



**GAZ BETON DUVARLAR ÜZERİNDE BALİSTİK MERMİ ATIŞLARIN
ETKİLERİ**

Sefa EKİNCİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2022

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Sefa EKİNCİ

28/01/2022

GAZ BETON DUVARLAR ÜZERİNDE BALİSTİK MERMİ ATIŞLARIN ETKİLERİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Sefa EKİNCİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ocak 2022

ÖZET

Terörle mücadele faaliyetleri kapsamında yapılan bölgesel çalışmalarda, güvenlik personelinin hizmet verebilmesi için şehrin giriş ve çıkış noktaları başta olmak üzere birçok önemli noktada kurulan güvenlik noktalarına yapılan saldırılar karşısında farklı çözüm üretilmesi ihtiyacı doğmuştur. Bu kapsamda inşaat yapım tekniklerinde kullanılan gazbetondan oluşturulan duvar tiplerinin yön ve doğrultusu değiştirilerek üzerinde yapıştırma harcı+sıva, monolitik elastomer poliürea ve newtonsal olmayan sıvı ile oluşturulan malzemeler ile 7 farklı varyasyon denenmiştir. Bu varyasyonlara BR6 ve BR7 (EN 1063 Standartında belirtilen balistik koruma standartları) standartlarında balistik atışlar yapılarak malzemenin dayanımı test edilmiştir. Bu çalışmada temel amaç güvenlik kulüpleri ile ilgili en kısa zamanda ve düşük maliyet ile güvenlik parametreleri açısından en uygun malzemenin belirlenerek güvenilir bir yapı oluşturulması amacıyla yapılmıştır. Çalışma sonucunda en iyi sonuçlar, gazbetonun dar yüzeyine yapılan atışlar ile newtonsal olmayan sıvı ile oluşturulan platforma yapılan atışlarda elde edilmiştir.

Bilim Kodu : 91127
Anahtar Kelimeler : Gazbeton, Balistik özellikler, Newtonsal olmayan sıvı, Duvar örgü teknikleri.
Sayfa Adedi : 59
Danışman : Doç. Dr. Gökhan DURMUŞ

THE EFFECTS OF BALLISTIC SHOTS ON AERATED CONCRETE WALLS
(M.Sc. Thesis)

Sefa EKİNCİ

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
January 2022

ABSTRACT

In the regional studies carried out within the scope of counter-terrorism activities, the need to produce different solutions has arisen in the face of attacks on the security points established at many important points, especially the entrance and exit points of the city, in order for the security personnel to serve. In this context, 7 different variations were tested with the materials created with adhesive mortar + plaster, monolithic elastomer polyurea and non-Newtonian liquid by changing the direction and direction of the wall types made of aerated concrete used in construction techniques. The strength of the material was tested by making ballistic shots at these variations in accordance with the BR6 and BR7 (ballistic protection standards specified in the EN 1063 Standard). The main purpose of this study was to determine the most suitable material in terms of security parameters in the shortest time and at low cost, and to create a reliable structure for security cabins. As a result of the study, the best results were obtained with the shots made on the narrow surface of the aerated concrete and the shots made on the platform formed with non-newtonian fluid.

Science Code : 91127
Key Words : Aerated concrete, Ballistic properties, Non-Newtonian fluid, Masonry techniques.
Page Number : 59
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Gökhan DURMUŞ

TEŞEKKÜR

Bu tezi yöneten ve çalışmalarım sırasında değerli bilgi ve yardımları ile yanımda olan çok değerli hocam Doç. Dr. Gökhan DURMUŞ'a, deneysel çalışmalarına yaptıkları katkılar ile ürün desteklerinden dolayı Emniyet Genel Müdürlüğü İnşaat Emlak Dairesi ve Kriminal Dairesi Başkanlıklarına, Türk YTONG Sanayi A.Ş. ile İzoneks İnşaat Yapı Market firmalarına, deneysel çalışmalarımda göstermiş oldukları yardım ve destekleri dolayısıyla değerli arkadaşlarım Melih İNÖZÜ, Talha ÜNAL, Kutay GÜZEL, Hüseyin ÇETİN, Kaan KOÇYİĞİT'e ve bu çalışmanın ortaya çıkması için her türlü maddi ve manevi desteği sağlayan sevgili eşim Aslı Nur EKİNCİ ile çok değerli annem Fahriye EKİNCİ ve babam Mustafa EKİNCİ'ye teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	3
2.1. Gazbeton	10
2.2. Yapıştırma Harcı.....	16
2.3. Su	16
2.4. Alçı.....	16
2.5. Monolitik Elastomer Poliürea	17
2.6. Newtonsal Olmayan Sıvı	18
2.7. G3 Piyade Tüfeği.....	19
2.8. Balistik Mermi	19
3. MATERYAL VE METOD	21
3.1. Materyal.....	21
3.1.1. Gazbeton.....	21
3.1.2. Yapıştırma harcı, sıva ve karışım suyu	23
3.1.3. Monolitik elastomer poliürea	23
3.1.4. Newtonsal olmayan sıvı	24

	Sayfa
3.1.5. G3 piyade tüfeği ve balistik mermi	25
3.2. Metot.....	27
3.2.1. Çalışmadaki atış deney çalışmaları	30
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	35
4.1. Atış Deneyi-1.....	35
4.2. Atış Deneyi-2.....	40
4.3. Atış Deneyi-3.....	44
4.4. Atış Deneyi-4.....	46
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ	59

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Uluslararası balistik koruyucu standartları	5
Çizelge 2.2. Mermi ve malzeme açısından balistik performans parametreleri.....	5
Çizelge 3.1. Gazbetona ait teknik özellikler	22
Çizelge 3.2. Yapıştırma harcına ait teknik özellikler.....	23
Çizelge 3.3. G3 piyade tüfeğine ait teknik özellikler.....	26
Çizelge 3.4. Balistik seviyeler tablosu	28
Çizelge 3.5. Atış deneyi modellemesi.....	29
Çizelge 4.1. Merminin gazbetonun geniş yüzey üzerindeki etkisi (Ölçümler taban ve sol yüzeyden itibaren yapılmıştır.).....	36
Çizelge 4.2. Merminin gazbeton dar yüzey üzerindeki etkisi (Ölçümler taban ve sol yüzeyden itibaren yapılmıştır.).....	40
Çizelge 4.3. Merminin çift sıra oluşturulan gazbeton üzerindeki etkisi (Ölçümler taban ve sol yüzeyden itibaren yapılmıştır.)	44
Çizelge 4.4. Merminin nişasta ile oluşturulan gazbeton üzerindeki etkisi (Ölçümler taban ve sol yüzeyden itibaren yapılmıştır.)	47

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Gazbetonun üretim süreci	13
Şekil 3.1. Gazbeton duvarın geniş iki kısa yüzeyine atışın şematik gösterimi	30
Şekil 3.2. Gazbeton duvarın kısa iki kısa yüzeyine atışın şematik gösterimi	31
Şekil 3.3. Yapıştırma harcı+sıva atış şeması	33
Şekil 3.4. Yapıştırma harcı-sıva ve önünde newtonsol olmayan sıvının atış şeması	34
Şekil 4.1. Yapıştırma harcı-sıva kaplamalı gazbetonlara yapılan atışlardaki mermilerin yatayda ve düşeyde yaptıkları hareket	37
Şekil 4.2. Monolitik elastomer poliürea kaplamalı gazbetonlara yapılan atışlardaki mermilerin yatayda ve düşeyde yaptıkları hareket	38
Şekil 4.3. Yapıştırma harcı-sıva kaplamalı gazbetonların dar yüzeyine yapılan atışlardaki mermilerin yatayda ve düşeyde yaptıkları hareket.....	41
Şekil 4.4. Monolitik elastomer poliürea kaplamalı gazbetonların dar yüzeyine yapılan atışlardaki mermilerin yatayda ve düşeyde yaptıkları hareket.....	42
Şekil 4.5. Çift sıra oluşturulan yapıştırma harcı-sıva yüzeyli gazbetonlara yapılan atışlardaki mermilerin yatayda ve düşeyde yaptıkları hareket.....	45
Şekil 4.6. Nişasta yüzeyli gazbetonlara yapılan atışlardaki mermilerin yatayda ve düşeyde yaptıkları hareket	48

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Poliürea uygulama alanları.....	8
Resim 2.2. Oobleck sıvısına yapılan atış ve etkisi	9
Resim 2.3. Zırhlı kabin.....	10
Resim 2.4. Oobleck karışımı	18
Resim 2.5. G3 piyade tüfeği.....	19
Resim 2.6. Silah ve mermi standartları	20
Resim 3.1. Gazbetondan üretilmiş duvar uygulamaları	22
Resim 3.2. Gazbeton yüzeyinde uygulanan monolitik elastomer poliürea uygulaması.	24
Resim 3.3. Gazbeton yüzeyinde uygulanan platform içerisindeki nişasta	25
Resim 3.4. G3 piyade tüfeği.....	26
Resim 3.5. BR7 zırh delici mermi.....	27
Resim 3.6. Atış hattı tertibatı	28
Resim 3.7. Gazbeton duvarın geniş iki kısa yüzeyine yapılacak atışların gösterimi	31
Resim 3.8. Yan yüzeyi yapıştırma harcı-sıva ve monolitik elastomer poliürea hazırlanmış numuneler	32
Resim 3.9. Çift sıra halinde yapıştırma harcı-sıva ile hazırlanmış numuneler	33
Resim 3.10. Yapıştırma harcı-sıva ve önünde newtonsallı olmayan sıvı ile hazırlanmış numune.....	34
Resim 4.1. Yapıştırma harcı-sıva kaplı gazbetona yapılan atışlar	39
Resim 4.2. Monolitik elastomer poliürea kaplı gazbetona yapılan atışlar	39
Resim 4.3. Yapıştırma harcı-sıva kaplı gazbetonun dar yüzeyine yapılan atışlar.....	43
Resim 4.4. Monolitik elastomer poliürea kaplı gazbetonun dar yüzeyine yapılan atışlar.....	44
Resim 4.5. Çift sıra oluşturulan gazbetona yapılan atışlar	46
Resim 4.6. Nişasta kaplamalı gazbetonlara yapılan atışların etkisi	49

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
cm	Santimetre
kg	Kilogram
lt	Litre
m	Metre
mm	Milimetre
BR6, BR7	Uluslararası Kurşun Geçirmez Cam Standartları
C	Celsius
C₁₅H₁₀N₂O₂	4,4'-Diphenylmethane diisocyanate
C₈H₂₀N₂O₂	Hexane-1,6-diamine acetate
CaSO₄2H₂O	Alçıtaşı
CaSO₄	Kalsiyum sülfat
G2,G4,G6	Ytong Sınıfları
Mm/m	Rötre Değeri
N	Newton
OH	Hidroksil
R-N=C=O	İzosiyanat
W/mK	Isı İletkenlik Değeri
Kısaltmalar	Açıklamalar
ACC	Autoclaved Aerated Concrete
EN1063	Euronorm Standard For Security Glazing
FJ1	Full Steel Jacket

Kısaltmalar**Açıklamalar****FJ2**

Full Copper Alloy Jacket

HOSDB

UK Home Office Scientific Development Branch

HCI

Steel Hard Core

NATO

North Atlantic Treaty Organization

NIJ

National Institute of Justice

PB

Pointed Bullet

PBO

Polybenzobisoxazole

PPID

Polypyridobisimidazole

SC

Soft Core (Lead)

TS

Türk Standardı

UHMWE

Yüksek Moleküler Ağırlıklı Polietilenler

1. GİRİŞ

Yapı ihtiyacının her geçen gün artması, inşaat sektöründeki teknolojik ürün ve süreç yeniliklerinin yaygınlaşması ve sosyolojik, çevresel ve endüstriyel faktörlerinde etkisi ile beraber daha az işgücü ile daha kısa sürede kaliteli ve ucuz yapı meydana getirebilmek yapım sürecinde farklı teknik ve yöntemlerin kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Mevcut inşaat yapımında kullanılan ürünlerin üretim tekniklerinde değişiklikler yapılması ve bunun sonucunda yeni ürünlerin bulunması, ürünlerde hızlı bir biçimde çeşitliliğe yol açmış ve niteliklerinde değişimlerin oluşmasını sağlamıştır. Yapımda endüstrileşmenin gelişmesiyle ham maddelerin işletim süresi boyunca oluşacak ürün, harcanan emek ve zamanın kullanımını en doğru şekilde sağlamak için alınacak tedbirler önemli hale gelmiştir. İnşaat sektöründe yapı malzemeleri içerisinde kullanılan ve önemli bir yer tutan gazbeton, günümüzde önemli ölçüde pazar payı edinmiştir. Gazbeton, hafifletilmiş yapı elemanlarını üretmek için geliştirilmiş teknoloji ile üretilen bir malzemedir. 18 Kasım 1989'da Resmi Gazetede yayınlanan TS 453 "Gazbeton ve Köpük Beton Yapı Malzeme ve Elemanları Standardı" içeriği incelendiğinde gazbeton için; gazbeton ve köpük betonu birlikte ele alarak ince öğütülmüş silisli bir agrega ve inorganik bir bağlayıcı madde (kireç/çimento) ile hazırlanan karışımın gözenek oluşturuca bir madde ilavesi ile hafifletilmesi ve buhar kürüyle sertleştirilmesi ile elde edilen gözenekli hafif beton olarak ifade edilmektedir [1]. Gazbeton yapı ürünleri ve gazbeton yapım sistemlerinin yapı üretiminde kullanımı doğru ve eksiksiz tasarımın tespit edilip uygulanması ve yapım aşamasındaki uygulanan çeşitlilik sayesinde, hem yapının sağlıklı bir formda olmasını, hem de kaliteli ve uzun ömürlü olmasının yanı sıra kullanıcıyı ve çevresini de olumsuz etkilememektedir. Bu durum zaman ve para açısından hızlı ve ekonomik bir çözüme gidilmesini ve yapıda gazbeton yapı ürünlerinden beklenen faydaların görülmesine olanak sağlar. Yani gazbeton yapı ürünlerinden beklenen performansların gerçekleştiği ve istenilen düzeyde kaliteye ulaşıldığı görülür. Gazbeton ile oluşturulan sistemlerde üretimin hızlı olmasının yanı sıra, rasyonel ve ekonomik olması, nakliyyede sağlanan kolaylık, tamamlayıcı bir ürün olması, yüksek basınç dayanımı sağlayabilmesi, uygun ısı yalıtım özelliklerini barındırması ve daha birçok nedenden dolayı tercih edilmektedir.

Bu çalışmada muhtemel terör saldırılarına karşı koruma sağlamak amacıyla gazbeton ile oluşturulabilecek yapı formlarının European Standard EN 1063'te belirtilen balistik standartlar açısından incelenmesi için yapılmıştır. Bu yapı formları yön ve doğrultusu

değiştirilen gazbeton ile üzerinde yapıştırma harcı+sıva, monolitik elastomer poliürea ve newtonsal olmayan sıvı ile 7 farklı varyasyon oluşturularak yapılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Dünya tarihi boyunca insanoğlu bir yandan daha gelişmiş silah teknolojilerini geliştirirken diğer taraftan icat ettiği silahlara karşı nasıl bir koruma sağlama konusunda çeşitli araştırmalar yapmıştır [2]. İlk koruyuculuk hayvan derileri ile başladığından bu yana çeşitli birçok malzeme geliştirilmiş ve kullanılmıştır. 13. ve 14. yüzyıllarda insanların savaş meydanlarında kendini korumak amacıyla tüm vücutlarını saran çelik elbiselerle mücadele etmesiyle başlayan süreçle beraber gelişerek çelik levhalar halini almıştır [3]. Bu alanda gelişen teknolojiye bağlı olarak bina, araç ve özellikle personel zırhında yüksek dayanım ve düşük yoğunluk barındıran malzeme ihtiyacı doğmuştur. Daha hafif vücut zırh sistemleri ile hareket kabiliyetini artırmak ve aynı zamanda belirli tehditlere karşı koruma sağlamak ana amaç olarak hedeflenmiştir. Bu gelişmelere bağlı olarak, daha hafif ve kullanışlı vücut zırh malzemeleri kullanımının yaygınlaşmasına neden olmuştur [4]. Levhalardan üretilen yumuşak balistik zırhlar ilk kez 1860 yılında Kore’de test edilmiştir [5]. II. Dünya savaşı ile kişisel koruyucu zırhların gelişmesi hız kazanmıştır. Daha sonra Arizona ve Illinois'deki araştırmacılar belirli silahlardan atılan mermileri durdurmayı başaran ipekten üretilmiş bir kumaş geliştirmişlerdir [6]. Günümüzde ise tekstil mühendisliği ile yapılan ortak araştırmalar neticesinde bu alanla ilgili çalışmalar genişleyerek devam etmiştir. Özellikle zırh tasarımında istenilen ve beklenen yüksek mukavemet, hafiflik, düşük maliyet ve hareket kabiliyetini sağlayan ve bu nitelikleri bir arada bulunduran Aramid, UHMWE (Yüksek Moleküler Ağırlıklı Polietilenler), PBO (Polybenzobisoxazole) Kumaşlar, Cam Fiber ve PPID (Polypyridobisimidazole) Lifleri gibi kumaşlar ile kompozit malzemelerin bir arada kullanılmasıyla yeni ürünler tasarlanmıştır.

Tabakalı hibrit kompozitlerin bireysel zırh malzemesi olarak kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla yapılan deneysel bir çalışmada takviye malzemesi olarak da 4 farklı karbon elyaf, 4 farklı cam elyaf ve Kevlar 49 Aramid elyafı kullanılmıştır. Mermiye karşı dayanımını incelemek amacıyla NIJ 0101.06 standartlarına göre yapılan değerlendirme sonucunda balistik testlerde en başarılı olan numunenin en ağır ve en kalın numune olan Cam Fiber (45°)10/Aramid(Plain)10/Karbon(45°)10 dizilimine sahip numunenin değil, Cam Fiber Twill 10/Aramid(Plain)10/Karbon(Twill)10 dizilimli olan numunenin olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar neticesinde twill dokuma yapısına sahip kumaşların balistik dayanımının daha iyi olduğu tespit edilmiştir [7].

Günümüz şartlarında tehlike boyutlarının farklılaşması sonucunda dışarıdan gelebilecek saldırılara karşı üst düzeyde koruma sağlamak için yapılan genel çalışmalarda balistik bilimi ile ilgili çalışmalar ön planda olmuştur. Balistik, yer çekimi ve atmosferik şartlar altında ateşlenen veya itilen cisimlerin, özellikle de şarapnel (parçacık), mermi ve roketlerin hareketlerini inceleyen bilim dalına denir [8]. Merminin namludan çıkıp hedefe varıncaya kadar geçirdiği zamandaki karmaşık olayı detaylı ve kapsamlı bir şekilde açıklamaya çalışır. Aynı zamanda uygulamalı mekanik biliminin özel bir bölümü olarak da kabul edilir [9].

Balistik genelde dört kısma ayrılır. Bunlar [8]:

İç balistik: tozların yanması ile silah yada roketteki gaz yayılması gibi olaylardaki termodinamik proseslerle ilgilenir.

Orta balistik: parçacık yada roketin, tüp veya fırlatma düzeneğini terk ederken ki davranışlarıyla ve meydana gelebilecek bozukluklarla ilgilenir.

Dış balistik: parçacığın yada merminin, roketin namlu ağzını veya fırlatma platformunu terk ettikten sonraki hareketleri ile ilgilenir.

Terminal balistik: Merminin hedefte oluşturduğu etkiyi veya zırhın (hedefin) mermide gösterdiği etkiyi inceleyen ayrıca hedef darbe dinamiği ile de ilgilenir.

Balistik koruyucu malzemelerin koruma seviyeleri ile ilgili standartlar, ulusal veya uluslararası geçerlilikleri kanıtlanmış ve yaygın olarak kabul edilen NIJ (The US National Institute of Justice) [10, 11] ve HOSDB (UK Home Office Scientific Development Branch) standartlarıdır. Bunun dışında NATO ve Türk Standartları Enstitüsü [12] tarafından da çeşitli askeri standartlar geliştirilmiştir. Ancak hızla gelişen silah teknolojisi ile birlikte bölgesel bazlı silahlı çatışmaların farklı tehdit unsurlarını barındırması, tüm bölgeler için tek bir uluslararası balistik koruyucu malzeme standardı oluşturulması ve kullanılmasında yeterli olmamaktadır. Bu amaçla farklı malzemeler üzerinde balistik çalışmalar yapılmaktadır. Uluslararası balistik koruyucu standartlarının bazıları Çizelge 2.1. de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Uluslararası balistik koruyucu standartları

Standart No	Standartlar
EN1063 Euronorm Standard For Security Glazing	EN1063 Euronorm Standard For Security Glazing
NIJ-0101.06 National Institute of Justice	NIJ-0101.06 National Institute of Justice
MIL-STD-662 F Balistic Test For Armor	MIL-STD-662 F Balistic Test For Armor
STANAG 2920 Balistic Test Method For Personel Armor	STANAG 2920 Balistic Test Method For Personel Armor

Yapılan bu çalışmalarda malzemenin balistik performansını etkileyen ana parametreler olarak malzeme özellikleri ve yapısı ile mermi çekirdeğinin fiziksel özellikleri olmak üzere değerlendirme yapılabilir. Malzemenin balistik performansı yüksek hızlı darbe bölgesindeki cevap karakteristiği ile ilişkili ve darbe esnasında absorbe edebildiği enerji ile orantılıdır [13]. Malzeme kalınlığı da bazı durumlarda darbe sırasında soğurulan enerjiyi bariz bir biçimde etkilemektedir [14]. Malzemenin özellikleri kadar, tehlike oluşturan mühimmatın özellikleri de bilinmesi gerekir. Merminin yapısal özelliklerine, uç geometrisine, hızına, çekirdek malzemesi ve kaplama özelliklerine bağlı olarak merminin hedefe penetrasyonu ve deformasyonunda balistik özelliklerin tespitinde önemlidir [15].

Balistik performans parametreleri Çizelge 2.2.'de belirtildiği üzere genel olarak mermi ve hedef malzeme yönünden değerlendirilebilir [16].

Çizelge 2.2. Mermi ve malzeme açısından balistik performans parametreleri

Malzeme Özellikleri ve Yapısı	Merminin Fiziksel Özellikleri
Elastisite Modülü	Ağırlık
Alansal Yoğunluk	Kalibre
Kalınlık	Uç Geometrisi
Tabaka Sayısı	Sertlik
	Hız
	Vuruş Açısı

Balistik koruyucu malzemeleri sert (hard) ve yumuşak (soft) koruyucular olmak üzere iki sınıfta toplanmaktadır [17]. Sert koruyucular cam, seramik ve metalden yapılan koruyuculardır. Bunlar plaka, koruyucu başlık, zırh, kalkan şeklinde kullanılırlar. Yumuşak koruyucular ise kumaş ve kumaş benzeri yapılardan oluşan polimer esaslı malzemelerdir [18,19]. Bu malzemeler içerisinde inşaat terminolojisi açısından genel olarak zırh çeliğinden oluşan yapısal formlar kullanılmaktadır. Özellikle kamu ve özel binaların güvenli hizmet verebilmesi amacıyla askeri ve emniyet birimlerinde çalışan personel için oluşturulan güvenlik noktalarında bu tarz yapılar görülmektedir. Bu yapılar her ne kadar balistik açıdan önemli bir malzeme içeriğinden oluşmuş ve kendini ispat etmiş olsa da temin edilmesi noktasında, zaman ve maliyet parametreleri açısından diğer malzemelere oranla kıyaslama yapıldığında henüz istenilen seviyede değildir.

İnşaat teknolojisindeki yaşanan gelişmelerle birlikte çelik, beton ve diğer yapı malzemelerinin çarpma etkisi gibi farklı yükler altında gösterdikleri davranışlar daha da önem kazanmıştır [20,21]. Özellikleri en az bilinen ve incelenmiş yüklemelerden biri çarpma yüklemesidir [22]. Çarpma yüklemesinde anlık ve yüksek değerlerde oluşan şiddet etkisiyle meydana gelen gerilmeler diğer yükleme değerlerine oranla daha fazladır. Çarpma sonucu oluşan dinamik etki, statik yüklemelere göre yapıda ani gerilme artışları meydana getirebilmektedir. Bu gerilme artışları yapı elemanlarında hasarlara sebep olarak yapı güvenliğini olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu alanda yapılan örnek çalışmalar içerisinde [19, 23], yapı malzemeleri üzerindeki deneysel çalışmalarda yüksek dayanımlı betondan üretilen deney elemanlarının serbest ağırlık düşürücü deney düzeneği ile test edilerek incelenmiştir. İnceleme neticesinde, düşme sayısının beton basınç dayanımı ile değişim göstermesi, çarpma yüklemesi altındaki hasar biçimleri ve göçme şekilleri birbirinden farklılık göstermesi, normal ve yüksek beton basınç dayanımlı deney elemanlarından ölçülen maksimum ivme değerindeki azalım oranı, minimum ivme değerindeki azalım oranından daha fazla meydana gelmesi gibi farklı sonuçlar elde edildiği görülmüştür [24, 25].

Çarpma etkisi altında ağır betonun davranışını incelemek amacıyla yapılan bir çalışmada dinamik yüklere ve patlamalara karşı direnç gösterme özelliğine sahip beton tasarımı üzerine yapılan inceleme neticesinde, oluşturulan betonun mekanik özelliklerinin iyi

olması, radyasyon ışınlamını azaltma ve dayanıklılık gibi üstünlüklerinden dolayı, koruyucu beton olarak kullanılabilir olduğu belirtilmiştir [26].

Betonun çarpma mukavemetini incelemek için Charpy metodu ile yapılan bir başka çalışmada bu metodun betona uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda farklı agregâ içeriğine sahip beton numuneler üzerinde basınç, yarma ve eğilme dayanımları da dahil olmak üzere Charpy deney düzeneği kullanılmıştır. Betonun çarpma mukavemeti maksimum dane çapına bağlı olarak arttığı, çentik boyunun artmasıyla, numunenin kırılması için gerekli olan potansiyel enerji değerinin azaldığı fakat çarpma dayanımının ise bunun tam aksine arttığı belirtilmiştir [27].

Yapılarda en önemli yapısal elemanlar hiç kuşkusuz taşıyıcı duvarlardır. Binaların taşıyıcı sistemlerinde betonarme yapmak yerine gazbeton duvarları kullanmak, hem maliyet hem de zaman açısından tasarruf sağlayacağı bir gerçektir. Özellikle deprem bölgelerinde gazbeton ile donatılı ve donatısız elemanlar kullanılarak yapılan bir çalışma kapsamında gazbeton blok veya panellerin farklı yönlerde yerleştirilmesi ile taşıyıcı duvarlardan oluşturulmuş iki katlı gazbeton bina test edilmiştir. Çalışmada ilk olarak, 14 adet taşıyıcı duvar test edilmiş ve bu duvarların farklı eksenel yük seviyelerindeki yatay yükler altında davranışları incelenmiştir. İkinci olarak ise gazbeton duvarlar ile bu duvarlar arasında diyafram etkisini yaratacak olan gazbeton döşeme panelleri kullanılarak iki katlı bina inşa edilmiş ve yön değiştiren tekrarlı yükler altında testler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ilk kısmında gazbeton yapı malzemesinin özelliklerini belirlemek adına testler yapılmış, basınç dayanımı ve bazı mekanik özellikleri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında yarmada çekme dayanımı, kopma ve elastisite modülüne dair güvenilir veriler elde edilirken, bloklar arası sürtünme katsayısı, gazbeton ve çimento harcı arasındaki yapışmanın dayanımına dair yeterli sayılabilecek veriler elde edilmiştir. Aynı geometriye sahip fakat farklı donatı oranında taşıyıcı duvarlar ile donatılı paneller ve donatısız bloklardan oluşan yığma duvarların yatay yükler altında davranış farklılıklarını ortaya koymak yapılan deneylerde temel amaç olarak belirlenmiştir. Duvarlar panel veya blokların dikey veya yatay yerleştirilmesi ile oluşturulmuş ve her tip duvarın yön değiştiren tekrarlı yükleme altında davranışı incelenmiş ve duvarlarda yükleme sırasında oluşan hasar tipleri saptanarak duvarların davranışı belirlenmiştir [28].

Yapılan başka bir çalışmada ise çelik lifli beton paneller kullanılarak yığma duvarların kolay üretilebilir ve ucuz, pratik bir şekilde güçlendirilmesi için çalışma yapılmıştır. Çalışma kapsamında, gazbeton kullanılarak üretilen toplam 4 adet duvardan 3'ü belli oranlarda çelik lif kullanılarak üretilmiş beton panellerle güçlendirilmiştir. Deney sonucunda gazbeton malzeme kullanılarak üretilen duvarlar üzerindeki çalışma başarılı olmuş, duvarların taşıma gücünü ve deplasman kapasitesini artırmıştır. Çelik lif kullanılan panellerde daha sünek bir davranış gözlenmiş ve enerji tüketme kapasitelerinde de büyük artışlar olmuş, kullanılan çelik lifli paneller ani ve toptan göçme oluşmasını engellemiş ve deney elemanları bütünlüklerini korumuştur [29].

Güvenlik sektöründe yapılan çalışmalar kapsamında yapı ve araçlarda oluşabilecek hasar durumlarının önüne geçmek için farklı kaplama türleri ile birlikte çalışmalar yapılmaktadır. Bunlardan birtaneside poliüreadır. Poliürea, oluşturduğu kimyasal reaksiyon ile ivme kazandıran ve katalizör gerektirmeyen bir elastomer tipidir. Nem ve sıcaklık sertleşme değerini etkilenmez. Oluşturulan farklı uygulamaları sayesinde her türlü yüzeyde uygulama kolaylığı sağlayarak çarpma, patlama vb. durumlara karşı etki gösterebilmektedir. Resim 2.1 de yapılan farklı uygulamalar hakkında örnek verilmiştir.



Resim 2.1. Poliürea uygulama alanları

Zırh kaplamalarında farklı malzemeler kullanılarak yapılan çalışmalar düşünüldüğünde daha önceden atış yapmak suretiyle üzerinde deneysel çalışmalar yapılan ve literatürde newtonsal olmayan sıvı olarak geçen oobleck sıvısı da bu alanda kullanılabilmektedir. Newton yasasına göre sıvılar öngörülebilir oranda akarlar. Ancak oobleckin içeriğini oluşturan nişasta ve suda nişastanın su içeriğinde çözünmeyerek asılı şekilde kalırlar. Büyüklük, şekil ve yapısal özellikleri nedeniyle de baskıya karşı duyarlıdır ve baskı

karşısında bloke olarak mevcut şeklini korurlar. Baskının artması oobleckin viskozitesinin artmasına sebep olur. Resim 2.2 yapılan örnek bir çalışmada oobleck sıvısının mermiye karşı göstermiş olduğu direnç neticesinde sütre arkasındaki ürünün zarar görmediği görülmüştür.



Resim 2.2. Oobleck sıvısına yapılan atış ve etkisi

Çarpma etkisini görebilmek amacıyla yapılan deneylerde, malzeme şekline ve cinsine bağlı olarak farklı yöntemler kullanılmaktadır [30]. Bunlardan bir tanesi de patlayıcı maddeler ile yapılan çalışmalardır [31, 32].

Patlayıcı maddelere karşı geliştirilen özellikle silahlı saldırılara karşı yüksek derecede koruma sağlayan yapılar olarak zırhlı kabinler geliştirilmiştir. Kurşun geçirmez özelliği barındıracak şekilde tasarlanan kabinler, asker ve polis güvenlik personelinin güvenli ortamlarda görev yapabilmeleri kapsamında birçok yerde kullanılmaktadır. Balistik test atışları neticesinde balistik kabinler EN 1063, EN 1522 gibi standartları karşılayacak şekilde tasarlanır. Resim 2.3 de balistik açıdan geliştirilmiş, güvenlik personellerinin kullanacağı şekilde tasarlanmış örnek gösterilmiştir.



Resim 2.3. Zırhlı kabin

Yapılan tüm bu çalışmalar ışığında beton ve gazbetonla yapılan ürünlerle ilgili çalışmalar karşılaştırıldığında gazbetonun üretim, uygulama ve maliyet açısından sağladığı kolaylıklar ve zırhlı kabinlerin sağlamış olduğu faydalar düşünülerek balistik alanında daha önceden yapılmamış bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada birim hacim ağırlığı 600 kg/m^3 gazbeton üzerinde elastomer poliürea, oobleck sıvısı ve normal harçlarla yüzeysel kaplamalar hazırlanarak gazbetonun doğrultusu ve yönlerinde değişiklikler yapılarak farklı türlerde duvar tipleri üretilmiştir. Üretilen duvarlar üzerine European Standard EN 1063 göre mermi türü BR6, BR7 ile atış yapılmış ve duvarların balistik özellikleri araştırılmıştır. Polis ve askeri personelin görev aldığı güvenlik noktalarında kullanılması hedeflenen bu duvarların üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır.

2.1. Gazbeton

20. yüzyılın başında beton yerine daha hafif ve ısı yalıtımı daha yüksek inşaat malzemesi arayışı, Johan Axel Eriksson isimli İsveçli bir mimarın ahşabın özelliklerine sahip (yüksek ısı yalıtımı sağlayan, sağlam, kolay işlenebilen, yanmayan ve çürümeyen) bir yapı malzemesi keşfi ile noktalanmıştır. Özellikle bu dönemde kullanılan ısı yalıtım özelliği

kötü, küçük ebatlı ve ağır yapı blokları yeni malzeme arayışlarını da beraberinde getirmişti. Eriksson, yaptığı araştırmalar neticesinde kuvarsit, kireç ve suyla beraber oldukça gözenekli bir malzeme üretmeyi başardı. Bütün dünyada yaygın olarak bulunan bu hammaddeler ile çok sayıda gözenekli olan bir yapı malzemesi elde etmek üzere uzun süreçler sonucunda üretmeyi başaran Johan Axel Eriksson daha sonra literatürde gazbeton olarak anılacak buluşunu bu malzemeyi geliştirdiği yerin adı olan İsveçin kasabası Yxhult ile İsveç dilinde beton anlamına gelen betong kelimesinin karışımından elde edilen YTONG adı ile patentlendirdi. Kimyasal reaksiyon sonucunda meydana gelen hidrojen kabarcıkları nedeniyle bu malzemeye gazbeton adı verilmiştir. Gelişmeye başladığı tarihten bu yana, Almanya merkezinde yapılan devamlı araştırmalar sayesinde, Ytong en ileri teknolojiye ulaşmış ve dünyada yaygın olarak en fazla kullanılan gazbeton olmuştur [33]. Ülkemizde ise Ytong, Gazbeton Yapı Malzeme ve Elemanları olarak ilk defa 1950'lerde Hilton Oteli inşaatında, Almanya'dan getirilen gazbetonların uygulanmasıyla yapılmıştır. 1960'larda ilk Ytong fabrikası İstanbul Pendik'te üretime geçmiştir. Bugün dünya genelinde birbirinden üretim ve kalite anlamında çok farklı 50'ye yakın gazbeton markası bulunmaktadır [34].

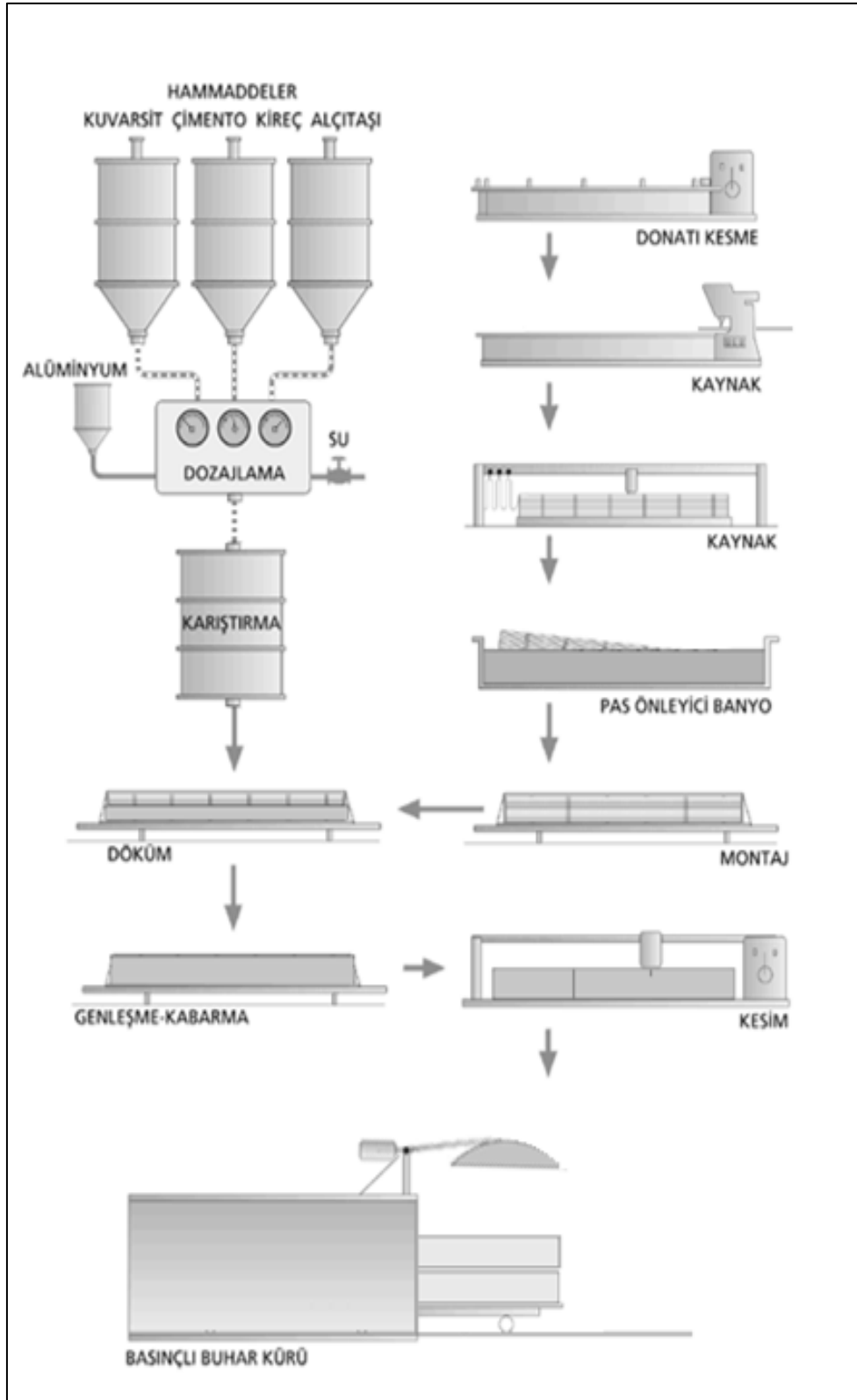
Gazbeton gözenekli bir yapıya sahip, hafif ve yangına dayanıklı beton yapı malzemesidir. TS 453'e göre, ince öğütülmüş silisli bir agregat ve inorganik bir bağlayıcı madde (kireç ve/veya çimento) ile hazırlanan karışımın, gözenek oluşturmaya bir madde ilâvesi ile hafifletilmesi ve buhar kürü ile sertleştirilmesiyle elde edilen gözenekli hafif bir beton olarak tanımlanmaktadır [35]. Yabancı kaynaklarda ise genel olarak, otoklavlanmış hava boşluklu beton (Autoclaved Aerated Concrete-AAC) veya otoklavlanmış hücreli yapıli beton (Autoclaved Cellular Concrete- ACC) olarak adlandırılmaktadır. Gazbeton malzeme olarak kullanıldığı yere ve amacına göre farklı formlara uygun şekilde değerlendirilebilen, kolay işlenebilirliği ve istenilen dayanımı ile beraber düşük ısı iletkenliğine sahip bir malzemedir. Bu malzemeyi oluşturan bileşenleri içerisinde, silisli dolgu maddesi (kum, kumtaşı, yüksek fırın cürufu gibi) ile sönmemiş kireç ve portland çimentosu ile beraber gözenekli yapıda olmasını sağlayan alüminyum tozudur. Ancak oluşturulan gazbetonlarda hem dayanım hem de içerik bakımında farklılıklar görülebilmektedir. Genellikle ağırlığın % 67'sini katı içerikler oluştururken, %33 lük kısmını ise su oluşturur. Katı malzemelerin genellikle yüzdelik oranlarına bakıldığında uçucu kül (veya kum) %59, çimento %22, kireç %8, alüminyum tozu ise %0.07 dir [36].

Gazbeton yapısında hammadde olarak kuvarsit, çimento ve kireç bulunmaktadır. Bu hammaddeler ince toz kıvamında hazırlanıp su ve gözenek oluşturuçu alüminyum ilave edilerek gazbeton harcı hazırlanır. Hazırlanan bu karışım kalıp arabalarına dökülür. Donatılı yapı elemanı üretimi yapılacaksa döküm öncesinde, yapı elemanları için korozyona karşı korunmuş, çelik hasır donatılar kalıba yerleştirilir. Kalıp arabalarına dökülen karışım harcı içerisinde bulunan kirecin su ile reaksiyona girmesi sonucu açığa çıkan enerji yardımıyla alüminyum tozu da reaksiyona girer ve reaksiyon sonucu hidrojen açığa çıkar. Hidrojenin oluşturduğu gaz kabarcıkları sonucunda ise karışım kabarmaya başlar ve gazbetonun asıl özelliğı olan gözenek yapısı oluşur. Kalıp arabaları döküm işleminin ardından sıcaklığı sürekli kontrol altında tutularak bekleme tüneline sertleşmeye bırakılır. 3-4 saatlik süre sonunda kesim sertliğine ulaşan gazbeton, kesim tezgahlarına alınır ve burada istenilen boyutlarda kesilir. Mekanik özelliklerin kazandırılması amacıyla, kesim işlemi tamamlanan gazbeton otoklavlara alınarak basınçlı buhar altında tutularak gazbetonun istenilen basınç dayanımına ulaşması sağlanır. Otoklavlardaki buhar küründen çıkan ürünler, kalite kontrol işleminden sonra kullanıma sunulur.

Gazbetonun üretim aşamaları olarak;

1. Hammaddenin kalıplara dökülmesi
2. Malzemenin kesilmesi
3. Kür uygulanması
4. Parçalara ayrılması
5. Paketlenmesi
6. Depolanması şeklinde gerçekleşir.

Gazbetonun üretim süreci şematik olarak Şekil 2.1’de gösterilmiştir [37].



Şekil 2.1. Gazbetonun üretim süreci

TSE 453 “Gaz ve Köpük Beton Yapı Malzeme ve Elemanları” Standartlarında gazbeton donatı durumuna, basınç mukavetine ve birim hacim ağırlığına göre sınıflandırılmaktadır.

Bunlar;

Donatı durumuna göre;

- ✓ Yapı malzemesi
- ✓ Yapı elemanı

Basınç mukavetine göre;

- ✓ 15 kgf/ m²(G1)
- ✓ 25 kgf/ m² (G2)
- ✓ 35 kgf/ m² (G3)
- ✓ 50 kgf/ m² (G4)
- ✓ 75 kgf/ m² (G6)

Birim hacim ağırlığına göre;

- ✓ 0.4 kg/ dm³
- ✓ 0.5 kg/ dm³
- ✓ 0.6 kg/ dm³
- ✓ 0.7 kg/ dm³
- ✓ 0.8 kg/ dm³ olarak ayrılmaktadır [1].

İnşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan gazbetonun yapı ürünleri olarak kullanımı ise şu şekilde sıralanabilir;

1. Donatısız yapı malzemeleri:

A - Duvar Blokları;

- Alın düzleminde oluşturulan profil durumuna göre;

- ✓ Düz Bloklar (G2, G4, G6)
- ✓ Geçmeli Bloklar (G2, G4, G6) diye adlandırılmaktadır.

- Duvar örgüsünde kullanılan malzemesinin cinsine göre de;

- ✓ Tutkallı Duvar Blokları (G2,G4, G6)
- ✓ Harçlı Duvar Blokları (G2,G4, G6) diye adlandırılmaktadır.

B - U Bloklar (G4)

C - Asmolen Bloklar (G2)

D - Yalıtım Plakları (G2)

2. Donatılı yapı elemanları

A - Taşıyıcı Elemanlar

- Döşeme Plakları (G3, G4)
- Çatı Plakları (G3, G4)
- Düşey Duvarlar (G3)
- Lentolar (G4)

B - Taşıyıcı olmayan Elemanlar

- Yatay Duvar Elemanları (G3)
- Düşey Duvar Elemanları (G3)
- Bölme Duvar Elemanları (G3)
- Lentolar (G3)

3. Hazır duvarlar ve büyük cephe elemanları (G3)

4. Gazbeton tutkalı [38].

Gazbeton ile oluşturulan yapılarda hem ürün çeşitliliği hem de dayanım parametreleri göz önüne alındığında sağlıklı bir sonuç alınmak isteniyorsa özellikle yapı ürünlerinin üretiminde, mimari tasarımda ve malzemenin uygulanması aşamasında doğru ürün kullanımına dikkat edilmelidir. Bu doğrultuda oluşturulan gazbetonlu bir yapıda, birden çok malzemenin birlikte kullanılması ile ulaşılabilecek birçok olumlu özelliği işlevselliği sayesinde tek başına bünyesinde toplayabilir. Boşluklu yapısı ve hafif olmasına rağmen masif bir malzemedir. Ağırlığının düşük olması statik açıdan ve malzeme tasarrufunda ekonomik yapı üretiminde izin vermektedir.

Gazbetonda istenilen basınç dayanımında ürünler üretilmesi de artı bir avantaj olarak da söylenebilir. Ayrıca basınç dayanımı ile beraber yoğunluğu ve ısı yalıtkanlığı özellikleri de en elverişli düzeyde dengelenebilir.

2.2. Yapıştırma Harcı

Yapıştırma harçlarının bileşiminde temel olarak; özel tane boyutunda dolgu (agrega), bağlayıcı olan çimento, ürün performansını ve işlenebilirliğini arttırıcı kimyasal katkıları bulunmaktadır [39]. Birçok alanda yaygın kullanımı olan bu harçlar genellikle yer-duvar seramiğinde, binaların iç ve dış mekanlarının kaplanmasında kullanılmaktadır. Kil ya da kül gibi malzemelerden yapılan harç malzemeleri yerini zamanla çimentoya bırakmıştır. Ancak çimento ile yapılan uygulamalarda istenilen sonuçların vermemesi ve çeşitli sorunlara yol açması üzerine inşaat sektöründe yeni arayışlara yol açmıştır. Kaplama malzemeleri ile döşenmesinde yapışmayı daha güçlü sağlayan, esneklik ve dayanıklılığı arttırıcı kimyasal katkıların kullanıldığı özel harçlar geliştirilmiş ve kullanımı hızla yaygınlaşmıştır. Özellikle bu tarz ürünlerde istenen temel özellik, yapışma mukavemeti ve uzun süreli dayanımdır.

2.3. Su

Beton, harç vb. karışım için kullanılan suyun, reaksiyon oluşturarak hidrasyonu aktive etme ve işlenebilirliğini sağlama gibi temel görevleri bulunmaktadır. Beton ve harç karışımlarının sertleşmesini ve dayanımını etkileyecek şekilde, donatıda paslanmaya sebep olmayacak doğal veya yapay maddeler ihtiva etmeyen su, beton ve harç yapımında akışkanlığı sağlamak ve reaksiyonu başlatmak üzere kullanılır [40].

Harç karışımlarında serbest biçimde yerleşebilmesi amacıyla işlenebilirliğinin en uygun biçimde olması istenir. Mümkün mertebe minimum oranda su kullanılmasına ek olarak beton ve harç karışımlarında işlenebilirlik özelliklerini geliştirme amaçlı katkı maddelerinin kullanılması tavsiye edilir [41].

2.4. Alçı

Alçı taşının düşük sıcaklıkta pişirilip öğütülmesiyle elde edilen malzemenin su ile karıştırıldıktan sonra katılaşması sonucunda oluşan madde olarak tarif edilmektedir. Kalsiyumsülfat bileşiği olan alçı taşının doğada iki farklı şekilde bulunmaktadır. Bunlar iki molekül kristal suyu içeren ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) alçıtaşı (Jips) ve kalsiyumsülfatın bünyesinde kristal suyu bulundurmeyen diğer türü (CaSO_4) Anhidrittir [42]. Çabuk katılaşması ve

kolay elde edilmesinden dolayı modern yapı malzemesi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Yapı malzemesi olarak kullanımının yanında; cerrahide hareketi önlemek için, seramik endüstrisinde kalıp malzemesi olarak, güzel sanatlarda ise kalıp çıkarmakta ve heykel yapımında kullanılan bir malzemedir.

2.5. Monolitik Elastomer Poliürea

Poliürea, izosiyanat ($R-N=C=O$) ve sentetik polyol sistemlerin karışımından elde edilen iki bileşenin hacimce 1:1 oranda karıştırılmasıyla elde edilen bir elastomer yüzey kaplama sistemidir. Polyol Sistem, polyeter veya polyester bazlı polyollerle, bunların içerisine uygun oranlarda konulan katalist, silikon, renklendirici, kabartıcı ajan ve diğer kimyasalların oluşturduğu bir karışımdır. Bu karışımlar bünyelerinde serbest hidroksil (OH) taşırlar. İzosiyanat, polyol sistemle karıştırıldığında onunla ekzotermik reaksiyona giren ve bünyesinde serbest NCO taşıyan kimyasallardır. İzosiyanatlar taşıdıkları NCO yüzdesine (sayısına) göre tanınır ve adlandırılırlar [43]. Poliürea uygulaması genellikle sprej şeklinde hızlıca uygulanabilen ve koruyucu özellikleri bulunan yalıtım ve kaplama malzemesi olarak kullanılabilen bir sistemdir. Uygulama alanlarında yüksek performans göstermesi ve sınırsız uygulama kalınlığı sağlayabilmesi gibi özelliklerinden dolayı çeşitli alanlarda ve yüzeylerde uygulanması mümkündür. Günümüzde poliüreanın farklı uygulamaları yüksek basınçlı sprej makineleriyle ek yeri oluşturmada komponentleri 160-170 bar basınçlara ve 70-80 derece sıcaklıklara ulaştırabilmesi ile yapılabilmektedir. Esneklik ve aşınma dayanımını bir arada sağlaması su yalıtımı ve zemin kaplaması gibi alanlarda kullanımını yaygınlaştırmıştır.

Uygulama alanlarına bakıldığında genel olarak hybrid ve saf olmak üzere iki farklı poliürea kullanılmaktadır. Hybrid poliürea daha esnektir; kopmada uzaması yüzde 400-450 ve yırtılma dayanımı $55N/mm^2$ 'dir. Genellikle yapıların teraslarında kullanılır. Yapının hareketlerini yüksek elastikiyeti sayesinde absorbe eder. Bu yüzden en çok tercih edilen poliürea türüdür. Saf poliürea ise yüksek kimyasal ve mekanik dayanım istenilen yerlerde, örneğin köprü tabliyelerinde, arıtma tesislerinde, su depolarında, yüzme havuzlarında kimyasal etkilere maruz kalan ve mekanik olarak dayanım istenilen her yüzeyde kullanılabilir. Hybrid poliüreaya göre daha rijittir; kopmada uzaması yüzde 300-350, yırtılma dayanımı ise $96 N/mm^2$ 'dir [44].

2.6. Newtonsal Olmayan Sıvı

Nişasta ve su kullanarak hazırlanan ve üzerine kuvvet uygulandığında akışkanlığı değişen, bazen sıvı bazen de katı gibi davranan maddelere oobleck denir. Viskozitesi sadece sıcaklıkla değişen akışkanlar Newton tipi akışkan olarak isimlendirilir. Bazı akışkanların ise viskozitesini çalkalama, üzerine uygulanan kuvvet gibi farklı etmenler etkileyebilmektedir. Bu tarz farklı etmenlerin etkilediği akışkanlara Newton tipi olmayan akışkanlar denir. Oobleck de bu tür bir akışkandır. Oobleck karışımındaki nişasta su moleküllerine göre büyük, uzun zincirli moleküllerdir. Bu nedenle su molekülleri nişasta molekülleri arasından geçerek hareket edebilir. Oobleck karışımının normalde akışkan olmasının nedeni bu durumdur. Karışımın üzerine bir kuvvet uygulandığında ise su molekülleri nişasta parçacıkları arasından çıkar ve nişasta molekülleri bir arada kümelenir. Bu durum karışımın üzerine kuvvet uygulandığında oobleck'in katı gibi davranmasına neden olur. Dolayısıyla oobleck'in viskozitesi üzerine kuvvet uygulandığında değişir [45].



Resim 2.4. Oobleck karışımı

2.7. G3 Piyade Tüfeği

Ülkelerin etkili ve güçlü silahlara sahip olması savunma sanayisindeki yaşanan teknolojik gelişmelere bağlı olarak gelişmişlikle ölçülmektedir. Bu nedenle silah üretiminde kullanılan teknolojilerin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi silahların verimli olarak kullanılmasını da beraberinde getirecektir. Silahlar birçok alanda, çok farklı arazi ve hava şartlarında kullanılmaktadır. G3 Piyade Tüfeği 7.62 mm çapında 102 cm boyunda, şarjörle beslenen ve hava ile soğuyan, barut gazının geri tepmesi, icra yayının ileri itmesiyle yarı otomatik veya otomatik olarak atış yapabilen tek erin temel muharebe silahıdır. Silah, İspanyol CETME ve Alman Heckler&Koch tarafından 1950'lerde üretilmiştir. 1959 yılında Alman Federal Ordusu'nun(Bundeswehr) temel piyade tüfeği olmuştur [46].



Resim 2.5. G3 piyade tüfeği

2.8. Balistik Mermi

Balistik kelime anlamı mermilerin itme kuvvetini, uçuşunu ve çarpma etkisini inceleyen bilim dalıdır. Balistikte silah ile birlikte mermi çekirdeğinin, mermi çekirdeği parçalarının veya saçma tanelerinin incelenmesi esas alınır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte bu alanda yapılan çalışmalarda, mermi penetrasyonunu derine nüfuz etmeden durdurmak için daha sert ve daha hafif malzeme sistemlerinden oluşan zırhlar üzerinde çalışılmıştır. Balistik Standartlar, kurşun geçirmez özelliği taşıyan ürünler için birden fazla

hazırlanmıştır. Bunlardan bazıları NIJ (National Institute of Justice), NATO STANAG (Standardization Agreements) ve European Standard (ISO EN). European Standard ISO EN 1522 ve 1523 pencere, kapı, panjur ve kepenklerin atış sonrası karşılaması gereken özellikleri ve sınıflandırılmaları kapsar. Bu çalışmada esas alınan European Standard ISO EN 1063, camın (bir veya daha fazla cam tabakası olan) ve cam/plastik kompozitlerin mermiye dayanıklılığının sınıflandırılması için gerekli olan performans özelliklerini ve deney metotlarını kapsamaktadır [47].



Resim 2.6. Silah ve mermi standartları

3. MATERYAL VE METOD

Araştırmada kullanılan materyaller ve özellikleri ifade edilmiş olup, gazbetonla oluşturulan numunelerde yapılmış deneyler ve bu deneylerin yöntemleri hakkında açıklamalar yapılmıştır.

3.1. Materyal

Bu çalışmada, 200x600x250 mm³ ve 250x600x250 mm³ olmak üzere iki farklı gazbeton, gazbetonu yapıştırmak için kullanılan yapıştırma harcı, farklı etkileri görmek için monolitik elastomer poliürea kaplama malzemesi ile newtonsall olmayan sıvı üzerine 7.62x51 mm çap ve zırh delici tipindeki mermiler kullanılmıştır.

3.1.1. Gazbeton

Çalışmada, TS EN 771- 4 standartlarına uygun gazbeton kullanılmıştır [48]. Gazbetona ait teknik özellikler Çizelge 1.'de verilmiştir. 6 adet 200x600x250 mm³'lik ve 10 adet 250x600x250 mm³'lik gazbetonlar ikili blok halinde yapıştırma harcı ile birleştirilerek Resim 3.1'deki gibi oluşturulmuştur.



Resim 3.1. Gazbetondan üretilmiş duvar uygulamaları

Çizelge 3.1. Gazbetona ait teknik özellikler

Yangına Karşı Davranış	A1
Kuru Birim Hacim Ağırlığı Ortalama	600 kg/m ³
Basınç Dayanımı	5 N/mm ²
Kayma Bağ Dayanımı	≥0,3 N/mm ²
Su Buharı Geçirgenlik Katsayısı μ	5/10
Kuruma Büzülmesi (Rötre)	≥0,2 mm/m
Isı İletkenlik Değeri	≥0,16 W/mK

3.1.2. Yapıştırma harcı, sıva ve karışım suyu

Hem gazbeton duvarları oluşturmak hem de yüzeylerindeki sıva için TS EN 12004-1 standartlarına uygun kayma özelliği azaltılmış, normal sertleşen çimentolu yapıştırıcı kullanılmıştır [49]. Kullanılan harcın teknik özellikleri Çizelge 2.'de verilmiştir. Ayrıca, harcın uygulama talimatları doğrultusunda 25 kg malzemeye 5,6 lt şebeke suyu olacak şekilde hazırlanmıştır. Uygulanan yüzey harcı 0,5 cm kalınlığında olmasına özen gösterilmiştir. Sıvada ise 9 kg malzemeye 4.47 lt şebeke suyu ilave edilerek 2-3 mm kalınlığında olması sağlanmıştır.

Çizelge 3.2. Yapıştırma harcına ait teknik özellikler

Yangına Karşı Davranış	A1
Kuru Toz Yoğunluğu	$1,4 \pm 0,1 \text{ gr/cm}^3$
Başlangıç Çekme Yapışma Kuvveti	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$
Suya Daldırıldıktan Sonra Çekme Yapışma Kuvveti	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$
Isıyla Yaşlandırıldıktan Sonra Çekme Yapışma Kuvveti	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$
Donma – Çözünme Çevrimlerinden Sonra Çekme Yapışma Kuvveti	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$

3.1.3. Monolitik elastomer poliürea

Kimyasal Monolitik elastomer poliürea 54-98° C aralığında yüksek basınçlı bir püskürtme sistemi kullanılarak uygulanan bir malzemedir. Temel olarak 4,4'-Diphenylmethane diisocyanate ($\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2$) ve çoğunlukla alfa-(2-aminomethyl)-omega-(2-aminomethylethoxy)-poli[oksi(metil-1,-2-ethanediyl)] isimli iki kimyasal maddenin birleşiminden oluşur. Bunlar reaktif bileşen ($\text{C}_8\text{H}_{20}\text{N}_2\text{O}_2$)'den oluşan plastikleştirici işlev gören polimer bileşenlerdir. Uygulanan yüzeyi kaplayarak patlamaya, yıpranmaya ve aşınmaya karşı koruyan, uygulandıktan sonra kalın ve sert hale dönüşen elastik bir kaplamadır [50]. Bu çalışmada 2 farklı uygulama için gazbetonun geniş ve dar yüzeylerini kapsayacak şekilde spreyle uygulama yapılarak kaplanmıştır.



Resim 3.2. Gazbeton yüzeyinde uygulanan monolitik elastomer poliürea uygulaması

3.1.4. Newtonsal olmayan sıvı

Karışımda mısırın yaş metodu ile işlenmesi sonucu fiziksel yöntemlerle ayrıştırılarak elde edilen, toz halinde bir malzeme olan nişasta kullanılmıştır [51]. Oobleck sıvısı elde etmek için karışım oranı 0.5 olacak şekilde 2 kg mısır nişastası ve 4 lt su ile hazırlanmıştır. Gazbeton yüzeyine yerleştirilen ve iki cam arası 5 cm lik platform içerisine konularak kullanılmıştır. Ayrıca farklı ebatta gazbeton yüzeyine yerleştirilen 2,5 kg mısır nişastası ve 5 lt su karışımından oluşan genişliği 16 cm olan platforma da atış gerçekleştirilmiştir. Ayrıca oluşturulan karışımın newtonsal olmayan sıvı üzerine kuvvet uygulandığında göstereceği tepkiden yararlanılması hedeflenmiştir.



Resim 3.3. Gazbeton yüzeyinde uygulanan platform içerisindeki nişasta

3.1.5. G3 piyade tüfeği ve balistik mermi

Atışlar uzman personel tarafından kullanılan 7.62 mm çapında şarjörle beslenen ve icra yayının ileri itmesi ile otomatik ve yarı otomatik olarak çalışan Resim 3.4.'de gösterilen G3 piyade tüfeği ile malzemeler üzerinde 11 adet BR6, 9 adet BR7 olmak üzere toplamda 20 adet atış çalışması gerçekleştirilmiştir. Atış kullanılan silahın özellikleri Çizelge 3.'de belirtilmiştir [52].



Resim 3.4. G3 piyade tüfeği

Çizelge 3.3. G3 piyade tüfeğine ait teknik özellikler

Çapı	7.62x51 mm
Uzunluğu	102 cm
Nişangah Taksimatı	100-200-300-400 m
Azami Menzil	3700 m
Etkili Menzil	400 m
Ağırlığı (Şarjörsüz)	4.25 kg
Şarjör Kapasitesi	20
Mermi Çıkış Hızı	800 m/sn
Atış Sürati	500-600 adet/dk

Atış sırasında kullanılan mermiler BR6 ve BR7 olmak üzere balistik seviyelerinin test edilmesi amacıyla çelik yelek, kurşun geçirmez cam ve hafif zırhlı araçlar gibi hafif zırhlı hedefler için tasarlanmış 7.62x51 mm çap ve tipinde (M61) farklı sayıda Resim 3.5.'de gösterilen zırh delici mermi kullanılmıştır.



Resim 3.5. BR7 zırh delici mermi

3.2. Metot

Bu çalışmada, Çizelge 1'de belirtilen teknik özelliklere sahip ve basınç dayanımı 5 N/mm² olan toplamda 16 adet (6 adet 20'lik, 10 adet 25'lik) gazbeton ikili bloklar halinde arası kuru toz yoğunluğu 1,4 gr/cm³ olan çimento esaslı harç malzemesi ile yapıştırılarak 7 farklı duvar oluşturulmuştur. Oluşturulan gazbeton blokların yüzeyleri ve doğrultusu değiştirilerek ayrı ayrı olmak üzere harç-sıva, nişasta ve darbeye, basınca karşı koruma sağlayan monolitik elastomer poliürea gibi malzemeler kullanılarak kapatılmıştır. Bu

malzemeler ile oluşturulan gazbeton bloklara balistik standartlar çerçevesinde G3 piyade tüfeği ile 7,62x51 mm çap ve tipinde (M61) zırh delici mermi çekirdeği kullanılarak atış gerçekleştirilmiştir. Mermilere ait balistik seviye tablosu Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Balistik seviyeler tablosu

CEN (Committee European Normalization) BS/EN 1063 Mukavemet Standartları								
Seviye	Silah Türü	Kalibre	Çekirdek Türü	Kütle (gr)	Atış Mes., (m)	Mermi Hızı (m/s)	Atış	Vuruş Arası Mes., (mm)
BR6	Tüfek	7.62 x 51mm	FJ1 / PB / SC	9.5 ± 0.1	10.00 ± 0.5	830 ± 10	3	120 ± 10
BR7	Tüfek	7.62 x 51mm	FJ2 / PB / HCI	9.8 ± 0.1	10.00 ± 0.5	820 ± 10	3	120 ± 10



Resim 3.6. Atış hattı tertibatı

Atışı deneyi, EN 1063’te [53] belirtilen hususlar doğrultusunda G3 piyade tüfeği ile mermi açısı 90 derece ve atış mesafesi 10 m olmak üzere destekleyici ürünler ile sabitlenmiş farklı boyut, kaplama malzemesi ve yönlendirmeye sahip gazbetonlar üzerinde atış yapmak

suretiyle gerçekleştirilmiştir. Deneye ait bir resim Resim 3.6.'da gösterilmiştir. Çalışma programının aşamalı özeti Çizelge 5'de modellemelere uygun olarak gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Atış deneyi modellemesi

Deney		Duvara atış Yönü		Gazbeton ölçüleri, cm		Yüzeye Uygulanan Malzeme			Mermi Çeşidi		Atış Adedi	
		Yatay	Dikey	20x60x25	25x60x25	Harç+ Sıva	Monolitik elastomer poliürea	Nişasta	BR6	BR7	BR6	BR7
Atış-1	1-a	✓			✓	✓			✓	✓	3	1
	1-b	✓			✓		✓		✓	✓	3	3
Atış-2	2-a		✓		✓	✓			✓	✓	1	1
	2-b		✓		✓		✓		✓	✓	1	1
Atış-3		✓		✓		✓			✓	✓	3	1
Atış-4	4-a	✓			✓	✓		✓	-	✓	-	1
	4-b	✓		✓		✓		✓	-	✓	-	1

Çalışma, Çizelge 3.5 de belirtildiği üzere 4 bölüm üzerine kurgulanmıştır.

Atış-1: Yatay yönde aynı kalınlıktaki gazbetonlar üzerinde yüzeye uygulanan malzemenin etkisini görmek için yapılan 2 farklı atış çalışmasını göstermektedir.

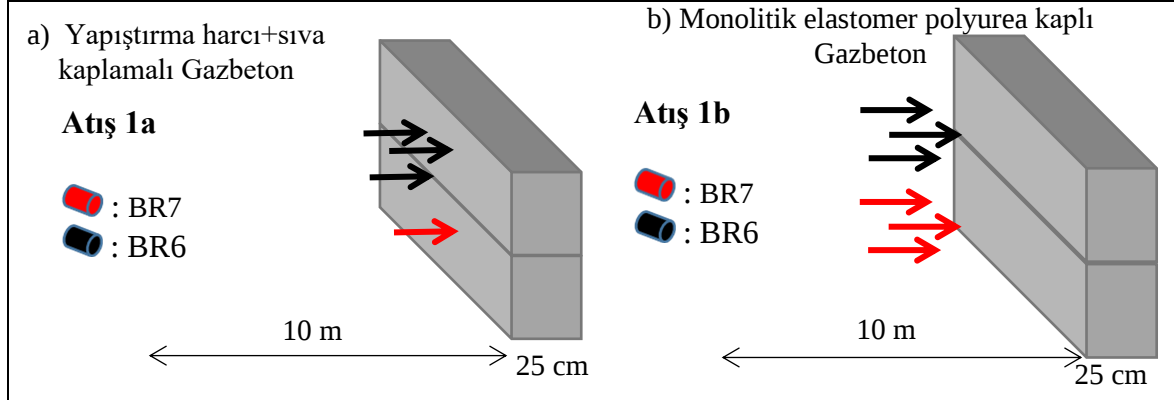
Atış-2: Dikey yönde aynı kalınlıktaki gazbetonlar üzerinde yüzeye uygulanan malzemenin etkisini görmek için yapılan 2 farklı atış çalışmasını göstermektedir.

Atış-3: Çift sıra şeklinde oluşturulan gazbeton üzerinde kalınlığa bağlı olarak yüzeye uygulanan malzemenin etkisini görmek için yapılan atış çalışmasını göstermektedir.

Atış-4: Yatay yönde 20'lik ve 25'lik gazbetonlar üzerinde yüzeye uygulanan farklı kalınlıktaki malzemenin etkisini görmek için yapılan 2 farklı atış çalışmasını göstermektedir.

3.2.1. Çalışmadaki atış deney çalışmaları

Çalışmanın Atış-1 bölümünde gazbetonun yatay geniş yüzeyine gelecek şekilde BR6 ve BR7 olmak üzere iki farklı duvara toplam 10 atış yapılmıştır. Şematik gösterimi Şekil 3.1. de gösterilen Atış 1a da yüzeyi yapıştırma harcı-sıva ve Atış 1b de yüzeyi monolitik elastomer poliürea ile hazırlanmış numuneler gösterilmiştir.

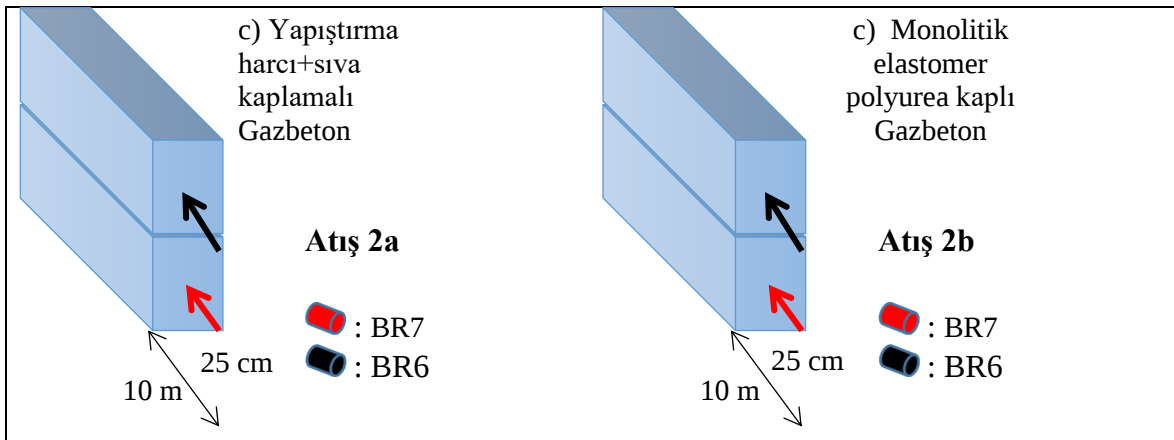


Şekil 3.1. Gazbeton duvarın geniş iki kısa yüzeyine atışın şematik gösterimi

Şekil 3.1 incelendiğinde; a) üst bölgeye 3 adet BR6 koruma seviyesinde kullanılan mermi ve alt bölgeye 1 adet BR7 koruma seviyesinde kullanılan mermi, b'de ise üst bölgeye 3 adet BR6 koruma seviyesinde kullanılan mermi ve alt bölgeye 3 adet BR7 koruma seviyesinde kullanılan mermi ile atış yapılmıştır.



Resim 3.7. Gazbeton duvarın geniş iki kısa yüzeyine yapılacak atışların gösterimi



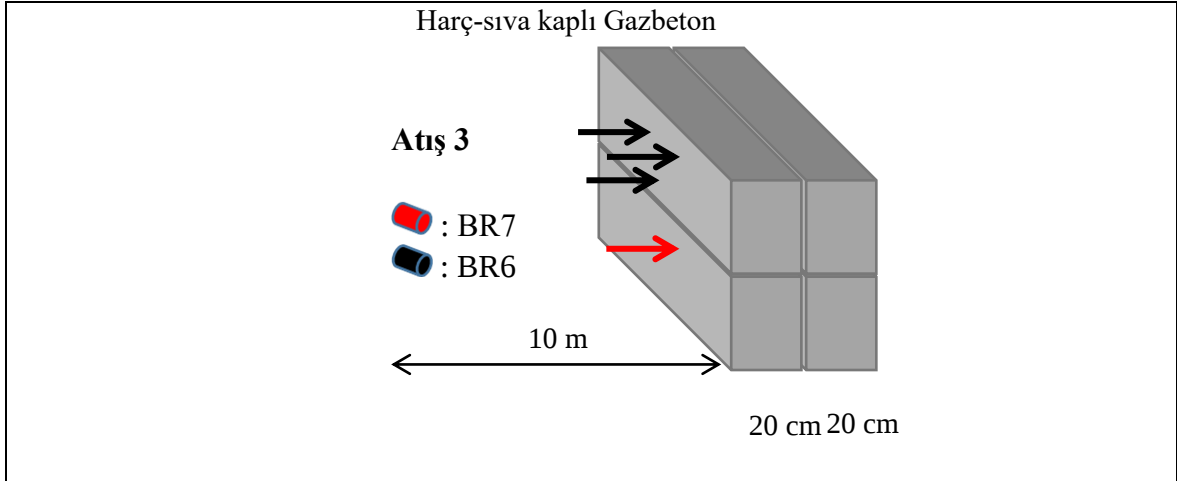
Şekil 3.2. Gazbeton duvarın kısa iki kısa yüzeyine atışın şematik gösterimi

Şekil 3.2. incelendiğinde; Hem atış 2a'ya hem de atış 2b'nin üst bölgelerine 1 adet BR6 ve alt bölgelerine 1 adet BR7 koruma seviyesinde kullanılan mermi ile atış yapılmıştır.



Resim 3.8. Yan yüzeyi yapıştırma harcı-sıva ve monolitik elastomer poliürea hazırlanmış numuneler

Çalışmanın Atış-3 bölümünde gazbetonun yatay geniş yüzeyine gelecek şekilde BR6 ve BR7 olmak üzere 20'lik gazbetondan oluşturulmuş çift sıra duvara toplam 4 atış yapılmıştır. Şematik gösterimi Şekil 3.3 de gösterilmiştir.



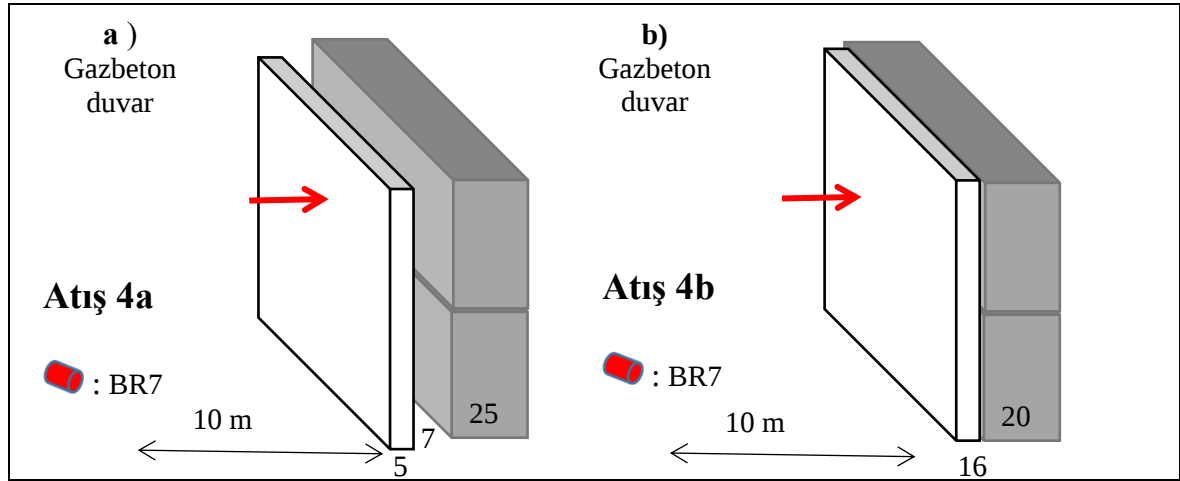
Şekil 3.3. Yapıştırma harcı+sıva atış şeması

Şekil 3.3’de gazbetonun üst bölgesine 3 adet BR6 ve alt bölgesine 1 adet BR7 koruma seviyesinde kullanılan mermi ile atış yapılmıştır.



Resim 3.9. Çift sıra halinde yapıştırma harcı-sıva ile hazırlanmış numuneler

Çalışmanın Atış-4 bölümünde gazbetonun yatay geniş yüzeyine gelecek şekilde önünde nişasta dolu platformlara BR7 ile 20’lik ve 25’lik gazbetondan oluşturulmuş duvara toplam 2 atış yapılmıştır. Şematik gösterimi Şekil 3.4.’de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Yapıştırma harcı-sıva ve önünde newtonsals olmayan sıvının atış şeması

BR7 koruma seviyesinde kullanılan mermi ile gazbetona olan uzaklığı 7 cm olan ve genişliği 5 cm olan platform içerisindeki nişasta ile 16 cm genişliğinde içerisinde nişasta olan platforma atış yapılmıştır.



Resim 3.10. Yapıştırma harcı-sıva ve önünde newtonsals olmayan sıvı ile hazırlanmış numune

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4 farklı gazbeton duvarın üzerinde yapılan atış deneyleri sonucunda izledikleri yol, yer değişimleri çizelge ve grafiklerde belirtilmiş, mermilerin yapmış olduğu etkiye bağlı olarak yorumlanmaya çalışılmıştır.

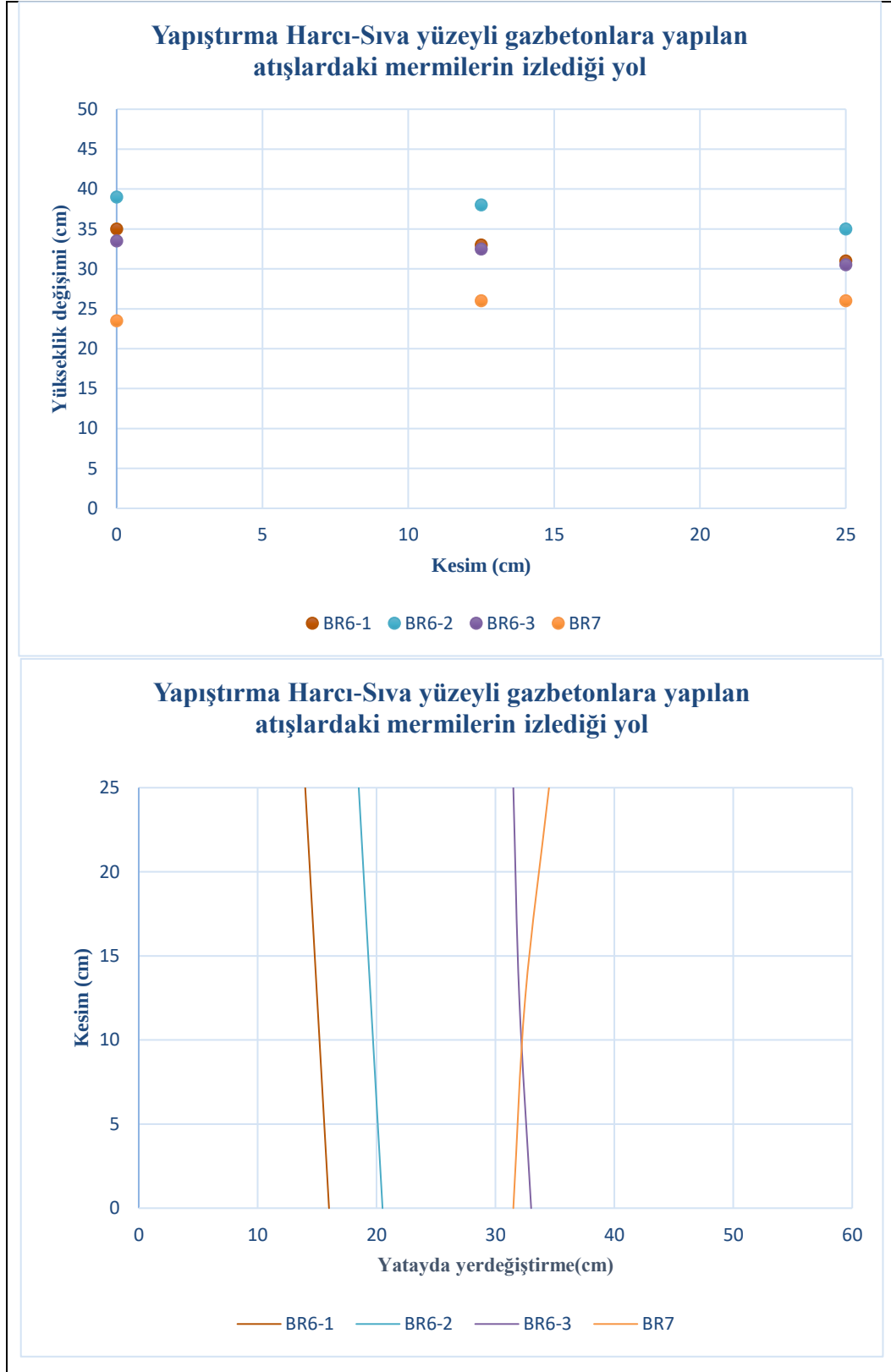
4.1. Atış Deneyi-1

Gazbetonların geniş yüzeyleri üzerinde yapıştırma harcı-sıva ve monolitik elastomer poliürea gibi farklı kaplama malzemeler üzerinden yapılan atış testleri neticesinde;

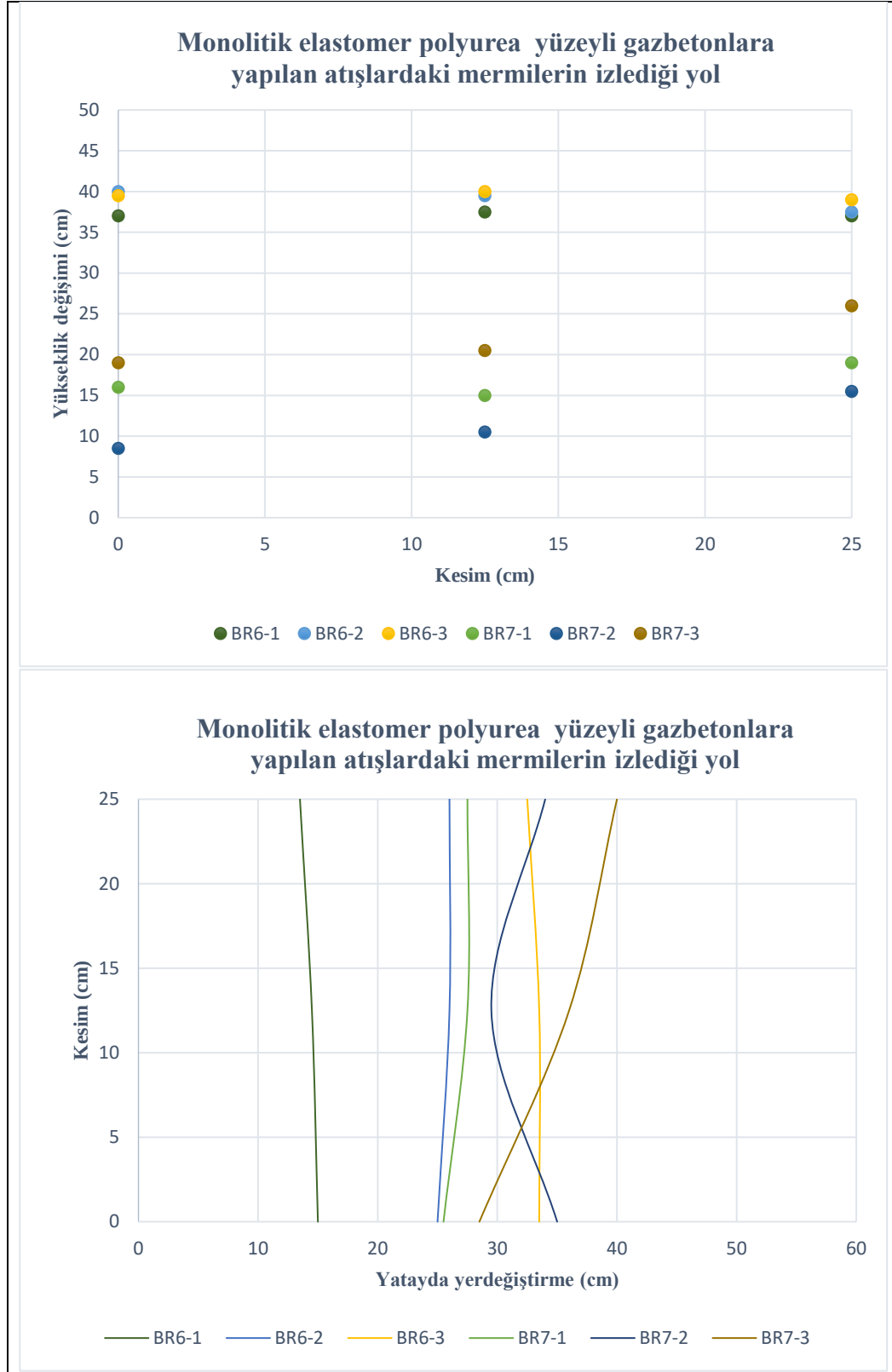
- Yapıştırma harcı-sıva ile kaplı gazbeton numunesine kontrollü olarak mermi çıkış durumuna göre 3 adet BR6 ve 1 adet BR7 koruma seviyesinde kullanılan mermiler ile atış yapılmıştır. Atış sonucunda yapılan incelemede mermilerin yaptığı tahribat sonucunda gazbetonun arka yüzeyinde delinmenin meydana geldiği görülmüştür. Merminin gazbeton üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, gazbeton 12,5 cm'den oluşan 2 eşit parçaya ayrılmış ve ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümler Çizelge 4.1'de belirtilmiştir.
- Monolitik elastomer poliürea ile kaplı gazbeton numunesine kontrollü olarak mermi çıkış durumuna göre 3 adet BR6 ve 3 adet BR7 koruma seviyesinde kullanılan mermiler ile atış yapılmıştır. Atış sonucunda yapılan incelemede mermilerin yaptığı tahribat sonucunda gazbetonun arka yüzeyinde delinmenin meydana geldiği görülmüştür. Merminin gazbeton üzerindeki etkisini incelemek amacıyla gazbeton 12,5 cm'den oluşan 2 eşit parçaya ayrılmış ve ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümler Çizelge 4.1.'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.1.Merminin gazbetonun geniş yüzey üzerindeki etkisi (Ölçümler taban ve sol yüzeyden itibaren yapılmıştır.)

Yüzey Kaplaması	Yapıştırma Harcı-Sıva				Monolitik elastomer poliürea			
Koruma Seviyesi	BR6		BR7		BR6		BR7	
Ölçüm (cm)	Taban	Sol Yüz.	Taban	Sol Yüz.	Taban	Sol Yüz.	Taban	Sol Yüz.
GİRİŞ	35	16	23,5	31,5	37	15	16	25,5
	39	20,5			40	25	8,5	35
	33,5	33			39,5	33,5	19	28,5
ORTA (12,5 cm)	33	15	26	32,5	37,5	14,5	15	27,5
	38	19,5			39,5	26	10,5	29,5
	32,5	32			40	33,5	20,5	36
ÇIKIŞ	31	14	26	34,5	37	13,5	19	27,5
	35	18,5			37,5	26	15,5	34
	30,5	31,5			39	32,5	26	40



Şekil 4.1. Yapıştırma harcı-sıva kaplamalı gazbetonlara yapılan atışlardaki mermilerin yatayda ve düşeyde yaptıkları hareket



Şekil 4.2. Monolitik elastomer poliürea kaplamalı gazbetonlara yapılan atışlardaki mermilerin yatayda ve düşeyde yaptıkları hareket

Çizelge 4.1. ve Şekil 4.1. ile Şekil 4.2 de her iki gazbetonda mermilerin bulunduğu konumlar hem yükseklik hemde yatayda ne kadar mesafe değiştirdikleri ölçülerek belirtilmiştir. Bu çizelge incelendiğinde BR6 ve BR7 mermilerin doğrusal bir yol izlemediği ve yüzeyde kullanılan malzemelerin mermilerin hareketine etki ettiği görülmüştür. Özellikle monolitik elastomer poliürea malzeme ile kaplı gazbetonlarda BR7 mermi ile yapılan atışlarda mermilerin yerdeğiştirmelerinin yapıştırma harcı-sıvaya göre daha çok olduğu tespit edilmiştir. Bu durum monolitik elastomer poliüreanın göstermiş olduğu dirence ve BR7 merminin etkisine bağılı olarak açıklanabilir. Ancak mermilerin her iki gazbetonda da diğeryüzeyden çıkış yapmış olması bu tarzda bir formun oluşturulamayacağını bize göstermiştir.



Resim 4.1. Yapıştırma harcı-sıva kaplı gazbetona yapılan atışlar



Resim 4.2. Monolitik elastomer poliürea kaplı gazbetona yapılan atışlar

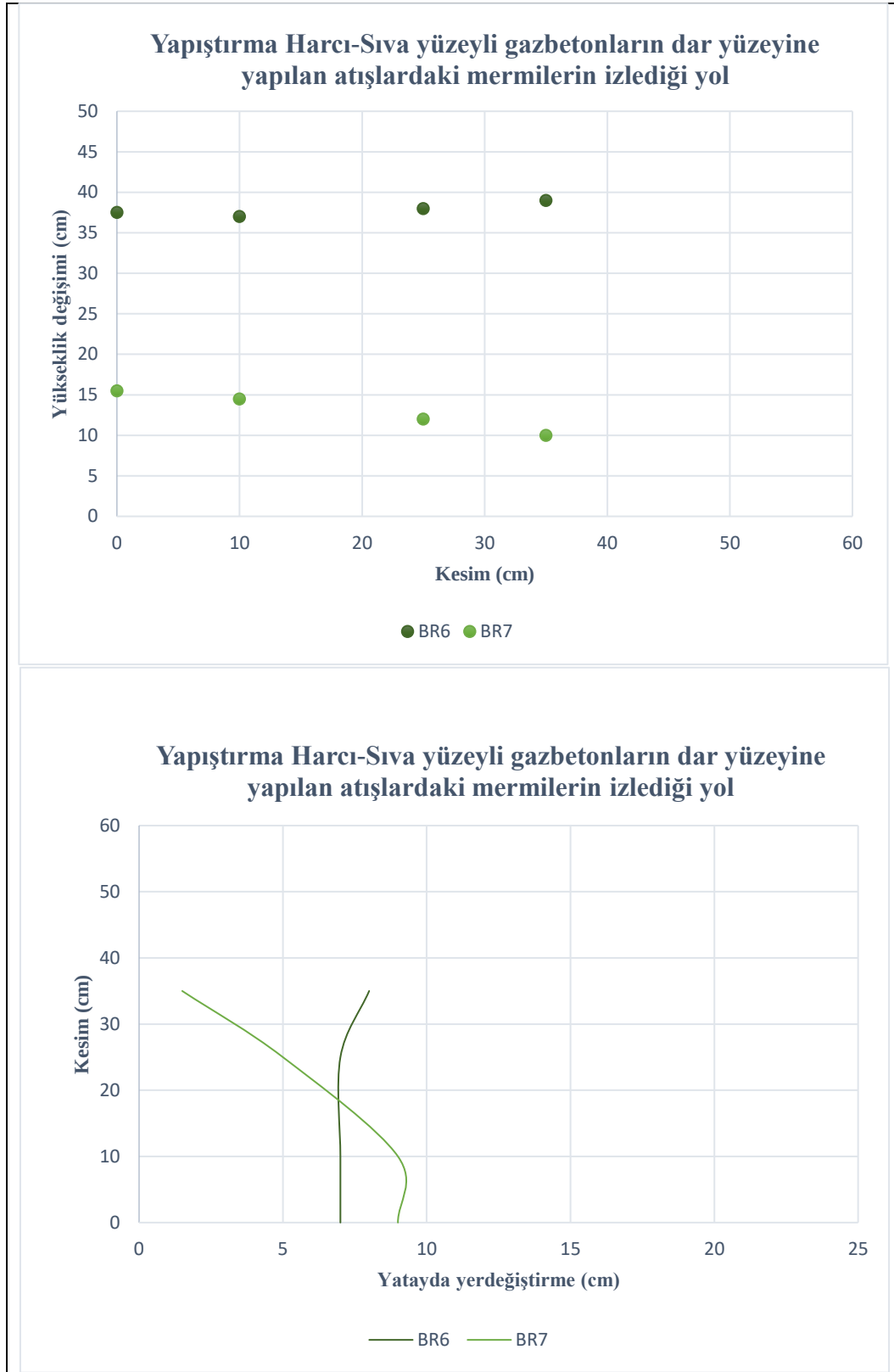
4.2. Atış Deneyi-2

Gazbetonların doğrultusu değiştirilerek dar yüzeyleri üzerinde Yapıştırma Harcı-sıva ve Monolitik elastomer poliürea gibi farklı kaplama malzemeler üzerinden yapılan atış testleri neticesinde;

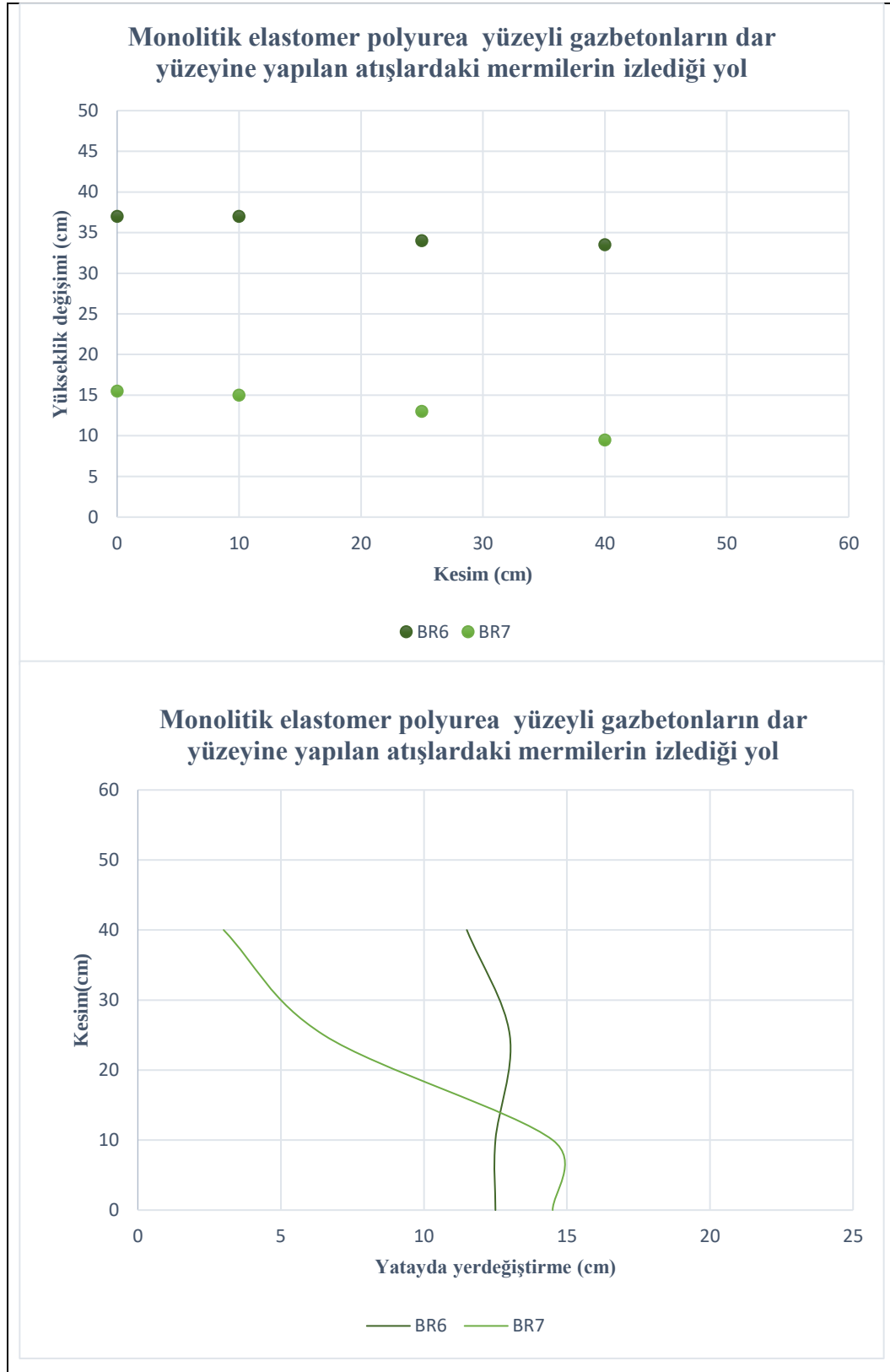
- Yapıştırma Harcı-sıva ile kaplı gazbeton numunesine kontrollü olarak mermi çıkış durumuna göre 1 adet BR6 ve 1 adet BR7 koruma seviyesinde kullanılan mermiler ile atış yapılmıştır. Atış sonucunda yapılan incelemede mermilerin yaptığı tahribat sonucunda BR6 ile yapılan atışta gazbetonun arka yüzeyinde delinmenin meydana gelmediği görülmüştür. BR7 ile yapılan atışta ise delinmenin görülmeyen diğer yüzeye 25 cm kala çıkış yaptığı gözlemlenmiştir. Merminin gazbeton üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, gazbeton 10/15/10/25 cm'den oluşan 4 parçaya ayrılmış ve ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümler Çizelge 4.2.'de belirtilmiştir.
- Monolitik elastomer poliürea kaplı gazbeton numunesine kontrollü olarak mermi çıkış durumuna göre 1 adet BR6 ve 1 adet BR7 koruma seviyesinde kullanılan mermiler ile atış yapılmıştır. Atış sonucunda yapılan incelemede mermilerin yaptığı tahribat sonucunda BR6 ile yapılan atışta gazbetonun yüzeyinden 41 cm'e kadar merminin ilerlediği ancak arka yüzeyinde delinmenin meydana gelmediği görülmüştür. BR7 ile yapılan atışta ise delinmenin görülmeyen diğer yüzeye 17,5 cm kala çıkış yaptığı gözlemlenmiştir. Merminin gazbeton üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, gazbeton 10/15/15/20 cm'den oluşan 4 parçaya ayrılmış ve ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümler Çizelge 4.2.'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.2. Merminin gazbeton dar yüzey üzerindeki etkisi (Ölçümler taban ve sol yüzeyden itibaren yapılmıştır.)

Yüzey Kaplaması	Yapıştırma Harcı-Sıva				Yüzey Kaplaması	Monolitik elastomer poliürea			
Koruma Seviyesi	BR6		BR7		Koruma Seviyesi	BR6		BR7	
Ölçüm (cm)	Taban	Sol Yüz.	Taban	Sol Yüz.	Ölçüm (cm)	Taban	Sol Yüz.	Taban	Sol Yüz.
GİRİŞ	37,5	7	15,5	9	GİRİŞ	37	12,5	15,5	14,5
10 cm	37	7	14,5	9	10 cm	37	12,5	15	14,5
25 cm	38	7	12	5	25 cm	34	13	13	6,5
35 cm	39	8	10	1,5	40 cm	33,5	11,5	9,5	3



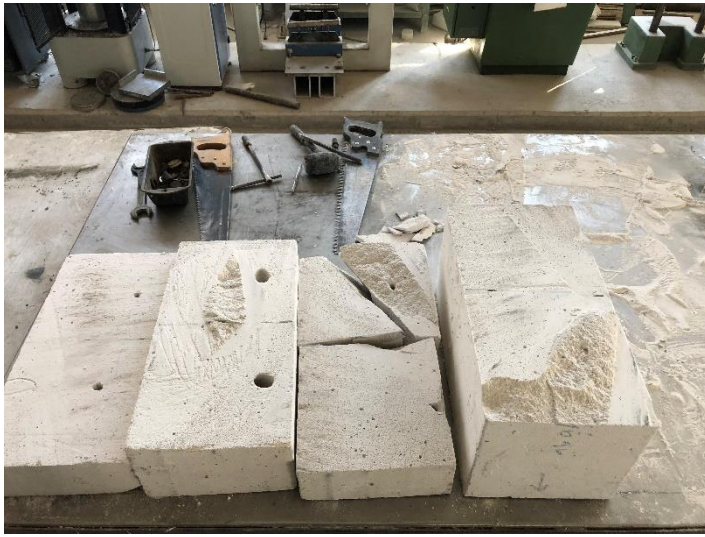
Şekil 4.3.Yapıştırma harcı-sıva kaplamalı gazbetonların dar yüzeyine yapılan atışlardaki mermilerin yatayda ve düşeyde yaptıkları hareket



Şekil 4.4. Monolitik elastomer poliürea kaplamalı gazbetonların dar yüzeyine yapılan atışlardaki mermilerin yatayda ve düşeyde yaptıkları hareket

Çizelge 4.2, Şekil 4.2. ve 4.3. de her iki gazbetonda mermilerin bulunduğu konumlar hem yükseklik hemde yatayda ne kadar mesafe değiştirdikleri ölçülerek belirtilmiştir. Bu çizelge incelendiğinde BR7 mermileri ile yapılan atışlarda her iki malzeme ile kaplı gazbetonlarda yükseklik ve yerdeğiştirmelerinin daha çok olduğu tespit edilmiştir. Dar yüzeye yapılan atışlarda merminin izlediği yolun uzun olması ve gazbetonun boşluklu yapısında göz önüne alınması sonucu yapıştırma harcı+sıva ve monolitik elastomer poliürea kaplı olan gazbetonlarda BR6 mermiler çıkış yapamazken BR7 mermiler yan yüzeyden çıkış yapmıştır. Mermilerin her iki gazbetonda da diğer yüzeyden çıkış yapmamış olması bu tarzda bir formun oluşturulabileceğini göstermiş ancak merminin gazbeton içerisinde kalacak şekilde bir form oluşturulması ve bu yönde bir çalışma yapılmasının daha iyi sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

Her iki kaplı malzeme ile yapılan çalışmada Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2. deki veriler doğrultusunda monolitik elastomer poliürea ile yapılan çalışmaların yapıştırma harcı+sıvaya oranla daha iyi olduğu ancak istenilen sonucu vermediği görülmüştür.



Resim 4.3. Yapıştırma harcı-sıva kaplı gazbetonun dar yüzeyine yapılan atışlar



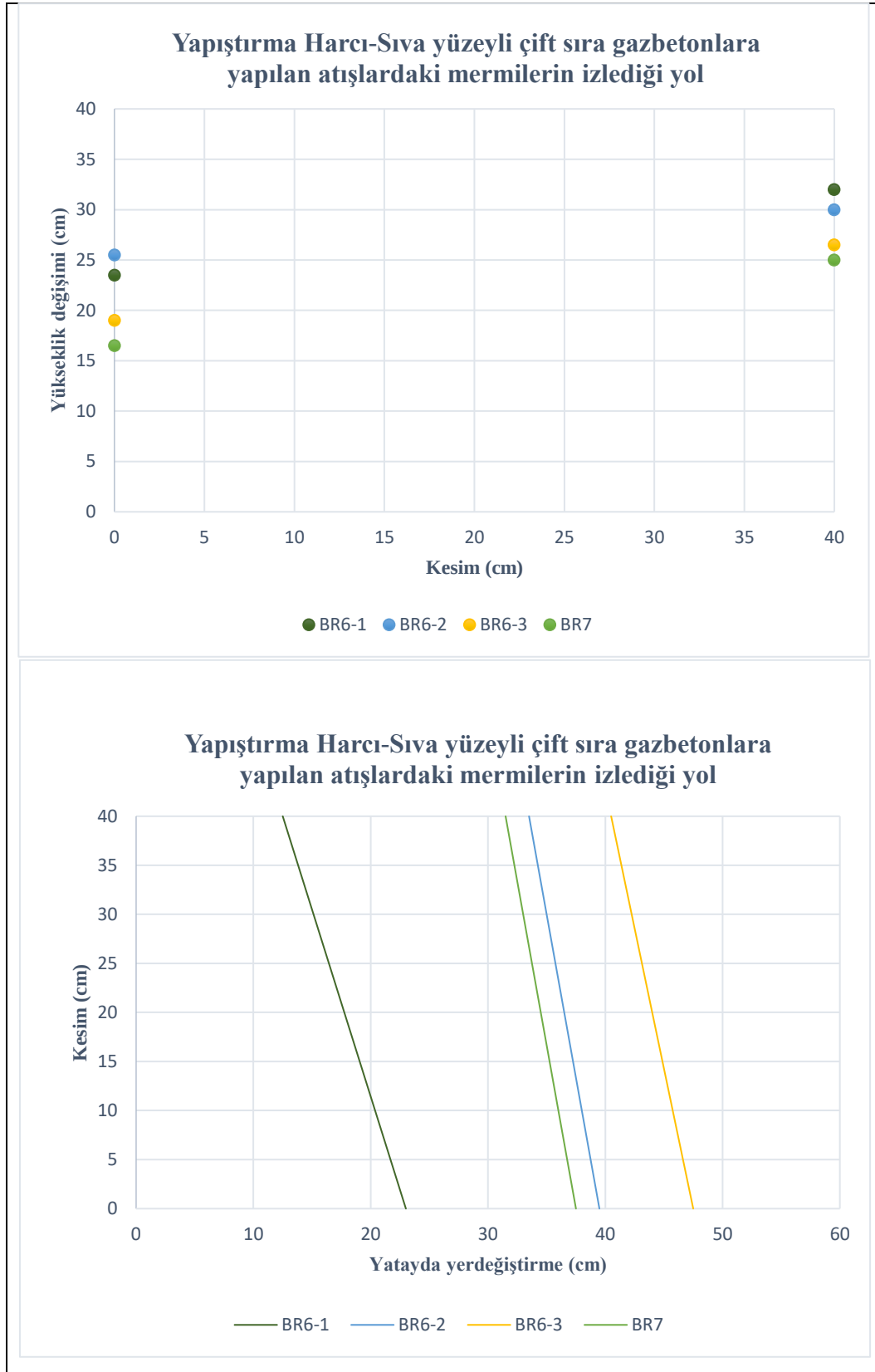
Resim 4.4. Monolitik elastomer poliürea kaplı gazbetonun dar yüzeyine yapılan atışlar

4.3. Atış Deneyi-3

2 sıra gazbetonun yapıştırma harcı ile birleştirilmesi ile elde edilen ve yüzeyi yapıştırma harcı -sıva olan kaplama yüzeyine 3 adet BR6 ve 1 adet BR7 koruma seviyesinde kullanılan mermiler ile atış yapılmıştır. Yapılan atış testleri neticesinde yapılan incelemede mermilerin yaptığı tahribat ile gazbetonun arka yüzeyinde bütün atışlarda delinmenin meydana geldiği görülmüştür. Merminin gazbeton üzerindeki etkisini incelemek amacıyla merminin giriş ve çıkış ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümler Çizelge 4.3.'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.3. Merminin çift sıra oluşturulan gazbeton üzerindeki etkisi (Ölçümler taban ve sol yüzeyden itibaren yapılmıştır.)

Yüzey Kaplaması	Yapıştırma Harcı-Sıva			
Koruma Seviyesi	BR6		BR7	
Ölçüm (cm)	Taban	Sol Yüz.	Taban	Sol Yüz.
GİRİŞ	23,5	23	16,5	37,5
	25,5	39,5		
	19	47,5		
ÇIKIŞ	32	12,5	25	31,5
	30	33,5		
	26,5	40,5		



Şekil 4.5. Çift sıra oluşturulan yapıştırma harcı-sıva yüzeyli gazbetonlara yapılan atışlardaki mermilerin yatayda ve düşeyde yaptıkları hareket

Çizelge 4.3, Şekil 4.4. de her iki gazbetonda mermilerin bulunduğu konumlar hem yükseklik hemde yatayda ne kadar mesafe değiştirdikleri ölçülerek belirtilmiştir. Bu çizelge incelendiğinde BR6 ve BR7 mermilerin doğrusal bir yol izlemediği görülmüştür. Mermilerin gazbetonda diğer yüzeyden çıkış yapmış olması bu tarzda bir formun oluşturulamayacağını bize göstermiştir. 2 sıra 20'lik gazbeton ile oluşturulmuş ve kalınlığı 40 cm bulmasına rağmen bu tarz bir yapıda oluşturulan gazbeton duvarda önünde mermi etkisini azaltacak ek bir malzeme olmadan kalınlığın tek başına etki etmediği anlaşılmıştır.



Resim 4.5. Çift sıra oluşturulan gazbetona yapılan atışlar

4.4. Atış Deneyi-4

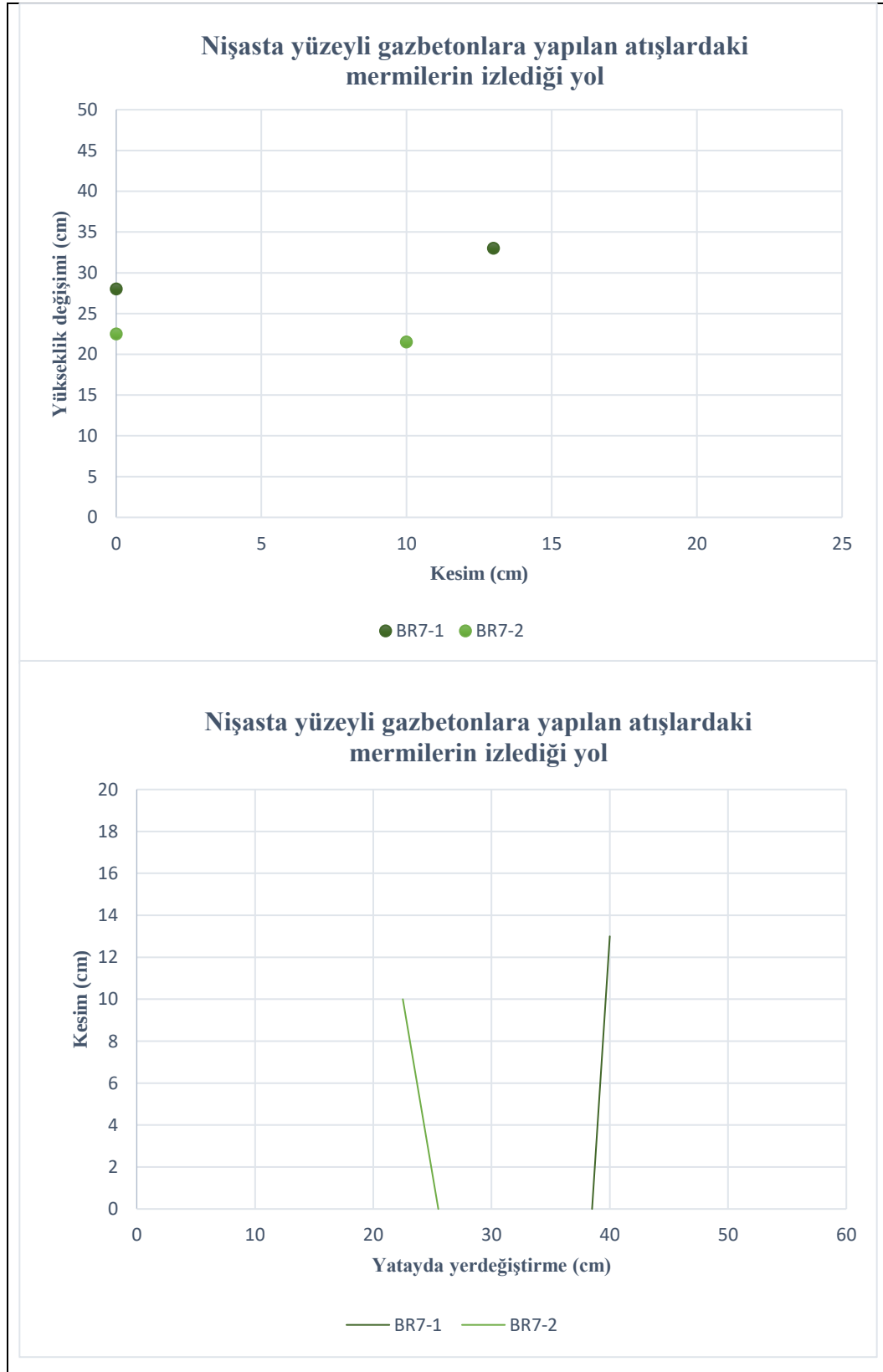
Gazbetonların geniş yüzeyleri üzerinde yapıştırma harcı -sıva kaplamalı yüzey önüne konulan nişasta kaplı malzemeler üzerinden yapılan atış testleri neticesinde;

- 25'lik gazbetona olan uzaklığı 7 cm olan ve genişliği 5cm olan platform içerisindeki nişastaya 1 adet BR7 koruma seviyesinde kullanılan mermi ile atış yapılmıştır. Atış sonucunda yapılan incelemede merminin yüzeye girdiği andan itibaren 13 cm içeri girdiği, gazbetonun arka yüzeyinde herhangi bir delinmenin meydana gelmediği görülmüştür. Merminin gazbeton üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, gazbetonlar birleşim yerlerinden 2 eşit parçaya ayrılmış ve ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümler Çizelge 4.4'de belirtilmiştir.

- 20'lik gazbeton önüne 16 cm çapında içerisinde nişasta olan malzemeye 1 adet BR7 koruma seviyesinde kullanılan mermi ile atış yapılmıştır. Atış sonucunda yapılan incelemede merminin yüzeye girdiği andan itibaren 14 cm içeri girdiği, gazbetonun arka yüzeyinde herhangi bir delinmenin meydana gelmediği görülmüştür. Merminin gazbeton üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, gazbeton 10 cm'den oluşan 2 eşit parçaya ayrılmış ve ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümler Çizelge 4.4.'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.4. Merminin nişasta ile oluşturulan gazbeton üzerindeki etkisi (Ölçümler taban ve sol yüzeyden itibaren yapılmıştır.)

Yüzey Kaplaması	Platform Nişasta		Yüzey Kaplaması	Platform Nişasta	
Koruma Seviyesi	BR7		Koruma Seviyesi	BR7	
Ölçüm (cm)	Taban	Sol Yüz.	Ölçüm (cm)	Taban	Sol Yüz.
GİRİŞ	28	38,5	GİRİŞ	22,5	25,5
13 cm	33	40	10 cm	21,5	22,5



şekil 4.6. Nişasta yüzeyli gazbetonlara yapılan atışlardaki mermilerin yatayda ve düşeyde yaptıkları hareket

Çizelge 4.4, Şekil 4.5. de her iki gazbetonda mermilerin bulunduğu konumlar hem yükseklik hemde yatayda ne kadar mesafe değiştirdikleri ölçülerek belirtilmiştir. Bu çizelge incelendiğinde BR7 mermileri ile yapılan atışlarda her iki gazbetonda yükseklik ve yerdeğiştirmelerinin farklı yönlerde olduğu görülmüştür. Newtonsal olmayan sıvı ile oluşturulan yapılarda mermilerin her iki gazbetonda da diğer yüzeyden çıkış yapmamış olmasından dolayı bu tarzda bir formun oluşturulması en doğru seçim olacaktır. Diğer atış deneyleri ile karşılaştırıldığında göstermiş olduğu etki ile merminin içerde kalmasını sağlamış olması bu formun başarılı olduğunu ve yapılarda kullanılabilmesi için bu yönde çalışmaların geliştirilerek daha doğru formda malzeme uygulamasının yapılmasının uygun olacağını göstermiştir.



Resim 4.6. Nişasta kaplamalı gazbetonlara yapılan atışların etkisi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada, gazbetonun çarpma etkisini incelemek ve balistik açıdan BR6 ve BR7 mermiler karşısında dayanımını ölçmek amacıyla 4 farklı aşama kullanılarak kalınlığı, doğrultusu ve yüzeye uygulanan farklı malzemeleri ile yapmış olduğu etki araştırılmıştır. Değerlendirmeler, gazbeton üzerinde yapılan kesimler, merminin gazbeton yüzeyinde yapmış olduğu hareketler ve giriş-çıkış tahribatları sonucunda yapılmıştır.

1. Gazbeton üzerinde bu tarz çalışmaların ilk olması ve bu alanda yapılan araştırmaların son derece sınırlı olması nedeniyle sonuçların genelleştirilmesi oldukça zordur. Ancak yapılan bu çalışma ile ileride yapılacak araştırmalara dayanak olacağı düşünülmektedir.
2. Gazbetonun boşluklu bir yapıda olması, mermilerin gazbeton içinde izlemiş olduğu yola etki etmiştir. Şekillerdeki yerdeğiştirme ve yükseklik değişimleri incelendiğinde doğrusal hareket yapmadığı görülmüştür. Bu durumun özellikle dar yüzeye yapılan atışlar ve nişastalı yüzeye yapılan atışlarda merminin gazbetona giriş yaptıktan sonra arka yüzeyinde çıkış yapamamasında etkili olmuştur.
3. Yapılan atış deneyleri sonucunda Atış-1, 1-a ve 1-b ile Atış-3 de merminin diğer yüzeylerden çıkması ve istenilen dayanım performansını gösterememesinden dolayı başarısız olmuştur. Atış-2 de yapılan 2-a ve 2-b atış deneyleri BR6 mermileri geçirmemiş ve BR7 ile yapılan atışlarda ise diğer yüzeye varamadan yan yüzeyden çıkış yapmıştır. Atış-1 ve Atış-3 ile karşılaştırıldığında başarılı bir çalışma olduğunu söyleyebiliriz ancak formun dahada geliştirilmesi ve merminin içeride kalması için çalışma genişletilebilir. Atış-4, 4-a ve 4-b de oluşturulan yapılar en başarılı çalışmalardır. Merminin içeride kalması sağlanmış ve diğer yüzeyden çıkış olmamıştır. Bu çalışma diğer 3 çalışmaya oranla daha güvenilir ve başarılı olmuştur.
4. Gazbetonların geniş yüzeyine uygulanan yapıştırma harcı-sıva uygulamasında, gazbeton kalınlıklarının arttırılrsa dahi merminin çıkışına engel olamadığı tespit edilmiştir. Monolitik elastomer poliürea uygulaması ile oluşturulan gazbetonlarda, yapıştırma harcı-sıva uygulamasındaki gibi büyük mermi giriş ve çıkışların aksine, merminin giriş ve çıkış kısımlarında küçük çizikler şeklinde izler bıraktığı ancak monolitik elastomer poliürea kaplaması çıkarıldığında ise merminin çıkış yaptığı

görülmüştür. Monolitik elastomer poliüreanın merminin gazbetona giriş ve çıkış yapan kısımlarında enerjiyi sönümlemiş ve malzemenin dağılmadan bir arada tutmuştur. Bu yapıda bir malzemenin silahlı saldırı yerine patlama vb. olaylarda kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

5. Dar yüzeye yapılan atışlarda, gazbetonun arka kısmından çıkış olmamıştır. yapıştırma harcı-sıva ve monolitik elastomer poliürea kaplı yüzeylerin her ikisinde de BR7 koruma seviyesindeki mermilerin yan yüzeyden çıkış yaptığı görülmüştür. Oluşturulacak bir yapıda koruma sağlamak amacıyla kullanılacak gazbetonun doğrultusunun dar yüzey doğrultusunda oluşturulması avantaj sağlayacaktır.
6. Nişasta kaplı yüzeylerde yapılan çalışmalar diğer uygulanan malzemelere oranla daha başarılı olmuştur. Özellikle gazbeton yüzeyinde su ile nişasta karışımı ile oluşturulan oobleck karışımı (Newton tipi olmayan akışkan) gelen darbe karşısında göstermiş olduğu direnç ve sonucunda geniş yüzeye yapılan atış neticesinde BR7 koruma seviyesindeki mermilerin çıkış yapamamış olması bu malzeme ile oluşturulabilecek formda bir yapının uygun olacağını göstermiştir. Özellikle nişasta platformu ile oluşturulan düzende gazbeton ile düzenek arasında 7 cm'lik boşluğun olması etkili olmuştur. Yerdeğiştirme ve yükseklik değişimleri incelendiğinde platform ile kurulan nişastada merminin daha çok yer değiştirdiği görülmüştür. Bu durum merminin platforma çarptıktan sonraki sürecinde özellikle boşluk olan bir ortamda yer değiştirmiş olması ile açıklanabilir.
7. Bu çalışma kapsamında gazbeton ile oluşturulacak bir yapı kapsamında gazbetonun doğrultusu, gazbeton önünde oluşturulabilecek boşluk yapısı (taş yünü vb. yapı malzemeleri ile) ve nişastanın yapı malzemelerine uygun bir formu ile polis ve askeri güvenlik noktalarının oluşturulması, hem zaman hem de maliyet açısından etkili olacaktır. Nitekim BR7 seviyesinde zırhla çevrelenmiş, güvenlik personelinin görev yapacağı şekilde ortalama iç kullanım alanı $2 \times 2 \text{ m}^2$, iç yüksekliği 2,40 m ve içerisinde çalışmak için yeterli sistem ve ekipman barındıran (ısıtıcı, klima, ses sistemi vb.) geniş gözlem imkanı sağlayan balistik camları ile oluşturulan bir nöbet kulübesinin maliyeti ortalama 200.000-300.000 TL arasında ve üretim aşaması ortalama 4-5 ay arasında değişirken, yapılan bu tez çalışması çerçevesinde aynı özelliklere sahip oluşturulacak

gazbeton duvarın yeni formları ile hem maliyet hemde zaman açısından avantaj sağlanacaktır.

Çalışmanın genelinde; farklı materyallerden faydalanarak gazbetonun çarpma etkisini incelemek, balistik açıdan tehdit seviyeleri BR6 ve BR7 olan mermiler karşısında dayanımını ölçmek amacıyla 4 farklı aşama kullanılarak kalınlığı, doğrultusu ve yüzeye uygulanan farklı malzemeleri ile yapmış olduğu etki araştırılmıştır. Çalışma sonucunda ise; en iyi sonuçları gazbetonun dar yüzeyine yapılan atışlar ile newtonsal olmayan sıvı ile oluşturulan platforma yapılan atışlarda elde edilmiştir.

Yürütülen çalışma kapsamında gazbeton üzerindeki deneyler sonucunda elde edilen sonuçların geliştirilmesi ve tasarım mühendisleri tarafından daha işlevsel ve kullanılabilir olması açısından öncelikle bilgisayar ortamında matematiksel açıdan modelleme yapılarak test edilmesi, başarılı olan ürünler üzerinde deney sayısının artırılması ve yeni formların üretilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Türk Standartları Enstitüsü (1988). *Gaz ve köpük beton yapı malzeme ve elemanları*. TSE 453, Ankara.
2. İnternet: Bocetta, S. (2017). The history of body armor, from medieval times to today. URL: <https://smallwarsjournal.com/jrnl/art>. Son Erişim Tarihi: 28/04/2021.
3. Demir, T. (2008). *Metal ve katmanlı zırh malzemelerinin 7,62 mm'lik zırh delici mermiler karşısında balistik başarımlarının incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
4. Özgültekin, S.E. (2012). *Balistik zırhlarda kullanılan kompozit malzeme kombinasyonlarının incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
5. Henderson, J. (2008). Ballistic body armor protecting the protectors. *Strategic Standardization*, 20, 0-18.
6. Bozdoğan, F., Üngün S., Temel E. ve Mengüç G.S. (2015). Balistik koruma amaçlı kullanılan tekstil materyalleri, özellikleri ve balistik performans testleri. *Tekstil ve Mühendis*, 22(98), 84-103.
7. Yanen, C. ve Solmaz, M. (2016). Tabakalı hibrit kompozitlerin bireysel zırh malzemesi olarak üretimi ve balistik performanslarının incelenmesi. *El Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3(2), 351-362.
8. P.M. Cunniff (1999). dimensionless parameters for optimization of textile-based body armor systems. *Proceedings of the 18th International Symposium on Ballistics*, 1303-1315.
9. Plummer, H. (1940). Elements of ordnance. *Nature*, 145(3673), 443-444.
10. İnternet: From character to personality. (2000) NIJ Standard 0101.04 URL: <http://www.ballisticedge.com.au/NIJ0104.htm>. Son Erişim Tarihi: 28/04/2021
11. NIJ Standards (2008). *Ballistic resistance of body armor*. NIJ Standard-0101.06, America.
12. NATO Standards (1995). *Procedure to determine the degree of ballistic performance similarity of NATO indirect fire ammunition and applicable corrections to aiming data*. STANAG 4106, Belgium.
13. Mousavi, M.V. and H. Khoramishad (2020). Investigation of energy absorption in hybridized fiber-reinforced polymer composites under high-velocity impact loading. *International Journal of Impact Engineering*, 146 (7), 103692.
14. Hsieh, C.Y., Mount, A., Jang, B.Z., Zee, R.H. (6-8 November 1990). Response of polymer composites to high and low velocity impact. *Proceeding of 22nd International SAMPE Technical Conference*, Boston.

15. Candan, C. ve Akdemir, A. (14-15-16 Nisan 2004). *An investigation of terminal ballistic properties and design of composite armor against the light weapons*. 10. Denizli Malzeme Sempozyumu ve Sergisi, Denizli.
16. Gellert, E.P., Cimpoeru, S.J. and Woodward, R.L. (2000). A study of the effect on the target thickness on the ballistic perforation of glass-fibre reinforced plastic composites. *Elsevier International Journal of Impact Engineering*, 24, 445-456.
17. İnternet: Savunma Sanayi Başkanlığı (2021). *Türk Savunma Sanayi Ürün Kataloğu*. URL: <https://www.ssb.gov.tr/urunkatalog/tr/523/>. Son Erişim Tarihi 28/04/2021.
18. Göksel, B. (2018), *Değişik elyaf oryantasyon açılarındaki aramid elyafa tib2 takviye edilmesi, mekanik ve balistik özelliklerinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi Kırıkkale Üniversitesi.
19. Feng, J., Sun, W., Wang, L., Chen, L., Xue, S. and Li, W. (2020). Terminal ballistic and static impactive loading on thick concrete target. *Construction and Building Materials*, 251, 118983.
20. Jin, X., Jin, T., Su, B., Wang, Z., Ning, J. and Shu, X. (2017). Ballistic resistance and energy absorption of honeycomb structures filled with reactive powder concrete prisms. *Journal of Sandwich Structures & Materials*, 19(5), 544-571.
21. Naito, C., States, J., Jackson, C. and Bewick, B. (2014). Crumb rubber concrete performance under near-field blast and ballistic demands. *Journal Of Materials In Civil Engineering*, 26(9), 04014062.
22. Murtiadi, S. (1999). *Behavior of high-strength concrete plates under impact loading*. master thesis, Faculty of Engineering and Applied Science Memorial University of Newfoundland, Canada.
23. Oucif, C., Rama, J.S.K., Ram, K.S. and Abed, F. (2021). Damage modeling of ballistic penetration and impact behavior of concrete panel under low and high velocities. *Defence Technology*, 17(1), 202-211.
24. Kantar, E., Arslan, A. ve Anıl, Ö. (2011). Beton dayanımındaki değişimin çarpma davranışına etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(1), 115-123.
25. Kaymaz, K. ve Arıcı, E. (2018). Betonun mekanik özelliklerinin çarpma dayanımına etkisi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, CMES (2018), 106-111.
26. Eltehawy, E. (May 26-28, 2009). *Behavior of heavy weight concrete under impact effect*. 13th International Conference On Aerospace Sciences & Aviation Technology, Egypt.
27. Arıcı, E., Dursun, R. ve İnce, R., (7-9 Kasım 2007). *Determination of impact strength of concrete*. 8th International Fracture Conference, İstanbul.
28. Tanner, J.E. (2003). *Design provisions for autoclaved aerated concrete (AAC) structural systems*. Thesis, The University of Texas, Austin.

29. Büyükkaragöz A., Sevil N. ve Koprman Y. (2019). Gazbeton malzemesinden üretilmiş duvarların çelik lifli beton panellerle güçlendirilmesi: deneysel çalışma. *Politeknik Dergisi*, 22(2), 335-340.
30. Alkayış, M.H. ve C. Başığit (2021). Lif katkısının beton darbe dayanımına etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (24), 455-462.
31. Özmen, H., Soyluk, K. ve Anıl Ö. (2018). Betonarme binaların patlayıcı kullanılarak içe yıkımında beton dayanımının yapı davranışına etkisi. *Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi-B Teorik Bilimler*, (6), 47-56.
32. Verhagen, A.H. (1978). *Impact testing of fibre reinforced concrete: reflection on possible test methods, in testing and test methods of fibre cement composites*. RILEM Symposium Edited by RN Swamy, Hornby.
33. Ertokat, N. (2017). *Ytong Kitabı*. (2. Baskı). İstanbul: Yem Yayınevi, 164.
34. Kartal, S. (2001). *Ülkemiz İnşaat sektöründe gazbeton kullanımı*. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Edirne.
35. Türk Standartları Enstitüsü (2006). *Ön Yapımlı (Prefabrike), Donatılı Gazbeton Yapı Elemanları*. TS 453, Ankara.
36. Ropelewski, L. and Neufeld, R. D. (1999). Thermal inertia properties of autoclaved aerated concrete. *Journal of Energy Engineering*, 125(2), 59.
37. Çimentaş A.Ş (1995). *Tasarım ve Uygulama El Kitabı*. (1. Baskı). İzmir: Çimentaş Gazbeton İşletmeleri, 85.
38. Kömürlü, R. ve Önel, H. (2007). Gazbeton yapı ürünlerinin konutlarda kullanımı. *Megaron YTÜ Mimarlık Fakültesi E-Dergisi*, 2(3), 145-158.
39. Isık E. (2004). *Seramik yapıştırma harcında kullanılan agregaların, kimyasal ve mineralojik bileşiminin yapışma mukavemetine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
40. Sun, J., Shen, X., Tan, G. and Tanner, J.E. (2019). Compressive strength and hydration characteristics of high-volume fly ash concrete prepared from fly ash. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, (136), 565-580.
41. Kesler, Y. E. (2009). *Kalsit katkılı betonların erken yaş mekanik özellikleri*. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
42. Gürdal, E. (2010). Bir yapı malzemesi olarak alçı. *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*, (4), 37-43.
43. İnternet: Baran Boya (2021). Poliüretan polyol izosiyanat nedir. URL: <https://www.baranboya.com/poliuretan-polyol-izosiyanat-nedir>, Son Erişim Tarihi: 28.04.2021.

44. İnternet: Yetgin, B. (2017). Poliürea-poliürea nedir. URL: <https://www.geosett.com/57-poliürea---poliurea-nedir.html>, Son Erişim Tarihi: 28/04/2021.
45. İnternet: Sarıgül T. ve Çetinkaya K.B. (2019). Oobleck: sıvı mı yoksa katı mı. URL: <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/oobleck-sivi-mi-yoksa-kati-mi?>, Son Erişim Tarihi: 28/04/2021.
46. İnternet: Wikipedia (2021). Heckler & Koch G3. URL: https://tr.wikipedia.org/wiki/Heckler_%26_Koch_G3, Son Erişim Tarihi 28/04/2021.
47. İnternet: Asimgard (2021). EN 1063 EN 1522/23 NIJ Balistik Standartlar. URL: <https://www.asimgard.com/asimgard-balistik-standart>, Son Erişim Tarihi 28/04/2021.
48. Türk Standartları Enstitüsü (2015). *Kâgir birimler - Özellikler - Bölüm 4: Gazbeton kâgir birimler*. TS EN 771-4:2011+A1, Ankara.
49. Türk Standartları Enstitüsü (2021). *Seramik karolar için yapıştırıcılar - Bölüm 1: Gereklilikler, performans sürekliliğinin değerlendirilmesi ve doğrulanması, sınıflandırma ve işaretleme*. EN 12004-1:2017, Ankara.
50. İnternet: İzoline (2021). Line-x nedir. URL: <http://www.izolinet.com/line-x.html>, Son Erişim Tarihi: 28/04/2021.
51. İnternet: Wikipedia (2021). Mısır nişastası. URL: https://tr.wikipedia.org/wiki/M%C4%B1s%C4%B1r_ni%C5%9Fastas%C4%B1, Son Erişim Tarihi: 28/04/2021.
52. İnternet: Bozkurt (2020). G3 piyade tüfeği. URL: <https://www.jandarmapersoneli.com/g3-piyade-tufegi>, Son Erişim Tarihi: 28/04/2021
53. Türk Standartları Enstitüsü (1999). *Emniyet camları- Yapılarda kullanılan- Mermi darbesine karşı dayanıklılığın denenmesi ve sınıflandırılması*. EN 1063, Ankara.



GAZİ GELECEKTİR..