

TINAZTEPE YÖRESİ KAYAÇLARININ İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

(UTILIZATION OF TINAZTEPE REGION ROCKS IN CONSTRUCTION
INDUSTRY)

Serdar AYDIN¹, Yusuf ÇAYCI²

ÖZ

Betonu oluşturan bileşenler arasında maliyeti en yüksek olan çimentodur. Bu sebeple, çimento miktarını azaltmak ve beton özelliklerini geliştirmek üzere çimento yerine çeşitli maddelerin kullanımı yoluna gidilmektedir. Bu çalışmada, Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Kampüsü civarındaki kayaçların belirli oranlarda çimento ve agrega yerine kullanım olanakları araştırılmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan deneyler deneyler çerçevesinde, işlenebilirlik ve basınç dayanımı bakımından Tınaztepe yöresi kayaçlarının öğütülerek çimento yerine % 10'a kadar, agrega olarak ise doğal kum yerine % 100'e kadar kullanılabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kalker, Basınç dayanımı, Çimento, Agrega, Hacim sabitliği

ABSTRACT

The most expensive component of concrete is cement. Due to this fact, different materials are used to reduce the amount of cement besides improving the properties of concrete. The possibilities of using Tınaztepe rocks in replacing cement by various amounts and utilization of this material in mortar production as fine aggregate was the main objective of this study. According to test results of this study, Tınaztepe rocks can be utilized by grinding in cement production up to 10% and they can be incorporated to mortar mixtures up to 100% as aggregate with respect to workability and compressive strength.

Keywords: Limestone, Compressive strength, Cement, Aggregate, Volume stability

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İZMİR, serdar.aydin@deu.edu.tr (Sorumlu Yazar)

²Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İZMİR, yusuf.cayci@deu.edu.tr

1. GİRİŞ

Portland çimentosu, kil ve kalkerin yüksek sıcaklıklarda (~1500 °C) pişirilmesi ile elde edilen klinkerin az miktarda alçı taşı ilave edilerek öğütülmesi ile üretilmektedir. Pişirme ve öğütme işlemleri çimento maliyetini oluşturan en önemli öğelerdendir. Klinker miktarının azaltılması amacıyla uçucu kül, yüksek fırın cürufu, kalker tozu gibi malzemelerin çimento ve beton üretiminde kullanımına gidilmektedir. Bu işlem aynı zamanda pişirme sırasında ortaya çıkan CO₂ emisyonunu azaltıp, çevreye olumlu yönde katkıda bulunmaktadır [1-6].

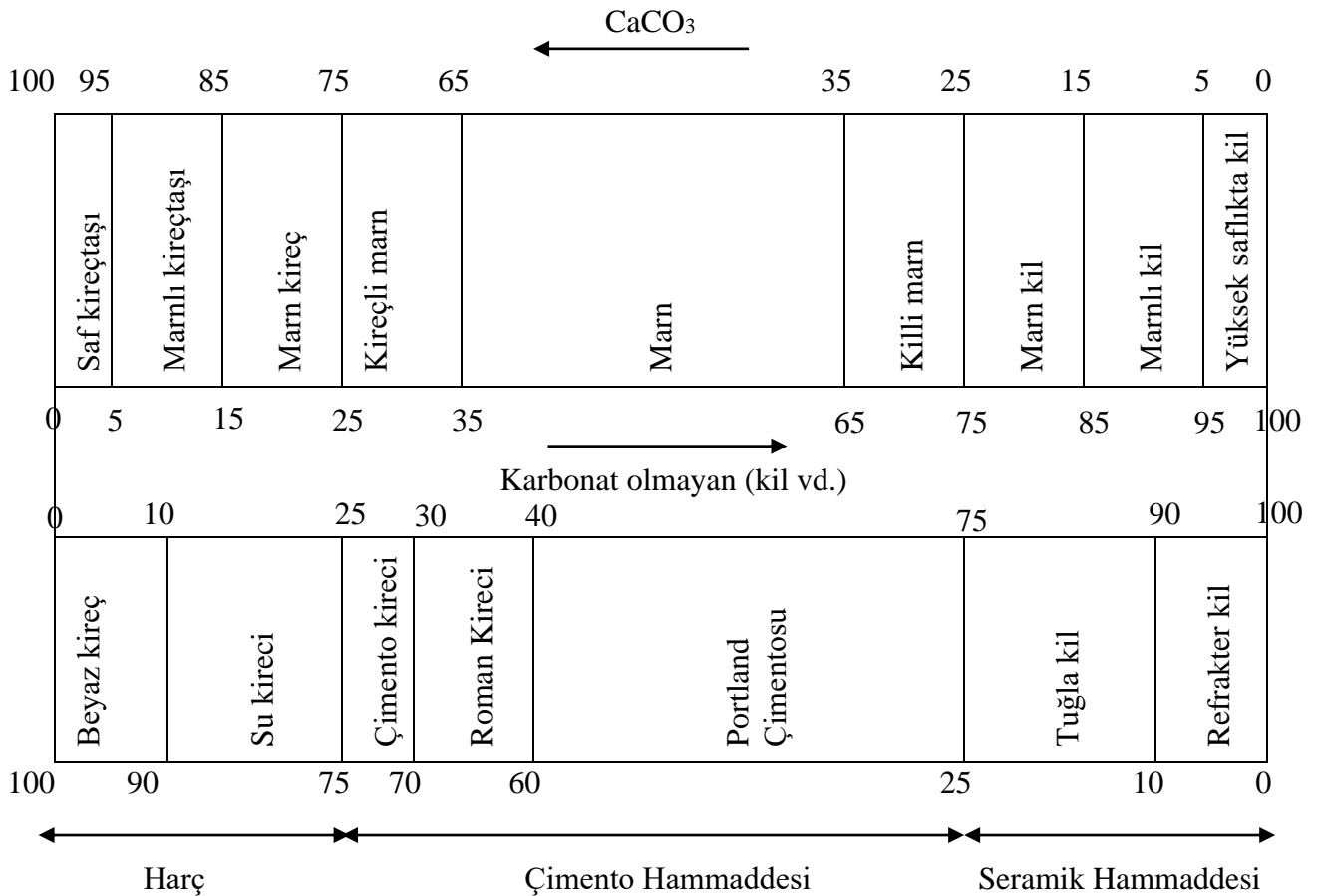
Portland çimentosunun ana hammaddelerinden birisi olan kalker aynı zamanda beton üretiminde agrega olarak en fazla kullanılan kayaç grubunu oluşturmaktadır. İnce bir şekilde öğütülmüş kalker tozunun, yüksek sıcaklık fırınlarında pişirilmeden klinkerle birlikte öğütülerek veya Portland çimentosu yerine belirli oranlarda katkı olarak kullanımı, uçucu kül ve yüksek fırın cürufu gibi endüstriyel atıkların kullanımına kıyasla daha az yaygındır. Ülkemizde kalkerli portland çimentosu ile ilgili ilk standart 1997 senesinde yürürlüğe giren TS 12140 [7] standardıdır. Bu standart yerine 2002 yılında yürürlüğe giren TS EN 197-1 standardında da [8], Portland Kalkerli çimento ayrı bir çimento sınıfı olarak yer almıştır. TS EN 197-1 standardında [8], içeriğinde % 6-35 arasında kalker içeren ve CEM II/A-L, CEM II/B-L, CEM II/A-LL ve CEM II/B-LL olarak isimlendirilen dört tip Portland-Kalkerli çimento mevcuttur. CEM II/A-L tipi, % 80-94 klinker+% 6-20 kalker (organik muhtevası % 0.5'den az), CEM II/B-L tipi ise % 65-79 klinker+% 21-35 kalker (organik muhtevası % 0.5'den az), CEM II/A-LL % 80-94 klinker+% 6-20 kalker (organik muhtevası % 0.2'den az) ve CEM II/B-LL tipi ise % 65-79 klinker+% 21-35 kalker (organik muhtevası % 0.2'den az) içerebilmektedir. Kalker aynı zamanda CEM II sınıfı Portland kompoze çimentoda da ilave bileşen olarak kullanılabilir. [8].

Bazı araştırmacılar kalker tozunun % 15'e kadar ikamesi halinde basınç dayanımının etkilenmeyeceğini, daha yüksek oranlarda kullanım halinde ise basınç dayanımının azalacağını rapor etmiştir [9, 10]. Bazı araştırmacılar, erken yaşlardaki dayanımların % 5-20 arasında kalker ikamesi halinde artacağını bildirmiştir. Bu artış, kalkerin filler etkisi yaratarak poroziteyi azaltmasına [11], çimentonun hidrasyon hızının artmasına [12-15], erken dönemde kalsiyum karbo alüminatların oluşmasına [16] ve kalsiyum hidroksit kristallerine çökecek alanlar yaratmasına [17] bağlanmıştır. Ramachandran [18] CaCO₃'ün çimentonun hidrasyon ürünleri için çökme alanı yaratmasının yanısıra kısmen de olsa C-S-H fazının yapısına dahil olduğunu, Zielinska [19] CaCO₃'ün C₃A ve C₄AF ile reaksiyon yaparak 3CaO.Al₂O₃.CaCO₃.11H₂O oluşturduğunu bildirmiştir. Lollini vd. [20] Portland çimentosu yerine % 15 ve % 30 kalker tozu ilavesinin, betonların mekanik özelliklerini ve geçirimsizlikle ilgili karakterlerini olumsuz etkilediğini rapor etmiştir.

Kalkerli Portland çimentolarının sahip olduğu teknik ve ekonomik faydalardan ötürü, yaygınlığının önümüzdeki yıllarda artması beklenmektedir. Buna karşın, bu çimento tipi ile ilgili yapılan çalışmalar oldukça kısıtlı düzeydedir. Ülkemizde İnan Sezer [21] tarafından yapılan çalışmada TS EN 197-1 standardında verilen oranlarda (% 6, % 21 ve % 35) kalker içeren çimentolar hazırlanmıştır. Bu çimentoların bir kısmı kalker ve klinkerin birlikte öğütülmesi ile, diğer kısmı ise iki bileşenin ayrı ayrı öğütülüp belirlenen oranlarda karıştırılması ile üretilmiştir. Kalker ve klinkerin birlikte öğütülmesi durumunda, kalker kullanımı çimentoların basınç dayanımlarında azalmaya neden olmuştur. Ayrı öğütülerek hazırlanmış kalkerli çimentolarda ise, düşük oranda kalker kullanımı halinde erken yaşta basınç dayanımları artmış, diğer kalker oranlarında ve ileri yaşlarda tüm kalker içeriklerinde

ise basınç dayanımları azalmıştır. Klinkere kalker ilave edilmesi, çimentoların priz başlangıç ve bitiş sürelerini düşürmüştür. Bu çalışma kapsamında ayrıca çimentonun kalker içeriğinin sülfat direncine etkisi de incelemiş olup, kalker kullanımının tomasit oluşumunun bir sonucu olarak sülfat çözültisi içerisindeki basınç dayanımı kayıplarını arttırmıştır. Tosun vd. [22] % 5'den % 40'a kadar değişen oranlarda kalker katkısı içeren çimentolar üzerinde yaptıkları deneylerde, kalker katkısının harçların kıvamında yapışkanlık ve sakızlanma meydana getirdiğini, kalker miktarının artışıyla birim hacim ağırlıkların azaldığını, su emme değerlerinin arttığını, kalker ikamesi % 5'in üzerine çıktığında ise tüm yaşlardaki basınç dayanımının düştüğünü rapor etmiştir. Kalker ikame oranı % 5 olan örneklerde, erken dayanımın kontrol harcına kıyasla bir miktar daha yüksek olduğu, bu dayanım artışının kalker taneciklerinin kalsiyum hidroksit çökmesi için çekirdek oluşturarak hidrasyon gelişimini etkilemesine bağlanmıştır. Tosun vd. [23] tarafından yapılan diğer bir çalışmada, kalker katkılı çimentoların sülfat dayanıklılığı incelenmiş olup, özellikle soğuk ve sülfatlı ortamlarda inşa edilecek yapılar için, dayanım ve dayanıklılık açısından en fazla kalker ikame oranının % 10 ile sınırlandırılması gerektiği belirlenmiştir.

Portland çimentosunun ana hammaddesi olan kil ve kalkerin kayacın kompozisyonuna bağlı olarak isimlendirilmesi ve inşaat sektöründe kullanım alanları Şekil 1'de gösterilmiştir [24].



Şekil 1. CORRENS diyagramı-kil, kireç bileşenleri ve inşaat sektöründe kullanımı

Bu çalışma kapsamında, Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Kampüsü ve civarındaki kalker kayaçlarının harçlarda belli oranda çimento veya agrega yerine kullanım olanakları araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1’de verilen ÇİMENTAŞ CEM I 42.5 çimentosu kullanılmıştır.

Çizelge 1. Çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kimyasal bileşen	Oran (%)	Fiziksel özellikler	
SiO ₂	18.72	Özgül Ağırlık	3.13
Al ₂ O ₃	5.0	Özgül yüzey (Blaine) (m ² /kg)	352
Fe ₂ O ₃	3.49	Priz başlangıcı (dak)	130
CaO	63.12	Priz sona ermesi (dak)	210
MgO	1.06	Hacim Genleşmesi (mm)	1.00
Na ₂ O	0.76	Serbest CaO (%)	1.27
K ₂ O	0.76	Vicat suyu (%)	28.4
SO ₃	2.95	Kızdırma kaybı (%)	3,56
Cl	0.013	Çözülme kalıntısı (%)	0.38
C ₃ A	7.32	Basınç dayanımı	
C ₄ AF	10.63	2 günlük (MPa)	29.9
C ₃ S	62.54	7 günlük (MPa)	43.17
C ₂ S	6.47	28 günlük (MPa)	52.7

Deneysel çalışmanın birinci bölümünde, Tınaztepe yöresi kayaçları (TYK) Bond değirmeninde ince bir şekilde öğütülerek belli oranlarda (%5, %10 ve %15) çimento yerine kullanılmıştır. Kayaçların öğütüldükten sonraki Blaine inceliği 1046 m²/kg olarak bulunmuştur. Kullanılan kayacın Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yapılan kimyasal analizi, Çizelge 2’de verilmiştir. Kızdırma kaybı dikkate alınarak nem dışındaki kimyasal bileşim değerlendirildiğinde, Tınaztepe yöresi kayaçlarının kireçtaşı kimyasal bileşimine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 1). Atik vd. [25] tarafından hazırlanan Buca İlçesi Jeolojik ve Jeoteknik Etüt Raporunda, Buca ilçe sınırları içindeki kireçtaşı biriminin ilçenin hemen her yerinde yüzlek verdiği belirtilmiştir. Özellikle Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Kampus Alanının tamamı ve Arapdere Tepesi ile Şirinyer’ in doğusunda yükselen tepelerin Neojen yaşlı kireçtaşı biriminden oluştuğu bildirilmiştir. Şekil 2’de deneylerde kullanılan kayaçların alındığı bölge görülmektedir.

Çizelge 2. Kayacın kimyasal analizi (ağırlıkça %)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	SO ₃	Kızdırma Kaybı
0.77	0.26	0.06	0.22	53.65	0.015	0.024	0.005	0.88	43.57

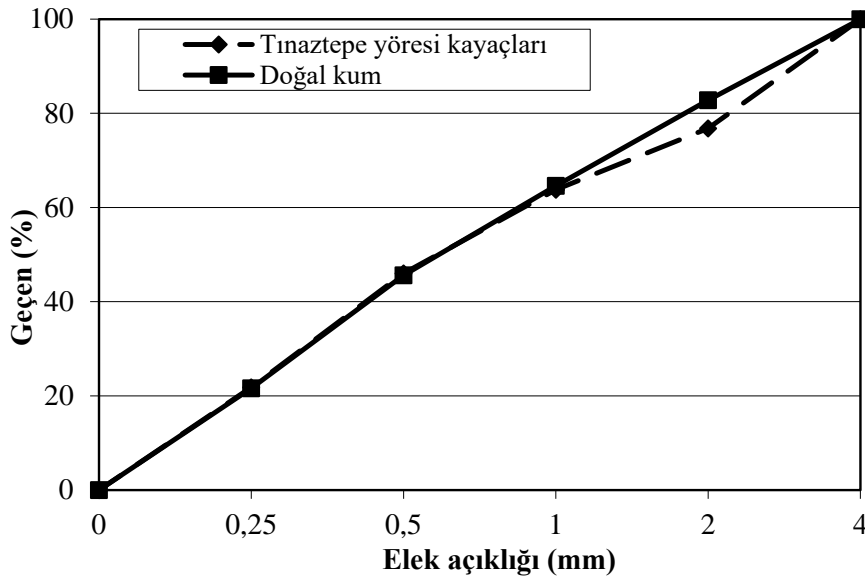


Şekil 2. Tınaztepe kampüsünden bir görüntü

Kayacın ince bir şekilde öğütüldükten sonra ASTM C311 standardına [26] göre belirlenen dayanım aktivite aktivite indeksinin 7. günde % 82, 28. günde % 93'tür.

Hazırlanan harç karışımlarının agrega/çimento/su oranı ağırlıkça 3/1/0.5'tir. Agregası olarak özgül ağırlığı 2.6, su emmesi % 1.63 olan silis kökenli doğal kum kullanılmıştır. Doğal kumun granülometri eğrisi Şekil 3'de verilmiştir. Harç karışımları Hobart Mikser kullanılarak hazırlanmıştır. Öncelikle, agrega ve çimento 1 dakika düşük hızda karıştırılmış, sonra su ilave edilerek 1.5 dakika yavaş ve 1 dakika hızlı karıştırma uygulanmıştır. Karışımların işlenebilirliği yayılma tablası kullanılarak belirlenmiştir.

DeneySEL çalışmanın ikinci aşamasında, Tınaztepe yöresi kayalarının agrega olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Laboratuvar tipi çeneli kırıcı kullanılarak kayaların tane boyutu 4 mm'nin altına indirilmiştir. Tınaztepe yöresi kayalarının özgül ağırlığı 2.59, su emmesi % 1.95 olarak belirlenmiştir. Agregası olarak kullanılan Tınaztepe yöresi kayalarının granülometri eğrisi doğal kum ile birlikte Şekil 3'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, Tınaztepe yöresi kayaları ve doğal kum için granülometri eğrileri birbirine oldukça benzerdir. Agregası olarak doğal kum yerine, % 25, % 50, % 75 ve % 100 oranlarında Tınaztepe yöresi kayaları kullanılmıştır. Agregalar etüv kurusu durumda kullanılmıştır.



Şekil 3. Tınaztepe yöresi kayaları ve doğal kum için granülometri eğrisi

Çimento yerine Tınaztepe yöresi kayaçlarının (ÇYK) kullanıldığı deneylerde hazırlanan harç karışımları ve yayılma değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. İnceliğin artması ile artan özgül yüzey alan nedeniyle yayılma değerinin azalması beklenirken, yayılma çapları çok az bir miktar artmıştır. Bu durum, kalkerin Portland çimentosuna kıyasla inert (atıl) bir malzeme olmasına bağlanmıştır. Bu gruptaki harçların basınç dayanımı, 50 mm ayrıtlı küp numuneler kullanılarak belirlenmiştir. Tınaztepe yöresi kayaçlarının agrega yerine kullanıldığı (AYK) deneylerde ise, küp numunelerin yanı sıra, boy değişimlerini belirleyebilmek amacıyla 25x25x285 mm boyutlu prizmatik harç numuneleri de hazırlanmıştır. Uçlarına döküm aşamasında pim yerleştirilen bu örnekler kalıptan çıkarıldıktan sonra su içerisinde bekletilmiş olup, belirli aralıklarla harç çubuklarının boy değişimi 0,002 hassasiyetindeki komparatör yardımıyla ölçülmüştür. Bu grupta hazırlanan karışımlar ve yayılma değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Tınaztepe yöresi kayaçlarının agrega olarak kullanıldığında işlenebilirliği olumsuz yönde etkilemediği görülmüştür.

Çizelge 3. Çimento yerine öğütülmüş Tınaztepe yöresi kayaçları kullanılarak hazırlanan harç karışımları ve yayılma değerleri

Karışım adı	Öğütülmüş TYK (%)	Yayılma (mm)
ÇYK0	0	111
ÇYK5	5	111
ÇYK10	10	113
ÇYK15	15	113

Çizelge 4. Agrega yerine Tınaztepe yöresi kayaçları kullanılarak hazırlanan harç karışımları ve yayılma değerleri

Karışım adı	Kırılmış TYK (%)	Yayılma (mm)
AYK0	0	111
AYK25	25	113
AYK50	50	113
AYK75	75	113
AYK100	100	112

Harç örnekleri, kalıplara iki tabaka halinde yerleştirilmiş ve her tabaka sarsma tablasında sarsılarak ve aynı zamanda tokmaklanarak sıkıştırılmıştır. Hazırlanan harç karışımları 24 saat sonra kalıplardan çıkarılmış ve deney gününe kadar su içerisinde kür edilmiştir. Basınç deneyleri 3 örnek üzerinde, boy ölçümleri ise 2 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları, elde edilen değerlerin ortalaması alınarak ilgili bölümde verilmiştir.

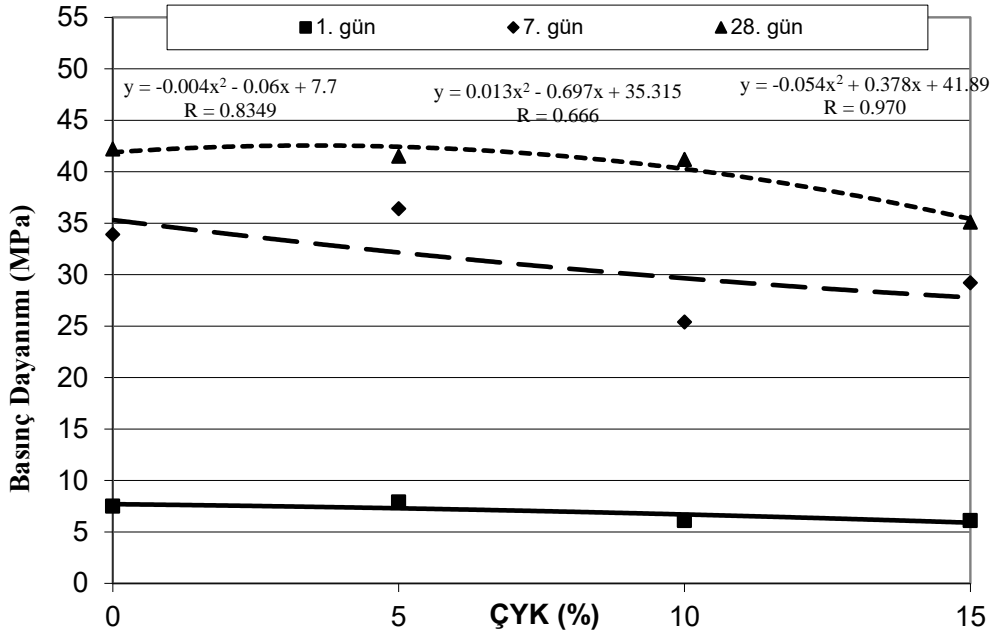
3. DENEYSEL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

DeneySEL çalışma kapsamında, Tınaztepe yöresi kayaçlarının çimento ve agrega yerine kullanım olanakları incelenmiş olup, elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

3.1. Tınaztepe Yöresi Kayaçlarının Çimento Yerine Kullanımı

Çimento yerine ağırlıkça % 5, % 10 ve % 15 oranında ince bir şekilde öğütülmüş Tınaztepe yöresi kayaçları ikamesi yapılmış ve basınç dayanımının zamana bağlı olarak değişimi belirlenmiştir (Şekil 4). Görüldüğü gibi, % 5 oranında öğütülmüş TYK ikamesi 1 ve 7. günde basınç dayanımlarının bir miktar artmasını sağlamıştır. 28. günde % 5 ve % 10 öğütülmüş TYK ikamesi ile hemen hemen kontrol numunesinin dayanımına erişilmiştir.

Ancak %15 öğütülmüş TYK ikamesi halinde dayanım değerleri tüm yaşlarda kontrol örneklerinin dayanımının altında kalmıştır. Düşük ikame oranlarında oluşan dayanım artışı kalker tozunun filler etkisi yaratarak boşlukları tıkamasına ve hidrasyon ürünlerine ilave çökme alanı oluşturarak hidrasyon hızını arttırmasına bağlanmıştır.

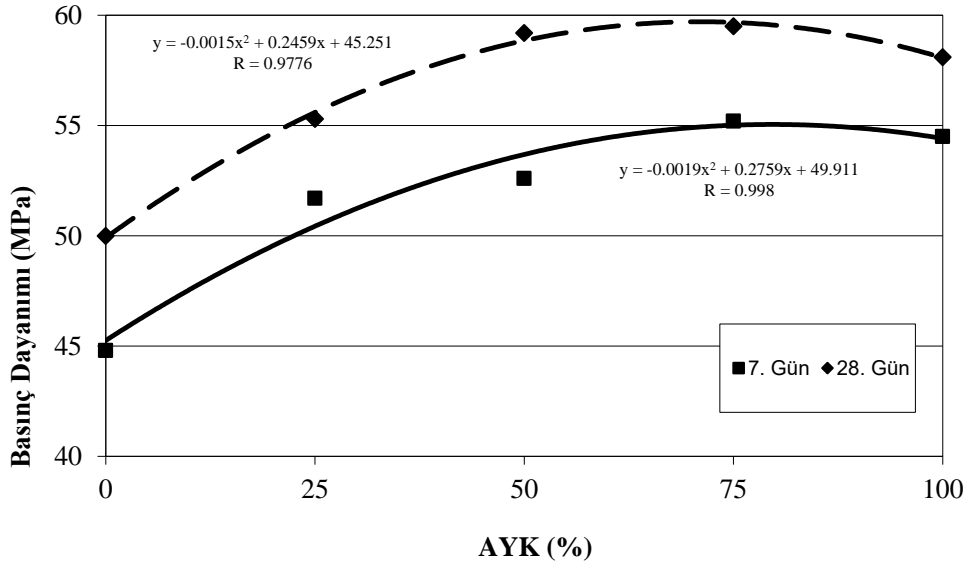


Şekil 4. Çimento yerine Tınaztepe yöresi kayacı ikamesi ile üretilen harç örneklerinin basınç dayanımının değişimi

3.2. Tınaztepe Yöresi Kayaçlarının Agrega Olarak Kullanımı

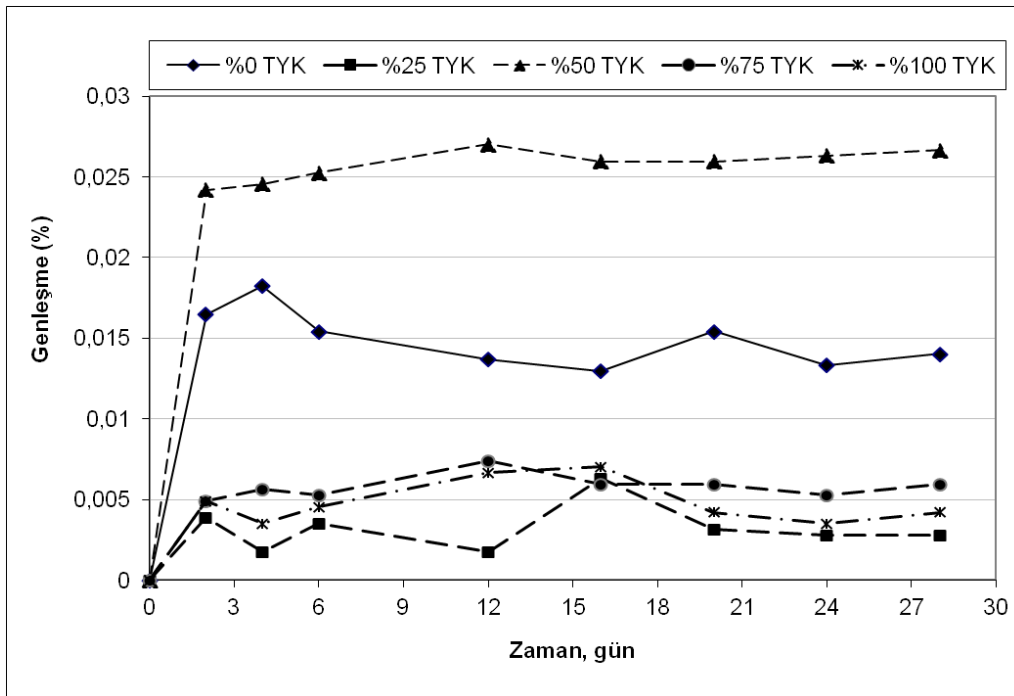
En büyük tane boyutu 4 mm olan kırılmış Tınaztepe yöresi agregalarının doğal kum yerine agrega olarak % 25, % 50, % 75 ve % 100 oranlarında ikame edilmesi ile üretilen harçlar üzerinde basınç deneyi ve zamana bağlı olarak boy ölçümleri yapılmıştır.

Agrega olarak doğal kum yerine Tınaztepe yöresi agregalarının kullanımının basınç dayanımı üzerindeki etkisi Şekil 5'de grafiksel olarak verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, agrega olarak doğal kum yerine belli oranda veya tamamen Tınaztepe yöresi agregalarının kullanımı ile dayanımlar artmaktadır. En fazla dayanım artışı % 75 ikame oranında elde edilmiş olup, bu ikame oranında dayanımda 7. günde % 23, 28. günde ise % 16 oranında artış tespit edilmiştir.



Şekil 5. Tınaztepe yöresi agregalarının kullanılması ile üretilen örneklerin basınç dayanımının kullanım oranına bağlı olarak değişimi

Bir malzemenin agrega olarak kullanılması düşünüldüğünde malzemenin hacim sabitliği büyük önem taşımaktadır. Tınaztepe yöresi agregalarının kullanımının hacim sabitliği üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla, su içerisinde bekletilen 25x25x285 mm boyutlu harç çubuğu örneklerinin zamana bağlı olarak boy değişimleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler grafiksel olarak Şekil 6'da sunulmuştur. Şekil 6'dan da görüldüğü gibi, doğal kum yerine % 50 TYK kullanılması genişlemede bir miktar artışa neden olmuştur. Bununla birlikte, diğer ikame oranlarında genişleme değerleri azalmıştır. Sonuç olarak, doğal kum yerine agrega olarak TYK kullanılması hacim sabitliği bakımından olumsuz bir etki göstermemiştir.



Şekil 6. Tınaztepe yöresi kayalarının agrega olarak kullanılması ile üretilen çubuk örneklerin boy değişim oranları

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, Tınaztepe yöresindeki kayaçların inşaat sektöründe Portland çimentosu yerine belirli oranda katkı maddesi olarak ve harçlarda agrega olarak kullanım olanakları sınırlı sayıda deney yapılarak araştırılmış olup, elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

- 1- Tınaztepe yöresi kayaçlarının öğütülerek çimento yerine % 5 oranında kullanılmasının, erken ve ileriki yaşlarda basınç dayanımı üzerinde olumsuz bir etkisi görülmemiştir. Bu durum, öğütülmüş halde Tınaztepe yöresi kayaçlarının filler etkisi yaratarak boşlukları tıkanmasına ve hidrasyon ürünlerine ilave çökme alanı oluşturarak hidrasyon hızını arttırmasına bağlanmıştır. Tınaztepe yöresi kayaçlarının % 10 oranında kullanımı, erken yaşlarda dayanımda azalmaya neden olurken, 28. günde neredeyse kontrol numunelerinin dayanımı ile benzer dayanımlar elde edilebilmiştir. Çimento yerine % 15 oranında öğütülmüş Tınaztepe yöresi kayacı kullanımı halinde ise, dayanımlar tüm yaşlarda azalmıştır.
- 2- Tınaztepe yöresi kayaçlarının kırılarak agrega olarak kullanımına yönelik deneyler, doğal kum yerine Tınaztepe yöresi agregalarının kullanımının tüm ikame oranlarda (% 25, % 50, % 75 ve % 100) basınç dayanımını arttırdığını göstermiştir. Tınaztepe yöresi agregaları kullanılarak üretilen harçların hacim sabitliğinin doğal kum agregalı kontrol harcına benzer olduğu görülmüştür.
- 3- Bu çalışma kapsamında TS 706'da açıklanan agregalarda aranan diğer özellikleri belirlemeye yönelik deneyler (organik madde içeriği vb.) yapılmamıştır. Tınaztepe yöresi kayaçlarının agrega olarak kullanılabilirliğine kesin kanaat getirilebilmesi için bu özelliklerin de araştırılması gerekmektedir. Ayrıca, betonda kullanılması halinde ne gibi bir etki göstereceği, beton karışımları hazırlanarak tespit edilmeli ve başta sülfat etkisi olmak üzere dış etkilere karşı dayanıklılığı incelenmelidir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, katkılarından ötürü Sayın Prof. Dr. Bülent Baradan'a teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR

- [1] Baradan B, Yazıcı H. *Beton*, (Ed.) S. Aydın, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, No. 334, 2012, s. 825.
- [2] Erdoğan T. *Beton*, Ankara: ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayını, 2003, s.741.
- [3] Thomas MDA, Hooton D, Cail K, Smith BA, Wal JD, Kazanis KG. Field Trials of Concretes Produced with Portland Limestone Cement, *Concrete International*, Cilt. 32, 2010, s.35-41.
- [4] Kenai S, Soboyelo W, Soboyelo A. Some Engineering Properties of Limestone Concrete, *Materials and Manufacturing Processes*, Cilt. 19, No. 5, 2004, s.949-961.
- [5] Bonavetti V, Donza H, Menendez G, Cabrera O, Irassar EF. Limestone Filler Cement in Low W/C Concrete: A Rational Use of Energy, *Cement and Concrete Research*, Cilt. 33, No. 6, 2003, s.865-871.
- [6] Neville AM. *Properties of Concrete*, England: Pearson Education Limited, 2000, s.844.
- [7] TS 12140. *Çimento-Portland Kalkerli*, Ankara:Türk Standartları Enstitüsü, 1997.

- [8] TS EN 197-1. *Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri*, Ankara:Türk Standartları Enstitüsü, 2002.
- [9] Matthews JD. *Performance of Limestone Filler Cement Concrete*, (Ed.) RK Dhir, MT Jones, Euro-cements, impact of ENV 197 on concrete construction, London: E&FN Spon, 1994, 113-147.
- [10] Dhir RK, Limbachiya MC, McCharthy MJ, Chaipanich A. Evaluation of Portland Limestone Cements for Use in Concrete Construction, *Materials and Structures*, Cilt. 40, No. 5, 2007, s.459-473.
- [11] Ranc R, Moranville-Regourd M, Cochet G, Chaudouard G. Durability of Cements with Fillers, *ACI SP*, Cilt. 126, 1991, s.1239-1258.
- [12] Zelic J, Krstulovic R, Tkalec E, Krolo P. The Properties of Portland Cement–Limestone–Silica Fume Mortars, *Cement and Concrete Research*, Cilt. 30, No. 1, 2000, s.145-152.
- [13] Pera J, Husson S, Guilhot B. Influence of Finely Ground Limestone on Cement Hydration, *Cement and Concrete Composites*, Cilt. 21, No. 2, 1999, s.99-105.
- [14] Vuk T, Tinta V, Gabrovšek R, Kaucic V. The Effects of Limestone Addition, Clinker Type and Fineness on Properties of Portland Cement, *Cement and Concrete Research*, Cilt. 31, No. 1, 2001, s.135–139.
- [15] Lothenbach B, Le Saout G, Gallucci E, Scrivener K. Influence of Limestone on the Hydration of Portland Cements, *Cement and Concrete Research*, Cilt. 38, No. 6, 2008, s.848-860.
- [16] Voglis N, Kakali G, Chaniotakis E, Tsvivilis S. Portland-Limestone Cements: Their Properties and Hydration Compared to Those of Other Composite Cements, *Cement and Concrete Composites*, Cilt. 27, No. 2, 2005, s.191-196.
- [17] Tsvivilis S, Batis G, Chaniotakis E, Grigoriadis Gr, Theodossis D. Properties and Behavior of Limestone Cement Concrete and Mortar, *Cement and Concrete Research*, Cilt. 30, No. 10, 2000, s.1679-1683.
- [18] Ramachandran VS. *Concrete Admixtures Handbook: Properties, Science and Technology*, New Jersey: Noyes Publications, 1984, s.626.
- [19] Zielinska E. The influence of calcium carbonate on the hydration process in some Portland cement constituents ($3\text{Ca}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ and $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$), Prace Instytutu Technologii Organizacji Produkcyjnej Budowlanej, No.3, Warsaw Technical University, 1972.
- [20] Lollini F, Redaelli E, Bertolini L. Effects of Portland Cement Replacement with Limestone on the Properties of Hardened Concrete, *Cement and Concrete Composites*, Cilt. 46, 2014, s.32-40.
- [21] İnan SG. Kalker ve Klinker Özelliklerinin Kalkerli Çimento Özelliklerine Etkisi, Doktora Tezi, İzmir: Ege Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2007, s.156.
- [22] Tosun K, Felekoğlu B, Baradan B, Altun İA. Portland Kalkerli Çimento Bölüm I-Çimentoların Hazırlanması, *İMO Teknik Dergi*, Yazı. 309, 2009, s.4717-4736.
- [23] Tosun K, Felekoğlu B, Baradan B, Altun İA. Portland Kalkerli Çimento Bölüm II-Sülfat Dayanıklılığı, *İMO Teknik Dergi*, Yazı. 310, 2009, s.4737-4757.
- [24] Correns CW. *Einführung in die Mineralogie*, Berlin:Springer, 1968, s.458.
- [25] Atik A, Uzun N, Yılmaz Ö. Buca ilçesi Jeolojik ve Jeoteknik Etüt Raporu, İzmir, 2004.
- [26] ASTM C311-11a. *Standard Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use in Portland-Cement Concrete*, USA: American Society for Testing and Materials, 2011.

ÖZGEÇMİŞ/CV**Serdar AYDIN; Doç. Dr. (Assoc. Prof.)**

2001 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Yüksek lisans ve doktora derecelerini 2004 ve 2010 yıllarında Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden aldı. 2001 - 2014 yılları arasında Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmıştır. 2014 yılından beri aynı bölümde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Temel çalışma alanları: yüksek sıcaklığa dirençli çimentolu kompozitler, yüksek ve ultra yüksek dayanımlı çimentolu kompozitler, lif donatılı kompozitler ve alkalilerle aktive edilmiş bağlayıcılardır.

He graduated from Civil Engineering Department of Dokuz Eylül University and got B.S. degree in 2001. He received his M.Sc. and Ph.D. degrees from The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Dokuz Eylül University in 2001 and 2014, respectively. He worked as research assistant in Civil Engineering Department of Dokuz Eylül University between 2001 – 2014. He has been working as an associate professor in the same department since 2014. His main research areas are: High temperature resistant cementitious composites, high and ultra high strength cementitious composites, fiber reinforced concrete and alkali activated cements.