

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MDM3027 – MADEN İŞLETME LABORATUVARI - I**

**EĞİLME DAYANIMI DENEYİ**

**1. DENEYİN TANIMI:**

Eğilme dayanımı (bükülme dayanımı veya parçalanma modülü olarak da bilinir), bir malzemenin dış fiberinin çekme dayanımının ölçüsüdür. Bu özellik, silindirik ya da prizmatik numunelere üç ya da dört noktada yük uygulayan düzenekler kurularak malzeme kırılana kadar yük uygulanmasıyla belirlenir.

**2. DENEYİN AMACI:**

Eğilme deneyi malzemenin mukavemeti hakkında tasarım bilgilerini belirlemek ve malzemenin eğilmeye karşı mekanik özelliklerini tespit etmek amacı ile yapılır. Metal, plastik, seramik, beton ve doğal taşlar gibi çeşitli malzemelere uygulanabilen deneyin madenciliği daha çok ilgilendiren kısmının doğal taşlar ve beton olduğu söylenilebilir. Enine yük taşıyan kiriş gibi elemanlar eğilmeye maruz kalırlar. Kirişin her bir bölgesinde eğilme momentleri meydana gelir. Bu da eğilme gerilmesi ile alakalıdır. Bu durum madencilikte tünel ve galerilerde tahkimat amaçlı ve birçok yapıda (bina, yol, köprü, baraj vb.) kullanılan betonun eğilme dayanımının bilinmesinin önemini ortaya koymaktadır. İç ve dış zemin döşemelerinde, merdiven basamaklarında kullanılan mermer ve granit gibi doğal taşlarda yaya ve araçların yüklerine maruz kalmaktadırlar. Doğal yapı taşlarının kullanımı genellikle belirli boyut ve kalınlıklarda plakalar şeklinde olduğundan bu malzemeler için de eğilme dayanımı son derece önemli bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü plaka kalınlığı, plaka boyut ve destek noktaları arasındaki mesafe kayacın eğilme dayanımına göre tespit edilebilmektedir.

Eğilme dayanımı üç noktalı ve dört noktalı olmak üzere iki şekilde belirlenmektedir. TS EN standartlarına bakıldığında ise üç noktalı eğilme dayanımı için 'Yoğun yük altında eğilme dayanımı tayini' dört noktalı eğilme dayanımı için ise 'Sabit moment altında eğilme dayanımı tayini' olarak doğal taşlar için deney yöntemi isimleri karşımıza çıkmaktadır. Şu an için güncel standartlar sırasıyla TS EN 12372 (Yoğun yük altında

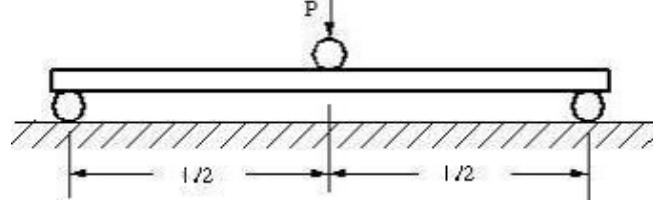
**Ders Koordinatörü: Arş. Gör. Dr. Serkan İNAL**

**Deney Sorumlusu: Arş. Gör. Dr. Serkan İNAL**

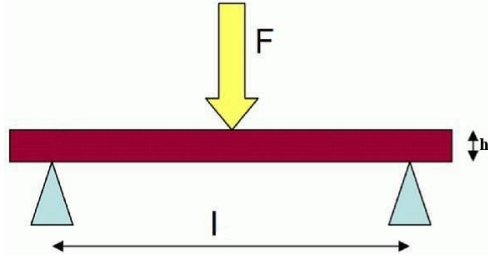
**TRABZON - 2023**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MDM3027 – MADEN İŞLETME LABORATUVARI - I**

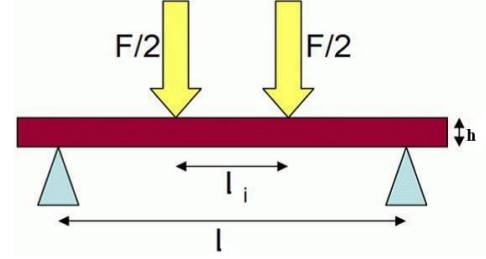
eğilme dayanımı tayini) ve TS EN 13161 (Sabit moment altında eğilme dayanımı tayini) olarak kullanılmaktadır. Şekil 1, 2 ve 3’de mesnetler ve yükün uygulandığı kısmın gösterimi iki türlü uygulama içinde verilmiştir.



Şekil 1. Üç noktalı (Yoğun Yük Altında) eğme deneyinin şematik gösterimi



Şekil 2. Üç noktalı (Yoğun Yük Altında) eğme



Şekil 3. Dört noktalı (Sabit yük/moment altında) eğme

Ders kapsamında yapılan deney uygulamasında prizmatik numuneler üzerinde çalışılmış olup, kullanılan tüm parametreler ve semboller aşağıda verilmiştir.

**Semboller:**

$R_{tc}$  : Sabit momentte eğilme dayanımı (MPa),

$R_{tf}$  : Eğilme dayanımı, MPa,

$a$  : Gerilme hızı, MPa/s,

$V$  : Yükleme hızı, N/s,

$F$  : Kırılma yükü (N),

$b$  : Numunenin genişliği (mm),

$h$  : Numunenin kalınlığı (mm),

$L$  : Numunenin boyu (mm),

$l_i$  : Uygulanan düşey yük noktaları arası mesafe (mm),

$l$  : Destek silindirleri arasındaki mesafe (mm).

**Ders Koordinatörü: Arş. Gör. Dr. Serkan İNAL**

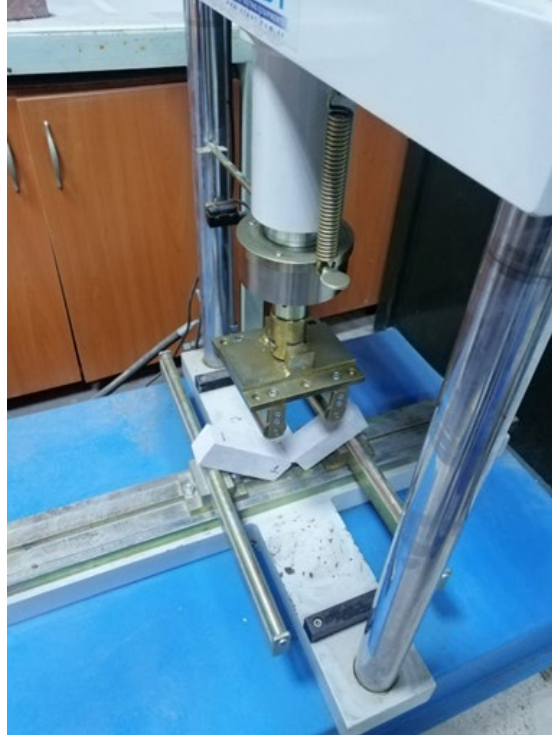
**Deney Sorumlusu: Arş. Gör. Dr. Serkan İNAL**

**TRABZON - 2023**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MDM3027 – MADEN İŞLETME LABORATUVARI - I**

**3. DENEYİN YAPILIŞI:**

Numuneler 24 saat boyunca  $70 \pm 5$  °C etüvde bekletilerek kurutulur. Bir önceki tartıma göre fark % 0.1'den küçük olduğu anda numuneler yeterince kurumuş kabul edilir. Kuruyan numuneler mümkün ise desikatörde ortam sıcaklığına ulaşana kadar bekletilir. Numunelerin tekrar nem almasını minimize etmek için ise deneyler hızlı bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Kumpasla ölçülüp boyutları belirlenen deney numunelerinin orta noktaları tespit edilip Şekil 4'deki deney aletine yerleştirilir. Numunenin üzerine pres yardımıyla düşey yük sabit bir yükleme hızı ile uygulanır ve kırılma anındaki yük değeri (F) okunarak kaydedilir. Kırılma yükü kaydedilerek en fazla 10 N'a kadar yuvarlanarak belirlenmelidir. Bununla birlikte tavsiye gerilme hızında ( $a = 0,25 \pm 0,05$  MPa/s olacak şekilde seçilmelidir) aşağıdaki formül yardımı ile hem sabit moment altında hem de yoğun yük altında eğilme dayanımı deneyleri için yükleme hızı tespit edilebilir.



Şekil 4. Eğilme Dayanımı Deney Düzenegi

**Ders Koordinatörü: Arş. Gör. Dr. Serkan İNAL**

**Deney Sorumlusu: Arş. Gör. Dr. Serkan İNAL**

**TRABZON - 2023**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MDM3027 – MADEN İŞLETME LABORATUVARI - I**

$$V = \frac{2abh^2}{3l} \quad (1)$$

Her bir numunenin sabit momentte eğilme dayanımı ( $R_{tc}$ ), Eşitlik 2'den hesaplanır:

$$R_{tc} = \frac{F \times L}{b \times h^2} \quad (2)$$

Not: Sabit yük altında eğilme dayanımı yani dört noktalı eğilme dayanımında düşey kuvvetler arasındaki mesafe eşit değil ise bir başka değiş ile mesnetler arasındaki mesafe 3 eşit parçaya bölünmemiş ise düşey kuvvetlerin uygulama noktasına göre formül değişiklik gösterir ve Şekil 3'de görülen  $l_i$  değeri kullanılır. Bu durumda formül ise Eşitlik 3'te verilen şekildedir.

$$R_{tc} = \frac{3F(l-l_i)}{2bh^2} \quad (3)$$

Her bir numunenin yoğun yük altında eğilme dayanımı ( $R_{tf}$ ), eşitlik 4'e göre hesaplanır:

$$R_{tf} = \frac{3Fl}{2bh^2} \quad (4)$$

**Ders Koordinatörü: Arş. Gör. Dr. Serkan İNAL**

**Deney Sorumlusu: Arş. Gör. Dr. Serkan İNAL**

**TRABZON - 2023**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**MDM3027 – MADEN İŞLETME LABORATUVARI - I**

**4. SORULAR:**

1-) Destekler/Mesnetler arası mesafenin 250 mm ve gerilme hızının 0,25 MPa/s olduğu düşünülürse seçilecek yükleme hızını kN/s olarak bulunuz.

2-) Verilen kırılma yüklerinin son 2 rakamını okul numaranızın son 2 hanesi olacak şekilde her bir değer için güncelleyerek, sabit moment altında (mesnetler arası mesafenin 3 eşit parçaya bölüdüğü durum için) ve yoğun yük altında eğilme dayanımlarını belirleyerek tabloyu doldurunuz. Nihai dayanımları her iki durum için belirleyiniz.

Tablo 1. Deneyle ilgili değerler

Numune No	Numunenin Uzunlukları (mm)			Sabit Moment Altında Kırılma Yüğü (N)	$R_{tc}$ (MPa)	Yoğun Yük Altında Kırılma Yüğü (N)	$R_{tf}$ (MPa)
	Genişlik	Kalınlık	Boy				
1	50.35	46.46	300.78	4(..)0		3(..)0	
2	52.14	50.26	300.58	5(..)0		2(..)0	
3	54.65	47.55	301.4	3(..)0		3(..)0	
4	59.21	51.08	300.82	7(..)0		3(..)0	
5	59.03	51.24	301.14	5(..)0		3(..)0	
6	53.52	50.53	301.12	4(..)0		3(..)0	
7	50.93	46.39	301.02	4(..)0		2(..)0	
8	59.05	49.88	300.00	5(..)0		3(..)0	
9	53.66	50.05	299.41	4(..)0		3(..)0	
10	52.48	50.29	300.85	3(..)0		2(..)0	

**Not:** Gerekli hesaplamaları yaparken, tabloda bulunan “(..)” simgesi ile gösterilen yerlerde öğrenci kimlik numaralarının son iki (Öğrenci no:164334 için) hanesi kullanılarak örneğin numune 1 için sabit moment altında kırılma yüğü 4340 N alınacaktır. Diğer numuneler içinde aynı işlem uygulanacaktır.

**Ders Koordinatörü: Arş. Gör. Dr. Serkan İNAL**

**Deney Sorumlusu: Arş. Gör. Dr. Serkan İNAL**

**TRABZON - 2023**