



## CTB YAPI MALZEMESİ VE CTB CEPHE PANELİ UYGULAMALARINDA MEYDANA GELEN CEPHE SORUNLARI

Gülnehal DEMİRTAŞ<sup>1</sup>, Mustafa TOSUN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Y.Mimar, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Böl.

<sup>2</sup> Yrd.Doç. Dr., Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Böl.

<sup>1</sup> [gulnehal.demirtas@windowslive.com](mailto:gulnehal.demirtas@windowslive.com), <sup>2</sup> [mutosun@selcuk.edu.tr](mailto:mutosun@selcuk.edu.tr)

**ÖZET:** CTB (cam lif takviyeli beton), betonun mukavemetinin artırılması ve özelliklerinin iyileştirilmesini sağlamak amacıyla üretilen lifli betonların bir çeşididir. Beton karışımına cam liflerinin karıştırılması yoluyla üretilir. Elde edilen CTB karışımları çeşitli oranlarda hazırlanabilmektedir. Böylece çok geniş bir alanda malzeme uygulama alanı bulmaktadır. İnşaat sektöründe alt yapı ve üst yapılarda yaygın olarak kullanılmaktadır. CTB malzemesinin bir uygulama alanı olan CTB cephe panelleri, farklı sistemler oluşturacak şekilde bina cephelerine uygulanmaktadır. S.Ü. Mimarlık Yüksek Lisans Programında 2010 tarihinde Gülnehal Demirtaş tarafından hazırlanmış “GRC Cephe Panellerinde Sorunlar ve Çözüm Önerileri” isimli yüksek lisans tezinde, CTB cephe panelleri ve CTB cephe panelleri uygulanmış cephelerde oluşan cephe sorunları incelenerek, çözüm önerileri getirilmiştir. Bu makalede tez çalışması kapsamındaki çalışma konusu özet olarak anlatılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** CTB, CTB cephe panelleri, Cephe sorunları,

### The GRC Building Material and Occured Facade Problems of GRC Facade Panel Applications

**ABSTRACT:** GRC, is a kind of fiber cements which are produced to improve the strength and properties of concrete. It is produced by adding glass fibers to the concrete mixture, The final GRC mixture can be made at various portions. Thus the material finds very extend application areas. In construction sector, it is used extendly in constructions and subconstructions. GRC facade panels, which are kinds of applications of GRC materials, are applicated to building facades by constituting various systems. In S.U. at the Programme of Master of Science in Architecture, in 2010 in the thesis prepared by Gülnehal Demirtaş, with the name of “Occured Problems in GRC Facade Panels and Solution Proposals”, by having GRC facade panels and the problems of facades to which were applicated GRC facade panels on researched, the solution methods were suggested.

**Key Words:** GRC, GRC facade panels, Facade problems

### GİRİŞ (INTRODUCTION)

Lif donatılı beton veya lifli beton, beton karışımının içerisine çimentonun, agreganın ve suyun yanı sıra, fiber veya lif olarak adlandırılan çok ince ve kısa malzemelerin de katılmasıyla üretilen mukavemet özellikleri artırılmış, farklı çeşitleri bulunan beton malzemesidir.

Betona cam lifinin katılması için arayışlar daha önce kullanılan asbest katkısının sağlığa zararlarının keşfedilmesiyle başlamıştır. ASTM standartları, betona katılan lif katkılarını asbestliler ve asbestsizler olarak sınıflamaktadır. Cam lif takviyeli beton, asbestsizler grubunda yer almaktadır. Bu grupta, karbon lif takviyeli beton, doğal lif takviyeli beton çeşitleri, çelik lif

takviyeli beton ve polimerik lif takviyeli beton çeşitleri, bulunmaktadır.

### TARİHÇE (HISTORY)

Betona lif katkısıyla özelliklerinin iyileştirilmesi çalışmalarının M.Ö. 1500'lerde ilk örnekleri vardır. Bir çeşit doğal lif örneği olan samanın, tuğlaya katkısıyla, ilk lif katkısı yapılmıştır (Newman *ve ark.*, 2003). 1950 yılından itibaren, ABD'de, İngiltere'de ve Rusya'da betonun içerisinde cam lif kullanılmasına dair deneysel çalışmalar başlatılmıştır (Erdoğan *ve ark.*, 2007). Bugünkü anlamda; asbestli lif, çimentolu ürünleri kuvvetlendirmek için yaklaşık olarak 100 yıldır, selüloz lif en az 50 yıldır ve çelik, polipropilen ve cam lifler aynı amaçla son 30 yıldır kullanılmaktadır.

### CTB (CAM FİBER KATKILI BETON) ((GRC) GLASS FIBER REINFORCED CONCRETE)

Betonun dayanıklılığını arttırmak ve aynı zamanda hafifletmek için beton karışımına çeşitli oranlarda kesilmiş cam liflerin katılması yoluyla elde edilen kompozit malzemeye cam lif takviyeli beton (CTB) (*glass fiber reinforced concrete*, GRC ya da GFRC) denilmektedir.

Lif kompozitlerin bir çeşidi olan, CTB olarak bilinen, cam lif takviyeli beton yapı malzemesi, ilk olarak 1960'ların sonunda üretilmiştir. Betonun hafifletilmesi ve aynı zamanda mukavemetinin de artırılmasını sağlamak amacıyla yapılan laboratuvar araştırmaları sonucunda, beton karışımına cam liflerinin katılması yoluyla elde edilmiştir.

Cam lifler, yapı elemanları ve kalıplama bileşenleri üretiminde yaygın olarak kullanılır. Cam lifler kullanılarak güçlendirilmiş kompozit malzemelerde; yüksek dayanım-ağırlık oranı, iyi boyutsal kararlılık, neme ve korozyona iyi dayanım, iyi elektriksel yalıtım, kolay üretim ve şekillendirme ve düşük maliyet gözlenir (Erol, 2010).

### İMALAT METODLARI (MANUFACTURING METHODS)

CTB'nin imalatı iki temel işlemi içerir:

- cam lifin, çimento karışımına birleştirilmesi

- kompozit malzemenin, istenen ürün şekline dönüştürülmesi (Taylor, 1992).

Cam lif takviyeli betonda ağırlıkça;

- %40 oranında Portland Çimentosu
- %20 oranında su
- %40 oranında kum

Hazırlanan çimento karışımında ağırlıkça;

- %5 oranında cam lif (sprey tekniği için)
- %3-4 oranında cam lif (ön karışım tekniği için), oranları sağlanmalıdır (Brookes, 1998).

Bu oranlar değiştirilerek, farklı özelliklerde beton, farklı uygulamalar için elde edilebilir.

#### 1. Elle ve Mekanik Püskürtme Metodları: (Hand and Mechanized Spray Methods)

Elle ve mekanik püskürtme metodları, panel imalatında yaygınlıkla kullanılır. Sprey makinelerine doldurulan çimento karışımı ve liflerin eş zamanlı olarak panel kalıbına boşaltılması ile imalat yapılır. Makineler el ile kullanılabileceği gibi mekanik olarak da kullanılabilir.

CTB malzemesi, oranları ağırlıkça; %40-60 çimento, %20 su, %25 kadar kum, %3,5-5 cam-lif olan, çimento, kum ve alkali dayanıklı (AR) cam lif kompozitidir. Cam-lif, karıştırılmadan önce 35mm uzunluğunda parçalara bölünür. Kalıplarda ıslak karışım püskürtmesi uygulanarak şekillendirilir, aşama aşama istenen kalınlığa getirilir, ve merdane ile sıkıştırılır. Etkili elle püskürtme işlemi için gerekli maksimum CTB panel büyüklüğü yaklaşık 2m'dir. CTB panel kütlelerinin imalatı işlemi için, kalıbın içinde sprej başlıkları altında hareket eden ve lif, çimento, kum ve suyu ayrı ayrı püskürten çift sprej başlıklı mekanik bir sistem kullanılır. Mekanik püskürtme, karışımın daha fazla yoğunluklu olmasını ve elle püskürtmede mümkün olduğundan daha fazla homojenlik oluşturacak kalınlıkta üretilmesini sağlar (Barry, 2001).

#### 2. Püskürtme ve Suyunu Alma İşlemi: (Spray and Dewatering Process)

Püskürtme metodları ile üretilmiş bütün CTB ürünlerin imalatında, suyunu alma işlemi uygulanmaktadır. Püskürtme ve suyunu alma işleminde (*spray and dewatering process*) kalıp yüzeyi, püskürtme işleminden sonra fazla suyun vakumla atılacağı bir membrana sahiptir. Bu

işlemlerle mekanik özellikler artırılır ve daha yoğun bir kompozit elde edilir.

### 3. Ön Karışım ve Vibrasyon Tekniği: (Premix and Vibration Technique)

Panel imalatında mukavemet özelliklerinin sprey işlemlerine göre zayıf olması nedeniyle daha az kullanılan ön karışım (*premix*) yöntemi, güneşlik vb. gibi dekoratif elemanların imalatında uygulanmaktadır. Hazırlanan çimento lif karışımının kalıplara boşaltılmasıyla metod uygulanmaktadır.

### 4. Savurma Döküm: (Centrifugal Casting)

Savurma döküm (*centrifugal casting*) tekniği, ince kesitli silindirin dökümünde uygulanmaktadır. Yüksek kaliteli sonuç elde edilir. Demir, paslanmaz çelik, cam ve alüminyum alaşımları, bakır ve nikel döküm işlemleri ve boru, boyler, basınç tankı, volan, silindir kaplaması ve aksiyel simetrik diğer parçaların imalatı için uygun olan savurma döküm tekniği, GRC boru imalatı için uygulanır, cephe panelleri imalatında uygulanmaz (Anonymous 1, 2010).

### 5. Pres Kalıplama: (Press Moulding)

Pres kalıplama (*press moulding*), kompozit malzeme üretiminde kullanılan bir tekniktir. Dişi ve erkek kalıp bir arada kullanılır. Dişi kalıba güçlendirme yerleştirilir. Dişi kalıp erkek kalıp üzerine alınarak, kalıplar alet yardımıyla sıkıştırılır. Erkek kalıba sıkıştırılmış hava ya da buhar verilir. Dişi kalıp ısıtılır. Atılan hava ile fazla karışım uzaklaştırılır (Anonymous 2, 2010).

Pres kalıplama metodu, çatı kiremitleri gibi yüksek standartta ve basit geometride bileşenlerin imalatı için uygundur. Birim başına, birkaç saniye sürekli devirli çoklu-istasyon baskısının kullanıldığı koşullarda, vardiya başına standart olarak birkaç bin kiremit imalatı elde edilmektedir (Taylor, 1992).

### 6. Enjeksiyon Kalıplama: (Injection Moulding)

Enjeksiyon kalıplama yöntemi (*injection moulding process*), genellikle termoplastik ve termoset plastik malzemelerden parça üretmek için kullanılır. Malzeme, enjeksiyon makinesinin ısıtılmış haznesinde karıştırılır ve soğuyup şekil alması için kalıba aktarılır. Kalıp genellikle çelik ya da alüminyumdan yapılır. Enjeksiyon kalıplama, çok küçük parçalardan, araba kaportalarına kadar çok çeşitli büyüklükte bilşen

üretmek için kullanılan bir metoddur (Anonymous 5, 2010).

Pres kalıplamada olduğu gibi, enjeksiyon kalıplama teknikleriyle de yüksek hacimli imalat elde edilir. Aynı zamanda boru eğrilikleri ya da borulamadaki daha karmaşık geometri de sağlanabilir. CTB çamuru, basınç altında delikli kalıp aletine, uygulanan basınçla suyunu alma işlemini sağlamak için doldurulur. Vardiya başına standart olarak birkaç yüz bileşen imalatı elde edilmektedir (Taylor, 1992).

## ÇİMENTO KARIŞIMI (CEMENT MIXTURE)

Ön karışım ve püskürtme CTB metodları, farklı karışım oranlarında farklı mukavemet özellikleri gösterir. Püskürtme işlemi ile üretilmiş karışımların mukavemeti daha yüksektir.

**Tablo 1.** Karışım oranları (önkarışım sınıfı),  
(Anonymous 4, 2010) *Mixture ratio (premix grade)*

Ön karışım sınıfı	Sınıf 10	Sınıf 10P	Sınıf 5
Agrega/çimento oranı	0.5-1.5	0.5-1.5	0.5-1.5
Su/çimento oranı	0.35-0.40	0.35-0.40	0.35-0.40
Cam lif içeriği (% olarak toplam karışım).	2.0-3.5%	2.0-3.5%	1.5-2.5
Polimer katıları içeriği (% olarak çimento ağırlığı).	Nil	5-7%	Nil

**Tablo 2.** Karışım oranları (püskürtme sınıfı),  
(Anonymous 4, 2010) *Mixture ratio (spray grade)*

Püskürtme sınıfı	Sınıf 18	Sınıf 18P
Agrega/çimento oranı	0.5-1.0	0.5-1.0
Su/çimento oranı	0.325-0.375	0.325-0.375
Cam lif içeriği (% olarak toplam karışım).	4.0-5.0%	4.0-5.0%
Polimer katıları içeriği (% olarak çimento ağırlığı).	Nil	5-7%

### Çimento (Cement)

B12 ile ya da tanınmış uluslararası standartlar ile uyumlu iyi kalitede Portland çimentosu, genellikle normal portland çimentosuna, operasyonel sebepler nedeniyle tercih edilir. Panellerin beyaz ya da açık renkte kendinden bitirmeli olması gerektiğinde, beyaz portland çimentosu kullanılır. Parçacıklar, (BS 1014) kullanılabilir fakat tek rengi sağlamak için, dikkat edilmesi gerekir. Toz halinde benzin külü (PFA), işlenebilirliği arttırmak, hidrasyon ısısını azaltmak ya da ürüne gelişmiş sulfat dayanımı vermek için kısmen çimento yerine geçecek şekilde kullanılabilir (Taylor, 1992).

### Kum (Sand)

CTB 'nin ilk formülleri yalnızca çimento çamurları sayesinde oluşturulmuştur fakat güncel uygulamalarda, rötre hareketini azaltmak için kum dolgu malzemesi kullanılmaktadır. İmalat için püskürtme teknolojisi kullanıldığı zaman, %96 oranında yuvarlak daneli silika kumu tercih edilir, parça büyüklüğü 1-2 mm'yi geçmez (Taylor, 1992).

### Su ve Katkı Maddeleri (Water and Admixtures)

Beton imalatına uygun temiz su uygundur, ve beton katkı maddeleri (BS 5075) genel olarak kullanılmaktadır (Taylor, 1992).

### Cam Lifler (Glass Fibers)

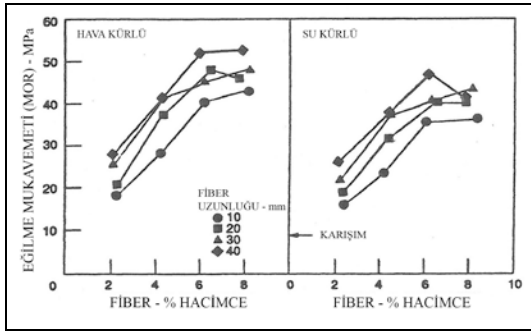
A-cam ve E-cam lif çeşitleri, beton karışımı ile oluşturdukları, alkali reaksiyonu sonucunda zamanla mukavemetlerini kaybetmektedirler. Bu nedenle AR-cam lifler (alkali dayanımlı cam lifler) geliştirilmiştir ve yaygın olarak kullanılmaktadır.

Lifler genellikle 20 kg ağırlığında yığınlar olarak temin edilir, her yığın tek iplik parçası şeklindeki grupların silindirik şeklinde paketlenmesinden oluşur. Panel imalatı durumunda, lif, spreyle imalat işleminde çabuk çökmesi için kesme biriminde uzunluklara kesilir, ya da premix uygulamaları için önceden kesilebilir ve biriktirilebilir. AR cam lifler, astbestli çeşitlerindeki gibi solunumla ilgili tehlike oluşturmayacak şekilde yeterince büyüktürler (Taylor, 1992).

Beton karışımındaki lif miktarı arttıkça elemanın mukavemeti doğru orantılı olarak artmayacaktır. Karışımındaki lifin oranının hacimce %6'yı fazlaca aşmaması gerekmektedir.

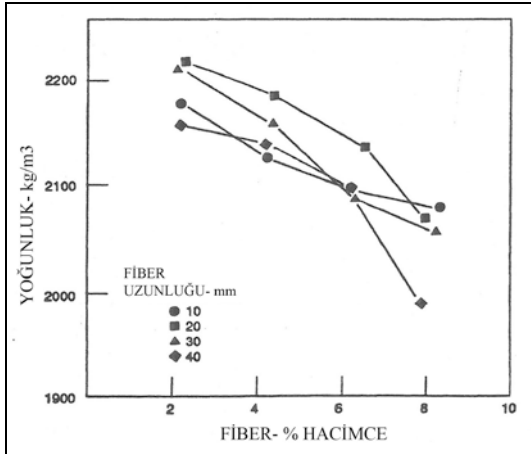
“Normal portland çimentosu kullanılan spreylili CTB karışımlar, karışım ağırlığının genellikle %5'ini oluşturan, 25-20mm uzunluğunda AR-cam lifleri içerir. Uygun olan en az lif içeriği, %4'tür (PCI Komitesi, 1991) (PCI Komitesi, 1993). %7'den daha fazla lif içerikleri ya da 50 mm'den daha uzun lifler, yerleştirme ve sıkıştırma problemlerine yol açar. Yerleştirme ve sıkıştırma daha kolay olmasına rağmen, %5'den daha az miktarlar ya da 25 mm'den daha kısa olan lifler daha az etkili güçlendirme oluşturur. Ağırlıkça, 2.7 özgül ağırlığında AR-cam lifler, karışımın hacimce ortalama olarak %4'üne karşılık gelir.” (Johnston, 2003).

Püskürtme işlemi ile üretilmiş CTB'nin erken zaman mukavemet özellikleri, çimento esaslı karışımla ve AR cam liflerle oluşturulur, mukavemet özellikleri ise lif içeriği ve lif uzunluğuna bağlı olarak belirlenir. Eğilme mukavemeti (MOR) lif içeriğinin hacimce %6'ya artmasıyla belirgin olarak ve %7'ye ağırlıkça artmasıyla ortalama olarak artar (Şekil 1) (Majumdar ve Laws, 1991). Mukavemet seviyesi azaltılmadan, püskürtme işleminden sonra, kompozit hamurunun az miktarda sıvılaştırılması ve karışımla liflerin kısmen ıslatılmasına bağlı olarak, bağül yoğunluklar belirlenir (Şekil 2). Ancak, basınç dayanımı, %6 lif içeriği sağlandığında en yüksek olarak elde edilemez; lif uzunluğundaki değişmeye ve gerçekleşen orana, eğilme mukavemetine (MOR) göre daha az hassastır (Şekil 3). Genellikle mukavemet ve basınç dayanımı, hava-kürlü örnekler için su-kürlü örneklerde olduğundan belirgin olarak daha yüksektir (Şekil 1. ve 3), çünkü çimento hidrasyonu ve buna bağlı olarak meydana gelen kireçtaşı-bileşimli lif gevrekliği suyla 28 gün kürlenmeden sonra daha fazla gelişmektedir (Johnston, 2003).



**Şekil 1.** 28 gün kürlemeden sonra, spreyli CTB'nin erken-zaman eğilme mukavemeti (Early-age flexural strength of spray-up GRC after curing for 28 days)

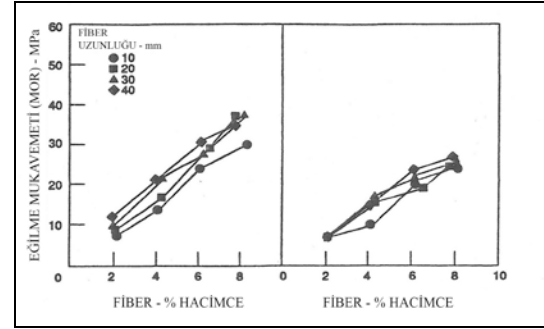
Vibrasyon-kalıplı ve ön karışım metodlarıyla üretilen, 28 günlük mukavemete sahip CTB numuneler ve lif içeriği artırılan CTB numunelerin darbe dayanımları, püskürtme metoduyla üretilen CTB malzemelerinkine benzerdir (Şekil 1 ve 2). Fakat bunların dışındaki herhangi bir lif içeriğine sahip CTB numuneler için gerçekleşen darbe dayanım değerleri daha düşük olarak gerçekleşmektedir (Majumdar ve ark., 1991).



**Şekil 2.** 28 günde spreyli CTB'nin yoğunluğunda lif miktarının etkisi (Influence of fiber amount on density of spray-up GRC at age 28 days)

CTB panel uygulamaları için, ağırlıkça en az %4 lif içeriği ve en az 13 mm kalınlık şart koşan Prekast Öngerilmeli Beton Enstitüsü'nün talebini karşılamak için, Kuzey Amerika'da CTB malzemeleri genellikle püskürtme metoduyla üretilir. Ağırlık olarak %5 lif (ortalama olarak hacimce %4). içeren, tip ve ticari olarak, püskürtme metoduyla üretilen CTB için, su-

kürlü MOR değeri 20-30 MPa oranındadır (Şekil 1).



**Şekil 3.** 28 gün kürlemeden sonra, spreyli CTB'nin erken-zaman darbe dayanımı (Early-age impact resistance of spray-up GRC after curing for 28 days)

CTB için güncel bir ASTM performans özelliği bulunmamasına rağmen, MOR özelliği, en az 18 MPa olarak endüstriyel alanda yaygınlaşmıştır. CTB'nin ve düz asbestsiz ürünlerin yükleme modu ve örnek boyutları standart testlere göre değişken olmasına rağmen, MOR'un en az 18 MPa olduğu asbestsiz levha ürünler için ASTM C1186 özelliğinde ve IV. derecede ıslak mukavemet değeri gerekmektedir. (Tablo 3) (Johnston, 2003).

**Tablo 3.** ASTM'nin düz asbestsiz çimento ürünler için mukavemet standartları (ASTM strength requirements for flat non-asbestos cement products)

ASTM standart özelliği	Eğilme dayanımı-MPa	
	Nemli	Dengede <sup>a</sup>
C 1186 I. derece	4	4
II. derece	7	10
III. derece	13	16
IV. derece	18	22
(Tip A, düz levha ve dış mekan için).		
C 1225 (çatı için ürünler).	5.5 <sup>b</sup>	—

<sup>a</sup> Değerleri, aynı zamanda iç mekan kullanımı için Tip B levhalarına uygulanır (<sup>a</sup> Values also apply to Type B sheets for interior use).

<sup>b</sup> Basit mukavemet yönü. En zayıf yönde, bu değer %50'den az değildir (<sup>b</sup> Primary strength direction. Not less than 50% of this value in weakest direction.).

#### Kaplama Malzemeleri (Facing Materials)

Agrega uygulanmış bitirme yüzeyleri yaygın olarak, farklı mimari etkiler oluşturmak için CTB'nin kullanımında tercih edilir.

Strüktürel beton uygulamalarında, sabit ve etkisiz agregalar kullanılmaktadır. Mermer, kireçtaşı yada granit gibi malzemeler, genellikle estetik kalitesi nedeniyle kaplama malzemesi olarak tercih edilmektedir.

#### UYGULAMA ALANLARI (APPLICATION AREAS)

CTB, yapı uygulamalarında, hafiflik ve üstün mukavemet özelliklerine bağlı olarak gösterdiği performans nedeniyle tercih edilir.

Liflerle güçlendirme uygulaması ile betona gelen aşırı yükler sonucunda yük diğer liflere iletilerek, ani beton kırılması engellenir ve deformasyon oluşur. Böylece betonun ani iflası engellenmiş ve beton kırılması geciktirilmiş olur.

CTB panellerde uygulanan lif güçlendirme, panellere çelik donatı yerleştirilmesini gerektirmemektedir. CTB panellere çelik donatı konulmadığı için paneller daha hafiftir. Aynı zamanda çelik donatıyı koruyacak fazladan gereken beton kütleğine ihtiyaç olmadığı için paneller daha da hafiftir. Paneller hafif olmaları nedeniyle, taşıma kapasitesi az olan topraklarda ve sismik aktif yerleşmelerde yapılacak uygulamalarda tercih edilir. Yine hafifliği nedeniyle CTB paneller ve diğer CTB uygulamaları, restorasyon amaçlı olarak kullanılır (Şekil 4). Böylece tarihi yapıya yüklenecek aşırı yük azaltılmış ve tarihi yapı korunmuş olur. Aynı zamanda nakliye imkânları ve sahada montaj imkânları da diğer beton eleman uygulamalarına ve beton panel uygulamalarına göre daha kolay ve hızlıdır.



Şekil 4. Restorasyon uygulaması  
(Restoration application)

CTB cephe panelleri, tek katmanlı (1cm), XPS ısı yalıtımlı (15-18cm, 55-65kg) ve köpük

beton ısı yalıtımlı (15-18cm, 110-120kg) olmak üzere sınıflandırabiliriz. CTB cephe panelleri, oluşturdukları bitirme yüzeyleri ile prekast beton cephe panelleri ile aynı görünümü oluştururlar. Ayrıca CTB arkalık önüne ayrı bir bitirme yüzeyi plakasının tespitlenerek ve farklı türde ve kalınlıklarda ısı yalıtımı katmanıyla oluşturulan değişik sistemler de mevcuttur.

CTB cephe paneli ve bileşenleri uygulamaları için, bir ofis projesi ve bir konut projesini örnek olarak inceleyeceğiz. Ofis yerleşkesi, Londra'da Lane Parkı ve Curzon Caddesi'ndeki Hilton Oteli'nin yanındadır. Proje, 2002 yılında tamamlanmıştır. Ofis binası, beş katlı bina üzerinde iki yeni altı katlı ek binadan oluşmaktadır. Otopark, alt zemin, zemin kat ve üstte altı katı barındıran yerleşke üç bloğu oluşturur. Bina 7.615 m<sup>2</sup> alana sahiptir (Şekil 5-6).



Şekil 5. Cumba pencereler (Bennett, 2005 )  
(Bay windows)



Şekil 6. Prekast kolonlar (Bennett, 2005)  
(Precast columns)

Projede, 20 mm kalınlığında CTB kolonlar ve Portland 'Grove Whitland' kesme taş tekstürü görünümüne sahip CTB bitirme yüzeyi



kullanılmıştır. 4mm kalınlığında yüzey karışımı ile bitirme yüzeyi elde edilmiştir. 4mm kalınlığında katmanlar püskürtülerek, 16 mm kalınlığında arkalık karışımı elde edilmiştir (Bennett, 2005).



**Şekil 7.** EMV Housing Villaverde cephe görünümü (*EMV Housing Villaverde facade view*)

Konut projesi ise 2005 yılında tamamlanmıştır. Proje, Madrid'in uzaklarındaki dış etekler boyunca yeni genişleme alanlarında tasarlanmıştır. Projede, koyu sarıdan pembemsiye üç değişik toprak renk tonunu yeniden üreterek; dalgalı bir yüzey elde edilmiş, prefabrik CTB panellerle düşey monotonluğu kırmak amaçlanmıştır (Şekil 7) (Palazzi, 2007).

İşlenmiş agrega, doğal taş ve tuğla etkilerini içeren yüzey bitirmelerini içeren tekstürlerin standart prefabrik panellere birleştirildiği başka örnekler de mevcuttur.

Cam lif takviyeli çimento, bir duvar paneli malzemesi olarak ilk kez 1970'lerin başında Bina Araştırmaları Kurumu'nda, alkali dayanımlı cam lif üretiminde kullanılmıştır. Malzeme hafif ağırlıklı olduğu için, UK'de, Amerika'da, Ortadoğu'da, ve Japonya'da prekast beton cephe duvarlarında kullanılmıştır (Barry, 2001).

CTB'nin yapı alanında cephe panellerinin yanı sıra bir çok değişik kullanımı da mevcuttur.

CTB, alkali dayanımlı cam lifler ile güçlendirilmiş dış sıva çeşitli alt katmanlarda, sağlamlık ve dekoratif bitirme sağlamak için kullanılmaktadır. Sistemin bir bölümü olarak dış yalıtım üzerinde, duvarın termal özelliğini yenilemek için, doğrudan blok işinin ya da dış duvar ya da metal çita üzerine uygulanır (Anonymous 3, 2010).

CTB karışımları ile, pencere denizliği, pencere çevresi, kornişler, taş kapılar ve kolonlar gibi mimari bileşenler üretilmektedir.

CTB malzemesi, iç ve dış akustik bariyerler ve ekranlar yapımında kullanılır. Yol ve demiryolu yapımında, CTB gürültü bariyerleri, sesi ya dağıtır ya da absorbe eder, daha iyi fiziksel çevre konforuna sahip konutlar sağlar.

CTB, hafif ağırlıklı ve aynı zamanda sert ve tespitlemesi kolay olması, çevresel şartlardan etkilenmemesi ve ağır ve kırılğan olmaması nedeniyle, arduvaz kaplama, doğal taş ya da çamur ürünler gibi geleneksel çatı malzemelerini taklit etmede kullanılır (Anonymous 3, 2010).

Dalgalı CTB levhalar, endüstriyel ve zirai çatılar için kullanılır ve otomasyonla imal edilir, mukavemet ve çarpma performansı faydası sağlar.

Balkon kirişi yapımında, CTB ön-yapımlı kalıplı çerçeve sağlar, aynı zamanda inşaatı basitleştirir. Zemin kat beton kirişlerinde, yalıtımlı CTB çerçeve kalıp işi, soğuk iklimlerde, binadan ısı kaybını en aza indirir (Anonymous 3, 2010).

CTB sürekli kalıp işi uygulamalarının en yaygını, köprü inşaatıdır. 1-2 m genişliğinde CTB paneller, çelik donatı, çelik hasır donatı ve beton yerleştirilmeden önce prekast beton kirişler arasına yerleştirilir. CTB kalıcı kalıp işi panellerin kurulması hızlıdır, aynı zamanda çelik güçlendirmeye ek korozyon koruması sağlar. CTB, çok yavaş karbonlaşır ve tuzun donmasını engeleyen düşük geçirgenliğe sahiptir (Anonymous 3, 2010).

CTB malzemesi, bank, çöp bidonu, bitki saksıları, havuz, büfeler, iskele babası, işaretler, heykeller ve çeşmeler gibi kent mobilyaları, kentsel peyzaj elemanları vb. gibi yardımcı elemanlar imalatında kullanılmaktadır.

Büyük kapasiteli tema parkları ve hayvanat bahçeleri için kaya sütun gövdesi, taklit binalar ve hayvanlar için yapma çevreler oluşturmak için kullanılmaktadır.

Servis ve drenaj ürünleri, normal betondan yapılan örneklerle göre daha hafiftir. CTB'nin dayanıklı bir beton malzemesi olmasının yanı sıra, ürünlerin kontrolünün kolay ve kurulmasının hızlı olması avantaj sağlamaktadır. CTB birimler, su akışına direnci en aza indirmek

için düzgün yüzey dokulu olarak imal edilmektedir.

Yapı elemanlarının ürün ağırlığına bir çok ülkede sağlık ve güvenlik açısından büyük önem verilmektedir. 100 kg ağırlığında beton ürünler, mekanik kaldırma gerektirirken, 20 kg ağırlığında CTB ürünleri bir insan tek başına kaldırabilmektedir (Anonymous 3, 2010).

CTB'nin uygulama alanlarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- Ziraat: Su kanalı, yemlik, koyun, domuz çamur kanalı, sundurma, sulama kanalı, su deposu kaplaması
- Mimari Cephe: İç paneller (tek katman, Çift katman (ısı yalıtımlı)), dış cephe panelleri (tek katman, çift katman (ısı yalıtımlı)).
- Mimari Bileşenler: Kapılar ve kapı çerçeveleri, pencereler, kör kasa ve eşikler, denizlikler, asma tavan elemanları, yükseltilmiş döşeme panelleri, iç armatürler (prefabrik banyo birimi, lavabo birimi, oturak kapağı, raflar), bina iskeleti, (Şekil 8).



Şekil 8. Pencere sövesi (Window surrounds)

- Kanallar ve Asansör Kuyuları: Kablolar ve şalter tertibatı için kanallama, iç servis kanalları
- Denizcilik Uygulamaları: Delikli şamandıra, yüzen duba, marina yürüyüş yolları, iş botu, küçük sandal
- Metal Yenileme: Kanal, göl ya da okyanus revetmanı için sac kazık birimler (kaplamalar, rögar, elektrik sayacı), servis istasyonunda gazolin depolama tankları, oluklar için süzgeç kaplaması, kaput, merdiven basamağı
- Güneş Kollektörü Yapımı: Güneş kollektörü dökümü

- Kalıcı ve Geçici Kalıp İşi: Köprü tabliyesi, parapetler, kemer, köprü ayağı, kaset kalıbı, kolonlar ve kirişler
- Tamiratlar: Heykelsi mimari kornişlerin, duvar nakışlarının, sütun başlıklarının tamirata
- Sahada Uygulanan Yüzey Bağlaması: Kuru blok duvarların bağlanması, metal sıva tirizine tek katmanlı yüzey bağlaması, düşük maliyetli ekonomik barınak, hayvanat bahçeleri, parklar için suni kayalar, (Şekil 9).



Şekil 9. Suni kayalar (Artificial rockscapes)

- Asbestle Yer Değiştirme: Levha cephe kaplaması (düz, profilli), çatı kiremiti, yangına dayanıklı temel, genel kalıplanmış şekiller ve kalıplar
- Yangın Korunmalı Sistemler: Yangın kapıları, iç yangın kapıları, bölmeler, yalıtım levhaları
- Bina Geneli: Dış duvar sistemleri, cephe panelleri, çatı sistemleri (kiremitler, şingül), lentolar, kiler ızgarası ve döşeme ızgarası, dekoratif ızgaralar ve güneşlikler, delikli taşıyıcı olmayan kolonlar ya da sütunlar, çarpmaya dayanıklı endüstriyel döşemeler, tuğlalı-siding cephe panelleri



Şekil 10. Düşük maliyetli konut (Low-cost house)



- Düşük Maliyetli Konut, Okullar, Fabrika Binaları: Ahşap çerçeveli tek veya iki katmanlı cephe sistemleri, prefabrik döşeme ve çatı birimleri (Şekil 10).
- Küçük Binalar ve Duvarlar: Kulübeler, garajlar, akustik duvarlar, büfeler, telefon kulübeleri, (Şekil 11).



Şekil 11. Kulübe (Hut)

- Küçük Konteynırlar: Komünikasyon birleştirici kutular, depo tankları, silolar, sayaç kaplaması ve kaplamalar, rögar kaplaması ve kaplamalar, tesisat kutuları
- Cadde Mobilyası ve Birleşik Bileşenler: Oturaklar ve banklar, çiçeklikler, çöp kutusu, işaretler, gürültü bariyeri, otobüs durağı, revetman kaplama panelleri, (Şekil 12).



Şekil 12. Çiçeklik (Jardinier)

- Su Uygulamaları: Düşük basınçlı borular (drenaj, kanalizasyon), kolektör kaplaması, su kanalları, kanal kaplamaları, arazi drenaj bileşenleri (denetim odası, yangın musluğu odası, kapı duvar kaplaması, boru drenaj ağız,

drenaj kaplaması, kapak), tanklar (yüzme havuzları, gölet, balık çiftliği, kanalizasyon işlemi, kirli su tankları, depo tankları) (Şekil 13) (PCA, 1991).



Şekil 13. Kanalizasyon uygulaması.  
(Sewage application)

#### CTB CEPHE PANELLERİNDE OLUŞAN SORUNLAR (PROBLEMS OCCURED IN GRC FACADE PANELS)

Bina bozulmasına yol açan faktörler;

- nem,
- doğal havalanma,
- korozyon ve kimyasal reaksiyon,
- yapısal ve ısıl hareket,
- kullanıcının davranışı ve verdiği hasar, olarak sıralanabilir (Mills, 1994).

Bina cephelerinde oluşan sorunlar dört grupta toplanabilir.

1- Cephe yüzeyinde oluşan sorunlar:

- Cephe detayı tasarımından kaynaklanan sorunlar,
- Derz tasarımı, derz boşlukları, birleşim detayları hatalarından kaynaklanan sorunlar,
- İşçilik hatalarından kaynaklanan sorunlar,
- Yapının fonksiyonu dışında kullanılması sonucu oluşan sorunlar,
- Eskimeden kaynaklanan sorunlar,

2- Malzemenin iç yapısında oluşan sorunlar:

- İmalattan kaynaklanan sorunlar,
- Eskimeden kaynaklanan sorunlar,

3- Yapı malzemesi sistem sorunları:

- Yapı sistemi tasarımı hatalarından kaynaklanan sorunlar,
- İmalattan kaynaklanan sorunlar,
- Eskimeden kaynaklanan sorunlar,

#### 4- Kullanıcı hatalarından kaynaklanan sorunlar:

- İşlev değişikliğinden kaynaklanan sorunlar,
- Estetik değerin bozulmasından kaynaklanan sorunlar, olarak gruplanabilir.

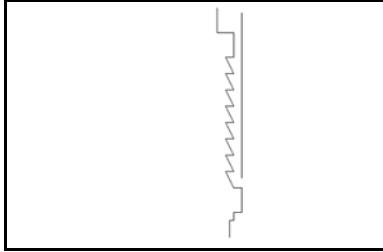
CTB cephe panellerinde oluşan cephe sorunlarının (Tablo 4). aşağıdaki bulgular çerçevesinde ortaya çıktığı tespit edilmiştir:

#### 1- Cephe yüzeyinde oluşan sorunlar:

- Yağmur suyunun cepheye etkisine bağlı olarak, cephede lekelenmeler oluşmaktadır (Şekil 14).



(a)



(b)

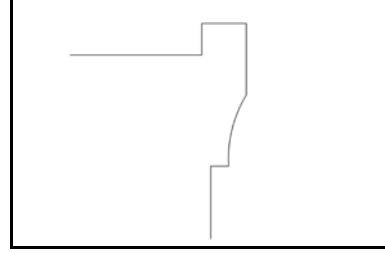
**Şekil 14.** Detay tasarımı sonucu cephe kirlenmesi, a). CEPHE detayı-1, b). CEPHE detayı-1'in çizimi.

(Facade dirtiness by the result of detail design, a) FACADE detail-1, b) Drawing of FACADE detail-1)

- Detay tasarımı (harpuşa, saçak, kat silmesi, pencere sövesi vb.) hatalarına bağlı olarak cephede lekelenmeler oluşmaktadır (Şekil 15).
- Panellerin koruma amaçlı boyanması ile, sıva ve betonun reaksiyonu sonucunda renk atması oluşmaktadır.



(a)



(b)

**Şekil 15.** Detay tasarımı sonucu cephe kirlenmesi, a). CEPHE detayı-2, b). CEPHE detayı-2'nin çizimi.

(Facade dirtiness by the result of detail design, a) FACADE detail-2, b) Drawing of FACADE detail-2)

- Beton yapısına bağlı olarak, rötre ve sünme sonucunda panellerde kavislenme ve bombelenme oluşmaktadır.
- Rüzgar ve güneş etkisi ile contaların kuruması sonucunda, birleşim yerleri açılmakta ve nem problemi oluşmaktadır.
- Bina yüzeyinde drenaj borusu deliği açılması, yüzeyde nem problemi oluşturmaktadır.
- Rüzgar ve nem problemleri sonucunda panel yüzeyi aşınıp, dökülmektedir.
- Montajlama sırasında işçilik hatası sonucunda hasarlanan beton paneller, genellikle köşelerinden kırılır. Bu paneller, müteahhit tarafından yenisiyle değiştirilmek yerine, tamir ettirilmektedir. Bu da daha sonra, nem problemi oluşmasına yol açmaktadır (Richardson, 1991).

#### 2- Malzemenin iç yapısında oluşan sorunlar:

- Alkali reaksiyonu sonucunda panellerde büyük çatlaklar oluşabilmektedir.
- Birleşim yeri detaylarının tasarımının hatalı olmasına bağlı olarak nem problemi oluşmaktadır. Bu da cephede

kimyasal bozulmaya ve bina içerisine su penetrasyonuna yol açmaktadır.

### 3- Yapı malzemesi sistem sorunları:

- Panel bağlantı detaylarının düzgün ve yüklenecek yükleri karşılayacak nitelikte yapılmaması sonucunda, bağlantı elemanlarında burkulma oluşmakta ve paneller bombelenmektedir.

### 4- Kullanıcı hatalarından kaynaklanan sorunlar:

- İşlevsel ve estetik açıdan uygunsuz ekler yapılması, cephe yüzeyinde (lekelenme) ve malzeme iç yapısında sorunlar (korozyon) oluşturmaktadır.

Tablo 4.'de CTB cephe panellerinde oluşan cephe sorunları ve cephe sorunlarının sebep ve sonuç ilişkileri gösterilmiştir (Demirtaş, 2010).

**Tablo 4.** CTB cephe panellerinde oluşan cephe sorunları ve cephe sorunlarının sebep ve sonuç ilişkileri  
(Facade Problems occurred in GRC Facade Panels and their cause and result relation)

CEPHE SORUNLARI	YAPI ELEMANI	Cephe Panelleri	Parapet	Kolon Kaplaması	Kiriş Kaplaması	Kat Silmesi	Pencere Sövesi	Saçak Kornişi	Harpuşta	Polimer Conta	Mastik Conta	Durdurucu	Çubuk Çerçeve	Bağlantı Elemanı
1	YAĞMUR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	RÜZGAR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	GÜNEŞ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	KİMYASAL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	TESİSAT	X	X	X	X									
6	DEPREM	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	YER ÇEKİMİ	X	X	X	X							X	X	X
8	RÖTRE	X	X	X	X							X	X	X
9	SÜNME	X	X	X	X							X	X	X
10	SICAKLIK	X	X	X	X					X	X	X	X	X
11	KULLANICI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
SORUNLAR	SONUÇLAR													
1,2,3	Lekelenme	X	X	X	X	X	X	X	X					
1,2,3,4	Derz Lekelenmesi									X	X			
4,6,7,8,9,11	Çatlama	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
5	Pis Su Tesisatı	X	X	X	X									
1,2,5,11	Su Penetrasyonu	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
3,4,8,11	Timsah Sırtı Çatlama	X	X	X	X			X	X					
1,2,3,4,11	Soyulma ve Pul Pul Dökülme	X	X	X	X	X	X	X	X					
1,3,11,	Renk Solması	X	X	X	X	X	X	X	X					
8	Kavislenme	X	X	X	X									
6,7	Bombelenme	X	X	X	X									
1,2,3,4,11	Çürüme	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1,2,3,4,11	Korozyon									X	X	X	X	X

1,2,3,8,9,10,11	Adhezyon Hatası									X				
1,2,3,8,9,10,11	Kohezyon Hatası									X				
1,2,3,8,9,10,11	Kabarıp Dökülme									X	X			
1,2,3,8,9,10,11	Ekstrüzyon									X				
1,2,3,8,9,10,11	Sertleşme									X	X			
1,2,3,8,9,10,11	Hava Alma									X	X	X	X	X
1,2,3,8,9,10,11	Yumuşama									X	X			
1,2,3,8,9,10,11	Çökme									X				
1,4,5,11	Estetik Bozulma	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
6,7,10,11	İşlevsel Bozulma	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

### ÇÖZÜM YOLLARI (SOLUTION METHODS)

Cephe panellerinin yapımında ve kullanımında aşağıdaki konulara dikkat edilmesi, oluşacak sorunların engellenmesini sağlayacaktır.

1. Panel yüzeylerinde oluşan kılcal çatlaklara karşı koruma sağlamak için boyama yoluyla panel korunabilir.
2. Panellerin boyanması sonucunda, zamanla rengi attığı için, seçilecek boyanın sodyum hidroksit reaksiyonuna dayanıklı olmasına dikkat edilmelidir.
3. GRC panellerde, alkali reaksiyonundan paneli korumak için, alkali dayanımlı cam fiberler kullanılmalıdır.
4. Cephede oluşabilecek yağmur ve rüzgâra bağlı sorunları önlemek için, cephe sürekliliğinin ve derzlerin bozulmayacak şekilde yapılmasına dikkat edilmelidir.
5. Malzeme iç yapısında oluşan bozulmaları önlemek için, iklimsel veriler göz önünde bulundurularak malzeme tasarımı yapılmalıdır.
6. Yapı sistemi tasarım hatalarını azaltarak, depremle oluşan sorunlar azaltılabilir. Bu hataların önlenmesi için, panel bağlantılarındaki toleranslara uyulması gerekmektedir. Yüklenecek yükleri karşılayabilecek nitelikte taşıyıcı sistem ve bağlantı detayı oluşturulmalıdır.

7. Bina cephesindeki sorunları gidermek için, sorunlar sonucunda oluşan cephe hatalarına uygun bakım tekniği uygulanmalıdır.
8. Bina cephelerinin bakımı için, uygun bir bakım sistemi ve binanın kendisine ait bakım kılavuzu hazırlanmalıdır.
9. Bina cephelerinde yağmura bağlı bozulmaların önlenip, giderilebilmesi için cephelerin düzenli olarak temizlenmesi gerekmektedir.
10. CTB cephe panelleri için, CTB cephe temizliği uygulaması yapan firmalara cephenin temizletilmesi gereklidir.
11. Kullanıcılar bilinçlendirilmeli, binalara sonradan yapılacak uygunsuz ekler önlenmelidir.
12. Cephe detayı tasarım hatalarını azaltmak için tasarımcılar, bilinçlendirilmeli ve eğitilmelidir.
13. İşçilik hatalarını azaltmak için, işçiler eğitilmelidir. (Demirtaş, 2010).

### Cephe bakımı (Facade Maintenance)

Bina dışının bakımı, dönemsel olarak 5 yılda bir yapılmalıdır. Cam macunları, tenekecilik işleri, oluklar, borular ve çatı kontrol edilmeli ve rutin onarımlar devam ettirilmelidir (Mills, 1994).

Tasarım aşamasından itibaren, bina temizliğinin yapılabilmesi göz önünde bulundurulmalıdır. Bina cepheleri, seyyar merdiven, mobil kule, sürekli iskele kullanımına

ve temizlik, onarım ve bakım yapılması için uygun olmalıdır (Mills, 1994).

Cephe elemanlarının düzenli olarak temizlenmesi, cam, panel ve çerçeve elemanlarının daha iyi şartlarda korunmasını sağlar. Cephe temizliğinde su deliklerinin temizlenmesi, temizliğin önemli kısmını oluşturur. Gelişi güzel şekilde cephenin yıkanması, drenajlı birleşim yerleri için uygun değildir. Uzmanlar, 5 ila 10 yıl zaman aralığında, iskeleler yardımıyla kontrol yapılmasını önermektedir (Mills, 1994).

Paneller, mastik birleşim yerleri ve conta birleşim yerleri, düzenli olarak kontrol edilmelidir. Düzenli kontrol ve temizleme sadece binanın dış görüntüsünün bakımının yapılmasını sağlamaz, aynı zamanda inşaat malzemesini korur (Mills, 1994).

## SONUÇ (CONCLUSION)

CTB, malzeme olarak endüstrileşmiş üretimde, inşaat malzemesi olarak alt yapı ve üst yapı elemanlarında kullanılmaktadır. Çeşitli oranlarda hazırlanabilen CTB karışımları çeşitli imalat teknikleri ile çok geniş alanda yapı elemanı üretimine imkân tanır.

Ön karışım ve vibrasyon tekniği, savurma döküm, pres kalıplama ve enjeksiyon kalıplama gibi farklı imalat metodları bulunan CTB'nin püskürtme metodu CTB panel imalatı için yaygınlıkla kullanılmaktadır. CTB paneller, hafifliği ve üstün mukavemet özellikleri sayesinde, cephe paneli olarak diğer prekast beton paneller yerine tercih edilmektedir. Çelik

donatı gerektirmemeleri nedeniyle, panellerde pas lekesi oluşmaz ve paneller daha hafiftir.

Çeşitli yapı sistemleri oluşturulabilen CTB cephe panellerinde çeşitli cephe sorunları meydana gelmektedir (Tablo 4). Cephe yüzeyinde oluşan sorunlar, genellikle nem ve dış hava koşulları nedeniyle lekelenme şeklinde; malzeme iç yapısında oluşan sorunlar, betonun kimyasal ve mekanik özelliklerine bağlı olarak meydana gelmektedir. Yapı sistemi tasarım sorunları, deprem, ısıl hareket ve dış hava ve ortam şartlarından kaynaklanmaktadır. Bu sorunlar, tasarım ve uygulama aşamasında alınacak önlemler (detay tasarımı, uygun karışım oranları ve imalat tekniği seçilmesi vb. gibi) ve uygun bakım teknikleri uygulamak yoluyla azaltılabilir.

Projenin tamamlanmasından sonra ortaya çıkan kullanıcı hataları ise daha çok binalara daha sonradan yapılan uygunsuz ekler ve doğru yapılmayan bina bakımı sonucunda oluşmaktadır. Binaların dönemsel olarak kontrol ve bakımlarının yapılması, oluşan sorunları çözecek ve kullanımdan *ve diğer* sebeplerden kaynaklanan sorunların artmasını engelleyecektir.

GRC panel uygulaması yapılmasının neden gerekli olduğu, ne gibi avantaj ve dezavantajlarla karşılaşıldığının araştırılması ve bu konularda yapılacak çalışmalar, malzeme olanakları konusunda gerekli bilincin tasarımcılar ve işveren çevrelerinde gelişmesini sağlayacak, böylece GRC cephe panelleri sektörü daha iyi duruma gelecektir.

## KAYNAKLAR (BIBLIOGRAPHY)

- Barry, R., 2001, *The Construction of Buildings Fifth Edition (Volume 4)*, 2001, Great Britain
- Bennett, David, 2005, *The Art of Precast Concrete (Colour Texture Expression)*, Yayınevi: Birkhäuser Basel, SpringerLink Date Tuesday, April 03, 2007
- Brookes, Alan, 1998, *Cladding of Buildings*, baskı 3. ed, New York,
- Demirtaş, G., 2010, *GRC Cephe Panellerinde Sorunlar ve Çözüm Önerileri*, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya,
- Erdoğan, Sinan T., ERDOĞAN, Turhan, Y., 2007, *Bağlayıcı Malzemelerin ve Betonun Onbin Yıllık Tarihi*, ODTÜ Yayıncılık, Ankara
- Erol, M., 2010, BÖLÜM 3, *Karma malzemeler* (KYM 345 2007-2008 Ders notları bl.3), ©2010 Google, Google, (<http://chem.eng.ankara.edu.tr/345/345not4.pdf>), (Ziyaret tarihi: 28-07-2010)
- Johnston, Colin D., 2003, *Lif Reinforced Cements and Concretes, Advances in Concrete Technology (Volume 3)*, by Taylor & Francis, Canada

- Majumdar, A.J., Laws, V., 1991, *Glass Lif Reinforced Cement*, BPS Professional Books, Division of Blackwell Scientific Publications Ltd.
- Mills, Edward D., 1994, *Building Maintenance and Preservation*, Yayinevi: Butterworth-Heinemann, Bath,
- Newman, John, Choo, Ban Seng, 2003, *Advanced Concrete Technology Set, Volume-1 Concrete Properties*, Butterworth-Heinemann, England
- Palazzi, G., 2010, *Materia 47/ Floornature*, Floornature.com Spa, *www.floornature.com*, (<http://www.floornature.com/progetto.php?id=4668&sez=30>), (Ziyaret tarihi: 28-07-2010)
- PCI Committee, 1991, *Manual for Quality Control for Plants and Production of Glass Lif Reinforced Concrete Products*, MNL-130, Precast/ Prestressed Concrete Institute, Chicago,
- PCI Committe, 1993, *Recommended Practice for Glass Lif Reinforced Concrete Panels*, MNL- 128, Precast/ Prestressed Concrete Institute, Chicago, 99pp.
- Portland Cement Association (PCA), 1991, *Lif Reinforced Concrete*, USA
- Richardson, Barry A., 1991, *Defects and Deterioration in Buildings*, Yayinevi: Chapman and Hall, UK,
- Taylor, Howard P.J., 1992, *Precast Concrete Cladding*, Halsted Press, New York,
- Anonymous 1, 2010, *Centrifugal casting (industrial)*, *Wikipedia, the free encyclopedia*, Wikimedia, ([http://en.wikipedia.org/wiki/Centrifugal\\_casting\\_\(industrial\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Centrifugal_casting_(industrial))), (Ziyaret tarihi: 28-07-2010)
- Anonymous 2, 2010, *Composite material*, *Wikipedia, the free encyclopedia*, 2010, Wikimedia, ([http://en.wikipedia.org/wiki/Composite\\_material](http://en.wikipedia.org/wiki/Composite_material)), (Ziyaret tarihi: 28-07-2010)
- Anonymous 3, 2010, *GRC in Action*, (The Glassfibre Reinforced Concrete Association (GRCA)) Concrete Society, (<http://www.grca.org.uk/section/downloads/downloadfiles/GRC%20in%20Action%202006.pdf>), (Ziyaret tarihi: 28-07-2010)
- Anonymous 4, 2010, *Specification for the Manufacture, Curing and Testing of GRC Products*, (The Glassfibre Reinforced Concrete Association (GRCA)) (<http://www.grca.org.uk/section/downloads/downloadfiles/>), (Ziyaret tarihi: 28-07-2010)
- Anonymous 5, 2010, *Injection molding*, ([http://en.wikipedia.org/wiki/Injection\\_molding](http://en.wikipedia.org/wiki/Injection_molding)), *Wikipedia, the free encyclopedia*, Wikimedia, (*en.wikipedia.org*), (Ziyaret tarihi: 28-07-2010)