

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETON ESASLI PREKAST CEPHE PANELLERİNİN ÜRETİMİ,
UYGULAMASI, YAPISAL PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ
VE BİR ALAN ARAŞTIRMASI İLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Anabilim Dalı : Mimarlık

Programı : Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi

EYLÜL 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETON ESASLI PREKAST CEPHE PANELLERİNİN ÜRETİMİ,
UYGULAMASI, YAPISAL PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ
VE BİR ALAN ARAŞTIRMASI İLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gamze ALTINAY

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Eylül 2011

Tezin Savunulduğu Tarih : 09 Eylül 2011

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hülya KUŞ (İTÜ)

Diğer Jüri Üyeleri : Y. Doç. Dr. M. Cem ALTUN (İTÜ)

**Prof. Dr. Ertan ÖZKAN (Beykent
Üniversitesi)**

EYLÜL 2011

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca bilgilerini esirgemedi yardımcı olan ve her konuda kazandırdığı farklı bakış açıları sayesinde birçok alanda katkı sağlayan değerli hocam Doç. Dr. Hülya Kuş'a,

Çalışmamı bilgi ve yardımları ile destekleyen Fibrobeton Yapı Elemanları San. İnş. Tic. Ltd. Şti. ve Betofiber Yapı Elemanları San. ve Tic. A.Ş. ofis ve şantiye çalışanlarına,

Herzaman her konuda yanımda olan, sevgi, hoşgörü ve desteklerini hiç eksik etmeyen aileme, sonsuz teşekkür ederim.

Eylül 2011

Gamze Altınay
(Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç	2
1.2 Kapsam	2
1.3 Yöntem	3
2. BETON ESASLI PREKAST CEPHE PANELLERİ.....	5
2.1 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Tanımı	5
2.2 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Sınıflandırılması.....	5
2.2.1 Katmanlaşma düzenine göre beton esaslı prekast cephe panelleri	5
2.2.2 Taşıyıcılık özelliğine göre beton esaslı prekast cephe panelleri.....	10
2.2.3 Üretim yerine göre beton esaslı prekast cephe panelleri	11
2.2.4 Biçimsel farklılıklarına göre beton esaslı prekast cephe panelleri	11
2.2.5 Boyutsal farklılıklarına göre beton esaslı prekast cephe panelleri	12
2.3 Beton Esaslı Prekast Cephe Panelleri ve Günümüzde Kullanımı	12
2.3.1 Beton esaslı prekast ağır cephe panelleri (Betonarme cephe panelleri) ..	12
2.3.2 Beton esaslı prekast hafif cephe panelleri (Cam elyaf katkılı prekast beton cephe panelleri)	14
2.4 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Bileşenleri	15
2.4.1 Beton esaslı prekast ağır cephe panellerinin bileşenleri	15
2.4.1.1 Beton ve betonarme bileşeni.....	15
2.4.1.2 Isı yalıtımı bileşeni.....	17
2.4.1.3 Bağlantı elemanları	18
2.4.2 Beton esaslı prekast hafif cephe panellerinin bileşenleri.....	20
2.4.2.1 Cam elyaf katkılı beton	20
2.4.2.2 Isı yalıtım bileşeni.....	21
2.4.2.3 Çelik çerçeve sistem ve bağlantı elemanları	22
2.5 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Birleşim Derzleri.....	25
2.5.1 Birleşim derzlerinin yapım teknikleri	25
2.5.2 Derz malzemelerinin çeşitleri	28
3. BETON ESASLI PREKAST CEPHE PANELLERİNİN TASARIM, ÜRETİM VE UYGULAMA SÜRECİ.....	33
3.1 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Tasarım Süreci	33
3.1.1 Tasarım - mekanik ve fiziksel performans ilişkisi	34
3.1.2 Tasarım - üretim ilişkisi	34

3.1.3 Tasarım - depolama ve taşıma süreci ilişkisi.....	36
3.1.4 Tasarım - montaj ilişkisi.....	37
3.2 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Üretim Süreci	39
3.2.1 Kalıbın hazırlanması.....	39
3.2.2 Eleman bileşenlerinin hazırlanması ve döküm işlemi	41
3.2.2.1 Beton esaslı prekast ağır cephe panellerinde eleman bileşenlerinin hazırlanması ve döküm işlemi	41
3.2.2.2 Beton esaslı prekast hafif cephe panellerinde eleman bileşenlerinin hazırlanması ve döküm işlemi	42
3.2.3 Elemanın kalıptan çıkartılması	45
3.2.4 İç ve dış yüzey bitirme işlemleri	45
3.3 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Uygulama Süreci	48
3.3.1 Depolama Süreci	48
3.3.2 Taşıma süreci.....	49
3.3.3 Montaj süreci	51
3.3.3.1 Cephe panellerinin montaj alanına kaldırılması	51
3.3.3.2 Cephe panellerinin yerleştirilmesi, ayarlanması ve desteklenmesi	53
3.3.3.3 Cephe panellerinin taşıyıcı bağlantılarının yapılması	55
3.4 Beton esaslı prekast cephe panellerinin birleşim derzlerinin tasarım ve uygulama süreci.....	56
4. BETON ESASLI PREKAST CEPHE PANELLERİNDEN BEKLENEN PERFORMANS GEREKSİNİMLERİ.....	57
4.1 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Performans Gereksinimlerine Bağlı Olarak Değerlendirilmesi.....	57
4.1.1 Mekanik dayanım ve kararlılık.....	57
4.1.1.1 Cephe panelinin yatay yüklere ve ölü yüke karşı mekanik dayanımı	58
4.1.1.2 Cephe panelinin yatay yükleri ve ölü yükü binanın taşıyıcı sistemine güvenle aktarımı	61
4.1.1.3 Bağlantı elemanlarının aktardığı yüklere karşı mekanik dayanımı	64
4.1.1.4 Yatay ve düşey hareketlerde cephe panelinin kararlılığı	65
4.1.2 Isıl performans	67
4.1.2.1 Katmanların ısı iletkenlik katsayıları ve kalınlıkları ve bunlara bağlı olarak yapı elemanının toplam ısıl geçirgenlik katsayısı	67
4.1.2.2 Kesit oluşumundaki katmanların sıralanışı ve yoğunlaşma riski açısından birbirlerine göre konumu.....	70
4.1.2.3 Cephe panelinde ısı köprüsü oluşumu	70
4.1.3 Su ve nem ile ilgili performans.....	73
4.1.4 Ses yalıtımı	75
4.1.5 Yangın dayanımı ve kullanım güvenliği.....	77
4.2 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Birleşim Derzlerinin Performans Gereksinimlerine Bağlı Olarak Değerlendirilmesi	79
5. ALAN ÇALIŞMASI	85
5.1 Türkiye’de Kullanılan Beton Esaslı Prekast Cephe Panelleri	85
5.1.1 Alanda incelenen cam elyaf katkılı prekast beton cephe panelleri	86
5.1.1.1 Ana gövdede köpük beton kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton paneller.....	86

5.1.1.2 Ana gövdede polistren agregalı beton kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton paneller	91
5.1.1.3 Ana gövdede mineral yünler kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton paneller	95
5.1.1.4 Yalıtımsız cephe kaplama elemanları	98
5.1.2 Alanda incelenen cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerinin uygulamada yer alan iç kaplama alternatifleri	100
5.1.2.1 Panel montajı ve alçı sıva yapılması	101
5.1.2.2 Panel montajı ve alçıpan duvar yapılması.....	103
5.1.2.3 Panel montajı ve alçıpan duvar ile mineral yünlerin birlikte kullanımı	104
5.1.2.4 Panel montajı ve gazbeton duvar örülmesi	107
5.1.2.5 Panel montajı ve gazbeton ile birlikte mineral yünlerin kullanılması	109
5.2 Alan Çalışması Kapsamında Mevcut Binaların İncelenmesi ve Performans Değerlendirmesi	111
5.2.1 Alanda incelenen örneklerin mekanik dayanımı	113
5.2.1.1 Cephe panelinin yatay yüklere ve ölü yüke karşı mekanik dayanımı	113
5.2.1.2 Cephe panelinin yatay yükleri ve ölü yükü binanın taşıyıcı sistemine güvenle aktarımı	116
5.2.2 Isıl performans	119
5.2.3 Su ve nem ile ilgili performans	120
5.2.4 Birleşim derzlerinde geçirimsizlik malzemelerinin kullanımı	123
5.2.5 Termal kamera ile cephe panellerinin performans değerlendirmesi	128
6. GENEL DEĞERLENDİRME, SONUÇLAR VE ÖNERİLER	135
6.1 Genel Değerlendirme	135
6.2 Sonuçlar ve Öneriler.....	137
7. KAYNAKLAR.....	139

KISALTMALAR

BRE	: Building Research Establishment, (Yapı Arastırma Grubu)
CEN	: Commite European de Normalization, (Avrupa Standardizasyon Komitesi)
EN	: European Norm, (Avrupa Standardı)
EPS	: Expanded Polystyrene, (Genleştirilmiş Polistren)
GRC	: Glassfibre Reinforced Concrete, (Cam elyaf donatılı beton)
ISO	: International Standards Organization
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
U (W/m²K)	: Isıl Geçirgenlik Katsayısı
XPS	: Extruded Polystyrene (Çekme Polistren)

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 :	Bazı cam elyaflarının özgün özellikleri	20
Çizelge 2.2 :	Elastik macunların özellikleri ve karşılaştırılması	31
Çizelge 3.1 :	Duvar panelleri- Tolerans değerleri.....	38
Çizelge 3.2 :	Cam elyaf katkılı beton malzemenin uygulama yöntemine göre karışımları (ağırlıkça)	43
Çizelge 4.1 :	Yüksekliğe bağlı olarak rüzgâr hızı ve emme değeri	59
Çizelge 4.2 :	Çeşitli kullanım alanlarında kabul edilebilir ses basınç düzeyleri	76
Çizelge 4.3 :	TS EN 13501’e göre yapı malzemelerinin yanıcılık sınıfları (döşeme malzemeleri hariç)	78
Çizelge 4.4 :	Panel birleşim yerlerinin genişlikleri ve derz malzemelerinin derinliklerinin panel boyutu ile ilişkisi	81
Çizelge 5.1:	Cam elyaf katkılı beton katmana ait bazı teknik bilgiler	87
Çizelge 5.2 :	Yalıtım katmanına (köpük beton) ait bazı teknik bilgiler	87
Çizelge 5.3 :	Yalıtım katmanında köpük beton kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton cephe paneline ait bazı teknik bilgiler	88
Çizelge 5.4 :	Yalıtım katmanına (polistren agregalı beton) ait bazı teknik bilgiler	92
Çizelge 5.5 :	Yalıtım katmanında polistren agregalı beton kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton cephe paneline ait bazı teknik bilgiler	92
Çizelge 5.6 :	Yalıtım katmanına (taş yünü) ait bazı teknik bilgiler	95
Çizelge 5.7 :	Yalıtım katmanında taş yünü kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton cephe paneline ait bazı teknik bilgiler	96

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 :	Tek katmanlı beton panel kesiti.	6
Şekil 2.2 :	Çift katmanlı cephe panellerinde beton ve gaz betonun (a), beton ve tuğlanın (b), beton ve mineral yünlerin (c) kullanımı	7
Şekil 2.3 :	Çift katmanlı cephe panellerinde beton ve gaz betonun katmanlaşma düzeninde farklı alternatifleri.....	8
Şekil 2.4 :	Çok katmanlı panel, a- dış katman, b- ısı yalıtımı, c-dış katman, d- hava boşluğu.	9
Şekil 2.5 :	Fabrikada tek parça halinde üretilen sandviç cephe panel alternatifleri.	9
Şekil 2.6 :	Beton esaslı prekast cephe panellerinde biçimsel farklılıklar.	11
Şekil 2.7 :	Beton esaslı prekast cephe panellerinde boyutsal farklılıklar.	12
Şekil 2.8 :	Üretim aşamasında beton esaslı prekast ağır cephe paneli örneği	13
Şekil 2.9 :	Beton esaslı prekast ağır cephe paneli örneği a- taşıma, b- montaj aşaması	13
Şekil 2.10 :	Cam elyaf katkılı prekast beton cephe paneli.....	15
Şekil 2.11 :	Çok katmanlı panellerde bağlantı şekilleri; Küçük boyutlu bükülmüş tel(a), Tel kafes(b) ve Lifli kompozit bağlantı elemanı ile bağlantı şekli(c)	19
Şekil 2.12 :	Panellerin montaj alanına taşınması (kaldırılması) için oluşturulan bağlantılar	19
Şekil 2.13 :	Cam elyafın kullanılan forma göre sınıflandırılması, a) Kesik elyaf formunda, b) Gevşek dokunmuş file formunda	21
Şekil 2.14 :	İki duvar arasında montajı tamamlanan yalıtımsız cephe kaplama elemanının içten görünüşü.	22
Şekil 2.15 :	Çelik çerçeve sistemli cephe kaplama elemanı.	23
Şekil 2.16 :	Çelik çerçeve sistem ile panel dış katmanın bağlantı detayı	23
Şekil 2.17 :	Cephe panellerinde kaynaklı ve bulonlu sistemin uygulanması.	24
Şekil 2.18 :	Cephe panellerinde çelik çerçeve sistem ve taşıyıcı U kanalı.....	25
Şekil 2.19 :	Derz yapım teknikleri.....	27
Şekil 2.20 :	Özel biçimlendirme yoluyla derzlerin yalıtımı (açık derz).....	27
Şekil 2.21 :	Derz malzemeleri.	28
Şekil 2.22 :	Derz sızdırmazlık ve derz tıkama malzemesinin kullanımı (a), Derz sızdırmazlık malzemesinin derz tıkama malzemesi ile yapışması sonucu adezyon bozukluğu oluşması (b)	28
Şekil 2.23 :	Derz arasına sızdırmazlık malzemesinin uygulanması.	29

Şekil 3.1 :	Beton esaslı prekast cephe panellerinin tasarımından kullanımına kadar yer alan süreçler.....	33
Şekil 3.2 :	Kalıbın farklı boyutlarda panel üretimine izin vermesi.....	35
Şekil 3.3 :	Kalıbın çok kez kullanımının sağlanması	35
Şekil 3.4 :	Panel içerisinde tesisat boşluğu.	36
Şekil 3.5 :	Çizelge 3.1'de verilen değerlerin cephe panelinin plan, kesit ve görünüşünde gösterilmesi	38
Şekil 3.6 :	Kalıp yapımı.	41
Şekil 3.7 :	Kalıp tasarımı	41
Şekil 3.8 :	Çok katmanlı panellerde bağlantı elemanın yalıtım malzemesine yerleştirilmesi (a), dış katman betonu dökülmüş cephe panelinde yalıtım malzemesi ve donatı yerleşiminden sonra iç katman için beton dökümü (b).	42
Şekil 3.9 :	Ana gövdede taşıyünü kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton panellerin üretim süreci, a-kalıp yapımı, b-çerçeve imalatı, c-dış katman için sprej tabancası ile püskürtme işlemi, d-dış katmanın düzeltilmesi, e-yalıtım işlemi, f-panel üretiminin tamamlanması	44
Şekil 3.10 :	Düz yüzeyli (1) ve nervürlü (2) elemanların kenarlarının, kalıp kuruluşuna bağlı olarak eğimli, düz veya kısmen eğimli yapılması, a-sabit kenarlı b-sökülebilir kenarlı c-kısmen sökülebilir kenarlı kalıplar	45
Şekil 3.11 :	Beton esaslı prekast cephe panellerinde örnek cephe yüzeyleri 1. Yüzey pürüzlendirme 2.Agrega taşınımı ve asitle aşındırma 3.Agrega taşınımı 4. Kum püskürtme (ağır) 5.Kum püskürtme (hafif) 6. Yüzey pürüzlendirme	46
Şekil 3.12 :	Yüzey pürüzlendirmede kullanılan araçlar	47
Şekil 3.13 :	Asit ile aşındırma.....	47
Şekil 3.14 :	El ile parlatma.	47
Şekil 3.15 :	Cephe panelinin istiflenmesi.	48
Şekil 3.16 :	Büyük boyutlu (a) ve küçük boyutlu (b) panellerin istiflenmesi.....	49
Şekil 3.17 :	Cephe panellerinin "A" çerçeveli taşıma aracına yerleştirilmesi	50
Şekil 3.18 :	Beton esaslı cephe panelleri taşıma sürecinde sınırlamalar	50
Şekil 3.19 :	Kat vincinin istenilen kata çıkartılıp sabitlenmesi.	52
Şekil 3.20 :	Zincirli vinç ile panelin kaldırılması (a), panelin kata alınması (b).	52
Şekil 3.21 :	Cephe panellerinde; panelin iç yüzeyinde (a) ve üst yüzeyinde (b,c) yer alan ankraj noktaları, kat vincinin ankraj noktaları ile bağlantısı (d).	53
Şekil 3.22 :	Panelin birleşim yüzeylerine montaj öncesi derz malzemesi (şişme bant) yerleştirilmesi.	54
Şekil 3.23 :	Vinç kumandası yardımıyla panelin yerleştirilmesi.	55
Şekil 3.24 :	Cephe panellerinde şakül yardımıyla düşey pozisyon ayarlamasının yapılması.	55

Şekil 3.25 :	Kaynaklı ve bulonlu sistemin uygulanması.	56
Şekil 4.1:	Rüzgârın bina üzerindeki basınç ve emme etkisi	58
Şekil 4.2 :	Yüksek katlı binada rüzgar yükünün artması ile oluşan yatay sehim	59
Şekil 4.3:	Yük aktarımını sağlayan esnek bağlantı detayı.....	61
Şekil 4.4 :	a- Çapraz ve yatay çubuk ile ağırlık bağlantısı, b-Düz plaka ile "T" ağırlık bağlantısı.	61
Şekil 4.5 :	Panel bağlantılarında tasarım ilkeleri.....	63
Şekil 4.6 :	Beton esaslı prekast cephe panellerinin üstten asmalı ve alttan oturtmalı yerleşiminde bağlantı şekillerinin panelin boyutuna bağlı olarak değişimi.	63
Şekil 4.7 :	Cephe panelinde yer alan taşıyıcı U kanalı.	65
Şekil 4.8 :	Üretim sırasında yerleştirilen taşıyıcı U kanalına, bulonlu sistem elemanlarının yerleştirilmesi.	65
Şekil 4.9 :	Cephe panelinde rüzgârın basınç etkisi sonrası yatay sehim gerçekleşmesi.	66
Şekil 4.10 :	Kirişe desteklenen (a) ve kolona desteklenen (b) cephe panelinin kirişte sehim sonrası davranışı	67
Şekil 4.11 :	Çok katmanlı ve çift katmanlı cephe panellerinin ısı geçirgenlikleri.....	69
Şekil 4.12 :	Üç beton ve iki yalıtım katmanından oluşan panel alternatifleri.	71
Şekil 4.13 :	İki beton ve bir yalıtım katmanından oluşan panel alternatifleri.	72
Şekil 4.14 :	Çelik çerçeve sistemin beton dış katman ile bağlantısı.....	73
Şekil 4.15 :	Dış cephe panelinin eğimli yerleşimine bağlı olarak yağmurun duvar yüzeyini ıslatması.....	75
Şekil 4.16 :	Panelin ağırlığı ve ses yalıtımı ilişkisi.	77
Şekil 4.17 :	Köşebent ve taş yünü ile panel döşeme/kiriş arasında ses ve yangın yalıtımı	80
Şekil 5.1 :	Ana gövdede köpük beton kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton panel detayı.	88
Şekil 5.2 :	Ana gövdede köpük beton kullanılan prekast beton paneller.	89
Şekil 5.3 :	Yüksek katlı binalarda cephe panellerinin uygulanması.....	90
Şekil 5.4 :	Cephe panellerinde farklı renk alternatifleri	90
Şekil 5.5 :	Küçük ve orta boyutlu cephe panellerinin büyük boyutlu cam yüzeyler ile kullanımı	91
Şekil 5.6 :	Ana gövdede polistren agregalı beton kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton panel detayı 1.	93
Şekil 5.7 :	Ana gövdede polistren agregalı beton kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton panel detayı 2.	93
Şekil 5.8 :	Ana gövdede polistren agregalı beton kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton panellerin uygulama örnekleri.	94
Şekil 5.9 :	Büyük boyutlu ve farklı renklerdeki cephe panellerinin yüksek katlı bir binada kullanımı.	94

Şekil 5.10 :	Ana gövdede mineral yünler kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton panel detayı	96
Şekil 5.11 :	Ana gövdede taş yünü kullanılan prekast beton panel örneği	97
Şekil 5.12 :	Ana gövdede taş yünü kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton panel.	97
Şekil 5.13 :	Çelik çerçeve sistemli cephe kaplama elemanı detayı.	98
Şekil 5.14 :	Parapet paneli olarak kullanılan yalıtımsız cephe kaplama elemanı	99
Şekil 5.15 :	Az katlı bir binada yalıtımsız cephe kaplama elemanının kullanımı	99
Şekil 5.16 :	Türkiyede kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton cephe panel tiplerinin uygulamada yer alan iç kaplama alternatiflerine göre oluşturulmuş kesitleri.	101
Şekil 5.17 :	Panel montajından sonra alçı sıva yapımına ait detay çizimi.....	102
Şekil 5.18 :	Panel montajından sonra alçıpan duvar yapımına ait detay çizimi.	103
Şekil 5.19 :	Cephe panelinin iç yüzeyinde alçıpan taşıyıcı konstrüksiyonunun yerleştirilmesi.	104
Şekil 5.20 :	Cephe panelinin iç yüzeyinin alçıpan levhalar ile kaplanması.....	104
Şekil 5.21 :	Panel montajından sonra alçıpan duvar ile taş yününün birlikte kullanımına ait detay çizimi.	105
Şekil 5.22 :	Panel montajının tamamlanması ve pencere, kapı doğramalarının yerleştirilmesi	105
Şekil 5.23 :	Panel montajı sonrası alçıpan konstrüksiyonu ve taş yünü levhaların yerleştirilmesi.	106
Şekil 5.24 :	Panel iç yüzeyinin alçıpan levhalar ile kaplanması.....	106
Şekil 5.25 :	Panel montajından sonra gazbeton duvar örülmesine ait detay çizimi.	107
Şekil 5.26 :	Panel iç yüzeyinde gazbeton duvar örülmesi ve örme duvardan tesisatın geçirilmesi.	108
Şekil 5.27 :	Panel iç yüzeyi duvar ve pencere kör kasası detayı.	108
Şekil 5.28 :	Panel montajından sonra gazbeton ve taş yününün kullanımına ait detay çizimi.	109
Şekil 5.29 :	Çelik çerçeve sistemli cephe kaplama panelinde iç yüzeyden taş yünü yerleştirilmesi.....	110
Şekil 5.30 :	Panel iç yüzeyine taş yününden sonra gazbeton örülmesi.	110
Şekil 5.31 :	Çelik çerçeve sistemli cephe kaplama elemanlarının betonarme perde yüzeylerde taş yünü ile yalıtılarak uygulanması.	111
Şekil 5.32 :	Saç plakalar ile panel ile bina arsında kalan boşluğun kapatılması.	112
Şekil 5.33 :	Alanda incelenen uygulama üzerinden dış katman ile çelik çerçeve sistemin bağlantısı.	114
Şekil 5.34 :	Çelik çerçeve sistem ve bağlantı çubuğu birleşim şekli.....	115
Şekil 5.35 :	Çelik çerçeve sistem ve bağlantı çubuğu birleşim şekli uygulama örnekleri.....	115
Şekil 5.36 :	Alanda incelenen örneklerin taşıyıcı sisteme yük aktarımını sağlayan bağlantı elemanları yatay kesit detayı	116

Şekil 5.37 :	Bulonlu ve kaynaklı sistemin birlikte uygulanması	117
Şekil 5.38 :	Çelik çerçeve sistemli kaplama elemanı bağlantı detayı	118
Şekil 5.39 :	Küçük boyutlu panellerde bağlantı elemanlarının yerleşimi.....	118
Şekil 5.40 :	İncelenen cephe panellerinde katmanların ısı iletkenlik katsayıları ve kalınlıklarına bağlı olarak panellerin toplam ısı geçirgenlik katsayıları	120
Şekil 5.41 :	Yalıtım katmanının sürekliliğinin engellenmesi	121
Şekil 5.42 :	Bitmiş bir uygulamada katmanlar arası bağlantıların panel yüzeyinde görülmesi.	122
Şekil 5.43 :	Panel yüzeyinde çatlak oluşumu.	123
Şekil 5.44 :	Cephe panellerinde biçimsel farklılık.	124
Şekil 5.45 :	Cephe panellerinde damlalık uygulaması.	124
Şekil 5.46 :	İncelenen örneklerde düşey derz yalıtımının uygulama detayı.....	125
Şekil 5.47 :	Panel birleşim derzlerinde polietilen fitil uygulama sonrası.....	126
Şekil 5.48:	Halatlı sepet yardımıyla dış cephe temizliğinin yapılması ve elastik macunun uygulanması.	126
Şekil 5.49 :	Panel dış yüzeyinde elastik macun uygulaması.	127
Şekil 5.50 :	a) panel iç yüzeyinde poliüretan köpük uygulanması, b) parapet panelinin yan yüzeylerinde şişme bant uygulanması.	127
Şekil 5.51:	Termal kamera görüntüleri ve gerçek görüntüler.....	129
Şekil 5.52 :	Panelin dış katmanı ile çelik çerçeve sistemi birlikte tutan bağlantı elemanı.	131
Şekil 5.53 :	Ana gövdede mineral yünlerin kullanıldığı cephe panelinde çelik çerçeve sistem ile dış katmanın bağlantı detayı.	131
Şekil 5.54 :	Panelin birleşim derzinden yalıtım katmanına sızan su, (panel yatay kesiti).	132

BETON ESASLI PREKAST CEPHE PANELLERİNİN ÜRETİMİ, UYGULAMASI, YAPISAL PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE BİR ALAN ARAŞTIRMASI İLE İNCELENMESİ

ÖZET

Yapı kabuğunu oluşturan dış duvar elemanları günümüzde hızla yükselen binaları hem hız hem de maliyet açısından önemli derecede etkilemektedir. Kullanımı eskiye dayanan günümüzde ise teknolojiadaki gelişmeler ile yeniden karşımıza çıkan beton esaslı prekast cephe panelleri, dış duvar elemanlarının üretim ve uygulama sürecini kolaylaştırması ve hızlandırması aynı zamanda performanslarını arttırması ile dikkat çekmektedir. Bu nedenle beton esaslı prekast cephe panelleri incelenerek günümüz uygulamaları ile çalışma kapsamı genişletilmiştir.

Tez altı bölümden oluşmaktadır;

İlk bölümde; çalışmanın konusu, amacı, kapsamı ve amaca ulaşmak için izlenen yol hakkında bilgi verilen giriş bölümü yer almaktadır.

İkinci bölümde; beton esaslı prekast cephe panellerinin bileşenlerinin ve birleşim derzlerinin tanımı ve cephe panellerinin çeşitli farklılaşmalara göre sınıflandırılması yer almaktadır.

Üçüncü bölümde; beton esaslı prekast cephe panellerinin tasarım, üretim ve uygulama süreçleri literatür ve alan çalışmasına dayalı olarak incelenmiştir.

Dördüncü bölümde; beton esaslı prekast cephe panellerinden beklenen performans gereksinimleri yapı malzemeleri yönetmeliği kapsamında ele alınarak irdelenmiştir.

Beşinci bölümde; Türkiye’de kullanımı hızla artan cam elyaf katkılı prekast beton paneller, alan çalışmasına bağlı olarak bileşenlerine ve uygulama şekillerine göre sınıflandırılmış ve gerek şantiyede yapım sırasında gerekse bitmiş binalarda performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Altıncı bölümde; elde edilen bilgiler ve veriler ışığında cephe panellerinin avantaj ve dezavantajlarından bahsedilerek sonuçlar genel olarak özetlenmiştir.

PRECAST CONCRETE FACADE PANEL PRODUCTION, APPLICATION, STRUCTURAL PERFORMANCE EVALUATION AND INVESTIGATION THROUGH A FIELD STUDY

ABSTRACT

Exterior wall elements that form structural shell considerably affect rapidly rising buildings both in terms of speed and costs. The facts that precast concrete facade panels that have been long used and nowadays reappear due to technological advancements draw attention since they not only facilitate and accelerate production and application of exterior wall elements but also keep performance values high. Thus, the study scope has been extended to examine precast concrete facade panels and their current applications.

The thesis is composed of six parts:

Part 1 is the introduction that gives information about subject, aim and scope of the study and methods used to achieve the aim.

Part 2 involves definition of precast concrete facade panels, elements and connection joints and classification of facade panels according to various differentiations.

Part 3 examines in detail design, production and application processes of precast concrete facade panels based on the literature and field work.

Part 4 discusses and examines performance requirements expected from precast concrete facade panels under proper headings in accordance with building materials directive.

Part 5 precast concrete facade panels with fibre glass additives that are increasingly used in Turkey are classified according to their elements and application methods based on a field work and performance of existing buildings are evaluated according to the resulting data.

Part 6 deals with advantages and disadvantages of facade panels that have been examined and the results obtained in line with the resulting information have been summarized in order to make the study more fruitful.

1. GİRİŞ

Dünya hızlı bir şekilde hem ekonomik hem de sosyal anlamda gelişmektedir. Eğitim seviyesinin artması, yaşam standartlarının yükselmesi, gelişen sanayi ve bununla doğru orantılı olan işgücü ihtiyacı şehirleri her geçen gün daha da kalabalıklaştırmaktadır. Hızla kalabalıklaşan şehirlerde yapı ihtiyacının karşılanmasının dışında çok katlı binalar inşa etme arzusu ve bu yapıların şehir merkezinde olması yeni ihtiyaçlara yeni çözümler gerektirmektedir. Teknolojideki gelişmeler sayesinde ihtiyaçlara yönelik çeşitli alternatifler üretilip sunulmaktadır.

1950 ve 1960'lı yıllarda konut ihtiyacının dolayısıyla toplu konut uygulamalarının artması ve iç göçler ile birlikte gecekondü sorunu ile karşılaşılması sonucu yeni yapım sistemleri arayışına girilmiştir [1, 2]. 1970 yılından itibaren prefabrike beton endüstrisi tüm dünyada yaygın olarak benimsenmiş ve 1984 yılında kurulan Türkiye prefabrik birliği ile Türkiye'de kullanımı hızla artmıştır. Ancak talebin sürekli ve organize bir yapıya kavuşamaması, konut açığının azalması ve deprem sonrası prefabrike sanayi yapılarının hasara uğraması prefabrike beton üretim hızını azaltmıştır [2, 3]. 2000'li yıllarda ise bu alanda faaliyet gösteren firma sayısı, çalışmalar artmış ve beton prefabrikasyon daha farklı alanlarda kullanılmaya başlamıştır. Bu süreçte gelişmelere bağlı olarak önyapımlı betondan (prefabrike beton) öndökümlü betona (prekast beton) bir değişimde söz konusu olmuştur [2]. Günümüzde ise gelişen teknolojiye bağlı olarak prekast betonun hızlı üretim ve temiz bitişler sağlayan, istenilen performans gereksinimlerini karşılayan, ekonomik, estetik, dayanıklı yapım sistemine dönüşmesi hedeflenmiştir.

Türkiye'de son dönemde yapılan binalar incelendiğinde hem maliyetinin fazla olması hem de hızlı üretimi aksatması yönünden dış duvarlar dikkat çekmektedir. Yaşam alanlarının kalitesini önemli derecede etkileyen dış duvarlar, iç mekânı dış çevre ile ayırırken bulunduğu ortam şartlara bağlı olarak yeterli düzeyde ısı, ses, su ve neme karşı istenen performans düzeyini sağlamalı ve aynı zamanda dış cephe için estetik bir görünüm oluşturmalıdır. Ancak, bu özelliklerin hepsi dış duvar elemanları ile

çeşitli yalıtım ve kaplama malzemeleri kullanılarak elde edilebilmektedir. Prekast betonun gelişen teknoloji ile kullanımı sonucu oluşan beton esaslı prekast cephe panellerinin, farklı katmanlaşmalar ile bu durum için bir çözüm alternatifi oluşturması amaçlanmıştır.

Bu amaçla tüm dünya ile birlikte ülkemizde de uygulanmaya başlanan cam elyaf katkıli prekast beton cephe panelleri giderek büyüyen bir pazar payına sahiptir. Hızlı üretilmesi, bileşen ve uygulama şekillerinin doğru seçilmesine bağlı olarak duvarda istenilen performans gereksinimlerini sağlayan koruma ve kaplama özelliklerinin tek bir elemanda toplanabilmesi, kullanım yerine ve amacına göre farklı tiplerle alternatifler sunabilmesi sayesinde kullanımları zamanla artmıştır. Tercih nedenleri fazla olan cephe elemanlarının performansını etkileyecek bazı olumsuz özelliklerinin olması ise araştırılması ve geliştirilmesi gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.1 Amaç

Tez çalışmasında, öncelikle beton esaslı prekast cephe panellerinin tanımı, sınıflandırması ve bileşenleri ele alınarak, tasarım, üretim ve uygulama süreci irdelenmiş ve performans gereksinimleri incelenmiştir. Ayrıca, bu kapsamda, günümüzde kullanımı göreceli olarak yeni olan ve uygulamaları hızla artan cam elyaf katkıli prekast beton cephe panelleri bir alan çalışması ile ayrıntıda incelenerek, gerek teorik ve gerekse teknik ve pratik açıdan bilgilerin güncellenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

1.2 Kapsam

Tez çalışması kapsamında, beton esaslı prekast cephe panellerinin tanımı, bileşenleri, çeşitleri, tasarım, üretim, uygulama süreçleri ve performans gereksinimleri üzerinde durulmuştur. Konu kapsamında yapılan alan çalışmasında cam elyaf katkıli prekast beton cephe panellerinin İstanbul'da yer alan uygulamaları şantiyelerde yapım aşamasında ve bitmiş binalarda incelenerek cephe panellerinin günümüzdeki kullanımı ve performansı irdelenmiştir. Ancak, taşıyıcı özellikteki ve şantiyede üretimi gerçekleşen cephe panelleri Türkiye'de çok fazla kullanım alanı

oluşturmaması nedeniyle genel girişte bahsedilerek ayrıntıları tez kapsamı dışında tutulmuştur.

1.3 Yöntem

Çalışmanın amacı doğrultusunda, ilgili kitaplar, tezler, makaleler, bildiriler ve standartlar incelenmiştir. Literatüre dayalı çalışmanın belirli bir ayrıntıda ve Türkiye şartlarında ele alınması amacıyla İstanbul bölgesinde bir alan çalışması yapılmıştır. Firmalar ile görüşülerek çeşitli şantiyeler ve ofisler ziyaret edilmiş, uygulama süreci yerinde görülerek çeşitli detay çizimler ve/veya tasarımlar irdelenmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında alan çalışması kapsamında incelenen cephe panelleri kendi aralarında bileşenlerine ve uygulama şekillerine göre sınıflandırılmıştır. Paneller hakkında ayrıntıda bilgi birikiminden sonra performans değerlendirmesi amacıyla panelin kendisiyle birlikte birleşim yerlerinin geçirimsizliği yerinde gözlemlenmiştir. Bu amaçla alternatif duvar panelleri termal kamera ile incelenmiştir. Ayrıca, TS 825'te belirtilen hesaplama yöntemine dayalı ısı performans değerlendirmesi ile çalışma kapsamı genişletilmiştir. Böylece, teorik bilgiler, pratik bilgiler ile desteklenerek, daha bütüncül bir yaklaşım yapılması sağlanmıştır.

2.BETON ESASLI PREKAST CEPHE PANELLERİ

2.1 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Tanımı

Beton esaslı prekast cephe panelleri beton veya betonarme katmandan oluşan ve şantiye alanına hazır olarak gelen veya şantiyede üretilen hazır cephe elemanlarıdır. Çoğu uygulamada beton veya betonarme katmana yalıtım katmanı da eklenerek yalıtımlı hazır cephe elemanları üretilmesi sağlanır. Duvar elemanı olma özelliğinin yanı sıra yalıtım ve kaplama özelliğini de taşıyabilen beton esaslı prekast cephe panellerinin her bir katmanının üretimi ve işlenmesinin birlikte yapılması, hızlı üretilmesi, montajda kolaylık sağlayarak özellikle büyük ölçekli projelerde hem zamandan hem işçilikten ekonomik avantajlar sunması ve betonun kalıba alınabilme özelliğinden dolayı tasarımda özgürlük sağlanabilmesi gibi özellikleri sayesinde tercih nedeni olmaktadır. Günümüzde konut, otel, iş merkezi gibi çok katlı veya az katlı yapılarda hazır dış duvar elemanlarının kullanımı, yapım teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak hızla artmaktadır. Beton esaslı prekast cephe panelleri kesitte katmanlaşma düzenine göre çeşitli yapı malzemelerinden oluşmaktadır. Cephe panellerini oluşturan katmanlar ve katmanların özellikleri alt bölümlerde ayrıntıda ele alınmaktadır.

2.2. Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Sınıflandırılması

Beton esaslı prekast cephe panelleri (i) kesitte katmanlaşma düzenine, (ii) taşıyıcılık özelliğine, (iii) üretim yerine, ve (vi) biçim ve boyutlarındaki farklılaşmaya bağlı olarak çeşitli konularda sınıflandırılabilir.

2.2.1 Katmanlaşma düzenine göre beton esaslı prekast cephe panelleri

Beton esaslı prekast cephe panellerinin kesitte katmanlaşma düzenine göre sınıflandırılması bileşenlerinin sayısına bağlı olarak yapılır. Bu sınıflandırmada cephe panelleri üç gruba ayrılır [1];

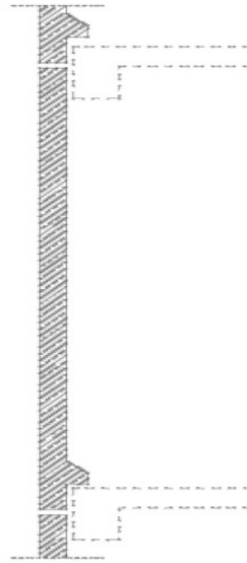
- Tek katmanlı cephe panelleri

- Çift katmanlı cephe panelleri
- Çok katmanlı (sandviç) cephe panelleri

Tek katmanlı cephe panelleri hafif beton veya normal betondan üretilmektedir. (Şekil 2.1). Hafif betondan üretilen panellerde uygun kalınlığın oluşturulması ile ısı yalıtımı sağlanabilmesi, hafif olmaları dolayısıyla üretimde, nakliye, depolama ve montajda kolaylık sağlanabilmesi gibi olumlu özelliklerinin yanında kırılmaya karşı dayanımlarının azlığı, dış çevre şartlarına özellikle suya karşı dayanıksız olması nedeniyle önlem alınması gerekliliği gibi olumsuz özellikleri de bulunmaktadır. Ayrıca ısı yalıtım değerini arttırmak için kalınlığın artması alan kaybı ve fazla ağırlığa neden olabilmektedir. Hafif betondan üretilen panellerin bir olumsuz özelliği de düşük mukavemet değerine sahip olmaları nedeniyle büyük boyutlarda üretilmemeleridir.

Normal betondan üretilen tek katmanlı paneller kırılmaya karşı daha dayanıklıdır. Ancak yeterli ısı yalıtım sağlayamazlar. Bu nedenle mutlaka dışarıdan veya içeriden ısı yalıtımı uygulanması gerekir. İçeriden uygulanan yalıtımda, yalıtım katmanı ve beton yüzey arasında yoğuşma problemi ile karşılaşılabilir. Bu durumda ya buhar dengeleyici uygulanmalı ya da yalıtım dışarıdan yapılmalıdır.

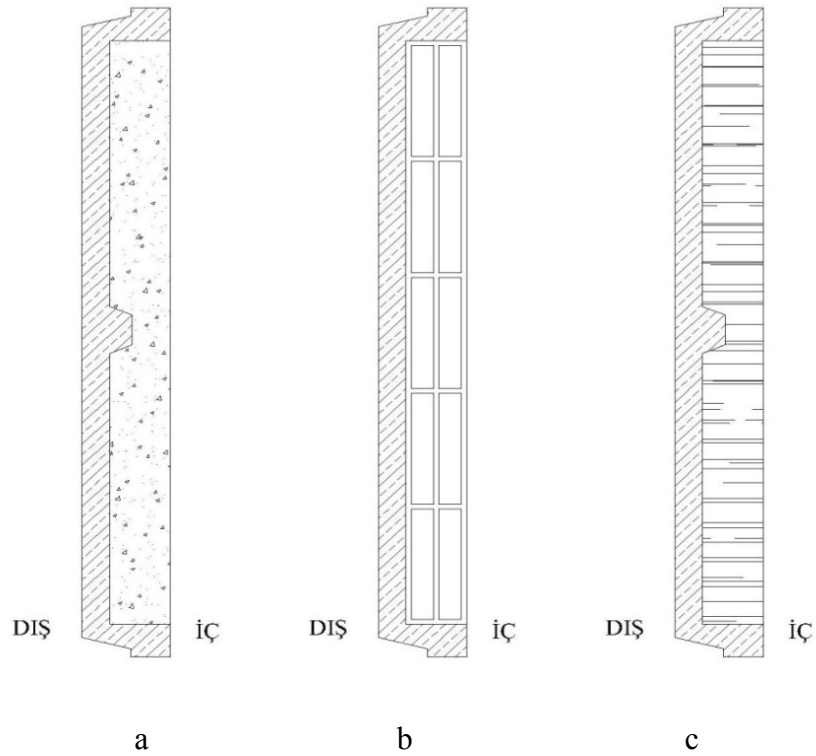
Tek katmanlı panellerde anlaşılabileceği gibi prekast üretimin avantajları istenildiği gibi sağlanamamakta ya yalıtım amaçlı ya da mukavemet amaçlı ek bir katmana ihtiyaç duyulmaktadır.



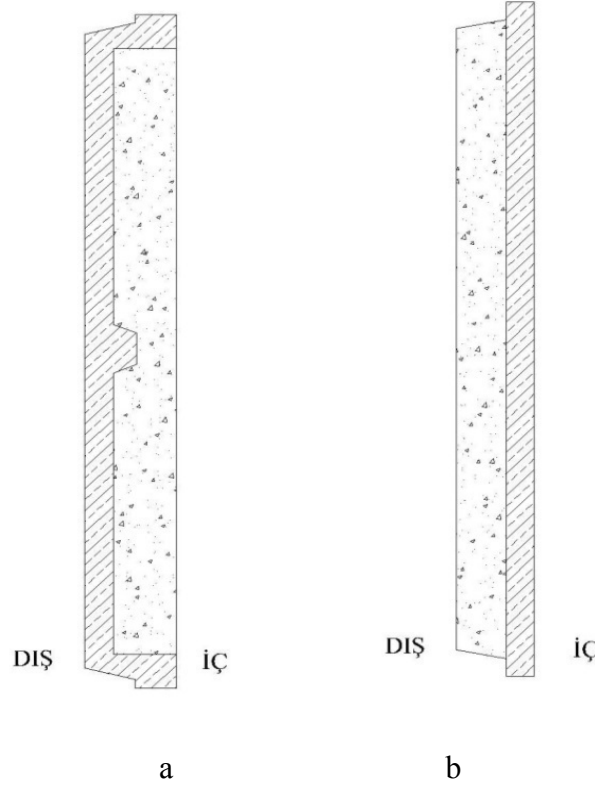
Şekil 2.1 : Tek katmanlı beton panel kesiti.

Çift katmanlı cephe panelleri, tek katmanlı panellerin olumsuz özelliklerini ortadan kaldıracak yeni bir panelin eklenmesiyle oluşur. Panel kesitinde genellikle iç katman ısı yalıtımı özelliği gösterirken dış katman fiziksel etkenlere karşı koruyuculuk özelliği göstermektedir. İç katmanın yalıtım özelliği taşıması durumunda yoğuşma problemi yaşanmamasına dikkat edilmelidir. Katmanların değişik alternatifleri olduğu için çok çeşitli şekillerde üretilebilirler. Beton, tuğla veya mineral yünler, çekme polistren (xps), genişletilmiş polistren (eps) köpük gibi ısı yalıtım malzemeleri ile kullanılabilir. Ayrıca betonun farklı yoğunluklarda kullanılmasıyla çeşitli çift katmanlı cephe panelleri de elde edilebilir. Çift katmanlı veya çok katmanlı cephe panelleri gelişimi için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Çift katmanlı cephe panelleri için Yeni Zelanda da Mackechnie ve Saevarsdottir (2007) tarafından yapılan çalışmada çeşitli yoğunluklarda ve farklı oranlarda beton panel alternatifleri geri dönüşümlü malzemeler ile oluşturulmuştur. Çeşitli testlere tabi tutulan panellerden iyi bir ısı yalıtımı ve ısı depolama özelliği sağlaması amaçlanmıştır [4].

Şekil 2.2’de katmanlardaki malzeme kullanım alternatifleri, Şekil 2.3’de ise katmanların farklı konumlanışları yer almaktadır.



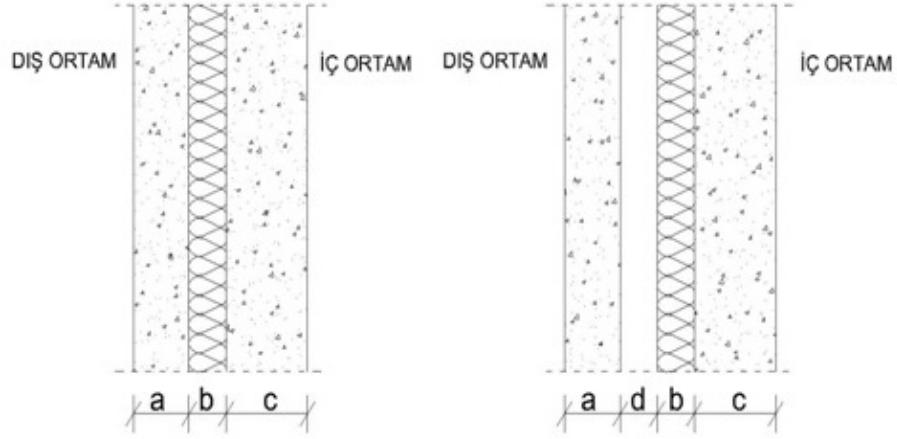
Şekil 2.2 : Çift katmanlı cephe panellerinde beton ve gaz betonun (a), beton ve tuğlanın (b), beton ve mineral yünlerin (c) kullanımı [5].



Şekil 2.3 : Çift katmanlı cephe panellerinde beton ve gaz betonun katmanlaşma düzeninde farklı alternatifleri.

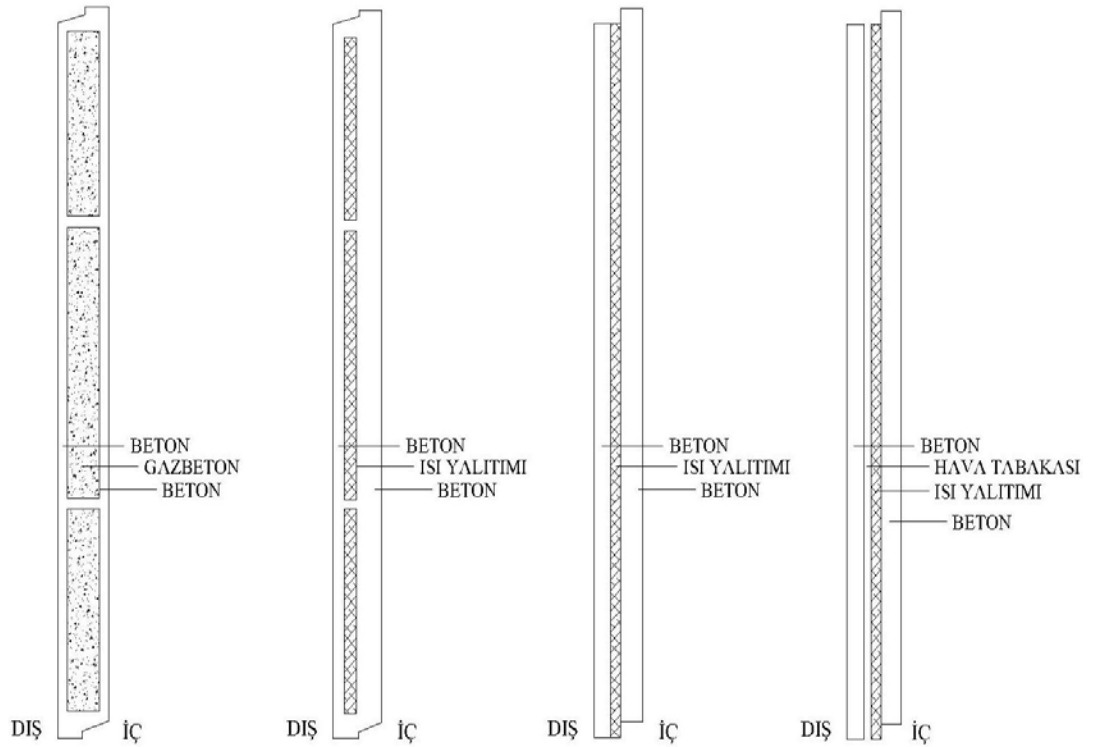
Çok katmanlı paneller üç veya daha fazla katmanın birleştirilmesiyle oluşan, betonarme iki katman arasına ısı yalıtımı görevi gören bir malzemenin yerleştirilmesiyle veya ısı yalıtımı ile birlikte yoğunlaşma riskini azaltmaya yardımcı olacak hava boşluğunun oluşturulmasıyla elde edilen panellerdir [6, 7]. Genellikle iç katman ısı depolama ve taşıyıcı görevi görmekte dış katman ise dış etkilere karşı koruyucu görevi görmektedir. İç katmandan gelen sıcak havanın, yalıtım katmanı ile dış katman arasındaki soğuk ara kesitte yoğunlaşma meydana getirerek yalıtım katmanına zarar vermesi söz konusu olabilir. Bu nedenle yalıtım katmanının iç yüzeyine buhar kesici bir malzeme uygulanması gereklidir. Çok katmanlı panellerde dış katman ile yalıtım katmanı arasında hava boşluğu oluşturularak da yoğunlaşma oluşmadan buharın dışarı atılması sağlanabilmektedir (Şekil 2.4).

Çok katmanlı panellerde (Şekil 2.4) dış katman (a) kalınlığının 7 cm' den az 10 cm' den fazla olmaması önerilir. Isı yalıtım katmanı (b) 4-10 cm, iç katman (c) kalınlığının 8-16 cm, hava boşluğu katmanının (d) ise 3-6 cm arasında olması önerilir [1, 8, 9].



Şekil 2.4 : Çok katmanlı panel, a- dış katman, b- ısı yalıtımı, c-dış katman, d- hava boşluğu.

Çok katmanlı panellerde betonarme iki katman arasına ısı yalıtım malzemesi olarak mineral yünler (cam ve taş yünü), organik ısı yalıtım malzemeleri (xps, eps, vb.) kullanılabildiği gibi hafif beton çeşitleri de kullanılabilmektedir. Şekil 2.5’de fabrikada tek parça halinde üretilen çok katmanlı cephe panellerinin alternatifleri görülmektedir [5].



Şekil 2.5 : Fabrikada tek parça halinde üretilen sandviç cephe panel alternatifleri.

2.2.2 Taşıyıcılık özelliğine göre beton esaslı prekast cephe panelleri

Beton esaslı prekast cephe panelleri taşıyıcılık özelliğine göre üçe ayrılır [5];

- (i) Taşınan cephe panelleri
- (ii) Sadece kendini taşıyan cephe panelleri
- (iii) Taşıyıcı cephe panelleri

Taşınan cephe panelleri ağırlıkları genellikle 50-200 kg/m² arasındadır. Ağırlığını binanın taşıyıcısı olan perde, kolon veya kirişlere aktarır [10, 11]. Asıl amacın ısı, ses yalıtımı içeren ve hafif olan cephe elemanları üretmek olduğu durumlarda, panele statik açıdan taşıyıcılık özelliği yüklenmez.

Cephe panellerinin yüklendiği bu çeşitli görevlerin özelliklerinin tasarım aşamasında bilinmesi büyük önem taşır. Özellikle taşıyıcılık özelliği ve buna bağlı olarak ağırlığı, cephe panellerinin uygulanacağı yapının statik hesaplarını önemli ölçüde etkileyebilir. Beton esaslı prekast cephe panelleri taşınan elemanlar olarak kullanılması durumunda da statik hesaplarda göz ardı edilmeyecek ağırlıklara sahiptir.

Sadece kendini taşıyan cephe panellerinde paneller kendi yüklerini birbirleri üzerine aktarır. Gelen yatay yükler çeşitli ankraj elemanları ile bağlı oldukları döşemeye iletilir [12]. Panellerin yatay derzlerinde strüktürel hareket sonucu problem oluşabilmesi riskinin yüksek olması nedeniyle Türkiye gibi deprem kuşağında yer alan ülkeler için önerilmeyen bir çözüm alternatifidir.

Taşıyıcı cephe panelleri kendi yükü ile birlikte binanın diğer yüklerini de taşırlar [5]. Taşıyıcı dış duvar panelleri kesitlerinin ve içerisindeki donatının artması dolayısıyla ağırlığının artması üretim, depolama, taşıma ve montajda birçok sorunu beraberinde getirir. Ağırlıkları ve taşıyıcılık görevi nedeniyle deformasyon yapabilen taşıyıcı cephe panellerinde birleşim derzleri dikkatle ele alınmalıdır. Taşıyıcı cephe panelleri ağırlıkları nedeniyle binaya fazla yük getirirse de kendileri de yük taşıdığından kolon ve/veya perde gibi bina taşıyıcı sistem elemanlarının kesitlerinin küçülmesiyle bina taşıyıcı sistem elemanlarının daha az yer kaplar duruma gelmesi sağlanır.

Bu tez çalışmasının kapsamı taşınan cephe panelleri ile sınırlandırılmıştır.

2.2.3 Üretim yerine göre beton esaslı prekast cephe panelleri

Beton esaslı prekast cephe panellerinin üretimi şantiyede veya fabrikada olabilmektedir [10]. Ancak gelişen teknoloji ile üretimi çoğunlukla, makineleşme düzeyi yüksek olan fabrikalarda yapılmaktadır.

Şantiyede üretim seri üretimin aranmadığı durumlarda söz konusu olabilir. Nakliye ve ara depolama gerektirmemesi nedeniyle düşük maliyet sağlanabilmektedir. Genellikle insan gücüne dayalı üretimdir. İklim şartlarından etkilenmesi ve hatalı üretimin çokluğu şantiyede üretimin yapılmasını büyük oranda azaltmıştır [10].

Fabrikada üretim makineleşmeye dayalı, kalite kontrolün iyi sağlandığı, seri üretime olanak veren üretimdir. Ancak nakliye ve depolama süreçleri nedeniyle panel boyutlarına sınırlama getirilmesi dezavantaj olarak görülmektedir.

Bu tez çalışmasının kapsamında fabrikada üretilen cephe panelleri yer almaktadır.

2.2.4 Biçimsel farklılıklarına göre beton esaslı prekast cephe panelleri

Beton esaslı prekast cephe panelleri biçimsel farklılıklarına göre;

- Boşluksuz,
- Açık ve kapalı boşluklu,
- Eğrisel yüzeyli cephe panelleri olarak sınıflandırılabilir.

Şekil 2.6’da beton esaslı prekast cephe panellerinin biçimsel farklılıklarına göre bir sınıflandırma yer almaktadır [13, 14].

Biçimsel farklılıklar	Boşluksuz cephe panelleri		Boşluklu cephe panelleri		Eğrisel yüzeyli cephe panelleri
			Kapalı boşluklu	Açık boşluklu	

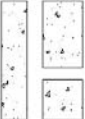
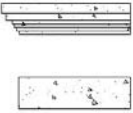
Şekil 2.6 : Beton esaslı prekast cephe panellerinde biçimsel farklılıklar.

2.2.5 Boyutsal farklılıklarına göre beton esaslı prekast cephe panelleri

Beton esaslı prekast cephe panellerinde panellerin işlevine veya kullanılacağı alana göre boyutsal farklılıklar oluşabilmektedir. Boyutsal farklılıkları;

- Kat yüksekliğinde küçük (30-80 cm), orta (80-180 cm) ve büyük boyutlu paneller (180 cm'den daha geniş - taşıma sınırlarında) [5, 10],
- Kat yüksekliğinde veya birkaç kat yüksekliğinde paneller,
- Parapet panelleri

olarak sınıflandırmak mümkündür. Şekil 2.7’de boyutsal farklılıklara göre bazı panel tipleri görülmektedir.

Boyutsal farklılıklar	Küçük boyutlu	Orta boyutlu	Büyük boyutlu	Kat yüksekliğinde	Birkaç katlı [15]	Parapet panelleri
						
						

Şekil 2.7 : Beton esaslı prekast cephe panellerinde boyutsal farklılıklar.

2.3 Beton Esaslı Prestek Cephe Panelleri Ve Günümüzde Kullanımı

Beton esaslı prekast cephe panelleri literatürde genellikle ağır giydirme cephe sistemleri başlığı altında yer alır. Ancak gelişen teknoloji ve kullanılan malzemelere bağlı olarak beton esaslı prekast cephe panellerini kendi içinde ağır ve hafif paneller olarak sınıflandırmak mümkündür.

2.3.1 Beton esaslı prekast ağır cephe panelleri (Betonarme cephe panelleri)

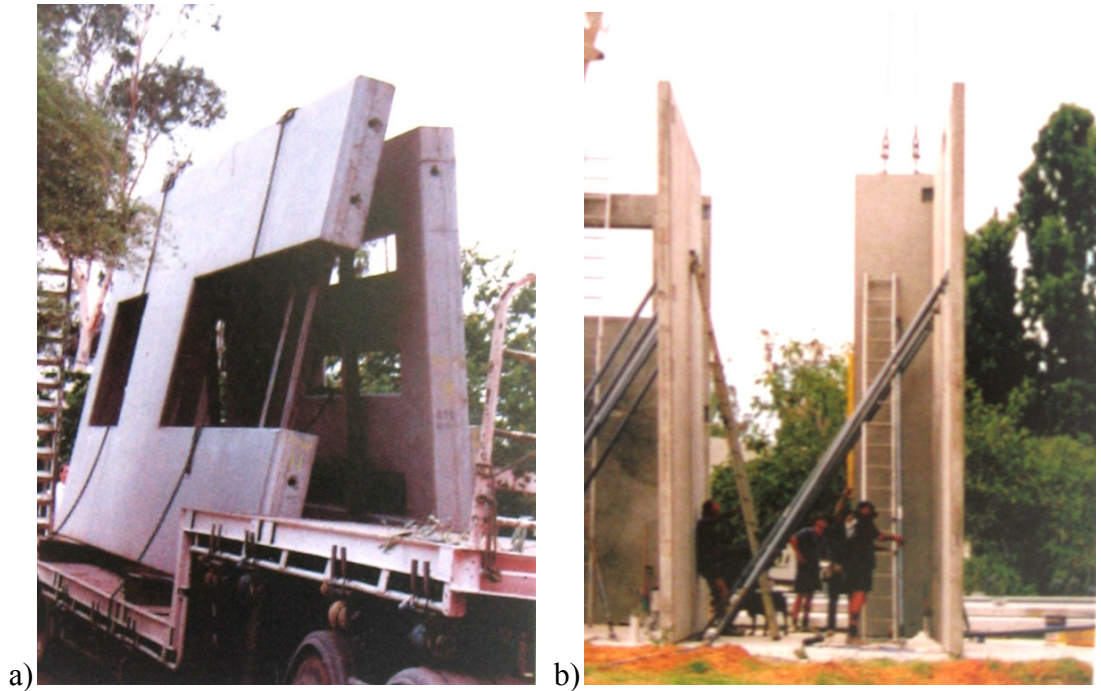
Beton esaslı ağır cephe panelleri, taşıyıcılık özelliği ve katmanlaşma düzenine göre yoğunluğu değişen beton harcı ve donatı elemanlarından oluşur. Genellikle yalıtım sağlaması ve yoğunlaşma problemi oluşturmaması sayesinde çok katmanlı panellerin

kullanımı tercih edilir. Çok katmanlı ağır cephe panelleri birden fazla betonarme katmandan oluşabileceği gibi beton katman ile birlikte de kullanılabilir. Donatılı betona sahip olmaları nedeniyle ağırlıkları genellikle 150 kg/m^2 den fazladır. Bu nedenle binaya önemli bir yük getirirler.

Şekil 2.8'de üretim aşamasındaki Şekil 2.9'da taşıma ve montaj aşamasındaki beton esaslı ağır cephe paneli örneği yer almaktadır.



Şekil 2.8 : Üretim aşamasında beton esaslı prekast ağır cephe paneli örneği [16].



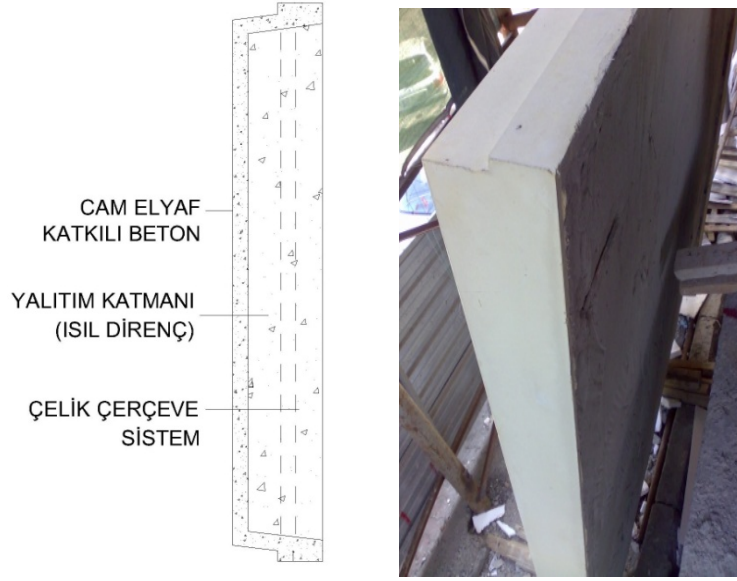
Şekil 2.9 : Beton esaslı prekast ağır cephe paneli örneği a- taşıma, b- montaj aşaması [17].

2.3.2 Beton esaslı prekast hafif cephe panelleri (Cam elyaf katkılı prekast beton cephe panelleri)

Beton esaslı prekast cephe panellerinin günümüzde kullanımı yapılan alan çalışmasına bağlı olarak incelendiğinde; günümüzde ağır cephe panellerinin yerini hafif cephe panellerinin aldığı gözlenmiştir.

Betonun kalıba alınabilme özelliğinden dolayı tasarımda özgürlük sağlanabilmesi, hızlı üretilmesi, farklı kalem işlerin birlikte uygulanabilmesine bağlı olarak zaman ve işçilikten tasarruf sağlanması beton esaslı prekast cephe panellerinin tercih nedenleri olsa da ağırlıkları nedeniyle üretim, depolama, taşıma ve montaj süreçlerinde sorun yaşanması aynı zamanda binaya fazla yük getirmesi kullanım alanlarını daraltmıştır. Bu duruma çözüm olarak sunulan ve yalıtım katmanının özelliğine bağlı olarak ağırlığı yaklaşık olarak 55-130 kg/m² arasında değişen yalıtımlı cam elyaf katkılı prekast beton cephe panelleri beton esaslı prekast hafif cephe panelleri başlığı altında ele alınmaktadır.

Cam elyaf katkılı prekast beton paneller iki katmandan oluşur. Birinci katmanı fiziksel etkenlere karşı dayanımı sağlayan cam elyaf katkılı betondur. Cam elyaf katkılı beton, bölüm 2.4.2.1’de daha detaylı incelenmektedir. İkinci katmanı ise ısı yalıtımını sağlayan katmandır. Isı yalıtım katmanı için çeşitli yoğunluklarda uygulanan hafif beton örnekleri olduğu gibi (köpük beton, polistren agregalı beton) mineral yünlerin (taş yünü) kullanıldığı örnekler de mevcuttur. Bu katmanın hafif olması, ısı yalıtımını sağlaması taşıyıcılık özelliğinin yüklenmemesi ve dış kabukla birlikte iyi sonuçlar vermesi nedeniyle panel için seçimi önemli bir katmandır. Ayrıca panellerde genellikle yalıtım katmanı içinde, panelin kendi taşıyıcılığını sağlayarak panele etkiyen yükleri çeşitli bağlantı elemanları ile binaya aktaran çelik çerçeve sistem yer almaktadır. Sistemin profil kalınlıkları yatay ve dikey yüklere bağlı olarak yapılan hesaplar sonucu oluşturulur. Şekil 2.10’da cam elyaf katkılı prekast beton cephe paneli örneği yer almaktadır. Şekilde de görüldüğü gibi cam elyaf katkılı prekast beton paneller iki katmandan (dış katman ve yalıtım katmanı) oluşmaktadır. Tez kapsamında çelik çerçeve sistem bileşen olarak ele alınmaktadır



Şekil 2.10 : Cam elyaf katkıli prekast beton cephe paneli.

2.4 Beton Esaslı Prestak Cephe Panellerinin Bileşenleri

Ağır ve hafif olarak ikiye ayrılan beton esaslı prestak cephe panellerinin bileşenlerinin de farklılık göstermesi nedeniyle panellerin bileşenleri ayrı başlıklar altında ele alınmaktadır.

2.4.1 Beton esaslı prestak ağır cephe panellerinin bileşenleri

Beton esaslı prestak ağır cephe panellerinin bileşenleri; beton ve betonarme, ısı yalıtım bileşeni ve bağlantı elemanları olarak üç başlık altında düzenlenmiştir.

2.4.1.1 Beton ve betonarme bileşeni

Cephe elemanları bileşenleri biçim, boyut, kesit kuruluşları ve bina taşıyıcı sistemi ile bütünleşmesi bakımından farklılık gösterir. Ağır cephe panellerinde, donatılı (betonarme) ve/veya donatısız (hafif) beton kullanılmaktadır

Beton; çimento, iri agrega, ince agrega, ve suyun kimyasal ve mineral katkı da kullanılarak karıştırılmasıyla oluşturulan ve çimentonun hidratasyonu ile gerekli özelliklerini kazanan bir yapı malzemesidir [18].

Beton, cephe panellerinde çoğunlukla bölücü, koruyucu ve ısı yalıtım özelliği sağlayan bileşendir. Panelin taşıyıcı özeliğine veya panelden beklenen performansa göre beton bileşenin özelliği değişebilmektedir. Katmanlarda donatılı beton

taşıyıcılık ve koruyuculuk işlevlerini, donatısız beton (hafif beton) ise koruyuculuk (yalıtım) işlevini yüklenmektedir.

Beton üretimi ve uygulamasında bazı sorunlarla karşılaşlabilmektedir. Bu sorunlar çevresel koşullardan kaynaklanabildiği gibi, kötü işçilik, yanlış uygulama, denetimdeki eksiklikler ve beton dökümü sonrasındaki bakımın yetersizliğinden kaynaklanabilmektedir. Betonda yaşanan bu sıkıntılar prekast betonda ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Fabrikada uygun koşullarda üretilmesiyle çevresel koşullardan etkilenmesi en aza indirilerek işçilikteki olası sorunlar da en aza indirilebilmektedir. Prekast beton cephe panellerinin ön üretimli olma özelliğinden dolayı kalıba alınma işlemi şantiyede gerçekleşmeden fabrikada hazırlanması büyük kolaylık getirmiştir. Çünkü özellikle büyük ölçekli projelerde kalıp yerleşimi, beton dökümü birçok problemi beraberinde getirir. Aynı zamanda, panelin her türlü imalat işlemlerinin fabrikada gerçekleşmesi kalite ve kontrol açısından da büyük kolaylık sağlamaktadır [2, 10].

Beton esaslı prekast cephe panellerinde yoğunluklarına göre hafif ve normal beton kullanılmaktadır. Hafif betonlar; hafif agregalı, hafif ve normal agregalı ve gözenekli betonlar olarak üç grupta toplanabilir [19].

Beton esaslı prekast cephe panellerinde, katmana taşıyıcılık özelliği yüklenmediği durumlarda, gözenekli beton grubunda yer alan gazbeton ve köpük beton kullanımı yaygındır. Gazbeton, ince ve silisli bir agregata ve inorganik bir bağlayıcı madde (kireç ve/veya çimento) ile hazırlanan karışımın gözenek oluşturucu bir madde katılarak hafifletilmesi yolu ile elde edilen hafif betondur [20]. Otoklavda (basınçlı buhar kazanı) pişirildiği için mukavemetleri alternatiflerine göre (köpük beton) daha iyidir. Köpük beton, katı köpük kimyasalının köpük üreticisinde köpük haline getirilip, çimento, kum, su karışımına eklenmesiyle oluşan hafif bir beton cinsidir. Otoklav işlemi gerçekleştirilmeden yerinde imal edilip akıcı kıvamı sayesinde kolaylıkla işlenebilmektedir. İstenilen yoğunluklarda oluşturularak yalıtım, dolgu veya taşıyıcı özellikte köpük beton üretilebilmektedir [21, 22]. Düşük yoğunluklu beton elde edebilmek amacıyla betonun fiziksel ve mekanik niteliklerini arttıran katkıların eklenmesiyle beton esaslı prekast cephe panellerinde tercih edilen gazbeton ve köpük beton oluşumu sağlanmaktadır. Oluşturulan bu betonlar hafif betonlar içerisinde gözenekli betonlar olarak da adlandırılabilir.

Hafif betonun gözenekli yapısı sayesinde ısı ve ses yalıtımı sağlanırken hafif olmaları nedeniyle de binaya etkiyen ölü yükün azalması sağlanır. Standart betona göre ağırlıklarının oldukça az olması taşıyıcı elemanların kesitlerini azaltırken maliyette de önemli bir düşüş sağlar. Hafif beton kullanılarak yapının tüm ağırlığının azalmasıyla depreme karşı daha fazla direnç sağlanır. Homojen olarak dağılmış bağımsız gözenekleri sayesinde donma-çözülme etkilerine karşı dayanıklıdır. Ayrıca, üretiminin hızlı olması hafif betonların diğer beton türlerine göre prefabrikasyona daha uygun malzeme olmasını sağlamıştır.

Normal beton ise etüv kurusu durumundaki yoğunluğu, 2000 kg/m^3 ten büyük olup 2600 kg/m^3 ü geçmeyen betondur [18]. İyi bir taşıyıcı olması, kolay şekil alabilmesi, maliyetinin uygun olması diğer malzemelere göre tercih sebebi olmasını sağlasa da birim hacim ağırlığının fazla olması ve buna bağlı olarak ısı iletim değerinin yüksek olması nedenleriyle özellikle bina inşaatlarında kullanımı tercih edilmemektedir. Ancak ağırlıkları nedeniyle basınç mukavemetlerinin diğer yapı malzemelerine göre yüksek olması taşıyıcı özellikte kullanımlarını arttırmaktadır [23].

2.4.1.2 Isı yalıtımı bileşeni

Beton esaslı prekast cephe panellerinde dış katman ile birlikte kullanılan diğer bir bileşen de ısı yalıtımı (ısıl direnç) bileşenidir. Beton malzemenin ısı iletkenliğinin yüksek olmasından dolayı ısı yalıtımı uygulanmalıdır. Cephe panellerinde;

- Betonun gözenekli yapısıyla,
- Yalıtım malzemeleri ile oluşturulan yalıtım katmanıyla

Isı yalıtımı sağlanabilir.

Yalıtım malzemesi seçilirken amaca uygunluğu, uygulanacağı yerdeki koşulları ve diğer bileşenler ile uyumluluğu dikkat edilmesi gereken önemli noktalardır. Beton esaslı prekast cephe panellerinde betonun gözenekli yapısı ile yeterli ısıl performans sağlanamaması durumunda ek bir ısı yalıtım katmanı uygulanır.

Isı yalıtım malzemelerinin en temel özelliği ısı iletim katsayılarının düşük olmasıdır. Isı yalıtım malzemelerine; cam yünü, taş yünü, genleştirilmiş polistren, çekme polistren, poliüretan, fenol köpüğü, cam köpüğü, ahşap lifli levhalar, ahşap yünü levhalar örnek verilebilir. Isı yalıtım bileşeninden panelin ısıl performansı ile birlikte su, ses yalıtımı ve yangın dayanımı da beklenmektedir.

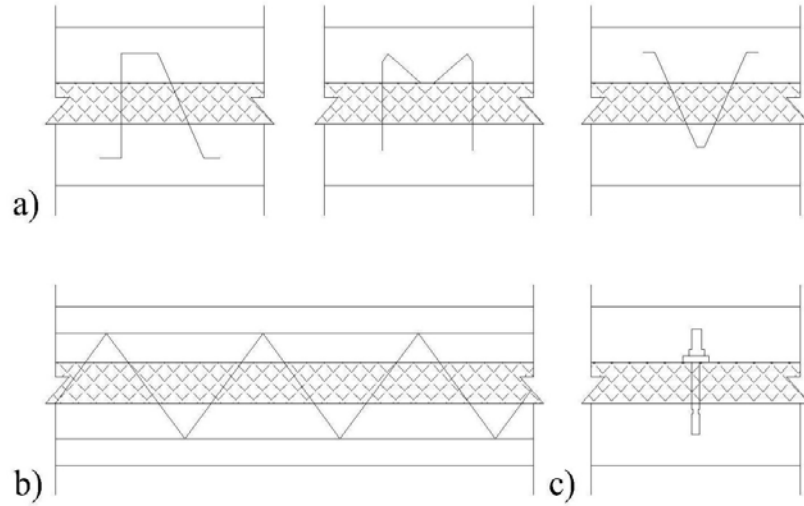
Cephe panellerinde katmanlaşma düzenine, kullanım yerine ve amacına göre kullanılan yalıtım malzemeleri değişmektedir. Beton esaslı prekast ağır cephe panellerinde ısı yalıtım bileşeni olarak çoğunlukla genleştirilmiş polistren (eps) ve çekme polistren (eps) köpük kullanılmaktadır.

2.4.1.3 Bağlantı elemanları

Beton esaslı prekast cephe panellerinde katmanları birbirine bağlamak, yük paylaşımını ve yük aktarımı sağlamak amacıyla çeşitli bağlantı elemanları yer almaktadır. Bağlantı elemanlarının seçiminde panelin birçok özelliğinin göz önüne alınması gerekir.

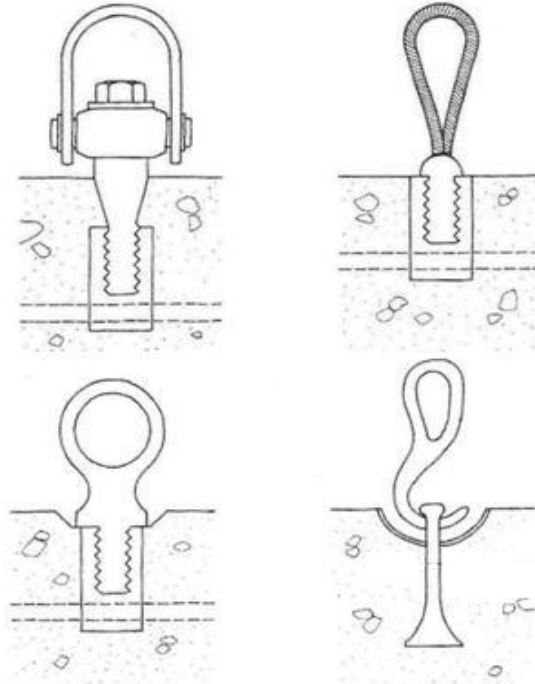
Donatılı betona sahip beton esaslı prekast ağır cephe panellerinde yer alan bağlantı elemanlarının kullanılacağı yere, işlevine, panelin özelliğine veya bağlantı elemanlarından beklenen performansa göre değişen çeşitli görevleri vardır. Bunlar katmanları bir arada tutmak, katmanlar arası rüzgâr ve deprem gibi yatay kuvvetleri aktarmak, katmanlar arası yük aktarımını sağlamak ve panelde yatay sehim ve kayma direnci sağlamak şeklinde sıralanabilir. Özellikle çok katmanlı panellerde yer alan bu bağlantı elemanları farklı boyut, şekil ve malzemelerden oluşabilir. Bu bağlantılardan bazıları; "C", "Z", "M" tipi bağlama (bükülmüş tel bağlantısı), firkete, silindirik genişletilmiş metal, kaynaklı tel kafes, plastik veya lifli kompozit bağlantı veya dolu beton yüzeyler (beton bağlantı) şeklinde sıralanabilir (Şekil 2.11). Seçilen bağlantı elemanı panelin ağırlığına, boyutuna ve istenilen performansa uygun olmalıdır. Ayrıca, bağlantı elemanlarının farklı tipleri birlikte kullanılabilir [7, 24]. Bağlantı elemanları panele ve projeye uygun seçilmeli ve üretimde yalıtım katmanının zarar görmesi ve buna bağlı olarak ısı köprüsü oluşumu engellenmelidir. Bu nedenle, beton esaslı ağır cephe panellerinde çoğunlukla ısı iletim katsayısı düşük lifli kompozit bağlantı elemanları tercih edilmektedir.

Beton esaslı prekast ağır cephe panellerinin bina ile birleşimlerinde ise yerinde dökme betona dayanan ıslak bağlantı şekli, yerinde dökme beton ile bazı yerlerde direnci arttırmak için donatı filizlerinin kaynaklanması şeklinde yapılan yarı ıslak bağlantı şekli uygulanmaktadır [10].



Şekil 2.11 : Çok katmanlı panellerde bağlantı şekilleri; Küçük boyutlu bükülmüş tel(a), Tel kafes(b) ve Lifli kompozit bağlantı elemanı ile bağlantı şekli(c) [7, 16].

Panellerde, tasarım sürecinde belirlenen ve çoğunlukla üretim sürecinde panelin uygun yerlerine yerleştirilen, taşıma ve montaj araçları ile bağlantısını sağlayan ankraj noktaları yer alır. Ankraj sistemleri, panelin boyutuna, formuna ve taşınacağı araca göre farklılık göstermektedir [25]. Panellerde bu amaçla oluşturulan kelepçeli, vidalı, geçmeli veya kablolu ankraj sistemleri kullanılmaktadır. Şekil 2.12’de çeşitli ankraj sistemleri için örnekler görülmektedir.



Şekil 2.12 : Panellerin montaj alanına taşınması (kaldırılması) için oluşturulan bağlantılar [26].

2.4.2 Beton esaslı prekast hafif cephe panellerinin bileşenleri

Beton esaslı prekast hafif cephe panellerinin bileşenleri; cam elyaf katkılı beton, ısı yalıtım bileşeni, çelik çerçeve sistem ve bağlantı elemanları başlıkları altında incelenmektedir.

2.4.2.1 Cam elyaf katkılı beton

Cam elyaf katkılı beton, çimento, kum, su karışımına kimyasal özel katkıları katılarak karışımın alkaliye dayanıklı cam elyafı ile güçlendirilmesi sonucu oluşur. En az 1 cm kalınlığında olup yoğunluğu 1900-2200 kg/m³ olan betondur. [13, 14, 27, 28, 29].

Hafif, esnek ve düşük maliyetli olan çok ince cam telciklerinden üretilen cam elyafı yüksek dayanıma sahiptir. Panel sisteminin kopma ve eğme mukavemetini artırır. Dış sıcaklık farklılıklarından dolayı panelde oluşan ısı gerilimlerin neden olduğu çatlamaları önler veya azaltır. 170°C’de erime noktası olması, yüksek ısıda buhar oluşturması ve bu buharın da kanallar oluşturması ile sistemin yangın dayanımı artmaktadır. Ancak, çeşitli cam elyafları farklı dayanım özelliklerine sahip olduğu gibi çevresel etkilere karşı davranışları da farklılık gösterir [29, 30]. Çizelge 2.1 de bazı cam elyaf tiplerinin özgün özellikleri yer almaktadır.

Çizelge 2.1 : Bazı cam elyaflarının özgün özellikleri [31].

Cam lifi tipi	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	Çekme Dayanımı (GPa)	Elastisite Modülü (GPa)
E	2,54	1,7-3,5	69-72
S	2,48	2,0-4,5	85
C	2,48	1,7-2,8	70
CEM-FİL	2,70	-	80

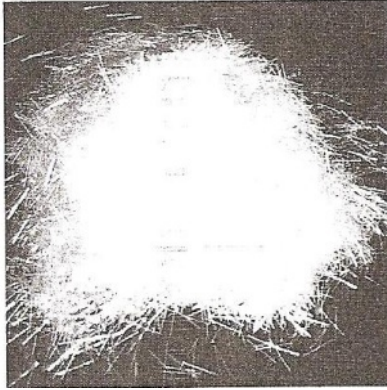
E tipi endüstride en çok kullanılan cam türüdür. Maliyeti düşük ve iyi mekanik özelliklere sahiptir. Ancak yapısal olarak alkalilere karşı dirençsizdir. Beton ve çimento gibi alkali içeren malzemelerde kullanımı tercih edilmez. Alkali dayanımına sahip kaplamalar ile kullanımı uygundur. S tipi yüksek mukavemete sahiptir. E tipine göre oldukça pahalıdır. Uçak yapı malzemesi olarak kullanılabilir. Ancak kullanım

alanı kısıtlıdır. C tipi korozyon dayanımına ihtiyaç olduğu durumlarda kullanılır. AR camı yüksek alkali dayanımı gerektiren uygulamalarda kullanılabilir [32] .

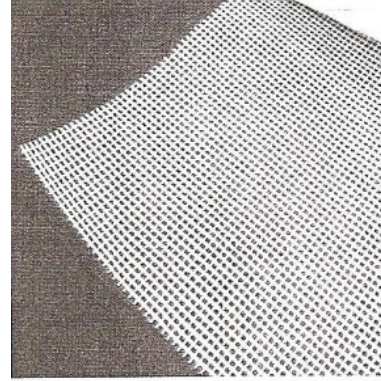
1971 yılında İngiltere’de Pilkington firmasının, Yapı Araştırma Kurumu (BRE) ve Britanya Teknoloji Grubu’nun birlikte alkaliye dayanıklı "Cem-fil" olarak adlandırılan cam elyafını üretmesi Owens-Corning ve Nippon Electric Glass firmalarının yine alkaliye dayanıklı "AR" cam elyafını geliştirmesi cam elyaf katkılı prekast betonda önemli ilerleme sağlamıştır [33, 34, 35].

Cam elyaf katkılı betonda beton içerisindeki alkali elementleri ile reaksiyona girmeyecek, yani alkaliye dayanıklı cam elyafları kullanılmaktadır.

Cam elyafı kullanılan forma göre kesik elyaflar veya gevşek dokunmuş file olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Prekast beton üretiminde güçlendirmenin her yöne eşit olarak sağlanmış olması, uygulamanın kolaylığı ve çatlamalara karşı daha dirençli olması nedeniyle kesik elyaf formunda uygulama tercih edilmektedir. Ancak, elyafların çap ve boyları ile beton içinde her yönde eşit dağılımının sağlanmasına bağlı olarak performansları değişiklik gösterebilir. Şekil 2.13’de kesik elyaf formunda ve file formunda cam elyafı örnekleri yer almaktadır.



a)



b)

Şekil 2.13 : Cam elyafın kullanılan forma göre sınıflandırılması,
a) Kesik elyaf formunda, b) Gevşek dokunmuş file formunda [30].

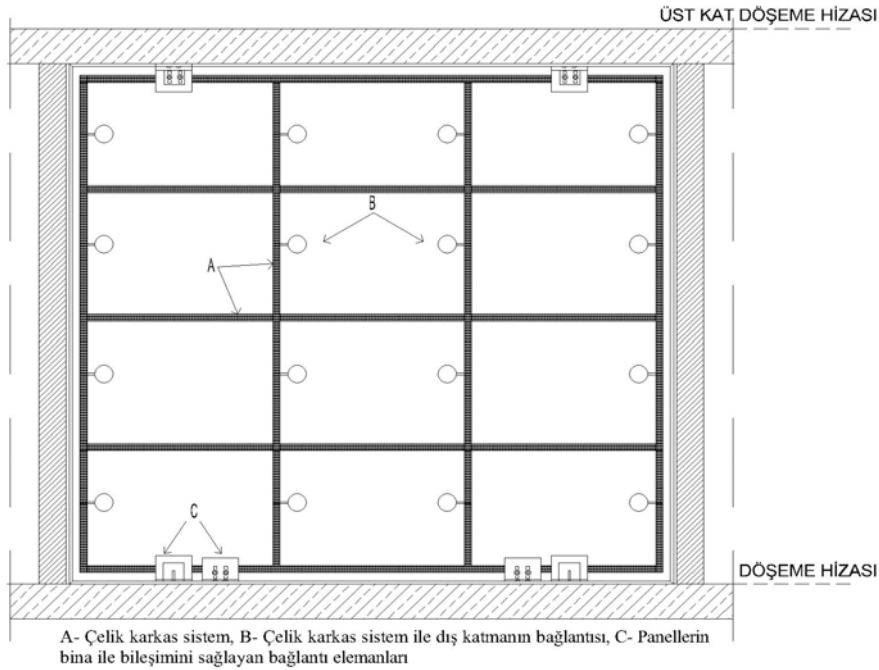
2.4.2.2 Isı yalıtım bileşeni

Yalıtımlı cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerinin dış katmanı ısı iletkenlik katsayısı 0,8-1,2 W/mK olan cam elyaf katkılı betondan oluşmaktadır. Ancak en az 1 cm kalınlıkta olan dış katman tek başına yalıtımı sağlayamamakta ve bu nedenle bir yalıtım katmanı ile birlikte kullanılmaktadır.

Cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerinin yalıtım katmanında mineral yünler kullanılabildiği gibi hafif betonlar kapsamında incelenen gaz beton, köpük beton ve polistren agregalı beton da kullanılmaktadır. Yalıtım katmanı ile cam elyaf katkılı beton dış katmanın birleşimi üretim aşamasında gerçekleştirilmekte ve alternatif yalıtım katmanlarının performansı kullanıldıkları yere, uygulama şekline ve detayına göre değişmektedir.

2.4.2.3 Çelik çerçeve sistem ve bağlantı elemanları

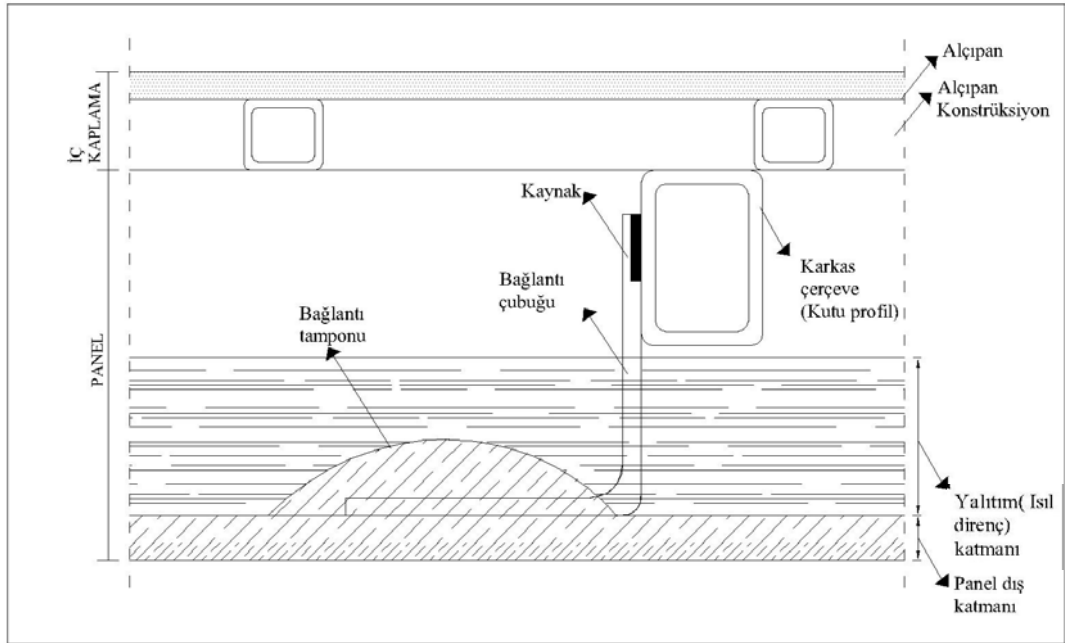
Binanın taşıyıcılık görevini üstlenen prekast cephe panellerinde donatılı beton kullanılırken taşınan cephe panellerinde panelin kendi taşıyıcılığını sağlamak ve panele etkiyen yükün binaya aktarımını sağlamak amacıyla çelik çerçeve sistem yer almaktadır. Cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerinde yer alan çelik çerçeve sistem C ve/veya U profillerinden oluşmakta ve panelin kendi yükünü ve panele etkiyen yatay yüklerin binaya aktarılmasını sağlamaktadır (Şekil 2.14-A ve 2.15). Çelik çerçeve sistem genellikle cephe panelinin üretimi sırasında panelin arka yüzüne çeşitli özel bağlantılar ile yerleştirilir (Şekil 2.14-B). Çelik çerçeve sisteme kaynak yapılarak yerleştirilen bağlantı çubukları, dış katmana üretim esnasında yerleştirilir ve hazırlanan harç ile sabitlenmesi sağlanır [13, 36]. Şekil 2.16'da çelik çerçeve sistem ile dış katman bağlantı detayı görülmektedir.



Şekil 2.14 : İki duvar arasında montajı tamamlanan yalıtımsız cephe kaplama elemanının içten görünüşü.



Şekil 2.15 : Çelik çerçeve sistemli cephe kaplama elemanı.



Şekil 2.16 : Çelik çerçeve sistem ile panel dış katmanın bağlantı detayı [37, 38, 39].

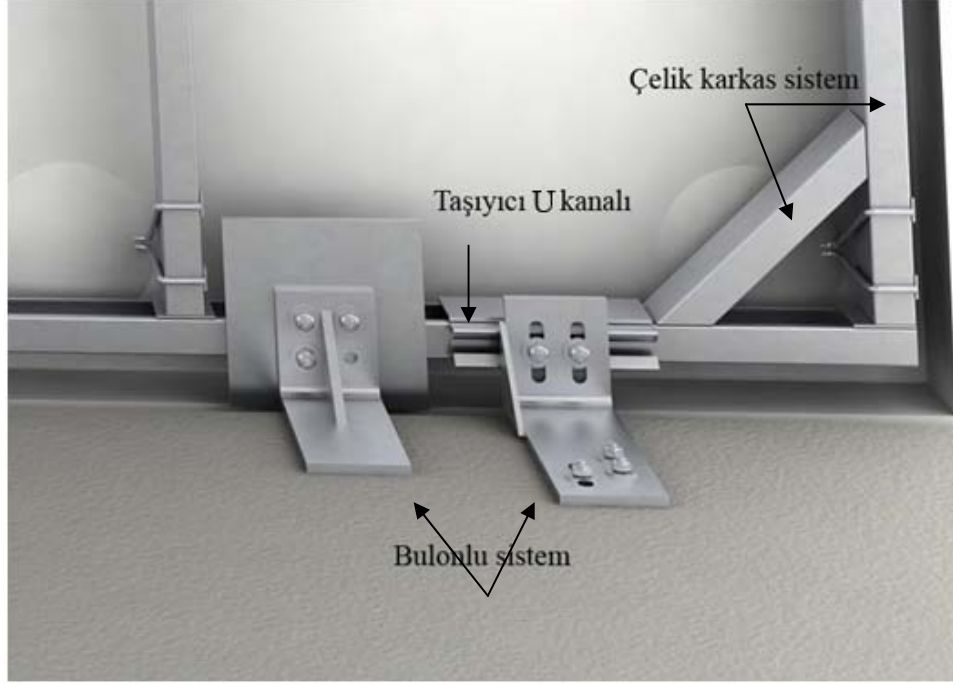
Yalıtımlı cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerinde panelin bina ile birleşimleri kuru bağlantılar ile sağlanır. Kuru bağlantılar başlığı altında bulonlu ve kaynaklı sistem elemanları yer almaktadır. Bulonlu sistem, "L" profili, bulon, pul ve somundan oluşur. Yeni teknoloji ile bu sistemde betonda ağır yükleri

karşılayabilmek için klipsli çelik dubeller de kullanılmaktadır. Klipsler sayesinde betona daha iyi ve hızlı tutunma sağlanabilmektedir [38]. Ayrıca, uygulanan sistemde malzemenin yerleştiği yuvalar projeye göre belirlenen rijit, ve/veya kayıcı (iki veya üç yönde) bağlantıları sağlayacak şekilde düzenlenir. Bulonlu sistemde yer alan L profilinin panel ile birleşimini sağlayan taşıyıcı "U kanalı" olarak adlandırılan bağlantı elemanları (Şekil 2.17), üretim esnasında çelik çerçeve sisteme yerleştirilir. Yatayda veya düşeyde düzenlenebilen bu kanal sayesinde bulonlu sistemin çelik çerçeve sisteme bağlantısı sağlanır [14]. Kaynaklı sistem ise kaynak profilinin, panelin çerçeve sistemi ile kaynak yapılarak birleştirilmesi sonucu oluşur, binaya mekanik bağlantı yapılmaz. Cephe panellerinin bağlantı elemanları, gerek yapım gerekse kullanım sırasında güvenlik açısından çok önemlidir, bu nedenle belirli hesaplar sonucu oluşturulmalıdır. Hesaplar yapılırken projenin yeri, yüksekliği, maruz kalacağı rüzgâr yükü, olası deprem yükü, panelin boyutu ve formu dikkate alınmalıdır.

Şekil 2.17'de kaynaklı ve bulonlu sistemin uygulama örneği yer almaktadır. Şekil 2.18'de ise bulonlu sistem elemanları ve kayıcı bağlantıları görülmektedir. Kayıcı bağlantılar sayesinde panelin x, y ve z yönlerinde hareketi sağlanmaktadır.



Şekil 2.17 : Cephe panellerinde kaynaklı ve bulonlu sistemin uygulanması.



Şekil 2.18 : Cephe panellerinde çelik çerçeve sistem ve taşıyıcı U kanalı [38].

Cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerinde taşıma esnasında kullanılan ankraj elemanları ve noktaları beton esaslı prekast ağır cephe panelleri ile benzerlik göstermektedir (Şekil 2.12).

2.5 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Birleşim Derzleri

Beton esaslı prekast cephe panellerinin birleşim derzleri yatay ve düşey derzler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Panellerin yan kenarlarındaki birleşimler düşey derzler, alt ve üst kenarlarındaki ise yatay derzler olarak adlandırılır [12, 40]. Farklı malzemelerin bir araya geldiği durumlarda, panel boyutlarındaki bazı sınırlamalarda veya statik açıdan gereklilikler nedeniyle derzler yapılabilir.

2.5.1 Birleşim derzlerinin yapım teknikleri

Strüktürel bağlantı ve devamlılığı sağlaması ile birlikte ısı, ses, su yalıtım özelliği ve rüzgâr geçirimsizliği sağlaması gereken derzler, yapım tekniğine göre açık derzler ve kapalı derzler olarak sınıflandırılabilir [41].

Açık derzler, dış etkilere karşı derz malzemelerinin kolaylıkla zarar görüp bozulmasını engellemek amacıyla malzemenin panel iç yüzeyine yakın olarak yerleştirilmesi sonucu dış yüzeyde boşlukların görülebildiği derz sistemidir [42] (Şekil 2.19-a). Derzlerde yapıya ve yapı elemanına zarar verebilecek en önemli dış

etken yağmur suyudur. Bu sistemde yağmur suyunu ve hava akımını önlemek için iki ayrı aşama düzenlenir. İlk aşamada çoğu zaman ek malzeme kullanılmasına gerek duyulmadan derzin şekli (bindirmeli derz) ve yerçekiminin etkisiyle derze sızan suyun hava akımından ayrılması sağlanır. İkinci aşamada da rüzgâr ile gelen suyun içeri girmesi bir dolgu malzemesi ile engellenir.

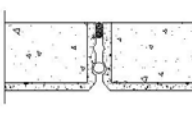
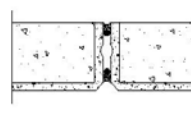
Seçilen derz malzemeleri ne kadar iyi olsa da zamanla zarar görüp işlevini kaybedebilir. Bu nedenle açık derz sistemleri özellikle yatay derzlerde uygulanıp daha uzun ömürlü çözümler üretilmesi sağlanabilmektedir. Çünkü yatay derzlerde derzin şekli ve yerçekimi sayesinde yağmur damlaları ve hava akımı ayrılabilen iç yüzeydeki derz yalıtım malzemesinin ise dış etkilerden zarar görmesi bu sayede engellenecektir (Şekil 2.19-a, düşey kesit).

Kapalı derzler, birleşim aralarında derz tıkama malzemesi ile sızdırmazlık malzemesinin birlikte kullanılarak aynı bölgede su ve hava akımı girişinin önlenmesini sağlayan derz sistemidir (Şekil 2.19-b,c). Yatayda ve düşeyde uygulanan kapalı birleşim sistemi panellerin dış yüzeyine yakın olan bölgelerde uygulanır. Malzemenin kullanım detayına göre tek ve çift durdurmalı derzler olarak ikiye ayrılır [14, 43].

Tek durdurmalı derzlerde yalıtım tek aşamada sağlanır (Şekil 2.19-b) [44]. Uygulaması kolay olsa da en ufak bir sızıntının hasara yol açması, sık kontrol ve bakım gerektirmesi nedeniyle uygulaması daha çok ılıman iklim bölgelerinde tercih edilir [5, 16]. Önlem olarak hem yatay hem düşey derzlerde yalıtımın arka kısmında drenaj kanalı oluşturulmalı ve drenaj kanalının dış ortamla bağlantısı sağlanmalıdır. Özellikle yatay derzlerde damlalık yapılarak veya panel derz yüzeylerinde özel biçimlendirme ile suyun derz içinde ilerlemesi engellenmelidir.

Çift durdurmalı derzlerde yalıtım iki aşamada sağlanır (Şekil 2.19-c). İlk aşamada su ve rüzgâr ikinci aşamada ise rüzgâr ile gelen havanın önlenmesi amaçlanır [16]. İki yalıtım malzemesi arasında drenaj kanalı yapılarak 1. yalıtım malzemesinden geçerek rüzgâr ile gelen su dışarı atılır. Drenaj kanalı yapıldıktan sonra bazı uygulamalarda kanala delikli boru yerleştirilir. Böylelikle deliklerden sızan suyun dışarı atılması sağlanır. Yine bazı uygulamalarda drenaj kanalından sonra basınç düşürme kanalı da yapılarak derzde oluşan basıncın dengelenmesi sağlanır.

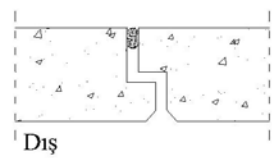
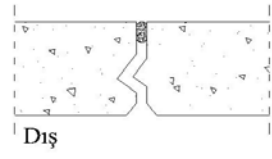
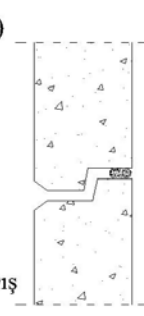
Şekil 2.19'da yer alan derz yapım teknikleri alan çalışmasına ve kaynaklara dayalı olarak oluşturulmuştur.

	AÇIK DERZ SİSTEMİ (a)	TEK DURDURMALI DERZ SİSTEMİ(b)	ÇİFT DURDURMALI DERZ SİSTEMİ(c)
PLAN			
KESİT			

Şekil 2.19 : Derz yapım teknikleri [5, 10, 14, 16, 42].

Suyun ve havanın geçişini engellemek amacıyla derz sistemlerinde özel biçimlendirmeler yapılabilmektedir. Ancak hem üretiminin hem de uygulamasının zor olması nedeniyle pek fazla kullanılmamaktadır. Şekil 2.20’de düşey ve yatay derzlerde uygulanan bazı özel biçimlendirmeler yer almaktadır.

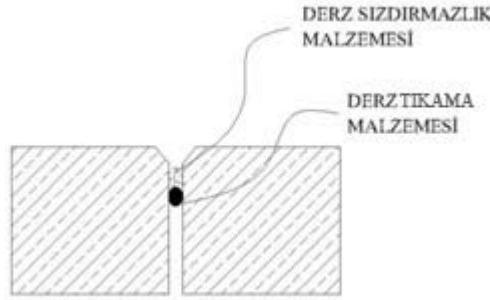
Derz yapım teknikleri arasında düşey derzlerde kapalı derz (çift durdurmalı), yatay derzlerde ise derz sızdırmazlık malzemesinin zarar görmesini engellemek amacıyla açık derz sistemi önerilir. Ancak dış cephede derz sistemi görüntüsünde birlik sağlanması amacıyla çoğunlukla kapalı derz sistemi uygulanmaktadır. Yerine göre doğru malzeme seçimi ve düzgün uygulama ile çift durdurmalı derz sistemi ile derzlerden beklenen yalıtım sağlanabilmektedir.

Plan (Düşey derz)	Düşey Kesit (Yatay derz)
a)  Dış b)  Dış	c)  Dış d)  Dış

Şekil 2.20 : Özel biçimlendirme yoluyla derzlerin yalıtımı (açık derz)

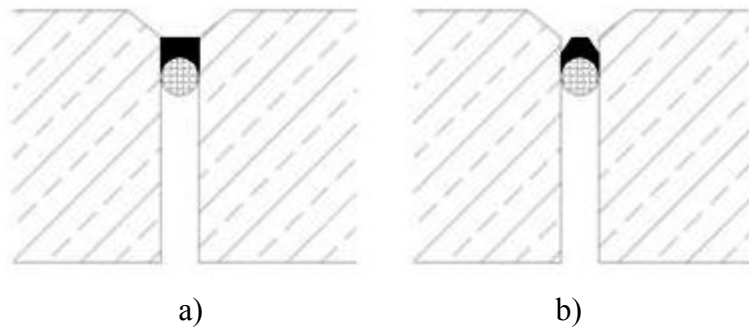
2.5.2 Derz malzemelerinin çeşitleri

Derz aralarına yerleştirilen ve binanın kullanım performansını etkileyen derz malzemeleri derz sızdırmazlık malzemesi ve derz tıkama malzemesi olarak ikiye ayrılır. Şekil 2.21’de yer alan yatay kesitte derz sızdırmazlık malzemesi ve derz tıkama malzemesinin birlikte kullanımı görülmektedir.



Şekil 2.21 : Derz malzemeleri.

Derz sızdırmazlık malzemeleri derz aralarında cephe panellerini dış etkilere karşı korurken derz tıkama malzemeleri de derz sızdırmazlık malzemelerinin yerleşimini kolaylaştırarak destekleyici özellik göstermektedir. Bazı durumlarda sızdırmazlık malzemesinin yapışması gereken kenar yüzeylerden koparak 3. yüzey olan tıkama malzemesine yapışmasıyla adezyon bozukluğu meydana gelir [42]. Şekil 2.22’de sızdırmazlık malzemesinin iki kenar yüzeyinden koparak derz tıkama malzemesine yapışması (adezyon bozukluğu) görülmektedir. İki malzeme arasına yapışmayı önleyici başka bir malzeme yerleştirilerek veya yapışmayı engelleyici özellikte derz tıkama malzemesi kullanılarak adezyon bozuklukları önlenmeye çalışılır.



Şekil 2.22 : Derz sızdırmazlık ve derz tıkama malzemesinin kullanımı (a), Derz sızdırmazlık malzemesinin derz tıkama malzemesi ile yapışması sonucu adezyon bozukluğu oluşması (b)

Beton ve harçlar, plastik ve elastik macunlar derz sızdırmazlık malzemesi olarak, fitiller ise hem sızdırmazlık hem de tıkama malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Beton ve harçların esneklik özelliklerinin olmaması ve düşük aderansa sahip olmaları nedeniyle beton cephe panellerinde kullanımı tercih edilmez. Sıcaklık farklılıkları, strüktürel hareketler panellerde uzama veya kısalma gibi etkiler oluşturabilir. Derz malzemesi de bu harekete uyum sağlayacak nitelikte olmalıdır. Beton ve harçlarda zamanla oluşan çatlamlar sızdırmazlık görevini yerine getirememelerine neden olur.

Macunlar, derz hareketlerine uyum sağlayabilmesi ve dış etkilere karşı iyi bir sızdırmazlık malzemesi olması nedeniyle beton esaslı prekast cephe panellerinde tercih edilmektedir. Malzemenin kalitesi kadar uygulamanın doğru yapılması da önemlidir. Bu nedenle, uygulama yapılacak alanın düzgün ve temiz olmasına dikkat edilmeli ve yapışma özelliği göstermeyen derz tıkama malzemesi kullanılarak macunların derinliği sabitlenmelidir. Şekil 2.23’de derz sızdırmazlık malzemesi derz arasına uygulanırken görülmektedir.



Şekil 2.23 : Derz arasına sızdırmazlık malzemesinin uygulanması.

Macunlar plastik ve elastik macunlar olarak ikiye ayrılabilir. Plastik tanımı itibariyle biçim verilmeye elverişli olandır. Ancak plastik macunlar sınırlı bir çalışma

özelliğine sahiptir. Yüksek basınç ve çekme durumunda tekrar eski haline gelemmez. İlk yatırım maliyeti elastik macunlara göre daha düşüktür. Ancak elastik macunların hareket kabiliyeti yani esnekliği, adezyon kabiliyeti, kir tutmama özelliği ve kullanım ömrü plastik macunlara göre çok daha iyidir [45].

Elastik macunlar; (i) polisülfid, (ii) poliüretan ve (iii) silikon macunlar olarak gruplanabilir. Dış etkilere ve yıpranmaya karşı yüksek dayanıma sahip olan elastik macunların özellikleri ve karşılaştırması Çizelge 2.2'de yer almaktadır. Derzin derinliği, genişliği ve hareketi macun seçimini etkilemektedir. Derz malzemesinin kür süresi, maksimum derz hareketi, esnekliği, basınç ve çekme dayanımı, uygulanabilir sıcaklık aralıkları, kopma, yırtılma, aşınma dayanımı ve ultraviyole dayanımı gibi özelliklerde macun seçiminde rol oynar. Ayrıca, macunun betona yapışması çok iyi olmalıdır, betona yapışmayan macun derz malzemesi olarak kullanılmamalıdır.

Derz malzemeleri seçilirken cephe panelinin uygulanacağı yerin iklim şartları, panelin yer aldığı cephe veya uygulandığı kat yüksekliği dikkate alınmalıdır. Örneğin güneşe fazla maruz kalan cephe panelinde derz malzemesinin UV dayanımı oldukça önemlidir. Bu durumda Çizelge 2.2'de yer alan UV dayanımı yeterli olmayan malzemenin kullanım ömrü azalabilmektedir.

Cephe panellerinde derz sızdırmazlık malzemesi olarak "şişen bantlar" da son zamanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak diğer sızdırmazlık malzemeleri gibi derz dış yüzeyinde değil iç yüzeyinde yer alır. Çoğunlukla çift durdurmalı derzlerde ikinci sızdırmazlık görevi üstlenir. Sıkıştırılmış poliüretan esaslı şişen bant su yalıtımı sağlarken belirli düzeyde ses ve ısı yalıtımı da sağlamaktadır. Derz aralığının boyutuna uygun derinlik ve genişliklerde üretilmektedir. Üretim sırasında genleşmiş haldeki kalınlığı %20-%33 oranında sıkıştırılır [46]. Sıkıştırılmış haldeki bantların yapışkanlı kısmı panelin derz yüzeyine yapıştırılır. Yapışkanlı kısmın derz yüzeyine yapışmadan önce jelatininin çıkarılmasıyla şişen bant genleşmeye başlar. Genleşme süresi uygulama ve sonrasındaki bağıl nem ve hava sıcaklığına bağlıdır. Uygulanmasının kolay olması kullanımını arttırmaktadır.

Çizelge 2.2 : Elastik macunların özellikleri ve karşılaştırılması [16].

	Polisülfid		Poliüretan		Silikon	
	Tek Bileşenli	Çift Bileşenli	Tek Bileşenli	Çift Bileşenli	Tek Bileşenli	Çift Bileşenli
Astar	Genellikle	Genellikle	Genellikle	Genellikle	Bazen	Bazen
Kür Süresi (Gün)	7-14	7	7-14	3-5	7-14	4-7
Maksimum uzama (%)	300	600	300	500	400-1600	400-2000
Kabul edilebilir maksimum derz hareketi (%)	±25	±25	±15	±25	±25, +100,-50	±12,5, ±50
Maksimum derz genişliği (mm)	19	25	31	51	25	25
Esneklik	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek
Basınç Dayanımı	Orta	Orta	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük
Çekme Dayanımı	Orta	Orta	Orta	Orta	Düşük	Düşük
İşlevini yerine getirebilme sıcaklığı (°C)	-40 / 93	-51 / 93	-40 / 82	-40 / 82	-51 / 149	-51 / 149
Uygulama sıcaklığı (°C)	4,5 / 49	4,5 / 49	4,5 / 49	4,5 / 49	-6,7 / 71	-6,7 / 71
Hava direnci	iyi	iyi	çok iyi	çok iyi	mükemmel	mükemmel
Ultraviyole dayanımı	iyi	iyi	orta	orta	mükemmel	mükemmel
Kopma, yırtılma, aşınma dayanımı	iyi	iyi	mükemmel	mükemmel	çok iyi	mükemmel
Kullanım ömrü (yıl)	20	20	10-20	10-20	20	20

Fitiller, derz tıkama malzemesi olarak kullanımının yanında sızdırmazlığı da sağlar. Sıkışabilir ve bant fitiller olarak iki gruba ayrılabilir.

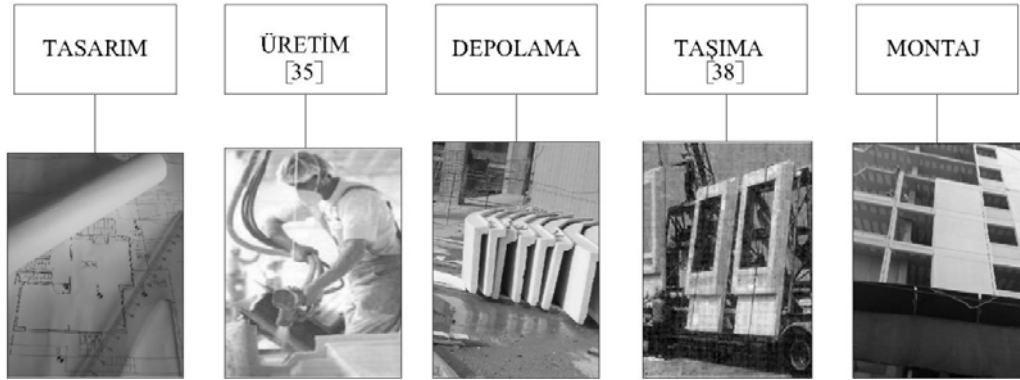
Hem tıkama hem de sızdırmazlık malzemesi olarak kullanılabilen sıkışabilir fitiller mastik (sentetik kauçuk-bitüm karışımından yapılan fitiller) ve elastik (genleştirilmiş butil kauçuk, neopren) olarak iki grupta incelenebilir. Sıkışabilir fitillerin görevini yerine getirebilmesi için, kullanılan malzemenin cinsine göre ve üretici firmalara göre farklılık göstermekle birlikte, genellikle boyutunun yaklaşık olarak 1/4'ü kadar

sıkıştırılması gerekmektedir [45]. Bu nedenle derz aralarının kullanılacak tıkama malzemesine uygun olması gerekir. Eğer derz aralığı genişse fitil istenilen kadar sıkışamayacak ve görevini yerine getiremeyecektir. Derz aralığının dar olması veya sıcaklık değişimlerinden dolayı panelin genleşmesi fitilin fazla sıkışmasına neden olabilir. Daha sonra panelin büzülmesi ise kalıcı deformasyona yol açıp malzemenin esnekliğini kaybetmesi ile sonuçlanabilir.

Bant fitiller genellikle çift durdurmalı düşey derzlerde yağmur ve hava engeli olarak kullanılır. Plastik ve paslanmaz metalden yapılır ve derz içinde hazırlanan oluklara yerleştirilip kullanılırlar. Yüksek bükülme direnci, elastikiyet, kimyasallara ve suya dayanıklılık ve gürültüye neden olmama gibi özellikleri sayesinde neopren ve pvc'den yapılan bant fitiller tercih edilmektedir. Dış etkilerden zarar görmemesi ve estetik anlamda kötü bir görüntü oluşturmaması amacıyla genellikle panel iç yüzeyinde uygulanırlar [42, 45].

3. BETON ESASLI PREKAST CEPHE PANELLERİNİN TASARIM, ÜRETİM VE UYGULAMA SÜRECİ

Beton esaslı prekast cephe panellerinde tasarım ile başlayan süreç üretim ile devam etmektedir. Üretim aşaması, beton esaslı prekast ağır ve hafif cephe panellerinde farklılık göstermektedir. Uygulama süreci; (i) depolama, (ii) taşıma ve (iii) montaj aşamalarını içerir. Depolama sürecinde üretimi tamamlanmış paneller uygun alanlarda istiflenir. Taşıma sürecinde uygun araçlarla taşınan panellerin şantiye alanına ulaşması sağlanır. Montaj süreci, hazır olarak şantiye alanına gelen panellerin kullanılacağı kısımlara kaldırılıp yerlerine yerleştirilmesi, mekanik bağlantılarının yapılması ve derzlerin kapatılması işlemlerini kapsar. Şekil 3.1’ de beton esaslı prekast cephe panellerinin tasarımdan kullanımına kadar geçen sürede yer alan süreçler görselleriyle verilmektedir.



Şekil 3.1 : Beton esaslı prekast cephe panellerinin tasarımdan kullanımına kadar yer alan süreçler.

3.1 Beton Esaslı Prestek Cephe Panellerinin Tasarım Süreci

Beton esaslı prekast cephe panellerinin oluşum süreci tasarım ile başlar. Proje üzerinden tasarımı yapılan cephe panellerinin yerinde alınan ölçüler ile binaya uygun olarak üretimine başlanır.

Cephe panellerinin üretim, uygulama ve kullanım süreçlerinde sorunlarla karşılaşılması için tasarımlarında dikkat edilmesi gereken bazı kriterler vardır.

3.1.1 Tasarım - mekanik ve fiziksel performans ilişkisi

Tasarım sürecinde panellerin mekanik ve fiziksel performansına yönelik karşılaması istenen performans değerleri belirlenmelidir. Panelin taşıyıcılık özelliği belirlendikten sonra tasarım sürecinde, panelin taşıyabileceği yük kapasitesi, yatay ve düşey yüklere karşı dayanımı belirli hesaplar sonucu oluşturulur. Aynı zamanda panelin fiziksel performansına yönelik kullanılacağı yerin iklimi ve coğrafi yapısı bilinerek uygun değerlere sahip cephe elemanları üretimi sağlanmalıdır.

Cephe panellerinin yapıdaki konumu da (yön ve yer aldığı bölge) beklenen performans değerlerini etkilemektedir. Örneğin; yüksek katta yer alan panel, alt katta yer alan panele göre daha çok rüzgâr ve deprem kuvveti etkisi altında kalır. Aynı zamanda daha çok yağmur, güneş ışınları vb. dış çevre şartlarına da maruz kalacağı için hem fiziksel hem de mekanik performansı açısından panelin yer alacağı yükseklik beklenen performans değerlerini etkilemektedir. Ayrıca, cephenin yönünün kuzey veya güney olması, hakim rüzgarı alması vb. de tasarım sürecinde dikkat edilmesi gereken önemli verilerdir.

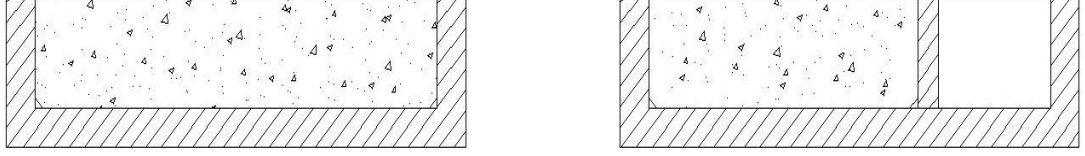
Panellerin kullanılacağı veya bulunduğu şartlara göre farklılık gösteren performans değerleri bulunmaktadır. Buna bağlı olarak, bu süreçte, yalıtım malzemesinin kullanımı, kalınlığı, beton katmanın yoğunluğu ve kalınlığı, dış katmanın yüzey özellikleri istenilen değerler çerçevesinde belirlenmelidir.

3.1.2 Tasarım - üretim ilişkisi

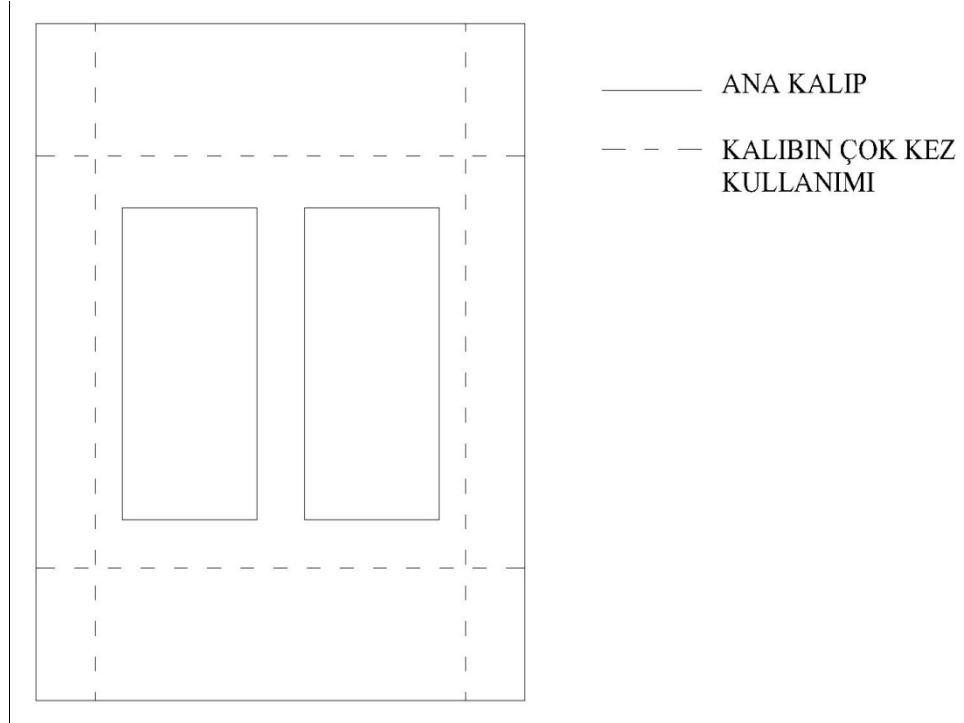
Panellerin tasarım süreci ile üretim süreci arasındaki etkileşim öncelikle maliyet, hız ve kaliteyi etkiler. Üretimde en iyi sonuçları elde edebilmek için;

- Panellerin biçim ve boyutları üretimde sorun yaratmayacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Tasarım ve üretim kriterleri birlikte göz önüne alınarak seri üretimin sağlanmasına çalışılmalıdır [10]. Yeterli seri büyüklüğü oluşturabilmek için panel tiplerinin aynı olması, panel için hazırlanan kalıbın farklı boyutlarda üretime olanak vermesi, yani kalıbın çok kez kullanımının sağlanması (Şekil 3.2) veya farklı panel tiplerinin aynı kalıbın çeşitli bölümleri kullanılarak üretilmesi büyük önem taşır (Şekil 3.3). Böylelikle, hem yüksek maliyetten kaçınılmış hem de daha kısa sürede imalat yapılması sağlanmış olur. Şekil 3.2

ve Şekil 3.3’de hazırlanan bir kalıba geçici bölmeler konularak farklı boyutlarda panel üretiminin sağlanması yer almaktadır.



Şekil 3.2 : Kalıbın farklı boyutlarda panel üretimine izin vermesi.



Şekil 3.3 : Kalıbın çok kez kullanımının sağlanması [47].

- Panellerin içerisinde düzenlenecek tesisat bölmeleri tasarım aşamasında belirlenmeli ve panellerde uygun tesisat boşlukları tasarlanarak üretilmelidir (Şekil 3.4).
- Tasarım aşamasında cephe yüzeyinin dokusuna ve rengine karar verilmiş olması ve buna bağlı olarak üretim aşamasında istenilen cephe yüzeyinin elde edilmesi ile sonradan yapılacak ek işlemler ve dolayısıyla ek maliyet büyük ölçüde azaltılabilir.



Şekil 3.4 : Panel içerisinde tesisat boşluğu.

3.1.3 Tasarım - depolama ve taşıma süreci ilişkisi

Tasarım - depolama ve taşıma ilişkisi özellikle üretilecek panel boyutlarının belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

- Panellerdeki tip sayısının fazlalığı istiflenme şeklini etkiler. Aynı tip panellerin daha kolay istiflenmesi ve dolayısıyla daha az yer kaplaması depolama alanı bakımından sorun yaratmazken farklı tiplerdeki panellerin istiflenmesindeki zorluk depolama alanı yetersizliğine neden olabilir. Aynı zamanda, uygun istiflenemeyen panellerde deformasyon sorunu ile karşılaşılabilir.
- Biçim ve boyutlardaki farklılaşma üretim ve depolama sürecinde olduğu gibi taşıma sürecinde de zorluk yaşatır. Aynı tipteki paneller taşıma aracına birlikte yerleştirilip taşındığı için tiplerin farklılaşması taşınma sıklığını arttırarak yüksek maliyete ve zaman kaybına neden olabilir.
- Tasarım sürecinde belirlenen bir depolama alanı varsa ve bu alan değiştirilemiyorsa bu alan içinde panellerin en uygun şekilde istiflenmesi için panel tipleri ve sayısı belirlenerek önceden bir depolama planı oluşturulması sağlanabilir.

- Taşıma sürecinde kullanılacak araçlar sabit ise, aracın ağırlık ve boyut sınırlaması bilinmelidir. Üretime göre taşıma aracı seçme olanağı olsa da taşıma sıklığının artmasını engelleyecek şekilde taşıma araçlarına yerleşim sağlanmalıdır. Prekast cephe elemanları boy ve ağırlıklarına göre uygun araçlarla taşınmalıdır [48].

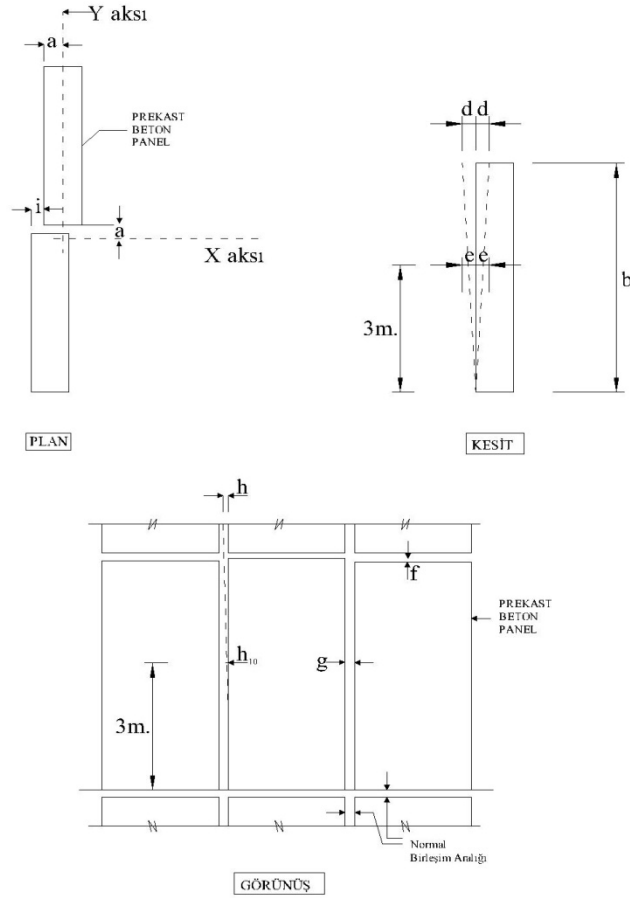
3.1.4 Tasarım - montaj ilişkisi

Tasarım süreci ile montaj ilişkisi panelin kullanım süreci için büyük önem taşır. Montaj sürecinde uygulama detayları ne kadar tasarıma uygun ve doğru gerçekleştirilirse duvar elemanının hizmet ömrünün artmasına o kadar katkıda bulunulur. Tasarım sürecinde;

- Panellerin montaj aşamaları; panelin vinç yardımı ile yerleştirileceği alana kaldırılması, yerleştirilmesi, ayarlanması, birleştirilmesi ve derzlerin kapatılması süreçlerini içerir. Bu süreçlerde panellerin biçim ve boyutlarının sorun oluşturmamasına tasarım aşamasında özen gösterilmelidir.
- Panellerde farklı tiplerin az oluşu bu süreçte yarar sağlarken tasarıma göre panel boyutlarının büyük olması bağlantı sayısını ve derz uzunluğunu azaltarak montaj aşamasında kolaylık sağlar. Çünkü büyük boyutlu panel yerine küçük boyutlarda paneller yerleştirilmesi durumunda daha fazla panele ihtiyaç duyulacak ve derz sayısı ve uzunluğu artacaktır.
- Paneller yerleştirileceği alana kaldırılırken şantiyede depolamadaki konumları kaldırma işlemini güçleştirmemelidir.
- Panel üretiminde tasarım aşamasına bağlı olarak oluşturulan hata sınırları (toleranslar), kalıp malzemesine ve panel boyutuna uygun olarak tasarlanarak montaj aşamasında ve derz sisteminde sorun çıkması önlenmelidir. Çizelge 3.1’de cephe panellerinin tolerans değerleri yer almaktadır (Şekil 3.5). Burada verilen tolerans değerlerinin her biri özellikle derz malzemelerin performansını etkilemektedir. Çünkü uygulanacak cephe panellerinin boyutlarında hata olması nedeniyle derz sisteminin uygulanamaması durumunda panelin şantiye yerinde kırılması veya ek profiller yapılarak derz aralarının kapatılmaya çalışılması çözüm olarak sunulsa da, bu durum hem maliyetin artması hem de istenilen performansın sağlanamaması ile sonuçlanabilir.

Çizelge 3.1 : Duvar panelleri- Tolerans değerleri [39, 47]

		Ölçüsel sapma Değeri (mm)
a	Binada panelin yerleşim aksına ait ölçüsel sapma değeri *	$\pm 12,7$
b	Panel yüksekliğine ait ölçüsel sapma değeri	$\pm 6,35$
d	Panel dikey kesitinde düşey farklılığa ait ölçüsel sapma değeri*	25,4
e	Panelin 3 m. Yüksekliğinde panelin düşey boyutuna ait ölçüsel sapma değeri	6,35
f	Yan yana gelen panellerin yüksekliklerinde ölçüsel sapma değeri	6,35
g	Derz genişliğinde ölçüsel sapma değeri	$\pm 6,35$
h	Panelin birleşim yerinde en yüksek ölçüsel sapma değeri	9,52
h ₁₀	Panelin 3 m. Yüksekliğinde birleşim yerinde ölçüsel sapma değeri	6,35
i	Yan yana gelen panellerin plan kesitinde aynı aks üzerinde ölçüsel sapma değeri	6,35
*	30 metreyi aşan prekast binalar için ölçüsel sapma değeri 50,8 mm ye kadar 3,17 mm oranında artabilir.	



Şekil 3.5 : Çizelge 3.1'de verilen değerlerin cephe panelinin plan, kesit ve görünüşünde gösterilmesi [39, 47].

- Tasarımcı panellerin üretiminde statik verileri dikkate alıp montaj aşamasında panel-kolon, panel-panel, panel-döşeme ve/veya kiriş bağlantı noktalarının detaylarını uygun şekilde hazırlamalıdır. Panelin ağırlığı ve boyutu, bulunduğu çevre şartları dikkate alınarak yapılan hesaplar sonucu oluşturulan montaj yöntemleri uygulanmalıdır.
- Panellerin montajı için uygun vinç türü ve montaj şekli seçiminin yanı sıra vaziyet planında vincin kurulacağı alanın planlanmasına da önem verilmelidir. Vincin kurulup sökülmesi zor ve pahalı bir işlem olduğu için planlamada uygun yere kurulan vincin çok sayıda yapıya ulaşması sağlanmalıdır [10].
- Kullanım sırasında bir sorunla karşılaşıldığında panelin değiştirilmesine olanak sağlanmalıdır.

Tüm süreçlerde, yukarıda kısaca bahsedilen konularla birlikte genel olarak yapımın kolay olması, maliyetlerin yüksek olmaması, estetik olması ve aynı zamanda performans gereksinimlerini karşılaması tasarım sürecinde özen gösterilmesi gereken başlıca konulardır.

3.2 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Üretim Süreci

Beton esaslı prekast cephe panellerinin üretim süreci kalıp ve eleman bileşenlerinin hazırlanması, döküm işleminin yapılması, elemanın kalıptan çıkarılması ve iç ve dış yüzey işlemlerinin yapılması aşamalarını içerir. Beton esaslı ağır ve hafif cephe panellerinde üretim süreci başlığı altında yer alan kalıbın hazırlanması, elemanın kalıptan çıkartılması ve iç ve dış yüzey bitirme işlemleri benzerlik gösterse de eleman bileşenlerinin hazırlanması ve döküm işlemi farklılık göstermektedir. Bu nedenle bu süreç ağır ve hafif cephe panelleri için ayrı başlıklar altında incelenmektedir.

3.2.1 Kalıbın hazırlanması

Beton esaslı prekast cephe panellerinin üretim sürecinde ilk aşama kalıpların hazırlanmasıdır. Kalıbın hazırlanması aşamasında proje için uygun kalıp türleri belirlenir ve en uygun olanının seçimi yapılarak kalıp imalatına başlanır.

Kalıpların malzemesi projenin özelliğine ve elde edilmek istenen yüzeye göre değişir. Kalıp malzemeleri ahşap, çelik, beton, polyester, plastik veya karma (ahşap ve plastik, çelik ve plastik) olabilmektedir [49].

Ahşap kalıplar istenilen şekle uyum sağlar; ucuzdur; kalıp yapımı kolaydır; betona yapışmaz; ancak, karmaşık formlu panellerde basit panellere göre kullanım ömrü daha kısadır. Basit formlu panellerde kalıplar 50-60 kez, karmaşık formlu panellerde ise kalıplar 20-30 kez kullanılmaktadır [26]. Ahşap türünün ve kalıp kalınlığının iyi seçilmesi gerekir. Betonun dökülmesi ve vibrasyon sonucu kalıpta deformasyon sorunları oluşmaması için önlem alınmalıdır.

Çelik kalıplar ahşap kalıba göre daha dayanıklıdır. En az 150, en fazla 800 kez kullanılabilme özelliğine sahip olması nedeniyle seri üretimlerde kullanımı uygundur [10, 26]. Ancak, diğerlerine göre daha pahalı bir kalıp malzemesidir.

Beton kalıplar çelik kalıplara göre daha uygun fiyatlıdır. Düzgün yüzeyli paneller için kullanımı uygundur. Ağır kalıp malzemesi olduğu için kullanımı ve bakımı diğerlerine göre daha zordur.

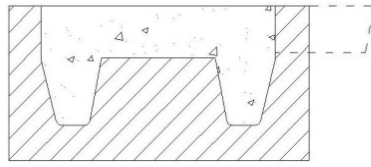
Plastik kalıplar farklı yüzeyli panel üretimleri için uygundur. Hafif kalıplardır. Ancak, pahalıdır ve üretim sırasında zarar görme olasılığı yüksektir.

Kalıpta kullanılan malzemeler farklılık gösterdiği gibi kalıbın hareketi ve konumu panelin kalıp içerisindeki konumu da farklılık gösterebilir. Hareketine göre durağan ve hareketli kalıp, konumuna göre yatay ve düşey kalıp, elemanın kalıp içerisindeki konumuna göre de tek yüzeyli ve çift yüzeyli kalıp olarak sınıflandırmak mümkündür [10, 47].

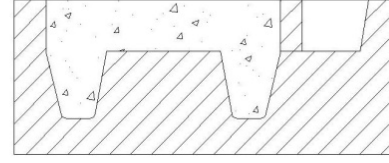
Kalıp imalatı panel üretimi için gerekli kalıpların hazırlanması sürecini içerir (Şekil 3.6). Tasarımı yapılan projeye göre uygun kalıp türü seçilerek kalıp imalatına başlanır. Tasarım aşamasında da anlatıldığı gibi, bir kalıbın farklı panel üretimine olanak sağlaması, zaman, işçilik ve maliyet açısından önemlidir. Bir kalıp yatayda ve düşeyde bölünerek çeşitli şekillerde panel üretimine izin verebilir. Ancak, burada dikkat edilmesi gereken, az sayıda kalıba bağlı kalıp üretimi geciktirmeden projeye göre yeterli sayıda kalıp üretilmesidir. Kalıpların çok defa kullanılmasında önem verilmesi gereken bir başka konu panel kalıbının üretilcek küçük panele değil büyük panele göre yapılmasıdır. Küçük boyuta uygun üretilen panelin büyütülmesi zordur. Büyük boyutlu panelde ise istenilen yere geçici bölmeler konularak daha küçük boyutta panel elde edilebilir. Şekil 3.7’de bu duruma örnek olarak gösterilen doğru ve yanlış kalıp tasarımı örnekleri yer almaktadır.



Şekil 3.6 : Kalıp yapımı [38].



YANLIŞ



DOĞRU

Şekil 3.7 : Kalıp tasarımı [47].

3.2.2 Eleman bileşenlerinin hazırlanması ve döküm işlemi

Beton esaslı prekast ağır ve hafif cephe panellerinde eleman bileşenlerinin hazırlanması ve döküm işlemi farklılık göstermesi nedeniyle ayrı başlıklar altında ele alınmaktadır.

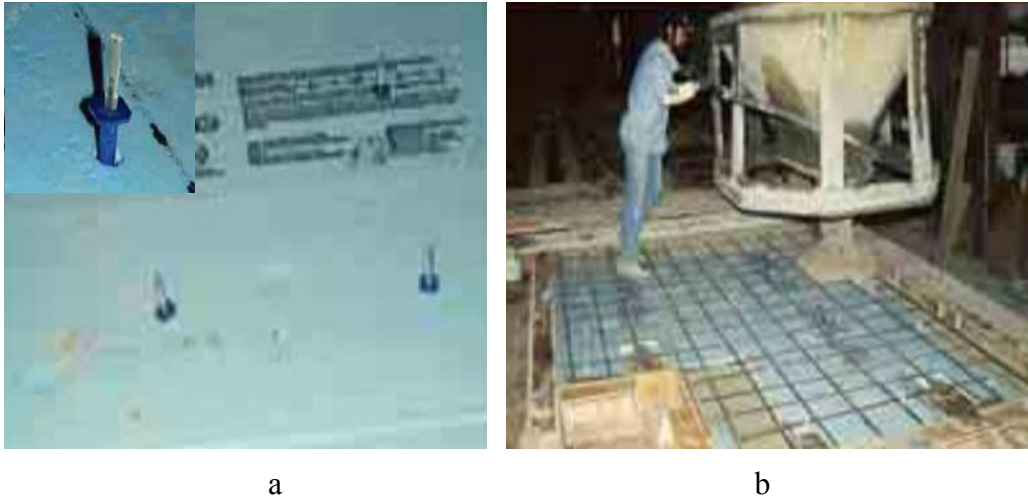
3.2.2.1 Beton esaslı prekast ağır cephe panellerinde eleman bileşenlerinin hazırlanması ve döküm işlemi

Beton esaslı prekast cephe panellerinin üretim aşaması malzeme farklılığı ve teknolojinin ilerlemesi ile birlikte oldukça kapsamlı bir konu haline gelmiştir. Beton karışımında farklılaşma, sıkıştırma teknikleri ve priz hızlandırıcılar ile farklı üretim şekilleri ortaya çıkmıştır.

Cephe panellerinde donatılı (betonarme) ve/veya donatısız beton kullanılmaktadır. Panelin taşıyıcı özeliğine veya paldenden beklenen performansa göre kullanılan betonun özelliğı ve dolayısıyla üretim şekli değışmektedir.

Donatılı betondan oluşan çok katmanlı cephe panellerinde öncelikle dış katman için kalıp hazırlanır, panel donatısı yerleştirilerek betonu dökölür. Katmanlar arası bağılantıyı sağılayan bağılantı elemanlarının seçimi ve uygulama şekli panelin çeşitli

özelliklerine göre farklılık gösterebilmektedir. Örneğin, bağlantı elemanı olarak lifli kompozit bağlantı elemanının kullanıldığı uygulamalarda dış katman için donatı yerleşimi tamamlanıp beton döküldükten sonra sertleşmemiş beton üzerine yalıtım malzemesi yerleştirilir. Bağlantı elemanları yalıtım malzemesine ya yalıtım malzemesi beton üzerine serilmeden ya da serildikten sonra yerleştirilebilmektedir. Panelin veya bağlantı elemanının özelliğine göre uygulama şekli değişmektedir. Yalıtım malzemesi yerleşiminden sonra iç katman için donatı yerleşimi tamamlanarak beton dökümü işlemi gerçekleştirilir [7, 50, 51, 52]. Şekil 3.8’de çok katmanlı panellerde katmanlar arası bağlantı elemanının yalıtım malzemesine yerleştirilmesi (a) ve iç katman için donatı yerleşimi sonrası beton dökümü (b) yer almaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken katmanlar arasında bağlantıyı sağlayan bağlantı elemanlarının düşük ısı iletkenliğine sahip olup ısı köprüsü oluşturmamasıdır.



Şekil 3.8 : Çok katmanlı panellerde bağlantı elemanının yalıtım malzemesine yerleştirilmesi (a), dış katman beton dökülmüş cephe panelinde yalıtım malzemesi ve donatı yerleşiminden sonra iç katman için beton dökümü (b) [7].

3.2.2.2 Beton esaslı prekast hafif cephe panellerinde eleman bileşenlerinin hazırlanması ve döküm işlemi

Beton esaslı hafif cephe panelleri başlığı altında incelenen yalıtımlı cam elyaf katkılı prekast beton cephe panelleri donatısız betondan oluşmakta ve bünyesinde panel üretimine olanak sağlayan ve panelin yükünün ve panele etkiyen yatay yüklerin binaya aktarımını sağlayan çelik çerçeve sistem bulundurmaktadır. Gelişen teknoloji ile üretimleri daha farklıdır. Kalıp imalatı ile çelik çerçeve sistemin imalatına aynı

anda başlanır. Daha sonra dış katmanı oluşturan malzemeler belirli karışım oranlarında birleştirilip karıştırılarak döküm işlemine başlanır. Çizelge 3.2’de dış katman (cam elyaf katkılı beton) için hazırlanan (ağırlıklarına göre) malzeme oranları yer almaktadır. Cam elyaf katkılı betonun döküm işlemi sprey kullanılarak püskürtme yöntemi ile veya ön karışimli (premix) döküm yöntemi ile yapılır. Sprey ile püskürtme yönteminde cam elyafı belirlenen oranlarda özel araçlar ile kesilir (genellikle 25-40 mm uzunluğunda). 4-6 mm’lik tabakalar oluşturacak şekilde sprey tabancası ile art arda püskürtülür. İlk tabaka yüzey oluşturmak amacıyla çimento ve agrega karışımından oluşur. Sonraki tabakalar cam elyafı karışımı içermektedir. Her tabaka silindir makaralar ile sıkıştırılır. Böylelikle 12- 15 mm kalınlığında, boşluksuz düzgün yüzeylere sahip yoğun bir tabaka elde edilir. Ön karışimli (premix) yöntemde ise standart veya özel yöntemler ile malzeme karışımı yapılır. Karışıma genellikle 12 mm ile en fazla 25 mm uzunluk arasında kesilmiş cam elyafı eklendikten sonra hazırlanan kalıba karışım dökülür. Bu işlem beton döküm işlemi ile benzerlik gösterir. Ayrıca, bu sistemde, polimer, puzolan gibi çeşitli katkı maddeleri eklenerek karışım işleminin kolaylaştırılması sağlanır. Sonuçta cam elyafı dağılımı püskürtme yöntemi kadar başarılı değildir. Ancak üretiminin kolay olması ve son haline gelmesi için ek işlem gerektirmemesi avantaj olarak görülebilmektedir [29, 39, 53, 54, 55, 56].

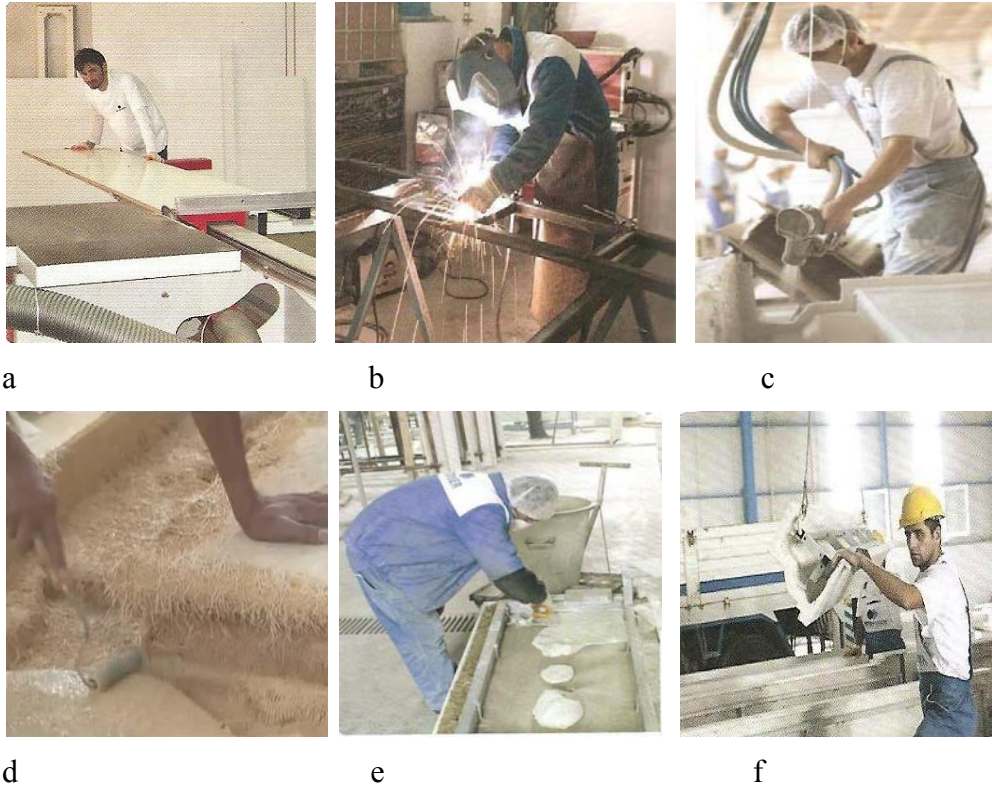
Çizelge 3.2 : Cam elyaf katkılı beton malzemenin uygulama yöntemine göre karışımları (ağırlıkça) [28, 26].

<u>Malzeme</u>	<u>Sprey</u> <u>yöntemi</u> <u>(kg) [28]</u>	<u>Döküm</u> <u>yöntemi</u> <u>(kg) [28]</u>	<u>Sprey</u> <u>yöntemi</u> <u>(%) [26]</u>	<u>Döküm</u> <u>yöntemi</u> <u>(%) [26]</u>
Çimento	50	50	40	40
İnce agrega	50	50	40	40
Akışkanlaştırıcı	0,5	0,5	-	-
Polimer	5	5	0-5	0-5
Su	13,5	14,5	20	20
Alkaliye dayanıklı cam elyafı	4,5-5%	2-3,5%	5	3-4

Dış katmanın seçilen yöntem ile döküm işlemi tamamlandıktan sonra sertleşme sürecinde, çelik çerçeve sistemde yer alan bağlantı çubukları yerleştirilir. Bağlantı çubukları dış katmanda kullanılan aynı malzeme ile harçlanarak kurumaya bırakılır [13, 14]. Beton genellikle 18-24 saat kalıpta bekletilir [14].

Yalıtım katmanı için hafif beton kullanımı gerçekleştirilecekse çelik çerçeve sisteminin ardından yalıtım katmanı döküm işlemi gerçekleşir. Yüzeyde perdahlama yapıldıktan sonra panel kurumaya bırakılır. Bu süreç genellikle yaklaşık 48 saat olmaktadır [57].

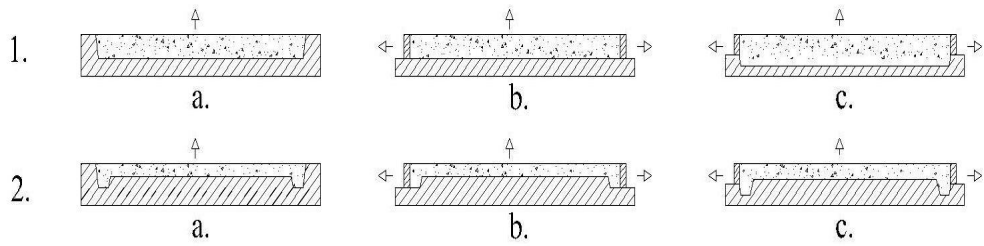
Ana gövdede mineral yünler kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton panellerde dış katman için döküm işlemi gerçekleşip çerçeve sistemi yerleştirildikten sonra yalıtım işlemine geçilerek yalıtım malzemesi yerleştirilir. Projenin özelliğine göre uygulanacak malzeme ve uygulama şekilleri değişir. Şekil 3.9’da yalıtım malzemesi olarak taş yünü kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerinin üretim süreci yer almaktadır.



Şekil 3.9 : Ana gövdede taşıyünü kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton panellerin üretim süreci, a-kalıp yapımı, b-çerçeve imalatı, c-dış katman için sprej tabancası ile püskürtme işlemi, d-dış katmanın düzeltilmesi, e-yalıtım işlemi, f-panel üretiminin tamamlanması [38, 56].

3.2.3 Elemanın kalıptan çıkartılması

Kalıp imalatında dikkat edilmesi gereken önemli bir konu panelin kalıptan çıkarılmasının kolaylıkla sağlanmasıdır. Bu sürecin hızlı olmasına ve kalıptan çıkarma işleminde elemana zarar verilmemesine dikkat edilmelidir. Bunun için de kalıbın kenarlarının sökülebilir veya devrilebilir türden olması önerilir. Kalıbın sabit veya sökülebilir olması elemanın tasarımını etkilemektedir. Yatay üretilen panellerde eğer kalıp sabit kenarlıysa panelin kenarlarına mutlaka eğim verilmelidir. Şekil 3.10’da düz ve nervürlü yüzeye sahip panellerde kalıp çeşitleri görülmektedir.



Şekil 3.10 : Düz yüzeyli (1) ve nervürlü (2) elemanların kenarlarının, kalıp kuruluşuna bağlı olarak eğimli, düz veya kısmen eğimli yapılması, a-sabit kenarlı b-sökülebilir kenarlı c-kısmen sökülebilir kenarlı kalıplar [10].

3.2.4 İç ve dış yüzey bitirme işlemleri

Panellerde çeşitli cephe yüzeyleri oluşturulabilmektedir. İç ve dış yüzeylerden beklenen başlıca özellikler paneli koruması ve estetik açıdan istenilen görünüşü sağlayabilmesidir. Panele istenilen doku üç şekilde verilebilir;

- Üretim sırasında
- Üretimden hemen sonra
- Betonun sertleşmesinden sonra

Üretim sırasında verilen doku özellikle kalıpla mümkün olabilmektedir. Kalıbın kendi yüzeyindeki doku ile veya kalıba yerleştirilen ek tabakalar ile betona istenilen yüzey etkisi verilebilir. Cephe panelinin kalıpta kalmayan üst yüzeyi için de perdah makinesi veya fırça ve tarak gibi yardımcı aletler ile istenilen etki verilebilmektedir [10].

Kalıp içerisine yerleştirilen pahlı çitılar ile fugalı görünüm vermek de mümkündür. Böylelikle, farklı renk, doku ve biçimlerin ayrılması sağlanırken paneller arasındaki

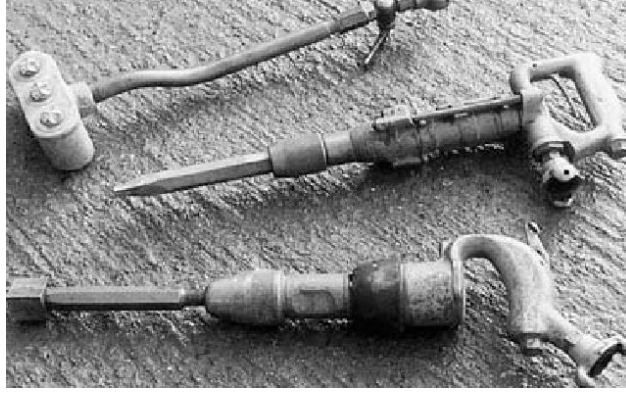
derzler gizlenerek cephenin küçük malzemeler ile kaplanmış gözükmesi sağlanabilir [10].

Üretimin bitmesi ve cephe panelinin kalıptan çıkarılması sonrasında yıkama, kum püskürtme ve fırçalama gibi yöntemlerle de yüzey işlenebilir. Üretimden hemen sonra uygulanan bu yöntemlerde beton içerisindeki agreganın türü, karışım oranı ve boyutuna bağlı olarak çeşitli yüzeyler elde edilebilir. Basınçlı su uygulaması ile agreganın daha belirgin hale getirilmesi kullanılan yöntemlerden biridir.

Betonun sertleşmesinden sonra mekanik ve kimyasal yöntemlerle çeşitli dokular elde edilebilmektedir. Yüzey pürüzlendirme, kum püskürtme, parlatma, asitle aşındırma, agrega taşınımı, el ile parlatma, boyama bu yöntemlerden bazılarıdır [58]. Şekil 3.11’de sertleşmeden sonra cephe panelinde oluşturulan bazı cephe yüzey örnekleri görülmektedir. Şekil 3.12’de Yüzey pürüzlendirme yöntemi ile istenilen dokuyu elde etmek için kullanılan araçlar görülmektedir. Şekil 3.13’de asit ile aşındırma yöntemi, Şekil 3.14’de el ile parlatma yönteminin uygulama örnekleri yer almaktadır.



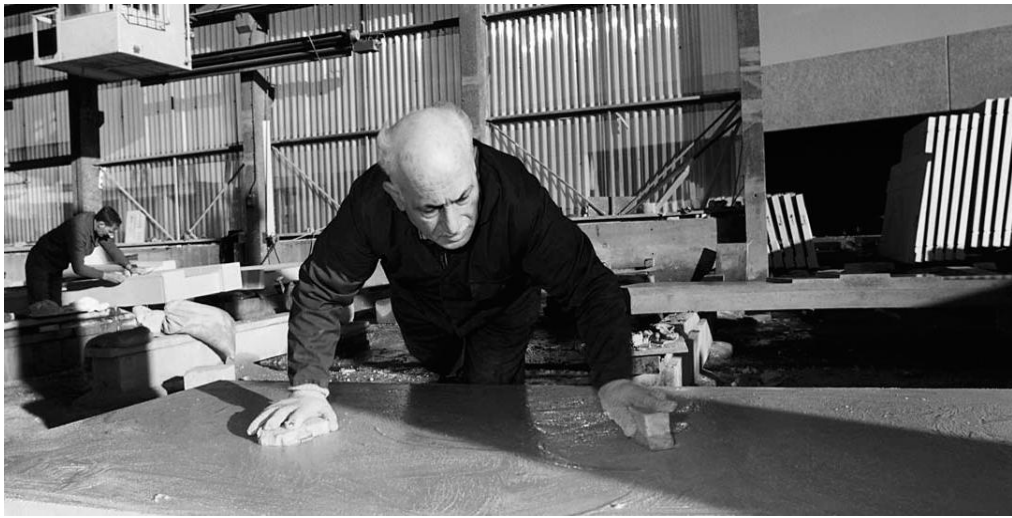
Şekil 3.11 : Beton esaslı prekast cephe panellerinde örnek cephe yüzeyleri
1. Yüzey pürüzlendirme 2. Agregata taşınımı ve asitle aşındırma
3. Agregata taşınımı 4. Kum püskürtme (ağır) 5. Kum püskürtme (hafif) 6. Yüzey pürüzlendirme [58].



Şekil 3.12 : Yüzey pürüzlendirmede kullanılan araçlar [58].



Şekil 3.13 : Asit ile aşındırma [58].



Şekil 3.14 : El ile parlatma [58].

3.3 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Uygulama Süreci

Beton esaslı prekast cephe panellerinin uygulama süreci kısaca depolama, taşıma ve montaj süreçlerini içerir.

3.3.1 Depolama Süreci

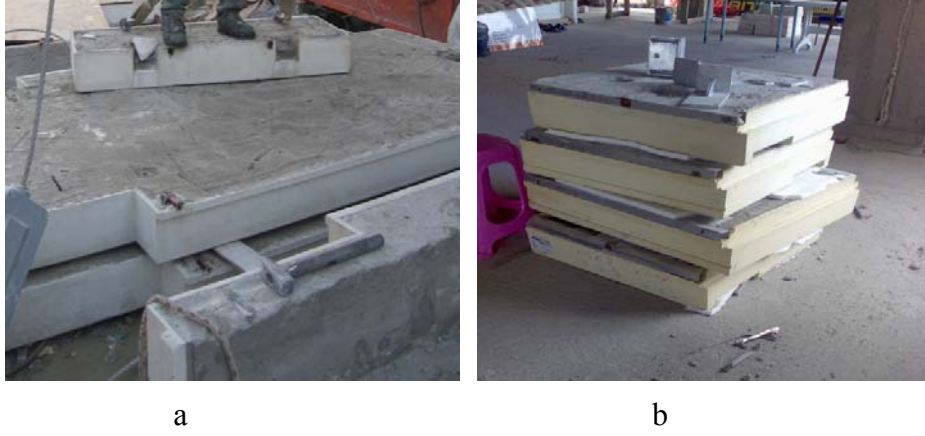
Bu süreçte malzemelerin deformasyona uğramamasına ve hasar görmemesine dikkat edilmelidir. Fabrikada üretilen cephe panelleri kalıptan çıkarıldıktan hemen sonra ilk olarak fabrikada daha sonra şantiyeye taşındığında montaj öncesi şantiyede depolanır. Şantiyede birçok uygulama aynı anda gerçekleştiği için panellerin şantiyede hasar görme olasılığı daha yüksektir. Panellerin depolama sürecinde deformasyona uğramasını engellemek için;

- Paneller biçimlerine ve boyutlarına göre uygun istiflenmelidir.
- Panel yüzeyleri yerle temas etmemelidir. Üst üste konulan panellerin arasına ve panellerle zemin arasına ayırıcı takoz yerleştirilmelidir.
- Özellikle dış katmana daha sonra ek bir işlem uygulanmayacaksa, gelen panellerin dış katmanının zarar görmemesine dikkat edilmelidir. Paneller depolama alanının büyüklüğüne ve panellerin boyutlarına göre yatay veya dikey istiflenebilirler. Yatay istiflenmesi gereken paneli dışarıdan gelen etkilerden korumak için dış yüzeyi zemine dönük olmalı ve kesinlikle zemine doğrudan yerleştirilmemelidir. Şekil 3.15’de yatay istiflenen panel örneği yer almaktadır.



Şekil 3.15 : Cephe panelinin istiflenmesi.

- Panel boyutlarına göre üst üste konulacak panel adetlerine dikkat edilmelidir. Genellikle küçük boyutlu panellerde 4, büyük boyutlu panellerde 2 paneli geçmemelidir. Şekil 3.16'da şantiye alanında istiflenen büyük ve küçük boyutlu paneller yer almaktadır.

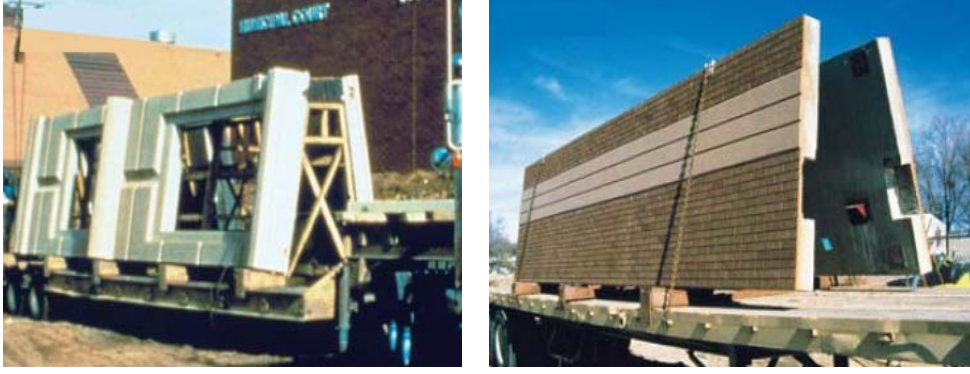


Şekil 3.16 : Büyük boyutlu (a) ve küçük boyutlu (b) panellerin istiflenmesi.

- Panellerin depolandığı alanların şantiyede dolaşımı bozmamasına ve panellerin montajı sırasında zorluk yaşanmayacak yerlerde istiflenmesine dikkat edilmelidir.
- Panel tiplerinin fazlalığı depolama sürecinde hem maliyeti hem de panellerde oluşabilecek deformasyon riskini arttırmaktadır.

3.3.2 Taşıma süreci

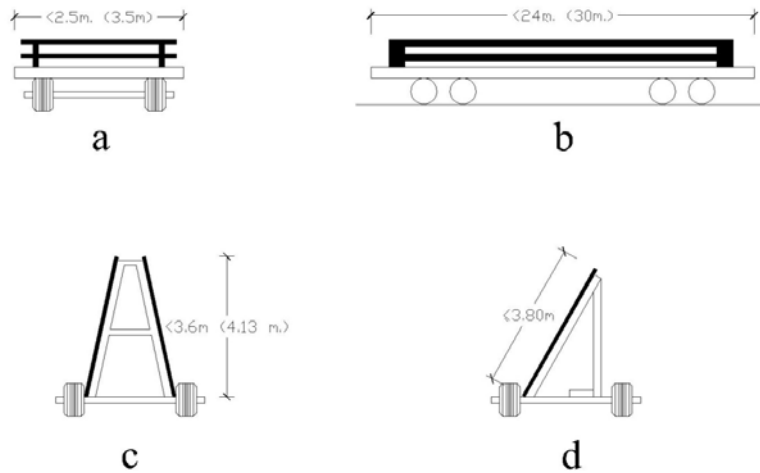
Taşıma süreci üretimi tamamlanan cephe elemanlarının fabrikadan montaj alanına getirilmesini kapsar. Taşıma süreci üretim - depolama alanı ve depolama alanı - şantiye alanı arasında gerçekleşir. Şantiye alanına getirilen cephe elemanları montaj yerine uygun alanda istiflenmedikleri durumda şantiye içinde 3. bir taşıma gerçekleştirilebilir veya özellikle küçük projelerde, fabrikada üretimden sonra depolama alanına taşınmayan cephe elemanları doğrudan şantiye alanına taşınabilir. Cephe panelleri taşıma aracına çoğunlukla mobil vinçler ile kaldırılarak yerleştirilir. Taşıma araçları panelin boyutuna, ağırlığına ve adedine göre belirlenir. Genellikle, daha fazla panel taşıma kapasitesine sahip düşük tabanlı araçlar tercih edilir. Özellikle panellerin düşey taşınması durumunda "A-çerçeve" olarak adlandırılan panel taşıyıcı elemanları düşük tabanlı araçlara yerleştirilir. Panellerin bu elemanlara bağlanması ile istenilen yere taşınması sağlanır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 : Cephe panellerinin "A" çerçeveli taşıma aracına yerleştirilmesi [16].

Beton esaslı prekast cephe panellerinin taşıma sürecinde bazı boyutsal sınırlamalar vardır. Bunlar;

- Karmaşık biçimli olan bazı cephe panelleri yatay olarak taşınır. Yatay olarak taşınan cephe panellerinin genişlikleri 2,5 m - 3 m ile sınırlandırılmıştır. Ancak, özel izinle genişlik 3,5 m'ye kadar çıkabilmektedir [10, 26] (Şekil 3.18-a).
- Cephe panellerinin uzunlukları genleşme ve deformasyon sorunlarına bağlı olarak en fazla 5- 9 m arasında olması, panel yüzey alanının ise 15 m² yi aşmaması önerilir [9, 13, 47]. Ancak, yan yana gelen panellerin yerleştirilmesi için aracın özelliğine göre yerleştirilecek panellerin toplam uzunluğu 12 m - 30 m ile sınırlandırılmıştır (Şekil 3.18-b) [10].
- Düşey olarak taşınan duvar panellerinde düşey doğrultudaki uzunlukları 3,6 m- 3,8 m ile sınırlıdır [10]. Ancak, düşük tabanlı özel araçların A çerçeve ile kullanılması koşulu ile bu değer artabilmektedir (Şekil 3.18-c, 3.18-d) [26].



Şekil 3.18 : Beton esaslı cephe panelleri taşıma sürecinde sınırlamalar [10, 26]

Beton esaslı prekast cephe panellerinin taşıma sürecinde dikkat edilmesi gerekenler;

- Boy ve ağırlıklarına göre uygun araçlarla taşınmalıdır.
- Cephe elemanları taşıma araçlarına en az sefer yapılmasını sağlayacak şekilde yerleştirilmelidir.
- Taşıma aracına yatay olarak yerleştirilen cephe elemanları aralarına takoz konulmalı ve aynı düşey doğrultu üzerinde bulunmaları sağlanmalıdır.
- Cephe panelleri ahşap takoz ve latalarla araç kasalarına tespit edilerek, gerekirse uygun biçimde çelik halatlarla taşıyıcı araç kasasına bağlanmalıdır [48].
- Taşıma aracına uygun cephe elemanı tasarımı yapılmadıysa yapılan cephe elemanına uygun taşıma aracı seçimine gidilmelidir.

3.3.3 Montaj süreci

Üretimi tamamlanmış cephe elemanlarının şantiyeye geldikten sonra yerleştirileceği bölgelere taşınması, birbiriyle ve binanın taşıyıcı sistemiyle birleştirilmesi işlemleri için geçen süreçtir. Bu süreç üç aşamadan oluşur. Bu aşamalar; (i) cephe panellerinin montaj alanına kaldırılması (düşey taşıma), (ii) cephe panellerinin yerleştirilmesi, ayarlanması ve desteklenmesi ve (iii) cephe panellerinin taşıyıcı bağlantılarının yapılmasıdır.

3.3.3.1 Cephe panellerinin montaj alanına kaldırılması

Şantiyede istiflenen paneller montaj aşamasında ilk olarak yerleştirileceği bölgeye kaldırılmaya başlar. Bu işlem için kullanılan araçlar kat vinci, gerdirme halatları, kule vinç, mobil vinç, zincirli vinç, vb.dir.

Kat vinçleri panellerin düşey olarak taşınmasını sağlar. Yüksek katlı binalarda projeye uygun olarak üst katlara yerleştirilen kat vinçleri panelin montajın yapılacağı kata taşınmasını sağlar. Döşemeye kaynak yapılarak sağlamlaştırılan kat vincinin kaldıracağı panelin ağırlığına göre çeşitleri vardır. Genellikle 2,5 ton veya 1,25 ton kapasitesinde kat vinçleri kullanılır. Taşıyabileceğinden daha ağır bir panel kat vincine taşıtılmamalıdır. Şekil 3.19’da 1,25 ton kapasiteli kat vinci görülmektedir.

Gerdirme halatları panel kaldırılmadan panele tespit noktalarından bağlanır. Gerdirme halatlarının görevi üst katlara çıkacak olan panelin bina ile yapacağı açığı genişletmektir. Bu sayede panel yükselirken alt katlara çarpması engellenir.

Zincirli vinç farklı ağırlık kapasitesine sahip çeşitleriyle genellikle küçük ve orta boyutlu panel elemanlarının taşınmasında kullanılır. Şekil 3.20’de zincirli vinç ile panelin kaldırılması görülmektedir.

Kule vinç yüksek katlı binalarda ve uzun süreli işlerde daha çok kullanılır. Genellikle kule vinç ile panellerin yatay olarak kaldırılması sağlandığı için prekast döşemeler için daha uygundur. Beton esaslı prekast cephe panelleri için panellerin düşey olarak taşınarak cepheye montajının yapılması daha uygundur.

Mobil vinç büyük boy ve ağır elemanların kaldırılmasında kullanılır. Ancak çok yüksek olmayan (3-5 katlı) binalarda kullanımları daha uygundur [16].

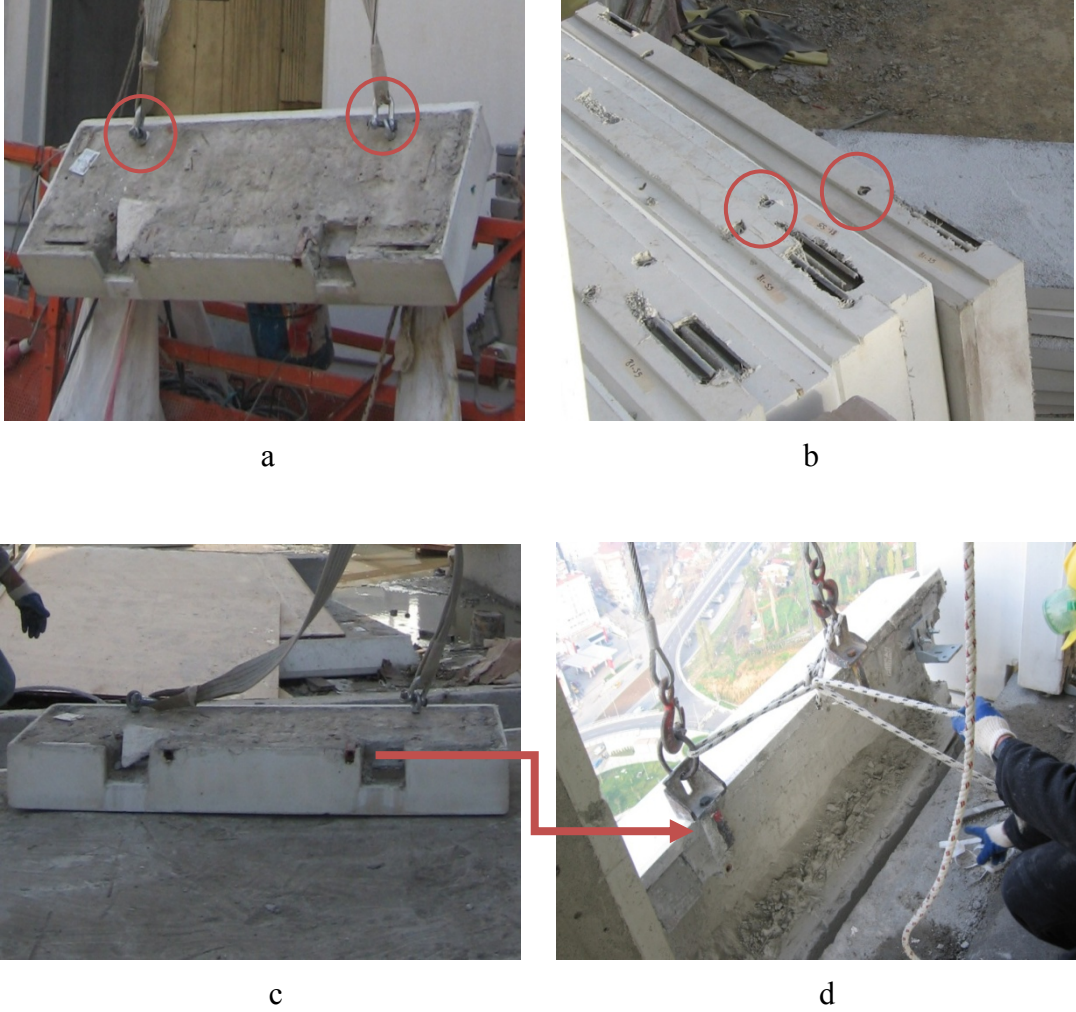


Şekil 3.19 : Kat vincinin istenilen kata çıkartılıp sabitlenmesi.



Şekil 3.20 : Zincirli vinç ile panelin kaldırılması (a), panelin kata alınması (b).

Kaldırma araçları projenin özelliğine ve cephe elemanlarının boyut ve biçimlerine uygun olarak seçilir. Seçilen kaldırma araçları ile kaldırılan cephe elemanlarının kaldırılma şekline uygun yerlerinde (panelin üst veya iç yüzeyinde) ankraj noktaları yer alır (Şekil 3.21). Ankraj noktaları projenin özelliğine göre tasarım aşamasında belirlenir. Üretim aşamasında ise uygun yerlere yerleştirilir. Panelin bu noktalardan vince asılmasıyla kaldırma işlemi gerçekleşir [25].



Şekil 3.21 : Cephe panellerinde; panelin iç yüzeyinde (a) ve üst yüzeyinde (b,c) yer alan ankraj noktaları, kat vincinin ankraj noktaları ile bağlantısı (d).

3.3.3.2 Cephe panellerinin yerleştirilmesi, ayarlanması ve desteklenmesi

Cephe panellerinin yerleştirilmesi, ayarlanması ve desteklenmesi süreci, cephe panellerinin kaldırılmasından sonra içeriye alınması, yerine yerleştirilmesi, terazi ve şakül kontrolü yapılarak ayarlanması ve bazı uygulamalarda gerekli noktalardan desteklenmesi süreçlerini içerir.

Cephe panelleri istenilen kata ulaştıktan sonra kullanılan vinç yardımıyla montaj yapılacak alana alınır. Panel birleşim yüzeylerinde kullanılacak derz malzemesi bazı durumlarda montaj öncesi uygulanabilmektedir. Bu durumda, içeriye alınan panelin vinç ile bağlantısı koparılmadan gereken derz malzemesi yerleştirilir. şekil 3.22’de içeriye alınan cephe panelinin vinç ile bağlantısı koparılmadan derz malzemesi olan şişme bandın uygulanması görülmektedir. Kullanılan vincin özelliğine göre değişmekle birlikte kumanda edilebilen vinçler yardımıyla panelin uygun pozisyona gelmesi daha kolay sağlanmaktadır (şekil 3.23). Cephe panelinin vinç yardımı ile yerleştirilmesi tamamlandıktan sonra yatayda ve düşeyde terazi kontrolü yapılır. şekil 3.24’de cephe panelinin şakül yardımıyla düşey pozisyonunun ayarlanması görülmektedir.



şekil 3.22 : Panelin birleşim yüzeylerine montaj öncesi derz malzemesi (şişme bant) yerleştirilmesi.



Şekil 3.23 : Vinç kumandası yardımıyla panelin yerleştirilmesi.



Şekil 3.24 : Cephe panellerinde şakül yardımıyla düşey pozisyon ayarlamasının yapılması.

3.3.3.3 Cephe panellerinin taşıyıcı bağlantılarının yapılması

Cephe panelleri yerine yerleştirildikten sonra taşıyıcı bağlantıları yapılarak bina ile birleşimi sağlanır. Bu süreçte, projeye uygun olarak seçilen bağlantı elemanları cephe paneline, genellikle panelin alt ve üst kenarlarından yerleştirilir. Üretim aşamasında taşıyıcı bağlantılarının yer alacağı ankraj noktaları belirlenir. Kuru

bağlantı elemanlarına sahip cephe panellerinde kaynaklı ve/veya bulonlu sistem uygulaması yapılarak panelin döşemeye veya taşıyıcı sisteme montajı yapılır. Şekil 3.25’de kaynaklı ve bulonlu sistemin birlikte uygulandığı bir örnek yer almaktadır.

Panellerin bina ile birleşimleri hem panelin performansı hem de güvenlik açısından büyük önem taşır. Bu nedenle, panelin taşıyacağı yük hesabına göre bağlantı elemanı seçimine ve hangi noktalardan ne kadar sıklıkla uygulanacağına daha tasarım aşamasında karar verilmelidir.



Şekil 3.25 : Kaynaklı ve bulonlu sistemin uygulanması.

3.4 Beton esaslı prekast cephe panellerinin birleşim derzlerinin tasarım ve uygulama süreci

Cephe panellerinin tasarımı ile birlikte panellerin performansını önemli derecede etkileyen birleşim derzlerinin tasarımına başlanır. Seçilen cephe panelinin özelliğine, konumuna, kullanılacak yerin iklim şartlarına ve bina ile bağlantı şekillerine bağlı olarak yatay ve düşey birleşim derzlerinin yapım tekniğine (açık, kapalı derz) ve derz malzemelerinin özelliğine karar verilir.

Panel montajı tamamlanıp panellerin bina ile birleşimini sağlayan bağlantıları yapıldıktan sonra panellerin birleşim derzlerinin kapatılmasına başlanır. Panellerin birleşim derzlerinin birlikte kapatılması derz malzemesinin devamlılığı açısından önemlidir. Bu nedenle, projeye göre seçilen derz malzemeleri tüm panellerin montajı tamamlandıktan sonra uygulanır.

4. BETON ESASLI PREKAST CEPHE PANELLERİNDEN BEKLENEN PERFORMANS GEREKSİNİMLERİ

Performans, yapıyı oluşturan çeşitli parçaların kullanım sırasında maruz kaldıkları doğal veya yapay ortam şartlarına karşı gösterdikleri davranıştır. Bina tasarımında yapıyı oluşturan parçaların performansı beklenen performans gereksinimlerini karşılayabilecek düzeyde olmalıdır. Bunu sağlayabilmek için CPD, Construction Products Directive'da (Yapı malzemeleri yönetmeliği) yer alan altı temel gereksinimi yerine getirmelidir. Bu altı temel gereksinim [60, 61];

- Mekanik dayanım ve kararlılık
- Yangın durumunda emniyet
- Hijyen, sağlık ve çevre
- Kullanım emniyeti
- Gürültüye karşı korunma
- Enerjiden tasarruf ve ısı korunumudur.

Beton esaslı prekast cephe panellerinde incelenen performans gereksinimleri, panelin kendisinin ve birleşim derzlerinin olmak üzere ikiye ayrılmış ve yapı malzemeleri yönetmeliği kapsamında değerlendirilen altı temel gereksinim dikkate alınıp konu ile bağlantısı kurularak uygun başlıklar altında irdelenmiştir.

4.1 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Performans Gereksinimlerine Bağlı Olarak Değerlendirilmesi

4.1.1 Mekanik dayanım ve kararlılık

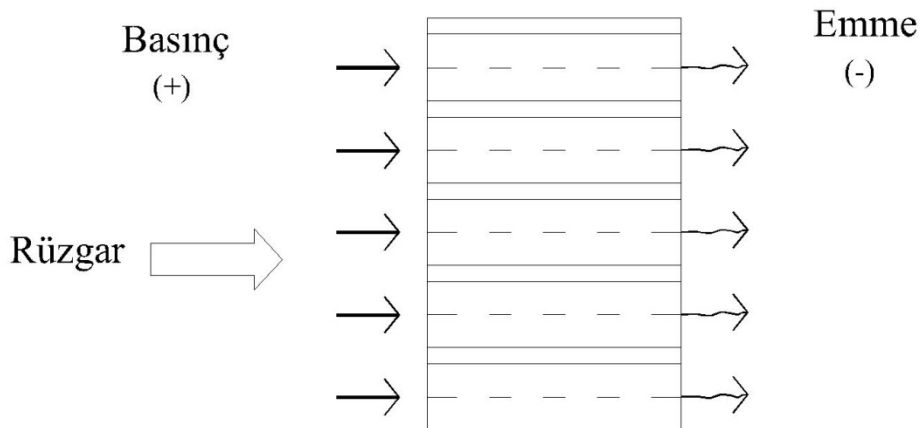
Beton esaslı prekast cephe panelleri, yapım ve kullanım sırasında maruz kalacakları yüklerden dolayı çökmeye (kopma), kabul edilemeyecek deformasyonlara, kendisinde veya taşıyıcı sistemde hasarlara yol açmayacak şekilde tasarlanmalı ve uygulanmalıdır [62]. Bu kapsamda cephe panelleri 4 başlık altında incelenmektedir.

4.1.1.1 Cephe panelinin yatay yüklere ve ölü yüke karşı mekanik dayanımı

Cephe panelleri yatayda özellikle rüzgâr ve deprem yüklerine maruz kalmaktadır. Binanın bulunduğu ortam şartlarına ve binanın özelliğine göre değişen bu yükler tasarım sürecinde dikkate alınarak belirli hesaplar sonucu panelin taşıyıcılığı ve yük aktarımı düzenlenmelidir.

Dış cephede yer alan paneller doğrudan rüzgâr yüküne maruz kalmakta ve rüzgârın basıncı ve emmesi ile malzemeler yüke ve uzun dönemde yorulmaya uğramaktadır. Rüzgâr hızı arazi yapısına ve bina yüksekliğine göre değişmektedir. Düz ve açık alanlarda ve kıyı bölgelerinde rüzgâr hızı yüksekken engebeli arazide ve kentsel alanda rüzgâr hızı azalmaktadır. Ayrıca yüksek katlı binaların üst katlarında rüzgâr hızı alt katlara göre daha yüksektir [63].

Rüzgârın etkisi bina formuna ve cephe yönlerine göre de farklılık gösterir. Rüzgâr binanın bir tarafında basınç etkisi oluştururken diğer tarafında emme etkisi oluşturur. Bina köşelerinde ise türbülans ve emme etkisi oluşturur [63]. Basınç etkisi öncelikle panelin yatayda deformasyonuna neden olarak taşıyıcı sisteme ölü yük getirir. Emme etkisi de panelde deformasyona neden olarak panel bağlantı elemanlarında kopma ile sonuçlanabilir. Şekil 4.1’de rüzgar basıncının bina üzerindeki etkisi yer almaktadır. Cephe paneline etkiyen rüzgâr yükü binanın formu ile de ilişkilendirilebilir. Örneğin, dairesel kesitli plana sahip binalarda rüzgâr yükü etkisi alternatiflerine göre daha azdır [9].



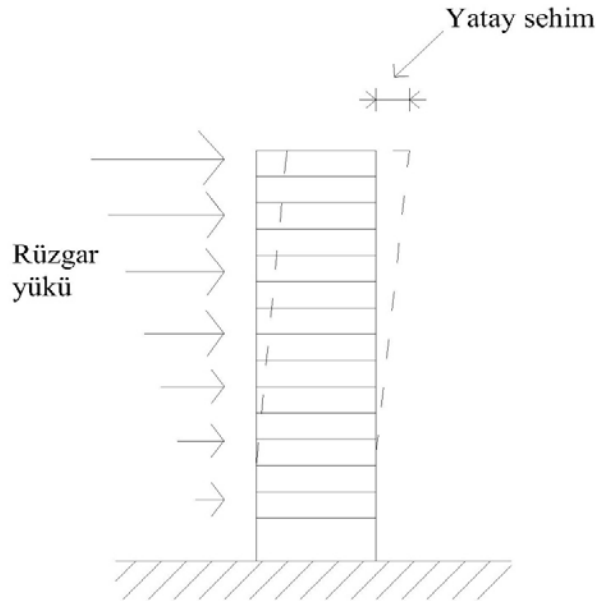
Şekil 4.1: Rüzgârın bina üzerindeki basınç ve emme etkisi [63]

TS 498 ‘Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri’ standardına göre çizelge 4.1 de yüksekliğe bağlı olarak rüzgâr hızı ve emme değeri yer almaktadır. Bazı topografik (engebeli veya düz arazi) özelliklere bağlı olarak değişik rüzgâr yükleri oluşabilir, bu durumda değerler Çizelge 4.1’de yer alan değerlerden sapabilir. Yüksekte veya sarp bir yamaçtaki yapıda rüzgâr etkisi şiddetli olacağı düşüncesiyle yükseklik 20 m’den az olsa da emme $q = 1,1 \text{ kN/m}^2$ alınabilir [64].

Çizelge 4.1 : Yüksekliğe bağlı olarak rüzgâr hızı ve emme değeri [64].

ZEMİNDEN YÜKSEKLİK m.	RÜZGAR HIZI V m/s	EMME q kN/m ³
0-8	28	0,5
9-20	36	0,8
21-100	42	1,1
>100	46	1,3

Prekast cephe panelleri hızlı üretimi öncelikli olmak üzere birçok avantajı sayesinde özellikle yüksek katlı binalarda tercih edilmektedir. Rüzgâr yükü bina yükseldikçe artar. Rüzgâr yükünün bina yükseldikçe artması cephe panellerinde yatay sehime neden olmaktadır. Şekil 4.2’de binanın yüksek katlarında rüzgar yükünün artması sonucu basınç ve emme kuvvetine bağlı olarak oluşan yatay sehime yer almaktadır.



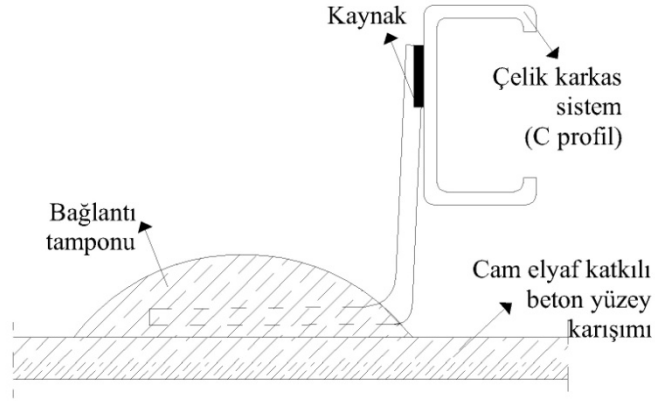
Şekil 4.2 : Yüksek katlı binada rüzgar yükünün artması ile oluşan yatay sehime [63]

Bina yükseldikçe rüzgâr kuvveti arttığı gibi bina ağırlığı arttıkça deprem kuvveti artmaktadır. Depreme dayanıklı bina tasarımı için deprem tehlike bölgesi, binanın dinamik karakteristiği, taşıyıcı sistem türü, toprak altı koşulları, binanın önemi ve ağırlığı dikkate alınır [63]. Ayrıca deprem kuvvetine karşı bina ile panel arasındaki ve panellerin derz arasındaki bağlantılar, panellerin birbirinden ve binadan bağımsız olarak hareket etmesine imkân sağlamalıdır.

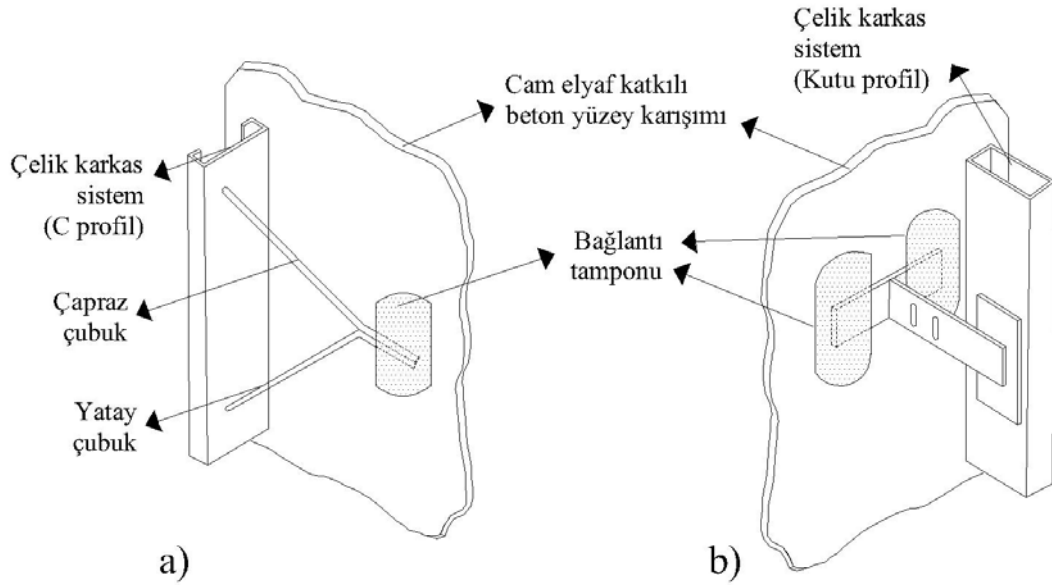
Taşınan cephe panelleri tüm panel tipleri gibi yatay yüklere maruz kalmaktadır. Bu nedenle, taşınan elemanlar olsalar da özellikle deprem ve rüzgâr gibi yatay yüklere karşı dayanım sağlayıp yüklerin güvenle binaya aktarımını gerçekleştirecek aynı zamanda kendi taşıyıcılığını sağlayacak bir sisteme ihtiyaç duyarlar.

Cam elyaf katkılı hafif beton cephe panellerinde yer alan çelik çerçeve sistem, büyük boyutlu panel üretimine imkân sağlarken (panelin kendi taşıyıcılığı) panelin kendi yükünün ve panele etkiyen yatay yüklerin binaya aktarılmasını sağlar. Panel boyutlarına ve ağırlığına göre düzenlenen çelik çerçeve sistem "esnek sabitleyiciler" olarak adlandırılan noktasal bağlantı elemanları ile panel dış katmanına sabitlenir. En az 1 cm kalınlığında ve $30-35 \text{ kg/m}^2$ ağırlığındaki cam elyaf katkılı beton katmanın yükünün ve panel dış katmanına etkiyen deprem, rüzgar gibi yatay yüklerin çelik çerçeve sisteme aktarılmasını sağlayan iki yöntem vardır. İlk yöntemde yük aktarımı esnek bağlantılar ile sağlanır (Şekil 4.3). Esnek bağlantılar bazı kaynaklarda yanal yük bağlantısı olarak da adlandırılmaktadır. Esnek bağlantı elemanı çelik çerçeve sisteme kaynak yapılarak dış katmana ise dış katman ile aynı malzeme ile harçlanarak sabitlenir. Esnek bağlantılar panel ağırlığına ve yatay yüklere karşı düzenlenir ve dış katmanda sıcaklık ve nem değişimlerine bağlı olarak oluşan hacimsel değişiklikler için yeterli esnekliği sağlar. İkinci yöntemde esnek bağlantılar ile ağırlık bağlantıları (Şekil 4.4) birlikte kullanılır. Her iki bağlantı rüzgâr yüküne karşı düzenlenirken ağırlık bağlantıları aynı zamanda katmanın ölü yükünün aktarımını sağlar. Ancak, sadece esnek bağlantılar panelde oluşan hacimsel değişikliklere olanak sağladığı için ağırlık bağlantılarının üst üste kullanılması önerilmez [13, 14, 39]. Şekil 4.4'de ağırlık bağlantısının detayı yer almaktadır.

Panelde yer alan çelik çerçeve sistem ile panelin dış katmanı temas halinde olmamalıdır. Aralarındaki mesafe bağlantı tamponunun oluşturulması için yeterli olacak şekilde düzenlenmelidir [13].



Şekil 4.3: Yük aktarımını sağlayan esnek bağlantı detayı [39]



Şekil 4.4 : a- Çapraz ve yatay çubuk ile ağırlık bağlantısı, b-Düz plaka ile "T" ağırlık bağlantısı [37, 39].

Panellerde panelin özelliğine göre değişen taşıyıcı elemanları belirli hesaplar çerçevesinde oluşturulurken bulunduğu ortam şartlarına bağlı olarak farklılık gösteren yatay yüklerde dikkate alınmalıdır.

4.1.1.2 Cephe panelinin yatay yükleri ve ölü yükü binanın taşıyıcı sistemine güvenle aktarımı

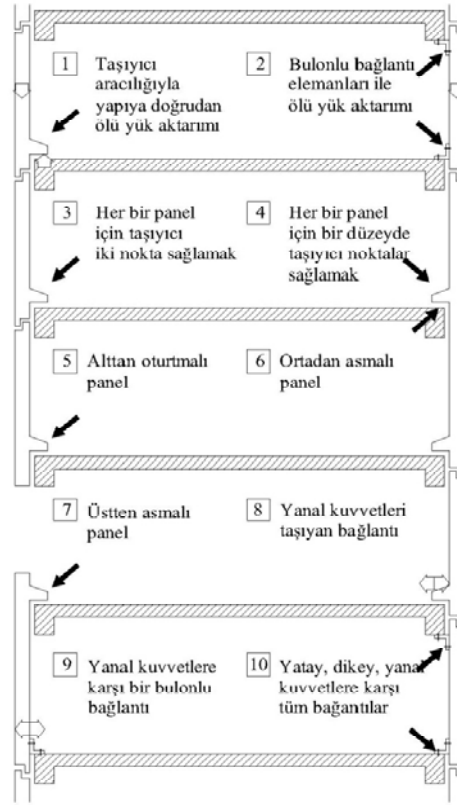
Beton esaslı prekast cephe panelleri, yükleri bina taşıyıcı sistemine çeşitli bağlantı noktalarından asılarak aktarır. Bağlantı noktalarının sayısı panelin büyüklüğüne ve bulunduğu ortam şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Büyük boyutlu panellerin genellikle 4 veya daha fazla noktadan bina ile bağlantısı sağlanır. Taşıyıcı ve taşıyıcı

olmayan (yanal) iki farklı bağlantı şekli vardır [63]. Çelik çerçeve sistemli cephe panellerinde (Beton esaslı prekast hafif cephe panelleri) genellikle çelik çerçeve sistem iki taşıyıcı ve 4 taşıyıcı olmayan bağlantı şekline göre tasarlanır [13, 14]. Ancak her panelde yatay yüklere karşı olan bağlantılar ile birlikte ölü yükleri binaya aktaracak taşıyıcı bağlantılar bulunmalıdır [63].

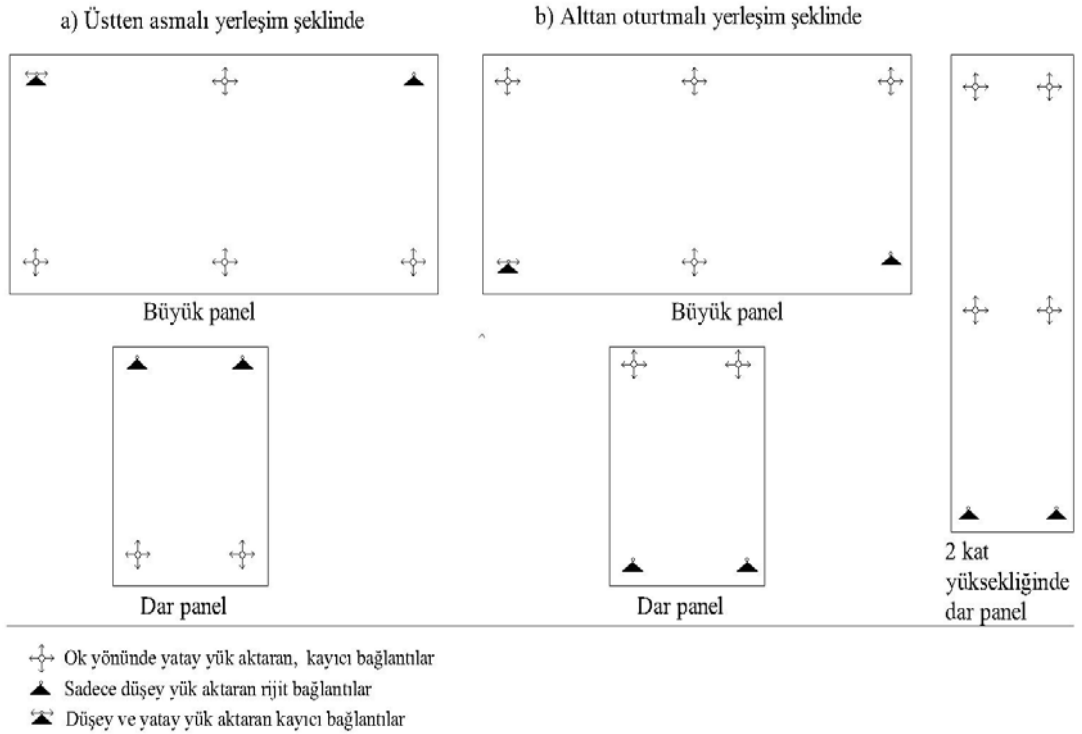
Bağlantılar panellerin bina ile birleşim şekillerine göre farklılık gösterir. Panellerin bina ile birleşimleri alttan oturtma, ortadan ve üstten asma olmak üzere üç şekilde düzenlenebilir [47, 63]. Alttan oturtma, panelin alt noktalarından bina taşıyıcı sistemine yerleştirilmesi durumudur. Alttan oturtma birleşim şeklinde panel yükünü ya doğrudan döşeme üzerine oturtularak yada çeşitli bağlantı elemanları ile (bulonlu veya kaynaklı sistemden oluşan metal profil konsollar) döşemeye tespit edilerek binaya aktarır (Şekil 4.5-5). Ortadan asma genellikle birkaç kat yüksekliğindeki cephe panelleri için kullanılan birleşim şeklidir (Şekil 4.5-6). Üstten asma, panelin üst köşelerinden bina taşıyıcı sistemine asılı olması durumudur (Şekil 4.5-7).

Bağlantıların temel amacı, yapıya yükü aktarmak, kararlılığı sağlamak ve ortaya çıkabilecek yüklerin yer değiştirmeler ile tolere edilmesini sağlamaktır. Düşey ve/veya yatay yük aktaran, rijit (taşıyıcı) ve/veya kayıcı (iki veya üç yönde) bağlantılar panelin çeşitli özelliklerine göre detaylandırılarak uygulanmalıdır. Rijit bağlantılar kayıcı olmayan genellikle cephe paneline kaynaklı sistem ile bağlanan ve düşey yük aktarımını sağlayan bağlantılardır. İki veya üç yönde kayıcı bağlantılar yatay yük aktarımını sağlayan genellikle bulonlu bağlantılardır [57]. Şekil 4.6'da taşınan cephe panellerinde panelin kendi ağırlığının ve panele etkiyen yatay kuvvetlerin taşıyıcı sisteme aktarılmasını sağlayan bağlantı elemanlarının özellikleri yer almaktadır. Şekilde görüldüğü gibi panelin üstten asma ve alttan oturtma yerleşim şekline göre bağlantı elemanları özellikleri değişmektedir.

Precast/Prestressed Concrete Institute (PCI), panel bağlantıları için 10 ilke belirlemiştir [63]. Şekil 4.5'de 10 ilkenin uygulanma şekilleri yer almaktadır. Burada taşıyıcı aracılığıyla ve bulonlu bağlantı ile ölü yük aktarımı ve yatay, dikey ve yanal kuvvetlere karşı yük aktarımı görülmektedir. Günümüzde ise daha çok taşınan cephe panellerinin kullanılması nedeniyle Şekil 4.7 ve 4.8'de yer alan bulonlu ve kaynaklı sisteme dayanan 9. ve 10. ilke tasarımları uygulanmaktadır.



Şekil 4.5 : Panel bağlantılarında tasarım ilkeleri [63].



Şekil 4.6 : Beton esaslı prekast cephe panellerinin üstten asmalı ve alttan oturtmalı yerleşiminde bağlantı şekillerinin panelin boyutuna bağlı olarak değişimi [10, 47].

4.1.1.3 Bağlantı elemanlarının aktardığı yüklere karşı mekanik dayanımı

Beton esaslı prekast cephe panellerinin yapı ile ilişkisi ve birbirleri arasındaki bağlantı şekilleri elemanın dolayısıyla binanın performansı açısından önemlidir. Cephe panellerinde bağlantı şekilleri: (i) ıslak, (ii) yarı ıslak ve (iii) kuru birleşimler olmak üzere üç başlık altında toplanabilir. Islak ve yarı ıslak birleşimler genellikle taşıyıcı özellikteki panellerde uygulanmaktadır. Taşınan cephe panellerinde kuru bağlantılar tercih edilmektedir.

Yerinde dökme betona dayanan ıslak bağlantı şekli elemanlardan çıkan donatı filizleri ve ek donatı ile çekme ve kesme kuvvetlerini de karşılayabilecek şekilde detaylandırılır. Korozyon sorunu yaşanmaması, yangın dayanımı, ses yalıtımı sağlaması ve bağlantıların büyük yükleri karşılayabilmesi ıslak birleşimlerin olumlu özellikleri arasında yer alırken betonun sertleşme sürecinin beklenmesi ile yapım sürecinin uzaması ve zaman kaybı getirmesi, bitmiş yüzey oluşturmaması nedeniyle ek işlem gerektirmesi ve kötü hava şartlarından etkilenmesi olumsuz özellikleri olarak sayılabilir [65].

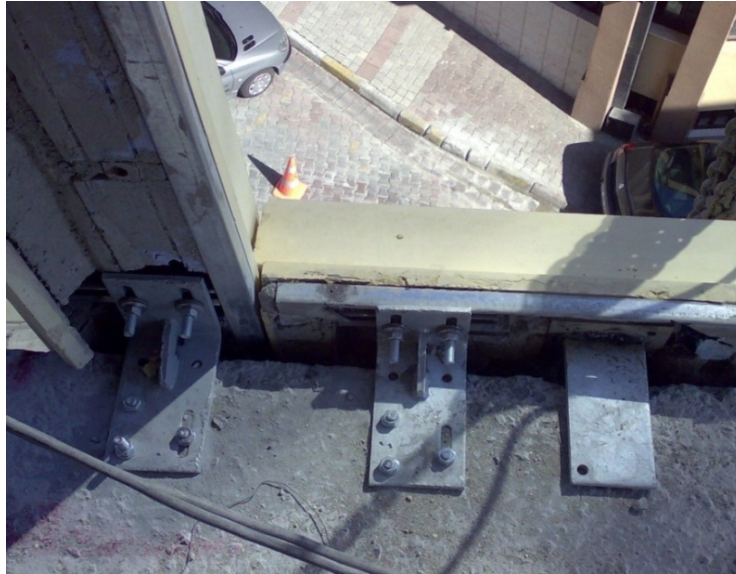
Yarı ıslak birleşimler yerinde dökme beton ile bazı yerlerde çeşitli kuvvetlere karşı direnci arttırmak için donatı filizlerinin kaynaklanması şeklinde yapılan uygulamalardır. Panelin mukavemetinin artması yarı ıslak bağlantı uygulamasının olumlu özelliğidir. Ancak hatalı uygulama olmaması ve kaynak kenar uzunluğunun iyi ayarlanması için kaynak yerlerinin kontrolünün iyi yapılması gerekmektedir.

Kuru birleşimler günümüzde taşınan cephe panellerinde kullanılan en yaygın bağlantı şeklidir. Bağlantılar genellikle kaynaklı ve/veya bulonlu sistemle yapılır. Taşıyıcı "U kanalı" olarak adlandırılan bulonlu bağlantı sisteminin elemanları, panelin binanın taşıyıcı sistemi ile bağlantı şekline göre (üstten asma, alttan oturtma) tasarım aşamasında belirlenir. Aynı zamanda, panele yerleşimine göre yatayda veya düşeyde hareketi sağlayan taşıyıcı "U kanalı" cephe panelinin uygun yerlerine üretim aşamasında yerleştirilir. Şekil 4.7'de küçük boyutlu cephe panelinde yer alan taşıyıcı U kanalı görülmektedir. Bu sayede, uygulamada bulonlu bağlantı sistemi için ankraj elemanları rahatlıkla yerleştirilip montajı tamamlanabilmektedir. Şekil 4.8'de bulonlu ve kaynaklı sistemin uygulandığı bir cephe paneli örneği yer almaktadır. Diğer bağlantı şekillerinde olduğu gibi betonun sertleşme sürecinin beklenmesine gerek olmadığı için zaman kazandırması ve uygulama işlemini kolaylaştırması sayesinde kullanımı artmaktadır. Ayrıca bu bağlantılar hem panel hem de bağlantı

elemanlarında gerekli toleransları sağlayabilmek için bina ile yeterince açıklıkta düzenlenmelidir [63] (Şekil 4.8).



Şekil 4.7 : Cephe panelinde yer alan taşıyıcı U kanalı.



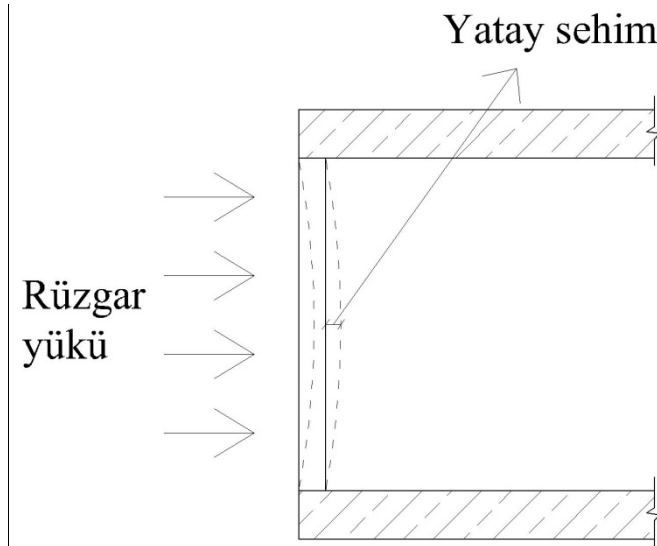
Şekil 4.8 : Üretim sırasında yerleştirilen taşıyıcı U kanalına, bulonlu sistem elemanlarının yerleştirilmesi.

Kuru bağlantılar kapsamında yer alan ankraj sistemleri prekast üreticilerine göre farklılık göstermektedir. Fakat genellikle bağlantılar yerçekimi ve yanal kuvvetlere karşı düzenlenir.

4.1.1.4. Yatay ve düşey hareketlerde cephe panelinin kararlılığı

Yatay yüklerin etkisiyle, özellikle rüzgârın basınç ve emme etkisi ile cephe panellerinde yatay sehim meydana gelebilir. Şekil 4.9’da rüzgârın basınç etkisinin

panelin davranışına etkisi yer almaktadır. Özellikle iki kat arasında bulunan büyük boyutlu panellerde bu durum gerçekleşebilmektedir. Cephe panelinin kalınlığının veya panel bünyesindeki taşıyıcı elemanın yatay kuvvetlere karşı dayanımının arttırılması ile bu durum önlenir. Çelik çerçeve sistemli cephe panellerinde yanal kuvvetlere karşı düzenlenen çelik profillerinin kalınlığı ve sıklığı bu kapsamda değerlendirilmelidir.

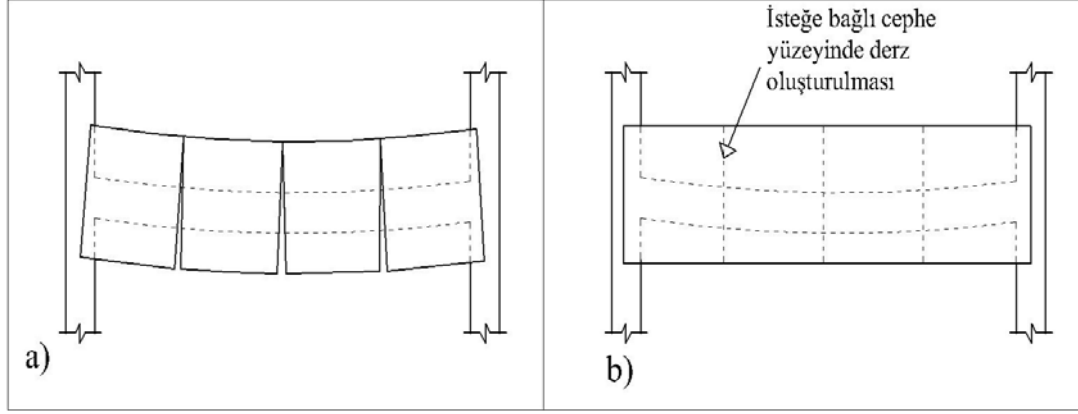


Şekil 4.9 : Cephe panelinde rüzgârın basınç etkisi sonrası yatay sehimi gerçekleşmesi [63].

Beton esaslı prekast cephe panelleri taşıyan elemanlar olsalar da statik hesaplarda göz ardı edilmeyecek ağırlıklara sahiptir. Binalarda cephe panellerini taşıyan (dış) kirişlerin boyutlandırılmasında ölü yük olarak dikkate alınır. Panelin ağırlığına ve boyutuna göre değişmekle birlikte döşemeye veya kirişe asıldığı noktalarda sehimi oluşabilir. Kirişte veya döşemede meydana gelebilecek aşırı sehimi, panellerin hareketine dolayısıyla derzlerde tolerans değerlerini aşan farklılıklara neden olabilir. Bu nedenle cephe panellerini destekleyen kiriş veya döşemelerin eğilme direnci arttırılarak minimum sehimi için tasarlanmalıdır.

Kirişlerde meydana gelen sehimi probleminden cephe panellerinin etkilenmemesi için cephe panelleri kolonlara da desteklenebilmektedir (Şekil 4.10). Bu durumda panel genişliklerinin kolonlar arası mesafeye uyması gerekecektir. Dış cephede derzli bir görüntü istenildiğinde panel yüzeyinde estetik amaçlı derz oluşturulabilir. Bu sayede, paneller arası birleşim derzleri de azalarak derzlerde yaşanan problemlerin en aza indirilmesi sağlanmış olacaktır [63]. Şekil 4.10'da orta noktadan kirişe desteklenen

(a) ve kolona desteklenen (b) cephe panelinin kirişte sehim problemi sonrasında davranışı yer almaktadır. Şekil 4.10-a’da cephe panelleri kirişin hareketi ile dağılmakta ve sonucunda kırılmaya uğramaktadır. Şekil 4.10-b’de ise cephe panelleri kirişin hareketinden etkilenmemektedir.



Şekil 4.10 : Kirişe desteklenen (a) ve kolona desteklenen (b) cephe panelinin kirişte sehim sonrası davranışı [63, 16].

4.1.2 Isıl performans

İç ve dış mekân arasında, kendi başına bir geçiş görevi üstlenen dış cephe, ısı bir filtre olarak görev yapıp aynı zamanda dış çevre koşullarına yeterli oranda uyum sağlayarak ısı performansını yerine getirmiş olur [66]. Beton esaslı prekast cephe panellerinde panelin ısı performansını 3 başlık altında incelenmektedir.

4.1.2.1 Katmanların ısı iletkenlik katsayıları ve kalınlıkları ve bunlara bağlı olarak yapı elemanının toplam ısı geçirgenlik katsayısı

Bir binada ısı performansının iyi olması binadaki özellikle dış kabuktaki yapı elemanı bileşenlerinden geçen ısı miktarı veya ısı kayıplarının en az seviyede olmasına bağlıdır. Isı geçirgenlik direnci, malzemenin ısı iletkenlik katsayısı ve malzemenin kalınlığına bağlı olarak değişmektedir. Duvar kalınlığı arttıkça panelin ısı geçirgenlik direnci de artmaktadır. Denklem 4.1’de tek tabakalı yapı bileşenine ait ısı geçirgenlik direncinin hesaplaması yer almaktadır **(4.1)** [67].

$$R = d / \lambda \quad (4.1)$$

R = ısı geçirgenlik direnci (m^2K/W)

λ = malzemenin ısı iletkenlik katsayısı (W/mK)

d = malzemenin kalınlığı (m)

Beton esaslı prekast cephe panellerinde katmanların ısı iletkenlik katsayıları ve kalınlıkları panelin toplam ısıl geçirgenlik katsayısını belirler. Panelin taşıyıcı ve/veya koruyucu katmanı olan beton katmanda betonun yoğunluğu, agrega cinsi ve bağlayıcı türü betonun ısı iletkenliğini dolayısıyla panelin ısıl geçirgenliğini etkilemektedir. Panelin yalıtım katmanında kullanılan yalıtım malzemesinin seçimi de panelin ısıl performansında önemli rol oynar. ISO ve CEN Standardına göre ısı iletim katsayısı 0,065 W/mK değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanmaktadır [68]. Prekast cephe panellerinde kullanılan bazı yalıtım malzemeleri ve ısı iletkenlik katsayıları aşağıda verilmektedir;

- Yüksek yoğunlukta taşıyıcı 50°C ortalama sıcaklık için: 0.035 W/mK
- Düşük yoğunlukta taş yünü 50°C ortalama sıcaklık için: 0.040 W/mK
- Genleştirilmiş Polistren köpük (eps) 10°C ortalama sıcaklık için: 0.033 W/mK
- Çekme Polistren köpük(xps) 10°C ortalama sıcaklık için: 0.025 W/mK
- Poliüretan köpük 10°C ortalama sıcaklık için: 0.023 W/mK [69].

Bir yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı (U), ısıl geçirgenlik direnci ile aşağıdaki şekilde ilişkilendirilmektedir **(4.2)** [67];

$$U = 1 / R_i + R + R_e \quad (4.2)$$

U = Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı (W/m².K)

R_i = İç yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci (m².K/W)

R_e = Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci (m².K/W)

Dış duvarlardan beklenen U değeri yapının bulunduğu iklim bölgesine göre değişmektedir. TS 825'e göre dış duvarlar için kabul edilebilecek maksimum U değerleri [67];

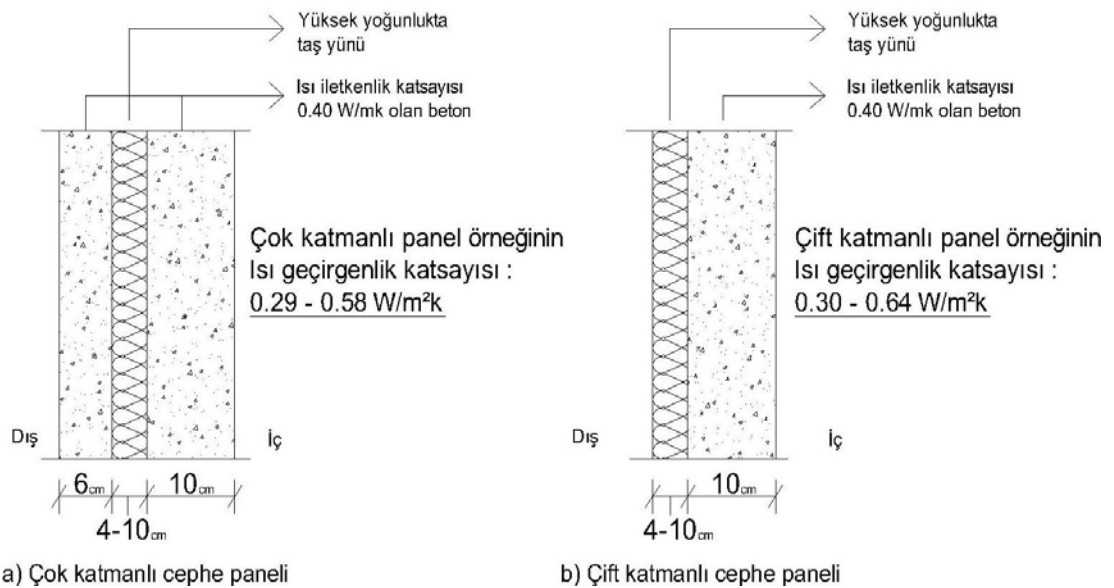
1. İklim bölgesi = 0.70 W/m²K
2. İklim bölgesi = 0.60 W/m²K
3. İklim bölgesi = 0.50 W/m²K
4. İklim bölgesi = 0.40 W/m²K; olarak belirlenmiştir.

Ancak, binalarda enerji performansı yönetmeliğince 1/4/2010 tarihinde yapılan düzenlemede madde 8'de yer alan açıklama şu şekildedir; "Isı kaybeden düşey dış

yüzeylerinin toplam alanının % 60'ı ve üzerindeki oranlarda camlama yapılan binalarda pencere sisteminin ısı geçirgenlik katsayısının (U_p) $2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'den büyük olmayacak şekilde tasarlanması ve diğer ısı kaybeden bölümlerinin ısıl geçirgenlik katsayılarının TS 825 standardında tavsiye edilen değerlerden % 25 daha küçük olmasının sağlanması durumunda, bu binalar TS 825 standardına uygun olarak kabul edilir." [70]. Bu nedenle, cephe panellerinin üretiminde bu yeni değerler dikkate alınarak panellerde kullanılan beton ve ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik katsayıları bu kapsamda değerlendirilerek belirlenmelidir. Binalarda enerji performansı yönetmeliğine göre dış duvarlardan beklenen U değerleri;

1. İklim bölgesi = $0.52 \text{ W/m}^2\text{K}$
2. İklim bölgesi = $0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$
3. İklim bölgesi = $0.37 \text{ W/m}^2\text{K}$
4. İklim bölgesi = $0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak düzenlenmiştir.

Şekil 4.11'de, ısı iletkenlik katsayısı $0,40$ olan beton katman ile ısı iletkenlik katsayısı $0,035 \text{ W/mK}$ olan ve kalınlığı $4\text{-}10 \text{ cm}$ arasında değişen yüksek yoğunlukta taş yününden oluşan çok katmanlı (a) ve çift katmanlı (b) panel örneklerine ait hesaplanan ısıl geçirgenlik katsayıları yer almaktadır. Binalarda enerji performansı yönetmeliğine göre verilen bu örnekteki çift ve çok katmanlı panel ancak yalıtım katmanının kalınlığının arttırılmasıyla istenilen değerlere ulaşabilmektedir.



Şekil 4.11 : Çok katmanlı ve çift katmanlı cephe panellerinin ısı geçirgenlikleri.

4.1.2.2 Kesit oluşumundaki katmanların sıralanışı ve yoğuşma riski açısından birbirlerine göre konumu

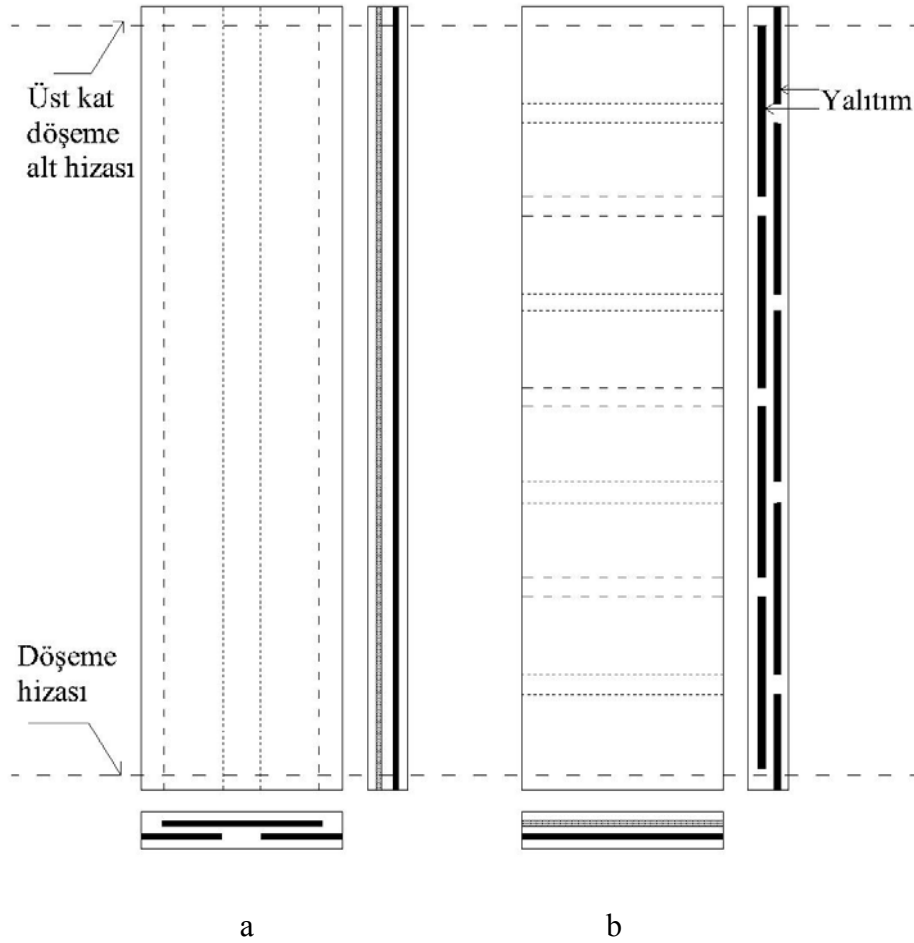
Cephe elemanının ısıl geçirgenlik katsayısının uygun olmasının yanı sıra katmanlaşmanın doğru düzende yapılması da ısıl performansını önemli derecede etkilemektedir. Örneğin, ısı yalıtımının dış duvar iç yüzeyinde olması durumunda, ısı yalıtım malzemesi su buharını geçiriyorsa yalıtım tabakası içinde veya arkasında yoğuşma meydana gelebilir. Bu durum, hem yalıtım tabakasının performansını etkilemekte hem de dış kabuğun hasar görmesine neden olabilmektedir. Yoğuşmanın önlenmesi için duvarı oluşturan tabakaların difüzyon dirençlerinin içten dışa doğru azalması gerekir. Isı yalıtımının dış yüzeye yakın tutulması ile yoğuşmanın önlenmesi ve ısı depolanmasının sağlanmasıyla birlikte panel büyük ısıl hareketlerden korunmuş olacaktır. Yine de, iç yüzeyde ısı yalıtım tabakası uygulanması durumunda, iç yüze uygulanan nem emici bir sıva, buhar kesici bir malzeme veya ara kesitte düzenlenen bir hava tabakası nemin dışarı atılmasını sağlayarak panel kesitindeki olası yoğuşma risklerini ortadan kaldırılabılır [49].

4.1.2.3 Cephe panelinde ısı köprüsü oluşumu

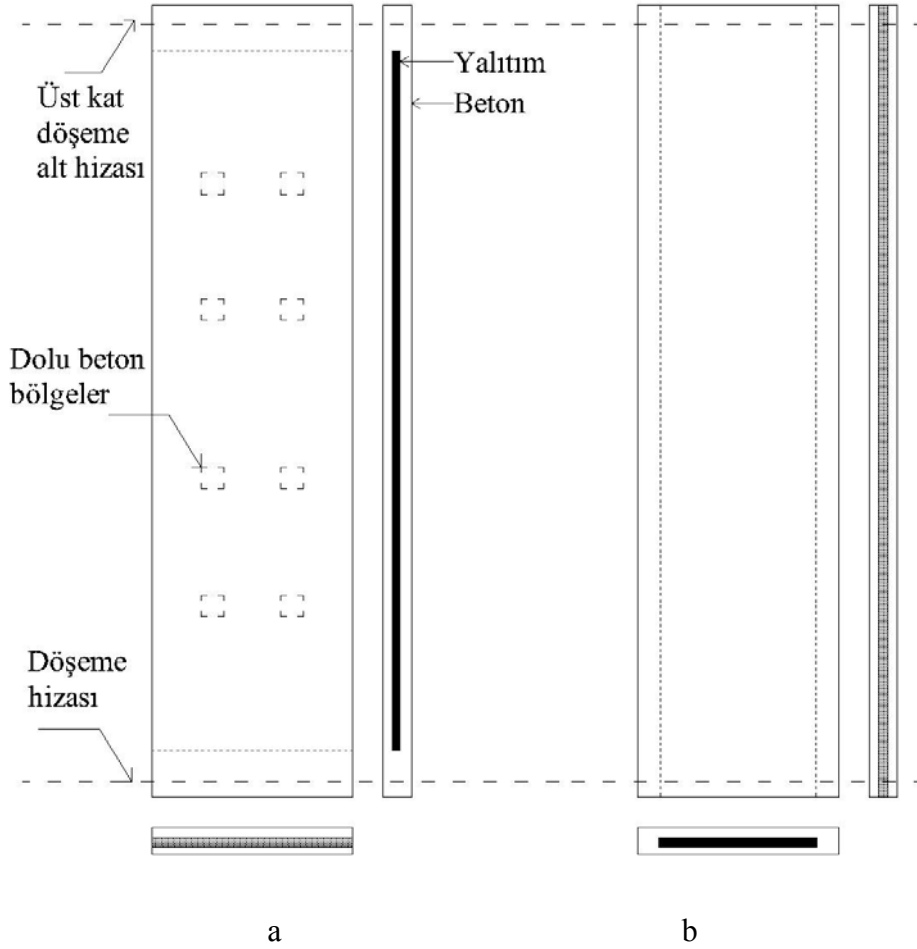
Isı köprüleri, farklı yapı elemanlarının bir araya geldiği bölgelerde konstrüktif nedenler ile, aynı yapı elemanı içinde yan yana bulunan farklı malzemelerin, farklı ısı özellikleri nedeni ile, aynı yapı elemanının oluşturduğu köşeler gibi biçimsel nedenler ile oluşmaktadır [71]. Bu kapsamda beton esaslı prekast cephe panelleri incelendiğinde panellerde ısı köprüsü genellikle katmanları bir arada tutan bağlantı elemanlarında ortaya çıkmaktadır.

Bağlantı elemanı bir beton katmandan diğer beton katmana yalıtım malzemesinden geçerek ulaşır. Bu durum, yalıtım katmanının devamlılığını engeller ve metalden yapılmış bağlantı elemanları ısı köprüsü oluşturur. Bu nedenle iki ve üç katmanlı panellerde özellikle katmanların bağlantı yerlerinde ısı köprülerini azaltacak gerekli önlemler alınmalıdır. Bu kapsamda, Amerika'da Lee ve Pessiki (2005) tarafından yapılan bir çalışmada iki ve üç beton katmana sahip panellerde ısı köprüsü oluşumu ve ısı direnci farkı incelenmiştir. Çalışmada, seçilen örneklerde katmanları bir arada tutmak, panelin taşınması ve kaldırılması sırasında bağlantı elemanlarını yerleştirmek gibi çeşitli nedenlerden dolayı dolu beton bölgeler (beton bağlantılar) oluşturulmuştur. Oluşturulan dolu beton bölgeler yalıtım katmanının yerleşimine

bağlı olarak değişmektedir. Şekil 4.12'de üç beton katman ve iki yalıtım katmanından oluşan paneller yer almaktadır. Yalıtım katmanının kademelendirilmesi panellerin ısı direncini önemli derecede etkilemektedir. Örneğin Şekil 4.12-a'da panel yüksekliğinde ve dar olan yalıtım katmanları yatayda kademelendirilerek dolu beton bölge oluşumu engellenmiştir. Şekil 4.12-b'de ise yalıtım katmanında kademelendirme düşeyde yapılarak ısı geçişi en aza indirilmeye çalışılmıştır. Böylelikle dolu beton bölgenin sürekliliği engellenmiştir. Ancak iki beton katmanı ve bir yalıtım katmanından oluşan panellerde (Şekil 4.13) bu bölgelerde ısı direncinde yaklaşık %45 azalma görüldüğü tespit edilmiştir. Çünkü bu bölgelerde tek yalıtım katmanı ile dolu beton bölgelerin sürekliliği engellenememektedir. Örneğin 4.13-a'da oluşturulan dolu beton bölgelerde yalıtım katmanı bulunmamaktadır. Şekil 4.13-b'de ise yalıtım katmanının yerleşimine bağlı olarak panelin kenarlarında oluşan yalıtımsız kısımlar ısı direncini azaltmaktadır. [72].



Şekil 4.12 : Üç beton ve iki yalıtım katmanından oluşan panel alternatifleri [72].



Şekil 4.13 : İki beton ve bir yalıtım katmanından oluşan panel alternatifleri [72].

Çelik çerçeve sistemli cephe panellerinde beton katmanın çerçeve sisteme bağlantısında bağlantı elemanı olarak demir çubuk kullanılmaktadır. Demir çubuk çerçeve sisteme kaynak yapılarak beton katmana ise aynı harç karışımıyla sarılarak sağlanmaktadır. Şekil 4.14’de çelik çerçeve sistemin dış katman ile bağlantı detayı görülmektedir. Demir çubuğun ısı iletkenlik katsayısının yüksek olması ve bağlantı bölgelerinde yalıtım katmanının incilmesi bu noktalarda ısıl direncin azalmasına neden olabilmektedir.

Beton esaslı prekast cephe panellerinde katmanlar arası ısı köprüsü oluşumunu engellemek için, kullanılan bağlantı elemanı, yalıtım malzemesi, panelin kesitte katmanlaşma düzeni birlikte ele alınıp değerlendirilmeli ve bağlantı elemanlarında ısı iletme katsayısı düşük malzeme kullanımı tercih edilmelidir.



Şekil 4.14 : Çelik çerçeve sistemin beton dış katman ile bağlantısı.

4.1.3 Su ve nem ile ilgili performans

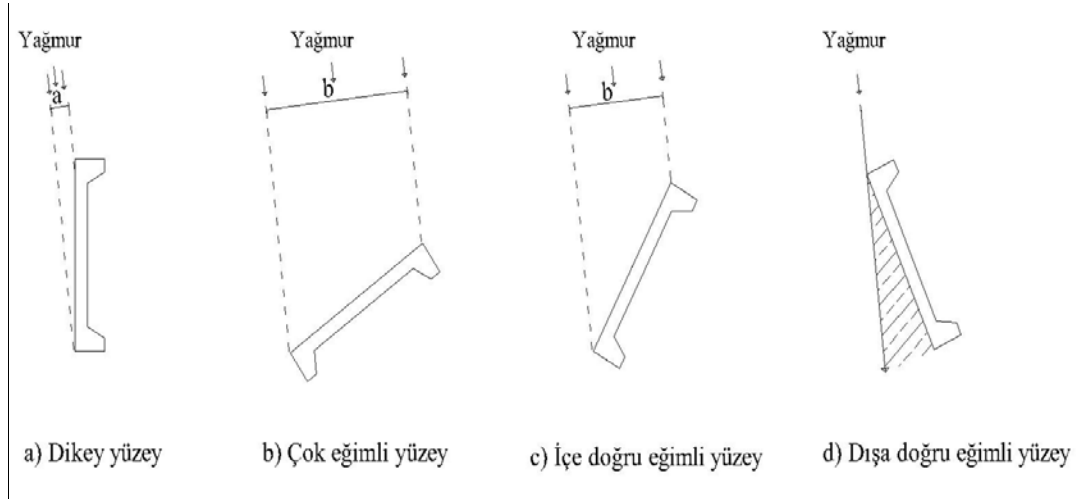
Su cepheden yapıya çeşitli yollarla ulaşabilmektedir. Dış duvarlardaki su etkisinin başlıca kaynağı yağmurdur. Dış duvarlara yağışla gelen suyun bir kısmı dış yüzeyden akıp gider veya sıçrarken bir kısmı da duvar tarafından emilmektedir. Yağış şiddeti, yağmur damlalarının büyüklüğü, hızı, rüzgârın hızı, yönü, yapının araziye yerleşimi, dış duvarların geometrik özellikleri ve panelin cepheye yerleşim şekli, vb. durumlar suyun yapıya etkilerini belirlemektedir.

Beton esaslı prekast cephe panellerinde dış çevre şartlarına en çok maruz kalan katman dış katmandır. Bu nedenle dış katman, cephe panellerini yağmur suyuna karşı koruyucu özellikte olmalıdır. Dış yüzeyde çatlak olması durumunda yağışla gelen su kılcallıkla yürür ve duvar elemanına zarar verir. Don olaylarının görüldüğü bölgelerde ise duvar elemanına giren su donar ve hacmi genişleyerek parçalanmalara neden olabilir. Örneğin, dış cephe bitişlerinde beton yalın hali ile kalıyorsa bu olay betonun parçalanmasına ve pul pul dökülmesine neden olur. Betonun donmaya karşı dayanıklılığını arttırmak amacıyla beton içerisinde mikroskobik hava hücreleri oluşturan maddeler kullanılabilmektedir. Mikroskobik hava hücreleri betonun kılcallığını keser, su geçirgenliğini önleyerek betonun donmasını engeller. Ayrıca, katkı olarak agreganın %5'i oranında atıl taşlar veya çimento ağırlığının %15-30'u kadar puzolan kullanılarak da betonun su geçirgenliği azaltılabilir [73]. Bu nedenle

malzeme seçiminde malzemenin donma direncine de dikkat edilmelidir. Ayrıca dış katmanda kullanılan malzeme ile istenilen su geçirimsizlik sağlanamıyorsa silikon esaslı su iticilerin cephe elemanının dış yüzeyine emprenye edilmesi söz konusu olabilir [74]. Böylelikle cephe elemanının kirlenmeye karşı da korunması sağlanır. Ancak, beton esaslı prekast cephe panellerinin en önemli tercih nedenleri bitmiş bir eleman olarak üretilmesidir. Daha sonradan ek olarak boya yapılması veya su geçirimsizlik için ek bir işlem uygulanması bitmiş bir eleman olma özelliğini kaybetmesine neden olurken maliyeti de arttırmaktadır.

Panelin bina cephesinde bulunduğu yön (kuzey, güney, doğu, batı), bulunduğu bölgedeki hakim rüzgar, panelin zemin, ara veya çatı katı paneli olması, yüksek veya alçak katta yer alması maruz kalacağı yağmur şiddetini ve miktarını etkilemektedir. Tasarım aşamasında gerekli verilere sahip olup cephe panellerinin dış katmanı bu anlamda değerlendirilmelidir. Bazı durumlarda panelin yönelişi ile yağmurun etkisi azaltılabilmektedir. Şekil 4.15’de dış cephe panelinin eğimli yerleşimine bağlı olarak yağmurun duvar yüzeyini ıslatma olasılığı yer almaktadır. Şekil 4.15-a’da panelin dikey olarak yerleşimi, şekil 4.15-b ve c’de panelin içe doğru eğimli yerleşimi görülmektedir. Ancak, çok eğimli yüzey (Şekil 4.15-b) yağmur etkisine pek fazla maruz kalınmayan az yağışlı bölgelerdeki uygulamalar için uygundur. Şekil 4.15-d panelin bölge veya konum itibarı ile fazla yağış alması durumunda önlem olarak uygulanabilmektedir. Panelin yerleşim şekli suyun cephe üzerindeki hareketini etkileyebileceği gibi cephede yüzeye bağlı kirlenme oranını da etkilemektedir. Örneğin, Şekil 4.15-c’de panelin eğimi kendi kendini temizleyebilmesi için en uygun olanıdır.

Ayrıca, kılcal çatlaklar, derzlerde yaşanan problemler, yoğunlaşma gibi nedenlerle cephe elemanına giren su montaj malzemelerinde korozyona neden olabilmektedir. Bu durum geri dönüşü olmayan hasarlar ile sonuçlanabilir. Gerekli önlemler tasarım aşamasında alınmalı uygulama aşamasında da montaj elemanlarının ve çelik çerçeve sistemin korozyona karşı dayanımını sağlayacak koruyucu boyalar kullanılmalı veya sıcak daldırma yöntemi ile galvaniz kaplanmalıdır [75].



Şekil 4.15 : Dış cephe panelinin eğimli yerleşimine bağlı olarak yağmurun duvar yüzeyini ıslatması [16].

Bölüm 4.1.2.2'de bahsedilen katmanlar arası yoğuşma riski, beton esaslı prekast cephe panellerinin su ve nem ile ilgili performansını da önemli derecede etkilemektedir. Burada katmanların kuruluş düzeninin önemi tekrar ortaya çıkmaktadır.

4.1.4 Ses yalıtımı

Ses yalıtımı, yapı elemanları aracılığıyla iletilen darbe, iç ve dış ortam seslerinin ve aşırı yankı miktarının azaltılması için elemanın konstrüksiyonunda, malzemeler ve bileşenlerinde alınacak her türlü önlemdir [62, 76].

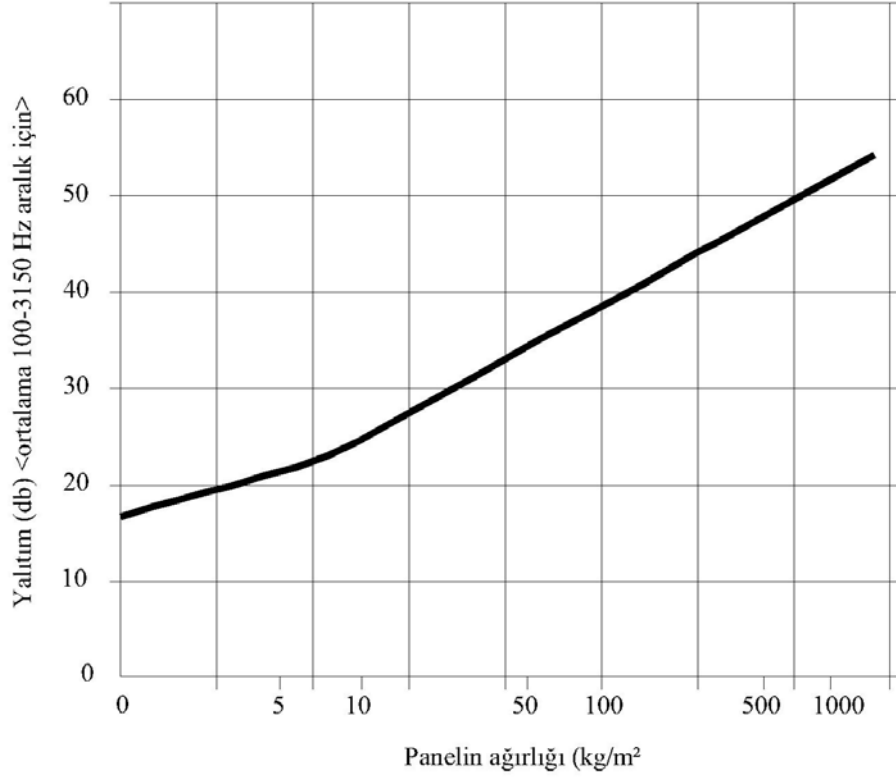
Son yıllarda hızla artan gürültü kirliliği insanların sosyal yaşantılarını önemli ölçüde etkilemektedir. Yaşam alanlarında bu kirlilikten insanları koruma görevi dış duvarlara düşmektedir. Bu nedenle diğer cephelerde olduğu gibi beton esaslı prekast cephe panellerinde, özellikle trafik gürültüsünün fazla olduğu yerlerde, ses yalıtımı önem taşır. Kirlilik yaratan gürültü tipleri; konut gürültüsü, trafik gürültüsü, endüstriyel gürültüler, hava taşıtları gürültüsü, deniz taşıtlarının gürültüsü, raylı sistem araçlarının gürültüsü şeklinde örneklendirilebilir. Yapının ve mekânların işlevleri de dış duvarlardan beklenen ses ile ilgili performansını belirleyicidir. Çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi yönetmeliğinde yer alan yaşanılan mekana göre kabul edilebilir ses basınç düzeylerine Çizelge 4.2'de yer verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Çeşitli kullanım alanlarında kabul edilebilir ses basınç düzeyleri [76].

Kullanım Alanı		Kabul Edilebilir ses basınç düzeyi; Leq (dBA)
Dinlenme Alanları	-Tiyatro salonları	25
	-Konferans salonları	30
	-Otel yatak odaları	30
	-Otel restoran	35
Sağlık Yapıları	-Hastaneler	35
Konutlar	-Yatak odaları (şehir)	35
	-Oturma odaları (şehir dışı)	40
	-Oturma odaları (şehir kenarı)	45
	-Oturma odaları (şehir)	60
	-Servis bölümleri (mutfak,banyo)	70
Eğitim Yapıları	-Derslikler, Laboratuvarlar	45
	-Spor salonu, yemekhane	60
Ticari Yapılar	-Özel Büro (uygulamalı)	50
	-Genel Büro (yazı, hesap bölümleri, dükkanlar)	60
Endüstri Yapıları	-Fabrikalar (küçük)	70
	-Fabrikalar (geniş kapsamlı)	80

Betonun ses yalıtım özelliği incelendiğinde prekast betonun yoğunluğu ve kalınlığı ile yeterli ve ekonomik bir ses kontrolü sağlanabilir. Şekil 4.16'da günümüz uygulamalarında sıkça kullanılan beton esaslı prekast hafif cephe panelleri başlığı altında incelenen cam elyaf katkılı prekast betonun ağırlığı ile ses yalıtımı ilişkisi yer almaktadır. Şekilde görüldüğü gibi malzemenin ses geçirimsizliği ağırlığı ile doğru orantılıdır. Birim hacim ağırlığının artması birim yüzey ağırlığının artmasına neden olur. Ancak malzemenin ses yalıtım özelliği iyi olsa da binaya getireceği yük göz ardı edilmemelidir. Bu nedenle beton katman ile birlikte ses yalıtım özelliğine sahip hafif malzemeler kullanılarak binaya etkiyen yük azaltılmalıdır.

Beton esaslı prekast cephe panellerinin katmanlar arasında yer alan bağlantı elemanlarının seçimi de panelin ses ile ilgili performansı açısından önemlidir. Bağlantı elemanlarının ses titreşimlerinin aktarımını önlemesi bakımından elastik bir özellikte olması sağlanmalıdır.



Şekil 4.16 : Panelin ağırlığı ve ses yalıtımı ilişkisi [39].

4.1.5 Yangın dayanımı ve kullanım güvenliği

Yapı elemanı, yangına maruz kalması durumunda hem yangına müdahaleyi hem de yangından kaçış için gerekli süreleri tasarım aşamasında belirlenen işlevini kaybetmeden sağlayabilmelidir. Yapı elemanının veya bileşeninin yük taşıma kapasitesini belirlenen bir sürede koruyabilmesi, yangının yayılmasına veya duman sızıntısına izin vermemesi binanın yangın dayanımını artırır [62].

Beton esaslı prekast cephe panellerinin yangın dayanımı, betonda kullanılan agrega cinsi, betonun ateşe maruz kalma süresi, sıcaklığın yüksekliği, panelde kullanılan yalıtım malzemesi, panelin kesit kalınlığı, derzlerde kullanılan malzemelerin yangın dayanımı ve yangın ve duman sızıntısı ile ilişkilendirilebilir.

Beton esaslı prekast cephe panellerinde taşıyıcı ve/veya koruyucu özellikteki katman beton katmandır. Bu nedenle yangın dayanımı panelin yangın direnci açısından önemlidir. Betonda kullanılan agrega cinsi yangın dayanımını etkilemektedir. Örneğin; hafif ve dolomit esaslı kalker agregaların silisli agrega ile üretilen betonlara göre yangın dayanımları daha yüksektir. Betonun ateşe maruz kalma süresi, sıcaklığın yüksekliği de yangın dayanımını etkilemektedir. Betonda 600°C'ye birkaç

saat içinde ulaşan sıcaklıklarda beton mukavemetinde %50'ye varan azalma görülmektedir, sıcaklığın 800°C'yi aşmasında bu oran %80'e ulaşmaktadır [73].

Beton esaslı prekast cephe panellerinde yer alan bir diğer katman ısı yalıtım katmanıdır. Cephe panellerinde seçilen ısı yalıtım malzemesinin yangına dayanımı ile birlikte malzemenin alev almaması ve yangın esnasında etrafa yaydığı gazların tehlike oluşturmaması da önemlidir. Bazı yalıtım malzemeleri hem zehirli hem de yangına müdahaleyi güçleştiren yüksek ısı ve toksin gaz oluşumuna neden olmaktadır. Çizelge 4.3'de yapı malzemelerinin yanıcılık sınıfları ile birlikte ilk 10 dakika içerisinde damlamanın olup olmadığı ve damlayan parçacıkların 10 saniyeden fazla yanıp yanmadıklarına göre yapılan sınıflandırma (d0, d1, d2) ve ilk 10 dakikada açığa çıkan dumana göre yapılan sınıflandırma (s1,s2 ve s3) yer almaktadır.

Çizelge 4.3 : TS EN 13501'e göre yapı malzemelerinin yanıcılık sınıfları (döşeme malzemeleri hariç) [77, 78].

Yanıcılık Sınıfı	Tanımı
A1	A1 sınıfı malzemeler, tam gelişmiş yangını da kapsayan yanmanın herhangi bir kademesinde yanmaya katkıda bulunmazlar. Bu nedenle, otomatik olarak bu malzemelerin daha aşağı sınıflar için belirlenen bütün özellikleri yeterince sağladığı kabul edilir.
A2	TS EN 13823'e göre B sınıfı için belirlenen kriterleri sağlar. İlave olarak, tam gelişmiş yangın şartı altında bu malzemeler yangın yükü ve yangın gelişmesine önemli ölçüde katkıda bulunmamalıdır.
B	C sınıfı için belirlenen kriterlere ilave olarak daha ağır şartları sağlar
C	D sınıfı için belirlenen kriterlere ilave olarak daha ağır şartları sağlar. Ayrıca tek alev başlıkla yapılan termal atak karşısında yanıl alev yayılması sınırlı bir oranda kalmalıdır.
D	E sınıfı kriterlerini sağlayan ve önemli ölçüde alev yayılması olmayan küçük bir alev atağı karşısında uzun bir süre direnç gösteren malzemeler. İlave olarak, yeterince tutulmuş ve sınırlı ısı açığa çıkaran tek yanan cisimle yapılan ısıl atak şartlarına dayanıklı olmalıdır.
E	Önemli ölçüde alev yayılması olmayan küçük bir alev atağı karşısında kısa bir süre direnç gösteren malzemeler.
F	Yangın performansı tayin edilmemiş ve A1, A2, B, C, D, E sınıflarından biri olarak sınıflandırılmayan malzemeler.
Duman oluşumu için ilave sınıflandırmalar	
s3	Duman üretimi açısından herhangi bir sınırlama olmayan
s2	Duman üretiminin artış hızı yanında toplam duman üretimi de sınırlandırılmış olan
s1	s2'den daha ağır kriterleri sağlayan
Yanma damlaları/tanecikleri için ilave sınıflandırmalar	
d2	Sınırlama yok
d1	Belirlenen süreden daha uzun sürede yanma damlaları/tanecikleri olmamalı
d0	Yanma damlaları/tanecikleri oluşmamalı

Yapı malzemesi veya yapı elemanları yangın esnasında özelliklerini korudukları süreye göre de sınıflandırılabilir. Uygun ısıtma ve basınç koşulları altında TS 1263, TS 4065 ile ilgili Avrupa Standartlarında belirlenen yanmaya dayanıklılık deneyleri sonucunda saptanan yapı malzemesi veya yapı elemanının yangına dayanıklılık süreleri aşağıda yer almaktadır [77];

- a) Yangına dayanıklılık süresi 30-59 dakika olan F30,
- b) Yangına dayanıklılık süresi 60-89 dakika olan F60,
- c) Yangına dayanıklılık süresi 90-119 dakika olan F90,
- d) Yangına dayanıklılık süresi 120-179 dakika olan F120,
- e) Yangına dayanıklılık süresi 180 dakika ve yukarısı olan F180

Ülkemizde uygulanması zorunlu olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik’ de taşıyıcı olmayan dış duvarların 3-5 kat arası binalarda A veya F30-B sınıfında, yüksek katlı binalarda ise A veya F90-AB sınıfında olması önerilir [77].

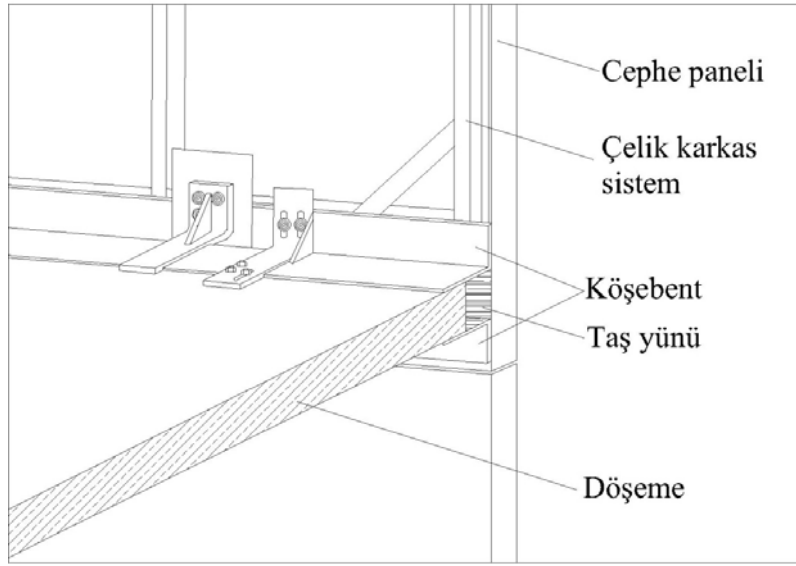
Beton esaslı prekast cephe panellerinde katmanlarda kullanılan malzemelerin yangın dayanımı panelin yangın dayanımını belirlemektedir. Örneğin, cephe panellerinde kullanılan gözenekli beton veya prekast betonun ve yalıtım malzemesinin A1 sınıfı olmasına dayanarak panellerin A1 yanmazlık sınıfına girebileceği söylenebilir [77, 78].

Beton esaslı prekast cephe panellerinde katmanlar arasında ve bina ile birleşimlerinde yer alan bağlantı elemanlarının yangına dayanımı sağlanmalıdır. Bağlantı elemanlarının işlevini yerine getirememesi panelin taşıyıcılığını kaybedip kopmasına ve düşmesine neden olabilir. Bu nedenle çelik malzemelerden yapılan bağlantı elemanlarının yangına karşı korunumunu sağlayacak malzemelerle kaplanması sağlanmalıdır.

4.2 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Birleşim Derzlerinin Performans Gereksinimlerine Bağlı Olarak Değerlendirilmesi

Beton esaslı prekast cephe panellerinde duvarın performansını önemli derecede etkileyen birleşim derzleri, strüktürel bağlantı ve devamlılığı sağlamasının yanında ısı, ses, su ve yangın yalıtımı özelliği de göstermesi gereklidir.

Cephe panellerinde birleşim derzleri paneller arasında ve panel ile bina arasında olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Panel ile bina arasında yer alan birleşim derzleri panelin mekanik performansı ile ilişkili olması nedeniyle bölüm 4.1.1.3'de detaylı olarak ele alınmıştır. Ancak bu birleşimlerde seçilen bağlantı şekline uygun ısı ve ses yalıtımı yapılmalı yangın direnci sağlanarak yangın ve duman sızıntısı engellenmelidir. Cephe panellerinin bina ile birleşimleri kuru bağlantılar ile sağlanıyorsa panel ile döşeme arasında, panelin ve bağlantı elemanlarının tasarımına ve uygulamasına göre değişen, panelin bina ile ayrı hareketini sağlaması ve panel ve bağlantı elemanlarında gerekli toleransların sağlanabilmesi amacıyla belirli bir açıklık düzenlenmektedir. Yangın esnasında katlar arasında yangının yayılmasını ve duman sızıntısını engellemek amacıyla açıklıklar taş yünü veya cam yünü ile doldurularak saç plaka veya köşebent yardımıyla kapatılabilir [38, 57]. Bu sayede katlar arası ses geçişinin de engellenmesi sağlanır. Şekil 4.17'de panelin bina ile birleşim derzlerinde yangın ve ses yalıtımının sağlandığı alttan oturtmalı cephe paneli örneği yer almaktadır.



Şekil 4.17 : Köşebent ve taş yünü ile panel döşeme/kiriş arasında ses ve yangın yalıtımı

Paneller arası birleşim derzlerinde ise özellikle kullanılan derz malzemesi ve uygulama şekline dikkat edilmelidir. Beton esaslı prekast cephe panellerinde istenilen performansı sağlayabilmek için paneller arası birleşimlerde kullanılan derz malzemelerinden beklenen bazı özellikler bulunmaktadır. Bunlar ;

- Panellerde yer alan yatay ve düşey derzler hava ve su geçirimsizliğini sağlamalı,
- Isı ve ses yalıtma ve yangın dayanım özelliği göstermeli,
- Aşırı sıcak veya dondan etkilenmemeli,
- Sıcaklık farklılıkları veya strüktürel hareketler nedeniyle cephe panellerinde oluşan uzama kısılma gibi hareketlere uyum sağlayacak elastik özellikte olmalı,
- Yüksek adezyon özelliğine sahip olmalı,
- Cephede kötü görüntü oluşturmamalı, kir tutmamalı ve rengi bozulmamalı,
- Isı köprüsü oluşturmamalı,
- Uygulaması ve bakımı kolay olmalıdır.

Tasarım aşamasında derz aralıkları belirlenirken panel boyutları dikkate alınır. Bununla ilgili Çizelge 4.4’de panel boyutlarına bağlı olarak uygun derz derinlik ve genişlikleri verilmektedir.

Çizelge 4.4 : Panel birleşim yerlerinin genişlikleri ve derz malzemelerinin derinliklerinin panel boyutu ile ilişkisi [1].

Panel (m.)	2	2-3,5	3,5-5	5-6,5	6,5-8
Derz Genişliği (+10°C) (mm.)	15	20	25	30	35
Derz Derinliği (mm.)	8	10	12	15	15
İzin Verilen Sapma (mm.)	±2	±2	±2	±3	±3

Derz malzemesinden beklenen performansa göre malzeme seçimi yapılmalıdır. Örneğin, kür süresi uzunluğu (kür süresi uzun olan macunlarda kir toplanması ve derzin hareketi ile hasar meydana gelmesi), maksimum derz hareketi, esnekliği, basınç ve çekme dayanımı, uygulanabilir sıcaklık aralıkları, kopma, yırtılma, aşınma dayanımı, ultraviyole dayanımı (dış yüzeyde kullanılmaları dış etkilere karşı)

etkilenme olasılığı) derz malzemesi seçimini etkilemektedir (Çizelge 2.2). Uygun şartlara ve istenilen özelliklere göre derz malzemesi seçimi yapıldıktan sonra uygulamada dikkat edilmesi gereken bazı konular vardır. Bunlar;

- Derz malzemelerinin derz aralarına uygun şekilde yapışabilmesi için panel kenarlarının düzgün, temiz, kuru olmasına, tozdan yağdan arındırılmış olmasına dikkat edilmelidir. Gerekli durumlarda primer, kum püskürtme, mekanik aşındırma gibi çeşitli yöntemler ile derz aralarının temizliği yapılmalıdır.
- Derz aralarının temizliği yapıldıktan sonra tıkama malzemesi yerleştirilir. Bu aşamada tıkama malzemesinin her yerde eşit kalınlıkta olmasına özen gösterilmeli ve tıkama malzemesi derz sızdırmazlık malzemesi için uygun derinliği sağlamalıdır.
- Derz malzemelerinde kopmanın gerçekleşmemesi için derz derinliği ve genişliği arasındaki, panel boyutuna göre değişen, 1/2 (derinlik/genişlik) oranına uyulması gerekmektedir [79] (Çizelge 4.4).
- Derz malzemelerinin uygulanması giriş veya döşemenin engellememesi için dışarıdan yapılmalıdır [14].
 - Uygulamanın yapılacağı hava sıcaklığına dikkat edilmelidir. Yüksek sıcaklıklarda panel boyutlarının genişlemesi ve buna bağlı olarak derz aralarının daralması ile derz malzemesinin basınca maruz kalması; soğuk havalarda panel boyutlarının daralarak derz aralığının genişlemesi ile derz malzemesinin yüksek gerilmelere maruz kalması sonucu kopmalar oluşabilir.

Derz aralarında geçirimsizliğin sağlanabilmesi duvar panellerinden beklenen performans değerlerine ulaşılabilmesi açısından oldukça önemlidir. Panelin dış etkenlerden en çok etkilenecek olan bölümü derzin dış kısmında yer alan sızdırmazlık malzemesidir. Çeşitli nedenlerle zarar gören ve geçirimsizlik özelliğini kaybeden derz malzemelerinin değişimi zor olsa da olanaklıdır. Ancak, ikinci sızdırmazlık malzemesi olarak kullanılan derz tıkama malzemesinin zarar görmesi onarımı mümkün olmayan hasarlara neden olabilir. Derz malzemelerinin derinlik ve genişlikleri veya derz malzemelerinin uygulama şekilleri ne kadar önemliyse malzemenin yerine veya iklimine göre doğru seçilmesi de bir o kadar önemlidir. Örneğin, sürekli sıcaklık değişimi esnek bir malzemeyi, rüzgâr basıncı aderans

kabiliyeti yüksek bir malzemeyi, yağmur etkisi suyu geçirmeyen ya da sudan bozulmayan malzemeyi, güneş ışıını güneşten bozulmayan inorganik malzemeyi gerekli kılmaktadır [45].

Panellerin uzun dönem performansı açısından derz malzemelerinin kullanımı ve bakımı büyük önem taşır. Çeşitlerine göre farklılık göstermekle birlikte her 7-20 yıl arasında bakımları yapılmalıdır [80].

5.ALAN ÇALIŞMASI

Alan çalışmasında beton esaslı prekast cephe panellerinin günümüzde kullanımı İstanbul bölgesinden seçilen 5'i bitmiş 10'u uygulama aşamasında 15 bina incelenerek yapısal performansları değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda bazı firmaların çeşitli şantiyeleri ve ofisleri ziyaret edilerek uygulama süreçleri yerinde görülmüş ve projelerden detaylar incelenmiştir.

5.1 Türkiye’de Kullanılan Beton Esaslı Prekast Cephe Panelleri

Literatür çalışmaları ile paralel yürütülen alan çalışmasında, beton esaslı prekast cephe panellerinin bileşen özelliklerine ve uygulama şekillerine göre farklılaşan, son zamanlarda kullanımının artması nedeniyle literatürde henüz çok fazla yer almayan çeşitleri bulunmaktadır. Yapılan çalışmada İstanbul’da yer alan çeşitli şantiyeler gezilerek elde edilen veriler toplanmış ve Türkiye’de kullanımı giderek artan cam elyaf katkılı beton esaslı prekast cephe panelleri alanda incelenen örneklerle dayanarak bileşenlerine ve uygulama şekillerine göre sınıflandırılmıştır. Beton esaslı hafif cephe panelleri başlığı altında çift katmanlı paneller grubunda incelenen cam elyaf katkılı beton panellerin son yıllarda Türkiye’de büyüyen bir pazar payına sahip olduğu görülmüştür. Firmalar panel bileşenlerini ve uygulama şeklini değiştirerek çeşitli cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerini kullanmaktadır. Dünyada GRC veya GFRC (Glass Fibre Reinforced Concrete) olarak bilinen ve 1970’li yıllarda kullanımı yaygınlaşan cam elyaf katkılı beton cephe panellerinin ülkemizde, 1980’li yıllarda kullanımına başlanmıştır [27, 28, 38, 57]. Hızla yükselen binalardaki kullanım avantajları özellikle prestijli yüksek katlı binalarda en çok kullanılan prekast dış duvar elemanı haline gelmesini sağlamıştır.

Cam elyaf katkılı prekast beton cephe panelleri, paneli dış etkilere karşı koruyan bir dış katman ve yalıtımı sağlayan yalıtım katmanından oluşmaktadır. Taşıyıcılık özelliğine göre taşınan cephe panelleridir. Ağırlıkları, bünyesinde bulunan çelik çerçeve sistem aracılığıyla binaya aktarılır. Fabrikada üretimi tamamlanarak binaya

hazır olarak gelirler. Taşıma sınırları içinde istenilen biçim ve boyutlarda üretilirler.

Cam elyaf katkılı prekast beton cephe panelleri yapılan alan çalışmasına dayalı olarak bileşenlerine ve uygulama şekillerine göre sınıflandırılmıştır.

5.1.1 Alanda incelenen cam elyaf katkılı prekast beton cephe panelleri

Alanda incelenen prekast beton cephe panelleri iki katmandan oluşmaktadır. Dış katman tüm panel tiplerinde aynıdır ve çimento, kum, su karışımının alkaliye dayanıklı cam elyafı ile güçlendirilmesiyle oluşturulur [27, 28, 29]. İçeriğine kimyasal özel katkıları karıştırılarak su geçirimsizlik, mukavemet ve dayanım gibi özellikleri artırılabilir. Prekast beton duvar panellerinde ayrıca panelin taşıyıcılığını sağlayan çelik çerçeve sistem yer almaktadır. Panelin 2. katmanı yalıtımı sağlayan katmandır. Yalıtım katmanında köpük beton, taş yünü, polistren agregalı betonun kullanıldığı örnekler olduğu gibi yalıtım katmanı olmadan oluşturulan ve yalıtımsız (çelik çerçeve sistemli) cephe kaplama elemanı olarak adlandırılan örneklerde bulunmaktadır.

Cam elyaf katkılı prekast beton cephe panelleri şantiyelerde yapım aşamasında ve bitmiş binalarda yapılan alan çalışmaları, görüşülen firmalar ve literatür araştırmalarına dayanarak bileşenlerine göre 4 gruba ayrılmıştır. Kullanımı hızla artan cam elyaf katkılı beton cephe panellerinde ana gövdede kullanılan yalıtım katmanı değiştirilerek farklı alternatifler oluşturulmaktadır. Ancak, özellikle İstanbul'daki binaların büyük bir çoğunluğunda 4 farklı panel örneğinin kullanıldığı gözlemlenmiştir.

5.1.1.1 Ana gövdede köpük beton kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton paneller

Dış kabuk malzeme cam elyaf katkılı 10-15 mm kalınlığında bir betondur. Panelin taşıyıcı kısmı olan çelik çerçeve sistem üretim aşamasında özel bağlantı elemanları ile panelin dış kabuğuna desteklenir (Bölüm 3.2.2.2). Oluşturulan çelik çerçeve sistemli dış kabuk elemanı içine köpük beton doldurularak çift katmanlı beton paneller oluşturulmaktadır. Cephe panelleri kalıplanarak üretildiği için form ve dokuda esneklik sağlanmaktadır.

Ana gövdede köpük beton kullanılan cam elyaf katkıli prekast cephe panellerinin bazı özellikleri, alan çalışmasında incelenen örneklerin üreticilerinden sağlanan teknik bilgiler derlenerek oluşturulmuş ve Çizelge 5.1’de dış katmana, Çizelge 5.2’de yalıtım katmanına (köpük beton), Çizelge 5.3’de panele ait bazı teknik bilgilere yer verilmiştir. Dış katmanın ve özellikle panelin teknik verileri incelendiğinde başlıca performans gereksinimlerinin (ısıl performans, ses yalıtımı, yangın dayanımı) karşılanabildiği görülmektedir.

Çizelge 5.1: Cam elyaf katkıli beton katmana ait bazı teknik bilgiler [36, 38, 57].

Teknik bilgiler	
Ağırlık (Dış katman)	30-35 kg/m ²
Ağırlık (Dış katman ve konstrüksiyon)	40-45 kg/m ²
Üretim kalınlığı	10-15 mm
Yoğunluk	1900-2200 kg/m ³
Isıl iletkenlik katsayısı	0,8-1,2 W/mK
Ses yalıtımı	30dB*
Yangın dayanımı	A ₁
Renk alternatifleri	İsteğe bağlı renkli üretim
*10 mm kalınlıkta 300 Hz’de 22 dB, 400 Hz’de 39 dB, Normal şartlar altında 30 dB kabul edilebilir.	

Çizelge 5.2 : Yalıtım katmanına (köpük beton) ait bazı teknik bilgiler [57].

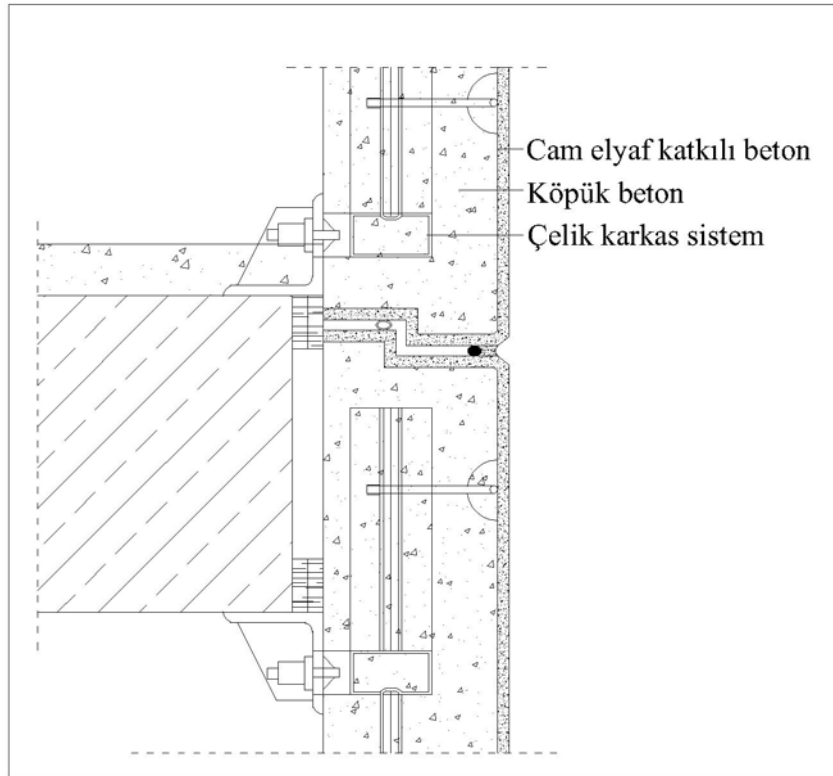
Teknik bilgiler	
Ağırlık	70-90 kg/m ²
Üretim kalınlığı	15-18 cm
Yoğunluk	350-400 kg/m ³
Isı iletkenlik katsayısı	0,077-0,085 W/mK
Ses yalıtımı	35dB*
Yangın dayanımı	A ₁

* 15 cm kalınlık için 500 Hz’de 35 dB ses yalıtımı.

Çizelge 5.3 : Yalıtım katmanında köpük beton kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton cephe paneline ait bazı teknik bilgiler [57].

Teknik bilgiler	
Ağırlık	115-130 kg/m ²
Üretim kalınlığı	16-19,5 cm
Isıl geçirgenlik katsayısı	0,39-0,51 W/m ² K
Yangın dayanımı	A ₁
Üretim boyutları	4-5 m. ölçülerde, 10-15m ² büyüklükte

Yalıtım katmanında köpük beton kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton panellerin Şekil 5.1’de düşey kesit detayı ve Şekil 5.2’de farklı boyutlarda üretilen uygulama örnekleri yer almaktadır. Şekil 5.1’de panelin bileşenleri ile birlikte panellerin birbirleri arasındaki birleşimler ve bina ile birleşimlerini sağlayan bağlantı elemanları yer almaktadır.



Şekil 5.1 : Ana gövdede köpük beton kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton panel detayı.



a) Küçük boyutlu panel örneği



b) Büyük boyutlu panel örneği

Şekil 5.2 : Ana gövdede köpük beton kullanılan prekast beton paneller.

Alanda uygulaması incelenen bazı örnekler Şekil 5.3-5.5’de yer almaktadır. İncelenen örneklerde panellerin kalınlıkları 15-18 cm arasında değişmektedir. Şekil 5.3’de cephe panellerinin yüksek katlı binalarda uygulanması görülmektedir. Ayrıca, her binada farklı boyut, biçim ve renkte panel üretimi söz konusudur. Panellerin renk seçiminde daha çok beyaz çimento rengi tercih edilirken isteğe bağlı olarak farklı renklerde kullanılmıştır. Şekil 5.4’de farklı renk alternatifleri görülmektedir. Şekil 5.4-b’de beyaz çimento rengi ile isteğe bağlı üretilen farklı bir rengin tek bir panelde kullanımı yer almaktadır. Cephe panellerinin boyutsal özelliklerine göre, opak ve saydam yüzeylerin oranına bağlı olarak, küçük (Şekil 5.5-a), orta (Şekil 5.4-a,5.5-b), büyük boyutlu (Şekil 5.3-b), kat yüksekliğinde ve parapet panellerinin, biçimsel özelliklerine göre boşluksuz kendinden fugalı veya fugasız ve kapalı boşluklu cephe panellerinin kullanımına rastlanmıştır. Aynı zamanda cephe panelleri farklı malzemeler ile farklı cephelerde kullanılabilmektedir. Şekil 5.4-a’da binanın görünen cephelerinde cam elyaf katkılı prekast beton cephe paneli kullanılmış arka cephesinde ise gaz beton ile duvar örümü yapılmıştır. Şekil 5.5-a’da ise binanın yan cephelerinde cam elyaf katkılı prekast beton cephe paneli kullanılırken ön cephede estetik amaçlı titanyum çinko kaplama kullanılmıştır.



a) Anthill Rezidans



b) Palladium Rezidans

Şekil 5.3 : Yüksek katlı binalarda cephe panellerinin uygulanması



a) Opera Rezidans



b) Gayrettepe Rezidans

Şekil 5.4 : Cephe panellerinde farklı renk alternatifleri



a) Gezi Oteli



b) Polat Oteli

Şekil 5.5 : Küçük ve orta boyutlu cephe panellerinin büyük boyutlu cam yüzeyler ile kullanımı

5.1.1.2 Ana gövdede polistren agregalı beton kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton paneller

Cam elyaf katkılı beton dış katmanının çelik çerçeve sistem ile desteklenmesi ve daha sonrasında içine polistren agregalı beton doldurulmasıyla oluşturulan çift katmanlı prekast beton panellerdir. Panelin teknik özellikleri içinde panel kalınlıkları, panel boyut limitleri ve her form ve dokuda üretilebilme özelliği ana gövdede köpük beton kullanılan prekast beton paneller ile benzerlik göstermektedir. Çizelge 5.4’de yalıtım katmanına ait (polistren agregalı beton), Çizelge 5.5’de panele ait incelenen örneklerin üreticilerinden sağlanan bazı teknik bilgiler yer almaktadır. Dış katman tüm panel tiplerinde aynı olduğu için teknik bilgileri Çizelge 5.1 ile benzerlik göstermektedir.

Teknik bilgiler incelendiğinde panelin ısı performans, üretim kalınlığı ve boyutları ana gövdede köpük beton kullanılan cephe panelleri ile benzerlik gösterirken ağırlığı köpük beton kullanılan cephe panellerine göre daha azdır.

Çizelge 5.4 : Yalıtım katmanına (polistren agregalı beton) ait bazı teknik bilgiler [36].

Teknik bilgiler	
Ağırlık	25-40 kg/m ²
Üretim kalınlığı	9-18 cm
Yoğunluk	300-360 kg/m ³
Isı iletkenlik katsayısı	0,070W/mK
Ses yalıtımı	-
Yangın dayanımı	-

* Toplam panel ağırlığından Çizelge 5.1’de yer alan dış katman ve konstrüksiyon ağırlığı çıkartılarak hesaplanmıştır.

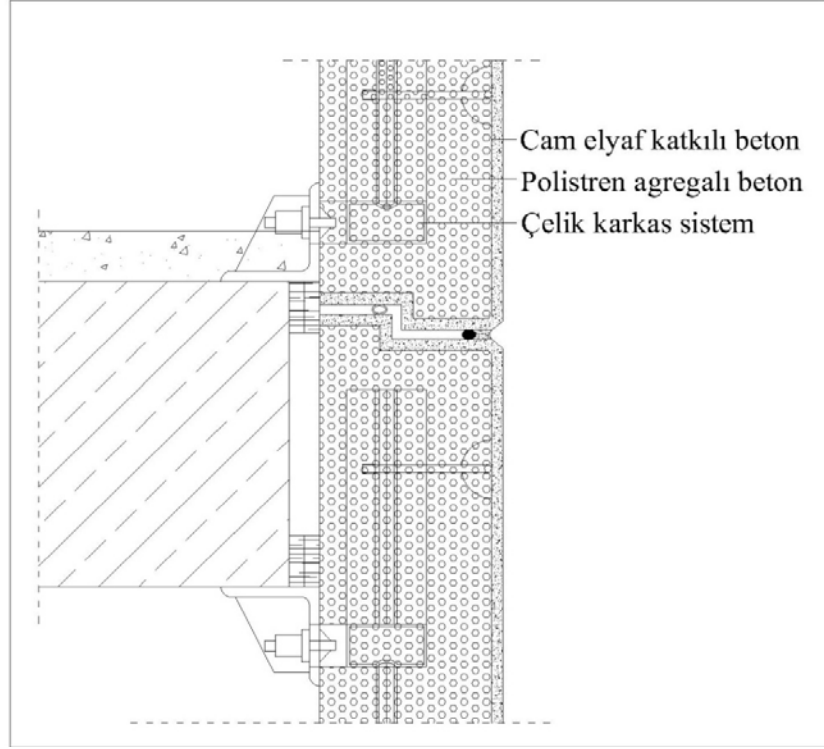
Çizelge 5.5 : Yalıtım katmanında polistren agregalı beton kullanılan cam elyaf katkıli prekast beton cephe paneline ait bazı teknik bilgiler [36].

Teknik bilgiler	
Ağırlık	70-80 kg/m ²
Üretim kalınlığı	10-20 cm
Isıl geçirgenlik katsayısı	0,43 W/m ² K *
Yangın dayanımı	-
Üretim boyutları	4-5 m. ölçülerde, 10-15m ² büyüklükte

* 15cm kalınlıktaki panel için verilmiştir.

Özellikle İstanbul’da uygulama alanı bulan polistren agregalı beton panellerin Şekil 5.6’da düşey kesiti, Şekil 5.7’de ise kutu profillerden oluşturulmuş bir çerçeve sistem ile panelin yalıtım katmanı ve dış katmanının görülebildiği panel örneği yer almaktadır. Şekil 5.8’de bazı uygulama örnekleri (Şekil 5.8-a orta boyutta panel örneği, şekil 5.8-b yalıtım katmanı detayı), Şekil 5.9’da alan çalışması kapsamında incelenen yüksek katlı bir binada büyük boyutlu cephe panellerinin farklı renk alternatifleri ile kullanımı görülmektedir. Bu örnekte küçük boyutlu panel üretimi söz konusu olmadan kapalı boşluklu paneller ile cephenin kaplanması sağlanmıştır.

Ayrıca, yüksek katlı bir binada büyük boyutlu cephe paneli kullanımından kaçınılmadığı görülmektedir.



Şekil 5.6 : Ana gövdede polistren agregalı beton kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton panel detayı 1.



Şekil 5.7 : Ana gövdede polistren agregalı beton kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton panel detayı 2.



a) Orta boyutlu panel örneği



b) Panelin yalıtım katmanı

Şekil 5.8 : Ana gövdede polistren agregalı beton kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton panellerin uygulama örnekleri.



Şekil 5.9 : Büyük boyutlu ve farklı renklerdeki cephe panellerinin yüksek katlı bir binada kullanımı.

5.1.1.3 Ana gövdede mineral yünler kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton paneller

Dış kabuk ve çelik çerçeve sistem diğer alternatifler ile aynı özellikleri taşımakta, yalıtım katmanında ise diğer alternatiflerden farklı olarak mineral yünler uygulanmaktadır (Şekil 5.10). Ana gövdede mineral yünlerin kullanılması ısı performansını artırırken panel ağırlığını azaltmaktadır. Panel ağırlığının azalması hem montajda hem nakliyyede büyük kolaylık sağlar. Isı yalıtımının dış katman iç yüzeyinde olması durumunda, ısı yalıtım malzemesi su buharını geçiriyorsa yalıtım tabakası içinde veya arkasında yoğuşma problemi ortaya çıkabilir. Bu durum hem yalıtım tabakasına hem de dış kabuğa zarar verebilir. Bu nedenle, bu tip panellerde mineral yün buhar kesici alüminyum folyo ile sarılarak uygulanır. Daha sonra sıva filesi uygulaması ve dış katman ile aynı malzemeden oluşturulan iç sıvanın yapılmasıyla panel montaja hazır hale getirilir. Şekil 5.11’de konstrüksiyonu açıkta kalan panel örneğinde iç yüzey bitirme işlemleri yer almaktadır. Diğer cephe panellerinden farklı olarak panel konstrüksiyonunun açıkta kalması iç yüzeyde, diğer uygulamalarda da çoğunlukla yapılan, ikinci duvarı zorunlu kılmaktadır.

Alan çalışmasında yalıtım katmanında taş yünü kullanılan cephe panelleri incelenmiştir Çizelge 5.6’da incelenen panelin yalıtım katmanına ait, Çizelge 5.7’de incelenen panele ait bazı teknik bilgiler yer almaktadır. Yalıtım katmanında taşıyünü kullanılan cephe panelleri alternatif cephe panellerinin yaklaşık yarısı kadar bir ağırlığa sahipken aynı ısı performansına daha az kalınlıkla ulaşabilmektedir.

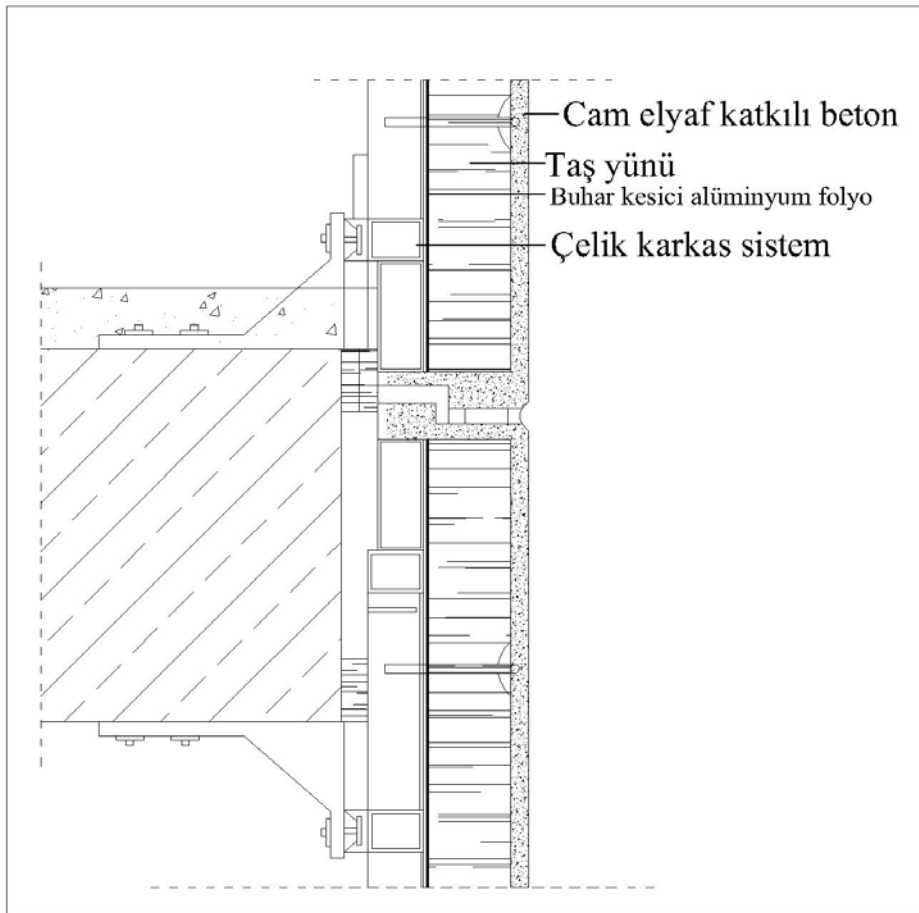
Çizelge 5.6 : Yalıtım katmanına (taş yünü) ait bazı teknik bilgiler [38, 67, 81].

Teknik bilgiler	
Ağırlık	10-25 kg/m ²
Üretim kalınlığı	5-10 cm
Yoğunluk	100 (± 10) kg/m ³ [81]
Isı iletkenlik katsayısı	0,035-0,050 W/mK [67]
Ses yalıtımı	-
Yangın dayanımı	A ₁

* Toplam panel ağırlığından çizelge 5.1’de yer alan dış katman ve konstrüksiyon ağırlığı çıkartılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.7 : Yalıtım katmanında taş yünü kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton cephe paneline ait bazı teknik bilgiler [38].

Teknik bilgiler	
Ağırlık	55-65 kg/m ²
Üretim kalınlığı	7-12 cm
Isıl geçirgenlik katsayısı	0,35-0,66 W/m ² K
Yangın dayanımı	A ₁
Üretim boyutları	4-5 m. ölçülerde, 10-15m ² büyüklükte



Şekil 5.10 : Ana gövdede mineral yünler kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton panel detayı



Şekil 5.11 : Ana gövdede taş yünü kullanılan prekast beton panel örneği

Mineral yünlerin kullanıldığı örneklerde yalıtım katmanı için priz süresi beklenmesine gerek olmaması üretim sürecini kısaltmaktadır. Şekil 3.8’de (Bölüm 3.2.2.2) ana gövdede taş yünü kullanılan cam elyaf katkıli prekast beton panelin üretim sürecine yer verilmiştir.

Şekil 5.12-a’da panelin çelik çerçeve sistemi, Şekil 5.12-b’de panel içerisinde yer alan taşyünü, alüminyum folyo, sıva filesi ve dış katman ile aynı malzemeden (cam elyaf katkıli beton) oluşan sıva uygulaması yer almaktadır.



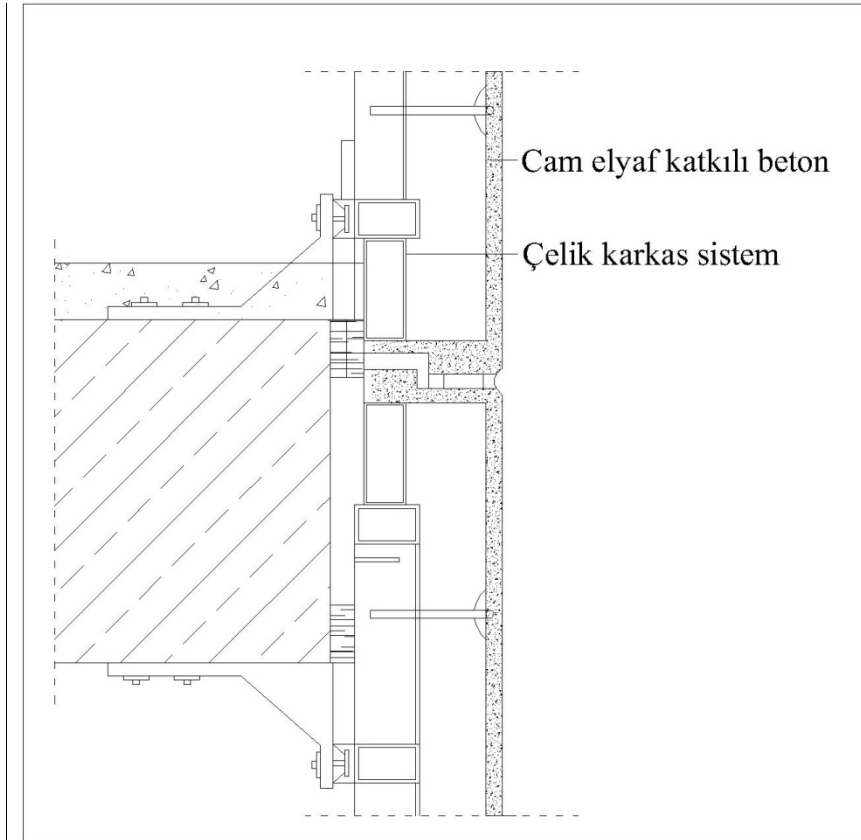
a) Panelde yer alan çelik çerçeve sistem b) Panelin yalıtım katmanı

Şekil 5.12 : Ana gövdede taş yünü kullanılan cam elyaf katkıli prekast beton panel.

5.1.1.4 Yalıtımsız cephe kaplama elemanları

Yalıtımsız cephe kaplama elemanları, cam elyaf katkılı dış katman ve bu katmana desteklenmiş çelik çerçeve sistemden oluşmaktadır (Şekil 5.13). Panelin kendi bünyesinde yalıtım katmanı yer almaz.

Çelik çerçeve sistemli cephe kaplama elemanları içeriden yapılan ikinci bir duvar ile hazır cephe paneli olarak kullanılabilirdiği gibi yalıtıma gerek duymadan, mevcut dış duvarlara dekoratif cephe elemanı (pencere söveleri, kat silmeleri, harpuştalar, dekoratif sütunlar) veya betonarme yüzeylerde kaplama elemanı olarak da kullanılmaktadır. Çizelge 5.1’de yer alan teknik bilgiler cam elyaf katkılı yalıtımsız cephe kaplama elemanları için de kullanılabilir.



Şekil 5.13 : Çelik çerçeve sistemli cephe kaplama elemanı detayı.

Şekil 5.14’de parapet paneli olarak kullanılan, Şekil 5.15’de az katlı bir binada duvar örümü gerçekleştirildikten sonra binaya asılan yalıtımsız cephe kaplama elemanı örnekleri görülmektedir. Şekil 5.15’de sadece estetik amaçlı cephe panelleri kullanılmıştır.



Şekil 5.14 : Parapet paneli olarak kullanılan yalıtımsız cephe kaplama elemanı



Şekil 5.15 : Az katlı bir binada yalıtımsız cephe kaplama elemanının kullanımı

5.1.2 Alanda incelenen cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerinin uygulamada yer alan iç kaplama alternatifleri

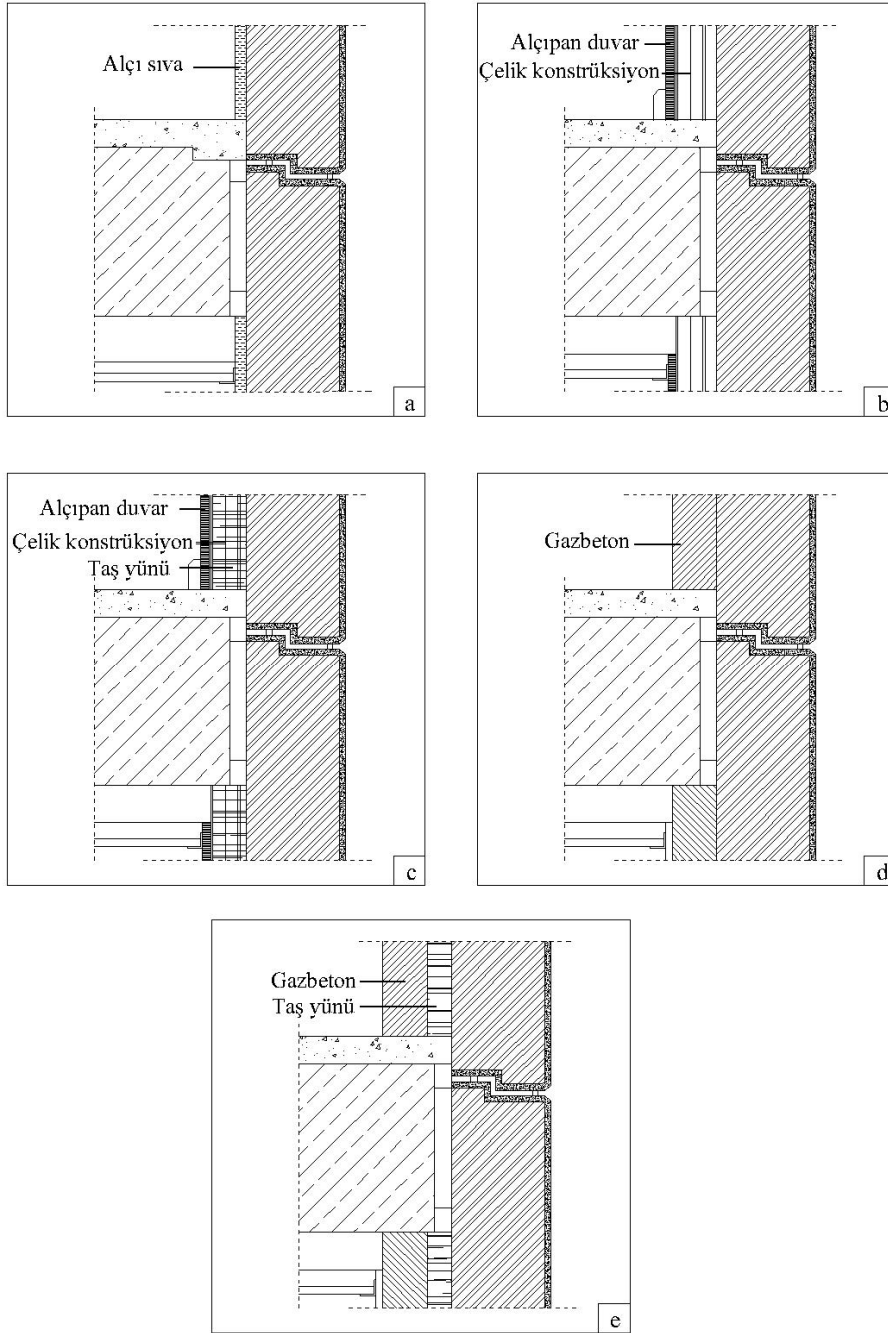
İstanbul bölgesinde yapılan alan çalışması sonucunda prekast cephe panellerinin uygulamada yer alan iç kaplama alternatifleri 5 gruba ayrılmıştır. Şekil 5.16'da farklılaşan bu uygulama şekilleri yer almaktadır.

Panellerin en önemli özelliği bitmişlik düzeylerinin yüksek olmasıdır. Dış yüzeyde istenilen bitmişlik düzeyine ulaşılabilirken iç yüzeyde ek uygulamalar gerekmektedir. Bu uygulamalar panelin ısı performansını arttırmak amacıyla veya içeride düzgün yüzeyler elde etmek amacıyla yapılır.

Şantiye alanına bitmiş gelen panel elemanı için ısı performansın yeterli olması durumunda sadece içeriden alçı sıva yapılarak panel iç yüzeyi boyaya hazır hale getirilmektedir (Şekil 5.16-a). Ancak bu uygulama ana gövdede mineral yünlerin kullanıldığı panellerde mineral yüne veya mineral yünü saran alüminyum folyoya alçı sıva yapılamaması nedeniyle uygulanamaz. Şekil 5.16-b'de iç yüzeyde düzgün bir alan oluşturmak amacıyla panel montajından sonra alçıpan bir duvar yapılmıştır. Şekil 5.16-c'de ısı performansını arttırmak amacıyla alçıpan duvar ile panel arasına ayrıca bir mineral yün tabakası yerleştirilmiştir. Şekil 5.16-d'de gazbeton duvar ile panel iç yüzeyine kaplama yapılmıştır. Şekil 5.16-e'de, Şekil 5.16-c seçeneğinde yer alan alçıpan duvarın yerini gazbeton örme duvar almıştır.

Şekil 5.16'da farklılaşan uygulama şekilleri yer almaktadır. Kesitlerde yalıtım katmanı dolu olarak çizilerek alternatiflerin (köpük beton, polistren agregalı beton, minerla yünler) hepsi olabileceği anlatılmak istenmiştir. Ancak Şekil 5.16-a'da yer alan uygulamanın daha öncede bahsedildiği gibi yalıtım katmanında mineral yünlerin (taş yünü, cam yünü) yer aldığı paneller için uygun olmadığına dikkat çekmek gerekmektedir.

Cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerinin uygulamada yer alan iç kaplama alternatifleri panellin kendi performansını da etkilemesi nedeniyle kapladıkları yer, binaya getirdikleri ek yük, işçilik, maliyet ve performans açısından değerlendirilmeli ve projeye en uygun alternatif seçilmelidir.



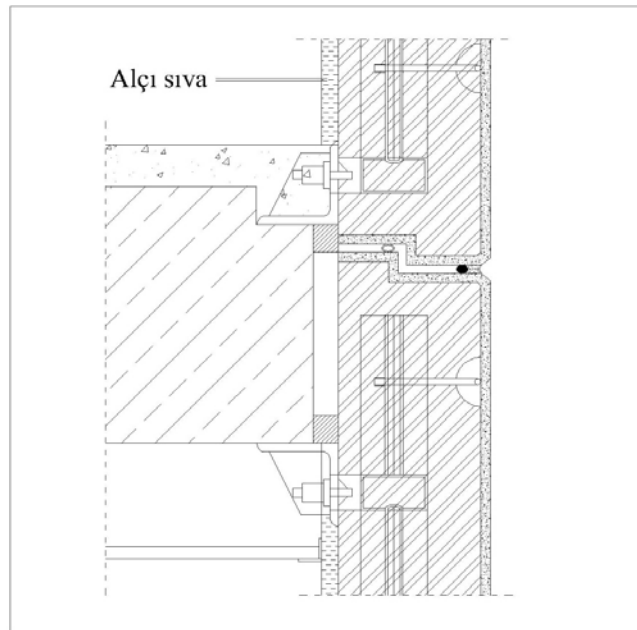
Şekil 5.16 : Türkiye'de kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton cephe panel tiplerinin uygulamada yer alan iç kaplama alternatiflerine göre oluşturulmuş kesitleri.

5.1.2.1 Panel montajı ve alçı sıva yapılması

Dış katman ve yalıtım katmanı ile panel istenilen ısı performansı sağlayabiliyorsa montaj sonrası içeriden ek bir yalıtım yapılmasına gerek kalmaz. İşçilikten tasarruf edilirken maliyetin azalması, iç mekânda alan kazanımı sağlaması ve binaya ek yük getirmemesi uygulama şeklinin tercih nedeni olmaktadır. Ancak, bu uygulama

şeklinde panelin bina ile bağlantısını sağlayan bulonlu ve/veya kaynaklı sistem elemanlarının gizlenmesi döşemede belirli yerlerde girinti yapılarak sağlanabilmektedir (Şekil 5.17). Bu nedenle, uygulama şeklinin tasarım aşamasında bilinmesi gerekir. Ayrıca, bu uygulama şeklinde panel cephesinde bazı tesisat işlemlerinin (elektrik, sıhhi, vb.) gerçekleştirilmesi oldukça zordur. Gerekli tesisat boşlukları tasarım aşamasında belirlenerek panelde oluşturulabilmektedir. Ancak, bu durum panelin performansını etkilemektedir. Uygulama şeklinin bir başka dezavantajı panel ile yapılacak sıvanın ayrı katmanlar olarak hareket etmesi nedeniyle ayrı genleşmeler yaşanarak çatlamlar oluşabilmesidir. Bu nedenle kullanımı çözüm alternatifleri üretilmediği sürece pek uygun bulunmamaktadır. Şekil 5.17’de panel montajından sonra alçı sıva yapımını gösteren detay çizimi yer almaktadır. Bu çizimde panelin bina ile birleşimini sağlayan bağlantı elemanlarının yerleşimi açıkça görülmektedir. Döşeme üst hizasında yer alan bağlantı elemanları panelin montajının yapıldığı katın şapının dökülmesiyle döşeme alt hizasında yer alan bağlantı elemanları ise tavanın alçıpan ile kaplanması ile gizlenmektedir.

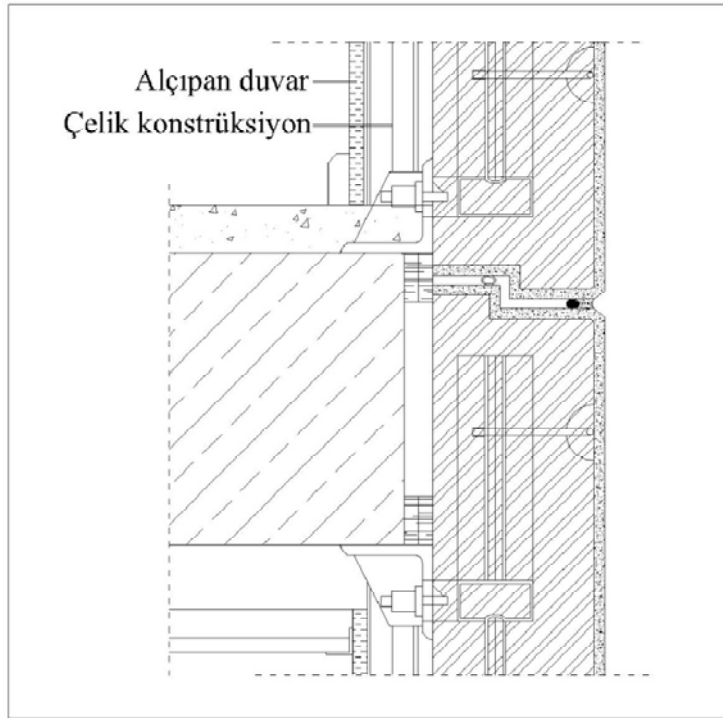
Şekil 5.18,21,25 ve Şekil 5.26’da yer alan detay kesitlerinde yalıtım katmanı olarak köpük beton, polistren agregalı beton veya taş yünü kullanılabilir. Ancak Şekil 5.17’de alüminyum folyolu taş yünü üzerine alçı sıva uygulaması yapılamayacağı için bu detayda yalıtım katmanında yani panelin ana gövdesinde köpük beton veya polistren agregalı beton kullanılabilir.



Şekil 5.17 : Panel montajından sonra alçı sıva yapımına ait detay çizimi.

5.1.2.2 Panel montajı ve alçıpan duvar yapılması

Panelin ısı performansını yapının bulunduğu yerin iklim şartlarına bağlı olarak ele alındığında, panelin iç yüzeyinde ek bir yalıtım katmanına ihtiyaç yoksa sadece düzgün yüzeyler elde etmek amacıyla panel iç yüzeyi alçıpan bir duvar ile kaplanarak boyaya hazır hale getirilebilir. Şekil 5.18’de panel montajından sonra alçıpan taşıyıcı konstrüksiyonun yerleştirilmesi ve alçıpan ile kaplanması yer almaktadır. Burada panelin bina ile birleşimlerinin uygulama şekline bağlı olarak gizlendiği görülmektedir. Maliyetinin yüksek olmaması, çok fazla iş gücü gereksinimine ihtiyaç duyulmaması, binaya fazla yük getirmemesi, fazla alan kaybına neden olmaması avantajları arasında yer almaktadır. Ayrıca, panel ile alçıpan arasında (alçıpan konstrüksiyonu içinde) tesisat (elektrik, sıhhi, vb.) işlemleri için kullanılacak gerekli alan oluşturulabilmektedir. Böylelikle, panele sonradan veya tasarım aşamasında bu anlamda ek işlemler yapılmasına gerek kalmaz. Uygulamada, öncelikle, alçıpan konstrüksiyonu hazırlanmakta (Şekil 5.19); hazırlanan konstrüksiyona alçıpan vidalanarak işlem tamamlanmaktadır (Şekil 5.20).



Şekil 5.18 : Panel montajından sonra alçıpan duvar yapımına ait detay çizimi.



Şekil 5.19 : Cephe panelinin iç yüzeyinde alçıpan taşıyıcı konstrüksiyonunun yerleştirilmesi.

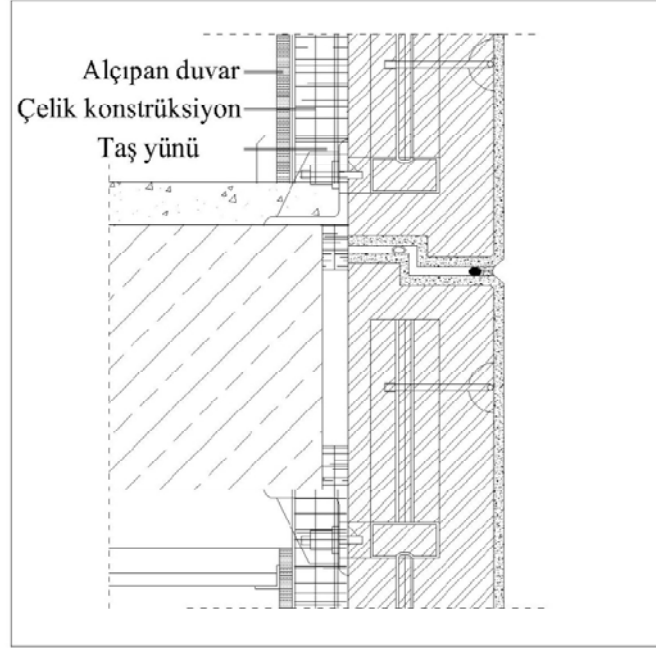


Şekil 5.20 : Cephe panelinin iç yüzeyinin alçıpan levhalar ile kaplanması.

5.1.2.3 Panel montajı ve alçıpan duvar ile mineral yünlerin birlikte kullanımı

Panel montajından sonra yalıtımı arttırmak amacıyla ek bir mineral yün tabakası yerleştirilerek alçıpan ile kaplama yapılabilir. Bir önceki uygulamada olduğu gibi, öncelikle, alçıpan taşıyıcı konstrüksiyonu, daha sonra mineral yünler yerleştirilerek yüzey alçıpan levhalar ile kaplanır (Şekil 5.21). Uygulama sonucu içeride düzgün yüzeyler elde edilirken daha iyi ısıl performans sağlanır. İç mekânda alan kaybı, yalıtımsız sadece alçıpan ile kaplanan uygulamalar ile aynıdır. Binaya etkiyen yük,

maliyet ve işçilik ise bir miktar artmaktadır. Uygulama aşamaları şekil 5.22-5.24’de sırasıyla görülmektedir. Şekil 5.22’de panelin montaj sonrası iç mekandan görünüşü, Şekil 5.23’de panel montajı sonrası alçıpan için taşıyıcı konstrüksiyonun hazırlanması ve taş yünü yerleştirilmesi, Şekil 5.24’de yüzeyin alçıpan levhalar ile kaplanması görülmektedir.



Şekil 5.21 : Panel montajından sonra alçıpan duvar ile taş yününün birlikte kullanımına ait detay çizimi.



Şekil 5.22 : Panel montajının tamamlanması ve pencere, kapı doğramalarının yerleştirilmesi



Şekil 5.23 : Panel montajı sonrası alçıpan konstrüksiyonu ve taş yünü levhaların yerleştirilmesi.



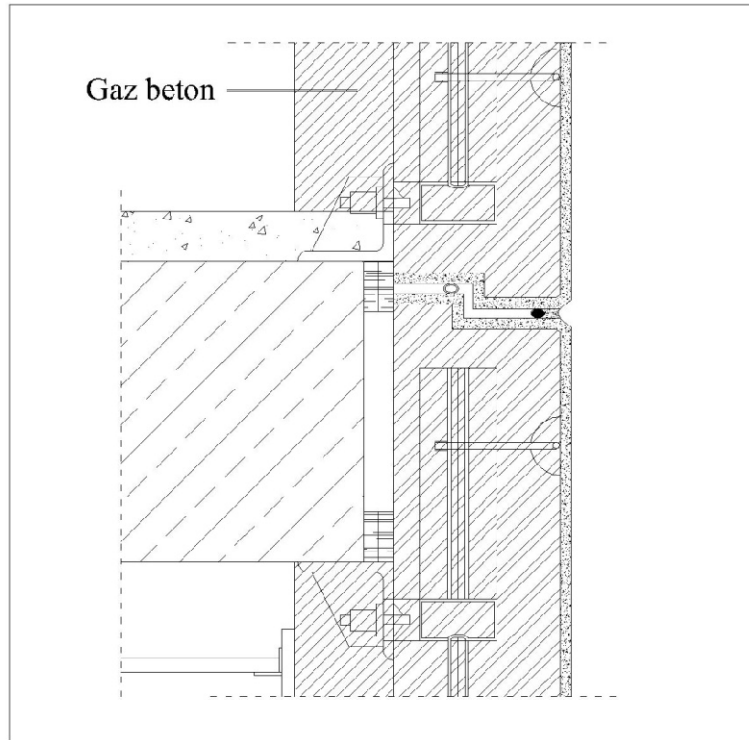
Şekil 5.24 : Panel iç yüzeyinin alçıpan levhalar ile kaplanması.

5.1.2.4 Panel montajı ve gazbeton duvar örülmesi

Panel montajının ardından panelin iç yüzeyini sıvaya hazır hale getirmek ve yalıtımı arttırmak amacıyla, ek yalıtım ve alçıpan iç duvar uygulaması yerine, iç yüzeyde gazbeton duvar örülmektedir. Şekil 5.25’de panel montajından sonra iç yüzeyde gazbeton duvar örümü tamamlanan panele ait detay çizimi, Şekil 5.26’da ise örnek bir uygulama yer almaktadır. Ayrıca, Şekil 5.26’da örme duvardan tesisatın geçirildiği görülmektedir.

Panellerin tasarım aşamasında iç yüzey bitiş malzemesi ile ilgili ayrıntılar belirlenip panellerin üretimi buna göre gerçekleştirilmelidir. Böylece, pencere- panel ve panel-panel birleşim detaylarında problem ile karşılaşma riski azalır. Şekil 5.27’de gazbeton duvarın bitim yeri pencerenin kör kasası ile aynı hizada olup iç yüzeyde opak ve saydam kısımların aynı düzlemde yer alması sağlanmıştır. Ayrıca, resimde panelin döşemeye bağlantısı görülmektedir.

Panelin ısıl performansının artması, örme duvar sayesinde tesisat işlemlerinin cephe yüzeyinde gerçekleştirilebilmesi uygulama şeklinin kullanımını arttırmaktadır. Ancak, maliyetin, binaya etkiyen yükün ve kullanılan gazbetonun kalınlığına bağlı olarak iç mekânda alan kaybının artması da söz konusu olabilmektedir.



Şekil 5.25 : Panel montajından sonra gazbeton duvar örülmesine ait detay çizimi.



Şekil 5.26 : Panel iç yüzeyinde gazbeton duvar örülmesi ve örme duvardan tesisatın geçirilmesi.

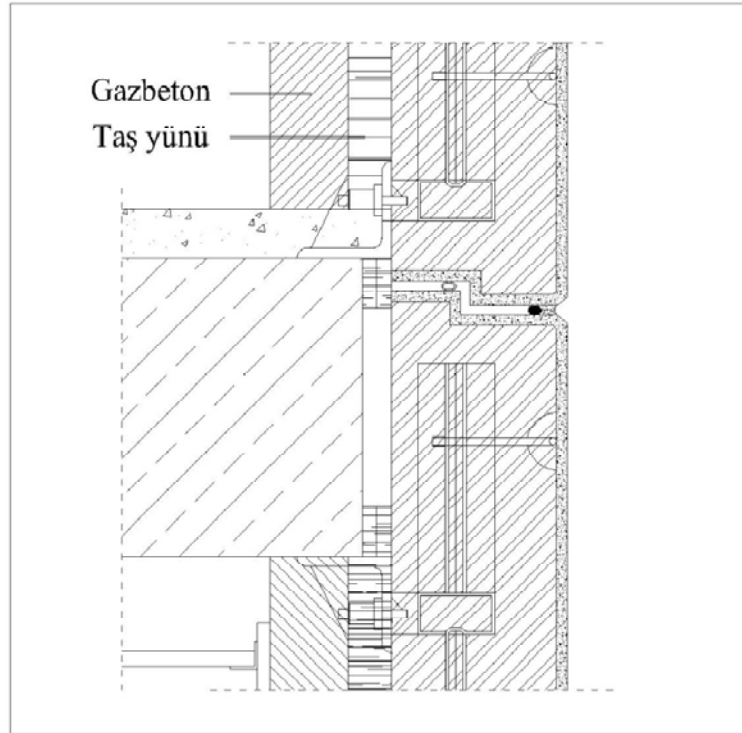


Şekil 5.27 : Panel iç yüzeyi duvar ve pencere kör kasası detayı.

5.1.2.5 Panel montajı ve gazbeton ile birlikte mineral yünlerin kullanılması

Panel montajının tamamlanmasının ardından yalıtımı arttırmak amacıyla yerleştirilen mineral yünlerden sonra alçıpan yerine gazbeton duvar örülerek yapılan uygulamadır. Şekil 5.28’de yalıtımlı cephe panelinin montajı sonrasında gazbeton ve taş yünü kullanımına ait detay çizimi yer almaktadır. Genellikle, yalıtımsız çelik çerçeve sistemli panellerde (Bölüm 5.1.1.4) tercih edilen bir uygulamadır. Mineral yünler, panelin yük aktarıcı profillerine çelik dübelleri ile yerleştirilir (Şekil 5.29). Mineral yünlerin yerleştirilmesiyle istenilen performansa ve projeye uygun kalınlıkta gazbeton duvar örülür (Şekil 5.30). Yalıtımsız çelik çerçeve sistemli panel uygulamasında binanın taşıyıcı elemanları (perde, kolon) mineral yünler ile kaplandıktan sonra cephe kaplama elemanının montajı yapılmaktadır. Şekil 5.31’de çelik çerçeve sistemli cephe kaplama elemanlarının betonarme perde yüzeylerde taş yünü ile yalıtılarak kullanılması görülmektedir.

Yalıtımsız çelik çerçeve sistemli panellerde ısı yalıtımının özellikle iç yüzeyde düzenlenmesi nedeniyle yoğuşma riski oluşması, iş gücü gereksiniminin ve zaman kaybının artması uygulama şeklinin kullanımını azaltmaktadır.



Şekil 5.28 : Panel montajından sonra gazbeton ve taş yününün kullanımına ait detay çizimi.



Şekil 5.29 : Çelik çerçeve sistemli cephe kaplama panelinde iç yüzeyden taş yünü yerleştirilmesi.



Şekil 5.30 : Panel iç yüzeyine taş yününden sonra gazbeton örülmesi.



Şekil 5.31 : Çelik çerçeve sistemli cephe kaplama elemanlarının betonarme perde yüzeylerde taş yünü ile yalıtılarak uygulanması.

5.2 Alan Çalışması Kapsamında Mevcut Binaların İncelenmesi Ve Performans Değerlendirmesi

Prekast beton cephe panellerinin uzun dönem performansı ve durabilitesi, ISO 15686-8 kapsamında ele alındığında panelleri oluşturan malzemelerin özgün özellikleri, tasarım, uygulama ve bakım düzeyi, bulunduğu ortam koşulları ve kullanım şartları gibi faktörlerden etkilenmektedir [82]. Alan çalışmasında, gerek uygulama sırasında gerek binaların kullanım sırasında incelenen panellerin özgün özellikleri dikkate alınarak bulundukları şartlara bağlı olarak mekanik, ısı ve su ve nemsal performansı genel olarak değerlendirilmektedir.

Uygulama sırasında yerinde yapılan gözlemlerin yetersiz olduğu durumlarda bitmiş binalarda termal kamera ile yapılan çalışma ve TS 825'te belirtilen hesaplama yöntemine dayalı ısı performans değerlendirmesi ile çalışma kapsamı genişletilerek farklı yaklaşımlar ile performans değerlendirmesi yapılması amaçlanmıştır.

Panellerin mekanik, ısı ve su ve nemsal performansı ayrıntıda irdelenirken yangın dayanımı ve ses yalıtımı ile ilişkili performanslarına aşağıda kısaca yer

İncelenen örneklerin hepsinde panellerin bina ile birleşimi kuru bağlantılar (bulonlu ve kaynaklı) ile sağlanmaktadır. Panel ile bina arasında panelin bina ile ayrı hareketini sağlaması ve panel ve bağlantı elemanlarında gerekli toleransların sağlanabilmesi amacıyla belirli bir boşluk bırakılmalıdır. Bu boşluk hem sesin geçişine hem de yangın sırasında yangın veya dumanın sızmasına neden olabilmektedir. Firmalardan elde edilen teknik detaylarda bu bölgelerde hem ses geçişi hem de duman sızıntısını önlemek amacıyla panelin montajından sonra panel ile döşeme arasına yangın bariyeri yerleştirilerek döşemenin alt ve üst noktaları saç plaka ile kaplanmıştır. Ancak alanda incelenen örneklerden sadece ikisinde bu uygulamaya rastlanmıştır. Buda panellerin bina ile birleşimlerine gereken önem verilmediğini ortaya koymaktadır. Şekil 5.32’de panel ile bina birleşimleri bağlantıları yapıp taş yünü yerleştirildikten sonra saç plakalar ile kaplanan bir örnek uygulama görülmektedir.



112

Panellerin ses yalıtım performansı incelendiğinde ise incelenen örneklerde yalıtım katmanının ve dış katmanın yoğunluğu ve kalınlığı ile yeterli ve ekonomik bir ses kontrolü sağlanabilmektedir. Panellerin dış katmanında yer alan cam elyaf katkılı beton 350 Hz’de, 10 mm kalınlıkta ve 20 kg/m² ağırlıkta yaklaşık 30 dB, 20 mm kalınlıkta ise yaklaşık 35 dB ses yalıtımı sağlamaktadır [39, 57]. Yoğun trafiğe (70 dB) sahip bir yerde incelenen konut bloğunda, panelin 35 dB ses yalıtımı sağladığı düşünüldüğünde (iç yüzeyde yapılan kaplama hesaba katılmadan) konut yatak odası dâhil istenilen değer (Çizelge 4.2) sağlanabilmektedir.

5.2.1 Alanda incelenen örneklerin mekanik dayanımı

Alan çalışmasında incelenen cephe panelleri taşıyıcı özelliğe sahip değildir. Bu nedenle taşınan cephe panelleri sınıfına girmektedir. Bina ile birleşimleri kuru bağlantılar olarak adlandırılan bulonlu ve kaynaklı sistem elemanları ile sağlanır. Bu elemanların özellikleri ve tipleri çeşitli firma üretimlerine göre farklılık gösterebilmektedir. Taşınan cephe panellerinde panelin kendi ağırlığı binaya getireceği ölü yükler açısından önemlidir. İncelenen cephe panellerinin dış katmanında çelik donatı yerine cam elyafı kullanılması sayesinde kesitler incelmekte ve binaya etkiyen yük azaltılmaktadır.

İncelenen cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerinde mekanik dayanım iki açıdan ele alınarak elde edilen bilgiler ile değerlendirilmeye çalışılmaktadır.

5.2.1.1 Cephe panelinin yatay yüklere ve ölü yüke karşı mekanik dayanımı

Panellerde yer alan çelik çerçeve sistem, büyük boyutlu panel üretimine imkân sağlarken ölü yük ile birlikte panele etkiyen yatay yükleri bağlantı elemanları aracılığıyla yapıya aktarır. Çelik çerçeve sistem genellikle kutu ve/veya C profillerden oluşur. Profil kalınlıkları çeşitli firma üretimlerine göre farklılık gösterir. Örneğin, elde edilen teknik çizimlerde genellikle 3×80×40 mm., 4×60×40 mm., 4×40×40 mm. kutu profil, 4×80×40 mm. C profili kullanılmıştır. Ancak farklı panel boyutuna veya kalınlığına sahip panellerde profil kalınlıkları değişmemekte sadece firmalara göre farklılık göstermektedir. Bulunduğu ortam şartlarına (yatay yükler) bağlı olarak ise çelik profillerin sıklığı yani birbirleri arasındaki mesafeler değişmektedir. Bu mesafenin firmalardan elde edilen bilgilere göre düşeyde 110 cm’yi, yatayda 80 cm’yi geçmemesi önerilmektedir. Çelik profillerin yatay ara

mesafesinin düşey ara mesafeye göre daha az tutulmak istenmesi panelde yatay yüklere karşı yatay profillerin daha etkili olması şeklinde açıklanabilir.

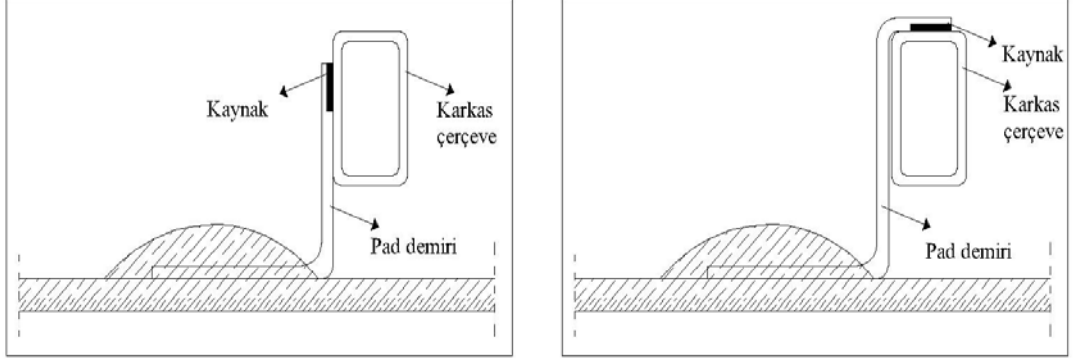
Cephe panellerinde yer alan çelik çerçeve sistem cam elyaf katkılı dış katmanın imalatı sırasında bu katmana "pad demiri" olarak adlandırılan bağlantı çubukları ile sabitlenmektedir. Teknik detayları incelenen örneklerde sadece esnek bağlantıların veya esnek bağlantılar ile ağırlık bağlantılarının kullanıldığı iki farklı bağlantı şekli incelenmiştir. Bu bağlantılar dış katmana etkiyen yatay yükleri ve ölü yükü çelik çerçeve sisteme ileten noktasal bağlantılardır. Kaynaktaki herhangi bir hata kopmaya neden olabilmektedir. Alanda incelenen bir örnekte iki kat arası panelinde (yaklaşık 3.00 m yükseklikte, 1.00 m genişlik) 3'ü ağırlık bağlantısı olmak üzere yatayda 5 sıra, düşeyde 3 sıra bağlantı noktası düzenlenmiştir (Şekil 5.33). 3 m² yüzey alanına sahip cephe paneli için 12 esnek bağlantı ve panelin hareketini sınırlandırmaması açısından 3 ağırlık bağlantısı yeterli olabileceği söylenebilir.



Şekil 5.33 : Alanda incelenen uygulama üzerinden dış katman ile çelik çerçeve sistemin bağlantısı.

Ayrıca, alanda incelenen örneklerde pad demirinin çelik çerçeve sisteme iki farklı şekilde kaynak yapıldığı görülmüştür. Şekil 5.34-a'da uygulamada incelenen örneklerde yer alan düz kaynak ve Şekil 5.34-b'de kancalı kaynak detay çizimi yer almaktadır. Kancalı kaynak, özellikle, rüzgarın emme kuvvetine karşı, kaynak ile

birlikte çelik çerçeve sisteme geçmeli düzenlenmesi nedeniyle diğer alternatifine göre (Şekil 5.34-a) daha iyi performans gösterebileceği söylenebilir. Şekil 5.35’de düz ve kancalı kaynak yapılan bağlantıların uygulama örnekleri yer almaktadır.



a) Düz kaynak

b)Kancalı kaynak

Şekil 5.34 : Çelik çerçeve sistem ve bağlantı çubuğu birleşim şekli



a) Düz kaynak

b)Kancalı kaynak

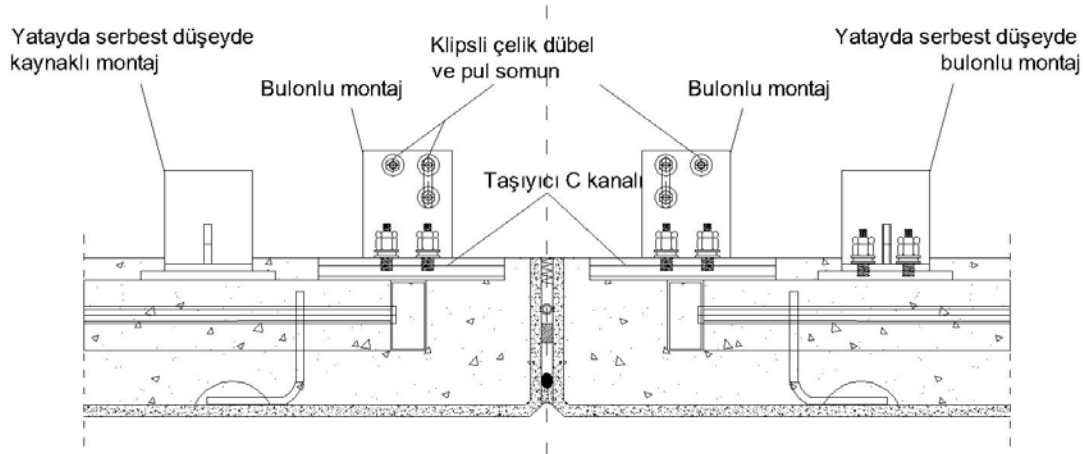
Şekil 5.35 : Çelik çerçeve sistem ve bağlantı çubuğu birleşim şekli uygulama örnekleri.

Taşıyıcı özelliği olmayan cephe panellerinin mümkün olduğunca hafif tutulması yapının ölü ve deprem yükünün azalması için oldukça önemlidir. Çizelge 5.1,5.3,5.5 ve 5.7’de incelenen cephe panellerinin yaklaşık ağırlık değerleri verilmiştir. İncelenen cephe panellerinin ağırlıkları $55-130 \text{ kg/m}^2$ arasında değişmektedir. Geleneksel sistemde tuğla duvar örümü ve yalıtım malzemesi ile sağlanan mantolama ile $0,36-0,54 \text{ W/m}^2$ ısı geçirgenlik değerine yaklaşık olarak 80-150

ağırlık aralığında ulaşılabilir [83]. Böylelikle incelenen cephe panellerinin geleneksel sisteme göre binaya getirdiği yüklerin fazla olmadığı söylenebilir. Ancak karşılaştırmada panellerin kendi ağırlıkları söz konusudur. İç yüzeye ek bir yalıtım yapılması durumunda binaya etkiyen yük artmaktadır.

5.2.1.2 Cephe panelinin yatay yükleri ve ölü yükü binanın taşıyıcı sistemine güvenle aktarımı

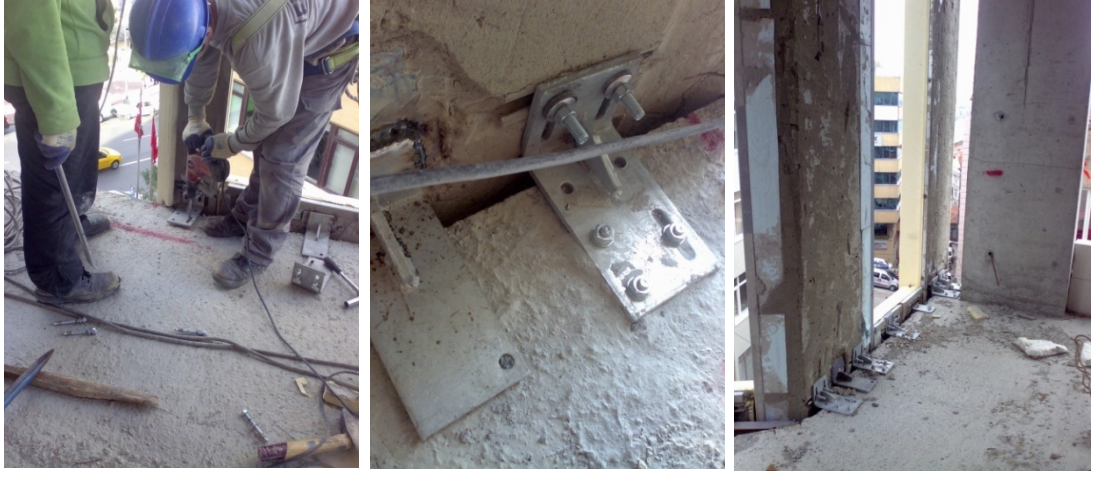
Panellerin bina ile birleşimlerinde bulonlu ve kaynaklı ankraj sistemi kullanılmaktadır. İncelenen örneklerde iki farklı bağlantı şekli uygulanmıştır. Örneklerde bulonlu sistem bina ile bağlantısı yapılmayan serbest düşey ankraj elemanı ile kullanılmıştır. Farklılaşma ise yatayda serbest düşey ankraj elemanının, panele kaynaklı veya bulonlu olarak sabitlenmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Şekil 5.36'da uygulamada incelenen iki farklı bağlantı şekli yer almaktadır. Şekil 5.37'de bulonlu ve kaynaklı sistemin bir arada kullanıldığı uygulama örnekleri görülmektedir. Kaynaklı sistem uygulamalarında, sistem statik yük bağlantısı olmakta ve duvar yükünün döşemeye iletilmesini sağlamaktadır. Bulonlu sistem dinamik yük bağlantısıdır. Yatay yüklere (rüzgâr, deprem) karşı panellerin birbirinden ve binadan bağımsız olarak hareket etmesini sağlayıp panelin aşırı streslere maruz kalmasını engellemektedir.



a) Kaynaklı sistem ile bulonlu sistemin kullanımı

b) Sadece bulonlu sistemin kullanımı

Şekil 5.36 : Alanda incelenen örneklerin taşıyıcı sisteme yük aktarımını sağlayan bağlantı elemanları yatay kesit detayı



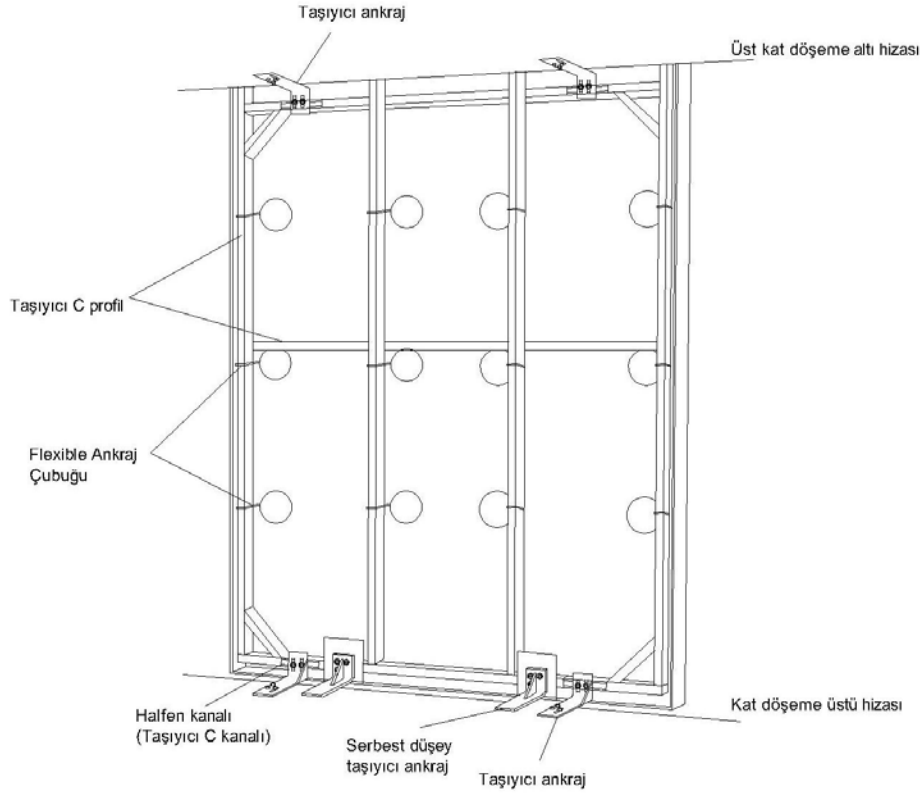
Şekil 5.37 : Bulonlu ve kaynaklı sistemin birlikte uygulanması

İncelenen örneklerde genellikle, parapet panelleri üstten asmalı diğer cephe panelleri alttan oturtmalı olarak düzenlenmiştir. Bölüm 4.1, Şekil 4.6 dikkate alındığında panellerin boyutlarına göre bağlantı elemanlarının özellikleri değerlendirilebilir. Panellerde bulonlu sistemin çelik çerçeve sistem ile bağlantısını sağlayan taşıyıcı U kanalı, aynı zamanda panelin yatayda hareketini sağlamaktadır. Şekil 5.38’de kat döşemesinde 2 adet düşey yük aktaran, 2 adet düşey ve yatay yük aktaran kayıcı bağlantılar, üst kat döşemesinde ise 2 adet sadece yatay yük aktaran kayıcı bağlantılar bulunan geniş panel örneği yer almaktadır.

Şekil 5.39’da incelenen az katlı bir binada küçük boyutlu cephe panellerinin bina ile bağlantısı görülmektedir. Ayrıca, bu örnekte binanın taşıyıcı sisteminin cephenin eğrilğine uygun yapılmasına rağmen cephe panellerinin üretiminde hata olmuş ve panel iç cephede düz, dış cephede eğrisel olarak düzenlenmiştir. Bu problem, katlar arası sızdırmazlığı, mekanik açıdan bağlantıların eşit yük aktarımını etkileyerek panelden beklenen performansın karşılanmamasına neden olabilir. Ancak, bu duruma önlem olarak şekilde de görüldüğü gibi paneller küçük boyutlu olmasına rağmen bağlantı elemanları fazladır.

Panellerin montajı için yatay ve düşeyde kullanılan ankraj elemanları projelendirilirken panelin boyutu ile birlikte formu, ağırlığı, kullanılacağı kat yüksekliği, yükünü aktaracağı yapı elemanı (kolon, duvar, döşeme), panelde oluşabilecek ısı değişimi, panele etkiyen yükler dikkate alınmaktadır. Alanda incelenen uygulamalara, teknik çizimlere, üreticilerden ve uygulamacılardan elde

edilen bilgilere dayanarak yüklerin bina taşıyıcı sisteme aktarımını sağlayan bağlantı elemanlarına gereken önemin verildiği söylenebilir.



Şekil 5.38 : Çelik çerçeve sistemli kaplama elemanı bağlantı detayı [38]



Şekil 5.39 : Küçük boyutlu panellerde bağlantı elemanlarının yerleşimi

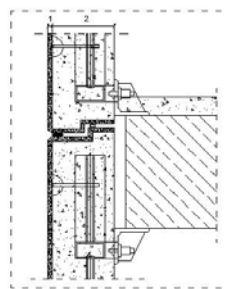
5.2.2 Isıl performans

Bir binada ısı performansının iyi olması binadaki yapı elemanı bileşenlerinden geçen ısı miktarı veya ısı kayıplarının en az seviyede olmasına bağlıdır. Cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerinin ısı performansı, katmanların ısı iletkenlik katsayıları ve kalınlıkları (panelin toplam ısı geçirgenlik katsayısı) ile ilişkilendirilebilir.

İncelenen örneklerde alternatif cephe elemanlarının ısı geçirgenlik katsayıları TS 825'te yer alan hesap kabul ve yöntemlerine uygun olarak firmalardan sağlanan teknik bilgiler yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplama katmanların ısı iletkenlik katsayılarının ve kalınlıklarının en yüksek ve en düşük değerleri alınarak Şekil 5.40'da yer alan değer aralıklarına ulaşılmıştır. TS 825'e göre duvarlar için kabul edilebilecek maksimum U (ısı geçirgenlik katsayısı) değerleri bölüm 4.2'de verilmiştir [67]. Ancak, binalarda enerji performansı yönetmeliğine göre TS 825 standardında tavsiye edilen değerlerden %25 daha küçük olmasının sağlanması durumunda bu binalar TS 825 standardına uygun olarak kabul edilir [70]. Bu durumda incelenen binaların 2. iklim bölgesinde (İstanbul) olması dolayısıyla istenilen değer $0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dan $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'ya düşmektedir. Bu değerlere göre Şekil 5.40'da verilen panellerin ısı geçirgenlik katsayıları incelendiğinde, kalınlıkta ve yalıtım katmanında yapılan değişiklikler ile istenilen değerlere içeriden ek yalıtım yapılmadan da ulaşılabilmektedir.

Ancak, incelenen uygulama ve detaylarda özellikle yalıtım katmanında taş yünü kullanılan örneklerde dış katmanın (cam elyaf katkılı beton) kalınlığının bazı bölgelerde arttığı görülmüştür. Şekil 5.10 detay kesitinde yer aldığı gibi panel-panel birleşimlerinde bindirmeli derz sistemi uygulanmış ve dış katman kalınlığı bu bölgede arttırılmıştır. Yalıtım katmanında köpük beton veya polistren agrealı beton kullanılan örneklerde yalıtım katmanı döküm işlemi sonrasında tüm noktalara nüfuz edebilmektedir. Taş yünü kullanılan örneklerde ise girinti ve çıkıntılarda yalıtım malzemesinin yerleştirilmesi sıkıntı yaratarak ısı köprüsü oluşumuna neden olabilmektedir. Bu nedenle bu bölgelerde dış katman kalınlığı artmaktadır. Şekil 5.11 ve 5.12'de panelin yalıtım katmanı uygulanmayan kenar noktalarında dış katman kalınlığının arttığı görülmektedir. Bu noktalarda ısı direnç düşmekte ve panelin ısı performansı etkilenebilmektedir.

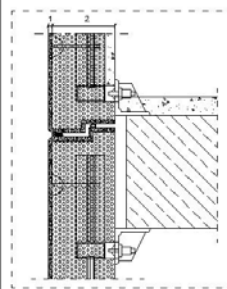
Köpük beton kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton paneller



	d (m.)	λ (W/mK)
1 Cam elyaf katkılı beton	0,01-0,015	0,8-1,2
2 Köpük beton	0,15-0,18	0,077-0,085

U (W/m²K)	
Panelin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı	0,39-0,51

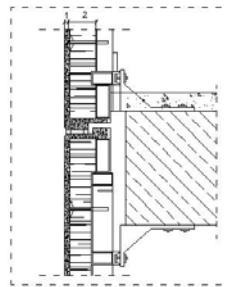
Polistren agregalı cam elyaf katkılı prekast beton paneller



	d (m.)	λ (W/mK)
1 Cam elyaf katkılı beton	0,01-0,015	0,8-1,2
2 *Polistren agregalı beton	0,15	0,070

U (W/m²K)	
*Panelin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı	0,43

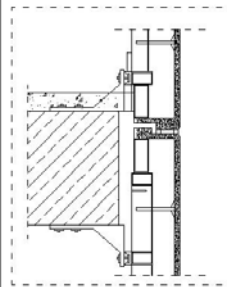
Taş yünü kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton paneller



	d (m.)	λ (W/mK)
1 Cam elyaf katkılı beton	0,01-0,015	0,8-1,2
2 Taş yünü	0,05-0,1	0,035-0,040

U (W/m²K)	
Panelin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı	0,33-0,70

Çelik karkas sistemli yalıtımsız cam elyaf katkılı prekast beton paneller



	d (m.)	λ (W/mK)
1 Cam elyaf katkılı beton	0,01-0,015	0,8-1,2

U (W/m²K)	
Dış katmanın ısıl geçirgenlik katsayısı	5,30-5,60

*15 cm kalınlık baz alınarak ısıl geçirgenlik katsayısı hesaplanmıştır.

Şekil 5.40 : İncelenen cephe panellerinde katmanların ısı iletkenlik katsayıları ve kalınlıklarına bağlı olarak panellerin toplam ısıl geçirgenlik katsayıları [36, 38, 57]

Bina cephesinin termal özelliklerine göre veya düzenlenecek olan mekânın özelliğine göre her cepheye farklı özellikte panel üretilebilmesi söz konusu olabilir. Alanda incelenen bir örnekte yüksek katlı konut bloğunun ara katı restoran olarak düzenlenmiş ve tüm katlarda ana gövdede köpük beton kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton cephe paneli kullanılırken restoran katında yalıtımsız kaplama elemanı kullanılarak içeriden ek yalıtım yapılmıştır. Restoran katında sürekli giriş çıkışların olması veya sürekli bir kalabalığın olması nedeniyle konutlarda istenilen ısıl performans değerlerinin bu katta sağlanması istenmemiştir.

5.2.3 Su ve nem ile ilgili performans

Cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerinin su ve nem ile ilgili performansı yoğuşma ve panel yüzeyinden su ve nem girişi ile ilişkilendirilebilir

Çift veya çok katmanlı panellerde yoğuşma olayının önlenmesi için yalıtım katmanının dış yüzeyde olması ve duvarı oluşturan tabakaların difüzyon direncinin içten dışa doğru azalması gerekir. Cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerinde katmanlaşma düzeninden dolayı özellikle mineral yünlerin kullanıldığı uygulamalarda yoğuşma problemi ile karşılaşılabilir. Ancak incelenen örneklerde yalıtım malzemesi üretim esnasında yerleştirilmekte ve buhar kesici alüminyum folyo ile sarılmaktadır. Bu sayede yoğuşma riski azaltılmaktadır. Ancak, çelik çerçeve sistem ile dış katmanın bağlantısını sağlayan bağlantı elemanları, yalıtım malzemesinden geçerek hem yalıtım malzemesinin hem de buhar kesici alüminyum folyonun sürekliliğini engelleyebilir (Şekil 5.41). Şantiye alanında istiflenen panellerde çeşitli yollardan gelen su, bu bölgelerden cephe paneline girerek hem yalıtım katmanının hem de dış katmanın hasar görmesine neden olabilir. Aynı zamanda, bu bölgelerde ısıl performansın da azalması söz konusu olabilir.



Şekil 5.41 : Yalıtım katmanının sürekliliğinin engellenmesi

Ülkemizde çok eski geçmişe sahip olmayan cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerinin yakın zamanda bitmiş örnekleri incelendiğinde dış kaplamada bazı problemler tespit edilmiştir. Şekil 5.42’de çelik çerçeve sistem ile panelin dış

katmanını birlikte tutan bağlantı elemanları belirgin bir şekilde panel yüzeyinde görülmektedir. Bu durum panel yüzeyindeki nemlilik ile açıklanabileceği gibi panelin üretim ve uygulama sürecinde yukarıda bahsedilen konulara dikkat edilmemesi sonucu oluştuğu da söylenebilir. Şekil 5.43’de cephe panelinin dış yüzeyinde çatlak olduğu görülmektedir. Yüzeydeki çatlak panelin pencere ile birleşiminden başlamakta ve devam etmektedir. Bu durum, uygulama sırasında pencere boyutları ile bırakılan boşluğun uygun olmaması sonucu panelin zorlanması ve zorlanan noktaların çatlaması şeklinde açıklanabileceği gibi çelik çerçeve sistem ile dış katmanın birleşimini sağlayan noktasal bağlantılarda panel hareketinde zorlanma yaşanması sonucu panelin çatlaması şeklinde de açıklanabilir. Ancak, çatlaklardan suyun kılcallıkla yürüyüp panelin ısı ve nemsel performansını önemli derecede etkileyeceği düşünülerek bu bölgelerde gerekli tamirat yapılmalıdır.



Şekil 5.42 : Bitmiş bir uygulamada katmanlar arası bağlantıların panel yüzeyinde görülmesi.

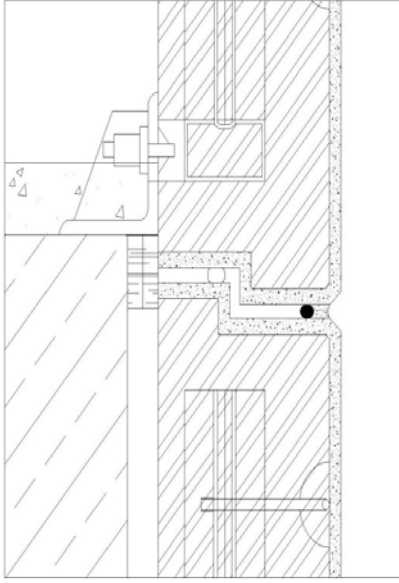


Şekil 5.43 : Panel yüzeyinde çatlak oluşumu.

5.2.4 Birleşim derzlerinde geçirimsizlik malzemelerinin kullanımı

Cephe panellerinin ısı ve nemsel performansı için önemli bir konu birleşim yerlerinin sızdırmazlık problemidir. Derz aralarında su, hava ve ısı geçişini engelleyecek derz sızdırmazlık ve derz tıkama malzemeleri uygun şekillerde kullanılarak suyun yapıya bu yoldan girmesi ve ısı kayıplarının oluşması engellenmelidir.

İncelenen örneklerde yatay ve düşey derzlerde kapalı derz sistemi uygulanmıştır. Panelin kullanılacağı yere ve formuna göre değişebildiği gibi firmalara göre de değişen tek durdurmalı veya çift durdurmalı derz sistemi tercih edilmiştir. Uygulamalarda yatay derzlerde derz malzemelerinin yanı sıra derz sisteminde biçimsel farklılıklar, örneğin bindirmeli derz sistemi uygulanarak su ve hava geçişinin engellenmesi amaçlanmıştır. Şekil 5.44’de uygulaması incelenen bir panele ait detay kesiti ve uygulama örneği yer almaktadır. Bazı uygulamalarda ise yatay derzlerde damlalık yapılarak suyun derz içinde ilerlemesi ve panele zarar vermesi önlenmeye çalışılmıştır. Özellikle doğrama panel birleşimlerinde yatay derzlerde damlalık oluşumuna dikkat edilmektedir (Şekil 5.45).



a) Biçimsel farklılık detay kesiti



b) Biçimsel farklılık uygulama örneği

Şekil 5.44 : Cephe panellerinde biçimsel farklılık.



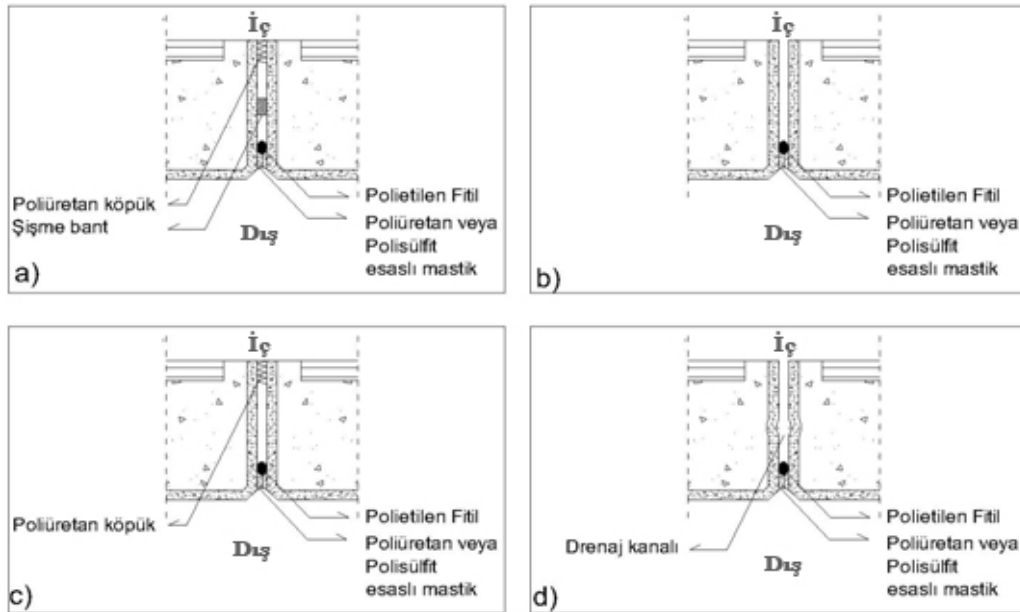
Şekil 5.45 : Cephe panellerinde damlalık uygulaması.

Derz malzemelerinin doğru seçimi kadar uygulama şeklide önem taşımaktadır. Uygulamada özellikle uygulama yapılacak yerin temiz ve kuru olması önemlidir. İncelenen bazı örneklerde, derz yüzeylerine uygulamadan önce toz öldürücü (primer) sürülerek tozdan arındırıldığı ve derz malzemelerinin temiz yüzeye uygulandığı görülmüştür. Böylelikle derz malzemelerinin uzun dönemde dayanımının artması sağlanmıştır. Şantiyede uygulaması incelenen örneklerde kullanılan derz malzemeleri ve uygulama sıraları detaylı çizimleriyle Şekil 5.46'da verilmektedir. Şekil 5.46-a'da çift durdurmalı derz sistemi, Şekil 5.46-b,c ve d'de tek durdurmalı derz sistemi yer

almaktadır. Ancak, yalıtımın çift durdurmalı derz sistemlerinde daha iyi olması ve ısı yalıtımının da sağlanması nedeniyle Şekil 5.46-a'nın birleşim derzlerinin performansı açısından en iyi örnek olduğu söylenebilir. Ancak uygulamada incelenen bazı örneklerde şişme bandın derzi tamamen kapatmadığı gözlenmiştir (Şekil 3.22). Bu durumda malzemenin işlevini tam olarak yerine getirememesi ve derzden sızan suyun panele zarar vermesi söz konusu olabilir.

Uygulamalarda derz tıkama malzemesi olarak genellikle sıkışabilir fitillerden polietilen fitilin kullanıldığı gözlenmiştir (Şekil 5.47). Bağ kırıcı özellikteki polietilen fitil adezyonu engellerken derz sızdırmazlık malzemesinin yerleşimini kolaylaştırmaktadır. Fitil yerleşiminden sonra elastik macun sürülerek dış yüzeyde derz araları yalıtım işlemi tamamlanmaktadır. Uygulamalarda poliüretan veya polisülfid esaslı elastik macun kullanılmıştır. Şekil 5.48'de halatlı sepet yardımıyla macun uygulaması, Şekil 5.49'da macun uygulaması tamamlanmış uygulama örneği yer almaktadır.

Derzlerin iç yüzeyinde bazı uygulamalarda fitil ve macundan sonra ek bir malzeme kullanılmazken çoğu uygulamada derz araları iç yüzeyde poliüretan köpük ile kapatılarak derz aralarında ısı kaybının azaltılması amaçlanmıştır (Şekil 5.50-a). Bazı uygulamalarda ise köpük dolgudan önce şişme bant kullanımı (Şekil 5.50) veya tasarımı belirlenip üretimde yapılan drenaj kanalı uygulamaları görülmüştür.



Şekil 5.46 : İncelenen örneklerde düşey derz yalıtımının uygulama detayı.



Şekil 5.47 : Panel birleşim derzlerinde polietilen fitil uygulama sonrası.



Şekil 5.48: Halatlı sepet yardımıyla dış cephe temizliğinin yapılması ve elastik macunun uygulanması.



Şekil 5.49 : Panel dış yüzeyinde elastik macun uygulaması.



Şekil 5.50 : a) panel iç yüzeyinde poliüretan köpük uygulanması, b) parapet panelinin yan yüzeylerinde şişme bant uygulanması.

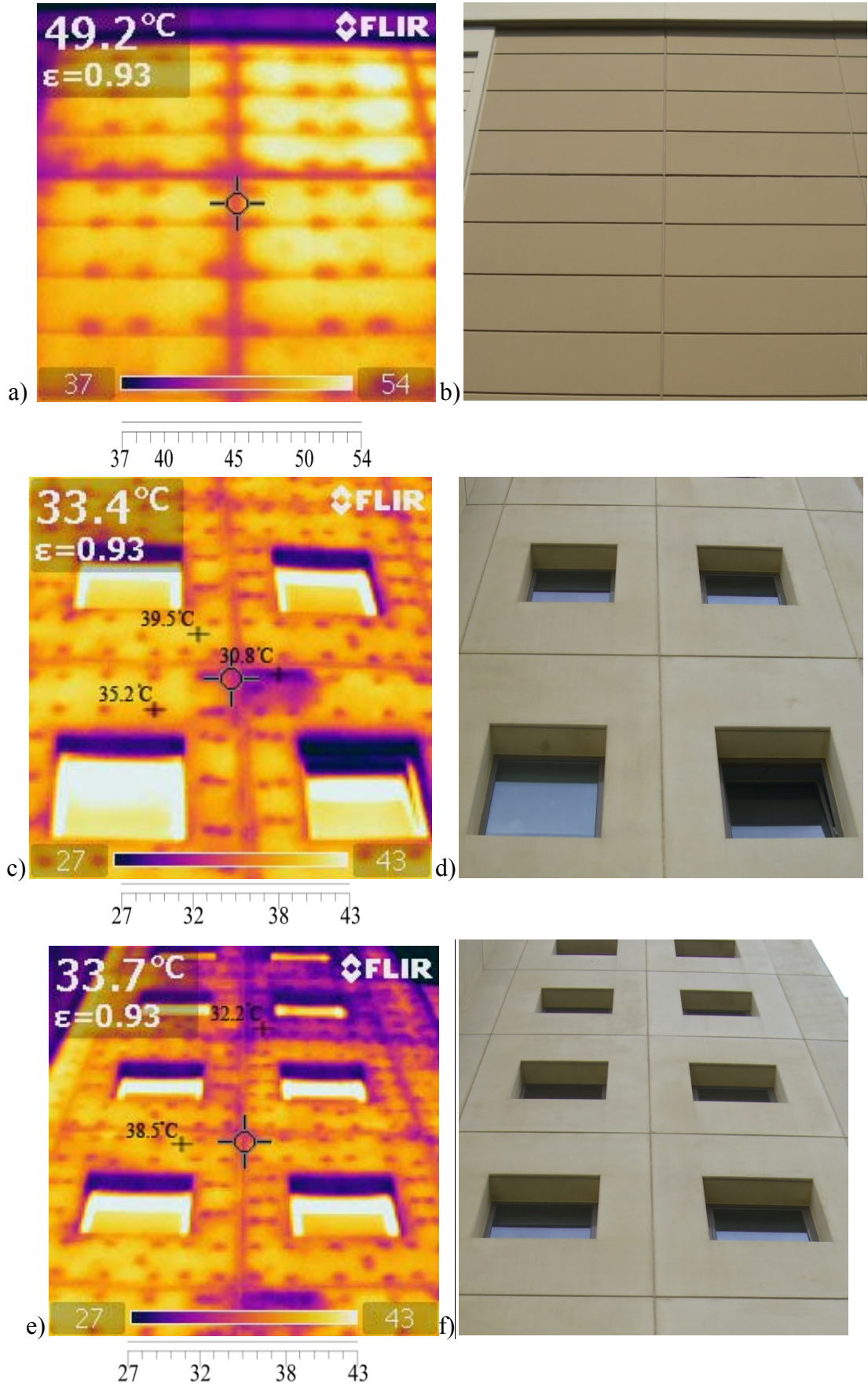
İncelenen örneklerde derz malzemesi seçiminde ve uygulama şeklinde bir problem ile karşılaşılmamıştır. Ancak açık derz sistemi kullanılmaması nedeniyle dış etkilere maruz kalan derz malzemelerinin kolaylıkla zarar görüp bozulması söz konusu olabilir. Bu nedenle, kullanılan derz malzemelerinin kullanım ömrü ve bakım süresi bilinerek derz malzemeleri zarar görmeden önlem alınmalıdır.

5.2.5 Termal kamera ile cephe panellerinin performans değerlendirmesi

Görüntüleme yöntemi olarak gözle görülmeyen kızılötesi (infrared, IR) enerjiyi (ısıyı) esas alan ve görüntünün genel yapısını IR enerjiye göre oluşmuş renkler ve şekillerin belirlediği görüntüleme sistemidir [84]. Kısaca termal kamera ısıyı esas alan ve sıcaklık farklılıklarını renklerle anlatan kızılötesi bir ölçümleme sistemidir. Termal kamera binalarda genellikle ısı kayıplarının, mekanik bozulma ve aşınmalarının tespiti, hava kaçağı, nem ve su kaynaklı sorunlu noktaların tespitinde kullanılmaktadır [84]. Son yıllarda enerji tasarrufu konusuna daha çok önem verilmesi binaların yalıtımı, ısı performansını gibi kavramları daha çok gündeme getirmiş ve binalarda enerji kaybına neden olan eksik veya hatalı uygulamaların tespitini önemli bir konu olarak karşımıza çıkarmıştır. Cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerinde katmanlar arası bağlantı elemanlarında ve birleşim derzlerinde olası ısı köprülerini görselleştirmek ve uygulama hatalarını değerlendirebilmek amacıyla çalışmada termal kamera bir araç olarak kullanılmıştır.

Çekimler sırasında iç ortam daha soğuk, dış ortam daha sıcaktır, bu doğrultuda, koyu renkler iç mekan sıcaklığına daha yakındır. Şekil 5.51’de İstanbul’da incelenen bazı binalara ait termal kamera görüntüleri ve gerçek resimleri görülmektedir. Termal görüntülerin hemen altında sıcaklık renk skalası vardır. Mor ve sarı arasındaki tüm renkler, skaladaki en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri arasında dağılmıştır. Genel olarak, farklı elemanlarda veya malzemelerde (panel, pencere) ısı iletkenlik özelliklerine bağlı olarak sıcaklık farklılıklarının görüldüğü söylenebilir. Ayrıca, panellerde ve panel birleşim derzlerinde ısı köprüleri ve nemden kaynaklanan problemler kolayca tespit edilebilmektedir.

Şekil 5.51-a’da kendinden fugalı 4 parçalı orta boyutlu cephe panelinde fugalara rastlayan dış katmanı çelik çerçeve sisteme bağlayan bağlantı noktalarında ve panel birleşim derzlerinde ısı farklılıkları oluşabildiği görülmektedir. Katmanlar arası bağlantı noktalarında ve birleşim derzlerinde oluşan ısı kayıplarının dışında farklı problemler de ortaya çıkabilmektedir. Örneğin, Şekil 5.51-c’de 4 panelin birleşim noktasında, Şekil 5.51-e’de resmin sağ üstündeki panelde farklı problemler olduğu termal görüntülerden açıkça tespit edilebilmektedir. Ayrıca, Şekil 5.51-f’de yer alan farklı renk tonlardaki panellerin termal görüntülerde de farklılığa neden olduğu görülmektedir (Şekil 5.51-e).



Şekil 5.51: Termal kamera görüntüleri ve gerçek görüntüler

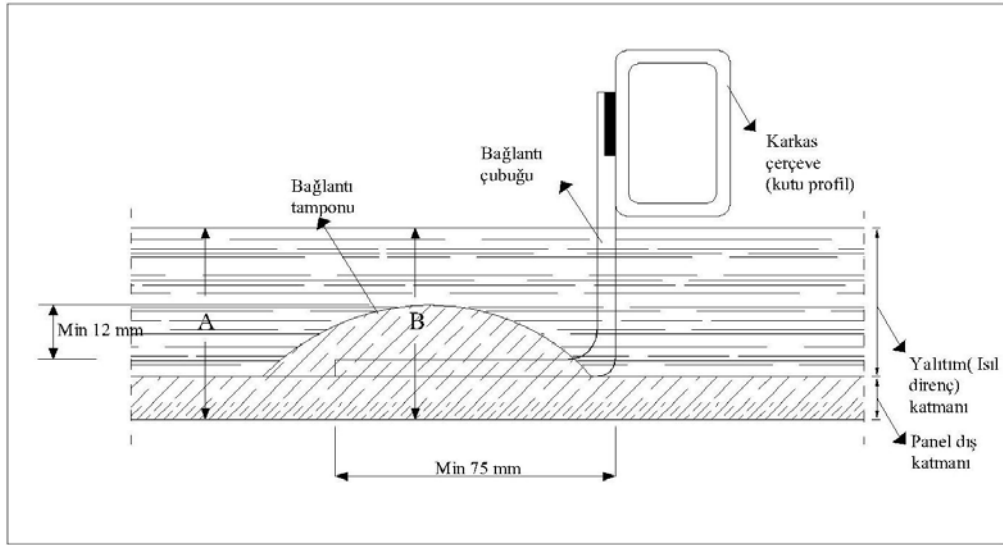
Termal kamera ile incelenen cephe panellerinde panelin elik ereve sistemi ile dış katmanının bağlantı noktalarında, panellerin yatay ve dışey birleşim derzlerinde ve birleşim derzlerinin kesişim noktalarında ısı köprüleri oluştuğu görülmüştür.

Cephe panelinin dış katmanı ile elik ereve sistemi birlikte tutan bağlantı çubukları şekil 5.52’de yalıtımsız bir kaplama panelinde açıkça görülmektedir. Bağlantı elemanlarında ısı köprülerini azaltabilmek için kullanılan malzemeler ve uygulama detayı önemlidir. Malzeme seçiminde ısı iletkenlik katsayısı düşük bağlantı çubukları kullanımı tercih edilebilir. Aynı zamanda, üretim aşamaları gözden geçirilerek problem yaratabilecek uygulama şekilleri ve alınabilecek önlemler değerlendirilebilir.

Bağlantı ubukları dış katmana üretim sürecinde dış katman ile aynı malzeme ile sarılarak yerleştirilmektedir. Böylece bu kısımlarda, cam elyaf takviyeli bağlantı tamponu oluşturulmakta ve taşıyıcılık açısından belirli bir kalınlığa sahip olması gerekmektedir. Ancak, oluşturulan bağlantı tamponu yalıtım katmanının kalınlığını azaltarak bu noktalarda ısı performans olumsuz yönde etkilemektedir. şekil 5.53’de verilen detay incelendiğinde yalıtım katmanı kalınlığının bağlantı yerlerinde değiştiği görülmektedir. Örneğin, dış katmanda 1,5 cm kalınlığında cam elyaf katkılı beton ve yalıtım katmanında 6 cm kalınlığında taş yünü kullanıldığında basit bir hespla şekil 5.53’de A kısmında ısı geçirgenlik katsayısı 0,58 W/m²K iken B kısmında ise bu değerin yaklaşık olarak 0,73 W/m²K’e yükseldiği söylenebilir. Dış katmanda 1,5 cm kalınlığında cam elyaf katkılı beton ve yalıtım katmanında 15 cm köpük beton kullanıldığında ise A kısmında ısı geçirgenlik katsayısı 0,51 W/m²K iken B kısmında bu değerin yaklaşık olarak 0,57 W/m²K’e yükseldiği söylenebilir. Yalıtım katmanında kullanılan malzemenin özelliklerine bağlı olarak kullanılan ısı köprüsü etkisi (şiddeti) değişmektedir. Özellikle, mineral ynlerin kullanıldığı örneklerde ısı köprülerinin daha belirgin olduğu görülmüştür. Isı kayıplarını en aza indirebilmek için daha tasarım aşamasında, panellerden beklenen ısı performans değerleri bağlantı bölgelerindeki ısı köprüleri göz önüne alınarak belirlenmeli ve bu noktalarda yalıtım katmanının kalınlığı arttırılıp panelin homojen bir özellik göstermesi sağlanmalıdır. Yurtdışında yapılan araştırmalarda bu problemi önlemeye yönelik alternatif detay zmleri üretildiği ve deneysel yöntemler ile test edildiği literatür araştırmasına dayanarak söylenebilir [66].



Şekil 5.52 : Panelin dış katmanı ile çelik çerçeve sistemi birlikte tutan bağlantı elemanı.



Şekil 5.53 : Ana gövdede mineral yünlerin kullanıldığı cephe panelinde çelik çerçeve sistem ile dış katmanın bağlantı detayı [36, 37, 38].

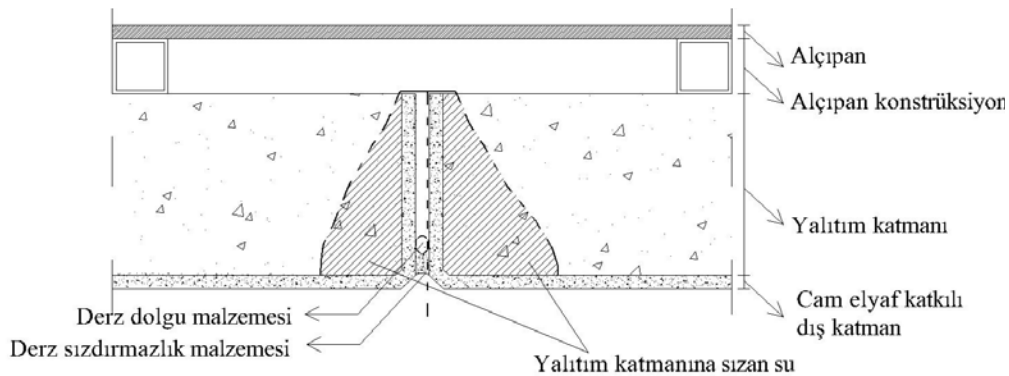
Panellerin birleşim derzleri önemli diğer bir problem noktasıdır. Panellerin birleşimlerinde kullanılan malzemelerin (toz öldürücü, fitil, mastik. vb.) uygun şekilde yapılmaması veya uygun derz malzemesi seçilmemesi problemin nedeni olabileceği gibi panel formunun tasarımında, üretiminde veya montajında yapılan hatalarda derzlerde ısı kayıplarına neden olabilir.

Termal kamera çekimlerinde panellerin yatay ve düşey birleşimlerinde, özellikle de yatay ve düşey derz aralarının birleşim noktalarında, problem oluşabileceği izlenimi

edinilmiştir (Şekil 5.51-c). Panel köşe birleşimlerindeki olası sızmalar çeşitli nedenlere bağlı olarak ortaya çıkabilir.

Tasarım ve/veya üretim aşamasında, panel boyutları ve tolerans değerleri ile ilgili olası hatalar derzlerin birbirini karşılayamaması ve derz malzemelerinin farklı genişliklerdeki aralıklara istenilen veya gereken şekilde uygulanamaması ile sonuçlanarak zaman içinde derzlerin hava ve su sızıntısına maruz kalmasına neden olabilir.

Şekil 5.51-c’de görülen cephe panelinde kapalı derz sistemi uygulanmıştır. Bu sistemde, derz tıkama malzemesinin (fitil) yatay veya düşey derzlerde boyunun kısa bırakılması sonucunda köşe birleşimlerde derz sızdırmazlık malzemesinin (macun) altı desteksiz kalabilir. Zamanla sıcaklık farklılıkları sonucu oluşacak genleşme ve büzölmelerle derz sızdırmazlık malzemesi kesişim noktalarından ayrılarak hava ve su sızıntısına neden olabilir. Bunun sonucunda derz aralığında ilerleyen (rüzgârla itilen) yağmur suyu iç yüzeye ulaşarak panelin yalıtım katmanına zarar verebilir (Şekil 5.54).



Şekil 5.54 : Panelin birleşim derzinden yalıtım katmanına sızan su, (panel yatay kesiti).

Şekil 5.51-e’de görülen cephenin sağ üst köşesinde yer alan panelde, gerçek çekimlerinde renk tonu farklılığı, termal çekimlerde ise diğer panellere göre bir miktar daha koyu renkte (soğuk) bir yüzeye sahip olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeninin uygulama sonucu değil, üretim ile ilişkili olduğu söylenebilir. Panelin farklı zamanda üretilmiş olması, dış kabuk betonun sertleşme veya kuruma sürecinin (kürleme) yeterli olmaması, dış katman malzemelerinin farklı yoğunlukta uygulanması veya karışıma farklı kimyasal maddeler eklenmesi bu duruma neden olmuş olabilir. Bu panel yüzeyinin, diğer panel yüzeylerine göre su ve nem

performansı da farklı olabilir, kısaca daha nemli bir yüzeye sahip olması nedeniyle daha soğuk bir yüzey söz konusu olabilir.

Panellerin yapım ve montaj aşamasında, özellikle birleşim derzlerinde hava ve su geçirimsizliğinin sağlanmasının yanı sıra ısı köprüleri oluşturmaması için ısı yalıtımı da yapılmalıdır. İncelenen örneklerde ısı kayıpları iç mekân konforunu önemli derecede etkilemese de önlemler alınarak panelin ısıl performansını iyileştirmek ve arttırmak, binanın enerji etkin kullanımı, uzun dönem performansı ve özellikle derz malzemelerinin hizmet ömrü açısından önemli katkı sağlayacaktır.

6.GENEL DEĞERLENDİRME, SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1 Genel Değerlendirme

Yapılan çalışmada beton esaslı prekast cephe panelleri ve günümüzde kullanımı ayrıntılı olarak incelenmiştir. Çalışmada öncelikli olarak beton esaslı prekast cephe panellerinin literatürden derlenen ve alan çalışmasından elde edilen bilgilerle çeşitli özelliklerine göre sınıflandırılması, bileşenlerinin tanımı, tasarım, üretim ve uygulama süreci ve performans gereksinimleri irdelenmiştir. Daha sonra günümüzde en yaygın olarak kullanılan cam elyaf katkılı prekast beton cephe panelleri konu kapsamında incelenmiştir.

Beton esaslı hafif cephe panelleri kapsamında yer alan cam elyaf katkılı prekast beton panellerinin günümüzde kullanımının artması nedeniyle avantaj ve dezavantajların ortaya konması hem tasarımcı hem üretici hem de kullanıcı açısından önem taşımaktadır. Yapılan çalışma sonucunda cephe panellerinin bileşenlerinde ve uygulama şekillerinde farklı alternatiflerin geliştirildiği belirlenmiştir. Bileşen ve uygulama şekillerinin kullanılacak yere, istenilen performans özelliklerine göre doğru seçilmesi sonucunda yapılan alan çalışmasına ve literatüre dayalı olarak beton esaslı prekast cephe panellerinin avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

Beton esaslı prekast cephe panellerinin tasarım avantajları;

- Betonun kalıba alınabilme özelliğine bağlı olarak tasarım özgürlüğü,
- İstenilen renk ve dokuyu verebilme olanağı,
- Taşıma sınırlarında istenilen boyutlarda üretilebilme olanağı,
- Cephe panellerinin kendisinden başka birçok yapı ve bitirme malzemesiyle kolaylıkla birlikte kullanılabilmesi,
- Cephe panellerinin istenilen performans özelliğine göre yalıtımlı veya yalıtımsız üretilebilmesi ve dış yüzeyde bitmişlik düzeyinin yüksek olması,
- Prekast beton cephe panellerinin fabrikada üretimine bağlı olarak kalite kontrolünün rahatlıkla yapılabilmesi, istenilen kalitede cephe yüzeyleri elde

edilebilmesi, cephe bitişlerinin montaj öncesi kontrolünün yapılabilmesi ve bunlara bağlı olarak yüksek kalitede tasarım ve işçilik olanağı sunmasıdır.

Beton esaslı prekast cephe panellerinin üretim ve performansa bağlı avantajları;

- Uygun kalıp seçimi ile aynı kalıbın çok kez kullanım olanağı,
- Panelin özelliğine ve uygulama şekline bağlı olarak belirlenen panelin bina ile bağlantı şeklinin (cephe panellerinin döşeme dış yüzeyine montajı) iç mekânda alan kazandırması,
- Prestak beton cephe panellerinin yoğunluğuna bağlı olarak iyi bir ses ve yangın dayanımı sağlanabilmesi,
- Panelin içeriğine ve kullanımına uygun yalıtım malzemesi ile iyi bir ısı yalıtımı sağlanabilmesi,
- Bina cephelerinin termal veya mekanik özelliklerine göre her cepheye veya binanın farklı katlarına farklı özellikte panel üretilebilme olanağı,
- Prestak cephe panellerinin bitmiş olarak gelen yüzeylerinin kullanım kolaylığı sağlaması, doğru seçilen malzemelere bağlı olarak çok sık bakım gerektirmemesi dolayısıyla binanın bakım ve işletme giderlerini azalttığı için yapının toplam veya yaşam boyu maliyetinin azalmasına yardımcı olması beton esaslı prekast cephe panellerinin üretim ve performansına bağlı avantajları arasında yer alabilir.

Beton esaslı prekast cephe panellerinin uygulama avantajları;

- Kendisinden başka birçok yapı ve bitirme malzemesiyle rahatlıkla birlikte kullanılabilmesi,
- Hazır olarak gelen cephe panellerinin üretimde cephedeki yerlerinin belirlenmesi ve kolaylıkla montajının yapılması,
- Üretiminin hızlı yapılmasında olduğu gibi montajının da hızla yapılması ve zaman kazanımı,
- Birçok özelliğin (duvar + yalıtım + kaplama) tek bir panelde toplanmasına bağlı olarak birçok taşeron işinin tek bir kalemde sağlanması,
- Montajın hava şartlarından etkilenmemesi,
- Özellikle yüksek katlı binalarda cephe panellerinin tercih nedeni olan iskele kurulumuna ihtiyaç duyulmadan vinçle panellerin taşınabilmesi,

- Geleneksel uygulamalarda, depolama, taşıma ve montaj aşamasında sorunlarla karşılaşılması malzemelerin zarar görmesi ve kırılmasına bağlı olarak verilen firenin prekast üretim ile en aza inmesi beton esaslı prekast cephe panellerinin uygulama avantajları arasında yer alabilir.

Beton esaslı prekast cephe panelleri geleneksel sisteme veya diğer alternatif çözümlere göre sahip olduğu avantajlarının yanında birtakım kayda değer dezavantajlara da sahiptir;

- Cephe panelleri prekast (ön üretimli) olmaları nedeniyle binaya hazır olarak gelirler. Bu nedenle depolama, taşıma ve montaj süreçlerinde panellerin zarar görme olasılığı yüksektir.
- Depolama ve taşıma süreçleri panellerin boyutlarını sınırlandırarak maliyeti arttırabilmektedir.
- Cephe panellerinin montaj aşamasında bina ile bağlantılarının sağlanması büyük bir dikkat ve titizlik gerektirmektedir.
- Cephe panelleri montajı tamamlandıktan sonra herhangi bir sorunla karşılaşıldığında kolaylıkla bina cephesinde değişiklik yapılmasına imkân vermez. Bu nedenle tasarım, üretim ve uygulama aşamasına gereken önem verilmelidir.
- Dış yüzeyde elde edilen bitmişlik düzeyi iç yüzeyde sağlanamamakta ve ek işlem gerektirmektedir.
- Özellikle katmanlar arası bağlantı noktalarında ve panellerin birleşim derzlerinde ısı köprüsü oluşumu söz konusu olabilmektedir.

6.2 Sonuçlar ve Öneriler

Beton esaslı prekast cephe panellerinin çeşitli süreçleri literatüre ve alan çalışmasına bağlı olarak yapılmış günümüzdeki kullanımı incelenerek çalışma sonucunda ulaşılan avantaj ve dezavantajlara genel değerlendirme kısmında yer verilmiştir.

Beton esaslı prekast ağır cephe panellerinin olumsuz özelliklerinin en aza indirildiği hafif cephe panelleri kapsamında incelenen cam elyaf katkılı prekast beton cephe panelleri farklı performans yöntemlerine bağlı olarak incelenmiştir. Bu kapsamda cephe panelleri alanda incelenen örneklere ait firmalardan elde edilen teknik bilgiler ve detaylar ışığında uygulama ve kullanım sırasındaki binalar incelenerek farklı

bileşene ve uygulama şekline göre sınıflandırılmıştır. Bileşen ve uygulama şekillerinin kullanılacak yere, istenilen performans özelliklerine göre doğru belirlenmesi sonucunda cephe panelleri gerekli yeterliliğe ulaşabilmektedir. Ancak beton esaslı prekast cephe panellerinin performansını etkileyecek en önemli noktaları, termal kamera ile yapılan çalışma sonuçlarına ve bitmiş binalarda incelenen örneklere dayanarak da söylenebileceği gibi panellerin katmanlar arası bağlantı noktaları ve panellerin birleşim derzleridir. Ayrıca katmanlar arası bağlantılarda dış katman kalınlığı ile ilişkili olarak noktasal taşımanın panelin mekanik dayanımına etkisi söz konusudur. Bu nedenle çalışmada panelin ısı ve nemsel performansı ile birlikte mekanik performansının etkilenebilme ihtimaline karşı bu noktalara dikkat çekmek istenmiştir.

Çalışmada amaç, beton esaslı prekast cephe panellerini ve günümüzde kullanımını irdeleyerek gerek teorik, gerekse teknik ve pratik açıdan bilgilerin güncellenmesi ve değerlendirilmesidir. Bu kapsamda yapılan çalışmada üretici, kullanıcı ve tasarımcıya detaylı bir şekilde inceleme ve bilgi sahibi olma olanağı sunulmuştur. Ancak, alanda incelenen cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerinin kullanımının diğer dış duvar alternatiflerine göre yeni olması nedeniyle uzun dönem performansları hakkında henüz fazla bilgi sahibi olunamamıştır. Bu nedenle, yapılan çalışmanın bir pilot çalışma olarak görülerek, uzun dönem performans değerlendirmesi için yeni olan bu malzemenin daha geniş kapsamlı bir alan çalışmasıyla bulguların genelleştirilmesi, yine özgün bir çalışma yapılarak performansı ve gelişiminin takibe alınması ile sorunların derinleştirilmesi sağlanabilir.

7.KAYNAKLAR

- [1] Herzog,T.,Krippner,R.,Lang,W., 2004. *Façade Construction Manual*, Birkhaeuser, Munich.
- [2] Tokman, T., 2004. Prefabrike beton endüstrisinin dünü, bugünü, yarını, *Yapı dergisi*, **327**, s: 95-100.
- [3] Şenel, Ş. M., Palancı, M., 2011. Prefabrik yapıların deprem dayanımı, *Standard dergisi* (Türk Standartları Enstitüsü), **585**, s: 44-48.
- [4] Mackechnie, J.R., Saevarsdottir, T., 2007. New insulating precast concrete panels, SBO7 NZ, 065,1-11, Auckland, New Zealand
- [5] Ayaydın, Y. , 1987. *Taşıyıcı Duvar Perdeli Prefabrike Yapılar*, M.S.Ü., İstanbul.
- [6] EN 14992, 2007. Precast concrete products - Wall elements, Brussels.
- [7] PCI Committee on Precast Sandwich Wall Panels, 1997. State of the Art of Precast/Prestressed Sandwich Wall Panels, Precast, Prestressed Concrete Institute, Chicago.
- [8] Zorergedik, G. , 2001. Hazır Dış Duvar Elemanlarının Isısal Konfor Açısından İncelenmesi Ve Değerlendirilmesi, Makina Mühendisleri Odası Yalıtım Kongresi, Eskişehir.
- [9] Barkaukas, K., F., Kauhseti, B., Polonyi, S., Brandt, J., 2002. *Concrete Construction Manual*, Birkhaeuser, Basel, Switzerland.
- [10] Ayaydın, Y. 2004. *12 Soruda Beton Prefabrikasyon*, İstanbul.
- [11] Barka, A.G., 2003. Mimari Prekast Beton, *Beton Prefabrikasyon Dergisi*, **67**.
- [12] TS-7719, 1989. Prefabrike beton elemanlardan yapılmış bir dış duvarla beton döşeme arasındaki tipik yatay derzler - nitelikler, özellikler ve sınıflandırma ilkeleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [13] Donaldson, B., 1991. *Exterior Wall Systems: Glass and Concrete Technology, Design and Construction*, PA : ASTM, Philadelphia.
- [14] Mehta, M., Scarborough, W., Armpriest, D., 2009. *Building Construction, principles, materials, and systems*, Update,Prentice Hall PTR, USA.
- [15] Url-1 <<http://www.cpci.ca/?sc=totalprecast>>, alındığı tarih 12-02-2011.
- [16] PCI Arcitectural Precast Concrete Committee, 2007. *Architectural Precast Concrete*, Third Edition, Precast/Prestressed Concrete Institute, U.S.A
- [17] Ballard Bell, V. ve Rand, P., 2006. ‘Materials for architectural design’, Laurence King Publishing, New York.
- [18] TS EN 206-1, 2002. Beton Türk standartları enstitüsü, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

- [19] **Akman, M. S.**, 1987. *Yapı Malzemeleri*, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası.
- [20] **TS EN 12602**, 2011. Önyapımlı donatılı gazbeton yapı elemanları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [21] **Url-2** < <http://www.hafifbetonblok.com/k%C3%B6p%C3%BCk-genel.html> >, alındığı tarih 10-03-2011.
- [22] **Url-3** < http://www.linsaat.com/uploads/TrbBlogs/pdfs_1/13674_1188177784_585.pdf >, alındığı tarih 10-03-2011.
- [23] **Clarke, J.L.**, 1993. *Structural Lightweight Agregate Concrete*, Blackie Academic & Professional, U.K.
- [24] **Einea, A.**, 1992. Structural and thermal efficiency of precast concrete sandwich panel systems, Doctoral thesis, The University of Nebraska, Lincoln.
- [25] **Url-4** < http://wn.com/Precast_concrete_lifting_anchor_systems_lifting_considerations >, alındığı tarih 10-03-2011.
- [26] **Brookes, A.J., Mejis, M.**, 2008. *Cladding of buildings*, Florence Production Ltd., Wiltshire, Great Britain, fourth edition.
- [27] **Url-5** <http://www.archprecast.org/documents/GFRC_handbook.pdf>, alındığı tarih 21-10-2010.
- [28] **Url-6** <<http://www.grca.org.uk/>>, alındığı tarih 12-11-2010.
- [29] **Url-7** <<http://www.gfrconstruction.com/>>, alındığı tarih 12-11-2010.
- [30] **Bağda, E., ve İnan, G.**, 2009. Dış Cepheelerde Kullanılan Cam Elyaf Donatılar, *Yalıtım Dergisi*, Mayıs/Haziran.
- [31] **Chawla K.K.**, 1998. *Fibrous Materials*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [32] **Barbero, E.J.**, 1999. *Introduction to Composite Materials Design*, Edwards Brothers, Ann Arbor, MI, U.S.A.
- [33] **Url-8** < http://www.concretenetwork.com/glass-fiber-reinforced_concrete/ >, alındığı tarih 13-02-2011.
- [34] **True G.**, 2003. *GRC production & uses*, Palladian Publications Ltd., UK.
- [35] **Url-9** < <http://www.negamerica.com/> >, alındığı tarih 13-02-2011.
- [36] **Refsan teknik föyü**, kişisel görüşmeler, "<http://www.refsan.com/prekast/tr>".
- [37] **Balaguru, P.N., Shah, S.P.**, 1992. *Glass Fiber-Reinforced Concrete In Fiber-Reinforced Cement Composites*, McGraw-Hill Inc., United States Of America.
- [38] **Betofiber teknik föyü**, kişisel görüşmeler, "<http://www.betofiber.com/>".
- [39] **GRC Industry Group of National Precast Concrete Association Australia**, 2006. A recommended practice for design, manufacture and installation of glass reinforced concrete (GRC), TechMedia Publishing Pty Ltd, Australia.

- [40] **TS-7845**, 1990. İki prefabrike beton dış duvar elemanı arasındaki tipik düşey derzler - özellikler, nitelikler ve sınıflandırma ilkeleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [41] **Watts, A.**, 2005. *Modern Construction Facades*, Springer, Austria.
- [42] **Demirel, F.**, 1998. Prefabrike Büyük Boy Beton Panel Derzlerinde Geçirimsizlik İçin Performans Kriterleri, *BetonPrefabrikasyon Dergisi*, **45**.
- [43] **Özkan, E.**, 1995. Dış Kabuk Sistemleri, Katmanlaşma ve Birleşim Olanakları, Yapıda Dış Kabuk Sempozyumu, Y.E.M., İstanbul.
- [44] **Warszawski A.**, 1990, "*Industrialization and Robotics in Building*", Harper and Row Publishers, New York.
- [45] **Demirel, F.** 1997. Prefabrike Beton Cephe Panelleri'nin Birleşim Yerlerinde Kullanılan Geçirimsizlik Dolgu Malzemeleri Ve Uygulama İlkeleri, *Yalıtım Dergisi*, **6**.
- [46] **Url-10** < <http://www.bakayapi.com/> >, alındığı tarih 11-03-2011.
- [47] **Freedman, S. , Kenney, A. ,** 1989. *Architectural Precast Concrete*, Precast Concrete Institute, U.S.A.
- [48] **Türkiye Prefabrik Birliği**, 1991. Prefabrike betonarme yapı elemanları ile ilgili teknik şartname(13), Ankara.
- [49] **Ayaydın, Y.**, 1989. *Büyük Açıklıklı Prefabrik Betonarme Yapılar*, Kurtiş Matbaası, 2. Baskı, İstanbul.
- [50] **Url-11** < http://precastfountain.com/precast_machinery/elsa_line >, alındığı tarih 08-03-2011.
- [51] **Url -12** < <http://www.concreteissues.com/stories/story?id=sandwich+wall+systems+-+for+a+sustainable+future-567#video-1> >, alındığı tarih 08-03-2011.
- [52] **Url-13** < <http://www.thermomass.com/> >, alındığı tarih 05-02-2011.
- [53] **Gilbert, T.G.**, GFRC 30 Years of High Fiber Cement Composite Applications Worldwide ", <<http://www.cemcotec.com/downloads/>>, alındığı tarih 05-02-2011.
- [54] **Url-14** < <http://www.grcenvironments.com.au/about.asp?pageID=946> >, alındığı tarih 05-02-2011.
- [55] **Url-15** < <http://www.darwish-group.com/arb2004/grc.html> >, alındığı tarih 05-02-2011.
- [56] **Url-16** < <http://www.power-sprays.co.uk/productiongrc.htm> >, alındığı tarih 08-03-2011.
- [57] **Fibrobeton teknik föyü**, kişisel görüşmeler, "<http://www.fibrobeton.com.tr/>".
- [58] **Bennett, D.** 2005. *The Art Of Precast Concrete*, Birkhauser.
- [59] **Pastor, J.M., Zangroniz, R., Martinez, J., Pena, J.**, 2011. Influence of Additives on the Weatherability Behaviour of Glass Reinforced Concrete (GRC) Prefabricated Façade Panels, 12th International

Conference on Durability of Building Materials and Components, Porto, Portugal.

- [60] **Yapı malzemeleri yönetmeliği (89/106/EEC)**, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2002, Ankara.
- [61] **EU Construction Products Directive (CPD)**, 86/106/EEC.
- [62] **EU The construction products directive (CPD) website**, "interpretative documents".
- [63] **Nashed, F. ,** 1996. *Exterior Wall Design*, Mc Graw Hill, New York.
- [64] **TS-498**, 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [65] **Gökşen Yücedağ**, 2006. ‘Konutlarda uygulanan beton sandviç panel duvar sisteminin ısısal konfor açısından incelenmesi’ Uludağ Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim dalı.
- [66] **Rostran, R., Michael**, 1964. *Light Cladding of Buildings*, William Clowes and Sons Ltd., UK.
- [67] **TSE 825**, 1998. Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [68] **İZODER** (Isı, ses ve su izolasyoncuları derneği), T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı Denetim Kuruluşları Yalıtım Seminerleri, 13 mayıs – 11 haziran, 2003.
- [69] **Atmaca, M.**, 2006. *Yapıda Isı Yalıtımı 5*, Mühendislik Yayıncılık, İstanbul.
- [70] **Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği**, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2008, Ankara.
- [71] **Özkan, E., Altun, Cem**, 2000. Yapı Elemanlarının Birleşimlerinde Isıl ve Nem ile ilgili Optimum Performans Gösterecek Seçeneklerin Geliştirilmesi, Tübitak , İnşaat Teknolojileri Grubu.
- [72] **Lee, B.J., Pessiki, S.**, 2005. Thermal performance evaluation of precast concrete three-wythe sandwich wall panels, *Energy and Buildings* 38 (2006) 1006–1014, U.S.A.
- [73] **Şimşek, O. ,** 2004. *Beton ve Beton Teknolojisi*, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- [74] **Kuş, H.**, 2002. Long-term performance of silicon-based water repellants : application to rendered autoclaved aerated concrete, Royal Institute of Technology, Sweden.
- [75] **Brock, L. ,** 2005. *Designing The Exterior Wall*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, N.J., USA.
- [76] **Çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi yönetmeliği**, Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010, Ankara.
- [77] **Binaların yangından korunması hakkında yönetmelik**, Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı, 2007, Ankara.
- [78] **TS EN 13501-1**, 2010. İnşaat Ürünlerinin ve Yapı Elemanlarının Yangınla İlgili Sınıflandırılması-Bölüm 1: Yangına Tepki Deneyleri Verilerinin

Kullanılması İle Sınıflandırma (Fire classification of construction products and building elements - Part 1: Classification using data from reaction to fire tests), *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

- [79] **Allen, E.**, 1990. *Fundamentals Of Building Construction*, Second Edition, U.S.A.
- [80] **Gaudette, Paul E.**, 2009. Building Envelope Design Guide – Precast Concrete Wall Systems, from Whole Building Design Guide, <http://www.wbdg.org/design/env_wall_precast_concrete.php>, alındığı tarih 05-02-2011.
- [81] **BS EN 1602**, 1997. Thermal insulating products for building applications. Determination of the apparent density.
- [82] **ISO 15686-8**, 2008. Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 8: Reference service life and service-life estimation, Switzerland.
- [83] **Url-17** < <http://www.kudret.com/products.php?cat=1>>, alındığı tarih 06-03-2011.
- [84] **Url-18** < <http://www.flirthermography.com>, 2010 >, alındığı tarih 10-01-2011.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Gamze ALTINAY

Doğum Yeri ve Tarihi: Muğla 21.09.1986

Adres: Kocayol Cad. Çam Apt. No:23 D: 17 Bostancı/Kadıköy

Lisans Üniversitesi: Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi,
Mimarlık Bölümü (2004-2008)

Lise : Kurttepe Anadolu Lisesi – Adana