

## *Bir Tür Geçme Bağ Olan "Kayıkçı Bağ"*

"Friction Support" Which is A Kind of Yielding Arch.

Selami İSTANBÜLLÜOĐLÜ(\*)

### ÖZET

Bu yazıda TKİ Orta Anadolu İşletmeleri Müessesesi (OAL), Çayırhan Bölgesinde kullanılan ve değişik bir tasarımdaki geçme bağ olan "kayıcı bağ" tanıtılmaktadır. Ülkemizde geçme bağ uygulamasının öncülerinden sayılan kayıcı bağın tanıtımından önce, bunların kullanıldığı taban yolları ve taban yollarını oluşturan koşullar anlatılmaktadır.

### ABSTRACT

In this paper, "friction support", a modified design of yielding arch, utilized at TKİ/Middle Anatolia Lignites Mine (OAL) Çayırhan District, is introduced. A brief information about the conditions of the gate roads is given before going into details of "friction support" which has been one of the newly developed application of yielding arches in our country.

(\*) Maden Mühendisi, TKİ OAL Müessesesi, Çayırhan

## 1. GİRİŞ

Yeraltı kömür madenciliğinde, yoğun mekanizasyona da geçilmesiyle, ayak boyları ve pano boyları çok artarak taban yolları uzunlukları 1000 m'nin üstüne çıkmıştır. Bu büyüklükteki bir mekanize panonun taban yollarında daha geniş kullanım alanları gerekmekte ve pano boyutları ile birlikte taban yolu kesit alanları da büyümektedir. Bir uzun ayak panosunda, ayağa gerekli tüm hizmetleri götüren taban yollarının yeterliliği ve duraylılığının önemi tartışılmaz. Özellikle, taban yolu duraylılığının korunmasında büyük etkisi olan panolar arası kömür topuğunun bırakılmadığı koşullarda, bu uzun ve geniş kesitli taban yollarının ayaklar geçtikten sonra da kullanılabilir durumda korunması gerekliliği, tahkimatta yeni arayışlar getirmiştir.

Yeraltında uzun ayak benzeri bir boşluğun açılmasından sonra, bu boşluğun hemen bitişiğindeki taban yollarında hiç deformasyon (konverjans) istenilmiyorsa, açılan boşluğun anında ve buradan çıkarılan malzeme ile aynı nitelikte başka bir malzeme ile doldurulması gerekir. Ancak, böyle bir uygulama pratikte olanaksızdır. Açılan boşlukta bütünüyle alışlagelmiş dolgunun yapılması (ramble), ya da taban yolu kenarının domuz damı, dolgu duvarı gibi işlemlerle güçlendirilmesi, yalnızca deformasyonun belirli ölçülerde azalmasına neden olur. Aktif uzun ayak çalışmalarının bitişiğindeki bu bölgede, dolgu, dolgu duvarı, domuz damları gibi koruyucu tahkimat sıkışıp, zamanla yeterli dayanıma gelerek, arazi oturumlarının neden olduğu yüksek basınç ve tabaka hareketleri karşılancaya kadar taban yollarında deformasyon beklenmelidir. Bu deformasyon, bir çok koşula bağlı olarak, var olan rijit bağ tahkimatının biraz bozulması ile karşılanılabilecek kadar az olabileceği gibi, çoğunlukla rijit bağ tahkimatı ile karşılanamayacak ölçüde fazla olmaktadır.

Panoları arasında kömür topuğu bulunmayan taban yollarında ayaklar geçtikten sonra deformasyonu önlemek olanaksızsa, buna karşı iki çözüm yolu düşünülebilir (Blades, 1974).

a) Taban yolu rijit tahkimatını güçlendirmek, birim uzunluktaki tahkimat yoğunluğunu artırmak, bu şekilde deformasyonu önlemeye çalışmak,

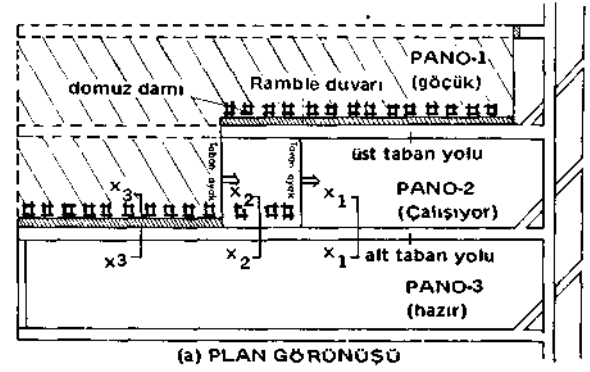
b) Deformasyonun başladığı noktadan, taban yolu kenarındaki koruyucu dolgu tahkimatın sıkışarak ve zamanla yeterli dayanıma gelip, tavan gerilmelerine karşı koyabildiği (deformasyonun durduğu) noktaya kadarki bölgede denetlenebilir ve sınırlı miktarda deformasyona (konverjansa)

izin vermek, yani geçme bağ kullanmak. Yazının bupdan sonraki kısımlarında denetlenebilir ve sınırlanabilir konverjansa izin verilen bölgeye "deformasyon bölgesi" adı verilecektir. Teorik olarak, deformasyon bölgesi içerisinde bir miktar taban yolu konverjansına izin verilirken taban yolunun bütünlüğünde ve geçme bağın dayanımında hiç bir bozulma olmayacağı kabul edilir (VWhittaker, 1971,1976)

Bu seçeneklerden hangisinin uygulanacağını işletmelerin koşulları belirler. Ancak, arazi basınçlarının ve taban yolu konverjanslarının yüksek olduğu yerlerde ikinci seçenek (geçme bağ) tercih edilmelidir. Birinci seçeneğin hem çok pahalı olması, hem daha az güvenli olması, hem kullanım alanını daraltma, hem de ne kadar güçlendirilirse güçlendirilsin taban yolunda ve tahkimatta kalıcı bozulmaların oluşması gibi sakıncaları vardır. Dünya yeraltı madenciliğinde, farklı tasarımda geçme bağlar çok yaygın olarak kullanılmaktadır.

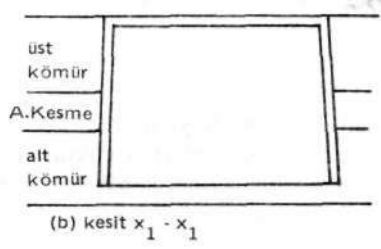
## 2. OAL ÇAYIRHAN BÖLGESİ TABAN YOLLARININ TANITIMI

Çayırhan bölgesinde üretimi yapılan iki kömür damarı yaklaşık 1 m kalınlığındaki siltli kil ara kesme ile birbirlerinden ayrılırlar. Üst damar (tavan damar) ortalama 1,52 m kalınlığında, alt damar (taban damar) ortalama 1,72 m kalınlığındadır. Üst damarın tavanında sağlam silisli kalker, alt damarın tabanında ise yine sağlam kiltası tabakaları yer alır.

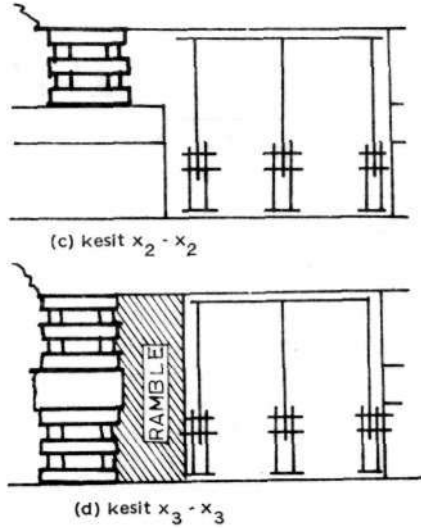


Kömür üretimi dönümlü, göçertmeli uzun ayak yöntemiyle yapılmaktadır. Ayak uzunlukları 220 m pano uzunlukları 1000 - 1500 m arasındadır (Şekil 1.a). Ayak içinde kazı çift taneburlu kesici-yükleyici ile, tahkimat kalkan tipi yürüyen tahkimat ile, kömür iletimi ortadan çift zincirli zırlı konveyör ile yürütülür. Alt taban yolunda, ayaktan gelen kömür önce zincirli konveyör, sonra bant konveyör ile ana yol bant konve-

yerlerine aktarılır. Alt ve üst taban yollarında malzeme taşınması monorayla yapılmaktadır. Şu ana kadar mekanize olarak çalışan ya da hazırlanan panolarda ayak ve taban yolu eğimleri 20°'yi geçmemektedir.



Taban yolları, üst daman, ara kesmeyi ve alt daman içine alabilecek yükseklikte kazılır. Böylece, açılan bir taban yolu hem üst damardaki tavan ayağına, hem de alt damardaki taban ayağına hizmet etmektedir (Şekil 1.b). İki ayak arası uzaklık 25 - 30 m arası tutulur ve tavan ayak önde ilerler. Bunların dışında, panolar arasında kömür topuğu bırakılmamaktadır. Bir panonun alt taban yolu, ayaklar geçtikten sonra göçertilmeyip korunarak hemen bitişikteki panonun üst taban yolu olarak tekrar kullanılır (Şekil 1.a). Böylece, hazırlanan bir taban yolu, önce iki ayağın alt taban yolu olarak, daha sonra da başka iki ayağın üst taban yolu olarak, toplam dört uzun ayakta kullanılır.



Şekil 1. Taban yolları plan görünüşü ve Kesitler.

Taban yollarının geometrik kesitleri dikdörtgendir. Taban yolu ilk açıldığında I-140 profil rijit trapez bağ yapılıdır (Şekil 1.b). Alt taban yolunda, tavan ayak çalışıp geçtikten sonra -iki ayak arasında- zemindeki kömür de alınır ve rijit bağ yan direkleri sürtünmeli yan direklerle değiştirilir. Ayrıca, bir de sürtünmeli orta çatal

eklenir (Şekil 1.c). Artık taban yolu tahkimatı bir tür geçme bağ olan "Kayıcı bağ" durumuna gelmiştir. Taban ayak da geçtikten sonra, taban domuz damları ve beton ramble duvarı yapılarak koruyucu dolgu tahkimatına da son şekil verilmiş olur (Şekil 1.d).

Üst taban yolunda, taban ayağın hemen arkasından taban yolu demir tahkimatı sökülüp, alınarak göçmeye bırakılır.

Bölgedeki taban yollarının bu şekilde kısa tanıtımından sonra iki pano arasında kömür topuğu bırakmamanın yarar ve zararları ile taban yolu kesitinin dikdörtgen olmasının tartışması verilecektir. Başka bir deyişle, topuksuz çalışmanın ve dikdörtgen kesit kullanmanın nedenleri üzerinde durulacaktır.

## 2.1. İki Pano Arasında Topuk Bırakmamanın Yarar ve Zararları

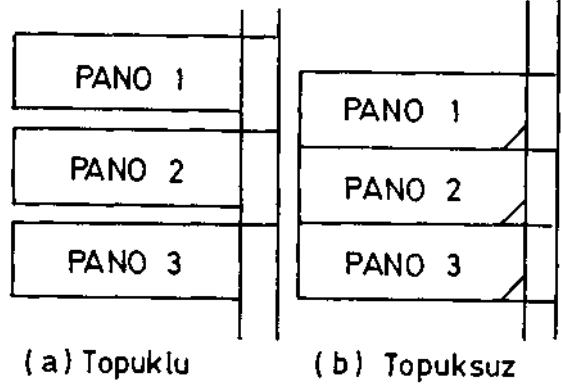
### 2.1.1. Topuk Bırakmamanın Yararları

— Hazırlanan taban yolu sayısı ve uzunluğu yaklaşık yan yarıya azalır. Zamandan ve taban yolu açma masraflarından kazanılır (Şekil 2).

Ana nakliyat yolları ve havalandırma yolları her pano için bırakılmayan topuk kadar kısa olur.

— Topuk adı altında yeraltından terk edilecek olan kömür kazılır, topuk kaybı olmaz.

~Geride kömür bırakılmadığı için ayakların göçük tarafında yangın olasılığı azalır.



Şekil 2. Topuklu ve topuksuz taban yolları

—Tahkimatı sökülen üst taban yolu daha hızlı ve boşluksuz kapanır. Buradaki boşlukların neden olabileceği ısınma engellenir.

—Taban yolu sayısının azalması ile; denetlenecek, havalandırılacak ve bekleme süresince tamir edilmesi gerekebilecek yol uzunluğu da azalır.

—Çok ağır ve büyük parçalardan oluşan mekanize ayak donanımının bir panodan ötekine taşınırken aldığı yol daha kısa ve daha az dönemeçli olur.

—Ayak arkalarının daha kolay ve düzenli oturmasına yardımcı olur.

—Taban yolu sürülürken buraya monte edilen monoray, su, elektrik ve basınçlı hava şebekeleri hiç sökülmeden iki yandaki panolar bitinceye kadar kullanılabilir.

### 2.1.2.İki Pano Arasında Topuk Bırakmamanın Zararları

—Kömür topuğunun taban yolu duraylılığı üzerindeki koruyuculuğu kalkmıştır. Aktif uzun ayak çalışmalarının getirdiği aşırı tavan yükü ve tabaka hareketleri taban yolunu doğrudan etkiler ve deformasyon çok yüksek olur. Buna karşı geliştirilen koruyucu dolgu tahkimatları ve taban yolu tahkimatları zaman kaybına ve fazladan harcamalara neden olurlar.

—Tahkimatta alınan önlemlere karşın taban yolunda denetimli ya da denetimsiz konverjans beklenir. Bu durumda, taban yolu daha açılırken gerekenden büyük kesitte açılır. Yine de, özellikle üst taban yolu olarak ikinci kez kullanımda, taban yolu kesit alanı çok daralabilir.

—Taban yolunun bakım ve onanım harcamaları yüksek olur.

—Koruyucu dolgu tahkimatında domuz damı kullanılması, ayak arkalarında ağaç kalmasını ve yangın beklenen panolarda riski getirir.

—Üst taban yolunda, taban yolu tahkimatının sökülüp, alınması daha zordur. Sökülen bağ elemanlarından asimetrik bozulma oranı yüksek olur.

—Ramble duvarı, dolgu, sıvanmış domuz damı gibi ayak bitimindeki koruyucu tahkimatta oluşabilecek çatlak ya da kırılmalar ile tavan-taban tabakalarında oluşabilecek çatlaklar ayak göçüğünün hava almasını, dolayısıyla yangın riskini artırır. Ayak göçüğünde su depolanırsa, bu çatlaklardan kolayca taban yoluna geçebilir.

—Dolgu, ramble, kayıcı bağ yapılması ya da değiştirilmesi gibi işlerde olabilecek aksamalar ayak ilerlemelerini ve üretimi doğrudan etkiler.

—Pano çalışmalarında belli bir sıraya uyulması istenir. Önemli durumlarda bile, iki çalışmış pano arasında çalışacak pano bırakılmaz.

—Önceden yüksek basınç altında kalarak ezilmiş ayak sonu köşeleri üretim sırasında tahkimat zorluğu çıkartır.

Yararlan, zararlarından üstün olduğu için ve Çayırhan Bölgesinde koşullar da uygun olduğundan iki pano arasında topuk bırakılmadan çalışılmaktadır. Bölgede, derinliğin çok fazla olmaması, tavan tabakalarının sağlamlığı ve yanal gerilmelerin azlığı topuksuz, dikdörtgen taban yollarının duraylılığının sağlanmasında büyük yardımcıdır.

### 2.2. Taban Yolu Dikdörtgen Kesitinin Eleştirisi

Taban yolları, geometrik olarak elips, atnalı, daire ve dikdörtgen şekillerinden olabilirler. Bilindiği gibi, bunların içinden madencilik açısından en zayıf olanı ve duraylılığı en düşük olanı dikdörtgen kesittir. Ayrıca, örneğin bir oval kesitle dikdörtgen kesit karşılaştırılırsa aşağıdaki dezavantajlar da eklenebilir.

—Dikdörtgen kesitte boyunduruk bir kiriş gibi çalışır ve doğal kemerleşme yoktur. Boyunduruk, eğilme gerilmelerine karşı çok zayıftır.

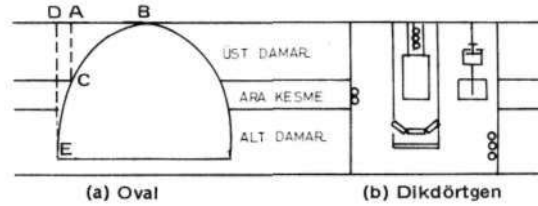
—Yan direkler eğilme gerilmeleri ve kaymaya karşı zayıftır.

—Eğilme gerilmelerine karşı zayıf olan tahkimatın orta çatal kullanmak ya da bağ aralarını sıklaştırmak gibi önlemlerle güçlendirilmesi gerekir. Böylece, birim uzunlukta kullanılan tahkimat ağırlığı artar.

—Eşdeğer kesit alanlarında, dikdörtgen kesitin boyunduruk ve direklerinin toplam uzunluğu, oval kesitin kavisli bağ toplam uzunluğundan fazladır. Birim uzunlukta daha ağır tahkimat profili ve daha fazla fırça-kama kullanılır.

Bütün bu olumsuzluklara karşılık, bölge'de dikdörtgen kesitin seçilmesinde etken olan nedenler şöyle sıralanabilir:

—Bölge'de, yanal gerilmeler ve konverjans düşüktür. Düşey gerilmeler ve konverjans ise, orta çatalı trapez kayıcı bağ ve koruyucu dolgu tahkimatla karşılanabilmektedir.



Şekil 3. Oval ve dikdörtgen kesitler.

—Şekil 3'de taban yollarının B-14 oval kesitte ya da dikdörtgen kesitte olma durumları karşılaştırılmaktadır. Oval kesitte, A, B ve C noktaları ile çevrili üçgen bölge saban ya da tamburlu kesici ile kazılamaz. Buranın kazılması için kazma ve dinamit kullanılması gerekir. Üretim süreci içerisinde ayağın en kritik yeri olan ayak başında ise böyle bir uygulama hiç istenmez. Ayrıca, oval kesitte iki ayak arasında, A ve B noktaları arasındaki özel tahkimatla tutulması gerekir.

—Oval kesitte, taban ayak geçtikten sonra taban yolu tahkimatına son şeklini vermek için D, B ve E noktaları arasındaki üçgen bölgenin doldurulması gerekir. Bu dolgu ne kadar kısa zamanda ve eksiksiz yapılırsa yapılsın, yine de taban yolu deformasyonunun en yüksek olduğu bu kısımda tahkimat tavanı ve yan duvan tam kavrayamayacağı

çaktır. Tahkimat deformasyonu yüksek olacak ve tahkimatın payandalarla, kilitlerle desteklenmesi gerekecektir.

-Oval kesitte, standart B-14 kavisli bağ kullanılıncaya taban yolu yüksekliği 3,5 m olmaktadır. Oysa, taban yolu yüksekliğinin her iki damarda kazıldıktan sonra, 4 m civarında olması gerekir. Bu yüksekliğe uygun kesitte kavisli bağ kullanılması durumunda ise, kesit 18 m<sup>2</sup>'ye, taban açıklığı 6 m'ye çıkacaktır.

-Oval kesitte rambale duvarı uygulaması daha zordur.

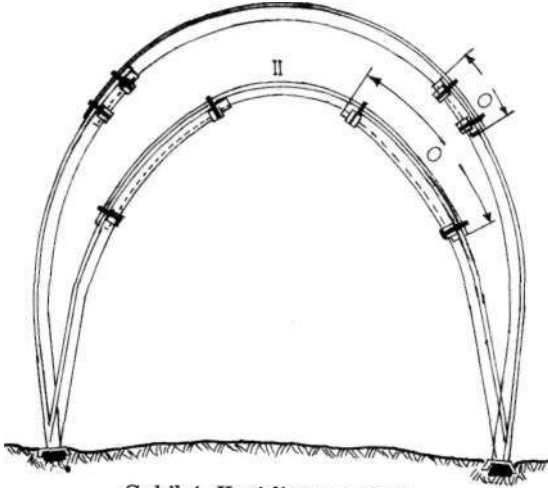
-Bir alt taban yolunda sürekli bulunan donanım, monoray, bant ve zincirli konveyörler, trafo, devre kesiciler, kumanda tabloları, çeşitli kablolar, ölçüm cihazları ve borulardır. Ayrıca, bir de insan geçiş yolu olması gerekir. Bütün bunların dikdörtgen kesite kullanışlı olarak yerleştirilmesi oval kesite göre daha uygun olmaktadır.

-Dikdörtgen kesitte, I-profil çelik malzeme kullanılarak bir tür geçme bağ olan kayıcı bağ uygulanabilmektedir.

-Dikdörtgen kesitte kullanılan düz tahkimat profillerini yeraltında taşımak ve depolamak kavisli bağın eğri profillerine göre daha kolaydır.

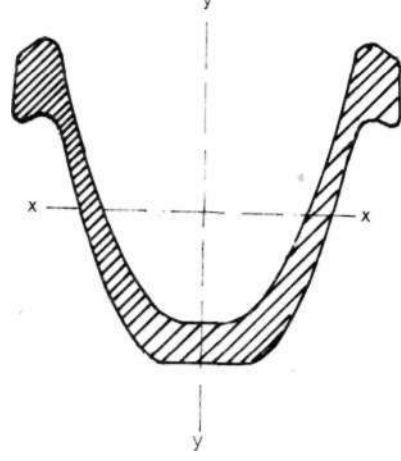
### 3. GEÇME BAĞLARIN KISA TANITIMI VE ÜSTÜNLÜKLERİ

Taban yolları deformasyon bölgelerindeki tahkimatın niteliğini kaybetmeden denetlenebilir konverjansa izin vermesi geçme bağlarla olur. İlk geçme bağ türleri ağacın ve taş-toprak karışımının sıkışabilme özelliğinden yararlanarak tasarlanmış ve uygulanmıştır (Woodruff, 1966). Ağaç-demir profil, taş ve toprak karışımı -demir profil, ağaç-taş ve toprak karışımı- demir profil bileşimindeki bu ilk uygulamalardan sonra, belirli kuvvetlerde bağ profillerinin birbiri içinden (üstünden) kayabileceği kilit düzenekleri olan geçme bağları geliştirilmiştir. Bunların en fazla bilineni ve en yaygın kullanılanı, kavisli geçme bağlarıdır (Şekil 4).



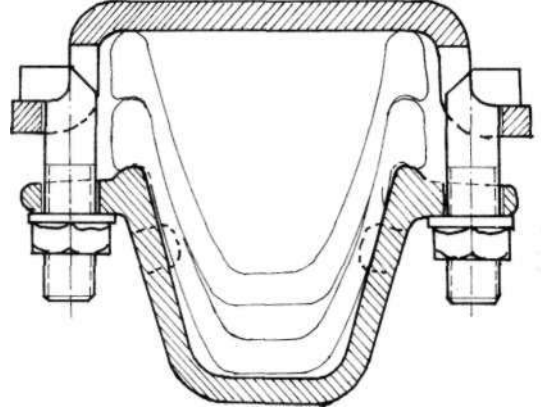
Şekil 4. Kavisli geçme bağ.

Kavisli geçme bağlarda, bağ profillerinin bağın niteliği ve duraylılığı bozulmadan, birbiri içinden kayabileceği çeşitli geometrik profil kesitleri denenmişse de, en yaygın olarak TH ve Çan profilleri kullanılmaktadır (Şekil 5). Bu profillerin birbiri içinden kaymaya uygunluğunun yanı sıra, bir diğer üstünlüğü de, x ve y eksenlerine göre dayanım momentlerinin birbirine çok yakın olması ve eğilme zorlamalarına karşı daha dayanıklı olmalarıdır (Anoğlu, 1982).



Şekil 5. TH - Profil (Heintzmann, tip 58)

Geçme bağ profillerini birbirine bağlayan kilit düzenekleri genellikle papuçlar ve sıkıştırmayı sağlayan civatalardan -ender olarak da kamadan oluşur (Şekil 6) (Ataman, 1978).



Şekil 6. Geçme bağ kilit düzenegi

Bağ üzerine gelen arazi yükü, kilit düzeneklerinin sağladığı sürtünme kuvvetini yendiği an, bağ profilleri bir miktar birbiri içinden kayarlar ve bağ üzerine gelen yükte bir zaman için ferahlama olur. Böylece, tahkimatta eğilme, burkulma, burulma, bağlantı elemanlarında kırılmalar gibi herhangi bir bozulma olmadan ve tahkimatın yük taşıma kapasitesinde herhangi bir azalma gerçekleşmeden taban yolunda bir miktar konverjans olur. Bağ profillerinin birbiri içinden kaymaları, tasarlanan kayma payı (sürtünme payı) bitinceye

kadar ya da deformasyon bölgesi sona erinceye kadar defalarca tekrarlayabilir.

### 3.1. Geçme Bağların Rijit Bağlara Göre Üstünlükleri

-Deformasyon bölgesinde, tahkimatın ve taban yolunun nitelik ve bütünlüklerinin bozulmadan korunmasını sağlar. Taban yolu kullanılmaya devam edilebilir.

—Bağ profilleri bir biri içinden kaydıkaç -taban yolu kesiti daraldıkça- geçme bağın dayanımı artar.

—Taban yolundaki geçme bağların, yaklaşık birbirine eşit yük taşıyacak şekilde kendi kendilerini ayarlayabilme özelliği vardır. Böylece, bağlar arası dengesiz ve aşırı yüklenme en aza iner. Ayrıca, her bağın kendi içindeki yük dağılımı da oldukça dengelidir.

—Özellikle kavisli tip geçme bağlarda, tünel çevresindeki kırılmış ve ezilmiş plastik bölgedeki içsel sürtünme kuvvetlerinin kendi içinde ayarlanıp, düzenlenmesinde yardımcı olur. Daha duraylı hale gelen plastik bölge, arazi yükünün önemli miktarını taşıyan doğal bir kemer oluşumu gösterir.

—Tahkimat kayıpları azalır.

## 4. KAYICI BAĞ (SÜRTÜNME Lİ BAĞ)

### 4.1. Çayırhan Bölgesinde Kayıcı Bağın Gelişimi

Bölge'de, panolar arası kömür topuğu bırakılmaması ve alt taban yolunun göçertilmeyerek korunması 1982 yılında üretime başlayan Hobel Panosu ile gündeme gelmiştir. İlk uygulamanın yapıldığı A-1309 no'lu Hobel Panosu alt taban yolunda önceleri farklı tahkimat tasarımları denenmiştir. Aşama aşama yapılan bu denemelerde bir çok defa başarısız olduktan sonra geliştirilen kayıcı bağ (sürtünmeli bağ) ve ayak bitimi koruyucu dolgu tahkimatları ile alt taban yolunun göçertilmeden korunması sağlanabilmiştir.

Yapılan bu ilk denemeler ve sonuçları sırasıyla şöyledir:

a) Taban yolu kesiti: Dikdörtgen, tahkimat: orta çatallı ağaç trapez bağ ve çalışan ayaklar tarafına 3,5 - 4 m yüksekliğinde ağaç domuz damı, ayakların birimindeki koruyucu dolgu tahkimat: içi taş doldurulmuş ağaç domuz damları, deneme uzunluğu 37 m, tahkimat başanlı olmamıştır (Şekil 7).

b) Taban yolu kesiti: oval, tahkimat: 1-140 profilden B-14 kavisli rijit bağ ve bağın altına önceleri



Şekil 7. Taban yolunda ağaç trapez bağ denemesi.

ağaç payanda, sonra ağaç poligon kilit, koruyucu dolgu tahkimat: içi taş doldurulmuş ağaç domuz damları, deneme uzunluğu 26 m, tahkimat başanlı olmamıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Taban yolunda kavisli bağ denemesi.

c) Taban yolu kesiti: dikdörtgen, tahkimat: trapez bağ, boyunduruk: 1-140 profil, ayak tarafındaki yan direk: ilk 20 m uzun hidrolik direk, sonraki 26 m sürtünmeli yan direk, orta çatallı ve öteki yan direk: ağaç, koruyucu dolgu tahkimat: içi taş doldurulmuş ağaç domuz damları, deneme uzunluğu 46 m, tahkimat başanlı olmamıştır.

d) Taban yolu kesiti: dikdörtgen, tahkimat: trapez bağ, boyunduruk: 140 profil, ayak tarafı yan direk ve orta çatallı: sürtünmeli direk, öteki yan direk: ağaç, koruyucu dolgu tahkimatı: içi taş doldurulmuş ağaç domuz damları ve domuz damları ile bağ arasına beton ramble duvan, deneme uzunluğu 20 m, tahkimat önceliklerden daha iyi olmasına karşın tam başanlı olmamıştır.

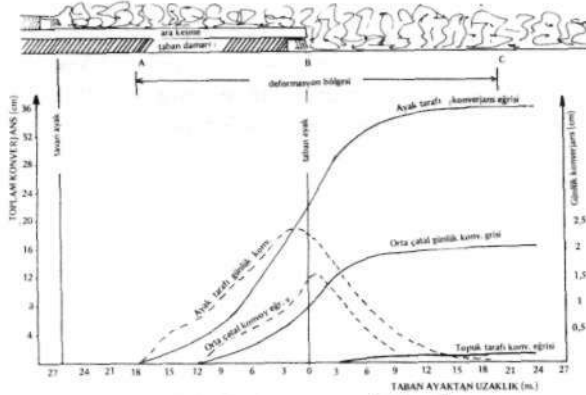
e) Taban yolu kesiti: dikdörtgen, tahkimat: trapez, orta çatallı, kayıcı bağ ve ayaklar tarafına 3,5 - 4 m yüksekliğinde ağaç domuz damı, ayakların birimindeki koruyucu dolgu tahkimatı: içi taş doldurulmuş ağaç domuz damları, bu tahkimat başanlı olmuş ve taban yolunun geri kalan yakla-

şık 800 m lik kısmı bu tahkimatla göçertilmeden korunmuştur. Hobel Panosunun alt taban yolu olarak korunan bu 800 m'lik kısmı, daha sonra (1987-1988 yıllarında) çalışan A-13 panosunun üst taban yolu olarak da başarıyla kullanılmıştır.

Hobel Panosu alt taban yolunda başarılı olan yukarıda tanımlanan tahkimat, zaman içerisinde geliştirilmeye devam edilmiştir. Sonraki panolarda, pnömatik ramble tesislerinin de kurulmasıyla, ayaklar tarafına yapılan 3,5 - 4 m yüksekliğindeki ağaç domuz damlan kaldırılmış ve beton ramble duvarı uygulamasına geçilmiştir (Şekil 1.d). Son olarak, A-01 panosunda, koruyucu dolgu tahkimat olarak yapılan içi taş doldurulmuş ağaç domuz damlarının da kaldırılması ve beton ramble duvarının tavan ayağın hemen arkasından başlatılması uygulanmaya başlanmıştır.

#### 4.2. Çayırhan Bölgesinde Deformasyon Bölgesi

Deformasyon bölgesinin tanımı Bölüm 1'de verilmiştir. Bölge mekanize panoları alt taban yollarında deformasyon bölgelerinin belirlenmesi, kayıcı bağın direklerindeki konverjansların ölçülmesiyle yapılmaktadır. Sürtünmeli yan direkler ya da orta çatalda konverjansın başladığı nokta -bu yazının yazarınca- deformasyon bölgesi başlangıç noktası ve konverjansın durduğu ya da çok azaldığı nokta deformasyon bölgesi bitiş noktası olarak kabul edilmiştir.



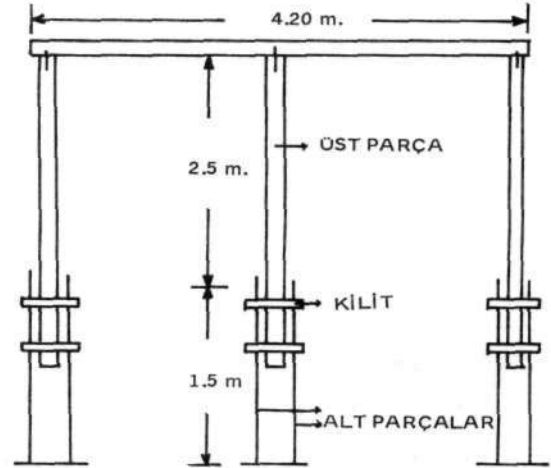
Şekil 9. Deformasyon bölgesi.

Şekil 9'da, örnek olarak, A-0210 no'lu alt taban yolunun 81 ve .90 numaralı bağları arasındaki kısmının ortalama konverjan eğrileri ve ortalama günlük konverjans miktarı değişim eğrileri çizilmiştir. Taban yolunun şekildeki kısmında, deformasyon bölgesi, tavan ayağın 8 m gerisindeki A noktasından başlayıp, taban ayağın yaklaşık 20 m gerisindeki C noktasında bitmektedir. Toplam deformasyon bölgesi uzunluğu 38 m civarındadır. Yine şekilde görülebileceği gibi, taban yolunun ayaklar tarafındaki toplam konverjansı 36 cm'y'e erişmektedir.

Yukarıdaki örnekte verilen değerler Bölge taban yollarının çok küçük bir kesitini yansıtır. Farklı taban yollarında, ya da aynı taban yolunun farklı kısımlarında, çeşitli etkenlerin neden olduğu değişik sonuçlar bulunmuştur. Bölge genelinde, ilk uygulamanın yapıldığı Hobel Panosu Alt Taban Yolu da dahil olmak üzere, bu güne kadar yapılan ölçümler sonucu en kısa deformasyon bölgesi; AB = 8 m, BC = 12 m, toplam 20 m uzunluğunda ve en uzun deformasyon bölgesi; AB = 25 m, BC = 70 m, toplam = 95 m uzunluğunda bulunmuştur. Taban yolu, ayak tarafındaki toplam konverjansın da ortalama 65 cm'ye çıktığı kısımlar olmuştur.

#### 4.3. Kayıcı Bağın Tanıtımı

Çayırhan bölgesinde kullanılan kayıcı bağ, bir boyunduruk, iki sürtünmeli yan direk ve bir sürtünmeli orta çataldan oluşan trapez taban yolu tahkimatıdır (Şekil 10). Değişik bir tasarımdaki geçme bağ olan kayıcı bağın kavisli geçme bağdan en önemli farkı, kayma işleminin yalnızca düşey gerilme ve konverjanslara karşı tasarlanmış olması, yanıl gerilme ve konverjanslara karşı rijit tahkimat olarak tepki göstermesidir.

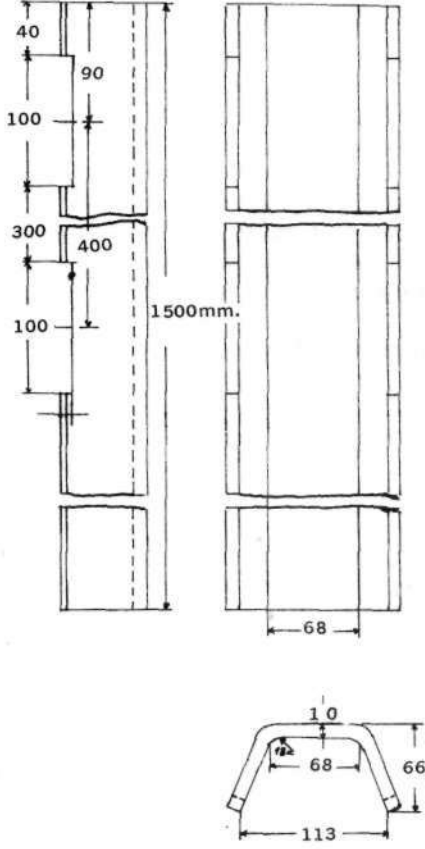


Şekil 10. Sürtünmeli bağ.

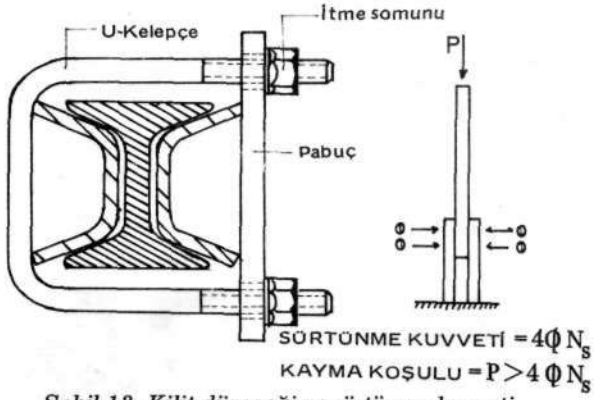


Şekil 11. Kayıcı bağda boyunduruk-direk bağlantısı.

Kayıcı bağın boyunduruğu I-140 profil çeliktir. Boyunduruk, orta çatal ve yan direklere papuç ve civata ile bağlanır (Şekil 11).



Şekil 12. U-Profil alt parça

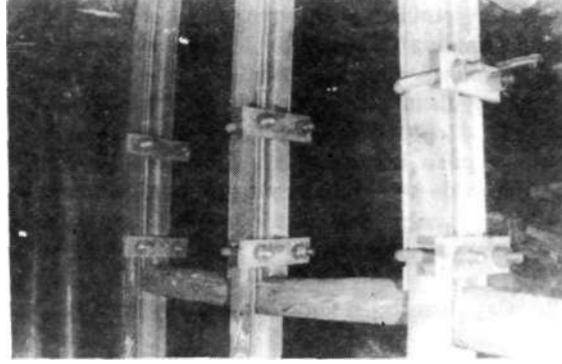


Şekil 13. Kilit düzeneği ve sürtünme kuvveti.

Sürtülmeli yan direk (ya da orta çatal), bir adet I-140 profil üst parça, iki adet U-profil alt parça ve üst parça ile alt parçaları bir birine bağlayan iki kilit düzeneğinden oluşur (Şekil 12 ve Şekil 13).

Bir kilit düzeneği, 26 mm çapındaki çubuk

demirden bükülerek yapılmış U- kelepçe, 250 mm x 70 mm x 20 mm boyutlarında papuç ve U-kelepçenin uçlarındaki dişlilerde dönerek sıkıştırılmayı sağlayan iki adet itme somununu kapsar (Şekil 13 ve Şekil 14). Kilit düzeneğinde, itme somunu tork anahtarı ile döndürüldükçe, I-profil üst parçanın oyuklarına yerleştirilmiş olan U-profil alt parçalar oyuklara iyice sıkışır. Bu sıkıştırma



Şekil 14. Sürtülmeli direk kilit düzeneği.

kuvvetleri (O) ve alt-üst parçalar arasındaki statik sürtünme katsayısının ( $\mu_s$ ) oluşturduğu statik sürtünme kuvveti ( $R_s$ ), direk üzerine gelen düşey kuvvete (P) karşı koyan kuvvettir. Düşey kuvvet, sürtünme kuvvetini yendiği an, I-profil üst parça, U-profil alt parçaların arasından bir miktar kayar (Şekil 13). Böylece, direk üzerinde bir süre için ferahlama olur ve tavan yükü öteki direk ya da bağların üzerine yayılır. Tabaka hareketlerinin sürmesi nedeni ile direk üzerindeki ferahlamış bölgede bir miktar konverjans olur ve tavan tabakası tekrar direğin üstüne biner. Deformasyon bölgesinin sonuna kadar düşey kuvvet defalarca sürtünme kuvvetini yener ve sürtülmeli yan direk ya da orta çatalda defalarca kayma olur.

I-profil üst parçanın kayma payı (sürtünme payı) 0,80 - 0,90 m arasındadır. Deformasyon bölgesi henüz bitmeden, üst parça kayma payı uzunluğu kadar kaymayı yaparak zemine oturursa, sürtülmeli direkler rijit konuma geçer ve bağda deformasyon başlar.

Kayıcı bağ direkleri kurulurken üst ve alt parçalara bağlanan hidrolik krikolarla yardımcı ile bağ, taban yolunun tavan ve tabanı arasına ön gerdirme ile sıkılır.

#### 4.4. Kayıcı Bağ Statik Analizi, Eğilme ve Burkulma Yenilmeleri, Sürtünme Kuvveti

Yazının bu kısmında, deformasyon bölgesi içindeki kayıcı bağın boyunduruğundaki eğilme ve direklerdeki burkulma (flambaj) yenilmeleri

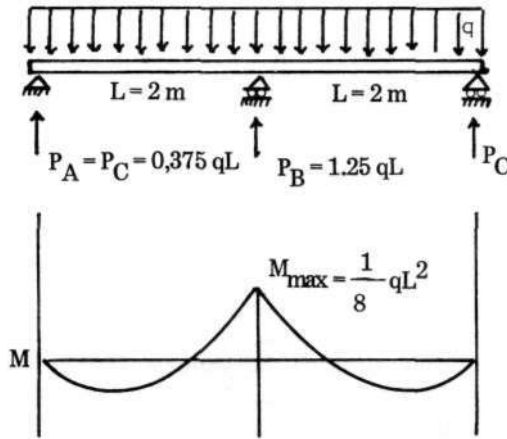


ile kilit düzeneğinin doğurduğu sürtünme kuvveti üzerinde durulacak, ve bunlara bağlı olarak her bir yenilme için (eğilme, burkulma, kayma) gerekli yaylı tavan yükleri bulunarak karşılaştırılacak ve tahkimatın değerlendirilmesi yapılacaktır. Karşılaştırmanın yaylı tavan yükleri bulunarak yapılmasının nedeni, öteki yenilmelerin kayma yenilmesi ile karşılaştırılabilmesi içindir.

Bağ boyundurukları üzerindeki yaylı tavan yükü Şekil 9'dan da anlaşılabilir gibi çalışan ayak tarafına doğru çoğalarak artar. Ancak, bu yazıda, yaylı tavan yükleri -hesaplamaları basitleştirmek için- düzgün yaylı tavan yükleri olarak kabul edilmiştir.

#### 4.4.1. Boyunduruk Eğilme Yenilmesi

Kayıcı bağ boyunduruğu, düzgün yaylı yük altındaki, eşit aralıklı, üç mesnetli kiriş konumundadır (Anoğlu, 1986; Birön, 1980) (Şekil 15).



Şekil 15. Boyunduruk eğilme momenti diagramı ve mesnet reaksiyonları.

Kirişte eğilme gerilmesi ( $\sigma$ ) =  $\frac{M_{max}}{W_x} < \sigma_{em}$

$$M_{max} = 0,125 qL^2 \quad (D) \quad (12)$$

Burada,  
 $\sigma_{em}$  : Eğilme emniyet gerilmesi, 140 MPa (1400 kg/cm<sup>2</sup>),  
 $W_x$  : Mukavemet momenti, 227 x 10<sup>6</sup> cm<sup>3</sup> (227 m<sup>3</sup>),  
 $L$  : İki mesnet arası uzaklık, 2 m,  
 $q$  : Düzgün yaylı tavan yükü, MN/m  
 $q$  (eğ.em.) : Emniyet gerilmesine göre  $q$ ,  
 $q$  (eğ.ak.) : Akma sınırı gerilmesine göre  $q$ ,  
 $\sigma_{ak}$  : Akma sınır gerilmesi, 240 MPa (2400 kg/cm<sup>2</sup>).

$$0,125 x q L^2 < \sigma_{em}$$

$W_x$

$$0,125 x q \text{ (eğ.em.) } x 2^2 < 140 \text{ MPa}$$

$$227 x 10^{-6}$$

$$q \text{ (eğ.em.) } < 0,064 \text{ MN/m}$$

$$0,125 x q \text{ (eğ.ak.) } x 2^2 < 240 \text{ MPa}$$

$$227 x 10^{-6}$$

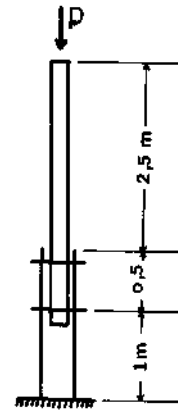
$$q \text{ (eğ.ak.) } < 0,109 \text{ MN/m}$$

Sonuç olarak, boyunduruğu etkileyen eğilme gerilmesinin emniyet gerilmesini geçmesi için, düzgün yaylı tavan yükünün 64 kN/m (64 kg/cm)'den büyük olması, akma sınırı gerilmesini geçmesi için de düzgün yaylı tavan yükünün 109 kN/m'den (109 kg/cm) büyük olması gerekir.

Aynı işlemler orta çatalın olmadığı -kirişin iki mesnetli olduğu- varsayılarak yapılmıştır. Bu durumda,  $q$  (eğ.em.) < 16 kN/m ve  $q$  (eğ.ak.) < 27 kN/m koşulları çıkmaktadır. Görüldüğü gibi, orta çatal kaldınca boyunduruk eğilme yenilmesi 4 kez daha küçük tavan yüklerinde olmaktadır.

#### 4.4.2. Yan Direkte Burkulma (Flambaj) Yenilmesi

Burkulma araştırması yapılırken, öncelikle burkulmaya karşı daha zayıf olan 4 m uzunluğundaki tek 1-140 profil irdelenmiştir. Daha sonra kayıcı yan direğin 2,5 m'lik 1-140 üst parçası ve 1 m'lik U profil alt parçası için gerekli kritik burkulma kuvvetleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Gerçekte, 4 m'lik kayıcı bağ direği aynı boydaki 1-140 profilden daha büyük kritik yüklerde burkulmaktadır (Şekil 16). İki ucu mafsallı ince kolonda burkulma (Pakdemirli, 1973):



Şekil 16. Sürtünmeli yandirek

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad (3)$$

Burada,

- $P_{cr}$  : Direğin burkulmaya başladığı kritik yük, MN-
- $E$  : Elastisite modülü,  $2,15 \times 10^8$  MPa ( $2,15 \times 10^6$  kg/cm<sup>2</sup>),
- $I_y$  : Eylemsizlik momenti, m<sup>4</sup>,  
1-140 profil için  $I_y : 315 \times 10^{-8}$  m<sup>4</sup>,  
U profil için  $I_y : 52 \times 10^{-8}$  m<sup>4</sup>,
- $L$  : Kolon (direk) uzunluğu, m.

Şekil 15'deki mesnet reaksiyonlarında görüldüğü gibi en fazla düşey kuvvet orta çatal üzerine gelmektedir (Pg)-

$$P_B = 1,25 q L < P_{cr} \quad (4)$$

Eşitlik 3 ve eşitlik 4'den 4 m'lik 1-140 profil için bulunan burkulmada kritik ve burkulmada emniyetli düzgün y ayılı tavan yükleri sınırlan:

$$q(\text{bur.cr.}) < 167 \text{ kN/m,}$$

$$q(\text{bur.em.}) < 111 \text{ kN/m,}$$

Aynı kritik ve emniyetli tavan yükleri 2,5 m'lik 1-140 profil üst parça için;

$$q(\text{bur.cr.}) < 356 \text{ kN/m,}$$

$$q(\text{bur.em.}) < 237 \text{ kN/m,}$$

ve bir m'lik U profil için;

$$q(\text{bur.cr.}) < 365 \text{ kN/m,}$$

$$q(\text{bur.em.}) < 246 \text{ kN/m}$$

olmaktadır.

#### 4.4.3. Kayıcı Bağ Direğinde Kayma Yenilmesi (Sürtünme Kuvveti)

Kayıcı bağın direklerinde üst parçanın alt parçalar arasında kayma yapabilmesi için direk üzerine gelen düşey kuvvetin kilit düzeneğindeki sürtünme kuvvetini yenmesi gerektiği bilinmektedir (Şekil 13). (Timeshenko, 1980).

$$\text{Sürtünme kuvveti} : R_s = 4 Q \mu_s \quad (5)$$

$$\text{Kayma Koşulu} : P > R_s, P > 4 Q \mu_s \quad (6)$$

Burada,

$P$  : Düşey Kuvvet, kN,

$Q$  : Normal sıkıştırma kuvveti, kN,  
 $\mu_s$  : Statik sürtünme katsayısı.

Sıkıştırma kuvveti, kilit düzeneğindeki itme somununun belli döndürme momenti ile döndürülmesi sonucu, kelepçe eğik vida dişlileri üzerinde ilerleme yaparken alt parçalar üzerine uyguladığı normal kuvvettir. Bölgedeki uygulamada döndürme momenti 0,5 kN.m (50 kg.m) dir.

Eğik dişli vidada döndürme momenti eşitliği (Beer, 1986):

$$M = Q \times r \times \tan(\alpha + \beta) \quad (7)$$

$$Q = \frac{M}{r \times \tan(\alpha + \beta)} \quad (8)$$

$$\beta = \arctan \left[ \frac{k}{\cos(A/2)} \right] \quad (9)$$

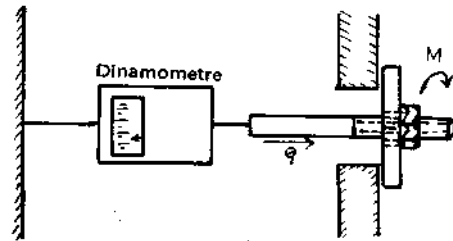
$$\alpha = \arctan \left( \frac{d}{\pi \times 2r} \right) \quad (10)$$

Burada bilinenler,

- $M$  : Döndürme momenti, 0,5 kN.m,  
 $r$  : Vidada ortalama diş yarıçapı, 0,0127 m,  
 $a$  : Vida adımı eğimi, 2,28°,  
 $A$  : Vida diş açısı, 50°,  
 $d$  : Vida adımı aralığı, 0,0032 m.

Bilinmeyenler,

- $Q$  : Normal sıkıştırma kuvveti, kN,  
 $\beta$  : Eğik dişli vidada sürtünme açısı, derece,  
 $k$  : Somun ile vida arasındaki sürtünme katsayısı.



Şekil 17. Sürtünme açısı (β) testi

Sıkıştırma kuvveti (Q) ve sürtünme katsayısının (k) bulunabilmesi için sürtünme açısının (β) bilin-

mesi gerekir. Bunun için tork anahtarı, U-kelepçenin vida kısmı, itme somunu ve dinamometre kullanılarak basit bir deney yapılmıştır (Şekil 17). İtme somunu, tork anahtarı ile belli döndürme momentlerinde döndürülerek dinamometreden bunlara karşılık gelen normal kuvvetler (Q) okunmuş, bulunan değerler eşitlik 7 ve 9 da yerlerine konulmuştur. Vida ile somun arasındaki sürtünme açısı ( $\beta$ )  $16,30^\circ$  olarak, sürtünme katsayısı (k) 0,26 olarak hesaplanmıştır. Kilit düzeneğine yer altında uygulanan 0,5 kN. m döndürme momenti ile elde edilen sıkıştırma kuvveti eşitlik 8'den bulunmuştur.

$$Q \sim \frac{0,5}{0,0127 \times \tan(2,28^\circ + 16,30^\circ)} = 117,10 \text{ kN (11710 kg)}$$

Kayıcı bağ direklerinde, üst parça ile alt parçalar arasındaki statik sürtünme katsayısının bulunabilmesi için önce kayma yenilmesinin başladığı andaki sürtünme kuvveti deneysel olarak bulunmuştur (Eşitlik 5). Bunun için 11 adet sürtünmeli yan direk hazırlanmış ve kilit düzeneği itme somunları 0,5 kN. m döndürme momenti ile sıkılarak Hidrolik Test Atölyesi'ndeki presin altında denenmiştir. Kaymanın başladığı andaki presin uyguladığı düşey kuvvetin kilit düzeneğindeki sürtünme kuvvetine eşit olduğu kabul edilmiştir. Denenen 11 direkte kaymanın başladığı andaki düşey kuvvet (sürtünme kuvveti) ortalama 203,90 kN (20.390 kg) olarak bulunmuştur.

$$203,90 = 4 \times 117,10 \times \beta_s$$

$$\beta_s = 0,44$$

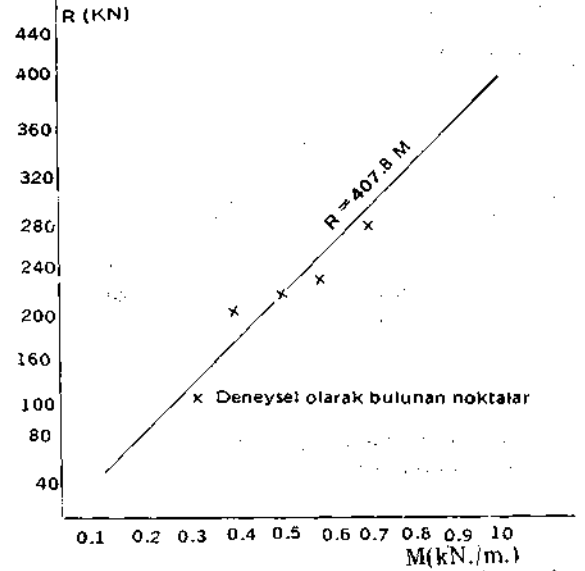
Döndürme momenti (M) ile sürtünme kuvveti ( $R_s$ ) arasındaki bağlantıyı bulmak için 5 ve 8 birlikte yazılmıştır. Bu bağlantı, aynı zamanda, döndürme momenti (M) ile kayma yenilmesinin başladığı andaki düşey kuvvet (P) arasındaki bağlantı olarak da düşünülebilir.

$$R_s = 0,44 \times 4 \times \left[ \frac{M}{0,0127 \times \tan(2,28^\circ + 16,30^\circ)} \right]$$

$$R_s = 407,8 \times M \quad (11)$$

Eşitlik 11'den yararlanarak çizilen grafik Şekil 18'de yer almaktadır. Hidrolik Test Atölyesi'ndeki deneyler sırasında, farklı döndürme momentleri uygulanan direklerin sürtünme kuvvet-

lerini yenen düşey kuvvetler de bulunmuştur. Bu deneysel sonuçlar Şekil 18'de yerlerine konulunca hesaplamalar sonucu çizilen doğru ile bütünlük içinde oldukları görülmektedir. Şekil 15'den, en fazla düşey kuvvetin orta çatal üzerine geldiği bilinmektedir. Kaymanın başlamaması için gerekli koşul:



Şekil 18. Döndürme momenti-sürtünme kuvveti bağlantısı

$$P_B \leq R_s$$

$$1,25 \times q \times L \leq R_s$$

$$1,25 \times q \times 2 \leq 203,90 \text{ kN}$$

$$q \text{ (kayma)} \leq 82 \text{ kN/m}$$

Orta çatal kaldırılıp, kayıcı bağ iki yan direkli trapez bağ olarak düşünülürse kaymanın başlamaması için gerekli koşul:

$$q \times L < 203,90$$

$$q \text{ (kayma)} < 102 \text{ kN/m}$$

#### 4.5. Eğilme, Burkulma ve Kayma Yenilmelelerinin Karşılaştırılması

Eğilme, burkulma ve kayma ile ilgili yapılan hesaplamalar sonucu bulunan emniyetli düzgün yayılı tavan yükleri ve yenilme durumundaki düzgün yayılı tavan yükleri Çizelge 1'de özetlenmiştir. Burada, tahkimat elemanındaki eğilme gerilmesinin, akma sınır gerilmesini geçtiği (eğilmenin başladığı) durum, ya da direk üzerine gelen düşey kuvvetin kritik burkulma kuvvetine eriştiği (burkulmanın başladığı) durum, ya da sürtünmeli direkte düşey kuvvetin sürtünme kuvvetini geçtiği (kaymanın başladığı) durum, yenilme durumları olarak adlandırılmaktadır.

Çizelge 1. Tahkimat ve Yenilme Türlerine Göre Düzgün Yayılı Tavan Yükleri

Tahkimat Türü	Tahkimat Elemanı	Yenilme Türü	Emniyetli düzgün yayılı tavan yükü (q), kN/m.	Yenilme durumunda düzgün yayılı tavan yükü $\frac{T_q T_k N}{m}$
Kayıcı bağ	Boyunduruk	Eğilme	64	109
	yan direk-orta çatal	Kayma		82
İki direkli kayıcı bağ	Boyunduruk	Eğilme	16	27
	Yan direk	Kayma		102
Üç direkli rijit trapez bağ	Boyunduruk	Eğilme	64	109
	Yan direk-orta çatal	Burkulma	111	148
B-14 Rijit Kavis.	Kavisli bağ	Eğilme	31	52

Kayıcı bağda, kayma (oturma) 82 kN/m düzgün yayılı tavan yükünde başlar. Çizelgeden de görülebileceği gibi boyundurukdaki eğilme ya da direklerdeki burkulma yenilmeleri daha büyük düzgün yayılı tavan yüklerinde olmaktadır. Böylece, kayıcı bağ sürtünmeli direklerinde kayma (oturma) devam ettiği sürece bağ elemanlarında eğilme, burkulma gibi herhangi bir bozulma olmaz ve tahkimat aynı dayanımı sürdürür. Sürtünmeli orta çatal ya da yan direk kaymayı sürdürürken kayma payı biter ve direk rijit hale gelirse, önce yenilme durumunda yayılı tavan yükü daha küçük olduğu için boyunduruk eğilecek, arkasından da direklerde burkulma başlayacaktır.

Çizelgeden çıkan başka bir sonuç da, kayma durumunda boyundurukdaki eğilme gerilmesi, akma sınırı gerilmesinden küçük olmasına karşın, eğilme emniyet gerilmesinden fazladır. Bir başka deyişle, direk kayma noktasına geldiğinde boyunduruk üzerindeki düzgün yayılı tavan yükü eğilme emniyet sınırını geçmektedir ve eğilme emniyet katsayısı  $109 \text{ kN}/82 \text{ kN} = 1,33$  gibi küçük bir değer olmaktadır. Döndürme momentini küçültüp sürtünme kuvvetini azaltarak, ya da boyunduruk profil alanını büyültüp mukavemet momentini artırarak, ya da boyundurukta St.37'den daha nitelikli çelik kullanıp emniyet gerilmesini artırarak eğilme emniyet katsayısını artırmak mümkündür. İlk iki çözümün sakıncaları vardır. Üçüncü çözüm için gerekli nitelikli çelik, ülkemizde yaygın kullanılacak kadar üretilmemektedir. Ayrıca, 1983'den bu güne kadarki uygulamalarda emniyet katsayısındaki düşüklüğün fazla sorun olmaması nedenleriyle kayıcı bağın yazıdaki şekliyle uygulanmasına devam edilmektedir.

Bağda, orta çatal kaldırılınca eğilme yenilmesi 27 kN/m'da olmaktadır ki bu değer iki direkli bağın kayma yenilmesinin başladığı 102 kN/m'den çok küçüktür. Bu durumda, tahkimat geçme bağ

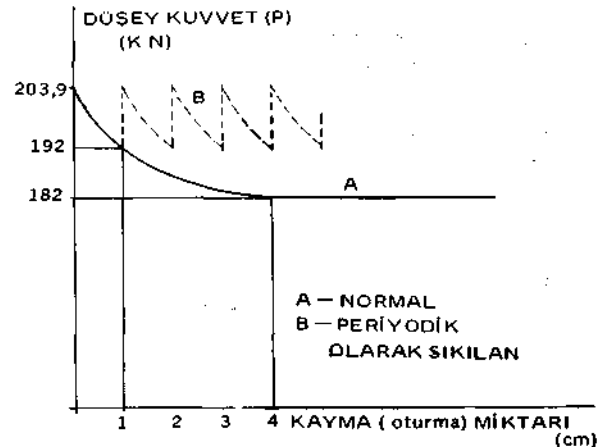
özelliğini göstermeden boyundurukta yoğun eğilme olur.

Kayıcı bağın kavisli rijit bağla da karşılaştırılabilmesi için I-profil, B-14 rijit kavisli bağda da yenilme durumundaki düzgün yayılı tavan yükleri de hesaplanıp, Çizelge 1'e eklenmiştir. Düşey tavan yüklerine karşı B-14 rijit kavisli bağ, orta çatalı -rijit ya da kayıcı- trapez bağdan daha zayıf, orta çatalı-sızlardan daha dayanıklı olmaktadır (Anoğlu, 1980).

Burkulma, yan direkte eğilme ve bağlantı elemanları deformasyonlan, uygulamada sorun olmayacak kadar önemsiz olduğu için, hesaplamalara alınmayarak ihmal edilmiştir.

#### 4.6. Kayıcı Bağ Direği Karakteristik Eğrisi

Kayıcı bağ direkleri, basit sıkıştırma düzenekli ve ani yük alan tipte sürtünmeli direklerdir.



Şekil 19. Sürtünmeli yandirek karakteristik eğrisi

Bölge Hidrolik Test Atölyesi'nde yapılan çalışmalarda yer altında kullanılan ve 0,5 kN.m dön-

dürme momenti ile sıkılan kayıcı bağ direklerinin kayma kuvveti - kayma (oturma) miktarı karakteristik eğrisi çıkarılmıştır (Şekil 19). Düşey kuvvet, sürtünme kuvvetini yenip, kayma gerçekleşince, kilit düzeneğinde bir miktar esneme olmaktadır. Dolayısıyla sürtünme kuvveti biraz azalmakta ve ikinci kayma biraz daha küçük düşey kuvvette gerçekleşmektedir. Belli bir kayma uzunluğundan sonra kilit düzeneğinde daha fazla esneme olmakta, direk sabit düşey kuvvetlerde kayma yapmaktadır.

Yeraltındaki uygulamalarda, kayıcı bağ direğinin bu olumsuz karakterine karşı, kilit düzeneğindeki itme somunu belli aralıklarla tekrar 0,5 kN.m döndürme momentine sıkılır. Bu tekrar sıkılma aralan genellikle 24 saattir. Sürtünmeli direk karakteristik eğrisi bu defa Şekil 19'da kesik çizgilerle gösterilen duruma dönüşmektedir.

#### 4.7. Kayıcı Bağların Kullanımı ve Geliştirilmesi İle İlgili Öneriler

##### 4.7.1. Kullanımla İlgili Öneriler

Herşeyden önce -bütün yeni uygulamalarda olduğu gibi- kayıcı bağ, bunun uygulamasını yapacak ekiplerce çok iyi tanınmalıdır.

İtme somunu belirlenen döndürme momentinde ve tork anahtarı kullanılarak sıkılmalıdır. Örneğin, itme somununun açık ağızlı İngiliz anahtarı ile sıkıldığı durumda sürtünme kuvvetinin 203,9 kN'dan (20.390 kg'dan) 44 kN'a (4400 kg'a) düştüğü ölçülmüştür.

İtme somunları deformasyon bölgesi içinde, belirli zaman aralıklarında belirlenen döndürme momentinde tekrar sıkılmalı, deformasyon bölgesi sonrasında da ara ara kontrol edilmelidir.

Orta çatalın olmaması durumunda kayıcı bağ, geçme bağ karakterinden daha çok rijit bağ karakteri gösterir. Deformasyon bölgesi başlar başlamaz kayıcı bağa orta çatal eklenmelidir. Bir süre için bunun pratik zorlukları varsa, geçici olarak uzun hidrolik direk ya da benzeri tahkimat birimi kullanılabilir.

Orta çatal olabildiği ölçüde boyunduruğu ortalamalıdır. Bir tarafın geniş kalması durumunda, boyunduruk o tarafta eğilme gerilmelerine karşı zayıf düşecektir.

Kayma payı (sürtünme payı) kısa bırakılmamalıdır. Belirlenen uzunluktan kısa bırakılırsa sürtünmeli direk kısa sürede rijit hale gelebilir.

Bağ kurulurken sürtünmeli direkler tavan-taban arasına ön gerdirme ile sıkıştırılmalıdır. Direk

uçları ile boyunduruk arasında ve boyunduruk ile tavan arasında boşluklar olmamalıdır.

Sürtünmeli direklerin taban yolu zeminine batmaması için taban plakası kullanılmalıdır.

Bağların taban yolu eğimlerine uygunluğu, düzenliliği, bağ aralarının eşitliği, fırça-kamaları yeterliliği gibi genel kurallara dikkat edilmelidir.

Deformasyon bölgesi içinde kayıcı bağ direklerindeki konverjanslar günlük ölçülüp izlenmelidir. Kaymanın çok hızlı olduğu ölçülen direkler rijit hale gelmeden bağlar uzun hidrolik direkler ya da başka sürtünmeli direklerle desteklenmelidir.

Çayırhan Bölgesi koşulları trapez kayıcı kullanmayı gerektirmiştir. Olanakların elverdiği koşullarda uygun olduğu yerlerde kavisli geçme bağ tercih edilmelidir.

##### 4.7.2. Kayıcı Bağların Geliştirilmesi İle İlgili Öneriler

İtme somunu 0,5 kN.m'den büyük döndürme momentleri ile sıkılarak ve bağ elemanlarında daha nitelikli çelik malzeme kullanılarak çok daha dayanıklı kayıcı bağlar elde edilebilir. Döndürme momentinin 0,8 kN.m'ye çıkartılmasıyla sürtünme kuvveti 203,9 kN'dan 330 kN'a, düzgün yayılı tavan yükü sınırı 82 kN/m'den 132 kN/m'ye fırlayacaktır (Şekil 18 ve Eşitlik 4). Ancak böyle bir uygulamada, şu an kullanılan kayıcı bağın, daha kayma başlamadan boyunduruk ve kilit pabucunda eğilme, kilit kelepçesinde uzama (sünme) olacağı hesaplanmıştır. Bu elemanlarda da büyük gerilemelere dayanıklı yüksek nitelikli çelik kullanılması gerekmektedir (St.52 gibi). Bu şekilde elde edilen daha güçlü kayıcı bağların kullanıldığı taban yollarında deformasyon miktarları oldukça küçük olacaktır.

Kayıcı bağ direği kilit düzeneği geliştirilerek (servo elamanlı yapmak gibi) karakteristik eğrisindeki olumsuz düşüş önenebilir. Böylece itme somununun her gün tekrar sıkılması gerekliliği ortadan kalkar.

## 5. SONUÇ

Yeraltında açılan yolların tahkimatı ağaçtan çeliğe, çelikten daha nitelikli çeliğe, geçme tahkimatta ve yeni tasarımlara doğru gelişimini sürdürmektedir. Bu yazıda OAL Çayırhan Bölgesi Mekanize Pano yolları ve buralarda kullanılan -Ülkemizdeki geçme bağ uygulamasının öncülerinden sayabileceğimiz- kayıcı bağ tanıtılmıştır. Yazıda her bölümdeki konuların değerlendirilmiştir<sup>11</sup>

mesi ve sonuçları bölüm içinde ya da sonunda verilme ve tartışılmıştır.

Son söz olarak: ülkemiz yeraltı madenciliğinin geldiği noktada geçme bağı yaygınlaşmasına ve tahkimatta daha nitelikli çelik kullanmaya başlanmasına, geç kalınmaması gerekmektedir.

#### KAYNAKLAR

- ARIOĞLU E., NASUF E. .1986; 'Tabaka Kontrolü', TKİ Gn Md. .Teknoloji ve Uygulama Geliştirme Projesi Yayını, Ankara s. 110-122.
- ARIOĞLU E. .YÜKSEL A., 1982; ' Rijit Galeri Sisteminin Sakıncaları ve Geçme Tahkimat Sisteminin Boyutlandırma Esasları', Türkiye 3.Kömür Kongresi, Zonguldak, s.135-153.
- ARIOĞLU E., 1980; 'Yüksek Mukavemetli Çelik Kullanımının Rijit Tahkimat Sisteminin Boyutlandırılmasına Etkisi', < Türkiye 2.Kömür Kongresi, Zonguldak, s. 231-250.
- ATAMAN T. .1978; "Yeraltında Tahkimat Esasları", O.D.T.Ü. Yayını Ankara, s.107-118.
- BEER F.P. 1986; 'Mühendisler İçin Mekanik Statik', Birsen Kitabevi İstanbul, s. 289-292.
- BİRON C, ARIOĞLU E. 1980; "Madenlerde Tahkimat İşleri ve Tasarım' ,İstanbul, s.430-481.
- BLADES M.J., WHITTAKER B.N., 1974; "Abstract of-Aspects of Improved Roadway Stability", The Mining Engineer^ May, s.331-339
- PAKDEMİRLİ E., 1973. ' Orafostatik ve Mukavemet' , Elif Matbaası, İstanbul, s. 175-184.
- TIMESHENKO S., 1980; "Cisimlerin Mukavemeti", Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul, s.64-125.
- WHITTAKER B.N., 1976; 'Recording, Treatment and Interpretation of Roadway Deformation Surveys' , The Mining Engineer, July s. 607-617.
- WHITTAKER B.N., HODGKINSON D.R., 1971;"Desing and Layout of Longwall Workings', HThe Mining Engineer, November s. 79-95.
- WOODRUFF S.D., 1966; ' Methods of Working coal and Metal Mines", Pergamon Press, London, Vol 2, s. 121-149.
- .....'Longwall and Caving Mining Methods',is. 378-382.