



Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi (Research Article)

Makale Doi: **10.17100/nevbiltek.1371662**

Geliş Tarihi:05/10/2023

Kabul Tarihi:23/12/2023



Basınç Dayanımı Açısından Püskürtme Beton Uygulamalarındaki Başlık Sistemlerinin Değerlendirmesi

Hasan POLAT¹, Cengiz ÖZEL²

¹ *Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Bingöl*
ORCID ID: 0000-0003-1521-0695

² *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta*
ORCID ID: 0000-0002-2715-1680

Öz

Bu çalışmada, farklı başlık tiplerinin püskürtme betonunun basınç dayanımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada, başlıksız (kontrol), kükürt başlıklı ve neopren başlıklı olmak üzere üç farklı başlık sisteminin etkisi değerlendirilmiştir. Deneysel kapsamında her bir başlık sistemi için dokuz farklı numune üzerinde testler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, başlıksız numunelerin kükürt başlık ve neopren başlığa kıyasla daha düşük basınç dayanımı gösterdiğini belirlenmiştir. Bu sonuçlar, başlık kullanımının önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, kükürt başlık sistemine alternatif olarak sunulan neopren başlığın, kükürt başlık sistemine göre % 2.96 daha yüksek ortalama basınç dayanımı değeri sunduğu belirlenmiştir. Bu durum, numune başlık birleşim bölgelerinde oluşan gerilme yığılmalarından kaynaklanabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Çalışmanın sonuçları, püskürtme betonunun başlık seçiminin ve başlık-beton etkileşiminin, malzemenin basınç dayanımı özellikleri üzerinde önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak günümüzde laboratuvarında yaygın olarak kullanılan kükürt başlıklılamaya alternatif olarak neopren başlık sistemlerin tavsiye edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Basınç dayanımı; farklı başlık türleri; Neopren başlık; püskürtme beton.

Evaluation of Head Systems in Shotcrete Applications in Terms of Compressive Strength

Abstract

In this study, the effect of different head types on the compressive strength of shotcrete was investigated. The study evaluated the effect of three different nozzle systems: no nozzle (control), sulfur nozzle and neoprene nozzle. Within the scope of the experiments, tests were carried out on nine different specimens for each nozzle system. The results showed that the specimens without headers showed lower compressive strength than those with sulfur headers and neoprene

Sorumlu yazar e-mail: hpolat@bingol.edu.tr

headers. These results emphasize the importance of using headers. In addition, it was determined that the neoprene cap, which was presented as an alternative to the sulfur cap system, presented a 2.96% higher average compressive strength value than the sulfur cap system. This situation has been interpreted as potentially arising from stress accumulations occurring in the sample header junction regions. The study's results indicate that the choice of shotcrete head and the head-concrete interaction can play an essential role in the compressive strength properties of the material. As a result, it is concluded that neoprene head systems can be recommended as an alternative to the sulfur head systems commonly used in the laboratory today.

Keywords: Compressive strength; different head types; Neoprene header; shotcrete.

1. Giriş

Beton çimento, su, agrega (kum, çakıl gibi malzemeler) ve bazen katkı maddeleri ile bir araya getirilerek oluşturulan ve günümüzde yaygın bir şekilde kullanılan kompozit bir yapı malzemesidir [1 ve 2]. Beton üretimi kolay olan bir yapı malzemesidir ve istenilen şekli verebilir. Yüksek basınç dayanımı gösterir ve ekonomiktir. Bununla birlikte, süneklik gerektiren özellikleri oldukça düşüktür. Betonun bu düşük olan özelliklerini tamamlamak için bazı durumlarda özel betonlar kullanılmaktadır. Bu özel beton türlerinden biri de püskürtme betondur. Yerleştirilen yüzeye hortumun ucundan basınçlı hava yardımıyla yüksek hızla püskürtülen betona 'püskürtme beton veya püskürtülmüş beton adı verilmektedir [3-6]. Püskürtme beton İngiltere'de püskürtülmüş beton anlamına gelen 'sprayed concrete' olarak, ABD'de ise shotcrete veya guite olarak adlandırılmaktadır [7]. Geleneksel betondaki durumun benzeri olarak, püskürtme betonun özellikleri su/çimento oranına, agreganın kalitesine, boyutuna ve tipine, kullanılan katkıların tipine, kullanılan çimentonun tipine, inşaat uygulamalarına bağlı olarak değişmektedir [8].

Püskürtme betonların dayanımlarının belirlenmesinde genel olarak 10x10 cm boyutunda silindir karot numuneler kullanılmaktadır. Numunelerin basınç deneylerinin yapılabilmesi için, öncelikle standart silindir beton numunelerinin ve karot numunelerinin yüzeylerinin düzgün olmayıştan kaynaklanan parazit gerilmeleri elimine etmek amacıyla başlıklama işlemi uygulanması gerekmektedir [9]. Önceki çalışmalar, numunelerin dayanım belirleme aşamasında kullanılan başlıklama malzemelerinin özelliklerinin ölçülen dayanımlar üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir [10 ve 11].

Başlıklama, basınç dayanımı testi sırasında aksel yükü maruz kalan beton numunelerin her iki ucunda düzgün bir yüzey sağlamak için kullanılan bir tekniktir. ASTM C1552 beton silindirlerin basınç dayanımını belirlemek için uygun kapak malzemeleri olarak yapıştırılmış kapakları, özellikle alçı sıva veya erimiş sülfürü belirtir. Bununla birlikte, yapıştırılmış kapaklar, daha uzun hazırlık süresi, pahalı, yoğun ve vasıflı işgücünün yanı sıra potansiyel sağlık tehlikesi gibi çeşitli sınırlamalara sahiptir [12].

Literatür incelenmesinde araştırmacıların daha pratik ve hızlı bir başlık üretim sistemi üzerinde çalışmalar yaptığı görülmektedir. Yaptıkları çalışmalarında çimento macunu, neopren yastık ve kükürt harcı ile yapıştırılmış ve yapıştırılmamış başlık tiplerini test etmişlerdir [13]. Farklı bir çalışmada araştırmacılar neopren yastık ve alüminyum poliüreten yastıklar kullanılmışlardır [14 ve 15]. Başka bir çalışmada ise kükürt başlık ve neopren yastıkların karşılaştırmak için deneysel bir program geliştirdiler ve başlıkların benzer sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir [16]. Daha farklı bir çalışmada araştırmacılar farklı kalıp sistemlerini (Çelik ve ahşap) kullanarak ürettikleri numuneler üstünde neopren yastık ve kükürt başlık sistemini test ederek aralarında önemli bir fark olmadığını sonucuna varmışlardır [17].

Yapılan bu çalışmada literatürde incelenen geleneksel beton veya geleneksel betonlardan alınan karot numuneler üzerinde araştırmacıların farklı başlık sistemlerini araştırdıkları görülmektedir. Yapılan bu çalışmada geleneksel betondan farklı olan ve yaygın bir kullanım alanına sahip olan püskürtme betonlarda başlık sistemlerinin dayanım üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında başlıksız (kontrol), kükürt başlık ve neopren olmak üzere üç başlık sisteminin püskürtme betonların basınç dayanımları üzerindeki etkisi karşılaştırmalı olarak belirlemek amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

2.2.1. Çimento

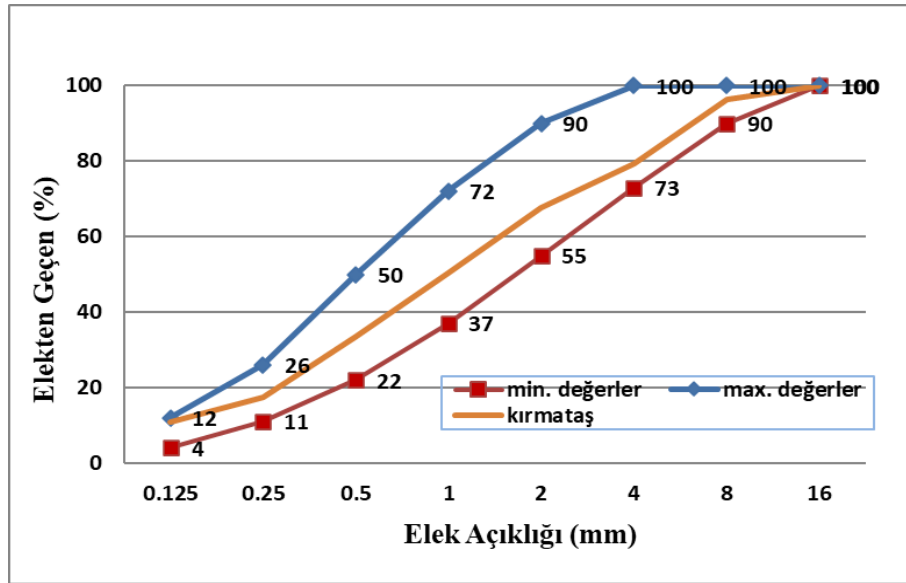
Püskürtme beton karışımlarının üretiminde bağlayıcı olarak EN 197-1 [18] standartlarına uygun CEM I 42.5 R tipi portland çimentosu kullanılmıştır. Portland çimentosunun özgül yüzey alanı ve özgül ağırlığı sırasıyla 4130 cm²/g ve 3.13 g/cm³'tür. Portland çimentosunun karakteristik özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çimentoya ait kimyasal ve fiziksel özellikler

Kimyasal bileşim (%)		Çimentonun Fiziksel Özellikleri	
SiO ₂ (%)	19.16	Özgül Ağırlık(g/cm ³)	3.13
Al ₂ O ₃ (%)	4.87	Özgül Yüzey (cm ² /g)	4130
Fe ₂ O ₃ (%)	3.76	İncelik (μ)	2.8
CaO (%)	63.03	Priz Başı (dk)	125
MgO (%)	1.65	Priz Sonu (dk)	210
SO ₃ (%)	3.26	Hacim Sabitliği	1
K ₂ O (%)	0.58	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	
Na ₂ O (%)	0.17	2 gün	28.1
Cl (%)	0.0102	7 gün	40.4
Kızdırma Kaybı	3.43	28 gün	54.2
Çözünmeyen Kalıntı	0.61		

2.2.2. Agrega

Yapılan çalışmada agrega olarak 0-8 mm boyutunda, yoğunluğu 2.64 g/cm³ olan kırmataş agregası kullanılmış olup agregaya ait elek analizi sonuçları Şekil 1'de verilmiştir. Elek analizi sonucunda kırma taş agregasının granülometri eğrileri çizilmiştir. Eğri sınırları EFNARC (1996) [19]'da püskürtme beton için belirlenen limit değerleri dikkate alınmıştır. Püskürtme beton üretiminde kullanılan agregaların, limit sınır eğrileri içinde kaldığı için püskürtme betonda kullanımları uygun oldukları sonucuna varılmıştır.

**Şekil 1.** Agregaya ait elek analizi sonuçları

2.2.2. Priz hızlandırıcı katkı

Çalışmada piyasadan temin edilmiş olan alkali içeren priz hızlandırıcı katkı kullanılmıştır. Priz hızlandırıcı katkıya ait özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Priz hızlandırıcı katkıya ait özellikler

Kod	Katki Oranı (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	pH	Klorür İçeriği	Alkali (Na ₂ O eşdeğeri, %)	Miktarı
-----	-----------------	-------------------------------	----	----------------	--	---------

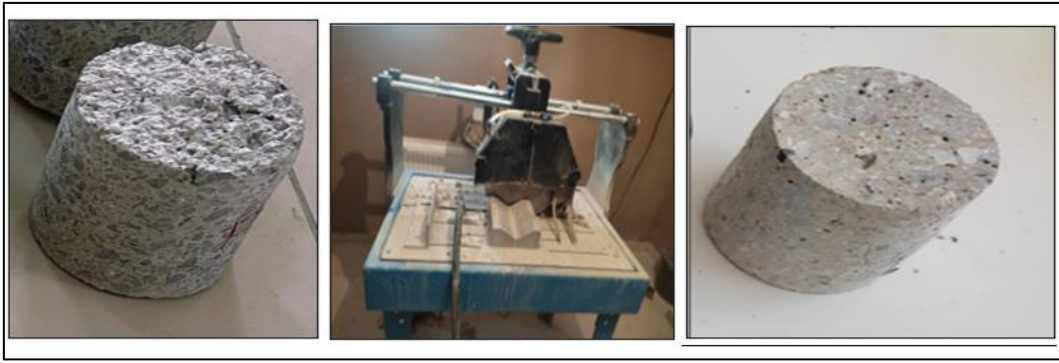
Priz Hızlandırıcı katkı	35	1.47	13.0	<0.1	<25
--------------------------------	----	------	------	------	-----

2.1.4. Başlık sistemleri

Yapılan çalışmada başlıksız (kontrol), neopren başlık ve kükürt başlık olmak üzere üç farklı başlık sistemi kullanılmıştır.

2.1.4.1. Başlıksız (Kontrol) sistemi

Başlıksız sistemde püskürtme beton üretiminden elde edilen karot numunelerinde kesim işlemi yapılarak düzgün yüzey elde edilen numuneleri tanımlamaktadır. Başlıksız sistem üretim aşaması Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Başlıksız (kontrol) numune oluşturma aşamaları.

2.1.4.2. Neopren Başlık

Basınç dayanım deneyi uygulanacak silindirik şekilli numunelerin hazırlanmasında, kükürt ile başlıklama metoduna alternatif olarak, yüzey düzensizlikleri olan numunelerde, deney yükünü uniform olarak dağıtarak güvenilir deney sonuçları alınmasını sağlayan Neopren basınç yastıkları/peddler ve yastık tutucu plakalar kullanılmaktadır. Neopren başlık sistemi Türk standartlarına dahil olmasa da Amerikan standartlarında mevcut bir durumdur. Neopren başlık sistemi piyasadan temin edilmiştir. Neopren başlık yastık (10 cm çapında) ve yastık tutucu olmak üzere iki farklı parçadan oluşmaktadır. Neopren başlıklı numunelerin yapım aşamaları Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Neopren başlık oluşturma aşamaları.

2.1.4.3. Kükürt Başlık

Kükürt-grafit tozu karışımı, yüksek basınç dayanımına sahip olup aynı zamanda hızlı sertleşme özelliği sunarak zaman kazandıran bir malzemedir. Bu malzeme, 125-200 °C arasındaki yüksek sıcaklıklarda eriyebilme özelliğine sahiptir. Bu malzemeyi etkili bir şekilde kullanabilmek için metal başlık plakası kullanımı gerekmektedir. Kükürt başlık üretim aşamaları Şekil 4’de gösterilmiştir. Kükürt buharı, havadan daha ağırdır. Kükürt ısıtma işlemi sırasında çeşitli araçlarla ortamdan tamamen uzaklaştırılmalı ve işlem süresince bir maske kullanılması önerilir (TS EN 12390-3).



Şekil 4. Kükürt başlık oluşturma aşamaları.

2.2 Yöntem

2.2.1. Üretim Yöntemi

Yapılan çalışmada püskürtme beton üretimi için 45*45*10 cm boyutunda kalıplar kullanılmıştır. 45° açıyla yerleştirilen kalıplara ıslak karışım püskürtme beton püskürtülerek beton plaklar elde edilmiştir. Üretilen plaklar 24 saat sonra kalıplardan çıkarmıştır. Kalıplardan çıkartılan plaklar 7 gün kür edildikten sonra, plaklardan 10*10 cm boyutunda karot numuneler alınmıştır. Elde edilen karot numuneler 28 gün kür edildikten sonra ilgili deney performansları incelenmiştir. Üretilen püskürtme beton üretim aşamaları Şekil 5’de verilmiştir. Püskürtme beton karışım oranları Tablo 3’de verilmiştir.



Şekil 5. Püskürtme beton üretim aşamalar
Tablo 3. 1m³ için karışım oranları (%)

Malzemeler	Karışım Oranlar (%)
Çimento	19.19
Kırma taş (0- 8 mm)	68.90
Su	10.86
Priz Hızlandırıcı	1.055

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Yoğunluk Değerleri

Üretilen püskürtme betonların yoğunluk deneyi testi TS EN 1015- 10 (2001)' [20] göre yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda her başlık sistemi için dokuz adet numune kullanılmış olup toplamda yirmi yedi adet 10x10cm boyutunda karot numuneler kullanılarak elde edilen verilerin ortalaması alınmıştır. Yapılan deneysel çalışma sonucu elde edilen veriler Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 4. Püskürtme beton numunelerin yoğunluk değerleri (g/cm³)

Başlıksız (Kontrol)	Yoğunluk (g/cm ³)	Başlıklı (Kükürt)	Yoğunluk (g/cm ³)	Başlıklı (Neopren)	Yoğunluk (g/cm ³)
1	2.177	1	2.171	1	2.173
2	2.175	2	2.162	2	2.214
3	2.162	3	2.177	3	2.127
4	2.133	4	2.173	4	2.164
5	2.177	5	2.162	5	2.214
6	2.175	6	2.177	6	2.127
7	2.177	7	2.176	7	2.145
8	2.170	8	2.156	8	2.198
9	2.165	9	2.160	9	2.167

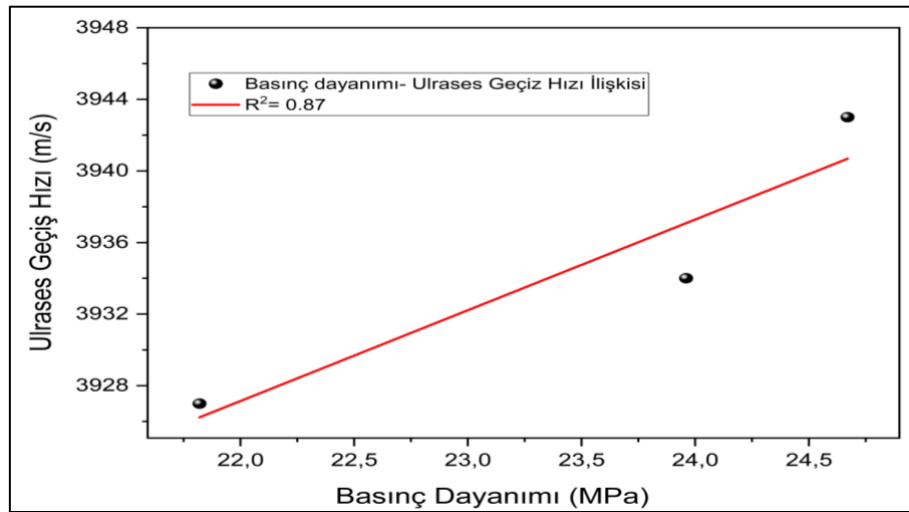
Tablo 4'de verilen yoğunluk değerleri incelendiğinde tüm numunelerin karışım oralarının aynı olmasından dolayı bütün numunelerin yoğunluk değerlerin birbirine benzer olduğu görülmektedir. Ayrıca numunelerin yoğunluk değerlerin birbirine benzer sonuçlar göstermesi, üretilen numunelerde kullanılan malzemelerin homojen bir dağılım gösterdiği şeklinde yorumlanmıştır.

3.2 Ultrases geçiş hızı değerleri

Ultrases geçiş hızı testi ASTM C597-16 (2016)'e [21] göre yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda her grup için 9 adet 10x10cm boyutunda karot numuneler kullanılarak elde edilen verilerin ortalaması alınmıştır. Yapılan deneysel çalışma sonucu elde edilen ultrases geçiş hızı verileri Tablo 5'de sunulmuştur. Tablo 5 'de verilen ultrases geçiş hızı değerleri incelendiğinde bütün numuneler ortalama benzer davranış gösterdiği görülmektedir. Başlıklı kontrol numunesi ile diğer gruplar arasında %0.10- %0.38 arasında bir fark olduğu gözlemlenmiştir. Numune gruplarının birbirine göre benzer davranış göstermesi ve aralarında belirgin bir farkın bulunmaması yoğunluk değerlerinde belirtildiği gibi numunelerin homojenliğinden kaynakladığı düşünülmektedir.

Tablo 5. Ultrases geçiş hızı değerler

Başlıksız (Kontrol)	Ultrases Geçiş Hızı	Başlıklı (Kükürt)	Ultrases Geçiş Hızı	Başlıklı (Neopren)	Ultrases Geçiş Hızı
1	3927	1	3940	1	3924
2	3925	2	3941	2	3933
3	3928	3	3942	3	3934
4	3927	4	3944	4	3935
5	3928	5	3945	5	3937
6	3930	6	3947	6	3938
7	3928	7	3942	7	3925
8	3927	8	3944	8	3928
9	3928	9	3934	9	3927



Şekil 6. Basınç dayanımı ultrases geçiş hızı ilişkisi.

Basınç dayanımı ve Ultrases geçiş hızı ilişkisi arasındaki ilişki Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekil 6'da verilen ilişki incelendiğinde basınç dayanımı ve ultrases geçiş hızı aralarında yüksek bir belirleyicilik katsayısı ($R^2 = 0.87$) elde edilmiştir.

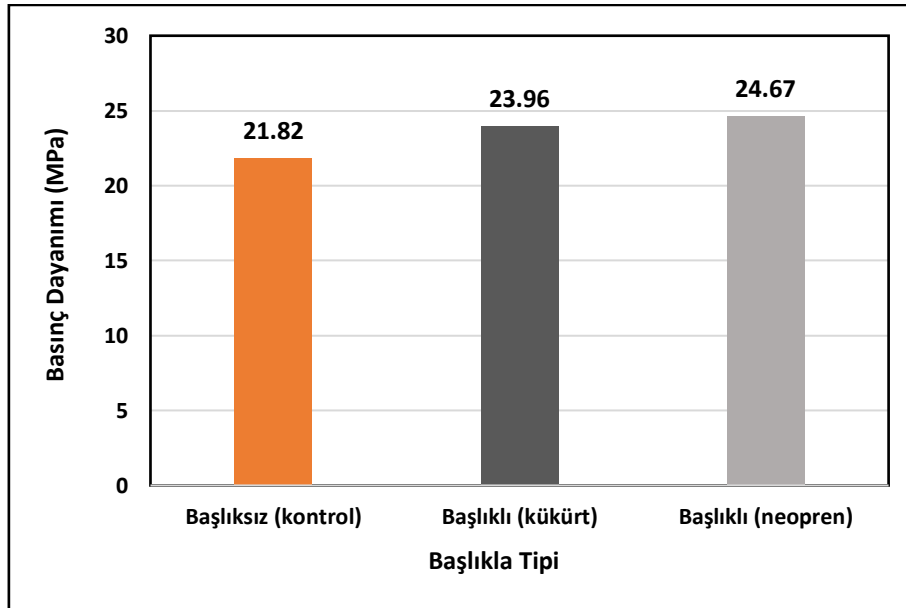
3.3 Basınç dayanımı değerleri

Basınç dayanımı testi TS EN 12390-3'e [22] göre yapılmıştır. Yapılan çalışmada üretilen her grup için 9 adet numune basınç dayanımı testine tabii tutulmuş ve elde edilen verilerin ortalaması alınmıştır. 10x10 cm boyutundaki silindirik karot numuneler 2000 kN kapasiteli bir sıkıştırma aparatı kullanılarak test edilmiştir. Basınç dayanımı değerleri Tablo 6'da ve ayrıca ortalama basınç dayanımı değerleri Şekil 7'de gösterilmiştir.

Tablo 6. Püskürtme beton basınç dayanımı değerleri

Başlıksız (Kontrol)	Basınç Dayanımı (MPa)	Başlıklı (Kükürt)	Basınç Dayanımı (MPa)	Başlıklı (Neopren)	Yoğunluk (g/cm ³)
1	21.58	1	23.90	1	24.23
2	22.50	2	24.13	2	24.78
3	21.60	3	23.75	3	25.64
4	21.80	4	23.52	4	24.37
5	22.15	5	24.45	5	25.81
6	21.40	6	23.89	6	24.54
7	22.10	7	23.98	7	24.10
8	21.82	8	24.23	8	24.15
9	21.40	9	23.76	9	24.45

Şekil 7'de sunulan basınç dayanımı sonuçlarına baktığımızda, en düşük basınç dayanımı değerlerinin başlıksız (kontrol) numunelerinden elde edildiği, en yüksek değerlerin ise neopren başlıkların kullanıldığı numunelerde görüldüğü tespit edilmiştir. Kükürt başlık kullanılan numunelerde, kontrol numunelerine göre %9.8 artış görülürken, neopren başlık kullanılan numunelerde ise bu artış %13.1 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, kükürt ve neopren başlık kullanılan numuneler arasında benzer değerlerin gözlemlendiği ve aralarında %2.96 gibi bir fark bulunduğu görülmektedir. Literatürde yapılan benzer çalışmada harç ve kükürt başlıklama yerine neopren başlıkların kullanılmasını tavsiye etmektedir [23].

**Şekil 7.** Püskürtme beton ortalama basınç dayanımları.

Basınç dayanımı sonrası numunelerin kırılma şekilleri Şekil 8'de görülmektedir. Şekil 8 incelendiğinde, başlıksız numunelerde düzensiz yük dağılımının görüldüğü ve bu durumun yanıtıcı sonuçlara yol açabileceği gözlemlenmiştir. Neopren ve kükürt başlık sistemlerinde ise, gerilmelerin emilerek bu bölgelerde daha büyük gerilme birikimlerinin oluşabileceği düşünülmektedir.



Şekil 8. Basınç dayanımı sonra numune görüntüleri.

Kükürt başlık sistemlerinin oluşturulma sürecinde uzun süreli maruz kalmanın, insan sağlığına olumsuz etkileri yanı sıra çevreye salınan rahatsız edici kokunun da bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun yanı sıra, sürekli malzeme giderleri yapılması gerekliliği, ekonomik açıdan önemli bir maliyet unsuru olarak ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak günümüzde laboratuvarında yaygın olarak kullanılan kükürt başlıklılamaya alternatif olarak neopren başlık sistemlerin tavsiye edilebileceği ve literatürde çalışmaya benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir [24- 27]

4. Sonuçlar

Püskürtme betonlarda farklı başlık sistemlerin basınç dayanımı üzerindeki etkisinin incelendiği bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- Yoğunluk değerleri incelendiğinde başlıksız, başlıklı (kükürt) ve başlıklı neopren numunelerin yoğunlukları 2.17 g/cm^3 olarak ölçülmüştür. Bu durum bütün numunelerin yoğunluk değerlerin birbirine benzer olduğu göstermekte ve numunelerde homojen bir dağılım meydana geldiği göstermektedir.
- Ultrases geçiş hızı değerleri incelendiğin bütün numuneler ortalama benzer davranış gösterdiği görülmektedir. Ultrases geçiş hızı değerleri $3927 \text{ m/sn} - 3931 \text{ m/sn}$ arasında ölçülmüştür. Bu durum yoğunluk değerlerinde belirtildiği gibi numunelerin homojen dağılımından kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır.
- Basınç dayanımı değerlerinde en düşük değerler başlıksız (kontrol) numunesinden, en yüksek değerler ise neopren başlık kullanılan numuneler elde edildiği gözlemlenmiştir. Kontrol numunesine kıyasla kükürt ve neopren başlıklarda sırasıyla %9.8 ve %13.1 oranında artış meydana gelmiştir. Kükürt ve neopren başlıkların ise birbirine benzer davranış gösterdiği aralarında %2.96 bir fark olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak günümüzde laboratuvarında yaygın olarak kullanılan kükürt başlıklılamaya alternatif olarak neopren başlık sistemlerin kullanılabilceği sonucuna varılmıştır. Henüz standartlarımızda yer almayan bu yöntemin standartlarımıza dâhil edilmesinde yarar olduğu düşünülmektedir.
- Ayrıca bu çalışma sonuçlarına göre ileride yapılacak olan çalışmalarda, farklı başlıklama malzemelerin ve daha farklı püskürtme beton karışımlarında uygulanması sonraki çalışmalar için tavsiye edilmektedir.

5. Kaynaklar

- [1]. Polat, H., Özel, C., “TS EN 206-1'e göre tasarlanan ve zararlı kimyasal ortamlara maruz kalacak betonların basınç dayanımının bulanık mantık yöntemiyle tahmini” Electronic Journal of Construction Technologies/Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8(1), 2012.
- [2]. Polat H. Yurtcan U. E. Kolak M. N., “Atık bordür taşlarının beton agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırılması” Tr. Doğa ve Fen Dergisi, Vol. 3 No, 2014.

- [3]. Polat, H., Özel, C., “The Effects of Water/Cement Ratio and Cement Dosage Variables on the Performance of Shotcrete: Compressive Strength and Drying Shrinkage Perspective.” *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 12(2), 82-87, 2023.
- [4]. Jolin, M., Beaupre, D., “Understanding wet-mix shotcrete: mix design, specifications, and placement” *shotcrete*, 1, 6-12, 2013.
- [5]. İnce, H. H., Öcal, C., İnce, G & Çakıroğlu, M.A., “Püskürtme beton uygulama örnekleri”, III. Uluslararası mesleki ve teknik bilimler kongresi, 3421- 3428, 2018.
- [6]. İnce, H., Öcal, C., Alkan Çakıroğlu, M., Çelik, S., “Püskürtme beton uygulamaları ve kullanım alanları” *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*,6(2),100-10, 2015.
- [7]. Erdoğan, T.Y., Beton, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayın ve İletişim Şti., Ankara, Mayıs, 395-396, 2003.
- [8]. Çakıroğlu, M. A., Terzi, S., “Püskürtme betonda yüzey hazırlığının önemi” *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 2(2), 85-92, 2010.
- [9]. Baradan, B., Yazıcı, H., Aydın, S., Beton, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir, 2003.
- [10]. Vichit-Vadakan, W., Carino, N. J., Mullings, G. M., “Effect of elastic modulus of capping material on measured strength of high-strength concrete cylinders” *Cement Concrete and Aggregates*, 20, 227-234, 1998.
- [11]. Lobo, C. L., Mullings, G. M., Gaynor, R. D., “Effect of capping materials and procedures on the measured compressive strength of high-strength concrete” *Cement, Concrete, and Aggregates*, 16(2), 173-180, 1994.
- [12]. Sihab, M. S. H., Saifullah, I., Shaik-ul-Karim, S. M., & Howlader, M. K., “Effect of capping materials on the compressive strength and modulus of elasticity of concrete” *In AIP Conference Proceedings*, Vol. 2713, No. 1, 2023.
- [13]. Gesoğlu, M., Güneyisi, E., & Özturan, T., “Effects of end conditions on compressive strength and static elastic modulus of very high strength concrete” *Cement and Concrete Research*, 32(10), 1545-1550, 2002.
- [14]. Carrasquillo, P. M & Carrasquillo, R. L., “Effect of using unbonded capping systems on the compressive strength of concrete cylinders” *Materials Journal*, 85(3), 141-147, 1987, 1987.
- [15]. Crouch, L. K., & Pearson, J. B., “Neoprene capping for static modulus of elasticity testing” *Materials Journal*, 92(6), 643-648, 1995.
- [16]. Richardson, D. N., “Effects of Testing Variables' Effects on the comparison of ceoprene pad and sulfur mortar-capped concrete test cylinders” *Materials Journal*, 87(5), 489-495, 1990.
- [17]. Özyildirim, H. C., “Neoprene pads for capping concrete cylinders (No. VHTRC 79-R39)” *Virginia Transportation Research Council*, 1979.
- [18]. TS EN. 197-1, Genel çimentolar-Bölüm 1: Genel çimentolar-Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri. *Türk Standartları*, Ankara, 2002.
- [19]. EFNARC, (1996). *European Specification for Sprayed Concrete*, UK.
- [20]. EN, TS. 1015-10. Kâgir harcı-Deney metotları-Bölüm 10: Sertleşmiş harcın boşluklu kuru birim hacim kütlelerinin tayini, TSE, 2001, Ankara.
- [21]. ASTM C 597. Standard Test Method for Pulse Velocity through Concrete. *Annual Book of ASTM Standards*, Pennsylvania. 1979; USA.
- [22]. TS EN 12390-3. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri Bölüm 3: Deney Numunelerinin Basınç Dayanımını Tayini. *Türk Standartları Enstitüsü*. 2010; Ankara.
- [23]. Fenerci, E., Mutlu, M., “Numune tipinin betonun basınç dayanımına etkisi “THBB akdemi, 2020.
- [24]. Baylavlı, H., Gödek, E., “Başlık malzemesi türünün ve başlık sayısının beton basınç dayanımı ve elastisite modülüne etkisi” *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 47-55, 2020.
- [25]. Trejo, D., Folliard, K., Du, L., “Alternative cap materials for evaluating the compressive strength of controlled low-strength materials” *Journal of materials in civil engineering*, 15(5), 484-490, 2003.
- [26]. Aydın, F., Akça, K. R., Sarıbyık, M., İpek, M., “Silindir beton ve karot numunelerde yeni bir başlıklama malzemesinin kullanılması” *5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, Baku-Azerbaijan, 2017.
- [27]. Ballard, J. R., “Analysis of unbonded capping materials used in determining the compressive strength of concrete masonry prisms,” *Master’s Degree Thesis*, Brigham Young University. 2012.