BAZALT ve KALKER AGREGA KULLANILMIŞ GEÇİRİMLİ BETONLARIN BAZI TEKNİK ÖZELİKLERİ

Prof. Dr. İlker Bekir Topçu, Dr. Ali Uğurlu

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, TMMOB Kimya Mühendisleri Odası,
Eskişehir, Ankara

ÖZET

Geçirimli betonlar boşluk içeren, gözenekli betonlardır. Geleneksel betona göre daha az ince malzeme içeren veya hiç içermeyen betonlardır. Genellikle %15 ile %30 oranında gözenekli yapısı ile geçirimliliği sağlarlar. Geçirimli betonlar yağmur ve su kanallarının üzerinde kanallarını gizlemek, su toplanmasını önlemenin gerekli olduğu yerlerde, otopark zeminlerinde, stadyum tabanlarında, park yürüyüş yollarında ve çeşitli kaldırım düzenlemelerinde kullanılmaktadır. Burada amaç drenajı sağlamak kadar yeraltı suyunu da beslemektir. Bu çalışmada değişik oranlarda bazalt ve kalker agrega kullanılarak bu durumun geçirimli betonla üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Numunelerin üretiminde bazalt agregası kalker agregası yerine hacimce %75, %50, %25 ve %0 oranlarında kullanılarak çeşitli numuneler elde edilmiştir. Hazırlanan numuneler üzerinde farklı deneyler gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Geçirimli beton, bazalt agrega, gözeneklilik, birim ağırlık, dayanım

ABSTRACT

Some Technical Characteristics of Pervious Concretes Produced with Basalt and Limestone Aggregate

Pervious concrete is a porous type of concrete which contains cavities. They contain none or less fine material compared to regular concrete. Pervious concrete usually provides permeability with its porous structure. Pervious concrete is used to cover the surface of rain water canals, to prevent water accumulation and it's used in the coverings of parking lots, in stadium bases, in the walking trails of parks and various kinds of pavement reconstructions. In this study, basalt and limestone aggregate pervious concrete at different rates was investigated by using the effect on this situation. Basalt aggregates in the production of limestone aggregate samples by volume instead of 75% and 50%, 25% and 0% of samples were obtained using a variety of ratios. Different experiments were carried out on the prepared samples.
Keywords: Pervious concrete, basalt aggregate, porosity, unit weight, strength

1. GİRİŞ

Geçirimli beton hiç ince agrega (kum) içermeyen veya çok az miktarda ince agrega içeren özel bir beton türüdür. Birbiri ile bağlantılı geniş boşluklar, geçirimli betonun içerisinden suyun kolayca akmasına izin verir. Çevresel yararlarından dolayı; otopark, yürüyüş yolları, kaldırım ve tali yolların yapımında geçirimli beton kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır, [1]. Günümüzde uygulanan geleneksel betonlar ve asfalt kaplamalar geçirimsiz yapıları nedeniyle yağmur sularının yer altı sularına ulaşmasını engellerler. Bu nedenle geçirimli beton kullanımı yağışlarla gelen suların yer altında birikmesi ve sürekliliği açısından da çok önemlidir. Bu yüzden, geçirimli betonların yağmur drenajında, yer altı suyunun biriktirilip yenilenmesinde ve su kalitesinin gelişmesinde önemli bir çevresel malzeme olduğu söylenebilir. Bunların yanı sıra suyu kolaylıkla bünyelerinde tutarak depolayabilir de, [2]. Çevresel performans açısından, geçirimli beton aynı zamanda bazı kirleticileri ve partikülleri geçirimli yapı içerisinde temizlemek için filtrasyon amacıyla da kullanılabilir. Keza drenaj ihtiyacı olan yerlerde de boşluklu beton yüzeydeki suyu hızlıca drene eder ve yüzeyin kuru olmasını sağlar.

Boşlukların boyutu ve birbiri ile olan bağlantısı, agrega tipi, boyutu, pasta hacmi gibi değişkenlerden önemli ölçüde etkilenir. Geçirimli betonlar ile ilgili çalışmalar incelendiğinde bu çalışmaların daha çok üretimde kullanılan bileşenlerle ilgili olduğu görülür, [3]. Yapılan diğer çalışmaların çoğunluğu ise atık beton agregasının geçirimli beton üretiminde kullanımı ve dayanımı arttırabilmek için polimer kullanımı ile ilgilidir, [4].

Geçirimli betonlar su/çimento oranı genelde 0.25-0.35 arasında olacak şekilde tasarlanırlar. Genel olarak % 15-25 oranında boşluğa, 3-30 MPa arasında basınç dayanımına ve 0.025-0.61 cm/s arasında geçirimlilik değerlerine sahiptirler. Bu özellikler kırma taş agrega kullanıldığı zaman elde edilen özelliklerdir. Geçirimli betonların ince malzemesinin az olması, dayanımların düşük olacağını düşündürtse de bu iyileştirilmesi mümkün olmayan bir durum değildir. Belli ölçüde ince malzeme kullanılarak iyileştirilen betonların geçirimliliklerinin çok da azalmadığı gözlenmiştir. Geçirimli betonların donma-çözülme dayanımı normal betonlara göre daha düşüktür, fakat belirli donma-çözülme döngüsünde iyi bir performans da sağlayabilir.

Geçirimli beton çalışmalarında iri agrega olarak genellikle 4-12 mm ve 12-25 mm boyutundaki tane grupları kullanılır. Tane boyutu daha küçük agrega kullanımı ve estetik açıdan ve dayanım gibi özelikler açısından daha iyi sonuçlar vermektedir. Dayanım ve donma-çözülme gibi özelliklerin iyileştirilmesi için fiber lifler de kullanılabilir ya da su/çimento oranı düşürülebilir [3].

Son yıllarda ülkemizde gerçekleştirilen bir çalışmada geçirimli betonların en zayıf özeliği olan dayanımı arttırabilmek amacıyla mukavemeti yüksek olan agregalardan bazalt agregası kullanılarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada bazalt kullanımının dayanımı arttırdığı tespit edilmiştir, [5]. Yine yapılan başka bir araştırmada geçirimli betonların basınç altındaki davranışı ve gözenek yapısı gibi özellikleri incelenmiştir. Çalışmada 2,36 mm ile 9,5 mm arasında değişen agrega boyutlarıyla farklı gözeneklilik yapıları elde edilmiştir. Farklı gözenek yapısı özellikleri ile birkaç geçirimli beton karışımı statik sıkıştırma deneylerine tabi tutulmuştur. Bu geçirimli beton numuneler üzerinde kontrollü yükleme şeklinde dayanımlar ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre iri agrega ile yapılan karışımlarda dayanım düşük çıkarken ince agrega ile üretilen numunelerin

dayanımı daha yüksek elde edilmiştir. Gözeneklilik ölçümünde ise iri agrega içeren numunelerin boşluk oranı ince agrega içeren numunelere göre daha fazla çıkmıştır, [6].

Yapılan başka bir araştırmada ise agregası kireçtaşı ve granit olan numuneler üretilmiştir. Bu numunelerin ince agrega oranları eşittir. Bazı numunelere de katkı olarak lateks malzeme eklenmiştir. Numunelerdeki lateks oranının azalması ile gözeneklilik oranı artmıştır. Bunun yanı sıra granit ile üretilen karışımlarda en yüksek gözeneklilik oranına ulaşılmıştır, [7].

Kum, dolomit ve cüruf kullanılarak boşluk oranları ve dayanımların ölçüldüğü bir araştırmada aynı ölçüde kullanılan cüruf ile dolomit arasında karşılaştırma yapılmıştır. Cüruf kullanılan numunenin dayanımı daha yüksek elde edilirken, dolomit ile yapılan numunelerin dayanımı ise daha düşük bulunmuştur. Çalışma sonunda % 60 iri dolomit, %30 ince dolomit, %10 kum kullanılan numunenin özellikleri öne çıkmıştır. Elde edilen dayanımların yeterli olmasına ve boşluk oranları da yüksektir. Sonuç olarak cürufla üretilen boşluklu betonlar dolomit ile üretilen betonlara göre daha işlevsel bulunmuştur, [8].

2015'te yapılan bir araştırma geçirimli betonların altyapı ve ulaştırma planlamalarında kullanılmasının yararlı olacağını göstermiştir. Geçirimli betondan yapılan kaplamaların yağmur suyu akış hızının yüksek maliyetinin ise düşük olduğu bir kez daha görülmüştür. Yine aynı şekilde yer altı suyunu besleyen bir sistem olduğu da anlaşılmıştır. Bu araştırmaların Hindistan'daki taşkınları önemli ölçüde önleyebileceği düşünülmüştür, [9]. Kevern 2008 de yaptığı bir araştırmada boşluklu betonlarda donma-çözülme etkisini araştırmıştır. Çeşitli karışımlar ile gerçekleştiren çalışmada ince malzeme kullanılan boşluklu betonların donma-çözülme etkisine karşı daha fazla dayanıklı olduğu görülmüştür, [10]. Neptune tarafından 2010 yılında gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise 1 mm boyutundaki ince malzemelerin kullanıldığı betonlarda geçirimlilik ile dayanım arasında ters ilişki olduğu görülmüştür, [11].

2011'de yapılan bir araştırmada jeopolimer katkılı geçirimli betonlar incelenmiştir. Karışımlarda değişik oranlarda uçucu kül (FA), sodyum silikat (NS), sodyum hidroksit (NH)ve çeşitli alkali sıvılar kullanılmıştır. 60 derece sıcaklıkta 48 saat süre ile

jeopolimerizasyon etkinleştirilmiştir. Sonuçlar yüksek kalsiyum ve uçucu kül oranının bağlayıcı olarak önemli bir rol oynadığını göstermiştir, [12]. 2013'te yapılan bir başka araştırmada geçirimli betonlar ile standart polimer modifiye (SPC) geçirimli betonlar incelenmiştir. Polimer modifikasyonu için SJ-601 polimeri kullanılmıştır. Standart geçirimli betonların üretiminde değişik agrega/çimento oranları seçilmiş ve karışımlarda ayrıca uçucu kül, süper akışkanlaştırıcı, silis dumanı gibi çeşitli kimyasallar da kullanılmıştır. Polimer modifiye betonlarda çimento miktarı sabit tutulup agrega miktarı arttırılarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar; agrega miktarı artarken boşluk oranının da arttığını fakat içindeki katkı maddelerine göre dayanımların değiştiğini göstermiştir. Yine aynı çalışmada geçirimli betonlarda kullanılan polimer madde miktarının artmasıyla dayanımın düştüğü tespit edilmiştir, [13].

2. AMAÇ

Çalışmanın amacı geçirimli beton üretiminde farklı agregaların birlikte kullanımı ile geçirimli beton özeliklerinin agrega cinsinden nasıl etkilendiğinin belirlenmesidir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Kullanılan malzemeler

3.1.1. Çimento

Geçirimli beton üretiminde Afyon Çimento Fabrikası'nın üretmiş olduğu CEM I 42.5R Portland Çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun kimyasal özellikleri (XRF analizi), fiziksel ve mekanik özelliklerine ait deney sonuçları Çizelge1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

3.1.2. Agrega

Geçirimli beton çalışmalarında iki farklı agrega ile karışımlar hazırlanmıştır. Afyon' daki bir hazır beton tesisinin taşocaklarından elde edilen kalker esaslı kırmataş agrega ile yine Afyonkarahisar ili, İscehisar ilçesindeki maden ocaklarından elde edilen bazalt agregası kullanılmıştır. Bazalt ve kalker agregalarının en büyük tane büyüklüğü 11.2 mm'dir.

Çizelge 1. Çimentonun XRF analizi, fiziksel ve mekanik özellik deney sonuçları

Kimyasal bileşim	**Ağırlıkça, %**	**Özelikler**	**Değer**
Fe_2O_3	3,55	Çözünmeyen kalıntı	0,44
CaO	63,90	SK	1,90
MgO	1,94	Özgül ağırlık	3,15
Na_2O	0,74	Özgül yüzey, cm^2 / gr	3320
K_2O	1,24	SKSM, %	32
SO_3	3,02	Priz başlangıcı, dk	177
MnO	0,12	Priz sonu, dk	244
Kükürt (S)	-	Hacim genleşmesi, mm	2
Cl^-	0,01	Basınç dayanımı, MPa (2günlük)	28
KK	1,24	Basınç dayanımı, MPa (28günlük)	42,70

Bazalt agregası volkanik ojit bazalt olup içerdiği SiO_2 miktarı %50'nin üzerindedir. Geçirimli beton üretiminde kullanılan agregalara ait bazı fiziksel özellikler Çizelge 2'deki gibidir.

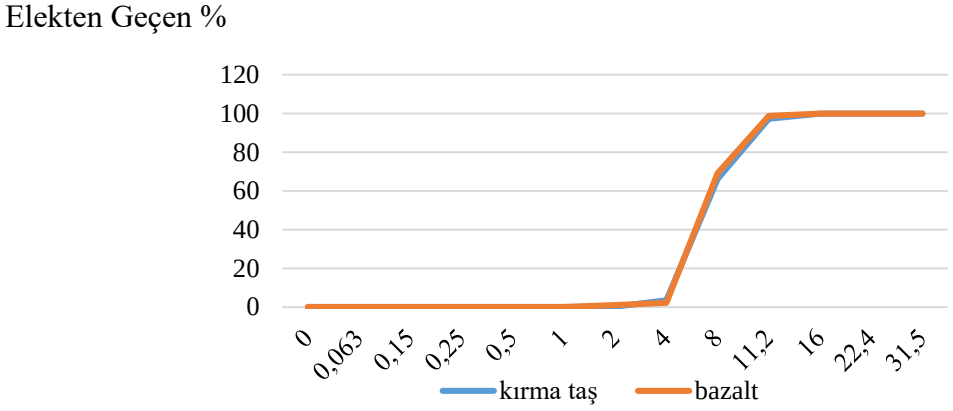
Çizelge 2. Agregaların Fiziksel Özellikleri

Fiziksel özellikler	**Kalker**	**Bazalt**
Özgül ağırlık, kg/m^3	2,62	2,79
Su emme, %	0,74	0,53
İncelik modülü	5,330	5,290

Geçirimli beton üretiminde kullanılan agregalar üzerinde elek analiziyapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 3 ve Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde iki agreganın da granülometri eğrilerinin üst üste çakıştığı görülmüştür. Elek analizleri sonucunda kalker ve bazaltın tane dağılımlarının aynı olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 3. Agregaların elek analizi sonuçları

Elek açıklığı, mm	**Elekten geçen malzeme miktarı, %**	
	Kalker	**Bazalt**
31,15	100	100
22,40	100	100
16	100	100
11,20	97,27	98,70
8	66,23	69,18
4	3,47	2,26
2	0,13	1,03
1	0	0
0,50	0	0
0,25	0	0
0,15	0	0
0,063	0	0



Şekil 1. Agregaların granülometri eğrileri [9]

3.1.3 Karma suyu

Çalışmalarda Eskişehir Osmangazi Üniversitesi şebeke suyu kullanılmıştır. Şebeke suyunun yapılan kimyasal analizinde suyun TS 1247 karma suyu niteliklerine uygun olduğu görülmüştür, Çizelge 4.

Çizelge 4. Kullanılan şebeke suyunun kimyasal analizi

Parametreler	**Limit değerler**	**Bulunan değerler**
pH	>7	7.1
Sülfat (SO_3), mg/lt	<3000	983
Çözülmüş tuz, mg/lt	<15000	6400
Askıdaki katı madde, mg/lt	<2000	1115

3.2. Geçirimli Beton Karışım Oranları ve Yapılan Deneyler

Hazırlanan karışımlarda kalker agregasının bazalt agregasına oranı hacimce şu oranlarda seçilmiştir: 25/75, 50/50, 75/25 ve100/1'dir.Agregaların bu oranları hacimcedir. Bazalt agrega serileri olarak isimlendirilen numuneler B75, B50, B25, B0 olarak adlandırılmıştır, çizelge 5. Kalker agregasının kullanılmadığı seri (% 100 bazalt kullanılan) ise kontrol-şahit olarak adlandırılmıştır. Geçirimli taze betonlar kalıplarına yerleştirilirken boşluk oranlarını azaltmamak için kısa süreli şişleme yapılmıştır. Taze betonlar kürek ve mala yardımı ile sadece kalıpların yan yüzlerine vurulmak suretiyle yerleştirilmiştir. Bütün deneyler 28 günlük numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deney gününe kadar kür havuzlarında bekletilen numuneler deneyin yapılacağı gün kür havuzlarından alınarak deneye tabii tutulmuştur. Kullanılan bazalt agregasının beton birim kütlesini nasıl değiştirdiğini görmek için sertleşmiş beton numuneler üzerinde birim ağırlık deneyleri de gerçekleştirilmiştir.

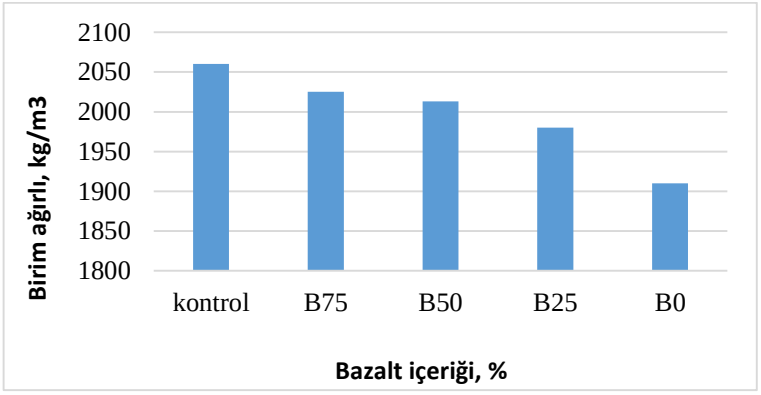
Çizelge 5. Geçirimli beton karışım oranları

Karışım	**S/Ç**	**Su** (kg/m^3)	**Çimento** (kg/m^3)	**Kalker** (kg/m^3)	**Bazalt** (kg/m^3)
Kontrol	0,33	132	400	-	1448
B75	0,33	132	400	352	1086
B50	0,33	132	400	704	724
B25	0,33	132	400	1056	362
B0	0,33	132	400	1408	-

3. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Birim Ağırlık Sonuçları ve Değerlendirilmesi

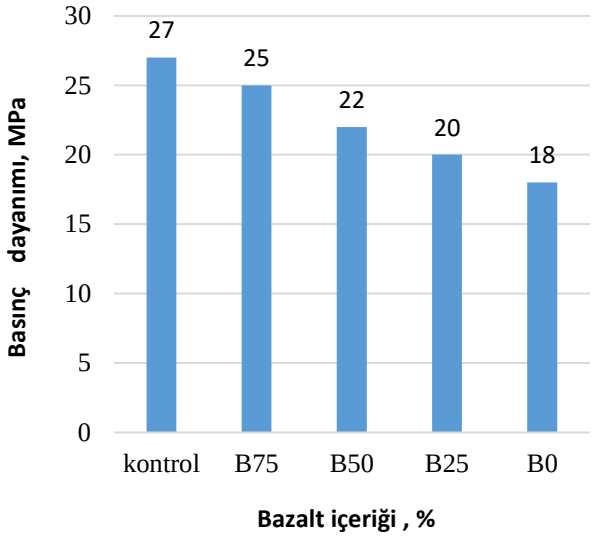
Birim ağırlık sonuçlarının geçirimli beton serilerine göre değişimi Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde agrega içerisindeki bazalt oranının azalmasıyla yani başka bir deyişle kalker agrega oranının artmasıyla birim ağırlık sonuçları da azalmıştır. Bazalt agregası özgül ağırlığının kalker özgül ağırlığından büyük olmasından dolayı bazalt agregası kullanım oranın artması ile birim ağırlıklar da doğrusala yakın bir artış eğilimi gözlenmiştir.



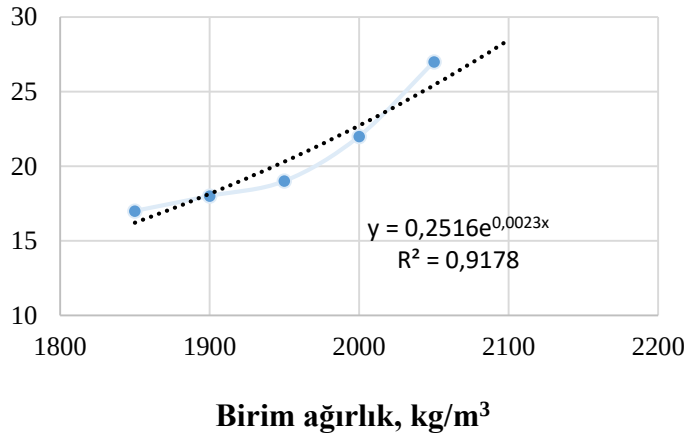
Şekil 2. Birim ağırlık sonuçlarının geçirimli beton serilerine göre değişimi

4.2. Basınç Dayanımı Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Basınç dayanımı sonuçlarının geçirimli beton serilerine göre değişimi Şekil 3'te verilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde bazalt agregası kullanımı ile basınç dayanımlarında neredeyse bazalt oranına bağlı olarak değişen doğrusal bir artış söz konusudur. Kalker kullanımı ile birlikte basınç dayanımlarında yine doğrusal bir azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. En düşük basınç dayanımı sonuçları tamamen kalker agregası ile üretilmiş numuneye aittir. Basınç dayanımındaki bu sonuçlar agrega özellikleri ve betonun birim ağırlığı ile ilgilidir. Şekil 4'ten görüleceği üzere birim ağırlığın artması ile basınç dayanımında da artışlar izlenmiştir.



Şekil 3. Basınç dayanımı sonuçlarının geçirimli beton serilerine göre değişimi

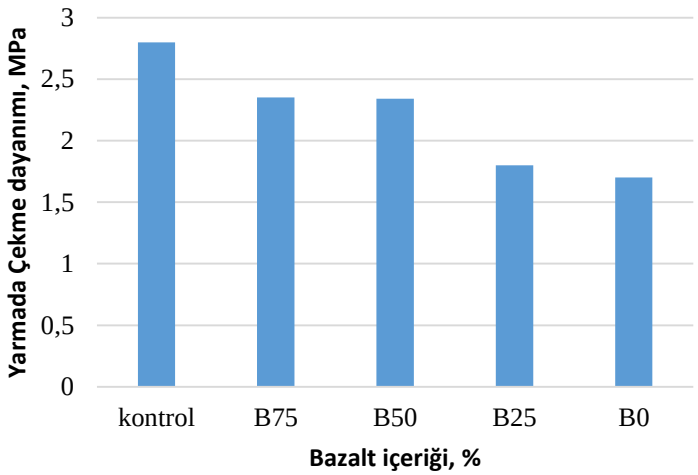


Şekil 4. Basınç dayanımı ile birim ağırlık arasındaki ilişki

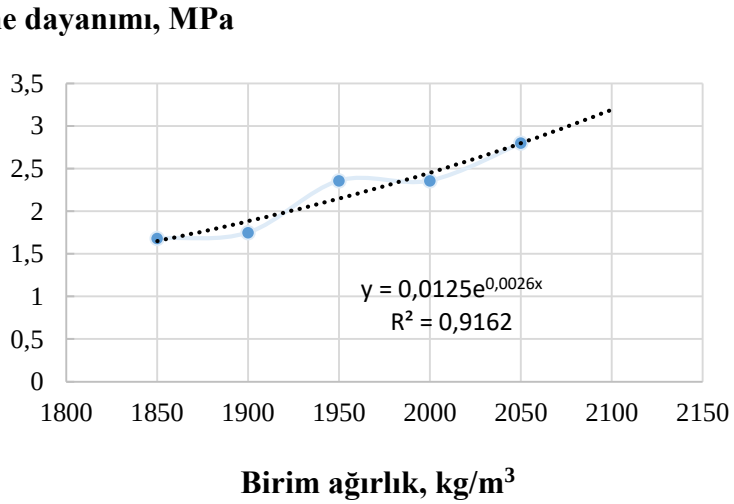
Şekil 4 incelendiğinde, regresyon katsayısı değerinden de görüleceği üzere basınç dayanımı ile birim ağırlık sonuçları arasında oldukça kuvvetli bir ilişki olduğu görülecektir. Bu durum diğer deney sonuçlarından da görüleceği üzere geçirimli betonlarda birim ağırlığın birçok parametrenin belirlenmesinde en önemli faktörlerden biri olduğunu göstermektedir.

4.3. Yarmada-Çekme Dayanımı Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Yarmada-çekme dayanımı sonuçlarının geçirimli beton serilerine göre değişimi Şekil 5'de verilmiştir. Şekil 5 incelendiğinde bazalt agrega kullanım oranının artışı ile yarmada-çekme dayanımının arttığı buna karşılık kalker agrega kullanım oranının artması ile de dayanımın düştüğü görülecektir. Bu sonuç da basınç dayanımı sonuçlarında olduğu gibi birim ağırlık sonuçları ile ilgilidir, Şekil 6.



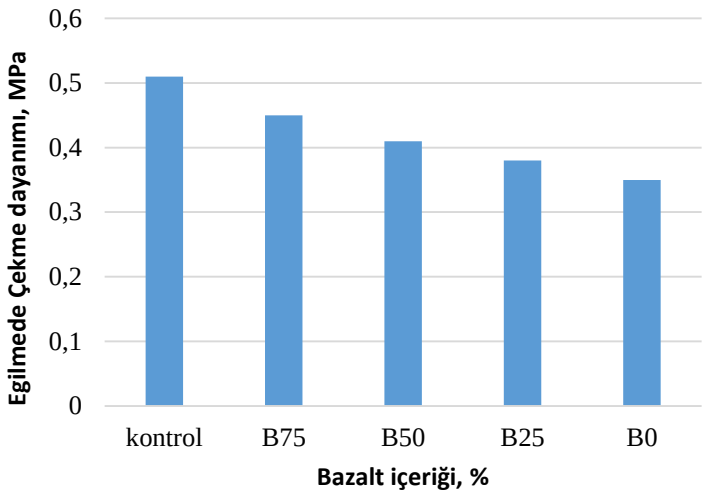
Şekil 5. Yarmada-çekme dayanımı sonuçlarının geçirimli beton serilerine göre değişimi



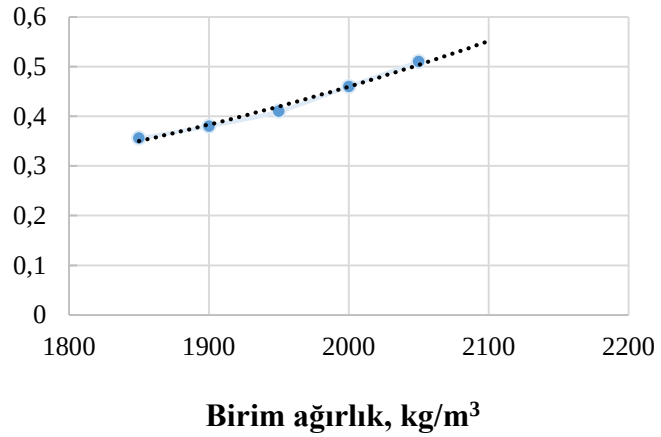
Şekil 6. Yarmada çekme dayanımı ile birim ağırlık arasındaki ilişki

4.4. Eğilmede Çekme Dayanımı Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Şekil 7 ve 8' de verilen eğilmede çekme dayanımı sonuçları yukarıdaki deney sonuçları ile uyumludur. Yani bazalt agrega miktarının artması ya da başka bir deyişle birim ağırlığın artması ile geçirimli beton serilerinde eğilmede çekme dayanımları da doğrusala yakın bir eğilimle artmaktadır.



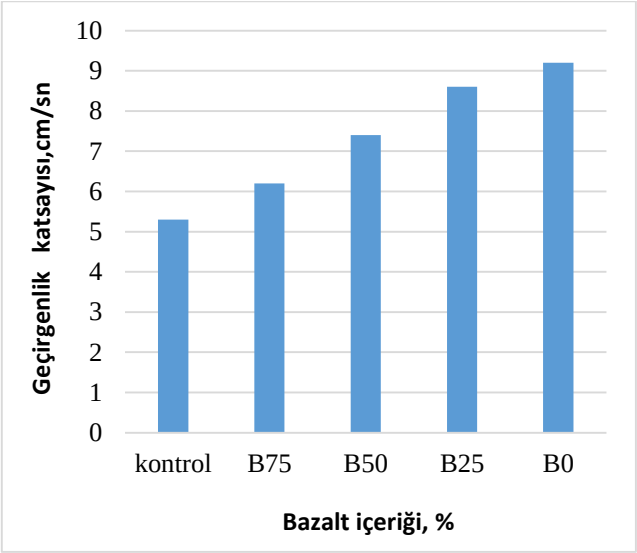
Şekil 7. Eğilmede çekme dayanımı sonuçlarının geçirimli beton serilerine göre değişimi



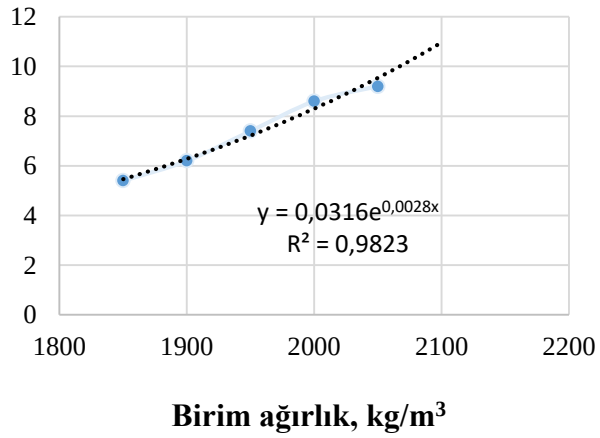
Şekil 8. Eğilmede çekme dayanımı ile birim ağırlık arasındaki ilişki

4.5. Geçirgenlik Deney Sonuçları ve değerlendirmesi

Geçirgenlik ölçümlerinde zemin mekaniği deneylerinde kullanılan *düşen su seviyesi altında geçirgenlik* yöntemi kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Geçirgenlik katsayısı sonuçları Şekil 9 ve 10'daki gibidir. Şekillerden görüleceği üzere bazalt agregası ikame oranın artmasıyla yani birim ağırlık değerlerinin artması ile geçirgenlik katsayısı azalmaktadır.



Şekil 9. Geçirgenlik sonuçlarının geçirimli beton serilerine göre değişimi



Şekil 10. Geçirgenlik ile birim ağırlık arasındaki ilişki

5. SONUÇ

Geçirimli betonlar üzerinde yapılan birim ağırlık deneyleri sonucunda bazalt agrega miktarının artışı ile birlikte birim ağırlık sonuçlarının arttığı tespit edilmiştir. Betonun dayanım sonuçları kalker agregası yerine kullanılan bazalt agrega miktarlarının artışı ile birlikte arttığını göstermektedir. Yapılan incelemelerde dayanımlarındaki bu azalmaların birim ağırlıklardaki azalmalardan kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Elde edilen deney sonuçlarına bakıldığı zaman dayanımlar ile birim ağırlık arasında oldukça kuvvetli bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır

Yapılan deneyler sonucunda bazalt agregası özgül ağırlığının kalker özgül ağırlığından daha yüksek olması nedeniyle geçirimli betonların birçok özeliği üzerinde önemli bir etkisi olduğu bilinen birim ağırlığı arttırdığı görülmüştür. Bu sonuç üretilen geçirimli betonların dayanımla ilgili özelliklerini büyük ölçüde olumlu etkilemekte buna karşılık geçirimliliği az da olsa azaltmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Zaetang, Y., Wongsa, A., Sata, V., Chindaprasirt, P., 2013, "Use of lightweight aggregates in pervious concrete", Construction and Building Materials, 48, 585–591.

[2] Yahia, A., Kabagire, K.D., 2014, "New approach to proportion pervious concrete", Construction and Building Materials, 62, 38–46.

[3] Kılınç, C., Akakın, T., 2012, "Farklı Agrega Tane Dağılımına Sahip Geçirimli Betonların İncelenmesi", Hazır Beton, Mart - Nisan, 79-84.

[4] Bhutta, M.A.R., Hasanah, N., Farhayu, N., Hussin, M.W, Tahir, M., Mirza, J., 2013, "Properties of porous concrete from waste crushed concrete (recycled aggregate)", Construction and Building Materials, 47, 1243–1248.

[5] Boğa A.R., Geçirimli Beton Üretiminde Bazalt Agrega Kullanımının Mekanik Özelliklere Etkisi, 1-9, 2015.

[6] Deo, O, Neithalath, N, Compressive Behavior of Pervious Concretes and a Quantification of the Influence of Random Pore Structure Features, 402-412, 2010.

[7] Shu, X, Huang, B, Wu, H, Dong, Q, Burdette E, Performance Comparison of Laboratory and Field Produced Pervious Concrete Mixtures, 3187-3192, 2011.

[8] Cosic, A, Korat, L, Ducman, V, Netinger, I, Influence of Aggregate Type and Size on Properties of Pervious Concrete, 69-76, 2015.

[9] Sheth, K, Patel, M, Pervious Concrete as Environmentally Friendly Material a Review, 1-6, 2015.

[10] Kevern, J, Schaefer, V, Wang, K, Suleiman, M, Pervious Concrete Mixture Proportions for Improved Freeze-Thaw Durability, Journal of ASTM International, 5,1-12, 2008.

[11] Neptune, A, Putman, B., Effect of Aggregate Size and Gradation on Pervious Concrete Mixtures, 107, 627-633, 2010.

[12] Tho-in, T, Sata, V, Chindaprasirt, P, Jaturapitakkul, C, Pervious High-Calcium Fly Ash Geopolymer Concrete, 366-371, 2012.

[13] Chen, Y, Wang, K, Wang, X, Zhou, W, Strength, Fracture, and Fatigue of Pervious Concrete, 97-104, 2013.