

H₂SO₄ ETKİSİNE MARUZ RİJİT YOL KAPLAMALARININ BAZI MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

*Kürşat YILDIZ

*Gazi Üniversitesi Teknoloji Fak. İnşaat Müh. Böl. 06500, Teknikokullar-Ankara. TÜRKİYE

Özet- Bu çalışmada, asit yağmurları olarak da bilinen sülfüroz asit (HSO), sülfürik asit (H₂SO₄) ve nitrik asit (HNO₃) gibi maddelerin rijit yol kaplamalarına etkisi incelenmiştir. Karayollarında, trafik yükleri ile birlikte çevresel etkilere en çok maruz kalan tabaka aşınma tabakasıdır. Bu nedenle asit yağmurlarının özellikle bu tabaka üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla öncelikle rijit yol kaplamalarında bağlayıcı olarak kullanılan “çimento, pomza ve zeolit” gibi maddelerin fiziksel, kimyasal ve mekanik analizleri yapılmıştır. Bu bağlayıcılar kullanılarak dört tip yüksek dayanımlı beton “YDB” üretilmiştir. Yüksek dayanımlı beton, çimentoya “%0 Pomza+%15 Zeolit (0P15Z), “%5 Pomza+%10 Zeolit (5P10Z), “%10 Pomza+%5 Zeolit (10P5Z) ve “%15 Pomza+%0 Zeolit (15P0Z) ikame edilerek dört tip üretilmiştir. Üretilen YDB’lar üzerinde taze beton deneyleri, H₂SO₄ çevresel etkisi altında basınç dayanımı deneyi ve aşınma direnci deneyleri yapılmıştır. Sonuçta üretilen YDB’larda referans süreler ve referans kür ortamında bir deformasyon görülmemiştir. H₂SO₄ çevresel etkisine maruz bırakılan beton türlerinin tamamının yüzeyinde kalsiyum tuzu reaksiyon ürünü olduğu belirlenmiştir. Aşınma dayanımı değerlerinin ise ASTM C944-99’de öngörülen değerlerin altında kaldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler- Rijit yol kaplaması, Yüksek dayanımlı beton, Pomza, Zeolit, H₂SO₄ etkisi

THE INVESTIGATION OF SOME ENGINEERING PROPERTIES ON H₂SO₄ EFFECT EXPOSED TO RIGID PAVEMENT COATINGS

Abstract- In this study, the effect of sülfüroz acid (HSO), sulphuric acid (H₂SO₄) and nitric acid (HNO₃) which are known acid rain to rigid pavement were investigated. Abrasion layer is the most exposed to the environmental impact with traffic loads on the highways. Therefore, especially the impact of acid rain on this layer was studied to determine. For this purpose, primarily physical, chemical and mechanical analysis of cement, pumice and zeolite used as binders in rigid pavement were done. Four type high-strength concrete “HSC” were produced by using these binders. Four types of HSC were produced by substituting to cement the “0% pumice + 15% Zeolite (0P15Z),” “5% pumice + 10% Zeolite (5P10Z),” “10% pumice + 5% zeolite (10P5Z) and” “15% pumice + 0% Zeolite (15P0Z). Fresh concrete experiments, compressive strength under the influence of H₂SO₄ and abrasion resistance experiments were done on the produced HSC. As a result, there was not any visible deformation on the HSC in the reference times and reference curing environment. Calcium salts reaction product on the surface of the entire concrete type under the influence of H₂SO₄ environmental effect was

determined. The abrasion resistance values have remained under the predicted values of ASTM C944-99.

Key Words- Rigid pavement, High-strength concrete, Pumice, Zeolite, H₂SO₄ effect.

*kursaty@gazi.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Teknolojinin gelişimine bağlı olarak ortaya çıkan zararlı atıklar, ısınma amaçlı olarak kullanılan fosil yakıtlar, motorlu taşıtlardan çıkan egzoz gazları ve fosil yakıtlara dayalı olarak enerji üreten termik santraller, havayı kirletmekte ve kükürdioksit, azotoksit, partikül madde ve hidrokarbon yaymaktadır. Bu maddeler, 2 ile 7 gün boyunca havada asılı kalabildiği için atmosferde çeşitli kimyasal ve fiziksel reaksiyonlara uğrayarak, zaman zaman rüzgar etkisiyle çok uzaklara taşınabilmekte, atmosferdeki su partikülleri ve diğer bileşenlerle tepkimeye girerek sülfüroz asit (HSO), sülfürik asit (H₂SO₄) ve nitrik asit (HNO₃) gibi maddelerin oluşmasına neden olmaktadır. Günümüzde, asit yağmurları dünyanın birçok yerinde görülmeye başlanan bir çevre problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Havada bulunan sülfat ve nitratlar su ile birleştiğinde sülfürik asit ve nitrik asit oluşturarak asit yağmurlarına sebep olurlar. Asit yağmuru, beton içerisindeki kalsiyum bileşikleri ile reaksiyona girerek betonda bozulmalara neden olur. Beton yol yapımında kullanılacak betonun tasarımı, ilgili standartlar dikkate alınmakla birlikte, çevre koşullarına ve uygulamaya göre değişebilmektedir. Beton yolların tasarımında beton kalitesi, basınç dayanımından çok dayanıklılığa (durabilite), eğilmede çekme direncine ve aşınma direncine göre belirlenmektedir.

Beton yapımında karışıma birçok doğal ve yapay malzeme katılabilmektedir. Son yıllarda atıklar, kimyasal katkı maddeleri başta olmak üzere, çeşitli bağlayıcılar, puzolanlar vb. malzemeler yoğunlukla kullanılmaya başlanmıştır. Puzolan olarak kullanılan malzemeler in başında uçucu kül ve silis dumanı gelmektedir. Son zamanlarda pomza ve zeolitte puzolan olarak kullanılmaya başlanmıştır. Pomza taşı, volkanik faaliyetler esnasında ani soğuma ve gazların bünyeyi aniden terk etmesi sonucu oluşan, oldukça gözenekli bir yapı içeren ve dünya endüstrisinde yeni olmamakla beraber, ülkemiz endüstrisine son yıllarda girmeye başlayan volkanik kökenli bir kayadır. Zeoliti ise 1756'da İsveç'li mineralog Cronstedt keşfetmiş ve doğal zeoliti sınıflandırmıştır. Keşfettiği zeolit ısıtıldığında çok çabuk su kaybeden yapısından dolayı Latince "zeo" ve kaya parçalarının ısıtılmasına da "lithos" denilmesinden dolayı malzemeye zeolit adını vermiştir. Pomza ve Zeolit ayrı ayrı çimento beton sektöründe kullanımına ilişkin bir dizi çalışma yapılmasına karşın çimento ve beton içerisinde beraber kullanımına ilişkin çalışmanın oldukça az olduğu söylenebilir. Yapılan çalışmalarda; pomzanın hafif beton üretiminde kullanılabilirliği, çimento içerisinde değişik oranlarda puzolan olarak kullanılabilirliği, betonun taze ve sertleşmiş bir takım özelliklerine etkileri, yüksek mukavemetli hafif beton üretiminde kullanılabilirliği, beton içerisinde hafif agrega olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Zeolitin ise çimento içerisinde puzolan olarak kullanılabilirliği, hafif beton üretiminde agrega olarak kullanılabilirliği, zeolit katkılı çimento üretilebilirliği, beton içerisinde alkali silika reaksiyonuna etkisi, yüksek dayanımlı betonlarda kullanılabilirliği gibi bir takım çalışmalara konu olmuştur[1-21].

Beton yol kaplamalarında durabilitenin gereği olan yüksek dayanım, kimyasal ve mineral katkıların kullanımıyla, betonda boşluk yapısının düşmesine neden olurken, Süper akışkanlaştırıcı katkıları (SAK) betonun karışım suyunu %25'lere varan oranlarda azaltır. Silis dumanı (SD), uçucu kül (UK) vb mineral katkıları ise, betonun porozitesindeki düşmenin yanında, harç yapısı ve agrega ara yüzeyindeki boşlukların azalmasını sağlarlar [22]. Yüksek dayanımlı betonlar gerek taze, gerekse sertleşmiş geleneksel betonlardan işlenebilirlik, dayanım,

::: H₂SO₄ Etkisine Maruz Rijit Yol Kaplamalarının Bazı Mühendislik Özelliklerinin İncelenmesi:::

dayanıklılık gibi birçok özelliği daha üstün olan betonlardır. Yüksek dayanımlı betonlar kaliteli agrega, kaliteli çimento, süper akışkanlaştırıcı katkı, düşük S/Ç oranı ve silis dumanı uçucu kül gibi puzolanik madde gerektiren yüksek işlenebilirliğe sahip özel bir betondur [23]. Asit yağmurlarının rüzgar etkisiyle beton yapılara ulaşması sonucu, çimentonun kalsiyumlu ve alüminli bileşiklerinin karbonatlaşması sonucu oluşan kalsit ürününün H₂SO₄ asidiyle reaksiyon vermesi sonucunda beton yüzeyinde alçı jeli diye isimlendirilen bir korozyon tabakası oluşur. Alçı jeli tabakası oluşumu beton yapı elemanına hem boyut değişimi hem de mukavemet düşüşü şeklinde etki yapar [24]. Sertleşmiş çimento hamuru, şiddetli derecede asitli sulardan etkilenir. Bu asit saldırısı sonucunda, sertleşmiş çimento hamuru yüzeyinde, kimyasal bir ürün tabakası (kalsiyum tuzları) gelişir. Bu tabakanın özelliklerinin yapının porozitesine, hacim yoğunluğuna, saldırgan asitin tipine, pH yoğunlaşmasına, asit çözeltisinin değerine, çimento ve diğer faktörlerin kompozisyonuna bağlı olduğu belirtilmiştir [25].

Bu çalışmada, çeşitli atıkların havayı kirletmesi sonucu oluşan asit yağmurlarının asfalt kaplamasına alternatif olarak rijit yol üst kaplamasına etkisi aşınma direnci açısından incelenmiştir. Bu amaçla esnek yol üst kaplamalarına nazaran çok daha yerli ve çok daha çevreci olan rijit yol kaplamasının dizaynında pomza ve zeolit gibi tamamen yerli ve tamamen doğal malzemelerin kullanımıyla, H₂SO₄ çevresel etkisi ve aşınmaya maruz kalan yol kaplamalarında kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Materyal (Material)

Bu çalışmada kullanılan beton üretiminde CEM I 42,5 R çimentosu kullanılmıştır. Agrega olarak ise 0/2 ve 2/4 kırma kum, 4/8 ve 8/16 kırma taş agrega kullanılmıştır. Kullanılan agrega bazalt türü agrega olup, özgül ağırlıkları sırasıyla 2.55, 2.52, 2.50 ve 2.47 gr/cm³ tür. Çalışmada kullanılan pomza Nevşehir yöresine, Zeolit ise Balıkesir-Bigadiç yöresine aittir. Beton karışım suyu olarak, Ankara Büyükşehir Belediyesi içme suyu şebekesinden temin edilen su kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak ise Degussa yapı kimyasalları sanayi A.Ş. firmasına ait Glenium 51 türü yeni nesil süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Beton üretiminde kullanılan çimento, pomza ve zeolit'in özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

2.2. Metot (Method)

YDB karışım dizaynı için TS 802 ve ACI 211,1 standartlarında belirtilen yöntem ve YDB kriterleri literatür ışığında dikkate alınarak karışıma girecek malzeme miktarları, belirlenmiştir. Betona ikame edilmek suretiyle kullanılan mineral katkının, türü ve oranına göre (0P15Z “%0 Pomza + %15 Zeolit”, 5P10Z, 10P5Z ve 15P0Z) dört grup beton tipi üretilmiştir. Üretilen taze beton karışımlarının kıvamları TS EN 12350-2'e göre her karışım için ayrı ayrı tespit edilmiştir [26]. Kullanılan numunelere ait 1m³ hacim için karışıma giren malzeme miktarları ve taze beton özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Aşınma dayanımı deneyi H₂SO₄ çevresel etki altında bulunan, dört tip beton türü üzerinde 56, 90 ve 120 gün yaşlarında, ASTM C 944-99 “Standard test Method for abrasion resistance of concrete or mortar surface by the rotating – cutter method” standardında belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir [27]. Numuneler 197 N'luk kuvvet oluşacak şekilde ağırlık altında 200 devir/dakika hızında dönen aşındırıcılara 6 dakika boyunca maruz bırakılmıştır. Deney sonunda numunelerdeki kütlece ağırlık kayıpları ölçülerek sonuçlar “% ağırlık kaybı” olarak hesaplanmıştır. Ağırlık kayıplarının hesaplanmasında Eş. 1 kullanılmıştır.

Tablo 1. Bağlayıcıların kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri (The chemical, physical and mechanical properties of cement)

Özellik	CEM I 42,5 R	Pomza	Zeolit
Fiziksel ve mekanik özellikler			
Blaine İnceliği m ² /kg	314	474,9	290,5
Özgül Ağırlık kg/m ³	3,11	2,39	2,23
Priz (dk)	Başlangıç	145	---
	Bitiş	230	---
Basınç	7 gün	38,80	---
Dayanımı (MPa)	28 gün	45,78	---
Kimyasal bileşenler (%)			
SiO ₂	20,31	71,93	77,54
Al ₂ O ₃	5,64	13,14	13,25
Fe ₂ O ₃	3,27	1,07	0,936
CaO	64,02	0,76	2,156
MgO	1,64	0,73	0,945
SO ₃	2,86	0,02	0,06
Na ₂ O	0,87	4,10	0,05
K ₂ O	0,80	4,42	3,39
Kızdırma Kaybı	2,17	4,11	12,77
Bogue Kompozisyonu			
C ₃ S	55,55	-	-
C ₂ S	16,50	-	-
C ₃ A	9,41	-	-
C ₄ AF	1,48	-	-

$$\%A = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100 \quad (1)$$

Formülde; %A= Ağırlık kaybı, m₁ = Aşındırma öncesi numune ağırlığı, (g), m₂ = Aşındırma sonrası numune ağırlığı, (g) ifade etmektedir.

Taze betonda birim ağırlık tespiti TS 2941'e göre üretilen her karışım grubu için ayrı ayrı tespit edilmiştir. Üretimi gerçekleştirilen betonun ayrışmasına izin vermeyecek şekilde alınarak (10x20) cm'lik sert silindir plastik kalıplara yerleştirilmiştir. Kalıpta 24 saat bekleyen ve prizini alan betonlar 23±2 C° kirece doymun suda 28 gün kür edilmiştir. Daha sonra su ortamından çıkarılan numuneler, çevresel etki için asit yağmurlarının topraktaki asit yoğunlaşmasına yaklaşık bir değer %5 H₂SO₄ (sülfirik asit) içeren çözelti laboratuvar şartlarında hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltinin pH'ı 2,17 olup pH deney süresince sabit tutulmaya çalışılmıştır. Su kürü ve H₂SO₄ çevresel etkisinde 56, 90 ve 120 gün yaşlarında, numuneler üzerinde TS EN 12390-3 "Sertleşmiş Beton Numunelerinde Basınç Dayanımı Tayini" standardına uygun olarak basınç dayanımı deneyi gerçekleştirilmiştir [28].

Tablo 2. Her bir beton grubu için $1m^3$ karışıma giren malzeme miktarı (Material quantity in the $1 m^3$ for each concrete groups)

Malzeme	Tip	Özgül Ağırlık.	15P0Z (kg)	10P5Z (kg)	5P10Z (kg)	0P15Z (kg)
Kırma Kum	0-2	2,55	543,73	555,99	568,31	580,69
Kırma Kum	2-4	2,52	201,50	206,04	210,61	215,19
Kırma Taş	4-8	2,50	266,53	272,54	278,58	284,65
Kırma Taş	8-16	2,47	329,17	336,59	344,05	351,54
Toplam agrega			1340,9	1371,1	1401,56	1432,09
Çimento	CEM I 42.5	3,08	584,05	567,04	550,02	533,01
Puzolan	Pomz	2,39	103,06	66,71	32,35	0,00
Puzolan	Zeolit	2,23	0,00	33,35	64,70	94,06
SAK (%1,3)	Glm.51	1,112	8,93	8,67	8,41	8,15
Su	İçme suyu	1	206,13	200,1	194,12	188,12
Toplam malzeme			2243,1	2247,0	2251,1	2255,4

3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA (TEST RESULTS AND DISCUSSION)

CEM I 42,5 R çimentosu kimyasal olarak yüksek oranda CaO ve SiO_2 düşük oranda Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve SO_3 bileşiklerinden oluşmaktadır. Pomza'da ana bileşen SiO_2 'dir ve ağırlıkça SiO_2/Al_2O_3 oranı (S/A) 5,47 dir. Zeolitin ana bileşen yine SiO_2 'dir ve S/A oranı 5,85 dir. Zeolitte K_2O 'nun Na_2O den daha yüksek olması K^+ iyonlarınca zengin olduğunu göstermektedir. Pomzada ise hem K_2O 'nun hem de Na_2O 'nun yüksek olması K^+ ve Na^+ iyonlarınca zengin olduğunu göstermektedir. Blaine değerlerine göre en ince malzemenin pomza, daha sonra ise CEM I 42,5 R ve zeolit olarak sıralandığı görülmektedir. Ayrıca minimum %70 olması istenilen S+A+F toplamı pomzada yaklaşık %86, zeolit'te ise yaklaşık %91 olarak tespit edilmiş ve kimyasal açıdan puzolanik özelliklerinin olumlu olduğu görülmüştür [24].

Çalışmada elde edilen taze beton parametreleri ve bu parametrelerden elde edilen veriler her bir beton türü için Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Taze beton parametrelerine ait veriler (Data belonging fresh concrete parameters)

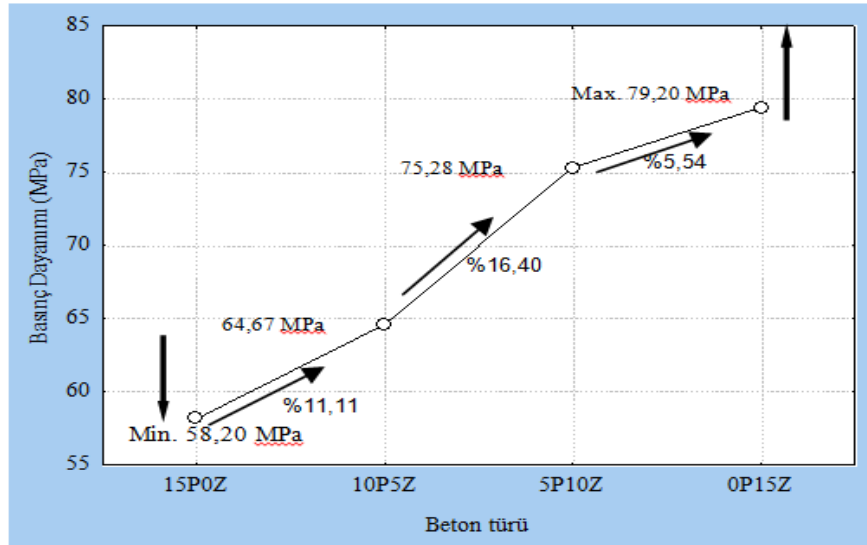
ÖZELLİK	Beton Türü Kodu			
	15P0Z	10P5Z	5P10Z	0P15Z
S/Ç oranı	0,3	0,3	0,3	0,3
SAK (toplam bağlayıcı miktarı %)	1,3	1,3	1,3	1,3
Çökme (cm)	2	7	11	17
Teorik Birim Ağırlık (kg/m^3)	2243	2247	2251	2255
Ölçülen Birim Ağırlık (kg/m^3)	2295	2357	2356	2293

Puzolanların ikame oranları dikkate alındığında, beton içerisinde pomzanın ikame oranı düşmesine karşın zeolit ikame oranının artışına bağlı olarak betonun çökme değerinde artış

başka bir deyişle işlenebilme kolaylaştığı gözlenmiştir. Buda pomzanın blaine inceliğinin çimento ve zeolite göre daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. İşlenebilme özelliğindeki bu artış aynı zamanda pomzanın özgül ağırlığının zeolit'den yüksek olmasının yanı sıra her iki puzolanında özgül ağırlığının çimentodan düşük olmasıyla da açıklanabilir (Çizelge 3). Bunun yanı sıra zeolitün bünyesinde bulunan yapısal ve kristal su miktarının pomzaya göre çok daha fazla olması işlenebilme özelliğini arttırmaktadır.

Karışım içerisinde pomza ikame oranının düşürülmesine karşın zeolit ikame oranının artırılması, teorik ve ölçülen birim ağırlıklarında 15P0Z ve 0P15Z beton türlerinin birim ağırlıkları birbirlerine yakın değerler sergilerken, 10P5Z ve 5P10Z beton türleri diğer beton türlerine nazaran $\approx 2,65$ oranında artış gözlenmiş ve bu iki beton türünün birim ağırlık değerlerinde birbirine çok yakın değerler sergilemiştir. Bütün beton türlerinde kalıplara yerleştirme esnasında betonun kohezyonu mükemmel olmuş ve herhangi bir ayrışma gözlenmemiştir.

28. güne kadar 23 ± 2 °C kirece doygun suda bekletilen numuneler üzerinde gerçekleştirilen beton basınç dayanımı verilerine ait grafik Şekil 1'de verilmiştir. 28 gün yaşında 15P0Z beton türünün 58,20 MPa ortalama ile en düşük beton basınç dayanımına sahip olduğu, 28. günde 0P15Z beton türünün 79,20 MPa ortalama ile en yüksek basınç dayanımına sahip olduğu, 28. günde beton içerisinde pomza ikame oranının azalmasına karşın zeolit ikame oranının artması ortalama beton basınç dayanımında sırasıyla %11,11, %16,40 ve %5,54 artış sağladığı görülmüştür. Beton yollarda kullanılacak betonun 28 günlük basınç dayanımının 35 MPa'dan, eğilme dayanımının ise 5 MPa'dan daha yüksek olması tavsiye edilmektedir [30].



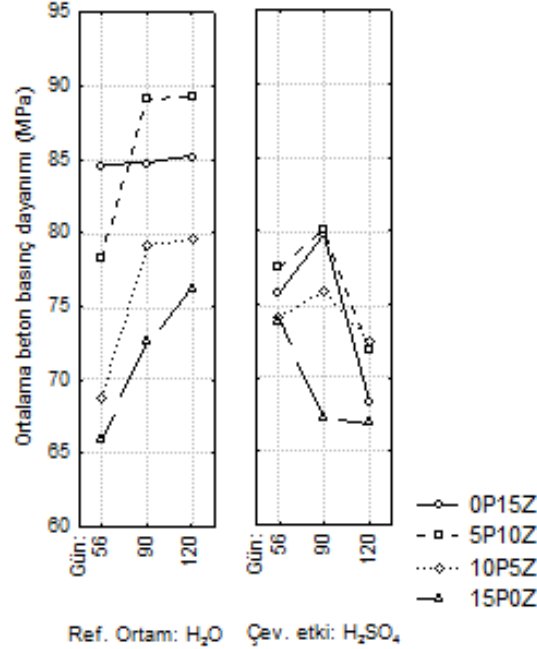
Şekil 1. 28 gün ortalama basınç dayanımı verilerine ait grafik (Graphic belonging data of average compressive strength on 28th day)

Referans çevresel etki olarak seçilen H₂O ortamı ve bozucu çevresel etki olarak seçilen H₂SO₄ ortamlarından çıkarılan numuneler üzerinde varyans analizi gerçekleştirilmiş ve analiz sonucuna göre, beton basınç dayanımı ve aşınma dayanımı bakımından her beton türü kendi arasında farklı çevresel etki ve farklı beton yaşlarında istatistik olarak farklı olduğu görülmüştür. Farklı çevresel etkilerde, farklı beton yaşlarında beton türlerinin ortalama basınç dayanımı deneyi verilerine ait grafik Şekil 2'de ortalama aşınma dayanımı verilerine ait grafik ise Şekil 3'de verilmektedir.

Referans çevresel etki olarak alınan su ortamında, 56 gün yaşında, maksimum ortalama basınç dayanımı değerleri beton türlerine göre sırasıyla 0P15Z, 5P10Z, 10P5Z, ve 15P0Z'de olduğu, ancak 90 ve 120 gün yaşlarında ise sırasıyla 5P10Z, 0P15Z, 10P5Z, ve 15P0Z'de olduğu, ayrıca

∴ H_2SO_4 Etkisine Maruz Rijit Yol Kaplamalarının Bazı Mühendislik Özelliklerinin İncelenmesi∴

referans çevresel etki ortamında, beton yaşı faktörüne bağlı olarak 0P15Z betonunda ortalama basınç dayanımı bakımından sırasıyla %0,20, %0,54 artış olduğu, 5P10Z betonunda %13,76, %0,11 artış olduğu, 10P5Z betonunda %15,26, %0,65 artış olduğu ve 15P0Z betonunda %10,12, %5,08 artış olduğu görülmektedir.

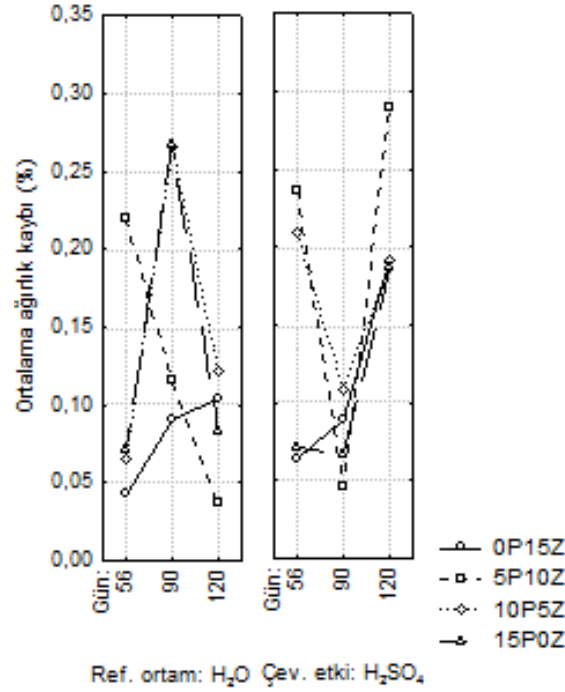


Şekil 2. Beton türü-çevresel etki-beton yaşı ilişkisine ait ortalama beton basınç dayanımı verilerine ait grafik (Concrete type-environmental effects of concrete compressive strength of concrete data, the average age of the relationship of the graphical)

H_2SO_4 çevresel etkisinde, beton yaşı faktörüne ve referans çevresel etkiye bağlı olarak 0P15Z betonunda ortalama basınç dayanımı bakımından sırasıyla %10,27, %5,90, %19,85 düşüş olduğu, 5P10Z betonunda %1,05, %10,11, %19,46 düşüş olduğu, 10P5Z betonunda %7,94, %4,05, %9,17 düşüş olduğu, 15P0Z betonunda %12,28 artış %7,39, %12,26 düşüş olduğu görülmüştür. H_2SO_4 çevresel etkisindeki betonlardan, referans ortama (H_2O) göre 56 gün yaşında filler etkisinden ötürü 15P0Z betonu dayanım kazanmaya devam etmiştir. Bunu dışındaki tüm beton türlerinin dayanımı düşmüştür. Özellikle ilerleyen yaşlarda yüzeysel kabarmalar gözlenmiştir.

Aşınma dayanımı açısından veriler incelendiğinde referans çevresel etki olarak alınan su ortamında, 56 gün yaşında maksimum ortalama ağırlık kaybı değerleri beton türlerine göre sırasıyla 5P10Z, 15P0Z, 10P5Z, 0P15Z, 90 gün yaşında 15P0Z, 10P5Z, 5P10Z, 0P15Z, 120 gün yaşında 10P5Z, 0P15Z, 15P0Z, 5P10Z, olduğu, bunun yanı sıra Referans çevresel etki ortamında, beton yaşı faktörüne bağlı olarak 0P15Z betonunda ortalama ağırlık kaybı bakımından sırasıyla %112,77 ve %14,61 artış olduğu, 5P10Z betonunda %47,69 ve %67,51 düşüş olduğu, 10P5Z betonunda %312,81 artış, %54,43 düşüş olduğu ve 15P0Z betonunda %277,19 ve %69,17 düşüş olduğu görülmüştür.

H_2SO_4 çevresel etkisinde, beton yaşı faktörüne ve referans çevresel etkiye bağlı olarak 0P15Z betonunda ortalama ağırlık kaybı bakımından sırasıyla %50,41 artış %1,63 düşüş ve %84,10 artış olduğu, 5P10Z betonunda %7,57 artış %59,56 düşüş ve %673,53 düşüş olduğu, 10P5Z betonunda %225,89 artış %59,44 düşüş ve %58,05 artış olduğu, 15P0Z betonunda %0,44 artış %75,03 düşüş ve %128,01 artış olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. Beton türü - çevresel etki - beton yaşı ilişkisine ait ortalama aşınma dayanımı deneyi verilerine ait grafik (Concrete type - environmental impact - the concrete abrasion resistance test data, the average age of the relationship of the graphical)

Referans ortam (H₂O)'da pomza ikame oranının artışına bağlı olarak aşınma artmıştır. Aşınma dayanımı yüzey sertliği ile doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla pomza ile üretilen beton türlerinde yüzey sertliği düşük olduğundan aşınma fazla gerçekleşmiştir.

H₂SO₄ çevresel etkileri altında ise 56 gün yaşında beton kabuğu yüzeyinde meydana gelen bozulma bütün beton türlerinde aşınmayı artırmıştır. 90 gün yaşında ise yüzeyde belirginleşen agregalar aşınma dayanımını düşürmüştür. 120 gün yaşında ise asit etkisiyle deforme olan agrega ve çimento pastası aşınma değerlerini yükseltmiştir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Pomza ve zeolit minerallerinin tek tek ve kombinasyonları şeklinde yüksek dayanımlı beton bünyesinde kullanılarak üretilen betonun h₂so₄ çevresel etkisindeki rijit yol üst kaplamalarında kullanılarak aşınma etkisinin araştırıldığı bu çalışmadan elde edilen verilere göre;

- Pomza ve zeolitın puzolanik özelliklerinin olumlu olması çimento ve beton sektöründe kullanılabilir bir malzeme olmasının yanı sıra doğal malzeme oluşu, bu malzemelerle üretilen betonun çevreye geri dönüşümü şüphesiz olumlu olacaktır. Ayrıca bu durum yapılarda sürdürülebilirlik kavramına katkıda bulunacağı düşünülmektedir.
- Taze beton verileri incelendiğinde ise beton yol uygulamalarında aranan işlenebilirlik kavramının zeolit ikame oranı ile arttığı tespit edilmiştir. Bu parametrelere dayanarak tasarlanan beton türlerinin rijit yol üst kaplamasında kullanılabileceği söylenebilir.
- Bütün beton türlerinde kohezyonun mükemmel olduğu, herhangi bir ayrışmanın gözlenmediği görülmüştür. Bu bu sonuca dayanarak inşaat süresini ve işçi maliyetlerini azaltmak, vibrasyon uygulanması gereksinimini kaldırmak, gürültü kirliliğini azaltmak, geometrik nedenlerle betonun yerleştirilmesinin engellendiği, yüksek oranda donatı içeren veya deniz altında yerleştirilmesi gereken elemanların daha başarılı bir şekilde üretilmesi ve

∴ *H₂SO₄ Etkisine Maruz Rijit Yol Kaplamalarının Bazı Mühendislik Özelliklerinin İncelenmesi∴*

düzgün yüzeyli bir beton elde etmek gibi bir takım avantajlarda sağlayacağı düşünülmektedir.

- 28 gün yaşında basınç dayanımı bakımından 15P0Z betonunun en düşük, 0P15Z betonunun en yüksek değere sahip olduğu, zeolit ikame oranının artışına bağlı olarak sırasıyla %11,11, %16,40 ve %5,54 artış olduğu görülmüştür. 28 gün yaşında rijit yol üst kaplamalarında sağlanması gereken minimum basınç dayanımı değerlerinin çok üstünde basınç dayanımı değerleri bütün beton türlerinde sağlanmıştır.
- Referans ortam (H₂O)'da 56 günlük beton basınç dayanımı, 28 günlük beton basınç dayanımıyla benzerlik gösterdiği ve H₂SO₄ çevresel etkisindeki betonlardan, 56 gün yaşında 15P0Z betonu dayanım kazanmaya devam ettiği, bunun dışındaki tüm beton türlerinin dayanımının düştüğü ve özellikle ilerleyen yaşlarda yüzeyel kabarmalar gözleendiği görülmüştür.
- Beton türü, çevresel etki ve beton yaşı faktörüne bağlı olarak aşınma dayanımının değiştiği, H₂SO₄ çevresel etkileri altında ise 56 gün yaşında beton aşınmayı artırdığı, 90 gün yaşında aşınma dayanımını düşürdüğü ve 120 gün yaşında ise aşınma değerlerini yükselttiği görülmüştür.
- Belirtilen süreler içerisinde referans kür ortamında gözle görülen bir deformasyon söz konusu olmazken, H₂SO₄ çevresel etkisine maruz bırakılan beton türlerinin tamamının yüzeyinde literatürde belirtilen kalsiyum tuzu reaksiyon ürünü oluşmuştur.
- Aşınma dayanımı değerlerinin tüm beton türlerinde ASTM C944-99'de öngörülen değerlerin altında kaldığını göstermektedir.

Rijit yol üst kaplamasında kullanılması için tasarlanan pomza ve zeolit katkılı YDB'ların H₂SO₄ etkisine maruz bırakılmış numunelerin gerek taze gerekse sertleşmiş beton özellikleri göz önüne alındığında pomza ve zeolit ikamesi yapılarak üretilen betonların rijit yol üst kaplamalarında kullanılabilir olduğu görülmüştür. Bu çalışmada asit yağmurlarının gibi çevreyi kirleten bir takım kimyasallar, çevrenin bir parçası olan yapıyı olumsuz yönde etkilese de bundan sadece yapı malzemesini iyileştirerek kurtulmamız mümkün olmamaktadır. Bunun la beraber yapıyı bir takım yalıtım malzemeleriyle dıştan kaplamak asit yağmurları gibi çevresel etkiden korumakta etkili bit yöntem olacaktır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

Bu çalışmaya, 07/2007-31 proje kod numarasıyla maddi destek sağlayan Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Müdürlüğü'ne ve TÇMB kurumuna teşekkür ederiz.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Tolğay, A., Yaşar, E., Erdoğan, Y., (2004). Nevşehir Pomzasının Agrega Olarak Betonda Kullanılabilirliğinin Araştırılması, 5. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir.
- [2]. Sarı, D., Paşamehmetoğlu, A. G., (2005). The Effects of Gradation and Admixture on the Pumice Lightweight Aggregate Concrete, *Cement and Concrete Research*, 35(5), 936-942.
- [3]. 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.
- [4]. Şimşek, O., Aruntaş H.Y., Eroltekin V., (1999). Uçucu Külün Hafif Beton Yapı Elemanı Üretiminde Kullanımı ve Mekanik Özelliklerine Etkisi, *Teknoloji*, 2(3-4), 15-23.

- [5]. Ekici, B.B., Demirel, B., (2008). Determination Of The Effects Of Grounded Pumice On Compressive Strenght Of Concrete With Artificial Neural Networks, *E-Journal Of New World Sciences Academy*, 3(1), 169-175.
- [6]. Uysal, H., Demirboga, R., Sahin, R., ve Gül, R., (2004). The Effects of Different Cement Dosages, Slumps and Pumice Aggregate Ratios on the Thermal Conductivity and Densities of Concrete, *Cement and Concrete Research*, 34(5), 845-848.
- [7]. Ceylan, H., Saraç, M. S., (2006). Farklı Pomza Agregata Türlerinden Elde Edilen Hafif Betonun Sıcaklık Etkisindeki Bazı Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3), 413-421.
- [8]. Kılıç, A., Atıs, C. D., Yaşar, E. And Özcan, F., (2004). High-Strength Lightweight Concrete Made with Scoria Aggregate Containing Mineral Admixtures, *Cement and Concrete Research*, 33(10), 1595-1599.
- [9]. Cavalari, L., Miraglia, N. and Papia, M., (2003). Pumice concrete for structural wall panels, *Engineering Structures*, 25(1), 115-125.
- [10]. Yılmaz, K., Canpolat, F., Arman, H., (2004). Taban Külü Ve Doğal Zeolitin Puzolanik Çimentoda Katkı Olarak Kullanımı, *Beton 2004 Kongresi*, İstanbul, 10-12.
- [11]. Şişman, C. B., Kocaman, İ., Gezer, E., (2008). Doğal Zeolitten Üretilen Hafif Betonun Tarımsal Yapılarda Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2), 20-25.
- [12]. Kosmatka S.H. and W.C.Panarese, (1992). Desing and Control of Concrete Mixture. *Portland Cement Association Publication*, Illinois, USA. 358.
- [13]. Topçu İ.B., (2006). Beton, *İnşaat Müh. Odası Eskişehir Odası Yayınları, Uğur Ofset A.Ş. Eskişehir*, 183-185.
- [14]. Ünal O., Uygunoğlu, T., (2007). Diyatomitin Hafif Beton Üretiminde Kullanılması, *İMO Teknik Dergisi*, 1, 4025-4034
- [15]. Okucu, A., (1998). *Bigadiç Ve Turnatepe (Balıkesir) Yörelerindeki Zeolitik Ve Perlitik Tüflerin Puzolanik Özellikleri*, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 30-60.
- [16]. Yıldırım, F. S., (2007). *Puzolanik Zeolitin Çimentoda Katkı Uygunluğunun Araştırılması*, Y. Lisans tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, 45-75.
- [17]. Gürkan, A., (2006). *Pomza ve Zeolitin Alkali Silika Reaksiyonu Üzerine Etkisi*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir 100-115.
- [18]. Naiqian, F., Hongwei, J. ve Enyi, C., (1998). Study on the suppression effect of natural zeolite on expansion of concrete due to alkali-aggregate reaction, *Magazine of Concrete Research*, 50(1), 17-24
- [19]. Uzal B., (2007). *Properties And Hydration Of Cementitious Systems Containing Low, Moderate And High Amounts Of Natural Zeolites*, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 40-45.
- [20]. Feng, N.Q., Li, Z., G., Zang, X. W., (1990). High-strength and Flowing Concrete with a Zeolite Mineral Admixture, *Cement and Aggregates*, ASTM, 12: 61-69.
- [21]. Albayrak, M., Yörükoğlu, A., Karahan, S., Atlıhan, S., Aruntaş, H. Y., and Girgin, İ., (2007). Influence of zeolite additive on properties of autoclaved aerated concrete, *Building and Environment*, 42(9), 3161-3165.
- [22]. Hassan, K. E., Cabrera J. G., and Maliehe R. S., (2000). The effect of mineral admixtures on the properties of high performance concrete, *Cement and Concrete Composites*, 22: 267-271.
- [23]. E.G. Nawy, P.E., (2001). General performance characteristics, *Fundamentals of High Performance Concrete 2nd ed.*, John Wiley & Sons, Inc., Canada, 2-10.
- [24]. Sugama, T., et.al., (2002). Calcium aluminate cements in fly ash/calcium aluminate blend phosphate cement systems: Their role in inhibiting carbonation and acid corrosion at a low hydrothermal temperature of 90 ° C, *J. Mater. Sci.*, 37, 3163-3173.

∴ H_2SO_4 Etkisine Maruz Rijit Yol Kaplamalarının Bazı Mühendislik Özelliklerinin İncelenmesi∴

- [25]. Pavlik, V., (1996). Corrossion of hardend cement paste by acetic and nitric acids part III. Infulgence of water cement ratio, *Cement and Concrete Research*, 26(3), 475-490.
- [26]. TS EN 12350-2, (2002). Beton- Taze Beton Deneyleleri- Bölüm 2: Çökme (Slamp) Deneyle, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1-9.
- [27]. ASTM C944-99, (1999). Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method, *American Society For Testing And Materials*, USA, 1-10.
- [28]. TS EN 12390-3, (2002). Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleleri-Deneyle Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 2-10
- [29]. ASTM C 618, (2002). Standart Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete, *Annual Book of ASTM Standards*, Pennsylvania 1-10.
- [30]. Dmomenichini, L and Kawano, H. (2004). Yoğun Trafiğe Maruz Yollar İçin Beton Kaplama. 9. Uluslar arası Beton Yollar Sempozyumu, (04-07 Nisan 2004) Bildirileri, İ.Ö. Yaman (Editör), İstanbul, 37-81.