

133486

**KIRŞEHİR YÖRESİ KIRMATAŞ
AGREGALARININ
MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ**

İlhami DEMİR

**DOKTORA TEZİ
YAPI EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2003
ANKARA**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

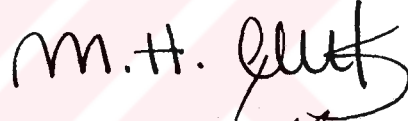
İlhami DEMİR tarafından hazırlanan KIRŞEHİR YÖRESİ KIRMATAŞ AGREGALARININ MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ adlı bu tezin doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



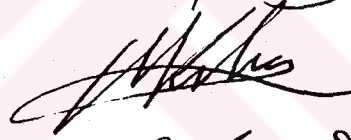
Prof. Dr. Metin ARSLAN
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Yapı Eğitimi Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. M. Haluk ÇELİK



Üye : Prof. Dr. Mustafa Y. KILINÇ

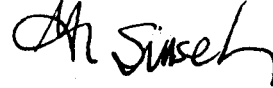


Üye : Prof. Dr. Recep KILIÇ

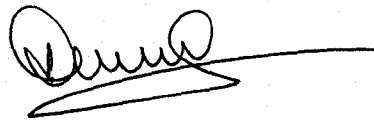


Üye : Prof. Dr. Metin ARSLAN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Osman ŞİMŞEK



Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	v
RESİMLERİN LİSTESİ.....	vi
HARİTALARIN LİSTESİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	8
2.1. Bölgedeki Kayaçlar Üzerinde Yapılan Çalışmalar.....	8
2.2. Agregalar Üzerinde Yapılan Çalışmalar.....	9
2.2.1. Kırmataşlar üzerinde yapılan çalışmalar.....	11
2.2.2. Kırmataş ve doğal agregaların karşılaştırılmasına ilişkin çalışmalar.....	29
3. MALZEMELER VE METOTLAR.....	35
3.1. Malzemeler.....	35
3.1.1. Ana kayaç.....	35
3.1.2. Agregalar.....	36
3.1.3. Çimento.....	36
3.1.4. Su.....	38
3.1.5. Kimyasal katkı maddesi.....	39

3.2. Metotlar.....	39
3.2.1. Taş ocaklarının araştırılması.....	39
3.2.2. Agregada deneyleri.....	52
3.2.3. Beton deneyleri.....	60
3.2.4. İstatistik metotlar.....	71
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	73
4.1. Taş Ocaklarına İlişkin Bulgular ve Tartışma.....	73
4.1.1. Taş Ocağı özellikleri ve rezerv.....	73
4.1.2. Makroskopik yapı.....	74
4.1.3. Mikroskopik yapı.....	76
4.1.4. Basınç dayanımı.....	84
4.1.5. Yüzey sertliği.....	87
4.2. Agregalara İlişkin Bulgular ve Tartışma.....	89
4.2.1. Tane dağılımı.....	89
4.2.2. Özgül ağırlığı	106
4.2.3. Su emme oranı.....	114
4.2.4. Gevşek ve sıkışık birim ağırlığı.....	121
4.2.5. Donma-çözülme dayanımı.....	129
4.2.6. Aşınma dayanımı	130
4.2.7. Sülfat miktarı.....	131
4.2.8. Klorür miktarı.....	132
4.2.9. Tane şekli	132
4.2.10. Alkali agregada reaktivitesi.....	134

4.3. Betona İlişkin Bulgular ve Tartışma.....	135
4.3.1. Taze beton	135
4.3.2. Sertleşmiş beton	138
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	160
KAYNAKLAR.....	165
ÖZGEÇMİŞ.....	172



KIRŞEHİR YÖRESİ KIRMATAŞ AGREGALARIN MÜHENDİSLİK

ÖZELLİKLERİ

(Doktora Tezi)

İlhami DEMİR

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2003

ÖZET

Bu araştırmanın amacı; Kırşehir yöresi taş ocaklarından elde edilen kırmataş agregaların mühendislik özelliklerini belirlemektir. Çalışma Kırşehir yöresinde yedi farklı taş ocağı örnekleri üzerinde üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada taş ocaklarının rezervi, mineralojik yapısı basınç dayanımı ve sertliği incelenmiştir. İkinci aşamada, yedi ocağa ait ana kayalardan elde edilen kırmataş örneklerinin ve Kızılırmak nehrinden elde edilen agregaların fiziksel ve mekaniksel özellikleri belirlenmiştir. Üçüncü aşamada elde edilen agregalarla üretilen beton örneklerinin özgül ağırlık, su emme oranı, yarma-çekme dayanımı, basınç dayanımı ve elastisite modül özellikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak; Kırmataş ocakları yeterli rezerve ve mineralojik yapıya sahip olup, agregalar örneklerinin tamamı fiziksel, mekaniksel ve teknolojik yönden agregalar kullanımına uygundur. Agregalar örneklerinden Seyfe, Demirli, ve Kızılırmak agregaları su emme bakımından, Seyfe'nin ayrıca aşınma dayanımı bakımından standartlara uygun olmadığı görülmüştür. Keçikale ocaklarından alınan örneklerin en iyi agregalar özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir. Sertleşmiş beton özellikleri bakımından ise katkılı betonların katkısız betonlara göre %10 daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Bilim Kodu : 2251101

Anahtar Kelimeler : Kireçtaşı, agregalar, kırmataş agregalar, beton

Sayfa Adeti : 172

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Metin ARSLAN

**THE ENGINEERING PROPERTIES OF CRUSHED AGGREGATES ON
KIRSEHIR PROVINCE**

(Doctorate Thesis)

ilhami DEMİR

GAZI UNIVERSITY

THE INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

June, 2003

ABSTRACT

The main aim of this research is to determine the engineering properties of crushed aggregates taken from the quarries on Kirsehir province, Turkey. The research has been carried out on seven different quarries within Kirsehir province in three stages. In the first stage; reserves, mineralogic structures, pressure strength and hardness properties of main rocks have been examined. In the second stage; physical and mechanical properties of the crushed aggregate samples taken from the rocks belonging to the seven quarries and of the aggregates taken from the Kızılırmak River have been determined. In the third stage; density, water absorption, tensile splitting strength, uniaxial compression and elasticity modules of the concrete samples composed through aggregates have been determined. To conclude, these crushed aggregate quarries have sufficient reserves and appropriate mineralogical structures and all samples are suitable for aggregate use in terms of their physical, mechanical and technological features. Among these aggregate samples, Seyfe, Demirli and Kızılırmak quarry of aggregates are not compatible with the standards with respect to their water absorption properties and Seyfe quarry does also not meet the standards with regard to wearing away features of the aggregates. It has been determined that the samples from Keçikale quarry have the best aggregate qualities. In terms of hardened concrete

properties, it has been seen that the concrete with additives gives better result by 10% with compared to the concrete with no additives

Science Code : 2251101

Key Words : limestone, aggregate, crushed aggregate, concrete

Page number : 172

Advisor : Prof. Dr. Metin ARSLAN



TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince değerli bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren hocam Prof. Dr. Metin ARSLAN'a, desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölüm Başkanı Prof. Dr. M.Haluk ÇELİK'e, değerli yardım ve katkılarıyla bana destek olan Kırıkkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Yılmaz KILINÇ'a, değerli bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Prof. Dr. Recep KILIÇ'a, deneysel işlemlerin gerçekleştirilmesinde yardımcı olan Yapı Eğitimi Bölümü Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Osman ŞİMŞEK'e, yardımlarından dolayı Yapı Eğitimi Bölümü Araştırma Görevlisi Serkan SUBAŞI'na, bu çalışmada bana araç ve malzeme yönünden destekçi olan Kırşehir Köy Hizmetleri İl Müdürü Jeoloji Mühendisi Bektaş AYDOĞAN'a, petrografik incelemede yardımcı olan Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Petrografi uzmanı Nihal AYDIN'a, Karayolları VI. Bölge 63. Şube Şefi Ali ŞAHİN'e, deneysel işlemlerin gerçekleşmesinde yardımcı olan D.S.İ. Tek. Araş. Dairesi Beton Malzeme Şube Müdürü İnş. Yük. Müh. Fatih KOCABEYLER'e, İnş. Yük. Müh. Ömer ÖZDEMİR'e, Kimya Yük. Müh. Aydın SAĞLIK'a, jeolojik çalışmalarda yardımcı olan Kırşehir Belediyesi Jeoloji Mühendisi Bahadır GÜLEZ'e, yardımlarını esirgemeyen değerli öğrencilerime, sevgili çocuklarım Şükrü ve Çağrı'ya, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan Anneme, Babama ve sevgili eşim Gönül'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Çimentonun fiziksel özellikleri.....	37
Çizelge 3.2.Çimentonun kimyasal özellikleri.....	37
Çizelge 3.3. Çimentonun mekanik özellikleri.....	38
Çizelge 3.4. Kullanılan suyun kimyasal ve fiziksel özellikleri.....	38
Çizelge 3.5. Taş ocağı örneklerine ilişkin deney planı.....	48
Çizelge 3.6. Agrega örneklerine ilişkin deney planı.....	53
Çizelge 3.7. Taze ve sertleşmiş beton örneklerine ilişkin deney planı.....	61
Çizelge 3.8. Agrega ocaklarına göre katkısız beton gruplarının karışım oranları.....	64
Çizelge 3.9. Katkılı beton gruplarının karışım oranları.....	66
Çizelge 4.1. Taş ocaklarının görünür rezervi.....	73
Çizelge 4.2.Kırşehir kalker oluşumlarının il ve ilçelere göre potansiyel rezervi.....	74
Çizelge 4.3. Kırşehir yöresindeki kireçtaşlarının basınç dayanımlarının istatistiksel dağılımı.....	84
Çizelge 4.4. Kayaçların basınç dayanım verilerinin varyans analizi.....	84
Çizelge 4.5. Kayaç basınç dayanımlarının Duncan testi sonuçları.....	85
Çizelge 4.6. Kayaç örneklerinin sertlik dereceleri... ..	88
Çizelge 4.7. Kullanılan agrega örneklerinin tane dağılım verileri.....	90
Çizelge 4.8. Küçükbüklüm ocağı kırmataş agrega örneklerinin tane dağılımı.....	90
Çizelge 4.9. Demirli ocağı kırmataş agrega örneklerinin tane dağılımı	92
Çizelge 4.10. İnaç ocağı kırmataş agrega örneklerinin tane dağılımı.....	94

Çizelge 4.11. Keçikale (üst) ocağı kırmataş agregası örneklerinin tane dağılımı.....	96
Çizelge 4.12. Seyfe ocağı kırmataş agregası örneklerinin tane dağılımı	98
Çizelge 4.13. Obruk ocağı kırmataş agregası örneklerinin tane dağılımı	100
Çizelge 4.14. Keçikale (alt) ocağı kırmataş agregası örneklerinin tane dağılımı.....	102
Çizelge 4.15. Kızılırmak yatağındaki agregası örneklerinin tane dağılımı.....	104
Çizelge 4.16. Çakıl örneklerinin özgül ağırlığının istatistiksel dağılımı.....	106
Çizelge 4.17. Çakıl özgül ağırlık verilerinin varyans analizi sonuçları	106
Çizelge 4.18. Çakıl özgül ağırlık verilerinin Duncan testi sonuçları	107
Çizelge 4.19. Kum örneklerinin özgül ağırlığının istatistiksel dağılımı.....	110
Çizelge 4.20. Kum özgül ağırlıkları verilerinin varyans analizi sonuçları.....	110
Çizelge 4.21. Kum özgül ağırlık verilerinin Duncan testi sonuçları.....	111
Çizelge 4.22. Çakıl örnekleri su emme oranlarının istatistiksel dağılımı.....	114
Çizelge 4.23. Çakıl su emme oranlarının varyans analizi.....	114
Çizelge 4.24. Çakıl su emme oranlarının Duncan testi sonuçları.....	115
Çizelge 4.25. Kum su emme oranlarının istatistiksel dağılımı... ..	117
Çizelge 4.26. Kum su emme oranlarının varyans analizi.....	118
Çizelge 4.27. Kum su emme oranlarının Duncan testi sonuçları	118
Çizelge 4.28. Agregası örneklerinin gevşek birim ağırlığı istatistiksel dağılımı.....	121
Çizelge 4.29. Agregası örneklerinin gevşek birim ağırlık verilerinin varyans analizi sonuçları.....	122
Çizelge 4.30. Agregası örneklerinin gevşek birim ağırlık verilerinin Duncan testi sonuçları.....	122
Çizelge 4.31. Agregası örneklerinin sıkışık birim ağırlığı istatistiksel dağılımı.....	125

Çizelge 4.32. Agreg a örneklerinin sıkışık birim ağırlık verilerinin varyans analizi sonuçları.....	125
Çizelge 4.33. Agreg a örneklerinin sıkışık birim ağırlıklarının Duncan testi sonuçları.....	126
Çizelge 4.34. Agreg a örneklerinin dona kayıp oranları	129
Çizelge 4.35. Agreg a örneklerinin aşınma oranı	130
Çizelge 4.36. Agreg a örneklerindeki sülfat miktarları.....	131
Çizelge 4.37. Agreg a örneklerinin klorür miktarı.....	132
Çizelge 4.38. Agreg a tane şekli	133
Çizelge 4.39. Agreg a örneklerine ait alkali agreg a reaktivitesi verileri.....	134
Çizelge 4.40. Kırşehir agreg alarının fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	135
Çizelge 4.41. Agreg a ocakları için katkısız taze beton deney sonuçları.....	136
Çizelge 4.42. Agreg a ocakları için katkılı taze beton deney sonuçları.....	136
Çizelge 4.43. Katkısız betonların basınç dayanımı istatistiksel dağılımı.....	141
Çizelge 4.44. Katkısız betonların basınç dayanım verilerinin varyans analizi.....	142
Çizelge 4.45. Katkısız betonların basınç dayanım verilerinin Duncan testi sonuçları.....	142
Çizelge 4.46. Katkılı betonların basınç dayanımı istatistiksel dağılımı.....	146
Çizelge 4.47. Katkılı betonların basınç dayanım verilerinin varyans analizi.....	146
Çizelge 4.48. Katkılı betonların basınç dayanım verilerinin Duncan testi sonuçları.....	147
Çizelge 4.49. Katkısız betonların elastisite modülü istatistiksel dağılımı....	150
Çizelge 4.50. Katkısız betonların elastisite modül verilerinin varyans analizi.....	150
Çizelge 4.51. Katkısız betonların elastisite modül verilerinin Duncan testi sonuçları.....	151

Çizelge 4.52. Katkılı betonların elastisite modülü istatistiksel dağılımı.....	154
Çizelge 4.53. Katkılı betonların elastisite modül verilerinin varyans analizi.....	155
Çizelge 4.54. Katkılı betonların elastisite modül verilerinin Duncan testi sonuçları.....	155
Çizelge 4.55. Katkısız sertleşmiş beton deney sonuçları.....	158
Çizelge 4.56. Katkılı sertleşmiş beton deney sonuçları.....	159



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Agregat tipi ve RPCA.....	30
Şekil 2.2. Seri agregat boyutu için RPCA.....	31
Şekil 3.1. Gerilme deformasyon eğrisi.....	70
Şekil 3.2. Kutu grafiğinin (boxplot) yapısı ve özellikleri.....	71
Şekil 4.1. Kireçtaşı örneklerinin basınç dayanım histogramı.....	86
Şekil 4.2. Kireçtaşı örneklerinin Basınç dayanım kutu grafiği.....	87
Şekil 4.3. Küçükbüklüm kırmataş agregat tane büyüklük dağılım eğrisi.....	91
Şekil 4.4. Demirli kırmataş agregat tane büyüklük dağılım eğrisi.....	93
Şekil 4.5. İnaç kırmataş agregat tane büyüklük dağılım eğrisi.....	95
Şekil 4.6. Keçikale (üst) kırmataş agregat tane büyüklük dağılım eğrisi.....	97
Şekil 4.7. Seyfe kırmataş agregat tane büyüklük dağılım eğrisi.....	99
Şekil 4.8. Obruk ocağı kırmataş agregat tane büyüklük dağılım eğrisi.....	101
Şekil 4.9. Keçikale (alt) ocağı kırmataş agregat tane büyüklük dağılım eğrisi.....	103
Şekil 4.10. Kızılırmak yatağındaki agregat örneklerinin tane büyüklük dağılım eğrisi.....	105
Şekil 4.11. Çakıl örneklerinin özgül ağırlık histogramı.....	109
Şekil 4.12. Çakıl örnekleri özgül ağırlık kutu grafiği.....	109
Şekil 4.13. Kum örneklerinin özgül ağırlık histogramı.....	113
Şekil 4.14. Kum örnekleri özgül ağırlığı kutu grafiği.....	113
Şekil 4.15. Çakıl örneklerinin su emme oranları histogramı.....	116
Şekil 4.16. Çakıl örnekleri su emme oranlarının kutu grafiği.....	117
Şekil 4.17. Kum örneklerinin su emme oranları histogramı.....	120

Şekil 4.18 Kum örnekleri su emme oranlarının kutu grafiği	120
Şekil 4.19. Agreg a örneklerinin gevşek birim ağırlık histogramı.....	124
Şekil 4.20. Agreg a örneklerinin gevşek birim ağırlığı kutu grafiği.....	124
Şekil 4.21. Agreg a örneklerinin sıkışık birim ağırlık histogramı.....	128
Şekil 4.22. Agreg a örneklerinin sıkışık birim ağırlığı kutu grafiği.....	129
Şekil 4.23. Katkısız betonların basınç dayanımı histogramı.....	145
Şekil 4.24. Katkısız betonların basınç dayanım kutu grafiği.....	145
Şekil 4.25. Katkılı betonların basınç dayanım histogramı.....	149
Şekil 4.26. Katkılı betonların basınç dayanım kutu grafiği.....	149
Şekil 4.27. Katkısız sertleşmiş betonların elastisite modülü histogramı.....	153
Şekil 4.28. Katkısız sertleşmiş betonların elastisite modül kutu grafiği....	154
Şekil 4.29. Katkılı sertleşmiş betonların ortalama elastisite modülü histogramı	157
Şekil 4.30. Katkılı sertleşmiş betonların elastisite modül kutu grafiği	158

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Küçükbüklüm taş ocağı	40
Resim 3.2. Demirli taş ocağı.....	41
Resim 3.3. İnaç taş ocağı	42
Resim 3.4. Keçikale (üst) taş ocağı.....	43
Resim 3.5. Seyfe taş ocağı	44
Resim 3.6. Obruk taş ocağı	45
Resim 3.7. Keçikale (alt) taş ocağı	46
Resim 4.1. Küçükbüklüm sahasından alınan örneğin ince kesiti.....	77
Resim 4.2. Demirli sahasından alınan örneğin ince kesiti.....	78
Resim 4.3. İnaç sahasından alınan örneğin ince kesiti.....	79
Resim 4.4. Keçikale (üst) sahasından alınan örneğin ince kesiti.....	80
Resim 4.5. Seyfe sahasından alınan örneğin ince kesiti.....	81
Resim 4.6. Obruk sahasından alınan örneğin ince kesiti.....	82
Resim 4.7. Keçikale (alt) sahasından alınan örneğin ince kesiti.....	83

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 3.1. Kırşehir civarından örnek alınan taş ocaklarının yerlerini gösterir harita.....	35
Harita 3.2. Küçükbüklüm taş ocağının topoğrafik haritası.....	40
Harita 3.3. Demirli taş ocağının topoğrafik haritası	41
Harita 3.4. İnaç taş ocağının topoğrafik haritası	42
Harita 3.5. Keçikale (üst) taş ocağının topoğrafik haritası	43
Harita 3.6. Seyfe taş ocağının topoğrafik haritası	44
Harita 3.7. Obruk taş ocağının topoğrafik haritası	45
Harita 3.8. Keçikale (alt) taş ocağının topoğrafik haritası	46

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
SiO_2	Silis
Al_2O_3	Alümina
Fe_2O_3	Ferrik oksit
CaO	Kireç
MgO	Magnezyum oksit
SO_3	Sülfürtri oksit
CaCO_3	Kalsiyum karbonat
MgCO_3	Magnezyum karbonat
$(\text{HCO}_3)_2$	Bikarbonat magnezyum
NaCl	Sodyum klorür
SO_4	Sülfat
Cl	Klorür

Kısaltmalar	Açıklama
RPCA	Farklı çakıl agreganın kırılma ihtimali
S/Ç	Su – Çimento oranı
M.T.A	Maden Tetkik Arama
D.S.İ	Devlet Su İşleri
C	Beton sınıfı
BS	Beton sınıfı
TS	Türk Standartları
Kİ.K.	Killi kalker

1. GİRİŞ

Beton, çağımızda, dünyada ve ülkemizde en çok kullanılan yapı malzemesi olarak görülmektedir. 1824'te, Portlant çimentosunun bulunmasıyla birlikte betonun kullanılması da hızla yaygınlaşmıştır. 1900'lü yıllarda ön gerilmeli betonarme sistemlerinin geliştirilmesiyle betonun kullanılması hızla artmıştır.

Beton agregası; çoğu kaynaklarda, beton ve harç yapımında, çimento ve su karışımında bağlayıcı malzeme ile birlikte bir araya getirilen organik olmayan doğal ve yapay malzemenin genellikle 100 mm'yi geçmeyen (yapı betonlarında çoğu kez 63 mm'yi geçmeyen) büyüklüklerde, kırılmış veya kırılmamış taneciklerin oluşturduğu bir yığın olarak tanımlanır.

Betonda agreganın kullanılması, sertleşen betonun hacim değişikliğini önlemekte veya azaltmakta, çevre etkilerine karşı betonun dayanıklılığını (durabilitesini) artırmakta ve kendi dayanım gücünün yüksekliği nedeniyle betonda gerekli dayanımın sağlanmasına yardımcı olabilmektedir. İçerisinde agregaya bulunan harç, sadece çimento hamurundan oluşan ve içerisinde agregaya bulunmayan bir sisteme göre çok daha az hacim değişikliği (büzülme) göstermektedir. Bir başka deyişle, çimento hamurunun zamanla kuruyarak büzülmesi ve çatlaması agregaya tarafından belirli bir ölçüde önlenmiş olmaktadır (1).

Agregaların beton içerisinde kullanılmasının en önemli yararları ekonomik ve dayanımlı olmasıdır. Agregaya, betonun dayanımı ile birlikte, davranışını da etkilediği gibi, aynı zamanda bağ dayanımını da (aderans) etkileyen bir malzemedir. Betonun kısa veya uzun süreli performansında aderansın etkisi büyüktür. Şayet agreganın beton içerisindeki granülometrisi iyi olursa, aynı zamanda az çimentoya gereksinim gösterir ve bu da betonu ekonomik yapar. Beton yapımında kullanılan agreganın mineral yapısı, tane şekli, dayanıklılığı, tane dağılımı, donma-çözünmesi, aşınma dayanımı, birim

ağırlığı, özgül ağırlığı, boşluk oranı, su emmesi, sertliği, kimyasal etkilere karşı dayanıklılığı, beton dayanıklılığını etkileyen en önemli faktörler olarak görülmektedir. Bu faktörlerin beton yapılmadan önce deneylerle belirlenmesi gerekir.

Bunun yanında, iri agregalarda kum çakıl birlikte kullanıldığında, betonun kompasitesini artırmak için kırma kum ve taş tozu gibi ince malzemelere de gereksinim duyulur.

Betonda kullanılan agregaların fiziksel özellikleri; beton elemanların karışım oranlarını, taze betonun işlenebilirliği, yerleştirilmesi, sıkıştırılması ve yüzey işlemlerini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Sertleşmiş betonun dayanıklılığı (durabilite), dayanımı, büzülmesi, birim ağırlığı agregaların fiziksel özellikleri tarafından etkilenen önemli hususlar olmaktadır(1).

Kırmataş agreganın büyük bir çoğunluğu taş ocaklarından konkasörle kırılarak elde edilir. Kırmataş (mıcır) endüstrisinin tarih öncesi çağlarda başladığı söylenebilir. Modern anlamda kırmataş endüstrisi ise 1815 yılında başlamış ve mekanik kırıcıların 1958' de devreye girmesiyle hızla gelişmiştir(2).

Kırmataş agregası yüzeylerinin pürüzlü olması nedeniyle çimento hamuru ile agregası arasında kuvvetli bir aderans oluşur. Pürüzlü yüzeyin büyük olması, kırmataş agregası ile çimento hamurunun temas yüzeyinin de o kadar geniş olmasını sağlar. Bu sebepten dolayı kırmataş agregası ile üretilen betonlarda mukavemet açısından bir çok durumlarda artış görülür. Ayrıca agreganın olabildiğince küp veya küre biçimine yakın olması, beton için elverişli bir durum oluşturur.

Üretilen ana kayaçlar üzerinde yapılacak petrografik ve mekanik incelemelerin, kaliteli kırmataş agregası üretiminde önemi büyüktür. Örneğin

silis içeren tridimit ve andezit gibi mineraller alkali agregas reaksiyonuna neden olduğundan doğal taşlar ve beton için uygun değildir. Fakat siyah ve beyaz kireçtaşı, granit, bazalt, siyenit gibi doğal taşlardan da kaliteli beton agregası elde edilebilmektedir. Agregalar doğru olarak seçilip, deneylerle uygunluğu saptandıktan sonra beton üretiminde kullanılmalıdır.

Agrega ile çimento hamuru arasındaki bağ, fiziksel ve mekanik esasa dayanan ve aderans olarak adlandırılan bir bağdır. Bununla birlikte, beton içerisindeki agreganın fiziksel, ısı ve kimyasal özelliklerinin beton performansında, özellikle de beton dayanıklılığında ve hacim sabitliğinde önemli bir yeri vardır.

Beton üretiminde kullanılacak agregaların;

- doğal su içeriği ve su emme kapasitesi,
- özgül ağırlığı,
- aşınma dayanımı,
- tane dağılımı,
- birim ağırlığı,
- tane şekli,
- donma-çözülme, gibi fiziksel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Kırşehir bölgesinde beton üretiminde halen Kızılırmak nehrinin Nevşehir il sınırına yakın bölümlerinden elde edilmekte olan dere agregası kullanılmaktadır. Kırşehir ilinin kuzeybatı tarafından Kırıkkale istikametine doğru olan bölgesinde ise Hirfanlı baraj suyu birikintisi sebebiyle 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 sebeple, bölgeden elde edilen agregas, beton için çok uygun görülmemektedir.

Kızılırmak nehrinin üzerinde bulunan tarihi Kesikköprü'ye yakın bir bölümden agrega alınması, tarihi Kesik Köprü'nün bir ayağının çökmesine neden olmuştur.

Nehir yataklarından alınan agrega nedeniyle, bu gibi yerlerde su ürünleri, tarla bitkileri ve bitki sulamacılığı da tehlikeye girmektedir.

Akarsu yataklarından kum-çakıl alınması ve buna göz yumulması; arazinin doğal görünümünü tahrip etmenin yanı sıra, ekolojik dengenin de bozulmasına neden olmaktadır. Buna ek olarak, akarsu havzalarında toprak taşınması ve su kayıpları artmaktadır. Akarsu yatakları içerisinde büyük çukurlar açıldığı için su, ya çukurlarda buharlaşarak ya da derine sızarak kaybolmaktadır. Bunun sonucunda çevrede bulunan yeraltı suyu, sondaj kuyularının statik düzeyleri düşerek, tamamen kurumaktadır. Öte yandan, malzeme alındıktan sonra terk edilen büyük çukurlar içerisinde biriken durgun su, çevre ve su ürünleri üzerinde yaratabileceği olumsuz etkiler yönünden de son derece önemlidir. Akarsu yataklarından agrega alınması, su bitkilerinin ölmesine neden olmakta ve suda üreyen canlıların yavrulama yapmasını engellemektedir. Hatta, bazı tatlı su balıkları, bulanık su nedeniyle yaşayamamaktadır(3).

Agrega üretim maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle, kolay ve ucuz üretim yöntemleri ile agrega elde edilmesi tercih edilmektedir. Bu şekilde elde edilen agrega için, akarsu havzalarındaki agrega ocaklarının denetimi için şimdiye kadar alternatif bir çözüm yolu da ortaya konulmamıştır.

Ekolojik olarak akarsulara insan eliyle yapılan olumsuz etkiler, bu havzaları tehdit etmeye başlamıştır. Bunun sonucu olarak da, tarım arazilerinde ve akarsu yataklarında büyük çukurlar açılarak, ileriki yıllarda tarım sulama suyunun ve tatlı su ürünlerinin kaybolması gibi tehlikeli bir durum ortaya çıkabilmektedir.

Ayrıca Kırşehir'in 1. derecede deprem bölgesi olması, bölgede kaliteli beton üretimini gerektiren en önemli neden olarak görülmektedir

Bu çalışmanın amacı; Kırşehir yöresi taş ocaklarından elde edilen kırmataş agregaların mühendislik özelliklerini belirlemektir.

İnceleme alanının coğrafi konumu

Orta Anadolu Coğrafi bölgesinde yer alan Kırşehir, Ankara - Kayseri karayolu üzerinde kurulmuştur.

Orta Anadolu Platosu'nda yer alan ilin, ortalama rakımı 1050 m civarında olup fazla engebeli olmayan bir coğrafi yapıya sahiptir.

Araştırma sahalarının güneyinden Türkiye'nin en büyük akarsularından birisi olan Kızılırmak nehri geçmektedir ve bu bölgede pek çok su kaynağı bulunmaktadır. Bu kaynaklar yer altı ve yer üstü su kaynaklarıdır.

Denizden uzak ve dağlarla çevrilmiş olmasından dolayı Kırşehir ilinde tamamen yayla iklimi hakimdir.

Kış mevsimi genellikle soğuk, yaz mevsimleri de sıcak geçer. Yıllık ısı ortalaması $+12^{\circ}\text{C}$ dir. Yaz aylarında ısı $+38^{\circ}\text{C}$ ye kadar yükseldiği, kışın ise -24°C nin altına düştüğü görülür. İl ve çevresinde esen rüzgârlar içinde en hakim olanı Kuzey-Doğu (Poyraz) rüzgârlarıdır. Yıllık yağış miktarı ortalama 32,9 mm'dir.

İnceleme alanının jeolojisi

Çalışma sahalarının bulunduğu bölge ve yakın çevresinde Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik dönemlerine ait yaşlı kayalar bulunmaktadır.

Paleozoyik kayaçlar

Kalkanlıdağ formasyonu: Gnays, şist, kuvarsit ve amfibolitlerden meydana gelen birim, Kırşehir masifi'nin alt seviyelerini oluşturmaktadır. Birim, değişik oranlarda ardışıklı pelitik, psömatik ve mağmatik kökenli kayaçların metamorfizmasıyla meydana gelmiştir. 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. Birim yer yer demirli kuvarsitler şeklindedir. Paleozoyik yaşlı birimin kalınlığı 5-30 m. arasında değişmektedir(5).

Kervansaray formasyonu: Kızıldağ, Naldökendağ, Bozçaldağ, Kervansaraydağ, Buzlukdağ civarında yüzeylenen formasyon, mermer bant ve mercekleri ile biyotit-muskovitşist, kalsilikatik şist, kalşist, kuvarsitşist, piroksen şist, amfibolitşist ve daha az oranda gnays, kalsilikatik gnays, kuvarsit, amfibolit, kloritşist ve talk şistten meydana gelmiştir. Birim paleozoyik yaşlıdır (5).

Birim içinde kıvrımlanma ve yapraklanma iyi gelişmiştir. Kervansaraydağ formasyonu üst üste Bozçaldağ formasyonu ile yanal ve düşey yönde geçişlidir (4).

Bozçaldağ formasyonu: Açık gri, beyaz, ender olarak pembe renkli iri sakkoroid dokulu mermerlerden meydana gelmiştir.

Kil katkılı ve katkısız karbonat kökenli olan mermerler, ince çört, amfibolit-amfibolitist ara seviyeleri içerirler (5).

Mesozoyik kayaçlar:

Baranadağ granitoyidi: Bozçaldağın doğusunda ve Karahıdır bölgesinin güneyinde yüzeylenen birim granit granitporfir, riolit, granidiorit porfir, riyodasitten meydana gelmiştir. Baranadağ Granitoyidi Üst Kretase yaşlıdır (5).

Senozoyik kayaçlar

Kızılırmak formasyonu: Bölgede büyük bir alanda yüzeylenen birim, kırmızı, kahve renkli, katmansız, bloklu, çakıllı, kumlu, gevşek, karasal, çamurtaşlarından meydana gelmiştir. Birim içinde tuf, jips, anhidrit, killi kireçtaşı, çakıltası, kumtaşı, bant ve merceklerine de rastlanılmaktadır.

Birimin yaşı Üst Miyosen-Pliyosen olup, Üst Miyosen öncesi, temel üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Kızılırmak Formasyonu yamaç molozu, akarsu, sığ göl-playa ortamlarında gelişmiştir (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. Sığ göl ve playa ortamında oluşan birimin kalınlığı 1-5 m arasında değişmektedir (5).

Alüvyon: Bölgede en genç oluşumları meydana getiren birim, vadi ve akarsu yataklarında, ova ve düzlüklerde yüzeylenmektedir. Bölgedeki alüvyonlar kum, kil ve çakıllardan meydana gelmiştir. Alüvyonlar, kuvarterner yaşı olup, oluşumları halen devam etmektedir. Faaliyet alanının doğusunda, Kızılırmak boyunca alüvyonlar yüzeylenmektedir (5).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Bölgedeki Kayaçlar Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Kırşehir İli ve Kaman İlçesi civarında çimento hammadde olanaklarının araştırılması konusunda yapılan araştırmada; ön araştırma niteliğindeki arazi gözlemleri ve alınan numunelerin kimyasal analiz sonuçlarına dayanılarak, yapılan teorik karışım ve klinker birleşimi ile modüler hesaplarının ışığı altında, Kırşehir-Kaman arasındaki çevrede, normal portland tipi çimento yapımına elverişli olabilecek olanakların bulunduğu vurgulanmış ve çimento yapımı için elverişli olabilecek karışımların , Kaman ile Kırşehir arasındaki bölgede bulunan kristalize kireçtaşı ve killi kireçtaşı(marn) formasyonlarından elde edilebileceği belirtilmektedir (7).

Kırşehir G17 paftasında yapılan bir çalışmaya göre; Kırşehir G17 paftasının kapladığı alanda yüzeylenen en yaşlı kaya birimleri metamorfik kayalardan oluşmuştur ve Kırşehir masifi olarak adlandırılır. Bu birimler, litostratigrafik özellikleri göz önüne alınarak Kalkanlıdağ, Kervansaraydağ, Bozaçaldağ ve Haciselimli formasyonları olarak ayırt edilmiştir. Yanal ve düşey geçişler gösterirler ve düşük-orta basınçla yüksek sıcaklık koşullarını yansıtan yeşilşist-amfiborit (yer yer granulit) fasiyesinde metamorfik kayalardan oluşmuştur. Kırşehir masifinin metamorfik kayaları, Senomaniyen-Santoniyen yaşlı pelajik çökellerle ara katkılı bazik volkaniklastik kayalardan oluşan Çiçekdağ formasyonu tarafından tektonik olarak üzerlenmiştir. Bu birime, "Her ikisi de Kampaniyen-Mastrihtiyen yaşta olan ve inceleme alanında birbirlerini keser durumda gözlenen Baranadağ Granitoyidi ve Buzlukdağ Syenotoyidi sokulum yapmıştır." denilmektedir. Bu birimleri uyumsuz olarak üzerleyen karasal çökeller, Kartal formasyonu olarak adlandırılır ve konglomera, çakıllı kumtaşı, çapraz laminalı çamurtaşı aralanmasından oluşmaktadır. "Alt düzeylerinde çamur taşı ve kumtaşı, üst düzeylerinde kalın tabakalı kırıntılı ve rudistli kireçtaşlarını kapsayan Asmaboğazı formasyonuna yanal ve düşey yönlerde geçişlidir" denilmektedir. Değinilen tüm bu birimler

uyumsuz olarak Tersiyer çökelleriyle örtülmüş Baraklı, Meşeköy, Deliceirmak ve Kızılırmak formasyonlarıdır (8).

Kırşehir G 18 paftasının kapladığı alanda yüzeylenen en yaşlı kaya birimleri metamorfik kayalardan oluşmuştur ve Kırşehir masifi olarak adlandırılır. Bu birimler, litostatigrafik özellikleri göz önüne alınarak Kalkanlıdağ, Kervansaraydağ, Bozçaldağ, Hacıselimli formasyonlarına ayrılmaktadır. Paleozoyik yaşlı bu kayaç grubunun düşük-orta basınç, yüksek sıcaklık koşullarında, yeşilşist, almandin- amfibolit ve yer yer granülit fasiyesi özellikleri göstermektedir. Kırşehir masifi metamorfik kayaçlarının, Santoniyen-Kampaniyen yaşlı intrüzifler (Baranadağ granitoyidi, Buzlukdağ siyenitoyidi) tarafından sıcak bir dokanakla kesilmektedir. Bu birimlerin üstüne uyumsuzlukla Tersiyer yaşlı çökeller gelmektedir. Alt-Orta Eosen yaşlı Baraklı formasyonu çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşını kapsamaktadır. Çevirme formasyonu, Baraklı formasyonu ile uyumlu ve geçişlidir. Alt-Orta-Üst Eosen yaşlı bu formasyon, masif kireçtaşı ara tabakalı kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı tabakalarından oluşmaktadır. Deliceirmak formasyonu Evaporitli karasal çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasını içerir. Çalışma alanının büyük kısmında yüzeylenen kırmızı-kahve renkli karasal çamurtaşları Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı ve Kızılırmak formasyonu olarak açıklanmaktadır (4).

2.2. Agregalar Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Agrega şeklinin beton mukavemetine etkisi üzerine yapılan araştırmaya göre; mıcır gibi kırılarak elde edilen köşeli ve topak biçimli malzemelerden imal edilen betonun basınç, çekme ve aşınmaya karşı mukavemetinin yuvarlak (çakıl) şekilli malzemelerin mukavemetinden daha fazladır. Buna mukabil yayvan ve sivri şekilli ince taneler makbul sayılmamaktadır. Çünkü, bunlar birbirlerine temas ederek tanelerin iyice sıkışmasına ve betonun homojen bir karışım olmasına engel olmaktadır (9).

Agrega, beton iskeletini teşkil ettiği ve agreganın aynı zamanda çimento hamuru bünyesinde meydana gelebilecek sünme, rötne ve şişme gibi hacimsel hareketleri kontrol ederek, betonun dayanıklılığını önemli ölçüde artıracakı bildirilmektedir. Agreganın, yüzey dokusunun ve temizliğinin, agreganın ile çimento hamuru arasında aderansın güçlenmesi bakımından son derece önemli olduğu belirtilmektedir. Pürüzlü, köşeli ve temiz tanelerden meydana gelen agregaların, betonda, çimento hamuru ile aderansının daha güçlü olacağı ifade edilmekte, dolayısıyla aynı kıvam sağlanabildiği ölçüde bu tür agregaların kullanıldığı betonların dayanıklılığının daha yüksek olacağı belirtilmektedir. Dayanıma doğrudan etkileri nedeni ile agreganın içinde mevcut ince ve yıkanabilir maddeler ile organik esaslı ve hafif maddeler gibi zararlı maddeler ve agregaların minerolojik yapılarının da göz ardı edilmemesi gerektiği açıklanmaktadır (10).

Betonun elastisite modülü ve agreganın bağı üzerine yapılan bir araştırmada; normal ağırlıklı, yüksek ağırlıklı ve düşük ağırlıklı olmak üzere üç sınıf beton dökülmüştür. Bu betonların elastisite modülünde agreganın elastisite modülünün etkisi yüksek dayanımlı betonlarda daha fazla çıktığı açıklanmaktadır (11).

Betonun davranışında agreganın betonunun mukavemet artışına etkisi üzerine yapılan araştırmada; gerilme oranına karşı tasarlanan betonun gerilmeye ilişkin davranışında, agreganın ebatlarının önemli olduğu ifade edilmektedir. Küçük agreganın ebatlarıyla tasarlanan betonun, daha geniş agreganın ebatlı bir betonda daha yüksek bir mukavemete sahip olduğu belirtilmektedir (12)

Betonun basınç mukavemetinde agreganın etkisi üzerine yapılan araştırmada; normal ve yüksek mukavemetli betonlar için agreganın beton karışım oranlarına göre basınç mukavemetinin değiştiğini ve kaba agreganın ara mesafesine göre mukavemetinde değişme gösterdiğini, aynı zamanda normal ve yüksek mukavemetli beton için farklı agregalar kullanılabileceği açıklanmaktadır. Bunlar matematiksel bir modelle tayin edilmektedir (13).

Beton agregaları konusunda; kırmataş agregaların kimyasal ve petrografik yapılarına göre beton üretiminin sakıncalarının olabileceğini ve bu sakıncaların betonun iç yapısını bozacağını, betonun durabilesini zedeleyeceğini belirtmiştir. Bu bakımdan agregaların mineralojik yapısının, biçim ve yüzey özelliklerinin ve su emmesinin, agreganın sağlamlığının belirlenmesinde gerekli olduğu vurgulanmaktadır (14).

Betonu yıpratıcı fiziksel etkenler konusunda verilen bir seminerde; sıkı ve rijit yapıya sahip görünen normal ağırlıktaki agregaların geçirgenliğinin aslında sertleşmiş çimento hamurundan çok farklı olmadığını hatta daha fazla olabileceği açıklanmaktadır. Bu husus toplam boşluk oranlarının çok daha küçük olmasına rağmen boşlukların göreceli olarak büyük ve sürekli oluşu ile açıklanmıştır. Aşağıda verilen değerlere göre sık kullanılan bazı kayaçların geçirgenliği S/Ç orantısı 0,40-0,70 düzeyinde olan sertleşmiş çimento hamurlarının geçirgenliğine benzediği belirtilmektedir (15).

Kayaç	Benzer geçirgenlikteki Çimento hamurunun S/Ç oranı	Geçirgenlik katsayısı (m/s)
Kuvarsit	0,42	$8,2 \times 10^{-14}$
Mermer	0,48 – 0,66	$2,4 \times 10^{-12} - 5,8 \times 10^{-12}$
Kumtaşı	0,71	$1,2 \times 10^{-10}$

2.2.1. Kırmataşlar üzerinde yapılan çalışmalar

Maksimum kırmataş agregası boyutu ve bunun beton basınç dayanımı üzerindeki etkiler konusunda yapılan bir araştırmada; maksimum kırmataş agregası boyutu 8mm, 16mm, 32mm ve 63mm olan agregası gradasyonu ve 200, 300, 600 kg/m³ olarak üç değişik dozaj kullanılmıştır. Çimento miktarı 600 kg/m³ olan beton için bir süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Tüm betonların çökme değerleri 5-8 cm olarak tutulmuştur. Toplam olarak çeşitli miktarda çimento içeren ve çeşitli gradasyondaki değişik maksimum agregası

boyutları olan 12 değişik tip beton 3. 7. 28. 56. ve 91. günlerde test edilmiştir. Gerçekleştirilen basınç testlerinin sonucuna göre, az miktarda çimento içeren karışımlarda 63 mm, maksimum kırmataş agregaya boyutlu betonlarda ise daha küçük, maksimum boyutlu agregalar ile yapılan betonlara göre daha yüksek basınç dayanımları elde edildiği belirtilmektedir. Diğer taraftan yüksek miktarda çimento içeren karışımlar için küçük, maksimum agregaya boyutu ile yapılan betonların daha yüksek dayanım verdiği açıklanmaktadır (16).

Konya bölgesindeki tabii agregaya ve kırmataş ile yüksek mukavemetli beton üretimi konusunda yapılan bir araştırmada; bu amaca yönelik olarak kireçtaşı kökenli kırmataş, Konya bölgesindeki Eğribayot, Göçü, Sarıcalar kum ocaklarından kum ve çakıl temin edilerek gerekli deneyler yapıldığı belirtilmektedir. Deney sonuçlarına göre söz konusu malzemelerde, Antalya Ferro Krom tesisleri'nde üretilen silika tozu (silica fume) değişik oranlarda kullanılarak beton karışım hesapları yapıldığı açıklanmaktadır. Söz konusu betonların yapımında Adana Çimento Fabrikasında üretilen PÇ 400 ve Konya Çimento Fabrikasında üretilen PÇ 325 çimentosu kullanıldığı belirtilmektedir. Betonda su/çimento oranı azaltılırken akıcılığı temin etmek içinde katkı olarak BV 40, betonu yoğurma suyuna çimento ağırlığının %2'si kadar ilave edildiği ve süper akışkanlaştırıcı ve silika tozu kullanmadan PÇ 400 çimentosu ile, 60 silindir numune, PÇ 325 çimentosu ile 15 adet silindir numune döküldüğü bildirilmektedir. Silika tozu ve süper akışkanlaştırıcı katkı kullanarak PÇ 400 çimentosu ile 120 adet silindir numune, PÇ 325 çimentosu ile de 30 adet silindir numune dökülen bu çalışmada; beş değişik agregaya kullanarak 225 adet silindir beton numunesi dökülmüş olup, bu numunelerin 7 günlük ve 28 günlük silindir basınç mukavemetleri belirlenmiştir. PÇ 400 çimentosu ve kırmataş ile yapılan betonun mukavemeti 680 kg/cm^2 olarak bulunduğu belirtilmektedir (17).

Kırma kumun doğal kum ile yer değiştirilmesinin betonun mekanik özelliklerine ve donma-çözülme dayanıklılığına etkisi konusunda yapılan araştırmada; bütün betonlarda, çimento dozajının % 0,4'ü oranında

linyosülfanat esaslı akışkanlaştırıcı bir katkı maddesi kullanılarak çökme 170mm-180mm'de, nominal çimento dozajı 285 kg/cm^3 de sabit tutulduğu açıklanmaktadır. Karışımlarda agrega gronölometrisi B32 referans eğrisine yakın olacak şekilde seçildiği belirtilerek "kıрма kum/ince agrega" oranları hacimce %0, %25, %50, %75 ve %100 olmak üzere yıkanmış ve yıkanmamış kıрма kum kullanılarak üretilen betonların 7, 28 ve 90 günde eğilme dayanımlarının ölçüldüğü bildirilmektedir. Yıkanmamış kıрма kum içeren betonlarda "kıрма kum/ince agrega" oranının %25 olması halinde basınç dayanımı maksimum değere ulaşmakta, bundan daha fazla kıрма kum kullanıldığında basınç mukavemeti ve özellikle donma-çözölmeye karşı dayanıklılığın hızla arttığı gözlemlendiği belirtilmektedir. Yıkanmış kıрма kum içeren betonlarda, maksimum basınç dayanımının söz konusu oranın %50-%75 aralığına ulaşmakta ve donma-çözölmeye karşı dayanıklılıkta artmakta olduğu açıklanmaktadır (18).

Büyük taşların veya iri agreganın konkasörde kırılması ile elde edilen agrega kırmataştır. Kırmataşlar için basınç dayanımı tayini kaya parçasından elde edilen küp veya silindir numuneler üzerinde yapılan basınç dayanım deneyleri ile saptanır denilmektedir. Betonda kullanılan normal ağırlıklı agreganın basınç dayanımı ortalama olarak $1500\text{-}2000 \text{ kgf/cm}^2$ civarındadır. Bazı kayaların basınç dayanımlarının ise granit 2000 kgf/cm^2 , kireçtaşı; 1600 kgf/cm^2 , çakmaktaşı; 2100 kgf/cm^2 , kuvarsit; 3300 kgf/cm^2 , kumtaşı; 1300 kgf/cm^2 civarında olduğu belirtilmektedir (1).

İnce agreganın beton dayanıklılığına etkisi üzerinde yapılan araştırmada; İnce agrega tozunun süper akışkanlaştırılmış (süper akışkanlaştırıcı katılmış) betondaki su ihtiyacının önemli derecede azaldığı görölmektedir. Bu etki, kırılmış düzensiz agregada, çakıl ve kuma dayanan geleneksel beton teknolojisinden beklenildiğinden daha yüksek olduğu açıklanmaktadır (19).

BS 18'den BS 90' a kadar değişen 6 farklı beton sınıfının incelendiği bir araştırmada; bazalt, beyaz kireçtaşı, gri kireçtaşı ve kumtaşı olmak üzere

minorolojik kökenleri farklı 4 tür agrega kullanarak, üretilen tüm betonlarda gronölometri, kullanılan kum, çakıl aynı ve her bir beton sınıfında efektif su/çimento oranları sabit tutularak beton üretildiği belirtilmektedir. Bu betonların sonuçları ise; normal dayanımlı betonlarda, beyaz kalkerle yapılanlara göre en yüksek basınç dayanımlarına ulaştığı görülmektedir. Beyaz kalkerin bu davranışının sebebi, çimento hamuru ile elastik uyumunun daha iyi olmasına ve emdiği fazla suyun daha sonra ara yüzeydeki çimentonun hidrotasyonu için yardımcı olarak temas yüzeyinde daha iyi bir bağ oluşturmaya bağlanmaktadır. Agreg-a-çimento hamuru ara yüzeyi güçlendikçe agrega dayanımının etkisinin arttığı belirtilmektedir. Bazalt kullanılarak yapılan betonların, yüksek beton sınıflarında en iyi sonucu gösterdiği ifade edilmektedir. Beton sınıfının yükselmesi ile birlikte agrega türüne göre beton basınç dayanımlarının oranlarının da arttığı görülmektedir (20).

Kırmataş ocak oluşturma öncesi petrografik analiz ve önemi üzerinde durularak bu amaçla İstanbul, Eyüp İlçesi, Pirinçköy civarında yer alan, yaklaşık 1 km² 'lik arazide yapılan saha ve laboratuar inceleme ve değerlendirme çalışmaları sonrası; iki ayrı noktada "ocak oluşturma" amaçlı alan belirlenerek, inceleme alanı olan arazi, Jeolojik yönden İstanbul bölgesi, Trakya serisine ait Paleozoyik yaşlı "Gravvak-killişist-gre" serisi içinde yer aldığı ve burada, yüzeydeki gravvakların çoğu kez ayrılmış, dayanımsız ve toprağımsı özellikte, olduğu, tabanda yer alan kumtaşlarının ise gri-koyu renkli, masif, zor kırılğan ve ayrışım olayı geçirmemiş olduğu gözlemlenmektedir. Petrografik yönden gravvaklar, kuvvars, feldispat ve serizitleri çevreleyen bol demirli ve killi bir çimento çevrelerken, kumtaşlarının ise mineralleri çevreleyen çok ince taneli kuvartzo, feldispatik bir matriks ile çok sıkı bir biçimde birleşmiş olduğu görülmektedir. Kırmataş yönünden, inceleme konusu olan kumtaşlarının mekanik özellikleri açısından; % 0,83 nem oranı, % 1,8' lik porozite ve tek eksenli basınç dayanımı 600-700 kg/cm² değerlerinin elde edildiği açıklanmaktadır (21).

Cendere (Kemerburgaz-Ayazağa-İstanbul) Kırmataş- beton ve asfalt üretim havzasında etüt ve değerlendirme çalışmalarında; taş üretim merkezlerinde yer alan malzemenin petrografik olarak mikalı kumtaşı olup, $2,7-2,8 \text{ gr/cm}^3$ özgül ağırlık, 6-7 mohs sertlik, $1300-1500 \text{ kg/cm}^2$ 'lik basınç dayanımı ve 0,8 porozitesi, ayrıca Los Angeles aşınma oranının 100 devir için % 8-9 oranında oldukça düşük kayıplar verdiği belirtilmektedir (22).

Hereke formasyonunun (Gebze kireçtaşı) kırmataş özelliği ve kırma-eleme tesislerindeki davranışı üzerine yapılan araştırmada; formasyonun ince katmanlı, kalın katmanlı masif halli olduğu, tektonizma ile kıvrılan ve kırılan formasyonda faylanma ve kırılanma etkisiyle yer yer ezik zonların olduğu gözlemlenmektedir. Kireçtaşının sert ve gevrek durumda olması, onun kırılğan bir özellikte olduğunu gösterdiğini, bu nedenle kireçtaşının sahada gerek yüzeylendiği kesimlerde gerekse taş ocağı yarmalarında (Ayna basamaklarında) taşın parçalı, kırıklı ve dilimlenmiş şekildedir. Sıcak, soğuk, don, bitki kökleri ve yağmur gibi atmosferik olaylar, yer altı ve yüzey sularının etkisiyle formasyonun üstten itibaren derine doğru belirli kesimlerinde yaklaşık 1-4 m kalınlığında ayrışma, erime ve topraklaşma etkilerinin olduğu bildirilmektedir (23).

Bölge ihtiyacına göre kullanılan Hereke formasyonunun teknolojik özellikleri aşağıdadır.

Hereke formasyonunun teknolojik özellikleri :

Özgül ağırlık.....	$2,720 \text{ kg/m}^3$
Suya doymun birim hacim ağırlık.....	$2,700 \text{ kg/m}^3$
Ağırlıkça su emme.....	% 1,2
Los Angeles aşınma kaybı.....	% 5,8/100 devir, % 21,6/500 devir
Don deneyi (NaSO_4) çözeltisi ile	%4,7

Kırmataşın mühendislik büyüklüklerinin beton karışım tasarımı etkileri üzerine yapılan araştırmada; iri agreganın mühendislik özelliklerinin (maksimum agregası boyutu, ince agreganın inceliği, agreganın sıkıştırılmış birim ağırlığı, kırmataş veya çakıl agregası kullanımı) karışım tasarımı üzerindeki etkilerini inceleyen ve rasyonel karışım tasarımı yönelik olarak yapılan değerlendirmeleri içeren bu çalışmadan çıkarılan ana sonuçlar aşağıdadır.

- Karışım tasarımının önemli büyüklüğü olan karışım suyu gereksinimi, hassas bir şekilde karışımın çökme miktarının yanı sıra, agreganın maksimum boyutu ile belirtilir.
- Karışım tasarımında iri agregası miktarı keza, agreganın maksimum boyutu ve ince agreganın incelik modülü ile denetlenmektedir.
- Karışım tasarımında klasik yollarla belirlenen karışım miktarlarının kontrolünde kullanılabilecek değer, ölçülebilir cinstendir. Büyüklük ise, karışımın sıkıştırılmış ıslak yoğunluğudur. Bu büyüklük de, karışım suyu miktarı ve karışım agregasının yoğunluğu ile değişmektedir. Su miktarının da maksimum agregası çapı ile değiştiği dikkate alındığında, anılan büyüklüğün hassas bir biçimde, agreganın temel fiziksel büyüklüklerine bağlı olduğu anlaşılmaktadır.
- Beton karışımının ekonomikliğini kontrol eden toplam agregası/çimento oranı büyüklüğü tasarım şablonunda mutlaka $f = \frac{su}{\text{çimento}}$ ağırlıkça ile bütünleştirilmelidir (24).

Kırmataş hammaddeleri ve standartları konusunda yapılan bir çalışmada; yer kabuğunu oluşturan kayaların içerdiği mineraller ve ayrışma derecelerinin, taşıma güçleri açısından kayaların fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilediği, inşaat sektöründe kullanıma göre direkt veya endirekt

olarak etkili olmaktadır. Agregalar ve kırmataş içinde bulunan bu mineral veya mineral gruplarından bazıları, bağlayıcı maddenin ayrışmasına neden olurlar. Örneğin; bir kısmı betonun parçalanmasına veya çatlamasına yol açarken, diğer bir kısmının ise agrega ve kırmataş ile çimento hamuru arasında kuvvetli bir bağlanmanın oluşmasını engellediği ve böylece mukavemetin düşmesine neden olmaktadır. Kireçtaşları, içlerinde bulunan boşluklara ve kum tanelerine bağlı olarak %0-15 arasında poroziteye sahip, fazla sert olmayan, kolay işlenebilen ve hemen hemen her yerde bulunabilen kayalar olmaları nedeni ile, kireçtaşlarının inşaat sektöründe önemli bir yer tuttukları, masif veya kesme taş olarak yapılarda kullanılabileceği gibi, kaplama taşı, blokaj, mıcır ve kırmataş agrega olarak da kullanılabileceği belirtilmektedir. Bu amaçla kullanılacak kireçtaşlarının porozitelerinin, su emmelerinin %3'ten fazla, aşınmalarının az ve basınca karşı dirençlerinin 200 kg/cm^2 'den fazla olmasının istendiği, kırık ve çatlaksız yoğun kireçtaşları ise temel inşaatlarda kullanılabileceği belirtilmektedir (25).

Endüstriyel kullanım açısından karbonat kayaları konulu yapılan bir çalışmada; kırmataşlar (agregalar) için kullanım alanlarının ve bölgelere göre kalite taleplerinin farklılıklar gösterdiği, kırmataşlar genellikle aşınma, su emme (aggregate abrasion volue= AAV), kırılma (aggregate crushing volue=ACV), ince taneli malzeme için %10 sınırı, sıkıştırma (aggregate impact volue=AIV), düzgünlük, özgül ağırlık testlerinin (dökme ve görünür yoğunluk) yapılması gerekmektedir (26).

Şanlıurfa ovası sulaması IV. Kısım inşaatı betonlarında kullanılan kırmataş kireçtaşı agregalarının taşunu ile iyileştirilmesi konulu yapılan çalışmada; ocaktan çıkarılan ve farklı litolojik özellik gösteren kireçtaşı oluşumlarından meydana gelmiş olan kireçtaşı kayalarının, kırılıp elenmesi ile elde edilen kırma taş agrega kullanılmaktadır. Yapılan petrografik analiz sonuçlarında; agrega içerisinde az miktarda serbest silis, demiroksit ve çok az miktarda sekonder jips oluşumlarının olduğu gözlemlenmektedir. Yine yapılan incelemelerde bazı kireçtaşı oluşumlarının çok yumuşak ve boşluklu olduğu

görülen bu malzeme ile kanalet, kanal kaplaması, sanat yapısı ve ayak betonu olmak üzere dört değişik tipte ve çimento dozajında, toplam 30 adet beton karışımı, fillerli ve fillersiz olmak üzere hazırlanan bu çalışmada; betona taşunu ilavesiyle, basınç dayanımında %10 seviyesinde iyileşmeler tespit edildiği belirtilmektedir (27).

Kocaeli-Gebze ilçesi, Tavşanlı köyü civarındaki kireçtaşı sahalarının jeolojisi, rezerv analizi ve İstanbul metropolü yönünden önemi konulu yapılan bir araştırmada; Gebze taş ocaklarında işletilen Hereke formasyonunun esas olarak kireçtaşından ibarettir. Öncelikle, toplam alanı 350 hektar olan sahada, işletilebilir kireçtaşının haritası çıkartılarak, sahanın jeolojik yapısı ayrıntılı olarak incelenmiş ve işletmeciliğe esas olan Hereke formasyonunun petrografik özellikleri belirlendiği belirtilmektedir. Ayrıntılı jeolojik inceleme sonucunda elde edilen verilerden yararlanarak "jeolojik kesit yöntemi" ile sahanın Görünür+Muhtemel+Mümkün ve üretilebilir kireçtaşı rezervi hesaplanarak, sırasıyla 83.866.600 m³ ve 79.673.270 m³ olarak bulunduğu açıklanmaktadır (28).

Zonguldak bölgesi kum-çakıl-kırmataş yataklarının etüdü konulu yapılan bir araştırmada; bölgede inşaat sektörünün tamamına hitap eden özellikte kum-çakıl ve kırmataş üretimi yapıldığını, ancak bu üretimin kullanılacakları sektörler göz önüne alınarak değerlendirilmesi gerektiği, böylece yapılan inşaat ve sanat yapılarının daha uzun ömürlü olacakları belirtilmektedir (29).

Bölgedeki işletmelerden Alagözler' de üretim malzemelerinin kayaç parçacığı (% 56-72), feldispat (%2-7), kuvars (% 29-30) arasında, Albuzlar' da kayaç parçacığı (%75-81), feldispat (%2-3), kuvars (% 16-21) arasında, Dokap' da kayaç parçacığı (% 56-68), feldispat (% 6-9), kuvars (% 22-35) arasında, Bılık Köyü'nde kayaç parçacığı (% 75-96), feldispat (% 3-5), kuvars (% 10-19) arasında, Devrek Birlik' de kayaç parçacığı (% 75-85), feldispat (% 2-5), kuvars (% 10-17) arasında, Güner 'de kayaç parçacığı (% 75-83), feldispat (% 3-6), kuvars (% 11-18) arasında, Dedekargioğlu'nda kayaç

parçacığı (% 93-95), feldispat (% 1-2), kuvars (% 3-9) arasında, Gülüş deresi'nde kayaç parçacığı (% 76-97), feldispat (% 3-6), kuvars (% 3-18) arasında, Mollabey 'de kayaç parçacığı (% 80-85), feldispat (% 5-11), kuvars (% 5-16) arasında bir dağılıma sahip olduğu Dedekırgınoğlu, Gülüş deresi ve Mollabey işletmelerinde mağmatik kayaç parçaları diğer bölgelere göre daha fazla olduğu görülmektedir. Bölgede üretilen kum-çakıl ve kırmataşlarda, kil ve silt ile organik madde açısından herhangi bir olumsuzluk bulunmamaktadır (29).

Mahmutbey - Paşadeğirmeni (İstanbul) civarı kırmataş ocaklarının jeolojisi ve petrografik incelenmesi üzerine yapılan çalışmada; Mahmutbey-Paşadeğirmeni mevkiinde yaklaşık 100 hektarlık alan içinde yayılım gösteren "kırmataş-mıcır" üretim ocak ve civarında yapılan jeolojik, petrografik ve teknolojik inceleme verileri ışığında ortaya çıkan sonuçlar şöyledir; temelde yer alan masif, kompaky, ayrışmamış sert seviye olarak bilinen greler, "kırmataş-mıcır" için üretilmektedir. Söz konusu malzeme, petrografik olarak esasen kuvars, feldispatlı gre olup, mineral bileşimi kuvars plioiklast-alkali feldispat minerallerden oluşmaktadır. Aynı örneklerde, çok az oranda ayrışım ürünü, illit, klorit kaolen gibi kil minerallerine rastlanmaktadır. Greler, kimyasal bileşimi açısından silistçe yüksek (% 63,66) tenör içerirler. Alüminyum (% 100,0), kalsiyum (% 10,50) orta, demir ve magnezyum alkaliler düşük değer gösterirler. Teknolojik özellikleri açısından benzer malzeme olan kireçtaşlarından daha farklı malzeme özelliği göstermektedirler (30).

Tüketim yerine göre talep edilen kırmataşta bazı kalite değerleri istendiği örneğin; kırmataş eğer beton üretiminde kullanılacaksa her şeyden önce iyi bir tane boyu dağılımı istenmektedir. Çoğu beton karışım dizaynlarında, beton dayanıklılığı ile tane boyu dağılımı arasında doğrudan bir ilişki olduğu bilinmektedir. Masif beton ve kütle beton dökümlerinde kırmataş, tane boyutu arttığı oranda çimento kütle yüzdesini düşürmekte, buna karşın dayanımı arttırmaktadır. Çimento yüzdesinin azalması, hidrotasyon ısını azaltmakta, dolayısıyla inşaat tekniğindeki bazı komplikasyonları ortadan kaldırmaktadır.

Tane boyutu dağılımı üzerinde konuşulurken, hazırlanan kırmataşın gradasyon eğrisinin doğru olması gerektiği ve bazı fraksiyonların eksik olmasının sorunlar yarattığını vurgulanmaktadır (31).

Kırmataş tozunun betonda kullanılabilirliği üzerine yapılan bir araştırmada; ince agrega olarak betonda doğal kum yerine kırmataş tozunun kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla yaptığı çalışma sonucunda elde edilen sonuçlara göre:

- Beton karışımında kırmataş tozu miktarı arttıkça, aynı kıvama getirmek için gereken karışım suyu miktarı da artmaktadır. Betonun işlenebilirliği ise olumsuz yönde etkilenmektedir. Bununla beraber karışımında kullanılan kırmataş tozu miktarı arttıkça basınç dayanımları da artmaktadır.
- Beton karışımında kırmataş tozu miktarı arttıkça taze beton birim hacim ağırlığı da artmaktadır. Bu durumda, kırmataş tozunun, betonu daha boşluksuz ve daha az geçirgen hâle getirdiği de görülmektedir.
- Beton karışımında kırmataş miktarı arttıkça betonun priz süreleri kısalmaktadır. Kırmataş tozu miktarı fazla olan betonlar, doğal kumu fazla olan betonlara nazaran daha erken prize başlamış ve yine daha erken prizi sona ermektedir.
- Betonlarda ince agrega olarak kırmataş tozunun kullanılması bir tartışma konusudur. Daha önce bahsedildiği gibi, bu çalışma, sadece basınç dayanımları göz önüne alınarak yapılmış ve kırmataş tozunun kullanılması ile yüksek basınç dayanımları elde edildiği belirtilmektedir. Ancak, kırmataş tozunun rötreye yol açması, betonda durabilite, aderans, görünüm gibi özelliklerin etkilenebileceği dikkate alınarak, ayrıca bir çalışma yapılmasında büyük yarar olacağı vurgulanmaktadır (32).

Sivas ve dolayındaki doğal ve kırmataş ocaklarından elde edilen agregaların yapı gereci olarak kullanılabilirliği konulu yapılan çalışmada; iklim şartları göz önünde bulundurularak, doğal ve kırma agreganın su emme, aşınma kaybı, don kaybı gibi özellikleri üzerinde durularak malzemenin kalitesiyle uygunluğu aşağıdaki gibi oluştuğu görülmektedir:

- Su emmesi yüksek olan agreganın betonda kullanılması, beton dayanımını ve dayanıklılığını azaltır. Su emmesi yüksek olan agrega, poröz bir yapıya sahip olup, betonun dona karşı dayanımında önemli rol oynar. TS 3526 standartlarına göre, su emme yüzdesinin limiti kum ve çakıl için %1, Sivas ilinde elde edilen doğal agreganın su emme limitleri %1' in üzerinde olduğundan dolayı uygun değildir. Özellikle betonlarda aşınmaya karşı agreganın aşınma dayanımlarının iyi olması gereklidir. TS 3604 standartlarına göre, agrega aşınma kaybı yüzdesinin limiti 100 devir için % 8-10' dur. Yöredeki doğal agreganın Los Angeles aşınma kaybı değerleri standartlar içersinde kalmakta olup, uygunluk göstermektedir. Bununla birlikte, mevcut kırmataş ocaklarından elde edilen kırma agrega değerleri daha düşük olduğundan dolayı doğal agregaya karşı üstünlük sağlamaktadır.
- Betonda kullanılacak agreganın uzun süre ağır hava koşullarına karşı koyabilecek dayanımda olması ve donma-çözölmeye karşı dayanıklılık göstermesi gerekmektedir. Agreganın NaSO_4 don değerleri TS 3655 standardına göre kum için %15, çakıl için %18 dir. Doğal agreganın don kaybı değerleri ise bu limitlerin çok üstündedir. Kırma agregaya ait don kaybı değerleri ise standartlara uygundur. Ayrıca, agreganın kimyasal ve petrografik yapılarının beton kalitesini önemli oranda etkilemesi nedeni ile, betonda kullanılacak agreganın mineralojik yapılarının da tanımlanması gerekmektedir. Sivas ve dolaylarındaki kum ve çakıl ocaklarına kaynak oluşturan köken kayalar, genel olarak kireçtaşı, killi kumtaşı, marn, jips, serpantin, şist vb. dir. Bu nedenle kum ve çakıl ocaklarından elde edilen doğal agrega, istenen fiziksel ve kimyasal özelliklere her zaman

ulaşamamaktadır. Oysa kırma agreganın sağlanacağı kaya ocağı seçilirken, kayacın türü göz önünde bulundurulabilmektedir (33).

Otoyol inşaatında kırmataş ocağı seçimi konulu yapılan bir araştırmaya göre; Anadolu otoyolunun Gümüşova-Gerede kısmında yapılan çalışmalar sonucunda, 5 adet potansiyel taş ocağı olarak değerlendirilebilecek alan saptandığı bildirilmektedir. Bu alanlardan Kilise (T1) ve lokman (T2) taş ocak yerleri, İkiizoluk formosyonun otak kireç taşlarında, Kom (T3) ve Daroluk (T4) taş ocak yerleri Yedigöller formasyonun da ve Elmalık (T5) ocak yeri Bayramışlar formasyonu içerisinde bulunmaktadır. Bu ocaklarda yapılan deneylerden çıkan sonuçlar aşağıdadır:

- Su emme deneyinde, inceleme alanındaki örneklerin tümünde de su emme değeri %2,5'tan küçüktür.
- Los Angeles aşınma değeri %40'ın altında olan kırmataşlar beton yapımında kullanılmaktadır. Los Angeles deney sonuçlarına göre, inceleme alanındaki kırmataşlar bu şartı sağlamaktadır.
- BS 812'ye göre kırmataş yığınında kırılmışlık oranı, ağırlıkça en az %30'unun iki veya daha fazla yüzü kırılmış olacaktır. İnceleme alanında yapılan deneyler sonucunda ise, bu oranın %20 dolayında olduğu görülmektedir.
- BS 812'de beton için %10 incelik değeri 100 kN'den büyük olarak belirtilmiştir. İnceleme alanındaki kırmataşlar bu şartı sağlamaktadır.
- Lokman (T2) ve Kom (T3), ocaklarındaki dona dayanıklılık değeri, beton ve üst yapı malzemeleri için uygun özelliktedir. Daroluk (T4) ve Elmalık(T5) ocağındaki örnekler ise standart değerin üzerindedir. Bu nedenle; bu iki ocaktan üretilecek kırmataşlar da dona dayanıksızlık

sorunu bulunmaktadır. Kilise(T1) ocağında ise ince kırmataşlar da dona dayanım değerleri standart değerler içerisinde kalmakta, kaba kırmataşlar da ise standart değer üzerinde yer almaktadır.

- Yapılan deneylerde; sülfat ve klorit madde miktarının istenen limitler dahilinde olduğu gözlemlenmektedir.
- Alkali agrega reaktivitesi betonda genişlemeye yol açan, önemli tehlikelerden biridir. Bu amaçla alkali agrega reaktivitesi yapılan deneyler sonucunda, örneklerde harç çubuğunda değişme olmadığı belirtilmektedir.
- Kilise (T1), ocak yerindeki birleşik kireçtaşı örneklerinin ortalama serbest sıkışma dayanımı düşük dayanımlı kaya sınırındadır. Lokman(T2) ocak yerindeki kireçtaşlarının ortalama sıkışma dayanımı ise, yüksek dayanımlı kaya sınırını göstermektedir. Lokman (T2) ocağından alınan örnekler üzerinde ortalama nokta yük dayanımı değerleri, orta dayanımlı kaya sınırına karşılık gelmektedir.
- Kom (T3), taş ocağına ait amfibolit-metagranit-metaguvars- diyoritlerin ortalama tek eksenli sıkışma dayanım değerleri orta dayanımlı kaya sınıfındadır. Nokta yük dayanım değerine göre de örneklerin ortalama değeri, orta dayanımlı kaya sınırını göstermektedir.
- Elmalık (T5), taş ocağına ait kumtaşları, tek eksenli sıkışma dayanım değerlerine göre, düşük dayanımlı kaya sınırına karşılık gelmektedir. Ortalama nokta yük dayanımı ise orta dayanımlı kaya sınırındadır.
- Deneylerde elde edilen serbest sıkışma verileri, kırılma düzleminin anizotropi açısına bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Anizotropi düzlemleri, birimlerinin serbest basınç değerlerini etkilediği gibi, mineral

içerikleri de serbest basınç değerlerini etkilemektedir. Örneğin kuvars içeren motegranitler, çok az kuvars içeren amfibolitlere göre daha yüksek serbest basınç değerleri vermektedir.

- Beton üretimi için kırmataşlarda aranılan en önemli özelliklerden birisi de, bunların serbest sıkışma değerlerinin yüksek olmasıdır. Çünkü; serbest sıkışma dayanımı küçük olan kırmataşlar kullanılarak yüksek dayanımlı bir beton elde etme olanağı bulunmaktadır. İnceleme alanındaki örneklerin genellikle dayanım değerlerinin düşük veya orta dayanımlı olması ise, bu kırmataş örneklerinin beton üretimi için uygun olmadığı belirtilmektedir (34).

Genel olarak agregatanesinin mukavemeti arttıkça betonun da mukavemeti artar, normal agregat ile üretilen beton bloğun mukavemeti ponza taşı ile üretilen briketten daha yüksektir. Ancak zincirin zayıf halkalı agregat olmaktan çıkıp, çimento hamuru veya aderans arttıkça agregatanesinin artan sağlamlığının önemi azalır. Beton sınıflarından C18, C25, C30 üretmek için basınç dayanımı 60-70 N/mm² olan agregalar yeterlidir, 150-200 N/mm²'lik agregalar gerekmez. Agregatanesinin yüzeyi pürüzlendikçe, girintileri çıkıntıları arttıkça yüzey alanı da artar. Aynı büyüklükteki kırmataşın yüzey alanı çakıl tanesinden daha büyüktür. Tanenin yüzey alanı arttıkça o yüzeyi kaplamak için gerekli olan su ve çimento oranı miktarı da artar. Aynı kıvama sahip beton elde etmek için gerekli su miktarı (dolayısıyla çimento miktarı), agregat küçüldükçe, yassılaştıkça ve pürüzlendikçe artar. Agregat yüzeyinin pürüzlü, girintili-çıkıntılı olması su ihtiyacını artırır. Ancak çimento hamurunun yapışmasını kolaylaştırır. Hem yapışma yüzey alanı artar, hem de agregatanesi ile çimento hamuru arasında mekanik kenetlenme oluşturur. Su/çimento oranının büyümesinden dolayı çimento hamuru zayıflarken, çimento hamuru-agregat aderansının iyileştiği bildirilmektedir (35).

Çimento harçlarının kireçtaşı unu ile güçlendirilmesinin optimizasyonu konulu yapılan çalışmaya göre; çimento yerine konulan kireçtaşı unu oranı %10-%15 civarına kadar, ilk başlarda harcın gücüne önemli derecede etkisinin olmadığı daha yüksek seviyelerde ise güç kaybına neden olmaktadır (36).

Agregalar, kimyasal ve petrografik yapılarına göre beton üretiminde önemli sakıncalar doğurabilir. Beton iç yapısı bozulması veya dış etkilere bozulma türünden olan bu sakıncalar, betonlarda durabilite (dış etkilere zaman içinde dayanma) özelliğini zedelerler. Bu bakımdan agregaların minerolojik yapılarını tanımak gereklidir (37).

Kireçtaşı agrega betonunun, yararlılığı ve dayanıklılığı konulu yapılan araştırmaya göre; kırılmış kireçtaşı agregası, Fransa'da, çakıl agreganın mevcut olmadığına kullanılmaktadır. Kireçtaşı unu ise halen beton karışımlarına Portlant çimentosu ile kısmi yer değişikliği ve ilave olarak kullanılmaktadır. Kireçtaşı agrega karışımları için, özellikle dayanıklılıkta ikinci derecede göz önünde bulundurulmamaktadır. Bununla birlikte, son zamanlarda sağlığa zararlı alkali silis tepkimelerinin bazı halleri ve sülfat zararına ilişkin durumunu ve performans durumunu da iyileştirmektedir (38).

Kireçtaşı, tortul kayaç olup, esas olarak kalsiyum karbonattan oluşmaktadır. Kireçtaşının sert ve yoğun olan türleri, betonda en uygun kayaç türüdür. Daha yumuşak ve yoğunluğu daha düşük olan olitik kireçtaşları, aşınmaya ve don-karşı dayanıklılıklarının düşük olması nedenleriyle; özellikle aşınmaya ve atmosfer etkilerine maruz karayolu kaplama betonları, dolusavak betonları ve köprü tabliye betonları için uygun değildir. Tebeşir türü kireçtaşı ise çok yumuşak olması nedeniyle betonda kullanılmaz. Yüksek oranda magnezyum karbonat ihtiva eden dolomitik kireçtaşları, beton üretimine uygun olduğu belirtilmektedir (39).

Normal ağırlıktaki agregâ, betonun iç yapısındaki diğêr iki faza, çimento hamuru ve ara yüzey bölgelerine oranla daha rijit ve daha yüksek dayanıma sahiptir. Beton hacminin yaklaşık %75'ini kaplar ve dolaylı veya doğrudan olmak üzere betonun birçok özelliğini etkileyebilir. Betonda eğilme dayanımının yüksek olması istendiğinde kırmataşların, yüksek dayanımlı betonlarda da yüksek dayanımlı kayâçlardan kırılarak elde edilen agreganın kullanılması önerilmektedir (40).

Çimento hamuru ile agregâ tanesi arasında fiziksel (kenetlenme, sürtünme, vb.) ve kimyasal bağlar söz konusudur. Köşeli ve yüzeyi pürüzlü agregalar, yuvarlak taneli ve düzgün olanlara nispetle, çimento hamuru ile daha sıkı fiziksel bağlar oluştururlar. Agregâ yüzeyinin gözenekli olması durumunda, çimento hamuru tane içêrisine sızarak, bu tür bağları daha da kuvvetlendirir. Çimento hamuru ile agregâ arasında, agreganın mineralojik yapısı ile her iki fazın da bileşimlerine bağlı olarak kimyasal reaksiyonlar meydana gelebilir. Agregadaki bileşenlerin kristal yapıda olmaları hâlinde, bu reaksiyonlar çok yavaş yol alır ve uygulamada bu tür agregalar "atıl" kabul edilir. Ancak, reaksiyonların meydana gelmesi durumunda silisli agregalardan kalsiyum silikat hidratlar ve karbonatlı agregalardan karboalüminant hidratlar zamanla kristalleşerek, ara yüzeydeki boşlukları doldurmaya başlarlar. İleri yaşlarda ara yüzey bölgesinin bu tür yeni ürünlerle sıkılanıp kuvvetlendiğı söylenebilir. Burada hidratasyon sonucu çimento hamuru ile agregâ arasındaki fiziksel bağların gelişmesi de olumlu rol oynar (40).

Taze betonun uygun aralığı üzerine taşunu malzemelerinin etkisi konulu yapılan bir çalışmada; yaklaşık aynı boyutta olan kuvars, potasyum feldispat, plagioclase feldispat ve öğütölmüş kireçtaşından oluşan taşunu malzemelerinin, taze betonu fazla etkilemediğı, ayrıca taşunu malzeme olarak siyah mika, beyaz mika ve klorit ile kısmi değıştirilmelerinde akışkanlığı artırdığı fakat plâstik kıvamı değıştirmemektedir. Benzer etki %15 siyah mika içêren ampibol için de görölmektedir. Ayrıca değışik beton

karışımları için akışkanlığın artığı fakat plâstik kıvamın 50 dakikalık bir periyot içinde değişmediği belirtilmektedir (41).

Yüksek performanslı betonda iri agregaların mekanik özelliklerine etkisi konulu yapılan bir araştırmada; agregaların minerolojik karakteristiklerinin betonun mekanik özelliklerini etkileyen bir faktör olduğu belirtilmektedir. Kalsitli kireçtaşı içeren betonların düşük elastik modülü ve eğilme dayanımı veren deney sonuçları, kalsitli kireçtaşından daha yumuşak ve daha zayıf bir mineral olan kalsitin bulunmasıyla açıklanmaktadır. İri agreganın miktarının artmasıyla eğilme dayanımında azalmaya neden olmaktadır (42).

Katkılı beton ve katkılı çimento konulu yapılan bir çalışmaya göre; kalkertozu tanelerinin hidratasyon ürünleri için çekirdek oluşturarak su ile reaksiyonu hızlandırmakta, ayrıca çimentodaki C_3A (Trikalsiyum alüminat) ile reaksiyona girerek, çözünmeyen monokarboalüminat meydana getirmektedirler. Böylece çimento hamuru ile sülfo alüminatlar, göreceli olarak azalarak sülfatlara karşı direnç artmış olmaktadır. Kimyasal etkileri olmasa dahi bütün katkıları yeterli incelikte öğütüldükleri takdirde bir filler olarak hamur harç ve betonda işlenebilmeyi kolaylaştırmakta, hamur ile agregam hamur ara yüzeyini sıkıştırabilmektedir (43).

İri agreganın yüksek performanslı betonun elastik özelliklerine etkisi üzerine yapılan çalışmada; iri agregalara ilişkin 3 farklı tip kullanılmıştır. İyi bir şekilde gronölometri eğrisi seçilerek dolamatik kireçtaşı, kuvarsit ve kumtaşından oluşan kayaçların kimyasal bileşimleri, petrografik ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Beton deney sonuçlarına göre; kuvarsitle elde edilen beton, en düşük basınç mukavemetine, fakat en yüksek elastisite modülüne sahip çıkmaktadır. Bu da agreganın sıkışmazlık özelliğinden ileri gelmektedir. Bu durumun betonun rijitliğini geliştirdiğini, fakat dayanımında da azalma meydana getirmektedir. Kumtaşı ile yapılan betonda ise; en yüksek basınç dayanımı elde edildiği, fakat en düşük elastisite modülü de ortaya çıktığı görülmektedir. Bunun nedeni ise; kumtaşı porozitesinin sınırından harca

doğru gelişim göstermesinin yanında, agreganın kapasitesinin şekli, bir yönde bozulduğunda, tüm kesit mukavemetine etki eder. Kesitin belli bir bölgesinde, beton basıncı rijit agregalarla karşı koyar. Dolayısıyla erken kırılma meydana gelmektedir. Sonuç olarak da; yüksek performanslı betonun elastisite modülü, iri agregaların elastik özellikleriyle etkileşimde oldukça güç olduğu belirtilmektedir (44).

Çimento karışımının agreganın tipine göre basınç-gerilme ve betonun elastik modülünün etkisi konulu yapılan bir çalışmada; dört çeşit çimento karışımı ile yapılan betonlarda, agreganın çeşitlerinin beton mukavemetine etkisi incelenmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre; agreganın çeşidine bağlı olarak, basınç mukavemetlerinin de değiştiği gözlemlenmektedir. Dolomit ve andezit agregalarının portland çimentosu kullanılarak yapılan betonların mukavemeti büyük çıkmaktadır. Granit ve kuvarsit agregalarla yapılan betonlarda, özellikle erken yaşlarda elastisite modülü de düşük çıkmaktadır. Dört farklı agreganın kullanılarak yapılan betonlarda, agreganın ve çimento geçiş bölgeleri, agreganın doğal yapısına göre değişik özellikler göstermektedir. Bunların silis dumanı, curuf ve ucucu kül gibi katkılarla kullanılarak betonun iyileştirildiği belirtilmektedir (45).

Agreganın fiziksel özelliklerinin etkisi konulu yapılan bir araştırmaya göre; agreganın yüzey yapısı için bahsedilen yüzey parametrelerinin ölçümleri, agreganın yüzeylerinin kırılma veya çatlak olup olmadığına bağlı olarak, çalışılan üç farklı mineral yapıya sahip agreganın arasında önemli farkları göstermektedir. Yüzey sertliklerinde önemli farklılıkların olmadığını, bazaltın çatlak yüzeyi kireçtaşıdan, kireçtaşının çatlak yüzeyi de, kuvarsitten daha pürüzlüdür. Verilen bir çimento karışımı ile görülen iç yüzey sınır dayanımı, agreganın yüzey dayanımsızlığının basit bir fonksiyonu olarak bulunmamaktadır. Fakat aynı zamanda kayma yapısı ve kimyasal reaksiyonların dayanımında önemli bir fonksiyon oluşturmaktadır (46).

2.2.2. Kırmataşlar ve doğal agregaların karşılaştırılmasına ilişkin çalışmalar

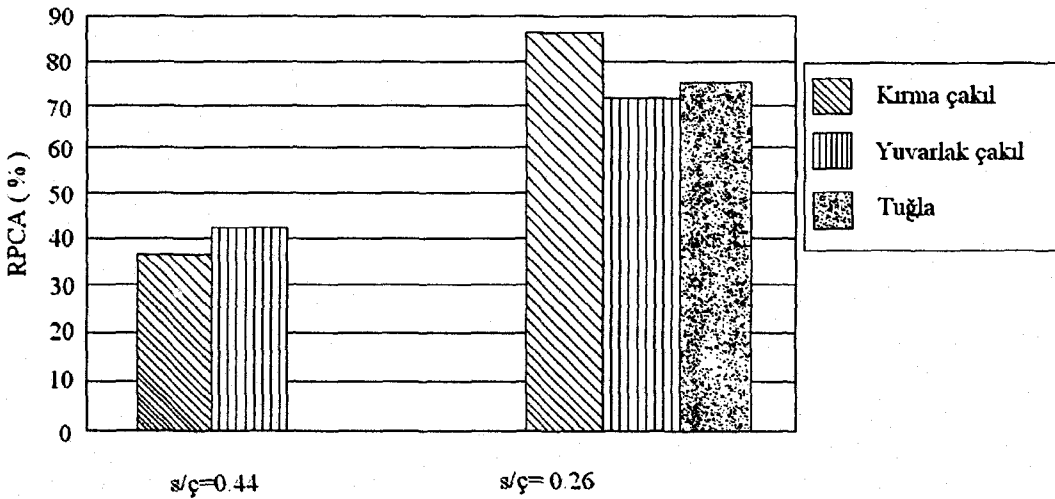
Çakıl taneleri, yuvarlak olması dolayısıyla daha az boşluk bırakarak, belirli bir hacmi doldurulabilir. Buna karşılık kırmataşlarda bulunan keskin köşeler, bunlar arasında önemli boşlukların kalmasına neden olmaktadır. Bu durumun bir sonucu olarak, tane sınır boyutları aynı olan çakıl ve kırmataş numunelerinden çakıl, daha büyük bir kompasiteye sahip bulunmaktadır. Bu konuda bir fikir vermek için, çakılların kompasitesinin 0,65, kırmataşın kompasitesinin 0,60 dolaylarında yer almaktadır. Yapılan deneyler çakıl-kırmataş karışımlarında, kırmataş arttıkça, kompasitenin azalmakta olduğunu da ayrıca göstermektedir. Genel olarak agreganın kompasitesinin düşük olması, o malzeme ile üretilen beton mukavemetinin de düşük olmasına yol açmaktadır. Fakat kırmataş tanelerinin yüzeyinin pürüzlü olması, bunlarla çimento hamuru arasında kuvvetli bir aderansın meydana gelmesine neden olmaktadır. Bundan dolayı kırmataş ile üretilen betonların mukavemetinde bir azalma değil, bir çok hallerde artış bile kaydedilebilir (47).

Dere agregası ile oluşturulan ve kırmataş agregada taşunu kullanımının dere agregası ile oluşturulan betonda %5'ten fazla ve kırmataş agregası ile oluşturulan betonda %15'ten daha fazla olduğu durumunda, su ihtiyacının çok hızlı bir şekilde arttığı görülmektedir. Su sızıntısı için, ince agregaya içerisine daha fazla taşunu katılması durumunda, daha net bir fayda etkisi olduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca taşunu yüzdesinin artmasıyla birlikte betonun slampının baskı gücünde doğrusal bir azalma olmaktadır. Esnek ve bağlantı (aderans) güçleri buna benzer bir şekilde etkilenmektedir. Aynı kıvamda yapılan kırmataş agregalı betonda, hava içeriği dere agregalı betona göre %5 ile %10 civarında daha yüksektir. Yine taşunun artırılmasıyla, dere agregasına katılan %5 taşunu yaklaşık %10, kırmataşa katılan %12' lik taşunu betonun %5 güç kaybına neden olmaktadır. Taşunun artırılması, kırmataşla yapılan betonun aderansını etkilemezken, dere agregası ile yapılan betonda %5'in altındaki taşunu katılımı fazla

etkilenmemektedir. Sabit su-çimento oranlı betonlarda taşunu katılması, kıvamda önemli bir eksilmeye neden olmaktadır. Dere agregası ile yapılan beton, taşunu katılmasıyla önemli bir şekilde etkilenmezken, kırmataş agregalı betonda önemli bir yükselme olduğu belirtilmektedir (48).

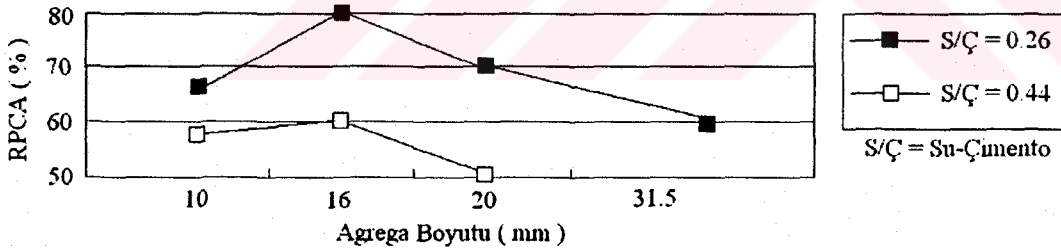
Doğal ve kırmataş agreganın beton davranışı üzerine fiziksel ve ekonomik yönden etkileri konulu bu araştırmada; TSE kriterlerine göre hazırlanan betonlardan numuneler alınıp bu numuneler dayanım testlerine tâbi tutulmuştur. Testler neticesinde her iki agregâ ocağının, deneme beton dayanımları hemen hemen birbirine yakın çıktığı belirtilmektedir. Ancak, doğal agregâ ocağının deneme betonlarında, suyun artışının beton üzerinde çok olumsuz bir etki yaptığı, ayrıca, betonlar yüzey dayanım testlerine tâbi tutularak, kırmataş ile imal edilmiş betonların yüzey dayanımının daha yüksek olarak çıktığı da bildirilmektedir (49).

Yapılan bir çalışmada; su-çimento oranının azaltılmasıyla, kırmataş agreganın beton bağının, çakıl agreganın kırılma ihtimali ile bağlantılı olarak, yuvarlak çakıla göre daha iyi derecede iyileşmeler sağlamaktadır (50).



Şekil 2.1. Agregâ tipi ve RPCA (50)

Agreganın dayanıklılığı, kırmaçakılın %8,3'ü, yuvarlak çakılın %8,45'i ve kırılmış tuğlanın %3,5'i olarak belirlenmiştir. Şekil 2.1. farklı su-çimento oranlarında, farklı çakıl agreganın kırılma ihtimali (RPCA) değerindeki farklı çakıl agregası tiplerinin sonuçlarını göstermektedir. Su-çimento oranı %44' den %26' ya düşürüldüğünde, kırmaçakıl %136,6'luk oranda RPCA' nın en yüksek ortalama değişikliğini (arttığını) göstermektedir. (Su-çimento oranının düşürülmesi ile kırma taş agreganın kırılma olasılığı artmaktadır). Bu arada yuvarlak çakıl için RPCA yalnızca %74,8 oranında artmaktadır. 0,44'lük su-çimento oranının yuvarlak çakıllı karışımı, kırma çakıla göre %18,28 oranında daha yüksek RPCA ortaya çıkarmaktadır. Ancak bu RPCA 0,26 su-çimento karışımında daha yüksek olmakta ve kırma çakıla karışmış çimento, yuvarlak çakılla karışmış çimentoya göre %14,4'lük daha yüksek bir RPCA oluşturmaktadır. Buna ilaveten kırma tuğla ile yapılan betonun RPCA değeri, kırma çakıl ve yuvarlak çakılın RPCA değerleri arasında olduğu belirtilmektedir(50).



Şekil 2.2. Seri agrega boyutu için RPCA (50)

RPCA ve bağ gücü üzerine çakıl agregası tipinin etkileri açısından, kırma çakıl ve yuvarlak çakılın benzer kırılma dayanıklılığı değerleri, bu agregaların karakteristik gücünün benzer olduğu anlamına gelir. Bu yüzden Şekil 2.2. deki sonuçlar, azalan su-çimento oranı ile kırmaçakılın bağ gücü niteliğinin, yuvarlak çakıla göre daha iyi olduğunu göstermektedir. Kırılmış tuğlanın dayanıklılığının en düşük olduğu belirtilmektedir (50).

Doğal şekillenmiş ve kırmataş agregası kullanımının, betonun basınç ve çekme dayanımı üzerindeki etkileri konulu yapılan bir çalışmada; aynı orijinli doğal şekillenmiş agregası ve kırmataş agregası kullanılarak farklı yüzey pürüzlülüğüne sahip bu iki cins agreganın, gerek taze beton işlenebilirliği, gerekse sertleşmiş beton basınç ve çekme dayanımında oluşturduğu etkiler araştırılmıştır. Ayrıca kırmataş agregası kullanılmış betonlarda, işlenebilirliği artırıcı katkı maddesi kullanımı ile, aynı su/çimento ve aynı işlenebilirlikli doğal şekillenmiş ve kırmataş agregalı beton serilerinin kıyaslanması yapılan bu çalışmada;

Sabit su/çimento oranına sahip seride kırmataş agregası kullanılan betonların işlenebilirliğinde düşme, basınç dayanımında yükselme olduğu, sabit işlenebilirlikli seride, kırmataş agregası kullanılan betonların su/çimento oranında 0,10 civarında artış olmasına karşın, basınç dayanımında belirgin bir düşme olmadığı belirtilmektedir. Katkı kullanılan seride ise, kırmataş agregalı beton serilerinin basınç dayanımında yükselme meydana gelmektedir. Eğilme-çekme dayanımı ise, bütün serilerde kırmataşlı betonlarda daha yüksek olmaktadır. Sonuç olarak; sadece işlenebilirlik gücüyle gerekçesiyle betonda kırmataş agregası kullanımında tereddütlü davranışın yersiz olduğu, özellikle akışkanlık verici katkı kullanımının son derece avantajlı sonuçlar vereceği açıklanmaktadır (51).

Beton agregaları konulu yapılan bir çalışmaya göre; genel olarak beton üretiminde agregası (kum-çakıl) olarak doğal malzeme kullanılır. Ancak doğal malzeme kalite yönünden uygun değilse veya ekonomik olarak elde edilemiyorsa, doğal malzeme yerine, kırma malzeme de kullanılabilir. Ancak bu durumda kırma agreganın özgül yüzeyi, tane şekli ve özellikleri göz önüne alınarak, bunların beton içerisindeki davranışları ve bu davranışların sonucu beton yapısı ve özellikleri üzerinde meydana gelebilecek değişiklikleri göz önüne alınmalıdır. Doğal agregalar, oluşumları gereği doğanın aşındırma etkisiyle yuvarlaklaşmışlardır. Yuvarlak doğal agreganın yığın olarak yerleşmesi, geometrik yapısı gereğince daha kolay olup, özgül yüzeyde daha

küçük olduğundan, işlenebilirlik için az su gerektirir. Buna karşılık kırma agregalar, köşeli ve yüzeyleri pürüzlüdür. Ayrıca tortul kütlelerden elde edilen kırma agregalar, tabakalaşma doğrultusuna ve konkasörlerin ayarsızlığına bağlı olarak, yassı ve çivi türü biçimsiz taneler içerebilir (52).

Farklı agregalardan oluşan yüksek mukavemetli betonlar konulu yapılan bir çalışmada; bazalt, granit ve kireçtaşı kullanılarak betonlar üretilerek bu betonlar üzerinde basınç dayanımı, elastisite modülü, çekme gerilimi ve eğilme deneyleri yapılmıştır. Yapılan araştırmada; betonun iç bağındaki çözülmeler ve süreksizlik sınırları incelenmiştir. Sonuçlara göre; iç bağdaki çözülmelerin nedenini, agreganın temizliğine, sıkıştırılmasına, karışımına ve agrega türüne göre değiştiği, süreksizlik sınırının ise agregaya göre değişmediği iddia edilmektedir. Bununla birlikte, daha sert kayalardan elde edilen agregaların, mukavemet değerlerinin de yüksek çıktığı belirtilerek, bazalt, granit ve kireçtaşı içermeyen betonların, mukavemet değerlerinin de daha düşük çıkacağı belirtilmektedir (53).

Eskişehir bölgesi agregalarının hazır beton kalitesine etkisi konulu yapılan bir araştırmada; farklı bölgelerden alınan agregalarla BS16 ve BS20 standardında betonlar hazırlanmış ve kaynaklarına göre de, basınç dayanımlarında farklı sonuçlar elde edildiği belirtilmektedir. Bölgesel olarak farklı yerlerden dere agregası ve kırmataş agregası alınmıştır. Standartlara göre hazırlanan bu betonlardaki basınç dayanımlarında, kırmataş agrega ile yapılan betonlarda, daha büyük basınç mukavemet değerleri elde edildiği belirtilmektedir. Dere agregasında basınç mukavemetinin düşük çıkması da, malzemenin incelik oranına bağlanmaktadır (54).

Tamamlayıcı agrega olarak kırmataş konulu yapılan bir çalışmada; beton karışımı içerisinde kırılmış kumun kullanılabilmesi için, kırılma işlemi tamamen yerine getirildiği zaman, beton içerisindeki doğal çakıl ile birlikte kullanılabileceği belirtilmektedir. Kırılmış kumun optimum miktarı, beton içerisindeki doğal kumun özelliklerine bağlıdır. Burada, en uygun optimum

yer değiştirme, toplam kumun %60'ı ile %15'i arasındaki miktarı olarak belirlenmiştir. Buna göre; kübik şeklinde kırılmış kum, çok ince agrega olarak kullanılabilir ve beton kalitesini işlenebilirlik açısından, uygunluğu, pompalanabilmesi, minimum geçirgenlik, yüksek mukavemet ve düzgün yüzey oluşturmasını yükselttiği belirtilmektedir (55).



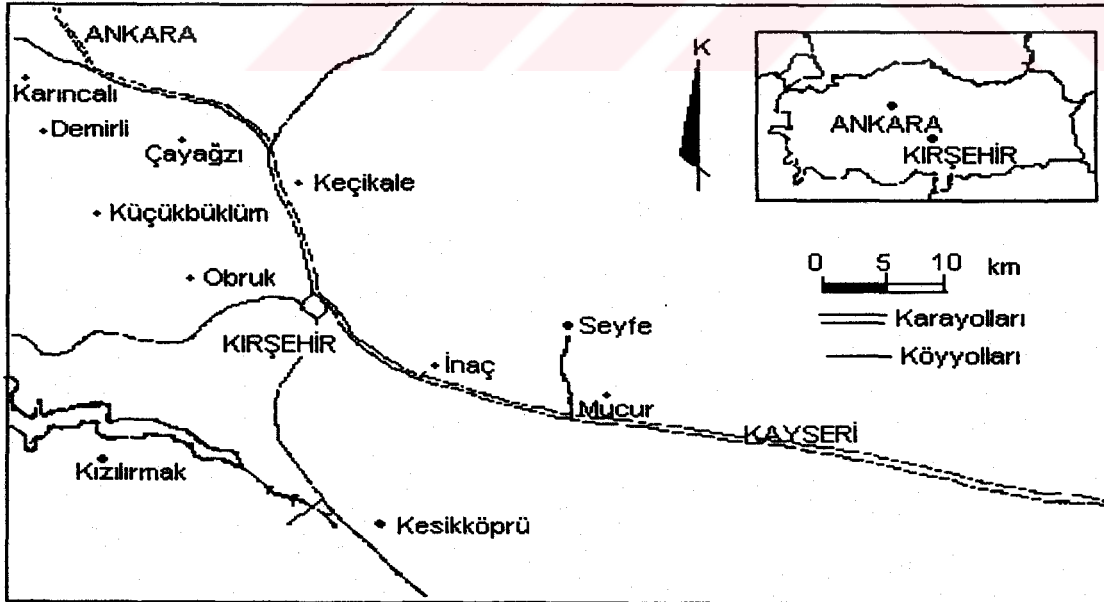
3. MALZEMELER VE METOTLAR

3.1. Malzemeler

Bu araştırmada; kristalize kireçtaşı, kırmataş, dere agregası, çimento, karışım suyu ve kimyasal katkı maddeleri kullanılmıştır.

3.1.1. Ana kayaç

Kayaç olarak; Kırşehir yöresi, Seyfe, İnaç, Obruk, Küçükbüklüm, Keçikale(alt), Keçikale(üst), Demirli ve Kızılırmak nehrinin Kesikköprü sahalarından alınan örnekler kullanılmıştır. Harita 3.1'de görüldüğü gibi araştırma ocakları Kırşehir-Kaman karayolunun 25. km'sinden başlayıp Kırşehir ilinin güneydoğu istikametine doğru 45 km'lik bir hat üzerinde bulunmaktadır.



Harita 3.1. Kırşehir civarından örnek alınan taş ocaklarının yerlerini gösterir harita

3.1.2. Agregas

Kırmataş agregas olarak Seyfe, İnaç, Obruk, Küçükbüklüm, Keçikale (alt), Keçikale (üst), Demirli ve Kızılırmak'tan alınan doğal şekillenmiş agregas örnekleri kullanılmıştır.

Kırmataş örnekleri alınan taş ocakları;

Keçikalesi (alt) mevki kristalize kireçtaşı taş ocağı (Köy Hizmetleri Kırşehir İl Müdürlüğü tarafından işletilmektedir.),

Obruk mevki kristalize kireçtaşı taş ocağı (Barkisan Anonim Şirketi tarafından işletilmektedir.),

Keçikalesi (üst) mevki kristalize kireçtaşı taş ocağı (Karayolları Kırşehir şube şefliği tarafından işletilmektedir.),

Küçükbüklüm mevki kristalize kireçtaşı taş ocağı (Dursun Yaz tarafından Moloz taş çıkarılmaktadır.),

İnaç Köyü Üçkuyular mevki kristalize kireçtaşı taş ocağı (Organize sanayi tarafından mıcır üretilmektedir.),

Şatıroğlu mahallesi Saytepesi mevki kristalize kireçtaşı taş ocağı (Bağdemler Anonim Şirketi tarafından işletilmektedir.)

Demirli kristalize kireçtaşı taş ocağı (Bu sahanın ismi Kırşehir 1/25000'lik topografik haritalarından J32 b1 haritasında Temrili diye geçmektedir ve Tüneks madencilik Limited Şirketi tarafından işletilmektedir.),

Kızılırmak nehri kesikköprü doğal şekillenmiş agregas ocağı (Türkiyılmazlar Anonim Şirketi tarafından işletilmektedir.)

Agregas, örneklerinin maksimum tane çapı 32 mm olarak belirlenmiş ve üç farklı boyutta kırmataş agregas (0/4 mm – 4/16 mm – 16/32 mm) kullanılmıştır.

3.1.3. Çimento

Beton karışımının hazırlanmasında Yibitaş Lafarge Nevşehir kalaba çimento fabrikasından temin edilen PÇ 42,5 çimentosu kullanılmıştır. Çimento

örneklerinin TS 24'de belirtilen esaslara göre fiziksel, kimyasal ve mekaniksel özellikleri belirlenmiş ve sonuçları Çizelge 3.1., Çizelge 3.2. ve Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çimentonun fiziksel özellikleri

90 mikronluk elekte kalan (%)	1,72
Priz başlangıcı (dakika)	188
Priz sonu (dakika)	252
Blaine aleti ile özgül yüzey (cm ² /g)	3092
Özgül ağırlık (g/cm ³)	3,03
Le Chateleiel halkalarının toplam açılması (mm)	1,0

Yibitaş Lafarge PÇ 42,5 çimentosunun kimyasal özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Çimentonun kimyasal özellikleri

SiO ₂	(%)	19,59
Al ₂ O ₃	(%)	5,33
Fe ₂ O ₃	(%)	3,11
CaO	(%)	62,89
MgO	(%)	2,39
SO ₃	(%)	2,92
Cl	(%)	0,0088
Kızdırma kaybı	(%)	2,35
Çözünmeyen kalıntı	(%)	0,75

Yibitaş Lafarge PÇ 42,5 çimentosunun mekanik özellikleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Çimentonun mekanik özellikleri

Basınç dayanımları (MPa)		
2 Günlük	7 Günlük	28 Günlük
29,20	39,47	49,86

3.1.4. Su

Araştırmada kullanılan su, Kırşehir içme ve kullanma suyudur. Bu suyun kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Kullanılan suyun kimyasal ve fiziksel özellikleri

Görünüş	Berrak				
Tortu	Yok				
Renk	Renksiz				
Koku ve tat	Kokusuz				
PH	7,4				
Toplam sertlik	14,5				
Geçici sertlik	14,5				
Kalıcı sertlik	0,0				
Fenoltalein alkanilitesi, CaCO ₂ cinsinden	0,0				
Metiloranj alkalinitesi, CaCO ₂ cinsinden	176,0				
Buharlaştırma kalıntısı	310,3				
Organik madde. Oksijen cinsinden	1,6				
Katyonlar	Mg/l	Mek/l	Anyonlar	Mg/l	Mek/l
Kalsiyum	126,28	6,30	Karbonat	0,0	0,0
Magnezyum	25,93	2,23	Bikarbonat	468,40	7,60
Amonyum	0,0	0,0	Klorür	48,51	1,37
Sodyum	–	–	Sülfat	16,0	0,33
Potasyum	–	–	Nitrit	0,0	0,0
Demir	0,10	0,005	Nitrat	–	–
Mangan	–	–	Fosfat	–	–

Betonda kullanılacak karışım suyu, optimum miktarda olmalıdır . Karışım da kullanılacak çimento ağırlığının %36-42'si kadar su çimento hidratasyonu için yeterlidir (56).

3.1.5. Kimyasal katkı maddesi

Beton kimyasal katkı maddesi olarak; TS 3542'ye uygun Sikamet NP süper akışkanlaştırıcı kullanıcı firma talimatına göre çimento miktarının %1'i oranında kullanılmıştır.

3.2. Metotlar

3.2.1. Taş ocaklarının araştırılması

Araştırmaya konu olan taş ocaklarının seçilmesin nedeni halen bu ocaklarda moloz taş ve mıcır üretilmesidir. Bu ocakların Kırşehir merkeze yakın olmaları ise maliyetin düşürülmesinde bir etken olarak görülmüştür.

Araştırma bölgesinde, taş ocakları hakkında ilgili özel ve kamu kuruluşları ile irtibata geçilerek, saha yerleri ve sayıları hakkında bilgiler alınmıştır. Bu sahaların hepsi, tek tek incelenerek, araştırma alanları tespit edilmiştir.

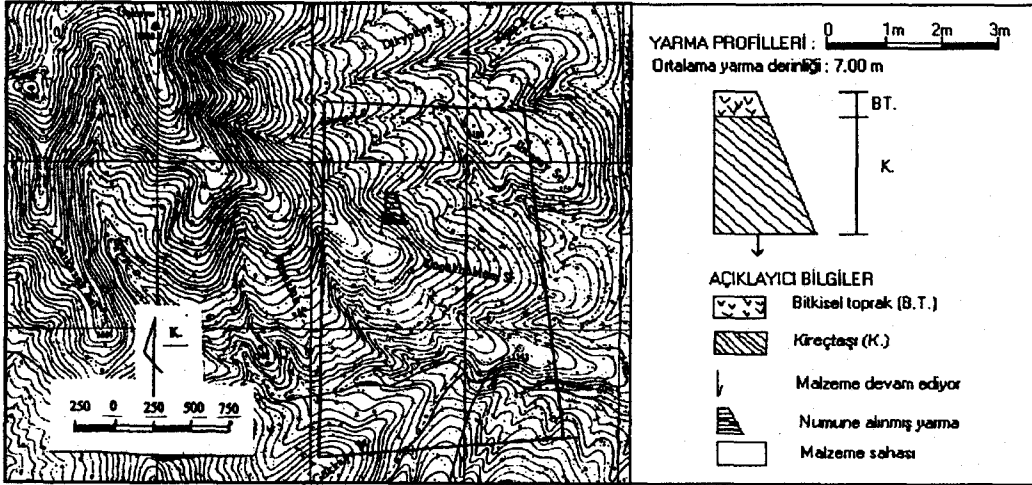
İnceleme alanındaki taş ocaklarının yerleri ve fotoğrafları Resim 3.1., Resim 3.2., Resim 3.3., Resim 3.4., Resim 3.5., Resim 3.6., Resim 3.7'de gösterilmiştir;

Küçükbüklüm taş ocağı Resim 3.1'de gösterilmiştir.



Resim 3.1. Küçükbüklüm taş ocağı (Güney doğuya bakış)

Küçükbüklüm taş ocağı Özbağ İlçesi Kışlapınar Mahallesi sınırları içerisinde, Kırşehir–Ankara karayolunun 8. km'sinin güneyindedir. Bölgede hâlen moloz taş üretimi olarak iki taş ocağı işletilmektedir. İşletilen bu taş ocağı Harita 3.2'de görülmektedir.



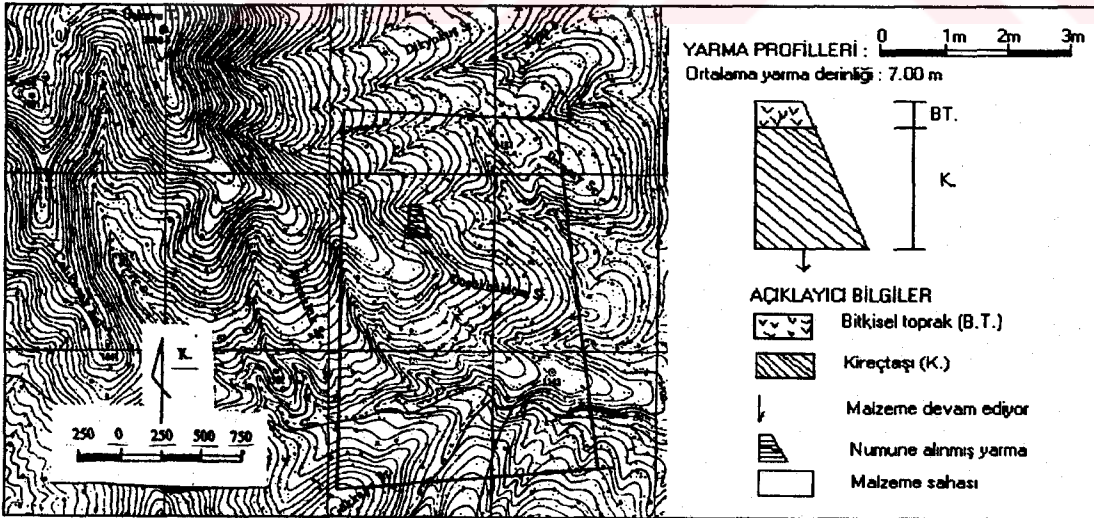
Harita 3.2. Küçükbüklüm taş ocağının topoğrafik haritası

Demirli taş ocağı Resim 3.2'de gösterilmiştir.



Resim 3.2. Demirli taş ocağı (Güneye bakış)

Demirli taş ocağı Kırşehir – Kaman karayolu 25. km' deki Demirli Köyü sınırları içerisindedir. Bölgede taşunu, mıcır olarak işletilmekte olan üç ocak vardır. Bu taş ocağının yeri Harita 3.3'te görülmektedir.



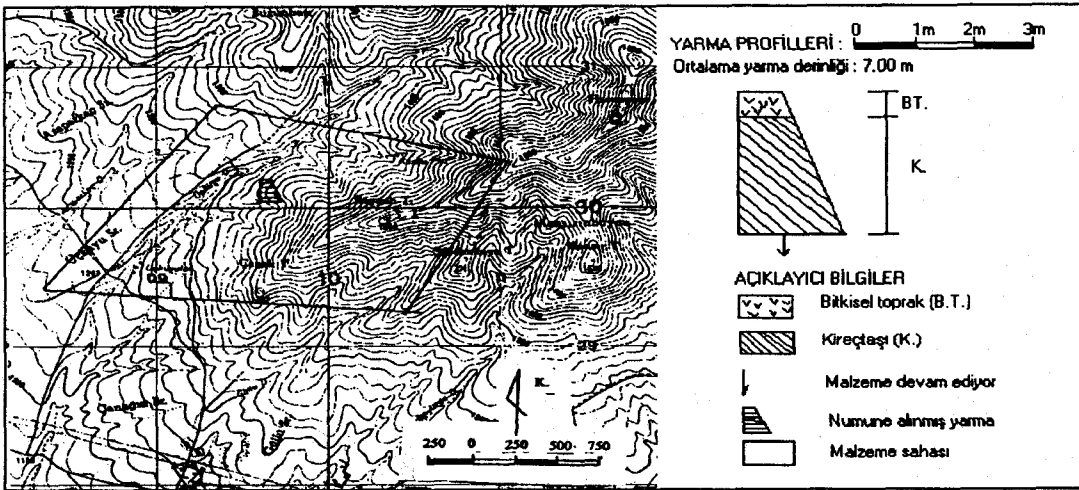
Harita 3.3. Demirli taş ocağının topoğrafik haritası

İnaç taş ocağı Resim 3.3'te gösterilmiştir.



Resim 3.3. İnaç taş ocağı (Kuzeye bakış)

İnaç taş ocağı Kırşehir İlinin kuzey doğusunda Kırşehir – Mucur karayolunun 7.km'sindeki İnaç Köyü sınırları içerisinde yer alan kırmataş üretimi için işletilmekte olan ocaktır. İşletilen bu taş ocağının yeri Harita 3.4'te gösterilmektedir.



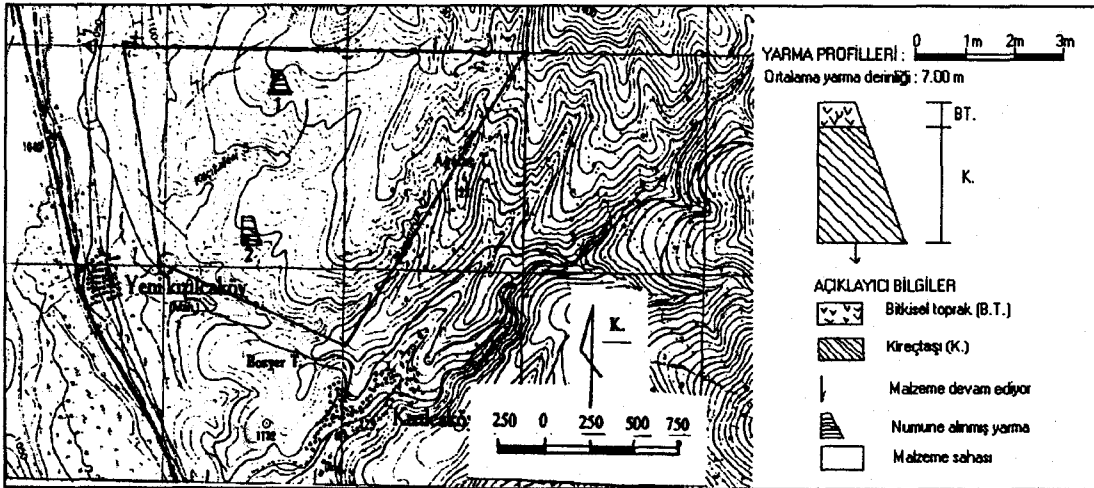
Harita 3.4. İnaç taş ocağının topoğrafik haritası

Keçikale(üst) taş ocağı Resim 3.4'te gösterilmiştir.



Resim 3.4. Keçikale (üst) taş ocağı (Kuzeye bakış)

Keçikale (üst) taş ocağı Kırşehir İli Özbağ İlçesi sınırları içerisinde, Kırşehir ilinin kuzey batısında Kırşehir-Ankara karayolunun 9. km'de karayolları tarafından işletilmektedir. Bu taş ocağının yeri Harita 3.5'de 1 numaralı yarma olarak gösterilmektedir.



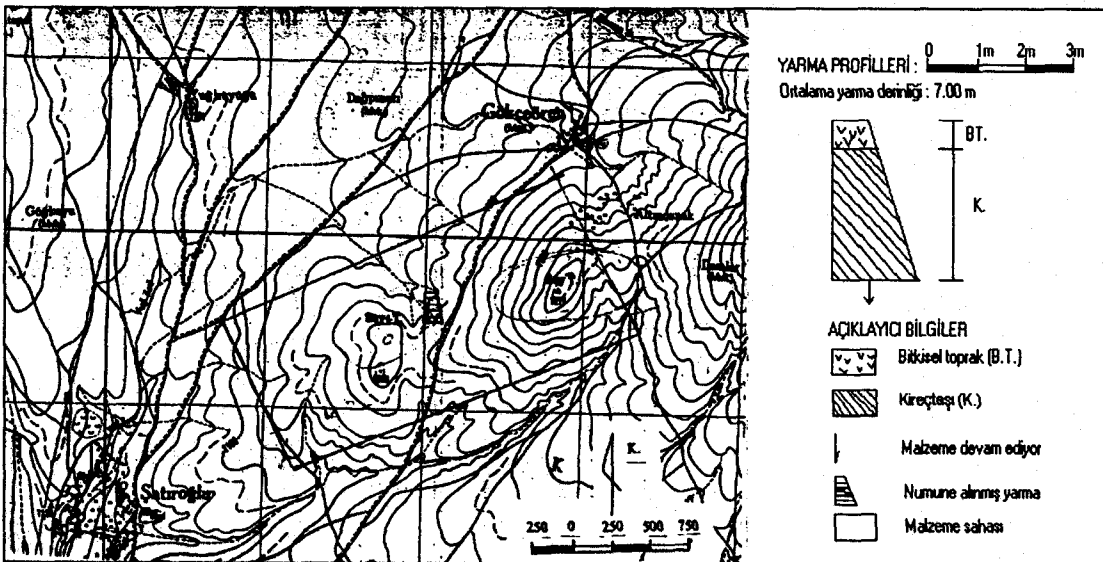
Harita 3.5. Keçikale (üst) taş ocağının topoğrafik haritası

Seyfe taş ocağı Resim 3.5'de gösterilmiştir.



Resim 3.5. Seyfe taş ocağı (Batıya bakış)

Seyfe taş ocağı Kırşehir İli Mucur İlçesi saytepesi sınırları içerisinde Seyfe gölünün kenar bölgesindedir. İşletilmekte olan bu taş ocağının yeri Harita 3.6'da gösterilmektedir.



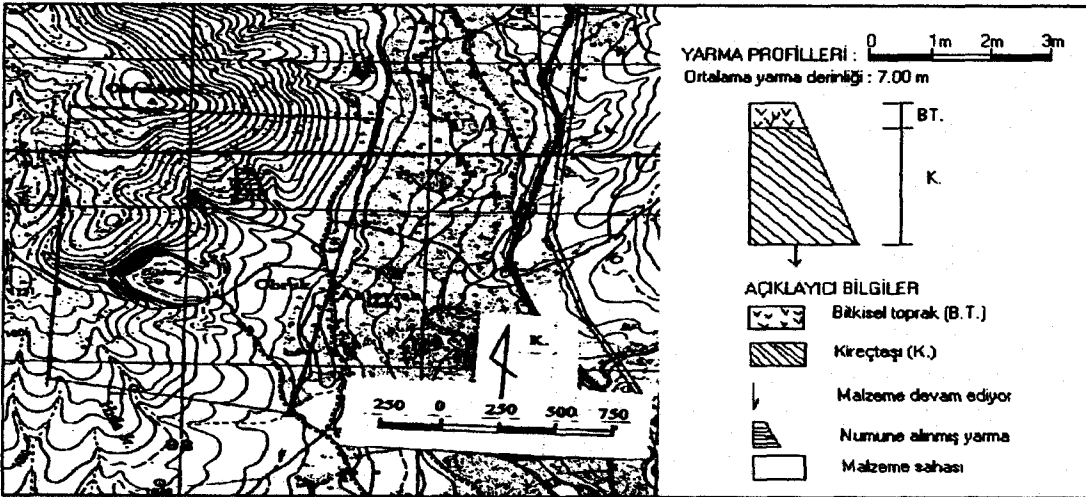
Harita 3.6. Seyfe taş ocağının topoğrafik haritası

Obruk taş ocağı Resim 3.6'da gösterilmiştir.



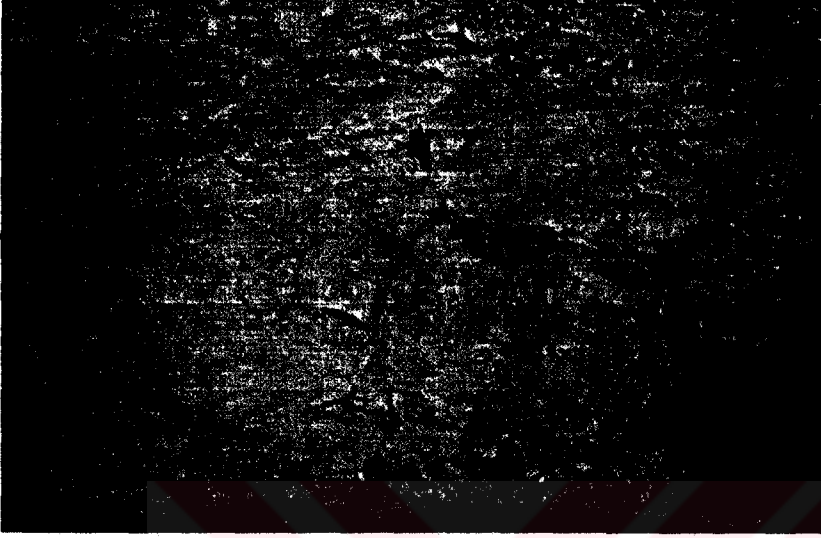
Resim 3.6. Obruk taş ocağı (Güneye bakış)

Obruk taş ocağı Kayabaşı Mahallesi Obruk mevkiinde şehir merkezinin güney-batısında Barkisan tarafından işletilmektedir. Bu sahanın yeri Harita 3.7'de gösterilmektedir. Şehir merkezinin güney-batısında Barkisan tarafından işletilmektedir. Bu taş ocağının yeri Harita 3.7'de gösterilmektedir.



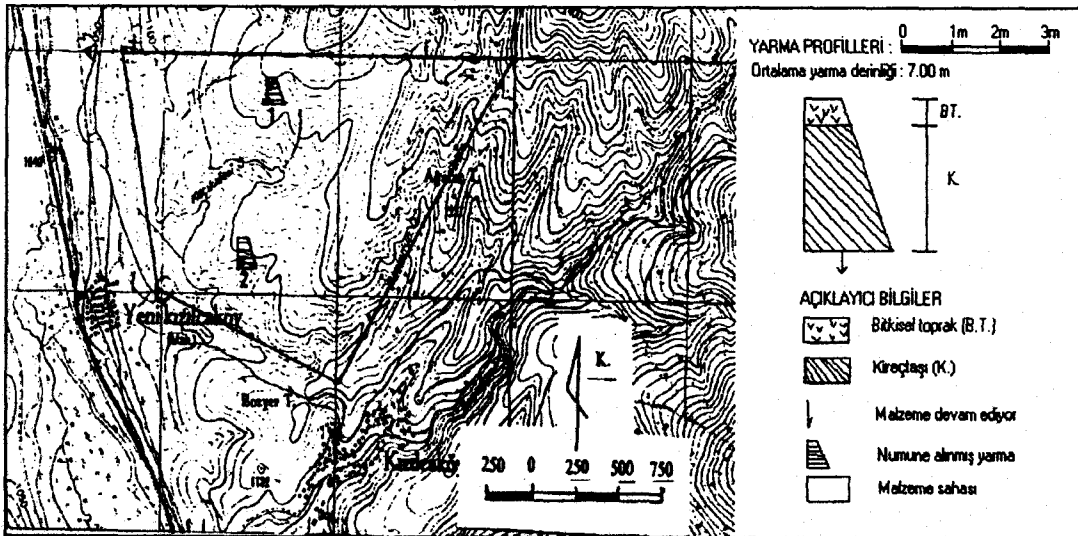
Harita 3.7. Obruk taş ocağının topoğrafik haritası

Keçikale(alt) taş ocağı Resim 3.7’de gösterilmiştir.



Resim 3.7. Keçikale (alt) taş ocağı (Kuzeye bakış)

Keçikale(alt) taş ocağı Özbağ İlçesi Kızılcaköy sınırları içerisinde Kırşehir – Ankara karayolunun 9.km’sinin kuzeyinde yer almakta ve Köy hizmetleri tarafından işletilmektedir. Bu taş ocağının yeri, Harita 3.8’de 2 nolu yarma sahası olarak gösterilmektedir.



Harita 3.8. Keçikale (alt) taş ocağının topoğrafik haritası

Kırmataş olarak kullanılabilecek kayaçların jeolojik ve mühendislik özellikleri standartlara göre incelenmiştir. İnceleme Çizelge 3.5'te gösterilen, kayaçların deney planına göre yapılmıştır.

Öncelikle sahada, daha önceki veriler ışığında bölgenin jeolojik incelemeleri ele alınmıştır.

Taş ocaklarının rezerv hesabı, makroskopik yapı, mikroskopik yapı, basınç dayanımı ve yüzey sertliği belirlenmiştir.



Çizelge 3.5. Taş ocağı örneklerine ilişkin deney planı

Deney Metodu	TS 699	TS 699	TS 699	TS 6809	BS 1881	ISRM 1978
Deney türü	Makroskopik yapı	Mikroskopik yapı	Basınç dayanımı	Mohs yüzey sertliği	Schmidt çekici ile yüzey sertliği	Shore yüzey sertliği
Örnek şekli Ocak adı	Kayaç örneği (adet)	İnce kesit örneği (adet)	(75x75) mm silindirik örnek (adet)	(71x71x71)mm küp örnek (adet)	(71x71x71)mm küp örnek (adet)	(71x71x71)m m küp örnek (adet)
Küçük büküm	6	3	30	5	5	5
Demirli	6	3	30	5	5	5
İnaç	6	3	30	5	5	5
Keçikale (üst)	6	3	30	5	5	5
Seyfe	6	3	30	5	5	5
Obruk	6	3	30	5	5	5
Keçikale (alt)	6	3	30	5	5	5
Toplam	42	21	210	35	35	35

3.2.1.1. Rezervi

Taş ocaklarının rezervlerinin belirlenmesinde gerekli ölçümler yapılarak rezerv hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik 3.1 kullanılmıştır (57).

$$V=Sxh \quad [3.1]$$

V = Hacim (m^3),

S =İşletilecek ocağın yüzey alanı (m^2),

h =İşletilecek kütlenin ortalama kalınlığı (m).

3.2.1.2. Makroskopik yapı

Taş ocağındaki kayacı temsil edecek şekilde her sahada altı noktadan örnek alınarak, hava ve ışık almasını engellemek için bez torbalara yerleştirilmiştir. Alınan kayaç örneklerinin özelliklerinin makroskopik yapısı TS 699'da belirtilen esaslara göre incelenmiştir (58).

Bu incelemede, taşların kırık yüzeylerinin göz ve büyüteçle incelenmesi yolu ile taşın dokusu, mineralleri, görünüş, renk ve yapı özellikleri ile taşın cinsi tayin edilmiştir.

3.2.1.3. Mikroskopik yapı

Taş ocağındaki kayacı temsil edecek şekilde her sahanın altı noktasından örnek alınarak, hava ve ışık almasını engellemek için bez torbalara yerleştirilmiştir. Alınan kayaç örneklerinin özelliklerinin mikroskopik yapısı "TS 699; Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metodları " Türk Standardında belirtilen esaslarına uygun olarak incelenmiştir (58).

Kayaç örnekleri, ince kesit makinesinin dönen diski üzerinde zımpara tozu ile düzeltilip, numunenin düzlenen yüzü üzerinde pudra halinde zımpara tozu

bulunan bir cam üzerine srtlp cilalandıktan sonra, Kanada balsam reçinesi ile lama kaynatılmak sureti ile yapıştırılmıştır. Yapıştırma işlemi sırasında, hava kabarcıklarının kalmamasına dikkat edilmiştir. Numunenin diğeri yüzü de aynı şekilde ve kesitin kalınlığı 0,02 mm-0,03 mm oluncaya kadar inceltirmiştir. İncelmenin yeterli olup olmadığı mikroskopa kontrol edildikten sonra, numunenin yeteri kadar incelmeği anlaşıldığında zeri Kanada balsam kullanılarak lamelle örtülmüştür. Daha sonra muayene, polarizan mikroskopa, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında yapılmıştır. Taşı teşkil eden minerallerin cinsleri, renkleri, birbirlerine göre durumları, kristal şekli, varsa bağlayıcı cinsi, boşluk, yarık, kılcal çatlak, damar, bozuşma, tercihli ayrılma yn en zor ayrılma ile dolgu kısımları belirlenmiştir.

3.2.1.4. Kireçtaşının basınç dayanımı

Taş ocaklarında aynaların belirli bölgelerinden sahayı temsil edecek örnek bölgeleri seçilmiştir. Bu seçilen bölgeden örnekler kompresör yardımıyla kopartılarak, ışık ve hava almasını engellemek için, bez torbalara yerleştirilmiştir. Bu kayaç örneklerinden 7,5 cm çap ve 7,5 cm yüksekliğinde silindirik örnekler alınmıştır. TS 699; Tabii yapı taşları muayene ve deney metotları Türk Standardında belirtilen esaslara uygun olarak, yedi grup sahadan oluşan ve her sahaya ait 30' ar adet deney rneği üzerinde basınç dayanımı belirlenmiştir.

Deney rneklerinin basınç dayanımının hesaplanmasında aşağıda verilen eşitlik 3.2 kullanılmıştır (58).

$$F_b = P_k / A \quad \text{kg f/cm}^2 \quad (\text{MPa}) \quad [3.2]$$

Eşitlik 3.2'de;

F_b = Taşın basınç mukavemeti, kg f/cm² (MPa),

P_k = Kırılmaya sebep olan en büyük yük, kg f (N),

A = Taşın yük uygulanan yüzünün alanı cm^2 (mm^2), olarak verilmiştir.

3.2.1.5. Sertliği

5 adet (71x71x71 mm) boyutlarında küp örnek üzerinde sertlik tayini deneyi gerçekleştirilmiştir. Sertlik tayininde Mohs, Shore ve Schmidt test çekici ile olmak üzere üç farklı yöntem kullanılmıştır.

3.2.1.5.1. Mohs sertliği

Sertlik tayini " TS 6809; Mohs Sertlik Cetveline Göre Sertlik Tayini Metodu" Standardında belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır (59).

Buna göre; sertliği bilinen minerallerle, sertlik tayini en düşük sertliğe sahip standart mineralden en serte doğru gidilerek, sertliği tayin edilecek kayaçların yüzeyi çizilerek, sertlik tayini yapılmıştır.

Bu işlemler, her bir deney numunesi için dört kez tekrarlanarak, çizgiler gözle kontrol edilmiştir.

3.2.1.5.2. Schmidt test çekici ile yüzey sertliği

Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği, ISRM tarafından önerilen ölçme yönteminde belirtilen esaslara uygun olarak N tipine göre, deney örneği 3 mm aralıklarla, 20 ayrı noktadan okuma yapılmıştır ve en yüksek 10 değerlerin aritmetik ortalaması Schmidt geri tepme sayısı olarak kabul edilmiştir (60,61).

3.2.1.5.3. Shore sertliği

Deney örneği yüzeyine 3 mm aralıklarla, 20 düşme yapılmıştır. Beş örneğe ait değlerlerin ortalaması, Shore yüzey sertlik değeri olarak belirlenmiştir (62,63,64).

3.2.2. Agregada deneyleri

Kristalize kireçtaşından elde edilen kırmataş deney örnekleri ile Kızılırmak dere agregası üzerinde; elek analizi, özgül ağırlık, su emme, gevşek ve sıkışık birim ağırlık, donma çözölme, aşınma, sülfat miktarı, klorür miktarı, tane şekli ve alkali agregada reaksiyonuna ilişkin deneyler Çizelge 3.6'da belirtilen deney planına göre gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.6. Agrega örneklerine 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
Örnek şekli	Agrega örneği (adet)	Agrega örneği (adet)	Agrega örneği (adet)	Agrega örneği (adet)	Agrega örneği (adet)	Agrega örneği (adet)	Agrega örneği (adet)	Agrega örneği (adet)	Agrega örneği (adet)	Agrega örneği (adet)
Ocak adı										
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
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
Kızılırmak	3	30	30	30	3	3	3	3	3	3
Toplam	24	240	240	240	24	24	24	24	24	24

3.2.2.1. Tane dağılımı

Agrega örnekleri; "TS 707; Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi"nde belirtilen esaslara uygun olarak alınmıştır (65).

Agrega örneklerinin tane büyüklüğüne göre dağılımını, tane sınıflarını ve incelik modülü "T.S. 3530; Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1; Tane Büyüklüğü Dağılımı – Eleme Metodu" standardında belirtilen esaslara uygun olarak her grup için 3 örnek üzerinde yapılmıştır (66).

Elde edilen sonuçlar "T.S. 706; Beton Agregaları" standardına göre değerlendirilerek tane dağılım eğrileri çizilmiştir (67).

3.2.2.2. Özgül ağırlığı

Agrega özgül ağırlık deneyi ; "T.S. 3526; Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini" standardında belirtilen esaslara uygun olarak her grup için 30 adet örnek üzerinde yapılmıştır (68). Agreganın yoğunluğunun suyun yoğunluğuna oranı olan özgül ağırlık birimsizdir. Hesaplama eşitlikler 3.3 ve 3.4'den yararlanılmıştır;

$$\text{İnce agrega için; } \gamma_{kd} = (W_1 / W_2 + W_4 - W_3) \quad [3.3]$$

Eşitlik 3.3'de;

γ_{id} = İnce agreganın doymun kuru yüzey özgül ağırlığı,

W_1 = Örneğin etüv kurusu ağırlığı (g),

W_2 = Örneğin doymun kuru yüzey durumundaki ağırlığı (g),

W_3 = Ölçü kabı + su + örneğin ağırlığı (g),

W_4 = 500 ml (cm³) çizgisine kadar su ile dolu ölçü kabı ağırlığı (g), olarak verilmiştir.

$$\text{İri agrega için; } \gamma_d = (W_2 / W_2 - W_3) \quad [3.4]$$

Eşitlik 3.4'de;

γ_d = İri agreganın doymun kuru yüzey özgül ağırlığı,

W_1 = Örneğin etüv kurusu ağırlığı (g),

W_2 = Örneğin doymun kuru yüzey durumundaki ağırlığı (g),

W_3 = Örneğin su içindeki ağırlığı (g), olarak verilmiştir.

3.2.2.3. Su emmesi

Agrega örneklerinde su emme miktarı; "T.S. 3526; Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini" standardında belirtilen esaslara uygun olarak her grup için 30 adet örnek üzerinde yapılmıştır (68).

Hesaplama eşitlikler 3.5 ve 3.6'dan yararlanılmıştır.

İnce agreganın su emme oranı; $m_i = (W_2 - W_1 / W_1) \times 100$ [3.5]

Eşitlik 3.5'de;

m_i = İnce agreganın su emme oranı (%),

W_1 = Örneğin etüv kurusu ağırlığı (g),

W_2 = Örneğin doymun kuru yüzey durumundaki ağırlığı (g), olarak verilmiştir.

İri agreganın su emme oranı ; $m = (W_2 - W_1 / W_1) \times 100$ [3.6]

m = İri agreganın su emme oranı (%),

W_1 = Örneğin etüv kurusu ağırlığı (g),

W_2 = Örneğin doymun kuru yüzey durumundaki ağırlığı (g), olarak verilmiştir.

3.2.2.4. Gevşek ve sıkışık birim ağırlığı

Agrega örneklerinde gevşek ve sıkışık birim ağırlığı; "T.S. 3529; Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini" standardında belirtilen esaslara uygun olarak her grup için 30 adet örnek üzerinde yapılmıştır (69).

Gevşek ve sıkışık birim ağırlığının belirlenmesinde aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır ;

$$\text{Gevşek birim ağırlığı; } B_g = (W_2 - W_1)/V \quad [3.7]$$

Eşitlik 3.7'de;

B_g = Gevşek birim ağırlığı (kg / dm³),

W_1 = Ölçü kabının boş ağırlığı (g),

W_2 = Ölçü kabı + Gevşek agreg ağırlığı (g),

V = Ölçü kabının hacmi (cm³), olarak vermiştir.

$$\text{Sıkışık birim ağırlığı; } B_s = (W_2 - W_1)/V \quad [3.8]$$

Eşitlik 3.8'de;

B_s = Sıkışık birim ağırlığı (kg / dm³),

W_1 = Ölçü kabının boş ağırlığı (g),

W_2 = Ölçü kabı + Sıkışık agreg ağırlığı (g),

V = Ölçü kabının hacmi (cm³), olarak verilmiştir.

3.2.2.5. Donma-çözülme

Agrega örneklerinde donma-çözölmeye karşı dayanıklılık deneyi; "T.S. 3655; Beton Agregalarında Donmaya Dayanıklılık Tayini" Türk Standardında belirtilen Sodyum Sülfat (NaSO₄) çabuk donma yönteminde belirtilen esaslara uygun olarak her grup için 3 adet örnek üzerinde yapılmıştır (70).

Agreganın dona dayanıklılığı ve don kaybının saptanmasında eşitlik 3.9'dan yararlanılmıştır.

$$D = ((G_1 - G_2)/G_1) \times 100 \quad [3.9]$$

Eşitlik 3.9'da;

D = Don kaybı oranı (%),

G_1 = Örneğin deney öncesi etüv kurusu ağırlığı (g),

G_2 = Örneğin deney sonrası elek üstünde kalan kısmının etüv kurusu ağırlığı (g), olarak verilmiştir.

3.2.2.6. Aşınma dayanımı

Agrega örneklerinde aşınma deneyi; "T.S. 3694; Beton Agregalarında Aşınma Dayanıklılık Oranı Tayini Metodu" Türk Standardı esas alınarak Bilyeli Tambur (Los-Angeles deney) yönteminde belirtilen esaslara uygun olarak her grup için 3 adet örnek üzerinde yapılmıştır (71).

Aşınma ağırlık kayıplarının hesaplanmasında eşitlikler 3.10 ve 3.11'den yararlanılmıştır;

$$a_1 = ((W_1 - W_2)/W_1) \times 100 \quad [3.10]$$

$$a_2 = ((W_1 - W_3)/W_1) \times 100 \quad [3.11]$$

Eşitlikler 3.10 ve 3.11'de;

a_1 = 100 dönüş sonu aşınma oranı,

a_2 = 500 dönüş sonu aşınma oranı,

W_1 = Örneğin deney öncesi etüv kurusu ağırlığı (g),

W_2 = Örneğin 100 dönüş sonrası aşınmayan kısmının ağırlığı (g),

W_3 = Örneğin 500 dönüş sonrası aşınmayan kısmının ağırlığı (g), olarak verilmiştir.

3.2.2.7. Sülfat miktarı

Agrega örneklerinde sülfat miktarı; "T.S. 3674; Beton Agregalarında Sülfat Miktarı Tayini Metodu" Türk Standardında öngörülen esaslara uygun olarak her grup için 3 adet deney örneği üzerinde belirtilmiştir (72).

Sülfat miktarının hesaplanmasında eşitlik 3.12 kullanılmıştır;

$$S = 0,3430 \times W_1 \times 100 / W_0 \quad (\%) \quad [3.12]$$

Eşitlik 3.12'de;

S = Agreganın sülfat miktarı (SO_3 olarak %),

W_1 = Krozenin, deney bitimi ve deney başlangıcındaki ağırlığı arasındaki fark (g),

W_0 = Etüv kurusu durumuna getirilmiş ve öğütülmüş deney numunesine 0,09 mm göz açıklıklı elekten geçen yaklaşık 1 g'lık kısmının ağırlığı (g), olarak verilmiştir.

3.2.2.8. Klorür miktarı

Agrega örneklerinde klorür miktarı; "T.S. 3732; Beton Agregalarında Klorür Miktarı Tayini Metodu" Türk Standardında belirtilen esaslara uygun olarak her gruba ait 3 adet deney örneği üzerinde belirtilmiştir (73).

Klorür miktarının hesaplanmasında eşitlik 3.13 kullanılmıştır;

$$C = 1,772 \times (S - B) / A \quad (\%) \quad [3.13]$$

Eşitlik 3.13'de;

C = Agrega örneğinin Klorür miktarı ($105C \pm 5^{\circ}C$ ' da kurutulmuş agreganın ağırlığının yüzdesi olarak) (%),

S = 50 ml damıtık su için harcanan N/20 Gümüş Nitrat hacmi (ml),

A = Etüv kurusu durumuna getirilmiş ve öğütülmüş deney örneğinin 0,09 mm göz açıklıklı elekten geçen yaklaşık 1g'lık kısmının ağırlığı (g), olarak verilmiştir.

3.2.2.9. Tane şekli

Agrega örneklerinde tane şekli tayini; "T.S. 3814; Beton Agregaların Tane Şekli Sınıfı Tayini Deney Metodu'nda" Türk Standardında belirtilen esaslara uygun olarak her grup için 3 adet deney örneği üzerinde yapılmıştır (74).

Tane şekli tayininde eşitlik 3.14 kullanılmıştır ;

$$m = (W_1 / W) \times (100) \quad [3.14]$$

Eşitlik 3.14'de;

m = Tane şekli oranı (%),

W_1 = (l:s)' y e uygun aralığından geçen hava kurusu ağırlığı (g),

(l:s)= En büyük boyut (l) ile en küçük boyut (s) arasındaki oranı

W = Deney örneğinin hava kurusu ağırlığı (g), olarak verilmiştir.

3.2.2.10. Alkali agreg a reaktivitesi

Agreg a örneklerinde alkali agreg a reaktivitesi; "T.S. 2517; Alkali agreg a reaktivitesinin kimyasal yolla tayini metodu" isimli Türk Standardında belirtilen esaslara göre her gruba ait 3 adet deney örneği üzerinde yapılmıştır (75).

Çözünmüş silist miktarının hesaplanmasında eşitlik 3.15 kullanılmıştır;

$$S_c = (M_1 - M_2) \times 3330 \quad [3.15]$$

Eşitlik 3.15'de;

S_c =Orijinal süzüntü içindeki çözünmüş silis konsantrasyonu (m mol/l),

M_1 =100ml seyreltik çözelti içindeki silis miktarı(g),

M_2 =Tanık örnekte bulunan silis miktarı(g), olarak verilmiştir.

Alkali azalması miktarının hesaplanmasında eşitlik 3.16 kullanılmıştır;

$$R_c = (20N / V_1) \times (V_3 - V_2) \times 1000 \quad [3.16]$$

Eşitlik3.16'da;

R =Alkali azalması,(m mol/l),

N =Hidroklorik asitin normalitesi

V_1 =200 ml'lik çözeltiden çekilen örnek hacmi (ml),

V_2 =Örnek için sarf edilen hidroklorik asit hacmi (ml),

V_3 =Tanık örnek için sarf edilen hidroklorik asit hacmi (ml), olarak verilmiştir

3.2.3. Beton deneyleri

Yedi adet taş ocağından (Seyfe, İnaç, Obruk, Küçükbüklüm, Keçikale (alt), Keçikale (üst) ve Demirli taş ocakları) üretilmiş olan kırmataşlar ile Kızılırmak dere agregası ile hazırlanan beton örnekleri üzerinde taze beton ve sertleşmiş beton deneyleri katkılı ve katkısız gruplar için yapılmıştır (Çizelge 3.7).

Taze beton deneylerinde; çökme miktarı, birim ağırlık ve hava miktarına ilişkin deneyler yapılmıştır. Sertleşmiş beton deneylerinde ise, özgül ağırlık, su emme, yarmada çekme, basınç dayanımı ve statik elastisite modülü deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.7. Taze ve sertleşmiş beton örneklerine ilişkin deney planı

Deney Metodu	TS 2871	TS 2941	TS 2901	TS 3624	TS 3624	TS 3129	TS 3114	TS 3502
Deney türü	Taze Beton			Sertleşmiş Beton				
	Çökme miktarı	Birim ağırlık	Hava miktarı	Özgül ağırlık	Su emme	Yarma çekme	Basınç dayanımı	Statik elastisite modülü
Örnek şekli	Taze beton (adet)	Taze beton (adet)	Taze beton (adet)	Sertleşmiş beton (150x300)mm Silindir (adet)	Sertleşmiş beton (150x300)mm Silindir (adet)	Sertleşmiş beton (150x300)mm Silindir (adet)	Sertleşmiş beton (150x300)mm Silindir (adet)	Sertleşmiş beton (150x300)mm Silindir (adet)
Ocak adı								
Küçükbüklüm (Agrega)	2x3	2x3	2x3	2x5	2x5	2x5	2x30	2x30
Demirli (Agrega)	2x3	2x3	2x3	2x5	2x5	2x5	2x30	2x30
İnaç (Agrega)	2x3	2x3	2x3	2x5	2x5	2x5	2x30	2x30
Keçikale (üst) (Agrega)	2x3	2x3	2x3	2x5	2x5	2x5	2x30	2x30
Seyfe (Agrega)	2x3	2x3	2x3	2x5	2x5	2x5	2x30	2x30
Obruk (Agrega)	2x3	2x3	2x3	2x5	2x5	2x5	2x30	2x30
Keçikale (alt) (Agrega)	2x3	2x3	2x3	2x5	2x5	2x5	2x30	2x30
Kızılırmak (Agrega)	2x3	2x3	2x3	2x5	2x5	2x5	2x30	2x30
Toplam (Adet)	48	48	48	80	80	80	480	480

3.2.3.1. Taze beton özellikleri

Araştırmada; beton karışım hesabı yapıldıktan sonra, her beton sınıfından önce deneme betonu üretilerek kıvam, birim ağırlık, hava miktarı ve sıcaklığı bulunduktan sonra, gerçek üretime geçilmiştir. Araştırmada kullanılan 16 grup betondan, 8 grup beton katkısız, 8 grup beton katkılı olarak üretilmiştir. Her grup betonda, 40 adet 15x30 cm ebadında silindir numune dökülmüştür. Toplam olarak 16x40: 640 adet numune hazırlanmıştır. Beton gruplarında agrega granülometrisi sabit tutulmuştur. En büyük agrega boyutu, 32 mm olarak alınmıştır. Her beton sınıfında, efektif su miktarı sabit tutulmuştur.

Agreganın emdiği su miktarı, karışım suyuna ilâve edildiği için, toplam su/çimento oranları değişmiştir. Karışım aynı oranda hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımlarda amaç, C 25 sınıfında beton üretmek olmuştur.

3.2.3.1.1. Beton karışımının hazırlanması

Beton karışım hesabı "TS 802 Beton Karışım Hesabı" standardında belirtilen esaslara uygun olarak hazırlanmıştır (76).

Bu yöntemde 1 m³ sıkıştırılmış betonda bulunacak karışım elemanlarının miktarı eşitlik 3.17 ile bulunmuştur.

$$C/\gamma_c + W + W_a/\gamma_a + A = 1000 \text{ (dm}^3\text{)} \quad [3.17]$$

Eşitlik 3.17'de;

C = Karışımda girecek çimentonun kütlesi (kg),

γ_c = Çimentonun yoğunluğu (kg / dm³),

W = Karışıma girecek suyun hacmi (dm³),

W_a = Karışıma girecek agreganın kütlesi (kg),

γ_a = Agreganın yoğunluğu (kg / dm³),

A = Betondaki toplam hava miktarı (dm³), olarak verilmiştir.

Küçükbüklüm, Seyfe, Demirli, İnaç, Obruk, Keçikale(alt), Keçikale(üst) ve Kızılırmak sahalarına ait agregalardan üretilen betonların katkısız beton karışım oranları Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Agregal ocaklarına göre katkısız beton gruplarının karışım oranları

Özellikleri Agrega ocakları	S/Ç	Çimento (kg /m ³)	Su (kg /m ³)	Agrega (kg / m ³)		
				0 /4 (mm)	4/16 (mm)	16/32 (mm)
Küçükbüklüm	0,60	350	211	876	438	371
Seyfe	0,58	350	204	838	419	419
Demirli	0,59	350	205	853	427	427
İnaç	0,60	350	211	870	489	453
Obruk	0,59	350	207	813	548	406
Keçikale(alt)	0,59	350	205	884	505	415
Keçikale(üst)	0,59	350	205	889	508	417
Kızılırmak	0,53	350	187	869	487	382

Küçükbüklüm, Seyfe, Demirli, İnaç, Obruk,Keçikale(alt), Keçikale(üst) ve Kızılırmak ocaklarına ait agregalardan üretilen betonların katkı beton karışım oranları Çizelge 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3. 9. Agrega ocaklarına göre katkılı beton gruplarının karışım oranları

Özellikleri Agrega ocakları	S/Ç	Çimento (kg /m ³)	Su (kg /m ³)	Agrega (kg / m ³)			Sikament NP Akışkanlaştırıcı (kg/m ³)
				0 /4 (mm)	4/16 (mm)	16/32 (mm)	
Küçükbüklüm	0,54	350	190	905	452	383	3.5
Seyfe	0,52	350	182	866	433	433	3.5
Demirli	0,51	350	179	887	444	444	3.5
İnaç	0,53	350	187	977	488	413	3.5
Obruk	0,53	350	184	841	567	421	3.5
Keçikale(alt)	0,53	350	184	913	522	428	3.5
Keçikale(üst)	0,53	350	184	918	524	431	3.5
Kızılırmak	0,48	350	167	895	501	394	3.5

Beton karışımları 100 dm³ kapasiteli, 30 – 33 dev./dakikalık hızla çalışan yatay eksenli lâboratuar betoniyerinden yararlanılmıştır.

Beton karışımından örnek alma işlemi "T.S.E. 2940; Beton Deneyleri – Deney Numunelerinde Bölüm 1; Taze Betondan Numune Alma" standardında belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır (77).

3.2.3.1.2. Taze beton örneklerinin hazırlanması

Taze beton örneklerinin hazırlanmasında;"T.S. 3068; Beton Deneyleri – Deney Numuneleri –Bölüm 2; Dayanım Deneyleri İçin Deney Numunelerinin Yapımı ve Kürü" nde belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır (78).

Yedi sahaya ait kırmataş örnekleri ve Kızılırmaktan elde edilen agregalarla üretilen taze beton örnekleri üzerinde çökme, birim ağırlık tayini ve hava miktarının tayini yapılmıştır.

Beton örnekleri 24 saat sonra, çıkarılılarak $21 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki su dolu havuz içerisinde 28 gün bekletilmiştir. Bu şekilde her grup için 40 adet katkısız, 40 adet katkılı beton örnek hazırlanmıştır.

3.2.3.1.2.1. Çökme miktarı

Taze beton örneklerinin çökme miktarları; "T.S. 2871; Taze Beton Kıvam Deneyi (Çökme Hunisi Metodu)" Türk Standardında belirtilen esaslara uygun olarak her gruba ait 3 örnek üzerinde belirlenmiştir (79).

3.2.3.1.2.2. Birim ağırlık

Taze beton örneklerinin birim ağırlıkları; "T.S. 2941; Taze Betonda Birim Ağırlık, Verim ve Hava Miktarının Ağırlık Yöntemi İle Tayini" standardında belirtilen esaslara uygun olarak her grup için 3'er adet örnek üzerinde belirlenmiştir (80).

Birim ağırlıkların hesaplanmasında aşağıda eşitlik 3.18 kullanılmıştır:

$$B = (W_n / V_k) \quad [3.18]$$

Eşitlik 3.18'de;

B = Taze betonun birim ağırlığı (kg / m^3),

W_n = Ölçme kabındaki betonun net ağırlığı (kg),

V_k = Ölçme kabının kalibre edilmiş hacmi (m^3), olarak verilmiştir.

3.2.3.1.2.3. Hava miktarının basınç metodu ile tayini

Taze beton örneklerinin hava miktarları; "TS. 2901; Betonda Hava Miktarının Basınç Metodu ile Tayini" standardında belirtilen esaslara uygun olarak her grup için 3 adet örnek üzerinde belirlenmiştir (81).

Taze beton örneklerinin hava miktarları eşitlik 3.19 kullanılarak hesaplanmıştır:

$$A_t = 100 \times A_s \times V_c / (100 \times V_t - A_s \times V_a) \quad [3.19]$$

Eşitlik 3.19'da;

A_t = Betondan alınan örnekteki hava miktarı, yüzde olarak,

V_c =Örneklerin 40mm'lik elekten geçen kısmında betonu oluşturan maddelerin, hava hariç, mutlak hacimleri toplamı (m^3), (Karışım ağırlıklardan tayin edilir.)

V_t = Esas örnekde betonu oluşturan maddelerin, hava hariç, mutlak hacimleri toplamı (m^3)

V_a = Örneklerin 40 mm'lik elek üzerinde kalan kısmındaki agreganın mutlak hacmi (m^3), (Karışım ağırlıklarından tayin edilir.), olarak verilmiştir.

3.2.3.2. Sertleşmiş beton özellikleri

Kür işlemi tamamlanan sertleşmiş betonun özgül ağırlık, su emme, yarmada çekme, basınç dayanımı ve elastisite modülü belirlenmiştir.

3.2.3.2.1. Özgül ağırlığı

Sertleşmiş beton örneklerinin özgül ağırlığı; "TS.3624; Sertleşmiş Betonda Özgül Ağırlık, Su Emme ve Boşluk Oranı Tayini ve Metodu" standardında

belirtilen esaslara uygun olarak her grup için 5 adet katkılı, 5 adet katkısız deney örneği üzerinde belirlenmiştir (82).

Özgöl ağırlığın hesaplanmasında eşitlik 3.20 kullanılmıştır:

$$S_g = A / B - D \quad [3.20]$$

Eşitlik 3.20'de;

S_g = Görünür özgül ağırlık,

A = Etüv kurusu ağırlık (kg),

B = Su içinde tutulduktan sonra suya doygun yüzey kuru ağırlık (kg),

D = Su içindeki ağırlık (kg), olarak verilmiştir.

3.2.3.2.2. Su emme

Sertleşmiş betonun su emme oranı; "TS.3624; Sertleşmiş Betonda Özgöl Ağırlık, Su Emme ve Boşluk Oranı Tayini ve Metodu" standardında belirtilen esaslara uygun olarak her grup için 5 adet katkılı, 5 adet katkısız beton deney örnekleri üzerinde belirlenmiştir (82).

Su emme oranlarının hesaplanmasında eşitlik 3.21 kullanılmıştır:

$$m_1 = ((B - A) / A) \times 100 \quad [3.21]$$

Eşitlik 3.21'de;

m_1 = Ağırlıkça su emme oranı (%),

A = Etüv kurusu ağırlık (kg),

B = Su içinde tutulduktan sonra suya doygun yüzey kuru ağırlık (kg),

olarak verilmiştir.

3.2.3.2.3. Yarmada çekme dayanımı

Yarmada çekme dayanımı; "TS.3129; Beton-Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanım" standardında belirtilen esaslara uygun olarak her grup için 5 adet katkılı, 5 adet katkısız beton deney örnekleri üzerinde belirlenmiştir (83).

Yarmada çekme dayanım deneyine başlamadan önce, her bir gruba 5 adet katkısız, 5 adet katkılı, toplam 80 adet beton örneğinin, silindir çaplarının orta noktası bulunarak, doğrultu üzerinde işaretlendikten sonra, numunenin alt ve üst yan yüzeylerine 2 x 20 x 300 mm boyutunda kontra plak çitalar konulmuştur. Numuneler prese yerleştirildikten sonra, tekrar kontrol edilerek, pres yükü saniyede 1,5 - 3,5 kgf/cm² olacak şekilde, silindir numune kırılıncaya kadar yük verilmeye devam edilmiştir.

Yarmada çekme dayanımının hesaplanmasında eşitlik 3.22 kullanılmıştır:

$$F_{ct} = 2F / \pi \times l \times d \quad [3.22]$$

Eşitlik 3.22'de;

F= Deney presinde kırılma anında okunan en büyük yük (N),

l = Örneğin temas hattı uzunluğu (mm),

d = Örneğin kesit boyutu (mm), olarak verilmiştir.

3.2.3.2.4. Basınç dayanımı

Basınç dayanımı; "TS.3114; Beton Deney Numunelerinin Basınç Dayanım Tayini" Türk standardında belirtilen esaslara uygun olarak her grup için 30 adet katkılı, 30 adet katkısız beton örnekleri üzerinde belirlenmiştir (84).

28 gün sonra kür havuzundan çıkarılan herbir gruba sahaya ait 30 adet katkısız, 30 adet katkılı olmak üzere toplam 480 adet beton deney örneğinin, kükürt ile başlıklandıktan sonra, yükleme hızı 1,5 -3,5 kgf/cm² olacak şekilde, basınç testi yapılmıştır.

Basınç dayanımı eşitlik 3.23 kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\sigma_g = (P / A) \quad [3.23]$$

Eşitlik 3.23'de;

σ_g = Deney örneğinin basınç dayanımı (MPa),

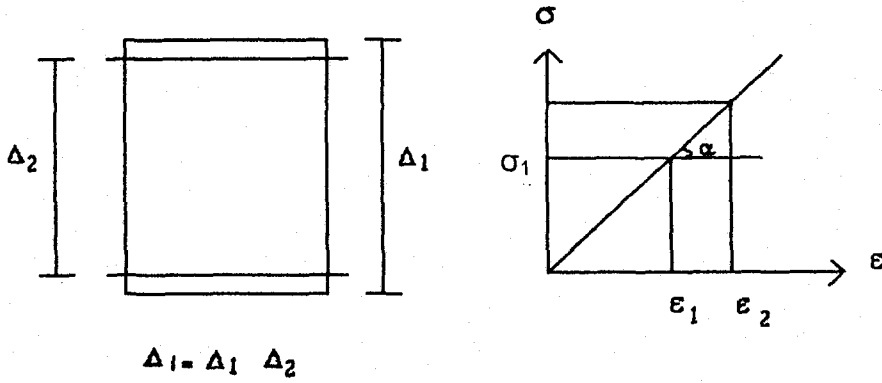
A= Deney örneğinin yüzey alanı (mm²),

P = Deney örneğinin yüzey alanına uygulanan kuvvet (N), olarak verilmiştir.

3.2.3.2.5. Statik elastisite modülü

Betonda statik elastisite modülü; "TS.3502; Betondaki Statik Elastisite Modülü ve Poisson Oranı Tayini" Türk Standardı esas alınarak her gruba ait 30 adet katkılı, 30 adet katkısız, toplam 480 adet örnek üzerinde belirlenmiştir (85).

Silindir örneklerdeki boyuna şekil değiştirmeleri belirlemek için, örnek üzerine boyunduruk geçirilerek, orta ve üç kenar bölgesinden, alt ve üstte olmak üzere tespit vidaları bağlanmıştır. Basınç uygulanırken, kısalma miktarı 1/2000 mm hassasiyetli komparatörle okunmuştur.



Şekil 3.1. Gerilme deformasyon eğrisi

Statik elastisite modülünün hesaplanmasında eşitlik 3.24 kullanılmıştır:

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \quad [3.24]$$

Eşitlik 3.24'de;

E =Elastisite Modülü (MPa),

σ_2 =Sınır yüküne karşı gelen gerilme $\frac{P_2}{A}$ (MPa),

P_2 = Sınır yükü,

A = Silindirin üst yüzey alanı (mm²),

σ_1 =Başlangıç yüküne karşı gelen gerilme $\frac{P_1}{A}$ (MPa),

P_1 = Başlangıç yükü,

ϵ_2 =Sınır yükünde okunan ortalama birim kısalma: Δ

Δl_2 =Sınır yükünde,ölçüm saatinden alınan son üç okumanın ortalaması

ϵ_1 =Başlangıç yükünde okunan ortalama birim kısalma: Δ

Δl_1 =Başlangıç yükünde ölçüm saatinden alınan son üç okumanın ortalaması

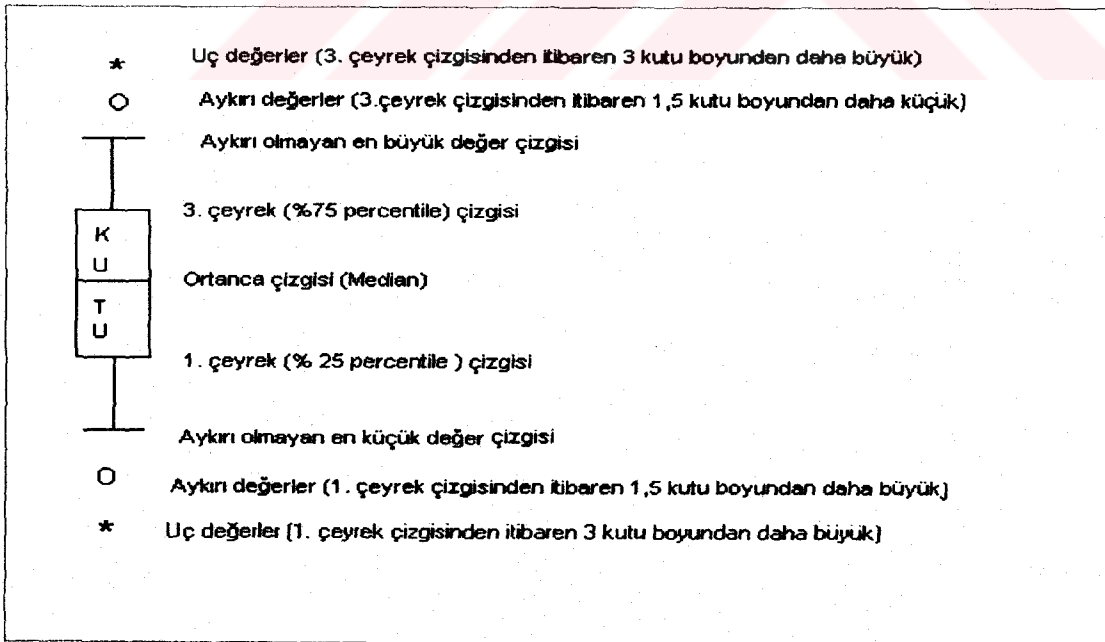
l =Ölçüm boyu(mm),

A =Deney örneğinin kesit alanı (mm²), olarak verilmiştir.

3.2.4. İstatistik metotlar

Kristalize kireçtaşı örneklerinde altı ayrı deney türü için, yedi gruba ait; Agregata örneklerinde on ayrı deney türü için sekiz gruba ait; Taze beton örneklerinde üç ayrı deney türü için sekiz gruba ait; sertleşmiş beton örneklerinde beş ayrı deney türü için sekiz gruba ait veriler elde edilmiştir. Grupların her deney türü 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. Bu çalışmada yapılan varyans analizi ve Duncan testlerinde "gruplar arasında fark vardır" kararına varılırken, yanlış olma olasılığı (anlamlılık düzeyi) en çok $\alpha = 0,05$ olarak (1. tip hata) kabul edilmiştir (86).

Deneyisel çalışmalardan elde edilen veriler üzerinde veri dağılımları ve gruplar arasında dağılım farklılıklarını göstermek amacıyla grafik ve kutu grafikleri çizilmiştir.



Şekil 3.2. Kutu grafiğinin (boxplot) yapısı ve özellikleri

Şekil 3.2'de verilen kutu grafiğinde;

- Ortanca çizgisi ile merkezi eğilimler arasındaki ilişki (ortanca çizgisi, kutunun ekseninde ise, dağılım normal, ortanca çizgisi 1 çeyrek çizgisine daha yakın, ise dağılımın pozitif yönde çarpık olduğu, 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, bu durum kutu boyunun uzun olması veya değişkenliğin fazla olduğu), belirtilmektedir (87).



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Taş Ocaklarına İlişkin Bulgular ve Tartışma

4.1.1. Taş ocağı özellikleri ve rezerv

Seyfe, Demirli, Küçükbüklüm, Obruk, İnaç, Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) taş ocaklarının kristalize kireçtaşıdan oluştuğu görülmüştür. Kireçtaşı; bileşiminde %90'a kadar kalsiyum karbonat bulunan kayalardır. Kristalize kireçtaşı mineralojik olarak tamamen kalsitten ve çok az miktarda da aragonit kristallerden oluştuğu belirlenmiştir.

Taş ocaklarında halen yer üstü açık işletme tekniği kullanılmaktadır. Taş çıkartma işlemlerinde, patlayıcılar ve komprosörlü delicilerden yararlanılmaktadır. Çıkartılan bloklardan moloz taş ve konkosörlerle kırmataş üretilmektedir.

Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Keçikale (üst), Seyfe, Obruk, Keçikale (alt) sahaların rezervleri hesaplanmış ve belirlenen rezervler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Taş ocaklarının görünür rezervi

Taş ocağı	Rezerv (m ³)
Küçükbüklüm	1 010 000
Demirli	2 875 000
İnaç	1 974 000
Keçikale(üst)	2 624 000
Seyfe	512 000
Obruk	2 660 000
Keçikale(alt)	2 125 000

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünün yaptığı araştırmaya göre Kırşehir ilinin 70 milyon muhtemel rezerve, 180 milyon da jeolojik potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir (88).

Kırşehir bölgesindeki kireçtaşı oluşumlarının il ve ilçelere göre potansiyeli Çizelge 4.2' de verilmiştir (88).

Çizelge 4.2. Kırşehir kireçtaşı oluşumlarının il ve ilçelere göre potansiyel rezervi

Yeri	Cinsi	Görünür muh. rezerv (milyon ton)	Potansiyel Rezerv (milyon ton)
Merkez, Höyük Tepe	Killi kireçtaşı	20	20
Merkez, Bozcalı	Kireçtaşı	20	40
Kaman, Çökelek	Kireçtaşı	10	20
Kaman, Barandağ	Kireçtaşı	20	50
Mucur, Satırusağı	Kireçtaşı	10	50

4.1.2. Makroskopik yapı

Küçükbüklüm taş ocağı sarımsı renkli orta taneli kalsit kristallerinden oluşan kristalize kireçtaşıdır. Kalsitin yanında tali olarak kuvars mineralinin bulunduğu görülmüştür. Çatlaklar çoğunlukla tabakalanma yüzeyini kesecek şekilde gelişmiş olup birim içerisinde büyük bloklar oluşturmuşlardır. Birim içerisinde tektonizmanın etkileride görülmektedir. Kireçtaşları genel olarak kuzey batı doğrultulu olup güneye doğru eğimlidirler ve eğim açıları 35°-40°'dir.

Demirli taş ocağı, beyaz-krem renkli, iri kristalli mermerdir. Tabakalanma gelişmemiş olup masif yapılıdır. Eklem çatlakları bolca gelişmiş olduğundan

kayaç düzgün bloklar şeklinde ayrılmaktadır. Söz konusu çatlakların oluşturduğu bloklar, bir veya birkaç metre boyutlarında ve düzgün yüzeyli olup oldukça verimlidir. Bu özelliği ile mermer işletmeciliğinde büyük kolaylık sağlamaktadır.

İnaç taş ocağı, orta taneli kalsit kristallerinden oluşan kristalize kireçtaşıdır. Kalsit minerallerinin yanında tali olarak kuvars bulunduğu görülmüştür. Rengi sarımsı bej renkli olup kalın tabakalı ve çatlaklıdır. Çatlaklar genelde tabakalanma yüzeyini kesecek şekildedeki gelişmiş olup birim içerisinde bloklar oluşturmuşlardır. Çatlakların arası ikincil kalsit mineralleri ile doludur. Birim içerisinde tektonizmanın etkileri görülmektedir. Kristalize kireçtaşları güneye doğru eğimli olup eğim açıları 25° - 30° 'dir

Keçikale (üst) taş ocağı orta taneli kalsit kristallerinden oluşan kristalize kireçtaşıdır. Esas mineral kalsitin yanında tali olarak kuvars bulunduğu görülmüştür. Kristalize kireçtaşları sarımsı bej renkli, kalın-çok kalın tabakalı, kırıklı ve çatlaklıdır. Çatlaklar çoğunlukla tabakalanma yüzeyini kesecek olup büyük bloklar oluşturmuşlardır. Çatlakların arası yer yer ikincil kalsit mineralleri ile dolmuştur. Birim içerisinde tektonizmanın etkileri görülmektedir. Kristalize kireçtaşları genel olarak kuzeybatı doğrultulu olup güneye doğru 30° - 35° 'dir.

Seyfe taş ocağı krem renkli kalsit kristallerinden oluşan kristalize kireçtaşıdır. Çok kalın tabakalı ve kırıklıdır. Birim içerisinde büyük bloklar oluşturmuşlardır. Birim içerisinde şiddetli tektonizmanın etkileri açıkça görülmektedir. Tabakalanmaya koşut laminar yapılar yer yer görülmektedir. Kristalize kireçtaşı kuzey batı doğrultulu olup güneye doğru eğimlidirler ve eğim açıları 35° - 40° 'dir.

Obruk taş ocağı gri renkli orta taneli kalsit kristallerinden oluşan kristalize kireçtaşıdır. Esas mineral kalsitin yanında tali mineral olarak kuvars

gözlenmiştir. Kireçtaşları kalın, kırıklı ve çatlaklıdır. Çatlaklar çoğunlukla tabakalanma yüzeyini kesecek şekilde gelişmiş olup birim içerisinde bloklar oluşturmuşlardır. Birim içerisinde şiddetli tektonizmanın etkileri gözlenmektedir. Tabakalanmaya koşut laminer yapılar yer yer gözlenmektedir. Kristalize kireçtaşları 25° - 30° güneye doğru eğimlidirler.

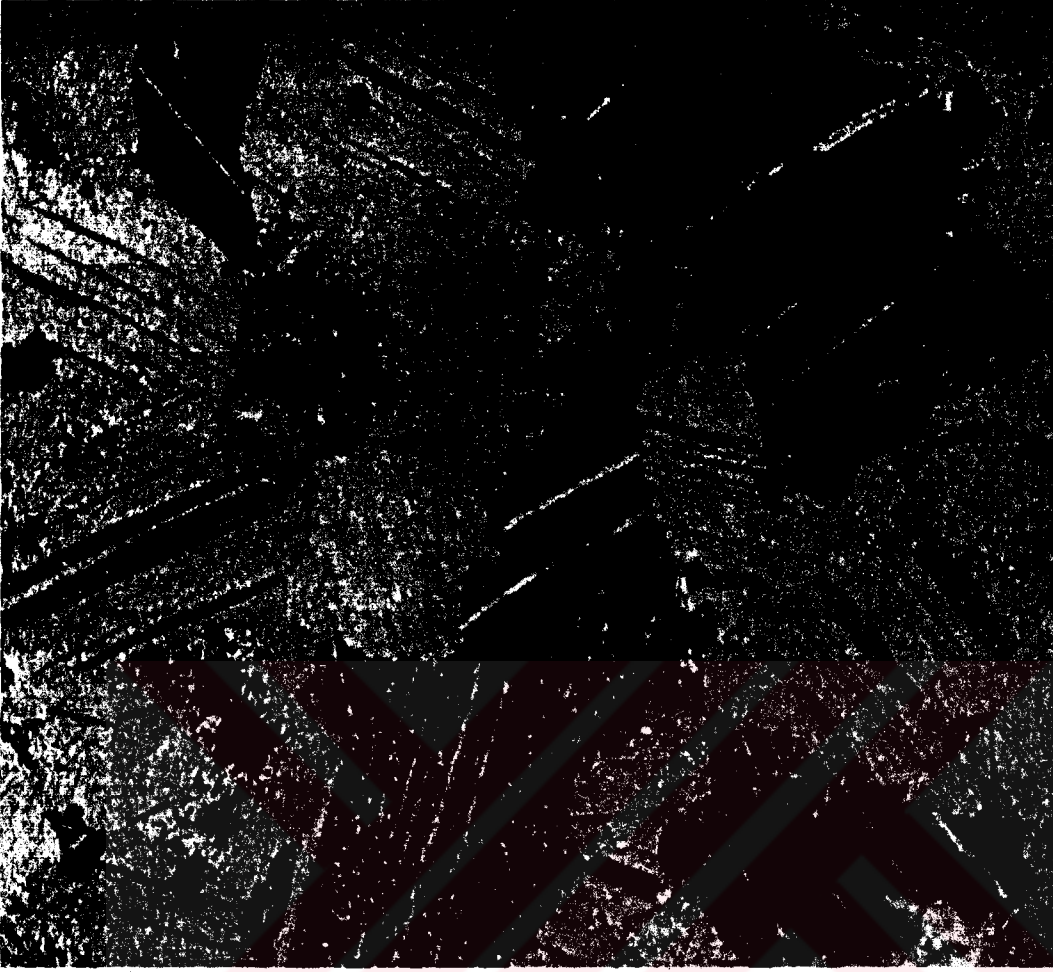
Keçikale (alt) taş ocağı orta taneli kalsit kristallerinden oluşan kristalize kireçtaşıdır. Esas minarel olan kalsit yanında tali olarak kuvars görülmüştür. Bu taş ocağında yayılım sunan kristalize kireçtaşları sarımsı bej renkli, kalın-çok kalın tabakalı, kırıklı ve çatlaklıdır. Çatlaklar çoğunlukla tabakanlanma yüzeyini kesecek şekilde gelişmiş olup birim içerisinde büyük bloklar oluşturmuşlardır. Çatlakların arası yer yer ikincil kalsit mineralleri ile dolmuştur. Birim içerisinde şiddetli tektonizmanın etkileri açıkça görülmektedir. Tabakalanmaya koşut laminer yapılar yer yer gözlenmektedir. Kristalize kireçtaşları genel olarak kuzey batı doğrultulu olup güneye doğru eğimlidirler. Eğim açıları 30° - 35° 'dir. Çalışılan sahalarda birimin alt ve üst sınırları gözlenemediğinden gerçek kalınlık ölçülememiştir.

4.1.3. Mikroskobik yapı

Yedi adet taş ocağından alınan kayaç örneği üzerinde yapılan mikroskobik inceleme ile tane boyutu, doku özellikleri, mineralojik bileşim ve kayaç adı tanımlanmıştır.

Kayaç örneklerine ait ince kesit şekillleri Resim 4.1., Resim 4.2., Resim 4.3., Resim 4.4., Resim 4.5., Resim 4.6. ve Resim 4.7' de verilmiştir.

Küçükbüklüm taş ocağından alınan örneğin ince kesiti Resim 4.1'de verilmiştir.

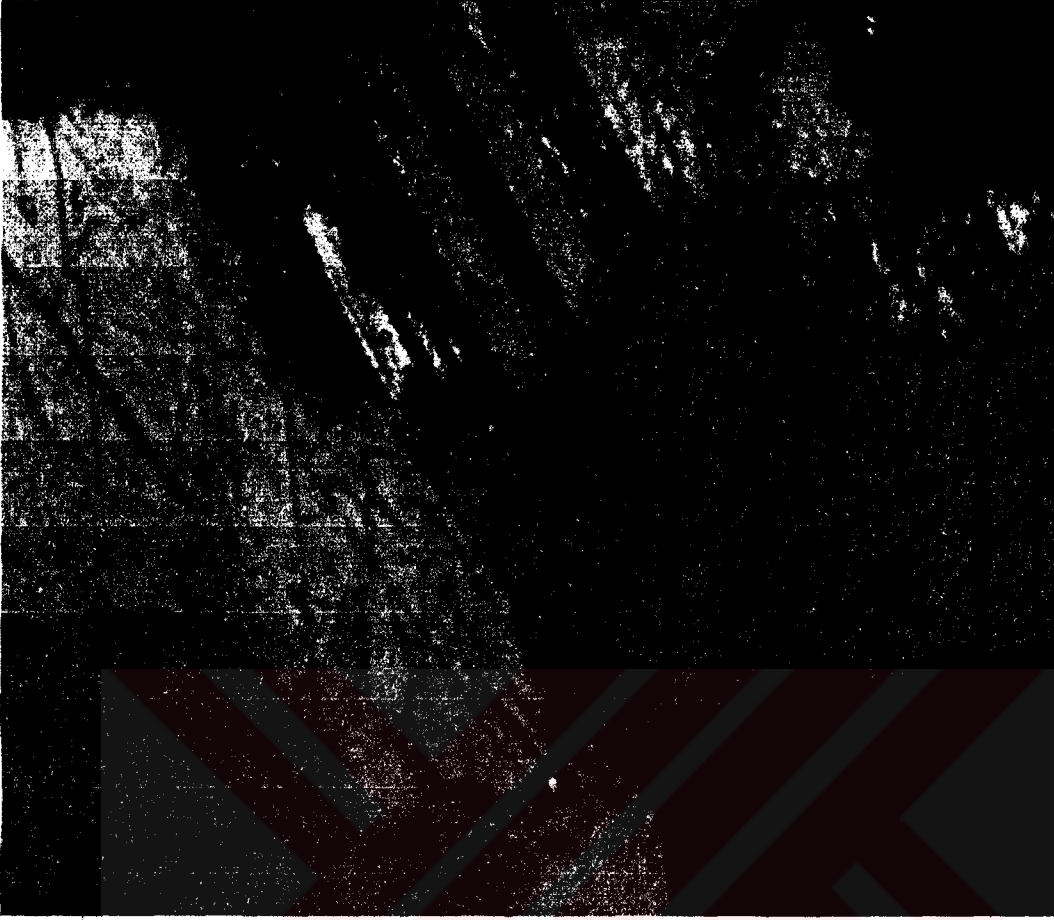


Resim 4.1. Küçükbüklüm taş ocağından alınan örneğin ince kesiti (Çift nikol)

Küçükbüklüm taş ocağından alınan örneklerin petrografik ince kesitlerinin polarizan mikroskopla incelenmesinde aşağıdaki özellikler belirlenmiştir (89).

Örneklerde kalsit > kuvars > serizit izlenmiştir. Kalsitler ksenoblastik şekilli eş boyutlu biçimlidirler. Çoğunluğu iki yönlü, iri kalsit tanelerinden oluşmaktadır. Azınlığı polisentetik ikizlenme göstermektedir. Üçlü noktalarda dokanaklar ortalama 0,18-0,80 mm arasında değişen tane boyuna sahiptirler. Kuvars ksenoblastik şekillidir. Ortalama boyu 0,09 mm'dir. Serizitler subidioblastik şekillidir. %1 oranında kalsit tanelerinin arasında kuvars taneleri ve serizit kalsitlerin dokanaklarında yer almaktadır.± opak vardır. Boy sınıfı sparit ve ilerlemiş didolomitizasyon olup didolomitik kalkerdir.

Demirli taş ocağından alınan örneğin ince kesiti Resim 4.2' de verilmiştir.



Resim 4.2. Demirli taş ocağından alınan örneğin ince kesiti (Çift nikol)

Demirli taş ocağından alınan örneklerin ince kesitlerinin polarizan mikroskopla incelenmesinde aşağıdaki özellikler belirlenmiştir (89).

Örneklerde Kalsit > Serizit izlenmiştir. Kalsitler iri taneli olup %100 kalsit' tir. İki yönde mükemmel dilinimli öz şekilsiz-yarı öz şekilli kalsit tanelerinden oluşmaktadır. Serizitler kalsit içinde inklüzyon olarak bulunmaktadır. Kireçtaşının içinde kuvars minerallerine rastlanmaktadır. Üçlü noktalarda dokanaklar ortalama 0,17 – 0,70 mm arasında değişen tane boyuna sahiptirler. Boy sınıfı sparit olup didolomitik kireçtaşı olup granoblastik dokuya sahip görünüm gözlenmiştir.

İnaç taş ocağından alınan örneğin ince kesiti Resim 4.3'te verilmiştir.

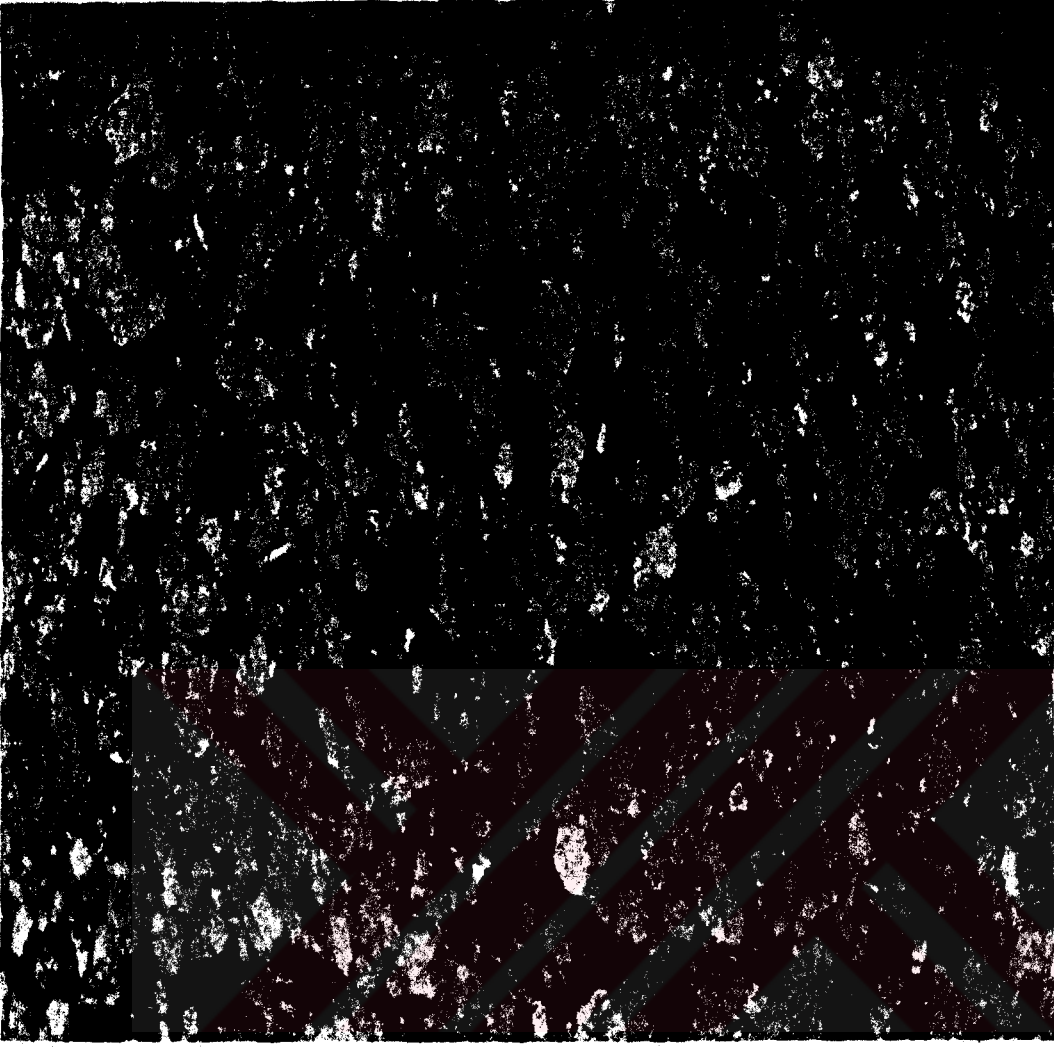


Resim 4.3. İnaç taş ocağından alınan örneğin ince kesiti (Çift nikol)

İnaç taş ocağından alınan örneklerin ince kesitlerinin polarizan mikroskopla incelenmesinde aşağıdaki özellikler belirlenmiştir (89).

Kalsit oranı %94 olup, kalsit > kuvars > serizit izlenmiştir. Paralel sönme gösteren tek nikolde renksiz, çift nikolde canlı girişim renklerine sahip, %1 oranında muskovit' tir. Serizitler kalsitlerin dokanaklarında yer almakta olup, kalsit içinde inkluzyon olarak bulunmakta olup yapısal kuvvetlerin etkisinde kalmıştır. Kalsitler ufalanarak yaklaşık %10 protokatakalsit tekstür gelişmiştir. Kuvars 0,12 mm boydadır. Üçlü noktalarda dokanaklar ortalama 0,19 – 0,85 mm arasında olup boy sınıfı sparit didolomitik kireçtaşıdır.

Keçikale(üst) taş ocağından alınan örneğin ince kesiti Resim 4.4'te verilmiştir.

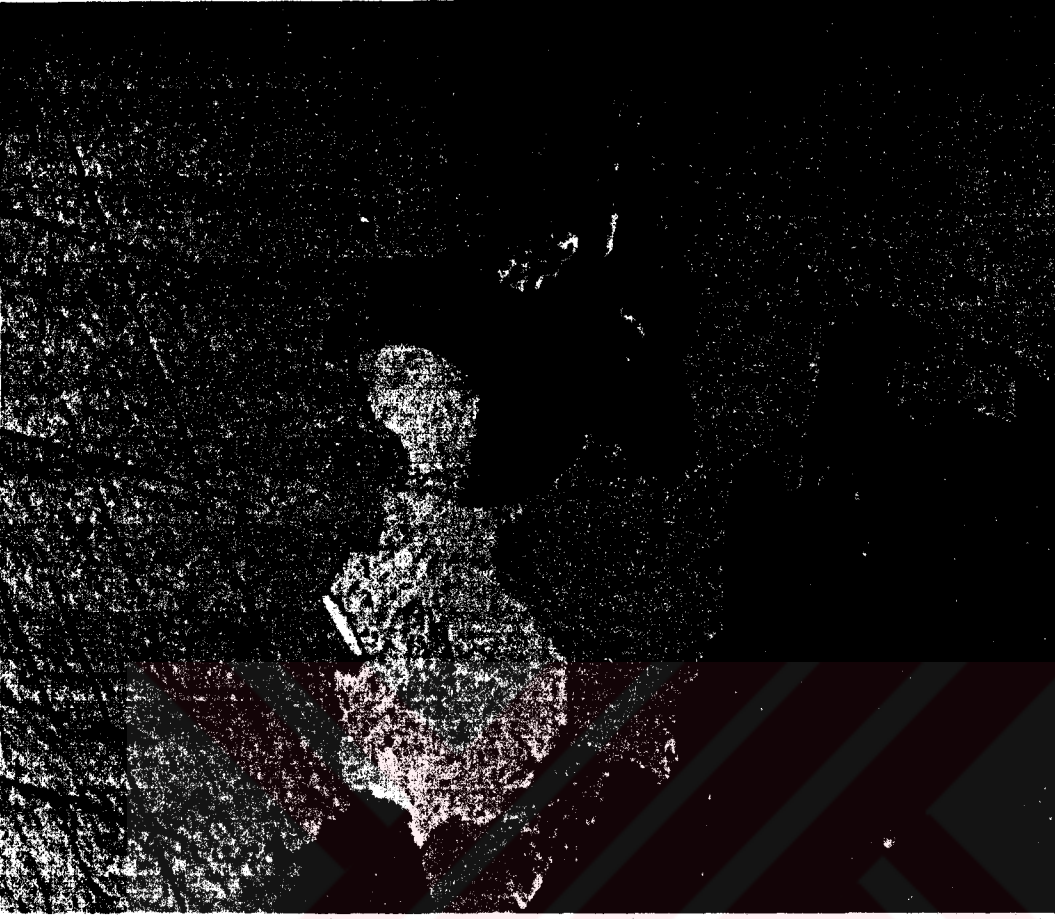


Resim 4.4. Keçikale(üst) taş ocağından alınan örneğin ince kesiti(Çift nikol)

Keçikale (üst) taş ocağından alınan örneklerin ince kesitlerinin polarizan mikroskopta incelenmesinde aşağıdaki özellikler belirlenmiştir (89).

Örnek %100 kalsit'tir. Kalsitler küçük taneli olup granoblastik dokuya sahiptir. Kuvars ortalama %0,05 mm boyundadır. Kuvars $\pm$ miktarda olup az miktarda opak mineral vardır. Üçlü noktalarda dokanaklar 0,17 – 0,80 mm arasında değişen tane boyuna sahiptirler. İlerlemiş didolomitizasyon olup didolomitik kireçtaşıdır.

Seyfe taş ocağından alınan örneğin ince kesiti Resim 4.5'de verilmiştir.

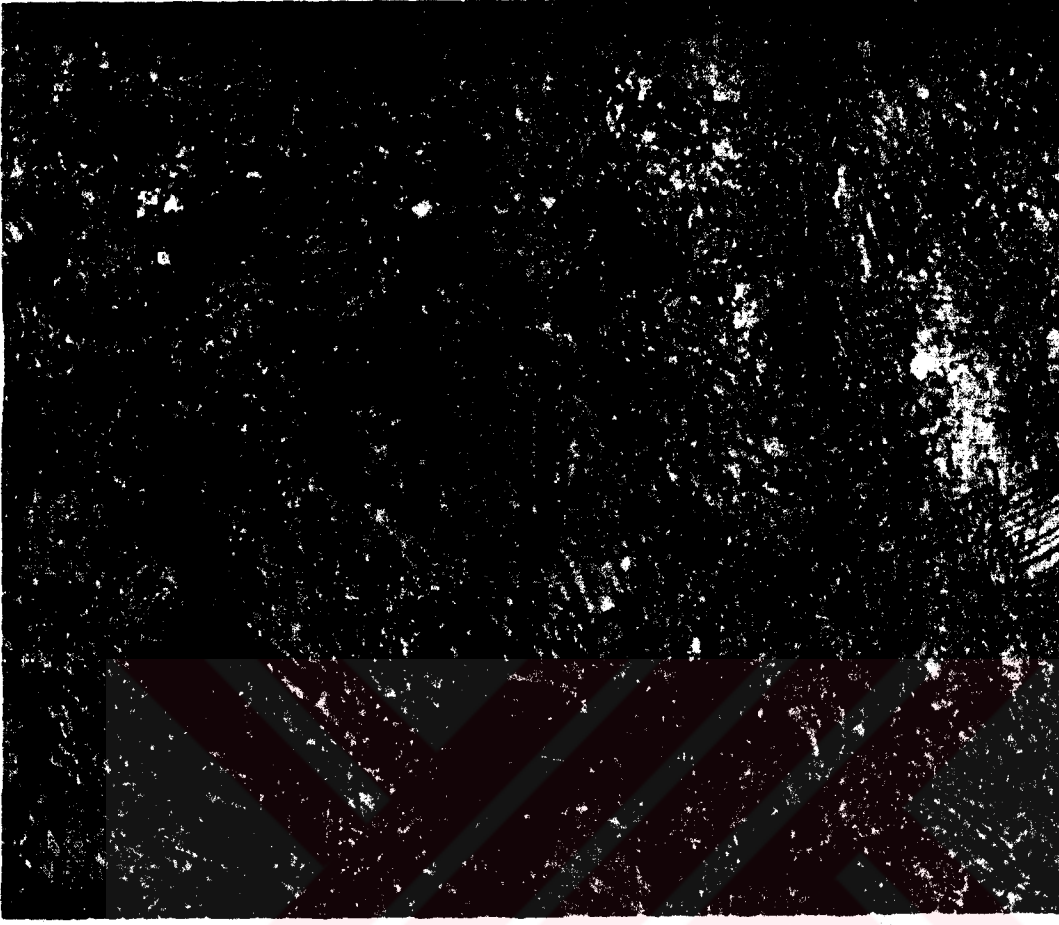


Resim 4.5. Seyfe taş ocağından alınan örneğin ince kesiti (Çift nikol)

Seyfe taş ocağından alınan örneklerin ince kesitlerinin polarizan mikroskopla incelenmesinde aşağıdaki özellikler belirlenmiştir (89).

Örneklerde kalsit > kuvars > serizit izlenmiştir. Kalsitler iri taneli olup ksonoblastik şekilli eş boyutlu biçimlidirler. Çoğunluğu iki yönlü polisentetik ikizlenme göstermektedir. Üçlü noktalarda dokanaklar ortalama 0,20 – 0,90 mm arasında değişen tane boyuna sahiptirler. Kuvars ortalama 0,08 mm boydadır. Serizitler subidioblastik şekillidir. Kuvars ve serizit kalsitlerin dokanaklarında yer almaktadır. $\pm$ plaj olup az opak mineral vardır. Boy sınıfı sparit ve ilerlemiş didolomitizasyon olup didolomitik kireçtaşıdır.

Obruk taş ocağından alınan örneğin ince kesiti Resim 4.6'da verilmiştir.



Resim 4.6. Obruk taş ocağından alınan örneğin ince kesiti (Çift nikol)

Obruk taş ocağından alınan örneklerinin ince kesitlerinin polarizan mikroskopla incelenmesinde aşağıdaki özellikler belirlenmiştir (89).

Örnekte kalsit > kuvars > serizit izlenmiştir. Kalsit tanelerinin boyutlarında ufalanma gözlenmekte, bu tektonizma etkisinden olabilir. Bir deformasyon etkisinin varlığı gözlenmiştir. Kuvars ksenoblastik şekilli olup ortalama 0,11 mm boydadır. Serizitler subidioblastik şekillidir. Üçlü noktalardan dokanaklar ortalama 0,19–0,90 mm boydadır. Kuvars ve serizit kalsitlerin dokanaklarında yer almaktadır. Opak mineral azdır. Boy sınıfı sparit' tir. İlerlemiş didolomitizasyon olup didolomitik kireçtaşıdır.

Keçikale(al) taş ocağından alınan örneğin ince kesiti Resim 4.7'de verilmiştir.



Resim 4.7. Keçikale (alt) taş ocağından alınan örneğin ince kesiti (Çift nikol)

Keçikale (alt) taş ocağından alınan örneklerin ince kesitlerinin polarizan mikroskopla incelenmesinde aşağıdaki özellikler belirlenmiştir (89).

Örnekler %100 kalsit'tir. Kalsitler irili ufaklı taneler şeklinde gözlenmekte ve yer yer demirhidroksitle boyanmaları nedeniyle kalsit tanelerin etrafı koyu kahverengi – kırmızımsı bir renk almıştır. Kuvars ve serizit izlenmemiştir. Üçlü noktalarda dokanaklar ortalama 0,16 - 0,75 mm arasında değişen tane boyuna sahiptirler. Az miktarda opak mineral olup didolomitik kireçtaşıdır.

Sonuç olarak Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Keçikale(üst), Seyfe, Obruk ve Keçikale (alt) sahalarının örnekleri %94'ün üzerinde kalsit bulunduran ve mineralojik olarak birbirlerine çok benzeyen metamorfizmaya uğramış kireçtaşlarıdır.

Beton agregası olarak kullanılacak kırmataşlardan bulunan kalsit ve kuvars mineralinin betonda kullanımının uygun olduğu bilinmektedir (14). Gruplara ait örneklerin yapısında kalsit > kuvars minerallerinin olduğu görülmektedir.

4.1.4. Basınç dayanımı

Demirli, Seyfe, Küçükbüklüm, Obruk, İnaç, Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) taş ocaklarına ait 30'ar adet deney örneği üzerinde gerçekleştirilen basınç dayanımına ilişkin açıklayıcı istatistiksel dağılımı Çizelge 4.3'te verilmiştir. Yedi grup halinde görülen bu örneklerin basınç dayanımları arasında yapılan Varyans analizine göre $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde bir farklılık görülmüştür (Çizelge 4.4). Ayrıca, Duncan çoklu karşılaştırmasına ilişkin veriler Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Kırşehir yöresindeki kireçtaşlarının basınç dayanımlarının istatistiksel dağılımı

Ocak	Örnek sayısı	Maksimum değer (MPa)	Minimum değer (MPa)	Standart sapma	Aritmetik ortalama (MPa)
Demirli	30	58,1	25,60	10,01	41,63
Seyfe	30	78,4	43,04	9,27	59,95
Küçükbüklüm	30	101,7	61,10	11,24	81,83
Obruk	30	127,59	77,96	13,40	106,30
İnaç	30	144,2	82,80	16,87	113,20
Keçikale (alt)	30	146,62	113,62	8,10	132,37
Keçikale (üst)	30	186,70	111,80	23,00	140,73

Çizelge 4.4. Kireçtaşlarının basınç dayanım verilerinin varyans analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi (α)
Gruplar arası	245414	6	40902,30	208,87	0,000*
Gruplar içi	39754	203	195,830		
Toplam	285167	209			

(*) $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde fark vardır.

Çizelge 4.5 Kireçtaşlarının basınç dayanımlarının Duncan testi sonuçları

Ocak	Örnek sayısı	$\alpha = 0,05^*$					
		1	2	3	4	5	6
Demirli	30	41,63					
Seyfe	30		59,95				
Küçükbüklüm	30			81,83			
Obruk	30				106,30		
İnaç	30				113,20		
Keçikale(alt)	30					132,37	
Keçikale(üst)	30						140,73
Anlamlılık Düzeyi		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

(*) $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır.

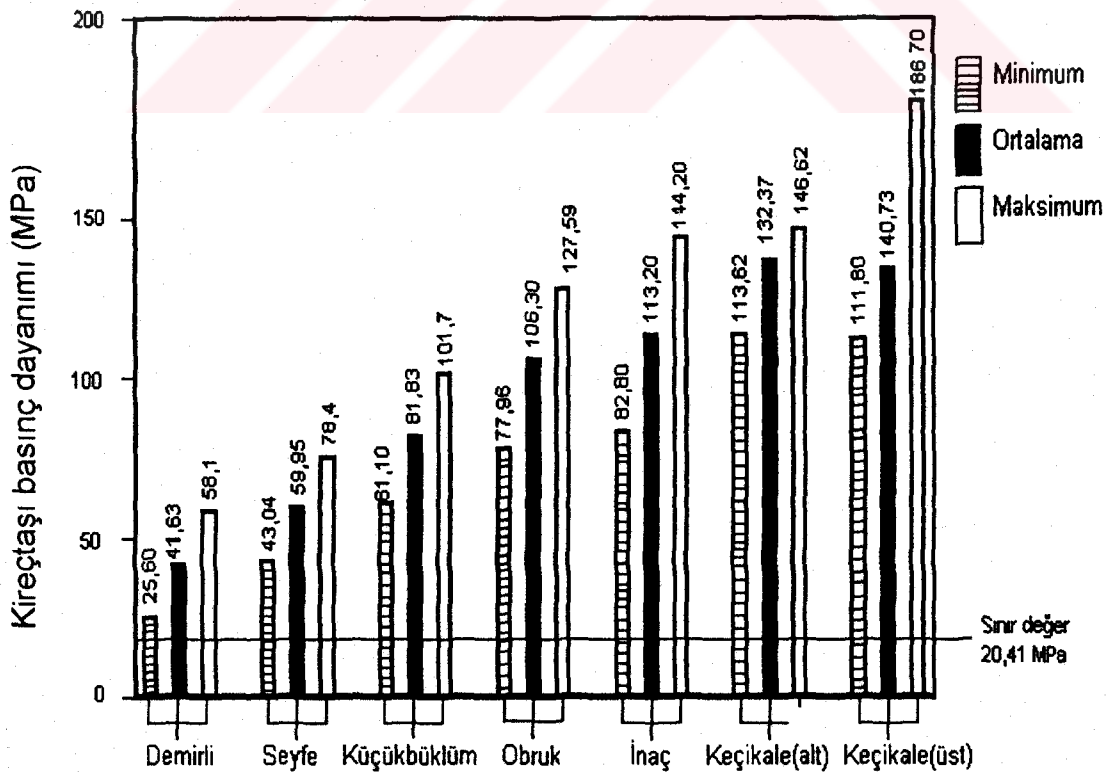
Gruplara ait basınç dayanımı verileri, istatistiksel dağılımı, Duncan testi ve grafiklerden elde edilen sonuçlara göre;

- Ortalama basınç dayanım değerlerinin; Demirli 41,63 MPa, Seyfe 59,95 MPa, Küçükbüklüm 81,83 MPa, Obruk 106,30 MPa, İnaç 113,20 MPa, Keçikale (alt) 132,37 MPa ve Keçikale (üst) 140,73 MPa olduğu (Çizelge4.3, Şekil 4.1),
- Obruk ile İnaç taş ocaklarından elde edilen kayaçların basınç dayanımları hariç, Demirli, Seyfe, Küçükbüklüm, Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) taş ocaklarından elde edilen basınç dayanımlarında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.5),
- Obruk ile İnaç örneklerinin basınç dayanımları arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.5),
- En küçük basınç dayanımının Demirli (41,63 MPa), en büyük basınç dayanımının Keçikale (üst) (140,73 MPa) örneklerine ait olduğu (Şekil 4.1),
- Demirli, Küçükbüklüm, Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) basınç verileri dağılımının pozitif yönde çarpık olduğu Seyfe, İnaç ve Obruk verilerinde dağılımın normal olduğu görülmüştür (Şekil 4.2).

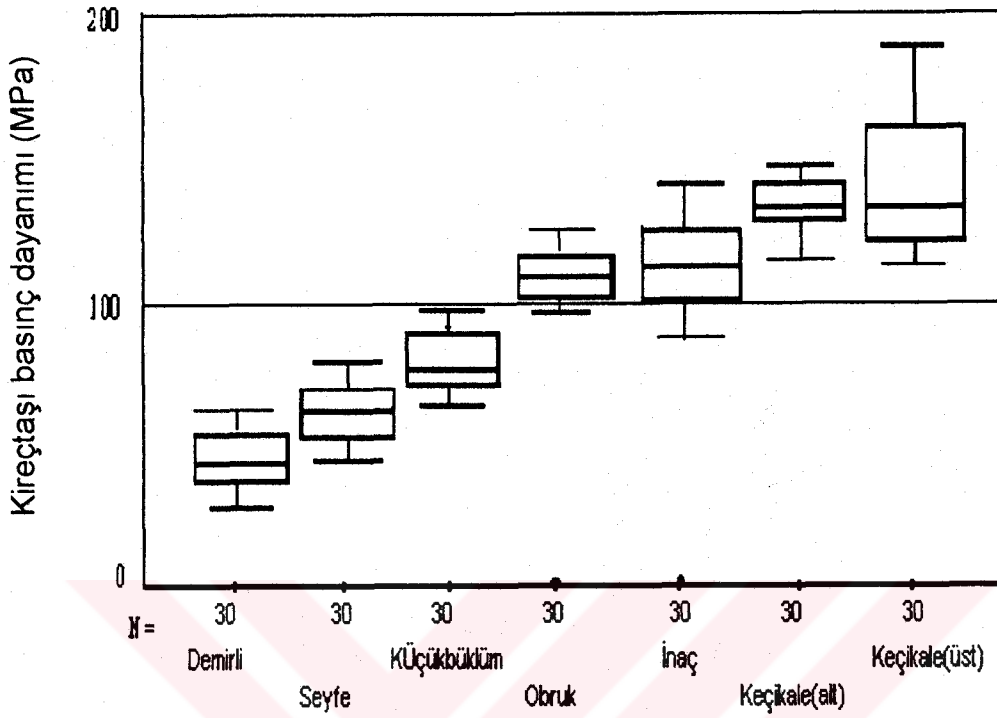
TS 2513 Doğal Yapı Taşları metoduna göre kireçtaşlarının basınç dayanım değerinin minimum 35,71 MPa, yoğun kalkerin ise 51,02 MPa olması gerekmektedir (90). Gruplara ait örneklerin basınç dayanımı ortalamalarının öngörülen standart değerinin üzerinde olduğu görülmektedir.

TS 706 madde 1.2.4'te kayaç basınç dayanımının en az 102 MPa olması halinde başka bir incelemeye gerek olmaksızın agrega olarak yeterli olduğu kabul edilmektedir (67). Gruplara ait örneklerden Obruk 106,30 MPa, İnaç 113,20 MPa, Keçikale(alt) 132,37 MPa ve Keçikale(üst) 140,73 MPa ile bu standard değerin üzerinde olduğu görülmektedir (Çizelge 4.3, Şekil 4.1).

Agrega olarak kullanılabilecek kireçtaşının basınç dayanımının 20,41 MPa' dan yüksek olması gerekir (25). Gruplara ait örneklerin basınç dayanımı en düşük değerin standart değerin üzerinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.1. Kireçtaşı örneklerinin basınç dayanım histogramı



Şekil 4.2. Kireçtaşı örneklerinin basınç dayanım kutu grafiği

4.1.5. Yüzey sertliği

Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Keçikale (üst), Keçikale (alt), Seyfe ve Obruk taş ocaklarından elde edilen kireçtaşı örnekleri örnekleri üzerinde gerçekleştirilen Schmidt çekici, Shore aleti ve Mohs yüzey sertlik verilerine ilişkin değerler Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Kireçtaşı örneklerinin sertlik dereceleri

Deney örnekleri	Schmidt çekici geri tepme sayısı (N tipi)	Shore scleroscope sertliği	Mohs sertlikleri
Küçükbüklüm	49,1	45,50	2,5-3,0
Demirli	46,8	43,93	2,5-3,0
İnaç	52,6	49,03	3,0-3,5
Keçikale (üst)	58,0	52,06	3,0-3,5
Seyfe	46,4	42,33	2,5-3,0
Obruk	53,2	47,77	2,5-3,0
Keçikale (alt)	52,3	45,17	3,0-3,5

4.1.5.1. Mohs yüzey sertliği

Mohs sertlik derecesi Çizelge 4.6'da görüldüğü gibi göreceli sertlik değeri olduğu için belli aralıklarda verilmiştir. Çizelge 4.6'da verilen Mohs sertlik derecesine göre;

- Kireçtaşlarının yüzey sertliğinin 2,5 – 3,5 arasında olduğu,
- Kireçtaşlarının yüzey sertliklerinde en küçük değer 2,5 – 3,0 arası değeri ile Küçükbüklüm, Demirli, Seyfe ve Obruk örneklerine ait olduğu en büyük değerin ise 3,0 – 3,5 değeri ile Keçikale (alt), Keçikale (üst) ve İnaç örneklerine ait olduğu görülmüştür.

4.1.5.2. Shore yüzey sertliği

Shore yüzey sertliği Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelge 4.6'da verilen Shore yüzey sertlik derecesine göre;

- Kireçtaşlarının yüzey sertlikleri 42,33 – 52,06 arasında değiştiği,
- En küçük yüzey sertliği 42,33 ile Seyfe örneğine en büyük sertliğin ise 52,06 ile Keçikale (üst) ye ait olduğu görülmüştür.

4.1.5.3. Schmidt çekici ile yüzey sertliği

Schmidt çekici ile yüzey sertliği Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelge 4.6'da verilen Schmidt çekici (N tipi) ile yüzey sertlik derecesine göre;

- Kireçtaşlarının yüzey sertliğinin 46,4 – 58,0 arasında değiştiği,
- Kireçtaşlarında en küçük değerin 46,4 ile Seyfe örneğine ait, en büyük değer ise 58,0 ile Keçikale (üst)'e ait olduğu görülmüştür.

ISRM (1978)'e göre

Schmidt sertlik değeri

Kayaç tanımı

0-10.....	Yumuşak
10-20.....	Az yumuşak
20-40.....	Az sert
40-50.....	Sert
50-60.....	Oldukça sert
>60.....	Çok sert

Kireçtaşlarının yüzey sertliği;

ISRM (1978)'e göre Seyfe, Demirli, Küçükbüklüm kireçtaşlarının sert kayaç grubuna girmekte İnaç, Obruk Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) örnekleri oldukça sert kayaç grubuna girmektedir.

Küçükbüklüm, Demirli ve Seyfe grupları Schmidt sertliğine göre sert grubunda, Mohs sertliği ise 2,5-3,0 arasındadır. Yine Schmidt'e göre oldukça sert gruba giren İnaç, Keçikale (üst), Obruk ve Keçikale (alt) kireçtaşları Mohs sertliğinde Obruk hariç 0,3,0-3,5 arası sertlikte olduğu gözlenmiştir. Yüzey sertlik dereceleri ile basınç dayanımları doğru orantılı olarak artmaktadır. Örneklerin yüzey sertliği ve basınç dayanım sonuçlarına göre; Yüzey sertliği sert olan Seyfe, Demirli ve Küçükbüklüm kayaç örneklerinin basınç dayanımları düşük, yüzey sertliği oldukça sert olan Keçikale (alt), İnaç, Obruk ve Keçikale (üst) kayaç örneklerinin basınç dayanımları daha yüksektir (Çizelge 4.3., Çizelge 4.6.).

4.2. Agregalara İlişkin Bulgular ve Tartışma

4.2.1. Tane dağılımı

Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Obruk, Keçikale (üst), Keçikale (alt), Seyfe ve Kızılırmak agrega örneklerine ait tane dağılımı sonuçları Çizelge 4,7'de verilmiştir.

Ocaklara ait örnek agregalar üç kısma ayrılarak (ince agrega, ince çakıl ve iri çakıl) tane dağılımı çizelgeleri ve tane büyüklüğü dağılım eğrileri oluşturulmuştur.

Çizelge 4.7 Kullanılan agrega örneklerinin tane dağılım verileri

Elek açıklığı (mm)	% Geçen							
	Küçük büklüm	Demirli	İnaç	Keçikale (üst)	Seyfe	Obruk	Keçikale (alt)	Kızılırmak
31,5	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
16	78,25	77,25	82,25	78,84	78,00	80,40	78,38	82,62
8	58,50	65,25	60,15	61,78	55,75	62,80	61,22	58,34
4	50,50	51,00	49,89	51,24	50,00	47,20	50,12	46,56
2	34,50	34,00	34,08	35,28	35,50	33,60	35,77	36,50
1	25,50	24,50	23,04	25,48	24,00	25,20	24,90	25,50
0,5	19,50	18,00	16,80	18,13	16,50	15,60	18,13	13,00
0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge 4.7'de oluşan tane dağılım verilerine göre elde edilen Küçükbüklüm ocağına ait agrega örneklerinin tane dağılım sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir.

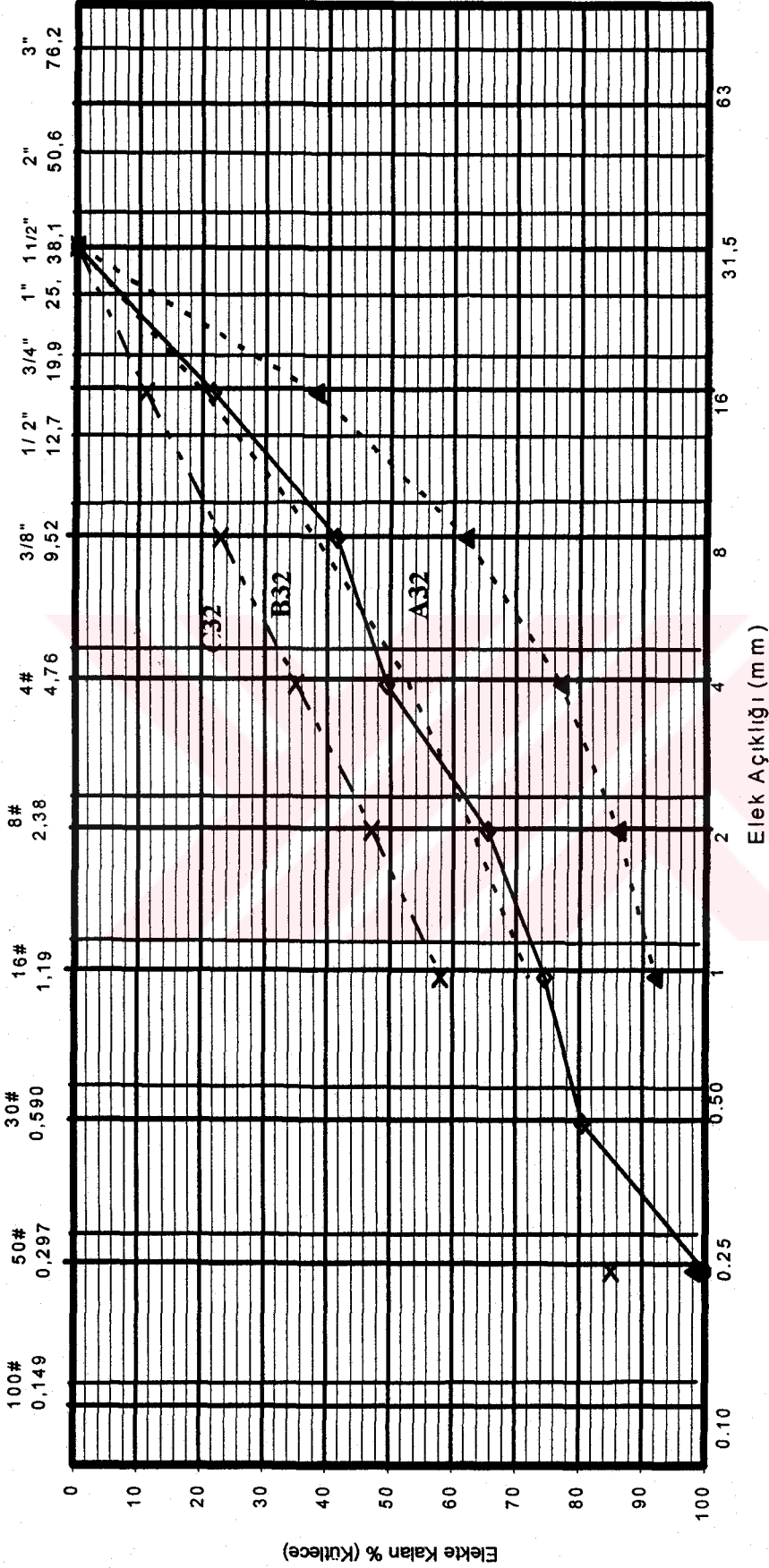
Küçükbüklüm ocağına ait Çizelge 4.8'de oluşturulan tane dağılım verilerine göre beton karışımına girecek agrega örneklerinin tane dağılımı Şekil 4.3'te verilmiştir.

Şekil 4.3'e göre tane dağılımı TS 706'ya göre ideal bölge içerisinde oluşmuştur.

Çizelge 4.8. Küçükbüklüm ocağı kırmataş agrega örneklerinin tane dağılımı

Elek açıklığı	Kum (%)	İnce çakıl (%)	İri çakıl (%)	Tuvenan (%)	Kümülatif Tuvenan (%)
31,5 mm			0,0	0,00	0,00
16 mm		1,0	86,0	21,75	21,75
8 mm		65,0	14,0	19,75	41,50
4 mm	0,0	32,0		8,00	49,50
2 mm	31,0	2,0		16,00	65,50
1 mm	18,0			9,00	74,50
0,5 mm	12,0			6,00	80,50
0,25 mm	39,0			19,50	100,00

-----TS 706'da verilen sınır eğrisi
 _____Deney örneklerinin eğrisi



KUM		ÇAKIL
Kum İncelik Modülü 4,04		

Şekil 4.3. Küçükbüklüm kırmataş agrega tane büyüklük dağılım eğrisi

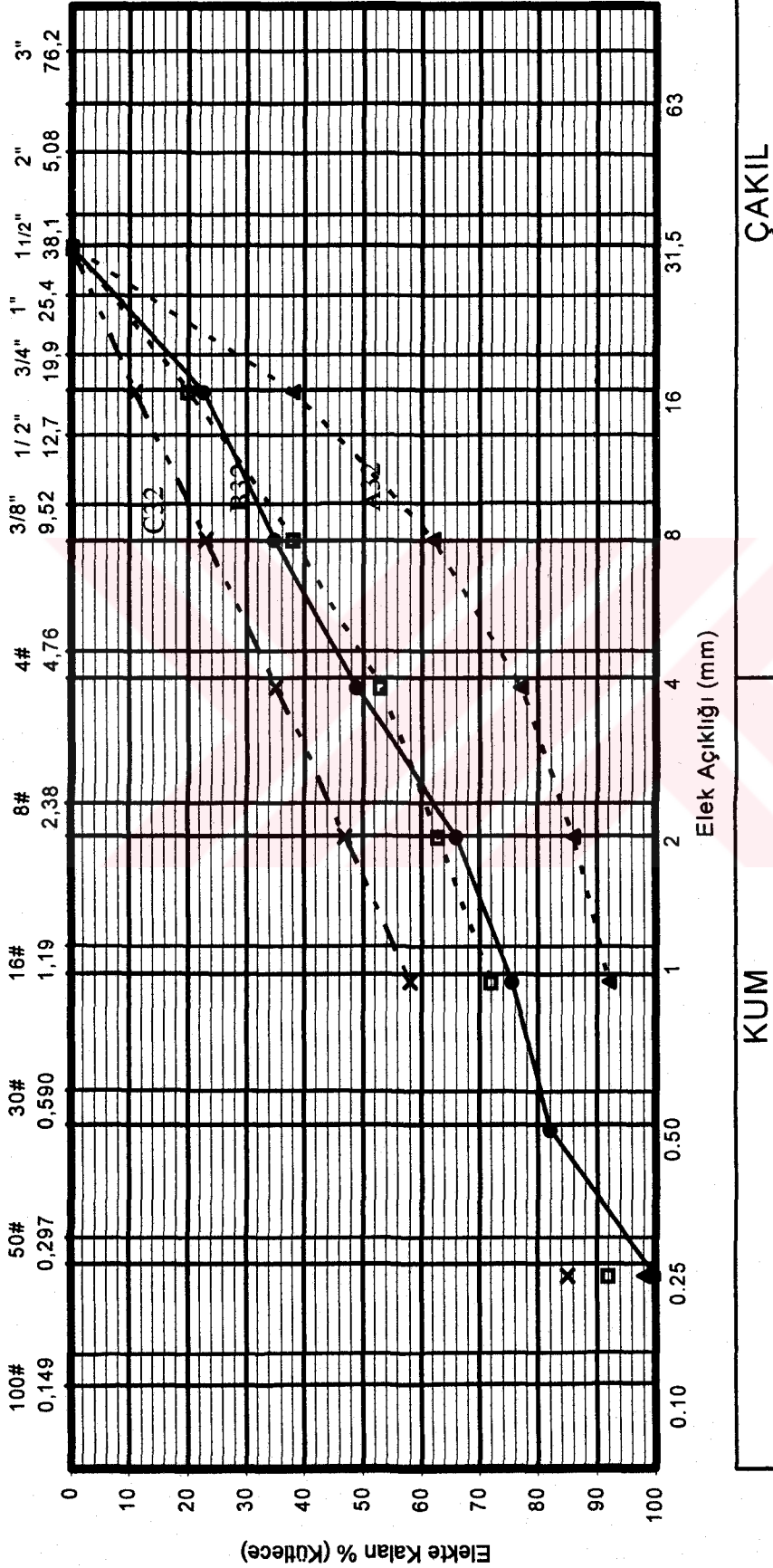
Demirli ocağına ait Çizelge 4.9'da oluşturulan tane dağılım verilerine göre beton karışımına girecek agreganın tane büyüklüğü dağılımı Şekil 4.4'te verilmiştir.

Şekil 4.4'e göre tane büyüklüğü dağılımı TS 706'ya göre ideal bölge içerisinde oluşmuştur.

Çizelge 4.9. Demirli ocağı kırmataş agregası örneklerinin tane dağılımı

Elek açıklığı	Kum (%)	İnce çakıl (%)	İri çakıl (%)	Tuvenan (%)	Kümülatif tuvenan (%)
31,5 mm			0,0	0,00	0,00
16 mm			91,0	22,75	22,75
8 mm		39,0	9,0	12,00	34,75
4 mm	0,0	57,0		14,25	49,00
2 mm	32,0	4,0		17,00	66,00
1 mm	19,0			9,50	75,50
0,5 mm	13,0			6,50	82,00
0,25 mm	36,0			18,00	100,00

----- TS 706'da verilen sınır eğrisi
 Deney örneklerinin eğrisi



Kum İncelik Modülü 3.5

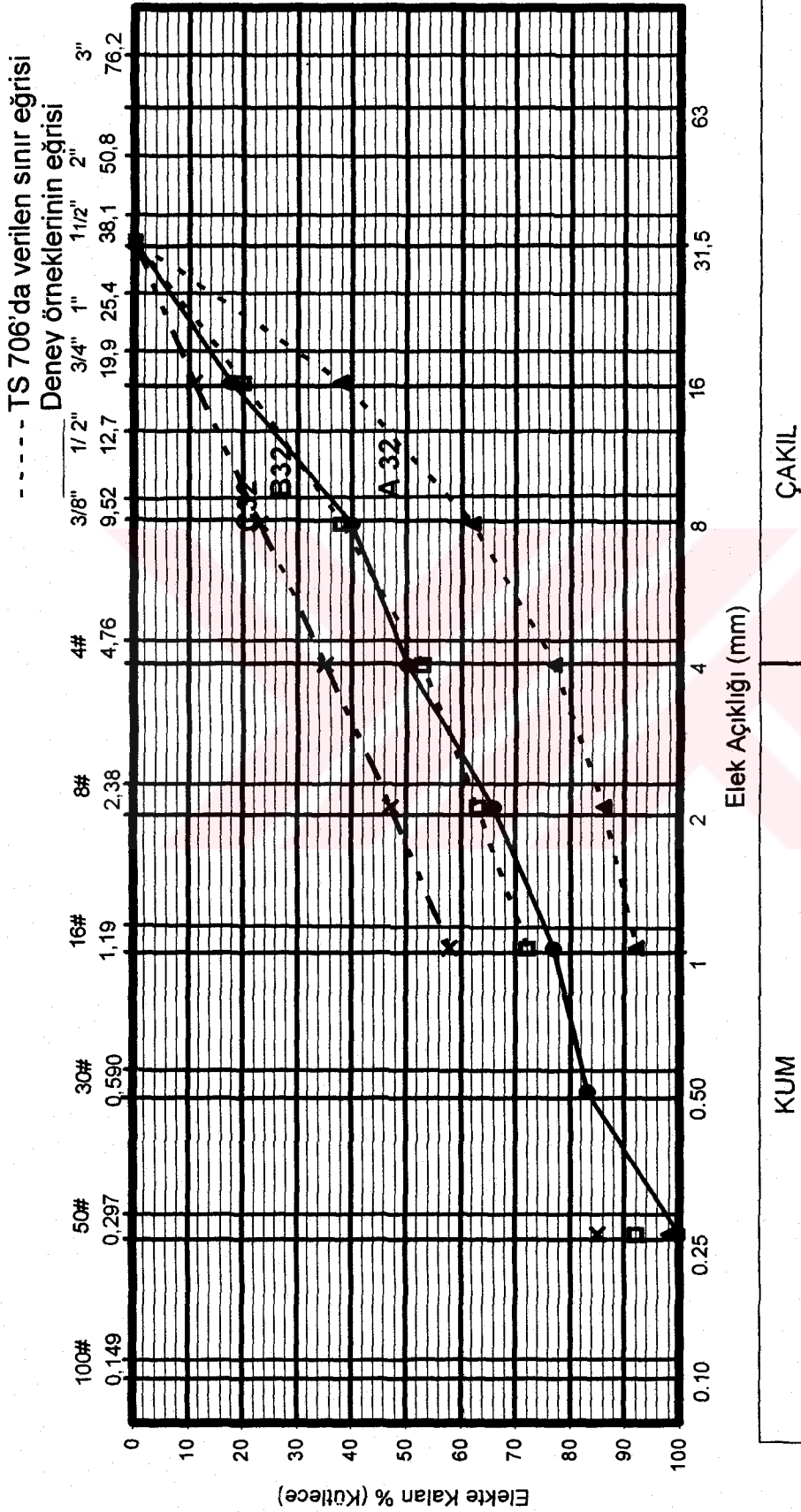
Şekil 4.4. Demirli kırmataş agrega tane büyüklük dağılım eğrisi

İnaç kırmataş ocağına ait Çizelge 4.10'da oluşturulan tane dağılım verilerine göre beton karışımına girecek agreganın tane büyüklüğü dağılımı Şekil 4.5'de verilmiştir.

Şekil 4.5'e göre tane büyüklüğü dağılımı TS 706'ya göre ideal bölge içerisinde oluşmuştur.

Çizelge 4.10. İnaç ocağı kırmataş agregası örneklerinin tane dağılımı

Elek açıklığı	Kum (%)	İnce çakıl (%)	İri çakıl (%)	Tuvenan (%)	Kümüta lif tuvenan (%)
31,5 mm			0,0	0,00	0,00
16 mm			71,0	17,75	17,75
8 mm		55,0	29,0	22,10	39,85
4 mm	0,0	38,0		10,26	50,11
2 mm	29,0	7,0		15,81	65,92
1 mm	23,0			11,04	76,96
0,5 mm	13,0			6,24	83,20
0,25 mm	35,0			16,80	100,00



Kum İncelik Modülü 4,09

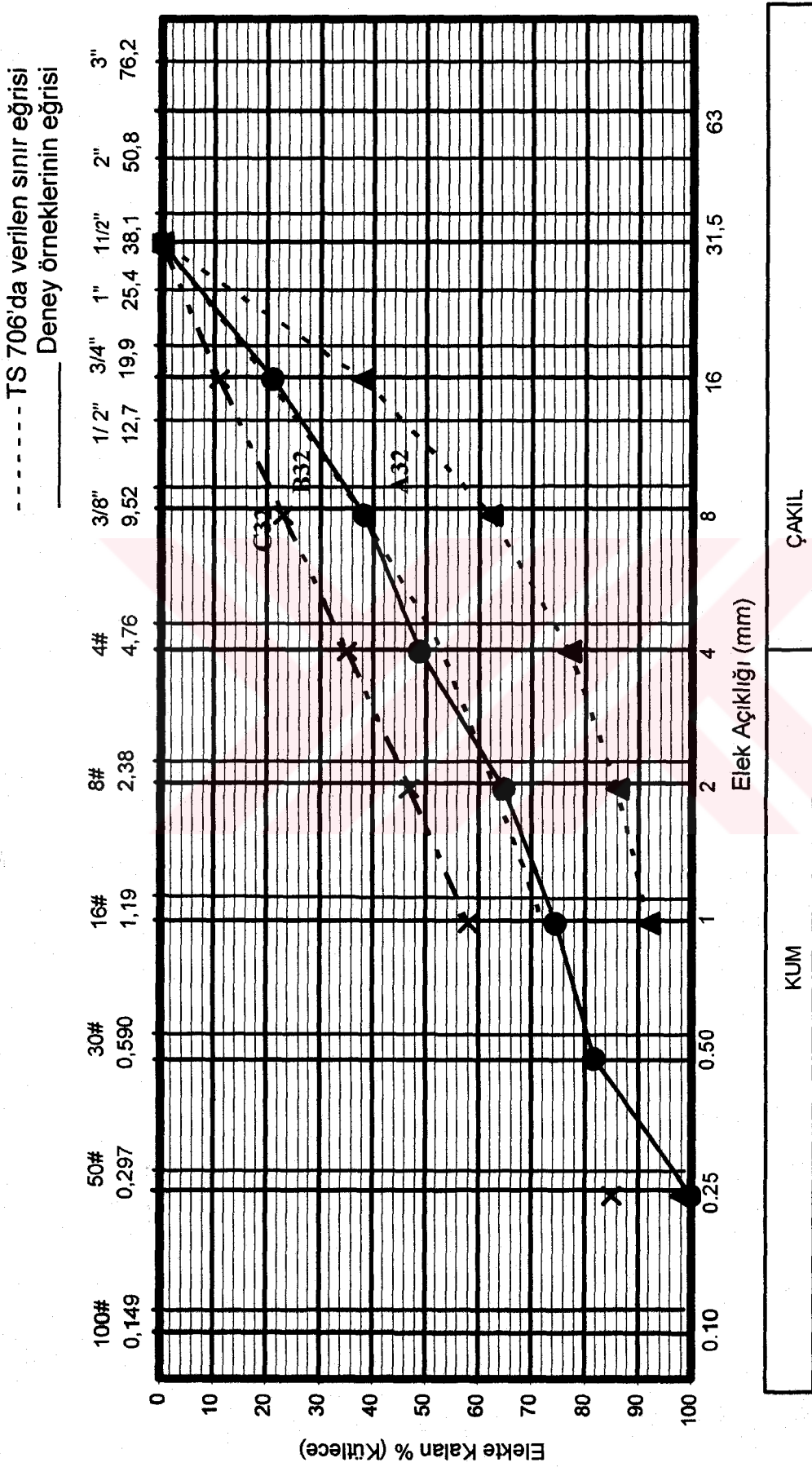
Şekil 4.5. İnaç kırmataş agrega tane büyüklük dağılım eğrisi

Keçikale(üst) kırmataş ocağına ait Çizelge 4.11'de oluşturulan tane dağılım verilerine göre beton karışımına girecek agreganın tane büyüklüğü dağılımı Şekil 4.6'da verilmiştir.

Şekil 4.6'ya göre tane büyüklüğü dağılımı TS 706'ya göre ideal bölge içerisinde oluşmuştur.

Çizelge 4.11. Keçikale(üst) ocağı kırmataş agrega örneklerinin tane dağılımı

Elek açıklığı	Kum (%)	İnce çakıl (%)	İri çakıl (%)	Tuvenan (%)	Kümülatif tuvenan (%)
31,5 mm			0,0	0,00	0,00
16 mm			92,0	21,16	21,16
8 mm		56,0	6,0	17,06	38,22
4 mm	0,0	36,0	2,0	10,54	48,76
2 mm	28,0	8,0		15,96	64,72
1 mm	20,0			9,80	74,52
0,5 mm	15,0			7,35	81,87
0,25 mm	37,0			18,13	100,00



Şekil 4.6. Keçikale (üst) kırmataş agrega tane büyüklük dağılım eğrisi

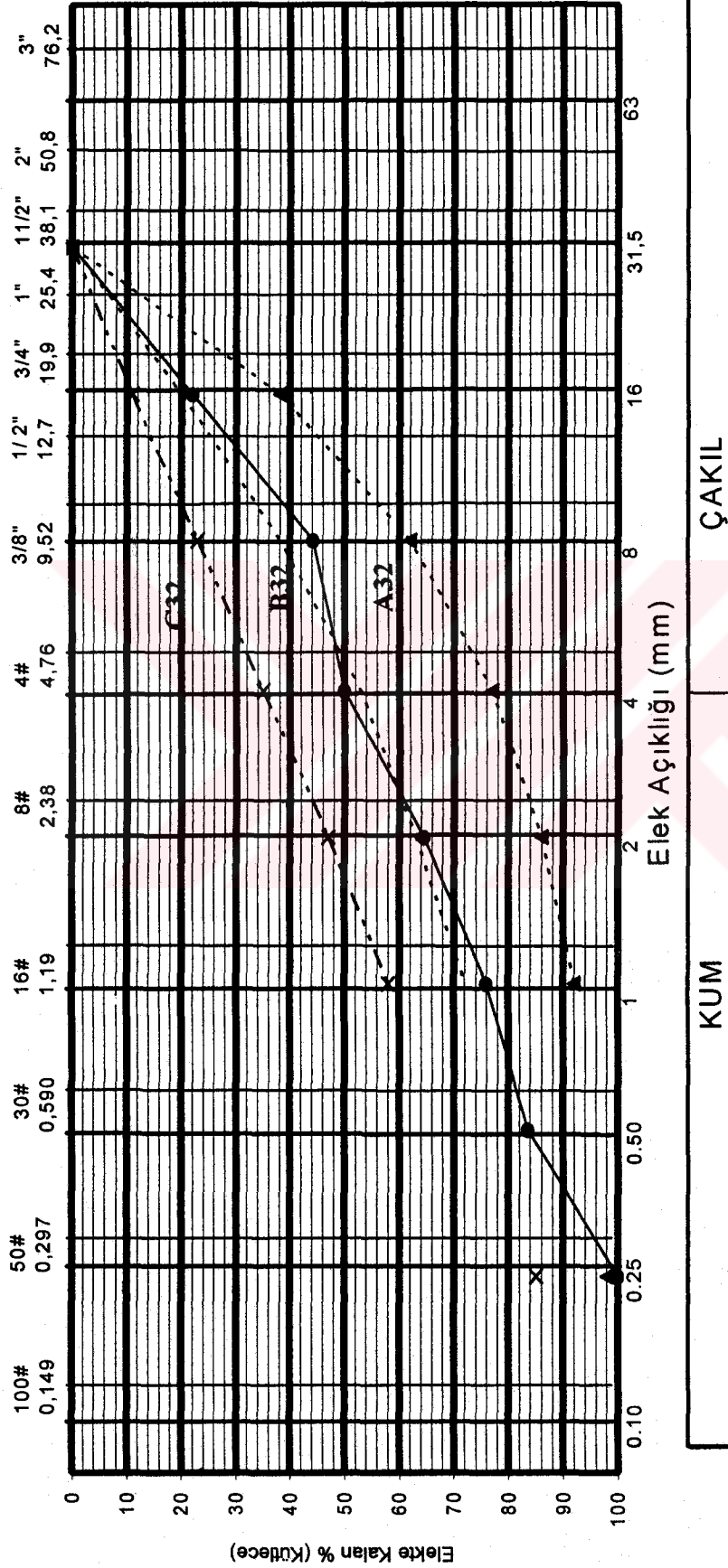
Seyfe kırmataş ocağına ait Çizelge 4.12'de oluşturulan tane dağılım verilerine göre beton karışımına girecek agreganın tane büyüklüğü dağılımı Şekil 4.7'de verilmiştir.

Şekil 4.7'ye göre tane büyüklüğü dağılımı TS 706'ya göre ideal bölge içerisinde oluşmuştur.

Çizelge 4.12. Seyfe ocağı kırmataş agregası örneklerinin tane dağılımı

Elek açıklığı	Kum (%)	İnce çakıl (%)	İri çakıl (%)	Tuvenan (%)	Kümülatif Tuvenan (%)
31,5 mm			0,0	0,00	0,00
16 mm			88,0	22,00	22,00
8 mm		77,0	12,0	22,25	44,25
4 mm	0,0	23,0		5,75	50,00
2 mm	29,0			14,50	64,50
1 mm	23,0			11,50	76,00
0,5 mm	15,0			7,50	83,50
0,25 mm	33,0			16,50	100,00

----- TS 706'da verilen sınır eğrisi
 _____ Deney örneklerinin eğrisi



Kum İncelik Modülü 3.5

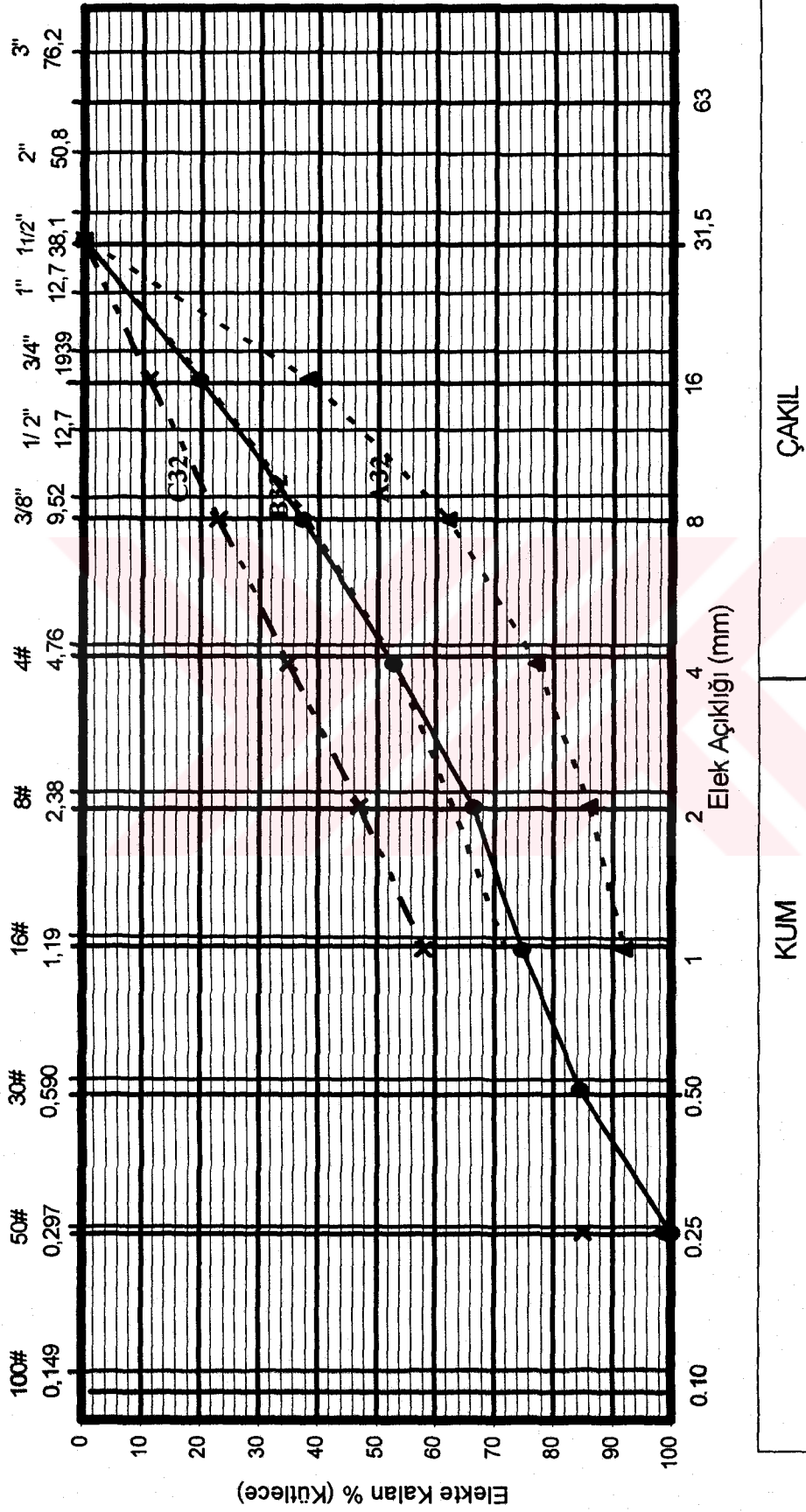
Şekil 4.7. Seyfe kırmataş agrega tane büyüklük dağılım eğrisi

Obruk kırmataş ocağına ait Çizelge 4.13'de oluşturulan tane dağılım verilerine göre beton karışımına girecek agreganın tane büyüklüğü dağılımı Şekil 4.8'de verilmiştir.

Şekil 4.8'e göre tane büyüklüğü dağılımı TS 706'ya göre ideal bölge içerisinde oluşmuştur.

Çizelge 4.13. Obruk ocağı kırmataş agregası örneklerinin tane dağılımı

Elek açıklığı	Kum (%)	İnce çakıl (%)	İri çakıl (%)	Tuvenan (%)	Kümülatif tuvenan (%)
31,5 mm			0,0	0,00	0,00
16 mm			98,0	19,60	19,60
8 mm		43,0	2,0	17,60	37,20
4 mm	0,0	39,0		15,60	52,80
2 mm	16,0	18,0		13,60	66,40
1 mm	21,0			8,40	74,80
0,5 mm	24,0			9,60	84,40
0,25 mm	39,0			15,60	100,00



Şekil 4.8. Obruk kırmataş agrega tane büyüklük dağılım eğrisi

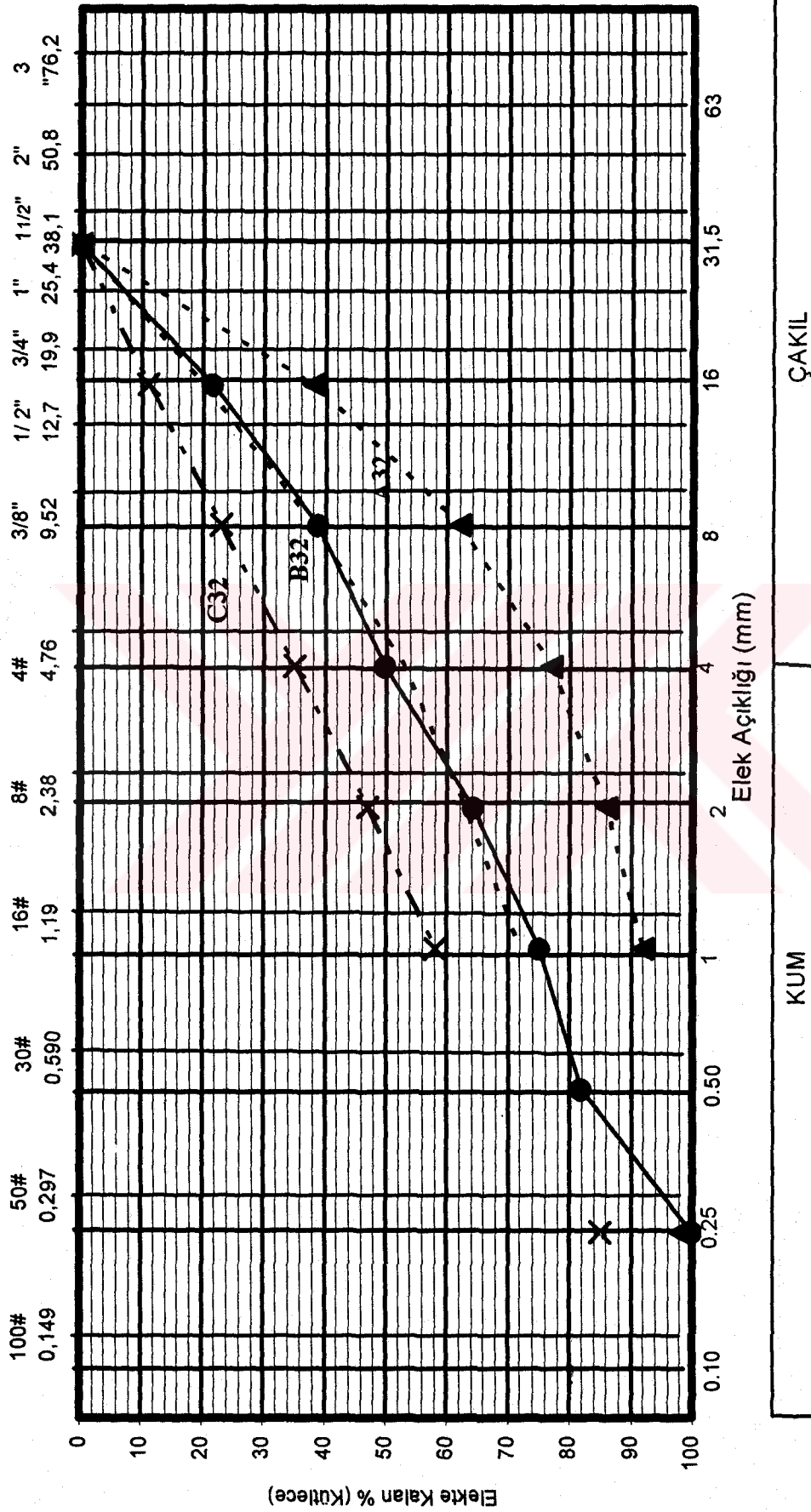
Keçikale(alt) kırmataş ocağına ait Çizelge 4.14'te oluşturulan tane dağılım verilerine göre beton karışımına girecek agreganın tane büyüklüğü dağılımı Şekil 4.9'da verilmiştir.

Şekil 4.9'a göre tane büyüklüğü dağılımı TS 706'ya göre ideal bölge içerisinde oluşmuştur.

Çizelge 4.14. Keçikale (alt) ocağı kırmataş agregası örneklerinin tane dağılımı

Elek açıklığı	Kum (%)	İnce çakıl (%)	İri çakıl (%)	Tuvenan (%)	Kümülatif tuvenan (%)
31,5 mm			0,0	0,00	0,00
16 mm			94,0	21,62	21,62
8 mm		58,0	4,0	17,16	38,78
4 mm	0,0	38,0	2,0	11,10	49,88
2 mm	27,0	4,0		14,35	64,23
1 mm	22,0			10,78	75,01
0,5 mm	14,0			6,86	81,87
0,25 mm	37,0			18,13	100,00

----- TS 706'da verilen sınır eğrisi
 _____ Deney örneklerinin eğrisi



Kum İncelik Modülü 3.95

Şekil 4.9. Keçikale (alt) kırmataş agrega tane büyüklük dağılım eğrisi

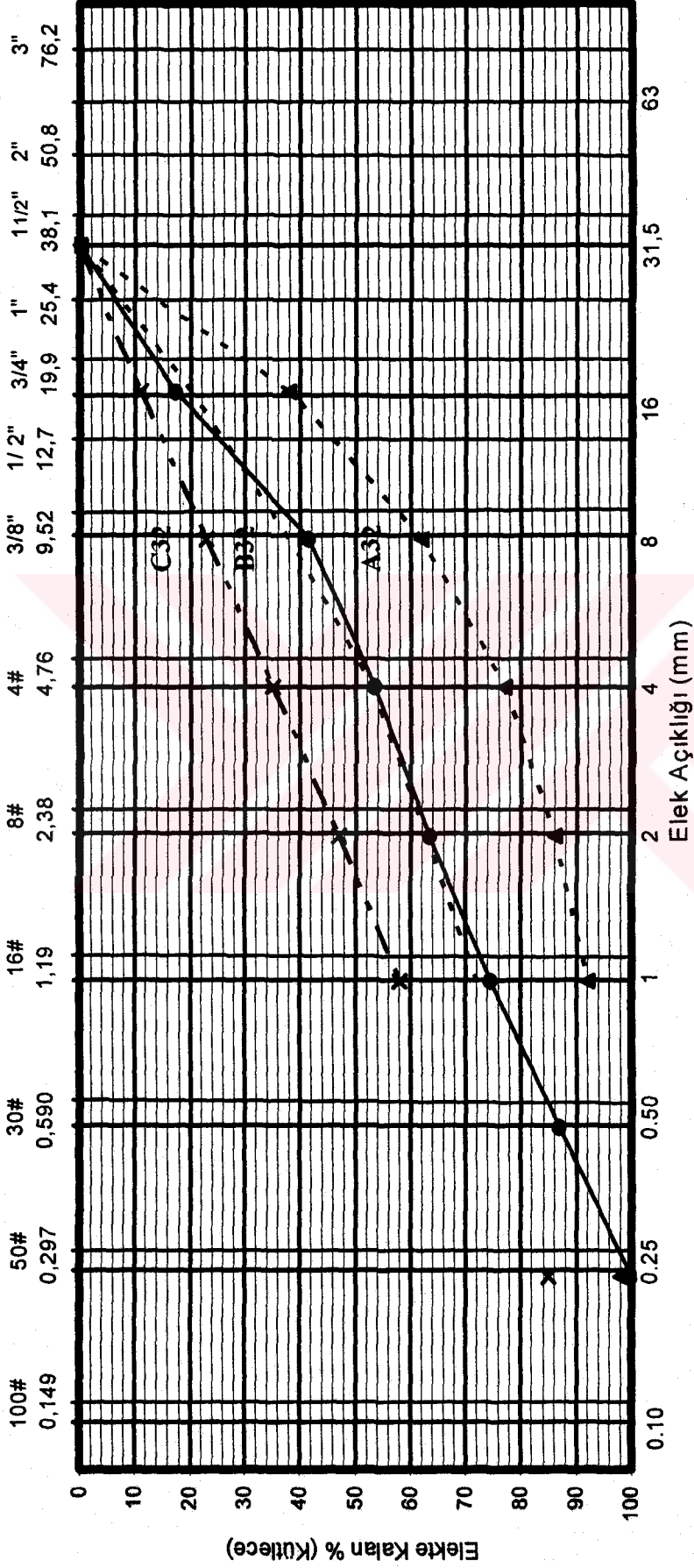
Kızılırmak doğal şekillenmiş agregaya ait Çizelge 4.15'te oluşturulan tane dağılım verilerine göre beton karışımına girecek agreganın tane büyüklüğü dağılımı Şekil 4.10'da verilmiştir.

Şekil 4.10'a göre tane büyüklüğü dağılımı TS 706'ya göre ideal bölge içerisinde oluşmuştur.

Çizelge 4.15. Kızılırmak yatağındaki agrega örneklerinin tane dağılımı

Elek açıklığı	Kum (%)	İnce çakıl (%)	İri çakıl (%)	Tuvenan (%)	Kümülatif tuvenan (%)
31,5 mm			0,0	0,00	0,00
16 mm			79,0	17,38	17,38
8 mm		71,0	20,0	24,28	41,66
4 mm	8,0	27,0	1,0	11,78	53,44
2 mm	19,0	2,0		10,06	63,50
1 mm	22,0			11,00	74,50
0,5 mm	25,0			12,50	87,00
0,25 mm	26,0			13,00	100,00

----- TS 706'da verilen sınır eğrisi
Deney örneklerinin eğrisi



KUM

ÇAKIL

Kum İncelik Modülü 3.25

Şekil 4.10. Kızılırmak yatağındaki agrega örneklerinin tane büyüklük dağılım eğrisi

4.2.2. Özgöl ağırlığı

Seyfe, Küçükbüklüm, Kızılırmak, Demirli, Obruk, Keçikale (üst), Keçikale (alt) ve İnaç ocaklarına ait 30'ar adet deney örneği üzerinde gerçekleştirilen çakıl ve kum özgöl ağırlık deneylerine ilişkin veriler elde edilmiştir.

Çakılın özgöl ağırlık değerlerinin istatistiksel dağılımı Çizelge 4.16'da verilmiştir. Örneklerin özgöl ağırlıkları arasında yapılan varyans analizine göre $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde bir farklılık görülmüştür (Çizelge 4.17). Ayrıca, Duncan çoklu karıştırmaya ilişkin veriler Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.16. Çakıl örneklerinin özgöl ağırlığının istatistiksel dağılımı

Ocak	Örnek adeti	Maksimum	Minimum	Standard sapma	Aritmetik ortalama
Seyfe	30	2,61	2,51	3,16	2,56
Küçükbüklüm	30	2,65	2,45	5,60	2,57
Kızılırmak	30	2,63	2,58	1,63	2,60
Demirli	30	2,69	2,56	3,94	2,62
Obruk	30	2,72	2,64	2,50	2,68
Keçikale (üst)	30	2,80	2,70	3,06	2,75
Keçikale (alt)	30	2,79	2,70	2,85	2,75
İnaç	30	2,85	2,73	3,43	2,78

Çizelge 4.17. Çakıl özgöl ağırlık verilerinin varyans analizi sonuçları

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi
Gruplar arası	1,606	7	0,229	193,261	0,000*
Gruplar içi	0,275	232	1,187		
Toplam	1,882	239			

(*) $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde fark vardır.

Çizelge 4.18. Çakıl özgül ağırlık verilerinin Duncan testi sonuçları

Ocak	Örnek adedi	$\alpha = 0,05^*$					
		1	2	3	4	5	6
Seyfe	30	2,56					
Küçükbüklüm	30	2,57					
Kızılırmak	30		2,60				
Demirli	30			2,62			
Obruk	30				2,68		
Keçikale(üst)	30					2,75	
Keçikale(alt)	30					2,75	
İnaç	30						2,78
Anlamlılık düzeyi		0,477	1,000	1,000	1,000	0,822	1,000

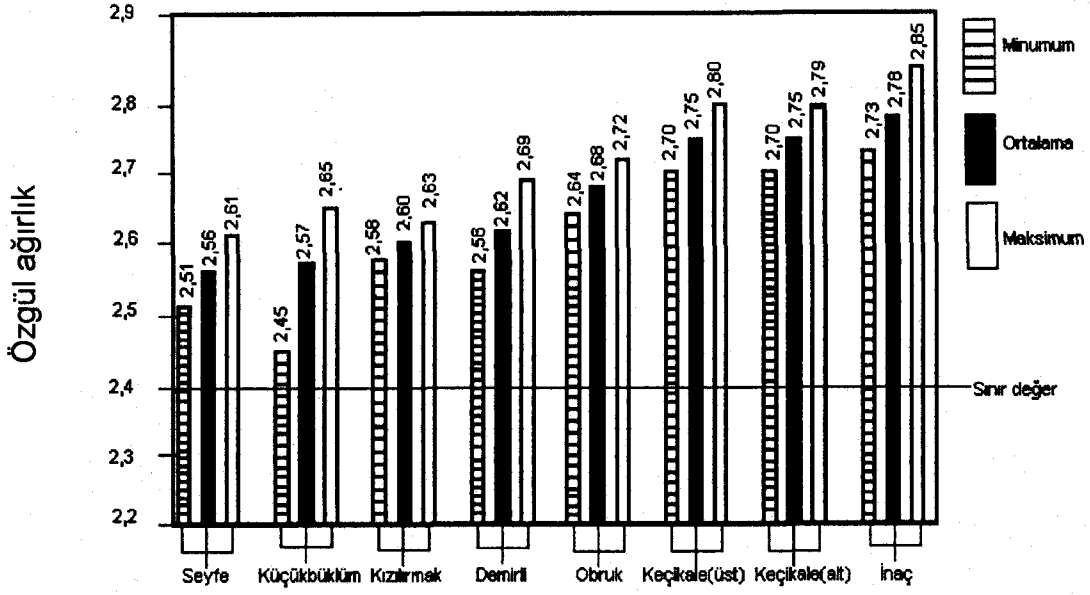
(*) $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır.

Gruplara ait çakıl özgül ağırlık verilerine ilişkin istatistiksel dağılım, Duncan testi ve grafiklerde elde edilen sonuçlara göre;

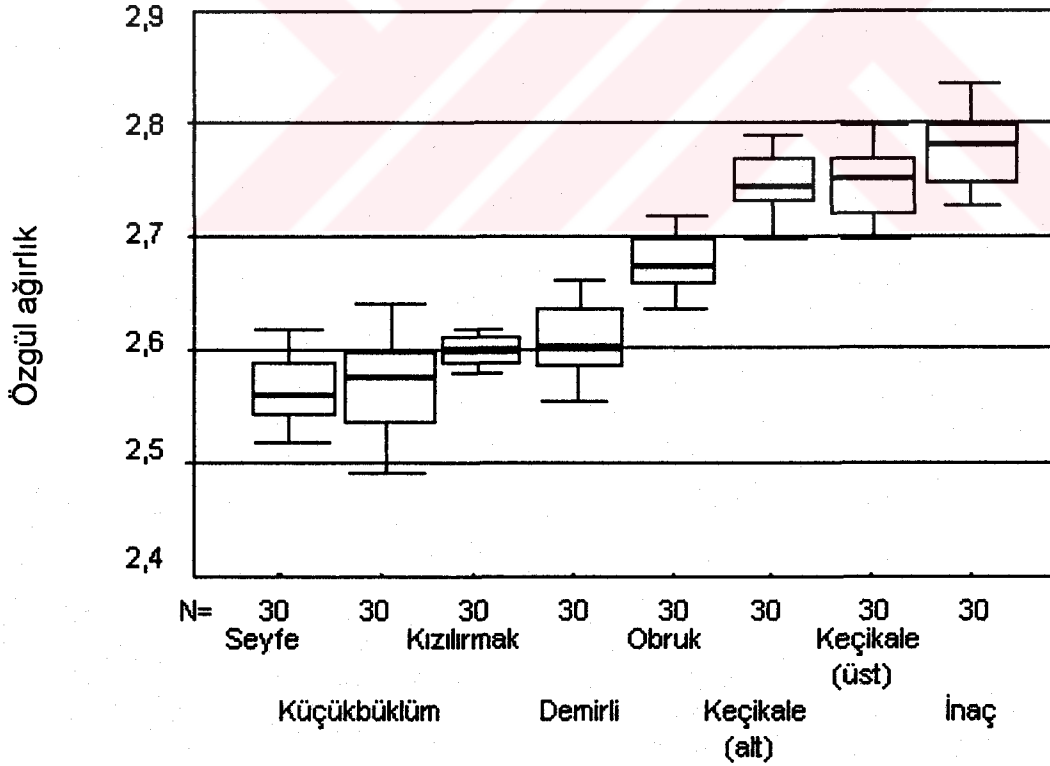
- Ortalama özgül ağırlık verilerinin; Seyfe 2,56, Küçükbüklüm 2,57, Kızılırmak 2,60, Demirli 2,62, Obruk 2,68, Keçikale (üst) 2,75, Keçikale (alt) 2,75, İnaç'ın 2.78 olduğu (Çizelge 4.16., Şekil 4.11),
- Seyfe ile Küçükbüklüm örneklerinin çakıl özgül ağırlığı arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.18),
- Keçikale(üst) ile Keçikale(alt) örneklerinin çakıl özgül ağırlığı arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.18),
- Seyfe ile Küçükbüklüm örneklerinin çakıl özgül ağırlığı ile Kızılırmak, Demirli, Obruk, Keçikale(üst), Keçikale(alt) ve İnaç örneklerinin çakıl özgül ağırlığı arasında $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.18),

- Keçikale(üst) ile Keçikale(alt) örneklerinin çakıl özgül ağırlığı ile Seyfe, Küçükbüklüm, Kızılırmak, Demirli, Obruk ve İnaç örneklerinin çakıl özgül ağırlığı arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.18),
- Kızılırmak, Demirli, Obruk ve İnaç örneklerinin özgül ağırlığı arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.18),
- En küçük özgül ağırlık Seyfe (2,56) , en büyük özgül ağırlık İnaç (2,78) örneklerine ait olduğu (Şekil 4.11),
- Seyfe, Demirli, Obruk, Keçikale(alt) örneklerinin özgül ağırlık veri dağılımının pozitif yönde çarpık olduğu, Küçükbüklüm, Keçikale (üst) ve İnaç veri dağılımının negatif yönde çarpık olduğu, Kızılırmak veri dağılımının ise normal olduğu (Şekil 4.12),
görülmüştür.

Betonda kullanılacak agreganın özgül ağırlığının 2,4 – 2,8 arasında olması gerekmektedir (1). Gruplara ait örneklerin ortalama çakıl özgül ağırlıkları; Seyfe 2,56, Küçükbüklüm 2,57, Kızılırmak 2,60, Demirli 2,61, Obruk 2,68, Keçikale(üst) 2,75, Keçikale(alt) 2,75 ve İnaç 2,78 olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre gruplara ait örneklerin özgül ağırlıkları bakımından beton agregası olarak kullanılabilir olduğu görülmektedir.



Şekil 4.11. Çakıl örneklerinin özgül ağırlık histogramı



Şekil 4.12 Çakıl örnekleri özgül ağırlığı kutu grafiği

Kum örneklerinin özgül ağırlıklarına ilişkin istatistiksel dağılım Çizelge 4.19'da verilmiştir. Sekiz gruptaki örneklerin özgül ağırlıkları arasında yapılan varyans analizine göre $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyinde farklılık görülmüştür (Çizelge 4.20). Ayrıca, Duncan çoklu karşılaştırmasına ilişkin veriler Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.19 Kum örneklerinin özgül ağırlığının istatistiksel dağılımı

Ocak	Örnek sayısı	Maksimum değer	Minumum değer	Standart sapma	Aritmetik ortalama
Seyfe	30	2,65	2,41	7,03	2,54
Kızılırmak	30	2,67	2,45	6,21	2,55
Küçükbüklüm	30	2,70	2,51	5,60	2,59
Demirli	30	2,66	2,52	3,60	2,59
Obruk	30	2,81	2,59	6,95	2,69
Keçikale(üst)	30	2,84	2,56	7,88	2,72
Keçikale(alt)	30	2,83	2,61	6,69	2,72
İnaç	30	2,85	2,61	6,97	2,74

Çizelge 4.20 Kum özgül ağırlık verilerinin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi (α)
Gruplar arası	1,39	7	0,199	47,236	0,000*
Gruplar içi	0,975	232	4,203		
Toplam	2,365	239			

(*) $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde fark vardır.

Çizelge 4.21 Kum özgül ağırlık verilerinin Duncan testi sonuçları

Ocak	Örnek adedi	$\alpha = 0,05^*$			
		1	2	3	4
Seyfe	30	2,54			
Kızılırmak	30	2,55			
Küçükbüklüm	30		2,59		
Demirli	30		2,59		
Obruk	30			2,69	
Keçikale(üst)	30			2,72	2,72
Keçikale(alt)	30			2,72	2,72
İnaç	30				2,74
Anlamlılık Düzeyi		0,486	0,937	0,064	0,119

(*) $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır.

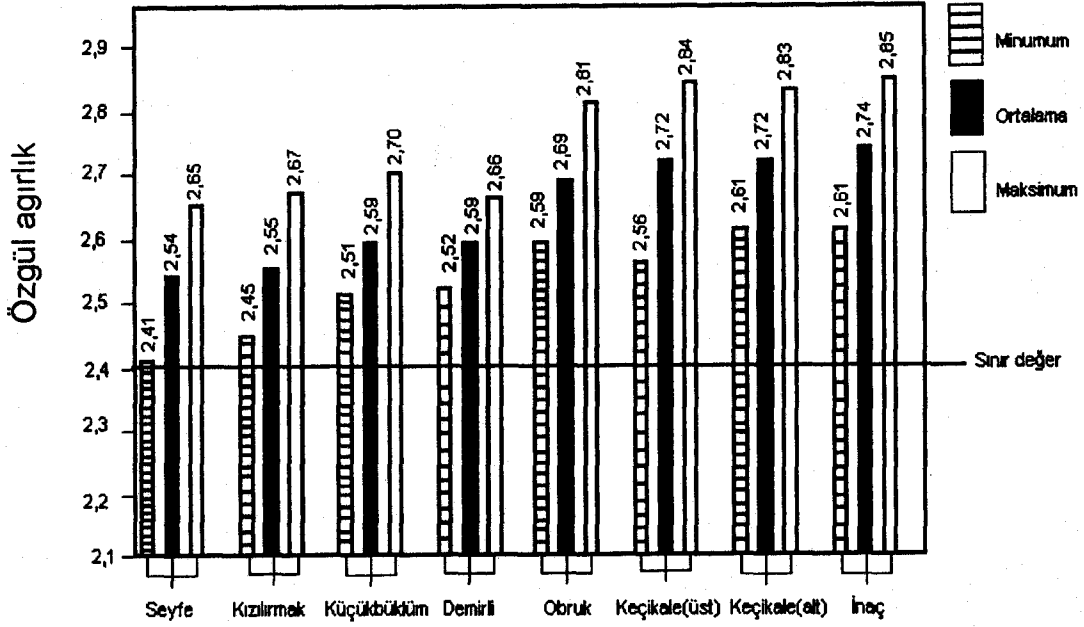
Ocaklara ait kum özgül ağırlık verilerine ilişkin istatistiksel dağılım, Duncan testi ve grafiklerden elde edilen sonuçlara göre;

- Ortalama kum özgül ağırlık verilerinin; Seyfe 2,54, Kızılırmak 2,55, Küçükbüklüm 2,59, Demirli 2,59, Obruk 2,69, Keçikale (üst) 2,72, Keçikale (alt) 2,72, İnaç'ın 2,74 olduğu (Çizelge 4.19, Şekil 4.13),
- En küçük özgül ağırlık Seyfe (2,54), en büyük özgül ağırlık İnaç (2,74) örneklerine ait olduğu (Şekil 4.13),
- Seyfe ile Kızılırmak örneklerinin kum özgül ağırlığı arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.21),
- Seyfe ile Kızılırmak örneklerinin kum özgül ağırlığı ile Küçükbüklüm, Demirli, Obruk, Keçikale(üst), Keçikale(alt) ve İnaç kum özgül ağırlığı arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.21),
- Küçükbüklüm ile Demirli örneklerinin kum özgül ağırlığı arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.21),

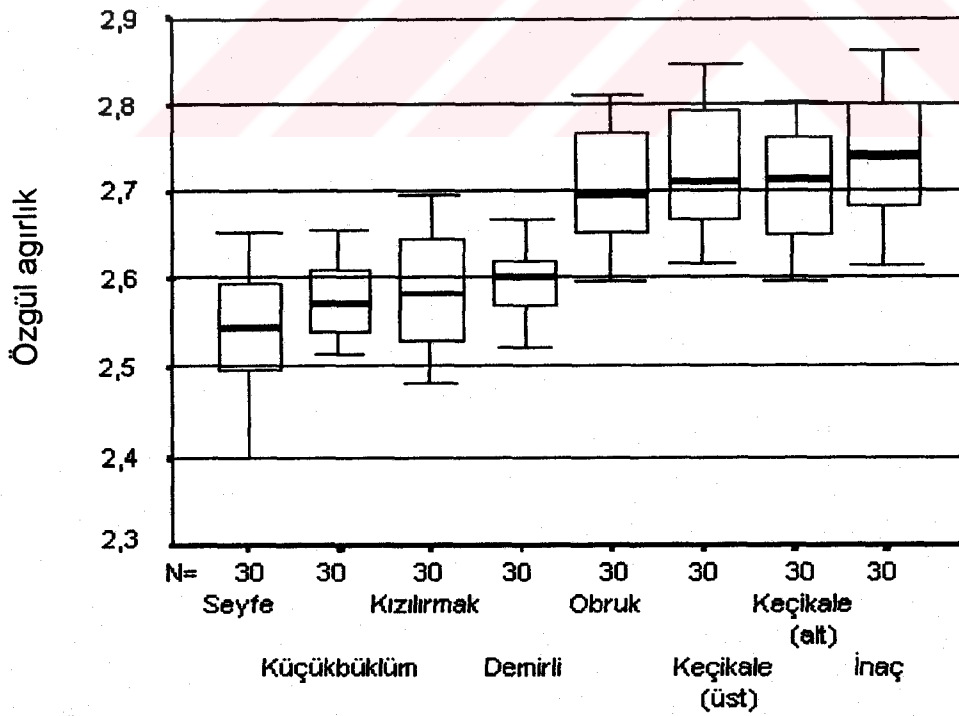
- Küçükbüklüm ile Demirli örneklerinin kum özgül ağırlığı ile Seyfe, Kızılırmak, Obruk, Keçikale(üst), Keçikale(alt) ve İnaç kum özgül ağırlığı arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.21),
- Obruk, Keçikale(üst) ve Keçikale(alt) örneklerinin kum özgül ağırlığı arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.21),
- Obruk, Keçikale(üst) ve Keçikale(alt) örneklerinin kum özgül ağırlığı ile Seyfe, Küçükbüklüm, Kızılırmak, Demirli ve İnaç kum özgül ağırlığı arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.21),
- Keçikale (üst), Keçikale (alt) ve İnaç örneklerinin kum özgül ağırlığı arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.21),
- Keçikale (üst), Keçikale (alt) ve İnaç örneklerinin kum özgül ağırlığı ile Seyfe, Küçükbüklüm, Kızılırmak ve Demirli kum özgül ağırlığı arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.21),
- Obruk ve Keçikale (üst) özgül ağırlığının veri dağılımını pozitif yönde çarpık olduğu, Demirli veri dağılımının negatif yönde çarpık olduğu, İnaç, Seyfe, Küçükbüklüm, Kızılırmak ve Keçikale (alt) veri dağılımının ise normal olduğu (Şekil 4.14),

görülmüştür.

Betonda kullanılacak kum özgül ağırlıklarının 2,4–2,8 arasında olması gerekmektedir (1). Gruplara ait örneklerin ortalama kum özgül ağırlıkları 2,54-2,74 arasında yer almaktadır. En küçük özgül ağırlığın 2,54 ile Seyfe örneklerine ait, en büyük özgül ağırlığın ise 2,74 ile İnaç'a ait olduğu görülmüştür. Gruplara ait örneklerin tamamının özgül ağırlıkları bakımından normal beton agregası olarak kullanılabilir olduğu görülmektedir.



Şekil 4.13. Kum örneklerinin özgül ağırlık histogramı



Şekil 4.14. Kum örnekleri özgül ağırlığı kutu grafiği

4.2.3. Su emme oranı

Obruk, İnaç, Keçikale(üst), Keçikale(alt), Küçükbüklüm, Demirli, Seyfe ve Kızılırmak sahalarına ait 30'ar adet deney örneği üzerinde gerçekleştirilen çakılın ve kumun su emme miktarı (%) olarak elde edilmiştir.

Çakıl'ın su emme değerlerinin istatistiksel dağılımı Çizelge 4.22'de verilmiştir. Sekiz grup ocaktan alınan örneklerin su emme oranları arasında yapılan varyans analizine göre $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu görülmüştür (Çizelge 4.23.). Ayrıca, Duncan çoklu karşılaştırmasına ilişkin veriler Çizelge 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4.22 Çakıl örnekleri su emme oranlarının istatistiksel dağılımı

Ocak	Örnek sayısı	Maksimum değer (%)	Minumum değer (%)	Standart sapma	Aritmetik ortalama (%)
Obruk	30	0,61	0,57	1,27	0,59
İnaç	30	0,72	0,61	3,15	0,67
Keçikale (üst)	30	0,82	0,70	3,22	0,76
Keçikale (alt)	30	0,84	0,77	2,17	0,80
Küçükbüklüm	30	0,94	0,78	4,92	0,86
Demirli	30	0,99	0,85	4,52	0,92
Kızılırmak	30	1,4	1	1,17	1,21
Seyfe	30	1,6	1	1,86	1,31

Çizelge 4.23 Çakıl su emme oranlarının varyans analizi

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi
Gruplar arası	13,198	7	1,885	273,036	0,000*
Gruplar içi	1,602	232	6,906		
Toplam	14,8	239			

(*) $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde fark vardır.

Çizelge 4.24 Çakıl su emme oranlarının Duncan testi sonuçları

Ocak	Örnek sayısı	$\alpha = 0,05^*$						
		1	2	3	4	5	6	7
Obruk	30	0,59						
İnaç	30		0,67					
Keçikale(üst)	30			0,76				
Keçikale(alt)	30			0,80				
Küçükbüklüm	30				0,86			
Demirli	30					0,92		
Kızılırmak	30						1,21	
Seyfe	30							1,31
Anlamlılık Düzeyi		1,00	1,00	0,62	1,00	1,00	1,00	1,00

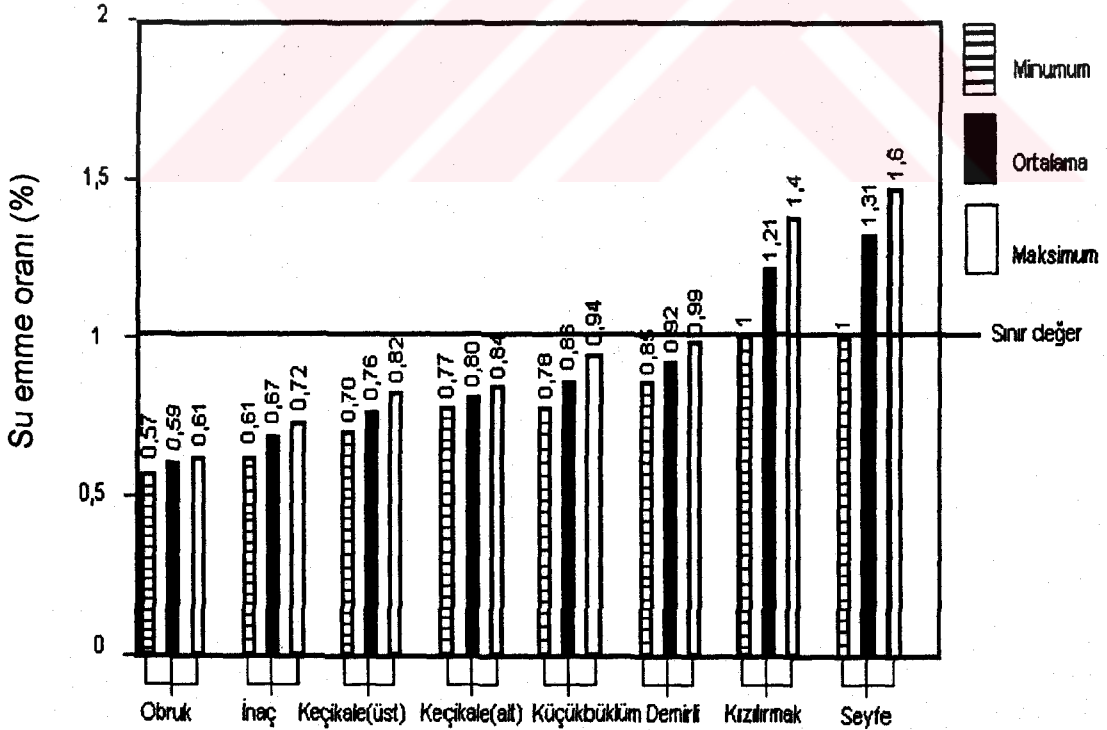
(*) $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır.

Gruplara ait çakıl su emme oranlarının istatistiksel dağılımı, Duncan testi ve grafiklerde elde edilen sonuçlara göre;

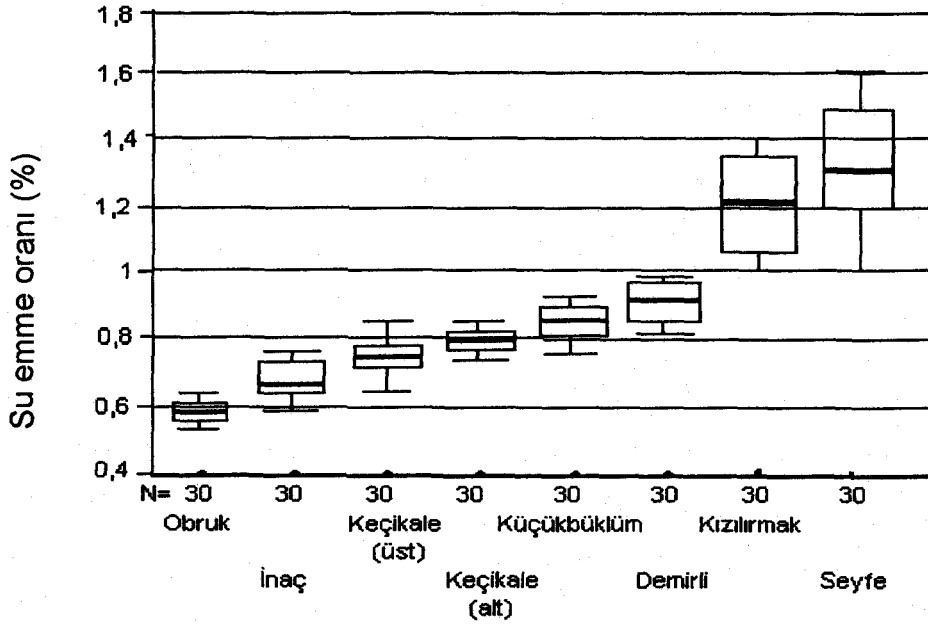
- Ortalama su emme oranlarının; Obruk %0.59, İnaç %0.67, Keçikale(üst) %0.76, Keçikale(alt) %0.80, Küçükbüklüm %0.86, Demirli %0.92, Kızılırmak %1.21 ve Seyfenin %1.31 olduğu (Çizelge 4.22; Şekil 4.15),
- Keçikale(üst) ve Keçikale(alt) sahalarından elde edilen agrega örnekleri hariç, Obruk, İnaç, Küçükbüklüm, Demirli, Kızılırmak ve Seyfe örneklerinden elde edilen su emme oranlarının $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.24),
- Keçikale(üst) ve Keçikale(alt) sahası örneklerinin su emme oranları arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.24),
- En küçük su emme oranları Obruk (0.59), en büyük su emme oranının Seyfe (1.31) örneklerine ait olduğu (Şekil 4.15),

- İnaç ve Seyfe örneklerinin su emme veri dağılımının pozitif yönde çarpık olduğu, Obruk, Keçikale(üst), Keçikale(alt), Küçükbüklüm, Demirli ve Kızılırmak veri dağılımının normal olduğu (Şekil 4.16), görülmüştür.

Beton agregasında su emme oranı % 1'den az olmaması gerekmektedir (56). Agreg a örneklerinin en küçük su emme oranı %0,59 ile Obruk çakıl örneklerine, en büyük su emme oranı ise %1,31 ile Seyfe çakıl örneklerine ait olduğu, yine bu gruplara ait örneklerden Kızılırmak çakıl su emme oranı %1,26 olarak %1'den büyük değer aldığı görülmektedir (Çizelge 4.22, Şekil 4.15). Sonuç olarak çakıl su emme oranı bakımından Kızılırmak ve Seyfe örnekleri hariç diğer grup örneklerin su emme oranı bakımından beton agregası olarak kullanılmasının uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.15. Çakıl örneklerinin su emme oranları histogramı



Şekil 4.16. Çakıl örnekleri su emme oranlarının kutu grafiği

Kumun su emme oranlarının istatistiksel dağılımı Çizelge 4.25'te verilmiştir. Sekiz grupta yer alan örneklerin su emme oranları arasında yapılan varyans analizine göre $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu görülmüştür (Çizelge 4.26.). Ayrıca, Duncan çoklu karşılaştırmasına ilişkin veriler Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge.4.25.Kum örnekleri su emme oranlarının istatistiksel dağılımı

Ocak	Örnek sayısı	Maksimum değer (%)	Minumum değer (%)	Standat sapma	Aritmetik ortalama (%)
Obruk	30	0,70	0,60	3,10	0,66
İnaç	30	0,75	0,66	2,68	0,70
Keçikale (alt)	30	1,09	0,93	4,56	1,00
Küçükbüklüm	30	1,19	0,91	9,16	1,03
Keçikale (üst)	30	1,20	0,92	7,90	1,04
Demirli	30	1,40	0,92	0,13	1,19
Seyfe	30	1,39	1,00	0,11	1,20
Kızılırmak	30	1,39	1,07	9,98	1,22

Çizelge.4.26. Kum su emme oranlarının varyans analizi

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi
Gruplar arası	9,86	7	1,40	194,59	0,00*
Gruplar içi	1,68	232	7,24		
Toplam	11,54	239			

(*) $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde fark vardır.

Çizelge 4.27.Kum su emme oranlarının Duncan testi sonuçları

Ocak	Örnek adedi	$\alpha = 0,05^*$		
		1	2	3
Obruk	30	0,66		
İnaç	30	0,70		
Keçikale (alt)	30		1,00	
Küçükbüklüm	30		1,03	
Keçikale (üst)	30		1,04	
Demirli	30			1,19
Seyfe	30			1,20
Kızılırmak	30			1,22
Anlamlılık Düzeyi		0,05	0,09	0,02

(*) $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır.

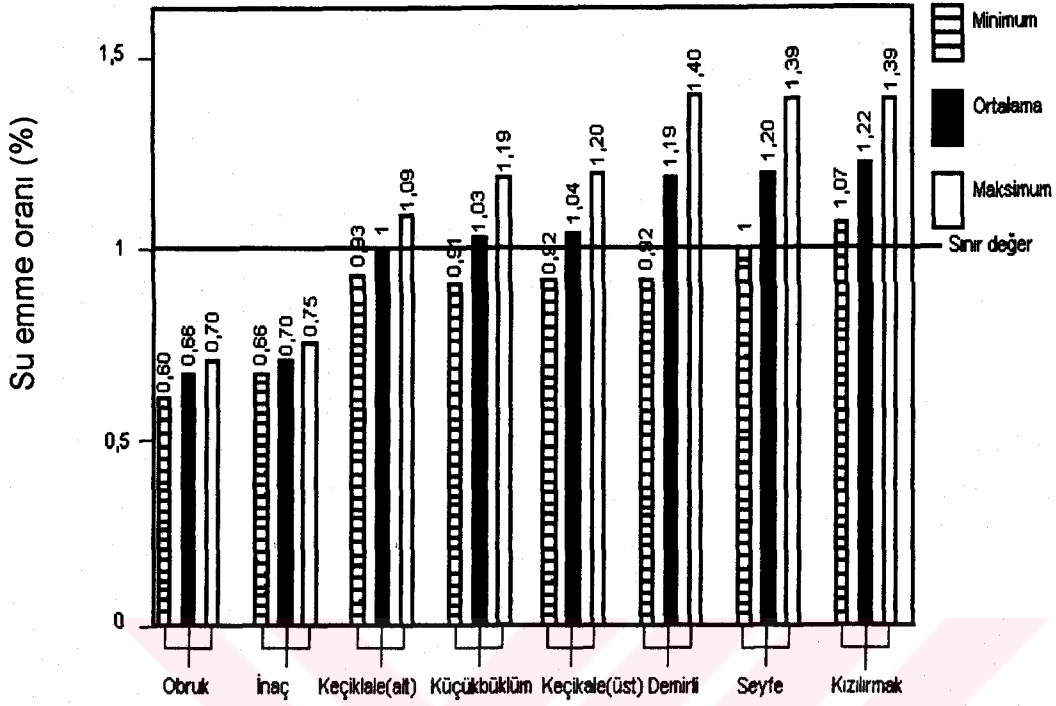
Gruplara ait kum su emme değerlerinin istatistiksel dağılımı, Duncan testi ve grafiklerden elde edilen sonuçlara göre;

- Ortalama su emme oranlarının; Obruk %0.66, İnaç %0.70, Keçikale(alt) %1.00, Küçükbüklüm %1.03, Keçikale(üst) %1.04, Demirli %1.19, Seyfe %1.20 ve Kızılırmak'ın %1.22 olduğu (Çizelge 4.27, Şekil 4.17),
- Obruk ile inaç örneklerinin kum su emme oranı verileri arasında anlamlı bir fark olmadığı,

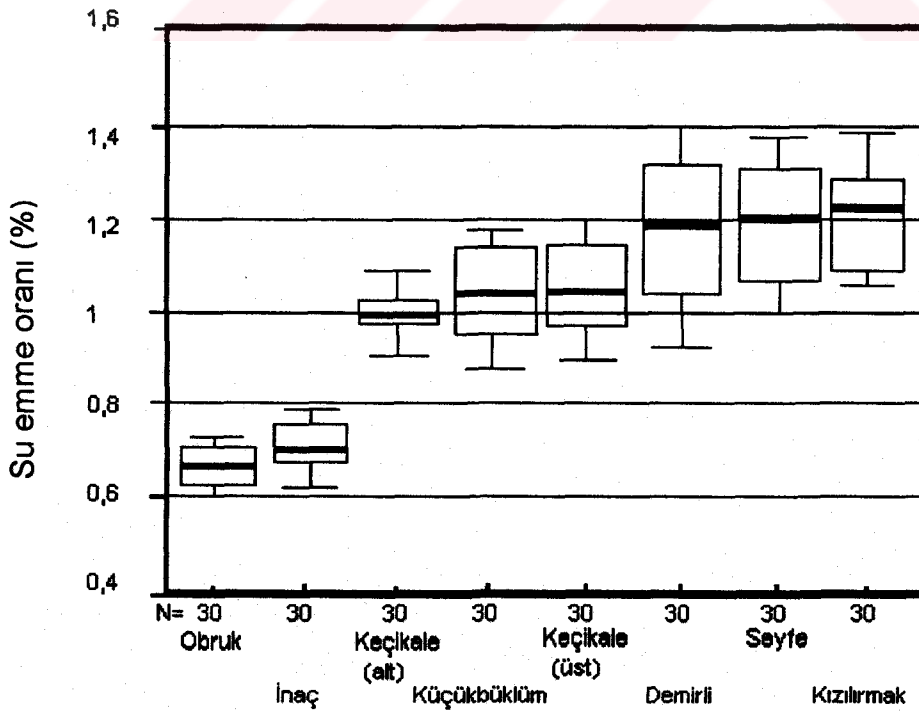
- Obruk ile İnaç örneklerinin kum su emme oranı verileri ile Keçikale (alt), Küçükbüklüm, Keçikale (üst), Demirli, Seyfe, ve Kızılırmak örneklerinin kum su emme oranı verileri arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.27),
- Keçikale (alt), Küçükbüklüm ve Keçikale (üst) örneklerinin Kum su emme oranı verileri arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.27),
- Keçikale(alt) ile Keçikale(üst) örneklerinin kum su emme oranı verileri ile Obruk, İnaç, Demirli, Seyfe ve Kızılırmak örneklerinin kum su emme oranı verileri arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.27),
- Demirli, Seyfe ve Kızılırmak örneklerinin kum su emme oranı verileri arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.27),
- Demirli, Seyfe ve Kızılırmak örneklerinin kum su emme oranı verileri ile Obruk, İnaç, Keçikale (alt), Küçükbüklüm ve Keçikale (üst) örneklerinin kum su emme oranı verileri arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.27),
- En küçük su emme oranı Obruk (0.66), en büyük su emme oranı Kızılırmak (1.22) örneklerine ait olduğu (Şekil 4.17),
- İnaç, Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) örneklerinin su emme veri dağılımının pozitif yönde çarpık olduğu, Demirli ve Kızılırmak örneklerinin ise negatif yönde çarpık olduğu, Obruk, Küçükbüklüm ve Seyfe veri dağılımının normal olduğu (Şekil 4.18),

görülmüştür.

Beton agregalarının su emme oranı %1' den fazla olmamalıdır (56). Gruplara ait örneklerden Obruk (%0,66), İnaç (%0,70) ve Keçikale (alt) (%1) değeri ile %1 den büyük çıkmadığı görülmektedir. Diğer örneklerin %1' den daha büyük su emme değeri aldığı görülmektedir.



Şekil 4.17. Kum örneklerinin su emme oranları histogramı



Şekil 4.18. Kum örnekleri su emme oranlarının kutu grafiği

4.2.4. Gevşek ve sıkışık birim ağırlığı

Demirli, Küçükbüklüm, Seyfe, Kızılırmak, Obruk, İnaç, Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) ocaklarına ait 30'ar adet deney örneği üzerinde gerçekleştirilen gevşek ve sıkışık birim ağırlık verileri (kN/m^3) cinsinden elde edilmiştir.

Gevşek birim ağırlığının istatistiksel dağılımı Çizelge 4.28'de verilmiştir. Agreg a örneklerinin gevşek birim ağırlık verileri arasında yapılan varyans analizine göre $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu görülmüştür (Çizelge 4.29). Ayrıca, Duncan çoklu karşılaştırmasına ilişkin veriler Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4.28 Agreg a örneklerinin gevşek birim ağırlığı istatistiksel dağılımı

Ocak	Örnek adeti	Maksimum (kN/m^3)	Minimum (kN/m^3)	Standart sapma	Aritmetik ortalama (kN/m^3)
Demirli	30	12,95	12,07	2,55	12,46
Küçükbüklüm	30	13,64	12,36	4,22	13,05
Kızılırmak	30	13,83	12,65	4,00	13,24
Seyfe	30	13,83	12,56	4,22	13,24
Obruk	30	13,83	12,75	3,24	13,24
İnaç	30	13,83	13,24	1,96	13,54
Keçikale(üst)	30	14,72	13,73	2,68	14,22
Keçikale(alt)	30	14,72	13,73	2,68	14,22

Çizelge 4.29. Agrega örneklerinin gevşek birim ağırlık verilerinin varyans analizi sonuçları

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi
Gruplar arası	0,764	7	0,109	100,63	0,000*
Gruplar içi	0,252	232	1,084		
Toplam	1,015	239			

(*) $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde fark vardır.

Çizelge 4.30. Agrega örneklerinin gevşek birim ağırlık verilerinin Duncan testi sonuçları

Ocak	Örnek adedi	$\alpha = 0,05^*$				
		1	2	3	4	5
Demirli	30	1,46				
Küçükbüklüm	30		13,05			
Seyfe	30			13,24		
Kızılırmak	30			13,24		
Obruk	30			13,24		
İnaç	30				13,54	
Keçikale(alt)	30					14,22
Keçikale(üst)	30					14,22
Anlamlılık Düzeyi		1,000	1,000	0,270	1,000	1,000

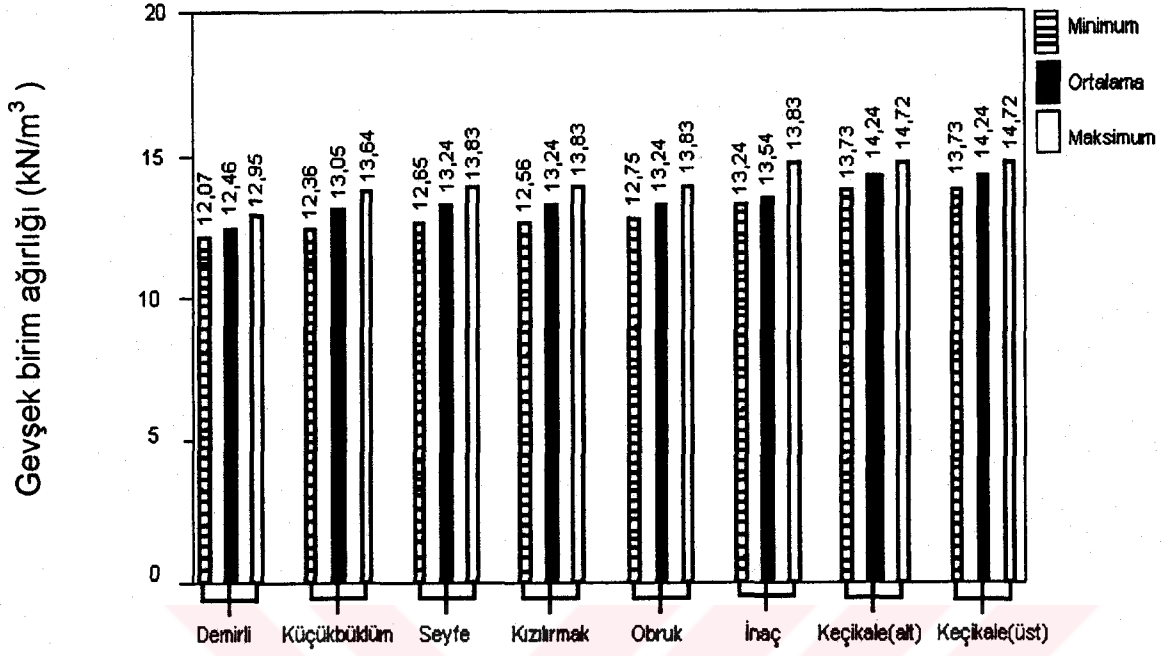
(*) $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır.

Gruplara ait gevşek birim ağırlık verilerine ilişkin açıklayıcı istatistikler, Duncan testi ve grafiklerde elde edilen sonuçlara göre;

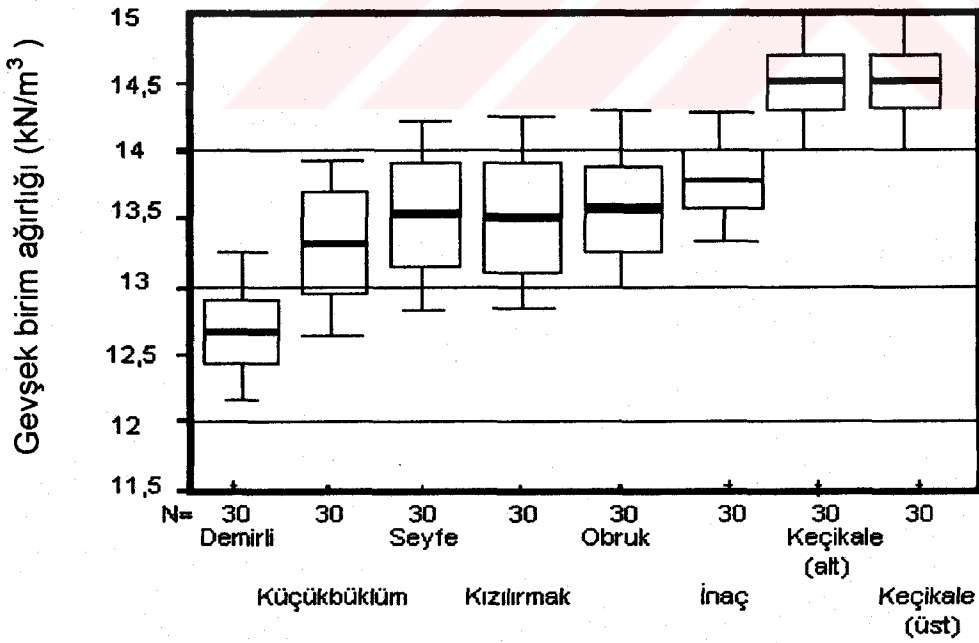
- Ortalama gevşek birim ağırlık verilerinin; Demirli 12,46 kN/m³, Küçükbüklüm 13,05 kN/m³, Seyfe 13,24 kN/m³, Kızılırmak 13,24 kN/m³, Obruk 13,24 kN/m³, İnaç 13,54 kN/m³, Keçikale(alt) 14,22 kN/m³ ve Keçikale(üst) 14,22 kN/m³ olduğu (Çizelge 4.28, Şekil 4.19),

- Demirli ve Küçükbüklüm örneklerinin gevşek birim ağırlığı arasında $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde fark olmadığı (Çizelge 4.30),
- Demirli ve Küçükbüklüm örneklerinin gevşek birim ağırlığı ile Seyfe, Kızılırmak, Obruk, İnaç, Keçikale(alt), Keçikale(üst) örneklerinin gevşek birim ağırlığı arasında $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.30),
- Seyfe, Kızılırmak ve Obruk örneklerinin gevşek birim ağırlığı arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.30),
- Seyfe, Kızılırmak ve obruk örneklerinin gevşek birim ağırlığı ile Demirli, Küçükbüklüm, İnaç, Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) örneklerinin gevşek birim ağırlığı arasında $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.30),
- Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) örneklerinin gevşek birim ağırlığı arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.30),
- Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) örneklerinin gevşek birim ağırlığı ile Demirli, Küçükbüklüm, Seyfe, Kızılırmak, Obruk ve İnaç örneklerinin gevşek birim ağırlığı arasında $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.30),
- En küçük gevşek birim ağırlık Demirli ($12,46 \text{ kN/m}^3$), en büyük gevşek birim ağırlık ise Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) ($14,22 \text{ kN/m}^3$) örneklerine ait olduğu (Çizelge 4.28, Şekil 4.19),
- Kızılırmak örneklerinin gevşek birim ağırlık veri dağılımının pozitif yönde çarpık olduğu, Demirli, Küçükbüklüm, Seyfe, Obruk, İnaç, Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) örneklerinin veri dağılımının ise normal olduğu (Şekil 4.20), görülmüştür.

Beton agrelarının sıkışık birim ağırlığı $11,77 - 17,66 \text{ kN/m}^3$ arasında olması gerekmektedir (90). Gruplara ait örneklerin en küçük gevşek birim ağırlığı $12,46 \text{ kN/m}^3$ ile Demirli örneklerine ait, en büyük birim ağırlık ise $14,22 \text{ kN/m}^3$ ile Keçikale (üst) ve Keçikale (alt)'a ait olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre örneklerin tamamının beton agregası olarak kullanımının uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.19. Agrega örneklerinin gevşek birim ağırlık histogramı



Şekil 4.20. Agrega örneklerinin gevşek birim ağırlığı kutu grafiği

Sıkışık birim ağırlığı istatistiksel dağılımı Çizelge 4.31'de verilmiştir. Örneklerin sıkışık birim ağırlık verileri arasında yapılan varyans analizine göre $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu görülmüştür (Çizelge 4.32). Ayrıca, Duncan çoklu karşılaştırmasına ilişkin veriler Çizelge 4.33'te verilmiştir.

Çizelge 4.31. Agrega örneklerinin sıkışık birim ağırlığı istatistiksel dağılımı

Ocak	Örnek adeti	Maksimum (kN/m ³)	Mimumum (kN/m ³)	Sdandart sapma	Aritmetik ortalama (kN/m ³)
Demirli	30	14,62	13,54	3,39	14,03
Küçükbüklüm	30	14,81	13,73	3,42	14,22
Seyfe	30	15,40	13,93	4,42	14,72
İnaç	30	15,70	13,93	5,96	14,81
Kızılırmak	30	15,60	14,32	4,22	15,01
Obruk	30	15,79	14,42	4,34	15,11
Keçikale (üst)	30	16,68	15,21	4,42	15,99
Keçikale (alt)	30	16,68	15,30	4,39	15,99

Çizelge 4.32. Agrega örneklerinin sıkışık birim ağırlık verilerinin varyans analizi sonuçları

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi
Gruplar arası	1,097	7	0,157	81,535	0,000
Gruplar içi	0,446	232	1,922		
Toplam	1,543	239			

(*) $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır.

Çizelge 4.33. Agrega örneklerinin sıkışık birim ağırlıklarının Duncan testi sonuçları

Ocak	Örnek adedi	$\alpha = 0,05^*$				
		1	2	3	4	5
Demirli	30	14,03				
Küçükbüklüm	30	14,22				
Seyfe	30		14,72			
İnaç	30		14,81	14,81		
Kızılırmak	30			15,01	15,01	
Obruk	30				15,11	
Keçikale(üst)	30					15,99
Keçikale(alt)	30					1,99
Anlamlılık düzeyi		0,119	0,289	0,112	0,195	0,659

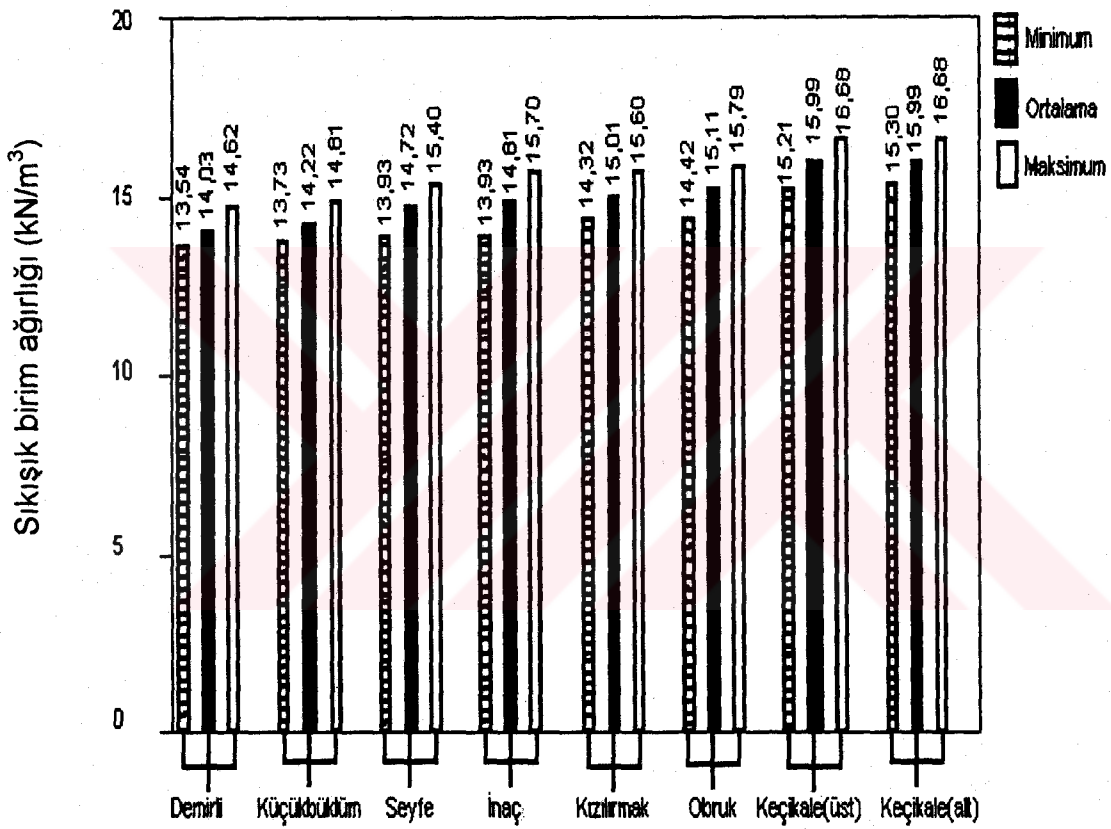
(*) $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır.

Sıkışık birim ağırlığının istatistiksel dağılımı, Duncan testi ve grafiklerden elde edilen sonuçlara göre;

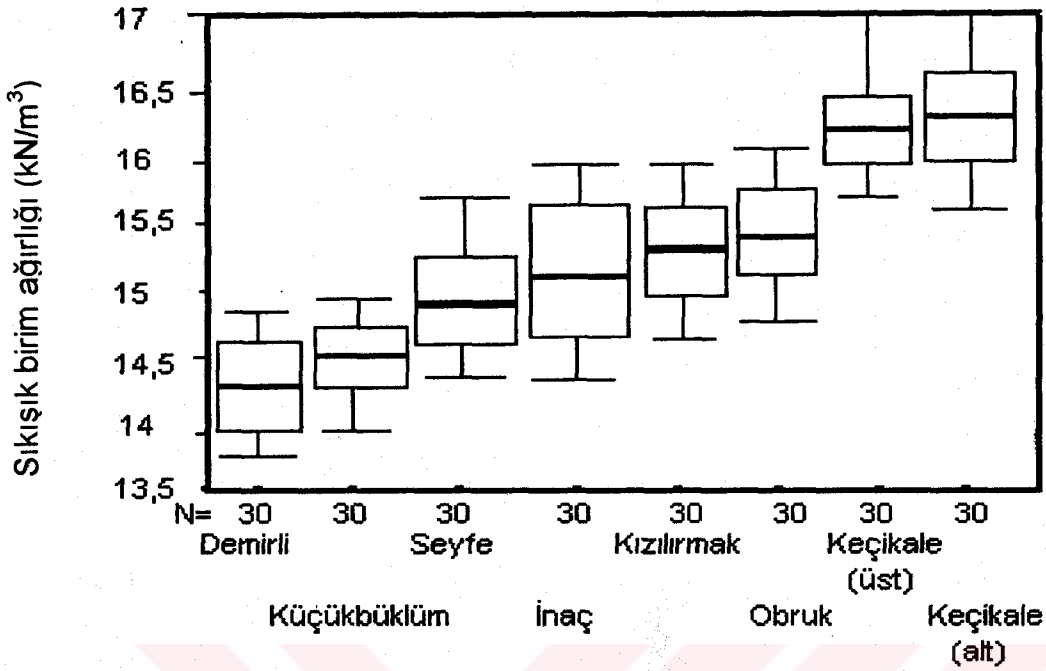
- Ortalama sıkışık birim ağırlık verilerinin; Demirli 14,03 kN/m³, Küçükbüklüm 14,22 kN/m³, Seyfe 14,72 kN/m³, İnaç 14,81 kN/m³, Kızılırmak 15,01 kN/m³, Obruk 15,11 kN/m³, Keçikale (üst) 15,99 kN/m³ ve Keçikale (alt) 15,99 kN/m³ olduğu (Çizelge 4.31, Şekil 4.21),
- Demirli ile Küçükbüklüm örneklerinin sıkışık birim ağırlığı arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.33),
- Demirli ile Küçükbüklüm örneklerinin sıkışık birim ağırlığı ile Seyfe, İnaç, Kızılırmak, Obruk, Keçikale (üst) ve Keçikale (alt) örneklerinin sıkışık birim ağırlığı arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.33),
- Seyfe ile İnaç örneklerinin sıkışık birim ağırlık verileri arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.33),

- Seyfe ile İnaç örneklerinin sıkışık birim ağırlığı ile Demirli, Küçükbüklüm, Obruk, Keçikale (üst) ve Keçikale (alt) örneklerinin sıkışık birim ağırlığı arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.33),
- İnaç ile Kızılırmak örneklerinin sıkışık birim ağırlığı arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.33),
- İnaç ile Kızılırmak örneklerinin sıkışık birim ağırlığı ile Demirli, Küçükbüklüm, Seyfe, Keçikale (üst) ve Keçikale (alt) örneklerinin sıkışık birim ağırlığı arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olmadığı (Çizelge 4.33),
- Kızılırmak ile Obruk örneklerinin sıkışık birim ağırlığı arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.33),
- Kızılırmak ile Obruk örneklerinin sıkışık birim ağırlığı ile Demirli, Küçükbüklüm, Seyfe, Keçikale (üst) ve Keçikale (alt) örneklerinin sıkışık birim ağırlığı arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.33),
- Keçikale (üst) ile Keçikale (alt) örneklerinin sıkışık birim ağırlığı arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.33),
- Keçikale(alt) ile Keçikale(üst) örneklerinin sıkışık birim ağırlığı ile Demirli, Küçükbüklüm, Seyfe, İnaç, Kızılırmak ve Obruk örneklerinin sıkışık birim ağırlığı arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.33),
- En küçük sıkışık birim ağırlık Demirli ($14,03 \text{ kN/m}^3$), en büyük sıkışık birim ağırlık Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) ($15,99 \text{ kN/m}^3$) örneklerine ait olduğu (Şekil 4.21),
- Demirli, Küçükbüklüm, Seyfe, İnaç, Kızılırmak, Obruk, Keçikale (üst) ve Keçikale (alt) sahalarının veri dağılımlarının normal olduğu (Şekil 4.22), görülmüştür.

Beton agregalarının sıkışık birim ağırlıklarının $11,77\text{--}17,66\text{ kN/m}^3$ arasında olması gerekmektedir (90). Gruplara ait örneklerin en küçük sıkışık birim ağırlığı $14,03\text{ kN/m}^3$ ile Demirli örneklerine ait, en büyük birim ağırlık ise $15,99\text{ kN/m}^3$ ile Keçikale(alt)'a ait olduğu görülmektedir. Bu verilere göre örneklerin tamamının beton agregası olarak kullanılabilirliğinin uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.21. Agrega örneklerinin sıkışık birim ağırlık histogramı



Şekil 4.22. Agregas örneklerinin sıkışık birim ağırlığı kutu grafiği

4.2.5. Donma – çözülme dayanımı

Keçikale(üst), Obruk, Keçikale(alt), İnaç, Küçükbüklüm, Demirli, Seyfe ve Kızılırmak agregasına ait deney örneklerinin donma–çözülme kayıpları (%) olarak Çizelge 4.34’de verilmiştir.

Çizelge-4.34. Agregas örneklerinin don kayıp oranları

Deney örnekleri	Ağırlık kaybı (%)
Keçikale (üst)	0,42
Obruk	0.45
Keçikale (alt)	0.53
İnaç	2.1
Küçükbüklüm	2.6
Demirli	3.1
Seyfe	3.9
Kızılırmak	6,34

Çizelge 4.34'e göre agreganın en küçük ağırlık kaybı 0,48 ile Keçikale (üst) örneklerine, en büyük kayıp ise 6,34 ile Kızılırmak agregasına ait olduğu görülmüştür.

TS 706 madde 1.2.5'de agrega örneklerinin sodyum sülfat çözeltisi ile ağırlık kaybı oranının %15'den az olması gerekmektedir (67). Örneklerin tamamının sınır değerin altında olduğu görülmektedir (Çizelge 4.34).

4.2.6. Aşınma dayanımı

Kızılırmak, İnaç, Keçikale(üst), Keçikale(alt), Obruk, Küçükbüklüm, Demirli ve Seyfe agregalarında gerçekleştirilen Los Angeles aşınma oranları (%) olarak Çizelge 4.35'te verilmiştir.

Çizelge 4.35. Agrega örneklerinin aşınma oranı

Deney örnekleri	Aşınma oranı (%)
Kızılırmak	22,72
İnaç	24.0
Keçikale (üst)	28.9
Keçikale (alt)	29.5
Obruk	30.5
Küçükbüklüm	33.8
Demirli	45.9
Seyfe	54.9

Çizelge 4.35'e göre en küçük aşınma değerinin %22,72 ile Kızılırmak örneklerine ait olduğu, en büyük değerin ise %54,9 ile Seyfe grubuna ait olduğu görülmüştür.

TS 706 madde 1.2.4'de belirtilen aşınma aletinin 500 dönüş sonrası en çok kayıp miktarı %50 olmalıdır (67). Gruplara ait örneklerin ortalamalarının

Seyfe grubu hariç öngörülen standart değerin altında olduğu görülmektedir (Çizelge 4.35).

4.2.7. Sülfat miktarı

Demirli, Seyfe, Küçükbüklüm, İnaç, Keçikale(üst), Obruk, Keçikale(alt) ve Kızılırmak agrega örneklerindeki sülfat miktarı (%) olarak Çizelge 4.36'da verilmiştir.

Çizelge 4.36. Agrega örneklerindeki sülfat miktarları

Deney örnekleri	Sülfat miktarı (%)
Demirli	0.00
Seyfe	0.00
Küçükbüklüm	0.01
İnaç	0.01
Keçikale (üst)	0.01
Obruk	0.01
Keçikale (alt)	0.01
Kızılırmak	0.02

Çizelge 4.36'ya göre Seyfe ve Demirli sahasından elde edilen örneklerin de sülfat miktarı bulunmadığı, Kızılırmak örneklerinde %0,02 Küçükbüklüm, İnaç, Keçikale(üst), Obruk ve Keçikale(alt) örneklerinde %0,01 oranında sülfat bulunduğu görülmüştür.

TS 706 madde 1.2.6.4'e göre sülfat miktarı ağırlıkça %1'den çok olmaması gerekmektedir (67). Gruplara ait örneklerin sülfat miktarı öngörülen standart değerin altında olduğu görülmektedir (Çizelge 4.36).

4.2.8. Klorür miktarı

Küçükbüklüm, Keçikale(üst), Seyfe, Keçikale(alt), Kızılırmak, Demirli, Obruk ve İnaç agrega örneklerindeki klorür miktarı (%) olarak Çizelge 4.37'de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Agrega örneklerinin klorür miktarı

Deney örnekleri	Klorür miktarı (%)
Küçükbüklüm	0.00
Keçikale (üst)	0.00
Seyfe	0.00
Keçikale (alt)	0.01
Kızılırmak	0,01
Demirli	0.02
Obruk	0.02
İnaç	0.03

Küçükbüklüm, Keçikale(üst) ve Seyfe örneklerinde 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 (67). Örneklerin klorür miktarı ön görülen standart değerin altında olduğu görülmektedir (Çizelge 4.37).

4.2.9. Tane şekli

Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Keçikale(üst), Seyfe, Obruk, Keçikale(alt) ve Kızılırmak örneklerindeki agrega tane şekli Çizelge 4.38'de verilmiştir.

Çizelge 4.38. Agrega tane şekli

Deney örnekleri	Hava kurusu numune kütlesi (g)	En küçük boyut/en büyük boyut oranı 1/3 olan belirleme aygıtından geçen hava kurusu tanelerin kütlesi (g)	En küçük boyut/en büyük boyut oranı 1/3 olan belirleme aygıtından geçen hava kurusu tanelerin yüzdesi (%)
Küçükbüklüm	712.8	31.4	4.41
Demirli	458.5	41.6	9.07
İnaç	673.7	26.2	3.89
Keçikale (üst)	698.6	18.1	2.59
Seyfe	750.7	58.3	7.77
Obruk	764.5	36.9	4.83
Keçikale (alt)	706.5	21.3	3.02
Kızılırmak	671.7	54.3	8.08

Çizelge 4.38'e göre; en küçük boyutun en büyük boyuta oranı 1/3 olan belirleme aygıtından geçen hava kurusu tanelerinin yüzdesinde minimum değer %2.59 ile Keçikale üst'e, maksimum değer %9,07 ile Demirli sahasına ait olduğu, Kızılırmak sahasında bu değer %8.08 ile maksimum değere yakın olduğu görülmüştür.

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 olmamalıdır (8mm tane büyüklüğündeki agregalar için) (67). Örneklerin tane şekli bakımından öngörülen standart değere göre uygun olduğu görülmektedir (Çizelge 4.38).

4.2.10. Alkali agrega reaktivitesi

Küçükbüklüm, Seyfe, Demirli, Keçikale(üst), Obruk, İnaç, Keçikale(alt) ve Kızılırmak agrega örnekleri üzerinde gerçekleştirilen alkali agrega reaktivitesi değerleri Çizelge 4.39'da verilmiştir.

Çizelge 4.39. Agrega örneklerine ait alkali agrega reaktivitesi verileri

Deney örnekleri	Rc alkali azalması mmol/l	Sc çözünen silika mmol/l
Küçükbüklüm	40	1.6
Seyfe	40	1.6
Demirli	60	1.6
Keçikale(üst)	90	4.5
Obruk	80	2.6
İnaç	60	8.4
Keçikale(alt)	270	5.00
Kızılırmak	200	7.1

Çizelge 4.39'a göre; minumum alkali azalması 40 mmol/l ile Küçükbüklüm ve Seyfe örneklerine ait, maksimum alkali azalması 270 mmol/l ile Keçikale (alt)'a ait olduğu görülmektedir. Çözünen silika ise; minumum 1,6 mmol/l ile Küçükbüklüm, Seyfe ve Demirli örneklerine ait, maksimum 8,4 mmol/l ile İnaç örneklerine ait olduğu görülmüştür (Çizelge 4.39).

TS 2517 madde 4'e göre; alkali azalması (Rc) ve çözünmüş silis (Sc) değerleri kullanarak TS 2517 madde 4 Şekil 2'deki grafik yardımı ile söz konusu agreganın yeri saptanır (75). Örneklerin tamamı alkali azalması bakımından standartta belirtilen zararsız agregalar (I bölge içerisinde) bölümünde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.40. Kırşehir agregalarının fiziksek ve kimyasal özellikleri

Agrega ocağı	Küçükbük lüm	Seyfe	Demirli	İnaç	Obruk	Keçikale (alt)	Keçikale (üst)	kızılır mak	Sınır değer
Özellikler									
Çakıl özgül ağırlığı	2,57	2,56	2,62	2,78	2,68	2,75	2,75	2,60	2,40
Kum özgül ağırlığı	2,59	2,54	2,59	2,74	2,69	2,72	2,72	2,55	2,40
Çakıl su emme (%)	0,86	1,31	0,92	0,62	0,59	0,80	0,76	2,21	1,00
Kum su emme (%)	1,03	1,20	1,19	0,70	0,66	1,00	1,04	1,22	1,00
Gevşek birim ağırlık (kN/m ³)	13,05	13,24	12,46	13,54	13,24	14,22	14,22	13,24	11,77
Sıkışık birim ağırlık (kN/m ³)	14,22	14,72	14,03	14,81	15,11	15,99	15,99	15,01	11,77
Don kayıp oranı (%)	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
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

4.3. Betona İlişkin Bulgular ve Tartışma

4.3.1. Taze beton

Küçükbüklüm, Seyfe, Demirli, İnaç, Obruk, Keçikale(alt), Keçikale(üst) ve Kızılırmak ocaklarına ait agreg a örneklerinden üretilen katkı ve katkısız taze

beton örnekleri üzerinde çökme miktarı, birim ağırlığı ve hava miktarı değerleri belirlenmiştir.

4.3.1.1. Betonda çökme miktarı

Küçükbüklüm, Seyfe, Demirli, İnaç, Obruk, Keçikale(alt), Keçikale(üst) ve Kızılırmak agregası örneklerinin katkısız ve katkılı olarak hazırlanan taze beton örnekleri için belirlenen çökme miktarları Çizelge 4.41 ve Çizelge 4.42'de verilmiştir.

Çizelge 4.41. Agregası ocakları için katkısız taze beton deney sonuçları

Özellikleri Agregası ocağı	Birim ağırlık (kN/m ³)	Hava miktarı (%)	Çökme miktarı (cm)
Küçükbüklüm	23,54	1,6	10
Seyfe	23,05	1,8	11
Demirli	25,02	2,0	10
İnaç	23,45	2,2	12
Obruk	24,13	2,0	11
Keçikale (alt)	24,62	1,9	11
Keçikale (üst)	24,91	1,8	12
Kızılırmak	24,62	2,5	12

Çizelge 4.42. Agregası ocakları için katkılı taze beton deney sonuçları

Özellik Agregası ocağı	Birim ağırlık (kN/m ³)	Hava miktarı (%)	Çökme miktarı (cm)
Küçükbüklüm	23,84	1,2	10
Seyfe	23,15	2,5	11
Demirli	24,03	1,0	12
İnaç	23,54	2,0	12
Obruk	23,74	1,5	12
Keçikale (alt)	24,42	1,7	12
Keçikale (üst)	24,72	1,7	12
Kızılırmak	22,96	2,1	12

TS 500'e göre 7,5–15 cm arasındaki çökme miktarı akıcı olarak değerlendirilmekte vibrasyonla sıkıştırılmaya elverişli olmayan çok donatılı yerlerde kullanılmaya uygun beton olarak nitelendirilmektedir (92). Gruplara ait örneklerin çökme miktarı 10 – 12 cm arasında öngörülen standart değerin arasında olduğu görülmektedir (Çizelge 4.41 – Çizelge 4.42).

4.3.1.2. Beton birim ağırlığı

Küçükbüklüm, Seyfe, Demirli, İnaç, Obruk, Keçikale(alt), Keçikale(üst) ve Kızılırmak gruplarına ait katkısız taze beton örneklerinin en düşük birim ağırlığı $23,05 \text{ kN/m}^3$ ile Seyfe grubuna, en büyük ise $24,91 \text{ kN/m}^3$ ile Keçikale (üst) grubuna ait olduğu görülmektedir (Çizelge 4.41).

Gruplara ait katkılı beton örneklerinin en düşük birim ağırlığı $22,96 \text{ kN/m}^3$ ile Kızılırmak gruplarına, en büyük birim ağırlığı ise $24,72 \text{ kN/m}^3$ ile Keçikale (üst)'e ait olduğu görülmektedir (Çizelge 4.42).

4.3.1.3. Betonda hava yüzdesi

Küçükbüklüm, Seyfe, Demirli, İnaç, Obruk, Keçikale(alt), Keçikale(üst) ve Kızılırmak gruplarına ait katkısız taze betonun hava miktarı Çizelge 4.41'de verilmiştir. En küçük hava yüzdesi 1,6 ile Küçükbüklüm'e, en büyük hava yüzdesi ise 2,5 ile Kızılırmak grubuna ait olduğu görülmüştür.

Küçükbüklüm, Seyfe, Demirli, İnaç, Obruk, Keçikale(alt), Keçikale(üst) ve Kızılırmak gruplarına ait katkılı taze betonun hava miktarı deney verileri Çizelge 4.42'de verilmiştir. En küçük hava yüzdesi 1,0 ile Demirli'ye, en büyük hava yüzdesi ise 2,5 ile Seyfe grubuna ait olduğu görülmüştür.

TS 11222 madde 1.2.9'a göre toplam hava yüzdesinin 6'yı geçmemesi gerektiği belirtilmektedir (93). Gruplara ait örneklerin (katkılı ve katkısız

olarak) hava miktarları öngörülen standart hava miktarı değerinin altında olduğu görülmektedir.

4.3.2. Sertleşmiş beton

Demirli, Seyfe, Küçükbüklüm, Obruk, İnaç, Keçikale(alt), Keçikale(üst) ve Kızılırmak gruplarına ait katkılı ve katkısız sertleşmiş deney örneklerin; özgül ağırlık, su emme oranı, yarmada çekme, basınç dayanımını ve statik elastisite modülü belirlenmiştir.

Örneklerin katkısız betonun özellikleri Çizelge 4.46'da verilmiştir. Katkılı betonun özellikleri Çizelge 4.47'de verilmiştir.

4.3.2.1. Özgül ağırlık

Demirli, Seyfe, Küçükbüklüm, Obruk, İnaç, Keçikale(alt), Keçikale(üst) ve Kızılırmak gruplarına ait katkısız sertleşmiş beton özgül ağırlığı; en düşük özgül ağırlığı 2,30 ile Seyfe'ye ait, en büyük değer ise 2,46 ile Keçikale (üst)'e ait olduğu görülmüştür (Çizelge 4.55).

Demirli, Seyfe, Küçükbüklüm, Obruk, İnaç, Keçikale(alt), Keçikale(üst) ve Kızılırmak gruplarına ait katkılı sertleşmiş beton özgül ağırlık deney verilerine göre; en düşük özgül ağırlık değeri 2,32 ile Seyfe'ye ait, en büyük değerin ise 2,49 ile Keçikale üst'e ait olduğu görülmüştür (Çizelge 4.56).

Serizit minerallerine rastlanmayan Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) sertleşmiş betonların özgül ağırlığı büyük çıkmıştır. Kuvars ve serizitin bulunduğu Seyfe'de ise sertleşmiş beton özgül ağırlığının düşük çıktığı görülmüştür. Kayaç basınç dayanımı, özgül ağırlığı, birim ağırlığı büyük olan, aşınma dayanımı ve kusurlu taneleri düşük olan agregaların (Keçikale-alt ve Keçikale-üst) sertleşmiş beton özgül ağırlığının büyük olduğu kayaç basınç

dayanımı özgül ve birim ağırlığı düşük olan, aşınma dayanımı ve kusurlu taneleri büyük olan agregaların ise (Seyfe, Demirli, Küçükbüklüm) sertleşmiş betonların özgül ağırlığında düşük olduğu görülmüştür.

TS 11222 madde 2.3.4'de normal betonun birim ağırlığının 19,62–25,51 kN/m³ arasında olması gerektiği belirtilmektedir (92). Gruplara ait örneklerin tamamı (katkılı ve katkısız olarak) bu sınırın arasında kaldığı görülmektedir (Çizelge 4.55, Çizelge 4.56).

4.3.2.2. Su emme oranı

Demirli, Seyfe, Küçükbüklüm, Obruk, İnaç, Keçikale(alt), Keçikale(üst) ve Kızılırmak gruplarının katkısız beton örneklerinin su emme oranları içerisinde; en düşük değer %1,75 ile Keçikale alt'a ait , en büyük değer ise %3,45 ile Küçükbüklüm'e ait olduğu görülmüştür (Çizelge 4.55).

Demirli, Seyfe, Küçükbüklüm, Obruk, İnaç, Keçikale(alt), Keçikale(üst) ve Kızılırmak gruplarının katkılı beton örnekleri su emme oranları içerisinde; en düşük değer %1,1 Obruk'a ait, en büyük değer ise %2,6 ile Demirli'ye ait olduğu görülmüştür (Çizelge 4.56).

Agrega su emme değeri büyük olan katkılı ve katkısız sertleşmiş betonların su emme miktarında büyük çıktığı (Seyfe ve Demirli) görülmüştür. Agregas su emme miktarı düşük çıkan katkılı ve katkısız sertleşmiş betonların su emme miktarının ise düşük çıktığı (Keçikale-alt ve Keçikale-üst) görülmüştür.

Beton içerisindeki su emme miktarı %8'den küçük olması betonun az boşluk içeriğini ve iyi bir niteliğe sahip olduğunu göstermektedir (1). Gruplara ait örneklerin su emme değerleri iyi beton için öngörülen değerin altında olduğu görülmektedir.

4.3.2.3. Yarmada çekme dayanımı

Demirli, Seyfe, Küçükbüklüm, Obruk, İnaç, Keçikale(alt), Keçikale(üst) ve Kızılırmak gruplarına ait katkısız beton örneklerinin yarmada çekme dayanımı verilerine göre; en düşük değer 2,82 MPa ile Seyfe'ye ait , en büyük değer ise 3,95 MPa ile Keçikale (üst)'e ait olduğu görülmüştür (Çizelge 4.55).

Demirli, Seyfe, Küçükbüklüm, Obruk, İnaç, Keçikale(alt), Keçikale(üst) ve Kızılırmak gruplarına ait katkılı beton örneklerinin yarmada çekme dayanımı verilerine göre; en düşük değer 3,15 MPa ile Seyfe betonuna ait, en büyük değer ise 4,81 MPa ile Keçikale(üst)'e ait olduğu görülmüştür. (Çizelge 4.56)

Yarmada çekme dayanımı yüksek çıkan Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) sertleşmiş betonlarında serizit minerallere rastlanmamıştır fakat yarmada çekme dayanımı düşük çıkan Seyfe, Küçükbüklüm ve Demirli beton agregalarında serizit minerallerine rastlanmıştır. Yine aynı şekilde yarma çekme dayanımı yüksek çıkan agreg gruplarına ait betonların kayaç basınç dayanımı, agreg özgül ağırlığı ve birim ağırlığı yüksek, aşınma oranı ve kusurlu taneleri ise düşük çıkmıştır. Yarmada çekme dayanımı düşük çıkan agreg gruplarına ait betonların agreg özgül ağırlığı, birim ağırlığı, kayaç birim ağırlığı düşük, aşınma oranı ve kusurlu taneler ise büyük çıkmıştır.

TS 500'e göre yarmada çekme dayanımı sınır değeri C20 için 1,6 MPa, C25 için 1,8 MPa ve C30 için 1,9 MPa olması gerekmektedir (92). Gruplara ait örneklerin tamamı (katkılı ve katkısız olarak) belirtilen standart değer üzerinde olduğu görülmektedir.

4.3.2.4. Basınç dayanımı

Demirli, Seyfe, Küçükbüklüm, Obruk, İnaç, Keçikale (alt), Keçikale (üst) ve Kızılırmak gruplarına ait 30'ar adet katkı, 30'ar adet katkısız beton örneği üzerinde basınç dayanım deneyi gerçekleştirilmiştir.

4.3.2.4.1. Katkısız beton basınç dayanımı

Demirli, Seyfe, Küçükbüklüm, Obruk, İnaç, Keçikale(alt), Keçikale(üst) ve Kızılırmak gruplarına ait 30'ar adet katkısız beton örneği üzerinde gerçekleştirilen beton basınç dayanımının istatistiksel dağılımı Çizelge 4.43'de verilmiştir. Sekiz grup halinde görülen örneklerin basınç dayanımları arasında yapılan varyans analizine göre $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde fark olduğu görülmüştür (Çizelge 4.44). Ayrıca, Duncan çoklu karşılaştırmasına ilişkin veriler Çizelge 4.45'de verilmiştir.

Çizelge 4.43. Katkısız betonların basınç dayanımı istatistiksel dağılımı

Ocak	Örnek adeti	Maksimum (MPa)	Minimum (MPa)	Standart sapma	Aritmetik ortalama (MPa)
Küçükbüklüm	30	24,71	17,12	1,77	20,84
Obruk	30	26,51	16,59	2,85	21,72
Seyfe	30	24,94	17,10	2,17	22,21
Demirli	30	27,01	17,48	2,47	23,26
İnaç	30	26,96	21,05	1,71	24,09
Kızılırmak	30	30,83	24,93	1,48	27,67
Keçikale (alt)	30	32,30	27,20	1,43	29,98
Keçikale (üst)	30	32,86	27,57	1,36	30,78

Çizelge 4.44. Katkısız betonların basınç dayanım verilerinin varyans analizi

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi
Gruplar arası	3150,97	7	450,14	115,70	0,000*
Gruplar içi	902,65	232	3,89		
Toplam	4053,62	239			

(*) $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde fark vardır.

Çizelge 4.45. Katkısız betonların basınç dayanım verilerinin Duncan testi sonuçları

Ocak	Örnek adedi	$\alpha = 0,05^*$				
		1	2	3	4	5
Küçükbüklüm	30	20,84				
Obruk	30	21,72	21,72			
Seyfe	30		22,21			
Demirli	30			23,26		
İnaç	30			24,09		
Kızılırmak	30				27,67	
Keçikale(alt)	30					29,98
keçikale(üst)	30					30,78
Anlamlılık Düzeyi		0,083	0,345	0,101	1,000	0,114

(*) $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır

Gruplara ait basınç dayanımının istatistiksel dağılımı, Duncan testi ve grafiklerden elde edilen sonuçlara göre;

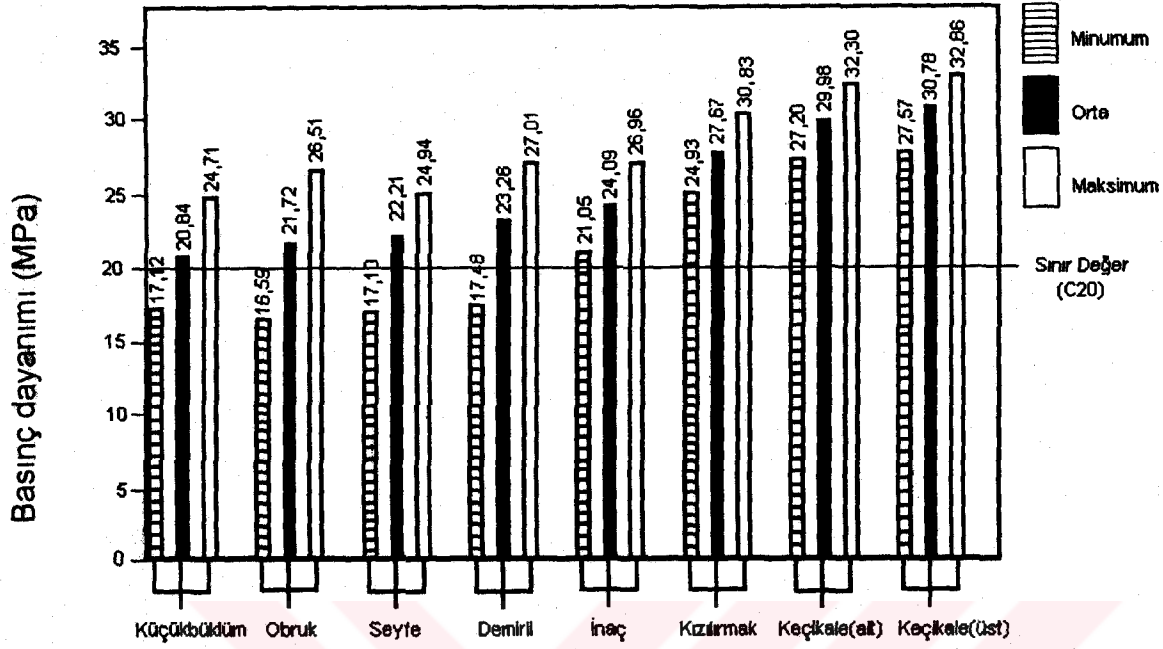
- Ortalama basınç dayanım değerlerinin; Küçükbüklüm 20,48 MPa, Obruk 21,72 MPa, Seyfe 22,21 MPa, Demirli 23,26 MPa, İnaç 24,09 MPa, Kızılırmak 27,67 MPa, Keçikale (alt) 29,98 MPa ve Keçikale (üst) 30,78 MPa olduğu (Çizelge 4.45. Şekil 4.23),

- Küçükbüklüm ile Obruk sertleşmiş beton örneklerinin basınç dayanımı arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.45),
- Küçükbüklüm ile Obruk sertleşmiş beton örneklerinin basınç dayanımı ile Demirli, İnaç, Kızılırmak, Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) örneklerinin basınç dayanımı arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.45),
- Obruk ile Seyfe sertleşmiş beton örneklerinin basınç dayanımı arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.45),
- Obruk ile Seyfe sertleşmiş beton örneklerinin basınç dayanımı ile Demirli, İnaç, Kızılırmak, Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) örneklerinin basınç dayanımı arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.45),
- Demirli ile İnaç sertleşmiş beton örneklerinin basınç dayanım verileri arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.46),
- Demirli ile İnaç sertleşmiş beton örneklerinin basınç dayanımı ile Küçükbüklüm, Obruk, Seyfe, Kızılırmak, Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) örneklerinin basınç dayanımı arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.45),
- Keçikale(alt) ile Keçikale(üst) sertleşmiş beton örneklerinin basınç dayanımı arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.45),
- Keçikale(alt) ile Keçikale(üst) sertleşmiş beton örneklerinin basınç dayanımı ile Küçükbüklüm, Obruk, Seyfe, Demirli, İnaç ve Kızılırmak, örneklerinin basınç dayanımı arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.45),
- Kızılırmak sertleşmiş beton örneklerinin beton basınç dayanımı ile Küçükbüklüm, Obruk, Seyfe, Demirli, İnaç, Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) örneklerinin basınç dayanımı arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.45),
- En küçük basınç dayanımının Küçükbüklüm (20,84 MPa), en büyük basınç dayanımının Keçikale (üst) (30,78 MPa) örneklerine ait olduğu (Şekil 4.23),

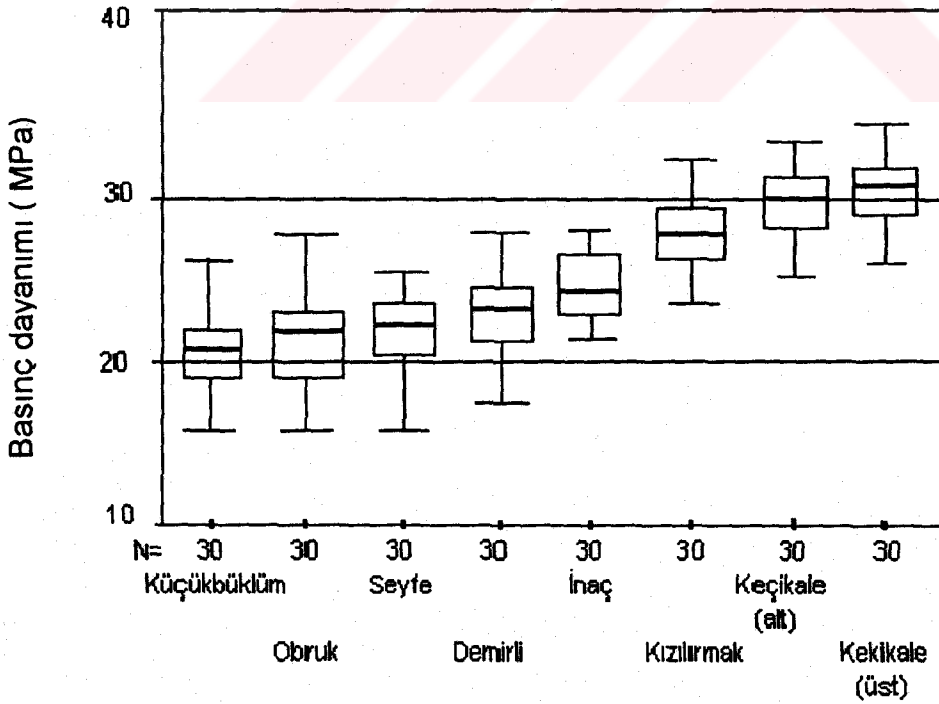
- Küçükbüklüm, Obruk, Seyfe, Demirli, Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) basınç verileri dağılımının negatif yönde çarpık olduğu, İnaç basınç verilerinin pozitif yönde çarpık olduğu, Kızılırmak verilerinin dağılımının normal olduğu (Şekil 4.24), görülmektedir.

Basınç dayanımı düşük çıkan sertleşmiş betonların petrografik incelemesinde serizit minerallerine rastlanmıştır (Küçükbüklüm, Obruk, Seyfe, Demirli). Serizite rastlanmayan Keçikale bölgelerinde ise basınç dayanımı büyük çıkmıştır. Aynı şekilde basınç dayanımı yüksek çıkan betonların kayaç basınç dayanımı, agrega özgül ağırlığı, birim ağırlığı yüksek, aşınma ve kusurlu tanelerin oranı düşük çıkmıştır. Beton basınç dayanımı düşük çıkanların ise kayaç basınç dayanımı, agrega özgül ağırlığı, birim ağırlığı düşük, aşınma ve kusurlu taneleri oranı yüksek bulunmuştur.

TS 5893'e göre; $\varnothing 150 \text{ mm} \times h = 300 \text{ mm}$ ebatlarında silindir numunenin basınç dayanımı 20 MPa ise C20, 25 MPa ise C25 ve 30 MPa ise C30 beton sınıfına girmektedir (94). Gruplara ait örneklerden Küçükbüklüm 20,84 MPa, Obruk 21,72 MPa, Seyfe 22,20 MPa, Demirli 23,26 MPa, İnaç 24,10 ile C 20 beton sınıfına, Kızılırmak 27,67 MPa ve Keçikale (alt) 29,98 MPa ile C 25 beton sınıfına, Keçikale (üst) ise 30,78 MPa ile C 30 beton sınıfına girmekte olduğu görülmektedir.



Şekil 4.23. Katkısız betonların basınç dayanımı histogramı



Şekil 4.24. Katkısız betonların basınç dayanım kutu grafiği

4.3.2.4.2. Katkılı beton basınç dayanımı

Küçükbüklüm, Obruk, Seyfe, İnaç, Demirli, Kızılırmak, Keçikale (alt) ve Keçikale(üst) gruplarına ait 30'ar adet katkılı beton örneği üzerinde gerçekleştirilen basınç dayanımı istatistiksel dağılımı Çizelge 4.46'da verilmiştir. Sekiz grup halinde görülen örneklerin basınç dayanımları arasında yapılan varyans analizine göre $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu görülmüştür (Çizelge 4.47). Ayrıca, Duncan çoklu karşılaştırmasına ilişkin veriler Çizelge 4.48' de verilmiştir.

Çizelge 4.46. Katkılı betonların basınç dayanımı istatistiksel dağılımı

Ocak	Örnek adeti	Maksimum (MPa)	Minimum (MPa)	Standart sapma	Aritmetik ortalama (MPa)
Küçükbüklüm	30	30,47	17,72	3,42	22,73
Obruk	30	27,42	18,96	2,35	24,45
Seyfe	30	27,42	22,59	1,23	24,75
İnaç	30	28,93	23,67	1,29	26,10
Demirli	30	29,94	24,49	1,20	27,34
Kızılırmak	30	39,81	24,40	3,48	31,75
Keçikale (alt)	30	41,19	27,59	3,59	33,26
Keçikale (üst)	30	37,21	30,42	1,88	34,04

Çizelge 4.47. Katkılı betonların basınç dayanım verilerinin varyans analizi

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi
Gruplar arası	3996,401	7	570,914	90,657	0,000*
Gruplar içi	1461,022	232	6,298		
Toplam	5457,423	239			

(*) $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde fark vardır.

Çizelge 4.48. Katkılı betonların basınç dayanım verilerinin Duncan testi sonuçları

Ocak	Örnek adedi	$\alpha = 0,05^*$				
		1	2	3	4	5
Küçükbüklüm	30	22,73				
Obruk	30		24,45			
Seyfe	30		24,75			
İnaç	30			26,10		
Demirli	30			27,34		
Kızılırmak	30				31,75	
Keçikale(alt)	30					33,26
Keçikale(üst)	30					34,04
Anlamlılık düzeyi		1,000	0,636	0,057	1,000	0,23

(*) $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır.

Gruplara ait basınç dayanımı istatistiksel dağılımı, Duncan testi ve grafiklerden elde edilen sonuçlara göre;

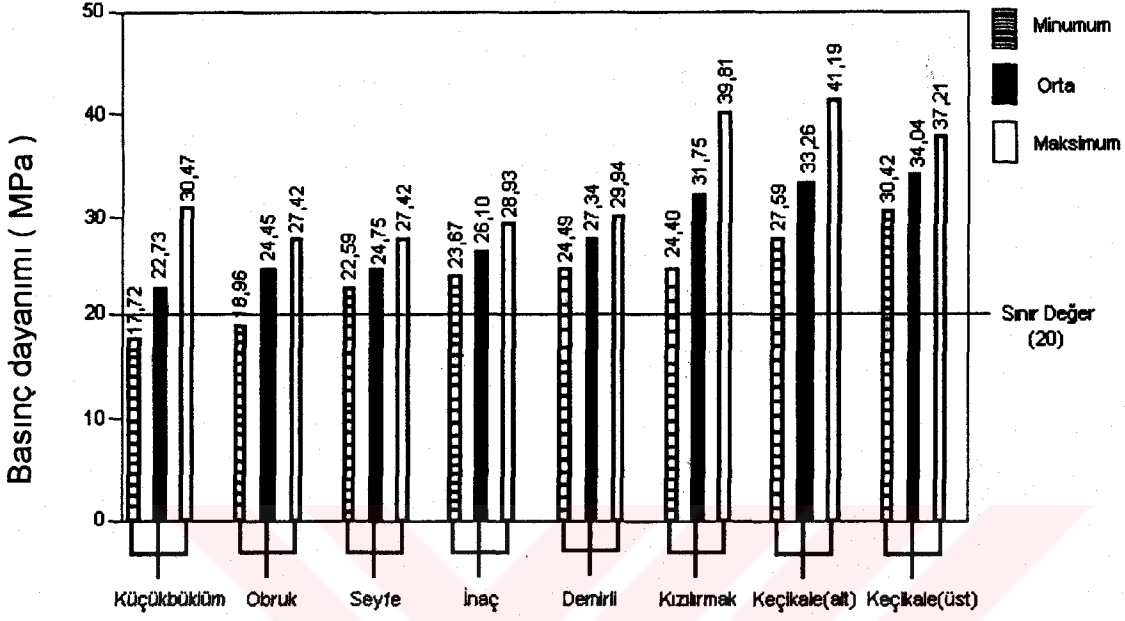
- Ortalama basınç dayanım verilerinin; Küçükbüklüm 22,73 MPa, Obruk 24,45 MPa, Seyfe 24,75 MPa, İnaç 26,10 MPa, Demirli 27,34 MPa, Kızılırmak 31,75 MPa, Keçikale(alt) 33,26 MPa ve Keçikale(üst) 34,04 MPa olduğu (Çizelge 4.46. Şekil 4.25),
- Obruk ile Seyfe katkılı sertleşmiş beton örneklerinin basınç dayanımı arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.48),
- Obruk ile Seyfe katkılı sertleşmiş beton örneklerinin basınç dayanımı ile Küçükbüklüm, İnaç, Demirli, Kızılırmak, Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) örneklerinin basınç dayanımı arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.48),
- İnaç ile Demirli katkılı sertleşmiş beton örneklerinin basınç dayanımı arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.48),
- İnaç ile Demirli katkılı sertleşmiş beton örneklerinin basınç dayanımı ile Küçükbüklüm, Obruk, Seyfe, Kızılırmak, Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) örneklerinin basınç dayanımı arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.48),

- Keçikale(alt) ile Keçikale(üst) katkılı sertleşmiş beton örneklerinin basınç dayanımı arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.48),
- Keçikale(alt) ile Keçikale(üst) katkılı sertleşmiş beton örneklerinin basınç dayanımı ile Küçükbüklüm, İnaç, Demirli, Kızılırmak, Obruk ve Seyfe örneklerinin basınç dayanımı arasında 0,05 anlamlık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.48),
- En küçük basınç dayanımının Küçükbüklüm (22,73 Mpa), en büyük basınç dayanımının Keçikale (üst) (34,04 Mpa) örneklerine ait olduğu (Çizelge 4.46, Şekil 4.25),
- Küçükbüklüm, Kızılırmak ve Keçikale(alt) beton basınç verileri dağılımının pozitif yönde çarpık olduğu, Obruk, Demirli beton basıncı dağılımının negatif yönde çarpık olduğu, Seyfe, İnaç ve Keçikale(üst) beton basınç verilerinde dağılımın normal olduğu (Şekil 4.26),

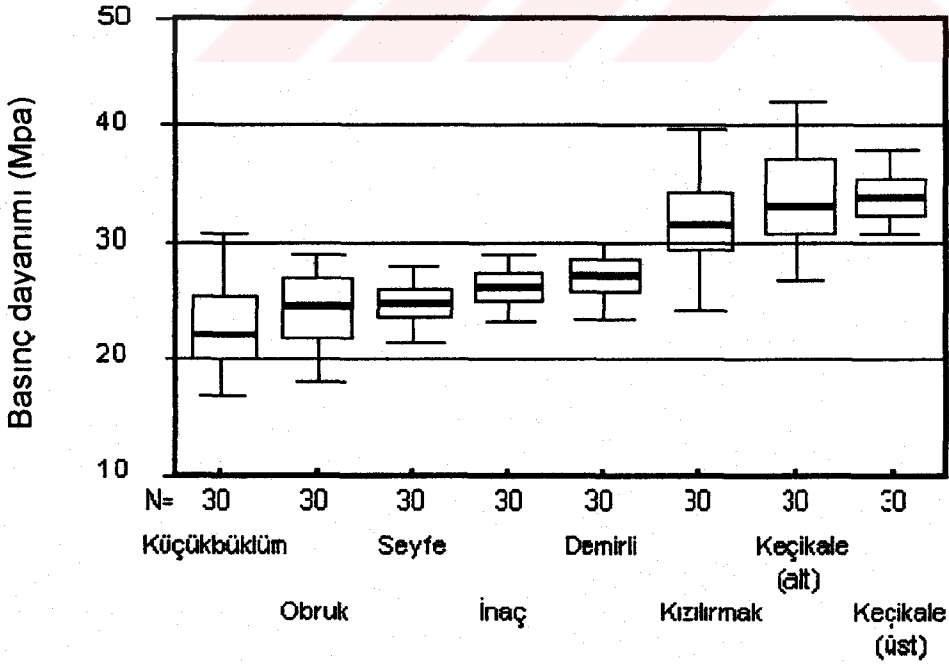
görülmüştür.

Basınç dayanımı düşük çıkan sertleşmiş betonların petrografik incelemesinde serizit minerallerine rastlanmıştır (Küçükbüklüm, Obruk, Seyfe, Demirli). Serizite rastlanmayan Keçikale bölgelerinde ise basınç dayanımı büyük çıkmıştır. Aynı şekilde basınç dayanımı yüksek çıkan betonların kayaç basınç dayanımı, agrega özgül ağırlığı, birim ağırlığı yüksek, aşınma ve kusurlu tanelerin oranı düşük çıkmıştır. Beton basınç dayanımı düşük çıkanların ise kayaç basınç dayanımı, agrega özgül ağırlığı, birim ağırlığı düşük, aşınma ve kusurlu taneleri oranı yüksek bulunmuştur.

TS 5893'e göre; $\emptyset$ 150 mm x h = 300 mm ebatlarında silindir numunenin basınç dayanımı 20 MPa ise C20, 25 MPa ise C25 ve 30 MPa ise C30 beton sınıfına girmektedir (94). Gruplara ait örneklerden standarda göre Küçükbüklüm 22,72 MPa, Obruk 24,44 MPa, Seyfe 24,76 MPa ile C20 sınıfına, İnaç 26,10 MPa, Demirli 27,30 MPa ile C25 sınıfına, Kızılırmak 31,70 MPa, Keçikale (alt) 33,20 MPa ve Keçikale (üst) ise 34,00 MPa ile C 30 beton sınıfına girmekte olduğu görülmektedir.



Şekil 4.25. Katkılı betonların basınç dayanım histogramı



Şekil 4.26. Katkılı betonların basınç dayanım kutu grafiği

4.3.2.5. Statik elastisite modülü

Demirli, Seyfe, Küçükbüklüm, Obruk, İnaç, Keçikale(alt), Keçikale(üst) ve Kızılırmak gruplarına ait 30'ar adet katkılı, 30'ar adet katkısız deney örneği üzerinde statik elastisite modülü belirlenmiştir.

4.3.2.5.1. Katkısız betonun statik elastisite modülü

Küçükbüklüm, Seyfe, Obruk, Demirli, İnaç, Keçikale(alt), Keçikale(üst) ve Kızılırmak gruplarına ait 30'ar adet katkısız beton örneğinin elastisite modülünün istatistiksel Çizelge 4.49'da verilmiştir. Sekiz grup halinde görülen bu örneklerin elastisite modülü verileri arasında yapılan varyans analizine göre $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık görülmüştür (Çizelge 4.50). Ayrıca, Duncan çoklu karşılaştırması Çizelge 4.51'de verilmiştir.

Çizelge 4.49. Katkısız betonların elastisite modülü istatistiksel dağılımı

Ocak	Örnek adedi	Ortalama (MPa)	Standart sapma	Minimum değer (MPa)	Maxsimum değer (MPa)
Küçükbüklüm	30	21269,87	1216,98	19200	23200
Seyfe	30	21532,67	2785,78	16870	28004
Obruk	30	22192,70	1111,29	20200	24200
Demirli	30	23204,67	1840,06	20356	26383
İnaç	30	23517,90	1283,29	21500	25500
Kızılırmak	30	31908,97	1180,48	29800	33800
Keçikale(alt)	30	35241,97	1015,94	33587	37300
Keçikale(üst)	30	35553,67	1232,46	33603	37600

Çizelge 4.50. Katkısız betonların elastisite modül verilerinin varyans analizi

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi
Gruplar arası	8,32	7	1188205498	488,625	0,000*
Gruplar içi	5,64	232	2431734,028		
Toplam	8,88	239			

(*) $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır.

Çizelge 4.51. Katkısız betonların elastisite modül verilerinin Duncan testi sonuçları

Ocak	Örnek adedi	$\alpha = 0,05^*$				
		1	2	3	4	5
Küçükbüklüm	30	21269,87				
Seyfe	30	21532,67	21532,67			
Obruk	30		22192,70			
Demirli	30			23204,67		
İnaç	30			23517,90		
Kızılırmak	30				31908,97	
Keçikale(alt)	30					35241,97
Keçikale(üst)	30					35553,67
Anlamlılık düzeyi		0,514	0,101	0,437	1,000	0,439

(*) $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır.

Gruplara ait katkısız sertleşmiş betonların elastisite modülü istatistiksel dağılımı, Duncan testi ve grafiklerden elde edilen sonuçlara göre;

- Ortalama elastisite modülü değerlerinin ; Küçükbüklüm 21269,87 MPa, Seyfe 21532,67 MPa, Obruk 22192,70 MPa, Demirli 23204,67 MPa, İnaç 23517,90 MPa, Kızılırmak 31908,97 MPa, Keçikale(alt) 35241,97 MPa, Keçikale(üst) 35553,67 MPa olduğu (Çizelge 4.49 , Şekil 4.27),
- Küçükbüklüm ile Seyfe sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü verileri arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.52),
- Küçükbüklüm ile Seyfe sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü ile Demirli, İnaç, Kızılırmak, Keçikale (üst) ve Keçikale (alt) sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.51),
- Seyfe ile Obruk sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.51),
- Seyfe ile Obruk sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü ile Demirli, İnaç, Kızılırmak, Keçikale (üst) ve Keçikale (alt) sertleşmiş beton

örneklerinin elastisite modülü arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.51),

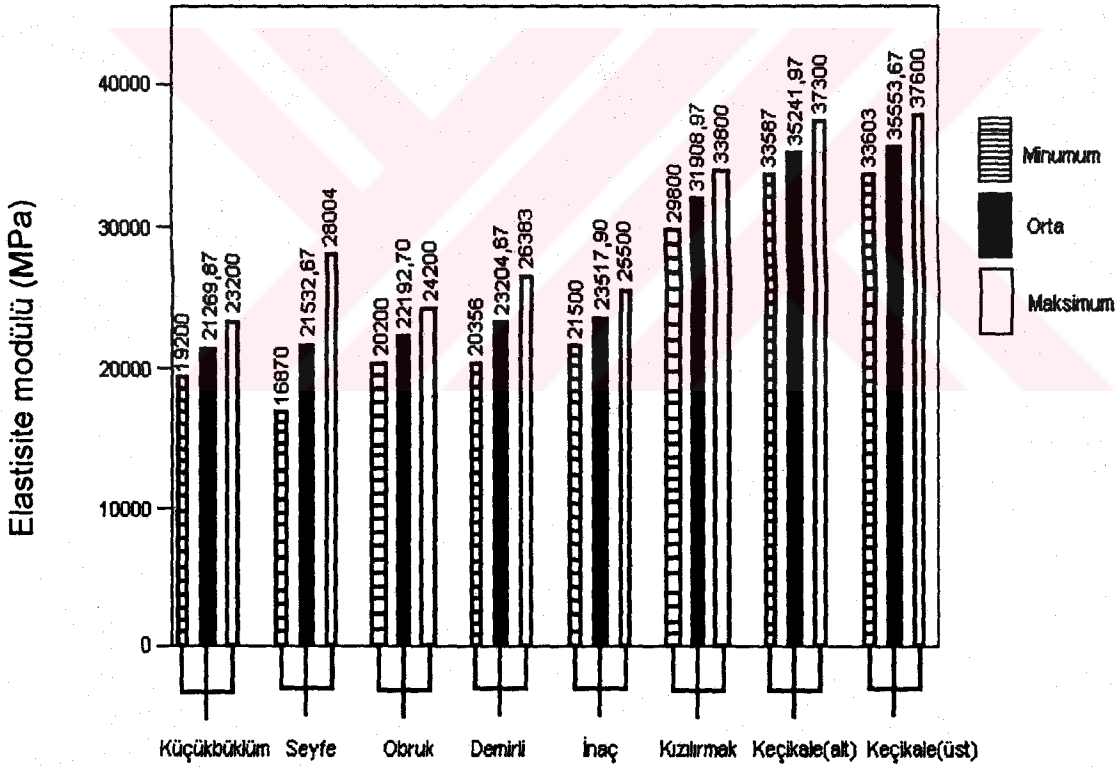
- Demirli ile İnaç sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.51),
- Demirli ile İnaç sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü ile Obruk, Seyfe, Küçükbüklüm, Kızılırmak, Keçikale (üst) ve Keçikale (alt) sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.51),
- Keçikale (alt) ile Keçikale (üst) sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.51),
- Keçikale(alt) ile Keçikale(üst) sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü ile Obruk, Demirli, İnaç, Kızılırmak, Küçükbüklüm ve Seyfe sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.51),
- Kızılırmak sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü ile, Küçükbüklüm, Seyfe, Obruk, Demirli, İnaç, Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.51),
- En küçük elastisite modülü Küçükbüklüm (21269,87 MPa), en büyük elastisite modülünün Keçikale (üst) (35553,67 MPa) örneklerine ait olduğu (Çizelge 4.51, Şekil 4.27),
- Seyfe ve Keçikale(alt) örneklerinin elastisite modüllerinin veri dağılımının pozitif yönde çarpık olduğu, İnaç örneklerinin elastisite modüllerinin veri dağılımının negatif yönde çarpık olduğu, Küçükbüklüm, Obruk, Demirli, Keçikale(üst) ve Kızılırmak örneklerinin elastisite modüllerinin veri dağılımının normal olduğu (Şekil 4.28),

görülmüştür.

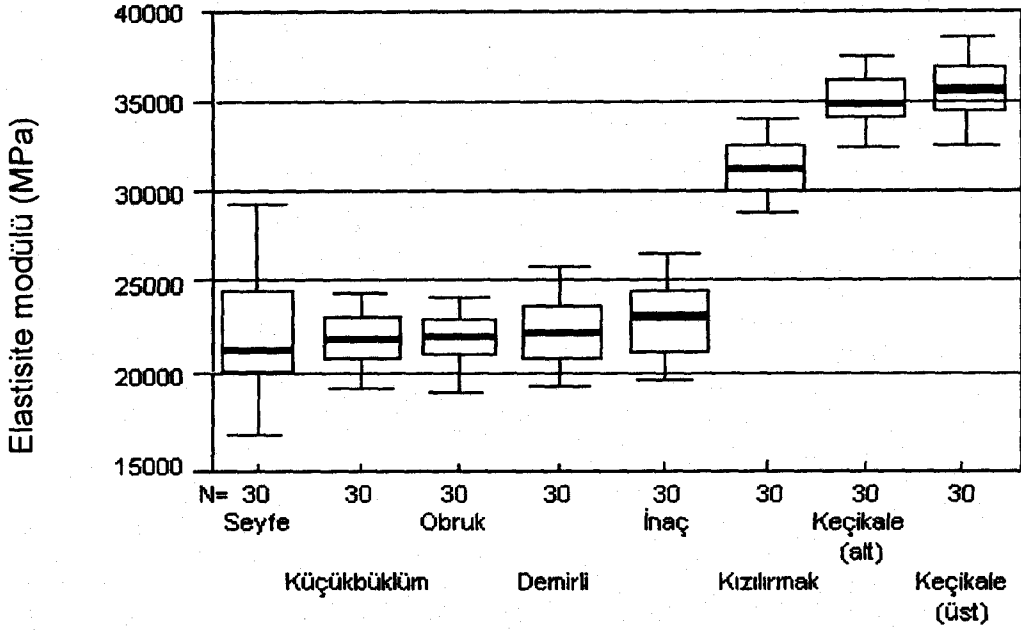
Elastisite modülü büyük çıkan örneklerin (Keçikale-üst, Keçikale-alt) kayaç basınç dayanımı, agrega özgül ve birim ağırlığı yüksek, aşınma ve kusurlu taneler oranı düşük bulunmuştur. Elastisite modülü düşük olan örneklerin ise

(Küçükbüklüm, Seyfe, Demirli) agrega özgül ve birim ağırlığı düşük, aşınma ve kusurlu taneler oranı yüksek olduğu görülmüştür.

TS 500'de 28 günlük beton sınıfları için verilen elastisite modülü sınır değerine göre; C20 beton sınıfı için 28000 MPa, C25 için 30000 MPa ve C30 için 32000 MPa elastisite modülü öngörülmektedir (92). Gruplara ait örneklerden Küçükbüklüm, Seyfe, Demirli, İnaç ve Obruk öngörülen standart değerin altında görülmektedir. Keçikale (alt), Keçikale (üst) ve Kızılırmak ise bu standart değerlerin üzerinde görülmektedir.



Şekil 4.27. Katkısız sertleşmiş betonların elastisite modülü histogramı



Şekil 4.28. Katkısız sertleşmiş betonların elastisite modül kutu grafiği

4.3.2.5.2. Katkılı betonun statik elastisite modülü

Küçükbüklüm, Seyfe, Obruk, İnaç, Demirli, Kızılırmak, Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) sahalarına ait 30'ar adet deney örneği üzerinde belirlenen elastisite modülü istatistiksel dağılımı Çizelge 4.52'de verilmiştir. Sekiz grup halinde görülen bu saha örneklerin elastisite modülü verileri arasında yapılan varyans analizine $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu görülmüştür (Çizelge 4.53). Ayrıca, Duncan çoklu karşılaştırmasına ilişkin veriler Çizelge 4.54'te görülmektedir.

Çizelge 4.52. Katkılı betonların elastisite modülü istatistiksel dağılımı

Ocak	Örnek adedi	Ortalama (MPa)	Standart sapma	Minimum değer (MPa)	Maxsimum değer (MPa)
Küçükbüklüm	30	23154,53	879,01	21967	24868
Seyfe	30	24253,07	744,83	23233	25520
Obruk	30	25102,10	1015,54	23751	27000
İnaç	30	26267,50	1763,42	23899	29015
Demirli	30	26707,67	1105,30	24840	28504
Kızılırmak	30	33963,73	1411,67	30750	35990
Keçikale(alt)	30	37769,07	4146,41	32098	43621
Keçikale(üst)	30	37833,17	1101,44	32123	43646

Çizelge 4.53. Katkılı betonların elastisite modül verilerinin varyans analizi

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi
Gruplar Arası	7,89	7	1127204544	193,261	0,000*
Gruplar içi	1,24	232	5337185,819		
Toplam	9,13	239			

(*) $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde fark vardır.

Çizelge 4.54. Katkılı betonların elastisite modül verilerinin Duncan testi sonuçları

Ocak	Örnek adedi	$\alpha = 0,05^*$					
		1	2	3	4	5	6
Küçükbüklüm	30	23154,53					
Seyfe	30	24253,07	24253,07				
Obruk	30		25102,10	25102,10			
İnaç	30			26267,50	26267,50		
Demirli	30				26707,67		
Kızılırmak	30					33963,73	
Keçikale(alt)	30						37769,07
Keçikale(üst)	30					0,822	37833,17
Anlamlılık Düzeyi		0,066	0,155	0,051	0,461	1,000	0,914

(*) $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık vardır.

Gruplara ait katkıli sertleşmiş betonların elastisite modülü istatistiksel dağılımı, Duncan testi ve grafiklerden elde edilen sonuçlara göre;

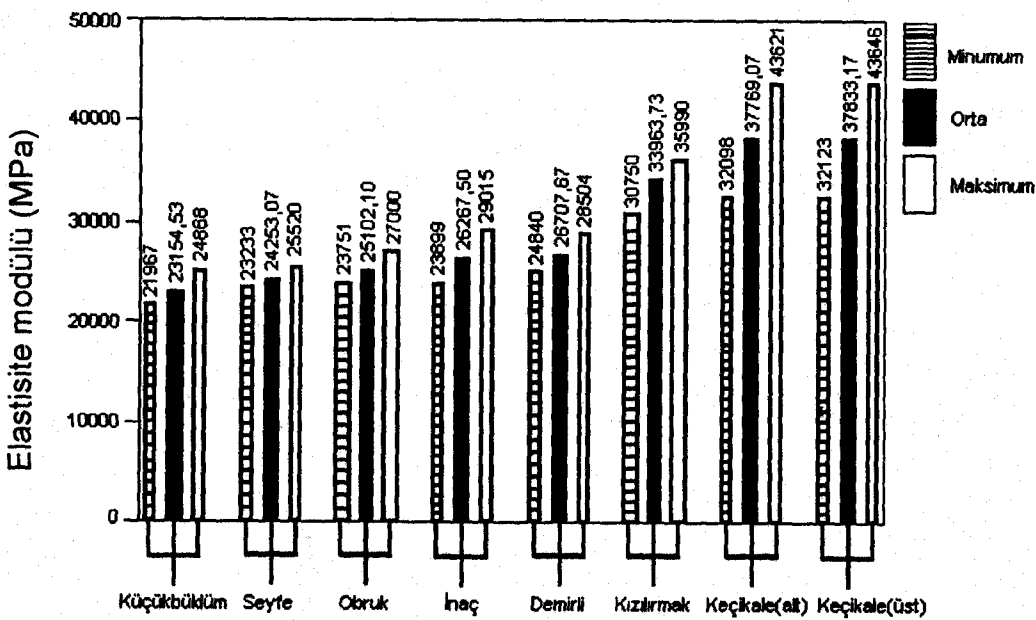
- Ortalama elastisite modülü değerlerinin; Küçükbüklüm 23154,53 MPa, Seyfe 24253,07 MPa, Obruk 25102,10 MPa, İnaç 26267,50 MPa, Demirli 26707,67 MPa, Kızılırmak 33963,73 MPa, Keçikale (alt) 37769,07 MPa ve Keçikale (üst) 37833,17 MPa olduğu (Çizelge 4.52, Şekil 4.29),
- Küçükbüklüm ile Seyfe katkıli sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.54),
- Küçükbüklüm ile Seyfe katkıli sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü ile İnaç, Demirli, Kızılırmak, Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) katkıli sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modül arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.54),

- Seyfe ile Obruk katkılı sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.54),
- Seyfe ile Obruk katkılı sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü ile Demirli, Kızılırmak, Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) katkılı sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.54),
- Obruk ile İnaç katkılı sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.54),
- Obruk ile İnaç katkılı sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü ile Küçükbüklüm, Kızılırmak, Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) katkılı sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.54),
- İnaç ile Demirli katkılı sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.54),
- İnaç ile Demirli katkılı sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü ile Küçükbüklüm, Seyfe, Kızılırmak, Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) katkılı sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.54),
- Keçikale (alt) ile Keçikale (üst) katkılı sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü arasında anlamlı bir fark olmadığı (Çizelge 4.54),
- Keçikale(alt) ile Keçikale(üst) katkılı sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü ile İnaç, Demirli, Kızılırmak, Küçükbüklüm, Seyfe ve Obruk katkılı sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.54),
- Kızılırmak katkılı sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü ile, Küçükbüklüm, Seyfe, Obruk, Demirli, İnaç, Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) katkılı sertleşmiş beton örneklerinin elastisite modülü arasında $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Çizelge 4.54),
- En küçük elastisite modülünün Küçükbüklüm (23154,53 MPa), en büyük elastisite modülünün Keçikale(üst) (37833,17 MPa) örneklerine ait olduğu (Çizelge 4.52, Şekil 4.29),

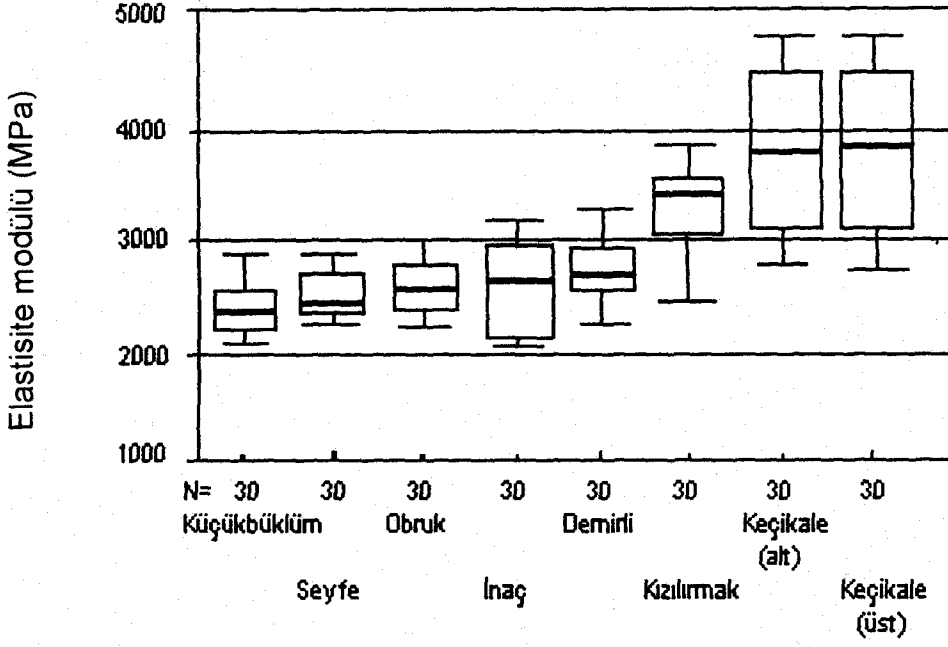
- Seyfe, Demirli örneklerinin elastisite modülü verileri dağılımının pozitif yönde çarpık olduğu, İnaç ve Kızılırmak örneklerinin elastisite modülünün verileri dağılımının negatif yönde çarpık olduğu, Küçükbüklüm, Obruk, Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) örneklerinin elastisite modülü verileri dağılımının normal olduğu (Şekil 4.30), görülmüştür.

Elastisite modülü büyük çıkan örneklerin (Keçikale-üst, Keçikale-alt) kayaç basınç dayanımı, agrega özgül ve birim ağırlığı yüksek, aşınma ve kusurlu taneler oranı düşük bulunmuştur. Elastisite modülü düşük olan örneklerin ise (Küçükbüklüm, Seyfe, Demirli) agrega özgül ve birim ağırlığı düşük, aşınma ve kusurlu taneler oranı yüksek olduğu görülmüştür.

TS 500'de 28 günlük beton sınıfları için verilen elastisite modülü sınır değerine göre; C20 beton sınıfı için 28000 MPa, C25 için 30000 MPa ve C30 için 32000 MPa elastisite modülü değeri önerilmektedir (91). Gruplara ait örneklerden Küçükbüklüm, Seyfe, Demirli, İnaç ve Obruk öngörülen standart değerin altında görülmektedir. Keçikale (alt), Keçikale (üst) ve Kızılırmak ise standart değerin üzerinde görülmektedir.



Şekil 4.29. Katkılı sertleşmiş betonların elastisite modülü histogramı



Şekil 4.30. Katkılı sertleşmiş betonların elastisite modül kutu grafiği

Çizelge 4. 55. Katkısız sertleşmiş beton deney sonuçları

Agrega ocağı	Küçükbüklüm	Seyfe	Demirli	İnaç	Obruk	Keçikale (alt)	Keçikale (üst)	Kızılırmak
Özellikleri								
Özgül ağırlık	2,32	2,30	2,34	2,32	2,33	2,45	2,46	2,26
Su emme (%)	3,45	3,31	2,38	2,28	2,29	1,75	1,81	2,2
Yarmada çekme dayanımı (MPa)	2,96	2,82	3,04	3,06	3,10	3,71	3,95	3,41
Basınç dayanımı (MPa)	20,84	22,21	23,26	24,09	21,72	29,98	30,78	27,67
Elastisite modülü (MPa)	21269,87	21532,67	23204,67	23517,90	22192,70	35241,97	35553,67	31908,97

Çizelge 4. 56. Katkılı sertleşmiş beton deney sonuçları

Agrega ocağı Özellikleri	Küçük- büklüm	Seyfe	Demirli	İnaç	Obruk	Keçikale (alt)	Keçikale (üst)	Kızılırmak
Özgül ağırlık	2,38	2,32	2,38	2,36	2,37	2,45	2,49	2,29
Su emme (%)	1,4	2,3	2,6	1,8	1,1	1,7	1,83	1,7
Yarmada çekme dayanımı (MPa)	3,22	3,15	3,31	3,49	3,51	4,69	4,81	4,10
Basınç dayanımı (MPa)	22,73	24,75	27,34	26,10	24,45	33,26	34,04	31,75
Elastisite modülü (MPa)	23154,53	24253,07	26707,67	26267,50	25102,10	37769,07	37833,17	33963,73

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kırşehir yöresinde kırmataş olarak kullanılan Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Seyfe, Obruk, Keçikale (alt), Keçikale (üst) taş ocaklarının rezervi, mineralojik özelliği, yüzey sertliği ve basınç dayanım deney sonuçlarına göre;

- Rezerv değerlerinin Seyfe 512.000 m³, Küçükbüklüm 1.010.000 m³, İnaç 1.974.000 m³, Keçikale (alt) 2.125.000 m³, Keçikale (üst) 2.624.000 m³, Obruk 2.660.000 m³, Demirli 2.875.000 m³ olduğu,
 - Kayaçların ana minerallerinin kalsit olduğu ve eser miktarda da kuvars bulunduğu ve serizit şeklinde olduğu Demirli ocağında kuvarsın gözlenmediği,
 - Kayaçların basınç dayanım değerlerinin, Demirli 41,63 MPa, Seyfe 59,95 MPa, Küçükbüklüm 81,83 MPa, Obruk 106,30 MPa, İnaç 113,20 MPa, Keçikale (alt) 132,37 MPa, Keçikale (üst) 140,73 MPa olduğu,
 - Kayaç örneklerinden Küçükbüklüm, Demirli ve Seyfe grupları Schmidt test çekici sertliğinde sert grubunda, Mohs sertliğinde ise 2,5-3,00 arası sertlikte olduğu, Schmidt çekicine göre oldukça sert gruba giren İnaç, Obruk ve Keçikale (alt) ocağına ait kayaçların Mohs sertliğinde 3,0-3,5 arası sertlikte olduğu,
- görülmüştür.

Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Seyfe, Obruk, Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) sahalarından elde edilen kırmataşlar ve Kızılırmak (Kesikköprü mevki) dere agregası grupları üzerinde gerçekleştirilen agregası deney sonuçlarına göre;

- Çakıl özgül ağırlık değerlerinin Seyfe 2,56, Küçükbüklüm 2,57, Kızılırmak 2,60, Demirli 2,62, Obruk 2,68, Keçikale (üst) 2,75, Keçikale (alt) 2,75, İnaç 2,78 olduğu,
- Kum özgül ağırlık değerlerinin Seyfe 2,54, Kızılırmak 2,55, Küçükbüklüm 2,59, Demirli 2,59, Obruk 2,69, Keçikale (üst) 2,72, Keçikale (alt) 2,72, İnaç 2,74 olduğu,

- Çakıl su emme oranı değerlerinin, 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 olduğu,
- Kum su emme oranı değerlerinin, 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 olduğu,
- Gevşek birim ağırlık değerlerinin, Demirli 12,46 kN/m³, Küçükbüklüm 13,05 kN/m³, Kızılırmak 13,24 kN/m³, Seyfe 13,24 kN/m³, Obruk 13,24 kN/m³, İnaç 13,54 kN/m³, Keçikale(üst) 14,22 kN/m³, Keçikale(alt) 14,22 kN/m³ olduğu,
- Sıkışık birim ağırlık değerlerinin, Demirli 14,03 kN/m³, Küçükbüklüm 14,22 kN/m³, Seyfe 14,72 kN/m³, İnaç 14,81 kN/m³, Kızılırmak 15,01 kN/m³, Obruk 15,11 kN/m³, Keçikale (üst) 15,99 kN/m³, Keçikale (alt) 15,99 kN/m³ olduğu,
- Donma çözülmede ağırlık kaybı değerlerinin, Keçikale (üst) %0,42, Obruk %0,45, Keçikale (alt) %0,53, İnaç %2,1, Küçükbüklüm %2,6, Demirli %3,1, Seyfe %3,9, Kızılırmak %6,34 olduğu,
- Aşınma kaybı değerlerinin, Kızılırmak %22,72, İnaç %24,0, Keçikale (üst) %28,9, Keçikale (alt) %29,5, Obruk %30,5, Küçükbüklüm %33,8, Demirli %45,9, Seyfe %54,9 olduğu,
- Sülfat miktarı değerlerinin, Demirli ve Seyfe'de bulunmadığı, Küçükbüklüm %0,01, İnaç %0,01, Keçikale (üst) %0,01, Obruk %0,01, Keçikale (alt) %0,01, Kızılırmak %0,02 olduğu,
- Klorür miktarı değerlerinin Küçükbüklüm, Keçikale (üst) ve Seyfe'de bulunmadığı, Keçikale (alt) %0,01, Kızılırmak %0,01, Demirli %0,02, Obruk %0,02, İnaç %0,03 olduğu,
- Agregatane şeklinde kusurlu tanelerin oranı değerlerinin, Keçikale (üst) %2,59, Keçikale (alt) %3,02, İnaç %3,89, Küçükbüklüm %4,41, Obruk %4,83, Seyfe %7,77, Kızılırmak %8,08, Demirli %9,07 olduğu,
- Alkali azalması değerlerinin, Küçükbüklüm 40 mmol/l, Seyfe 40 mmol/l, Demirli 60 mmol/l, Keçikale (üst) 90 mmol/l, Obruk 80 mmol/l, İnaç 60 mmol/l, Keçikale (alt) 270 mmol/l, Kızılırmak 200 mmol/l olduğu,

- Mineralojik olarak serizit görünen agregaların özgül ağırlığı düşük, don oranı aşınma oranı ve kusurlu tane oranı yüksek bulunduğu, görölmüştür.

Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Seyfe, Obruk, Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) sahalarından elde edilen kırmataşlar ve Kızılırmak (Kesikköprü mevki) dere agregası ile yapılan katkısız sertleşmiş beton örnekleri üzerinde gerçekleştirilen deney sonuçlarına göre;

- Özgül ağırlık değerlerinin, Kızılırmak 2,26, Seyfe 2,30, Küçükbüklüm ve İnaç 2,32, Obruk 2,33, Demirli 2,34, Keçikale (alt) 2,45, Keçikale (üst) 2,46 olduğu,
 - Su emme oranı değerlerinin, Keçikale (alt) %1,75, Keçikale (üst) %1,81, Kızılırmak %2,2, İnaç %2,28, Obruk %2,29, Demirli %2,38, Seyfe %3,31, Küçükbüklüm %3,45 olduğu,
 - Yarmada çekme dayanım değerlerinin, Seyfe 2,82 MPa, Küçükbüklüm 2,96 MPa, Demirli 3,04 MPa, İnaç 3,06 MPa, Obruk 3,10 MPa, Kızılırmak 3,41 MPa, Keçikale (alt) 3,71 MPa, Keçikale (üst) 3,95 MPa olduğu,
 - Basınç dayanım değerlerinin, Küçükbüklüm 20,84 MPa, Obruk 21,72 MPa, Seyfe 22,21 MPa, Demirli 23,26 MPa, İnaç 24,09 MPa, Kızılırmak 27,67 MPa, Keçikale (alt) 29,98, Keçikale (üst) 30,78 olduğu,
 - Elastisite modülü değerlerinin ise, Küçükbüklüm 21269,87 MPa, Seyfe 21532,67 MPa, Obruk 22192,70 MPa, Demirli 23204,67 MPa, İnaç 23517,90 MPa, Kızılırmak 31908,97 MPa, Keçikale (alt) 35241,97 MPa, Keçikale (üst) 35553,67 MPa olduğu,
- görölmüştür.

Küçükbüklüm, Demirli, İnaç, Seyfe, Obruk, Keçikale(alt) ve Keçikale(üst) sahalarından elde edilen kırmataşlar ve Kızılırmak (Kesikköprü mevki) dere agregası ile yapılan katkılı sertleşmiş beton örnekleri üzerinde gerçekleştirilen deney sonuçlarına göre;

- Özgöl ağırlık değerlerinin, Kızılırmak 2,29, Seyfe 2,32, İnaç 2,36, Obruk 2,37, Küçükbüklüm ve Demirli 2,38, Keçikale (alt) 2,45, Keçikale (üst) 2,49 olduğu,
 - Su emme oranı değerlerinin, Obruk %1,10, Küçükbüklüm %1,40, Keçikale (alt) ve Kızılırmak %1,70, İnaç %1,80, Keçikale (üst) %1,83, Seyfe %2,30, Demirli %2,60 olduğu,
 - Yarmada çekme dayanım değerlerinin, Seyfe 3,15 MPa, Küçükbüklüm 3,22 MPa, Demirli 3,31 MPa, İnaç 3,49 MPa, Obruk 3,51 MPa, Kızılırmak 4,10 MPa, Keçikale (alt) 4,69 MPa, Keçikale (üst) 4,81 MPa olduğu,
 - Basınç dayanımı değerlerinin, Küçükbüklüm 22,73 MPa, Obruk 24,45 MPa, Seyfe 24,75 MPa, İnaç 26,10 MPa, Demirli 27,34 MPa, Kızılırmak 31,75 MPa, Keçikale (alt) 33,26 MPa, Keçikale (üst) 34,04 MPa olduğu,
 - Elastisite modülü değerlerinin ise, Küçükbüklüm 23154,53 MPa, Seyfe 24253,07 MPa, Obruk 25102,10 MPa, İnaç 26267,50 MPa, Demirli 26707,67 MPa, Kızılırmak 33963,73 MPa, Keçikale (alt) 37769,07 MPa, Keçikale (üst) 37833,17 MPa olduğu,
- görülmüştür.

Sonuç olarak;

Kırmataş işletmesi için yeterli rezerve ve mineralojik yapıya sahip olan araştırma ocaklarında yüzey sertliği yüksek olan kayaların basınç dayanımlarının da yüksek çıktığı görülmüştür.

Kırmataş agregası için ise en iyi sonuçları veren bölgelerin İnaç, Obruk, Keçikale (alt), Keçikale (üst) olduğu, Kızılırmak dere agregasının su emme don kaybı ve kusurlu tanelerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

Keçikale (alt) ve Keçikale (üst) taş ocaklarından elde edilen örnekler; taş ocağı özellikleri, agregası özellikleri ve sertleşmiş beton özellikleri bakımından katkısız olarak en iyi sonuçları vermiştir.

Basınç dayanımı, sertleşmiş beton özgül ağırlığı, yarmada çekme dayanımı, elastisite modülü, düşük çıkan sertleşmiş betonların petrografik incelemesinde serizit minerallerine rastlanmıştır (Küçükbüklüm, Obruk, Seyfe, Demirli). Serizite rastlanmayan Keçikale bölgelerinde ise basınç dayanımı büyük çıkmıştır. Aynı şekilde basınç dayanımı sertleşmiş beton özgül ağırlığı, yarmada çekme dayanımı, elastisite modülü yüksek çıkan betonların kayaç basınç dayanımı, agrega özgül ağırlığı, birim ağırlığı yüksek, aşınma ve kusurlu tanelerin oranı düşük çıkmıştır. Beton basınç dayanımı düşük çıkanların ise kayaç basınç dayanımı, agrega özgül ağırlığı, birim ağırlığı düşük, aşınma ve kusurlu taneleri oranı yüksek bulunmuştur.

Akışkanlaştırıcı (katkılı) katılarak üretilen sertleşmiş beton değerlerinde akışkansız (katkısız) üretilen sertleşmiş betonlara göre ortalama %10 daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Erdoğan, Y. T., "Betonu oluşturan malzemeler agregalar", *Ortadoğu Teknik Üniversitesi*, Ankara, 88-90, (1995)
2. "Yapı Endüstrisi Hammaddeleri", *DPT VI. Yıllık Kalkınma Planı Ö.İ.K Raporu*, Ankara, 38, (1982)
3. Kabukçu, F., "Kum ocakları ihmal edilmemeli", *Topraksu.*, Ankara, 96(3); 15-16, (1996)
4. Kara, H., "1/100 000 Ölçekli Açınısama 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", *Barkisan 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. Taşkın., C., "Kırşehir İli ve Kaman İlçesi civarında çimento hammadde olanaklarının araştırılması hakkında rapor", *M.T.A. Endüstriyel Hammaddeler Daire Başkanlığı Yapı Taşları ve Malzemeleri Servisi*, Ankara, 42-46, (1978)
8. Kara, H., Dönmez, M., "Kırşehir-G17 Paftası", *M.T.A. Jeoloji Etütleri Dairesi*, Ankara, 1,2, (1990)
9. Özçelik, N., "İnşaat Bilgisi", *İstanbul Üniversitesi Yayınları*, İstanbul, 211, (1984)
10. Erdoğan, Ş., "Mühendis gözüyle beton", *Hazır Beton*, İstanbul, 48; 44-47, (2001)
11. Nevili, A.M., "Aggregate bond and modulus of elasticity of concrete", *ACI Matericls Journal*, 94; 71-74, (1997)
12. Cadoni, E., et al., "Influence of aggregate size on strain-rate tensite behaviar of concrete", *ACI Matericls Journal*, 98; 220-223, (2001)
13. Belloc, A., et al., De Larrad, F., "The influence of aggregate on the compressive strength of normal and high - strength concrete", *ACI Materials Journal*, 94; 417-426, (1997)
14. Akman, M. S., "Beton Agregaları", *D.S.İ. Beton Semineri*, Ankara, 15-28, (1984)

15. Yeğınobalı, A., "Betonun Dayanıklılığı – 1, Genel kurallar- Betonun yıpratıcı fiziksel etkenler", **Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Çimento Ve Beton Araştırma – Geliştirme Enstitüsü Seminer Notları**, Ankara, 6, (1999)
16. Altınsu, T. H., "Effects of the maximum size of crushed aggregate on the compressive strength of concrete". Yüksek lisans tezi, **Middle East Technical University**, Ankara, 5, (1993)
17. Ulviye Atay, Z., "Konya bölgesindeki mevcut tabii agrega ve kırma taş ile yüksek mukavemetli beton imali". Yüksek lisans tezi, **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Ana Bilim Dalı, 91-95, (1992)
18. Taşdemir, C., Kara, G., Başkoca, A., "Kırma kumun betonda kullanılabilirliği, Endüstriyel atıkların inşaat sektöründe kullanılması" **3.Türkiye İnşaat Mühendisleri Odası**. Ankara, 245, (1997)
19. Kronlöf, A., "Effect of very fine aggregate on concrete strength", **Materials and Structures**, 27; 24. (1994)
20. Şengül, Ö., "Agrega türünün normal ve yüksek dayanımlı betonların mekanik özelliklerine etkisi". Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**. 62,63, (2000)
21. Uzal, M., Uz. B., "Kırmataş ocak oluşturma öncesi petrografik analiz ve önemi "Prinçköy" civarının (Eyüp-İstanbul) jeolojik-petrografik ve kırmataş yönünden değerlendirilmesi", **2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu 99**, İstanbul, 13, (1999)
22. Kaynarkan, S., Uz, B., Dural, C., "Cendere (Kemerburgaz-Ayazağa-İstanbul) kırmataş-beton ve asfalt üretim havzasında etüt ve değerlendirilmesi", **2 Ulusal Kırma Taş Sempozyumu 99**, İstanbul, 55, (1999)
23. Halili, A., Gözübal, A. M., "Hereke formasyonunun (Gebze kireç taşı) kırma taş özelliği ve kırma-eleme tesislerindeki davranışı", **2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu '99**, İstanbul, 92-93, (1999)
24. Arıoğlu, E., Acar, E., Manzak, O., Dondurmacı, A., Girgin, C., "Kırmataşın mühendislik büyüklüklerinin beton karışım tasarımına etkileri", **2.Ulusal Kırmataş Sempozyumu' 99**, İstanbul, 239-240, (1999)
25. Esenli, V., "Kırmataş hammaddeleri ve standartları", **1.Ulusal Kırmataş Sempozyumu' 96**, İstanbul, 99-101, (1996)
26. Kırıkoğlu, M. Sezai, "Endüstriyel kullanım açısından karbonat kayalar", **1.Ulusal Kırmataş Sempozyumu' 96**, İstanbul, 28, (1996)

27. Kocabeyler, F., "Şanlıurfa sulaması IV. Kısım inşaatı betonlarında kullanılan kırmataş kalker agreganın taşunu ile iyileştirilmesi", **1.Ulusal Kırmataş Sempozyumu' 96**, İstanbul, 87- 90, (1996)
28. Eren, R, H., Nasuf, E., Ökten, G., Evergen, T., "Kocaeli-Gebze İlçesi, Tavşanlı Köyü civarındaki kireçtaşı sahalarının jeolojisi, Rezerv analizi ve İstanbul metropolü yönünden önemi", **1.Ulusal Kırmataş Sempozyumu' 96**, İstanbul, 58-66, (1996)
29. Buzken, İ., "Zonguldak bölgesi kum-çakıl-kırmataş yataklarının etüdü", **1.Ulusal Kırmataş Sempozyumu' 96**, İstanbul, 82, 1996
30. Uz, B., "Mahmutbey-Paşadeğirmeni (İstanbul) civarı kırmataş ocakları jeolojisi ve petrografik incelenmesi", **1. Ulusal Kırmataş Sempozyumu' 96**, İstanbul, 195, (1996)
31. Erkoç, Ö. Yılmaz., "Kırmataş kalitesi için maden mühendisi disiplini", **1.Ulusal Kırmataş Sempozyumu' 96**, İstanbul, 201,202, (1996)
32. Terzibaşoğlu, N., "Kırmataş tozunun betonda kullanılabilirliği", **1. Ulusal Kırmataş Sempozyumu' 96**, İstanbul, 249,250, (1996)
33. Erdem, F., Yener, A. Burak., Öngüven, Z., Turabik, A., "Sivas ve dolayındaki doğal ve kırmataş ocaklarından elde edilen agregaları yapı gereci olarak kullanılabilirliği", **1. Ulusal Kırmataş Sempozyumu' 96**, İstanbul, 330, (1996)
34. Dalgıç, S., Gözübol, A. Malik., Hasdemir,S., "Otoyol inşaatında kırmataş ocağı seçim", **1. Ulusal Kırmataş Sempozyumu 1996**, İstanbul, 336-341-344, (1996)
35. Öztekin, E., "Betoncu gözüyle agrega", **Hazır Beton Birliği**, İstanbul, 30; 48, (1999)
36. Mehdi, M., Mindess, S., "Optimization of high strength limestone filler cement mortars", **Cement and Concrete Research**. 26; 892, (1996)
37. Akman, M. S., "Beton agregaları, fiziksel, petrografik ve kimyasal nitelikleri, Beton Semineri", 6-10 Şubat 1984, **Devlet Su İşleri yayını**, Ankara, 16, (1984)
38. Poitvein, P., "Limestone aggregate concrete, usefulness and durability", **Cement and Concrete-Composites**, 21; 89, (1999)
39. Murdock, L, J.,et al., **Concrete Materials and Practice**, London, 26, (1991)

40. Yeğınobalı, A., "Betonun İç Yapısı", **Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliğı Çimento ve Beton Araştırma-Geliştirme Enstitüsü Seminer Notları**, Ankara, 8-14, (1999)
41. Olofur, H. Wallevik., et al., "Effect of filler materials on the rheological properties of fresh concrete", **ACI Materials Journal**, September-October, 92; 524-528, (1995)
42. Çetin, A., Corrasquillo, R., "High-Performance Concrete; Influence Of Coarse Aggregates On Mechanical Properties", **ACI Materials Journal**, 95, May-June, 95; 252-260, (1998)
43. Yeğınobalı, A., "Katkılı beton", **Çimento ve Beton Dünyası**, Ankara, 30; (2001)
44. Balbaki, W., et al., "Influence of coarse aggregate on elastic properties of high-performance concrete", **ACI Materials Journal**, 88; 499-503, (1991)
45. Alexander, M.G., Milne, T.I., "Influence of cement blend and aggregate type on stress strain behavior and elastic Modulus of concrete", **ACI Materials Journal**, May – June, 227-235 (1995)
46. Tasong, W. A., Lynsdale, C.J., Crpp, C., "Aggregate-cement paste interface II: Influence of aggregate physical properties", **Cement and Concrete Research**, 28; 1453-1465, (1998)
47. Postacıoğlu, B., "Bağlayıcı maddeler, Agregalar, Beton", **Matbaa Teknisyenleri Basımevi**, Cilt II, İstanbul, 208-209, 1987
48. Ahmed ,E., and Ahmed, A., El- Kourd., "Properties of concrete incorporating natural and crushed stone very fine sand", **ACI Materials Journal Technical**, 417-424, (1989)
49. Eren, S., "Doğal ve kırma taş agreganın beton davranışı üzerine fiziksel ve ekonomik yönden etkileri". Yüksek Lisans Tezi, **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, 1, (1998)
50. Ke-Ru, Wu., et al., "Repture probability of coarse aggregate on fracture Surface of concrete", **Cement and Concrete Research**, 29; 1983-1987, (1999)
51. Özdemir, Ö., "Doğal şekillenmiş ve kırmataş agrega kullanımının betonun basınç ve çekme dayanımı üzerindeki etkileri", **T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı**, Ankara, 885; 1,2, (1999)

52. Uğurlu, A., "Beton agregaları", **Devlet Su İşleri Kalite Kontrol Teknik Semineri**, Fethiye, 21-22, (1993)
53. Giaccio, G., et al., "High-Strength Concretes Incorporating Different Coarse Aggregates", **ACI Materials Journal**, May-June,89; 242-247, (1992)
54. Şensarı, İ., Çelen, A., Sezen, F., Topçu, İ.B., "Eskişehir bölgesi agregalarının hazır beton kalitelerine etkisi", **3. Ulusal Beton Kongresi**, İstanbul, 126, (1994)
55. Johansen, K., Loanke, B., and Smeplass, S., "Crushed sand as a complementary aggregate", **xl'th European Ready Mixed Concrete Congress**, İstanbul, 128 -137, (1995)
56. Şimşek, O., "Yapı malzemesi-2", **Ankara Üniversitesi Basımevi**, Ankara, 51, (2000)
57. Ayhan, A., "Maden Jeolojisi Arama ve Etüd Teknikleri", **S.Ü. Mimarlık - Mühendislik Fakültesi**, II. Baskı, Konya, 233-255, (1991)
58. TS.699, "Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1987)
59. TS.6809, "Mohs Sertlik Cetveline Göre Sertlik Tayini", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1989)
60. Şentürk, A.,Gündüz.L.,Tosun .Y.İ.,ve Sarıışık. A., **Mermer Teknolojisi**, Isparta, 55, (1996)
61. BS 1881 : Part 202, "Recommendations for surface hardness testing by rebound hammer", **British Standards Institution**, London, 6, (1986)
62. Ceylanoğlu, A., "Kaya mekaniği labaratuvar deneyleri", **T.C. Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları**, Sivas,24; 60, (1996)
63. Zaleskii, B., V., "Physical and mechanical properties of rocks", **Academy of Sciences of The USSR, Institute Geology of Ore Deposits, Petrography, Minerology and Geochemistry**, Jerusalem, 152, (1967)
64. ISRM, "Suggested methods for determining hardness and abbrasiveness of rocks", **International Journal Rock Mechanic Mining Science and Geomechanics**, Portugal,2; 89-98, (1978)
65. TS.707, "Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1980)

66. TS.3530, "Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm-1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini – Eleme Metodu", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1999)
67. TS.706, "Beton Agregaları", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1980)
68. TS.3526, "Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1980)
69. TS.3529, "Beton Agregalarının Birim Ağırlıkları Tayini", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1980)
70. TS.3655, "Beton Agregalarında Dona Dayanıklılık Tayini", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1981)
71. TS.3694, "Beton Agregalarında Aşınmaya Dayanıklılık Tayini Metodu", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1981)
72. TS.3674, "Beton Agregalarında Sülfat Miktarı Tayini Metodu", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1981)
73. TS.3732, "Beton Agregalarında Klorür Miktarı Tayini", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1982)
74. TS.3814, "Beton Agregalarında Tane Şekli Sınıfı Tayini Deney Metodu", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1983)
75. TS.2517, "Alkali Agregası Reaktivitesinin Kimyasal Yolla Tayini", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1977)
76. TS.802, "Beton Karışım Hesap Esasları", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1985)
77. TS.2940, "Taze Betondan Numune Alma Metodları", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1999)
78. TS.3068, "Beton Deneyleri – Deney Numuneleri", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1999)
79. TS.2871, "Taze Betonda Kıvam Deneyi" (Çökme Hunisi Metoduyla), **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1977)
80. TS.2941, "Taze Betonda Birim Ağırlık Verim ve Hava Miktarının Ağırlık Yöntemi ile Tayini", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1978)
81. TS.2901, "Taze Betonda Hava Miktarının Basınç Metodu ile Tayini", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1977)

82. TS.3624, "Sertleşmiş Betonda Özgöl Ağırlık Su Emme ve Boşluk Oranı Tayini Metodu", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1981)
83. TS.3129, "Beton Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımı Tayini", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1997)
84. TS.3114, "Beton Deney Numunelerinin Basınç Dayanımı Tayini", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1998)
85. TS.3502, "Betonda Statik Elastisite Modülü ve Poisson Oranı Tayini", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1981)
86. Neter, J., et al., "Applied Statistics, 3th edition", **Allyn and Bacon Inc.**, London, (1988)
87. Norusis, M., J., "SPSS for Windows Base System Users Guide Release 6.0", **SPSS Inc.**, Chicago, (1993)
88. Taşkın, C., "Maden Tetkik Arama Yayınları Yayınlanmamış Etüt Raporları", **MTA**, 90, Ankara.
89. Aydın, N., Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, nihalaydin@mta.gov.tr (12.07.2002)
90. TS.2513, "Doğal Yapı Taşları", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1977)
91. Akman, M. Süheyl., "Yapı malzemeleri", **İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi** II. Baskı, İstanbul, 90-110, (1990)
92. TS.500, "Betonarme Yapıların Tasarımı ve Yapım Kuralları", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (2000)
93. TS.11222. "Beton – Hazır Beton – Sınıflandırma, Özellikler, Performans, Üretim ve Uygulama Kriterleri", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (2001)
94. TS. 5893. "Beton – Basınç Dayanımına Göre Sınıflandırma", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1999)

ÖZGEÇMİŞ

17 Aralık 1964 yılında Ankara ilinin Keçiören ilçesinde doğdu. İlköğrenimini Ankara Yenimahalle Hazar İlkokulunda, Orta Öğrenimini Ankara Yenimahalle Yeşilevler orta okulunda, Lise Öğrenimini Ankara Yapı Meslek Lisesi Yapı Bölümünde tamamladı. 1988 yılında G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi bölümünden mezun oldu. 1994 yılında ise G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Bölümünde Yüksek Lisansını tamamladı. 1989 yılında G.Ü. Kırşehir Meslek Yüksek Okulu Teknik Programlar Bölümünde Öğretim Görevlisi olarak göreve başladı. Halen aynı bölümde Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır.

