

Ankara İli ve Çevresinde Eşdeğer Jeolojik Formasyonlardan Sağlanan Kırmataş Agregaların Beton Yapımına Uygunluğu

M. Haluk ÇELİK, Recep KANIT, Latif Onur UĞUR
Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü,
06500 Teknikokullar, ANKARA

ÖZET

Bu çalışmada Ankara ili ve çevresinde, eşdeğer jeolojik formasyonlardan çıkarılan kırmataş agregaların betonla uyumluluğu araştırılmıştır. Bunun için çoğunlukla agregaya temin edilen taşocaklarının dağılımı ele alınmış, üç ana jeolojik formasyon üzerinde bulunan kireçtaşı esaslı taş ocaklarını karakterize etmek amacı ile her formasyondan birer taşocağı seçilmiştir (Hasanoğlan Formasyonu için Hasanoğlan mevki **Erdem** Ocağı, Akbayır Formasyonu için Çayyolu mevki **Koçyiğit** Ocağı ve Malboğazi Formasyonu için Temelli mevki **Üstyapı** Ocağı). Bu ocaklardan temin edilen numuneler üzerinde TS 699, TS 3694, TS 2030 ve TS 2517 normlarında ölçümler; mekanik, kimyasal deneyler ve hesaplamalar yapılmıştır. Elde edilen değerlerin gerekli şartları ne derecede sağladıkları; muhtelif kuruluşlarca daha önce yapılan araştırma, deney ve analizlerle hangi ölçüde örtüşükleri; ve birbirleriyle kıyaslandıklarında hangi malzemenin diğerlerinden ne gibi farkları olduğu incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Agregaya, kırmataş, beton, uyumluluk.

The Suitability of Crushed Agregate Provided from Suitable Geological Formations for Concrete Making in and Around Ankara City

ABSTRACT

In this study, the eligibility of the crushed aggregates extracted from the stone quarries with the same geological nature to the concrete in and around Ankara city have been investigated. For this purpose, mostly spreading over the quarries that crushed aggregates can be produced taken into account. And lime stone based quarries from three main geologic formation, one quarry from each geologic formation has been selected (For Hasanoğlan formation, Hasanoğlan region Erdem quarry; For Akbayır formation, Çayyolu region Koçyiğit quarry; and for Malboğazi formation, Temelli region Üstyapı quarry). On samples taken from these quarries, measurements, mechanical tests, chemical tests and calculations were made according TS 699, TS 3694, TS 2030 and TS 2517 norms. After that, compliances of these results for the required standarts were checked, comparison of the tests, investigations and analyses were made before at the same quarries made and at the and differences in the quality of materials have been calculated.

Key Words : Agrigate, crushed, concrete, suitability

1. GİRİŞ

Tabiattan çıkan granit, siyenit, trakit, porfir, kuvarz, kuvarzit, bazalt, porfir, sert kalkerler, yüksek dirençli kum taşları gibi taşların çoğu, gereken boyutta mekanik olarak kırıldıktan sonra, beton çakılı ve kumu olarak kullanılabilir. Buna karşılık anidrit taşları, alçı taşı ve kükürtlü taşlar ile cilalı yüzü parçalar beton çakılı olarak kullanılamazlar (1).

Yapıda kullanılan kum ve çakılların seçimi sırasında, bunların jeolojik özelliklerinin, porozite, su emme, don karşı dayanıklılık, basınç mukavemeti, elastiklik modülü, sertlik, genişleme katsayısı gibi fiziksel ve erime oranı, çimento ile reaksiyona girme gibi kimyasal özelliklerinin araştırılması ve göz önünde bulundurulması gerekir (1).

Çakıl ve kumun dayanımı hiçbir zaman, çimento dayanımından az olmamalıdır. Agreganın dayanımı çimento dayanımından az olursa, yapılan betonun gücü çimento dayanımına erişilmeden, agreganın kırılması ile

tükenecektir. Bu durumda karışım oranını değiştirerek veya çimentoyu artırarak dayanımı yükseltmek olanaksız olacaktır (2).

Günümüz şartlarında agregaya kaynakları, plansız şehirleşmenin de etkisiyle hızla tükenmektedir. Yakın bir gelecekte, kaliteli agregaya bulabilmek bugünden çok daha fazla zahmetli olacaktır. Bu nedenle mevcut kaynakların verimli bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir (3).

2. BÖLGENİN VE ARAŞTIRILAN ÜÇ JEOLÖJİK FORMASYONUN GENEL JEOLÖJİK YAPISI

Bölgede en altta Triyas yaşlı Ankara grubunu oluşturan kaya türleri yer alır. Ankara grubu Emir, Elmadag, Ortaköy ve Keçikaya formasyonlarına ayrılmıştır. Ortaköy formasyonu içinde, İmrahor kireçtaşı üyesi ve Radyolarit üyesi tanımlanmıştır. Ankara grubunu oluşturan birimler yer yer diyabaz dayıkları tarafından kesilmişler ve içlerinde değişik boyutlarda Karbonifer,

Permo-Karbonifer ve Permiyan yaşlı kireçtaşı blokları yer almıştır. Ankara grubu üzerinde Liyas yaşlı Hasanoğlan formasyonu uyumsuz olarak gelir. Hasanoğlan formasyonu üste doğru Akbayır formasyonuna geçer. Haymana formasyonunun sığlaşmasıyla gelişen self ve rasif çökelleri Malboğazı formasyonu olarak ayrıtlanmıştır.

Hasanoğlan Formasyonu (Jh) : Bölgede küçük yüzlekler halinde genellikle Akbayır formasyonunun altında izlenir. Altta kötü boylanmalı çakıltası ile başlar. Üste doğru kumtaşı, çamurtaşı, kumlu kireçtaşı ardalanması olarak devam eder. En üstte ise sarı, siyah, petrol ve kırmızı renkli kırıntılardan ve beyaz renkli kireçtaşlarından oluşur. Çakıltasının elemanlarını bol oranda granit, meta kumtaşı, kuvars, metavolkanit parçaları, gnays, trakit, dasit, riyodasit oluşturur. Formasyon içinde mercerler halinde kumlu kireçtaşları yer alır. Geçiş zonunda kırmızı marn ve killi kireçtaşları artar. Liyas yaşlı birim okyanus açılımının neden olduğu havza çökmesi ile başlamıştır. Ancak çökelim havzanın kenarlarındadır.

Akbayır Formasyonu (Ja) : Beyaz, krem, bej ve yer yer kırmızı renkli, midye kabuğu kırılmalı, ince-orta tabakalanmalı, yaygın olarak çört yumru ve bantları içeren killi kireçtaşı ve/veya biyomitritik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Sarı, kahve, yeşil renkli marn, silttaşı ve killi kireçtaşı ardalanması ile başlar. Bu killi ve siltli seviyeler üzerinde, formasyonun yaygın kaya türünü oluşturan hemipelejik kireçtaşı düzeyleri yer almaktadır. Porselenimsi görümlü bu kireçtaşları içinde tektonik deformasyon ve birincil sedimenter yapılar görülmektedir. Hasanoğlan formasyonunun oluşumunu sağlayan

tektonosedimanter, sürecin devamında gelişmiştir. Ancak Ankara'nın üst batısında Üst Jura-Alt Kretase zaman aralığında düzenli olarak devam eden istif derin deniz çökeli olarak gelişmiştir.

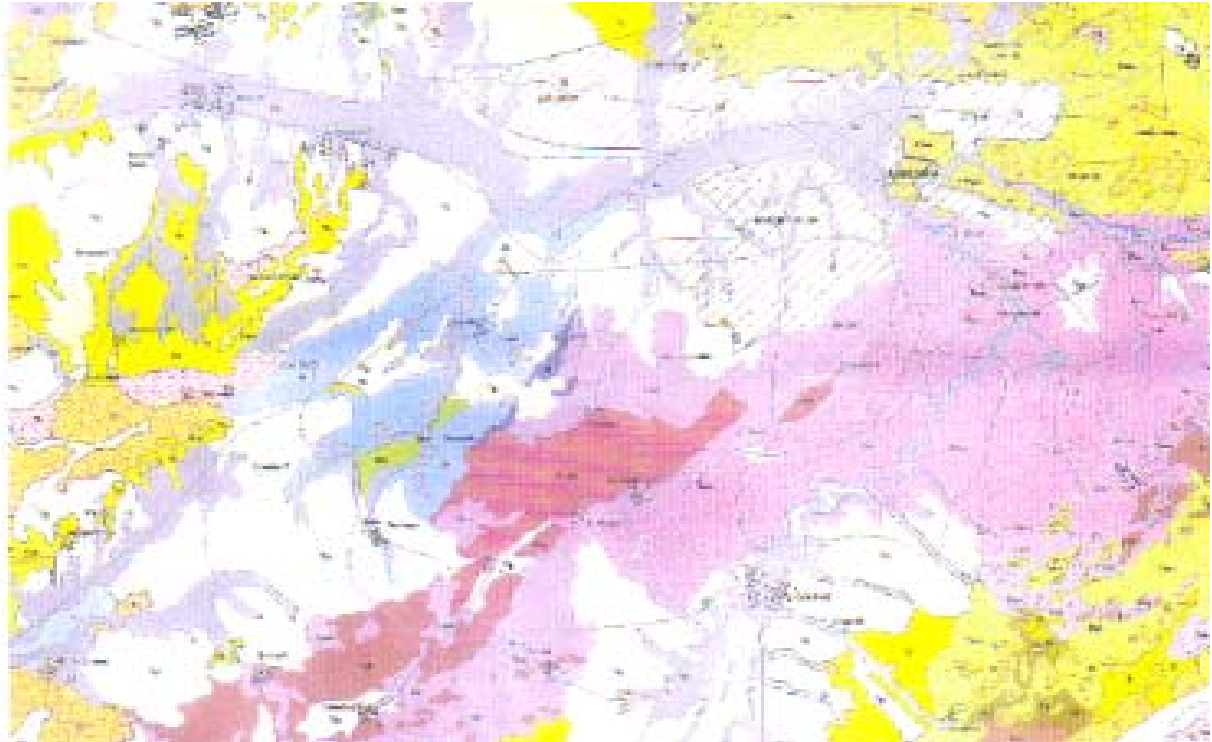
Malboğazı Formasyonu (Km) : Sarımsı gri kumtaşı, ince tabakalı konglomera, kumlu kireçtaşı ve resifal kireçtaşlarından oluşur. Kumtaşları ince tabakalı, bol fosilli ve çimentosu karbonattır. Genel anlamda Maastrichtiyen denizinin şelfini simgelemektedir. Maastrichtiyen sonunda sığlaşmanın olduğu ve bu sığ kesimlerde çökeldiği düşünülmektedir (4).

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Deney Numunelerinin Hazırlanması

Söz konusu her üç ocaktan, patlatma sonrası elde edilen bloklardan, prizmatik geometriye yakın kütlelerden temin edilen bloklar (7.1x7.1x7.1) cm ebatlarında küpler ve (5x10x20) cm ebatlarında dikdörtgen prizmalar şeklinde kestirilmiştir. Ayrıca ocaklardan alınan bloklardan 7.5 cm çapında, 15 cm yüksekliğinde silindirik karot numuneler temin edilmiştir. Bu numuneler üzerinde TS 699 ve TS 2030 normlarına göre ölçüm, tartım ve mekanik deneyler yapılmıştır.

Ocaklardan, daha önce patlatma yolu ile elde edilip, mevcut konkasörlerle kırılmış ve farklı tane boyutlarına göre elenerek ayrılmış kırmataş yığınlarından; farklı iki tane boyutundaki kırmataşlar 15'er kg'lık ağırlıklara denk gelecek miktarlarda alınmıştır. Bu numuneler TS 3694 ve TS 2517 normlarına göre deneylere tabi tutulmuştur.



Harita 1. MTA Gen. Md., Türkiye Jeoloji Haritaları No: 55 Ankara-F15 Paftası

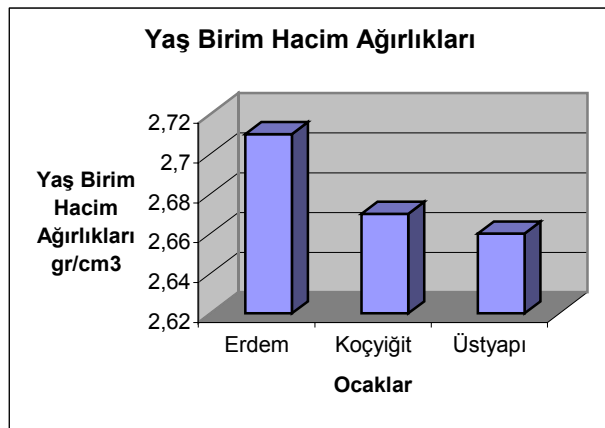
Deneysel çalışmalar; Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü'nün Yapı Malzemeleri ve Agregat Laboratuvarları'nda ve DSİ Araştırma Dairesi Başkanlığı'nın Agregat ve Kimya Laboratuvarlarında yapılmıştır.

3.2. Yaş ve Kuru Birim Hacim Ağırlıkları ve Absorbsiyon Oranları Belirlenmesi

TS 699'a uygun olarak üç ayrı ocaktan temin edilip, uygun boyutlarda kestirilen numuneler arasında seçilen her tip (küp ve prizma) için sekizer adet numunenin 0.1 mm duyarlıdaki bir kumpas yardımıyla enleri, boyları ve yükseklikleri ölçülerek kaydedilmiştir. Dörder adetlik ikiye gruba ayrılan numunelerin ilk bölümü laboratuvar şartlarında beklemeye bırakılırken, ikinci grup numune içme suyu niteliklerine sahip Ankara İvedik bölgesi şehir şebekesinden sağlanan suyun içine yatırılmıştır. 24 saat su içinde bekletilen bu numuneler, ısıtılıp sıklımlı bir bezle silindikten sonra 1 gr duyarlılık mekanik tartı ile tartılmış ve her numunenin yaş ağırlığı kaydedilmiştir. Aynı numuneler bu tartım işleminden sonra etüve yerleştirilerek 105°C derecede sıcaklıkta 24 saat kurutulmuştur. Kurutma işleminin ardından, aynı tartı ile tekrar tartılan numunelerin kuru ağırlıkları da kaydedilmiştir. Ebatları ölçülmüş olan numunelerin alan ve hacimleri hesaplanmıştır. Yaş ve kuru ağırlıkları, hacimlerine bölünerek yaş ve kuru birim hacim ağırlıkları ile absorpsiyon yüzdeleri aşağıdaki ifadeye göre hesaplanmıştır.

$$\text{Ağırlıkça Absorbsiyon Yüzdesi} = ((W_{\text{yaş}} - W_{\text{kuru}}) / W_{\text{kuru}}) \times 100$$

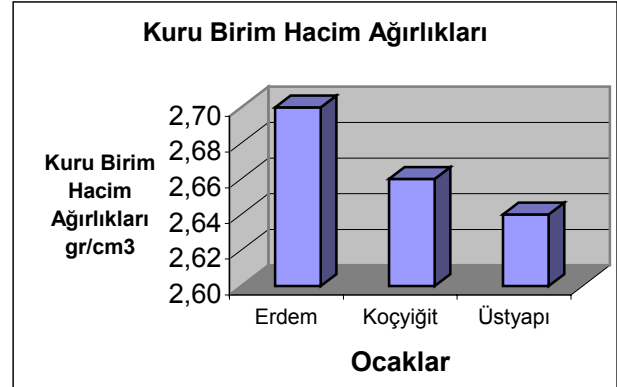
Elde edilen yaş ve kuru birim hacim ağırlık değerleri ve absorbe edilen su oranları ocaklar bazında karşılaştırılmak için grafiksel olarak anlamlandırılmıştır. Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3.



Şekil 1. Yaş Birim Hacim Ağırlıkları Karşılaştırılması

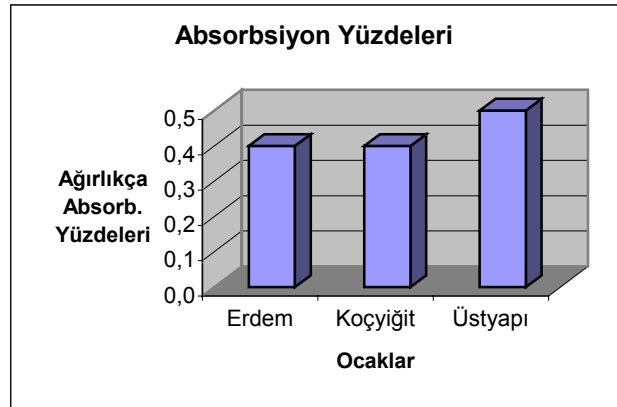
Üç ocağın, yaş birim hacim ağırlıklarının aldığı değerler Şekil 1 'de görülmektedir. Burada 2.71 gr/cm³ değeri ile Erdem Ocağı en yüksek ağırlığa sahip

bulunmaktadır. Koçyiğit Ocağı 2.67 gr/cm³ ve Üstyapı Ocağı 2.66 gr/cm³ değerlerini almıştır.



Şekil 2. Kuru Birim Hacim Ağırlıkları Karşılaştırılması

Üç ocağın, kuru birim hacim ağırlıklarının aldığı değerler Şekil 2.'de görülmektedir. Burada 2.70 gr/cm³ değeri ile Erdem Ocağı en yüksek ağırlığa sahip bulunmaktadır. Koçyiğit Ocağı 2.66 gr/cm³ ve Üstyapı Ocağı 2.64 gr/cm³ değerlerini almıştır.



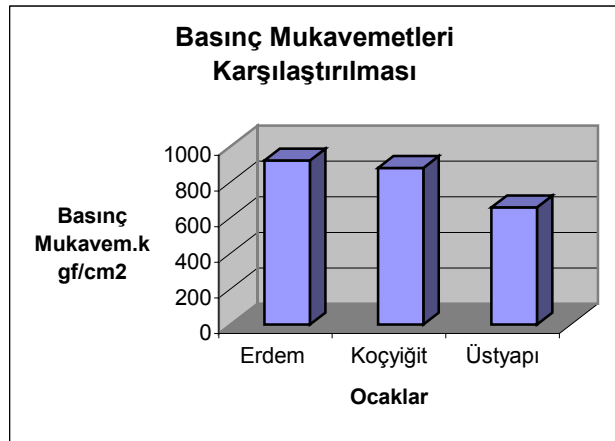
Şekil 3. Ağırlıkça Absorbsiyon Yüzdeleri Karşılaştırılması

Üç ocağın ağırlıkça absorpsiyon yüzdelerinin aldığı değerler Şekil 3'te görülmektedir. Burada Erdem ve Koçyiğit Ocakları % 0.4 absorbe oranına sahipken, Üstyapı Ocağı'nın oranı % 0.5 değerini almıştır.

3.3. Basınç Mukavemetlerinin Belirlenmesi

TS 699'a uygun olarak basınç mukavemetlerinin tayini için küp numunelerin dörder tanesi üzerinde hava kuru su olarak, diğer dörder tanesi de 24 saat su emdirilmiş olarak basınç kuvvetine maruz tutulmuştur. Bunun için 3000 KN yükleme kapasiteli, 0.5 KN hassasiyetli, dijital göstergeli pres kullanılmıştır. Bu prese yerleştirilen deney numunelerine meydana gelecek basınç gerilmesi artışı saniyede 15 kgf/cm² (150 N/cm²) olacak şekilde çarpmasız ve devamlı olarak artan bir (P) kuvveti, numuneler kırılıncaya kadar uygulanmıştır. Kırılma anlarındaki Pmax değerleri kaydedilmiştir. Basınç mukavemeti değerleri;

$$P_{\text{max}} / A = \text{kgf/cm}^2 \text{ ifadesi ile bulunmuştur.}$$



Şekil 4. Basınç Mukavemetleri Karşılaştırılması

Yapılan tüm basınç deneyleri sonucunda her ocak için belirlenen basınç mukavemetleri Şekil 4. 'de karşılaştırılmıştır. Erdem Ocağı 921 kgf/cm² 'lik değerle en yüksek basınç mukavemetine sahip olurken, Koçyiğit ve Üstyapı Ocakları sırası ile 879 kgf/cm² ve 658 kgf/cm² 'lik değerler almıştır.

3.4. Eğilmede Çekme Mukavemetlerinin Belirlenmesi

Eğilme mukavemetlerinin TS 699'a uygun olarak belirlenmesi için uzunlukları deney numunesinin genişliğinden büyük olan 20 mm çapında çelikten iki mesnet ve bir yüklemeye parçasından oluşan eğilme deney düzeneği; mesnetler ve yüklemeye parçalarının eksenleri birbirine paralel olacak şekilde ve bunların ikisi, deney numunelerinde deney sırasında burulma etkisi yapmamaları için serbestçe hareket edebilecek biçimde düzenlenmiştir. Mesnetlerin arasındaki serbest açıklık 180 mm olacak şekilde yüklemeye parçaları bu açıklığın tam ortasına yerleştirilmiştir. Deneyler, numunelerden dörder tanesi üzerinde hava kurusu olarak, diğer dörder tanesi de 24 saat su emdirilmiş olarak uygulanmıştır. Bunun için 3000 KN yüklemeye kapasiteli, 0.5 KN hassasiyetli, dijital göstergeli pres kullanılmıştır. Bu prese yerleştirilen deney numunelerine meydana gelecek çekme gerilmesi artışı saniyede 2 kgf/cm² (20 N/cm²) olacak şekilde çarpmasız ve devamlı olarak artan bir (P) kuvveti, numune kırılıncaya kadar uygulanmıştır. Kırılma anındaki Pmax değerleri kaydedilmiştir. Eğilmede çekme dayanımları;

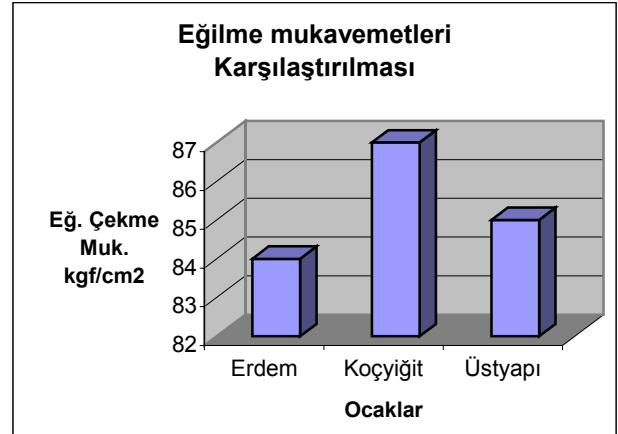
$$\frac{3}{2} \times \frac{(P_{max} \times l)}{(b \times h^2)} = \text{kgf/cm}^2$$
 cinsinden hesaplanmıştır. Burada;

P_{max} = Kırılma anındaki yük (kgf)

l = Mesnet açıklığı (cm)

b = Numunelerin mm duyarlılıkla ölçülen genişlikleri (cm)

h = Numunelerin, kırılma noktasında mm duyarlılıkla ölçülen yüksekleri (cm)'dir.



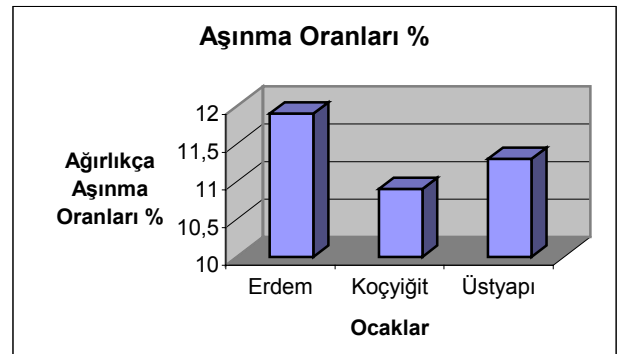
Şekil 5. Eğilmede Çekme Mukavemetleri Karşılaştırılması

Yapılan tüm deneyler sonucunda her ocak için belirlenen eğilmede çekme mukavemetleri Şekil 5. 'de karşılaştırılmıştır. Koçyiğit Ocağı 87 kgf/cm² 'lik değerle en yüksek eğilme mukavemetine sahip olurken, Üstyapı ve Erdem Ocakları sırası ile 85 kgf/cm² ve 84 kgf/cm² 'lik değerler almıştır.

3.5. Aşınma Oranlarının Belirlenmesi

Üç ocaktan alınan kırmataş deney numunelerinin TS 3694 normlarına göre, tane sınıflarına bağlı olarak A grubuna dahil olduğu belirlenmiştir. Belirtilen standardın gerektirdiği miktarlarda W1 (toplam 10 'ar kg) etüv kurusu deney numunesi toplam ağırlıkları 5000 gr olan toplam 12 adet çelikten yapılmış aşındırma bilyesi ile birlikte tambura konulmuştur. Tamburun penceresini örten kapak sıkıca kapatıldıktan sonra hızı dakikada 33 dönüş olacak şekilde toplam 500 dönüş yaptırılmıştır. Aygıt durdurulup deney numunesi dışarı alındıktan sonra 1.4 mm 'lik elekten elenmiştir. Elek üzerinde kalan agrega 1 gr duyarlılıkla tartılmıştır W2. Agregaların aşınma direnci (Los Angeles aşınma direnci); bilyalı tamburlu aşındırma aletine konan agregaların 500 dönüş sonucunda 1.4 mm 'lik elekten geçen kısmının, ilk numune ağırlığına oranı olan aşınma oranı olarak, aşağıdaki ifade ile ve ondabir hanesine yuvarlatılarak hesaplanmıştır.

$$A = \left(\frac{W1 - W2}{W1} \right) \times 100 \quad (\%)$$



Şekil 6. Aşınma Oranları Karşılaştırılması

Üç ocağın aşınma oranlarının aldığı değerler Şekil 6'da görülmektedir. Burada en düşük aşınma oranı %10.9 ile Koçyiğit Ocağı'na ait olurken Üstyapı ve Erdem Ocakları'na ait değerler sırası ile %11.3 ve %11.9 olarak belirlenmiştir.

3.6. Dona Dayanıklılık Tayini

Her üç ocaktan temin edilen (7.1x7.1x7.1) cm ebatlarındaki beşer adet kübik numune TS 699'a uygun olarak 105° C derece sıcaklıkta, değişmez ağırlığa kadar kurutulup oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra tartılarak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. 24 saat süre ile atmosfer basıncı altında su emdirilen numunelerin suya doygun ağırlıkları belirlenmiştir. Suyu doygun numuneler, sıcaklığı yaklaşık 4 saatte en az -15° C dereceye düşecek şekilde ayarlanmış olan bir soğuk hava dolabına konmuştur. Burada 2 saat süre ile bekletilen numuneler soğuk hava dolabından çıkarılarak, içinde oda sıcaklığında damıtık su bulunan su kaplarında ve tamamen su altında kalacak şekilde 2 saat süre ile bekletilerek donun çözülmesi sağlanmıştır. Islatılarak sıkılmış bir bez ile numune yüzeyindeki su damlaları silinerek 0.1 gr duyarlılıkla tartılmıştır.

Bu şekilde donma ve çözülme işlemleri, 25 kez tekrarlanmış ve her seferinde deney numunelerinin ağırlıkları ve numunelerde meydana gelen gözle görülür değişiklikler kaydedilmiştir. Bu işlemlerin sonunda numuneler kurutularak tartılmış, ilk kuru ağırlıkları ile farkları alınmak sureti ile numunelerden gevşeyip koparak ayrılan kısımların ağırlıkları 0.05 gr duyarlılıkla tartılarak bulunmuştur. Koparak ayrılan kısımlardan meydana gelen ağırlık azalması yüzdesi olarak;

$ad = (Wd / Wk) \times 100 (\%)$ ifadesi ile hesaplanmıştır. Burada;

$ad =$ Ağırlık azalması değeri (%)

$Wd =$ Numunenin don deneyindeki ağırlık kaybı (gr)

$Wk =$ Numunenin kuru ağırlığı (gr)

Tablo 1. 'de her ocaktan alınan numunelerin suya doygun ağırlıkları ve her beş periyod sonundaki ağırlıkları görülmektedir. Erdem, Koçyiğit ve Üstyapı

Tablo 1. Suyu Doygun Ağırlıklar ve 5, 10, 15, 20, 25. Periyodlar Sonu Ağırlıklar

Ocak Adı	Doygun Ağırlık (gr)	5. Periyod Sonu Ağ.	10. Periyod Sonu Ağ.	15. Periyod Sonu Ağ.	20. Periyod Sonu Ağ.	25. Periyod Sonu Ağ.
Erdem	986,48	986,52	986,54	986,87	987,12	989,49
Koçyiğit	938,60	938,64	939,33	941,07	941,89	942,42
Üstyapı	908,18	909,10	909,78	913,90	914,27	915,18

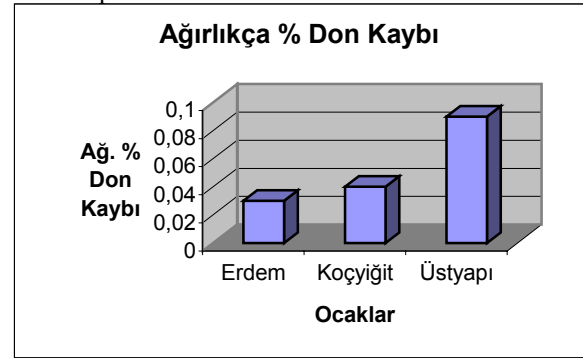
Tablo 2. Kuru Ağırlıklar, Nihai Kuru Ağırlıklar, Ağırlıkça % Değişim Oranları

Ocak Adı	Kuru Ağırlık (gr)	Nihai Kuru Ağırlık (gr)	Kur.Ağ.–Nih.Kur.Ağ. (gr)	Ağırlıkça % Değişim
Erdem	984,92	985,24	0,32	0,03
Koçyiğit	936,08	936,47	0,39	0,04
Üstyapı	902,88	903,65	0,77	0,09

Ocakları için 25. Periyod sonundaki ağırlıklar sırası ile 989.49 gr, 942.42 gr ve 915.18 gr olarak belirlenmiştir.

Numunelerin kuru ağırlıkları, deneyler sonundaki nihai kuru ağırlıkları, bu iki ağırlık arasındaki farklar ve ağırlıkça %'de değişimler Tablo 2. 'de hesaplanmıştır.

Her üç ocak için yapılan deneylerden ve hesaplamalardan elde edilen ağırlıkça %'de don kayıpları Şekil 7. 'de anlaşılmıştır. En büyük don kaybı oranı % 0.09 ile Üstyapı Ocağında tespit edilirken, Erdem Ocağı % 0.03 ve Koçyiğit Ocağı % 0.04 değerlerine sahiptir.



Şekil 7. Ağırlıkça % Don Kayıpları Karşılaştırılması

Dona dayanıklılık deneyinde öngörülen donma ve çözülme işlemleri uygulanmış deney numuneleri üzerinde 4.3.2.'ci bölümde belirtilen basınç dayanımı deneyi uygulanmıştır. Bu şekilde bulunan basınç dayanımı ortalamaları ile daha önce bulunmuş olan aynı cins basınç dayanımı ortalama değerlerinden yararlanılarak, basınç dayanımında don deneyi nedeni ile meydana gelen azalma, aşağıdaki ifade yardımıyla tam sayıya yuvarlatılarak belirlenmiştir.

$\Delta\sigma = ((\sigma_{bo} - \sigma_{do}) / \sigma_{bo}) \times 100 (\%)$ Bu ifade;

$\Delta\sigma =$ Don deneyi nedeni ile basınç dayanımında oluşan azalma (%)

$\sigma_{bo} =$ Daha önce 4.3.2.'ci bölümde bulunmuş olan basınç dayanımı ortalama değeri (kgf/cm^2)

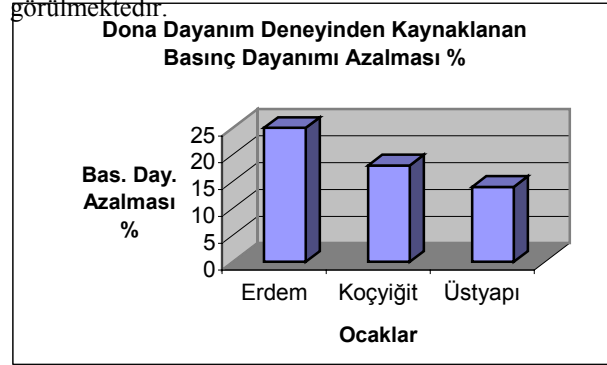
$\sigma_{do} =$ Deney numunelerinin donma deneyi uygulandıktan sonra bulunmuş basınç dayanımı ortalama değeri (kgf/cm^2)

Daha önce bulunan basınç dayanımı ortalamaları (kgf/cm^2), donma deneyi yapıldıktan sonra bulunan basınç dayanımı ortalamaları (kgf/cm^2) ve donma dayanım deneyi nedeni ile meydana gelen azalmalar (%), Tablo 3. 'te belirtilmiştir.

Tablo 3. Donma Dayanım Deneyinden Önceki ve Sonraki Basınç Dayanımları Ortalamaları ile Basınç Dayanımlarındaki %'de Azalma

Ocaklar	Bas. Day. Ort. kgf/cm^2	Dona Day. 'dan Sonra Bas. Day. kgf/cm^2	Bas. Day.'daki Azalma %
Erdem	921	695	25
Koçyiğit	879	725	18
Üstyapı	658	568	14

Basınç dayanımlarında donma dayanım deneyinden kaynaklanan basınç dayanımı azalmaları (%), Şekil 8.'de anlamlandırılmıştır. Burada Erdem, Koçyiğit ve Üstyapı ocaklarının basınç dayanımı azalmaları sırası ile %25, %18 ve % 14 olarak görülmektedir.



Şekil 8. Donma Dayanım Deneyinden Kaynaklanan Basınç Mukavemeti Azalması (%)

3.7. Alkali Agrega Reaktivitesinin Kimyasal Yolla Tayini

TS 2517'ye uygun olarak kolorimetrik metod kullanılarak, çözülen silis konsantrasyonları aşağıdaki ifade yardımı ile hesaplanmıştır.

$$Sc = 20 \times (100 / V) \times C \quad \text{Bu ifade;}$$

Sc = Orijinal süzütüdeki silis konsantrasyonu, mmol/l

V = 200 ml'lik çözeltiden çekilen numune hacmi, ml

C = Kolorimetrede ölçülen çözeltinin silis konsantrasyonu, mmol/l 'dır.

Her ocak için bulunan Çözülen silika (Sc) değerleri aşağıda belirtilmiştir.

Sc Erdem	4,2	mmol/l
Sc Koçyiğit	9,2	mmol/l
Sc Üstyapı	7,0	mmol/l

Alkali azalmasının tayini için hazırlanmış olan 200 ml'lik çözeltiden 20 ml numune çekilmiş ve 100 ml'lik birer erlenmeye konmuştur. 2-3 damla fenolfta-

lein çözeltisi damlatılarak 0,05 N hidroklorik asit çözeltisi ile dönüm noktasına kadar titre edilmiştir.

Alkali azalmaları aşağıdaki ifade ile hesaplanmıştır.

$$Rc = ((20 N) / V1) \times (V3 - V2) \times 1000 \quad \text{Bu ifade;}$$

Rc = Alkali azalması, mmol/l

N = Hidroklorik asitin normalitesi

$V1$ = 200 ml'lik çözeltiden çekilen numune hacmi, ml

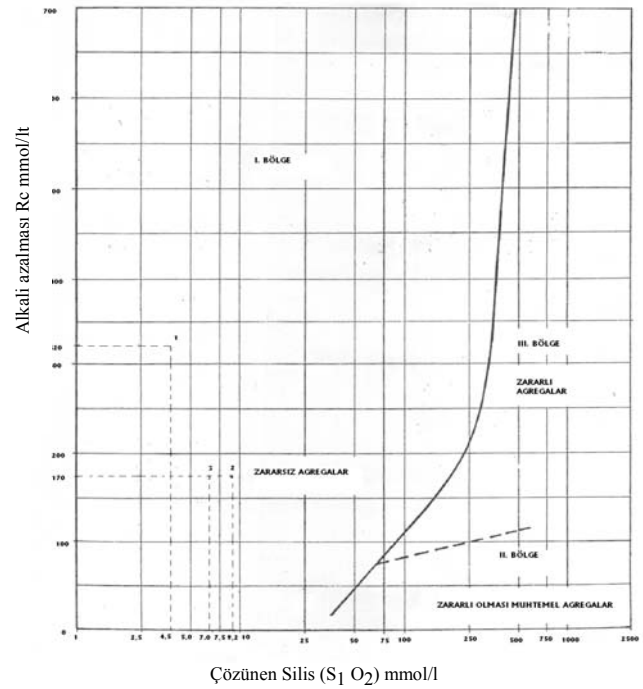
$V2$ = Numune için sarfedilen hidroklorik asit hacmi, ml

$V3$ = Tanık numune için sarfedilen hidroklorik asit hacmi, ml'dir.

Her ocak için bulunan alkali azalması (Rc) değerleri aşağıda belirtilmiştir.

Rc Erdem	320	mmol/l
Rc Koçyiğit	170	mmol/l
Rc Temelli	170	mmol/l

Muayene edilen agregaların alkali azalmaları ve çözünmüş silis değerleri kullanılarak Şekil 9. 'da belirtilen agregaların yeri belirlenmiştir.



Şekil 9. Çözülen Silika (Sc) ve Alkali Azalması (Rc)'na Bağlı Olarak Agregalar İçin Zararlı / Zararsız Bölgeler. (1. Erdem, 2. Koçyiğit, 3. Üstyapı)

Şekil 9'da I Nolu bölgeye düşen agregalar alkali-agrega reaktivitesi bakımından zararsız sayılmaktadırlar. Her üç ocaktan temin edilen agregaların, alkalitesi % 0,60 'tan yüksek olsun yada olmasın her çeşit çimento ile birlikte kullanılabilmesi belirlenmiştir.

3.8. Schmidt Çekici İle Sertlik Tayini

Schmidt sertliği, Schmidt çekici ile bulunan bir endeks değeridir. Schmidt çekici silindirik, kapalı bir kutu içinde bulunan yay, çekiç ve çekici kurma düzene-

ğinden oluşmaktadır. Ölçme yapılırken alet gövdesi dik olarak kayaç yüzeyine bastırılır. Yay ile hareket kazanan çekiç darbeyi kayaca ileten uca çarpar ve geri zıplar. Zıplama değeri indeks değeri olarak saptanır. Alet hem arazi hem de laboratuvar deneyleri için uygundur.

Her üç ocaktan alınan 75 mm çapında ve 150 mm yüksekliğindeki onar adet silindirik karot numuneler, Schmidt çekicinin olabildiğince dik durmasını ve numunelerin hareketsizliğini sağlayan kaya yatağına yerleştirilerek, her birine onar kez olmak üzere deneye tabi tutulmuştur. Her numune için okunan değerler kaydedilip ortalamaları alınmıştır. Kullanılan L tipi Schmidt çekici için örs standart değeri, örsde okunan değerler, numuneden okunan değerler ve Schmidt endeks değerleri Tablo 4. 'te belirtilmiştir.

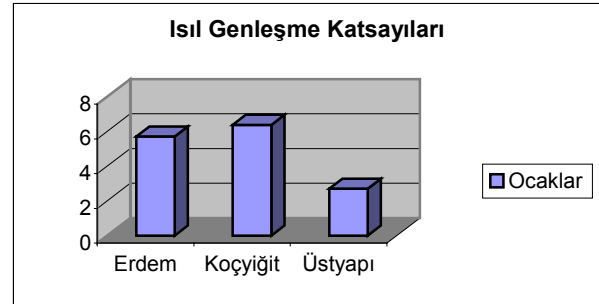
Tablo 4. Schmidt Çekici Endeks Değerlerinin (HR) Belirlenmesi

Ocak Adı	Örsün Standart Değeri (a)	Örste Okunan Değerler (bort)	Numunelerden Ok. Değ. (cort)	F (a / bort)	HR (F x cort)
Erdem	78	68,2	45,6	1,143695	52,152449
Koçyiğit	78	68,1	45,3	1,145374	51,885460
Üstyapı	78	68,2	45,9	1,143695	52,495600

Schmidt çekici metodu ile elde edilen verilerin anlamlılığının değerlendirilmesinde; her ocak için bulunan basınç dayanımı değerleri birbiri ile oranlanarak, malzemelerin basınç dayanımlarının birbirlerine göre hangi oranda olduğu ile tek eksenli gerilme deneyinde bulunan basınç dayanımlarının benzer oranlarının karşılaştırılmaları halinde; % 15 hata payı ile benzer oranlar aldığı saptanmıştır. Üç ocağın da Schmidt Sertlikleri birbirine çok yakın değerler almış, bu değerlerle "çok sert kaya" sınıflamasında yer almışlardır.

3.9. Isıl Genleşme Katsayılarının Tayini

Her üç ocaktan alınan 75 mm çapında ve 150 mm yüksekliğindeki silindirik numuneler ısıya bağlı genleşme ve büzülmelerinin belirlenebilmesi için 70° C'deki inkübatörde 24 saat süresince bekletilmiştir. Daha sonra, numuneler laboratuvar sıcaklığına kadar soğumaya bırakılırken milimetrenin binde biri hassaslıkta ölçüm yapan dijital göstergeli bir uzunluk ölçer yardımı ile 30 dakikada bir yapılan ölçümlerle boylarında meydana gelen azalmalar kaydedilmiştir. Yaklaşık 50° C'lik bir soğuma esnasında oluşan büzülme ve bunun boydaki azalmaya karşılık gelen ölçümleri yardımıyla, işlem tersten gerçekleştiğinde oluşacak genleşmeye karşılık olan uzunluk artışının aynı miktarda olacağı kabulü ile birim boydaki, birim ısı artışına karşılık gelen uzama miktarları belirlenmiş ve her ocak malzemesi için ısı genleşme katsayıları hesaplanmıştır.



Şekil 10. Isıl Genleşme Katsayıları (x 10⁻⁶)

Şekil 10. 'dan anlaşılacağı gibi ısı genleşme katsayısı en düşük ocak 2.699 x 10⁻⁶ değeri ile Üstyapı Ocağı olup, Erdem ve Koçyiğit Ocakları sırası ile 5.698 x 10⁻⁶ ve 6.379 x 10⁻⁶ değerlerini almışlardır.

3.10. Elastisite Modülleri ve Possion Oranlarının Tek Eksenli Basma Deneyi ile Tayini

TS 2030'a göre elastisite modülü ve Possion oranlarının belirleneceği 7,5 cm çapında ve 15 cm yüksekliğindeki numunelerin yüzeyleri iyice pürüzsüz ve temiz hale getirildikten sonra uygun yerlerine deformasyon ölçerler (steynçerler) yerleştirilmiştir. Numune eksenine küresel yatak üzerindeki tablanın basınç merkezi, aynı olacak biçimde gerekli ayarlamalar yapılmıştır. Deformasyon ölçer cihazların gerekli elektrik devre bağlantıları ve ayarları yapılmıştır. Numunelere uygulanacak yükün yüzeye eşit olarak dağılımını sağlamak için, oynak tablanın numunelerin yüzeylerine tümüyle değmesi sağlanmıştır. Yükleme işlemi, sürekli ve değişmez bir yükleme hızıyla, kırılmayı 15 dakikalık bir süre zarfında oluşturacak biçimde ayarlanmıştır. Eksenel ve çapsal deformasyonlar (her numune için en az 40'ar adet ölçüm değeri) kaydedilip gerekli hesaplamalar yapılarak eksenel ve çapsal birim deformasyonlar belirlenmiş ve eksenel ve çapsal gerilme-birim deformasyon eğrileri çizilmiştir. Eksenel elastisite modüllerinin hesaplanmasında, gerilme-birim deformasyon eğrilerinin doğruya en yakın olan kısımlarının ortalama eğimleri kullanılmıştır. Possion oranları da eksenel eğri eğimlerinin (E), çapsal eğri eğimlerine oranlanmasıyla belirlenmiştir. Şekil 13., 14. ve 15.'de sırası ile Erdem, Koçyiğit ve Üstyapı Ocaklarına ait eksenel ve çapsal deformasyon eğrileri görülmektedir.

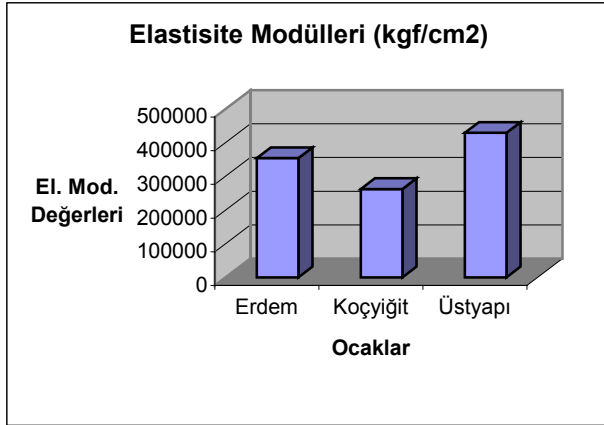
Yapılan hesaplamalar sonucunda bulunan elastisite modülleri aşağıdaki değerleri almıştır;

$$E_{\text{Erdem}} = 353\,971 \text{ kgf/cm}^2$$

$$E_{\text{Koçyiğit}} = 262\,549 \text{ kgf/cm}^2$$

$$E_{\text{Üstyapı}} = 429\,108 \text{ kgf/cm}^2$$

Hesaplanan elastisite modülleri karşılaştırılmak amacı ile Şekil 11. 'de anlandırılmıştır.



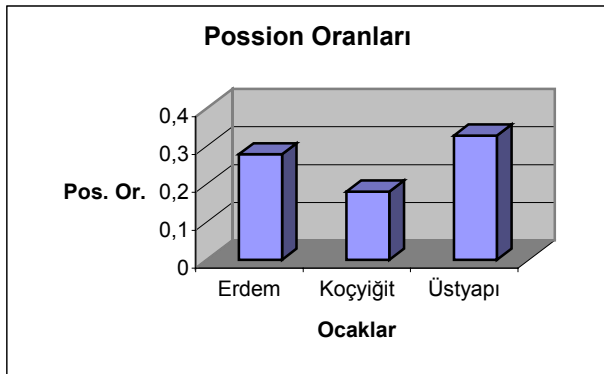
Şekil 11. Elastisite Modülleri

Eksenel eğri eğimlerinin (E), çapsal eğri eğimlerine oranlanmasıyla bulunan Possion oranları da aşağıdaki değerleri almıştır;

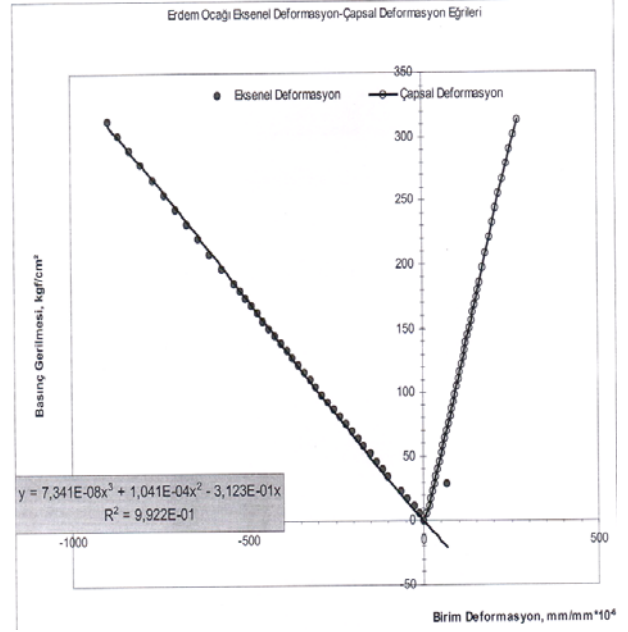
$$V_{\text{Erdem}} = 0.2787$$

$$V_{\text{Koçyiğit}} = 0.1799$$

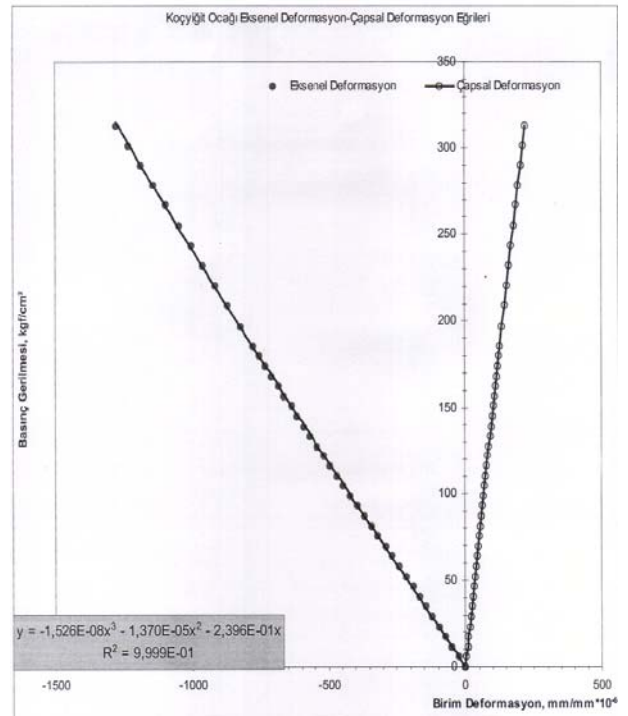
$$V_{\text{Üstyapı}} = 0.3281$$



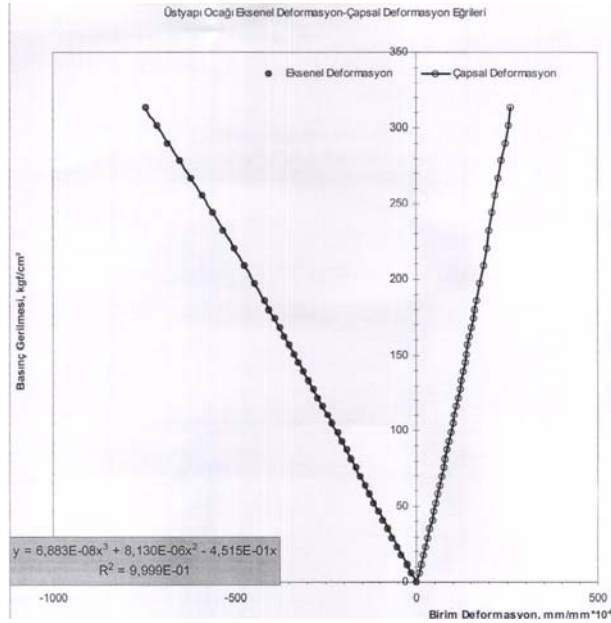
Şekil 12. Possion Oranları



Şekil 13. Erdem Ocağı Eksenel ve Çapsal Deformasyon Eğrileri



Şekil 14. Koçyiğit Ocağı Eksenel ve Çapsal Deformasyon Eğrileri



Şekil 15. Üstyapı Ocağı Eksenel ve Çapsal Deformasyon Eğrileri

4. BASINÇ DAYANIMI DENEYLERİ SONUCU ELDE EDİLEN VERİLERİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

Deneyler sonucunda elde edilen sayısal değerlerin anlamlılığını ve doğruluğunu test etmek için tek yönlü varyans çözümü ve F testi kullanılmıştır.

$$DT = 16.111.371$$

$$\text{Genel Kareler Toplamı GKT} = 1.848.122$$

$$\text{Gruplar Arası Kareler Toplamı GAKT}$$

$$\text{GAKT} = 320.283$$

$$\text{HKT} = 1.527.840$$

$$\text{Genel Serbestlik Derecesi GSD} = 23$$

$$\text{Gruplar Arası Serbestlik Derecesi GASD} = 2$$

$$\text{Hata Serbestlik Derecesi HSD} = 20$$

$$\text{GAKO} = 160.141 \text{ (KÖgenel)}$$

$$\text{HKO} = 76.392 \text{ (KÖhata)}$$

F Test İstatistiği ;

$$F_{2, 20} = 2,096$$

F (α , 2, 20) serbestlik dereceli teorik F dağılımının kritik değerleri;

$$F(0.05, 2, 20) = 3.49, \quad F(0.01, 2, 20) = 5.85, \quad F(0.001, 2, 20) = 9.95$$

Fhesap = 2.096 < 95Ftablo Hipotez kabul edilir.

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

5.1. Limit Değerlere Uygunluk

Her üç ocaktan temin edilen numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda elde edilen değerler TS 2513 ve TS 706 'ya göre değerlendirilmiştir.

• Bazalt ve yoğun kalker cinslerindeki malzemelerin basınç dayanımları TS 2513'e göre en az 500 kgf/cm² olmalıdır. Erdem Ocağı için bu değer 921 kgf/cm² değerini alırken, Koçyiğit ve Üstyapı Ocakları için sırası ile 879 kgf/cm² ve 658 kgf/cm² değerleri bulunmuştur. Üç ocağın da gerekli minimum basınç dayanımını sağladığı anlaşılmıştır.

• Bazalt ve yoğun kalker malzeme için TS 2513'ün kabul ettiği minimum eğilmede çekme dayanımı değeri 40 kgf/cm² 'dir. Deneyler sonucu Erdem, Koçyiğit ve Üstyapı Ocakları'nın eğilmede çekme dayanımı değerleri sırası ile 84, 87 ve 85 kgf/cm² olarak saptanmıştır. Üç ocak da gerekli minimum değerlerin iki katından fazla dayanım sağlamıştır.

• TS 2513'ün uygun bulunduğu minimum birim hacim ağırlığı 2.55 gr/cm³ 'tür. Deneyler ve ölçümler sonucu belirlenen birim hacim ağırlıkları Erdem, Koçyiğit ve Üstyapı Ocakları için sırası ile 2.70, 2.66 ve 2.64 gr/cm³ olup istenen en düşük değerleri aştıkları görülmüştür.

• TS 2513'ün uygun bulunduğu maksimum ağırlıkça su emme (absorbsiyon) değeri % 1.8'dir. Deneyler ve ölçümler sonucu Erdem, Koçyiğit ve Üstyapı Ocakları'nın ağırlıkça su emme oranları sırasıyla % 0.4, % 0.4 ve % 0.5 'tir. Buradan da belirtilen sınır değerlerin çok altında kaldıkları ve istenen şartları sağladıkları anlaşılmıştır.

• Atmosfer etkilerine dayanıklılık konusunda TS 2513'ün belirttiği atmosfer basıncı altında ağırlıkça su emme yeteneği değeri en çok % 0.5 değerine eşitlik halindedir. Erdem, Koçyiğit ve Üstyapı Ocakları'nın ağırlıkça su emme oranları sırasıyla % 0.4, % 0.4 ve % 0.5 'tir. Üç ocaktan alınan numunelerin atmosfer basıncı altında su emme oranlarının sınır değerleri aşmadığı, dolayısı ile atmosfer etkilerine dayanıklı oldukları belirlenmiştir.

• TS 706'ya göre bilyalı tamburla yapılan aşınmaya dayanıklılık (Los Angeles) deneyi sonucunda, 500 dönüş sonunda ağırlıkça %50'den az aşınma yeterli bulunmaktadır. Belirtilen deneyler sonucunda Erdem, Koçyiğit ve Üstyapı Ocakları için bulunan ağırlıkça aşınma oranları sırasıyla %11.9, %10.9 ve %11.3 'tür. Buradan, gerekli aşınma dayanımlarının her üç ocakta da sağlandığı tespit edilmiştir.

5.2. Daha Önce Yapılmış Araştırmalarla Tutarlılık

• Hasanoğlan, Erdem Taşocağı Teknik Raporu'nda (1985), anılan ocakta ortalama 2.8 gr/cm³ birim hacim ağırlığında kireçtaşı olduğu

ifade edilmiştir.(5) Yapılan deneyler sonucu bu ocağa ait birim hacim ağırlığı 2.70 gr/cm^3 olarak tespit edilmiş olup tutarlılık arzetmek-tedir.

- T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü, Araştırma Başmühendisliği, Ankara ili civarındaki taşocaklarına ait laboratuvar sonuçları (6)'na göre Çayyolu mevki İkiizce 1 ve İkiizce 2 Ocakları'nın ağırlıkça aşınma oranları %25 ve absorpsiyon yüzdeleri %0.3'tür. Aynı mevkiideki Koçyiğit Ocağı için bulunan değerler %10.9 ve % 0.4 'tür. Aynı kaynaktan sağlanan Hasanoğlan mevkiindeki Kayadibi Ocağına ait aşınma oranı %27 ve absorpsiyon yüzdesi % 0.2 iken; aynı mevkiideki Erdem ocağı için bulunan değerler aşınma oranı için %11.9 ve absorpsiyon yüzdesi için % 0.4 'tür. Bu kaynaktan Temelli mevki Üstyapı Ocağı için aşınma oranı %31 ve absorpsiyon yüzdesi %0.3 iken; aynı ocak için yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar aşınma oranı için % 11.3 ve absorpsiyon yüzdesi % 0.5 'tir.
- T.C. Ulaştırma Bakanlığı; Demiryollar, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü; Araştırma Daire Başkanlığı, Beton Şube Müdürlüğü'nün 30.05.2001 tarihli Blok Taş Raporu'nda (7) Çayyolu mevki, Koçyiğit Taş Ocağı ile ilgili deney sonuçları ile yapılan deneyler sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılması şöyledir;

	Birim	Anılan Kay.	Deney Son.
Aşınma Oranı (Los Angles)	%	22.4	10.9
Kuru Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm^3	2.704	2.66
Yaş Birim Hacim Ağırlığı	gr/cm^3	2.714	2.67
Absorpsiyon Oranı	%	0.4	0.4

5.3. Değerlendirme

- Deneyler ve hesaplamalar sonucu her üç ocağında gerekli minimum dayanımları sağladıkları ve müsaade edilen sınırları aşmadıkları belirlenmiştir.
- Deneyler ve hesaplamalar sonucu elde edilen değerler daha önce yapılan araştırmalarla paralellik göstermiş, herhangi bir aykırı bulguya rastlanmamıştır. Ağırlıkça aşınma dayanımı oranları diğer araştırmaların bulgularından nispi olarak düşük değerler almıştır.
- Erdem Ocağı yaş ve kuru birim hacim ağırlık olarak en yüksek değerleri sağlamış, Koçyiğit ve Üstyapı Ocakları sırası ile bunu izlemiştir.
- Erdem ve Koçyiğit Ocakları'nın absorpsiyon yüzdeleri birbirine eşit olup Üstyapı Ocağı'nın absorpsiyon değerinden düşük değerler almışlardır.

- Erdem Ocağı en yüksek basınç mukavemetine sahip olurken, Koçyiğit Ocağı buna yakın bir değerle ikinci sırada, Üstyapı Ocağı ise Erdem Ocağı'nın %71'ine yakın bir değerle üçüncü sırada yer almıştır.
- Koçyiğit Ocağı'nın çekmede eğilme mukavemeti en yüksek değeri alırken bunu sırası ile Üstyapı ve Erdem Ocakları izlemiştir.
- Yapılan aşınma oranları tayini sonucu en az aşınma yüzdesi Koçyiğit ocağına ait olmuş, bunu Üstyapı Ocağı izlemiştir. En yüksek aşınma oranı ise Erdem Ocağı'nın olmuştur.
- Deney ve analizler sonucu belirlenen ağırlıkça yüzde don kayıpları incelendiğinde; en büyük ağırlıkça kayıp Üstyapı Ocağı'nda gerçekleşmiş, Koçyiğit Ocağı bu değerlerin yarısından az kayıp verirken Erdem Ocağı aynı kayıp değerinin üçte biri kadar ağırlıkça kayba uğramıştır. Üstyapı Ocağı'nın donma-çözülme etkilerine karşı ağırlıkça kayıp verme bakımından diğer ocakların birkaç misli duyarlı olduğu belirlenmiştir.
- Dona dayanım deneyinden geçirilen numuneler üzerinde yapılan basınç mukavemeti deneylerinde Üstyapı Ocağı, en yüksek "basınç dayanımı kaybını" vermiş, ağırlıkça kayıp sıralamasına paralel olarak bunu Koçyiğit ve Üstyapı ocakları izlemiştir.
- Her üç ocak agregası da alkali - agreg reaktivitesi bakımından zararsız bulunmuş olup alkalinitesi % 0,60 'tan yüksek olsun yada olmasın her çeşit çimento ile kullanılmalarında sakınca bulunmadığı belirlenmiştir.
- Üç ocağın da Schmidt Sertlikleri birbirine çok yakın değerler almış, bu değerlerle "çok sert kaya" sınıflamasında yer almışlardır.
- Yapılan termal genleşme deneyleri sonucu, ısı genleşme katsayıları bakımından Üstyapı Ocağı'nın diğer ocakların yarısına yakın bir katsayıya sahip olduğu, dolayısı ile termal etkilere daha az duyarlı olduğu saptanmıştır.
- Elastisite Modüllerini belirlemeye yönelik olarak yapılan deneyler sonucu en yüksek elastisite modülü, Üstyapı Ocağına ait olurken sırası ile Erdem ve Koçyiğit Ocakları bunu izlemiştir.
- Possion oranlarındaki büyükten küçüğe sıralama, elastisite modüllerindeki sıralamaya paralel olarak Üstyapı, Erdem ve Koçyiğit Ocakları şeklinde gerçekleşmiştir.

6. KAYNAKLAR

1. İsmet AKA, Fikret KESKİNEL, Tevfik Seno ARDA, Betonarmeye Giriş, Birsen Kitabevi, 1985
2. Uğur ERSOY, Betonarme, Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı, Evrim Basım Yayım Dağıtım, 1987
3. Cemalettin BAŞAK, Hazır Betonda Agregası Kalitesinin Denetlenmesi, Hazır Beton Sayı 44, Sayfa 24, 2001.
4. MTA Genel Müdürlüğü, Türkiye Jeoloji Haritaları No.55, Ankara-F15 Paftası, Jeoloji Etüdüleri Dairesi, 1997.
5. Hasanoğlu, Erdem Taşocağı Teknik Raporu, 1985.
6. T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü, 4. Bölge Müdürlüğü, Araştırma Bölümü, Ankara ve Civarındaki Taşocaklarıyla İlgili Deneysel Analizler, 1998.
7. T.C. Ulaştırma Bakanlığı; Demiryollar, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Gen. Md.; Araştırma Daire Başkanlığı, Beton Şube Müdürlüğü Koçyiğit Taşocağı Deneysel Sonuçları , 1995.