Şekil 4.5’ de yatay kuvvetler karşısında, döşeme elemanlarının bağlantılarında oluşan kuvvetler ve alınan önlemler görülmektedir.

- a) Bağlantılarda oluşan kuvvetler
- b) Kesme kuvvetinin eğik basınç bileşeninin kenarlardaki betonlanmış cepler tarafından karşılanması
- c) Çekme kuvvetlerine karşı döşeme kenarlarında bırakılan donatı filizleri



Şekil 4.5: Deprem Esnasında Döşeme Bağlantılarında Oluşan İç Kuvvetler

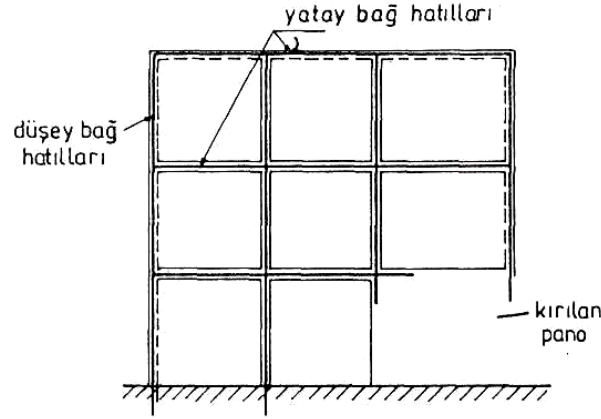
Döşemeler, yüzeylerine dik gelen kuvvetlerden dolayı eğilmeye çalışmaktadırlar. Döşemelerin kendi aralarındaki ve mesnet üzerlerinde ki bağlantıları döşeme elemanlarının her birinde sehim oluşturmayacak şekilde tasarlanmalıdır. Farklı açıklıklara sahip iki döşeme elemanı, merdiven boşluğu veya çekirdek eleman gibi yerlerin etrafına yerleştirilecekse, eşit olmayan sehimler görülecektir. Bu tip döşeme sistemlerinde, yerinde dökme beton tabaka ile döşemelerin üst seviyesi aynı hizaya getirilebilir. Farklı açıklıkları geçen döşeme elemanların birleşim yerlerinde, eşit olmayan sehimler sonucunda meydana gelecek çatlağın en az tutulabilmesi için birleşime karşılıklı olarak donatı çubukları konulmalıdır. Döşemelerde kaplama kalınlığına karar verilirken sehim ve ters sehimler dikkate alınmalıdır.

Döşeme elemanları, eleman boyunca duvar veya kirişe bağlanıyorsa, bu birleşim sünme ve büzülme etkilerine izin verecek nitelikte olmalıdır. Bu durumda birleşimler yatay kuvvetleri aktarabilecek şekilde veya çok esnek bir birleşim şeklinde eleman boyunca oturtularak yapılırlar. Yatay kuvvetleri aktarabilen birleşimlerde, döşeme elemanlarında yerinde dökme beton uygulanmayacaksa, birleşim içindeki bağlantı bu yükleri aktarabilecek şekilde detaylandırılmalıdır.

İnşaat sırasında meydana gelecek yükler bazı durumlarda döşeme elemanlarında ve birleşimlerde kullanım yüklerinden daha büyük gerilmelere sebep olabilirler. Bu gerilmeler elemanların birleşimleri boyutlandırılırken dikkate alınmalıdır. Eğer elemanlar boyutlandırılırken montaj yükleri dikkate alınmak istenmiyorsa montaj aşamasında ilave gerilmelerin oluşmaması için destek sistemleri kullanılarak montaj yapılmalıdır.

4.5 Bağ Sistemleri

Prefabrike panolu sistemlerde monolitik davranışı sağlamak için düşeyde ve yatayda bağ hatıllarından oluşan bağ sistemleri oluşturulur. Bağ sistemlerinin yapı içerisindeki üstlendikleri bir çok temel fonksiyon vardır. Taşıyıcı elemanlardan herhangi birinin deprem esnasında veya bir kaza sonucu taşıma fonksiyonunu kaybetmesi halinde, yapının geride kalan kısmının duruma göre basit veya konsol kiriş gibi çalışmasını sağlamak ve yapının toptan göçmesini engellemektir. Şekil 4.6’ da bir panosu kırılmış bir duvarın yüksek irtifalı kiriş olarak çalışmasında yatay bağ hatılları, kiriş donatısı olarak çalışmaktadır.



Şekil 4.6: Duvar Panolarından Biri Kırılmış Prefabrike Sistem

Bağ sistemleri, temeldeki çökmelerin üniform olmamasından, katlar arasındaki ısı farkından, komşu iki duvar panosunun düşey deformasyonlarının düşey yük veya malzeme farkı sebebiyle eşit olmamasından doğan kuvvetlerin emniyetli biçimde taşınmasını sağlarlar.

Prefabrike yapılarda döşemeler yan yana düzenlenen panolardan oluşturulur. Yapıya herhangi bir doğrultuda etkiyen yatay yükler için döşemeler diyafram gibi çalışmalıdırlar. Bunun için her katta, kat çevresinde, perde ve çekirdeklerin çevresinde bağ eleman çekme çubukları yapılmalıdır.

4.5.1 Bağ Çubukları

Döşeme elemanlarını mesnetlere bağlamak için çekme kuvvetlerini doğrudan, kesme kuvvetlerini ise kesme sürtünmesi ile mesnetlere aktaran bağ çubukları oluşturulur. Bağ çubukları kesme sürtünmesi etkisi ile kesme kuvvetlerini panolara paralel veya dik birleşimlerdeki bağ hatıllarına aktarılmasında kullanılan donatılardır. Yatay bağ çubuğu donatısı, pano arası boşluklara veya boşluklu döşemelerde boşluk içine yerleştirilebilir.

4.5.2 Yatay Bağ Hatılları

Kiriş, duvar, perde gibi taşıyıcı elemanların çevresinde, panolu sistemlerde ise taşıyıcı duvarlar ve rijitlik duvarları, çerçeve sistemlerde taşıyıcı ve rijitlik sağlayan kirişler üzerinde yerinde dökülerek oluşturulan elemanlardır. Döşemede oluşan çekme kuvvetleri bağ hatıllarıyla taşıyıcı sisteme aktarılır. Ankastre bağ çubuklarıyla beraber kullanılmak kaydıyla, yerinde dökme veya prefabrike kirişler bağ hatılı olarak kullanılabilirler. Boşluklu döşemelerin serbest kenarlarında, bağ hatılı

donatısı, döşeme elemanın en dış boşluğuna sokulabilir. Ayrıca bağ hatılı donatısı çekme eki esasına göre bindirmelerde uç taşıyıcılara kenetlenme boyu kadar saplanmalı ve arada kesinti olmamalıdır. Taşıyıcı ve rijitlik duvarları üzerindeki bağ hatıllarının genişliği 60 mm' den alanı 100 cm²' den az olmamalıdır.

4.5.3 Düşey Bağ Elemanları

Yapıya etkiyen kuvvetlerin oluşturduğu düşey çekme kuvvetleri, temele kenetli düşey bağ elemanlarıyla aktarılmalıdır. Prefabrike büyük panolarla yapılan binalarda bağ elemanları pano içerisinde veya pano kenarları ile kapı pencere boşlukları kenarlarında bulunan düşey teçhizatın, üst ve alttaki panoların benzer teçhizatları ile çekme eki yapılarak oluşturulmalıdır. Taşıyıcı duvarlar üzerindeki bağ hatılı donatıları, ayrıca duvar panolarının birinin bir kaza sonucu kırılması halinde, üst kısmın yüksek kiriş gibi çalışarak, onarıma imkan verebilmesi için bu kirişin çekme donatılarını oluştururlar. Bu donatılar panolar arasındaki düşey birleşimlerde ise yatay donatının bir kısmını oluştururlar.

5. PREFABRİKE BETONARME PANOLU YAPILARIN HESAP ESASLARI

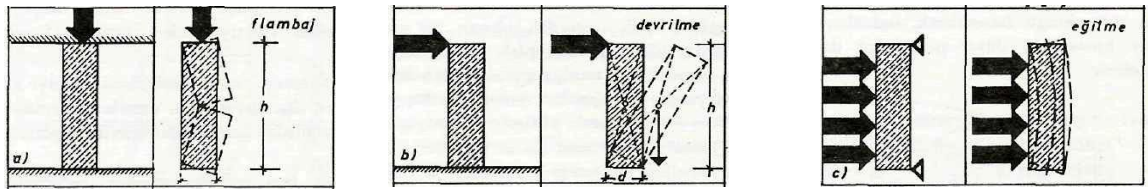
5.1 Prefabrike Panolu Yapı Sistemlerinde Stabilité Problemleri

Bir prefabrike sistemde elemanların tek tek stabilitesi (bileşenlerin stabilitesi) ve tüm yapının stabilitesi (uzaysal stabilite) olmak üzere iki tür stabilite sorunu söz konusudur.

5.1.1 Bileşenlerin Stabilitesi

Elemanlar fabrikada imalattan; yerleştirilinceye kadar kendilerine etkiyebilecek iç ve dış kuvvetleri; yapıda kalıcı deformasyon olmadan karşılayabilmelidir. Bu nedenle bileşen dizaynı yapılırken nakliye, istifleme, kalıptan çıkarma montaj göz önünde tutulmalıdır.

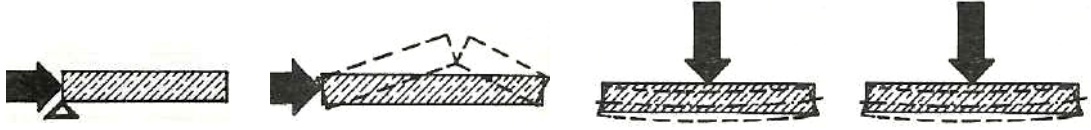
Panolu yapı sistemlerinde; panolara etkiyen düşey yüklerin fazla olması taşıyıcı duvar panellerinde burkulmaya neden olabilir. Kesit boyutlarını artırmak, donatı miktarlarını artırmak, malzemede değişikliğe gitmek ve kenarları desteklemek suretiyle burkulma önlenabilir. Yatay kuvvetler fazla ise duvarda devrilme veya eğilme gözlenebilir. Bu durumu engellemek için hatıl bağlantıları yapılmalı, kenarlar desteklenmeli ve donatı miktarı artırılmalıdır. Şekil 5.1' de düşey yapı elemanlarına etkiyen kuvvetler ve muhtemel sonuçları görülmektedir.



Şekil 5.1: Düşey Yapı Elemanlarına Etkiyen Kuvvetler

Döşemelerde düşey kuvvetler altında oluşan sehim; açıklık azaltılarak, kiriş yüksekliği artırılarak ve de malzemede donatı ve mesnet durumunda değişiklik yapılarak önlenabilir. Yatay kuvvetler çok ince bir döşemede burkulmaya neden

olabilir; kesit kalınlığı artırılarak buna karşı önlem alınmış olur. Şekil 5.2’ de yatay yapı elemanlarına etkiyen yükler ve muhtemel sonuçları görülmektedir.



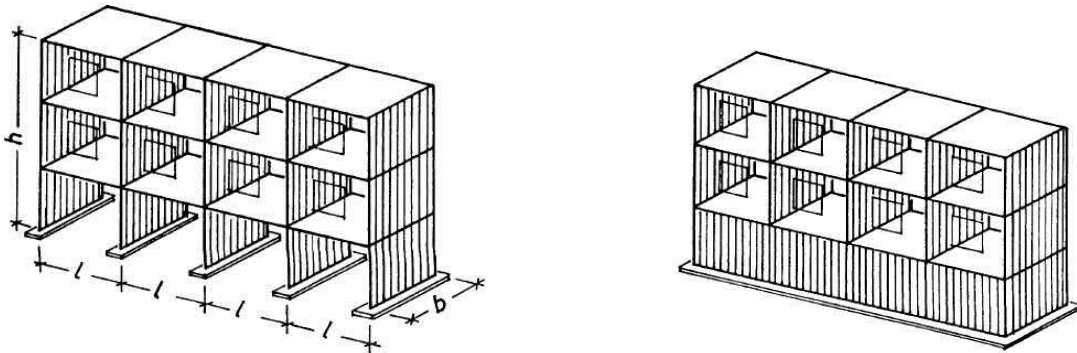
Şekil 5.2: Yatay Yapı Elemanlarına Etkiyen Kuvvetler

5.1.2 Yapının Uzaysal Stabilitesi

Yapıya ekonomik ömrü boyunca etkiyen iç ve dış kuvvetler zararlı deformasyonlara yol açmadan karşılanabilmelidir. Büyük boy panolu sistemlerde düşey yüklerin tüm yapı yüksekliğince devam eden duvar perdeleri tarafından temellere iletileceği kabul edilir. Döşemeler diyafram gibi çalıştığı farz edilerek onlardan gelen yatay kuvvetlerin (rüzgar ve deprem kuvvetleri) duvar perdelerine dağılımı hesaplanır.

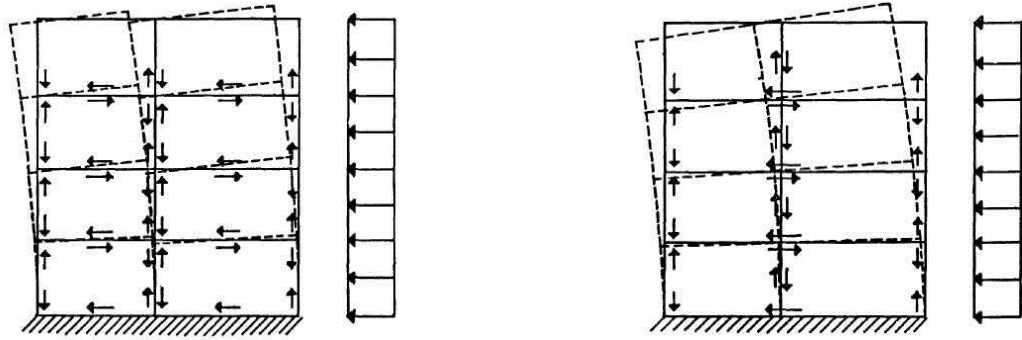
Düşey perdelerin farklı temellere oturması durumunda, duvarlar zemine elastik olarak ankastre edilmiş konsol perde davranışı gösterirler; bu durumda zemin elastikiyeti hesaplarda dikkate alınmalıdır.

Eğer taşıyıcı panolar yerinde dökme radyejeneral temellere veya bodrumu çevreleyen perdelerin üzerine oturuyorsa; taşıyıcı duvarların rijit olarak ankastre edilmiş konsol perdeler olduğu varsayılır. Bu çözüm zemindeki farklı oturmaları büyük ölçüde önlediği için ve hesap kolaylığı bakımından daha çok tercih edilmektedir, (Şekil 5.3).



Şekil 5.3: Panolu Sistemlerde Perde Zemin İlişkileri

Prefabrike panellerle kurulan taşıyıcı duvar perdeli yapılarda; paneller arasında yapılan bağlantılar önemlidir. Yan yana gelen taşıyıcı duvar panellerinin birleşimlerinde yeterli süreklilik sağlanamazsa; yatay kuvvetler karşısında, panellerin her biri diğerinden bağımsız konsol perde davranışı gösterir. Yan yana ve üst üste gelen taşıyıcı duvar panoları ile oluşturulan perdeler, taşıyıcı duvarlar ve rijitlik duvarlarının tek bir kompozit perde davranışı göstermesi için düşey ve yatay birleşimlerde kayma gerilmelerine karşı güvenliğin sağlanması gerekir, (Şekil 5.4).



Şekil 5.4: a) Yalnız Yatay Kenarları Bağlanmış Panel

b) Düşey ve Yatay Kenarları Bağlanmış Panel

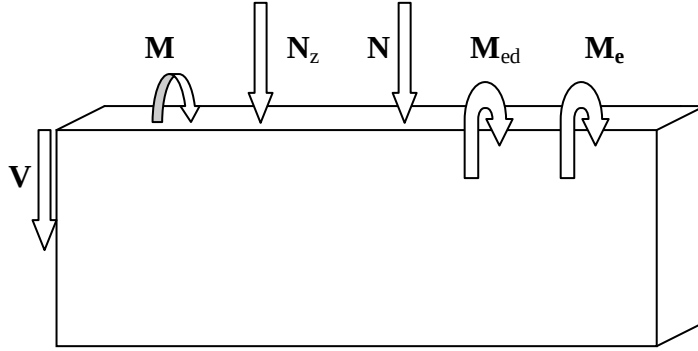
5.2 Taşıyıcı Duvar Panolarının Hesap Esasları

Taşıyıcı duvar panolarının aşağıdaki yük etkilerini güvenle taşıdığı hesapta gösterilmelidir.

- 1) N : Düşey yüklerden gelen basınç kuvveti
- 2) Yatay yüklerden gelen V : kesme ve N_z : normal kuvveti
- 3) Düzlemi içindeki yatay kuvvetlerin M eğilme momenti
- 4) M_{ed} : Düzlemine dik yatay kuvvetlerin momenti
- 5) M_e : Dış merkezlikler düzlemine dik doğrultudaki eğilme momenti
- 6) V_i : Eşit olmayan mesnet çökmelerinden gelen kesme kuvveti

Taşıyıcı duvar panoları hesaplanırken TS 500' deki yük kombinezonları kullanılarak yapılan yüklemelerde aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir. Duvar panoları, düzlemine dik doğrultuda burkulmamalı; duvar panosunda diyagonal çatlak

oluşmamalı ; en büyük basınç gerilmesi etkisinde iken, pano köşesinde ve altındaki harç veya betonda ezilme olmamalı ve tekil yük etkimesi halinde, panonun bölgesel güvenliği sağlanmalıdır.



Şekil 5.5: Taşıyıcı Duvar Panolarına Etkiyen Yükler

En Az Duvar Boyutları

a) Dolu kesitli panolarda :

Tek katlı yükü hafif binalarda 120 mm; diğerlerinde 150mm veya $h_s / 25$ ' dir.

b) Profilli veya boşluklu panolarda :

En dar kesitte 50mm veya $a/10$

a: en kısa pano nervür veya kiriş aralığı h_s : kat yüksekliği

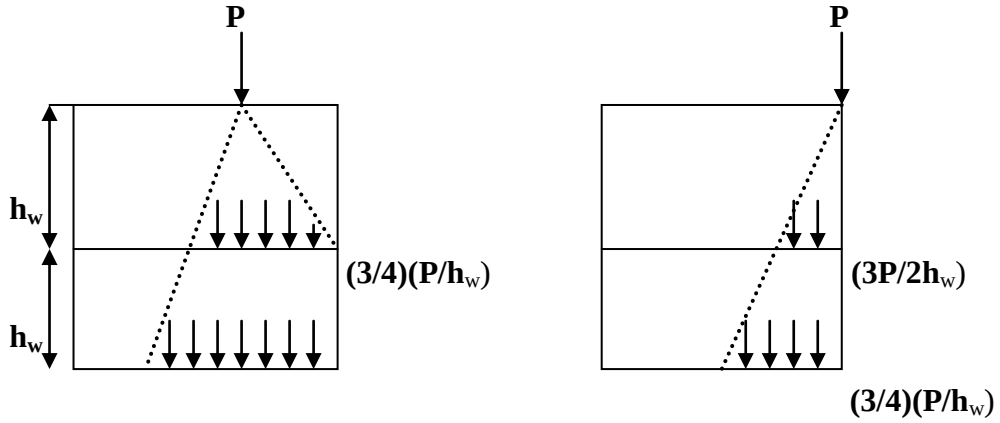
Tablo 5.1: Taşıyıcı Duvar Panolarında En Az Donatı

	BÇI-BÇIII	BÇ IV
Alttan bina yüksekliğinin üçte birinde	0,002	0,0015
Daha üst katlarda	0,0015	0,00133
Minimum düşey donatı çapı	Düşeyde : 10 mm	
	Yatayda : 6 mm	
Maximum donatı aralığı	25 cm	15 cm

Taşıyıcı pano çevresine en az 2 adet 10mm lik; kapı ve pencere boşlukları çevresine ise en az 2 adet 12 mm.' lik donatı konmalıdır.

5.3 Prefabrike Duvar Panolarında Tekil Kuvvet Etkisinin Yayılışı

Pano üzerindeki bir tekil kuvvetin düşeyle $2/3$ eğimli iki doğrunun belirlediği kama şeklinde yayıldığı kabul edilir. Bu yayılış doğrularından birisi düşey kenarı keserse, bu kesişme noktasından sonra aşağıya doğru düşey olarak iner, (Şekil 5.6).



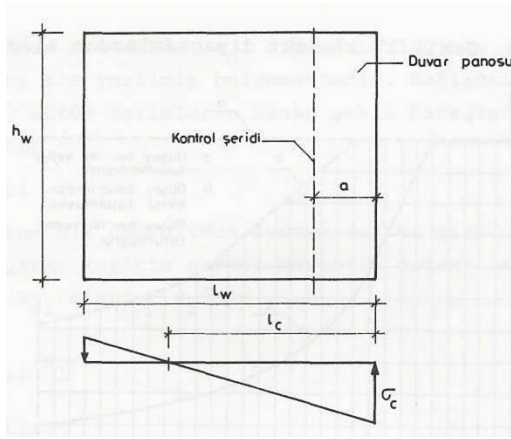
Şekil 5.6: Betonarme Panolarda Tekil Yükün Yayılışı

5.4 Duvar Panosunun Burkulma Hesabı

Duvar panosu; yalnız düşey yük, pano düzlemine dik yatay yük ve bu yükleme grubundaki düşey yük, pano düzlemi içinde yatay yük ve bu yükleme grubundaki düşey yük etkimesi durumlarının üçünde de burkulmamalıdır. Duvar kenarlarından tutulma sayısı burkulma yükünü etkilemektedir. Duvar panoları üst ve alt yatay kenarlarından her zaman tutuludur. Düşey kenarların ise bazen ikisi bazen biri tutulu olabilir. Bazı durumlarda ise iki düşey kenarda serbest olabilir.

Burkulma kontrolünde pano alt kenarında normal gerilmelerin uniform olmadığı durumlarda birim genişlikli kontrol şeridi

- her iki düşey kenarı tutulmuş panolarda, pano genişliğinin ortasında
- yalnız bir düşey kenarı tutulmuş panolarda, serbest kenarda,
- her iki kenarın serbest olması durumunda, büyük basınç gerilmesine maruz düşey kenardan a kadar içeride alınmalıdır, (Şekil 5.7).

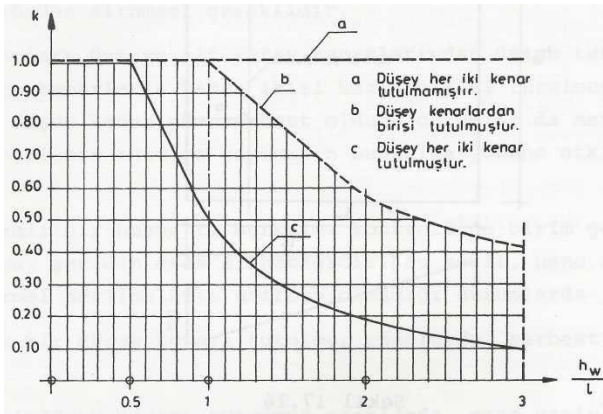


h_w : duvar panosu yüksekliği

l_c : pano alt kenarında basınç bölgesi uzunluğu

a : $h_w/3$, $l_c/3$ değerlerinin küçük olanı

Şekil 5.7: Burkulma Kontrol Şeridi



a) düşey her iki kenar tutulmamıştır.

b) düşey kenarlardan birisi tutulmuştur.

c) düşey her iki kenar tutulmuştur.

Şekil 5.8: k Katsayıları

Kontrol şeridinde pano alt kenarındaki gerilme diyagramından σ_{ck} bulunur. t_w pano kalınlığı olmak üzere şeritteki normal kuvvet denklem (5.1)'den hesaplanır.

$$N_1 = l \cdot t_w \cdot \sigma_{ck} \quad (5.1)$$

$$M_0 = e_0 \cdot N_1 \quad (5.2)$$

e_0 : pano ortasındaki dış merkezliktir.

Panolarda burkulma olmaması için $\gamma_{n1} \cdot \sigma_c \leq \Phi(e_0 / t_w, \lambda) \cdot f_{cd}$ (5.3) şartı sağlanmalıdır.

Burada σ_c belirlenen kontrol şeridinde, pano alt kenarındaki gerilme; $\gamma_{n1} = 1.5$ (Gevrek kırılmayı önleme katsayısı),

f_{cd} = Beton basınç hesap dayanımı,

$\Phi = \Phi(e_0 / t_w, \lambda)$ e_0 / t_w ve λ 'ya bağlı burkulma fonksiyonu,

ξ = Sabit yük / Toplam yük,

λ = Değiştirilmiş narinlik,

k = Pano düşey kenarlarının tutulup tutulmadığına bağlı katsayı,

a = Beton cinsine ve sürtünmeye bağlı bir katsayı,

t_w = Pano taşıyıcı tabaka ağırlığı

5.5 Duvar Panolarında Diyagonal Çatlak Tahkiki

Duvar panolarında diyagonal çatlak oluşmaması için denklem (5.4) koşulu sağlanmalıdır.

$$\gamma_{n1} * \sigma_1 \leq 0.75 f_{ck} / (1.4 * 12.5) \quad (5.4)$$

γ_{n1} : Gevrek kırılmayı önlemek için kullanılan bir katsayı; 1.2 alınabilir.

σ_1 : Pano alt kenar yatay kesitinin ağırlık merkezinde sabit düşey yüklerin doğurduğu σ_c normal gerilmesi ile kesme kuvvetlerinin aynı noktada doğurduğu τ_c kayma gerilmesinin oluşturduğu küçük asal gerilmedir. σ_1 'in basınç olması durumunda çatlakla karşı güvenliğin sağlandığı kabul edilir.

$$\sigma_1 = 0.5 \sigma_c - \{ (\sigma_c/2)^2 + \tau_c^2 \} \quad (5.5)$$

$$\tau_c = 1.5 * V / (t_w * l_w) \quad (5.6)$$

$$\sigma_c = N / (t_w * l_w) \quad (5.7)$$

N : panoya gelen eksenel kuvvet

5.6 Duvar Panoları Arasındaki Kayma Birleşimleri

Taşıyıcı duvar panolarında ve rijitlik duvarlarında monolitik davranışın gerçekleşebilmesi için panolar arasındaki yatay ve düşey birleşimlerde kayma olmaması sağlanmalıdır. Panolar arasındaki kayma birleşimleri kuru ve ıslak birleşim şeklinde yapılırlar.

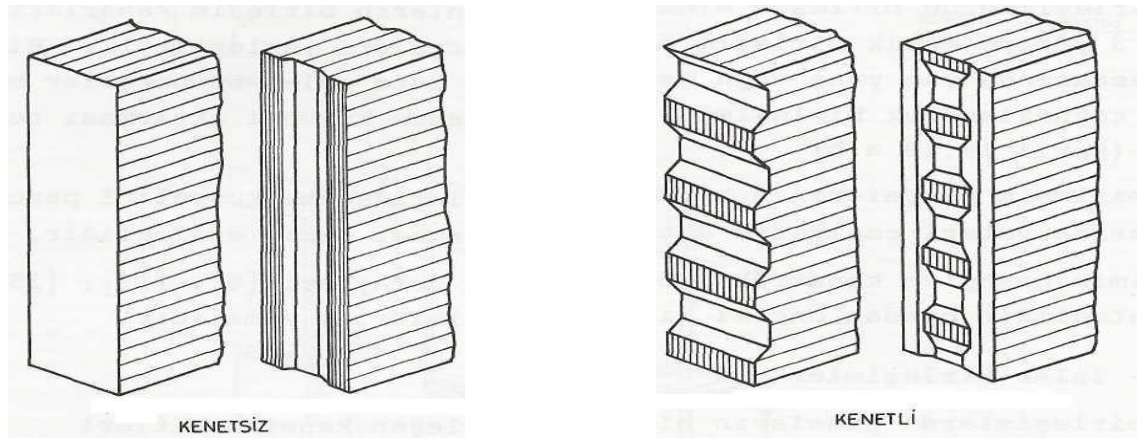
5.6.1 Duvar Panoları Arasındaki Kuru Kayma Birleşimleri

Kuru birleşimler genel olarak büyük etkiler doğurdukları için, aktarılan kuvvetin küçük olduğu durumlarda kullanılmalıdır. Kesme kuvvetinin aktarılması için birleşen elemanların birleşen kenarlarına, hesapça gereken sayıda çelik parçalar kaynaklanmaktadır.

Bu tip birleşimlerde, çelik birleşim elemanları pano betonuna iyice kenetlenmeli ve kaynak emniyet gerilmesi % 30 azaltılmalıdır. ($f_{yd}=f_{yk}/1.5$)

5.6.2 Duvar Panoları Arasındaki Islak Kayma Birleşimleri

Panolar arasındaki ıslak kayma birleşimlerinde, birleşen kenar kesitler kenetli ve kenetsiz olmak üzere iki şekilde yapılabilir, (Şekil 5.9). Panoların birleşim kenar kesitlerine, kenara dik doğrultuda hesapla bulunan donatı filizleri konulur. Bu kayma donatıları kaynak veya fiyonglu bindirme ile eklenebilir.



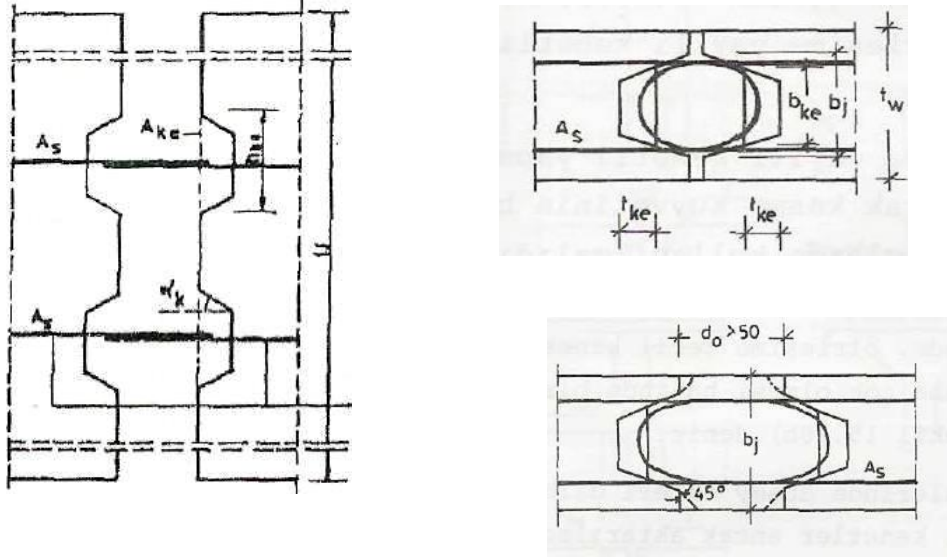
Şekil 5.9: Pano Birleşim Kesitleri

Kenetsiz birleşimler, ancak yatay birleşimlerde ve artırılmış kesme kuvvetinin sürtünme kuvvetinden büyük olmadığı durumlarda uygulanmalıdır. Denklem (5.8) şartı sağlanırsa birleşim kenetsiz yapılabilir.

$$A_{ke} = b_{ke} * h_{ke} * n \leq 0.2A_j \quad (5.8)$$

Kenetli birleşimler; birleşimde kullanılan kenet sayısına göre tekil kenet ve yayılı kenetli birleşim olmak üzere iki şekilde yapılırlar. Tekil kenetli birleşimlerde kenet sayısı metrede bir veya daha az; yayılı kenetli birleşimlerde ise birden fazladır. Deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde düşey birleşimler mutlaka yayılı kenetli olarak yapılmalıdır. Tekil kenetler ise aktarılan kesme kuvvetinin büyük olmadığı, yatay birleşimlerde kullanılmalıdır.

Kenetli birleşimlerde $h_{ke} \geq 50 \text{ mm}$; $t_{ke} \geq 10 \text{ mm}$; $h_{ke} / t_{ke} < 8$; $\alpha_k \leq 30^\circ$ şartları sağlanmalıdır, (Şekil 5.10).



Şekil 5.10: Dolu Panolar İçin Kenet Detayları

5.6.3 Panolar Arasında Düşey Kayma Güvenliğinin Sağlanması

Düşey birleşimlerde güvenliğin sağlanabilmesi için denklem (5.9) koşulu sağlanmalıdır.

$$V_{res} > \gamma_{er} * V_d \quad (5.9)$$

γ_{er} : 4/3 olup lineer teoriyle hesap yapılmasından doğan hataya karşı getirilmiş bir katsayıdır. V_d ise artırılmış kesme kuvvetidir.

$$\omega_s = (A_s * f_{yk}) / (A_j * f_{cd}) \quad (5.10)$$

$$\omega_s \leq 0.15 \text{ ise } V_{res} = \beta_1 * A_{ke} * f_{yd} + \beta_2 * A_s * f_{yk} \quad (5.11)$$

$$\omega_s > 0.15 \text{ ise } V_{res} = \beta_1 * (A_{ke} + 0.02A_j) f_{cd} + \beta_3 * A_s * f_{yk} \quad (5.12)$$

Panolar arasındaki düşey kayma kapasitesi denklem (5.13) şartını sağlamalıdır.

$$V_{res} < 0.30 A_j * f_{cd} \quad (5.13)$$

Tablo 5.2 β değerleri

Birleşim Türü	Yayılı Enine Donatı			Konsantre Enine Donatı	
	β_1	β_2	β_3	β_1	β_2
Kenetsiz, düz	0	0.6	0.5	0.5	0.4
Kenetsiz, pürüzlü	0	0.9	0.75	0.7	0.6
Kenetli	0.07	0.9	0.75	0.9	0.6

Yayılı kenetli bir köşe birleşiminde kayma teçhizatları yalnız st ve alt döşeme aralıklarına konmuş bağ çubukları ile sağlanmış ise, V_{res} %30 azaltılmalıdır. Tekil kenetler A_{ke} yerine A_j alınarak donatılandırılmalı ve donatısız kenetli birleşimler kenetsiz kabul edilmelidir. Yerel basınç tahkiki yapmak şartıyla, tekil kenetlerin kayma kuvveti kesme sürtünme donatısı artırılabilir. Yalnız basınç etkisindeki düşey bir birleşimde kayma teçhizatı oranı, $\omega_s \geq 0.01$ olmalıdır.

A_s kayma donatısı birleşim boyunca eşit olarak dağıtılmalıdır. Fakat artırılmış kesme kuvvetinin küçük olması durumunda kayma donatısı, bu panolara oturan döşemeler arasındaki yatay birleşimin içine de konabilir.

5.6.4 Panolar Arasındaki Yatay Kayma Güvenliğinin Sağlanması

Panolar arasındaki yatay birleşimleri; düşey yüklerden gelen basınç kuvveti, yatay yüklerden gelen kesme kuvveti, normal kuvvet ve eğilme momenti etkiler. Bu sebeple yatay pano birleşimlerinin hesabı yalnız basınç birleşimlerine göre veya yalnız çekme gerilmelerine göre veya hem basınç hem de çekme gerilmelerine göre yapılmalıdır.

Birleşimlerdeki pano yatay kesitleri, enine dışmerkezliliklerde göz önüne alınarak taşıma gücü metodu ile hesaplanmalıdır. Birleşimlere konulacak kayma donatısı, düşey çekme çubukları şeklinde panonun kenarlarına veya pano içine veya komşu pano ile düşey birleşim yerlerine, ekler yapılmış olarak düzenlenmelidir. Panonun her bir kenarındaki yatay birleşim donatısı denklem (5.14) ile hesaplanır.

$$A_s > 0.0005 \cdot l_w \cdot t_w \quad (5.14)$$

l_w : pano genişliği ; t_w : pano kalınlığı

a) Yalnız Basınç Gerilmelerine Göre Yatay Kayma Güvenliğinin Sağlanması

Yalnız basınç etkisindeki birleşimlerde, yatay yüklerden gelen N_d normal yükünün oluşturduğu sürtünme kuvveti, kayma güvenliğinin sağlanmasında hesaba katılmalıdır. Birleşimin kayma taşıma kapasitesi denklem (5.15) koşulunu sağlamalıdır.

$$V_{res} < 0.30 \cdot A_j \cdot f_{cd} \quad (5.15)$$

$$\omega_s = (A_s f_{yk} + N_d) / (A_j f_{cd}) \quad (5.16)$$

$$\omega_s \leq 0.15 \text{ ise } V_{res} = \beta_1 \cdot A_{ke} \cdot f_{cd} + \beta_2 \cdot (A_s \cdot f_{yk} + N_d) \quad (5.17)$$

$$\omega_s > 0.15 \text{ ise } V_{res} = (\beta_1 \cdot A_{ke} + 0.02 A_j) f_{cd} + \beta_3 \cdot (A_s \cdot f_{yk} + N_d) \quad (5.18)$$

$$V_d < \mu_s N_d \text{ ise } \beta_1 = 0 \text{ alınabilir.} \quad (5.19)$$

$N_d > 0.6 A_j f_{cd}$ olan basınç kuvveti etkisindeki kenetsiz yatay birleşimlerin taşıma kapasitesi :

$$V_{res} = 0.6 A_j f_{cd} - 0.5 N_d \quad (5.20)$$

Yalnız basınç etkisindeki düşey bir birleşimde kayma teçhizatı oranı, $\omega_s > 0.01$ olmalıdır. A_s kayma teçhizatı birleşim boyunca eşit olarak dağıtılmalıdır. Kayma teçhizatı, eğer artırılmış kesme kuvveti küçükse panolara oturan döşemeler arasındaki yatay birleşimin içine de konabilir. Kayma donatısı TS 500' de verilen esaslara uygun yapılmalı, donatı bozulmadan akma sınırına erişmelidir.

b) Yalnız Çekme Gerilmesi Etkisindeki Birleşimler

Yatay birleşimlerde N_d çekme ve $N_d < A_s f_{yk}$ ise V_{res} denklem (5.21)' den hesaplanır.

$$V_{res} = \beta_1 \cdot A_{ke} \cdot f_{cd} + \beta_2 \cdot (A_s \cdot f_{yk} - N_d) \cdot [1 - (N_d / (A_s f_{yk}))] \quad (5.21)$$

Çekme gerilmeleri etkisindeki yatay pano birleşimleri mutlaka kenetli yapılmalıdır.

c) Hem Çekme Hem Basınç Gerilmelerinin Etkisindeki Birleşimler

Yatay birleşimler deprem ve rüzgar kuvvetlerinin etkisinde hem basınç hem de çekme gerilmeleri etkisine girerler. Bu durumda homojen lineer elastik teori ile

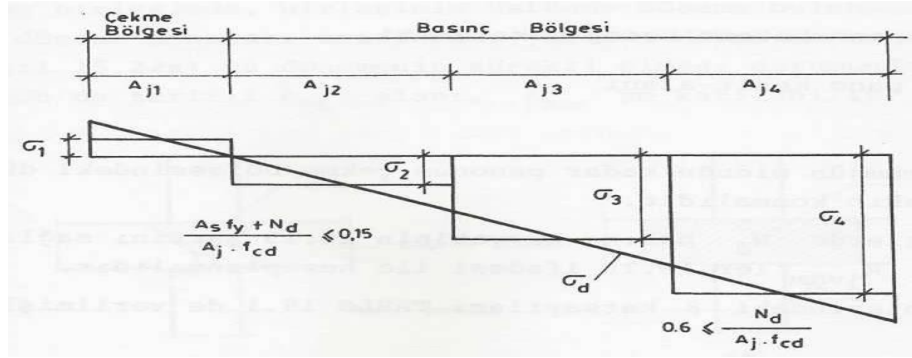
hesaplanan normal gerilme diyagramı, yeterli sayıda dikdörtgen bölümlere ayrılarak her bölüme düşen normal kuvvet hesaplanır, (Şekil 5.11).

$$N_m = t_w \cdot \sigma_m \cdot a_{jm} \quad (5.22)$$

Birleşimin kayma mukavemeti :

$$V_{res} = \sum_{m=0}^m V_{res,m} \quad (5.23)$$

Kayma güvenliğinin sağlanması için denklem (5.24) sağlanmalıdır. $\gamma_{er} = 4/3$ olmak üzere $V_{res} > \gamma_{er} \cdot V_d$ (5.24)



Şekil 5.11: Gerilme Dağılımı

Hem basınç hem de çekme etkisindeki yatay birleşimde çekme bölgesinde donatı alanı $A_{sç}$

$$a) A_{sç} = N_d / f_{yk} \quad (5.25)$$

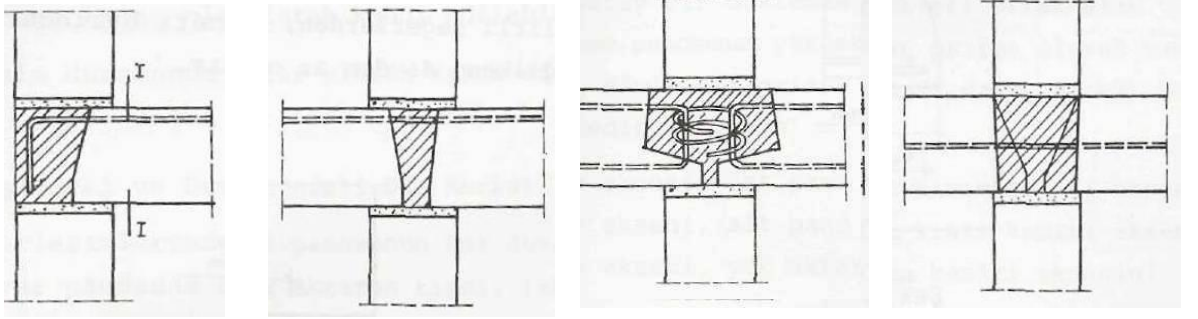
$$b) A_{sç} = 0.0005 l_w t_w \quad (5.26)$$

c) Taşıma gücü yönteminde bulunan çekme donatı alanlarının en büyüğü olmalıdır.

5.7 Panolar Arasındaki Basınç Birleşimleri

Taşıyıcı duvar panolarında; N düşey kuvvetleri alt katlara; döşeme ile üst duvar ve alt duvar panoları arasındaki yerinde dökme beton ve harç tarafından aktarılırlar. Pano basınç birleşimleri, birleşimdeki döşeme panosu mesnedinin dönmeye karşı göstermiş olduğu rijitliğe bağlı olarak, sürekli, kısmen sürekli ve serbest birleşim olarak sınıflandırılırlar.

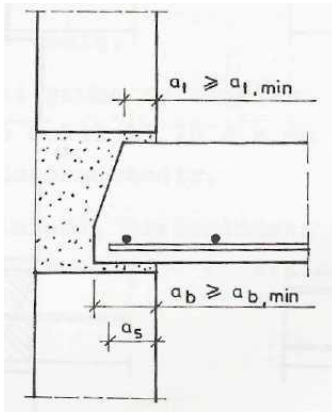
Şekil 5.12a ve b' de mesnet momenti için gerekli donatısı olan birleşimler sürekli birleşim; Şekil 5.12c' de ki gibi sınırlı mesnet momenti taşıyabilen birleşimler kısmen sürekli birleşim; Şekil 5.12d ise serbest birleşimdir.



Şekil 5.12: Sürekli, Sürekli,Kısmen Sürekli, Serbest Birleşim Kontrol Kesitleri

5.7.1 Pano Basınç Birleşimlerinde Sınırlamalar

Döşeme alt donatısının A_s aderans boyu, hasır donatı halinde kayma donatısı yoksa 4ϕ ' den az olmamalıdır. Döşeme panosunun duvar panosu üzerine oturması durumunda $a_b, \min$ 75 mm.' dir.



Duvar panosu mesnetinde, kesme kuvvet hesap değeri

$$V_{fd} \leq 0.25f_{ctd} \chi (1+0.50\rho) b.d \quad (5.27)$$

sağlanırsa mesnette kayma donatısına gerek yoktur.

Şekil 5.13: Kenetlenme Boyu İçin Kesit

Döşeme panosu üst kenarının duvar panosu altına girdiği durumlarda, birleşimin sürekli olmadığı durumlarda; duvar panolarında enine donatı yoksa $a_{t, \min}=40\text{mm}$, duvar panolarında enine donatı varsa $a_{t, \min}=30\text{mm}$. ' dir.

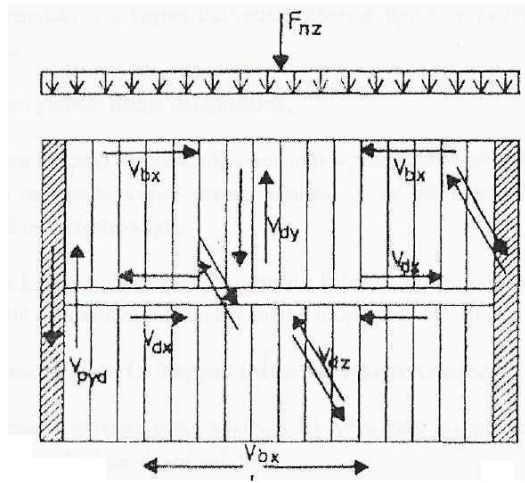
5.8 Taşıyıcı Duvarlarla Rijitlik Duvarları Arasındaki Düşey Birleşim

Duvarlar, kenarlarının duvar düzlemine dik yer değiştirmelere engel olmak için döşemelerle, ara taşıyıcı duvarlarla, rijitlik duvarlarıyla veya yeterli rijitliğe sahip benzer yapı elemanlarıyla iki, üç veya dört kenarından tutturulmalıdır. Taşıyıcı duvarlar, kendilerini rijitleştiren duvarlara, kuru veya ıslak bağlantılarıyla $h/3$ ve $2h/3$ olmak üzere iki noktada bağlanmalıdırlar. Her bir bağlantı denklem (5.28)' de verilen çekme kuvvetine göre hesaplanmalıdır.

$$T = N_r \cdot h / 3 \quad (5.28)$$

5.9 Döşeme Panolarının Ara ve Mesnet Birleşimleri

Döşemeler düşey yükleri taşımalarının yanı sıra yatay kuvvetlerin perde duvarlara veya çekirdek elemanlara aktarılmasının sağlanması için diyafram oluşturacak şekilde bağlanmalıdır. Döşeme elemanlarının üstüne hasır çelikli beton kaplama yapılarak döşemenin taşıma kapasitesi ve diyafram kabiliyeti artırılabilir. Döşemelerin diyafram davranışını sağlayabilmeleri için Şekil 5.14' de gösterilen yükleri güvenli bir şekilde taşımaları ve aktarmaları gerekmektedir.



Şekil 5.14: Döşeme Panolarının Aralarındaki Kuvvetler

5.9.1 Panolar Arasındaki Kuvvetler

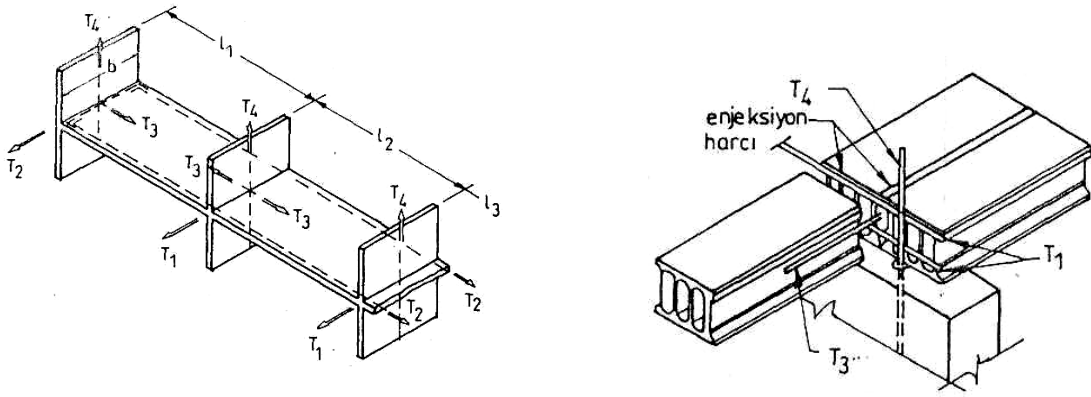
Panolar arasındaki düşey V_{dz} kuvveti, üç veya karşılıklı iki kenarından mesnetli birden fazla pano ile oluşturulan döşemelerde; aralıklardaki kesit boşlukları harçla doldurularak veya döşeme elemanlarından filiz olarak bırakılan donatıların kaynak veya fiyongla eklenmesiyle aktarılır.

5.9.2 Panolar Arasındaki Kayma Kuvveti V_{dy} 'ler

Panolar arasındaki V_{dy} kayma kuvvetleri, döşeme tipine ve kuvvetin büyüklüğüne bağlı olarak, panolar arası yerinde harçla doldurularak, panolar arası harçtaki kayma mukavemetinin taşıma göre 0.3 Mpa'ı geçtiği durumlarda pano aralarına dik konan kesme sürtünmesi donatısı ile veya ara harcın kayma mukavemetinin yetersiz kaldığı durumlarda boşluklu panoların veya nervürlü plakların üst yüzünde kenetler oluşturularak aktarılır.

5.10 Bağ Elemanları

Bağ elemanlarının donatıları , taşıyıcı duvar veya kirişlere dik bağ elemanları dışında birisi üstte ötekisi altta olmak üzere en az 2 Ø 10 mm.' lik donatı yerleştirilmeli ve şekilde gösterilen T kuvvetlerini taşımalıdır.



Şekil 5.15 : Taşıyıcı Duvar Panolu Binalarda Tavsiye Edilen Bağ Kuvvetleri

$$A_s = T / 0,7 * f_{yk} \text{ (donatı alanı)}$$

1) Ara taşıyıcı duvar ve kirişler üzerindeki bağ elemanlarında

$$T_1 = 22 * (l_1 + l_2) / 2 \text{ [kN]}$$

l_1 ; l_2 : duvar panosunun sol ve sağındaki hacimlerin duvara dik boyutu [m]

2) Dış duvar veya kiriş üzerindeki her bir bağ elemanında, $T_2 = 70 \text{ N}$

6. MONOLİTİK VE PREFABRİKE BETONARME PANOLU YAPILARIN DEPREME DAYANIKLI TASARIMI

6.1 Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı

Depreme dayanıklı, iyi tasarlanmış bir yapıda; yeterli ötelenme rijitliği, eleman dayanımı, süneklik ve enerji tüketme gücü özelliklerinin en iyi bir oranda karışımı sağlanmalıdır. Deprem bölgelerinde yapılacak betonarme yapıların tasarım depremi altında bile elastik kalacak biçimde tasarlamak ekonomik değildir. Şiddetli depremlerde yapının elastik sınırlar dışına çıkarak plastik deplasmanlar yapacağı, donatının yer yer akacağı ve hasar oluşacağı kabul edilir. A.B.Y.Y.H.Y’ nin temel felsefesi :

- a) Yapının ekonomik ömrü boyunca karşılaşılabileceği hafif ve orta şiddetli depremlerde mimari elemanlarında bazı çatlaklara müsaade edilirken; taşıyıcı sistemde hasar meydana gelmemelidir;
- b) Orta şiddetli bir depremde yapının taşıyıcı sisteminde hasara müsaade edilirken, hasarın onarım ve güçlendirme ile düzeltilebilecek seviyede olması gereklidir;
- c) Şiddetli bir depremde yapının toptan göçmesi önlenmelidir. Bu depremlerde yapı taşıyıcı sisteminin güçlendirilmesi ekonomik sınırları aşmaktadır.

Yapı elemanlarının dayanımlarını birbirlerine göre biraz farklı düzenleyerek kuvvetli depremlerde oluşabilecek göçme mekanizmasını kontrol etmek ve orta büyüklükteki bir depremde, deprem sonrası oluşabilecek hasarları sınırlı tutmak mümkündür. Sistemin ani göçmesini engellemek için kolonların güçlü ve kirişlerin bunlara göre daha zayıf düzenlenerek ilk plastik mafsalların kirişlerde oluşmasını sağlamak yönetmeliklerde önerilmektedir.

Depreme karşı güvenliğin sağlanmasında; iyi tasarlanmış bir sistem çözümlemeden ve uygulamadan daha önemlidir. Bu nedenle tasarımda aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

a) Geometri

Yapı ne kadar basit düzenlenirse depreme dayanıklılığı o oranda yüksek olur. Basit ve düzenli yapıların deprem esnasındaki davranışlarını tahmin etmek ve buna göre çözüm yapmak; karmaşık ve düzensiz yapılara nazaran daha kolay ve daha doğrudur.

b) Süreklilik

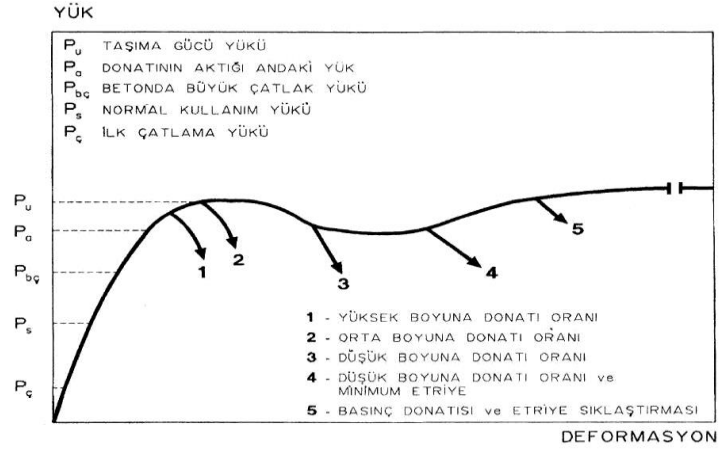
Taşıyıcı sistemde plan ve düşeyde bulunan elemanların düzgün ve sürekli olarak düzenlenmesi davranışı olumlu etkiler. Birleşim bölgelerine gerekli donatı konularak yerel hasarlar önlenabilir. Taşıyıcı sistemde sürekliliğin sağlanmasıyla elastik davranışın ötesinde taşıma kapasitesi artırılmış olur. Ayrıca bu sırada ortaya çıkan plastik mafsallarla dinamik enerjinin yutulan kısmı artmış olur. Birleşim bölgeleri yeterli olmayan prefabrike binalarda ise sistemdeki bağların sayısının az olması nedeniyle; elastik davranış sona erer ermez göçme yüküne erişilir.

c) Rijitlik ve Dayanım

Elemanların rijitlikleri ani değişiklikler göstermemelidir. Taşıyıcı sistem boyutları seçilirken; sisteme gelebilecek deprem etkilerini karşılayabilecek dayanımın sağlanmasına dikkat edilmelidir. Dayanımın sağlanabilmesi için kesite yeterli oranda donatı konulmalı; donatının aderansı sağlanmalı; gerekli kenetlenme boyuna sahip olacak şekilde başlangıç ve bitiş yerleri seçilmeli ve betonun yerleştirilmesini zorlaştıracak donatı detaylarından kaçınılmalıdır.

d) Göçme Modu

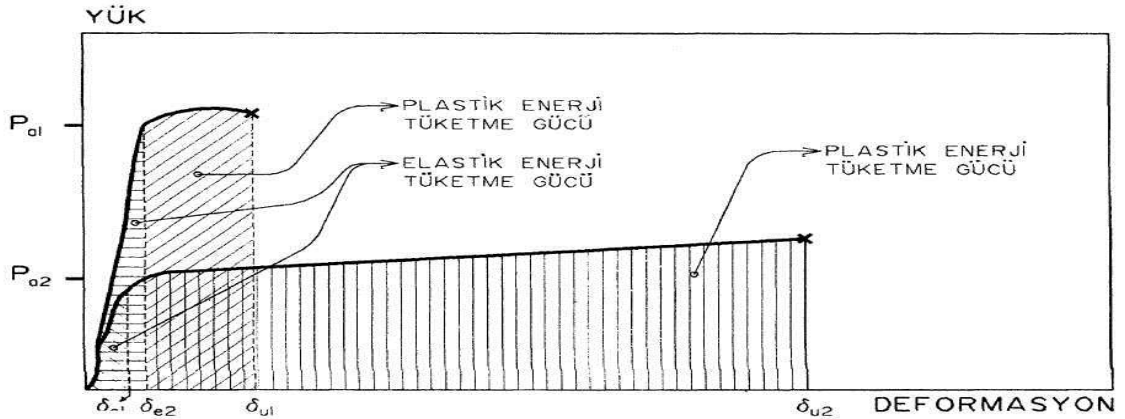
Kuvvetli bir deprem durumunda; sistemin elastik ötesi davranışı göz önüne alınarak göçme durumunun incelenmesi gerekir. Deprem esnasında düşey taşıyıcıların dayanımlarını kaybederek tüm sistemin göçmesi veya burkulma ile ani göçme olması istenmeyen bir durumdur. Taşıyıcı sistem birleşim bölgelerinde kolonlar yerine kirişlerde plastik mafsallara dönüşümüne izin verilmeli ve bu şekilde enerji emilimi sağlanmalıdır.



Şekil 6.1: Betonarme Elemanların Yük Deformasyon Özellikleri

Yapının ekonomik ömrü boyunca nadiren de karşılaşılabileceği şiddetli bir deprem etkisini; elastik davranışın üzerinde şekil değiştirerek karşılaması istenir. Yapı elastik sınırı geçip, sünerek kesit zorlarında önemli artmalar olmadan şekil değiştirebilmelidir.

Betonarme elemanların yük deformasyon özellikleri elemana konulan boyuna ve enine donatı; elemana gelen eksenel yük gibi değişkenlere bağlıdır, (Şekil 6.1). Yük deformasyon eğrisinin altındaki alan betonarme elemanın enerji tüketme gücünü gösterir. Bu alan plastik ve elastik enerji tüketme gücü olarak ikiye ayrılır. Betonarme elemanların elastik enerji tüketme gücü sınırlıdır; fakat yeterli ve bilinçli donatılendirme ile plastik enerji tüketme gücü artırılabilir. Süneklik bir malzemenin kopmadan önce yaptığı kalıcı deformasyon yapabilme özelliğidir. Süneklik oranı ise yapı yada yapı elemanlarının yapabileceği en büyük kalıcı ötelemenin, elastik limit ötelemesine oranıdır.



Şekil 6.2: Yapı Elemanlarının Enerji Tüketme Güçleri

Sünekliğı Etkileyen Faktörler :

- Çekme donatısı yüzdesi artarsa; süneklik azalır,
- Kapalı etriye ve sargı donatısı artarsa; süneklik artar,
- Aynı yükseklik için basınç donatısı artarsa; süneklik artar,
- Normal kuvvet oranı artarsa süneklik azalır.

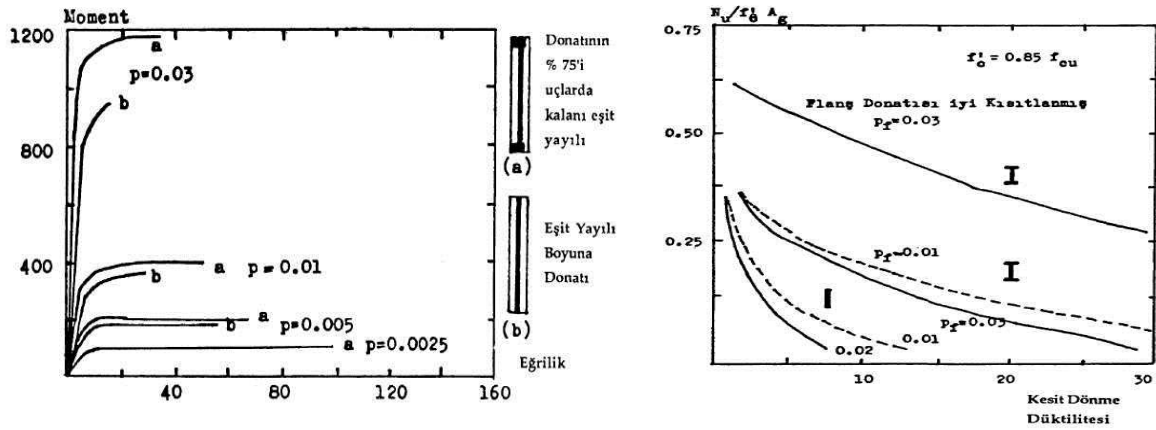
6.2 Deprem Etkisinde Monolitik ve Prefabrike Yapıların Davranışları

Yerinde dökme monolitik betonarme yapılarda depreme dayanıklı yapı tasarımı için gerekli hesap metotları deprem yönetmeliklerinde mevcuttur. Prefabrike pano ve diğer tip yapıların deprem davranışları monolitik yapılardan farklıdır. Yerinde dökme betonarme yapılarda deprem enerjisi, yapının monolitik ve rijit olan ek yerlerinin hasar görerek mafsallaşması ile tüketilmektedir. Prefabrike yapıların kolon-kiriş ve pano ile pano arasındaki birleşim yerlerinin moment ve kesme kuvvetlerini aktarma biçimleri değişiktir. Bu nedenle prefabrike yapılar yerinde dökme yapılar kadar rijit değildirler.

Yerinde dökme betonarme yapılarda sünek davranış betona tam bir aderans ile bağlı donatının kalıcı birim deformasyon bölgesine girmesi ile sağlanmaktadır. Prefabrike yapılarda ek yerlerinde donatıların sürekliliğı kaynak yada bulonlu birleşimlerle sağlanmaktadır. Kaynak gevrek kırılmaya uğramaktadır; bulonların kısa boylu oluşu kopmadan kalıcı uzamalarına olanak vermemektedir. Uzun bulonlar ise tersinir yükleme dolayısı ile basınç altında burkulabilirler.

Donatının kaynaksız yada bulonsuz olarak basit bir biçimde bindirilerek yapıldığı ıslak birleşimlerde ise betonun ezilmesi ile aderans yok olmakta ve donatının kuvvet aktarması gerçekleşmemektedir. Panolu yapılarda duvar panoları ile döşeme panolarının birleştiğı yerlerde kesme ve basınç gerilmeleri taşıma gücü, birleşen elemanlara göre daha zayıf olmaktadır.

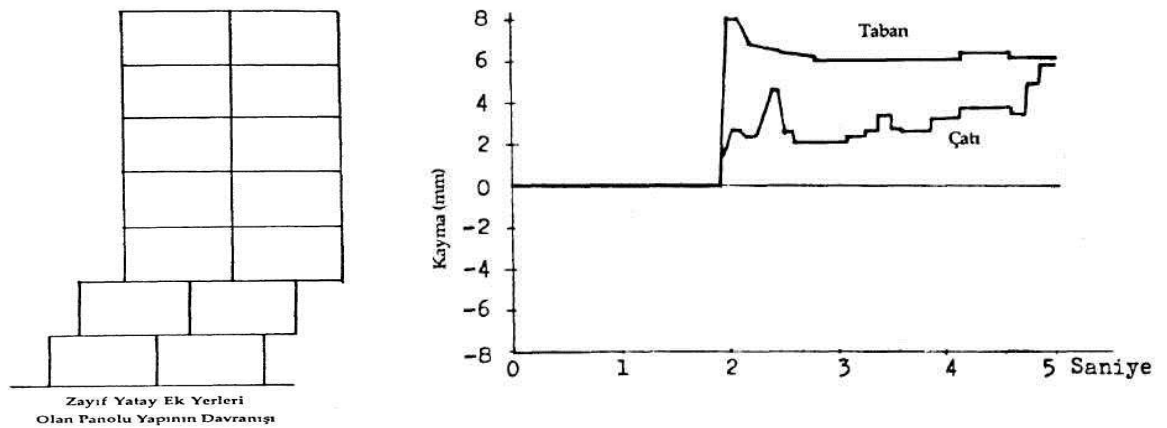
Yerinde dökme perde duvarlı yapılarda perdelerin uçlarının dişli olarak yapılması düktilite açısından çok önemlidir. Ancak bu tür I kesitli pano imali oldukça güçtür. Yapılan deneyler ve analitik değerlendirmeler prefabrike yapıların yatay ek yerlerinin **M-θ** ilişkisinin yerinde dökme betonarme yapıların ek yerlerine göre daha düşük düzeyde enerji tüketme gücünde olduğu görülmektedir, (Şekil 6.3).



Şekil 6.3: Perde Duvarlarda Yüksek Dayanım ve Düktilite Sağlamanın Yolları [6]

Deneyler ve analitik değerlendirmeler prefabrike panolu yapıların yatay ek yerlerinde yatay deprem yükleri altında kalıcı kaymaların olabileceğini ve bu tür kaymaların giderek yapının stabilitesini tehlikeye sokabileceğini göstermektedir.

Prefabrike yapıların ek yerleri; yerinde dökme yapıların ek yerlerine nazaran önceden çatlamış ek yeri olarak düşünülebilir. Monolitik yapılarda ek yerlerinde ki çatlama ile birlikte yapının sönümü artmaktadır. Sönüm artışı yapının deprem enerjisi tüketimini artırdığı için olumludur. Ancak önceden çatlamış prefabrike yapılar; monolitik yapıya göre daha uzun periyotludurlar ve yatay ötelemeleri daha fazladır. Sönümdeki artışla birlikte olan büyük miktarda yatay ötelemeler hem 2. mertebeden momentler oluşturlarlar hem de yapının stabilitesini bozarlar.



Şekil 6.4: Deprem Etkisi ile Zayıf Ek Yerlerinde Kayma

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

A.B.Y.Y.H.Y’ de taşıyıcı sistem davranış katsayısı R yerinde dökme betonarme binalar ve prefabrike binalar için farklı değerler olarak verilmiştir. Bu katsayı prefabrike binalar için daha küçük verilerek yapıya gelebilecek deprem yükü artırılmış olur, (Tablo 6.1)

Tablo 6.1: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
Yerinde Dökme Betonarme Yapılar		
Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4	7
Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6
Deprem yüklerinin, çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4	7
Prefabrike Betonarme Yapılar		
Deprem yüklerinin tamamının, bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çerçevelerle taşındığı binalar	3	6
Deprem yüklerinin tamamının; kolonları temelde ankastre, üstte mafsallı tek katlı çerçevelerle taşındığı binalar	—	5
Deprem yüklerinin tamamının prefabrike boşluklusuz perdelerle taşındığı binaları	—	6
Deprem yüklerinin, bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen prefabrike çerçevelerle yerinde dökme boşluksuz ve / veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	3	5

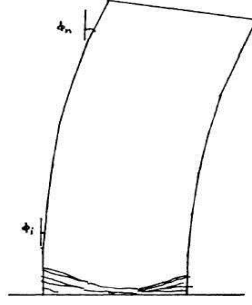
6.3 Prefabrike Panolu Yapıların Depreme Dayanıklı Tasarımı

Prefabrike panolu yapıların depreme dayanıklı tasarımında; uygulanan çeşitli metotlar vardır. Yapı yerinde dökme perde duvarlı yapı kadar monolitik, rijit, sünek yapılarak deprem güvenliği sağlanabilir. Prefabrike yapılar deprem esnasında hiç

hasar görmeden elastik bölge bölgede kalacak şekilde yatay yük taşıması sağlanabilir. Bunun yanında uygulanan diğer bir tasarım şekli de yapının yatay yüke karşı bir miktar kalıcı deformasyon yaparak enerji tüketmesidir.

6.3.1 Monolitik Tasarım

Prefabrike panolu yapıların yerinde dökme perde duvarlı yapılar kadar sünek olacak biçimde tasarlamak mümkündür. Bu tasarımda panoların hem düşey hem de yatay ek yerlerinin, perde duvarının tabanında plastik mafsallaşma oluşmasına yol açacak kesme kuvveti taşıma gücüne sahip olmaları sağlanmalıdır. Şekil 6.5’de konsol perdenin tabanındaki mafsallaşma ve üst katlara doğru artan yatay ötelemeler ve dönmeler görülmektedir.



Şekil 6.5: Konsol Perdede Mafsallaşma

Perdelerin zemin katında veya zeminden yukarı birkaç katında panoların uçlarına sınırlayıcı elemanlar konularak perde duvarın tabanında yeterli süneklik sağlanabilir. Monolitik tasarımda boyuna donatıların bindirme boyları donatıların taşıma gücüne burkulmadan ulaşabilmelerini sağlayacak biçimde olmalıdır, duvar panolarının temelden kaymasını engellemek için donatıların temelde ki ankrajı uygun biçimde yapılmalıdır, duvarın alt katlarında mafsallaşmanın olduğu yerlerde kesme donatıları betonun kesme kuvveti taşımaya katkısı olmayacak biçimde hesaplanmalıdır.

Prefabrike panolu yapıları monolitik biçimde tasarlamak için; yapının ilk birkaç katının yerinde dökme betonarme yapılabilir, bütün duvar panoları temele ankrajlı çubuklarla son gerilme ile birbirine bağlanabilir.

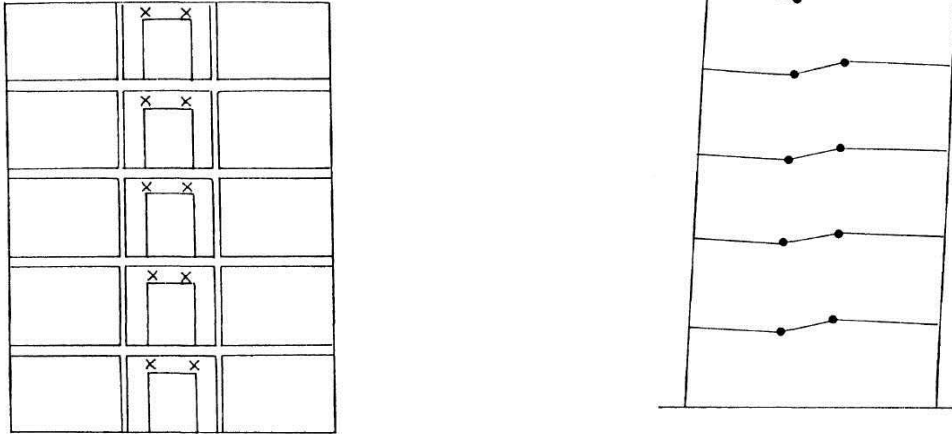
6.3.2 Yapının Depremde Elastik Kalmasını Sağlayan Tasarım

Bu tasarım şeklinde yapı ekonomik ömrü boyunca karşılaşılabileceği tüm deprem kuvvetlerini elastik deplasman yaparak; yani hiç hasar görmeden dayanabilecek

şekilde tasarlanmalıdır. Fakat bu tür rijit yapılar kesitlerin büyüklüğü nedeniyle ekonomik değildirler. Prefabrike panolu yapının en şiddetli depremde bile hasar görmesi istenmiyorsa, deprem yatay kuvveti gerçek bir depremde oluşan düzeyde olmalıdır ve yatay yük katsayısı geleneksel yapılara göre 2-3 kat daha fazla alınmalıdır. Yapıda ek yerlerinin kritik oluşu nedeniyle; ek yerlerinin elemanlara göre daha büyük alınmış yatay kuvvetlere dayanabilecek güçte olmaları sağlanmalıdır. Bunun için panoların yeterli boyutlarda olması ve yatay ek yerlerini kesen çok sayıda düşey donatı olması gerekmektedir.

6.3.3 Deprem Enerjisini Tüketebilen Panolu Yapı Tasarımı

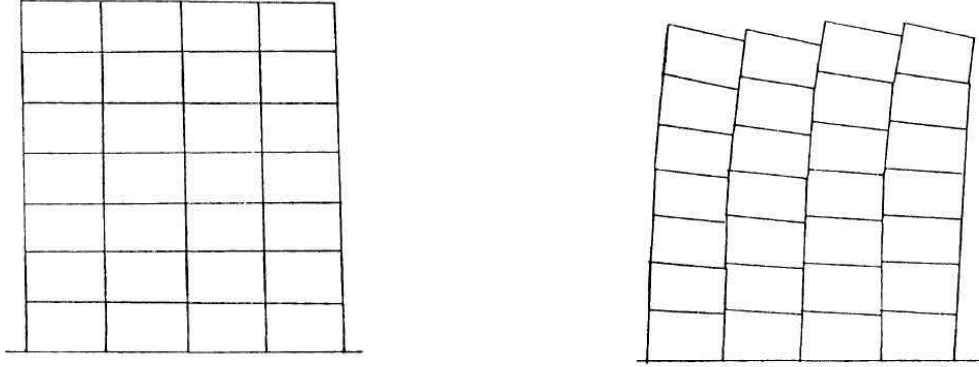
Prefabrike panolu yapının elastik olarak hiçbir hasar görmeden deprem kuvvetlerine dayanabilmesinin ekonomik olmayacağı göz önüne alınarak; deprem enerjisi tüketebilen panolu yapı tasarımına gidilmiştir. Burada panoların enerji tüketerek deprem kuvvetlerini karşılaması istenirken; yapının stabilitesini tehlikeye sokacak tasarımlardan kaçınılmalıdır. Yapı yüksekliği boyunca uzanan içlerinde pencere ve kapı boşlukları bulunan panoların enerji tüketimine katkıları büyüktür. Burada panoların boşluk üzerindeki lentoları bağ kirişi gibi çalışırlar. Lentolar düşey yük taşımazlar; deprem esnasında uçlarının mafsallaşmasıyla enerji tüketirler.



Şekil 6.6: Boşluklu Panolarda Lentoların Mafsallaşmasıyla Enerji Tüketimi

Ayrıca paneller arasındaki düşey ek yerlerinde ki kırılmalar nedeniyle de enerji tüketimi olur. Lentoların ve düşey ek yerlerinin kırılmasıyla yapının stabilitesinde herhangi bir değişiklik görülmez; çünkü lentolar ve düşey ek yerleri düşey yük taşımazlar.

Panel elemanlarda belirli yerlerde bilinçli olarak yapılacak yarıklarla da enerji tüketmek mümkündür. Rijitlikleri azalan panolarda iç deformasyonlar artacak ve ek yerlerine daha az zorlanma gelecektir. Yapıdaki belli bazı düşey ek yerleri zayıf fakat sünek yapılabilir. Bu tür panolarda iyi ankarajlanmış halkalı donatıların aralarına düşey donatı konularak yapılan ek yerleri, dişli yada dişsiz ve betonlanmış olmalıdır.



Şekil 6.7: Prefabrike Panolu Yapılarda Ek Yerlerinin Mafsallaşmasıyla Enerji Tüketimi

6.4 Yönetmeliklerdeki Deprem Hesapları

Bu bölümde ülkemizde kullanılan A.B.Y.Y.H.Y, AB ülkelerinde kullanılan EU8 ve ABD’ de kullanılan UBC yönetmelikleri ve prefabrike yapılar için uygulanan hesap modelleri hakkında bilgi verilmiştir.

6.4.1 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

Bu yönetmeliğin temel felsefesi taşıyıcı sistemi deprem sonrası ayakta kalacak şekilde, optimum kesitler seçerek boyutlamaktır. Deprem sonrası binalarda çatlaklar oluşabilir, deprem enerjisi oluşan plastik mafsallarla sönmümlenebilir, fakat bina yıkılmamalıdır.

Bu yönetmelikte binaların deprem hesabında kullanılacak yöntemler eşdeğer deprem yükü yöntemi, zaman tanım alanı yöntemi ve mod birleştirme yöntemidir. Pratikte en çok mod birleştirme yöntemi ve eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılır. Zaman tanım alanı yöntemi ise çok özel ve önemli yapılarda veya araştırma projelerinde kullanılır.

Mod birleştirme yönteminde birbirlerinden bağımsız şekilde, her bir titreşim modunda oluşan en büyük yük etkileri hesaplanır. Gerçekte en büyük yük etkilerinin tümü taşıyıcı sistemde aynı anda oluşamaz. Bu sebeple her bir mod için oluşan yük etkileri uygun bir hesap yöntemi ile birleştirilir. Zaman tanım alanı yönteminde yapının elastik olmayan etkileri de düşünülerek genel davranış incelenmeye çalışılır. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ise elastik davranışı yansıtır. Deprem binalarda elastik ötesi oluşumlara sebep olmaktadır. Bu sebeple hangi hesap metodu kullanılırsa kullanılsın kuvvetler dengesi her zaman sağlanmalıdır. Eşdeğer deprem yükü yöntemi kuvvetler dengesinin sağlanması şartıyla kullanılabilecek basit bir yöntemdir.

a) Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Hesabı yapılan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) V_t aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10A_0IW \quad (6.1)$$

Bu bağıntıda yer alan, W binanın toplam ağırlığını, $A(T_1)$ göz önüne alınan deprem doğrultusu için binanın birinci doğal titreşim T_1 'e karşı gelen spektral ivme katsayısını ve $R_a(T_1)$ göz önüne alınan deprem doğrultusu için binanın birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e karşı gelen deprem yükü azaltma katsayısını, I bina önem katsayısını, A_0 etkin yer ivmesi katsayısını göstermektedir.

Depremi oluşturduğu yer hareketleri sonucunda; yapının gösterdiği harekete bağlı olarak yapıda yer değiştirmeler, hızlar ve ivmeler oluşur. Binanın kat döşemeleri düzeyinde en büyük kütle yığılmaları olduğu düşünülürse, kat düzeylerinde oluşan ivmeler kat üzerindeki kütleye etki eder ve kat düzeyinde eylemsizlik kuvvetleri oluşur. Her katta oluşan eylemsizlik kuvvetleri binanın düşey taşıyıcılarında oluşan kesme kuvvetleri ile dengede tutulur. Eylemsizlik kuvvetlerinin oluşturduğu devrilme momenti de, her kat düzeyinde, düşey taşıyıcılarda oluşan momentler ve eksenel kuvvetlerin oluşturduğu kuvvet çifti tarafından dengelenir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad W_i = g_i + n \cdot q_i \quad n : \text{hareketli yük katılım katsayısı} \quad (6.2)$$

Tablo 6.2: Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1,2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan binalar	$H_N \leq 25$ m
1,2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B2 türü bina düzensizliği olmayan binalar	$H_N \leq 60$ m
3,4	Tüm binalar	$H_N \leq 75$ m

Tablo 6.3: Hareketli Yük Katılım Katsayısı

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antre	0.80
Okul, öğrenci yurdu, sinema, spor tesisi konser salonu, garaj, lokanta	0.60
Konut, işyeri, otel	0.30

Depremi etkidiği anda, binanın tüm katlarında hareketli yüklerin tamamının bulunma olasılığı çok düşüktür. Bu nedenle deprem anında hareketli yükün tüm katlarda ancak (0.3-0.8)'nin olduğu kabul edilir.

Tablo 6.4: Etkin Yer İvme Katsayısı

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Tablo 6.5: Bina Önem Katsayısı

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gereken binalar b) Toksik, patlayıcı vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu binalar	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri vb. b) Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen binalar	1.0

Etkin yer ivmesinin en büyük değeri 0.40g değerini almaktadır. 1 .derece deprem bölgelerindeki yapılar 0.40g gibi bir ivmeye göre tasarlanmaktadır. Bu ivmeye göre tasarlanan binaların taşıyıcı sisteminde hasar oluşabilir, ancak bu hasar göçmeye yol açmaz. Deprem yüklerinin belirlenmesi için hesaplanan spektral ivme katsayısı $A(T)$ denklem 6.3 ile hesaplanır.

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (6.3)$$

Spektrum katsayısı $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T' ye bağlı olarak hesaplanacaktır.

$$S(T) = 1 + 1.5T/T_A \quad 0 \leq T \leq T_A \quad (6.4)$$

$$S(T) = 2.5 \quad T_A \leq T \leq T_B \quad (6.5)$$

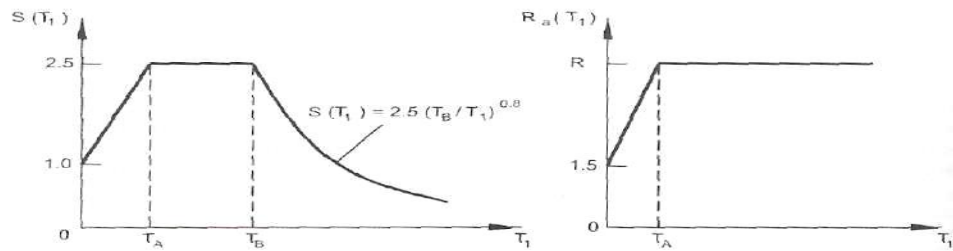
$$S(T) = 2.5 (T_B / T)^{0.8} \quad T > T_B \quad (6.6)$$

T_A ve T_B zemin spektrum karakteristik periyotları yerel zemin sınıflarına bağlı olarak Tablo 6.6' da verilmiştir.

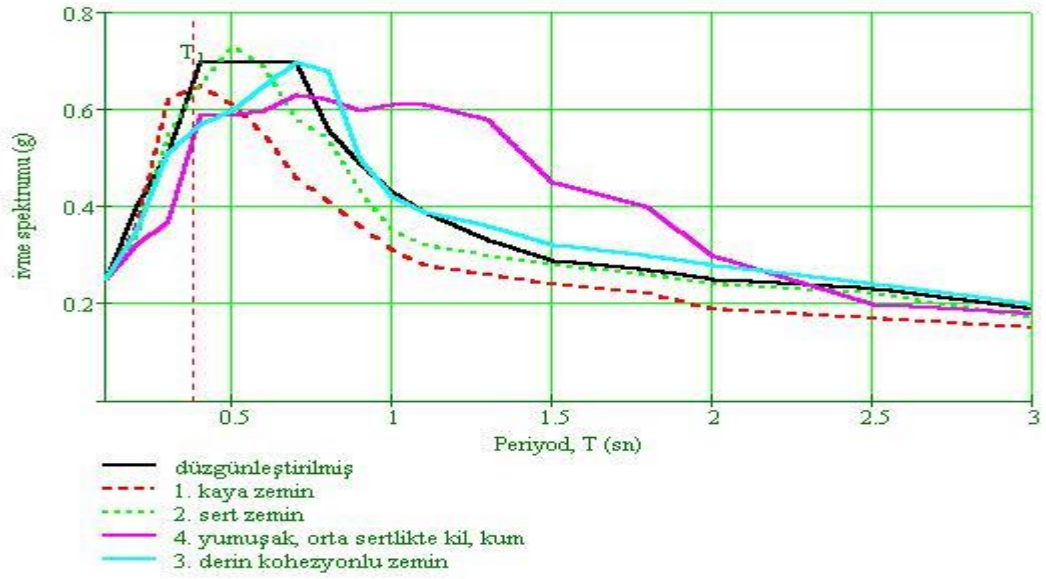
Tablo 6.6: Spektrum Karakteristik Periyotları

	T_A (sn)	T_B (sn)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Spektrum katsayısı yumuşak zeminlerde daha geniş periyot aralığında en büyük değerini alırken, sert zeminlerde bu aralığın daha dar olduğu görülmektedir. Bu durum zemin büyütmesinin yumuşak zeminlerde daha geniş bölgede etkili olduğunu göstermektedir. Şekil 6.8'de görüldüğü gibi spektrum katsayısı başlangıçta yükselerek en büyük değerini almakta daha sonra ise yapı periyodunun büyümesiyle katsayı küçülmektedir.

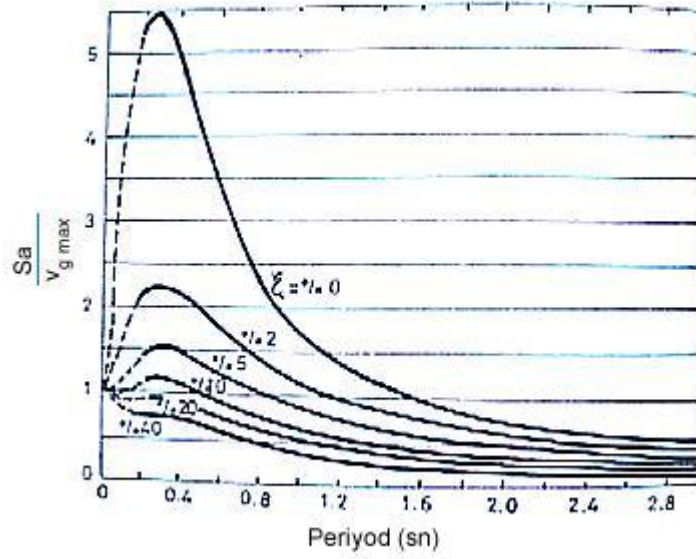


Şekil 6.8: Spektrum Katsayısı S ve Deprem Yükü Azaltma Katsayısı R_a



Şekil 6.9: Farklı Zeminler İçin İvme Spektrumları

Yukarıdaki grafik aynı depremin farklı zeminlerdeki ivme spektrumlarını gösteriyor. 4 ile gösterilen, yumuşak, kumlu zemin grafiğidir. Burada en önemli dikkat edilmesi gereken, bu tür zeminlerde depremin etkili periyot aralığının diğer zemin cinslerine göre çok daha geniş olmasıdır. Yumuşak zeminde depremin kuvvetli olduğu aralık 0.4 - 1.3 sn periyotları arasında iken, kaya zeminde bu aralık 0.25 - 0.5 saniyeleri arasında görülüyor. Bu tip yumuşak zemin üzerindeki bir binanın, depremin dinamik modlara girme ihtimali, kaya zemine göre çok daha fazladır. Sağlam zeminlerin (1.) maksimum ivme değerleri zayıf zemine göre bir miktar daha fazladır, fakat sağlam zeminlerde maksimum ivmelerin görüldüğü periyot aralığı kısadır. 0.1 saniye ile 0.4 saniye aralığında maksimum ivme oluşur ve 0.5 saniyeden sonra hızla düşerek etkisini kaybeder. Eğer binanın periyodu 1 sn. civarında ise, sağlam zeminde deprem ivmesi yarı yarıya daha az hissedilir. Bu da binanızın depremde büyük bir hasar almadan kurtulmasını sağlayabilir. Zayıf zeminlerde maksimum ivme değerleri sağlam zemine göre daha az olmasına karşın maksimum ivmelerin görüldüğü periyot aralığı çok daha uzundur. 0.3 saniye ile 1.3 saniye aralığında maksimum ivmeler oluşur. Bu nedenle zayıf zeminde sadece alçak katlı binalara izin verilmelidir. Kat yüksekliğini azalttığınızda T_1 periyodunun düşük bir değerde kaldığını ve zayıf zemin ivme eğrisi üzerinde de, ivmenin düşük olduğu bölgede kaldığını görülmektedir.



Şekil 6.10: Farklı Sönümler İçin Spektrum Eğrileri

Grafikte farklı sönümlerde yapılar için alınmış ortalama spektrum eğrileri verilmekte. Sönümü sıfır olan yani sönümsüz yapılarda deprem etkisi çok daha yüksek değerlerde hissedilirken, sönüm oranı arttıkça deprem etkisi de belirgin bir şekilde azalır. Yani depreme dayanıklı yapı istiyorsak çözümlerden biri sönüm oranı yüksek bir yapı tasarımı gerçekleştirmek olmalıdır.

Taşıyıcı sistemin, elastik davranış esas alınarak hesaplanan elastik deprem yükleri ile boyutlandırılması ile ekonomik olmayan kesitler ortaya çıkabilir. Yapının ekonomik ömrü boyunca meydana gelme olasılığı düşük bir deprem yükünü, sürekli taşınan yükler gibi göz önüne alarak boyutlandırma yapmak ekonomik değildir. Deprem yönetmeliklerinde meydana gelme olasılığı düşük olan deprem etkisinin elastik ötesi kapasitenin de dikkate alınarak taşınması istenir. Ancak bu çözümün zorluğu nedeniyle deprem yükü belirli bir katsayı ile bölünerek hesaplanır ve taşıyıcı sistemin doğrusal elastik çözümü kullanılır. R_a deprem yükü azaltma katsayısı denklem (6.7)' den hesaplanabilir, [19].

$$R_a(T_1)=1.5+(R-1.5)*(T_1 / T_A) \quad (0 \leq T \leq T_A); \quad R_a(T_1)=R \quad (T_A \leq T) \quad (6.7)$$

Bu katsayı taşıyıcı sistem tipine göre farklı değerler almaktadır. Çerçeve taşıyıcılı sistemler, perdeli sistemlere göre ; boşluklu perdeler boşluksuz perdelerle göre daha sünek oldukları için deprem yükü azaltma katsayısı daha büyüktür. Monolitik yapıların hiperstatiklik derecesi prefabrike yapılara göre daha yüksek olduğu için

elastik ötesi davranış nedeniyle ortaya çıkacak kapasite artışı daha fazla olacaktır. Bu yüzden taşıyıcı sistem davranış katsayısı daha büyüktür.

b) Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükünün Hesaplanması

Denklem 6.1 ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına bina yüksekliğince kat düzeylerine etkiyen bireysel yükler olarak dağıtılır. Binaya etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı denklem (6.8) ile ifade edilir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (6.8)$$

Yapıda sonsuz rijit diyafram görevi yapan kat döşeme sistemi tüm düşey taşıyıcıları birbirine bağlar. Böylece bireysel veya yayılı deprem yükü altında tüm kat rijit kütle hareketi yaparak ötelenir. Deprem yükü altında eşit ötelenme yapan düşey taşıyıcılar, ötelenme rijitlikleriyle orantılı olarak toplam deprem yükünden pay alırlar.

$H_N > 25$ m. için binanın N. katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü birinci doğal titreşim periyodu T_1 ’ e bağlı olarak denklem (6.9) ile ifade edilir.

$$\Delta F_N = 0.07 T_1 V_t \leq 0.2 V_t \quad (6.9)$$

$H_N \leq 25$ m için $\Delta F_N = 0$ alınmalıdır.

Toplam eşdeğer deprem yükü V_t yapı yüksekliği boyunca ters üçgen şeklinde dağıtılır. Ancak yüksek modların azda olsa katkılarının olduğu unutulmamalıdır. Bu yüzden daha gerçekçi hesap yapabilmek için binanın en üst kat düzeyine ΔF_N bireysel yükü uygulanır.

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N’inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına denklem (6.10) ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) * (w_i H_i) / \left(\sum_{j=1}^N W_j H_j \right) \quad (6.10)$$

c) Bina Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Bulunması

Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulandığı binaların birinci doğal titreşim periyodu 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde $H_N \leq 25$ m. koşulunu sağlayan, 3. ve 4. derece deprem bölgelerinde ise bu yöntemin uygulandığı binalarda denklem (6.11) ile yaklaşık olarak hesaplanır.

$$T_1 = C_t * H_N^{3/4} \quad (6.11)$$

C_t değeri taşıyıcı sistem tipine bağlı olarak hesaplanmalıdır. Eğer deprem yüklerinin tamamı perdelerle taşıyorsa C_t denklem (6.12) ile hesaplanır.

$$C_t = 0.075 / A_t^{1/2} \leq 0.05 \quad (6.12)$$

A_t eşdeğer alanı denklem (6.13)' de verilmiştir. Bu bağıntıda (l_{wj} / H_N) oranının en büyük değeri 0.9 olarak hesaplarda kullanılır.

$$A_t = \sum A_{wj} [0.2 + (l_{wj} / H_N)^2] \quad (6.13)$$

Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden veya dış merkez çaprazlı çelik perdelerden oluşan binalarda $C_t = 0.07$, taşıyıcı sistemi sadece çelik çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0.08$, diğer tüm binalarda ise $C_t = 0.05$ alınacaktır.

d) Prefabrike Binalar İçin Özel Kurallar

Fabrika ortamında üretilen taşıyıcı sistem elemanlarının şantiyede birleştirilmesi ile oluşturulan prefabrike binalarda, ABYYHY' de verilen diğer koşulların yanında aşağıdaki özel koşullara da uyulacaktır.

1) Mafsallı Çerçeveler

Endüstri yapısı türü tek katlı binalar dışında, bağlantıları mafsallı olan prefabrike çerçeve türü taşıyıcı sistemlere, her iki doğrultuda yatay deprem yüklerinin tamamını taşıyabilen yerinde dökme betonarme perdeler yapılması koşulu ile izin verilir. Kaynaklı olan mafsallı bağlantılar, depremden oluşan bağlantı kuvvetlerinin en az 1.5 katını, diğer mafsallı bağlantılar ise en az 1.2 katını taşıyabilecek yeterli dayanıma sahip olacaklardır.

2) Moment Aktarabilen Çerçeveler

Prefabrike bina çerçevelerinde moment aktarabilen tüm bağlantıların deprem etkisi ile oluşan tersinir ve yinelenir yükler altında monolitik davranışa eşdeğer dayanım ve sünekliğe sahip oldukları, literatürden kaynak verilerek analitik yöntemlerle veya deneylerle kanıtlanmış olacaktır. Bağlantılar, bağlanan elemanların taşıma güçleri düzeyinde oluşacak momentleri, kesme kuvvetlerini ve eksenel kuvvetleri, dayanım ve süneklikte herhangi bir azalma olmaksızın aktarabilecek dayanıma sahip olacaktır. Bağlantılar, bağlanan elemanlardan plastik mafsallı oluşma olasılığı yüksek olan yerlerden olabildiğince uzakta düzenlenmelidir.

3) Öngerilme Koşulları

Döşeme elemanları ve tek katlı binaların kolonlarına mafsallı olarak bağlanan giriş türü elemanlar dışında, deprem bölgelerinde kullanılacak prefabrike yapı elemanlarında tam öngerilme uygulanmasına izin verilmez. Elemanlarda yeterli sünekliği sağlayabilecek düzeyde öngerilmesiz donatı kullanılması zorunludur.

6.4.2 Eurocode 8’ de Deprem Hesapları

Eurocode-8’ in temel felsefesi deprem bölgelerinde yapılacak yapıların, deprem sonrasında hasar miktarlarını en aza indirmek ve can kaybına yol açmayacak şekilde bina tasarlanmasını sağlamaktır.

a) Statik Kuvvet Yöntemi

Göz önüne alınan deprem doğrultusu için taban kesme kuvveti F_b denklem 6.14 ile hesaplanır.

$$F_b = S_d * W \quad (6.14)$$

Burada T binanın doğal titreşim periyodu, W yapının toplam ağırlığıdır. W hesaplanırken kar yükünün % 20’si ölü yük olarak hesaplara eklenmelidir. Denklem 6.14’ de S_d dizayn spektrumudur.

$$S_d = \alpha S \left[1 + \frac{T}{T_B} (\beta_0 - 1) \right] \quad 0 \leq T \leq T_B \quad (6.15)$$

$$S_d = \alpha S \beta_0 / q \quad T_B \leq T \leq T_C \quad (6.16)$$

$$S_d = \alpha S \frac{\beta_0}{q} \left[\frac{T_C}{T} \right]^{kd1} \quad T_C \leq T \leq T_D \quad (6.17)$$

$$S_d = \alpha S \frac{\beta_0}{q} \left[\frac{T_C}{T_D} \right]^{kd1} \left[\frac{T_D}{T} \right]^{kd2} \quad T_D \leq T \quad (6.18)$$

$$\alpha = a_g / g \quad (6.19)$$

Bu denklemlerde S zemin parametresi, α dizayn yer ivmesinin yerçekimi ivmesine oranı, β_0 spektral ivme amplifikasyon faktörü, T_B , T_C , T_D zemin sınıfları için

karakteristik zemin periyotları, q ise davranış faktörüdür. Formül 6.18 ve 6.19’da dizayn periyodu $S_d > 0.2\alpha$ olmalıdır.

Tablo 6.7: Elastik Davranış Spektrum Parametre Değerleri

Zemin	S	β_0	kd1	kd2	$T(B)_s$	$T(C)_s$	$T(D)_s$
A	1.0	2.5	2/3	5/3	0.10	0.40	3.0
B	1.0	2.5	2/3	5/3	0.15	0.60	3.0
C	0.9	2.5	2/3	5/3	0.20	0.80	3.0

Tablo 6.8: Davranış Faktörü q_0

Yapı Tipi		q
Çerçeve Sistem		5.0
Dual Sistem	Düzenli Çerçeve	5.0
	Bağlanmış Duvarlar ile	5.0
	Bağlanmamış Duvarlar ile	4.5
Duvar Sistem	Bağlanmış Duvarlar ile	5.0
	Bağlanmamış Duvarlar ile	4.0
Hücre Sistem		3.5
Ters Pendulum Sistem		2.0

b) Deprem Kuvvetlerinin Bina Yüksekliğince Dağılımı

Yatay sismik kuvvet F_i katlara yükseklik ve kütleleriyle orantılı biçimde dağıtılır.

$$F_i = F_b [(z_i W_i) / (\sum (z_j W_j))] \quad (6.20)$$

Burada $F_i = i$. kata etkiyen yatay kuvvet; z_i, z_j ise kat kuvvetleri W_i ve W_j ’nin temelden yüksekliğidir.

c) Binanın Temel Periyodunun Bulunması

Eurocode 8’de temel titreşim periyodunu bulurken başlangıçta yaklaşık formül kullanılır. Yüksekliği 80m’ ye kadar olan yapılarda T' nin değeri denklem (6.21) ile hesaplanır.

$$T = C_t * h_N^{3/4} \quad (6.21)$$

Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden veya dışmerkez çaprazlı çelik perdelerden oluşan binalarda $C_t=0.075$, taşıyıcı sistemi sadece çelik çerçevelerden oluşan binalarda $C_t=0.08$, diğer tüm binalarda ise $C_t=0.05$ ’dir. Yapı yüksekliği $h_N=80$ m. ’nin üzerinde olan yapılarda T değeri denklem (6.22) ile hesaplanır.

$$T = 2d^{1/2} \quad (6.22)$$

d : yapının en üst noktasının metre cinsinden yatay yer değıştirmesi

d) Kat Deplasmanlarının Sınırlandırılması

Eurocode-8’de deplasmanlar kullanılabilirlik sınır durum için iki şekilde tanımlanmıştır. Taşıyıcı olmayan elemanların gevrek olması durumunda denklem (6.23) kullanılır. Denklem (6.24)’de ise yapısal olmayan elemanların taşıyıcı elemanlara sabitlenmesi durumu dikkate alınmıştır.

$$d_r / v = 0,004 h \quad (6.23)$$

$$d_r / v = 0,006 h \quad (6.24)$$

v ; azaltma faktörü (tablo 6.10), d_r ise katlar arasındaki kat ötelemeleri farkını (görelî kat ötelemesi) ifade eder.

$$d_r = d_s - d_{s-1} \quad (6.25)$$

$$d_s = k_d * q_o * d_e * \gamma_I \quad (6.26)$$

Denklerdeki k_d düktilite sınıfı katsayısı (Tablo 6.9), q_o davranış faktörü (Tablo6.8), γ_I önem katsayısı (Tablo 6.11), d_e ise elastik analiz yöntemine göre yapısal sistemdeki noktaların deplasmanıdır.

Tablo 6.9: Düktilite Sınıfı Faktörü

Düktilite Sınıfı	Yüksek	Orta	Düşük
$k(d)$	1.00	0.75	0.50

Tablo 6.10: Azaltma Faktörü

Önem Kategorisi	I	II	III	IV
Azaltma Faktörü, v	2.5	2.5	2.0	2.0

Tablo 6.11: Önem Katsayısı, γ_I

Önem Kategorisi	Yapılar	Önem Faktörü
I	Halkın korunması için önemli yapılar (hastaneler, itfayeler, enerji santralleri)	1.4
II	Okullar, enstitüler, toplantı salonları	1.2
III	Sıradan yapılar	1.0
IV	Düşük öneme sahip yapılar (tarımsal yapılar)	0.8

e) Prefabrike Yapılar İçin Özel Kurallar

Prefabrike yapılar için davranış faktörü (6.27) formülü ile hesaplanır.

$$q_p = k_p * k_d * q_0 \quad (6.27)$$

Enerji dağıtabilen veya güçlü birleşimlerle oluşturulan sistemler için $k_p=0.75$; birleşim bölgelerinin kritik bölgeden uzak yerleştirildiği prefabrike sistemler için $k_p=1.00$ değerini almaktadır.

Kritik bölgeden uzak oluşturulmuş birleşimler kritik bölgeden birleşecek elemanların kalınlığından daha büyük mesafede teşkil edilmelidirler. Güçlü birleşimler eğer uygun şekilde teşkil edilirlse kritik bölgede oluşturulabilirler, böylece birleşim bölgesi dışında elastik olmayan davranış, sağlanmış olur. Kritik bölgede sismik durumlar altındaki prefabrike elemanlar arasındaki birleşimlerin dayanımı denklem (6.28) ile hesaplanır.

$$R_{pd} = R_d / (\gamma_{Rd} \gamma_{cycl}) \quad (6.28)$$

R_d : monolitik yükleme altında dizayn dayanımı

γ_{Rd} : ilave model kesin olmayış faktörü

γ_{cycl} : azaltma faktörü

$$\gamma_{cycl} = 1 + 0.15 q_p \geq 1.20 \quad (6.29)$$

Kritik bölge dışında oluşturulan birleşimlerinin tasarım dayanımlarının azaltılmasına gerek yoktur. Kayma dayanımı ve yüksek, orta, düşük düktilite seviyeleri için γ_{Rd} sırasıyla, 1.35, 1.25, 1.15 değerlerini alır. Eksenel dayanım ve yüksek, orta, düşük düktilite seviyeleri için γ_{Rd} sırasıyla, 1.2, 1.1, 1.0 değerlerini alır. Eksenel dayanım ve düşey birleşimlerin kayma dayanımı için γ_{cycl} , 1.15 ve yatay birleşimlerin kayma dayanımı için γ_{cycl} , 1.20 değerini alır.

İç ve dış duvar panellerinin birleşimlerine etkiyen kuvvet denklem (6.30) ile hesaplanır.

$$F_w = \{ [3 \alpha \gamma_1 (1+Z/H)] / [q_a [1+(1-T_w/T)]] \} * W_w \quad (6.30)$$

6.4.3 UBC 97’de Deprem Hesapları

a) Statik Kuvvet Yöntemi

Bu yöntemde toplam taban kesme kuvveti V denklem (6.31)’ e göre hesaplanır.

$$V=W C_v I / R T \quad (6.31)$$

$$V < 2.5 W C_a I / R \quad (6.32)$$

$$V > 0.11 W C_a I \quad (6.33)$$

Yukarıdaki denklemlerde W yapının toplam ağırlığını C_a ve C_v etkin yer ivme katsayısına bağlı sismik katsayıları, R yapı davranış faktörünü, T yapı periyodunu, I bina önem katsayısını, ifade etmektedir. Bu değerler 4.deprem bölgesi için $0.8 W Z N_v I / R$ değerinden küçük olmamalıdır. Burada Z etkin yer ivme katsayısı, N_a , N_v depremin merkez üssüne uzaklığa bağlı etkileşim katsayılarıdır.

b) Taban Kesme Kuvvetinin Bina Yüksekliğince Dağılımı

Toplam taban kesme kuvvetinin bina yüksekliğince dağılımı denklem (6.34) ile hesaplanır.

$$V = F_t + \sum F_i ; \quad F_t = 0.07 T V \leq 0.25 V \quad (6.34)$$

F_t binanın en üst kat yüzeyine etkiyen bireysel yüküdür. $T \leq 0,7$ sn. ise F_t sıfır alınabilir. Taban kesme kuvveti katlara aşağıdaki formülle dağıtılır.

$$F_x = (V - F_t) * W_x h_x / \sum W_i h_i \quad (6.35)$$

Burada W_i , W_x kat kütleleri, h_i , h_x kat kütlelerinin temelden yüksekliğidir.

c) Yapı Periyodunun Belirlenmesi

Yapı periyodu denklem (6.36) formülü ile hesaplanır.

$$T = C_t * h_N^{3/4} \quad (6.36)$$

C_t değeri binanın taşıyıcı sistem tipine göre farklı değerler almaktadır. Taşıyıcı sistemi sadece çelik çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0.08$, taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden ve dış merkez çarpazlı çelik perdelerden oluşan binalarda $C_t = 0.07$, diğer tüm binalarda ise $C_t = 0.05$ olarak alınır.

Tablo 6.12: Sismik Bölge Faktörü

Bölge	1	2A	2B	3	4
Z	0,075	0,15	0,20	0,30	0,40

Tablo 6.13: Sismik Katsayı, C_v

Zemin Profili Tipi	Sismik Bölge Faktörü , Z				
	Z = 0.075	Z = 0.15	Z = 0.20	Z = 0.30	Z = 0.40
S(A)	0.06	0.12	0.16	0.24	0.32 N_v
S(B)	0.08	0.15	0.20	0.30	0.40 N_v
S(C)	0.13	0.25	0.32	0.45	0.56 N_v
S(D)	0.18	0.32	0.40	0.54	0.64 N_v
S(E)	0.26	0.50	0.64	0.84	0.96 N_v

Tablo 6.14: Yakın Kuvvet Faktörü, N_v

Sismik Kaynak	Sismik Kaynağa Yaklaşık Mesafe			
Tipi	≤ 2 km	5 km	10 km	≥ 15 km
A	2.0	1.6	1.2	1.0
B	1.6	1.2	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

Tablo 6.15: Yakın Kuvvet Faktörü, N_a

Sismik Kaynak	Sismik Kaynağa Mesafe		
Tipi	≤ 2 km	5 km	≥ 10 km
A	1.5	1.2	1.0
B	1.3	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

Tablo 6.16: Sismik Katsayı, C_a

Zemin Profili Tipi	Sismik Bölge Faktörü , Z				
	Z = 0.075	Z = 0.15	Z = 0.20	Z = 0.30	Z = 0.40
S(A)	0.06	0.12	0.16	0.24	0.32 N_a
S(B)	0.08	0.15	0.20	0.30	0.40 N_a
S(C)	0.09	0.18	0.24	0.33	0.40 N_a
S(D)	0.12	0.22	0.28	0.36	0.44 N_a
S(E)	0.19	0.30	0.34	0.36	0.36 N_a

Tablo 6.17: Zemin Profili Özellikleri

Zemin Profili Tipi	Zemin Profili Adı	Ortalama Üstteki 30m' lik Zemin Profili		
		Kayma Dalga Hızı (m/s)	Standart Penet.Test,N	Kayma Dayanımı (kPa)
S(A)	Sert Kaya	>1500	-	-
S(B)	Kaya	760-1500	-	-
S(C)	Çok Sıkı Kum	360-760	>50	100
S(D)	Sert Zemin Pro.	180-360	15-50	50-100
S(E)	Yumuşak Ze.Pro.	<180	<15	<50

c) Yerdeğiştirmelerin Sınırlandırılması

Temel periyodu 0.7' den küçük olan binalarda kat yer değiştirmesi kat yüksekliğinin 0.025 katını aşmamalıdır. Temel periyodu 0.7sn. veya daha büyük olan binalarda, hesaplanan kat yer değiştirmesi kat yüksekliğinin 0.020 katını aşmamalıdır.

$$\Delta_m = 0.7 R \Delta_s \quad (6.37)$$

Δ_m : maximum inelastik davranış deplasmanı

Δ_s : dizayn davranış deplasmanı

d) Prefabrike Yapılar İçin Özel Koşullar

Prefabrike panel birleşimlerine ve mekanik malzemelere gelen dizayn yatay sismik kuvveti denklem (6.38)' den hesaplanır.

$$F_P = 4 * C_a * I_P * W_P = (a_p C_a I_P / R_P) * (1+3 h_x / h_r) * W_P \quad (6.38)$$

$$0.7 C_a I_P W_P \leq F_P \leq 4 C_a I_P W_P$$

Bu denklemdeki h_r yapının çatı yüksekliğini, h_x ise elemanın yüksekliğini göstermektedir.Yapı davranış faktörü R, konsol prefabrike kolonların yatay dayanımları için 2.2 alınmalıdır.

6.5 Sayısal Uygulama ile Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması

Aşağıda A.B.Y.Y.H.Y, UBC ve Eurocode8 sayısal bir örnekle incelenmiştir. Prefabrike betonarme panolu bir yapının kat adetleri 2' den 10'a kadar artırılarak farklı zemin cinsleri için hesaplar yapılmış ve taban kesme kuvvetleri tablolar ve grafikler halinde sunulmuştur.

Tablo 6.18: A.B.Y.Y.H.Y' de Farklı Zemin Türleri ve Kat Yükseklikleri İçin Taban Kesme Kuvveti

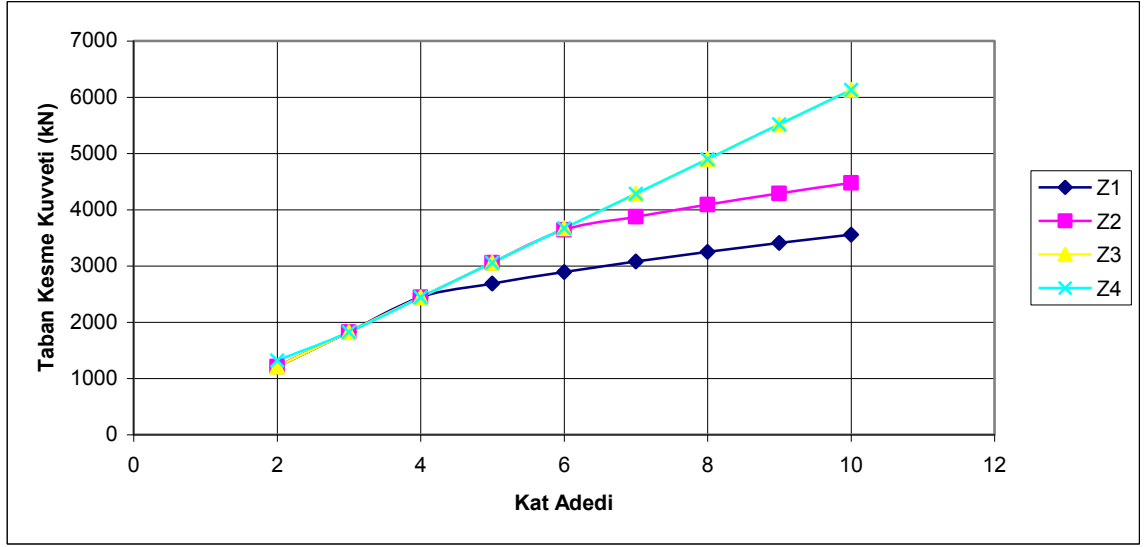
ZeminCinsi	Z1	Z2	Z3	Z4
$T_A(\text{sn})$	0.10	0.15	0.15	0.20
$T_B(\text{sn})$	0.30	0.40	0.60	0.90
A_0	0.40	0.40	0.40	0.40
I	1.00	1.00	1.00	1.00
R	5.00	5.00	5.00	5.00

Kat Adeti	W(kN)	H _n (m)	T	R _a	S(T)	A(T)	V _t (kN)	0.1*A ₀ *I*W
2	6053.33	5.4	0.177	5.0	2.50	1.00	1210.67	242.13
3	9128.09	8.1	0.240	5.0	2.50	1.00	1825.62	365.12
4	12202.85	10.8	0.298	5.0	2.50	1.00	2440.57	488.11
5	15277.61	13.5	0.352	5.0	2.20	0.88	2687.86	611.10
6	18352.37	16.2	0.404	5.0	1.97	0.79	2894.24	734.09
7	21427.13	18.9	0.453	5.0	1.80	0.72	3080.62	857.09
8	24501.89	21.6	0.501	5.0	1.66	0.66	3251.46	980.08
9	27576.65	24.3	0.547	5.0	1.55	0.62	3409.80	1103.07
10	30651.41	27	0.592	5.0	1.45	0.58	3557.81	1226.06

Kat Adeti	W(kN)	H _n (m)	T	R _a	S(T)	A(T)	V _t (kN)	0.1*A ₀ *I*W
2	6053.33	5.4	0.177	5.0	2.50	1.00	1210.67	242.13
3	9128.09	8.1	0.240	5.0	2.50	1.00	1825.62	365.12
4	12202.85	10.8	0.298	5.0	2.50	1.00	2440.57	488.11
5	15277.61	13.5	0.352	5.0	2.50	1.00	3055.52	611.10
6	18352.37	16.2	0.404	5.0	2.48	0.99	3643.22	734.09
7	21427.13	18.9	0.453	5.0	2.26	0.90	3877.83	857.09
8	24501.89	21.6	0.501	5.0	2.09	0.84	4092.88	980.08
9	27576.65	24.3	0.547	5.0	1.95	0.78	4292.20	1103.07
10	30651.41	27	0.592	5.0	1.83	0.73	4478.52	1226.06

Kat Adeti	W(kN)	H _n (m)	T	R _a	S(T)	A(T)	V _t (kN)	0.1*A ₀ *I*W
2	6053.33	5.4	0.177	5.0	2.50	1.00	1210.67	242.13
3	9128.09	8.1	0.240	5.0	2.50	1.00	1825.62	365.12
4	12202.85	10.8	0.298	5.0	2.50	1.00	2440.57	488.11
5	15277.61	13.5	0.352	5.0	2.50	1.00	3055.52	611.10
6	18352.37	16.2	0.404	5.0	2.50	1.00	3670.47	734.09
7	21427.13	18.9	0.453	5.0	2.50	1.00	4285.43	857.09
8	24501.89	21.6	0.501	5.0	2.50	1.00	4900.38	980.08
9	27576.65	24.3	0.547	5.0	2.50	1.00	5515.33	1103.07
10	30651.41	27	0.592	5.0	2.50	1.00	6130.28	1226.06

Kat Adeti	W(kN)	H _n (m)	T	R _a	S(T)	A(T)	V _t (kN)	0.1*A ₀ *I*W
2	6053.33	5.4	0.177	4.6	2.50	1.00	1316.06	242.13
3	9128.09	8.1	0.240	5.0	2.50	1.00	1825.62	365.12
4	12202.85	10.8	0.298	5.0	2.50	1.00	2440.57	488.11
5	15277.61	13.5	0.352	5.0	2.50	1.00	3055.52	611.10
6	18352.37	16.2	0.404	5.0	2.50	1.00	3670.47	734.09
7	21427.13	18.9	0.453	5.0	2.50	1.00	4285.43	857.09
8	24501.89	21.6	0.501	5.0	2.50	1.00	4900.38	980.08
9	27576.65	24.3	0.547	5.0	2.50	1.00	5515.33	1103.07
10	30651.41	27	0.592	5.0	2.50	1.00	6130.28	1226.06



Şekil 6.11: A.B.Y.Y.H.Y’ de Taban Kesme Kuvvetlerinin Kat Adedine ve Zemin Türlerine Göre Değişimi

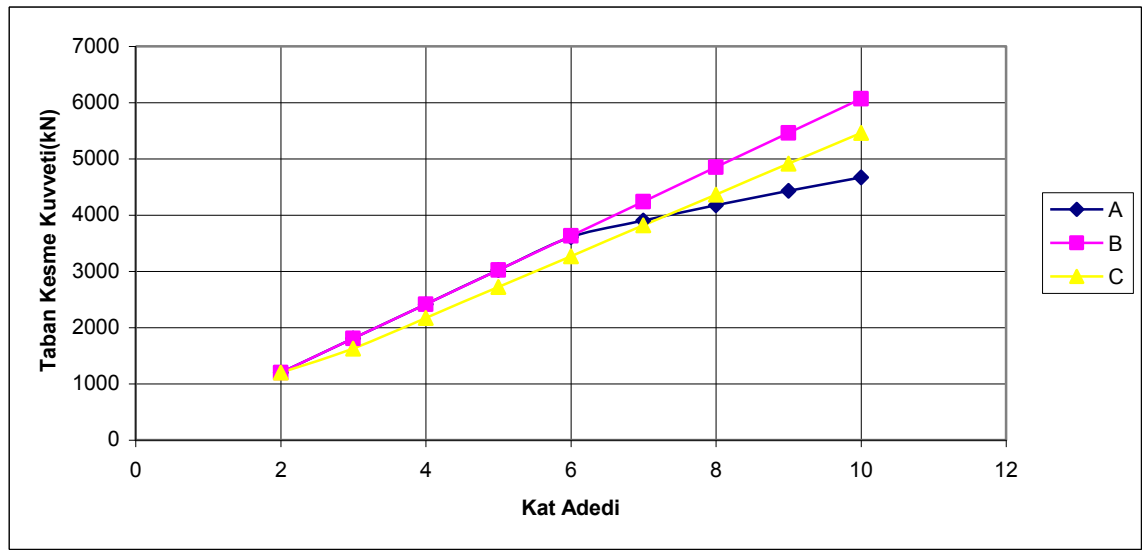
Tablo 6.19: E.C8’ de Farklı Zemin Türleri ve Kat Yükseklikleri İçin Taban Kesme Kuvveti

ZeminCinsi	S	β_0	kd1	kd2	$T_B(\text{sn})$	$T_C(\text{sn})$	$T_D(\text{sn})$
A	1.0	2.50	0.67	1.67	0.10	0.40	3.00
B	1.0	2.50	0.67	1.67	0.15	0.60	3.00
C	0.9	2.50	0.67	1.67	0.20	0.80	3.00

Kat Adeti	Zemin Cinsi	W(kN)	H_n (m)	T	q_0	S_d	$F_b(\text{kN})$
2	A	5982.30	5.4	0.177	5.0	0.200	1196.46
3	A	9026.95	8.1	0.240	5.0	0.200	1805.39
4	A	12071.60	10.8	0.298	5.0	0.200	2414.32
5	A	15116.25	13.5	0.352	5.0	0.200	3023.25
6	A	18160.90	16.2	0.404	5.0	0.199	3609.69
7	A	21205.55	18.9	0.453	5.0	0.184	3902.19
8	A	24250.20	21.6	0.501	5.0	0.172	4174.25
9	A	27294.85	24.3	0.547	5.0	0.162	4429.63
10	A	30339.50	27	0.592	5.0	0.154	4671.07

Kat Adeti	Zemin Cinsi	W(kN)	H_n (m)	T	q_0	S_d	$F_b(\text{kN})$
2	B	5982.30	5.4	0.177	5.0	0.200	1196.46
3	B	9026.95	8.1	0.240	5.0	0.200	1805.39
4	B	12071.60	10.8	0.298	5.0	0.200	2414.32
5	B	15116.25	13.5	0.352	5.0	0.200	3023.25
6	B	18160.90	16.2	0.404	5.0	0.200	3632.18
7	B	21205.55	18.9	0.453	5.0	0.200	4241.11
8	B	24250.20	21.6	0.501	5.0	0.200	4850.04
9	B	27294.85	24.3	0.547	5.0	0.200	5458.97
10	B	30339.50	27	0.592	5.0	0.200	6067.90

Kat Adeti	Zemin Cinsi	W(kN)	H _n (m)	T	q ₀	S _d	F _b (kN)
2	C	5982.30	5.4	0.177	5.0	0.201	1200.01
3	C	9026.95	8.1	0.240	5.0	0.180	1624.85
4	C	12071.60	10.8	0.298	5.0	0.180	2172.89
5	C	15116.25	13.5	0.352	5.0	0.180	2720.93
6	C	18160.90	16.2	0.404	5.0	0.180	3268.96
7	C	21205.55	18.9	0.453	5.0	0.180	3817.00
8	C	24250.20	21.6	0.501	5.0	0.180	4365.04
9	C	27294.85	24.3	0.547	5.0	0.180	4913.07
10	C	30339.50	27	0.592	5.0	0.180	5461.11



Şekil 6.12: E.C8' de Taban Kesme Kuvvetlerinin Kat Adedine ve Zemin Türlerine Göre Değişimi

Tablo 6.20: U.B.C' de Farklı Zemin Türleri ve Kat Yükseklikleri İçin Taban Kesme Kuvveti

Zemin Cinsi	Z	N _v	N _a	C _v	C _a	I
S(A)	0.4	1	1	0.32	0.32	1
S(B)	0.4	1	1	0.40	0.40	1
S(C)	0.4	1	1	0.56	0.40	1
S(D)	0.4	1	1	0.64	0.44	1
S(E)	0.4	1	1	0.96	0.36	1

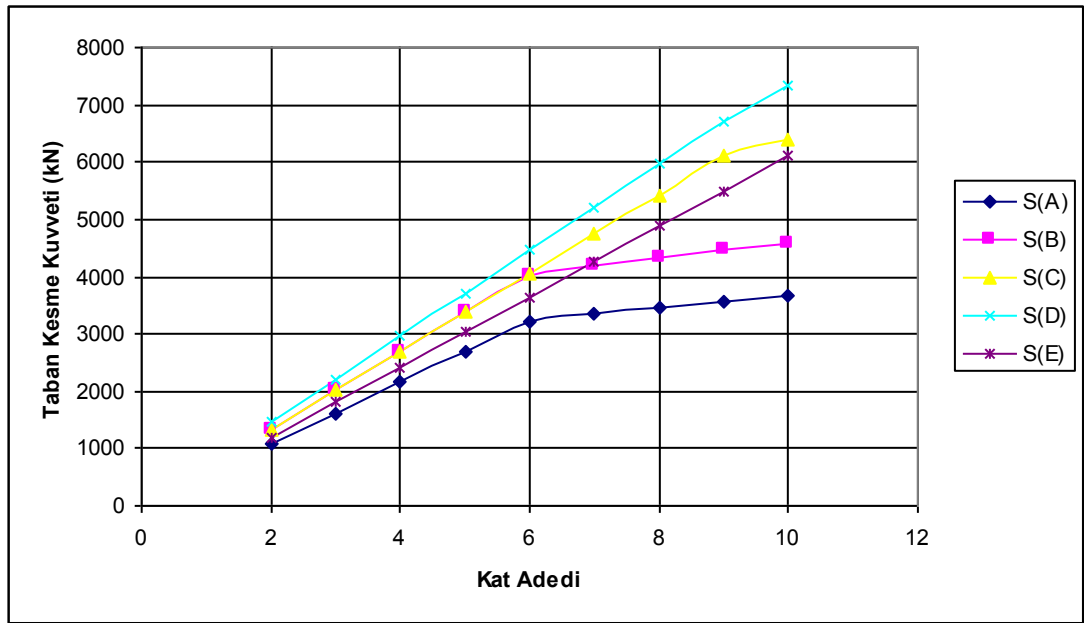
Kat Adedi	Zemin	W(kN)	H _n (m)	T	V(kN)	2.5WC _a I/R	0.11WC _a I	V _i (kN)
2	S(A)	6010.42	5.4	0.177	2413.11	1068.52	211.57	1068.52
3	S(A)	9070.74	8.1	0.240	2686.87	1612.58	319.29	1612.58
4	S(A)	12131.06	10.8	0.298	2896.00	2156.63	427.01	2156.63
5	S(A)	15191.38	13.5	0.352	3067.71	2700.69	534.74	2700.69
6	S(A)	18251.70	16.2	0.404	3214.66	3244.75	642.46	3214.66
7	S(A)	21312.02	18.9	0.453	3343.84	3788.80	750.18	3343.84
8	S(A)	24372.34	21.6	0.501	3459.59	4332.86	857.91	3459.59
9	S(A)	27432.66	24.3	0.547	3564.76	4876.92	965.63	3564.76
10	S(A)	30492.98	27	0.592	3661.38	5420.97	1073.35	3661.38

Kat Adedi	Zemin	W(kN)	H _n (m)	T	V(kN)	2.5WC _a I/R	0.11WC _a I	V _i (kN)
2	S(B)	6010.42	5.4	0.177	3016.39	1335.65	264.46	1335.65
3	S(B)	9070.74	8.1	0.240	3358.59	2015.72	399.11	2015.72
4	S(B)	12131.06	10.8	0.298	3620.00	2695.79	533.77	2695.79
5	S(B)	15191.38	13.5	0.352	3834.64	3375.86	668.42	3375.86
6	S(B)	18251.70	16.2	0.404	4018.32	4055.93	803.07	4018.32
7	S(B)	21312.02	18.9	0.453	4179.80	4736.00	937.73	4179.80
8	S(B)	24372.34	21.6	0.501	4324.48	5416.08	1072.38	4324.48
9	S(B)	27432.66	24.3	0.547	4455.95	6096.15	1207.04	4455.95
10	S(B)	30492.98	27	0.592	4576.72	6776.22	1341.69	4576.72

Kat Adedi	Zemin	W(kN)	H _n (m)	T	V (kN)	2.5WC _a I/R	0.11WC _a I	V _i (kN)
2	S(C)	6010.42	5.4	0.177	4222.94	1335.65	264.46	1335.65
3	S(C)	9070.74	8.1	0.240	4702.02	2015.72	399.11	2015.72
4	S(C)	12131.06	10.8	0.298	5068.00	2695.79	533.77	2695.79
5	S(C)	15191.38	13.5	0.352	5368.49	3375.86	668.42	3375.86
6	S(C)	18251.70	16.2	0.404	5625.65	4055.93	803.07	4055.93
7	S(C)	21312.02	18.9	0.453	5851.72	4736.00	937.73	4736.00
8	S(C)	24372.34	21.6	0.501	6054.28	5416.08	1072.38	5416.08
9	S(C)	27432.66	24.3	0.547	6238.34	6096.15	1207.04	6096.15
10	S(C)	30492.98	27	0.592	6407.41	6776.22	1341.69	6407.41

Kat Adedi	Zemin	W(kN)	H _n (m)	T	V(kN)	2.5WC _a I/R	0.11WC _a I	V _i (kN)
2	S(D)	6010.42	5.4	0.177	4826.22	1469.21	290.90	1469.21
3	S(D)	9070.74	8.1	0.240	5373.74	2217.29	439.02	2217.29
4	S(D)	12131.06	10.8	0.298	5792.00	2965.37	587.14	2965.37
5	S(D)	15191.38	13.5	0.352	6135.42	3713.45	735.26	3713.45
6	S(D)	18251.70	16.2	0.404	6429.31	4461.53	883.38	4461.53
7	S(D)	21312.02	18.9	0.453	6687.68	5209.60	1031.50	5209.60
8	S(D)	24372.34	21.6	0.501	6919.18	5957.68	1179.62	5957.68
9	S(D)	27432.66	24.3	0.547	7129.53	6705.76	1327.74	6705.76
10	S(D)	30492.98	27	0.592	7322.75	7453.84	1475.86	7322.75

Kat Adedi	Zemin	W(kN)	H _n (m)	T	V(kN)	2.5WC _a I/R	0.11WC _a I	V _i (kN)
2	S(E)	6010.42	5.4	0.177	7239.33	1202.08	238.01	1202.08
3	S(E)	9070.74	8.1	0.240	8060.61	1814.15	359.20	1814.15
4	S(E)	12131.06	10.8	0.298	8688.00	2426.21	480.39	2426.21
5	S(E)	15191.38	13.5	0.352	9203.13	3038.28	601.58	3038.28
6	S(E)	18251.70	16.2	0.404	9643.97	3650.34	722.77	3650.34
7	S(E)	21312.02	18.9	0.453	10031.53	4262.40	843.96	4262.40
8	S(E)	24372.34	21.6	0.501	10378.76	4874.47	965.14	4874.47
9	S(E)	27432.66	24.3	0.547	10694.29	5486.53	1086.33	5486.53
10	S(E)	30492.98	27	0.592	10984.13	6098.60	1207.52	6098.60



Şekil 6.13: U.B.C’ de Taban Kesme Kuvvetlerinin Kat Adedine ve Zemin Türlerine Göre Değişimi

7. GELENEKSEL VE PREFABRİKE BETONARME PANOLU YAPILARIN MALİYET ANALİZİ

Konut sektöründe de diğer sektörlerde olduğu gibi, yıllık üretim ile maliyet arasında direkt bir bağlantı vardır. Yıllık üretim arttıkça birim maliyet düşer. Ayrıca fabrikanın kapasitesi büyüdükçe üretilen ürünün maliyeti azalır. Toplu konut uygulamalarında üretimi artırabilmek için, inşaat aşamasında belirli bir inşaat hızını, dolayısıyla gereken kaynak akış hızını yakalamak gerekir.

Prefabrike olarak yapılacak bir inşaatta yapı maliyetini etkileyen bir çok bileşen vardır. Proje aşamasında maliyeti etkileyen tüm faktörler göz önüne alınmalıdır.

Prefabrike elemanların üretim maliyeti

- 1) Sabit maliyetler: Satış ve yönetim gideri, araştırma ve geliştirme gideri, fabrikada devamlı olarak eleman bulundurma gideri, amortisman gideri,
- 2) Değişken maliyetler: Malzeme maliyeti, iş gücü maliyet, enerji maliyeti,
- 3) Prefabrike elemanların fabrikadan şantiyeye taşınma maliyeti ve şantiyede ki tüm sabit ve değişken maliyetler, (montaj için gerekli olan vinç, işçilik).

Türkiye prefabrike birliğinin yapmış olduğu çalışmaya göre ülkemizdeki prefabrike imalat yapan firmaların yıllık konut üretim kapasitesi tam kapasite ile çalıştıkları zaman 30000 konut kadardır. Ülkemizin yıllık konut ihtiyacı ortalama 347.600 birim konuttur. Prefabrike olarak yapılan konutlar yıllık talebin % 8.63' ünü karşılayabilmektedir. Tablo 7.1'de teknolojilere göre ülkemizin toplu konut üretim kapasitesi görülmektedir.

Tablo 7.1: Teknolojilere Göre Toplu Konut Üretim Kapasitesi, Türkiye

Taşıyıcı Sistem Tipi	Üretim Miktarı	
	Yıllık Üretim (konut)	% değeri
İskelet Sistem	1940	% 7
Panel Sistem	11250	% 40
Hücre Sistem	1400	% 5
Karma Sistem	1000	% 3
Geleneksel Sistem	12500	% 45

7.1 Sabit Maliyetler (Ön Yatırım Maliyeti)

Prefabrike yapımda üretimin fabrikalarda gerçekleşmesi, fabrika kurulması, kalıp masrafları, taşıma ve montaj araçları gibi nedenlerden dolayı ön yatırım yapılması gerekmektedir. Yapılan ön yatırımın amorti edilebilmesi için büyük üretim serileri ile çalışmak gerekir. Bu sayede birim eleman başına düşen ön yatırım maliyeti azalmaktadır.

Sabit maliyetler her yapım sisteminin özelliklerine göre değişmektedir. Üretilen konut sayısı sabit maliyetleri direkt olarak etkilemese de, üretilen konut sayısındaki büyük değişimler ön yatırım maliyetlerini seçilen yapım sisteminin özellikleri doğrultusunda etkilemektedir.

7.2 Değişken Maliyetler

Üretilen konut miktarından direkt etkilenen maliyetlerdir. Değişken maliyetler; kalıp malzemesi ve sayısı, işçilik, vinç ve diğer araçlar, şantiye üretimi, taşıma gibi maliyetlerdir.

Tablo 7.2: 1 m² Geleneksel İnşaat İçin İşçilik Miktarları

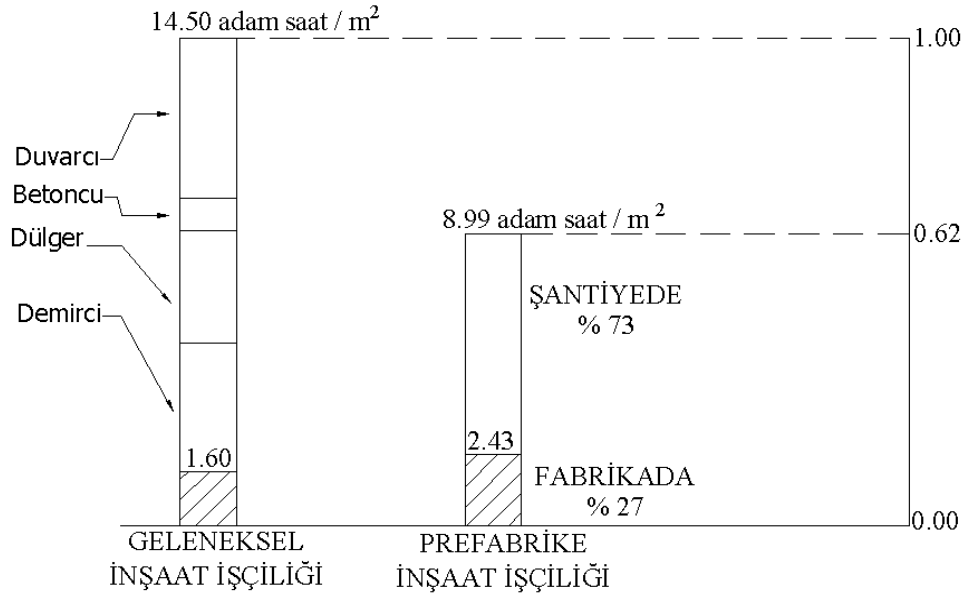
Cinsi	Usta	İşçi	Toplam	Yüzdesi
	Saat/ m ²	Saat/ m ²	Saat/ m ²	%
1) Duvarcı	2,71	2,50	5,21	13,1
2) Betoncu	0,34	1,10	1,44	3,7
3) Kalıp	2,58	1,70	4,28	10,8
4) Demirci	1,83	1,74	3,57	9,0
Ara Toplam	7,46	7,04	14,50	36,6
Diğer İşçilikler	12,93	12,20	25,13	63,4
Toplam	20,39	19,24	39,63	100,0
Yüzde	%51	%49	%100	

Tablo 7.3: 1 m² Konutun İşçilik Mukayesesi

Yeri	Geleneksel		Prefabrike		Tasarruf
	İşçilik Yüzde saat / m ²	%	İşçilik saat / m ²	Yüzde %	İşçilik saat / m ²
Fabrika	1,60	11	2,43	27	-0,83
Şantiye	12,90	89	6,56	73	6,43
Toplam	14,50	100	8,99	100	5,51
Yüzde	%100	---	%62	---	%38

Yukarıda ki tablolarda yerinde dökme betonarme olarak yapılacak bir konutta dört kalem inşaat işçiliği miktarı 14,50 saat/m² olarak hesaplanmıştır. Aynı inşaatın prefabrike olarak yapılması halinde işçilik miktarlarında %38'lik bir tasarruf sağlanacağı görülmektedir.

Prefabrike olarak yapılan inşaatları geleneksel olarak yapılan inşaatlara nazaran daha kısa zamanda bitirmek mümkündür. Fabrikada üretilen elemanların şantiye sahasına getirilerek montaja hemen geçilmesiyle iş daha çabuk bitirilebilir. Tablolarda 1 m² konut inşaatında önemli dört cins inşaat işçi miktarları karşılaştırılmıştır. İşçilik miktarlarında görülen azalma ile inşaat süresinde görülen azalmayı k ile gösterelim k=0,20 ise tüm inşaat süresi %20 azalıyor demektir. Kullanılan teknoloji ve prefabrike sistemlerin çeşitliliğine göre k sayısı 0,20-0,70 arasında değişebilmektedir.



Şekil 7.1: 1 m² Konut İnşaatı İçin İşçilik Mukayesesi

Prefabrikasyon inşaat için yeni yaratılacak insan gücü ihtiyacı s, aşağıdaki formülden hesaplanabilir.

$$S = P / (1-k)$$

k : prefabrikasyonun sağladığı zaman tasarrufu; P: prefabrikasyondaki tüm işçilik miktarlarının, geleneksel inşaatteki tüm işçilik miktarlarına oranı (P=0,62)

Prefabrike inşaat tekniğinin sağladığı zaman tasarrufu ile istihdam hacmindeki azalış veya artış da dikkate alınması gereken bir mevzudur. İstihdam hacminde ki değişimin insan gücü olarak kaç adam/yıl ettiği aşağıdaki gibi hesaplanabilir. Bir yılda yapılan yerinde dökme betonarme inşaat sayısı ortalama 250000' dir. 1 m² inşaat yapımında 14,50 saat işgücü gerekmektedir. Yılda ortalama 250 gün çalışıldığı varsayılıp ve her inşaatında ortalama olarak 100 m² olduğu varsayılırsa geleneksel inşaatın iş gücü ihtiyacı A_g aşağıdaki gibi hesaplanır.

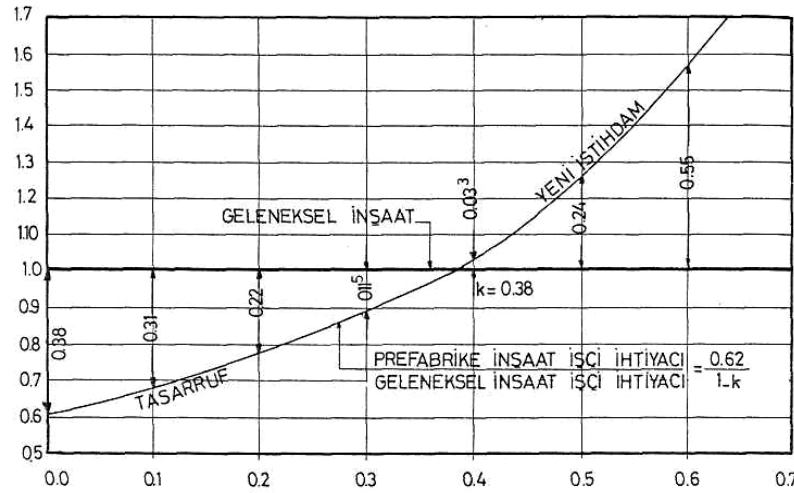
$$A_g = 250000 \text{ konut/yıl} \times 100 \text{ m}^2 \times 14,50 \text{ saat} / \text{m}^2 / (8 \text{ saat} \times 250 \text{ gün})$$

$$A_g = 181250 \text{ adam/yıl}$$

Aynı inşaat prefabrike olarak yapılırsa artacak inşaat hacmindeki insan gücü ihtiyacı aşağıdaki gibidir.

$$A_p = 181250 \text{ adam/yıl} \times h \times 0.62 / (1-k)$$

h= Ülkemizde prefabrike inşaatın konut sektöründeki payı



Şekil 7.2: Prefabrike ve Geleneksel İnşaatlar İçin İnsan Gücü İhtiyacı

İstihdam hacmindeki artış :

$$A = A_p - A_g = 181250 \times h \times (k - 0.38) / (1 - k)$$

Prefabrikasyonun sağlayacağı zaman tasarrufu k= 0,40; prefabrike inşaatın konut sektöründeki payı h= 0,10 olması halinde istihdam artışı A = 600 adam / yıl dır. Prefabrike inşaatlar zamandan en az k= %50 gibi tasarruf sağlarlar; bunun yanında

$h=40\%$ gibi istenilen düzeye ulaşabilirse istihdam hacminde $A=17400$ adam/yıl kadar bir artış sağlanacaktır.

Tablo 7.4: Yapım Sistemlerinin İşçilik Miktarlarının Alt ve Üst Sınır Değerler (adam saat / m²), [23]

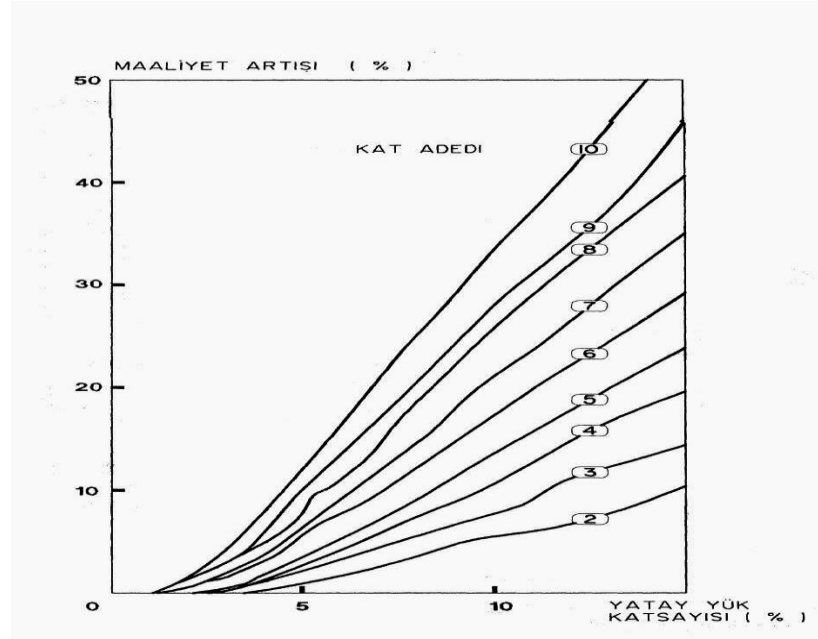
Sistem	Fabrika Üretimi	Nakliye	Şantiye	Toplam
Tünel Kalıp	-	-	10.00-12.00	10.00-12.00
Panel Sistem	5.00-6.50	0.25-0.35	0.90-2.00	6.15-8.50
İskelet Sistem	5.50-6.50	0.25-0.30	1.50-3.00	7.25-10.00
Hücre Sistem	6.00-7.50	0.25-0.30	0.50-0.75	6.00-8.50

7.3 Yapı Deprem Yükünün Yapı Maliyetine Etkisi

Yapı taşıyıcı sistem tasarımında yatay yükün artırılmasıyla ; taşıyıcı sistem maliyeti de hızla artmaktadır. Grafikte görüldüğü gibi yapının kat adedine bakılarak; deprem hesabı yapılmış yapı maliyetinin; deprem hesabı yapılmamış yapıdan % 50 kadar fazla olduğu aşıkardır. Burada yapı ağırlığının %15'i yatay deprem yükü olarak hesaplanmıştır. Fakat şiddetli depremlerde yapıya gelen yük yapı ağırlığının %50' sidir. Tasarım yükü olarak yapı ağırlığının %15 yerine %50'si alınmış olsa maliyet artışının depremsiz yapıya göre %150 kadar artması beklenir.

Yapıların taşıyıcı sistem maliyetleri toplam maliyetinin %35-50' si kadardır. Bu durumda 1. derece deprem bölgesinde olabilecek en büyük depremde yapının hasar görmesi istenmiyorsa yapı toplam bedelinde %50-80 artış beklenmelidir.

İyi bir mühendisin tasarladığı yapıda hem güvenlik sağlanmalı; hem de yapı maliyetindeki artış ekonomik boyutlarda olmalıdır. Çözüm için yapı elemanlarının yük – deformasyon özelliklerinin incelenmesi uygundur.



Şekil 7.3: Yapı Maliyetinin Deprem Yatay Yük Katsayısı ile Artışı

Deprem hesabının A.B.Y.Y.H.Y' e göre uygun bir biçimde yapılması ile daha büyük kesitli ve daha çok donatılı taşıyıcı elemanlar gerekmektedir. Ayrıca yatay kuvvetlerin karşılanması için gerekli sayıda ve boyutlarda perdeler yapılmalıdır. Zemin durumunu da dikkate alarak tekil temel yerine sürekli veya radye temeller yapılması uygundur; çok zayıf zeminlerde ise kazıklı temel uygulamasına gidilebilir. Tüm bunlar yapı maliyetini artıran etkenlerdir.

Donatı miktarının deprem hesabı ile artmasıyla işçilikte artmış olur. Özellikle kolon kiriş bölgelerindeki ek etriyelerin uygun şekilde bağlanabilmesi son derece yoğun emek isteyen bir iştir. Demirci usta ve işçilere ek bedeller vermek gerekebilir. Beton miktarının artması; projede yüksek dayanımlı beton istenmesi kalıp ve işçilik bedelini artırır. Çünkü üstün nitelikli beton daha sağlam kalıp ve beton döküldükten sonra vibrasyon ve bakım bedelleri getirir.

7.4 Prefabrike Elemanların Nakliye ve Montajının Yapı Maliyetine Etkisi

Büyük boy prefabrike elemanların fabrikadan şantiyeye taşınması kara, deniz, demiryolları ile gerçekleştirilmektedir. Bazı özel durumlarda ise hava yolu taşımacılığı tercih edilir. Bu taşıma türlerinden en yaygın olanı karayolu taşımacılığıdır. Karayolu taşımacılığı elemanların boyutlarına çeşitli kısıtlamalar

getirmektedir. Yol durumu; yol üzerindeki tünel ve köprü yükseklikleri, yolların genişlikleri elemanların boyutlarının ve ağırlıklarının seçiminde önemli rol alırlar.

Taşıma maliyetinin bina bitmiş maliyetine oranı makul sınırlar içinde olmalıdır. Yapılan araştırmalar sonucunda taşıma maliyetinin taşıma mesafesi ve taşınacak prefabrike elemanların sayısına bağlı olarak farklı değerler aldığı gözlenmiştir. Prefabrike elemanların boyut ve ağırlıklarına göre taşıma sınır uzaklığı değişmektedir. Düzlemsel beton elemanların taşıma sınırı 150-160 km, hafif elemanların 800 km ve ağır hücrelerin 16-24 km.' dir.

Taşımayı etkileyen faktörler :

- 1) Ağırlık
- 2) Elemanların boyutları,
- 3) Taşımayı gerçekleştirecek araç cinsinin tespiti

Eleman boyutlarına çeşitli sınırlamalar getirilerek; fabrikadan şantiyeye taşıma ekonomik bir şekilde yapılabilir. Fakat elemanların bitmişlik düzeyi ne kadar yüksek olursa şantiye işçiliği de aynı oranda azalmaktadır. Dolayısıyla nakliyeden ekonomi sağlamak için yapılan eleman boyutlarındaki küçültmeler sınırlandırılmalıdır.

Prefabrike yapı elemanların taşıma araçlarına mümkün olduğunca çok sayıda yüklenebilmesi için eleman boyutları seçilirken proje aşamasında araç kapasitelerini de dikkate alarak karar vermek uygundur. Böylece mümkün olan en az geliş-gidiş ile malzemeler taşınmış olur. Panolu yapılarda bir konut birimi için gereken 16-30 adet elemanın şantiyeye taşınması için 3-5 gidiş-geliş gerekmektedir. Bu da maliyeti artırır.

Prefabrike elemanların şantiyeye taşınması sırasında kullanılan araç ve metotlara göre maliyet değişmektedir. Taşıma işlemi üç tiptir :

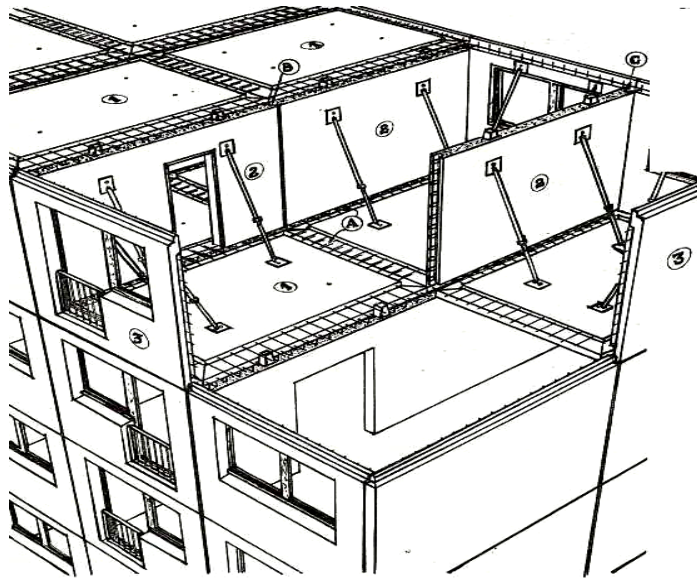
- 1) Römork ve çekicili araçlarla (geleneksel sistem)
- 2) Hidrolik kaldırma sistemli araçlarla
- 3) Swinglift sistemi

7.4.1 Prefabrike Elemanların Montajı

Prefabrike elemanların şantiyeye getirildikten sonra binayı kurmak üzere, kaldırıp taşınarak bir araya getirilmeleri ve birleştirilmeleri ile ilgili çalışmaların tümü montaj sürecini oluşturur. Montaj yapılırken elemanların yerleştirme sırasının iyi yapılması çok önemlidir. Enlemesine sistemlerin montajında genellikle aynı benzer işlevleri gören elemanlar yerleştirildikten sonra bir başka türe geçilmektedir.

Tablo 7.5: Vinç Kullanımının Alt ve Üst Sınır Değerleri, [23]

SİSTEM	Vinç saat / m ² konut
Tünel Kalıp Sistem	0.065-0.110
Panel Sistem	0.130-0.330
İskelet Sistem	0.250-0.670
Hücre Sistem	0.075-0.120



Şekil 7.4: Taşıyıcı Duvar Panellerinin Montajı

Şekil 7.4’de taşıyıcı duvar panellerinin, döşeme hatılları dökülmeden önce yerleştirilmesine dayanan montaj düzeni görülmektedir. Montaj aşamalarında gerekli görülen tüm önlemler alınarak yapı stabilitesi sağlanmalıdır. İnşaat sırasında

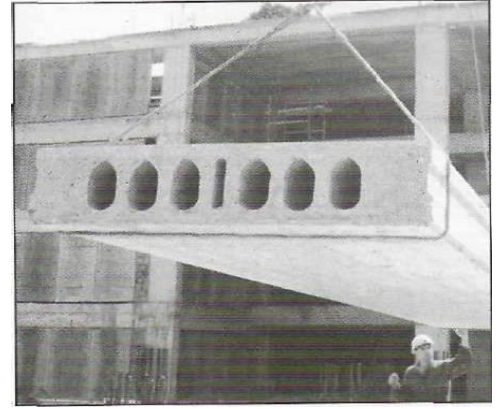
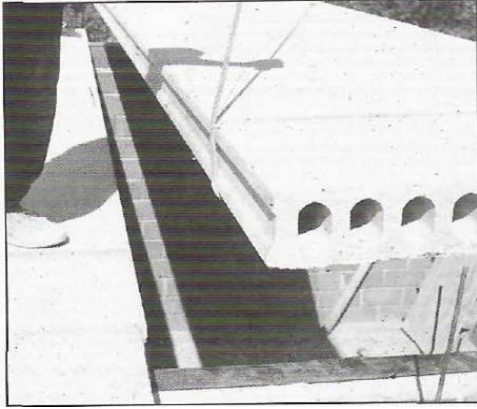
meydana gelebilen yükler bazı durumlarda; döşemelerdeki ve birleşimlerdeki kullanım yüklerinden daha büyük yüklere sebep olabilirler. Bu durumda oluşabilecek gerilmeler hesaplarda dikkate alınmalıdır. Eleman boyutlarının montaj yüklerinden dolayı artması istenmiyorsa montaj aşamasında destekleme sistemleri ve geçici mesnetler kullanılarak önlemler alınabilir. Geçici destekler yerinde dökme beton tabakası yeterli dayanımı kazanıncaya kadar kaldırılmamalıdır. Burada desteklerin montaj işlerini zorlaştırmayacak şekilde yapılmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca montaj sıralamasında geçici mesnetlerin yerleşimi de göz önünde bulundurulmalıdır.

Stabilitenin sağlanmasının dışında geçici mesnetler bazı özel durumlarda uygulanırlar. Yerinde dökme beton üst tabakalı döşeme elemanları kendi ağırlıklarını, kaplama ağırlıklarını karşılayamayacak şekilde tasarlanmışlarsa, döşeme alttan desteklenmelidir. Yerinde dökme beton ile mesnetlenen döşeme elemanlarında eleman kenarlarından çıkan donatı çubuklarının taşıyıcı duvar veya kiriş üzerinde oluşturulan beton yastıklara yerleştirilmesi ile bir mesnetleme yapılmayacaksa, döşeme elemanları geçici dayanaklarla desteklenmelidir. Ankastre mesnetli döşeme elemanlarda deplasmanların azaltılması istendiğinde döşeme ortasından veya belli noktalarda alttan dayanaklar yerleştirilmelidir. Kompozit kirişlerde prefabrike kısım üzerine dökülecek yerinde dökme beton kısmın ağırlığı ile kirişe yerleştirilecek döşeme elemanlarından gelen yükleri taşıyabilecek şekilde tasarlanmamışsa, kirişler geçici olarak desteklenmelidir. Destekler inşaat sırasında üzerlerine gelebilecek tüm yükleri taşıyabilmelidirler.

Moment aktarımını sağlayan bağlantılarla birleştirilen veya kompozit olarak yapılan döşemelerde; yerinde dökme betonun dökülmesi sırasında bir takım ilave montaj yükleri ortaya çıkmaktadır. Bu gibi durumlarda yerinde dökme beton yeterli dayanım kazanıncaya kadar döşeme elemanı alttan desteklenmelidir. Döşeme elemanları taşıyıcı elemanlara ankastre olarak bağlandıkları durumlarda döşemede oluşabilecek kalıcı deformasyonların önlenmesi için döşeme üstündeki yerinde dökme beton yeterli dayanımı kazanıncaya kadar döşemenin altındaki destekler kaldırılmamalıdır. Bu gibi durumlarda birleşim bölgesindeki sünekliğin elemanlara eğilme momenti dağıtımındaki etkisi incelenmelidir. Birleşimin sünekliği hesaplanırken bağlantı

bölgesinin rijitliği ile bağlanan elemanların rijitlikleri oranlanarak hesap yapılır. Montajın hızlı ve hatasız yapılabilmesi için şantiyede tüm ölçüler kontrol edilmeli, gerekli noktalarda düzeltmeler işaretlemeler yapılmalıdır.

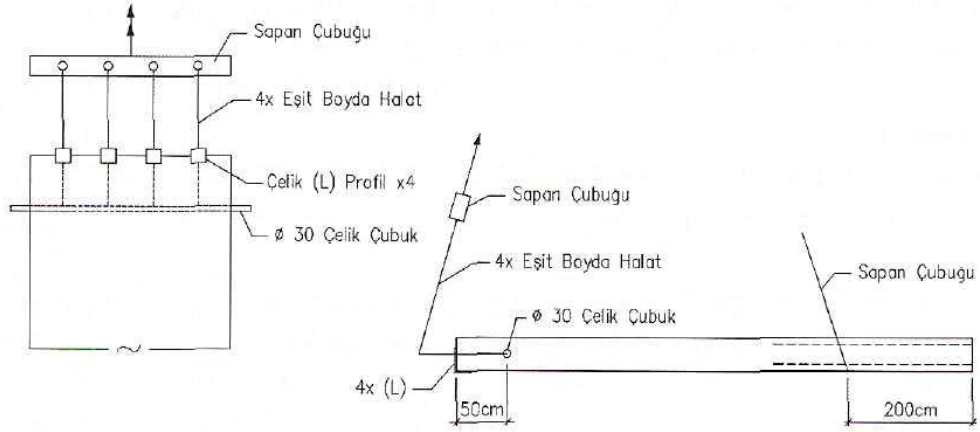
Döşeme montajı binanın birinden diğerine doğru bir açıklık bitirildikten sonra diğerine geçerek tamamlanır. İşaretlemelerden sonra mesnet yastıkları beton mesnetler üzerine yerleştirilir. Mesnetlerin temiz, pürüzsüz ve terazide olduğu kontrol edilir ve mesnet yastıkları projesinde gösterildiği gibi boydan boya yerleştirilir. Manivela kolu ile döşeme elemanı son mesnetleme konumuna getirilir.



Şekil 7.5: Döşeme Elemanlarının Montajı

Duvar panellerinin montajı dikey ve yatay olarak yapılabilir. Yatay montajda; duvar panellerinin altında 2cm.' lik harç ile mesnet yastığı oluşturulur ve panel eleman yerine oturtulur. Alt mesnetler için diğer bir tutma şeklide, yatay panel uçlarında üretim sırasında veya sonrasında yerleştirilen çelik levhaların düşey mesnetlere kaynaklanmasıdır. Yatay panel elemanlar arasına ziftli polietilen veya poliüretan bantlar yerleştirilerek hem yük dağılımı kontrol altına alınır hem de derzde sızdırmazlık sağlanır.

Düşey montajda; duvar panelleri Şekil 7.6'daki gibi aparatların kaldırılıp eleman alt ucu, alt mesnetten 20 mm. yukarıya mesnetlenip terazilendikten sonra şaküle getirilip üst uça kaynaklı veya bulonlu bağlantısı yapılır. Özel hallerde üretim sırasında veya montajdan önce yerleştirilecek çelik levhaların alt mesnede ankrajlı çelik parçalara kaynatılmasıyla alt bağlantı oluşturulabilir.



Şekil 7.6: Dikey Duvar Montajı

7.4.2 Montaj İşgücü Maliyeti

Montaj işgücü elemanların birleşim noktalarının sayısı ile doğrudan ilişkilidir. Montaj işgücünden tasarruf edilmek isteniyorsa şantiyedeki birleştirme işlemlerinin en aza indirilmesi gerekmektedir. Eleman boyutlarındaki optimum değerler kullanılmasıyla şantiyedeki birleştirme işlemlerinin en aza indirilmesi mümkündür.

Elemanların boyutlarının işgücü üzerindeki maliyetini saptamak için yapılan araştırmalarda 5 ton ağırlığındaki panoların kullanıldığı projelerde 2,5 ton ağırlığında ki panoların kullanıldığı projelere göre daha düşük iş gücü gerektiği saptanmıştır. Yapılan çeşitli araştırmalar sonucunda eleman boyutlarıyla montaj işgücü maliyetinin ters orantılı olduğu gözlenmiştir. Ancak bu tasarruf eleman boyutlarının belirli değerler içinde kalmasıyla sağlanabilir. Bir eleman montajı için gerekli iş gücü zamanı aşağıdaki formülden çıkarılabilir:

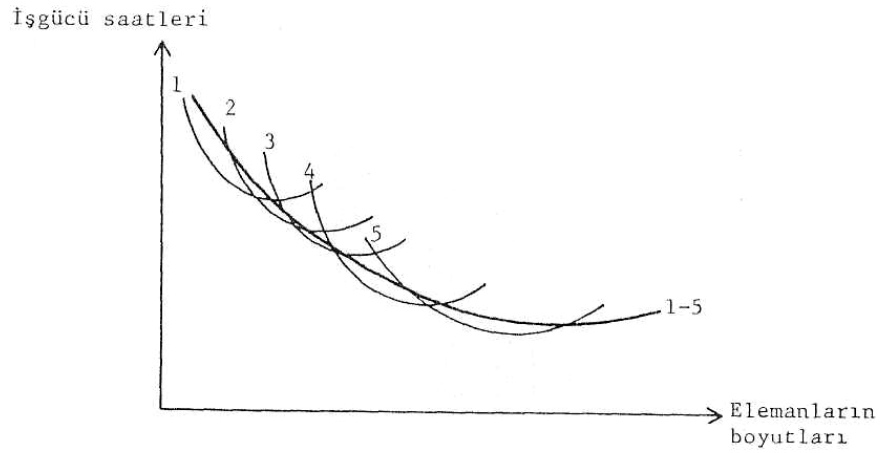
$$T = c + b / \log x$$

T= Bir elemanın montajı için gerekli minimum zaman

c = minimum zaman

b = eleman boyutuna ve tipine bağlı sabit bir miktar

X = elemanın hacmi



Şekil 7.7: Elemanların Boyutları ile Gerekli İşgücü Saati Miktarı Arasındaki İlişki

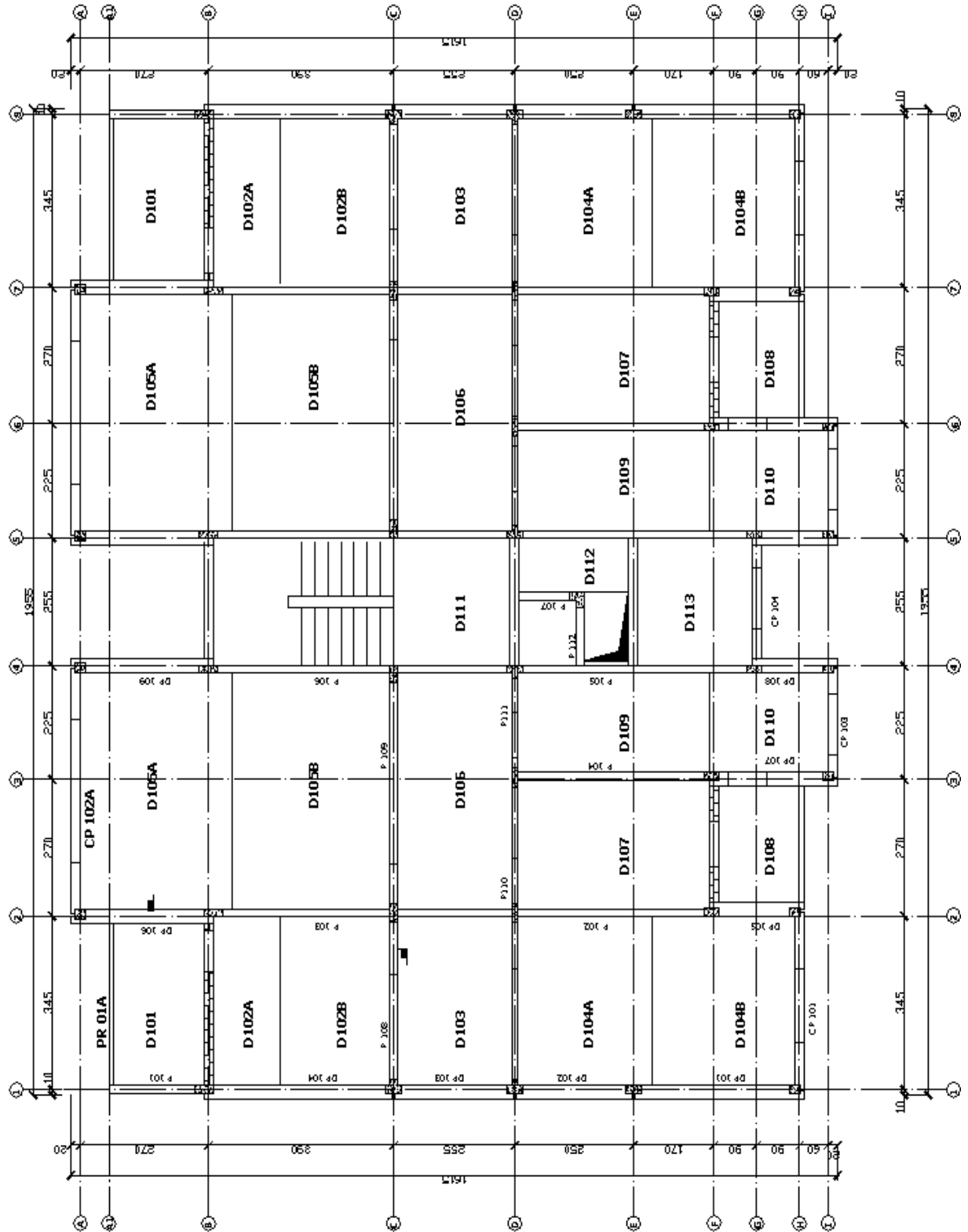
Tablo 7.6: Yapım Sistemlerinin Montaj Hızlarına İlişkin Alt ve Üst Sınır Değerler, [23]

Sistem	Konut Alanı (m ²) / Gün
Tünel Kalıp Sistem	1 vinç + 1 kalıp ekibi 300 m ²
Panel Sistem	1 vinç + 4-6 kişilik montaj ekibi ile 150 m ² veya 38 panel
İskelet Sistem	1 vinç + 4-6 kişilik montaj ekibi ile 125 m ²
Hücre Sistem	1 vinç + 4 kişilik montaj ekibi ile 250 m ²

7.5 Prefabrike ve Monolitik Yapıların Maliyet Analizi

Tezin bu bölümünde 8. bölümde hesapları yapılmış prefabrike betonarme panolu yapı ve yerinde dökme geleneksel sistemle yapılmış yapının maliyet kıyaslaması yapılacaktır. Geleneksel yapım sistemi için maliyet analizi yapılırken Bayındırlık ve İskan Bakanlığı birim fiyatlarından yararlanılmıştır. Prefabrike yapılar için ise çeşitli firmalarla görüşülüp; edinilen bilgiler ışığında güncel fiyatlarla maliyet analizi yapılmıştır. Maliyet kıyaslaması yapılacağı için bina taşıyıcı sistem maliyetleri üzerinden hareket edilmiştir.

Maliyet analizi yapılırken iki sistem arasında farklar dikkate alınmış ve her bir imalatın metrajı çıkarılmıştır. Prefabrike yapının maliyeti fabrikada yapılan imalat, taşıma, montaj ve şantiyede yapılan imalatı kapsamaktadır.



Şekil 7.8: 6 Katlı Prefabrike Panolu Yapı Kalıp Planı

Tablo 7.7: 6 Katlı Prefabrike Konut Binası Döşeme Panoları Donatı Metrajı

Döşeme No	Alt Hasır Donatı	B. A (kg/m ²)	X(m)	Y(m)	Adet	Alan (m ²)	Donatı (kg)
D101	2*Q 443 / 221	10.42	3.35	1.92	2	12.86	160.54
D102 A	R 295	2.93	3.35	1.48	2	9.92	49.48
D102 B	Q 158 / 158	2.48	3.35	2.34	2	15.68	71.18
D103	Q 158 / 158	2.48	3.35	2.45	2	16.42	74.52
D104 A	R 257	2.63	3.35	2.94	2	19.70	92.38
D104 B	R 295	2.93	3.35	2.98	2	19.97	99.63
D105 A	Q 377 / 188 + R 257	7.07	4.85	3.26	2	31.62	288.71
D105 B	Q 377 / 188	4.44	4.85	3.26	2	31.62	205.54
D106	Q 221 / 221	3.48	4.85	2.45	2	23.77	131.66
D107	Q 158 / 158	2.48	2.60	4.14	2	21.53	97.74
D108	R 513	4.92	2.60	1.92	2	9.98	69.69
D109	Q 158 / 158	2.48	2.15	4.14	2	17.80	80.82
D110	R 221	2.36	2.15	2.38	2	10.23	45.23
D111	Q 589 / 378	7.59	2.45	2.30	1	5.64	54.38
D112	Q 221 / 221	3.48	1.06	2.44	1	2.59	14.33
D113	Q 317 / 188	3.97	2.45	2.50	1	6.13	36.93
	Üst Hasır Donatı	B. A (kg/m ²)					
	Q 131 / 131	2.06				Toplam (kg) :	1572.77
6 katlı Prefabrike Konut Binası Döşeme Donatısı (kg):							9436.62

Tablo 7.8: : 6 Katlı Prefabrike Konut Binası Döşeme Panoları Beton Metrajı

Pano	I (cm)	H (cm)	Kesit(cm)	Adet	Hacim(m ³)	Kat	Beton (m ³)
D101	345	270	13	2	2.42	6	14.53
D102A	345	150	13	2	1.35	6	8.07
D102B	345	240	13	2	2.15	6	12.92
D103	345	255	13	2	2.29	6	13.72
D104A	345	290	13	2	2.60	6	15.61
D104B	345	310	13	2	2.78	6	16.68
D105A	495	320	13	2	4.12	6	24.71
D105B	495	340	13	2	4.38	6	26.25
D106	495	255	13	2	3.28	6	19.69
D107	270	420	13	2	2.95	6	17.69
D108	270	180	13	2	1.26	6	7.58
D109	225	420	13	2	2.46	6	14.74
D110	225	240	13	2	1.40	6	8.42
D111	255	255	13	1	0.85	6	5.07
D112	100	250	13	1	0.33	6	1.95
D113	255	260	13	1	0.86	6	5.17
Döşeme Panoları Beton (m ³) :							212.82

6 Katlı Prefabrike Konut Binası İçin Döşeme Maliyeti

Donatı : 9436.6 kg	————→	9436.6*0.70 = 6605 YTL
Beton: 212.8 m ³	————→	212.8*60 = 12768 YTL
İşçilik : 45 YTL / m ³	————→	45*212 = 9540 YTL
Kür: 3 YTL/m ³	————→	3*212= 636 YTL

Döşeme panolarının fabrika çıkış maliyeti 29549 YTL' dir.

Prefabrike Betonarme Duvar Panoları Donatı Metraji

Taşıyıcı Dış Duvar Panoları (DP) : 16 cm. taşıyıcı betonarme, 4cm. izolasyon ve 8cm'lik kaplama betonu olmak üzere 3 tabakadır. Taşıyıcı betonarme tabakada; iki yüzde R221 hasır donatı mevcuttur. Ayrıca 4ø16 donatı ve ø8/20 U donatı vardır. Taşıyıcı olmayan kaplama betonu Q106/106 hasır donatı ile teşkil edilmiştir.

İç Duvar Panoları (P) : 16 cm taşıyıcı betonarmedir. Her iki yüzde R221 hasır donatı, mevcuttur. Ayrıca 4ø16 donatı ve ø8/20 U donatı vardır. Taşıyıcı Olmayan Cephe Panoları (CP): 8 cm. betonarme, 4cm. izolasyon ve 8cm'lik kaplama betonu olmak üzere 3 tabakadır. Q106/106 hasır donatı, 4ø16 donatı ve ø8/20 üçgen donatı ile yapılmıştır.

Tablo 7.9: 6 Katlı Prefabrike Konut Binası Duvar Panoları Beton Metraji

Pano	l (cm)	H (cm)	Kesit(cm)	Adet	Hacim(m ³)	Kat	Beton (m ³)
DP101	364	270	24	2	4.72	6	28.30
DP102	176	270	24	2	2.28	6	13.69
DP103	221	270	24	2	2.86	6	17.18
DP104	364	270	24	2	4.72	6	28.30
DP105	154	270	24	2	2.00	6	11.98
DP106	244	270	24	2	3.16	6	18.97
DP107	223	270	24	2	2.89	6	17.34
DP108	133	270	24	2	1.72	6	10.34
DP109	244	270	24	2	3.16	6	18.97
DP110	226	270	24	2	2.93	6	17.57
CP101	340	270	16	2	2.94	6	17.63
CP102	480	270	16	2	4.15	6	24.88
CP103	220	270	16	2	1.90	6	11.40
CP104	215	270	16	1	0.93	6	5.57
P101	188	270	16	2	1.62	6	9.75
P102	364	257	16	2	2.99	6	17.96
P103	394	257	16	2	3.24	6	19.44
P104	386	257	16	2	3.17	6	19.05
P105	611	257	16	2	5.02	6	30.15
P106	483	257	16	2	3.97	6	23.83
P107	157	257	16	1	0.65	6	3.87

P108	574	257	16	2	4.72	6	28.32
P109	214	257	16	2	1.76	6	10.56
P110	581	257	16	2	4.78	6	28.67
P111	191	257	16	2	1.57	6	9.42
P112	114	257	16	1	0.47	6	2.81
P113	364	257	16	1	1.50	6	8.98
P114	176	257	16	1	0.72	6	4.34
P115	221	257	16	1	0.91	6	5.45
P116	364	257	16	1	1.50	6	8.98
Duvar Panoları Beton (m ³) :							473.74

Tablo 7.10: 6 Katlı Prefabrike Konut Binası Duvar Panoları Donatı Metrajı

Pano	I (cm)	H (cm)	Kesit(cm)	Adet	Alan(m2)	Donatı(kg)
DP101	364	270	28	2	19.7	167.35
DP102	176	270	28	2	9.5	102.58
DP103	221	270	28	2	11.9	118.09
DP104	364	270	28	2	19.7	167.35
DP105	154	270	28	2	8.3	95.01
DP106	244	270	28	2	13.2	126.01
DP107	223	270	28	2	12.0	118.78
DP108	133	270	28	2	7.2	87.77
DP109	244	270	28	2	13.2	126.01
DP110	226	270	28	2	12.2	119.81
CP101	340	270	20	2	18.4	66.90
CP102	480	270	20	2	25.9	79.45
CP103	220	270	20	2	11.9	56.14
CP104	215	270	20	1	5.8	46.06
P101	188	270	16	2	10.2	89.87
P102	364	257	16	2	18.7	130.26
P103	394	257	16	2	20.3	137.54
P104	386	257	16	2	19.8	135.60
P105	611	257	16	2	31.4	190.18
P106	483	257	16	2	24.8	159.13
P107	157	257	16	1	4.0	60.99
P108	574	257	16	2	29.5	181.21
P109	214	257	16	2	11.0	93.87
P110	581	257	16	2	29.9	182.90
P111	191	257	16	2	9.8	88.29
P112	114	257	16	1	2.9	55.78
P113	364	257	16	1	9.4	86.10
P114	176	257	16	1	4.5	63.30
P115	221	257	16	1	5.7	68.76
P116	364	257	16	1	9.4	86.10
1 kat için toplam						3287.17
6 kat için toplam						19723.03

6 Katlı Prefabrike Konut Binası İçin Duvar Panolarının Maliyeti

Donatı : 19723 kg	————→	19723*0.70 = 13806 YTL
Beton: 474 m ³	————→	474*60 = 28440 YTL
İşçilik : 45 YTL / m ³	————→	474*45 = 21330 YTL
Kür: 3 YTL/m ³	————→	3*474= 1422 YTL

Duvar panolarının fabrika çıkış maliyeti 64998 YTL' dir.

Düşey Birleşim Metraji

a) Beton Metraji

$$DP-P : 0.21*0.16*2.70 = 0.091 \text{ m}^3$$

$$DP-DP-P : (0.16*0.44 + 0.16*0.28)*2.70 = 0.31 \text{ m}^3$$

$$DP-DP : 0.34*0.16*2.70 = 0.147 \text{ m}^3$$

$$DP-CP : 0.21*0.16*2.70 = 0.091 \text{ m}^3$$

$$P-P : 0.21* 0.16*2.70 = 0.091 \text{ m}^3$$

$$\text{Toplam Beton : } (0.091*12 + 0.31*6 + 0.147*2 + 0.091*12 + 0.091*8)*6 = 30 \text{ m}^3$$

b) Donatı Metraji

$$1) 4\phi 14 : 4*12*2.70 = 129.6\text{m} ; \quad 129.6*1.208 = 156.6 \text{ kg}$$

$$\text{Etriye: } 13\phi 8 : 13*12*0.90 = 140.4\text{m} ; \quad 140.4*0.395 = 55.5 \text{ kg}$$

$$2) 4\phi 14 : 4*6*2.70 = 64.8\text{m} ; \quad 64.8*1.208 = 78.3 \text{ kg}$$

$$\text{Etriye: } 13\phi 8 : 13*6*(0.90+1.10) = 156\text{m} ; \quad 156*0.395 = 61.6 \text{ kg}$$

$$3) 4\phi 14 : 4*2*2.70 = 21.6\text{m} ; \quad 21.6*1.208 = 26.1 \text{ kg}$$

$$\text{Etriye: } 13\phi 8 : 13*2*1.10 = 28.6\text{m} ; \quad 28.6*0.395 = 11.3 \text{ kg}$$

$$4) 4\phi 14 : 4*12*2.70 = 129.6\text{m} ; \quad 129.6*1.208 = 156.6 \text{ kg}$$

$$\text{Etriye: } 13\phi 8 : 13*12*0.90 = 140.4\text{m} ; \quad 140.4*0.395 = 55.5 \text{ kg}$$

$$5) 4\phi 14 : 4*8*2.70 = 86.4\text{m} ; \quad 86.4*1.208 = 104.3 \text{ kg}$$

$$\text{Etriye: } 13\phi 8 : 13*8*1.1 = 114.4\text{m} ; \quad 114.4*0.395 = 45.2 \text{ kg}$$

$$\text{Toplam Donatı } \phi 14 : (156.6+78.3+26.1+156.6+104.3)*6 = 3131 \text{ kg}$$

$$\phi 8 : (55.5+61.6+11.3+55.5+45.2)*6 = 1375 \text{ kg}$$

Yatay Birleşim Metraji

a) Beton Metraji

$$1) 0.20 \times 0.13 \times 18.3 = 0.48 \text{ m}^3$$

$$2) 0.20 \times 0.10 \times 66.3 = 1.33 \text{ m}^3$$

$$3) 0.20 \times 0.10 \times 33.3 = 0.67 \text{ m}^3$$

$$4) 0.20 \times 0.10 \times 21.3 = 0.43 \text{ m}^3$$

$$\text{Toplam Beton : } (0.48 + 1.33 + 0.67 + 0.43) \times 6 = 17.5 \text{ m}^3$$

b) Donatı Metraji

$$1) 4\phi 10 : 4 \times 18.3 \times 0.617 = 45.2 \text{ kg}$$

$$\text{Etriye: } \phi 8 : 61 \times 0.62 \times 0.395 = 14.9 \text{ kg}$$

$$2) 4\phi 16 : 4 \times 66.3 \times 1.58 = 419 \text{ kg}$$

$$\text{Etriye: } \phi 8 : 221 \times 0.70 \times 0.395 = 61.1 \text{ kg}$$

$$3) 4\phi 16 : 4 \times 33.3 \times 1.58 = 210.5 \text{ kg}$$

$$\text{Etriye: } \phi 8 : 111 \times 0.65 \times 0.395 = 28.5 \text{ kg}$$

$$4) 4\phi 12 : 4 \times 21.3 \times 0.888 = 75.7 \text{ kg}$$

$$\text{Etriye: } \phi 8 : 71 \times 0.70 \times 0.395 = 19.6 \text{ kg}$$

$$\text{Toplam Donatı } \phi 16 : (419 + 210.5) \times 6 = 3777 \text{ kg}$$

$$\phi 8 - \phi 12 : (45.2 + 14.9 + 61.1 + 28.5 + 75.7 + 19.6) \times 6 = 1470 \text{ kg}$$

$$\text{Birleşimler için toplam beton : } 47.5 \text{ m}^3$$

$$\text{Birleşimler için toplam kalıp : } 155 \text{ m}^2$$

$$\text{Birleşimler için toplam donatı : } \phi 8 - \phi 12 : (1470 + 1375) = 2845 \text{ kg}$$

$$\phi 14 - \phi 16 : (3131 + 3777) = 6908 \text{ kg}$$

6 Katlı Prefabrike Konut Binası İçin Birleşimlerin Maliyeti

$$\text{Donatı (} \phi 8 - \phi 12 \text{) : } 2845 \text{ kg} \longrightarrow 2.845 \times 941 = 2677 \text{ YTL}$$

$$(\phi 14 - \phi 16) : 6908 \text{ kg} \longrightarrow 6.908 \times 865 = 5975 \text{ YTL}$$

$$\text{Beton: } 47.5 \text{ m}^3 \longrightarrow 47.5 \times 74.78 = 3552 \text{ YTL}$$

$$\text{Kalıp İmalatı : } 155 \text{ m}^2 \longrightarrow 155 \times 8.75 = 1355 \text{ YTL}$$

Birleşimlerin toplam maliyeti 13559 YTL' dir.

Döşemeler için topping betonu ve donatı :

Topping Betonu (5cm.) : 15.8 m^3 $15.8*74.78=1181\text{YTL}$

Q188 / Q188 hasır donatı : 4845 kg. $4.845*941=4559 \text{ YTL}$

Prefabrike Elemanların Nakliye ve Montajı :

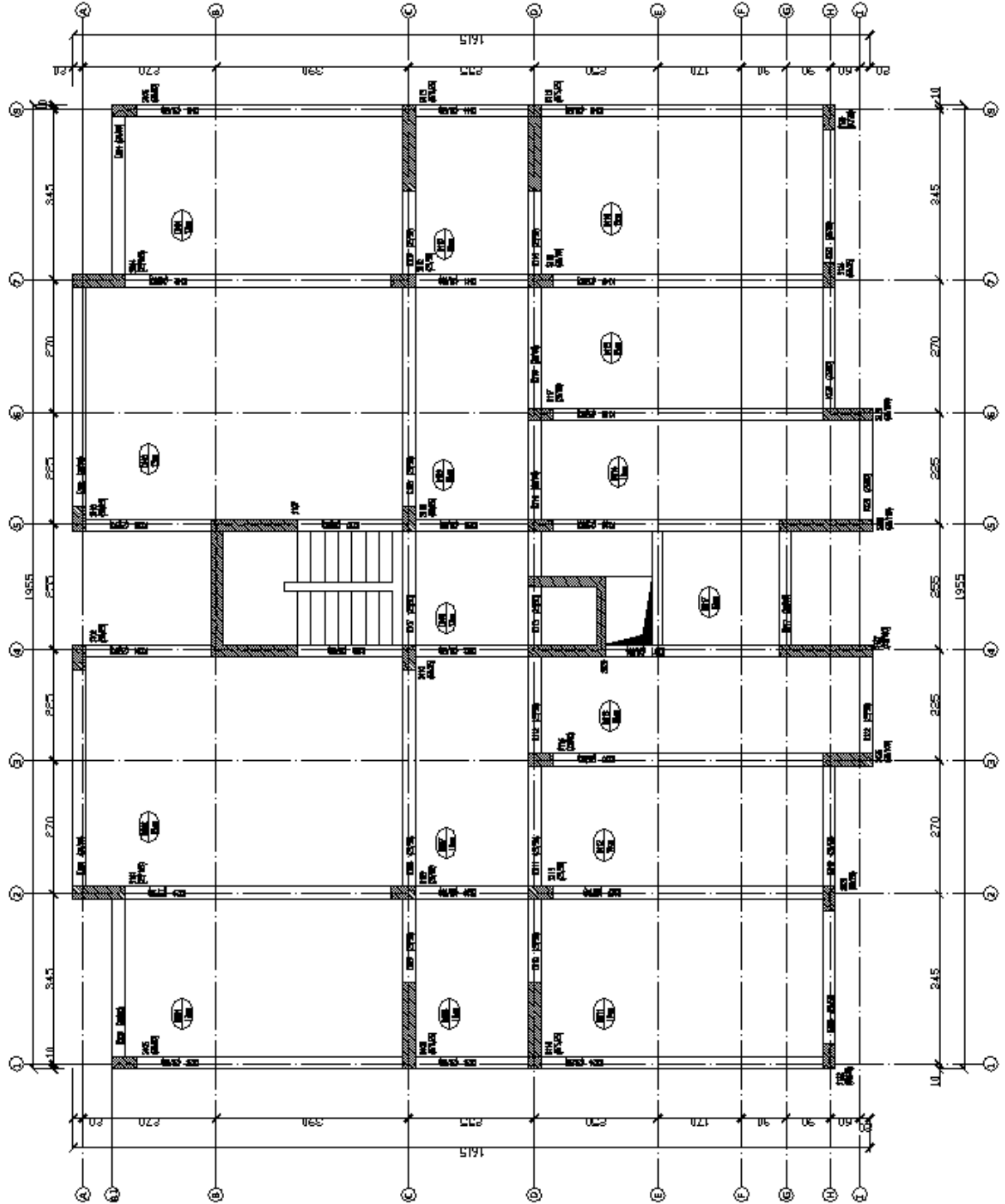
Nakliye: $5\text{YTL} / \text{m}^2$ $\longrightarrow$ $4112*5=20560\text{YTL}$

Montaj: $5\text{YTL} / \text{m}^2$ $\longrightarrow$ $4112*5=20560\text{YTL}$

Temel :30000YTL

Tuğla İmalatı(13.5) : $25.6\text{m}^2*6=153\text{m}^2$ $\longrightarrow$ $153*6.65=1017 \text{ YTL}$

6 Katlı Prefabrike Yapı Maliyeti :185983 YTL



Şekil 7.9: 6 Katlı Geleneksel Yapı Kalıp Planı

Tablo 7.11: 6 Katlı Geleneksel Konut Tuğla Metraji (8,5)

					Pencereler				Kapılar				NET ALAN (m ²)
	Adet	Yükseklik(m)	Uzunluk(m)	Alan	Adet	En	Boy	Alan	Adet	En	Boy	Alan	
K101-K102	2	2.20	4.45	19.58								0.00	19.58
K103-K104	2	2.20	3.40	14.96	2	2.84	1.35	7.67				0.00	7.29
K105-K109	2	2.20	1.90	8.36				0.00	2	0.90	2.10	3.78	4.58
K106-K108	2	2.20	4.45	19.58				0.00	2	0.90	2.10	3.78	15.80
K107				0.00				0.00				0.00	0.00
K110-K116	2	2.20	1.90	8.36				0.00	2	0.90	2.10	3.78	4.58
K111-K115	2	2.20	2.45	10.78				0.00	2	0.90	2.10	3.78	7.00
K112-K114	2	2.20	2.00	8.80				0.00	2	0.90	2.10	3.78	5.02
K117	1	2.20	2.30	5.06	1	1.10	1.00	1.10				0.00	3.96
K113	1	2.20	1.20	2.64				0.00				0.00	2.64
K118-K121	2	2.20	2.90	12.76	2	1.44	1.35	3.89				0.00	8.87
K119-K120	2	2.20	2.45	10.78				0.00				0.00	10.78
K122-K123	2	2.20	2.00	8.80	2	1.20	1.27	3.05				0.00	5.75
K124-K143	2	2.20	5.75	25.30				0.00				0.00	25.30
K125-K144	2	2.20	2.30	10.12				0.00				0.00	10.12
K126-K145	2	2.20	5.50	24.20				0.00				0.00	24.20
K127-K140	2	2.20	5.50	24.20				0.00				0.00	24.20
K128-K141	2	2.20	2.30	10.12				0.00				0.00	10.12
K129-K142	2	2.20	5.50	24.20				0.00				0.00	24.20
K130-K139	2	2.20	5.75	25.30				0.00	2	0.80	2.10	3.36	21.94
K131	1	2.20	3.35	7.37				0.00	1	0.90	2.10	1.89	5.48
K135	1	2.20	4.60	10.12				0.00	1	0.90	2.10	1.89	8.23
K132-K136	2	2.20	2.30	10.12				0.00				0.00	10.12
K133-K137	2	2.20	1.70	7.48				0.00				0.00	7.48
K134-K138	2	2.20	2.80	12.32				0.00				0.00	12.32
D101-D104	2	2.70	3.45	18.63				0.00	2	0.90	2.10	3.78	14.85
D112-D115	2	2.70	2.45	13.23				0.00	2	0.90	2.10	3.78	9.45
				0.00				0.00				0.00	0.00
									TOPLAM :				303.87
6 Kat İçin Tuğla (m ²)													1823.20

Tablo 7.12: 6 Katlı Geleneksel Konut Tuğla Metrajı (13,5)

					Pencereler				NET ALAN (m ²)
	Adet	Yükseklik(m)	Uzunluk(m)	Alan	Adet	En	Boy	Alan	
K101-K102	2	2.20	4.45	19.58	2	2.84	1.35	7.67	11.91
K103-K104	2	2.20	3.40	14.96				0.00	14.96
K117	1	2.20	2.30	5.06	1	1.10	1.00	1.10	3.96
K118-K121	2	2.20	2.90	12.76	2	1.44	1.35	3.89	8.87
K119-K120	2	2.20	2.45	10.78				0.00	10.78
K122-K123	2	2.20	2.00	8.80	2	1.20	1.27	3.05	5.75
K124-K143	2	2.20	5.75	25.30				0.00	25.30
K125-K144	2	2.20	2.30	10.12				0.00	10.12
K126-K145	2	2.20	5.50	24.20				0.00	24.20
							Toplam:		115.86
					6 Kat İçin Tuğla (m ²) :				695.14

Tablo 7.13: 6 Katlı Geleneksel Konut Sıva Metrajı

6 Katlı Geleneksel Konut Sıva Metrajı					Pencereler				Kapılar				NET ALAN (m ²)
Duvar Sıva	Adet	Yükseklik(m)	Çevre(m)	Alan	Adet	En	Boy	Alan	Adet	En	Boy	Alan	
D101-D104	2	2.57	12.30	63.22				0.00	2	0.80	2.10	3.36	59.86
	2	2.57	14.70	75.56				0.00				0.00	75.56
D102-D103	2	2.57	23.10	118.73	2	2.84	1.35	7.67	2	0.80	2.10	3.36	107.71
D105	1	2.57	10.35	26.60	1	0.80	1.00	0.80				0.00	25.80
D106-D110	2	2.57	12.00	61.68				0.00	4	0.90	2.10	7.56	54.12
D107-D109	2	2.57	15.00	77.10				0.00	4	0.90	2.10	7.56	69.54
D108	1	2.57	6.30	16.19				0.00	2	0.90	2.10	3.78	12.41
D111-D116	2	2.57	18.90	97.15	2	1.44	1.35	3.89	2	0.90	2.10	3.78	89.48
D112-D115	2	2.57	17.40	89.44				0.00	4	0.90	2.10	7.56	81.88
D113-D114	2	2.57	17.70	90.98	2	1.20	1.27	3.05	6	0.90	2.10	11.34	76.59
D117	1	2.57	10.30	26.47	1	1.10	1.00	1.10	2	0.90	2.10	3.78	21.59
Tavan Sıva	Adet	En (m)	Boy (m)	Alan	Adet	En	Boy	Alan	Adet	En	Boy	Alan	
D101-D104	2	2.70	3.45	18.63				0.00				0.00	18.63
	2	3.45	3.90	26.91				0.00				0.00	26.91
D102-D103	2	4.95	6.60	65.34				0.00				0.00	65.34
D105	1	2.55	3.90	9.95				0.00				0.00	9.95
D106-D110	2	2.55	3.45	17.60				0.00				0.00	17.60
D107-D109	2	2.55	2.70	13.77				0.00				0.00	13.77
D108	1	2.55	2.55	6.50				0.00				0.00	6.50
D111-D116	2	3.45	6.00	41.40				0.00				0.00	41.40
D112-D115	2	2.70	6.00	32.40				0.00				0.00	32.40
D113-D114	2	2.25	6.60	29.70				0.00				0.00	29.70
D117	1	2.55	2.60	6.63				0.00				0.00	6.63
Dış Cephe Sıva	Adet	Yükseklik(m)	Çevre(m)	Alan	Adet	En	Boy	Alan	Adet	En	Boy	Alan	
	1	16.20	81.80	1325.16	12	2.84	1.35	46.01				0.00	1279.15
				0.00	12	1.44	1.35	23.33				0.00	-23.33
				0.00	12	1.20	1.27	18.29				0.00	-18.29
				0.00	6	1.10	1.00	6.60				0.00	-6.60
				0.00	6	0.80	1.00	4.80				0.00	-4.80
Toplam İç Yüzeyler : (m ²)		5660.12	Dış Cephe : (m ²)		1226.14				Toplam (m ²)				6886.26

Tablo 7.14: Geleneksel Konut Metraji

Kat Adet	6	8	10	12
Donatı (kg)	68562	86872	118013	159511
Beton (m ³)	568	725	935	1096
Kalıp (m ²)	3751	4872	6187	6974
Tuğla(8,5)-m ²	1823	2431	3039	3646
Tuğla (13,5)-m ²	695	927	1159	1390
Sıva (Cephe) m ²	1226	1635	2044	2452
Sıva (İç Yüzey) m ²	5660	7547	9434	11320

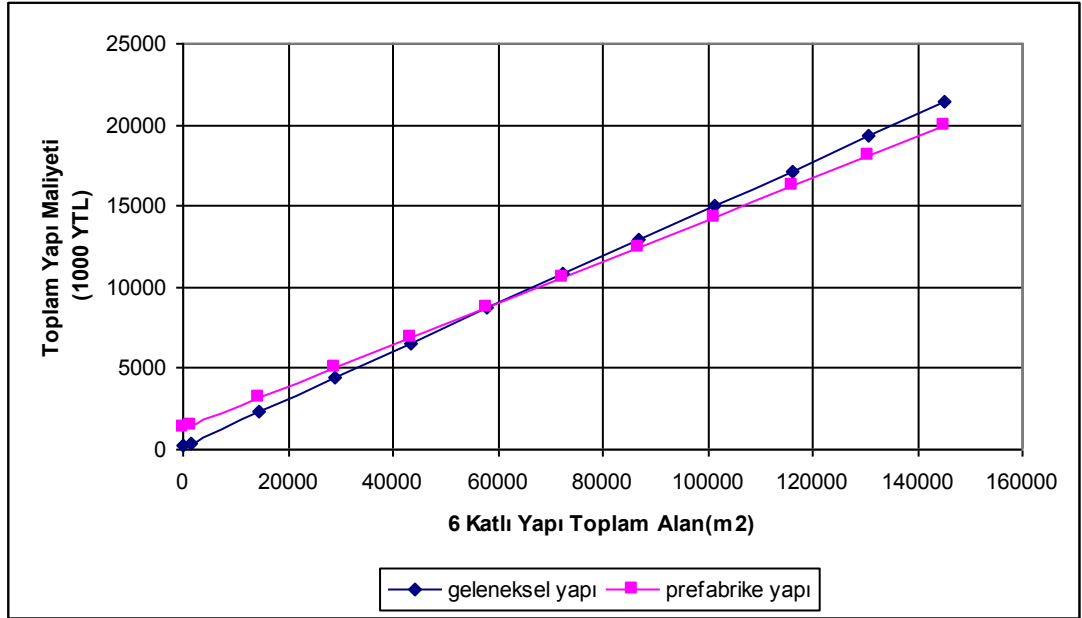
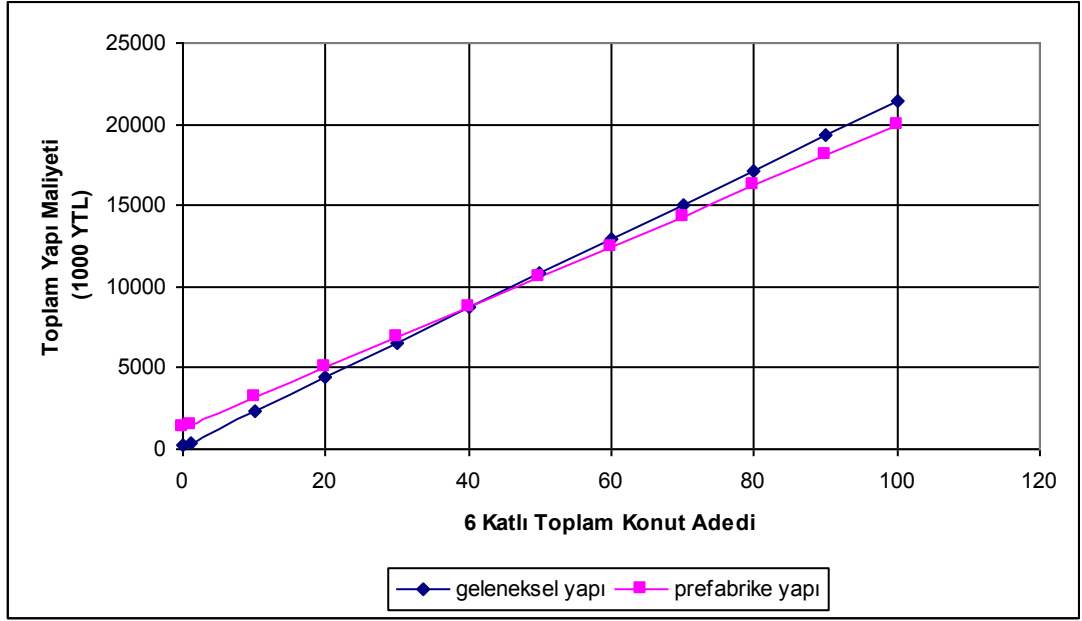
Tablo 7.15: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Tarifleri

Birim Fiyat Tarifleri	Birim Fiyat
Kireç ve çimento karışımı düz harçla sıva yapılması	6.25 YTL/m ²
Düz yüzeyli beton ve betonarme kalıbı imalatı	10.93 YTL/m ²
Beton pompasıyla basılan hazır beton (BS 30)	82.9 YTL/m ³
19 x 19 x 13.5 tuğla ile yarım tuğla duvar yapılması	9.44 YTL/m ²
19 x 19 x 8.5 tuğla ile yarım tuğla duvar yapılması	8.31 YTL/m ²
ø8-ø12 beton çelik çubuklarının bükülüp yerine konması	1176.06 YTL/ton
ø14-ø50 beton çelik çubuklarının bükülüp yerine konması	1081.44 YTL/ton
2.5cm kalınlıkta 400 kg çimento dozlu şap yapılması	5.91 YTL/m ²

Tablo 7.16: Geleneksel Konut Metraj Sonuçları

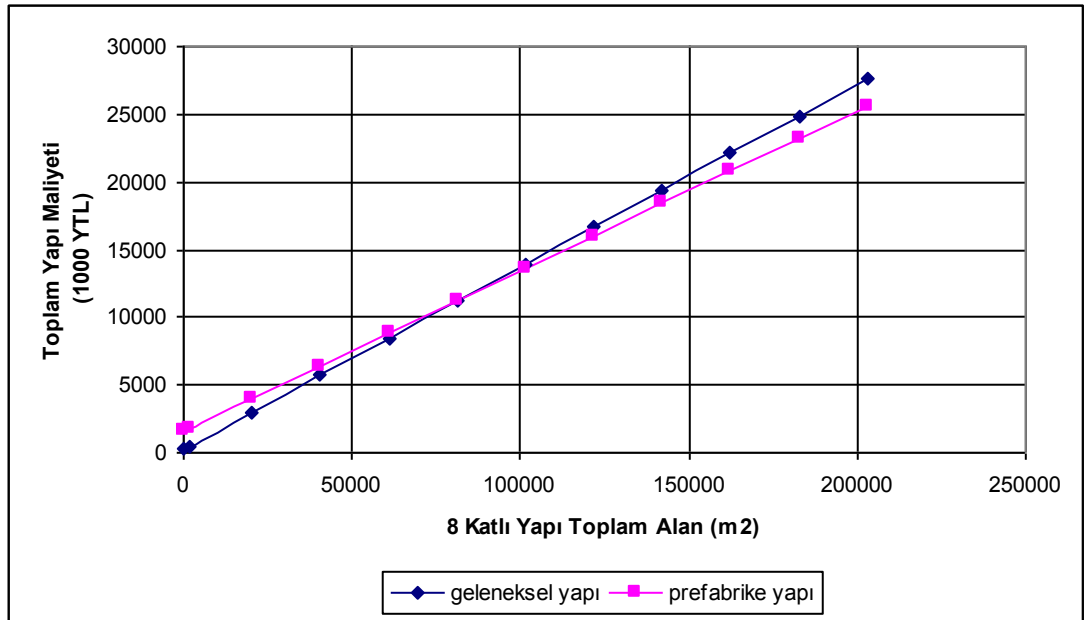
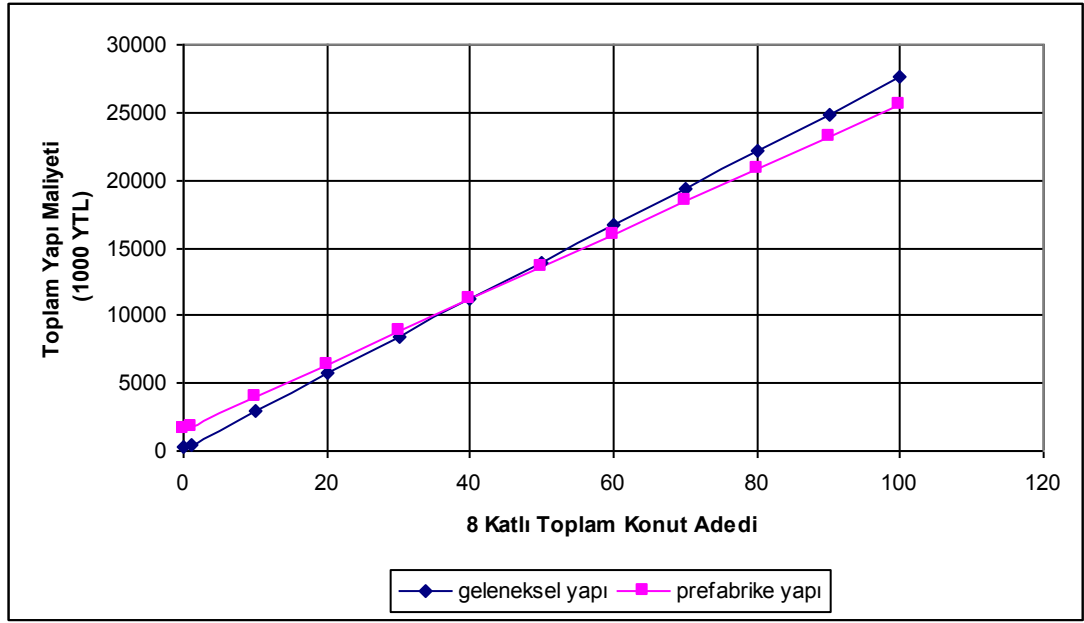
Kat Adet	6	8	10	12
Donatı (YTL)	61911	78445	106566	144038
Beton (YTL)	47087	60103	77512	90858
Kalıp (YTL)	32799	42599	54099	60981
Tuğla(8,5)-YTL	12121	16161	20201	24241
Tuğla (13,5)-YTL	5250	7000	8749	10499
Sıva YTL	34431	45908	57386	68863
Şap (YTL)	8113	10818	13522	16227
Toplam (YTL)	201712	261033	338034	415707

Prefabrikasyon teknolojileri kullanılarak yapılan inşaatlar geleneksel sistemlere göre en az % 50 zaman tasarrufu sağlarlar. Bu yüzden toplu konut inşaatı için yapı maliyet karşılaştırması yapılırken geleneksel sistemle yapılan inşaatın 2 yıl, prefabrike inşaatın ise 1 yılda tamamlandığı kabul edilmiştir. Ülkemizde enflasyon oranının %10 olduğu kabul edilerek maliyet analizi yapılmıştır.



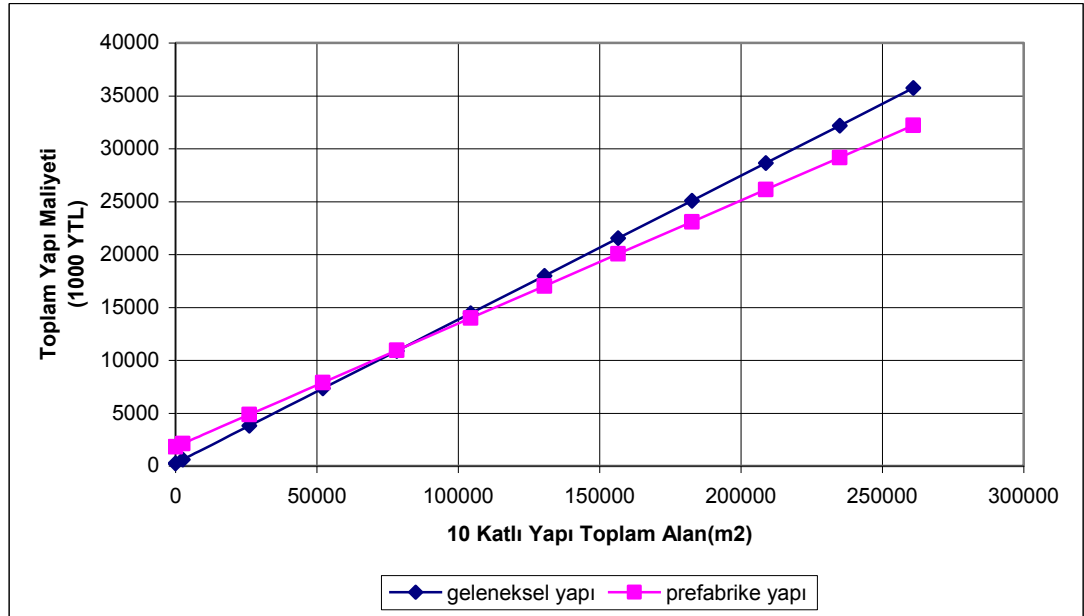
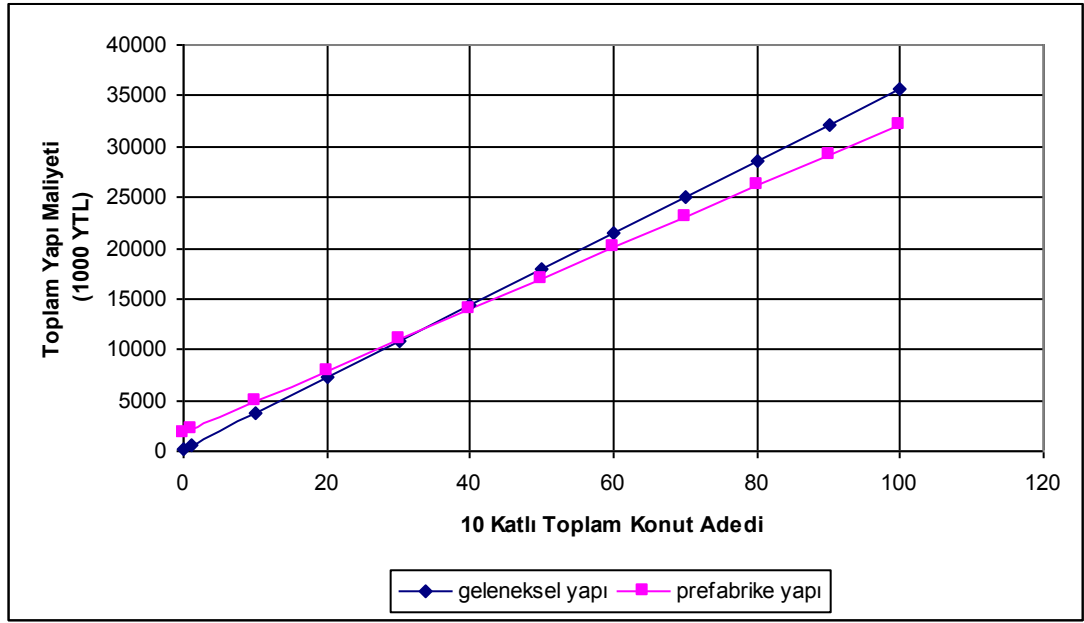
Şekil 7.10: 6 Katlı Prefabrike ve Geleneksel Yapı Maliyet Grafikleri

Şekil 7.10'daki veriler analiz edildiğinde; 6 katlı 43 adet üretim miktarı için, panel sistemle üretilen birim yapı maliyeti, geleneksel sistemle üretilen birim yapıya eşit olmaktadır. 100 adet üretim için ise prefabrike panel sistem maliyeti geleneksel sisteme göre %7 az olmaktadır. Ayrıca 62350m²'lik toplam konut için iki sistem maliyetleri eşit olmaktadır.



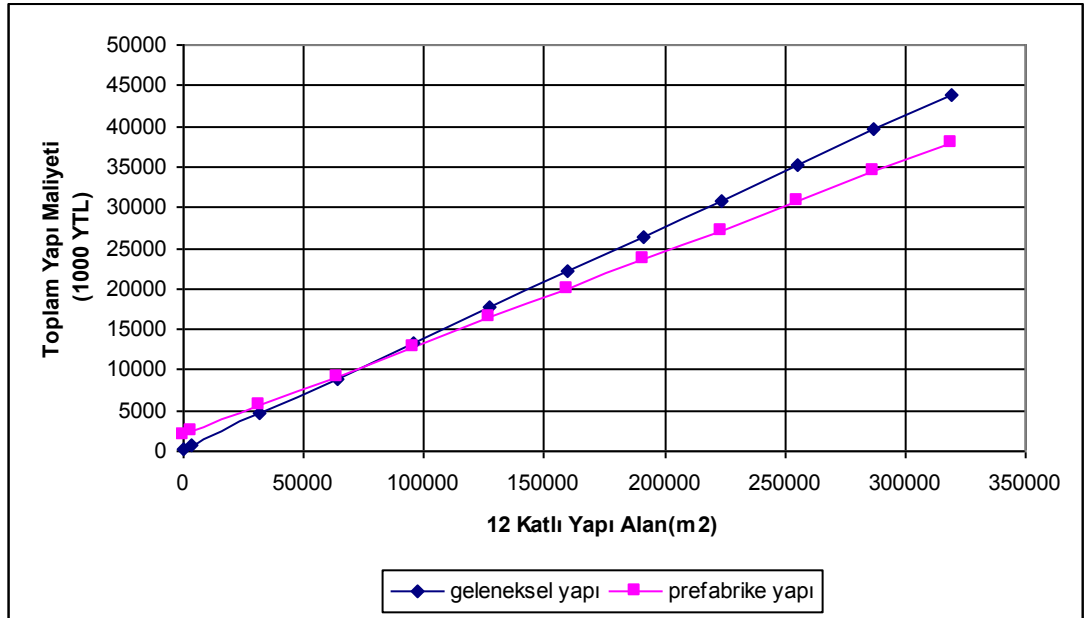
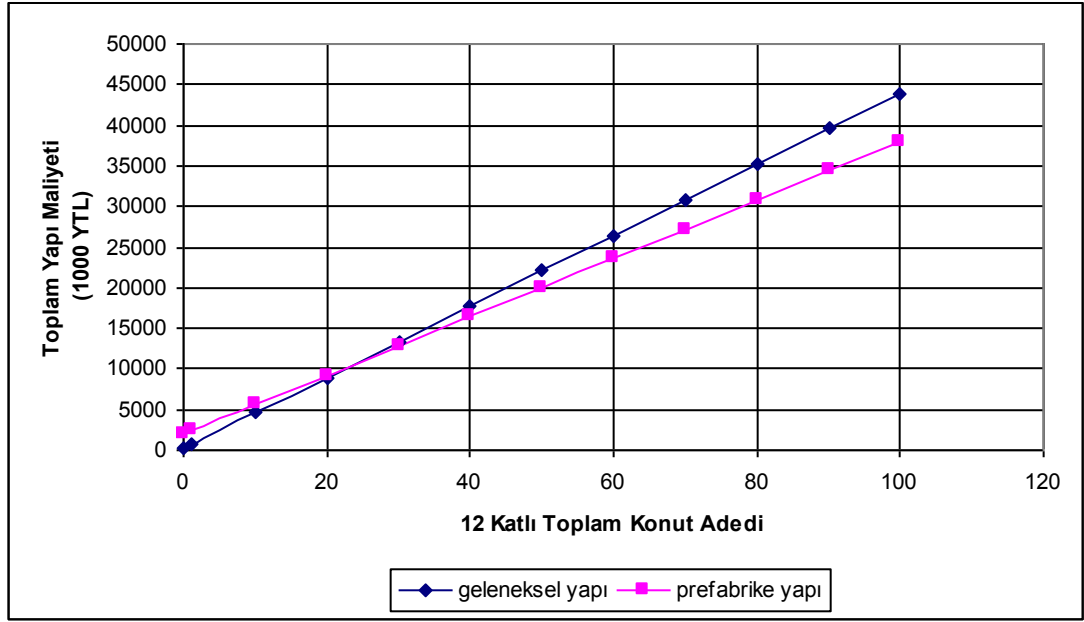
Şekil 7.11: 8 Katlı Prefabrike ve Geleneksel Yapı Maliyet Grafikleri

Şekil 7.11'deki veriler analiz edildiğinde; 8 katlı 38 adet üretim miktarı için, panel sistemle üretilen birim yapı maliyeti, geleneksel sistemle üretilen birim yapıya eşit olmaktadır. 100 adet üretim için ise prefabrike panel sistem maliyeti geleneksel sisteme göre %9 az olmaktadır. Ayrıca 77140m²'lik toplam konut için iki sistem maliyetleri eşit olmaktadır.



Şekil 7.12: 10 Katlı Prefabrike ve Geleneksel Yapı Maliyet Grafikleri

Şekil 7.12’deki veriler analiz edildiğinde; 10 katlı 28 adet üretim miktarı için, panel sistemle üretilen birim yapı maliyeti, geleneksel sistemle üretilen birim yapıya eşit olmaktadır. 100 adet üretim için ise prefabrike panel sistem maliyeti geleneksel sisteme göre %11 az olmaktadır. İki sistem maliyeti 73080m²’lik toplam konut için eşit olmaktadır.



Şekil 7.13: 12 Katlı Prefabrike ve Geleneksel Yapı Maliyet Grafikleri

Şekil 7.13 incelendiğinde 23 adet 12 katlı konut yapıldığı zaman, panel sistemle üretilen birim konut maliyeti ile, geleneksel sistemle üretilen birim konut maliyeti eşit olmaktadır. 100 konutluk üretim miktarı için prefabrike panel sistem maliyeti, geleneksel sisteme göre % 14 az olmaktadır. İki sistem maliyeti 73370m²'lik toplam konut eşit olmaktadır.

8. SAYISAL UYGULAMA

8.1 Projelendirilecek Bina Sisteminin Tanımı ve Hesap Esasları

Şekil 8.1’de kalıp planı görülen yapı prefabrike panolu ve yerinde dökme betonarme olarak iki şekilde boyutlandırılacaktır. Prefabrike büyük duvar ve döşeme panolarıyla oluşturulan yapı 6 katlıdır. Şekil 8.1’de görüldüğü gibi plandaki boyutlar 16.15x19.55 dir. Kat yükseklikleri 2.70 m ve yapı 1. derece deprem bölgesindedir. Yerel zemin sınıfı Z2, $T_a=0.15$ sn, $T_b=0.40$ sn, bina önem katsayısı $I=1$ ’dir. Çatı seviyesindeki ve diğer katlara ait kütleler yük analizi sonuçlarından hesaplanarak girilmiştir. Bina kullanım amacı dikkate alınarak hareketli yük katılım katsayısı 0.30 olarak alınmıştır.

Yapının boyutlandırılmasında yatay yükler ve düşey yükler esas alınmış ve hesaplar TS 9967 ve A.B.Y.Y.H.Y.’deki yük katsayıları baz alınarak yapılmıştır. Duvar panolarının birbirleriyle ve döşeme panolarıyla düşeyde ve yatayda oluşturdukları birleşimler; kendilerine etkiyebilecek her türlü yükü güvenle aktarabilecek şekilde teşkil edilmiştir.

Yapıda prefabrike kısımlarda beton BS25 kullanılmıştır. Yerinde dökme betonun bulunduğu yatay ve düşey bağ hatıllarında BS20 beton malzemesi kullanılmıştır.

Döşeme Panoları

Yapının tüm döşeme panoları taşıyıcı duvarlara iki, üç ve dört taraftan oturtulmuştur. Döşemeler 13 cm kalınlığında büyük boy prefabrike panoların bir araya getirilerek; birleştirilmesi ile yapılmaktadır. Döşeme panolarının duvar panolarına oturduğu birleşim bölgeleri süneklik düzeyi yüksek birleşim olarak düzenlenecektir. Döşeme panoları etrafında düzenlenen yatay bağ hatılları ile döşemenin diyafram davranışı göstermesi sağlanmıştır.

Duvar Panoları

Duvar panoları üç tiptir. Taşıyıcı dış duvar panoları 16 cm. kalınlığında prefabrike duvar panolarının bir araya getirilmesi ile oluşturulmuştur. Ses ve ısı yalıtımı için dış duvarlar 16 cm. kalınlığında taşıyıcı kısım, 4 cm. izolasyon ve 8 cm. kaplama betonu ile sandviç şeklinde düzenlenmişlerdir. Taşıyıcı duvar panolarının düzlemlerindeki ve düzlemlerine dik doğrultudaki duvar panolarıyla birleşimleri, düşey boyuna donatılar konulduktan sonra yerinde dökme betonla sağlanmaktadır. Böylece her iki yönde oluşturulan perdelerle yatay ve düşey yükler güvenle taşınacaktır.

Taşıyıcı olmayan dış cephe duvarları mahalleri oluşturmaları yanında; rijitleştirici eleman olarak boyutlandırılacaklardır. Bu panolar büyük pencere boşluklarının bulunduğu yerlerde kullanılacaktır. Dış cephe panoları yapı içerisinde rijitlik artırıcı eleman olarak çalışabileceklerinden 8 cm. betonarme dış tabaka, 4 cm izolasyon ve 8 cm kaplama betonu olmak üzere 20 cm. kalınlığında sandviç pano şeklindedirler.

Taşıyıcı iç duvarlar 16 cm. kalınlığında prefabrike duvar panolarının bir araya getirilmesi ile oluşturulmuştur. Tablo 8.1’de 3 tip duvar panosu ağırlıkları görülmektedir.

Bağlantı Kirişleri

Bina içerisinde kapı ve pencereler için boşluklu duvar ve cephe panoları kullanılacaktır. Bu boşlukların üzerinde 60 cm. yüksekliğinde ve 16 cm. pano kalınlığında lento vazifesi gören bağlantı kirişleri mevcuttur.

Prefabrike panolu olarak boyutlandırılan yapı, yerinde dökme geleneksel sistem olarak tekrar çözülmüştür. İki sistemin ekonomik yönden karşılaştırılması 7. bölümde yapılmıştır.

8.2 Yük Analizi

Taşıyıcı duvarlar, taşıyıcı olmayan duvarların ağırlıkları hesaplanıp tablo 8.1’de gösterilmiştir. Yük analizi yapılırken; yapıyı oluşturan elemanların öz ağırlıkları ve katlardaki hareketli yükler hesaplanacaktır. Yük analizi hesapları bu bölümde ayrıntılı olarak verilmemiş, sonuçlar tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 8.1: Pano Ağırlıkları

Pano	I(cm)	D(cm)	H(cm)	Pencere	Kapı	Adet	Pano Ağırlık (kN)	Yalıtım Minha Ağırlığı (kN)	Hesap Ağırlığı (kN)
DP101	364	28	270	-	-	2	58,97	0,59	59,56
DP102	176	28	270	-	-	2	28,51	0,29	28,80
DP103	221	28	270	-	-	2	35,80	0,36	36,16
DP104	364	28	270	-	-	2	58,97	0,59	59,56
DP105	154	28	270	-	-	2	24,95	0,25	25,20
DP106	244	28	270	-	80/210	2	39,53	10,93	30,34
DP107	223	28	270	-	80/210	2	36,13	10,93	26,91
DP108	133	28	270	-	-	2	21,55	0,22	21,76
DP109	244	28	270	-	-	2	39,53	0,40	39,92
DP110	226	28	270	50/220	-	2	36,61	7,27	30,68
CP101	340	20	270	144/135	-	2	36,72	8,63	29,79
CP102	480	20	270	284/135	-	2	51,84	16,42	37,58
CP103	220	20	270	120/127	-	2	23,76	6,76	18,32
CP104	215	20	270	110/100	-	1	23,22	5,05	19,47
P101	188	16	270	-	-	2	20,30	-	20,30
P102	364	16	257	-	-	2	37,42	-	37,42
P103	394	16	257	-	-	2	40,50	-	40,50
P104	386	16	257	-	-	2	39,68	-	39,68
P105	611	16	257	-	100/210	2	62,81	8,90	54,91
P106	483	16	257	-	90/210	2	49,65	8,06	42,59
P107	157	16	257	-	-	1	16,14	-	16,14
P108	574	16	257	-	90/210	2	59,01	15,62	44,89
P109	214	16	257	-	150/210	2	22,00	13,10	9,91
P110	581	16	257	-	90/210	2	59,73	17,58	44,63
P111	191	16	257	-	-	2	19,63	8,54	11,59
P112	114	16	257	-	-	1	11,72	-	11,72
P113	364	16	257	-	-	1	37,42	-	37,42
P114	176	16	257	-	-	1	18,09	-	18,09
P115	221	16	257	-	-	1	22,72	-	22,72
P116	364	16	257	-	-	1	37,42	-	37,42

Tablo 8.2: Kat Toplam Ağırlıkları

Kat No	G(kN)	Q(kN)
Çatı Katı	2785.20	492.56
Normal Kat	2901.70	576.85
Bodrum Kat	2947.30	576.85

8.2.1 Yapı Deprem Yüğü Hesabı

Projelendirilecek yapının deprem hesabı A.B.Y.Y.H.Y.'e göre yapılacaktır. Tablo 6.2'ye göre yapı 1. derece deprem bölgesinde ve temel üst kotundan itibaren $H_N \leq 25m$. olduğundan, yapıya etkiyen deprem yükü eşdeğer deprem yükü yöntemi ile belirlenecektir. Denklem (6.2)'den $w_i = g_i + nq_i$ olarak hesaplanacaktır.

$$W_1 = 2947.30 + 0.3 * 576.85 = 3120.36 \text{ kN}$$

$$W_2 = W_3 = W_4 = W_5 = 2901.70 + 0.3 * 576.85 = 3074.76 \text{ kN}$$

$$W_6 = 2785.20 + 0.3 * 492.56 = 2932.97 \text{ kN}$$

Yapıya etkiyen deprem yüklerinin belirlenebilmesi için hesaplanan spektral ivme katsayısı $A(T) = A_0 * I * S(T)$ denklem (6.3) ile hesaplanacaktır. Bina 1. derece deprem bölgesinde yapılacağı için etkin yer ivme katsayısı A_0 tablo 6.4'den 0.40'dır. Tablo 6.5'de bina önem katsayısı I , konut türü yapılar için 1'dir. Yerel zemin sınıfı Z4 olduğu için, spektrum karakteristik periyotları tablo 6.6'dan $T_a = 0.20 \text{ sn}$, $T_b = 0.90 \text{ sn}$ 'dir. $T_a = 0.20 \text{ sn} < T_1 = 0.404 \text{ sn} < T_b = 0.90 \text{ sn}$ olduğundan $S(T_1) = 2.5$ 'dir. Buradan $A(T_1) = 0.40 * 1 * 2.5 = 1.0$ 'dir.

Hesaplarda spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yüklerinin, yapının taşıyıcı sistemi göz önünde bulundurularak belirli bir katsayıya bölünüp azaltılması gerekmektedir. Deprem yükü azaltma katsayısı R_a ; deprem yüklerinin tamamının prefabrike boşluksuz perdelerle taşındığı binalarda $T_1 = 0.404 \text{ sn} > T_a = 0.20 \text{ sn}$ olduğundan $R_a(T_1) = R = 5$ 'dir.

Toplam eşdeğer deprem yükü $V_t = W * A(T_1) / R_a$ denkleminde hesaplanır.
 $V_t = 18352.37 * 1.0 / 5 = 3670.47 \text{ kN}$

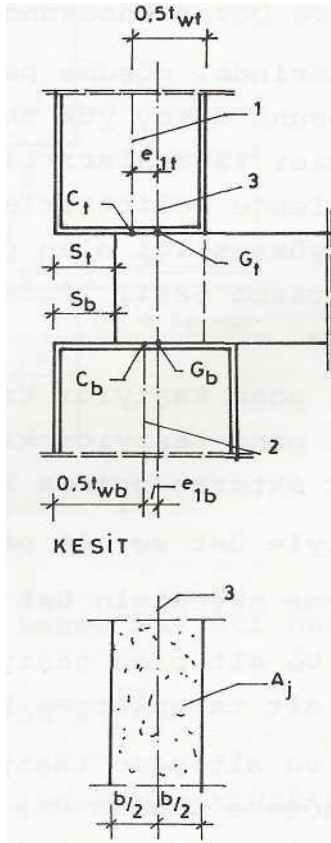
Toplam eşdeğer yükü V_t 'nin katlara dağılımı tablo 8.3'de verilmiştir. Toplam bina yüksekliği $H_n = 16.20 \text{ m} \leq 25 \text{ m}$ olduğundan denklem 8.1'de $\Delta F_n = 0$ alınacaktır.

$$V_t = \Delta F_n + \sum F_i \quad (8.1)$$

$$F_i = V_t * (W_i * H_i) / (\sum W_i * H_i) \quad (8.2)$$

Tablo 8.3: Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağıtılması

Kat No	Wi(kN)	Hi(m)	Wi*Hi(kNm)	Fi(kN)
6	2932.97	16.2	47514.11	1018.64
5	3074.76	13.5	41509.26	889.91
4	3074.76	10.8	33207.41	711.92
3	3074.76	8.1	24905.56	533.94
2	3074.76	5.4	16603.70	355.96
1	3120.36	2.7	8424.97	180.62

8.3 Duvar Panolarının Dış Merkezlik Hesabı

(1-1) aksı panolarının dış merkezlik hesabı yapılmıştır. Pano basınç birleşimlerinde, üst duvar panosundan alt duvar panosuna düşey yük aktarımı döşeme panosu ile oluşturulmuş birleşim ile sağlanır,[2]. Üst ve alt duvar panolarının taşıyıcı kısımları üst üste olduğundan

$$e_{1t} = e_{2t} = 0 \text{ dir.}$$

e_s : yerleştirmede beklenmeyen dış merkezlik, $e_s = 5 \text{ mm}$

e_3 : pano orta düzlemindeki dış merkezlik,

$$e_3 = 0.04 \cdot t_w = 0.04 \cdot 160 = 6.4 \text{ mm (3 tabakalı)}$$

P_1 : Taşıyıcı tabaka ağırlığı

P_2 : İzolasyon ağırlığı

P_3 : Dış tabaka ağırlığı

P_d : Panoya oturan döşeme mesnet reaksiyonu.

Şekil 8.1: Panolar ile Döşemeler Arasındaki Dış Merkezlikler**a) 2 Panosundaki dışmerkezlik hesabı:**

$$P_1 = 25 \cdot 0.16 \cdot 2.70 = 10.80 \text{ kN/m;}$$

$$P_2 = 4 \cdot 0.015 = 0.06 \text{ kN/m}$$

$$P_3 = 0.08 \cdot 2.78 \cdot 25 = 5.56 \text{ kN/m;}$$

$$P_d = 2.55 \cdot 3.82 / 4 = 2.43 \text{ kN/m}$$

$$R_p = P_3 + P_2 + P_d = 5.56 + 0.06 + 2.43 = 8.05 \text{ kN/m}$$

$$N = 1705 / 14.65 = 116.4 \text{ kN/m}$$

$$e_{pi} = (5.56 \cdot 16 + 0.06 \cdot 10 - 2.43 \cdot 6.7) / 8.05 = 9.10 \text{ cm}$$

$e_{2t,i-1}$ ve $e_{2t,i}$: panonun alt ve üst kesitinde ilave yüklerden doğan dış merkezlik

$$e_{2t,i-1} = (R_p \cdot e_{pi}) / (N + R_p + P_1) = (8.05 \cdot 9.10) / (116.4 + 8.05 + 10.80) = 0.54 \text{ cm}$$

$$e_{2t,i} = (R_p \cdot e_{pi}) / (N + R_p) = (8.61 \cdot 8.14) / (130.04 + 8.61) = 0.59 \text{ cm}$$

Panonun üst kesitindeki dış merkezlik e_i ; alt kesitindeki dış merkezlik e_{i-1} 'dir.

$$e_i = e_{1t,i} + e_{2t,i} + e_3 = 0 + 0.59 + 0.64 = 1.23 \text{ cm}$$

$$e_{i-1} = e_{1t,i-1} + e_{2t,i-1} + e_s + e_3 = 0 + 0.54 + 0.50 + 0.64 = 1.68 \text{ cm}$$

Duvar panosunun ortasındaki e_0 dış merkezliği

$$e_0 = [0.3 \cdot (e_i^2 + e_{i-1}^2) + 0.4 \cdot (e_i \cdot e_{i-1})]^{0.5} + e_k + e_z$$

$$e_i = 1.23 \text{ cm}; \quad e_{i-1} = 1.68 \text{ cm}; \quad e_k = 0.002 \cdot h_w = 0.002 \cdot 270 = 0.54 \text{ cm}$$

Pano düzlemine dik deprem etkilerin doğurduğu dış merkezlik : $e_z = M_z / N$

$$1 \text{ m.'lik pano ağırlığı } W = 10.80 + 0.06 + 5.56 = 16.42 \text{ kN/m}$$

$$M_z = 0.08 \cdot 16.42 \cdot (2.7)^2 / 8 = 1.197 \text{ kNm}$$

$$e_z = 1.197 / 116.4 = 0.0103 \text{ m} = 1.03 \text{ cm}$$

$$e_0 = [0.3 \cdot (1.23^2 + 1.68^2) + 0.4 \cdot (1.23 \cdot 1.68)]^{0.5} + 0.54 + 1.03 = 3.02 \text{ cm}$$

$$e_0 = 3.02 \text{ cm} > t_w / 6 = 16 / 6 = 2.67 \text{ cm. olduğu için simetrik donatı konulacaktır.}$$

Donatı Hesabı:

$$(\text{BÇ III}) \text{ için } f_{yk} = 365 \text{ MPa}; \quad (\text{BS25}) \text{ için } f_{cd} = 25 / 1.4 = 17.86 \text{ MPa}$$

$$\text{Depremlili durum için } M = N \cdot e_0 = 116.4 \cdot 0.0302 = 3.52 \text{ kN/m}$$

$$\text{Depremsiz durum için } e_0 = 3.02 - 1.03 = 1.99 \text{ cm} \quad N = 1.5 \cdot 116.4 = 174.6 \text{ kN/m}$$

$$M = N \cdot e_0 = 174.6 \cdot 0.0199 = 3.47 \text{ kN/m}$$

$$n = 174600 / (1000 \cdot 160 \cdot 17.86) = 0.061$$

$$m = 347000 / (1000 \cdot 160^2 \cdot 17.86) = 0.00076$$

$$n = 0.061; \quad m = 0.00076 \Rightarrow w = 0.03' \text{ dir.}$$

$$A_{s1} = A_{s2} = w \cdot b \cdot h / (f_{yk} / f_{cd}) = 0.03 \cdot 1000 \cdot 160 / (365 / 17.86) = 235 \text{ mm}^2 / \text{m} (\text{BÇ III})$$

$$A_{s1} = A_{s2} = 235 \cdot (42 / 50) = 197 \text{ mm}^2 / \text{m} (\text{BÇ IV})$$

Her bir yüz için seçilen donatı: Q221/221' dir.

b) 1 ve 3 panolarındaki dış merkezlik hesabı:

$$P_1 = 25 \cdot 0.16 \cdot 2.70 = 10.80 \text{ kN/m};$$

$$P_2 = 4 \cdot 0.015 = 0.06 \text{ kN/m}$$

$$P_3 = 0.08 \cdot 2.78 \cdot 25 = 5.56 \text{ kN/m};$$

$$P_d = 3.29 \cdot 3.61 / 2 = 5.94 \text{ kN/m}$$

$$R_p = P_3 + P_2 + P_d = 5.56 + 0.06 + 5.94 = 11.56 \text{ kN/m} \quad N = 116.4 \text{ kN/m}$$

$$e_{pi} = (5.56 \cdot 16 + 0.06 \cdot 10 - 5.94 \cdot 6.7) / 11.56 = 4.30 \text{ cm}$$

$$e_{2t,i-1} = (R_p \cdot e_{pi}) / (N + R_p + P_1) = (11.56 \cdot 4.30) / (116.4 + 11.56 + 10.80) = 0.36 \text{ cm}$$

$$e_{2t,i} = (R_p \cdot e_{pi}) / (N + R_p) = (11.56 \cdot 4.30) / (116.4 + 11.56) = 0.39 \text{ cm}$$

Panonun üst kesitindeki dış merkezlik : e_i

$$e_i = e_{1t,i} + e_{2t,i} + e_3 = 0 + 0.39 + 0.64 = 1.03 \text{ cm}$$

Panonun alt kesitindeki dış merkezlik : e_{i-1}

$$e_{i-1} = e_{1t,i-1} + e_{2t,i-1} + e_s + e_3 = 0 + 0.36 + 0.50 + 0.64 = 1.50 \text{ cm}$$

Duvar panosunun ortasındaki e_0 dış merkezliği

$$e_0 = [0.3 \cdot (e_i^2 + e_{i-1}^2) + 0.4 \cdot (e_i \cdot e_{i-1})]^{0.5} + e_k + e_z$$

$$e_i = 1.03 \text{ cm}; \quad e_{i-1} = 1.50 \text{ cm}; \quad e_k = 0.002 \cdot h_w = 0.002 \cdot 270 = 0.54 \text{ cm}$$

Pano düzlemine dik deprem etkilerin doğurduğu dış merkezlik : $e_z = M_z / N$

$$1 \text{ m.'lik pano ağırlığı } W = 10.80 + 0.06 + 5.56 = 16.42 \text{ kN/m}$$

$$M_z = 0.08 \cdot 16.42 \cdot (2.7)^2 / 8 = 1.197 \text{ kNm}$$

$$e_z = 1.197 / 116.4 = 0.0103 \text{ m} = 1.03 \text{ cm}$$

$$e_0 = [0.3 \cdot (1.03^2 + 1.50^2) + 0.4 \cdot (1.03 \cdot 1.50)]^{0.5} + 0.54 + 1.03 = 2.84 \text{ cm}$$

$$e_0 = 2.84 \text{ cm} > t_w / 6 = 16 / 6 = 2.67 \text{ cm. olduğu için simetrik donatı konulacaktır.}$$

Donatı Hesabı:

$$\text{Depremlili durum için } M = N \cdot e_0 = 116.4 \cdot 0.0284 = 3.31 \text{ kN/m}$$

$$\text{Depremsiz durum için } e_0 = 2.84 - 1.03 = 1.81 \text{ cm} \quad N = 1.5 \cdot 116.4 = 174.6 \text{ kN/m}$$

$$M = N \cdot e_0 = 174.6 \cdot 0.0181 = 3.16 \text{ kNm/m}$$

$$n = 174600 / (1000 \cdot 160 \cdot 17.86) = 0.061$$

$$m = 316000 / (1000 \cdot 160^2 \cdot 17.86) = 0.00069$$

$$n=0.061; \quad m=0.00069 \quad \Rightarrow \quad w = 0.03' \text{ dir.}$$

$$A_{s1}=A_{s2}=w*b*h / (f_{yk}/f_{cd})= 0.03*1000*160/(365/17.86)= 235 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ (BÇ III)}$$

$$A_{s1}=A_{s2}=235*(42/50)= 197 \text{ mm}^2 / \text{m} \text{ (BÇIV)}$$

Her bir yüz için seçilen donatı: Q221/221' dir.

8.4 Duvar Panolarının Burkulma Hesabı

Burada (1-1) aksının bodrum katında yer alan panolar göz önüne alınarak burkulma kontrolü yapılacaktır.

$$G=346.06\text{kN}; \quad Q=43.20\text{kN}; \quad E_c = 30250 \text{ N/mm}^2 \text{ (BS 25)}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 25 + 4.2 = 29.20 \text{ MPa}; \quad \xi = 346.04 / (346.04 + 43.20) = 0.89$$

$$\alpha = E_c / [1.6 * f_{cm} * (1 + 1.2 \xi)] = 30250 / [1.6 * 29.20 * (1 + 1.2 * 0.89)] = 313.10$$

$$\lambda = k * h_w / [\alpha^{1/2} * t_w] = k * 2700 / [313.10^{1/2} * 160] = 0.954k$$

Tablo 8.4: Pano k ve λ Değerleri

	1	2	3
h_w / l	0.45	2.76	0.46
k	1	0.44	1
λ	0.954	0.42	0.954

Tablo 8.5: Pano e_0 / t_w değerleri

	1	2	3
e_0 (depremli durum)	2.9	2.84	2.9
e_0 (depremsiz durum)	1.98	1.92	1.98
e_0 / t_w (depremli durum)	0.181	0.178	0.181
e_0 / t_w (depremsiz durum)	0.124	0.12	0.124

Burkulma fonksiyonu (Φ) değerleri şekil 8.10'dan alınarak tablo 8.3'de verilmiştir

Tablo 8.6: Pano Φ Değerleri

Φ	1	2	3
(Depremli durum)	0,19	0,42	0,19
(Depremsiz durum)	0,28	0,55	0,28

1 panosunda burkulma kontrolü

$$W = b \cdot h^2 / 6 = 0.16 \cdot 7.18^2 / 6 = 1.375 \text{ m}^3 ; \quad F = 0.16 \cdot 7.18 = 1.149 \text{ m}^2$$

Düşey yükten : $N=1177.27 \text{ kN}$

Depremlı Düşey Yük: $N_1=1204.38 \text{ kN}$;

$N_2=1150.16 \text{ kN}$

$M_{za} = -2747.73 \text{ kNm}$;

$M_{z\bar{u}} = 110.46 \text{ kNm}$

Altta Gerilmeler : $\sigma_a = (N/F) \pm (M/W)$; $\sigma_{\max} = 3.046 \text{ MPa}$; $\sigma_{\min} = -0.997 \text{ MPa}$

1 panosu için burkulma kontrolüne esas birim genişlikli şerit, panonun serbest kenarındır.

Depremsiz durum: $N:174.6 \text{ kN/m}$

1 m. genişlik için pano alt kenarındaki gerilme $= 174600 / (160 \cdot 1000) = 1.091 \text{ MPa}$

Depremlı durum : $\sigma_c = 0.997 \text{ MPa}$

$$\gamma_{n1} \cdot \sigma_c \leq \Phi(e_o / t_w, \lambda) \cdot f_{cd}$$

$$1.5 \cdot 1.091 \leq 0.28 \cdot (25 / 1.4); \quad 1.64 \text{ MPa} \leq 5.00 \text{ MPa} \quad (\text{Panoda burkulma olmamaktadır})$$

8.5 İkinci Mertebe Etkileri

Prefabrike betonarme panolu yapılar, yerinde dökme yapılara göre daha narin oldukları için ikinci mertebe etkileri bu yapılarda daha önemlidir. Duvar panolarında e_o dışmerkezliğinden dolayı meydana gelebilecek ikinci mertebe etkileri birim genişlikli duvar panosu esas alınarak mevcut olan donatının yeterli olup olmadığı kontrol edilecektir. Burada 1-1 aksı için ikinci mertebe etkileri incelenecektir.

$$i = \sqrt{I / F} = \sqrt{\frac{6.05 \cdot 0.16^3 / 12}{6.05 \cdot 0.16}} = 0.0462; \quad \lambda = k \cdot h_w / i = 1.0 \cdot 2.7 / 0.0462 = 58.39$$

$\lambda = 58.39 > 22$ (ikinci mertebe etkisi vardır)

Stabilite kontrolünde göz önüne alınacak eğilme rijitliği EI denklem (8.3)'den hesaplanır.

$$EI = [(E_c * I_c) / 5 + (E_s * I_s)] / [1 + R_m] \quad (8.3)$$

$E_s I_s$: Mevcut donatının eğilme rijitliği, $E_c I_c$: çatlamamış beton kesitinin eğilme rijitliği

N_k = Euler burkulma yükü; β = Moment azaltma katsayısı

R_m = (Devamlı hesap yüklerinin momenti / Toplam hesap yüklerinin momenti),

$$E_c = 30250 \text{ N/mm}^2; \quad I_c = 1000 * 160^3 / 12 = 341333333 \text{ mm}^4$$

$$E_s = 2 * 105 \text{ N/mm}^2; \quad I_s = 2 * A_s * d^2 = 2 * 221 * 60^2 = 1591200 \text{ mm}^4$$

$$EI = [(30250 * 341333333) / 5 + (2 * 10^5 * 1591200)] / [1 + 0.89] = 1.261 * 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

$$N_k = [(\pi^2 * EI) / (k * h_w)^2] = [(\pi^2 * 1.261 * 10^{12}) / (1 * 2700^2)] = 1705481 \text{ N}$$

$$\beta = 1 / [1 - (N_d / N_k)] = 1 / [1 - (174.60 / 1705.48)] = 1.114$$

$$M_n = 3.31 \text{ kNm}; \quad M_{n\beta} = \beta * M_n = 1.114 * 3.31 = 3.69 \text{ kNm}$$

$$n = 174600 / (1000 * 160 * 17.86) = 0.061; \quad m = 369000 / (1000 * 160^2 * 17.86) = 0.0081$$

$$w = 0.03$$

$$A_{s1} = A_{s2} = w * b * h / (f_{yk} / f_{cd}) = 0.03 * 1000 * 160 / (365 / 17.86) = 235 \text{ mm}^2 / \text{m} \text{ (BÇ III)}$$

$$A_{s1} = A_{s2} = 235 * (42 / 50) = 197 \text{ mm}^2 / \text{m} \text{ (BÇ IV)}$$

Gerekli donatı : Q221/221 mevcut donatı yeterlidir.

8.6 Panoda Diyagonal Çatlak Tahkiki

Duvar panolarında çatlak olmaması için aşağıdaki şart sağlanmalıdır.

$$\gamma_{n1} * \sigma_1 \leq [(0.75 * f_{ck}) / (1.4 * 12.5)] = 1.07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = N / (l_w * t_w); \quad \tau_c = 1.5 * V / (l_w * t_w); \quad \sigma_1 = (\sigma_c / 2) - [(\sigma_c / 2)^2 + \tau_c^2]^{1/2}$$

σ_1 : σ_c normal gerilmesiyle τ_c kayma gerilmesinin oluşturduğu küçük asal gerilme

P1 Perdesi İçin Diyagonal Çatlak Tahkiki:

$$V = 1058.59 \text{ kN} \quad l_w = 7180 \text{ mm} \quad \tau_c = 1.5 * 1058590 / 160 * 7180 = 1.38 \text{ MPa}$$

$$N = 1177.27 \text{ kN} \quad t_w = 160 \text{ mm} \quad \sigma_c = 1177270 / 160 * 7180 = 1.02 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1 = (1.02 / 2) - [(1.02 / 2)^2 + 1.38^2]^{1/2} = -0.89 \text{ MPa}$$

$$1.2 * 0.89 = 1.06 \text{ MPa (Çekme)} \leq 1.07 \text{ MPa}$$

P2 Perdesi İçin Diyagonal Çatlak Tahkiki:

$$V = 863.559 \text{ kN} \quad l_w = 6570 \text{ mm} \quad \tau_c = 1.5 \cdot 863559 / 160 \cdot 6570 = 1.23 \text{ MPa}$$

$$N = 1083.15 \text{ kN} \quad t_w = 160 \text{ mm} \quad \sigma_c = 1083500 / 160 \cdot 6570 = 1.03 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1 = (1.03/2) - [(1.03/2)^2 + 1.23^2]^{1/2} = -0.82 \text{ MPa}$$

$$1.2 \cdot 0.82 = 0.98 \text{ MPa (çekme)} < 1.07 \text{ MPa}$$

8.7 Panolar Arası Bağ Elemanlarının Hesabı

Yapıda yatay bağ hatılları, kat döşemelerinin çevresinde ve panoların üzerlerinde düzenlenmiştir. Yatay bağ çubukları, döşeme elemanlarını mesnetlere bağlamak için çekme kuvvetlerini doğrudan, kesme kuvvetlerini ise kesme sürtünmesi ile mesnetlere aktarırlar. Yapıya etkiyen kuvvetlerin oluşturduğu düşey çekme kuvvetleri, temele kenetli düşey bağ elemanlarıyla aktarılmalıdır.. Büyük panolarla yapılan bu yapıda söz konusu düşey çekme kuvvetleri, panolar arasındaki düşey birleşimlerin içerisine konulacak düşey donatılarla taşınacaktır. Hesaplarda (1-1) aksının bodrum katında yer alan panolar göz önüne alınmıştır.

8.7.1 Düşey Bağ Elemanlarının Hesabı

P1 perdesi için düşey bağ elemanlarının hesabı

$$W = b \cdot h^2 / 6 = 0.16 \cdot 7.18^2 / 6 = 1.375 \text{ m}^3; \quad F = 0.16 \cdot 7.18 = 1.149 \text{ m}^2$$

$$N_{\text{düşey}} = 2260.42 \cdot (763 / 1465) = 1177.27 \text{ kN}$$

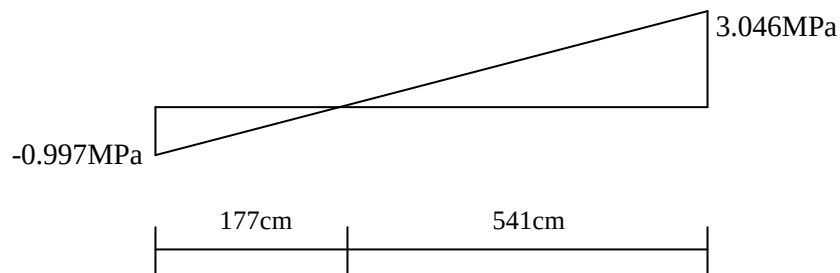
$$N_1 = 1177.27 + 27.11 = 1204.38 \text{ kN};$$

$$N_2 = 1177.27 - 27.11 = 1150.16 \text{ kN}$$

$$M_{za} = -2747.73 \text{ kNm};$$

$$M_{z\bar{u}} = 110.46 \text{ kNm}$$

$$\text{Altta Gerilmeler : } \sigma_a = (N/F) \pm (M/W); \quad \sigma_{\max} = 3.046 \text{ MPa}; \quad \sigma_{\min} = -0.997 \text{ MPa}$$



Şekil 8.2: P1 Perdesi Alt Gerilme Diyagramı

Çekme Kuvveti: $T = 0.5 \cdot 0.977 \cdot 1770 \cdot 160 = 141175.20 \text{ N}$

$$A_s = T / 0.70 \cdot f_{yk} = 141175.20 / 0.70 \cdot 420 = 4.80 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0.0005 \cdot b_w \cdot l_w = 0.0005 \cdot 160 \cdot 7180 = 5.74 \text{ cm}^2$$

$$T_4 = 44 \cdot b = 44 \cdot 7.18 = 315.92 \text{ kN} ; A_s = 315920 / 0.70 \cdot 420 = 10.75 \text{ cm}^2$$

Her bir düşey birleşim için gereklidonatı = 4Ø14(6.16 cm²);

$$\text{Toplam} = 12\text{Ø}14(18.48 \text{ cm}^2)$$

P2 perdesi için düşey bağ elemanlarının hesabı:

$$W = b \cdot h^2 / 6 = 0.16 \cdot 6.57^2 / 6 = 1.151 \text{ m}^3 ; F = 0.16 \cdot 6.57 = 1.051 \text{ m}^2$$

$$\text{Düşey yükten : } N = 2260.42 \cdot (702 / 1465) = 1083.15 \text{ kN}$$

$$N_1 = 1083.15 + 27.11 = 1110.26 \text{ kN};$$

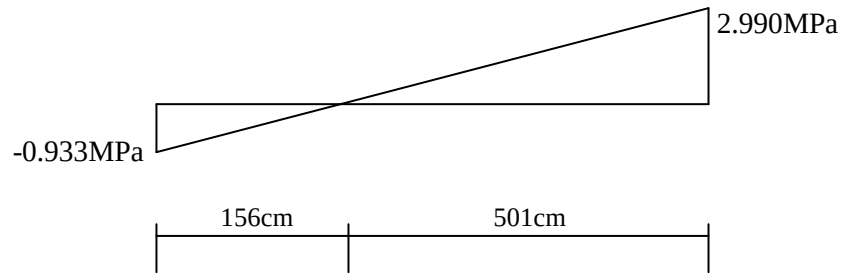
$$N_2 = 1083.15 - 27.11 = 1053.04 \text{ kN}$$

$$M_{za} = -2231.17 \text{ kNm};$$

$$M_{zü} = 110.44 \text{ kNm}$$

$$\text{Alt Gerilmeler : } \sigma_a = (N/F) \pm (M/W)$$

$$\sigma_{max} = 2.990 \text{ MPa} ; \sigma_{min} = -0.933 \text{ MPa}$$



Şekil 8.3: P2 Perdesi Alt Gerilme Diyagramı

Çekme Kuvveti: $T = 0.5 \cdot 0.933 \cdot 1560 \cdot 160 = 116438.40 \text{ N}$

$$A_s = T / 0.70 \cdot f_{yk} = 116438.40 / 0.70 \cdot 420 = 3.96 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0.0005 \cdot b_w \cdot l_w = 0.0005 \cdot 160 \cdot 6570 = 5.26 \text{ cm}^2 ; T_4 = 44 \cdot b = 44 \cdot 6.57 = 289.08 \text{ kN}$$

$$A_s = 289080 / 0.70 \cdot 420 = 9.83 \text{ cm}^2$$

Her bir düşey birleşim için gerekli düşey donatı = 4 Ø 14 (6.16 cm²)

$$\text{Toplam} = 8 \text{ Ø } 14 (12.32 \text{ cm}^2)$$

8.7.2 Yatay Bağ Elemanlarının Hesabı

Panolu prefabrike yapılarda, yapı ekonomik ömrü boyunca gelebilecek deprem, rüzgar, patlama gibi etkiler sonucunda panolardan biri yerinden çıkabilir veya kırılabilir. Bu durumda yapı taşıyıcı sisteminde meydana gelen hasar sınırlı olmalı ve diğer panoların stabilitesini etkilememelidir. Yapı taşıyıcı sistemi düzenlenirken bu etkiler göz önünde bulundurulmalıdır. (1-1) aksının bodrum katında yer alan panolar göz önüne alınarak yatay bağ elemanları hesabı yapılmıştır.

$$p = 1905.07/14.65 = 130.04 \text{ N/m};$$

$$n = 130.04/5 = 26.01 \text{ kN/m}$$

$$M_K = 26.01 * 6.20^2 / 2 = 499.91 \text{ kNm};$$

$$z = 0.83 * h_p = 0.83 * 2.70 = 2.24 \text{ m}$$

$$F = 499.91/2.16 = 231.44 \text{ kN} > T_2 = 70 \text{ kN}; \quad A_s = 231440 / (0.70 * 420) = 787 \text{ mm}^2$$

Seçilen donatı 4Ø16 (8.04 cm²)

8.7.3 Panolar Arası Düşey Kayma Güvenliğinin Sağlanması

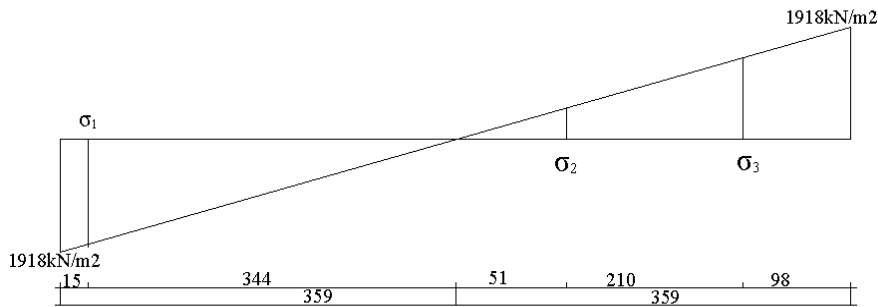
Normal kuvvetlerin pano üst kenarı boyunca eşit düzgün yayılı yük olarak etmektedir. Bu nedenle normal kuvvetlerin kesme kuvveti doğurmadığı kabul edilmiştir. Eğilme momentlerinin doğurduğu kesme kuvveti hesaplanıp, düşey kayma güvenliğinin olup olmadığı kontrol edilecektir.

P1 perdesi için kesme kuvvetlerinin belirlenmesi :

$$\sigma_{za} = \pm M_a / W = 2747.73/1.375 = 1998.35 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{zu} = \pm M_u / W = 110.463/1.375 = 80.340 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta\sigma = 1998.35 - 80.34 = 1918.01 \text{ kN/m}^2$$



Şekil 8.4: P1Perdesi Gerilme Diyagramı

Birleşimde kullanılan beton BS 20 için $f_{cd} = 13 \text{ N/mm}^2$; StI çeliği kullanılan yatay firkete donatıları 2*12Ø8 mevcuttur. $f_{yk} = 220 \text{ N/mm}^2$; StIII çeliği kullanılan yatay birleşimlerde 2*4Ø16 mevcuttur $f_{yk} = 420 \text{ N/mm}^2$ dir.

$$\omega_{s1} = A_s * f_{yk} / A_j * f_{cd} = \{[(1202 * 220) + (1608 * 420)] / 432000 * 13\} = 0.167 > 0.15$$

$$V_{res} = \beta_1 (A_{ke} + 0.02 * A_j) * f_{cd} + \beta_3 * A_s * f_{yk}; \quad \beta_1 = 0.07; \quad \beta_2 = 0.90; \quad \beta_3 = 0.75 \quad (\text{tablo 5.2})$$

$$V_{res} = 0.07 * (96900 + 0.02 * 432000) * 13 + 0.75 * (1202 * 220 + 1608 * 420) = 800891 \text{ N}$$

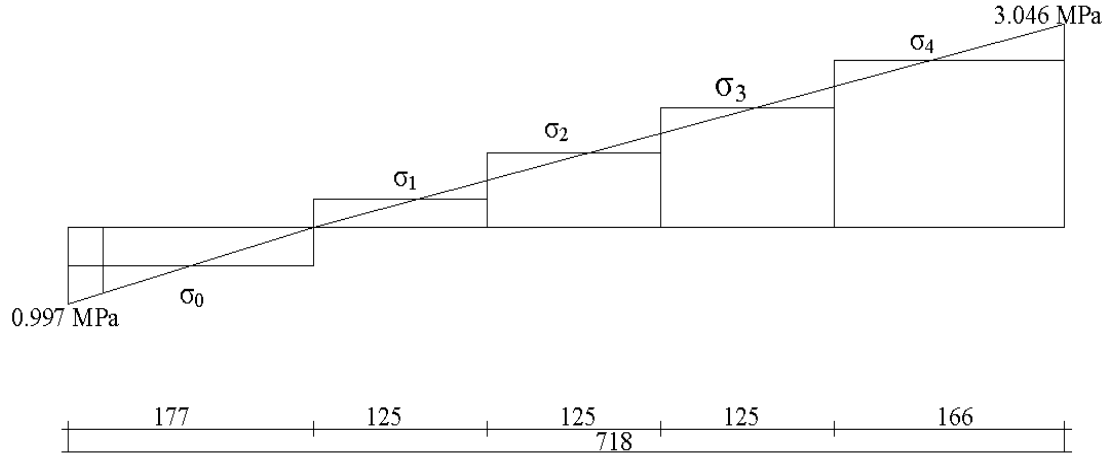
$$V_{res} > 4/3 * V_d = 4/3 * 539730 \text{ N} = 719640 \text{ N} \quad V_{res} = 800891 \text{ N} > 719640 \text{ N}$$

$$V_{res} < 0.3 * A_j * f_{cd} = 0.3 * 432000 * 13 = 1684800 \text{ N} \quad V_{res} = 800891 \text{ N} < 1684800 \text{ N}$$

Pano düşey birleşimlerindeki mevcut donatı kayma güvenliği yönünden yeterlidir.

8.8 Panolar Arası Yatay Kayma Güvenliğinin Sağlanması

Yatay birleşimler deprem ve rüzgar kuvvetlerinin etkisinde hem basınç hem de çekme gerilmeleri etkisine girerler. Bu durumda homojen lineer elastik teori ile hesaplanan normal gerilme diyagramı, yeterli sayıda dikdörtgen bölümlere ayrılarak her bölüme düşen normal kuvvet hesaplanmalıdır.



Şekil 8.6: Çekme ve Basınç Bölgesindeki Gerilmeler

$$\sigma_0 = 0.50 \text{ Mpa} \quad N_o = 0.50 * 160 * 1770 = 141600 \text{ N}$$

$$\sigma_1 = 0.352 \text{ Mpa} \quad N_o = 0.352 * 160 * 1250 = 70400 \text{ N}$$

$$\sigma_2 = 1.056 \text{ Mpa} \quad N_o = 1.056 * 160 * 1250 = 211200 \text{ N}$$

$$\sigma_3 = 1.760 \text{ Mpa} \quad N_o = 1.760 * 160 * 1250 = 352000 \text{ N}$$

$$\sigma_4 = 2.580 \text{ Mpa} \quad N_o = 2.580 * 160 * 1250 = 516000 \text{ N}$$

a) Çekme gerilmesi etkisindeki bölgede hesap :

$$A_s = 4\emptyset 14 \text{ (6.16 cm}^2\text{)}$$

$$N_d < A_s \cdot f_{yk} = 616 \cdot 420 = 258720 \text{ N} \quad N_d = 141600 \text{ N} < 258720 \text{ N}$$

$$\beta_1=0.07, \beta_2=0.90, \beta_3=0.75, b_{ke}=135 \text{ mm}, b_{ke}=75 \text{ mm}, n=10$$

$$A_{ke} = b_{ke} \cdot h_{ke} \cdot n = 135 \cdot 75 \cdot 10 = 101250 \text{ mm}^2$$

$$V_{res} = 0.07 \cdot 101250 \cdot 13 + 0.9 \cdot (616 \cdot 420 - 141600) \cdot [1 - (141600 / 616 \cdot 420)] = 139855 \text{ N}$$

b) Basınç gerilmesi etkisindeki bölgede hesap :

$$A_s = 8\emptyset 14 \text{ (12.32 cm}^2\text{)} \quad A_j = b_j \cdot l_j$$

$$w_{s1} = (1232 \cdot 420 + 70400) / (1250 \cdot 160 \cdot 13) = 0.23 > 0.15$$

$$A_{ke} = b_{ke} \cdot h_{ke} \cdot n = 135 \cdot 75 \cdot 8 = 81000 \text{ mm}^2$$

$$V_{res,1} = (0.07 \cdot 81000 + 0.02 \cdot 1250 \cdot 160) \cdot 13 + 0.75 \cdot (1232 \cdot 420 + 70400) = 566590 \text{ N}$$

$$w_{s2} = (1232 \cdot 420 + 211200) / (1250 \cdot 160 \cdot 13) = 0.28 > 0.15$$

$$A_{ke} = 135 \cdot 75 \cdot 6 = 60750 \text{ mm}^2$$

$$V_{res,2} = (0.07 \cdot 60750 + 0.02 \cdot 1250 \cdot 160) \cdot 13 + 0.75 \cdot (1232 \cdot 420 + 211200) = 653762.5 \text{ N}$$

$$w_{s3} = (1232 \cdot 420 + 352000) / (1250 \cdot 160 \cdot 13) = 0.33 > 0.15$$

$$A_{ke} = 135 \cdot 75 \cdot 8 = 81000 \text{ mm}^2$$

$$V_{res,3} = (0.07 \cdot 81000 + 0.02 \cdot 1250 \cdot 160) \cdot 13 + 0.75 \cdot (1232 \cdot 420 + 352000) = 777790 \text{ N}$$

$$w_{s4} = (1232 \cdot 420 + 685248) / (1660 \cdot 160 \cdot 13) = 0.35 > 0.15$$

$$A_{ke} = 135 \cdot 75 \cdot 8 = 81000 \text{ mm}^2$$

$$V_{res,4} = (0.07 \cdot 81000 + 0.02 \cdot 1660 \cdot 160) \cdot 13 + 0.75 \cdot (1232 \cdot 420 + 685248) = 1044782 \text{ N}$$

$$V_{res} = V_{res,1} + V_{res,2} + V_{res,3} + V_{res,4}$$

$$V_{res} = 566590 + 653762.5 + 777790 + 1044782 = 3042924.5 \text{ N}$$

$$V_{res} > \gamma_{er} \cdot V_d = 4/3 \cdot 1058590 = 1411453 \text{ N} \quad V_{res} = 3042924.5 \text{ N} > 1411453 \text{ N}$$

c) Hem çekme hem de basınç gerilmeleri etkisinde ki yatay birleşimde çekme bölgesindeki teçhizat alanı:

$$A_{sç} = N_d / f_{yk} = 141600 / 420 = 337.14 \text{ mm}^2$$

$$\min A_{sç} = 0.0005 \cdot 7180 \cdot 160 = 574.4 \text{ mm}^2; \quad \text{Mevcut donatı} = 4\emptyset 16 \text{ (804 mm}^2\text{)}$$

8.9 Pano Basınç Birleşimi Mukavemet Hesabı

$$N_d = \sigma_{cd} * A_w \leq R_{Nd} = \eta_i * A_w * f_{c wd} * l / \gamma_n$$

$$\eta_{II} = (1 - e_a / t_w) * (f_{c j k} / f_{c w k}) \quad \gamma_n = 1.0$$

$$f_{c j k} = 20 \text{ MPa (Birleşim betonu karakteristik basınç mukavemeti)}$$

$$f_{c w k} = 25 \text{ MPa (Pano betonu karakteristik basınç mukavemeti)}$$

P1 Perdesinde basınç birleşimi mukavemet hesabı:

Birleşim boyunca basınç gerilmelerinin değişken olduğu durumlarda $l_c = 120 \text{ cm}$ veya basınca maruz bölge boyunun altıda birinden küçük olanı alınır.

$$l_b / 6 = 541 / 6 \approx 90 \text{ cm} \quad l_c = 900 \text{ mm}; \quad t_w = 160 \text{ mm}; \quad A_w = 900 * 160 = 144000 \text{ mm}^2$$

$$e_a = 15.30 \text{ mm}; \quad \eta_{II} = (1 - 15.3 / 160) * (20 / 25) = 0.73$$

$$\sigma_{cd} = 2.54 \text{ MPa} \quad f_{c wd} = 17 \text{ MPa}$$

$$R_{Nd} = \eta_i * A_w * f_{c wd} * l / \gamma_n = 0.73 * 144000 * 17 * 1 / 1 = 1787040 \text{ N}$$

$$N_d = 2.54 * 144000 = 365760 \text{ N} < R_{Nd} = 1787040 \text{ N}$$

8.10 Bağlantı Kirişlerinin Hesabı

Perdeleri birbirlerine bağlayan kirişlerin görevi, kesme kuvvetinin bir perdeden diğer bir perdeye iletimini sağlamaktır. Projede bağlantı kirişlerinin tümü $600 / 160 \text{ mm}$ boyutundadır. Bağlantı kirişleri, süneklik düzeyi yüksek kiriş gibi hesaplanacaktır. Bağlantı kirişine etkileyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin süperpozisyonu tablo 8.7’de verilmiştir.

Tablo 8.7: Moment ve Kesme Kuvvetlerinin Süperpozisyonu

Etki	M_{sol} (kNm)	$M_{açıklık}$ (kNm)	$M_{sağ}$ (kNm)	V(kN)
Deprem	$\pm 26,63$	0	$\pm 26,4$	82,49
Düşey Yük	- 0,487	0,244	- 0,487	3,24
Deprem+DüşeyYük	- 27,117	0,244	- 26,887	85,73

Donatı Hesabı: malzeme : BS 25 / BÇ III

$$M_{açıklık} = 2.44 \text{ tcm}$$

$$K = b_w * d^2 / M_d = 16 * 56^2 / 2.44 = 20564; \quad j = 0.975$$

$$A_s = M_d / (f_{yd} * j * d) = 2.44 / (3.65 * 0.975 * 56) = 0.012 \text{ cm}^2;$$

$$\rho_{min} > f_{ctd} / f_{yd} = 1.15 / 365 = 0.00315; \quad \rho_{min} > 0.0003$$

$$\min A_s = \rho_{min} * b_w * d = 0.00315 * 160 * 560 = 2.82 \text{ cm}^2$$

Seçilen minimum donatı: 3Φ12 (3.39 cm²)

$$M_{mesnet} = -271.17 \text{ tcm}$$

$$K = 16 * 56^2 / 271.17 = 185; \quad j = 0.975$$

$$A_s = 271.17 / (3.65 * 0.975 * 56) = 1.36 \text{ cm}^2; \quad \text{Seçilen donatı: 3Φ12}$$

$$M_{mesnet} = 266.3 \text{ tcm}$$

$$K = 16 * 56^2 / 266.3 = 188.41; \quad j = 0.975$$

$$A_s = 266.3 / (3.65 * 0.975 * 56) = 1.34 \text{ cm}^2; \quad \text{mevcut donatı: 3Φ12}$$

Bağlantı kirişi kayma hesabı:

$$V_d = 85730 \text{ N}$$

$$V_{cr} \leq 0.65 * f_{ctd} * b_w * d = 0.65 * 1.15 * 160 * 560 = 66976 \text{ N}$$

$$V_d \leq 0.22 * b_w * d * f_{cd} = 0.22 * 160 * 560 * 17 = 335104 \text{ N}$$

$$(A_{sw} / s) = V_d / (f_{ywd} * d); \quad (0.79/s) = 85370 / (36500 * 56); \quad s = 18.8 \text{ cm}$$

Seçilen kayma donatısı: Φ 10/15

$$\rho_{min} = 0.3 * f_{ctd} / f_{ywd} = 0.3 * 1.15 / 365 = 0.00095$$

$$\rho_w = 0.79 / (16 * 15) = 0.0033$$

$$\rho_w > \rho$$

8.11 Kat Döşeme Panolarının Hesabı

Döşeme panoları 13 cm kalınlığında olup, fabrikada verilen boyutlara uygun olarak üretilmektedir. Panoların statik ve betonarme hesapları D104A panosu için yapılmış olup, diğer döşeme panoları için donatılar tablo halinde verilmiştir.

$$D104A: l_y: 2940\text{mm}; \quad l_x=3350\text{mm}; \quad \varepsilon =2940/3350=0.88$$

$$h_f = 130\text{mm}; \quad b=1000\text{mm}; \quad d=110\text{mm}.$$

$$G = 1.4 \cdot 4.69 + 1.6 \cdot 2 = 9.77 \text{ kN/m}^2$$

$$K = 9.77 \cdot 2.94 \cdot 3.35 = 96.22 \text{ kN}$$

$$M_1 = 96.22 / 9.35 = 10.29 \text{ kNm}; \quad K=118; \quad k_s=0.240; \quad A_s=2.25\text{cm}^2/\text{m}$$

$$M_2 = 96.22 / 13.64 = 7.05 \text{ kNm}; \quad K=171.6; \quad k_s=0.238; \quad A_s=1.53\text{cm}^2/\text{m}$$

$$M_3 = 96.22 / 36.40 = 2.64 \text{ kNm}; \quad K=458; \quad k_s=0.235; \quad A_s=0.56\text{cm}^2/\text{m}$$

$$M_4 = 96.22 \cdot 0.5 / 6.91 = 6.96 \text{ kNm}; \quad K=174; \quad k_s=0.238; \quad A_s=1.51\text{cm}^2/\text{m}$$

Seçilen alt hasır donatı : R 257

Seçilen üst hasır donatı : Q 131 /131

8.12 Temel Hesabı

Yapının temel sisteminin belirlenmesinde en önemli faktörler, temelin oturacağı zeminin taşıma gücü ve taşıyıcı sistemin özelliğidir. Yapının oturduğu zemin yumuşak killi, zayıf bir zemin olup, üst yapı taşıyıcı sistemi her iki yöndeki perdelerden meydana gelmiştir. Zemin emniyet gerilmesi küçük olduğundan ve taşıyıcı sistem iki doğrultuda yer alan perdelerden oluştuğundan kirişsiz radye temel bu yapı için en uygun temel sistemi olmaktadır.

Üst yapının oturduğu alan 19.55 m * 16.15 m olduğundan, radye temelin boyutu, binanın dış kenarlarından her iki yönde X yönünde toplam 0.45 m, Y yönünde ise 0.85 m' lik çıkmlar olacak şekilde 20.00 m * 17.00 m olarak belirlenmiştir.

9. SONUÇLAR

Geleneksel yapım sistemleri ve prefabrike yapım sistemlerinin tasarım ve uygulama süreçleri birbirlerinden farklıdır. Geleneksel sistemlerden farklı olarak endüstrileşmiş sistemler ile tasarlama iki aşamada gerçekleşmektedir:

- Bina bütününi oluşturan bileşenlerin tasarımı,
- Bileşenlerin bir araya gelmesi ile oluşacak tüm binanın tasarımı

Tasarım sürecindeki bu farklılaşma, probleme alışagelmış tasarım süreçlerine göre farklı şekilde yaklaşılmasını gerektirir. Elemanlar fabrikada imalattan; yerleştirilinceye kadar kendilerine etkiyebilecek iç ve dış kuvvetleri; yapıda kalıcı deformasyon olmadan karşılayabilmelidir. Bu nedenle bileşen dizaynı yapılırken nakliye, istifleme, kalıptan çıkarma montaj göz önünde tutulmalıdır.

Prefabrike yapılarda birleşim yerleri, kat yükseklikleri, plan çözümleri değişse bile bileşen türleri aynen veya ufak değişikliklerle uygulanabilmeli, üretim, taşıma, montaj güçlükleri çıkartan kenar biçimlerinden kaçınılmalıdır.

Birleşimler o yerde oluşabilecek normal kuvvet, kesme kuvveti, moment gibi zorlamaları güvenle birleşen elemanların birinden diğerine aktarabilmelidir. Birleşimler sünek olmalıdır; birleşimin süneklik katsayısı en az 4 olmalıdır; yani bina yapmış olduğu elastik deformasyondan sonra kırılma olmadan, en az elastik deformasyonun 4 katı kadar plastik deformasyon yapabilmelidir.

Geleneksel yapıların tasarımında kullanılan deprem kuvvetleri prefabrike yapılarınkinden daha küçüktür. Bunun sebebi prefabrike yapıların ek yerlerinin yerinde dökme yapılarındaki kadar rijit ve enerji tüketecek güçte olmamasıdır. Karşılaştırılan deprem yönetmeliklerinde kullanılan taşıyıcı sistem davranış katsayısı R , prefabrike yapılar için daha küçük alınarak bu yapıların geleneksel yapılara göre daha büyük bir deprem yükü ile tasarlanmasına olanak sağlamıştır.

Tezde incelenen ABYYHY, EC8'de ve UBC97'de 5-6 katlı yapılara kadar zemin türü değiştiği halde taban kesme kuvveti tüm zeminler için birbirlerine yakın

değerler aldığı, kat adedi 6'yı geçtiğinde ise taban kesme kuvvetlerinin çeşitli zemin tipleri için farklı değerler aldığı gözlenmiştir. Üç yönetmelikteki hesap metotları genel olarak benzerlik göstermektedir. Ancak UBC 97'de diğer yönetmeliklerden farklı olarak sismik kaynağa olan yaklaşık mesafeye bağlı olarak tanımlanan yakın kuvvet faktörü N_a ve N_v deprem hesaplarında kullanılmıştır.

Yapılan araştırmalar sonucunda; eğer yeterli kaynak akışı sağlanabilirse, 43 adet 6 katlı konut yapıldığı zaman, panel sistemle üretilen birim konut maliyeti ile, geleneksel sistemle üretilen birim konut maliyeti eşit olmaktadır. 100 konutluk üretim miktarı için prefabrike panel sistem maliyeti, geleneksel sisteme göre % 7 az olmaktadır. Aynı yapı 12 katlı olarak projelendirildiğinde ise 23 adet konut yapıldığı zaman, panel sistemle üretilen birim konut maliyeti ile, geleneksel sistemle üretilen birim konut maliyeti eşit olmaktadır. 100 konutluk üretim miktarı için prefabrike panel sistem maliyeti, geleneksel sisteme göre % 14 az olmaktadır.

KAYNAKLAR

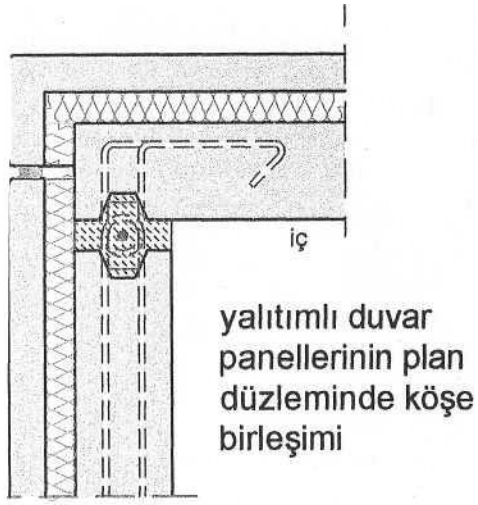
- [1] **Özden, K.**, 1997. Prefabrike İnşaat Şartname Hükümleri ve Hesap Esasları, Türkiye Deprem Vakfı Yayınları, İstanbul.
- [2] **Özden, K.**, 1988. Betonarme ve Öngerilmeli Beton Prefabrike Taşıyıcı Eleman, Sistem ve Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları , Deprem Mühendisliği Türk Milli Komitesi, İstanbul.
- [3] **Ayaydın, Y.**, 1987. Taşıyıcı Duvar Perdeli Prefabrike Yapılar, İstanbul.
- [4] **Ayaydın, Y.**, 1981. Büyük Açıklıklı Prefabrike Betonarme Yapılar, İstanbul.
- [5] **TS 9967**, 1982. Yapı Elemanları, Taşıyıcı Sistemler ve Binalar – Prefabrike Betonarme ve Öngerilmeli Betondan Hesap Esasları ile İmalat ve Montaj Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [6] **Bayülke, N.**, 1986. Depreme Dayanıklı Prefabrike Yapılar, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Müdürlüğü, Deprem Araştırma Bülteni, Ankara Sayı 54.
- [7] **Tezcan, S.**, 1987. Prefabrike Sempozyumu Dünya Konut Yılında “ Prefabrike Yapıların Proje Kriterleri” Bildiri No : 1, Ankara, Türkiye , Nisan16.
- [8] **Tapan, M.**, 1973 Betonarme Büyük Boyutlu Prefabrike Elemanlarla Çok Katlı Konut Üretiminde Tasarım Kısıtlamaları Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [9] **Eser, L.**, 1982. Ön Yapım Endüstrileşmiş Yapı, İTÜ Mimarlık Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [10] **Polat, M., Göktepe, S., Gürses, E.** 2000. Prefabrike Panel Duvar Yapısal Sistemlerin Deprem Davranışı ve Sismik Rehabilitasyonu, 10. Prefabrike Sempozyum Bildirileri, İstanbul, Türkiye, Mayıs 4.
- [11] **Koncz, T.** 1977. Prefabrikasyona Giriş, Çeviri Yapı Merkezi, İstanbul.
- [12] **Akıncıtürk, N.**,1998. Prefabrike Eleman Üretimi ve Kalite İlişkisinin Bağlı Bulunduğu Faktörler, İstanbul, Türkiye Nisan 29-30.
- [13] **TS 498**, 1987. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri , *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

- [14] **A.B.Y.Y.H.Y.**, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, İnşaat Mühendisler Odası, İzmir.
- [15] **Prefabrike Betonarme Yapı Elemanları ile İlgili Teknik Şartname 13**, 1991. Türkiye Prefabrike Birliği, Ankara.
- [16] **Nergis, K.C.**, 2003. Deprem Bölgelerinde Prefabrike Panolu Yapıların Tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [17] **Elgül, Ş.**, 2004. Prefabrike Betonarme Panolu Yapıların Sismik Tasarımı, Onarım ve Güçlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [18] **Tezcan, S. S., Köylüoğlu, A.M.**, 1997. Prefabrike İnşaat Teknolojileri Sempozyumu, Boğaziçi Üniversitesi Yapı Teknolojisi ve Araştırma Merkezi, İstanbul.
- [19] **Celep, Z., Kumbasar, N.**, 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul.
- [20] **Bayülke, N.**, 2001. Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı, İnşaat Mühendisler Odası İzmir Şubesi Yayını, İzmir.
- [21] **Mert, İ.**, 1995 Yarı açık prefabrike taşıyıcılı bir konut sistemine uyarlanabilen cephe panelleri üzerine bir araştırma , *Yüksek Lisans Tezi*, Mimar Sinan Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [22] **Işık, B., Göçer, C.**, 1998 Prefabrike cephe elemanı oluşumu, 9. Prefabrikasyon Bildirileri, İstanbul, Nisan 29-30
- [23] **Sey, Y., Tapan, M .**, 1987 Toplu konut üretiminde uygulanabilen yapım sistemlerinin analizi ve değerlendirilmesi, TÜBİTAK araştırması, İstanbul
- [24] **Uniform Building Code**, Volume2, International Conference of Building Officials, 1997, California
- [25] **Eurocode 8**, 1998. Designs Provisions for Earthquake Resistance of Structures.
- [26] **TS 500**, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [27] **Güralp, A.**, 1992 Prefabrike İnşaat ve Hesap Esasları, İstanbul.

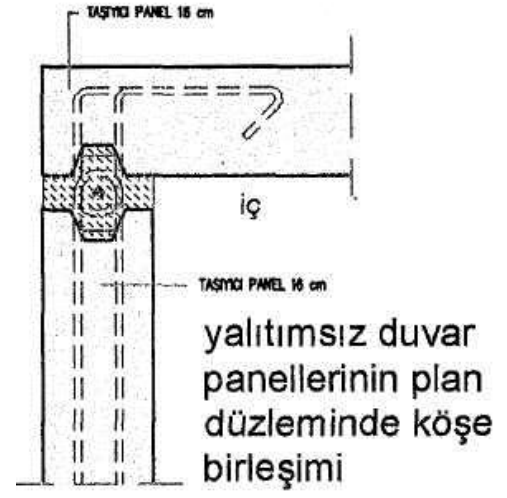
EK LİSTESİ

EK A : Yalıtımlı ve Yalıtımsız Panellerin Düşey Birleşim Detayları

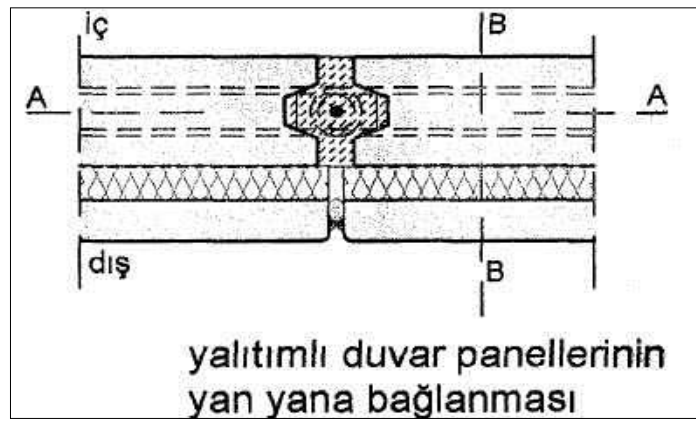
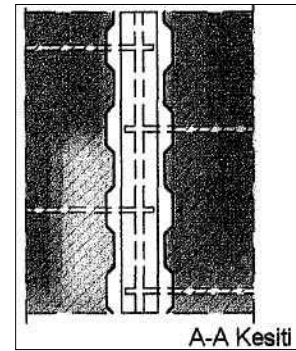
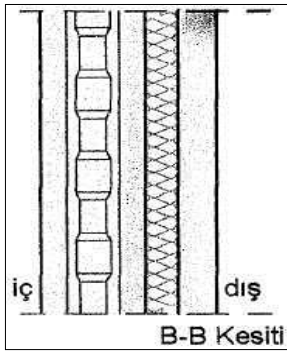
EK B : Yalıtımlı ve Yalıtımsız Panellerin Yatay Birleşim Detayları



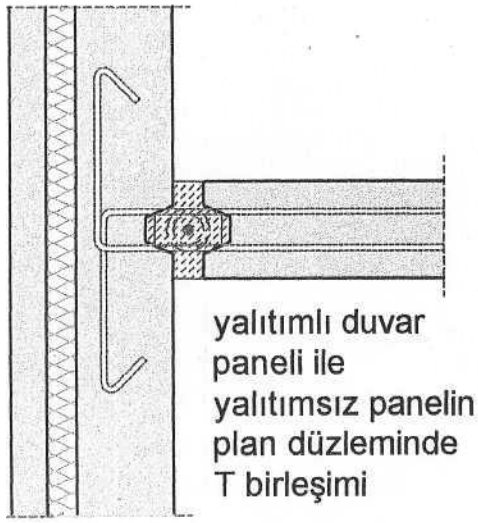
Şekil A.1



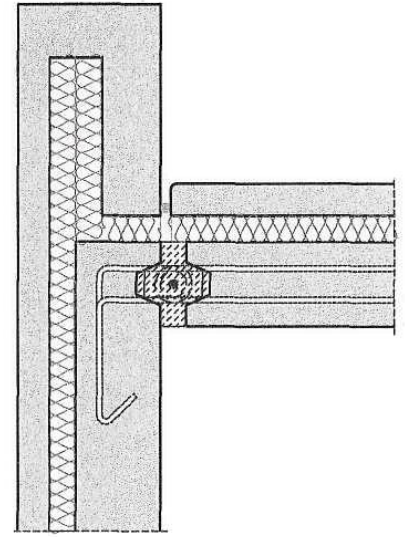
Şekil A.2



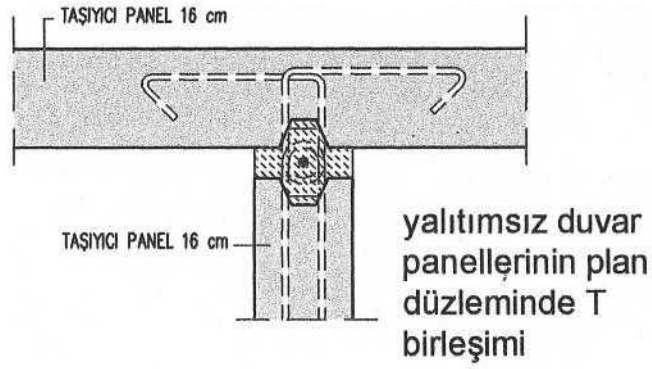
Şekil A.3



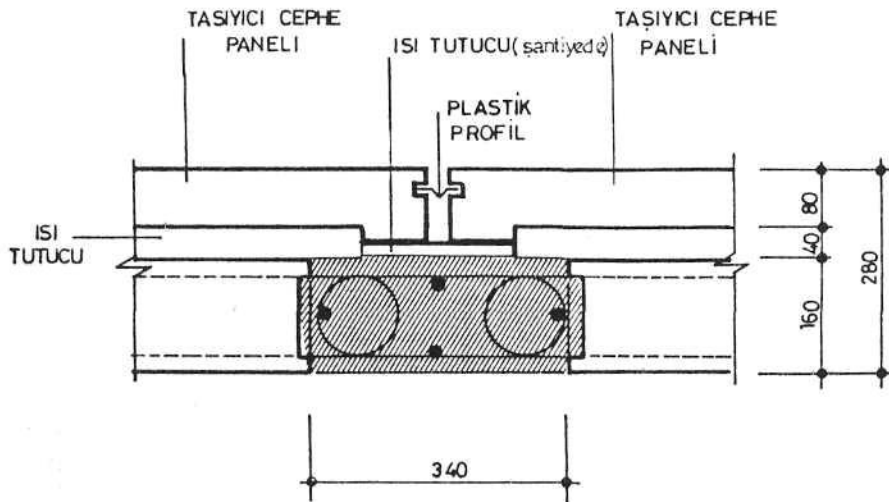
Şekil A.4



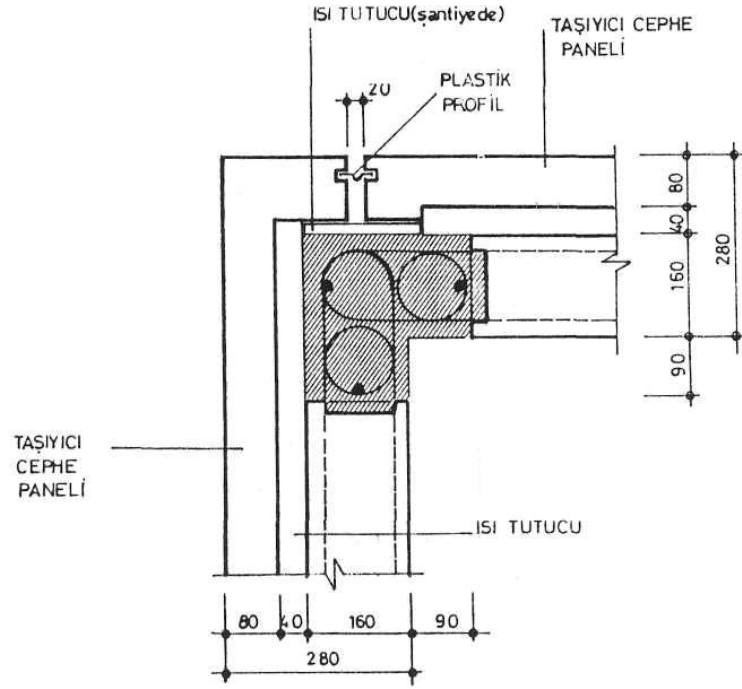
Şekil A.5 Yalıtımlı duvar panellerinin plan düzleminde köşe birleşimi



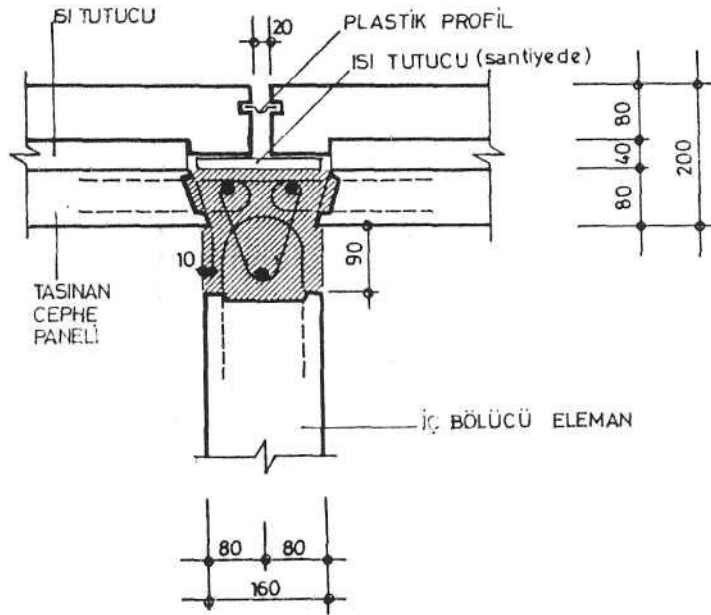
Şekil A.6



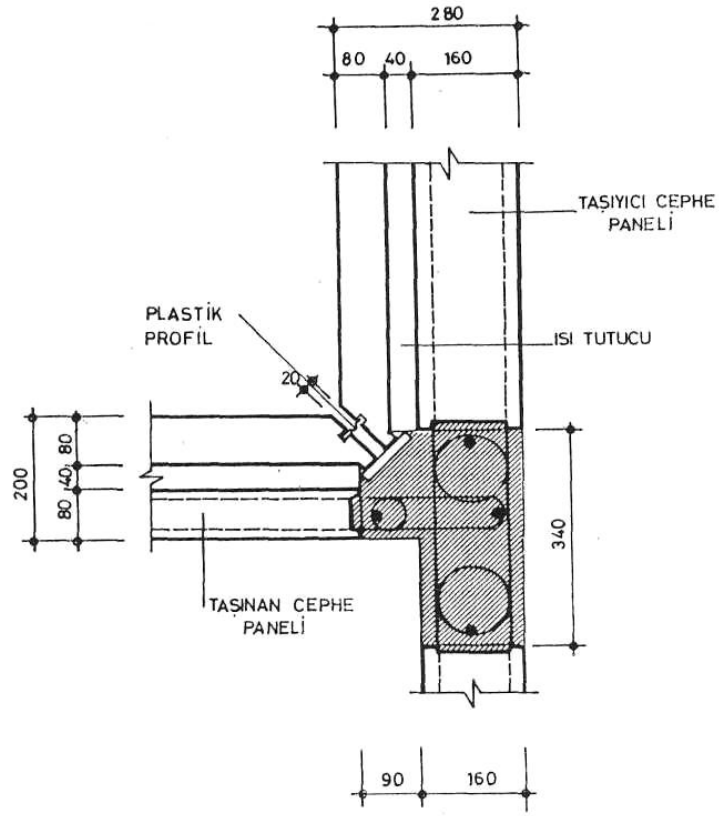
Şekil A.7 Taşıyıcı Cephe Panelleri Birleşimi



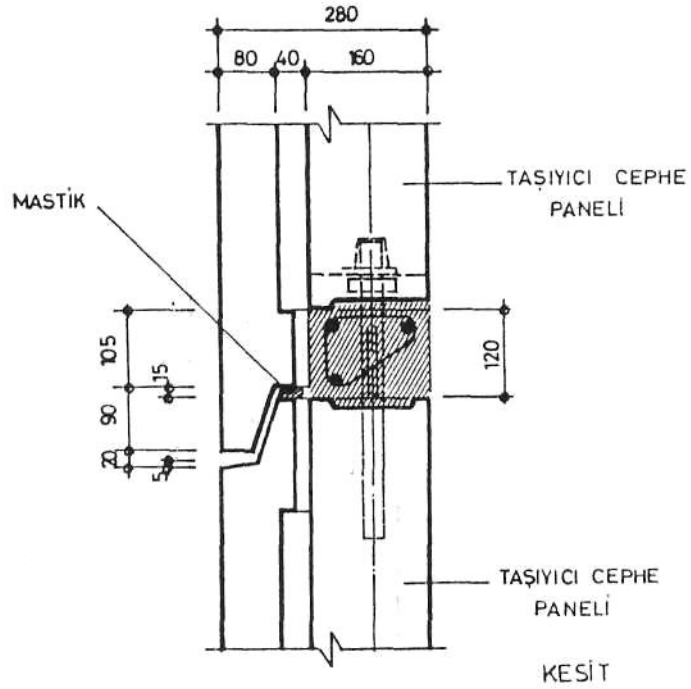
Şekil A.8 Taşıyıcı Cephe Panelleri Köşe Birleşimi



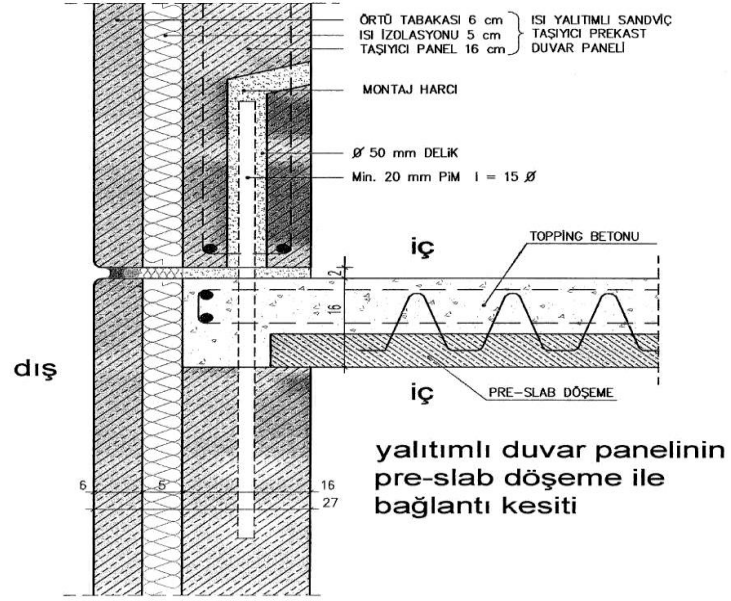
Şekil A.9 Taşınan Cephe Panelleri Birleşimi



Şekil A.10 Taşınan Cephe Panelleri ile İç Bölücü Duvar Elemanı Birleşimi



Şekil B.1 Taşıyıcı Cephe Paneli Birleşimi



Şekil B.2



Şekil B.3

ÖZGEÇMİŞ

Ferdi Kargılı 1980 yılında Kastamonu’da doğdu. Orta öğrenimini Kastamonu Kuzeykent Lisesi’nde tamamladı. 1998 yılında girdiği Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünden 2002 yılında mezun oldu. Aynı yıl girdiği İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Analizi bölümünde yüksek lisans programına halen devam etmektedir.