

TC  
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MALATYA GÜNEYİ'NDEKİ  
PERMO- KARBONİFER YAŞLI KİREÇTAŞLARININ  
MICIR OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

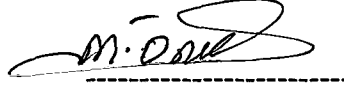
ÇİĞDEM DAĞDEVİREN

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MALATYA  
NİSAN-2005

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne;

Bu çalışma jürimiz tarafından Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



(İmza)

Doç. Dr. Mehmet ÖNAL

Başkan



(İmza)

Doç. Dr. Ahmet ŞAŞMAZ

Üye

Yrd. Doç. Dr. Hikmet Sis

(İmza)

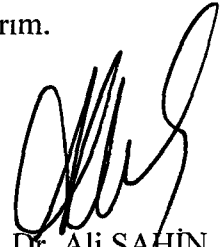


Üye

ONAY

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

3.6.2005



Prof. Dr. Ali ŞAHİN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### MALATYA GÜNEYİ'NDEKİ PERMO- KARBONİFER YAŞLI KİREÇTAŞLARININ MICIR OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Çiğdem DAĞDEVİREN

İnönü Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

95 + X Sayfa

2005

Danışman: Doç. Dr. Mehmet ÖNAL

Bu çalışmada Malatya güneyinde bulunan Permo- Karbonifer yaşlı Koltik Kireçtaşı'nın fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Daha önce yapılan jeolojik harita ve genelleştirilmiş istif gözetilerek stratotip yerler belirlenmiş, seri ve nokta örnekler derlenmiştir. Derlenen örneklerin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri saptanmış, bu özellikler mıcır için kullanılan TSE, KGM, Demiryolu Balast Şartnamesi, BS ve ASTM standartlarına göre yorumlanmıştır.

Çalışılan mıcırların; tane boyu dağılımları, birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, su emme, yıkanabilir malzeme miktarı, filler, aşınma dayanımı ve don dayanımı özellikleri ilgili standartlara göre yorumlandığında, kullanım yeri bakımından genelde standartlara uygun sınırlar içinde yer alırlar. Yapılan XRD analizinde Koltik Kireçtaşı'nın kalsit bileşimli olduğu gözlenmiştir. Kireçtaşı % 97,82 CaCO<sub>3</sub> ve % 0,896 MgCO<sub>3</sub> içermektedir. Mıcır üretimi için kireçtaşı büyük bir jeolojik rezerve sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Mıcır, Permo- Karbonifer, Koltik Kireçtaşı, Malatya Güneyi

## ABSTRACT

MSc. Thesis

### INVESTIGATION ON THE UTILIZATION OF PERMO-CARBONIFEROUS AGE LIMESTONES IN SOUTHERN PART OF MALATYA AS AGGREGATE

Çiğdem DAĞDEVİREN

İnönü University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

95 + X Pages

2005

Supervisor: Assos. Prof. Dr. Mehmet ÖNAL

The aim of this study is to determine physical, chemical and mechanical features of Permo- Carboniferous in age Koltik Limestone in located southern of the Malatya.

As using basal geological maps and stratigraphic sections done more before, stratotip locations were determined, seriates and pointing samples were obtained. Physical, chemical and mechanical features of the obtained samples were determined. According to TSE, General Directorate of Highway- Turkey, Technical Specification of Ballast, BS and ASTM standarts which were used as widespread for the aggregate, these features were interpreted.

According to interested standarts, sieve analysis, unit weigth, specific gravity, water absorption, materials finer than 75µm sieve in mineral aggregate by washing, density of filler, abrasion resistance and soundness are generally suitable for aggregate industries as their usage. By direct recording X- Ray Diffractometer ( XRD ) analysis Koltik Limestone consists mainly of calcite mineral. It has mean values  $\text{CaCO}_3$  97,82 % and  $\text{MgCO}_3$  0,896 %. Koltik Limestone has great geological reserve for aggregate industry.

Key Words: Aggregate, Permo- Carboniferous, Koltik Limestone, Southern of Malatya

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmasının konusunu belirleyen ve çalışmanın her aşamasında bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mehmet ÖNAL'a;

Çalışmayı maddi açıdan destekleyen İnönü Üniversitesi Araştırma Fonu'na;

Çalışmam süresince olumlu yaklaşımları, anlayış ve destekleri için başta Maden Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Musa SARIKAYA olmak üzere, tüm bölüm hocalarıma;

Tez çalışması kapsamındaki mıcır deneylerinin yapılması ve sonrasında sonuçların yorumlanması aşamasındaki katkılarından dolayı Fırat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden Yrd. Doç. Dr. Ragıp İNCE'ye, Yapı Malzemeleri Laboratuvarı Çalışanları'na ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden Prof. Dr. Ahmet SAĞIROĞLU'na;

İnönü Üniversitesi Fen- Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü X- Ray Laboratuvarı Çalışanları'na;

T.Ç.M.B. Ar- Ge Laboratuvarı ( Ankara ) Çalışanları'na;

Karot örneklerinin analizlerinin yapılması ve sonuçlarının yorumlanmasındaki katkılarından dolayı İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Murat KARAKUŞ'a;

Her türlü yardım ve destekleri için sevgili arkadaşlarım İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi öğretim üyesi Arş. Gör. Didem EREN SARICI'ya ve Öğr. Gör. Aydan AKSOĞAN KORKMAZ'a;

Yüksek Lisans Tezim süresince, beni evlerinde misafir eden ve bana ailemi aratmayan amcam Nurettin DAĞDEVİREN ve ailesine;

Tüm hayatım boyunca yanımda oldukları gibi, bu çalışmamda da beni yalnız bırakmayan, benden destek ve sabırlarını esirgemeyen AİLEM'e ve özellikle kardeşim ALPER'e;

teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VI
FOTOĞRAFLAR LİSTESİ.....	VII
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	X
1.GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	3
2.1. Çalışma Sahasının Jeolojik Konumu.....	3
2.1.1. Startigrafi .....	3
2.1.1.1. Koltik Kireçtaşı .....	3
2.2. Mıdır .....	6
2.3. Mıdırların Sınıflandırması.....	6
2.3.1. Mıdırların çıkarıldıkları yere göre sınıflandırılması.....	7
2.3.1. Mıdırların özgül ağırlıklarına göre sınıflandırılması.....	8
2.3.1. Mıdırların elde edilişlerine göre sınıflandırılması.....	9
2.3.1. Mıdırların tane şekline göre sınıflandırılması.....	9
2.3.1. Mıdırların üretimlerine göre sınıflandırılması.....	10
2.3.1. Mıdırların boyutlarına göre sınıflandırılması.....	11
2.3.1. Mıdırların yüzey dokularına göre sınıflandırılması.....	11
2.4. Mıdırların Kullanım Alanları.....	12
2.5. Mıdırın Olarak Kullanılan Kayaç ve Mineraller.....	18
2.5.1. Mıdır kullanımında zararlı mineraller ve negatif etkileri.....	19
2.6. Mıdırların Teknolojik Özellikleri.....	21
2.6.1. Mıdırların fiziksel özellikleri.....	21
2.6.2. Mıdırların mekanik özellikleri.....	32
2.6.3. Mıdırların kimyasal özellikleri.....	37
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	38
3.1. Arazi Çalışma Yöntemleri.....	38
3.2. Deneysel Çalışmalar .....	38

3.2.1. Deneyler için örneklerin hazırlanması.....	38
3.2.2. Mıcırların fiziksel özelliklerini belirleyen deneyler.....	39
3.2.3. Mıcırların mekanik özelliklerini belirleyen deneyler.....	47
3.2.4. Mıcırların kimyasal özelliklerini belirleyen deneyler.....	50
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	51
4.1. Arazi Çalışma Bulguları.....	51
4.1.1. Çatlak sistemleri.....	51
4.1.2. Katman kalınlıkları.....	51
4.2. Deneysel Çalışma Bulguları .....	51
4.2.2. Çalışılan kireçtaşı mıcırlarının fiziksel özellikleri.....	51
4.2.3. Çalışılan kireçtaşı mıcırlarının mekanik özellikleri.....	79
4.2.4. Çalışılan kireçtaşı mıcırlarının kimyasal özellikleri.....	82
4.3. Tanıtım Kartları.....	84
4.4.Çalışılan Mıcırların Kullanım Alanları.....	86
4.4.1. Karayolu yapımında mıcır kullanımı.....	86
4.4.1. Beton üretiminde mıcır kullanımı.....	87
4.4.1. Demiryolu balastı olarak mıcır kullanımı.....	87
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	88
5.1. Sonuçlar.....	88
5.2. Öneriler.....	90
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	95

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Çalışma alanının basitleştirilmiş jeoloji haritası.....	4
Şekil 2.2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.....	5
Şekil 2.3. Mıcırın üç boyutlu şekil sınıflandırması .....	9
Şekil 2.4. Beton kaplama tabakaları.....	15
Şekil 2.5. Esnek kaplama tabakaları.....	15
Şekil 2.6. İnce ve iri mıcır karışımları için sıkıştırılmış mıcırın birim hacim ağırlık değişimi.....	26
Şekil 2.7. Mıcırın nem durumu.....	28
Şekil 4.1. Referans tane boyu dağılım eğrisi ( $d_{max} = 8 \text{ mm}$ ).....	53
Şekil 4.2. Referans tane boyu dağılım eğrisi ( $d_{max} = 16 \text{ mm}$ ).....	54
Şekil 4.3. Referans tane boyu dağılım eğrisi ( $d_{max} = 32 \text{ mm}$ ).....	55
Şekil 4.4. Referans tane boyu dağılım eğrisi ( $d_{max} = 63 \text{ mm}$ ).....	56
Şekil 4.5. Alttemel tabakası referans tane boyu dağılım eğrisi .....	59
Şekil 4.6. Mekanik stabilizasyon temel A referans tane boyu dağılım eğrisi .....	60
Şekil 4.7. Mekanik stabilizasyon temel B referans tane boyu dağılım eğrisi .....	61
Şekil 4.8. Mekanik stabilizasyon temel C referans tane boyu dağılım eğrisi .....	62
Şekil 4.9. Mekanik stabilizasyon temel D referans tane boyu dağılım eğrisi .....	63
Şekil 4.10. Plent-mix temel tip I referans tane boyu dağılım eğrisi .....	64
Şekil 4.11. Plent-mix temel tip II referans tane boyu dağılım eğrisi .....	65
Şekil 4.12. Çimento stabilizasyon temel referans tane boyu dağılım eğrisi .....	66
Şekil 4.13. Bitümlü temel tabakası tip A referans tane boyu dağılım eğrisi .....	67
Şekil 4.14. Bitümlü temel tabakası tip B referans tane boyu dağılım eğrisi .....	68
Şekil 4.15. Binder tabakası tip I referans tane boyu dağılım eğrisi .....	69
Şekil 4.16. Binder tabakası tip II referans tane boyu dağılım eğrisi .....	70
Şekil 4.17. Binder tabakası tip III referans tane boyu dağılım eğrisi .....	71
Şekil 4.18. Aşınma tabakası tip I referans tane boyu dağılım eğrisi .....	72
Şekil 4.19. Aşınma tabakası tip II referans tane boyu dağılım eğrisi .....	73
Şekil 4.20. Aşınma tabakası tip III referans tane boyu dağılım eğrisi .....	74
Şekil 4.21. Aşınma tabakası tip VI referans tane boyu dağılım eğrisi .....	75
Şekil 4.22. Koltik kireçtaşının X-Ray Difraktogramı.....	83



## FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

- Foto.1: Çalışılan Koltik Kireçtaşı'ndan elde edilen orijinal karot örnekleri.....80
- Foto.2: Çalışılan Koltik Kireçtaşı karotlarının tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonrası görünümü.....81



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Mıcırın yüzey dokularına göre sınıflandırması.....	12
Çizelge 2.2. 1993 – 1999 yılları Türkiye çimento tüketimine bağlı mıcır tüketim miktarları.....	13
Çizelge 2.3. Asfaltlanma işlerinde kullanılan çakıl ve mıcır malzemesinin toplam miktarı.....	14
Çizelge 2.4. VII. Plan döneminde hedeflenen ve gerçekleşen mıcır üretimleri.....	17
Çizelge 2.5. Çimento ve mıcır sektörleri üretim hedefleri ve satış gelirleri .....	17
Çizelge 2.6. Kayaç cinsleri ve mıcırları oluşturan mineraller .....	19
Çizelge 2.7. Beton mıcırlarında zararlı bileşenlerin sınır değerleri .....	20
Çizelge 2.8. Tane boyutunun en büyük değeri .....	22
Çizelge 2.9. En büyük tane boyutuna bağlı olarak, beton üretiminde kullanılacak mıcırlar için tane boyu dağılımı sınır değerleri.....	23
Çizelge 2.10. Alttemel ve temel tabakası tane boyu dağılımı sınır değerleri.....	24
Çizelge 2.11. Bitümlü temel, binder ve aşınma tabakaları tane boyu dağılımı sınır değerleri .....	24
Çizelge 2.12. Doğal mıcırların ortalama birim hacim ağırlıkları.....	27
Çizelge 2.13. Değişik türdeki kayaçların su emme kapasiteleri .....	29
Çizelge 2.14. Bitümlü sıcak karışım tabakaları için su emme oranı sınır değerleri.....	29
Çizelge 2.15. Kayaçların porozite değerlerine göre sınıflandırılması .....	31
Çizelge 2.16. Alttemel ve temel tabakaları için filler sınır değerleri .....	32
Çizelge 2.17. Alttemel ve temel tabakaları için Los- Angeles aşınma kaybı sınır değerleri.....	33
Çizelge 2.18. Bitümlü sıcak karışım tabakalarında kullanılacak iri mıcır için Los- Angeles aşınma kaybı sınır değerleri .....	34
Çizelge 2.19. TS 706 ve ASTM C33'e göre mıcırların maksimum don kaybı değerleri.....	35
Çizelge 2.20. Alttemel ve temel tabakaları için Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ile don kaybı sınır değerleri...35	
Çizelge 2.21. Bitümlü sıcak karışım tabakalarında kullanılacak iri mıcırlar için don kaybı değerleri .....	36
Çizelge 2.22. Deer 1969'a göre kayaçların tek eksenli basınç dayanımı sınıflandırması .....	37
Çizelge 4.23. Elek analizi deney sonuçları.....	52

Çizelge 4.24. Karot örneklerinin birim hacim ağırlık deneyi sonuçları.....	76
Çizelge 4.25. Karot örneklerinin kütlece ve hacimce su emme değerleri.....	77
Çizelge 4.26. Karot örneklerinin porozite değerleri.....	78
Çizelge 4.27. Karot örneklerinin tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları.....	81
Çizelge 4.28. Yaş kimya analiz sonuçları.....	82
Çizelge 4.29. Çalışılan micirlerin beton üretimi ile ilgili deneyleri ve standart değerler ile karşılaştırılması.....	84
Çizelge 4.30. Çalışılan micirlerin alttemel ve temel tabakaları ile ilgili don kaybı ve aşınma oranı deney sonuçları ve ilgili standart değerler ile karşılaştırılması.....	85
Çizelge 4.31. Çalışılan micirlerin kaplama tabakaları ile ilgili don kaybı, aşınma oranı ve su emme deney sonuçları ve ilgili standart değerler ile karşılaştırılması.....	85
Çizelge 4.32. Çalışılan micirlerin demiryolu balastı ile ilgili irilik- ufaklık yüzdesi, aşınma dayanımı, su emme ve don kaybı deneyleri ve ilgili standart değerler ile karşılaştırılması.....	86
Çizelge 5.1. Çalışılan micirlerin tane boyu dağılımları deney sonuçlarının beton üretiminde kullanımları için referans eğrilerde yer alan standart bölgeler ile ilişkisi.....	88
Çizelge 5.2. Çalışılan micirlerin tane boyu dağılımları deney sonuçlarının karayolu yapımında kullanımları için tane boyu dağılım eğrilerinde yer alan standart bölgeler ile ilişkisi.....	89

## SİMGELER VE KISALTMALAR

ASTM	The American Standarts for Testing Materials
BS	British Standarts
cm	Santimetre
cm <sup>2</sup>	Santimetrekaire
cm <sup>3</sup>	Santimetrekuip
°C	Santigrad derece
DSİ	Devlet Su İşleri
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
gr	Gram
ISRM	International Society for Rock Mechanics
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
kN	Kilonewton
km	Kilometre
kPa	Kilo Paskal
m	Metre
m <sup>2</sup>	Metrekare
m <sup>3</sup>	Metreküp
ml	Mililitre
mm	Milimetre
MPa	Mega Paskal
sn	Saniye
TCDD	Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demir Yolları
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
XRD	X- Ray Diffractometer
µm	Mikrometre

## 1- GİRİŞ

Mıcır; mineral kökenli, genellikle 100 mm'ye kadar çeşitli boyutlarda tanelerden oluşan, beton yapımında çimento ve su karışımından bağlayıcı madde yardımıyla bir araya getirilen, organik olmayan, çakıl, kırmataş gibi çoğunlukla doğal kaynaklı malzemeler olarak tanımlanmaktadır [ 1 ].

Malaya güneyinde bulunan Koltik Kireçtaşı'nın İnönü Üniversitesi taşocağı, Polis Atış Poligonu taşocağı ve Tavşantepe Mıcır Ocağı dolayındaki mostraları prototip yerler olarak seçilmiştir. Bu ocaklardan blok ve kırmataş örnekleri derlenmiştir. Tavşantepe Mıcır Ocağı'ndan alınan; 0- 5, 14- 22, 15-25, 0- 25, 5- 15 ve 0- 50 aralığındaki 6 tip örnekten 5'er kg ve her kısımdan 5'er örnek derlenmiştir. Ayrıca derlenen blok örneklerden 10 adet karot örneği alınmış ve bu karotlar üzerinde tek eksenli basınç dayanımı, birim hacim ağırlık, su emme ve porozite deneyleri yapılmıştır.

Mıcır genel olarak beton üretiminde, karayolu yapımında ve demiryolu balastı olarak kullanılmaktadır. Bunların dışında dolgu malzemesi, park ve bahçe dizaynı gibi çeşitli alanlarda da kullanımları mevcuttur.

Mıcırların endüstriyel hammadde olarak kullanılması için fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin bilinmesi ve bunların standartlara göre değerlendirilmesi gerekir. Genel olarak bu özellikleri; tane boyu dağılımı, birim hacim ağırlığı, özgül ağırlığı, su emme özelliği, yıkanabilir malzeme miktarı ve taşunu ( filler ) tane yoğunluğu gibi fiziksel; aşınma dayanımı ve don dayanımı gibi mekanik ve kimyasal bileşim gibi kimyasal özelliklerdir.

Ülkemizdeki üniversitelerde son yıllarda mıcırlarla ilgili projeler, yüksek lisans çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmalara örnek olarak; Değişik Kökenli Agregaların Beton Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi [ 1 ], Elazığ Yöresindeki Agreg ve Çimento Malzemesi İle Üretilen Betonlarda Mevcut Katkı Malzemelerinin Uygunluğunun Araştırılması [ 2 ], İstanbul'daki Kireçtaşlarının Agreg Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi [ 3 ] ve Mermer Toz Atıklarının Asfalt Betonunda Filler Malzemesi Olarak Kullanılmasının Araştırılması [ 4 ] verilebilir.

Yurtdışında da konuyla ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bu konuda yayınlanmış seçilmiş çalışmalara örnek olarak; Concrete [ 5 ], Reinforced Balast Behaviour Subjected to Repeated Load [ 6 ], Index of Aggregate Particle Shape and Texture of

Coarse Aggregate as Parameter for Concrete Mix Proportioning [ 7 ] ve Surface Mining [ 8 ] verilebilir.

Bu çalışmanın amacı; Yüksek Lisans Tez çalışması kapsamında Permo-Karbonifer yaşlı Koltik kireçtaşının mıcır olarak kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır.



## 2- KURAMSAL TEMELLER

### 2.1. Çalışma Sahasının Jeolojik Konumu

Çalışma alanı Malatya güneyinde yer alan Yeşilyurt ( Tavşan Tepe ), İnönü Üniversitesi ve Polis Atış Poligonu taşocaklarını içerir.

#### 2.1.1. Stratigrafi

Çalışma alanının basitleştirilmiş jeolojik haritası Şekil 2.1'de [ 9, 10, 11 ] ve genelleştirilmiş stratigrafik istifi Şekil 2.2'de verilmiştir [ 12 ].

Çalışma alanını Permo- Karbonifer yaşlı Malatya Metamorfizmaları'nın Koltik Kireçtaşı oluşturur.

##### 2.1.1.1. Koltik Kireçtaşı ( Permo- Karbonifer )

Birim, Gözübol ve Önal [ 13 ] tarafından; koyu renkli, sert, kalsit damarlı kireçtaşları olarak tanımlanmıştır. Koltik Köyü'nde tipik kesiti görüldüğünden birime bu isim verilmiştir.

Koltik Kireçtaşı; başta Pınarbaşı'nın kuzeyi, Kerlebek Tepe tünel güzergahının kuzey yarısı olmak üzere, harita alanında yaygın mostra vermektedir [ 13 ].

Gözübol ve Önal [ 13 ] birimin litolojisini şu şekilde tanımlamışlardır:

Gri, siyahımsı gri, sert- çok sert, orta - kalın katmanlı, yer yer masif görümlü, bol çatlaklı, kalsit damarlı, yer yer laminalı ve az çörtlüdür. Fazla kristalize olup kapsadığı fosiller tanınmayacak kadar kristallenmiştir. Ezik zonlarda beyaz renk dikkat çekicidir ve tektonik hatların tanınmasında kolaylık sağlar. Seyrek dolomitleşme görülür.

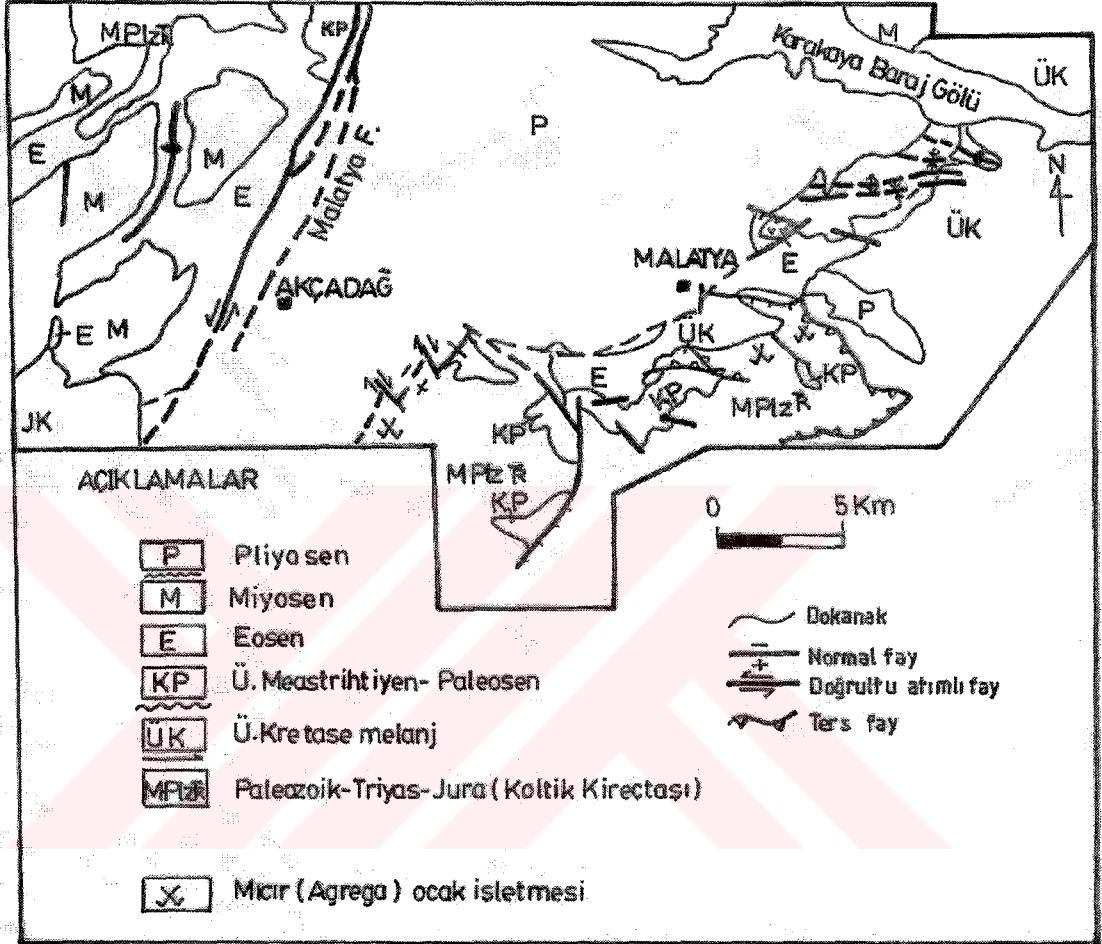
Çalışılan birimden alınan örneklerden yaptırılan ince kesitlerde birim yaklaşık olarak; % 80 ikincil sparit ( kalsit minerali ), % 10 mikrit, % 5 bitüm ve % 5 çatlak dolgulu ikincil minerallerden oluşmaktadır.

Bu verilere göre Koltik Kireçtaşı bitümlü mikritik rekristalize kireçtaşından (mermer ) yapılıdır.

Koltik Kireçtaşı'nın alt dokanağı, Pınarbaşı Formasyonu ile uyumlu, yer yer de tektonik ilişkilidir. Üst dokanağı bazı yerlerde Düzağaç Formasyonu ile geçişli,

genellikle de diğer birimlerle tektonik dokanaklıdır [ 13 ]. Çalışma alanında, Koltik Kireçtaşı Yüksekova karmaşığı ile tektonik dokanaklı, üstleyen birimlerle diskordanslıdır.

Birimin kalınlığı, arazi gözlemleri ve enine kesitlere göre, yaklaşık 300 m.'dir. Tektonik dokanaklı bulunduğu bazı kesimlerde kısmi kalınlık sunar.



Şekil 2.1. Çalışma alanının basitleştirilmiş jeolojik haritası [9, 10, 11]



YAŞ				AÇIKLAMALAR											
Formasyon	Simge														
Paleo Karbonifer, Triyas, Jura															
Üst Kretease	Kırtık Kct	Miptzt	Kphtk	Kphtk	Dolomitik mermer ve mermer										
						Üst Kretease	Medik	Km	Km	Kumtaşı ve çamurtaşı arakatmalı çakıltısı					
											Üst Kretease	Tohma Kct	Kt	Kt	Resifal kireçtaşı
Orta-Üst Eosen	Suludere	Ts	Ts	Resifal kireçtaşı Taban çakıltısı											
Miyosen	Beylerd. Kct	Tg	Tg	Tg	Nummülitli kireçtaşı										
						Üst Miyosen	Tb	Tb	Çamurtaşı ve kumtaşı arakatmalı çakıltısı						
										Pli.			Az tutturulmuş çakıltısı, kumtaşı ve çamurtaşı		
Üst Kretease	Ky				Magmatik karmaşığı										
					Bindirme										

Şekil 2.2. Çalışma alanının geliştirilmiş stratigrafik kolon kesiti [ 12 ]

## 2.2. Mıcır

Mıcırlar; mineral kökenli, genellikle 100 mm'ye kadar çeşitli boyutlarda tanelerden oluşan, beton yapımında çimento ve su karışımından bağlayıcı madde yardımıyla bir araya getirilen, organik olmayan, çakıl, kırmataş gibi çoğunlukla doğal kaynaklı malzemeler olarak tanımlanmaktadır [ 1 ]. Mıcırlar doğada doğal olarak buldukları gibi, iri kaya bloklarının konkasörlerle kırılmasıyla da elde edilebilirler. Mıcır terimi orijinal olarak kırılmış kayalar için kullanılır. Bu kırılmış malzemenin irisine kırmataş, incesine de kırma kum denir. Günümüzde; kırılmamış malzemeler (çakıl, kum vb) de mıcır olarak değerlendirilmektedir [ 14 ].

Mıcır başta çimento fabrikasının ana hammaddesi olarak kullanılmakta, ayrıca kırma- eleme işlemlerinden sonra değişik tane boyutlarına ayrılarak, özellikle inşaat sektörünün ve değişik sektörlerin kullanımına sunulmaktadır. Mıcır başlıca; hazır beton, asfalt, dolgu, balast, dış sıva, yol yapımı gibi işlerde ana girdi olarak kullanılmaktadır [15].

## 2.3. Mıcırların Sınıflandırması

Mıcırlar birçok özelliklerine göre yedi gruba ayrılırlar:

- 1- Mıcırların çıkarıldıkları yere göre sınıflandırması
- 2- Mıcırların özgül ağırlıklarına göre sınıflandırması
- 3- Mıcırların elde edilişlerine göre sınıflandırması
- 4- Mıcırların tane şekline göre sınıflandırması
- 5- Mıcırların üretimlerine göre sınıflandırması
- 6- Mıcırların boyutlarına göre sınıflandırması
- 7- Mıcırların yüzey dokularına göre sınıflandırması

### **2.3.1. Mıcırkların çıkarıldıkları yere göre sınıflandırılması**

#### **a) Dere mıcırkları**

Akarsu yatağında depolanan kum ve çakılları içerir. Bu tür yataklardan elde edilen mıcırklar; en çok rastlanan ve genellikle en çok arzu edilen kaynaklardır. Suyun akış gücü ile zayıf parçalar ortamdaki uzaklaşırken daha güçlü ve sağlam parçalar yerinde kalır. Taşınma sırasında meydana gelen aşınmalar nedeniyle taneler iyi veya kötü yuvarlaklık gösterirler. Çakıl boyu, dere boyunca uzun alanlarda dereceli olarak azalır.

Derelerden çıkartılan karışık mıcırkların yüzey nemleri kesinlikle hassas bir biçimde belirlenerek, beton üretimi için kullanılacak su miktarı ayarlanmalıdır [ 1 ].

Ticari ürünler kum ve çakılın uygun karışımlarının elde edilebildiği yerlerle ilgilidir. Birçok derenin kullanılabilir kısımları, nüfus yoğunluğunun yakınında, yatay olarak uzanan alanlardır [ 8 ].

Madencilik işlemleri genellikle basittir. Uygun mıcırın elde edimi için yıkama ve eleme yapılmaz. Sıkışabilirlikleri (kompasiteleri ) yüksek olduğundan beton dayanımına etkileri fazladır [ 16 ].

#### **b) Deniz mıcırkları**

Bu tür mıcırklar genellikle ince taneli malzemelerdir. Deniz mıcırklarının kullanımında midye, istiridye kabukları gibi istenmeyen kavkaların varlığı nedeniyle sorunlarla karşılaşılabilir. Bu tür malzemeler kopma ve ayrışmalara neden olduğu için, beton dayanımını düşüren malzemelerdir.

#### **c) Teras mıcırkları**

Dik ve yüksek yamaçlardan kayan ve kopan kaya parçalarının, alt kısımlarda birikmeleri ile meydana gelen yamaç molozlarıdır [16 ].

#### **d) Buzul mıcırları**

Bu tür malzemeler kuzey paralel dereceleri ile yüksek rakımlarda bulunurlar. Gerçek ve nehir buzul çökelleri olmak üzere ikiye ayrılırlar. Gerçek buzul çökelleri çok fazla tek örneklilik ( üniformalık ) gösterdiklerinden, beton üretimine elverişli değildirler. Nehir buzulu çökellerinden ise, genellikle uygun malzemeler elde edilebilir [16 ].

### **2.3.2. Mıcırın özgül ağırlıklarına göre sınıflandırılması**

#### **a) Hafif mıcır**

Özgül ağırlığı  $2.4 \text{ gr} / \text{cm}^3$ 'ten küçüktür ve hafif beton elde etmek için kullanılırlar. Hafif betonun yapı inşasında kullanılması ile; taşıyıcı elemanlara gelen yükler azaltılabilirken, ses ve ısı yalıtımı da sağlanabilir.

Hafif betonlar duvar bloklarında, çatı yapımında, beton kalıp ünitelerinde kullanılabilirler. Bu şekilde özellikle sismik zonlarda binalar yapılabilmektedir [ 17 ]. Hafif mıcır içinde en önemlisi sünger taşıdır. Bunun dışında; tuf, diatomit, yüksek fırın cürufu, genişletilmiş kil, perlit gibi örnekler verilebilir [ 16 ].

#### **b) Ağır mıcır**

Özgül ağırlığı  $2.8 \text{ gr} / \text{cm}^3$ 'ten büyüktür ve ağır beton elde etmek için kullanılırlar. Bu tür mıcırın kullanımı ile; düşük geçirimsizliğe sahip ve yüksek sıkışabilirlikte beton üretilir. Bu şekilde nükleer santral, su deposu veya röntgen odaları gibi yapılar inşa edilebilir [ 18 ].

Ağır mıcırlara örnek olarak; barit, hematit, magnetit ve limonit verilebilir.

#### **c) Normal mıcır**

Özgül ağırlığı  $2.4- 2.8 \text{ gr} / \text{cm}^3$  arasında değişen mıcırlardır. Bunlar beton üretiminde en çok kullanılan mıcırlardır.

### 2.3.3. Mıcır ların elde edilişlerine göre sınıflandırılmaları

#### a) Doğal mıcırlar

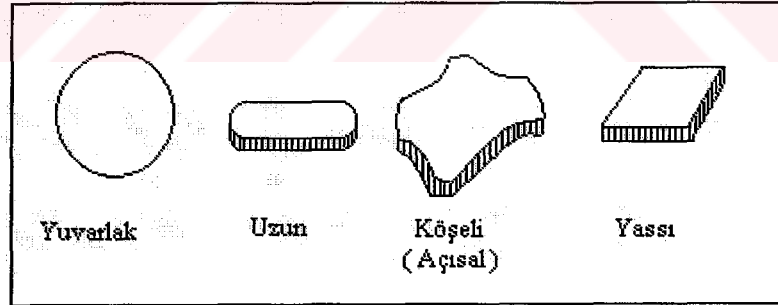
Doğadaki yapısında hiçbir değişiklik yapılmadan kullanılan mıcırlardır. Nehir yatakları, eski buzul yatakları, deniz kenarları veya taşocakları gibi yataklardan elde edilebilirler. Bunların üzerinde; gerektiğinde kırma, tane boylarına ayırma ( eleme ) ve yıkama işlemleri dışında, herhangi bir işlem uygulanmaz.

#### b) Yapay mıcırlar

Değişik endüstriyel işlemlerle elde edilen mıcırlardır. Bunlara örnek olarak cüruf ve klinker verilebilir.

### 2.3.4. Mıcırların tane şekline göre sınıflandırılması

Tane şekillerine göre mıcırlar; uzun, yassı, köşeli ve yuvarlak olarak sınıflandırılmaktadır. Şekil 2.3'de mıcır tanelerinin 3 boyutlu şekil sınıflandırması verilmiştir [ 19 ].



Şekil 2.3. Mıcırların üç boyutlu şekil sınıflandırması [19]

Mıcırların bu tür şekiller almaları; ana kayaç tipine, oluşum sırasında ve sonrasında maruz kaldığı güçlere, kırma ekipmanlarının türüne ve kırma şekline bağlı olarak gelişir [ 7 ].

Tırtıklı ve köşeli mıcırklar, yuvarlak ve düzgün yüzey yapısına sahip mıcırlara göre daha fazla boşluk içerirler. Bu nedenle betonun işlenebilirliği için daha fazla suya ihtiyaç duyarlar [ 7 ].

Yassı ve uzun taneler; sıcak asfalt karışımlarında inşaat süresince ve trafik altında kolayca kırılabilmesi nedeniyle istenmeyen malzemeler olarak düşünülmüştür [ 20 ].

### **2.3.5. Mıcırkların üretimlerine göre sınıflandırılmaları**

#### **a) Doğal mıcırklar**

Çeşitli kayaçların doğal yollarla parçalanması veya sürüklenmesiyle oluşan kum ve çakıl veya taşocaklarından çıkartılan kayaçların konkasörlerle kırılması ile elde edilen kırmataşlar doğal mıcırlardır.

#### **b) Yan ürün olarak üretilen mıcırklar**

Bu tür mıcırlara örnek olarak yüksek fırın cürufu verilebilir. Bunlar demir- çelik endüstrisinde atık madde olarak yüksek fırınlardan elde edilirler.

#### **c) Isıl işleme tabii tutulmuş mıcırklar**

Bu tür mıcırlara örnek olarak perlit, vermikülit, genleştirilmiş kil veya şist verilebilir.

Genleştirilmiş kil kullanılarak üretilen hafif betonların dayanımlarının yüksek olması nedeniyle yapı malzemesi olarak kullanılması mümkündür. Yine genleştirilmiş vermikülit ile taşıyıcı hafif betonlar üretilir. Perlit kullanılarak da; sadece detay malzemesi olarak kullanılan hafif betonlar yapılabilir [ 18 ].

### 2.3.6. Mıcırların boyutlarına göre sınıflandırılması

#### a) İnce mıcır ( kum )

TS 707'ye göre 4 mm'den küçük tane boyutuna sahip doğal kum, kırma kum veya bunların karışımından oluşan malzemeye ince mıcır denir [ 21 ].

Çok büyük kısmı 0,063 mm göz açıklıklı elekten geçen ve belirli özellikler kazandırmak amacıyla inşaat malzemelerine ilave edilen mıcırlara filler denir [ 22 ].

#### b) İri mıcır

TS 707'ye göre 4 mm'den büyük mıcırlara iri mıcır denir [ 21 ].

Doğal iri mıcırlar çakıl olarak isimlendirilebilir [ 18 ]. Bu tür mıcırlar tane boyutlarına göre üç kısımda incelenirler:

Çakıl → 4- 30 mm arası

İri çakıl → 32- 90 mm arası

Moellon > 90 mm

Kırmataş olarak üretilen mıcırlar ise yine tane boyuna bağlı olarak üç kısımda incelenir [ 16 ].

Kırmataş No I → 4 - 12 mm

Kırmataş No II → 12 - 24 mm

Kırmataş No III → 24 - 30 mm

Kırmataş No IV → 30 – 40 mm

#### c) Karışık ( tüvenan ) mıcır

Doğal mıcır ocağından doğrudan elde edilen, elenmemiş iri ve ince mıcır karışımıdır. Zorunlu kalmadıkça kullanılmamalıdır.

### 2.3.7. Mıcırların yüzey dokularına göre sınıflandırılması

Beton üretiminde; mıcırlar ile çimento hamuru arasında büyük bir yapışma (aderans ) dayanımının bulunması, betonun mekanik dayanımının yüksek bir değer almasını sağlar. Mıcır tanelerinin yüzey pürüzlülüğü, yapışma dayanımı konusunda

önemli etkiye sahiptir. Pürüzlülüğün büyük olması yani köşeli tanelerin çoğunlukta bulunması durumunda, çimento hamuru ile mıcır taneleri arasındaki temas yüzeyi artar. Mıcır tanelerinin yüzeyindeki girinti ve çıkıntılar çimento hamuru ile dolar ve pürüzsüz yüzeyli mıcırlara göre daha iyi bağlanırlar. Kırmataşların yapışma dayanımı doğal çakıllara göre daha iyidir [ 18 ].

Mıcırların yüzey dokularına göre sınıflandırılması Çizelge 2.1’de verilmiştir [18].

Çizelge 2.1. Mıcırların yüzey dokularına göre sınıflandırması [ 18 ]

Grup No	Yüzey Karakteri
1	Camsı
2	Düzgün
3	Taneli ( Granüler )
4	Pürüzlü
5	Kristalli
6	Çok boşluklu

#### 2.4. Mıcırların Kullanım Alanları

Mıcır; kum, çakıl ve kırılmış malzemeler için kullanılan endüstriyel bir terimdir ve inşaat uygulamalarında hacim, dayanım ve aşınma direnci sağlamak için kullanılırlar [ 23 ].

Beton ve yol yapım malzemesi için dolgu malzemesi olarak ( asfalt gibi ), demiryolu balastında ve su tutma gibi bir çok alanda kullanılırlar [ 14 ]. Taşıma sistemleri olarak bilinen demiryolları, kaldırım ve asfaltlar ( otoyol ve hava yolları ) destekleme yapı profilleri içindeki taneli malzemenin serilmesi ile yapılır. Bu yapıların uzun süreli yeterli performansı, taneli malzemenin tekrarlanan yüklere tepkisine bağlıdır [ 6 ].

1 m<sup>3</sup> betonda 0.3 ton çimento kullanılmakta ve toplam betonun ağırlıkça % 70-80’ni mıcırlar oluşturmaktadır [24 ].

Beton bileşenlerinin büyük bir çoğunluğunu mıcırlar oluşturmaktadır ve betonun dayanımı gibi özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle titiz bir çalışma



gerektirir. İyi bir betonda aranan dayanım, işlenebilirlik ve ekonomi de bu faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Betonun oluşturan mıcır, çimento ve su üç faktöre bağlı olarak değişmektedir:

<b><u>Beton elemanı</u></b>	<b><u>Mukavemet</u></b>	<b><u>İşlenebilirlik</u></b>	<b><u>Ekonomi</u></b>
Mıcır	Artar	Azalı	Artar
Çimento	Artar	Artar	Azalı
Su	Azalı	Artar	Azalı

Görüldüğü üzere mıcır, beton üretiminde önemli bir etkiye sahiptir. 1993- 1999 yılları arasında tüketilen çimento ve mıcır miktarlarının karşılaştırılması Çizelge 2.2’de verilmiştir [ 24 ]. Çizelge 2.2 incelendiğinde; çimento ve mıcır tüketiminin doğru orantılı olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.2. 1993 – 1999 yılları Türkiye çimento tüketimine bağlı mıcır tüketim miktarları [ 24 ].

<b>Yıllar</b>	<b>Çimento Tüketimi ( ton / yıl )</b>	<b>Mıcır Miktarı ( ton / yıl )</b>
1993	29 603 000	142 094 400
1994	26 697 000	128 145 600
1995	30 085 000	144 408 000
1996	32 087 000	154 017 600
1997	32 622 000	156 585 600
1998	34 177 000	164 049 600
1999	31 762 000	152 458 000

1999 yılında beton, dolgu ve asfalt işlerinde kullanılan toplam mıcır miktarı 180.000.000 ton olarak gerçekleşmiştir [ 24 ].

Türkiye’de asfaltlama yapan birimlerin başında; Karayolları Genel Müdürlüğü, Belediyeler, Devlet Demir Yolları, Köy Hizmetleri Teşkilatı, DSİ ve Devlet Hava Meydanları gelir. Karayolları; kırıntılı malzemenin % 90’ını temel malzemesi olarak yolun alt kısmında, % 10’unu mıcır olarak yol kaplaması amacıyla yüzeyde kullanmaktadır. [ 25 ].

Asfaltlama yapan bu birimlerin 1990-1995 yılları arasında kullandıkları toplam mıcır miktarı Çizelge 2.3’de verilmiştir.

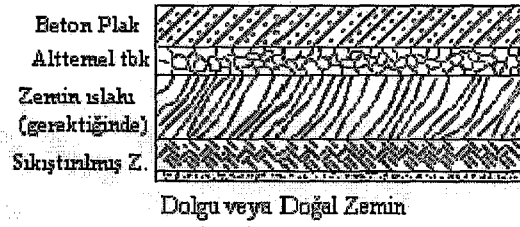
Çizelge 2.3. Asfaltlanma işlerinde kullanılan çakıl ve mıcır malzemesinin toplam miktarı ( x 1000 ton ) [ 25 ].

Yıllar	KGM		Belediyeler ( Mıcır )	TCDD Mıcır	Köy Hizmetleri ( Mıcır )	DSİ ( Mıcır )	Devlet Hava Meydanları ( Mıcır )	Toplam
	Temel Malzemesi	Mıcır						
1990	22.050	2.450	7.350	1.715	1.470	735	612	36.382
1991	22.500	2.500	7.500	1.750	1.500	750	625	37.125
1992	22.761	2.529	7.587	1.770	1.517	758	632	37.554
1993	26.667	2.963	8.889	2.074	1.777	888	740	43.998
1994	21.564	2.396	7.188	1.677	1.437	718	599	35.579
1995	18.477	2.053	6.159	1.437	1.231	615	513	30.485

Yol ve havaalanı kaplamaları üç şekilde yapılabilmektedir [ 19 ]:

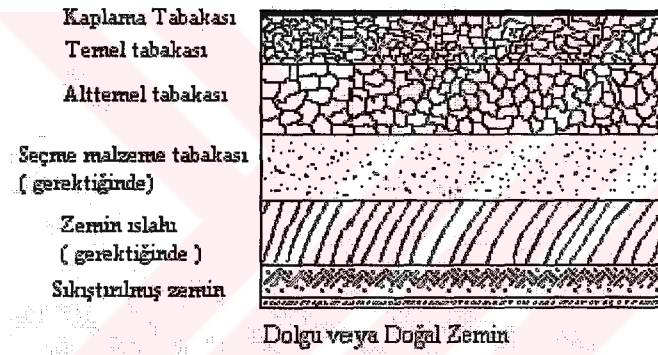
- Beton (Rijit ),
- Esnek ( Fleksible ),
- Karışık (Kompozit )

Beton kaplamalar, çok yüksek trafik hacmine ve ağır trafiğe sahip karayollarında ve hava yollarında taşıtlar için gerekli sürüş konforu ve sürüş emniyetini sağlamak için yapılan yüksek standartlı rijit üstyapılardır [ 19 ]. Beton kaplamaların ömürleri diğerlerine göre daha uzundur, ancak yapım maliyetleri daha fazladır. Şekil 2.4’de beton kaplama tabakaları görülmektedir [ 19 ].



Şekil 2.4. Beton kaplama tabakaları [ 19 ].

Esnek kaplamalar; çok tabakalı bir yapı olup alt tabakaları dren kabiliyeti yüksek tanelel malzemelerle, üst tabakaları ise yüksek dayanıklılık ve sürüş konforu sağlamak amacıyla bitümlü karışımlarla yapılmaktadır. Bitümlü karışımlarda kullanılan mıcırın, temel tabakalarında kullanılan mıcırlardan daha iyi özelliklere sahip olması istenir. Bitümlü tabakalar daha fazla gerilmeye maruz kalırlar ve trafik nedeniyle daha fazla aşındırma etkisiyle karşılaşılırlar. Şekil 2.5’de esnek kaplama tabakaları görülmektedir [ 19 ].



Şekil 2.5. Esnek kaplama tabakaları [ 19 ].

Esnek kaplamalar ülkemizde iki şekilde yapılmaktadır [ 19 ]. Bunlar;

- Düşük standartlı esnek kaplamalar,
- Yüksek standartlı esnek kaplamalardır.

Düşük standartlı esnek kaplama tipleri şu şekilde sınıflandırılmaktadır [ 19 ]:

- Yüzey Kaplamaları

- Tek Tabaka
- Çift Tabaka

- Makadam Temeller ( veya yollar )
  - Penetrasyon Makadam
  - Bitümlü Makadam
  - Suyla Kaynatılmış Makadam
  
- Koruyucu Satih Tabakaları
  - Bitümlü Koruyucu Sathi Kaplama ( Seal Coat )
  - Penetrasyon Makadam Satih Tabakası
  - Bitümlü Harçlar
    - Emülsiyon Harcı Kaplama
    - Bitümlü Satih Tabakaları
      - Bitümlü Kaplama
      - Bitümlü Makadam Satih Tabakası
      - Romiks Bitümlü Satih Tabakası
      - Plentmiks Soğuk Karışım Satih Tabakası
    - Bitümlü Düzeltme Tabakaları
      - Romiks Bitümlü Düzeltme Tabakası
      - Plentmiks Bitümlü Düzeltme Tabakası

Bu tür kaplamalar; stabilize( bağlayıcısız ) kaplamalar, makadam temeller, yüzey kaplamaları ve koruyucu yüzey tabakası olmak üzere en düşük kaliteden en yüksek kaliteye göre inşa edilirler [ 19 ].

Yüksek standartlı esnek kaplamalar ise üç kısma ayrılır:

- Alttemel
- Temel
  - Granüler
  - Plent- Miks
  - Çimento Bağlayıcılı Temel
- Kaplama
  - Bitümlü Temel
  - Binder
  - Aşınma

Karışık kaplamalar; zamanla bozulmuş beton kaplamaların üzerine sıcak bitümlü karışım takviye tabakası yapılarak veya bazen de bozulmuş esnek kaplamaların üzerine beton kaplamalar yapılarak elde edilir [ 19 ].

DPT'nin VII. beş yıllık kalkınma planında hedeflenen mıcır üretim miktarları, ortalama % 88 oranında gerçekleşmiştir. Çizelge 2.4'de 1993-1999 yılları arasında hedeflenen ve gerçekleştirilen mıcır üretimi, Çizelge 2.5'de ise çimento ve mıcır sektörleri üretim hedefleri ve satış gelirleri verilmiştir [ 24 ].

Çizelge 2.4. VII. Plan döneminde hedeflenen ve gerçekleşen mıcır üretimleri [ 24 ].

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Mıcır sektörü üretim hedefleri (1000 ton)	151.20	158.48	162.38	169.61	175.79	181.26	186.74
Mıcır sektörü gerçekleşen üretim (1000 ton)	142.09	128.15	144.41	154.02	156.59	164.05	152.46
Gerçekleşme oranı ( % )	94.0	80.9	88.9	90.8	89.1	90.5	81.6

Çizelge 2.5- Çimento ve mıcır sektörleri üretim hedefleri ve satış gelirleri ( ü.h.: üretim hedefi ) [ 24 ].

Üretim hedefleri	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Çimento sektörü ü.h. ( 1000 ton )	32.40	33.05	33.71	34.38	35.07	35.77
Beton mıcırlarına ait ü.h. (1000 ton)	155.52	158.63	161.80	165.04	168.34	171.71
Asfalt vb mıcırlara ait ü.h.	30.60	31.21	31.84	32.47	33.12	33.79
Toplam mıcır ( 1000 ton )	186.12	189.84	193.64	197.51	201.46	205.49
Satış gelirleri ( milyar TL )	279.18	284.76	290.46	296.27	302.19	308.24

Ülkemiz mıcır olarak kullanıma elverişli ve geniş rezervleri olan bir konumdadır. Mıcır rezervlerinin uzun süreli gereksinimi karşılayabilecek durumda olduğu bilinmektedir. Mıcır üretimi Türkiye'de ve dünyada % 90'ın üzerinde açık ocak işletmeciliği şeklinde yapılmaktadır. Bununla birlikte, tüketim alanından uzakta bulunan

rezervlerin nakliye maliyeti arttığı için kullanım konusunda çeşitli engeller oluşmaktadır. Nakliye problemi yanında arazi kullanım sınırlamaları ve çevre koruma sorunları nedeniyle bu rezervlerin kullanımı sınırlıdır.

## 2.5. Mıcır Olarak Kullanılan Kayaç ve Mineraller

Beton bileşiminin yaklaşık % 70- 80'ini mıcırlar oluşturmaktadır. Bu nedenle mıcır özellikleri, beton yapımında önemli rol oynamaktadır. Mıcırın türü, mineralojik bileşimi, dokusu gibi önemli jeolojik faktörler betonun dayanımında, aşınmasında, kimyasal etkilere karşı davranışında ve hacimsel deformasyonunda etkin rol oynar [ 6 ].

Mıcır olarak kullanılabilen kayaç cinsleri ve bunları oluşturan mineraller Çizelge 2.6'da verilmiştir [ 19 ].

Yerkabuğunu oluşturan kayaçlar; magmatik, sedimanter ve başkalaşım kayaçlar olmak üzere üç kısımdan oluşurlar.

Mıcır olarak kullanımları açısından magmatik kayaçlar incelenirse; dokuları ve ayrışma dereceleri önem kazanır. Kaba dokulu kayaçlar silindir altında kolayca ufalanırlar. Çok ince dokudaki kayaçlar ise kırıldıklarında kaba ve keskin köşeli parçalar oluştururlar. Tamamen ayrılmış durumdaki kayaçların kullanılması durumunda ise; çimento ve su ile reaksiyon sonucu istenmeyen sonuçlar ortaya çıkar [ 26 ].

Birçok magmatik kayaç normalde sert, dayanımlı ve yoğundur. Tüf ve gevşek akışkan kayaçlar; aşırı derecede gözenekli ve yüksek emme özelliği nedeniyle düşük dayanım gösterebilirler [ 8 ].

Sedimanter kayaçlar çoğunlukla mıcır olarak kullanıma uygundur. Hatta doğrudan mıcır ocaklarını da oluşturabilirler ( kum, çakıl ocakları gibi ) [ 26 ].

Başkalaşım sonucunda oluşmuş kayaçlar önemli mineralojik değişimlere uğrarlar. Asıl kayacın karakteristik özellikleri çoğu zaman kaybolur. Başkalaşım geçiren kayaçta mineraller iç içe geçmiş durumdadır. Yol inşaatında kullanılacak kayaçlar, termik başkalaşım sonucu daha iyi özelliklere sahip olurlar. Bazı hornfelsler bu bakımdan en iyi yol yapım mıcırları arasındadır. Basınç etkisiyle başkalaşmış kayaçlar ise daha az kullanılırlar. Basınç genelde ısıyla birlikte etkir ve sonuçta tabakalı yapıya sahip bölgesel başkalaşım kayaçlar oluşur. Bu tür kayaçlar silindir altında kolayca ezilir ve ufalanırlar [ 19 ].

Çizelge 2.6. Kayaç cinsleri ve mıcıruları oluşturan mineraller [ 19 ]

Mineraller	Mağmatik Kayaçlar	Sedimanter Kayaçlar	Başkalaşım Kayaçlar
Silika Kuvars, Opal, Kalsedon, Tridimit, Kristobalit	Granit Siyenit Diorit Gabro	Çakıltaş Kumtaş Kuvarsit Grovak	Mermer Metakuvarsit Sleyt Fillit
Silikatlar Feldispat, Ferromagnezyum, Hornblend, Ojit, Kil İllit, Kaolin, Montmorillonit Mika, Zeolit	Peridotit Pegmatit Volkanik cam Obsidiyen Pomza Tüf Skoria Perlit	Arkoz Kiltaş, Silttaş, Arjilit ve Şeyl Karbonat Kireçtaş Dolomit Marn Tebeşir	Şist Anfibolit Hornfell Gnays Serpantin
Karbonat Kalsit, Dolomit	Feldis ( Felsit ) Bazalt	Çört	
Sülfat Jips, Anhidrit Demir Sülfat Pirit, Markazit, Pirolit	Andezit Diyabaz Hornblend		
Demir Oksit Magnetit, Hematit, Götüt, İlmenit, Limonit			

### 2.5.1. Mıçır kullanımında zararlı mineraller ve negatif etkileri

Beton bileşenlerinin önemli bir kısmı mıcırlardan oluşmaktadır. Kendi özellikleri iyi olan mıcırlardan yapılan betonun özellikleri de iyi olur. Mıcırların fiziksel ve kimyasal bileşimleri, betonun negatifliği ve pozitifliği üzerinde önemli etki yaparlar. Mıcırlar içerisinde bulunan bazı bileşenler beton özelliklerini negatif olarak etkiler. Bu tür bileşenlerin, beton ve bileşenleri üzerindeki etkilerine şu örnekler verilebilir:

- Feldispat mineralleri; kayaç oluşturan esas mineraller arasında yer alır. Suyun etkisiyle buldukları ortama bağlı olarak yavaş veya hızlı bir şekilde kaolinit gibi kil minerallerine dönüşürler. Mıçır taneleri üzerinde oluşabilecek killer, mıcırlar ile çimento arasındaki yapışmanın azalmasına, dolayısıyla beton dayanımının düşmesine neden olur [ 18 ]. Granit, gnays, bazalt gibi kayaçlarda oldukça yüksek oranda feldispat bulunur.

- Pirit minerali; ayrıştığında demir hidroksite ve  $H_2SO_4$  asidine dönüşür ve asit etkisiyle betonu parçalar.
- Zeolit minerali; çimentonun alkali maddeleri ile reaksiyona girer ve hacim genişlemesine neden olur. Bu nedenle aktif silikat içeren riyolit, obsidyen gibi yüzeysel mağmatik kayalara dikkat edilmelidir.
- Opal, kalsedon, tridimit ve kristobalit gibi silis içeren mineraller; çimentonun sertleşmesi anında alkalilerle reaksiyona girerler. Bu reaksiyon sonucu geniş hacimli ve jelatine benzer maddeler meydana getirerek betonun çatlamasına neden olurlar [ 27 ].
- Klorür ve sülfat içeriği yüksek olan mıcır; alkali reaktiviteye neden olduklarından beton üretiminde istenmeyen bileşenlerdir. Beton mıcırları için; asitle çözülebilir sülfat içeriği % 0.03'den az ( BS 812: P- 118, 1988 ), klorür içeriği ise % 0.01'den az olmalıdır ( BS 812: P- 117- 2, 1988 ) [ 3 ].
- Kömür, tahta gibi organik maddeler beton kullanımında istenmeyen bileşenlerdir. Bu tür organik maddeler şu şekilde betona zarar verebilir. Organik malzemelerin bir kısmı hidrofob ( su iten ) özelliğe sahipken, bazıları da suda erimez ve çimento içinde hidrate kristallerin oluşmasını önlerler. Bu malzemelerin fazla miktarda bulunması; beton dayanımını % 50 oranında azaltabilirken, çimentonun priz yapmasını da engelleyebilir [27].
- Silt gibi ince taneli malzemeler; mıcır yüzeyine yapışarak çimento ile bağlantıyı zayıflatarak beton dayanımını düşürürler [ 28 ].

Çizelge 2.7'de ASTM C33'de yer alan ve beton üretiminde kullanılan mıcırlarda istenmeyen bileşenlerin sınır değerleri verilmiştir [ 5 ].

Çizelge 2.7. Beton mıcırlarında zararlı bileşenlerin sınır değerleri [ 5 ].

Malzeme	İri Mıcır		İnce Mıcır	
	Açık uygulamalar	Yapısal çalışmalar	Açık uygulamalar	Yapısal çalışmalar
Kömür yığınları ve gevrek parçalar	3.0	5.0	3.0	3.0
Kömür ve linyit	0.5	0.5	0.5	1.0
Çört	5.0	5.0	-	-
200 No'lu elek altı ince malzeme	1.0	1.0	3.0	5.0

Çizelge 2.7'de açık uygulamalar olarak verilen sınır değerler kaldırım ve köprü üstleri gibi yapılarda şiddetli bozunmaya maruz kalan betonlarda uygulanılır. İç beton uygulamalarında veya ılıman iklimlerde ise bu değerler arttırılabilir [ 5 ].



## 2.6. Mıcırın Teknolojik Özellikleri

### 2.6.1. Mıcırların fiziksel özellikleri

#### a) Tane boyu dağılımı ( granülometri bileşimi ) ve standartları

Mıcırın tane boyu dağılımlarını veren eğriye tane boyu dağılım ( granülometri ) eğrisi denir. Mıcırların tane boyu dağılım bileşimlerine bağlı olarak oluşturulan bu eğri yardımıyla, kullanılacak su miktarı, sıkışma ve işlenebilirlik hakkında önemli bilgiler edinilebilir. Mıcırların tane boyu dağılım eğrileri şu özellikleri taşırlar [ 2 ]:

- Tane boyu dağılım eğrisi artan bir eğridir, sınır durumunda ancak yatay doğru parçaları olabilir. Eğer eğride yatay bir çizgi varsa bu yatay çizgiye karşılık gelen elekler arasında tane yok demektir. Bu tür bir tane boyu dağılımına sahip olan mıcırlara kesikli ( süreksiz ) tane boyu dağılımına sahip mıcırlar denir.
- Eğrinin üst eksen çizgisine yakın olması karışımın ince olduğunu, alt eksen çizgisine yakın olması ise karışımın iri olduğunu gösterir.
- Eğri tüm elek bölgesinde mevcuttur. Eğrinin üst eksen veya alt eksen çizgileri ile çakışması, o bölgelerde bulunmadığı anlamına gelmez.
- Birbirini izleyen iki elek numarasına karşı gelen yüzde ordinatlarının farkı, mıcır yığınının o iki elek arasında kalan yüzdesini verir.

Mıcırların tane dağılımları inceldikçe, özgül yüzeyi artar ve karışım suyunun bir kısmı mıcır yüzeyinin ıslatılmasında kullanılır. Bu durumda işlenebilirliği sağlamak için su miktarını artırmak gerekecektir. Bunun yanı sıra beton dayanımını sağlamak amacıyla, su / çimento oranını korumak için çimento miktarı artırılır [ 29 ].

Tane boyu dağılım eğrileri kullanılarak sıkışabilirlik hakkında da bilgi edinilebilir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda oluşturulan referans eğrilerinde, beton kullanımı için uygun, ideal ve kullanılabilir bölgeler tanımlanmıştır. Bu bölgelerde sıkışabilirlik değeri yüksektir. Sıkışabilirlik terimi; birim hacimdeki mıcır tanelerinin sahip oldukları hacimlerin toplamıdır [ 18 ]. Yüksek sıkışabilirlik özelliğine sahip mıcırlardan üretilen betonun dayanımı da yüksek olur.

Mıcırlar genel olarak en küçük boyutları (  $d_0$  ) ve en büyük boyutları (  $d_{max}$  ) ile belirtilir. Beton üretiminde kullanılacak mıcırlar için en büyük boyutun (  $d_{max}$  ) seçilmesi önemli bir durumdur. Yapılacak yapının cinsine bağlı olarak seçilen en büyük boyut (  $d_{max}$  ) standartlara uygun olarak seçilmelidir. Büyük boyutlu mıcır kullanımı ile

sıkışabilirlik artırılabilir. Yine en büyük boyut değerinin artması işlenebilirliğin azalmasına neden olur. Bu açıdan bakıldığında, en büyük boyutun belirlenmesi için yapı şartları ve yapı türleri göz önünde tutulmalıdır. Çizelge 2.8’de tane boyutunun en büyük değeri yapı cinsine bağlı olarak verilmiştir [ 2 ].

Çizelge 2.8. Tane boyutunun en büyük değeri [ 2 ].

Yapının Cinsi	En büyük tane boyutu ( $d_{max}$ mm )
Betonarme yapılar	16- 32
Yol ve hava meydanları	32- 90
Barajlar	90- 250

Mıcırların tane boyu dağılım eğrilerini oluşturabilmek için elek analizi deneyi yapılır. TS 706’ya göre normal betonlar için kullanılacak kare gözlü elek serileri; 63mm, 31.5 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm ve 0.25 mm’lik eleklerden oluşur [ 30 ]. Bu elek serisinin kullanılması ile yapılacak elek analizi sonucunda bir tane boyu dağılım eğrisi oluşturulur. Bu eğrinin TS 706’da verilen referans eğrilerle uyumlu olması gerekir. Referans eğrilerinde iki tür eğri tanımlanmıştır. Bunlar:

- Sürekli tane boyu dağılım eğrisi: Mıcır karışımları en inceden en iriye kadar tüm tane gruplarını içerir.
- Kesikli ( aralıklı ) tane boyu dağılım eğrisi: Mıcır karışımları bazı tane gruplarını içermez.

TS 706’da en büyük tane boyutuna bağlı olarak oluşturulan referans eğrilerinde belirtilen A ve B kırık çizgileri arasındaki bölge, beton üretiminde kullanılacak mıcır karışımları için ideal olarak belirtilmiştir. Yine aynı referans eğrilerinde B-C kırık çizgileri arasındaki bölge ise kullanılabilir bölge olarak belirtilmiştir [ 30 ]. Çizelge 2.9’da en büyük tane boyutuna bağlı olarak, beton üretiminde kullanılacak mıcırlar için tane boyu dağılımı sınır değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.9. En büyük tane boyutuna bağlı olarak, beton üretiminde kullanılacak mıcırklar için tane boyu dağılımı sınır değerleri

Elek Göz Açıklığı ( mm )	En büyük tane boyu ( $d_{max}$ mm )											
	A63	B63	C63	A32	B32	C32	A16	B16	C16	A8	B8	C8
0,25	2	7	14	2	8	15	3	8	18	5	11	21
0,5	4	17	26	5	18	28	8	20	34	14	27	40
1	8	24	39	8	28	42	12	32	49	21	42	57
2	11	30	49	14	37	53	21	42	62	36	57	72
4	19	38	59	23	47	65	36	56	74	61	74	85
8	30	50	70	38	62	77	60	76	88	100	100	100
16	46	64	80	62	80	89	100	100	100			
31,5	67	80	90	100	100	100						
63	100	100	100									

Çizelge 2.10'da karayolu yapımında alttemel ve temel tabakalarında ve Çizelge 2.11'de ise bitümlü temel, binder ve aşınma tabakalarında kullanılacak mıcırklar için tane boyu dağılımı sınır değerleri verilmiştir [ 32 ].

Çizelge 2.10. Alttemel ve temel tabakası tane boyu dağılımı sınır değerleri [ 32 ].

Elek Boyu İnch ( mm )	Alt temel tabakası	Mekanik Stabilizasyon temel				Plent- Mix temel		Çimento Stabili- zasyon temel
		A	B	C	D	Tip I	Tip II	
3" ( 75 )	100	-	-	-	-	-	-	-
2" ( 50 )	-	100	100	-	-	-	-	-
1½" ( 37 )	85-100	80-100	85-100	-	-	100	-	100
1" ( 25 )	-	60- 90	70-95	100	100	72-100	100	72- 100
¾" ( 19 )	-	-	-	75-100	80-100	60-92	80-100	60-92
3/8" ( 9.5 )	45-100	30- 70	40-75	50-85	60-100	40-75	50-82	40- 75
No4 ( 4.75 )	25-85	25- 55	30-60	35-65	50-85	30-60	35-65	30- 60
No10 ( 2.00 )	-	15-40	20-45	25-50	40-70	20-45	23-50	20- 45
No40 ( 0.425 )	7-40	8- 20	10-25	12-30	20-45	8-25	12-30	8- 25
No200 ( 0.07 )	0-12	2- 8	0-12	0-12	0-12	0-10	2-12	0- 10

Çizelge 2.11. Bitümlü temel, binder ve aşınma tabakaları tane boyu dağılımı sınır değerleri [ 32 ]

Elek Boyu İnch ( mm )	Bitümlü temel tabakası		Binder tabakası			Aşınma tabakası			
	Tip A	Tip B	Tip I	Tip II	Tip III	Tip I	Tip II	Tip III	Tip IV
1 ½" ( 37.5 )	100	100	-	-	-	-	-	-	-
1" ( 25 )	72-100	80-100	100	100	100	-	-	-	-
¾" ( 19 )	60- 90	70-90	82-100	80-100	77-100	100	100	-	-
½" ( 12.5 )	50-78	61-81	68-87	63-81	59-77	84-100	77-100	100	100
3/8" ( 9.5 )	43-70	55-75	60-79	54-72	49-66	75-91	66-84	87-100	80-100
No 4 ( 4.75 )	30-55	42-62	46-65	40-58	34-52	57-75	46-66	66-82	55-72
No10 ( 2.00 )	18-42	30-47	34-51	28-45	23-39	42-59	30-50	47-64	36-53
No40 ( 0.425 )	6-21	15-26	17-29	14-25	12-22	22-35	12-28	24-36	16-28
No 80 ( 0.180 )	2-13	7-17	9-18	8-16	7-14	12-22	7-18	13-22	8-16
No200 ( 0.075 )	0-7	1-8	2-7	2-7	2-7	4-10	4-10	4-10	4-10

Demiryolu balastı için kullanılacak mıcır boyutlarının tanımlanmasında; 6 cm ve 3cm çaplı halkalar esas alınır. 3 cm'den geçen ve 6 cm üzerinde kalan malzeme balast olarak kullanılmaz [ 33 ].

Mıcırların tane boyu dağılım bileşimleri kullanılarak “incelik modülü” adı verilen ve mıcır tane büyüklüğünün ortalama hangi boyutta olduğu hakkında bilgi veren terim de bulunabilir. İncelik modülü; mıcırın inceliğini veya kalınlığını verir ve elek üzerinde kalan mıcırların yığılımlı yüzdeleri toplamının yüze bölünmesi ile bulunur.

TSE standartlarında betonda kullanılacak mıcırların incelik modülü için bir değer verilmemiştir. ASTM C 33'de betonda kullanılacak ince mıcırların incelik modülü 2.3- 3.1 arasında olması gerektiği belirtilmiştir [ 31 ].

#### **b) Birim hacim ağırlık ve standartları**

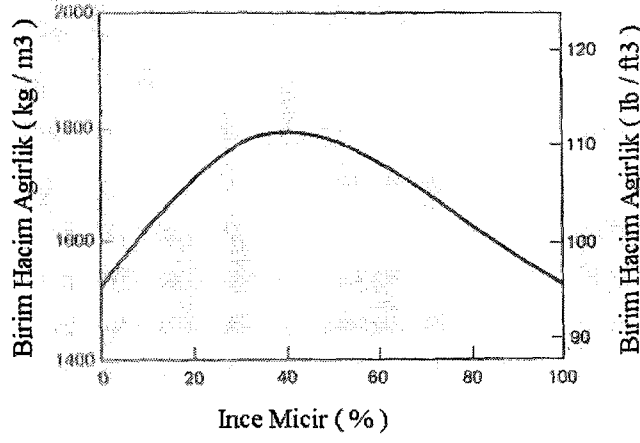
Birim hacim ağırlık; derecelenmiş mıcırın, verilen hacminin ağırlığı olarak tanımlanır. Birim hacim ağırlık betonda bulunacak derecelenmiş mıcır hacmini ve katı mıcır parçaları ile bunlar arasında bulunan boşluk içeriğini ölçer [ 5 ]. Tanesel yapıdaki mıcırların sıkıştırılma oranına bağlı olarak boşluk oranı da değişecektir. Bu durumda birim hacim ağırlık değeri boşluk durumuna bağlı olarak değişir.

Beton yapımında kullanılacak mıcırlar arasındaki boşluklar çimento harcı ile doldurulacağından; beton bileşiminin saptanmasında ve beton üretiminde kullanılan malzemenin ölçülmesinde mıcırların birim hacim ağırlığının saptanması gerekir.

Birim hacim ağırlık değerini etkileyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir [18]:

a) Mıcırların tane boyu dağılımı, boşluk miktarı ile değişmektedir. Boşluk miktarı az olursa, birim hacim ağırlık değeri büyük olacaktır.

Mıcırların tane boyu dağılımında iri ve ince tanelere bağlı olarak Şekil 2.6'da birim hacim ağırlık değerleri verilmiştir [ 5 ].



Şekil 2.6. İnce ve iri mıcır karışımları için sıkıştırılmış mıcırın birim hacim ağırlık değişimi [ 5 ].

Şekil 2.6 incelendiğinde; toplam mıcır ağırlığının % 35-40'ı ince taneli mıcır olduğunda birim hacim ağırlığının en büyük değeri aldığı görülür. Böylece toplam mıcır dağılımı içindeki ince malzeme miktarının % 40 ile sınırlandırılması durumunda en ekonomik beton elde edilebilecektir. Bu şekildeki kullanımla daha az çimento kullanımına ihtiyaç duyulacaktır [ 5 ].

b) Kusurlu malzemenin fazla miktarda bulunması halinde boşluk oranı artacak, dolayısıyla birim hacim ağırlık değeri düşecektir.

c) Mıcırların sıkışık veya gevşek durumda bulunması da birim hacim ağırlık değerini etkiler. Gevşek durumdaki mıcırlarda boşluk oranı, sıkışık durumda olanlardan daha fazla olacaktır. Bu durumda birim hacim ağırlık değeri düşecektir.

Mıcırların gevşek birim hacim ağırlıkları; ağırlık esasına göre verilen beton karışım oranlarının hacim esasına dönüştürülmesinde ve beton bileşenlerinin ayrı ayrı tespitinde kullanılır [ 27 ].

d) Mıcırların özgül ağırlık değeri ne kadar büyükse, birim hacim ağırlık değeri de o kadar büyük olur.

Normal mıcırlar için ortalama birim hacim ağırlık değeri Çizelge 2.12'de belirtildiği gibidir [ 31 ].

Çizelge 2.12. Doğal mıcırların ortalama birim hacim ağırlık değerleri [ 31 ].

Malzeme	Nem	Birim hacim ağırlık ( gr / cm <sup>3</sup> )	
		Gevşek	Sıkışık
Kum	Kuru	1,52	1,68
	Nemli	1,44	-
Çakıl	Kuru veya nemli	1,53 – 1,59	1,65 – 1,74
Karışık Mıdır	Kuru	-	1,88
	Nemli	1,72	-
Kırma taş	Kuru veya nemli	1,46 – 1,59	1,52 – 1,67

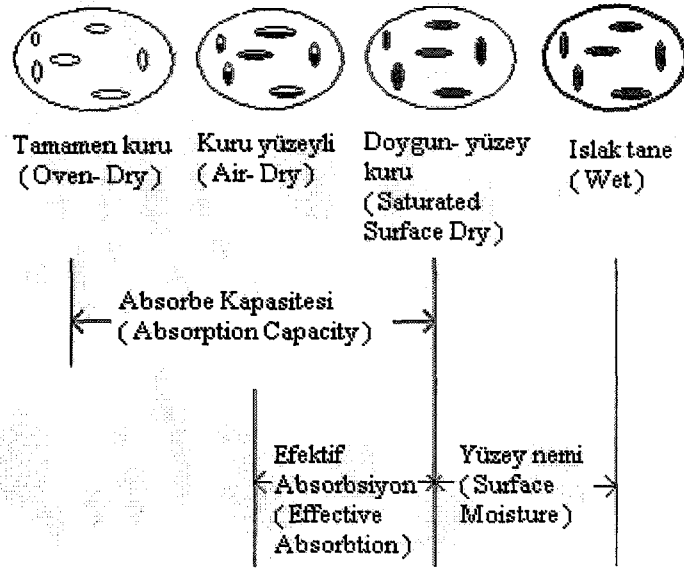
İri ve ince taneli normal ağırlıklı mıcırların birim hacim ağırlığı, ASTM derecelenme limitinde genel olarak 1,45 – 1,75 gr / cm<sup>3</sup> arasında verilmiştir [ 5 ].

Kayaçların birim hacim ağırlığı ise; 1 cm<sup>3</sup>'nün gram cinsinden ağırlığı olarak tanımlanır ve kayacın toplam ağırlığının, toplam hacmine bölünmesi ile bulunur.

Kayaçların birim hacim ağırlıkları; hacim hesaplarında, nakliye işlemi sırasında işe yaramaktadır. Kayaç içerisindeki boşluk, çatlak ve su miktarına göre değişiklik göstermektedir [ 34 ].

### c) Özgül ağırlık ve standartları

Mıcırların özgül ağırlığı; işgal ettikleri birim hacminin ağırlığıdır [ 18 ]. Mıcırların birim hacim ağırlık değerleri daha çok tane şekli ile ilgili iken, özgül ağırlık değerleri içerdikleri minerallerle ilgilidir. Aynı zamanda mıcır tanelerinin sahip oldukları boşluklar ve bu boşlukların durumları da özgül ağırlık değerlerini etkiler. Şekil 2.7'de mıcırların sahip oldukları nem durumuna göre sınıflandırılması yapılmıştır [ 5 ].



Şekil 2.7. Mıcırın nem durumu [ 5 ]

Şekil 2.7 incelendiğinde mıcır tanelerindeki boşluklarda su yoksa; boşlukların ağırlıklarının olmadığı, su ile doluyken de suyun ağırlığına eşit ağırlığa sahip olduğu söylenebilir. Özgül ağırlık değerlerinin hesaplanmasında mıcırın tamamen kuru ve doymun- yüzey kuru durumdaki ağırlıklarına bağlı olarak üç tip özgül ağırlık değeri hesaplanır. Bunlar;

- Görünür özgül ağırlık (  $\bar{O}_{AG}$  )
- Kuru özgül ağırlık (  $\bar{O}_{AK}$  )
- Doymun- yüzey kuru özgül ağırlık (  $\bar{O}_{ADK}$  ) değerleridir.

Bu üç özgül ağırlık değerleri arasında;  $\bar{O}_{AG} > \bar{O}_{ADK} > \bar{O}_{AK}$  şeklinde bir bağıntı vardır. Karışım hesaplamaları için betonlarda doymun- yüzey kuru özgül ağırlık ve bitümlü karışımlarda ise kuru özgül ağırlık değerleri kullanılır. Doymun- yüzey kuru özgül ağırlık, beton karma suyu ile doymun hale geldiği aralığı ifade ettiğinden, beton içindeki boşluksuz hacminin belirlenmesinde kullanılır [ 19 ].

Beton yapımında kullanılan normal mıcırın özgül ağırlıkları 2,4- 2,8 arasındadır. Beton hakkında yapılan çalışmalar sonucunda, mıcırın özgül ağırlıklarına bağlı olarak üç kısma ayrılırlar [ 35 ]:



<u>Mıdır Türü</u>	<u>Özgöl Ağırlık</u>
Hafif mıdır ( tuf, pomza ) .....	$\leq 2,4$
Normal ağırlıklı mıdır .....	2,5 – 2,8
Ağır mıdır ( barit, manyetit ).....	$> 2,8$

Kırmataş mıdırarda kullanılan kayacın cinsine göre, özgöl ağırlık değerleri aşığıdaki gibi verilir [ 31 ]:

<u>Kayaç türü</u>	<u>Özgöl ağırlık</u>
- Kumtaşı .....	2,0- 2,6
- Kireçtaşı .....	2,5- 2,8
- Granit .....	2,6- 2,8

#### **d) Su emme yüzdesi ve standartları**

Su emme yüzdesi; doyun- yüzey kuru haldeki mıdırın, kuru mıdırara göre bünyesinde bulundurduğu su miktarının yüzde değeridir [ 27 ].

Betonun hiç su emmemesi ya da en az miktarda su emmesi istenir. Bu nedenle betonda kullanılacak mıdırın düşük su emme oranına sahip olması gerekir [ 36 ]. Yüksek su emme kapasitesi mıdır kalitesinin iyi olmadığını gösterir.

Mıdırların su emme oranları beton karışım hesaplamalarında, beton bileşenlerinden olan su ve mıdır miktarının belirlenmesinde kullanılır.

Çizelge 2.13’de değişik türdeki kayaların su emme kapasiteleri verilmiştir [31].

Çizelge 2.13. Değişik türdeki kayaların su emme kapasiteleri [ 31 ].

Kayaç türü	Su emme kapasitesi ( %, ağırlıklı olarak )
Genel olarak betonda kullanılan kum	0- 2
Genel olarak çakıl, kırılmış kireçtaşı	0,5- 1 ½
Bazalt, granit	0- 0,5
Kumtaşı	2- 7
Çok hafif gözenekli malzeme	25’e kadar

BS 8007 ( 1987 )'de; mıcırların su emme değerlerinin en fazla % 3 olması gerektiği belirtilmiştir [ 3 ].

Çizelge 2.14'de Karayolu yapımında bitümlü sıcak karışım tabakalarında kullanılacak iri mıcır için su emme oranının sınır değerleri verilmiştir [ 32 ].

Çizelge 2.14. Bitümlü sıcak karışım tabakaları için su emme oranı sınır değerleri [ 32 ]

Temel türü		Su emme ( max % )
Bitümlü Temel		2,5
BİNDER	Hafif trafik	2,5
	Ağır trafik, otoyol, tırmanma şeridi	2,5
AŞINMA	Hafif trafik	2,5
	Ağır trafik, otoyol, tırmanma şeridi	2,0

Demiryolu balastı için kullanılacak mıcırın su emme yüzdesi ağırlıkça en fazla % 2 olmalıdır [ 33 ].

Kayaçların su emme oranı; basınç altında olmaksızın ne oranda su alabildiğini gösterir [ 37 ]. Bir kayaçta su emmenin az veya çok olması diğer fiziksel özellikleri de etkiler. Genellikle su emme çok ise porozite fazla, boşluk ve çatlaklar çok, ayrışma miktarı yüksek demektir [ 34 ].

#### e) Porozite ve standartları

Bir maddenin porozitesi içinde bulunan gözeneklerin toplam hacminin bütün hacmine oranıdır [ 34 ].

Kaba mıcır tanelerinin düşük porozite değerine sahip olanlarının dayanımı genellikle yüksektir. Yüksek porozite değeri ise; boşluk oranının yüksek olduğunu, bu da mıcırın donmaya ve diğer çevresel etkilere karşı dayanımsız olacağını gösterir [16]. Mıcırın porozite değerleri normal betonlar için % 10, yüksek dayanımlı betonlar için %5'den küçük olması önerilmektedir [ 18 ].

Porozitenin artmasıyla mıcır ile asfalt yapışması da artmaktadır. Bununla birlikte mıcırların porozitesi % 2- 2.5'den fazla olduğunda; yapışma artmadığı gibi, karışımda kullanılacak asfalt miktarı da artar. Bu nedenle gözenekli olmayan veya çok gözenekli olan mıcırlar bitümlü tabakalarda kullanılmamalıdır [ 19 ].

Sedimanter kayalarda porozite yüksek değerler alır. Örneğin tebeşir taşının bazı türlerinde % 50'nin üzerindedir. Bazı volkanik kayalarda ise soğuma sırasında oluşan gaz boşlukları nedeniyle porozite yüksektir. Kristalin kireçtaşları, evaporitler, bazı metamorfik kayalarda boşluk alanlarının büyük bir kısmı fisür adı verilen kırıklardan oluşur [ 37 ].

Kayaçların porozite değerlerine göre sınıflandırılması Çizelge 2.15'de verilmiştir [ 37 ].

Çizelge 2.15. Kayaçların porozite değerlerine göre sınıflandırılması [ 37 ].

Kaya sınıfı	Porozite ( % )
Çok kompakt	< 1
Az boşluklu	1 -2,5
Orta boşluklu	2,5- 5
Oldukça boşluklu	5 - 10
Çok boşluklu	10 – 20
Çok fazla boşluklu	> 20

#### f) Yıkanabilir malzeme miktarı ve standartları

Mıcırların içinde ince halde dağılmış, topak halinde veya mıcır tanelerine yapışık halde bulunan kil, silt, taşunu ( filler ) gibi maddeler yıkanabilir malzemeler olarak bilinir [ 38 ]. 0.063 mm ( 63 µm ) boyutundan küçük tane boyuna sahip mıcırlar ince maddeler olarak tanımlanır [ 30 ]. Bu tür malzemelerin beton içinde bulunmasının zararları aşağıda sıralanmıştır [ 18 ]:

- Bu çok küçük taneler, iri mıcır taneleri ile çimento hamuru arasındaki yapışmayı zayıflatır,
- Yoğurma suyunun miktarını artırır,

- Bu tip malzemelerin su aldıklarında hacimleri artarken, su kaybettiklerinde de hacimleri azalır,
- Çimentonun hidrasyonunu geciktirirler.

Bütün bu faktörlere bağlı olarak, ince malzeme miktarı fazla olursa beton dayanımı azalır.

TS 706'da 0- 4 mm tane boyu aralığındaki mıcırılar için en yüksek yıkanabilir madde miktarı % 4 olarak belirlenmiştir [ 2 ]. Yüksek dayanımlı betonlarda bu değer % 2'yi geçmemelidir [ 18 ]. TS 3530'a göre iri mıcırılar için en yüksek yıkanabilir malzeme miktarı sınır değeri % 10'dur [ 1 ].

Filler, bitümlü karışımlarda ince mıcır oranını arttırmak, boşluk oranını azaltmak ve yüksek sıcaklıklarda asfalt betonunun dayanımını arttırmak için kullanılır. Bitümlü karışım içinde % 3 – 9 arasında kullanılır [ 4 ]. Çizelge 2.16'da karayolu yapımında alttemel ve temel tabakaları için filler oranı sınır değerleri verilmiştir [ 32 ].

Çizelge 2.16. Alttemel ve temel tabakaları için filler sınır değerleri [ 32 ]

Temel türü	Filler oranı
Alttemel	No. 40'dan geçen kısmın 2/3'ünden az
Mekanik Stabilizasyon temel	
Plent- mix temel	
Çimento satabilizasyon temel	

## 2.6.2. Mıcırılarının mekanik özellikleri

### a) Aşınma dayanımı ve standartları

Yol ve hava meydanlardaki betonlar, suyun etkisiyle sürtünmeye maruz kalan baraj duvarları ve tünellerde kullanılan betonların aşınmaya karşı dayanımlı olmaları beklenir. Mıcırılarının aşınmaya karşı dayanımlarının belirlenmesi için Los- Angeles aşınma dayanımı deneyinin yapılması gerekir. Aksi takdirde ince malzeme miktarı artacak ve tane boyu dağılımı bozulacaktır. Bunun sonucunda dren kabiliyeti ve don direncinin azalması gibi problemler ortaya çıkacaktır [ 19 ]

Kayaç dokusu mıcırların aşınma ve dayanımını kontrol eden önemli bir parametredir [ 3 ]. Yassı ve uzun malzemeler yuvarlak malzemelere göre daha fazla aşınma yüzdesi verir. Sert malzemeler yumuşak malzemelere göre daha fazla aşınır [27].

Yapılan deneyler; mıcırların aşınma dayanımlarının yüksek olması durumunda, genelde basınç dayanımlarının da yüksek olduğunu göstermiştir [ 18 ].

TS 706'ya göre mıcırların aşınma miktarı 100 devir sonunda en fazla % 10, 500 ve 1000 devir sonunda en fazla % 50 olması gerektiği belirtilmiştir. ASTM C131- 96 ( 1996 )'ya göre betonda kullanılacak mıcırlar için 500 devir sonundaki aşınma değeri %30'dan az olmalıdır [ 3 ].

Çizelge 2.17'de karayolu yapımında alttemel ve temel tabakaları için Los-Angeles aşınma kaybı sınır değerleri verilmiştir [ 32 ].

Çizelge 2.17. Alttemel ve temel tabakaları için Los- Angeles aşınma kaybı sınır değerleri [ 32 ].

Temel türü	Los- Angeles aşınma kaybı ( max % )	
	İri Mıdır	İnce Mıdır
Alttemel	50	
Mekanik Stabilizasyon temel	40	-
Plent- mix temel	40	-
Çimento satabilizasyon temel	40	-

Çizelge 2.18'de karayolu yapımında bitümlü sıcak karışım tabakalarında kullanılacak iri mıcırlar için Los- Angeles aşınma kaybı sınır değerleri verilmiştir [ 32 ].

Demiryolu balastı olarak kullanılacak mıcırlar için aşınma dayanımı; 100 devir sonunda en fazla % 10, 1000 devir sonunda en fazla % 30 olmalıdır [ 33 ].

Çizelge 2.18. Bitümlü sıcak karışım tabakalarında kullanılacak iri mıcır için Los-Angeles aşınma kaybı sınır değerleri [ 32 ]

Temel türü		Los- Angeles aşınma kaybı ( max % )
Bitümlü temel		35
BİNDER	Hafif trafik	35
	Ağır trafik, otoyol,tırmanma şeridi	35
AŞINMA	Hafif trafik	35
	Ağır trafik, otoyol,tırmanma şeridi	30

#### b) Dona dayanım ( hava tesirlerine karşı dayanıklılık ) ve standartları

Mıcırların betonun bozunmasına yol açan çevresel değişimlere bağlı hacimsel değişimler göstermesi, onların sağlam olmadıklarını gösterir. Bilindiği gibi suyun donmasıyla hacminde yaklaşık olarak % 9 miktarında bir artış gözlenir. Mıcır gözeneklerinin % 91 veya daha fazlasının su ile dolu olması durumunda, soğuk hava etkisine maruz kaldıklarında donan su bulunduğu hacmin içine sığmayacak ve hacim artışı gözlenecektir. Bu durumda etrafına basınç uygulayacaktır. Oluşan bu basınç mıcır tanelerinin etrafını saran çimento hamurunu olumsuz etkileyecek ve çatlamalara neden olacaktır.

Hacimsel değişimler, tekrarlanan kuruma ve ıslanmadan veya donma ve çözülmeden meydana gelebilir. Kuruma ve ıslanma ile kayalarındaki fark edilebilir derecedeki hacim değişimleri oldukça az görülür. Donma ve çözülme, dayanımın temel sorunları arasında yer alır ve beton bozulmasının yaygın iki formunu oluşturur. Bunlar yüzeyde mıcır savrulması ( pop- outs ) ve asfalt yolda “D- kırılması”dır.

Mıcırın porozitesi, permeabilitesi, doygunluk oranı ve boyutu don dayanımını etkileyen önemli parametrelerdir. Porozitenin ve su emmenin fazla olması mıcırların donmaya karşı dayanıklılığını azaltır. Yüzey durumu, mıcır ile çimento arasındaki yapışma bakımından bu özellik üzerinde etki yapmaktadır. Yapışma dayanımının fazla olması halinde betonlar donmaya karşı daha çok dayanıklıdır. Bu durumda kırmataşların kullanılması ile donma dayanımı yüksek betonlar elde edilebilir [ 18 ].

Don dayanım deneylerinin TS 706’da üç şekilde yapılabileceği belirtilmiştir [30]. Bu deneyler şunlardır:

- Don dayanıklılığının şiddetli don tesiri altında belirlenmesi ( Suda donma ): Don kaybının en fazla % 4 olması gerektiği belirtilmiştir,
- Don dayanıklılığının orta şiddetteki don etkisi altında belirlenmesi ( Havada donma ): Don kaybının en fazla % 4 olması gerektiği belirtilmiştir,
- Don dayanıklılığının kimyasal yolla belirlenmesi (  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  veya  $\text{MgSO}_4$  deneyi).

Çizelge 2.19’da TS 706 ve ASTM C33’e göre;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ve  $\text{MgSO}_4$  deneylerine göre mıcırın sahip olması gereken don dayanımı sınır değerleri verilmiştir [ 31 ].

Çizelge 2.19. TS 706 ve ASTM C33’e göre mıcırın maksimum don kaybı değerleri

İlgili Standart	Don kaybı ( max % )			
	$\text{Na}_2\text{SO}_4$ çözeltisi		$\text{MgSO}_4$ çözeltisi	
	İri Mıcır	İnce Mıcır	İri Mıcır	İnce Mıcır
TS 706	18,0	15,0	27,0	22,0
ASTM C33	12,0	10,0	18,0	15,0

Çizelge 2.20’de karayolu yapımında alttemel ve temel tabakaları için  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ile don kaybı sınır değerleri verilmiştir [ 32 ].

Çizelge 2.20. Alttemel ve temel tabakaları için  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ile don kaybı sınır değerleri [32].

Temel türü	Don kaybı ( max % )	
	İri Mıcır	İnce Mıcır
Alttemel	25	
Mekanik stabilizasyon temel	15	-
Plent- mix temel	15	-
Çimento stabilizasyon temel	15	-

Çizelge 2.21’de karayollarında bitümlü sıcak karışım tabakalarında kullanılacak iri mıcırlar için  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ile don kaybı sınır değerleri verilmiştir [ 32].

Çizelge 2.21. Bitümlü sıcak karışım tabakalarında kullanılacak iri mıcırlar için don kaybı değerleri [ 32 ]

Temel türü		Don kaybı ( max % )
Bitümlü temel		12
BİNDER	Hafif trafik	12
	Ağır trafik, otoyol,tırmanma şeridi	12
AŞINMA	Hafif trafik	10
	Ağır trafik, otoyol,tırmanma şeridi	10

Demiryolu balastı için kullanılacak mıcırların don kaybı  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  çözeltisi kullanıldığında en fazla % 10,  $\text{MgSO}_4$  kullanıldığında en fazla % 15 olmalıdır [ 33 ].

### c) Tek eksenli basınç dayanımı

Tek eksenli basınç dayanımı; kayaçların mekanik özelliklerini tanımlarken kullanılan en önemli mühendislik parametrelerinden biridir. Kayaç numunelerinin kırılmaya karşı gösterdikleri direnç olarak tanımlanmaktadır [ 34 ].

Kayaçların basınç dayanımı; içerdiği süreksizliklere, tabaka doğrultusuna dik veya paralel etkiyen gerilmelere bağlı olarak değişir [ 34 ]. Eklemlerin sıklığının artması ve kırıklar boyunca oluşan fiziksel kusurlara bağlı olarak düşer [ 37 ].

Tek eksenli basınç dayanımının yapılışı hakkındaki standart yöntemler; Amerikan Test ve Malzeme Topluluğu ( ASTM, 1984 ) ve Uluslararası Kaya Mekaniği Topluluğu ( ISRM, 1981 ) tarafından açıklanmıştır [ 39 ].

Kayaçların tek eksenli basma dayanımları ile ilgili sınıflandırma Çizelge 2.22’de verilmiştir [ 40 ].



Çizelge 2.22. Deer, 1969'a göre kayaçların tek eksenli basınç dayanımı sınıflandırması [40].

Kaya Sınıfı	Tek eksenli basınç dayanımı ( MPa )
Çok yüksek dayanım	> 200
Yüksek dayanım	200- 100
Orta derecede dayanım	100- 50
Düşük dayanım	50- 25
Çok düşük dayanım	1- 25

### 2.6.3. Mıcırkların kimyasal özellikleri

#### a) Kimyasal bileşim

Kayaç içindeki oksit değerlerinin toplamı kimyasal bileşimini verir. Kayacın kimyasal bileşimine bağlı olarak; rengi, sertliği, dayanımı gibi fiziksel özellikleri de önemli ölçüde etkilenir. Örneğin  $\text{SiO}_2$  miktarı arttıkça kayaç sertleşirken,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  miktarının artmasıyla rengi koyulaşır [ 41 ].

Kimyasal bileşimi tespit edebilmek için değişik yöntemler uygulanmaktadır. XRD analizi, yaş kimya analizi veya atomik absorpsiyon aleti kullanılarak yapılan analizler gibi yöntemlerle, kayacın kimyasal bileşimini oluşturan;  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$  ve  $\text{H}_2\text{O}$  oranları tespit edilir.

Karbonatlı kayaçların kimyasal analizleri sonucunda elde edilen  $\text{CaO}$  miktarı 1/0,56 ile çarpılarak  $\text{CaCO}_3$  miktarı,  $\text{MgO}$  miktarı ise 1/ 0,48 ile çarpılarak  $\text{MgCO}_3$  miktarı elde edilir [ 41 ].

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Arazi Çalışma Yöntemleri**

Genelde yaz aylarında, arazide stratotip olarak seçilen yerlerden katman, çatlak ve yapı yakından incelenmiş ve uygun görülen mostralardan örnekler derlenmiştir.

#### **3.2. Deneysel Çalışmalar**

Mıdır örneklerinin; tane büyüklüğü dağılımı, birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, su emme, yıkanabilir malzeme miktarı ( kil- silt ) tayini, taşunu ( filler ) tane yoğunluğu tayini, aşınmaya karşı dayanıklılık aşınma oranı tayini ve dona dayanıklılık deneyleri Fırat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde; Koltik Kireçtaş'ının kimyasal bileşimlerini saptamak amacıyla yaş kimya analizi, Türkiye Çimento Müstahsilleri- (Ankara) Laboratuvarı'nda yaptırılmıştır. Aynı birimin mineralojik bileşimlerini saptamak amacıyla XRD analizi, İnönü Üniversitesi Fen- Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü X-Ray Laboratuvarında yaptırılmıştır.

##### **3.2.1. Deneyler için örneklerin hazırlanması**

Mıdır örnekleri Tavşantepe'de bulunan mıdır üretim ocağından, çeşitli boyutlarda ayrılmış olan yığınlardan derlenmiştir.

Kimyasal özellikleri belirlemek amacıyla, araziden temsili numune alınmıştır. Belirli bir boyuta indirgendikten sonra konileme- dörtleme yöntemi ile azaltılmış ve agat havanda dövülerek 0,5 µm'nin altında 100'er gram malzeme hazırlanmıştır. Bu malzeme ile XRD ve yaş kimya analizi yaptırılmıştır.

Karot deneyleri için üniversite taşocağından yaklaşık 20 x 20 x 30 cm boyutlarında blok örnekler derlenmiştir. Alınan blok örneklerin sahayı temsil etmesine özellikle dikkat edilmiştir. Blok örneklerden 10 adet; 50 mm çapında ve 100 mm uzunluğunda silindirik karot örnekleri alınmıştır. Bu örnekler üzerinde; birim hacim ağırlık, su emme, porozite ve tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.

### 3.2.2. Mırcıların fiziksel özelliklerini belirleyen deneyler

#### a) Tane büyüklüğü dağılımı tayini

Deney numuneleri TS 706'da belirtildiği gibi; TS EN 932-2'ye uygun olarak deney öncesinde bölme işlemine tabii tutulur ve TS 3530 EN 933-1'e uygun olarak eleme işlemini uygulanır [ 30, 42, 43 ].

Deney numunesi  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulduktan sonra, soğumaya bırakılır ve bu hali ile tartılıp ağırlığı kaydedilir (  $M_1$  ). Bu işlemin ardından deney numunesi bir kap içerisine alınır ve üzeri örtülünceye kadar su ile doldurulur. Topakların çözülmesi için 24 saat suda bekletilir. Bu sürenin ardından  $63 \mu\text{m}$  göz açıklıklı eleğin üzerine 2 mm göz açıklıklı koruma eleği yerleştirilir ve deney numunesi bu eleklerin üzerine boşaltılır. Elekten geçen süspansiyon tamamen berraklaşınca kadar, elek üzerindeki malzeme su ile yıkanır.  $63 \mu\text{m}$  göz açıklıklı eleğin üzerinde kalan malzeme  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulur, soğumasının ardından tartılarak ağırlığı kaydedilir ( $M_2$  ). Son hali ile kurutulan malzeme TS 3530 EN 933-1'de belirtilen elek sistemine boşaltılır ve eleme işlemi uygulanır. Eleme işlemi, elek üzerinde kalan malzemede 1 dakikalık süre içerisinde % 1'den daha fazla değişiklik olmayınca kadar sürdürülür. Bu işleminin ardından, her elek üzerindeki malzeme tartılır ve en büyük göz açıklıklı elekten başlamak üzere sırasıyla  $R_1, R_2, R_3, \dots, R_i$  olarak kaydedilir. Son olarak her bir elek fraksiyonunun kütlesi (  $R_i$  ), orijinal kuru kütlenin (  $M_1$  ) yüzdesi olarak hesaplanmıştır.

#### b) Birim hacim ağırlık deneyi

Deney numunesi TS 707'e uygun olarak ve TS 3529'da belirtilen miktarda kullanılır. Mırcı örneklerinin birim hacim ağırlık deneyi; TS 3529'da belirtildiği gibi gevşek birim hacim ağırlık değeri olarak hesaplanmıştır [ 21, 44 ].

#### - Gevşek birim hacim ağırlık deneyi

Deney için TS 3529'da belirtilen metalden yapılmış dayanıklı ölçü kabı kullanılır. Deney numunesi TS 3529'da belirtildiği miktar ve şekli ile hava kurusu

durumuna getirilerek kullanılır. Deney numunesinin ölçü kabına aktarılması sırasında TS 3529'da belirtilen kürek kullanılır.

Deney öncesinde ölçü kabının boş ağırlığı kaydedilir ( $W_1$ ). Deney numunesi kürekle ölçü kabının üst yüzeyinden itibaren 5 cm'den daha yükseğe kaldırılmadan ölçü kabına aktarılır. Ölçü kabının üst yüzeyi elle sıyrılarak düzeltilir ve bu şekli ile tartılır ( $W_2$ ).

Deney numunesinin gevşek birim hacim ağırlık değeri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$B_g = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \quad (3.1)$$

$B_g$  = Gevşek birim hacim ağırlık, gr / cm<sup>3</sup>

$W_1$  = Ölçü kabı boş ağırlığı, gr

$W_2$  = Gevşek deney numunesi ile dolu ölçü kabı ağırlığı, gr

$V$  = Ölçü kabının iç hacmi, cm<sup>3</sup>

Mıdır örneklerinin üretildiği Koltik Kireçtaşı'ndan alınan karot örneklerinin TS 699'a göre birim hacim ağırlıkları da ayrıca hesaplanmıştır.

Karot örneklerinin birim hacim ağırlık deneyi TS 699'da belirtildiği gibi yapılmıştır [ 45 ]. Deney 10 adet silindir şeklindeki numuneye uygulanmıştır.

Deneye başlamadan önce; numunelerin çap ve yükseklikleri kumpas yardımıyla 0.1 mm hassasiyetle ölçülerek kaydedilmiştir. Ayrıca; 0.1 gr hassasiyetle tartılarak, doğal ağırlıkları kaydedilmiştir ( $G_d$ ). Bu işlemin ardından numuneler, sert bir fırça yardımıyla yıkanmış ve 24 saat süresince  $20 \pm 5$  C°'deki su içerisinde bekletilmiştir.

Suya doymun hale gelen numuneler; buldukları kaptan alınmış, yüzeyleri temiz bir bez yardımıyla kurulanmıştır. Zaman kaybetmeden 0.1 gr hassasiyetle tartılmış ve sonuçlar doymun ağırlık olarak kaydedilmiştir ( $G_{dyg}$ ).

Doymun ağırlıkları bilinen deney numuneleri  $105 \pm 5$  C° sıcaklıktaki etüvde değişmez kütleyle gelinceye kadar kurutulmuştur. Daha sonra 0.1 gr hassasiyetle tartılmış ve kuru haldeki ağırlıkları kaydedilmiştir ( $G_k$ ).

Deney numunelerinin doğal, doymun ve kuru birim hacim ağırlıkları aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

-- Doğal birim hacim ağırlık (  $d_d$ , gr / cm<sup>3</sup> )

$$d_d = \frac{G_d}{V} \quad (3.2)$$

-- Doygun birim hacim ağırlık, (  $d_{dyg}$ , gr / cm<sup>3</sup> )

$$d_{dyg} = \frac{G_{dyg}}{V} \quad (3.3)$$

-- Kuru birim hacim ağırlık, (  $d_k$ , gr / cm<sup>3</sup> )

$$d_k = \frac{G_k}{V} \quad (3.4)$$

$G_d$  = Deney numunelerinin doğal haldeki ağırlıkları, gr

$G_{dyg}$  = Deney numunelerinin doygun haldeki ağırlıkları, gr

$G_k$  = Deney numunelerinin kuru haldeki ağırlıkları, gr

$V$  = Deney numunelerinin hacmi =  $\Pi ( R / 2 )^2 \cdot h$ , cm<sup>3</sup>

$R$  = Deney numunesinin çapı, cm

$h$  = Deney numunesinin yüksekliği, cm

### c) Özgül ağırlık ve su emme deneyi

Özgül ağırlık ve su emme deneyi TS 3526'da belirtildiği gibi; ince ve iri mıcırlar için iki ayrı şekilde yapılmıştır [ 46 ].

#### - İnce mıcırın özgül ağırlık ve su emme oranı tayini

Deney numunesi TS 707'ye uygun olarak ve TS 3526'da belirtilen miktarda alınır [ 21, 46 ]. Yaklaşık 800- 1200 gr deney numunesi 24 saat su içinde bekletilir ve ince tanelerin kaybolmamasına dikkat edilerek suyu süzülerek bir kap içine alınır.

Vantilatör kullanılarak kuruması hızlandırılır ve bu sırada sürekli karıştırılır. Bu şekilde kurutulan deney numunesi doygun kuru yüzey durumuna getirilmiştir. Bu aşamada deney numunesi tartılır ve ağırlığı kaydedilir (  $W_2$  ).

Doygun kuru yüzey durumundaki deney numunesi sabit ağırlık gösterene kadar  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 'deki etüvde kurutulur. Etüvden çıkartılan deney numunesi desikatöre konur ve oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulur. Soğutulan deney numunesi cam ölçü kabına doldurulduktan sonra ağırlığı tartılır ve elde edilen sonuçtan ölçü kabının boş

ağırlığı çıkartılır. Bu şekilde elde edilen son ağırlık değeri, deney numunesinin kuru ağırlığı olarak kaydedilir (  $W_1$  ).

Cam ölçü kabı içerisindeki deney numunesi üzerine yaklaşık 20°C'deki su, yarıya kadar doldurulur ve hafifçe sallanarak hava kabarcıklarının çıkması sağlanır. Son hali ile 1 saat bekletilen deney numunesinin üzerine 500 ml işaret çizgisine kadar, 20°C'deki su ilave edilerek tartılır (  $W_3$  ). İnce mıcır numunesini bulmak için ölçü kabı 500 ml çizgisine kadar 20°C'deki su ile doldurulup ayrıca tartılır (  $W_4$  ).

İnce mıcırın özgül ağırlık ve su emme oranı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

-- Kuru özgül ağırlığı (  $\gamma_k$  )

$$\gamma_k = \frac{W_1}{W_2 + W_4 - W_3} \quad (3.5)$$

--Doygun yüzey kuru özgül ağırlığı (  $\gamma_d$  )

$$\gamma_d = \frac{W_2}{W_2 + W_4 - W_3} \quad (3.6)$$

-- Görünen özgül ağırlığı (  $\gamma_g$  )

$$\gamma_g = \frac{W_1}{W_1 + W_4 - W_3} \quad (3.7)$$

-- Su emme oranı (  $m_1$  )

$$m_1 = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \cdot 100 \quad (3.8)$$

$m_1$  = İnce mıcırın su emme oranı ( % )

$W_1$  = Deney numunesinin etüv kurusu ağırlığı, gr

$W_2$  = Deney numunesinin doygün kuru yüzey durumundaki ağırlığı, gr

$W_3$  = Ölçü kabı, su ve deney numunesinin toplam ağırlığı, gr

$W_4$  = Ölçü kabının 500 ml çizgisine kadar su dolu deney numunesi ağırlığı, gr

### - İri mıcırın özgül ağırlık ve su emme oranı tayini

Deney numunesi TS 707'ye uygun olarak ve TS 3526'da belirtilen miktarda alınır [ 21, 46 ].

Deney numunesi; içinde 20°C'de su bulunan bir kaba alınır ve hafifçe sallanarak taneler üzerindeki toz ve yabancı maddeler temizlenir. Su içerisinde 24 saat bekletilen deney numunesi, daha sonra sudan çıkartılır ve bir havlu ile tanelerin kurutulması sağlanır. Kurulama işlemi biter bitmez deney numunesi tartılarak ağırlığı kaydedilir ( $W_2$ ). Tartım işleminden hemen sonra, deney numunesi kafes örgülü tel sepete konur ve yüzeyden en az 5 cm aşağıda kalacak şekilde su dolu kovanın içine daldırılır. Su yüzeyine çıkmamak şartıyla en az 10 kez sepet aşağı yukarı hareket ettirilerek, içerisindeki hava kabarcıklarının çıkması sağlanır. Daha sonra sepetin kova kenarlarına değmemesine dikkat edilerek özel düzenle terazi kafesinin ortasına yerleştirilerek doygun malzemenin sudaki ağırlığı bulunur ( $W_3$ ).

Bu işlemden sonra deney numunesi sudan çıkartılarak etüvde  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de kurutulur ve oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra havadaki kuru ağırlığı tartılır ( $W_1$ ).

İri mıcırın özgül ağırlık ve su emme oranı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

-- Kuru özgül ağırlığı ( $\gamma_k$ )

$$\gamma_k = \frac{W_1}{W_2 - W_3} \quad (3.9)$$

--Doygun yüzey kuru özgül ağırlığı ( $\gamma_d$ )

$$\gamma_d = \frac{W_2}{W_2 - W_3} \quad (3.10)$$

-- Görünen özgül ağırlığı ( $\gamma_g$ )

$$\gamma_g = \frac{W_1}{W_1 - W_3} \quad (3.11)$$

-- Su emme oranı ( $m_1$ )

$$m_2 = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \cdot 100 \quad (3.12)$$

$m_2$  = İri mıcırın su emme oranı, ( % )

$W_1$  = Deney numunesinin etüv kurusu ağırlığı, gr

$W_2$  = Deney numunesinin doygun kuru yüzey durumunda havadaki ağırlığı, gr

$W_3$  = Deney numunesinin sudaki ağırlığı, gr

Mıcır örneklerinin üretildiği Koltik Kireçtaş'ından alınan karot örneklerinin TS 699'a göre su emme oranları da ayrıca hesaplanmıştır.

Su emme deneyi TS 699'da belirtildiği gibi yapılmıştır [ 45 ]. Deney 10 adet silindir şeklindeki numuneye uygulanmıştır.

Numuneler deney öncesinde 0.1gr hassasiyetle terazide tartılmış ve doğal ağırlıkları kaydedilmiştir (  $G_d$  ). Daha sonra tel fırça ile yıkanmış ve  $20 \pm 5$  C°'deki su içerisinde 48 saat süresince bekletilmiştir. Bu sürenin ardından numuneler buldukları kaptan alınmış ve yüzeyleri temiz bir bez yardımıyla kurulanmıştır. Zaman kaybetmeden 0.1 gr hassasiyetle numunelerin doygun haldeki ağırlıkları tartılarak kaydedilmiştir (  $G_{dyg}$  ).

Deney numuneleri etüvde  $105 \pm 5$  C°'de değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Daha sonra soğutulmuş ve kuru haldeki ağırlıkları 0.1 gr hassasiyetle tartılarak kaydedilmiştir (  $G_k$  ).

Numunelerin kütlece ve hacimce su emme oranları aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.



$$S_k = \frac{G_{dyg} - G_k}{G_k} \cdot 100 \quad (3.13)$$

$$S_h = \frac{G_{dyg} - G_k}{V} \cdot 100$$

$S_k$  = Deney numunesinin kütlece su emme oranı

$S_h$  = Deney numunesinin hacimce su emme oranı

$G_{dyg}$  = Deney numunesinin doygun haldeki ağırlıkları, gr

$G_k$  = Deney numunesinin kuru haldeki ağırlıkları, gr

$V$  = Deney numunesinin hacmi,  $cm^3$

#### d) Porozite deneyi

Karot örneklerinin porozitesi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$p = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \gamma_k \quad (3.14)$$

$p$  = Porozite

$W_1$  = Deney numunesinin etüv kurusu ağırlığı, gr

$W_2$  = Deney numunesinin doygun kuru yüzey durumundaki ağırlığı, gr

$\gamma_k$  = Kuru özgül ağırlık

#### e) Yıkabilir malzeme miktarı ( kil- silt ) tayini

Mıcırların içinde bulunan ve tane büyüklüğü 0.063 mm'den küçük olan ince maddelerin oranı, yıkama yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

#### - Yıkama yöntemi ile ince madde oranı tayini

Deney numunesi TS 707'ye uygun olarak ve TS 3527'de belirtilen miktarda kullanılmıştır [ 21, 47 ].

Deney numunesi  $105 \pm 5^\circ C$ 'de 24 saat bekletildikten sonra tartılarak kuru ağırlığı belirlenmiştir (  $W_1$  ). Yeterli miktarda su ile birlikte çalkalama kabına

yerleştirilir. Malzeme bu hali ile en az 12 saat su içerisinde bekletilir. Daha sonra 5 dakika süre ile çalkalanır.

8 mm, 1 mm ve 0.063 mm göz açıklıklı elek serisinin üzerine çalkalanan malzeme boşaltılır ve yıkama suyu tamamen berraklaşınca kadar yıkanır. Bu işlemin ardından her üç elek üzerindeki malzeme bir araya getirilerek etüvde  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de kurutulup tartılır ( $W_2$ ).

Yıkanabilir ince malzeme miktarı aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$m_y = \frac{W_1 - W_2}{W_1} 100 \quad (3.15)$$

$m_y$  = Yıkanabilir ince malzeme miktarı, ( % )

$W_1$  = Deney öncesi malzemenin etüv kuru ağırlığı, gr

$W_2$  = Deney sonrası malzemenin etüv kuru ağırlığı, gr

#### **f) Taşunu ( filler ) tane yoğunluğunun tayini- piknometre yöntemi**

Deney numunesi TS EN 932-2'ye uygun olarak azaltılarak 50 gr olarak kullanılır. Deney TS EN 1097-7'de belirtildiği şekli ile yapılır [ 42, 22 ].

Deney numunesi etüvde  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de sabit kütleye kadar kurutulur ve daha sonra desikatörde en az 90 dakika süre ile soğumaya bırakılır. Soğuma sırasında, deney numunesi içerisindeki topaklanmalar kontrol edilir ve bir spatül yardımıyla ezilerek karıştırılır.

Deney numunesi 0.125 mm göz açıklıklı elekten kuru olarak elenir. Kuru ve temiz piknometre, tıkaç ile beraber tartılır ve ağırlığı ( $m_0$ ) olarak kaydedilir.

Tane yoğunluğu tayini üç ayrı deney numunesine uygulanır. Deney numunesinden  $10 \pm 1$  gr örnek, piknometreye yerleştirilir ve tekrar ağırlığı kaydedilir ( $m_1$ ). Deney numunesinin tamamen batması için piknometre içerisine yeterli miktarda su boşaltılır. Bu işlemin ardından piknometrenin ağzı kapatılır ve vakumlu desikatörde 5 dakika boyunca  $3 \pm 0.3$  kPa'lık basınçta vakumlanır. Piknometre, vakumlu desikatörde  $3 \pm 0.3$  kPa'lık basınçta 30 dakika bekletilir.

Desikatörün hava basıncının ayarlanmasının ardından, piknometre dışarı çıkartılır ve su ile doldurulur. Piknometre, tıkaçsız olarak banyo su seviyesinin 2 mm- 3

mm üzerinde kalacak şekilde,  $25 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 'deki su banyosuna yerleştirilir. Bu şekilde 1 saat bekletilen piknometre, daha sonra ağzı kapatılarak soğuk su ile yıkanır. Piknometrenin dışı kurutulduktan sonra, içindeki numune ve su ile birlikte tartılır ve sonuç ( $m_2$ ) olarak kaydedilir.

Taşunu tane yoğunluğu aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\rho_f = \frac{m_1 - m_0}{V_1 \frac{m_2 - m_1}{\rho_s}} \quad (3.16)$$

$\rho_f = 25^{\circ}\text{C}$ 'de taşunu tane yoğunluğu,  $\text{gr} / \text{cm}^3$

$\rho_s = 25^{\circ}\text{C}$ 'de suyun yoğunluğu,  $\text{gr} / \text{cm}^3$

$m_0 =$  Tıkaçlı boş piknometrenin kütlesi, gr

$m_1 =$  İçinde taşunundan oluşan deney kısmı bulunan piknometrenin kütlesi, gr

$V =$  Piknometre hacmi, ml

### 3.2.2. Mıçırın mekanik özelliklerini belirleyen deneyler

#### a) Aşınmaya karşı dayanıklılık - aşınma oranı tayini

Deney numunesi TS 707'ye uygun olarak ve TS 3694'de belirtilen miktarda kullanılır [ 21, 48 ].

Deney numunesi TS 3694'de belirtilen B grubu eleklerden elenerek, her elek üzerinde kalan malzeme kil ve tozlardan temizleninceye kadar yıkanır. Yıkanan malzeme  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de 24 saat süresince kurutulduktan sonra tekrar elenerek tartılır ( $W_1$ ).

Deney numunesi ve aşındırıcı bilyalar Los Angeles aşındırma makinesine konulduktan sonra, kapak kapatılır ve dakikada 30- 33 devir ile toplam 100 devir yaptırılır. Deney numunesi makineden çıkartıldıktan sonra 1.4 mm'lik elekten elenir. Elek üzerinde kalan malzeme tartılarak ağırlığı kaydedilir ( $W_2$ ). Elek üzerinde kalan ve geçen malzeme ile birlikte aşındırıcı bilyalar tekrar Los Angeles aşındırma makinesine konur ve 400 devir daha döndürülür. 400 devirin sonunda, deney numunesi makineden çıkartılarak 1.4 mm'lik elekten elenir. Elek üstü malzeme tartılarak, ağırlığı kaydedilir ( $W_3$ ).

Deney numunesinin aşındırma oranı aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$a_1 = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \cdot 100 \quad (3.17)$$

$a_1$  = 500 devir sonu aşınma oranı, %

$W_1$  = Numunenin deney öncesi etüv kurusu ağırlığı, gr

$W_2$  = Numunenin 500 devir sonu aşınmayan kısmının ağırlığı, gr

### **b ) Dona dayanıklılık tayini**

Deney numunesi TS 699'a göre hazırlanır [ 45 ]. TS 699'da belirtilen miktarda kullanılan numuneler, deney öncesinde  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de etüvde sabit kütleyle gelinceye kadar kurutulur ve oda sıcaklığındaki ağırlığı 0.1 gr duyarlılıkta tartılarak kaydedilir ( $G_0$ ).

Don kaybı tespiti için  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  çözeltisi kullanılmıştır.

TS 699'a göre en az iki seri halinde hazırlanan deney numunelerinin her biri deney kabına konularak, üzerleri  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  çözeltisi ile tamamen kapatılır. Bu hali ile deney numuneleri 18 saat çözelti içerisinde bekletilir. Belirtilen sürenin sonunda deney kaplarının içerisinde  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  çözeltisi boşaltılır ve içerisinde numune ile birlikte deney kapları  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de etüvde 4 saat kurutulur. Bu işlemin ardından deney kabına, deney numunelerinin üzerini örtecek şekilde tekrar  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  çözeltisi konarak bu işlem toplam 5 kez tekrarlanır. Beşinci devrin sonunda deney numunesi etüvden çıkartılır ve soğuduktan sonra su ile ıslatılır. Su içerisinde 18 saat bekletilen deney numuneleri, daha sonra  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  çözeltisinden tamamen temizleninceye kadar su ile yıkanır. Yıkama işleminin en az 20 dakika sürmesine dikkat edilmelidir.

Yıkama işleminin ardından deney numuneleri  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de etüv içerisinde değişmez kütleyle gelinceye kadar kurutulur. Kurutulan deney numuneleri TS 699'da belirtilen eleklerden elenerek, elek üstü malzeme 0.1 gr duyarlılıkta tartılarak kaydedilir ( $G_1$ ).

$\text{Na}_2\text{SO}_4$  ile don kaybı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$k_d = \frac{G_0 - G_1}{G_0} \cdot 100 \quad (3.18)$$

$k_d = \text{Na}_2\text{SO}_4$  don kaybı, %

$G_0 =$  Deneysel numunesinin başlangıç kütlesi, gr

$G_1 =$  Deneysel numunenin elek üzerinde kalan deneysel numunesinin kütlesi, gr

Bu formül kullanılarak her grup için don kaybı hesaplandıktan sonra, aşağıdaki formülle toplam don kaybı hesaplanmıştır.

$$k_{dt} = 0.5 k_{d1} + 0.3 k_{d2} + 0.2 k_{d3} \quad (3.19)$$

$k_{dt} =$  Toplam sodyum sülfat don kaybı, %

$k_{d1} =$  40 mm- 20 mm elekler arasındaki deneysel numunesinin don kaybı, %

$k_{d2} =$  20 mm- 10 mm elekler arasındaki deneysel numunesinin don kaybı, %

$k_{d3} =$  10 mm- 5 mm elekler arasındaki deneysel numunesinin don kaybı, %

Buradan elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması % 0.1 duyarlılıkla hesaplanır ve  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  don kaybı bu şekilde belirlenir.

### c) Tek eksenli basınç dayanımı deneyi

Mıncır örneklerinin üretildiği Koltik Kireçtaş'ından alınan karot örneklerinin TS 699'a göre tek eksenli basınç dayanımı da ayrıca hesaplanmıştır [ 45 ].

Silindir şeklindeki 10 adet deneysel numunesinin yükseklik / çap oranları, TS 699'da belirtildiği gibi 1/1'den büyüktür. Basınç uygulanacak yüzeyler; düz ve birbirine paralel olması için aşındırma cihazı ile düzeltilmiştir.

Hazırlanan silindir şeklindeki deneysel numunelerinin çapları kumpas yardımıyla 0.1 mm hassasiyetle, deneysel öncesinde ölçülerek kaydedilmiştir ( R ).

Ölçülen deneysel numuneleri, deneysel presinin tablaları arasına ve tam ortasına yerleştirildikten sonra yükleme uygulanmıştır. Yükleme hızı 0,50 kN/ sn olacak şekilde ayarlanmıştır. Yükleme işlemi deneysel numunesi kırılıncaya kadar devam etmiştir. Numunenin kırıldığı andaki en büyük yük değeri pres göstergesinden okunarak kaydedilmiştir (  $P_k$ , kN ).

Numunelerin tek eksenli basınç dayanımları aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$f_b = \frac{P_k}{A} \quad (3.20)$$

$f_b$  = Numunenin tek eksenli basınç dayanımı, kN / cm<sup>2</sup>

$P_k$  = Kırılmaya neden olan en büyük yük, kN

$A$  = Deney numunesinin yük uygulandığı yüzeyinin alanı, cm<sup>2</sup>

### 3.2.3. Mıçırkların kimyasal özelliklerini belirleyen deneyler

#### a) Kimyasal bileşim

Koltik Kireçtaşı'ndan alınan bir adet kireçtaşı örneğinin kimyasal bileşimini saptamak amacıyla, tane boyutu 0.5 µm altındaki örneğe, Türkiye Çimento Müstahsilleri – Ankara Laboratuvarı'nda yaş kimya analizi yaptırılmıştır.

#### b) Mineralojik bileşim

Koltik Kireçtaşı'ndan alınan örnek kırılarak küçültülmüş ve agat havanda dövülerek tane boyu inceltirilmiştir. Örneğin mineralojik bileşim tayinini yapmak amacıyla İnönü Üniversitesi Fen – Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü X-Ray Laboratuvarı'nda XRD analizi yaptırılmıştır.

## **4. ARAŞTIRMA BULGULARI**

### **4.1. Arazi Çalışma Bulguları**

#### **4.1.1. Çatlak sistemleri**

Permo- Karbonifer yaşlı Koltik Kireçtaşı'nda egemen çatlak doğrultuları KD-GB ve KB- GD yönlüdür [ 37 ]. Kireçtaşında çok sayıda ve farklı türde çatlak sistemleri görülmektedir. Genelde yaşlı olanların içleri dolu, genç olanların ise içleri boştur. Çatlak dolguları genelde ikincil kalsit mineralidir.

#### **4.1.2. Katman kalınlıkları**

Koltik Kireçtaşı'ndaki katman kalınlıkları çok değişkendir. En fazla 300 m kalınlığa ulaşmaktadır [ 37 ]. Katman kalınlıkları genelde ince – kalındır ( 20- 80 cm ). Koltik Kireçtaşı'nın allohton konumlu olmasından dolayı katmanların yanal devamı en fazla 10- 15m izlenebilmektedir.

### **4.2. Deneysel Çalışma Bulguları**

#### **4.2.1. Çalışılan kireçtaşı mıcırlarının fiziksel özellikleri**

##### **a) Tane boyu dağılımı ( elek analizi ) sonuçları**

TS 3530 EN 933-1'e göre yapılan elek analizi deneyleri sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Elek analizi deney sonuçları

Elek Açıklığı ( mm )	% Geçen					
	0-5 mm	14-22 mm	15-25 mm	0-25 mm	5-15 mm	0-50 mm
63	100	100	100	100	100	100
31,5	100	100	100	100	100	91
16	100	49	37	84	100	84
8	100	-	-	52	46	31
4	100	-	-	41	16	19
2	69	-	-	26	1	7
1	43	-	-	18	-	5
0,5	31	-	-	15	-	4
0,25	21	-	-	11	-	3

#### a-1 ) Beton üretiminde kullanılan mıcırın tane boyu dağılımı

TS 706'da en büyük tane boyutuna bağlı olarak oluşturulan referans eğrilerinde belirtilen A ve B kırık çizgileri arasındaki standart bölge, beton üretiminde kullanılacak mıcır karışımları için ideal olarak belirtilmiştir ( Çizelge 2.9 ).

Şekil 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4'de verilen referans tane boyu dağılım eğrilerinde görüldüğü gibi, taralı alanlar standart bölgelerdir.

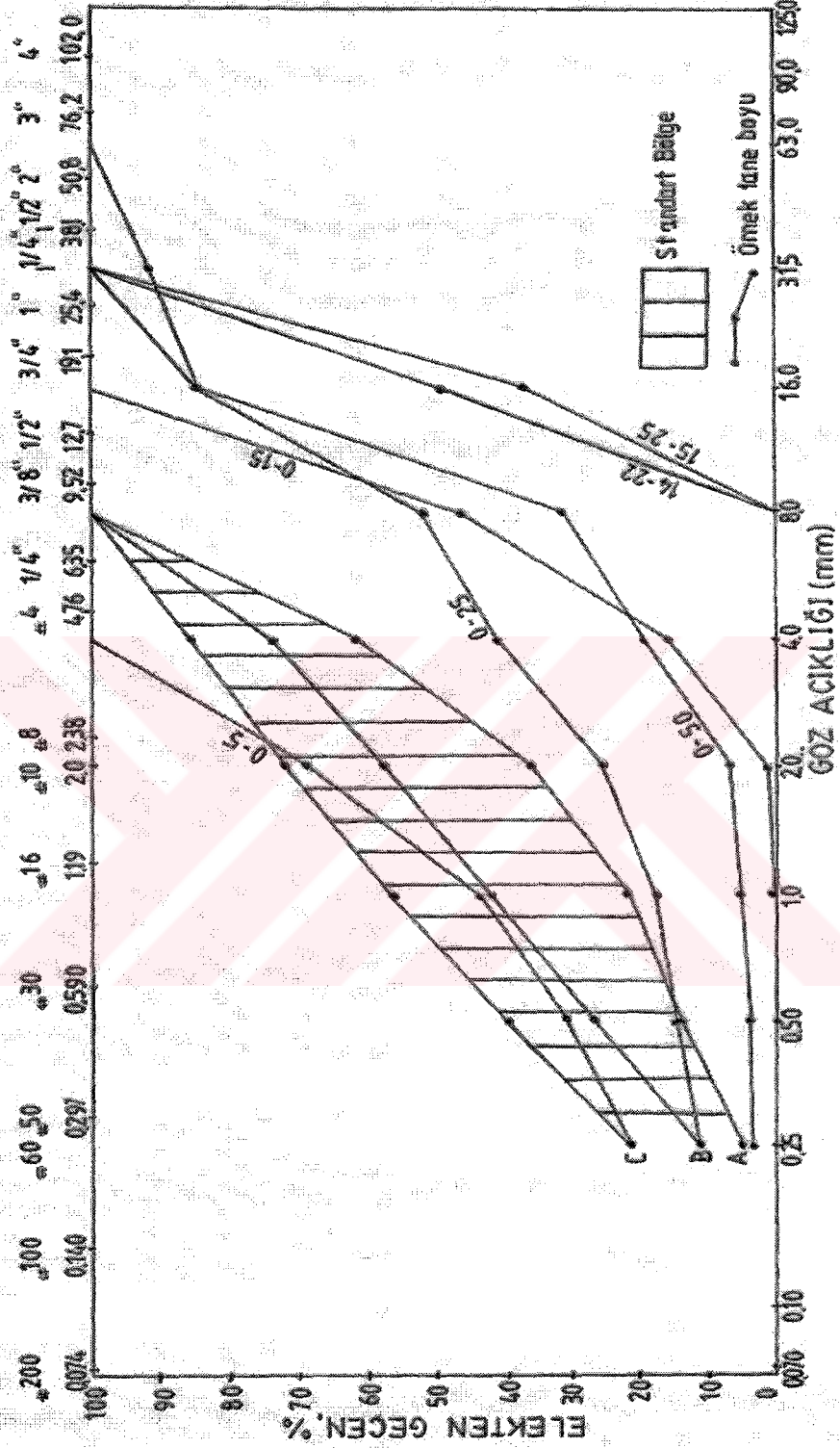
Şekil 4.1'de; 0- 5 numaralı örnek büyük çoğunlukla uygun, 0- 25 numaralı örnek kısmen uygundur.

Şekil 4.2'de; 0-5 numaralı örnek kısmen, 0-25 numaralı örnek ise büyük çoğunlukla standart bölge içerisinde yer almaktadır.

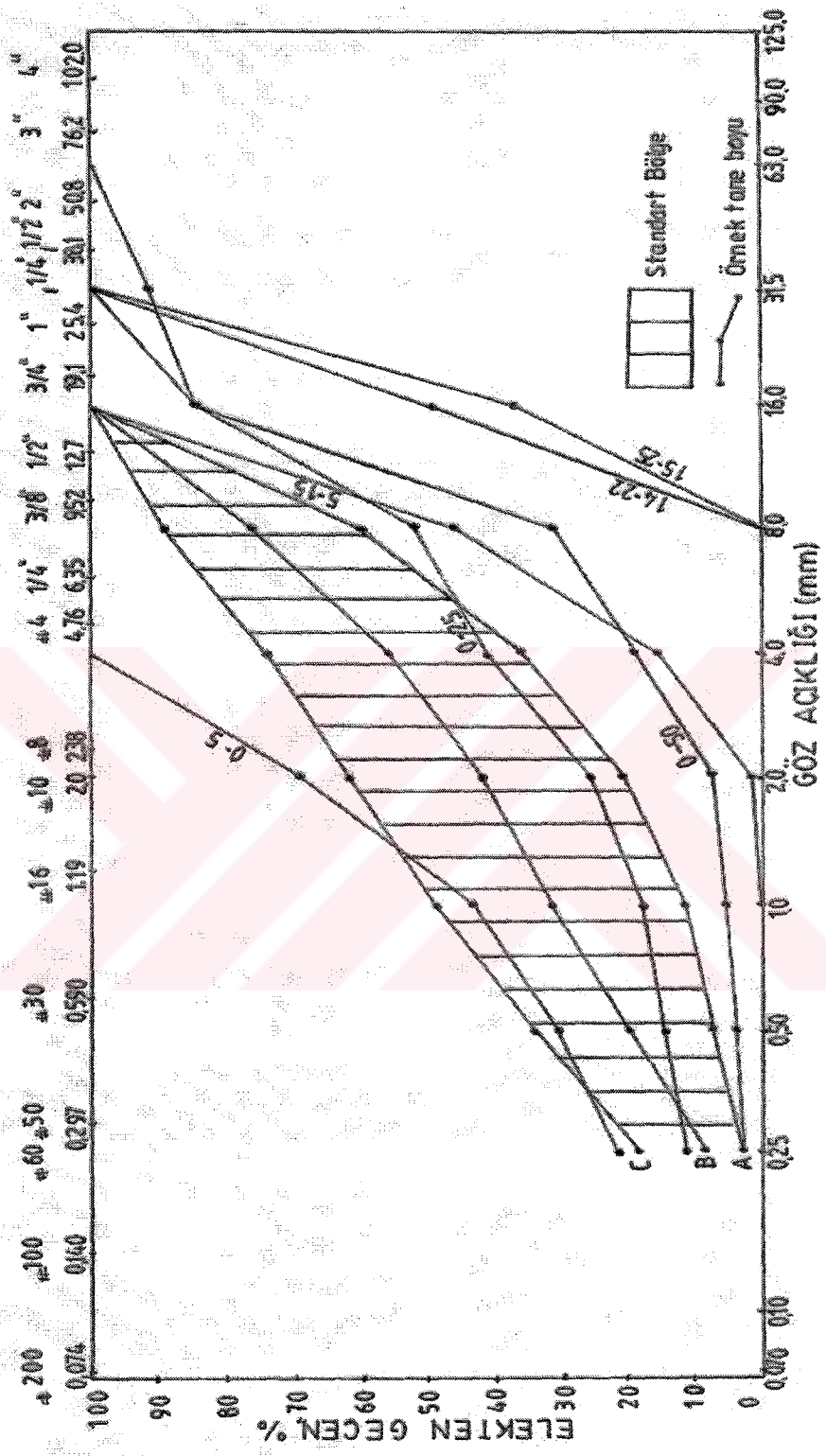
Şekil 4.3'de; 0-50 numaralı örnek kısmen, 0-25 numaralı örnek ise büyük çoğunlukla standart alan içindedir.

Şekil 4.4'de; 0-25 numaralı örnek büyük çoğunlukla, 0-50, 5-15, 14-22 ve 15-25 numaralı örnekler kısmen standart bölge içinde yer almaktadır.

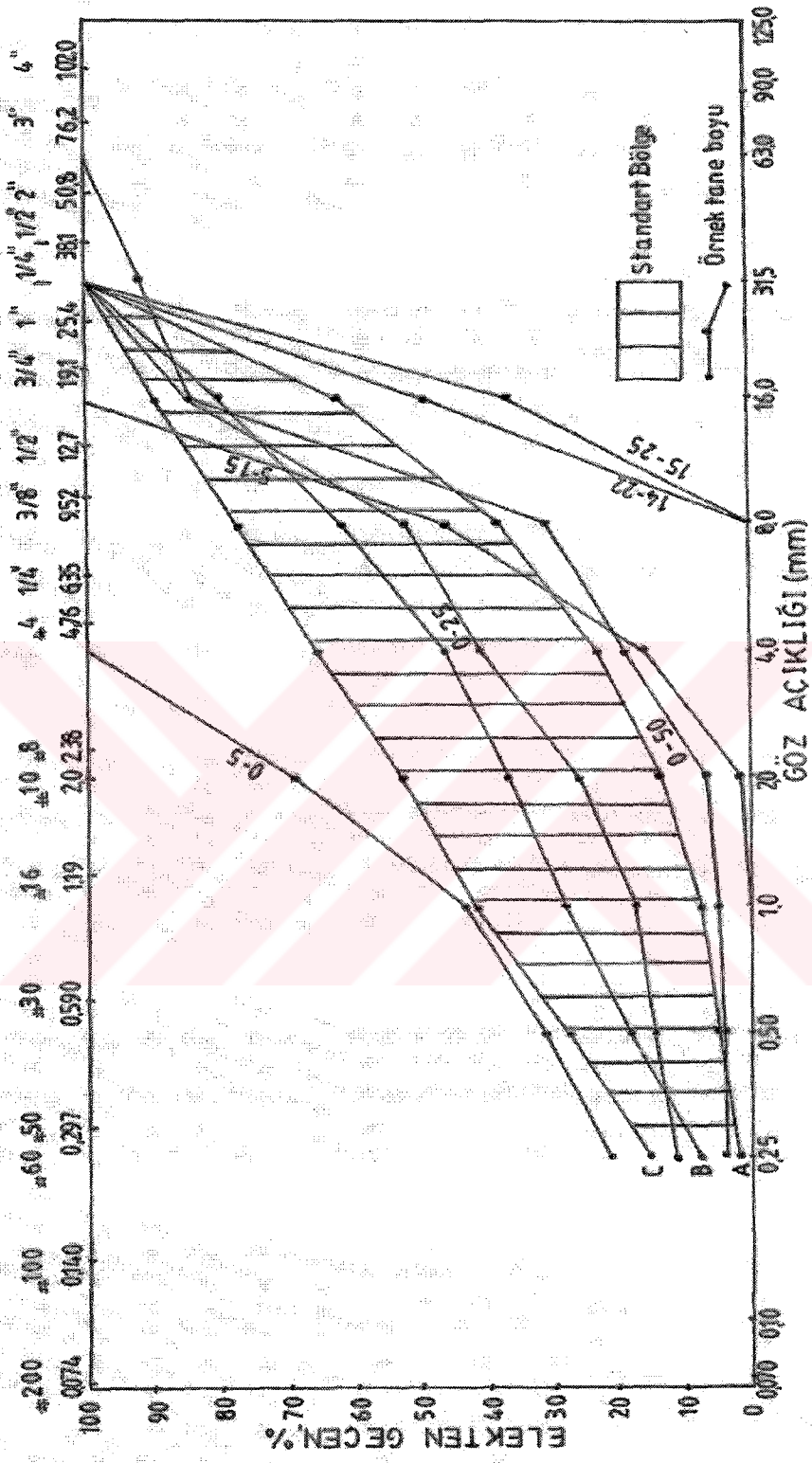




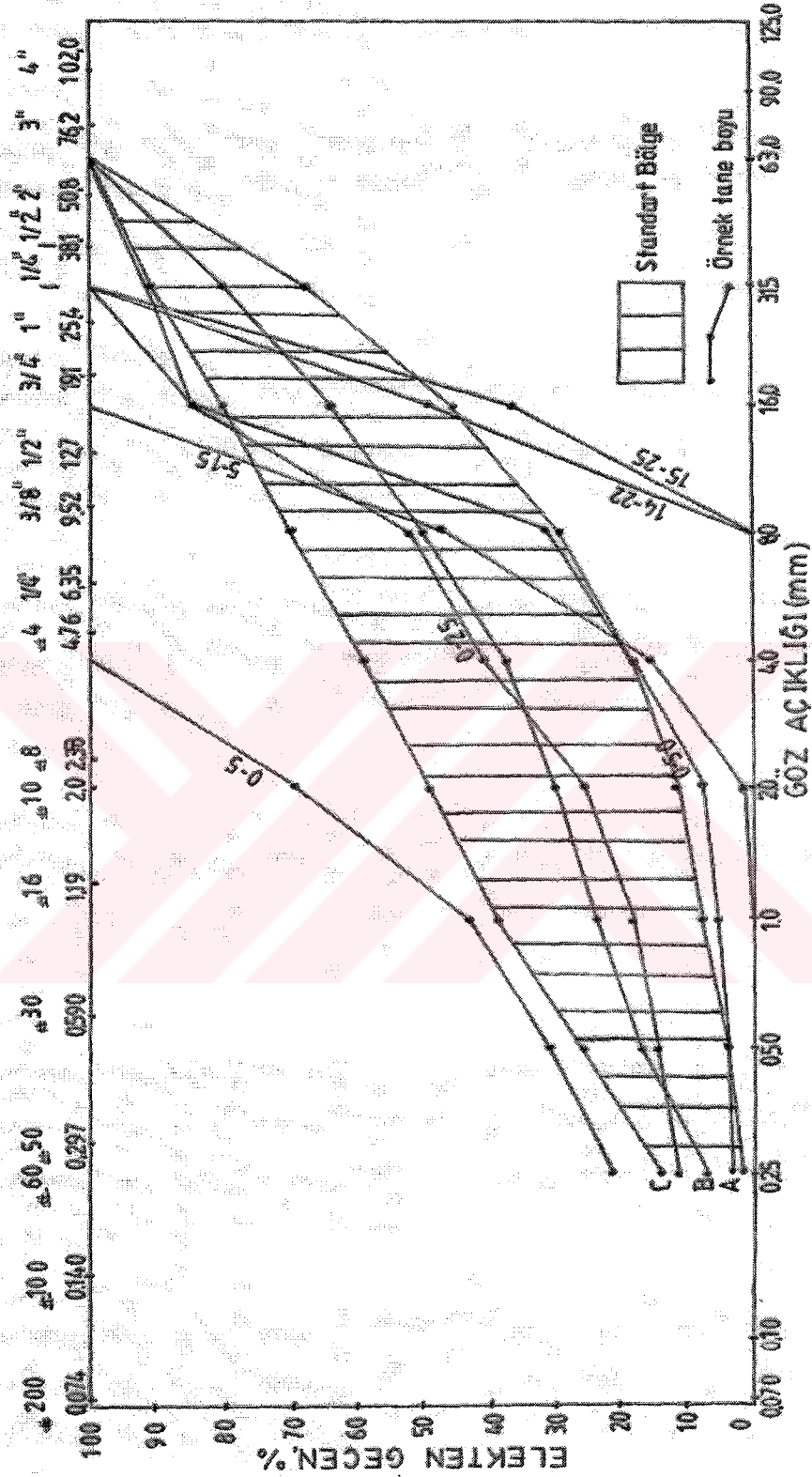
Şekil 4.1. Referans tane boyu dağılım eğrisi (  $d_{mak} = 8 \text{ mm}$  )



Şekil 4.2. Referans tane boyu dağılım eğrisi (  $d_{max} = 16 \text{ mm}$  )



Şekil 4.3. Referans tane boyu dağılım eğrisi (  $d_{max} = 32 \text{ mm}$  )



Şekil 4.4. Referans tane boyu dağılım eğrisi (  $d_{mak} = 63 \text{ mm}$  )

## **a-2 ) Karayolu yapımında kullanılan mıcırların tane boyu dağılımı:**

KGM'nin standartları göz önüne alındığında ( Çizelge 2.10 ve Çizelge 2.11 ); 4.5'den 4.21'e kadar olan şekillerde taralı alanlar standart bölge olarak belirtilmiştir.

Şekil 4.5'de; 0-25 numaralı örnek tümüyle, 0-5 numaralı örnek büyük oranda, 5-15, 14-22 ve 15-25 numaralı örnekler kısmen uygun alan içinde yer alır.

Şekil 4.6'de; 0-25 numaralı örnek büyük çoğunlukla, 0-50, 5-15, 14-22 ve 15-25 numaralı örnekler ise kısmen standart bölge içerisinde yer almaktadır.

Şekil 4.7'de; 0-25 numaralı örnek büyük çoğunlukla, 0-50, 5-15, 14-22 ve 15-25 numaralı örnekler kısmen standart bölge içinde bulunur.

Şekil 4.8'de; 0-5 numaralı örnek büyük çoğunlukla, 0-25, 0-50 ve 5-15 numaralı örnekler kısmen standart bölge içinde yer almaktadır.

Şekil 4.9'da; 0-5 numaralı örnek büyük çoğunlukla, 0-25 ve 5-15 numaralı örnekler kısmen standart bölge içine girer.

Şekil 4.10'de; 0-25 numaralı örnek tümüyle, 0-50, 5-15, 14-22 ve 15-25 numaralı örnekler kısmen standart bölge içindedir.

Şekil 4.11'de; 0-25 numaralı örnek büyük çoğunlukla, 0-50, 5-15 ve 0-5 numaralı örnekler kısmen standart bölge içinde yer almaktadır.

Şekil 4.12'da; 0-25 numaralı örnekler tümüyle, 0-50, 5-15, 14-22 ve 15-25 numaralı örnekler kısmen standart bölge içerisinde yer almaktadır.

Şekil 4.13'de; 0-25 numaralı örnek tümüyle, 0-50, 5-15, 14-22 ve 15-25 numaralı örnekler kısmen standart bölge içinde bulunmaktadır.

Şekil 4.14'de; 0-25 numaralı örnek büyük çoğunlukla, 0-50, 5-15, 14-22 ve 15-25 numaralı örnekler kısmen standart bölge içinde yer alır.

Şekil 4.15'de; 5-15, 0-50, 0-25 numaralı örnekler kısmen standart bölge içinde yer alır.

Şekil 4.16'de; 0-25 numaralı örnek büyük çoğunlukla, 0-50 ve 5-15 numaralı örnekler kısmen standart bölge içinde bulunur.

Şekil 4.17'de; 0-25 numaralı örnek büyük çoğunlukla, 0-50 ve 5-15 numaralı örnekler kısmen standart bölge içinde yer alır.

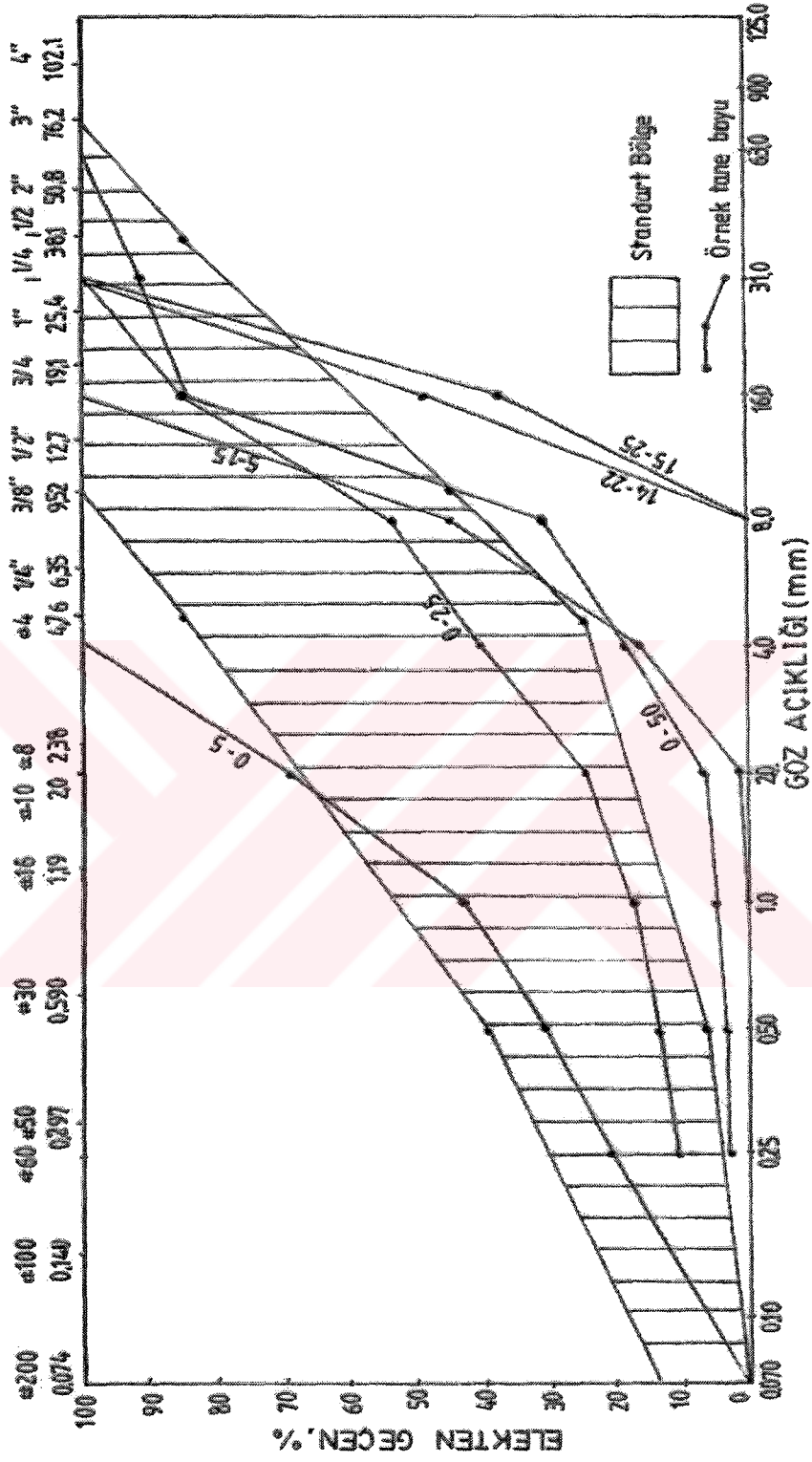
Şekil 4.18'de; 0-5 ve 5-15 numaralı örnekler kısmen standart bölge içinde bulunur.

Şekil 4.19'da; 0-25 ve 5-15 numaralı örnekler kısmen standart bölge içindedir.

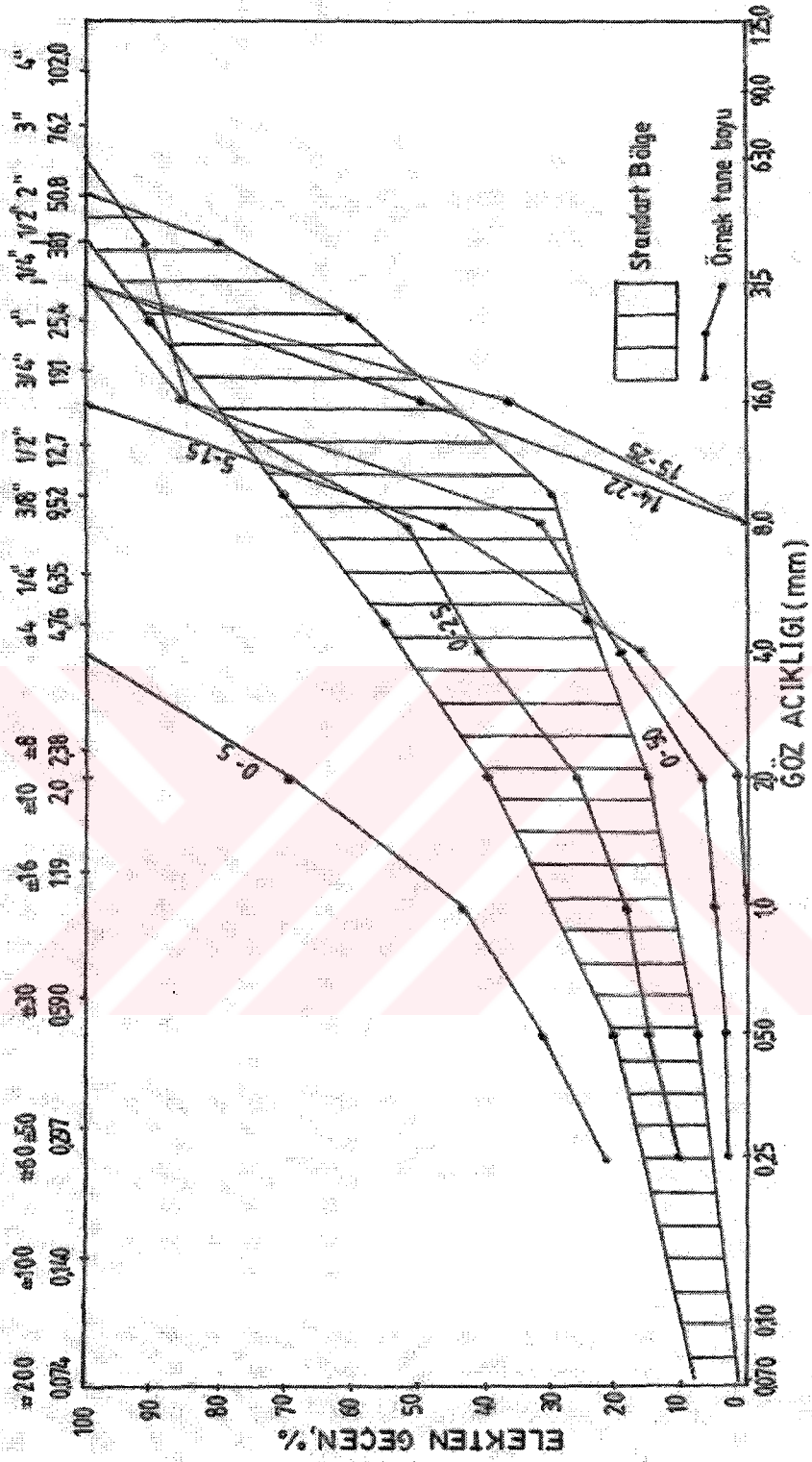
Şekil 4.20'de; 0-5, 0-25 5-15, 14-22 ve 15-25 numaralı örnekler kısmen standart bölge içinde yer alır.

Şekil 4.21'de; tane boyu dağılımları standart bölge içinde yer almaz.



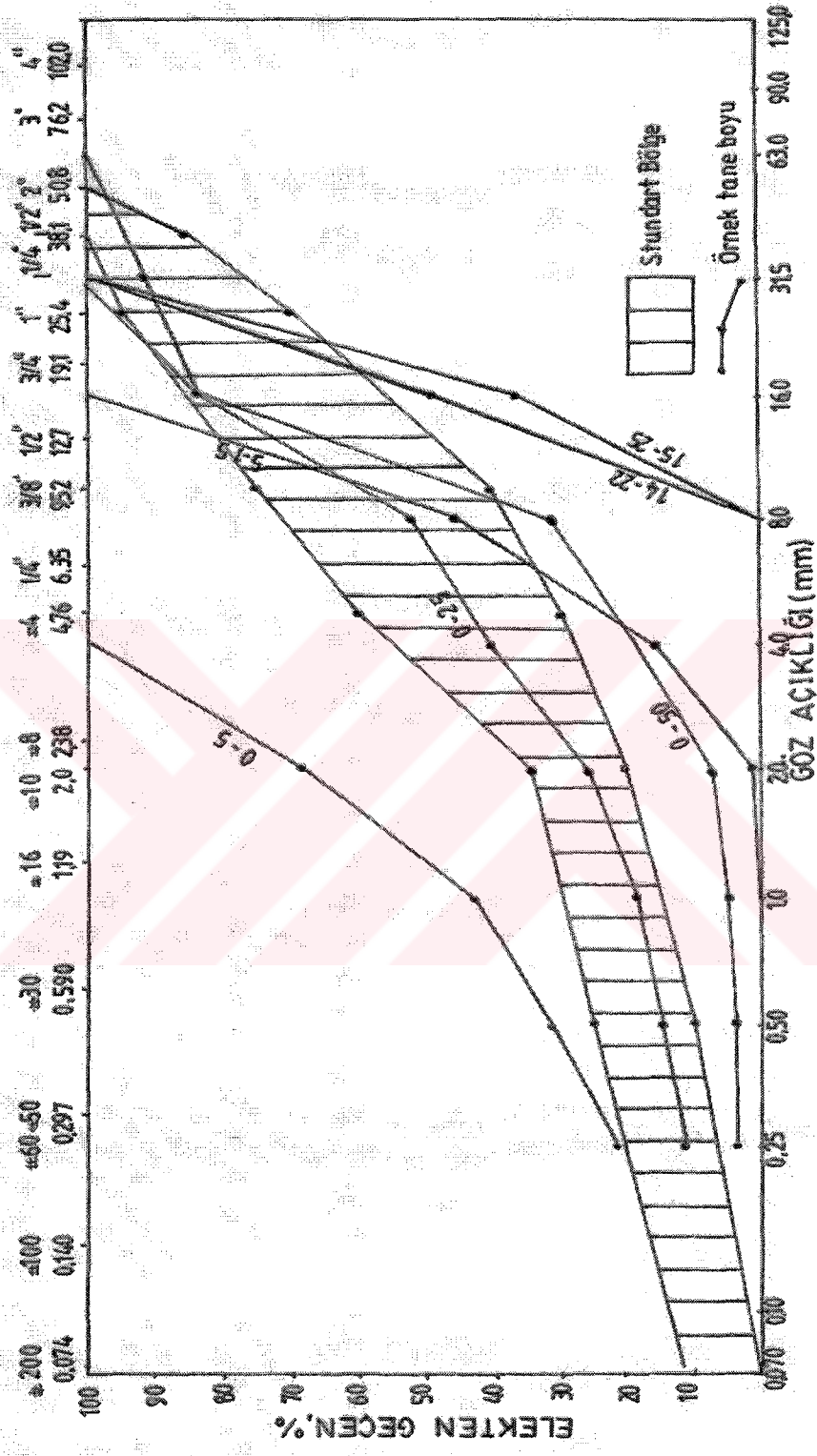


Şekil 4.5. Altımel tabakası referans tane boyu dağılım eğrisi

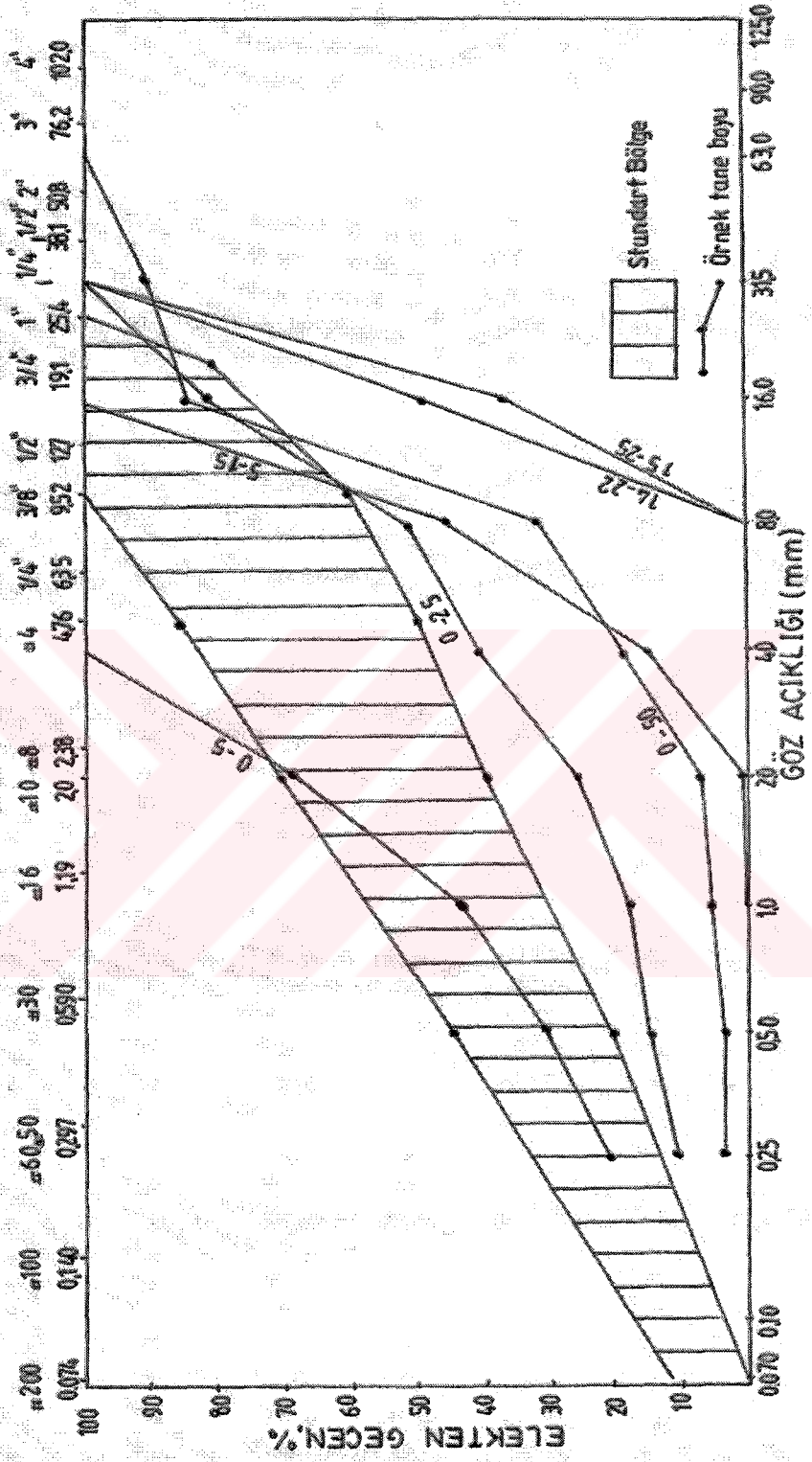


Şekil 4.6. Mekanik stabilizasyon temel A referans tane boyu dağılım eğrisi

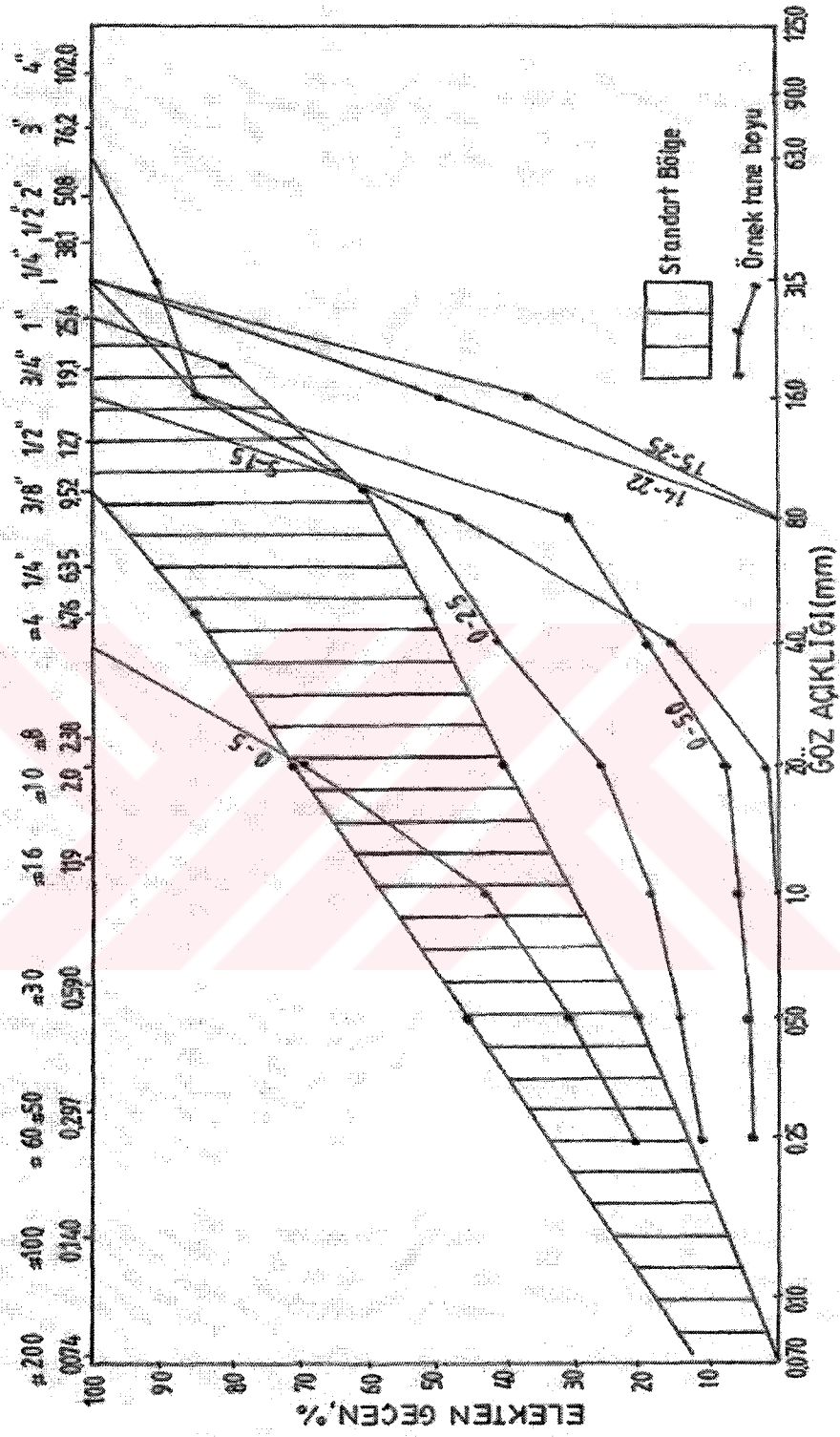




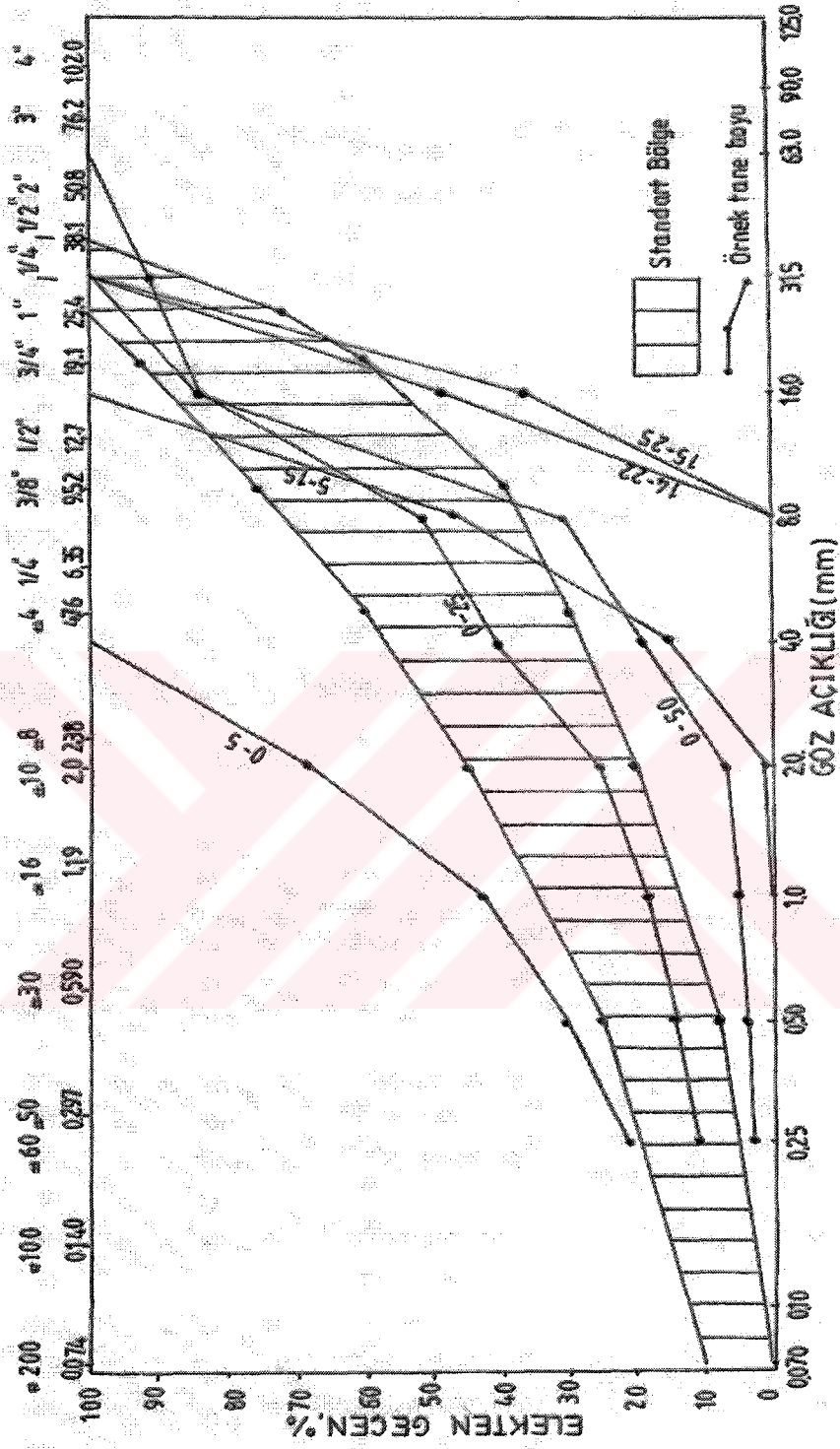
Şekil 4.7. Mekanik stabilizasyon temel B referans tane boyu dağılım eğrisi



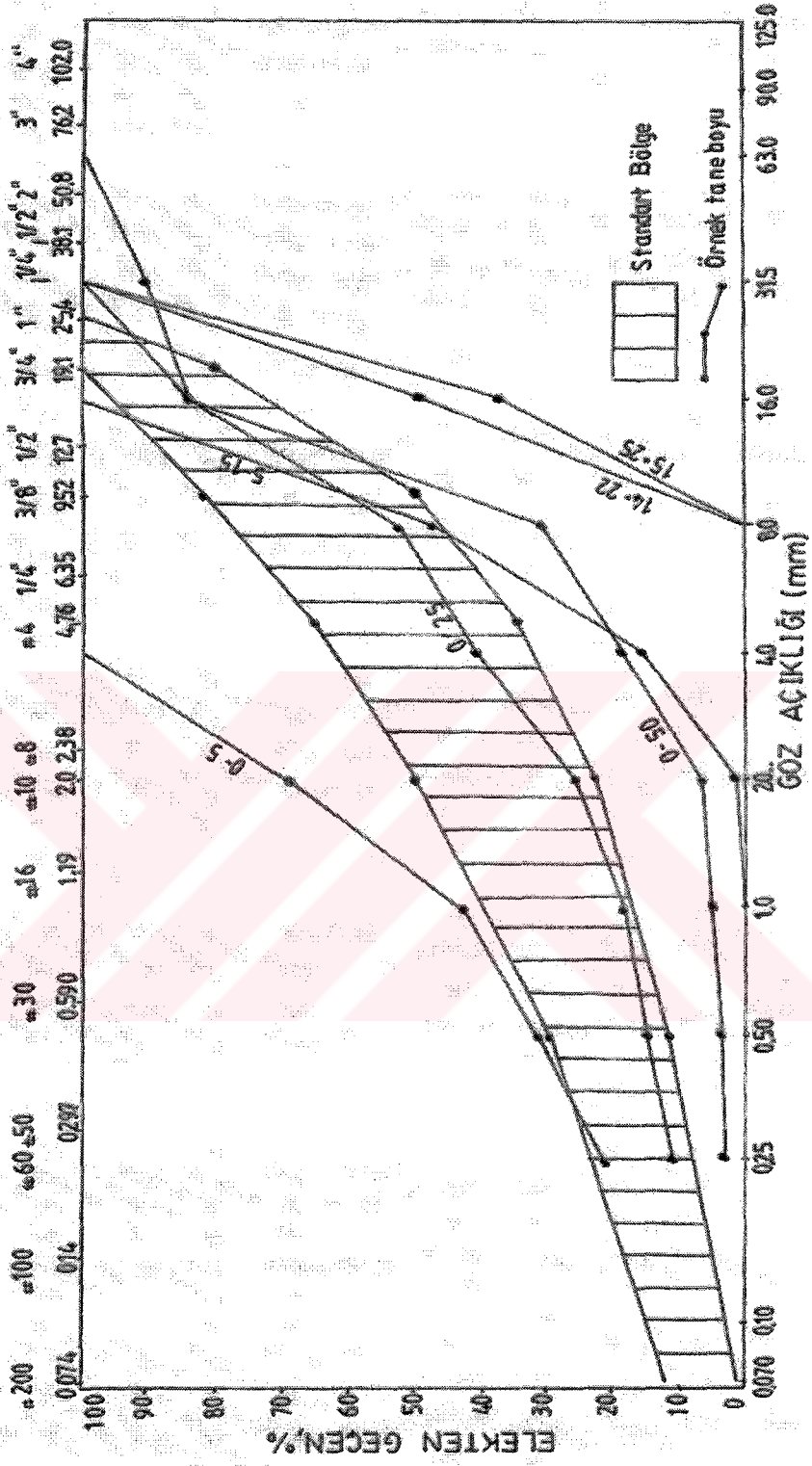
Sekil 4.8. Mekanik stabilizasyon temel C referans tane boyu dağılım eğrisi



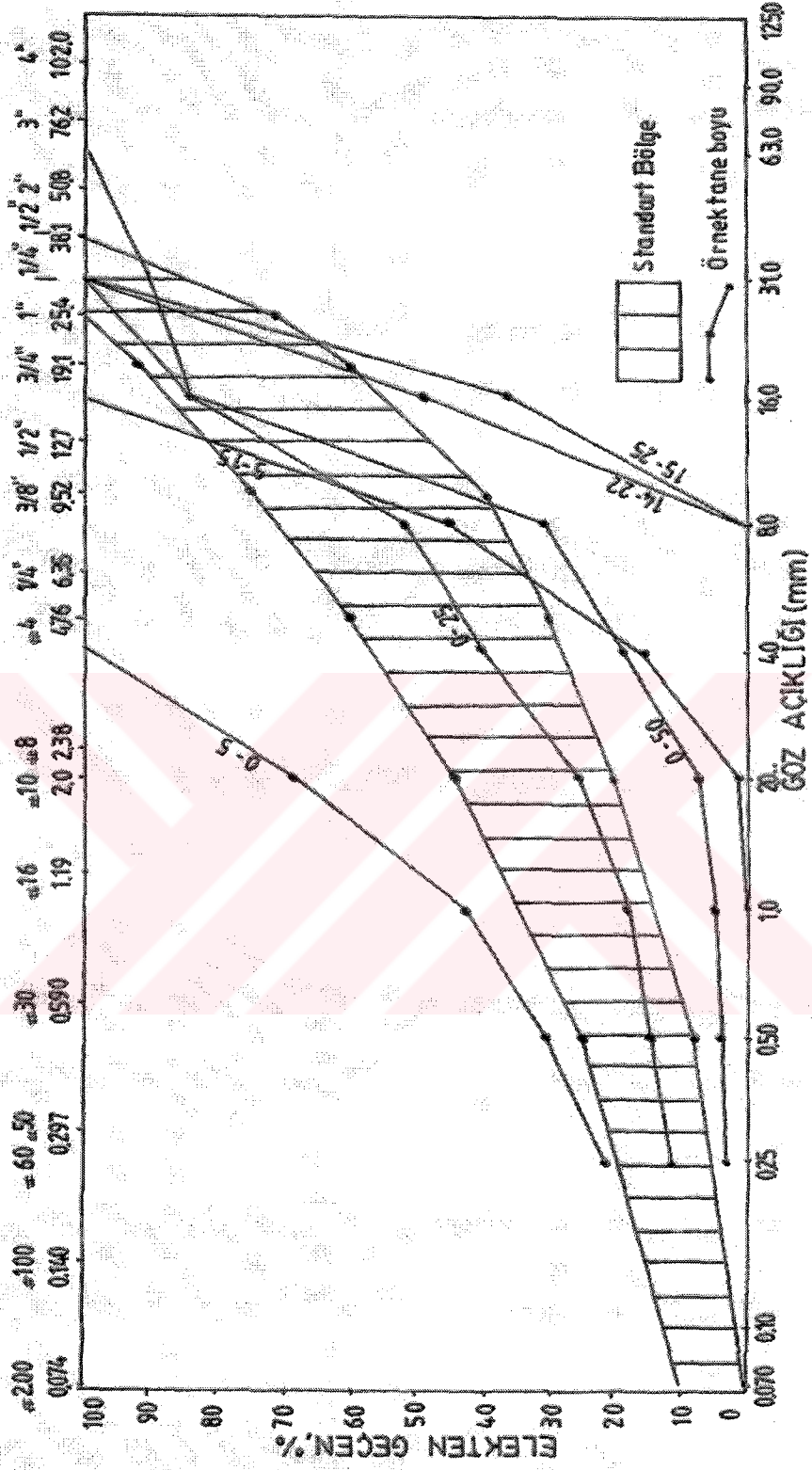
Şekil 4.9. Mekanik stabilizasyon temel D referans tane boyu dağılım eğrisi



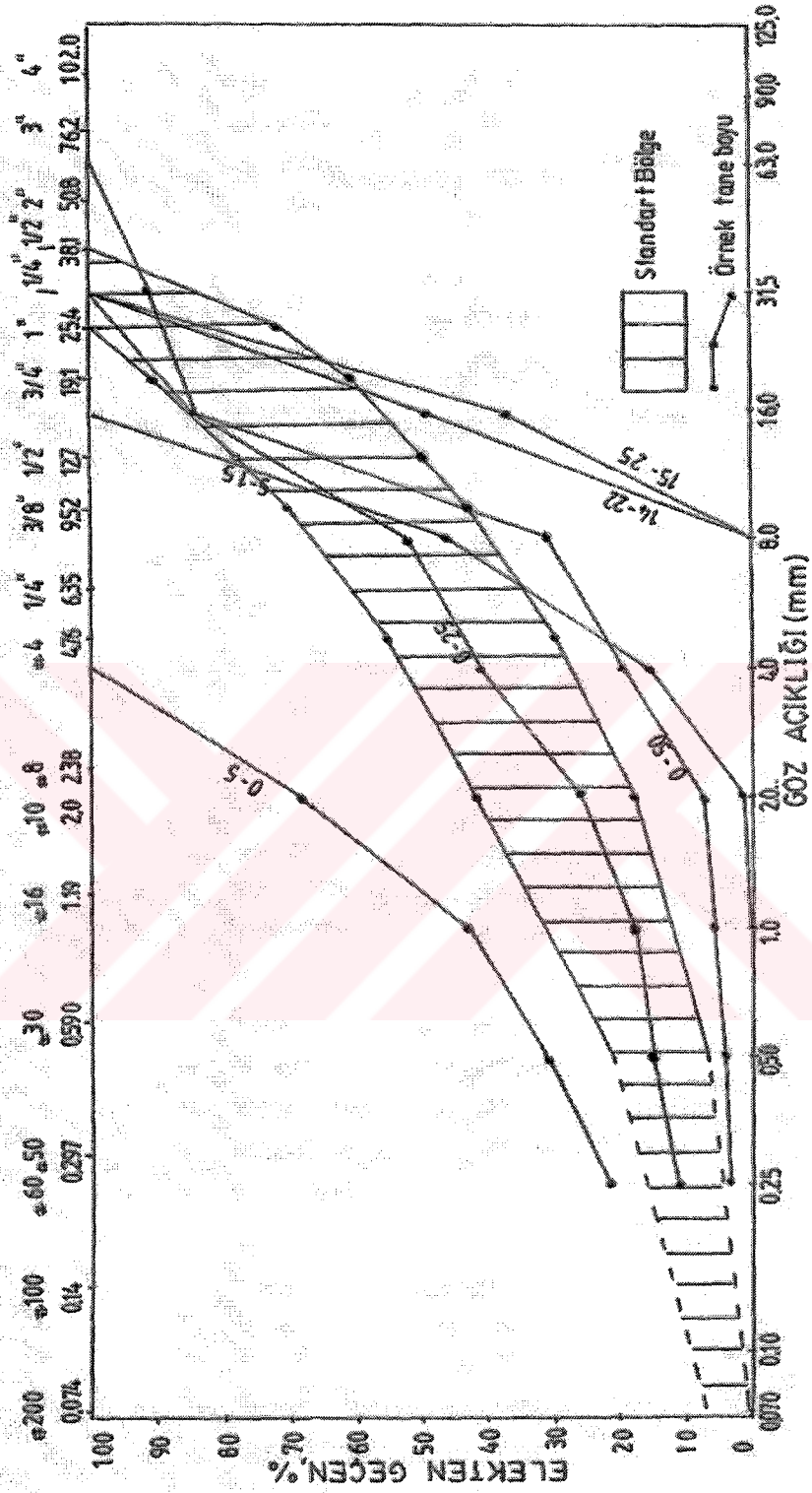
Şekil 4.10. Plent-mix temel tip- I referans tane boyu dağılım eğrisi



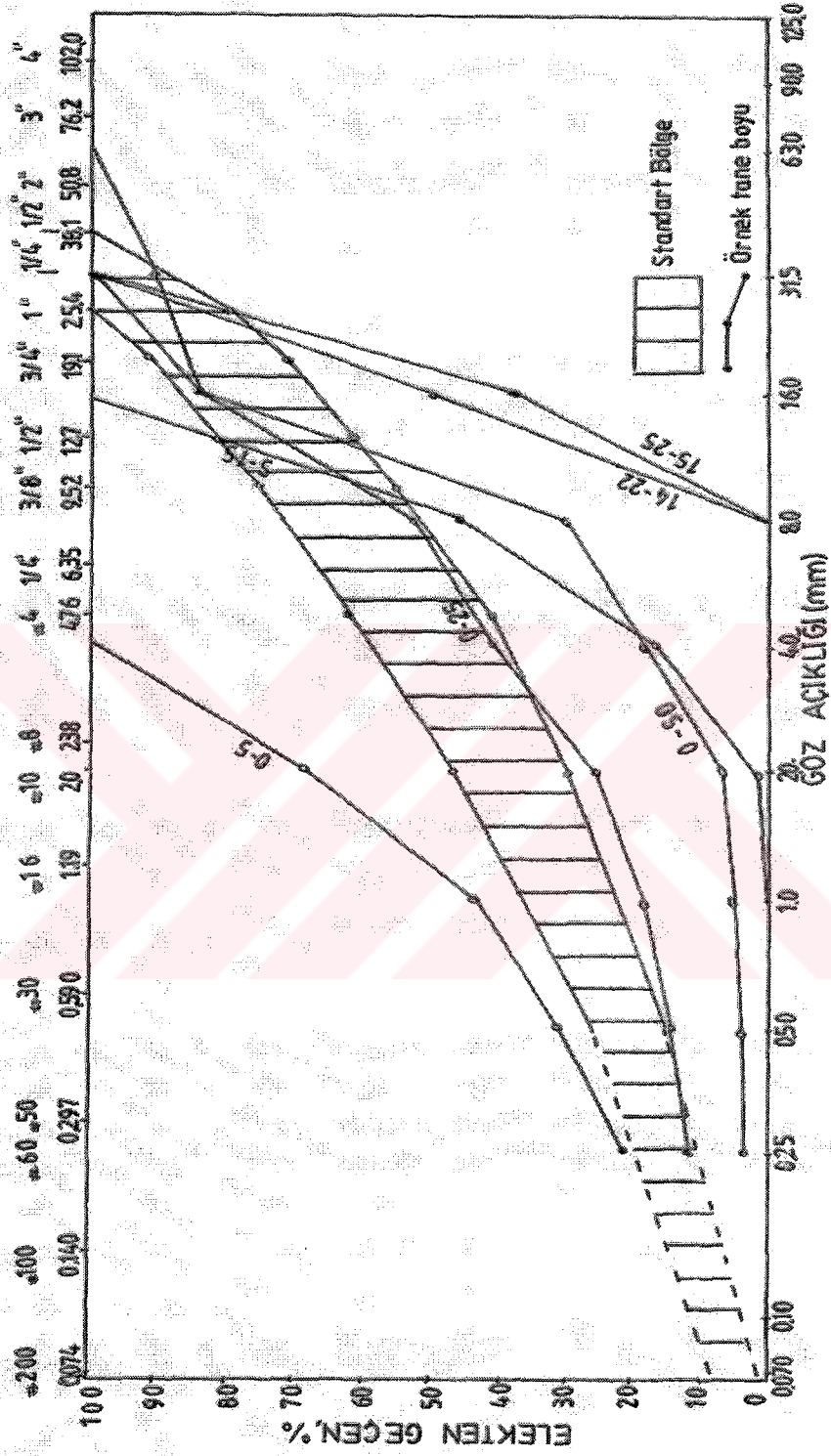
Şekil 4.1.1. Plent- mix temel tip- II referans tane boyu dağılım eğrisi



Şekil 4.12. Çimento stabilizasyon temel referans tane boyu dağılım eğrisi

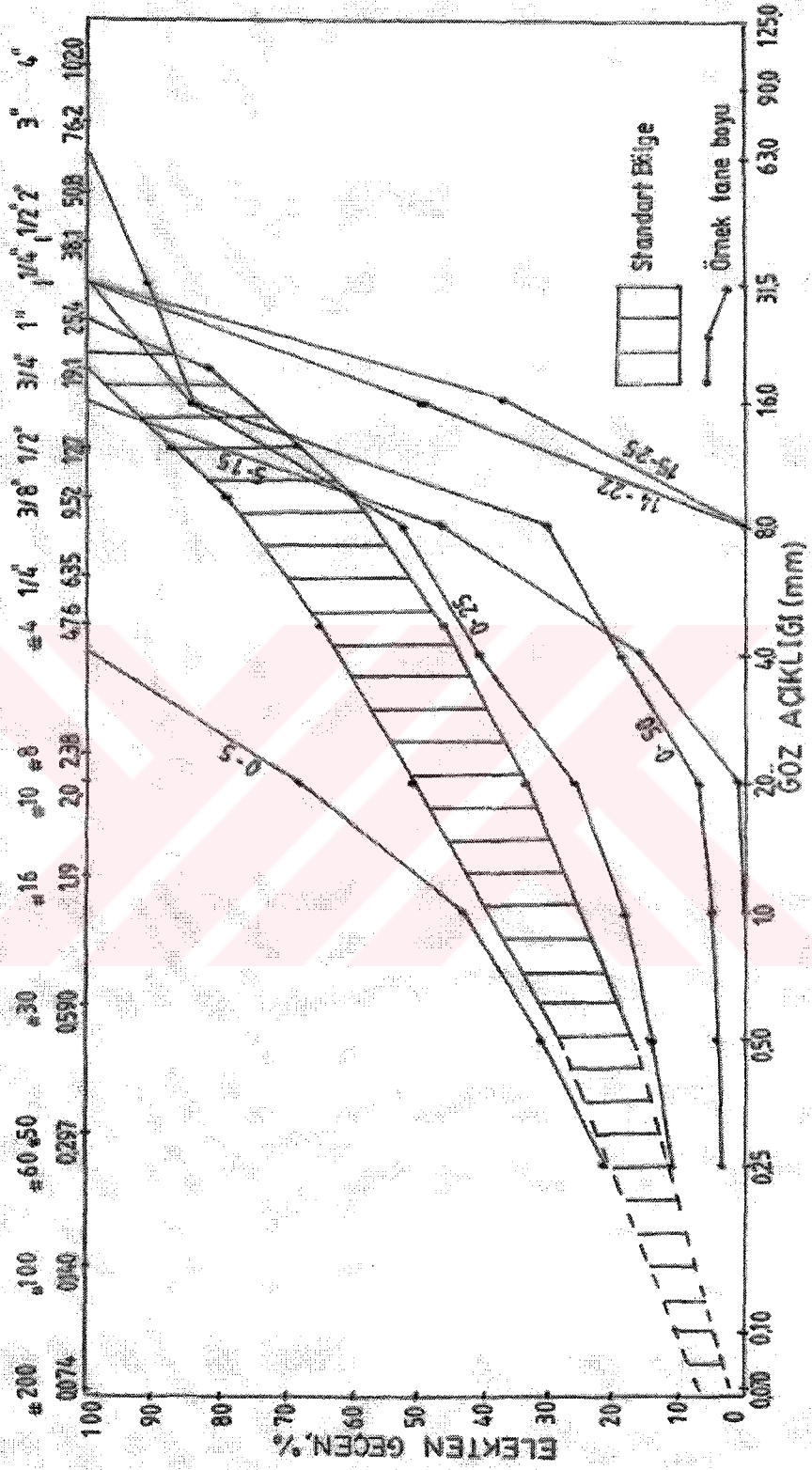


Şekil 4.13. Bitümlü temel tabakası tip A referans tane boyu dağılım eğrisi

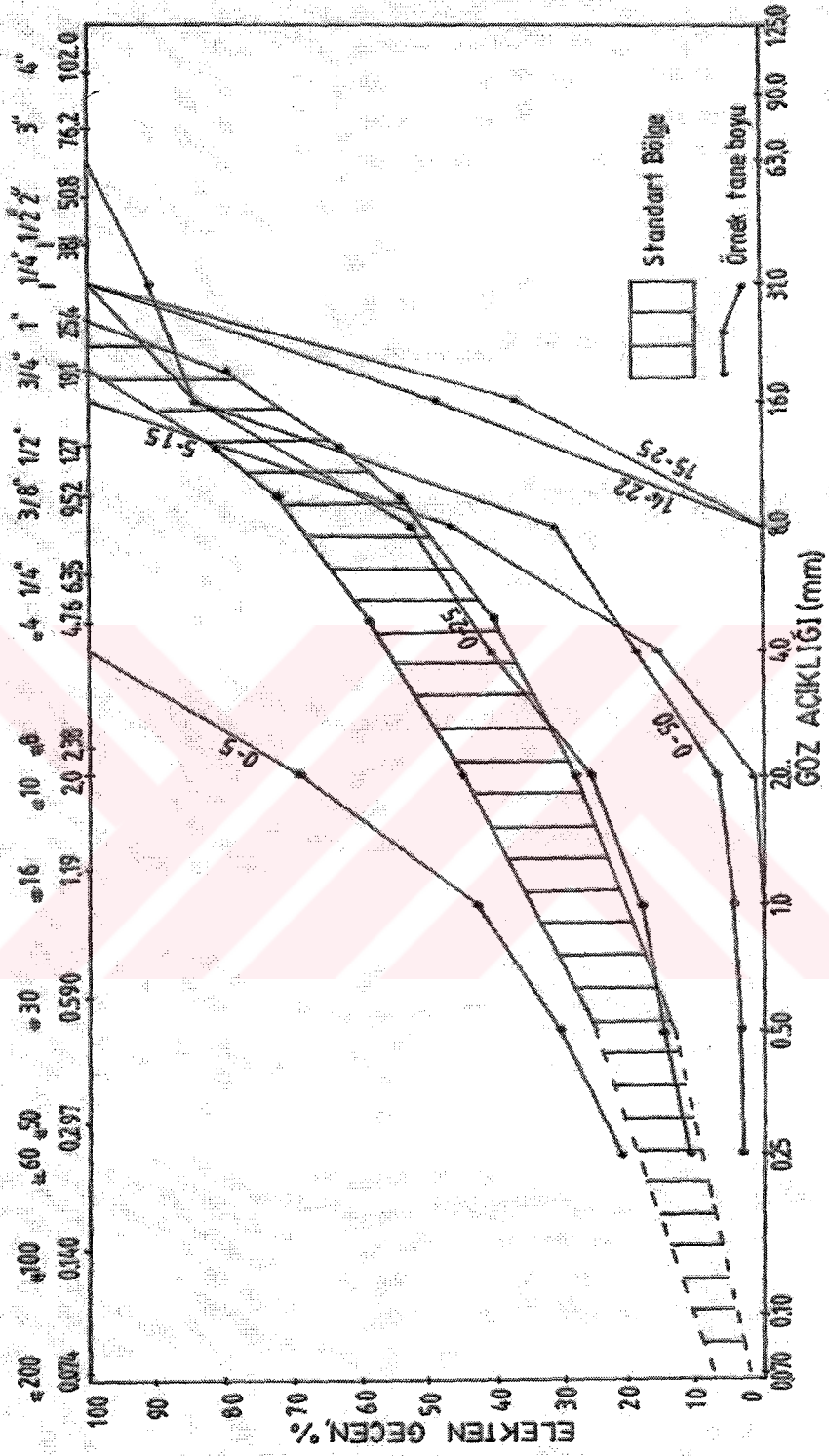


Şekil 4.14. Bitümlü temel tabakası tip B referans tane boyu dağılım eğrisi

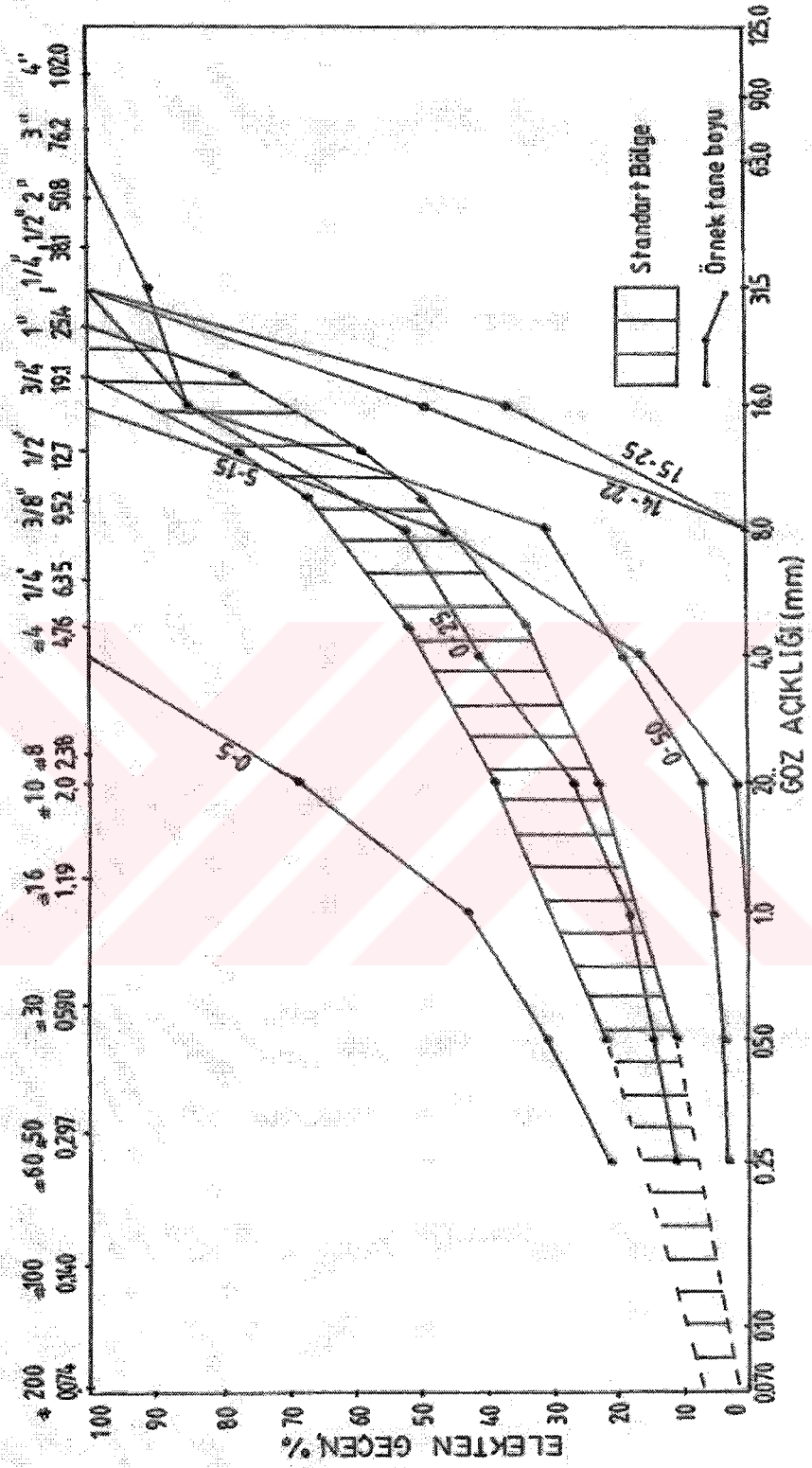




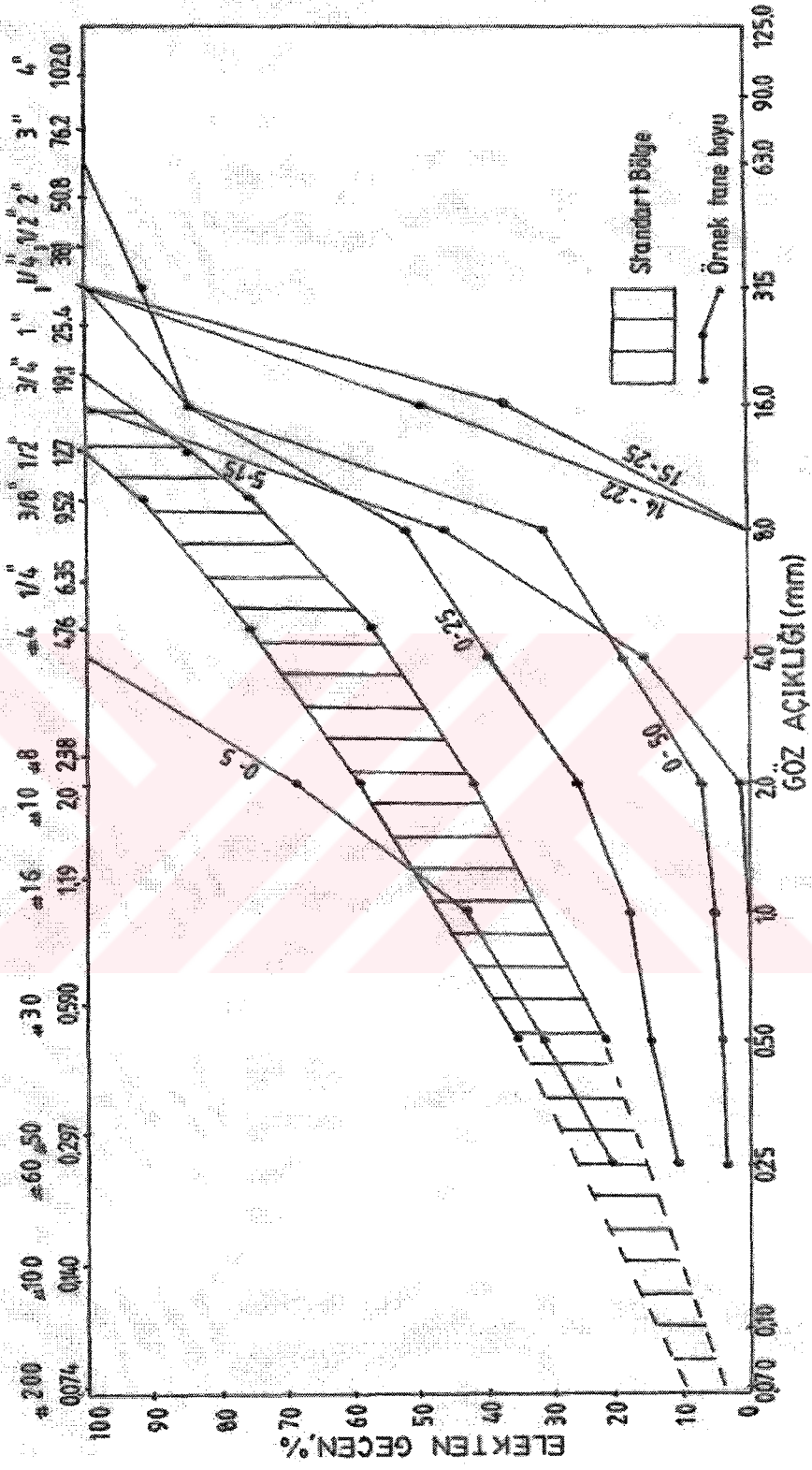
Şekil 4.15. Binder tabakası tip- I referans tane boyu dağılım eğrisi



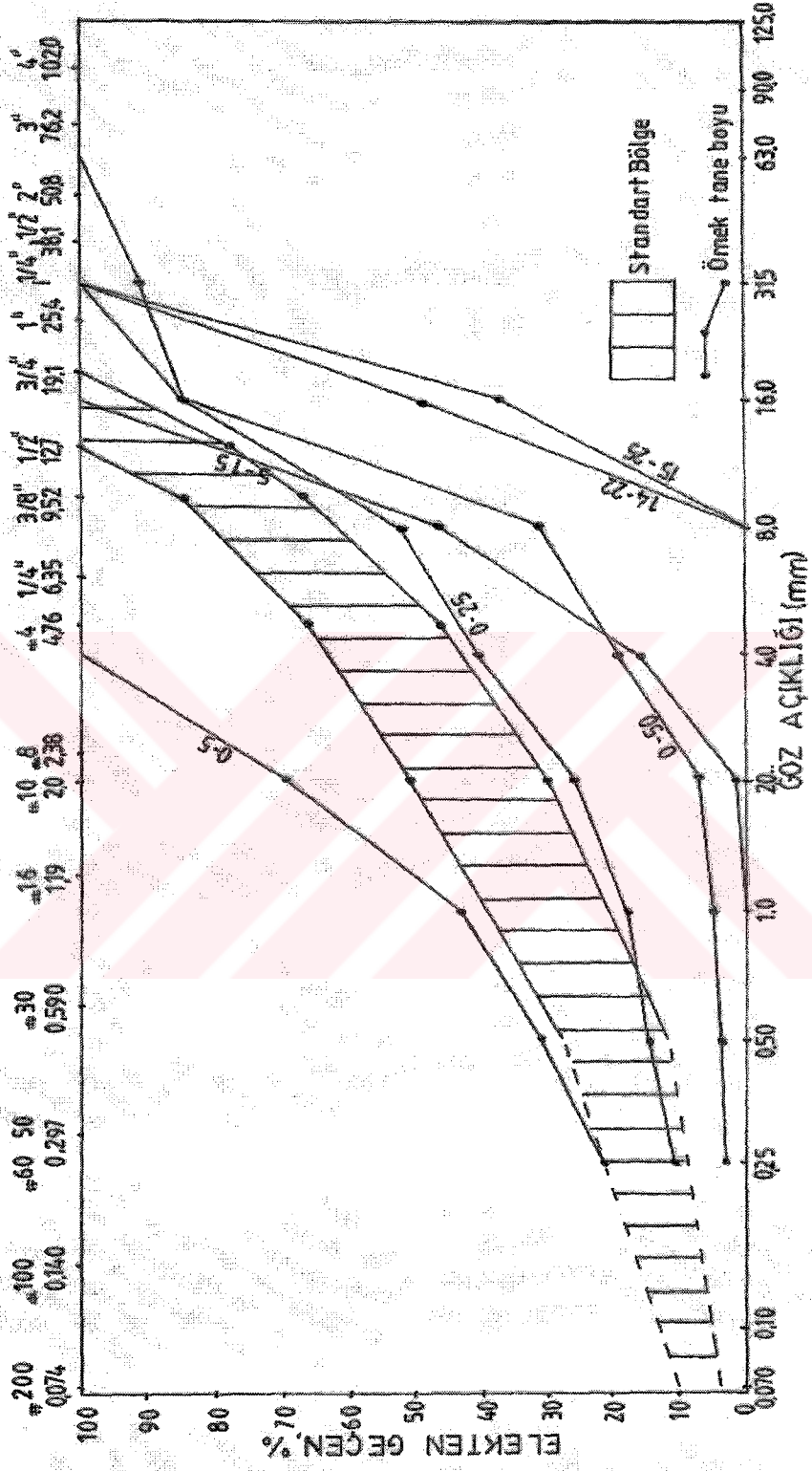
Şekil 4.16. Binder tabakası tip- II referans tane boyu dağılım eğrisi



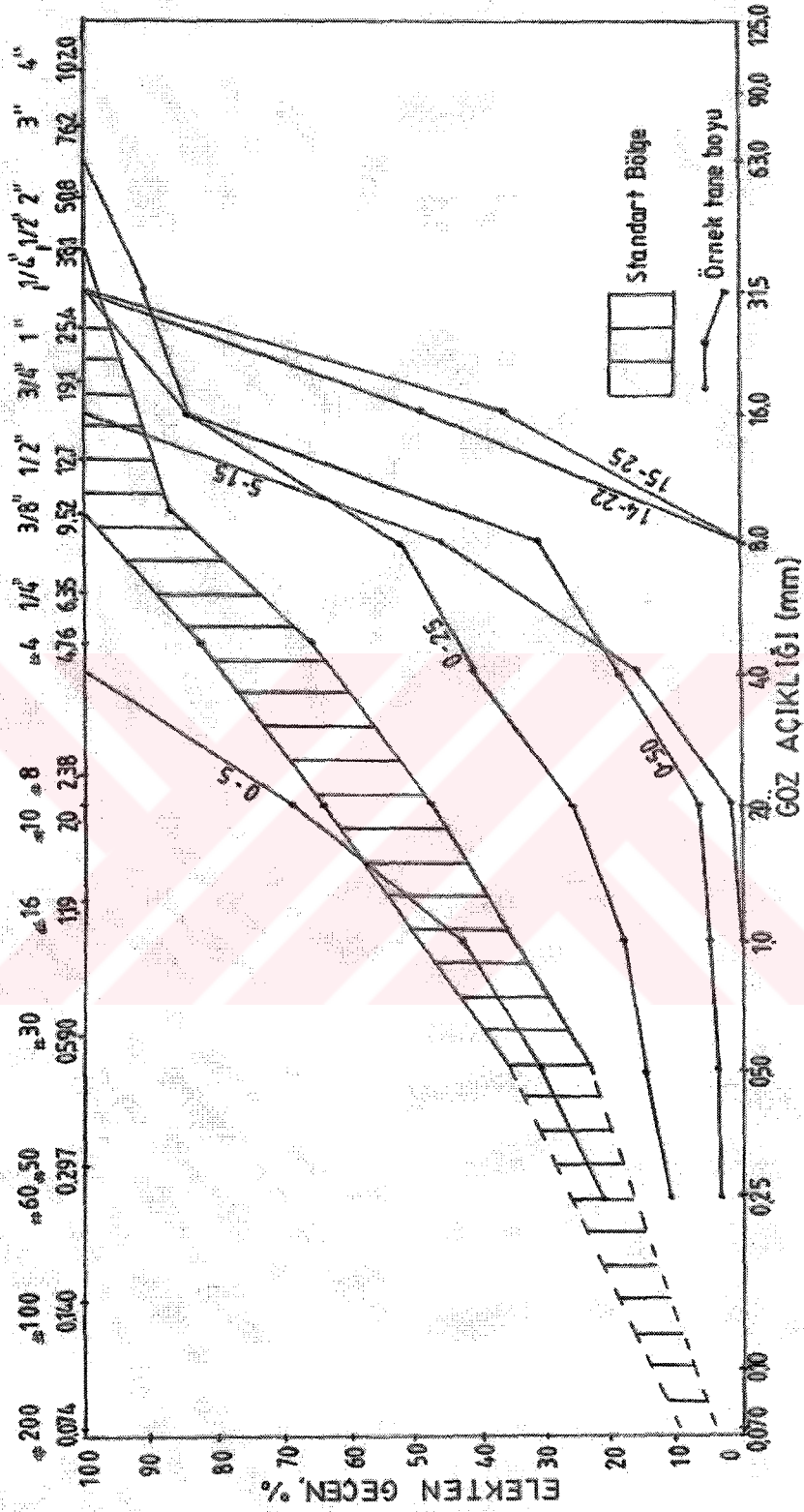
Şekil 4.17. Binder tabakası tip- III referans tane boyu dağılım eğrisi



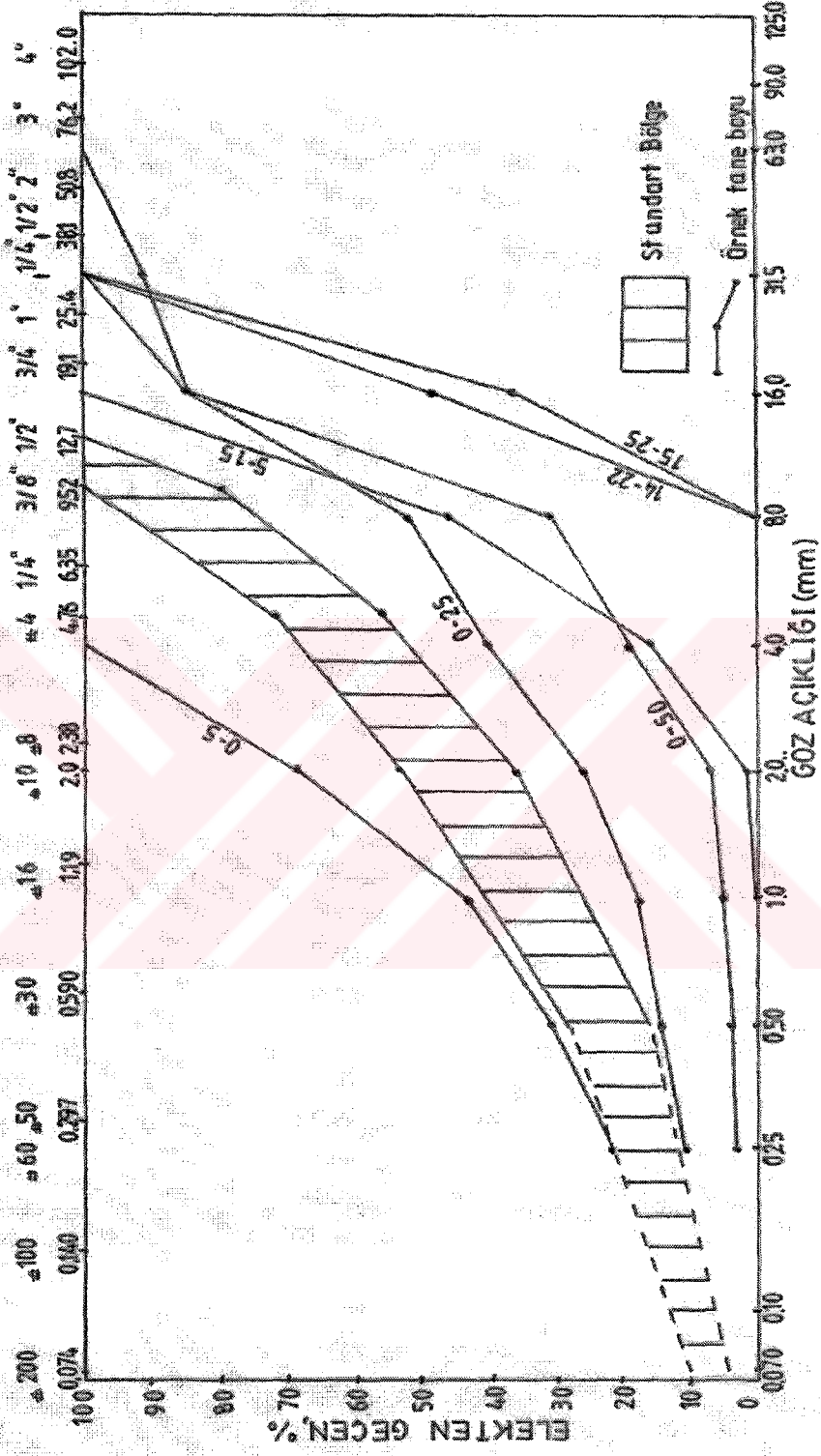
Şekil 4.18. Aşımna tabakası tip- I referans tane boyu dağılım eğrisi



Şekil 4.19. Aşırma tabakası tip- II referans tane boyu dağılım eğrisi



Şekil 4.20. Aşınma tabakası tip- III referans tane boyu dağılım eğrisi



Şekil 4.21. Aşınma tabakası tip- IV referans tane boyu dağılım eğrisi

### a-3 ) Demiryolu balastı olarak kullanımında tane boyu dağılımı

Demiryolu balastı standartlarına göre [ 33 ]; kullanılan malzemenin en az % 90'nının tane boyu 3- 6 cm arasında olması gerekmektedir.

Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcır örneklerinin tane boyu dağılım deneyi sonuçları ( Çizelge 4.1 ) incelendiğinde; 63 mm elek açıklığından 0-5, 14-22, 15-25, 0-25 ve 5-15 numaralı örneklerin % 100'ü geçerken, 31,5 mm elek açıklığında 0-50 numaralı örneğin % 9'u kalmış, diğer örneklerin % 100'ü geçmiştir.

### b) Birim hacim ağırlık deney sonuçları

TS 3529'a göre yapılan birim hacim ağırlık deney sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırlarının birim hacim ağırlığı ASTM'ye göre kıyaslandığında [ 5 ]; 0-5, 0-25 ve 0-50 numaralı örnekler uygun sınırlar içinde, 14-22, 15-25 ve 5-15 numaralı örnekler ise uygun sınırlar içinde yer almaz. Ancak; Erdoğan, 1995'de belirtilen değerlerle karşılaştırıldığında [ 31 ]; sadece 0-50 numaralı örnek uygun sınırlar içindedir.

Karot örneklerinin TS 699'a göre yapılan birim hacim ağırlık deney sonuçları, Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Karot örneklerinin birim hacim ağırlık deneyi sonuçları

Örnek No	Doğal birim hacim ağırlık ( gr / cm <sup>3</sup> )	Kuru birim hacim ağırlık ( gr / cm <sup>3</sup> )	Doygun birim hacim ağırlık ( gr / cm <sup>3</sup> )
1-1	2,63	2,63	2,63
1-2	2,66	2,66	2,67
2-1	2,68	2,67	2,68
2-2	2,68	2,68	2,68
3-1	2,65	2,65	2,66
4-1	2,69	2,69	2,69
4-2	2,68	2,68	2,69
5-1	2,68	2,68	2,68
5-2	2,68	2,68	2,68
5-3	2,69	2,69	2,69
Ortalama	2,67 ± 0,02	2,67 ± 0,02	2,67 ± 0,02



TS 2513'de birim hacim ağırlık alt sınırı 2,54 gr / cm<sup>3</sup> olarak verilmiştir [ 49 ]. Çalışılan Koltik Kireçtaşlarının doğal, kuru ve doymun birim hacim ağırlık değerleri belirtilen minimum değerlerin üzerindedir.

#### c) Özgül ağırlık deney sonuçları

TS 3526'ya göre; özgül ağırlık deney sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcıruları verilen standart değerlerle kıyaslandığında ( standart aralık 2,4- 2,8 ) [ 35 ]; özgül ağırlık değerleri ( kuru, doymun- yüzey kuru ve görünen ) uygun sınırlar içinde yer almaktadır.

#### d) Su emme deneyi sonuçları

TS 3526'ya göre su emme deneyi sonuçları; Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırularının su emme değerleri ( % 0,4- % 0,9 ) verilen standart değerlerle ( % 0,5- 1,5 ) kıyaslandığında Erdoğan, 1995'e göre [ 31 ] uygundur ve BS 8007 ( 1987 )'e göre ( max % 3 ) ise [ 3 ] yine uygun sınırlar içinde yer alır.

TS 699'a göre yapılan karot örneklerinin su emme deneyinin sonucunda bulunan kütlece ve hacimce su emme değerleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Karot örneklerinin kütlece ve hacimce su emme değerleri

Su Emme (%)	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	4-1	4-2	5-1	5-2	5-3	Ortalama
Kütlece	0,28	0,28	0,21	0,19	0,19	0,16	0,20	0,10	0,11	0,12	0,18 ±0,06
Hacimce	0,73	0,72	0,57	0,53	0,48	0,44	0,53	0,26	0,29	0,32	0,49 ±0,16

Çalışılan Koltik Kireçtaşında kütlece su emme değerleri TS 1910'da üst sınır olarak kabul edilen 0,75'den küçüktür [ 50 ].

#### e) Porozite deneyi sonuçları

Çalışılan Koltik Kireçtaşı'ndan alınan karot örneklerinin porozite değerleri Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Karot örneklerinin porozite değerleri

Örnek No	Porozite ( % )
1-1	0,72
1-2	0,73
2-1	0,57
2-2	0,53
3-1	0,48
4-1	0,44
4-2	0,53
5-1	0,26
5- 2	0,29
5- 3	0,33
Ortalama	0,49 ± 0,16

Koltik Kireçtaşı'nın porozite değerleri % 0,26 ile % 0,73 arasında değişmektedir. Bu değerler kayaçların porozite değerlerine göre sınıflandırılmasında (Çizelge 2.15 ) çok kompakt sınıfına girer.

#### f) Yıkanabilir malzeme miktarı deneyi sonuçları

Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırlarının TS 3527'ye göre yapılan yıkanabilir malzeme miktarı sonucu Çizelge 4.7'de verilmiştir.

İri mıcırlar ( > 4 mm ) için yıkanabilir malzeme miktarı en fazla % 10 olarak belirtilmiştir. Deney sonucunda elde edilen % 12,3 değeri standart değerinin üzerindedir. Mıçır örneklerinin kimyasal analizleri sonucunda, örneklerin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve SiO<sub>2</sub> değerlerinin çok düşük olduğu görülmektedir ( Çizelge 4.6 ). Örneklerin kimyasal ve XRD analizleri sonuçlarına göre mıçır örnekleri kil mineralleri içermemektedir.

Ancak kireçtaşı örneklerinin kırma- eleme işlemleri sırasında ezilmeleri ile oluşmuş taşunu ( filler ) malzemesi, mıcır tanelerinin yüzeyine yapışmış olarak bulunmaktadır. Bu nedenle yıkanabilir malzeme miktarı yüksek çıkmaktadır.

Örneklerin beton üretiminde kullanılmadan önce yıkanması ve taşunu ( filler ) malzemesinden temizlenmesi gerekmektedir. Ancak böyle bir işlem sonucunda, iri mıcırlar içindeki taşunu ( filler ) miktarı % 10 değerinin altına indirilebilir. Böylece elde edilen mıcır örnekleri beton üretiminde kullanılabilir.

#### **g) Taşunu ( filler ) tane yoğunluğu deneyi sonuçları**

Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırlarının TS EN 1097- 7'ye göre yapılan taşunu ( filler ) tane yoğunluğu değeri Çizelge 4.7'de verilmiştir.

#### **4.2.2. Çalışılan kireçtaşı mıcırlarının mekanik özellikleri**

##### **a) Aşınma dayanımı deney sonuçları**

Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırlarının TS 3694'e göre yapılan Los Angeles aşınma dayanımı deneyi sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

TS 706'ya göre mıcırların aşınma dayanımı 500 devir sonunda en fazla % 50 olması gerekmektedir [ 3 ]. ASTM C131-96 ( 1996 ) 'ya göre betonda kullanılacak mıcırlar için 500 devir sonundaki aşınma değeri % 30'dan az olacağı belirtilmiştir [ 3 ].

Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırlarının Los Angeles aşınma dayanımı değerleri ( 500 devir için % 26 ) hem TS 706'ya hem de ASTM C 131-96'ya uygundur.

Karayolu yapımında kullanılacak mıcırlar için Los Angeles aşınma dayanımı değerleri ve çalışılan mıcırların deney sonuçları Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Elde edilen deney sonuçları standart değerlere uygundur.

Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırlarının demiryolu balastı olarak kullanım standartları ve deney sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Standartlara göre demiryolu balastı yapımında kullanılacak mıcırların Los Angeles aşınma dayanımı değerleri; 100 devir sonucunda en fazla % 10, 1000 devir sonucunda en fazla % 30'dur [ 33 ]. Çalışılan mıcırlardan 500 devir sonucunda elde

edilen % 26 değeri standart değerlerle karşılaştırıldığında; uygun sınırlar içinde kaldığı yorumlanabilir.

#### **b) Don dayanımı deneyi sonuçları**

Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırının TS 699'a göre yapılan don dayanımı deneyi standart değerleri ve deney sonuçları izelge 4.7'de verilmiştir.

Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırından elde edilen don kaybı değeri % 7,5'dir. Bu değer standart değer ile kıyaslandığında [ 31 ], standartlara uygundur.

#### **c) Tek eksenli basınç dayanımı**

Çalışılan Koltik Kireçtaşı'ndan elde edilen on adet karot örneğinin tek eksenli basınç dayanımı deneyi öncesi ve sonrası fotoğrafları Foto. 1 ve 2'de verilmiştir. Karot rneğlerinin TS 699'a göre yapılan tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları izelge 4.5'de verilmiştir.

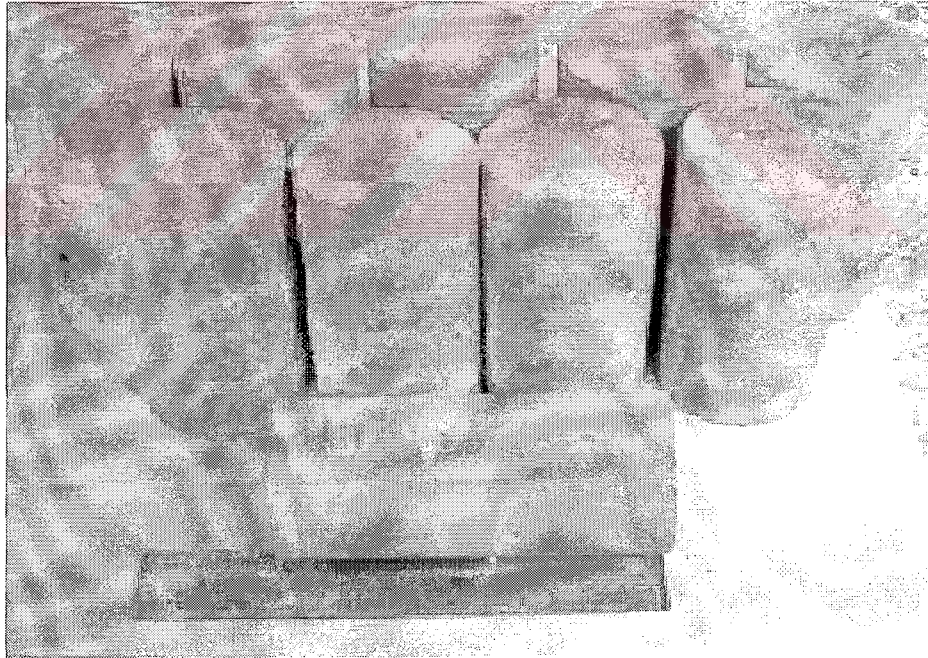


Foto. 1: Çalışılan Koltik Kireçtaşı'ndan elde edilen orijinal karot rneğleri

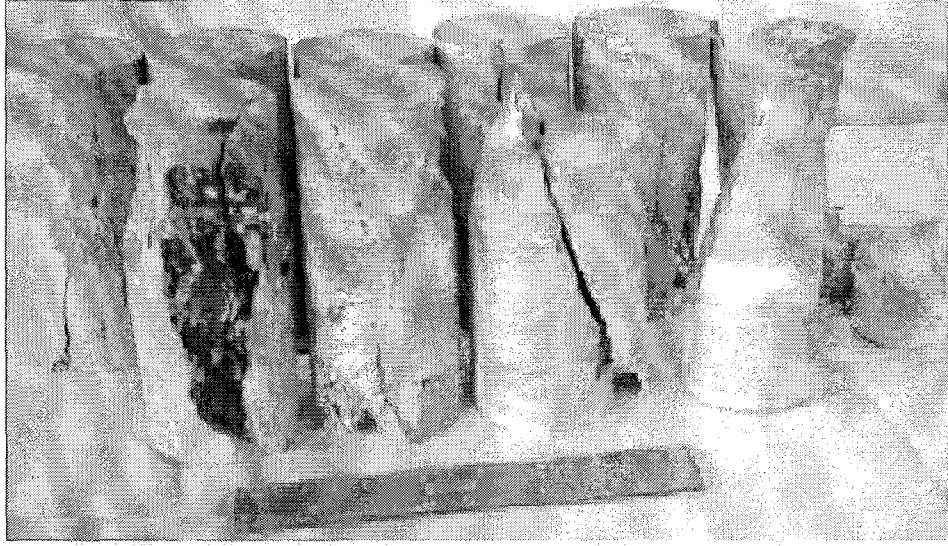


Foto. 2: Çalışılan Koltik Kireçtaşı karotlarının tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonrası görünümü

Koltik Kireçtaşı'ndan alınan 10 karot örneğinin tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir. Bu değerlerin Çizelge 2.22'deki Deer (1969)'a göre yapılan tek eksenli basınç dayanım sınıflandırması göz önüne alındığında, çalışılan kireçtaşları orta dirençli sınıfa girer.

Çizelge 4.5. Karot örneklerinin tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları

Örnek No	Kırılma yükü ( kN )	Yüzey alanı, ( $10^{-3} \text{ m}^2$ )	Tek eksenli basınç dayanımı, ( MPa )
1-1	140,0	2,27.	61,67
1-2	139,2	2,29	60,79
2-1	103,1	2,28	45,22
2-2	109,0	2,28	47,81
3-1	84,2	2,28	36,93
4-1	174,5	2,27	76,87
4-2	77,6	2,27	34,18
5-1	197,3	2,28	86,54
5-2	194,1	2,28	85,13
5-3	193,9	2,27	85,42
Ortalama			62,06 ± 20,53

### 4.2.3. Çalışılan kireçtaşı mıcırlarının kimyasal özellikleri

#### a) XRD Analizi

Alınan örneklerle yapılan XRD Analizleri sonucunda; Permo- Karbonifer yaşlı Koltik Kireçtaşı'nın kalsit minerali içerdiği saptanmıştır ( Şekil 4.22. XRD analiz grafiği ). Ancak Eren, 2002 Yüksek Lisans çalışmasında İnönü Üniversitesi dolayında aynı birimden alınan örneklerden kalsit, aragonit ve dolomit mineralleri bulunmuştur.

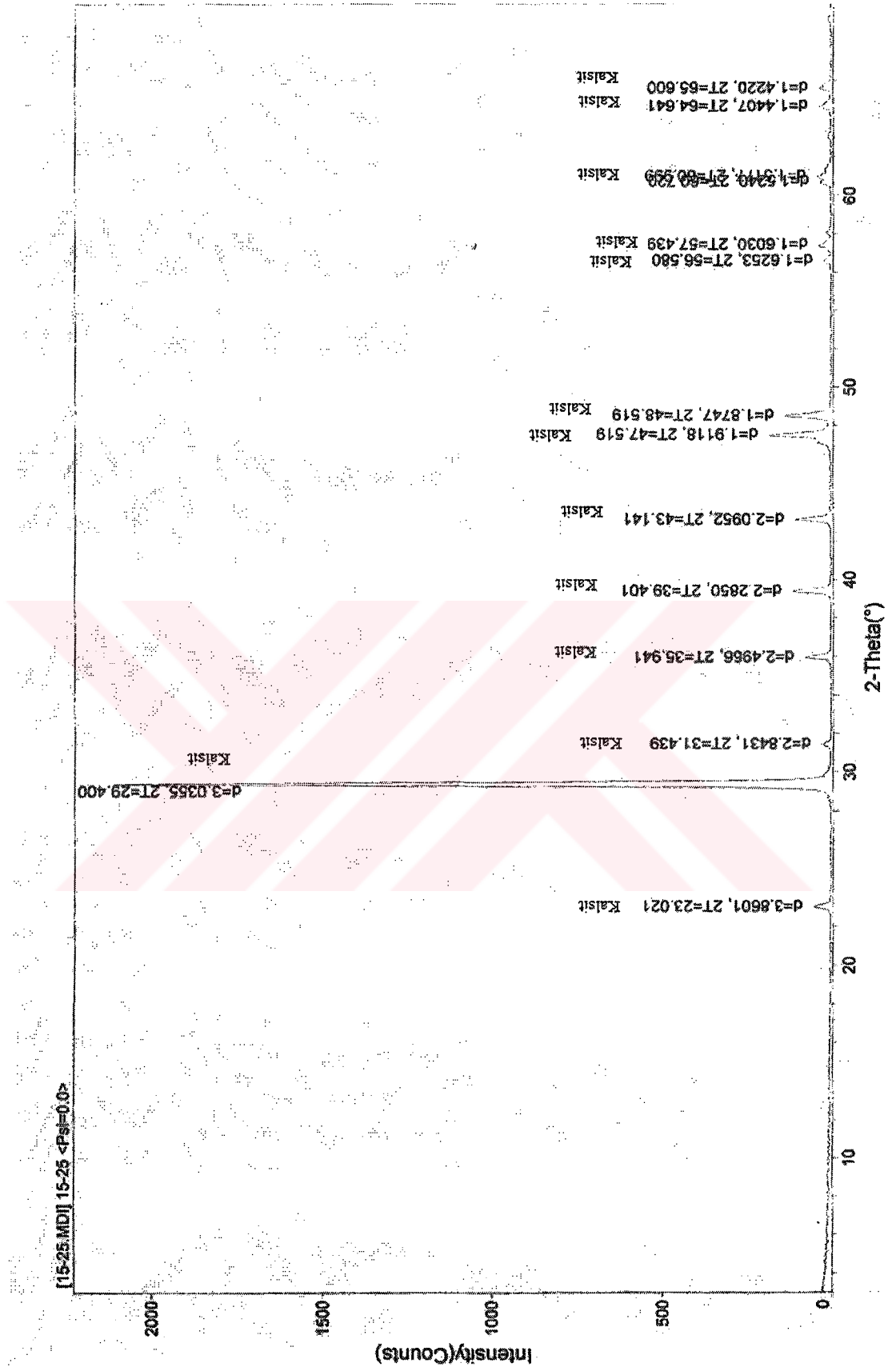
#### b) Yaş kimya analizi

Çalışılan mermer örneğinin yaş kimya analizi sonucunda bulunan oksit element değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Yaş kimya analiz sonuçları

Özellik( % )	Kireçtaşı
SiO <sub>2</sub>	0.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.28
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.05
CaO	54.78
MgO	0.43
K <sub>2</sub> O	0.01
Na <sub>2</sub> O	Eser
TiO <sub>2</sub>	Eser
SrO	Eser
MnO	Eser

Çizelge 4.6'da da görüldüğü gibi; çalışılan mermerin en büyük bileşeni CaO'dur. Bunu sırasıyla MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve K<sub>2</sub>O izler. Karbonatlı kayalarda CaO miktarının 1/ 0.56 ile çarpılarak CaCO<sub>3</sub> miktarı, MgO miktarının 1/ 0.48 ile çarpılarak MgCO<sub>3</sub> miktarı bulunabilir. Bu orantıya göre CaCO<sub>3</sub> % 97.82 ve MgCO<sub>3</sub> % 0.896 bulunmuştur. Bu yüzdelerden de anlaşılacağı gibi Koltik Kireçtaşı egemen olarak CaCO<sub>3</sub> bileşimlidir.



Şekil 4.22. Koltik Kireçtaşı'nın X-Ray Difraktogramı

### 4.3. Tanıtım Kartları

Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırlarının beton üretimi, karayolu ve demiryolu balastı yapımında kullanımları ile ilgili bazı özelliklerinin standart değerleri ve deney sonuçları Çizelge 4.7, Çizelge 4.8, Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırlarının beton üretimi ile ilgili deneyleri ve standart değerler ile karşılaştırılması

Deneyle	Standart değerler		Deney sonuçları						
			Ör.No	0-5	14-22	15-25	0-25	5-15	0-50
Birim Ağırlık ( gr / cm <sup>3</sup> )	1,45- 1,75		Gevşek Br.Ha.A.	1,71	1,36	1,31	1,73	1,38	1,49
Özgül Ağırlık	2,4- 2,8					İri		İnce ( 0-5 )	
			Kuru			2,68		2,56	
			Doygun kuru-yüzey			2,69		2,58	
			Görünen			2,70		2,62	
Su Emme ( max, % )	% 3		İri			İnce			
			0,4			0,9			
Aşınma Oranı ( max, % )	100 devir sonu	10	% 26 ( 500 devir sonu )						
	500 devir sonu	50							
Don Kaybı ( max, % )		İri	İnce	% 7,5					
	TS 706	18	15						
	ASTM C 33	12	10						
Yıkabilir Malzeme Miktarı ( max, % )	( 0-4 mm için ) 4, ( > 4 mm için ) 10		% 12,3						
Taşunu ( filler ) malzeme yoğunluğu ( gr / cm <sup>3</sup> )			2,47 gr / cm <sup>3</sup>						



Çizelge 4.8. Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırlarının alt temel ve temel tabakaları ile ilgili don kaybı ve aşınma oranı deney sonuçları ve ilgili standart değerler ile karşılaştırılması

Deneyle	Deney sonuçları	Standart Değerler						
		Alttemel	Granüler temel		Plent- mix temel		Çimento bağlayıcılı temel	
			Kaba	İnce	Kaba	İnce	Kaba	İnce
Don kaybı ( max, % )	7,5	25	15	-	15	-	15	-
Aşınma oranı ( max, % )	26	50	40	-	40	-	40	-

Çizelge 4.9. Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırlarının kaplama tabakaları ile ilgili don kaybı, aşınma oranı ve su emme deney sonuçları ve ilgili standart değerler ile karşılaştırılması

Deneyle	Deney sonucu		Standart Değerler				
			Bitümlü temel	Binder		Aşınma	
				Hafif trafik	Ağır trafik, otoyol, tırmanma şeridi	Hafif trafik	Ağır trafik, otoyol, tırmanma şeridi
Don kaybı ( max, % )	7,5		12	12	12	10	10
Aşınma oranı ( max, % )	26		35	35	35	35	30
Su emme ( max, % )	İri	İnce	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0
	0,4	0,9					

Çizelge 4.10. Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırlarının demiryolu balastı ile ilgili irilik-ufaklık yüzdesi, aşınma dayanımı, su emme ve don kaybı deneyleri ve ilgili standart değerler ile karşılaştırılması

Deneyler	Standart değerler	Deney sonucu	
İrilik ufaklık yüzdesi	Hacimce en az % 90'nı 6- 3 cm arasında olmalı	Çizelge 4.1	
Aşınma dayanımı ( max, % )	100 devir sonu 10, 1000 devir sonu 30	% 26 ( 500 devir sonu )	
Su Emme ( max, % )	2	İri	İnce
		0,4	0,9
Don kaybı ( max, % )	10	7,5	

#### 4.4. Çalışılan Mıcırların Kullanım Alanları

Çalışılan kireçtaşlarından elde edilen mıcırların fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri göz önüne alındığında en uygun kullanım alanları aşağıda belirtilmiştir.

##### 4.4.1. Karayolu yapımında mıcır kullanımı

Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırlarının tane boyu dağılımları referans eğrilerle karşılaştırıldığında 0- 25 numaralı örnek büyük çoğunlukla alttemel tabakası, mekanik stabilizasyon temel A ve B, Plent Mix temel tip I ve II ve Çimento Stabilizasyon temel yapımında kullanıma uygundur. Ancak 0- 5 numaralı örnek büyük çoğunlukla belirtilen tabakalar için kullanıma uygun değildir. Diğer örnekler ise; kısmen standart bölgeler içinde yer aldıklarından bu halleriyle kullanıma uygun değildir.

Mıcır örneklerinden 0- 25 numaralı örnek kaplama tabakalarından Bitümlü temel tip A, Binder tabakası tip II ve III için büyük çoğunlukla uygunken, aşınma tabakası için uygun değildir.

Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırlarının aşınma dayanımı, don dayanımı ve su emme deney sonuçları standart değerlerle karşılaştırıldığında, karayolu yapımında kullanıma uygun oldukları görülmektedir.

#### **4.4.2. Beton üretiminde mıcır kullanımı**

Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırlarının tane boyu dağılımları referans eğrilerle kıyaslandığında, 0- 25 numaralı örnek büyük çoğunlukla beton üretiminde kullanıma uygundur. Diğer örnekler bu halleri ile kullanıma uygun değildir.

Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırlarının özgül ağırlık, su emme, aşınma dayanımı ve don dayanımı deney sonuçları ilgili standart değerlerle kıyaslandığında beton üretiminde kullanıma uygundur. Birim ağırlık deney sonuçları dikkate alındığında; Erdoğan, 1995'e göre [ 31] 0- 5, ASTM'ye göre 0- 5, 0- 25 ve 0- 50 numaralı örnekler beton üretimi için kullanıma uygundur.

Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırının yıkanabilir malzeme içeriği, standart değer olan % 10 değerinin üzerinde olduğundan ( % 12,3 ) bu hali ile beton üretimi için kullanıma uygun değildir. Beton üretiminde kullanılmadan önce yıkanması ve bu malzemelerden temizlenmesi gerekmektedir.

#### **4.4.3. Demiryolu balastı olarak mıcır kullanımı**

Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırlarının aşınma dayanımı, don dayanımı ve su emme deney sonuçları Balast Teknik Şartnamesi'nde verilen standart değerlerle karşılaştırıldığında demiryolu balastı olarak kullanıma uygundur. Ancak mıcırların demiryolu balastı olarak kullanılması için, tüm malzemenin en az % 90'nının tane boyunun 3- 6 cm arasında olması gerekir [ 33 ]. Çalışılan mıcır örneklerinin hiçbiri bu koşulu sağlamamaktadır. Mıcır örneklerinin 3- 6 cm arasında kırılması durumunda, demiryolu balast malzemesi olarak kullanılabilir. Ancak standartlarda balast olarak kullanılacak malzemenin kırıksız, çatlaksız ve damarsız olması, sağlam kayalardan üretilmesi gerektiği belirtilmiştir [ 33 ]. Koltik Kireçtaşı çok sayıda ve farklı türde çatlak sistemleri, kırık ve damarlar içerdiğinden balast malzemesi olarak kullanıma uygun değildir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada Permo- Karbonifer yaşlı Koltik Kireçtaşı'nın fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla çeşitli deneyler yapılmış ve bu deneyler sonucunda aşağıdaki bulgular saptanmıştır:

- 1 ) Çalışılan kireçtaşları çok sayıda ve farklı türde çatlak sistemleri içermektedir. Bunlardan genç olanlarının içleri boş, yaşlı olanları ise genelde kalsit dolguludur.
- 2 ) Katman kalınlıkları max 300 cm, genelde ise 20- 80 cm'dir. Koltik kireçtaşı allokon konumlu olmasından dolayı katman kalınlıkları yanal yönde pek izlenmemektedir. Katmanların doğrultu ve eğimleri de bir örneklik sunmamaktadır.
- 3 ) Çalışılan mıcırın tane boyu dağılımı deney sonuçları ve ilgili standartlar gözetildiğinde; beton üretimi için 0- 25 numaralı örnek genelde büyük çoğunlukla standart bölge içinde yer alır. Ancak diğer örnekler ise kısmen standart bölge içinde yer alır.

Çalışılan Koltik Kireçtaşı mıcırının tane boyu dağılımı deney sonuçları ve beton üretiminde kullanımı ile ilgili referans tane boyu dağılımı eğrilerindeki standart bölgeler ile ilişkisi Çizelge 5.1'de verilmiştir. Çizelge 5.1'de; "B: Büyük çoğunlukla standart bölge içinde, K: Kısmen standart bölge içinde, D: Standart bölge içinde değil" ifadesi için kullanılmıştır.

Çizelge 5.1. Çalışılan mıcırın tane boyu dağılımları deney sonuçlarının beton üretiminde kullanımları için referans eğrilerde yer alan standart bölgeler ile ilişkisi

Örnek no	$d_{max}$ 8 mm	$d_{max}$ 16 mm	$d_{max}$ 32 mm	$d_{max}$ 63 mm
0 - 5	B	K	D	D
5 - 15	D	D	K	K
0 - 25	K	B	B	B
0 - 50	D	D	K	K
14 - 22	D	D	D	K
15 - 25	D	D	D	K

4 ) Çalışılan mıcırkların tane boyu dağılımı deney sonuçları ve ilgili standartlar gözetildiğinde; karayolu yapımında kullanımı için 0- 25 numaralı örnek tümüyle veya büyük çoğunlukla standart bölge içinde yer alır. Ancak diğerleri ise kısmen standart bölge içinde yer alır.

Çalışılan Koltik Kireçtaşı'nın tane boyu dağılımı deney sonuçları ve karayolunda kullanımları ile ilgili tane boyu dağılım eğrilerindeki standart bölgeler ile ilişkisi Çizelge 5.2'de verilmiştir. Çizelge 5.2'de; "S: Standart bölge içinde, B: Büyük çoğunlukla standart bölge içinde, K: Kısmen standart bölge içinde, D: Standart bölge içinde değil" ifadesi için kullanılmıştır.

Çizelge 5.2. Çalışılan mıcırkların tane boyu dağılımları deney sonuçlarının karayolu yapımında kullanımları için tane boyu dağılım eğrilerinde yer alan standart bölgeler ile ilişkisi

Temel Türü	Örnek No					
	0 - 5	5 - 15	0 - 25	0 - 50	14 - 22	15 - 25
Alttemel tbk.	B	K	S	K	K	K
Mekanik stb. Tip A	D	K	B	K	K	K
Mekanik stb. Tip B	D	K	B	K	K	K
Mekanik stb. Tip C	B	K	K	K	D	D
Mekanik stb. Tip D	B	K	K	K	D	D
Plent-mix Tip I	D	K	S	K	K	K
Plent-mix Tip II	K	K	B	K	D	D
Çimento stb. temel	D	K	S	K	K	K
Bitümlü temel tip A	D	K	S	K	K	K
Bitümlü temel tip B	D	K	B	K	K	K
Binder Tip I	D	K	K	K	D	D
Binder Tip II	D	K	B	K	D	D
Binder Tip III	D	K	B	K	D	D
Aşınma Tip I	K	K	D	D	D	D
Aşınma Tip II	D	K	K	D	D	D
Aşınma Tip III	K	K	K	D	K	K
Aşınma Tip IV	D	D	D	D	D	D

- 5 ) Çalışılan mıcırmanın tane boyu dağılımı deney sonuçları ve ilgili standartlar gözetildiğinde; demiryolu balastı olarak kullanımı uygun değildir.
- 6 ) Çalışılan kireçtaşı mıcırmasının birim hacim ağırlık deneyi sonuçları ASTM'ye [ 3 ] göre kıyaslandığında; 0- 5, 0- 25 ve 0- 50 numaralı örnekler uygun sınırlar içinde, 14- 22, 15- 25 ve 5- 15 numaralı örnekler ise uygun sınırlar içinde yer almaz. Erdoğan, 1995'e göre ise sadece 0- 50 numaralı örnek uygun sınırlar içindedir [ soru cevap ].
- 7 ) Çalışılan mıcırların özgül ağırlık ve su emme deney sonuçları belirtilen standartlara uygundur.
- 8 ) Yıkabilir malzeme miktarı TS 3530'a göre % 10'dan düşük olmalıdır [ 1 ]. Çalışılan mıcırlardan elde edilen yıkabilir malzeme miktarı % 12,3 olarak bulunmuştur. Mıdır örnekleri yıkayıp, yıkabilir malzeme miktarı % 10 değerinin altına düşürüldüğünde beton üretiminde kullanılabilir.
- 9 ) Çalışılan mıcırların aşınma dayanımı ve don dayanımı deney sonuçları beton üretimi, karayolu kullanımı ve demiryolu balastı için standart değerlere uygundur.
- 10 ) Çalışılan kireçtaşının XRD Analizinde; kalsit minerali içerdiği saptanmıştır.
- 11 ) Çalışılan kireçtaşının yaş kimya analizinde; % 97,82 oranında  $\text{CaCO}_3$  ve % 0,896 oranında  $\text{MgCO}_3$ 'dan oluştuğu saptanmıştır.

## 5.2. Öneriler

- 1 ) Malatya Metamorfitleri'nin Koltik Kireçtaşı yaklaşık 30 km eninde, 500 km boyunda ve 300 m kalınlığında olup büyük bir rezerv içermektedir. Bu kireçtaşından sadece Malatya Belediyesi'ne ait Tavşantepe Mıdır Ocağı'nda üretim yapılmaktadır. Genelde standartlara uygun olan bu kireçtaşı çok sayıda farklı yerlerde kurulacak işletmelerden elde edilecek mıcırların Türkiye genelinde ve yurt dışında değerlendirilmesi yoluna gidilmelidir. Bu yönüyle Koltik kireçtaşı mıdır bakımından büyük bir endüstriyel hammadde potansiyeline sahiptir. Ayrıca Malatya ekonomisine ve işsizlik sorununa olumlu yönde büyük bir katkı yapacaktır
- 2 ) Tavşantepe mıcırları belirtilen standart bölgeler içinde kalacak şekilde karıştırılırsa daha ekonomik ve standartlara uygun olarak kullanılabilir.
- 3 ) Koltik Kireçtaşı'nın mozaik üretimi bakımından incelenip, kullanıma uygunluğu araştırılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Ş.A. Akpınar, G.Konak ve Ç.Pamukçu, Değişik Kökenli Agregaların Beton Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 2004, s: 374- 382.
- [2] S. Yapıcı, “ *Elazığ Yöresindeki Agregası ve Çimento Malzemesi İle Üretilecek Betonlarda Mevcut Katkı Malzemelerinin Uygunluğunun Araştırılması*”, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ, 2002.
- [3] İ.H. Zarif, A.Tuğrul ve G. Dursun, *İstanbul'daki Kireçtaşlarının Agregası Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi*, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi , Yer Bilimleri Dergisi, C. 16, s.2, ss. 61-70, İstanbul, 2003.
- [4] S.Terzi, “*Mermer Toz atıklarının Asfalt Betonunda Filler Malzemesi Olarak Kullanılmasının Araştırılması*”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Bilimleri Anabilim Dalı, Isparta, 2000.
- [5] S. Mindness and J. F. Young, *Concrete*, New Jersey, 1981, p: 118- 163.
- [6] G.P. Raymond, Reinforced Balast Behaviour Subjected to Repeated Load, **Geotextiles and Geomembranes**, 20 ( 2002 ) 39- 61.
- [7] S. S. Jamkar and C.B.K. Rao, Index of Aggregate Particle Shape and Texture of Coarse Aggregate as Parameter for Concrete Mix Proportioning, **Cement and Concrete Research**, 34 ( 2004 ) 2021- 2027.
- [8] B.A. Kenndy, *Surface Mining*, , Maryland, 1990, p: 237- 241.
- [9] O. Demir, *Malatya- İsmetpaşa- Akçadağ- Kürecik- Hekimhan- Arguvan- Karakaya Baraj Gölü arasındaki alanın Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları*, T.P.A.O., Ankara, 1997, 30s.
- [10] H. Alkan, *Malatya Baseni'nin Jeolojisi ve Petrol Olanakları*, T.P.A.O. Rap. No:3766, Ankara, 1997, 52s.
- [11] M. Önal, *Malatya Baseni Doğu Kesiminin ( Muşardağı Dolayı ) Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları*, T.P.A.O. Arama Grubu, Rapor No: 3863, Ankara, 1998, 91s.
- [12] M. Önal ve A.M. Gözübol, *Malatya Metamorfileri üstündeki örtü birimlerinin stratigrafisi, yaşı, sedimanter fasiyesleri, depolanma ortamları ve tektonik evrimi*, T.P.J.D. Bül., C. 4/1, s. 119- 127, Ankara, 1992.

- [13] A.M.Gözübol ve M.Önal, *ÇAT Barajı İsale Tünelinin Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Mekaniği İncelenmesi – Malatya – Çelikhan Alanının Jeolojisi*, TÜBİTAK TBAG-647, İstanbul, 1986, 131s.
- [14] A. J. V. Loon, The Complexity of Simple Geology, **Earth- Science Reviews**, 59 (2002) 287- 295.
- [15] C.D. Aksoy ve E.Yalçın, Ege Bölgesinde Otoyol Yapımında Agregat Kullanımı ve Fiyat Analizi, I. Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu, İzmir, 1999, s: 290-297.
- [16] M.S. Güner ve V.Süme, *Yapı Malzemesi ve Beton*, İstanbul, 2001, s: 57-82.
- [17] D.Sarı and A.G. Paşamehmetoğlu, The Effects of Gradation and Admixture on the Pumis Lighthweight Aggregate Concrete, **Cement and Concrete Research**, XX ( 2004 ) XXX, Article in press.
- [18] B.Postacıoğlu, *Beton- Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton Cilt 2 Agregalar, Beton*, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1987, s: 177- 237.
- [19] A.Tunç, *Yol malzemeleri ve Uygulamaları*, İstanbul, 2001, s: 1- 137.
- [20] M.S.Buchanan, Evolution of the Effect of Flat and Elongated Particles on the Performance of Hot Mix Asphalt Mixes, NCAT Report No. 2000- 03, 1-29.
- [21] TS 707, Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi, TSE, Ankara, ( 1980 ).
- [22] TS EN 1097- 7, Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri için Deneyler- Bölüm 7: Taşunu ( Filler ) Tane Yoğunluğunun Tayini- Piknometre Metodu, TSE, Ankara, (2001 ).
- [23] G.R. Robinson Jr., W.D. Menzie, H. Hyun, “ Recycling of construction debris as aggregate in the Mid Atlantic Region, USA.”, Science Direct, Resource conservation and Recycling, 42 ( 2004 ) 275- 294.
- [24] Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı ( DPT ) Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri I – ( Alçı- Kireç- Kum- Çakıl- Mıcır- Boya Toprakları- Tuğla Kiremit ) Çalışma Grubu Raporu, Ankara, 2001, s: 64- 79.
- [25] Y. Önem, *Sanayi Madenleri*, Ankara, 1997, s: 204-207.
- [26] M. Ilıcalı, S. Tayfur, H.Özen, İ. Sönmez, K.Eren ve Yıldız Teknik Üniv. Yayın Merkezi Başkanlığı, *Asfalt ve Uygulamaları*, İSFALT, İstanbul, 2001.
- [27] İ. Yılmaz, Ö.İçemer, K.Akbay ve A.Özsoy, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Teknik El Kitabı, *Beton Laboratuar Deneyleri*, Başbakanlık Basımevi, Ankara, 1985, s: 7-51.



- [28] G. Taylor, *Materials of Construction*, London, 1974, p: 54- 73.
- [29] A.Tolğay, E.Yaşar ve Y. Erdoğan, “Nevşehir Pomzasının Agregası Olarak Betonda Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 2004, s: 345-354.
- [30] TS 706 EN 12620, Beton Agregaları, TSE, Ankara, ( 2003 ).
- [31] T.Y. Erdoğan, *Beton Oluşturan Malzemeler- Agregalar*, ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, 1995, s: 1- 153.
- [32] KGM, Yollar Fenni Şartnamesi, Yayın no:170/2, 1994.
- [33] Balast teknik şartnamesi, T.C.D.D. İşletmesi Genel Müdürlüğü Yol Dairesi Başkanlığı, T.C.D.D. B 101, 1999.
- [34] H. Köse ve B. Kahraman, *Kaya Mekaniği*, İzmir, 1999,s: 3.1- 3.8.
- [35] E. Arıoğlu, N. Arıoğlu ve A.O. Yılmaz, *Çözümlü Beton Agregaları Problemleri*, İstanbul, 1999, s: 1- 178.
- [36] N. Şapcı, L. Gündüz ve M. Ulusoy, Karaman ve Civarı Pomza Oluşumlarının Hafif Beton Sektöründe Agregası Olarak Yeri ve Önemi, 5. Endüstriyel hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 2004.
- [37] D. Eren, “*Malatya Güneyindeki Permo- Karbonifer, Üst kretase ve Eosen Yaşlı Kireçtaşlarının Mermer Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması*”, Yüksek Lisans tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Malatya, 2002.
- [38] H.F. Albayrak, *Beton Deneyleri El Kitabı*, TC. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ. Genel Müdürlüğü, Ankara, 1985, s: 59- 190.
- [39] H. Başarır , M. Kumral ve A. Özsan, Kayaçların Tek Eksenli Basınç Dayanımının Basit Deney Yöntemleri ile Tahmini, KAYAMEK’2004, VII: Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, Sivas, 2004.
- [40] R. Ulusay ve H. Sönmez, Kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yayınları: 60, Ankara, 2002
- [41] N. Kun, *Mermer (jeolojisi ve Teknolojisi)*, İzmir, 2000, s: 149.
- [42] TS EN 932-2, Agregaların Genel Özellikleri için Deneyler Bölüm 2: Laboratuvar Numunelerinin Azaltılması Metodu, TSE, Ankara ( 1999 )
- [43] TS 3530 EN 933- 1, Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini- Eleme Metodu, TSE, Ankara, ( 1999 ).
- [44] TS 3529, Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini, TSE, Ankara, ( 1980 ).
- [45] TS 699, Tabii Yapıtaşları- Muayene ve Deney Metodları, TSE, Ankara ( 1987 ).

- [46] TS 3526, Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini, TSE, Ankara, ( 1980 ).
- [47] TS 3527, Beton Agregalarında İnce Madde Oranı Tayini, TSE, Ankara, ( 1980 ).
- [48] TS 3694, Beton Agregalarında Aşınmaya Dayanıklılık Aşınma Oranı Tayini Metodu, TSE, Ankara, ( 1981 ).
- [49] TS 2513, Doğal Yapıtaşları, TSE, Ankara ( 1977 ).
- [50] TS 1910, Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar, TSE, Ankara ( 1977 ).



## ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Malatya’da doğdu. İlk öğrenimini Muğla Köyceğiz ilçesi Atatürk İlkokulu’nda, orta ve lise öğrenimini Muğla Köyceğiz ilçesi Naip Hüseyin Lisesi’nde tamamladı. 1991 yılında Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nü kazandı. 1998 Şubat’ında üniversite öğrenimini tamamladı. 2003 yılında İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisansını kazandı. İyi derecede İngilizce bilir.

