

BETONARMENİN PLASTİK ETKİSİ BAĞLAMINDA CAM ELYAF TAKVİYELİ BETON MALZEMELERİN YAPILI ÇEVREDE DEĞERLENDİRİLMESİ¹

EVALUATION OF GLASS FIBER REINFORCED CONCRETE MATERIALS IN THE CONTEXT OF THE PLASTIC EFFECT OF CONCRETE IN THE BUILT ENVIRONMENT

Sıla YILDIRIM¹, Asena SOYLUK²

^{1,2}Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara / Türkiye
ORCID ID: 0000-0001-7785-9233¹, 0000-0002-6905-4774²

Öz: Amaç: Çalışmada betonun estetik özelliklerinden yararlanma ve plastik etkiyi vurgulamadaki başarısıyla Zaha Hadid'in tasarım ilkeleri doğrultusunda cam elyaf takviyeli beton (GFRC)un çeşitli mimarlara ait eserler üzerinden plastik etkiyi gerçekleştirmedeki başarısı ve estetik yönden sağladığı avantajların belirlenmesi amaçlanmıştır. GFRC'nin teknik özelliklerine dair literatüre dayalı bilgiler verilerek teknik özelliklerin (hafiflik, dayanım vb.) plastik etkiyi gerçekleştirmedeki etkisine dikkat çekilmiştir. Ayrıca farklı mimarların tasarımlarında GFRC'yi tercih ettikleri yerler analiz edilmiş bu açıdan malzeme tasarım ilişkisinin önemi vurgulanmaya çalışılmıştır.

Yöntem: Çalışmada nitel yöntemlerden veri toplama ve karşılaştırmalı analiz yöntemleri kullanılmıştır.

Bulgular: İncelenen yapılarda GFRC'nin sadece Haydar Aliyev Kültür Merkezi'nde peyzajda ancak sıklıkla cephede ve iç mekanda kullanıldığı görülmüştür. Örneklerde kullanılan GFRC'nin %60'ının üç boyutlu desen ya da dokuya sahip olduğu gözlemlenmiştir. Plastik etki oluşturan ilkelerin büyük oranda GFRC ile sağlandığı anlaşılmıştır.

Sonuç: Mimari açıdan GFRC'nin tercihinde istenilen form ve yüzey özelliklerine göre kalıplanabilir olmasının etkili olduğu, plastik etkinin sağlanması açısından teknik özelliklerinin verdiği olanaklar sayesinde oldukça başarılı bir malzeme olduğu anlaşılmıştır. Ancak literatürden edinilen bilgiler ışığında GFRC'nin yapılı çevrede kullanımının kısıtlı olduğu anlaşılmış bu nedenle de malzemenin estetik ve teknik özelliklerinin sağlayacağı avantajların mimarlara tanıtılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: GFRC, Mimaride Plastik Etki, Zaha Hadid Mimarisi

Abstract: Aim: In this study, it is aimed to determine the success of glass fiber reinforced concrete (GFRC) in realizing the plastic effect on the works of various architects and the advantages it provides in terms of aesthetics, according to the principles determined through the works of Zaha Hadid with the success of benefiting from the aesthetic properties of concrete and emphasizing the plastic effect. By giving information on the technical features of GFRC based on the literature, attention has been drawn to the effect of technical features (lightness, strength, etc.) on realizing the plastic effect. In addition, the places where different architects preferred GFRC in their designs were analyzed and the importance of the material design relationship was tried to be emphasized in this respect.

Method: In the study, data collection and comparative analysis methods from qualitative methods were used.

Findings: In the buildings examined, it was observed that GFRC was used only in the landscape of Haydar Aliyev Cultural Center, but frequently on the facade and interior. It has been observed that 60% of the GFRC used in the sample buildings has a 3D texture. It has been understood that the principles that create a plastic effect are largely provided by the GFRC.

Results: GFRC is a very successful material due to its technical features in terms of providing the plastic effect, and that it can be molded according to the desired form and surface properties in architecture. However, in the light of the information obtained from the literature, it has been understood that the use of GFRC in the built environment is limited, so it has been concluded that the advantages of the aesthetic and technical characteristics of the material should be introduced to the architects.

Keywords: GFRC, Plastic Effect in Architecture, Zaha Hadid Architecture

¹ Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Sıla YILDIRIM, Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara / Türkiye, sla.yldrm92@gmail.com, Geliş Tarihi / Received: 14.12.2022, Kabul Tarihi / Accepted: 27.04.2023, Makalenin Türü / Type of Article (Araştırma – Uygulama / Research –Application), Çıkar Çatışması / Conflict of Interest: Yok / None, Etik Kurul Raporu Yok / None Ethics Committee Report Unavailable



GİRİŞ

Mimari yapılar, üretildikleri çağın temsilleri olarak değerlendirilmektedir (Yayla, 2014: 65). Bulduğumuz çağın mimari estetik gelişiminde ise ikonik mimari ve plastik etki en çarpıcı trendlerden biridir. Bu trend çoğunlukla karmaşık serbest biçimli geometrilere sahip bina formlarının ve kabuklarının biçimlenmesinde görülmektedir. Mimaride plastik etki bir binanın zengin, üç boyutlu ve heykelsi varlığını tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Tasarımda görsel ortam yoluyla elde edilen yapının varlığı plastiklik yoluyla yani form, kütsel boşluk-doluluk, ölçek, oran, ritim, polikromi (göreceli renk), doku ve bunları doğrudan etkileyen malzeme seçimi ile ortaya çıkar (Walker, 2012:349). Malzeme ve mimarlık ilişkisi gelişen teknoloji ile dönüşüme uğramış ve günümüzde malzeme yapıya estetik kazandıran bir araç haline gelmiştir (Kavurmacıoğlu ve Arıdağ, 2016:86). Heykelsi etki arayışında olan mimarlar ise genelde betonun forma kattığı plastiklikten yararlanmışlardır (Alp, 2019:5). Günümüzde giderek daha zorlu ve karmaşık formlarda yapıların inşa edilmeye çalışılmasıyla, normal betonun sahip olduğu mekanik özellikler bu ihtiyaca cevap verememeye başlamıştır. Bu açıdan betonun daha yüksek mukavemete ve yeterli işlenebilirliğe sahip olması gerekmiştir (Harle, 2014:281-282). Betonun bu yönlerinin geliştirilip iyileştirilmesi, çekme ve eğilme dayanımını artırılması için betona lifler ekleme düşüncesi ortaya çıkmıştır. Piyasada betonu güçlendirmek için kullanılan liflerin arasında cam elyafı sağladığı

mukavemetin yanında, başka üstün özellikleri bakımından da avantajlıdır. Bu nedenle beton teknolojisinde ortaya çıkan kompozit malzemelerden sıklıkla kullanılanlardan biri cam elyaf takviyeli beton (GFRC) dur. GFRC sağladığı avantajları bilen günümüz mimarları tarafından tasarımlarında tercih edilmekte, özellikle karmaşık geometrilerin ve plastik etkinin yaratılabilmesi için istenen bir yapı malzemesi haline gelmektedir (Pazdur-Czarnowska, 2019:1).

AMAÇ

Günümüzde mimaride aranan plastik etki üzerinden GFRC'nin süsleme ve bezeme dışında nerelerde kullanıldığını belirtip daha sık kullanılması ve geliştirilmesi için malzemeye ait teknik (dayanım, hafiflik vb.), estetik (yüzey dokusu, renk vb.) avantajlara ve maliyet, tanınırlık gibi kısıtlılıklara değinmek amaçlanmaktadır. Çalışmanın temel amacı ise GFRC'nin plastik etkiye katkıları ve sağladığı olanakları Zaha Hadid mimarisi üzerinden belirlenen ilkelerle, örnek binalar üzerinden inceleyerek GFRC kullanımı konusunda tasarımcılara yol göstermektir. Bu sayede gelişen beton teknolojisinin bir ürünü olan bu malzemenin bilinirliğinin artması ile mimari bir tasarım tercihi olan karmaşık formlar daha rahat çözümlenebilecektir.

KAPSAM

Çalışmada öncelikle, konuyla ilgili temel kavramlar olan GFRC'nin tanımı, üretimi ve malzeme özellikleri ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Günümüzde betonu bitirme malzemesi olarak kullanan ve plastik

özelliklerini ön plana çıkaran en önemli mimarlardan biri olan Zaha Hadid'in beton ile yarattığı heykelsi plastik etkinin unsurları ve tasarım ilkeleri incelenmiştir. Hadid mimarisi üzerinden plastik etki oluşturan ilkeler soyutlama ve parçalanma, yer ve yerçekimi fikri, çevre bağlamı ve projenin peyzajı, katmanlama, ışık oyunu, kesintisizlik ve akışkanlık ilkeleri olarak belirlenmiştir. Mimaride plastik etki sağlayan bu ilkeler doğrultusunda yapıları çevrede bulunan ve çeşitli mimarlara ait, inşasında GFRC kullanılmış 10 adet eser incelenmiştir. İncelenen yapıların temel özelliği 2000 yılı sonrasında inşa edilmiş post modern yapı malzemesi teknolojisinin kullanıldığı yapılar olmasıdır. Bunlardan 4'ü müze işlevi gören diğerleri ise toplum merkezi, pavyon, havalimanı, kütüphane gibi bulunduğu yere anlam katan ikonik yapılar olmaları ile barındırdıkları yapı teknolojileri fiziksel çevre için büyük önem kazanmaktadır. Örnek yapılarında plastik etkinin sağlanmasında GFRC kullanımı ile hangi ilkelerin sağlandığı değerlendirilmiştir. Bu yapılarında GFRC'nin uygulama yöntemleri, yapıların hangi kısımlarında kullanıldığı, uygulandıkları geometri ve yüzey özellikleri de incelenmiştir. Plastik etkinin gerçekleşmesinde malzemeye ait estetik ve teknik özelliklerin etkisine dair analizler yapılmıştır.

ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Çalışmada nitel yöntemlerden veri toplama ve karşılaştırmalı analiz yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler bilinen veya daha önceden fark edilmemiş problemlerin algılanmasına, probleme dair olguların

gerçekçi şekilde ele alınmasına yönelik sübjektif-yorumlayıcı bir süreci tanımlamaktadır. Bu yöntemler çalışma konusu ile uyumlu olacağı ve nitel yöntemin amacı olarak elde edilen veriler yorumlayıcı bir süreçte ele alınıp ve verilerden anlam çıkararak araştırılan olguya dair mantıksal çıkarımlar yapılabileceği için tercih edilmiştir. Öncelikle kavramsal çerçeveye açıklık getirebilmek adına, literatür taraması yapılmıştır. GFRC'nin üretimi, uygulama yöntemleri, estetik ve yapısal özellikleri araştırılmıştır. Daha sonra bu özelliklerin yapılarda sağlamış oldukları avantajlar üzerinde durulmuş ve dünya genelinde GFRC'nin kullanıldığı binalar araştırılarak bu binalardan GFRC'nin yalnızca süsleme veya bezeme unsurlarında kullanıldığı örnekler araştırma kapsamına alınmamıştır. Bu örnekler dışında kalan çeşitli tasarımcılara ait, farklı ölçeklerde 10 adet bina örneği tespit edilmiştir. Bu 10 örnekte GFRC kullanımı, betonun plastik etkisinden yararlanmadaki başarısıyla Zaha Hadid mimarisi üzerinden belirlenen ilkeler doğrultusunda değerlendirilmiştir. Örneklerin GFRC kullanımı konusundaki ortak noktalar, avantajları, farklılıkları tablolar halinde ele alınmış, belirli başlıklar altında karşılaştırmalı analiz yapılmıştır.

ARAŞTIRMANIN KISITLARI

Mimaride plastik etkinin oluşturulması için tanımlanmış ilke veya yöntemler bulunmamaktadır. Çalışma kapsamında plastik etki oluşturan ilkeler, literatürdeki çalışmalardan edinilen Zaha Hadid mimarisi üzerinden belirlenen ilkeler ve yöntemlerdir. Başka tasarımcıların da incelenmesiyle farklı

ilkeler ortaya çıkabilir. Ayrıca araştırmının diğer bir sınırlılığı GFRC'nin tasarımlarda büyük çoğunlukta süsleme veya bezeme unsuru olarak küçük ölçeklerde kullanılmasıdır. Söz konusu malzemenin teknik özelliklerinden yararlanılarak büyük ölçeklerde kullanıldığı nitelikli örnek sayısı oldukça kısıtlıdır.

ARAŞTIRMANIN PROBLEMİ

Geçmişten günümüze mimarlar mekanlarda plastik etki oluşturma ve karmaşık formların çözümünde malzemenin kaynaklı sorunlar yaşamaktadırlar. Bu problem gelişmiş yapı malzemesi teknolojisi ile artık daha rahat aşılabilir. Ancak bu teknolojiyi kullanmak için ulusal ve uluslararası literatürün mimarlar tarafından güncel olarak takip edilmesi ve mevcut bilgilerinin üstüne yenilerini katmaları gerekmektedir. Bu açıdan dünyanın en önemli mimarlarından biri olan Zaha Hadid plastik etki oluşturma ve karmaşık form çözümlerinde GFRC'yi kullanarak malzemeyi ön plana çıkarmıştır. Bu malzemenin tasarımlarda daha fazla ve uygun şekilde kullanılabilmesi için teknik ve estetik özelliklerinin mimarlara tanıtılması önem arz etmektedir.

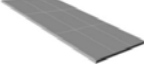



CAM ELYAF TAKVİYELİ BETON

Bileşim ve Uygulama Yöntemleri

Cam elyaf takviyeli beton (GFRC), betonu güçlendiren ve yük taşıma kapasitesini

artıran cam elyaflarla aşılınmış portland çimentosundan yapılmış ultra güçlü bir kompozittir (Vahidi ve Malekabadı, 2011:16). GFRC'yi oluşturan ana bileşenler çimentolu matris ve alkali dayanımlı (AR) cam elyaftır (Henriksen, 2017:45). Kompozitteki liflerin etkisi, malzemenin gerilme ve darbe mukavemetinde artışa neden olmaktadır (Bentur ve Mindess, 2006:292). GFRC mimaride kaplama malzemesi olarak paneller halinde kullanılmakta ve bu kaplama panelleri genellikle püskürtme ve ön karışım olarak adlandırılan iki ana üretim tekniği ile üretilmektedir (Henriksen, 2017:45). Ön karışım yönteminde harç ve elyaflar karıştırılır ve vibrasyonla kompakte edilebileceği gibi kendinden yerleşen cam elyaf takviyeli bir beton karışımı kullanılarak da üretilmektedir (Karakaya, 2020:87). Püskürtme işleminde ise harç ve elyaf püskürtme tabancasının jetinde karışmaktadır (Bartos, 2017: 4). Bu üretim teknikleriyle beraber kalıp kullanımı GFRC panellerin karmaşık geometrilerle oluşturulmasına izin vermektedir (Henriksen, 2017:15-50). Paneller kaplama yüzeyi oluşturacakları strüktürel sistemlere göre geometrik olarak dört kategoriye ayrılır (Henriksen, 2017:64) (Tablo 1). Ayrıca paneller ihtiyaca göre çeşitli renk, doku ve ek özelliklerde üretilmektedir (Berrani, 2019:29).

Tablo 1. GFRC Uygulamalarının Geometrik Formları*

Düz		Çift eğimli	
Tek eğimli		Serbest geometrili	

GFRC'nin Yapı Malzemesi Özellikleri

GFRC'de çelik donatı yerine cam elyafı kullanıldığı için kesitler incedir ve GFRC geleneksel betondan yaklaşık olarak % 50-70 daha hafiftir (İskender ve Karasu, 2018: 152). Ağırlığı, ağır prekast sistemlerin ağırlığının 1/5'i ve granit kaplamanın ağırlığının 1/2'si kadardır (Yıldız ve Arslan, 2018:5). Hafiflik sayesinde yapıya ve temellere binen önemli ölçüde azalmakta, uygulama ve montaj kolaylığı sağlamakta bu da maliyeti düşürmektedir. Hafifliğin sağladığı montaj kolaylığı ile kalifiye işçiliğe ihtiyaç azalmakta, bakım onarım gibi durumlarda panelleri değiştirmek taş vb. kaplamalara göre daha kolay olmaktadır (Shakor ve Pimplikar, 2011:5). GFRC'nin basınç mukavemeti değeri, püskürtme yöntemiyle üretilmiş ürünler için $f_c=50-80 \text{ N/mm}^2$, ön karışım da $f_c=40-60 \text{ N/mm}^2$ 'dir. Uzama değeri ise her iki yöntemle üretilmiş ürünler için de $K=0.5-1.0 \text{ mm/m}$ 'dir. GFRC'nin darbe mukavemeti, püskürtme yönteminde $10-25 \text{ KJ/m}^2$, ön karışım metodunda ise $10-15 \text{ KJ/m}^2$ 'dir (GRCA, 2006). Cam elyafı yüksek çekme mukavemetine, elastik değere sahip olduğu için GFRC gerilmeye karşı iyi direnç göstermektedir. Cam lifinin çeşidi ve miktarına bağlı olarak çatlak önleme,

dayanım artışı, süneklik performansı ve enerji yutma kapasitesi de değişiklik göstermektedir. Ayrıca GFRC boyutsal kararlılığı yüksek ve hizmet ömrü uzun bir malzemedir (İskender ve Karasu, 2018:152). 10 mm kalınlığındaki bir GFRC panelin 60 yıllık hızlandırılmış erozyon testi sonucunda 1 mm yüzey kaybına uğradığı görülmüştür (GRCA, 2006). Mikro çatlakların yayılması da geleneksel betonarmeden daha azdır. Dayanıklı, uzun ömürlü GFRC malzemelerin bakım, onarım ihtiyacı azdır. GFRC'deki lifler geleneksel betonarmedeki donatı demirleri gibi metal içermedikleri için korozyona duyarlı değildirler (Gornale vd., 2012:1). Yüksek kompaktlığı ve düşük gözenekliliği nedeniyle su geçirgenliği yok denecek kadar azdır. Püskürtme veya önceden karıştırma yöntemiyle üretilmiş GFRC ürünlerin su absorpsiyonu değeri %3-15'tir. Yoğunluk değerleri, püskürtme ve önceden karıştırma yöntemiyle üretilen ürünler için sırasıyla $\gamma=1.9-2.1 \text{ kg/dm}^3$ $\gamma = 1.9-2.0 \text{ kg/dm}^3$ 'tür (GRCA, 2006). Düşük geçirgenlik ve çok yavaş karbonatlaşma sayesinde üstüne kaplandığı çelik strüktür için de korozyona karşı koruma sağlar (Bartos, 2017: 19). GFRC yüksek şekil özgürlüğü sayesinde karmaşık formlar, çift eğimli paneller ve 3 boyutlu nesnelere dahil

* Henriksen, 2017: 76

olmak üzere çok çeşitli şekillerde kolayca kalıplanabilmektedir (Stickel ve Nagarajan, 2012:122-124). Formun sadece kalıbın üretimine bağlı olmasıyla diğer malzemelerde mümkün olmayan şekiller, eğriler dokular ve yüzey özellikleri sunarak, tasarımcıların özgün tasarımlar yapmasına olanak tanımaktadır. Çeşitli doku ve şekillerde dayanıklı, parlak ve renkli yüzeyler elde edilebildiği gibi malzemeye kendi kendini temizleme özelliği gibi günümüz bina cephelerinde aranan özellikler de eklenebilmektedir (Bartos, 2017:19-20). Ayrıca GFRC birçok yönden çevreci bir malzemedir, bileşenleri çevre dostudur, düşük toksisiteli hammaddelere sahiptir (Pazdur-Czarnowska, 2019:5). Tüm bu avantajları ile GFRC günümüzde dünya çapında mimarlar, mühendisler tarafından özellikle prestijli binalarda tercih edilmektedir. Ancak malzeme yaygın olarak cephe süslemeleri, silmeler, cephe kaplaması, tarihi binalarda özgün elemanların tamiri gibi uygulamalarda, sıhhi tesisat sistemleri için borular, dekoratif öğeler gibi başta yapısal olmayanlar olmak üzere çeşitli elemanlarda kullanılmaktadır (Ferreira ve Branco, 2007:64). 1inç kalınlığındaki GFRC için maliyet metrekaşe başına yaklaşık 3,75 ABD Doları'na çıkmaktadır². Malzemenin cephe panellerinde daha kalın ve çok büyük miktarlarda kullanıldığı düşünüldüğünde maliyetinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

ZAHA HADİD'İN MİMARİ FORM VE PLASTİK ETKİ OLUŞTURMA İLKELERİNİN İNCELENMESİ

Geçmişten bu yana mimarlığın birçok önemli ismi betonun plastik ve estetik özelliklerinden yararlanarak yapılar tasarlamışlardır (Akan ve Örmecioğlu, 2007:132). Günümüzde betonu bitirme malzemesi olarak kullanan ve estetik plastik özelliklerini ön plana çıkaran en önemli mimarlardan biri şüphesiz Zaha Hadid'tir. Hadid bir binanın kendine özgü fiziksel özellikleri ya da yerleşimi aracılığıyla gözlemcileri etkilemesi gerektiğini ileri sürmekte, ikonik, heykelsi eserler tasarlamaktadır. Yarattığı heykelsi plastik etkinin unsurlarının anlaşılabilmesi için Hadid'in tasarım ilkelerini incelemek gerekmektedir. Genel olarak Hadid, 6 farklı tasarım ilkesi kullanmıştır. İlkeler; soyutlama ve parçalanma, yer ve yerçekimi fikri, peyzaj projesi ve çevre bağlamı, katmanlama, ışık oyunları, kesintisizlik ve akışkanlıktır (Abdullah vd., 2013:4-7; Sebastian, vd., 2018:497). İlkeler farklı uygulama yöntemleri barındırmaktadır. Çalışmada bunlardan plastik etkiyle ilgili ve GFRC ile sağlanabilecek olanların üzerinde durulmuştur.

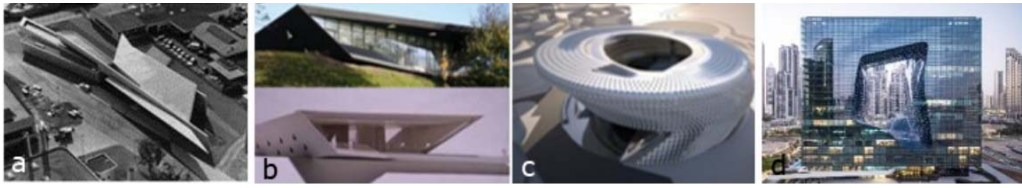
Soyutlama ve Parçalanma: Mimariyi eğmek, bölümlere ve parçalarına ayırıp çoklu perspektifli kütlelerle karakterize olan yeni geometrik yapılar yaratmaktır. İlkenin uygulama yöntemleri çarpışma, soyutlama, parçalama, katlama, erozyon, bükme ve

² <https://concretecountertopinstitute.com/free-training/introduction-to-gfr-glass-fiber-reinforced-concrete/#:~:text=GFRC%20tends%20to%20run%20>

about,foot%20for%20C2%BE%E2%80%9D%20thick%20material.

döndürmedir (Abdullah vd., 2013:4). Çarpışma iki kütle arasındaki çarpışmanın, genel görünümünde deformasyona neden olmasıdır (Resim 1a). Katlamada ise; zemin ve uzantısı katlanarak yapının duvarlarını ve tavanını oluşturur (Resim 1b). Bükme ve döndürme binanın önemli kısımlarını

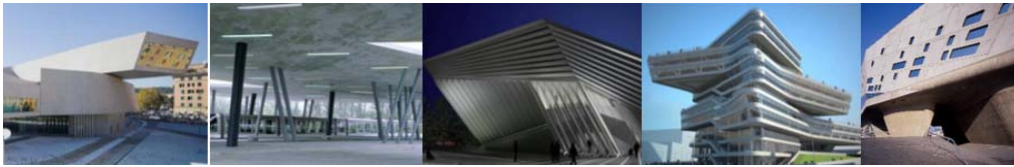
geliştirmek ve vurgulamak için formun bükülmesidir (Resim 1c). Erozyon tasarımları gözenekli, geçirgen hale getirerek devamlılık hissi vermektir. Çok sayıda gözenek olabileceği gibi tek büyük geçirgen yüzeyle de erozyon yöntemi uygulanabilir (Resim 1d) (Sebastian, vd., 2018:498).



Resim 1.a) Vitra Fire Station (Almanya, 1993) b) Maggie's Centre Fife (İskoçya, 2001) c) Madrid Civil Courts (İspanya, 2007), d) Opus Office Tower (BAE, 2007)²

Yer ve Yerçekimi Fikri: Hadid genellikle tasarımlarında binayı yerden kaldırarak, yer çekimine meydan okumaya çalışır. Böylece eserler kentsel koşullara etkili bir şekilde karışıp ilişki kurabilmektedir. Plastik etki için

burada belirlenen yöntemler: konsol kütle, ince sütunlar, farklı katlar için zemin manipülasyonu (çoklu ızgara), içten dışa eğik kütle, konik kütle kullanımıdır (Resim 2) (Abdullah, vd, 2013:5).

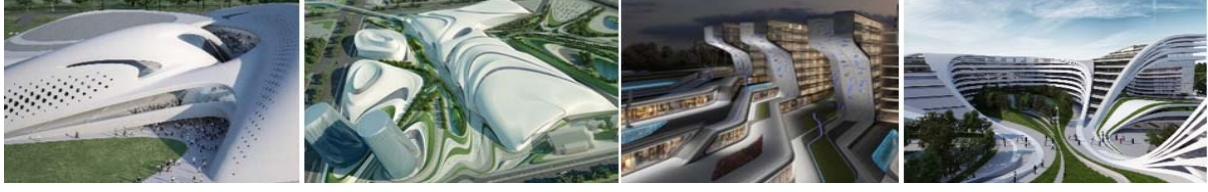


Resim 2. (sırayla) Konsol Kütle (National Museum of XXI Century Art Rome), İnce Kolonlar (Car Park & Terminus), İçten Dışa Eğik Kütle (Eli & Edythe Broad Art Museum), Çoklu Iızgara (Edifici Campus), Konik Kütle Kullanımı (Phaeno Science Centre)²

Çevre Bağlamı ve Projenin Peyzajı: Yapının peyzajı, bölgenin kentsel imajını tamamlamayı amaçlamakta ve binayı ikonikleştirmektedir. Çevresel bağlam ve peyzajı uyum sağlayacak şekilde bir araya getirmek plastik etkide önemlidir. İlkenin

uygulama yöntemleri zemin katın veya bir kısmının yükseltilmesi, bina ile peyzajın aynı çizgi ile oluşturulması, duvar genişletme, yapının zemine kavuşup karışması için erimedir (Resim 3) (Abdullah, vd, 2013:5-6).

² <https://www.zaha-hadid.com>



Resim 3. (sırayla) Zemin Katın veya Bir Kısımının Yükseltilmesi (Jesolo Magica), Bina ile Peyzajın Aynı Çizgi ile Oluşturulması (Cairo Expo City), Duvar Genişletme (Stone Towers), Erime (Beko Complex)²

Katmanlama: İlke karmaşık, akışkan mekanlar ve enerjik formlar oluşturmak için yapının yüzeyini ayrı katmanlar olarak ele

almaya dayanır, duvar sınırları veya kat konumları manipüle edilir (Resim 4) (Abdullah vd., 2013:6).



Resim 4. a) King AbdUllah Project (Ürdün, 2008) **b)** Haydar Aliyev Kültür Merkezi (Azerbaycan, 2012)²

Işık Oyunu: İlke yapıya hareket ve hayat katmaktadır (Abdullah vd., 2013:7). Özellikle betonun cephede kullanımıyla renk ve his yalnızca gün ışığına göre değişebilmektedir (Glancey, 2006:1).

Kesintisizlik ve Akışkanlık: Hadid genellikle kesintisiz akışkan his vermek için yüzeyleri kıvrarak, eğerek L şeklini veya 90° köşeleri kullanmaktan kaçınmaya çalışmıştır (Abdullah, vd., 2013:7).

YAPILI ÇEVREDEKİ ESERLERİN İNCELENMESİ

Haydar Aliyev Kültür Merkezi/ Zaha Hadid/ Bakü-Azerbaycan/2012

Yapı Hadid'in en önemli projelerinden biri olarak kabul edildiği için incelenmiştir. Yapının tasarımında birbiriyle bağlantılı iki ana unsur olarak geometri ve kesintisiz bir peyzaj fikri vurgulanmaktadır. Bu noktada projenin en kritik ve zorlayıcı unsurlarından biri, binanın dış yüzeyinin mimari gelişimi olmuştur. Homojen görünecek kadar kesintisiz bir yüzey elde edilmesi gerekmiş çözüm ise çelik uzay kafes sistem ve üzerine kaplanan GFRC panellerden oluşan bir sistemin kullanılması olmuştur. Kesintisiz akan bir kabuk oluşturan yapının cephesi yaklaşık 1 m'ye 2m'lik 18.000 GFRC panelden oluşmaktadır. Komplekste GFRC zemin döşemesinden oluşan kentsel alan

² <https://www.zaha-hadid.com>

oluşturulmuştur. Dalganmalar, katmanlar gibi oluşumlar, bu yüzeyi ziyaretçileri farklı mekan seviyelerinde karşılayan ve yönlendiren peyzaja dönüştürmektedir (Resim 6). GFRC monolitik görünüme ve güçlü plastik etkiye izin veren kaplama malzemesi olarak estetik amaçlarla

seçilmesinin yanında peyzaj yüzeyine geçişi sağlaması, inşaat sürecinde zamandan tasarruf sağlanması ve çeşitli fonksiyon taleplerine yanıt vermesi amacıyla da kullanılmıştır. Paneller, tek ve çift eğimli olarak önceden kalıplama yöntemiyle üretilmiştir³.



Resim 6. Peyzajla Bütünleşen, Kesintisiz Akan Kabuk ve Parlak Katmanlı Form³

Yinchuan Müzesi / WAA/ Çin/ 2014

Nehir kenarında bulunan 13188m²'lik müzenin tasarımında nehir erozyonunun doğal peyzaj üzerindeki etkisi referans alınmıştır. Cephede bulunan kıvrımlar, tortul kıvrımlara gönderme yapmakta malzemenin

katmanlı kullanımı ise çökeltme yoluyla oluşmuş doğal yer biçimlerini taklit etmektedir (Resim 7). Cephedeki boyut ve şekil bakımından benzersiz, 1.600'den fazla GFRC panel önceden kalıplama yöntemiyle üretilmiştir⁴.



Resim 7. Ön Cephe ve Katmanlı Arka Cephe⁴

Broad Müzesi / Diller Scofidio Renfro/ ABD/2015

Müzenin beyaz ve parlak cephesi opak iç kütleyi saran ışık filtreli bir dış iskelet olacak şekildedir (Amelar, 2015:67). Cephede yüzlerce farklı kavimli şekil talebini karşılayan ve konik açıklıklar sayesinde ışık alacak bir

ürüne ihtiyaç duyulmuştur. Tasarım ve yapım ekibi tüm bu beklentilerin GFRC ile sağlandığı belirtmiştir⁵. Cephede, yaklaşık 8.660m²'lik alanı kaplayan 2470 adet GFRC panel kullanılmıştır (Shutt, 2016: 23). Dış cephedeki paneller ön karışım yöntemiyle üretilmiştir. Binanın içinde ise püskürtme yöntemi ile gri renkte GFRC uygulaması

³ <https://divisare.com/projects/244590-zaha-hadid-architects-hufton-crow-helene-binet-heydar-aliyev-center>

³ <https://divisare.com/projects/244590-zaha-hadid-architects-hufton-crow-helene-binet-heydar-aliyev-center>

⁴ <https://divisare.com/projects/296669-waa-we-architech-anonymous-naaro-moca-yinchuan>

⁵ <http://pre-cast.org/broadmuseum.asp>

yapılmıştır⁵. GFRC, cephe ağırlığını minimumda tutarken betondan karmaşık 3D şekillerin oluşturulmasını sağlamış ve

GFRC'nin hafifliği ışık alan, kolonsuz 3252 m² geniş bir galeriye olanak tanımıştır (Resim 8) (Amelar, 2015: 67).



Resim 8. Genel Görünüm, Önden Kalıplanmış ve Püskürtme GFRC Uygulaması⁵

Katar Ulusal Müzesi / Jean Nouvel / Katar / 2003-2019

52.000m²'lik yapı, çeşitli açılardan birbirini kesen farklı çaplarda ve eğriliklerde 539 disk benzeri yapıdan oluşmaktadır. Disklerin çapları 14 ile 87m arasında değişmekte ve 76000 GFRC panelden meydana gelmektedir (Resim 9)⁶. Panellerin toplam yüzeyi 120.000 m²'dir. Panellerin kalınlığı ise 40 mm'ye kadar düşmektedir (Menétrey, 2013:351-

355). Panellerin inceliği, toplam ağırlığı önemli ölçüde azaltır. Paneller, disklerin eğriliğine uygun olacak şekilde çift eğimlidir. Geniş konsollar yapan diskler açık alanlarda koruyucu gölgeler oluşturmaktadır. GFRC'nin sarımsı beyaz rengi, binanın doğal bağlamı olan çöl ile uyum sağlar. Müze deniz kenarında yer aldığı için çevresel etkilerin göz önünde bulundurulmuş GFRC minimum 60 yıl dayanacak şekilde geliştirilmiştir (Menétrey, 2013:352-355).



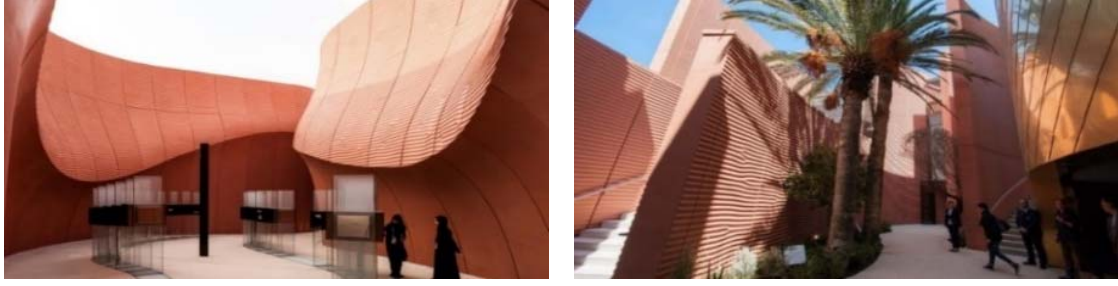
Resim 9. Müzenin Genel Görünümü ve GFRC Kaplı Dikey ve Yatak Diskler⁶

Birleşik Arap Emirlikleri Pavyonu / Foster+Partners/Milan/2015

Yapıya ziyaretçiler 12m yüksekliğindeki iki dalgalı duvarın oluşturduğu kanyon benzeri bir alandan alınmaktadır. Duvarlar 140 m'lik alan boyunca paralel dalga halinde devam

etmektedir ve yaklaşık olarak 5000 m² GFRC panel ile kaplanmıştır. Panellerde çöldeki kum tepelerinin sırtlarını ve dokusunu anımsatmak için tasarlanmış 3D doku ve renk kullanımıyla heykelsi bir etki yaratılmıştır (Resim 10)⁷.

⁶ <https://www.designcurial.com/news/desert-rose-national-museum-of-qatar-by-ateliers-jean-nouvel-7253665>



Resim 10. Yapının GFRC Paneller ile Oluşturulmuş Kıvrımlı Yüksek Duvarları⁷

Land Toplum Merkezi / EID Architecture / Çin / 2019-2020

Yeni bir konut gelişim bölgesinde inşa edilen yapı yerden koparılıp kentsel bir geçit olarak tasarlanmıştır. Böylece yerçekimine meydan okuyan yapı hava koşullarına karşı yaya dostu koruma sağlamakta ve çeşitli toplumsal faaliyetlere olanak sağlamaktadır. Binanın heykelsiliği bölge için imaj oluşturmada aynı zamanda ilgi çekici bir deneyim yaratmaktadır. Bunda organik tabanın karmaşıklığı ile üst hacmin sadeliği arasındaki karşıtlık etkilidir. Binanın alt

kısımının heykelsiliğini ve yüzey etkisini elde etmek için, prekast GFRC paneller kullanılmıştır. Plastik etkinin yaratıldığı akışkan, organik taban yerel tarihi sur ve tünelleri referans almaktadır. Ayrıca dokunsal ve duyuşsal deneyim yaratan dinamik dalgalı bir yüzeye sahiptir. Estetik özelliklerin yanında GFRC sağladığı form özgürlüğü, dayanıklılık, hafiflik sayesinde statik açıdan; açık alanlar, yer çekimine meydan okuyan alt tabanı mümkün kılmıştır. Binanın kesitine bakıldığında GFRC panellerin bu konudaki etkisi açıkça görülmektedir (Resim 11)⁸.



Resim 11. Genel Görünüm, GFRC Panellerden Oluşan Alt Kısım ve Bina Kesiti⁸

1911 Devrim Müzesi / CADI / Çin / 2009-2011

Müze Wuhan'ın yeni kültürel simgesi olmanın yanında imaj oluşturan önemli bir yapıdır. Heykel tarzındaki geometrisiyle kararlı, uzun ve güçlü bir görsel izlenim

vermektedir. Binada farklı şekil ve büyüklükteki çeşitli üçgen kıvrımlı GFRC paneller kullanılmıştır (Resim 12). Doğal olarak oyulmuş ve yıpranmış dokulara sahip GFRC duvar sayesinde bina toprağı yarıp, doğal olarak şekillenmiş sanatsal bir etki

⁷<https://www.fosterandpartners.com/media/2638344/foster-partners-structural-engineering-brochure.pdf>

⁸ <http://eid-arch.com/project-detail/31>

yaratmaktadır. İç ve dış duvarda toplam 11.000 m² alana ulaşan GFRC paneller kullanılmıştır. Büyük ölçekli, tutarlı ancak düzensiz yüzey dokusuna, maksimum 25

cm'ye ulaşan tümseklere ve heykelsi etkiye sahip bu GFRC dış duvarın Çin'deki uygulamasıdır⁹.



Resim 12. Müzenin Genel Yerleşimi ve Dokulu GFRC Kaplı Duvarları⁹

Doğal taşla karşılaştırıldığında, GFRC büyük boyutludur, ayarlanabilir zengin renklere sahiptir. Ayrıca düzensiz dokunun devamlılığı garantidir. Tasarım sırasında yapılan hesaplamalar traverten, granit, mermer dış duvara göre GFRC panellerin yapısal eleman boyutunu azalttığı görülmüş, müzede yaklaşık 300m³ beton ve yaklaşık 160 ton çelik tasarrufu sağlanmıştır. GFRC'nin hafifliği, dayanımı ve form özgürlüğü sayesinde müzenin duvarları, düzensiz çokgen formda tasarlanmıştır. Binanın düzensiz şeklinin ve duvar panellerinin özelliklerinin geleneksel malzemelerle elde edilmesi zordur, GFRC bu noktada en etkili çözüm olmuştur⁹.

Chhatrapati Shivaji Havalimanı / SOM/ Hindistan / 2014

Bina yıllık 40 milyon yolcuyla ağırlayacak şekilde geliştirilmiştir. Kısıtlı alan yüzünden işlevler tek bir çatı örtüsü altında birleştirilerek yolcuların yürüme mesafesi azaltılmıştır. 450.000 metrekarelik havaalanının ayırt edici özelliği dünyanın en

büyük çatılarından biri olan 70.000 m²'yi kaplayan geniş açıklıklı çatısıdır. Tasarımcılar çatıyı 30 çelik kolon üzerine oturtmuş ve 40m konsollar tasarlamışlardır. Böylece ziyaretçiler, Mumbai'nin kavurucu sıcaklığından ve öngörülemeyen musonlardan korunmuştur (Resim 13). Tüm mega kolonlar ve kafes giriş ağı, dış kısımlarda GFRC ve iç kısımlarda cam elyaf takviyeli alçı panellerle kaplanmıştır. Mantar kolonların ve çatının eğrisel formu nedeniyle, panellerin boyutu ve şekli değişiklik göstermektedir. Her bir sütun 4000 den fazla farklı panelden oluşmaktadır. Projede bölgesel desenler ve dokular terminalin mimarisine entegre edilmiştir. Örneğin kolonların ve tavanların kaplamasında kullanılan GFRC paneller ülkenin ulusal kuşu olan tavus kuşunun tüyünden ilham alınarak tasarlanmıştır. Panellerin bazısının merkezinde ışığın geçmesi için yuvarlak açıklıklar ve ışığı çeşitli renklerde filtreleyen mercek bulunmaktadır (Resim 13). Panellerin 3D kavisli yapısı sayesinde görüş açısına bağlı farklı renkler görülmektedir.

⁹https://www.archdaily.com/510986/1911-revolution-museum-cadi?ad_medium=gallery

⁹https://www.archdaily.com/510986/1911-revolution-museum-cadi?ad_medium=gallery

Tasarımcılar GFRC eğrilerin akışıyla 3 boyutlu bir geometri verebilecek tek malzeme olduğunu düşünmektedirler. GFRC paneller fabrikada imal edilmiştir. Kolonlar

ve tavan tek bir taştan oyulmuş gibi göstermek, derzleri görünmeyecek hale getirmek projenin diğer bir zorluğudur¹⁰.



Resim 13. GFRC Kaplı Konsollu Çatı ve Kolonlar ile Tavandaki Işıklıklar¹⁰

GFRC öncelikli olarak istenilen plastik etkiye sahip üç boyutlu formun eldesi için tercih edilmiş olsa da teknik özellikleri de bu seçimde rol oynamıştır. Panellerin bazıları 500 kg ile 1000 kg arasında ağırlığa sahiptirler. Her bir panelin kendi ağırlığına dayanması, hava koşullarına ve deprem gibi yüklere dayanıklı olması için GFRC tercih edilmiştir. Yapı dünyada GFRC uygulamasının tek bir projede bu kadar büyük ölçekte uygulandığı başka bina olmaması nedeniyle de önemlidir¹⁰.

Kew Gardens Hills Kütüphanesi / WORKac / ABD / 2017

Kütüphanenin cephesindeki koyu renkli bant, GFRC panellerden yapılmıştır. Farklı kullanıcılar için çevre ile görsel bağlantıyı

sağlayan yükselen ve alçalan biçimde tasarlanmıştır ve kuzeybatı ve güneybatı köşelerinde yukarı çekilerek yetişkinler, gençler ve çocuklara ait mekanlar için ışık ve manzara sağlayan cam cepheye izin vermektedir. Tasarımcılar girişteki cephe bölümünü, kitapta katlanmış sayfayı anımsatan bir tente yapmak için caddenin üzerine doğru katlanacak biçimde tasarlamışlardır (Resim 14). Sadece etkileyici ve işlevsel değil, aynı zamanda yapısal olan bu beton bant, açık iç mekanı kesintiye uğratmadan binanın yeşil çatısını desteklemek için yaklaşık 65 m uzunluğunda bir kiriş görevi görmektedir ve bu kiriş için tek destek iki sütundur. Malzemenin taşıyıcılığı ve direncinden yararlanılmıştır.¹¹



Resim 14. Kütüphanenin Yükselen Alçalan Formu ve Dalgalı GFRC Cephe¹¹

¹⁰ <https://www.designboom.com/architecture/som-unites-mumbai-airport-terminal-with-fractal-roof-canopy-02-25-2014/>

¹¹ <https://www.world-architects.com/en/architecture-news/reviews/kew-gardens-hills-library>

Linping Parkı Projesi / Çin/ CCTN / 2019

Yapının içinde bulunduğu park, çok yoğun yerleşimin olduğu şehirde nadir bulunan bir yeşil alandır. Bu nedenle de binanın tasarımında orijinal yeşil alan büyük ölçüde korunmaya, yeşil ile bina arasında esnek bağlantıyı sağlamak için mimari hacmi daraltmaya ve doğa ile mimari arasındaki sınırları bulanıklaştırmaya çalışılmıştır. Bunun için de binanın temel birimi olarak şemsiye benzeri az yer kaplayan formlar kullanılmıştır. Tasarımda parkın ortamına uyum sağlamak amacıyla bu şemsiyeler parktaki ana ağaç türlerine benzer ölçekte, yarıçapları yaklaşık 5m ve yükseklikleri

yaklaşık 9m'dir (Resim 15). Şemsiye üniteler için yerinde dökme beton kullanılması düşünülmüştür. Ancak inşaat süresinin uzaması, artan maliyetler, çizimlere ve projeye uygunluğu kontrol etme zorluğu gibi birçok ek problemin ortaya çıkacağı ön görülerek şemsiyelerin temel taşıyıcısının çelik ve GFRC ile yapılmasına karar verilmiştir. Fabrikada kalıplanan GFRC paneller yüksek hassasiyete sahiptir. Buna bağlı olarak da şantiyeye nakledildikten sonra montajı kolay ve hızlıdır. Bu yöntem tercihi yalnızca bütçe ve zaman kısıtlamasından değil, aynı zamanda mimari ihtiyaçlarla ilgili form gereksinimlerini de karşıladığını için yapılmıştır¹⁴.



Resim 15. Binanın Genel Yerleşimi ve Şemsiye Benzeri GFRC Üniteler¹²

BULGULAR

Yapılı çevrede çeşitli tasarımcılara ait eserler incelediğinde GFRC ile bu örneklerde sağlanan plastik özellikler şu şekildedir; Haydar Aliyev Kültür Merkezi'nde panellerin hafiflik, direnç gibi özellikleri ve çeşitli formlarda üretilmeleriyle katmanlama ilkesi ve katlama tekniği sayesinde de soyutlama ve parçalanma ilkesi gerçekleştirilmiştir. Panellerin çift ve tek eğimli uygulanabilmesiyle kesintisiz ve akışkan yapı kabuğu elde edilmiştir. Erime yöntemi ve panellerin peyzajda ve cephede kullanımıyla

bina ile peyzaj aynı çizgi ile oluşturulmuş çevre bağlamı ve peyzajla bütünleşme sağlanmıştır. Yinchuan Müzesi'nde GFRC'nin özelliklerine dayalı olarak yapı genelinde soyutlama yöntemi, ön cephenin ortasında bükülme ve döndürme yöntemi kullanılmıştır. Böylece soyutlama ve parçalanma ilkesi sağlanmıştır. Farklı katların okunmasını sağlayan çoklu ızgara yönteminin kullanılması ile yer ve yerçekimi ilkesi uygulanmıştır. Panellerin tek, çift, serbest eğimli formda uygulanmasıyla kesintisiz ve akışkan yapı kabuğu elde

¹² https://www.archdaily.com/938179/linping-sports-park-supporting-project-cctn?ad_medium=gallery

edilmiştir. GFRC'nin özellikleri sayesinde mimari formda özgünlük sağlanarak akışkanlık ve kesintisizlik elde edilmiştir. GFRC paneller arka cephede üst üste yığılan katmanlı bir görünümde uygulanarak katmanlama ilkesi sağlanmıştır. Broad Müzesi'nde panellerin cephenin iç cam katmanına doğru yok olması ve yapının gözenekli hale getirilmesi ile erozyon yöntemi gerçekleştirilerek soyutlama ve parçalanma ilkesi sağlanmıştır. GFRC kabuk müze girişlerinde iki köşeden kaldırılmıştır. Bu da çevre bağlamı ve projenin peyzajı ile içten dışa eğik kütle yöntemiyle yer ve yer çekimi ilkesini gerçekleştirmektedir. Katar Ulusal Müzesi'nde GFRC sayesinde disklerin zorlu eğimlerine ve açılara uygun kaplama yapılabilmesiyle mimari formda özgünlük sağlanmış, disklerin çeşitli açılarda birbirini kesmesi, soyutlama, parçalama ve çarpışma yöntemleriyle soyutlama ve parçalanma ilkesi gerçekleştirilmiştir. Disklerin yaptığı çıkımlar ile konsol kütle yöntemiyle yer ve yerçekimi ilkesi uygulanmıştır. BAE Pavyonu'nda panellerin tek ve çift eğimli formda uygulanmalarıyla soyutlama, bükme ve döndürme yöntemi ile soyutlama ve parçalanma ilkesi gerçekleştirilmiştir. GFRC ile mimari formda özgünlük sağlanarak akışkanlık ve kesintisizlik elde edilmiştir. Land Toplum Merkezi'nde eğimli paneller ile akışkanlık ve kesintisizlik elde edilmiştir. Panellerin sağlamış olduğu estetik ve teknik özelliklerle soyutlama yapılarak soyutlama ve parçalanma ilkesi uygulanmıştır. Konik kütle kullanımı ile yer ve yer çekimi ilkesi gerçekleştirilmiştir. Zemin katın veya bir kısmının yükseltilmesi ve yapının yerden koparılmasıyla çevre bağlamı ve projenin

peyzajı ilkesi sağlanmıştır. 1911 Devrim Müzesi'nde panellerin hafiflik direnç gibi özellikleri sayesinde istenen form elde edilmiş ve kütlelerin çarpışmasıyla soyutlama ve parçalanma ilkesi sağlanmıştır. Zemin katın veya bir kısmının yükseltilmesi ile çevre bağlamı ve projenin peyzajı ilkesi uygulanmıştır. Panellerin yüksek duvarlara büyük ölçekte uygulanması ve koyu renkli taban kısmın üzerinde panellerin kaplandığı kütlelerin konsol yaparak çıkması ve içten dışa eğik kütle ile yer ve yer çekimi ilkesi gerçekleştirilmiştir. Chhatrapati Shivaji Havalimanı'nda GFRC paneller ile mimari formda özgünlük sağlanarak kesintisiz form elde edilmiştir. Gözenekli doku sayesinde soyutlama ve erozyon yöntemi ile soyutlama ve parçalanma ilkesi gerçekleştirilmiştir. Konik ve konsol kütle sayesinde yer ve yer çekimi ilkesi sağlanmıştır. Kew Gardens Hills Kütüphanesi'nde GFRC panellerin hafiflik direnç gibi özellikleri sayesinde mimari formda özgünlük sağlanarak soyutlama yöntemi ile parçalanma ve soyutlanma ilkesi gerçekleştirilmiştir. Zemin katın veya bir kısmının yükseltilmesi ve çevre bağlamı ve projenin peyzajı ilkesi sağlanmıştır. Linping Parkı Projesi'nde GFRC panellerin hafiflik direnç gibi özellikleri sayesinde mimari formda özgünlük sağlanarak soyutlama tekniği ile parçalanma ve soyutlanma ilkesi gerçekleştirilmiştir. GFRC malzemenin form olanakları sayesinde 90° köşeleri olmayan yekpare kesintisiz bir form oluşturulmuştur. Konik kütle, konsol kütle, ince kolonların kullanımı ile zemine çok az değen şemsiye üniteler sayesinde yer çekimine meydan okuyan heykelsi bir görüntü ortaya çıkmış yer ve yer çekimi ilkesi gerçekleştirilmiştir. Tüm

örneklerde Panellerin yansıtıcılığı ve kendine özgü renginin kullanımıyla, Broad Müzesi, Land Toplum Merkezi, BAE Pavyonu 1911 Devrim Müzesi, Chhatrapati Shivaji Havalimanı, Kew Gardens Hills Kütüphanesi'nde ise bunlara ek olarak 3D desen ve doku kullanımıyla ışık gölge oyunları sağlanmış ve heykelsi, plastik etki güçlendirilmiştir.

TARTIŞMA

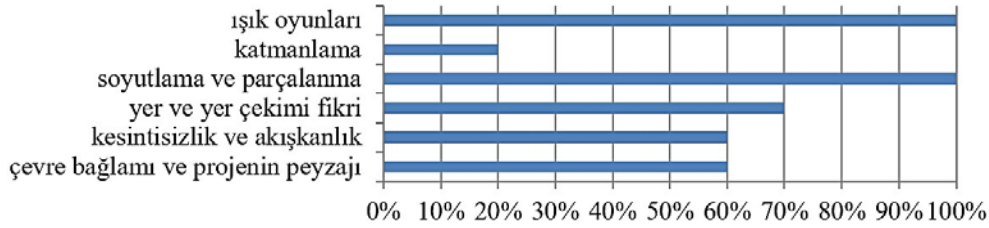
Örneklerde kullanılan GFRC'nin üretim yöntemleri, uygulama geometrisi, kullanım alanları ve yüzey özellikleri bakımından karşılaştırıldığında (Ek- Tablo1); panellerin 10 örnek yapıdan sadece 1'inde peyzajda, çoğunlukla hem cephede hem iç mekanda kullanıldığı görülmektedir. Bunda GFRC'nin çeşitli amaçlarda kullanıma uygun bir malzeme olmasının etkili olduğu söylenebilmektedir. Ayrıca incelenen örneklerin müze, kültür merkezi vb. yapılar oldukları görülmüştür. Fonksiyonları açısından da ikonik olması gereken bu yapılarda maliyet ön planda tutulmadan GFRC gibi pahalı bir malzeme iç mekanda ve cephede kullanılmıştır. GFRC'nin uygulama geometrisi tasarımda istenilen form özelliklerine cevap verecek şekilde tüm örneklerde tek ve/veya çift eğimli olarak, 4 örnekte ise serbest formlu geometri tercih edilmiştir. Tasarımın gerektirdiği formlar için kullanılan karmaşık geometri paneller, 9 örnekte ön karışım yöntemi ile bir örnekte (Broad Müzesi) ön karışım ve püskürtme yöntemi ile uygulanmıştır. Püskürtme yönteminde usta işçiliğe ihtiyaç duyulmasının olumsuz etkisinin bu duruma neden olduğu söylenebilmektedir. Ayrıca önceden

karıştırılmış üretim yöntemlerinin otomatikleştirilebilir oluşu sayesinde seri üretim ile hata payının ortadan kalkması da bu yöntemin tercih edilmesinde öncelikli neden olarak yorumlanabilmektedir. Karakaya (2020:87)'in üretim yöntemini anlattığı ön karışım metoduyla hazırlanan GFRC uygulama kolaylığı nedeniyle en çok kullanılan metod olmuştur. GFRC panellerin yüzey özellikleri karşılaştırıldığında 6'sının 3D desen ya da dokuya sahip olduğu görülmektedir. Bu noktada GFRC'nin tasarımcılar tarafından tercih edilmesinde istenilen yüzey özelliklerine göre kalıplanabilir olması, başka malzemelerle elde edilmesi güç yüzey özelliklerinin kolayca elde edilebilmesinin etkili olduğu anlaşılmaktadır. Bu da Henriksen (2017: 15-50)'in de belirttiği gibi GFRC'nin karmaşık geometrilerin oluşturulmasında etkili olduğu bilgisiyyle örtüşmektedir. Ek-Tablo 2' de incelenen örnekler toplam 6 ilke ve 15 yöntem üzerinden değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelere göre GFRC malzemeler ile 10 örnekte 10'unun soyutlama ve parçalanma ilkesini, 10 örnekte 7'sinin yer ve yer çekimi fikri ilkesini, 6'sının çevre bağlamı ve projenin peyzajı 2'sinin katmanlama ilkesini, 10 tanesinin ışık oyunu ilkesini, 6'sının kesintisizlik ve akışkanlık ilkesini sağladığı görülmüştür.

İncelenen örneklere göre mimaride plastik etki oluşturma ilkelerinin GFRC malzeme ile sağlanma oranları grafikte gösterilmiştir (Grafik 1). Grafığe göre GFRC'nin incelenen örnekler kapsamında mimaride plastik etki açısından ışık oyunları ilkesini gerçekleştirmede %100 başarılı olduğu

görülmüştür. Işık gölge oyunlarının gerçekleşmesinde; Ek-Tablo1 doğrultusunda GFRC panel yüzeylerine verilen 3D desen ve doku ile tek, çift eğimli ve serbest formlu panel geometrisinin çok etkili olduğu, literatüre dayalı verilen bilgiler kısmında

doku ve geometrinin kalıbın üretimine bağlı olduğu bilgisinin de örnekler üzerinden tamamen doğrulandığı anlaşılmıştır. Bu da Berrani (2019:29)' nin belirtildiği gibi GFRC'nin ihtiyaca göre çeşitli yüzey dokularında üretilebilmesiyle örtüşmektedir.



Grafik 1. Mimaride Plastik Etki Oluşturan İlkelerin GFRC ile Sağlanma Oranları

Grafiğe göre en çok sağlanan diğer ilkenin ise %100 uygulama oranıyla soyutlama ve parçalanma olduğu bunda da örnekler ayrıntılı değerlendirildiğinde; panellerin sağlamış olduğu özgür geometri, hafiflik, yüksek mukavemet, direnç, uygulama kolaylığının etkili olduğu görülmüştür. Oransal olarak en çok sağlanan diğer ilke yer ve yer çekimi fikri ilkesidir. İlkenin sağlanma oranı %70'tir. İskender ve Karasu (2018:152), Yıldız ve Arslan (2018:5)'in çalışmalarında belirttiği GFRC 'nin hafif bir malzeme olmasının bu ilkelerin sağlanmasında etkili olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca GFRC panellerin hafifliğinin yanında özgür geometrisinin bu ilkenin uygulanmasını sağladığı incelenen örnekler üzerinden anlaşılmıştır. Örneğin çok derin konsol kütlelerin uygulanabilmesinde GFRC hafifliğiyle kütleyle binen yükü azaltmaktadır veya sağladığı geometrik özgürlükle içten dışa eğik kütlelere ve erozyon tekniği gibi alt tekniklerin uygulanmasına olanak tanımaktadır. En çok sağlanan dördüncü ilke ise %60 uygulama oranıyla kesintisizlik ve

akışkanlıktır. Yine bu ilkenin sağlanmasında GFRC'nin yapı malzemesi özellikleri ön plana çıkmaktadır. Form özgürlüğü sayesinde yapıları çevreleyen bantlar, cepheyi saran örtüler uygulanabilmektedir. Ek-Tablo2 kapsamında çift, tek eğimli ve serbest formlu paneller sayesinde yapı kabuğu kesintisiz ve akışkan etki bırakarak tasarlanan 90 derecelik köşelerin olmadığı yapılar inşa edilebilmek amacıyla malzemenin sık kullanıldığı görülmüştür. %60 uygulama oranına sahip diğer bir ilke de çevre bağlamı ve projenin peyzajı ilkesidir. Bu ilke daha çok zemin katın veya bir kısmının yükseltilmesi tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Sadece Zaha Hadid'in eseri olan Haydar Aliyev Kültür Merkezi'nde ilkeye ait yöntemlerin birçoğunun uygulandığı görülmüştür. Ek-Tablo 1' e bakıldığında cephe ve iç mekan dışında peyzajda GFRC'nin kullanıldığı tek bir örnek olması da bununla bağlantılıdır. Yüksek dayanım, direnç gibi özelliklerine rağmen GFRC'nin zeminde, peyzajda kullanıldığı, eriyen kütlelerle ya da duvar genişletme yöntemiyle zemine birleştiği uygulamaların

incelenen örnekler arasında olmadığı görülmüştür. Bu noktada GFRC'nin mimarlar arasında daha çok estetik özellikleriyle bilindiği teknik özellikleri konusunda genel bilginin az olduğu çıkarımı yapılabilmektedir. Malzemenin taşıyıcı olmayan elemanlar ve dekorasyon amaçlı kullanımının yanında yapısal elemanlarda kullanılacak şekilde uygulamaları olabileceği konusunda bilinçlenme gereklidir. En az sağlanan ilke ise %20 oranla katmanlama ilkesidir. Malzemenin montaj kolaylığı ve hafifliği nedeniyle üst üste yığılarak yapılan uygulamalara ya da Haydar Aliyev Kültür Merkez'inde olduğu gibi ince bir çelik çerçeve ile inşa edilmiş katmanlı strüktür üzerine yapılan uygulamalara iyi şekilde cevap vermektedir. Buna rağmen oranın az olmasının malzemenin özelliklerinden değil tasarımcıların plastik etkiyi sağlamada katmanlama ilkesinden düşük seviyede yararlanmalarından kaynaklandığı yorumu yapılabilmektedir.

SONUÇ

Sonuç olarak Hadid mimarisi üzerinden belirlenen ve plastik etki sağlayan; soyutlama

KAYNAKÇA

- Abdullah, A., Said, I., Ossen, D. (2013). Zaha Hadid's Techniques of Architectural Form-Making. *Open Journal of Architectural Design*, 1(1):4-7.
- Akan, A., Örmecioğlu, H. (2007). Betonarmeyle Sağlanan Plastik Etki: Pierre Luigi Nervi'nin Roma Spor Sarayı Örneği. 15. Yıl Mühendislik-Mimarlık Sempozyumu, s.132.
- Alp, S. (2019). Brütalist Mimari ve Heykel İlişkisi: David Umemoto'nun Heykelleri. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, s.5.

ve parçalanma, yer ve yerçekimi fikri, peyzaj projesi ve çevre bağlamı, katmanlama, ışık oyunları, kesintisizlik ve akışkanlık ilkeleri GFRC kullanımı ile hayata geçirilebilmiştir. Ancak mimarlık dünyasında daha fazla kullanılacak bu malzemenin tanınırlığının artırılması için sanayi üniversite iş birliği çerçevesinde mimarlık bölümlerinde eğitimler verilmesi ve uygulamanın anlaşılabilmesi için gerekli seminerlerin meslek odalarında malzeme üreticileri ve tedarikçileri tarafından düzenlenmesi, özellikle yapı projesi derslerinde konu ile ilgili bildirimler yapılması gerekmektedir. Farklı mimarların tasarımlarında GFRC kullanımının incelenerek özgün yaratıcı kriterlerle buluşmasının ayrıntılı olarak incelendiği bu çalışma literatüre büyük katkı sağlayacaktır. Ayrıca elde edilen bulguların tasarımcılara GFRC'den uygun şekilde yararlanabilmeleri konusunda yol gösterici olacağı düşünülmektedir. Mimari tasarımda malzeme özelinde yapılan bu araştırma ilerideki teknolojik gelişmelerle daha yaygın bir etkiye sahip olacaktır.

- Amelar, S. (2015). The Broad Museum, *Architectural Record* (ISSN: Print 0003-858X), Vol:203, No:9, s.67
- Bartos, P. J. M. (2017). Glassfibre Reinforced Concrete: A Review. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol: 246, No: 1, p.012002, s.4-20.
- Bentur, A., Mindess, S. (2006). *Fibre Reinforced Cementitious Composites*. Crc Press.2 ed. s.292.
- BERRANİ, A. (2019). Substitute Material of Cement: Glass Fiber Reinforced. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 2(1):29.



- Glancey, J. (2006). I Don't Do Nice. The Guardian magazine. s.1
<http://www.guardian.co.uk/artanddesign/2006/oct/09/architecture.communities>.
- Gornale, A., Quadri, S. I., Quadri, S. M., Ali, S. M. A., Hussaini, S. S. (2012). Strength Aspects of Glass Fibre Reinforced Concrete. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 3(7):1.
- Ferreira, J. P. J. G., Branco, F. A. B. (2007). The Use Of Glass Fiber-Reinforced Concrete As A Structural Material. *Experimental Techniques*, 31(3), 64.
- Harle, S. M., (2014). Review on the Performance of Glass Fiber Reinforced Concrete. *International Journal of Civil Engineering Research*, 5(3):281-282.
- Henriksen, T. (2017). Advancing The Manufacture of Complex Geometry GFRC For Today's Building Envelopes. *A+ BE| Architecture and the Built Environment*, (5):1-194.
- İskender, M., Karasu, B. (2018). Glass Fibre Reinforced Concrete (GFRC). *El-Çezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5, s.152.
- Karakaya, G. (Ed.), (2020). Geleneksel Olduğu Kadar Da İnovatif Cam Lifi Takviyeli Beton, *Ekoyapıdergisi*, Sayı 47, s.87.
- Kavurmacıoğlu, Ö., Arıdağ, L. (2016). Strüktürel Membran Tasarımında Geometri Optimizasyon İlişkisi, *Uluslararası Hakemli Tasarım ve Mimarlık Dergisi*, 7, s.86.
- Menétrey, P. (2013). UHPFRC Cladding for the Qatar National Museum. In *Proceedings of International Symposium on Ultra-High Performance Fiber-Reinforced Concrete*. Marseille, France (Vol. 360):351-355.
- Pazdur-Czarnowska, A. (2019). Ecological Properties of Glass Fibre Reinforced Materials Based On Architecture of Zaha Hadid. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol: 471, No:8, p. 082054, 1-7). IOP Publishing, s.1-6.
- Sebastian, S., Kr, M. R., Al Qeisi, M. S. (2018). Design Approach of Zaha Hadid: Form, Vocabularies and Design Techniques. *JETIR*, 5 (8):497-498.
- Shutt, C. A. (2016). Project Case Study, Looking Behind the Veil, *Ascent Spring*, 2016, s.23.
- Stickel, J. M., Nagarajan, M. (2012). Glass Fiber-Reinforced Composites: From Formulation to Application. *International Journal of Applied Glass Science*, 3(2):122-124.
- Shakor P. N., Pımpıkar, S. S. (2011). Glass Fibre Reinforced Concrete Use in Construction. *Int. J. Technol. Eng. Syst*, 2(2):5.
- Vahıdı, E. K., Malekabadı, M. M. (2011). GRC and Sustainable Building Design. In *Proceedings of the 16th International Conference of the GRCA, Istanbul, Turkey*, s.16.
- Walker, D. (2012). Plasticity At Ronchamp: The İnterrelationship of Form and Light and its Plastic Manifestation, *Architectural Research Quarterly*, 16(4):349.
- Yayla, M. (2014). Mimari Yapılardaki Estetik Görsellerinin Giysi Tasarımlarına Yansımaları. *Uluslararası Hakemli Tasarım ve Mimarlık Dergisi*, 2 (1):65.
- Yıldız, N. B., Arslan, H. (2018). Cam Elyaf Takviyeli Beton Panellerin Dış Cepheelerde Kullanımı. 9. Ulusal çatı & cephe konferansı, İstanbul Kültür Üniversitesi, s.5.

İNTERNET KAYNAKLARI

<https://www.zaha-hadid.com> (E.T.21.10.2022)

<https://divisare.com/projects/244590-zaha-hadid-architects-hufton-crow-helene-binet-heydar-aliyev-center> (E.T.21.10.2022)

<https://divisare.com/projects/296669-waa-we-architech-anonymous-naaro-moca-yinchuan> (E.T.21.10.2022)

<http://pre-cast.org/broadmuseum.asp> (E.T.21.10.2022)

<https://www.architonic.com/en/project/diller-scofidio-renfro-the-broad/5103796> (E.T.21.10.2022)

<https://www.designcurial.com/news/desert-rose-national-museum-of-qatar-by-ateliers-jean-nouvel-7253665> (E.T.21.10.2022)

<https://www.fosterandpartners.com/media/2638344/foster-partners-structural->



- engineering-brochure.pdf
(E.T.21.10.2022)
- <http://eid-arch.com/project-detail/31>
(E.T.21.10.2022)
- https://www.archdaily.com/510986/1911-revolution-museum-cadi?ad_medium=gallery
(E.T.21.10.2022)
- <https://www.designboom.com/architecture/som-unites-mumbai-airport-terminal-with-fractal-roof-canopy-02-25-2014/>
(E.T.21.10.2022)
- <https://www.world-architects.com/en/architecture-news/reviews/kew-gardens-hills-library>
(E.T.21.10.2022)
- https://www.archdaily.com/938179/linping-sports-park-supporting-project-cctn?ad_medium=gallery
(E.T.21.10.2022)
- <http://www.grca.org.uk/section/>
(E.T.21.10.2022)

EKLER

Tablo 1. Örneklerde Kullanılan GFRC'nin Üretim Yöntemleri, Uygulama Geometrisi, Kullanım Alanları ve Yüzey Özellikleri Bakımından Karşılaştırılması

Proje adı	GFRC'nin binada kullanıldığı yerler	GFRC'nin uygulama geometrisi, eğimi	Üretim tekniği	Yüzey özellikleri
Haydar Aliyev Kültür Merkezi	Cephe, peyzaj, iç mekan	Tek ve çift	Ön karışım	Desensiz ve dokusuz
Yinchuan Müzesi	Cephe ve iç mekan	Tek, çift ve serbest	Ön karışım	Desensiz ve dokusuz
Broad Müzesi	Cephe ve iç mekan	Düz, tek, çift ve serbest	Ön karışım ve Püskürtme	3D desen
Katar Ulusal Müzesi	Cephe ve iç mekan	Çift eğimli	Ön karışım	Desensiz ve dokusuz
BAE Pavyonu	Cephe ve iç mekan	Düz ve tek, çift	Ön karışım	3D desen
Land Toplum Merkezi	Cephe ve iç mekan	Tek, çift ve serbest	Ön karışım	3D desen
1911 Devrim Müzesi	Cephe ve iç mekan	Düz ve tek	Ön karışım	3D doku

Chhatrapati Shivaji Havalimanı	Cephe	Tek ve çift	Ön karışım	3D desen
Kew Gardens Hills Kütüphanesi	Cephe	Düz ve tek	Ön karışım	3D doku
Linping Parkı Projesi	Cephe ve iç mekan	Tek, çift ve serbest	Ön karışım	Desensiz ve dokusuz

Tablo 2. Örneklerde Kullanılan GFRC'nin Mimaride Plastik Etki Oluşturma İlkeleri Açısından Karşılaştırmalı Analizleri

İlkeler	Yöntemler	Örnekler									
		Haydar Aliyev Kültür Merkezi	Yinchuan Müzesi	Broad Müzesi	Katar Ulusal Müzesi	BAE Pavyonu	Land Toplum Merkezi	1911 Devrim Müzesi	Chhatrapati Shivaji Havalimanı	Kew Gardens Hills Kütüphanesi	Linping Parkı Projesi
Soyutlama ve parçalanma	Çarpışma				✓			✓			
	Katlama	✓									
	Bükme ve döndürme		✓			✓					
	Erozyon		✓	✓					✓		
	Soyutlama		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Parçalama				✓						
Yer ve Yerçekimi Fikri	Konsol kütle				✓			✓	✓		✓
	İnce kolonlar										✓



	Çoklu ızgara	✓							
	İçten dışa eğik kütle		✓			✓			
	Konik kütle				✓		✓		✓
Çevre Bağlamı ve Projenin Peyzajı	Zemin katın veya bir kısmının yükseltilmesi		✓	✓		✓	✓		✓
	Bina ile peyzajın aynı çizgi ile oluşturulması	✓							
	Duvar genişletme	✓							
	Erime	✓							
Katmanlama		✓	✓						
Işık Oyunu		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kesintisizlik ve Akışkanlık		✓	✓		✓	✓		✓	✓

EXTENDED ABSTRACT

The iconic architectural and plastic effect is one of the most striking trends in the aesthetic development of contemporary architecture. This trend requires forms and shells with mostly complex freeform geometries for sculptural and iconic buildings that are catchy, affect the life in their places. From past to present, architects generally have tried to emphasize the plastic effect that concrete adds to the form but they experience material-related problems in solving complex forms. Today too, the application of cement concrete is insufficient due to its brittle fracture properties, with the attempt to construct structures in increasingly difficult and complex forms. One of the most frequently used composite materials that emerged with the development of concrete as a modern material is glass fiber reinforced concrete (GFRC). For this reason, GFRC is emphasized in this study. In order for this material to be used more and more appropriately in designs, it is important to introduce its technical and aesthetic properties to architects. **Aim:** One of the aims is to determine where GFRC is used in designs apart from ornament and decoration, and to address the technical and aesthetic advantages of the material, as well as its limitations such as recognition and cost, through the plastic effect. The main purpose of the study is to guide the designers in the use of GFRC by examining the contributions of GFRC to the plastic effect and the possibilities it provides, with the principles determined through Zaha Hadid architecture, through sample buildings. In this way, with the

increase in the awareness of this material complex forms can be solved more easily. **Method:** In the study, data collection and comparative analysis methods from qualitative methods were used. First of all a literature review was conducted. The production, application methods, aesthetic and technical properties of GFRC were investigated. Then, the advantages of these features in the buildings were emphasized and the buildings in which GFRC was used around the world were investigated, and buildings where GFRC was used only for ornament or decoration elements were not included in the research. Apart from these examples, 10 buildings of different scales belonging to various designers were identified. In these 10 examples, the use of GFRC was evaluated in line with the principles of abstraction and fragmentation, the idea of place and gravity, the environmental context and the landscape of the project, layering, play of light, continuity and fluidity determined through Zaha Hadid's architecture with its success in benefiting from the plastic effect of concrete. The identical points, advantages and differences in the use of GFRC of the samples were discussed in tables, and a comparative analysis was made under certain headings. **Findings:** It was understood that only Heydar Aliyev Cultural Center were used in the landscape but mostly both on the facade and indoors. The application geometry of GFRC has been preferred as single and/or double curved in all of them in order to respond to the desired form features in the design, and as free geometry in 4 examples. Panels were applied with the premix method in 9 samples



and by premixing and spraying method in one sample (Broad Museum). It can be said that the negative effect of the need for skilled craftsmanship in the spraying method causes this situation. When the surface properties of GFRC panels are compared, it is seen that 6 of them have a 3D pattern or texture. It was understood that 10 out of 10 examples provided the principle of abstraction and fragmentation, 7 of them the idea of gravity, 6 of them the environmental context and the principle of the landscape of the project, 2 of them the layering principle, all of them the light play principle, 6 of them provided the continuity and fluidity principle. **Results:** It has been understood that GFRC is preferred as it can be molded according to the desired surface properties, surfaces that are difficult the application.

to obtain with other materials can be easily obtained. Plastic effect creation techniques determined through Hadid architecture have been implemented with the use of GFRC. That is, it is a very successful material in providing the plastic effect. But, the use of GFRC in architectural design is quite limited. The reason for this is that the technical properties of the material are not sufficiently known by the designers. To increase the recognition of this material, which can be used more in the world of architecture, it is necessary to provide trainings in architecture faculty within the framework of industry-university cooperation and to organize necessary seminars in professional chambers in order to understand