

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Hande Bellikli

Adana Çimento Fabrikasının
Hammadde Malzemesinin
Jeoteknik Özellikleri

112432

JEOLOJİ MÜH. ANABİLİM DALI

ADANA, 2001

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ADANA ÇİMENTO FABRİKASININ
HAMMADDE MALZEMESİNİN JEOTEKNİK
ÖZELLİKLERİ

HANDE BELLİKLİ

YÜKSEK LİSANS
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 29.2./2000 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği
İle Kabul Edilmiştir.

İmza... ... İmza... ... İmza... ...

Doç.Dr. Hasan ÇETİN Yrd.Doç.Dr.Ergül YAŞAR Yrd.Doç.Dr.Tolga ÇAN

DANIŞMAN

ÜYE

ÜYE

Bu tez Enstitümüz Jeoloji Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No: 1810





Prof. Dr.MELİH BORAL

Enstitü Müdürü

İmza ve Mühür

Bu Çalışma Desteklenmiştir.

Proje No:.....

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

Öz
YÜKSEK LİSANS

ADANA ÇİMENTO FABRİKASININ
HAMMADDE MALZEMESİNİN JEOTEKNİK
ÖZELLİKLERİ

HANDE BELLİKLİ

Çukurova Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Anabilim Dalı

Danışman : Doç.Dr. Hasan ÇETİN

Yıl: 2000, Sayfa:39

Jüri : Yrd.Doç.Dr. Ergül YAŞAR
Yrd.Doç.Dr.Tolga ÇAN

Bu çalışma Adana Çimento Fabrikasının hammadde malzemesinin jeoteknik özelliklerini içermektedir.

Adana Çimento Sanayinin (AÇS) hammaddesini kireçtaşı ve marn oluşturmaktadır. Çimento yapımında önemli rol oynayan hammadde malzemesinin litolojik özellikleri AÇS'nin çimento üretiminde büyük avantajlar sağlamaktadır.

Bu çalışma ile A.Ç.S.'de çimento yapımında kullanılan belli başlı kireçtaşı ve marn hammaddelerinin kaliteli çimento üretimi için gerekli jeoteknik analizlerin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Söz konusu kayaçların dayanım parametrelerinin tayinine yönelik tek eksenli basınç ile nokta yük deneyleri yapılmıştır. Ayrıca bu kayaçların yıpranma özelliklerinin tayini için yıpranma deneyleri yapılmıştır. Çalışmada ayrıca kayaçların mineralojik ve jeokimyasal bileşimlerinin belirlenmesine yönelik yapılan X-Ray analizleri ile belirlenen titrasyon sonuçlarına göre hammadde ocağının kuzey kesimlerinin kireç standartları yüksek çıkmıştır.

Sonuçta jeoteknik açıdan önem taşıyan bu deneyler sonucunda kayaç sınıflamalarına gidilmiştir. Elde edilen sonuçlar üretilen çimentonun kalitesini doğrudan etkilemektedir.

Anahtar Kelimeler: Titrasyon, çimento hammaddesi, jeoteknik özellikler, X-Ray

Abstract

MSc THESIS

**GEOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF RAW
MATERIAL MINES OF ADANA CEMENT FACTORY**

HANDE BELLİKLİ

**DEPARTMENT OF GEOLOGY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA**

Supervisor: Assoc.Prof.Dr.Hasan ÇETİN

Year: 2000, Sayfa:39

Jury :Assist Prof.Dr Ergül YAŞAR

Assist Prof.Dr Tolga ÇAN

This study includes the assessment of the geotechnical properties of raw materials for the Adana Cement Factory.

Raw materials of the Adana Cement Plant (AÇS) are generally limestones and marls. Because of its lithologic features these raw materials play an important role in making cement so that they provide great advantages in the cement production of the AÇS.

The aim of this study was to determine the geotechnical properties of the limestones and marn needed for a good quality cement production at the AÇS.

Uniaxial compression and point load tests were performed in order to determine strengths of the raw materials limestone and marn. To determine durability of these materials, slake-durability tests were carried out as well. Moreover, to find out the minerological and geochemical compositions of these materials, X-Ray and titration analyses were done and the standards were found to be higer in the northern part of the quarry

As a result of these geotechnical tests, the materalis were clasified. These results affect the quality of the produced cement directly.

Key Words: Titration, cement raw material, geotechnic proprties, X-Ray

Teşekkür

Yüksek lisans tezimi hazırladığım sırada saha ve laboratuvar çalışmalarında değerli bilgileriyle beni yönlendiren ve yardımcı olan sayın danışman hocam Doç. Dr. Hasan ÇETİN'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans tezim için, gereken katkı ve görüşleriyle yardımcı olan Yrd. Doç. Ergül YAŞAR'a ve Yrd. Doç. Dr. Tolga ÇAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca gereken katkı ve görüşleriyle bana yardımcı olan Bölüm Başkanımız sayın Prof. Dr. Fikret İŞLER'e teşekkür ederim.

Laboratuvarında numune hazırlanması ve deneylerin yapılması esnasında bana yardımcı olan hocam Arş. Gör. Yusuf TOPAK'a, Teknisyen Ertuğrul ÇANAKÇI'ya, Bilgisayar Programcısı Funda KADİM'e ve Jeoloji Yüksek Mühendisi Yusuf SUBAŞI'na sonsuz teşekkür ederim.

İçindekiler

Öz.....	I
Abstract	II
Teşekkür	III
İçindekiler.....	IV
Şekiller Dizini.....	VI
Çizelgeler Dizini.....	VII
Çizelgeler Dizini.....	VII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. MATERYAL VE METOD	5
3.1. Materyal.....	5
3.2. Metod.....	5
3.2.1. Arazi Çalışmaları	5
3.2.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	5
3.2.2.1. Tek Eksenli Basınç Deneyi	5
3.2.2.2. Nokta Yük Dayanımı Deneyi	9
3.2.2.3. Yıpranma Deneyi.....	12
3.2.2.4. X-Ray Deneyi.....	15
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	18
4.1. Genel Jeoloji	18
4.1.1. Kuzgun Formasyonu.....	18
4.1.1.1. Kireçtaşı	18
4.1.1.2. Mavi-Gri Marn	19
4.1.1.3. Kaliş.....	19
4.2. Yapısal Jeoloji.....	19
4.3. Mühendislik Jeolojisi.....	20
4.3.1. Saha Çalışmaları	20
4.3.2. Laboratuvar Deneyleri	20

4.3.2.1. Tek Eksenli Basınç Deneyi	22
4.3.2.2. Nokta Yük Dayanım Deneyi	24
4.3.2.3. Yıpranma Deneyi.....	27
4.3.2.4. X-Ray Deneyi.....	33
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	38
KAYNAKLAR.....	39
ÖZGEÇMİŞ.....	41



Şekiller Dizini

	Sayfa No
Şekil 1.1. Yer Bulduru Haritası.....	2
Şekil 3.1. Tek Eksenli Basınç Altında Numunelerde Görülen Kırılma Şekilleri.....	6
Şekil 3.2. ELE ADR 2000 Tek Eksenli Dayanım Aleti.....	7
Şekil 3.3. Nokta Yükleme Deneyi.....	10
Şekil 3.4. Nokta Yük Dayanım Deneyi İçin Numune Şekil Koşulları.....	11
Şekil 3.5. Yıpranma Deneyi Aleti.....	13
Şekil 3.6. X-Ray Deney Aleti.....	16
Şekil 3.7. X-Ray Deney Aletinin Detay Görüntüsü.....	16
Şekil 3.8. X-Ray Deney Aleti Komple Üniteleri.....	17
Şekil 4.1. Tane Dizilişinin Basınç Dayanımına Etkisi.....	21
Şekil 4.2. Marnın Yıpranma Deneyi Öncesi Durumu.....	31
Şekil 4.3. Marnın Yıpranma Deneyi 1. Devir (10 Dakika) Sonundaki Durumu.....	31
Şekil 4.4. Marnın Yıpranma Deneyi 2. devir (10 Dakika) Sonundaki Durumu.....	32

Çizelgeler Dizini

Sayfa No

Çizelge 4.1. Bazı Kayaçların Tek Eksenli Basınç Dayanımları (Kg/cm ²)	23
Çizelge 4.2. Tek Eksenli Basınç Dayanım Sınıflaması	24
Çizelge 4.3. Kireçtaşı Üzerinde Yapılan Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları.	26
Çizelge 4.4. Marn Üzerinde Yapılan Nokta Yük Deneyi Sonuçları.	28
Çizelge 4.5. Kireçtaşı ve Marn Üzerinde Yapılan Yıpranma Deneyi Sonuçları.	29
Çizelge 4.6. Yıpranma Deney Sonuçlarına Göre Kayaç sınıflaması.....	32
Çizelge 4.7. X ışınları Tüplerine Ait K α ve K β Değerleri (A) ve Bunlara Ait Süzgeç Tipleri.	34
Çizelge 4.8. A ₁ nolu örneğin X-Ray analizi.....	34
Çizelge 4.9. A-2 nolu örneğin X-Ray analizi.....	35
Çizelge 4.10. Kuzey (A-3) ve Güney (A-4) Nolu Numunelerin Karşılaştırmalı X-Ray Analizleri.....	36
Çizelge 4.11. A-5 Nolu Numunenin X-Ray Analizi.....	37

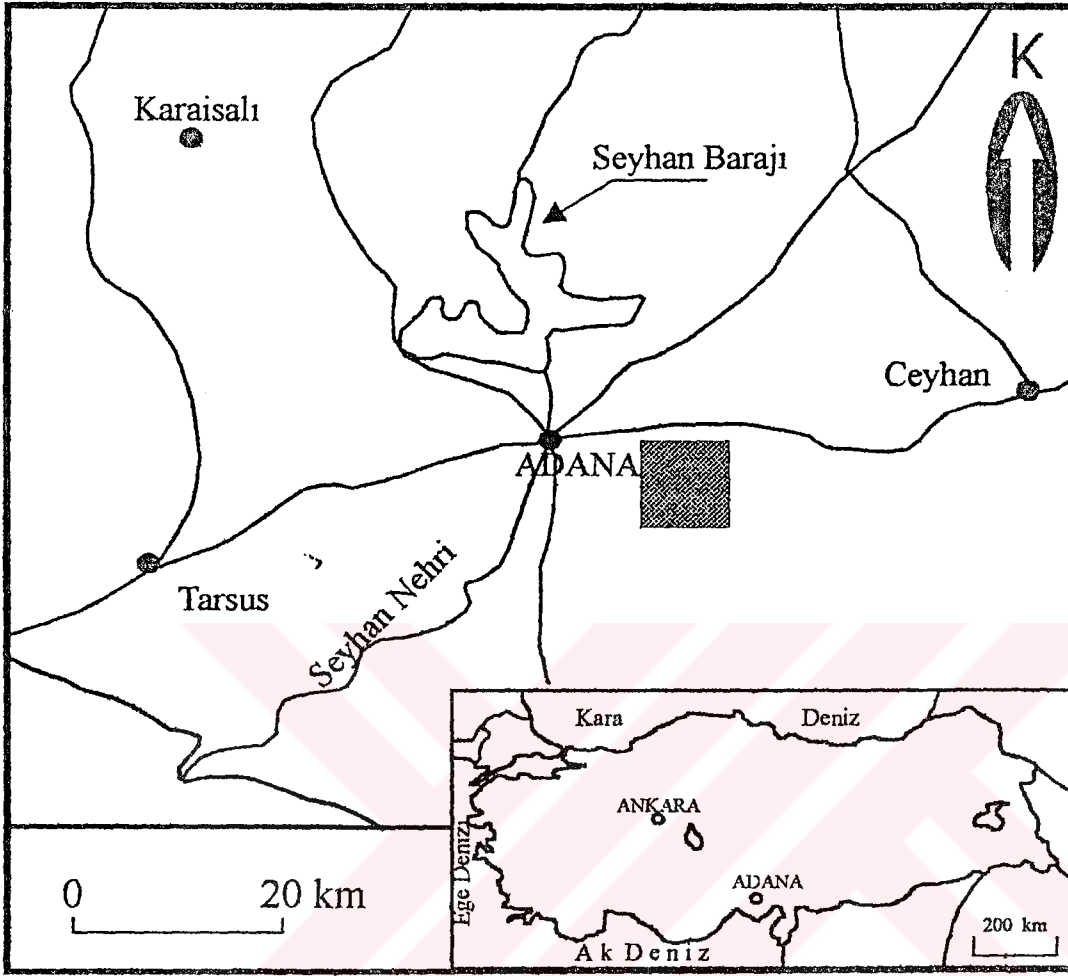
1. GİRİŞ

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Adana Çimento Sanayii, Adana ilinin yaklaşık 15 km doğusunda ve E-5 karayolunun hemen güneyinde yerleşmiştir. Adana Çimento Sanayiinin (AÇS) hammadde ocağı fabrika güneyindeki 144 rakımlı Çalıdağı tepe üzerine kurulmuştur (Şekil 1.1). Çalışmaya konu olan hammadde ocakları inceleme alanında tabakalar 4-5° ile kuzeye eğimlidirler. İnceleme alanında killi kireçtaşı, kumtaşı ve kireçtaşı litolojilerinden oluşan istif Schmidt (1961), Kuzgun formasyonu olarak tanımlamış ve istifin yaşı Tortoniyen olarak verilmiştir. Şafak ve diğerleri, (1996) çalışma alanında yaptıkları incelemelerinde Kuzgun Formasyonu kapsamı altında değerlendirilen çalışma alanında, incelenen mikrofauna ile kronostratigrafik ve ekonstratigrafik yorumunu yapmış ve istifin resifal karakterli olup Tortoniyen yaş aralığında gelişmiş olduğundan bahsederek Pleyistosenin kalış litolojisinde olduğu ve tortoniyen yaşlı çökeller üzerine aşıl uyumsuzlukla geldiğinden bahsetmişlerdir.

Çimento üretimi için gerekli ana hammaddeler kireçtaşı ve mardır. Üretimde ilk aşama klinker elde edilmesidir. Kireçtaşı ve marnın homojen hale getirilip 1300-1400°C'de pişirilmesi sonucu klinker elde edilir. Üretilen çimento kalitesi klinker kalitesiyle doğru orantılıdır. Kaliteli klinker üretimi kireçtaşı ve marnın kimyasal bileşiklerine bağlıdır. Kimyasal bileşikleri CaO, SiO₂, Fe₂O₃ ve Al₂O₃ oluşturmaktadır.

Bu çalışmayla Adana Çimento Sanayiinin hammadde ocakları sahada ayrıntılı olarak çalışıldıktan sonra litolojisi birimler ayrıntılı olarak ayrılanmıştır. Hammadde ocaklarını kabaca 2 grup halinde sınıflayabileceğimiz kireçtaşı ve marn oluşturmaktadır. Ocaktan alınan bu iki litolojiyi temsil eden örnekler üzerinde yapılan kaya, zemin mekaniği ve X-Ray analizleri sonucunda bu iki birimin mineralojik, jeokimyasal, jeoteknik ve mühendislik jeolojisi açısından yorumlanması mümkün olmuştur.



Şekil 1.1. Yer Bulduru Haritası.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde Adana Çimento Sanayii hammadde ocak sahası üzerinde yapılmış fazla çalışma yoktur. Önceki çalışmaların çoğu genel jeolojik çalışmalar olup, aşağıda özetlenmiştir.

Schmidt (1961), 1957-1960 yılları arasında Adana Bölgesi'sinin genel stratigrafisini sistemli olarak çalışmış ve 47 kaya birimini ayırtlayarak adlandırmıştır. Bu çalışmalar sonucunda Bulgur Dağı petrol sahasını saptayarak petrolün stratigrafik kapanlarda olabileceğini belirtmiştir.

Özer ve diğerleri, (1974), Mut-Antalya-Adana Neojen havzalarında yaptıkları jeolojik araştırmalar ile bu üç havzayı yapısal ve bölgesel özellikleri ile araştırıp denetirmişlerdir.

Yetiş ve Demirkol (1984) Adana baseninin Kuzey-Kuzeybatısının stratigrafisine ilişkin gözlemlerinde; bazı yazarlarca Adana havzası çökel istiflerin Burdugaliyen-Güncel aralığında durulduğunun bildirilmesine rağmen yazarlar bölgenin yaşının oligosen belki de üst Eosene indirmek için elde verilerin olmadığını, fakat Adana havzası kuzeyinde Denizel Lütesiyen mostralının bulunduğunu ve bu birimlerin üzerinde karasal nitelikli Oligosen çökellerinin uyumsuzlukla geldiğini belirtmişlerdir.

Kozlu (1987), Doğu Toroslarla Amanoslar arasındaki bölgede kalan Misis ve Andırın yöresindeki çalışmasında bölgeyi Andırın Birliği adı altında tanımlayarak kuzeybatıdan Göksu, Çiçekli, Savrun doğrultu atımla faylarla; güneydoğudan Yumurtalık bindirmesiyle sınırlandırılmıştır. Ayrıca kuşağın kuzeybatısında yer alan Adana ve güneydoğusunda bulunan İskenderun havzalarının Neojen istiflerini incelemiştir.

Şafak ve diğ., (1996), İncirlik (Adana güneydoğusu) çevresinde yer alan geç Miyosen resifinin stratigrafisi ve mikropaleontolojisi çalışmaları ile bölgenin mikrofauna ile resifal serinin Tortoniyen yaş aralığında gelişmiş olduğunu gözlemlemiştir.

Geosan (1992), Adana Çimento Sanayinin talebi üzerine hammadde ocağının yer altı jeolojisi ve rezervlerin marn ve kireçtaşı olarak bölgesel dağılımı konusunda bir çalışma yapılmış ocaktan alınan ve belirli litolojileri temsil eden örnekler ile sondaj örnek analizlerinin sonuçları bu düzeylerin sedimantolojik ve jeokimyasal yorumuna gitmişlerdir.



3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bu çalışma için seçilen saha A.Ç.S. hammadde ocağıdır. Materyalin bir bölümü, jeolog çekici, jeolog pusulası oluşturmaktadır. Ayrıca çalışmanın asıl konusunu oluşturan kireçtaşı ve marn seviyelerinden alınan kayaç numuneleri yapılan deneylerin materyalini oluşturmaktadır.

3.2. Metod

Bu çalışma laboratuvar ve arazi çalışmaları olarak iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada arazi çalışmalarında tek eksenli basınç deneyi, yıpranma deneyi, X-Ray deneyi için numuneler (kireçtaşı, marn) alınmıştır. Laboratuvar çalışmaları çalışmanın ikinci aşamasını oluşturmaktadır. Çalışma alanından alınan numuneler araziden getirilerek deneylere tabi tutulmuştur.

3.2.1. Arazi Çalışmaları

Çalışma alanından analizler için örneklerin derlenmesi arazi çalışmalarını oluşturmaktadır. Bu amaçla kireçtaşı ve marn örnekleri derlenmiştir.

3.2.2. Laboratuvar Çalışmaları

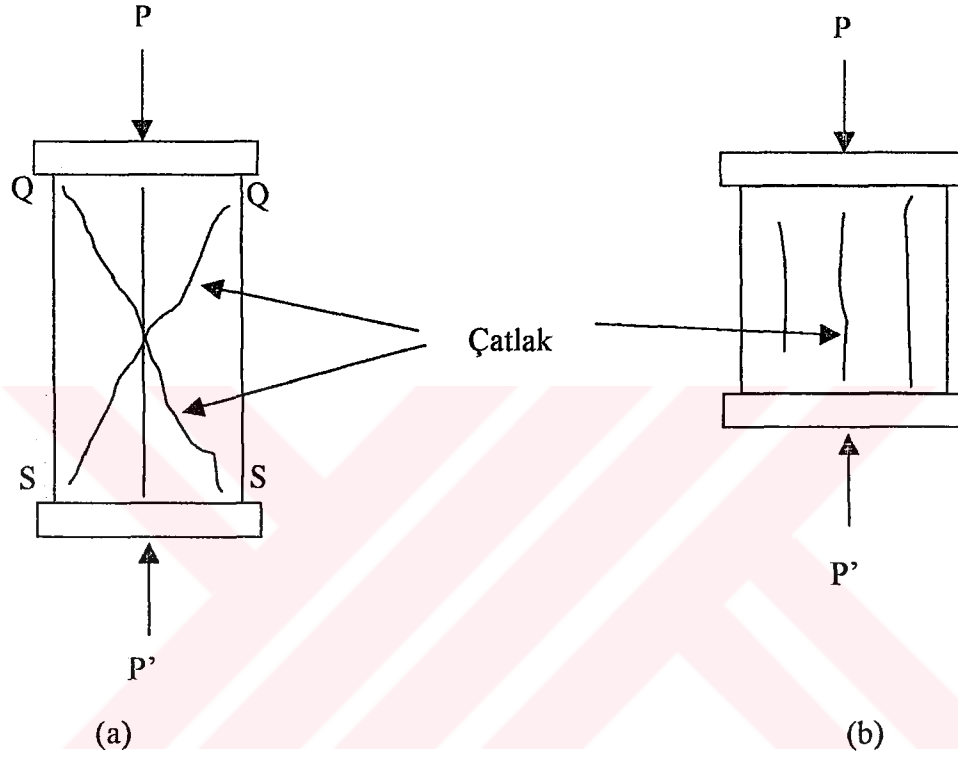
3.2.2.1. Tek Eksenli Basınç Deneyi

Tek eksenli basınç deneyi, belirli boyutlardaki kayaçların belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdikleri dayanıklılığı bulmak amacıyla yapılır.

Katı-sert malzemelerde, tek eksenli basınç deneylerinde numune alanındaki değişme olmadan kırılma meydana gelir. Yumuşak özellikte olmayan kütleler, tek eksenli basınç altında, şekil değişikliğine uğrarlar. Kırılma yükü altında, kayma çatlakları meydana geldiği anda, deney altındaki numunenin kesit alanı büyür (Şekil 3.1). Bundan dolayı bu tür kütleler (killer, killi şistler, kireçtaşları v.b.) de tek eksenli basınç dayanımı, kırılma yükünün kırılma anındaki alana oranı olarak tanımlanır.

Deney sırasında, numune ile aletin tablası arasındaki yüzeyde çekme gerilmeleri doğar ve dolayısıyla taşın hakiki direncinden farklı bir direnç elde edilebilir. Bu sakıncayı önlemek için değme yüzeylerini yağlayarak yada yastık maddeleri koyarak deneyler yapılmaktadır. Bu konuda etkili olan bir diğer faktörde

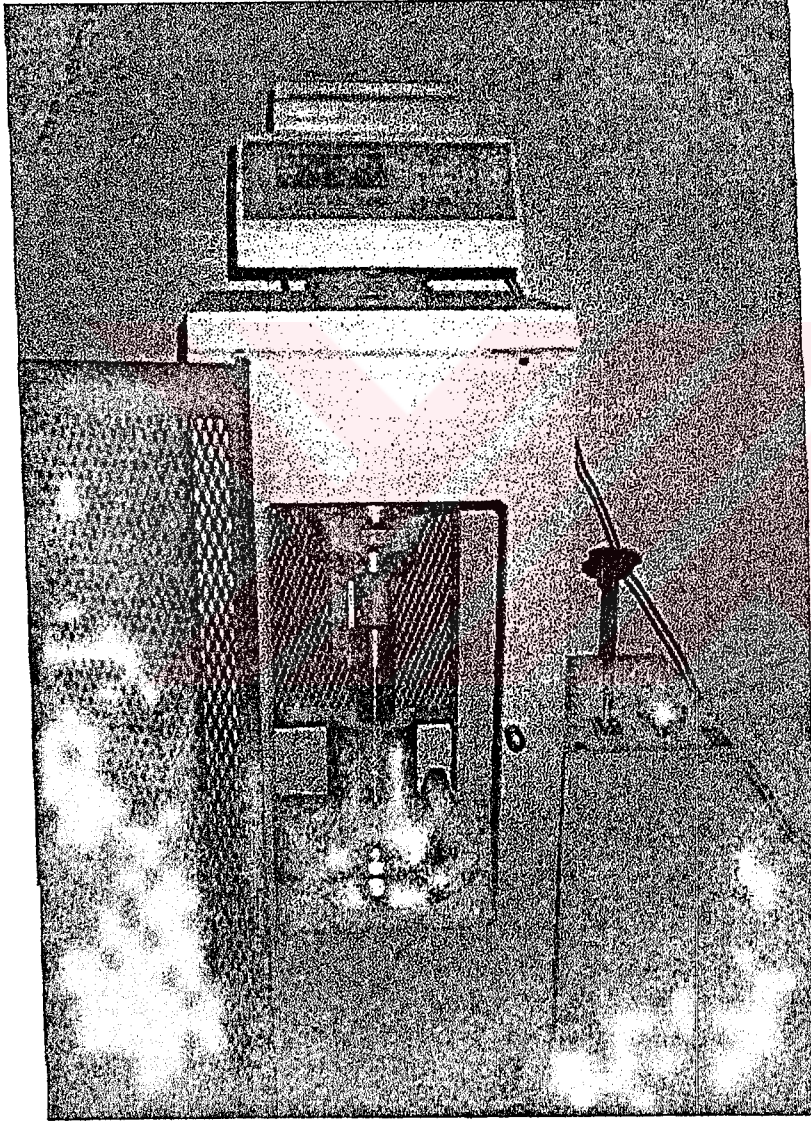
numunenin şeklidir. Silindirik numuneler üzerinde basınç dayanımlarının ölçülmesi sırasında, basınç gerilmelerinin üniform dağılmadığı görülmüş ve bu sakıncayı ortadan kaldırmak amacıyla, son yıllarda köpek kemiği şekilli taş numunelerinin kullanılması teklif edilmiştir.



Şekil 3.1. Tek Eksenli Basınç Altında Numunelerde Görülen Kırılma Şekilleri

a)Makaslama b)Boyuna (Erguvanlı, 1973).

1)Deneyin Yapılışı:Tek eksenli basınç deneyi ISRM (1981) standartlarına göre yapılmıştır. Çukurova üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Zemin-Kaya mekaniği laboratuvarında 1000 KN'luk bir yük uygulayabilen (yaklaşık 200 ton) ELE ADR 2000 kompresör aleti ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2). Numune boyutları ve yük uygulama hızı deneye başlamadan önce bilgisayara girilerek, deney sonucunda doğrudan hesaplanmış sıkışma dayanımı değerini elde etmek mümkündür. Deneyde kullanılacak malzemeler aşağıdaki koşullara göre hazırlanmıştır.



Şekil 3.2. ELE ADR 2000 Tek Eksenli Dayanım Aleti.

- Deneyde kullanılacak karot (silindir şeklindeki) numunelerin boyutları, uzunluk/çap (L/D) oranı 2,0-3,0 olacak şekilde hazırlanmıştır. Kullanılacak numunelerin en azından NX karot boyutunda olmaları tercih edilmiştir. (NX çap=54 mm). Seçilecek kaya çapı kayacın içerdiği en büyük tane boyutuna göre yapılmıştır. Buna göre numune çapı kayacın içerdiği en büyük tane boyutunun en az 10 katı olmuştur.
- Hazırlanan karot numunelerinin alt ve üst yüzeyleri birbirine paralel ve uzunluk eksenine göre kabul edilecek fark en fazla 0,02 mm olacak şekilde ayarlanmıştır.
- Numunenin yan yüzleri pürüzsüz ve düz hale getirilmiştir. Pürüzlülük için en fazla numune yan yüzeyinde 0,03 mm'lik bir sapma kabul edilmiştir.
- Numunenin alt, orta ve üst çapları ayrı ayrı 0,1 mm hassasiyetinde ölçülerek kaydedilmiştir. Daha sonra bunların ortalaması alınarak enine kesit alanı hesaplanmıştır. Numunenin uzunluğu 0,1mm hassasiyetle ölçülmüş ve kaydedilmiştir.
- Numunelerin tabii su içeriklerini kaybetmelerini önlemek için 30 gün içinde deneyler yapılmıştır. İstenildiği takdirde farklı su içeriklerinde veya 105°C'de etüvde bekletilerek kuru konumda deneyler yapılmıştır. Deney esnasında numunelerin tabii su içerikleri kaydedilmiştir.
- Deney esnasında numuneye uygulanan yük, numunenin 5-10 dakika içerisinde kırılmasını gerçekleştirecek şekilde sabit bir hıza ayarlanmıştır. Alternatif olarak uygulanan basınç hızı 0.5-1.0 MPa/saniye limitleri içerisinde olabilir.
- Numunenin kırılması esnasında maksimum yük, % 1'lik hassasiyet içerisinde kN olarak kaydedilmiştir. Tek eksenli basınç dayanımı ise MPa olarak belirlenmiştir.
- En az beş numune deneye tabi tutulmuştur.

2.Hesaplamalar: Deneye tabii tutulan ve uzunluk/çap oranı 2,0 olan her numunenin kırılma yükü (F) enine kesit alanına (A) bölünerek tek eksenli basınç dayanımları (UCS veya σ_c) ayrı ayrı hesaplanmıştır. Eğer L/D oranı 2,0'dan küçük ise aşağıda verilen eşitlik kullanılarak düzeltilmiş UCS değeri hesaplanır. Daha sonra hesaplanan bütün UCS değerlerinin ortalaması alınarak kayacı karakterize edecek UCS değeri aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak kPa, MPa ve kg/cm^2 birimleri olarak belirlenir.

$$Alan = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 = (mm^2)$$

$$Düzeltilmiş UCS = \frac{F / A}{[0,304 \cdot (D/L) + 0,848]}$$

$$UCS = \frac{Kurulum \ yükü \ (F)}{Enine \ kesit \ alanı \ (A)} = \frac{F \ (kN)}{A \ (mm^2)} \cdot 10^6 = (kPa)$$

$$UCS = \frac{Kurulum \ yükü \ (F)}{Enine \ kesit \ alanı \ (A)} = \frac{F \ (kN)}{A \ (mm^2)} \cdot 10^3 = (MPa)$$

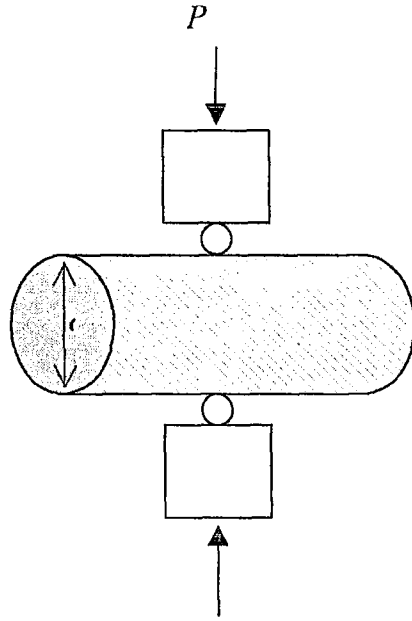
$$UCS = \frac{Kurulum \ yükü \ (F)}{Enine \ kesit \ alanı \ (A)} = \frac{F \ (kN)}{A \ (mm^2)} \cdot 102000 = (k/cm^2)$$

Yukarıdaki eşitlikte D numune çapı ve L numune uzunluğudur.

3.2.2.2. Nokta Yük Dayanımı Deneyi

Kayaların dayanım özelliklerinin saptanmasında kullanılan deneylerden biride nokta yük dayanımı deneyidir. Bu deney değişik şekillerdeki numuneler üzerinde uygulanabildiği gibi, silindirik kaya numunelerinin, eksen doğrultusuna bir düzlem içinde, noktasal yük uygulanarak da yapılır (Şekil 3.3). Uygulanan noktasal gerilme dolayısı ile, yükleme düzlemine dik doğrultuda oluşan çekme gerilmeleri altında kaya numuneleri kırılır (Erguvanlı, 1973).

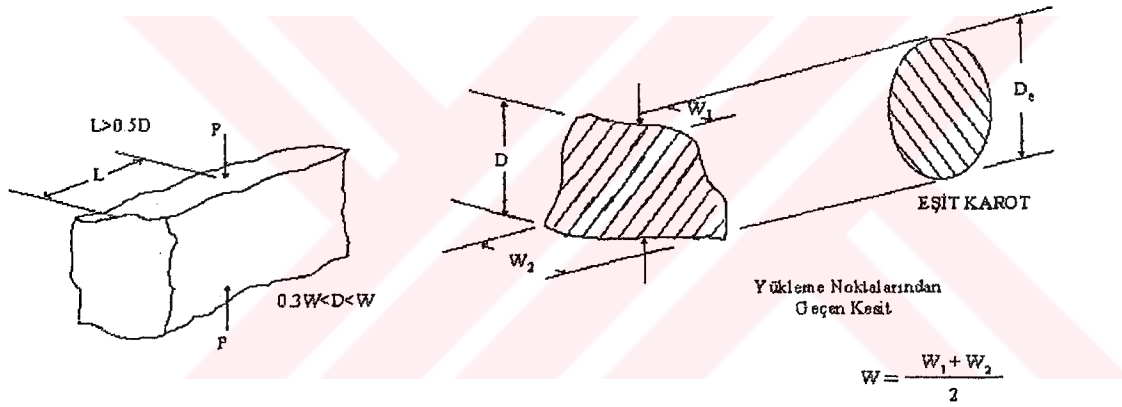
1) **Deneyin Yapılışı:** Nokta yük dayanım deneyi ISRM (1985)'ye göre yapılmıştır. Deney Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Zemin-Kaya mekaniği laboratuvarındaki nokta yük deney aleti ile yapılmıştır. Deney düzensiz şekildeki numune üzerinde yapılmıştır.



Şekil 3.3. Nokta Yükleme Deneyi.

- Marnlar üzerinde yapılan bu nokta yük deneyi ile ocaktan alınan numuneler düzensiz parçacıklar halinde parçalanmıştır.
- Uygun boyutlarda seçilmiş numunelerin bir kısmı suya kondu.
- Diğer bir kısmı ise nokta yük deneyi için 24 saat 110 ± 5 'lik sıcaklıktaki fırında kurutulmuştur. 24 saat sonunda fırından çıkarılan numuneler oda sıcaklığında 20 dak. bekletilmiştir.
- Şekil 3.4.'de gösterildiği gibi kaya bloklarının veya parçalarının boyu 50-35 mm, D/W oranı 0,3 ve 1,0 arasında olmasına özen gösterilmiş ve 1'e yakın olanlar tercih edilmiştir.
- L mesafesi (Şekil 3.4) en azından $0,5W$ olmalıdır. Uygun şekil ve boya sahip numuneler seçilmiştir. Mevcut olmayan numuneler laboratuarda hazırlanmıştır.
- En az 10 deney bir örnek için yapılmıştır. Heterojen ve anizotropik örneklerde daha fazla deney yapılmıştır.
- Numune deney aleti içine konduğu zaman Şekil 3.4.'de gösterildiği gibi, levha dokanaklarının konumu, blok ve parçanın en küçük boyutu üzerinde yer alacak şekilde kenar ve köşelerden L uzaklığında olması sağlanmıştır.

- Levha dokanakları arasındaki D mesafesi, ± 2 olarak kaydedilmiştir. Yükleme yönüne düşey olan en küçük numune genişliği W, ± 5 'dir. Kenarları paralel olmayan örneklerde W için Şekil 3.4 de gösterildiği gibi $(W_1+W_2)/2$ değerleri alınmıştır. En küçük genişlik W Şekil 3.4'de gösterildiği gibi yenilme modellerine bakılmaksızın kullanılmıştır.
- Yük sabit bir hızla artırılmış ve yenilme 10-60 saniye içinde olacak şekilde ayarlanmıştır. Yenilme yükü P deney tamamlandıktan hemen sonra kaydedilmiştir, eğer kırılma yüzeyi sadece bir yükleme noktasından geçiyorsa deney iptal edilmiştir.
- 3 ve 4'e kadar olan işlemler, diğer numuneler için tekrar edilmiştir.



Şekil 3.4. Nokta Yük Dayanım Deneyi İçin Numune Şekil Koşulları.

2) Hesaplamalar:

Düzeltilmiş nokta yük mukavemeti (I_s) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$I_s = P / D_c^2$$

D_c : Eşit karot çapı (mm)

P: Yenilme yükü (kN)

Düzensiz parça deneyinde genişlik hesaplanması aşağıdaki formül ile yapılır.

$$W = (W_1 + W_2) / 2$$

W: Düzensiz parça numunesinin ortalama genişliği (mm)

W₁: Düzensiz parça numunesinin kısa kenar genişliği (mm).

W₂: Düzensiz parça numunesinin uzun kenar genişliği (mm).

Kaya numunesinin veya örneğinin, düzeltilmiş boyut nokta yük mukavemet indeksi Is (50) değeri, D: 50 mm olan çap deneyinde Is değeri olarak tanımlanır.

$$Is(50) = F \cdot Is$$

$$F = (De/50)^{0.45}$$

$F = \sqrt{(De/50)}$ bu formül standart 50 mm boyutuna yakın deneyler için kullanılabilir.

$De^2 = D^2$ çap deneyleri için (mm)

$De^2 = 4A/x$ Eksen, blok ve parça deneyleri için (mm²)

A: W.D Levha dokanak noktalarının bulunduğu minimum enine kesit alanı

Is: Düzeltilmemiş nokta yük dayanımı (MPa)

Is(50): Düzeltilmiş nokta yük dayanımı (MPa)

F: Boyut düzeltme faktörü

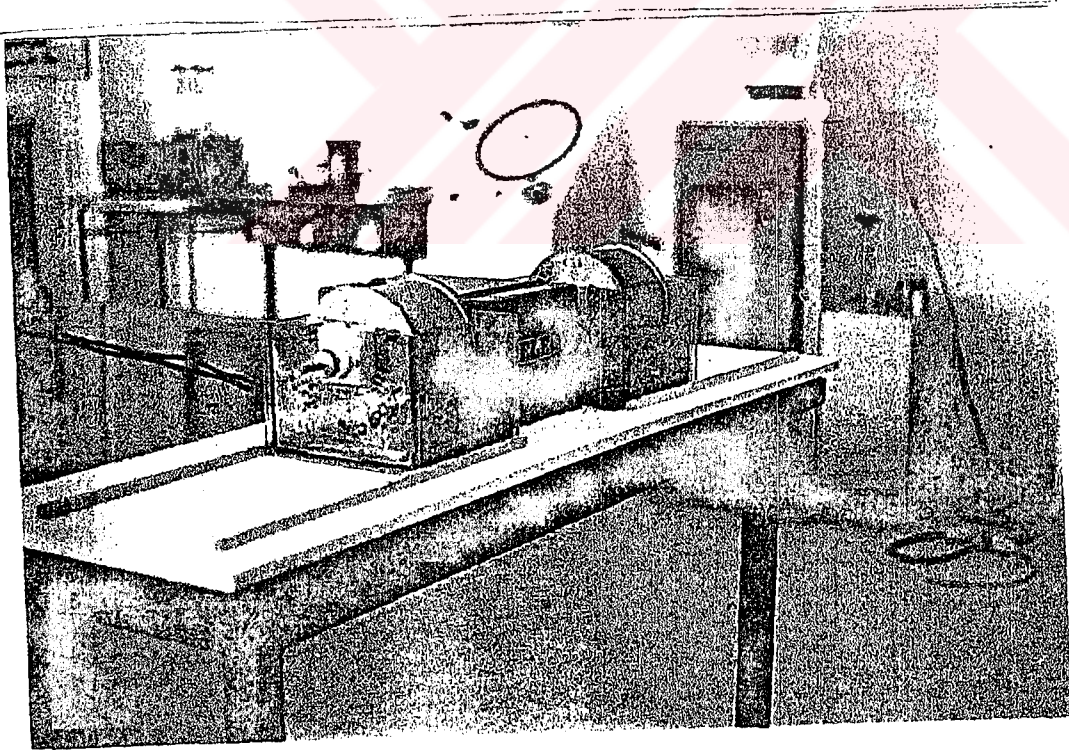
3.2.2.3. Yıpranma Deneyi

Yıpranma deneyi kayaların ayrışma derecesini gösteren yıpranma indeksini (Id) tayin etmek amacıyla yapılan bir deneydir. Yıpranma indeksi kayaların mühendislikte kullanıldıkları ortamlardaki dayanıklılığı hakkında niceliksel bilgi vermesi açısından önemlidir.

Yıpranma indeksi, delikleri 2mm çaplı eleklerle çevrili bir tamburun, belli hızda, saf su içerisinde 10'ar dakikalık 2 devre halinde döndürülmesinden sonra tambur içerisinde kalan kuru kütle ağırlığının deneyden önceki kuru kütle ağırlığına oranının yüzde ifadesidir.

1)Gerekli Aletler:

- 10 adet yaklaşık 40-50 gr ağırlığında deney yapılacak kayaktan parçalar (toplam numune ağırlığı 450-550 gr civarında olmalıdır).
- Delikleri 2 mm çaplı elekten çevrili tambur.
- Saf su (hazneyi tambur aksamının 2cm altına kadar doldurmaya yetecek kadar saf su)
- Termometre
- Tamburu saf suyla dolu hazne içinde döndürmek için gerekli motor aleti (yıpranma deney aleti) (Şekil 3.5).
- Numuneleri kurutmak için gerekli etüv.
- Elektronik terazi.



Şekil 3.5. Yıpranma Deneyi Aleti

2)Deneyin Yapılışı:

Yıpranma deneyi American Society of Testing Materials (ASTM) D 4644-87, (1993) standartlarına göre yapılmıştır. Deneyin yapılışı kısaca şöyledir.

- 10 adet yaklaşık 40-50 gr ağırlığında deney yapılacak kayaktan parçalar hazırlanır. Bunlar doğal olarak veya çekiçle parçalanmış kayalar olabilir. Toplam numune ağırlığı 450-550 gr civarında olmalıdır.
- Numune parçaları tambur içine yerleştirilir. Tartıldıktan sonra 16 saat 110 ± 5 'lik sıcaklıktaki fırında kurutulur. 16 saat sonunda fırından çıkarılıp 20 dakika bekletildikten sonra tartılır ve kayacın doğal su içeriği hesaplanır..
- Tamburu hazneye koyulur. Hazneyi tambur aksının 2 cm altına kadar saf su ile doldurulur ve tamburun dakikada 20 devir döndürecek şekilde motoru 10 dakika çalıştırılır. Suyun sıcaklığını ölçülür.
- 10 dakika sonunda tamburu haznedden çıkarılır ve 16 saat fırında kurutulur.
- Tambur+kuru numune ağırlığı tartılır.

3)Hesaplamalar:

$$Id = (W_2 - W_1) / (W_1 - W_t) \times 100$$

Id: Yıpranma indeksi (%)

W_1 : Tambur+deney öncesi kuru numune ağırlığı (gr)

W_2 : Tambur+deney sonrası kuru numune ağırlığı (gr)

W_t : Tambur ağırlığı (gr)

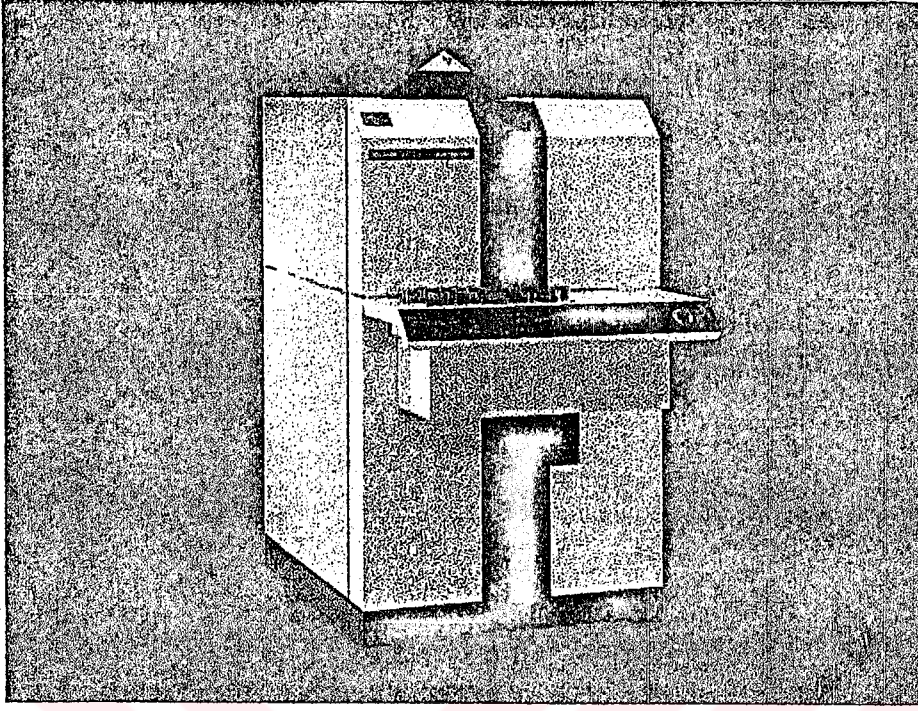


3.2.2.4. X-Ray Deneyi

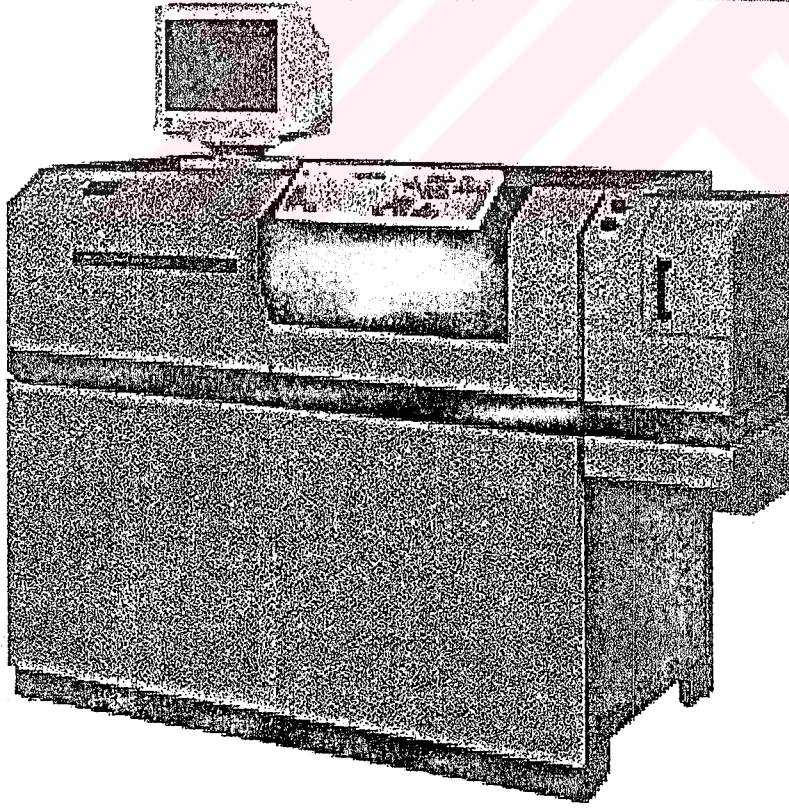
X-Ray cihazı, spektrometre, yüksek voltaj güç kaynağı ve elektronik devreler olmak üzere 3 ana bölümden oluşmaktadır. X-Ray cihazının yanı sıra bilgisayar, yazıcı, disket sürücü ve kesintisiz güç kaynağı gibi yardımcı üniteler mevcuttur (Şekil 3.6, Şekil 3.7, Şekil 3.8).

Deneyin Yapılışı

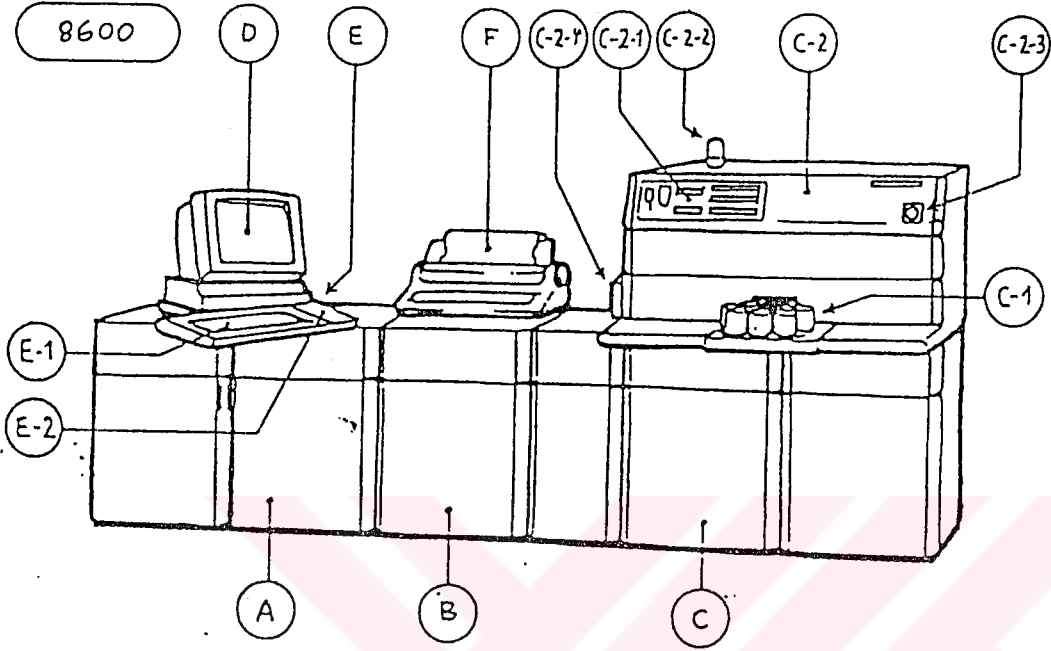
- Kireçtaşı ve marn numuneleri, numune peletlerine preslenmek için 3,5 dakika öğütülür.
- Öğütülen numuneler $110\pm 5^{\circ}$ lik sıcaklıktaki fırında 24 saat bekletilir.
- Fırında çıkarılan numuneler peletlere presleme cihazıyla preslenir.
- Her numune cihaz üzerinde yer alan döner tepsiyle konur.
- Bilgisayarda hammadde için hazırlanmış olan hammadde programı seçilir.
- Numune döner tepsi yardımıyla cihazın içine gitmektedir (Şekil 3.7, Şekil 3.8).
- Bilgisayara set edilmiş ve otomatik olarak işlem gören 138 sn sonra numune içinde katıların nicel tayini yapılır.
- Bilgisayar ekranında görünen sonuçlar gerek görüldüğünde print edilir.
- Her numune için aynı işlemler tekrar edilir.



Şekil 3.6. X-Ray Deney Aleti



Şekil 3.7. X-Ray Deney Aletinin Detay Görüntüsü



- (A) Elektronik kabin (B) Jeneratör kabini (C) Spektrometre kabini
(D) Monitör (E) Kleyve (F) Printer
(C-1) Numune deęiřtirici döner tepsi (C-2) Spektrometre kabin üstü
(C-2-1) Sinoptik panel ve bilgi ekranı (C-2-2) İkaz lambası
(C-2-3) Acil durdurma düęmesi (C-2-4) Kapak

Şekil 3.8. X-Ray Deney Aleti Komple Üniteleri

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Genel Jeoloji

Adana Çimento Sanayi'nin hammadde ocağı fabrika güneyindeki Çalıdağı tepe üzerine kurulmuştur. 144 rakımlı Çalıdağı tek bir tepe olmayıp KD-GB yönünde Yukarı Çiçekli Köyü ile fabrika arasında 7 km'lik yükselti uzanımının en yüksek noktasıdır.

Çalışma alanındaki birimleri ilk kez Adana Baseni içerisinde Schmidt (1961) tanımlayıp Tortoniyen yaş aralığında farklı fasiyeslerde gelişmiş 6 üyeye ayırmıştır. Yazar bu üyelerin üzerine gelen geç Miyosen (Sarmasiyen) döneminde oluşan ve üst kılavuz tuf zonunun üzerinde yer alan Sucular formasyonu, Kosan şeylli ve Memişli kumtaşlarını Adana grubu çatısında değerlendirmiştir.

Bölgede Kuzgun formasyonu olarak anılan sığ denizel birimler, karbonatlar ve kil ve kum niteliğindeki ince kırıntılar olup, karbonatlar daha çok resif yapılarında, kil ve kum niteliğindeki ince kırıntılar ise resif gerisi sahil ya da lagünlerde depolanmıştır (Geosan, 1992).

Benzer bir depolanma AÇS ocağında da gözlenmektedir. Güneydeki üzeri kısmen traşlanmış olan Çalıdağı kesiminde resifal karbonatlar gözlenmekte iken kuzeyde önemli ölçüde malzeme alınmış olan fabrikaya yakın tepede ise mavi-gri marnlar izlenmektedir.

İnceleme alanında Pleyistosen, kalış litolojisinde ve Tortoniyen yaşlı çökeller üzerinde aşıl uyumsuz olarak gözlenmektedir (Şafak ve diğ., 1996).

4.1.1. Kuzgun Formasyonu

4.1.1.1. Kireçtaşı

Ocağın güney ve güneydoğu kesimlerinde yaygın olan birim kireçtaşlarıdır. Bu birim sert, yoğun, gri-beyaz renkli çoğunlukla algli, yer yer gözenekli, kompakt ve yüksek titrasyonlu karbonattır. Titrasyon kireç standardıdır. Kirece doyma oranı yani titrasyon, aşağıdaki formül ile programlanmış bilgisayarlardan otomatik olarak elde edilir.

$$\text{Titrasyon} = (\text{CaO} - 0.7\text{SO}_3 - \text{Serbest CaO}) / (2.8\text{SiO}_2 + 1.18\text{Al}_2\text{O}_3 + 0.65\text{Fe}_2\text{O}_3)$$

A₁ nolu örnekte titrasyon %97 civarında olmasına rağmen kuzeye doğru alınan A₂ nolu örnekte titrasyon %80 düzeyine inmektedir.

Ocağın orta kesimine geçildikçe kireçtaşının kalınlığı 1-4 m arasında değişmekte ve genelde kil aynalarının tabanında bırakılmaktadır. Kireçtaşında kuzeye doğru gidildikçe SiO₂ oranında bir artış görülmektedir. Bu da kuzeydeki lagünden yaklaşık %5 kuvars kumu karışmasından kaynaklanmaktadır.

4.1.1.2. Mavi-Gri Marn

İlk görünümü itibariyle kiltası olarak adlanmakla birlikte titrasyonlarının 40 düzeyinde olması nedeniyle fabrikadaki akışkanlığı da bozmamak amacıyla marn olarak adlanmıştır. Genel olarak güneydeki Çalıdağı kesimi resif bölgesi olduğu için bu kesimde marn azdır.

4.1.1.3. Kaliş

Bu birim ocakta yüzeyde 1-4 m kalınlığa ulaşan kabuk kireçtaşıdır. Kaliş Çukurova'da yaygın bir birim olup, kurak-yarı kurak iklim koşullarında zemindeki kireçli gözenek suyunun yükselerek çökmesi nedeniyle oluşmuştur.

Bu nedenle yer yer resif kireçtaşı, yer yer çakıllı görünümündedir. Ayrıca ocakta hemen kaliş altında yeşil-beyaz renkli tebeşirsi bir geçiş mevcuttur. Ancak bu düzey alttaki marnlı ya da killi kireçtaşları içinde kapiler sirkülasyon nedeniyle olduğundan aynı birim olarak ele alınmıştır.

4.2. Yapısal Jeoloji

İnceleme alanında tabakalar 4-5° ile kuzeye eğimlidirler. Bu da eğimlerin Çalıdağı kesiminde resif yükseltisinden eski lagüner kesime yönlenmesi ile açıklanmaktadır. Buna karşılık resifin güney kanadı pek açılmış olmadığı için burada eski açık denize (güneye) doğru mevcut olabilecek 10-12°'lik eğimler ve kaba karbonatlı resif molozu izlenmektedir (Geosan, 1992).

Kozlu (1987), inceleme alanını kapsayan geniş kapsamlı çalışmasıyla, Üst Eosen tektoniğiyle yükselerek aşınma alanı durumuna gelmiş Adana ve İskenderun

bölgesinin Alt Langiyen de yine sıkışmalı Tektonik rejimde doğrultu atımlı fay basenleri olarak açıldığını saptanmıştır. Çalışmacı Misis-Andırın baseninde devamlı derin denizel sedimantasyona karşı, Adana ve İskenderun basenlerinde denizel çökelişin Langiyen transgresyonu ile başladığını, Orta Miyosen sonu Tortoniyen öncesi Misis-Andırın bölgesinin yükselerek Adana ve İskenderun Basenlerinden ayrıldığını ve bölgede Üst Tersiyer çökelişimi ile deniz seviyesindeki değişimlerin tamamen tektonik denetiminde geliştiğini vurgulamıştır.

4.3. Mühendislik Jeolojisi

Ocakta tespit edilen muhtelif jeolojik birimlerin saha, sondaj, jeofizik ve laboratuvar araştırmaları ile belirlenen özellikleri kullanılarak birimlerin jeokimyasal, mineralojik, jeoteknik ve mühendislik jeolojisi açısından yorumlanması mümkün olmuştur.

4.3.1. Saha Çalışmaları

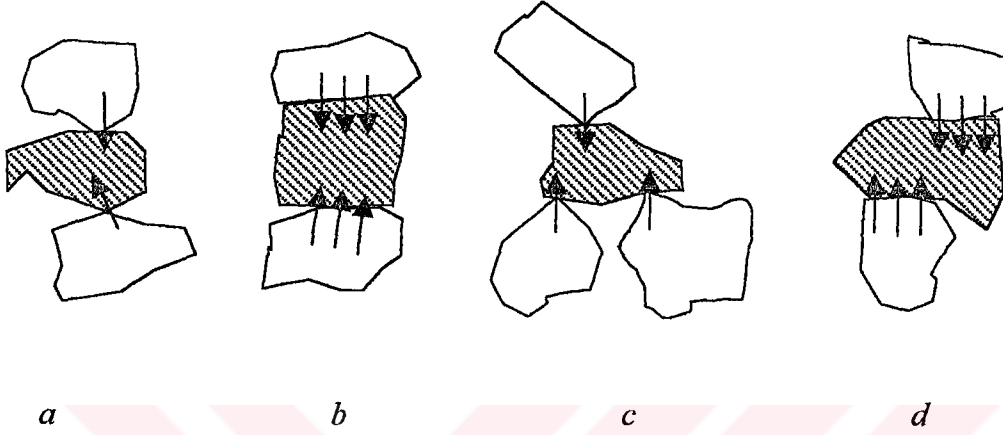
Saha çalışmaları öncesi bölgeye ait topoğrafik haritaların incelenmesi ve önceki çalışmacıların çalışma alanında yapmış olduğu incelemeler ışığında çalışma sahası hakkında ön bilgiler elde edilmiştir. Çalışma sahasında tek eksenli basınç deneyi, nokta yük dayanım deneyi, yıpranma deneyi ve X-Ray deneylerine kullanılmak üzere numuneler alınmıştır.

4.3.2. Laboratuvar Deneyleri

Gerek temel gerekse malzeme olarak kullanılacak malzemenin mekanik özelliklerini öğrenmek amacıyla laboratuvar ve arazide çeşitli deneyler yapılmaktadır. Kütlelerin kristallenme, çimentolanma, kenetlenme, süreksizliklerine ve ayrışma derecesine bağlı olarak mekanik özelliklerinin büyük ölçüde değiştiği bilinmektedir. Kütlelerin direnci, çeşitli kuvvetlerin etkisi altında kırılmaya, göçmeye ve burulmaya karşı gösterdikleri dayanıklılık olarak tanımlanır. Bu dayanım, kütleleri oluşturan element ve minerallerin atomik iç yapılarına ve bunların dizilişlerine bağlı olduğu kadar kütlelerin maruz kaldıkları gerilme koşulları ile de ilgilidir. Belirli bir gerilim hali için, kütle direncinin maruz kaldığı gerilme değerine oranı, o kütle için kırılmaya göçmeye, ya da kaymaya karşı “güvenlik katsayısı”

olarak tanımlanır. Kütlelerin direncine etki eden bir çok faktör vardır ve bunların en önemlileri şunlardır (Erguvanlı, 1973):

1. **Doku (Texture):**Kütlenin içindeki elemanların yada kristallerin büyüklüğü, biçimi, dizilişi, dirence etki yapar (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Tane Dizilişinin Basınç Dayanımına Etkisi (Erguvanlı, 1973).

2. **Kristallenme ve Çimentolanma derecesi ve çimentonun Cinsi:**Çimentonun boşlukları az veya çok doldurması, kompakt ve boşluklu bir kütlenin meydana gelmesine neden olur.Taneleri birbirine bağlayan çimentonun cinsi, silis, kireçtaşı, dolomi, demiroksit v.b. olabilir.Bunlarda basınç direncine etki eder. Çimento kil olduğu zaman basınç direnci az, kireçtaşı olduğu zaman orta, silis olduğu zaman fazladır.
3. **Kenetlenme Derecesi:**Kristalli kütlelerin içindeki kristallerin birbirine bağlanması basınç direncini direkt olarak etkiler.
4. **Porozite:**Tanelerin yada kristallerin kemerlenmesine ve giriş gibi hareket etmesine bağlı olarak basınç direnci değişir.
5. **Kütlelerin Doygunluk Derecesi:** Su emme arttıkça basınç direnci azalır.
6. **İzotropi ve Homojenite:**Taşların her taraftaki özelliklerinin aynı olması yada farklı olması basınç direncine direkt etki yapar.
7. **Süreksizlik:**Kütlelerde tabakalaşma, laminasyon, şistiyet, akış hatları, mikrofissür, fissür, çatlak, kırık ve faylar basınç direncine direkt etki

yapmaktadır. Taşlar üzerinde süreksizliğe dik ve paralel olarak yapılan tek eksenli laboratuvar deneyleri farklı sonuçlar vermektedir.

8. Ayrışma Derecesi:Kaolinleşme, kloritleşme, serpantinleşme ve killi şistlerin ayrışması basınç direncine direkt olarak etki yapmaktadır.

Kütlelerin mühendislik açıdan dayanım özelliklerine göre sınıflandırılmaları için en basit, en kolay ve en kullanışlı yöntem, kütleleri tek eksenli basınç direncine göre ayırmaktır.

4.3.2.1. Tek Eksenli Basınç Deneyi

Tek eksenli basınç dayanımı belli boyutlardaki kütlenin belirli doğrultudaki kırılmaya karşı gösterdikleri dirençtir. Belli boyutlardaki numuneler üzerinde yapılan deneylerde kütlelerin belirli doğrultularda kırıldığı görülür.

İstanbul Teknik Üniversitesi Malzeme Laboratuvarında 1937 den bu yana çeşitli kütleler üzerinde pek çok deney yapılmıştır. Türkiye de en çok kullanılan kayaların bu deneyden faydalanılarak yapılan sınıflandırılması, Amerika'daki kayalar üzerinde yapılan deney sonuçları ile karşılaştırılıp Çizelge 4.1'de verilmiştir (Erguvanlı, 1973).

Çizelge 4.1. Bazı Kayaçların Tek Eksenli Basınç Dayanımları (Kg/cm²) (Erguvanlı, 1973)

Kayaç Cinsi	Türkiye'deki	Amerika'daki	Türkiye'den Örnekler
	Kayaçların basınç dayanımları		
Bazalt	1500-2700	1700-2250	Diyarbakır, Fevzipaşa, Vona
Granit	1000-2000	2300	Kapıdağ, Uludağ, Yerköy
Mermer, Kristalize Kireçtaşı	600-1500	800-2100	Marmara, Afyon, G.Antep (Çarpın), Bilecik
Trakit-Andezit	1300	1300	Ankara, Afyon
Kumtaşı ve Konglomera	450-750	450-750	Elazığ (Nuralı), Hareke Pudingi
Kaba ve Tebeşirimsi Kireçtaşı	50-350	50-350	Bakırköy, Havra (Antep), Mardin
Volkanik tuf, lav ve aglomera	200-700		Kayseri yonuları, Kavak taşı, Karacabey taşı
Travertenler (az delikli)	250-700		Malıköy, denizli taşı
Dağılgan ve yumuşak taşlar	50-150	10	Cilimboz (Bursa)

Bu çalışmada sınırlı sayıda olan kireçtaşı ve marn numuneleri üzerinde kuru ve ıslak tek eksenli basınç dayanım deneyleri yapılmıştır. Elde edilen 2 numuneden bir tanesi 24 saat suda bekletildi. Diğeri fırında 60°C’de kurutuldu. Böylelikle ıslak ve kuru haldeki tek eksenli basınç dayanımları hakkında bilgi edinilebildi.

Deneyde kullanılan boy/çap (L/D) oranı 2,1-2,2 arasındadır. Kuru numune için elde edilen tek eksenli dayanım 23,09 MPa ıslak numune için elde edilen tek eksenli dayanım 2,87 MPa’dır. Bu sonuçlar ve Deere ve Miller, (1966) (Çizelge 4.2) sınıflamasına göre numune hem kuru, hem de ıslakken çok düşük mukavemet çıkmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.3’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.2. Tek Eksenli Basınç Dayanım Sınıflaması (Deere & Miller, 1966)

TANIMLAMA	UCS(MPa)	UCS*(MPa)	Kaya Tipine Örnekler
Çok düşük dayanım	1-25	1-25	Tebeşir, kaya tuzu
Düşük dayanım	25-50	25-50	Kömür, silttaşı, şist
Orta dayanım	50-100	50-100	Kumtaşı, sleyt, şeyl
Yüksek dayanım	100-200	100-250	Mermer, granit, gnays
Çok yüksek dayanım	>200	>250	Kuvarsit, dolerit, gabro, bazalt

* RSMR (1984)’te kullanılan aralıklar.

4.3.2.2. Nokta Yük Dayanım Deneyi

Çalışma konusu olan marndan tek eksenli dayanım deneyi için silindirik numune alınamadığı için, nokta yük deneyi yapılarak tek eksenli dayanım indirekt olarak elde edilmeye çalışılmıştır. Deney blok ve düzensiz parçalar üzerinde uygulanmıştır.

Nokta yük deneyinde numunenin, zayıf yüzeylere göre deney konumu, paralel (//) veya düşey (\perp), olduğu konumu göz önüne alınır. Is(50) ortalama değeri için numune boyutu ve uygulanan P kuvveti (KN) gerekli verilerdendir. Günümüzde nokta yük dayanım deneyleri kayaçların tek eksenli basınç dayanımlarını indirekt olarak kolay ve çabuk bir şekilde bulmamamıza yardımcı olduğu için sıkça

kullanılmaktadır. Nokta yük dayanımı değerinin 20-25 katı yaklaşık tek eksenli basınç dayanımını verir. Anizotropik bazı kayalarda bu değer 15-50 katı fazlasına



Çizelge 4.3. Kireçtaşı Üzerinde Yapılan Tek Eksenli Basınç Deneği Sonuçları.

Numune No	Numune Çapı, D (mm)	Numune Boyu, L (mm)	L/D	D/L	Maks. Yük, F (kN)	θ (derece)	Alan (m ²)	σ (kPa)	σ (MPa)	σ (kg/cm ²)	Numune Durumu	Sınıflama (Dece and Miller, 1966)
1	40	88	2.2	0.45	29.0	80	0,001256	23089,17	23,089	235,34	Kuru	Çok düşük dayanımlı
2	40	87	2.1	0.45	3,6	62	0,001256	2866,24	2,866	29,16	Islak	Çok düşük dayanımlı

eşittir. Buradan da anlaşılacağı gibi nokta yük dayanım değerinden, tek eksenli basınç dayanım değerinin tahmin edilmesi bazen %100'lük yanılığa sebep olabilir. $I_s(50)$ değerinin yaklaşık 0.80 katı, kayanın tek eksenli çekme veya Brazilian çekme dayanım değerine eşit olabilir (Anon, 1985).

Nokta yük dayanımı deneyinde deney sayısına göre $I_s(50)$ hesaplamasında en büyük ve en küçük değer atılarak ortalama $I_s(50)$ değeri bulunur. Eldeki 5 adet marn numunesi üzerinde yapılan nokta yük dayanımı deneyi neticesinde marnın ortalama $I_s(50)$ değeri 1 MPa olarak bulunmuştur. Buradan tek eksenli dayanım değeri ortalama olarak 20-25 MPa olarak bulunur. Buda Deer ve Miller (1966)'ya göre kayacın çok düşük dayanımlı olduğunu gösterir. Deney sonuçları Çizelge 4.4'te özetlenmiştir.

4.3.2.3. Yıpranma Deneyi

Yıpranma deneyi sonunda marnın 1. devir sonrası yıpranma indeksi %63,21. 2. devir sonrası yıpranma indeksi %50,34 olarak bulunmuştur.

Aynı şekilde kireçtaşı için yapılan yıpranma deneyinde 1. devir sonrası yıpranma indeksi %81,97 ve 2. devir sonrası yıpranma indeksi %74,19 bulunmuştur. Sonuçlar Çizelge 4.5'de özetlenmiştir. Bu sonuçlara ve Franklin ve Chandra (1972) sınıflamasına göre (Çizelge 4.6) marn hem 1. devir hem de 2. devir sonrası düşük dayanımlı çıkarken, kireçtaşı ise 1. devir sonrası düşük ve 2. devir sonrası ise orta dayanımlı çıkmıştır.

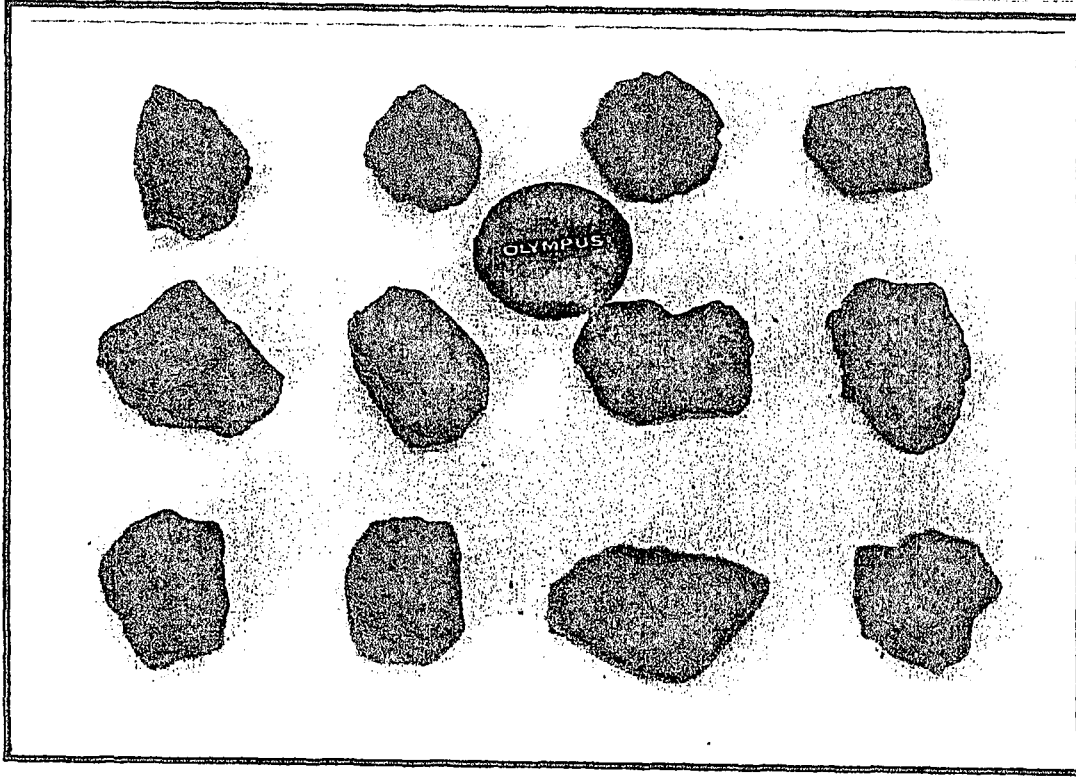
Marnın yıpranma deneyi öncesi ile deney sonrası 1. devir (10 dakika) ve 2. devir (10 dakika) sonundaki durumları Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te görülmektedir.

Çizelge 4.4. Marn Üzerinde Yapılan Nokta Yük Deneyi Sonuçları.

No	TİP	W (mm)	D (mm)	P (KN)	De ² (mm ²)	De (mm)	I _s (MPa)	F	I _s (50) (MPa)	Tek Eksenli Dayanım Sınıflaması (Deere and Miller, 1966)
1	İ ⊥	95.0	53.0	3.4	6414	80.08	0.53	1.26	0.67	
2	İ ⊥	31.6	52.0	3.1	2093	45.74	1.48	0.95	1.41	
3	İ ⊥	82.0	47.0	3.8	4909	70.06	0.77	1.18	0.91	
4	İ ⊥	91.0	49.0	3.1	5680	75.36	0.55	1.22	0.67	
5	İ ⊥	38.0	47.0	4.8	2275	47.69	2.11	0.97	2.05	
Ortalama I _s (50)									1.00	Çok düşük dayanımlı

Çizelge 4.5. Kireçtaşı ve Marm Üzerinde Yapılan Yıpranma Deneyi Sonuçları.

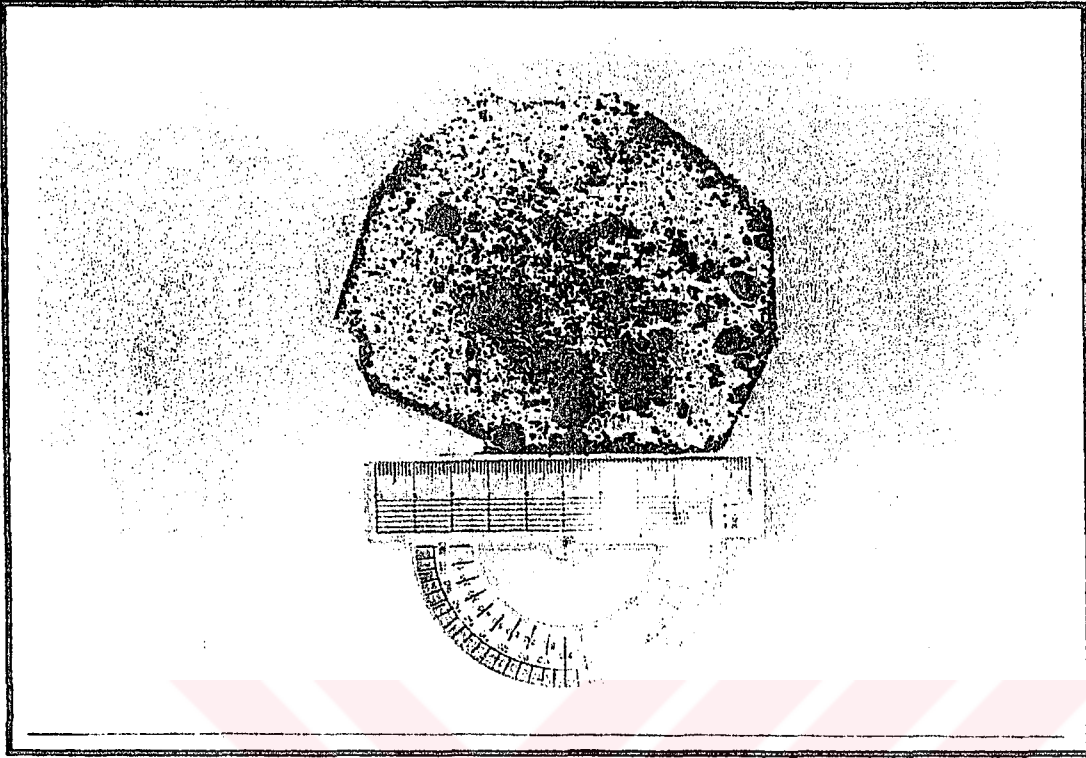
Numune	Deney Aşaması	Tambur + Doğal Num. (g)	Tambur + Kuru Num. (g)	Tambur Ağ. (g)	Doğal Num. Ağ. (g)	Kuru Num. Ağ. (g)	Su Sıcaklığı (C)	Doğal Su İçeriği (%)	Yıpranma İndeksi, Id (%)	Sınıflama (Franklin ve Chandra. 1972)
Marm	Deney öncesi	2386.65		1810.88	575.77	487.36		18.14		
	1. devir sonrası		2118.93	1810.88		308.05	22.0		63.21	Düşük dayanımlı
	2. devir sonrası		2056.24	1810.88		245.36	22.0		50.34	Düşük dayanımlı
Kireçtaşı	Deney öncesi	2328.28		1792.07	536.21	409.12		31.06		
	1. devir sonrası		2127.42	1792.07		335.35	22.0		81.97	Düşük dayanımlı
	2. devir sonrası		2095.60	1792.07		303.53	22.0		74.19	Orta dayanımlı



Şekil 4.2. Marnın Yıpranma Deneyi Öncesi Durumu.



Şekil 4.3. Marnın Yıpranma Deneyi 1. Devir (10 Dakika) Sonundaki Durumu.



Şekil 4.4. Marnın Yıpranma Deneyi 2. devir (10 Dakika) Sonundaki Durumu.

Çizelge 4.6. Yıpranma Deney Sonuçlarına Göre Kayaç sınıflaması (Franklin ve Chandra, 1972)

Sınıflama	1. 10 Dakika Sonu	2. 10 Dakika Sonu
Aşırı Yüksek Dayanımlı	>99	>98
Çok Yüksek Dayanımlı	98-99	95-99
Yüksek Dayanımlı	95-98	85-95
Orta Dayanımlı	85-95	60-85
Düşük Dayanımlı	60-85	30-60
Çok Düşük Dayanımlı	<60	<30

4.3.2.4. X-Ray Deneyi

X-ışınları elektromanyetik ışınma yörüngesinin 0,1'lik 50 F arasındaki bölümünü kapsar ve bir elektron demetinin hedef alınan metal bir yüzeye yeterli enerjiyle çarpıtılması sonucu üretilir. X-ışını demeti sürekli ve özyapısal iki bölümden oluşur (Çizelge 4.7).

Kireçtaşı biriminden alınan A₁ nolu örneğin X-Ray analiz sonuçları Çizelge 4.8'de gösterilmiştir. X-Ray, analizi yapılan birimin kirece doyma oranının % ifadesine titrasyon denir ve aşağıdaki formül ile programlanmış bilgisayarlardan otomatik olarak elde edilir.

$$\text{Titrasyon} = (\text{CaO} - 0.7\text{SO}_3 - \text{Serbest CaO}) / (2.8\text{SiO}_2 + 1.18\text{Al}_2\text{O}_3 + 0.65\text{Fe}_2\text{O}_3)$$

A₁ nolu örnekte titrasyon %97 civarında olmasına rağmen (Çizelge 4.8) kuzeye doğru alınan A₂ nolu örnekte titrasyon %80 düzeyine doğru inmektedir. A₂ nolu örneğin X-Ray analiz sonuçları Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Kuzey (A-3) ve güneyden (A-4) marn numuneleri alınmış ve X-Ray analizleri yapılmıştır (Çizelge 4.10). X-Ray analiz sonuçlarından da görüldüğü gibi Kuzey ve güneydeki marnlar arasındaki farklar şu şekildedir;

- Silis miktarı kuzeye doğru gidildikçe artar,
- Titrasyonun güneye kadar artması ana resif ve karbonat çökmesinin güneyde olmasından kaynaklanmaktadır.
- SO₃ miktarları yüksektir.

Genelde mavi-gri marnlar fosil katkıları nedeniyle güneyde titrasyonu daha yüksektir.

Kaliş den alınan A₅ örneğinin X-ray analizi sonucu Çizelge 4.11'da verilmiştir.

Çizelge 4.7. X ışınları Tüplerine Ait $K\alpha$ ve $K\beta$ Değerleri (A) ve Bunlara Ait Süzgeç Tipleri.

X-Işını tüpü	$K\alpha(A)$	$K\beta (A)$	$K\alpha(A)$ için geçirgen $K\beta$ için soğurup süzgeç
24 Cr	2,2909	2,0840	23 V
26 Fe	1,9373	1,7565	25 Mn
27 Co	1,7902	1,6207	26 Fe
28 Ni	1,6591	1,5001	27 Co
29 Cu	1,5418	1,3922	28 Ni
42 Mo	0,7107	0,6223	40 Zr

Çizelge 4.8. A₁ nolu örneğin X-Ray analizi.

Kimyasal Elementler	X-Ray Analiz Sonuçları (%)
CaO	54,26
SiO ₂	0,66
Al ₂ O ₃	0,42
Fe ₂ O ₃	0,41
MgO	0,61
SO ₃	0,16
Na ₂ O	0,06
K ₂ O	0,05
Titr.	96,75
KK	42,60

Çizelge 4.9. A-2 nolu örneğin X-Ray analizi.

Kimyasal Elementler	X-Ray Analiz Sonuçları (%)
CaO	49,7
SiO ₂	5,80
Al ₂ O ₃	1,77
Fe ₂ O ₃	1,17
MgO	1,16
SO ₃	0,13
Na ₂ O	0,06
K ₂ O	0,29
KK	39,72
Titir.	89,25

Çizelge 4.10. Kuzey (A-3) ve Güney (A-4) Nolu Numunelerin Karşılaştırmalı X-Ray Analizleri.

Kimyasal Elementler	X-Ray Analiz Sonuçları (%)	
	Mavi Marn (A-3 nolu)	Mavi Gri Marn (A-4 nolu)
	Kuzey	Güney
CaO	22,49	28,42
SiO ₂	32,68	25,00
Al ₂ O ₃	9,37	6,64
Fe ₂ O ₃	4,23	4,02
MgO	4,43	5,04
SO ₃	0,25	0,47
Na ₂ O	0,11	0,09
K ₂ O	1,65	1,14
Titr.	23,12	26,95
KK	42,50	52,75

Çizelge 4.11. A-5 Nolu Numunenin X-Ray Analizi.

Kimyasal Elementler	X-Ray Analiz Sonuçları (%)
CaO	52,57
SiO ₂	1,72
Al ₂ O ₃	0,64
Fe ₂ O ₃	0,49
MgO	0,43
SO ₃	0,17
Na ₂ O	0,06
K ₂ O	0,06
KK	42,50
Titr.	97,75

Işın demetinin öz yapısal dalga boyu kullanılan hedef türüne bağlıdır. Kırınım deneylerinde çok dar bir dalga boyu aralığında ışın kullanılması gereklidir ve bu nedenle seçilmiş olan hedef metalin K α emisyon çizgisinden ve sürekli ışımastan uygun bir süzgeç kullanılarak artırılır.

X-ışını tüpü olarak bakır tüp ve süzgeç olarak nikel kullanıldığında bu düzenek 1,5418 Å dalga boyunda X-ışını üreten bir kaynak oluşturur. α dalga boyundaki X-ışınlarının Q açısıyla yöneltildiği iki bitişik kristallografik düzlem gösterilmektedir. Yansıyan X-ışınları bu düzlemlerle gene Q açısı oluştururlar $n\lambda = 2d \sin Q$, $h=1$ olmalıdır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Adana Çimento Sanayiinin hammadde ocakları kabaca iki grup halinde sınıflayabileceğimiz kireçtaşı ve marn litolojilerinden oluşmaktadır. Ocaktan alınan bu iki litolojiyi temsil eden örnekler üzerinde yapılan kaya mekaniği deneylerinden tek eksenli dayanım ve nokta yük deneyleri sonucunda AÇS hammadde ocağındaki kireçtaşı ve marn birimlerinin çok düşük dayanımlı olduğu, yıpranma deneyi sonucunda ise marnın birinci ve ikinci devir sonrası düşük dayanımlı, kireçtaşının ise birinci devir sonrası düşük ve ikinci devir sonrası ise orta dayanımlı olduğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen kaya mekaniği deney sonuçları ve X-Ray analizlerinin karşılaştırılması sonucu çimento hammaddesini oluşturan kireçtaşının dayanımı saflık derecesi ile ilişkilidir. Saflık derecesi azaldıkça kireçtaşında dayanımının azaldığı gözlenmiştir. Kireçtaşının ve marnın saflık derecesi kaliteli klinker eldesi için çok iyi derecede olması gereklidir.

Adana Çimento Sanayii hammadde ocağının kuzey ve güney kesimlerinden alınan kireçtaşı ve marn numuneleriyle yapılan X-Ray analiz sonuçlarına göre ocağın kuzeyinden güneyine doğru titrasyonun arttığı görülmüştür. Bu durum ocağın güney kesimindeki hammaddenin kaliteli klinker eldesini sağlayacağı sonucunu vermektedir.

KAYNAKLAR

- ANON, 1985. Suggested method for determining point load strength. International Journal for Rock Mechanics, Science & Geomechanics Abstracts, Vol. 22, pp. 51-60.
- ASTM, D., 4644-87, 1993. Standard Test Method for Slake Durability of Shales and Similar Weak Rocks, In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, Philadelphia, PA, pp.958-960.
- ASTM, D., 2938-86, 1993 Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens, In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, Philadelphia, PA, pp.389-390.
- Deere, D.U. and Miller, R.P., 1966. Engineering classification and index properties for intact rock. Technical Report No: AFNL-TR-65-116, Air Force Weapons Laboratory, New Mexico, 120p.
- Erguvanlı, K., 1973. Mühendislik Jeolojisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, s.966
- Franklin, J.A. and Chandra, R., 1972. The Slake durability test. Int. 5. Rock Mech. Min. Sci., 9 (3):325-341.
- Gombel, J.C., 1971. Durability-plasticity classification of shales and other argillaceous rocks. PhD Thesis, University of Illinois.
- Geosen, 1992. AÇS Hammadde Ocağının Jeolojik Etüdü.
- ISRM, 1985, International society for Rock Mechanics Suggested Methods for Determining Point load strength int. J. Rock. Mech. Min Sci. And Geomech. Abstr. 22,53-60.
- İlker, S., 1975. Adana Baseni Kuzeybatısının Jeolojisi ve Petrol Olanakları: TPAO Arama. Arşiv No: 973 (yayınlanmamış), Ankara, s.63.
- Kozlu, H., 1987. Misis-Andırın Dolaylarının Stratigrafisi ve Yapısal Evrimi. Türkiye 7. Petrol Kongresi, s.104-116, Ankara.

- Schmidt, G.C., 1961. Stratigraphic nomenclature for the Adana region petroleum district VII: Petroleum Administration Bull., 6.47-63, Ankara.
- Şafak, Ü., Ünlügenç, U.C., Şenol, M., 1996. İncirlik (Adana Güneydoğusu) Çevresinde Yeralan Geç Miyosen Resifinin Stratigrafisi ve Mikro Paleontolojisi, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, s.138-153, Ankara.
- Yetiş, C., ve Demirkol, C., 1984. Adana Baseni Kuzey-kuzeybatı kesiminin temel stratigrafisine ilişkin bazı gözlemleri. Türkiye Jeoloji Kur., 38 Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özetleri, s.59-61, Ankara.



ÖZGEÇMİŞ

1975 Niğde doğumluyum. İlk ve orta öğrenimimi Ankara'da tamamladım. 1998 yılında Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldum. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Öğrenimime başladım.

