

KIRŞEHİR YÖRESİ KIRMATAŞ AGREGALARININ MÜHENDİSLİK ÖZELİKLERİ

Metin ARSLAN* ve **İlhami DEMİR****

*Yapı Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Teknikokullar, Ankara, metina@gazi.edu.tr

** Teknik Programlar Bölümü, Kırşehir Meslek Yüksekokulu, Gazi Üniversitesi, Kırşehir, ildemir@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 11.10.2004; Kabul/Accepted: 07.04.2005)

ÖZET

Bu araştırmada, Kırşehir yöresi taş ocaklarından elde edilen kırmataş agregalarının mühendislik özellikleri incelenmiştir. Seyfe, Obruk, Keçikale (alt), Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Keçikale (üst) ocakları ve Kızılırmak havzasından deney numuneleri alınmıştır. Numuneler üzerinde tane dağılımı, özgül ağırlık, su emme, birim ağırlık, donma çözülme, aşınma dayanımı (Los Angeles), sülfat miktarı, klorür miktarı, alkali-agrega reaksiyonu ve tane şekli tayini deneyleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak; Seyfe, Demirli ve Kızılırmak agregalarının su emme oranlarının yüksek olduğu ayrıca Seyfe agregasında aşınma kaybının da yüksek olduğu, bu agregaların diğer özellikleri bakımından standartlara uygun olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) agregalarının belirtilen özellikleri bakımından en iyi sonuçları verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Agregata, kırmataş, fiziksel özellikler, Kırşehir.

ENGINEERING PROPERTIES OF CRUSHED STONE AGGREGATES IN KIRŞEHİR REGION

ABSTRACT

In this research, the engineering properties of crushed stone aggregates obtained from stone quarries in Kırşehir region are examined. Samples are taken from Seyfe, Obruk, Keçikale (lower part), Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Keçikale (upper part) quarries and Kızılırmak basin. Specific gravity, water absorption, density, freeze-thaw, abrasion resistance, sulphate quantity, chloride quantity, alkali-aggregate reaction and determination of particle shape experiments are conducted on the samples. As a result, it is determined that the water absorption rate of Seyfe, Demirli and Kızılırmak aggregates and the abrasion resistance of Seyfe aggregates are higher than the standard values and the other properties of these aggregate were found convenient with standarts. On the other hand, it is seen that Keçikale (lower part) and Keçikale (upper part) aggregates give the best results in terms of the engineering properties mentioned above.

Keywords: Aggregate, crushed stone, physical properties, Kırşehir.

1. GİRİŞ

Agregaların ekonomik, dayanımlı olmaları beton yapımında kullanılmalarının en önemli nedenlerindedir. Agregata, betonun dayanımı ile birlikte, davranışını, agreganın şekil ve yapısı bağ dayanımını da (aderans) etkilemektedir. Betonun kısa veya uzun süreli performansında aderansın etkisi büyüktür. Agregata granülometrisinin iyi olması halinde, karışımda daha az çimento kullanılabileceği bilinmektedir. Diğer taraftan beton yapımında kullanılan agreganın mineral yapısı, tane şekli, dayanıklılığı, tane dağılımı, don dayanımı, aşınma dayanımı, birim ağırlığı, özgül ağır-

lığı, boşluk oranı, su emmesi, sertliği ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılığı beton dayanıklılığını etkileyen en önemli özellikler olarak görülmektedir [1]. Bu özelliklerin beton yapılmadan önce deneylerle belirlenmesi gerekir.

Kırmataş agregata yüzeylerinin pürüzlü olması nedeniyle çimento hamuru ile agregata arasında kuvvetli bir bağ oluşur. Pürüzlü yüzeyin büyük olması, kırmataş agregata ile çimento hamurunun temas yüzeyinin de o kadar geniş olmasını sağlar. Bu nedenle kırmataş agregata ile üretilen betonların dayanımlarının iyileştiği görülmektedir. Ayrıca agreganın olabildiğince küp

veya küre biçimine yakın olması, beton için elverişli bir durum oluşturmaktadır [2].

Ana kayaç özelliklerinin bilinmesinin kaliteli kırmataş üretiminde önemi büyüktür. Örneğin silis, içeren tridimit ve andezit gibi mineraller alkali-agrega reaksiyonuna neden olduğundan beton için uygun görülmemektedir. Fakat siyah ve beyaz kireçtaşı, granit, bazalt, siyenit gibi doğal taşlardan da kaliteli beton agregası elde edilebilmektedir [1-3].

Kırşehir yöresinde beton üretiminde, Kızılırmak nehrinin Nevşehir il sınırına yakın bölümlerinden elde edilen dere agregası kullanılmaktadır. Kırşehir ilinin güneybatı tarafından Kırıkkale istikametine doğru olan bölgesinde Hirfanlı baraj suyu birikintisi nedeniyle dere agregası temin edilememektedir. Bu durumda, zorunlu olarak Nevşehir'e yakın havzadan elde edilen agregada ise, akıntıyla sürüklenmiş Nevşehir bölgesine ait hafif volkanik tüflü malzemeler bulunmaktadır. Bu nedenle, bölgeden elde edilen agrega beton için çok uygun görülmemektedir. Ayrıca Kızılırmak nehrinin üzerinde bulunan tarihi Kesikköprü'ye yakın bir bölümden agrega alınması, tarihi Kesikköprü'nün bir bölümünün çökmesine neden olmuştur.

Yapılan bu çalışmanın amacı; Kırşehir yöresi farklı taş ocaklarından elde edilen kırmataş agregalarının mühendislik özelliklerini ve betonda kullanılabilirliklerini belirlemektir. Yapı üretiminin her geçen gün artması nedeni ile çok hızlı bir gelişme gösteren inşaat sektörünün temel gereksimi olan kırmataş agrega üretimi büyük önem taşımaktadır.

1.2. İnceleme Alanının Jeolojisi

Çalışma sahalarının bulunduğu yöre ve yakın çevresinde Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik dönemlerine ait kayaçlar bulunmaktadır [4].

1.2.1. Paleozoyik kayaçlar

Kalkandağ formasyonu; gnays, şist, kuvarsit ve amfibolitlerden meydana gelen birim, Kırşehir masifinin alt seviyelerini oluşturmaktadır. Kargasekmezdağ ve Buzlukdağ civarında gnayslar, diğer kısımlarda ise şistler daha yoğun olarak bulunmaktadır. Bölgede Kalkandağ formasyonunun tabanı görülmemektedir. Birimin yaşı Paleozoyik olup, üste doğru Kervansaraydağ formasyonu ve Bozçaldağ formasyonu ile düşey ve yanal yönde geçişlidir [4].

Kargasekmez kuvarsit üyesi; Kargasekmez formasyonu içinde gri renkli ara düzeyler şeklinde yüzeylenen gri, kahve renkli kuvarsitler, orta kalın tabakalı veya masiftirler. Kervansaray dağ formasyonu; Kızıldağ, Naldökendağ, Bozçaldağ, Kervansaraydağ, Buzlukdağ civarında yüzeylenen formasyon, mermer bant ve mercekleri ile biyotit-muskovitsist, kalsilikatikşist, kalşist, kuvarsitşist, piroksenşist, amfibolitşist ve daha az oranda gnays, kalsilikatik gnays, kuvarsit, amfi-

bolit, kloritşist ve talkşistten meydana gelmiştir. Birim paleozoyik yaşlıdır. Bozçaldağ formasyonu; açık gri, beyaz, ender olarak pembe renkli iri sakkoroid dokulu mermerlerden meydana gelmiştir [5].

1.2.2. Mesozoyik kayaçlar

Baranadağ granitoyiti; Bozçaldağın doğusunda ve Karahıdır bölgesinin güneyinde yüzeylenen birim granit granitporfir, riyolit, granidiorit porfir, riyodasitten meydana gelmiştir. Baranadağ Granitoyidi Üst Kretase yaşlıdır [5].

1.2.3. Senozoyik kayaçlar

Kızılırmak formasyonu; bölgede büyük bir alanda yüzeylenen birim, kırmızı, ahve renkli, katmansız, bloklu, çakıllı, kumlu, gevşek, karasal, çamurtaşlarından meydana gelmiştir. Birim içinde tüf, jips, anhidrit, killi kireçtaşı, çakıltası, kumtaşı, bant ve merceklerine de rastlanılmaktadır. Birimin yaşı Üst Miyosen - Piloyosen olup, Üst Miyosen öncesi, temel üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır [6].

Kozaklı kireçtaşı üyesi; Kızılırmak formasyonu içinde yatay konumlu bant ve mercekler şeklinde yer alan Kozaklı Kireçtaşı Üyesi; beyaz, bej, renkli, masif kırıntılı, boşluklu, killi kireçtaşı seviyelerinden meydana gelmiştir [5].

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

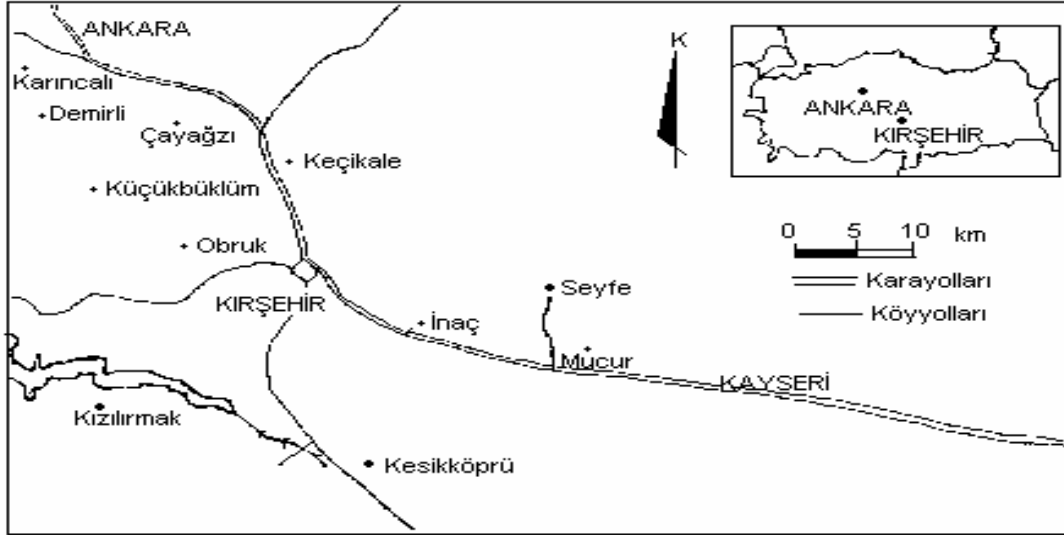
Bu çalışmada, Seyfe, Obruk, Keçikale (alt), Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Keçikale (üst) ocakları ve Kızılırmak dere agregaları örnekleri kullanılmıştır. Deney örneklerinin elde edildiği taş ocakları ve dere agregası sahaları Şekil 2.1'de görüldüğü gibi Kırşehir-Kaman karayolunun 25. km'sinden başlayıp Kırşehir ilinin güneydoğu istikametine doğru 45 km'lik bir hat üzerinde bulunmaktadır.

2.2. Metotlar

2.2.1. Deney örneklerinin hazırlanması

Agrega numuneleri; "TS 707; Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi standardında belirtilen esaslara uygun olarak hazırlanmıştır [7].

Kırmataş numuneleri ile Kızılırmak agrega numunesi üzerinde; elek analizi, özgül ağırlık, su emme, gevşek ve sıkışık birim ağırlık, donma çözülme, aşınma, sülfat miktarı, klorür miktarı, tane şekli ve alkali-agrega reaksiyonu deneyleri Türk Standartları Enstitüsü deney standartlarına göre gerçekleştirilmiştir. Tablo 2.1'de agrega numunelerine ilişkin deney planı görülmektedir.



Şekil 2.1. Kırşehir civarından numune alınan taş ocaklarının yerlerini gösterir harita

2.2.2. İstatistik metotlar

Agrega numunelerinde gerçekleştirilen on ayrı deney türü için sekiz gruba ait istatistik veriler elde edilmiştir. Grupların özgül ağırlık, su emme ve birim ağırlık deney türleri için ayrı ayrı olmak üzere ortalamaları arasında fark olup olmadığı, varyans analizi tekniği ile belirlenmiş, fark bulunan gruplarda, farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Duncan testi kullanılmıştır. Çalışmada yapılan Duncan testlerinde “gruplar arasında fark vardır” kararına varılırken, yanlış olma olasılığı (anlamlılık düzeyi) $\alpha = 0.05$ olarak (1. tip hata) kabul edilmiştir [8].

Ayrıca özgül ağırlık, su emme ve birim ağırlık deneylerinden elde edilen verilerin dağılımlarını ve gruplar arasında dağılım farklılıklarını göstermek amacıyla kutu grafikleri çizilmiştir.

Şekil 2.2’de verilen standart kutu grafiğinde;

- Ortanca çizgisi ile merkezi eğilimler arasındaki ilişki (ortanca çizgisi kutunun ekseninde ise dağılımın normal, ortanca çizgisi 1. çeyrek çizgisine daha yakın ise dağılımın pozitif yönde

çarpık, ortanca çizgisi 3 çeyrek çizgisine daha yakın ise dağılımın negatif yönde çarpık olduğu),

- Kutunun boyu ile verilerin yayılma veya değişkenliği (gözlemlerin %50’sinin değerleri kutu içerisinde yer almakta ise bu durum kutu boyunun uzun olmasını veya değişkenliğin fazla olduğunu) ifade etmektedir [9].

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

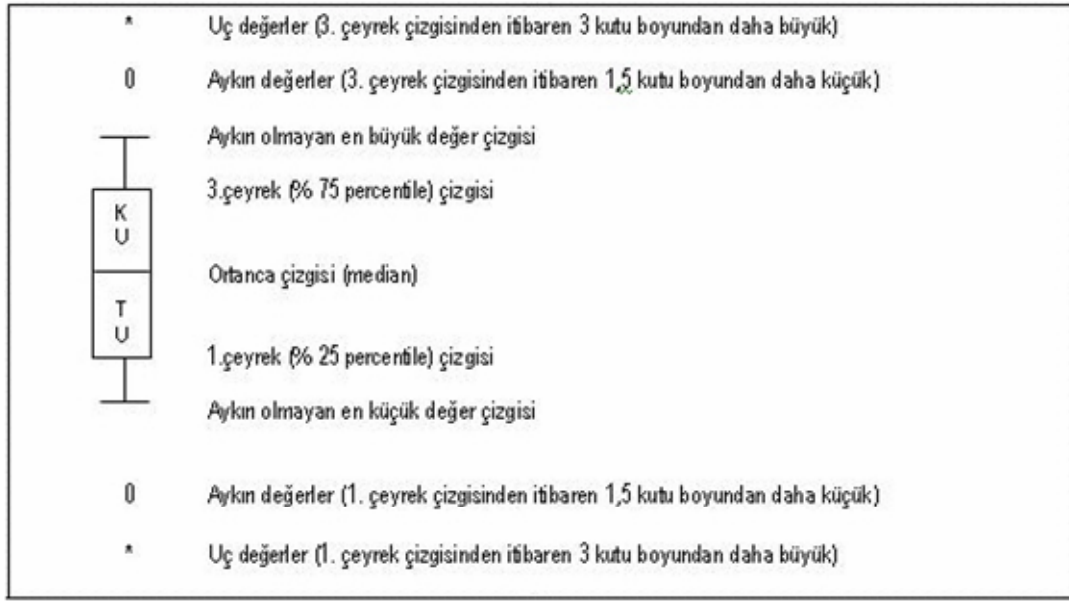
3.1. Saha Özellikleri ve Rezerv

Seyfe, Demirli, Küçükbüklüm, Obruk, İnaç, Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) taş ocakları kristalize kireçtaşından oluştuğu görülmüştür. Kristalize kireçtaşının mineralojik olarak tamamen kalsitten ve çok az miktarda da aragonit kristallerin oluştuğu belirlenmiştir. Genel olarak deney numunelerinin ince kesitinde kalsit>kuvars>serzit izlenmiştir [10].

Kırşehir yöresi taş ocaklarının hesaplanmış tahmini rezervleri şöyledir; Küçükbüklüm 1010000 m³, Demirli 2875000 m³, İnaç 1974000 m³, Keçikale (üst) 2624000 m³, Seyfe 512000 m³, Obruk 2660000 m³ ve Keçikale (alt) 2125000 m³, olarak bulunmuştur [10].

Tablo 2.1. Agreganın numunelerine ilişkin deney planı

| Deney Metodu | TS 707 | TS 3526 | TS 3526 | TS 3529 | TS 3655 | TS 3694 | TS 3674 | TS 3732 | TS 3814 | TS 2817 |
|----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| Deney Türü | Tane dağılımı | Özgül ağırlık | Su emme | Birim ağırlık | Donma çözülme | Aşınma dayanımı | Sülfat miktarı | Klorür miktarı | Tane şekli | Alkali agrega reaksiyonu |
| Grup | Agrega numunesi (Adet) | Agrega numunesi (Adet) | Agrega numunesi (Adet) | Agrega numunesi (Adet) | Agrega numunesi (Adet) | Agrega numunesi (Adet) | Agrega numunesi (Adet) | Agrega numunesi (Adet) | Agrega numunesi (Adet) | Agrega numunesi (Adet) |
| Seyfe | 3 | 30 | 30 | 30 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Obruk | 3 | 30 | 30 | 30 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Keçikale (alt) | 3 | 30 | 30 | 30 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Küçükbüklüm | 3 | 30 | 30 | 30 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Demirli | 3 | 30 | 30 | 30 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| İnaç | 3 | 30 | 30 | 30 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Keçikale (üst) | 3 | 30 | 30 | 30 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Kızılırmak | 3 | 30 | 30 | 30 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Toplam | 24 | 240 | 240 | 240 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |



Şekil 2.2. Standart bir kutu grafiğinin (boxplot) yapısı ve özellikleri

3.2. Tane Dağılımı

Seyfe, Obruk, Keçikale (alt), Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Keçikale (üst) ve Kızılırmak agrega numunelerine ait tane dağılımı sonuçları Tablo 3.1’de verilmiştir.

3.3. Özgül Ağırlık

Seyfe, Obruk, Keçikale (alt), Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Keçikale (üst) ve Kızılırmak ocaklarına ait agrega deney numuneleri üzerinde gerçekleştirilen iri agrega ve ince agrega özgül ağırlık deneylerine ilişkin veriler elde edilmiştir. İri agrega numunelerinin özgül ağırlık değerlerine ilişkin açıklayıcı istatistiksel bilgiler Tablo 3.2’de verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma verilerine göre; Seyfe ile Küçükbüklüm ve Keçikale (üst) ile Keçikale (alt) iri agrega (4-32mm) numuneleri özgül ağırlıkları arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı diğer bütün numunelerin özgül ağırlıkları arasındaki istatistiksel farkın $\alpha= 0.05$ anlamlılık düzeyinde olduğu (Bu çalışmada yapılan Duncan testlerinde “gruplar arasında fark vardır” kararına varılırken, yanılmış olma olasılığı an-

lamlılık düzeyi $\alpha= 0.05$ olarak 1. tip hata olarak kabul edilmiştir) görülmüştür (Tablo 3.3).

Seyfe, Demirli, Obruk, Keçikale (alt) İri agrega numunelerinin özgül ağırlık veri dağılımının pozitif yönde çarpık olduğu, Küçükbüklüm, Keçikale (üst) ve İnaç veri dağılımının negatif yönde çarpık olduğu, (Şekil 2.2’de gösterildiği gibi ortanca çizgisi kutu ekseninde ise, dağılım normal, ortanca çizgisi 1 çeyrek çizgisine daha yakın ise, dağılımının pozitif yönünde çarpık olduğu, ortanca çizgisi 3 çeyrek çizgisine daha yakın ise, dağılımının negatif yönde çarpık olduğu belirtilmektedir.) Kızılırmak veri dağılımının ise normal olduğu görülmüştür (Şekil 3.1). Betonda kullanılacak agreganın özgül ağırlığının 2.5 – 2.8 arasında olması gerekmektedir [11]. İri agrega ortalama özgül ağırlıklarının en büyüğünün 2.78 ile İnaç ocağı agregasına en küçüğü ise 2.56 ile Seyfe ocağı agregasına ait olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre, grupların tamamının özgül ağırlıkları bakımından beton agregası olarak kullanılabilir olduğu görülmektedir.

Tablo 3.1. Kullanılan kırmataş agrega numunelerinin tane dağılım verileri

| Elek Açıklığı (mm) | % Elekten Geçen | | | | | | | |
|--------------------|-----------------|--------|----------------|-------------|---------|--------|----------------|------------|
| | Seyfe | Obruk | Keçikale (alt) | Küçükbüklüm | Demirli | İnaç | Keçikale (üst) | Kızılırmak |
| 31.5 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 16 | 78.00 | 80.40 | 78.38 | 78.25 | 77.25 | 82.25 | 78.84 | 82.62 |
| 8 | 55.75 | 62.80 | 61.22 | 58.50 | 65.25 | 60.15 | 61.78 | 58.34 |
| 4 | 50.00 | 47.20 | 50.12 | 50.50 | 51.00 | 49.89 | 51.24 | 46.56 |
| 2 | 35.50 | 33.60 | 35.77 | 34.50 | 34.00 | 34.08 | 35.28 | 36.50 |
| 1 | 24.00 | 25.20 | 24.90 | 25.50 | 24.50 | 23.04 | 25.48 | 25.50 |
| 0.5 | 16.50 | 15.60 | 18.13 | 19.50 | 18.00 | 16.80 | 18.13 | 13.00 |
| 0.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

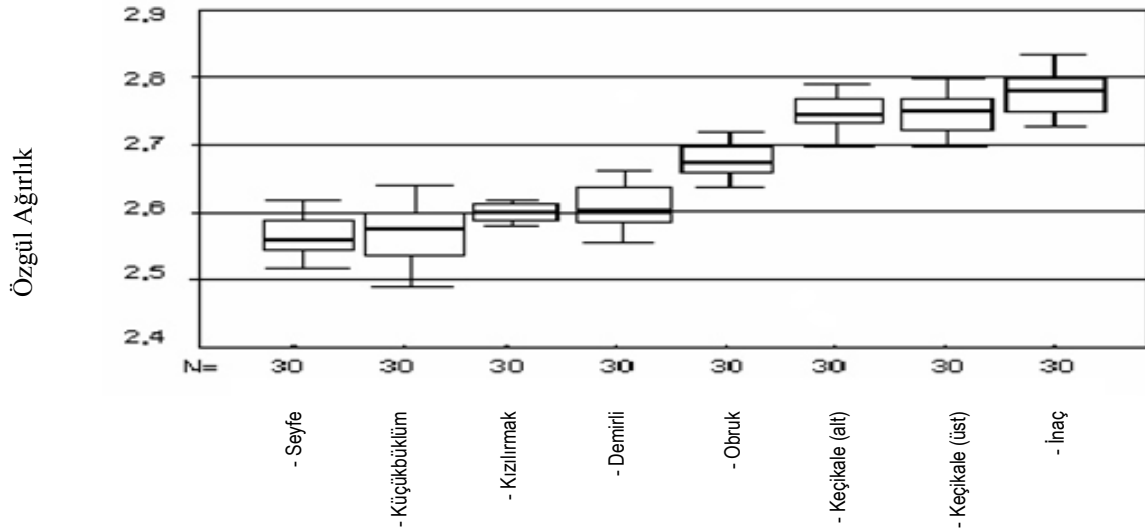
Tablo 3.2. İri agrega (4-32mm) numunelerinin özgül ağırlıklarına ilişkin açıklayıcı istatistikler

| Ocak | En Büyük | En Küçük | Standard Sapma | Aritmetik Ortalama |
|----------------|----------|----------|----------------|--------------------|
| Seyfe | 2.61 | 2.51 | 0.316 | 2.56 |
| Küçükbüklüm | 2.65 | 2.45 | 0.560 | 2.57 |
| Kızılırmak | 2.63 | 2.58 | 0.163 | 2.60 |
| Demirli | 2.69 | 2.56 | 0.394 | 2.62 |
| Obruk | 2.72 | 2.64 | 0.250 | 2.68 |
| Keçikale (üst) | 2.80 | 2.70 | 0.306 | 2.75 |
| Keçikale (alt) | 2.79 | 2.70 | 0.285 | 2.76 |
| İnaç | 2.85 | 2.73 | 0.343 | 2.78 |

Tablo 3.3. İri agrega (4-32mm) özgül ağırlık verilerinin Duncan testi sonuçları

| Ocak | $\alpha=0.05^*$ | | | | | |
|----------------|-----------------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Seyfe | 2.56 | | | | | |
| Küçükbüklüm | 2.57 | | | | | |
| Kızılırmak | | 2.60 | | | | |
| Demirli | | | 2.62 | | | |
| Obruk | | | | 2.68 | | |
| Keçikale (üst) | | | | | 2.75 | |
| Keçikale (alt) | | | | | 2.76 | |
| İnaç | | | | | | 2.78 |

(*)Gruplar arasında $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır.

**Şekil 3.1.** İri agrega numuneleri özgül ağırlık verileri kutu grafiği

İnce agrega numunelerinin özgül ağırlık değerlerine ilişkin açıklayıcı istatistiksel bilgiler Tablo 3.4'te verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma verilerine göre; Seyfe ile Kızılırmak numunelerinin Küçükbüklüm ile Demirli numunelerinin, Obruk ile Keçikale (üst) ve Keçikale (alt) numunelerinin, Keçikale (üst) ile Keçikale (alt) ve İnaç ince agrega (0-4mm) numunelerinin özgül ağırlıkları arasındaki farkın istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı görülmüştür (Tablo 3.5).

Obruk ve Keçikale (üst) ince agrega numunelerinin özgül ağırlık veri dağılımının pozitif yönde çarpık olduğu, Demirli ve Keçikale (alt) veri dağılımının negatif yönde çarpık olduğu, İnaç, Seyfe, Küçükbüklüm ve Kızılırmak veri dağılımının ise normal olduğu görülmüştür (Şekil 3.2). Gruplara ait numunelerin ince agrega ortalama özgül ağırlıkları 2.54-2.74 arasında yer almaktadır. En küçük özgül ağırlığın 2.54 ile Seyfe numunelerine ait, en büyük özgül ağırlığın

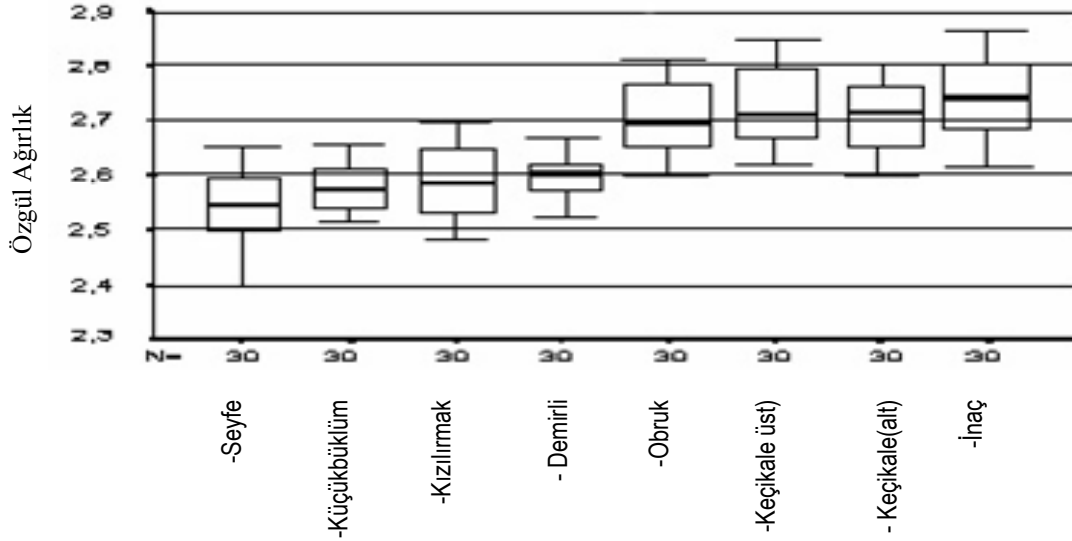
Tablo 3.4. İnce agrega (0-4mm) numunelerinin özgül ağırlıklarına ilişkin açıklayıcı istatistikler

| Ocak | En Büyük | En Küçük | Standart Sapma | Aritmetik Ortalama |
|----------------|----------|----------|----------------|--------------------|
| Seyfe | 2.65 | 2.41 | 0.703 | 2.54 |
| Kızılırmak | 2.67 | 2.45 | 0.621 | 2.55 |
| Küçükbüklüm | 2.70 | 2.51 | 0.560 | 2.57 |
| Demirli | 2.66 | 2.52 | 0.360 | 2.59 |
| Obruk | 2.81 | 2.59 | 0.695 | 2.69 |
| Keçikale (üst) | 2.84 | 2.56 | 0.788 | 2.71 |
| Keçikale (alt) | 2.83 | 2.61 | 0.669 | 2.72 |
| İnaç | 2.85 | 2.61 | 0.697 | 2.74 |

Tablo 3.5. İnce agrega (0-4mm) özgül ağırlık verilerinin Duncan testi sonuçları

| Ocak | $\alpha = 0.05^*$ | | | |
|----------------|-------------------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Seyfe | 2.54 | | | |
| Kızılırmak | 2.55 | | | |
| Küçükbüklüm | | 2.57 | | |
| Demirli | | 2.59 | | |
| Obruk | | | 2.69 | |
| Keçikale (üst) | | | 2.71 | 2.71 |
| Keçikale (alt) | | | 2.72 | 2.72 |
| İnaç | | | | 2.74 |

(*) Gruplar arasında $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır.

**Şekil 3.2.** İnce agrega numuneleri özgül ağırlık verileri kutu grafiği

ise 2.74 ile İnaç numunelerine ait olduğu görülmüştür. Gruplara ait numunelerin tamamının özgül ağırlıkları bakımından normal beton agregası olarak kullanılabilir olduğu görülmektedir.

3.4. Su Emme Oranı

Seyfe, Obruk, Keçikale (alt), Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Keçikale (üst) ve Kızılırmak sahalarına ait iri agrega numunelerinin su emme değerlerine ilişkin açıklayıcı istatistiksel bilgiler Tablo 3.6'da verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırmasına göre; Keçikale (üst) ile Keçikale (alt) iri agrega numuneleri arasındaki farklılığın istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı diğer

bütün iri agrega numunelerinin su emme oranı arasındaki farkın $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyinde olduğu görülmüştür (Tablo 3.7).

İnaç ve Seyfe numunelerinin su emme veri dağılımının pozitif yönde çarpık olduğu, Obruk, Keçikale (üst), Keçikale (alt), Küçükbüklüm, Demirli ve Kızılırmak veri dağılımının normal olduğu görülmüştür (Şekil 3.3). Beton agregasında su emme oranı %1'den az olması gerekmektedir [12]. Agregada numunelerinin en küçük su emme oranı %0.59 ile Obruk numunelerine, en büyük su emme oranı ise % 1.31 ile Seyfe numunelerine ait olduğu, yine bu gruplara ait numunelerden Kızılırmak numunelerinin su emme oranı %1.21 olarak standart değer olan % 1'den büyük

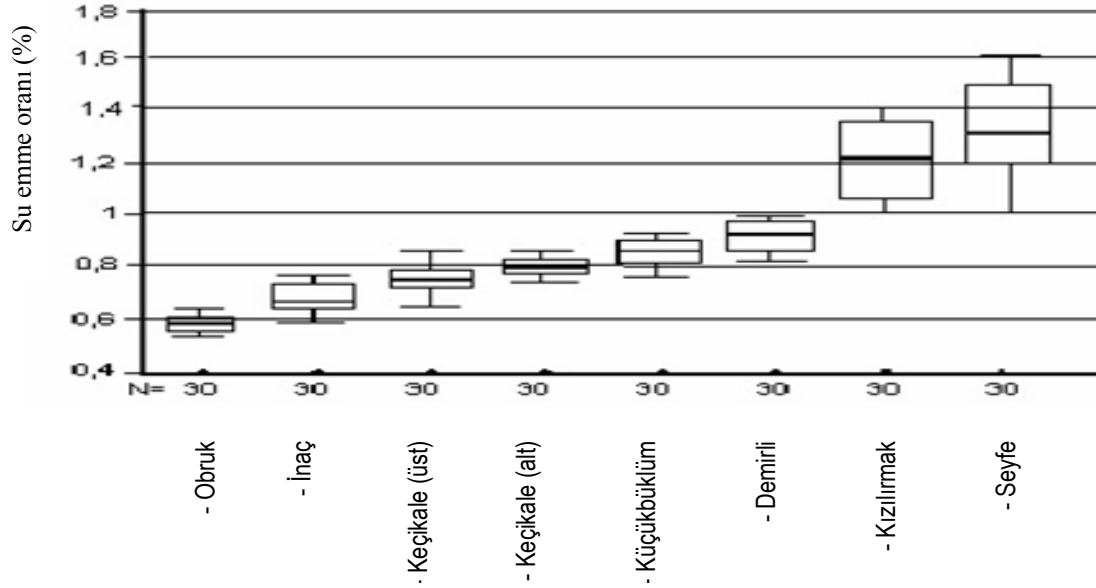
Tablo 3.6. İri agrega (4-32mm) numuneleri su emme oranlarına ilişkin açıklayıcı istatistikler

| Ocak | En Büyük (%) | En Küçük (%) | Standart Sapma | Aritmetik Ortalama (%) |
|----------------|--------------|--------------|----------------|------------------------|
| Obruk | 0.61 | 0.57 | 0.127 | 0.59 |
| İnaç | 0.72 | 0.61 | 0.315 | 0.67 |
| Keçikale (üst) | 0.82 | 0.70 | 0.322 | 0.76 |
| Keçikale (alt) | 0.84 | 0.77 | 0.217 | 0.80 |
| Küçükbüklüm | 0.94 | 0.78 | 0.492 | 0.86 |
| Demirli | 0.99 | 0.85 | 0.452 | 0.92 |
| Kızılırmak | 1.4 | 1 | 0.117 | 1.21 |
| Seyfe | 1.6 | 1 | 0.186 | 1.31 |

Tablo 3.7. İri agrega (4-32mm) su emme oranların Duncan testi sonuçları

| Ocak | $\alpha=0.05^*$ | | | | | | |
|----------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Obruk | 0.59 | | | | | | |
| İnaç | | 0.67 | | | | | |
| Keçikale (üst) | | | 0.76 | | | | |
| Keçikale (alt) | | | 0.80 | | | | |
| Küçükbüklüm | | | | 0.86 | | | |
| Demirli | | | | | 0.92 | | |
| Kızılırmak | | | | | | 1.21 | |
| Seyfe | | | | | | | 1.31 |

(*)Gruplar arasında $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır.

**Şekil 3.3.** İri agrega numuneleri su emme oranlarına ilişkin kutu grafiği

değer aldığı görülmektedir (Tablo 3.6). İri agrega su emme oranı bakımından Kızılırmak ve Seyfe numuneleri hariç diğer grup numunelerin su emme oranı bakımından beton agregası olarak kullanılabilir olduğu görülmektedir.

İnce agrega numunelerinin su emme değerlerine ilişkin açıklayıcı istatistiksel bilgiler Tablo 3.8'de verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırmasına göre; Obruk ile İnaç numunelerinin, Keçikale (alt), Küçükbüklüm ve Keçikale (üst) numunelerinin, Demirli ile Seyfe ve Kızılırmak numunelerinin su emme oranının miktarı arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı görülmüştür (Tablo 3.9).

İnaç, Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) numunelerinin su emme veri dağılımının pozitif yönde çarpık olduğu, Demirli ve Kızılırmak numunelerinin ise negatif yönde çarpık olduğu, Obruk, Küçükbüklüm ve Seyfe veri dağılımının ise normal olduğu, görülmüştür (Şekil 3.4). Beton agregalarının su emme oranı %1'den az olması gerekmektedir [12]. Gruplara ait numunelerden Obruk %0.66, İnaç %0.70 ve Keçikale (alt) %1 değeri ile %1 standart değerden küçük olduğu görülmektedir. Diğer taraftan Küçükbüklüm %1.03, Keçikale (üst) %1.04, Demirli %1.19, Seyfe %1.20 ve Kızılırmak %1.22 su emme oranı ile %1 olan standart değer üzerinde su emme oranına sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 3.8. İnce agrega (0-4mm) su emme oranlarına ilişkin açıklayıcı istatistikler

| Ocak | En Büyük (%) | En Küçük (%) | Standart Sapma | Aritmetik Ortalama (%) |
|----------------|--------------|--------------|----------------|------------------------|
| Obruk | 0.70 | 0.60 | 0.310 | 0.66 |
| İnaç | 0.75 | 0.66 | 0.268 | 0.70 |
| Keçikale (alt) | 1.09 | 0.93 | 0.456 | 1.00 |
| Küçükbüklüm | 1.19 | 0.91 | 0.916 | 1.03 |
| Keçikale (üst) | 1.20 | 0.92 | 0.790 | 1.04 |
| Demirli | 1.40 | 0.92 | 0.013 | 1.19 |
| Seyfe | 1.39 | 1.00 | 0.011 | 1.20 |
| Kızılırmak | 1.39 | 1.07 | 0.998 | 1.22 |

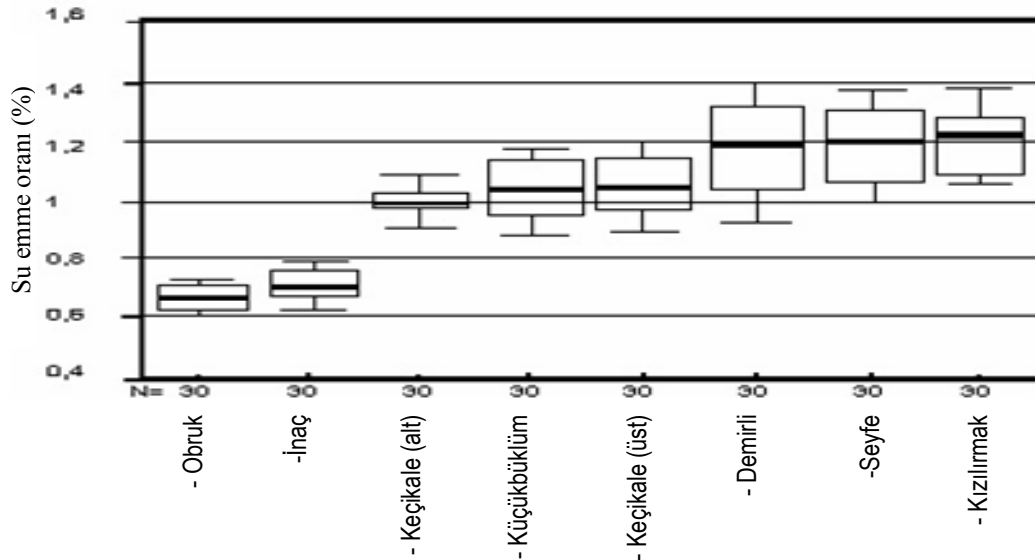
Tablo 3.9. İnce agrega (0-4mm) su emme oranlarının Duncan testi sonuçları

| Ocak | $\alpha = 0.05^*$ | | |
|----------------|-------------------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Obruk | 0.66 | | |
| İnaç | 0.70 | | |
| Keçikale (alt) | | 1.00 | |
| Küçükbüklüm | | 1.03 | |
| Keçikale (üst) | | 1.04 | |
| Demirli | | | 1.19 |
| Seyfe | | | 1.20 |
| Kızılırmak | | | 1.22 |

(*) Gruplar arasında $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır.

3.5. Gevşek ve Sıkışık Birim Ağırlık

Seyfe, Obruk, Keçikale (alt), Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Keçikale (üst) ve Kızılırmak ocakları agrega numuneleri üzerinde gerçekleştirilen gevşek ve sıkışık birim ağırlık verileri (gr/cm^3) cinsinden elde edilmiştir. Gevşek birim ağırlık değerlerine ilişkin açıklayıcı istatistiksel bilgiler Tablo 3.10'da verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırmasına göre; Seyfe Kızılırmak ve Obruk numunelerinin, Keçikale (alt) ile Keçikale (üst) numunelerinin gevşek birim ağırlıkları arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı, diğer bütün numunelerin gevşek birim ağırlıkları arasındaki farkın $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyinde olduğu görülmüştür (Tablo 3.11). Demir numunelerinin gevşek birim ağırlıklarının negatif yönde çarpık olduğu,

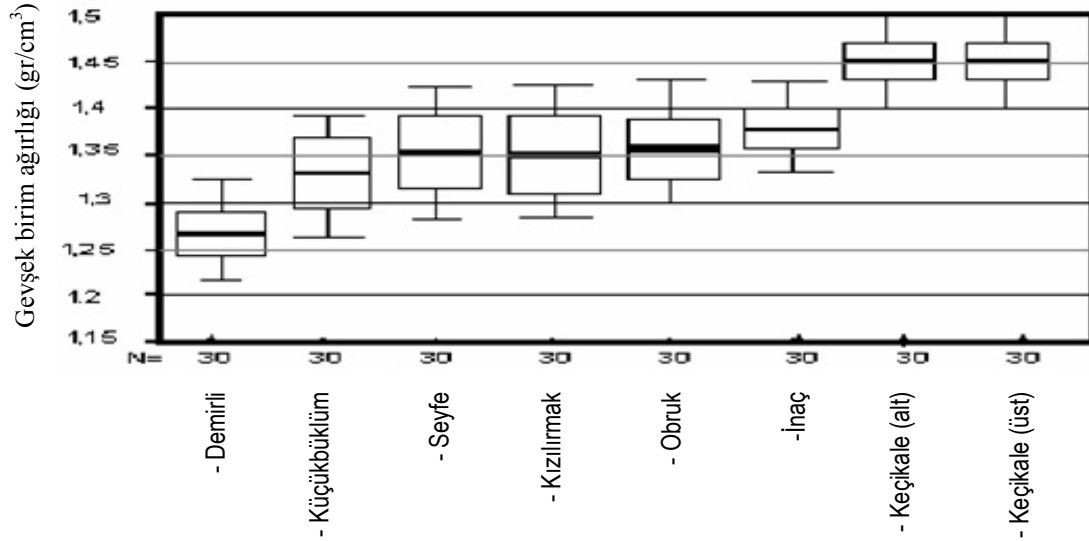
**Şekil 3.4.** İnce agrega su emme oranlarına ilişkin kutu grafiği**Tablo 3.10.** Agrega numunelerinin gevşek birim ağırlığı değerlerine ilişkin açıklayıcı istatistikler

| Ocak | En Büyük (gr/cm^3) | En Küçük (gr/cm^3) | Standart Sapma | Aritmetik Ortalama (gr/cm^3) |
|----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------|--|
| Demirli | 1.295 | 1.207 | 0.255 | 1.246 |
| Küçükbüklüm | 1.363 | 1.236 | 0.422 | 1.305 |
| Seyfe | 1.380 | 1.265 | 0.400 | 1.320 |
| Kızılırmak | 1.381 | 1.256 | 0.422 | 1.324 |
| Obruk | 1.385 | 1.275 | 0.324 | 1.328 |
| İnaç | 1.389 | 1.324 | 0.196 | 1.354 |
| Keçikale (alt) | 1.472 | 1.373 | 0.268 | 1.418 |
| Keçikale (üst) | 1.478 | 1.381 | 0.268 | 1.422 |

Tablo 3.11. Agrega numunelerinin gevşek birim ağırlık verilerinin Duncan testi sonuçları

| Ocak | $\alpha=0.05^*$ | | | | |
|----------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Demirli | 1.246 | | | | |
| Küçükbüklüm | | 1.305 | | | |
| Seyfe | | | 1.320 | | |
| Kızılırmak | | | 1.324 | | |
| Obruk | | | 1.328 | | |
| İnaç | | | | 1.354 | |
| Keçikale (alt) | | | | | 1.418 |
| Keçikale (üst) | | | | | 1.422 |

(*)Gruplar arasında $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır.

**Şekil 3.5.** Agrega numunelerinin gevşek birim ağırlık verileri kutu grafiği

Küçükbüklüm, Seyfe, Kızılırmak, Obruk, Keçikal (üst) ve Keçikale (alt) grupların veri dağılımlarının normal olduğu görülmüştür (Şekil 3.5).

Beton agrelarının minimum birim ağırlığı 1.1 gr/cm^3 olması gerekmektedir [13]. Gruplara ait numunelerin en küçük gevşek birim ağırlığı 1.246 gr/cm^3 ile Demirli numunelerine ait, en büyük birim ağırlık ise 1.422 gr/cm^3 ile Keçikale (üst)'e ait olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre; numunelerin tamamının beton agregası olarak kullanımının uygun olduğu görülmektedir.

Sıkışık birim ağırlık değerlerine ilişkin açıklayıcı istatistiksel bilgiler Tablo 3.12'de verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırmasına göre; Demirli ile Küçükbüklüm numunelerinin, Seyfe ile İnaç numunelerinin,

İnaç ile Kızılırmak numunelerinin, Kızılırmak ile Obruk numunelerinin, Keçikale (üst) ile Keçikale (alt) numunelerinin istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı görülmüştür (Tablo 3.13).

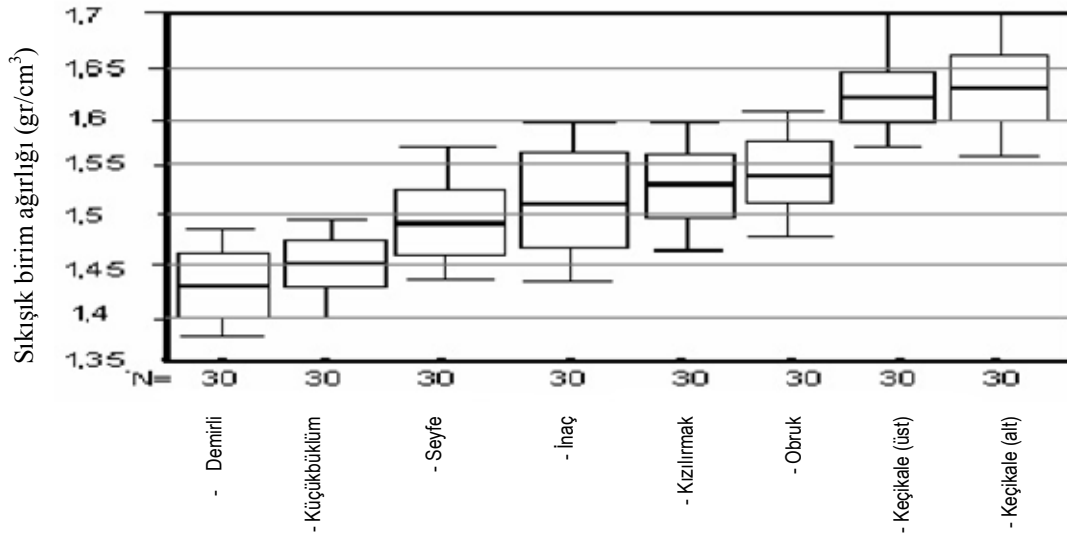
Demirli, Küçükbüklüm, Seyfe, İnaç, Kızılırmak, Obruk, Keçikale (üst) ve Keçikale (alt) grupların veri dağılımlarının normal olduğu görülmüştür (Şekil 3.6). Beton agregalarının en küçük birim ağırlığı 1.1 gr/cm^3 olması gerekmektedir [13]. Gruplara ait numunelerin en küçük sıkışık birim ağırlığı 1.403 gr/cm^3 ile Demirli numunelerine ait, en büyük birim ağırlık ise 1.599 gr/cm^3 ile Keçikale (alt)'a ait olduğu görülmektedir. Bu verilere göre numunelerin tamamının beton agregası olarak kullanımının uygun olduğu görülmektedir.

Tablo 3.12. Agrega numunelerinin sıkışık birim ağırlığı istatistiksel dağılımı

| Ocak | En Büyük (gr/cm^3) | En Küçük (gr/cm^3) | Standart Sapma | Aritmetik Ortalama (gr/cm^3) |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|---|
| Demirli | 1.462 | 1.354 | 0.339 | 1.403 |
| Küçükbüklüm | 1.481 | 1.373 | 0.342 | 1.422 |
| Seyfe | 1.540 | 1.393 | 0.442 | 1.472 |
| İnaç | 1.570 | 1.393 | 0.596 | 1.481 |
| Kızılırmak | 1.560 | 1.432 | 0.422 | 1.501 |
| Obruk | 1.579 | 1.442 | 0.434 | 1.511 |
| Keçikale (üst) | 1.668 | 1.521 | 0.442 | 1.590 |
| Keçikale (alt) | 1.672 | 1.530 | 0.439 | 1.599 |

| Ocak | $\alpha=0.05^*$ | | | | |
|----------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Demirli | 1.403 | | | | |
| Küçükbüklüm | 1.422 | | | | |
| Seyfe | | 1.472 | | | |
| İnaç | | 1.481 | 1.481 | | |
| Kızılırmak | | | 1.501 | 1.501 | |
| Obruk | | | | 1.511 | |
| Keçikale (üst) | | | | | 1.590 |
| Keçikale (alt) | | | | | 1.599 |

(*)Gruplar arasında $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır.



Şekil 3.6. Agrega numunelerinin sıkışık birim ağırlık verileri kutu grafiği

3.6. Sodyum Sülfat Don Kaybı

Keçikale (üst), Obruk, Keçikale (alt), İnaç, Küçükbüklüm, Demirli, Seyfe ve Kızılırmak agregasına ait deney numunelerinin donma-çözülme kaybı Tablo 3.14'te görülmektedir.

Tablo 3.14'e göre; agreganın en küçük ağırlık kaybı 0.48 ile Keçikale (üst) grubuna, en büyük kaybı ise 6.34 ile Kızılırmak agrega grubuna ait olduğu görülmektedir. TS 706 madde 1.2.5'de agregaların sodyum sülfat çözeltisi ile ağırlık kaybı oranının % 15'den az olması gerektiği açıklanmaktadır [14]. Grupların tamamının standart sınır değerinin altında olduğu ve beton agregası olarak kullanılabilir olduğu görülmektedir.

3.7. Aşınma Dayanımı

Seyfe, Obruk, Keçikale (alt), Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Keçikale (üst) ve Kızılırmak agregalarında gerçekleştirilen Los Angeles aşınma dayanım oranlarına ilişkin veriler Tablo 3.14'te görülmektedir.

Tablo 3.14'e göre; en küçük aşınma değerinin %22.72 ile Kızılırmak grubuna ait olduğu, en büyük değer ise %54.9 ile Seyfe grubuna ait olduğu görülmektedir. TS 706 madde 1.2.4'te belirtilen aşınma aletinin 500 dönüş sonrası en çok kayıp miktarı %50 olması gerekmektedir [14]. Gruplara ait numunelerin aşınmalarının Seyfe grubu hariç öngörülen standart değerinin altında olduğu ve beton agregası olarak kullanılabilir olduğu görülmektedir.

3.8. Sülfat Miktarı

Seyfe, Obruk, Keçikale (alt), Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Keçikale (üst) ve Kızılırmak agrega gruplarındaki sülfat miktarlarına ilişkin veriler Tablo 3.14'te görülmektedir.

Tablo 3.14'e göre: Seyfe ve Demirli sahalarından elde edilen numunelerde sülfat bulunmadığı, Kızılırmak agregalarında %0.02, Küçükbüklüm, İnaç, Keçikale (üst), Obruk ve Keçikale (alt) agregalarında %0.01 oranında sülfat bulunduğu görülmüştür. TS 706 madde 1.2.6.4'e göre; sülfat miktarı ağırlıkça %1'den

Tablo 3.14. Kırşehir yöresi agregaların fiziksel ve kimyasal özellikleri

| Agrega ocağı Özellikler | Küçükbüklüm | Seyfe | Demirli | İnaç | Obruk | Keçikale (alt) | Keçikale (üst) | Kızılırmak | Sınır değer |
|---|-------------|-------|---------|-------|-------|-------------------|-------------------|------------|----------------|
| İri agrega özgül ağırlığı | 2.57 | 2.56 | 2.62 | 2.78 | 2.68 | 2.76 | 2.75 | 2.60 | 2.40 |
| İnce agrega özgül ağırlığı | 2.57 | 2.54 | 2.59 | 2.74 | 2.69 | 2.72 | 2.71 | 2.55 | 2.40 |
| İri agrega su emme (%) | 0.86 | 1.31 | 0.92 | 0.62 | 0.59 | 0.80 | 0.76 | 2.21 | 1.00 |
| İnce agrega su emme (%) | 1.03 | 1.20 | 1.19 | 0.70 | 0.66 | 1.00 | 1.04 | 1.22 | 1.00 |
| Gevşek birim ağırlık (gr/cm ³) | 1.305 | 1.320 | 1.246 | 1.354 | 1.328 | 1.418 | 1.422 | 1.324 | 1.177 |
| Sıkışık birim ağırlık (gr/cm ³) | 1.422 | 1.472 | 1.403 | 1.481 | 1.511 | 1.590 | 1.599 | 1.501 | 1.177 |
| Don kaybı (%) | 2.6 | 3.9 | 3.1 | 2.1 | 0.45 | 0.53 | 0.42 | 6.34 | 15 |
| Aşınma oranı (%) | 33.8 | 54.9 | 45.9 | 24 | 30.5 | 29.5 | 28.9 | 22.77 | 50 |
| Sülfat miktarı (%) | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 1.0 |
| Klorür miktarı (%) | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.2 |
| Kusurlu tane oranı (%) | 4.41 | 7.77 | 9.07 | 3.89 | 4.83 | 3.02 | 2.59 | 8.08 | 50 |
| Rc alkali azalması m mol/l | 40 | 40 | 60 | 60 | 80 | 270 | 90 | 200 | |
| Sc çözünen silika m mol/l | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 8.4 | 2.6 | 5.00 | 4.5 | 7.1 | |

çok olmaması gerektiği açıklanmaktadır [14]. Gruplara ait numunelerin sülfat miktarı öngörülen standart değerlerin altında ve sülfat miktarı bakımından beton agregası olarak kullanılabilir olduğu görülmektedir.

3.9. Klorür Miktarı

Seyfe, Obruk, Keçikale (alt), Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Keçikale (üst) ve Kızılırmak agrega sahalarının klorür miktarlarına ilişkin veriler Tablo 3.14'te görülmektedir.

Küçükbüklüm, Keçikale (üst) ve Seyfe numunelerinde klorür bulunmadığı, Keçikale (alt) ve Kızılırmak'ta %0.01, Demirli ve Obruk'ta %0.02, İnaç'ta ise %0.03 klorür bulunduğu görülmüştür. TS 706 madde 1.2.6.5'e göre klorür miktarı ağırlıkça %0.2'den fazla olmaması gerekmektedir [14]. Sahalardaki klorür miktarı ön görülen standart değerlerin altında ve klorür miktarı bakımından beton agregası olarak kullanılabilir olduğu görülmektedir (Tablo 3.14).

3.10. Tane Şekli

Seyfe, Obruk, Keçikale (alt), Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Keçikale (üst) ve Kızılırmak sahalarına ait agrega tane şekillerine ilişkin veriler Tablo 3.14'te görülmektedir.

Tablo 3.14'e göre; en küçük boyutun en büyük boyuta oranı 1/3 olan ve belirleme aygıtından geçen hava kuru tanelerinin yüzdesinde en küçük değer %2.59 ile Keçikale (üst)'e, en büyük değer %9.07 ile Demirli sahasına ait olduğu görülmüştür. Diğer taraftan, Kızılırmak sahasında bu değer %8.08 ile maksimum değere yakın olduğu belirlenmiştir.

TS 706'ya göre; tanelerin en büyük boyutunun en küçük boyutuna oranı 3'ten büyük olan taneler şekilce

yassı ve uzun olması nedeniyle kusurlu tanelerdir. Şekilce kusurlu taneler agrega içinde % 50'den fazla olmaması gerekmektedir (8mm tane büyüklüğündeki agregalar için) [14]. Agreganın numunelerinin tamamının tane şekli bakımından standart verilere göre uygun ve tane şekli bakımından beton agregası olarak kullanılabilir olduğu görülmektedir.

3.11. Alkali Agreganın Reaktivitesi

Küçükbüklüm, Seyfe, Demirli, Keçikale (üst), Obruk, İnaç, Keçikale (alt) ve Kızılırmak agrega numuneleri üzerinde gerçekleştirilen alkali agrega reaktivitesi değerlerine ilişkin veriler Tablo 3.14'te görülmektedir.

Tablo 3.14'e göre; en küçük alkali azalması 40 mmol/l ile Küçükbüklüm ve Seyfe sahalarına ait, en büyük alkali azalması 270 mmol/l ile Keçikale (alt)'a ait olduğu görülmektedir. Çözünen silika ise; en küçük 1.6 mmol/l ile Küçükbüklüm, Seyfe ve Demirli sahalarına ait, en büyük 8.4 mmol/l ile İnaç sahasına ait olduğu görülmüştür. TS 2517 madde 4'e göre; alkali azalması (Rc) ve çözünmüş silis (Sc) değerleri kullanılarak TS 2517 madde 4 Şekil 2'deki grafik yardımı ile söz konusu agreganın yerinin saptanacağı belirtilmektedir [15]. Sahaların tamamı alkali azalması bakımından standartta belirtilen zararsız agregalar (I bölge içerisinde) bölümünde oluştuğu görülmektedir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Kırşehir yöresindeki Seyfe, Obruk, Keçikale (alt), Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Keçikale (üst) sahalarından elde edilen kırmataş agregalar ve Kızılırmak (Kesikköprü mevki) dere agregası grupları üzerinde gerçekleştirilen deney sonuçlarına göre; özgül ağırlıkları düşük olan agregaların, don oranı, aşınma oranı ve kusurlu tane oranının yüksek olduğu görülmektedir.

Diğer taraftan özgül ağırlıkları, gevşek ve sıkışık birim ağırlıkları, donma ve çözülme dayanımı, klorür ve sülfat miktarı, tane şekli ve alkali azalması bakımından grupların tamamının standartlara uygun olduğu görülmektedir. Fakat su emme oranları bakımından gruplardan Kızılırmak, Demirli ve Seyfe'nin standartların üzerinde olduğu, diğer grup agregaların su emme oranlarının beton agregası olarak standartlara uygun olduğu, aşınma dayanımında ise Seyfe grubu hariç diğer grupların beton agregası olarak standartlara uygun olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak; Küçükbüklüm, Obruk, İnaç, Keçikale (alt), ve Keçikale (üst) kırmataş agregalarının tane dağılımı, özgül ağırlık, su emme, birim ağırlık, dona dayanıklılık, aşınma, sülfat miktarı, klorür miktarı, tane şekli ve alkali-agrega reaktivitesi bakımından beton yapımında kullanılabilir özellikleri taşıdığı görülmüştür. Bunlar arasından Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) kırmataş agregalarının gruplar arasında en iyi beton agregası özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Erdoğan, Y.T., **Beton**, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 62-63, 2003.
2. Postacıoğlu, B., **Bağlayıcı maddeler, Agregalar, Beton**, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, Cilt II, İstanbul, 202-209, 1987.
3. Akman, M. S., "Beton Agregaları, Fiziksel, Petrografik ve Kimyasal Nitelikleri", **Beton Semineri**, 6-10 Şubat 1984, Devlet Su İşleri Yayını, Ankara, 16, 1984.
4. Kara, H., **1/100 000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi Kırşehir G18 Paftası**, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, 37, 1, 1991.
5. **Kırşehir Kireç Kalker Taş Ocağı Ç.E.D. Ön Araştırma Raporu**, Barkısan A.Ş. Kırşehir, 7,8, 2000.
6. Yavuz, E., **Orta Anadolu Masifinin (Kırşehir Yöresi) Metamorfizma yaşı üzerine K/ Ar Yöntemi ile Bir İnceleme**, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 19, 1981.
7. TS 707, "Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 1980.
8. Neter, J., vd., "Applied Statistics, 3th edition", **Alynn and Baconinc.**, London, 1988.
9. Norusis, M., J., "SPSS for Windows Base System Users Guide Release 6.0", **SPSS Inc.**, Chicago, 1993.
10. Demir, İ., **Kırşehir Yöresi Kırmataş Agregalarının Mühendislik Özellikleri** Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 73, 84, 2003.
11. Erdoğan, Y. T., **Betonu Oluşturan Malzemeler, Agregalar**, THBB, Ankara, 88-90, 1995.
12. Şimşek, O., **Yapı malzemesi-2**, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 51, 2000.
13. Murdock, L. J., vd. **Concrete Materials and Practice**, 6 th edition, A division of Hodder & Slonghlon, London, 27, 1991.
14. TS 706 EN 12620, "Beton Agregaları", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 2003.
15. TS 2517, "Alkali Agregası Reaktivitesinin Kimyasal Yolla Tayini", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 1977.