

**T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**İNŞAAT SEKTÖRÜNDE CAM ELYAF TAKVİYELİ PRECAST BETON
CEPHE PANELLERİNİN UYGULANIŞI (ANKARA ÖRNEĞİ)**

ABDULGADER MOHAMED AHMED BERRANI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DR. ÖĞR. ÜYESİ HAKAN ÇAĞLAR

**OCAK - 2021
KASTAMONU**

TEZ ONAYI

Abdulgader Mohamed Ahmed BERRANI tarafından hazırlanan “**İnşaat Sektöründe Cam Elyaf Takviyeli Precast Beton Cephe Panellerinin Uygulanışı (Ankara Örneği)**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **20.01.2021** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Dr. Öğr. Üyesi Hakan ÇAĞLAR Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Adem AHISKALI Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Şevki Eren Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü	Prof. Dr. İzzet ŞENER	
----------------	-----------------------	-------

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Abdulgader Mohamed Ahmed BERRANI

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE CAM ELYAF TAKVİYELİ PRECAST BETON CEPHE PANELLERİNİN UYGULANIŞI (ANKARA ÖRNEĞİ)

ABDULGADER MOHAMED AHMED BERRANI

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ HAKAN ÇAĞLAR

Cepheler, bulunduğu bölgenin yaşantısını, sosyal yapısını, yapı sahibinin ekonomik durumunu yansıtan en belirgin elemanlardır. Cepheler gelişen teknolojiye paralel olarak hızlı bir şekilde değişmekte ve gelişmektedir.

Bu tez çalışmasında, cephe kaplama elemanı olan cam elyaf takviyeli precast beton cephe panellerinin tarihsel gelişimi, sınıflandırılması, bileşenleri, türleri, üretim ve montaj aşamaları ayrıntılı bir şekilde sunulması hedeflenmiştir. Ankara ilinde bulunan ve cam elyaf takviyeli precast beton cephe panellerinin kullanıldığı 4 farklı yapının incelenmesi amaçlanmıştır. Tez çalışması sonucunda panellerin yapılara sağladığı avantajlar ve dezavantajlar belirlenmiştir. Sonuç olarak; cam elyaf takviyeli precast beton panellerin diğer panellere göre gerek estetik gerekse statik açıdan daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER:Prekast beton, cephe paneli, cam elyafı, cam elyaf takviyeli precast beton cephe paneli, Ankara

Ocak 2021, 70 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

THE PRECAST CONCRETE FACADE PANELS WITH FIBRE GLASS ADDITIVES PRODUCTION IN CONSTRUCTION SECTOR

ABDULGADER MOHAMED AHMED BERRANI

**KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
SUPERVISOR:ASSİST. PROF. DR. HAKAN ÇAĞLAR**

The facades are the most prominent elements that reflect the life of the region, social structure and economic status of the building owner. Facades are changing and developing rapidly in parallel with the developing technology.

In this thesis, it is aimed to present the historical development, classification, components, types, production and assembly stages of glass fiber reinforced precast concrete facade panels, which are facade cladding element. It is aimed to examine 4 different buildings in Ankara where glass fiber reinforced precast concrete facade panels are used. As a result of the thesis, the advantages and disadvantages of the panels to the buildings were determined. As a result; It has been determined that glass fiber reinforced precast concrete panels are more advantageous than other panels in terms of both aesthetics and statics.

KEYWORDS:Precast concrete, facade panel, glass fiber, glass fiber reinforced precast concrete facade panel, Ankara

January 2021, 70 Page

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezim süresince her türlü maddi ve manevi desteği benden esirgemeyen, bilgi beceri ve tecrübelerini aktaran, yorulduğumda beni motive eden değerli danışmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Hakan ÇAĞLAR'a, tez çalışması süresince bilgi, destek ve ilgisini benden esirgemeyen sayın Dr. Öğr. Üyesi Arzu ÇAĞLAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda kullandığım yapıların seçimi, yetkili kurum ve kuruluşlarla görüşme imkanını sunan ve bana her türlü desteği sağlayan değerli arkadaşlarıma şükranlarımı sunarım.

Son olarak, beni yüksek lisans çalışmamı tamamlamam hususunda her zaman teşvik eden sevgisini, bilgisini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili eşime, bu günlere gelmemi sağlayan çok değerli anne ve babama minnettarlığımı ve teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Abdulgader Mohamed Ahmed BERRANI

Kastamonu, 2021

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLOLAR DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	2
1.2 Çalışmanın Kapsamı.....	2
1.3 Çalışmanın Yöntemi.....	2
2. BETON ESASLI PREKAST CEPHE PANELLERİ	4
2.1 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Tanımı ve Türleri	4
2.1.1 Katmanlaşma Düzenine Göre Beton Esaslı Prekast Cephe Panelleri	5
2.1.2 Taşıyıcılık Özelliğine Göre Beton Esaslı Prekast Cephe Panelleri	10
2.1.3 Üretim Yerine Göre Beton Esaslı Prekast Cephe Panelleri	11
2.1.4 Biçimsel Farklılıklarına Göre Beton Esaslı Prekast Cephe Panelleri	12
2.1.5 Boyutsal Farklılıklarına Göre Beton Esaslı Prekast Cephe Panelleri	12
2.2 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Sınıflandırılması.....	13
2.2.1 Beton Esaslı Prekast Ağır Cephe Panelleri.....	13
2.3 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Bileşenleri	14
2.3.1 Beton Esaslı Prekast Ağır Cephe Panellerinin Bileşenleri	14
2.3.2 Beton Esaslı Prekast Hafif Cephe Panellerinin Bileşenleri	18
3. CAM ELYAF TAKVİYELİ BETON PREKAST (GFRC) CEPHE PANELLERİ	24
3.1 GFRC Cephe Panelleri ve Tarihsel Gelişimi	24
3.2 GFRC Cephe Panellerinin Türleri	26
3.2.1 Katmanlarına Göre Paneller.....	26
3.2.1.1 Yalıtımlı GFRC panelleri.....	26
3.2.1.2 Yalıtımsız GFRC panelleri.....	28
3.2.1.3 Montaj şekline göre paneller.....	29
3.2.1.4 Birleşim yeri ve türüne göre panel türleri	33
3.2.2 Üretim Şekline Göre Paneller	35
3.2.2.1 GFRC panellerin üretim aşamaları.....	35
3.2.2.2 Püskürtme yöntemiyle üretilen paneller.....	39
3.2.2.3 Ön karışım yöntemiyle üretilen paneller.....	41
3.2.2.4 Hibrit yöntemle üretilen paneller	41
3.3 GRC Cephe Paneli Bileşenleri	42

3.3.1	Alkaliye Dayanımlı Cam Elyaf.....	42
3.3.2	Çimento.....	43
3.3.3	Silis Kumu	44
3.3.4	Akışkanlaştırıcılar ve Polimer Katkılar	45
3.3.5	Su	45
3.3.6	Renklendirme Amaçlı Pigment Kullanımı	45
3.4	GRC Cephe Paneli Uygulama Süreci.....	45
3.4.1	Depolama Süreci.....	46
3.4.2	Nakliye Süreci.....	47
3.4.3	Montaj Süreci.....	48
4.	ANKARA’DA GFRC CEPHE PANELLERİNİN UYGULANDIĞI	
	ÖRNEK PROJELER.....	53
4.1	Örnek 1 (Mevaşehir, Eryaman)	53
4.2	Örnek 2 (Villa, Çayyolu).....	56
4.3	Örnek 3 (Türkiye Noterler Birliği)	58
4.4	Örnek 4 (Afitab Kültür Merkezi)	59
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	62
	KAYNAKLAR	64
	ÖZGEÇMİŞ	70

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Tek katmanlı beton panel kesiti	6
Şekil 2.2 Çift katmanlı cephe panellerinin detayları	7
Şekil 2.3 Çift katmanlı cephe panellerinde beton ve gaz betonun farklı katmanlaşması	8
Şekil 2.4 Çok katmanlı paneller	9
Şekil 2.5 Fabrikada yekpare üretilen çok katmanlı cephe panel çeşitleri	10
Şekil 2.6 Beton esaslı prekast cephe panellerinde biçimsel farklılıklar	12
Şekil 2.7 Beton esaslı prekast cephe panellerinde boyutsal farklılıklar	13
Şekil 2.8 Üretim aşamasında beton esaslı prekast ağır cephe paneli örneği	13
Şekil 2.9 Çok katmanlı panellerde bağlantı şekilleri	17
Şekil 2.10 Panellerin ankraj bağlantı noktaları	18
Şekil 2.11 a) Kesik ve gevşek dokunmuş file elyaf	20
Şekil 2.12 İki duvar arasında montajı tamamlanan yalıtımsız cephe kaplama elemanının içten görünüşü	21
Şekil 2.13 Çelik çerçeve sistem ve panel dış katmanının bağlantı detayı	22
Şekil 2.14 Bulonlu sistem elemanları ve taşıyıcı U kanalı	23
Şekil 3.1 Yalıtım katmanında taş yünü kullanılan panel örneği	27
Şekil 3.2 Yalıtım katmanında köpük beton kullanılan panel örneği	28
Şekil 3.3 Montaj Türü ve Bağlantılarına Göre Paneller	28
Şekil 3.4 Taşyünü izolasyonlu GFRC cephe paneli kesiti	29
Şekil 3.5 Panelin iç ve üst yüzeyinde bulunan ankraj noktaları	30
Şekil 3.6 Kaynaklı birleşim kullanılarak oluşturulan GFRC cephe panelinin katmanları	30
Şekil 3.7 Kaynaklı birleşim kullanılarak uygulanan GFRC cephe panel sisteminin uygulama aşamaları	31
Şekil 3.8 Ankrajlı tespit kullanılarak uygulanan GFRC cephe panel sistemi katmanları	32
Şekil 3.9 Ankrajlı tespit kullanılarak uygulanan GFRC cephe panel sisteminin uygulama aşamaları	32
Şekil 3.10 GFRC cephe paneli ankrajlı montaj detayı	33
Şekil 3.11 Mastik birleşim yeri detayı	34
Şekil 3.12 Contalı birleşim yeri detayı	34
Şekil 3.13 Açık drenajlı birleşim yeri detayı	35
Şekil 3.14 Yüzey karışımının kalıba yerleştirilmesi	36
Şekil 3.15 GFRC kabuğa monte edilmiş çelik çerçeve ve bağlantı çubukları ..	37
Şekil 3.16 Düz ve nervürlü yüzeyli panel kalıp çeşitleri	38
Şekil 3.17 Elle uygulanan püskürtme yöntemiyle üretim	40
Şekil 3.18 Mekanize püskürtme yöntemiyle üretim	40
Şekil 3.19 Ön karışım yöntemiyle üretim	41
Şekil 3.20 Alkali dayanımlı cam elyaf	43
Şekil 3.21 Beyaz çimento	44
Şekil 3.22 Silis kumu	44
Şekil 3.23 Cephe panelinin yatay olarak istiflenmesi	46
Şekil 3.24 Büyük ve küçük boyutlu panellerin istiflenmesi	47

Şekil 3.25	GFRC elemanların nakliye aracına yüklenmesi	47
Şekil 3.26	Beton esaslı cephe panelleri taşıma sürecinde sınırlamalar	48
Şekil 3.27	Açık cephe montaj sistemi kesiti	49
Şekil 3.28	Açık cephe montaj sistemi planı	50
Şekil 3.29	Açık cephe montaj sistemi perspektif görünüşü	50
Şekil 3.30	Kapalı cephe montaj sistemi kesiti	51
Şekil 3.31	Kapalı cephe montaj sistemi planı	51
Şekil 3.32	Kapalı cephe montaj sistemi perpektif görünüşü	52
Şekil 3.33	Sistem detayı perspektifi	52
Şekil 4.1	Mevaşehir Eryaman, render 1	54
Şekil 4.2	Mevaşehir Eryaman, render 2	54
Şekil 4.3	Mevaşehir Eryaman, montaj işlemi yapılırken cephe görünüşü	55
Şekil 4.4	Mevaşehir Eryaman, montaj işlemi bittikten sonra cephe görünüşü	55
Şekil 4.5	Villa projesine ait cephe renderları 1	57
Şekil 4.6	Villa projesine ait cephe renderları 2	57
Şekil 4.7	Türkiye Noterler Birliği, montaj işlemi tamamlandıktan sonra cephe görünüşü	59
Şekil 4.8	Afıtab Kültür Merkezi cephe görünüşü	60
Şekil 4.9	Afıtab Kültür Merkezi, montaj işlemi tamamlandıktan sonra cephe görünüşü	61

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1 Cam elyaf çeşitlerinin bazı özellikleri	19
Tablo 3.1 Seçilmiş cam elyafların kimyasal bileşikleri	42
Tablo 3.2 Seçilmiş cam elyafların özellikleri	43
Tablo 4.1 GFRC sistem tipleri	53
Tablo 4.2 Mevaşehir, Eryaman konutlarında GFRC kullanımının avantajları ve dezavantajları	53
Tablo 4.3 GFRC sistem tipleri	56
Tablo 4.4 GFRC kullanımının avantajları ve dezavantajları	56
Tablo 4.5 GFRC sistem tipleri	58
Tablo 4.6 Türkiye Noterler Birliği binasında GFRC kullanımının avantajları ve dezavantajları	58
Tablo 4.7 GFRC sistem tipleri	59
Tablo 4.8 Afitab Kültür Merkezi binasında GFRC kullanımının avantajları ve dezavantajları	60

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Ca₂	: Kalsiyum iyonu
Al₃	: Alüminyum iyonu
Fe₃	: Demir iyonu
Mg₂	: Magma weld (Alaşımsız Çelik)
ksi	: Kilopound per square inch

Kısaltmalar

GFRC	: Cam elyaf takviyeli prekast beton
XPS	: Extrude polistren
EPS	: Expanded polistren
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
GPa	: Ağırlık ortalaması
CEM-FİL	: Alkali Dayanımlı Kırpılmış Elyaf
M.Ö	: Milattan önce
GRCA	: Uluslararası cam elyaf takviyeli beton derneği
MSDS	: Malzeme güvenlik bilgi formu
CE	: Avrupaya uygunluk
AR-Cam	: Alkaliye dayanıklı cam
ASTM	: Uluslararası Amerikan Test ve Materyalleri Topluluğu

1. GİRİŞ

Kentleri meydana getiren binaların cepheleri, binayı atmosfer şartlarından korumanın yanı sıra estetik olarak binaya prestij sağlamaktadır. Bina iç dizaynı özel alan olduğu için yalnızca kullanıcılar algılamaktadır. Dış cepheleri ise kenti kullanan tüm insanlar bilmektedir. Binaların dış cepheleri toplumun aynasıdır ve toplumun sosyal, ekonomik, kültürel yaşantısını yansıtmaktadır. (Yıldız ve Arslan, 2018).

Teknolojinin gelişmesiyle önyapımlı beton (prefabrike beton) yerini öndökümlü betona (prekast beton) bırakmaya başlamıştır (Tokman, 2004). İnşaatta prekast beton elemanların kullanımı son yıllarda oldukça artmıştır. Prekast beton elemanları yeni yapım yöntemlerinin yenilenmesinden doğmakta ve genellikle standart tasarım kurallarının ötesine geçmektedir (Poveda vd., 2016). Prekast beton bina çekirdekleri, alçak, orta ve çok katlı binalarda yaygın olarak kullanılan bir yanıl yük direnç sistemidir (Menegon vd., 2020). Prekast yapı, saha dışı bir depo üretim ortamında elde edilebilecek yüksek kaliteli inşaat toleransları içeren ve geleneksel yerinde dökme betonarme yapıya göre daha verimli, daha hızlı ve daha kısa sürede yapım gibi birçok avantaj sunmaktadır. (Menegon vd., 2020).

Yeni ve yenilikçi prekast duvar sistemleri geliştirmek için çeşitli araştırma çalışmaları yapılmıştır (Sun vd., 2015, 2018; Jiang vd., 2019); ancak, yaygın olarak benimsenmiş prekast duvar sistemlerinin türlerini değerlendirmek için sınırlı araştırma yapılmıştır. Menegon et al. (2017c).

Ülkemizde son yıllarda inşa edilen binalara baktığımızda, dış cepheler, gerek yüksek maliyetli olması gerekse hızlı üretimi sekteye vurması açısından dikkat çekmektedir.

Dış duvarlar, iç ortamla atmosferi ayıran bölücü elemanlardır. İç ortamın konfor düzeyi dış duvar ile doğrudan bağlantılıdır. Duvarlar ısı, su, ses ve neme karşı dirençli olmasının yanında estetik açıdan da istenilen düzeyde olmalıdır. Tüm bu özellikleri bir arada sağlamak için duvarlara farklı yalıtımlar ve kaplama malzemeleri kullanılmalıdır. Sürekli gelişmekte olan teknoloji ile beton esaslı cephe panelleri, prekast betonun geliştirilmesiyle üretilmekte ve bu amaç için kullanılmaktadır (Altınay, 2011).

Bu gelişimler neticesinde cam elyaf takviyeli prekast beton (GFRC) cephe panelleri en çok tercih edilen cephe paneli olmaya başlamıştır. Hızlı üretilmesi, doğru uygulama neticesinde istenilen performansın tek malzemede sağlanması, atmosfer şartlarına karşı dayanıklılığı ve alternatiflerinin çok olması GFRC cephe panellerini cazip kılmaktadır (Altınay, 2011 ; Tekin, 2017).

1.1 Çalışmanın Amacı

Tez çalışmasında, beton esaslı prekast cephe panelleri hakkında bilgiler verilmiş, sınıflandırılması yapılmış, türleri ve uygulamaları detaylar verilerek incelenmiştir. Ayrıca gelişen teknolojiyle ülkemizde kullanımı hızla artmakta olan cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerinin Ankara ilinde bir alan çalışması yapılarak avantaj ve dezavantajlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.2 Çalışmanın Kapsamı

Tez çalışması kapsamında, GFRC cephe panellerinin tanımı tarihsel gelişimi ve beton esaslı cephe panelleri üzerinde durulmuştur. Ayrıca tez kapsamında alan araştırması olarak seçilen Ankara ilinde cam elyaf takviyeli prekast beton cephe kaplaması uygulanan binalar baz alınarak GFRC cephe panellerinin olumlu ve olumsuz yönleri ve performansı irdelenmiştir. Yapılan araştırmalarda şantiye de üretim yöntemine rastlanmadığı için fabrika üretilmiş malzemeler irdelenmiştir. Bu bağlamda şantiye üretimi tez kapsamı dışında tutulmuştur.

1.3 Çalışmanın Yöntemi

Tez çalışmasının amacı doğrultusunda konu ile ilgili, makaleler, tezler, sempozyumlar, kitaplar ve standartlar gerek dijital ortamdan gerekse baskılı yayınlardan yararlanılarak incelenmiştir.

Tezde birinci bölüm giriş bölümüdür. Bu bölümde konu ile ilgili yüzeysel bir şekilde bahsedilmiş, çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemi başlıklar halinde sunulmuştur.

Tezin ikinci bölümünde, beton esaslı prekast cephe panellerinin tanımı, çeşitleri, sınıflandırılması ve bileşenleri başlıklar halinde verilmiştir.

Tezin üçüncü bölümünde, cam elyaf takviyeli prekast beton cephe panellerinin tarihsel gelişimi, türleri, üretim aşamaları ve bileşenleri başlıklar halinde sunulmuştur. Konular fotoğraflarla ve tablolarla desteklenmiştir.

Tezin dördüncü bölümü alan araştırmasının yapıldığı bölümdür. Bu bölümde Ankara ilinde bulunan ve cam elyaf takviyeli prekast beton cephe panelleri ile inşa edilen binalar te tek başlıklar halinde irdelenmiştir.

Tezin beşinci ve son bölümü ise sonuç ve öneriler bölümüdür. Bu bölümde çalışma sonucunda elde edilen veriler yorumlanmış ve önerilerde bulunulmuştur.

2. BETON ESASLI PREKAST CEPHE PANELLERİ

2.1 Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Tanımı ve Türleri

Ön imalatlı beton anlamına gelen prekast beton, betonu oluşturan unsurların fabrika ortamında kalıplara dökülerek şekillendirilmesi ve üretilen malzemelerin şantiye ortamında birleştirilerek yapıya monte edilmesi sonucu oluşan yapı malzemeleridir (P. C. Institute, 2010).

İnşaat sahasına üretilmiş bir şekilde getirilen ya da şantiyede üretilen ve beton ya da betonarme tabakalardan oluşan elemanlara “beton esaslı prekast cephe panelleri” denilmektedir.

Beton esaslı prekast cephe panelleri duvar elemanı olmasının yanı sıra yalıtım ve kaplama malzemesi özelliği de göstermektedir. Bu paneller arasına yalıtım katmanı eklenerek ısı yalıtımlı cephe panelleri elde edilmektedir. Üretilen bu paneller binaları bir kabuk gibi sarmalayarak dışardan gelebilecek etkilerden korumaktadır (Altınay, 2011). Ön üretim yapıp şantiyede yerine monte edilmesi hem işçilikten hem de zamandan tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca betonun kolaylıkla kalıplara alınıp istenilen şeklin verilebilmesinden dolayı tasarımda özgürlük sağlanmaktadır. Bu özelliği ile yaygın bir şekilde tercih edilmektedir. 1920’lerde kullanımına başlanılan paneller, 1950’li yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır (Corporation, 2002)

Gerek seri gerekse özel üretimlerde kullanılabilen bu paneller pencere etrafında bulunan söveler veya kolon aksları arasındaki bütüncül elemanlar gibi farklı ebatlarda üretilmektedir. Panellerin boyutlarını nakliye imkanları ve montaj yöntemleri belirlemektedir (Life-Cycle Assessment of Cladding Products, 2009; Yıldız, 2018).

❖ Beton esaslı prekast cephe panellerini 5 gruba ayrılmaktadır. Bunlar;

- ✓ Katmanlaşma düzenine göre beton esaslı prekast cephe panelleri,
- ✓ Taşıyıcılık özelliğine göre beton esaslı prekast cephe panelleri,
- ✓ Üretim yerine göre beton esaslı prekast cephe panelleri,

- ✓ Biçimsel farklılıklarına göre beton esaslı prekast cephe panelleri,
- ✓ Boyutsal farklılıklarına göre beton esaslı prekast cephe panelleri.

2.1.1 Katmanlaşma Düzenine Göre Beton Esaslı Prestekast Cephe Panelleri

Katmanlaşma düzenine göre beton esaslı prekast cephe panelleri bünyesinde bulunan bileşen sayısına göre sınıflandırılmaktadır (Herzog vd., 2004). Bunlar;

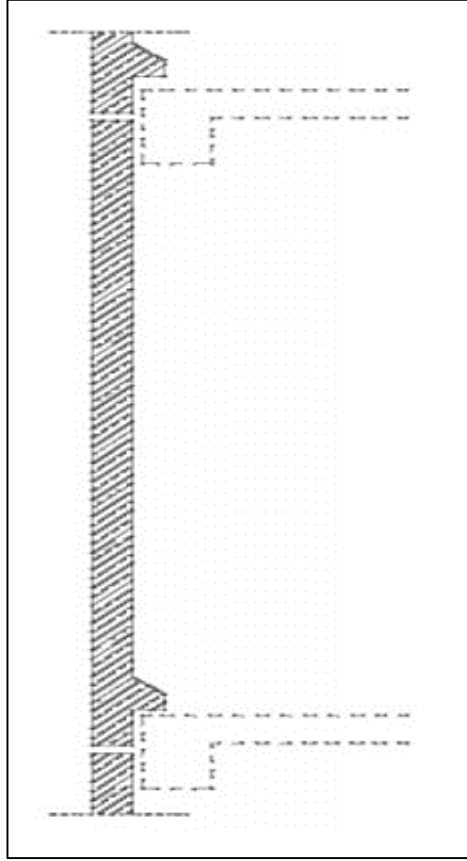
- ✓ Tek katmanlı cephe panelleri
- ✓ Çift katmanlı cephe panelleri
- ✓ Çok katmanlı (sandviç) cephe panelleri

A. Tek katmanlı cephe panelleri

Hafif ya da normal betondan üretilen üzere iki çeşit tek katmanlı cephe panelleri bulunmaktadır (Şekil 2.1).

Hafif betondan elde edilen tek katmanlı cephe panelleri uygun kalınlıkta üretilmeleri durumunda ısı yalıtımı özelliğine sahiptir. Hafif olmaları sebebiyle üretim, nakliye ve montaj işlemleri daha kolay yapılmaktadır. Bu kolaylığın aksine kırılmaya karşı dayanımlarının düşük olması ve başta su olmak üzere atmosfer şartlarına karşı dirençlerinin düşük olması bu panellerin olumsuz özelliği olarak sıralanabilmektedir.

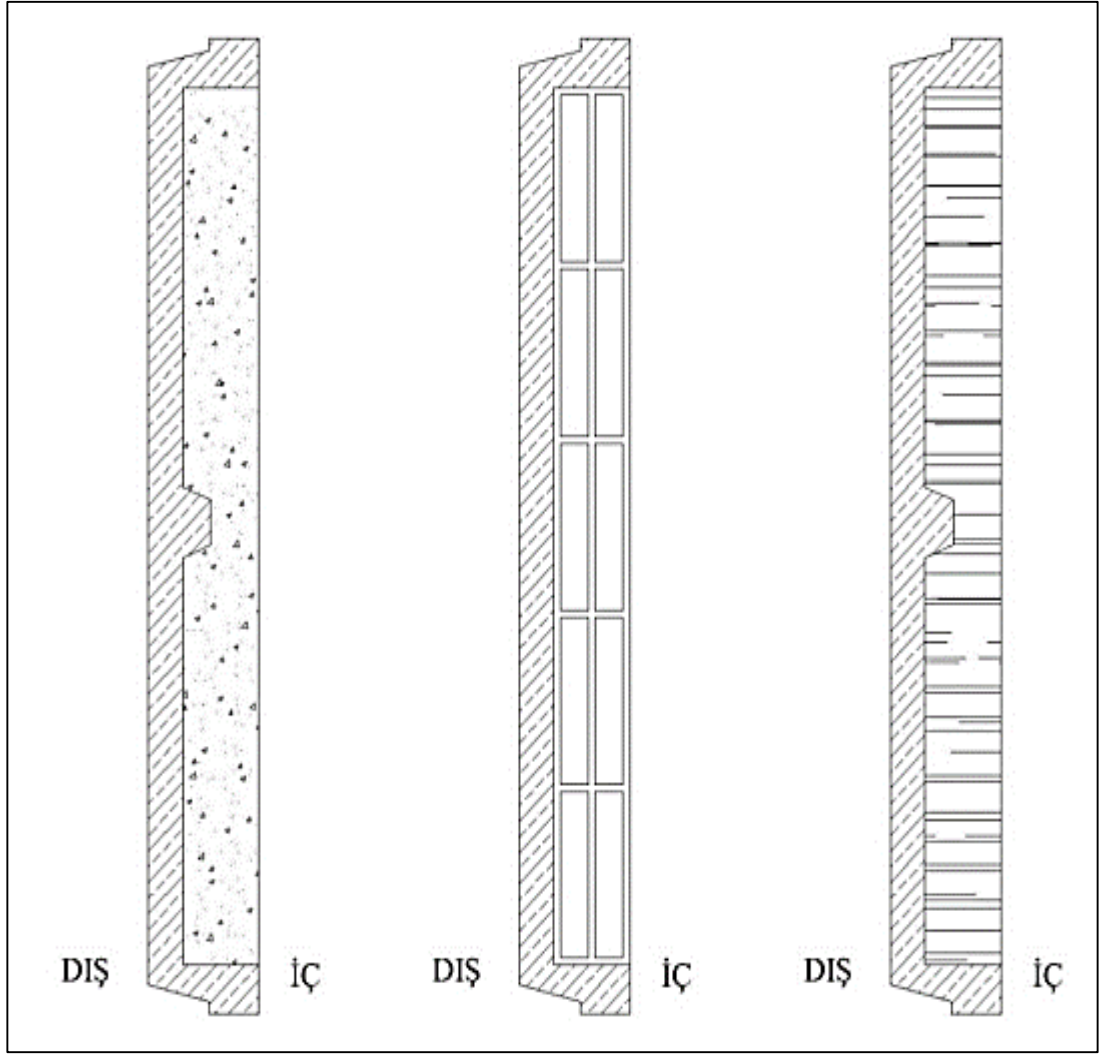
Normal beton ile elde edilen paneller yeterince ısı yalıtımı özelliğine sahip olamazlarda kırılmaya karşı hafif betona göre daha dayanıklıdırlar. Normal betonla üretilen panellerin ısı yalıtımı sağlaması amacıyla içeriden ya da dışarıdan ısı yalıtımı yapılması gerekmektedir. Eğer yalıtım yapılacaksa bunun dışarıdan olması tercih edilmelidir. Aksi halde içeriden yapılması durumunda yalıtım tabakası ile duvar yüzeyi arasında yoğunlaşma sorunu meydana gelecek, bu durumun aşılması için ise buhar dengeleyici uygulaması yapılması gerekecektir (Ayaydın, 1987).



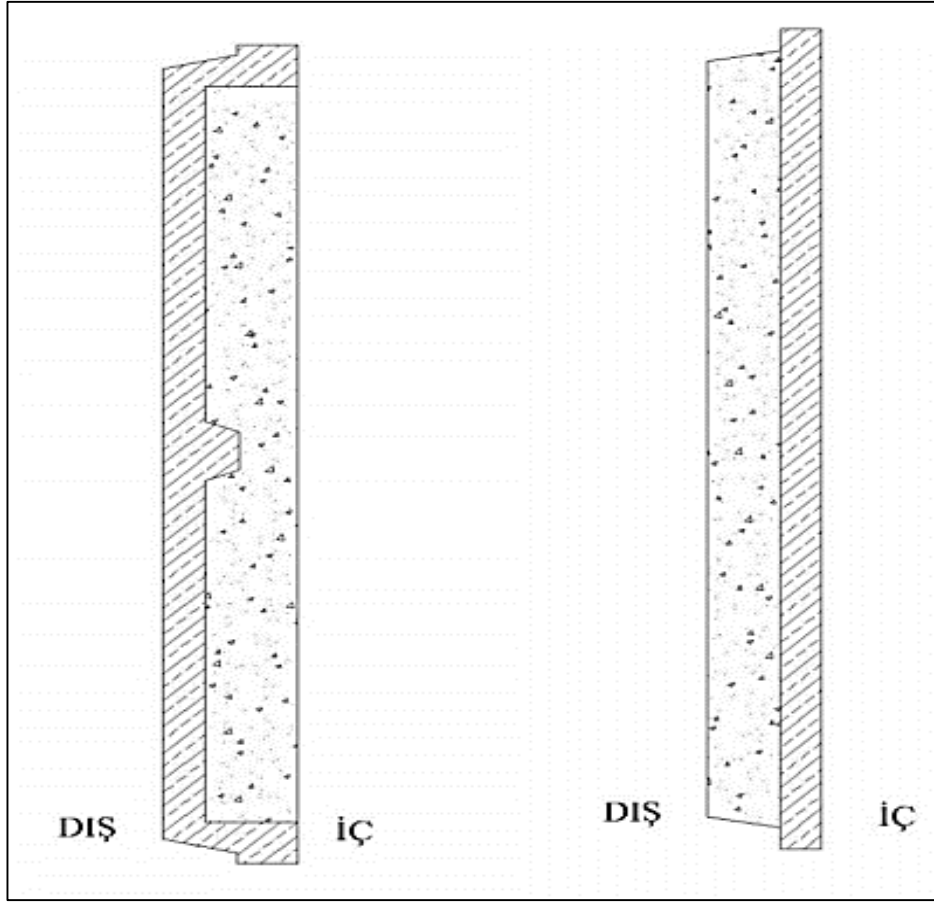
Şekil 2.1 Tek katmanlı beton panel kesiti

B. Çift katmanlı cephe panelleri

Çift katmanlı paneller tek katmanlı panellerin olumsuz özelliklerini iyileştirmek amacıyla yeni bir panel ilave edilerek üretilmektedirler. Panel iç ve dış katmandan oluşmaktadır. İç katman panele ısı yalıtım özelliği sağlarken, dış katman da paneli dış etkilere karşı korumaktadır. Katmanlar tuğla, EPS (Expanded Polystyren Foam), XPS (Ekstrüde Polistiren Foam), mineral yün gibi ısı yalıtım malzemelerinden oluşabilmektedir (Şekil 2.2). Katmanlar yer değiştirerek farklı konumlanışlarda da bulunabilirler (Şekil 2.3). Ayrıca beton yoğunluklarına göre farklı çift katmanlı paneller üretmekde mümkün olmaktadır (Mackechnie vd., 2007).



Şekil 2.2 Çift katmanlı cephe panellerinde; a) beton ve gaz beton, b) beton ve tuğla, c) beton ve mineral yünlerin kullanılmasını gösteren detaylar (Ayaydın, 1987)

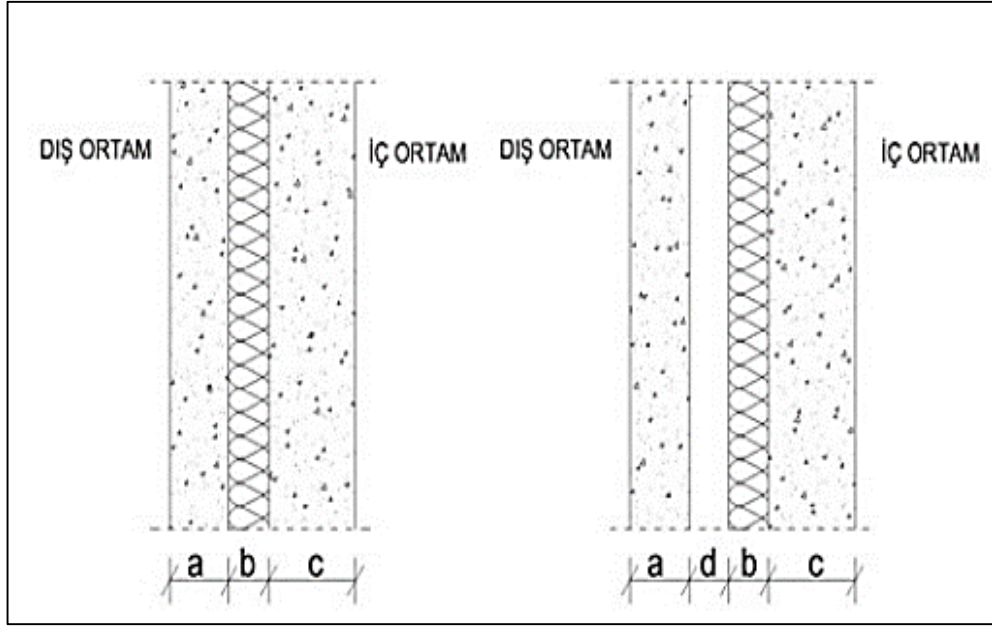


Şekil 2.3 Çift katmanlı cephe panellerinde beton ve gaz betonun farklı katmanlaşması

C. Çok katmanlı paneller

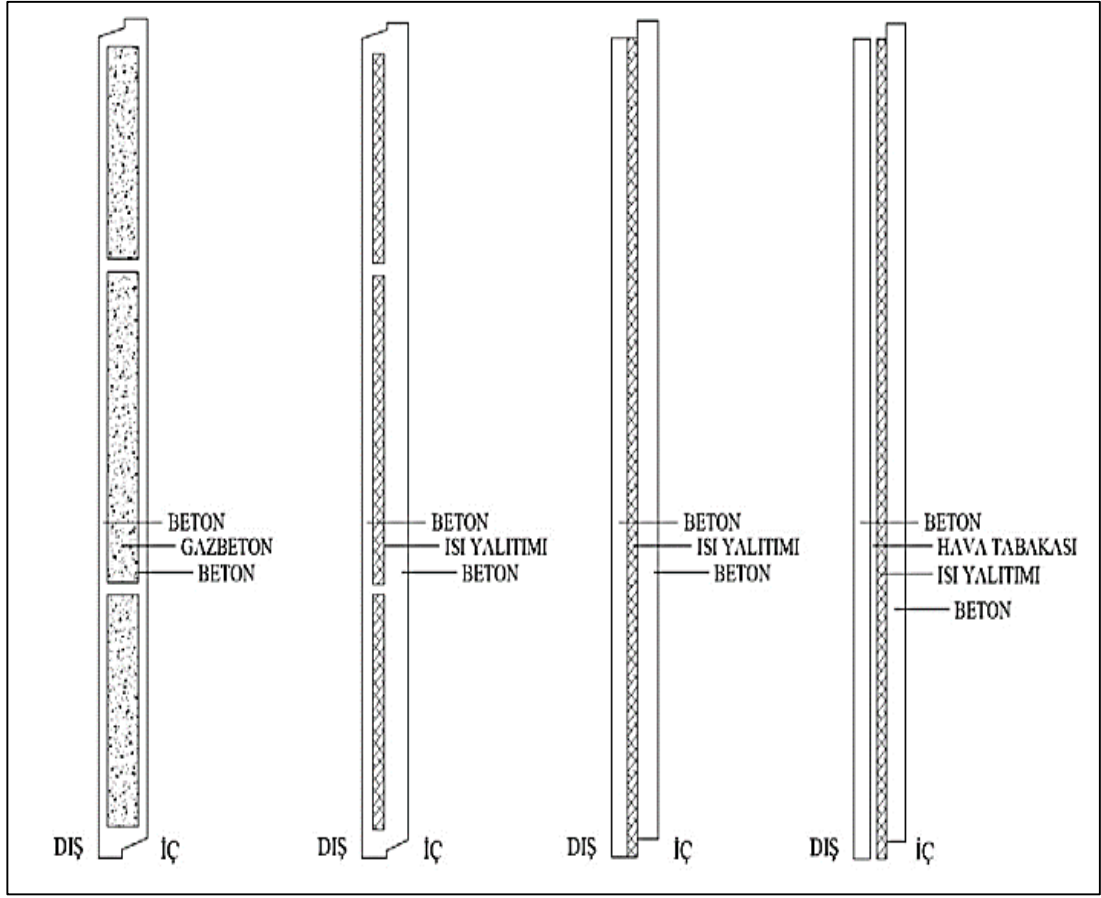
Üç ve üzeri katmanın bir araya gelmesiyle oluşan panellerdir. Betonarme iki katman arasına ısı yalıtım malzemesinin yerleştirilmesi ya da ısı yalıtım malzemesiyle beraber yoğunlaşma problemini en aza indirmek için hava boşluğu oluşturulmasıyla elde edilirler (PCI, 1997 ; EN 14992, 2007). Panellerde dış katman dış etkilere karşı koruma kalkını olurken iç katman ise ısı depolamanın yanı sıra taşıyıcı olarak kullanılmaktadır. İç katmandan gelen sıcak havanın yoğunlaşmaya neden olmaması için yalıtım katmanının iç yüzeyine buhar kesici malzeme uygulanmaktadır. Ayrıca dış katman ve yalıtım katmanı arasında hava boşluğu oluşturarak yoğunlaşma meydana gelmeden sıcak havanın tahliyesi yapılabilir. (Şekil 2.4).

Çok katmanlı panellerde (Şekil 2.4) dış katman (a) kalınlığının 7 ila 10 cm arasında, ısı yalıtım katmanının (b) 4 ila 10 cm arasında, iç katman (c) kalınlığının 8 ila 16 cm arasında, hava boşluğu katmanının (d) 3 ila 6 cm arasında olması tavsiye edilir (Zorergedik, 2001; Barkaukas, 2002).



Şekil 2.4 Çok katmanlı panel, a) dış katman, b) ısı yalıtımı, c) iç katman, d) hava boşluğu

Panellerde betonarme katmanlar arasına ısı yalıtım malzemesi olarak cam yünü, taş yünü, XPS, EPS, vb. kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra hafif beton çeşitleri kullanılarak çok katmanlı panel elde edilebilmektedir. Şekil 2.5’de fabrikada ortamında yekpare üretilen çok katmanlı cephe panellerinin çeşitleri sunulmuştur (Ayaydın, 1987).



Şekil 2.5 Fabrikada yekpare üretilen çok katmanlı cephe panel çeşitleri

2.1.2 Taşıyıcılık Özelliğine Göre Beton Esaslı Prekast Cephe Panelleri

Taşıyıcılık özelliği baz alındığında beton esaslı prekast cephe panelleri üç gruba ayrılmaktadır (Altınay, 2011). Bunlar;

- ✓ Taşınan cephe panelleri
- ✓ Sadece kendini taşıyan cephe panelleri
- ✓ Taşıyıcı cephe panelleri

A. Taşınan cephe panelleri

Taşınan cephe panellerinin ağırlığı $50-200 \text{ kg/m}^2$ arasında değişmektedir. Sistem kendi ağırlığını binanın taşıyıcı sistemine aktarmaktadır (Ayaydın, 2004). Taşınan cephe panelleri ısı ve ses yalıtımı amaçlı kullanıldığında panelden taşıyıcılık özelliği beklenmemektedir.

B. Sadece kendini taşıyan cephe panelleri

Paneller kendi yüklerini birbirleri üzerine aktarmaktadırlar. Bünyelerine gelen yatay yükleri ankraj elemanları vasıtasıyla bağlı oldukları döşemeye iletme prensibine göre çalışırlar (TS-7719, 1989). Bu panellerin deprem kuşağında yer alan bölgelerde kullanılması önerilmemektedir.

C. Taşıyıcı cephe panelleri

Taşıyıcı cephe panelleri kendi ağırlıklarının yanı sıra binanın diğer yüklerini de taşımaktadır (Altınay, 2011). Bu panellerin kesitlerinin ve içerisinde bulunan donatı miktarının artması nedeniyle kendi ağırlıklarında da artış meydana gelmektedir. Bu durumda panellerin üretim, taşıma, depolama ve montajlarında ciddi sorunlar yaşanmaktadır.

2.1.3 Üretim Yerine Göre Beton Esaslı Prefabrik Cephe Panelleri

Beton esaslı prefabrik cephe panellerinin üretimi şekilleri iki gruba ayrılmaktadır [10]. Bunlar;

- ✓ Şantiye
- ✓ Fabrika

A. Şantiyede üretim

Seri üretime ihtiyaç duyulmadığında şantiyede üretim yapılmaktadır. Taşıma ve üretim sonrası depolama olmadığından maliyeti düşüktür. İnsan gücüne dayalı olması hatalı üretim oranını arttırdığından şantiye de üretim tercih edilmeyen bir yöntem olmuştur (Ayaydın, 2004).

B. Fabrikada üretim

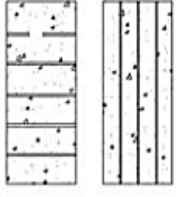
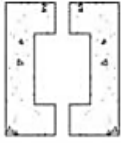
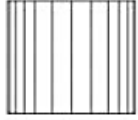
Makineler vasıtasıyla seri üretim ile üretilen ve kalite kontrolünün sağlandığı bir üretim yöntemidir. Nakliye ve depolama koşulları sınırlı olduğundan üretilen panellerin boyutları da sınırlandırılmaktadır. Bu durum paneller açısından dezavantaj olarak görülmektedir.

2.1.4 Biçimsel Farklılıklarına Göre Beton Esaslı Prekast Cephe Panelleri

Beton esaslı prekast cephe panelleri biçimsel farklılıklarına göre üç guruba ayrılmaktadır. Bunlar;

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

Şekil 2.6’da biçimsel farklılıklarına göre beton esaslı prekast cephe panelleri verilmiştir (Mehta vd, 2009).

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

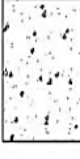
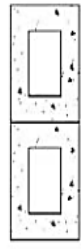
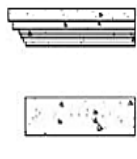
Şekil 2.6 Beton esaslı prekast cephe panellerinde biçimsel farklılıklar

2.1.5 Boyutsal Farklılıklarına Göre Beton Esaslı Prekast Cephe Panelleri

Boyutsal farklılıklarına göre beton esaslı prekast cephe panelleri üç guruba ayrılmaktadır (Altınay, 2011). Bunlar;

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

Şekil 2.7’de boyutsal farklılıklara göre beton esaslı prekast cephe panelleri verilmiştir.

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

Şekil 2.7 Beton esaslı prekast cephe panellerinde boyutsal farklılıklar

2.2 Beton Esaslı Prestekast Cephe Panellerinin Sınıflandırılması

2.2.1 Beton Esaslı Prestekast Ağır Cephe Panelleri

Beton esaslı ağır cephe panelleri beton harcı ve donatı elemanlarından meydana gelmektedir. Bileşenleri fabrika ortamında birleştirilmekte ve prizini aldıktan sonra inşaat alanına taşınmaktadır (PCI, 2007). Birçok betonarme katmandan oluşacağı gibi tek katmandan da oluşabilen ağır cephe panellerinin m^2 ağırlıkları 150 kg/m^2 'den fazla olmalıdır (Yıldız ve Arslan, 2018). Bu nedenle paneller binaya ciddi ölçüde yük getirmektedir. Beton esaslı ağır cephe panelleri yalıtım amaçlı ve yoğunlaşma probleminin yaşanmaması için kullanılmaktadır (Yıldız, 2017).

Şekil 2.8'de üretim aşamasındaki beton esaslı ağır cephe paneli verilmiştir.



Şekil 2.8 Üretim aşamasında beton esaslı prekast ağır cephe paneli örneği (PCI, 2007)

Beton esaslı prekast hafif cephe panelleri, bileşenlerinden biri olan donatı çeliğinin yerine karbon lifler, cam elyaf ve polimer gibi liflerle üretilen panellere denir (Yıldız, 2017). Son yıllarda çelik dışındaki lifler korozyona karşı dirençli olmaları, birim ağırlıklarının düşük olması, yüksek dayanım ve düşük ısı iletkenliği gibi özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir. Özellikle çeliğin ısı farklılıkları ve tuzlu suyla temas etmesi sonucu korozyon meydana gelmesinden dolayı lif takviyeli betonların geliştirilmesine neden olmuştur (Yavuz, 2011).

Panel taşıyıcılarının kesit alanlarının dar olması, düşük maliyetlerle yapılabilmesine neden olmaktadır (Yıldız ve Arslan, 2018). Panellerin hafif olmasından dolayı montaj sırasında küçük vinçler kullanılmakta ve şantiyeye hazır bir şekilde gelen paneller vinçlerle yerine takıldığı için zamandan tasarruf edilmektedir (Brownell, 2008).

2.3 Beton Esaslı Premkast Cephe Panellerinin Bileşenleri

2.3.1 Beton Esaslı Premkast Ağır Cephe Panellerinin Bileşenleri

A. Beton ve betonarme bileşeni

Ağır cephe panellerinde, donatılı ya da donatısız beton kullanılmaktadır (Altınay, 2011).

İnşaat mühendisliği alanında kullanılan en yaygın malzeme (Khelafi ve Kadri, 2007) olan beton; kum ve çakıldan oluşan granüler bir iskelet, bir hidrolik bağlayıcı ve hidratlanmış çimentodan meydana gelmektedir (Youcef ve Mezghiche, 2020).

Panellerde genellikle koruyucu, bölücü ve ısı yalıtım özelliği sağlayan betonun bileşenlerinin özellikleri panelin taşıyıcılık özelliğine ve performansına göre farklılık göstermektedir. Panel katmanlarında donatısız beton yalıtım görevi görürken, donatılı beton ise taşıyıcılık ve yalıtım görevi yapmaktadır.

Betonun üretimi sırasında birçok problemle karşılaşilmektedir. Bunlar;

- Çevresel koşullardan meydana gelen sorunlar
- Kötü işçilikten meydana gelen sorunlar
- Yanlış uygulama işlemlerinden kaynaklanan sorunlar
- Beton bakımının yetersiz olması

şeklinde sıralanmaktadır. Yaşanan tüm bu sıkıntılılar prekast betonda en aza indirilmiştir. Bunun nedeni prekast betonun şantiyeye gelmeden önce fabrika ortamında uygun koşullarda üretilmesi, üretimi fabrika ortamı olduğu için işçilikten kaynakların ortadan kalkması ve üretimin ardından kalite kontrolünün sağlıklı bir şekilde yapılmasıdır (Tokman, 2004).

Beton esaslı prekast cephe panellerde normal ve hafif beton kullanılmaktadır. Hafif betonlarise üç guruba ayrılmaktadır. Bunlar;

- Hafif agregalı betonlar,
- Hafif ve normal agregalı
- Gözenekli betonlar (Akman, 1987).

Beton prekast cephe panellerinde eğer katman taşıyıcılık görevi üstlenmemişse gazbeton veya köpük beton kullanılmaktadır (TS EN 12602, 2011). Yaygın bir yapı malzemesi olan gaz beton, Portland çimentosu, kireç, kum veya uçucu kül ve alüminyum tozundan oluşmaktadır (Trindade vd., 2021). Sadece Ca_2 , Al_3 , Fe_3 , Mg_2 ve diğer metal iyonları açısından zengin olmakla kalmamakta, aynı zamanda adsorpsiyonunu veya desorpsiyonunu kolaylaştıran çok sayıda mikro boşluk içermektedir (Zhang ve Zhu, 2018; Zhang ve Fu, 2020).

Köpük beton ise, hava kabarcıklarının uygun bir köpükleştirici madde kullanılarak verildiği bir tür çimento harcıdır (Amran vd., 2015). Alüminyum tozu, kalsiyum karbür ve hidrojen peroksit yaygın olarak havalandırıcı maddeler olarak kullanılır. Köpürtme yönteminde gözenekler mekanik yollarla ya ön köpürme işlemi (karıştırma suyu ile karıştırılmış köpürtücü ajan) ya da karışık köpürtme işlemi (harç ile karıştırılmış köpürtücü ajan) ile oluşturulur (Jalal vd., 2017).

Ayrıca yoğunluğun 300 ila 1800 kg / m³ arasında değiştiği yerlerde hücresel beton, hava beton veya düşük yoğunluklu beton türü olarak sınıflandırılır (Amritha vd., 2019).

Minimum agrega tüketimi, yüksek akışkanlık, yüksek gözeneklilik, iyi ısı yalıtımı, yangına dayanıklılık, düşük özgül ağırlık, hava kaynaklı ses yalıtımı ve istenen basınç dayanımı gibi benzersiz özelliklere sahiptir (Hamad, 2014).

Gaz beton ve köpük beton hafif beton gurubunun gözenekli betonlar kategorisinde yer almaktadır.

Normal Beton; çimento, agrega (kum-çakıl), su ve gerektiğinde katkı maddesi ilavesiyle elde edilen TS 802, 1985), ilk hazırlandığında istenilen şeklin verildiği, zamanla çimentonun hidratasyonu sonucu sertleşip mukavemet kazanan (Kılıç, 2020) ve etüv kurusu yoğunluğu, 2000- 2600 kg/m³ arasında değişen (TS EN 206-1, 2002) kompozit yapı malzemesidir.

B. Isı yalıtımı bileşeni

Beton esaslı prekast cephe panellerinde bir diğer bileşen ısı yalıtım bileşenidir. Betonun ısı iletiminin yüksek olması betona yalıtım yapılmasını gerekli kılmaktadır. Panellerde bu durum betonun gözenekli yapısı ve yalıtım malzemelerinden meydana gelen katman yardımıyla ısı yalıtımı sağlanmaktadır. Şayet yine de ısı yalıtımı sağlanamıyorsa panele ek bir yalıtım katman eklenmektedir.

Panel için yalıtım malzemesi seçiminde amaca uygunluk, uygulanacağı alandaki şartlar, diğer bileşenlerle arasındaki uyuma dikkat edilmesi gerekmektedir.

Isı yalıtım malzemesi olarak taş yünü, cam yünü, EPS, XPS, ahşap lifli levha, cam köpüğü gibi ısı iletim katsayısı düşük malzemeler seçilmelidir. Genellikle EPS ve XPS kullanılmaktadır. Ayrıca ısı yalıtımı katmanını sadece ısı yalıtımı değil aynı zamanda su, ses ve yangın yalıtımı da sağlamalıdır (Altınay, 2011).

C. Bağlantı elemanları

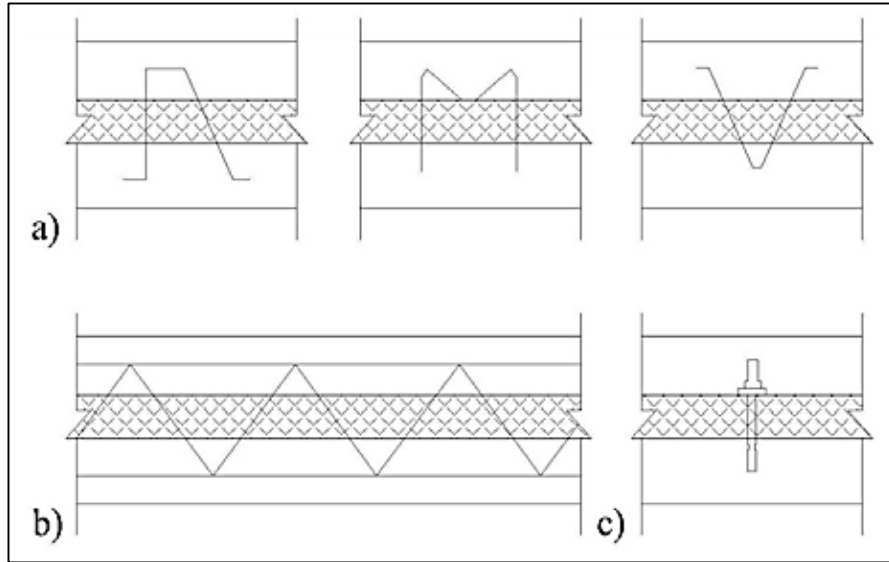
Prekast cephe panellerinin katmanlarını birleştirmek, yük aktarımını sağlamak için farklı bağlantı elemanları kullanılmaktadır. Bağlantı elemanları panelin özelliğine göre farklılık göstermektedir. Donatılı betonla elde edilmiş prekast cephe panellerinde bulunan bağlantı elemanlarının kullanılacağı yere ve panel özelliğine göre değişen farklı görevleri vardır. Bu görevler;

- ✓ Katmanları bir arada tutmak,
- ✓ Katmanlar arası rüzgâr ve deprem gibi yatay kuvvetleri aktarmak,
- ✓ Katmanlar arası yük aktarımını sağlamak
- ✓ Panelde yatay sehim ve kayma direnci sağlamak

Çok katmanlı panellerde bulunan bağlantı elemanları çeşitli malzeme, boyut ve şekillerden meydana gelmektedir. Şekil 2.11’de de sunulan bu bağlantılar;

- ✓ C, M ve Z tipi bağlama
- ✓ Firkete,
- ✓ Silindirik genişletilmiş metal,
- ✓ Kaynaklı tel kafes,
- ✓ Plastik veya lifli kompozit bağlantı
- ✓ Beton bağlantı’dır

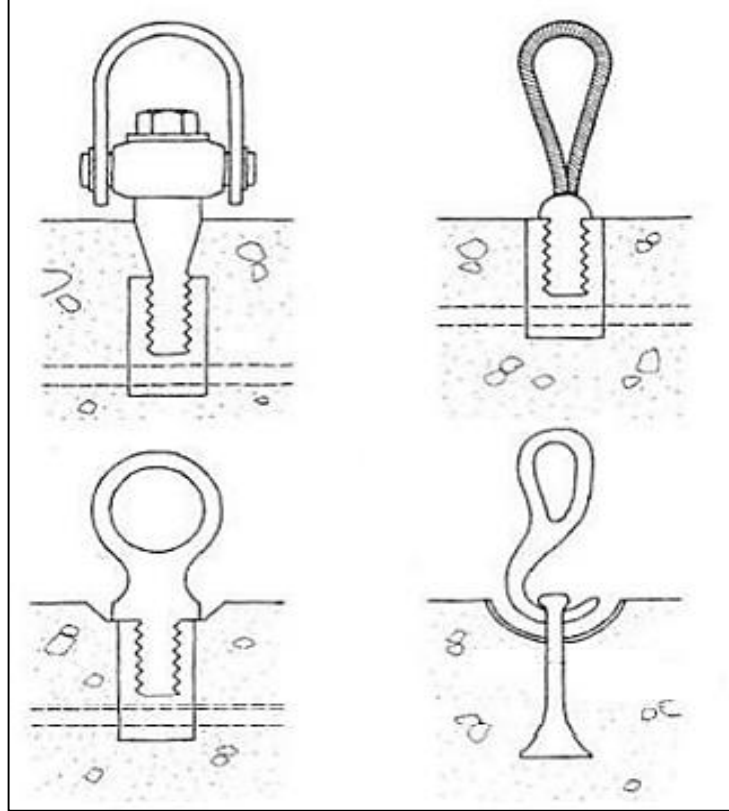
Panel içerisinde kullanılan bağlantı elemanı panelin ağırlığına uygun olmalı ve istenilen verimi sağlamalıdır. Ayrıca panelde farklı bağlantı elemanları birlikte kullanılabilir (PCI, 1997). Bağlantı elemanları üretilirken ısı köprüsü oluşumunu engellemek için yalıtım katmanının zarar görmemesine dikkat etmelidir. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak için ısı iletim katsayısı düşük lifli kompozit bağlantı elemanları kullanılmalıdır.



Şekil 2.9 Çok katmanlı panellerde bağlantı şekilleri; a) Küçük boyutlu bükülmüş tel, b) Tel kafes, c) Lifli kompozit bağlantı elemanı ile bağlantı şekli (PCI, 2007)

Beton esaslı prekast ağır cephe panellerinde, tasarım aşamasında yerlerinin planlandığı ve üretim aşamasında da yerlerine yerleştirilen ankraj noktaları bulunmaktadır. Bu ankraj noktaları taşıma ve montaj araçları ile bağlantıyı sağlamakta ankraj sistemleri

ise panelin ebatına, biçimine ve nakliye edileceği araca göre çeşitlilik göstermektedir (Altınay, 2011). Bu yüzden beton esaslı prekast ağır cephe panellerinde kelepçeli, vidalı, geçmeli ya da kablolu ankraj sistemleri tercih edilmektedir. Şekil 2.10’da farklı ankraj sistemleri verilmiştir.



Şekil 2.10 Panellerin ankraj bağlantı noktaları (Brookes ve Mejis, 2008)

2.3.2 Beton esaslı prekast hafif cephe panellerinin bileşenleri

- ✓ Cam elyaf katkılı beton
- ✓ Isı yalıtım bileşeni
- ✓ Çelik çerçeve sistem ve bağlantı elemanları

A. Cam elyaf katkılı beton

Cam elyaf katkılı beton; cam elyafı, çimento, agrega, su ve kimyasal özel katkıları eklenerek oluşturulan bir malzemedir (Yıldız vd., 2010). Yoğunluğu 1900 kg/m^3 ’den fazla, 2200 kg/m^3 ’den az olan ve kalınlığı en az 1 cm olan betonlardır (Altınay, 2011).

Yüksek dayanıma sahip cam elyafı, esnek, hafif ve düşük maliyetli ince cam tellerinden üretilmektedir. Bu yapısıyla panel sisteminde meydana gelebilecek kopma ve eğme mukavemetini iyileştirmektedir (Bağda ve İnan, 2009).

Cam elyaf katkılı beton çimento esaslı bir matris içine gömülü yüksek mukavemetli cam elyaflardan oluşmaktadır. Böyle bir kompozit yapıda, hem fiberin hem de matrisin fiziksel ve kimyasal özellikleri değişmeden kalmaktadır. Ayrıca ortaya çıkan kompozitin en önemli avantajı, hem cam hem de beton özellikleri açısından önemli ölçüde daha gelişmiş bir yapı elde etmesidir.

Lifler genel olarak yük taşıyıcı elemanlar olarak tanımlanırken, çevrelerinde bulunan matris yapısı, aynı zamanda içindeki liflerin hareketlerini stabil hale getiren ve lifleri çevresel etkilerden daha da koruyan yük iletme ortamı olarak bilinmektedir (Yurdakul vd., 2014).

Elyaf üretimi amacı ile kullanılan camların ilki soda-kireç veya A-cam olarak belirtilmektedir. Bu tür camlar alkali solüsyonlara dayanıklı değildir. Bu nedenle, bunun yerine E-camlar tasarlanmıştır. E-camlar genellikle düşük miktarda alkali (<% 2) içerir ve borosilikat cam olarak bilinmektedir. (URL 1).

Farklı dayanım özelliklerine sahip olan cam elyafları, çevresel etkilere karşı da farklı dayanımlar sergilemektedirler (Bağda ve İnan, 2009). Tablo 2.1’de cam elyaf çeşitlerinin özellikleri sunulmuştur.

Tablo 2.1 Cam elyaf çeşitlerinin bazı özellikleri (Chawla, 1998)

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

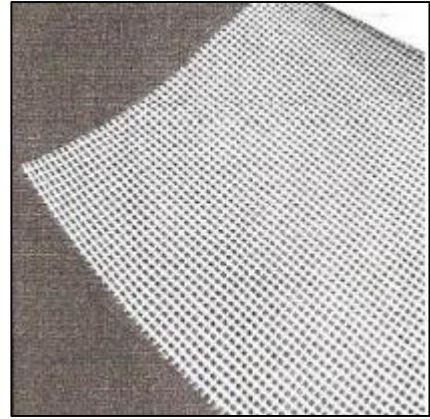
Dünyadaki cam elyaf üretiminin çoğu hala E-camlardan oluşmaktadır. Fakat E-camlar alkaliye karşı düşük dayanımlıdır (URL 1). Beton ve çimento alkali içeren yapıda oldukları için E-camlar alkali dayanımlı kaplama yapıldıktan sonra kullanılmaktadırlar (Yurdakul vd., 2014).

S- camlar, uçak yapımında kullanılan yüksek mukavemete sahip maliyeti yüksek camlardır. C-camlar, korozyona karşı yüksek dayanım gerektiren durumlarda kullanılan camlardır.

Cam elyaf kesik elyaf ve gevşek dokunmuş file elyaf olmak üzere iki şekilde bulunmaktadır (Şekil 2.11). Prekast beton üretiminde güçlendirmenin eşit olarak dağılması ve çatlama ve kopma riskinin azalması için kesik elyaf tercih edilmektedir.



a



b

Şekil 2.11 a) Kesik elyaf b) gevşek dokunmuş file elyaf (URL 2)

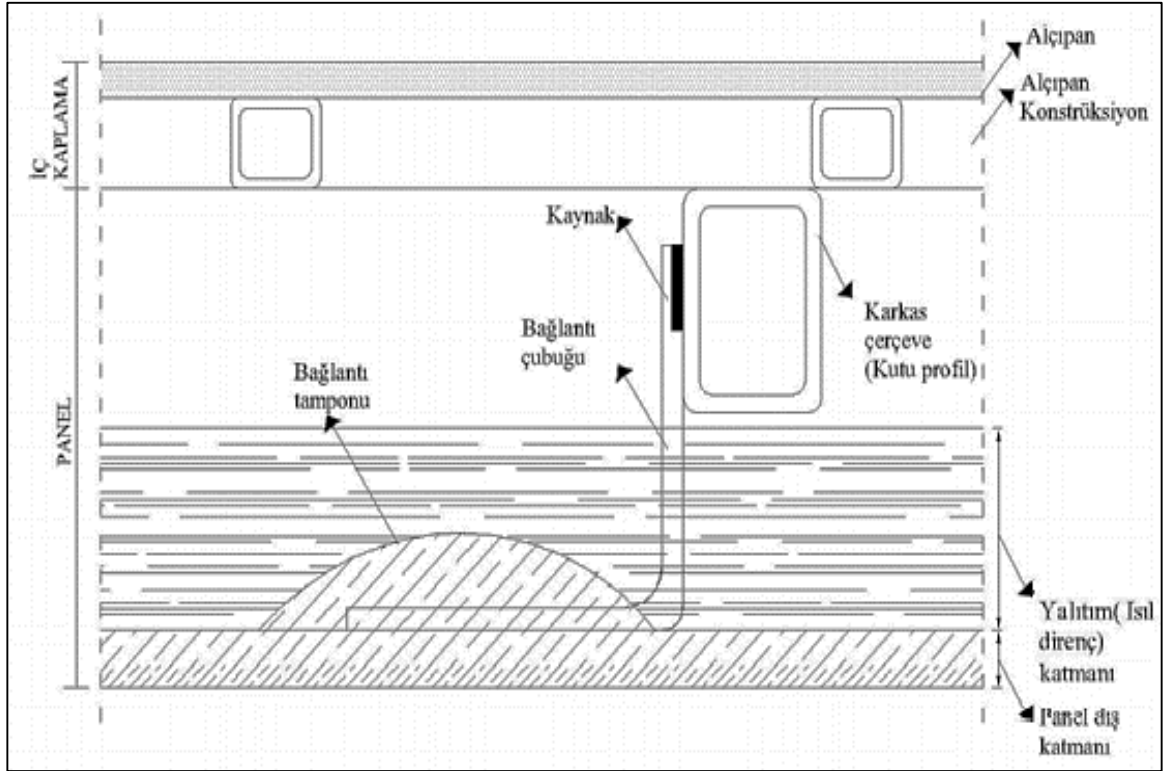
B. Isı yalıtım bileşeni

Cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerinin dış katmanı 1 cm kalınlıktadır (Demirtaş ve Tosun, 2012). Bu katman yalıtım sağlamak için yeterli olmadığından bir yalıtım katmanına daha ihtiyaç duyulmaktadır. Yalıtımlı dış katmanın ısı iletim katsayısı 0,8-1,2 W/mK arasında olmalıdır.

Yalıtım katmanında taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS'nin yanı sıra gözenekli hafif beton kategorisine giren gaz beton ve köpük betonda kullanılabilir. Cam elyaf

21

Şekil 2.13’de çelik çerçeve sistem ve panel dış katmanının bağlantı detayı verilmiştir.



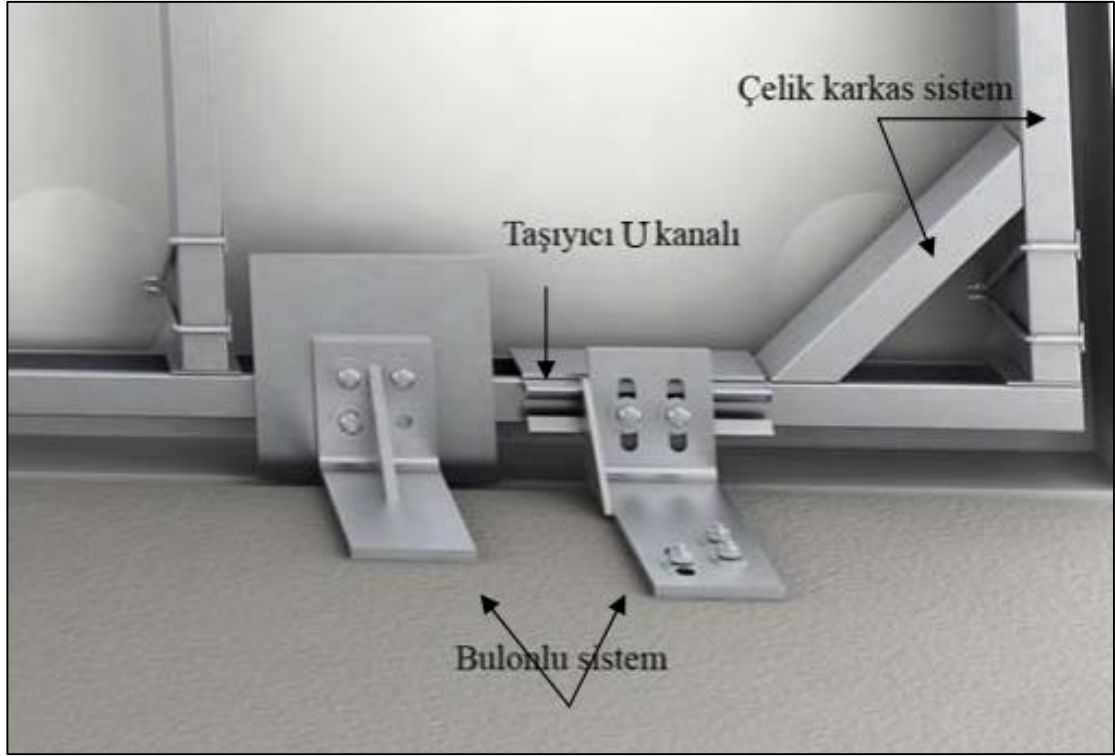
Şekil 2.13 Çelik çerçeve sistem ve panel dış katmanının bağlantı detayı (Balaguru ve Shah, 1992)

Panellerin bina ile birleşimleri kuru bağlantı adı verilen bulonlu ve kaynaklı sistem elemanları ile yapılmaktadır. “L” profili, pul, somon ve bulondan oluşan bulonlu sisteme teknolojinin ilerlemesi ile betondan gelen ağır yükleri karşılamak için klipsli çelik dübeller eklenmiştir. Klipsler vasıtasıyla betona tutunma işlemi daha hızlı ve sağlam olmaktadır (Altınay, 2011).

L profilinin, U kanalı adı verilen ve üretim sırasında çelik çerçeve sisteme yerleştirilen bağlantı elemanı yardımıyla panelle birleşmesi sağlanmaktadır. U kanalı yatay ya da düşey olarak konumlandırılabilir (Mehta vd., 2009).

Kaynak profilinin çerçeve sisteme kaynak yapılması sonucu oluşan sisteme kaynaklı sistem denilmektedir. Bu sistemde binaya mekanik herhangi bir bağlantı yapılmamaktadır.

Şekil 2.14’de bulonlu sistem elemanları ve taşıyıcı U kanalı sunulmuştur.



Şekil 2.14 Bulonlu sistem elemanları ve taşıyıcı U kanalı (Altınay, 2011)

3. CAM ELYAF TAKVİYELİ BETON PREKAST (GFRC) CEPHE PANELLERİ

3.1 GFRC Cephe Panelleri ve Tarihsel Gelişimi

Cam elyaf takviyeli beton , özel üretilen, binalara modern bir estetik sunan, çok fonksiyonel bir yapı materyalidir (Bideci vd., 2018). A1 düzeyde yangın dayanımı, yüksek mekanik özellikleri, korozyona karşı dayanımı ile üstün özellikli bir cephe kaplama malzemesidir (Enfedaque vd, 2012).

GFRC panelleri ince agrega, çimento, alkaliye karşı dayanıklı cam elyafı ve polimer katkısı kullanılarak üretilmektedir. Bu karışım özel tasarlana kalıplara püskürtme veya dökme yoluyla elde edilmektedir (Kohen, 2013). Ayrıca panelden beklenen performansa göre karışım içerisine silis kumu, ayna sırrı parçaları, pigmentler, mermer tozu gibi katkılarda kullanılmaktadır (PCI, 2016).

GFRC cephe panelleri imalatı dört farklı şekilde yapılmaktadır. Bunlar;

- Tek eğrisellikli
- Çift eğrisellikli
- Düz yüzeyli
- Serbest şekilli (Yıldız, 2017).

GFRC cephe panelleri atmosfer şartlarına karşı dayanıklılık ve mukavemet yönünden uzun ömürlüdür. Düşük porozite değerine sahip olduğundan suya karşı dayanımı yüksektir. Üretiminde cam elyafı kullanılmasından dolayı kesitler incelmekte ve binanın kendi ağırlığında azalma meydana gelmektedir (Yıldız ve Arslan, 2018).

Ayrıca betona cam elyaf ikame edilmesi betonda oluşacak ani çatlakların oluşumunu engellemekte yüksek çekme dayanımı ve dayanımda artış sağlamaktadır (Enfedaque vd, 2015).

Teknolojinin gelişmesiyle, toplumun ekonomik, kültürel ve sosyal yapısını yansıtan modern yapılar önemini arttırmaktadır. Yapı malzemeleri de bu gelişime uyak uydurmak zorunda kalmaktadır. GRC cephe panelleri teknolojinin gelişmesine paralel olarak gelişimler katetmiştir.

- İlk olarak, M.Ö. 1500’lerde Bağdat yakınlarında bulunan Agar ouf tepesi inşaasında saman ve güneşte pişirilen tuğla kullanılmıştır. Saman doğal fiber kabul edildiğinden ilk fiber kullanımının bu yıllarda başladığı kabul edilmiştir (Newman vd., 2003)
- 1874 tarihinde Amerika Birleşik Devletleri vatandaşı olan A. Bernard beton karışımına granüler atık demir parçaları yerleştirmiş ve bu çalışmayla patent almıştır (Erdoğan vd., 2007).
- Asbestos fiber hemen hemen 100 yıl, selüloz fiber 50 yıl, çelik, polipropilen ve cam fiberler son 30 yıldır inşaat sektöründe aktif bir şekilde kullanılmaktadır.
- Betona cam fiber katkısının kullanımı asbest katkısının sağlığa zarar verdiğinin bilinmesinden sonra başlamıştır (Demirtaş, 2010).
- 20. Yüzyıl ortalarında ABD, Rusya ve İngiltereli bilim insanları betona cam lif katkısının ikamesiyle ilgili deneysel çalışmalar yapmıştır (Erdoğan vd., 2007).
- GFRC kaplama malzemesi cephelerde kullanımına ise 1970’li yıllarda kullanıma başlanmıştır. GRC kaplama malzemesi yine bu yıllarda Avrupa’dan Amerika, Asya ve diğer kıtalara yayılmıştır (Özgün, 2017).

3.2 GFRC Cephe Panellerinin Türleri

GFRC paneller türleri, katmanlarına göre, montaj türü ve bağlantılarına göre, üretim şekline göre olmak üzere üç gruba ayrılmıştır

3.2.1 Katmanlarına Göre Paneller

3.2.1.1 Yalıtımlı GFRC panelleri

Cam elyaf katkılı prekast beton paneller, cam elyaf takviyeli beton ve yalıtım katmanı olmak üzere iki katmandan meydana gelmektedir. Cam elyaf katkılı beton fiziksel etkilere karşı korumaktadır. Yalıtım katmanı ise ısı yalıtımı sağlamaktadır. GFRC panellerde dış katman aynı malzemeden meydana gelmektedir. Yalıtım katmanı üretilirken kullanılan malzemelerde farklılıklar olabilmektedir. Yalıtım katmanı içerisine panele gelen yükleri bağlantı elemanları vasıtasıyla binaya aktaran çelik çerçeve sistem bulunmaktadır. Çerçeve sistemde kullanılacak profil kalınlıkları sisteme etkileyen yükler baz alınarak hesaplanır (Altınay,2011).

Kabuk kalınlığı 1 cm olan GRFC cephe panellerinin ısı iletim katsayısı 0,8-1,2 W/mK'dir. Kalınlığın az olması ısı yalıtım katmanının kullanılmasını gerektirmektedir. GRFC cephe panellerinin yalıtım katmanında mineral yünlerin yanı sıra gaz beton ve köpük beton gibi hafif gözenekli betonlar kullanılmaktadır (Tekin, 2017).

A. Yalıtım katmanında mineral yün kullanılan paneller

GFRC cephe panellerinin dış katmanı ve çerçeve sistemi diğer panellerle aynı özelliktedir. Yalıtım katmanında ise farklı olarak mineral yünler kullanılmaktadır. Ana kütlede mineral yün kullanımı panel ağırlığını düşürmekte, ısı yalıtım performansını ise arttırmaktadır.

Isı yalıtım tabakasının dış kabuk iç yüzeyde olduğunda ısı yalıtım malzemesi su buharını geçirerek yoğuşma meydana getirebilmektedir. Bu durumun oluşmaması için kullanılan mineral yün buhar kesici alüminyum folyo ile sarmalanarak uygulama

yapılmaktadır. Ardından panele sıva filesi ve iç sıva yapılarak montaj uygulamasına geçilmektedir.

Şekil 3.1’de yalıtım katmanında taş yünü kullanılan panel örneği verilmiştir.



Şekil 3.1 Yalıtım katmanında taş yünü kullanılan panel örneği (Altınay, 2011)

B. Yalıtım katmanında köpük beton kullanılan paneller

GFRC panellerde kabuk malzeme, kalınlığı 10 ila 15 mm arasında değişen, isteğe bağlı değişebilen renk, form ve dokuya sahip cam elyaf takviyeli prekast betondan oluşan katmandır. Kabuk, çelik çerçeve sistem kullanılarak istenilen boyutlarda üretilmektedir. Şekil 3.2’de görülen ve 110-120 kg/m² ağırlığa sahip dış kabuk içerisine, yoğunluğu 300-350 kg/m³ olan köpük beton doldurularak paneller montaja hazır hale getirilmektedir (Tekin, 2017).



Şekil 3.2 Yalıtım katmanında köpük beton kullanılan panel örneği (Altınay, 2011)

3.2.1.2 Yalıtımsız GFRC panelleri

Yalıtımsız GFRC panelleri, cam elyaf takviyeli prekast beton dış kabuk ve bu kabuğa yerleştirilmiş çelik çerçeve sistemden meydana gelmektedir (Şekil 3.3). Panel içerisinde yalıtım katmanı bulunmamaktadır. Çelik çerçeve sistem içerisine yapılan bir duvar sayesinde hazır cephe paneli olarak kullanılmaktadır. Ayrıca herhangi bir yalıtım yapılmadan dekoratif cephe elemanı ya da betonarme alanlarda kaplama elemanı olarakta kullanılmaktadır (Tekin, 2017).



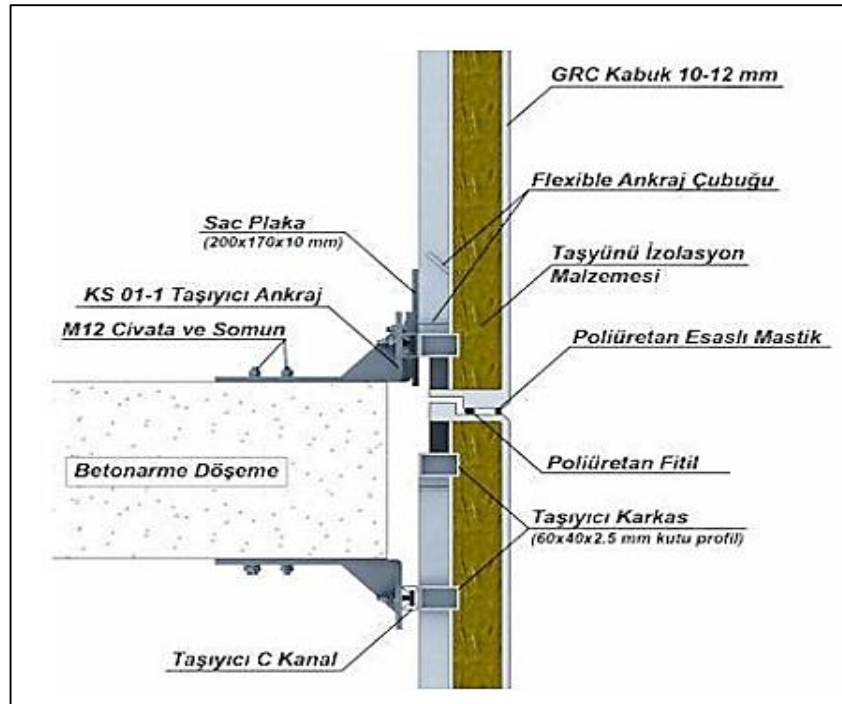
Şekil 3.3 Montaj Türü ve Bağlantılarına Göre Paneller

3.2.1.3 Montaj şekline göre paneller

GFRC cephe panelleri çelik karkas olarak üretilmişlerdir. Paneller, direkt olarak taşıyıcı sistem üzerine yerleştirilen metal alt konstrüksiyona tespit ettirilmektedir. Cephe panelleri, tavan ve döşemelere yerleştirilen L tipi ankrajlara cıvata ve somun kullanılarak tutturulmaktadır. Ardından dış yüzeylerde derz dolgusu iç cephede ise ısı yalıtımı ve iç kaplama yapılarak duvar elemanı meydana getirilmektedir (Metin, 2010).

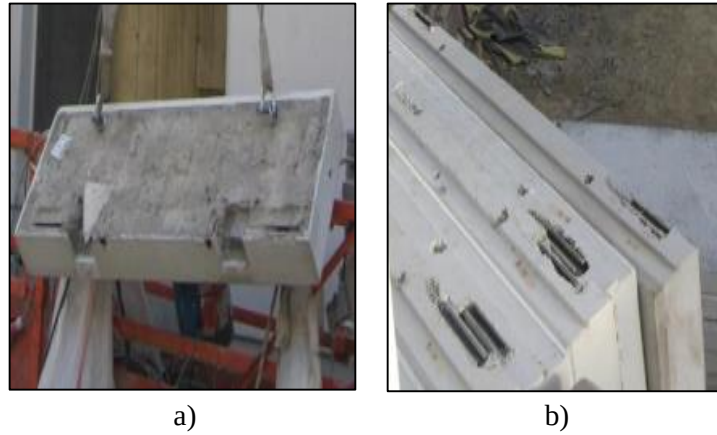
GFRC panellerin üretiminde kullanılan çerçeve sistemler C ya da U profillerinin birlikte kullanılmasıyla meydana gelmiştir. Çerçeve, panele etkiyen yükleri binanın taşıyıcı sistemine aktarmakta, iç yalıtım uygulaması ve iç duvar kaplama sistemlerinde ise yardımcı görevi üstlenmektedir. Bağlantı tespit elemanları, panel katmanlarına nem ve ısı sorunu yaşatmayacak şekilde tasarlanmalıdır. Ayrıca bu elemanlar, sisteme kaynakla ve bulonla tespit edilmelidir. Eğer bağlantı elemanları düzgün bir şekilde tasarlanmamış ya da bağlanmamışsa, bu elemanlar panelin dış katmanını zorlayacak ve çatlak oluşumuna sebep olacaktır. (NPCAA, 2006a).

Şekil 3.4 Taşyünü izolasyonlu GFRC cephe paneli kesiti verilmiştir.



Şekil 3.4 Taşyünü izolasyonlu GFRC cephe paneli kesiti (Anonim 1)

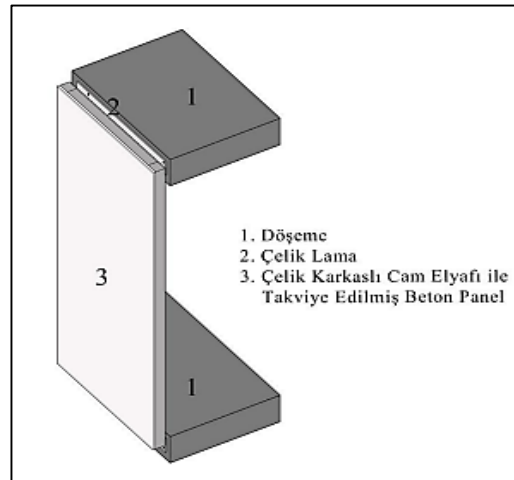
GFRC cephe panellerinin uygulama alanına yerleştirilme işlemi tamamlandığında taşıyıcı bağlantıları yapılmakta ve binaya birleştirilmektedir. Proje için tasarlanan bağlantı elemanları, panelin alt ve kısımlarına yerleştirilmektedir. Üretim sırasında taşıyıcı bağlantıların bulunacağı ankraj noktaları tespit edilmektedir (Şekil 3.5). Son olarak panel kaynak yada bulon sistemiyle döşemeye ya da taşıyıcı sisteme monte edilmektedir. cephe paneline, genellikle panelin alt ve üst kenarlarından yerleştirilmektedir (Tekin, 2017).



Şekil 3.5 a) Panelin iç yüzeyinde, b) Panelin üst yüzeyinde bulunan ankraj noktaları

❖ Kaynakla tespit edilen paneller

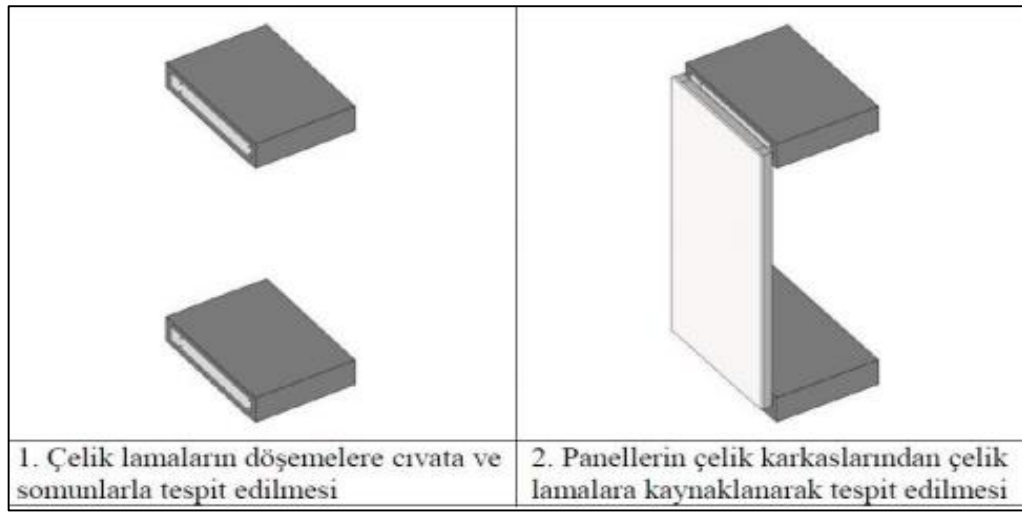
GFRC cephe panellerine uygulanan kaynaklı birleşim sistemi, döşeme alınlarına yerleştirilen metal lamalar ve çelik karkaslı, GFRC panellerden meydana gelmektedir (Şekil 3.6) (Metin, 2010).



Şekil 3.6 Kaynaklı birleşim kullanılarak oluşturulan GFRC cephe panelinin katmanları (Metin, 2010)

Şekil 3.7’de uygulama aşaması gösterilen kaynaklı birleşim sistemi aşağıdaki şekilde yapılmaktadır:

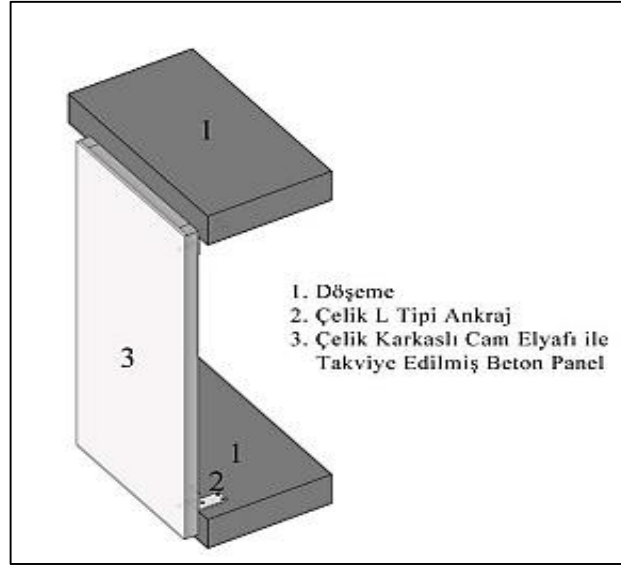
1. Çelik lamalar döşeme altına cıvata ve somunlarla tutturulurlar.
2. Çelik karkaslı GFRC paneller, çelik karkaslarından lamalara kaynaklanarak birleştirilirler. Ardından paneller arasında meydana gelen derz boşlukları ise poliüretan bir malzeme ile doldurulmaktadır (Metin, 2010).



Şekil 3.7 Kaynaklı birleşim kullanılarak uygulanan GFRC cephe panel sisteminin uygulama aşamaları (Metin, 2010)

❖ Ankrajlarla tespit edilen paneller

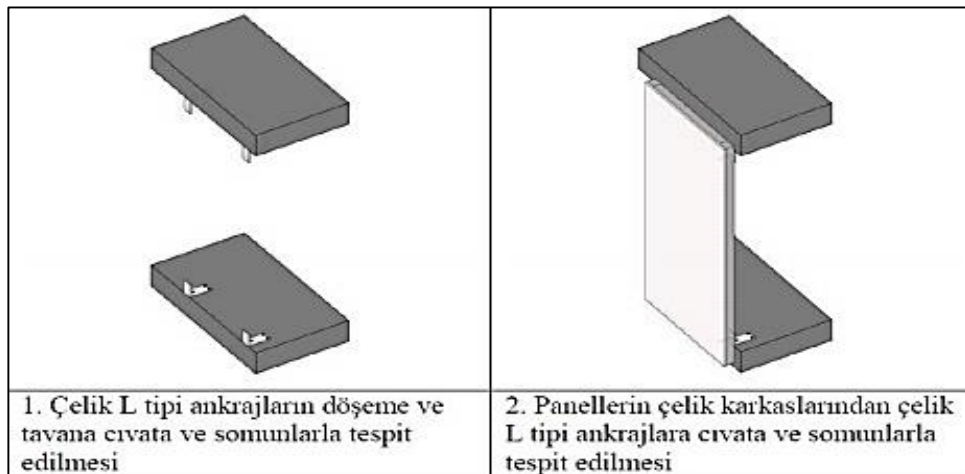
GFRC panellerin ankrajlı birleşim sistemi, tavan ve döşemeye tutturulan çelik L tipi ankrajlar ve çelik karkaslı GFRC panellerden meydana gelmektedir (Şekil 3.8) (Metin, 2010).



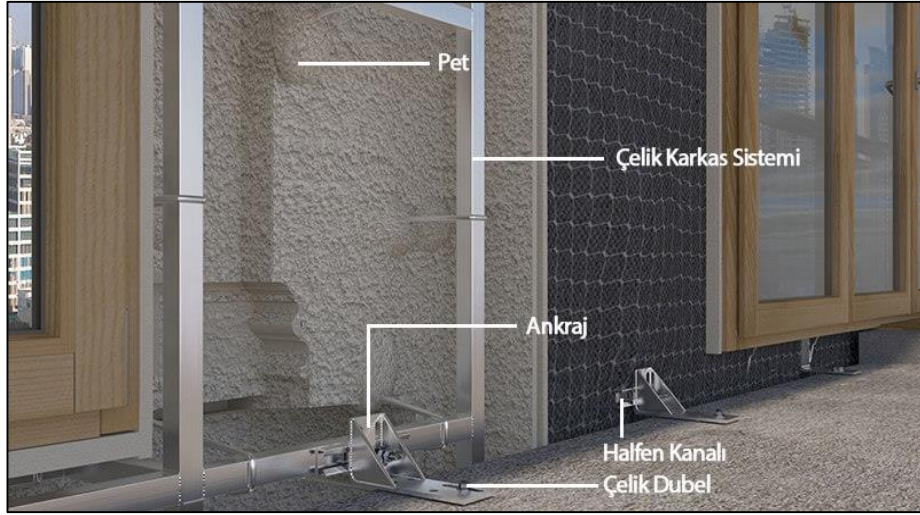
Şekil 3.8 Ankrajlı tespit kullanılarak uygulanan GFRC cephe panel sistemi katmanları (Metin, 2010)

Şekil 3.9’da uygulama aşaması Şekil 3.10’da ise uygulama detayı gösterilen ankrajlı birleşim sistemi aşağıdaki şekilde yapılmaktadır:

- ✓ L tipi ankrajlar tavan ve döşemeye cıvata ve somunlarla tutturulurlar.
- ✓ Çelik karkaslı GFRC paneller, çelik karkaslarından L tipi ankrajlara cıvata ve somun kullanılarak birleştirilirler. Ardından paneller arasında meydana gelen derz boşlukları ise poliüretan bir malzeme ile doldurulmaktadır.



Şekil 3.9 Ankrajlı tespit kullanılarak uygulanan GFRC cephe panel sisteminin uygulama aşamaları (Tekin, 2010)



Şekil 3.10 GFRG cephe paneli ankrajlı montaj detayı (URL 3)

3.2.1.4 Birleşim yeri ve türüne göre panel türleri

Panel birleşim yeri türüne göre panel türleri üç guruba ayrılmaktadır. Bunlar;

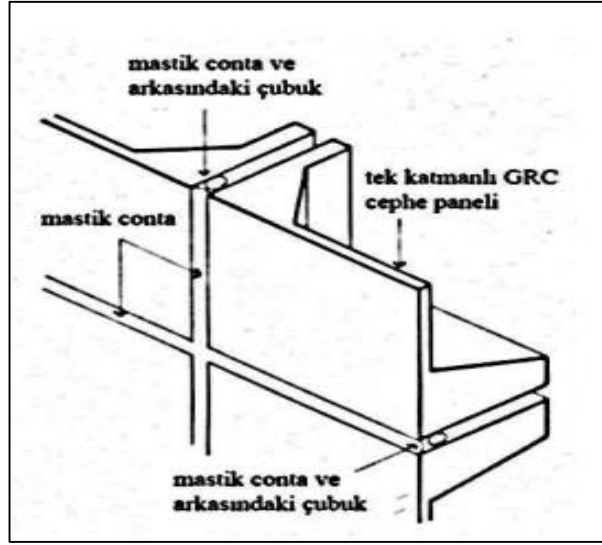
- ✓ Mastik birleşim yeri,
- ✓ Contalı birleşim yeri
- ✓ Açık drenajlı birleşim yeri

Birleşim çeşidinin seçimi ise aşağıdaki kriterlere bağlıdır;

- ✓ Panelin büyüklüğüne,
- ✓ Birleşim yerinde olması gereken nem sirkülasyonuna,
- ✓ Panele etkileyen rüzgâr ve yağmur yüküne,
- ✓ Birleşim yerinin konumuna,
- ✓ Estetik açıdan tatmin edici bir görüntü sağlamasına (Tekin, 2017).

❖ Mastik birleşimli paneller

Mastik uygulaması, birleşim yeri dar olan ve bir alet yardımıyla birleşim alanının içine doldurulmasıyla yapılan bir uygulamadır. Bu uygulama, bir alet vasıtasıyla içbükey yüzey oluşturacak biçimde sonlandırılmaktadır. Bunun nedeni mastiği korumak ve estetik bir görüntü sağlamaktır. Mastik conta birleşim yerinin 1,5 cm den fazla olması birleşim yerinin korunamamasına neden olmaktadır (Şekil 3.11) (Demirtaş, 2010).

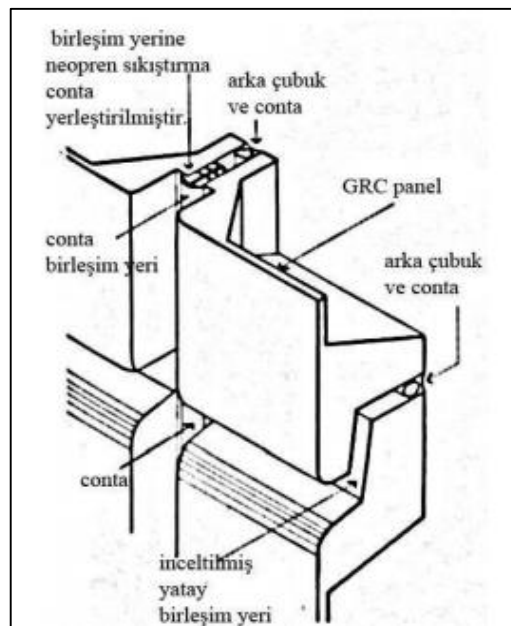


Şekil 3.11 Mastik birleşim yeri detayı (Barry, 2001)

❖ Contalı birleşimli paneller

Contalı birleşim uygulaması, büyük cam elyaf takviyeli beton panellere yapılmaktadır. Birleşim yerlerine bini uygulanması yapılmaktadır. Bu uygulama birleşim yerini atmosfer koşullarına karşı korumaktadır. Contanın elastik yapısı, hem hava bariyeri sağlamakta hem de nem oluşumunu engellemeye yardımcı olmaktadır (Tekin, 2017).

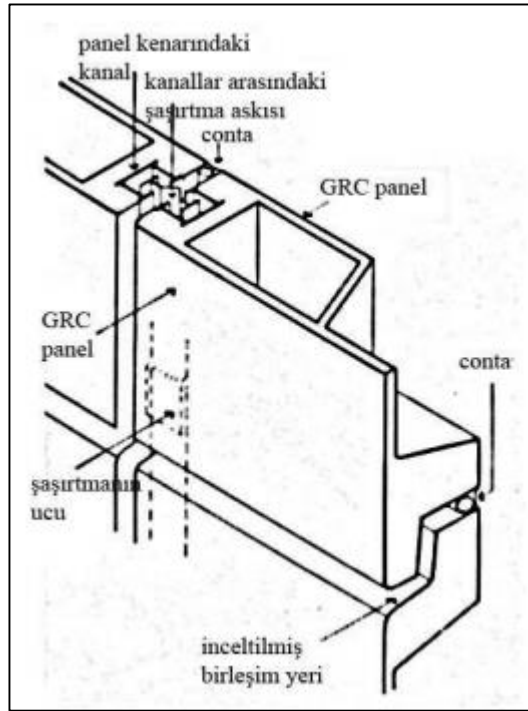
Şekil 3.12’de contalı birleşim detayı verilmiştir.



Şekil 3.12 Contalı birleşim yeri detayı (Barry, 2001)

❖ Açık drenaj birleşimli paneller

Açık drenajlı birleşim uygulaması, mastik ve contalı birleşim uygulamasının yapılmayacağı yerlere uygulanmaktadır. Atmosfer şartlarına karşı dayanıksız olan açık drenajlı birleşim uygulaması bakımı ve koruması zor bir uygulamadır. Şekil 3.13’de detayı verilen bu uygulamada plastik kanallar, panellerin kenarlarındaki sarmal oyuklara geçmektedir. Paneller arası iç bölgede, birleşim alanını arka kısmında conta bulunmaktadır (Demirtaş, 2010).



Şekil 3.13 Açık drenajlı birleşim yeri detayı (Barry, 2001)

3.2.2 Üretim Şekline Göre Paneller

3.2.2.1 GFRC panellerin üretim aşamaları

A. Kalıbın hazırlanması ve karışımın kalıba dökülmesi

Tamamlanmış GFRC panelinin yüzey şekli kalıbın malzemesi ve yapılış kalitesi ile ilişkilidir. Kalıplar emici olmayan malzemelerden yapılmalıdır. Kalıbın servis ömrü yapıldığı malzeme ye göre farklılık göstermektedir. Kalıpların birden fazla kullanımının, kalıp ölçülerine ya da yüzeyine hiç bir şekilde zararı olmamaktadır.

Bütün kalıplar onaylanmış tasarım sözleşmesinde yer alan tüm toleransları sağlamak zorundadır.

Kalıp kenarları çapı 6 mm olacak şekilde yuvarlatılmalıdır. Ayrıca cam elyaf katkılı betonların kalıptan rahatlıkla çıkarılabilmesi için kalıba döküm işleminden önce bir kimyasal sürülmelidir (NPCAA, 2006b).

Karışım kalıba dökülürken dikkat edilmesi gereken en önemli unsur karışımın kalıp içerisine düzgün bir şekilde yayılması ve optimum kalınlığa sahip olmasıdır. Bu unsurlara dikkat edilmediği takdirde panelin çatlaması kaçınılmaz olacaktır. Yüzey karışımları sprey ile uygulanabilmektedir. Bu uygulamada karışımlar standart bir katman şeklinde olmalıdır. Yüzey karışımı döküldükten sonra mala, rulo ya da vibrasyonla sıkıştırma işlemi yapılmaktadır (Şekil 3.14) (NPCAA, 2006b).



Şekil 3.14 Yüzey karışımının kalıba yerleştirilmesi (Demirtaş, 2010)

Yüzey karışımı uygulanmadığında cam elyaf malzemenin görünmemesi için içerisinde cam elyaf bulunmayan çimento-kum karışımı bir harç hazırlanarak ince bir tabaka halinde sprey yöntemi ile tatbik edilmektedir. Uygulanan bu kamanın kalınlığı 0,5 mm olmalıdır. Aksi takdirde bu kalınlığın üzerinde yapılan uygulamalarda çatlama, altında yapılan uygulamalarda ise cam elyaflarının görünmesine neden olmaktadır (NPCAA, 2006b).

B. GFRC arkalığın uygulanması

Yüzey katmanı ya da içerisinde cam elyafı olmayan çimento- kum harcı belirtilen kalınlıkta uygulanmasının ardından arkalık kaplaması birkaç tabaka şeklinde yapılmaktadır. Her bir tabakanın kalınlığı 3-6 mm arasında değişmektedir (NPCAA, 2006b).

C. Çelik çerçeve ve bağlantı çubuklarının panele yerleştirilmesi

GFRC uygulamasının tamamlanmasının ardından, üretilen panelin desteklenmesi ve montaj yapılması için kabuğun arka kısmına çelik bir çerçeve sistemi yerleştirilmektedir (Şekil 3.15). Cam elyaf takviyeli beton kabuk ve çerçeve sistem arasında belirli bir mesafe bırakılmalıdır (Clementson, 1993).

Kabuğun döküm işlemi bittikten sonra sertleşme süreci başlamaktadır. Bu süreçte çerçeve sistemde kullanılacak bağlantı elemanları kabuk içerisine yerleştirilmektedir. Bağlantı elemanları yerleştirildikten sonra beton kurumaya bırakılmaktadır. Beton 18-24 saat arasında kuruma işlemini gerçekleştirmektedir (Altınay, 2011).



Şekil 3.15 GFRC kabuğa monte edilmiş çelik çerçeve ve bağlantı çubukları

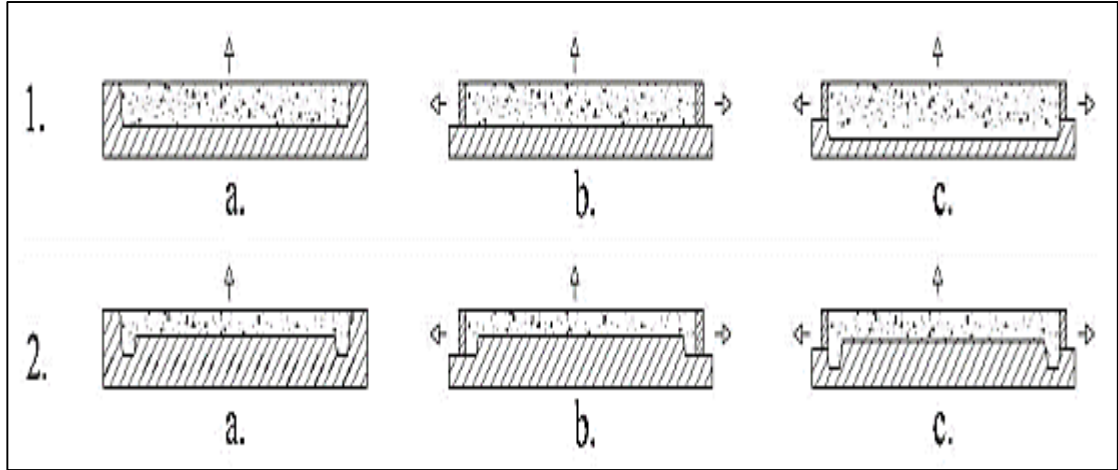
D. Isı yalıtım katmanının yerleştirilmesi

Yalıtım katmanı olarak hafif beton kullanıldığında, çelik çerçeve sisteminin yerleştirilmesinden sonra yalıtım katmanı yapılmaktadır. Panel yüzeyi düzeltildikten sonra 48 saat süresince kurumaya bırakılmaktadır. Ana gövdede mineral yün kullanılarak üretilen GFRC panellerin dış katman yapıldıktan sonra çerçeve sistem yerleştirilmektedir. Son olarak yalıtım malzemesi yerleştirilerek panel tamamlanmaktadır (Altınay, 2011).

E. Elemanın kalıptan çıkartılması

Kalıp imalatında en önemli konu panelin kalıptan çıkarılması aşamasından panele zarar vermeden kolaylıkla çıkarılmasıdır. Bu amaçla kalıp kenarları sökülebilir ya da devrilebilir olmalıdır. Kalıbın durumu panelin tasarımını önemli ölçüde etkilemektedir (Tekin, 2017).

Şekil 3.16’ da düz ve nervürlü yüzeyli panel kalıp çeşitleri sunulmuştur.



Şekil 3.16 1; Düz yüzeyli, 2; nervürlü elemanların kenarları, kalıp kuruluşuna bağlı olarak eğimli, düz veya kısmen eğimli yapılması, a; sabit kenarlı b; sökülebilir kenarlı c; kısmen sökülebilir kenarlı kalıplar (Ayaydın, 2004)

F. İç ve dış yüzey bitişi uygulamaları

Panelin korunması ve estetik yönden kullanıcı isteklerini karşılayabilmesi iç ve dış yüzeylerden istenilen en önemli özelliktir. Panele istenilen doku, üretim esnasında,

Üretim yapıldıktan hemen sonra veya betonun sertleşmesinden sonra verilmektedir (Altınay, 2011).

Betonda istenilen yüzey, üretim esnasında kalıbın yüzeyindeki doku ya da kalıba yerleştirilen ek tabakalar sayesinde oluşturulabilmektedir. Kalıbın st kısmı için perdah, fırça vb. araç gereçlerle istenilen doku verilebilmektedir. Panelin kalıptan çıkarılmasının ardından yıkama, kum püskürtme gibi yöntemlerle panel yüzeyi şekillendirilmektedir. Yöntemlerde beton içerisinde bulunan agreganın türü, boyutu ve karışım oranı baz alınarak farklı yüzeyler oluşturulabilmektedir. Beton sertleşmesinin ardından yüzey pürüzlendirme, parlatma, asitle aşındırma, boyama gibi kimyasal ve mekanik yollarla farklı dokular oluşturulmaktadır (Altınay, 2011).

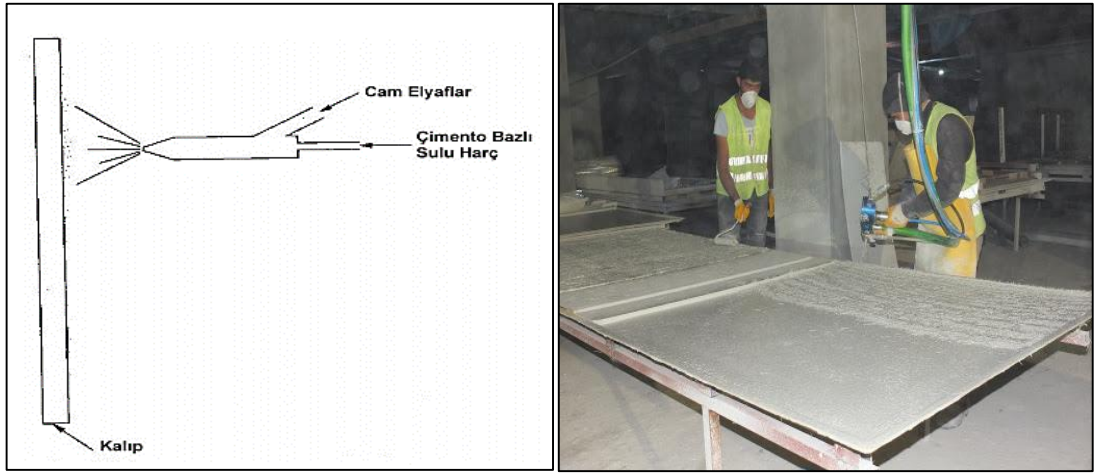
3.2.2.2 Püskürtme yöntemiyle üretilen paneller

Püskürtme yöntemiyle cam elyaf takviyeli prekast beton cephe paneli imalatında alkaliye dayanıklı cam elyaf, imento ve kum harcı bir spre y başlığı ile panel kalıplarına boşaltılmaktadır. Spre y başlığı bir makineye yerleştirilerek ya da elle kullanılmaktadır (Tuna, 2010).

Ölçülü bir pompa yardımıyla spre y tabancasına doldurulan karışım, basınçlı hava vasıtasıyla damlalar halinde püskürtülmektedir. Cam elyaflar spre y başlığı üzerinde yer alan kesici bölme ye doldurulur. Bu bölme elyafları 2,5-4 cm uzunluğunda kesmektedir. Kesici bölme, kesilen elyafları karışımın içine iletmektedir. Bu işlem neticesinde cam elyaflar ve harç panel kalıbına homojen bir şekilde dağıtılmaktadır. Cam elyaf karışımında su/imento oranı 0,33, kum/imento oranı 1/1, cam elyaf oranı ise karışım ağırlığının %5'i olarak belirlenmektedir (NPCAA, 2006b). Karışım kalıba döküldükten sonra rulo yardımıyla sıkıştırılmaktadır. Üretilen bir katmanın kalınlığı 4-6 mm kalınlığındadır. Ortalama 3-4 katman üst üste konulup rulo yardımıyla sıkıştırılarak 12-15 mm kalınlığında paneller üretilmektedir. Rulo ile sıkıştırılmadaki amaç; karışım içerisindeki fazla havanın dışarı atarak yüksek kalitede bir panel bitişi elde etmektir (Tekin, 2017). Püskürtme yöntemiyle üretim, hem yüksek dayanımlı yapı malzemelerinin üretiminde hem de karmaşık mimari tasarımların üretiminde esneklik sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Gilbert, 2004).

❖ Elle uygulanan püskürtme yöntemi

Elle püskürtme yönteminde, karışım sprey yoluyla panel kalıbına doldurulmaktadır. Operatör, cam elyaf takviyeli prekast beton istenilen kalınlığa gelinceye kadar panel kalıbına dik bir şekilde püskürtülmektedir. Rulo ile sıkıştırma işlemi gerçekleştirilerek panel üretimi tamamlanmış olur (Şekil 3.17). Karmaşık şekillerin üretiminde genellikle bu yöntem kullanılmaktadır (NPCAA, 2006b).



Şekil 3.17 Elle uygulanan püskürtme yöntemiyle üretim (URL 4; Balagura, 1992)

❖ Mekanize püskürtme yöntemi

Şekil 3.18’de verilen mekanize püskürtme yöntemi ile, düz ya da derinliği az olan profilleri bulunan elemanların üretimi yapılmaktadır. Panel kalıpları düz bantlar üzerinde ilerlemektedir. Kalıplar ilerlerken bantın üzerinde bulunan sprey başlığı vasıtasıyla üretim yapılmaktadır (NPCAA, 2006b).



Şekil 3.18 Mekanize püskürtme yöntemiyle üretim (Tekin, 2017)

3.2.2.3 Ön karışım yöntemiyle üretilen paneller

Ön karışım, kalıplama işlemine başlamadan önce, üretimde kullanılan cam elyaf, çimento, kum, su ve kullanılacak katkıların karıştırıcı içerisinde karılmasıdır (Şekil 3.19). Doğru ve istenilen kalitede bir karışım elde etmek için karışım iki kademeyle üretilmelidir. İlk kademeyle, istenilen işlenebilirlik seviyesinin elde edilmesi için gereken yüksek kalitede harcı üretilmektedir. İkinci kademeyle ise cam elyaf harca ilave edilmektedir. Kullanılan karıştırıcı iki hız kademesine sahiptir. Harcı karıştırmak için hızlı kademesi kullanılmakta, cam elyafların zarar görmemesi için ise yavaş kademesi kullanılmaktadır (NPCAA, 2006b). Bu yöntemde üretilen karışımın kum/çimento oranı 0,5/1, su/çimento oranı 0,35'ten az, cam elyaf oranı ise karışım ağırlığının %3 ile %3,5 arasında değişmektedir. Cam elyaf uzunluğu 1,2 cm ile 2,5 cm arasında değişmektedir (Balagura, 1992). Ön karışım yöntemi ile üretimde, üretim süreci kolaylaşmakta aynı zamanda daha az kalifiye elemana ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, bu yöntemle üretilen elemanlar püskürtme yöntemine göre daha az dayanıma sahiptirler (Tekin, 2017).



Şekil 3.19 Ön karışım yöntemiyle üretim (Tekin, 2017)

3.2.2.4 Hibrit yöntemle üretilen paneller

Hibrid üretim yönteminde, panelin yüzey tabakası sprej tabancası yardımıyla üretilmektedir. Cam elyaf takviyeli arka tabakalar normal beton gibi kalıba dökülerek ya da elle yerleştirme şeklinde elde edilmektedir. İnce panel yüzeyi sertleşmeden arka tabaka uygulamasına geçilmemektedir (Tekin, 2017).

3.3 GRC Cephe Paneli Bileşenleri

3.3.1 Alkaliye Dayanımlı Cam Elyaf

Cam elyaf takviyeli prekast beton bileşiminde en önemli görevi üstlenen cam elyafı, minimum %16 oranında zirkonyum dioksitle kaplanması durumunda alkali ortama karşı dayanıklılığı artmaktadır. Bu durum cam elyafı beton içerisindeki alkalilere karşı korunmaktadır. Tablo 2.1 de alkalilere dayanıklı cam (AR cam) bileşimi Şekil 3.20’ de ise sunulmuştur. Zirkonyumla kaplı AR cam beton donatı yerine kullanılmaktadır. AR cam temin edilirken, Uluslararası Cam Elyaf Takviyeli Beton Derneği (GRCA) tarafından onaylı MSDS ve CE belgelerine sahip firmalar tercih edilmelidir (Tuna, 2010).

Beton içerisine takviye edilecek cam elyafın yoğunluğu 2.7 g/cm^3 , parça boyutu 2,54-5,08 cm arasında değişmektedir. GRCA tarafından alkali dayanımlı cam standardı EN 15422:2008 olarak bildirilmiştir (Özgün, 2017)

Tablo 3.1 Seçilmiş cam elyafların kimyasal bileşikleri (Tokman, 2004)

İçerik	A-Cam (%)	E-Cam (%)	Cem-FIL* AR- Cam	NEG+ AR-Cam
SiO ₂	73,0	54,0	62,0	61,0
Na ₂ O ₃	13,0	-	14,8	15,0
CaO	8,0	22,0	5,6	-
MgO	4,0	0,5	-	-
K ₂	0,5	0,8	-	2,0
Al ₂ O ₃	1,0	15,0	0,8	-
Fe ₂ O ₃	0,1	0,3	-	-
B ₂ O ₃	-	7,0	-	-
ZrO ₂	-	-	16,7	20,8
TiO ₂	-	-	0,1	-
Li ₂ O	-	-	-	1,0

*Pilkington Brothers Ltd, U.K tarafından üretilen markanın ismi (Cem-FIL)

+Nippon Electric Glass (NEG)

Cam elyafın fiziksel özellikleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2 Seçilmiş cam elyafların özellikleri (Tuna, 2010)

Özellik	A-Cam	E-Cam	AR-Cam	AR- Cam
Özgöl Ağırlık	2,46	2,54	2,70	2,74
Gerilme Mukavemeti (ksi)	450	500	360	355
Elastisite Modülü (ksi)	9400	10,400	11,600	11,400
Sünme (%)	4,7	4,8	3,6	2,5

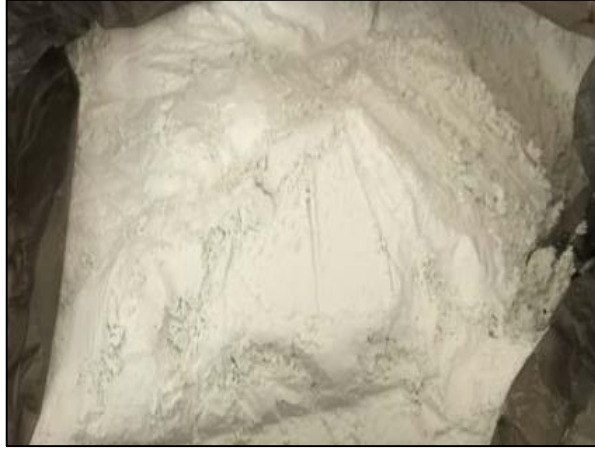
1 ksi= 6,895 MPa



Şekil 3.20 Alkali dayanımlı cam elyaf (Özgün, 2017)

3.3.2 Çimento

Çimento, en önemli cam elyaf takviyeli beton bileşenlerinden biridir (Şekil 3.21). GRC üretiminde çabuk sertleşen beyaz çimento kullanılmalıdır. Ayrıca, TS 21 standardına uygun, BPÇ 52,5 süper beyaz çimento özelliklerini taşımalıdır. Temini sırasında TSE belgeli bir firma tercih edilmelidir. Cam elyaf takviyeli beton imalatında 800-1000 doz çimento kullanmaktadır (Jones, 2016).



Şekil 3.21 Beyaz çimento (Özgün, 2017)

3.3.3 Silis Kumu

GRCA teknik şartnamesine göre silis kumu; AFS 30-35 granulometrisine sahip, bünyesinde en az %96 oranında silis, %0.5'ten az organik madde içeren, kuru, temiz ve kullanıma hazır kumdur (Şekil 3.22). Kum bünyesinde bulunan silis oranının fazla olması, GRC ürününün renk kartelası aralığının daralmasına neden olmaktadır (Belagura, 1992 ; Jones, 2016).



Şekil 3.22 Silis kumu (Özgün, 2017)

Püskürtme yönteminde rahatlıkla kullanılabilen silis kumu, ASTM C144 standardına uygun, yıkanmış ve fırınlanmış olmalıdır (Belagura, 1992). Bu yöntem için max. dane büyüklüğü sınırının 1.18 mm olması tavsiye edilmektedir. Bir başka deyişle kum ASTM U.S. No.16 elek altında kalan kumun kullanılması önerilmektedir. Ayrıca

kullanılacak su miktarının artmaması için çok ince malzeme kullanılmamalıdır ve alt sınır %2 olarak belirlenmelidir (Tuna, 2010).

3.3.4 Akışkanlaştırıcılar ve Polimer Katkılar

Cam elyaf katkılı prekast beton cephe paneli üretimi için yüksek dayanım elde etmek, kürlenme süresini kısaltmak ve istenilen kaliteyi sağlamak amacıyla cam elyaf katkılı prekast betona uygun bir polimer kullanmak gerekmektedir (Jones, 2016).

Cam elyaf katkılı prekast beton imalatında kürlenmeyi kısa tutmak ve dayanıklılığı arttırmak için cam elyaf katkılı prekast beton şartnamesinde belirtilen özelliklerde akrilik polimerler kullanılmalıdır. Bünyesinde kalsiyum klor bulunduran katkıları, beton içerisindeki çeliğe zarar vermesi nedeniyle cam elyaf katkılı prekast beton üretiminde tercih edilmemelidir. (Özgün, 2017).

3.3.5 Su

Cam elyaf takviyeli prekast beton harcına katılacak suyun BS EN 1008 standardında belirtildiği gibi temiz, berrak, organik madde içermeyen içilebilir su kullanılmaktadır (Özgün, 2017).

3.3.6 Renklendirme Amaçlı Pigment Kullanımı

Cam elyaf takviyeli beton sade kullanıldığı gibi kullanıcının isteğine göre renkli de kullanılabilir. GRC renklendirilmesi istendiğinde şunlara dikkat edilmelidir;

- ✓ Dayanıklılığı azaltmamalı,
- ✓ Yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı olmalı,
- ✓ Alkali dayanımı yüksek olmalı,
- ✓ Toplam çimento miktarının en fazla %6'sı kadar olmalıdır (Betofiber, 2016).

3.4 GRC Cephe Paneli Uygulama Süreci

Cam elyaf takviyeli prekast beton cephe panellerinin uygulama süreci; depolama süreci, nakliye süreci ve montaj sürecinden oluşmaktadır.

3.4.1 Depolama Süreci

Depolama sürecinde dikkat edilmesi gereken en önemli konu GFRC cephe panellerinin deformasyona ve hasara uğramamasıdır. Fabrika ortamında üretimi tamamlanan paneller kalıptan çıkarılma işleminin hemen ardından fabrika içerisinde, ardından da şantiyeye nakliye edilerek orada depolanmaktadır. Şantiye ortamı birden fazla işin yapıldığı kompleks bir ortam olması münasebetiyle panellerin depolama sürecinde zarar görmemesine dikkat edilmelidir. Depolama sürecinde panellerin herhangi bir şekilde zarar görmemesi için şu hususlara dikkat edilmelidir;

- ✓ Paneller şekilleri ve ebatları baz alınarak istiflenmelidir.
- ✓ Panel yüzeylerinin yerle temas edip zarar görmemesi için zemin ile arasına takoz konulmalıdır. Ayrıca üst üste istiflenen panellerin birbirlerinin yüzeylerini de aşındırmaması amacıyla aynı işlem uygulanmalıdır.
- ✓ Panellerin dış yüzeyi özenle korunmalıdır.
- ✓ Paneller depo alanı ve panel ebatları baz alınarak yatay ya da düşey olarak istiflenmelidir.
- ✓ Yatay istiflenecek panel yüzeyleri zeminle temas ettirilmemeli ve zemin ile panel arası takozlarla ayrılmalıdır (Şekil 3.23)
- ✓ Küçük ebatlı panellerde 4, büyük ebatlı paneller de ise en fazla 2 panel üst üste gelmelidir (Şekil 3.24).
- ✓ Paneller depoda yapılacak olan diğer işlemlerin yapılmasını engellemeyecek şekilde istiflenmelidir (Altınay, 2011).



Şekil 3.23 Cephe panelinin yatay olarak istiflenmesi (Altınay, 2011)



a)



b)

Şekil 3.24 a); Büyük boyutlu, b); küçük boyutlu panellerin istiflenmesi (Altınay, 2011)

3.4.2 Nakliye Süreci

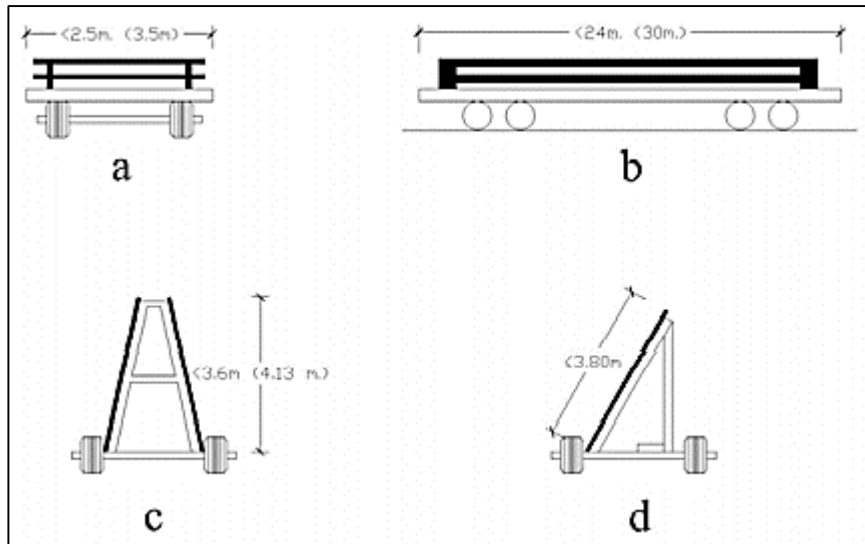
GFRC cephe panellerinin imalatının tamamlanmasının ardından, panellerin fabrika alanından montaj alanına getirildiği sürece taşıma süreci denilmektedir. Paneller nakliye aracına genellikle mobil vinç kullanılarak yerleştirilir (Şekil 3.25). Nakliye aracı taşınacak olan panelin ebat, ağırlık ve sayısına baz alınarak belirlenir.



Şekil 3.25 GFRC elemanların nakliye aracına yüklenmesi (Özgün, 2017)

Cephe panelleri taşınırken çeşitli boyutsal sınırlamalara dikkat edilmesi gerekmektedir. Bunlar;

- ✓ Kompleks şekilli bazı cephe panelleri yatay konumda taşınmalıdır. Bu şekilde taşınan panellerin genişlikleri (özel izinle 3,5 m olanlar hariç) 2,5 - 3 m arasında olmalıdır (Brookes, 2008) (Şekil 3.26-a).
- ✓ Yan yana taşınacak panellerin toplan uzunluğu 12 m – 30 m arasında olmalıdır (Şekil 3.26-b) (Ayaydın, 2004).
- ✓ Düşey konumda nakliye edilecek panellerin düşey uzunlukları 3,6 m - 3,8 m arasında olmalıdır (Altınay, 2011).
- ✓ Panel uzunlukları 5-9 m arasında olmalıdır. Ayrıca panelin yüzey alanı en fazla 15 m² olmalıdır (Barkaukas vd., 2002).



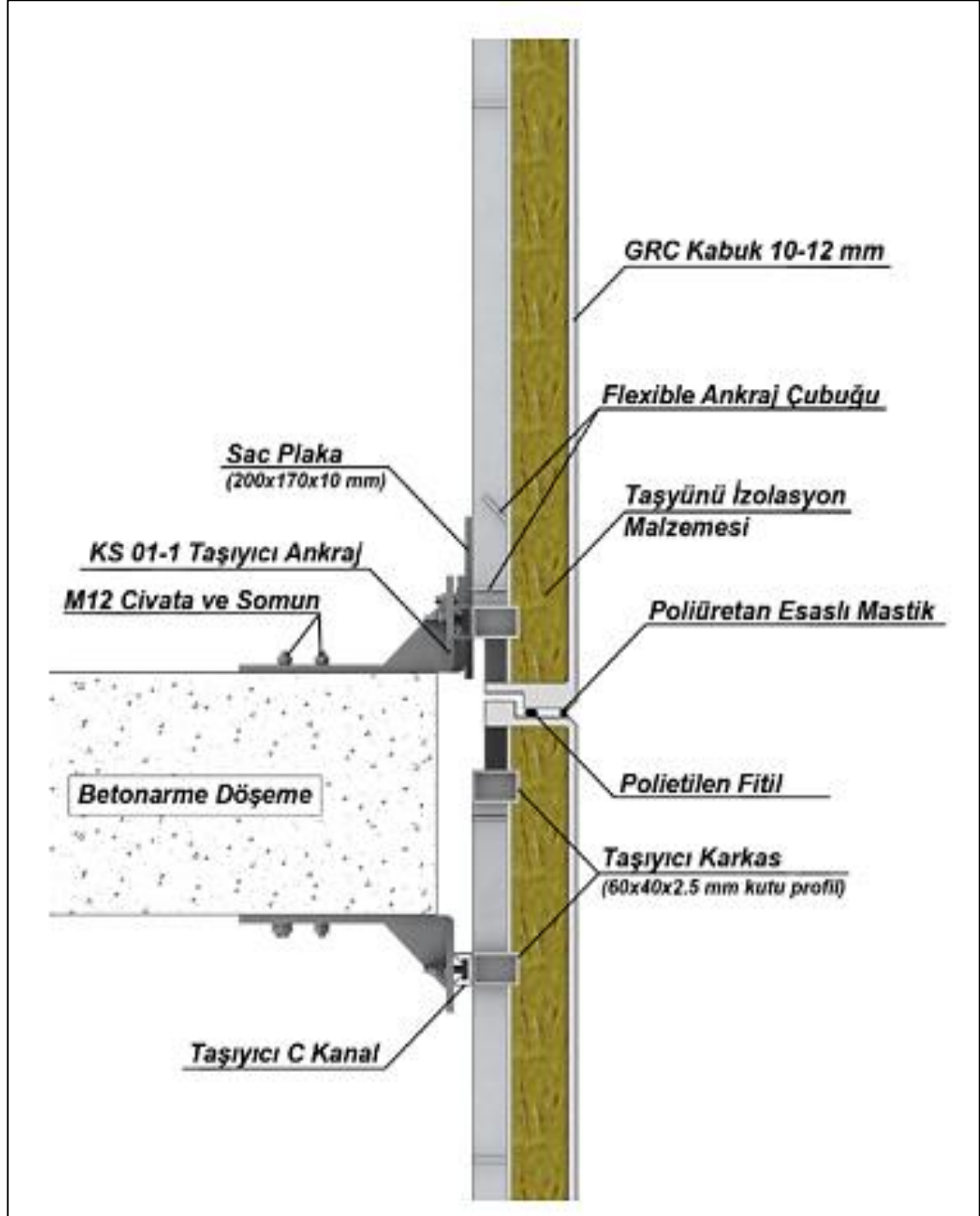
Şekil 3.26 Beton esaslı cephe panelleri taşıma sürecinde sınırlamalar (Ayaydın, 2004)

3.4.3 Montaj Süreci

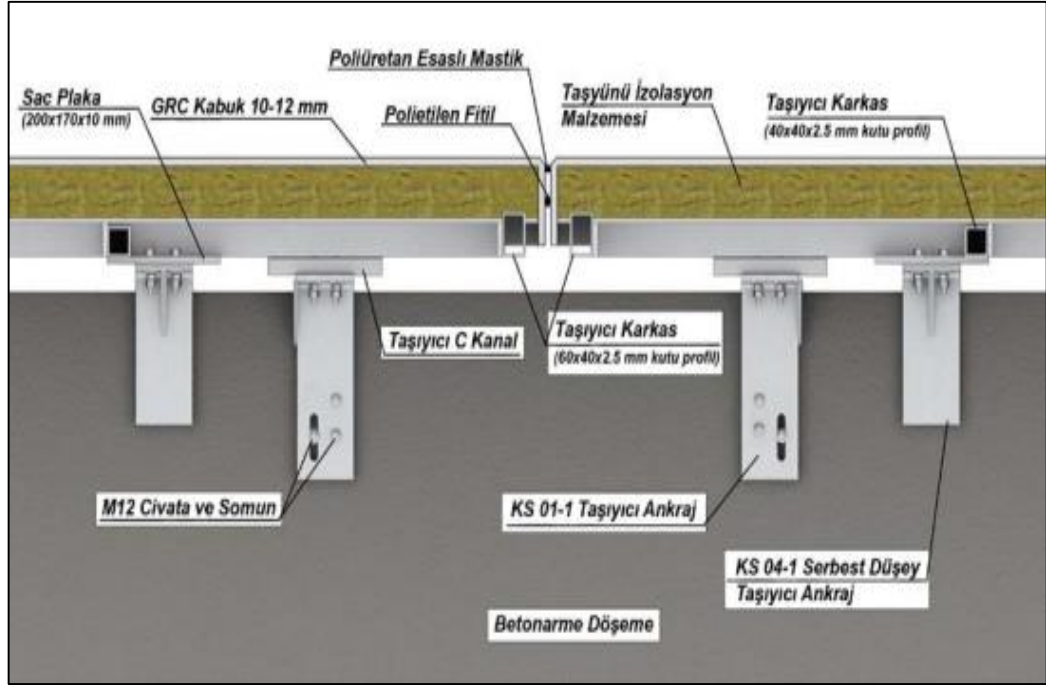
Taşıma sürecinden sonra panellerin yerleştirileceği alanlara getirilerek birbirleriyle veya binayla birleştirilmesine kadarki geçen sürece denilmektedir. Montaj süreci üç aşamada tamamlanmaktadır. Bunlar;

- ✓ GFRC cephe panellerinin montaj alanına taşınması,
- ✓ Panellerin binaya yerleştirilmesi, ayarlanması ve desteklenmesi
- ✓ Panellerin taşıyıcı bağlantılarının yapılması

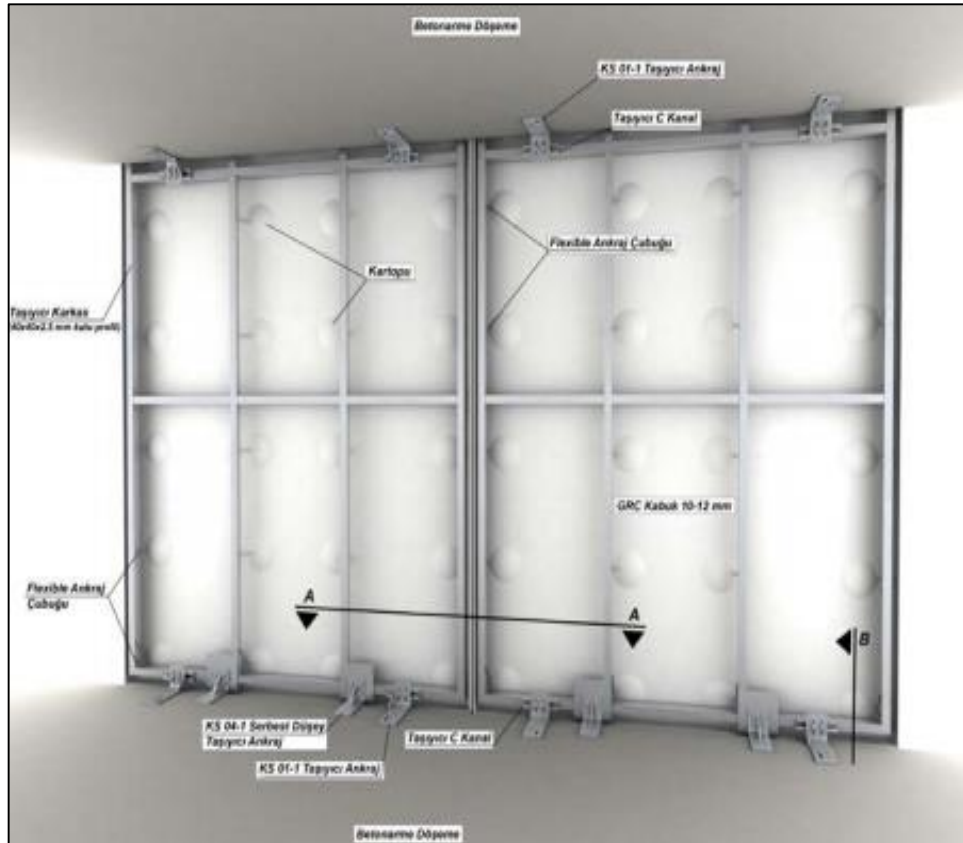
Şekil 3.27-Şekil 3.33’ de GFRG cephe panellerinin açık ve kapalı montaj sisteminin kesit, plan ve perspektifi sunulmuştur (Özgün, 2017).



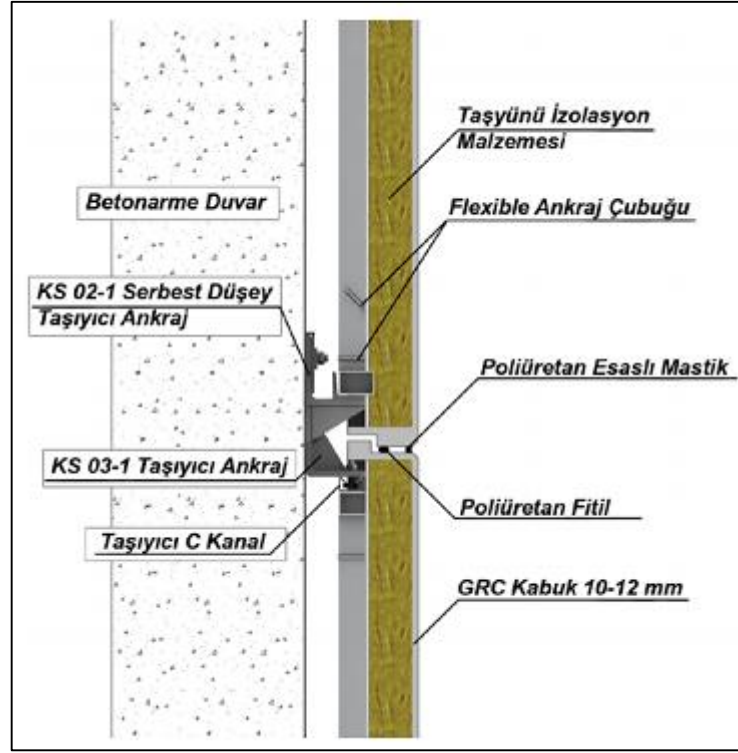
Şekil 3.27 Açık cephe montaj sistemi kesiti



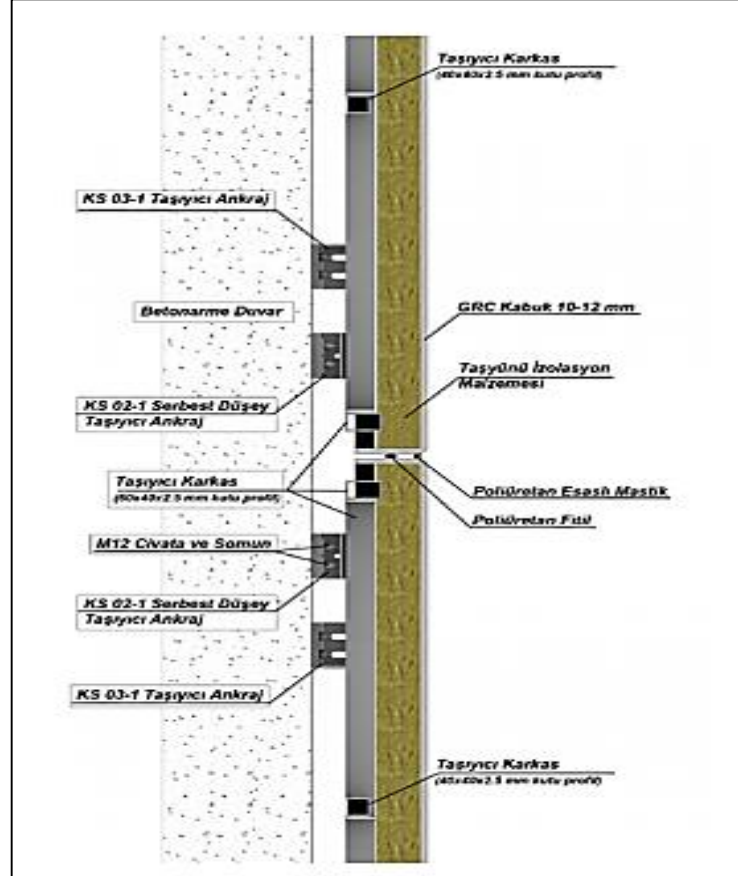
Şekil 3.28 Açık cephe montaj sistemi planı



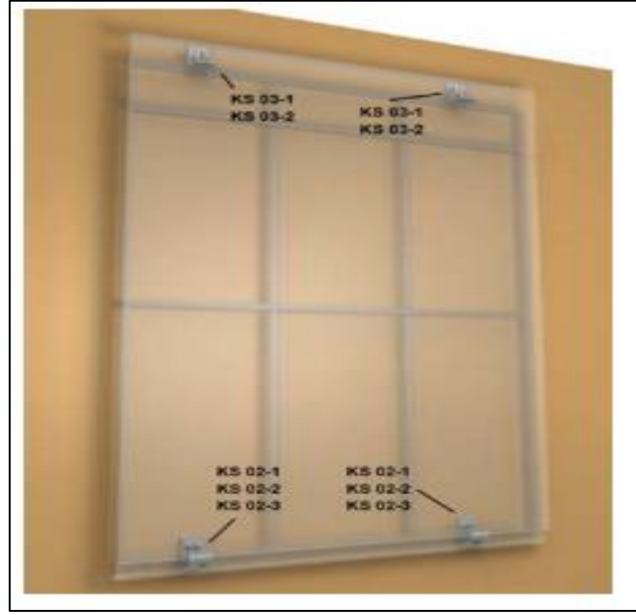
Şekil 3.29 Açık cephe montaj sistemi perspektif görünüşü



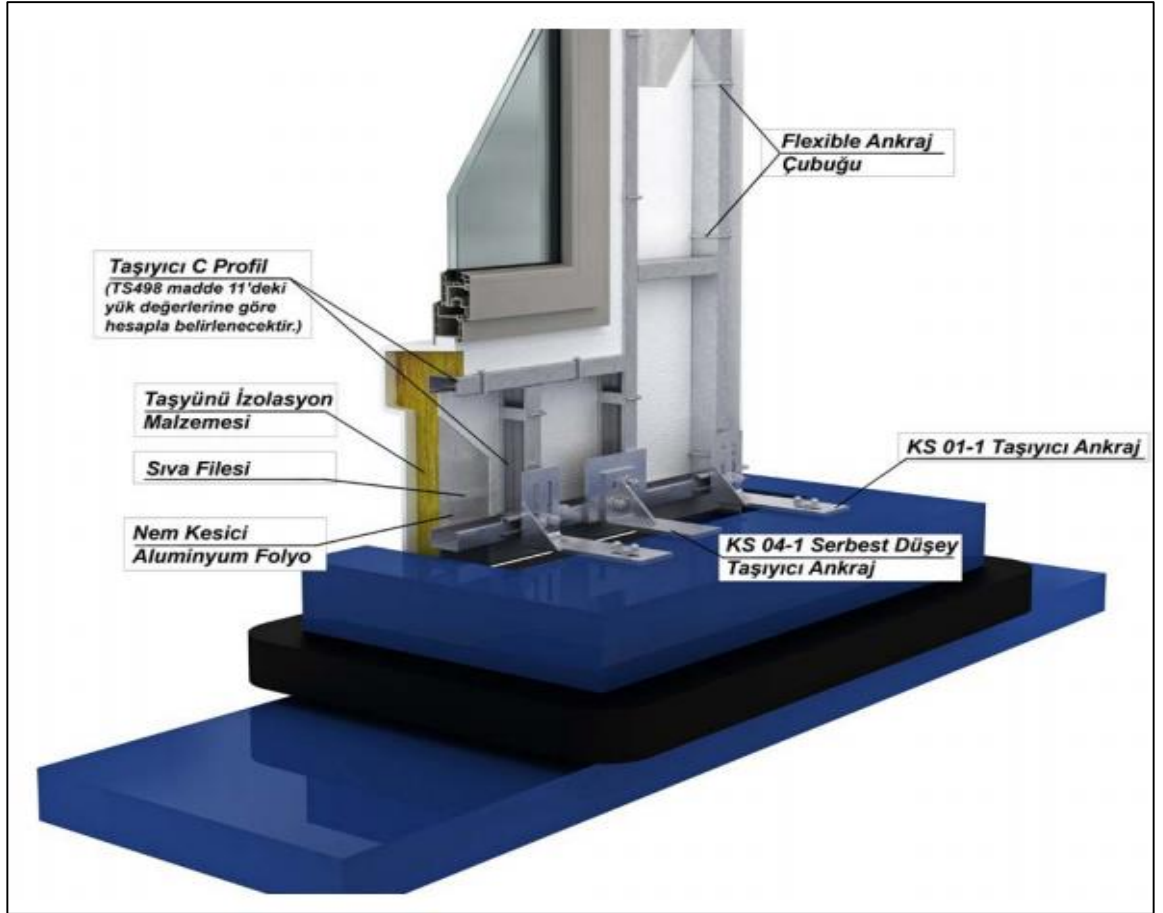
Şekil 3.30 Kapalı cephe montaj sistemi kesiti



Şekil 3.31 Kapalı cephe montaj sistemi planı



Şekil 3.32 Kapalı cephe montaj sistemi perpektif görünüşü



Şekil 3.33 Sistem detayı perspektifi

4. ANKARA’DA GFRC CEPHE PANELLERİNİN UYGULANDIĞI ÖRNEK PROJELER

4.1 Örnek 1 (Mevaşehir, Eryaman)

Yapımına 2019 yılında Ünsal Group tarafından Eryaman’da başlanılan Mevaşehir projesinde GFRC kaplama malzemesi mantolama ve taş kaplama ile birlikte tasarlanmıştır. Yatay ve düşey hareketlerle tasarımı yapılan cam elyaf takviyeli prekast beton cephe panellerinin izolasyonlu formu kullanılmıştır. GFRC cephe panellerinin detayları firmanın teknik ekibi tarafından üretim yapılmadan önce görüşülerek kararlaştırılmıştır. Görüşme sonrası binada kullanılacak sistemler Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1 GFRC sistem tipleri

GFRC Form Sistemi	Dekoratif GRC Kaplama
GFRC İzolasyon Sistemi	İzolasyonlu GFRC Kaplama
GFRC Montaj Sistemi	Kapalı Cephe Montaj Sistemi

Tablo 4.2’de Mevaşehir, Eryaman projesinde kullanılan GFRC cephe panelinin avantajları ve dezavantajları verilmiştir. Şekil 4.1 ve 4.2’de projeye ait renderlar, Şekil 4.3’de montaj işlemi devam ederken cephe görünüşü, Şekil 4.4’de ise montaj işlemi tamamlanan cephe görünüşü verilmiştir.

Tablo 4.2 Mevaşehir, Eryaman konutlarında GFRC kullanımının avantajları ve dezavantajları

GFRC cephe panelinin avantajları	GFRC cephe panelinin dezavantajları
Balkonlarda net alan kazanımı	Diğer cephe kaplama malzemelerine göre maliyetinin yüksek olması
Pürüzsüz yüzeye sahip olması	Bina yükünü arttırması
Renk yelpazesinin geniş olması	GFRC montajını bitirmeden kapı ve pencere merkezlemesinin yapılamaması
Bakım ve onarım masraflarının az olması	Montaj işlemi tamamlandıktan sonra müdahale edilememesi
Ses yalıtımı özelliğinin olması	Montaj süresinin uzun olması

Tablo 4.2 devamı

Ekstra ısı yalıtımı gerekmemesi	
Önceden imal edilmesi	
Kullanım süresinin uzun olması	
Yangın dayanımının yüksek olması	
Montaj yapılırken ince işçiliğinde yapılabilmesi	



Şekil 4.1 Mevaşehir Eryaman, render 1 (URL-A)



Şekil 4.2 Mevaşehir Eryaman, render 2 (URL-A)



Şekil 4.3 Mevaşehir Eryaman, montaj işlemi yapılırken cephe görünüşü



Şekil 4.4 Mevaşehir Eryaman, montaj işlemi tamamlandıktan sonra cephe görünüşü

4.2 Örnek 2 (Villa, Çayyolu)

Yapımına 2020 yılında başlanan ve villa olarak tasarlanan binanın 2021 yılında tamamlanması planlanmaktadır. Villa Çayyolu mevkiinde inşa edilmiştir. Villada GFRC cephe kaplama kullanılmaktadır. Kapalı cephe uygulaması yapılan binada izolasyonlu GFRC cephe paneli tercih edilmiştir. Kapalı cephe montajı için ilk olarak duvarlar örülmüş akabinde kaplama işlemine geçilmiştir. İzolasyonlu GFRC cephe kaplaması kullanıldığı için duvarlar ince inşa edilmiştir. Bu durum binaya alan kazancı sağlamıştır. Yağmur boruları paneller arasına gizlenmiştir. Binada kullanılacak sistemler Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.3 GFRC sistem tipleri

GFRC Form Sistemi	Panel GFRC Kaplama
GFRC İzolasyon Sistemi	İzolasyonlu GFRC Kaplama
GFRC Montaj Sistemi	Kapalı Cephe Montaj Sistemi

Tablo 4.4’de villa projesinde kullanılan GFRC cephe panelinin avantajları ve dezavantajları verilmiştir. Şekil 4.5 ve 4.6’da ise villaya ait 3 boyutlu proje renderları sunulmuştur.

Tablo 4.4 GFRC kullanımının avantajları ve dezavantajları

GFRC cephe panelinin avantajları	GFRC cephe panelinin dezavantajları
Binada net alan kazanımı	Diğer cephe kaplama malzemelerine göre maliyetinin yüksek olması
Pürüzsüz yüzeye sahip olması	Bina yükünü arttırması
Renk yelpazesinin geniş olması	GFRC montajını bitirmeden kapı ve pencere merkezlemesinin yapılamaması
Bakım ve onarım masraflarının az olması	Montaj işlemi tamamlandıktan sonra müdahale edilememesi
Ses yalıtımı özelliğinin olması	Montaj süresinin uzun olması
Ekstra ısı yalıtımı gerekmemesi	
Önceden imal edilmesi	
Kullanım süresinin uzun olması	
Yangın dayanımının yüksek olması	
Montaj yapılırken ince işçiliğinde yapılabilmesi	
Yağmur olukları GFRC cephe paneli içerisine gizlenmiştir	



Şekil 4.5 Villa projesine ait cephe renderları 1



Şekil 4.6 Villa projesine ait cephe renderları 2

4.3 Örnek 3 (Türkiye Noterler Birliği)

Yapımına 2007 yılında başlanan ve 2008 yılında tamamlanan bina MuuM ve SE mimarlık tarafından tasarlanmıştır. Türkiye Noterler Birliği olarak kullanılan bina Söğütözü mevkiinde yer almaktadır. Bina, 2010 yılında Arkitera İşveren Ödülü'ne kazanmıştır.

Bina için açık cephe montajı ve izolasyonlu üretim gerçekleştirilmiştir. Bina kabuğu GFRC panel içinde 5 cm kalınlığında taşıyıcı ile imal edilmiş kompozit bir duvar sisteminden meydana gelmiştir. Cam elyaf takviyeli kabuk malzeme 15 mm kalınlığındadır. Duvar örme işlemi yapılmadan monte edilen panel sayesinde hem alandan hem de işçilikten kazanç sağlanmaktadır. Yağmur boruları GFRC panel içerisine gizlenmiştir. Binada kullanılacak sistemler Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5 GFRC sistem tipleri

GRC Form Sistemi	Panel GRC Kaplama
GRC İzolasyon Sistemi	İzolasyonlu GRC Kaplama
GRC Montaj Sistemi	Açık Cephe Montaj Sistemi

Tablo 4.6’da Türkiye Noterler Birliği projesinde kullanılan GFRC cephe panelinin avantajları ve dezavantajları verilmiştir.

Tablo 4.6 Türkiye Noterler Birliği binasında GFRC kullanımının avantajları ve dezavantajları

GFRC cephe panelinin avantajları	GFRC cephe panelinin dezavantajları
Binada net alan kazanımı	Diğer cephe kaplama malzemelerine göre maliyetinin yüksek olması
Pürüzsüz yüzeye sahip olması	GRC montajını bitirmeden kapı ve pencere merkezlemesinin yapılamaması
Renk yelpazesinin geniş olması	Montaj işlemi tamamlandıktan sonra müdahale edilememesi
Bakım ve onarım masraflarının az olması	Montaj süresinin uzun olması
Ses yalıtımı özelliğinin olması	
Su yalıtımı özelliğinin olması	
Ekstra ısı yalıtımı gerekmemesi	
Önceden imal edilmesi	
Kullanım süresinin uzun olması	

Tablo 4.6 devamı

Yangın dayanımının yüksek olması	
Montaj yapılırken ince işçiliğinde yapılabilmesi	
Yağmur olukları GFRC cephe paneli içerisine gizlenmiştir	

Şekil 4.7’de Türkiye Noterler Birliğine ait dış cephe fotoğrafı sunulmuştur.



Şekil 4.7 Türkiye Noterler Birliği, montaj işlemi tamamlandıktan sonra cephe görünüşü

4.4 Örnek 4 (Afitab Kültür Merkezi)

Yapımına 1994 yılında başlanılan Afitab Kültür Merkezi Sami Efendi Külliyesi bünyesinde inşa ettirilmiştir. Yapı Yenimahalle/Demetevler mevkiinde yer almaktadır. Yapıda kullanılan GFRC cephe kaplama malzemesi mantolama ile birlikte planlanmıştır. İzolasyonsuz olarak üretilen paneller kapalı cepheye montaj ettirilmiştir. Düşük döşeme kalınlığına sahip binaya paneller özel ankraj elemanlarıyla tutturulmuştur. Tablo 4.7’de Afitab Kültür Merkezi’ne ait GFRC sistem tipleri

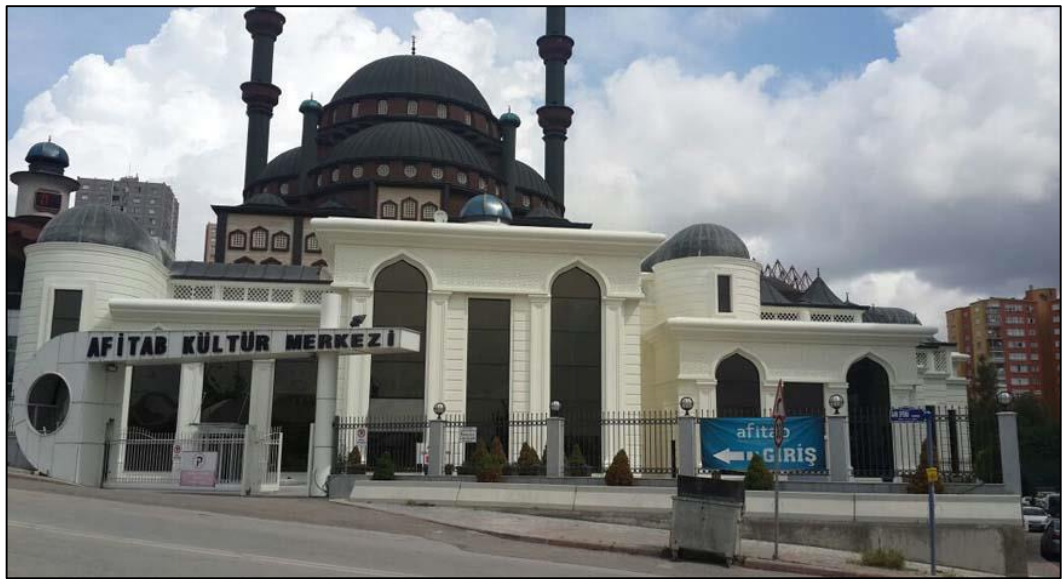
Tablo 4.7 GFRC sistem tipleri

GFRC Form Sistemi	Panel GFRC Kaplama
GFRC İzolasyon Sistemi	İzolasyonsuz GFRC Kaplama
GFRC Montaj Sistemi	Kapalı Cephe Montaj Sistemi

Tablo 4.8’de Afıtab Kültür Merkezi projesinde kullanılan GFRC cephe panelinin avantajları ve dezavantajları verilmiştir. Şekil 4.8’de Afıtab Kültür Merkezi dış cephe görünüşü, Şekil 4.9’da montaj tamamlandıktan sonraki cephe görünüşü sunulmuştur.

Tablo 4.8 Afıtab Kültür Merkezi binasında GFRC kullanımının avantajları ve dezavantajları

GFRC cephe panelinin avantajları	GFRC cephe panelinin dezavantajları
Binada net alan kazanımı	Diğ�r cephe kaplama malzemelerine göre maliyetinin yüksek olması
Pürüzsüz yüzeye sahip olması	Bina yükünü arttırması
Renk yelpazesinin geniş olması	GFRC montajını bitirmeden kapı ve pencere merkezlemesinin yapılamaması
Bakım ve onarım masraflarının az olması	Montaj işlemi tamamlandıktan sonra müdahale edilememesi
Montaj yapılırken ince işçiliğinde yapılabilmesi	Montaj süresinin uzun olması
Yağmur olukları GRC cephe paneli içerisine gizlenmiştir	Ekstra ısı yalıtımı gerekmesi
Önceden imal edilmesi	Ses yalıtımı özelliğinin olmaması
Kullanım süresinin uzun olması	



Şekil 4.8 Afıtab Kültür Merkezi cephe görünüşü



Şekil 4.9 Afıtab Kültür Merkezi, montaj işlemi tamamlandıktan sonra cephe g r n    

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında cam elyaf takviyeli prekast beton cephe panellerinin üretimi, bileşenleri, nakliye ve montaj aşamaları incelenmiştir. Bu bağlamda 4 adet yapı üzerinden avantaj ve dezavantajlarının tespiti amaçlanmıştır. Çalışma Ankara ili sınırları içerisinde yapılmıştır. Yapılan saha araştırması sonucunda aşağıdaki sonuçlara varılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

- Betonun sahip olduğu kalıba alına bilme özelliğinden dolayı GFRC panel tasarımı özgürce yapılabilmektedir.
- İstenilen boyut, renk ve yüzeyde üretim yapılabilmektedir.
- Kendisi dışında farklı birçok yapı ve bitirme malzemesiyle rahatlıkla kullanımı mümkündür.
- Normal betonlar çekmeye karşı düşük dayanıma sahiptir. GFRC cephe kaplama malzemesi ise bünyesinde bulunan alkaliye dayanımlı cam elyafları vasıtasıyla yüksek çekme dayanımına sahiptirler.
- Çeliğin çekme dayanımı cam elyafın çekme dayanımının üçe biri kadardır. Bu durum cam elyaf ile üretilen betonların daha uzun ömürlü olacağını göstermektedir.
- Cam elyaf takviyeli prekast beton cephe panellerinin bakımı doğru bir şekilde yapıldığında daha uzun ömürlü olmaktadır.
- GFRC fabrikada üretildiği için kalite kontrolü kolay bir şekilde yapılmaktadır. Kalite kontrolünün düzgün bir şekilde yapılması istenilen şekilde cephe yüzeylerinin oluşturulmasına, montaj yapılmadan önce kontrol edilebilmesine imkan sağlamaktadır.
- GFRC cephe panellerinin uygulaması yapılırken atmosfer şartlarından etkilenilmemektedir.
- İzolasyonlu GFRC cephe kaplaması kullanılması durumunda, ikinci kez ısı ve ses yalıtımı yapılmasına gerek duyulmamaktadır. Ayrıca izolasyonlu GFRC cephe panelleri A1 yanmazlık sınıfına sahiptirler.
- İzolasyonsuz GFRC cephe panellerinin izolasyonlu panellerden farkı sadece imalat sırasında panel içerisinde izolasyon malzemesinin olmamasıdır. Fakat

izolasyonsuz cephe paneli kullanılacak ise duvar önceden yalıtımlı hale getirilmeli veya içerden yalıtım yapılmalıdır.

- Yüksek katlı binalarda iskele kurulmadan vinçle taşınabilmektedir.
- GFRC cephe kaplama paneli binaya ekstra yük veriyormuş gibi düşünülse de montajı yapılacak duvarın kesiti küçüleceği için bütün olarak düşünüldüğünde fazla yük vermemektedir.
- Paneller fabrikada üretilip montaj alanına taşındığı için taşıma ve depolama sürecinde zara görebilmektedir.
- Montaj aşaması tamamlandıktan sonra herhangi bir müdahale yapılamamaktadır.
- Panel katmanları arasında yer alan bağlantı noktalarında ısı köprüleri oluşabilmektedir.
- GFRC cephe kaplama malzemesi diğer cephe kaplama malzemelerine göre daha maliyetlidir.

KAYNAKLAR

- Akman, M.S. (1987). Yapı Malzemeleri, *İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası*.
- Altınay, G. (2011). Beton Esaslı Prekast Cephe Panellerinin Üretimi, Uygulaması, Yapısal Performansının Değerlendirilmesi ve Bir Alan Araştırması İle İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Amran, Y.H.M., Farzadnia, N., & Ali, A.A.A. (2015). Properties and applications of foamed concrete; a review, *Construction and Building Material*, 101 (2015) 990–1005.
- Amritha Raj, Dhanya Sathyan, & K.M. Mini, (2019). Physical and functional characteristics of foam concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 221 (2019), 787-799.
- Anonim 1. Türk Mühendis ve mimar odaları birliği Mimarlar Odası İstanbul Büyükşehir Şubesi Yapı Malzemesi Kataloğu C1/SfB 41.6
- Anonim 2. Concrete properties, Butterworth-Heinemann, England, 6/1-6/8.
- Ayaydın, Y. (1987). Taşıyıcı Duvar Perdeli Prefabrike Yapılar. *Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Ayaydın, Y. (2004). 12 Soruda Beton Prefabrikasyon, İstanbul.
- Bağda, E., & İnan, G. (2009). Dış cephelerde kullanılan cam elyaf donatılar, *Yalıtım Dergisi*, (78), 1-8 .
- Balaguru, P.N., & Shah, S.P., (1992). Glass Fiber-Reinforced Concrete in Fiber Reinforced Cement Composites, *McGraw-Hill Inc.*, United States Of America.
- Barkaukas, K.F., Kauhseti, B., Polonyi, S., & Brandt, J., (2002). Concrete. *Construction Manual*, Birkhaeuser, Basel, Switzerland.
- Barry, R., (2001). The construction of buildings. Fifth edition (4), *Blackwell Science*, London, 189-197.
- Betofiber teknik föyü, (2016). Kişisel görüşmeler. ‘www.betofiber.com’.

- Brookes, A.J., & Mejis, M., (2008). Cladding of buildings, *Florence Production Ltd.*, Wiltshire, Great Britain, fourth edition.
- Brownell, B. (2008). Trans material 2, 1st ed. New York, USA: *Princeton architectural press*, pp. 15-30.
- Bideci, Ö.S., Mercanoğlu, K., & Bideci, A. (2018). Öğütülmüş cam elyaf takviyeli beton (GRC) atıklarının çimento ikame malzemesi olarak kullanılabilirliği. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilim ve Teknik Dergisi*, 6(2), 198-206.
- Chawla, K.K., (1998). Fibrous Materials. *Cambridge University Press*, Cambridge.
- Corporation, CMH. (2002). Architectural Precast Concrete Walls. *Best Practice Guide*. Canada: Canada Mortgage and Housing Corporation.
- Demirtaş, G. (2010). GRC Cephe Panellerinde Oluşan Sorunlar Ve Çözüm Önerileri. Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Demirtaş, G., & Tosun, M. (2012). CTB yapı malzemesi ve CTB cephe paneli uygulamalarında meydana gelen cephe sorunları, *Journal of Faculty Engineering-Architecture Selcuk University*, 27(4), 121-134.
- EN 14992, (2007). Precast concrete products - Wall elements, *Brussels*.
- Enfedaque, A., Gálvez, J. C., & Suárez, F., (2015). Analysis of fracture tests of glass fibre reinforced cement (GRC) using digital image correlation. *Construction and Building Materials*, 75, 472–487.
- Enfedaque, A., Paradela, L. S., & Gálvez, V. S., (2012). An alternative methodology to predict aging effects on the mechanical properties of glass fiber reinforced cements (GRC). *Construction and Building Materials*, 27 (1), 425-431.
- Erdoğan, S.T., & ERDOĞAN, T.Y., (2007). Bağlayıcı malzemelerin ve betonun onbin yıllık tarihi, *ODTÜ Yayıncılık*, Ankara, 211-213.
- Gilbert, G.T., (2004). GFRC - 30 Years Of High Fiber Cement Composite Applications Worldwide. *American Concrete Institute Special Publication*, 224, 1-20.
- GRC Industry Group of National Precast Concrete Association Australia (NPCAA) (2006a), A Recommended Practice Design, Manufacture and Installation of Glass Reinforced Concrete (GRC). *Provided by the GRC Industry Group of National Precast Concrete Association Australia*.

- GRC Industry Group of National Precast Concrete Association Australia (NPCAA), (2006b), Design, Manufacture and Installation of Glass Reinforced Concrete (GRC). *Provided by the GRC Industry Group of National Precast Concrete Association Australia.*
- Hamad, JA. (2014). Materials, production, properties and application of aerated lightweight concrete, *International Journal of Material Science Engineering*, 2 (2), 152–157.
- Herzog, T., Krippner, R., & Lang, W. (2004). Facade Construction Manual, *Birkhaeuser, Munich.*
- Jalal, M., Tanveer, A., Jagdeesh, K., & Ahmed, F. (2017). Foam concrete, *International Journal of Civil Engineering Research*, 8, 2278–3652.
- Jiang, H., Qiu, H., & Sun, J. (2019). Behavior of steel–concrete composite bolted connector in precast reinforced concrete shear wall. *Advances in Structural Engineering*, 22, 2572–2582.
- Jones, G., (2016). International GRCA Technical Committee, *Practical Design Guide, For Practical Design Guide using Limit State Theory*, GRCA.
- Khelafi, H. & Kadri, E. (2007). Compressive strength of mortar containing natural pozzolan under various curing temperature, *Cement & Concrete Composites*, 29, 587-593.
- Kılıç, Y. (2020). Endüstriyel Katı Atıkların Beton Katkı Maddesi Olarak Kullanımının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mersin.
- Kohen, B. (2013). Yapı kabuğu olarak GRC, *Mimarlıkta Malzeme*, 24, 29–32.
- Life-Cycle Assessment of Cladding Products, (2009). Knoxville, USA.
- Menegon, SJ., Wilson, JL., Lam, NTK., & Gad, EF. (2020). Experimental assessment of the ultimate performance and lateral drift behaviour of precast concrete building cores. *Advances in Structural Engineering*, 23(12) 2597–2613.
- Menegon, SJ., Wilson, JL., & Lam, NTK. (2017). GRC walls in Australia: reconnaissance survey of industry and literature review of experimental testing. *Australian Journal of Structural Engineering*, 18, 24–40.
- Metin, B. (2010). Cephe Kaplama Sistemlerinin Uygulama Süreçlerinin Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

- Mehta, M., Scarborough, W., & Armpriest, D., (2009). Building Construction, principles, materials, and systems. *Update, Prentice Hall PTR*, USA.
- Mackechnie, J.R., & Saevarsdottir, T. (2007). New insulating precast concrete panels, *Conference on Transforming our Built Environment*, 1-11, Auckland, New Zealand.
- Newman, J., Choo, B. S., (2003). Advanced concrete technology set, volume-1
- Özgün, T. (2007). Cam Elyaf Katkılı Beton Prekast (GRC) Cephe Kaplama Malzemesinin Avantaj Ve Dezavantajlarının İstanbul'daki Örnekler Üzerinden İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- P.C. Institute, (2010). Designing with precast and prestressed concrete, Chicago, Amerika.
- PCI, Committee on Precast Sandwich Wall Panels (2016). Designing with Precast and Prestressed Concrete, Northampton, İngiltere, 4c-1.
- PCI, Committee on Precast Sandwich Wall Panels, (1997). State of the Art of Precast/Prestressed Sandwich Wall Panels, *Precast, Prestressed Concrete Institute*, Chicago.
- Poveda, E., Ortega, J.J, Ruiz, G., Porras, R., & Carmona, J.R, (2016). Normal and tangential extraction of embedded anchor plates from precast façade concrete panels. *Engineering Structures*, 110, 21-35.
- Sun, J., Qiu, H., & Xu, J., (2015). Experimental verification of vertical joints in an innovative prefabricated structural wall system. *Advances in Structural Engineering*, 18, 1071–1086.
- Tekin, K.T. (2017). Cam Elyaf Katkılı Beton Cephe Panellerinin İnşa Edilebilirlik Kriterleri Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- TS 802, (1985). Beton Karışım Hesap Esasları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS-7719, (1989). Prefabrike Beton Elemanlardan Yapılmış Bir Dış Duvarla Beton Döşeme Arasındaki Tipik Yatay Derzler - Nitelikler, Özellikler Ve Sınıflandırma İlkeleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS EN 206-1, (2002). Beton - Özellik, Performans, İmalat Ve Uygunluk, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

- TS EN 12602, (2011). Önyapımlı Donatılı Gazbeton Yapı Elemanları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Tokman, T. (2004). Prefabrike beton endüstrisinin dünü, bugünü, yarını, *Yapı Dergisi*, 327, 95-100.
- Trindade, AD., Coelho, GBA, & Henriques FMA, (2021). Influence of the climatic conditions on the hygrothermal performance of autoclaved aerated concrete masonry walls. *Journal of Building Engineering*, 33(2021), 101578.
- Tuna, Ş. (2010). Dış Cephe Kullarılan Cam Elyaf Takviyeli Beton Panellerin Durabilitesi. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- URL 1, www.concretecountertopinstitute.com. Erişim Tarihi; 12.11.2020.
- URL 2, <https://www.kompozitshop.com/cam-fiber-kirpilmis-24mm-alkali-dayanimli>. Erişim Tarihi; 15.11.2020.
- URL 3, <http://mutasyon.com.tr/prekast-montaji-nasil-yapilir>. Erişim Tarihi; 22.11.2020.
- URL 4; <http://ronesansprekast.com/prekast-nedir/>. Erişim Tarihi; 05.12.2020.
- Yavuz, G. (2011). Lif takviyeli polimerlerin betonarme kirişlerde donatı olarak kullanımı, *e-Journal of New World Sciences Academy*, 6(4).
- Yıldız, NB., (2017). Cam Elyaf Takviyeli Beton (GFRC) Cephe Panelleri İçin Yaşam Döngü Değerlendirmesi (YDD) Yöntemiyle Bir Sürdürülebilirlik Çerçevesi Geliştirilmesi. Doktora Tezi, *Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Düzce.
- Yıldız, NB., & Arslan, H, (2018). Cam elyaf takviyeli beton panellerin dış cephelerde kullanımı. 9. Ulusal Çatı & Cephe Konferansı, İstanbul.
- Youcef, S., & Mezghiche, B. (2020). Pozzolan effect on the behavior of concrete used in an aggressive environment in Algeria (Biskra case), *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 55(5),1125-1131.
- Yurdakul, A., Günkaya, G., Kavas, T., Dölekçekiç, E., & Karasu, B., (2014). Electron microscopy observations on glass fiber reinforced concrete (GFRC) materials. *Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering*. 14, (185-191).

- Zhang, X.L., & Zhu, G.C. (2018). Effect and mechanism of phosphorus adsorption in initial rainfall runoff by autoclaved aerated concrete block. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, 12, 2202–2209.
- Zhang, J., & Fu, W. (2020). Sponge effect of aerated concrete on phosphorus adsorption-desorption from agricultural drainage water in rainfall. *Soil and Water Research*, 15(4), 220–227.
- Zorergedik, G. (2001). Hazır Dış Duvar Elemanlarının Isısal Konfor Açısından İncelenmesi Ve Değerlendirilmesi, *Makina Mühendisleri Odası Yalıtım Kongresi*, Eskişehir.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Abdulgader Mohamed Ahmed BERRANI
Doğum Yeri ve Yılı : Libya / 10.03.1982
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce ve Arapça



Eğitim Durumu

Lise : Mısrata Lisesi, 1999
Lisans : Mısrata Üniversitesi, 2003