



YÜKLEME HIZININ HAFİF AGREGALI FARKLI TASARIMLARDA İMAL EDİLMİŞ KÂĞİR BLOK ELEMANLARIN BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ

EFFECT OF LOADING RATE ON COMPRESSIVE STRENGTH OF LIGHTWEIGHT AGGREGATED MASONRY BLOCK ELEMENTS MANUFACTURED IN DIFFERENT DESIGNS

DOI: 10.20854/bujse.1405940

Lütfullah GÜNDÜZ¹, Şevket Onur KALKAN^{2,*}

Öz

Beton örneklerinin basınç dayanımı deneyi, beton kalite kontrolünde sıkça kullanılan bir testtir. Bununla birlikte, aynı karışım tasarımı kullanılarak üretilen örneklerin farklı yükleme hızları altında farklı basınç dayanım değerleri sergileyebildikleri bilinmektedir. Hafif betondan mamul kagir blok ürünleri çimento bağlayıcı ürünler olup günümüzde inşaat sektöründe sıklıkla kullanılmaktadır. Bu ürünlerin en önemli kalite parametrelerinden bir tanesi de basınç dayanım değeridir. Beton örneklerinde olduğu gibi hafif kagir blok örneklerinde de basınç dayanımı yükleme hızına bağlı bir değerdir. Bu çalışmada, 13 ayrı geometrik tasarıma sahip kagir blok elemanın 6 ayrı yükleme hızı (0,005 MPa/s, 0,075 MPa/s, 0,01 MPa/s, 0,03 MPa/s, 0,05 MPa/s, 0,06 MPa/s) kullanılarak basınç dayanımları tespit edilmiş ve analiz bulguları karşılaştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, boşluklu kâgir blokların basınç dayanımlarının 0,03 MPa/s yükleme hızına kadar arttığı, bu yükleme hızından daha büyük uygulama hızlarında ise dayanım değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Dolu formdaki kagir blokların basınç değerlerinin tamamının ise yükleme hızı arttıkça arttığı tespit edilmiştir.

Abstract

Compressive strength testing of concrete samples is a test frequently used in concrete quality control. However, it is known that samples produced using the same mixture design may exhibit different compressive strength values under different loading rates. Masonry block products made of lightweight concrete are cement-based products and are frequently used in the construction industry today. One of the most important quality parameters of these products is also the compressive strength value. As in concrete samples, compressive strength in lightweight masonry block samples is a value dependent on the loading rate. In this study, compressive strengths were determined using six different loading rates (0.005 MPa/s, 0.075 MPa/s, 0.01 MPa/s, 0.03 MPa/s, 0.05 MPa/s, 0.06 MPa/s) for 13 different masonry block elements with distinct geometric designs, and the analysis findings were compared. According to the research results, it was observed that the compressive strength of hollow masonry blocks increased up to a loading rate of 0.03 MPa/s, and the strength values decreased at application rates greater than this loading rate. It has been determined that all compressive strength values of solid concrete masonry blocks increase as the loading rate increases.

Anahtar Kelime: Kâgir Blok, Hafif Agrega, Basınç Dayanımı, Yükleme Hızı, Tasarım, Analiz

Keywords: Masonry Block, Lightweight Aggregate, Compressive Strength, Rate Of Loading, Design, Analysis

¹ İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, lutfullah.gunduz@ikcu.edu.tr, orcid.org/0000-0003-2487-467X.
^{2,*} Sorumlu Yazar: İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, sevetonur.kalkan@ikcu.edu.tr, orcid.org/0000-0003-0250-8134.

1. GİRİŞ

Kâgir blok elemanların basınç dayanımı, geometrik biçimi belirlenmiş ve farklı yoğunluk değerlerinde imal edilmiş boşluklu ve/veya boşluksuz formlardaki bir birim duvar elemanının döşeme yüzüne dik doğrultuda etkiyen basınç yükü karşısındaki davranışları ve kırılmaya karşı gösterdiği direnç karakteristiği olarak tanımlanabilir (Gündüz, 2005). Diğer bir deyişle, birim duvar elemanının boyutunu küçültme eğiliminde olan basınç yüklerine dayanma kapasitesi olarak da nitelendirilebilir. Günümüzde farklı geometrik tasarımlarda ve farklı agrega bileşenleri ile farklı birim hacim kütle değerlerinde çok çeşitli kâgir blok ürünlerini sektörel kullanımlarda yaygın olarak görülmektedir. Bu blok elemanların çoğunluğu çimento bağlayıcılı ve neredeyse sıfır slump (çökme) değerindeki bir beton harcı kullanılarak vibrasyon ve presleme yöntemiyle kalıplara yerleştirilerek elde edilmektedir. Üretim sürecinin alternatiflerine göre daha hızlı ve daha ekonomik olmasının yanı sıra, özellikle teknik özellikleri bağlamında binaların ısı ve ses yalıtımına önemli katma değerler sağlaması, bu türev blok elemanlarının teknolojik gelişimini de doğrudan olumlu yönde etkilemektedir.

Kâgir blok elemanları yapılar da taşıyıcı ve/veya taşıyıcı olmayan dolgu duvar uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu blok elemanların teknik özellikleri bağlamında önemli bir parametresi, blok elemanının tekil birim olarak basınç dayanım değeridir. Kâgir blok elemanlarının basınç dayanımı, teknolojik olarak birden fazla parametreye göre değişkenlik göstermektedir. Bunlar genellikle 4 ayrı kategoride irdelenebilmektedir:

- Blok elemanının üretiminde kullanılan beton harcının bileşimi. Blok harcında yer alan malzemelerin türü, agrega özellikleri, tane boyutu dağılımı, kullanım oranları, çimento türü ve dozajı, kimyasal katkı kullanımı vb. gibi parametreler bu grupta sayılabilir.
- Blok elemanının tasarımı. Kâgir bloğun geometrik biçimi, anma boyutları, boşluk ve doluluk oranları vb. gibi parametreler bu grupta sayılabilir.
- Blok elemanının üretiminde uygulanan metot. Vibrasyon, presleme oranı (kalıba yerleşmede sıkışma oranı) ve kürleme koşulları vb.
- Blok elemanının basınç dayanımı deneyi sırasında uygulanan koşullar.

Eşdeğer özelliklerde (geometrik biçimi, boyutu, yoğunluğu, üretim şekli vb. özellikleri aynı olarak) üretilmiş bir kâgir blok elemanının sektörel uygulamalarda karakteristik basınç dayanım değerlerinin farklı sayısal değerlerde beyan edildikleri sıklıkla görülebilmektedir. Bunda en büyük etken, yukarıda tanımlanan kategorik değerlendirmede blok elemanının basınç dayanım deneyi sırasında uygulanan koşulların farklılığından kaynaklandığı görülmektedir. Farklılık sergileyen bu koşullar genellikle şu şekilde ifade edilebilir:

- Basınç dayanım testinin uygulandığı test presinin özellikleri,
- Test örneklerinin deneyden önce şartlandırılma seçenekleri. Kâgir blok elemanları TS EN 772-1 standardında (TSE, 2015b) öngörülen alternatif 3 ayrı şartlandırma uygulamasından birinin kullanımı. Bu standarda göre kâgir blok elemanları hava kurusuna şartlandırma, etüv kurusuna şartlandırma ve %6 nem oranına şartlandırma olmak üzere opsiyonel koşullar tanımlanmıştır.
- Basınç dayanım testinin uygulandığı an test örneğinin sıcaklığı,
- Test örneklerinde TS EN 772-1 standardında öngörülen başlıklama yapılıp yapılmadığı,
- Basınç dayanım testi esnasında uygulanan yüklenme hızı değeri.

Burada tanımlanan bu beş koşuld an her biri kâgir blok elemanının test sürecinde basınç dayanım değerini doğrudan etkilemektedir. Ancak konu üzerine literatürde farklı tasarımlara

sahip kagir blok elemanları üzerine yeterince karşılaştırmalı detay teknik bilgilere rastlanılamamaktadır. Genelde beton ve kâgir blok harcının standart basınç dayanım testleri üzerine yapılan çalışmalar yaygın bir şekilde görülebilmektedir. Bu araştırmalarda, beton ve/veya harcın kür koşulları, sıcaklık değerleri, test esnasındaki beton örneği üzerine uygulanan yükleme hızı değişimi vb. hususların sıklıkla irdelendiği görülmektedir. Örneğin, Felekoğlu ve Türkel (Felekoğlu ve Türkel, 2004) betonun basınç dayanımının, yükleme hızındaki değişimlerden etkilendiğini rapor etmişlerdir. Yaptıkları çalışmalarda beton örneğine uygulanan gerilmenin uygulama hızı azaldıkça (yük daha uzun bir süreyle beton örneği üzerine etkidikçe) numunenin daha küçük bir gerilme altında kırıldığını tanımlamaktadırlar. Diğer bir deyişle, düşük yükleme hızı uygulanan numunelerde elde edilen basınç dayanım değeri daha az olmaktadır. Yükleme hızının 0,02 – 0,18 kgf/cm²/sn olduğu beton örneklerinden elde edilen basınç dayanımı değerleri (yükleme hızının 24-30 dakika sürdüğü koşulda), yükleme hızının 2,1 kgf/cm²/sn olduğu diğer beton örneklerinden elde edilen basınç dayanımı değerlerinden yaklaşık %15 daha az olduğu literatürde beyan edilmiş olup, bu durumun yükün örnek üzerinde daha uzun süre kalması nedeniyle bir miktar sünme yapmasından kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır (Erdoğan, 2016; Felekoğlu ve Türkel, 2004). Bununla birlikte, yüksek yükleme hızları uygulanan beton örneklerinin daha büyük bir yük altında kırıldığı ve daha yüksek basınç dayanım değeri elde edildiği belirtilmiştir. Yükleme hızı 70 kgf/cm²/sn olarak uygulanan örneklerden elde edilen basınç dayanımı, yükleme hızı 2,1 kgf/cm²/sn olarak uygulanan örneklerden elde edilen basınç dayanımından yaklaşık %10 daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Erdoğan, 2016; Felekoğlu ve Türkel, 2004). Yükleme hızının basınç dayanımına olan etkilerini incelemek amacıyla beton örneklerinde yapılan bu çalışmalarda, genel bir eğilimle yavaş yük uygulanan bir beton örneğinin basınç dayanımının, daha hızlı yük uygulanan bir örneğe oranla daha düşük olduğu belirtilmiştir (Erdoğan, 2016; Felekoğlu ve Türkel, 2004). Bununla birlikte, literatürde hafif betonların basınç dayanımlarının tespitinde kullanılan yükleme hızları farklılık göstermektedir: 500 N/sn (Lima ve ark., 2010); 0,3-0,5 MPa/sn (Liu ve Chen, 2014); 0,24 MPa/sn (Sim ve ark., 2013); 0,25 MPa/sn (Altun ve ark., 2008). Benzer şekilde boşluklu beton blokların kagir blok basınç dayanım değerlerinin tespiti için kullanılan yükleme hızları da literatürde farklılık göstermektedir: 4 kN/sn (Zhou ve ark., 2017); 0,5 kN/sn (Al-Tarbi ve ark., 2022). Literatür çalışmalarından da görüldüğü üzere hafif beton ve boşluklu kagir blok ürünlerinin basınç dayanım tespitinde çok farklı yükleme hızları kullanılmıştır. Beton örneklerinde görülen bu ve benzeri çalışma bulgularında yükleme hızının etkinliği ve betonun dayanım değerlerindeki değişim olgusu tecrübe edinilmiştir. Ancak benzeri tecrübeler, beton ve/veya hafif betondan mamul kagir blok elemanlarının basınç dayanım testi sırasında uygulanan yükleme hızı değişimlerinde ne gibi bulgular elde edilebileceği üzerine yeterince detay incelemelere rastlanılamamaktadır. Bu bağlamda, kagir blok elemanının boyut değişimi, geometrik biçim farklılıkları, yoğunluk değişimleri gibi etmenlere bağlı farklı yükleme hızı uygulamalarında basınç dayanım değerlerindeki etkileşimlerin belirlenmesi, sektörel gelişmelere ayrı bir ışık tutacağı kaçınılmazdır. Bu çalışma kapsamında hafif agregalı betondan mamul farklı tasarım değerlerine sahip 13 ayrı blok elemanın farklı yükleme hızları altında mekanik davranışı üzerine yürütülen bir araştırmadan elde edilen basınç dayanım değerleri üzerine karşılaştırmalı analizlerin bulguları tartışılmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Bu çalışma kapsamında hafif agregalı betondan mamul farklı tasarım değerlerine sahip blok elemanların farklı yükleme hızları altında basınç dayanım değerlerinin belirlenmesi amacıyla,

13 ayrı geometrik biçimde kâgir blok ürünleri piyasa koşullarından temin edilmiştir. Bu blok elemanlarının tamamı Nevşehir bölgesinde üretim yapan bimsblok üreticilerinin ürünleri olup, pomza taşının kullanımıyla hafif agregalı beton harcından üretilmiş ve aynı parti ürünlerinden oluşan kâgir blok ürünleridir. Çalışma kapsamında blok tasarımının etkilerinin detaylı incelenebilmesi amacıyla başlıca 3 grup blok tasarımı analizlere tabi tutulmuştur. Bunlar:

- İki sıra boşluklu kâgir blok elemanları,
- Üç sıra boşluklu kâgir blok elemanları,
- Dolu formda kâgir blok elemanları,

İki sıra boşluklu kâgir blok elemanları bu çalışmada sırasıyla B1, B2, B3, B4 ve B5 olarak kodlanmıştır. Üç sıra boşluklu kâgir blok elemanları ise sırasıyla B6, B7, B8 ve B9 olarak kodlanmıştır. Dolu formda kâgir blok elemanları ise sırasıyla B10, B11, B12 ve B13 olarak kodlanmıştır. Tüm kâgir blok elemanların tasarım ve genel formları sembolik olarak Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1: Farklı tasarımlarda imal edilmiş hafif agregalı kâgir blok elemanları genel görünümü.

Bu çalışmada kullanılan tüm kâgir blok örnekleri geçmeli (lamba-zıvanalı) formda olup, 7 ayrı anma boyutu değerlerine sahiptir. Basınç dayanım deneyleri sırasında uygulanan her bir yük değeri için 5’şer adet blok örneği kullanılmış olup, çalışma boyunca toplamda 390 adet blok elemanı test edilmiştir. Farklı tasarımlarda imal edilmiş hafif agregalı kâgir blok elemanların geometrik biçim özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Farklı tasarımlarda imal edilmiş hafif agregalı kâgir blok elemanların geometrik biçimi.

Blok Kodu	Blok Formu	Genişlik (mm)	Uzunluk (mm)	Yükseklik (mm)	Ortalama Ağırlık (kg)	Brüt Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³)	Net Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³)	Alansal Doluluk (%)	Hacimsel Doluluk (%)
B1	Boşluklu, 6 Gözlü	85	390	185	4,17	680	910	75,08	79,28
B2	Boşluklu, 6 Gözlü	100	390	185	5,12	710	940	67,47	73,70
B3	Boşluklu, 6 Gözlü	125	390	185	6,49	720	950	61,88	71,27
B4	Boşluklu, 6 Gözlü	135	390	185	6,33	650	850	59,10	70,68
B5	Boşluklu, 6 Gözlü	150	390	185	6,28	580	860	56,63	67,44
B6	Boşluklu, 9 Gözlü	150	390	185	6,93	640	880	67,39	76,21
B7	Boşluklu, 8 Gözlü	190	390	185	8,09	590	870	59,87	69,04
B8	Boşluklu, 9 Gözlü	190	390	185	8,23	600	870	58,66	69,03
B9	Boşluklu, 9 Gözlü	250	390	185	9,92	550	830	50,80	66,30
B10	Dolu	100	390	185	8,44	1170	1200	96,66	98,73
B11	Dolu	150	390	185	12,99	1200	1235	96,72	98,01
B12	Dolu	190	390	185	17,14	1250	1290	96,31	97,87
B13	Dolu	250	390	185	23,09	1280	1315	97,22	98,47

Basınç dayanım testlerinin uygulanmasında kullanılan pres BAZ MAKİNA marka 2011 Model yılı olan elektronik bir pres olup, hız ayarlı hidrolik güç ünitesi, oynar başlık sistemli, dijital göstergeli, otomatik bilgisayar sistemli ve 80 ton basma kapasitelidir. 0,1 kN/sn ile 25 kN/sn arasında değiştirilebilen yükleme hızı kapasitesine sahiptir. Kâgir blok elemanlarının pres başlıkları altına yerleştirilmesi için 310x510 mm yüzey alanlı 50 mm kalınlıkta çelikten mamul basma başlıklarına sahiptir. Basma tablaları arasındaki yükseklik en çok 320 mm olup, bu yükseklik test örneğine göre ayarlanabilir özelliktedir.

2.2. Metot

Tüm kâgir blok örnekleri öncelikle TS EN 771-3 standardının (TSE, 2015a) öngördüğü prensiplere göre test örneklerinin hazırlık işlemine tabii tutulmuştur. Deneylere başlamadan önce, imalât işlemi esnasında, kâgir birimin yük uygulanacak yüzeylerine yapışmış halde kalan herhangi artık malzeme varsa bunlar öncelikle temizlenmiş olup (TSE, 2015b), kâgir bütün birimin yük uygulanacak yüzeylerinin sapması 1 mm'den az olacak şekilde aşınma yoluyla düzeltme işlemi yapılmıştır. Kâgir blok örneklerinde yer alan tüm lâmba veya zıvanalar (girinti veya çıkıntı) blok elemanının matris yapısına hasar/zarar verilmeyecek şekilde kesilerek uzaklaştırılmıştır. Boşluklu tasarıma sahip ve/veya yüzeyinde boşluk-çukurluklar bulunan blok örnekleri TS EN 772-1'de öngörülen yöntemle (TSE, 2015b) başlıklamaları yapılmıştır. Başlık yapımı uygulanan tüm numuneler, başlık yapımında kullanılan harcın priz alması amacıyla kür süresince ıslak çuvallarla kaplanarak bağıl nemi %90'dan az olmayan bir kür ortamında 14 gün boyunca muhafaza edilmiştir. Başlıklama ve priz işlemleri sonrası tüm kâgir blok örnekleri, basınç dayanım testlerine tabii tutulmadan önce TS EN 772-1 standardında beyan edilen etüv kurusuna şartlandırmaları yapılmıştır. Bu işlem için tüm örnekler, değişmez kütleyle ulaşıncaya

kadar (70 ± 5)°C sıcaklıktaki ortamda kurutulmuştur. Değişmez kütleye ulaşılması, kurutma esnasında 24 saatten daha az olmayan zaman aralıklarıyla yapılan tartımlarla belirlenen kütleler arasındaki farkın, toplam kütlelerin %0,2'sinden daha az olmasıyla belirlenmiştir. Kurutmadan sonra numuneler, deney uygulanmadan önce, (20 ± 2)°C sıcaklıkta ısı dengesi sağlanıncaya kadar muhafaza edilmiş ve sonrasında basınç dayanım testleri 24 saat içerisinde uygulanmıştır.

Kâgir blok örneklerinin basınç dayanım testlerinde farklı yüklemeye hızının etkisini incelemek amacıyla, farklı standartlarda öngörülen yüklemeye hız koşulları öncelikle incelenmiştir. TS 3289 standardına göre basınç dayanımı deneylerinde yüklemeye hızı olarak 0,5–2,0 kgf/cm²/sn arasında seçilmesi gerektiği belirtilmiştir (TSE, 2007). Bununla birlikte TS EN 772-1 standardında ise tahmin edilen basınç dayanımı değerine göre alternatif yüklemeye hızları öngörülmüştür. Bu çalışmada bu öngörülen yüklemeye hızları dikkate alınarak (Tablo 2) testler uygulanmıştır. Standarttaki değerlendirmede deney başlangıcında, elverişli herhangi deney hızı uygulanabileceği, ancak tahmin edilen en yüksek yükün yaklaşık yarısına ulaşıncaya, yüklemeye hızı, en yüksek yük değerine yaklaşık olarak bir dakikadan az olmayan sürede ulaşılacak şekilde ayarlanması belirtilmiştir.

Tablo 2: TS EN 772-1'e göre uygun yüklemeye hızları (TSE, 2015b).

Tahmin Edilen Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Yüklemeye Hızı (N/mm ²)/sn
<10	0,05
11 – 20	0,15
21 – 40	0,3
41 – 80	0,6
>80	1,0

Bu çalışma kapsamında test örneği olarak seçilen tüm blok örneklerinin pomza agregalı hafif betondan mamul kâgir blok elemanları ve çoğunlukla boşluklu geometrik bir biçime sahip olmaları sebebiyle tahmin edilen basınç dayanım değerleri <10 N/mm² mertebesinde olmuştur. Bu bağlamda yüklemeye hızı olarak 0,050 MPa/sn değerinin öngörüldüğü görülmektedir. Ancak, bu değer, 0,0010-0,050 MPa/sn değer aralığında olabileceği düşünüldüğünde, bu çalışmada 6 farklı yüklemeye hızı uygulaması planlanmış ve tüm blok örneklerine bu yüklemeye hızları ayrı ayrı uygulanarak, basınç dayanım değerleri belirlenmiştir. Bu bağlamda, deneysel çalışmada yüklemeye hızlarının seçiminde standartta öngörülen gerilme uygulama hızı limit değerleri arasında kalan bir yüklemeye hızı ve bu limitlerin dışındaki (üstündeki ve altındaki) iki kademeli yüklemeye hızı seçilmiştir. Standart yüklemeye hızı olarak 0,010 MPa/sn, düşük yüklemeye hızları olarak iki kademede 0,0050 ve 0,0075 MPa/sn değeri, ayrıca yüksek yüklemeye hızları olarak da üç kademede 0,030, 0,050 ve 0,060 MPa/sn ile 0,05 MPa/sn değerleri seçilmiştir. Test algoritmasında uygulanan yüklemeye hızları Tablo 3'te verilmiştir. Bu seçimde, özellikle 0,060 MPa/sn'lik yüklemeye hızı, tahmin edilen basınç dayanım değer sınırı dışında kalmasına rağmen, blok örneklerine daha yüksek yüklemeye hızı uygulanmasıyla nasıl bir etki edeceğinin belirlenmesi amacıyla değerlendirilmiştir.

Tablo 3: Gerilme uygulama hızları.

Yüklemeye Türü	Uygulama Hızı (MPa/sn)
Yavaş	0,0050
	0,0075
Standart	0,0100
	0,0300
Hızlı	0,0500
	0,0600

3. BULGULAR

Pomza hafif agregalı kâgir blok elemanı örneklerine 6 farklı gerilme uygulama hızı sonucu elde edilen basınç dayanımı değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Tablo 4'de TS EN 772-1'de öngörülen birimlerde gerilme uygulama hızı değerlerinin teste tabi tutulan her bir blok elemanın deneye tabi tutulan yüzey alanı ile çarpımı sonucu elde edilen değer, standartta belirtildiği üzere test sırasında uygulanan yükleme hızı (kN/sn) biriminde tanımlanarak verilmiştir. Deneye tabi yüzey alanı değerleri, blok elemanının geometrik tasarımında yer alan tüm lâmba veya zıvanalar (girinti veya çıkıntı) blok elemanının matris yapısına hasar/zarar verilmeyecek şekilde TS EN 772-1 standardında öngörüldüğü şekilde kesilerek uzaklaştırıldıktan sonra blok elemanın nihai uzunluğu ile blok elemanının genişliğinin çarpımı olarak belirlenmiştir.

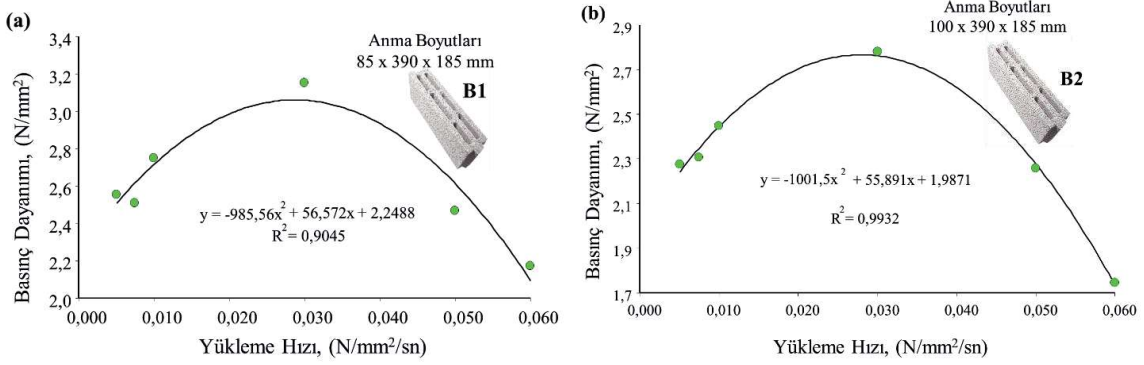
Tablo 4: Pomza hafif agregalı kâgir blok elemanların basınç dayanım analiz bulguları.

Blok Kodu	Gerilme Uygulama Hızı (MPa/sn)	Test Sırasında			Yenilme Yükünün		
		Deneye Tabi Yüzey Alanı (cm ²)	Uygulanan Yükleme Hızı (kN/sn)	Yenilme Yükü (kN)	Yenilme Zamanı (sn)	Yarı Değerine Kadar Geçen Süre (sn)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
B1	0,0050	319,6	0,1598	81,62	616	319	2,55
B1	0,0075	319,6	0,2397	80,17	473	203	2,51
B1	0,0100	319,6	0,3196	87,94	392	172	2,75
B1	0,0300	319,6	0,9588	100,79	192	92	3,15
B1	0,0500	319,6	1,5980	78,88	138	54	2,47
B1	0,0600	319,6	1,9176	69,45	123	48	2,17
B2	0,0050	376,0	0,1880	85,52	554	285	2,27
B2	0,0075	376,0	0,2820	86,74	426	185	2,31
B2	0,0100	376,0	0,3760	92,02	353	157	2,45
B2	0,0300	376,0	1,1280	104,61	173	84	2,78
B2	0,0500	376,0	1,8800	84,87	124	49	2,26
B2	0,0600	376,0	2,2560	65,62	110	41	1,75
B3	0,0050	468,8	0,2344	98,85	480	245	2,11
B3	0,0075	468,8	0,3516	102,17	369	163	2,18
B3	0,0100	468,8	0,4688	105,96	306	138	2,26
B3	0,0300	468,8	1,4063	121,96	150	74	2,60
B3	0,0500	468,8	2,3438	101,79	108	46	2,17
B3	0,0600	468,8	2,8125	67,04	96	37	1,43
B4	0,0050	506,3	0,2531	95,60	457	232	1,89
B4	0,0075	506,3	0,3797	93,73	351	156	1,85
B4	0,0100	506,3	0,5063	101,48	291	132	2,00
B4	0,0300	506,3	1,5188	113,78	143	71	2,25
B4	0,0500	506,3	2,5313	92,04	102	44	1,82
B4	0,0600	506,3	3,0375	79,57	91	38	1,57
B5	0,0050	562,5	0,2813	99,94	426	216	1,78
B5	0,0075	562,5	0,4219	100,82	328	147	1,79
B5	0,0100	562,5	0,5625	111,33	272	125	1,98
B5	0,0300	562,5	1,6875	130,20	133	67	2,31
B5	0,0500	562,5	2,8125	105,78	96	40	1,88
B5	0,0600	562,5	3,3750	85,25	85	35	1,52
B6	0,0050	564,0	0,2820	121,76	426	208	2,16
B6	0,0075	564,0	0,4230	125,13	328	143	2,22

Yükleme Hızının Hafif Agregalı Farklı Tasarımlarda İmal Edilmiş Kâgir Blok Elemanların Basınç Dayanımına Etkisi

B6	0,0100	564,0	0,5640	136,05	272	121	2,41
B6	0,0300	564,0	1,6920	160,57	133	68	2,85
B6	0,0500	564,0	2,8200	126,29	96	43	2,24
B6	0,0600	564,0	3,3840	106,42	85	38	1,89
B7	0,0050	712,5	0,3563	134,91	366	183	1,89
B7	0,0075	712,5	0,5344	132,88	281	128	1,86
B7	0,0100	712,5	0,7125	146,63	233	109	2,06
B7	0,0300	712,5	2,1375	166,51	114	58	2,34
B7	0,0500	712,5	3,5625	128,78	82	44	1,81
B7	0,0600	712,5	4,2750	96,19	73	39	1,35
B8	0,0050	712,5	0,3563	123,63	360	181	1,74
B8	0,0075	712,5	0,5344	120,71	276	124	1,69
B8	0,0100	712,5	0,7125	136,60	229	107	1,92
B8	0,0300	712,5	2,1375	157,05	112	60	2,20
B8	0,0500	712,5	3,5625	125,38	81	46	1,76
B8	0,0600	712,5	4,2750	97,10	72	42	1,36
B9	0,0050	937,5	0,4688	144,68	306	152	1,54
B9	0,0075	937,5	0,7031	148,36	235	110	1,58
B9	0,0100	937,5	0,9375	160,39	195	93	1,71
B9	0,0300	937,5	2,8125	182,19	96	59	1,94
B9	0,0500	937,5	4,6875	158,13	69	44	1,69
B9	0,0600	937,5	5,6250	113,67	61	34	1,21
B10	0,0050	376	0,1880	131,65	554	285	3,50
B10	0,0075	376	0,2820	136,47	426	185	3,63
B10	0,0100	376	0,3760	145,87	353	157	3,88
B10	0,0300	376	1,1280	185,53	173	58	4,93
B10	0,0500	376	1,8800	189,45	124	48	5,04
B10	0,0600	376	2,2560	197,14	110	43	5,24
B11	0,0050	564	0,2820	202,25	426	215	3,59
B11	0,0075	564	0,4230	212,43	327	147	3,77
B11	0,0100	564	0,5640	224,61	271	125	3,98
B11	0,0300	564	1,6920	286,71	133	56	5,08
B11	0,0500	564	2,8200	292,70	95	46	5,19
B11	0,0600	564	3,3840	305,87	85	41	5,42
B12	0,0050	714,4	0,3572	263,33	365	183	3,69
B12	0,0075	714,4	0,5358	285,38	280	128	3,99
B12	0,0100	714,4	0,7144	292,73	233	109	4,10
B12	0,0300	714,4	2,1432	366,51	114	55	5,13
B12	0,0500	714,4	3,5720	391,98	82	42	5,49
B12	0,0600	714,4	4,2864	404,58	73	36	5,66
B13	0,0050	940	0,4700	363,22	305	151	3,86
B13	0,0075	940	0,7050	378,25	235	110	4,02
B13	0,0100	940	0,9400	412,76	195	93	4,39
B13	0,0300	940	2,8200	490,67	95	54	5,22
B13	0,0500	940	4,7000	514,24	68	40	5,47
B13	0,0600	940	5,6400	541,92	61	33	5,77

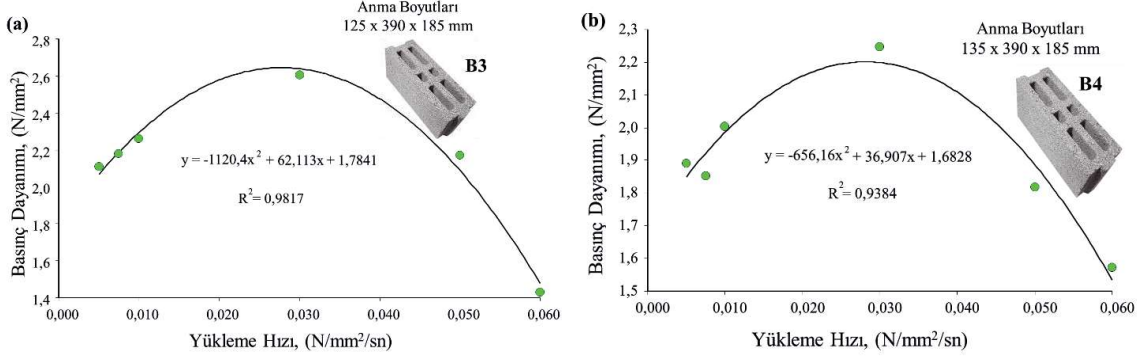
Tablo 4 incelendiğinde görüleceği üzere, kagir blok örneklerinin geometrik biçim durumuna göre elde edilen basınç dayanım değerleri farklılıklar göstermektedir. Sıra boşluk adedi ve boşluk göz sayısından bağımsız olarak boşluklu formda geometrik tasarıma sahip tüm blok örneklerinde yavaş yükleme kademelerindeki hızlarda, genel bir yaklaşımla artan yükleme hızlarında basınç dayanımının da minimal bir etkiyle artış eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Özellikle boşluklu bloklarda, standart yükleme hız değerine kadar bu dayanım artışı belirgin bir şekilde gelişme göstermiş olup, hızlı yükleme kategorisinde ilk kademe yükleme hızına (0,030 MPa/sn) kadar dayanım artışı gelişerek maksimum değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Hızlı yüklemenin diğer iki kademesinde ise yükleme hızı arttıkça, belirgin bir şekilde basınç dayanım değerinin düştüğü, diğer bir deyişle blok örneklerinin daha düşük değerlerde kırıldığı görülmüştür. Dolu formdaki bloklar incelendiğinde ise yükleme hızı arttıkça basınç dayanımının da arttığı gözlemlenmiştir. Boşluklu bloklardaki karakteristik olgu, her bir test bloğu özelinde irdelenecek olursa; B1-B9 blok örnekleri için yükleme hızı – basınç dayanım değeri ilişkileri Şekil 2-Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 2: Blok örneklerinin yükleme hızı–basınç dayanım değeri ilişkisi; (a) B1 ve (b) B2.

Şekil 2 incelendiğinde görüleceği üzere B1 blok örneklerinin alansal ve doluluk oranının B2 blok elemanının oranlarına göre daha yüksek olması, basınç dayanımı değerlerinin de daha yüksek olmasını sağlamaktadır. Yükleme hızının etkisi açısından irdelendiğinde, 0,005 MPa/sn’lik yavaş yükleme hızında elde B1 örneği için basınç dayanımı 2,55 N/mm² iken, yükleme hızı 0,0075 MPa/sn seviyesine artırıldığında blok dayanımında %1,77’lik bir azalma kaydedilmiştir. Bu azalmanın sebebi olarak uygulanan yükteki artışın test örneklerinin boşluklu formda oluşu ve kırılma yüküne ulaşmadan önce gerilme yükünde bir dalgalanma olduğu ve test örneğinin hızla yorulmasından kaynaklı gerilme yükünün azaldığı görülmüştür. 0,01 MPa/sn’lik standart yükleme hızında ise en düşük yavaş yükleme hızında elde edilen basınç dayanımına kıyasla, B1 blok örneklerinin dayanımı %7,75 oranında artış göstermiştir. Hızlı yükleme kademelerinden 0,03 MPa/sn’lik yükleme hızında ise B1 blok örneği için en yüksek basınç dayanım değerine (3,15 N/mm²) ulaşıldığı görülmüş olup, dayanımdaki bu artış en yavaş yükleme koşuluna göre %23,5’luk bir dayanım artışı sağlamıştır. Bu yükleme hızı kademesinden sonraki artan yükleme hızlarında ise B1 blok örneklerinin dayanımı en yüksek dayanım değerine göre sırasıyla %21,74 ve %31,09 oranlarında azalarak daha düşük dayanım değerleri oluşturduğu belirlenmiştir. Benzer karakteristik durum B2 blok örnekleri için de elde edilmiş olup, 0,005 MPa/sn’lik yavaş yükleme hızında basınç dayanımı 2,27 N/mm² iken, yükleme hızı 0,0075 MPa/sn seviyesine artırıldığında blok dayanımında %1,42’lik bir artış görülmüştür. 0,01 MPa/sn’lik standart yükleme hızında ise en düşük yavaş yükleme hızındaki basınç dayanımına kıyasla, B2 blok örneklerinin dayanımı %7,60 oranında artış göstermiştir. Hızlı yükleme kademelerinden 0,03 MPa/sn’lik yükleme hızında ise B2 blok örneği için en yüksek basınç

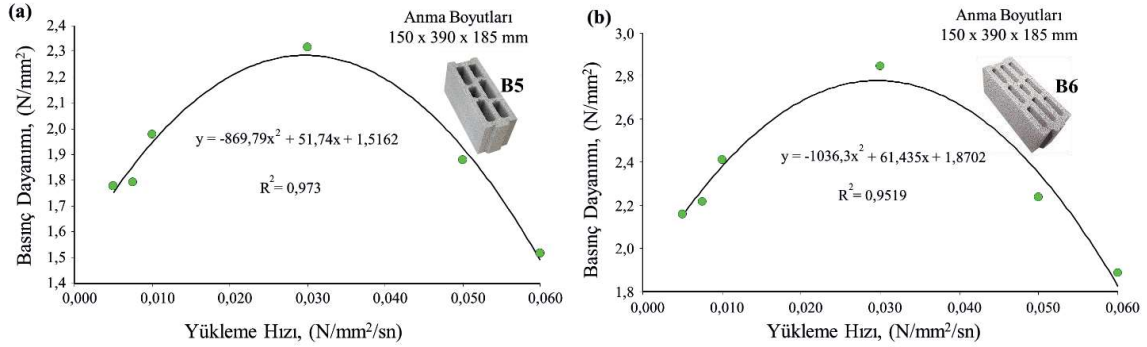
dayanım değerine ($2,78 \text{ N/mm}^2$) ulaşıldığı görülmüş olup, dayanımdaki bu artış en yavaş yüklemeye koşuluyla göre %22,3'lük bir dayanım artışını sağlamıştır. Bu yüklemeye hızı kademesinden sonraki artan yüklemeye hızlarında ise B2 blok örneklerinin dayanımı en yüksek dayanım değerine göre sırasıyla %18,87 ve %37,27 oranlarında azalarak daha düşük dayanım değerleri tespit edilmiştir.



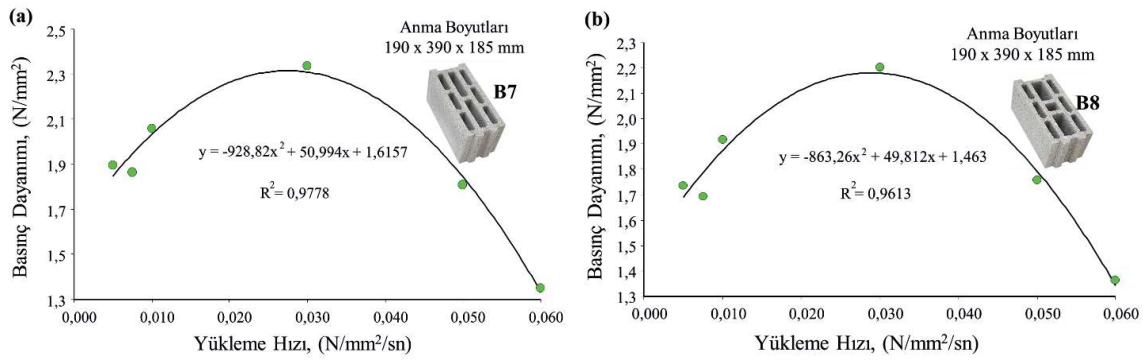
Şekil 3: Blok örneklerinin yüklemeye hızı-basınç dayanım değeri ilişkisi; (a) B3 ve (b) B4.

Boşluklu kâgir blok elemanların tasarım parametrelerinden özellikle alansal doluluk ve hacimsel doluluk oranı değerinin, blok elemanın basınç dayanımında etkin bir rol çizmektedir. Alansal doluluk, bir bloğun üstten görünüşünde sertleşmiş harç ile dolu alanın toplam alana oranıdır. Hacimsel doluluk ise bir bloktaki toplam sertleşmiş harç hacminin toplam hacme oranıdır. Genel bir yaklaşımla, alansal ve hacimsel doluluk oranının eşdeğer olarak arttığı bir blok elemanın basınç dayanımı, benzer yoğunluk değerlerine sahip daha düşük oranlardaki blok elemanlarının basınç dayanımından daha yüksektir. Bu etkileşimin blok elemanın yüklemeye hızı değişimlerinde de korunduğu görülebilmektedir. Anma boyutunda 125 mm ve 135 mm genişlik değerine sahip B3 ve B4 blok örneklerinde (Şekil 3) en düşük yavaş yüklemeye hızında basınç dayanımı B3 örneği için $2,11 \text{ N/mm}^2$, B4 örneği için ise $1,89 \text{ N/mm}^2$ 'dir. Yüklemeye hızı $0,0075 \text{ MPa/sn}$ seviyesine artırıldığında blok dayanımlarında B3 örneği için %3,35'lik bir artış, B4 örneklerinde ise ortama %1,89'luk bir düşüş görülmüştür. Buradan anlaşıldığı üzere yüklemeye hızları arasında düşük düzeyde uygulanan artışlar, yük altındaki gerilme değerlerinde küçük salınım ve dalgalanmaları oluşturmakta ve bu da dayanım değerlerinin düşük düzeyde de olsa azalma yönünde etkilemektedir. $0,01 \text{ MPa/sn}$ 'lik standart yüklemeye hızında ise en düşük yavaş yüklemeye koşulunda elde edilen basınç dayanımına kıyasla, B3 ve B4 blok örneklerinin dayanımlarında sırasıyla %7,18 ve %6,15 oranında artış göstermiştir. Hızlı yüklemeye kademelerinden $0,03 \text{ MPa/sn}$ 'lik yüklemeye hızında B1-B2 blok örneklerinde olduğu gibi, B3 ve B4 blok örnekleri için de en yüksek basınç dayanım değerlerine ($2,60 \text{ N/mm}^2$ ve $2,25 \text{ N/mm}^2$) ulaşıldığı görülmüş olup, dayanımdaki bu artışın en yavaş yüklemeye koşuluna göre B3 ve B4 blok örneklerinde sırasıyla %23,37 ve %19,01'lik artış sağlamıştır. Bu yüklemeye hızı kademesinden sonraki artan yüklemeye hızlarında ise B3 blok örneklerinin dayanımı en yüksek dayanım değerlerine göre sırasıyla %16,54 ve %45,03 oranında azalarak düşük dayanım değerleri bulunmuştur. Benzer olgu B4 blok örneklerinde de görülmüş olup, en yüksek dayanım değerlerine göre sırasıyla %19,11 ve %30,07 oranında azalmıştır. Hızlı yüklemeye kademesindeki $0,05$ ve $0,06 \text{ MPa/sn}$ 'lik yüklemeye hızlarında, blok elemanların yük etkisi altında yenilme zamanı diğer yüklemeye hızlarındaki sürelerle göre oldukça düşüktür (Tablo 4). Bununla birlikte yenilme yükünün yarı değerine ulaşıncaya kadar geçen süre değerleri de çok düşüktür. Blok örneğinin düşük zaman biriminde oldukça hızlı bir yüke maruz kalması, blok matrisinde ani çatlak oluşumları ve iç ve dış hatılların birleşim lokasyonları ve tasarımlarındaki köşe birleşim

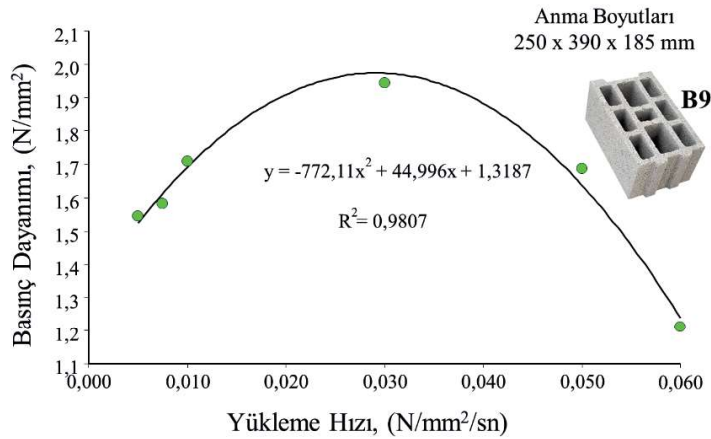
yerlerinde kesilme yükü etkisi göstererek, hızlı yorulma ve deforme olmaya bağlı kılcal yarılmaların oluşmasına sebep olmakta ve bu durum boşluklu geometriye sahip blok elemanının yük taşıma kapasitelerini önemli ölçekte etkilemektedir.



Şekil 4: Blok örneklerinin yükleme hızı–basınç dayanım değeri ilişkisi; (a) B5 ve (b) B6.



Şekil 5: Blok örneklerinin yükleme hızı–basınç dayanım değeri ilişkisi; (a) B7 ve (b) B8.

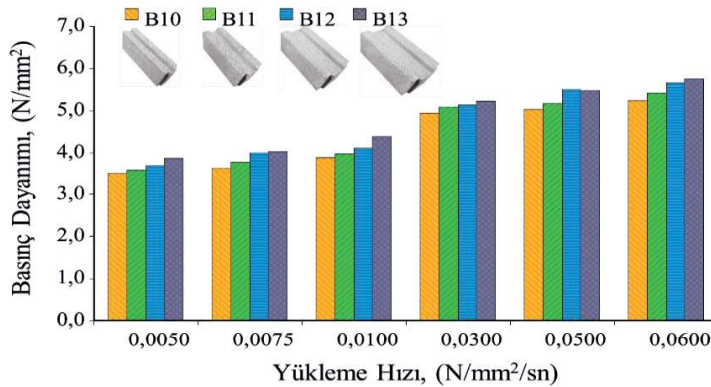


Şekil 6: B9 blok örneklerinin yükleme hızı–basınç dayanım değeri ilişkisi.

Şekil 4 – Şekil 6 irdelendiğinde B5, B6, B7, B8 ve B9 blok örneklerinin üç ayrı kademede uygulanan yükleme hızları etkisinde basınç dayanım değerlerinin karakteristik değişimini göstermektedir. 150 mm - 190 mm arasında anma genişlik değerlerine sahip olan bu blok tasarımlarında da yukarıda diğer örnekler için gözlemlenen genel karakteristik etkileşimlerin benzer şekilde bu blok örnekleri için de elde edildiği görülmektedir. B5 – B9 blok örneklerinde yavaş yükleme kademesinde 0,005 MPa/sn’lik hız yükleme hızında B5-B9 blokları için sırasıyla

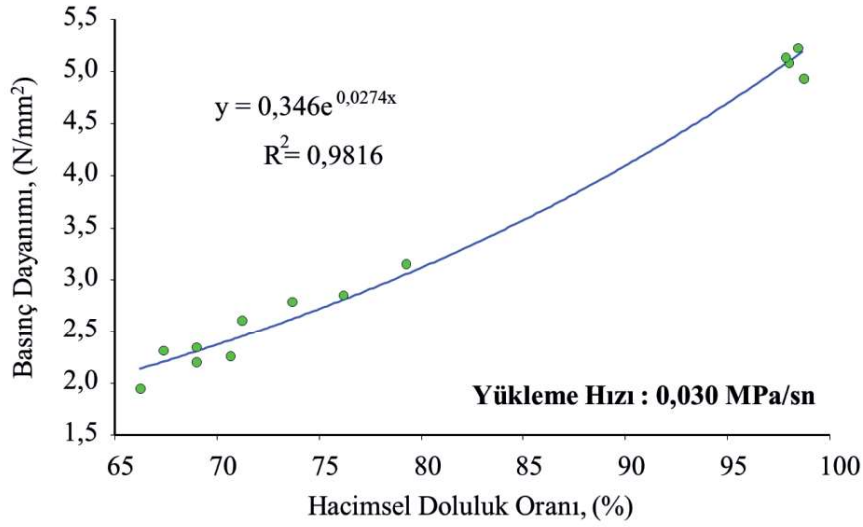
basınç dayanımları $1,78 \text{ N/mm}^2$, $2,16 \text{ N/mm}^2$, $1,89 \text{ N/mm}^2$, $1,74 \text{ N/mm}^2$ ve $1,54 \text{ N/mm}^2$ 'dir. Yüklem hızı $0,0075 \text{ MPa/sn}$ seviyesine artırıldığında blok dayanımlarında B5, B6 ve B9 örneklerinde sırasıyla %0,88, %2,77 ve %2,54'lük bir artış, B7 ve B8 blok örneklerinde ise sırasıyla %1,51 ve %2,36'lık bir düşüş görülmüştür. $0,01 \text{ MPa/sn}$ 'lik standart yüklem hızlarında ise en düşük yavaş yüklem koşulunda elde edilen basınç dayanımına kıyasla, B5-B9 blok örneklerinin dayanımları sırasıyla %11,39, %11,74, %8,68, %10,49 ve %10,86 oranlarında artmıştır. Hızlı yüklem kademelerinden $0,03 \text{ MPa/sn}$ 'lik yüklem hızlarında ise en düşük yavaş yüklem koşulunda elde edilen basınç dayanımına kıyasla, B5-B9 blok örneklerinin dayanımları sırasıyla %30,28, %31,87, %23,42, %27,03 ve %25,93 oranlarında artmıştır. B1-B9 blok örneklerinin tasarımları genel olarak boşluklu geometride oldukları için, yavaş yüklem ve standart yüklem koşullarındaki yük taşıma kapasiteleri hep benzer karakteristik bir olguyu göstermiştir. Bu bağlamda, $0,03 \text{ MPa/sn}$ 'lik yüklem hızı da dahil, bu yüklem hızı seviyesine kadar blok örneklerinin dayanım değer değişiminde genel eğilim lineer kabul edilebilecek bir artışın olduğudur. Ancak, yavaş yüklem ve standart yüklem hızı koşullarında, blok örneklerinin yük etkisi altında kırılma süresi diğer yüklem hızlarındaki süreler göre oldukça yüksektir (Tablo 4). Diğer bir deyişle, zamana bağlı kırılma yüküne daha uzun bir sürede ulaşmaktadır. Bu sürenin yüksekliği, blok elemanın daha uzun bir zaman periyodunda yük maruz kalmasına ve blok matrisinde yük etkisiyle yorulmaya uğramasına neden olmaktadır. Diğer bir deyişle, blok elemanın uzun süre yük altında kalması matris yapıda bağ kuvvetini oluşturan bileşenlerin yorulmayla zayıflamasına ve kohezyon değerinin düşmesine ve blok elemanın taşıma kapasitesine doğrudan etkileyen içsel gerilme değerinin düşmesine neden olmaktadır. Burum da blok örneğinin daha düşük basınç dayanım değerine sahip olmasını sağlamaktadır. Diğer taraftan, hızlı yüklem kademelerinden $0,05 \text{ MPa/sn}$ 'lik hız yüklem hızında en yüksek dayanım değerlerine göre B5-B9 blokları için sırasıyla %18,76, %21,35, %22,66, %20,16 ve %13,21 oranında azalmıştır. Benzer eğilim, $0,06 \text{ MPa/sn}$ 'lik hız yüklem hızında en yüksek dayanım değerlerine göre B5-B9 blokları için sırasıyla %34,53, %33,72, %42,23, %38,17 ve %37,61 oranında düşmüştür.

Boşluklu geometrik tasarımlara sahip blok örneklerinde özellikle yüksek yüklem hızı kademelerinde görülen basınç dayanım düşüşleri, eşdeğer özelliklerdeki harç kombinasyonlarıyla dolu blok formunda üretilmiş kâgir blok örneklerinin yüklem hızı değişimlerinde gözlenmemiştir. Çalışma kapsamında $100 \text{ mm} - 250 \text{ mm}$ anma genişlik değerine sahip dolu formda imal edilmiş B10-B13 kodlu örneklerin üç ayrı (yavaş, standart ve hızlı) yüklem koşullarında elde edilen basınç dayanım değerlerinin boşluklu formdaki blok örneklerden farklı karakteristik oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 7).



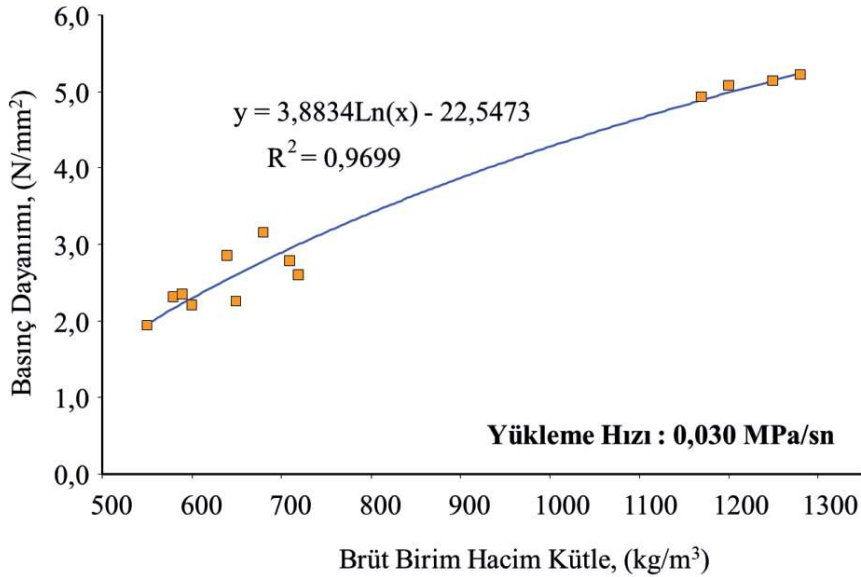
Şekil 7: B10 – B13 blok örneklerinin yüklem hızı–basınç dayanım değeri ilişkisi.

Şekil 7 incelendiğinde görüldüğü üzere, dolu formda geometrik tasarımlara sahip blok örneklerinde tüm kademelerde yükleme hızı arttıkça basınç dayanımının da artış eğilimi gösterdiği görülmektedir. Çalışma kapsamında elde edilen nihai basınç dayanımı değerleri sayısal verileri bağlamında en yüksek değerlerin 0,060 MPa/sn hızlı yükleme değerinde elde edilmiştir. B10 – B13 blok örnekleri için en yüksek basınç dayanım değerleri olarak sırasıyla 5,24 N/mm², 5,42 N/mm², 5,66 N/mm² ve 5,77 N/mm²'dir. Blok tasarımının dolu formda olması, bloğu oluşturan sertleşmiş harç biriminin daha rijit bir yapıda hafif beton etkisi göstermektedir. Yükleme hızı artışlarına karşın yük taşıma kapasitesinin de belirgin sayılabilecek bir artış eğilimi gösterdiği anlaşılmaktadır. Ancak, blok elemanı için kabul edilebilecek basınç dayanım değerinin belirlenmesinde blok elemanın yük etkisi altında yenilme zamanı ve yenilme yükünün yarı değerine ulaşıncaya kadar geçen süre değeri önem kazanmaktadır. TS EN 772-1 standardında (TSE, 2015b) kâgir blok elemanların basınç dayanımının belirlenmesinde test sırasında blok örneği en yüksek yükün yaklaşık yarısına ulaşıncaya, yükleme hızı, en yüksek yük değerine yaklaşık olarak bir dakikadan az olmayan sürede ulaşılacak şekilde yük uygulanması koşulu öngörülmüştür. Bu bağlamda, B10 – B13 blok örneklerinin bu çalışma kapsamında elde edilen basınç dayanım analizlerinde 0,05 MPa/sn ve 0,06 MPa/sn'lik yükleme hızlarında yenilme yükünün yarı değerine ulaşıncaya kadar geçen sürelerin 60 saniyenin (1 dakikanın) oldukça altında kaldığı görülmüştür (Tablo 4). Bu nedenle, her ne kadar bu yükleme hızlarında basınç dayanım değerleri daha yüksek olarak görülsede, standardın bu koşulu dikkate alınarak, dolu formda kâgir blok örneklerinin basınç dayanımının belirlenmesinde 0,05 MPa/sn ve 0,06 MPa/sn'lik yükleme hızlarındaki bulgular değerlendirilmemiştir. Tablo 4'te tüm blok örnekleri için elde edilen yenilme yükünün yarı değerine ulaşıncaya kadar geçen süre değeri TS EN 772-1 standardında öngörülen koşul açısından irdelendiğinde, çalışma kapsamında boşluklu ve dolu forma sahip tüm blok elemanlar için en uygun yükleme hızı değerinin 0,03 MPa/sn olduğu öngörülebilmektedir. Bu bağlamda, kâgir blok üretimi yapan üreticilerin ve/veya blok örneklerinin taşıma kapasiteleri üzerine inceleme yapan araştırmacıların bu yükleme hızı değerine ve test sürecinde yenilme zamanı değerlerine dikkat edilmesi gerekliliği çok önem kazanmaktadır. Buna uyulmadığı durumlarda, aynı blok elemanları için farklı dayanım değerleri elde edilebilir ki, bu da kâgir blok elemanın kullanım yeri ve uygulandığı projelerde teknik hesaplamalarda farklılıkları oluşturabilir. Bu değerlendirme ve yaklaşıma göre B1-B13 kodlu tüm blok örneklerinin 0,03 MPa/sn yükleme hızındaki basınç dayanım değerleri, bu çalışma kapsamında blok örneklerinin kabul edilen basınç dayanım değeri olarak nitelendirilmiştir. Pomza agregalı hafif betondan mamul farklı tasarımlara sahip blok elemanların basınç dayanımını karakterize etmek amacıyla, 0,03 MPa/sn yükleme hızındaki basınç dayanım değerleri ile blok tasarımındaki hacimsel doluluk oranı, brüt birim hacim kütle değeri ve net birim hacim kütle değerleri arasındaki ilişkiler grafiksel olarak irdelenmiştir (Şekil 8-Şekil 10).

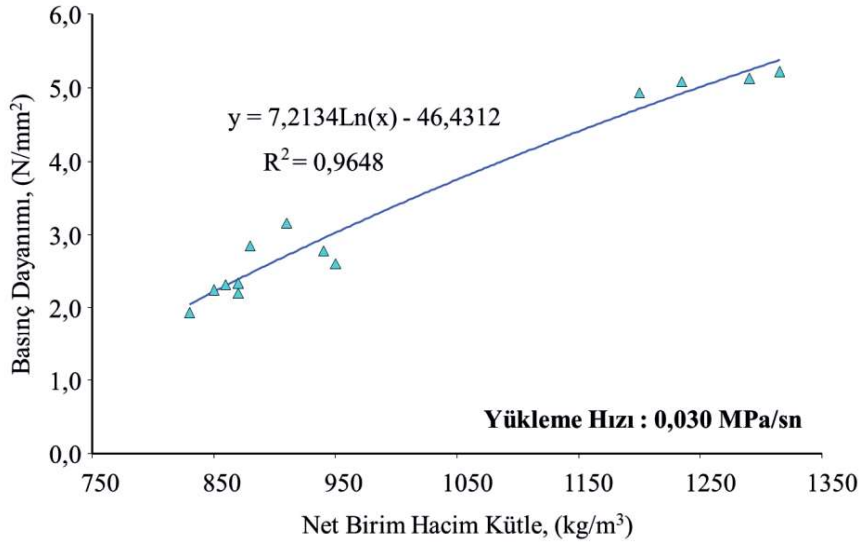


Şekil 8: Hafif agregalı kâgir blok elemanların hacimsel doluluk oranı – basınç dayanımı ilişkisi.

Kâgir blok elemanın geometrik biçimi ve tasarım özelliklerine göre hacimsel doluluk oranı arttıkça, blok elemanın basınç dayanım değeri de artmaktadır (Şekil 8). Özellikle dolu formda veya dolu forma yakın tasarım parametreleri içeren blok elemanların eşdeğer hafif agregalı bir harçla üretildiklerinde basınç dayanım değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Genel bir yaklaşım olarak bir blok elemanın hacimsel doluluk oranı %85 ve üzerinde ise bu blok tasarımlarının dolu form karakteristiği oluşturduğu kabulü yapılabilir. Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgulara göre blok tasarımında hacimsel doluluk oranının %70'ten %80'e artması, 0,03 MPa/sn yüklem hızında basınç dayanımında yaklaşık %32'lik bir artış öngörülebilir. Bu da blok geometrik tasarımın önemini vurgulamaktadır.



Şekil 9: Hafif agregalı kâgir blok elemanların brüt birim hacim kütle – basınç dayanımı ilişkisi.



Şekil 10: Hafif agregalı kâgir blok elemanların net birim hacim kütle – basınç dayanımı ilişkisi.

Kâgir blok elemanın üretiminde kullanılan harç karışımının yoğunluğu, blok ürünün birçok özelliğine doğrudan etken olduğu gibi, dayanım değerini de önemli ölçüde etkileyen bir parametredir. Kâgir blok elemanların yoğunluk tanımında genellikle iki farklı teknik değer önem kazanmaktadır: Bunlar; kâgir bloğun tasarımındaki tüm geometrik boşluklarda dahil *brüt birim hacim kütle değeri* (kg/m^3) ve kâgir bloğun tasarımındaki tüm geometrik boşluklar çıkarıldıktan sonraki sertleşmiş ve kalıba yerleşmiş harç birimini temsil eden *net birim hacim kütle değeri* (kg/m^3)'dir. Şekil 9 irdelendiğinde görüldüğü üzere, blok elemanın brüt birim hacim kütle arttıkça, blok elemanın basınç dayanım değeri de logaritmik bir eğilimle artmaktadır. Benzer olgu, blok elemanın net birim hacim kütle değeri için de geçerlidir (Şekil 10). Diğer bir deyişle, blok elemanı üretiminde kullanılan harcın yoğunluğu arttıkça, ürün normunda blok elemanın dayanımı da artmaktadır. Yüksek basınç dayanımı sağlaması arzu edilen proje uygulamalarında birim ağırlığı yüksek blok elemanlarını tercih etmek daha anlamlı olmaktadır. Blok elemanların 0,03 MPa/sn yükleme hızında ölçülmüş basınç dayanım değerlerindeki artış, aynı zamanda bloğun taşıma kapasitesi ve taşıyıcılık özelliğinin arttığını göstermektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında hafif agregalı betondan mamul farklı tasarım değerlerine sahip 13 ayrı blok eleman farklı yükleme hızları altında basınç dayanım değerleri üzerine karşılaştırmalı analizlerin bulguları tartışılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre;

- Özellikle boşluklu bloklarda, standart yükleme hız değerine kadar yükleme hızının artması ile dayanım artışı belirgin bir şekilde gelişme göstermiş olup, hızlı yükleme kategorisinde ilk kademe yükleme hızına (0,030 MPa/sn) kadar dayanım artışı gelişerek maksimum değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Hızlı yüklemenin diğer iki kademesinde ise yükleme hızı arttıkça, belirgin bir şekilde basınç dayanım değerinin düştüğü, diğer bir deyişle blok örneklerinin daha düşük değerlerde kırıldığı görülmüştür. Dolu formdaki bloklar incelendiğinde ise yükleme hızı arttıkça basınç dayanımının da arttığı gözlemlenmiştir.

- Tüm blok örnekleri için elde edilen kırılma yükünün yarı değerine ulaşıncaya kadar geçen süre değeri TS EN 772-1 standardında öngörülen koşul açısından irdelendiğinde, çalışma kapsamında boşluklu ve dolu forma sahip tüm blok elemanlar için en uygun yükleme hızı değerinin 0,03 MPa/sn olduğu öngörülebilmektedir.
- Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgulara göre blok tasarımında hacimsel doluluk oranının %70'den %80'e artması, 0,03 MPa/sn yükleme hızında basınç dayanımında yaklaşık %32'lik bir artış öngörülebilmektedir.

Pomza agregası kullanılarak üretilen kâgir blok üretimi yapan üreticilerin ve/veya blok örneklerinin taşıma kapasiteleri üzerine inceleme yapan araştırmacıların kâgir birimin geometrisine ve doluluk oranına göre nasıl bir yükleme hızı yaklaşımı kullanabileceği bu çalışma ile önerilebilmektedir. Buna uyulmadığı durumlarda, aynı blok elemanları için farklı dayanım değerleri elde edilebilir ki, bu da kâgir blok elemanın kullanım yeri ve uygulandığı projelerde teknik hesaplamalarda farklılıkları oluşturabilir.

5. KAYNAKÇA

- Al-Tarbi, S. M., Al-Amoudi, O. S. B., Al-Osta, M. A., Al-Awsh, W. A., Ali, M. R., ve Maslehuddin, M. (2022). Development of eco-friendly hollow concrete blocks in the field using wasted high-density polyethylene, low-density polyethylene, and crumb tire rubber. *Journal of Materials Research and Technology*, 21, 1915–1932. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.10.027>
- Altun, F., Kişi, Ö., ve Aydın, K. (2008). Predicting the compressive strength of steel fiber added lightweight concrete using neural network. *Computational Materials Science*, 42(2), 259–265. <https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2007.07.011>
- Erdoğan, T. Y. (2016). Beton. ODTÜ Yayıncılık.
- Felekoğlu, B., ve Türkel, S. (2004). Yüklem Hızının Beton Basınç Dayanımına ve Elastisite Modülüne Etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(1), 65–75.
- Gündüz, L. (2005). İnşaat Sektöründe Bimsblok. Süleyman Demirel Üniversitesi. Isparta.
- Lima, P. R. L., Leite, M. B., ve Santiago, E. Q. R. (2010). Recycled lightweight concrete made from footwear industry waste and CDW. *Waste Management*, 30(6), 1107–1113. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.02.007>
- Liu, N., ve Chen, B. (2014). Experimental study of the influence of EPS particle size on the mechanical properties of EPS lightweight concrete. *Construction and Building Materials*, 68, 227–232. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.06.062>
- Sim, J.-I., Yang, K.-H., Kim, H.-Y., & Choi, B.-J. (2013). Size and shape effects on compressive strength of lightweight concrete. *Construction and Building Materials*, 38, 854–864. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.09.073>
- TSE, (2007). TS EN 1354 - Gözenekli hafif beton - Basınç dayanımının tayini.
- TSE, (2015a). TS EN 771-3+A1, Specification for masonry units - Part 3: Aggregate concrete masonry units (Dense and lightweight aggregates).
- TSE, (2015b). TS EN 772-1+A1 - Kâgir birimler - Deney yöntemleri - Bölüm 1: Basınç dayanımının tayini.

Zhou, Q., Wang, F., Zhu, F., & Yang, X. (2017). Stress–strain model for hollow concrete block masonry under uniaxial compression. *Materials and Structures*, 50, 1–12. <https://doi.org/10.1617/s11527-016-0975-5>

