

Cam Elyaf Takviyeli Precast Beton Cephe Panellerinin Uygulanışı (Ankara Örnekleme)

Application of Glass Fiber Reinforced Precast Concrete Facade Panels (Ankara Sample)

Abdulgader Mohamed Ahmed BERRANI¹, Hakan ÇAĞLAR², Arzu ÇAĞLAR³

¹Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Kastamonu

²Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kırşehir

³Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Kırşehir

Doi: 10.51764/smutgd.1122647

Geliş Tarihi : 28.05.2022

Kabul Tarihi : 21.11.2022

ÖZET

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 çalışmada, cephe kaplama elemanı olan cam elyaf takviyeli prekast beton cephe panellerinin detaylı bir şekilde incelenmesi hedeflenmiştir. Bu bağlamda Ankara ilinde bulunan ve cam elyaf takviyeli prekast beton cephe panellerinin kullanıldığı 4 farklı yapı incelenmiştir. Çalışma sonucunda panellerin yapılaraya sağladığı avantajlar ve dezavantajlar belirlenmiş, cam elyaf takviyeli prekast beton panellerin diğer panellere göre gerek estetik gerekse statik açıdan daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Prekast beton, cephe paneli, cam elyafı, cam elyaf takviyeli prekast beton cephe paneli, Ankara

ABSTRACT

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 study, it is aimed to examine in detail the glass fiber reinforced precast concrete facade panels, which are facade cladding elements. In this context, 4 different structures in the province of Ankara, in which glass fiber reinforced precast concrete facade panels are used, were examined. As a result of the study, the advantages and disadvantages of the panels for the structures were determined, and it was determined that the glass fiber reinforced precast concrete panels were more advantageous than the other panels in terms of both aesthetics and statics.

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

Abdulgader Mohamed Ahmed BERRANI, Orcid: 0000-0001-6470-8444, abdulgaderberrani@gmail.com.

Hakan ÇAĞLAR, Orcid: 0000-0002-1380-8637, hakancaglar71@yahoo.com.

Arzu ÇAĞLAR, Orcid: 0000-0003-3928-8059, arzu.caglar@ahievran.edu.tr, Corresponding author.

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 vd., 2018).

Teknolojinin gelişmesiyle önyapımlı beton (prefabrik 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 yanal 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; Jiang vd., 2019); ancak, yaygın olarak benimsenmiş prekast duvar sistemlerinin türlerini değerlendirmek için sınırlı araştırma yapılmıştır (Menegon vd., 2017). Ülkemizde son yıllarda inşa edilen binalara baktığımızda, dış cepheler, gerek yüksek maliyetli olması gerekse hızlı üretimi sektöre 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).

2. BETON ESASLI PREKAST CEPHE PANELLERİ

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 (PC. Institute, 2010).

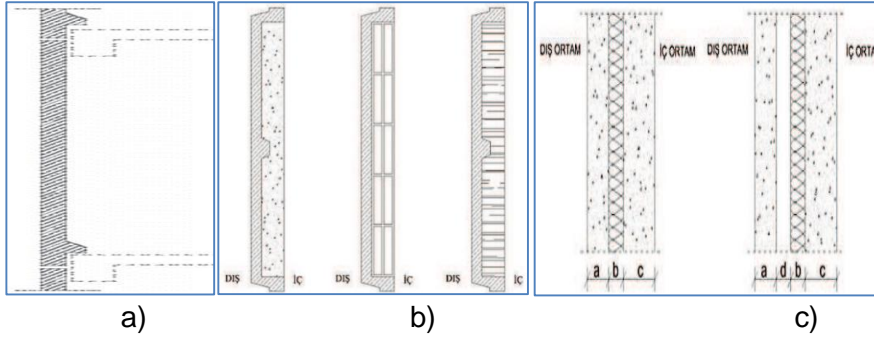
İnşaat sahasına üretilmiş bir şekilde getirilen ya da şantiyede üretilen ve beton ya da betonarme tabakalardan oluşan elemanlara "beton esaslı prekast cephe panelleri" denilmektedir.

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 imkânları ve montaj yöntemleri belirlemektedir (Life-Cycle Assessment of Cladding Products, 2009; Yıldız, 2018).

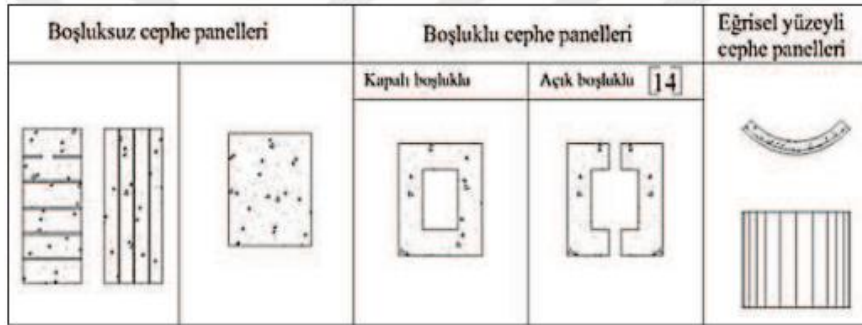
Beton esaslı prekast cephe panelleri 5 guruba ayrılmaktadır. Bunlar;

- Katmanlaşma düzenine göre beton esaslı prekast cephe panelleri; bünyesinde bulunan katman sayısına göre sınıflandırılmaktadır. Tek katmanlı, çift katmanlı ve çok katmanlı beton esaslı prekast cephe panelleri olmak üzere üç guruba ayrılmaktadır. Şekil 2.1'de katmanlaşma düzenine göre beton esaslı prekast cephe panelleri sunulmuştur.



Şekil 2.1. a); Tek katmanlı, b); Çift katmanlı, c); Çok katmanlı beton esaslı prekast cephe panelleri

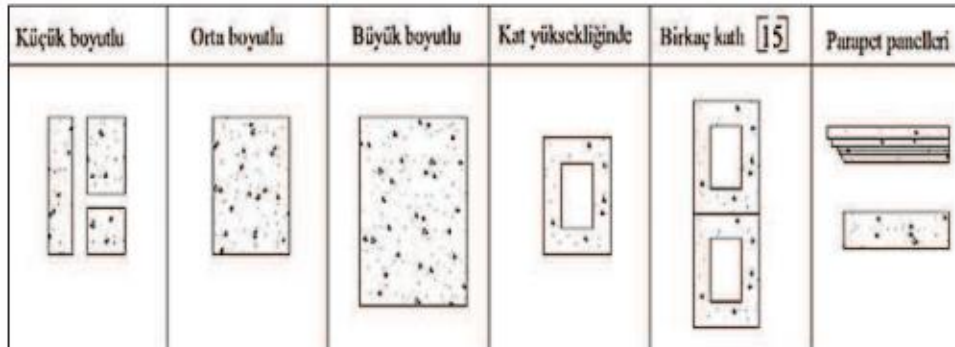
- *Taşıyıcılık özelliğine göre beton esaslı prekast cephe panelleri*; Taşıyıcılık özelliği baz alındığında beton esaslı prekast cephe panelleri, taşınan cephe panelleri, sadece kendini taşıyan cephe panelleri, taşıyıcı cephe panelleri olmak üzere üç guruba ayrılmaktadır.
- *Üretim yerine göre beton esaslı prekast cephe panelleri*; Beton esaslı prekast cephe panellerinin üretim şekilleri şantiye ve fabrika olmak üzere iki guruba ayrılmaktadır.
- *Biçimsel farklılıklarına göre beton esaslı prekast cephe panelleri*; Beton esaslı prekast cephe panelleri biçimsel farklılıklarına göre boşluksuz, açık ve kapalı boşluklu, eğrisel yüzeyli cephe panelleri olmak üzere üç guruba ayrılmaktadır. Şekil 2.2'de biçimsel farklılıklarına göre beton esaslı prekast cephe panelleri verilmiştir (Mehta vd, 2009).



Şekil 2.2. Beton esaslı prekast cephe panellerinde biçimsel farklılıklar

- *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 2.3'de boyutsal farklılıklara göre beton esaslı prekast cephe panelleri verilmiştir.



Şekil 2.3. Beton esaslı prekast cephe panellerinde boyutsal farklılıklar

Beton esaslı prekast hafif cephe panelleri, cam elyaf katkılı beton, ısı yalıtım bileşeni ve çelik çerçeve sistem ve bağlantı elemanları bileşenlerinden oluşmaktadır.

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).

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 katkılı prekast beton cephe panellerinin yalıtım katmanı içeriği kullanılacak yere, detay ve uygulama şekline göre farklılık göstermektedir (Altınay, 2011).

Çelik çerçeve sistem ve bağlantı elemanları; Cam elyaf katkılı prekast beton cephe panellerde panelin kendi ağırlığını taşıtmak ve panele gelen yükü binaya aktarmak için çelik çerçeve sistem kullanılmaktadır. Çerçeve sistem C ve/veya U profillerinden meydana gelmektedir. Çelik çerçeve sistem, cephe panelinin üretim aşamasında, panelin arka yüzüne özel bağlantı elemanları ile yerleştirilmektedir. Yerleştirilen bu bağlantı elemanları hazırlanan harç yardımıyla çerçeveye sabitlenmektedir (PCI, 2007).

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

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 Tek eğrisellikli, çift eğrisellikli, düz yüzeyli ve serbest şekilli olmak üzere dört farklı şekilde yapılmaktadır (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). 25 Ayrıca betona cam elyaf ikame edilmesi betonda oluşacak ani çatlakların oluşumunu engellemekte yüksek çekme dayanımı ve dayanımda artış sağlamaktadır (Enfedaque vd, 2015).

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

3.1. GFRC Panellerin Üretim Aşamaları

3.1.1. 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.

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 3.1) (NPPCAA, 2006b).



Şekil 3.1. 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 spreysel yöntemle uygulanmaktadır. 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).

3.1.2. 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).

3.1.3. 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. 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).

3.1.4. 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).

3.1.5. 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).

3.1.6. İç ve dış yüzey bitiş uygulamaları

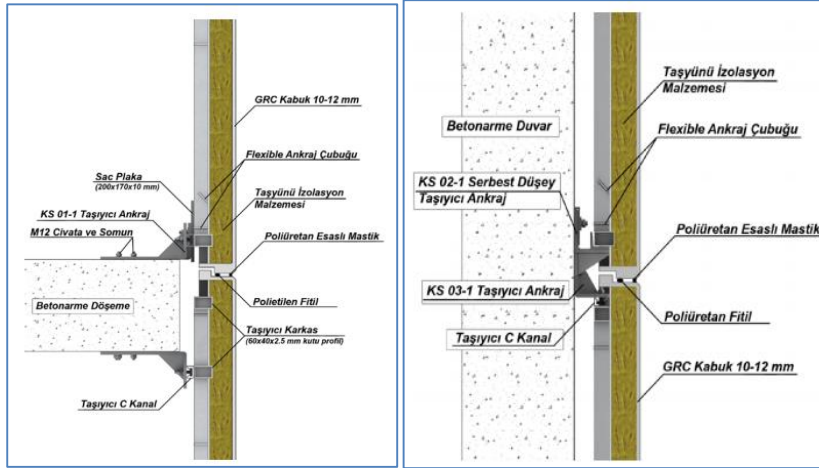
Panelin korunması ve estetik yönden kullanıcı isteklerini karşılayabilmesi için iç ve dış yüzeylerden istenilen en önemli özelliktir. Panele istenilen doku, üretim esnasında, 39 üretim yapıldıktan hemen sonra veya betonun sertleşmesinden sonra verilmektedir (Altınay, 2011). Betonda istenilen yüzey, üretim esnasında kalıbın yüzeyindeki doku ya da kalıba yerleştirilen ek tabakalar sayesinde oluşturulabilmektedir. Kalıbın üst 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. Montaj işlemleri

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 3.2’de GFRC cephe panellerinin açık ve kapalı montaj sisteminin kesiti sunulmuştur (Özgün, 2017).



a)

b)

Şekil 3.2. GFRC cephe panellerinin açık ve kapalı montaj sisteminin kesiti

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. GRC 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’de projeye ait renderlar, Şekil 4.3’de montaj işlemi devam ederken cephe görünüşü, Şekil 4.2’de ise montaj işlemi tamamlanan cephe görünüşü verilmiştir.

Tablo 4.2. Mevaşehir, Eryaman, 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 artırması
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	



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



Şekil 4.2. Mevaşehir Eryaman, montaj işlemi devam ederken cephe görünüşü, 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. GRC 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

4.3'de 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 4.3. Villa projesine ait cephe renderları

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

Şekil 4.4'de Türkiye Noterler Birliğine ait dış cephe fotoğrafı sunulmuştur.



Şekil 4.4. Türkiye Noterler Birliği, montaj işlemi tamamlandıktan sonra cephe görünüşü

4.4. Örnek 4 (Afitab Kültür Merkezi)

Yapımına 1994 yılında başlanılan Afıtab 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 Afıtab 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 4.5'de Afıtab Kültür Merkezi dış cephe görünüşü, Şekil 4.9'da montaj tamamlandıktan sonraki

cephe görünüşü sunulmuştur.

Tablo 4.8. Afıtab Kültür Merkezi 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
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 4.5. Afıtab Kültür Merkezi cephe görünüşü

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Ankara ilinde bulunan cam elyaf takviyeli prekast beton cephe paneli uygulanmış 4 adet bina incelenmiştir. Yapılan saha araştırması sonucunda aşağıdaki sonuçlara varılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

- Betonun sahip olduğu kalıba alınabilme 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.
- 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

- Yıldız, S., Kıvrak, S., Arslan, G. (2018). Built environment design-economic sustainability relationship in urban renewal, *Journal of Construction Engineering, Management & Innovation*, 1(1), 33-42.
- Tokman, T., Eryılmaz, M.G. (2004). Prefabrikte beton endüstrisinin dünü, bugünü, yarını, *Yapı Dergisi*, 327, s: 95-100.
- E.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, 1 March 2016, 21-35.
- Menegon, S.J., Wilson, J.L., Lam, NTK., & Gad, E.F. (2020). Experimental assessment of the ultimate performance and lateral drift behaviour of precast concrete building cores. *Advances in Structural Engineering*, 23(12) 2597–2613.
- 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.
- 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.
- Menegon, S.J., Wilson, J.L., & 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.
- 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.
- 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.
- P.C. Institute, (2010). *Designing with precast and prestressed concrete*, Chicago, Amerika.
- Corporation, CMH. (2002). *Architectural Precast Concrete Walls. Best Practice Guide*. Canada: Canada Mortgage and Housing Corporation.
- Life-Cycle Assessment of Cladding Products, (2009). Knoxville, USA.
- Yıldız, N.B., Arslan, H. (2018). Cam elyaf takviyeli beton panellerin dış cephelerde kullanımı. 9. Ulusal Çatı & Cephe Konferansı, İstanbul.
- Mehta, M., Scarborough, W., & Armpriest, D., (2009). *Building Construction, principles, materials, and systems*. Update, Prentice Hall PTR, USA.
- Bağda, E., & İnan, G. (2009). Dış cephelerde kullanılan cam elyaf donatılar, *Yalıtım Dergisi*, (78), 1-8.
- Demirtaş, G., & Tosun, M. (2012). CTB yapı malzemesi ve CTB cephe paneli uygulamalarında meydana gelen cephe sorunları, *Journal of Faculty Engineering-Architecture Selçuk University*, 27(4), 121-134.
- PCI, Committee on Precast Sandwich Wall Panels (2016). *Designing with Precast and Prestressed Concrete*, Northampton, İngiltere, 4c-1.
- 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.
- 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.
- Yıldız, N.B., (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.
- 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.
- NPCAA, (2006). *GRC Industry Group of National Precast Concrete Association Australia, Design, Manufacture and Installation of Glass Reinforced Concrete (GRC)*. Provided by the GRC Industry Group of National Precast Concrete Association Australia.
- Demirtaş, G. (2010). *GRC Cephe Panellerinde Oluşan Sorunlar Ve Çözüm Önerileri*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Clementson, A. (1993). *Materials and systems*, *Materials & Design*, 14 (1), 1993, 7-9.
- Özgün, T. (2017). 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.