

İçindekiler

Sunuş	v
Önsöz	vii
1 GERİLME-BİRİM DEFORMASYON	1
1.1 GERİLME	3
1.2 DÜZLEMDEKİ GERİLMELER VE GERİLME ÇEVİRİMİ (TRANSFORMASYON)	5
1.2.1 Analitik Yöntem	5
1.2.2 Geometrik Yöntem (Mohr Dairesi)	6
1.3 DEFORMASYON (DEĞİŞİM)	8
1.4 GERİLME-DEFORMASYON İLİŞKİSİ	9
1.4.1 Özel Gerilme Durumları İçin Gerilme-Birim Deformasyon İlişkileri ...	12
1.4.1.1 Düzlemsel gerilme durumu için	12
1.4.1.2 Düzlemsel birim deformasyon durumu için	12
1.5 İDEAL MALZEME GERİLME-BİRİM DEFORMASYON DAVRANIŞLARI	13
1.5.1 Giriş	13
1.5.2 Genel Tanımlar	13
1.5.2.1 Elastik	13
1.5.2.2 Plastik ve elasto-plastik	14
1.5.3 İdeal Elastik Davranış Modeli	14
1.5.3.1 İdeal (Mükemmel) elastik olmayan malzemeler	14
1.6 ÇÖZÜMLÜ PROBLEMLER	16
2 KAYA DAVRANIŞI	35
2.1 GİRİŞ	37
2.2 KAYA MADDESİ DAVRANIŞI	39
2.2.1 İdeal Malzeme Davranışları	40
2.2.1.1 Elasto-plastik malzeme	40
2.2.1.2 Elastik-gevrek-plastik malzeme	41
2.2.2 Kaya Davranışını Etkileyen Faktörler	42
2.2.2.1 Takviye (Destek) basıncı (confining pressure)	42
2.2.2.2 Su (Nem) oranı	43
2.2.2.3 Sıcaklık	43
2.2.2.4 Anisotropi derecesi	43
2.2.2.5 Zaman	44
2.2.3 Kaya Maddesi Kırılma (Yenilme) Türleri	45

2.3 KAYA KÜTLESİ (SÜREKSİZLİK) ÖZELLİKLERİ VE DAVRANIŞI	45
2.3.1 Kaya Kütlesinin Davranışı	45
2.3.1.1 Giriş	45
2.3.1.2 Kaya kütlesi içerisinde yer alan başlıca süreksizlik türleri	46
2.3.1.3 Süreksizliklerin önemli özellikleri	49
2.4 KAYA KÜTLESİNİN DAYANIM VE DEFORMABİLİTE ÖZELLİKLERİ UYGULAMA ALANLARI VE ÖLÇME YÖNTEMLERİ	54
2.4.1 Genel	54
2.4.2 Kaya Kütlesi Özellikleri Ölçüm Yöntemleri	55
2.4.2.1 Sürüksizliklerin kesme (makaslama) dayanımı davranışı	57
2.5 ÇÖZÜMLÜ PROBLEMLER	66
3 YENİLME (KIRILMA) KRİTERLERİ	71
3.1 GİRİŞ	73
3.2 YENİLMENİN GEOMETRİK GÖSTERİMİ	73
3.3 YENİLME KRİTERLERİ	74
3.3.1 En Büyük Normal Gerilme Kriteri	74
3.3.2 En Büyük Kesme Gerilmesi (Coulomb) Kriteri	75
3.3.3 Mohr Kriteri	77
3.3.3.1 Mohr-Coulomb kriterinde çekme dayanımı sınır değeri uygulaması (cut off)	78
3.3.3.2 Mohr-Coulomb yenilme kriterinde süreksizliklerin (anizotropinin) temsil edilmesi	79
3.3.3.3 Mohr-Coulomb kriterinde su basıncının temsil edilmesi	81
3.3.3.4 Griffith kriteri	82
3.3.3.5 Tresca kriteri (en büyük kesme gerilmesi)	83
3.3.3.6 Von Mises kriteri	83
3.3.3.7 Hoek ve Brown görgül yenilme kriteri	84
3.4 ÇÖZÜMLÜ PROBLEMLER	88
4 ARAZİ (YERİNDE) GERİLMELERİ VE GERİLME DAĞILIMLARI	95
4.1 YERİNDE GERİLMELER	97
4.1.1 Giriş	97
4.1.2 Yerde Gerilme Hesaplamaları	97
4.1.3 Yerde Gerilmeleri Etkileyen Faktörler	100
4.1.3.1 Topoğrafya	100
4.1.3.2 Erozyon	100
4.1.3.3 Kalıcı gerilmeler	101
4.1.3.4 Tektonik gerilmeler	101
4.2 YER ALTI AÇIKLIKLIKLARINDA GERİLME DAĞILIMLARI	105
4.2.1 Giriş	105
4.2.2 Sağlam (Competent) Kayada Açılan Dairesel Açıklıklar	105
4.2.3 Dairesel Olmayan Açıklıklardaki Gerilmeler	110
4.3 KUYULAR ETRAFINDAKİ GERİLMELER VE TASARIMI	112

4.3.1 Dairesel Kesitli Kuyular Etrafındaki Gerilmeler	112
4.3.2 Su Geçirimsiz Kaya Biriminde Kuyu Tasarımı	113
4.4 ÇÖZÜMLÜ PROBLEMLER	117
5 YER ALTINDA YENİLME MEKANİZMALARI VE TAHKİMAT	
TASARIMI	127
5.1 GİRİŞ	129
5.2 KİNEMATİK ANALİZ İLE BLOK (KAMA) DÜŞMELERİNİN VE	
KAYMALARININ İRDELENMESİ VE TAHKİMAT TASARIMI	130
5.2.1 Kinematik Analiz Tekniği	130
5.2.2 Tahkimat Tasarımı İlkeleri	134
5.3 KAYA-TAHKİMAT ETKİLEŞİMİ ANALİZLERİ VE TAHKİMAT	
TASARIMI	135
5.3.1 Tahkimat Esasları	137
5.3.1.1 Temel varsayımlar	137
5.3.1.2 Tahkimat analizi	139
5.4 YER ALTI MADEN OCAKLARI TOPUKLARININ DAVRANIŞI VE	
TASARIMI	145
5.4.1 Giriş	145
5.4.2 Topukların Davranışı	146
5.4.3 Oda Topuklarda Gerilme Dağılımları	147
5.4.3.1 Oda-topuklarda gerilme dağılımı ve analitik topuk tasarımı	147
5.4.4 Topukların Görgül (Empirik) Tasarımı	149
5.4.4.1 Tahkimat topukları	150
5.4.4.2 Güvenlik topukları	151
5.5 ÇÖZÜMLÜ PROBLEMLER	156
6 KAYA MEKANİĞİNİN YÜZEY YAPILARINA UYGULANMASI	163
6.1 ŞEV DURAYLILIĞI	165
6.1.1 Giriş	165
6.1.2 Yenilme Mekanizması	165
6.1.2.1 Yer çekimi nedeni ile kayma	167
6.1.2.2 Su basıncının makaslama dayanımına etkisi	167
6.1.2.3 Etkin (efektif) gerilme kuralı	168
6.1.2.4 Gerilme çatlağındaki su basıncının etkisi	169
6.1.2.5 Kaymayı önleyici şev sağlamlaştırma yöntemleri	169
6.1.2.6 Şev güvenlik katsayısı	170
6.1.2.7 Kinematik analiz	175
6.1.3 Şev Yenilme Türlerinin Kinematik Belirlenmesi	178
6.1.3.1 Olasılı şev sorunlarının değerlendirilmesi	178
6.1.4 Açık Ocak Planlamasında Önerilen Veri Sunuşu ve Analizi	182
6.1.5 Düzlemsel Kayma	183
6.1.5.1 Giriş	183
6.1.5.2 Düzlemsel kayma için geometrik koşullar	184

6.1.5.3 Düzlemsel kaymanın analizi	184
6.1.5.4 Şev duraylılığının grafiksel analizi	187
6.1.6 Kama Tipi Kayma	190
6.1.6.1 Giriş	190
6.1.6.2 Kama tipi kaymanın analizi	191
6.1.6.3 Kohezyon ve su basıncını içeren kama tipi kayma analizi	191
6.1.6.4 Yalnız sürtünmeyi içeren kama tipi kaya bloğu duraylılık diyagramları	193
6.2 TAŞIMA KAPASİTESİ UYGULAMALARI	198
6.3 TASMAN (SUBSIDENCE)	199
6.3.1 Giriş	199
6.3.2 İngiltere, NCB, “Tasman Mühendisliği El Kitabı” Görgül Modeli	202
6.3.2.1 En yüksek tasmanın tahmini	202
6.3.2.2 Tasman profilinin tahmini	203
6.3.2.3 Birim deformasyon profilinin tahmini	203
6.4 ÇÖZÜMLÜ PROBLEMLER	205
7 KAYA SINIFLAMA SİSTEMLERİ	217
7.1 GİRİŞ	219
7.2 KAYA SINIFLAMA SİSTEMLERİ	219
7.3 KAYA KÜTLESİ SINIFLAMA SİSTEMLERİ	221
7.3.1 Sınıflama Sistemlerinin Hedefi ve Özellikleri	222
7.3.2 Sınıflama Sisteminde Kullanılan Değişkenler	222
7.3.3 Terzaghi'nin Kaya Yüğü Sınıflama Sistemi	224
7.3.4 Bieniawski'nin Jeomekanik Kaya Kütleli Sınıflama Sistemi (RMR Sistemi)	225
7.3.5 Barton ve Arkadaşlarının Kaya Kütleli Sınıflama Sistemi (Q Sistemi) .	233
7.4 ÇÖZÜMLÜ PROBLEMLER	247
8 KAYA MEKANİĞİ DENEYLERİ	251
8.1 GİRİŞ	253
8.2 TEK EKSENLİ BASMA DAYANIMI DENEYİ	253
8.2.1 Amaç	253
8.2.2 Deney Düzenegi	253
8.2.3 Deney Yöntemi	254
8.2.4 Hesaplamalar	254
8.2.5 Raporun Hazırlanması	255
8.3 TEK EKSENLİ DEFORMABİLİTE DENEYİ	255
8.3.1 Amaç	255
8.3.2 Deney Düzenegi	255
8.3.3 Deneyin Yapılması	256
8.3.4 Hesaplamalar	256
8.3.5 Raporun Hazırlanması	258
8.4 ÜÇ EKSENLİ BASMA DAYANIMI DENEYİ	258

8.4.1 Amaç ve Giriş	258
8.4.2 Deney Düzenegi	259
8.4.2.1 Genel deney ekipmanı	259
8.4.2.2 Eksenel yük uygulama ve kontrol cihazı	259
8.4.2.3 Üç eksenli hücre	260
8.4.2.4 Yan basınç uygulama cihazı	260
8.4.2.5 Yük, basınç ve deplasmanları ölçmek ve kaydetmek için cihazlar	261
8.4.3 Deney Örneğinin Hazırlanması	261
8.4.4 Deney Yöntemleri	262
8.4.4.1 Genel	262
8.4.4.2 Yöntem I : Tek kırılma aşamalı deney	262
8.4.4.3 Yöntem II : Çok kırılma aşamalı deney	262
8.4.4.4 Yöntem III : Sürekli kırılma aşamalı deney	263
8.4.5 Hesaplamalar	265
8.4.6 Raporun Hazırlanması	265
8.5 DOĞRUDAN ÇEKME DAYANIMI DENEYİ	267
8.5.1 Amaç	267
8.5.2 Deney Düzenegi	267
8.5.3 Deney Yöntemi	267
8.5.4 Hesaplamalar	268
8.5.5 Raporun Hazırlanması	268
8.6 DOLAYLI (BRAZILIAN) ÇEKME DAYANIMI DENEYİ	268
8.6.1 Amaç	268
8.6.2 Deney Düzenegi	269
8.6.3 Deney Yöntemi	270
8.6.4 Hesaplamalar	270
8.6.5 Raporun Hazırlanması	270
8.7 ARAZİDE (IN-SITU) DOĞRUDAN MAKASLAMA DAYANIMI DENEYİ	271
8.7.1 Amaç	271
8.7.2 Deney Düzenegi	271
8.7.3 Deney Yöntemi	273
8.7.4 Hesaplamalar	276
8.7.5 Raporun Hazırlanması	278
8.8 LABORATUVARDA DOĞRUDAN MAKASLAMA DAYANIMI DENEYİ	278
8.8.1 Amaç	278
8.8.2 Deney Düzenegi	278
8.8.3 Deney Yöntemi	280
8.8.4 Hesaplamalar	281
8.8.5 Raporun Hazırlanması	282
8.9 SU İÇERİĞİ, GÖZENEKLİLİK, YOĞUNLUK VE SU EMME DENEYLERİ	282

8.9.1 Gözeneklilik ve Yoğunluk Verilerinin Mekanik Önemi	282
8.9.2 Kaya Örneğinin Yapısı	283
8.9.3 Kaya İçerikleri	283
8.9.4 Tanımlar, Terminoloji ve Tercih Edilen SI Birimleri	283
8.9.5 İç Bağımlılık Eşitlikleri	284
8.9.6 Tane Kütlesinin, M_s , Bulunması	284
8.9.7 Kütle Hacminin Bulunması	284
8.9.7.1 Kaliper yöntemi	284
8.9.7.2 Buoyancy yöntemi	284
8.9.7.3 Civa deplasman yöntemi	285
8.9.7.4 Su deplasman yöntemi	285
8.9.8 Gözenek Hacminin (Boşluk Hacminin), V_v , Bulunması	285
8.9.8.1 Dozurma yöntemi	285
8.9.8.2 Washburn-Bunting yöntemi	285
8.9.9 Tane Hacminin, V_s , Bulunması	286
8.9.9.1 Boyle yasası yöntemi	286
8.9.9.2 Öğütme yöntemi	286
8.10 SU İÇERİĞİNİN BULUNMASI DENEYİ	286
8.10.1 Amaç	286
8.10.2 Deney Düzenegi	286
8.10.3 Deney Yöntemi	286
8.10.4 Hesaplamalar	286
8.10.5 Raporun Hazırlanması	287
8.11 GÖZENEKLİLİK/YOĞUNLUK İÇİN DOYURMA VE KALİPER DENEYİ	287
8.11.1 Amaç	287
8.11.2 Deney Düzenegi	287
8.11.3 Deney Yöntemi	287
8.11.4 Hesaplamalar	287
8.11.5 Raporun Hazırlanması	288
8.12 GÖZENEKLİLİK/YOĞUNLUK İÇİN DOYURMA VE BUOYANCY DENEYİ	288
8.12.1 Amaç	288
8.12.2 Deney Düzenegi	288
8.12.3 Deney Yöntemi	288
8.12.4 Hesaplamalar	289
8.12.5 Raporun Hazırlanması	289
8.13 GÖZENEKLİLİK/YOĞUNLUK İÇİN CİVA DEPLASMANI VE TANE AĞIRLIĞI DENEYİ	289
8.13.1 Amaç	289
8.13.2 Deney Düzenegi	289
8.13.3 Deney Yöntemi	289
8.13.4 Hesaplamalar	290

8.13.5 Raporun Hazırlanması	290
8.14 GÖZENEKLİLİK/YOĞUNLUK İÇİN BOYLE YASASI TEKNİĞİ KULLANILARAK CİVA DEPLAŞMANI DENEYİ	291
8.14.1 Amaç	291
8.14.2 Deney Düzenegi	291
8.14.3 Deney Yöntemi	292
8.14.4 Hesaplamalar	293
8.14.5 Raporun Hazırlanması	293
8.15 ÇABUK EMME TEKNİĞİ KULLANILARAK İNDEKS TANIMLAMA DENEYİ	293
8.15.1 Amaç	293
8.15.2 Deney Düzenegi	293
8.15.3 Deney Yöntemi	294
8.15.4 Hesaplamalar	294
8.15.5 Raporun Hazırlanması	294
8.16 ŞİŞME VE SUDA DAĞILIM DAYANIM İNDEKS DENEYLERİ	294
8.16.1 Şişme ve Suya Dayanım Verilerinin Mekanik Önemi	294
8.16.2 Kaya Örneğinin Yapısı	294
8.16.3 Deneylerin Sert ve Yumuşak Kayalara Uygulanması	295
8.17 HACMİN DEĞİŞMEMESİ DURUMLARINDA ŞİŞME BASINÇ İNDEKSİ DENEYİ	295
8.17.1 Amaç	295
8.17.2 Deney Düzenegi	295
8.17.3 Deney Örneklerinin Hazırlanması	295
8.17.4 Deney Yöntemi	296
8.17.5 Hesaplamalar	296
8.17.6 Raporun Hazırlanması	296
8.18 RADYAL SIKIŞTIRILMIŞ EKSENEL YÜKLEMELİ NUMUNENİN GERİLME İNDEKSİ DENEYİ	296
8.18.1 Amaç	296
8.18.2 Deney Düzenegi	297
8.18.3 Deney Örneklerinin Hazırlanması	297
8.18.4 Deney Yöntemi	297
8.18.5 Hesaplamalar	297
8.18.6 Raporun Hazırlanması	298
8.19 SIKIŞTIRILMAMIŞ ÖRNEKDE ŞİŞME GERİLMESİ TAYİN DENEYİ ..	298
8.19.1 Amaç	298
8.19.2 Deney Düzenegi	298
8.19.3 Deney Örneklerinin Hazırlanması	299
8.19.4 Deney Yöntemi	299
8.19.5 Hesaplamalar	299
8.19.6 Raporun Hazırlanması	299
8.20. SUDA DAĞILIM DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ	300

8.20.1 Amaç	300
8.20.2 Deney Düzenegi	300
8.20.3 Deney Yöntemi	300
8.20.4 Hesaplamalar	301
8.20.5 Raporun Hazırlanması	301
8.20.6 Notlar	301
8.21 KAYALARIN SERTLİK VE AŞINABİLİRLİKLERİNİN BELİRLENMESİ İÇİN ÖNERİLEN YÖNTEMLER	302
8.21.1 Giriş ve Özet	302
8.21.1.1 Amaç	302
8.21.1.2 Tanımlar	302
8.21.1.3 Aşınma ve aşınabilirlik	303
8.21.1.4 Sertlik	304
8.22 LOS ANGELES CİHAZIYLA AGREGALARIN AŞINMAYA KARŞI DİRENÇLERİNİN BELİRLENMESİ DENEYİ	305
8.22.1 Amaç	305
8.22.2 Deney Düzenegi	305
8.22.3 Deney Yöntemi	306
8.22.4 Hesaplamalar	307
8.22.5 Raporun Hazırlanması	307
8.23 SCHMIDT GERİ TEPME SERTLİĞİNİN TAYİNİ DENEYİ	307
8.23.1 Amaç	307
8.23.2 Deney Düzenegi	307
8.23.3 Deney Yöntemi	308
8.23.4 Hesaplamalar	308
8.23.5 Raporun Hazırlanması	308
8.24 SHORE SKLEROSKOPU İLE SERTLİK BELİRLENMESİ DENEYİ	309
8.24.1 Amaç	309
8.24.2 Deney Düzenegi	309
8.24.3 Deney Yöntemi	309
8.24.4 Hesaplamalar	310
8.24.5 Raporun Hazırlanması	310
8.25 KAYALARIN DEFORMABİLİTESİNİN YERİNDE TAYİNİ İÇİN PLAKA YÜKLEME DENEYİ	310
8.25.1 Amaç	310
8.25.2 Deney Düzenegi	311
8.25.3 Deney Yöntemi	312
8.25.3.1. Deney yeri hazırlanması	312
8.25.3.2. Ekipmanların yerleştirilmesi	312
8.25.3.3. Deney	312
8.25.4 Hesaplamalar	314
8.25.5 Raporun Hazırlanması	316
8.26 KAYALARIN DEFORMABİLİTESİNİN YERİNDE TAYİNİ İÇİN	

BÜYÜK YASSIVEREN (LFJ) DENEYİ	316
8.26.1 Amaç	316
8.26.2 Deneyin Üstünlükleri ve Sakıncaları	316
8.26.2.1 Üstünlükleri	316
8.26.2.2 Sakıncaları	316
8.26.3 Deney Teçhizatı	317
8.26.3.1 Deney ekipmanı	317
8.26.4 Deney Yöntemi	317
8.26.4.1 Deney yerinin seçimi	317
8.26.4.2 Yarık açma ve hazırlama	318
8.26.4.3 Aletlerin kalibre edilmesi	319
8.26.4.4 Deney	319
8.26.4.5 Sonuçların kaydedilmesi	320
8.26.4 Hesaplamalar	320
8.26.5 Raporun Hazırlanması	320
8.27 KAYALARIN DEFORMABİLİTESİNİN YERİNDE TAYİNİ İÇİN DELİK İÇİ DEFORMASYON ÖLÇERİ (DİLATOMETRE) DENEYİ	323
8.27.1 Amaç	323
8.27.2 Deney Teçhizatı	323
8.27.2.1 Deney yerinin delinmesi ve hazırlanması ekipmanı	323
8.27.2.2 Kalibrasyon ekipmanı	323
8.27.2.3 Dilatometre sensörü (probe)	323
8.27.2.4 Sensörü yükleyen hidrolik sistem	323
8.27.2.5 Ölçüm sistemi	323
8.27.3 Deney Yöntemi	323
8.27.3.1 Deney yeri seçimi	323
8.27.3.2 Delik delme ve hazırlama	324
8.27.3.3 Kalibrasyon	324
8.27.3.4 Ölçümlerin alınması	324
8.27.4 Hesaplamalar	324
8.27.4.1 Kalibrasyon sabitlerinin hesaplanması	324
8.27.4.2 Kayanın deformabilite parametrelerinin hesabı	325
8.27.5 Raporun Hazırlanması	326
8.28 GERİLMELERİN ARAZİDE (IN-SITU) TAYİNİ İÇİN YASSIVEREN DENEYİ (Gerilme Restotasyon Tekniği)	327
8.28.1 Amaç	327
8.28.2 Deney Ekipmanı	327
8.28.3 Deney Yöntemi	328
8.28.3.1 Yer seçimi	328
8.28.3.2 Kalibrasyon	328
8.28.3.3 Kurma ve deney	328
8.28.4 Hesaplamalar	329
8.28.5 Raporun Hazırlanması	329

8.29 GERİLMELERİN ARAZİDE TAYİNİ İÇİN BİRİM DEFORMASYON ÖLÇER (STRAIN GAUGE) DENEYİ (Gerilme Boşaltma Tekniği)	329
8.29.1 Amaç	329
8.29.2 Deney Ekipmanı	329
8.29.3 Deney Yöntemi	330
8.29.4 Hesaplamalar	330
8.30 GERİLMELERİN ARAZİDE TAYİNİ İÇİN HİDROLİK ÇATLATMA DENEYİ	330
8.30.1 Amaç	330
8.30.2 Deney Ekipmanı	332
8.30.3 Deney Yöntemi	332
8.30.4 Hesaplamalar	332
8.30.5 Raporun Hazırlanması	333
BİRİM ÇEVİRİM ÇİZELGELERİ	335
KAYNAKLAR	337
KONU DİZİNİ	345