

Araştırma Makalesi/Research Article

Van Gölü Kuzeyindeki Asidik Pomza ve Skoryanın Betonda Katkı Olarak Kullanılabilirliği

Mücip TAPAN¹, Ali ÖZVAN², Onur ERİK³

¹ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, İnşaat
Mühendisliği Bölümü, VAN

² Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, Jeoloji
Mühendisliği Bölümü, VAN

³ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, VAN
e-posta: mucip.tapan@gmail.com, mtapan@yyu.edu.tr

Özet: Son yıllarda beton teknolojisinde çimento ikame veya ilave malzemesi olarak ince öğütülmüş pomza kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, Van ve Ağrı illerinde bulunan, farklı türdeki pomzaların (asidik pomza ve bazik skorya) betonda katkı olarak (çimento ilave malzemesi) kullanılabilirlikleri denenmiştir. Bu çalışmada, pomza katkılı betonların mekanik özellikleri belirlenerek pomza katkısının beton özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre kullanılan pomzaların betonda belirli oranlara kadar çimento yerine kullanılabilir oldukları belirlenmiştir. Asidik karakterli pomza (MSN) örneklerinin deneysel sonuçları betona %30 oranına kadar katıldığında kontrol için hazırlanan katkısız beton örneklerinden daha fazla dayanımın elde edildiğini göstermiştir. Bazik karakterli skorya (PTS) örneklerinin deneysel sonuçlarında ise; betona %10 oranına kadar katıldığında kontrol beton örneklerinden erken dayanımda %112, %20 oranında katıldığında ise kontrol beton örneğine göre 28 ve 91 günlük örneklerde sırasıyla %63 ve %84 daha fazla dayanıma sahip olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada, skorya katkılı beton karışımlarının daha yüksek erken dayanım göstermesi, puzolan katkılı betonların erken dayanımı ile puzolanların porozitesi arasında bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

Anahtar Sözcük: Pomza, skorya, Van, katkılı beton, agrega.

Use of Acidic Pumice and Scoria Found in North of Lake Van as Cement Additive in Concrete

Abstract: In recent years, finely ground pumice is being used as supplementary cementitious material. Within the context of this study, the usability of different kinds of pumice (acidic pumice and basic scoria) as supplementary cementitious material in concrete has been investigated. This study presents the results of preliminary studies investigating the potential effects of pumice (MSN) and scoria (PTS) used as supplementing cementitious material and its amount on compressive strength of concrete. Preliminary results indicated that the compressive strength of the concrete mixtures with pumice and scoria added up to 30% exceeded the strength of the conventional mixture at 3, 7, 28 and 91 days. It was found that early strength of scoria added (up to 30%) concrete mixtures showed higher compressive strengths up to 112%. The results suggest that, higher early compressive strength of scoria added concrete mixtures confirms the relation between pozzolan added concrete early strength and porosity of pozzolans.

Keywords : Pumice, scoria, Van, additives concrete, aggregate.

Giriş

Yapıların en önemli malzemesi olan betonun üretim maliyetini ve çevreye verdiği zararı azaltmak ve yüksek dayanımlı beton

elde etmek amacıyla çimento ve beton içerisine farklı katkı malzemelerinin eklenmesi konusunda son yıllarda birçok

çalışma yürütülmektedir. Yüksek dayanımlı ve düşük maliyetli beton elde etmek için kullanılan katkılar, üretime ekonomik faydalar sağladığı kadar, çevresel zararları da azalttığı için günümüzde oldukça ilgi görmektedir.

Pomza ve skorya gibi doğal malzemeler, çimento ve betona katkı olarak sıklıkla katılmaktadır. Özellikle volkanoklastik bir malzeme olan pomza ve skorya çimento katkısı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Konu ile ilgili önceki çalışmalar incelendiğinde, asidik pomzanın ve skorya'nın çimento ve beton sektöründe sıkça araştırma konusu olduğu görülmüştür (Ulus,1997; Kan, 1999; Serin,1999; Dinçer ve Çağatay, 2004; Ceylan, 2005; Yazıcıoğlu ve Demirel, 2006; Yazıcıoğlu ve Bozkurt, 2006; Binici ve ark., 2007; Erdoğan, 2007; Öz, 2007; Binici ve ark., 2010). İnceleme alanı olan Van Gölü etrafındaki pomza ve skorya'ların da özellikle hafif beton yapımında agrega ve

çimentoya katkı olarak birçok çalışmada kullanıldığı bilinmektedir (Şahin, 1996; Türkmen, 1997; Şahin ve ark., 2007; Efe, 2011). Asidik ve bazik özellikli bu malzemelerin betonda katkı olarak kullanımına yönelik günümüze kadar bölgede herhangi bir araştırma yapılmadığı gibi literatürde de bu kapsamda çok az yayına rastlanmıştır.

23 Ekim ve 09 Kasım 2011 tarihlerinde iki yıkıcı deprem yaşayan Van ve civarında beton kalitesinden kaynaklı birçok yapının hasar görmesi (Şekil 1) dayanıklı beton üretimi konusunu ülkemiz için bir kez daha ön plana çıkarmıştır. Bu amaçla özellikle Van Gölü çevresinde büyük rezervlere sahip olan bu malzemelerin betonda katkı olarak kullanımının beton basınç dayanımı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

Bu çalışmada, betonda çimento ikame malzemesi olarak, Van Gölü kuzeyinden alınan (Şekil 2) doğal pomza ve skorya örnekleri kullanılmıştır.



Şekil 1. 23 Ekim 2011 Van Depreminde yıkılan bir binaya ait görüntü.



Şekil 2. Çalışma alanı ve örnek noktalarını gösteren yer bulduru haritası.

Malzeme ve Yöntem

Malzeme

Beton yapımında agrega olarak, “TS 706 EN 12620 – Beton Agregaları” standardına uygun olarak Van ilinde bulunan YTY firmasına ait hazır beton santralinde kullanılan Tabanlı Köyü agrega ocağından alınan kırmataş kullanılmıştır. Agrega üzerinde yoğunluk, su emme, metilen mavisi emme deneyi, Los Angeles aşınma deneyi ve Alkali Silika Reaktivitesi (ASR) özellikleri belirlenmiş ve malzemenin standartlara uygun olduğu görülmüştür.

Çalışmada çimento olarak, Van Aşkale Çimento Fabrikasının ürettiği CEM I 32.5 N çimento kullanılmıştır. Priz hızlandırıcı katkı olarak TS EN 934-2 standartlarına uygun olarak POZZUTEC 1 isimli katkı beton karışımında kullanılmıştır. Çalışmanın ana malzemesi, asidik bileşimdeki pomza (MSN) ve bazik bileşimdeki skorya’dan (PTS) oluşmaktadır.

Yöntem

Araziden alınan pomza ve skorya örnekleri, beton karışımlarına katılmak üzere öğütülmüştür. Araziden el örneği boyutunda alınan pomza ve skorya, ilk olarak çeneli kırıcıdan geçirilerek öğütülmeye uygun boyuta getirilmiştir. Uygun inceliğe laboratuvar tipi bilyeli değirmen kullanılarak

getirilmiştir. Her iki örnek, bilyeli değirmende, 10 dakika aralıklarla 100 dakika kadar öğütülerek istenen boyut elde edilmiş ve 10 dakikada bir öğütülmüş numune değirmenden alınmıştır.

Betonda katkı olarak kullanılacak pomza ve skoryanın öğütme sürelerinin belirlenmesi için alınan numuneler, Van Aşkale Çimento laboratuvarında, Alpine marka cihazla 45, 90 ve 200 µm elekler kullanılarak incelik deneyine tabi tutulmuştur (Şekil 3). Ayrıca örneklerin özgül yüzey alanları da AS-BL-01 model Blaine cihazı kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 4).

Çimento inceliğinde öğütülen pomza ve skoryalardan hazırlanan beton karışımları Van YTY Beton Tesisi laboratuvarında yapılmıştır. Beton karışımında kullanılan bileşenlerin oranları, TS EN 206 beton standardına uygun şekilde, C 20 beton türü için Tablo 1’de verilen karışıma uygun olarak hesaplanmıştır. Her iki katkı için de aynı karışım oranları kullanılmıştır.



Şekil 3. Alpine incelik deney cihazı.



Şekil 4. Blaine deney aleti.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan beton karışım oranları (1 m³ için)

MALZEMELER	AĞIRLIK (kg)
Çimento+Puzolan Katkı	300
Su	150
Kırma Kum	1103
Kırma taş 1	435
Kırma taş 2	433
Toplam Agregat	2421
Kimyasal Katkı (Pozzutec1)	3.60

DeneySEL Çalışma

Beton karışımları hazırlanırken ilk olarak katkısız kontrol numunesi hazırlanmıştır. Daha sonra çimento oranı %5, %10, %20, %30 oranlarında azaltılarak yerine öğütülmüş pomza ve skorya ayrı ayrı katılmıştır.

Beton örneklerin hazırlanmasında ilk olarak TS EN 206 standardında belirtilen 15x15x15cm ebatlarındaki küp beton numune kalıpları yağlanarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Her bir deneme için üç farklı boyuttaki agregat, karışım hesabına göre terazide tartılıp daha önceden temizlenen beton karıştırıcısına eklenmiştir. İki dakika karıştırılan agregalara daha sonra çimento ve öğütülmüş pomza eklenerek bir dakika boyunca karıştırılmaya devam edilmiştir. Son olarak soğuk iklim şartlarında yaygın olarak kullanılan, priz hızlandırıcı/akışkanlaştırıcı beton katkı malzemesi eklenerek beton kıvama gelinceye kadar yaklaşık 4-5 dakika mikserde karıştırılmıştır. Kıvama gelen karışım yağlanmış kalıplara TS EN 206 standardında belirtilen şekilde doldurulmuştur. Yaklaşık 24 saat süreyle kurumaya bırakılan beton örnekleri hava yardımıyla kalıplardan çıkarılmıştır. Kalıplardan çıkarılan beton

örnekleri 3, 7, 28 ve 90 gün bekletilmek üzere TS EN 12390-2 standardında belirtildiği gibi 20±2 °C su dolu kür havuzuna yerleştirilmiştir. Kür havuzunda bekleme süresi dolan numuneler günü geldiğinde havuzdan çıkarılıp numune deney makinesinden çıkarılıp yüzeyindeki fazla su kurulanmıştır.

Küp beton numunelerine 3, 7, 28 ve 90 günlük dayanımlarını belirlemek amacıyla tek eksenli basınç deneyi yapılmıştır. Deneylerde 200 ton yüklem kapasiteli tek eksenli basınç dayanımı test cihazı kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

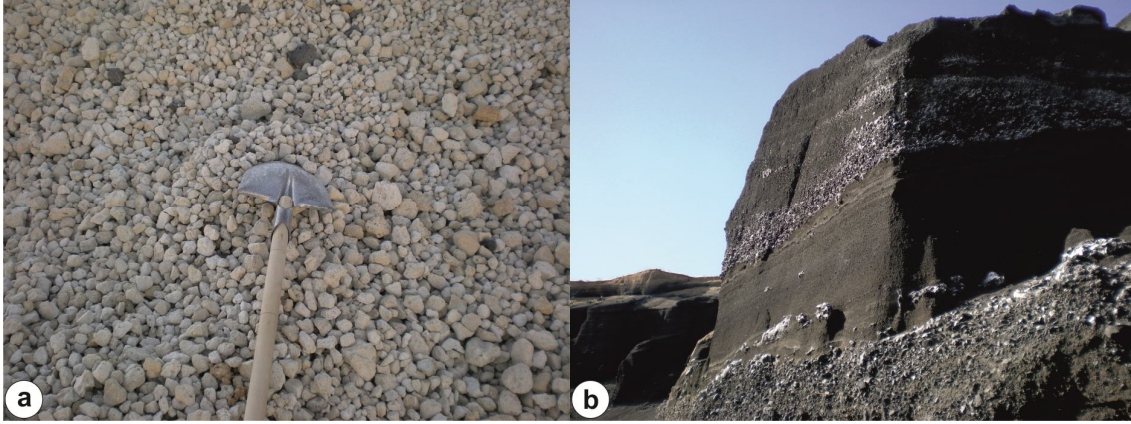
Jeoloji

Bu çalışmanın konusunu oluşturan pomza ve skorya, Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki büyük volkanik etkinliklerinden biri olan Meydan volkanik sistemine bağlı olarak oluşmuştur. Bu malzemeler, Erçiş - Patnos ilçeleri arasında çok geniş yayılım gösteren piroklastik ürünlerdir.

Açık renkli pomza örneklerinde, tane çapı 10 mm'ye kadar ulaşabilen ve %50'ye varan gözenekli yapılar mevcuttur (Şekil 5a).

Diğer bir örnek olan skorya (cüruf) ise, Patnos ilçesindeki bir cüruf konisinden çıkan bazik piroklastik geri düşme ürünleri ile temsil edilir. Kül ve lapilli boyutundaki bazaltik piroklastik malzemeler koninin hemen güneyinde malzeme almak üzere açılmış olan ocakta gözlenmektedir (Şekil 5b).

Betonda katkı olarak kullanılan pomza ve skorya üzerinde yapılan BET analizi



Şekil 5. Deneysel olarak kullanılan pomza ve skorya örneklerinin arazideki görünümü.

Katkı Olarak Kullanılan Asidik Pomza ve Bazik Skorya'nın Fiziksel Özellikleri

Puzolanlar 90 dakika süresince laboratuvar tipi bilyeli değirmende öğütüldükten sonra fiziksel özellikleri belirlenerek betonda katkı (bağlayıcı malzeme) olarak kullanılmıştır. Katkı olarak

kullanılan pomza (MSN) ve skorya'nın (PTS) fiziksel özellikleri aşağıda Tablo 2'de verilmiştir. Bu sonuçlardan pomzanın skorya'ya oranla daha hafif olduğu ve daha fazla yüzey alanına sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan Pomza ve Skorya'nın fiziksel özellikleri

Puzolan İsmi	İncelik (Elek üstünde %)			Blaine, cm ² /g	Özgül Ağırlık, g/cm ³
	>45mm	>90mm	>200mm		
MSN	12.8	1.1	0.9	6703	2.56
PTS	14.8	1.2	0.2	5263	2.75

Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları

Betona katkı olarak pomza ve skorya kullanılarak hazırlanan beton örnekleri çalışmanın son aşamasında basınç dayanımı testine tabi tutulmuşlardır. Örneklerin kontrol numunesine göre artış ve azalışlarının, katkı oranlarıyla ilişkisinin belirlenmesi amacıyla beton örnekleri 3, 7, 28 ve 91 günlük basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur.

Pomza katkılı beton örneklerinde, 3 günlük erken dayanım %5 ve %30 katkılı

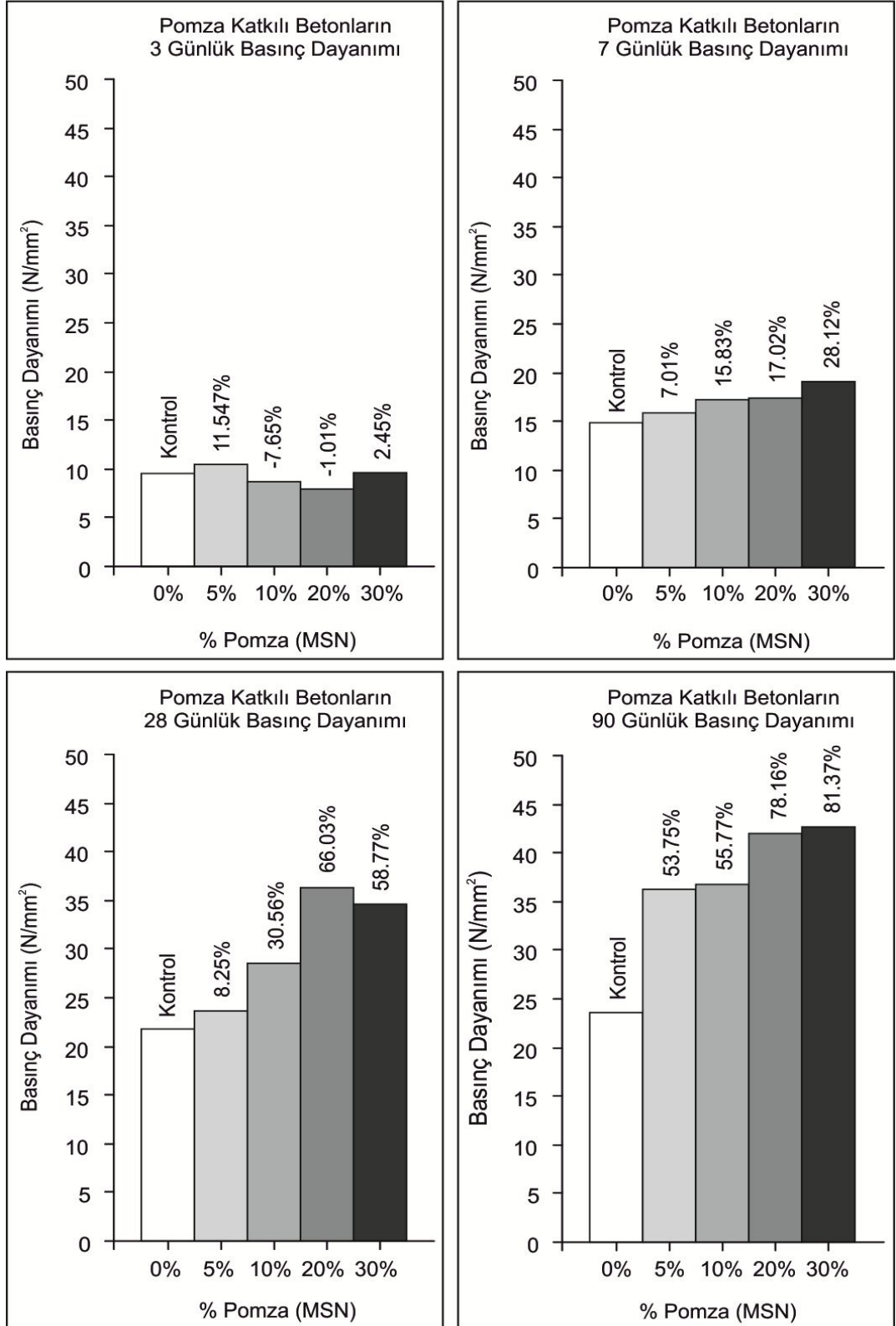
beton numunelerinde artmaktayken, %10 ve %20 pomza katkı oranlı beton numunelerinde azalmaktadır (Şekil 6). Pomza katkılı betonların 7, 28 ve 91 günlük basınç dayanımları kontrol numunesi ile karşılaştırıldığında 7 günlük basınç dayanımının kontrol numunesinden %7 - %28 oranında, 28 günlük basınç dayanımının %8 - %66 oranında ve 91 günlük basınç dayanımının ise %53 - %81 oranında arttığı belirlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen 3 günlük dayanım sonuçları pomzanın gözenek miktarı ile ilişkilendirilmektedir. Pomzanın gözenek miktarının fazla oluşu karışımdaki suyu tutmasına ve böylelikle pomza katkılı betonların erken dayanımlarının düşüşüne sebep olmaktadır. Elde edilen sonuçlarda %5 pomza katkılı beton numunelerinin kontrol numunesine göre daha fazla basınç dayanımına sahip olması pomza miktarının az olmasına ve pomzadaki SiO_2 miktarının fazlalığına dayandırılabilir. %10 ve %20 pomza katkılı betonların 3 günlük dayanımlarının kontrol numunesine göre daha düşük oluşunun pomzanın yüzdesi ve gözenek miktarının fazlalığına bağlı olduğu düşünülmektedir. %30 pomza katkılı betonların 3 günlük dayanımlarının kısmi artışı bu veriler ışığında açıklanamamıştır. Pomzadaki SiO_2 miktarının fazlalığı ve amorf yapısından dolayı puzolanik reaksiyon göstererek $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'i tüketip C-S-H jeline dönüştürerek basınç dayanımında artışa sebep olduğu bilinmektedir (Lee ve ark., 2003). Bu hususların bilimsel olarak açıklanabilmesi için ek çalışmalar yapılması gerekmektedir. Pomza katkılı betonların 7 günlük basınç dayanımlarında gözlenen artışlar ise pomzanın amorf yapısı ve pomzanın yüzey alanı ile ilişkilidir.

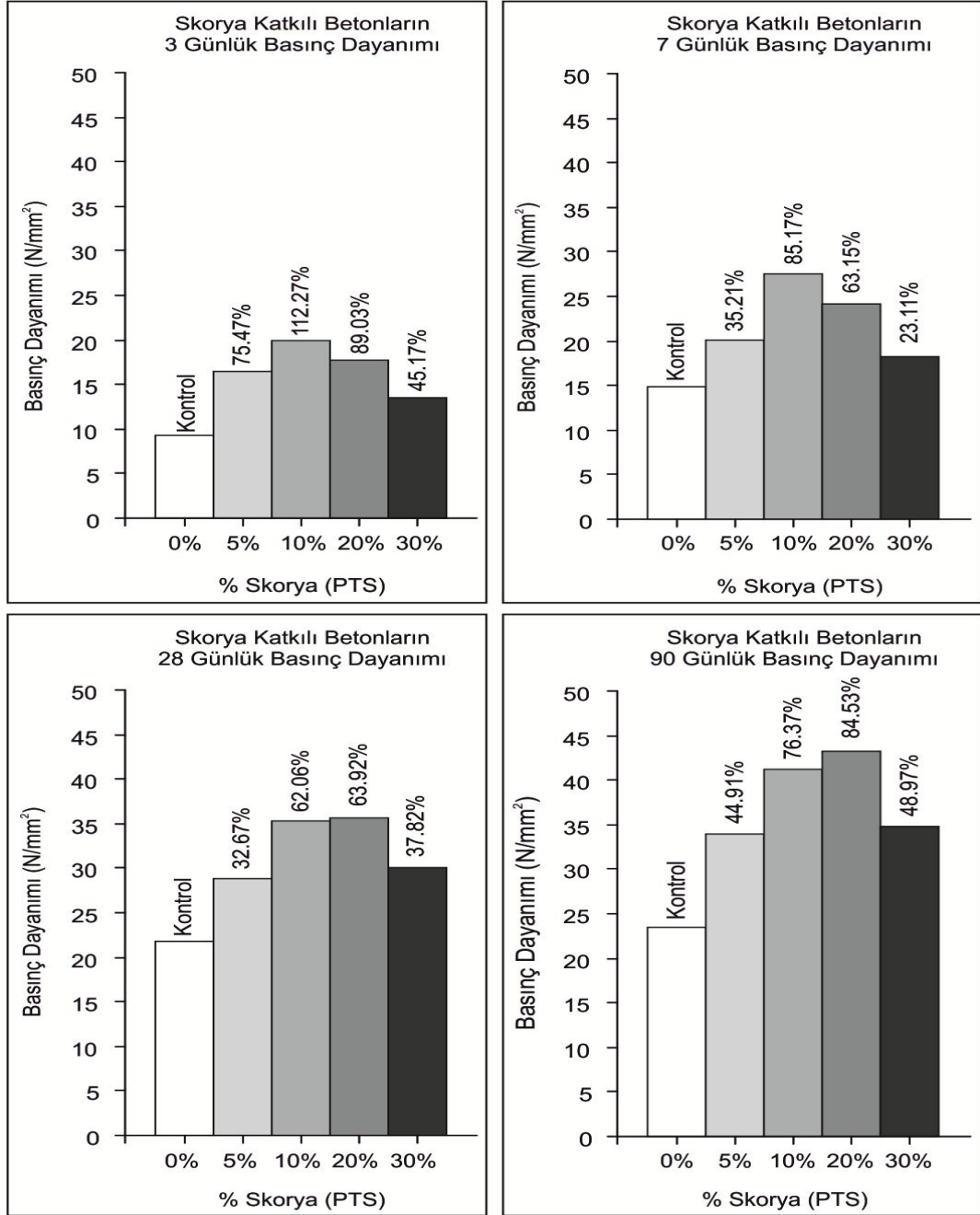
İkinci örnek grubu ise skorya katkılı betonlardan oluşturulmuştur. Bu örneklerin 3, 7, 28, ve 91 günlük basınç dayanımlarına ait sonuçlara göre (Şekil 7), 3 günlük erken dayanım %5 ve %10 skorya katkı oranlı beton numunelerinde artmaktayken, %20 ve %30 skorya katkı oranlı beton numunelerinde azalmaktadır. %20 ve %30 pomza miktarındaki erken dayanımda düşüş, puzolanik reaktivitenin gerçekleşmesi için daha çok kür gününe (56 veya 90 gün) ihtiyaç duyulmasından kaynaklanabilir. Skorya katkılı betonların 7, 28, ve 91 günlük basınç dayanımları kontrol numunesi ile karşılaştırıldığında 7 günlük basınç dayanımının kontrol numunesinden %10 katkıya kadar %35 - %85 oranında, 28 günlük basınç dayanımının %20 katkıya kadar %32 - %64 oranında ve 91 günlük basınç dayanımının ise %20 katkıya kadar %45 - %84 oranında arttırdığı belirlenmiştir.

Beton karışımlarına %30'a kadar katılan skorya, kontrol numunesine göre, 3, 7, 28 ve 91 günlük numunelerde basınç dayanımını arttırmıştır. Daha önce yayınlanmış literatürlerin çoğunun ortak sonucuna göre, doğal puzolanlar betonun dökümünden 7 ile 14 gün sonrasına kadar betonun mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesine katkıda bulunmamaktadır (Day, 1990).

Bu çalışmada, skorya eklenmiş beton karışımlarının erken dayanımı arttırdığı sonucu elde edilmiştir (%45 - %112). Ogawa ve ark., (1980) yaptıkları çalışmada bazı puzolanlarda bu çalışmada olduğu gibi su ile temastan kısa bir süre sonra kimyasal reaksiyonunun başladığını belirtmişlerdir. Ayrıca, Costa ve Massazza (1977) yapmış oldukları çalışmada, bu tür malzemelerde puzolanik reaksiyonların, erken yaşlarda BET yüzey alanına bağlı olduğunu ama ileri yaşlarda reaktif silika ve alüminyum içeriğine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Konuyla ilgili bir diğer çalışmada Rossi ve Forchielli (1976), yüksek yüzey alanına sahip çok gözenekli puzolanların reaktivitesini termal analiz ile incelemiş ve yüzey alanı ile reaktivite arasında orantısız bir ilişki bulmuştur. Önceki çalışmalar göz önüne alındığında, skorya (PTS) katkılı beton karışımları daha yüksek erken dayanım gösterdiğinden, puzolan katkılı betonların erken dayanımı ile puzolanların porozitesi arasında bir ilişkinin olduğu sonucuna varılmıştır. MSN numunesinde olduğu gibi, çok gözenekli puzolanlar çimento hidratasyonu için gerekli suyu emerek erken dayanımı azaltmaktadır. Zaman geçtikçe puzolanların çimento hidratasyonu sonucu oluşan kalsiyum hidroksit ile reaksiyonu devam etmekte ve ek C-S-H bağları oluşumu ile basınç dayanımının artmasına sebep olmaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda pomza (MSN) katkılı 3 günlük betonlarda kontrol numunesine göre %10 ve %20 pomza katkılı numunelerin dayanımlarında gözlenen düşüşlerin önemsiz olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 6. Pomza katkıli betonların básiñ dayanım grafiği.



Şekil 7. Skorya katkıli betonların basınç dayanım grafiği.

Sonuçlar

Pomza (MSN) katkıli beton numunelerine yapılan tek eksenli basınç deney sonuçlarına göre %30 oranına kadar MSN pomzası betonda çimento yerine kullanılabilir özelliktedir.

Gözeneksiz yapısı nedeniyle beton karışımında %20'ye kadar çimento yerine kullanılan skorya'nın (PTS) erken basınç dayanımını (3, 7 gün) kontrol numunesine göre arttırdığı belirlenmiştir.

Amorf yapısından dolayı %30'a kadar skorya (PTS) katkıli betonların kontrol numunesi ile karşılaştırıldığında 3, 7, 28 ve 91 günlük numunelerde daha yüksek basınç dayanımına sahip olduğu belirlenmiştir.

Skorya katkıli (PTS) beton karışımları daha yüksek erken dayanım gösterdiğinden puzolan katkıli betonların erken dayanımı ile puzolanların porozitesi arasında bir ilişkinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Skorya (PTS) katkıli betonların erken dayanım sonuçlarından biri hariç diğer

sonuçlara göre beton karışımlarına %20'ye kadar skorya (PTS) katmak avantaj sağlamaktadır ve bu nedenle beton üretiminde kullanımı uygundur.

Van ve Ağrı bölgesinde bulunan pomza (MSN) ve skorya (PTS) rezervlerinin betonda çimento yerine kullanılması ile betonda çimento oranı azaltılarak daha ekonomik beton üretimi sağlanabilecektir. Ayrıca, katkılı beton kullanımı ile çimento üretimi azalacağından, çimento üretiminde kullanılan enerjinin çevreye olan olumsuz etkileri de azalmış olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmanın yürütülmesi aşamasında, arazi ve laboratuvar çalışmaları destek aldığımız Yrd.Doç.Dr. Tolga Depci'ye, Dr. Vural Oyan'a, Jeoloji Yüksek Mühendisi Tuğba Efe'ye, Jeoloji Mühendisi Mesut Bor'a teşekkür ederiz. Laboratuvar ve malzeme çalışmalarında işyerlerini bizlerin kullanımına açan Van Çimento Fabrikası ile YTY Hazır Beton Tesisi yetkili ve çalışanlarına ayrıca teşekkür ederiz. Bu çalışma Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından 2010-FBE-YL146 nolu projesi ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Binici, H., Temiz, H., Çağatay, İ.H., 2007. Erzurum Tımar Ve Dazlak Pomzalarının Katkılı Çimento Ve Hafif Agregalı Beton Üretiminde Kullanımı. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22 (2): 153-164.
- Binici, H., Bahşude, E.G., Durgun, M.Y., 2010. Yüksek Fırın Cürufu ve Bazaltik Pomza Katkılı Betonların Mekanik Aşınması ve Su Geçirimsizliği. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6 (1): 1-10.
- Ceylan, H., 2005. Farklı Pomza Agregası Türlerinden Elde Edilen Hafif Betonun Sıcaklık Etkisindeki Karakteristiği (doktora tezi, basılmamış). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Costa, U. And Massazza, F., 1977. Influence of the thermal treatment on the reactivity of some natural pozzolanas with lime, II Cemento, V3, pp 105-122.
- Day R. L., 1990. Pozzolans For Use in Low-Cost Housing - A State of the Art Report

Prepared for the International Development Research Centre Ottawa, Canada.

- Dinçer, R., Çağatay, İ.H., 2004. Pomza İle Yapılan Betonların Mekanik Özellikleri. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19 (2): 247-260.
- Efe, T., 2011. Edremit Travertenleri Ve Van Gölü Kuzeyinde Yüzeyleyen Pomzaların Çimento Sektöründe Kullanılabilirliğinin Araştırılması (yüksek lisans tezi, basılmamış). YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Erdoğan, Y., 2007. Asidik ve Bazik Pomzadan Üretilen Yapı Malzemelerinin Mühendislik Özelliklerinin Araştırılması (doktora tezi, basılmamış). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kan, A., 1999. Pasinler Esendere Volkanik Tuf Kumunun Harç Yapımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması (yüksek lisans tezi, basılmamış). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Lee CY, Lee HK, Lee KM (2003). Strength and microstructural characteristics of chemically activated fly-ash-cement systems. Cement and Concrete Research, 33(3): 425-431.
- Ogawa K., Uchikawa H., Takemoto K., 1980. The Mechanism of The Hydration in the System C3S -Pozzolan, Cement and Concrete Research, 10, Pp. 683-696.
- Rossi, G. and Forchielli, L., 1976. Porous structure and reactivity with lime of some natural Italian pozzolanas, II Cemento, 73, 1976, 215-221.
- Serin, G., 1999. Pomzanın Hafif Beton Blok Duvar Elemanı Olarak Kullanılmasının Araştırılması (yüksek lisans tezi, basılmamış). SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Şahin, R., 1996. Kocapınar Pomzası İle Üretilen Hafif Betonun Mukavemetinin Araştırılması (yüksek lisans tezi, basılmamış). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Şahin, S., Karaman, S., Özüng, İ., 2007. Atık PVC Katkılı Hafif Betonların Özellikleri ve Tarımsal Yapılarda Kullanım Olanakları. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4 (2): 137-144.
- TS 706 EN 12260, 2003. Beton Agregaları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 934-2, 2002. Kimyasal Katkılar- Beton, Harç ve Şerbet İçin- Bölüm 2: Beton Katkıları- Tarifler ve Özellikler, Uygunluk,

- İşaretleme ve Etiketleme, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 206-1, 2002. Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390-2, 2010. Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 2: Dayanım deneylerinde kullanılacak deney numunelerinin hazırlanması ve küre tabii tutulması. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türkmen, İ., 1997. Van-Erciş Pomzasından Üretilen Hafif Betonun Donma-Çözülme Dayanıklılığının Araştırılması (yüksek lisans tezi, basılmamış). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Ulus, İ., 1997. Erzincan Molla Köy Ham Perlit Agregasının Taşıyıcı Hafif Beton Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması (yüksek lisans tezi, basılmamış). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Yazıcıoğlu, S., Demirel, B., 2006. Puzolanik Katkı Maddesi Olarak Kullanılan Elazığ Yöresi Pomzasının İlerleyen Kür Yaşlarında Betonun Basınç Dayanımına Etkisi. Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 18 (3): 367-374.
- Yazıcıoğlu, S., Bozkurt, N., 2006. Pomza Ve Mineral Katkılı Taşıyıcı Hafif Betonun Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der, 21, 675-680.