

B

kaya mekaniği

UZUN AYAKLARDA TAHKİMAT ESASLARI H — ÇELİK TAHKİMAT

Tacettin ATAMAN*

özet

özellikle kömür ocaklarında, uzun ayaklarda üretimin makineleştirilmesi ancak ayakta direksiz bir aim sağlanması ile mümkün olmaktadır. Bu ise ancak uzun ayaklarda çelik tahkimat kullanılmaktadır. Her ne kadar, bundan önce, 1971 yılı Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi'nde sunmuş olduğum "Uzun Ayaklarda Tahkimat Esasları" 1 - Ağaç tahkimat, başlıklı tebliğde, altına dik ağaç sarmalar kullanmak suretiyle direksiz bir ayak alın sağlanması mümkün ise de, altına dik ağaç sarmalar ve direklerin çelik tahkimata göre daha pahalı olması ve ağaç direklerin sökülüp takılmasındaki güçlükler hesaba katılınca çelik tahkimatın uzun ayaklarda kullanılmasının önemi kendiliğinden anlaşılır.

Bu tebliğde ancak sürtünmeli - ayarlı demir direklerden bahsedilecektir. Geriye kalan ayarlı hidrolik direkler, çelik sarmalar, ve nihayet yürüyen tahkimat konulan ise önümüzdeki kongrede bir tebliğ veya Madencilik Dergisi'nde bir makale olarak sunulacaktır.

Abstract

In the Supporting problem of the long-wall faces, steel supporting provides a prop-free face which is very important in face mechanization in long wall mining. Although in my paper of title: "supporting principles in long-wall faces: timbering" offered to the mining congress of 1971, it was

(*) Assoc. Prof. Dr., Orta Doğu Teknik Üniversitesi - Ankara

shown that, even with timber caps perpendicular to the face, it is possible to establish, a prop free face. But as timber supporting being much more expensive and time consuming, steel supporting is becoming very important in long wall mining.

In this paper only friction type steel props are discussed and hydraulic props, steel caps and finally powered supports will be the subject of another paper in the next mining congress or they will be taken in hand in an article of "Maden-cilik" periodical later on.

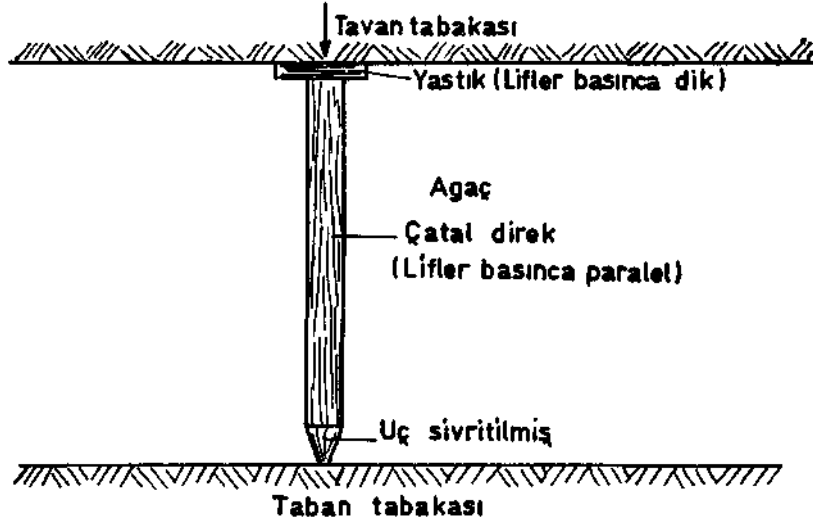
I — Çelik Tahkimat Hakkında Genel Bilgiler

Çeliğin ağaca göre daha yüksek dayanımlı olması ve çeşitli mekanizmalara (mafsal, iç-içe kayabilen teleskopik biçimler v.b...) uygun şekillendirilebilmesi ve bu mekanizmaların ağır yükler altında bozulmadan kullanılabilmesi, en sonunda madencileri çelik tahkimat elemanlarını imâl etmeye adetâ zorlamıştır (1). Yalnız Almanya'da, 1900 yılından 1955 yılına kadar, demir direkler konusunda alınmış olan patent sayısı 897'dir.

Yeraltında açılmış olan boşlukların tahkimi, madencilerin her zaman en önemli bir sorunu olmuştur. Bir uzun ayakta ağaç direklerle yapılmış olan tahkimatta en önemli hususlardan biri, madencinin, çalışılan kömür damannın kalınlığına uygun boyda sağlam ağaç direk bulabilmesidir. Ayrıca, istenen uzunlukta, düzgün ve çapı pek değişmeyen sarmalık sağlam direkler bulmakta kolay olmamaktadır. Ağaç - direk yapılan uzun ayak tahkiminde madenci, direk yoğunluğunu (beher m² tavan alanına düşen çatal direk sayısını), kendi tecrübesi ve ustalığı sayesinde, çalışılan damarın kömür, tavan ve taban tabakaları şartlarına göre, kendisi tayin eder. Yani işin içinde insan faktörü önemli bir rol oynar. Kullanılan çatal direklerin baş tarafına, tavan basmama dik yönde elyaflan bulunan sarmaları veya birer yastık koymakla, veya çatal direğin taban taşma gelen ucunu sivrilterek (Şekü: 1), tavan basıncının artması halinde, tahkimata bir esneklik sağlanır.

Yapılmış olan laboratuvar deneyleri sonucunda, tepesine bir sarma veya yastık konmamış ve tabana gelen ucu da sivrütü-

memiş bir ağaç direk, çapına ve direğin oluştuğu ağacı cinsine göre, 20-30 tonluk bir yük altında bir kaç mm.'lik bir esneme-den sonra kırılmakta ve bir daha da tahkimatta kullanılmamaktadır. Halbuki çelikten veya hafif metalden yapılmış ayarlı direklerin bir çok avantajları vardır:



Sekil: 1

1 — Metalden yapılmış ayarlı direkler (ister sürtünmeli ister hidrolik) aylar boyunca tekrar tekrar kullanılabilir. Ortalama kayıp ayda %1 olmakla, ortalama ömürleri 50 ay yani dört yıldan çok olmaktadır. Hernekadar ilk tesis masrafları yüksek ise de, en çok iki haftada, ağaç direklere göre bedellerini ödemektedir. Geri kalan aylarda büyük çapta tasarruf sağlamaktadır.

2 — Çelik tahkimat sayesinde, ayakta pratik göçük önlenmekte ve işçilerin emniyeti büyük nisbette artmaktadır.

3 — Ayakta direk olmayan bir aim (prop free face-stempel-frei Abbau Front) sağlanabilmesi çelik tahkimat ile çok kolay olmakta ve böylece ayakta aim mekanizasyonu kolaylıkla uygulanabilmektedir.

4 — Kolaylıkla sökülüp takılmaları sayesinde ayak tahkiminde hem işçilikten ve hem de zamandan tasarruf sağlamaktadır.

II — Çelik Tahkimatın Sınıflandırılması

Ayaklarda kullanılan çelik tahkimat başlıca üç sınıfa ayrılır:

- A. Münferit, sürtünmeli, ayarlı demir direkler ve çelik sarmalar,
- B. Münferit, hidrolik-ayarlı demir direkler ve çelik sarmalar,
- C. Birden çok hidrolik-ayarlı demir direklerle mafsallı ve birbiriyle bağlantılı çelik sarmalar ve itici silindirleri olan geniş taban parçalı: yürüyen tahkimat.

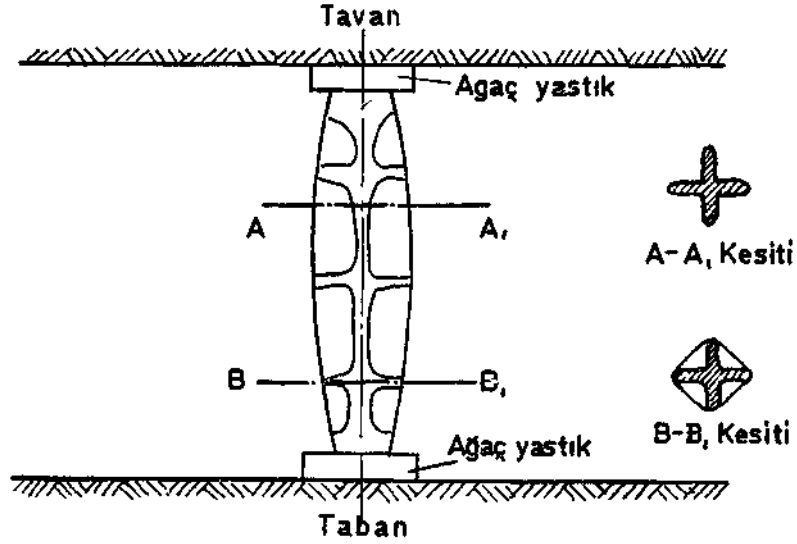
A. Sürtünmeli - Ayarlı Demir Direkler

Tarihçe: İlk demir direkler İngiltere'de kömür ocaklarında 1852 yılında kullanılmaya başladı: (Şekü: 2). Şekilde görülen bu direkler dökme demirden yapılmış rijit direklerdi. Başına ve tabanına konan ağaç yastıklar (sıktırmalar) üe hem direğe ilk yük sağlanmakta ve hem de biraz esneklik sağlanabilmekte idi. İngiltere kömür ocaklarında damar kalınlıklarının pek değişmemesi, bu ayarsız ve tek parçalı demir direklerin kullanılması mümkün olmakta idi. Almanya kömür havzalarında ve diğer Avrupa memleketleri kömür havzalarında ise kömür damarı kalınlıkları aym kalmadığı için, bu ocaklarda iç-içe kayabüen, iki parçadan oluşmuş ayarlı demir direkler kullanılması gerekli olmuş ve dolayısıyla Avrupa ülkelerinde ayarlı tipte demir direkler gelişmiştir.

Bu teleskopik, ayarlı demir direkler, ya iki parçayı biribirine sürtünme esasma göre bağliyan bir kilit-düzenle donatılarak sürtünmeü-ayarlı demir direkler haline getirilmiş yahut da iç direk, esnemeyen hidrolik bir ortamla ve bu ortamı belli bir yük altmda salıveren bir supap üe teçhiz edümele suretiyle hidrolik-

ayarlı demir -direk ortaya çıkarılmıştır. Dr. F. Spruth (2) a göre sürtünmeli, ayarlı demir direkler, karakteristik eğrilerine göre üç grupta toplanır: (Şekü: 3)

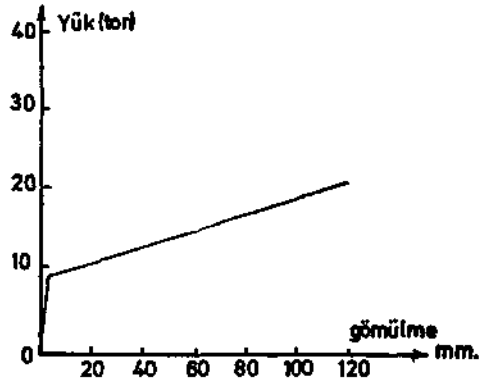
- 1 — Kamalı düzeni olanlar,
- 2 — Servo-elementli olanlar,
- 2 — Kelepçeli olanlar.



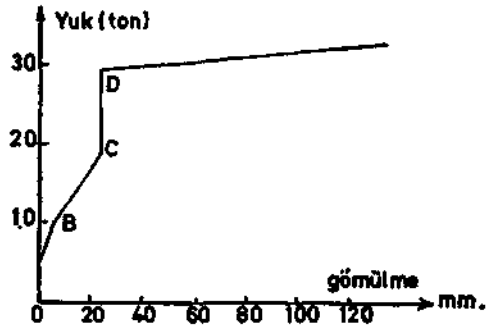
Şekil- 2 Eski İngiliz tipi
demir- döküm direk

Bütün sürtünmeü-ayarlı demir direklerde, iç-içe kayan parçalarda, iç direk üe kilit veya kelepçe düzeni arasmdaki sürtünmede, statik sürtünme katsayısı (çelik-toz-çelik) dinamik sürtünme kat sayısından daha büyük olduğu için, ayaklarda, tavan basma altında çalışırken, Şekü: 3'de verilmiş olan ve labotuvarda yapılan yükleme deneyleri sonunda elde edüen karakteristik eğrilerden farklı bir karakteristik eğri verecek şeküde davranırlar. (Şekü: 4)

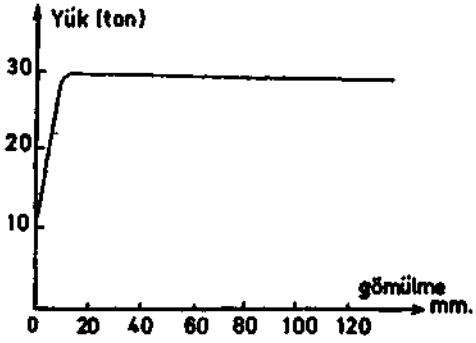
a: Kamalı olanlar



b: Servo elementli olanlar



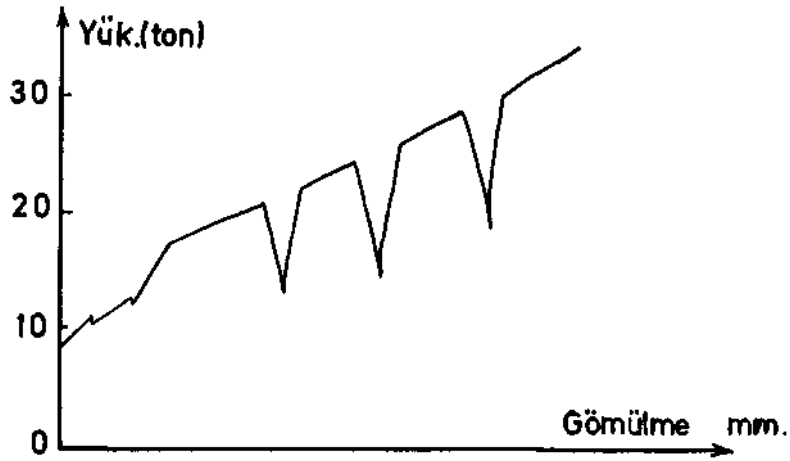
c: Kelepçeli olanlar
(Hidrolik direklerin karakteristiği gibi)



Şekil: 3 Sürtünmeli - ayarlı demir direk tipleri

Burada, demir direğin üst kısmını oluşturan iç direk, zaman zaman âni gömülmeler ve âni sıçramalar yapmaktadır.

Alman imalâtçılarının hangi tiplerde sürtünmeli - ayarlı demir direk yaptıkları çizelge: 1 de verilmiştir.



Şekil:4 Ayakta çalışan bir kamalı demir direk

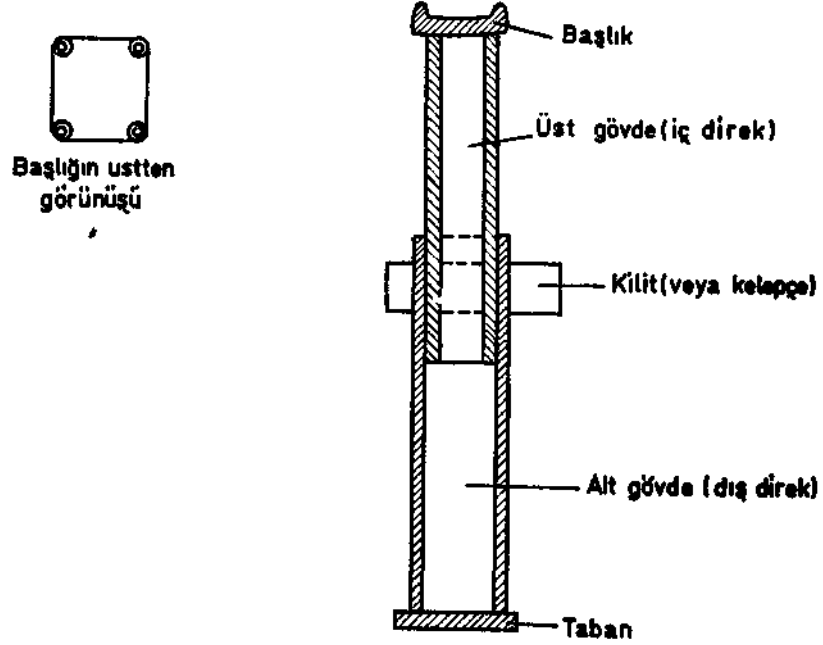
Not: Servo-element mekanizması: Sürtünme katsayısı farklı olan iki yüzeyi olan bir metalik parçanın üst direk (iç direk) ile kelepçe arasında, kelepçe ile temas eden yüzeyinin nisbeten kolaylıkla kayarak (resimde BC arası) bir engele gelmesi ve bu engele dayandıktan sonra, üst direğin yüksek sürtünme katsayısı ile güçlükle gömülmesi ise CD kısmının oluşmasına yol açar. Şekil: 3-b. Bu sisteme servo-element mekanizması denir.

İÜ — Sürtünmeli - Ayarlı Demir Direklerin Yapısı

Sürtünmeli ayarlı demir direkler başlıca üç kısımdan oluşur. (Şekül: 5)

1. Üst gövde (iç-direk) : başlık ile üst kısımdan oluşur.
2. Alt gövde (dış-direk) : taban ve alt kısımdan oluşur.

3. Kilit (veya kelepçe) : alt gövdenin basma yerleştirilen bu düzen, üst gövdenin alt gövde içinde, ancak büyük yüklerin direğe gelmesi sonucunda yavaş yavaş kaymasını sağlamak için yapılmıştır (Şekil: 5).



Şekil : 5

1 — t ç Direk

a) Başlık, genellikle, demir direk tepesine konacak çelik veya karma tahkimatta ağaç sarmayı kavrayacak ve yanlara doğru kaymalarını önleyecek dört adet meme ile donatılır. Bazı hallerde bu başlıklar, ağaç sarmayı kavrayacak ay şeklinde yapılmıştır. Bu başlıklar, tavandan gelen yükleri üst gövdeye kilit tertibatına iletir ve ondan da bu yükler sürtünme mukavemeti dolayısıyla alt gövdeye ve tabana oradan da taban tabakasına iletilir. Bu başlıkların malzeme şekli ve boyutları, bazen 50 tona kadar çıkabilecek yüklere dayanabilecek ve kalıcı bir deformasyon göstermeyecek tarzda seçilmelidir.

b) Üst gövde: Başlığın genellikle elektrik kaynağı ile tesbit edildiği üst gövde çelik profillerden veya bazı direk tiplerinde silindir şeklinde bükülmüş kaim çelik saçlardan yapılır.

Üst gövde ile alt gövdenin profil şekli Uerinin teleskopik (iç içe kayabilen) silindirler olması, birim ağırlığa düşen en yüksek dayanımı sağlaması bakımından, en uygun şekildir. Ancak bazı pratik mülahazalar bunu sakıncalı kılmaktadır. **örneğin:** ayarlı demir direkler ayakta kullanılır iken, ayak arkasının göçertildiği hallerde, arkadan düşen büyük taş parçalarının arkasındaki direklere çarpması üe, silindir profillerinde meydana gelebilecek çöküntü ve şişmeler iç-içe kaymayı önleyebilir. Ayarlı demir direklerin kullanılma koşulları çok ağırdır ve bu direklerin çok dayanıklı ve sağlam olmaları zorunludur.

2 — Dış Direk

İç direğin içine girip kilit aracılığı ile içinde kaydığı kısımdır. Dış direk: alt gövde, kilit ve tabandan oluşur.

a) Alt gövde: Alt gövdeden beklenen hususlar da şunlardır:

1 — Üst gövde - kilit yolu üe gelen direk yükünü tabana iletmek,

2 — Baş kısmında küit düzenini taşımak,

3 — Üst gövdenin alt kısmının kendi içinde, yük arttıkça kayabilmesine engel olmamak,

4 — Demir direğe ük yükün verilme düzeninin çalıştırılmasına elverişli olmak,

5 — Diğer elemanlar gibi, maksimum yük altında kalıcı bir deformasyon göstermemek.

Demir direk imalâtçıları, bir sürtünmeli, ayarlı demir direk tipinin dizaynını hazırlarken, bütün bu hususların yanında, ayrıca direğin mümkün olduğu kadar hafif ve yeraltı koşullarında sağlam ve dayanıklı olmasına çalışırlar.

Çizelge: 1

Batı Almanya'da Hâlen Demir Direk İmâleden Firmalar ve bunlara Ait Demir Direkler: (2)

Sürtünmeli Demir Direkler			Hidrolik demir direkler
1 — Ağaç yastıklılar	2 — Servo-Elmanlılar	3 — Karakteristik eğrisi yatay olanlar	4 — Karakteristik eğrisi hemen dikelenler
a — Eski model: iç direğe çok konik olan direkler. -Gerlach: Model 37 ve 47. — GHH - AZ ve DZ: Çifte kamalı direk-ler. i — Yeni model. İç direği az konik olan di-rekler.	- Becorit D50, F40, CSO: Yuvarlak kamalı gerdirmeli sürtünme. -Radbod: Kuyruklu kama ve yuvarlanma sürtünmeli. — Reppel - Ardey: Kuyruklu kama ve yuva izli sürtünmeli. — Rothe Erde - Buschmann: Yüzleri itinalı bitirilmiş, kuyruklu kamalı.	Bunlardaki bilezik yükü anma yüklerine eşittir. • GHH - Torsions: iç direği kare kesitli (dört kenarı da sıkışık) • Schwarz-Kiemring : Bilezik gerilmesi her yerinde aynı olan (Her iki bilezikte de).	• Gerlach Duplex ve Duplex 60: Dönen kollar. • Gerlach Tandem: Çifte kamalı kilitli -GHHS: (Altı katlı) Çifte kamalı kilitli üç yüzeyi sürtünmeli kama - aşık parçalı. • Wanheim vierfac- hen: Dört yüzü sürtünmeli. a- Tulumbası ile birlikte olanlar: — Salzgitter - Hydraulik: (Dowty - Monarch). — Wanheim H 58 i — Merkezi bir tulum-baya bağlı olarak çalışanlar. — Klöchner - Ferro-matik. — Kronprinz GI-17 ve 18.

GHH ve AB ve DR: —Schwarz-Universal: —Schwarz-Hydrok- —Wanheim Duplex - —Thyssen - Noé.
Çifte kamalı ve sür- Kayıt lamalı ve zin- lemmring: Bir bile- super: Dört yüzeyi Z.
tünme yataklı di- cirli kaması olan. zigi hidrolik geril- sürtünmeli ve kol _____
rekler. — Wanheim Lamellen: —Wanheim Rohria- —Wiemann - Ring: " ~* c
Lama demirleri ile —Wanheim Rohria- Dört yüzeyi sürtün- (B o c h u m e r Eisen-
sürtünmei ve kuy- mellen: Altı yüzeyi meli ve sürtünme ' necorw.
ruklu kamalı. de sürtünmeli olan. yüzeyleri eğri.
— Wiemanz Alco 2: —Wiemann Alco: 1 —Wiemann Alo: Çifte
Diyagonal kuyruklu Dört sürtünme yü- kamalı kilitli ve
kamalı. zeyli. —Wiemann Bio: Sür- sürtünme yüzeyleri
egrl.
ri.

b) Taban: Alt gövdenin tabanım oluşturan bu kısımda aranan nitelikler ise şunlardır:

1 — Ayarlı demir direğe gelen ve başlık - üst gövde - kilit - alt gövde yolu üe tabana kadar üetilmiş olan yüklere karşı yeterli kadar dayanıklı olmak.

2 — Ayaktaki taban taşına gömülmiyecek kadar geniş alanlı olmak. Bu iki husus sağlandığı takdirde, ayarlı demir direk, ondan bekleneni yerine getirebuecektir. Ancak taban tabakasını oluşturan taş, zamanla sulu veya rutubetli koşullarda, dayanımını (basma ve makaslamaya karşı dayanımını) kısmen veya tamamen kaybedecek nitelikte ise, geniş tabanlı demir direkler kullanılması veya eldeki mevcut demir direklerin tabanlarına geniş taban parçalarının geçirilmesi (pabuç) gerekir. Bazı kömür damarlarının taban taşları küli veya yumuşak şisttir. Bunlarda kömür kazı havesinde, örneğin 120 kgf/cm^2 olan basma dayanımı bir gün sonra 80 kgf/cm^2 'ye ve iki gün sonra da 40 kgf/cm^2 'ye kadar düştüğü görülmüştür (su veya rutubet temasında taban taşının yumuşaması) (2). Bu takdirde, kazı havesinde: taban alan 200 cm^2 olan direğin en büyük yükü: $P_j = 200 \times 120 = 24000 \text{ kgf} = 24 \text{ tondur}$. Bu yük, iki gün sonra: $P_a = 200 \times 40 = 8000 \text{ kgf} = 8 \text{ ton}$ olabuecektir. (Direğin taban taşma gömülmiyerek taşıyabueceği en büyük yük). Direk tabanına, alan 600 cm . olan (örneğin $24 \times 25 \text{ cm}$. boyutunda) bir parça takılırsa, göçük havesinde olan demir direğin tabana gömülmeden taşıyabueceği en büyük yük:

$$600 \times 40 = 24000 \text{ kgf} = 24 \text{ ton olur.}$$

Taban alanını artıran pabuçların kullanılması halinde:

özellikle demir direklerin sökümünde, işçüer taraf ından göçükten kurtarıhnamakta ve dolayısıyla kaybedilmektedir. Bu sakinanın dışında, bu pabuçlardan oldukça faydalı sonuçlar elde edilmektedir (2).

Bu duruma göre, bir ayakta kullanılacak çelik tahkimat elemanlarının seçilmesinde aşağıdaki faktörlerin hesaba katılması gerekir:

1 — Ayak arkasının göçertilmesi veya kısmî veya tam olarak ramble edilmesi hallerinden hangisinin uygulanacağı,

2 — Tavandan direklere gelebilecek azamî yük,

3 — Taban taşının basınç dayanımı ve bu dayanımın zamanla ve rutubetli ortamda değişip değişmediği. Şayet böyle bir değişme varsa bu değişmenin derecesi hususlanmn bilinmesi gerekir.

Sürtünmeli, ayarlı demir direklerin boyları, kullanılacakları ayaklardaki damar kalınlıkları ve bu kalınlıkların ayak boyunca ve pano uzunluğunca arzedeceği değişmelere göre değişir. Alman imalâtçıları Ruhr havzasının damarlanm kalmık değişmelerine göre, ayarlı demir direklerin boylarım ve bu boy-lara göre değişen gövde kesit boyutlarını standartlaştırmalarıdır. Bu normlara göre direk boylan ve gövde kesitleri boyutlan da verilmiştir. Bu tebliğin yazan, Türk Standardları Enstitüsü neşriyatı olarak, ayarlı demir direkler standardının hazırlanma sınıda da emeği geçmiştir: (T.S. 625 Ayarlı demir maden direk-leri (sürtünme kilitli))

c) **Kilit düzeni:** Kilit düzenleri, üst gövdenin (iç direğin) alt gövde (dış direk) içinde, yük altında mukavemet göstere-rek, yük arttıkça kaymasını sağlar. Çeşitli kamalan, bazı direk tiplerinde ezilmeye kadar giden sert ağaç (örneğin: gürgen) yastıklan ihtiva eden çelik ve kelepçeden oluşan kilit düzeni, her imalatçı firmanın kendi patentine göre değişir. Sürtünmeli, ayarlı demir direk sarma altına yerleştirilirken, ilk önce kilitte-ki tesbit kaması gevşetilir ve üst gövde el üe yukan çeküerek, direk tabam taban taşma ve başlığı da sarma altına gelecek şeküde iyice yerleştirilir ve ük yük verme düzeni üe, tesbit ka-ması hafifçe sıkıştırılmış direğin üst gövdesi, ük yükü alacak kadar, tavan-taban arasında gerdirilir. Ondan sonra kilitteki tesbit kaması varyoz üe yerine çıkılarak demir direk ile yükü-nü alacak şeküde tesbit edilmiş olur. O halde, sürtünmeli, ayarlı demir direklerde kilit düzeninden beklenen özellikler şunlardır:

1 — Üst gövde ile alt gövde bağlantısını, direğin maksimum yük altında iken, emniyetle sağlaması.

2 — İlk yükten sonra, artan tavan yükü altında, belli bir kural içinde demir direğin esnemesini (üst gövdenin alt gövde içinde kaymasını) temin etmek (demir direk karakteristik eğrileri, belli kuralı gösterir). Bu belli kural, imalatçı firmanın vermiş olduğu yük-esneme diyagramı ile belirtilir.

3 — içindeki kamalar ve bazı tiplerde sert ağaç yastık düzeninin küt gövdesine yaptığı yan basınç ve bu basıncın doğurduğu yüklere, en zor durumlarda büe, dayanabüecek ve kalıcı deformasyon vermiyecek şeküde dayanıklı olması.

4 — Kullanıldığı ayak şartları içinde (kömür tozu, taş tozu ve rutubet ihtiva eden hava temasında), ihtiva ettiği mekanizmaların rahatlıkla çalıştırılabilmesi.

5 — Anî yük artmalarında oluşan darbe etkilerine karşı dayanıklı olması.

Şekü: 6'da bazı kilit düzenleri, bir fikir vermek üzere, verilmiştir. Bu çeşitli küt düzenleri, sürtünmeli-ayarlı demir direklerin yük-esneme (gömülme) karakteristik eğrilerini tayin eden ve direğin, ayakta, yük altında çalışma şeklini saptayan mekanizmalardır. Servo-elemanlı direklerde (çizelge: 1) küt içine yerleştirilmiş özel çelikten yapılmış yastık parçaların iki paralel yüzeylerinin ayrı sürtünme kat sayısını verebilmesi sayesinde servo-eleman fonksiyonu sağlanabümektedir.

Çizelge: 2'de Alman normlarına göre, sürtünmeli-ayarlı demir direk boylan verilmiştir.

Her **12** değeri 1/in iki değerine karşıdır. örneğin:

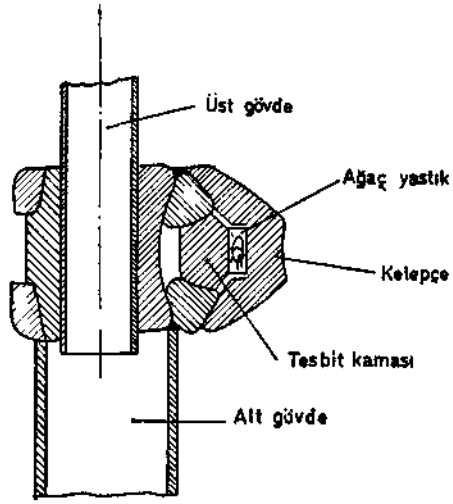
%: 2830 hem 1^: 4000 ve hem de %: 3550 için geçerlidir.

Bütün bu boyların en çok kullanüanları:

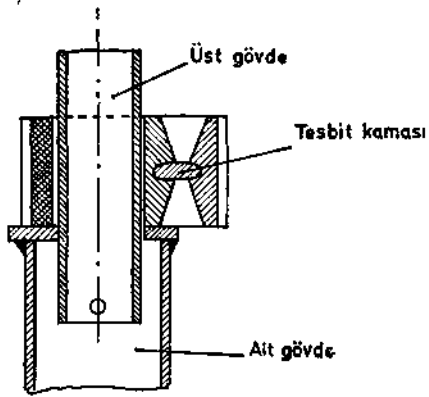
11.* 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 2800, 3150. Üst gövde ile alt gövdeyi oluşturan profillerin kesit boyutları, direk boyları arttıkça, bunlara aynı dayanımı sağlayabilmek için artırılmaktadır. Direk ağırlıkları da ona göre artmaktadır.

IV — Sürtünmeli - Ayarlı Demir Direklerin Karakteristik Eğrileri

Bu direklerin yük-esneme eğrileri, laboratuvarlarda yapılan yükleme deneylerinde elde edüen ve imalâtçı firması tara-



Gertach 47 model demir
direk kilit düzeni

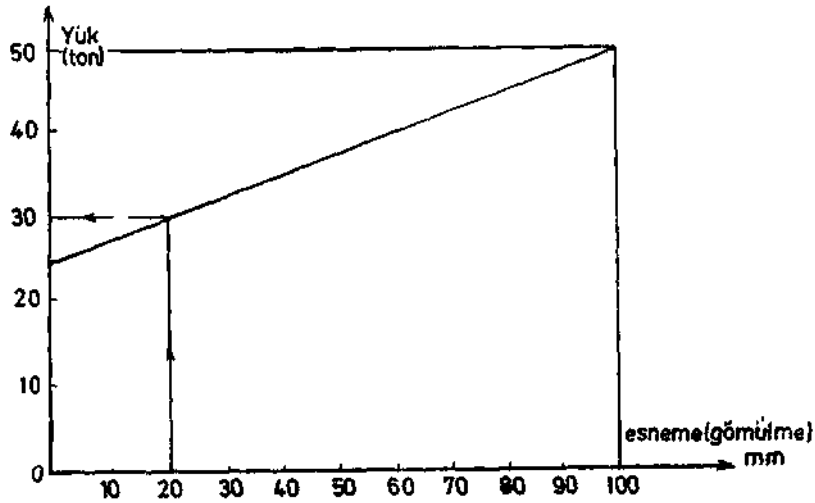


Becorit - H modeli demir
direk kilit düzeni

Şekih6 Bazı kilit düzenleri

Dr. O. Jacobi'nin Essen-Kray araştırma merkezinde yapmış olduğu uzun araştırmalarında elde edilen sonuçlara göre, uzun ayaklarda kullanılacak sürtünmeli-ayarlı bir tip demir direğin karakteristik eğrisi, Şekil: 7'de gösterilen şekilde olmalıdır.

Buna göre, ayaklarda kullanılan sürtünmeli-ayarlı demir direklerin yükleri, günün her saatinde, gömülmeyi ölçmek suretiyle ve yukarıdaki Şekil: 7'deki eğri yardımı ile kolaylıkla tayin edilebilir. Şöyleki :bu tip bir demir direk kurulduğu anda başlık altı-kilit üst yüzeyi arasındaki mesafe ölçülür: l_1 ve bir yere not edilir. Sonra direğe gelen yükün ölçüleceği anda, yine aynı direğin başlık altı-kilit üst yüzeyi arasındaki mesafe yine ölçülür: l_2 ; $l_1 - l_2$ farkı mm. olarak esnemeyi (gömülmeyi) verir. Bunu karakteristik eğri de x eksenine koyarak ona tekabül eden yük eğri üzerinde bulunur. (Şekül: 7) örneğin: l_1 : 400 mm.,



Dr. O. Jacobi'nin önerdiği sürtünmeli-ayarlı demir-direk tipinin karakteristik eğrisi.

1B: 380 mm. ise: $l_2 = 400 - 380 = 20$ mm. esnemeye tekabül eden yük = 30 ton bulunur. Ancak, yukarıda açıklandığı gibi, dinamik sürtünme kat sayısının statik sürtünme kat sayısından (çelik-toz-çelik) küçük olması nedeniyle, ayakta, yük

altmda çalışan sürtünmeli-ayarlı demir direkler, Şekil: 4'de görüldüğü gibi, âni gömülmeler ve sıçramalar yaptıkları için, karakteristik eğrileri zik-zaklar arz etmekte ve bu nedenle gömülmeden yüke geçiş net ve kesin olamamaktadır.

V — Sürtünmeli - Ayarlı Demir Direklerde İlk Yük Verme Düzenleri

Sürtünmeli, ayarlı demir direklerin kurulmasında, sarmayı tavan taşıma ve direk tabanını da taban taşına bastırarak direk-sarma tahkimat elemanların bir ilk yükün verilmesi aşağıdaki faydaları sağlar:

1 — Tavan konverjansının ve taban kabarmasını kısmen önler.

2 — Direk-sarma düzenini, tavan ve taban tabakaları arasında sıkıştırarak, bunların bilhassa meyilli-ayaklarda, düşmesini (yıkılmasını) önler. Böylece, bu yıkılmalara karşı işçileri ve ayaktaki diğer malzemeyi de korur.

İlk yük verme düzenleri, direk imalâtçıları tarafından, direğin özelliklerine göre ve birer patent konusu olarak yapılır. Bunlardan en çok kullanılanları aşağıda sırasıyla verilmiştir.

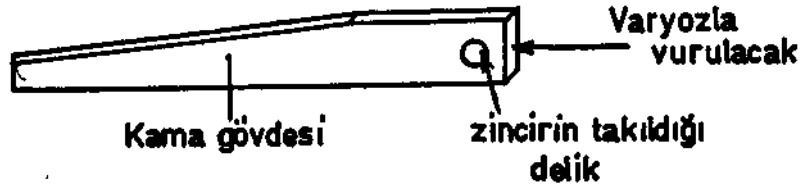
a) Kamalı Düzenler

Direklerin alt gövdelerinde karşılıklı açılmış yarıklara sürülen ve kama şeklinde olan çelik parçalarının üst yüzeyleri, alt gövde içinde bulunan üst gövde tabanını yukarıya kaldırır. Ondan sonra da daha yüksek düzeyde bulunan ve birinci yarıklar yönüne dik yöndeki karşılıklı yarıklara ikinci bir kama sürülerek üst gövde biraz daha yukarı kaldırılır. Bir üçüncü kama yerine ilk sürülen kama varyozla sökülerek daha üst düzeydeki yarıklara sürülür ve böylece üst gövde yukarı itilmek suretiyle direğin ilk yükü verilmiş olur: Şekil: 8.

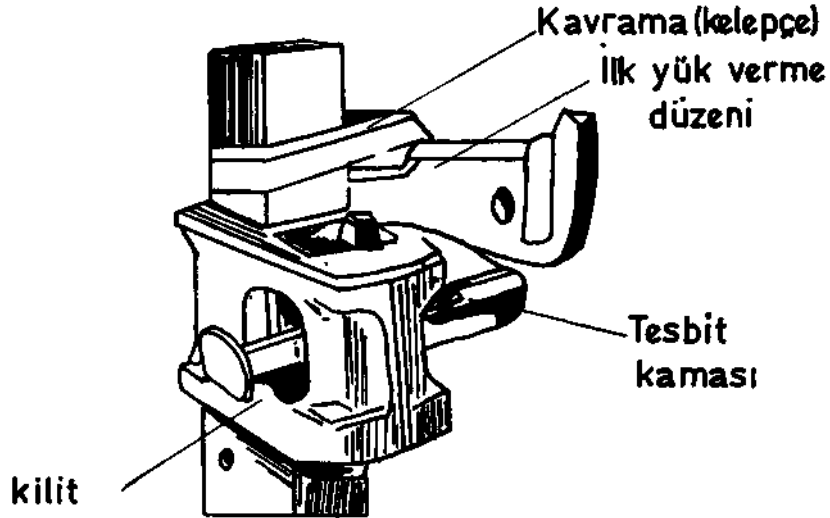
b) Kavramah-Kamalı Düzen

Bu düzende, demir direğin üst kısmını kavrayan bir kelepçe, alt gövde başındaki kilitin üst yüzeyine dayanan bir kamayı

kelepçe ile kilit arasında, varyozal vurarak ileri kakmak suretiyle, direk üst kısmı tavana doğru itüerek direk boyu uzatılmakta ve direğe ük yük sağlanmaktadır. Bu düzen, yukarıdakine nazaran, daha az zamana ihtiyaç göstermektedir.



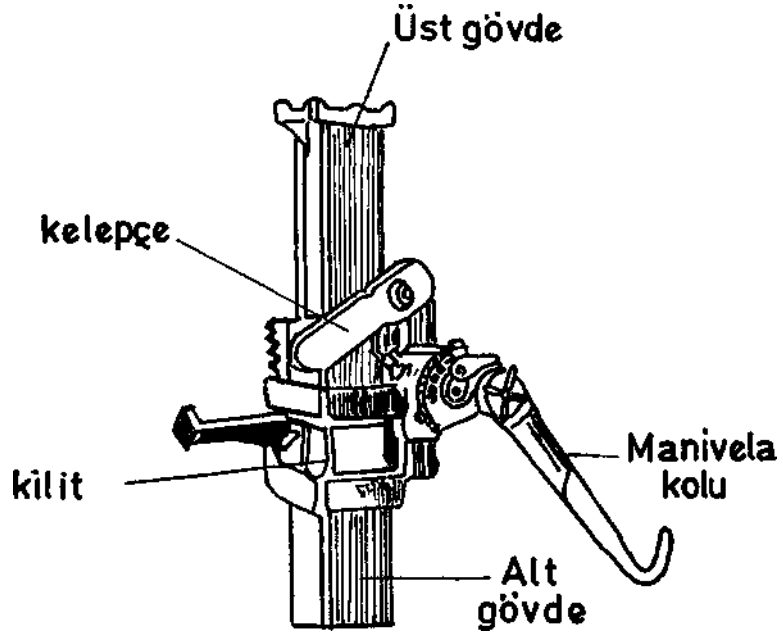
Şekil: 8 Kamalı düzen



Şekil: 9 Kavramalı-kamalı düzen.

c) Kavramalı-Kremayerli Düzen

Şekil: 9 ve Şekil: 10'da hem kavramalı-kamalı ve hem de kavramah-kremayerli düze şematik olarak gösterilmiştir. Kaldırma işlemi kamayerine bir kremayerle yapılmaktadır.



Şekil:10 Kavramalı - kremayerli düzen.

d) Hidrolik Pistonla Kaldırma Düzeni

Wiemann firmasının imal ettiği ve iki küçük silindir-piston üe bunların yukarı doğru kaldırılacağı bir parçanın üst gövdedeki bir çıkıntı vasıtasıyla onu yukarı kaldırabileceği bir düzenden ibarettir. (Silindir-piston) gövdesi ise kilit çemberine tesbit edilmiştir. Silindir, bir musluk ve hortumla hidrolik ortamla bağlanmıştır.

Bütün bu yük verme düzenleri, demir direk imalatçıları tarafından kendi direkleri için kullanılmak üzere imâl edilmiştir. Her düzen tipi ancak imâl edilmiş olduğu direk için kullanılabilir.

150-180 metre boyundaki bir ayak için 5-6 adet ilk yük verme düzeni yeterli olabilir. Ancak bu düzenlere birer demir baş

numarası konması ve herbirinin daima çalışır durumda tutulması ve ayak çavuşlarından söküm işi ile ilgili olanın sorumluluğunda ayakta bulundurulması önemlidir.

VI — Sürtülmeli Ayarlı Demir Direkler Hakkında Bazı Düşünceler

a) En Büyük Ağırlık

Demir direklerin ağırlıkları ile kaldırabilecekleri azamî yük arasında bir bağlantı vardır (beli bir uzunluk için). Demir direklerin iç-içe kayan üst ve alt gövdelerini oluşturan çelik profilleri kesit şekilleri, birim ağırlığa gelen azamî yük miktarı, teorik maksimum değere yaklaşacak şekilde seçilmelidir. Bunun için, en çok kullanılan üç ayrı kesit şeklinin özellikleri ve kesit boyutları, çizelge: 3'de verilmiştir.

Burada, halka şeklindeki profilin diğerlerinden daha avantajlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle, imalatçılar, direk gövdeleri için bu şekli, imkânları olunca tercih ederler.

Demir direklerin imalinde, özel parçalar dışında ç-37 (âdi-karbonlu çelik) kullanılır. Bu çelik cinsi hem ucuzdur ve hem de kolaylıkla kaynak tutar ve soğuk halde kolaylıkla doğrultulabilmektedir.

Damar kalınlığının 1-60 m.'yi aştığı yerlerde, demir direklerin ayak içinde taşınması ve yerine konmasında iki işçi kullanmak gerekir. Damar kalınlığı üe maksimum demir direk yükü arasında aşağıda verilmiş olan bağlantıyı bilmek faydalı **olur:**

1 — 1.20 metre damar kalınlığına kadar kullanılacak hafif demir direklerde en büyük yük: 25-30 ton.

2 — 1.20 - 1.75 arası damarlarda: kullanılacak orta ağırlıktaki demir direklerde: maksimum yük: 35 ton.

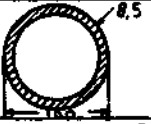
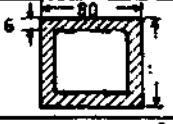
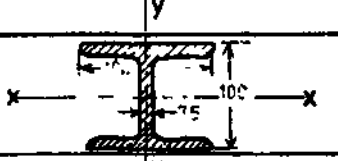
3 — 1.75'ten daha kaim damarlarda: ağır tipteki demir direklerde maksimum yük: '40 ton civarında olur.

b) Demir Direklerde Söküm Kolaylığı

Demir direklerin arka sıradan sökülerek öne alınmasında çalışan işçilerin, direkleri uzaktan sökebilmelerini sağlamak, bu

ÇİZELGE : 3

Demir - direk gövde profilleri (2)

Profil şekilleri			
Kesit alanı A	24.4 cm^2	24.4 cm^2	26.8 cm^2
Atalet vezniyeti	I_x	257.0 cm^4	447.0 cm^4
	I_y	257.0 cm^4	151.0 cm^4
Dayanım vezniyeti	W_x	51.4 cm^3	89.4 cm^3
	W_y	51.4 cm^3	30.1 cm^3

işçilerin çalışma emniyetleri için çok önemlidir. Bunun için de, kilit düzeninde sıkıştırma kamasının, çelik bir halat ucuna tesbit edilen bir kanca üe sökülebilmesi ile mümkün olur. Gerlach - 47 tipi sürtünmeli ayarlı demir direklerde, direğin sökülmesi, tesbit kamasını ters tarafından bir varyozla vurarak, yuvasından geriye sürmekle olur. Buna karşılık Schwartz-Universal tipi direklerde, sıkıştırma halkasına çelik halat kancasını takarak, çelik halatın direğe dik yönde çekilmesiyle direk sökülür.

c) Demir Direklerin Konacağı Yerdeki Damar Kalınlığına Göre Ayarlanabilmesi

Bazı damarlarda kalınlık değişmesi âni olmakta ve büyük farklar göstermektedir. Bu koşullarda üst gövdenin alt gövde içinde, konacağı yerdeki damar kalınlığına uyabilecek boylara göre, yeteri boyda kayabilmesi çok önemlidir. Ayarlı demir direk tipi, içinde çalışılacak ayaktaki damar kalınlığının, o pano-daki en küçük ve en büyük değerlerine göre tayin edilmesi gerekir.

d) Sürtünmeli, ayarlı demir direklerin küit sistemlerindeki tesbit düzenleri, mümkün olduğu kadar, direği kullanan işçinin tesbit kamaşma vuracağı varyosun etkisinden müstakil olmalıdır.

e) Sürtünmeli, ayarlı demir direklerin, kullanılırken güvenli olmalı ve yük altında âni boşalmalar yapmamalıdır.

f) Demir direk imalinde kullanılan çeliğin havası alınmış olmalıdır. Alt gövdenin ç-37 yerine ç-42'den imâli iyi olur.

g) Demir direğin küidinde bulunan tesbit kaması veya halkasının düşüp kaybolmasını engelliyecek şeküde imâli gerekir.

Hâlen kullanılmakta olan sürtünmeli, ayarlı demir direklerin alt ve üst gövdelerinin profü kesit şekilleri Çizelge: 3'de verilmiştir. Bu profilerde imalâtçı firmalar, her iki gövde için ortası boş şekilleri tercih etmişlerdir. Böylece dayanım/ağırlık faktörü mümkün olduğu kadar yüksek tutulmuştur.

h) Kullanılan Malzeme

Son yıllarda, sürtünmeli-ayarlı demir direklerin üst gövdeleri için genellikle ç-65 veya ç-52 ve bazen de ç-70 gibi oldukça yüksek kaliteli çelikler kullanılmaktadır. Buna sebep te, üst gövde kesitinin alt gövdeye nazaran daha küçük olması dolayısıyla, eşit dayanma sağlamak zorunludur.

Hafif metalden yapılmış ve yarı dik (35° - 55°) damarlar da çalışılan ayaklarda kullanılan sürtünmeli ayarlı direklerde Al, Zn, Mg elementlerinden oluşturulan alaşımlar kullanılmaktadır.

Bundan sonra, Madencilik Dergimize: Hidrolik-ayarlı demir direklerle, çelik sarmalar ve yürüyen tahkimat konularını içeren makaleler vererek "ayaklarda çelik tahkimat" konusunu bitirmeye çalışacağım.

Kaynaklar

1. W. HEUSNER: "The development of pit props" Leeds University Mining Society's symposium on mine supports. April 1956 Colliery Engineering.
2. F. SPRUTH: "Strebaushau in Stahl und Leichtmetall" Glückauf - Betriebsbücher - Band 1. Verlag Glückauf GMBH - Essen 1063.
3. S. D. WOODRUFF: "Methods of working coal and metal mines" Volume: 2, 1966.

Pergamon Press
OXFORD-LONDON-EDINBURGH
NEWYORK-TORONTO-FARIS
FRANKFURT

BEYPAZARI ORTA ANADOLU LİNYİTLERİ İŞLETMESİNDEKİ UZUN AYAKLARDA TABAKA HAREKETLERİNİN VE TAVAN DENETİMİ SORUNLARININ İNCELENMESİ

Erdal ÜNAL*

özet

Bu tebliğ Türkiye Kömür İşletmelerine (TKİ) bağlı Orta Anadolu Linyitleri (O.A.L.) işletmesinde, biri 205 numaralı panonun üst damarında diğeri İse alt damarında bulunan ve aralarında 75 metre uzaklıkla aynı anda çalışan iki uzun ayakta yapılan konverjans ve tahkimat direklerinin üzerine gelen yüklerin ölçülmesi ile gene aynı ayaklarda tabaka hareketlerinin ve tavan denetimi sorunlarının değişik safhalarda incelenmesini kapsamaktadır.

Arazi tabakalarının denetimi, yalancı tavan ve taban konverjanslarının ölçülmesi ve koşulların elverdiği anlarda bu konverjansların denetimi şeklinde yapılmıştır. Tahkimat direkleri üzerindeki yüklerin ölçülmesi ise ayak boyunca ve enlemesine yük dağılımları ile ilgili fikirlerin oluşmasına olanak sağlamaktadır. Kömür kazısı, ayakların ilerleme hızı, tahkimat direkleri üzerindeki yüklerin dağılımı ve tavan konverjansı arasında yakın bir ilişki vardır. Taban tabakalarının durumu, taban kabarmalarında dolayısı ile tavan konverjanslarında etkin olmaktadır.

Bu tebliğde araştırma sırasında yapılan ölçmeleri açıklanmakta, elde edilen sonuçlar incelenmekte, tabaka hareketleri ve tavan denetimi sorunlarının bir bölümü güvenlik ve ekonomik açılardan değerlendirilmektedir.

(*) Maden Yük. Mühendisi, Asistan O.D.T.Ü.

Abstract

This article represents different faces of an investigation of convergence and roof and floor behaviour of two longwall faces and load measured on some steel friction type of supports in the same face happening simultaneously. These faces were in the panel No: 205, one at the upper seam and the other at the lower seam, having an interval of 75 meters, both being worked at the same period.

Strata control is done by measuring and if possible, by controlling the convergence of the immediate roof and floor. Further more, load measurement on some steel props is permitting to have an idea about load distribution along and across the face. There is a close relationship between coal winning, load distribution on the props at the face and convergence of the immediate roof. Also, the nature of the floor is playing an important role in the heaving and consequently the convergence of the floor.

These measurements are explained in this article and results found are interpreted, and some suggestions are made of the problems related to the strata behaviour and roof control, from the point of view of safety and economy.

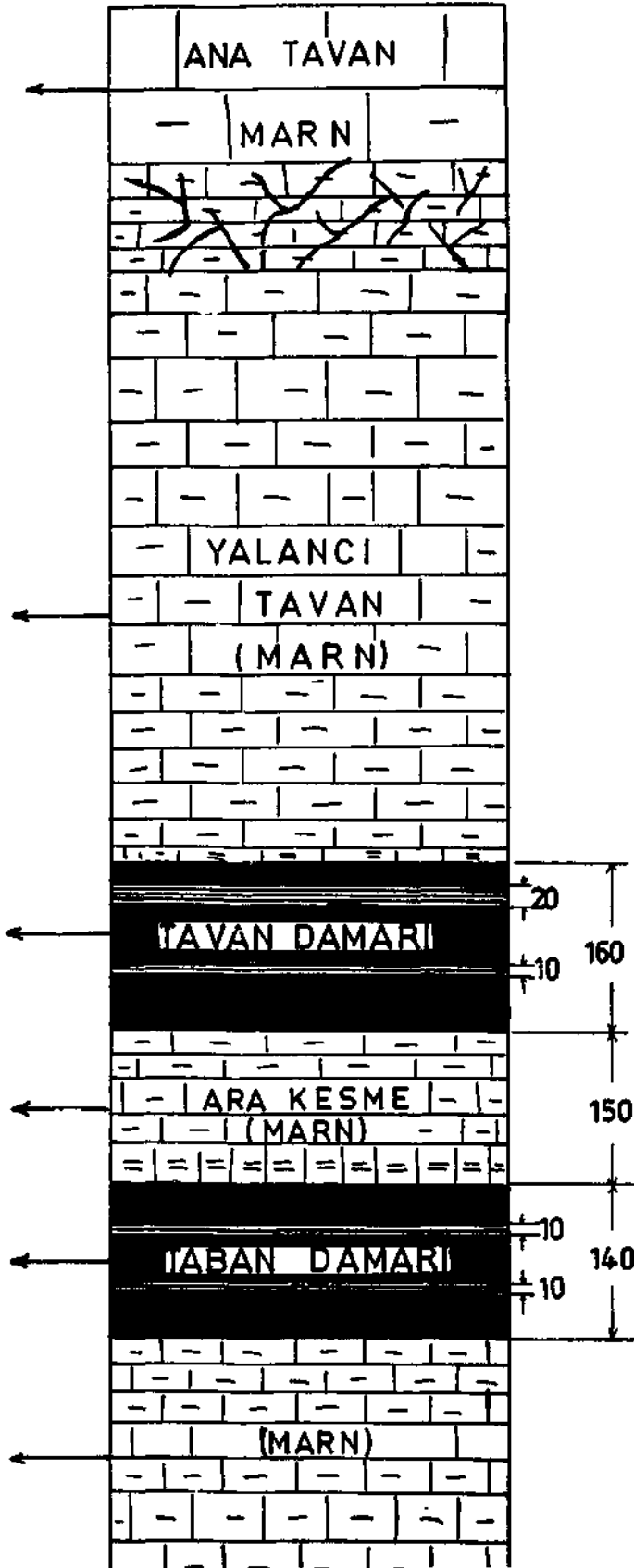
1. Giriş

Bu bölümde O.A.L. işletmesi kömür damarları ve civarındaki tabakaların özellikleri ile ilgili bilgi verildikten sonra ayaklardaki tavan denetimi, çalışma koşulları ve tahkimat düzeni anlatılmaktadır.

1.1. Kömür Damarları ile İlgili Genel Bilgiler

Marmara tabakaları arasında yer alan iki ayrı kömür damarının üzerindeki örtü tabakasının kalınlığı 150-200 metredir. Bunlardan tavan damarı 1.60 metre kalınlığında, taban damarı ise 1.40 metre kalınlığında olup iki kömür damarı arasında 1.50 metre kalınlığında bir marmara tabakası (ara kesme) vardır. Kömür damarlarını da kapsayan tabakalar Kuzeydoğudan Güneybatıya doğru 6° ile 26° arasında değişen bir yatım göstermektedir. Kömür damarlarının ayrıntılı bir kesiti Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil:1 Kömür damarlarının dik kesiti



1.2. Kömür Daman Ovanında M Tabakaların özellikleri

Kömür civarındaki tabakalardan alınıp laboratuvarında deneyleri yapılan kayaçların basmaya karşı mukavemeti aşağıdaki şekilde bulunmuştur: (1)*

Yalancı tavanın mukavemeti 225-400 kgf/cm² arasında değişmekte olup killi marn ve marn tabakalarından oluşmuştur. Marndan oluşan ana tavanın mukavemeti ise 500 ile 990 kgf/cm² arasında değişmektedir. Tavan ayağın tabanı gene marndan oluşmuş olup mukavemeti büyük değişiklikler göstermektedir (350-900 kgf/cm²). Yukarıdaki değerlerden de anlaşılacağı üzere tavan ayağın ana tavanın mukavemeti, tabanının mukavemetinden daha çoktur.

Taban ayağın, yalancı tavanında yarım metre kalınlığında killi marn ve onun üzerinde de 1 metre kalınlığında marn bulunmakta olup, killi marnın mukavemeti 100-175 kgf/cm² arasında değişmektedir. Taban ayağın tabanının mukavemeti ise tavan ayağın tabanının mukavemetinin yaklaşık olarak aynıdır.

Tavan kömürünün mukavemeti 85 kgf/cm², taban kömürünün ise 95 kgf/cm²'dir (1).

1.3. Ayaklardaki Tavan Denetimi ve Tahkimat Düzeni

O.A.L. işletmesi ocaklarında kömür üerletimli uzun ayak düzeni ile alınmakta, ayakların arkasında kalan tavan ise göçertilmektedir. Tavan ayaklarda düz tahkimat düzeni, taban ayaklarda ise şeş-beş tahkimat düzeni kullanılmaktadır. (Şu anda taban ayaklarda da düz tahkimat düzenine dönülmüştür). Ayak içerisinde değişik tiplerde sürtünmeli demir tahkimat direkleri ve onların üzerlerinde de çelik sarmalar kullanılmaktadır. Ayak boyunca her 10 veya 15 metrede bir sürtünmeli demir direklerle birlikte domuz damları bulunmaktadır.

2. Demir Direkler Üzerindeki Yüklerin ve Ayak Konverjanlarının ölçülmesi

ölçme esnasında, araştırmacının denetimi dışında çeşitli ölçülerin değişimler gösterebileceği olasılığı gözönüne alınırsa, alı-

(*) Bibüografik tanıtım tebliğ sonunda verilmiştir.

nan sonuçların denetimi bakımından ikinci seri ölçmelerin yapılması zorunluğu ortaya çıkmaktadır. Eğer birinci seri deneyler sonundaki sonuçlar ikinci seri sonucundaki deney sonuçları ile uyum göstermezse üçüncü seri deneylerin yapılması zorunluğu ortaya çıkar. Böylece bir ayaktaki her istasyonda en az iki seri deney yapılması gerekmektedir. O.A.L. uzun ayaklarında da aynı yöntem izlenmiştir. Bir deney serisi yük ve konverjans ölçme aletlerinin seçilen istasyondaki, birinci sırada bulunan tahkimat direklerinin üzerine yerleştirilmesi ile başlamış ve aynı sıradaki direklerin en son şuraya (3. sıra) gelip, üzerindeki ölçü aletleri üe birlikte sökülmesine kadar devam etmiştir. Okumalar her iki saatte bir ve bazı önemli anlarda yapılmıştır.

Ayak içinde yapılan gözlemler sırasında aşağıdaki önemli noktalar da gözlenmiştir:

- a. Kömür kazı süresi,
- b. Tahkimat direklerinin ileri alınma süresi,
- c. Kömür damarının kalınlığı,
- d. Tavan göçme düzeni,
- e. Tavan ve taban ayakları arasındaki uzaklık.

Ayak içi veya dışındaki taşıma ve ocak enerji düzeninde veya herhangi bir nedenden ötürü kömür üretimini aksatan duraklamalar ölçme süresinin uzamasına yol açtığı gibi, üretimin yapılmadığı pazar günlerinde de ölçme yapılması zorunluğunu ortaya çıkarmıştır. Bu sakıncaları ortadan kaldırmak, zaman ve taşıma limitlerini önlemek için, ölçme aletleri, ölçü istasyonlarına üretim başlamadan ve özellikle pazartesi günleri kurulmalıdır.

2.1. Ölçme İstasyonlarının Kurulması

Ölçme istasyonlarının yerleri ve sayısı kullanılacak aletlerin ve gözlem yapacak kişilerin sayısına göre seçilmelidir. O.A.L.'deki araştırma sırasında yük ve konverjans ölçmelerinin yapıldığı istasyonlar aşağıdaki şekilde seçilmiştir:

2.2. Yük lme istasyonları

Deneyler sırasında tavan ve taban ayaklarda kurulan istasyonlar Şekil 2 ve 3'de gösterilmiştir.

2 foto-elâstik ve bir hidrolik yük ölçer tavan ayak üst kaçamak yolundan 40 metre mesafede bulunan birinci sıradaki 3 komşu tahkimat direğinin oluşturduğu 1 numaralı istasyona yerleŐtirilmiŐtir, ölçmeler her iki saatte bir ve önemli anlarda alınmış, ve bu iŐlem tahkimat direkleri üçüncü sıraya geldikten sonra aletlerle birlikte sklnceye kadar srdrlmŐtir.

İkinci ve üçüncü seri ölçmeler için aynı iŐlem sırasıyla tavan ayak kaçamak yolundan 82 metre ve 133t metre uzaklıkta bulunan 2 ve 3 numaralı istasyonlarda uygulanmıŐtir.

Taban ayağın üst kaçamak yolun sırasıyla 30, 68 ve 97 metre uzaklığa kurulmuŐ olan istasyonlarda da aynı lme yöntemi izlenmiştir.

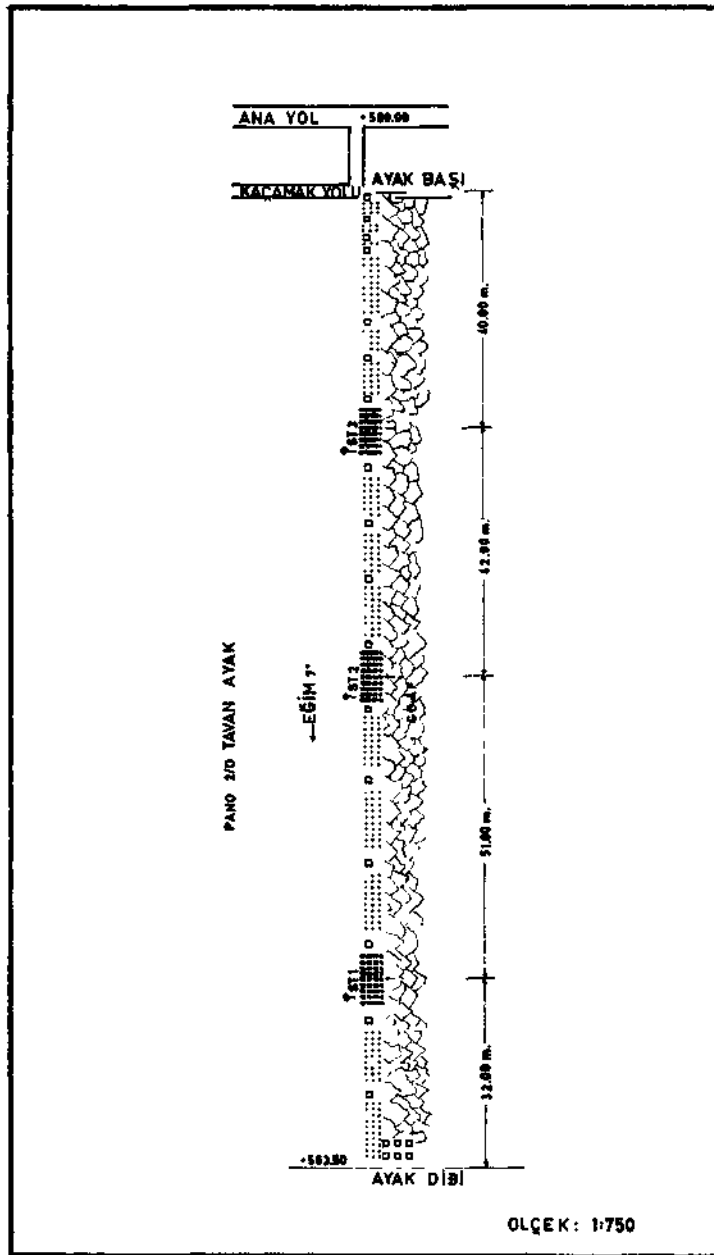
2,3. Konverjans lme İstasyonları

Birinci seri konverjans ölçmeleri için uygun 3 tane istasyon seĐmiŐtir. 1 numaralı istasyona yerleştirilen konverjans ölçer, yk ölçerlerin de bulunduğu tavan ayak üst kaçamak yolundan 40 metre uzaklığa, diğerleri de sırasıyla üst kaçamak yolundan 82 ve 133 metre uzaklıkta bulunan 2 ve 3 numaralı istasyonlara yerleŐtirilmiŐtir. Konverjans değerleri üç istasyonda aynı anda alınmıŐtir.

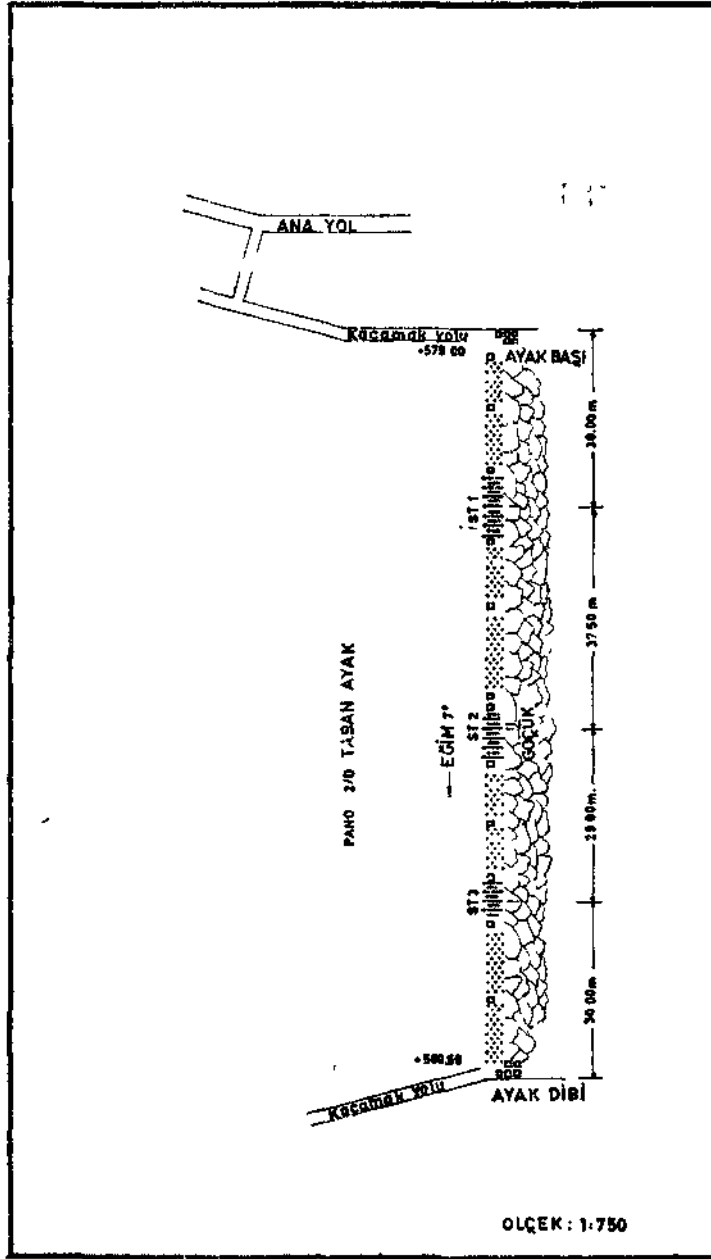
İkinci ve üçüncü seri konverjans ölçmeleri için de aynı istasyonlarda aynı yöntem uygulanmıŐtir.

Taban ayakta da üst kaçamak yolundan sırasıyla 30, 68 ve 97 metre uzaklıklarda 3 ayrı istasyon kurulmuŐ ve tavan ayakta konverjans ölçülmesinde kullanılan yöntem burada da izlenmiştir.

Konverjans lmeleri e yk ölçmeleri arasındaki ayrıcalık, her lme serisi için konverjans lme istasyonları aynı yerde kalırken, yk lme istasyonlarının bir sonraki istasyona taŐınmasıdır.



Şekil:2 Tavan ayakta Vurulan konverjans ve yük ölçme istasyonları



Şekil:3 Tobön ayakta Kurulan konkrjens ve yuk oljme istasyonları,

2.4. Yük ve Konverjans Ölçme Gereçleri

Burada çok kısa olarak yük ve konverjans ölçme gereçlerine değinilecektir. Daha geniş bilgi ilgili bibliografik tanıtımda gösterilmiştir (2,3).

Yük ölçmeleri için 2 foto-elâstik ve bir hidrolik yük ölçer kullanılmıştır. Foto-elâstik yük ölçerlerden bir tanesi yabancı yapımı olup 0 ile 25 ton arasında değişen yükleri ölçebilmektedir. 2. foto-elâstik yük ölçer O.D.T.Ü. Maden Mühendisliği bölümünde dizayn edilmiş, optik kısmı laboratuvarlarımızda yapılmış, çelik kısmı ise O.A.L. atelyesinde tamamlanmıştır. 0 ile 20 ton arasındaki yükleri ölçebilmektedir. Her iki yük ölçerinde 1/4 ton (1.29%) duyarlılıkla yük ölçülebilmektedir.

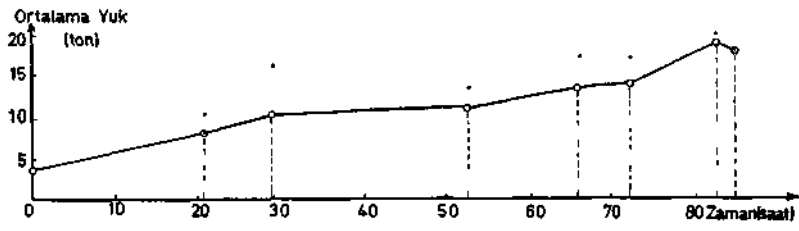
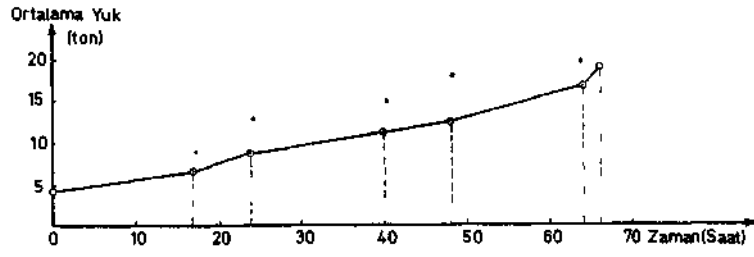
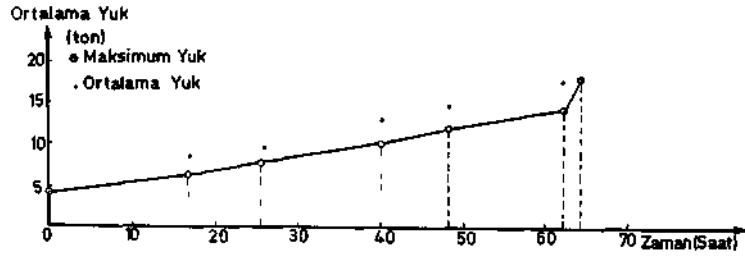
Konverjans ölçeri de O.D.T.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvarında geliştirilmiş ve dizayn edilmiştir, ölçmeler 0.001 mm.'lik duyarlılıkla gerçekleştirilmiştir. Şekil: 4, ölçme istasyonuna kurulan bir grup ölçme gereçleri göstermektedir.

Uygulanan ölçme yöntemi şu şekilde özetlenebilir:

1. ölçme istasyonlarının ayağın neresinde ve kaç tane olacağına karar verilmelidir.
2. Kaç tane tahkimat direği üzerinde ölçü yapılacağına karar verilmelidir.
3. Konverjans ve yük ölçerler hafta başında istasyonlara kurulmalı ve koşulların elverdiği oranda çok değer alınmalıdır.
4. Gereçlerden değerlerin okunmasına devam edilmeli, gereken durumlarda yenileri yerleştirilmeli ve yeniden değiştirilmeli, ayağın ve tahkimat direklerinin yerleşmesi, ayak çalışma zamanı tavan kırılma ve göçme düzeni, ani konverjans artmaları, tüm vardiyelerde ayağın çalışmasının umulmadık duraklamaları not edilmelidir.
5. (1)'den (4)'e kadar tüm işlemler tekrar edilmelidir.

3. Sonuçların Değerlendirilmesi ve Tartışılması

Sonuçların değerlendirilmesinde ilk adım olarak ayaktaki çalışmaların tümünü kapsayan bir çizelge yapılmıştır. İkinci



Şekil 4 Tavan ayakta ortalama yüklerin kazı ve tahkimat vardiyelerinde artma oranı

adım ise her gerecin veya ölçme istasyonunun, yer ve durumlarını tahkimat direklerini, ayağın ve tavandaki kırılmaların durumunu göstermektedir. Zaman çizelgesi tahkimat direklerinin hangi sırada ne kadar zaman kaldığını ayağın plânı ise her kömür kazı vardiyesinde ortalama ve toplam ilerleme hızını göstermektedir. Ayakta yapılan bir çalışma olursa özellikleri ile kaydedilmelidir.

Alman ve değerlendirilmek üzere laboratuvara getirilen veriler değişik bulgular vermektedir. Tahkimat direkleri üzerine gelen yükler zamana karşı kaydedilmiştir. Konverjans ise zamana karşı deplasman grafiği şeklinde çizilmiştir.

Grafiklerden yararlanarak zamana karşı konverjans ve yük değişimlerini karşılaştırmak olanağı vardır. Gözlemlerden elde edilen veriler sonucu çizilen diğer grafiklerde ayak aynasından uzaklığa karşı konverjans ve yük değişimlerini göstermektedir. Değişik ölçme serilerinden elde edilen verilere göre çizilen bu grafiklerin karşılaştırılması, elde edilen sonuçların geçerliliği ve doğruluğu hakkında fikir vermektedir.

3.1. Uzun Ayaklarda Tahkimat Direklerinin Düzeni ve Yoğunluğa

Düz tahkimat düzeninin kullanıldığı ve uzunluğu 165 metre olan tavan ayaktaki iki komşu direk arasındaki uzaklık 1 metre, şeş-beş tahkimat düzeninin kullanıldığı 130 metre uzunluğundaki taban ayakta ise aynı uzaklık 0,8 metredir. Direklerin üzerinde kullanılan çelik sarmaların boyları 1,20 metredir. (Aynadan göçüğe doğru ardarda duran iki demir tahkimat direği arasındaki mesafe 1,20 metre olmaktadır.)

Sonuç olarak tavan ayakta her direk 1,2 m²'lik bir alanı tutarken taban ayakta bu alan 1,15 m² olmaktadır. Böylelikle tavan ve taban ayakta her m²'de sırasıyla 0,83 ve 0,87 direk bulunmaktadır.

3.2. Yük ve Konverjansların İncelenmesi

Değişik ayaklarda ve aynı ayağın değişik bölgelerinde yapılan gözlemlerden alman sonuçlar ayrı özellikler göstermekte-

dir. Bundan ötürü varılan sonuçların bu bölgelerde ayrı ayrı incelenip birbirleriyle karşılaştırılması daha doğru bir sonuca varılmasını olanaklı kılar. Bu nedenden ötürü ölçü istasyonları ayağın başında, ortasında ve sonundaki uygun yerlere yerleştirilmiş ve buralardan alınan sonuçlar önce ayrı ayrı sonra birbirleriyle karşılaştırılarak incelenmiştir.

Ayağın çeşitli bölgelerinde yapılan ölçmeler sonunda bulunan maksimum yükler ve konverjanslar Tablo 1 ve 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1 Tavan ayağın çeşitli istasyonlarında ölçülen maksimum yük ve konverjans değerleri

İSTASYON	MAKSİMUM YÜK (Ton)	AYNADAN UZAKLIĞI	DÜŞÜNCELER
1	18.6	360	3 Kazı vardiyası
2	19.9	360	*
3	19.7	300	//

İSTASYON	MAKSİMUM KONVERJANS (mm)	HVNADAN UZAKLIĞI (cm)	DÜŞÜNCELER
1	126.50	360	3 Kazı vardiyası
2	145.38	360	u
3	126.20	360	'

Tavan ayağın ölçü yapılan bölgeleri arasında maksimum yük 19.9 tondur. Bu değer ayağın ortasında, üçüncü kazı vardiyasında ve aynadan 360 cm. uzaklıkta ölçülmüştür. Aynı ayakta ölçülen maksimum konverjans 145,38 mm.'dir ve ayağın ortasındaki istasyonda ölçülmüştür.

Taban ayakta ölçülen maksimum yük 24 tondur. Bu yük ayağın üst başında, dördüncü tahkimat vardiyasında ve aynadan 240 cm. uzaklıkta ölçülmüştür, ölçülen maksimum konverjans 126,26 mm.'dir ve ayağın üst başında ölçülmüştür.

Tablo: 2 Taban ayağın çeşitli istasyonlarında ölçülen maksimum yük ve konverjans değerleri

İSTASYON	MAKSİMUM VÜK (C _{Ton})	AYNADAN UZAKLIĞI (m)	DÜŞÜNCELER
1	24	240	4-Tahkimat vardiyası
2	23.3	300	5.Kazı vardiyası
3	22.9	240	4'tahkimat vardiyası

İSTASYON	MAKSİMUM KONVERJANS (mm)	AYNADAN UZAKLIĞI (m)	DÜŞÜNCELER
1	126.26	300	5.Kazı vardiyası
2	116.66	300	it
3	413.01	300	»

Maksimum yük ve konverjans çözümlerinde ortaya ilginç bir durum çıkmaktadır. Maksimum konverjanslar ayakta maksimum yüklerin ölçüldüğü istasyonlarda oluşmuştur. Bu maksimum değerler tavan ayakta ayağın ortasında taban ayakta ise ayağın üst başındadır.

3.2.1. Teorik ve ölçülen Yüklerin Karşılaştırılması

Ayağa yakın bir sondaj kesitinden alınan profüle göre 6-7 metre kalınlıkta olan marn tabakasının üzerinde (yalancı tavan), 51 metre kalınlığında esas tavan oluşturan marn tabakası bulunmaktadır.

Tavan damarının çalışılması sonucu, ayağın üzerinde bulunan tavan tabakaları kırılıp göçmekte olup %25 oranında bir hacim artması ile 1,60 metrelik tavan ayak boşluğunu doldurmaktadır. Kırılan bu tabakanın ağırlığı ve tahkimat direklerinin yoğunluğu gözönüne alınarak teorik yükler hesaplanmıştır. Aşağıda her iki ayakta teorik olarak hesaplanan ve araştırma sırasında bulunan yüklerin karşılaştırılması yapılmaktadır.

	Teorik Maksimum Yük (ton)	Deneylerde Bulunan Maksimum Yük
Tavan Ayak	19,3	19,9
Taban Ayak	23,0	24,0

Buradan anlaşılacağı gibi deneysel ve teorik yüklerin değerleri birbirlerine çok yakındır.

3.2.2. Örtü Tabakası Basıncı

Köbür damarının yüzeyden derinliği ortalama 200 metredir. Damarın üzerindeki tabakaların bu derinlikten ötürü oluşturduğu örtü tabakası basıncı 500 ton/m^2 'dir.

Tavan ve taban ayaklardaki maksimum yükün sırasıyla 19,9 ve 24 ton, metrekaareye düşen direk sayısının 0,83 ve 0,87 olduğu gözönüne alınırsa tavan ayaktaki maksimum basıncın $16,5 \text{ ton/m}^2$ ve aynı şekilde taban ayaktaki maksimum basıncın $20,9 \text{ ton/m}^2$ olduğu hesaplanabilir.

Bu basınç değerleri, örtü tabakası basıncı ile karşılaştırıldığında; tavan ve taban ayaklarda kullanılan tahkimat direklerine gelen yükün sırasıyla örtü tabakası yükünün ancak %3,3 ve %4,2'si kadar olduğu ortaya çıkmaktadır.

3.2.3. Üretim ve Tahkimat Zamanlarındaki Maksimum ve Ortalama Yükler

ölçü aletleri istasyonlardaki direkler üzerine yerleştirildikten sonra her iki saatte bir ve önemli görülen anlarda konverjans ve yük ölçmelerinin alındığı yukarıda belirtilmişti. Bu bölümde tahkimat ve üretim vardiyaları süresince gözlenen maksimum ve ortalama yükler incelenecektir. Maksimum yük: Herhangi vardiyada okunan yükler içinde en yüksek olanıdır. Ortalama yük ise: Herhangi vardiyada yapılan yük okumalarının ortalama değeridir.

Herhangi bir ölçme serisi içinde ayak içindeki çalışmalar ilerledikçe maksimum ve ortalama yüklerin çoğunlukla arttığı görülmüştür. Bu yüklerin en yüksek değerleri son tahkimat ve-

ya son üretim vardiyasında ölçülmüş olup tavan ayakta maksimum yüklerin en yüksek değerleri 1. 2. ve 3. istasyonlarda sırasıyla 18,2, 19,7 ve 19,6 ton olarak, ortalama yüklerin en yüksek değerleri ise 18,2,19,0 ve 18,6 ton olarak bulunmuştur.

Taban ayakta ise maksimum ve ortalama yüklerin ölçülen en büyük değerlerin sırasıyla 1. istasyonda 23,3 ve 21,3 ton, 2. istasyonda 21,9 ve 16,5 ton 3. istasyonda ise 21,9 ve 16,5 tondur. Tablo 3'de ve Şekil 5'de bu değerler ayrıca gösterilmiştir. Şeküden de anlaşılacağı gibi, ortalama yükler zamana bağlı olarak devamlı bir artış göstermektedir.

Tablo 3 Ayaklardaki çeşitli istasyonlarda ölçülen maksimum ve ortalama yükler

İSTASYONLAR		1	2	3	ORTALAMA
TAVAN	MAKSİMUM YÜKLER (Ton)	18 2	19.7	19.6	19 17
AYAK	ORTALAMA YÜKLER (Ton)	4 « 2	19 0	18 6	18.60
TABAN	MAKSİMUM YÜKLER(Ton)	23 0	23 3	21 9	22.73
AYAK	ORTALAMA YÜKLER (Ton)	15 2	21 3	21 3	17 66

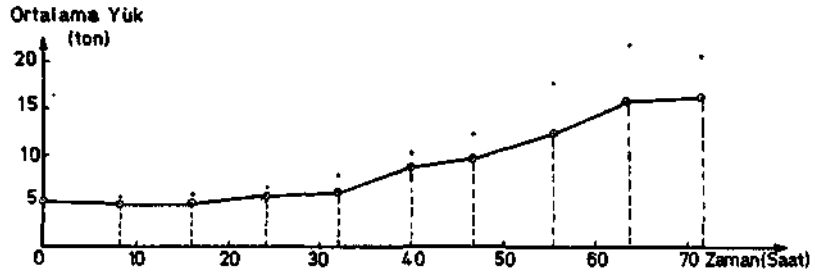
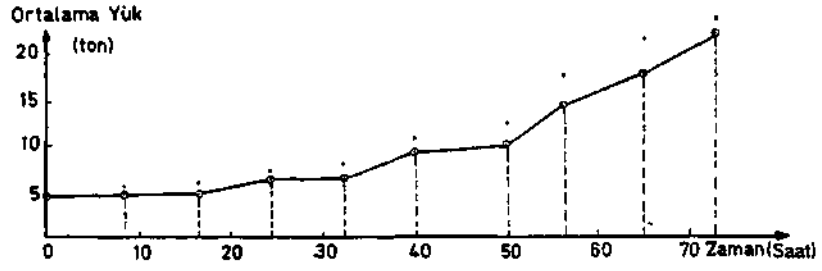
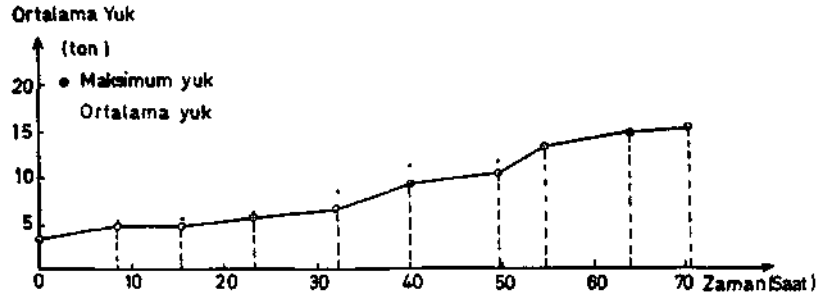
3.2.4. (Malama Yüklerde Yükselme Miktarı)

Üretim ve tahkimat zamanlarında yüklerin yükselme oranı değişik olarak bulunmuştur. Ortalama yüklerin üretim zamam sırasındaki artma oranı tahkimat zamam sırasındaki artış oranından daha çoktur. Yüklerin çeşitli zamanlarda ölçülen artma oranları Tablo 4 ve 5'de gösterilmiştir.

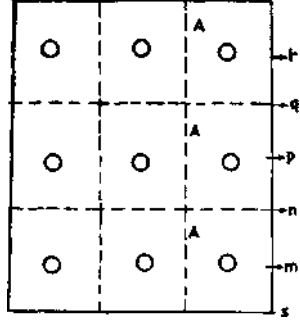
Ortalama yüklerin üretim zamanında artma oram tavan ayakta %78,3 taban ayakta ise %63,3'dür.

3.2.6. Ortalama Yük Yoğunluğu (OYY)

Tahkimatların üzerine gelen yükler ortalama yük yoğunluğu olarak tanımlanabilir. Bu tanım şekli tahkimat direklerinin dikili kaldığı zamanla tahkim ettiği tavanın alanını kapsar. Di-



Şekil: 5 Taban ayakta ortalama yüklerin kazı ve tahkimat vardiyelerinde artma oranı



A_m : m Vardiyasında tahkim edilen alan.
 t_m : m Vardiyasında direğin kalma süresi
 L_s : İlk yerleştirmeden sonraki ortalama yük
 L_m : 1 kazı vardiyasındaki ortalama yük.
 L_n : 1 tahkimat » » »
 L_p : 2 kazı
 L_a : 2. tahkimat
 L_r : 3. kazı

$$\text{Ortalama Yük Yoğunluğu (O.Y.Y)} = \frac{\frac{L_s}{A_s} t_s + \frac{L_m}{A_m} t_m + \frac{L_n}{A_n} t_n + \frac{L_p}{A_p} t_p + \frac{L_q}{A_q} t_q + \frac{L_r}{A_r} t_r}{t_s + t_m + t_n + t_p + t_q + t_r}$$

Şekil: 6 Ortalama Yük Yoğunluğunun Hesaplanması

Tablo: 6 Çeşitli İstasyonlarda ortalama yük yoğunlukları ve maksimum yüklerle karşılaştırılması.

İ STASYONLAR		1	2	3
TAVAN AYAK	ORTALAMA YÜK YOĞUNLUĞU (ton/rft)	11.74	13.36	13.73
	ORTALAMA YÜK YOĞUNLUĞU ORTALAMASI (ton/n?)	1294.		
	MAKSİMUM YÜK ORTALAMASI	15.94		
TABAN AYAK	ORTALAMA YÜK YOĞUNLUĞU (ton/n?)	10.18	11.39	10.40
	ORTALAMA YÜK YOĞUNLUĞU ORTALAMASI (ton/m*)	10.66		
	MAKSİMUM YÜK ORTALAMASI (ton/h?)	19.92		

Maksimum yükler ile ortalama yük yoğunlukları birbirleriyle karşılaştırıldığında (Tablo 6), maksimum yüklerin taban ayakta, ortalama yük yoğunluklarının ise tavan ayakta daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni zaman unsurunun etkisidir. Üretim düzenindeki kesikliklerden ötürü tavan ayakta her kömür kazı vardiyası 8 saat yerine daha uzun bir sürede tamamlanabilmiştir, ölçü aletlerinin ilk sıradaki direklere konma-

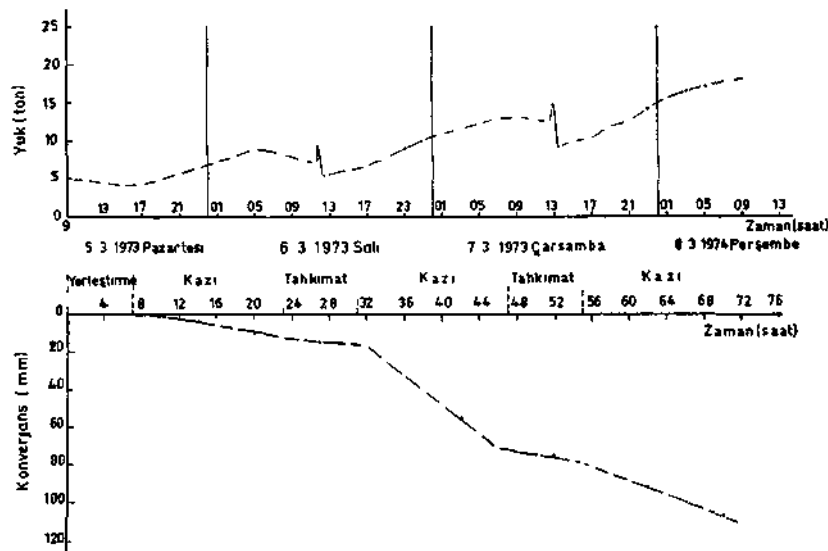
sı ile bağlayıp, üçüncü sıraya geldikten sonra direklerle beraber sökülmesi ile biten bir ölçü periyodunun tavan ayakta herbiri 8 saat olan 3 kazı ve 2 tahkimat vardiyasında tamamlanması gerekirken bu period normal süresinin 2 ve bazı durumlarda ise 3 katına çıkmıştır. Bundan ötürü ayaktaki tahkimat direkleri olağan süreçlerinin çok daha üstünde yük altında kalmışlardır.

Direklerin fazla yük altında kalması ortalama yük yoğunluğunun tavan ayakta taban ayağa oranla daha çok olmasına neden olmuştur.

Ayağın ilerleme hızı arttığı sürece tavan ve taban hareketlerinin olağan olacağı ve ayaktaki çalışma şartlarının gelişip düzeleceğinin varsayımı oldukça doğrudur.

3.3. Konverjansların İncelenmesi

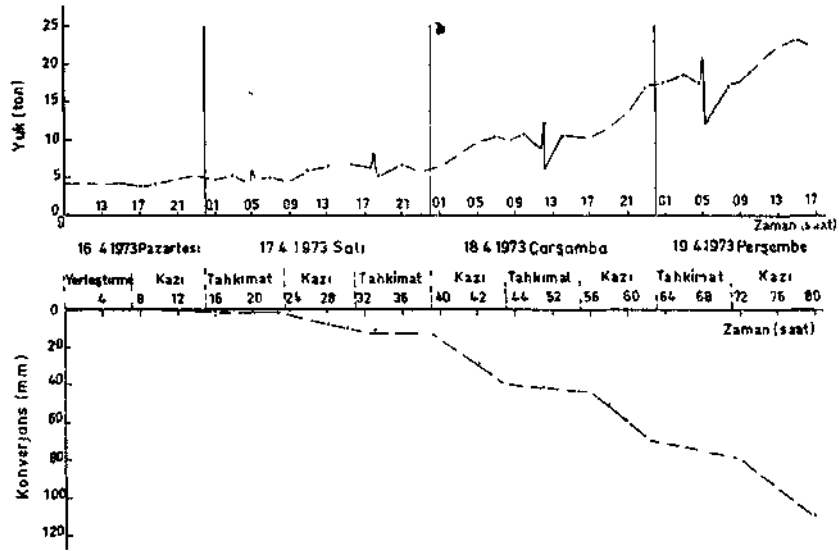
Şimdiye kadar değişik periyotlarda ve ayağın değişik çalışma aşamalarında yüklerin değişimi incelenmiştir. Bu bölümde konverjans değişimleri, konverjansın artma hızı ve ayağın ilerleme hızının konverjansa etkisi incelenecektir.



Şekil 7 Tavan ayakta yük ve konverjansların zamana karşı değişimleri

Konverjans ölçme aletlerinin birinci sıradaki tahkimat direkleri üzerine yerleştirdikten sonra üretim başlayınca kadar geçen süre içerisinde gözlenen konverjanslar ancak milimetrenin kesirleri kadar olmuştur. Kazım başlaması ile artmaya başlayan konverjans, ayaktaki diğer kazı ve tahkimat vardiyaları süresince artmasına devam etmiştir.

Konverjansın zamana karşı çizilen grafikleri çoğunlukla çeşitli eğinlerdeki doğrulardan oluşmaktadır ve her biri kazı tahkimat ve göçme periyodlarını göstermektedir. Kazı vardiyaları süresince konverjansın artma hızı, Şekil 7 ve 8'de görüldüğü gibi, ayaktaki diğer vardiyelere göre daha çoktur. Ayakta üretim durduğu sürelerde (çalışmanın olmadığı pazar günleri dahil) konverjans hemen yavaşlar fakat hiçbir zaman durmaz.



Şekil 8 Taban ayakta yük ve konverjansın zamana karşı değişimleri

3.3.1. Ayağın Çeşitli Bölgelerindeki Konverjans Değişimleri

Daha evvelde söz konusu edildiği gibi tavan ayakta ölçülen maksimum konverjanslar 1., 2., ve 3. numaralı istasyonlarda sırasıyla 128,50 mm., 145,38 mm., 114,20 mm.'dir. Taban

ayakta ise gene aynı sıra ile 1., 2., ve 3. numaralı istasyonlarda ölçülen maksimum konverjans değerleri 126,26 mm., 116,66 mm. ve 113,01 mm.'dir.

Üretim ve tahkimat vardiyalarındaki konverjans artışı incelendiğinde, yükler gibi konverjans artışının da üretim vardiyalarında daha fazla olduğu görülmektedir. Üretim vardiyasındaki konverjans artışı tavan ayakta %76,8 taban ayakta ise %69,2 dir. Çeşitli istasyonlardaki konverjans ve yük artışları yüzde olarak Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo- 7 Çeşitli istasyonlarda kazı vardiyalarındaki yük ve Konverjans artma yüzdeleri.

	İSTASYONLAR	1	2	3	ORTALAMA
TAVAN	YÜK ARTMA YÜZDESİ	77.2	76.0	84.5	78.3
AYAK	KONVERJANS ARTMA YÜZDESİ	78.7	72.9	78.7	76.8
TABAN	YÜK ARTMA YÜZDESİ	62.1	70.0	57.1	63.1
AYAK	KONVERJANS ARTMA YÜZDESİ	71.3	72.9	63.5	69.2

3.3.2. Tavan ve Taban Ayaklarda Konverjans Artma Hızı

Şekil (9) ve (10)'da gösterildiği gibi maksimum konverjans artma hızı tavan ayağın çeşitli istasyonlarında şu şekildedir:

İstasyon 1: 3,92 mm/saat (Birinci ölçme serisinde ve 2. üretim vardiyasında)

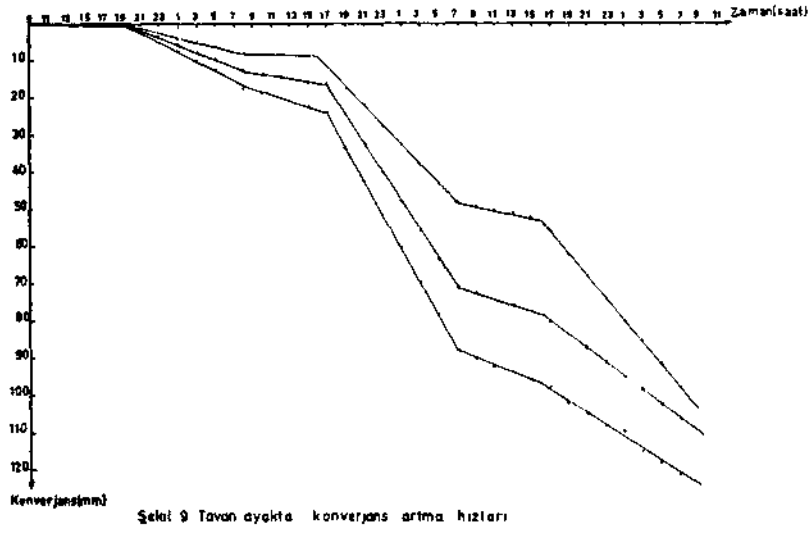
istasyon 2: 4,57 mm/saat (Birinci ölçme serisinde ve 2. üretim vardiyasında)

istasyon 3: 3,24 mm/saat (Birinci ölçme serisinde ve 3. üretim vardiyasında)

Taban ayakta ise:

istasyon 1: 5,58 mm/saat (ikinci ölçme serisinde ve 4. üretim vardiyasında)

istasyon 2: 4,70 mm/saat (Birinci ölçme serisinde ve 4. üretim vardiyasında)



İstasyon 3: 4,48 mm/saat (Birinci ölçme serisinde ve 4. üretim vardiyasında)

3.3.3. Ayağın İlerleme Hızının Konverjansa Etkisi

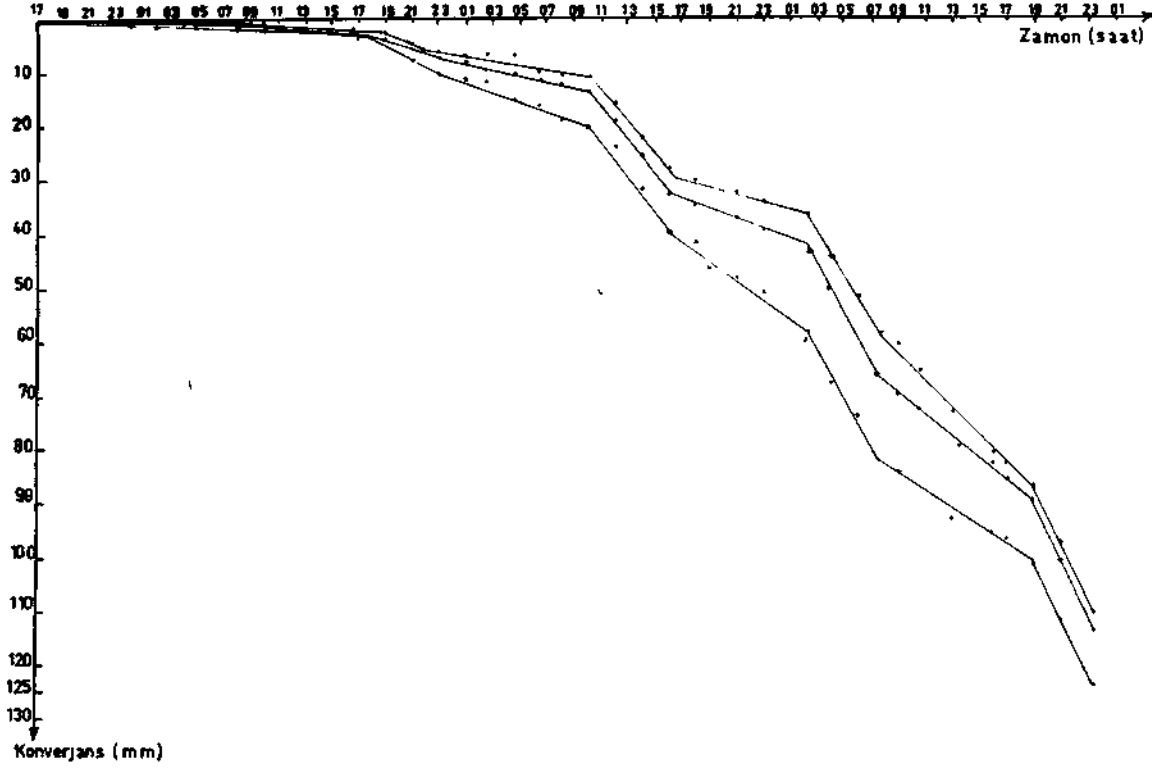
Burada ayağın çeşitli istasyonlarında ayağın ilerlemesinin konverjans artmasına olan etkisi incelenmiştir. İncelenen veriler sonucu bulunan maksimum artma değerleri aşağıdaki şekildedir.

Tavan ayakta:

İstasyon 1: 0,458 mm/cm (Birinci ölçme serisinde ve 2. üretim vardiyasında)

İstasyon 2: 0,534 mm/cm (Birinci ölçme serisinde ve 2. üretim vardiyasında)

İstasyon 3: 0,378 mm/cm (Birinci ölçme serisinde ve 3. üretim vardiyasında)



Şekil:10 Taban ayakta konverjans artma hızları

Taban ayakta:

İstasyon 1: 0,558 mm/cm (3. ölçme serisinde ve 4. üretim vardiyasında)

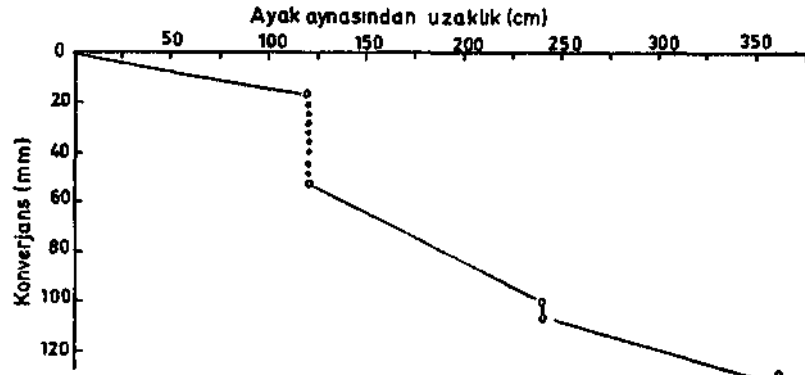
İstasyon 2: 0,488 mm/cm (3. ölçme serisinde ve 5. üretim vardiyasında)

İstasyon 3: 0,458 mm/cm (3. ölçme serisinde ve 5. üretim vardiyasında)

Şekil 11 ve 12'de tavan ve taban ayakta konverjansın, ayağın ilerleme hızına karşı değişimi görülmektedir.

Tavan ayakta toplam konverjansın artma hızı 1,39 mm/saat taban ayakta ise 1,47 mm/saat'dir.

Ayağın her cm. ilerleyişi sonucu toplam konverjans artması ise tavan ayakta 0,331 mm/cm'dir. Bu değer taban ayakta biraz daha çoktur 0,38 mm/cm.

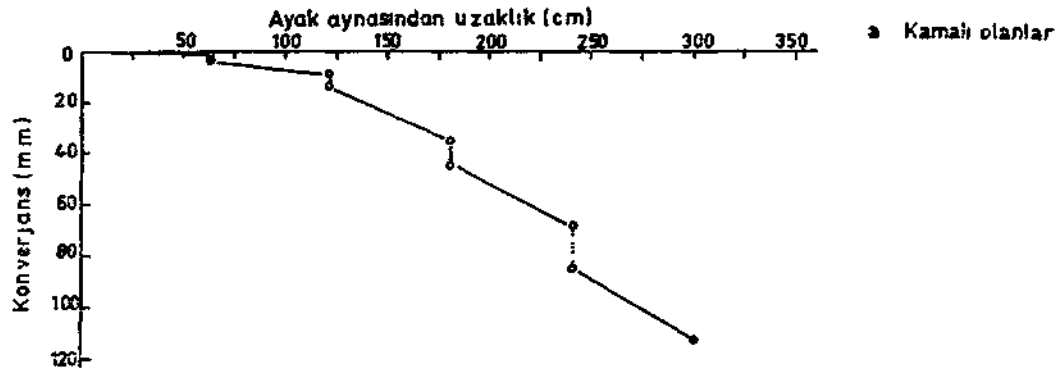


Şekil:11 Tavan ayakta konverjansın ayağın ilerleme hızına karşı değişimi

4. Sonuçlar

Bu araştırma sonucunda tabaka hareketlerine ve tavan denetimi sorunlarına ilişkin daha çok bilgi edinilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular şu şekilde özetlenebilir:

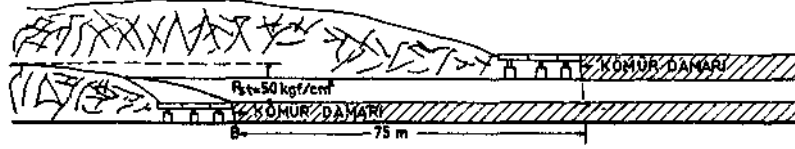
1. Çalışılan derinlikte, (200 metre), örtü tabakasının oluşturduğu dik basınçlar 50 kgf/cm²'dir. Ayak önü maksimum basıncını, örtü tabakası basıncının dört misli olarak alırsak, (5)



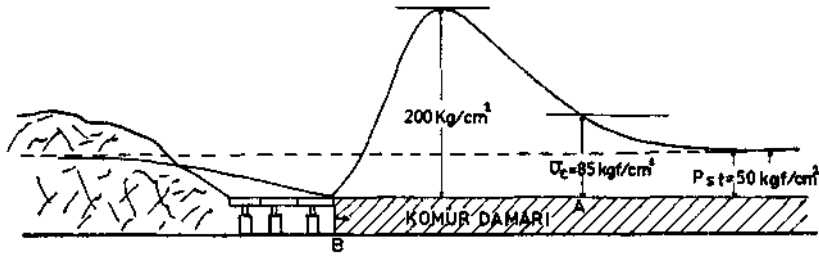
Şekil-12 Taban ayakta konverjansın aygıtın ilerleme hızına karşı değişmesi.

b. Servo elementli olanlar

200 kgf/cm²lik bir değere ulaşırız ki bu değer 85 kgf/cm² olan tavan ayak kömürünün mukavemetinden yaklaşık olarak 2,5 kere daha çoktur.



Kömürün mukavemet değeri üe ayak önü basınç eğrisinin keştiği noktadan başlayarak, ayak ön basıncı arttıkça kömürde kırılmalar olur. Ayağın hemen önünde bu kırılmalar en fazladır ve kömür iyice gevşemiştir (6). Bu değerlendirme tavan ayakta kömürün kazma ile kolayca kazılışı ile doğrulanmış olmaktadır.



Taban ayak için durum daha başka bir özellik göstermektedir. B noktasındaki dik basınçlar ancak örtü tabakasının oluşturduğu dik basınç değerine kadar (50 kgf/cm²) yükselebilmektedir. Bu değerde 96 kgf/cm² olan taban ayak kömürünün mukavemetinden daha düşüktür. Bundan ötürü gevşemesi veya kolay kazılabilir bir durumda olması gerçekleşmemektedir. Gerçekte de taban ayak kömürü sert olup ancak dinamit kullanılmakla gevşetildikten sonra kazılabilmektedir.

2. Teorik ve gözlenen maksimum yükler karşılaştırıldığında birbirine yakın değerlerde oldukları görülmektedir. Tavan ve taban ayakta ölçülen maksimum yükler sırasıyla 19,9 ton ve 24,0 tondur.

3. Örtü tabakasının 50 kg/cm^2 değerinde olan basıncının ancak %3,3 ve %4,2'si tavan ve taban ayaktaki tahkimat direklerine ulaşmakta ve direkler tarafından taşınmaktadır.

4. Yük artışlarının toplam değeri üretim vardiyalarında daha çöktür. Bu artış tavan ayakta kazı sırasında %78 taban ayakta ise %63'dür.

5. Ortalama yük yoğunluğu tavan ayakta $12,94 \text{ ton/m}^2$ taban ayakta ise $10,66 \text{ ton/m}^2$ 'dir. Maksimum yükler ile ortalama yük yoğunlukları karşılaştırıldığında ortalama yüklerin daha düşük olması gerekirken, her iki ayakta durum böyle değildir. Tavan ayakta maksimum yüklerin daha çok olmasına karşı taban ayakta ortalama yük yoğunluğu daha yüksektir. Bunun nedeni de tavan ayağın normal ilerleme hızının en az gerekenin yarısı kadar olmasındandır.

6. Kömür kazısı ve tahkimat bittikten sonra direklerin üzerine gelen yüklerin yükselmesi önce artmağa devam etmekte daha sonra durmaktadır.

7. Her iki ayağın altında konverjans $0,2 \text{ mm}$. dolaylarındadır. Ayak içinde ölçülen maksimum konverjanslar ise tavan ayakta $145,38 \text{ mm}$. taban ayakta $124,02 \text{ mm}$.'dir.

8. önemli değişkenlerin durağan olduğu kabul edildiğinde konverjans derecesi ayrılıklar göstermektedir. Konverjansın ölçülebilmesi için tavan hareketi devamlı olarak gözlenmiştir. Ayakta çalışma olmadığı zamanlarda konverjans değeri çok düşüktür. Ayak çalışmağa başladığında tekrar yükselmeğe başlar ve kazı sırasında en yüksek artış hızını bulur. Arka göçertilip tahkimat bittikten sonra tekrar yavaşlar.

9. Kömür damarları civarındaki kayaçların özellikleri, çalışma yöntemi, tahkimat düzeni ve tahkimat direklerinin tavan alçalmasına tepkisi ne olursa olsun bütün uzun ayaklarda konverjans vardır. Bu konverjans tamamen olmasa da çoğunlukla tavan alçalmasına ve bazı durumlarda taban kabarmalarına bağlıdır. Ayaktaki konverjansa neden bu tavan alçalmaları ve taban kabarmalarıdır. Son sıra direkler çekildikten sonra düşen taba-

kalar konverjansm asıl nedenidir. O.A.L. de ölçme yapılan ayaklarda taban kabarmaları konverjansa fazla etkin olmamıştır.

10. Konverjans artışı kömür kazısı sırasında ayaktaki tahkimat sırasındakinden daha fazladır. Toplam konverjansm tavan ayakta %76,8'i taban ayakta ise %69,2'si kazı sırasında oluşmuştur.

11. Konverjansm en hızlı artışı tavan ayakta 4,57 mm/saat, taban ayakta ise 5,58 mm/saat olarak ölçülmüştür. Ayaklardaki toplam konverjans artışı ise tavan ayakta 1,39 mm/saat taban ayakta 1,47 mm/saat'tir.

12. Konverjans zamanın fonksiyonu olduğu gibi ayağın üerleme hızının da bir fonksiyonudur. Konverjansm artış hızı ayağın üerleme hızı üe ters orantılıdır. Ayağın beher cm. üerleşisi için en fazla konverjans artması tavan ayakta 0,53 mm/cm taban ayakta ise **0,56** mm/cm olarak ölçülmüştür. Ayağın her cm ilerlemesi için toplam konverjans artma değeri tavan ayakta 0,33 mm/cm taban ayakta ise 0,38 mm/cm'dir.

13. Ölçmeler sırasında kullanılan foto-elâstik yük ölçerin düşük maliyeti, kolay kuruluşu ve sağlamlığı gibi olumlu yönleri olduğu gibi bazı olumsuz yönleri de vardır, örneğin: Yük ölçerlerin silindir camı üzerinde oluşan sekilerin okunmasındaki ayrıcalıkların giderilmesi yönünden okumaların aynı kişi tarafından yapılması gerekmektedir. Fazla şeküli okumalarda hata yapma olasılığı vardır. Okuma yapıldıktan sonra yüklerin hesaplanması zaman alıcıdır.

14. Ölçmeler sırasında kullanılan hidrolik yük ölçer fazla ve ani yük binmelerinde keçe patlattığından pek güvenceli olmamaktadır.

5. öneriler

Daha güvenceli ayak koşullarında çalışılabilmesi ve ekonomik açıdan yarar sağlanabilmesi, tavan denetiminin koşulların elverdiği oranda iyi bir şeküde yapılmasına bağlıdır. Bunun için de aşağıdaki öneriler yapılmaktadır.

1. O.A.L. İşletmesinde ayaklarda kullanılan sürtünmeli demir direklerin yük taşıma kapasiteleri ayakta ölçülen yüklerin çok üzerindedir. Bu durum ayak içerisinde hem ağır hem de gereğinden çok direk kullanılmasına sebep olmaktadır. Kullanılacak sürtünmeli demir tahkimat direklerinin maksimum yük taşıma kapasitelerinin 30 ton olması yeterlidir. Çalışılan ayaktaki koşullara göre ayak boyunca 1 veya 1,25 m. uzaklıkla yerleştirilmelidir.

2. Düz tahkimat düzeni tavan ve taban koşulları yönünden her iki ayakta da kullanılabilir en uygun düzendir. Taban ayaklarda şaş-beş tahkimat düzeni yerine bu düzen kullanılmakla kazı vardiyesinde yapılan 0,60 m.'lik üerleme iki misli artarak 1,20 m.'ye çıkacak, bunun sonucu olarak da hem daha elverişli ayak koşulları sağlanacak hem de ayağın üretimi bir kazı vardiyasında iki katma çıkmış olacaktır.

3. Tavan ve taban ayaklar bugünkü çalışma koşullarında her kazı vardiyesinde bir have üerleyecek şeküde (1,80 m/gün) açılmalıdır. Bunun içinde ayakların boyu, taşıma düzeni ve kazı macı sayısı gerektiği şekilde ayarlanmalıdır.

4. Taban ayaklarda her kömür kazı vardiyasında 1,20 m. lik bir üerleme yapılabilmesi için diğer önemli bir nokta da: En uygun delik delme ve verimli bir ateşleme düzeninin bulunmasıdır. Bunu sağlamak için ayaklarda bir araştırma yapılması gereklidir.

5. Şimdiki koşullarla çalışacak ayaklar için 15 tonluk hidrolik direkler yeterli olmakla beraber bölgedeki jeolojik koşullar (Faylar, kıvrımlar gibi) ve ayağın ilerleme hızının düşmesinden ötürü doğabüecek fazla yük taşınmasını zorunlu kılacak ayak şartları gözönüne alınırsa ençok 20 ton yük taşıma kapasiteli hidrolik direkler ayaklar için yeterlidir.

6. Aynı ayakta 5 ayrı tip sürtünmeli demir direğin kullanıldığı görülmüştür. Bunların herbirinin yük almada çalışma şekli ayrıcalık gösterdiğinden, yükler ayak içindeki direklerin üzerine aynı düzende gelmemektedir. Bu da ayak boyunca ve enlemesine düzgün yük dağılım düzenini bozmaktadır. Aynı

ayakta aynı tip direk kullanılmalı ve tahkimat direkleri koşulların elverdiği ölçüde düzgün sıralanmalıdır.

7. Ayakların tavan ve taban tabakalarının yük taşıma kapasitelerini belirtmek üzere bu konuda bir araştırma yapılması gereklidir. Bu kullanılacak direklere ilk yükü verirken tavanın kırılmasını önleyeceği gibi çok yakında O.A.L. İşletmesinde galeri açmakta kullanılacak lâğım açma makinasının yumuşak marn taban üzerinde ne kadar verimli çalışabileceğini gösterecektir.

8. Ayaklarda direkleri kurarken kriko kullanılmadığı için yük yük yeterince verilememekte bunun neticesi olarak daha az yüklerde büe fazla konverjans meydana gelmektedir.

9. Ayak içinde demir tahkimatlarla birlikte kullanılan ve çam ağacından yapılan domuz damlan kaldırılmalıdır. Domuz damları üe demir tahkimat direklerinin yük alma ve eğilme özellikleri aynı olmadığından ayak içerisindeki yük dağılımında düzensizliğe neden olmaktadır.

Bibliografik Tanıtım

1. Ünal, E., A Study of Load and Convergence at Two Longwall Faces and Interpretation of Strata Behaviour at O.A.L. Colliers Bey-pazarı, A Master Thesis, METU Ankara, September, 1974.
2. Roberts, A. and Hawkes, L., The Application of Photo-elastic Devices for Measuring Strata Pressures and Support Loads, Mine and Quarry Engineering, July, 1963.
3. Roberts, A., Hawkes, I., Williams, F. T., Dhrr, R. K., Laboratory Study of the Photo-elastic Stressmeter, Int. J. Rock Mech. Mining, ScL, V. 1, P. 441*457, 1965.
4. Shepherd, R., The Measurement and Interpretation of Strata Behaviour On Longwall Faces. Paper Presented to the Lancashire Branch on March 22, 1967.
5. Jacobi, O., The Pressure on Seam and Goaf, Presented at the International Strata Control Congress, Essen, October 17 and 18, 1956.
6. Ataman, T., Uzun Ayaklarda Tavan inmesi ve Tavan Kabarması (Convergence), Madencilik, Şubat, 1968.

ANKARA ANDEZİTİ, KİREÇTAŞI YE BAZI TRAVERTENLERİN YORULMA KARAKTERİSTİKLERİ

Seçkin İNCEEFE*

özet

Zamana bağlı yorulma olayının kuralları, klâsik bir yorulma eğrisinin safhaları ayrıntılarıyla anlatılıyor. Yorulmaya etki eden etkenler bir bir sıralanıp bunların etkileri inceleniyor. Konuya değişik yaklaşımlar (Deneysel, Olaysal, Teorik) gerekli formüller ve reolojik modellerle ayrı ayrı inceleniyor.

Tebliğin devamında yorulma deney yöntemleri, ve yapılan deneylerin metodu anlatılıyor. Kullanılan örneklerden kısaca bahsedildikten sonra, deneylerden elde edilen yorulma denklemleri veriliyor. (Denklemlerin elde edilmesinde computer kullanıldığını belirtmekte yarar var). Son olarak deneylerden elde edilen sonuçlar sıralanmakta ve yapılan işlerin genel bir eleştirisi verilmektedir.

Summary

Rules of time-dependent deformation and stages of a classical creep curve are defined. The factors effecting creep are examined. Empirical, phenomenological and theoretical approaches to creep mechanism are discussed with necessary formulas and rheologic models.

The methods of creep observations and samples experimented are introduced. The equations of each creep curve are given and affects of various factors examined and lastly a general criticism is made.

(*) Maden Y. Mühendisi - M.T.A.

I. GİRİŞ

Çoğunlukla her bilimin çok genelleşmiş kural v.e formülleri vardır. Bu genel kurallar o bilim dalındaki konuların pek çoğunu kapsarlar. Elektrikte $V=IR$, mekanikte $F=ma$, madde-enerji ilişkisinde $E=mc^2$ bunların örnekleridir.

Kaya mekaniğinde ise bu şekilde genelleşmiş kurallar henüz yoktur. Bunun nedeni kaya mekaniğinin konusunun gösterdiği özelliştir. Konu: Kayadır, taştır, doğal kayasal yapılardır. Kayalar homojen değildir. Oluşumları insan kontrolünün dışında olmuştur. Birbirinin tıpa tıp aynı iki taş yapısı bulunamaz. Hatta aynı taş yapısı içinde birer metre aralıkla alman iki örnek bile aynı özellikleri göstermez. Bu yer-kabuğunun doğal özelliğidir. Dolayısıyla kaya mekaniğinde çok genel kurallara rastlanmaz. Her olay belli özellikleri ile tanımlanır.

Yorulma, kaya mekaniğinin bir özel dalıdır. Bazı genellemeler varsa da, her yorulma olayının özel formül ve modelleri vardır.

Bu çalışma, yorulma konusunda yapılan özel bir laboratuvar araştırmasıdır. Bu şeküde yapılan binlerce deney ve araştırma gelecekte toplandığında, kaya mekaniğinde çok genel kurallara gidilmesi sağlanabilecektir.

Burada, çalışmada, yorulmaya etki eden etkenler incelenmiştir. Zamana bağlı yorulmaların grafikleri çizilip denklemleri ve bunların geçerliliği tartışılmıştır.

H. TANIMLAR

A. Yorulma

Yorulma, zamana bağh bozulma yada bir maddenin elastik basınç limitinin altında, sürekli ve fakat yavaş bozulması olarak tanımlanır (1). Zamana bağh olan yorulma, çeşitli etkenlerin, örneğin uygulanan basınç yada yük, kayanın mekanik ve minerolojik özellikleri, deney ortamı vs.. etkisiyle örnek taşın kırılmasına sebep olabilir.

B. Rheoloji

Rheoloji, maddelerin bozulmalarını ve akmalarını inceleyen bilim dalıdır. Terim geneldir. Akma'da bütün etkenleri zamanın fonksiyonu olarak inceler (5). Bükülebilme, kıvrılabilme özellikleri olmayan, ana özellikleri "gevrek kırılma" olan bazı kayaların, bazan yer kabuğunda gayet kıvrımlı bir durumda oldukları görülmüştür. Zaman etkisi hesaba katılmazsa bu durumun açıklanması olanaksızdır. Böyle bir evrimin bilimsel yorumu Rheolojinin konusudur.

C. Genel Mekanik

Genel mekanik, madde noktalan ve bunların meydana getirdiği sistem veya rigid maddeler sistemi ile ilgilenir (5). Maddesel özellikler önemli değildir, örneğin güneş etrafında dönen gezegenleri ele alalım. Genel mekanik açısından önemli olan gezegenlerin kütleleridir. Gezegen suda mı oluşmuş, kayadan mı, lastikten mi, plastikten mi, bu genel mekaniği ilgilendirmez. Oysa bunların rheologyc özellikleri çok farklıdır: Su akar, lastik elastiktir, plastik plastiktir. Gezegenin güneş etrafındaki hareketi düşünülürse, bu ayrı maddelerin davranışı aynıdır. Oysa gezegenin içinde bunların birbirine göre hareketleri farklıdır.

D. Ağdalılık

Ağdalılık (TI), belirli bir alana dik olan yönde birim hız değişimi varsa, bu alana etki eden kesme gerilmeğidir (22) :

$$\tau = \eta \frac{d\gamma}{dt}$$
$$\tau \frac{dt}{d\gamma} = \eta = \frac{\text{din}}{\text{cm}^2} \text{ sn} = \text{Bar. sn} = \text{Poise}$$

m. YORULMA KURALLARI

Yorulma bazı kurallar içinde olur. Değişik etkenler değişik biçimlerde zamana bağlı yorulmayı etkiler. Bunları, ayrıntıları

ile birlikte, incelemeden evvel klâsik bir yorulma eğrisini incelemekte fayda vardır.

A. Zamana Bağlı Yorulma Eğrisi

1 — Ansal Bozulma

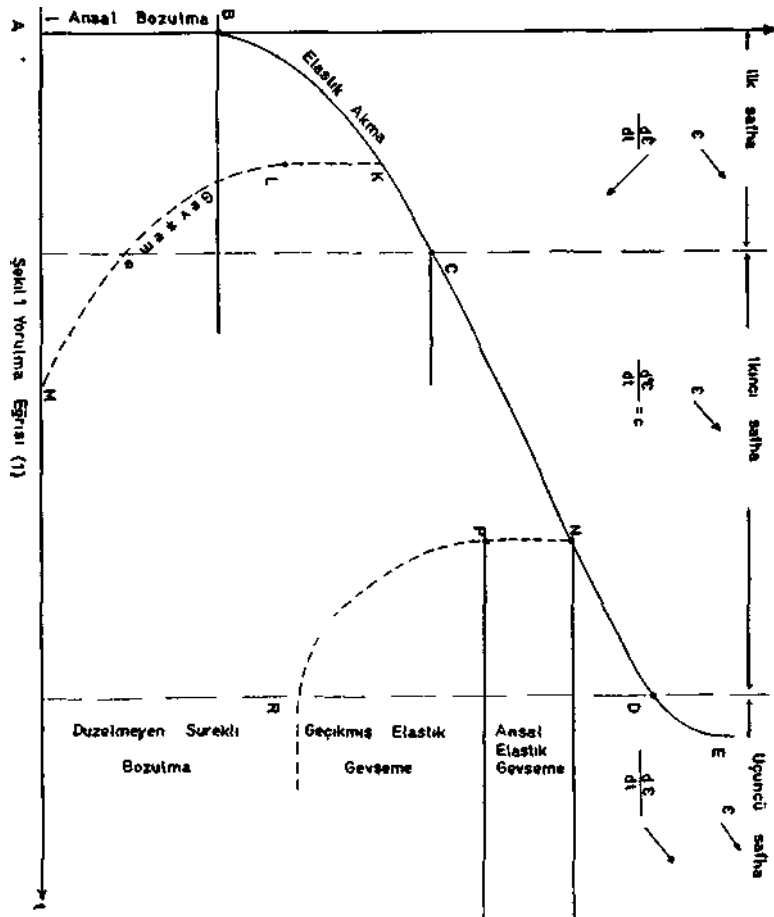
Bir örnek taş, elastik sınırının altında ansal olarak yüklendiğinde taşta ansal bir deformasyon olur. Buna ansal yorulma (1) denir. Olay şekil l'de görülmektedir. A-B arası ansal yorulmayı göstermektedir.

2 — Yorulmanın tik Safhası

Bu safhaya geçici yorulma da denir. Bu safha şekü l'de B-C arasında gösterilmiştir. Zaman artarken deformasyon oranı artmakta ve ancak deformasyon oranının zamana göre artış hızı azalmaktadır. Artış oranı (eğriye çizülen teğetin eğinü) B noktasında hemen hemen sonsuzdur. C noktasına yaklaşırken, bu oran azalmaktadır. Bu aşamaya elastik akışkanlık ya da gecikmiş elastik deformasyon da denmektedir. Eğer örnek taş tamamen elastik ise ve yük, yorulmanın bu safhasında iken kaldırılırsa, ükin ansal bir boşalma, gevşeme olur (Şekü K-L arası). Daha sonra zamana bağlı gevşeme başlar ve bir M noktasında deformasyon sıfıra ulaşır. Şeküde L-M arasında gösterilen bu durum zamana bağlı elastik gevşeme diye adlandırılır. Elbetteki eğer örnek taş plastik karakterde ise deformasyon hiç bir zaman sıfıra ulaşamaz ve belli bir değerde değişmez kalır (12).

3 — Yorulmanın İkinci Aşaması

Bu aşamadaki deformasyon düzenli diye de adlandırılır (12). Bu safhada zaman artarken deformasyon oranı da artar. Ancak deformasyon oranının zamana göre orantısı değişmez. Şekü l'de, C-D arası bu safhayı göstermektedir. Yük kaldırıldığında deformasyonun tamamen sıfıra ulaşması, örnek yüzde yüz elastik te olsa ,bu aşamada artık olanaksızdır. İlkin elastik



bir gevşeme olur (N-P arası), sonra gevşemenin zamana göre oranıtısı giderek azalır ve sıfıra ulaşır (R noktası). Bundan sonra deformasyon sonsuza dek değışmez bir değerde kalır.

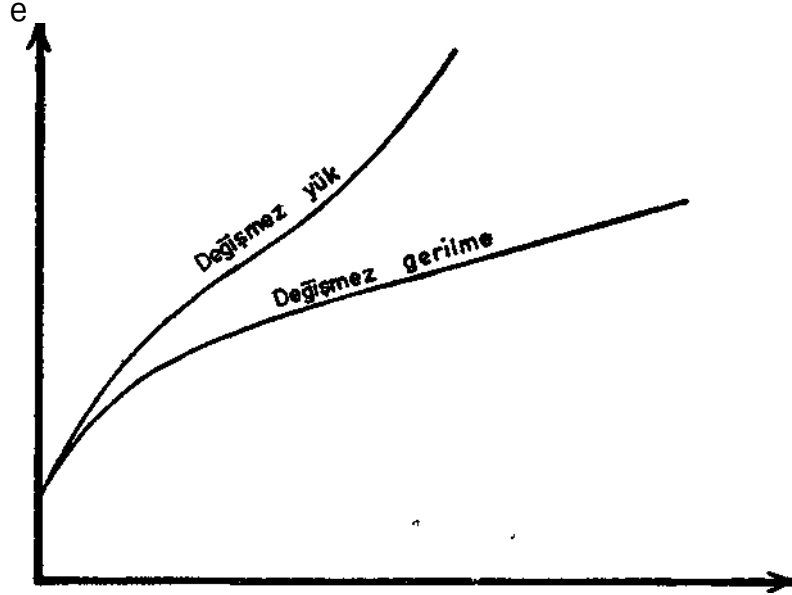
4 — Yorulmanın Üçüncü Aşaması

Bu safha çok kısa sürer. Bu süre bazan bir kaç dakika ve bazan da bir iki saniye kadardır. Hem deformasyon oranı hem de bunun zamana göre oranıtısı, oldukça hızlı bir şekilde artar. Deney parçası E'de kırılır. Bu safha hakkında bu gün çok az şey bilinmektedir.

B. Yorulma Olayına Etki Eden Etkenler

1. Uygulanan Gerilme ya da Yük

İlkin "değişmez yük" ile "değişmez gerilme" arasındaki kavram farkını açıklamakta yarar vardır. Değişmez yük ile değişmez gerilme arasındaki fark şekil 2'de gösterilmiştir.

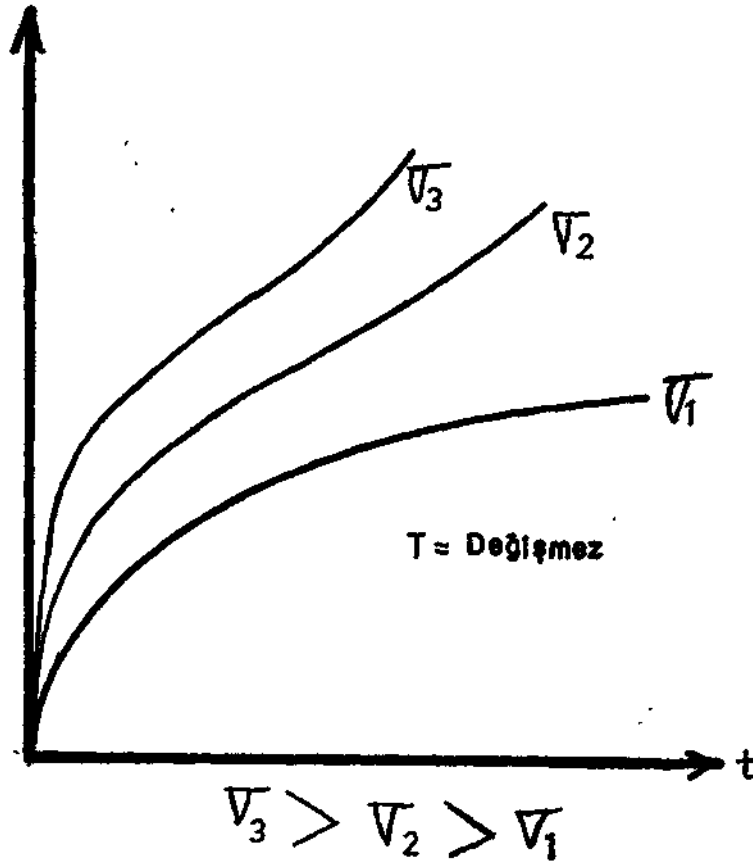


Şekil % — Değişmez ytk ile değişmez gerilme arasındaki fark (22)

Bir örnek değişmez yük altında deforme olur. Bir tele asılan değişmez bir yükün telde yaratacağı normal gerilme, yük/telin kesit alanı'dır. Ancak zamanla tel uzar. Uzayınca kesit alanı küçülür. Yük değişmez kalmasına rağmen kesit alan değiştikten gerilme değişir. Değişmez basınç yaratmanın çok çeşitli yolları vardır. Ancak burada buna değinilmeyecektir.

Değişik gerilmelerde yorulma eğrisi: Uygulanan gerilme miktarı deformasyon'a ve deformasyon oranına etki eden önemli bir etkidir. Bu konuda deneysel bir formül de şudur:

$$\frac{d\epsilon}{dt} = C \sigma^n \quad (1)$$

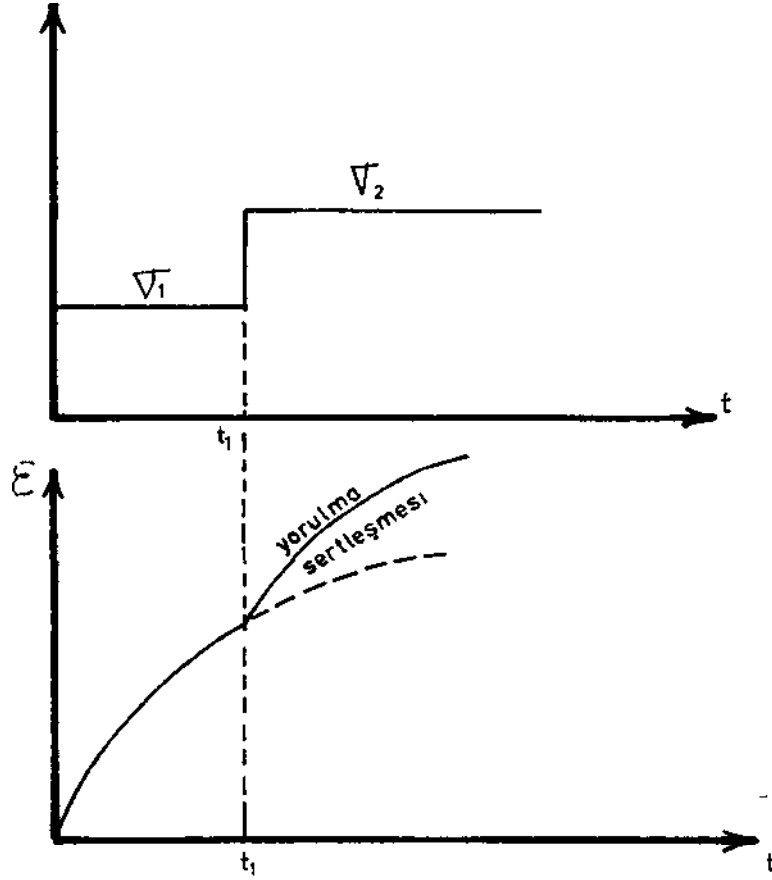


Şekil 3 — Değişik gerilme seviyelerinde değişik yorulma eğrileri (9,13)

Burada üst "n" deney parçasını oluşturan kayanın cinsine ve uygulanan gerilme miktarına bağlı bir değerdir. Düşük gerilmelerde genellikle $n = 1$ civarındadır. Yüksek gerilmelerde $n = 5$ ve daha da fazla olabilmektedir.

Uygulanan gerilme düşük olduğunda, deformasyon oranı/zaman da düşük olmaktadır. Değişik gerilmelerin etkileri şekil 3'de görülmektedir.

Yorulma esnasında, gerilmenin değişmesi: Yorulma olayı esnasında gerilmenin artması, deformasyonun da artmasına sebep olur. Bu olay "deformasyon sertleşmesi" olarak bilinir (13). Şekü 4 böyle bir değişmeyi göstermektedir.

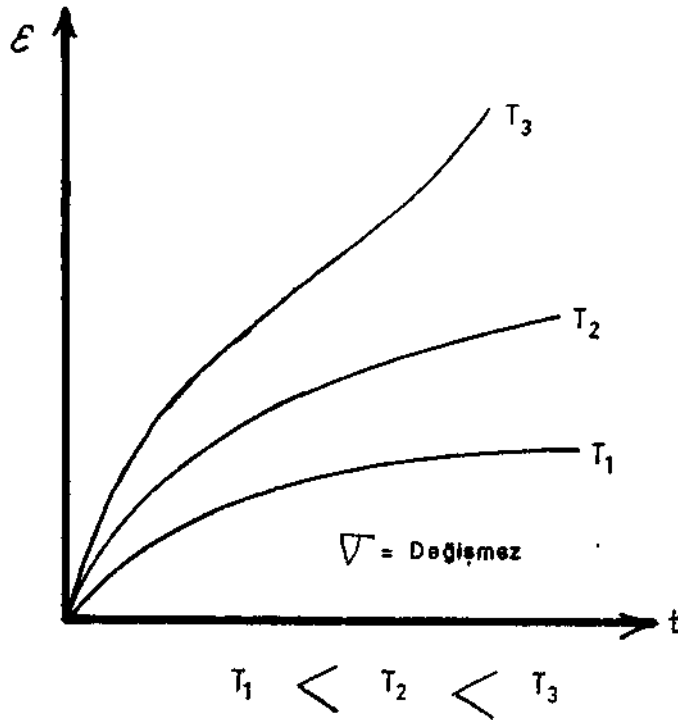


Şekil 4 — Yorulma esnasında gerilmenin artırılması (13)

Deney parçasına ilkin f_1 gerilmesi uygulanmıştır. t_x zamanında gerilme f_1 'den f_2 'ye çıkarılmıştır. ($f_2 > f_1$). Yorulma eğrisi de "yorulma sertleşmesi" durumuna girer. Eğer gerilme artırılmasaydı, normal yorulma kesik çizgi ile devam edecekti (Şekil: 4).

2. Sıcaklık

Diğer bütün etkenler değişmez tutulduğunda, sıcaklıktaki artış, yorulma değerlerini arttıracaktır. Şekil 5'de bu açıkça görülmektedir.



Burada deneysel olarak bulunmuş deformasyon oranı/zaman formülünü belirtmekte fayda vardır.

$$\frac{dz}{dt} = A \cdot t^{-n} \quad (9,11).$$

oluşturan taşın cinsine ve deney koşullarına bağlı değerlerdir. Sıcaklık arttıkça A değeri de artar.

Gazlarda, sıcaklığın artması ağırlığı arttırır, oysa sıvı ve katılarda sıcaklığın artmasıyla ağırlık azalır ve bu özellik de akmayı, yani zamana bağlı yorulmayı kolaylaştırır.

5. Nem

Bir çok deneyler göstermiştir ki çevrenin izafi nemi azaldıkça yorulma/zaman oranı artmaktadır. Çevre nemi ile deney parçası taşın nemi dengeye ulaştıkça, artık yorulma nemden etkilenmemektedir (12,19).

4. Deney Parçasını Oluşturan Taşların Minerolojik özellikleri

Bu konu, yorulma olayının "teorik açıklaması" kısmında geniş bir şekilde anlatılacaktır.

0. Yorulma Olayının Mekanizması

Kayalarda yorulma olayının mekanizmasını açıklamak oldukça güçtür. Bunda en büyük etken, başlarda da sözü edildiği gibi, kayaların homojen olmayışıdır. Her deney parçası birbirinden farklıdır. Bunun içindir ki her yorulma deneyi, kendi özel karakterlerini de birlikte getirir. Değişik yorulma eğrileri bir "genel formül" ile belirlenmemektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı, yorulma olayım üç ayrı yaklaşımla incelemek gerekliliği doğmuştur. Bu yaklaşımlar:

1. Deneysel Yaklaşım

Burada esas amaç, zaman-deformasyon oranı/zaman değerlerini gözetlemek ve yorulmayı, gerilme, sıcaklık ve diğer değişkenlerin fonksiyonu olarak belirlemektir. Deneysel sonuçlar matematiksel formlere çevrilebilir. Belli deney koşulların-

da, sonuçlar matematiksel olarak belirlenir. Yorulma eğrisini çok iyi tanımlayan bu yaklaşımın eksik yanı, deformasyon olayının mekanizması hakkında çok şey söylememesidir.

a. Yorulmanın İlk Aşaması

Bu safhadaki yorulma eğrisini belirlemek için bazı formüller vardır. Bunlar üslü formül, logaritmik formül, hiperbolik formül, sinhiperbolik, coshiperbolik ve/veya bunların kombinasyonu ile elde edilen formüllerdir.

Genel olarak:

$$\frac{de}{dt} = A \cdot t^{-n} \quad (9,11)$$

Eğer $n=1$ ise

$e = A \log t$ (9) bulunur. Bu formül ya " ∞ yorulma" ya da "logaritmik yorulma" denklemleri diye adlandırılır. Ancak formülün bazı noksanlıkları vardır.

t zamanının (0) olduğu yerde, formüle göre $e = -\infty$ dur. Bu ise yorulma gerçeğine aykırıdır. Daha geçerli olması için formülde bazı değişiklikler yapılması gerekli olmuş ve yapılmıştır. Düzeltilmiş formül şöyle:

$$e = A \log (1 + Bt)$$

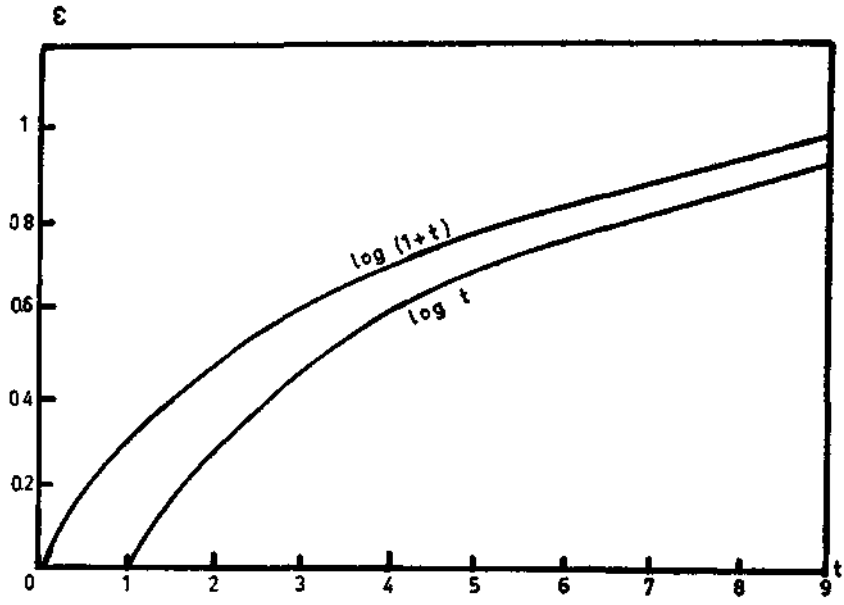
Burada $t = 0$ iken $e = 0$ olur.

$e = \log t$ ve $e = (1 + t)$ eğrilerinin gösterdiği farklılıklar şekil 6'da gösterilmiştir.

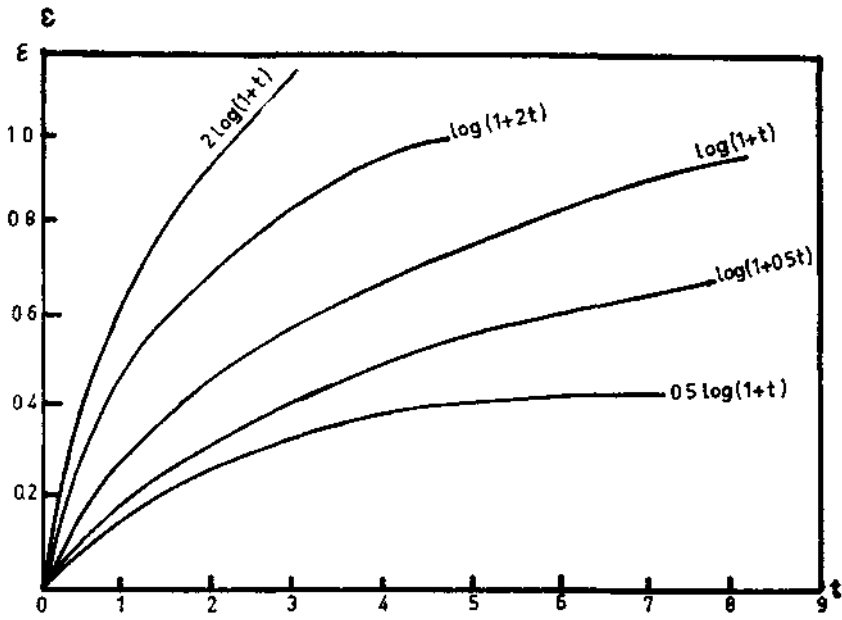
Logaritmik formüller içinde en uygun olanı

$e = A \log (1 + Bt)$ 'dir. Değişik A ve B değerlerine göre elde edilen eğriler şekil 7'de gösterilmiştir.

Deformasyonun ve deformasyon/zaman oran değerlerinin daha yüksek olduğu yorulmalarda $n = 2\beta$ olarak alınır ve bu yorulma " β yorulması" diye adlandırılır.



Şekil 6 — Log (1+t) ve log t eğrileri (4)



ŞekU 7 — A Log (1+Bt) eğrileri (4)

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = A t^{-2/3}$$

$$\varepsilon = 3 A t^{1/3} = \beta t^{1/3} \quad (9) \text{ bulunur.}$$

Genel formülde $n \longrightarrow -n$ olursa,

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = A \cdot t^n \quad \text{olur.}$$

$$\varepsilon = \frac{A}{n+1} t^{n+1} \quad (9,14) \text{ bulunur. Bu da üs formülü}$$

olarak bilinmektedir.

Hiperbolic sine formülleri de aynı amaç için kullanılmaktadır. Genel olarak,

$$E = A + B \operatorname{smh}(ct^{1/3}) \text{ kullanılır.}$$

Yorulmanın ilk safhası için kullanılan diğer formülleri de şöyle sıralayabiliriz:

$$\varepsilon = a \operatorname{Log} (1+bt)^{2/3} \dots \text{ Mott ve Nabarro formülü (4)}$$

$$\varepsilon = at^m + bt^n + ct^p + \dots \text{ Graham formülü (4)}$$

$$\varepsilon = a \operatorname{Log} t + bt^n, \dots \text{ Wyatt formülü (4)}$$

b. ikinci Ağama

Bu safhada yorulma eğrisi bir doğru olarak belirlemektedir. Bu bakımdan formüle edilmesi çok daha basittir:

$$e = bt, \text{ yeterli bir formüldür.}$$

c Üçüncü Ağama

Üçüncü aşama hakkında henüz pek bir şey bilinmiyor. Dolayısıyla belli bir formül yazmak olanaksızdır.

2 — Olaysal Yaklaşım

Olaysal yaklaşım ile yük altındaki tasların durumları bazı fiziksel modellerle açıklanır. Bunun için de bazı reolojik modeller önerilmiştir. Bu modellere geçmeden önce, cisimlerin gerilmeye karşı gösterdikleri direniş özelliklerine göre sınıflandırılması yararlı olacaktır.

Paskal sıvısı (5) : Hidrostatik basıncı, Paskal sıvısının hacim değiştiremez. Yani cisim "sıkıştırılmaz" özelliğindedir. Bununla birlikte, cismi meydana getiren parçacıklar birbiri üstünden sürtünmesiz olarak kayarlar.

Euclid - Katısı: Parçacıkların birbirine; cismin içinde karşılıklı hiç bir iç-basma yoktur (5). Parçacıklar birbirlerinden bağımsızdır. Veya parçacıklar bir cisim meydana getiremezler. Bundan dolayı Euclid-Katısı, reoloji açısından enteresan değildir. Reolojinin konusu içine girmez.

Paskal-sıvısı ve Euclid-katısı matematiksel ideallerdir. Gerçek cisim değildirler. Bütün gerçek cisimler bu iki uç idealler arasında sıralanırlar. Euclid-katısı, genel mekaniğin konusudur. Hooke-katısı da elastik-teorisinin konusudur. Hidrodinamik Paskal ve Newton sıvılarıyla uğraşır.

Sınıflandırma şöyledir (5) :

Euclid-katısı, Gerçek cisimler (Hooke-katısı . . . Newton sıvısı) /Paskal sıvısı

Hooke-katısı için çelik, Newton-sıvısı için de su güzel birer örnektir.

b. Reolojik modeller

Reolojik modellere geçmeden önce ilkel elektrik devreleri ile konu arasında bir benzerlik kurulabilir. Deformasyon oranları potansiyel (gerilim) farkı, gerilmeler de elektrik akınımına benzetilebilir. Seri bir devreden geçen elektrik akımı değişmez. Oysa toplam gerilim bütün birimlerdeki gerilmelerin toplamına eşittir. Seri bir bağlantıda gerilmelerin aynen iletildiği varsayımı kabul edilmiştir. Oysa toplam deformasyon her birimdeki

deformasyonun toplamıdır. Paralel bir devrede ise toplam deformasyon, paralel birimlerdeki deformasyonlara eşittir; tıpkı elektrik devresindeki voltaj durumu gibi.

i — Hooke-katısı (H); yay modeli (1,14, 20, 21)

Burada ideal bir özellik vardır. Tüm deformasyonlar tekrar düzelir. Basınç ve deformasyon ile gerilme arasındaki ilişki:

$$\sigma = \epsilon \cdot E$$

Bu çeşit katılar bir yay modeli üe gösterilir. Şekü 8'de böyle bir model gerüme-zaman ile deformasyon oranı-zaman eğri-leri gösterilmiştir.

ü — Ağdalı katı, Newton katısı-(doğrusal sıvı) Daspot modeli (1,14, 20, 21)

Değişmez bir gerilme, ağdah bir katıya uygulandığında, deformasyon zamana bağlı olarak artar. Yük kaldırılınca deformasyon geri düzelmez. Model, yük-zaman ve deformasyon oranı-zaman eğri-leri şekü 9'da gösterilmiştir. Burada uygulanan yük üe deformasyon oranı-zaman arasındaki ilişki şöyledir:

$$\sigma = \eta \frac{d\epsilon}{dt} \quad (5). \text{ Buradan}$$

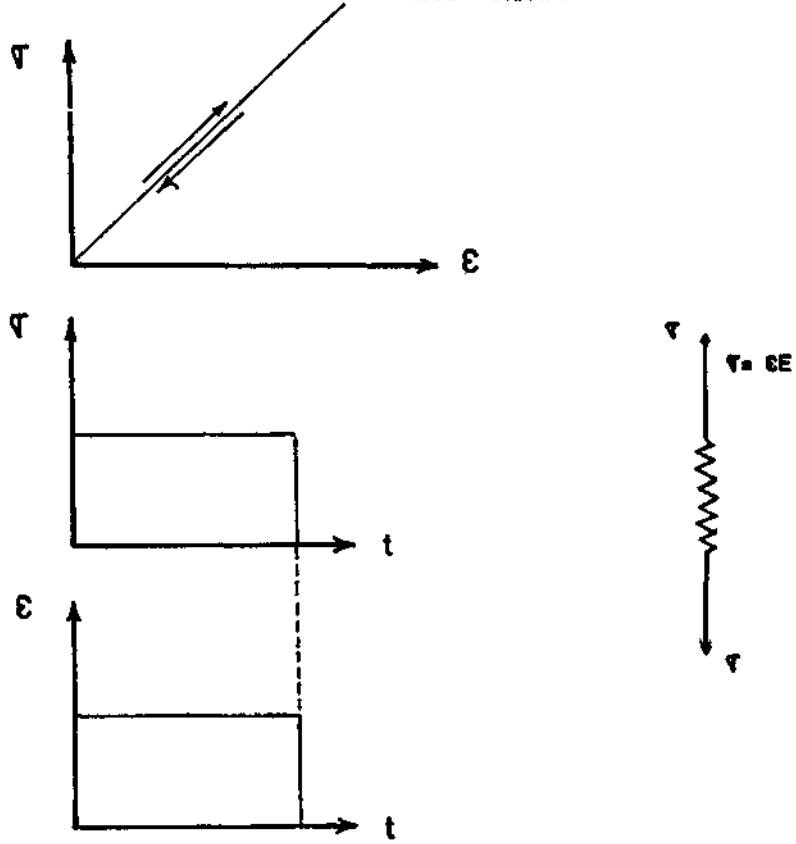
$$\epsilon = \frac{\sigma}{\eta} t \quad \text{bulunur.}$$

Kesme gerilmesi üe kesme-deformasyon oram arasındaki ilişki doğrusaldır ve bu doğrunun eğimi ağdalılık katsayısını yani O_i)'yı verir. Bu ilişki şekü 10'da gösterilmiştir.

iü — Maxwel Modeli

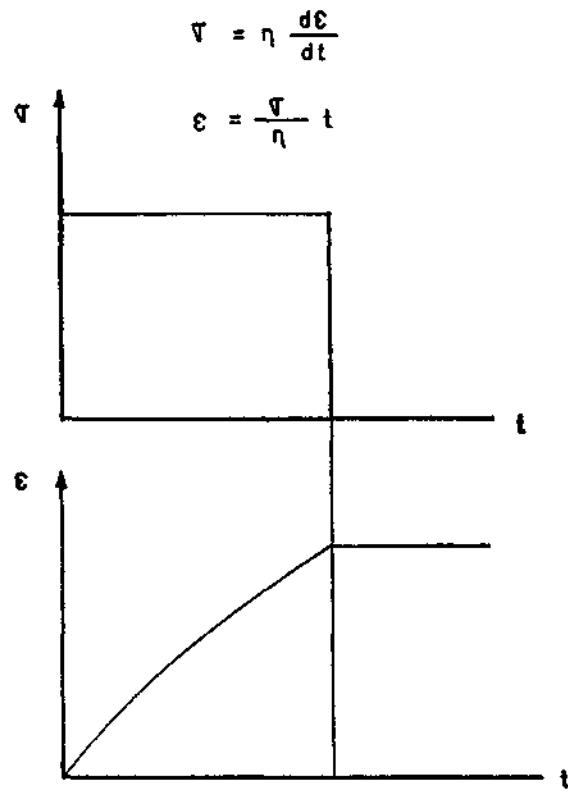
Ansal deformasyon üe yorulmanın ikinci safhasını kapsar. Ansal deformasyon sonra yorulma doğrusal olarak artar. Bir t_i anında yük kaldırılırsa yine ansal bir gevşeme olur. Daha sonra yorulma eğrisi zaman eksenine paralel olarak devam

HOOKE KATISI (H)
İdeal Elastik

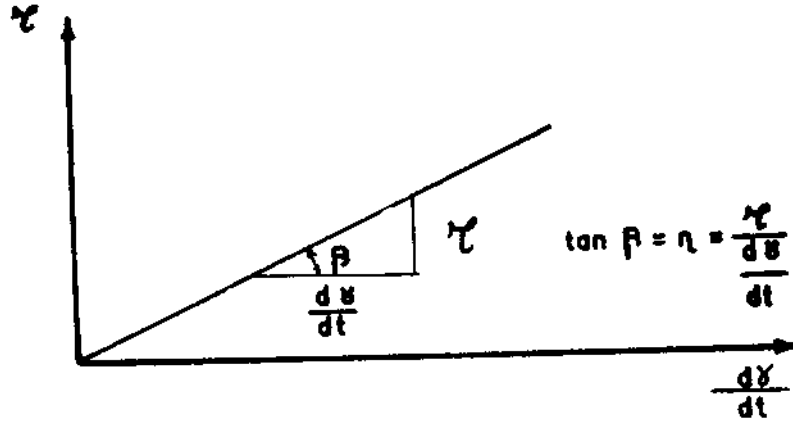


Şekil 8 — Hooke katısı (1, 14, 20, 21)

NEWTON



Şekil 9 — Ağdalı kata-doğrusal sıvı (1, 14, 21)



Şekil 10 — Kesme gerilmesi ile kesme deformaasyon oranı arasındaki ilişki (21)

eder. Bu model bir yay ile bir daspotunu (silindir-piston) seri olarak bağlantısıdır. Şekil 11'de bu model görülmektedir. Ansal deformaasyon yayın elastik özelliğinden dolayıdır ve $\frac{\sigma}{E}$ 'ye eşittir. Yorulmanın denklemi:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + \frac{\sigma}{\eta} t \quad \text{dir.}$$

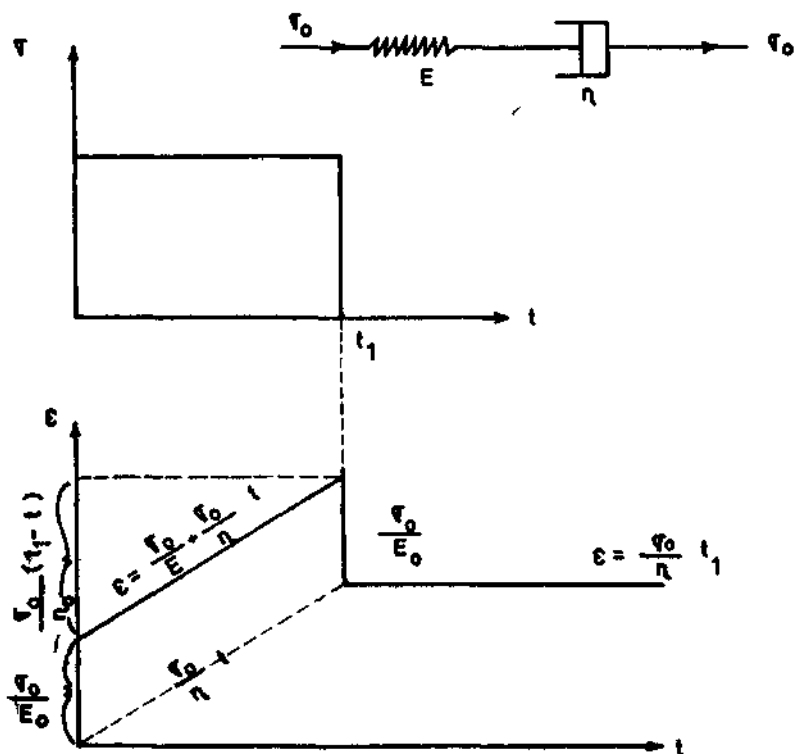
iv — Kelvin (Voigt) Model (1, 14, 20, 21)

Bir dashpot ile bir yayın paralel bağlanmasından meydana gelen bir modeldir. Burada ansal deformaasyon yoktur. Ancak yorulmanın ilk safhasını kapsar. Denklemi,

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \left(1 - e^{-\frac{E}{\eta} t}\right) \quad \text{şeklindedir.}$$

Yük kaldırıldığında, ansal bir boşalma olmaz. Deformaasyon azalması zamana bağlı olarak giderek oluşur. Deformaasyon azalması denklemi,

MAXWELL MODELİ



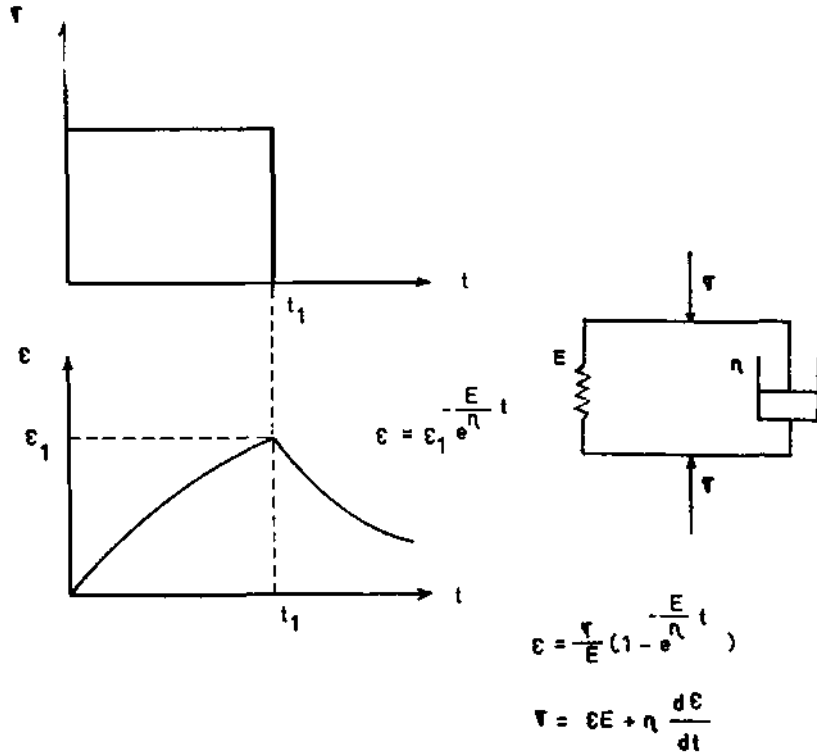
$$\frac{dE}{dt} = \frac{\tau_0}{E} + \frac{dF}{dt} \cdot \frac{1}{\eta} \Rightarrow \frac{d\tau}{dt} = -\frac{E}{\eta} \cdot \tau_0 \cdot \frac{F}{\sigma}$$

Sekil 11 - Maxwell model (4, 14, 20, 21)

$$\varepsilon = \varepsilon_1 e^{-\frac{E}{\eta} t} . \text{ Burada görüldüğü üzere } (t = \infty) \text{ son-}$$

suz zamanda bu düzelme tam olur. Şekil 12'de bu model görülmektedir.

KELVIN (VOIGT) (K)



Şekil 12 — Kelvin (Voigt) modeli (1, 14, 20, 21)

v — Diğer Modeller

Burada sıralananların dışında daha birçok modeller vardır. Örneğin Zener modeli, Maxwell ve Voigt karmaşığı, Burger modeli vs.

3 — Yorulma Mekanizmasına Teorik Yaklaşım

Bu yaklaşım gerilme altındaki taşların minerolojik özelliklerini ve bunların değişimini inceler. Taşlar, gerilme altında değişik deformasyon özellikleri gösteren mineral taneciklerinden oluşmuştur. Kalker hariç tutulursa, tortusal kayalar genellikle kalkerli veya killi bağ maddeleriyle birbirine yapışmış Quartz taneciklerinden oluşur. Mağmatik ve metamorfik kayalar ise genellikle mekanik bağlarla birbirine bağlanmış bir takım kristallerden oluşmaktadır (1).

Değişik deformasyon özellikleri olan minerallerden meydana gelen bir taş, gerilme altında tutulduğunda, elastik özellik gösteren bir mineral ansal olarak deforme olur. Oysa ağdalılık özeliği gösteren komşu bir mineral ansal olarak deforme olmaz; ancak yavaş yavaş başlayan bir deformasyon gösterir. Yük kaldırıldığında, daha elastik olan mineraller ansal olarak boşanıp düzelmeye çalışır. Ancak ağdalılık özeliği gösteren ortam bunu engeller. Tortusal kayalarda ağdalılık özeliği gösteren madde kalkerli veya killi bağlantı maddeleridir.

Elastik deformasyon genellikle ansal olan deformasyondur. Daha sonraki deformasyonlar elastik olmayanlardır. Bu ise cismin atomik yapısındaki şeküsel değişimelerdendir. Bir kristalin yapıda bu, bir kristal blokun diğeri üzerinde, şekil 13 de görüldüğü gibi kayması şeklinde olur (7).

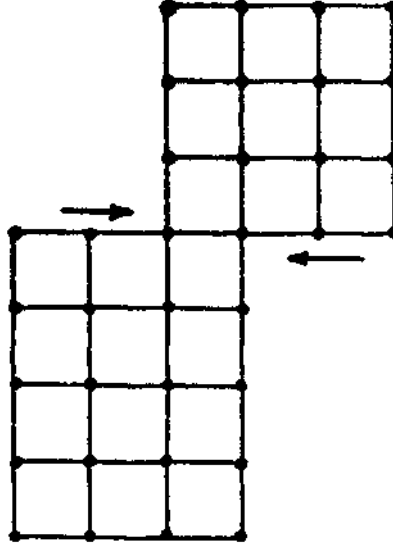
Bir polimerde ise, zayıf bağlı polimer zincirlerinin kopması şeklinde belirlenebilir.

Tekrardan kristalize olma, yüksek sıcaklıkta dikkate alınması gerekli olan bir olaydır.

IV — MADEN PLANLAMASINDA YORULMA

Yeraltı ocaklarında yorulmanın etkisi yok denecek kadar azdır. Zaten madenciliğin felsefesi, yeraltından (veya üstünden) değerli madenleri mümkün olduğu kadar çabuk çıkartmaktır. Üst tabakaların gevşeme, bozulma ve kırılma veya yı-

kılma (çökme) lan belli bir zaman ister. İşte madenci bu zamandan evvel işini bitirmelidir. Yani madencilik dinamik bir iştir. Dolayısıyla yorulma pek söz konusu olmaz. Ancak oda ve topuk yönteminde topuklarda bazı yorulmalar gözetlenmiştir.

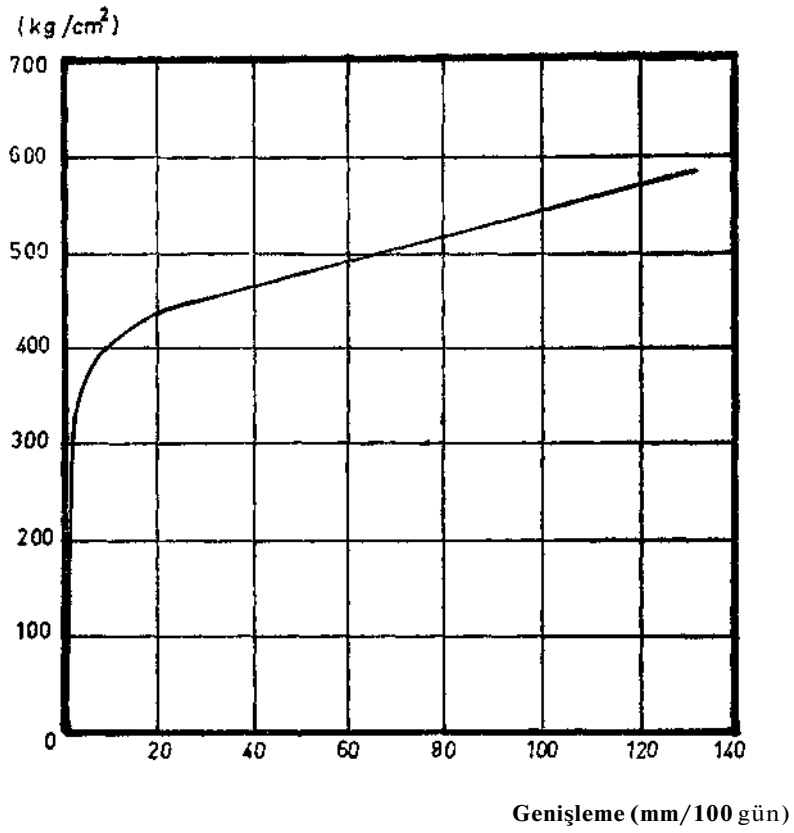


Şekil 15 — Kristal kayma (7)

Yeraltında yan basınç önemli bir etkidir. Belli bir sınıra kadar yan basınç yorulmaya fazla bir etkisi olmaz. Ancak o sınır aşıldığında, yan basınç, kayaların plastik özelliğini artırır.

Ayrıca topuklardaki genişlik/yükseklik oranı da önemli bir etkidir. Pott bazı modeller üzerinde bu konuda bir çalışma yapmıştır (2). Daha çok gözlem niteliğinde olan çalışmaları için Pott bazı sonuçları tabloştırmıştır. Ona göre kaya tuzu topuklarında genişlik/yükseklik oranının değişik değerlerine göre kritik deformasyon değeri vardır. Bu kritik deformasyon oranları aşılnca tehlikeli durumlar ortaya çıkmaktadır.

Yorulmaya yatkın Potash yataklarının işletilmesinde, yorulma ile ilgili ilk bilgiler Höfer (2) tarafından ortaya konulmuştur. Şekil 14 Höfer'in gözlemelerini göstermektedir. Düşey



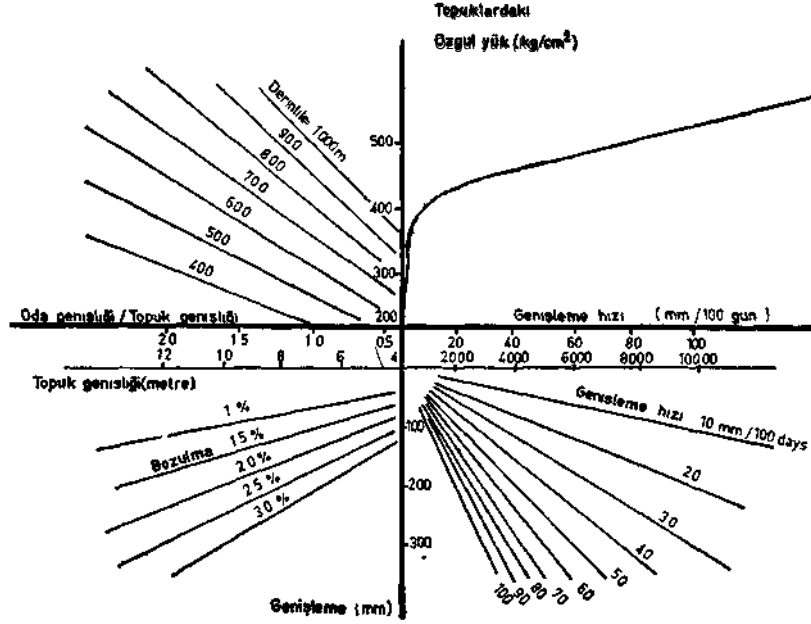
ŞekU 14 — Hitter*!» gözlemleri

Tablo 1 — Pott'un Model Çalışmalarının Sonuçları (2)

Genişlik/Yükseklik	Kritik Deformasyon Oranı %
1.00	1.6
1.50	3.0
1.75	5.0
2.00	15.0

eksen topuğa gelen basıncı, yatay ekseninde topuğun enlemesine genişleme hızım (mm/100 gün) göstermektedir.

Höfer'in bulduğu en önemli sonuç şekil 15'de gösterilmiştir. Değişik boyutlardaki topukların (Potash'ta) seçimi ve bunlardaki genişlemeler grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 15 — Höfer'in gözlemleri

V. DENEYLER

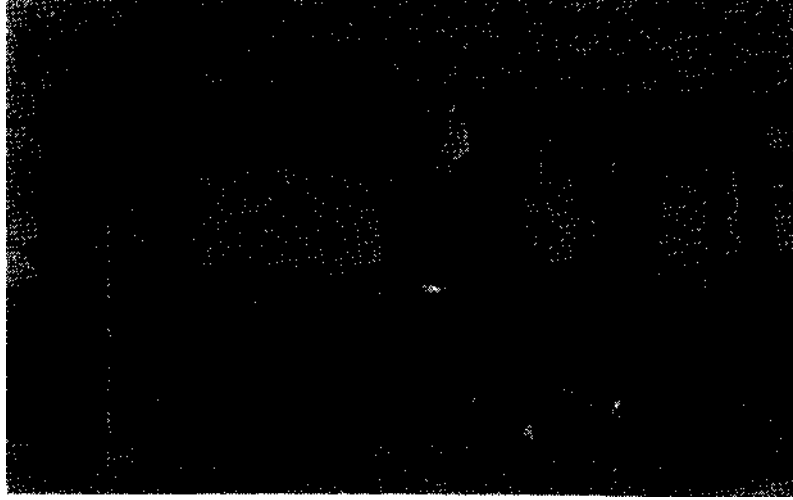
A. Yorulma ölçme Yöntemleri

Yorulma ölçümlerinde genel prensip deney parçası üzerinde değişmez bir gerilme sağlamaktır. Bu da herhangi bir pres üe mümkün olamamaktadır. Devreye eklenen bir gas sistemi ile değişmez basınç sağlanabilir. Sonraki problem deformasyonları gözlemektir. Bunun da değişik yolları vardır. Deformasyon, örneğin, duyarlılığı 10^{-6} inch olan mekanik göstergelerle dolaysız olarak ölçülebilir. Optik yollarla da ölçü almak mümkündür. Deformasyon gözlemlerinde en duyarlı yol elektro-mekanik yöntemdir.

B. Yapılan Deneylede Kullanılan Gözlemi Yöntemleri

1 — Salt Mekanik Gözlemler

a. Örnek taşlar prizmatik şekilde kesilerek hazırlandıktan sonra şekil 16'da görülen, demirden yapılmış bir iskelet üzerine yerleştirilir. Yük tam orta noktadan asılır. Yükün asıldığı yerdeki belverme mekanik bir gösterge üe gözlenerek ölçülür.



Şekil 16 — Demir iskelet, yükün asılması

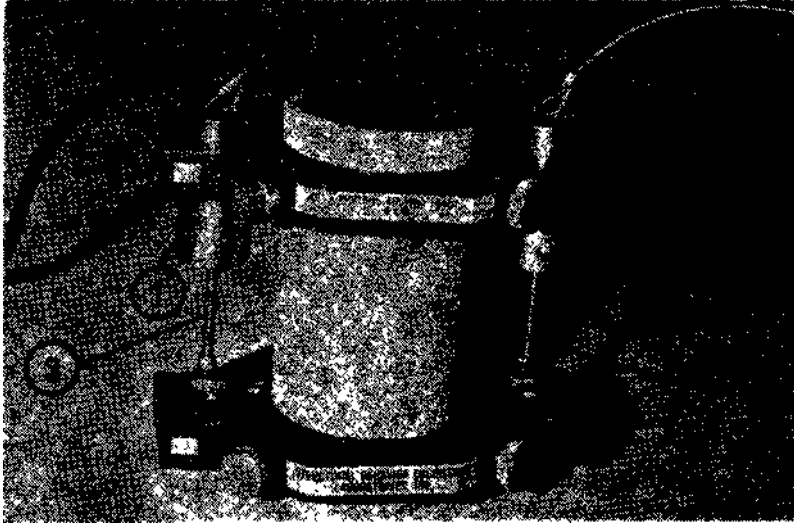
b. Prizmatik deney parçası bir ucundan tutturularak, öteki ucu kendi ağırlığı üe eğümeğe bırakılır. Deney parçasının serbest ucuna mekanik bir gösterge yerleştirilir, şekil 17.

2 — Elektro-Mekanik Gözlemler

Silindirik deney parçaları üzerinde uygulanan bir yöntemdir. Deney parçası 10 000 lb kapasiteli presin altına "deformasyon kelepçesi" ile birlikte yerleştirilir (Şekü 18). Bu kelepçelerde iki tane bobin ve mekanik deformasyonu, elektrik sinyallerine çeviren ve bobinin içinde hareket eden yumuşak, küçük demir çubuklar vardır; deformasyon arttıkça çubuk bobi-

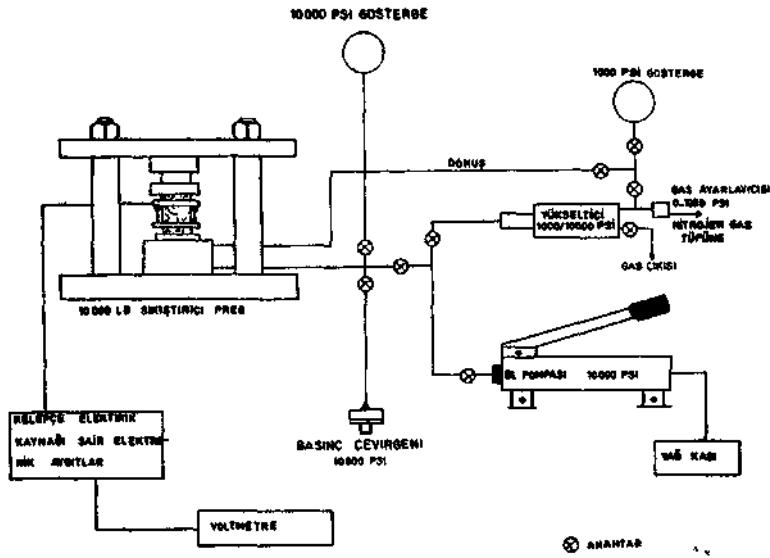


Şekil 17 — Bir ucundan kelepçelenmiş prizmalar



Şekil 18 — örnek taş ve bozulma kelepçesi
1 - 2 Bobin, 3 - 4 Yumuşak demir çubuklar

nin içine daha çok girer ve bir indüksiyon gerilimi meydana gelir. Bu gerilim değişik zamanlarda ölçülür, belirli formüllerle işleme sokularak deformasyon duyarlı bir biçimde ölçülür. Gerilmenin değişmezliğini sağlayan bir de gas sistemi vardır. "Sistem 408" adıyla bilinen bu aygıtlar gurubu şematik olarak şekül 19'da görülüyor.



Şekil 19 – Sistem 408

c. Deneylerde kullanılan deney parçaları: Deneylerde üç çeşit deney parçası kullanıldı. Andezit, kireçtaşı ve traverten, Andezit Yenimahalle taş ocaklarından, kireçtaşı da Yalınca-özü taş ocaklarından seçildi. Traverten'in ise ana kaynağı bilinmiyor. O.D.T.Ü. bahçesinde merdiven taşı olarak kullanılmak üzere depolanmıştı. Andezit ve kireç taşı taze, bozulmamış, (İklimsel etkilerden etkilenmemiş) oysa traverten hayli etkilenmiş durumda idi.

1 – Traverten ve Andezit Prizmatik Deney Parçaları

Bu parçalar M.T.A. Enstitüsü'nde hazırlandı. Andezit prizmalarının boyutları 4 X 4 X 90 cm.'dir. Traverten prizmaları- nın ise 4 X 4 X 62 cm. idi.

2 – Silindirik (Karot) Deney Parçaları

Boyutları (çap = 5 cm., yükseklik = 10 cm) olan karot- lar O.D.T.U. kaya mekaniği laboratuvarında hazırlandı.

D. Deneyler

1 — Prizmalarla Yapılan Deneyler

Traverten prizmaları tabakalanma gösteriyorlardı. Deney l'de traverten prizması bir ucundan kelepçelendi. Tabakalanma düşey durumdadır. Diğer uç kendi ağırlığıyla bozulmaya bırakıldı.

Deney 2: Traverten prizması deney l'deki gibi bir ucundan askıya alındı. Ancak tabakalanma yatay durumda ve deney parçasının uzunluğuna paralel idi.

Deney 3: Andesit prizması şekil 16'daki iskeletin üzerine kondu. Ortalama kırılma dayanımının %50.99'u olan 37.720 Kg.'lık yük asıldı. Deney parçasının ağırlığı 3.115 Kg. idi.

Deney 4: Boyutları aynı, ağırlığı 3.020 Ky. olan diğer bir andesit prizmasına aynı sistemde kırılma dayanımının %61.81'i olan 45.720 Kg. yük uygulandı.

Deney 5: Aynı boyuttaki ağırlığı 2.910 Kg. olan andesit prizmasına bu kez 57.720 Kg.'lık yük uygulandı. Bu değer, kırılma dayanımının %78.03'ü idi.

Deney 6: Boyutları ve ağırlığı aynı olan iki andesit prizması iki gün süre ile suda bırakıldı. Sonra biri hemen deneye kondu. Üzerine 37.720 Kg.'lık yük uygulandı. Diğer her saat tartıldı. İki prizmada da su kaybı aynı olacağı kabulü ile su buharlaşması zamana bağlı olarak hesap edildi.

Deney 7: Demir iskeletteki deformasyonu da hesap etmek için deney 3-4-5 ve 6'daki şartlar aynen yaratılarak demirdeki deformasyonlar ölçüldü.

2 — Karotlarla Yapılan Deneyler

Deney 8: "Sistem '408" de silindirik traverten karotu üe yapıldı. Deney parçasına 3000 psi'lik gerilme uygulandı. Gerüme yönü tabakalanmaya paralel durumda idi. Uygulanan 3000 psi'lik gerilme, elastik gerüme smır değerinin % 45.84 idi. Karot ağırlığı ise 495 gr. idi.

Deney 9: Silindirik traverten karotları değişik gerilme seviyelerinde yüklendi (3000, 2500, 1500, 1000 psi). Ancak burada gerilme yönü tabakalanmaya dikti. Karotlar en fazla yarım saat içinde kırıldı.

Deney 10: Kireç taşı karotuna 3000 psi'lik gerilme uygulandı. Bu değer elastik gerilme sınır değerinin %41.79 idi. Karotun ağırlığı 545 gr. geldi.

Deney 11: Andesit karotuna 3000 psi'lik gerilme uygulandı ki 3000 psi elastik gerilme sınırının % 41.80 idi.

Deney 12: Diğer bir andesit karotuna 4000 psi'lik gerilme uygulandı.

E. Bozulma Eğrilerinin Denklemleri

- (1) Deney 1
 $d = 0,1058 t^{0,8}$ Yorulmanın ilk safhası $0 \leq t < 3,0$ saat
 $d = 0,01 \times 10^{-4} t + 0,08 \times 10^{-4}$ Yorulmanın ikinci safhası $t > 3,0$ saat
- (2) Deney 2
 $d = 0,04264 t^{0,725}$ ilk safha $0 < t < 13$ saat
 $d = 0,017 \times 10^{-4} t - 0,10543 \times 10^{-4}$ ikinci safha $t > 13$ saat
- (3) Deney 3
 $d = 193,24 t^{0,00011405}$ - - - - - $0 \leq t < 5$ saat ilk safha
 $d = 0,01 \cdot 10^{-4} t + 19322942 \times 10^{-4}$ $t > 5$ saat ikinci safha
- (4) Deney 4
 $d = 250,1652 t^{0,00385508}$ $0 \leq t < 20$ saat ilk safha
 $d = 0,124 \times 10^{-4} t + 257 \times 10^{-4}$ $t > 20$ saat ikinci safha
- (5) Deney 5
Dört dakikada kırıldı, formül elde edilemedi
- (6) Deney 6
 $d = 27,57646 t^{0,1207}$ $0 \leq t < 10$ saat ilk safha
- (12) Deney 8
 $t = 0,00077 \times 10^8 d^2 - 0,02631 \times 10^4 d + 127,6085$ $0 \leq t < 15$ saat ilk safha
 $d = 0,604 \times 10^{-4} t + 536,37817 \times 10^{-4}$ $t > 15$ saat ikinci safha
- (16) Deney 10
 $t = 0,00261 \times 10^8 d^2 - 1,64868 \times 10^4 d + 260,15308$ $0 \leq t < 15$ saat ilk safha
- (18) Deney 11
 $d = 266,6681166 t^{0,03056874}$ $0 \leq t < 15$ saat ilk safha
 $d = 0,225 \times 10^{-4} t + 315,46851 \times 10^{-4}$ $t > 15$ saat ikinci safha
- (19) Deney 12
 $t = 0,00111 \times 10^8 d^2 - 0,56384 \times 10^4 d + 71,60307$ $0 \leq t < 30$ saat ilk safha

VL SONUÇLAR

1 — Bir ucundan kelepçelenmiş traverten prizmalarında: Tabakalamna düşey olduğundan, ilk safhada akma hızı oram yatay olandan daha fazla fakat ikinci safhada durum tersine dönmektedir.

2 — Artan gerilme seviyesi, ük safha süresini uzatmaktadır.

3 — Artan gerilme seviyesi, deformasyon hızı oranını da arttırmaktadır.

4 — Deney parçasının içinde bulunan su, def ormasyon ve deformasyon hızı oranım ve yük kaldırdığındaki gevşeme miktarım arttırmaktadır.

5 — Prizmalarla yapılan deneylerde, ansal eğilme toplam eğilmeye göre oldukça fazla görülmektedir. Karotlarda da aynı şey gözlenmiştir.

6 — Ansal gevşeme/ansal deformasyon oranı bire yakındır. Bu da deney parçalarının elastik karakterde olduklarını gösterir.

7 — Demir iskeletteki deformasyon hem çok az hem de değişmez kaldığından etkisinin hesabı kolay olmaktadır.

8 — Formül bulmalarda çalışmalar sınırlı kalmıştır. Kayaların mekanik katsayılarıyla karşılaştırılabilecek formüller denenmemiştir.

9 — Deneyler sırasında mekanik katsayılar değişmez kabul edilmiştir. Oysa, elastik modül (E), ağırlık (TJ), rigid'lik modülü (n) deney süresince değişiklik göstermektedir. Bu durum ayrıca incelenmelidir.

10 — Teorik formüller pratik çalışmalarda kullanılmalı, pratikleştirilmelidir. Böylece birçok faydalar sağlanabilir.

11 — Bu çalışma aslında çok yetersiz bir çalışmadır. Bu konuda daha çok laboratuvar çalışması gereklidir.

Yararlanılan Kaynaklar

1. Woodruff, S.D.: Methods of Working Coal and Metal Mines. Cilt 1. Londra, 1966.
2. Feynon, P.: Rock Mechanics and Mine Design, 1966.
4. Conway, J. B.: Numerical Methods For Creep and Rupture Analysis.
5. Reiner, M.: Lectures On Theoretical Rheology, 1960.
7. Murrel, S. A. ve Mısra, A. K.: Time Dependent Strain or "Creep" in Rocks and Similar Non-Metalic Materials., 1961-62.
9. Hardy, H. R.: Time dependent Deformation and Failure of Geologic Materials, 1959.
11. Cruden, D. M.: The Form of The Creep Law For Rock Under Uniaxial Compression. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. Cilt 1 - 1964.
12. Price, N. J.: A study of The Time-Strain Behaviour of Coal-Measure Rocks International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Cilt 3, 1966.
19. Altımtay, E.: Creep Deformations in Reinforced concrete Beems, Master Tezi, O.D.T.Ü., 1967.
20. Reiner, M.: Deformation, Strain And Flow An Elementary Introduction to Rheology. Londra, 1969.
21. Scheidegger, A. E.: On The Rheology Of Rock Creep, 1970.
22. Andrade, E.N.C.: Viscosity and Plasticity. New York, 1951.
23. Ataman, T.: Kişisel danışma.
24. özkaya, t.: Kişisel danışma.
25. özdoğan, M.: Laboratory Determination of Dynamic Elastic Constants of Ankara Andésite By Resonant Frequency Techniques, Ankara, Master Tezi, O.D.T.U. 1973.

ULUSLARARASI KAYAÇ MEKANİĞİ TERMİNOLOJİSİ, SİMGELERİ, VE BİRİMLERİ

Dr. K. Ercin KASAPOĞLU*

Önsöz

Herhangibir bilimdalında, beklenen sürekli ve olumlu gelişmelerin gerçekleşmesi herşeyden önce o büimdalt içinde ve ilgili diğer bilimdalları ile aralar rında sürekli ve verimli bir bilimsel iletişim sisteminin oluşturulmas%na bağımlıdır. Böyle bir sistemin oluşturulması gereği, bilimsel gelişmenin ilk ve yerine getirilmesi zorunlu olan koşuludur. Ancak, bu koşulun yerine getirilebilmesi için, önce o bilimdalı içinde bir dil birliğinin sağlanması gerekir.

Bugün, örneğin kayaç mekaniği bilimdalında, çeşitli meslek kuruluşları, üniversiteler, ve otoriteler tarafından kullanılan birbirinden çok ayrıcalı terminoloji, simge, ve birimler bu konuda, zaman zaman, önemli yanlış anlamalara ve yanlış yorumlara yol açmaktadır. Bu durum, öncelikle bilim adamlarının, bilim adamları ile mühendislerin, ve hatta öğrenciler ile öğretmenlerin birbirleriyle anlaşmalarını büyük ölçüde güçleştirmektedir.

(*) Mühendislik Jeolojisi ve Kayaç Mekaniği öğretim Görevlisi - Hacettepe Üniversitesi, Yerbilimleri Enstitüsü - Ankara

Burada sunulan yapının hazırlanışı, herşeyden önce, kayaç mekaniği bilimdalında, yalnız Türkiye'de değil, uluslararası düzeyde var olan —termonöloji, simge, ve birimlerde birlik— sorununu, tümü ile değil, fakat belirli bir ölçüde çözümlenmek amacına yöneliktir. Burada önerilen simge ve birimler, Türkiye dışında 25 ayrı ulus tarafından onaylanmış olan simge ve birimlerdir. Ancak, yazar tarafından benimsenen "türkçe terminolojinin" bazıları üzerinde, Türkiye'deki bazı otoritelerin ayrıcalığı görüşlere sahip olmaları olasılığı vardır. Bu nedenle, yazar, bu konuda otoritelerin yapıcı eleştirilerine her zaman açık olduğunu belirtmek ister.

Kayaç mekaniği terminoloji, simge, ve birimleri üzerinde Türkiye çapında bir birliğin sağlanabilmesi için, ilgili meslek kuruluşları, üniversiteler, ve otoritelerin bu konuda işbirliği yapmaları gerekir. Bu gereğin yerine getirilmesi, Türkiye'de kayaç mekaniği bilimdalının sürekli ve olumlu gelişmesine şüphesiz büyük katkı olacaktır.

1. ULUSLARARASI SİSTEM BİRİMLERİNİN SİMGELERİ (ISI) - SYMBOLS OF UNITS OF THE INTERNATIONAL SYSTEM - SYMBOLES DES UNITES DE SYSTEME INTERNATIONAL - EINHEITSSYMBOLN DER INTERNATIONALEN SYSTEME

1.1 Temel Birimler

m	metre metre mètre Meter
kg	kilogram (kütle) kilogramme (mass) kilogramme (masse) Kilogramm (Masse)

s	saniye second seconde Sekunde
A	amper ampere ampère Ampere
K	kelvin ¹ kelvin kelvin kelvin
cd	mum (ışık şiddeti) candela (luminous intensity) candela (intensité lumineuse) Candela (Lichtstarke)

1.2 Ek Birimler

rad	radyan (düzlem açısı) ² radian (plane angle) radian (angle plan) Radiant (flacher Winkel)
sr	steradyan (katı açısı; hacim sal açısı) steradian (solid angle) stéradian (angle solide) Steradian (Raumwinkel)

1.3 Bazı Türetilmiş Birimler

m ²	metrekare square metre mètre carré Quadratmeter
----------------	--

- (1) Santigrat derece olarak belirtilen bir sıcaklık kelvin cinsinden belirtilen sıcaklığın 273,15 eksiğine eşittir.
(2) Diğer birimler: derece, 1° = „-/180 radyan = 0,0174533 radyan.

m^3	metreküp cubic metre mètre cube Kubikmeter
Hz	hertz (frekans) $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$ hertz (frequency) hertz Hertz
m/s	metre bolü saniye ³ metre per second mètre par seconde Meter pro Sekunde
rad/s	radyan bolü saniye radian per second radian par seconde Radiant pro Sekunde
$m's^2$	metre bolü saniyekare metre per second squared mètre par seconde carrée Meter durch Sekunde im Quadrat
kg/m^3	kilogram bolü metreküp kilogramme per cubic metre kilogramme par mètre cube Kilogramm pro kubikmeter
N	nevton (kuwet) ⁴ $1 \text{ N} = 1 \text{ kg.m/s}^2$ newton (force) newton Newton

(3) Simgelerin birleşimi de belirtilebilir: ms⁻¹, m.s⁻¹.

(4) $1 \text{ kgf} = 1 \text{ kp} = 9,80665 \text{ N}$ (MKpS sisteminde temel birim)

N/m	<p>nevtan bolü metre (yüzeysel gerilim)</p> <p>newton per metre (surface tension)</p> <p>newton par mètre (tension superficielle)</p> <p>Newton pro Meter (Oberflächenspannung)</p>
N/m ²	<p>nevtan bolü metrekaire (basınç veya gerilim)⁵</p> <p>newton per square metre (pressure or stress)</p> <p>newton par mètre carré (pression ou contrainte)</p> <p>Newton pro Quadratmeter (Druck oder Spannung)</p>
N.s/m ²	<p>nevtan saniye bolü metrekaire (dinamik akışkanlık direnci; dinamik vizkosite)⁶</p> <p>newton second per square metre (dynamic viscosity)</p> <p>newton seconde par mètre carré (viscosité dynamique)</p> <p>Newton Sekunde pro Quadratmeter (dynamische Zähigkeit)</p>
m ² /s	<p>metrekare bolü saniye (kinematik akışkanlık direnci; kinematik vizkosite)</p> <p>metre squared per second (kinematic viscosity)</p> <p>mètre carré par seconde (viscosité cinématique)</p> <p>Quadratmeter pro Sekunde (kinematische Zähigkeit)</p>

(5) 1 bar = 10⁵ N/m² (MTS sistemindeki birimin ondalık katı)

(6) 1 poise = 0,1 N.s/m² (CGS sisteminde türetilmiş birim)

J	jul joule joule Joule
W	vat watt watt Watt
C	kulomp coulomb coulomb Coulomb
V	volt volt volt Volt
o	ohm ohm ohm Ohm
P	farad farad farad Farad
H	henri henry henry Henry

1.4 Uluslararası Sistem (SI) Birimlerinin Ondalık Katları ve Alt-Katlan

T	tera (tera)	10^{\llcorner}
G	giga (giga)	10^9

M	mega (mega)	10^8
k	kilo (kilo)	10^5
h	hecto (hekta)	10^2
da	deçà (deka)	10
d	deci (desi)	10^{-1}
c	centi (santi)	10^{-2}
m	milli (mili)	10^{-3}
μ	micro (mikro)	10^{-6}
n	nano (nano)	10^{-9}
p	pico (piko)	10^{-12}
f	femto (femto)	10^{-15}
a	atto (atto)	10^{-18}

2. DEĞER SİMGELERİ

SYMBOLS OF QUANTITIES

SYMBOLES DE QUANTITES

SYMBOLEN DER QUANTITÄTE

Bu simgeler italik harflerle basılmıştır. Diğer simgelerini terimin fiziksel özelliğine işaret eden boyutsal simgeler takip etmektedir. Bunlar; L: uzunluk; M: kütle; F: kuvvet; T: zaman; D: boyutsuz simgeleridir.

2.1 Uzay

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \Theta, \Phi$	D	açı (düzlem açısı) angle (plane angle) angle (angle plan) Winkel (flacher Winkel)
Ω, ω	D	katı açısı; hacimsel açı solid angle angle solide Raumwinkel
l	L	uzunluk length longueur Länge

b	L	genişlik width largeur Breite
h	L	yükseklik veya derinlik height or depth hauteur ou profondeur Höhe oder Tiefe
d	L	kalınlık thickness épaisseur Dicke
r	L	yarıçap radius rayon Radius
Φ, d	L	çap diameter diamètre Durchmesser
A	L ²	alan; yüzölçümü area aire Fläche
V	L ³	hacım volume volume Volumen

2.2 Mekanik

2.3.1 Kinematik

t	T	zaman time temps Zeit
---	---	--------------------------------

V, C	LT^{-1}	hız velocity vitesse Geschwindigkeit
U, V, W	L	yerdeğişim bileşenleri components of displacement composantes d'un déplacement Verschiebungskomponenten
ω	T^{-1}	açısal hız angular velocity vitesse angulaire Winkelgeschwindigkeit
a	T^{-2}	açısal ivme angular acceleration accélération angulaire Winkelbeschleunigung
a	LT^{-2}	ivme acceleration accélération Beschleunigung
g	LT^{-2}	yerçekimi ivmesi gravitational acceleration accélération de la pesanteur Erdbeschleunigung

2.2.2 Periyod ve Periyodic Olaylar

T	T	periyodic zaman periodic time durée d'une période Schwingungsdauer
f	T^{-1}	frekans frequency fréquence Frequenz

n	T^{-1}	dönüsel frekans rotational frequency fréquence de rotation Umlauffrequenz
ω	T^{-1}	açısal frekans angular frequency pulsation Kreisfrequenz
λ	L	dalga boyu wave length longueur d'onde Wellenlänge
c	LT^{-1}	dalga hızı wave velocity vitesse de propagation Wellengeschwindigkeit

2.2.3 Statik ve Dinamik

m	M	kütle mass masse Masse
ρ	ML^{-3}	yoğunluk (kütle yoğunluğu) density (mass density) masse volumique Dichte
d	D	bağıl yoğunluk (suya bağıl yoğunluk; özgül ağırlık) relative density (with respect to water; specific gravity) densité relative relative Dichte

F	F	kuwet force force Kraft
N	F	dikey kuwet normal force force normale Normalkraft
T	F	teğet kuwet tangential force force tang-entielle Tangentialkraft
W	F	ağırlık weight poids Gewicht
γ	FL^{-3}	birim ağırlık unit weight poids spécifique Raumgewicht
γ_d	FL^{-3}	kuru birim ağırlık dry unit weight poids spécifique sec Trockenraumgewicht
γ_w	FL^{-3}	suyun birim ağırlığı unit weight of water poids spécifique de l'eau Stoffgewicht des Wassers
γ^1	FL^{-3}	batık birim ağırlık (katının sıvı içine batmış haldeki birim ağırlığı) buoyant unit weight poids spécifique déjaugé (poids spécifique d'un corps immer- gé) Raumgewicht unter Auftrieb

γ_s	FL^{-3}	katı kısmın birim ağırlığı unit weight of solids poids spécifique des solides Stoffgewicht der Feststoffan- teile
M	FL	moment moment moment Moment
T	FL	bükülme momenti; tork torque moment de torsion Drehmoment
I	ML^2	eylemsizlik momenti moment of inertia moment d'inertie Trägheitsmoment
I.	L^2	ikincil alan momenti second moment of area moment quadratique d'une aire plane Flächenträgheitsmoment
I_P	L^4	ikincil kutupsal alan momenti second polar moment of area moment quadratique polaire d'une aire plane polares Flächenträgheitsmo- ment
W	FL	is work travail Arbeit

W	FL	enerji energy énergie Energie
U	FL	potansiyel enerji potential energy énergie potentielle Potentialenergie
T	FL	kinetik enerji kinetic energy énergie cinétique kinetische Energie
P	FLT ⁻¹	gttc power puissance Leistung

2.2.4 Uygulamalı Mekanik

e	D	boşluk oranı void ratio indice des vides Porenziffer
n	D	g�zeneklilik porosity porosité Porosität
W	D	su miktarı water content teneur en eau Wassergehalt

Sr	D	doyumluluk derecesi degree of saturation degré de saturation Sättigungsgrad
p	FL ⁻²	basınç pressure pression Druck
u	FL ⁻²	gözenek basıncı pore pressure pression interstitielle Porenwasserdruck
er	FL ⁻²	dikey gerilim normal stress contrainte normale Normalspannung
$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$	FL ⁻²	dikdörtgen (karteziyen) koordinatlarda gerilim bileşenleri stress components in rectangular coordinates composantes de la contrainte en coordonnées cartésiennes rectangulaires Spannungskomponenten in kartesischen Koordinaten
$\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_z$	FL ⁻²	silindirik koordinatlarda gerilim bileşenleri stress components in cylindrical coordinates composantes de la contrainte en coordonnées cylindriques Spannungskomponenten in Zylinderkoordinaten

$\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_\phi$	FL^{-2}	küresel koordinatlarda gerilim bileşenleri stress components in spherical coordinates composantes de la contrainte en coordonnées sphériques Spannungskomponenten in Kugelkoordinaten
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	FL^{-2}	asal gerilimler principal stresses contraintes principales Hauptspannungen
σ_ω	FL^{-2}	hidrostatik gerilim hydrostatic stress contrainte hydrostatique hydrostatische Spannung
σ_h	FL^{-2}	yatay gerilim horizontal stress contrainte horizontale Horizontalspannung
σ_v	FL^{-2}	düsey gerilim vertical stress contrainte verticale Vertikalspannung
σ^1	FL^{-2}	dikey etken gerilim normal effective stress contrainte effective normale wirkliche Normalspannung
τ	FL^{-2}	makaslama gerilimi shear stress contrainte tangentielle Scherspannung

$\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$	FL^{-2}	dikdörtgen (karteziyen) koordinatlarda makaslama gerilimi bileşenleri shear stress components in rectangular coordinates composantes de la contrainte tangentielle en coordonnées cartésiennes rectangulaires Scherspannungskomponenten in kartesischen Koordinaten
ϵ	D	birimdeformasyon strain dilatation Deformation
$\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$	D	dikdörtgen (karteziyen) koordinatlarda birimdeformasyon bileşenleri strain components in rectangular coordinates composantes de la dilatation en coordonnées cartésiennes rectangulaires Dehnungskomponenten in kartesischen Koordinaten
$\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$	D	asal birimdeformasyonlar principal strains dilatations principales Hauptdehnungen
γ	D	makaslama birimdeformasyonu shear strain glissement unitaire Verzerrung

$\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$	D	dikdörtgen (karteziyen) koordinatlarda makaslama birimde - formasyonu bileşenleri shear strain components in rectangular coordinates composantes du glissement en coordonnées cartésiennes rectangulaires Verzerrungskomponenten in kartesischen Koordinaten; Schergrößen
Θ	D	hacimsal birimdeformasyon volume strain dilatation cubique Volumendehnung
V	D	Poisson oranı Poisson's ratio coefficient de Poisson Poissonzahl
E	FL^{-2}	Young modülü; elastisite modülü $E = \sigma/\epsilon$ Young's modulus; modulus of elasticity module de Young; module de déformation linéaire Elastizitätsmodul
D	FL^{-2}	deformasyon modülü modulus of deformation module de déformation Verformungsmodul

G	FL^{-2}	<p>makaslama modülü; rijidite modülü</p> <p style="text-align: center;">$G = \tau/\gamma$</p> <p>shear modulus; modulus of rigidity module de déformation par glissement Schübmodul</p>
K	FL^{-2}	<p>hacımsal birimdeformasyon modülü; sıkışabilirlik modülü</p> <p style="text-align: center;">$K = -p/\Theta$</p> <p>bulk modulus; modulus of compressibility module de compressibilité volumique sous pression hydrostatique Kompressionsmodul; Modul der kubischen Ausdehnung</p>
k	L^3F^{-1}	<p>sıkışabilirlik; hacımsal sıkışabilirlik</p> <p style="text-align: center;">$k = 1/K$</p> <p>compressibility; bulk compressibility coefficient de compressibilité volumique sous pression hydrostatique Kompressibilität</p>
σ_c	FL^{-2}	<p>sıkışma dayanımı compressive strength résistance à la compression Druckfestigkeit</p>
σ_t	FL^{-1}	<p>çekilme dayanımı tensile strength résistance à la traction Zugfestigkeit</p>

τ_t	FL^{-2}	maksimum makaslama dayanımı peak shear strength résistance au cisaillement maximale (au pic) maximale Scherfestigkeit (Bruch)
τ_r	FL^{-2}	kalıcı makaslama dayanımı residual shear strength résistance au cisaillement résiduelle Restscherfestigkeit (Gleiten)
c	FL^{-2}	kohezyon cohesion cohésion Kohäsion
Φ	D	sürtünme açısı angle of friction angle de frottement Reibungswinkel
μ	D	sürtünme katsayısı coefficient of friction coefficient de frottement Reibungsbeiwert
h	L	hidrolik yükseklik hydraulic head charge hydraulique Höhe der Drucklinie
i	D	hidrolik eğim hydraulic gradient gradient hydraulique hydraulisches Druckgefälle

j	FL⁻³	<p>birim hacımdaki süzülme kuvveti veya birim uzunluktaki süzülme basma</p> <p>seepage force per unit volume or seepage pressure per unit length</p> <p>force de fütation par unité de volume</p> <p>Sickerwasserdruck</p>
k	LT⁻¹	<p>geçirgenlik katsayısı; perméabilité katsayısı</p> <p>coefficient of permeability</p> <p>coefficient de perméabilité</p> <p>Durchlässigkeitkoeffizient</p>
η	FTL⁻²	<p>akışkanlık direnci; vizkosite (cismin akmaya karşı olan direnci)</p> $\tau_{xz} = \eta \frac{dV_x}{dz}$ <p>viscosity</p> <p>viscosité</p> <p>Viskosität</p>
η_{pi}	FLT⁻²	<p>plastisite (Bingham cisminin vizkositesi)</p> <p>plasticity (viscosity of Bingham body)</p> <p>plasticité</p> <p>Plastizität (Zähigkeit des Bingham Körpers)</p>
ν	L²T⁻¹	<p>kinematik vizkosite</p> $\nu = \eta/\rho$ <p>kinematic viscosity</p> <p>viscosité cinématique</p> <p>kinematische Viskosität</p>

Tret	T	gecikme zamanı retardation time temps de retardation Retardationszeit
Trel	T	gevşeme zamanı relaxation time temps de relaxation Relaxationszeit
σ_s	FL ⁻¹	yüzeysel (çekilme) gerilim surface tension tension superficielle Oberflächenspannung
g	L ³ T ⁻³	akma hızı; debi rate of flow; rate of discharge débit Durchflussmenge ; Ausflussmenge
Fs	D	güvenlik faktörü safety factor facteur de sécurité Sicherheitszahl ; Sicherheitsfaktor

2.3 Isı

T	Deg	sıcaklık temperature température Temperatur
a	Deg ⁻¹	doğrusal genleşme katsayısı coefficient of linear expansion coefficient de dilatation linéaire linearer Ausdehnungskoeffizient

β	Deg ⁻¹	hacimsal genleşme katsayısı coefficient of volume expansion coefficient de dilatation volumique kubischer Ausdehnungskoeffizient
---------	-------------------	---

Yararlanılan Kaynaklar

- Basic quantities and units of the SI and quantities and units of space and time, 1965. —ISO/R, 31/Part I; 2nd edition.
- Der Felsbau, erster Band, by Müller, L., 1963. —Ferdinand Bnke Verlag; pp. XX - XXIV.
- Encyclopedia of hydraulics, soil and foundation engineering, by Vollmer, E., 1967. - Elsevier Buplishng Company, Amsterdam; pp. 365-373.
- Handbuch der Physik, Band VI, by Flügge, 1868. - Springer Verlag, Berlin; p. 549.
- International System (SI) units, 1964; British Standard 3763. - British Standards Institution, London.
- Lexikon für wasserwesen, Erd-und Grundbau; Deutsch-Engllsh, by Vollmer, E., 1967. - Gustav Fischer Verlag; pp. 10-27.
- List of Symbols, International Society for Rock Mechanics (ISRM), Commission on "Terminology, Symbols and Graphic Representation", March 1970; pp. 1-12.
- Madencilik Terimleri Sözlüğü, Türkçe-İngilizce, İngilizce-Türkçe, yazan. Enver Ediger, 1970. - T.K.İ. Yayını, No. 2.
- Mathematical signs and symbols for use In the physical sciences and technology, 1961. - ISO/R, 31/Part XI.
- Proceeding of the 5th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1962, Vol. m. - Dunod, Paris; pp. 69, 70.
- Proceeding of the First Congress of the International Society of Rock Mechanics, 1966, Vol. I, II, m. - Laboratorio Nacional de Engenharia Civil, Lisbon.
- Quantities and Units of Heat, 1960. - ISO/R, 31/Part IV.
- Quantities and Units of Mechanics, 1960. - ISO/R, 31/Part in.
- Quantities and Units of Periodic and Related Phenomena, 1958. - ISO/R, 31/Part It.
- Rheologie, in elementarer Darstellung, by Reiner, M., 1968. - Carl Hanser Verlag, München; pp. 342-345.
- Rock Mechanics and the Design of Structures in Rock, by Obert, L. and Duvall, W. I., 1967. - John Wiley and Sons, Inc., New York; pp. XV-XIX.

- Rock Mechanics Principles**, by Coates, D. F., 1965. - Queen's Printer, Ottawa; pp. A-1 to A-6.
- Rules for the units of international system of units and selection of the decimal multiples and sub-multiples of the SI units**, 1969. - ISO/R, 1000.
- Standard definition of terms and symbols relating to soil and rock mechanics**, 1968. - ASTM Standard D653-64, Part II. Philadelphia; pp. 288-306.
- Technical Terms, Symbols and Definitions**, 1967. - International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Zurich.
- Yerbilim Terimleri Sözlüğü**, yazar: H.N. Pamir ve ö. öztunah, 1971. - Türk Dil Kurumu Yayınları, No. 320.

