

**UZUNAYAK KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE
TABANYOLLARININ TASARIMI İÇİN BİR
MÜHENDİSLİK KILAVUZUNUN GELİŞTİRİLMESİ**

Ahmet ÖZARSLAN

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Mühendislik Tezi

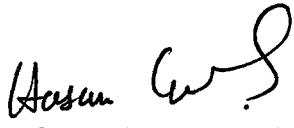
Olarak Hazırlanmıştır

ZONGULDAK

Temmuz 1995

KABUL:

Ahmet ÖZARSLAN tarafından hazırlanan “UZUNAYAK KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE TABANYOLLARININ TASARIMI İÇİN BİR MÜHENDİSLİK KILAVUZUNUN GELİŞTİRİLMESİ” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Mühendislik Tezi olarak kabul edilmiştir. 21.07.1995

Başkan: 
Prof. Dr. Hasan GERÇEK

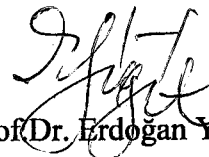
Üye : 
Prof. Dr. Yadigar V. MÜFTÜOĞLU

Üye : 
Doç. Dr. Erdal ÜNAL

ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

14/08/1995


Prof. Dr. Erdoğan YİĞİT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Yüksek Mühendislik Tezi

**UZUNAYAK KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE
TABANYOLLARININ TASARIMI İÇİN BİR
MÜHENDİSLİK KILAVUZUNUN GELİŞTİRİLMESİ**

Ahmet ÖZARSLAN

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Hasan GERÇEK

Temmuz 1995, 307 sayfa.

Uzunayak kömür madenciliğinde tabanyollarının tasarımında kullanılabilecek bir mühendislik kılavuzu hazırlanmıştır. Önce tabanyollarının duraylığı üzerinde etkin olan faktörler araştırılmış ve tabanyollarının çeşitli tasarım aşamaları için geliştirilmiş olan tasarım ilkeleri ayrı ayrı ele alınarak derlenmiştir. Sonra, Türkiye Taşkömürü Kurumu (T.T.K.) ve Türkiye Kömür İşletmeleri'ne bağlı Orta Anadolu Linyitleri'nde (O.A.L.) tabanyolu uygulamaları tanıtılmış ve tasarım yaklaşımları

ÖZET (devam ediyor)

değerlendirilmiştir. Son olarak da tabanyolu tasarımında yapılabilecek iyileştirmeler için öneriler sunulmuştur. Bu kapsamda, önce bilgi birikimi ve aktarımının önemi vurgulanmıştır. Pano defterleri ve sistematik tabanyolu gözlemleri tanıtılarak sağladıkları yararlar açıklanmıştır. Daha sonra da T.T.K.`da ve O.A.L.`de tabanyollarında yapılabilecek iyileştirmeler için öneriler sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Uzunayak Kömür Madenciliği, Tabanyolu Tasarımı,
Tabanyolu Duraylığı, Tabanyolu Tahkimatı.

Bilim Kodu: 607.01.02

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

DEVELOPMENT OF AN ENGINEERING MANUAL FOR THE DESIGN OF GATEROADS IN LONGWALL COAL MINING

Ahmet ÖZARSLAN

**Zonguldak Karaelmas University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mining Engineering**

Thesis Advisor: Prof.Dr. Hasan GERÇEK

July 1995, 307 pages.

An engineering manual has been prepared for the design of gateroads in longwall coal mining. Firstly, the factors which influence the stability of gateroads have been investigated and design principles developed for various design stages of gateroads have been compiled separately. Then, gateroad applications at the mines of Turkish Hardcoal Enterprises (T.T.K.) and Central Anatolian Lignite Mines

ABSTRACT (continued)

(O.A.L.) of Turkish Coal Enterprises (T.K.I.) have been described and design approaches have been evaluated. Finally, recommendations for improvement in gateroad design have been presented. In this context; firstly, the importance of collection and transfer of information has been emphasized; panel books, systematical gateroad observations have been introduced and their benefits have been explained. At least recommendations to improve gateroad practices at the T.T.K. and O.A.L. mines have been given.

Key Words: Longwall Coal Mining, Gateroad Design, , Gateroad Stability,
Gateroad Support.

Science Code: 607.01.02

TEŞEKKÜR

Yazar, tez çalışmalarına değerli katkılarından dolayı Prof.Dr. Hasan GERÇEK'e (ZKÜ, Tez Danışmanı); tez yazımına katkılarından dolayı Mad. Müh. Erdoğan KAHVECİ'ye (MTA); tabanyollarında gerçekleştirilen gözlem ve incelemeler sırasında yardımlarını esirgemeyen TTK Üzülmaz Müessesesi Asma İşletmesi, TTK Karadon Müessesesi Kilimli İşletmesi ve TKİ Orta Anadolu Linyitleri İşletmesi'nde görevli teknik elemanlara; tez jürisi olarak katkılarından dolayı Prof.Dr. Yadigar V. MÜFTÜOĞLU (ZKÜ) ve Doç.Dr. Erdal ÜNAL'a (ODTÜ) sonsuz teşekkür borçludur.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxiii
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
1.1 KONUNUN ÖNEMİ VE TEZİN AMACI.....	1
1.2 TEZİN KAPSAMI	2
BÖLÜM 2 TABANYOLLARININ DURAYLIĞI.....	3
2.1 GENEL BİLGİLER	3
2.2 TABANYOLU DURAYLIĞINA ETKİYEN FAKTÖRLER	4
2.2.1 Tabanyolu Çevresindeki Gerilmeler.....	7
2.2.2 Tabanyolu Çevresinde Kayanın Jeomekanik Özellikleri	13
2.2.3 Tabanyolunun Çalışma Şekli	21
2.2.3.1 Panolar arasında farklı tabanyolu konumları	23
2.2.3.2 Çeşitli tabanyolu çalışma durumları	28
2.2.4 Tabanyolu Tahkimatı	41

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

2.2.5. Yeraltı Çalışmalarının Etkileşimi.....	51
2.2.6 Diğer Etkenler	59
BÖLÜM 3 TABANYOLLARI İÇİN TASARIM İLKELERİ.....	63
3.1 GENEL.....	63
3.2 PLANLAMA VE KONUMLANDIRMA.....	65
3.3 TABANYOLLARINDA OLUŞMASI BEKLENEN KONVERJANSIN TAHMİN EDİLMESİ	70
3.4 TAHKİMAT	90
3.4.1 Çelik Bağlar.....	91
3.4.1.1 Rijit bağlar	94
3.4.1.2 Geçme (esneyen) bağlar	107
3.4.2 Kaya Saplamları.....	119
3.4.3 Tabanyolu Kenar Takviyeleri	132
3.4.3.1 Ağaç domuzdamı dolguları	133
3.4.3.2 Monolitik dolgular	136
3.4.4 Tahkimat ile Çevre Kaya Arasının Doldurulması	151
3.4.5 Tabanyolu-Ayak Girişi.....	156
3.5 KÖMÜR TOPUĞU.....	165
3.6 TABANYOLLARINDA TABAN KABARMALARININ ÖNLEN- MESİ VE TARAMA ÇALIŞMALARI İÇİN İLKELER.....	167
BÖLÜM 4 TABANYOLLARINDA YERİNDE GÖZLEM VE İNCELEMELER.....	176

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

4.1 T.T.K.'DA YERİNDE GÖZLEM VE İNCELEMELER.....	176
4.1.1 T.T.K.'da Tabanyolu Uygulamaları.....	179
4.1.2 T.T.K.'da Tabanyolu Uygulamalarının Kritiği	187
4.2 O.A.L.'DE YERİNDE GÖZLEM VE İNCELEMELER.....	198
4.2.1 Genel Bilgiler.....	198
4.2.2 Tabanyolu Tahkimat Sistemlerinin Gelişimi.....	200
4.2.2.1 Kayıcı bağ.....	203
4.2.2.2 Tabanyolu kenar takviyeleri	206
4.2.2.3 Tabanyollarında kaya saplamaları uygulaması.....	208
4.2.3 O.A.L.'de Uygulanmakta Olan Tabanyolu Tahkimat Sistemi....	211
4.2.3.1 Alt tabanyolu	211
4.2.3.2 Üst tabanyolu.....	215
4.2.4 Tabanyolu Uygulamalarının Kritiği.....	219

BÖLÜM 5 TABANYOLLARININ TASARIMI İÇİN İYİLEŞTİRME

ÖNERİLERİ..... 230

5.1 GENEL DÜŞÜNCELER.....	230
5.2 KAYITLARIN TUTULMASI VE BİLGİ BİRİKİMİ	231
5.2.1 Pano Defterleri	232
5.2.2 Sistematik Tabanyolu Gözlemleri	233
5.3 T.T.K.'DA TABANYOLU TASARIMINDA İYİLEŞTİRMELER....	244
5.3.1 Kısa Vadede Az Yatırımla Yapılabilecek İyileştirmeler	245
5.3.2 Uzun Vadede Yatırımla Yapılabilecek İyileştirmeler	251
5.3.3 Tabanyolu Uygulamalarının Gözlem ve Ölçümlerle İzlenmesi...	254

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

5.4 O.A.L.'DE TABANYOLU TASARIMINDA İYİLEŞTİRMELER....	262
BÖLÜM 6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	265
KAYNAKLAR	272
BİBLİYOGRAFYA	277
EK AÇIKLAMALAR A. KONVERJANS TAHMİN YÖNTEMİ KUL- LANILARAK TABANYOLLARI İÇİN ÖRNEK BİR HESAPLAMA VE TASARIM PROSEDÜRÜ.....	278
EK AÇIKLAMALAR B. T.T.K.'DA İNCELENEN TABANYOLLARI İLE İLGİLİ DEĞERLENDİRMELER VE PANO PLANLARI.....	284
EK AÇIKLAMALAR C. O.A.L.'DE İNCELENEN TABANYOLLARI İLE İLGİLİ DEĞERLENDİRMELER	304
ÖZGEÇMİŞ.....	307

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Düşey ve yatay konverjans.....	5
2.2 Uzunayak panosu çevresinde düşey gerilmelerin dağılımı	8
2.3 Tabanyolu boyunca düşey gerilmelerin dağılımı ve meydana gelen deformasyonlar	10
2.4 Düşey konverjansın derinlikle değişimi	12
2.5 Galeri veya tabanyolu çevresinde oluşan deformasyonların gelişimi	14
2.6 Ayağın geçmesinden sonra tabanyolu çevresinde oluşan deformasyonlar	16
2.7 Taban tabakalarının ortalama tek eksenli basınç dayanımı ile düşey konverjans arasındaki ilişki	19
2.8 Farklı yan kayaçlarda pano kenarındaki yatay yer değiştirmeler	20
2.9 Tek taraflı çalışmada çeşitli tabanyolu sürülüş yöntemleri	22
2.10 İlerletimli çalışmada tabanyolunun ayağın gerisinden sürülüş yöntemi	24
2.11 İki taraflı ve kömür topuklu çalışmada çeşitli tabanyolu konumları	25
2.12 Panolar arasında farklı tabanyolu konumlarında düşey ikincil gerilmelerin değişimi	27
2.13 Referans alınan standart tabanyolu şekli	30
2.14 Tabanyolu boyunca kömür damarının tabanında düşey ikincil gerilmelerin dağılımı	31
2.15 Tabanyolunun ilk kullanımı sırasında ilerleme miktarına bağlı olarak düşey gerilmelerin değişimi	33
2.16 Ayağın kazı arını doğrultusunda ayağın ilerleme miktarı ile birlikte tabanyolu çevresinde düşey gerilmelerin değişimi	33

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.17 Tabanyolunun ayağın önünden veya gerisinden sürülmesi yöntemlerinde ayağın arını doğrultusunda düşey gerilmelerin değişimi.....	34
2.18 Tabanyolunun ayağın önünden veya gerisinden sürülmesi yöntemlerinde tabanyolu boyunca düşey konverjans değişim eğrileri	34
2.19 Farklı tabanyolu sürülüş yöntemlerinde İngiltere`de tabanyolu boyunca tespit edilen düşey konverjans değişim eğrileri	35
2.20 İlerletimli çalışmada farklı tabanyolu sürülüş yöntemlerinde tabanyoluna paralel doğrultuda oluşan çatlaklar ve deformasyonlar	35
2.21 Tabanyolunun ikinci kez kullanılması durumunda ayağın ilerleme miktarına bağlı olarak düşey gerilmelerin değişimi	37
2.22 Ayağın arını doğrultusunda ayağın ilerlemesi ile birlikte tabanyolu çevresinde düşey gerilmelerin değişimi	37
2.23 Tabanyolunun ikinci kez kullanılması durumunda tabanyolu boyunca düşey konverjansın değişimi	38
2.24 Tabanyolu kenarında kömür topuğuna etkileyen düşey gerilmeler ile topuk genişliği arasındaki ilişki	38
2.25 Topuk genişliği ile düşey ve yatay konverjans arasındaki ilişkiler	40
2.26 Geçme (esneyen) ve rijit çelik bağların yük-konverjans eğrileri	43
2.27 Farklı tahkimat ile çevre kaya arası dolgu yöntemlerinin tahkimat direnci üzerindeki etkileri	45
2.28 Ayrılmış blok kuramına göre tabanyolunda kenar dolgunun sıkışması ve oluşan deformasyonlar	48
2.29 Tavan tabakası eğilmesi teorisine göre tabanyolunda kenar dolgunun sıkışması	50
2.30 Almanya`da tabanyollarının üstünde yer alan tabakalarda en sık rastlanılan çatlak ve kırılma düzlemleri	50
2.31 Farklı takviye türlerinde dolgu üzerine etkileyen düşey gerilmeler.....	52

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.32 Farklı dolgu yöntemlerinde tabanyolunda oluşan düşey konverjans.....	52
2.33 Pano kenarı ve kömür topuğun altında düşey gerilmelerin alt seviyelere iletimi	54
2.34 Pano kenarı çevresinde düşey gerilme yığılmalarının dağılımı	55
2.35 Pano kenarı veya üretilmiş bölgenin alt seviyelerinde bulunan tabanyolunda ayaktan olan uzaklığa bağlı olarak düşey konverjans değişimi	55
2.36 Kömür topuğu çevresinde düşey gerilme yığılmalarının dağılımı.....	57
2.37 Topuk genişliği ile etki alanları arasındaki ilişki	57
2.38 Farklı üretim geometrilerinde tabanyolu boyunca düşey gerilmelerin dağılımı	58
2.39 Kömür topuklarının altında ve üstündeki tabanyollarında etkileşimler	60
3.1 Yüksek gerilmeli ve ferahlamış bölgelerdeki tabanyolu konumları	67
3.2 Kömür topuğu altında olumlu ve olumsuz tabanyolu konumları	67
3.3 Pano kenarı altında olumlu ve olumsuz tabanyolu konumları.....	69
3.4 K_0 değerinin belirlenmesinde baz alınan tabanyolu şekli ve özellikleri.....	69
3.5 Tabantaşı kalitesi indeksinin belirlenmesi ve bir hesaplama örneği	74
3.6 Çeşitli tabanyolu kenar takviyeleri için tabanyolu dolgu kalitesi indeksi (SV) değerleri	75
3.7 Erken ve geç yük taşıma özelliğine sahip dolguların sınıflandırılması	75
3.8 Tabanyolu kenar dolgusu için genişlik/yükseklik oranının K_2 katsayısına dönüşümü	78
3.9 Tek taraflı çalışma durumlarında konverjans faktörü F_{sf} ve kömür topuklu iki taraflı çalışmada konverjans katkısı K_{sf} değerleri	80

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.10 Aynı tabanyolunun ikinci kez kullanılması durumlarında oluşması tahmin edilen düşey konverjans	81
3.11 F_{Kb} etki faktörünün belirlenmesi.....	83
3.12 Eşdeğer damar uzaklığı (h^*) ile F_{Ak} etki faktörünün belirlenmesi.....	84
3.13 Herhangi bir dış etken olmadan standart tabanyolunda tabanyolu kenarı boyunca oluşan gerilme artışı ile pano kenarı etkisiyle meydana gelen gerilme artışı	86
3.14 F_{Ab} etki faktörünün belirlenmesi.....	89
3.15 Tabanyolu boyunca farklı bölgelerde tabanyolu tahkimatının işlevleri.....	89
3.16 Çelik malzemelerin mekanik özellikleri.....	93
3.17 Rijit çelik bağlarda kullanılan çeşitli metalik fırçalar	93
3.18 Kavisli rijit çelik bağlar	101
3.19 Kavisli rijit çelik bağlarda kullanılan çeşitli pabuçlar	101
3.20 Rijit çelik bağlarda kullanılan çeşitli esneme bacakları.....	104
3.21 Trapez rijit çelik bağlar	104
3.22 Geçme (esneyen) çelik bağlar	108
3.23 Geçme bağların çalışma prensibi.....	108
3.24 TH tipi çelik bağlarda profil parçaların bağlantı şekli.....	109
3.25 Çan tipi çelik bağlarda profil parçaların bağlantı şekli.....	109
3.26 TH bağlarda kullanılan kelepçe ve bu mekanizmanın üstünlükleri	113
3.27 Geçme bağlarda kullanılan çeşitli fırçalar	113
3.28 Geçme bağların boyutlandırılmasında kullanılan bir nomogram.....	118

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.29 Dolgulu (reçineli) kaya saplamaşı.....	121
3.30 S/K değerinin belirlenmesi.....	121
3.31 Açıklık çevresindeki arazi kemerinin esnemesine bağı olarak dolgulu kaya saplamaşılarının esnemesi.....	125
3.32 Kemer kesitli açıklıklar çevresinde kırılıp serbest kalan en büyük kaya blokları.....	125
3.33 Trapez açıklıklar çevresinde kırılıp serbest kalan en büyük kaya blokları.....	127
3.34 Eğimli tabakalarda kırılmalar sonucunda serbest kalan en büyük kaya blokları.....	127
3.35 Sürtünmeli kaya saplamaşı.....	129
3.36 Bileşik kaya saplamaşı.....	129
3.37 Tabanyolunda bileşik kaya saplamaşılarının çelik hasır ile birlikte uygulamaşı.....	131
3.38 Tek taraflı çalışmada farklı tavan ve taban koşullarında uygulanması tavsiye edilen tabanyolu kenar takviye türleri.....	131
3.39 Tabanyolu kenar takviyesi olarak çeşitli ağaç domuzdamı uygulamaları....	134
3.40 Değişik ağaç domuzdamı uygulamalarının farklı sıkışma miktarlarında birim alan başına taşıdıkları yükler.....	134
3.41 Geç, erken ve çok erken yük taşıma özelliğine sahip dolguların sınıflandırılması.....	137
3.42 Aquapak sisteminin şematik görüntüsü.....	137
3.43 Tekpak sisteminin şematik görüntüsü.....	142
3.44 Flashpak sisteminin şematik görüntüsü.....	142
3.45 Anhidrit dolgu sisteminin tabanyolu ve ayak girişindeki plan görünümü ...	145

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.46 Tahkimat ile çevre kayanın doldurulmasında kullanılan Bullflex sistemi	153
3.47 Tabanyollarında kullanılan çeşitli çelik hasırlar.....	155
3.48 Tabanyolu-ayak girişinin çeşitli bölgelere sınıflandırılması.....	157
3.49 Tabanyolu-ayak girişi ve makina ceplerinde tahkimat	157
3.50 Tahrik ünitelerinin tabanyolu içinde konumlandırılması	159
3.51 Tabanyolu-ayak girişinde ek tahkimatın kurulması ve sökülmesi	159
3.52 Trapez çelik bağlarda tabanyolu-ayak girişinde ek tahkimat	161
3.53 Kavisli çelik bağın ortasından uygulanan ek tahkimat.....	161
3.54 Kavisli çelik bağın ayak tarafındaki bağ parçasından uygulanan ek tahkimat.....	162
3.55 Kavisli çelik bağın arkasından uygulanan ek tahkimat.....	162
3.56 Tabanyolu-ayak girişinde ek tahkimat olarak kaya saplamaları uygulaması.....	164
3.57 Panolar arasında dikdörtgen şeklinde topukların bırakılması.....	168
3.58 Panolar arasında yaklaşık kare şeklinde topukların bırakılması	168
3.59 Arazi gerilmeleri ve üretim etkileri sonucunda tabanyollarında oluşan deformasyonlar	170
3.60 Tabanyollarında taban kabarmalarını önlemek için kaya saplamaları uygulaması.....	173
3.61 Çelik bağın takviyesi için kurulmuş olan tipik ağaç poligon bağlar	173
4.1 -360/-460 Küçük Batı panosu planı	178
4.2 T.T.K`da tabanyolu tahkimatı.....	182
4.3 Üst tabanyollarında kenar takviyesi olarak uygulanan çeşitli yöntemler	184

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.4 Alt tabanyollarında kenar takviyesi olarak uygulanan çeşitli yöntemler	186
4.5 Ayağın önünde tabanyolu tahkimatının durumu	190
4.6 Ayağın gerisinde tabanyolu tahkimatının durumu	190
4.7 Çelik bağlardan oluşan tabanyolu tahkimatının ağaç poligon bağlarla takviye edilmesi	192
4.8 Tamir-tarama işleminden sonra tabanyolu tahkimatının durumu	192
4.9 Tabanyollarında ağaç kamaların olumlu ve olumsuz yerleştirme şekilleri	195
4.10 O.A.L.'de tabanyollarının sürüldüğü birimlerde kömür damarları ve tabakaların dizilimi	199
4.11 O.A.L.'de tabanyolunun açıklık kesiti ve tabanyolu tahkimatı	199
4.12 O.A.L.'de panoların konumları	201
4.13 Kayıcı bağda I ve U profillerden oluşan sürtünmeli yan direk ve kilit düzeneği	204
4.14 Kayıcı bağda TH profillerden oluşan sürtünmeli yan direk ve kilit düzeneği	205
4.15 O.A.L.'de tabanyolu kenar takviyesinin gelişimi	207
4.16 A-08 panosunda kaya saplamalarının tabanyolundaki yerleştirilme şekilleri	210
4.17 O.A.L.'de kömür içerisinde açılan tabanyolunda uygulanan tahkimatın kesit görünüşü	210
4.18 Tavan ve taban ayak etkisindeki alt tabanyolu tahkimatında yapılan değişikliklerin plan görünüşü	212
4.19 Tavan ayak önünde tabanyolu tahkimatının durumu	214
4.20 Tavan ayak arkasında tabanyolu tahkimatının durumu	214

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

No	Sayfa
4.21	Taban ayağın hemen gerisinde tabanyolu tahkimatının durumu 216
4.22	Tabanyolu konveyörü çekildikten sonra taban ayak arkasında tabanyolu tahkimatının durumu..... 216
4.23	Tavan ve taban ayak etkisindeki üst tabanyolu tahkimatında yapılan değişikliklerin plan görünüşü 217
4.24	Tavan ayak önünde üst tabanyolu tahkimatının durumu 218
4.25	Tavan ayak arkasında üst tabanyolu tahkimatının durumu 218
4.26	A-02 panosu alt tabanyolunda düşey konverjans değişimleri..... 220
4.27	A-13 panosu alt ve üst tabanyolunda düşey konverjans değişimleri..... 220
4.28	Üst tabanyolunda tavan ayağın hemen önünde kayma mesafeleri biten sürtünmeli yan direklerin zamanında değiştirilmemesi nedeniyle oluşan burkulmalar 223
4.29	Tavan-taban ayak arasındaki bölgeden düşey kapanmaların görünümü..... 224
4.30	Üst tabanyolunda taban ayağın önünde, daha önce işletilmiş olan pano tarafında, beton dolguda görülen patlamalar ve yan direklerde görülen eğilmeler ile burkulmalar 225
4.31	Beton dolgu ile orta çatal arasında ağaç direklerin yerleştirilmesi sonucunda direklerde görülen eğilmeler 226
4.32	Taban ayak arkasında tabanyolunun göçertilmesi 227
5.1	Yeraltı faaliyetlerin bir parçası olarak gerçekleştirilen sistematik tabanyolu gözlem yönteminin işleyişi 235
5.2	Pano ve tabanyolu tahkimatı ile ilgili genel bilgilerin yer aldığı form 237
5.3	Tabanyolu tahkimatı ile ilgili gözlem ve ölçümlerin kaydedilmesinde kullanılan form 238
5.4	Tabanyolu kenar takviyesinde gerçekleştirilen gözlem ve ölçümlerin yer aldığı form..... 239
5.5	Tabanyolu tahkimatı ile çevre kaya arasındaki boşluk ölçümlerinde kullanılan form 241

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
5.6 Tabanyolu-ayak girişi bölgesindeki gözlem ve ölçümlerin yer aldığı form	242
5.7 Üst tabanyollarında uygulanması önerilen tabanyolu açma yönteminin şematik görünüşü	250
5.8 Tabanyollarında gözlem ve ölçümlerde kullanılacak formlar	257



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Almanya`da Ruhr ve Aachen havzaları ile İngiltere`de çeşitli taşkömür havzalarında, tek taraflı çalışmada, farklı tabanyolu sürülüş yöntemlerinde tespit edilen ortalama en son düşey konverjans (%) değerleri	36
2.2 Tahkimat ile çevre kaya arası dolgu yöntemleri ve tabanyolu kenar takviyesi uygulamalarının en son konverjans ve çelik bağ deformasyonu üzerindeki etkisi.....	46
3.1 Farklı dolgu özellikleri ve ayak ilerleme hızlarında elde edilen K_1 katsayıları	78
3.2 Trapez ve kavisli rijit bağlar ile esneyen bağların uygulama koşulları özetlenmiştir	95
3.3 Geçme (esneyen) bağlar ile kavisli rijit bağların karşılaştırılması.....	96
3.4 DIN 21541`e göre I-profil boyutları.....	98
3.5 H- veya geniş I-profil boyutları	99
3.6 Farklı faydalı kesitlerdeki kavisli rijit çelik bağların geometrik boyutları ...	103
3.7 TH-profillerinin mukavemet momentleri, birim ağırlıkları ve geometrik boyutları.....	110
3.8 Çan profillerinin mukavemet momentleri, birim ağırlıkları ve geometrik boyutları.....	111
3.9 Farklı birim ağırlıktaki TH geçme bağlar için önerilen sıkılama buruları....	114
3.10 Farklı düşey konverjans değerlerinde tavsiye edilen tahkimat şekilleri.....	116
3.11 Farklı düşey konverjans değerleri için tavsiye edilen çelik bağlar, birim ağırlıkları (kg/m) ve birim hacim başına çelik miktarları (kg/m ³).....	116
3.12 Farklı tavan koşullarını temsil eden p değerleri	124
3.13 Çeşitli dolgu malzemelerinin teknolojik özellikleri.....	148
3.14 Alman kömür madenciliğinde, tavana iyice sıkılanmış tabanyolu kenar dolgusu için önerilen genişlikler	149

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 -360/-460 Küçük Batı panosuna ait üst ve alt tabanyollarında gerçekleştirilen gözlemlerle ilgili değerlendirmeler	177
4.2 O.A.L.`de Saban panosunda alt tabanyolunda denenen farklı tahkimat tasarımları.....	202
4.3 Beton dolgu deneylerinde elde edilen dayanımlar ve karışım girdileri.....	208
5.1 Tabanyolu tahkimatının çeşitli deformasyonlarının sınıflandırılması.....	261



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

A	=	faydalı kesit alanı
b'	=	kapanma sonrası tabanyolu genişliği
b _o	=	orjinal tabanyolu genişliği
B	=	tabanyolu kenar dolgusu genişliği
BA	=	çelik bağ aralığı
d _a	=	kaya saplamalarının esnemesi
d _{kr m}	=	arazi kemerinin kritik esnemesi
d _m	=	arazi kemerinin esneme miktarı
E	=	elastisite modülü
F _{Ab}	=	kaya saplamalarından oluşan bir tahkimat için düzeltme faktörü
F _{Ak}	=	pano kenarları için konverjans etki katsayısı
F _{Bh}	=	tahkimat ile çevre kaya arası dolgu yöntemi için konverjans etki katsayısı
F _{Kb}	=	kömür topuğu genişliği için konverjans etki katsayısı
F _{Sf}	=	farklı çalışma durumları için konverjans etki katsayısı
GH	=	tavantaşı dayanımı indeksi
GL	=	tabantaşı dayanımı indeksi
h	=	derinlik
h'	=	kapanma sonrasında tabanyolu yüksekliği
h*	=	eşdeğer damar uzaklığı
h _d	=	düşey mesafe

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

h_o	=	tabanyolunun orjinal yüksekliği
H	=	damar kalınlığı
I_i	=	eylemsizlik momenti
K	=	tabanyolunda oluşması tahmin edilen en son düşey konverjans
K_1	=	tabanyolu kenar dolgunun efektif (faydalanılabilen) destekleme etkisi
K_2	=	tabanyolu kenar dolgusu genişliğinin dolgu kalitesi indeksine etkisi
K_i	=	tabanyolunun ilk kullanımı sonunda oluşan düşey konverjans
K_{kr}	=	kritik konverjans
K_o	=	standart tabanyolu şeklinde en son düşey konverjans
K_{sf}	=	farklı çalışma durumları için konverjans katkısı
L	=	kaya saplamasının çimentolanmış veya reçinelenmiş uzunluğu
p	=	tavan tabakalarında süreksizlikler ve komşu kömür damarlarının etkisi için kullanılan katsayı
PG	=	çelik profil birim uzunluğunun ağırlığı
P_v	=	düşey birincil gerilme
S/K	=	taban kabarmasının toplam konverjans içindeki kapanma oranı
SA	=	faydalı kesitin birim hacmine düşen çelik bağ aralığı
SV	=	tabanyolu kenar dolgusu kalitesi indeksi
W_i	=	mukavemet momenti
YF	=	yükleme faktörü
ΔP	=	düşey gerilme artışı
ΔP_n	=	herhangi bir dış etken olmadan oluşan düşey gerilme artışı
ε	=	birim deformasyon
γ_{ort}	=	tabakaların ortalama birim hacim ağırlığı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

σ	=	gerilme
σ_c	=	tek eksenli basınç dayanımı
σ_v	=	düşey ikincil gerilme

KISALTMALAR

BS	=	British Steel
DMT	=	Deutsche Montan Technologie
HÜ	=	Hacettepe Üniversitesi
MTA	=	Maden Tetkik ve Arama
NCB	=	National Coal Board
OAL	=	Orta Anadolu Linyitleri
ODTÜ	=	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
OPC	=	alelade Portland çimento (ordinary Portland cement)
TKİ	=	Türkiye Kömür İşletmeleri
TTK	=	Türkiye Taşkömürü Kurumu
TÜSTAŞ	=	Türkiye Sınai Tesisler A.Ş.
WBK	=	Westfälische Berggewerkschaftskasse
ZKÜ	=	Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 KONUNUN ÖNEMİ VE TEZİN AMACI

Uzunayak kömür madenciliğinde üretim bölgeleri olan ayakları ocağın altyapısına bağlayan tabanyolları; üretilen kömürün nakliyatını, üretim için gerekli malzeme ve ekipmanın ayağa taşınmasını, çalışanların ayağa ulaşımını ve gerekli havanın üretim bölgesini dolaşmasını sağlamak gibi işlevleri olan servis açıklıklarıdır. Bu yüzden, kullanımları sırasında, tabanyollarının işlevlerini aksatacak sorunların ayaklardaki üretim ve güvenliği olumsuz yönde etkilemesi kaçınılmazdır. Bu sorunların belki de en önemlisi tabanyollarının duraylılığı ile ilgilidir. Diğer yeraltı açıklıklarına kıyasla oldukça değişik ve dinamik koşulların etkisi altında bulunan tabanyolları, uygulandıkları kömür havzalarının yeraltı koşulları özelliklerine göre tasarlanmalıdır.

Bu çalışmada, uzunayak kömür madenciliğinin ayrılmaz unsurları olan tabanyollarının duraylılığı üzerinde etkin olan faktörler ile tasarım ilkeleri değerlendirilerek, tabanyolu tasarımının çeşitli aşamalarında kullanılabilecek bir mühendislik kılavuzunun geliştirilmesi amaçlanmıştır.

1.2 TEZİN KAPSAMI

Çalışma kapsamında, Bölüm 2'de tabanyollarının duraylığını etkileyen faktörler ile Bölüm 3'de tabanyolları için tasarım prensipleri mevcut literatürlerden incelenip, bu konuda yapılmış olan önemli araştırmaların bulguları derlenmiştir. Bölüm 4'de, ülkemiz uzunayak kömür madenciliğinin önemli merkezleri sayılan Türkiye Taşkömürü Kurumu (T.T.K.) ve Türkiye Kömür İşletmeleri'ne (T.K.İ.) bağlı Orta Anadolu Linyitleri'nde (O.A.L.), çeşitli panolara ait tabanyollarında gerçekleştirilen gözlem ve incelemeler yer almaktadır. Gözlem ve incelemelerin ışığı altında tabanyolu uygulamaları tanıtılmış ve tasarım yaklaşımları değerlendirilmiştir. Bölüm 5'de tabanyollarının tasarımı için önce genel iyileştirme önerileri verilmiş olup, daha sonra da T.T.K.'da ve O.A.L.'de tabanyollarının tasarımında yapılabilecek iyileştirmeler konusunda öneriler sunulmuştur. Sonuçlar bölümünde ise çalışmadan elde edilen bulgular özetlenmiş ve tabanyolu tasarımına yönelik öneriler verilmiştir.

BÖLÜM 2

TABANYOLLARININ DURAYLIĞI

Bu bölümde, önce tabanyollarının duraylığı konusunda genel bilgiler verilmiştir. Daha sonra, tabanyollarının duraylığına etkiyen faktörler, ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

2.1 GENEL BİLGİLER

Uzunyak kömür madenciliğinde, üretim faaliyetlerinin en yoğun olduğu ayaklara hizmet götüren tabanyollarının duraylığı, düzenli ve dengeli bir üretimin sağlanması açısından çok önemlidir. Bu nedenle, bir üretim panosunun hazırlığı sırasında tabanyolunda olası kapanmanın önceden tahmini, üretim çalışmalarının güvenli, sürekli ve ekonomik bir şekilde sürdürülebilmesi için, planlama ve tasarım aşamalarının önemli bir basamağını oluşturmaktadır.

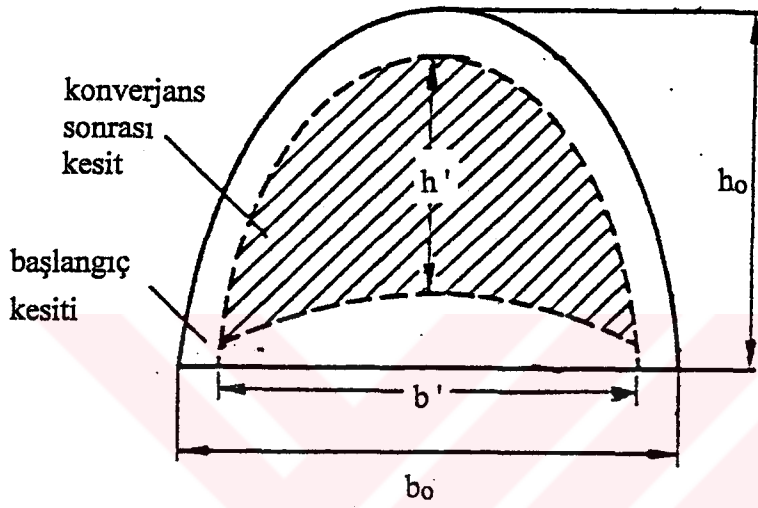
Başta Almanya ve İngiltere olmak üzere, birçok ülkede tabanyollarının duraylığı konusunda laboratuvarlarda ve arazide, ölçüm ve araştırmalar yapılmaktadır. Normal yeraltı faaliyetlerinin bir parçası olarak yerinde sürdürülen gözlemler, daha sonra açıklanacak olan konverjansın ölçülmesini ve tahkimatın belli aralıklarla davranışının izlenmesini amaçlamaktadır. Araştırma çalışmaları, laboratuvarlardaki fiziksel modeller ve bilgisayarlarla yapılan sayısal yöntemler (sonlu elemanlar, sınır elemanları) uygulanarak, yeraltına örnek teşkil edecek modellerin geliştirilmesi üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Yeraltında oluşan arazi gerilmelerinin büyüklüğü ve değişimleri arazi gerilmeleri etkileri olan kayaçların deformasyonuna ve dolayısıyla tahkimatın şekil değiştirmesine neden olmaktadır (Jacobi, 1981). Yeraltında galerilerde ve üretim boşluklarında gözlenebilen bu etkiler farklı şekillerde belirlenebilmektedir.

Yeraltı madenciliğinde, galeri ve tabanyollarındaki arazi gerilmelerinin etkilerini ifade edebilmek için, yaygın olarak konverjans kavramı kullanılmaktadır. Geleneksel olarak, yeraltı açıklıklarında konverjans, düşey ve yatay konverjans olmak üzere başlıca iki bileşeniyle incelenmektedir. Düşey konverjans; bir galeride, belirli bir referans noktasına göre, tavan ve taban arasında oluşan düşey kapanmanın ilk açıklık yüksekliğine oranı olarak tanımlanmaktadır. Yatay konverjans ise benzer şekilde; bir galeride, belirli bir referans noktasına göre, açıklığın yan duvarları arasında oluşan yatay kapanmanın ilk açıklık genişliğine oranı şeklinde tanımlanmaktadır. Şekil 2.1'de düşey ve yatay konverjans kavramı, bağıntıları ile birlikte, şematik olarak verilmiştir. Hesaplamalarda, düşey konverjans açıklık yüksekliğinde oluşan yüzde kapanma, yatay konverjans da açıklık taban genişliğinde oluşan yüzde daralma olarak ifade edilmektedir. Yeraltında tabanyollarında oluşan deformasyonlar ve konverjans genelde tavanın alçalması, tabanın kabarması ve tabanyolu kenarı tabakalarının açıklığa doğru yerdeğiştirmesi şeklinde oluşmaktadır (WBK, 1985).

2.2 TABANYOLU DURAYLIĞINA ETKİYEN FAKTÖRLER

Tabanyollarının duraylığı, yeraltı çalışma şartlarında aynı anda etkili olan birçok faktöre bağlıdır. Yeraltında tabanyolu koşullarıyla ilgili gözlemlerle sadece bir faktörün etkisini incelemek olanaksızdır. Bu nedenle, duraylık incelemelerinde tabanyolu ve çevresi bir bütün olarak ele alınmalıdır. Duraylığa etkiyen faktörlerden



$$\text{düşey konverjans (\%)} = \frac{h_0 - h'}{h_0} \times 100$$

$$\text{yatay konverjans (\%)} = \frac{b_0 - b'}{b_0} \times 100$$

Şekil 2.1. Düşey ve yatay konverjans (DMT, 1991).

en önemli olanları aşağıda sıralanmıştır (Jacobi, 1981; Ünver, 1988; Afroux, 1989; DMT, 1991; Wilson, 1993):

a. Doğal Faktörler ve Kayanın Kütlesel Özellikleri:

- derinlik,
- açıklığı çevreleyen kayanın mekanik özellikleri,
- kömür damarının kalınlığı ve eğimi,
- jeolojik faktörler (süreksizlikler),
- hidrojeolojik koşullar (suyun etkisi).

b. Teknik Faktörler:

- tabanyolu çevresindeki gerilmeler,
- tabanyolunun çalışma şekli,
- tabanyolunun ayağa göre konumu (ileride, aynı hizada ve geride),
- tabanyolunun geometrisi (boyutları ve şekli),
- kullanılan tahkimatın türü, sıklığı ve katılığı,
- tahkimat ile çevre kaya arasının doldurulmasında uygulanan dolgu yöntemi,
- tabanyolu kenar takviyesinin türü, boyutları ve tahkimat olarak davranışı,
- tabanyolları arasında bırakılan topuklar ve boyutları,
- kaya ile tahkimat etkileşimi,
- pano genişliği ve ayak uzunluğu,
- kömür damarında üretim kalınlığı,
- pano kenarları ve topukların etkileşimi,
- herhangi bir madencilik çalışmasının tabanyoluna olan uzaklığı,

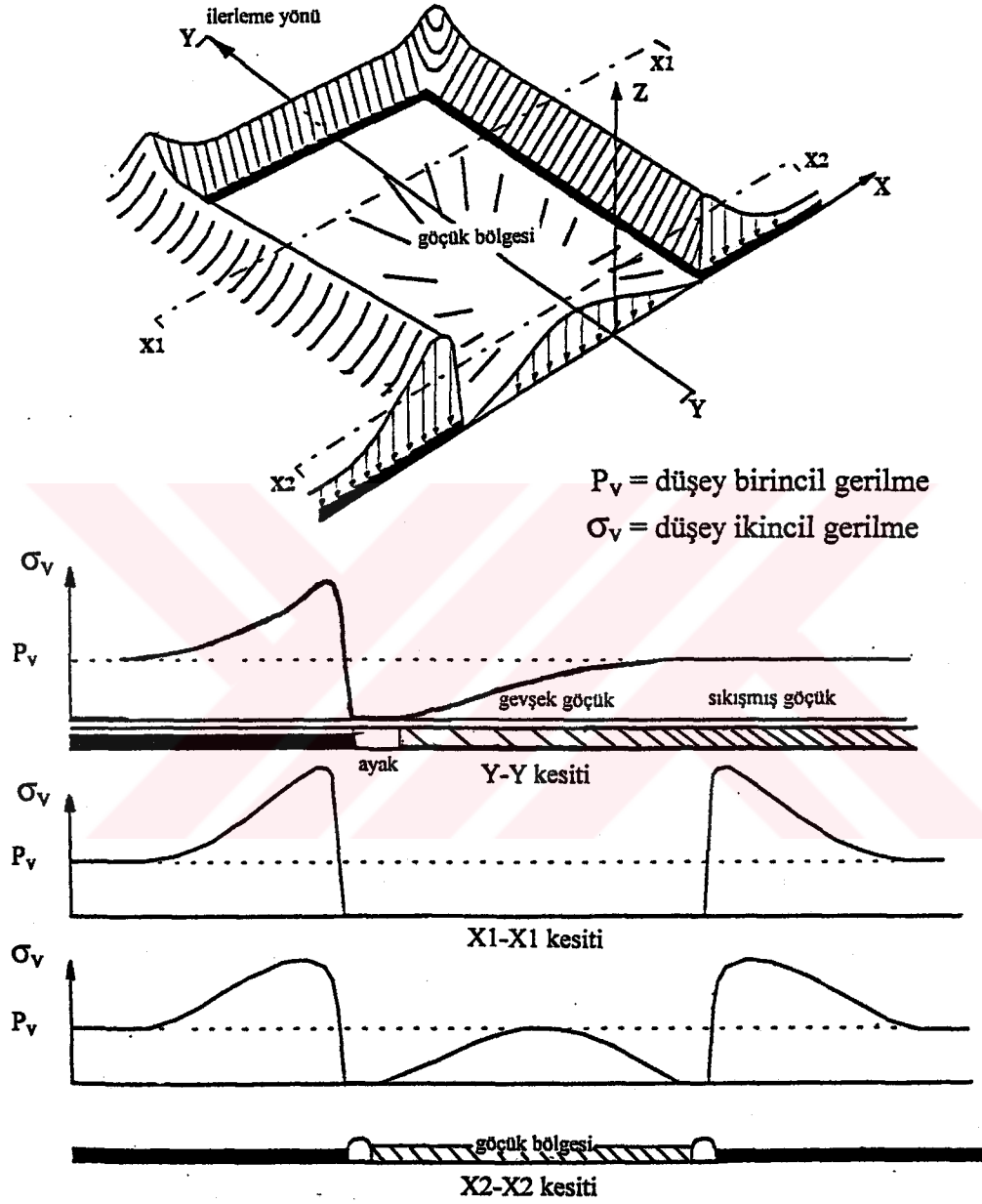
- tabanyolunun kazı tekniği (mekanize kazı, delme-patlatma),
- ayağın ilerleme hızı.

Aşağıdaki bölümlerde, bu faktörlerden başlıcaları detaylı olarak incelenmiştir.

2.2.1 Tabanyolu Çevresindeki Gerilmeler

Herhangi bir uzunayak çalışması başlamadan önce, yumuşak kömür tabakası genellikle daha sert olan tavan ve taban tabakaları arasında, örtü tabakasının ağırlığı ile sıkışmış haldedir. Böyle bir durumda, düşey birincil gerilme dağılımı uniform bir şekildedir. Kömür damarı dilimler halinde kazılmaya başlandığında, kazılan bölgenin üzerindeki tavan tabakası tıpkı bir kiriş gibi davranarak göçmektedir. Sonuçta uzunayak panosundaki gerilme dağılımı, bir denge durumuna ulaşıncaya kadar değişmektedir. Şekil 2.2' de bir uzunayağın çeşitli kesimlerinde oluşan düşey ikincil gerilmelerin dağılımı gösterilmektedir. Ayağın hemen önünde ve tabanyollarının çalışılmamış kenarlarında yüksek gerilme değerleri oluşmaktadır. Ayak içindeki tavan yükleri, örtü katmanı yükünün çok altındadır. Gerilmeler, göçük bölgesinde artmakta ve ayağın arkasında kırılan yalancı tavan parçalarından oluşan doğal dolgu ana tavan yükleri altında sıkıştıkça birincil gerilmelere (derinlik basıncına) ulaşmaktadır.

Tabanyolları damar içinde sürülmekte ve ömürleri boyunca statik ve dinamik dönem olmak üzere, başlıca iki dönem süresince kullanılmaktadır (Gerçek, 1992). Bu nedenle, gerilme dağılımları tabanyolu boyunca farklılıklar göstermekte ve etkileri daha belirgin olarak gözlenmektedir.



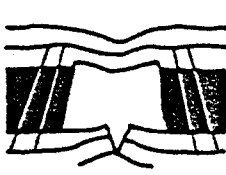
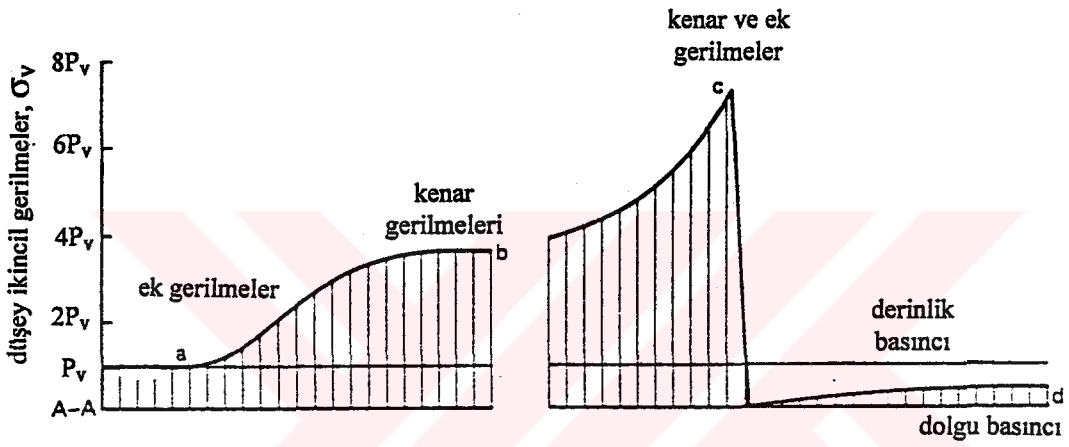
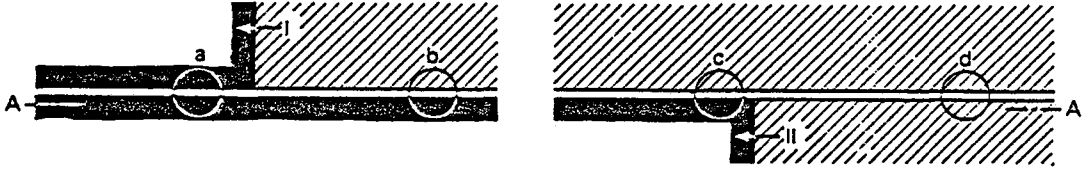
Şekil 2.2. Uzunayak panosu çevresinde düşey gerilmelerin dağılımı (Whittaker, 1974).

Tabanyolu boyunca düşey gerilmelerin dağılımı ve meydana gelen deformasyonlar örnek bir çalışma için Şekil 2.3'de görülmektedir. Plan görünüşü de verilmiş olan bu durumda, başlangıçta I no'lu ayak çalışmakta ve burada üretim bittikten sonra tabanyolu ikinci kez kullanılarak II no'lu ayak çalışmaktadır (Jacobi, 1981).

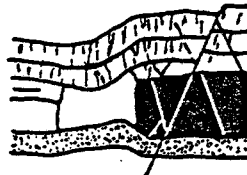
Tabanyollarının ilk açılmaları ile üretim ayağının etkisine girmeye başladıkları ana kadar geçen süre, genellikle koşulların fazla değişken olmadığı statik dönemdir (Gerçek, 1992). Burada meydana gelen çatlaklar ve kırılma hareketleri genelde galerilerde oluşarlardan farklılık göstermemektedir.

Tabanyolunun ayağın etkisini hissetmesiyle (arın önü gerilmelerinin tabanyolu çevresinde etkisini göstermesiyle) asıl önemli olan dinamik dönem başlar (Gerçek, 1992). Tabanyolunun her iki kenarı bakir kömür olup, ayak yaklaştığında, ayak arını ile tabanyolu kenarı, ek gerilmelerin (Şekil 2.3'deki a) henüz fazla etkili olmadığı bir üretim köşesi oluşturmaktadır. Bu sırada, tabanyolu çevresinde ilk çatlaklar ve tavan/tabana tabakalarında burkulmalar başlamasına rağmen, önemli deformasyonlar meydana gelmemektedir.

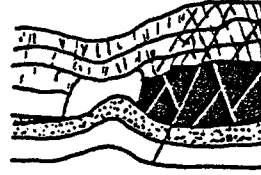
Ayağın geçişi sırasında, tabanyolunun ayak tarafı, göçüğe doğru sarkan ve kırılan yalancı tavan tabakaları ile onların üzerinde bulunan ana tavan tabakalarındaki alçalmanın etkisinde kalmaktadır. Ayağın gerisinde oluşan ek gerilmeler, tabanyolunun bakir kömür tarafında kenar gerilmeleri (Şekil 2.3'deki b) olarak yoğunlaşmaktadır. Burada kömür damarı üzerindeki gerilmeler, yaklaşık olarak ayağın arın önü gerilmelerine eşitlenir. Tavan, gevşeme davranışı ve burkulma sonucunda, taşıma kapasitesinin büyük kısmını yitirmekte ve kırılarak küçük bloklara ayrılmaktadır. Bu bloklar tabanyoluna doğru hareket etmekte ve yanıl kırılmalar da meydana gelerek ayrılan kaya parçaları boşluğa doğru ilerlemektedir.



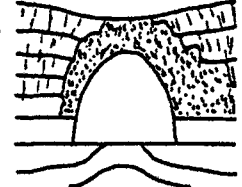
ilk çatlaklar ve burkulmaların başlaması



çevre kayada gevşemeler başlamakta ve burkulmalar devam etmekte



şiddetli burkulmalar ve taban kabarmaları



tavan akmakta ve tarama sonrasında kavisli açıklık kesiti oluşturulmakta

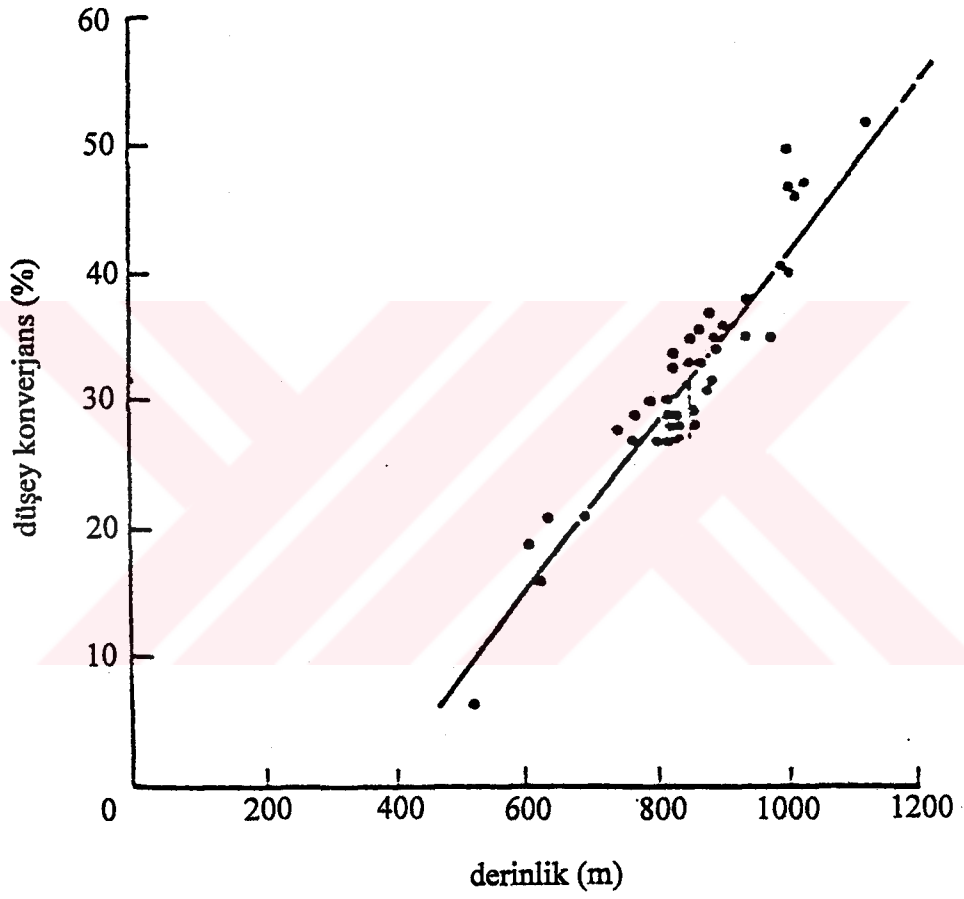
Şekil 2.3. Tabanyolu boyunca düşey gerilmelerin dağılımı ve meydana gelen deformasyonlar (Jacobi' den [1981] değiştirilerek).

II no'lu ayak üretime geçip, tabanyolunun ikinci kez kullanılması halinde, bakir kömür tarafı da aynı etkilere maruz kalarak koşullar daha da olumsuzlaşmaktadır. Ayak ile tabanyolunun oluşturduğu köşede, ayağın arın önü basınçları ile kenar gerilmeleri üstüste biner (süperpoze olur) ve bunun sonucu olarak düşey ikincil gerilmeler çok yüksek değerlere ulaşır (Şekil 2.3'deki c). Önceden tek taraflı alçalma ile dengesi bozulan tavan ve taban tabakaları özellikle ayak girişinde şiddetli bir şekilde burkulmakta ve kırılmaktadır. Bu bölgede tabanyolları ancak ek tahkimat önlemleri alınarak tutulabilmektedir.

Ayağın arkasındaki göçük kısmında ise "doğal dolgu basıncı" (Şekil 2.3'deki d) etkilidir. Göçük bölgesindeki doğal dolgu sıkıştıkça gerilmeler artmakta ve ayaktan uzaklaştıkça birincil gerilmelere yaklaşmaktadır. Tabanyolunun açık kalmasının gerekli olduğu durumlarda, tarama işleminin yapılması gerekir. Bu bölgede tarama sırasında açıklık tavanında meydana gelebilecek akmalara karşı önlem alınmalıdır.

Bu şekilde yüksek arazi yükleri ve oldukça büyük tabaka hareketlerinin etkisinde kalan tabanyolları, aşırı konverjanslara ve kesit daralmalarına uğrayabilmektedir.

Yeryüzünden olan derinliğin artmasıyla, yeraltındaki arazi gerilmeleri ve tabanyollarındaki konverjans artmaktadır. Derinlikle düşey konverjans arasındaki ilişki tipik bir grafik üzerinde verilmiştir (Şekil 2.4). Almanya'da Ruhr bölgesinin çeşitli kömür havzalarında, her 100 m derinlik artışının, düşey konverjansın ortalama olarak % 6.6 oranında artmasına neden olduğu belirlenmiştir (DMT, 1991).



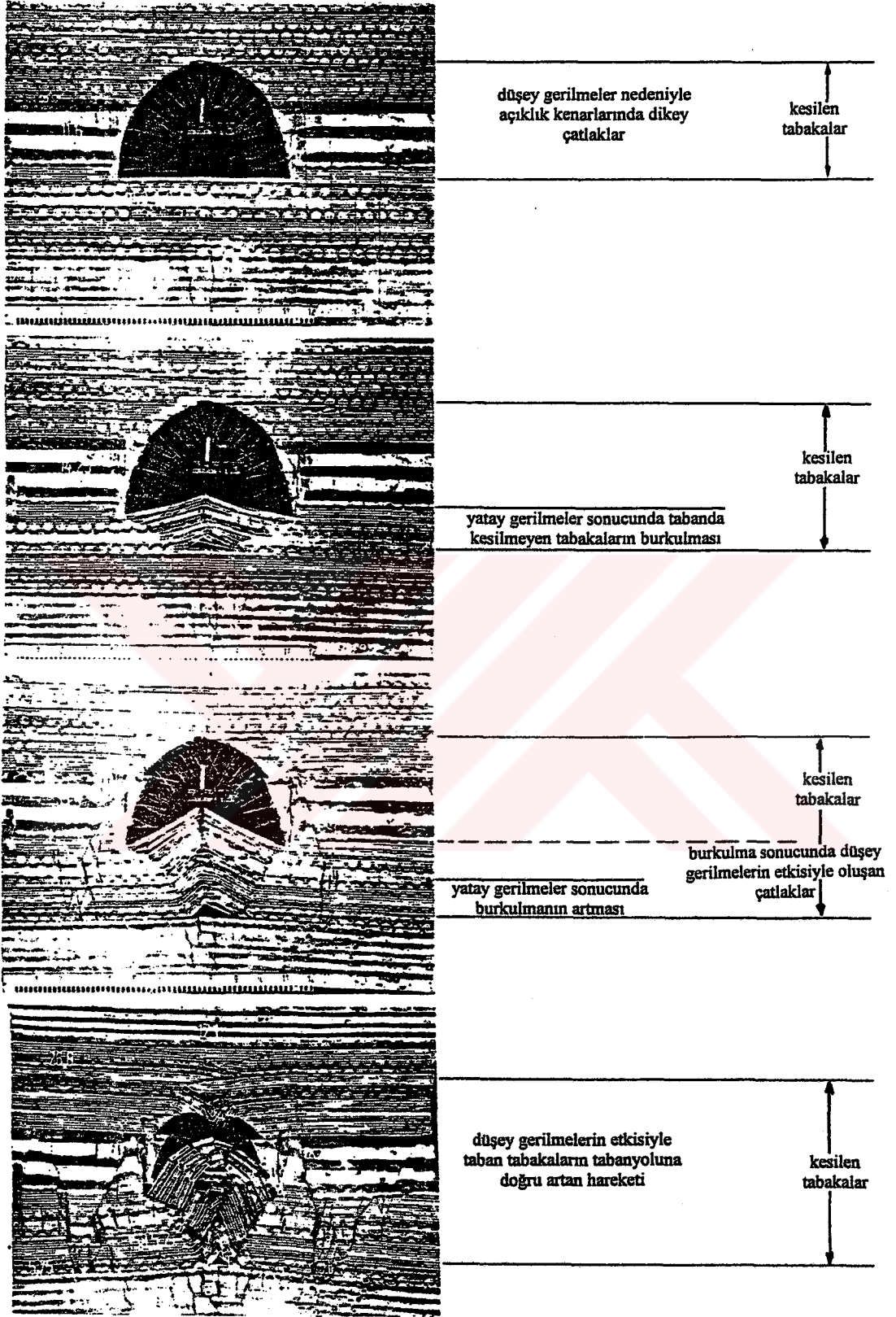
Şekil 2.4. Düşey konverjansın derinlikle değişimi (Jacobi, 1981).

2.2.2 Tabanyolu Çevresinde Kayanın Jeomekanik Özellikleri

Yeraltı işletmelerinde herhangi bir boşluk oluşturulduğunda, gerilmeler bu açıklık çevresinde yoğunlaşarak bakir gerilmelerin birkaç katına ulaşabilmektedir. Bazen bu gerilmeler açıklığı çevreleyen kayaçların dayanımını bile aşmaktadır. Bu durumda, oluşan ilk ana yenilmenin ardından, açıklık kesitinde hızlı bir kapanma başlamaktadır (Oldengott, 1981). Böylece açıklığa yakın kayaçlarda, dayanım ve deformasyon özelliklerine göre, farklı şekillerde çatlaklar ve kırılmalar oluşmaktadır. Çevre kayanın kırılmalar sonucunda gevşemesiyle birlikte, serbest kalan kaya blokları boşluğa doğru yönelmektedir. Bu hareketler sonucunda, maksimum gerilme değerleri açıklık kenarlarından iç kısımlara doğru yeniden dağılmaktadır. Tabanyolları çevresindeki kayaçlarda üretim öncesinde, sırasında ve sonrasında kayaları harekete geçiren çatlak ve kırılmalar oluşmaktadır (Oldengott, 1981).

Modeller üzerinde gerçekleştirilen çok sayıda gözlemler sonucunda, galeri veya tabanyolu çevresinde oluşan burkulma ve kırılmaların nasıl geliştiği konusunda fikirler edinilmiştir. Tabanyolunun açılmasıyla, tabakalar halindeki çevre kayaçlar, açıklık tarafından kesilen ve kesilmeyen tabakalara ayrılmaktadır. Kesilen tabakalar yatay olarak genişleyebilmekte veya hareket edebilmektedir. Kesilen tabakaların kalınlığı, tabanyolu yüksekliğine bağlıdır. Yatay olarak genişleyemeyen tabakalar ise tabanyolunun tavan ve taban tabakalarıdır. Modeller üzerinde gerçekleştirilen deneylere göre kesilen ve kesilmeyen tabakalar aşağıda anlatıldığı ve Şekil 2.5`de görüldüğü gibi deformasyona uğramaktadır (Oldengott, 1981).

Önce kesilen tabakalar, düşey gerilmelerin etkisiyle, çatlak ve yarıklara ayrılmaktadır. Bu sırada tabakalarda kayma (kesme) ve çekme kuvvetlerini etkisiyle

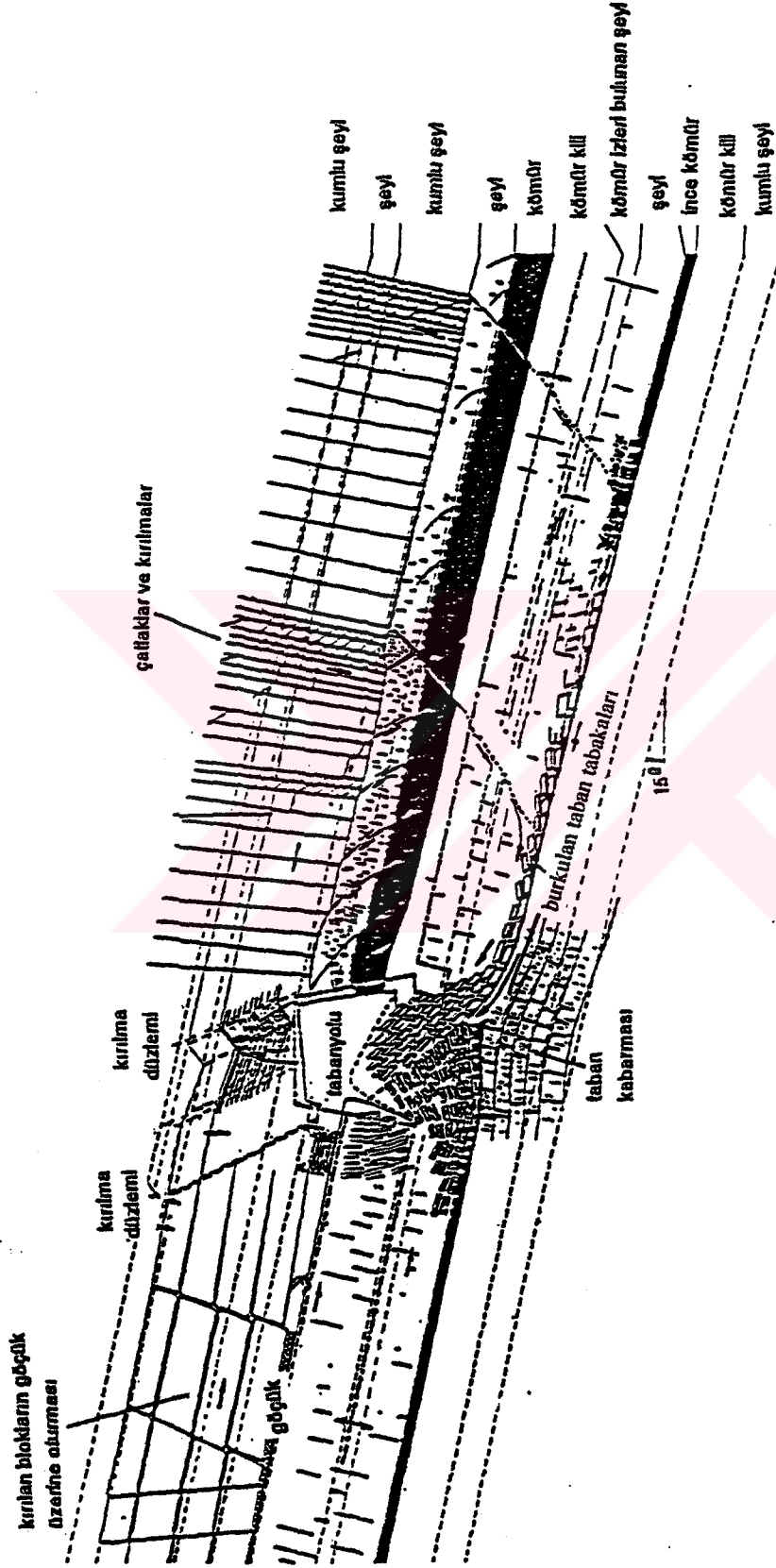


Şekil 2.5. Galeri veya tabanyolu çevresinde oluşan deformasyonların gelişimi
(Oldengott, 1981).

burkulma ve kırılmalar oluşmaktadır. Ardından tabanyolunun tavan ve tabanı, yatay gerilmelerin etkisiyle burkulmaktadır. Önce tabanın hemen altındaki tabakalar, sonra daha alttakiler burkulmaktadır. Tabanın burkulması ve kırılmasından sonra, buradaki yatay gerilmelerin büyük bir kısmı kalkmakta ve kesilen tabakaların kalınlığının yaklaşık olarak burkulan tabakaların kalınlığı kadar artmış olduğu gözlenmektedir. Daha sonra tabanın alt seviyesinde kalan tabakalar, yatay gerilmelerin etkisiyle tekrar burkulmaktadır. Bu sırada, taban kabarmasının son kırılma derinliğine ulaşmakta ve kesilen tabakaların kalınlığı tekrar artmış olmaktadır. Buschmann (1971), bu kırılma derinliğinin, galeri genişliğinin %50-75'i kadar olduğunu kabul etmektedir (Oldengott'dan, 1981). Burkulmalar sonuçlandıktan sonra (yatay gerilmeler tekrar kalktıktan sonra), düşey gerilmelerin etkisiyle açıklık kenarlarında yeni çatlak ve yarıklar oluşmaktadır (Oldengott, 1981).

Kenarlardaki çatlaklar ve tavan, taban tabakalarında oluşan burkulmalar sonucunda, tabanyolu açıklığına doğru hareketler başlamakta ve yatay ile düşey kapanmalar oluşmaktadır. Özellikle taban kabarmasının kapanmadaki payı büyüktür (Oldengott, 1981).

Ayağın geçişinden sonra, tabanyolu göçüğe doğru sarkan ve kırılan yalancı tavan tabakaları ile onların üzerinde bulunan ana tavan tabakalarındaki alçalmanın etkisinde kalarak, olay daha da karmaşık hale gelmektedir. Gramberg (1969) tarafından fiziksel modeller üzerinde gerçekleştirilen deney ve gözlemlere göre, ayağın gerisinde tabanyolu çevresinde oluşan çatlak, burkulma, kırılma ve yer değiştirmeler basitleştirilmiş olarak Şekil 2.6'da verilmiştir (Jacobi'den 1981).



Şekil 2.6. Ayağın geçmesinden sonra tabanyolu çevresinde oluşan deformasyonlar (Jacobi, 1981).

Galeriler ve tabanyollarında, tavan ve taban tabakalarının dayanımı, oluşacak kapanmalar üzerinde etkilidir. Genel bir kural olarak tavan ve/veya taban tabakalarının dayanımı azaldıkça oluşan düşey konverjans artmaktadır (Ünver, 1988).

Tabanyolları yaygın olarak kavisli (ters U) veya çevre koşullarının elvermesi durumunda trapez ya da dikdörtgen şeklinde açılırlar. Trapez açıklıklar sağlam tavan koşullarında ve sığ derinliklerde tercih edildiğinden, genelde sorunlar tabanda yaşanmaktadır. Kavisli açıklıklarda tavanda ve tabanyolu kenarında yükler tabana göre daha dengeli ve uniform dağılmaktadır. Tahkimat olarak kavisli çelik bağlar kullanıldığında taban açıkta kalmakta ve tahkimat taban tabakalarının burkulmasına karşı bir direnç gösterememektedir (DMT, 1991). Oldengott'a (1981) göre de, kavisli açıklıklarda çevre kaya ile tahkimat arasında iyi bir etkileşim sağlanması halinde, tabanyollarında tavanda karşılaşılan sorunlar tabana göre önemsiz olmaktadır. Taban kabarmasının toplam konverjans içindeki payı yumuşak tabanda artmakta ve sağlam (dayanımı yüksek) tabanda azalmaktadır (Jacobi, 1981).

Taban zemininin hacminin artması şeklindeki kabarmalar, sadece killi zeminlerde su etkisiyle olduğundan sık rastlanmaz. Asıl taban kabarması, taban tabakalarının arazi gerilmelerinin etkisiyle burkulması neticesinde oluşmaktadır (Oldengott, 1981).

Almanya'da, tabanyollarında gerçekleştirilen incelemeler sonucunda taban taşı kalitesinin konverjans üzerinde etkili olduğu saptanmıştır. Taban taşı kalitesi, tabanda yer alan kaya kütlelerinin tek eksenli basınç dayanımları ile doğru orantılıdır (DMT, 1991). Yerinde ölçümler ve hesaplamalar neticesinde, tabakaların ortalama tek eksenli basınç dayanımına bağlı olan taban taşı kalitesi ile konverjans

arasındaki ilişkiyi gösteren bir grafik çıkarılmıştır (Şekil 2.7). Görülebildiği gibi taban taşı dayanımının azalmasıyla, tabanyolunda oluşan düşey konverjans artırmaktadır (DMT, 1991).

Modeller üzerinde yapılan deneylerin sonuçları, yumuşak çevre kayada önlemler alınarak, taban kabarmasının tamamen engellenmesi halinde, daha büyük yanal kapanma ve tavan alçalmasının oluşabileceğini göstermiştir. Oysa sağlam çevre kayada, önlemler sonunda, yanal kapanma ve tavan alçalmasının artmadığı gözlenmiştir (Oldengott, 1981).

Tavan ve taban tabakalarında şerit şeklinde ince kömür damarları (< 0.2 m) bulunması durumunda, olası kapanmalara karşı önlem alınması gerekmektedir. Bunun dışında, özellikle tavan tabakalarında bulunan eklem tipi süreksizlikler, tavandan blokların tabanyoluna düşmesine neden olabilmektedir (DMT, 1991). Kaygan yüzeyli zayıf tabakalar, tabanda yükselme şeklinde kapanmaya, tavanda ise kopma ya da kırılmalara neden olmaktadır (Jacobi, 1981).

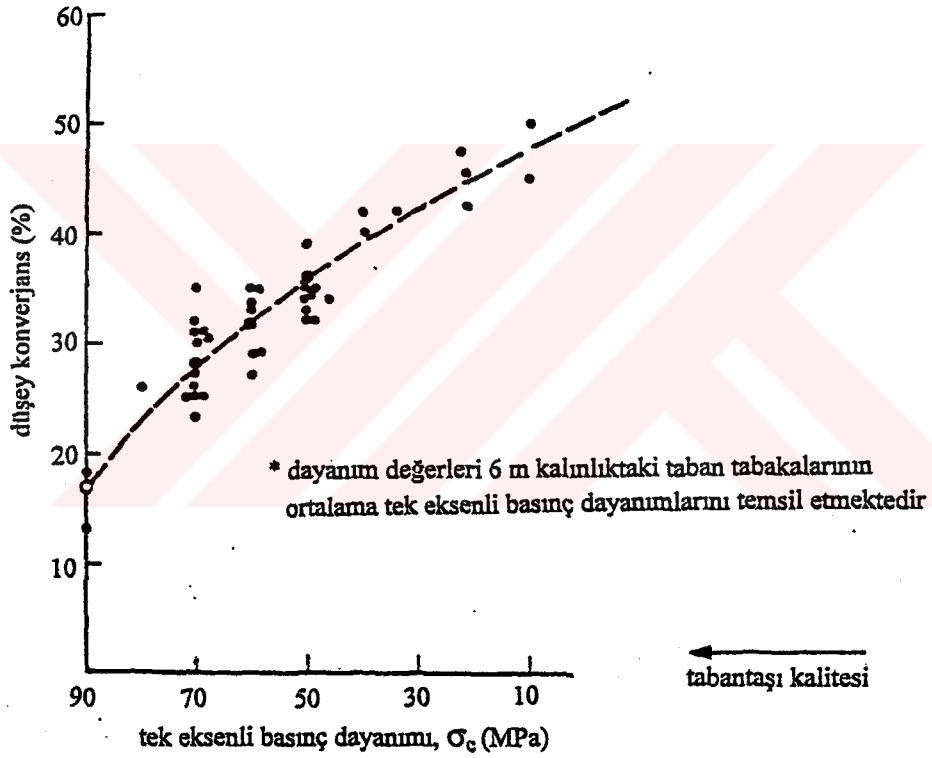
Tabanyolu kenarındaki kömür damarı, tavan ve taban tabakaları arasında sıkışmış haldedir. Farklı çevre kayalar, kömür damarında değişik davranışlara neden olmaktadır. Örneğin; killi şeyl veya kumtaşları arasında bulunan kömürde yatay hareketler, tabakalar arasındaki sürtünmeler nedeniyle farklılıklar göstermektedir. Killi şeyl tabakaları arasında bulunan kömür damarı, yüksek gerilmeler altında çatladıkça, yatay olarak tabanyoluna doğru yer değiştirmekte ve kömür damarına etkiyen en yüksek gerilmeler iç kısımlara kaymaktadır (Şekil 2.8.a). Bunun nedeni, killi şeylin dayanımının nispeten düşük olması nedeniyle, kömür ile yan kayaç yüzeyleri arasındaki sürtünme kuvvetinin küçük olmasıdır (Jacobi, 1981). Kumtaşı gibi dayanımı yüksek olan tabakalar arasında bulunan kömür damarı ise,

tek eksenli basınç dayanımlarına (σ_c) göre:

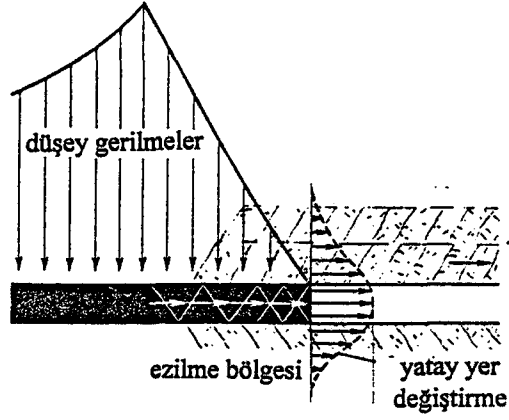
düşük dayanım 6-20 MPa

orta dayanım 20-60 MPa

yüksek dayanım 60-200 MPa

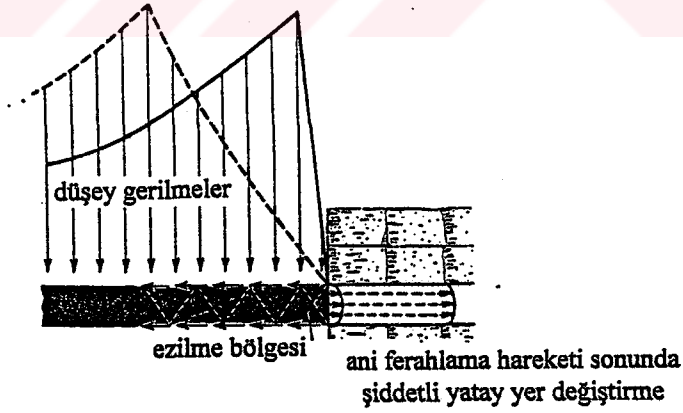


Şekil 2.7. Taban tabakalarının ortalama tek eksenli basınç dayanımları ile düşey konverjans arasındaki ilişki (Jacobi'den [1981] değiştirilerek).



a- killi şeyl

- — — — — düşey ikincil gerilmeler
 - - - - - ferahlama hareketi sonunda düşey ikincil gerilmeler



b- kumtaşı

Şekil 2.8. Farklı yan kayalarda pano kenarındaki yatay yer değiştirmeler (Jacobi, 1981).

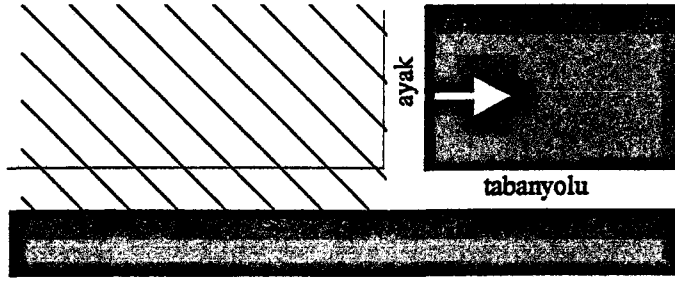
sürtünmenin fazla olması nedeniyle, yatay olarak yer değiştirememektedir. Bu da açıklık kenarında kömür damarına etkiyen gerilmelerin artmasına neden olmaktadır. Ferahlama oluşmadığından, gerilmeler çok yüksek değerlere ulaşabilmektedir (Şekil 2.8.b). Bunun sonucunda kömür aniden boşalarak (patlayarak), bazı durumlarda tabanyolunun tamamen kapanmasına neden olabilmektedir. Bu ani ferahlamadan sonra ise en yüksek gerilmeler damarın iç kısımlarına kaymaktadır (Jacobi, 1981).

2.2.3 Tabanyolunun Çalışma Şekli

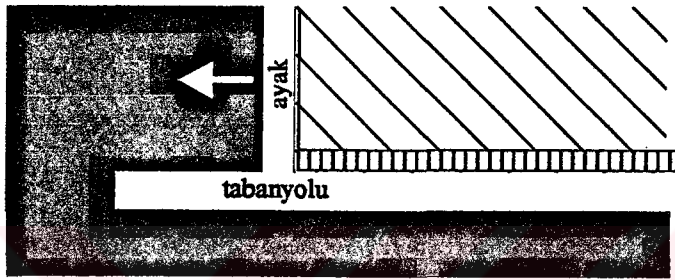
Uzunayak üretim yöntemi, ilerletimli ve dönümlü olarak uygulanabilmektedir. Dönümlü çalışmada, tabanyolları pano sınırına kadar sürülür. Bir başyukarı açılarak ayak kurulur ve tabanyolu boyunca sürülme yönüne ters olacak şekilde üretim gerçekleştirilir (Şekil 2.9.a). İlerletimli çalışmada ise, tabanyolları ayakla birlikte aynı yönde ilerleyecek şekilde sürülmekte ve tabanyolu aynasının ayakla ilişkisine göre, üç farklı şekilde açılabilir. Tabanyolu aynası ayaktan ileride, aynı hizada veya gerisinde olabilmektedir.

Tabanyolunun ayaktan ileride sürülmesi durumunda (Şekil 2.9.b), ayaktaki işler ile tabanyolundaki işler birbirinden bağımsızdır. Bu yöntemin en önemli dezavantajı ise, tabanyolunun ayak önü gerilmelerinin etkisi altında kalmasıdır.

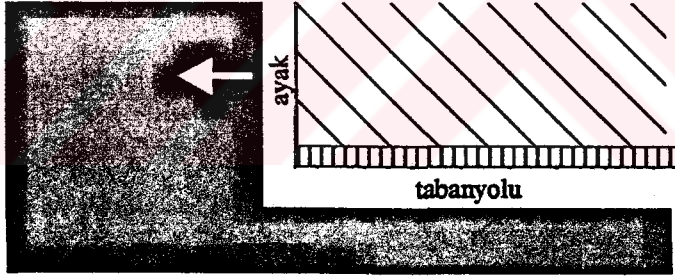
Tabanyolunun ayakla aynı hizada açılması durumunda (Şekil 2.9.c), tabanyolu ile ayağın ilerlemesi birbirine bağımlıdır. Tabanyolunun ayak önü gerilmelerinden nispeten daha az etkilenmesi ve özellikle kalın damarlarda yürüyen tahkimatların yardımı ile tavan alçalmalarının kontrol altına alınabilme olanağı sistemin avantajlarından biridir.



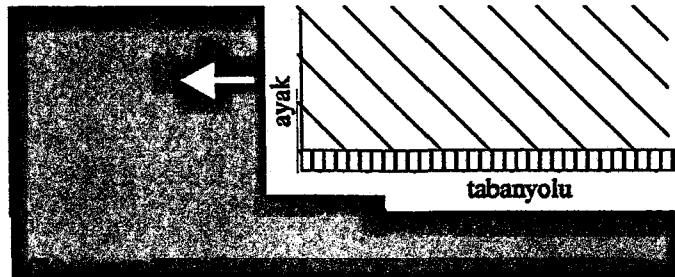
a. dönümlü çalışma



b. ilerletimli çalışmada tabanyolu ayağın ilerisinde



c. ilerletimli çalışmada tabanyolu ayakla aynı hizada



d. ilerletimli çalışmada tabanyolu ayağın gerisinde

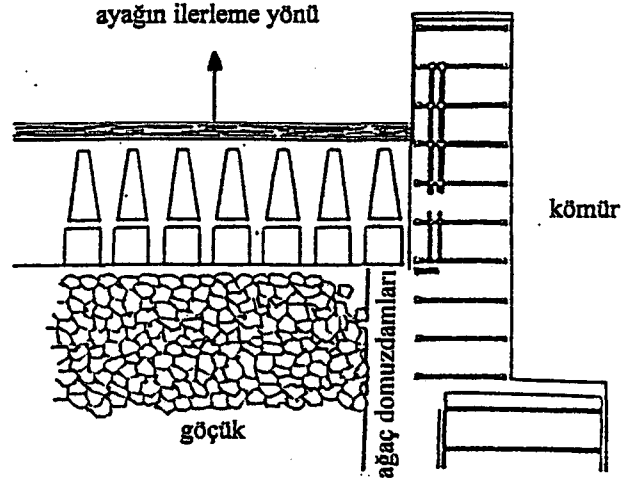
Şekil 2.9. Tek taraflı çalışmada çeşitli tabanyolu sürülüş yöntemleri.

Tabanyolunun ayağın gerisinde açılması durumunda (Şekil 2.9.d), tabanyolunun asıl tahkimatı ayak hattının gerisinde kurulmaktadır. Ayağa giriş, tabanyolu genişliğinin yarısını geçmeyen bir kılavuzdan sağlanmaktadır. Şekil 2.10'de bu sistemin plan ve üç boyutlu görünümü verilmiştir. Bu yöntem, özellikle tabaka hareketlerinden kaynaklanan yüklerin aşırı olduğu yerlerdeki ilerletimli ayak çalışmalarında uygulanmaktadır. Tabanyolu önce, dörtgen şeklinde ayak ile beraber geçici tahkimat kurularak ilerlerken, arkadan yarısı göçükte, yarısı da sağlam kömürde olmak üzere taranan tabanyolundaki tahkimat, kavisli bağlarla değiştirilmektedir. Bu sistemde kalıcı tahkimat, ayak önündeki ve hizasındaki aşırı arazi gerilmelerinden ve ayak oturmasına bağlı tabaka hareketlerinden etkilenmemektedir. Böylece tahkimat elemanlarının daha az deformasyona uğraması sağlanmaktadır (National Coal Board, 1979).

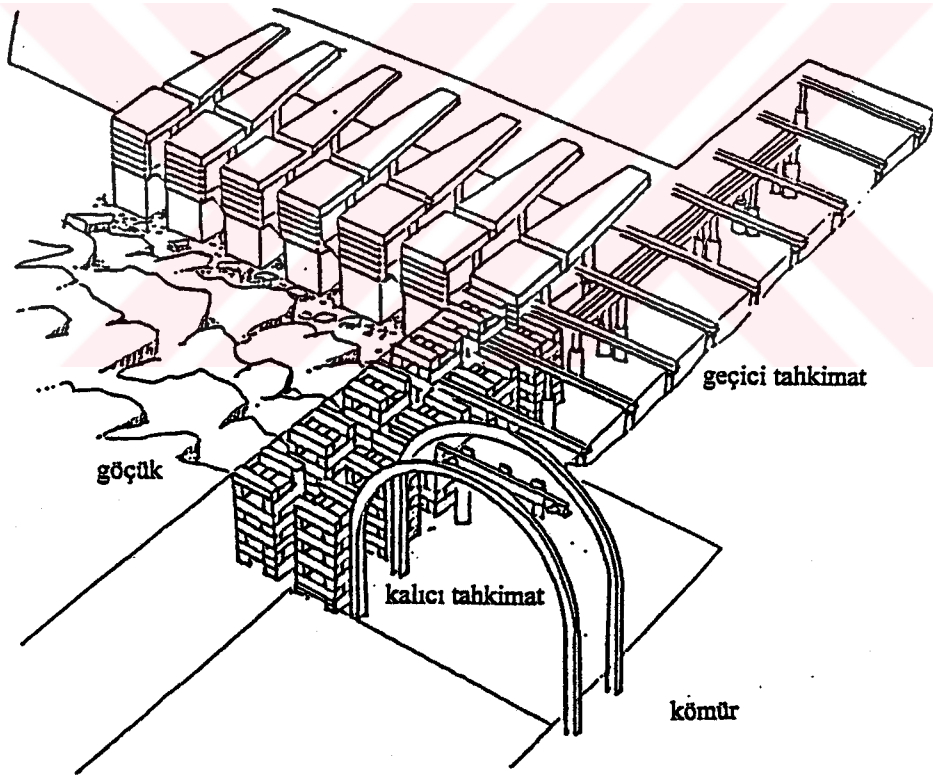
Aynı tabanyolu iki defa da hizmet verebilir. Bu durum, iki taraflı çalışmada söz konusudur ve alt tabanyolu olarak açılan bir tabanyolu, bir sonraki panonun üst tabanyolu olarak ikinci kez kullanılır (Şekil 2.11.a). Bu durumda, tabanyolu iki kez üretim etkisine girmektedir. Bazı durumlarda, aşırı deformasyonların oluşması veya tabanyolu kenarında dolgu uygulanmaması gibi nedenlerden ötürü, tabanyolu ikinci kez kullanıma elverişli olmayabilmektedir. Böyle hallerde, eski tabanyoluna paralel bir kömür topuğu bırakılarak, yeni bir tabanyolu açılmaktadır (Şekil 2.11.b).

2.2.3.1 Panolar arasında farklı tabanyolu konumları

Tabanyolları; işletme durumu, tahkimat yöntemi, çevre kayaların yapısı ve hizmet süresiyle ilişkili olarak bakir kömür damarının içinde, kömür topuğu ile pano kenarı arasında, kömür topuğunun içinde ve üretilmiş pano ile pano kenarı arasında açılabilir (Jacobi, 1981). Bu durumlarda tabanyolu kesitine paralel bir hat



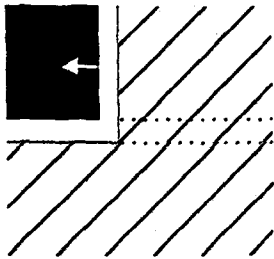
a. ayağın gerisinden açılan tabanyolunun plan görünümü



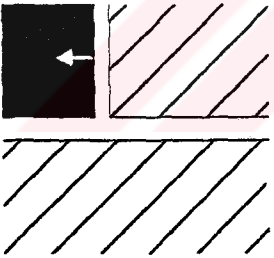
b. ayağın gerisinden açılan tabanyolunun üç boyutlu görünümü

Şekil 2.10. İlerletimli çalışmada tabanyolunun ayağın gerisinden sürülüş yöntemi (National Coal Board, 1977).

dönümlü çalışma

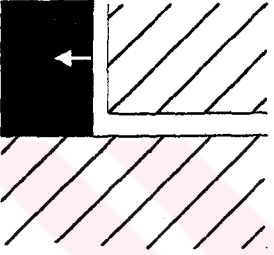


ayağın ilerisinde

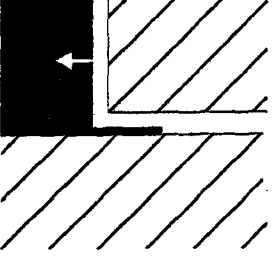


ilerletimli çalışma

ayakta aynı hızda

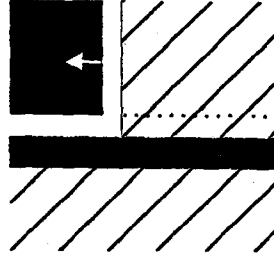


ayağın gerisinde

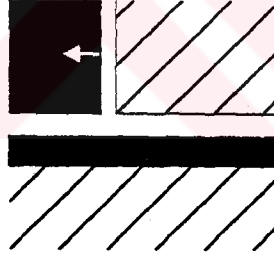


a. iki taraflı çalışmada çeşitli tabanyolu konumları

dönümlü çalışma

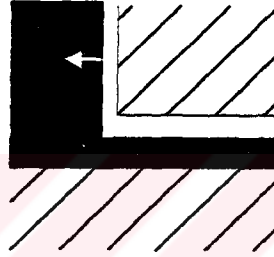


ayağın ilerisinde

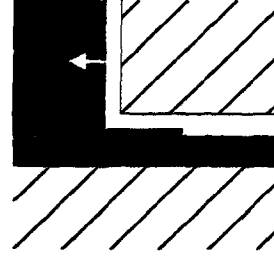


ilerletimli çalışma

ayakta aynı hızda



ayağın gerisinde



b. kömür topuklu çalışmada çeşitli tabanyolu konumları

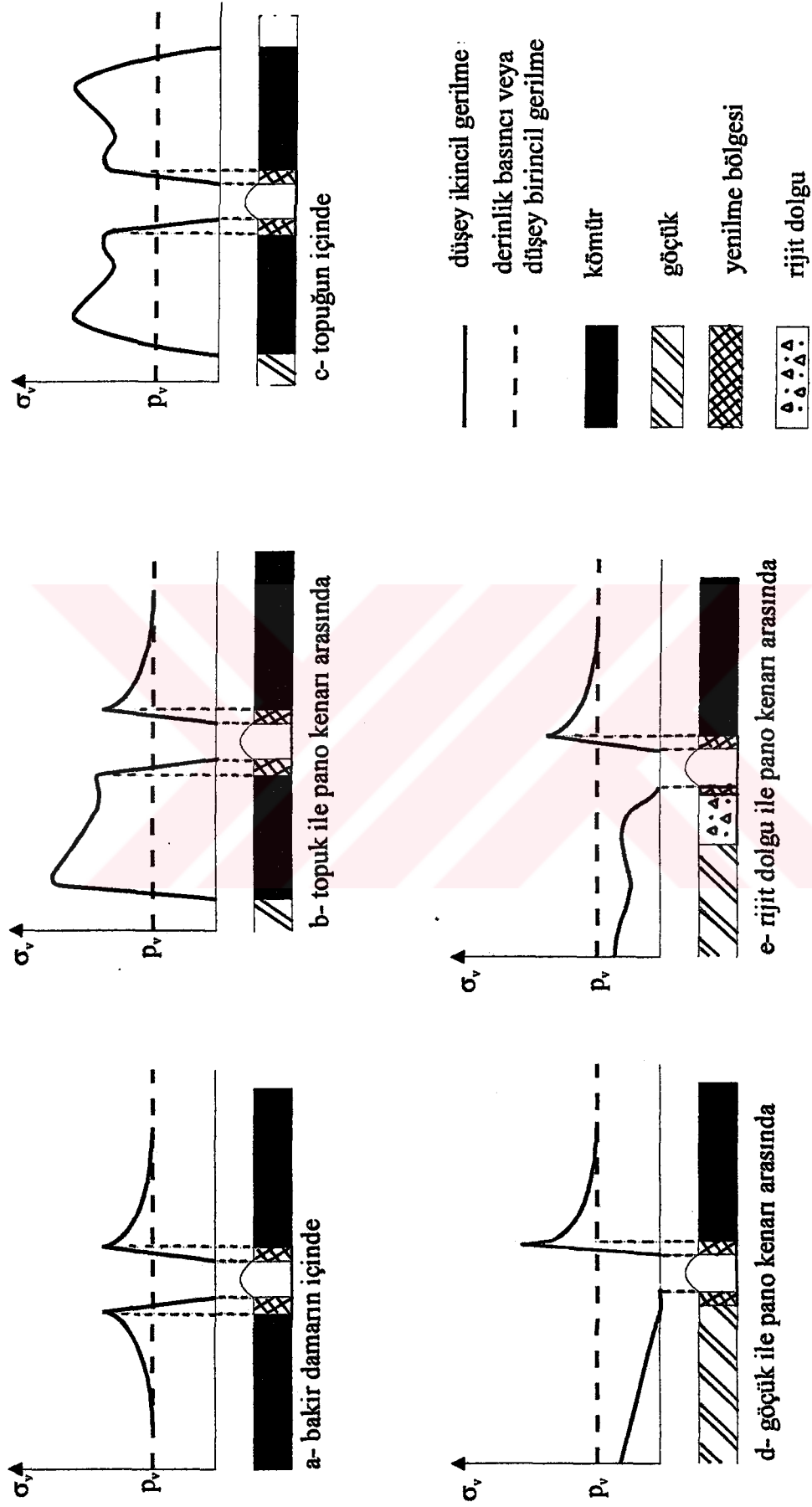
Şekil 2.11. İki taraflı ve kömür topuklu çalışmada çeşitli tabanyolu konumları.

boyunca oluşan düşey ikincil gerilmelerin dağılımı toplu olarak Şekil 2.12'de verilmiştir.

Şekil 2.12.a'da görülebildiği gibi, tabanyolunun bakir kömür damarının içinde açılması halinde, düşey gerilmeler yenilme bölgesi sınırında maksimum değerlere ulaşır. Elastik bölgede, iç kısımlara ilerledikçe değerler düşer ve yeterli uzaklıkta düşey ikincil gerilmeler (σ_v), düşey birincil gerilmeye (P_v) veya başka bir adıyla derinlik basıncına eşitlenir (Jacobi, 1981). Buradaki gerilme dağılımı, taşa açılmış olan bir galerideki gerilme dağılımına benzemektedir.

Tabanyolunun, eski tabanyoluna paralel olacak şekilde bırakılan kömür topuğu ile pano kenarı arasında bulunması durumunda düşey gerilmelerin dağılımı Şekil 2.12.b'de gösterilmiştir. Tabanyolu kenarında, yenilme bölgesi sınırlarında, düşey ikincil gerilmeler yüksek değerler almaktadır. Bakir kömür damarı veya pano kenarı üzerindeki gerilmeler, derinlik basıncına doğru düşüş gösterirken, topuk üzerindeki gerilmeler, topuk sınırına kadar artmaya devam etmektedir. Kömür topuğuna etkileyen gerilmeler, topuk genişliğine bağlı olarak değişmektedir (Jacobi, 1981). Bu yöntem genelde ilk açılan tabanyolunun ikinci kez kullanıma elverişli olmadığı durumlarda uygulanmaktadır.

Tabanyolunun kömür topuğunun içinden geçmesi halinde, düşey gerilmelerin dağılımı Şekil 2.12.c'de verilmiştir. Yenilme bölgesi sınırlarında gerilmeler yükselmektedir. Topuk üzerinde ilerledikçe gerilmeler önce hafif düşmekte, topuk sınırına yaklaşırken de gittikçe artmaktadır. Topuk sınırında yenilme bölgesine geçilmeden, düşey ikincil gerilmeler maksimum değerlere ulaşmaktadır (Jacobi, 1981). Bu konum, tabanyolunun nakliyat gibi nedenlerden dolayı uzun süreli hizmet vermesinin gerekli olduğu durumlarda, tercih edilmektedir.



Yeraltı kömür işletmelerinde, yan yana bulunan iki pano arasında, imkanlar ölçüsünde kömür topuğu bırakmaktan kaçınılır. Bunun için tabanyolu üretilmiş panonun göçük zonu ile pano kenarı arasında konumlandırılır. Böyle bir durumda düşey gerilmelerin dağılımı Şekil 2.12.d'de verilmiştir. Tabanyolunun göçük kısmına tekabül eden kenarda, gerilmeler kademeli olarak derinlik basıncına ulaşır. Tabanyolunun pano kenarındaki yenilme veya ezilme bölgesinde düşey ikincil gerilmeler yükselir ve elastik bölgeye geçiş noktasında maksimum değerlere çıkar. Daha sonra ise mesafe arttıkça gerilmeler derinlik basıncına kadar düşmektedir. Açıklanan yöntem, ancak yalancı tavanın küçük parçalara kırılıp, tabanyolunun göçük tarafındaki kenar boşluğu iyi bir şekilde doldurabilmesi halinde başarı ile uygulanabilmektedir. Genelde tabanyolu kenarındaki boşluğu doldurmak için ağaç domuzdamları veya su ile sertleşen malzemelerden yapılmış dolgular kullanılmaktadır. Bu durumda meydana gelen gerilme dağılımı Şekil 2.12.e'de görülmektedir. Dolgu, kenar takviyesi olarak, etkiyen yüklerin bir kısmını üzerine almakta ve tabanyolu kenarında kömür damarına etkiyen gerilmelerde dolgusuz yöntemle kıyasla azalma görülmektedir (Whittaker, 1993).

2.2.3.2 Çeşitli tabanyolu çalışma durumları

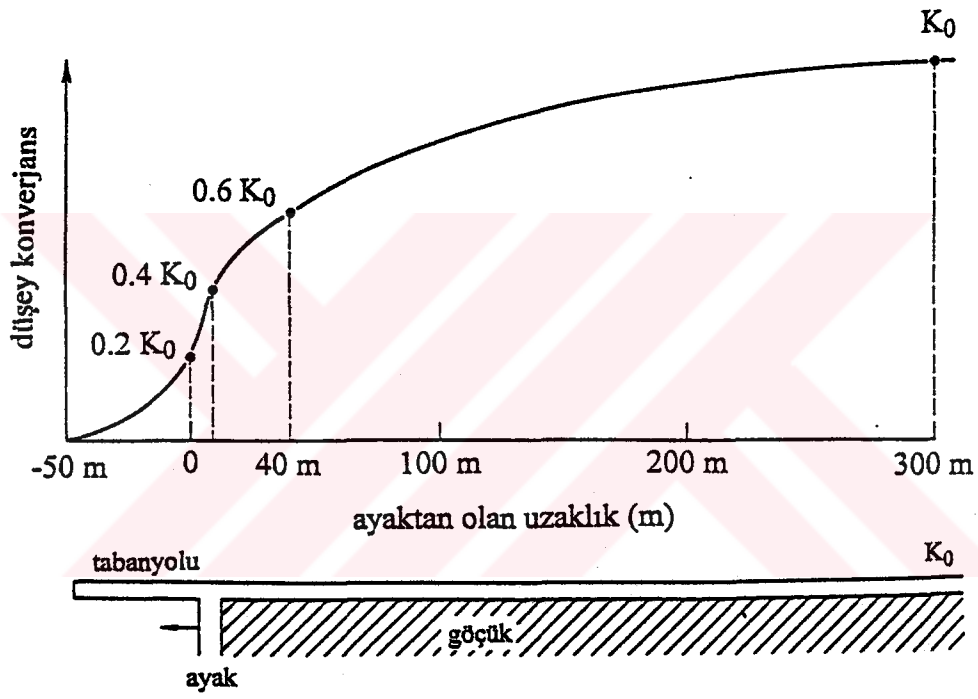
Almanya'da Maden Araştırma Dairesi'ne (Bergbauforschung GmbH) bağlı Kaya Mekaniği ve Tahkimat Araştırma Enstitüsü, hesap modelleri yardımıyla, temel işletme durumları için düşey gerilmelerin dağılımını veren diyagramlar geliştirmiştir. Diyagramlarda, panoların 800 m derinlikte, ayak boyunun 200 m ve tabanyolunun 800 m uzunlukta olduğu varsayılmıştır (Jacobi, 1981). Aynı kuruluş, çeşitli çalışma şekilleri için, yeraltında tabanyollarında çok sayıda düşey konverjans ölçümleri gerçekleştirmiştir. Ölçüm sonuçlarından yararlanarak, yüksek korelasyona sahip görgül bağıntılar geliştirilmiş ve tabanyolu boyunca düşey konverjans değişimi

grafikler üzerinde verilmiştir. Farklı çalışma durumlarında oluşan konverjansı karşılaştırmak için, standart bir tabanyolunda, ayağın yaklaşık 300 m gerisinde, oluşması beklenen en son düşey konverjans (K_0) referans olarak alınmıştır (Şekil 2.13). Referans olarak alınan tabanyolunun özellikleri kısaca şunlardır (DMT, 1991):

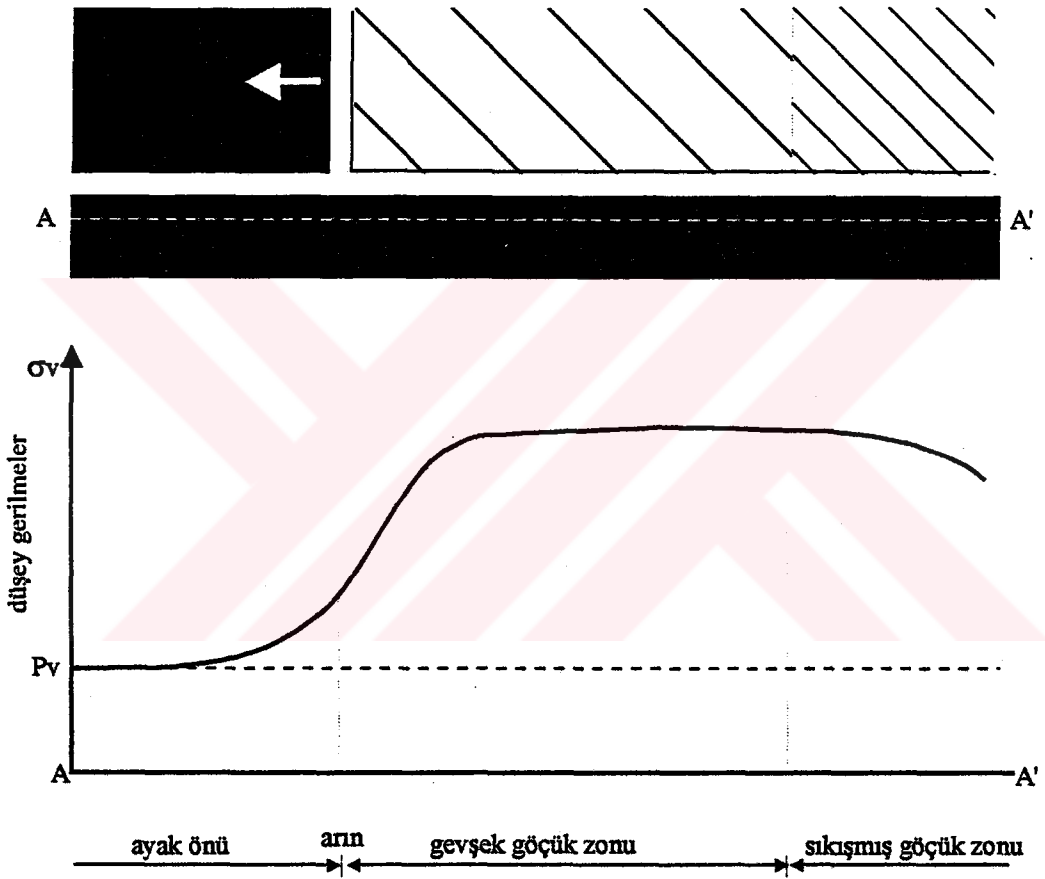
- a. tabanyolu ayağın yaklaşık 50 m önünden sürülmektedir,
- b. tabanyolu herhangi bir pano kenarının neden olacağı ilave arazi gerilmelerinden etkilenmemektedir,
- c. ayak tek taraflı olarak çalışmaktadır,
- d. tabanyolu kenar takviyesi ağaç domuzdamlarından oluşmaktadır,
- e. tabanyolunda geçme (esneyen) kavisli çelik bağ tahkimatı uygulanmaktadır,
- f. tabanyolunun açıklık kesiti kemer tavan şeklindedir.

Almanya'da Ruhr havzasında, bu özelliklere sahip bir tabanyolunda oluşan ortalama en son düşey konverjans (K_0) % 40 civarındadır (DMT, 1991).

Tabanyolu boyunca gerilmelerin dağılımını incelemek için, göçertmeli uzunayak yöntemi uygulanan bir panoda üretim yapılırken, komşu panolarda üretim yapılmadığı varsayılmıştır. Şekil 2.14'de bu durumun plan görünüşü ve A-A' doğrultusu boyunca, kömür damarının tabanında, düşey ikincil gerilmelerin değişimi verilmiştir. Ayağın kazı arınından uzak bir noktada düşey ikincil gerilmeler, yaklaşık olarak derinlik basıncına eşittir. Kazı arınına yaklaştıkça, gerilmeler artmakta ve ayağın biraz gerisinde (gevşek göçük bölgesinde) maksimum değerlere ulaşmaktadır. Sıkışmış göçük zonunda ise, sıkışarak katılığı artmış olan doğal dolgu (göçük) kemerleşme sayesinde gerilmelerin bir kısmını



Şekil 2.13. Referans alınan standart tabanyolu şekli (DMT, 1991).



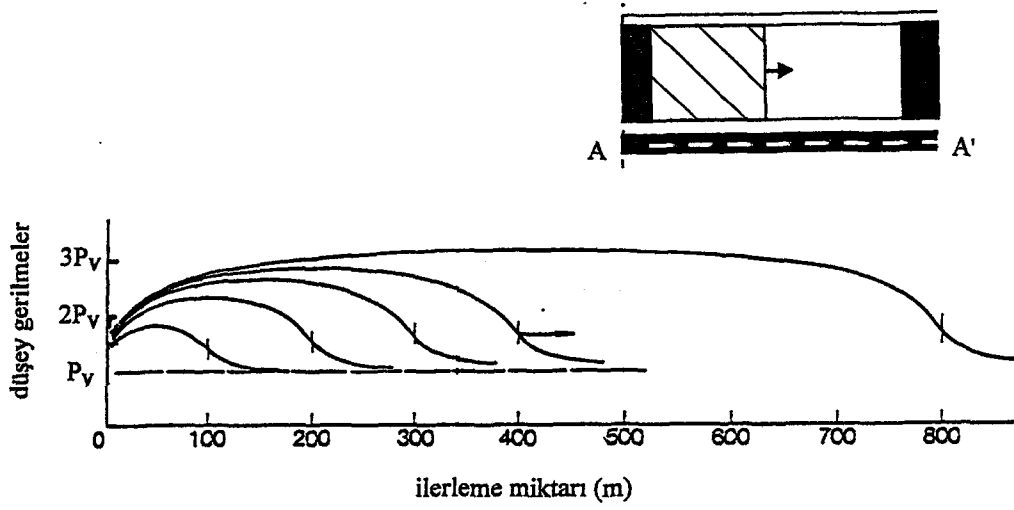
Şekil 2.14. Tabanyolu boyunca kömür damarının tabanında düşey ikincil gerilmelerin dağılımı (Jacobi' den [1981] değiştirilerek).

üzerine aldığından, tabanyolu kenarında kömür damarına etki eden gerilmeler azalmaktadır..

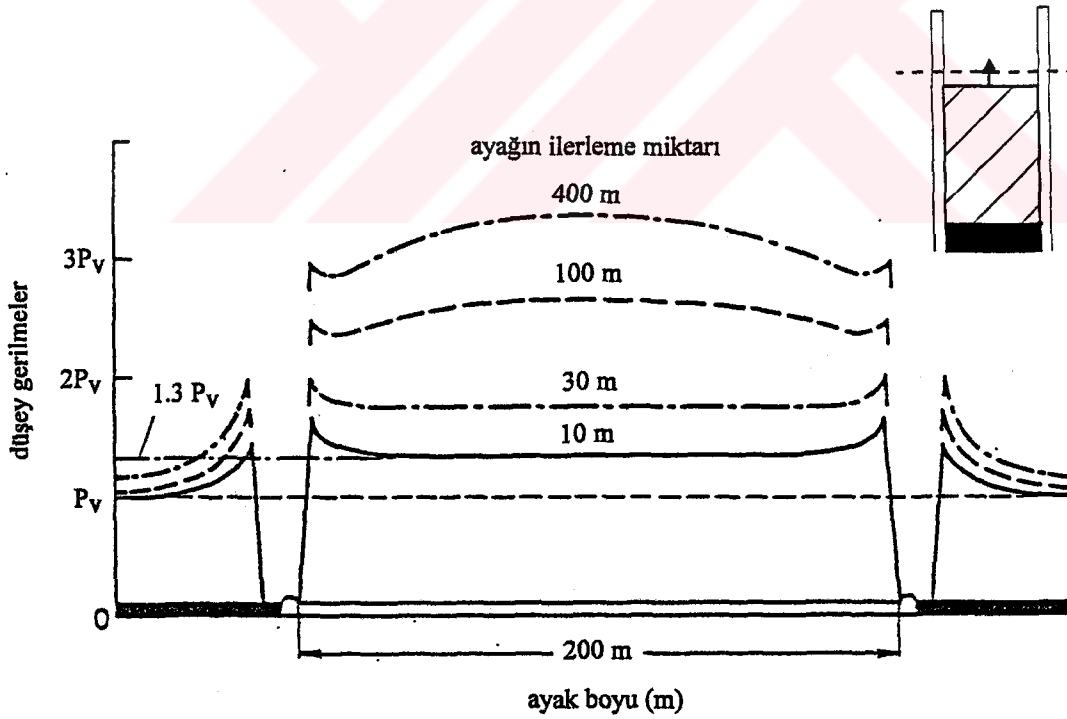
Ayağın ilerlemesi ile birlikte, tabanyolu boyunca düşey gerilmelerin değişimi Şekil 2.15`de görülmektedir. Başlangıçta eğri, yassı S şeklini almakta ve ayak ilerledikçe eğri ilerleme yönünde sağdan sola doğru genişlemektedir. Gerilmelerde artış meydana gelmekte ve ayak arkasında maksimum değerlere ulaşmaktadır. Sonunda eğri, ilk başyukarı ile pano sınırı arasında, uzun gerdirilmiş yaya benzer bir şekil almaktadır. Pano sınırına yaklaşıldıkça, tabanyoluna etki eden gerilmeler azalır ve sonunda düşey birincil gerilmeye veya derinlik basıncına eşitlenir. Şekil 2.16`da ise ayağın kazı arını doğrultusunda, ayak ilerlemesi ile birlikte, tabanyolu çevresinde düşey gerilmelerin değişimi verilmiştir. Görülebildiği gibi, ilerleme miktarı ile birlikte tabanyolu kenarında kömür damarına etki eden gerilmeler artmaktadır.

Araştırmalar, tabanyolu kenarı boyunca etkiyen düşey gerilmeler ile düşey konverjansın benzer değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Tabanyolunun ayağa göre konumunun düşey konverjans üzerindeki etkilerinin incelendiği araştırmalarda da, tek taraflı çalışmada, en az konverjansın dönümlü çalışmada olduğu gözlenmiştir. İlerletimli çalışmada ise, en avantajlı durum, tabanyolunun ayağın gerisinden açılması sırasında oluşmaktadır (DMT, 1991).

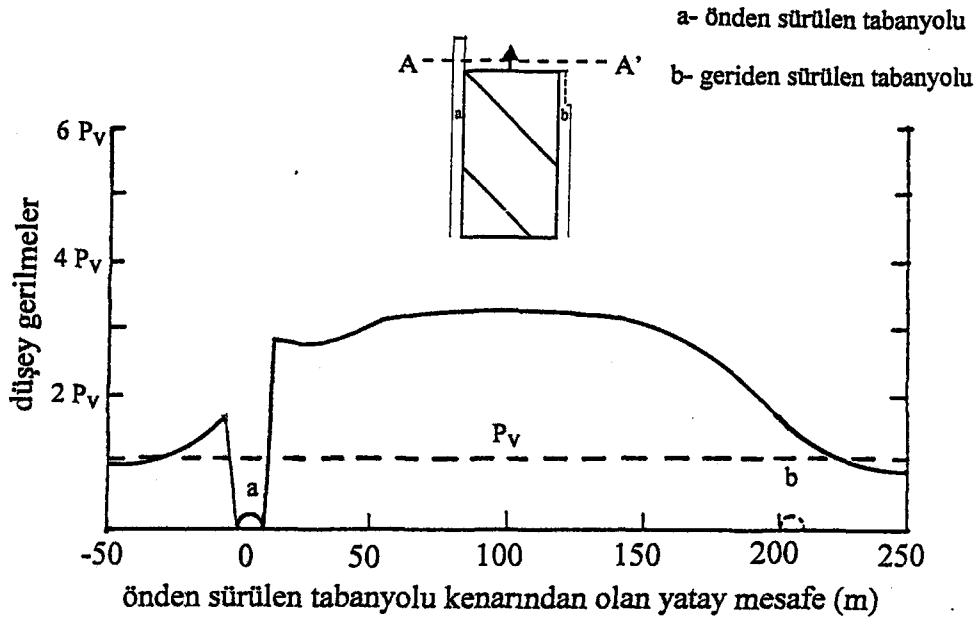
Önden ve "geriden-sürmeli" yöntemde, ayağın kazı arını doğrultusunda oluşan düşey gerilmelerin dağılımı Şekil 2.17`de görülmektedir. Şekil 2.18`de ise ayaktan olan uzaklığa bağlı olarak, önden ve geriden sürmeli yöntem için, tabanyolu boyunca oluşan düşey konverjans değişimi görülmektedir. İngiltere`de gerçekleştirilen bir çalışmada benzer sonuçlara varılmıştır (Jacobi, 1981). Bu grafik Şekil 2.19`da verilmiştir.



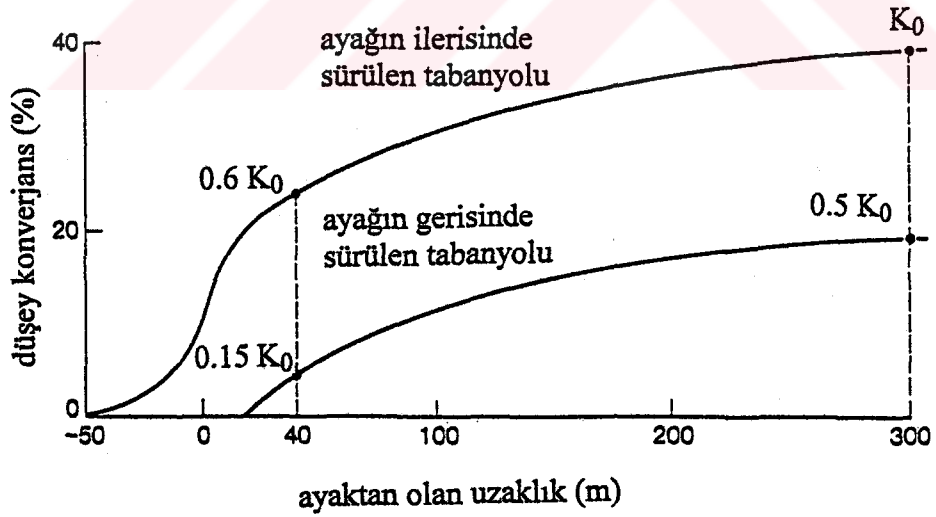
Şekil 2.15 Tabanyolunun ilk kullanımı sırasında ilerleme miktarına bağlı olarak düşey gerilmelerin değişimi (Jacobi`den [1981] değiştirilerek).



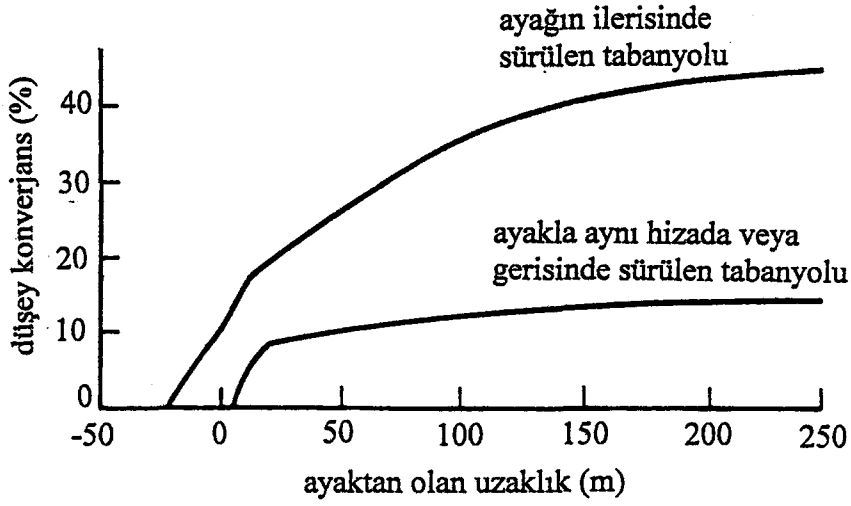
Şekil 2.16. Ayağın kazı arını doğrultusunda ayağın ilerleme miktarı ile birlikte tabanyolu çevresinde düşey gerilmelerin değişimi (Steinkohlenbergbauverein`dan [1984] değiştirilerek).



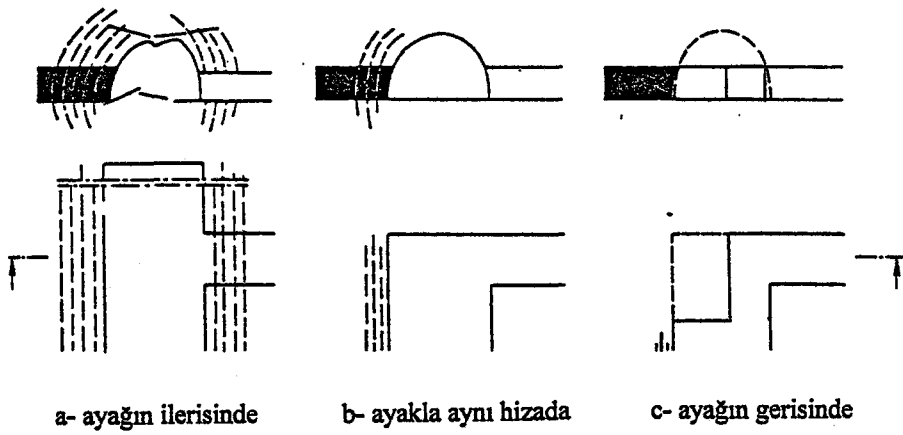
Şekil 2.17. Tabanyolunun ayağın önünden veya gerisinden sürülmesi yöntemlerinde ayağın kazı arını doğrultusunda düşey gerilmelerin değişimi (Jacobi'den [1981] değiştirilerek).



Şekil 2.18. Tabanyolunun ayağın önünden veya gerisinden sürülmesi yöntemlerinde tabanyolu boyunca düşey konverjans değişim eğrileri (Jacobi, 1981).



Şekil 2.19. Farklı tabanyolu sürülüş yöntemlerinde İngiltere’de tabanyolu boyunca tespit edilen düşey konverjans değişim eğrileri (Jacobi, 1981).



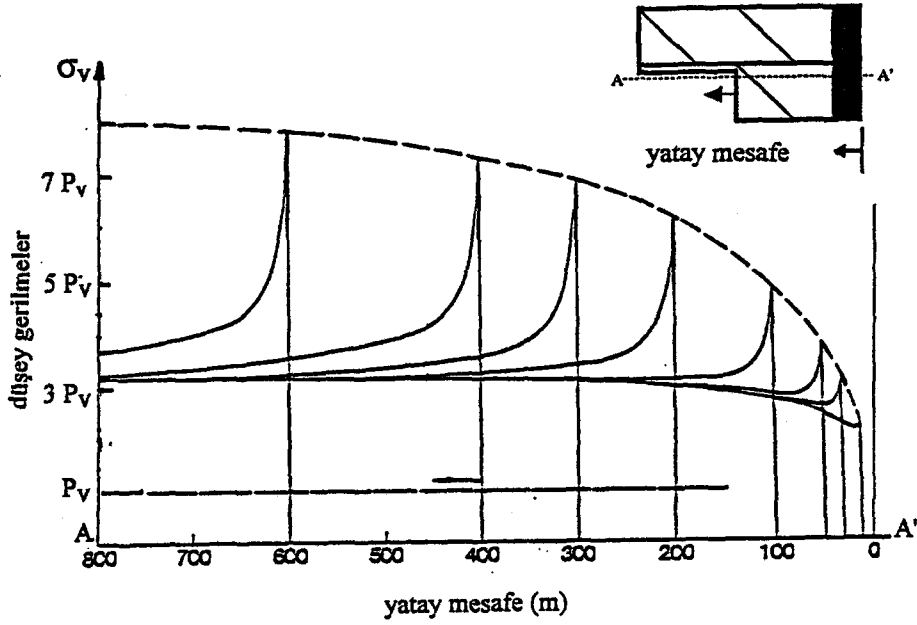
Şekil 2.20. İlerletimli çalışmada, farklı tabanyolu sürülüş yöntemlerinde, tabanyoluna paralel doğrultuda oluşan çatlaklar ve deformasyonlar (Jacobi, 1981).

Tek taraflı ilerletimli çalışmada, üç farklı konum için, tabanyoluna paralel doğrultuda meydana gelen çatlaklanma ve deformasyonlar şematik olarak Şekil 2.20'de gösterilmiştir. Çizelge 2.1'de ise Almanya'da Ruhr, Aachen ve İngiltere'de çeşitli taşkömür havzalarında, tek taraflı çalışma şeklinde, tabanyolunun farklı açılma yöntemlerine göre tespit edilen ortalama en son düşey konverjans değerleri verilmiştir.

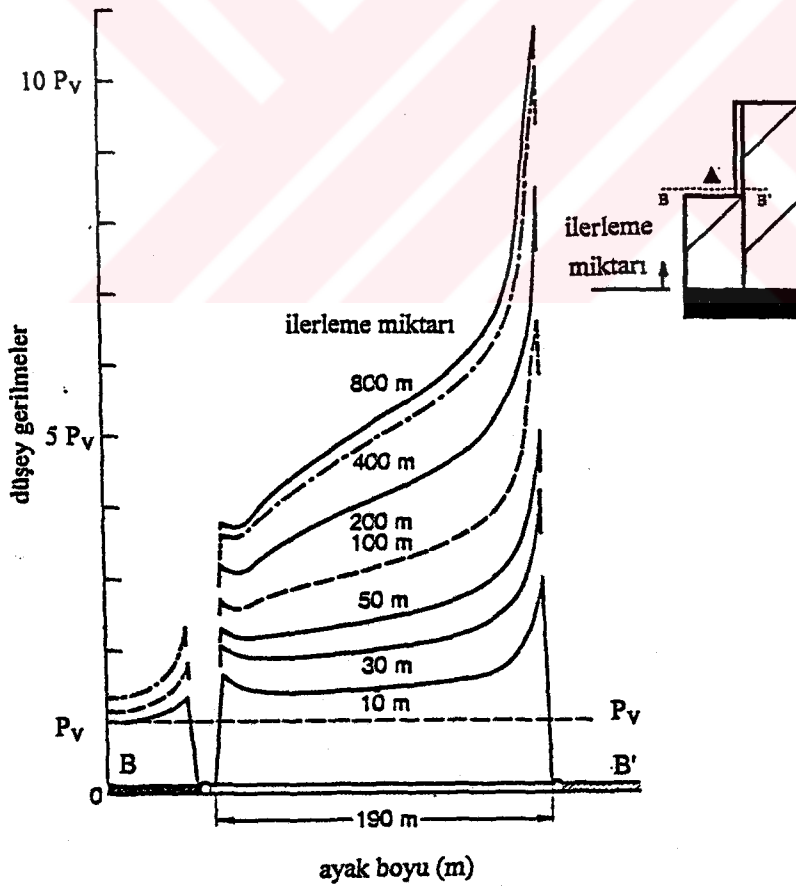
Çizelge 2.1. Almanya'da Ruhr ve Aachen havzaları ile İngiltere'de çeşitli taşkömür havzalarında, tek taraflı çalışmada, farklı tabanyolu sürülüş yöntemlerinde tespit edilen ortalama en son düşey konverjans (%) değerleri (Jacobi, 1981).

Tabanyolunun sürülüş yöntemi	Düşey konverjans (%)		
	Ruhr havzası	Aachen havzası	İngiltere'de çeşitli havzalar (ort.)
Ayağın ilerisinde	39	63	47
Ayakla birlikte	29	-	24
Ayağın gerisinde	19	36	12

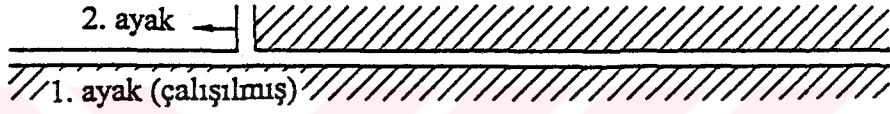
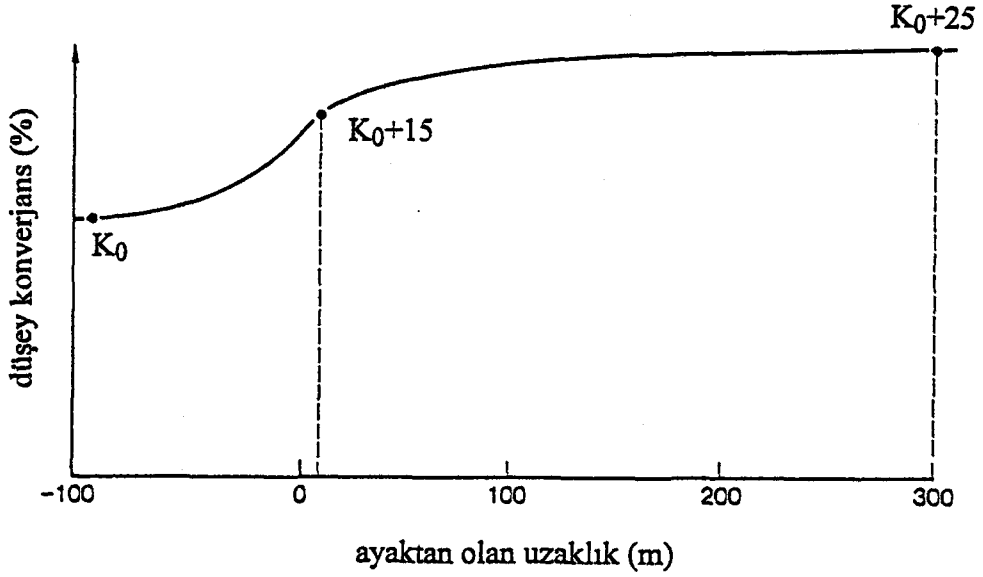
Aynı tabanyolu tekrar kullanıldığında, ikinci kez üretim etkisine girmektedir. Şekil 2.21'de, ayağın ilerlemesi ile birlikte, tabanyolunda düşey gerilmelerin dağılımı görülmektedir. Kömür damarının kazı arını ile panosunun göçüğü arasında bir damar köşesi oluşmaktadır. Burada gerilmeler maksimum değerlere ulaşır. Yeni üretime başlayan ayaklarda bu değerler küçük olmasına karşın, ilerleme miktarı arttıkça, sağdan sola doğru yükselmektedir. Ayağın önünde düşey ikincil gerilmeler çok yüksek değerlere ulaşmaktadır. Ayağın kazı arını doğrultusunda, ayak ilerlemesi ile birlikte, tabanyolu çevresinde düşey gerilmelerin değişimi ise Şekil 2.22'de görülmektedir. İlerleme miktarı ile birlikte, ayağın hemen önündeki tabanyolu kenarında kömür damarına etkileyen gerilmeler artmaktadır ve dolayısıyla karşılaşılabilecek sorunlar büyümektedir (Jacobi, 1981). Şekil 2.23'de, tabanyolunun ikinci kez kullanılması halinde, ayaktan olan uzaklığa bağlı olarak, tabanyolu



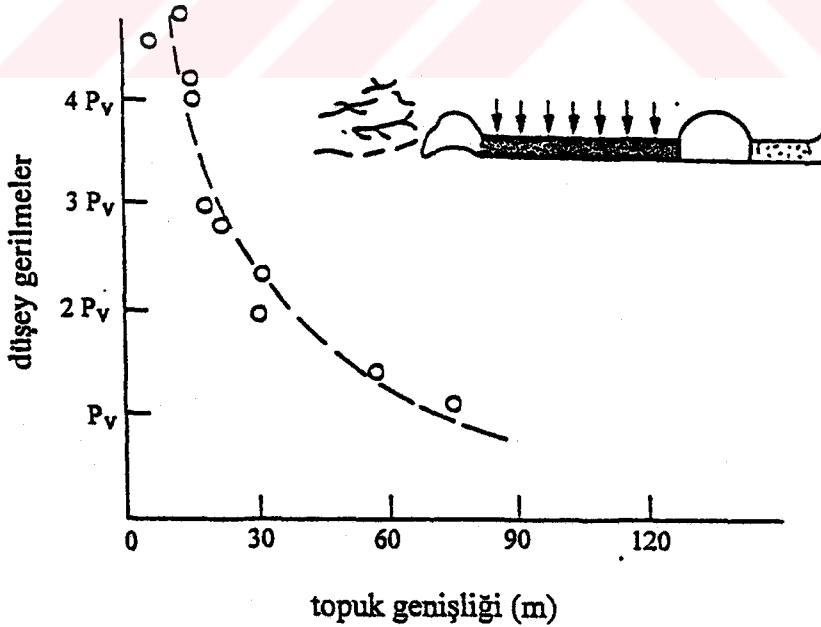
Şekil 2.21. Tabanyolunun ikinci kez kullanılması durumunda ayağın ilerleme miktarına bağlı olarak düşey gerilmelerin değişimi (Jacobi'den [1981] değiştirilerek).



Şekil 2.22. Ayağın kazı arını doğrultusunda ayağın ilerlemesi ile birlikte tabanyolu çevresinde düşey gerilmelerin değişimi (Steinkohlenbergbauverein'dan, [1982] değiştirilerek).



Şekil 2.23. Tabanyolunun ikinci kez kullanılması durumunda tabanyolu boyunca düşey konverjansın değişimi (Jacobi, 1981).



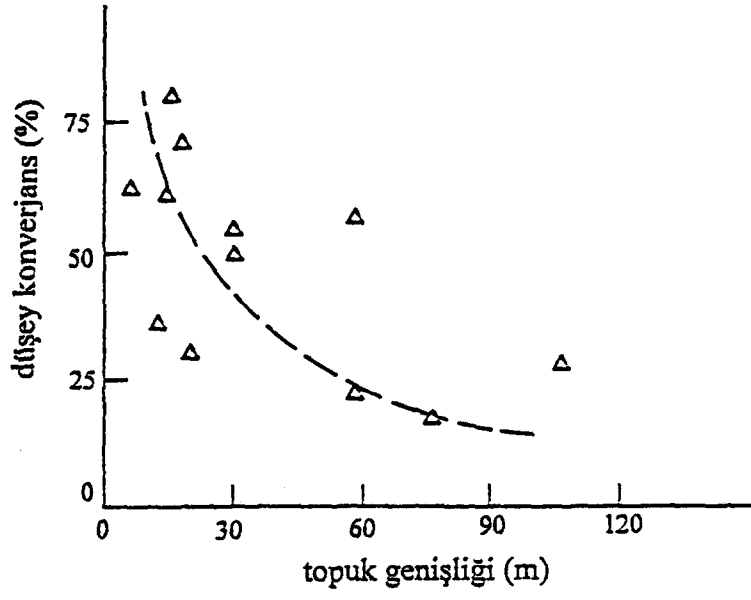
Şekil 2.24. Tabanyolu kenarında kömür topuğuna etkiyen düşey gerilmeler ile topuk genişliği arasındaki ilişki (Whittaker' dan [1993] değiştirilerek).

boyunca oluřan dűşey konverjansın deęiřimi gűrűlmektedir. Gűrűlebileceęi gibi, bűyle bir çalıřma řeklinde dűşey konverjans daha da artmaktadır (Jacobi, 1981).

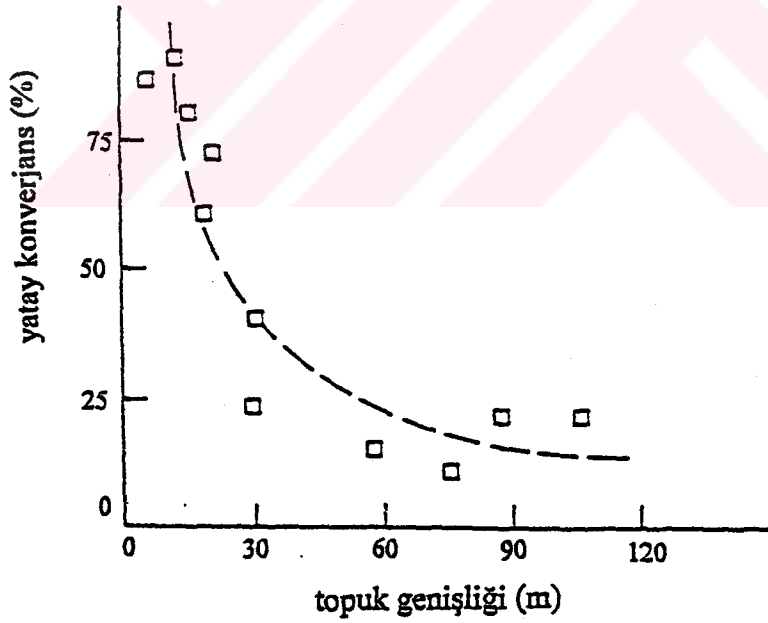
Aynı tabanyolunun ikinci kez kullanıma elverişli olmadığı durumlarda, eski tabanyoluna paralel bir kűműr topuęu bırakılarak yeni bir tabanyolu açılmaktadır. Bu yűntemde, topuk geniřlięi ile kűműr topuęuna etkiyen gerilmeler arasında yakın bir iliřki vardır (řekil 2.24). Topuk geniřlięi azaldıkça, kűműr topuęuna etkiyen gerilmeler artmaktadır (Whittaker, 1993).

Dar topuklar (< 20 m), ařırı dercede ezildięinden yenilmeye uęrarlar ve yűk tařıma kabiliyetlerini kısa sűrede yitirirler. Orta geniřlikteki topuklarda (20-60 m), kűműr topukların kenarlarındaki yenilme bűlgesinin geniřlięi arttıkça, topuęun tařıyıcı geniřlięi azalır. Bununla beraber, gerilmeler topuęun saęlam kenar kısımlarında yine artar ve ezilme zonu tekrar geniřlemeye bařlar. Bu olay, űretim bitiminden uzun sűre sonra da, tabanyollarında konverjansların artmasına sebep olabilmektedir. Ancak geniř topuklarda (> 60 m), gerilmelerde űnemli bir azalma gűrűlmektedir. Bu gibi topuk geniřlikleri ise panonun ekonomiklięini tehlikeye dűřűrebilmektedir (Jacobi, 1981).

Topuk geniřlięi ile dűşey ve yatay konverjans arasında İngiltere`de elde edilen iliřkiler řekil 2.25`de verilmiřtir. Dar topuklar, tabanyolunda kapanmayı űnemli űlűde artırmaktadır. Ancak geniř topukların (> 60 m) konverjans űzerinde olumsuz etkisi yoktur (Whittaker, 1993). Bu nedenle, yan yana bulunan panolar arasında topuk bırakılmaması veya zorunlu durumlarda 2 m`den geniř topukların uygulanmaması tavsiye edilmektedir (DMT, 1991).



a. Topuk genişliği ile düşey konverjans arasındaki ilişkiler



b. Topuk genişliği ile yatay konverjans arasındaki ilişkiler

Şekil 2.25. Topuk genişliği ile düşey ve yatay konverjans arasındaki ilişkiler (Whittaker' dan [1993] değiştirilerek).

Bazı panolarda tabanyolu kenar takviyesi olarak da kömür topuğu bırakılmaktadır. Yukarıda açıklanan hususlar bu uygulama için de geçerlidir. Gerilmelerin özellikle topuk kenarları üzerinde yoğunlaşması sonucu kenarlar yenilerek ferahlamaktadır. Ferahlama sonucunda da ezilen kömür boşluğa doğru yer değiştirerek tabanyollarında özellikle yanal kapanmalar ve taban kabarmaların oluşmasına sebep olmaktadır.

2.2.4 Tabanyolu Tahkimatı

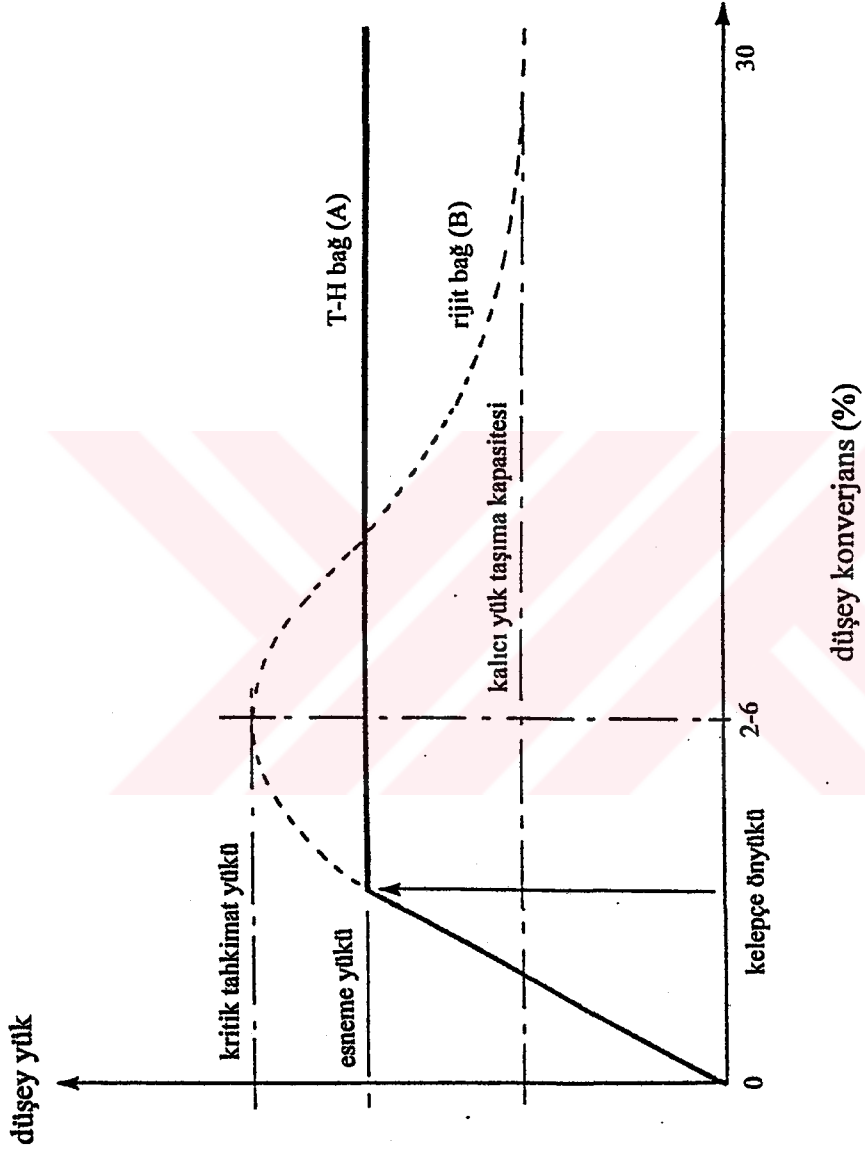
Tabanyolu tahkimatı bir bütün olarak ele alındığında; asıl tahkimat elemanlarından (farklı türlerde çelik ve ahşap bağlar, fırçalar, kaya saplamaları, vb.), tahkimat ile çevre kaya arası dolgu malzemelerinden ve tabanyolu kenarında uygulanan takviyeden (ağaç domuzdamı, monolitik dolgu, vb.) oluşmaktadır. Tabanyolu tahkimatı, arazi gerilmelerinin değişmesi sonucunda, artan tabaka deformasyonlarını ve ayağın arkasında tavanın kırılmasını etkin bir şekilde kontrol edebilmelidir. Özellikle tabanyolu kenarı takviyesinin bu konuda rolü büyüktür. Bu bölümde tabanyolu tahkimatının, bir bütün olarak, duraylığa olan etkileri incelenmiştir.

Alman Maden Araştırma Kuruluşu (Bergbauforschung GmbH) tarafından yürütülen araştırmaların en önemli sonuçlarından birisi, tabanyollarında meydana gelen kesitsel daralmada en önemli etken olan düşey ve yanal konverjansların durdurulamayacağı, ancak iyi bir tahkimat şekli ile kontrol altına alınarak aşırı deformasyonların önlenebileceğidir (Grotowsky ve Irresberger, 1983; Gerçek'ten, 1992). Her tahkimat önlemi; ister tavan alçalmasının, ister yanal kapanmanın, isterse de taban kabarmasının azaltılmasına yönelik olsun, açıklık çevresinde oluşan deformasyon olaylarını etkilemektedir (Oldengott, 1981).

Tahkimat seçimi, tabanyollarının duraylılığı açısından çok önemlidir. Tabanyolu tahkimatı, aşırı deformasyona uğramadan, üzerine etkiyen yükleri karşılayabilmelidir. Aksi takdirde, tabanyolunda ciddi boyutlarda kapanmalar oluşabilmekte ve bazı durumlarda tabanyolu tamamen kullanılamaz hale gelebilmektedir. Tabanyolu tahkimatı, özellikle dinamik dönemin kritik aşaması olan ayağın geçişini hemen takiben, üzerine etkiyen aşırı yükleri karşılayabilmelidir.

Tabanyollarında yaygın olarak kullanılan çelik bağlar rijit ve geçme (esneyen) bağlardır. Rijit çelik bağlar, tabaka hareketlerinden kaynaklanan yükler altında, sınırlı miktarda elastik deformasyon özelliği gösterdikten sonra, plastik deformasyon gösteren galeri tahkimatı türüdür. Geçme bağlar ise, tabaka hareketlerine uyarak, çevre kayaçta yenilme zonunun oluşmasına yardımcı olurlar. Tahkimat üzerine gelen arazi yükleri, emniyet valfi gibi çalışan kilit düzeneğinin sağladığı sürtünme kuvvetini aştığı zaman, bağ profilleri birbiri içinde bir miktar kayarak, bir süre için tahkimata gelen yükte ferahlama sağlarlar. Böylece tahkimatta eğilme, burkulma, burulma, bağlantı elemanlarında çözülme ve kopma gibi herhangi bir deformasyon meydana gelmeden ve tahkimatın yük taşıma kapasitesinde bir azalma olmadan, tabanyolunda bir miktar konverjans oluşur. Teorik olarak, deformasyon bölgesi içinde bir miktar tabanyolu konverjansına izin verilirken, tabanyolunun bütünlüğünde ve geçme bağın dayanımında hiçbir değişme olmayacağı kabul edilmektedir (Blades et al., 1974).

Şekil 2.26'da, geçme ve rijit bağların yük-konverjans eğrileri verilmiştir (Baxter et al., 1990). B eğrisi, rijit bağın tahkimat karakteristik eğrisidir. Rijit çelik bağda, maksimum tahkimat dayanımına veya kritik yüke, % 2-6 arasındaki düşey bir konverjanstan sonra erişilmektedir. Bu noktadan sonra düşey konverjans arttıkça, tahkimat dayanımı kalıcı bir seviyeye gelene kadar ani düşmeler gösterir. Oysa,

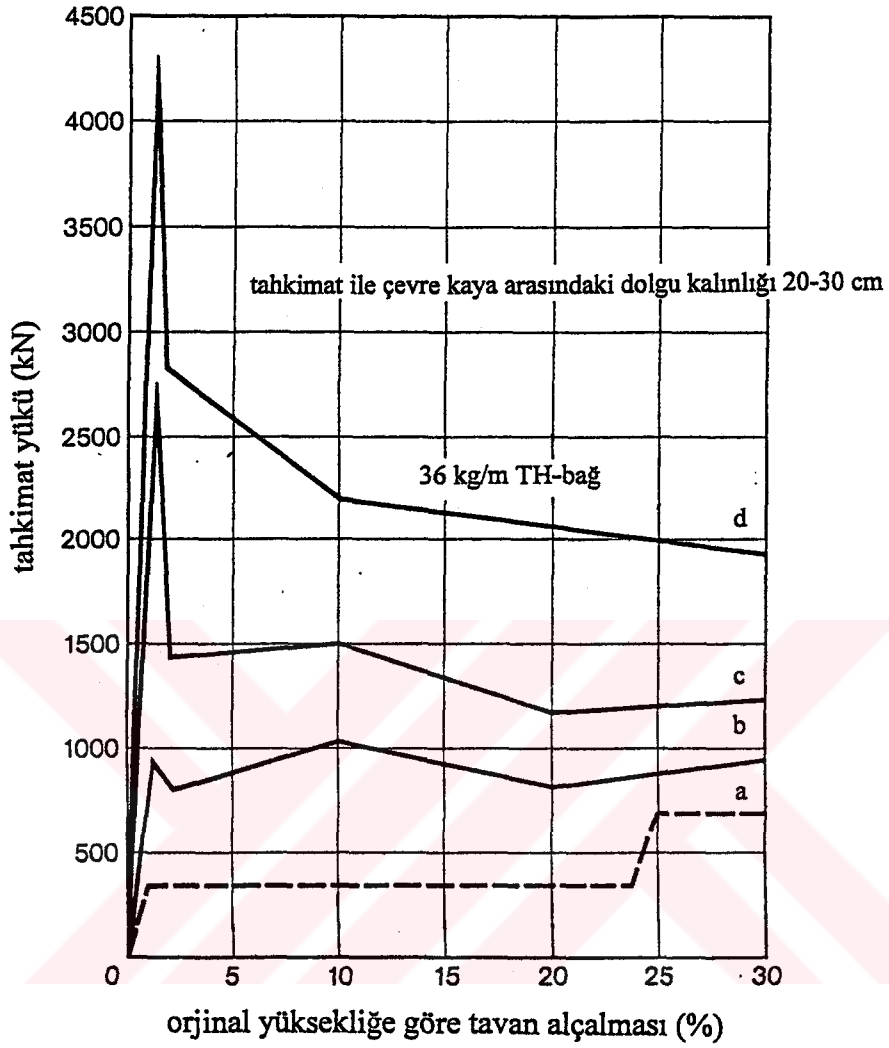


Şekil 2.26. Geçme (esneyen) ve rijit çelik bağların yük-konverjans eğrileri (Baxter et al., 1990).

tabanyollarında karşılaşılan tipik kapanma örneklerine göre, bu konverjans tahkimatın kurulmasından hemen sonra oluşmaktadır. A eğrisine göre geçme bağlar, başlangıçta onlara gelen yükün esnemeyi sağlayacak değere gelmesine kadar, elastik bir davranış gösterirler. Bu olgu, büyük oranda kelepçe civatalarına uygulanan buru (tork) ile kontrol edilir. Daha sonra bağlar, sabit bir yük altında, esneme özelliğini yitirene kadar harekete devam ederler. Bu aşamadan sonra ise, esneyen bağlar rijit bağlar gibi davranmaya devam ederler. Grafikten de görülebildiği gibi, rijit bağlar, tabanyollarında karşılaşılan tipik konverjans değerlerinden (ortalama % 30) çok daha önce maksimum dayanımlarını yitirdiklerinden, geçme bağların tabanyolu tahkimatı olarak uygulanması daha verimli olmaktadır.

Çelik bağ tahkimatın dışında, çevre koşullarının elvermesi durumunda, tabanyolu tahkimatı olarak kaya saplamaları ile birlikte çelik hasır kullanılmaktadır. Bu tahkimatın iyi bir şekilde uygulanması durumunda, tahkimatın erken yük taşıma kabiliyetine sahip olması nedeniyle, oluşması beklenen konverjansta azalmalar gözlenmektedir (Götze et al., 1982).

Tahkimat ile çevre kaya arasında oluşan boşluğun hangi yöntemle doldurulacağı, çevre kaya ile tahkimat etkileşimini ve dolayısıyla tahkimatın erken veya geç yük taşımasını etkilemektedir. Fiziksel modeller üzerinde gerçekleştirilen deneylerle, farklı dolgu yöntemlerinin tahkimata etkiyen yükler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 2.27'deki grafikte verilmiştir (Hegermann ve Schuermann, 1985). Ahşap kamalar veya elle yapılan taş dolgular, geç yük taşıyan sistemlerdir. Çimento esaslı malzemelerden oluşturulan dolgular ise, erken veya çok erken yük taşıyan dolgular olmak üzere sınıflara ayrılmaktadır. Geç yük taşıyan dolgularla kurulu bir tahkimat sistemi, genelde tabanyolunda bir miktar konverjans



* grafiklerdeki en yüksek değerler dolgunun kırılmasından hemen önce elde edilmiştir

- a- ellè taş dolgu
- b- dolgu malzemesinin dayanımı 10 MPa
- c- dolgu malzemesinin dayanımı 20 MPa
- d- dolgu malzemesinin dayanımı 40 MPa

Şekil 2.27. Farklı tahkimat ile çevre kaya arası dolgu yöntemlerinin tahkimat direnci üzerindeki etkileri (Hegermann ve Schuermann, 1985).

oluştuktan sonra, tahkimat basıncı sağlamaktadır. Tahkimat elemanlarının, oluşması tahmin edilen konverjansı azaltabilmesi için, erken yük taşıyabilme özelliğine sahip olması gerekir (Götze, 1984). Bunun için, tahkimat ile çevre kaya arasındaki dolgunun tek eksenli basınç dayanımı 10 MPa'dan küçük olmamalıdır. Tabanyollarında yapılan ölçümler, erken yük taşıma özelliğine sahip olan tahkimatlarda, konverjansın üçte bir oranında azaldığını göstermiştir (Götze et al., 1984).

Dolgu uygulamasının başarısı, hem tabanyolunda oluşan konverjans, hem de çelik bağlarda meydana gelen deformasyona bağlıdır. Farklı yöntemlerin kıyaslanabilmesi için, elle yapılan, tahkimat ile çevre kaya arası taş dolgu uygulamasında ve tabanyolu kenar takviyesi olarak ağaç domuzdamı kullanılması durumunda, oluşan en son (nihai) düşey konverjans ve bağ deformasyonu 1 olarak kabul edilmiştir (Schroer, 1977). Çizelge 2.2'de, aynı tabanyolu koşullarında, farklı (tahkimat ile çevre kaya arası) dolgu yöntemlerinin uygulanması halinde belirlenen katsayılar verilmiştir.

Çizelge 2.2. Tahkimat ile çevre kaya arası dolgu yöntemleri ve tabanyolu kenar takviyesi uygulamalarının en son konverjans ve çelik bağ deformasyonu üzerindeki etkisi (Schroer, 1977).

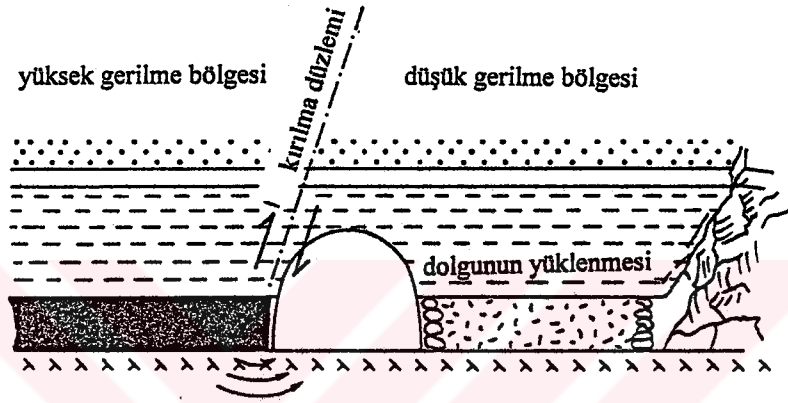
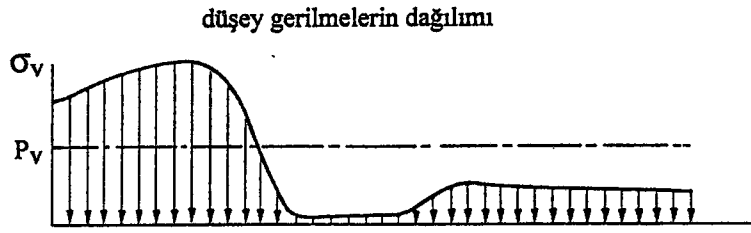
Tabanyolu kenar takviyesi	Tahkimat ile çevre kaya arası dolgu yöntemi	En son düşey konverjans	Çelik bağ deformasyonu
Ağaç domuzdamı	elle taş dolgu	1*	1*
	kendiliğinden dolgu	1.1	1.1
	kendiliğinden dolgu ve ağaç kamalar	1.2	1.8
Doğal anhidrit dolgu	doğal anhidrit	0.6	0.5
	elle taş dolgu	0.75	0.8

* Farklı yöntemlerin kıyaslanabilmesi için, tahkimat ile çevre kaya arası elle taş dolgu uygulamasında ve tabanyolu kenar takviyesi olarak ağaç domuzdamı kullanılması durumunda, oluşan en son düşey konverjans ve çelik bağ deformasyonu 1 olarak kabul edilmiştir.

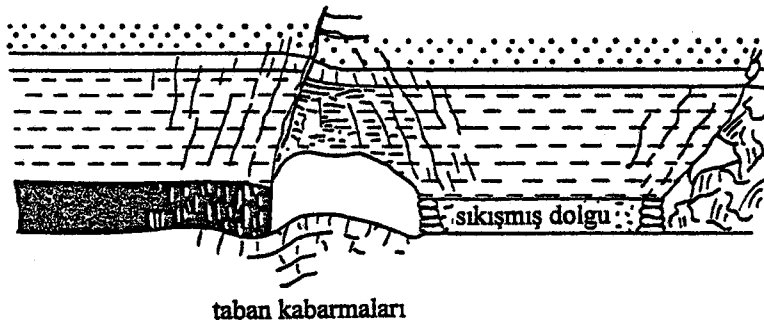
Görölebileceği gibi, erken yük taşıma özelliğine sahip bir tabanyolu kenar takviyesi ile tahkimat-çevre kaya arası dolgunun birlikte uygulanmasıyla, oluşacak konverjans önemli ölçüde azalmaktadır. Ahşap kamaların kullanılması durumunda ise, tahkimat üzerine etkiyen noktasal yüklemeler, özellikle çelik bağ deformasyonunu önemli ölçüde artırmaktadır (DMT, 1991).

Ayağın geçişini hemen takiben, tabanyolunun ayak tarafı, göçüğe doğru sarkan ve kırılan yalancı tavan tabakaları ile onların üzerinde bulunan ana tavan tabakalarındaki alçalmanın etkisinde kalmaktadır. Bu durumda, tahkimat aşırı ve asimetrik yüklenmelere maruz kalmakta ve tabanyolları aşırı konverjanslara ve kesit daralmalarına uğrayabilmektedir. Bunu önlemek amacıyla, tabanyolu kenar takviyesi yapılır. Tabanyolu kenar dolgusu uygulamaları, konverjans ve kesit daralmalarına olan etkilerini inceleyebilmek amacıyla; dolgusuz, ağaç domuzdamı ve monolitik dolgular olmak üzere sınıflara ayrılmaktadır (DMT, 1991). İngiltere’de gerçekleştirilen bazı araştırmalarda da dolgu türleri elle yapılan, mekanik ve monolitik dolgu olmak üzere ayrılmıştır (Whittaker, 1993).

Whittaker ve Woodrow (1977) tarafından geliştirilen ayrılmış blok teorisine (detached blok theory) göre, tabanyolu dolgu duvarı, ana tavan tabakalarından yatay bir çatlakla ayrılmış, ayak tarafından göçük ve bakir kömür (topuk) tarafından da ona paralel bir çatlak ile sınırlandırılmış bir bloğun ağırlığını taşımaktadır (Gerçek’ten, 1992) (Şekil 2.28.a). Ayağın ilerlemesini takiben, tavan tabakalarının bir giriş gibi sarkması arttıkça, dolgu duvarı sıkışmakta ve tabanyolu konverjansı da artmaktadır (Şekil 2.28.b). Ancak, İngiltere’deki dolgu uygulamalarında yapılan ölçümler, ana tavan tabakalarının da tabanyolu dolgusuna bir miktar yük aktardığını; başka bir deyişle, dolgunun, yalancı tavan



a. ayağın gerisinde dolgunun yüklenmesi



b. ayağın gerisinde dolgunun sıkışması

Şekil 2.28. Ayrılmış blok teorisine göre tabanyolunda kenar dolgunun sıkışması (Whittaker, 1993).

yüksekliğinden çok daha kalın olan tavan tabakaları katmanını etkilediğini ortaya koymuştur (Gerçek, 1992).

Smart, Issac ve Roberts (1982) tarafından geliştirilen tavan tabakası eğilmesi teorisine (roof beam tilt theory) göre, ayrılmış yalancı tavan üzerindeki sarkmış olan ana tavan tabakalarının aşağı doğru hareketlerinin oluşturduğu ağırlık, dolgu duvarı üzerine gelen yüklerde asıl belirleyicidir (Şekil 2.29). Tabanyolu ve dolgu duvarının hemen üzerindeki tavanın, topuk tarafındaki bir hayali eklem noktasından başlayarak aksel olarak eğildiği kabul edilir. Ayak ilerlemesine bağlı olarak dolgu duvarındaki sıkışma veya tabanyolu düşey konverjansı arttıkça, eklem noktası topuk içerisine doğru hareket eder ve tavan tabakasının eğilme açısı değişir (Gerçek'ten, 1992).

Almanya'da yapılan model deneyleri sonunda, tabanyollarının üzerinde yer alan tabakalarda, gözlenen çatlak ve kırılma düzlemleri Şekil 2.30'da görülmektedir. Birinci durum haricindeki diğer koşullarda, artan konverjans beklenmektedir (Jacobi, 1981). Tabanyolu tahkimatı ve dolgu duvarı, tavan ile taban arasında yeterli bir reaksiyon sağlayarak, etkiyen kuvvetleri denetim altında tutabilmelidir.

Bir tabanyolu kenar takviyesinin erken veya geç yük taşıması, kullanılan dolgu yönteminin dışında, aşağıdaki faktörlere bağlıdır (Götze et al., 1984):

- a. ayak ilerleme hızı,
- b. üretim ve dolgu işlerinin organizasyonu,
- c. dolgu maddesinin (karışımın) donma hızı,
- d. dolgu malzemesinin kenar boşluğuna nakli,
- e. tabanyolu dolgusu genişliği,

f. ayağın kazı arını ile dolgu arasındaki mesafe.

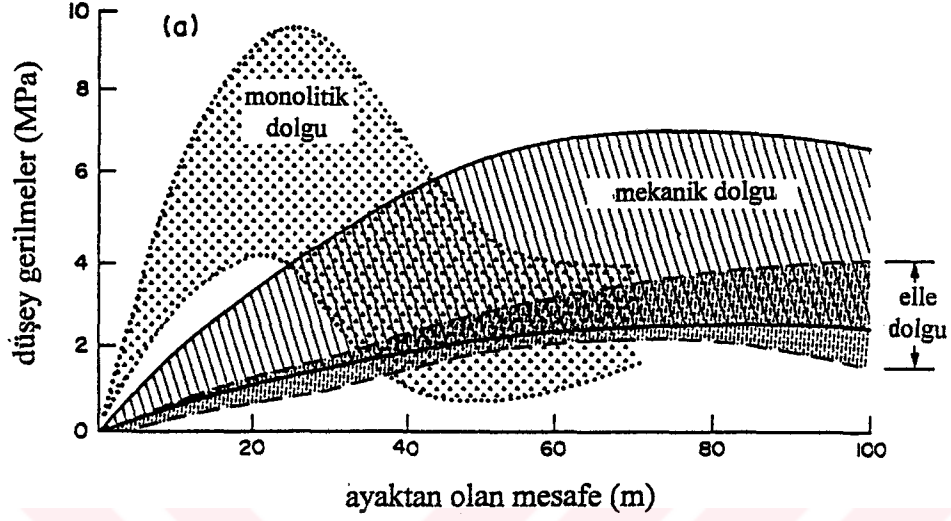
İngiltere’de gerçekleştirilen araştırmalarda, ayaktan olan mesafeye bağlı olarak, farklı takviye türlerinde, dolgu üzerine etkiyen ortalama düşey gerilmeleri veren bir grafik elde edilmiştir (Şekil 2.31). Monolitik dolgular, diğer yöntemlere kıyasla, erken yük almaktadır. Şekil 2.32’de ise, farklı dolgu yöntemlerinde, tabanyolunda oluşan düşey konverjansı gösteren bir grafik verilmiştir. Dolgu kalitesi arttıkça, oluşan konverjans azalma eğilimi göstermektedir (Whittaker, 1993).

Almanya’da yapılan araştırmalar, kenar dolgu kalitesinin yanında, üretilen (kazılan) damar kalınlığının, tabanyolu konverjansına etkisinin önemli olduğunu ortaya koymuştur. Ruhr kömür havzasında incelenen 130 adet tabanyolunda, damar kalınlığının ve dolgu kalitesinin konverjansa etkisi hesaplanmıştır. Her ilave 1 m damar kalınlığının, düşey konverjansı ortalama olarak % 4.3 artırdığı belirlenmiştir (DMT, 1991).

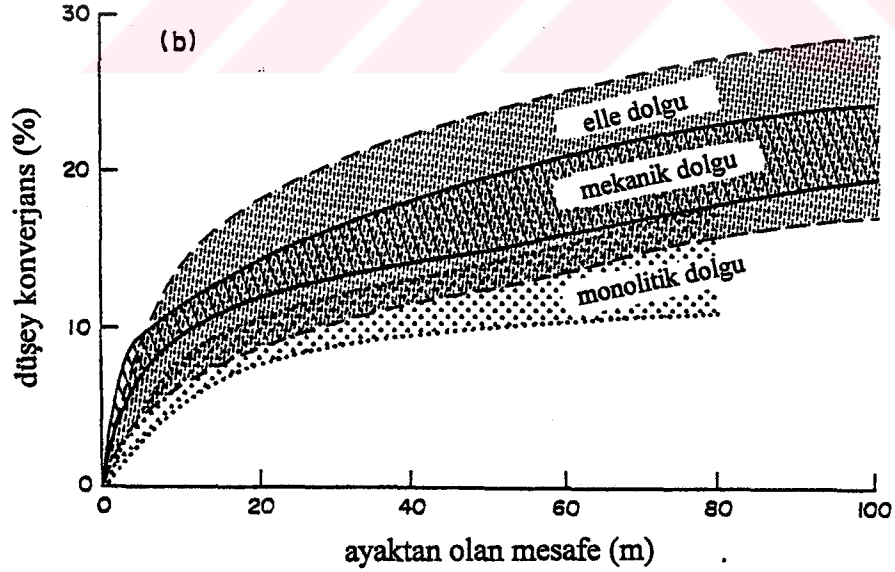
Uygulanacak tahkimat şeklini, çevre kayanın koşulları belirler. Gevşek, zayıf tavan tabakalarında, tahkimat tabanyolu aynasına yakın ve kısa sürede kurulmalıdır. Dayanımı yüksek olan tabakalarda ise, tahkimat aynadan biraz ötede ve gecikmiş olarak uygulanabilir (Jacobi, 1981). Tahkimatın zamanında kurulması ve erken yük alması, konverjans üzerinde etkilidir. Erken yük taşıyabilen bir tahkimatta, tabanyolunda daha az konverjans oluşmaktadır (DMT, 1991).

2.2.5 Yeraltı Çalışmalarının Etkileşimi

Etkileşim problemleri, genellikle çalışma bölgeleri arasında ve arkasında bırakılan topuklar ve pano kenarları nedeniyle oluşur. Bırakılan bu topuklar ve pano



Şekil 2.31. Farklı takviye türlerinde dolgu üzerine etkiyen düşey gerilmeler (Whittaker, 1993).



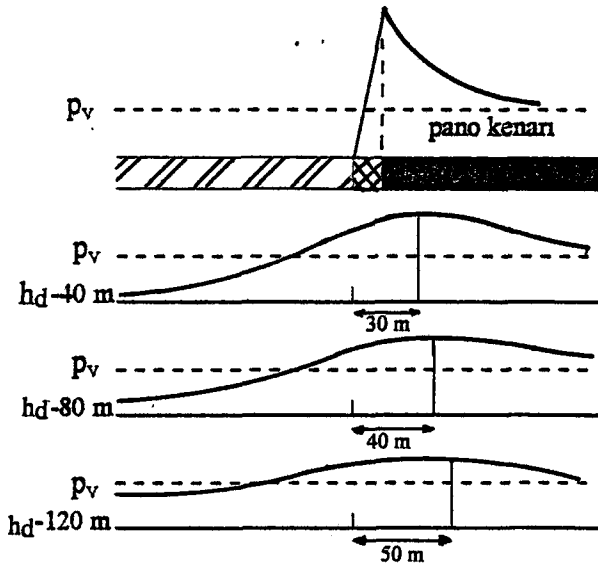
Şekil 2.32. Farklı dolgu yöntemlerinde tabanyolunda oluşan düşey konverjans (Whittaker, 1993).

kenarlarının altında yüksek gerilmeler oluşmakta ve bu bölgelerde arazi çatlaklı bir yapı göstermektedir (Jacobi, 1981).

Pano kenarları, üretim sırasında alınmadan bırakılan veya daha sonra üretilecek olan damar kısımlarının kenarları olarak ifade edilebilir. Topuklar ise, jeolojik arızalar, yerüstü ve yeraltı tesislerini (kuyu, galeri, v.b.) korumak amacıyla bırakılan damar kısımları olarak tanımlanabilir.

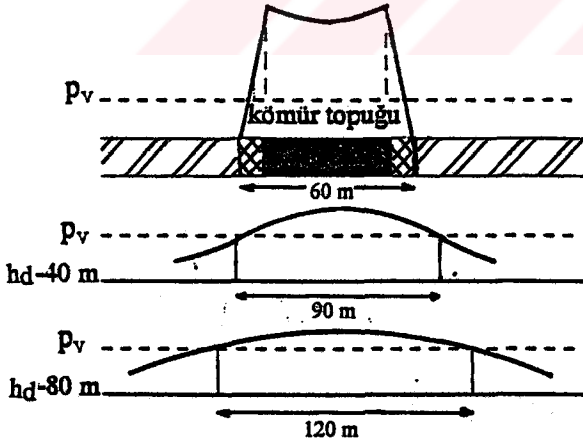
Yeraltı işletmelerinde yan yana aynı seviyede çok sayıda panonun mevcut olması, üst ve alt kotlarda pano ve üretim bölgeleri bulunması gibi durumlarda, arazi gerilmeleri beklenen değerlerden büyük ölçüde sapabilmektedir. Tabanyolunun üst ve alt seviyelerinde bulunan pano kenarı ve topuklar, duraylılığı önemli ölçüde etkilemektedir. Pano kenarı ve topukların neden olduğu ek gerilmeler, alt ve üst seviyelere iletilmektedir. Şekil 2.33'de bu durumlar şematik olarak verilmiştir.

Herhangi bir üretim bölgesinden etkilenmeyen pano kenarı çevresinde gerilmelerin dağılımı bir diyagram üzerinde verilmiştir (Şekil 2.34). Diyagramda, eğriler üzerinde bulunan katsayılar, düşey ikincil gerilmenin düşey birincil gerilmeye oranını (σ_v/P_v) simgelemektedir (Özarslan, 1992). Düşey birincil gerilme veya derinlik basıncının değeri 1 olarak kabul edilmiştir. Pano kenarı altındaki gerilmeler, düşey mesafe arttıkça azalmaktadır. Kenardan yatay olarak uzaklaştıkça, ferahlama nedeniyle gerilmeler azalırken, etki alanının genişliği artmaktadır. Üretilmiş olan damar kısmının altındaki gerilmeler ise, düşey mesafenin büyümesiyle artmakta ve sonunda birincil gerilmeye ulaşmaktadır. Üretim kenarı etkisindeki tabanyolunda, ayaktan olan uzaklığa bağlı olarak, tabanyolu boyunca oluşan konverjans değişimi ise Şekil 2.35'de verilmiştir.



a- pano kenarı

 kömür
 göçük
 yenilme bölgesi

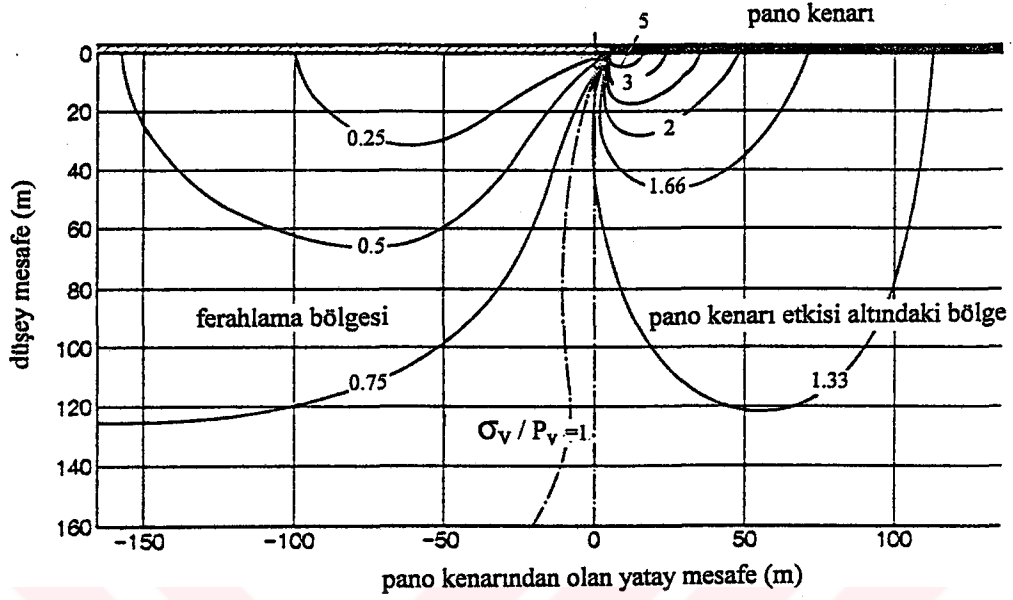


b- kömür topuğu

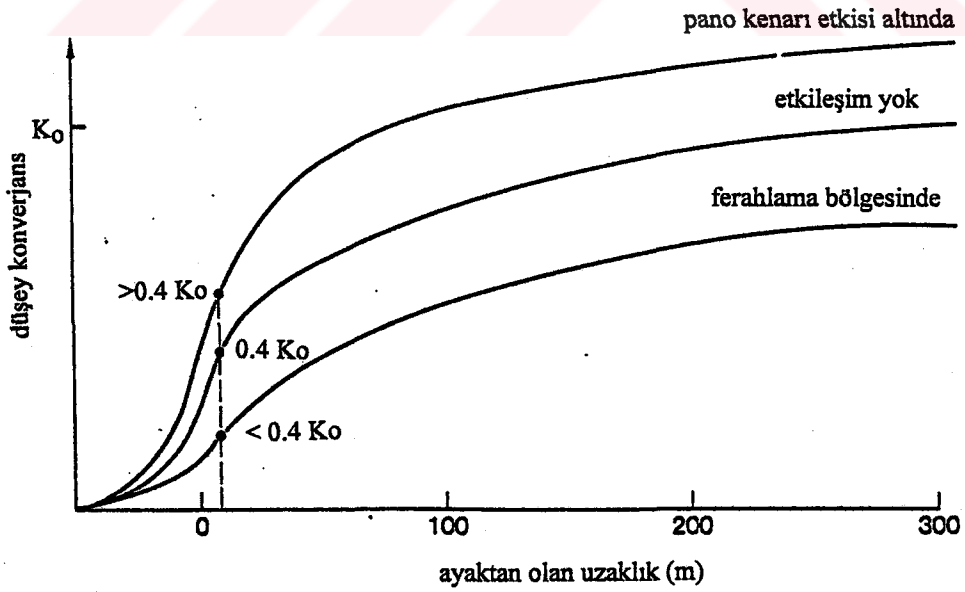
h_d - düşey mesafe (m)

 düşey ikincil gerilme
 derinlik basıncı veya düşey birincil gerilme

Şekil 2.33. Pano kenarı ve kömür topuğun altında düşey gerilmelerin alt seviyelere iletimi (Jacobi'den [1981] değiştirilerek).



Şekil 2.34. Pano kenarı çevresinde düşey gerilme yığılmalarının dağılımı (Steinkohlenbergbauverein`dan [1984] değiştirilerek).



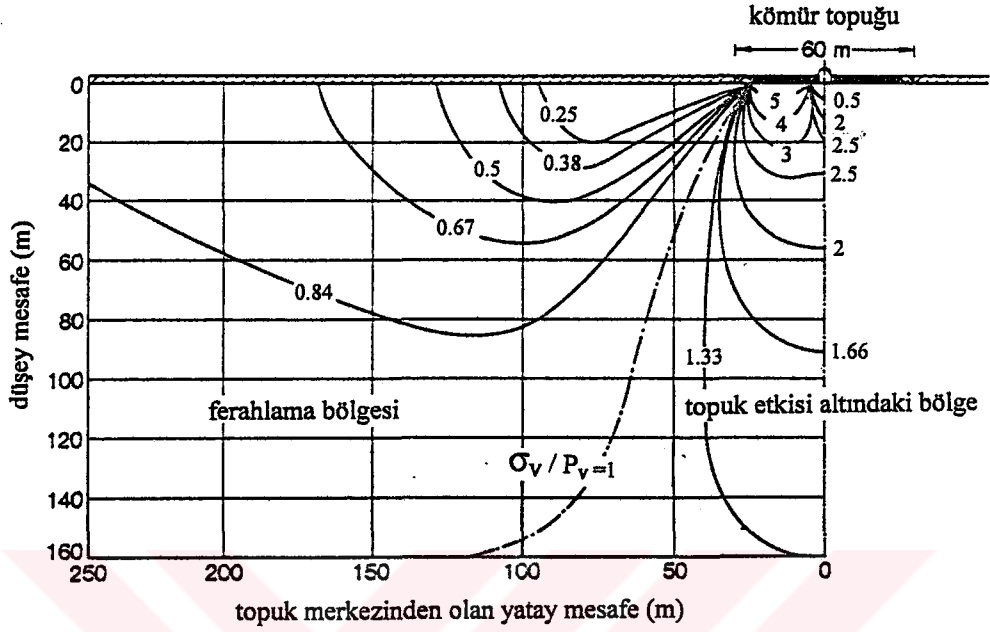
Şekil 2.35. Pano kenarı veya üretilmiş bölgenin alt seviyelerinde bulunan tabanyolunda ayaktan olan uzaklığa bağlı olarak düşey konverjans değişimi (Jacobi, 1981).

Görülebileceği gibi, tabanyolunun ferahlama bölgesinde konumlandırılması daha avantajlı olmaktadır.

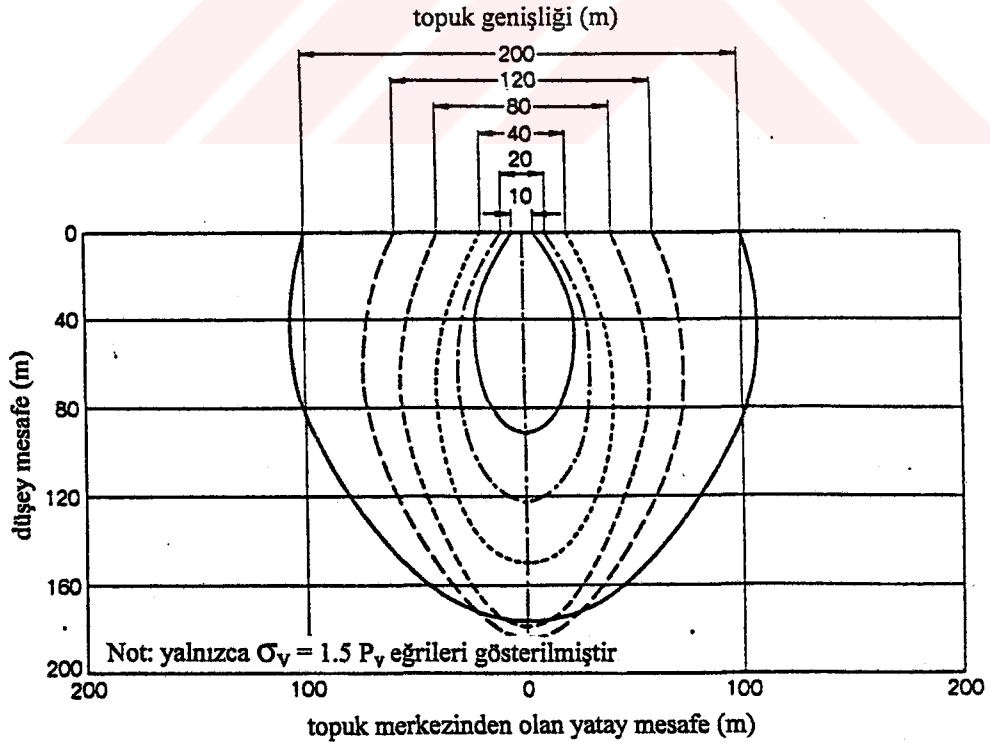
Herhangi bir üretim bölgesinden etkilenmeyen kömür topuğu çevresinde oluşan düşey gerilmelerin dağılımı Şekil 2.36'da verilmiştir. Üretilmiş olan damar kısımlarının altındaki gerilmeler az olmasına karşın, kömür topuğunun altındaki eğrilerin aralıkları daralmakta ve gerilmeler topuğa yaklaştıkça hızla artmaktadır.

Topuk çevresindeki ek gerilmelerin etki alanları ile topuk genişliği yakından ilişkilidir (Şekil 2.37). Grafikte verilmiş olan eğriler, düşey birincil gerilmenin birbuçuk katını simgelemektedir. Eğrilerin iç tarafında gerilmeler bu değerden daha yüksek, dış kısımlarında ise daha düşüktür. Verilen grafik, topuğun üst bölgesi için de geçerlidir. Grafikten de anlaşılabileceği gibi, topuk genişliğinin artmasıyla, topuğun alt ve üst seviyelerinde oluşan yüksek gerilmelerin etki alanları da büyümektedir (Jacobi, 1981). Tabanyolunun kömür topuğuna olan mesafesi azaldıkça ve özellikle kömür topuğunun izdüşüm alanı içinde bulunması durumunda etkiyen gerilmeler ve dolayısıyla oluşacak konverjans artmaktadır (Jacobi, 1981).

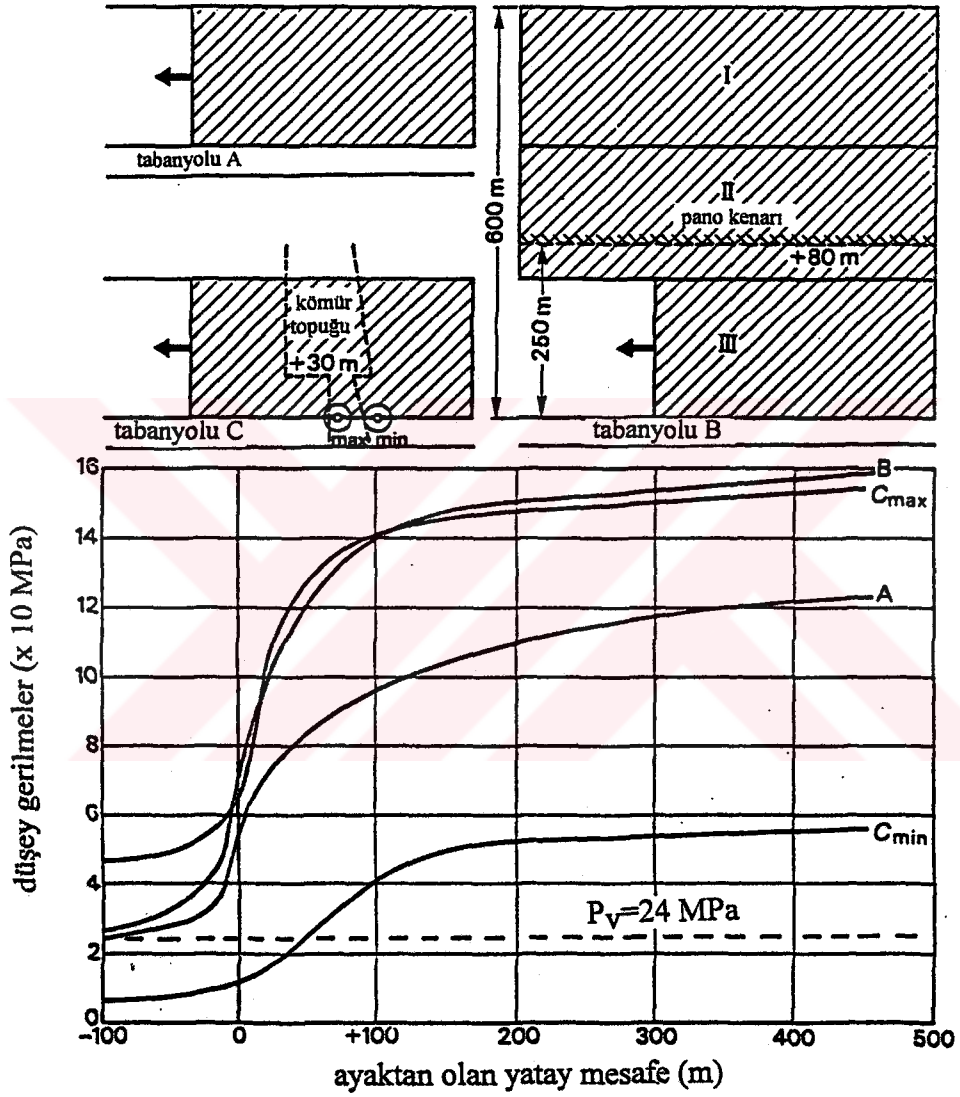
Topuk ve pano kenarlarının ayağın ilerlemesi ile birlikte, tabanyolu boyunca yarattıkları etkiler incelenmiştir. Bunun için örnek modeller üzerinde üç farklı üretim geometrisinde; A, B, C tabanyollarında kömür damarının tabanına etkiyen düşey gerilmeler hesaplanarak bir diyagram üzerinde verilmiştir (Şekil 2.38). A tabanyolunda, üst ve alt seviyelerde herhangi bir üretim bölgesi bulunmadığı kabul edilmiştir. Bu genel durumda, ayağa yaklaştıkça gerilmeler artmakta ve ayak arkasında maksimum değerlere ulaşmaktadır. B tabanyolunun yine aynı derinlikte açılmış olduğu, fakat 250 m yatay ve 80 m düşey mesafede bir pano kenarı



Şekil 2.36. Kömür topuğu çevresinde düşey gerilme yığılmalarının dağılımı (Steinkohlenbergbauverein`dan [1984] değiştirilerek).



Şekil 2.37. Topuk genişliği ile etki alanları arasındaki ilişki (Steinkohlenbergbauverein, 1984).



Şekil 2.38. Farklı üretim geometrilerinde tabanyolu boyunca düşey gerilmelerin dağılımı (Jacobi, 1981).

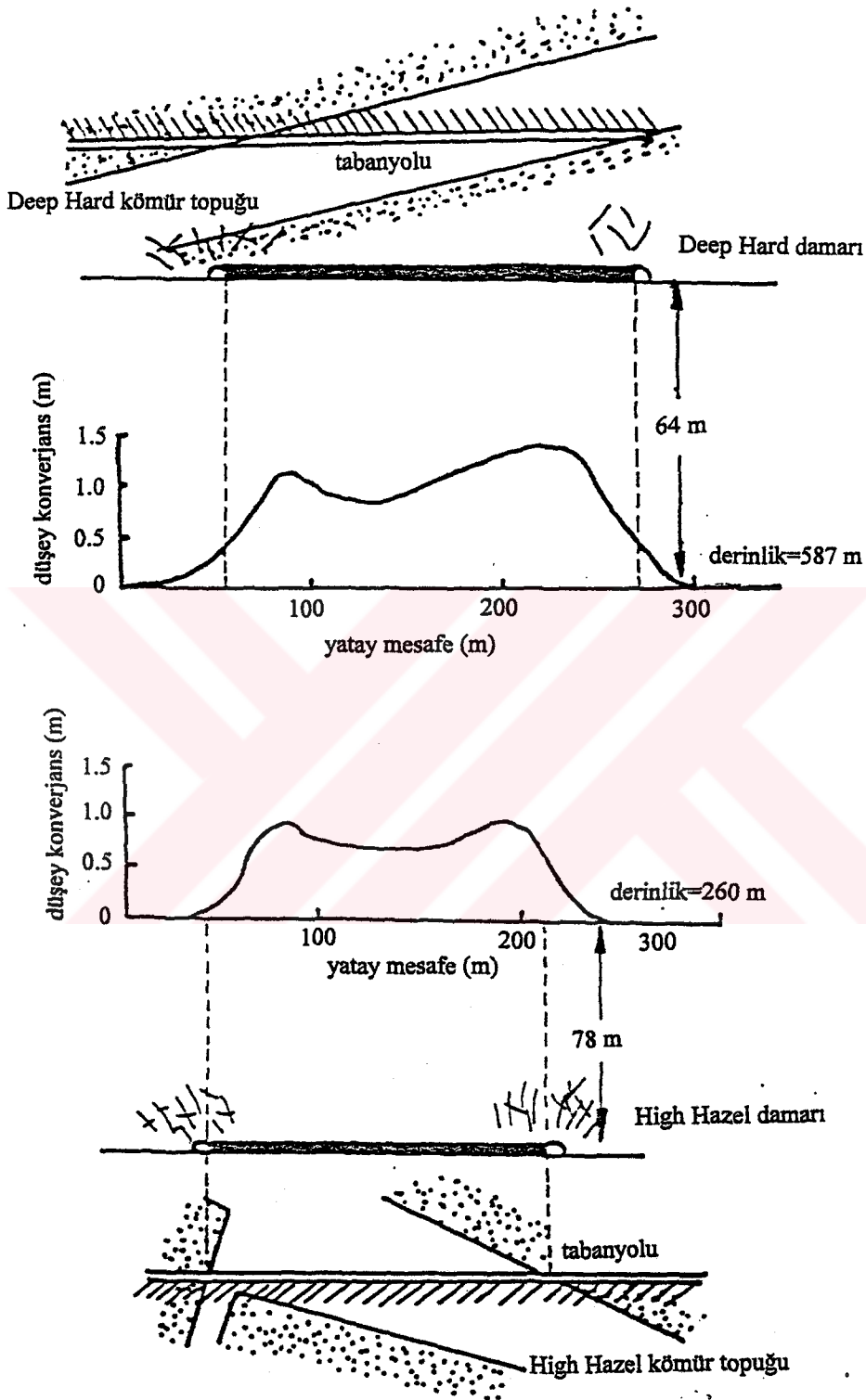
bulunduğu varsayılmıştır. C tabanyolunun ise yine aynı seviyede açılmış olduğu ve 30 m düşey mesafede bir kömür topuğu bulunduğu kabul edilmiştir. Topuk etkisi altındaki tabanyolunda (C), iki karakteristik nokta incelenmiştir. Bunlardan C_{max} topuğun izdüşümünde, C_{min} ise topuğun "gölgesinde" veya başka bir ifadeyle etki alanının dışında bulunmaktadır. C_{max} noktasında gerilmeler yüksek değerlere ulaşmasına karşın, C_{min} noktasında düşük kalmaktadır. C_{min} eğrisi, genel eğriden daha yatık olmasına karşın, C_{max} eğrisi hem ayağın önünde hem de gerisinde daha diktir. B eğrisi ise, C_{max} eğrisine benzemektedir. Ayağa yaklaşıldıkça gerilmeler artmakta ve ayak arkasında süratle yükselerek genel eğriden sapmaktadır.

İngiltere'de Whittaker ve Hodgkinson (1971), kömür topuklarının altındaki ve üstündeki tabanyollarında etkileşimleri incelemişlerdir. Şekil 2.39.a'da Deep Hard damarının 64 m altındaki bir tabanyolunda ve Şekil 2.39.b'de High Hazel damarının 78 m üstündeki bir tabanyolunda ölçülmüş düşey konverjanslar verilmiştir. Görülebileceği gibi, en büyük konverjanslar topuk kenarlarında oluşmaktadır.

Araştırma sonuçlarına göre, pano kenarı ve topuk etkisindeki tabanyollarında, gerilmeler ve kapanmalarda önemli artışlar meydana gelmektedir. Bu gibi bölgelerin geçilmesinde, tabanyolunda duraylığın azalacağı ve konverjansların artacağı beklenmelidir.

2.2.6 Diğer Etkenler

Tabanyolu duraylığına çok sayıda faktörün etkidiği bilinmektedir. Bu faktörlerden birçoğunun kesin etkileri bilinmemekte, sadece gözlemlere ve tecrübelerle



Şekil 2.39. Kömür topuklarının altında ve üstündeki tabanyollarında etkileşimler (Whittaker ve Hodgkinson, 1971).

dayanarak tahminler yürütülebilmektedir. Bu bölümde, duraylığa etkiyen diğer bazı faktörler hakkında kısa açıklamalar yapılmıştır.

Tabanyolunun şekli ve boyutu duraylık üzerinde etkilidir. Dairesel ve kemer tavanlı kesitler, dikdörtgen kesitten daha duraylı davranmaktadır. Ayrıca, yüksek bir galeride oluşan kapanma, aynı kesit alanlı geniş bir tabanyolundan, hissedilebilir ölçüde daha azdır. Tabanyolu genişliği arttıkça da kesit daralma oranı (konverjans) artmaktadır.

Tabanyolunun açılma yöntemi (kazı yöntemi) olarak mekanize kazı, çevre kayayı fazla yıpratmadığından, duraylık açısından avantajlıdır. Delme-patlatmada ise, açıklık çevresindeki tabakalar rahatsız edilir, yapay çatlaklanmalar meydana gelebilir ve çevre kaya ile tahkimat arasında büyük boşluklar oluşabilmektedir. Özellikle süreksizlik düzlemlerinin mevcut olması, kaya bloklarının düşmesine ve tahkimat elemanlarının deformasyonuna neden olabilir.

Süreksizlikler ve önemli yapısal jeolojik özellikler (kıvrımlar, faylar, vb.), önemli duraylık sorunlarına yol açarlar. Almanya'da incelenen tabanyollarında, fayların tabanyoluna paralel olarak 50 m mesafede bulunması durumunda bile konverjanslarda % 10 ile % 20 arasında artış gözlenmiştir (DMT, 1991). Fayların ve süreksizliklerin tabanyolu kesitine paralel olması halinde ise, ayrılmış bloklar ve kayaçlar, tabanyoluna düşerek önemli boyutlarda boşlukların oluşmasına neden olabilirler. Bu gibi bölgeler, mutlaka özel olarak tahkim edilmeli ve çevre kaya ile tahkimat arasındaki boşluklar iyice doldurulmalıdır (DMT, 1991).

Suyun etkisi ile, özellikle killi kayaçlarda, dayanım azalmakta ve tabakalar kabarmaya eğilim gösterebilmektedir. Bunun yanında, süreksizlik düzlemlerinin

bulunması halinde, yüzeyler arasındaki sürtünme azalarak, kaya blokları açıklığa doğru hareket edebilmektedir. Bu durum, özellikle tabakaların eğimli olması halinde önem kazanmaktadır (Jacobi, 1981). Yeraltı suyu açısından, özellikle kalker tabakaları altındaki çalışmalarda dikkatli olunmalıdır.

İşçiliğin de, tabanyollarının duraylılığına önemli etkisi vardır. Özellikle; tahkimatın kurulması ve bağlantıların (firça, pabuç, vb.) yerleştirilmesi, çevre kaya ile tahkimat arasındaki boşluğun doldurulması, tabanyolu kenar takviyesinde ağaç domuzdamlarının usulüne uygun yerleştirilmesi, monolitik dolgularda malzemenin nakli ve boşluğa doldurulmasında özenli işçiliğe ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmalarda yapılan işçilik hataları, tabanyollarında önemli duraysızlıklara yol açabilmektedir.

BÖLÜM 3

TABANYOLLARI İÇİN TASARIM İLKELERİ

3.1 GENEL

Bir üretim planı hazırlanırken genelde galeri veya tabanyollarının önemi ikinci planda düşünülmektedir. Bu yaklaşım ise ciddi sorunlara yol açabilmektedir. Günümüz madenciliğinde, haftada 7-10 bin ton kömür üretimi hedeflenen ayaklarda, tabanyolu koşullarının uygun olmamasının, üretimin durmasına veya önemli oranda azalmasına neden olacağı bir gerçektir. Bunun için sürülecek tabanyollarının konumu, ömrü, şekli, boyutları ve tahkimat şekli, tasarım aşamasında düşünülerek, üretimde aksama yaratabilecek durumların önüne geçilmelidir.

Tabanyolu tasarımı konusunda, günümüzde değişik yaklaşımlar bulunmasına karşın, tabanyolu şeklinin ve tahkimat yönteminin tasarımında, genelde iki ana yöntemden faydalanılmaktadır.

İlk yöntem, matematiksel ve teorik bir yaklaşımın kullanılmasıdır. Bu yaklaşımın avantajları, kullanılan modellerin basit ve yararlanılan temel özelliklerinin esnek (değiştirilebilir) olmasında yatmaktadır. Uygulanan yaklaşım ve modellerde; üretim yöntemi, tahkimat, kaya tipi vb., parametrelerin sadece ana büyüklüklerinden faydalanılmaktadır. Bu durum, modellerin uygulanmasını kolaylaştırmasına karşın, modellerde çok sayıda kabul ve ihmallere gereksinim duyulması nedeniyle, modelin

bir tasarım sistemi olarak kullanılmasının pratikteki geçerliliği ve doğruluğunu sınırlandırmaktadır. Bu tür tasarım yaklaşımlarını sınırlayan bazı nedenler aşağıda sıralanmıştır (Ünver, 1988):

- a. Gerilme durumlarındaki değişiklikler göz önünde bulundurulmamaktadır.
- b. Zamanın tabanyolu deformasyonu üzerindeki etkisinin modellenmesi oldukça güçtür.
- c. Yerindeki kaya malzemesi genelde anizotropik özellik gösterdiğinden, mekanik özellikler yerine ve konumuna göre değişiklik göstermektedir.
- d. Gerilme durumları genelde iki boyutlu olarak incelenmektedir. Oysa tabanyolları üç boyutlu olarak incelenmelidir.
- e. Süreksizlikler ve faylar, gerilme durumlarında önemli değişiklikler yaratmaktadır. Bu durumun teorik yaklaşımlarla modellenmesi ise oldukça güçtür.

İkinci ve tabanyolu tasarımında genelde benimsenmiş olan yöntem, benzer jeolojik ve madencilik koşullarında daha önce edinilen bilgi ve deneyimlerden faydalanılarak tasarım yapmaktır. Önceden gerçekleştirilen planlama ve tahkimat tasarımında başarılı sonuçlar alınmışsa, aynı yöntemler (tabanyolu şekli, tahkimat yöntemi, vb.) benzer koşullarda açılacak olan yeni bir tabanyolu için benimsenmektedir. Bu yöntemin sakıncalı yanları ise, çok değişik faktörlerin aynı anda tabanyolu duraylılığını etkilemesi nedeniyle, bazı koşulların, önceden tahmin edilenlerden, farklı çıkması ihtimalidir. Bunlar; faylar, süreksizlikler, vb. olabilir. Yöntem uygulanırken, tabanyolu duraylılığına etkiyen faktörlerin çok iyi bilinmesi gerekmektedir.

Bu bölümde, karmaşık sayısal yaklaşımlardan çok, tabanyolları için pratik tasarım ilkelerinin verilmesi amaçlanmıştır. Tasarım ilkeleri; tabanyollarının planlanması ve konumlandırılması, oluşması beklenen konverjansın tahmin edilmesi ve tahkimat tasarımını kapsamaktadır. Tahkimat tasarımında; çelik bağlar (rijit bağ ve geçme bağ), kaya saplamaları, tabanyolu kenar takviyeleri, çevre kaya ile tahkimat arası dolgu ve tabanyolu-ayak girişi tasarımı konusunda bilgiler verilmiştir. Daha sonra, bazı durumlarda tabanyolları arasında bırakılan kömür topukları hakkında kısa açıklamalar yapılmıştır. Sonunda da, tabanyollarında önemli bir sorun olan taban kabarmalarının önlenmesi ve tarama çalışmalarında dikkat edilmesi gereken hususlar konusunda bilgiler verilmiştir.

3.2 PLANLAMA VE KONUMLANDIRMA

Tabanyolu için tasarım yapılırken, planlama sırasında aşağıdaki adımlar izlenmelidir (DMT, 1991):

- a. Stamlardan ve jeolojik kesitlerden yararlanarak, çevre kaya ve özellikle taban taşının niteliği belirlenmelidir.
- b. Tabanyolunun konumu, kaba taslak olarak, tespit edilmelidir. Burada derinlik, üretim, topuk ve pano kenarlarından kaynaklanan arazi gerilmeleri özel önem kazanmaktadır.
- c. Tabanyolunun çalışma şekli ve ayağa göre konumu kararlaştırılmalıdır.
- d. Tabanyolu kenarında kullanılacak takviye türü kararlaştırılmalıdır.
- e. Arazi gerilmeleri ve diğer etki faktörlerin etkileri incelenerek, oluşması beklenen konverjans (kapanma) önceden tahmin edilmelidir.

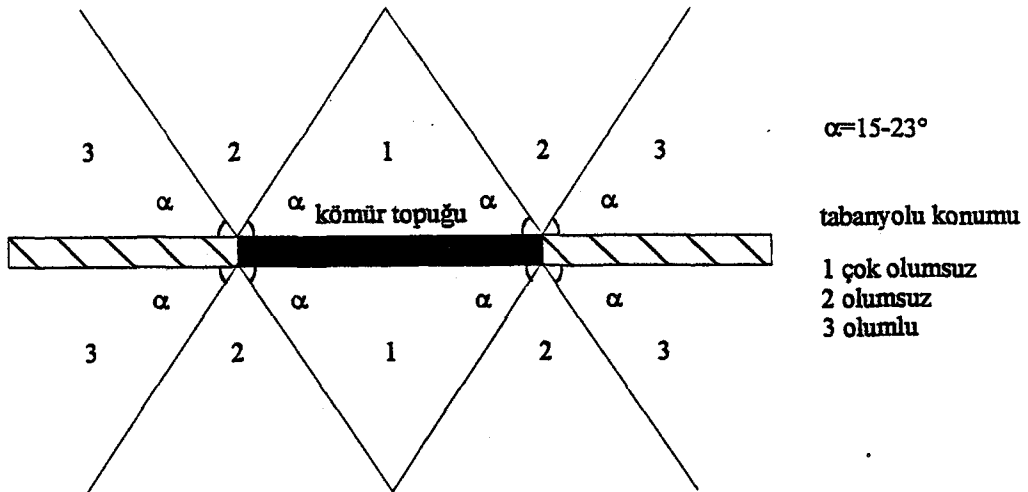
- f. Mevcut koşullarda, tabanyolunun işlevini yırtırmemesi için yeterli açıklık kesitini koruyamayacağı n görülürse, önceden verilen kararlar tekrar gözden geçirilmelidir.
- g. Tahmin edilen konverjans göz önünde bulundurularak, tahkimat tasarımına geçilmelidir.
- h. Tabanyolu-ayak girişinde özel tahkimat önlemleri tasarlanmalıdır.
- i. Gelecekte tasarlanacak tabanyolları için, tabanyolu gözlemlerle izlenmeli ve meydana gelen aksaklıklar tespit edilerek nedenleri araştırılmalıdır.

Tabanyollarının konumlarına karar verilmeden önce de göz önünde bulundurulması gereken hususlar aşağıda özetlenmiştir:

- a. Tabanyolları imkanlar ölçüsünde, yüksek ikincil gerilmelerin etkili olmadığı bölgelerde açılmalıdır (şekil 3.1). Bir yeraltı tesisi, çalışılmış bir panonun gk bölgesinin üstünde veya altında açılırsa, düşük gerilmelerin etkisi altında kalacaktır (Jacobi, 1981). Yakın etkileşimde ferahlamış bölgede arazi kırıklı olabilir. Tabanyolu konumlandırılırken bu hususa da dikkat edilmelidir.
- b. Tabanyolunun konumu tespit edilirken, sadece önceki üretimlerin etkileri değıl, aynı anda gerçekleşen üretimlerin yarataağı etkileşimler de dikkate alınmalıdır. Bunun yanında, tasarlanan panonun gelecekte üretilcek panolarda yarataağı muhtemel etkiler de göz önünde bulundurulmalıdır (DMT, 1991). Bazı durumlarda, tabanyollarının yüksek gerilmeli bir bölgede açılmasının, sonradan üretim nedeniyle gerilmelerin artacağı bir bölgede açılmasından daha avantajlı olabileceğı unutulmamalıdır.

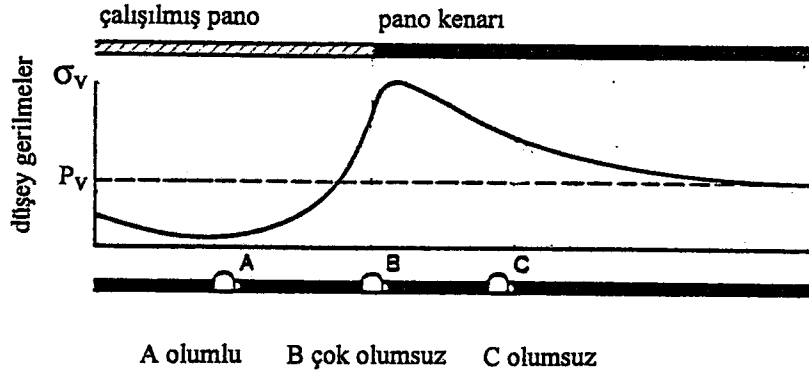
yüksek gerilmeli bölgeler	ferahlamış bölgeler

Şekil 3.1. Yüksek gerilmeli ve ferahlamış bölgelerdeki tabanyolu konumları (Jacobi, 1981).

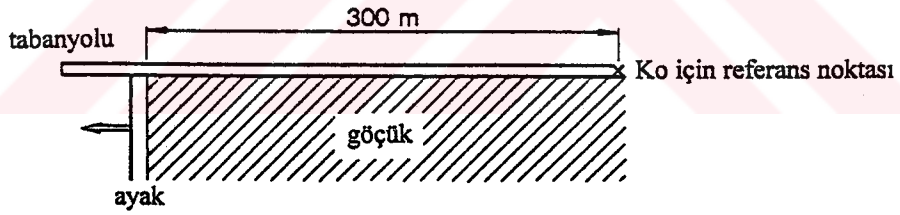


Şekil 3.2. Kömür topuğu altında olumlu ve olumsuz tabanyolu konumları (Jacobi'den [1981] değiştirilerek).

- c. Mümkinse kömür topukları bırakmaktan kaçınılmalıdır. Topuklar, tavan ve taban bölgelerin, 100 m'lik düşey mesafelerde bile olumsuz etkilere sebep olabilmektedir (Jacobi, 1981). Topuklar etkisindeki arazi yüksek gerilme bölgesindedir ve buradaki arazi çatlaklıdır. Bu nedenle, tabanyolları topukların izdüşümlerinin altında veya üstünde konumlandırılmamalıdır (Şekil 3.2).
- d. Komşu damarlardaki pano kenarları, tabanyolu konumuna bağlı olarak, konverjans üzerinde etkilidir. Tabanyolu sürülürken yapılan araştırmalar, pano kenarına ferahlamış (üretilmiş) alanın altından yaklaşmanın daha avantajlı olduğunu göstermiştir (Jacobi, 1981). Pano kenarlarına paralel konumdaki tabanyolları ise, damar mesafesine bağlı olarak, ya ferahlamış alanın altında veya pano kenarından uzak bir mesafede açılmalıdır (Steinkohlenbergbauverein, 1984). Deneyimler, pano kenarı etkisindeki tabanyollarında, en uygun konumlandırmanın, üretilmiş alanın altında ve yatay olarak, pano kenarı izdüşümünden en az 30-50 m mesafede olduğunu göstermektedir (DMT, 1991). Şekil 3.3'de olumlu ve olumsuz tabanyolu konumları şematik olarak görülmektedir.
- e. Tabanyolları, imkanlar ölçüsünde, jeolojik arızalara yakın yerlerde ve özellikle faylara paralel açılmamalıdır. Tabanyolu hattında bir fayın bulunması durumunda, fay mümkün mertebede dik bir açı ile geçilmeye çalışılmalıdır (DMT, 1991).



Şekil 3.3. Pano kenarı altında olumlu ve olumsuz tabanyolu konumları (Steinkohlenbergbauverein'dan [1984] değiştirilerek).



Referans olarak alınan tabanyolunun özellikleri:

- Tabanyolu ayağın yaklaşık 50 m önünden sürülmekte,
- Tabanyolu herhangi bir pano kenarının neden olacağı ilave arazi gerilmelerinden etkilenmemekte,
- Ayak tek taraflı olarak çalışmakta,
- Tabanyolu kenar takviyesi ağaç domuzdamlarından oluşmakta,
- Tabanyolunda esneyen kavisli çelik bağ tahkimatı uygulanmakta,
- Tabanyolunun açıklık kesiti kemer tavan şeklindedir.

Şekil 3.4. K_o değerinin belirlenmesinde baz alınan tabanyolu şekli ve özellikleri (DMT'den [1991] değiştirilerek).

3.3 TABANYOLLARINDA OLUŞMASI BEKLENEN KONVERJANSIN TAHMİN EDİLMESİ

Başta Almanya olmak üzere birçok Avrupa ülkesinde, ölçüm ve araştırmalar sonucunda elde edilen verilerle, tabanyolları tasarımında kullanılmak üzere, görgül bağıntılar geliştirilmiştir. Tasarımda en önemli etken, değişik faktörlerin etkisiyle oluşması beklenen tabanyolu en son düşey konverjansıdır (Götze, 1984). Konverjans tahmininde kullanılan yöntemler arasında en gelişmiş yaklaşım, Almanya'da Maden Araştırma Kuruluşu (Bergbauforschung GmbH) veya bugünkü adıyla DMT (Deutsche Montan Technologie) tarafından geliştirilmiş olanıdır (Kammer, 1979; Jacobi, 1981; Steinkohlenbergbauverein, 1982; DMT 1991). Asıl olarak, geçme (esneyen) bağların tasarımında kullanılmak üzere hazırlanmış olan bu yaklaşım, daha sonra genel olarak tabanyollarının tasarımında kullanılmak üzere geliştirilmiştir (Steinkohlenbergbauverein, 1982; DMT 1991). Yaklaşımın kaya saplamaları tasarımında da kullanılabilmesi için yöntem Götze, Stephan ve Wiegand (1982) tarafından geliştirilmiştir. Tabanyolu kenar takviyesinin konverjansa olan etkisini belirlemede görülen bazı eksiklikler de Götze, Buschmann ve Schroer (1984) tarafından incelenerek, giderilmeye çalışılmıştır. Günümüzde, yöntemin daha da geliştirilmesi çalışmaları devam etmektedir (Kammer, 1994).

Çalışmalarda, sürülen tabanyollarının koşullarıyla ilgili gözlemler, normal madencilik faaliyetlerinin bir parçası olarak sürdürülmektedir. Bu gözlemler, düşey konverjansın ölçülmesini ve yeraltında, değişik koşullardaki kısımlara örnek teşkil edecek yerlerdeki, tahkimatın davranışının belirli aralıklarla izlenmesini sağlamaktadır. Yapılan değerlendirmeler, tabanyolu ortasında ölçülen düşey konverjansın, ilgili diğer etki faktörleriyle, istatistiksel olarak korelasyonuna dayanmaktadır.

Geliştirilen bağıntılar, Almanya taşkömür havzalarında, birkaç yüz tabanyolunda gerçekleştirilen ölçümlere dayanmaktadır. Bağıntılar, aşağıdaki madencilik koşulları için geçerlidir (DMT, 1991):

- a. Göçertmeli uzun ayak yöntemi,
- b. 1-3.5 metre damar kalınlığı,
- c. maksimum 40° damar eğimi,
- d. yerüstünden 400-1400 metre derinlik.

Hesaplanan düşey konverjans değerleri, tabanyolu tasarımı ve tahkimat seçiminin temelini oluşturmaktadır (DMT, 1991). Yaklaşımına göre, tabanyolunda oluşması beklenen ortalama düşey konverjansın son değeri, aşağıdaki bağıntı ile verilmektedir:

$$K=(K_o+K_{sf}) * F_{sf} * F_{kb} * F_{Ak} * F_{Bh} \quad (1)$$

Burada K_o , tabanyolunun ayağın ilerisinde sürülmesi durumunda ve yalnızca bir tarafındaki kömürün alınmasıyla oluşan düşey konverjanstır. K_{sf} ise, farklı çalışma durumlarının konverjansa katkısını ilave edebilmek için kullanılmaktadır. F katsayıları ise, tabanyolu düşey konverjansına etkiyen değişik faktörlerin etki katsayılarıdır. F_{sf} çalışma durumunun, F_{kb} tabanyolu kenarında bırakılan kömür topuğu genişliğinin, F_{Ak} tabanyolunun üst veya alt seviyelerinde bulunan pano kenarlarının ve F_{Bh} tahkimat ile çevre kaya arasının doldurulma yönteminin etkisini yansıtmaktadır.

K_o , tabanyolunun ayağın yaklaşık 50 m ilerisinde sürülmesi durumunda ve herhangi bir pano kenarının neden olacağı ilave arazi gerilmelerinden etkilenmeyen tek

tarafı çalışma sırasında, ayağın yaklaşık 300 m gerisindeki bir tabanyolu kesitinde oluşması beklenen en son düşey konverjanstır. Tahkimat ile çevre kaya arası elle taş dolgu uygulanan ve geçme (esneyen) kavisli çelik bağlarla tahkim edilen bu standart tabanyolu şekli ve çalışma durumu, diğer durumlar için referans olarak alınmaktadır (Şekil 3.4). Çalışma durumu ve etki faktörleri ne olursa olsun, öncelikle K_0 değerinin hesaplanması gerekmektedir (DMT, 1991).

Tabanyollarında yapılan düzenli gözlem ve ölçüm sonuçlarına göre, K_0 dört önemli parametreye bağlı olarak tahmin edilebilmektedir. Bu parametreler aşağıda sıralanmıştır:

- a. üretim derinliği (h, metre),
- b. damar kalınlığı (H, metre),
- c. tabantaşı kalitesi indeksi (GL),
- d. tabanyolu kenarı dolgu kalitesi indeksi (SV).

Almanya'daki dört taşkömürü havzasında, K_0 'ı belirlemek için, aynı parametreler kullanılmaktadır. Tabanyollarında oluşması beklenen K_0 düşey konverjans değerini tahmin etmek için, planlama aşamasında kullanılan ve yüksek korelasyon katsayılarına sahip olan görgül bağıntılar aşağıda verilmiştir.

Ruhr, Saar ve Ibbenbüren havzaları için:

$$K_0 = -78 + 0.066 \cdot h + 24.3 \sqrt{GL} + 4.3 \cdot H \cdot SV \quad (2.a)$$

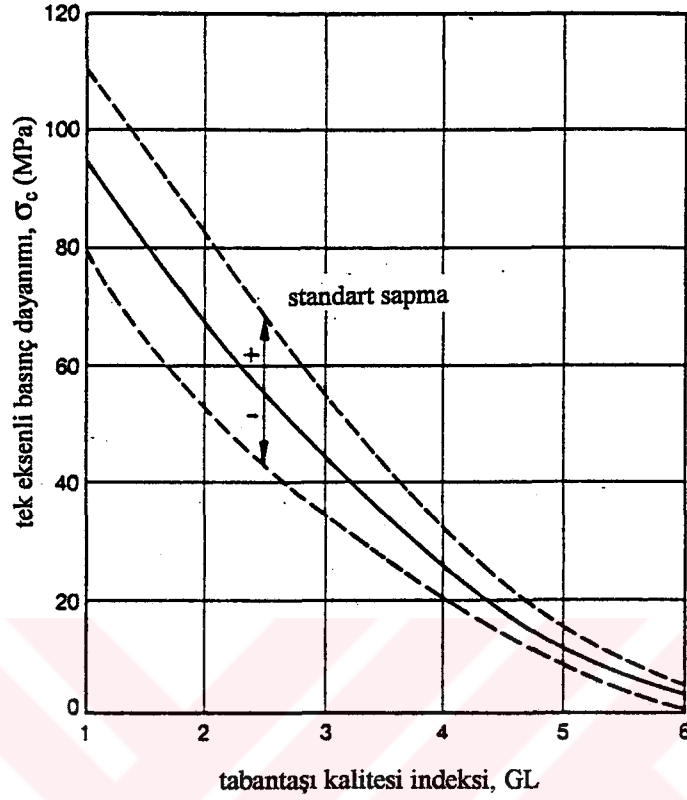
Aachen havzası için:

$$K_0 = -108 + 0.062 \cdot h + 80.3 \sqrt{GL} + 14.2 \cdot H \cdot SV \quad (2.b)$$

şeklinde. Bu bağıntılardan Ruhr, Saar ve Ibbenbüren havzaları için geliştirilen bağıntının, daha yaygın uygulama alanı bulduğu ifade edilmektedir (DMT, 1991).

Tabantaşı kalitesi indeksi (GL), taban tabakalarının ortalama tek eksenli basınç dayanımına (σ_c) bağlıdır. Tabanyolunun planlama ve tasarım aşamasında σ_c 'nin belirlenmesi genellikle zordur. Çünkü bu bilgiyi sağlayacak olan karotlu sondaj her zaman mevcut olmayabilir. Bu yüzden, taban tabakalarının yapılarından gidilerek, σ_c ile GL arasında bir ilişki geliştirilmiştir (Şekil 3.5.a). Taban taşının dayanımı ne kadar düşükse, GL de o kadar büyüktür. Almanya'daki uygulamalarda, GL değerlerinin temsil ettikleri kayaç türleri ve tabakalar Şekil 3.5.b'de verilmiştir. Taban tabakalarının dizilimi, genellikle madenlerin harita ve planlarında yer alan stamlardan ve jeolojik kesitlerden kolayca belirlenerek, taban tabakalarının ortalama basınç dayanımı ve ağırlıklı ortalama tabantaşı kalitesi indeksi hesaplanabilmektedir. Ortalama σ_c veya GL'nin belirlenmesinde, hesaba katılması gereken taban tabakalarının 6 m kalınlığı, yaklaşık olarak galeri tabanı genişliğine karşılık gelmektedir. Almanya'da, Ruhr kömür havzasında, ortalama tabantaşı kalitesi indeksi 2.7 olarak belirlenmiştir (DMT, 1991).

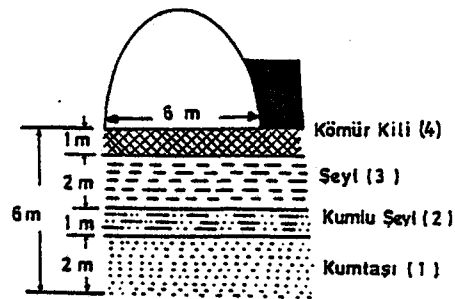
Tabanyolu kenarı dolgu kalitesi indeksi (SV), tabanyolundaki düşey konverjansın, geç yük alan ağaç domuzdamları yerine, erken yük alan rijit (monolitik dolgular) kenar dolgusu kullanılarak azaltılabileceği gerçeğini hesaba katmaktadır. Damar kalınlığı (H) arttıkça, bu yolla konverjansta sağlanan azalma daha büyük olmaktadır. SV için önerilen tipik değerler Şekil 3.6'da verilmiştir. Araştırmalar, tabanyolunun sürülmesi esnasında çıkan taşları kullanan mekanik dolgu ya da basınçlı hava dolgusu esasına dayanan dolgu sistemlerinin de, tabanyollarında düşey konverjans üzerinde, ağaç domuzdamı uygulamasına benzer etki gösterdiklerini



GL kayaç türü

- | | | |
|---|--|---|
| 1 | | Kumtaşı |
| 2 | | Kumlu Şeyl |
| 3 | | Şeyl |
| 4 | | Kömür kili |
| 5 | | Kömür |
| 6 | | İnce (< 20 cm) kömür ve şeyl tabakaları |

GL'nin hesaplanması

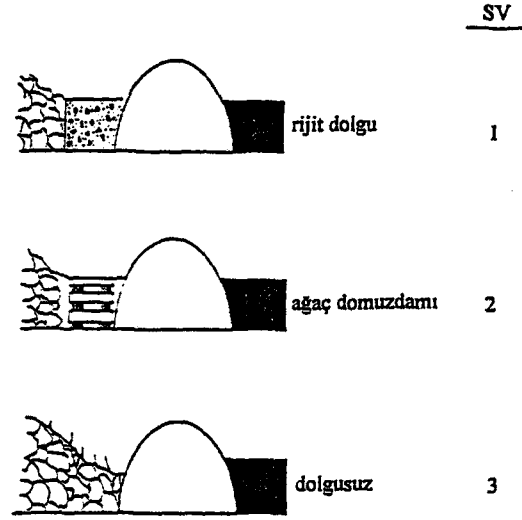


Ağırlıklı Ortalama

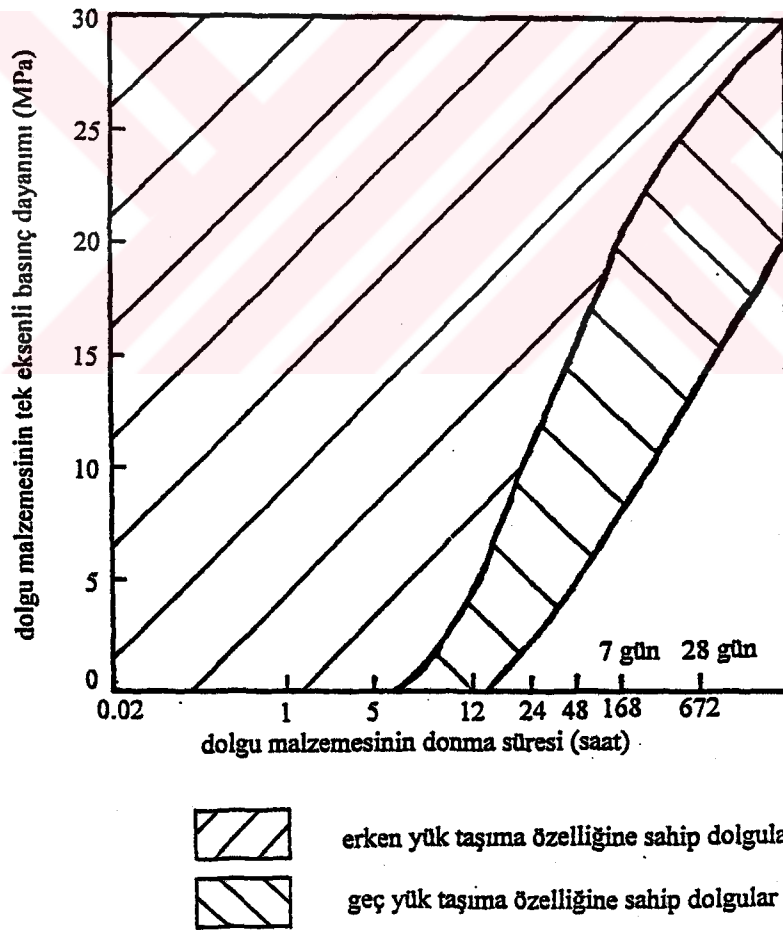
$$GL = \frac{1m(4) + 2m(3) + 1m(2) + 2m(1)}{6m}$$

$$GL = 2.3$$

Şekil 3.5. Taban taşı kalitesi indeksinin belirlenmesi ve bir hesaplama örneği (DMT'den [1991] değiştirilerek).



Şekil 3.6. Çeşitli tabanyolu kenar takviyeleri için tabanyolu dolgu kalitesi indeksi (SV) değerleri (DMT, 1991).



Şekil 3.7. Erken ve geç yük taşıma özelliğine sahip dolguların sınıflandırılması (Götze et al. 'dan [1984] değiştirilerek).

ortaya koymuştur (DMT, 1991). Bu nedenle bu tür uygulamalar da, dolgu kalitesi indeksi (SV) olarak, 2 değerini almaktadır.

Verilen bu değerler tabanyolu kenarında, özellikle monolitik (tek parça) dolguların, dolgu kalitesine etkiyen çok sayıdaki faktörleri tam olarak açıklayamamaktadır. Bu amaçla Götze et al. (1984), rijit dolgular için, tabanyolu kenar dolgu kalitesi indeksini (SV) yeniden tanımlamışlardır. Yeni indeks, K_1 ve K_2 katsayılarının çarpımından oluşmaktadır.

$$SV = K_1 * K_2 \quad (3)$$

Burada K_1 , kenar dolgunun efektif (faydalanılabilinen) destekleme etkisini ifade etmektedir. K_2 de, kenar dolgusu genişliğinin dolgu kalitesi indeksine etkisini hesaba katmaktadır.

Araştırmalar, tabanyolu kenar dolgusunun efektif destekleme etkisinin (K_1); tabanyolu-ayak girişinin açıklık boyutlarına, ayak ilerleme hızına ve dolgu malzemesinin özelliğine bağlı olduğunu ortaya koymuştur. İncelemeler, havalandırma, nakliyat ve tahrik ünitelerinin yer gereksinmelerini karşılayacak olan ayak açıklık boyutunun artmasıyla, kenar dolgunun destekleme etkisinin azaldığını göstermiştir. Ayak ilerleme hızının artması da, destekleme etkisini düşürmektedir. Erken yük taşıma özelliğine sahip dolgular, geç yük taşıma özelliğine sahip dolgulara kıyasla, destekleme üzerinde olumlu etki yaratmaktadır (Götze et al., 1984).

Monolitik dolguların, erken yük taşıma özelliğine sahip olabilmesi için, 5 saat sonunda tek eksenli basınç dayanımının 5 MPa ve son dayanımının da 20 MPa'dan

az olmaması gerekmektedir (DMT, 1991). Şekil 3.7'deki grafikte, erken ve geç yük taşıma özelliğine sahip dolgular, donma süresi (hızı) ve tek eksenli basınç dayanımlarına bağlı olarak, sınıflara ayrılmıştır.

Çizelge 3.1'de, 5 m ayak açıklığı ve iki veya üç kazı ile bir dolgu vardiyasından oluşan bir iş organizasyonunda, farklı ayak ilerleme hızları ve farklı özellikteki dolguların kullanılması durumunda, elde edilen K_1 katsayıları verilmiştir.

Tabanyolu kenar dolgusu genişliğinin (B) ve damar kalınlığının (H), düşey konverjans üzerinde, önemli etkisi vardır. Maksimum genişliğin aşılması durumunda kenar dolgusu, gerilmelerin etkisiyle, taban tabakalarını açıklığa doğru itmektedir. Bunun sonucunda taban kabarmaları ve tahkimat elemanlarında önemli deformasyonlar oluşmaktadır. Bu durum da, doğal olarak, tabanyolunda oluşan düşey konverjansı artmaktadır. Bu etki, K_2 katsayısı ile ifade edilmektedir (Götze et al., 1984). Şekil 3.8'de kenar dolgusu için, genişlik/yükseklik oranının K_2 katsayısına dönüşüm eğrisi verilmiştir. Grafikten görülebileceği gibi, B/H oranının 0.7 veya biraz daha büyük olması durumunda, tabanyolunda konverjansın artmayacağı tahmin edilmektedir (Götze et al., 1984).

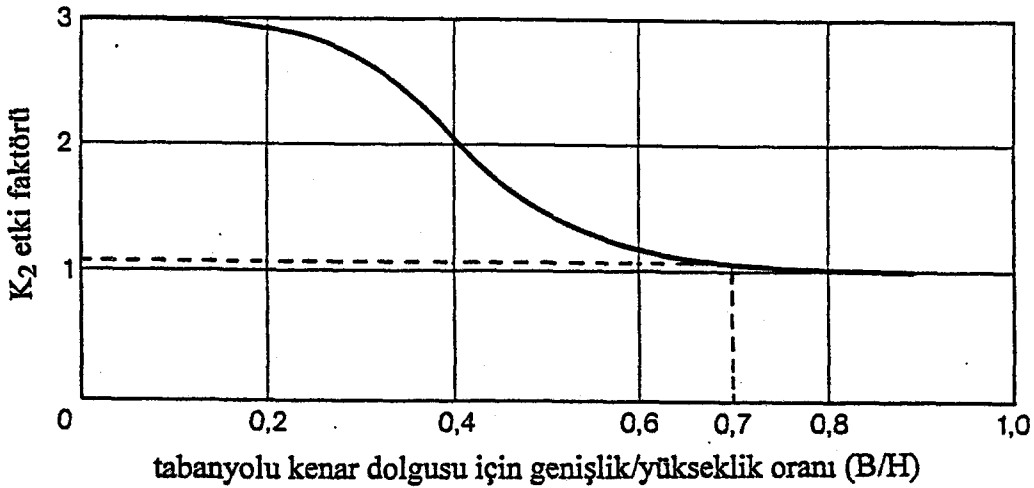
K_1 ve K_2 katsayılarının çarpımı sonunda, yeni tabanyolu kenar dolgusu kalitesi indeksi elde edilmektedir. İndeksin 3'den büyük çıkması ($SV > 3$) durumunda ise, kalite indeksi 3 ($SV = 3$) olarak kabul edilmektedir (Götze et al., 1984).

K_0 belirlendikten sonra ve önceden verilmiş olan Şekil 3.4'deki standart çalışma durumundan farklı çalışma durumlarında, düşey konverjans hesabına, (1) no'lu bağıntıda verilen konverjans katkısı K_{sf} ve konverjans faktörünün F_{sf} ilave edilmesi gerekmektedir.

Çizelge 3.1. Farklı dolgu özellikleri ve ayak ilerleme hızlarında elde edilen K_1 katsayıları (Götze et al., 1984).

dolgu özelliği	ayak ilerleme hızı	K_1^*
erken yük taşıma özelliğine sahip	3 m/gün	1.0
	6 m/gün	1.9
	9 m/gün	2.6
geç yük taşıma özelliğine sahip	1 m/gün	1.0
	2 m/gün	1.5
	3 m/gün	2.3

* Verilen değerler ortalama 5 m ayak açıklığı ve iki veya üç kazı ile bir dolgu vardiyasından oluşan iş organizasyonu için geçerlidir.



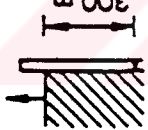
Şekil 3.8. Tabanyolu kenar dolgusu için genişlik/yükseklik oranının K_2 katsayısına dönüşümü (Götze et al., 1984).

Ayağın ilerletimli veya dönümlü çalışılması durumu ile, ilerletimli çalışmada tabanyolu aynasının ayağa göre konumu, tabanyolu düşey konverjansının değerini etkilemektedir. Bu etki, tek taraflı çalışmada, F_{sf} katsayısı ile hesaba katılmaktadır. F_{sf} 'nin tipik değerleri Şekil 3.9.a'da verilmiştir. Farklı çalışma durumlarında en son düşey konverjansın olduğu bölgeler nokta olarak verilmiştir. İlerletimli çalışmada bu nokta ayağın 300 m gerisinde, dönümlü çalışmada ise nokta yaklaşık olarak ayak hizasındadır.

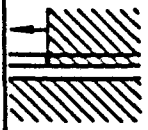
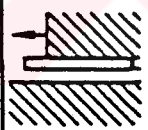
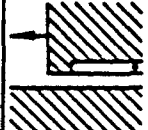
İki taraflı çalışmada, panolar arasında kömür topuğu bırakılarak yeni bir tabanyolunun açılması durumunda, gözlenen konverjansın standart duruma kıyasla artışı ya da azalışını hesaba katmak için kullanılan K_{sf} 'nin tipik değerleri Şekil 3.9.b'de verilmektedir. Kömür topuklu çalışmada verilen değerler, 2 m topuk genişliği için geçerlidir. Daha büyük genişliklerde, düzeltme faktörü F_{kb} kullanılmaktadır. K_{sf} , ayağın çalışma şekline ve tabanyolunun sürülüş yöntemine göre, pozitif ya da negatif değerler alabilmektedir.

İki taraflı çalışmada aynı tabanyolunun dönümlü veya ayağın önünden olacak şekilde tekrar kullanılması durumunda, oluşacak düşey konverjans tabanyolunun ilk kez kullanılması sırasında oluşan düşey konverjansa bağlıdır. Tabanyolunun aynı anda çalışan iki panonun ayakla aynı hizada veya gerisinde bulunması durumunda ise, oluşan düşey konverjans damar kalınlığı (H), tabanyolu yüksekliği (h_0) ve kenar takviyesi yöntemine bağlı olarak değişmektedir. Bu çeşitli durumlar Şekil 3.10'da verilmiştir.

Tabanyolu kenarında bırakılan kömür topuğunun etkisi, F_{kb} katsayısı ile hesaba katılmaktadır. F_{kb} , topuğun genişliğine bağlı olmak üzere, 1 (2 m'den dar ve

	dönümlü	ilerletimli		
		ayağın önünde	ayakla aynı hizada	ayağın gerisinde
tek taraflı çalışma	 $F_{sf} = 0.4$	 $F_{sf} = 1$	 $F_{sf} = 0.75$	 $F_{sf} = 0.5$

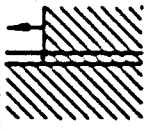
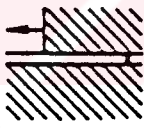
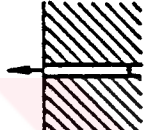
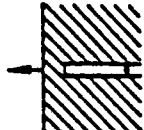
a. çeşitli tabanyolu konumlarında tek taraflı çalışmada konverjans faktörü F_{sf} değerleri

	dönümlü	ilerletimli		
		ayağın önünde	ayakla aynı hizada	ayağın gerisinde
kömür topuklu çalışma	 $K_{sf} = -10$	 $K_{sf} = 15$	 $K_{sf} = -5$	 $K_{sf} = -10$ *

* henüz kesin olmayan değerlerdir

b. çeşitli tabanyolu konumlarında kömür topuklu iki taraflı çalışmada konverjans katkısı K_{sf} değerleri

Şekil 3.9. Tek taraflı çalışma durumlarında konverjans faktörü F_{sf} ve kömür topuklu iki taraflı çalışmada konverjans katkısı K_{sf} değerleri (DMT, 1991).

iki taraflı çalışma	dönümlü	ilerletimli		
		ayağın önünde	ayakla aynı hızda	ayağın gerisinde
	 $K = 1.3 K_i + 10$	 $K = 1.3 K_i + 30$	 $K = 0.9 (H / h_o) 100$ ** $K = 0.7 (H / h_o) 100$ ***	 $K = 0.6 (H / h_o) 100$ *

K_i tabanyolunun ilk kullanımı sonunda oluşan düşey konverjans (%)

* hentiz kesin olmayan değerlerdir

** tabanyolu kenar takviyesi ağaç domuzdamı

*** tabanyolu kenar takviyesi monolitik dolgu

ho orjinal tabanyolu yüksekliği (m)

H damar kalınlığı (m)

Şekil 3.10. Aynı tabanyolunun ikinci kez kullanılması durumlarında oluşan düşey konverjans (DMT, 1991).

50 m'den geniş topuklar) ile 1.8 (25 m genişliğindeki topuk) arasında değişmektedir. F_{Kb} 'nin tahmininde kullanılan diyagram Şekil 3.11'de verilmiştir.

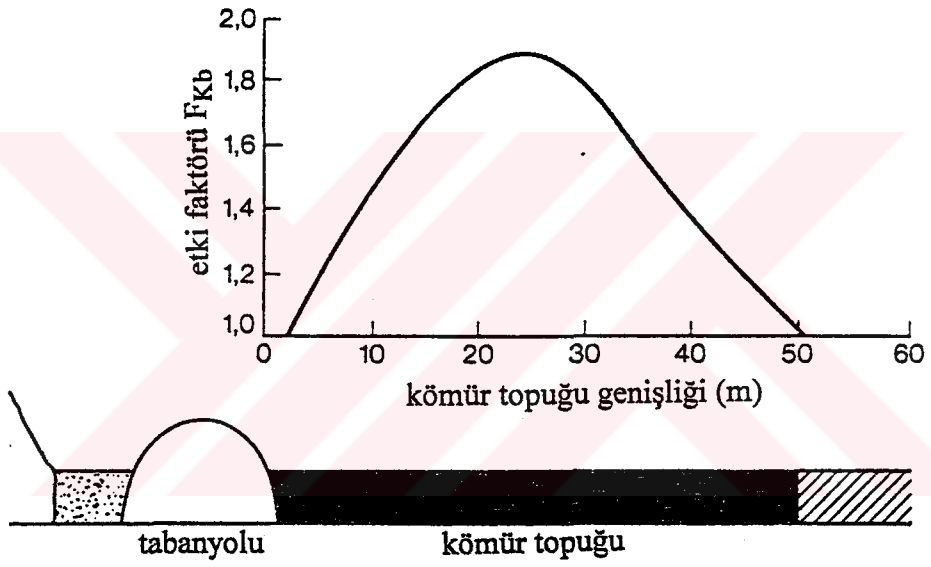
F_{Ak} katsayısı, tabanyolunun üzerinde ya da altında yer alan, çalışılmış panoların kenarlarının neden olduğu ilave arazi gerilmelerinin konverjansa etkisini temsil etmektedir. F_{Ak} 'yı belirleyebilmek için, tabanyolunun altında veya üstünde yer alan pano kenarlarının, kümülatif etkisini hesaba katan eşdeğer damar uzaklığının (h^*) hesaplanması gerekmektedir. Eşdeğer damar uzaklığı, damar kalınlığının damarın tabanyoluna olan düşey uzaklığına oranı her pano için ayrı ayrı hesaplandıktan sonra, bunların toplamının tersi alınarak bulunur (Şekil 3.12.a). Bu değer, 1 m kalınlığındaki bir damarda bırakılan pano kenarının, düşey konverjansta aynı etkiyi yaratabilmesi için gerekli olan düşey uzaklık olarak kabul edilmektedir. Pano kenarı faktörü (F_{Ak}), pano kenarının izdüşümünün tabanyoluna dik konumda olması şartıyla, kenar başlangıcından itibaren 70 m'lik tabanyolu uzunluğunu etkilemektedir. F_{Ak} 'nın belirlenebilmesi için kullanılan bir diyagram, Şekil 3.12.b'de verilmektedir. F_{Ak} ayrıca,

$$F_{Ak}=1+\frac{13}{h^*} \quad (4)$$

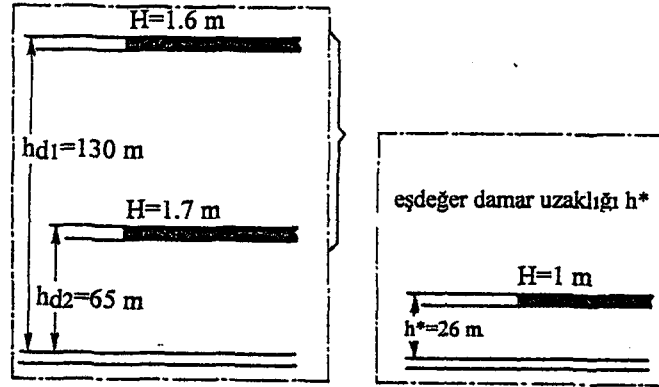
görgül bağıntısından hesaplanabilmektedir.

Pano kenarının üretilmiş kısmının altında ise, kenar başlangıcından itibaren 70 m'lik bir yatay mesafede, düşey konverjansın ortalama olarak 1/3 oranında azalacağı tahmin edilmektedir ($F_{Ak} = 0.67$) (DMT, 1991).

Verilen bağıntı, sadece tabanyoluna dik konumda olan pano kenarları ve pano kenarlarının üst üste düzenli bir şekilde bulunması durumu için geçerlidir. Her türlü

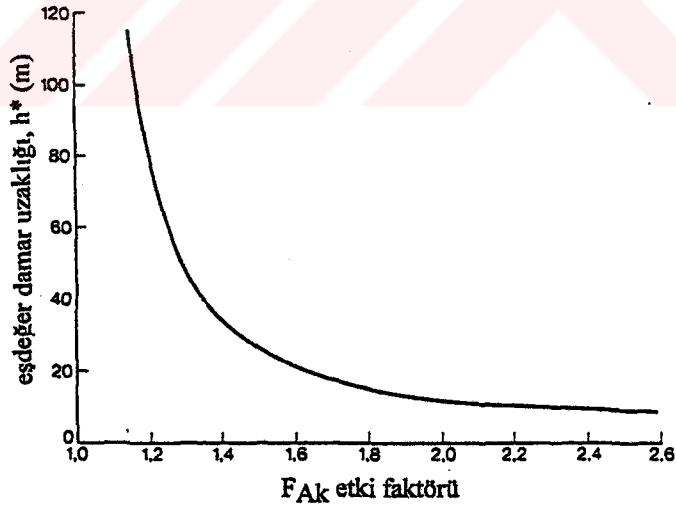


Şekil 3.11. F_{Kb} etki faktörünün belirlenmesi (DMT, 1991).



$$\sum_{i=1}^2 \frac{H_i}{h_{di}} = \frac{1.7}{65} + \frac{1.6}{130} = \frac{10}{260} = \frac{1}{26} = \frac{1}{h^*}$$

a. eşdeğer damar uzaklığının (h^*) belirlenmesi



b. F_{Ak} etki faktörünün belirlenmesi

Şekil 3.12. Eşdeğer damar uzaklığı (h^*) ile F_{Ak} etki faktörünün belirlenmesi (Jacobi, 1981; DMT, 1991).

farklı konumlandırmada ve farklı etkileşimlerin (örneğin kömür topuğu) bulunması halinde, etkilenen bölge için düşey birincil gerilme veya yerçekimsel basınç (P_v) ile tabanyolunun açılması sırasında ve üretimin bitmesi sonunda oluşan gerilme artışının (ΔP) bilinmesi gerekmektedir (Jacobi, 1981).

Yükleme faktörü (YF), pano kenarı etkisiyle meydana gelen ve Şekil 3.13.a'da verilmiş olan düşey gerilme artışının (ΔP), herhangi bir dış etken olmadan standart tabanyolu durumunda (Şekil 3.13.b) oluşan gerilme artışına oranı (ΔP_n) olarak tanımlanmaktadır (DMT, 1991).

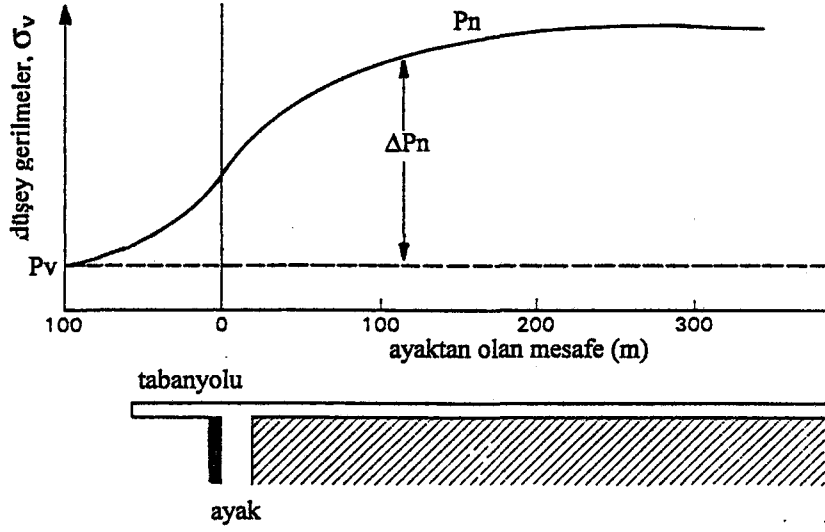
$$YF = \frac{\Delta P}{\Delta P_n} \quad (5)$$

Düşey konverjans, yükleme faktörü (YF) arttıkça büyümektedir. Yaklaşık gerilme artışı, yeraltı modelleri üzerinde uygulanan sayısal gerilme çözümleme yöntemleri (sonlu elemanlar, sonlu farklar, vb.) ile belirlenebilmektedir (Jacobi, 1981). Bu olanağın mevcut olmaması durumunda Bölüm 2'de Şekil 2.34 ile Şekil 2.36'da verilmiş olan grafiklerden gerilme artışları yaklaşık olarak tahmin edilebilmektedir (DMT, 1991). Yükleme faktörü (YF), Almanya'da Ruhr kömür havzası için, 41 adet tabanyolunda yapılmış olan gözlemler sonucunda ve üst tabakaların ortalama 0.025 MN/m^3 birim hacim ağırlığına (γ_{ort}) sahip olması kabulüyle, aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanabilmektedir (Jacobi, 1981):

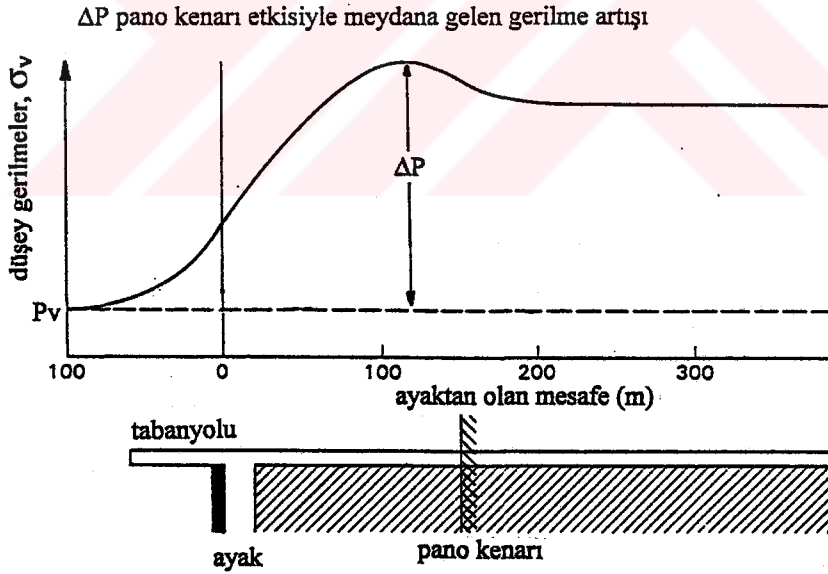
$$YF = \frac{\Delta P}{2.5P_v} = \frac{16\Delta P}{h} \quad (6)$$

h değeri; metre olarak yerüstünden olan derinliği, P_v ise; düşey birincil gerilme veya yerçekimsel basıncı ifade etmektedir.

ΔP_n herhangi bir dış etken olmadan oluşan gerilme artışı



a. standart tabanyolunda tabanyolu kenarı boyunca oluşan gerilme artışı



b. pano kenarı etkisiyle tabanyolu kenarında meydana gelen gerilme artışı

Şekil 3.13. Herhangi bir dış etken olmadan standart tabanyolunda tabanyolu kenarı boyunca oluşan gerilme artışı ile pano kenarı etkisiyle meydana gelen gerilme artışı (Jacobi'den [1981] değiştirilerek).

$$P_v = \gamma_{\text{ort}} * h = 0.025 * h \quad (7)$$

Bu şartlarda beklenen düşey konverjans (K), aşağıdaki bağıntı ile belirlenmektedir (Jacobi, 1981):

$$K = [(K_0 - 10) * YF + 10] * F \quad (8)$$

Formül içinde yer alan % 10'luk düşey konverjans artışının, pano kenarı etkisindeki gerilme artışından bağımsız olarak oluştuğu kabul edilmektedir (Jacobi, 1981). F ise, standart tabanyolu durumundan farklı olan çalışma durumları için, düzeltme faktörlerini (F_{Sf} , F_{Kb} , F_{Bh}) tanımlamaktadır.

Düşey konverjansı etkileyen bir diğer faktör F_{Bh} ise, tabanyolu tahkimatlarının erken ya da geç yük taşıma özelliklerinin düşey konverjansa etkisini hesaba katmaktadır. Arkası, taşlar veya ahşap kamalar kullanılarak, elle doldurulan çelik bağlar, geç yük alan tipte olup, bunların düşey konverjans üzerinde olumlu etkisi yoktur ($F_{Bh}=1$). Ancak aynı tür bağların arkası kurulmalarını takiben hemen yük alacak şekilde dolgu maddeleri ile doldurulduğunda, elle dolgu uygulamasına kıyasla, düşey konverjanslar üçte bir oranında azalmaktadır ($F_{Bh}=0.67$) (DMT, 1991).

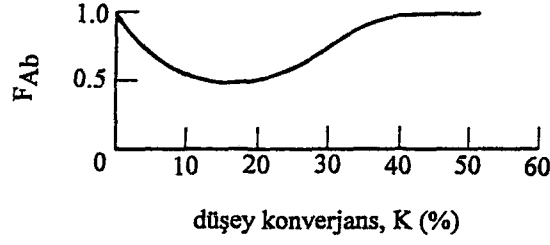
Görgül yaklaşımın, kaya saplamaları tahkimatı için de kullanılabilmesi için, [1] no'lu formül Götze, Stephan ve Wiegand (1982) tarafından biraz değiştirilmiştir. Beklenen düşey konverjans (K') aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$K' = K_0 * F_{Sf} * F_{Ak} * F_{Ab} \quad (9)$$

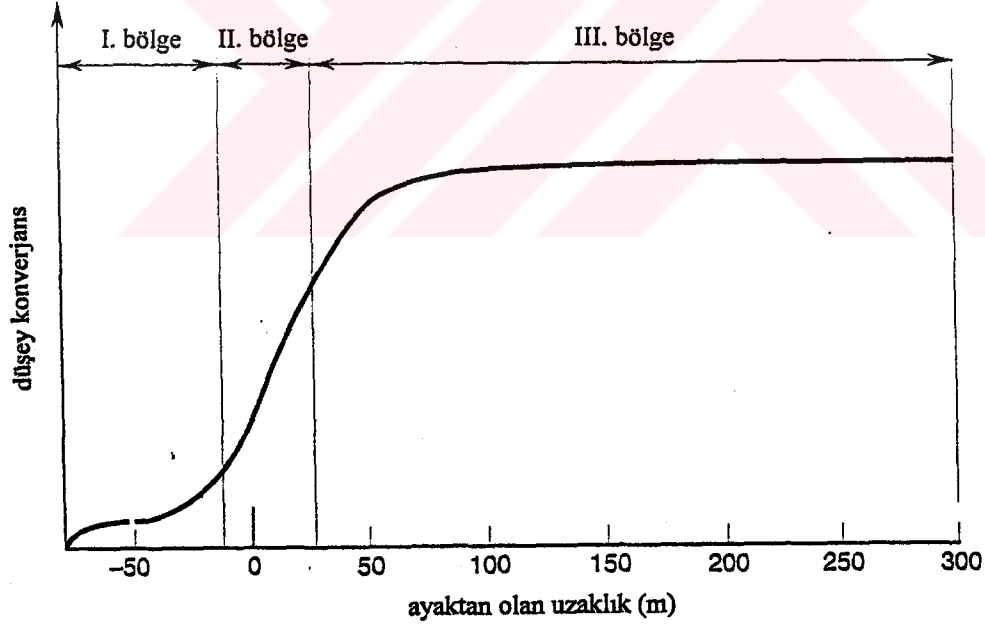
K_0 değeri, F_{sf} ile F_{Ak} katsayıları önceden olduğu gibi kullanılmaktadır. Kaya saplamalarından oluşan bir tahkimat türü, erken yük aldığından, oluşacak olan düşey konverjansı azaltabilme özelliğine sahiptir ve bu etki F_{Ab} düzeltme faktörü ile hesaba katılmaktadır. Ancak bu olumlu etki, düşey konverjans tabanyolunun ilk yüksekliğinin % 40'ını aştığı an kaybolmaktadır. F_{Ab} 'nin tahmininde kullanılan diyagram Şekil 3.14'de verilmiştir.

Tabanyolunda oluşması beklenen düşey konverjans değeri, kaya saplamalarının tabanyolu tahkimatı olarak kullanılıp kullanılamayacağına karar vermede önemli bir faktördür. Beklenen konverjans (K'), Bölüm 3.4.2'de ayrıntılı olarak açıklanacak olan kritik konverjanstan (K_{kr}) daha küçük olmalıdır. Aksi takdirde, çevre koşullarının tabanyolu tahkimatı olarak kaya saplamalarının kullanılmasına uygun olmadığı yorumu getirilmektedir (Götze et al., 1982).

Açıklanan konverjans tahmin yöntemi, görgül bir yöntem olup, Almanya'da geliştirilmiştir. Bu yüzden yöntemde kullanılan görgül katsayılar, büyük bir olasılıkla, bağıntıların geliştirildiği havzaların madencilik koşullarını ve karakteristiklerini yansıtmaktadır. Yine çok iyi bilindiği gibi, herhangi bir bölgedeki yeraltı gözlem ve ölçümlerine bağlı olarak geliştirilen görgül bağıntıların, diğer bölgelere uygulanıp uygulanamayacakları dikkatli bir şekilde değerlendirilmelidir. Bu yaklaşımın geliştirilmesinde yer alanlar da aynı düşünceye katılmakla birlikte, K_0 bağıntısı parametrelerinin (h , H , GL , SV) gerçekten yüksek korelasyonlar sağladığını ve yapılacak benzer araştırmalarda, Almanya kömür havzalarında kullanılan bağıntıların genel yapısının korunmasını önermektedir. Herhangi bir veri bulunmadığı ve bilgi ya da deneyim birikiminin olmadığı durumlarda, bu tür bağıntıların ön tasarım aşamasında kullanılabileceği belirtilmektedir (Irresberger,



Şekil 3.14. F_{Ab} etki faktörünün belirlenmesi (Götze et al., 1982).



Şekil 3.15. Tabanyolu boyunca farklı bölgelerde tabanyolu tahkimatının işlevleri (Stephan, 1993).

1990). Konverjans tahmin yöntemi kullanılarak, tabanyolları için örnek bir hesaplama ve tasarım prosedürü Ek Açıklamalar A`da verilmiştir.

3.4 TAHKİMAT

Tahkimat tasarımının temel amacı, yapının çalışma koşullarında ve planlanan ömrü süresince duraylığını korumasını sağlamaktır. Tabanyolu tahkimatında genel ilke, tabanyolunun dinamik dönemdeki etkileri göz önünde bulundurularak tahkimat tasarımı yapmaktır (DMT, 1991). Herhangi bir tahkimat sisteminin boyutlandırılmasında, öncelikle şunlar göz önünde bulundurulur (Birön ve Arıoğlu, 1985).

- a. Sistem üzerine etkiyen yükleri emniyetle taşımalıdır.
- b. Malzeme tüketimi ve masraflar minimum olmalıdır.

Tabanyolları boyunca oluşan düşey konverjans ve deformasyonlar incelendiğinde, tabanyolu tahkimatının, ayak hizasından olan mesafelere bağlı olarak, üç ayrı bölgede farklı görevler üstlendiği anlaşılmaktadır (Şekil 3.15). Tabanyolunun açılması ile üretim faaliyetlerinin etkisine girmesine kadar geçen zaman diliminde (I. bölge) tahkimatın işlevi, çevre kayanın kendisini tutabilmesini mümkün kılmasıdır. Bu, yeterli büyüklükte ve erken oluşan bir tahkimat basıncı ile, çevre kayanın gevşemesinin önlenmesiyle sağlanabilmektedir. Üretim etkileri sonucunda (II. bölge) çevre kayada önemli ölçüde deformasyonlar oluşmakta ve denge durumu yitirilmektedir. Bu sırada tahkimat, üzerine etkiyen yükler ve oluşan büyük konverjansları, taşıma kabiliyetini yitirmeden, karşılayabilmelidir. Üretim etkilerinin azalması ile (III. bölge), tahkimatın işlevi, tabanyolu çevresinde doğal arazi kemerinin denge durumuna bir an önce ulaşmasını sağlamaktır. Kullanılan tahkimat

sistemi, üç ayrı bölgede de işlevlerini zarar görmeden yerine getirebiliyorsa, taşıma kabiliyeti (gücü) ve çalışma koşulu olarak doğru boyutlandırılmış sayılmaktadır (Stephan, 1993).

Tabanyolu tahkimatı genel olarak asıl tahkimat (rijit çelik bağ, geçme ya da esneyen çelik bağ, kaya saplamaları), tabanyolu kenar takviyesi, çevre kaya ile tahkimat arasında uygulanan dolgu yöntemi ve diğer tahkimat elemanlarından (fırça, çelik hasır, kamalar vb.) oluşmaktadır.

Tabanyolu tahkimatının seçiminde en önemli etken, değişik faktörlerin etkisiyle oluşması beklenen tabanyolu en son düşey konverjansıdır (DMT, 1991). Bunun dışında, tahkimatın kullanılacağı yerin doğal şartları, kullanılacak malzemenin temin kolaylığı ve maliyeti, tahkimat sisteminin seçimi için önemli faktörlerdir (Birön ve Arıoğlu, 1985).

3.4.1 Çelik Bağlar

Bir tahkimat malzemesi olarak çelik, uzun bir süredir yeraltı açıklıklarının tutulmasında kullanılmaktadır. Çelik oldukça pahalı bir malzeme olmasına karşın, diğer malzemelere (ahşap, beton) kıyasla üstünlüklere sahip olması nedeniyle, galerilerde ve tabanyollarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Çeliğin üstünlükleri kısaca aşağıdaki gibi sıralanabilir (Birön ve Arıoğlu, 1985):

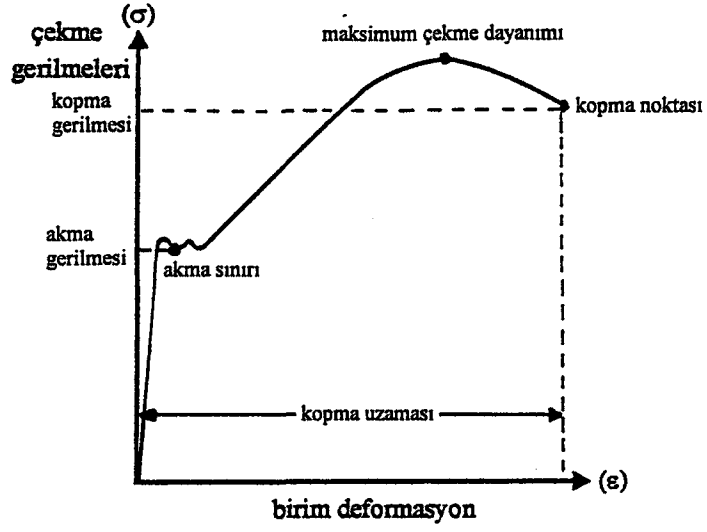
- a. Endüstriyel bir süreçte üretildiğinden, malzemenin yapısal kusurları daha azdır. Çelik, diğer mühendislik malzemelerine (ahşap, beton) oranla, oldukça türdeş (homojen) ve eş yönlü (izotropik) özelliktedir.

- b. Çeliğin elastisite modülü ($E=210$ GPa) diğer malzemelere göre yüksektir. Bundan dolayı deformasyon, eğilme, burkulma problemleri gibi eğilme rijitliğinin önem kazandığı durumlarda olumlu çözümler verir.
- c. Çelik; çeşitli dayanım, şekil ve boyutlarda imal edilebilir.
- d. Doğal koşullardan diğer malzemelere göre daha az etkilenir.
- e. Aşırı deformasyona uğrayan çelik tahkimat düzeltilerek tekrar kullanılabilir.

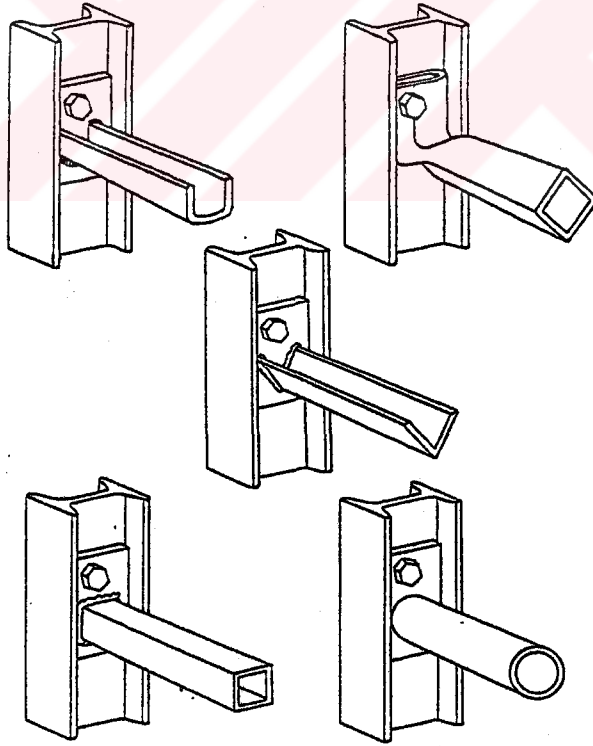
Çelik bağların tasarımı için, kullanılan çeliğin mekanik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bunlar içinde en önemli özellikler; çeliğin akma gerilmesi, çekme dayanımı, kopma uzaması ve kopma gerilmesidir. (Şekil 3.16). Akma gerilmesi, çeliğin elastik davranıştan plastik davranışa geçiş sınırını tanımlamaktadır. Çekme dayanımı, çeliğin karşı koyabileceği maksimum çekme direncini göstermektedir. Kopma uzaması, çelikte ilk çatlak ve yarıkların oluştuğu kopma noktasına kadar yapacağı deformasyonu belirlemekte ve genelde (%) olarak verilmektedir. Kopma gerilmesi ise, çeliğin kırılmadan hemen önce sahip olduğu çekme dayanımını vermektedir.

Tabanyollarında çeşitli çelik tahkimat türleri kullanılmaktadır. Bunların içinde en yaygın uygulama alanı bulanlar, rijit (I veya H profil) ve esneyen veya diğer adıyla geçme (U veya V profil) bağlardır.

Amaca uygun tahkimat seçiminde, çelik profillerinin taşıma gücünün yeterli olmasına dikkat edilmelidir. Profillerin taşıma gücü, çeliğin kalitesine, kesit alanına, kesit şekline ve eksenlerine göre mukavemet momentlerine bağlıdır. Profilin dayanımı kesit alanıyla doğru orantılıdır. W_x ve W_y olarak belirtilen ve genelde cm^3 boyutu ile ifade edilen mukavemet momentleri, bağ planı (x-ekseni) ve ona dik planda (y-ekseni) eğilmeye karşı direnci gösterirler.



Şekil 3.16. Çelik malzemelerin mekanik özellikleri (Birön ve Arıoğlu'dan [1985] değiştirilerek).



Şekil 3.17. Rijit çelik bağlarda kullanılan çeşitli metalik fırçalar (Açık, 1991).

Genel olarak, galeri ve tabanyollarında, çelik bağlarda oluşan gerilmelerin güvenli seviyeye indirilmesi için, aşağıdaki genel tedbirler alınabilmektedir (Gerçek, 1991):

- a. bağ aralıklarının küçültülmesi,
- b. bağ profil kesitinin büyütülmesi,
- c. bağ arkası sıkılamasında takoz sayısının artırılması, dolgu yapılması,
- d. kullanılacak profil çeliğin kalitesinin yükseltilmesi,
- e. ek tahkimat (takviye) kullanılması,
- f. kazı kesitinin (özellikle genişliğin) azaltılması.

Çizelge 3.2’de rijit trapez, rijit kavisli bağ ve geçme (esneyen) çelik bağların uygulama koşulları özetlenmiştir. Çizelge 3.3’de ise, rijit çelik bağlar ile geçme (esneyen) bağların bir karşılaştırması verilmiştir (Whittaker et al., 1986).

3.4.1.1 Rijit bağlar

Rijit çelik bağlar tabaka hareketlerinden kaynaklanan yükler altında belirli yük sınırına kadar şekil değiştirmeyen, ancak bu limitin aşılması durumunda, sınırlı miktarda elastik özellik gösterdikten sonra, plastik deformasyon gösteren galeri tahkimatı türüdür. Bunlar açıklığın şekline göre dörtgen, kavisli, elips veya dairesel geometride olabilirler.

Uygulamada, tabanyollarında en yaygın kullanılanlar, kavisli rijit bağlar ile dörtgen şekilli trapez bağlardır. Rijit çelik bağ elemanları sırasıyla; çelik profiller, profil parçalarının bağlantı elemanları ve bağları birbirine irtibatlandıran fırçalardan oluşmaktadır.

Çizelge 3.2. Trapez ve kavisli rijit bağlar ile esneyen bağların uygulama koşulları özetlenmiştir (Whittaker'dan [1993] değiştirilerek).

Tahkimat Tipi	Jeolojik Koşullar ve Tercihli Durumlar	Madencilik Uygulamaları	Yorumlar
trapez çelik bağ	- siğ derinlikte ve kalın kömür damarlarında - tavan tabakaları yeterli dayanıma (orta veya yüksek) sahip olmalıdır - düşük gerilme durumları uygulama başarısını artırmaktadır	- dönümlü çalışmalarda - kısa süreli kılavuzlarda - kırılan olmayan ve düzgün tavan şartlarında	- taşınması kolay ve kurulması hızlı - hızlı ilerlemelere uygun - yüksek arazi gerilmelerine karşı duyarlı - büyük ölçekli deformasyonlar tahkimatın erken yenilmesine neden olabilmektedir - yılların deneyimleri - zor tabaka şartları ve yüksek ikincil gerilme durumlarında emniyetli bir tahkimat sistemi - yüksek yanal (yatay) hareketler - alçalma mekanizmasını aksatma-bilmekte ve tahkimatın erken yenilmesine neden olabilmektedir
kavisli rijit çelik bağlar	- önemli deformasyonlar ve yüksek tabaka gerilmelerinin beklendiği tabanyollarında	- tabanyollarında yaygın - özellikle diğer tahkimat sistemlerinin yenilmesinin beklendiği durumlarda	- büyük yanal hareketlerin olduğu koşullar haricinde tabanyollarında yaygın olarak uygulanmakta - V profilli geçme bağlar esneme mekanizması bozulmadan yatay ve düşey hareketlere izin vermemekte
esneyen (geçme) çelik bağlar	- önemli düşey tabaka hareketlerinin beklendiği tabanyollarında - zayıf dayanıma sahip çevre kayalar ve bir miktar alçalmanın istenildiği durumlarda	- büyük yanal hareketlerin olduğu koşullar haricinde tabanyollarında yaygın olarak uygulanmakta - V profilli geçme bağlar esneme mekanizması bozulmadan yatay ve düşey hareketlere izin vermemekte	- yüksek yanal (yatay) hareketler - alçalma mekanizmasını aksatma-bilmekte ve tahkimatın erken yenilmesine neden olabilmektedir

Çizelge 3.3. Geçme (esneyen) bağlar ile kavisli rijit bağların karşılaştırılması (Whittaker et al., 1986).

Geçme (esneyen) bağlar	Rijit bağlar
Bağlantı elemanlarının kompleks oluşundan kaynaklanan fiyat yüksekliği. Her iki eksene göre mukavemet momentlerinin birbirine yakın olması sayesinde düzlem dışı deformasyonlara dayanıklılık, çok etkin bir fırçalamaya gerek duyulmaması. Tahkimatta kalıcı bir deformasyon olmadan % 33'lük düşey konverjansa müssade etmesi. Bağlantı yerinde üstün sağlamlık. Kurulma-sökülme kolaylığı. Aşırı yüklenme ve ani bozulma korkusu olmadan mümkün olduğu kadar altına yakın kurulabilmesi. Açılan boşluğa göre ayarlanarak yan yüzeylere maksimum temasın sağlanmasının mümkün olması. Uygulama alanının az olması ve çalışma prensiplerinin yeteri kadar bilinmemesi.	Pabuç şeklindeki basit bağlantı sistemi ve ucuzluk. Y-eksenine göre mukavemet momentinin 3 kat düşük olması nedeniyle düzlem dışı deformasyonlara karşı zayıflık, etkin bir fırçalamaya gerek duyulması. Ancak esneme bacakları (stilt) kullanılması halinde sınırlı bir esneme imkanı sağlaması. Bağlantı yerinde zayıflık. Deforme olmuş tahkimatın zor sökülmesi. Arından uzaklığa göre, tahkimatın kurulmasında zamanlamanın önemi. Uygun yük dağılımının sağlanmasının ancak iyi bir sıkılama veya tahkimat arkası dolgu ile sağlanabilmesi. Uzun yıllardan beri geniş çaplı olarak uygulanması.

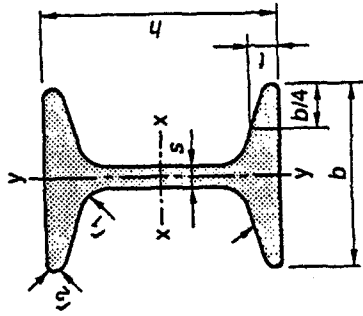
Rijit bağlarda yaygın olarak, DIN 21541 normuna göre üretilen I profiller ile İngiltere’de BS standartlarına göre imal edilen H- veya diğer adıyla geniş I profiller kullanılmaktadır. DIN 21541 normuna ve BS standartlarına göre üretilen bağ profillerinin mukavemet momentleri ve birim ağırlıkları, geometrik boyutları ile birlikte, sırasıyla Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5’de verilmiştir. I- veya H profiller, y-eksenine göre mukavemet modülünün, x-eksenine göre ortalama 3 kat düşük olması nedeniyle, özellikle düzlem dışı deformasyonlara karşı zayıf kalmaktadır.

Bağlantı elemanları (pabuç, kelepçe, civata-somun, perno-pim), çelik bağ parçalarının birleştirilmesini ve birbirine sıkılanmasını sağlamaktadır.

Her çeşit gerilme ve yükleme şeklinin etkisinde kalan çelik bağların uzun bir süre ayakta kalabilmesi, ancak bağların birlikte çalışması ile mümkündür. Bu da bağlara uygun bir biçimde fırça vurulması ile sağlanabilmektedir. Tabanyollarında kullanılan fırçalar genellikle ahşap veya metalik fırçalardır (Şekil 3.17). Ahşap fırçalar sadece basınç kuvvetlerine karşı etkili olurken, metalik fırçalar hem basınç hem de çekme kuvvetlerine karşı direnç gösterme özelliğine sahiptir (Reuther, 1989). Çelik rijit bağların, tabanyolu tahkimatı olarak verimli bir şekilde kullanılabilmesi konusunda, fırçaların önemli rolleri vardır. Bunlar özet olarak şunlardır (Açık, 1991):

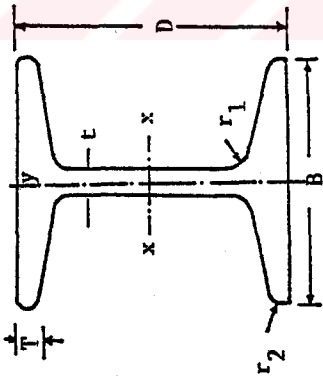
- a. Çelik bağların birbirine irtibatlanmasını ve birlikte yük almalarını sağlamak.
- b. Mesafe ayarlayıcı olarak çelik bağlar arasındaki uzaklığı eşit tutmaları sayesinde, değişik uzunlukta fırçalar kullanılarak, birim galeri uzunluğundaki tahkimat yoğunluğunu azaltmak veya arttırmak.
- c. Özellikle düzlem dışı doğrultuda etkiyen yüklere karşı zayıf olan çelik bağların direncini arttırmak.

Çizelge 3.4. DIN 21541'e göre I-profil boyutları (Maidl, 1994).



Sembol	Boyutlar						Eğim %	Kesit Alanı cm ²	Birim Ağırlık kg/m	Eylemsizlik M.		Mukavemet M.	
	h mm	b mm	s mm	t mm	r ₁ mm	r ₂ mm				I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _x cm ³	W _y cm ³
GI 100	100	80	9	12.5	13	4	30	26.4	20.7	403	80.5	80.7	20.1
GI 110	110	84	10	14	14	5	33	31.1	24.5	570	103	103	24.5
GI 120	120	92	11	15.5	15	6	33	37.6	29.5	816	150	136	32.6
GI 130	130	100	12	17	16	7	33	44.6	35.0	1130	211	175	42.3
GI 140	140	110	12	19	17	8	33	53.0	41.6	1586	315	227	57.3

Çizelge 3.5. H- veya geniş I-profil boyutları (British Steel, 19..).



Sembol	Boyutlar						Kesit Alanı cm ²	Birim Ağırlık kg/m	Eylemsizlik M.		Mukavemet M.	
	D mm	B mm	t mm	T mm	r ₁ mm	r ₂ mm			I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _x cm ⁴	W _y cm ⁴
89 x 89	88.9	89.9	9.5	9.9	11.1	3.2	24.9	19.35	306.7	101.1	69.04	22.78
102 x 102	101.6	101.6	9.5	10.3	11.2	3.2	29.4	23.07	486.1	154.4	95.72	30.32
114 x 114	114.3	114.3	9.5	10.7	14.2	3.2	34.4	26.79	735.4	223.1	128.60	39.00
127 x 114	127.0	114.3	10.2	11.5	12.4	4.8	37.3	29.76	979.0	241.9	154.20	42.32
152 x 127	152.4	127.0	10.4	13.2	13.5	6.6	47.5	37.20	1818.0	378.8	238.70	59.65

Çelik bağların, özellikle düzlem dışı eğilmeler ve burkulmalara karşı etkili direnç gösterebilmeleri için, bağlar arasındaki fırçaların mutlaka aynı yükseklik ve doğrultularda yerleştirilmesi gerekmektedir (Reuther, 1989).

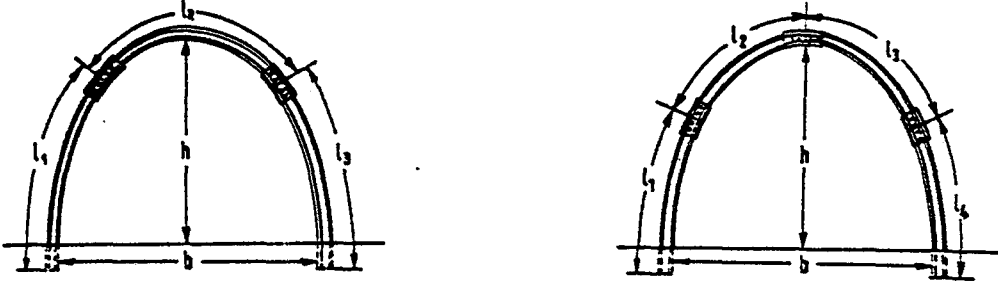
Kırıklı, gevşek özellik gösteren çevre kayaçlarının ve tavanda serbest kalan kaya bloklarının açıklığa doğru akmasını engellemek için de, ahşap kamalar, saç kamalar veya çelik hasır kullanılmaktadır.

Zayıf taban tabakaları koşullarında, çelik bağ bacaklarına taban plakaları yerleştirilmektedir. Taban plakaları, bağ bacaklarının tabanla temas alanını büyüterek, tabana batmalarını zorlaştırmaktadır (WBK, 1985).

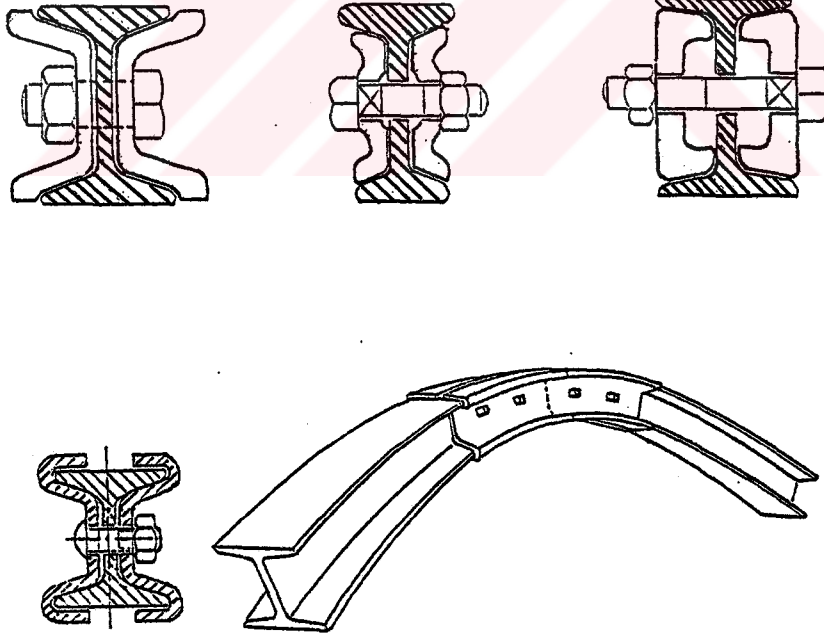
Tabanyolu tahkimatında bir diğer önemli husus çelik bağın, yük taşıyacak şekilde, kaya ile temasının sağlanması gereğidir. Bu durum, özellikle düzensiz kesit gösteren ve delme-patlatma yöntemi ile açılmış galerilerde önem kazanmaktadır. Temas; elle yapılan taş dolgu, yarım daire kesitli ahşap kamalar, daire kesitli ağaç sürenler, saç kamalar, beton kamalar veya özel dolgu maddeleri ile gerçekleştirilebilmektedir. Çevre kaya ile tahkimat arasının düzgün bir şekilde doldurulması, tahkimatın açıklık yüzeyi ile temas alanını büyütme ve bağ üzerinde noktasal yüklemeleri önleyerek, gevşeyen araziden kaynaklanan yüklerin uniform bir şekilde çelik bağ üzerine etkimesini sağlamaktadır. Bu konuya Bölüm 3.4.4'de daha ayrıntılı olarak değinilecektir.

Kavisli Rijit Bağlar

Kavisli rijit bağlar (Şekil 3.18), I veya H profillerinin kemer şeklinde bükülmesi ile elde edilmektedir. Önceleri iki parça halinde kullanılırken, galeri kesitlerinin artması



Şekil 3.18. Kavisli rijit çelik bağlar (Jacobi, 1981).



Şekil 3.19. Kavisli rijit çelik bağlarda kullanılan çeşitli pabuçlar (Açık, 1991).

ile parça sayısı artmıştır. Bu durum taşımada, tahkimatın kurulmasında ve tabanyolu-ayak girişinde özel tahkimat düzeneklerinin geliştirilmesinde kolaylık sağlamıştır. Kavisli rijit bağların en zayıf kısmı, parçaların bağlantı yerleridir. Bu tür bağlarda profiller, pabuç adı verilen kalın saçtan yapılmış elemanlarla birbirine bağlanır (şekil 3.19). Pabuçlar, I profilinin yanakları içine giren veya profili üstten kavrayan bir çift sa parçasıyla, bu parçaları bağa sabitleştiren civata-somun veya özel pimli bir saplamadan (perno-pim) oluşurlar. Bu bağlantılar, sistemi tamamen rijit hale getirirler. Pabuçlar zorlanmalar karşısında deformasyona uğramakta ve elik bağ parçaları arasındaki bağlantının çözülmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle pabuçlar, yük taşıma kapasitesini elik bağınkine yakın hale getirmek için, akma sınırı biraz daha yüksek çelikten imal edilmelidir.

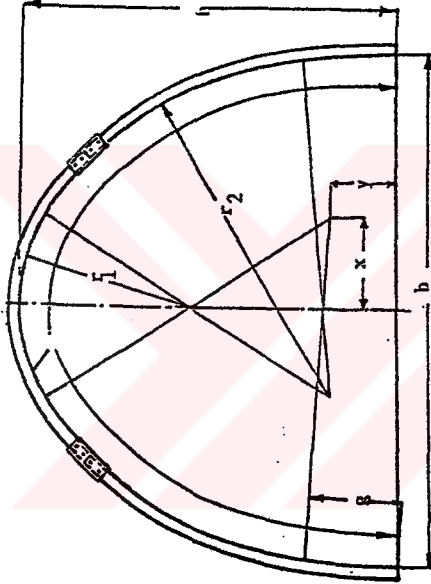
Kavisli rijit bağlar faydalı kesitleri ile anılırlar. Çizelge 3.6'da farklı faydalı kesitlerde olan elik bağların geometrik boyutları verilmiştir.

Aslında taşta açılan galeriler için uygun bir tahkimat sistemi olan kavisli rijit bağlar, uzun yıllardan beri yaygın olarak farklı madencilik ve jeolojik koşullar altında uygulanmış olması ve diğer sistemlere kıyasla ucuz olması nedeniyle, günümüzde tabanyollarında halen yaygın uygulama alanı bulmaktadır.

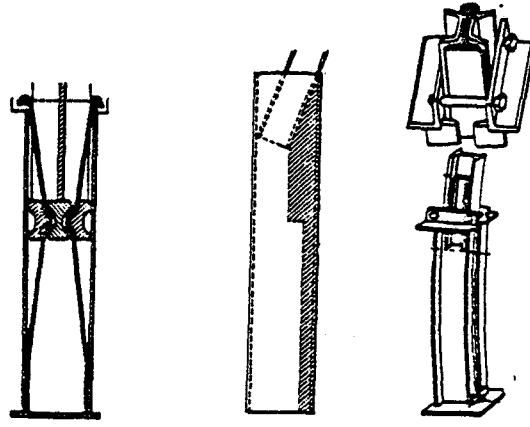
Araştırma sonuçlarına göre tabanyollarında kavisli rijit elik bağların verimli olarak kullanılabileceği düşey konverjansın sınır değeri % 15 olarak kabul edilmektedir (Choquet 1986; DMT, 1991).

Esname bacaklarının (stilt) kullanılmasıyla rijit bağlara, etkiyen yükler karşısında, sınırlı miktarda (0.40-1.40 m) hareket kabiliyeti ve alçalma özelliği sağlanmaktadır. Esname bacaklarının değişik türleri vardır. şekil 3.20'de çeşitli esname bacakları

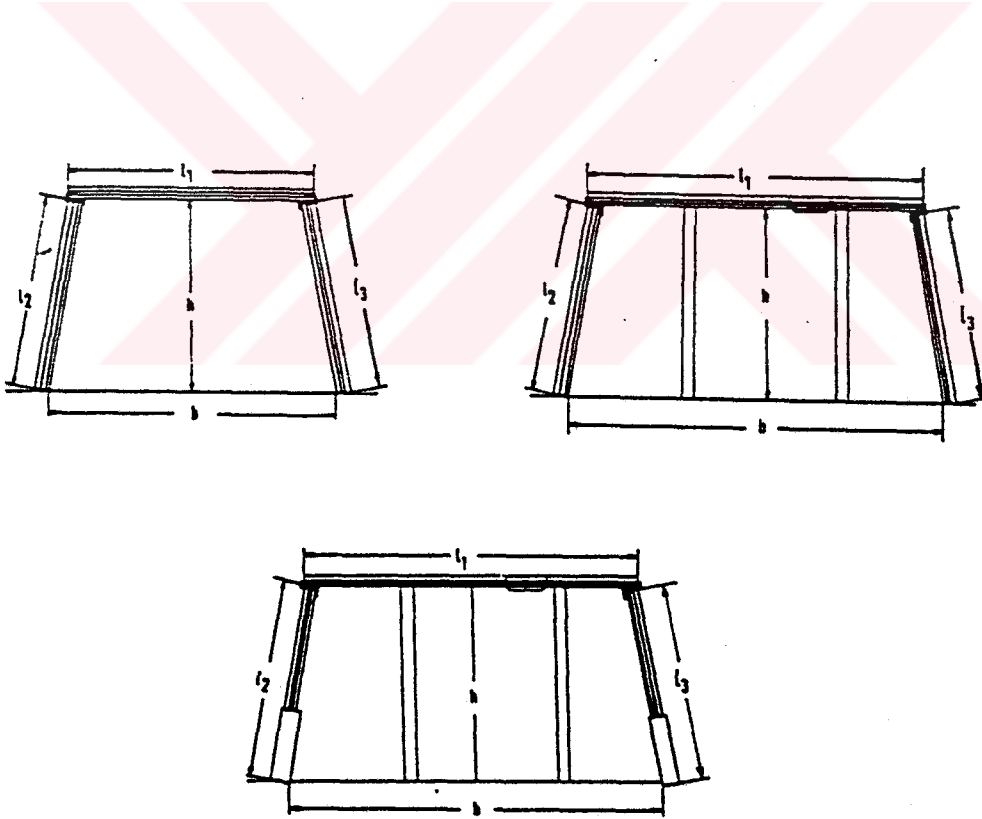
Çizelge 3.6. Farklı faydalı kesitlerdeki kavisli rijit çelik bağların geometrik boyutları (Bochumer Eisenhütte GmbH, 19..)



Eski Kısaltma İşareti	Yeni Kısaltma İşareti	Taban Genişliği b (mm)	Toplam Yükseklik h (mm)	Düz kısım uzunluğu g (mm)	Eğrilik r ₁ (mm)	Yarıçapı r ₂ (mm)	x (mm)	y (mm)	Kazı Kesiti (m ²)
B 8	B 8.4	3650	2950	591	1200	3200	1412	334	10.3
B 10	B 10.6	4200	3250	666	1200		1143	409	12.8
B 12.5	B 13.7	4800	3600	910	1600		862	652	16.1
B 14	B 15.6	5200	3800	1005	1600		670	747	18.2
B 16	B 17.9	5600	4000	1144	1800		481	885	20.7
B 18	B 20.2	6000	4250	1341	1800		297	1082	23.2



Şekil 3.20. Rijit çelik bağlarda kullanılan çeşitli esneme bacakları (Jacobi, 1981).



Şekil 3.21. Trapez rijit çelik bağlar (Jacobi, 1981).

görülmektedir. Esneme bacaklarının en önemli dezavantajları, düzeneklerinin karmaşık ve kurulmalarının zaman alıcı olmasıdır (WBK, 1988).

Trapez Rijit Bağlar

Trapez (dörtgen) rijit bağlar, genelde çelik I profillerden hazırlanmış boyunduruk ve yan direklerden oluşmaktadır (Şekil 3.21). Bağ parçalarının köşelerde birleştirilmesi özel bağlantı elemanları ile sağlanır. Tabanyollarında trapez bağlar, kurulma ve sökölme kolaylığı nedeniyle, özellikle dönmümlü çalışmalarda tercih edilmektedir (Whittaker, 1993). Araştırmacılar, rijit trapez çelik bağların, sağlam tavan şartlarında, ilk tabanyolu yüksekliğine göre oluşması beklenen düşey konverjansın % 15'den büyük olmaması durumunda uygulanmasını önermektedirler (DMT, 1991).

Tahkimat kurulurken tavan boyunduruğu, özellikle boyunduruğu iki parçadan oluşan tahkimatlarda, mutlaka çelik orta direkler ile desteklenmesi gerekmektedir. Orta direk uygulanması durumunda, boyunduruğa etkiyen maksimum eğilme momenti ile birim direk başına etkiyen düşey yükler azalmaktadır (DMT, 1991). Bu da tahkimatın yük taşıma kapasitesini artırmaktadır. Orta direklerin tahkimatın duraylılığı açısından faydalı olabilmeleri, aşağıdaki şartlara bağlıdır (DMT, 1991):

- a. Orta direk, ayak henüz yaklaşmadan kurulmalıdır.
- b. Ayak geçerken orta direk alınmamalıdır.
- c. Tavan boyunduruğu ile çevre kaya arasında boşluk bulunmamalıdır.

Tabanyolunun trapez kesitli olarak açılması sırasında tavan tabakası kesilirse, bu kesimlerin mutlaka kaya saplamaları veya dolgu malzemeleri ile desteklenmesi

gerekmektedir. Özellikle tahkimat köşeleri ile çevre kaya arasının boşluk kalmayacak şekilde doldurulması, trapez bağ tahkimatında, duraylık açısından çok önemlidir. Ani olarak hareket eden kaya blokları karşısında genellikle tahkimatın dayanımı aşılmamasına karşın, tahkimatın eklemli yapısı nedeniyle, köşelerdeki bağlantı noktalarından başlamak üzere tahkimat eğilerek açıklığa doğru yönelebilmektedir. Bu da bazı durumlarda tahkimatın yıkılmasına ve tabanyolunun tamamen kapanmasına neden olabilmektedir (DMT, 1991).

Bazen trapez çelik bağ tahkimatında, esneme özelliğine sahip yan direkler kullanılmaktadır. Böyle bir sistemde, tahkimat yatay yüklere karşı rijit davranmasına karşın, düşey yüklere karşı esnektir. Bu durumda, orta direkler de esneyen tipte olmalı ve yan direkler ile aynı yük altında alçalmalıdır. Bu tahkimat yönteminde, trapez çelik bağlar daha yüksek düşey konverjanslarda ($< \% 30$) da verimli kullanılabilmektedir (Jacobi, 1981).

Trapez rijit çelik bağ tahkimatının yük taşıma kabiliyetinin yetersiz olması durumunda, Bölüm 3.4.1'de açıklanan genel önlemlerin dışında, aşağıdaki tedbirler alınabilmektedir (DMT, 1991).

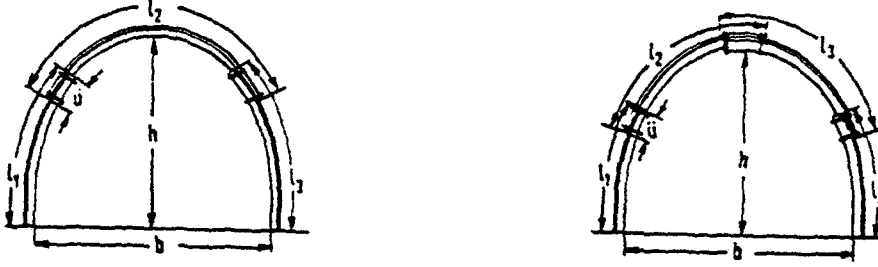
- a. tek parça tavan boyunduruğunun kullanılması,
- b. bağlantı elemanlarının daha kuvvetli olmasının sağlanması,
- c. özellikle göçük tarafında, ilave direkler için, yeterli kapasiteye sahip hidrolik direklerin (gerekirse yan yana iki adet) kullanılması.

3.4.1.2 Geçme (esneyen) bağlar

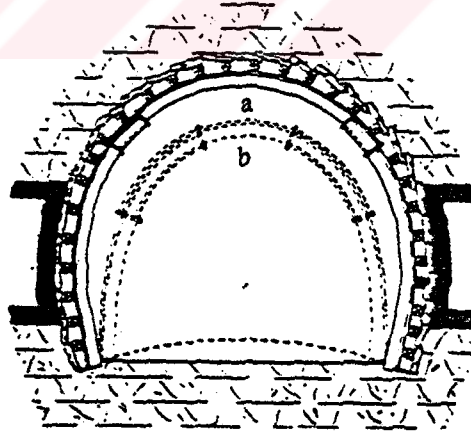
Geçme (esneyen) bağlı tahkimat sisteminde, kavisli profil üniteleri (3-4 parça), iç içe geçerek, birbirine bağlantı elemanları ile bağlanmaktadır (Şekil 3.22). Geçme bağlar, tabaka hareketlerine uyarak, çevre kayda yenilme bölgesinin oluşmasına yardımcı olurlar. Tahkimat üzerine gelen arazi yükleri, emniyet valfi gibi çalışan kilit düzeneğinin sağladığı sürtünme kuvvetini aştığı zaman, bağ profilleri birbiri içinde bir miktar kayarak, bir süre için tahkimata gelen yükte bir ferahlama sağlarlar. Böylece, tahkimatta eğilme, burkulma, burulma, bağlantı elemanlarında çözülme ve kopma gibi herhangi bir bozulma meydana gelmeden ve tahkimatın yük taşıma kapasitesinde bir azalma olmadan, tabanyolunda bir miktar konverjans oluşur (Şekil 3.23). Teorik olarak deformasyon bölgesi içinde bir miktar tabanyolu konverjansına izin verilirken, tabanyolunun bütünlüğünde ve geçme bağın dayanımında hiçbir bozulma olmayacağı kabul edilmektedir (Blades et al., 1974).

Tabanyolu tahkimatı olarak geçme bağlar genelde Heinrich TOISSANT ve Egmont Egon HEINTZMANN tarafından geliştirilen TH (U) ya da çan (V) çelik profillerinden oluşmakta ve özellikle Alman kömür madenciliğinde yaygın uygulama alanı bulmaktadır. TH ve çan profilleri arasındaki asıl fark, iç içe geçmiş olan profillerin birbiriyle sürtünme şeklindedir. Bağın alçalması sırasında, TH bağlarda iç içe geçmiş profillerin kenarları ve yuvarlatılmış çıkıntıları birbiriyle sürtünürken (Şekil 3.24), çan tipi bağlarda Şekil 3.25'de görüldüğü gibi profillerin kenarları ve tabanları birbiriyle sürtünmektedir (Reuther, 1989).

Alman endüstri standartlarına (DIN) göre, çelik TH ve çan bağ profillerinin mukavemet momentleri, birim ağırlıkları ve geometrik boyutları Çizelge 3.7 ve Çizelge 3.8'de verilmiştir. TH ve çan profillerinde y-eksenine göre mukavemet



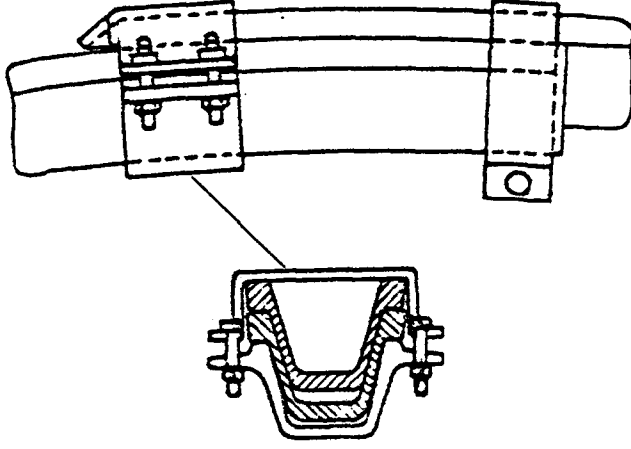
Şekil 3.22. Geçme (esneyen) çelik bağlar (Jacobi, 1981).



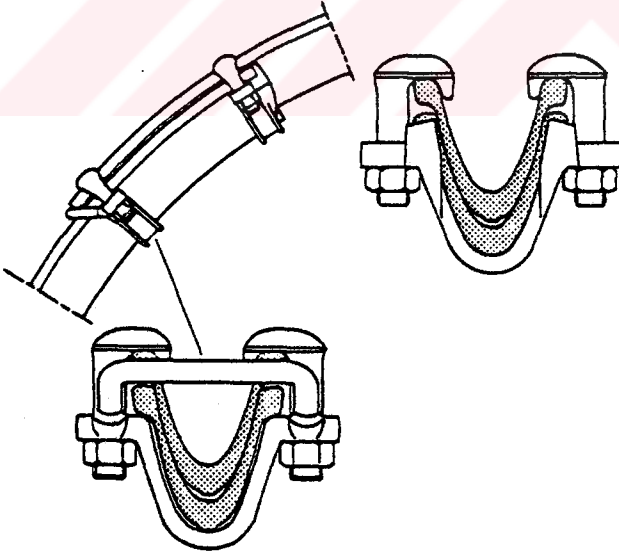
a- yüklemenden önce

b- yüklemenden sonra

Şekil 3.23. Geçme bağların çalışma prensibi (WBK, 1988).

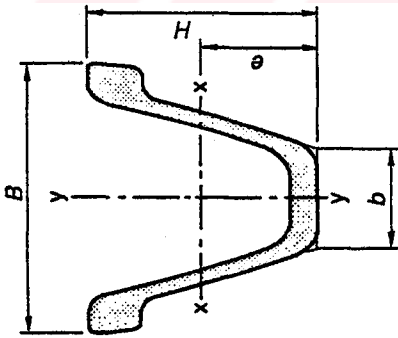


Şekil 3.24. TH tipi çelik bağlarda profil parçaların bağlantı şekli (WBK, 1985).



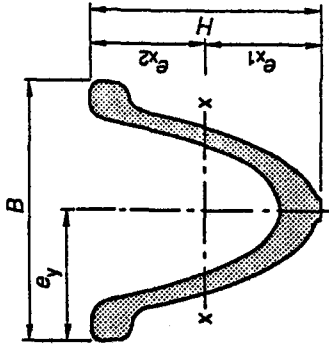
Şekil 3.25. Çan tipi çelik bağlarda profil parçaların bağlantı şekli (WBK, 1985).

Çizelge 3.7. TH-profillerinin mukavemet momentleri, birim ağırlıkları ve geometrik boyutları (Maidl, 1994).



Sembol	Boyutlar				Kesit alanı cm ²	Birim ağırlık kg/m	Eylemsizlik M.		Mukavemet M.	
	H mm	B mm	b mm	e mm			I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _x cm ³	W _y cm ³
13/48	85	98	36	41.9	16	13	137	150	32	31
16/48	89	98	36	44.35	20	16	176	196	40	40
21/58	108	124	35	52.4	27	21	341	398	61	64
25/58	118	135	38	57.5	32	25	484	560	80	83
29/58	124	151	44	58.2	37	29	616	775	94	103
36/58	138	171	51	66.8	46	36	972	1264	137	148
44/58	147.8	172	50	72.3	56	44	1265	1264	174	182

Çizelge 3.8. Çan profillerinin mukavemet momentleri, birim ağırlıkları ve geometrik boyutları (Maidl, 1994).



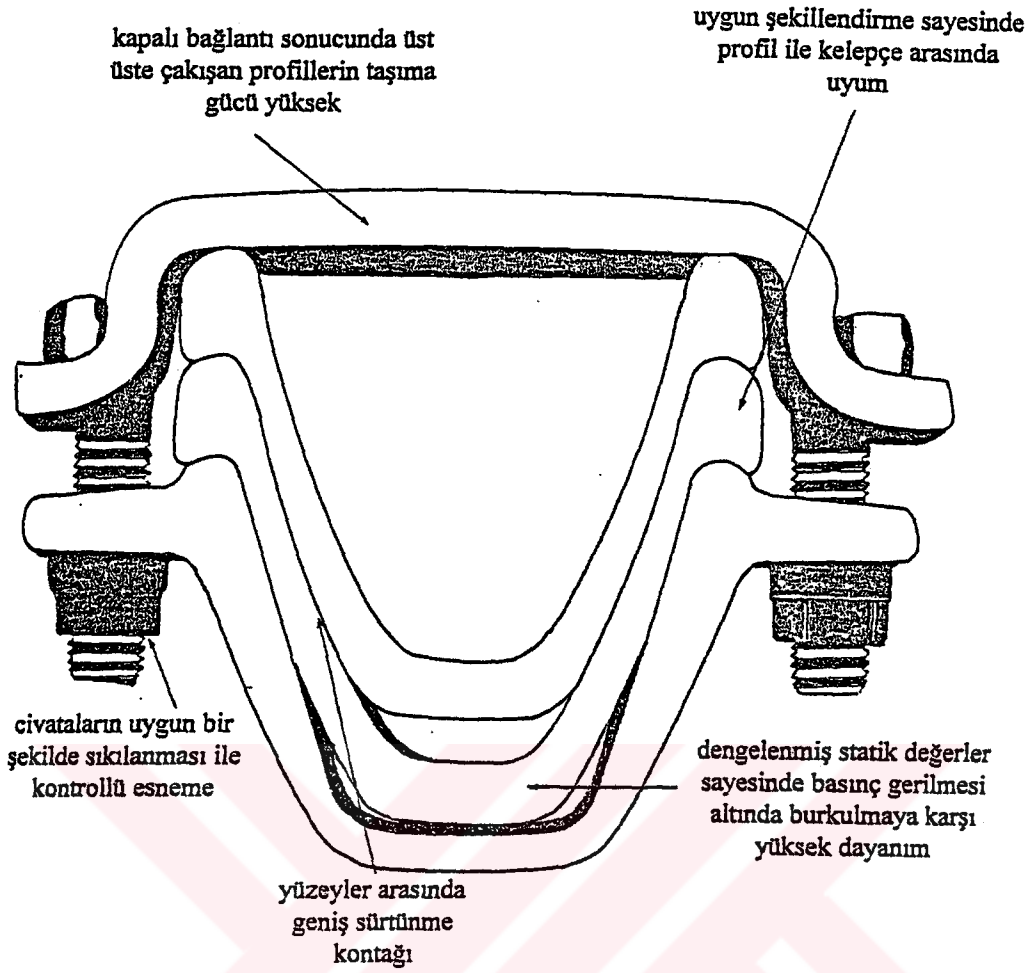
Sembol	Boyutlar					Kesit alanı cm ²	Birim ağırlık kg/m	Eylemsizlik M.		Mukavemet M.		
	H mm	B mm	e _{x1} mm	e _{x2} mm	e _y mm			I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _{x1} cm ³	W _{x2} cm ³	W _y cm ³
26	123.20	141.0	61.5	61.7	70.5	32.9	25.8	510.4	530.1	83.0	82.7	75.2
28	125.00	141.0	62.4	62.6	70.5	35.5	27.8	55.7	572.2	89.1	88.7	81.2
30	126.80	141.0	63.3	63.5	70.5	38.0	29.8	601.3	614.2	95.0	94.7	87.1
32	137.25	147.0	68.4	68.9	73.5	40.6	31.8	767.8	721.9	112.3	111.5	98.2
34	139.00	147.0	69.3	69.7	73.5	43.1	33.9	823.8	768.2	119.0	118.1	104.5
36	140.75	147.0	70.1	70.6	73.5	45.7	35.9	880.5	814.6	125.5	124.7	110.8
42	157.00	179.0	78.2	78.8	89.5	53.4	41.9	1331.9	1390.6	170.3	169.0	155.4

momentleri (W_y), x-eksenine göre olan mukavemet momentleri (W_x) kadar yüksek olup, düzlem dışı eğilme ve burkulma zorlanmasına karşı ideal profil özelliği taşımaktadırlar (Reuther, 1989).

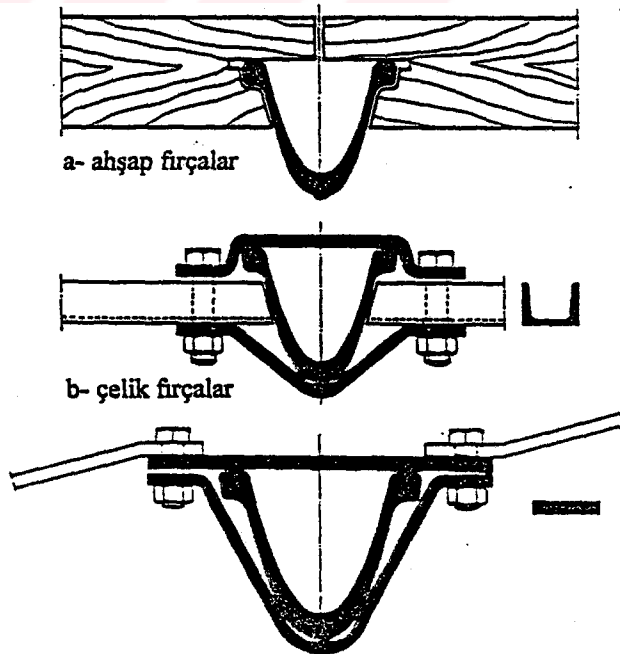
Geçme bağlarda, artan yükler karşısında kesit düzenli bir biçimde daraldığından, sisteme etki eden dış yüklerin dağılımı diğer sistemlere kıyasla daha uniformdur. Bu da tabanyollarında, özellikle ayağın geçişi sırasında, geçici bir süre için etkili olan dinamik yüklerin karşılanmasında, geçme bağlara, diğer bağ türlerine kıyasla, üstünlük sağlamaktadır (Reuther, 1989).

Geçme bağ profillerini birbirine bağlayan kilit düzenekleri pabuçlar ve sıkıştırmayı sağlayan civatalardan oluşmaktadır. Şekil 3.26'da, TH bağlarda kullanılan bir kelepçe ve bu mekanizmanın üstünlükleri verilmiştir.

Geçme bağlarda amaca ulaşmanın en önemli yanı, kelepçelerin tasarımı ve uygun bir şekilde bağlanmasıdır. Uygun bağlamada, çakışma mesafesi ve kelepçe somunlarına uygulanan buru (tork) kritik faktörlerdir. Geçme bağlarda, iç içe geçmiş bağ parçaların çakışma mesafesinin 500 mm'nin altında tutulmaması önerilmektedir (Bochumer Eisenhütte GmbH, 19..). Ayrıca, geçme bağlarda kelepçe civataları sıkılırken mutlaka burumetre (torkmetre) kullanılmalıdır. Sıkılama kesinlikle İngiliz anahtarı ile yapılmamalıdır. Düşük buruya göre ayarlanmış bağlantılarda çelik bağların yük taşıma kapasitesi azdır. Düşük tabaka yüklerinde esneyen bağlar, galerilerde erken kapanmalara neden olmaktadır. Aşırı buru ise, kelepçelerin esneme özelliğini bozarak, parçaların birbirinden ayrılmasına ve bağlantı elemanlarının çözülmesine neden olmaktadır. Bunun yanında, tabanyolu boyunca kurulan geçme bağların ortak çalışabilmesi için, bağlantı elemanları da mutlaka aynı buruyla sıkılmalıdır. Dolayısıyla, her bağlantı mekanizması



Şekil 3.26. TH bağlarda kullanılan kelepçe ve bu mekanizmanın üstünlükleri (Bochumer Eissenhütte GmbH, 19..).



Şekil 3.27. Geçme bağlarda kullanılan çeşitli fırçalar (WBK, 1981).

tasarımında, civatalara uygulanan buru ile esneme yükü arasındaki ilişki çok önemlidir. Bu ilişki laboratuvarında yapılan konverjans testleriyle anlaşılabilir.

TH bağların üreticisi olan Bochumer Eisenhütte GmbH, farklı birim ağırlıktaki geçme bağlar için, çeşitli sıkılama buruları önermektedir (Çizelge 3.9). Delme-patlatma işlemleri veya arazi gerilmeleri etkileri sonunda, civatalar öngörülen buruda yeniden sıkılmalıdır (DMT, 1991).

Çizelge 3.9. Farklı birim ağırlıktaki TH geçme bağlar için önerilen sıkılama buruları (Bochumer Eisenhütte GmbH, 19..).

Profil birim ağırlığı (kg/m)	21	25	29	36	44
Sıkılama burusu (N.m)	300	350	450	500	600-650

Doğru olarak dizayn edilmiş bir kelepçe sisteminde, bağlar hep aynı yük altında düzenli olarak esner. Genelde üç parçalı bir geçme bağ takımında, sağ ve sol yanda ikişer kelepçe olmak üzere, 4 kelepçe kullanılmaktadır. Bazı durumlarda, kayma hareketinin daha iyi sağlanabilmesi için, kelepçe sayısı artırılabilir. Tabanyolu duraylılığının maksimum seviyede olması isteniyorsa, geçme bağ tahkimatının esneme mekanizması, ayak arkasının oturması ve tabanyolu kenar dolgusunun sıkışmasından kaynaklanan tavan hareketlerini zarar görmeden karşılayabilmelidir.

Geçme bağların ortak çalışabilmesi uygun fırçalarla birbirlerine tutturulmasına bağlıdır. Geçme bağlar arasına yerleştirilen fırçalar genellikle metalik fırçalardır. Nadiren ağaç fırçalar da kullanılmaktadır. Bunların hazırlanması ve bağlara vurulması özel bir itina gerektirmektedir. Geçme bağlarda kullanılan bazı fırça çeşitleri Şekil 3.27'de verilmiştir.

Geçme bağların çevre kaya ile temasının sağlanması, ayarlanabilir çakışma mesafeleri sayesinde, nispeten daha kolay olmaktadır. Ancak delme-patlatma yöntemiyle açılmış tabanyollarının girintili yüzeylerinde, eğer dolgu maddeleri kullanılmıyorsa, mutlaka saç veya ağaç kamalar kullanılmalıdır.

Geçme bağ tahkimatının kurulması sırasında, tabanyolu genişliğinin (b_0) yüksekliğe (h_0) oranı önemlidir. Araştırmalar, tavan alçalmasının beklendiği durumlarda, en uygun b_0/h_0 oranının 1.2-1.3, yatay kapanmaların beklendiği durumlarda da 1.4-1.5 arasında olduğunu ortaya koymuştur (DMT, 1991).

Bölüm 3.3`de verilen bağıntılardan, tek taraflı ilerletimli çalışmada ve tabanyolunun ayağın önünden sürülmesi durumunda oluşması tahmin edilen en son düşey konverjans yüzdelerine bağlı olarak, tabanyollarında geçme (esneyen) çelik bağlar için farklı tahkimat şekilleri önerilmektedir. Çizelge 3.10`da sınır düşey konverjans değerlerine göre tavsiye edilen tahkimat şekilleri verilmiştir. Sınır konverjans değerleri aşıldığında, tahkimatın yük taşıma kabiliyetini yitireceği veya öngörülen kullanım için gerekli yükseklik ve genişliği sağlayamayacağı beklenmelidir. Bunu önlemek için ya ek tahkimat kurulmalı veya maliyeti çok artırdığından alternatif tahkimatlar uygulanmalıdır (Götze, 1984). Araştırma sonuçlarına göre, arkası elle doldurulan geçme bağların kullanım sınırı % 50 ile 60 arasındadır. Bu değerden büyük düşey konverjanslarda, emniyetli bir şekilde çalışabilmek için, çelik bağlara ek olarak, tahkimat orta direk ile takviye edilmelidir. Çevre kaya ile tahkimat arası beton veya monolitik dolgu ile doldurulan geçme bağların kullanım sınırı ise % 70 civarındadır. % 70`den yüksek düşey konverjanslarda, ek tahkimat ve taramalara rağmen, tabanyolu kullanılmaz hale gelebilmektedir. Böyle ortamlarda, tabanyolu aynası ayakla aynı hızda veya gerisinde olacak şekilde uygulanan tabanyolu açma

Çizelge 3.10. Farklı düşey konverjans değerlerinde tavsiye edilen tahkimat şekilleri (Götze, 1984).

Tabanyolunun sürülüş yöntemi	Tahkimat şekli	Nihai konverjans sınır değerleri (%)			
		< 10-15*	< 50-60*	<70-90*	> 70-90*
tabanyolu aynası ayağın önünde	rijit bağ	geçerli bölge			
	arkası elle taş ile doldurulmuş esneyen bağ				
	arkası beton dolgu ile doldurulmuş ve orta direk ile takviye edilmiş esneyen bağ				
ayakla aynı hizada veya gerisinde	beton dolgu ile doldurulmuş esneyen bağ				

*Çizelge'de verilen düşey konverjans değerleri tek taraflı ilerletimli çalışmada, standart tabanyolu şeklinde, oluşması beklenen nihai düşey konverjans (K_o) değerleridir

Çizelge 3.11. Farklı düşey konverjans değerleri için tavsiye edilen çelik bağlar, birim ağırlıkları (kg/m) ve birim hacim başına çelik miktarları (kg/m^3) (Choquet, 1986).

Düşey konverjans (%)	Çelik bağ tipi	Birim ağırlık (kg/m)	Çelik miktarı (kg/m^3)
0	kavisli rijit bağ	-	-
15		-	-
> 30	kavisli geçme bağ	29	25
	kavisli geçme bağ	36	30

yöntemleri tercih edilmelidir. Koşulların daha da olumsuz olması durumunda ise dönümlü çalışma tavsiye edilmektedir (Götze, 1984).

Geçme bağların statik modeli belirsizdir. Bu yüzden, boyutlandırma belli kabuller altında ve görgül yaklaşımlarla yapılmaktadır. Choquet (1986) araştırmalar sonucunda, farklı düşey konverjans değerlerinde, tabanyolunda geçme bağ seçimi için pratik tasarım önerileri sunmuştur (Çizelge 3.11). Görülebildiği gibi, düşey konverjans arttıkça, birim hacim başına kullanılan çelik miktarı (kg/m^3) ve çelik profillerin birim uzunluğunun ağırlığı (kg/m) artmaktadır.

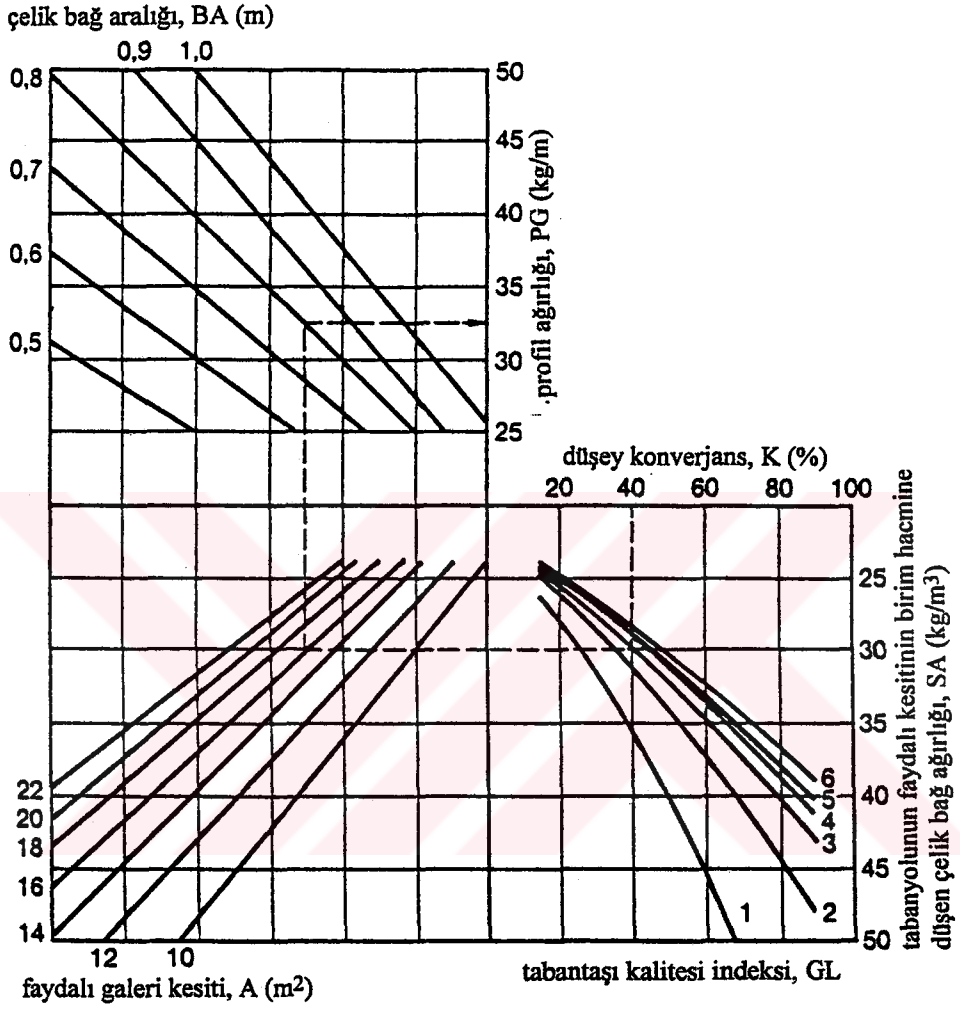
Almanya`da da, geçme bağlar ile ilgili yaygın kullanım ve uzun süreli deneyim yardımıyla, tabanyolunun faydalı kesitinin birim hacmine düşen çelik bağ ağırlığını (SA , kg/m^3) tahmin eden görgül bir bağıntı geliştirilmiştir (DMT, 1991). SA , tabantaşı kalitesi indeksi (GL) ve toplam düşey konverjansa (K) bağlı olup, aşağıdaki eşitlikle verilmektedir:

$$\text{SA}=22*\exp [(0.0053+0.0068/\text{GL})*\text{K}] \quad (10)$$

Kullanılan çelik miktarı, galerinin faydalı kesit alanı (A , m^2) da göz önünde bulundurularak, bağ aralıklarının (BA , m) ve çelik profillerin birim uzunluğunun ağırlığını (PG , kg/m) tahmin etmeye izin vermektedir. Bu amaçla geliştirilen diğer bir görgül bağıntı da aşağıda sunulmuştur:

$$\text{PG}=\text{BA}*\text{SA}*\text{A}/(6+0.36 \text{ A}) \quad (11)$$

Tabanyollarında geçme bağların boyutlandırılmasında kullanılan nomogram da Şekil 3.28`de verilmektedir.



Şekil 3.28. Geçme bağların boyutlandırılmasında kullanılan bir nomogram (DMT, 1991).

3.4.2 Kaya Saplamları

Kaya saplamaları ile yapılan tahkimatta, tahkimat elemanları kaya kütlesinin bir parçasıdır ve kaya kütlesini kuvvetlendirir. Kaya tahkimatı genellikle kuvvetlendirme ve destekleme etkilerinin birleşiminden oluşur. Kuvvetlendirme kaya saplamaları ile, destekleme etkisi ise çelik hasır, püskürtme beton veya çelik bağ gibi elemanlarla sağlanır (Ünal, 1990).

Kaya saplamalarının en önemli işlevi zayıf kaya kütlesini kuvvetlendirerek, bu malzemenin kendisini tutan bir kaya kütlesi gibi davranmasını sağlamaktır. Saplamalar ayrıca askıya alma ve sağlamlaştırma işlevini de yerine getirir. Kaya saplamaları ile kuvvetlendirilmiş kaya kütlesi, bir tavan kemeri oluşturarak, açıklık üzerindeki yüklerin büyük bir bölümünü açıklığın uzağındaki sağlam kaya kütlesinin içlerine doğru iletir (Ünal, 1990).

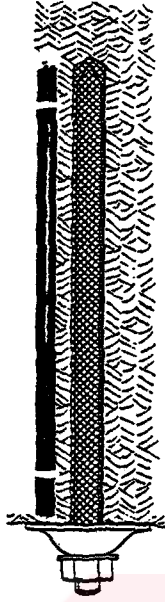
Kaya saplamalarının tabanyolu tahkimatı olarak kullanılması geliştirilme aşamasındadır. Önceleri, sadece tahkimat ile birlikte ek tahkimat olarak kullanılan kaya saplamaları, günümüzde tabanyolu-ayak girişinde çelik bağ tahkimatı ile birlikte tabanyolu kenar bölgesinin emniyete alınmasında, taban saplamaları olarak taban kabarmalarını önlemede ve koşulların elvermesi durumunda tabanyollarında ana tahkimat olarak kullanılmaktadır. Kaya saplamalarının ek tahkimat olarak uygulama esaslarına Bölüm 3.4.5 ve Bölüm 3.6'da değinilecektir. Bu bölümde sadece kaya saplamalarının tabanyollarında ana tahkimat olarak kullanılması üzerinde durulacaktır.

Kaya saplamalarının tabanyollarında elik hasır ile birlikte ana tahkimat olarak kullanılması aşağıdaki koşulların sağlanmasından sonra yaygınlaşmaya başlamıştır (Götze et al., 1982). Bunlar ;

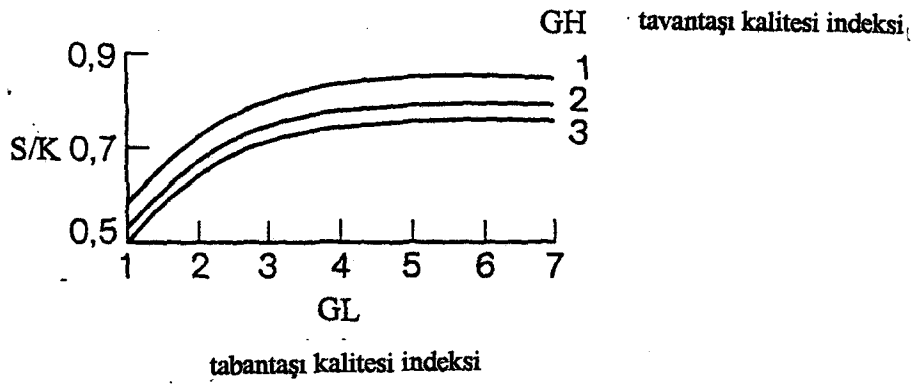
- a. tüm saplama boyunca ankrajlanan dolgulu (imentolu, reçineli) saplamaların, genişleme parçalı saplamaların yerine kullanılması;
- b. trapez kesitli açıklığın yerine kavisli açıklık kesitlerinin oluşturulması;
- c. tabanyolu kenar takviyesi olarak ağaç domuzdamların yerine erken yük taşıyabilme ve hızlı katılaşma özelliğine sahip olan monolitik kenar dolgularının kullanılması;
- d. tabanyollarında oluşması beklenen konverjansın gerçeğe yakın tahmin edilebilmesi için yaklaşımların geliştirilmesi;
- e. kaya saplamaları tahkimatını boyutlandırabilmek için, yeraltında gözlemler sonucunda oluşturulan ve bu koşullara uyum sağlayan teorilerin geliştirilmiş olmasıdır.

Böylece, kaya saplamalarının tabanyollarında daha emniyetli ve verimli bir şekilde kullanılabilmesi sağlanmıştır.

Kaya saplamaları sınırlı ölçüde esnekliğe sahiptir ve bu nedenle tabanyollarında ana tahkimat olarak uygulama alanları sınırlıdır. Genelde kullanılan ve rijit olarak nitelendirilen dolgulu kaya saplamaları için izin verilebilir esneme miktarı % 4, kritik esneme ise % 7 civarındadır. Bu saplamaların esneme sınırı ise % 10-15 arasında değişmektedir (Jacobi, 1981). şekil 3.29'da dolgulu (reçineli) bir kaya saplaması görölmektedir.



Şekil 3.29. Dolgulu (reçineli) kaya saplaması (WBK, 1988).



Şekil 3.30. S/K değerinin belirlenmesi (Götze et al., 1982).

Kaya saplamalarının, tabanyollarında asıl tahkimat olarak kullanılıp kullanılmayacağına karar verebilmek için bazı ön koşulların olması gerekmektedir (Reuther, 1989; DMT, 1991). Bunlar aşağıda sıralanmıştır.

- a. Tavan tabakalarının dayanımı kaya saplaması uygulaması için yeterli ($\sigma_c > 45 \text{ MPa}$) olmalıdır.
- b. Tavan tabakalarının minimum kalınlığı 0.2 m olmalıdır.
- c. Tavanın dayanımı su geliriyle birlikte azalmamalıdır.
- d. Tavan tabakasının 5 m üstüne kadar kömür damarı veya süreksizlik düzlemleri bulunmamalıdır.
- e. Kömür damarının kalınlığı, tabanyolu yüksekliğinin yarısını geçmemelidir.

Bu koşulların mevcut olması durumunda, kaya saplamalarının tabanyolunda asıl tahkimat olarak kullanılabilmesi için, tabanyolunda oluşması beklenen ve (9) no'lu eşitlik ile hesaplanan konverjans (K'), kritik konverjanstan (K_{kr}) küçük olmalıdır. Kritik konverjansın aşılması durumunda, kaya saplamalarının yeterli duraylılığı sağlayamayacağı öngörülmelidir (Götze et al., 1982).

Kritik konverjans K_{kr} ; tabanyolu yüksekliği h_o (m), tabanyolu genişliği b_o (m), kaya saplamalarının delik içinde çimentolanmış veya reçinelenmiş uzunluğu L (m), taban kabarmasının toplam konverjans içindeki kapanma oranına (S/K), tabanyolu tavan tabakalarında mevcut olabilen süreksizlikler ve komşu kömür damarlarının etkisini göz önünde bulunduran büyüklük p , açıklık çevresinde civatalanan arazi kemerinin yüzde esneme miktarına (d_m) bağlıdır (Götze et al., 1982). Kritik konverjansın hesaplanmasında kullanılan ve sadece dolgu kaya saplamalarının uygulanmasında geçerli olan bağıntı aşağıda verilmiştir:

$$K_{kr} = \frac{d_m * L}{h_o * (1 - \frac{S}{K} - (b_o - L) * \frac{p * d_m}{100 * L})} \quad (12)$$

Taban kabarmasının toplam konverjans içindeki kapanma oranı (S/K), Bölüm 3.3'de anlatılan tabantaşı kalitesi indeksi (GL) ile tavantaşı kalitesi indeksine (GH) bağlıdır. Tavantaşı kalitesi indeksi aynı tabantaşı kalitesi indeksi gibi hesaplanmaktadır. Kalite indeksi belirlenecek olan tavan tabakaları, tabanyolu genişliğindeki düşey mesafe için, tabanyolu tarafından kesilen tavan tabakaları ile kesilmeyen ve askıda olan tavan tabakalarından oluşmaktadır. GL ve GH belirlendikten sonra, Şekil 3.30'da verilmiş olan grafikten yararlanılarak, S/K değeri bulunur.

Kemer kesitli bir tabanyolunda, kaya saplamalarının kullanılabilmesi için, tavantaşı kalite indeksinin (GH) 3'den küçük ($\sigma_c > 45$ MPa) olmaması istenmektedir. Ayrıca, saplamaların yerleştirildiği tavan tabakalarının kalınlığının 0.2 m'den küçük olmaması şartı aranmaktadır (Götze et al., 1982).

Bir diğer büyüklük olan p ile, kaya saplamaları tahkimatının uygulanabilmesini yakından etkileyen, tavan tabakalarının jeolojik özelliklerinin göz önünde bulundurulabilmesi hedeflenmiştir. Bunun için p'ye, değişik tavan koşullarına bağlı olarak, farklı sayısal değerler verilmiştir. Bu değerler ve temsil ettikleri koşullar Çizelge 3.12'de verilmiştir.

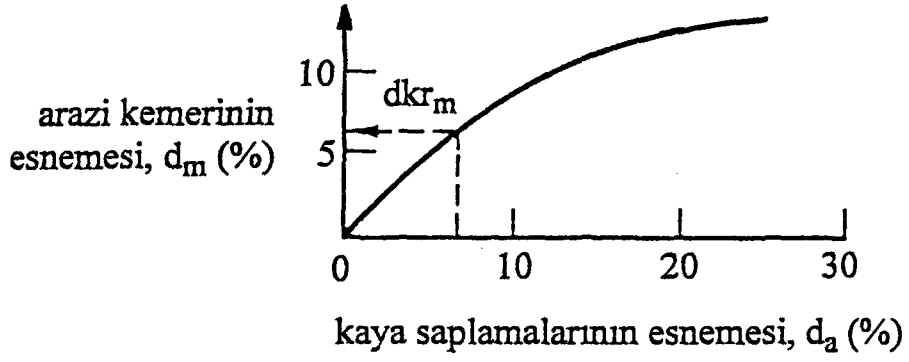
Çizelge 3.12. Farklı tavan koşullarını temsil eden p değerleri (Götze, Stephan ve Wiegand, 1982).

$p = 1$	tavan tabakalarında herhangi bir süreksizlik ve kömür bandı yok
$p = 0.5$	tabanyolu tarafından kesilen tavan tabakalarında bir süreksizlik düzlemi veya 0.2 metreden ince bir kömür bandı var
$p = 0$	kaya saplamaları ile civatalanan tavan tabakalarının içinde bir süreksizlik düzlemi veya 0.2 metreden ince bir kömür bandı var
$p = -0.5$	kaya saplamaları ile civatalanan tavan tabakalarının dışında ve düşey olarak tabanyolu genişliğinden daha kısa bir mesafede bir süreksizlik veya 0.2 metreden ince bir kömür bandı var
$p = -1$	kaya saplamaları ile civatalanan tavan tabakalarının dışında ve düşey olarak yaklaşık tabanyolu genişliğindeki mesafede 0.2 metreden daha kalın bir kömür damarı bulunmaktadır

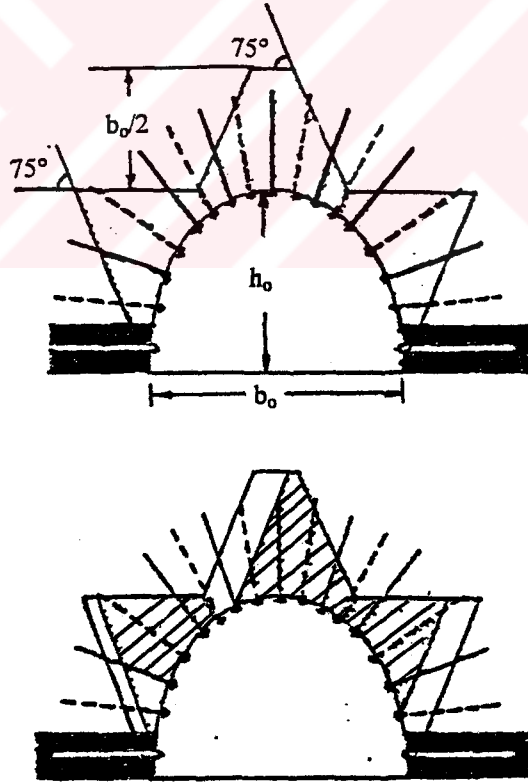
Kaya saplamalarının esnemesi (d_a) açıklık çevresindeki arazi kemerinin esnemesine (d_m) bağlıdır. Araştırmalar, dolgulu bir kaya saplamasında, % 7'lik bir esneme değerine kadar, iki büyüklük arasında yaklaşık doğrusal bir artış olduğunu göstermiştir (Şekil 3.31). Daha sonra kaya saplamalarının esneme oranı, arazi kemerine kıyasla daha hızlı artmaktadır. Almanya'da kavisli açıklık kesitlerinde, arazi kemerinin kritik esnemesi % 7 olarak alınmaktadır (Götze et al., 1982).

Çevre koşullarının uygun olması halinde, düşük eğimli ve kalın kömür damarlarında, bazen tabanyolları dikdörtgen veya trapez kesitli açılmaktadır. Trapez kesitlerde, arazi kemerinin kritik esnemesi (d_m), kavisli kesitlere kıyasla daha azdır ve % 4 olarak alınmaktadır. Bu fark, trapez kesitte saplamalarla desteklenen tavan tabakalarının eğilme ve burkulmalara karşı daha hassas olmasından kaynaklanmaktadır (Götze, 1981).

Kritik konverjansın (K_{kr}), beklenen konverjanstan (K') büyük çıkması durumunda, tabanyollarında kaya saplamaları uygulaması için en önemli koşul yerine getirilmiş



Şekil 3.31. Açıklık çevresindeki arazi kemerinin esnemesine bağlı olarak dolgu kaya saplamalarının esnemesi (Götze et al., 1982).



Şekil 3.32. Kemer kesitli açıklıklar çevresinde kırılıp serbest kalan en büyük kaya blokları (Götze, 1981).

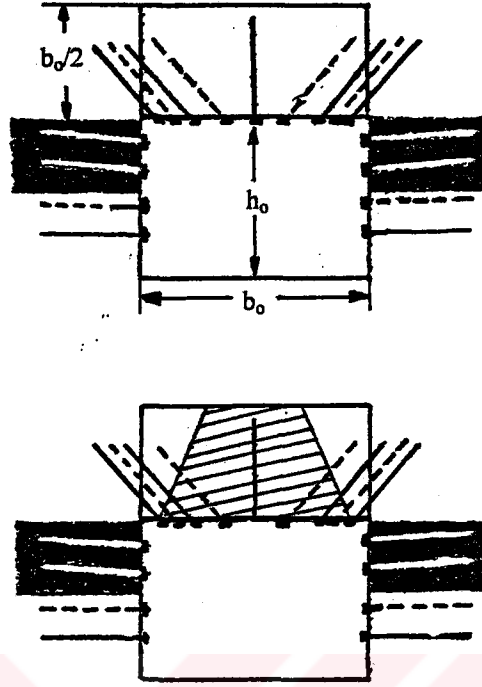
olur. Almanya`da, dolgulu kaya saplamalarının uygulandığı tabanyollarında, kritik konverjans ilk tabanyolu yüksekliğine göre ortalama % 15 civarındadır (Götze et al., 1982).

Duraylık incelemelerinde, kaya saplamaları tahkimatı ile, tavanda ve tabanyolu kenarında oluşan çatlak ile yarıklar nedeniyle, sürtünme kuvvetleri ile birarada tutulamayan kaya bloklarının emniyete alınıp alınamayacağı araştırılmaktadır (Götze et al., 1982).

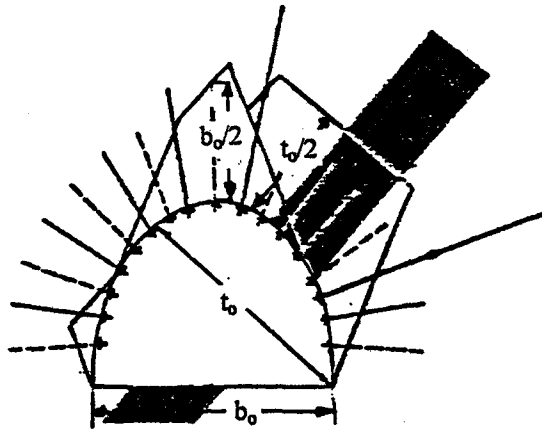
Yeraltında gerçekleştirilen gözlemler sonucunda, kemer kesitli açıklıklarda, kırılmalar neticesinde oluşan ve tavandan çökme tehlikesi gösteren en büyük kaya bloklarının trapez şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Tabanyolu kenarlarında kırılan kaya blokları ise üçgen şeklindedir (Şekil 3.32). Dikdörtgen kesitlerde ise, kaya bloğunun dikdörtgen şeklinde olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.33). Kırılmalar sonucunda serbest kalan kaya bloklarının yüksekliği, her iki kesit şekli için de yaklaşık tabanyolu genişliğinin yarısı kadar alınmaktadır (Götze, 1981).

Yatay tabakalarda, genel olarak tabanyolu genişliğinin 0.35-0.4 katı uzunluğundaki kaya saplamalarının kullanılması önerilmektedir (Götze, 1981). Genel olarak kaya saplamalarının uzunluğu, tabanyolu genişliğinin üçte birinden ($b_0/3$) kısa olmamalıdır. En yaygın kullanılan kaya saplaması uzunluğu 2.2 m dir (WBK, 1988).

Eğimli tabakalarda, kırılmalar sonucunda serbest kalan kaya blokları hem daha büyük olmakta, hem de yatay konuma göre daha farklı şekiller almaktadır (Şekil 3.34). Bu kesimlerde, daha uzun kaya saplamalarının kullanılması tavsiye edilmektedir (Götze, 1981).



Şekil 3.33. Trapez açıklıklar çevresinde kırılıp serbest kalan en büyük kaya blokları (Götze, 1981).

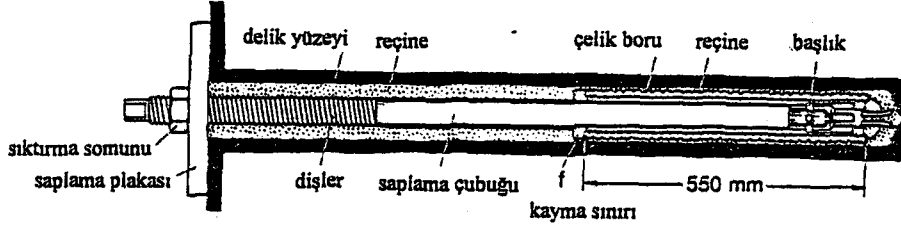


Şekil 3.34. Eğimli tabakalarda kırılmalar sonucunda serbest kalan en büyük kaya blokları (Götze, 1981).

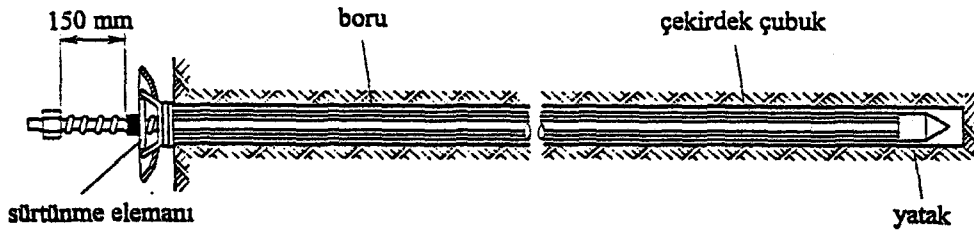
Düşey konverjansın % 15`den daha fazla olmasının beklendiği tabanyollarında da kaya saplamalarının kullanılabilmesi için, özel saplamalar geliştirilmiştir. Almanya`da Kaya Mekanîği ve Tahkimat Araştırma Merkezi (Forschungsstelle für Grubenausbau und Gebirgsmechanik) tarafından geliştirilen bir esneyebilen (sürtünmeli) kaya saplaması (Gleitanker) Şekil 3.35`de verilmiştir. Kaya saplaması; çelik boru, saplama gövdesinin çelik boruya yapışmasını sağlayan sentetik reçine harcından ve saplama çubuğundan oluşmaktadır. Saplama çubuğunun ucunda, reçinenin kesilmesini ve akmasını sağlayan, bir başlık bulunmaktadır. Yükleme karşısında saplama çubuğu, çekme kuvvetinin boru yüzeyi ile reçine arasındaki sürtünme kuvvetini aştığı an, boru içinde hareket etmektedir. Genelde sürtünmeli kaya saplamalarında saplama çubuğunun hareket kabiliyeti 550 mm ile sınırlı olmaktadır (Grotowsky, 1981; Jacobi, 1981).

Devam eden araştırmalar sonunda, rijit (kırılma anına kadar ilk çekme kuvvetinin yüksek olması) ile sürtünmeli (esneme kabiliyetli) kaya saplamalarının özelliklerini birleştiren bileşik kaya saplamaları (Kombianker) geliştirilmiştir (Götze, 1986; Stephan, 1993). Bu saplamalar hem düşey, hem de yatay yönde yeterli esneyebilme özelliğine sahiptir. Bileşik saplamalar temel olarak; saplamanın çekirdeğini oluşturan çubuk, çubuğun etrafını saran boru, delik ucunda esnemeyi sağlayan elemandan ve deliğin diğer ucundaki karşı yataktan oluşmaktadır (Şekil 3.36).

Yükler karşısında, önce çekirdek çubuk ile bu çubuğun etrafını saran boru birlikte direnç göstermektedir. Maksimum çekme kuvveti aşıldığında, boru yırtılmakta ve çekirdek çubuğun esneme özelliği faaliyete geçmektedir. Esneme sınırından sonra, çekirdek çubuğun kırılma kuvvetine kadar, saplama işlevine devam etmektedir (Stephan, 1993).



Şekil 3.35. Sürtünmeli kaya saplaması (WBK, 1988).



Şekil 3.36. Bileşik kaya saplaması (Stephan, 1993).

Bileşik saplamalarda, esneme miktarı 150 ile 200 mm arasında değişmektedir. Bu saplamaların esneme elemanlarında, yüklenmeler karşısında, açıklık içine sarkmış olan çubuk uzunluğu azaldığından, uygulama sırasında esneme miktarı gözlem altında tutulabilmektedir (Stephan, 1993). Şekil 3.37'de tabanyolunda bileşik kaya saplamalarının, çelik hasır ile birlikte, uygulaması görülmektedir.

Modeller üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar, çevre koşullarının uygun olması durumunda ($GH < 3$), rijit kaya saplamalarında sınır konverjans değerinin maksimum % 19, sürtünmeli kaya saplamalarında da % 40 civarında olabileceğini göstermiştir. Modeller üzerinde elde edilen değerler ise yeraltında henüz tam olarak kanıtlanamamıştır (Stephan, 1993).

Kaya saplamaları tahkimatının tasarlanması, ayrıntılı bir planlama gerektirmektedir. Özellikle tabanyolları, galerilere kıyasla dinamik yüklerin etkisinde kaldığından, tasarım daha da karmaşık hale gelmektedir. Kaya saplamaları tahkimatı boyutlandırılırken, serbest kalan kaya bloklarının sağlam tavan tabakaları aracılığıyla askıya alınması esas alınmaktadır. Boyutlandırma sırasında aşağıdaki etkenler göz önünde bulundurulmalıdır (Götze, 1981). Bunlar;

- a. Delik delme yöntemi. Bu yöntem ile delinebilecek maksimum delik uzunluğu ve dolayısıyla saplama uzunluğu belirlenmektedir.
- b. Kullanılan kaya saplamalarının özellikleri. Bunlardan özellikle esneme yeteneği ve kopma kuvveti önemlidir.
- c. Kaya saplamalarının dizilişi ve adedi.
- d. Kaya saplamalarının aynı sıra içindeki aralıkları ve sıralar arasındaki mesafe.
- e. Kullanılacak çelik hasırın özellikleridir.



Şekil 3.37. Tabanyolunda bileşik kaya saplamalarının çelik hasır ile birlikte uygulaması.

	takviye yok	esnek takviye ağaç domuzdamı	kırtı takviye monolitik dolgu
kemer kesit			
trapez kesit			
uygulama koşulları	çok kırılğan yan kayaçlar	yumuşak yan kayaçlar	sert yan kayaçlar

Şekil 3.38. Tek taraflı çalışmada farklı tavan ve taban koşullarında uygulanması tavsiye edilen tabanyolu kenar takviye türleri (Jacobi, 1981).

Kaya saplamalarından oluşan tabanyolu tahkimatı, uygulama sırasında sürekli gözlem altında tutulmalıdır. İzin verilebilecek maksimum konverjans aşıldığı zaman, mutlaka ek tahkimat önlemleri alınmalıdır.

Tabanyollarında kaya saplamaları tahkimatı, diğer tahkimat türlerinden daha fazla mühendislik ve tasarım yeteneği gerektirmektedir. Günümüzde, uygulama alanı ve sınırlarının, özellikle tabanyoluna uygun özel saplamaların, geliştirilmesine devam edilmektedir.

3.4.3 Tabanyolu Kenar Takviyeleri

Ayağın geçişini hemen takiben tabanyolunun ayak tarafı, göçüğe doğru sarkan ve kırılan yalancı tavan tabakaları ile onların üzerinde bulunan ana tavan tabakalarındaki alçalmanın etkisinde kalmaktadır. Bu durumda tahkimat aşırı ve asimetrik yüklenmelere maruz kalmakta ve tabanyolları konverjanslara ve kesit daralmalarına uğrayabilmektedir. Bunu önlemek amacıyla, maksimum genişliği 1.5 damar kalınlığını aşmayacak şekilde, tabanyolu kenar takviyesi yapılmaktadır (DMT, 1991). Bu takviyenin temel işlevleri şu şekilde özetlenebilir (Gerçek, 1992):

- a. Tabanyolu tavanında yer alan tabakalara ayak tarafında bir destek oluşturarak bunların kemerleşmesini sağlamak, dolayısıyla da asıl tahkimatın (bağların) aşırı ve asimetrik yüklenmelere maruz kalmasını önlemek.
- b. Tabanyolunun göçük tarafında yalancı tavan tabakalarının düzgün bir hat boyunca kırılmasını sağlayarak tabanyolu tahkimatını etkileyecek konumdaki çatlakların oluşmasını önlemek.
- c. Tabanyolunun iki kenarı arasındaki konverjans farkını minimum seviyede tutmak.

d. Havalandırma etkinliğinin azalmasına ve göçükte kalan kömürün kendiliğinden yanmasına neden olabilecek hava kaçaklarını önlemektir.

Tabanyolu kenar takviyesinin etkili olabilmesi için, yan kayaçların yapısı dolgunun düzgün bir şekilde yük almasına uygun olmalıdır. Bu durum ancak sağlam ve düzgün tavan ve taban koşullarında sağlanabilmektedir (Jacobi, 1981). Şekil 3.38'de, tek taraflı çalışmada, farklı tavan ve taban koşullarında uygulanması tavsiye edilen dolgu türleri verilmiştir. Tavan ve taban tabakalarının farklı dayanımlara sahip olması durumunda, kenar dolgunun seçiminde esas olan tavanın yapısıdır (Jacobi, 1981).

Yalancı tavanın çok kırılğan ve küçük parçalara ayrılabilir olması durumunda, tabanyolu kenarı dolgusuz kalabilir. Burada önemli olan husus kenar boşluğunun kırılan kaya parçaları ile iyice dolmasıdır (Jacobi, 1981; DMT, 1991). Böyle tavan şartlarına nadiren rastlandığından, uygulama alanı kısıtlıdır.

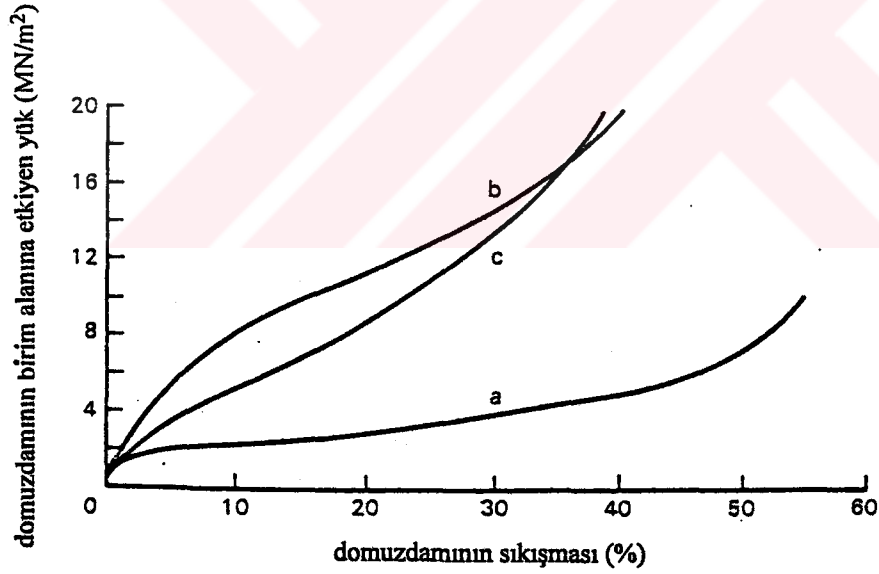
3.4.3.1 Ağaç domuzdamı dolguları

Yumuşak yankayaçta ($\sigma_c < 25$ MPa) kenar takviyesi olarak tavsiye edilen (Jacobi, 1981) ağaç domuzdamı uygulamaları, genel olarak kendi içinde üçe ayrılmaktadır (Şekil 3.39). Bunlar;

- a. içi boş olan ağaç domuzdamları,
- b. içi taşla doldurulan ağaç domuzdamları ve
- c. boşluk bırakılmadan yığılan direklerden oluşan damlar.



Şekil 3.39. Tabanyolu kenar takviyesi olarak çeşitli ağaç domuzdamı uygulamaları (WBK, 1985).



- a- içi boş olan ağaç domuzdamlar
- b- içi taşla doldurulan ağaç domuzdamlar
- c- boşluk bırakılmadan yığılan direklerden oluşan damlar

Şekil 3.40. Değişik ağaç domuzdamı uygulamalarının, farklı sıkışma miktarlarında, birim alan başına taşıdıkları yükler (Jacobi, 1981).

şeklindedir. Bu uygulamalar, esneyen ve geç yük taşıyan kenar takviyeleridir. Ağaç domuzdamları yeterli taşıma kapasitesine ve tavan-taban arasına iyice sıkılanması durumunda yatay yüklere karşı da direnç gösterme özelliğine sahiptir. İşçiliğin zor oluşu ve esnek yapıları nedeniyle maksimum taşıma kapasitelerine ayağın ancak 20-80 m gerisinde ulaşmaları ise en önemli dezavantajlarıdır.

Klasik ağaç domuzdamları, taşlı türe kıyasla, yükler karşısında daha fazla sıkışmakta ve geç yük almaktadır. Boşluk bırakılmadan yığılan direklerden oluşan damlar ise klasik ağaç domuzdamlarından daha fazla yük taşıma kapasitesine sahiptir ve esneme özelliği daha azdır (WBK, 1985). Şekil 3.40'daki grafikte değişik ağaç domuzdamı uygulamalarının, farklı sıkışma miktarlarında, birim alan başına taşıdıkları yükler verilmiştir.

Tabanyolu kenar takviyesi olarak ağaç domuzdamı uygulamasında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir (WBK, 1985; DMT, 1991):

- a. Domuzdamının kurulduğu yer kömür ve kaya parçalarından temizlenmiş olmalıdır.
- b. Domuzdamı mutlaka tavan ile tabantaşı arasında kurulmalıdır.
- c. Domuzdamının tavan ile taban arasına iyice sıkılanması gerekmektedir.
- d. Taban taşının hemen üzerinde yer alan direkler tabanyolu eksenine dik yerleştirilmelidir.
- e. Tavan taşının hemen altında yer alan direklerin tabanyolu eksenine dik olması daha olumludur.
- f. Direkler mutlaka aynı doğrultuda dizilmeli ve diklikten sapmamalıdır.
- g. Özellikle kemer kesitli açıklıklarda, çelik bağlar ile domuzdamı arasındaki boşluğun uygun bir malzeme ile mutlaka doldurulması gerekmektedir.

Tabanyolu kenar takviyesi olarak ağaç domuzdamlarının tasarımında en önemli husus dolgu genişliğidir. Genel bir kural olarak, ağaç domuzdamlarından oluşan dolgu genişliğinin, damar kalınlığının % 60'ı kadar olması önerilmektedir. Ağaç domuzdamlarını oluşturan direklerin minimum boyu ise, özellikle tek sıra ağaç domuzdamı uygulamasında, 1.2 m'nin altına düşmemelidir (WBK, 1985).

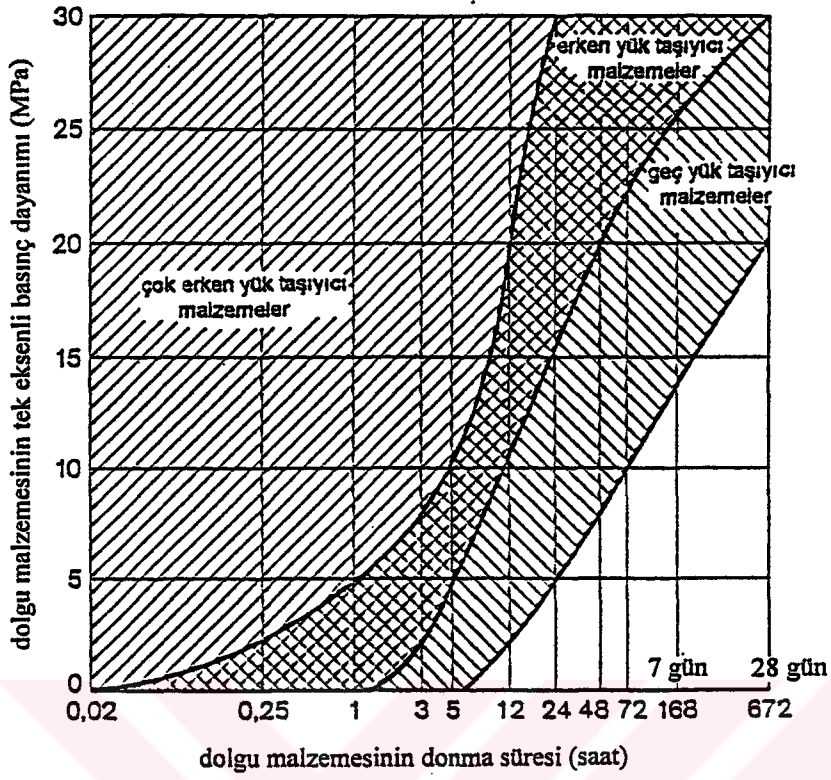
Araştırmalar, birden fazla sıra ağaç domuzdamları uygulamasının, kenar takviyenin taşıma kapasitesini artırmadığını, bunun aksine daha geniş bir tavan alanının yükü tabana iletiğinden, taban kabarmalarını daha da artırdığını göstermiştir. Bu nedenle dolgu olarak, tek sıra ağaç domuzdamlarının uygulanması tavsiye edilmektedir (DMT, 1991).

3.4.3.2 Monolitik dolgular

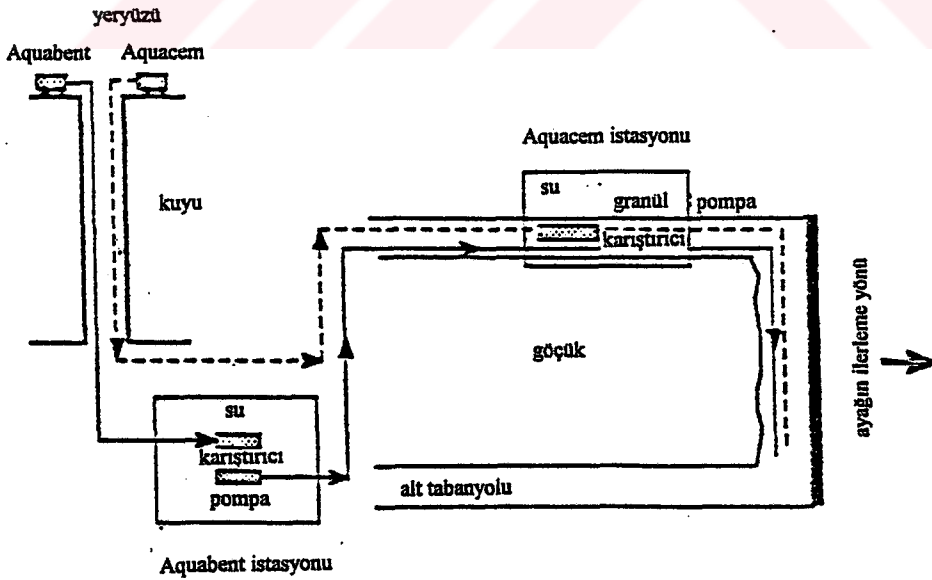
Su katılınca sertleşen anhidrit veya çimento esaslı malzemelerden yapılan monolitik dolguların sağlam yankayaçlarda ($\sigma_c > 25$ MPa) kullanılması önerilmektedir. Bu dolgu türü erken yük taşıma özelliğine sahiptir (Götze, 1984; DMT, 1991). Kullanılan dolgu malzemeleri de, donma süresi ve dayanıma bağlı olarak, üç sınıfa ayrılmaktadır (Şekil 3.41). Bunlar; çok erken, erken ve geç yük taşıma özelliğine sahip dolgulardır (Reuther, 1989).

Tabanyolu kenar takviyesi olarak monolitik dolgu uygulamalarında, dolgu malzemesi ve yönteminin seçiminde aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır (Whittaker, 1993):

- a. Dolgu malzemesi, tavan ile taban arasında, boşluk kalmayacak şekilde doldurulabilmelidir.



Şekil 3.41. Geç, erken ve çok erken yük taşıma özelliğine sahip dolguların sınıflandırılması (Reuther, 1989).



Şekil 3.42. Aquapak sisteminin şematik görüntüsü (Ünver, 1988).

- b. Dolgu hızlı bir şekilde katılaşabilmeli ve etkiyen yüklere karşı erken direnç oluşturabilmelidir.
- c. Dolgu, çatlamlar ve kırılmaları önlemek için, bir miktar esnekliğe sahip olmalıdır.
- d. Dolgu, ayağın gerisindeki tabakaların alçalmalarını ve eğilmelerini minimum düzeye indirebilmek için, ayağın kazı arınına elverdikçe yakın uygulanabilmelidir.

Ayakların ilerleme hızları da dolgu malzemelerinin seçiminde önemli bir etkindir. Günlük ayak ilerleme hızının 2 m'den fazla olması durumunda erken yük taşıma özeline sahip dolgu malzemeleri, hızın 6 m'den yüksek olması durumunda ise çok erken yük taşıma özelliğine sahip dolgu malzemelerinin kullanılması önerilmektedir (Götze et al., 1984).

Monolitik dolgularda, tabanyolunun kenar boşluğu düzgün bir şekilde dolduğundan, gerilmeler bakır kömür tarafında yoğunlaşmayarak üniform olarak dağılmaktadır (Reuther, 1989). Kenar takviyesi olarak kullanılacak monolitik dolgunun tek eksenli basınç dayanımının, tavan ve taban kayaçlarının dayanımına yakın bir değerde olması, tabanyollarının duraylılığı açısından olumlu sonuçlar vermektedir (Jacobi, 1981).

Dolgu malzemelerinin taşınma ve uygulama şekline göre, sulu (hidrolik) ve havalı (pnömatik) olmak üzere, iki farklı yöntem uygulanmaktadır. Havalı yöntemde, basınçlı hava yardımıyla iletim borusu içinde taşınan malzeme, katkı malzemelerinin karıştığı nozüle gelir. Hava akımı içindeki malzemeye, nözüle terketmeden hemen önce su enjekte edilir ve yüksek hızla nozülden püskürtülen karışım dolgu cebine doldurulmaktadır. Sulu yöntemde, su da dahil olmak üzere tüm katkı maddeleri

dolgu malzemesi ile iyice karıştırıldıktan sonra, iletim borusuna aktarılır. Buradan karışım nozüle gönderilir ve yüksek hızla dolgu cebine püskürtülmektedir. Tabanyollarında monolitik dolgu uygulamalarında, havalı yöntemin sulu yöneme tercih edilmesinin nedenleri kısaca şunlardır (Reuther, 1989):

- a. Sulu yöntemle oluşturulan dolgular genelde geç yük taşıma özelliğine sahiptir.
- b. Sulu sistem havalı yöneme göre daha karmaşıktır.
- c. Sulu yöntemde dolgunun tavana sıkı bir şekilde doldurulması havalı yöneme göre daha güçtür.

Modern uzunayak kömür madenciliğinde, kullanılan dolgu malzemesine göre, pompalanabilir özellikte olan çeşitli monolitik dolgu sistemleri mevcuttur. Bunlardan bazıları şunlardır:

- a. Çimento ve bentonit esaslı iki karışıma bol miktarda su katılarak uygulanan sistemler (Aquapak, Tekpak).
- b. Termik santral külünü dolgu malzemesi olarak kullanan sistemler (Flashpak).
- c. Suyu birlikte dolgu malzemesi olarak anhidrit kullanan sistemler (doğal ve sentetik anhidrit).
- d. Çimento, agrega ve su karışımından oluşan pompalanabilir betona dayalı sistemler.

Aquapak Sistemi

Aquapak sisteminde, ana dolgu malzemesi olarak iki temel malzeme kullanılmaktadır. Aquacem, ana bileşeni alelade Portland çimentosu (OPC: ordinary Portland cement) olan bir çimento karışımı ve prizlenme süresini kontrol

eden bir katkı malzemesinden oluşmaktadır. Aquabent ise, eşit miktardaki sodyum karbonat ve bentonit karışımıdır.

Sistemde başlıca iki istasyon gerekmektedir. Aquabent istasyonu, ayaktan 3000 m'ye kadar uzakta kurulabilmekte olup; karıştırıcı tankı, pistonlu pompa ve güç ünitesinden meydana gelmektedir. Aquacem istasyonu da temelde aynı ekipmanlardan meydana gelmekle beraber, ayaktan uzaklığı 300-750 m arasında değişmektedir. Buradan malzemeler dolgunun yapılacağı yere ayrı ayrı iki hatla (bir hattan aquabent, diğer hattan aquacem olmak üzere) pompalanır. Dolgu duvarı bölgesinde, dolguya başlamadan önce, dört taraftan ve tavandan dolgu cebini çevreleyecek şekilde çelik kafesler yerleştirilir ve cebin çevresi dıştan hidrolik direklerle desteklenir. Daha sonra kafesin içine su geçirmezliği sağlayan dolgu torbası yerleştirilir. Aquapak/su ve Aquacem/su karışımları ayrı ayrı iki koldan torbanın üstünden eşit miktarda debilerde akıtılarak torba tavana kadar doldurulur. Sistemin şematik görünüşü Şekil 3.42'de verilmiştir. Karışım yaklaşık 20 dakika içinde prizlenerek dayanım kazanmaya başlamaktadır (Gerçek, 1992).

Aquapak dolgu sisteminde 1 m³'lük dolgu malzemesi hacımsal olarak, % 85 su, % 14 Aquacem ve % 1 de Aquabent içerir. 1m³'lük dolgu için 450 kg Aquacem ve 50 kg da Aquabent kullanılmaktadır (Clark and Newson, 1985; Gerçek'ten, 1992). Ayrıca, dolgu malzemesinin yük altında kırılmadan yaklaşık % 5-10 yükseklik kaybına uğrayabildiği belirtilmektedir. Dolgu malzemesinin dayanımı ile ilgili değerler 1 saat sonunda 0.35 MPa, 2 saat sonunda 0.60 MPa, 24 saat sonunda 1.20 MPa, 7 gün sonunda 4.00 MPa ve 28 gün sonunda 5.00 MPa olarak rapor edilmiştir (Forrest, 1984; Gerçek'ten, 1992).

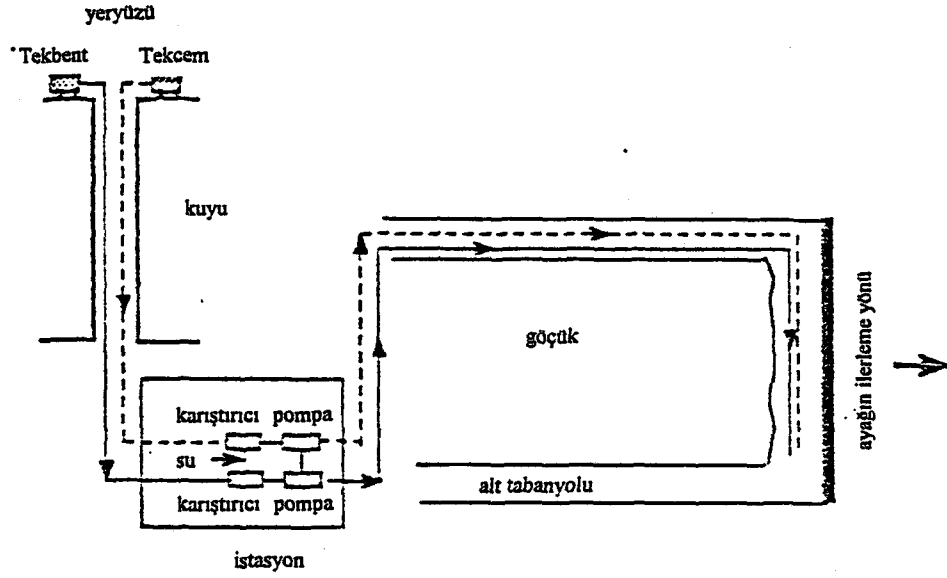
Tekpak Sistemi

Tekpak sistemi Aquapak sistemini daha da ekonomik hale getirmek üzere geliştirilmiş bir sistemdir. Sistem gerek ekipman, gerek malzeme ve gerekse de uygulama açısından Aquapak sistemine çok benzemektedir. Aquapak'da olduğu gibi iki temel karışım malzemesi vardır. Zengin alümina çimentosuna dayanan Tekcem ile bir çeşit bentonit, kireç kaymağı, jips, anhidrit ve çok az miktarda hızlandırıcının karışımı olan Tekbent ayrı ayrı istasyonlarda suyla (2.5:1'lik su/katı oranında) karıştırılıp pompalandığında ve dolgu cebindeki torbaya akıtılarak karıştırıldığında, yaklaşık yarım saat içinde prizlenen bir dolgu malzemesi elde edilmektedir (Gerçek, 1992). Sistemin şematik görünüşü Şekil 3.43'de verilmiştir.

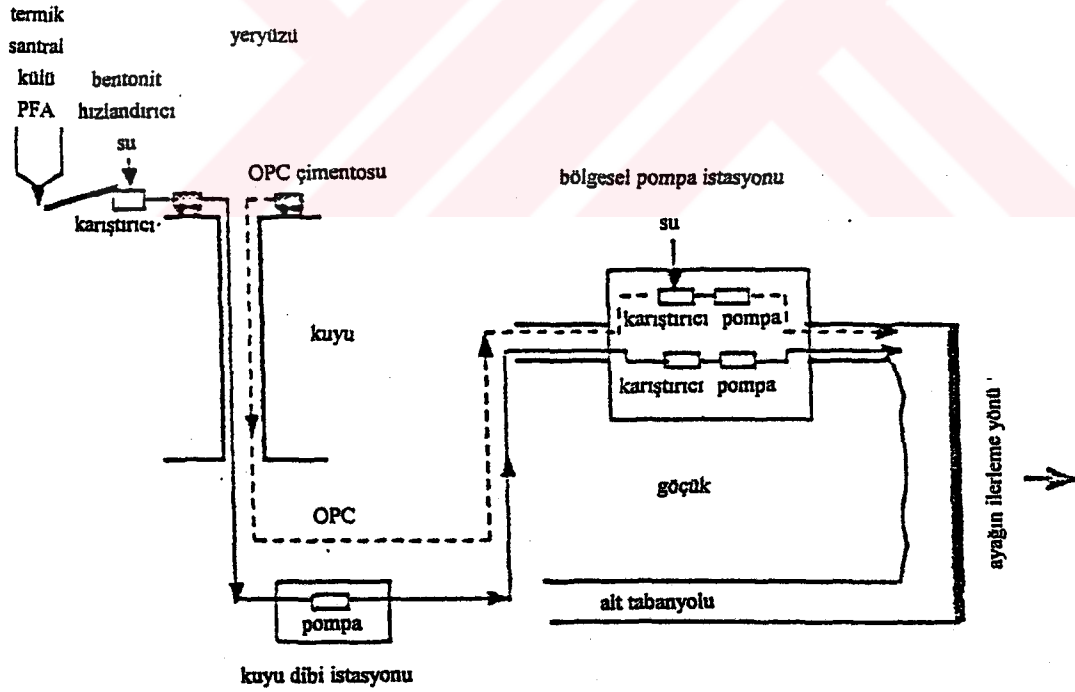
1 m³ Tekpak dolgu malzemesinin bileşimi yaklaşık olarak 182 kg Tekcem, 182 kg Tekbent ve 910 kg sudan (hacimce % 91) oluşmaktadır. Tekpak sisteminde Aquapak'a göre daha az malzeme kullanılmaktadır. Bunun yanında pompalanan karışımın boru içinde donma riski daha azdır ve kullanılan malzeme borular için daha az aşındırma özelliğine sahiptir. Dolgunun dayanımı ile ilgili değerler 2 saat sonunda 0.7 MPa, 24 saat sonunda 2.5 MPa ve 7 gün sonunda 5.0 MPa olarak rapor edilmektedir (Clark and Newson, 1985; Gerçek'ten, 1992).

Flashpak Sistemi

Flashpak sistemi, nispeten düşük maliyetli malzemelerin karışımından elde edilen dolgu malzemesi esasına dayanmaktadır. Sistemde kullanılan malzeme başlıca iki temel sulu karışımın bileşiminden oluşmaktadır. Birincisi; termik santral külü, bentonit (karışımın akıcılığını sağlama maddesi) ve demir sülfatın (en son karışımında prizlenmeyi hızlandırıcı madde) suyla karışımı; ikincisi ise pompalanma sırasında



Şekil 3.43. Tekpak sisteminin şematik görüntüsü (Ünver, 1988).



Şekil 3.44. Flashpak sisteminin şematik görüntüsü (Ünver, 1988).

çimento şerbetinin prizlenmesini geciktirmek üzere az bir miktar şeker katılmış alelade Portland çimentosu (OPC) ile suyun karışımından oluşmaktadır. Genellikle birinci karışım yeryüzünde elde edilmekte ve büyük miktarlarda yeraltına gönderilmektedir. Dolgu yapılan bölgede her iki karışım özel bir tabanca ile karıştırılarak birlikte püskürtülmektedir. Karışım hemen bir jel haline gelip anında katılaşmaya başladığı için malzemeye "Flashpak" adı verilmektedir. Bu özellik sayesinde, dolgu duvarı yapımı sırasında özel kalıp gerekmemekte, yalnızca dolgu duvarı bölgesini çevreleyen tahkimata asılan çelik levhalar kullanılmaktadır. Pompalama devam ettikçe, dolgu duvarı birbiri üzerine gelen tabakalar halinde aşağıdan yukarıya doğru inşa edilmektedir (Gerçek, 1992). Sistemin şematik görünüşü Şekil 3.44'de verilmiştir.

1 m³ dolgu için gerekli malzeme birinci karışım için (kül/su oranı 2:1); termik santral külü 930 kg, demir sülfat 100 kg, bentonit 9 kg dır. İkinci karışım için (çimento/su oranı 5:3); alelade Portland çimentosu 255 kg, şeker 1kg dır. Flashpak sistemi ile yapılan dolgu duvarı malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı ile ilgili değerler 2 saat sonunda 0.45 MPa, 24 saat sonunda 1.6 MPa ve 7 gün sonunda da 4.4 MPa olarak rapor edilmiştir (Clark and Newson, 1985; Gerçek'ten, 1992).

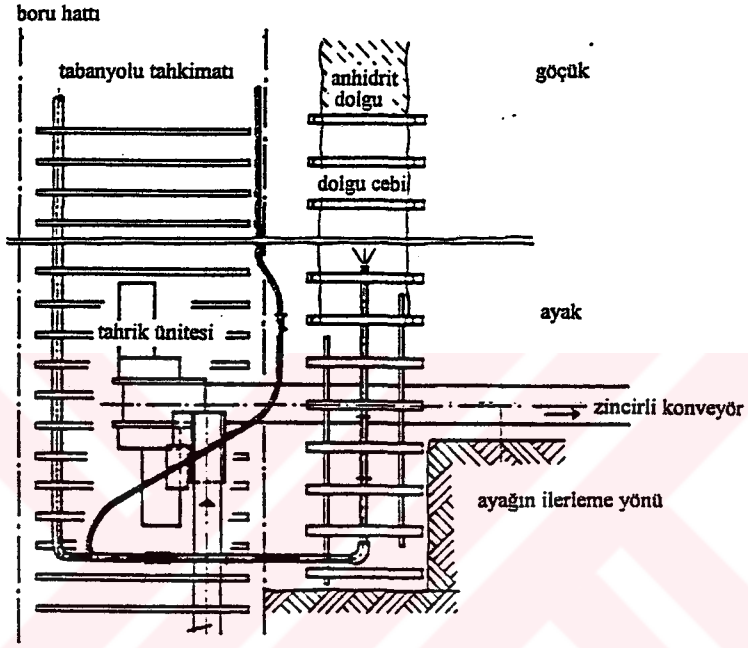
Anhidrit Sistemi

Monolitik dolgularda, dolgu malzemesi olarak, doğal ve sentetik anhidrit (CaSO_4) kullanımı geniş uygulama alanı bulmaktadır. Anhidrit suyla karıştırıldığında kuvvetli ve sert bir madde olan dihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)'a dönüşmektedir. Bu dönüşüm, dolgunun gerektirdiği çabuklukta olmadığı için, anhidrit dolgunun bir an önce katılaşmasını sağlayan hızlandırıcıya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla, ağırlıkça % 1 oranında anhidrite katılan potasyum sülfat (K_2SO_4)/demir sülfat

($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) karışımı kullanılmaktadır. Potasyum sülfat/demir sülfat karışımı, oran itibarıyla, doğal anhidritte 1:1.8; sentetik anhidritte ise 1:1 olarak uygulanmaktadır (Reuther, 1989).

Anhidrit dolgu sisteminde, dolgunun dayanımı ve hızlı bir şekilde katılaşması açısından, su/anhidrit ağırlık oranı çok önemlidir. Gereğinden düşük bir oran düşük dayanıma ve uzun katılaşma süresine sebep olmaktadır. Yüksek bir oran ise, özellikle hidrolik yöntemde, iletim borularında tıkanmalara neden olabilmektedir. En uygun yapıyı ve dolgu dayanımını sağlamak için su/anhidrit ağırlık oranı doğal anhidritte % 8 ile 10 arasında tutulmaktadır. Sentetik anhidritte ise, su/anhidrit ağırlık oranı % 22 ile 36 arasında uygulanmaktadır. Bu nedenle, doğal anhidritte sadece havalı yöntem uygulanabilirken, sentetik anhidritte hem havalı hem de sulu yöntem kullanılabilir (WBK, 1981).

Yöntemin havalı uygulamasında, ana tabanyoluna yakın bir yerde, ana yol üzerinde önce bir depo yapılır. Vagonlarla veya monoray taşıyıcılarla kuyu dibinden taşınan anhidrit burada depolanır. Toz halindeki anhidrit, kompresör aracılığı ile boru hattından dolgu yerine taşınmakta. Daha sonra, hızlandırıcı kuru halde anhidrite karıştırılmaktadır. Su, bu karışıma malzemenin boşaltılma noktasına yakın bir yerde olan özel bir nozül vasıtasıyla katılmakta ve karışım dolgu cebine püskürtülmektedir. Sistemin tabanyolu ve ayak girişindeki plan görünümü Şekil 3.45'de gösterilmiştir. Yöntemin sakıncalı yanları, büyük hacımdaki dolgu malzemesinin yerüstünden taşınmasının zorluğu ve anhidritin aşındırıcı özelliğinden dolayı, pompalandığı boruların uzun ömürlü olmaları için özel olarak astarlanmış olmasının gerekliliğidir (WBK, 1981).



Şekil 3.45. Anhidrit dolgu sisteminin tabanyolu ve ayak girişindeki plan görünümü (WBK, 1981).

Sulu yöntemde önceden özel bir tankta su ile karıştırılan dolgu malzemesi ve hızlandırıcı, 200-300 m uzunluğundaki (özel incelticilerle bu mesafe artırılabilmekte) bir iletim borusundan taşınarak dolgu yerine püskürtülmektedir (WBK, 1981).

Almanya'da, yeraltında gerçekleştirilen ölçümler sonunda, kurallara uygun bir şekilde tatbik edilen ve erken yük taşıma özelliğine sahip monolitik anhidrit dolguların, % 5'lik düşey sıkışma sonunda, birim alan başına ortalama 20 MPa yük aldıkları tespit edilmiştir (DMT, 1991).

Beton Dolgular

Çimento, agrega ve su karışımından oluşan pompalanabilir beton bir başka monolitik dolgu sistemidir. Dolgunun dayanımı ve özelliklerini etkileyen en önemli faktörler; su/çimento oranı, agrega/çimento oranı ve agreganın boyutu, şekli ve türüdür. Dolgunun verimli ve ekonomik olabilmesi bu parametrelerin doğru olarak seçilmesine bağlıdır. Pratikte yüksek bir dayanım elde etmek için mümkün olan en düşük su/çimento oranının seçilmesi önerilmektedir. Agregası olarak kum, çakıl, termik santral külü, kalker gibi çeşitli malzemeler kullanılabilir (İstanbuluoğlu, 1988).

Diğer Dolgular

Ticari olarak çok sayıda monolitik dolgu malzemeleri ve sistemleri mevcuttur. Bunların geliştirilmesi çalışmaları, temelde malzemenin pompalanma süresinin (dolayısıyla pompalanma mesafesinin uzaması) ve katı madde miktarının azaltılması yönünde olmaktadır. Bu amaçla, örnek olarak, İngiltere'de Tekpak XX ve

Hydropak sistemleri geliştirilmiştir. Tekpak XX dolgu malzemesi özgün Tekpak sistemine benzemekte olup, bileşenleri Tekbent XX ve Tekcem XX den oluşmaktadır. Hydropak sistemi de Packset ve Packbent bileşenlerinde meydana gelmektedir. Bu sistemlerde çimento karışımının pompalanabilme süresi 24 saate çıkmıştır (Gerçek, 1992).

Dolgu malzemeleri temel olarak üç ana elemandan oluşmaktadır. Bunlar; bağlayıcı malzeme olarak çimento, çimento ile karıştırılan katkı malzemeleri ve kimyasal katkılarıdır (hızlandırıcılar). Almanya'da kullanılan bazı katkı malzemeleri kumlu kuvars, kumlu kireçtaşı, termik santral külü ve kireçli marndır (Reuther, 1989). Çizelge 3.13'de çeşitli dolgu malzemelerinin teknolojik özellikleri verilmiştir.

Monolitik kenar takviyelerinin farklı çalışma koşullarına uyumu, dolgu kalitesinin değiştirilmesi ile değil, farklı dolgu genişliklerinin seçimi ile sağlanmalıdır (DMT, 1991). Modeller üzerinde yapılan deneyler sonucunda maksimum tabanyolu dolgu genişliğinin; damar kalınlığı veya dolgu yüksekliği, dolgunun taşıma kapasitesi (dayanımı) ve taban kayacın tek eksenli basınç dayanımına bağlı olduğu tespit edilmiştir (Götze et al., 1984).

Monolitik dolguların tasarımında en önemli konu dolgu genişliğidir. Maksimum genişliğin aşılması durumunda kenar dolgusu, gerilmelerin etkisiyle, taban tabakalarını açıklığa doğru itmekte ve tabanyolu tahkimatında deformasyonlara sebep olmaktadır (Götze, 1984).

Çizelge 3.14'de Alman kömür madenciliğinde, tek taraflı çalışma şeklinde, tavana iyice sıkılanmış tabanyolu kenar takviyesi için önerilen genişlikler verilmiştir. Hiçbir verinin bulunmaması durumunda kenar dolgusu genişliğinin damar kalınlığının

Çizelge 3.13. Çeşitli dolgu malzemelerinin teknolojik özellikleri (Jacobi, 1981).

Dolgu ismi	Doğal anhidrit	D8S	Bergbaumörtel P	Bergbaumörtel H	Sentetik anhidrit	Blitzdammer	Sentetik anhidrit
Dolgu yöntemi	havalı	havalı	havalı	havalı	havalı	sulu	sulu
Ana bileşenleri	CaSO ₄	çimento, kireçli kum, santral külü	çimento, kireçtaşı	çimento, kireçtaşı	CaSO ₄	çimento, marn	CaSO ₄
Malzeme özelliği	taneli	taneli	taneli	taneli	toz	toz	toz
Tane boyutu (mm)	< 10	< 8	< 4	< 2	< 1	< 1	< 1
Malzeme ihtiyacı (t/m ³)	2.0-2.2	1.8	2.0-2.2	1.7-1.9	1.35	1.19	1.35
Su/katı oranı	0.07-0.1	0.13-0.15	0.08-0.11	0.14	0.15	0.50	0.36
Aşınma faktörü*	1	0.26	1.17	-	0.20	0.10	0.20
Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	5.0-7.0	12.0	6.0	-	15.8	-	3.0
5 saat	20.0	19.7	21.0	11.2	35.65	6.35	11.0
24 saat	45.0	58.8	30.6	34.0	83.5	29.8	32.6
Eğilme dayanımı (MPa)	1.2	2.5	1.8	-	3.15	-	1.4
5 saat	3.5	3.8	3.5	3.2	5.25	2.45	5.8
24 saat	8.0	6.3	7.0	7.4	9.8	5.0	9.2

* Doğal anhidritin iletim borularında yarattığı aşınma 1 olarak kabul edilmiştir

Çizelge 3.14. Alman kömür madencilğinde, tavana iyice sıkılanmış tabanyolu kenar dolgusu için önerilen genişlikler (Jacobi, 1981).

Kullanım		Eğim			
		0-22.5°		22.5°-36°	
		Dönümlü	İlerletimli	Dönümlü	İlerletimli
İlk başlangıç devresi (göçük oluşmadan)		0.7 H		1.5 H	
Göçmeye başladıktan sonra	Sert yan kayada	0*-0.7 H	1. H	0*-1. H	1.5 H
	Orta-sert yan kayada	0*-0.7 H	0.7 H	0*-0.7 H	1. H
	Yumuşak yan kayada	0*-0.35 H**	0.35 H**	0*-0.5 H	1. H
				2.0 H	
				0*-1. H	
				0*-1. H	
				0*-0.7 H	

H: damar (üretim) kalınlığı

(*) tekrar kullanım yok

(**) minimum genişlik 0.6 m

% 70-80'i kadar alınması önerilmektedir (Götze, 1984; WBK, 1985). Tavan ve taban tabakalarında farklı dayanımlara sahip kayaçların bulunması durumunda, kenar dolgusunun genişliğinin seçiminde esas olan tavanın yapısıdır (Jacobi, 1981).

Damar kalınlığı arttıkça, gerekli olan dolgu genişliği artmaktadır. Tavan kayacın sağlam ($\sigma_c > 25$ MPa), taban kayacın orta dayanımlı veya yumuşak ($\sigma_c < 25$ MPa) olması halinde, kenar dolgunun arada boşluk bırakılarak, iki parça şeklinde uygulanması tavsiye edilmektedir (Jacobi, 1981). Tabanyolu kenarındaki dolgu kısmı, tabanın yapısına bağlı olarak, dar seçilmelidir. Yumuşak tabanda minimum kenar dolgu genişliğinin 0.6 m veya pratik olarak damar kalınlığının % 55'i kadar olması önerilmektedir (DMT, 1991). Aradaki boşluğun ise damar kalınlığına bağlı olarak 0.5 ile 1.5 m arasında tutulması tavsiye edilmektedir. Göçük bölgesindeki dolgu kısmının genişliği ise, kenar dolgu genişliğinin, önceden verilmiş olan Çizelge 3.14'de önerilen genişlikten çıkarılması ile elde edilmektedir. Dolgunun iki kısma ayrılması, özellikle geniş kenar dolgusu gerektiren orta ve büyük kalınlıktaki (> 3 m) kömür damarlarında, başarı ile uygulanmaktadır. Aksi takdirde, geniş bir tabanyolu kenar dolgusu, tabanyolunda kömür topuklarının yarattığı benzer olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Jacobi, 1981).

Klasik uygulamalarla, tek taraflı çalışma şeklinde, tabanyolu kenarları arasındaki konverjans farkını minimum seviyede tutabilmek olanaksız ise, bakir kömür kenarının kazılarak her iki tarafta aynı esnekliğe sahip ağaç domuzdamları veya monolitik dolguların uygulanması önerilmektedir (Jacobi, 1981).

3.4.4 Tahkimat ile Çevre Kaya Arasının Doldurulması

Tahkimat ile çevre kaya arasında farklı dolgu yöntemleri uygulanabilmektedir. Bunlar, kendiliğinden dolgu, elle yapılan dolgu, çeşitli malzemelerin (anhidrit, çimento) su ile karışımından oluşan dolgulardır. Ayrıca, açıklık çevresinde serbest kalan küçük kaya parçalarının boşluğa akmasını engelleyebilmek için kamalar (ahşap, sac) veya çelik hasırlar kullanılmaktadır.

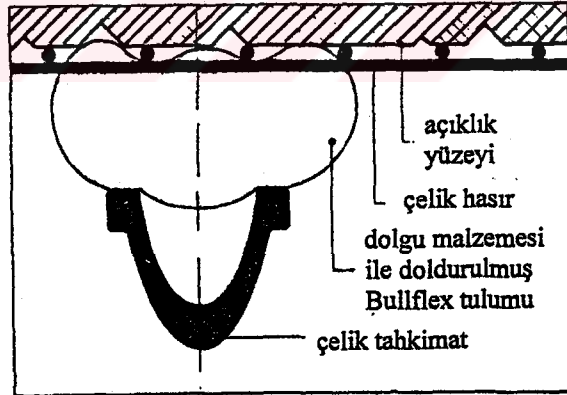
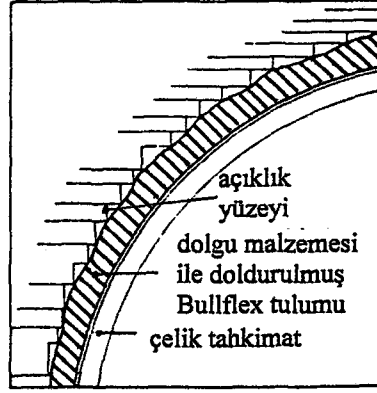
Elle yapılan dolgular, taş veya ahşap kullanılmasına göre, ikiye ayrılmaktadır. Taşlı dolguda, tabanyolunun sürülmesi esnasında çıkan taşlar tahkimat ile çevre kaya arasındaki boşluğa yerleştirilmektedir. Taşların açıklığa akmasını önlemek için de tahkimatın hemen üstü çelik hasır veya sac ile örtülmektedir. Ahşap dolguda ise, yarım daire kesitli ahşap kamalar ve küçük çaplı daire kesitli ahşap direklerden oluşan sürenler, boşluğun doldurulmasında kullanılmaktadır.

Elle yapılan dolgularda, tahkimata yükler geç aktarılmaktadır. Tahkimat etkili bir direnç göstermeden, çevre kayada çatlaklar oluşmaktadır. Böylece, daha sonra yüksek tahkimat yükleri oluşsa da, çevre kayanın kalıcı dayanımı düşmüş olduğundan, tabanyolunda bir miktar konverjans oluşur. Kırılgan kayalarda uygulanan ve çevre kaya ile tahkimat arasının kendiliğinden kapandığı uygulamada da benzer sorunlar yaşanmaktadır. Bu yöntemlerin bir diğer sakıncası ise, tahkimat ile çevre kaya arasının düzgün bir şekilde dolmaması nedeniyle, yüklerin tahkimatın belli noktalarında yoğunlaşması ve noktasal yüklemelelere yol açmasıdır (Jacobi, 1981).

Erken yük taşıma özelliğine sahip olan dolgular, havalı veya sulu yöntemle uygulanmaktadır (Schroer, 1977). Havalı yöntemde dolgu malzemesi kuru ve taneli

olup, karışım için gerekli olan su püskürtmeyi sağlayan hortumun ucunda katılır. Püskürtülen malzeme tabanyolu ekseni yönünde ve tabanyolu aynasından içeriye doğru, tahkimat ile çevre kaya arasındaki boşluğa doldurulmaktadır. Havalı yöntemin avantajı, karışım içinde su miktarının az olması nedeniyle, dolgu malzemesinin donma hızının yüksek olması ve dolgunun fazla akıcı olmamasıdır. Sulu yöntemde ise, su dolgu malzemesine önceden karıştırıldığı için, karışım sıvıdır ve akıcı özelliğe sahiptir. Bu yöntemde, karışımın donma hızını artırmak için, hortum ucunda bir hızlandırıcı katılmalıdır. Püskürtme sırasında, malzeme kalıp yapılmadan tahkimat arasından akmaya meyilli olduğundan, tabanyollarında genelde tahkimat ile çevre kaya arası havalı yöntemle doldurulmaktadır (Zillessen, 1979; Reuther, 1989).

Almanya'da başarıyla uygulanan bir diğer dolgu yöntemi ise Bullflex sistemidir (Breit et al., 1980; Dürrfeld, 1985). Bu sistemde özel bir dokuma ürünü olan Bullflex tulumu, serbest bir şekilde, çelik bağ profilinin içine yerleştirilmektedir (Şekil 3.46). Daha sonra tulumun giriş ağzından, sulandırılmış ince taneli (0-3 mm) dolgu malzemesi tulumun içine pompalanmaktadır. Tulumun içindeki basınç 5-8 bar'a ulaştığında, pompalama işlemi tamamlanmış oluyor. Özel tekstil doku sayesinde sıvının bir kısmı süzülmemekte ve dolgu malzemesinin katılaşması için uygun bir su-katı oranı oluşmaktadır. Dolgu malzemesi çelik hasırı çevre kayaya sıkıştırmakta ve tahkimat ile çevre kaya arasındaki boşluklar düzgün bir şekilde dolarak noktasal yüklenmeler önlenmektedir. Böylece çelik bağ tahkimatı da erken yük taşıma özelliğine kavuşmaktadır (Jacobi, 1981; Reuther, 1989). Yöntemin avantajı, hidrolik yöntemle uygulanan 0-3 mm tane aralığındaki her türlü dolgu malzemesinin kullanılmasına elverişli olmasıdır. Dolgu malzemesinin seçimi, dolgudan istenilen basınç dayanımına bağlıdır (Gebhardt & Koenig Gestein- und Tiefbau GmbH, 19..).

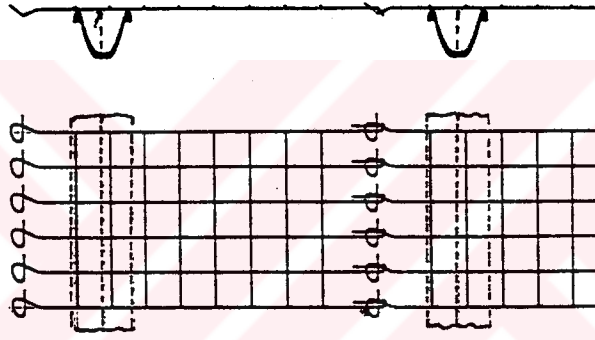
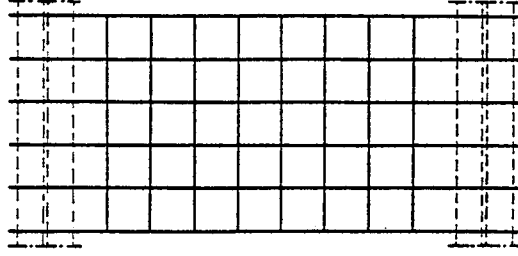
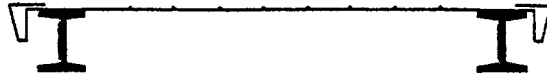


Şekil 3.46. Tahkimat ile çevre kayanın doldurulmasında kullanılan Bullflex sistemi (Maidl, 1994).

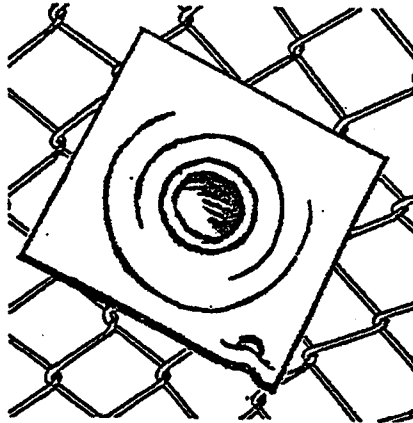
Tabanyoluna açıklık çevresinde serbest kalan kaya parçalarının akmasını önlemek için çeşitli çelik hasırlar kullanılmaktadır (Şekil 3.47). Çelik hasırlar, örmeli ve kaynaklı olmak üzere, iki tiptir. Örmeli tip hasır esnek ve daha fazla yük taşıma kapasitesine sahiptir. Hemen kaya yüzeyi üzerine yerleştirilerek, küçük kaya bloklarının ve kavlakların düşmesini önlemektedir. Hasır içindeki bağlantıların arkasında kalan hava boşluklarının yok edilememesi nedeniyle püskürtmeli dolgularla birlikte kullanılması pek uygun değildir. Bu tip hasırlar daha ziyade elle taş dolgu uygulamasında kullanılmaktadır (Ünal, 1990). Kaynaklı çelik hasır, her bir keşişim noktasında kaynaklanmış çelik tellerden, kare veya dikdörtgen şeklinde açıklıklar oluşturacak şekilde üretilir. Örme hasırdan daha rijit ve yerleştirilmesi daha kolaydır. Ayrıca tellerin keşiştiği yerde oluşan alanların küçük ve püskürtme dolgu malzemesinin hasır arkasına girmesi kolay olduğundan, bu tip hasırın betonla birlikte kullanılması mümkündür (Ünal, 1990).

Erken yük taşıyan dolgular (anhidrit, beton), yükleri tahkimata erken iletebildiğinden, tahkimat ile birlikte çevre kayada çatlaklar ve kırılmalar oluşmasına karşı hızlı bir şekilde tahkimat direnci oluştururlar. Böylece çevre kayanın kalıcı dayanımı önemli miktarda düşmeden tahkimat basıncı sağlanmış olur. Bu ise konverjans üzerinde olumlu etki yaratır. Tahkimatın erken yük taşıyabilmesi için dolgunun minimum dayanımı 10 MPa'dan az olmamalıdır ve maksimum dayanımı da 40 MPa'dan fazla olmamalıdır. Pratikte, en uygun dolgu dayanımının 20 MPa civarında olması tavsiye edilmektedir (Götze et al., 1984). Uzmanlar, dolgunun optimum taşıma kapasitesine sahip olabilmesi için, dolgu kalınlığının 20-30 cm arasında olması gerektiğini belirtmektedirler (DMT, 1991).

Tahkimat ile çevre kaya arasının doldurulması, ayak yaklaşımdan bitirilmiş olmalıdır. Ancak bu şekilde, çevre kayanın kalıcı dayanımı fazla düşmeden, yüksek



a. kaynaklı tip



b. örmeli tip

Şekil 3.47. Tabanyollarında kullanılan çeşitli çelik hasırlar (Maidl, 1994).

bir tahkimat basıncı oluşturulmuş olur (DMT, 1991). Ayrıca dolgular tahkimata yükleri uniform bir şekilde iletilebilmesi için, olanaklar ölçüsünde, çevre kaya ile tahkimat arasında herhangi bir boşluk bırakılmadan uygulanmalıdır (Reuther, 1989).

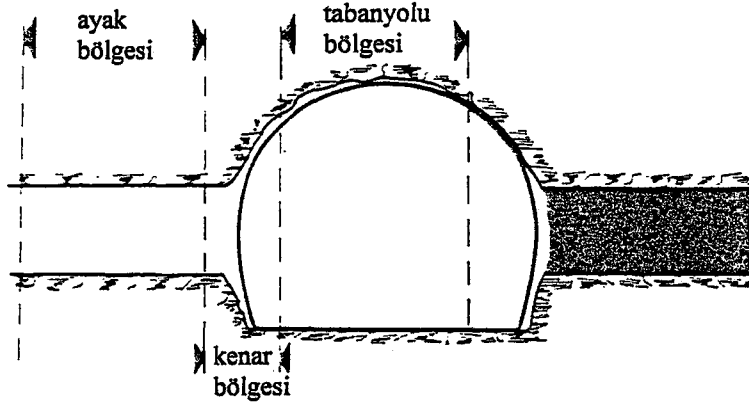
Dolgu malzemesinin seçiminde aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır (Reuther, 1989). Bunlar;

- a. Dolgu kısa sürede katılaşabilme özelliğine sahip olmalıdır.
- b. Dolgunun dayanımı yüksek olmalıdır.
- c. Kullanım alanı geniş olmalıdır (örneğin tabanyolu kenar takviyesi olarak da aynı malzeme kullanılabilir).
- d. Fiyatı ekonomik olmalıdır.

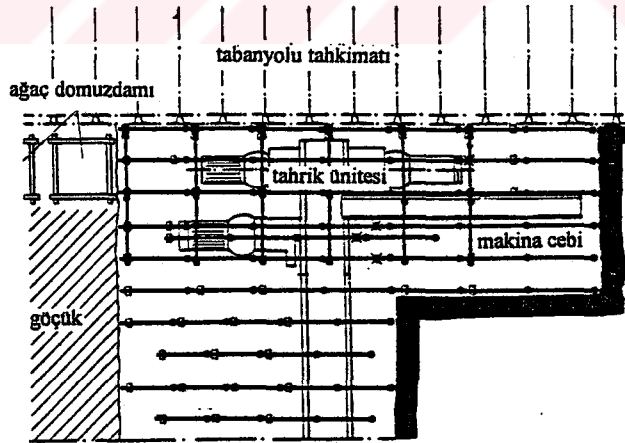
3.4.5 Tabanyolu-Ayak Girişi

Tabanyolu-ayak girişi bölgesinden, tabanyolunda ek tahkimat önlemleri gerektiren ve ayakta da genel ayak tahkimatından ayrılan bir tahimat yönteminin uygulandığı bölge anlaşılmaktadır. Esas olarak tabanyolu-ayak girişi üç bölgeye ayrılabilir (Şekil 3.48). Bunlar; tahrik üniteleri ve bunlar için gerekli olan ceplerin de bulunduğu ayak bölgesi, kenar bölgesi ve tabanyolu bölgesinden oluşmaktadır (WBK, 1985).

Ayak kesiminde en önemli tahkimat işlemini, tahrik ünitelerinin üzerindeki tavanın tutulması oluşturmaktadır. Tahkimat olarak, yaygın bir şekilde hidrolik direkler ve çelik sarmalar kullanılmaktadır. Tahrik ünitelerinin ayak hizasının önünde bulunması durumunda uygun bir tahkimat düzeninin kurulması gerekmektedir



Şekil 3.48. Tabanyolu-ayak girişinin çeşitli bölgelere sınıflandırılması (WBK, 1985).



Şekil 3.49. Tabanyolu-ayak girişi ve makina ceplerinde tahkimat (WBK, 1985).

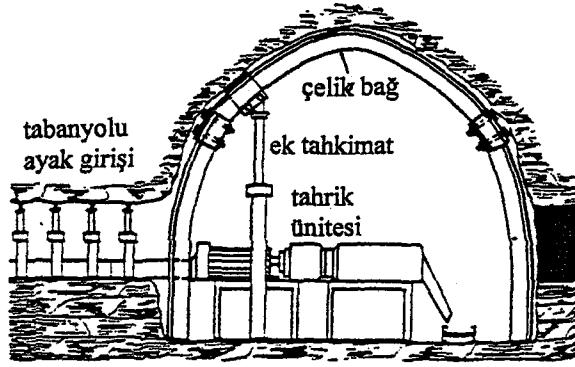
(Şekil 3.49). Makina cepleri genelde duraylık sorunlarına yol açmaktadır. Bu nedenle tahrik ünitelerinin, herhangi bir cep oluşturulmadan, tabanyolunun veya ayağın içine kurulmasına çalışılmaktadır (Şekil 3.50).

Tabanyolu bölgesinde tavan tabakalarının, özellikle ayak bölgesinde meydana gelebilecek kaymalara karşı, duraylığın sağlanmasına çalışılmaktadır. Bu nedenle, tabanyolu-ayak arasında, özel tahkimat elemanlarının kullanılması gerekmektedir. Özellikle ayak içi könveyörün ilerletilmesi sırasında, tabanyolu tahkimatında bazı elemanların alınması gerekmektedir. Ayağın 10 ile 20 m önünden başlamak üzere ve tüm ayak boşluğunu emniyete alacak şekilde, tabanyolu tahkimatında ilave direkler kullanılmalıdır. Ek tahkimat uygulanırken, aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir (WBK, 1985):

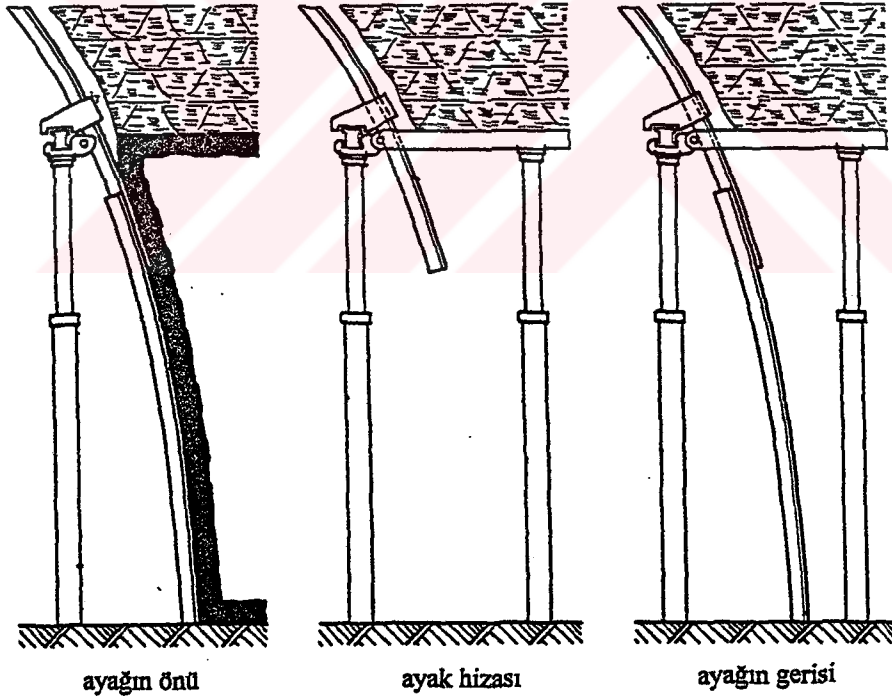
- a. Destekleyici direkler tabanyolu kenarına yakın bir konumda bulunmalı ve tabanyolu kesitini daraltmamalıdır.
- b. Ek tahkimat, mümkün mertebe ayağın 10-20 m önünden itibaren veya en geç ayak girişinin önünde kurulmalıdır.
- c. Ek tahkimat kurulurken, ana tahkimattan alınacak parçalar daha sökülmemiş olmalıdır.
- d. Ayak geçtikten sonra, ek tahkimat sökülmeden, ana tahkimat tekrar kurulmalıdır.

Şekil 3.51`de belirtilen işlemler şematik olarak verilmiştir.

Tabanyolu-ayak arasında kalan kenar bölgesinde özel tahkimat düzeneklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bölgede, özellikle tavanın kırılmadan ve akmadan tutulmasında büyük güçlükler çekilmektedir.



Şekil 3.50. Tahrik ünitelerinin tabanyolu içinde konumlandırılması (WBK, 1985).



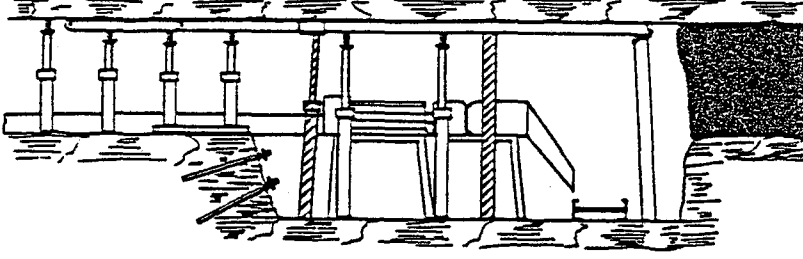
Şekil 3.51. Tabanyolu-ayak girişinde ek tahkimatın kurulması ve sökülmesi (Jacobi, 1981).

Tahkimat olarak trapez çelik bağlar kullanıldığında, ek tahkimat daha basit olmaktadır. Genellikle ayak tahkimatı ile tabanyolu boyunduruğu arasına çelik sarmalar uzatılmakta ve bunlar hidrolik direkler veya çelik direkler ile tutulmaktadır (Şekil 3.52). Bu bölge genelde dinamik yüklerin etkisinde bulunduğundan, tabanyolu tahkimatının bozulmaması için rijit direkler yerine esneme özelliğine sahip direklerin kullanılması tavsiye edilmektedir (WBK, 1985).

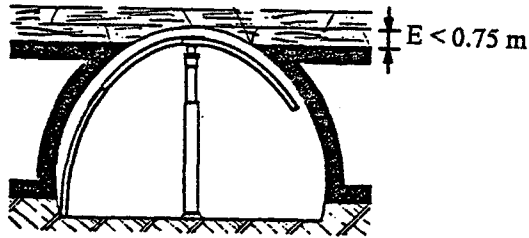
Kemer kesitli açıklıklarda kullanılan kavisli çelik bağlarda ise, kenar bölgede özel tahkimat elemanları kullanılmaktadır. Tabanyolu-ayak bölgesinde, tahrik ünitesinin konumu ve damarın kesilmesi durumuna göre, üç parçalı kavisli çelik bağlarda farklı tahkimat yöntemleri uygulanmaktadır. Bunlar; tavan bağ parçasının en üst noktasına yerleştirilen ek tahkimat, çelik bağın ayak tarafındaki parçasına yerleştirilen ek tahkimat ve ayak tarafında çelik bağın arkasından uygulanan ek tahkimattır (DMT, 1991).

Çelik bağın ortasından uygulanan ek tahkimat, tavan tabakası az miktarda kesildiği (< 0.75 m) ve kenar köşenin ek tahkimata yakın bir konumda bulunması durumunda uygulanmaktadır (Şekil 3.53). Bu yöntemde, tabanyolu kenarındaki bağ parçası uzaklaştırıldığında, ayak girişi açıkta kalmaktadır. Tabanyolu-ayak girişindeki en kritik bölge olan kenar bölgesi ise yeterince tutulmaktadır. Yöntemin avantajları, direk ile çelik bağ arasında özel bağlantılara ihtiyaç duyulmaması ve işçiliğin de nispeten kolay oluşudur. Tavan tabakasının derin bir şekilde kesilmesi durumunda ise bu yöntemin uygulanması tavsiye edilmemektedir (Krahe, 1979).

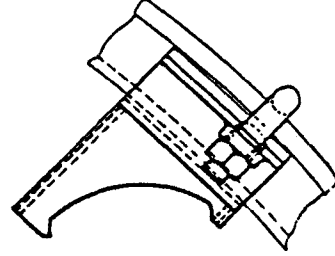
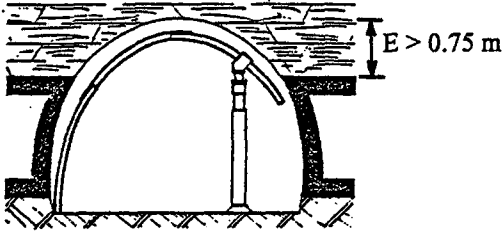
Çelik bağın ayak tarafındaki bağ parçasının yanından uygulanan ek tahkimat ise, tavan tabakasının 0.75 m'den fazla kesilmesi durumunda uygulanmaktadır (Şekil 3.54). Ek tahkimat, tabanyolu-ayak kesiminde kenar köşeye destek verebilmesi



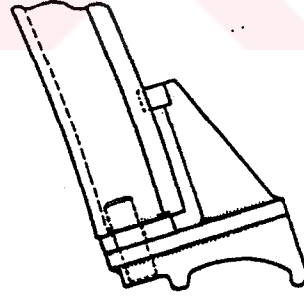
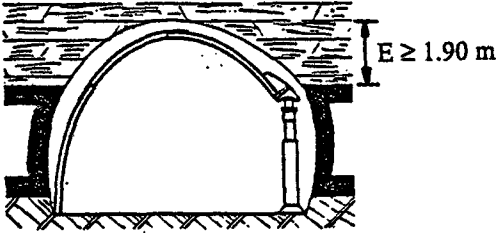
Şekil 3.52. Trapez çelik bağlarda tabanyolu-ayak girişinde ek tahkimat (WBK, 1985).



Şekil 3.53. Kavisli çelik bağın ortasından uygulanan ek tahkimat (DMT, 1991).



Şekil 3.54. Kavisli çelik bağıın ayak tarafındaki bağ parçasından uygulanan ek tahkimat (DMT, 1991).

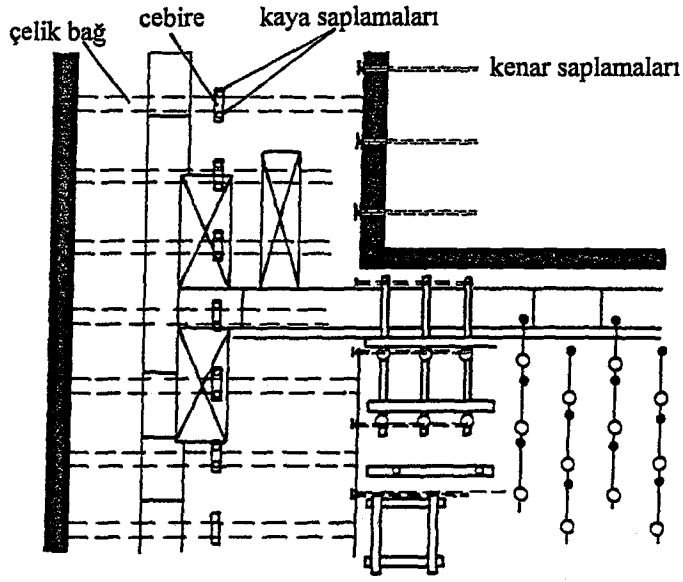


Şekil 3.55. Kavisli çelik bağıın arkasından uygulanan ek tahkimat (DMT, 1991).

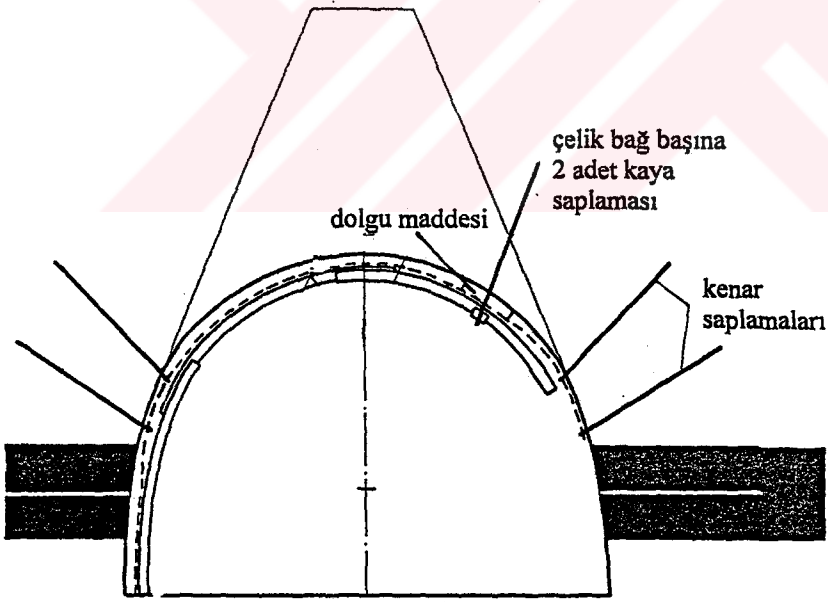
için, tam kömür-tavan taşı sınırının biraz üstünde kurulmalıdır. Sınırın altında kurulduğunda ise, tahkimat elemanlarında istenmeyen eğilmeler ve deformasyonlar meydana gelebilmektedir. Bu yöntemin başarısı tahkimat ile çevre kaya arasının, özellikle köşe bölgesinin, iyi bir şekilde doldurulmasına bağlıdır (Krahe, 1979). Bu yöntem, tabanyolu-ayak girişi bölgesinde ek tahkimat olarak en yaygın uygulanan yöntemdir (DMT, 1991).

Çelik bağın arkasından uygulanan ek tahkimat yöntemi ise, tavan tabakasının ortalama olarak 1.90 m'den fazla kesilmesi durumunda uygulanmaktadır (Şekil 3.55). Ek tahkimat kullanılırken dikkat edilmesi gereken husus, kenar çelik bağ parçasında tahkimat ile hidrolik direk arasındaki bağlantı elemanının, geçme bağda kaymaya engel olmamasıdır. Böylece ayak geçerken geçme bağın alçalma mekanizması bozulmamış olur (Krahe, 1979).

Tavan tabakalarının yapısının kaya saplamalarının kullanılması için uygun olması durumunda, çelik bağa takılan hidrolik direkler yerine, bağa bir cebire aracılığıyla paralel olarak iki kaya saplamasının yerleştirilmesi yöntemi yavaş yavaş daha fazla uygulama alanı bulmaktadır (Şekil 3.56). Özellikle tavan tabakasının fazla derin kesilmemesi durumunda, tabanyolu kesitinde ilave tahkimatlardan kaçınmak için, bu yöntem tercih edilmektedir. Tavan çelik bağ parçasına yaklaşık 1.80 m uzunluğunda ve tamamen yapışkan tipte (reçineli) iki kaya saplaması, yataya göre yaklaşık 60°'lik bir eğimle, bağa takılan bir cebire aracılığıyla yerleştirilmekte ve tavan ile çelik bağ birbirine bağlanmaktadır. Ayrıca, tabanyolu-ayak kesiminde en kritik bölge olan kenar köşenin açıklığa doğru akmasını önlemek için de iki ayrı kenar saplaması yerleştirilmektedir.



a. plan görünüş



b. kesit görünüş

Şekil 3.56. Tabanyolu-ayak girişinde ek tahkimat olarak kaya saplamaları uygulaması (Götze, 1986).

Uygulamanın başarılı olabilmesi için, kaya saplamasının uygulandığı kısımda, çelik bağ ile çevre kaya arası bir dolgu maddesi ile doldurulmalıdır. Böylece ayak geçerken çelik bağ, kaya saplamaları tavana karşı bir destek kuvveti oluşturduğundan, yerinden oynamadan tavanın kırılmasına ve akmasına karşı yeterince tahkimat basıncı sağlayabilmektedir. Bu yöntemin en büyük avantajları, ek tahkimat işçiliğinin azalması ve mekanizasyona uygun olmasıdır. Özellikle yüksek ayak ilerleme hızlarında bu durum daha da önem kazanmaktadır. Bu yöntem uygulanırken, dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır (Kutz, 1979):

- a. Göçük tarafındaki çelik bağ parçası sökülmeden tavanda delikler delinmeli ve kaya saplamaları, tahkimat ile çevre kaya arası dolgu maddesi ile doldurulduktan sonra, özel bir cebire aracılığıyla deliğe yerleştirilmelidir.
- b. Ayak geçmeden ve çelik yan bağ sökülmeden kaya saplamaları çelik bağ ile tavan arasına sıkıştırılmalıdır. Ancak bu işlem bittikten sonra tabanyolu kenarındaki bağ parçası sökülmelidir.
- c. Ayak geçtikten sonra, önce tabanyolu kenar takviyesi tarafındaki bağ kurulmalı, daha sonra ise kaya saplamaları gevşetilmelidir.

3.5 KÖMÜR TOPUĞU

Panolar arasında, dikdörtgen şeklinde bırakılan kömür topuklarının planlanması, uzunayak madenciliğinin önemli tasarım parametrelerinden biridir. Bırakılan topukların tabanyollarının duraylılığı üzerindeki etkisi önemlidir. Topukların tasarımı oldukça geniş bir konudur. Bu nedenle, bu bölümde topukların tasarımı hakkında sadece bazı genel bilgilere yer verilecektir.

Kömür topuğu tasarımımda en önemli parametre topuk genişliğidir. Topuk genişliğinin tespiti için geliştirilen bir genel bağıntı aşağıda verilmiştir (Whittaker, 1988; Ünver`den 1988). Bağıntıdaki h, bırakılacak topuğun m olarak yeryüzünden derinliğini, P ise m cinsinden panolar arasında bırakılması önerilen kömür topuğu genişliğini vermektedir.

$$P = 0.1 h + 15 \quad (m) \quad (13)$$

Bu bağıntı ile belirlenen topuk genişliklerinin, özellikle 100-200 m boyundaki ayaklarda ve derinliğin fazla olmaması (< 500 m) durumunda, iyi sonuçlar verdiği ifade edilmektedir (Whittaker 1988, Ünver`den 1988). Topuk genişliği tabanyolunda oluşacak konverjansı etkilemektedir. Yetersiz topuk genişliğinde, topukta kenarlar yenildiğinden, özellikle yatay konverjanslarda belirgin artma gözlemlendiği ifade edilmektedir (Ünver, 1988).

İngiltere`de yapılan araştırma sonuçlarına göre, dar topuklar (5-40 m) ortalama kapanma oranını (konverjans) artırmaktadır. Ancak geniş topuklarda (> 100 m) kapanma oranının sabit kaldığı kabul edilmektedir. Kapanma oranının hiçbir topuk bırakılmaması durumunda ise, dar topuklardan daha az olduğu ifade edilmektedir (Ünver, 1988).

Almanya`da 2 m`den geniş kömür topukların veya koşullarının elvermesi durumunda hiçbir topuk bırakılmaması tavsiye edilmektedir. Dar kömür topukları konverjansı artırmaktadır. Ancak 25 m topuk genişliğinden itibaren konverjansta azalmaların görüldüğü ve yaklaşık 45 m topuk genişliğinde de topuksuz durum ile aynı konverjans oranlarının oluşacağı öngörülmektedir (DMT, 1991).

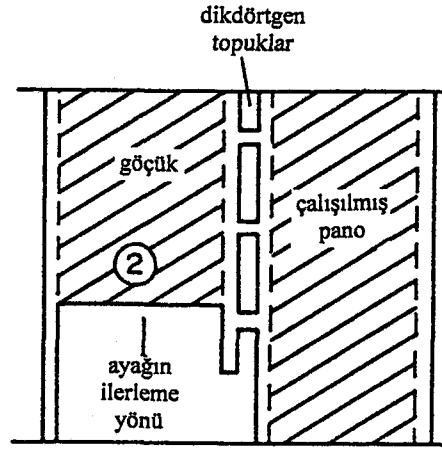
Uzunayak metodlu dönümlü çalışmalarda, panolar arasında farklı şekillerde kömür topukları bırakma yöntemleri uygulanabilmektedir. Bunlardan birisi, özellikle İngiltere’de uygulama alanı bulan, panolar arasında dikdörtgen şeklinde küçük topukların bırakılmasıdır (Şekil 3.57). Bu yöntem özellikle derin madencilik ve zayıf taban şartları için uygundur. Zincir şeklinde bırakılan bu topuklarda, oldukça yüksek oranda kırılmalar görülür. Genel olarak topukların genişlikleri 8-12 m, uzunlukları 30 m civarında seçilmektedir (Whittaker, 1993).

Bir diğer ilginç uygulama ise, Amerika Birleşik Devletleri’nde faaliyet gösteren kömür madenlerinde görülmektedir. Bu sistemde birden fazla paralel galerilerde (multi-entries), yüklerin çoğunluğu yaklaşık kare şeklindeki topuklar tarafından taşınmaktadır (Şekil 3.58). Bu yöntem, sürekli kazıcı (continuous miner) gibi kazı araçlarının kullanılabilmesine olanak tanıdığından, özellikle yüksek ilerleme hızlarının istenildiği durumlarda avantajlıdır (Whittaker, 1993).

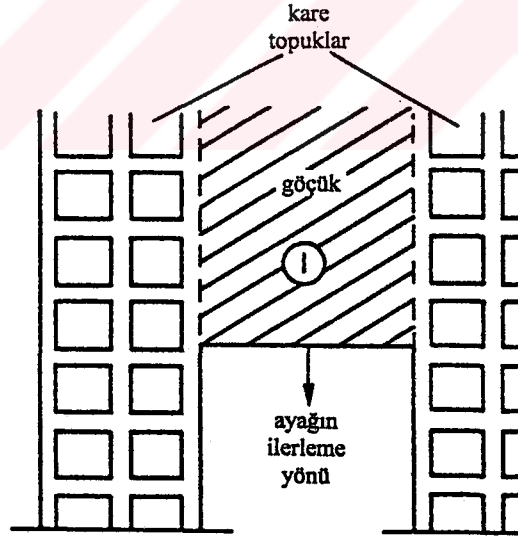
Günümüzde yüksek mekanizasyona sahip kömür madenlerinde hem kömür kaybı, hem de duraysızlıkların sebep olduğu üretim aksamaları nedeniyle, kömür topuğu bırakmaktan kaçınılmaya çalışılmaktadır. Aynı tabanyolu çoğu kez iki defa kullanılmakta ve duraylığı sağlayabilmek için, tabanyolu kenarında takviye olarak anhidrit gibi monolitik dolguların uygulanması tercih edilmektedir.

3.6 TABANYOLLARINDA TABAN KABARMALARININ ÖNLENMESİ VE TARAMA ÇALIŞMALARI İÇİN İLKELER

Yeraltında bir boşluğun açılmasıyla beraber, önceleri kendi içinde denge konumunda olan kaya ortamındaki gerilme dağılımı değişmektedir. Gerilmeler, boşluk çevresinde yoğunlaşır ve böylece kayanın bazı kısımları yüksek gerilmeler



Şekil 3.57. Panolar arasında dikdörtgen şeklinde topukların bırakılması (Whittaker, 1993).



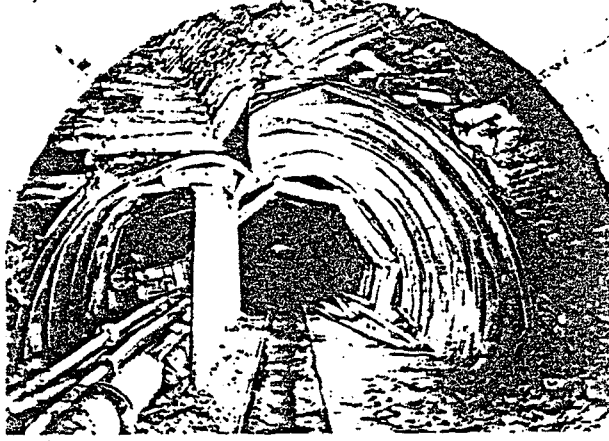
Şekil 3.58. Panolar arasında yaklaşık kare şeklinde topukların bırakılması (Whittaker, 1993).

altına girmektedir. Bu durum, yeni bir denge hali oluşuncaya kadar, devam etmektedir. Bu sırada, özellikle üretim panoları içerisinde yer alan çevre kaya, yüksek gerilmelere ve gevşeme kuvvetlerine maruz kalmaktadır. Bunun sonucunda da açıklığa doğru çok yönlü basınç kuvvetleri etkili olmakta ve üretim bölgelerinin içersinde yer alan tabanyollarında deformasyonların oluşmasına sebep olmaktadır (WBK, 1985).

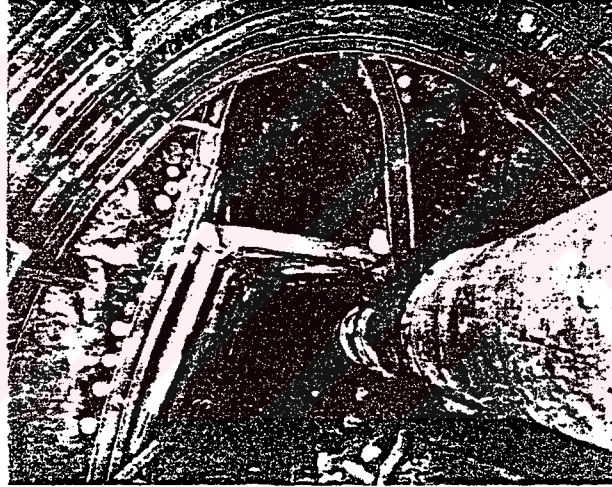
Arazi gerilmeleri ve üretim etkileri sonucunda oluşan deformasyonlar, daha sonra tabanyollarında önemli kesit daralmalarına yol açmaktadır. Deformasyonlar tavanın alçalması (Şekil 3.59.a), tabanın kabarması (Şekil 3.59.b) ve tabanyolu kenarının boşluğa doğru ilerlemesi (Şekil 3.59.c) şeklinde olan konverjans belirtileridir.

Kavisli ve trapez açıklık kesitlerinde, tavan alçalması ve kenarların akması yeterli tahkimat önlemleri alınarak önlenebilmektedir. Taban kabarmaları ise genel tahkimat önlemleri ile kontrol edilememektedir. Taban kabarmalarının önüne geçebilmek için aşağıdaki önlemlerin alınması tavsiye edilmektedir (DMT, 1991):

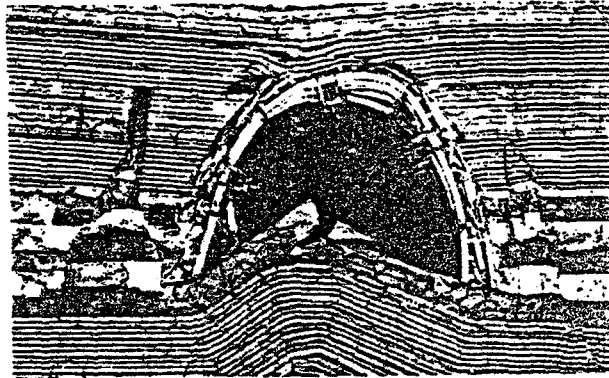
- a. Tabanyollarının düşük arazi gerilmeli bölgelerde konumlandırılması.
- b. Tabanyolunda, özellikle killi taban tabakalarında, imkanlar ölçüsünde su geliri önlenmeli.
- c. Burkulmaya yatkın olan bir taban tabakasının olması durumunda, tabanyolu tabanının daha derinde oluşturulması.
- d. Tabanyolu kenar takviyesinin, taban tabakaların hareketine yol açmayacak şekilde, gereğinden fazla genişlikte tutulmaması.
- e. Tahkimat ile çevre kaya arasının düzgün bir şekilde dolgu maddeleri ile doldurulması.



a. tavan alçalması



b. tabanyolu kenarlarında akmalar



c. taban kabarması

Şekil 3.59. Arazi gerilmeleri ve üretim etkileri sonucunda tabanyollarında oluşan deformasyonlar (WBK, 1981).

- f. Taban tabakalarında ince bir kömür damarının bulunması durumunda yüksek ilerleme hızının sağlanması.
- g. Yumuşak tabanlarda bağ bacaklarının taban plakaları kullanılarak temas alanlarının büyütülmesi.
- h. Çevre koşullarının elvermesi durumunda taban tabakasına taban saplamalarının yerleştirilmesi.

Taban saplamaları yalnızca yüksek dayanımlı taban tabakalarında etkili olabilmektedir. Taban saplamalarının kullanılabilmesi için bazı jeolojik koşulların mevcut olması gerekmektedir. Tabantaşı kalitesi indeksinin (GL) 3`den büyük (6 m derinliğe kadar taban tabakalarının ortalama tek eksenli basınç dayanımının 45 MPa`dan küçük) olması durumunda, taban saplamalarının uygulanması önerilmemektedir. Bu tür taban tabakaları, özellikle basınç gerilmeleri karşısında, küçük parçalara ayrılmakta ve böylece saplamaların olumlu etkisi kısa hacimlerle sınırlı kalmaktadır. Taban tabakalarının dayanımı ne kadar yüksekse, taban saplamaları uygulamasının o derece başarılı olacağı tahmin edilmektedir. Taban tabakalarında süreksizlik düzlemlerinin bulunması durumunda da taban saplamaları uygulamasından vazgeçilmelidir. Ayrıca yüksek su geliri olan ortamlarda da bu uygulamadan fazla verim alınamamaktadır (Oldengott 1981; DMT, 1991).

Taban saplamaları mutlaka henüz deformasyona uğramamış taban tabakalarına yerleştirilmelidir. Bu da ancak tabanyolu aynası yakınlarında sağlanabilmektedir. Bu nedenle kullanılacak delik delme makineleri da aynaya yakın bir yerde kurulmaya müsait olmalıdır (DMT, 1991).

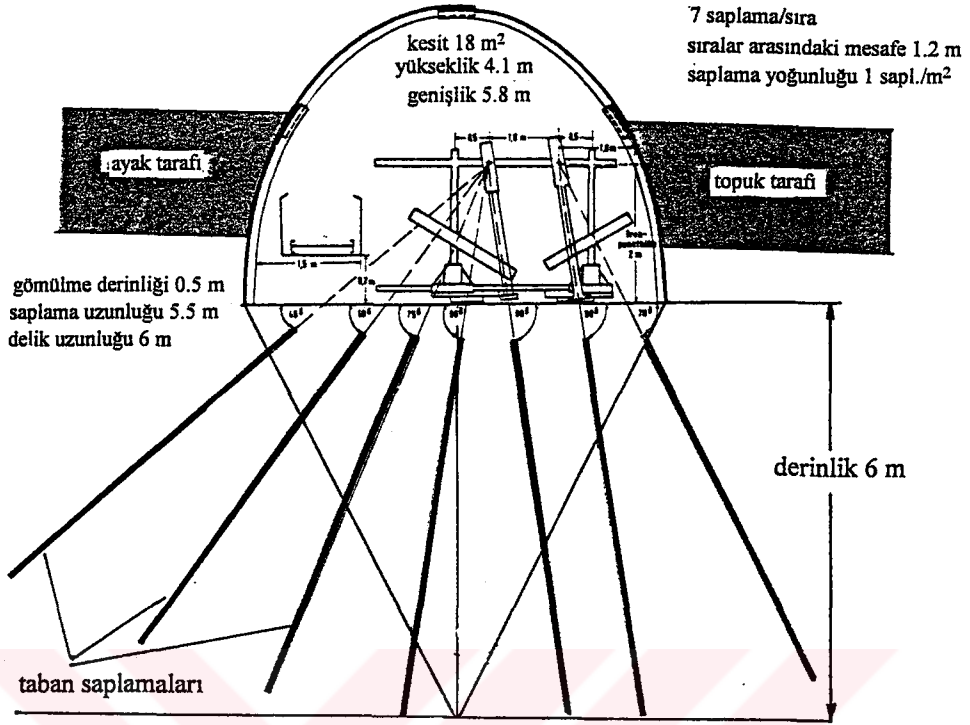
Koşulların taban saplaması uygulamasına elverişli olması durumunda, tasarım aşamasına geçilmektedir. Saplamaların tasarım parametreleri; saplamanın türü,

uzunluğu, gömölme derinliği, eğimi, yoğunluğu, kırılma yükü, sıralar arasındaki mesafe ve dizilimidir. Bu parametreler aşağıda açıklanmıştır (Oldengott, 1981):

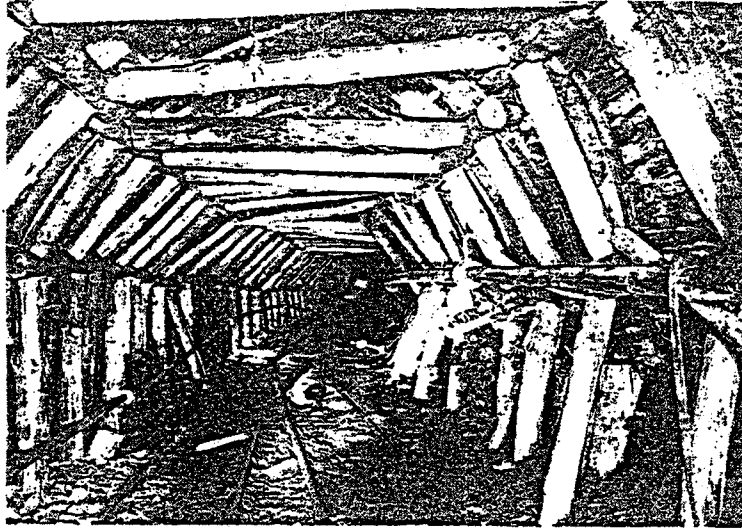
- a. Taban saplamaları için en uygun saplama türü tamamen reçineli olanlardır.
- b. Saplama uzunluğunun da 2.5 m`den kısa olmaması gerekmektedir. En uygun saplama uzunluğu 5-6 m arasındadır. Ayrıca saplamalar tabandan itibaren en az 0.6-0.8 m derinliğe kadar gömölmelidir.
- c. En uygun saplama konumu tabakalara dik olanıdır ve saplamaların yataya göre eğimi 27°`yi geçmemelidir. Saplama yoğunluğu 1 saplama/m<sup>2</sup>`den düşük olmamalıdır. Yerinde ve modeller üzerinde gerçekleştirilen gözlemler, bundan küçük yoğunluklarda taban kabarmalarının önüne geçilemediğini göstermiştir.
- d. Kullanılan saplamaların kopma yükü ne kadar yüksekse o kadar iyidir.
- e. Saplama sıraları arasındaki mesafe ise, taban tabakalarının dayanımına bağlı olarak, 0.8-1.2 m arasında seçilmelidir. Düşük dayanımda (GL=3) 1 m`den küçük olabilmekte ve yüksek dayanımlı tabakalarda (GL=1) mesafe 1.5 m`ye kadar artırılabilir.

Tek taraflı çalışmalarda, tabanyollarında taban kabarmaların bakir kömür tarafında daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle, saplamaların diziliminin bakir kömür tarafında göçük tarafına kıyasla daha sık olması önerilmektedir. İki taraflı çalışmalarda ise dizilimlerin simetrik olması tavsiye edilmektedir (Oldengott, 1981). Şekil 3.60`da sağlam taban koşullarının bulunduğu ve tek taraflı çalışmada ilerletimli olarak ayağın önünden sürülen bir tabanyolunda, kaya saplamalarının örnek bir yerleşim düzeni verilmiştir.

Çoğu hallerde, tabanyollarında deformasyonların tamamen önlenmesi olanaksız olmaktadır. Bu nedenle, tabanyolunun işlevini yitirmemesi için, tamir ve tarama



Şekil 3.60. Tabanyollarında taban kabarmalarını önlemek için kaya saplamaları uygulaması (Oldengott, 1981).



Şekil 3.61. Çelik bağın takviyesi için kurulmuş olan tipik ağaç poligon bağlar (WBK, 1981).

işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Tarama çalışmaları kısaca aşağıdaki işlemlerden oluşmaktadır (WBK, 1985):

- a. Tahkimatın güçlendirilmesi.
- b. Zarar görmüş tahkimat elemanlarının değiştirilmesi.
- c. Daralan tabanyolunun (tavan, tabanyolu kenarı ve taban) genişletilmesi.

Tabanyollarında tahkimatın güçlendirilmesi için, en yaygın uygulama ağaç poligon bağıdır. Şekil 3.61'de çelik bağın takviyesi için kurulmuş olan tipik bir poligon bağın kesit görünüşü verilmiştir. Poligon bağlar, sarmalar ve sarmaların birbirine bağlanmasını sağlayan fırçalardan oluşmaktadır. Poligon sarmaları, adet itibarıyla 3-6 arasında olabilir. Sarma boylarının kısa olması nedeniyle, tahkimat eğilmeden çok basınç etkisi altındadır. Eklem görevi gören fırçalar da tahkimata kısmen esneklik kazandırmaktadır. Poligon bağ tahkimatı, farklı yönlerden gelen kuvvetlere karşı, etkili direnç gösterebilmektedir (WBK, 1985).

Zarar görmüş tahkimat elemanlarının değiştirilmesi sırasında, önce tavanın onarılması ve emniyete alınması gerekmektedir. Daha sonra ise tabanyolu kenarları onarılır ve emniyete alınır. Kavlaklar varsa dikkatli bir şekilde düşürülür ve zarar görmüş tahkimat elemanlarının yerine yeni çelik bağ parçaları kurulurak, bağlantıları sağlanır. Bu sırada, tahkimat ile çevre kaya arasındaki boşluğun düzgün bir şekilde doldurulmasına özen gösterilmelidir. Gerekli hallerde orta direkler yerleştirilir ve çelik bağlar arasında fırçalama işlemi yapılır. Böylece, taban haricinde, tabanyolunun genişletilmesi çalışması da bitirilmiş olmaktadır. En son olarak da taban tarama işlemine geçilir. Taban taranırken aşağıdaki kurallara dikkat edilmelidir (DMT, 1991).

- a. Çelik bağ bacaklarının açıkta kalmaması için, taban gereğinden fazla derinleştirilmemelidir. Bu durumda bağ bacakları yanal kapanmalara karşı direnç göstermektedir. Aksi takdirde, tahkimat duraylılığını ve dengesini yitirebilmektedir.
- b. Taban taraması mümkün olduğunca geç yapılmalıdır. Bu durum, tek bir tarama işleminin yeterli olmasını sağlayabilmektedir.

Bu bilgilerin ışığında yapılacak çalışmalar ile tabanyolu duraylılığının en az sayıda tamir-tarama işlemleri ile sağlanması hedeflenmektedir.



BÖLÜM 4

TABANYOLLARINDA YERİNDE GÖZLEM VE İNCELEMELER

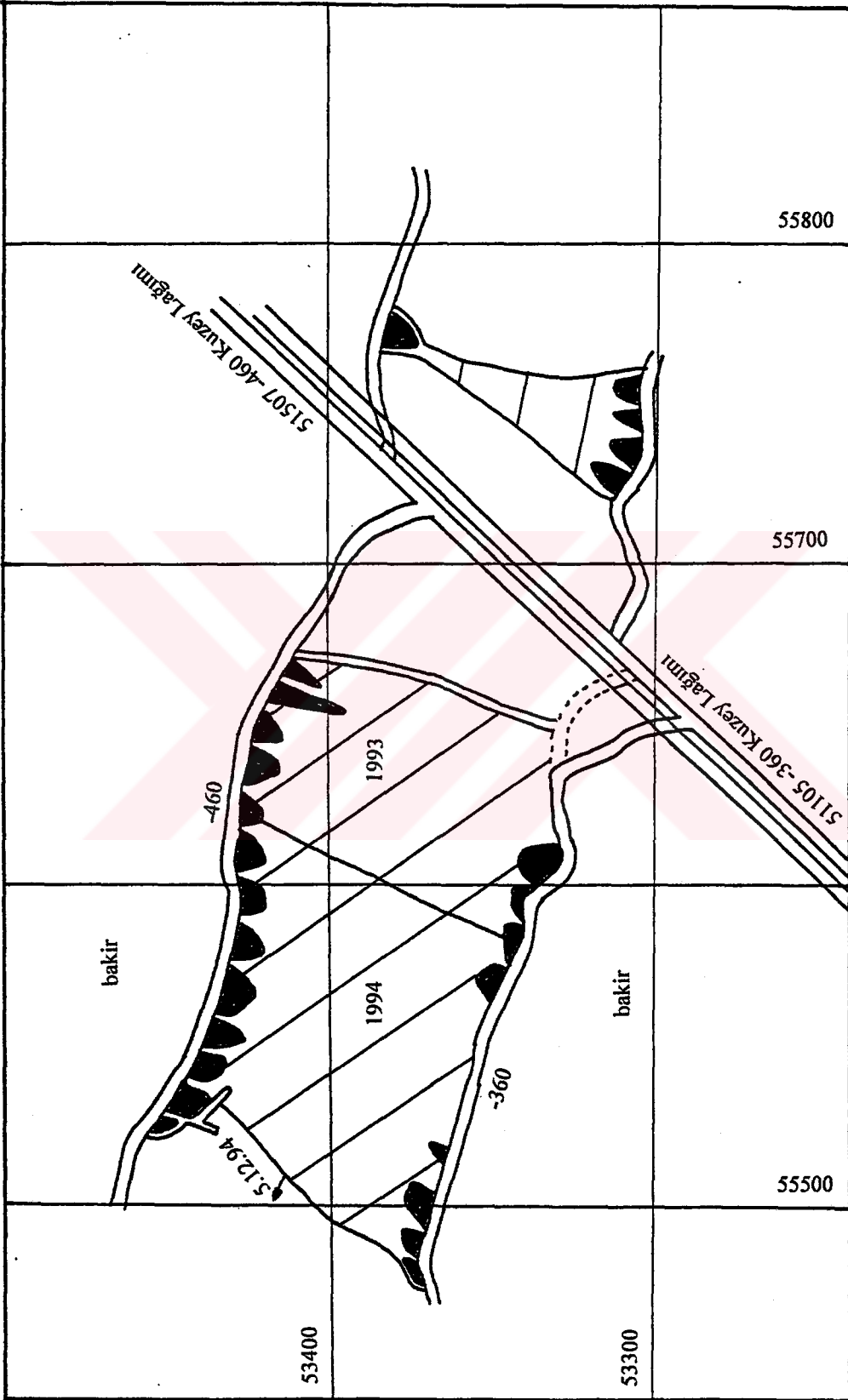
Bu bölümde, ülkemiz uzunayak kömür madenciliğinin önemli merkezleri sayılan Türkiye Taşkömürü Kurumu (T.T.K.) ve Türkiye Kömür İşletmeleri'ne bağlı Orta Anadolu Linyitleri'nde (O.A.L.) tabanyolu uygulamaları ile ilgili bilgiler yer almaktadır.

4.1 T.T.K.'DA YERİNDE GÖZLEM VE İNCELEMELER

Tez çalışması kapsamında, Eylül 1994-Mart 1995 tarihleri arasında, T.T.K.'ya bağlı Kilimli Müessesesi Karadon İşletmesi ve Üzülmüş Müessesesi Asma İşletmesi'nde değişik damar ve katlarında faaliyette olan panoların tabanyollarında yerinde gözlem ve incelemeler gerçekleştirilmiştir. İncelenen tabanyolları ile ilgili değerlendirmeler ve gözlemler için formlar geliştirilmiş, planlar çıkarılmıştır. Formlardan biri ve onunla ilgili pano planı örnek oluşturmak amacıyla Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1'de sunulmuştur. Diğer gözlem yerleri ile ilgili değerlendirmeler ve pano ile tabanyollarının planları Ek Açıklamalar B'de verilmiştir. Bu bölümde önce genel olarak T.T.K.'da tabanyolu uygulamaları tanıtılmıştır. Daha sonra, çeşitli tabanyollarında gerçekleştirilen gözlem ve incelemelere dayanılarak, tabanyolu uygulamalarının kritiği yapılmıştır.

Çizelge 4.1 -360/-460 Küçük Batı panosuna ait üst ve alt tabanyollarında gerçekleştirilen gözlemlerle ilgili değerlendirmeler.

Müessese: Karadon	İşletme: Kilimli	Pano Adı: -360/-460 Küçük Batı	
Çalışma Yöntemi: ilerletimli göçertmeli uzunayak		Ayak Tahkimatı: arına paralel ağaç tahkimat	
Ort. Damar Kalınlığı: 1.78 m	Ort. Damar Eğimi: 50°	Ort. Ayak Boyu: 135 m	Ort. Have Genişliği: 1.05 m
Tavan Taşı: kumtaşı		Taban Taşı: ince taneli kumtaşı	
ÜST TABANYOLU (-360)			
Kesit: B-8	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ		Profil: GI-110
Durumu: bakir	Açılma Yöntemi: delme-patlatma	Konumu: bakir kömür-göçük	
Tabanyolu Kenar Takviyesi: topuk veya çift sıra ağaç domuzdamı			
ALT TABANYOLU (-460)			
Kesit: B-10	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ		Profil: GI-110
Durumu: bakir	Açılma Yöntemi: delme-patlatma	Konumu: bakir kömür-göçük	
Tabanyolu Kenar Takviyesi: kömür topuğu			
Üst Tabanyolu: Tabanyolu kenar takviyesi olarak bazı kısımlarda kömür topuğu, bazı kısımlarda ise çift sıra ağaç domuzdamı bırakılmıştır. Tabanyolu boyunca oluşan deformasyonlar incelendiğinde birçok yerde çelik bağların eğildiği ve bağ bacaklarının burkulduğu görülmektedir. Çelik bağların taşıma kabiliyetlerinin azaldığı yerlerde ek tahkimat olarak ağaç poligon bağ uygulanmıştır. Kenar takviyesi olarak kömür topuğun uygulandığı bölgelerde yanal kapanma ve taban kabarmalarının, ağaç domuzdamlarının uygulandığı kısımlarda ise göçük tarafındaki çelik bağın burkulmasının fazla olduğu gözlenmektedir. Meyilin fazla olması nedeniyle, tavan ile taban arasına yeterince sıkılanmayan domuzdamı direklerinin dizilimlerinin bozulmuş olduğu görülmekte ve buralarda aşırı deformasyonlar oluşmuştur.			
Alt Tabanyolu: Ayak önünden tabanyolu aynasına kadar olan bölgede önemli sayılabilecek deformasyonlara rastlanmamaktadır. Tabanyolu kenar takviyesi olarak kömür topuğu bırakılmakta ve ayakla bağlantılar 10-15 m aralıklı başyukarılarla sağlanmaktadır. Başyukarı girişlerinde çelik tahkimata ek olarak ağaç poligon bağ uygulanmaktadır. Ayak gerisinden itibaren ise deformasyonlarda artışlar görülmektedir. Tabanyolu boyunca açıklık kesitinde daralmalar ve çelik bağlarda deformasyonlar oluşmuş, çelik bağlar yer yer ağaç poligon bağlarla desteklenmiştir.			
Yorum: Tabanyolu kenar takviyesi olarak kömür topuğu bırakılması durumunda yanal kapanmalar ve taban kabarmalarında artışlar gözlenmektedir. Domuzdamı uygulamasında ise çelik bağlarda şiddetli eğilmeler ve bağ bacaklarında burkulmalar görülmektedir.			



Ölçek 1/2000

Şekil 4.1. -360 / -460 Küçük Batı panosu.

4.1.1 T.T.K.`da Tabanyolu Uygulamaları

Uzunayak üretim yönteminde, kömür damarı alt ve üst kotlardaki galerilerle kesildikten ve panoya rekup lağımları ile girildikten sonra tabanyolları sürülmektedir. Yöntem ilerletimli veya dönümlü olarak uygulanabilmektedir. İlerletimli çalışmada, kat galerilerinin korunması için bırakılan güvenlik topuğunun dışında, kömür damarının içinden bir başyukarı açılarak üst ve alt tabanyolları birleştirilir. Tabanyolları ayak ile aynı yönde ilerleyecek şekilde sürülmektedir. Dönümlü çalışmada ise tabanyolları pano sınırına veya belirli bir faya kadar açılmakta ve buradan bir başyukarı çıkılarak birleştirilmektedir. Daha sonra panoda üretim kat galerilerinin güvenlik topuğuna kadar devam etmektedir. T.T.K. işletmelerinde, uzunayak yöntemi uygulanan panolarda, bir an önce üretime geçebilmek amacıyla, genelde ilerletimli yöntemle ve tabanyolunun ayağın önünden sürüldüğü şekilde çalışılmaktadır. Tabanyolları sürülürken kömür damarının doğrultusu takip edilmektedir. Tabanyollarının çevre kayaları da genellikle kumtaşı, şeyl, silttaşı, kiltası, kireçtaşı ve konglomeradan oluşmaktadır.

T.T.K.`da iki tip tabanyolu açma yöntemi uygulanmaktadır. İlk yöntem tabanyolunun bakir kömür damarının içinden açılması şeklindedir. Diğer yöntem ise, önceden açılmış olan ve panoda üretim bittikten sonra oluşan deformasyonlar nedeniyle ikinci kez kullanılmaya elverişli olmadığından göçmeye bırakılan alt tabanyolunun, göçük açma metodu ile yeniden üst tabanyolu olarak sürülmesine dayanmaktadır.

Bakir kömür damarının içinden açılan ilerletimli tabanyollarında (özellikle alt tabanyolları) yapılan işler kısaca şunlardır. Tabanyolu aynasındaki kömüre delikler delinmekte ve delikler patlayıcı madde ile doldurularak patlatılmaktadır. Bazı durumlarda kömür, delme-patlatma yapılmadan, kazılmakta ve aynadaki kayanın

kazısını kolaylaştıracak serbest yüzeyler oluşturulmaktadır. Aynadan boşalan kömür ocak arabalarına yüklenmektedir. Daha sonra aynanın tavan ve taban taşlarına delikler delinmekte ve birkaç atımda patlatılmaktadır. Dinamitlerin patlatılması için adi kapsüller kullanılmakta ve ateşleme manyeto ile yapılmaktadır. Patlatma sonrası gevşeyen ve küçük parçalara ayrılan kayalar 1 veya 5 tonluk ocak arabalarına elle, kürekle veya basınçlı hava ile ray üzerinde çalışan hareketli posta makineleri ile yüklenmektedir. Kalın (> 3 m) kömür damarlarında tabanyolu aynasının tamamı kömürden oluştuğundan delme-patlatma uygulanmamakta ve kömür martopikörle kazılmaktadır. Postanın alınmasını takiben ve bir bağ aralığı (0.6-1 m) kadar ilerleme yapıldıktan sonra, B-8 veya B-10 tipinde iki parçalı kavisli rijit bağlar kullanılarak, tahkimat yapılmaktadır.

Eskiden çalışmış olan ayakların terkedilmiş bulunan alt tabanyollarında sürülen üst tabanyollarında çalışma koşulları daha güçtür. Güçlük, eski tabanyolunun bir göçük sahası haline gelmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Böyle bir arazide, çelik bağların bir kısmı göçükte, bir kısmı da bakir kömürde olmak üzere tabanyolu yeniden sürülmektedir. Tamamen ezilmiş tabanyolu aynalarında gerekenden fazla kazı yapılmamasını sağlamak için özel önlemler alınmakta ve kazı dikkatli bir şekilde yapılmaktadır. Aynada karşılaşılan iri kaya blokları delinip dinamitle patlatılmaktadır. Aynadan çıkan pasa ve kaya parçaları ocak arabalarına yüklenmektedir. Bir bağ aralığı (0.6-1 m) kadar ilerleme yapıldıktan sonra, B-8 veya B-10 tipinde kavisli rijit çelik bağ tahkimatı kurulmaktadır.

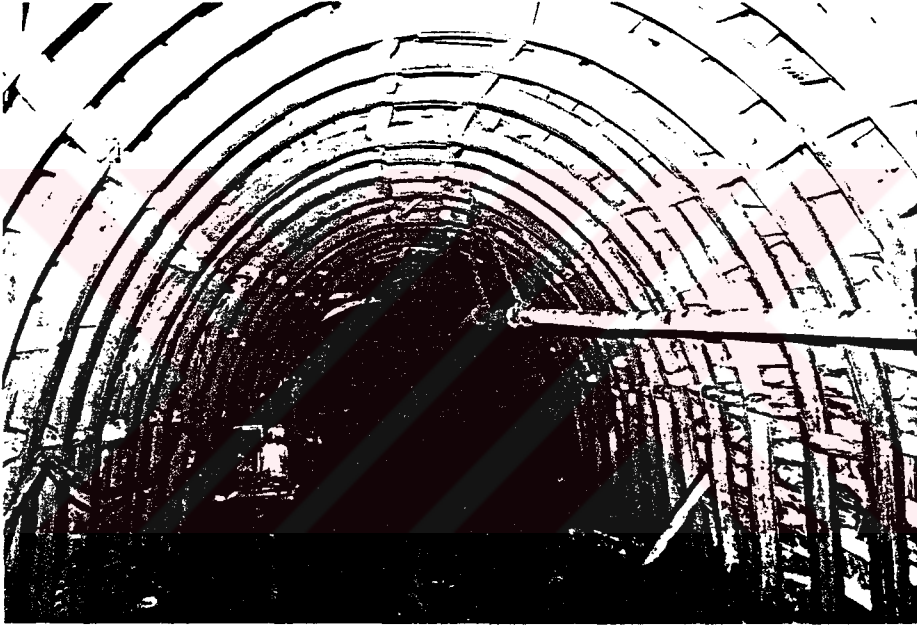
Uygulanan ilerletimli çalışmada tabanyolu aynası ile ayak hizası arasındaki mesafeler değişkenlik göstermektedir. Üst tabanyollarında genelde tabanyolu aynası ayağın birkaç metre ilerisinde sürülmektedir. Alt tabanyollarında ise tabanyolu aynası, tek raylı hatta nakliyat yapıldığından, ayağın 40-50 m (en az 20-25 adet 1 tonluk vagon sığabilecek şekilde) önünden sürülmektedir.

T.T.K.'da tabanyolu tahkimatı olarak ağaç trapez bağ tahkimatının kullanıldığı bazı istisnalar dışında DIN 21531 normundan uyarlanan kavisli rijit çelik bağlar kullanılmaktadır (Şekil 4.2). Çelik bağ tipleri faydalı kesitleri ile anılırlar. Tabanyollarında daha çok B-10 tipindekiler kullanılmakla birlikte, özellikle üst tabanyollarında B-8 tipi de tercih edilmektedir. Tabanyollarında uygulanan kavisli rijit çelik bağlar DIN 21541 normundan uyarlanan GI-110 ve yer yer GI-140 profilinden oluşmaktadır. Kullanılan profiller St-37 kalitesindedir. Tabanyollarında uygulanan kavisli rijit çelik bağlar iki parçalıdır ve birbirine pabuçlarla bağlanmaktadır. Kullanılan pabuçlar iki veya dört delikli delikli olup bağlantılar iki kamalı perno-pim ile sağlanmaktadır.

Çelik bağlar kurulduktan sonra, bağları birbirine irtibatlandırmak ve ortak çalışmalarını sağlamak için, bağlar arasına ağaç fırçalar yerleştirilmektedir. Fırçalar yuvarlak direklerden kesilerek hazırlanmaktadır. Tabanyolunun faydalı kesit alanına göre her bağ için değişik sayıda fırça vurulmaktadır. B-10 kesiti için ideal olduğu ileri sürülen 10 adet fırçanın yerinde incelemeler sonunda, aslında 4-8 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çok akıcı arazilerde ise boşluksuz yığma fırça uygulaması yapılmaktadır.

Havzada, delme-patlatma veya göçük açma yöntemi ile açılan ve düzensiz kesit gösteren tabanyollarında, çelik bağ tahkimatı ile çevre kaya arasındaki boşluğun doldurulması ve gevşek özellik gösteren çevre kayaların açıklığa doğru akmasının engellenmesi (daire veya yarım daire kesitli direklerden oluşan) ahşap kama ve sürenlerle sağlanmaktadır. Tavanda oluşmuş olan büyük boşluklar ise domuzdamı direkleri ile doldurulmaktadır.

Tabanyollarında genellikle çelik bağ tahkimatının kömür damarının tavan taşına degecek şekilde sürülmesine çalışılmaktadır. Üst tabanyollarında ayağın giriş



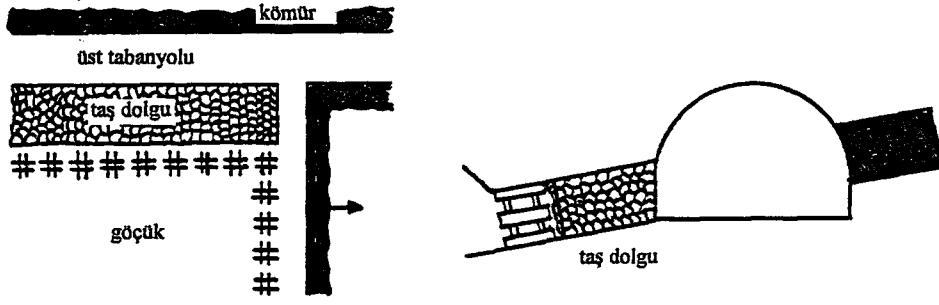
Şekil 4.2. T.T.K`da tabanyolu tahkimatı.

seviyesi damar kalınlığına bağılı olarak tabanyolu tabanı seviyesinde veya biraz altında olmaktadır. Alt tabanyollarında ise, ocak arabalarının doğrudan doğruya yüklenebilmeleri sağlayabilmek için, ayak girişı tabanyolu tabanından 1.5-2.5 m daha yüksekte bulunmaktadır.

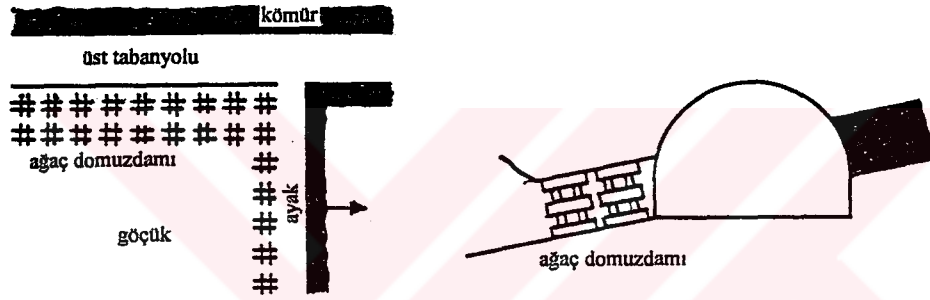
Tabanyolu-ayak girişlerinde uygulanan tahkimat kenar takviye yöntemlerine göre değışiklikler göstermektedir. Genel olarak ayak hizasında tabanyolunda çelik bağı tahkimata ek olarak 4-6 sarmalı ağaç poligon bağı uygulanmaktadır. Ayak içerisinde genelde arına paralel ağaç uzunayak tahkimatı ile çalışılmaktadır. Ayak içi tahkimatı sarma, çatal direk, kama ve domuzdamlarından oluşmaktadır. Gerekli görüldüğünde ayak içinde sarmalar altına belleme çekilmekte veya sarma sıraları arasına orta sarmalar yerleştirilmektedir. Bazı ayaklarda belleme ve orta sarma birlikte uygulanmaktadır. Ayağın göçük hattı boyunca da ağaç domuzdamları dizilerek yalancı tavanın göçmesi sağlanmaktadır. Hidrolik direkler ile eklemli çelik sarmaların kullanıldığı ayaklarda ise arına dik uzunayak tahkimat yöntemi uygulanmaktadır.

İlerletimli ayaklarda, ayakların geçmesinden hemen sonra üst tabanyollarının tutulabilmesi için, farklı tabanyolu kenar takviye yöntemleri uygulanmaktadır (Şekil 4.3). Ayağın baş kısımlarında ve ayakta domuzdamı havesinden başlamak üzere dolgu uygulanmakta veya sabit ağaç domuzdamları kurulmaktadır. Bunun dışında ayağın baş tarafında kömür topuğı veya fay nedeniyle taş topuklar bırakılmaktadır.

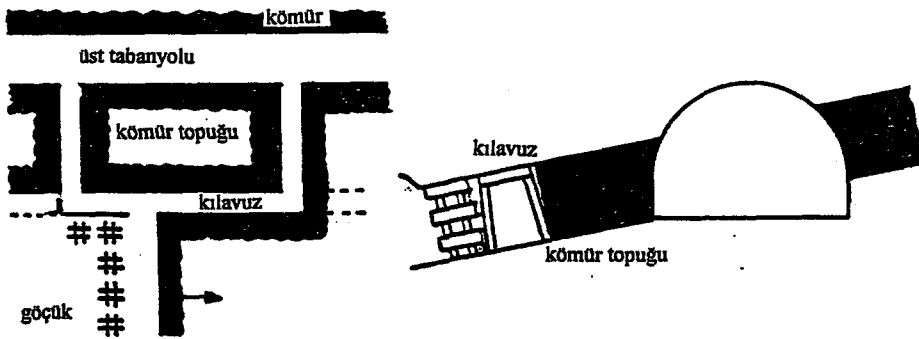
Dolgu uygulamasında malzeme olarak tabanyolunun açılması sırasında ortaya çıkan pasa kullanılmaktadır. Dolgu malzemesi kenar boşluğına insan gücü ve elle nakledilmektedir. Genelde dolgu genişliğı iki sarma uzunluğunda (8 m) tutulmaktadır. Kullanılan malzemenin (kömür, kaya parçaları) ince olması halinde, dolgunun açıklıklara doğru akmasını önlemek için, dolgu teli kullanılmaktadır. Bazı



a. taş dolgu uygulaması



b. ağaç domuzdamı uygulaması



c. kömür topuğu uygulaması

Şekil 4.3. Üst tabanyollarında kenar takviyesi olarak uygulanan çeşitli yöntemler.

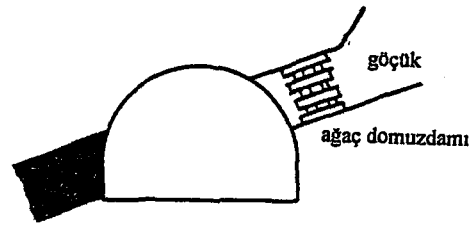
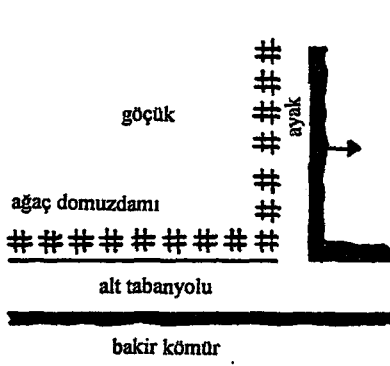
yerlerde, ayak içinde dolgunun ayak tarafına tek sıra ağaç domuzdamı dizilmektedir (Şekil 4.3.a).

Ağaç domuzdamı uygulamasında, ayağın baş kısımlarına ve tabanyolunun göçük hattı boyunca, bir veya iki sıra sabit domuzdamı dizilmektedir (Şekil 4.3.b). İçi boş olan domuzdamlarında hava kaçaklarını önlemek için tabanyoluna açık kısmı yer yer killi toprak veya çamur ile sıvanmaktadır. Kenar takviyesi olarak dizilen domuzdamlarının taşıma kapasitesini artırmak için, bazı yerlerde içi taş ile doldurulmaktadır.

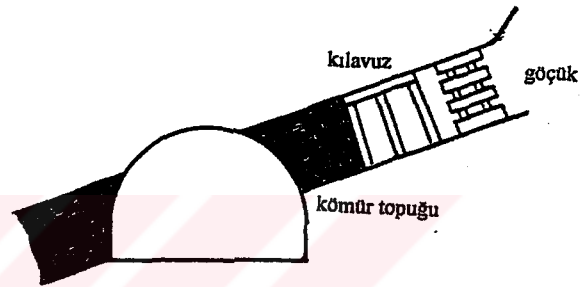
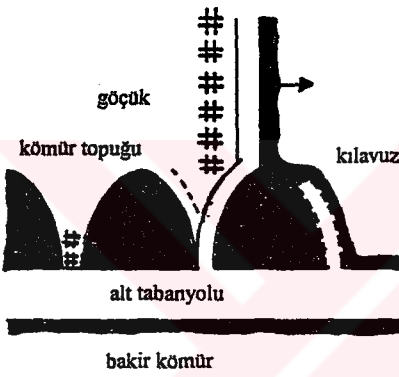
Kömür topuğu uygulamasında tabanyolu boyunca ayağın göçük tarafında 6-10 m genişliğinde topuklar bırakılmaktadır. Tabanyolu-ayak bağlantıları 10-20 m aralıklarla açılan kısa başaşağılarla sağlanmaktadır. Ayak içinde ayrıca kılavuzlar sürülmektedir (Şekil 4.3.c). Ayak başında kömür damarının kalınlığının çok azalması veya küçük atımlar nedeniyle ayak içine kaybolması nedeniyle bazen taştan oluşan topuklar bırakılmaktadır. Ayak bağlantıları taştan açılan ve insan ile malzeme geçebilecek büyüklükteki kılavuzlarla sağlanmaktadır.

İlerletimli ayaklarda, alt tabanyollarının korunabilmesi için yine farklı tabanyolu kenar takviye yöntemleri uygulanmaktadır (Şekil 4.4). Tabanyolu kenarında ya sabit domuzdamları, ya kömür topuğu bırakılmakta, ya da boşluk kaya parçaları ile doldurulmaktadır.

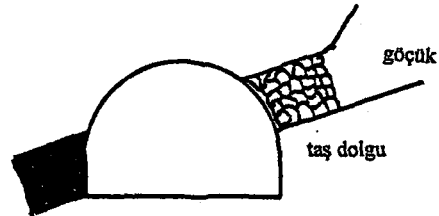
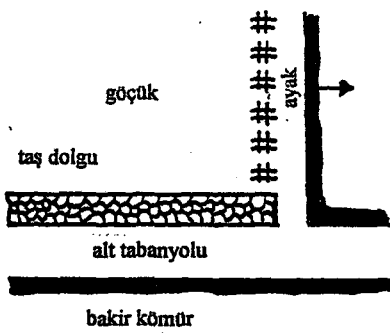
Sabit ağaç domuzdamı uygulamasında, ayağın dip kısımlarında tabanyolunun göçük hattı boyunca, bir veya iki sıra sabit domuzdamı kurulmaktadır (Şekil 4.4.a). Domuzdamlarının içi yine yer yer taş ile doldurulmakta ve tabanyoluna açık kısımları, hava kaçaklarını önlemek için, killi toprak veya çamur ile sıvanmaktadır.



a. ağaç domuzdamı uygulaması



b. kömür topuğu uygulaması



c. taş dolgu uygulaması

Şekil 4.4. Alt tabanyollarında kenar takviyesi olarak uygulanan çeşitli yöntemler.

Bir diğ er uygulamada ise, kenar takviyesi olarak, yaklaşık üçgen şeklinde kömür topukları bırakılmaktadır ( ekil 4.4.b). Bu topukları bırakabilmek için tabanyolu-ayak bağılantısını sağılayan kısa başıyukarıların açılması gerekmektedir. Ayak ilerleyince yeni bir başıyukarı açılmakta ve ayakla bağılantı sağılandıktan sonra, önceki başıyukarı terkedilmektedir. Eski başıyukarının girişine bir veya iki domuzdamı dizilmekte ve hava kaçaklarını önlemek için tabanyoluna bakan yüzleri çamurla sıvanmaktadır. İki başıyukarı arasındaki mesafe, koşullara göre değı kenlik göstermekle birlikte, genelde 10-15 m civarında tutulmaktadır. Topuğun ayak içindeki geni liğı de değı kenlik göstermesine karşın, yaklaşık iki sarma uzunluğı (8-10 m) kadardır. Bazı durumlarda ayak içinde kömür topuğun gerisinde bir sıra ağı  domuzdamı dizilmektedir.

Tabanyolu aynasından ve ayak içinde kömür damarında ara kesmelerden ortaya çıkan ta ların birbiri üzerine yığılması ile oluşan ta  dolgu uygulaması en az uygulanan yöntemdir ( ekil 4.4.c).

Tabanyollarında deformasyonlar etkisini göstermeye ba ladıktan sonra  elik bağılar, kesit açıklığına bağılı olarak, ahşap poligon veya trapez bağılarla takviye edilmektedir. Tabanyolu kesitlerinin tonluk arabaların güçlükle ge ebileceğı kadar daralması veya tahkimat sisteminin taşıma kabiliyetini yitirmesi üzerine tamir-tarama işlemine geçilmektedir. Tamir-tarama i lerinde deforme olmuş  elik bağılar değı tirilmekte ve kabaran taban tabakaları kazılarak tabanyolunun taban seviyesi derinle tirilmektedir.

4.1.2 T.T.K.`da Tabanyolu Uygulamalarının Kritiğı

T.K.K.`da çeşitli tabanyollarında yapılan gözlemler ve incelemeler sonucunda mevcut uygulamaların, tabanyollarının duraylığı açısından yetersiz kaldığı,

görülmektedir. Hazırlanan tabanyollarında duraylığa etkiyen faktörler gözardı edilmektedir. Tabanyolları yıllardan beri alışlagelmiş ve bilimsel araştırma sonuçlarına dayanmayan yöntemlerle açılmakta ve tahkim edilmektedir.

Tabanyolları, panoların bir an önce üretime geçebilmesi amacıyla, ilerletimli olacak şekilde ayağın önünden sürülmektedir. Bu yöntem, duraylık açısından, uygulanabilen çeşitli tabanyolu çalışma durumları içerisinde en olumsuz olanıdır. Tabanyolu aynası ile ayak hizası arasındaki mesafe, genelde 40-50 m'nin altında tutulamamaktadır. Bu durum da tabanyolunun ayak önündeki yüksek gerilmelerden etkilenmesine neden olmakta ve ilk deformasyonlar ayak henüz yaklaşımadan başlamaktadır. İncelemeler sırasında, bazı tabanyollarının ayağın üretim etkisine girmeden önce ilk taramaya tabi tutuldukları görülmüştür.

Tabanyolu çevresindeki kayaçların jeomekanik özellikleri sağlıklı olarak bilinmemektedir. Kayaçlar sadece, kumtaşı yerine kullanılan "gre" ve şeyl yerine kullanılan "şist" olarak sınıflara ayrılmaktadır. Uygulanan delme-patlatma yönteminde, tabanyolu tahkimatının şekli ve aralıkları tespit edilirken kayaçların farklı jeomekanik özellikleri gözardı edilerek, aynı şekilde düzenlenmektedir.

T.T.K.'da üretim bölgeleri içerisinde çok sayıda pano kenarları ve kömür topukları bulunmaktadır. Bu gibi bölgelerin geçilmesinde, etkileşim ile oluşan yüksek gerilmeler gözardı edilerek, tabanyolu tahkimatı tüm tabanyolu boyunca aynı şekilde düzenlenmektedir.

Panolarda fayların bulunması ve kömür damarlarında ondülasyonların fazla olması, tabanyolu sürülürken damar doğrultusunun takip edilmesi, tabanyollarının sık sık yön değiştirerek kurbalar çizmesine neden olmaktadır. Bu da özellikle tahkimat elemanlarının ortak çalışmasını sağlamakta zorluklar yaratmaktadır. Tabanyolları

boyunca kömür damar kalınlığının değışkenlik göstermesi de önemli tahkimat sorunlarına (tabanyolu-ayak girişı, kenar takviye yöntemi) yol açmaktadır.

Tabanyolları bakir kömür içinde açılırken delme-patlatma yöntemi uygulanmaktadır. Patlatma sırasında çevre kaya örselenmekte ve yapay çatlaklar oluşmaktadır. Yapılan fazla kazı nedeniyle, tahkimat ile çevre kaya arasında büyük boşluklar yaratılmaktadır. Bu da kurulan tahkimatın erken yük almasını engellediğinden deformasyonları artırıcı etki yaratmaktadır. Aynı tabanyolu ikinci kez kullanılamadığından, göçen tabanyolu tekrar açılmaktadır. İlk kullanım sırasında akıcı bir özellik kazanan çevre kaya önemli boyutlarda duraysızlık problemlerinin yaşanmasına neden olmaktadır.

Tabanyolları B-8 veya B-10 kesitinde açılmaktadır. Tavan alçalması, kenarların akması ve taban kabarmaları sonucunda oluşan kapanmalar, özellikle ayağın üretim etkisine girildikten sonra önemli ölçüde artmaktadır. Bazı yerlerde B-10 kesitinde açılmış olan bir tabanyolunun 1 tonluk vagonların zorlukla geçebildiği miktarda kapandığı gözlenmiştir. Kesit kapanması sonucunda, tabanyolunun işlevini yitirmemesi için, sık sık tamir-tarama çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ise önemli iş gücü ve malzeme kayıplarına yol açmaktadır. Genelde üst tabanyollarında uygulanan B-8 ve alt tabanyollarında B-10 açıklık kesitinin konverjans sonucu yetersiz kaldığı anlaşılmaktadır.

Tabanyollarında tahkimat olarak kullanılan GI-110 profilli kavisli rijit çelik bağlar üzerine etkiyen yüklere karşı yeterli direnç gösterememektedir. Yükler karşısında çelik bağda, ayağın önünden başlamak üzere, eğilmeler ve burkulmalar oluşmaktadır (Şekil 4.5). Ayak hizasına yaklaştıkça artan bu deformasyonlar özellikle ayağın gerisindeki göçük bölgesinde tabanyolu duraylılığını tehlikeye düşürmektedir (Şekil 4.6). Bağ parçalarında şiddetli eğilmeler ve bağ bacaklarında



Şekil 4.5. Ayağın önünde tabanyolu tahkimatının durumu.



Şekil 4.6. Ayağın gerisinde tabanyolu tahkimatının durumu.

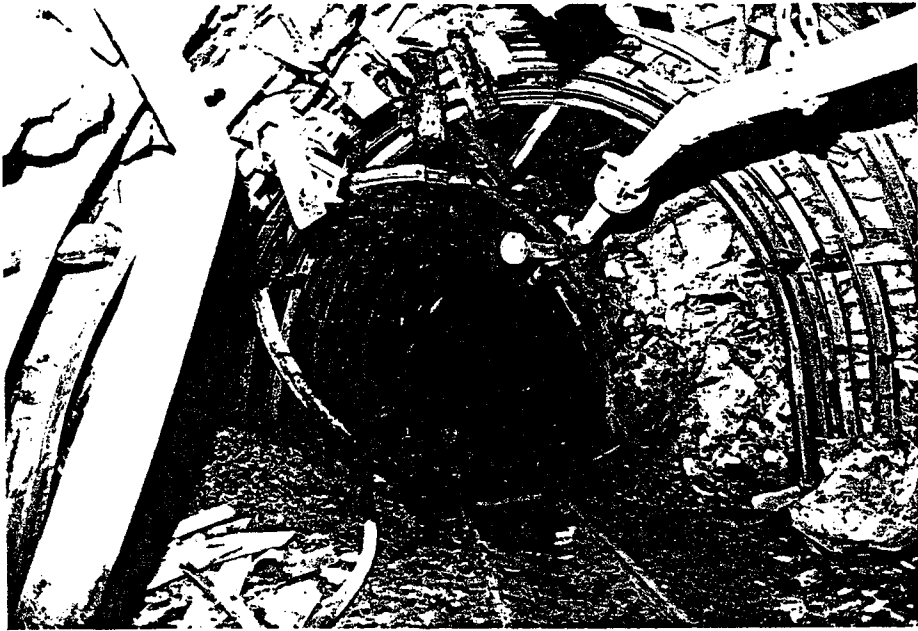
burkulmalar oluşmakta, bağlantı elemanlarında çözülme ve kopmalar meydana gelmektedir. Taban kabarmalarının da etkisiyle bağ bacakları yer yer tabana saplanmaktadır. Birçok durumda çelik bağ tahkimatı taşıma kabiliyetini yitirmekte ve ağaç poligon bağ veya ağaç trapez bağdan oluşan ek tahkimat ile desteklenmektedir (Şekil 4.7). Bir müddet sonra bu tahkimat da yetersiz kalmakta ve tabanyolunda tamir-tarama işlemine geçilmektedir. Deformasyona uğrayan çelik bağlar sökülmekte, taban taranmakta ve yeni tabanyolu tahkimatı inşa edilmektedir (Şekil 4.8). Bazı durumlarda, bağ bacaklarının tabana aşırı derecede saplanması nedeniyle bağ parçaları ancak kesilerek alınabilmektedir. Tabanyollarında ihtiyaç duyulan tarama adedi değişkendir. Gözlemler sırasında hiç taranmamış tabanyollarına rastlanıldığı gibi sürekli tamir-tarama ekiplerinin çalıştığı tabanyolları da bulunmaktadır. Havza genelinde bir tabanyolunun ömrü boyunca ortalama 2-3 kez taramadan geçirildiği ifade edilmektedir (TÜSTAŞ, 1989).

Uygulanan tabanyolu tahkimatının yük taşıma kapasitesinin yetersiz kalması sonucunda ihtiyaç duyulan tarama çalışmaları, malzeme ve iş gücü kayıplarına yol açmaktadır. Bununla birlikte tabanyollarının açık tutulma maliyetleri önemli ölçüde artmaktadır. İncelemeler sırasında aşırı deformasyona uğrayan tabanyollarının bazı kesimlerinde tarama sonrasında GI-110 profil yerine GI-140 profil kullanıldığı görülmüştür. Bu bölgelerde çelik bağlarda oluşan eğilmeler ve burkulmalarda GI-110 profil kısımlara kıyasla azalma görülmektedir.

Tabanyollarında kullanılan iki parçalı kavisli rijit çelik bağlarda en zayıf kısım olan bağlantı yeri açıklığın tam ortası ve tepesindedir. Tavan yüklerine maruz kalan bu kesimde pabuç, perno-pim ve kamalardan oluşan bağlantı elemanlarında sık sık çözümler ve kopmalar görülmektedir. Tabanyolunda yatay kapanmaların fazla olduğu kesimlerde yine bağlantı elemanlarında kopmalar gözlenmekte ve çelik bağ parçalarının uç kısımları tavana doğru hareket etmektedir.



Şekil 4.7. Çelik bağlardan oluşan tabanyolu tahkimatının ağaç poligon bağlarla takviye edilmesi.



Şekil 4.8. Tamir-tarama işleminden sonra tabanyolu tahkimatının durumu.

İki kama ve pernodan oluşan bağlantı mekanizması, civata-somuna kıyasla, çelik bağ parçalarının birbirine sıkıca bağlanmasını tam olarak sağlayamamaktadır. Özellikle delme-patlatma sonrasında oluşan sarsıntı etkisi ile bağlantı mekanizmasında gevşemeler meydana gelebilmektedir. Gözlemler sırasında karşılaşılan ilginç bir durum ise bazı çelik bağlarda, malzeme eksikliği nedeniyle, pabuçta tek perno-kama kullanılması veya hatta bazı yerlerde perno-kamanın sökülerek başka bir bağda kullanılmasıdır. Bu durum, çelik bağın taşıma kapasitesini önemli ölçüde düşürmekte ve bağın duraylılığını yitirmesine neden olmaktadır.

Çelik bağların birlikte çalışmasını sağlayan ahşap fırçalar çoğu zaman eksiktir. B-10 kesitindeki bir tabanyolu için ideal olan 10 adet fırçanın incelemeler sonucunda 4-8 arasında uygulandığı tespit edilmiştir. Ayrıca bağlar arasındaki fırçaların aynı yükseklik ve doğrultularda yerleştirilmesine pek özen gösterilmediği görülmektedir. Bunun sonucunda çelik bağlar birbirine doğru hareket edebilmekte ve düzlem dışı eğilmeler ve burkulmalara karşı etkili direnç gösterememektedir.

Tabanyolunda, ayak hizasında, çelik bağ tahkimatına ek olarak 4-6 sarmalı ahşap poligon bağ uygulanmaktadır. Bu ise tabanyolunun daralmasına yol açtığından bazı durumlarda nakliyat sorunu yaratmaktadır. Nakliyat aracı olarak 5 tonluk vagonlar kullanıldığında veya 1 tonluk vagonlar için iki hatlı raylar döşendiğinde ise ek tahkimat uygulanamamaktadır.

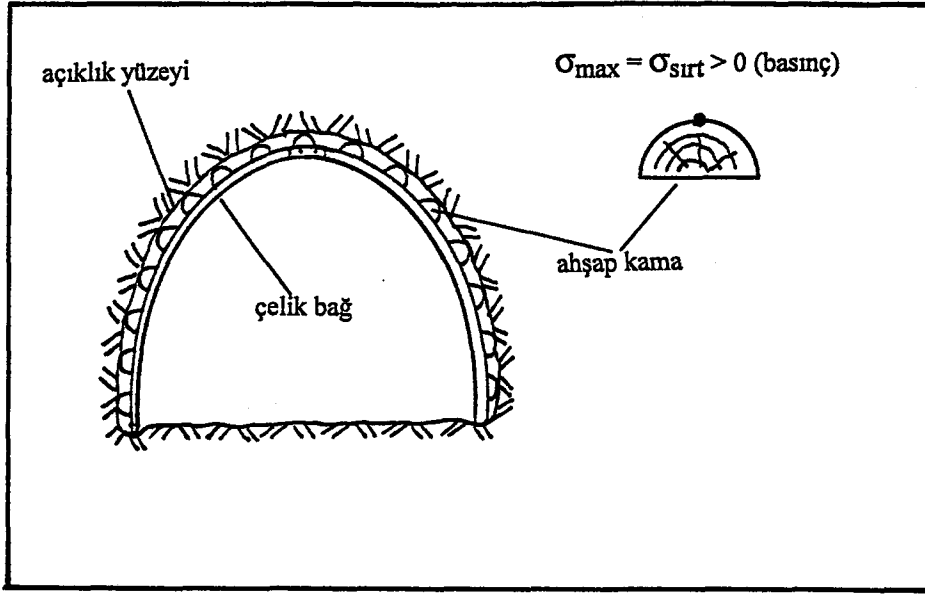
Havzada tabanyolları delme-patlatma veya göçük açma yöntemi ile açılmakta ve bu nedenle düzensiz kesit göstermektedir. Tahkimat ile çevre kaya arasındaki boşlukların doldurulması ahşap kama veya sürenlerle sağlanmaktadır. Gözlemler sırasında boşlukların kama veya sürenlerle sıkı bir şekilde doldurulamadığı ve tahkimatın çevre kaya ile birçok noktada temas halinde olmadığı tespit edilmiştir.

Bunun sonucunda, ilk aşamada tahkimat üzerine yük etkimemektedir. Ancak çevre kayanın gevşeme davranışı sonucu alçalması ile tahkimata yükler etkimektedir. Bu olay açıklık çevresindeki gevşeme bölgesinin genişlemesine ve tahkimat üzerine etkiyen kaya yükünün zamanla artmasına yol açmaktadır. Ayrıca düzgün dağılımlı yüklemenin aksine oluşan büyük aralıklı noktasal yüklemeler, çelik bağlarda kalıcı deformasyonlara yol açan yüksek eğilme gerilmeleri yaratmaktadır.

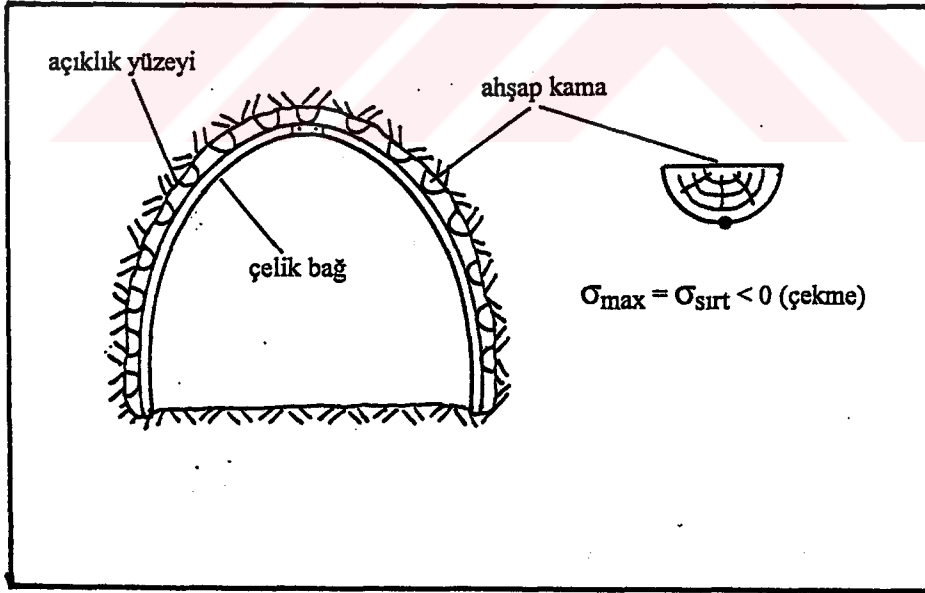
İncelemeler sırasında, çelik bağın çevre kaya ile temasını sağlayan ve gevşeyip küçük bloklara ayrılan kaya parçalarının tabanyolu açıklığına düşmesini önleyen ahşap kamaların yerleştirilme şeklinin yanlış olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.9). Mevcut uygulamada ahşap kamaların düz kısmı çelik profil ile temas etmektedir. Oysa doğru uygulamada ahşap kamaların düz yüzeyi çevre kaya ile temas etmelidir. Kamalarda maksimum gerilmeler kavisli kısmın tepe noktasında oluşmaktadır. İlk yerleştirilme şeklinde (Şekil 4.9.a) maksimum gerilmeler basınç türündedir. İkinci yerleştirilme şeklinde (Şekil 4.9.b) ise maksimum gerilmeler çekme türündedir. Ahşap elemanların en yüksek dayanımı liflere paralel çekme dayanımı olması ve bu değer basınç dayanımına göre 2-3 kat daha yüksek olması nedeniyle kamalar ikinci yerleştirilme şeklinde yüklere daha fazla direnç gösterebilmektedir.

Üst ve alt tabanyollarında ayakların geçmesinden sonra, çeşitli tabanyolu kenar takviyesi yöntemleri uygulanmaktadır. İncelemeler sırasında, şu anda uygulanmakta olan hiçbir yöntemin tabanyolunda istenilen duraylılığı (tabanyolunun taramaya ihtiyaç duymaması ve ikinci kez kullanılabilmesi) sağlayamadığı anlaşılmıştır. Uygulamaların başarısızlık nedenleri teknolojik, teknik ve işçilik faktörlerine dayanmaktadır.

Dolgu yöntemi uygulanan tabanyolları sık sık taranmaktadır. Dolgu malzemesi olarak tabanyolu aynasından çıkan kaya parçaları ve kömür kullanılmaktadır.



a. olumsuz yerleştirme şekli



b. olumlu yerleştirme şekli

Şekil 4.9. Tabanyollarında ağaç kamaların olumlu ve olumsuz yerleştirme şekilleri.

Malzeme göçük tarafındaki kenar boşluğa kürekle veya elle doldurulmaktadır. Bu nedenle malzeme boşluğun tavan ile tabanı arasına yeterince sıkışmamaktadır. Bunun sonucunda dolgu ayağın çok gerisinde yük almakta ve tavanın gevşemesi sonucu oluşan kaya blokları tahkimat üzerine binmektedir. Ayağın gerisinde göçük bölgesinde yapılan incelemelerde, düzgün bir şekilde gelişmeyen göçük hattının, daha ziyade şerit dolgunun gerisine dizilen tek sıra ağaç domuzdamlarının sınırında olduğu gözlenmiştir. Bu da dolgunun ilk aşamada yük almadığını ve yükün domuzdamı tarafından taşındığını ortaya koymaktadır. Bunun sonucu olarak tahkimat elemanlarında deformasyonlar ve bağlantı elemanlarında kopmalar görülmektedir.

Ağaç domuzdamı uygulamalarında tabanyollarında görülen deformasyonlar daha ziyade işçilik hatalarından kaynaklanmaktadır. Domuzdamlarının kurulduğu yerler kömür ve kaya parçalarından yeterince temizlenmemektedir. Bu da direklerin yükleri tabana yeterince iletememesine neden olmaktadır. Domuzdamı mutlaka tavan ile taban taşı arasına kurulup iyice sıkılanması gerekirken, bazı yerlerde tabanda kömür bırakılması nedeniyle, tavan taşı ile kömür arasına oturtulmaktadır. Bu durumda, direklerin etkiyen düşey yükler karşısında tabana batması sonucunda, domuzdamı deformasyonlara karşı etkili direnç gösterememektedir. Ayrıca tavan ile taban taşı arasına kurulan domuzdamlarının genelde tavan ile taban arasına yeterince sıkılmadığı ve direklerin aynı doğrultuda dizilmesine özen gösterilmediği görülmektedir. Bu da domuzdamlarının ayağın çok gerisinde yük almasına ve bu süre içerisinde tabanyollarında önemli deformasyonların oluşmasına neden olmaktadır. Özellikle eğimli ($> 20^\circ$) damarlarda domuzdamı direklerinin dizilimlerinin bozulması ve diklikten sapması sonucu taşıma kabiliyetlerini önemli ölçüde yitirmiş oldukları gözlenmiştir. Bazı tabanyollarında, damar eğiminin 40° 'den fazla olmasına rağmen, domuzdamlarının kurallara uygun yerleştirilmesi sonucunda, deformasyonlara karşı etkin direnç gösterebildikleri görülmüştür. Bu da

tabanyolu kenar takviyesi olarak ağaç domuzdamı uygulamasının başarısında işçiliğin çok önemli etkisi olduğunu göstermektedir.

Kenar takviye olarak kömür topuğu uygulamasında seçilen topuk genişlikleri genelde 6-10 m civarındadır. Bu genişlik, Bölüm 2.2.3.2'de açıklandığı üzere, dar topuklar (5-20 m) sınıfına girdiğinden, tabanyollarında önemli ölçüde deformasyonların oluşmasına sebep olmaktadır. Topuk üzerinde ve özellikle kenarlarda yoğunlaşan gerilmeler topuğun dayanımını aşmakta ve ezilmelere yol açmaktadır. Ezilme sonucu ferahlayan kömür tabanyolu açıklığına doğru akmakta ve başta yanal kapanmalar olmak üzere deformasyonlara neden olmaktadır. Ezilme sonucu taşıyıcı genişliği azalan topuğun sağlam kenarlarında tekrar yoğunlaşan gerilmeler kömürün dayanımının aşılmasından sonra yenilmesi ile ferahlamaktadır. Bu olay, ayağın geçişinden uzun süre sonra da, tabanyollarında konverjansların artmasına sebep olmaktadır. İncelemeler sırasında ağaç poligon bağdan oluşan ek tahkimatın bu olayı durduramadığı gözlenmiştir. Havzada uygulanan kömür topuğu takviyesi hem istenilen duraylılığı sağlayamamakta hem de kömür kaybına yol açmaktadır.

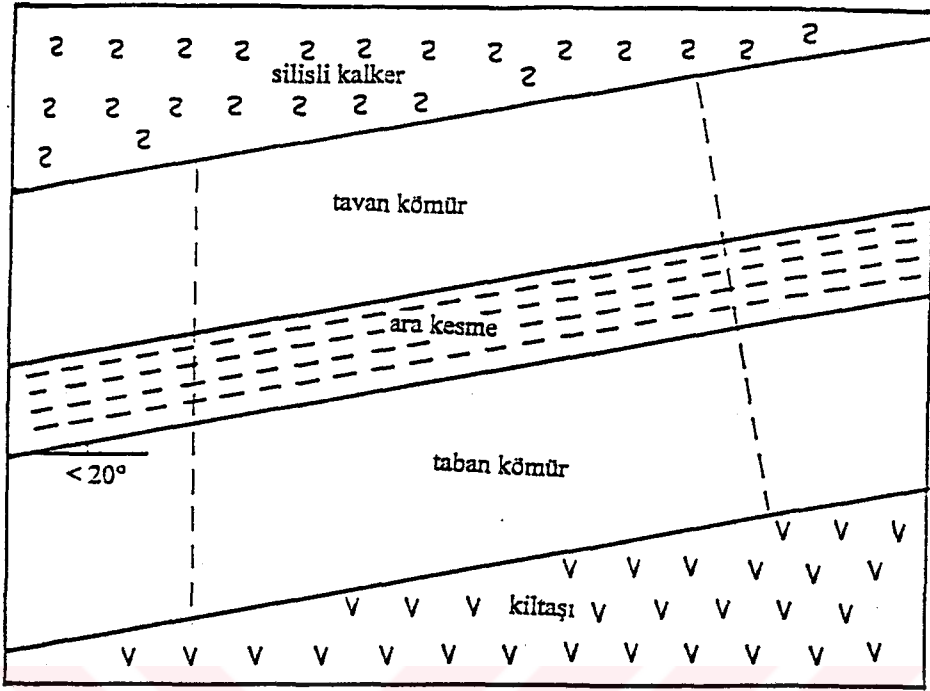
Havzada uygulanmakta olan tabanyolu yöntemlerinden istenilen duraylılık elde edilememektedir. Açılan tabanyolu ömrü boyunca ortalama 2-3 defa taranmakta ve alt panonun üretiminde tekrar kullanılamamaktadır. Bu da tabanyolu açma ve açık tutulma maliyetlerinin yükselmesine, zaman ve iş gücü kayıplarına yol açmaktadır. Mevcut tabanyolu uygulamalarında öncelikle işçilik hataları minimuma indirilmeli ve tabanyolu duraylılığına etkiyen faktörlerin yeterince bilinmemesinden kaynaklanan tasarım hataları giderilmelidir. Daha sonra ise alternatif tabanyolu uygulamaları (açılma yöntemi, tahkimat şekli, kenar takviye yöntemi, dolgu yöntemi, vb.) üzerinde çalışılmalıdır. Bu konuya Bölüm 5'de daha ayrıntılı olarak değinilecektir.

4.2 O.A.L.'DE YERİNDE GÖZLEM VE İNCELEMELER

Tez çalışması kapsamında 20-25 Mart 1995 tarihleri arasında, A-05 ve A-06 panolarına ait alt ve üst tabanyollarında yerinde gözlem ve incelemeler gerçekleştirilmiştir. İncelenen tabanyolları ile ilgili değerlendirmeler Ek Açıklamalar C'de yer almaktadır. Bu bölümde, önce işletmede uygulanan üretim yöntemi hakkında bazı genel bilgiler verilmiştir. Daha sonra, O.A.L.'de tabanyolunda tahkimat sistemlerinin gelişimi ile ilgili bilgi verilmiş olup, şu anda uygulanmakta olan tabanyolu tahkimat sistemi tanıtılmıştır. Gerçekleştirilen gözlem ve incelemeler ile Bölüm 3'de verilen tasarım ilkelerinin ışığında tabanyolu uygulamalarının kritiği yapılmıştır.

4.2.1 Genel Bilgiler

O.A.L.'de üretim tam mekanize olarak dönmümlü göçertmeli uzunayak yöntemiyle yapılmaktadır. Ayak uzunlukları 220 m, pano uzunlukları 700-1500 m arasında değişmektedir. Üretilen iki kömür damarı yaklaşık 0.8 m kalınlığındaki ara kesme (siltli marn) ile birbirlerinden ayrılmaktadır. Üst damar (tavan damar) ortalama 1.5 m, alt damar (taban damar) ortalama 1.7 m kalınlığındadır. Şekil 4.10'da görülebildiği gibi üst damarın tavanında sağlam silisli kalker, alt damarın tabanında ise sağlam kıltaşı tabakaları yer almaktadır (Çetin ve Eyyüboğlu, 1994). Dayanım deneylerinden; silisli kalker ile kıltaşının orta dayanımlı kayalar, siltli marn'dan oluşan ara kesmenin ise düşük dayanımlı kayalar sınıfına girdiği belirlenmiştir (Eyyüboğlu, 1990). O.A.L.'de oluşturulan panolarda tabaka ve damar eğimleri 20°'yi geçmemektedir. Tabanyollarının açıklık kesitleri de damar ve tabaka eğimine uygun olarak dörtgen şeklindedir (Şekil 4.11).



Şekil 4.10. O.A.L.'de tabanyollarının sürüldüğü birimlerde kömür damarları ve tabakaların dizilimi.



Şekil 4.11. O.A.L.'de tabanyolunun açıklık kesiti ve tabanyolu tahkimatı.

Panolar oluşturulurken aralarında topuk bırakılmamakta, damarların tümü üretilmektedir (şekil 4.12). Yan yana bulunan iki pano arasında tek tabanyolu açılmaktadır. Tabanyolu önce birinci panoya alt tabanyolu, daha sonra ikinci panoya üst tabanyolu olarak iki defa hizmet vermektedir.

İşletmede galeriler ve tabanyolları kollu galeri açma makinaları ile açılmaktadır. Tavan-taban ayak şeklinde üretilen iki kömür damarında kazı çift tamburlu kesici-yükleyici ile yapılmaktadır. Ayak içi tahkimatı olarak kalkan tipi yürüyen tahkimat ve kömür iletimi için zincirli konveyör kullanılmaktadır. Alt tabanyoluna nakledilen kömür önce zincirli konveyör, daha sonra bant konveyör ile anayol bant konveyörüne aktarılmaktadır. Alt ve üst tabanyollarında malzeme taşınması monorayla yapılmaktadır.

4.2.2 Tabanyolu Tahkimat Sistemlerinin Gelişimi

O.A.L.`de panolar arası kömür topuğu bırakılmadan ve alt tabanyolunun göçertilmeden korunması 1982 yılında üretime başlayan saban (Hobel) panosu ile gündeme gelmiştir. Saban panosuna ait A-1309 no`lu alt tabanyolunda aşama aşama farklı tahkimat tasarımları denenmiştir. Yapılan denemeler Çizelge 4.2`de özetlenmiştir (İştanbulluoğu, 1989). Kayıcı bağlar ve tabanyolu kenar takviyelerindeki gelişmeler sayesinde, alt tabanyolunun göçertilmeden korunarak, üst tabanyolu olarak ikinci kez kullanılması sağlanabilmiştir.

Saban panosunda başarılı olan kayıcı bağ tahkimatının ve tabanyolu kenar dolgusu uygulamasının geliştirilmesine devam edilmiştir. Havalı dolgu tesislerinin de kurulmasıyla, ayak tarafında tabanyolu kenarında ağaç domuzdamları kaldırılmış ve beton dolgu uygulamasına geçilmiştir.

Çizelge 4.2. O.A.L.'de Saban panosunda alt tabanyolunda denenene farklı tahkimat tasarımları (İstanbulluoğlu, 1989).

Tabanyolu kesiti	trapez	kavisli	dörtgen	dörtgen	dörtgen
Tahkimat	orta çatallı ağaç trapez bağ ve çalışan ayaklar tarafına 3.5- 4m yüksekliğinde ağaç domuzdamı	GI-140 profilden B- 14 kavisli rijit bağ ve bağın altına önceceleri ağaç payanda, sonra ağaç poligon kilit	dörtgen bağ; boyun- duruk GI-140 profil, ayak tarafındaki yan direk ilk 20m`de uzun hidrolik direk, sonraki 26m sürtün- meli yan direk; orta çatal ve bakır taraf- taki yan direk ağaç	dörtgen bağ; boyun- duruk GI-140 profil, ayak tarafındaki yan direk ve orta çatal sürtünmeli direk, bakır taraftaki yan direk ağaç	dörtgen orta çatallı kayıcı bağ ve ayaklar tarafına 3.5- 4m yüksekliğinde ağaç domuzdamı
Tabanyolu kenar takviyesi	içi taş doldurulmuş ağaç domuzdamları	içi taş doldurulmuş ağaç domuzdamları	içi taş doldurulmuş ağaç domuzdamları ve domuzdamları ile bağ arasına beton dolgu duvarı	içi taş doldurulmuş ağaç domuzdamları	
Deneme uzunluğu	37m	26m	46m	20m	800m
Sonuç	tahkimat başarılı olmamıştır	tahkimat başarılı olmamıştır	tahkimat başarılı olmamıştır	tahkimat öncekilerden daha iyi olmasına karşın tam başarılı olmamıştır	tahkimat başarılı olmuş ve tabanyolu- nun geri kalan yaklaşık 800m`lik kısımları bu tahkimatla göçertilmeden korunmuştur.

4.2.2.1 Kayıcı bağ

Çayırhan bölgesinde kullanılan kayıcı bağ, bir boyunduruk, sürtünmeli yan direkler ve bir sürtünmeli orta çataldan oluşan dörtgen tabanyolu tahkimatıdır. Bu bağ, düşey konverjanslara karşı esneyen tahkimat, yanal yük ve konverjanslara karşı rijit tahkimat gibi tepki göstermektedir. Kayıcı bağlarda kullanılan sürtünmeli yan direkler iki çeşittir.

Yaygın bir şekilde kullanılan birinci kayıcı bağ tipinde, bağın boyunduruğu GI-140 profil çeliktir. Sürtünmeli yan direk ya da orta çatal bir adet GI-140 profil üst parça, iki adet U-profil alt parça ve üst parça ile alt parçayı birbirine bağlayan iki kilit düzeneğinden oluşmaktadır (Şekil 4.13). Bir kilit düzeneği çubuk demirden bükülerek yapılmış U-kelepçe, pabuç ve U-kelepçenin uçlarındaki dişlilerde dönerek sıkıştırmayı sağlayan iki adet itme somununu kapsamaktadır. Kilit düzeneğinde, itme somunu buru anahtarı ile döndürüldükçe, I-profil üst parçalarına yerleştirilmiş olan U-profil alt parçalar oyuklara iyice sıkışırlar. Tahkimat üzerine etkiyen düşey kuvvet, profiller arasındaki sürtünme kuvvetini yendiği an, I-profil üst parça, U-profil alt parçaların arasından bir miktar kaymaktadır. I-profil üst parçanın kayma payı (sürtünme payı) 0.80-1 m arasındadır. Üst parça sürtünme payı kadar kaymayı yaparak zemine oturursa, sürtünmeli direkler rijit konuma geçmekte ve bağda deformasyonlar başlamaktadır.

İkinci tip kayıcı bağda boyunduruk yine GI-140 profilden oluşmaktadır. Sürtünmeli yan direk ya da orta çatal ise iç içe geçmiş ve 36 kg/m birim ağırlığa sahip iki TH-profilden meydana gelmektedir (Şekil 4.14). TH-profillerin çakışma mesafesi 0.8-1 m civarında tutulmaktadır. TH-profiller birbirine iki kelepçe ile bağlanmaktadır. Her bir kelepçede iki civata ve iki somun bulunmaktadır. Somunlar ortalama 500 Nm'lik bir buruyla sıkılanmaktadır. Bu sıkılama ile bağların ortalama 300 KN'luk



Şekil 4.13. Kayıcı bağda I ve U profillerden oluşan sürtünmeli yan direk ve kilit düzeneği.



Şekil 4.14. Kayıcı bağda TH profillerden oluşan sürtünmeli yan direk ve kilit düzeneği.

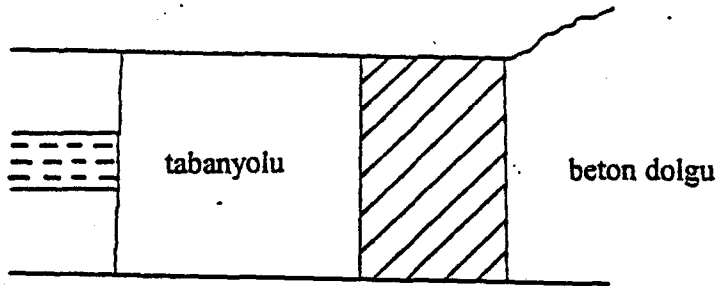
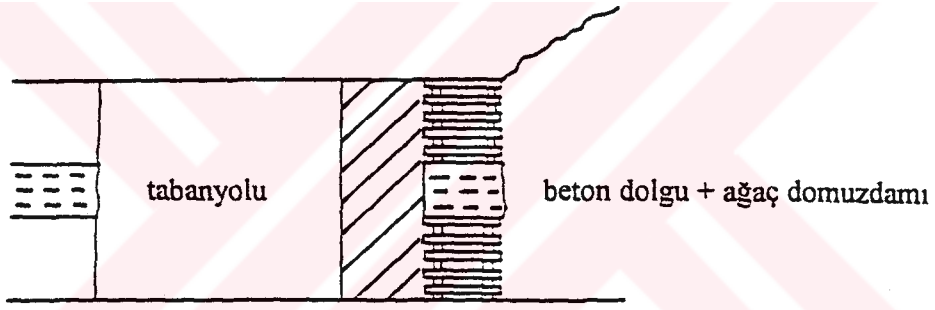
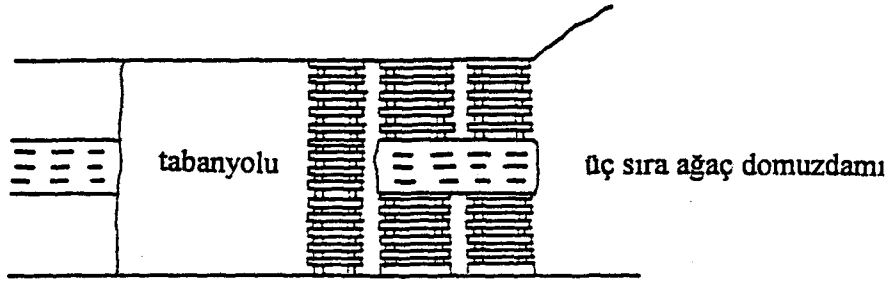
bir düşey yük karşısında alçalmaya başlayacağı öngörülmektedir (İstanbuluoğlu, 1989).

Kayıcı bağ tahkimatları birbirine irtibatlandırmak için çelik fırçalar kullanılmaktadır. Bağ tahkimatları arasındaki mesafe 1 m olarak sabit tutulmaktadır. Ayrıca açıklık tavanında ve yan duvarlarda gevşeyen kaya parçalarının açıklığa akmasını önlemek için 0.5x1 m boyutlarında çelik hasırlardan faydalanılmaktadır.

4.2.2.2 Tabanyolu kenar takviyeleri

O.A.L.`de çeşitli tabanyolu kenar takviyeleri geliştirilmiştir. Tam mekanizasyona geçilen ilk yıllarda, kenar dolgu olarak üç sıra ağaç domuzdamı kullanılmıştır. Daha sonra, havalı dolgu tesislerinin kurulmasıyla birlikte, bir sıra ağaç domuzdamı ve 1-1.5 m genişliğinde beton dolgu birlikte kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ise tabanyolu kenar takviyesi 2-3 m genişliğindeki beton dolgudan oluşmaktadır. O.A.L.`de tabanyolu kenar takviyesinin gelişimi Şekil 4.15`de verilmiştir.

Beton dolguda kullanılacak malzemeyi belirlemek için farklı malzemeler üzerinde bir dizi deneyler yapılmıştır (İstanbuluoğlu, 1988). Araştırmalar sonunda en az çimento kullanarak en yüksek direncin granül kalkerde elde edildiği anlaşılmıştır (Çizelge 4.3). O.A.L.`de kullanılmakta olan dolgu malzemesi % 15-25 çimento ile % 85-75 kalker ve çimento ağırlığının % 70'i kadar suyun karışımından oluşmaktadır. Dolguda kullanılan malzeme yerüstünde kurulmuş olan havalı dolgu sistemi ile ocağa gönderilmektedir. Havalı dolgu tesisi, taş kırma tesisine granül ve çimento siloları ile bağlı olarak çalışmaktadır. Nakil silolarından çıkan karışım şebekeden gelen 6 atmosferlik basınçlı hava ile yeraltına gönderilmektedir. Kurulu havalı dolgu sistemi ile yeraltında en çok 2500 m'ye kadar malzeme



Şekil 4.15. O.A.L.'de tabanyolu kenar takviyesinin gelişimi (Aydın, 1990).

pompalanabilmektedir. Daha uzak mesafeler için ara istasyonlar kullanılmaktadır (Aydın, 1990).

Çizelge 4.3. Beton dolgu deneylerinde elde edilen dayanımlar ve karışım girdileri (İstanbulluoğlu, 1988).

Çimento	G. Kalker	σ_c (MPa)			Karışım (kg/m ³)			S/Ç
		1. Gün	7. Gün	28. Gün	Çimento	Agrega	Su	
% 15	% 85	3.3	15.3	25	270	1570	195	0.72
% 25	% 75	7.2	19	30.5	500	1520	240	0.48

Havali dolgu için, tabanyolu-ayak girişinde tahta ya da saç kalıplar kullanılarak dolgu cebi hazırlanmaktadır. Boru içinden geçmekte olan granül kalker karışımına püskürtme işleminden hemen önce bir fiskiye ile su ilave edilmektedir. Borunun ucundan hızla çıkan sulu harç bir ustanın kontrolünde dolgu cebindeki kalıplara doldurulmaktadır. Püskürtme sırasında harç gözle takip edilmekte ve gerekli görüldüğünde vanadan su miktarı ayarlanmaktadır.

4.2.2.3 Tabanyollarında kaya saplamaları uygulaması

Tabanyollarında güvenli ve ekonomik tahkimat sistemlerinin geliştirilmesini kapsayan bir araştırma projesi çerçevesinde tabanyollarında kaya saplamaları tahkimatı denenmektedir (Ünal ve Özkan, 1993). Tabanyollarının ilk açılmasında kullanılan rijit çelik bağ tahkimatı yerine dört farklı kaya saplaması (split set, yielding super swellex, sis-resin, fosroc resin) aralıklı TH-profilli kayıcı bağlarla birlikte uygulanmıştır. Her kaya saplaması türü, çelik hasırlar ile birlikte, 50 m'lik mesafeler boyunca sistematik bir şekilde yerleştirilmiştir. TH- profil 50 m uzunluğundaki kayıcı çelik bağlı kesim dahil olmak üzere, toplam 250 m uzunluğundaki tabanyolu gözlem altında tutulmaktadır. Yeni tahkimatın etkinliğini

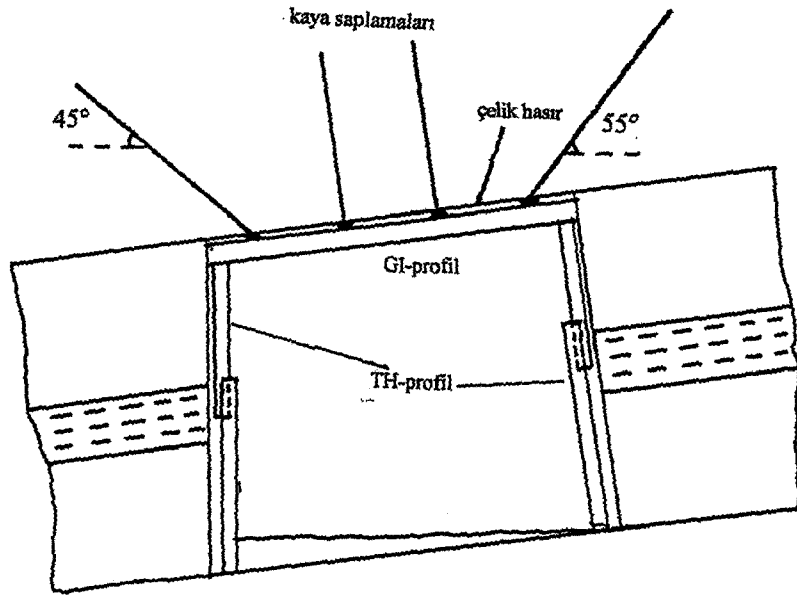
belirleyebilmek amacıyla tabanyolunda konverjans ve ekstensometre istasyonları oluşturulmuştur.

Tabanyolundaki kayıcı bağ tahkimatı bir adet GI-140 profil boyunduruk ve iç içe geçmiş olan iki adet TH-profilli sürtünmeli yan direklerden oluşmaktadır. Tabanyolunda bir sıra içinde, ikisi tabakalara dik ikisinde de eğimli olmak üzere, dört adet saplama yerleştirilmiştir. Kaya saplamaalarının tabanyolundaki yerleştirilme şekli Şekil 4.16'da görölmektedir.

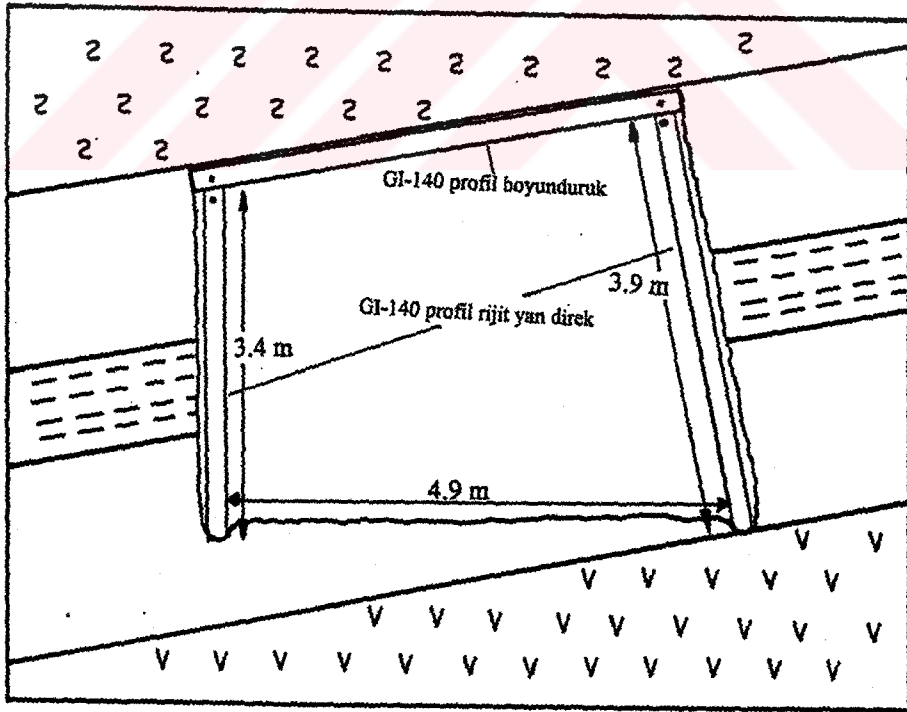
Mart 1995 itibariyle A-08 panosunda tavan ayak kılavuzu delinmiş ve taban ayak kılavuzu delinmektedir. A-06 panosundaki üretim bittikten sonra bu pano çalışmaya başlayacaktır. Herhangi bir üretim etkisi altında olmayan tabanyolunda gerçekleştirilen gözlem ve ölçümlerden şu sonuçlar elde edilmiştir (Ünal ve Özkan, 1993):

- a. TH-tahkimatlı kayıcı çelik bağ ve split set saplamlalarda ölçülen konverjans diğer saplama türlerine göre daha yüksek çıkmıştır.
- b. Tüm saplamlar, üretim etkisinde olmayan tabanyolunda, yeterli duraylığı sağlamıştır.
- c. Saplamlar, kayıcı bağ tahkimatına ve genelde uygulanan rijit bağ tahkimatına kıyasla, daha erken bir kaya-tahkimat etkileşimi sağlamaktadır.

Tabanyolunda yeni tahkimat uygulamalarının başarısı, tabanyolunun üretim etkisine girmesinden sonra daha iyi anlaşılacaktır. Ayak etkisinde oluşan yüksek dayanak (abutment) basınçları, tavan tabakalarının alçalması ve sarkması, taban tabakalarının kabarması, tabanyolu yan duvarları ve özellikle beton dolgunun akması karşısında tahkimatın performansı belirlenebilecektir.



Şekil 4.16. A-08 panosunda kaya saptamalarının tabanyolundaki yerleştirilme şekilleri (Ünal ve Özkan, 1993).



Şekil 4.17. O.A.L.'de kömür içerisinde açılan tabanyolunda uygulanan tahkimatın kesit görünüşü.

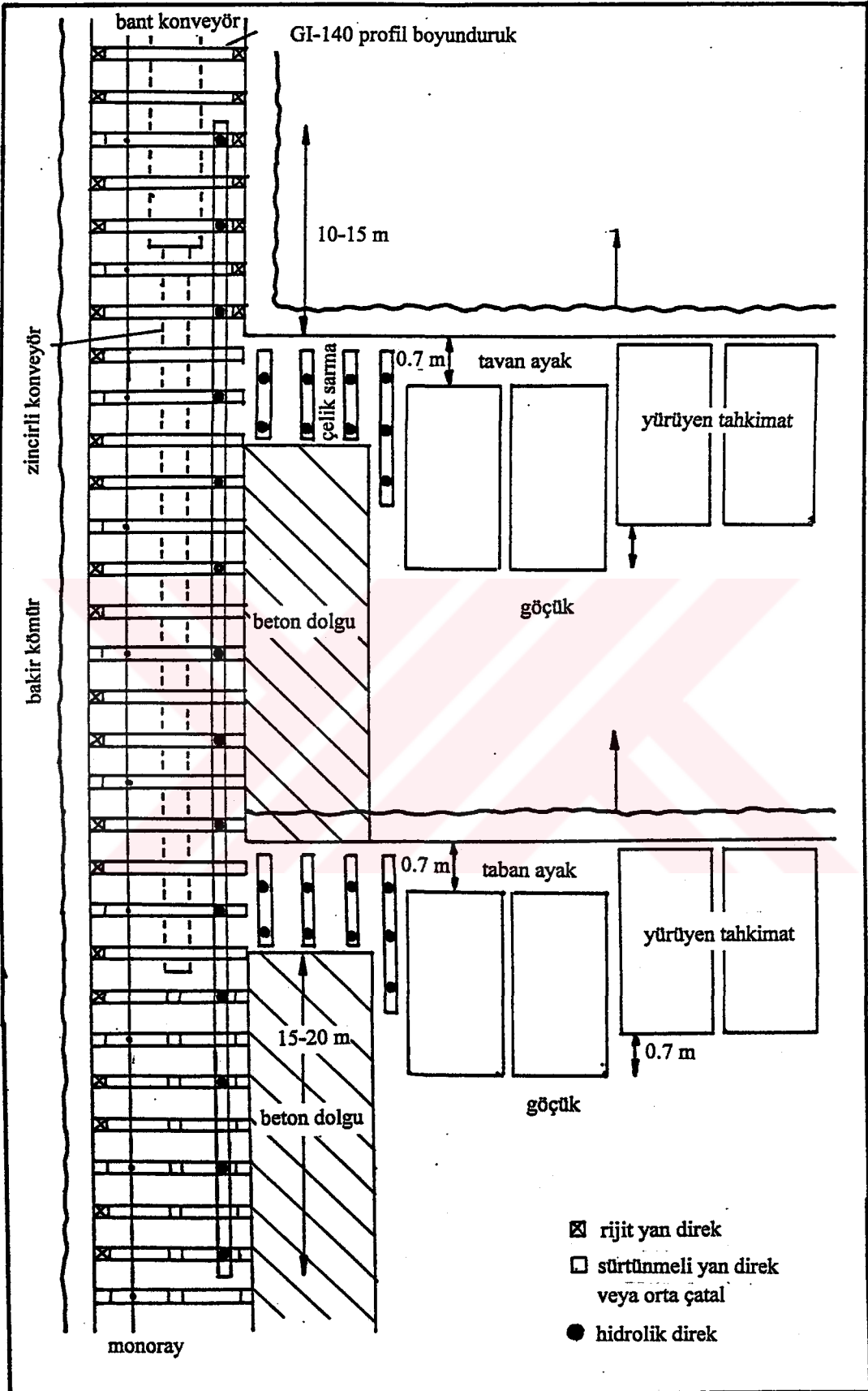
4.2.3 O.A.L.`de Uygulanmakta Olan Tabanyolu Tahkimat Sistemi

O.A.L.`de uygulanmakta olan tabanyolu tahkimatı, tabanyolunun ilk kez açılması, ayakların üretim etkisinde olması ve üst tabanyolu olarak ikinci kez kullanılması durumunda farklılıklar göstermektedir. Bu bölümde, önce aşama aşama alt tabanyolu tahkimatı, daha sonra üst tabanyolu tahkimatı anlatılacaktır. Uygulamaların anlatımı tabanyolu özelinde olmayıp, genel uygulamaları yansıtmaktadır.

4.2.3.1 Alt tabanyolu

Bakır kömür içinde açılan alt tabanyolunda GI-140 profilli trapez çelik bağ tahkimatı kullanılmaktadır. Tabanyolu açılırken kömür damarının tavantaşı takip edilmekte ve tabanda bir miktar kömür bırakılmaktadır. Tahkimat 4.4 m uzunluğunda bir boyunduruk ve damarın eğimine göre uzunluğu 3-3.9 m arasında değişen iki rijit yan direkten oluşmaktadır (Şekil 4.17). Bu tahkimat şekli ile tabanyolu pano sınırına kadar sürülmektedir. Tabanyolunun açılmasından sonra alt ve üst tabanyolları tavan ve taban ayak kılavuzları vasıtasıyla irtibatlandırılmaktadır. Ayakların kurulmasıyla, önce tavan ayakta üretim başlamaktadır Tavan ayakla taban ayak arasındaki mesafenin 25-35 m'ye ulaşmasından sonra taban ayakta da üretim başlamaktadır. Üretim boyunca iki ayak arasındaki mesafenin 25-35 m civarında tutulmasına çalışılmaktadır.

Tabanyollarının üretim esnasında tutulabilmesi için sürtünmeli direkler, hidrolik direkler ve I-profillerden oluşan ilave tahkimattan faydalanılmaktadır. Alt tabanyolunda, tavan ve taban ayak etkisindeki tabanyolu tahkimatında yapılan değişiklikler plan görünüş olarak Şekil 4.18`de verilmiştir.



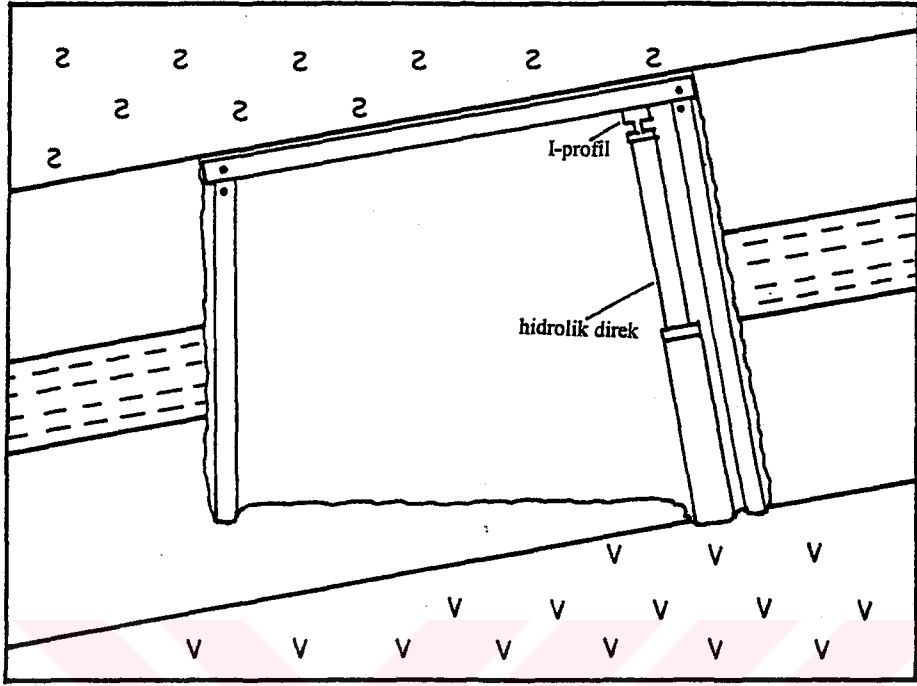
Şekil 4.18. Tavan ve taban ayak etkisindeki alt tabanyolu tahkimatında yapılan değişikliklerin plan görünüşü.

Alt tabanyolunda, tavan ayağın 10-15 m önünden başlamak üzere, işletilecek pano tarafındaki rijit yan direkler sökülmeştir. Bunların yerine boyunduruk altına hidrolik direk ve I-profillerle ilave tahkimat yapılmaktadır. 30 ton yük taşıma kapasitesine sahip hidrolik direkler arası mesafe 2 m civarında tutulmaktadır. 3 m uzunluğundaki I-profiller birbirine pabuç ve civatalarla bağlanmaktadır. Tavan ayağın önündeki tabanyolu tahkimatı Şekil 4.19'da gösterilmiştir.

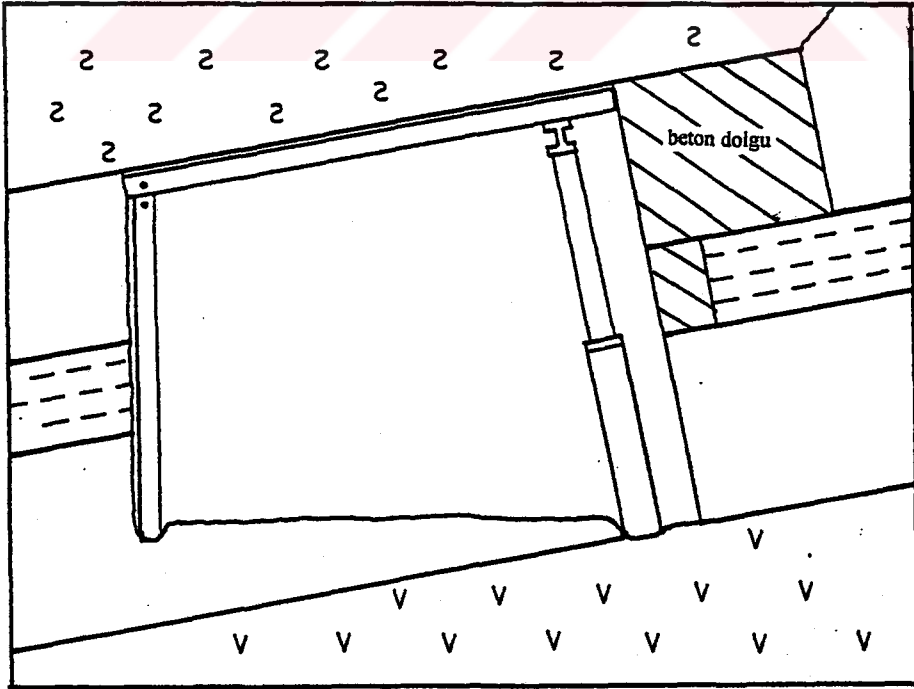
Ayak hizasında, tabanyolu ile yürüyen tahkimat üniteleri arasındaki tabanyolu-ayak girişinde, arına dik olarak 3-4 sıra hidrolik direk-çelik sarma tahkimatı uygulanmaktadır. Ayrıca ayak içindeki ilk iki yürüyen tahkimat ünitesi kazı arınının 1 have (0.7 m) kadar gerisinde bekletilmektedir. Buradaki amaç, uygulanan beton dolgunun katılaşmasına kadar, etkiyen yüklerin tabanyolundaki ilave tahkimat ile ayak içindeki hidrolik direk ve yürüyen tahkimat tarafından taşınmasıdır.

Tavan kömürün alınmasından sonra, göçüğün tabanyolunun içine akmasını önlemek amacıyla, tabanyolu kenar takviyesi olarak, genelde 2 veya 3 m genişliğinde, beton dolgu yapılmaktadır. Tavan ayağın arkasında yolun işletilen pano tarafındaki ara kesmede kenarda kırılmalar oluşmakta ve bu kesim taranarak beton dolgu uygulanmaktadır. Tabanyolu tahkimatı Şekil 4.20'deki durumu almaktadır. Taban ayağa doğru yaklaştıkça (10-15 m önünde), gerekli görüldüğünde tahkimatın boyunduruğu altına bir sıra hidrolik direk daha eklenmektedir.

Taban ayak hizasında, tabanyolu tabanında bırakılmış olan kömür, kesici-yükleyici tarafından kazılmaktadır. Taban kömürün alınmasından sonra, hidrolik direk-çelik sarma tahkimatının uygulandığı tabanyolu-ayak girişinin hemen arkasında tabanyolu kenar takviyesi olarak yaklaşık 2 m genişliğinde beton dolgu uygulanmaktadır.



Şekil 4.19. Tavan ayak önünde tabanyolu tahkimatının durumu.

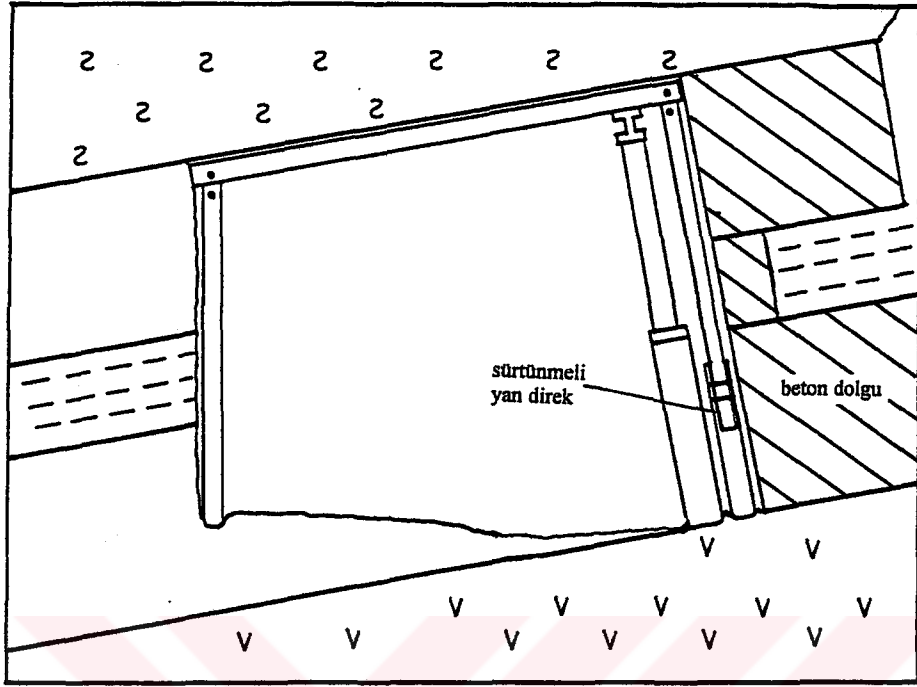


Şekil 4.20. Tavan ayak arkasında tabanyolu tahkimatının durumu.

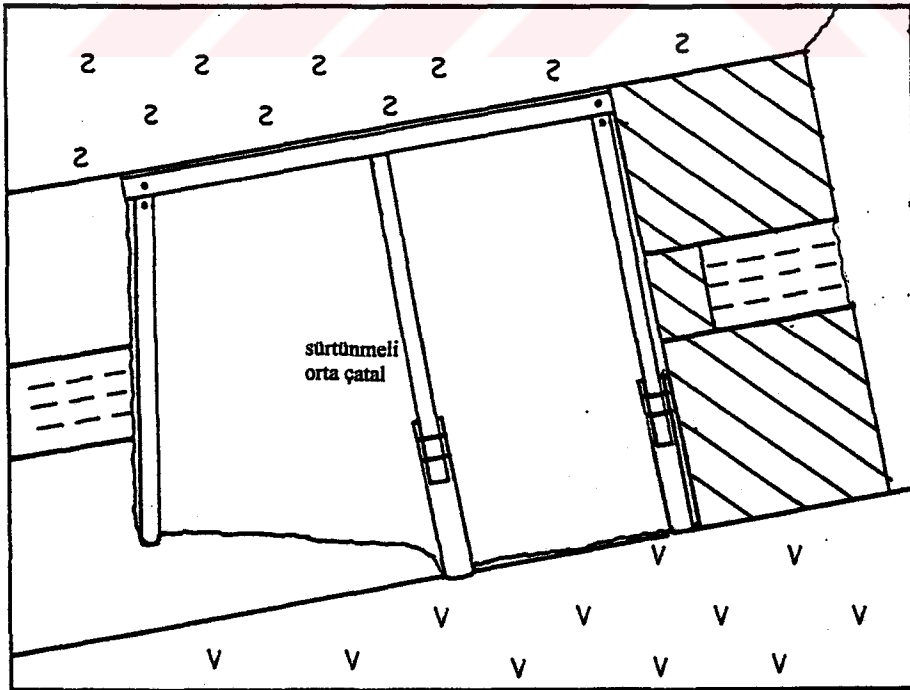
Dolgunun yapılmasıyla beraber tabanyolunun işletilen pano tarafına sürtünmeli direk konulmakta (Şekil 4.21) ve ayağın 15-20 m gerisinde hidrolik direk ile I-profilinden oluşan ilave tahkimat sökülmeaktadır. Tabanyolu konveyörü çekildikten sonra, tabanyolunun yaklaşık olarak ortasına ve monoray nakliyatını aksatmayacak şekilde, bir sürtünmeli direk (orta çatal) daha vurulmaktadır. Böylece alt tabanyolu tahkimatı son şeklini almaktadır (Şekil 4.22). Bu aşamadan sonra tabanyolu tahkimatında yapılan işler gevşeyen somunların sıkılması ve kayma mesafeleri biten kayıcı direklerin değiştirilmesidir.

4.2.3.2 Üst tabanyolu

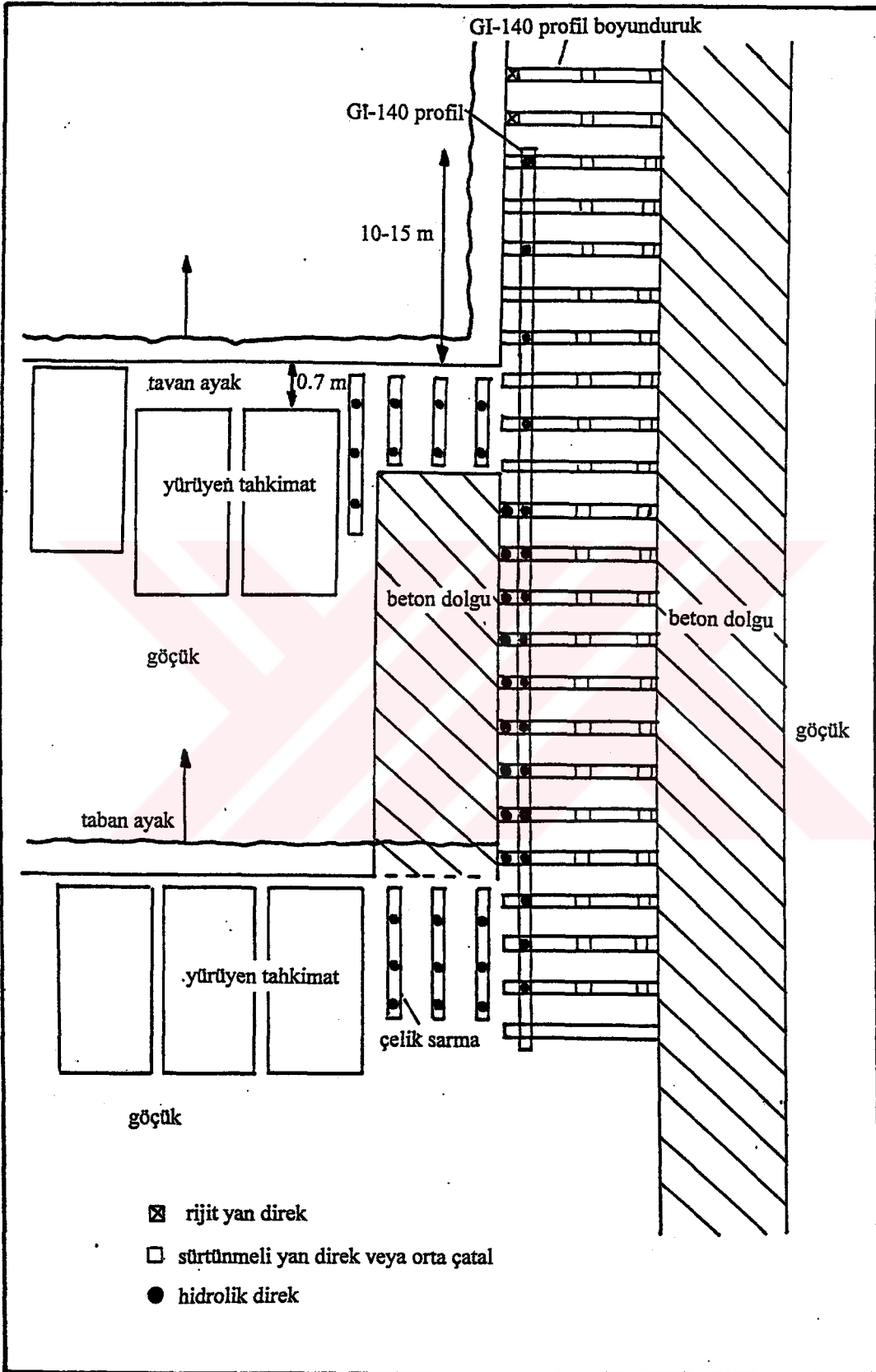
Üst tabanyolu olarak ikinci kez kullanılan tabanyolunda, üretim etkisiyle tahkimatta yapılan değişiklikler plan görünüş olarak Şekil 4.23'de verilmiştir. Tabanyolu tahkimatı, tavan ayağın etkisine girilmeden, Şekil 4.22'de verilmiş olan durumunu korumaktadır. Tavan ayağın 10-15 m önünden itibaren, işletilen pano tarafında, rijit yan direk sökülerek boyunduruk altına hidrolik direk ve I-profilinden ilave tahkimat yapılmaktadır (Şekil 4.24). Tavan ayağa yaklaşırken, daha önce işletilen pano tarafındaki yan direklerde eğilmeler oluştuğundan bazen bu direkler de sökülmeaktadır. Tabanyolunu tutabilmek için tabanyolu kenar dolgusuna hidrolik direk veya bazen ağaç direklerden payandalar (ayıbacığı) vurulmaktadır. Buradaki amaç, yan direklerin eğilmeler ve burkulmalar oluşmadan kurtarılmasıdır. Ayak hizasında, tabanyolu-ayak girişinde, arına dik olarak 3-4 sıra hidrolik direk-çelik sarma tahkimatı kullanılmaktadır. Tavan kömürün kazılmasından sonra tabanyolu kenar takviyesi olarak yaklaşık 2.75-2.80 m genişliğinde beton dolgu uygulanmaktadır. Tabanyolu tahkimatının boyunduruğu altına da bir sıra hidrolik direk daha eklenmektedir (Şekil 4.25).



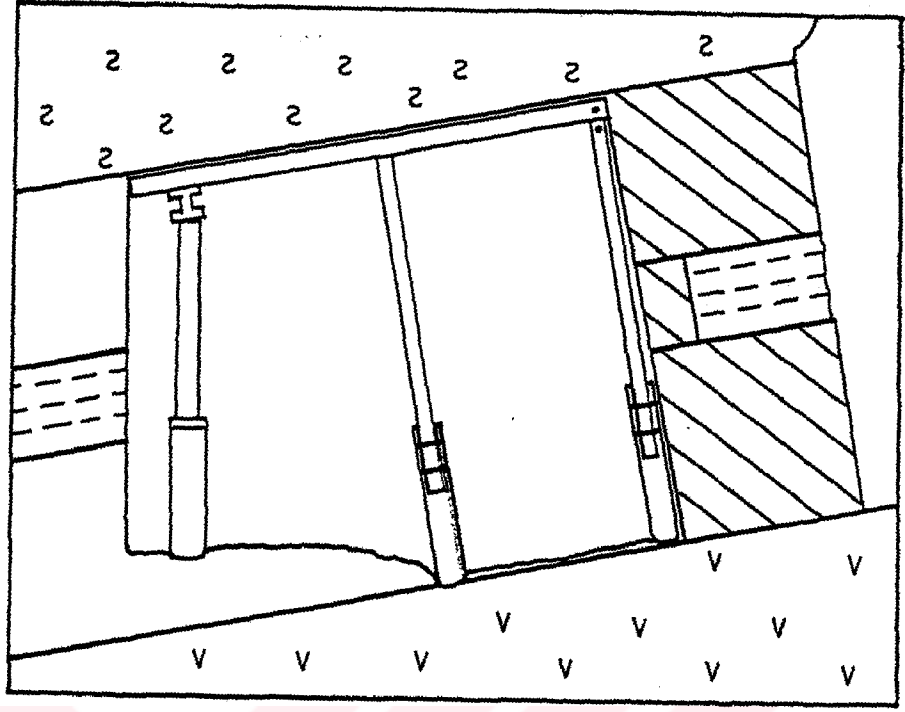
Şekil 4.21. Taban ayağın hemen gerisinde tabanyolu tahkimatının durumu.



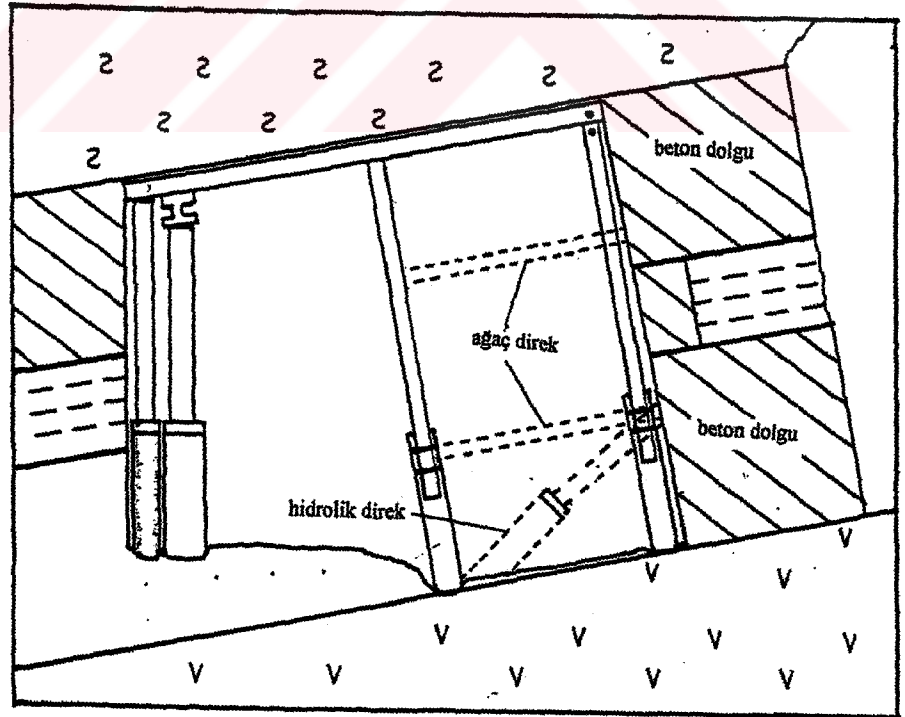
Şekil 4.22. Tabanyolu konveyörü çekildikten sonra taban ayak arkasında tabanyolu tahkimatının durumu.



Şekil 4.23. Tavan ve taban ayak etkisindeki üst tabanyolu tahkimatında yapılan değişikliklerin plan görünüşü.



Şekil 4.24. Tavan ayak önünde üst tabanyolu tahkimatının durumu.



Şekil 4.25. Tavan ayak arkasında üst tabanyolu tahkimatının durumu.

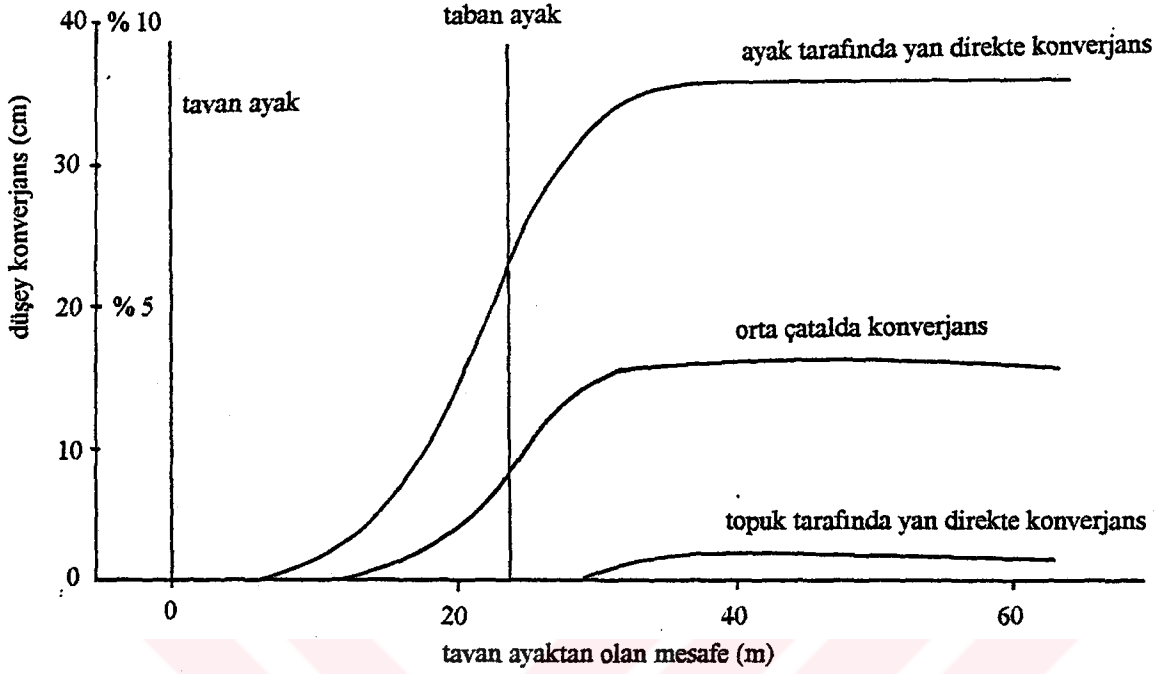
Taban ayağa yaklaştıkça tabanyolunda deformasyonlarda ve kapanmalarda hızlı artışlar görülmektedir. Özellikle taban ayağa 10-15 m uzaklıktan itibaren deformasyonlar şiddetli olup tabanyolu yüksekliği yer yer 1 m'ye kadar düşmektedir. Bu bölgede beton dolguda patlamalar ve sürtünmeli direklerde eğilmeler ile burkulmalar görülmektedir.

Taban kömürün kazılmasından sonra taban ayağın üst tabanyolu ile bağlantı yerinin 2-3 m gerisinden tabanyolu göçertilmektedir. Göçertmeden hemen önce tahkimat sökülmeştir. Bazı durumlarda tavan tabakaları göçmeyerek taban ayak kuyruğu üzerinde tehlikeler yaratmaktadır. Bu durumda tavan tabakaları patlayıcı madde yardımı ile göçertilmektedir.

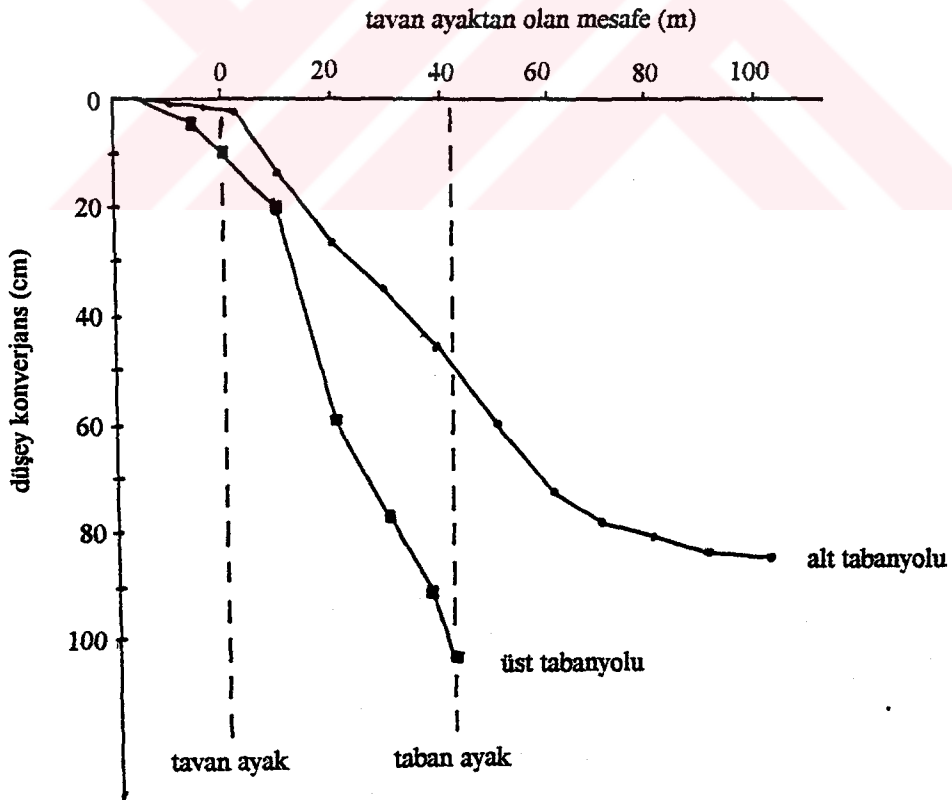
4.2.4 Tabanyolu Uygulamalarının Kritiği

O.A.L.'de mekanize üretime geçilmesinden sonra çeşitli tabanyollarında deformasyonların belirlenebilmesi için çeşitli yük ve konverjans ölçümleri gerçekleştirilmiştir (İstanbuluoğlu, 1989; Eyyüboğlu, 1990; Kaygusuz, 1990). Ölçümler A-13, A-17 ve A-02 panolarının tabanyollarında yürütülmüştür. Farklı tabanyolları ya da aynı tabanyolunun farklı kısımlarında değişik sonuçlar bulunmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde tabanyollarında deformasyon bölgesi tavan ayağın önünden (5-10 m) başlayıp taban ayağın gerisinde (20-40 m) bitmektedir.

A-02 panosu alt tabanyolunda gerçekleştirilen konverjans ölçümlerinde sürtünmeli direklerde oluşan kayma miktarları izlenmiştir. Tavan ayaktan olan farklı mesafelerde elde edilen değerler çalışılan pano ve bakir taraftaki yan direk ile orta çatal için Şekil 4.26'da verilmiştir. Ölçümlerin yapıldığı tabanyolunda kenar takviyesi olarak ağaç domuzdamı beton dolgu ile birlikte uygulanmıştır. Aynı



Şekil 4.26 A-02 panosu alt tabanyolunda konverjans değişimleri (İstanbuluoğlu, 1989).



Şekil 4.27 A-13 panosu alt ve üst tabanyolunda dikey konverjans değişimleri (Kaygusuz, 1990).

tabanyolunun üst tabanyolu olarak ikinci kez kullanılması durumunda iki ayak arasındaki toplam düşey konverjansta % 43 civarında artış ölçülmüştür (İstanbuluoğlu, 1989).

A-13 panosu alt ve üst tabanyolunda yapılan düşey ve yatay konverjans ölçümlerinde ise referans noktaları olarak tavan-taban taşı arasında iki ve yan duvarlar arasında iki olmak üzere dört mekanik saplama kullanılmıştır. Konverjans ölçümlerinde teleskopik tipte bir konverjans ölçer kullanılmıştır. Konverjans değerleri, tavan ayaktan olan farklı mesafelerde, orjinal tabanyolu yüksekliğinde oluşan kapanma değerleri şeklinde kaydedilmiştir. Alt ve üst tabanyolunda ölçülen ortalama düşey konverjanslar Şekil 4.27’de verilmiştir (Kaygusuz, 1990).

A-13 panosu alt tabanyolunda gerçekleştirilen bir başka çalışma ile, yük hücreleri kullanılarak, tabanyolu tahkimatı üzerine etkiyen yükler ve kayıcı direklerde oluşan kaymalar ölçülmüştür (Eyyüboğlu, 1989). Ölçüm sonuçlarından, taban ayağın ölçüm istasyonları geçmesiyle, tahkimatın maksimum düzeyde yük aldığı ve kapanmaların arttığı anlaşılmıştır.

Yazar tarafından da A-05 ve A-06 panolarında alt ve üst tabanyollarında yerinde gözlem ve incelemeler gerçekleştirilmiştir. Gözlemlerle ilgili değerlendirmeler Ek Açıklamalar B’de yer almaktadır. Bu kısımda sadece genel hususlara değinilecektir. Gerçekleştirilen gözlemlerde alt tabanyolunda uygulanan tahkimat sisteminin yeterli olduğu ve önemli miktarda deformasyonların oluşmadığı görülmüştür. Asıl sorunlar tabanyolunun ikinci kez üst tabanyolu olarak kullanılması sırasında yaşanmaktadır.

Alt tabanyolunda sürtünmeli direklerde ilk alçalmalar tavan ayağın önünden başlayıp taban ayağın 20-30 m gerisine kadar devam etmektedir. Alçalmalar asıl olarak çalışılan pano tarafındaki sürtünmeli yan direkte meydana gelmektedir.

Taban ayak gerisinde, tabanyolu konveyörünün çekilmesinden sonra, uygulanan sürtünmeli orta çatallarda da bir miktar kaymalar gözlenmektedir. Topuk tarafındaki yan direkte ise çok az alçalma olduğundan genelde rijit yan direkler değiştirilmemektedir.

Üst tabanyolunda tavan ayağa yaklaşırken daha önce işletilen pano tarafında beton dolguda yer yer çatlaklar görülmektedir. Kayma mesafeleri biten bazı sürtünmeli direklerin zamanında değiştirilmemesi nedeniyle hafif burkulmalar görülmektedir (Şekil 4.28). Tavan-taban ayak arasındaki bölgede deformasyonlarda ve kapanmalarda önemli artışlar oluşmaktadır (Şekil 4.29). Özellikle taban ayağın 15 m önünden itibaren daha önce işletilen pano tarafında beton dolguda patlamalar görülmektedir. Bu durum yan direklerin eğilmesine ve burkulmasına neden olmaktadır (Şekil 4.30). Bazen yan direkler de sökülerek beton dolgunun, orta çatal ile dolgu duvarı arasına, ağaç direkler vurularak tabanyolu içine akmasının önlenmesine çalışılmaktadır. Bu durum ise orta çatalların eğilmesine sebep olmaktadır (Şekil 4.31). Taban ayağın gerisinde tabanyolu göçertilmektedir. Bazı durumlarda tavan hemen göçmemekte ve tabanyolu ayak girişinde yükler yoğunlaştığından hidrolik direk-çelik sarma tahkimatlı bölgede tahkimatın devrilme tehlikeleri yaşanmaktadır (Şekil 4.32).

O.A.L.'de uygulanmakta olan tabanyolu tahkimatı çeşitli tasarım aşamalarından geçerek bugünkü halini almıştır. Sığ derinliklerdeki kalın kömür damarları ve sağlam tavan koşullarında, dönümlü çalışmanın uygulanması durumunda, tabanyollarının trapez (dörtgen) kesitte ve tahkimatın trapez çelik bağlardan oluşması önerilmektedir. O.A.L.'deki koşullar buna uymaktadır.

Trapez veya dörtgen rijit çelik bağların kullanım sınırı % 15 civarındaki düşey konverjans değeridir. O.A.L.'de bu değerler özellikle üst tabanyolunda



Şekil 4.28. Üst tabanyolunda tavan ayağın hemen önünde kayma mesafeleri biten sürtünmeli yan direklerin zamanında değiştirilmemesi nedeniyle oluşan burkulmalar.



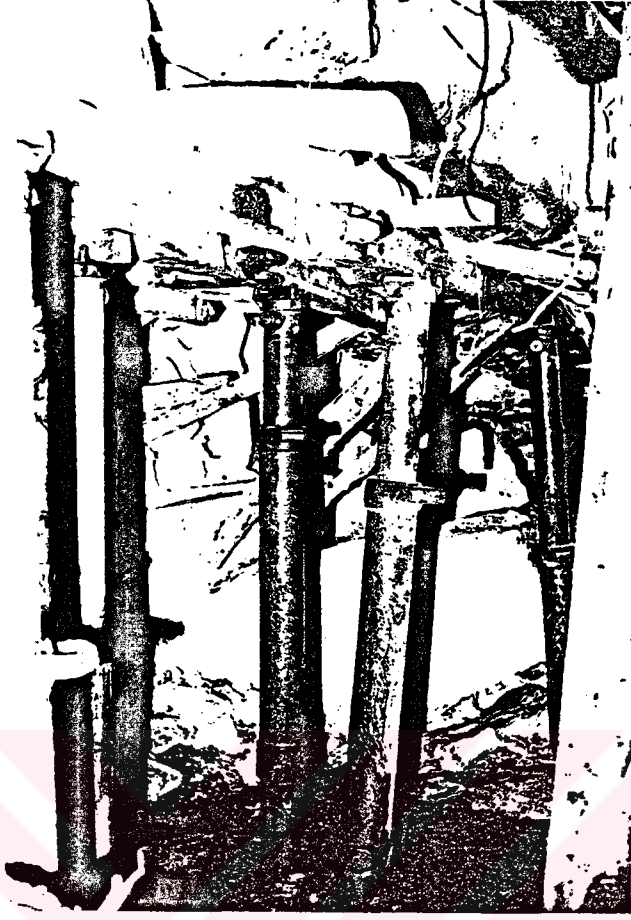
Şekil 4.29. Tavan-taban ayak arasındaki bölgeden düşey kapanmaların görünümü.



Şekil 4.30. Üst tabanyolunda taban ayağın önünde, daha önce işletilmiş olan pano tarafında, beton dolguda görülen patlamalar ve yan direklerde görülen eğilmeler ile burkulmalar.



Şekil 4.31. Beton dolgu ile orta çatal arasında ağaç direklerin yerleştirilmesi sonucunda direklerde görülen eğilmeler.



a. ayak tarafında



b. dolgu tarafında

Şekil 4.32. Taban ayak arkasında tabanyolunun göçertilmesi.

aşıldığından, sürtünmeli yan direk ile orta çataldan oluşan, kayıcı bağ tahkimatı uygulanmaktadır. Böylece sınır düşey konverjans değeri, direklerin sürtünme paylarının yeterli olması koşuluyla, % 30'a kadar artmaktadır. Bazı durumlarda kayma paylarının yeterli olmaması ve kesit daralmasına paralel olarak direklerin zamanında değiştirilmemesi sonucunda, özellikle üst tabanyolunda, direkler rijit hale gelmekte ve deformasyona uğramaktadır.

O.A.L.'de tabanyolları dörtgen kesitte açıldığından tabanyolu-ayak girişi bölgesindeki ek tahkimat kavisli kesite kıyasla daha basit olmaktadır. Ek tahkimat tabanyolu kenarında boyunduruk altına kurulan I-profil ve hidrolik direk, ayak girişinde 3-4 sıra hidrolik direk ve çelik sarmadan oluşmaktadır. O.A.L.'de uygulanmakta olan tavan-taban ayak şeklindeki üretim yöntemi nedeniyle tabanyolu kenarındaki ek tahkimat tavan ayağın önünden başlatılmakta ve taban ayağın gerisine kadar sürdürülmektedir. Kalın kömür damarlarının tavan-taban ayak şeklinde üretilmesi durumunda iki ayak arasındaki ideal mesafe 20 m civarındadır (Steinkohlenbergbauverein, 1988). Uygulamada ise bu mesafe 25-50 m civarında olmaktadır. Bu durum, özellikle üst tabanyollarında, tavan-taban ayak arasındaki bölgede tabanyolu duraylılığını tehlikeye düşürmektedir.

Tabanyolu kenar dolgusunun seçiminde en önemli etken tabanyolunda tavan taşının yapısıdır. O.A.L.'de tavan taşının dayanımı $\sigma_c > 25$ MPa olduğundan tek parça monolitik dolguların kullanılması önerilmektedir. Tavan-taban ayak şeklinde çalışan panolarda kenar dolgu seçimi için bir diğer ölçüt tavan-taban ayak arasındaki mesafedir. Bu mesafenin 10-20 m'den fazla olması durumunda ağaç domuzdamları yerine monolitik dolguların kullanılması önerilmektedir (Steinkohlenbergbauverein, 1988). Bu mesafe O.A.L.'de 20 m'nin üstünde olmaktadır.

O.A.L.'de uygulanmakta olan kalker-çimento karışımından oluşan beton dolgu geç yük taşıma özelliğine sahiptir. Bu tür dolguların kullanılması ayak ilerleme hızlarının 2m/gün'den düşük olması durumunda tavsiye edilmektedir. O.A.L.'de 3m/gün'lük ayak ilerleme hızlarına ulaşılması hedeflenmesine karşın, üretimin; nakliyatı aksaklıklar, ayak içindeki arızalar (konveyör, kesici-yükleyici, yürüyen tahkimat, vb.) ile ilgili nedenlerden dolayı sürekli aksaması nedeniyle günlük ilerleme miktarları genelde 2 m'yi geçmemektedir. Proje hedeflerine ulaşılması durumunda ise dolgunun erken yük taşıma özelliğine sahip olması gerekmektedir.

Panolar tavan-taban ayak şeklinde çalıştığından dolgu genişliğinin sadece bir damarın kalınlığına göre belirlenmesi sakıncalı olmaktadır. Dolgu yüksekliği; tavan damar, ara kesme ve taban damar kalınlığı olarak alındığı zaman dolgu genişliğinin 2.8-3 m civarında tutulması önerilmektedir. A-05 ve A-06 panolarında gerçekleştirilen incelemelerde dolgu genişliğinin genelde 2-3 m arasında değiştiği tespit edilmiştir. Dolgu genişliğinin yeterli olması durumunda bile, dolgunun ilk dayanımının düşük olması ve tavan-taban ayak arasındaki mesafenin fazla tutulması (> 30 m) nedeniyle, özellikle üst tabanyolunda, dolguda yer yer çatlamlar ve patlamalar görülmektedir.

O.A.L.'de tabanyollarında günümüze kadar çeşitli gözlem ve ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerin farklı standartlarda yapılması (referans noktalarının belirlenmesi, istasyon noktası seçimi, sınırlı bölgenin incelenmesi, vb.) nedeniyle, çeşitli uygulamaların sağlıklı bir şekilde birbiriyle karşılaştırılması mümkün olmamıştır. Bu nedenle O.A.L.'de tabanyollarının, düzenli ve sistematik gözlem ile ölçümlerle, izlenmesi önemli yararlar sağlayacaktır.

BÖLÜM 5

TABANYOLLARININ TASARIMI İÇİN İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ

5.1 GENEL DÜŞÜNCELER

Tabanyolu tasarımının temel amacı tabanyolunun ömrü süresince işlevlerini (nakliyat, havalandırma) aksatmayacak şekilde duraylılığının sağlanmasıdır. Tabanyollarında, üretim faaliyetleri sırasında, sık sık tamir-tarama işlerine ihtiyaç duyulması durumunda ise mevcut tasarım yöntemleri ile uygulamalar gözden geçirilip iyileştirmeler planlanmalıdır. Tabanyolu uygulamalarında iyileştirmeler tasarlanırken aşağıdaki hususlar önem taşımaktadır:

- a. Mevcut tabanyolu uygulamalarının ve tahkimatının çok iyi bilinmesi, yetersizlik ve aksaklıkların iyi değerlendirilmesi gerekmektedir.
- b. Tabanyolu duraylılığına etkiyen değişik faktörler ve bunların etki şekli konusunda bilgi sahibi olunmalıdır.
- c. Alternatif tahkimat yöntemleri planlanırken, bu yöntemler için geliştirilmiş olan, tasarım ilkeleri ve yaklaşımlarının iyi bilinmesi gerekmektedir.
- d. Farklı kömür havzalarında (yurtiçi, yurtdışı), çeşitli yöntemler konusunda elde edilen deneyimlerden ve sonuçlardan yararlanılmalıdır.
- e. Alternatif yöntemler seçilirken işletmelerin maddi olanakları ve madencilik (jeoloji, altyapı, işçilik, vb.) koşulları, yeni yöntemlerin maliyetleri göz önünde tutulmalıdır.

- f. Pilot uygulamalara geçildiğinde, tabanyolları sistematik bir gözlem ve ölçüm programı ile incelenmeli ve sonuçlar da sistematik olarak kaydedilmelidir.
- g. Pilot uygulamalar farklı koşullar altındaki tabanyollarında denenmelidir.
- h. Pilot uygulamalar sırasında karşılaşılan sorunlar ve aksaklıklar tespit edilip nedenleri araştırılmalıdır.
- i. Farklı uygulamaların gerçekçi bir şekilde kıyaslanabilmesi için maliyet analizi yapılmalıdır.
- j. Pilot uygulamadan yeterli performansın sağlanması durumunda uygulamanın yaygınlaştırılmasına karar verilmelidir.

Tabanyolu duraylığına etkiyen faktörler ile tabanyolları için tasarım ilkeleri konularına Bölüm 2 ve Bölüm 3'de ayrıntılı olarak değinilmiştir. T.T.K. ve O.A.L.'de tabanyolu uygulamalarının tanıtımı ve değerlendirilmesi de Bölüm 4'de yapılmıştır. Bu bölümde, önce, tabanyolları ile ilgili kayıtların tutulması ve bilgi birikiminin yararları üzerinde durulacaktır. Daha sonra, T.T.K.'da tabanyolu tasarımında yapılabilecek iyileştirmeler için öneriler sunulup, tabanyollarında kullanılabilecek bir kayıt sistemi ve gözlem şekli tanıtılacaktır. Son olarak da O.A.L.'de tabanyolu tasarımı için öneriler sunulacaktır.

5.2 KAYITLARIN TUTULMASI VE BİLGİ BİRİKİMİ

Bu kısımda, kayıtların tutulması ve bilgi birikiminin sağlanması çerçevesinde, pano defterleri ile tabanyollarında yapılacak sistematik gözlem ile ölçümlerin sağlayacağı faydalar anlatılacaktır.

5.2.1 Pano Defterleri

Avrupa ve özellikle Alman kömür madenciliğinde panolarda hazırlık ve üretim çalışmaları sırasında, yeraltı faaliyetlerinin bir parçası olarak, sistematik bir şekilde pano defterleri tutulmaktadır. Pano defterlerinde yer alan bilgiler aşağıda özetlenmiştir:

- a. termin programları (başyukarı başlama ve bitiş, ayak dizimi başlama ve bitiş, üretime başlama, panonun çalışma müddeti),
- b. pano ile ilgili genel bilgiler (üretim yöntemi, çalışılan damar kotları, damar kalınlığı, damar eğimi, ayak uzunluğu, kazı yöntemi, tahkimat düzeni, su geliri, tektonik arızalar ve atımlar),
- c. işletme planı,
- d. ulaşım (ayağa gidiş-geliş için geçen süreler, vardiya süresi, vb.),
- e. havalandırma (havalandırma şekli, toplam hava akımı, ayaktan geçen hava miktarı, tali havalandırma, kullanılan ölçü cihazları ve yerleri),
- f. ayak tahkimatı (tahkimat türü ve elemanları, tahkimat birimlerinin sayısı, have genişliği),
- g. tabanyolu tahkimatı (tahkimat tipi ve kesiti, tahkimatlar arası mesafe, kullanılan ek tahkimat, tahkimat ile çevre kaya arası dolgu yöntemi, tabanyolu-ayak girişi tahkimatı, tabanyolu kenar takviyesi),
- h. kazı teçhizatı (teknik bilgiler),
- i. nakliyat (ayak ve tabanyolunda malzeme ile kömür nakliyatı, ana yollarda nakliyat, kuyu nakliyatı),
- j. basınçlı hava ve su şebekeleri (konumları ve teknik bilgiler),
- k. su atımı (kullanılan yöntem ve pompalar),
- l. ayak ilerlemeleri ve üretim miktarları (günlük olarak kaydedilmektedir),

- m. tabanyolu ilerlemeleri ve bakımı (ilerleme şekli, kullanılan delici ve yükleyici makinalar, günlük ilerleme miktarları, tamir ve taramalar),
- n. panonun maliyet hesabı (malzeme ve teçhizat, işçilik, enerji tüketimi, vb.),
- o. pano ile ilgili planlar (hazırlık ve üretim, havalandırma, jeolojik harita).

Panodaki çalışmalar bittikten sonra pano ile ilgili kapsamlı bir rapor hazırlanmaktadır. Raporda çalışmalar sırasında karşılaşılan sorunlar ve alınan önlemler geniş bir şekilde değerlendirilmektedir. Başarılı uygulamalar ayrıntılı olarak tanıtılmakta ve gelecekte tasarlanacak panolar için edinilen deneyim ve tecrübelerle dayanılarak öneriler sunulmaktadır.

Yeraltı faaliyetlerinin bir parçası olarak düzenli pano defterlerinin tutulması çeşitli faydalar sağlamaktadır. İşletmelerde panolarla ilgili bilgi ve deneyimler düzenli bir defterde toplanmakta ve benzer koşullardaki panoların planlanmasında bir başvuru kaynağı olmaktadır. Ayakta ve tabanyollarında yaşanan sorunların tespiti kolaylaşmakta ve alınan önlemlerin performansı izlendiğinden deneyimlerin geniş kesimlere aktarılmasına olanak sağlanmaktadır. Ayrıca çeşitli panolardaki uygulamaların karşılaştırılması daha pratik ve kolay olmaktadır.

5.2.2 Sistematik Tabanyolu Gözlemleri

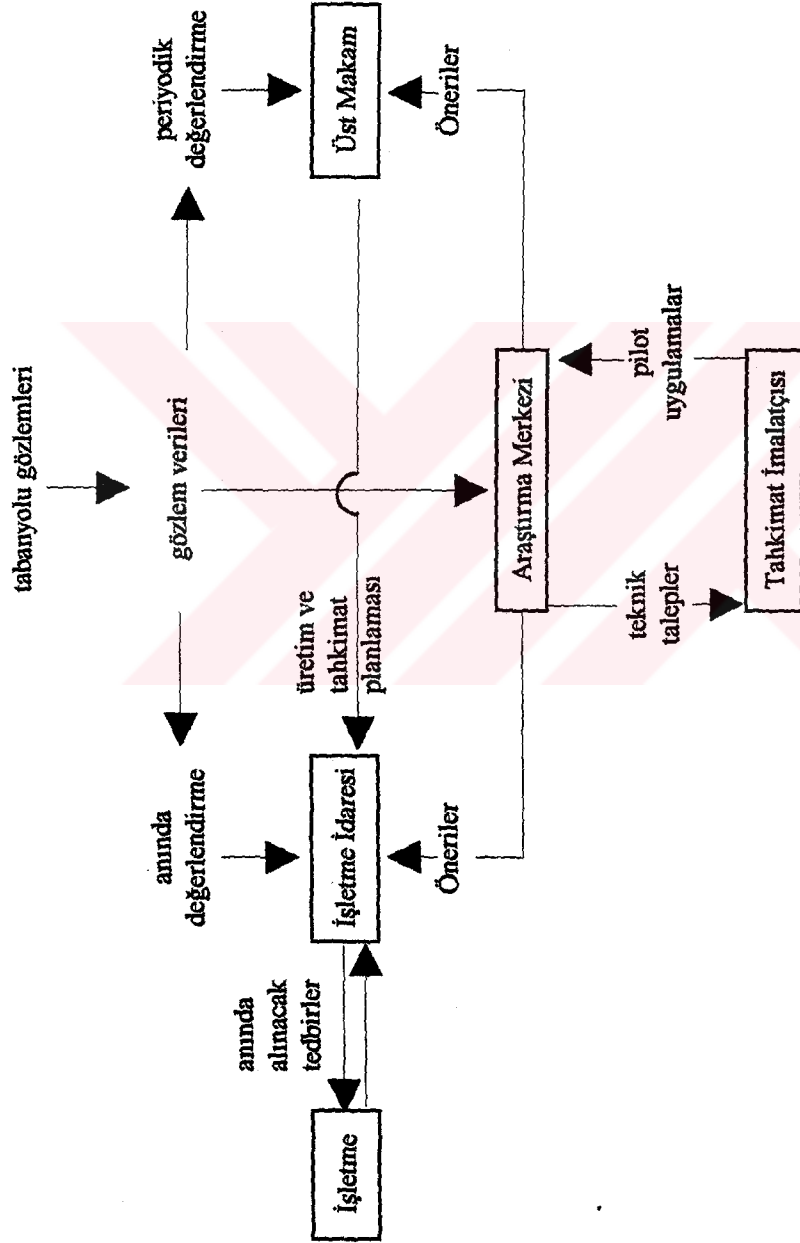
Düzenli pano defterlerinin tutulmasının yanında, tabanyolu uygulamalarının gözlem ve ölçümlerle izlenmesi de önemli yararlar sağlamaktadır. Almanya'da tabanyollarında sistematik gözlem ve ölçüm programları ile tasarım yaklaşımları ve uygulamalar düzenli olarak değerlendirilmektedir. Gözlemler ve ölçümler üretim faaliyetlerinin bir parçası olarak sürdürülmekte ve elde edilen veriler kısa vadede

işletmelerde ve uzun vadede araştırma merkezlerinde değerlendirilmektedir. Yöntemin işleyişi şekil 5.1`de bir akım şemasında verilmiştir.

Uygulanan yöntemde, gözlem ve ölçümlerin yapıldığı, sabit istasyonlar oluşturulmaktadır. Yöntemde az sayıda oluşturulan sabit istasyonda zaman alıcı ve tabanyolunun tümünü temsil edemeyecek hassas ölçümler yerine, tabanyolu boyunca çok sayıda oluşturulan istasyonda basit gözlem ve ölçümlerin yapılması yaklaşımı benimsenmektedir. İstasyonlarda ölçümler çelik şeritmetre ile cm hassasiyetinde yapılmaktadır. Tabanyolunda ve tahkimatta oluşan deformasyonlar ise çeşitli sınıflamalardan yararlanılarak şematik olarak yapılmaktadır. Farklı uygulamaların birbiriyle karşılaştırılabilmesi için tüm gözlem ve ölçümler aynı standartta gerçekteştirilmektedir.

Yöntemde ilk istasyon noktası tabanyolunun başladığı yerde seçilmektedir. Daha sonra belli aralıklarla (örneğin 20 m) yeni istasyon noktaları oluşturulmaktadır. Bir tabanyolundaki istasyon sayısı 30`u aşmamaktadır. İstasyonlar arasındaki mesafeler değişik tabanyolu uygulamalarının denendiğı veya jeolojik koşulların bulunduğı tabanyollarında daha küçük tutulmaktadır. Damar yapısının süreklilik arzettiğı Alman kömür madenlerinde ilk ölçümler ayak hattının 50 m önünden alınmakta ve aralıklarla yapılan ölçümler istasyonun ayak hizasının 300 m gerisinde kaldığı ana kadar devam etmektedir (DMT, 1991). Yöntemde tabanyollarında gerçekteştirilen gözlem ve ölçümler standart bir şekilde tabanyolu izleme formlarına işlenmektedir. Formlar 5 kısımdan oluşmaktadır. Bunlar kısaca şunlardır (Jacobi, 1981):

- a. pano ve tabanyolu ile ilgili genel bilgiler,
- b. tabanyolu tahkimatı ile ilgili ölçüm ve gözlemler,
- c. tabanyolu kenar takviyesi ile ilgili ölçümler,



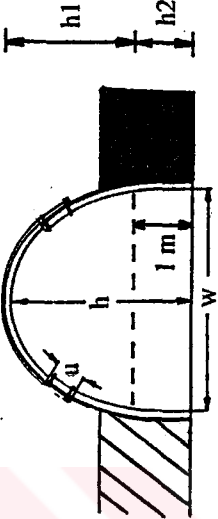
Şekil 5.1. Yeraltı faaliyetlerinin bir parçası olarak gerçekleştirilen sistematik tabanyolu gözlem yönteminin işleyişi (Jacobi'den [1981] değiştirilerek).

- d. tahkimat ile çevre kaya arasında boşluk ölçümleri,
- e. tabanyolu-ayak girişinde ölçümler.

İzlenen her tabanyolu için pano ve tabanyolu tahkimatı ile ilgili genel bilgilerin yer aldığı form Şekil 5.2'de verilmiştir. Formda ölçüm tarihlerinde istasyonların ayaktan olan mesafeleri de düzenli olarak kaydedilmektedir. Ayrıca istasyonlarda tabanyolu tahkimatında veya çevre kayada konverjans ölçümleri için belirlenen sabit noktaların konumları basit bir plan üzerinde gösterilmektedir. Ölçümlerde kullanılacak sabit noktaların tespitinde iki farklı uygulama benimsenmektedir. Sabit noktalar ya tahkimat elemanları üzerinde ya da kaya saplamaları kullanılarak çevre kaya üzerinde oluşturulmaktadır. İlk uygulamada tabanyolu tahkimatındaki kapanmalar, diğer uygulamada ise çevre kayadaki kapanmalar ölçülmektedir. Yöntemde, daha basit olması nedeniyle, ölçümlerde baz alınan sabit noktalar genelde tahkimat üzerinde yer almaktadır.

Tabanyolu tahkimatı ile ilgili gözlem ve ölçümlerde kullanılan form Şekil 5.3'de verilmiştir. Her ölçüm istasyonu için ayrı bir form doldurulmaktadır. Ölçüm ve gözlemler belli aralıklarla tekrarlanmaktadır. Yöntemde ölçümler tabanyolunun veya ayağın her 20-50 m arasında ilerlemesi sonunda tekrarlanmaktadır. Ölçümlerde, kullanılan yöntemle göre, tabanyolu tahkimatı veya çevre kayanın tavan-taban açıklığı, taban açıklığı ve referans hattına göre tavan ile taban arasındaki mesafeler belirli aralıklarla ölçülmektedir.

Tabanyolu kenar takviyesinde gerçekleştirilen gözlem ve ölçümler için ayrı bir form (Şekil 5.4) doldurulmaktadır. Ölçümler sabit istasyonun ayak hizasında bulunması sırasında gerçekleştirilmektedir.

Her tabanyolu için bir adet doldurulacak		Bir kroki üzerinde tabanyolu tahkimatında sabit noktaları ve referans hattının konumu gösterilecek	
İşletme	Hugo		
Ocak	8		
Pano	B		
Tabanyolu Tipi	üst tabanyolu		
Damar Eğimi	5 gon		
Damar Kalınlığı	1.8 m		
Yeryüzünden Derinlik	850 m		
Tabanyolu Ayak Önünde/Ayağın Gerisinde	25 m		
Faydalı Açıklık Kesiti	16 m ²		
Tavan Tabakası Kesiliyor/Kesilmiyor			
İstasyonlar Arası Mesafe	20 m	İstasyonla Ayak Arasındaki Mesafe (m)	
Çelik Bağlar Arası Mesafe	0.8 m	Bu mesafe her ölçümde kaydedilecektir	
Profil Tipi	TH	Tarih	16.12.75
Profil Ağırlığı	36 kg/m	İstasyon No:	5
Dolgu Tipi	çelik hasır	Mesafe	16 m
Fırça Türü ve Adedi	6 adet çelik fırça	Tarih	
Bağlantı Elemanları	kelepçe	İstasyon No:	
Ayak Geçerken Tabanyolu Tahkimatında Değişiklikler	ayak tarafındaki çelik bağ parçası alınmaktadır	Mesafe	
Tabanyolu .	Ayak Tarafında	Tarih	
Kenar Takviyesi	Topuk Tarafında	İstasyon No:	
		Mesafe	

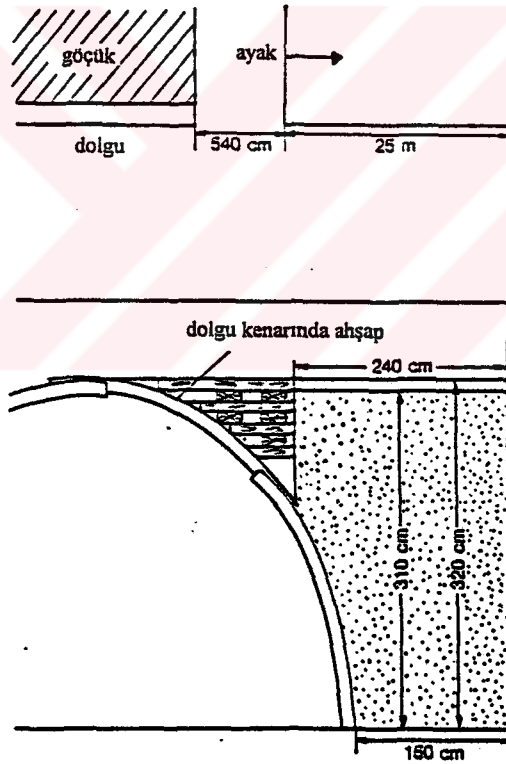
Şekil 5.2. Pano ve tabanyolu tahkimatı ile ilgili genel bilgilerin yer aldığı form (Jacobi, 1981).

İstasyon No: 5		Tarih	16.1.76						
çelik bağ deformasyonu	kenar	ayak tarafı	2						
	parçaları	topuk tarafı	1						
	tavan	ayak tarafı	1						
	parçaları	topuk tarafı	-						
	diğerleri	1	-						
		2	-						
3		-							
tavan-taban mesafesi h (cm)		360							
taban genişliği w (cm)		453							
referans hattı-tavan mesafesi h1(cm)		260							
referans hattı-taban mesafesi h2 (cm)		100							
çelik bağ bağlantı elemanlarının durumu	ayak tarafı	2							
	topuk tarafı	1							
	tavan	-							
firça sayısı		5							
geçme bağlarda çakışma mesafeleri u (cm)	ayak tarafı	60							
	topuk tarafı	50							
	tavan	-							
taban tarama derinliği (cm)		-							
tahkimattaki değişiklikler		1							
tahkimattaki değişiklikler			çelik bağ deformasyonu	bağlantı elemanları					
1= yok			1= deformasyon yok	1= bağl. el. sorun yok					
2= ek tahkimat			2= az deformasyon	2= 1 bağl. el. çözüldü					
3= tarama sonrası aynı tahkimat			3= kuvvetli deformasyon	3= 2 bağl. el. çözüldü					
4= tarama sonrası yeni tahkimat			4= az bozulma	4= 1 bağl. el. koptu					
5= taban taraması			5= kuvvetli bozulma	5= 2 bağl. el. koptu					

şekil	katsayı ve tanımı	açıklamalar
	1 deformasyon yok	çelik bağ parçalarında gözle görülebilen deformasyon yok
	2 az deformasyon	çelik bağ parçalarında gözle görülebilen deformasyon var
	3 kuvvetli deformasyon	çelik bağ parçalarında eğilmeler görülmekte
	4 az bozulma	çelik bağ parçalarında burulma, eğilme ve burkulmalar görülmekte
	5 kuvvetli bozulma	çelik bağ parçalarında çözülme ve kopmalar görülmekte

Şekil 5.3. Tabanyolu tahkimatı ile ilgili gözlem ve ölçümlerin kaydedilmesinde kullanılan form (Jacobi, 1981).

İstasyon No:	5					
Tarih	16.1.76					
tabanyolu kenar	tavanda	240				
takviye genişl. (cm)	tabanda	150				
tabany. kenar takv. yüks. (cm)		310				
dolgu kenarında	evet (1)	1				
ahşap kullanımı	hayır (2)	-				
dolgu cebinde damar kalınlığı (cm)		320				
ayağın kazı arını - dolgu		540				
cebi mesafesi (cm)						
tabanyolu aynası - ayağın		25				
kazı arını mesafesi (m)						



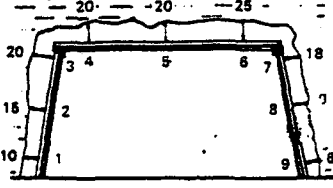
Şekil 5.4. Tabanyolu kenar takviyesinde gerçekleştirilen gözlem ve ölçümlerin yer aldığı form (Jacobi, 1981).

Tahkimat ile çevre kaya arasındaki boşluk mesafeleri istasyonda tabanyolu tahkimatının kurulmasından hemen sonra alınmakta ve forma (Şekil 5.5) işlenmektedir. Ölçümler tüm istasyonlarda aynı tahkimat elemanları üzerinde standart sabit noktalardan yapılmaktadır.

Tabanyolu-ayak girişi ile ilgili bilgi formunda da tabanyolu-ayak girişinin boyutları, uygulanan tahkimattaki değişiklikler ve tavan tabakalarında gözlenen çatlaklar ile ilgili bilgiler yer almaktadır (Şekil 5.6). Değerlendirmeler yine sabit istasyonun ayak hizasında bulunması sırasında gerçekleştirilmektedir. Çatlaklar doğrultularına (R-S) ve eğim yönlerine (2-4) göre ayrılmaktadır. Ayak doğrultusuna paralel çatlaklar R, tabanyolu paralel olanlar S olarak adlandırılmaktadır. Çatlağın tabanyolu doğrultusuna paralel sayılabilmesi için ilerleme ekseni ile yaptığı açı 50° 'den büyük olmamalıdır. Aksi takdirde çatlak ayak doğrultusuna paralel sayılmaktadır. Tabanyolu-ayak girişinde, kırılarak gevşeyen blokların bulunması durumunda da bunların boyutları ve könveyör tahrik ünitesinden olan mesafeleri de forma işlenmektedir.

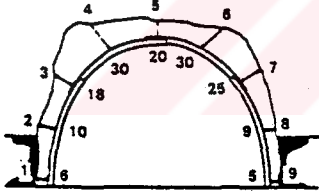
Tabanyolu izleme formlarındaki veriler kısa süreli ve uzun süreli olarak değerlendirilmektedir. Kısa süreli değerlendirmeler işletmelerde yapılmakta ve tabanyolundaki uygulamaların düzenli olarak izlenmesini sağlamaktadır. İşletme mühendisleri istasyonlarda tabanyolu yüksekliği, taban genişliği, tavan alçalması, taban kabarması, taban taraması ve istasyonlarda zamana bağlı oluşan deformasyonlar hakkında bilgiler elde etmektedir. Bu bilgilerden faydalanarak uygulanan tabanyolu tahkimatının performansı izlenmekte, yetersizlik ve aksaklıkların süratle değerlendirilerek gerekli önlemlerin alınmasına olanak sağlanmaktadır.

İstasyon No:	5				
Tarih	16.12.76				
boşluk ölçümleri (cm)	1	10			
	2	15			
	3	20			
	4	20			
	5	20			
	6	25			
	7	18			
	8	9			
	9	6			



a. trapez bağ

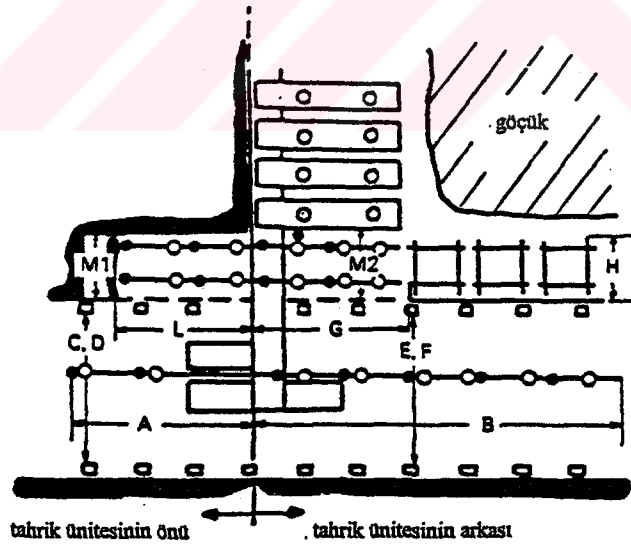
İstasyon No	5				
Tarih	16.12.76				
boşluk ölçümleri (cm)	1	6			
	2	10			
	3	18			
	4	30			
	5	20			
	6	30			
	7	25			
	8	9			
	9	5			



b. kavisli bağ

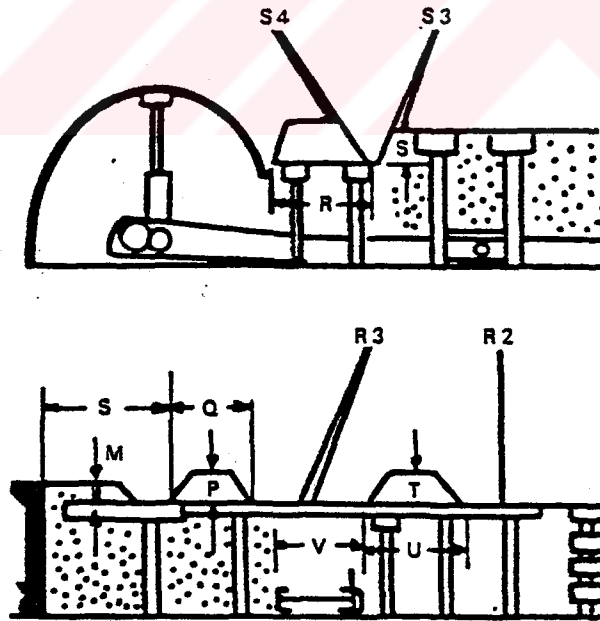
Şekil 5.5. Tabanyolu tahkimatı ile çevre kaya arasındaki boşluk ölçümlerinde kullanılan form (Jacobi, 1981).

İstasyon No:				
Tarih				
makina cebi-tahrik ünitesi mesafesi (cm)	L			
tahrik ünit.-tabanyolu kenar takv. mesafesi (cm)	G			
sökülen çelik bağ parçalarının adedi	-			
tabanyolu kenar takviyesi genişliği (cm)	H			
ayak tahkimatı-kenar takviye mesafesi (cm)	I			
makina cebi genişliği (cm)	M1			
ayak girişi genişliği (cm)	M2			
tabanyolu kenarı-ayak tahkimatı mesafesi	N			
tahrik ünitesinin önü	tabanyolu yüksekliği (cm)	D		
	tabanyolu genişliği (cm)	C		
	makina cebinde hidrolik direk adedi	-		
	hidrolik direkli orta çatal adedi	-		
	orta çatal sıralarının uzunluğu (cm)	A		
tahrik ünitesinin arkası	tabanyolu yüksekliği (cm)	F		
	tabanyolu genişliği (cm)	E		
	ayak girişinde hidrolik direk adedi	-		
	hidrolik direkli orta çatal adedi	-		
	orta çatal sıralarının uzunluğu (cm)	B		
tabanyolu aynası ile ayağın kazı arını arasındaki mesafe (m)				



Şekil 5.6. Tabanyolu-ayak girişi bölgesindeki gözlem ve ölçümlerin yer aldığı form (Jacobi, 1981).

İstasyon No							
Tarih							
tahrik ünitesinin önünde çatılarıyla ayrılmış serbest kaya blokları	şekil	-					
	yükseklik	P					
	genişlik	Q					
	uzunluk	R					
	mesafe	S					
tahrik ünitesinin gerisinde çatılarıyla ayrılmış serbest kaya blokları	şekil	-					
	yükseklik	T					
	genişlik	U					
	uzunluk	-					
	mesafe	V					
tahrik ünitesinin önündeki çatılar	ayğa paralel R	R 2					
		R 3					
		R 4					
		S 2					
	taban-yoluna paralel S	S 3					
		S 4					
		S 2					
		S 3					
tahrik ünitesinin gerisindeki çatılar	ayğa paralel R	R 2					
		R 3					
		R 4					
		S 2					
	taban-yoluna paralel S	S 3					
		S 4					
		S 2					
		S 3					



Şekil 5.6. (devam ediyor).

Tabanyolu izleme formlarının asıl değerlendirmesi araştırma merkezlerinde yapılmaktadır. Bu merkezlerde çok sayıdaki tabanyolundan alınan veriler istatistiksel olarak değerlendirilmektedir. Bölüm 3.3’de verilen ve tabanyollarında oluşması beklenen düşey konverjansın tahmininde kullanılan yöntem de çok sayıdaki tabanyolu izleme formlarının sistematik bir şekilde değerlendirilmesi ile geliştirilmiştir. Günümüzde bu değerlendirmeler yeni verilerle düzenli olarak devam etmekte olup, yöntemin daha da geliştirilmesine ve karşılaşılan bazı aksaklıkların giderilmesine çalışılmaktadır (Kammer, 1994). Değerlendirmeler sonunda, uygulanan tabanyolu tahkimatından istenilen performansın alınamaması durumunda, araştırma merkezi işletmelere ve imalatçı firmalara çeşitli öneriler ve talepler sunmaktadır. İşletmelere daha uygun tabanyolu açılış yöntemlerinin seçimi, farklı tabanyolu kenar takviyesi veya genişliği uygulanması gibi alternatifler sunulmaktadır. İmalatçı firmalara ise uygulamalar sırasında görülen aksaklıklar ile ilgili bilgiler verilmekte ve yeni tahkimat sistemlerinin geliştirilmesi veya kullanılan mevcut sistemlerin iyileştirilmesine yönelik öneriler ve talepler sunulmaktadır. Bunun sonucunda yeni pilot uygulamalara geçilmekte ve tabanyolları yine sistematik gözlem ve ölçümlerle izlenmektedir. Bu sistem bir döngü şeklinde çalışmakta olup, tabanyolu uygulamalarının iyileştirilmesi ve geliştirilmesine yönelik araştırmalar devamlı olarak sürdürölmektedir.

5.3 T.T.K.’DA TABANYOLU TASARIMINDA İYİLEŞTİRMELER

T.T.K.’da tabanyollarının tasarımı için iyileştirme önerileri sunulurken havzanın koşulları (jeoloji, rezerv, teçhizat, teknoloji, iş gücü) ve kurumun olanakları göz önünde bulundurulmuştur. Öneriler, kısa vadede az yatırımla yapılabilecek iyileştirmeler ile uzun vadede yatırımla yapılabilecek iyileştirmeler olarak ikiye

ayrılmıştır. Yapılacak iyileştirmeler kapsamında, T.T.K.'da tabanyollarında uygulanması önerilen bir kayıt sistemi ve gözlem şekli tanıtılacaktır.

5.3.1 Kısa Vadede Az Yatırımla Yapılabilecek İyileştirmeler

Bu iyileştirmeler için herhangi bir teknoloji transferi öngörülmemekte ve mevcut imkanlardan (malzeme, makina, vb.) faydalanılması esas alınmıştır. İyileştirmeler ile tabanyolu uygulamalarında randımanın artırılması ve tamir-bakım masraflarının azaltılması hedeflenmektedir.

Başarılı tabanyolu tasarımlarının temel koşulları, tabanyollarının duraylılığına etkiyen faktörler ile tabanyolları için geliştirilmiş olan tasarım ilkelerinin iyi bilinmesidir. Yapılan incelemelerde havzada çalışan teknik personelin bu konuda yeterince bilgi sahibi olmadığı anlaşılmıştır. Bunun için teknik personelin ve uygulamaları gerçekleştirecek olan işçilerin ayrı ayrı eğitime tabi tutulmaları gerekmektedir. Bu bilgilerin ışığında havzaya özgün tasarım ilkelerinin geliştirilmesi daha sağlıklı olacaktır.

Çalışılan panolar ile ilgili düzenli bir şekilde pano defterleri tutularak uygulamalar sırasında edinilen bilgi ve tecrübelerin geniş kesimlere aktarılması sağlanmalıdır. Üzülmüş Müessese'si Asma İşletmesi -100/-170 Piriç ayak için örnek bir defter hazırlanmış olup pano defterlerinin havzaya özgün değişiklikler ile uygulanabilecek bir çalışma olduğu anlaşılmıştır (Şahin, 1993). Panodaki çalışmalar bittikten sonra pano ile ilgili kapsamlı bir rapor hazırlanmalıdır. Raporda çalışmalar sırasında karşılaşılan sorunlar ve alınan önlemler geniş bir şekilde değerlendirilmeli, başarılı uygulamalar ayrıntılı olarak tanıtılmalıdır. Ayrıca gelecekte tasarlanacak panolar için edinilen deneyim ve tecrübelerle dayanılarak öneriler sunulmalıdır.

Panoların hazırlık çalışmaları (rekup galerisi, tabanyolu, başyukarının açılması) iyi bir planlama ile zamanında tamamlanmalı ve üretim sıkışıklıkların önüne geçilmelidir. Böylece uzunayaklarda işletme metodu olarak ilerletimli çalışmadan dönümlü çalışmaya geçilebilecektir. Dönümlü çalışma yöntemi, özellikle tabanyollarının duraylılığı açısından, çeşitli faydalar sağlayacaktır:

- a. İlerletimli çalışmalarda tabanyollarında oluşan konverjans ve tahkimatta meydana gelen deformasyonlar ayağın geçişinden sonra belirgin artma göstermektedir. Oysa dönümlü çalışmada tabanyolu tahkimatı ayağın geçmesinden sonra söküleceğinden bu deformasyona maruz kalmayacaktır. Bu da tabanyollarında tamir-tarama giderlerinin önemli miktarlarda azalmasına neden olacaktır.
- b. Dönümlü çalışmada tabanyolu bir arama galerisi işlevini görmekte olup pano hakkında ön bilgi sağlamaktadır. İlerletimli çalışmalarda yeterli sayıda sondaj etüdüleri yapılmadığından önceden bilinmeyen fay veya atımlarla karşılaşmakta ve bu durum üretim planlamasında büyük sıkıntılar yaratmaktadır. Dönümlü çalışmada ise bu durum kısmen önlenmektedir.
- c. Ayağın geçmesinden sonra havzada tabanyolu kenarlarındaki boşluğun doldurulması için kullanılan kömür topuğu veya ağaç domuzdamı uygulamaları etkin tabanyolu kenar takviye sistemleri değildir. Bu durum tabanyollarında büyük boyutlarda deformasyonların oluşmasına neden olmaktadır. Dönümlü çalışmada ise tabanyolu, ikinci kez kullanılmayacaksa, ayağın gerisinden göçertilmekte ve böylece tabanyolu kenar takviyesine ihtiyaç duyulmamaktadır. Erken yük taşıma özelliğine sahip ve dayanımı yüksek olan kenar takviyelerinin uygulanmadığı havzalarda bu durum daha da önem kazanmaktadır.

d. Göçük açma yönteminin uygulandığı üst tabanyollarında ilerleme hızı çok düşüktür. Oysa dönümlü çalışmada tabanyolu önceden açılmış olacağından bundan dolayı ayak ilerleme hızının sınırlanması söz konusu olmayacaktır.

Üretim planlarından faydalanılarak, eski panolardan kalan pano kenarları ve topukların yerleri tespit edilmeli ve tabanyoluna göre konumları belirlenmelidir. Ayrıca jeolojik arızaların tabanyolundan olan uzaklıkları da araştırılmalıdır. Bu çalışmalar planlama safhasında, tabanyolları açılmaya başlamadan önce, tamamlanmalıdır. Pano kenarları ve topukların etkileşimi ile yüksek gerilmeli bölgeler içerisinde bulunacak olan tabanyolu kesimleri için gerekli önlemler tasarlanmalı ve bu bölgelerde tahkimat yoğunluğu ve direnci artırılmalıdır.

Bakir kömürde açılan tabanyollarında uygulanan delme-patlatma yönteminde iyileştirmeler yapılarak, oluşan fazla kazı kesiti minimuma indirilmelidir. Tabanyolu aynalarında uygun delme şablonları kullanılarak bütün delikler taş ve kömür farkı gözetilmeksizin bir defada gecikmeli kapsüllerle patlatılmalıdır. Tahkimatın kurulmasından sonra, çevre kaya ile arasındaki boşluklar uygun malzeme ile doldurularak tahkimatın geç yük alması önlenmelidir. Ayrıca ahşap kamalar yerleştirilirken düz yüzeyin tahkimata temas etmesine dikkat edilmelidir.

Tabanyollarında rijit çelik bağlarda GI-110 profil yerine daha yüksek dayanıma sahip olan GI-140 profil kullanılmalıdır. Bu profil tipi ile tabanyollarında tamir-tarama işlerinde azalma sağlanacaktır. Özellikle etkileşim veya jeolojik arızalardan kaynaklanan yüksek gerilmeler altındaki tabanyolu kesimlerinde GI-140 profil tercih edilmelidir. Rijit çelik bağların bağlantı elemanı olan pabuçlarda perno-pim yerine civata-somun kullanılmalıdır. Somunlar belli zaman aralıklarında ve özellikle delme-patlatma işlemleri sonunda yeniden sıkılmalıdır.

Çelik bağların birlikte çalışmasını sağlayan fırçalar yeterli sayıda konulmalıdır. B-10 kesiti için 10, B-8 kesiti için ideal olarak 8 adet fırça kullanılmalıdır. Bağ sıraları arasındaki fırçalar yerleştirilirken aynı yükseklik ve doğrultularda bulunmalarına özen gösterilmelidir.

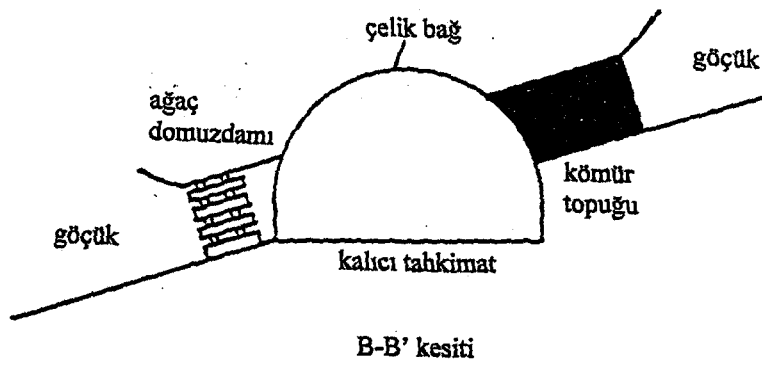
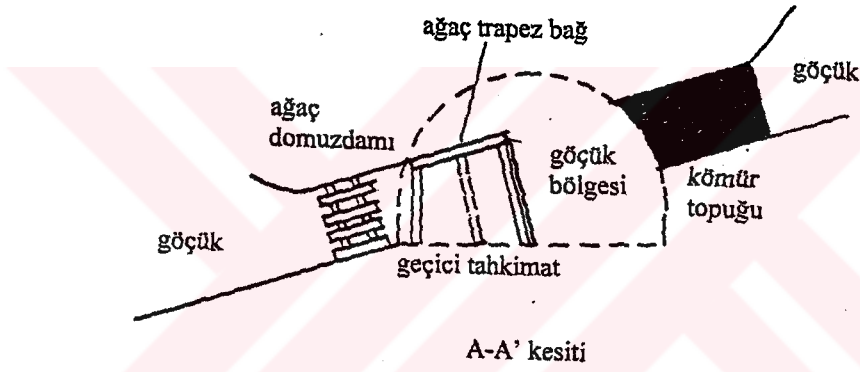
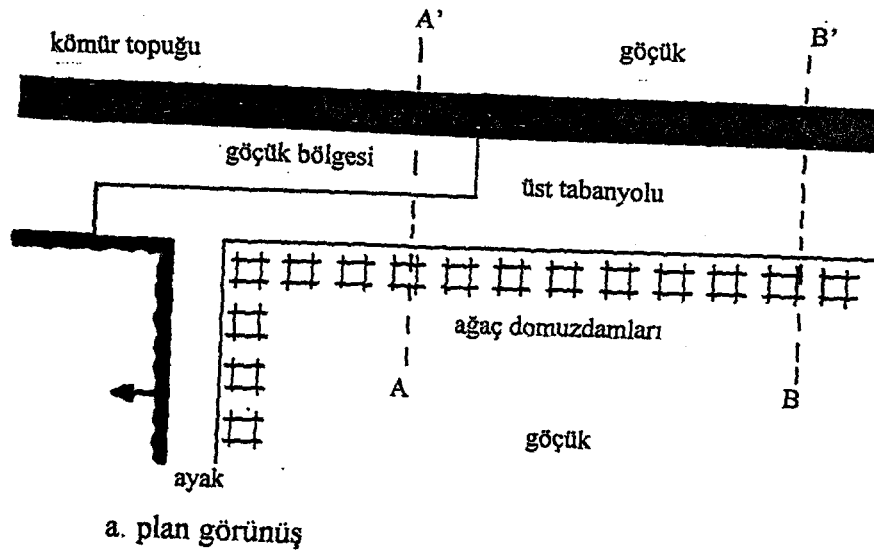
Tabanyolunda konverjansın ve deformasyonların en hızlı arttığı kısım ayağın yakın çevresindeki bölgedir. Bu bölgede, ayağın 10-20 m önünden başlamak üzere, çelik bağ tahkimatına ek olarak ağaç poligon bağlar kullanılmalı ve bu bağlar ayağın 20-30 m gerisine kadar sökülmemelidir. Ağaç poligon bağlar çelik tahkimatta deformasyonlar başlamadan kurulmalı ve deformasyonların ayağın gerisinde devam etmesi durumunda alınmamalıdır. Tabanyolu-ayak girişindeki açıklık genişliği gereğinden fazla tutulmamalı ve buradaki tahkimat, tavan ile taban taşı arasına sıkılanıp, özenle yerleştirilmelidir.

Üst tabanyollarında, tabanyolu kenar takviyesi olarak taş dolgu yönteminden vazgeçilmelidir. Alt ve üst tabanyollarındaki kömür topuğu uygulaması, tabanyollarının duraylılığını olumsuz yönde etkilemektedir. Bunların yerine tabanyolu kenar takviyesi olarak ağaç domuzdamı uygulamasına geçilmelidir. Uygulama sırasında Bölüm 3.4.3.1'de açıklanan hususlara uyulmalıdır. Ağaç domuzdamı uygulamasının başarısında işçilik faktörü çok önemlidir. Hava kaçaklarını önlemek ve domuzdamının dayanımını artırmak için içi taş ile doldurulmalıdır. Yanma riski bulunan panolarda da domuzdamının tabanyoluna açık yüzeyi killi çamur ile özenli bir şekilde sıvanmalıdır.

Damar eğiminin fazla olduğu ($> 40^\circ$) olduğu panolarda tabanyolu kenar takviyesi olarak tek başına ağaç domuzdamı uygulaması sakıncalı olacaktır. Domuzdamının tavan ile taban arasına iyice sıkışmasına kadar direklerin açıklığa doğru kayma

tehlikesi yaşanmaktadır. Bunun için kömür topuğu uygulamasının iyileştirilmesine yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir. Pilot uygulamalar ile farklı topuk genişliklerinin tabanyolu duraylılığına etkileri incelenmelidir. Almanya'da gerçekleştirilen araştırmalardan 2 m'den dar kömür topukların, 2-50 m genişliğindeki kömür topuklarına kıyasla, tabanyolu duraylılığını daha az ölçüde olumsuz yönde etkilediği sonucu çıkarılmıştır (Jacobi, 1981; DMT, 1991). Bu değer Almanya'daki taşkömür havza koşullarına özgün olabileceğinden bu genişliğin tabanyolu duraylılığına etkisi küçük çaplı pilot uygulamalar ile araştırılmalıdır.

Mevcut tabanyolu uygulamalarında aynı tabanyolunun iki kez kullanılması mümkün olmamaktadır. Panolar arasında tabanyolu duraylılığının olumsuz yönde etkilenmemesi için 30-40 m genişliğinde bir kömür topuğu bırakılarak, eski tabanyoluna paralel yeni bir tabanyolu açılması ise, büyük rezerv kayıplarına yol açacağından havza için ekonomik bir yöntem değildir. Bu nedenle, tabanyolu duraylılığı açısından olumsuz olmasına karşın, göçmeye bırakılan eski tabanyolu yeniden açılmaktadır. Tabanyolu ayağın önünden açılmakta ve tabanyolunda ilerleme hızlarının düşük olmasının yanında akıcı bir özellik kazanmış olan çevre kayanın etkisiyle sık sık tamir-tarama çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Yöntemin olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi için tabanyolunun ayağın önünden sürülmesinden vazgeçilip tabanyolu ayağın gerisinden açılmalıdır. Bu sistem Şekil 5.7'de şematik olarak verilmiştir. Tabanyolunda geçici tahkimat olarak ağaç trapez bağ kullanılacaktır. Ayağın 15-25 m gerisinden itibaren ise açıklık asıl kesite genişletilerek kalıcı tahkimat kurulacaktır. Böylece kalıcı tahkimat ayak önündeki ve hizasındaki aşırı arazi yüklerinden ve ayağın çevresinde tavan tabakalarının sarkmasına bağlı tabaka hareketlerinden daha az etkilenecektir. Bununla birlikte tahkimat elemanlarının maruz kalacağı deformasyonlar azalacaktır.



b. kesit görünüş

Şekil 5.7. Üst tabanyollarında uygulanması önerilen tabanyolu açma yönteminin şematik görünüşü.

Verilen iyileştirme önerileri ile mevcut tabanyolu uygulamalarının daha rasyonel tasarlanması amaçlanmaktadır. Uygulamalarda tabanyolunda tamir-tarama işlerinin azalma göstereceği beklenmektedir. Aynı tabanyolunun yan yana bulunan panolarda iki kez kullanılabilmesi ve tamir-tarama maliyetlerinin en düşük seviyeye indirilmesinin hedeflenmesi durumunda ise mutlaka yeni yatırımların gerçekleştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

5.3.2 Uzun Vadede Yatırımla Yapılabilecek İyileştirmeler

İyileştirme önerileri doğrultusunda tavsiye edilen yeni yöntemlerin uygulanabilmesi için yeni teçhizatların ve tahkimat elemanlarının alınmasına ihtiyaç duyulmaktadır. İyileştirmeler planlanırken tabanyolu bir bütün olarak (açılma yöntemi, tabanyolu tahkimatı ve kenar takviyesi, tahkimat ile çevre kaya arası dolgu yöntemi, vb.) ele alınmalıdır. Sadece tek alanda yapılacak iyileştirmeler ile yeni uygulamalardan istenilen randıman alınamayacaktır. Öneriler sunulurken yine havza şartları ve kurum olanakları göz önünde bulundurulmaya çalışılmıştır.

Üretim faaliyetleri nedeniyle dinamik yüklerin etkisi altında bulunan tabanyollarında kapanmaların ve deformasyonların tamamen önlenmesi olanaksızdır. Bunun için tabanyolu tahkimatı, ayağın önünde deformasyonun başladığı noktadan ayağın gerisinde tabanyolu kenar takviyesinin sıkışıp yüksek gerilme ve tabaka hareketlerine karşı koyabildiği noktaya kadarki bölgede, denetlenebilir ve sınırlı miktarda konverjansa izin verebilmelidir. Bu koşul ancak TH veya çan profilli geçme (esneyen) bağların kullanılmasıyla sağlanabilecektir. Başlangıçta 29 kg/m³ lik birim ağırlığa sahip TH-profillerin kullanılması önerilmektedir (Açık, 1991). Tabanyollarında geçme bağların kullanılmasıyla birlikte şu anda yaşanmakta olan çeşitli dar boğazların aşılması da mümkün olabilecektir.

Delme-patlatma yöntemi ile açılan tabanyollarında oluşan fazla kazı kesiti nedeniyle tahkimat ile çevre kaya arasında büyük boşluklar yaratılmaktadır. Geçme bağlarda profillerin iç içe geçme mesafeleri, öngörülen minimum çakışma mesafesinin aşılmaması koşuluyla, ayarlanabilmektedir. Bunun sonucunda geçme bağ tahkimatının dış boyutları, açıklık yüksekliği ve genişliğine bağlı olarak, belli sınırlar içerisinde değiştirilebilmektedir. Bu da tahkimat ile çevre kaya arasındaki boşluğu en aza indirecektir.

Tahkimat ile çevre kaya arasındaki boşluğun azalmasıyla birlikte yeni bir dolgu yöntemi kullanılmalıdır. Kaya parçalarının açıklığa akmasını önleyen ağaç kamalar yerine çelik hasır ve girintili yüzeylerde boşluğun doldurulmasında ağaç direkler yerine taş dolgu, saç veya ağaç kamalar uygulanmalıdır. Böylece tahkimat eski yöntemle kıyasla daha erken yük taşıma özelliğine sahip olacaktır. Ayrıca tabanyollarında ağaç direk tüketiminde de önemli miktarlarda tasarruf sağlanacaktır.

Tabanyolunda geçme bağ uygulaması ile birlikte, bağların birbirine irtibatlandırılması için, çelik fırçaların kullanılması öngörülmelidir. Havzada tabanyolları sürülürken kömür damarının doğrultusu takip edildiğinden sık sık kurbalar çizilmektedir. Bu kesimlerde, kurbalara uyum sağlayan çelik fırça türlerinin kullanılması gerekmektedir.

Tabanyolu-ayak girişlerinde ek tahkimat olarak uygulanmakta olan ağaç poligon bağlar geçme bağların esneme özelliğini engelleyecektir. Bu nedenle geçme bağ ile birlikte, çalışılan ayak tarafında, ek tahkimat olarak hidrolik direkler kullanılmalıdır. Çelik bağ parçasına iyice sıkılan hidrolik direkler ayak hizasının önünde kurulmalı ve ayak geçmeden alınmamalıdır.

Geçme bağların kullanılmasıyla tabanyolu kenar takviyelerinin, daha erken yük taşıma özelliğine sahip olabilmesi için, iyileştirilmelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Havzada üretim bölgelerinin geniş bir sahaya yayılmış olması nedeniyle, havalı veya sulu yöntemeye dayanan, monolitik veya beton dolguların uygulanması ekonomik görülmemektedir. Kömür topuğu uygulaması da tabanyolu duraylılığını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle ağaç domuzdamı uygulaması iyileştirilmelidir. Çift sıra ağaç domuzdamı yerine daha geniş dam direklerinden oluşan tek sıra ağaç domuzdamı uygulamasına geçilmelidir. Kullanılacak domuzdamı direklerinin uzunluğunun damar kalınlığının % 60'ı kadar olması önerilmektedir. 2 m'den daha ince kömür damarlarında ise direk boyları 1.2 m'nin altına düşmemelidir.

Tabanyolu kenar takviyesi olarak ağaç domuzdamlarının, yumuşak ve düşük dayanımlı ($\sigma_c < 25$ MPa) yankayaçlarda uygulanması tavsiye edilmektedir. Oysa havzada yaygın olarak karşılaşılan kumtaşı, konglomera, silttaşı ve kiltaşından oluşan yankayaçlar orta ve yüksek dayanımlı kayalar sınıfına girmektedir (TÜSTAŞ, 1989). Bu nedenle ağaç domuzdamlarının yük taşıma kapasitesinin ve dayanımlarının artırılması gerekmektedir. Bu da ağaç domuzdamlarının içinin taş parçaları ile sıkıca doldurulması ile mümkün olmaktadır. Elle taş dolgu uygulamasından; işçiliğin güç ve zaman alıcı olması, taşların tavan ile taban taşı arasına boşluksuz doldurulamaması, hava kaçaklarına sebep teşkil etmesi nedeniyle istenilen verim alınamamaktadır. Bunun yerine kaya parçalarının belli boyutlara (örneğin 100 mm) kırılmasını ve kırılan parçaların basınçlı hava yardımıyla domuzdamının içine püskürtülmesini sağlayan dolgu makinalarının kullanılması gerekmektedir. Satın alınacak makinanın basınçlı hava ile çalışması ve malzeme vagonlarının üstüne sığabilecek boyutlarda olması gereklidir. Ayrıca makina, boyut küçültme işleminin tamamlanmasını beklemeden, bir domuzdamının içini bir seferde doldurabilecek kadar kırılmış kaya parçalarının saklanabildiği bir depoya

sahip olmalıdır. Çünkü domuzdamının içi, tabaka hareketlerine karşı etkili direnç gösterebilmesi için, kurulmasından hemen sonra kısa süre içinde taş parçaları ile sıkıca doldurulmalıdır. Yöntemde taş olarak tabanyolu aynalarından ve yakın çevredeki galeri çalışmalarından elde edilen kaya parçalarından faydalanılacaktır. Domuzdamının içindeki taş parçalarının tabanyolu açıklığına akmasını önlemek için de dolgu teli kullanılmalıdır. Ayrıca yanma riski yüksek olan panolarda, muhtemel hava kaçaklarının önlenmesi için, ek tedbir olarak domuzdamının tabanyoluna açık tarafı killi çamur ile özenli bir şekilde sıvanmalıdır.

İyileştirme önerilerinin asıl amacı, yan yana bulunan panolar için, aynı tabanyolunun hem alt hem de üst tabanyolu olarak kullanılma olanağının sağlanmasıdır. Tabanyolunun ilk kullanımı sırasında kesit daralmalarının oluşması kaçınılmazdır. Konverjans sonrasındaki açıklık kesiti, tabanyolunun ikinci kez kullanılması durumunda, havalandırma ve nakliyat için gerekli minimum açıklık kesitinin altına düşmemelidir. Bunun için alt tabanyolunda faydalı kesitin 10 m²'den 12.5 veya 14 m²'ye çıkartılması büyük faydalar sağlayacaktır.

İyileştirme önerileri doğrultusunda gerçekleştirilecek pilot uygulamalarda mutlaka bu konuda eğitim görmüş ekipler kullanılmalıdır. Tabanyollarındaki pilot uygulamalar önce bir deneme devresinden geçirilmeli ve sistematik şekilde gözlem altında tutulmalıdır.

5.3.3 Tabanyolu Uygulamalarının Gözlem ve Ölçümlerle İzlenmesi

Tabanyollarında iyi planlanarak yapılacak sistematik gözlem ve ölçüm programları ile son derece yararlı bilgiler elde edilebilecektir. İlk aşamada pilot uygulamaların

izlenmesinde faydalanılacak olan gözlem ve ölçüm yöntemi, daha sonra yeraltı faaliyetlerinin bir parçası olarak tüm tabanyollarında düzenli olarak kullanılmalıdır.

Sandart bir gözlem ve ölçüm programı ile çeşitli uygulamalardan (rijit ve TH-bağ, farklı kömür topuk genişlikleri, ağaç domuzdamı uygulaması, vb.) elde edilen performansların karşılaştırılması mümkün olacaktır. T.T.K.'da tabanyollarında kullanılacak yöntem geliştirilirken aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmuştur:

- a. Yöntem havza koşullarına uygun olmalıdır.
- b. Yöntem basit olmalı ve ölçümler kısa sürede gerçekleştirilebilmelidir.
- c. Yöntem ekonomik (işçilik, ölçme araçları) olmalıdır.
- d. Veriler sistematik bir şekilde kaydedilip saklanabilmelidir.

Geliştirilen gözlem ve ölçüm yönteminin, öncelikle az yatırımla yapılabilecek iyileştirmeler için, hazırlanacak olan pilot uygulamalarda denenmesi tavsiye edilmektedir. Pilot uygulamalar için yer tespiti yapılırken, daha sonra oluşturulacak istasyonların, farklı madencilik koşullarını (derinlik, damar kalınlığı, ayak ve pano uzunluğu, vb.) temsil eden yerlerde kurulmasına dikkat edilmelidir. Gözlem ve ölçümlerde bu amaç için yetiştirilmiş ekipler kullanılmalıdır. Ekiplerin iki kişiden oluşması yeterli olacaktır.

Yöntemde önce sabit istasyonların konumları ve istasyonlar arasındaki mesafeler belirlenmelidir. Bu mesafeler yöntemin kullanılış amacına göre değişmektedir. Yöntem tüm tabanyolu boyunca yapılacak gözlem ve ölçümlerde kullanılacaksa, istasyonlar arasındaki mesafe 20-30 m civarında seçilmelidir. Yöntem pilot uygulamaların izlenmesinde kullanılacaksa, pilot bölgenin uzunluğuna bağlı olarak,

5-15 m civarında seçilmelidir. En uygun mesafenin belirlenmesinden sonra tüm tabanyollarında aynı mesafelerin kullanılmasına özen gösterilmelidir.

Tabanyollarında gözlem ve ölçümlerde kullanılacak formlar Şekil 5.8'de verilmiştir. İlk formda pano ve tabanyolu ile ilgili genel bilgiler yer almaktadır (Şekil 5.8.a). Ayrıca tahkimat üzerinde ölçümlerde kullanılacak olan sabit noktaların konumları formun alt kısmında bir plan üzerinde gösterilecektir. Tavan alçalması ve taban kabarmalarının konverjansa katkısını belirlemede kullanılacak olan referans hattının yeri de bu plan üzerinde gösterilecektir. Bu formdan tüm tabanyolu için yalnızca bir adet doldurulacaktır.

Tabanyollarında gerçekleştirilen incelemelerde tabanyolu boyunca, duraylık üzerinde önemli etkileri olan, jeolojik (damar kalınlığı, damar doğrultusu, damar eğimi, çevre kaya, faylar, vb.) ile madencilik koşullarının (tabanyolu kenar takviyesi, tahkimat ile çevre kaya arasındaki boşluklar, bırakılan topuk genişliği, bağlar arasında fırça adedi, ek tahkimat, vb.) yer yer çok değişkenlik gösterdiği anlaşılmıştır. Bu nedenle, tabanyolu ile ilgili genel bilgilerin verilmesi yeterli olmayacağından, tüm istasyonlarda bu bilgilerin ayrı ayrı verilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. İstasyonlar ile ilgili bilgilerin yer aldığı form Şekil 5.8.b'de verilmiştir. Bu form her istasyon için ayrı ayrı doldurulacaktır. Tahkimat ile çevre kaya arasındaki boşluk ölçümleri istasyonun kurulduğu günde alınacaktır. Tabanyolu-ayak girişi ve tabanyolu kenar takviyesi ile ilgili ölçümler ise istasyonun ayak ile aynı hizaya gelmesi sırasında yapılacaktır.

Konverjans ölçümleri ve tabanyolunun durumu ile ilgili verilerin yer alacağı form Şekil 5.8.c'de gösterilmiştir. Seçilen sabit istasyonlarda, ayak hizasından olan farklı mesafelerde, gözlem ile ölçümlerle tabanyolu tahkimatında oluşan deformasyonlar

PANO VE TABANYOLU İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

Müessesce:

İşletme:

Pano:

Ort. Damar Kalınlığı (m):

Ort. Damar Eğimi (°):

Tavan Taşı:

Taban Taşı:

Tabanyolu Türü: ☐ üst tabanyolu ☐ alt tabanyolu Kotu:

Açılma Yöntemi: ☐ delme-patlatma ☐ göçük açma ☐ diğer:

Açıklık Kesiti: ☐ B-8 ☐ B-10 ☐ B-12.5 ☐ B-14 ☐ diğer:

Tabanyolu Aynasının Ayağa Göre Konumu:

☐ dönümlü ☐ ayağın önünde ☐ ayakla aynı hizada ☐ ayağın gerisinde

Çelik Tahkimat Tipi:

Çelik Bağ Parçalarının Bağlantı Elemanları:

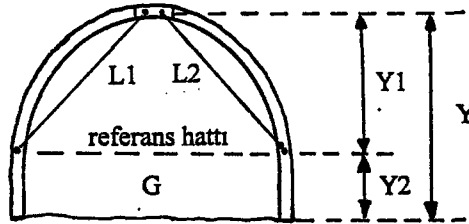
Ort. Çelik Bağ Aralığı:

Tahkimat ile Çevre Kaya Arası Dolgu Yöntemi:

Tabanyolu Kenar Takviyesi:

Tabanyolunda istasyonlarda çelik bağ üzerinde sabit noktaların konumları *

Açıklamalar:



Çelik bağ üzerindeki sabit noktaların bağ parçalarındaki pabuç deliklerinden olan mesafeleri

L1 (cm) :

L2 (cm) :

* tüm tabanyolu boyunca çelik bağ üzerinde sabit noktalar işaretlenirken aynı mesafeler kullanılacaktır

a. pano ve tabanyolu ile ilgili bilgiler

Şekil 5.8. Tabanyollarında gözlem ve ölçümlerde kullanılacak formlar.

TABANYOLUNDA KURULAN SABİT İSTASYONLAR İLE İLGİLİ BİLGİLER

İstasyon No:

Damar Kalınlığı (m) :

Damar Eğimi (°) :

Ayak Uzunluğu (m) :

Tabanyolu Faydalı Kesiti (m²) :

Profil Tipi :

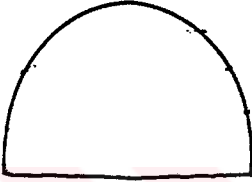
Bağlantı Elemanı :

Çelik Bağ Aralığı (m) :

Fırça Türü ve Adedi :

İSTASYONUN KURULMASINDAN HEMEN SONRA YAPILACAK GÖZLEMLER

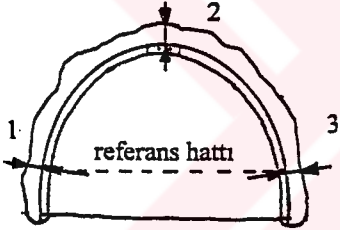
Tabanyolu Aynasında Damar Stampı



Tavan Taşı:

Taban Taşı:

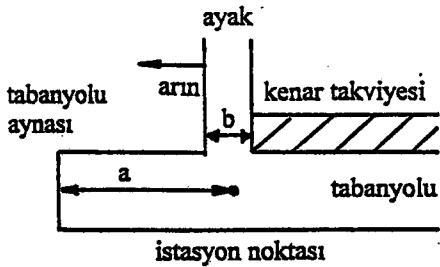
Tahkimat ile Çevre Kaya Arası Boşluk Ölçümleri



Nokta No	1	2	3
mesafe (cm)			

İSTASYONUN AYAK HİZASINA GELMESİNDEN SONRA YAPILACAK GÖZLEMLER

Tabanyolu-Ayak Girişinde Ölçümler

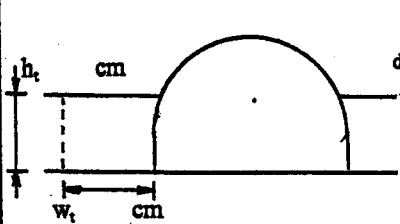


Tabanyolu-ayak girişinde uygulanan ek tahkimat :

Mesafe a (m) :

Mesafe b (m) :

Tabanyolu Kenar Takviyesi ile ilgili Ölçümler



- direk boyutları (cm x cm x cm)
- ☐ Domuzdamı
 - ☐ tek sıra ☐ taşlı
 - ☐ Kömür topuğu
 - ☐ çift sıra ☐ taşsız
 - ☐ Kaya (fay nedeniyle bırakılmış)
 - ☐ Taş dolgu

b. sabit istasyonlar ile ilgili bilgiler

Şekil 5.8. (devam ediyor)

ve konverjanslar kaydedilmektedir. Tabanyolunda oluşan konverjansların tespiti için, Şekil 5.8.a'da tahkimat üzerinde belirlenen sabit noktalardan, yükseklik ve genişlik (Y, Y1, Y2, G) ölçümleri, yapılmaktadır. Ölçümler çelik şeritmetre ile gerçekleştirilmektedir. Tabanyolunda tahkimatın deformasyon durumunun değerlendirilmesinde ise çeşitli sınıflandırmalardan faydalanılmaktadır. Sınıflandırmalar toplu olarak Çizelge 5.1'de verilmiştir. Bu form da yine her istasyon için ayrı ayrı doldurulacaktır.

İstasyonlardaki gözlem ve ölçümler belirli aralıklarla tekrarlanmaktadır. Değerlendirmeler istasyon noktasının ayağa yaklaşması (15-25 m) ile ayağın 20-30 m gerisine kadar haftada en az iki kez, daha sonra haftada en az bir kez yapılmalıdır. Ayaktan olan mesafenin 100 m'yi geçmesi durumunda ise iki haftada bir veya ayda bir kez ölçüm alınması yeterli olacaktır.

Hazırlanan yöntemde, tahkimat olarak 2-parçalı kavisli rijit çelik bağların kullanılacağı ve tabanyolu kenar takviyesi olarak ağaç domuzdamı veya kömür topuğu uygulaması göz önünde bulundurulmuştur. Daha farklı uygulamalarda, yöntemde bazı değişiklikler yapılmalıdır. Örneğin; geçme bağ uygulamasında, profillerin çakışma mesafelerinin düzenli olarak kaydedilebileceği ayrı bir sütun açılmalıdır. Deformasyonları tanımlamada kullanılan sınıflandırmalar da yeni yönteme uyarlanmalıdır. Bunun için Bölüm 5.1'de verilen ve Almanya'da kullanılan tabanyolu izleme formlarından yararlanılabilir.

Yöntem ile çeşitli uygulamaların birbiriyle gerek performans, gerek ekonomiklik, gerekse iş güvenliği açısından kıyaslanması mümkün olacak ve havza koşullarına uygun tasarım yaklaşımlarının geliştirilmesi olanaklı hale gelecektir. Farklı koşullar

Çizelge 5.1. Tabanyolu tahkimatının çeşitli deformasyonlarının sınıflandırılması.

a. Çelik bağ tahkimatının deformasyonu

i. Çelik bağ tahkimatının genel durumu

Sınıf	Tanım
1	Tabanyolu kesitindeki küçülme gözle fark edilmemekte. Rijit tahkimat sistemi taşıyıcılığında kaybetmemiştir.
2	Kesit kapanmaya başlamıştır. Çelik bağ tahkimat sisteminde deformasyonlar görülmesine karşın taşıyıcılığını korumaktadır.
3	Rijit çelik tahkimat sistemi önemli ölçüde taşıma özelliğini kaybetmiştir. Çelik bağ tahkimatı ilave taşıyıcı tahkimat ile takviye edilmiştir.
4	Çelik bağ tahkimat sistemi taşıyıcılığını kaybetmiştir. Yüktü ilave sistem taşımaktadır.
5	İlave tahkimatın da taşıyıcılığını kaybetmesi üzerine sistem çökmeğe doğru ilerlemektedir.

ii. Ayak veya topuk tarafındaki bağ parçalarının deformasyonu

Sınıf	Tanım
1	gözle görülebilen deformasyon yok.
2	a. düzlem içi eğilmeler var b. ayak ilerleme yönünde c. ayağın tersi yönünde
3	bağ bacağına burkulmalar var
4	burulmalar (dönme) var
5	çatlaklar ve yırtılmalar var

iii. Bağlantı elemanlarının durumu

Sınıf	Tanım
1	pabuçta herhangi bir sorun yoktur
2	pabuç çözülmüştür
3	pabuç kopmuştur / yoktur

b. Kenar takviyesi durumunun sınıflandırılması

Sınıf	ağaç domuzdamı / taş dolgu	kömür topuğu / taş topuk
1	sorunsuz	sorunsuz
2	kaymalar var	kenarda ezilmeler var
3	taşıma özelliği kalmamış	tamamen ezilmiş

c. Tahkimattaki değişikliklerin sınıflandırılması

Sınıf	Ek tahkimat	Tamir-tarama
1	yok	yok
2	çelik bağ altına ağaç direk	tahkimatta tamir ve tarama yapıldı
3	ağşap trapez bağ	taban tabakası derinleştirildi
4	ağşap poligon bağ	çelik bağ tahkimatı değiştirildi

altında denenen yeni tasarım yöntemlerinden yeterli performans sağlanırsa, sürekli olarak bu yöntemin kullanılmasına karar verilmelidir.

Pilot uygulamalar sırasında, tabanyolu ve tahkimatın durumu ile ilgili fotoğrafların çekilmesiyle, uygulamanın performansının izlenmesinde ve aksaklıkların tespitinde kolaylık sağlanabilecektir. Uygulamalardan elde edilen sonuçlar da, daha sonraki uygulamalara ışık tutacağı için, raporlar halinde sunulmalı ve özenle korunmalıdır.

5.4 O.A.L.'DE TABANYOLU TASARIMINDA İYİLEŞTİRMELER

O.A.L.'de uygulanmakta olan tabanyolu yöntemi ve tahkimatı çeşitli aşamalardan geçerek bugünkü durumunu almıştır. Gerçekleştirilen gözlemler sırasında alt tabanyolunda oluşan deformasyonların tabanyolu işlevini aksatmadığı görülmüştür. Asıl sorunlar tabanyolunun üst tabanyolu olarak ikinci kez kullanılması sırasında (özellikle tavan ile taban ayak arasındaki bölgede) yaşanmaktadır.

Bu bölümde önce mevcut uygulamada dikkat edilecek hususlara değinilecektir. Daha sonra çalışmalarda yapılabilecek iyileştirmeler için bazı öneriler sunulacaktır. Son olarak da araştırma merkezleri ile işletmeler arasındaki işbirliğin önemi vurgulanacaktır.

Yapılan incelemeler neticesinde, tabanyolu duraylılığı açısından, mevcut uygulamada dikkat edilecek hususlar aşağıda sıralanmıştır:

- a. tavan ayağın 20 m önünden başlamak üzere çalışılan pano tarafında hidrolik direk ve I-profillerden oluşan ilave tahkimatın geciktirilmeden yapılması ve alt tabanyolunda taban ayağın 20 m gerisine kadar sökülmemesi,

- b. tavan-taban ayak arasındaki bölgede ilave tahkimatın özenli bir şekilde yapılması,
- c. tavan-taban ayak arasındaki mesafenin ideal olan 20-25 m`den fazla tutulmaması (tavan ayağın hızlı ilerleyip taban ayağın çok geride kalmasının önlenmesi),
- d. dolgunun iyi bir şekilde uygulanması (öngörülen dolgu genişliğine uyulması, dolgunun boşluğa iyice sıkışması, su-çimento miktarının iyi ayarlanması, alt tabanyolunda tavan-taban ayak dolgularının irtibatlandırılması),
- e. sürtünmeli direkler yerleştirilirken, kaymaları önlemek için tabanyolu tabanında yuvaların açılması ve ön yükleme ile tavana sıkılması,
- f. sürtünmeli direklerde kayma mesafelerinin 0.8 m`nin altında tutulmaması,
- g. sürtünmeli direklerde gevşeyen somunların uygun buruyla sıkılması ve kayma mesafeleri biten kayıcı direklerin değiştirilmesi,
- h. üst tabanyolunda sürtünmeli direkler ve hidrolik direklerin uzunluklarının kesit daralmasına paralel olarak değiştirilmesi ve bunun sonucunda direklerin rijit hale gelip deforme olmasının önlenmesi,
- i. üst tabanyolunda taban ayak ve tabanyolu gerisinin zamanında göçmesi veya göçertilmesidir.

Tabanyolu çalışmalarında yapılabilecek bazı iyileştirmeler de şu şekildedir:

- a. Uygulanmakta olan kayıcı bağ tahkimatında yan direklerin I ve U profil yerine dayanımı daha yüksek olan TH profilden (36 kg/m) oluşturulması. Bu sayede üst tabanyolunda, tavan ile taban ayak arasındaki bölgede beton dolgu tarafında, yan direklerde oluşan eğilmeler ile burkulmalara karşı daha etkin direnç gösterilecektir.

- b. Tabanyolu kenar takviyesi olarak uygulanmakta olan beton dolgu geç yük taşıma özelliğine sahiptir. O.A.L.`de panolarda ayak ilerleme hızının 2 m/gün` aşıması durumunda erken yük taşıma özelliğine sahip dolguların uygulanmasına gereksinim duyulacaktır
- c. O.A.L.`de tabanyollarının, yeraltı faaliyetlerinin bir parçası olarak, düzenli ve sistematik gözlem ile ölçümlerle izlenmesi önemli yararlar sağlayacaktır. Böylece tasarım yaklaşımları ve uygulamaların başarısı düzenli olarak değerlendirilecek ve havza koşıllarına en uygun tahkimat düzeninin (tahkimat yöntemi, dolgu genişliği, tavan-taban ayak mesafesi, ilave tahkimat, vb.) belirlenmesi olanaklı hale gelecektir.

Araştırma merkezleri ile işletmeler işbirliğine giderek sürekli veri ve bilgi alışverişinde bulunmaları önemli yararlar sağlayacaktır. Bunun güzel bir rneği, güvenli ve ekonomik tahkimat sistemlerinin geliştirilmesini kapsayan bir araştırma projesi çerçevesinde, tabanyollarında kaya saplamaları uygulamasında (Bölüm 4.2.2.3) Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) ile Orta Anadolu Linyitleri arasındaki işbirliğidir. Bu gibi çalışmalar ve sistematik tabanyolu gözlemleri sayesinde, havza koşıllarına özgün tasarım yaklaşımlarının geliştirilmesi olanaklı hale gelecektir.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tabanyollarının duraylılığı ve tasarımı uzunayak kömür madenciliğinde karşılaşılan önemli sorunlardandır. Yeraltı ortamının değişkenlik göstermesi, üretim çalışmaları nedeniyle statik yüklemeler yerine dinamik yüklerin etkili olması ve çok sayıda faktörün duraylılığı ve tasarımı etkilemesi nedeniyle bir bölge için geliştirilen tasarım yaklaşımlarının diğer bölgelere aynen uygulanmasında güçlükler yaşanmaktadır. Bu çalışma ile, çok kapsamlı ve çok yönlü olarak, tabanyollarının tasarımında kullanılabilecek ve değişik koşullarda faydalanılabilecek bir mühendislik kılavuzunun geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında, tabanyolu duraylılığına etkileyen faktörler ile ilgili açıklamalara dayanılarak, elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- a. Tabanyolu çevresine etkileyen düşey gerilmeler ile tabanyolunda oluşan düşey konverjans benzer değişim göstermektedir. Gerilmeler arttıkça konverjans da artmaktadır. Bu nedenle tabanyollarının yüksek gerilmelerin etkili olduğu bölgelerde konumlandırılması tabanyolu duraylılığını olumsuz yönde etkilemektedir.
- b. Tabanyolu çevresinde kayanın jeomekanik özellikleri tabanyolu duraylılığını önemli ölçüde etkilemektedir. Tabanyollarında tavan ve taban tabakalarının dayanımlarının azalmasıyla oluşan kapanmalar artmaktadır. Tavan ve taban

tabakalarında bulunan süreksizlik ve ince kömür damarları da tabanyolu duraylığını olumsuz etkilemektedir.

c. Panoların dönümlü veya ilerletimli çalışma şekli ile ilerletimli çalışmada tabanyolunun ayağa göre konumu tabanyolunda oluşan düşey konverjans ve dolayısıyla duraylığı etkilemektedir. Konverjans açısından en avantajlı durum dönümlü çalışmadır. İlerletimli çalışmada ise en avantajlı yöntem tabanyolunun ayağın gerisinden açılması şeklindedir.

d. İki taraflı çalışmada panolar arasında kömür topuğu bırakılması tabanyolu duraylığını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, bu tür çalışmalarda, aynı tabanyolunun hem alt hem de üst tabanyolu olarak iki kez kullanılması tercih edilmelidir.

e. Tabanyollarında uygulanan tahkimat şeklinin duraylık üzerinde önemli etkisi vardır. Tabanyollarında kesitsel daralmada en önemli etken olan düşey ve yatay konverjanslar tamamen önlenememesine karşın iyi bir tahkimat şekli ile kontrol altına alınabilmektedir.

f. Tabanyollarının üst ve alt seviyelerinde bulunan pano kenarları ile kömür topukları, etkileşim etkisi ile, oluşan düşey gerilmeler ile tabanyolunda konverjansların artmasına sebep olmaktadır. Bu gibi bölgelerin geçilmesinde tabanyolunda özel tahkimat önlemleri alınmalıdır.

g. Tabanyolunun; şekli, boyutu, kazı yöntemi ve önemli yapısal jeolojik özellikler tabanyolu duraylığını yakından etkilemektedir. İşçiliğin de tabanyolu duraylığı üzerinde önemli etkisi vardır.

Tabanyolları için tasarım ilkeleri ile ilgili açıklamalara dayanılarak elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir.

- a. Tabanyollarının tasarımında teorik yaklaşımlardan ziyade yeraltında düzenli gözlemler ve deneyimlerden elde edilen tasarım yaklaşımları ve ilkelerinden faydalanılmaktadır.
- b. Tabanyolları için tasarım yapılmadan planlama ve konumlandırma dikkatli bir şekilde yapılmalıdır.
- c. Tabanyollarında oluşması beklenen konverjansın gerçeğe yakın bir şekilde tahmin edilebilmesi durumunda tabanyollarında tahkimat tasarımında önemli kolaylıklar sağlanmaktadır.
- d. Tahkimat tasarımının temel amacı, tabanyolunun çalışma koşullarında ve planlanan ömrü süresince duraylılığını korumasıdır. Tabanyolu tahkimatında genel ilke, tabanyolunun dinamik dönemdeki etkileri göz önünde bulundurularak tahkimat tasarımı yapmaktır.
- e. Dinamik yüklerin etkisindeki tabanyolu tahkimatı için en uygun çelik bağlar geçme (esneyen) bağlardır. Geçme bağlar kullanılırken kelepçelerde somunlara uygulanan sıkılama burularının öngörülen değerlerde olmasına dikkat edilmelidir.
- f. Tabanyollarında kaya saplamaları tabanyolu-ayak girişlerinde ek tahkimat, taban kabarmalarını önlemede ve çevre koşullarının elverişli olması durumunda asıl tahkimat olarak kullanılmaktadır. Kaya saplamalarının uygulanmasına karar verilmeden önce çevre koşulların saplamaların kullanılmasına uygun olup olmadığı özenli bir şekilde araştırılmalıdır.

g. Ayağın geçmesinden sonra çalışılan ayak tarafındaki kenar boşluğa uygulanan tabanyolu kenar takviyelerinin tabanyolu duraylılığı üzerinde önemli etkileri vardır. Uygulanacak kenar takviye yöntemini tavan ve taban tabakalarının koşulları belirlemektedir. Kenar takviyelerinin ve özellikle monolitik dolguların farklı çalışma koşullarına uyumu dolgu kalitesinin değiştirilmesi ile değil, farklı dolgu genişliklerinin seçimi ile sağlanmalıdır.

h. Tahkimat ile çevre kaya arası dolgu yöntemi tabanyolu duraylılığını doğrudan etkilemektedir. Çevre kaya ile arasındaki boşluklar nedeniyle tahkimatın geç yük alması üzerine etkileyen kaya yükünü artırmakta ve noktasal yüklemelere yol açmaktadır. En uygun dolgu yöntemi anhidrit gibi maddeler kullanılarak tahkimat ile çevre kayanın havalı yöntemle düzgün bir şekilde doldurulmasıdır.

i. Tabanyolu-ayak girişlerinde özel tahkimat önlemleri alınmalıdır. Ek tahkimat ayak önünde çelik bağlardan oluşan ana tahkimatta kenar parça sökülmeden kurulmalı ve ayak gerisinde ana tahkimat yeniden kurulmadan alınmamalıdır.

j. Tabanyollarında önlemler alınarak tavan alçalmaları, kenar akmaları ve taban kabarmaları engellenmelidir. Önlemlerin yetersiz olması durumunda tabanyolu özenli ve dikkatli bir şekilde tamir- taramadan geçirilmelidir.

T.T.K.'da çeşitli tabanyollarında gerçekleştirilen gözlem ve incelemeler sonucunda mevcut uygulamaların tabanyollarının duraylılığı açısından yetersiz kaldığı saptanmıştır. O.A.L.'de gerçekleştirilen incelemelerde tabanyollarının alt tabanyolu olarak ilk kez kullanılması sırasında çok önemli sorunların yaşanmadığı, üst tabanyolu olarak ikinci kez kullanılması durumunda ise büyük ölçüde duraylık problemleri ortaya çıktığı gözlenmiştir.

T.T.K. ve O.A.L.'de düzenli bir şekilde pano defterleri tutulması ve tabanyollarının sistematik gözlemlerle izlenmesiyle, mevcut tasarım ilkelerinin değerlendirilmesi için, yararlı bilgiler sağlanacaktır. Araştırma merkezleri ile işletmeler işbirliğine giderek, veri ve bilgi alışverişinde bulunmaları durumunda, havza koşullarına özgün tabanyolu tasarım yaklaşımlarının geliştirilmesi olanaklı hale gelecektir.

T.T.K.'da tabanyolu tasarımında kısa vadede ve uzun vadede yapılacak iyileştirmeler ile tabanyolu duraylılığının önemli ölçüde artırılması sağlanabilecektir. Kısa vadede, tabanyollarında tamir-tarama işlerinin azaltılmasına yönelik yapılabilecek iyileştirmeler şu şekilde özetlenmektedir:

- a. teknik personel ve işçilerin eğitimden geçirilmesi,
- b. düzenli bir şekilde pano defterlerinin tutulması,
- c. ilerletimli çalışmadan dönmümlü çalışmaya geçilmesi,
- d. imalat planlarından eski pano kenarları ve topukların yerleri tespit edilerek tabanyollarının buna göre tasarlanması,
- e. delme-patlatma yönteminde iyileştirmeler yapılarak fazla kazı kesitinin minimuma indirilmesi,
- f. yüksek gerilmelerin etkili olduğu bölgelerde rijit çelik bağlarda GI-110 profil yerine GI-140 profil kullanılması,
- g. çelik bağlar arasında fırçaların yeterli sayıda ve özenli bir şekilde yerleştirilmesi,
- h. tabanyolu kenar takviyesi olarak kömür topuğu ve ramble yönteminden vazgeçilip yerine ağaç domuzdamı uygulamasına geçilmesi,
- i. damar eğiminin fazla olduğu panolarda tabanyolu kenar takviyesi olarak kömür topuğu uygulamasının iyileştirilmesi,
- j. göçmeye bırakılan tabanyolunun yeniden açılması durumunda tabanyolunun ayağın gerisinden açılmasıdır.

T.T.K.`da uzun vadede, aynı tabanyolunun hem alt hem de üst tabanyolu olarak kullanılabilmesi için, yatırımla yapılabilecek iyileştirmeler de şu şekilde özetlenmektedir.

- a. GI profilden oluşan çelik bağlar yerine TH profilden oluşan geçme bağlara geçilmesi,
- b. tahkimat ile çevre kaya arasında kaya parçalarının açıklığa akmasını önlemek için ağaç kamalar yerine çelik hasır ve girintili yüzeylerde boşluğun doldurulmasında ağaç direkler yerine taş dolgu, saç veya ağaç kamalar uygulanması,
- c. çelik bağları birbirine irtibatlandırmak için ağaç yerine çelik fırçaların kullanılması,
- d. tabanyolu-ayak girişinde ek tahkimat olarak çalışılan ayak tarafında hidrolik direkler kullanılması,
- e. tabanyolu kenar takviyesi olarak içi mekanik yolla taşla doldurulan tek sıra ağaç domuzdamı uygulamasına geçilmesi,
- f. tabanyolunun iki kez kullanılacağı göz önüne alınarak açıklık kesitinin 10 m² den 12.5 veya 14 m² ye çıkartılmasıdır.

O.A.L.`de tabanyolu duraylılığı ve tasarımında iyileştirmelere yönelik sunulan öneriler aşağıda özetlenmiştir.

- a. kayıcı bağda I ve U profillerden oluşan sürtünmeli yan direkler yerine TH profillerden (36 kg/m) oluşan sürtünmeli yan direklerin kullanılması,
- b. tabanyolu kenar takviyesi olarak erken yük taşıma özelliğine sahip dolgu uygulanması,
- c. tabanyollarında sistematik gözlem ve ölçümlerin yapılması,
- d. araştırma merkezleri ile işletmenin işbirliğine giderek sürekli veri ve bilgi alışverişinde bulunmalarıdır.

Bu çalışma ve sistematik tabanyolu gözlemleri ile elde edilecek bilgilerin ışığında üretim panolarının hazırlanması ve en uygun tabanyolu tasarım yönteminin seçimi, hem ekonomik hem de iş güvenliği açısından, önemli yararlar sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

- Açık, İ.** (1991) *Esneyen Çelik Bağların Zonguldak Havzası'nda Uygulanabilirliğinin Araştırılması*, Yüksek Müh. Tezi, HÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 157 s.
- Afroux, A.** (1990) Methods to reduce floor heave and sides closure along the arched gateroads. *Mining Science and Technology*, Vol. 10, pp. 253-263.
- Aydın, Y.** (1990) TKİ-OAL Müessesesi'nde tabanyollarında pnömatik dolgu uygulaması. *Madencilik*, Cilt 30, Sayı 2, s. 5-16.
- Baxter, N.G., Watson, T.P. and Whittaker, B.N.** (1990) A study of the application of T-H support systems in coal mine gate roadways in the UK. *Mining Science and Technology*, Vol. 10., pp. 167-176.
- Birön C. ve Arıoğlu, E.** (1985) *Madenlerde Tahkimat İşleri ve Tasarımı*, Birsen Kitabevi, İstanbul, 360 s.
- Blades, M.J. and Whittaker, B.N.** (1974) Abstract of aspects of improved roadway stability. *The Mining Engineer*, Vol. 133, pp. 331-335.
- Bochumer Eisenhütte GmbH** (19..) *TH-Streckenausbau*, Prospekt, Bochum, 25 s.
- Breit, F., Krahe, J. und Schroer, D.** (1980) Das Hinterfüllen von Streckenausbau mit Bullflex-Schläuchen. *Glückauf*, Vol. 116, s. 639-643.
- British Steel** (19..) *Underground Roadway Supports*, brochure, Scunthorpe, 10 p.
- Choquet, P.** (1986) Design of steel arch supports for gate roadways. *CIM Bulletin*, Vol. 79, pp. 88-97.
- Çetin, O. ve Eyyüboğlu, E.M.** (1994) Tam mekanize galeri açma çalışmalarının CPM ile planlanması. *Madencilik*, Cilt 33, Sayı 4, s. 23-28.
- DMT** (1991) *Gebirgsmechanische und ausbautechnische Entscheidungshilfen: Planung von Abbaustrecken*, 2.Auflage, Glückauf, Essen, 40 s.

Dürrfeld, W. (1985) Bullflex im Vortrieb. *Glückauf*, Vol. 121, s. 115-120.

Eyyüboğlu, E.M. ve Hekimoğlu, O.Z. (1990) OAL'de tam mekanize uzunayaklarda tabanyollarının duraylılığı. *Türkiye 8. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, TMMOB MMO Zonguldak Şubesi, Zonguldak, s. 65-82.

Eyyüboğlu, E.M. (1990) *Orta Anadolu Linyitleri A 13 Panosu Alt Tabanyolunda Deformasyonların İncelenmesi*, Yüksek Müh. Tezi, HÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 185 s.

Gebhard & Koenig Gesteins- und Tiefbau GmbH (19..) *Bullflex-Textiles for use in the mining industry and in Tunnel Construction*, Prospekt, Recklinghausen, 8 s.

Gerçek, H. (1991) Tahkimat Ders Notları (yayınlanmamış), ZKÜ Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, Zonguldak, 170 s.

Gerçek, H. (1992) *Monolitik Tabanyolu Kenar Dolgusu Sistemleri ve Tasarımı*, Uygulamalı Kaya Mekaniği Manual, No.SP 2/06, Zonguldak Endüstri Destekleme Merkezi, HÜZMF, Zonguldak, 47 s.

Götze, W. (1981) Planung von Anker Ausbau in Flöz- und Abbaustrecken. *Glückauf*, Vol. 117, s. 1107-1111.

Götze, W. (1984) Entwicklung und Planung des Abbaustreckenausbau. *Glückauf*, Vol. 120, s. 395-404.

Götze, W. (1986) Ankern in grossen Teufen. *Glückauf*, Vol. 122, s. 123-128.

Götze, W., Buschmann, N. und Schroer, D. (1984) Ausbautechnische Anforderungen an Baustoffe im Bergbau. *Glückauf*, Vol. 120, s. 1397-1413.

Götze, W., Stephan P. und Wiegand H. (1982) Anwendungsgrenzen, Einsatzbereiche und künftige Entwicklung der Ankertechnik. *Glückauf*, Vol. 118, s. 3-11.

Grotowsky, U. (1981) Fortschritte in der Gebirgsbeherrschung. *Glückauf*, Vol. 117, s. 1111-1114.

Hegermann, G. und Schuermann, F. (1985) *Strebrandtechnik*, Glückauf Betriebsbücher Band 30, Glückauf, Essen, 153 s.

- İstanbulluoğlu, S.** (1988) Betonun basınç dayanımını etkileyen faktörler ve ramble betonunun seçimi ile ilgili bir çalışma. *Madencilik*, Vol. 27, Sayı 3, s. 19-31.
- İstanbulluoğlu, S.** (1989) Bir tür geçme bağ olan kayıcı bağ. *Madencilik*, Vol. 18, Sayı 1, s. 3-16.
- İstanbulluoğlu, S.** (1989) *Convergence Characteristics and Gate Roadway Support Design at Çayırhan Colliery*, Master's Thesis, METU, Dept. of Mining Eng., Ankara, 115 p.
- Jacobi, O.** (1981) *Praxis der Gebirgsbeherrschung*, 2.Auflage, Glückauf, Essen, 576 s.
- Kammer, W.** (1979) Vorausberechnung der Querschnittsverformung am Übergang Streb-Strecke. *Glückauf*, Vol. 115, s. 1199-1201.
- Kammer, W.** (1994) Ausbauplanung für hochbeanspruchte Flözstrecken. *Glückauf*, Vol. 130, s. 504-509.
- Kaygusuz, Y.** (1990) *Gateroad Convergence Measurements and Relevant Support Design for OAL Lignite Mines*, Master's Thesis, METU, Dept. of Mining Eng., Ankara, 98 p.
- Krahe, J.** (1979) Der Aufwand für das Abfangen der Streckenbögen am Übergang Streb-Strecke. *Glückauf*, Vol. 115, s. 1177-1179.
- Kutz, W.** (1979) Das Abfangen der Streckenbögen am Übergang Streb-Strecke mit Ankern. *Glückauf*, Vol. 115, s. 1179-1181.
- Maidl, B.** (1994) *Handbuch des Tunnel- und Stollenbaus*, 2.Auflage, Glückauf, Essen.
- National Coal Board** (1979) *Underground Support Systems*, Industrial Training Manual, London, 84 pp.
- Oldengott, M.** (1981) *Massnahmen zur Verringerung der Sohlenhebung*, Glückauf Betriebsbücher Band 26, Glückauf, Essen, 114 s.
- Özarslan, A.** (1992) *Uzunayak Çevresindeki Gerilmelerin Dağılımı*, Bitirme Ödevi, HÜZMF Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, 81 s.
- Reuther, E.U.** (1989) *Lehrbuch der Bergbaukunde*, 11. neu bearbeitete Auflage, Erster Band, Glückauf, Essen, 812 s.

Schroer, D. (1977) Arten der Hinterfüllung von Streckenausbau und ihre Wirkungen. *Glückauf*, Vol. 113, s. 751-753.

Steinkohlenbergbauverein (1982) *Gebirgsmechanische und ausbautechnische Entscheidungshilfen: Planung von Abbaustrecken*, 1.Auflage, Glückauf, Essen, 40 s.

Steinkohlenbergbauverein (1984) *Gebirgsmechanische Entscheidungshilfen: Abbauzuschnitt*, 2.Auflage, Glückauf, Essen, 27 s.

Steinkohlenbergbauverein (1988) *Planungshilfen für Abbaubetriebe in mächtigen Flözen*, 2.Auflage, Glückauf, Essen, 95 s.

Stephan, P. (1993) Ankerausbau in Strecken hoher Konvergenz. *Glückauf*, Vol. 115, s. 533-541.

Şahin, N. (1993) *TTK ÜTİM Asma İşletmesi -100/-170 Piriç Ayak Panosu İçin Değer Hazırlanması*, Bitirme Ödevi, HÜZMF Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, 68 s.

TÜSTAŞ (1989) *TTK Üzülmüş Taşkömürü İşletmesi Müessesesi Asma İşletmesi Rehabilitasyon Projesi*, Final Raporu, Zonguldak, 448 s.

Ünal, E. (1990) *Kaya saplamaları uygulamaları ve tasarımı*, T.K.İ. Genel Müdürlüğü Çalışma Grubu Toplantısı, ODTÜ Maden Müh. Böl., Ankara, 178 s.

Ünal, E. ve Özkan, I. (1993) *Flexible support design for gateroads of retreating longwall panels*. Proceedings 12th Conference on Ground Control in Mining, West Virginia University, Morgantown, pp. 133-142.

Ünver, B. (1988) *Closure in Longwall Access Roadways*, Ph.D. Thesis, University of Nottingham, Department of Mining Engineering, Nottingham, 362 pp.

WBK (1981) *Lernblätter zur Bergtechnik*, Glückauf, Essen.

WBK (1985) *Grundriss der Bergtechnik*, 3.Auflage, Glückauf, Essen, 396 s.

WBK (1988) *Das kleine Bergbaulexikon*, 7.Auflage, Glückauf, Essen, 404 s.

Whittaker, B.N. (1974) An appraisal of strata control practice. *The Mining Engineer*, Vol. 133, pp. 9-48.

Whittaker, B.N. (1993) Coal Mine Support Systems, *Comprehensive Rock Engineering*, J.A. Hudson (ed.), Vol. 4, Chap. 18, Pergamon Press, London, pp. 513-542.

Whittaker, B.N. and Hodgkinson D.R. (1971) The influence of size on gate roadway stability. *The Mining Engineer*, Vol. 130, pp. 203-213.

Whittaker, B.N., Baxter, N.G. and Townly, A.J. (1986) Stability behaviour of steel and concrete support systems for coal mine roadways. *Türkiye 5. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, TMMOB MMO Zonguldak Şubesi, Zonguldak, s. 317-334.

Wilson, A.H. (1993) Soft Rock Properties and Strata Control, *Comprehensive Rock Engineering*, J.A. Hudson (ed.), Vol. 2, Chap. 23, Pergamon Press, London, pp. 585-630.

Zillessen, C. (1979) Mechanisches Hinterfüllen von Abbaustreckenausbau. *Glückauf*, Vol. 115, s. 1194-1196.

BİBLİYOGRAFYA

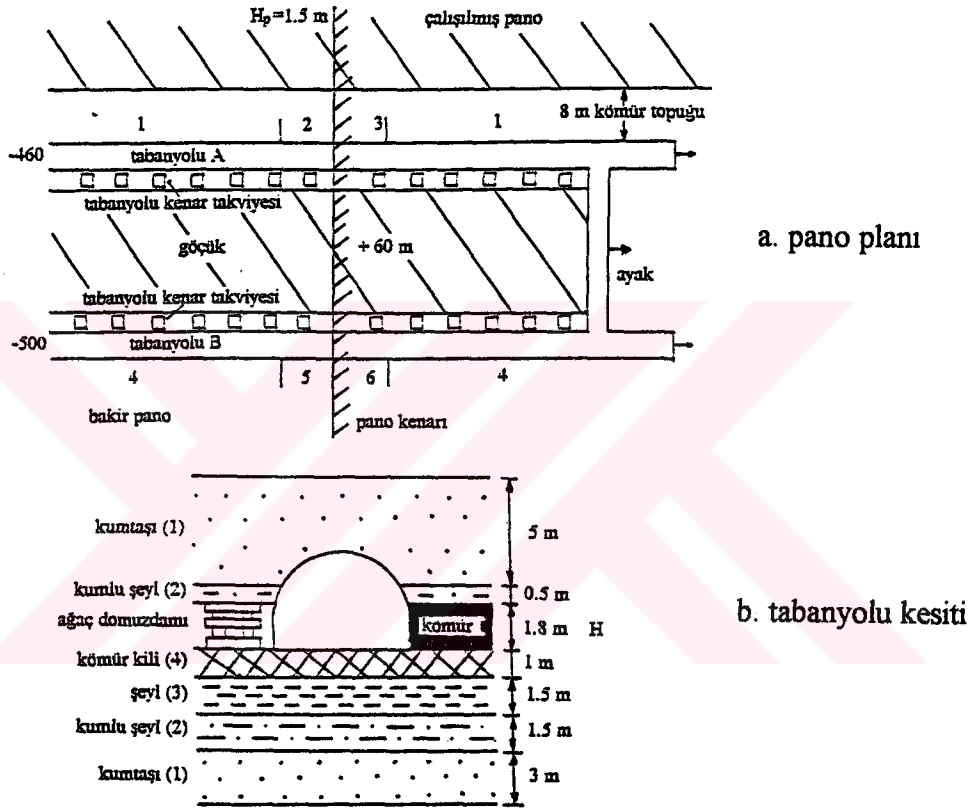
- Buschmann, N.** (1971) *Untersuchungen über die Faltentiefe*, Untersuchungsbericht der Forschungsstelle für Grubenausbau und Gebirgsmechanik, Unveröffentlicht, Essen.
- Clark, C.A. and Newson, S.R.** (1985) A review of monolithic pumped packing systems. *The Mining Engineer*, Vol. 144, No. 282, pp. 491-495.
- Forrest, W.** (1984) Monolithic packing at Newstead Colliery, *Colliery Guardian*, pp. 66-67.
- Gramberg, J.** (1969) *Bruchbildung, Bewegungen und Spannungen um eine Abbaustrecke bei einseitigem Abbau*, Informationstagung Gebirgsdruck und Grubenausbau der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl, s. 85-183.
- İrresberger, H.** (1990) Kişisel görüşme, Zonguldak.

EK AÇIKLAMALAR A

**KONVERJANS TAHMİN YÖNTEMİ KULLANILARAK
TABANYOLLARI İÇİN ÖRNEK BİR HESAPLAMA VE TASARIM
PROSEDÜRÜ**

TABANYOLLARININ TASARIMI İÇİN ÖRNEK BİR UYGULAMA

Bir panoda uzunayak yöntemi ile üretim yapılacaktır. Panonun yaklaşık 60 m üstünde bir pano kenarı bulunmaktadır. Daha önce çalışmış olan pano ile üst tabanyolu arasında 8 m kömür topuğu bırakılacaktır. Alt tabanyolunda ise komşu pano bakır durumdadır. Her iki tabanyolu ayağın önünden sürülecektir ve tabanyolu kenar takviyesi olarak tek sıra ağaç domuzdamı uygulanacaktır. Pano ve tabanyolları ile ilgili diğer bilgiler ise Şekil A.1 ve Çizelge A.1'de verilmiştir.



Şekil A.1. Örnek uygulama için pano planı ve tabanyolu kesiti.

Çizelge A.1. Üst ve alt tabanyolu ile ilgili bilgiler.

Veriler	üst tabanyolu (A)	alt tabanyolu (B)
faydalı kesit alanı, A (m ²)	10	14
yüzeyden derinlik, h (m)	550	590
tabanyolu kenar takviyesi (SV)	SV=2	SV=2
kömür topuğu	8 m (F _{Kb} =1.4)	-
tabanyolunun çalışma şekli	F _{Sf} =1	F _{Sf} =1
tahkimat-çevre kaya arası dolgu yönt.	F _{Bh} =1	F _{Bh} =1

1. TABANYOLUNDA DÜŞEY KONVERJANSIN TAHMİN EDİLMESİ

Düşey konverjansın tahmin edilmesinde Bölüm 3.3'de verilen bağıntılardan faydalanılmaktadır.

Tabantası dayanımı indeksinin (GL) hesaplanması;

$$GL = \frac{4*1m + 3*1.5m + 2*1.5m + 1*2m}{6m} = \frac{13.5}{6} = 2.25$$

Önce çalışma şekli ne olursa olsun her iki tabanyolu (A ve B) için (2.a) bağıntısından standart tabanyolu şeklinde oluşacak düşey konverjans hesaplanacaktır;

$$A \text{ için} \quad K_0 = -78 + 0.066*550 + 24.3\sqrt{2.25} + 4.3*1.8*2 = \%10.23$$

$$B \text{ için} \quad K_0 = -78 + 0.066*590 + 24.3\sqrt{2.25} + 4.3*1.8*2 = \%12.87$$

A'da panolar arasında kömür topuğu bırakılacağından düzeltme faktörü K_{sf} 'nin hesaba katılması gerekmektedir. Ayrıca pano kenarı etkisi altındaki bölgeler (3 ve 6) için konverjans faktörü F_{Ak} 'nin hesaplanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Pano kenarının ferahlama bölgesindeki tabanyolu kısımları (2 ve 5) için de $F_{Ak} = 0.67$ alınacaktır.

Eşdeğer damar uzaklığının (h^*) hesaplanması (bkz. Şekil 3.12);

$$\frac{1}{h^*} = \frac{1.8}{60} \quad h^* = 33.33$$

$$(4) \text{ bağıntısından} \quad F_{Ak} = 1 + \frac{13}{h^*} = 1 + \frac{13}{33.33} = 1.39$$

Buna göre (1) bağıntısından tahmin edilen en son düşey konverjans (K);

* Pano kenarı etkisi olmayan kısımlarda (1 ve 4 bölgeleri),

$$A \text{ için} \quad K = (10.23+15)*1*1.39*1*1 = \% 35.07$$

$$B \text{ için} \quad K = (12.87+0)*1*1*1 = \% 12.87$$

* Pano kenarı etkisindeki 70 m`lik kısımlarda (3 ve 6 bölgeleri),

$$A \text{ için } K = \%35.07 * 1.39 = \%48.75$$

$$B \text{ için } K = \%12.87 * 1.39 = \%17.89$$

* Pano kenarının ferahlama etkisindeki 70 m`lik kısımlarda (2 ve 5 bölgeleri),

$$A \text{ için } K = \%35.07 * 0.67 = \%23.50$$

$$B \text{ için } K = \%12.87 * 0.67 = \%8.62$$

2. TABANYOLLARI İÇİN TAHKİMAT TASARIMI

a. Çelik bağ

Tabanyolu A için tahkimat tasarımı;

$$\text{Veriler: } GL = 2.25, \quad A = 10 \text{ m}^2, \quad K = \% 35.07 \\ (\% 48.75 \text{ pano kenarı etkisi altında})$$

Oluşması tahmin edilen düşey konverjans $\% 15$ `den fazla olduğu için geçme (esneyen) bağların kullanılması önerilmektedir (Bkz. Çizelge 3.10 ve Çizelge 3.11).

(10) bağıntısından faydalı kesitin birim hacmine düşen çelik bağ ağırlığı (kg/m^3),

$$SA = 22 * \exp[(0.0053 + 0.0068/2.25) * 35.07] = 29.46 \text{ kg/m}^3 \\ (33 \text{ kg/m}^3)$$

(11) bağıntısından çelik profillerin birim uzunluğunun ağırlığı,

$$BA = 1.0 \text{ m seçilirse} \quad PG = 1 * 29.46 * 10 / (6 + 0.36 * 10) = 30.69 \text{ kg/m} \\ (34.38 \text{ kg/m})$$

$$BA = 0.8 \text{ m seçilirse} \quad PG = 0.8 * 29.46 * 10 / (6 + 0.36 * 10) = 24.55 \text{ kg/m} \\ (27.50 \text{ kg/m})$$

Bağ aralığı 0.8 m seçilirse en uygun TH profil tipi pano kenarı etkisi olmayan bölgede 25/58, pano kenarı etkisindeki bölgede 29/58 olacaktır (bkz. Çizelge 3.7).

Tabanyolu B için tahkimat tasarımı;

Veriler: $GL=2.25$ $K = \%12.87$ (% 17.89 pano kenarı etkisi altında)
 $A=14 \text{ m}^2$

Oluşması tahmin edilen en son düşey konverjans % 15`den küçük olduğu için kavisli rijit çelik bağların kullanılması önerilmektedir. Sadece pano kenarı etkisi altındaki bölgede geçme bağların kullanılması tavsiye edilmektedir.

Tabanyolu kenarı takviyesi olarak ağaç domuzdamı yerine erken yük taşıma özelliğine sahip olan rijit (monolitik) dolgu ($SV=1$) kullanılmasıyla (2.a) bağlantısından oluşacak olan en son düşey konverjans (K);

Pano kenarı etkisi olmayan bölgede (4) $K = \% 2.49$

Pano kenarı etkisi altındaki bölgede (6) $K = \% 2.49 * 1.39 = \% 3.46$

Bu durumda tüm tabanyolu boyunca kavisli rijit çelik bağların kullanılması olanaklı hale gelecektir.

b. Tabanyolu kenar takviyesi

* ağaç domuzdamı uygulamasında en uygun dolgu genişliği (bkz. 3.4.3.1)

damar kalınlığının (H) % 60`ı kadar,

dolgu genişliği = $1.8 * 0.6 \approx 1.1 \text{ m}$ (tek sıra ağaç domuzdamı direği genişliği)

* en uygun monolitik dolgu genişliği (bkz. 3.4.3.2)

damar kalınlığının (H) % 70 (% 80)`i kadar,

dolgu genişliği = $1.8 * 0.7 = 1.26 \text{ m} \approx 1.3 \text{ m}$ ($1.44 \text{ m} \approx 1.5 \text{ m}$)

c. Kaya Saplamları

Monolitik dolgu uygulanması durumunda tabanyolu B`nin dolgulu kaya saplamları uygulamasına elverişli olup olmadığının araştırılması;

Veriler: $K_o = \% 12.87$ $F_{sf}=1$ $F_{Ak}= 1.39$ F_{Ab} (bkz. Şekil 3.14)

(9) bağıntısından oluşması tahmin edilen en son düşey konverjansın (K') hesaplanması;

* Pano kenarı etkisi olmayan kısımlarda (4) $K = \% 12.87 \quad F_{Ab} = 0.55$

$$K' = 12.87 * 0.55 = \% 7.08$$

* Pano kenarı etkisindeki 70 m'lik kısımda (6) $K = \% 17.89 \quad F_{Ab} = 0.5$

$$K' = 17.89 * 0.5 = \% 8.95$$

* Pano kenarının ferahlama etkisindeki 70 m'lik kısımda (5) $K = \% 8.62$
 $F_{Ab} = 0.6$

$$K' = 8.62 * 0.6 = \% 5.17$$

(12) bağıntısından kritik konverjansın (K_{kr}) hesaplanması;

Veriler: saplama uzunluğu 2.2 m
 $L = 2$ m (kaya saplamalarının doldurulmuş (reçinelenmiş) uzunluğu)
B-14 açıklık kesiti için $h_o = 3.5$ m $bo = 5.3$ m
 $dm = \% 7$ (kavisli açıklık için arazi kemerinin esnemesi)
 $p = 1$ (tavan koşullarını temsil eden katsayı)
 $GL = 2.25$ (tabant taşı dayanımı indeksi)
 $GH = \frac{0.5m * 2 + 4.8m * 1}{5.3m} = 1.09$ (tavanta taşı dayanımı indeksi)
 $S/K = 0.72$ (bkz. Şekil 3.30)

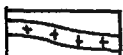
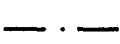
$$K_{kr} = \frac{dm * L}{ho * (1 - \frac{S}{K} - (bo - L) * \frac{p * dm}{100 * L})} = \frac{\%7 * 2m}{3.5 * (1 - 0.72 - (5.3 - 2) * \frac{1 * \%7}{100 * 2m})} = \% 24.32$$

B. tabanyolunda oluşması tahmin edilen düşey konverjans kritik konverjanstan küçük olduğu ($K' < K_{kr}$) için bu tabanyolunun monolitik dolgu uygulaması ile birlikte tahkimat olarak kaya saplamaları uygulamasına elverişli olduğu yorumu getirilmektedir.

EK AÇIKLAMALAR B

**T.T.K.'DA İNCELENEN TABANYOLLARI İLE İLGİLİ
DEĞERLENDİRMELER VE PANO PLANLARI**

T.T.K.'da incelenen tabanyolları ile ilgili gözlemler ve değerlendirmeler çizelgelerde özetlenmiştir. İncelenen tabanyollarının yer aldığı pano planları da imalat planlarından faydalanılarak 1/2000 ölçeğinde yeniden hazırlanmıştır. Pano planlarında yer alan çeşitli simgeler aşağıda açıklanmıştır.

-  çalışılmış (üretilmiş) bölge
-  bakir bölge
-  kömür içinde sürülen tabanyolu
-  taş içinde sürülen tabanyolu
-  göçük açma yöntemi ile terk edilmiş tabanyolunun yeniden açılması
-  ayağın ilerleme yönü
-  kömür topuğu
-  taş topuk
-  fay

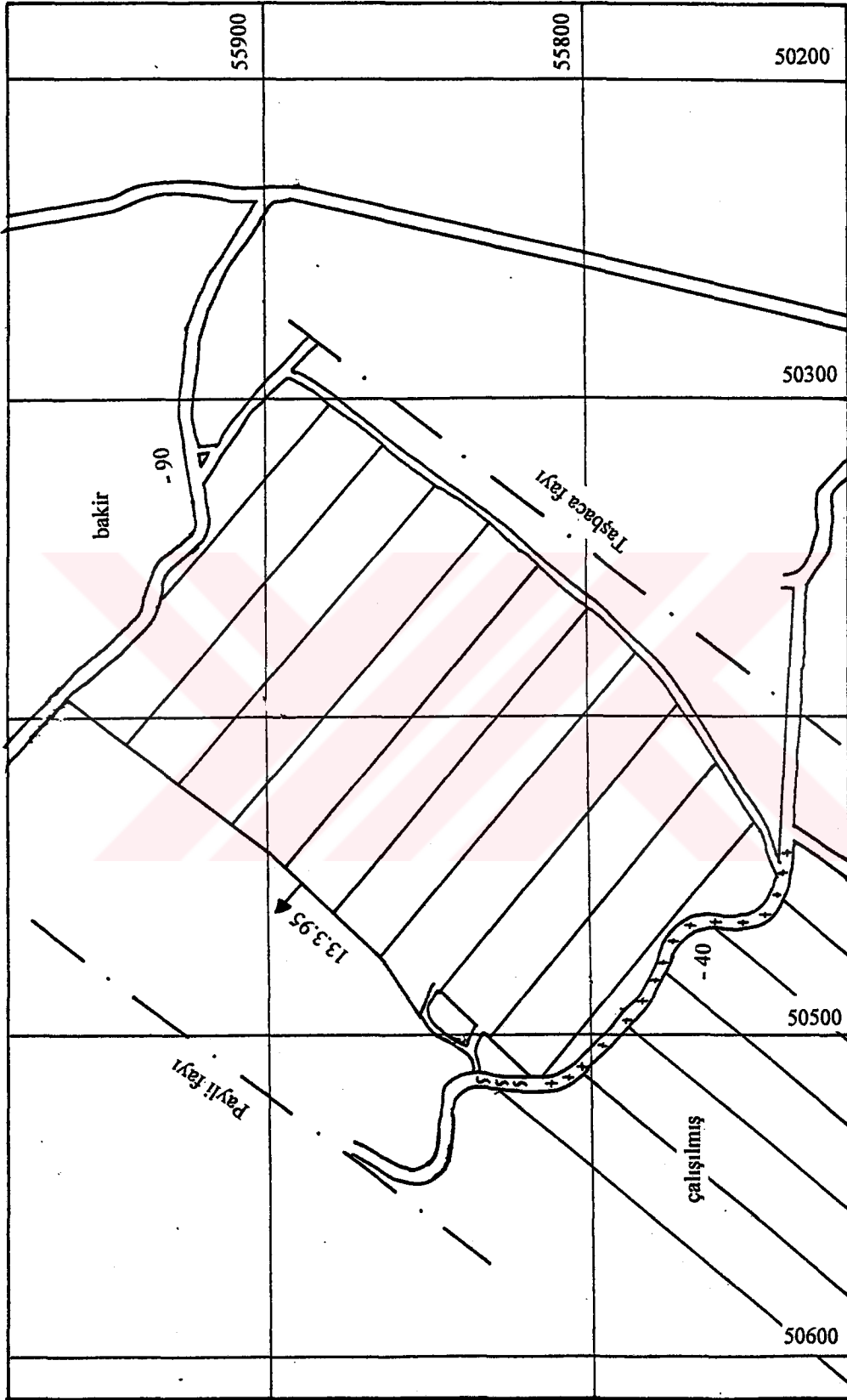
Çizelge B.1. -40/-90 Taban Acılık panosuna ait üst ve alt tabanyollarında gerçekleştirilen gözlemlerle ilgili değerlendirmeler.

Müessese: Üzülmöz	İşletme: Asma	Pano Adı: -40/-90 Taban Acılık	
Çalışma Yöntemi: ilerletimli göçertmeli uzunayak		Ayak Tahkimatı: arına dik çelik sarma-hidrolik direk	
Ort. Damar Kalınlığı: 2.20 m	Ort. Damar Eğimi: 15°	Ort. Ayak Boyu: 220 m	Ort. Have Genişliği: 1.25 m
Tavan Taşı: kumtaşı		Taban Taşı: ince taneli kumtaşı	
ÜST TABANYOLU (-40)			
Kesit: B-10	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ		Profil: GI-110
Durumu: eski	Açılma Yöntemi: göçük açma		Konumu: göçük-göçük
Tabanyolu Kenar Takviyesi: çift sıra ağaç domuzdamı			
ALT TABANYOLU (-90)			
Kesit: B-10	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ		Profil: GI-110
Durumu: bakır	Açılma Yöntemi: delme-patlatma		Konumu: bakır kömür-göçük
Tabanyolu Kenar Takviyesi: tek sıra ağaç domuzdamı			

Üst Tabanyolu:
Daha önce çalışmış olan +50/-40 Taban Acılık ayağa hizmet vermiş tabanyolunun yeniden açılması ile sürdürülmektedir. Tabanyolu aynasından ayağın 5 m önüne kadar olan bölgede önemli deformasyonlar görülmemektedir. Tabanyolu-ayak girişinde özel tahkimat önlemi yoktur. Ayak hizasının biraz önünden başlayarak ayağın 25 m gerisine kadar deformasyonlarda artışlar gözlenmektedir. Çelik bağlar, özellikle göçük tarafında diklikten sapmış ve burkulmuş olmasına rağmen, ek tahkimata ihtiyaç duyulmamaktadır. Buradan itibaren ayağın ilk başyukarisına kadar olan bölgede önemli deformasyonlar görülmektedir. Özellikle yanal kapanmalar ve taban kabarmaları fazladır. Gerekli görülen yerlerde çelik bağ tahkimatına ek olarak 4 sarmalı ağaç poligon bağlar kurulmuştur.

Alt Tabanyolu:
Önce ayak bağlantısı bir kılavuz ile sağlanan alt tabanyolu ilerletimli olarak ayağın önünden açılmaktadır. Tabanyolu aynası ile ayak hizası arasında önemli sayılabilecek deformasyonlar görülmemektedir. Ayağın gerisinden itibaren deformasyonlar artmaktadır. Özellikle göçük tarafında çelik bağlarda burkulmalar gözlenmektedir. Kılavuz girişinden rekup girişine kadar olan bölgede önemli deformasyonlar görülmemektedir.

Yorum:
Taban Acılık'ın yaklaşık 7 m üstünde daha önce -50/-100 Tavan Acılık ayak çalışmıştır. Üst tabanyolunda üst damarın çalışmış olması ve göçük haline gelmiş tabanyolunun yeniden açılması nedeniyle çevre kaya gevşek özellik göstermekte ve burada görülen deformasyonların ana nedenini oluşturmaktadır. Bakır kömürde açılan alt tabanyolunda görülen deformasyonlar ise kısmen Tavan Acılık damarının pano kenarı etkisinden kaynaklanmaktadır. Göçük tarafında, bağ bacaklarında görülen burkulmalar ise, kenar dolgusu olarak kullanılan domuzdamlarının tavan ile taban arasına iyice sıkışmaması sonucu domuzdamı direklerinin tabanyoluna doğru hareketi ve domuzdamları arasında 0.5 m'ye varan boşluklara dayanmaktadır. Özellikle 15° gibi düşük meyillerde görülen bu hareketler zayıf bir işçiliğin ve eksik malzemenin göstergesidir.



Ölçek 1/2000

Şekil B.1. -40 / -90 Taban Acılık panosu.

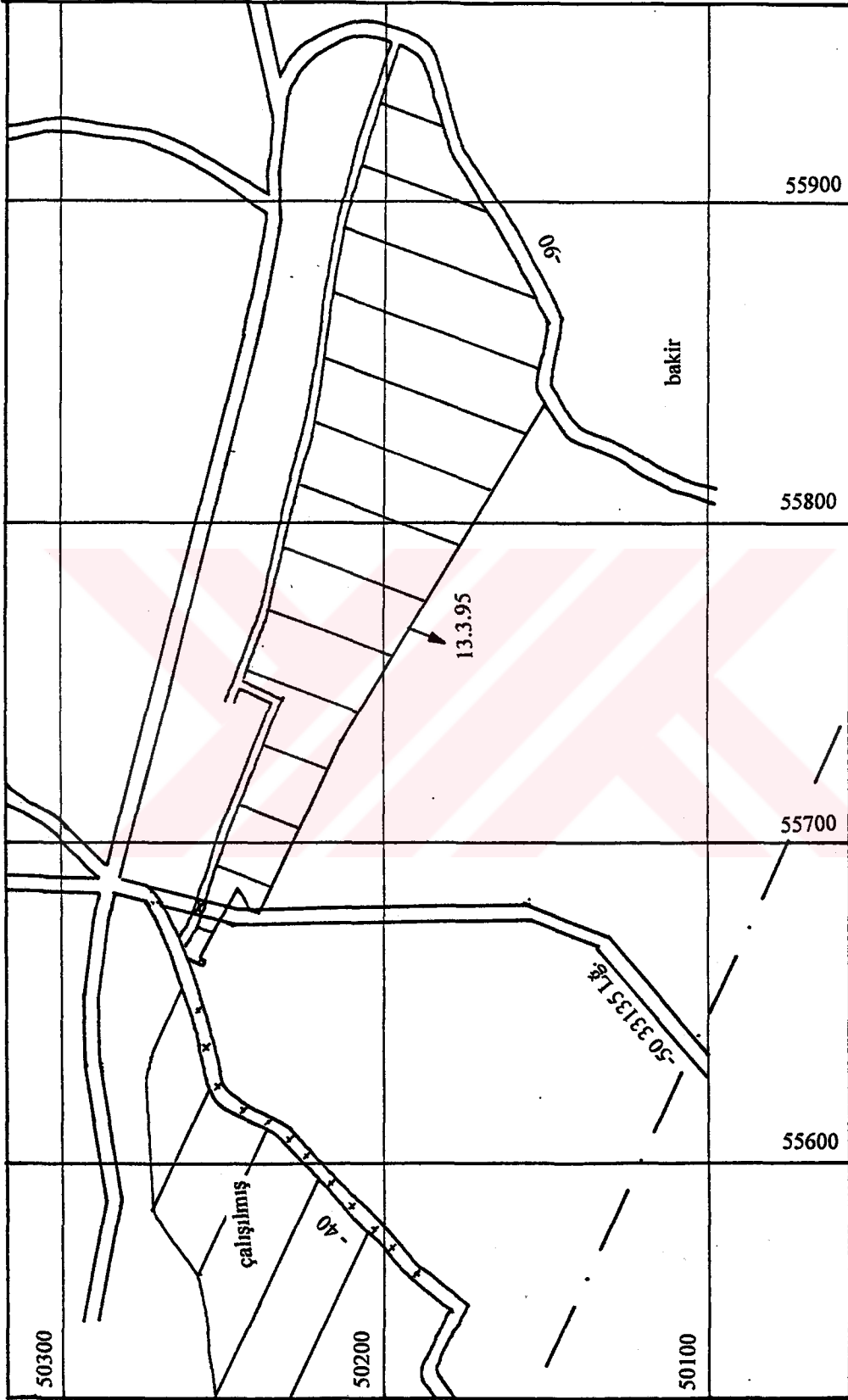
Çizelge B.2. -40/-90 Acun Doğu panosuna ait üst ve alt tabanyollarında gerçekleştirilen gözlemlerle ilgili değerlendirmeler.

Müessese: Üzülmöz	İşletme: Asma	Pano Adı: -40/-90 Acun Doğu	
Çalışma Yöntemi: ilerletimli göçertmeli uzunayak		Ayak Tahkimatı: arına paralel ağaç tahkimat	
Ort. Damar Kalınlığı: 2.10 m	Ort. Damar Eğimi: 10°	Ort. Ayak Boyu: 290 m	Ort. Have Genişliği: 1.15 m
Tavan Taşı: ince taneli kumtaşı		Taban Taşı: ince taneli kumtaşı	
ÜST TABANYOLU (-40)			
Kesit: B-10	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ	Profil: GI-110 yer yer GI-140	
Durumu: eski	Açılma Yöntemi: önceden açılmış	Konumu: bakir kömür-göçük	
Tabanyolu Kenar Takviyesi: önce kömür topuğu (genişl. 8 m), daha sonra ağaç domuzdamı			
ALT TABANYOLU (-90)			
Kesit: B-10	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ	Profil: GI-140	
Durumu: bakir	Açılma Yöntemi: delme-patlatma	Konumu: bakir kömür-göçük	
Tabanyolu Kenar Takviyesi: tek sıra ağaç domuzdamı			

Üst Tabanyolu:
Üst tabanyolu açılmadan önce 33135 nolu lağım ile Acun damarı kesilmiştir. Daha sonra 33130 nolu kat lağımından -40 Acun üst tabanyolu sürülerek 33135 nolu lağım ile rekup girişinde kesişmiştir. Böylece ayak üretime başlamadan üst tabanyolu açılmıştır. Alt tabanyolunda üst tabanyoluna başyukarı bağlantısı sağlandıktan sonra 33135 nolu lağım göçmeye bırakılmıştır. Ayak içinde, 33135 nolu lağım ile kesişme bölgelerinde, ayak arkasının göçmesinde zorluklar yaşanması ve tavanda büyük boşluklar oluşması nedeniyle bir miktar topuk bırakılmaktadır. Üst tabanyolu önceden açılmış olduğundan, deformasyonlar ayağın yaklaşık 150 m önünden başlayarak ayak gerisine kadar devam etmektedir. Özellikle yatay kapanmalar ve taban kabarması fazladır. Bazı yerlerde aşırı derecede eğilen ve burkulan GI-110 profil çelik bağlar değiştirilerek yerine GI-140 profil çelik bağlar kurulmuştur.

Alt Tabanyolu:
Ayağın önünden sürülen tabanyolunda, ayak gerisinde kenar takviye olarak önce 3 m genişliğinde taş dolgu uygulanmıştır. Dolgu malzemesi olarak kömür damarındaki ince taneli kumtaşından oluşan ara kesmeden çıkan kaya blokları kullanılmıştır. İşçiliğin fazla ve güç olması nedeniyle daha sonra tek sıra ağaç domuzdamı uygulamasına geçilmiştir. Domuzdamı direklerinin tabanyoluna doğru hareketini önlemek için tabanyolu kenarında tavan ile taban arasında ağaç direkler vurulmuştur. Tabanyolunda tahkimat olarak GI-140 profil çelik bağ kullanılmasının da etkisiyle tabanyolu boyunca hafif taban kabarmaları dışında önemli deformasyonlar görülmemektedir.

Yorum:
Üst tabanyolunda henüz ayak etkisine girilmeden deformasyonlar gözlenmekte. GI-110 profili yerine GI-140 profilin kullanıldığı kısımlarda deformasyonlarda azalma görülmektedir. Alt tabanyolunda sadece GI-140 profili kullanılmakta ve önemli ölçüde deformasyonların oluşmadığı görülmektedir. Bu da tabanyollarında GI-110 profilin yetersiz olduğunu, GI-140 profil kullanılmasıyla deformasyonlarda önemli ölçüde azalmaların sağlanabileceğini göstermektedir.



Ölçek 1/2000

Şekil B.2. -40 / -90 Acın Doğu panosu.

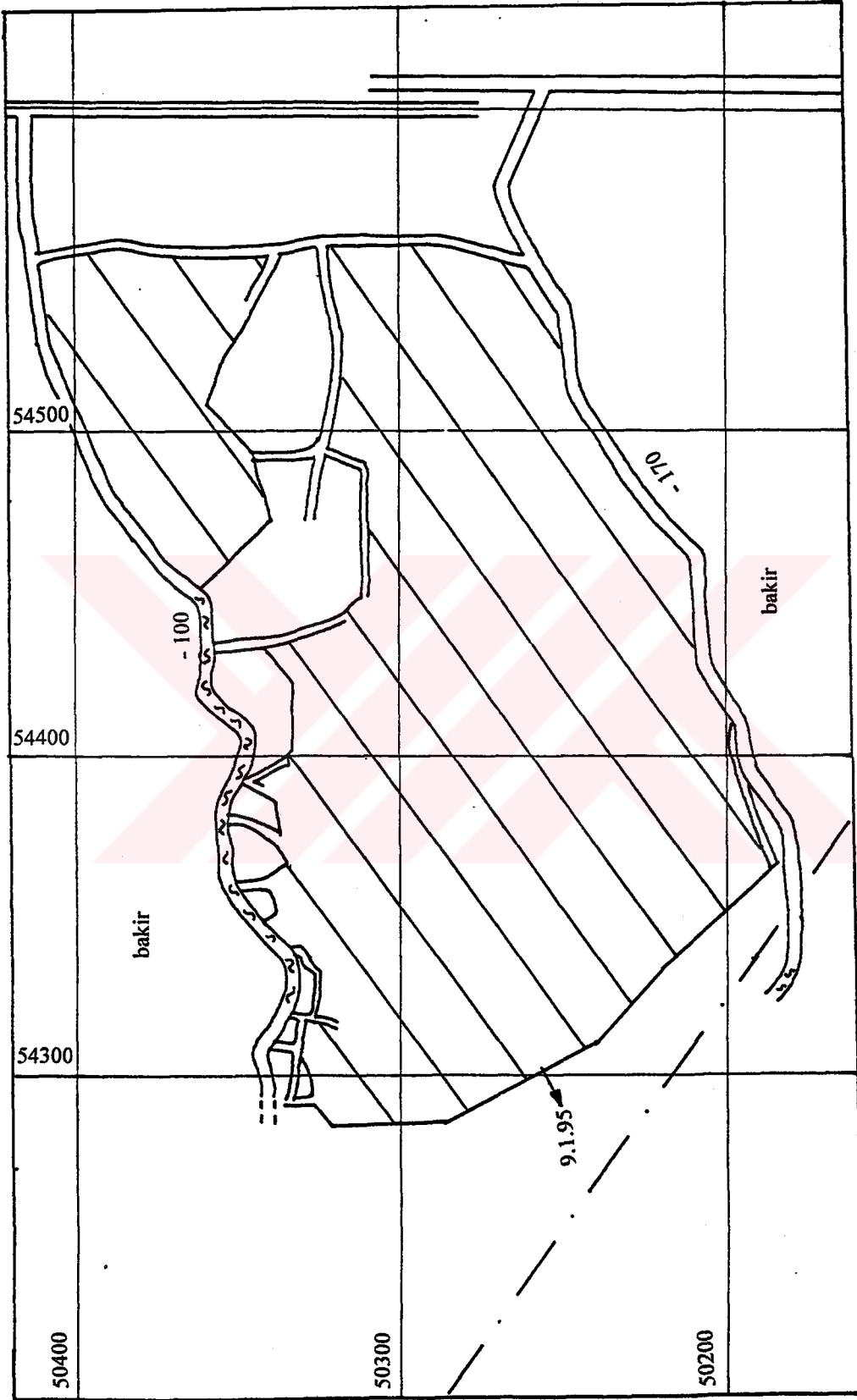
Çizelge B.3. -100/-170 Piriç Batı panosuna ait üst ve alt tabanyollarında gerçekleştirilen gözlemlerle ilgili değerlendirmeler.

Müessese: Üzülmöz	İşletme: Asma	Pano Adı: -100/-170 Piriç Batı	
Çalışma Yöntemi: ilerletimli göçertmeli uzunayak	Ayak Tahkimatı: arına paralel ağaç tahkimat		
Ort. Damar Kalınlığı: 1.88 m	Ort. Damar Eğimi: 25°	Ort. Ayak Boyu: 160 m	Ort. Have Genişliği: 1.20 m
Tavan Taşı: kumtaşı		Taban Taşı: kumtaşı, yer yer silttaşı	
ÜST TABANYOLU (-100)			
Kesit: B-8	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ		Profil: GI-110
Durumu: bakir	Açılma Yöntemi: delme-patlatma	Konumu: bakir kömür-göçük	
Tabanyolu Kenar Takviyesi: kömür veya taştan topuk, topuk olmayan yerlerde ağaç domuzdamı			
ALT TABANYOLU (-170)			
Kesit: B-10	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ		Profil: GI-110
Durumu: bakir	Açılma Yöntemi: delme-patlatma	Konumu: bakir kömür-göçük	
Tabanyolu Kenar Takviyesi: tek sıra ağaç domuzdamı			

Üst Tabanyolu:
Rekup girişinden ilk başyukarıya kadar olan bölgede önemli deformasyonlar görülmekte. Yanal kapanma oldukça fazla ve çelik bağ tahkimatına ek olarak trapez ağaç tahkimatı kurulmuştur. Başyukarı geçildikten sonra, karşılaşılan ilk arızaya kadar, ayağın göçük tarafında kenar takviye olarak ağaç domuzdamı uygulanmıştır. Bu bölgede, domuzdamı direklerinin tabanyolu içine hareketleri sonucunda dizilimlerinin bozulduğu ve yük taşıma kapasitelerini önemli ölçüde yitirilmiş oldukları gözlenmektedir. Çelik bağlarda, özellikle göçük tarafında, şiddetli burkulmalar görülmekte. Deforme olan bağlar değiştirilmekte ve kabaran taban taranmaktadır. Daha sonra kömür kalınlığının azaldığı ve yer yer tamamen kaybolduğu kısımlarda, kenarda ağırlıklı olarak kumtaşından oluşan topuklar bırakılmıştır. Ayağa bağlantılar aralıklı başaşağılarla sağlanmakta ve ayak içinde kılavuzlar açılmaktadır. Topuğun bırakıldığı bölgede tabanyolunda deformasyonlarda önemli ölçüde azalma gözlenmektedir.

Alt Tabanyolu:
Ayağın önünden sürülen alt tabanyolunda tabanyolu ile ayak arasındaki bölgede önemli deformasyonlar gözlenmemektedir. Ayak hizasından itibaren çelik bağlarda burkulmalar başlamıştır. Ayaktan uzaklaştıkça, özellikle göçük tarafında, çelik bağlarda deformasyonların artmasına karşın ek tahkimata ihtiyaç duyulmamıştır. Suyun etkisiyle de kabaran taban zaman zaman taranmaktadır.

Yorum:
Üst tabanyolunun girişinde görülen şiddetli deformasyonlar yüksek gerilmelerin etkisinde kalan kömür topuğunun yenilerek tabanyoluna içine doğru hareketinden kaynaklanmaktadır. Domuzdamının uygulandığı bölgede görülen deformasyonlar damların usulüne uygun yerleştirilmemesine ve tavan ile taban arasına yeterince sıkılanmamasından kaynaklanmaktadır. Topuğun kumtaşından oluştuğu bölgede, topuk üzerine gelen yükleri yenilmeden taşıyabildiğinden, deformasyonlarda azalmalar görülmektedir. Topuğun kömürden oluştuğu bölgelerde ise, topuğun etkiyen yükler karşısında kenarları ezildiğinden, yanal kapanmada önemli ölçüde artışlar görülmektedir. Alt tabanyolunda görülen deformasyonlar asıl olarak domuzdamlarının usulüne uygun yerleştirilmemesinden kaynaklanmaktadır. Su gelirinin fazla olması nedeniyle kabaran tabanın da kapanmada önemli ölçüde payı vardır.



Ölçek 1/2000

Şekil B.3. -100 / -170 Piriç Batı panosu.

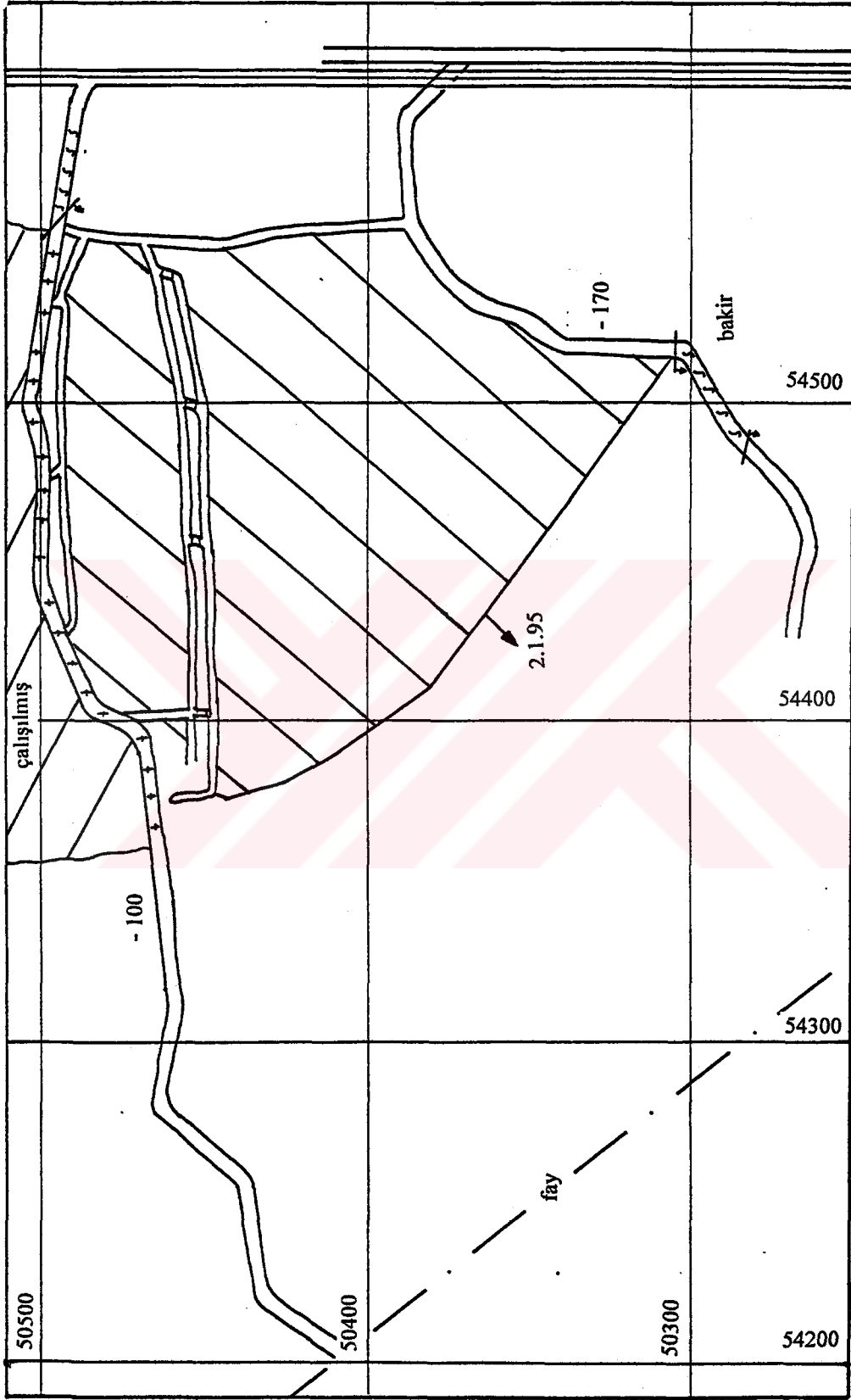
Çizelge B.4. -100/-170 Çay Batı panosuna ait üst ve alt tabanyollarında gerçekleştirilen gözlemlerle ilgili değerlendirmeler.

Müessese: Üzülmöz	İşletme: Asma	Pano Adı: -100/-170 Çay Batı	
Çalışma Yöntemi: iletirletimli göçertmeli uzunayak		Ayak Tahkimatı: arına paralel ağaç tahkimat	
Ort. Damar Kalınlığı: 2.90 m	Ort. Damar Eğimi: 19°	Ort. Ayak Boyu: 112 m	Ort. Have Genişliği: 1.15 m
Tavan Taşı: kumtaşı		Taban Taşı: ince taneli kumtaşı, bazen şeyli kumtaşı	
ÜST TABANYOLU (-100)			
Kesit: B-10	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ		Profil: GI-110
Durumu: eski	Açılma Yöntemi: göçük açma		Konumu: göçük-göçük
Tabanyolu Kenar Takviyesi: kömür topuğu, topuk olmayan yerlerde tek sıra ağaç domuzdamı			
ALT TABANYOLU (-170)			
Kesit: B-10	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ		Profil: GI-110
Durumu: bakir	Açılma Yöntemi: delme-patlatma		Konumu: bakir kömür-göçük
Tabanyolu Kenar Takviyesi: tek sıra ağaç domuzdamı			

Üst Tabanyolu:
Tabanyolunun ikinci kez açılması nedeniyle çevre kaya ve özellikle tavan akıcı özelliktedir. Kenar takviyesi olarak genelde kömür topuğu bırakılmıştır. Ayağa bağlantılar aralıkla başaşağılarla sağlanmakta ayak içinde kılavuz sürülmüştür. Tabanyolu kenarında topuk bırakılmayan kısımlarda ise tek sıra ağaç domuzdamı bırakılmıştır. Topuk bırakılan kısımlarda yanıl kapanmaların arttığı gözlenmektedir. Çelik bağlarda deformasyonlar görölmesine karşın ek tahkimata ihtiyaç duyulmamıştır. Tabanyolunda su gelirinin fazla olması nedeniyle önemli miktarda taban kabarması görölmemektedir ve asıl kesit kapanması taban kabarmalarından oluşmaktadır.

Alt Tabanyolu:
Tabanyolu aynası ile ayak hizasının 10 m önüne kadar önemsiz derecede kapanmalar oluşmuştur. Buradan itibaren, ayağın 50 m gerisine kadar kesit daralmasında artış görölmemekte ve çelik bağlarda burkulmalar ve bağlantı elemanlarında çözülmeler meydana geldiğinden tabanyolu bu kısımda taranmıştır. Buradan rekup girişine kadar olan bölgede, özellikle taban kabarmasından dolayı, kapanmalarda tekrar artma gözlenmektedir. Bu nedenle, yer yer taban taranmıştır.

Yorum:
Damar kalınlığının fazla olması nedeniyle her iki tabanyolunda tabanda kömür bırakılmaktadır. Suyun etkisiyle kabaran taban kapanmaların asıl nedenini oluşturmaktadır. Çelik bağlarda görölme deformasyonlar, üst tabanyolunda kömür topuğu kenarlarının ezilmesi sonucunda boşluğa doğru hareketi, alt tabanyolunda da domuzdamı direklerinin dizilimlerinin bozulması ve diklikten sapması sonucunda taşıma kabiliyetini yer yer önemli ölçüde yitirmesinden kaynaklanmaktadır. Ayak içinde karşılaşılan fay ise kılavuzlarla geçilmiştir. Fayın, özellikle üst tabanyoluna yakın olan kısımlarında, tabanyolu duraylılığına etkisi olabileceği tahmin edilmektedir.



Ölçek 1/2000

Şekil B.4. -100 / -170 Çay Batı panosu.

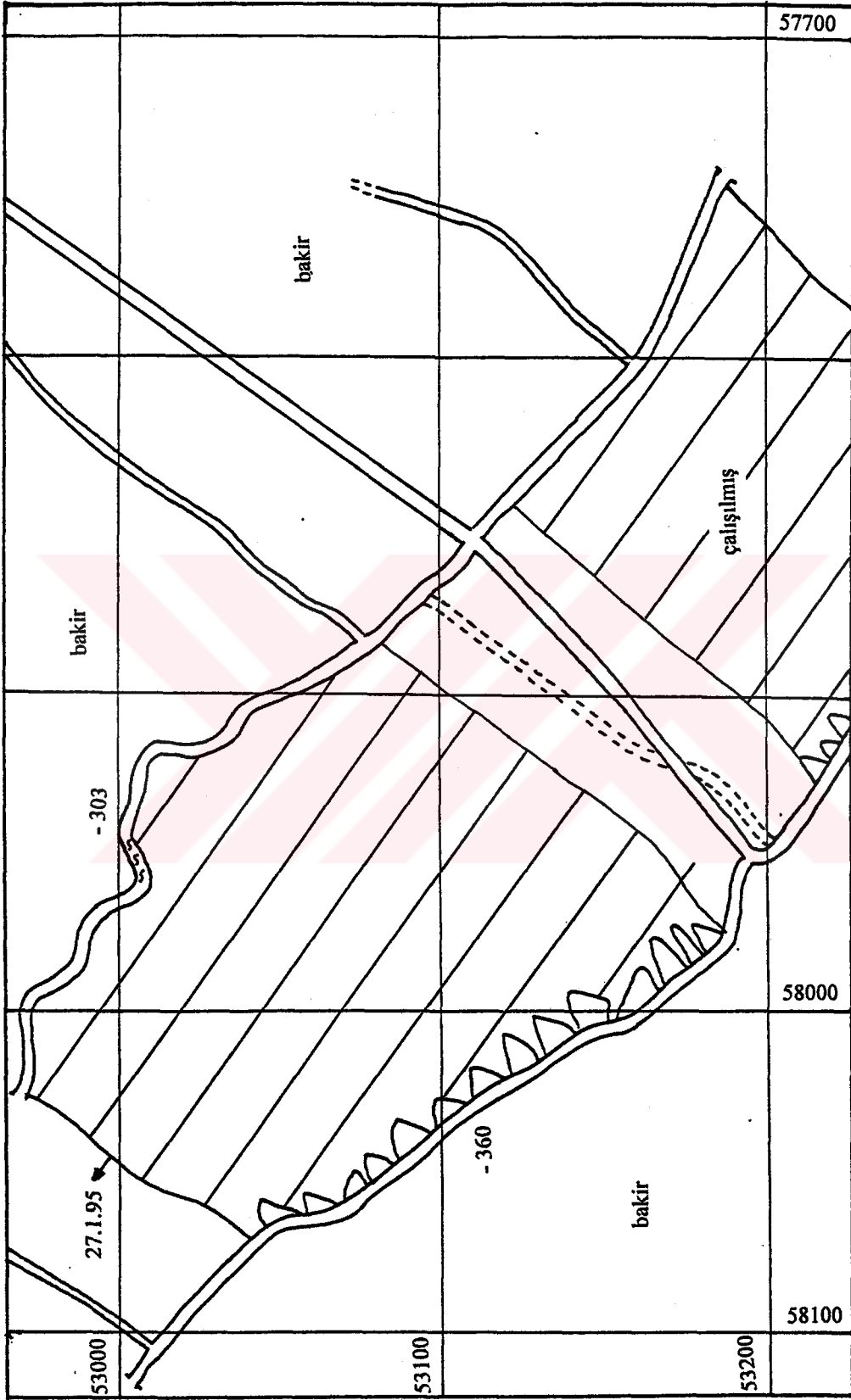
Çizelge B.5. -303/-360 Büyük Doğu panosuna ait üst ve alt tabanyollarında gerçekleştirilen gözlemlerle ilgili değerlendirmeler.

Müessese: Karadon	İşletme: Kilimli	Pano Adı: -303/-360 Büyük Doğu	
Çalışma Yöntemi: ilerletimli göçertmeli uzunayak		Ayak Tahkimatı: arına paralel ağaç tahkimat	
Ort. Damar Kalınlığı: 3.20 m	Ort. Damar Eğimi: 24°	Ort. Ayak Boyu: 120 m	Ort. Have Genişliği: 1.25 m
Tavan Taşı: ince taneli kumtaşı		Taban Taşı: ince taneli kumtaşı	
ÜST TABANYOLU (-303)			
Kesit: B-8	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ		Profil: GI-110
Durumu: bakir	Açılma Yöntemi: delme patlatma	Konumu: bakir kömür-göçük	
Tabanyolu Kenar Takviyesi: taş dolgu (ort. genişlik 8m)			
ALT TABANYOLU (-360)			
Kesit: B-10	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ		Profil: GI-110, bazen GI-140
Durumu: bakir	Açılma Yöntemi: delme-patlatma	Konumu: bakir kömür-göçük	
Tabanyolu Kenar Takviyesi: kömür topuğu (ort. genişlik 8-10 m)			

Üst Tabanyolu:
Tabanyolu kenar takviyesi olarak taş dolgu uygulanmaktadır. Dolgunun gerisine tek sıra ağaç domuzdamı dizilmektedir. Damar kalınlığının azalması ve sonunda bir atım nedeniyle damarın kaybolması sonucunda damar kılavuz aracılığıyla yeniden kesilerek biraz daha alt kotta tabanyolunun sürülmesine devam edilmiştir. Dolgunun ağırlıklı olarak kömürden oluştuğu bölgede aşırı yanal kapanmalar ve taban kabarmaları görülmektedir. Çelik tahkimatın, bağlantı elemanlarında çözülmeler, bağ parçalarında şiddetli eğilme ve burkulmalar sonucunda taşıma kabiliyetini önemli ölçüde yitirmiş olduğu görülmektedir. Bu kısımlarda bağ tahkimatına ek olarak ağaç trapez ve poligon bağlar kurulmuştur. Dolgunun ağırlıklı olarak kaya parçalarından oluştuğu kısımlarda deformasyonlarda azalmalar görülmesine karşın yine de ek tahkimata ihtiyaç duyulmaktadır.

Alt Tabanyolu:
İlerletimli olarak ayağın önünden sürülen tabanyolunda başyukarı girişlerinden itibaren artan şiddetlerde deformasyonlar görülmektedir. Neredeyse tüm tabanyolu boyunca ek tahkimat olarak ağaç poligon bağa ihtiyaç duyulmaktadır. Su gelirinin fazla olması nedeniyle önemli miktarlarda taban kabarmaları görülmektedir. Tabanyolunun çeşitli kesimleri aralıklarla taranmaktadır. Tarama sonrasında GI-110 profil yerine GI-140 profil uygulanan kısımlarda oluşan deformasyonlarda nispeten azalmalar gözlenmektedir.

Yorum:
Üst tabanyolunda kenar takviyesi olarak uygulanan dolgunun yetersiz kaldığı görülmektedir. Dolgu malzemesi boşluğa sıkıca doldurulamadığından dolgu geç yük almaktadır. İlk aşamada yükü dolgu gerisine dizilen ağaç domuzdamı taşımaktadır. Bu durum ise tabanyollarında şiddetli deformasyonların oluşmasına neden olmaktadır. Alt tabanyollarında kömür topuğunda ezilmeler görülmektedir. Etkiyen yükler karşısında kömür topuğu yenilmekte ve ferahlayan kısımlar tabanyolunun içine doğru hareket ederek tabanyollarında önemli deformasyonların oluşmasına neden olmaktadır.



Ölçek 1/2000

Şekil B.5. -303 / -360 Bütümlük Doğu panosu.

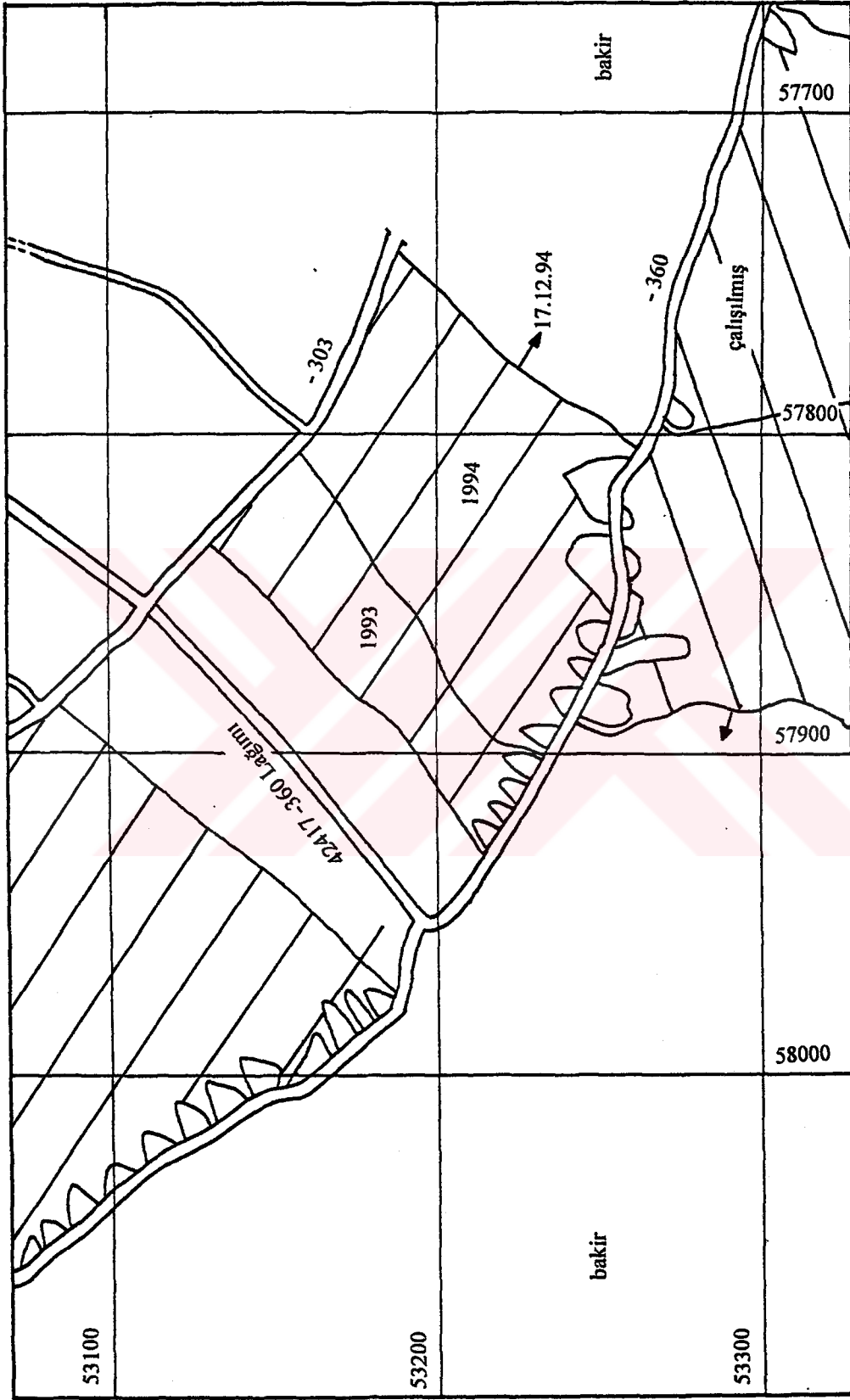
Cizelge B.6. -303/-360 Büyük Batı panosuna ait üst ve alt tabanyollarında gerçekleştirilen gözlemlerle ilgili değerlendirmeler.

Müessese: Karadon	İşletme: Kilimli	Pano Adı: -303/-360 Büyük Batı	
Çalışma Yöntemi: ilerletimli göçertmeli uzunayak		Ayak Tahkimatı: arına paralel ağaç tahkimat	
Ort. Damar Kalınlığı: 3.60 m	Ort. Damar Eğimi: 28°	Ort. Ayak Boyu: 110 m	Ort. Have Genişliği: 1.20 m
Tavan Taşı: ince taneli kumtaşı		Taban Taşı: ince taneli kumtaşı	
ÜST TABANYOLU (-303)			
Kesit: B-8	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ		Profil: GI-110
Durumu: bakir	Açılma Yöntemi: delme patlatma	Konumu: bakir kömür-göçük	
Tabanyolu Kenar Takviyesi: taş dolgu (ort. genişlik 8m)			
ALT TABANYOLU (-360)			
Kesit: B-10	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ		Profil: GI-110, bazen GI-140
Durumu: açılmış	Açılma Yöntemi: tarama yapılarak	Konumu: topuk-topuk	
Tabanyolu Kenar Takviyesi: kömür topuğu (ort. genişlik 8-10 m)			

Üst Tabanyolu:
Tabanyolu kenar takviyesi olarak şerit dolgu uygulanmaktadır. Tabanyolu boyunca damar kalınlığının fazla olması nedeniyle dolgu malzemesi ağırlıklı olarak kömürden oluşmaktadır. Dolgunun gerisine tek sıra ağaç domuzdamı dizilmektedir. Tabanyolunda aşırı yanal kapanmalar ve taban kabarmaları görülmektedir. Çelik tahkimatın, bağlantı elemanlarında çözülmeler, bağ parçalarında şiddetli eğilme ve burkulmalar sonucunda taşıma kabiliyetini önemli ölçüde yitirmiş olduğu gözlenmektedir. Buralarda bağ tahkimatına ek olarak ağaç trapez ve poligon bağlar kurulmuştur. Ek tahkimata rağmen tabanyolu birçok yerde 1 tonluk vagonların güçlükle geçebildiği miktarda daralmıştır.

Alt Tabanyolu:
Tabanyolu hem -303/-360 arasında çalışan ayağa alt tabanyolu hem de -360/-460 Büyük Doğu ayağa üst tabanyolu olarak hizmet vermektedir. İki ayağın ilerleme yönlerinin ters olması nedeniyle özellikle iki ayak arasındaki bölgede şiddetli deformasyonlar görülmektedir. Birçok çelik bağda pabuçlar çözülmüş durumdadır. Ağaç trapez veya poligon bağdan oluşan ek tahkimata rağmen, tabanyolu birçok yerde 1 tonluk vagonların zorlukla geçebildiği ölçüde, yanal olarak kapanmıştır. Tabanyolunda devamlı bir tamir-tarama ekibinin çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Yorum:
Üst tabanyolunda kenar takviyesi olarak uygulanan dolgunun yetersiz kaldığı görülmektedir. Dolgu malzemesi boşluğa sıkıca doldurulamadığından dolgu geç yük almaktadır. İlk aşamada yükü dolgu gerisine dizilen ağaç domuzdamı taşımaktadır. Bu durum ise tabanyollarında şiddetli deformasyonların oluşmasına neden olmaktadır. Alt tabanyolunda iki ayağın karşılaşması nedeniyle tabanyolu iki kez üretim etkisine girmekte ve şiddetli deformasyonların oluşması önlenememektedir. Özellikle ayakların farklı yönlerde ilerlememeleri durumu daha da olumsuzlaştırmaktadır. Panolar üretime alınmadan, tasarım aşamasında, mutlaka ayakların üst kotlardan aşağıya doğru çalışması esas alınmalıdır.



Ölçek 1/2000

Şekil B.6. -303 / -360 Büyük Batı panosu.

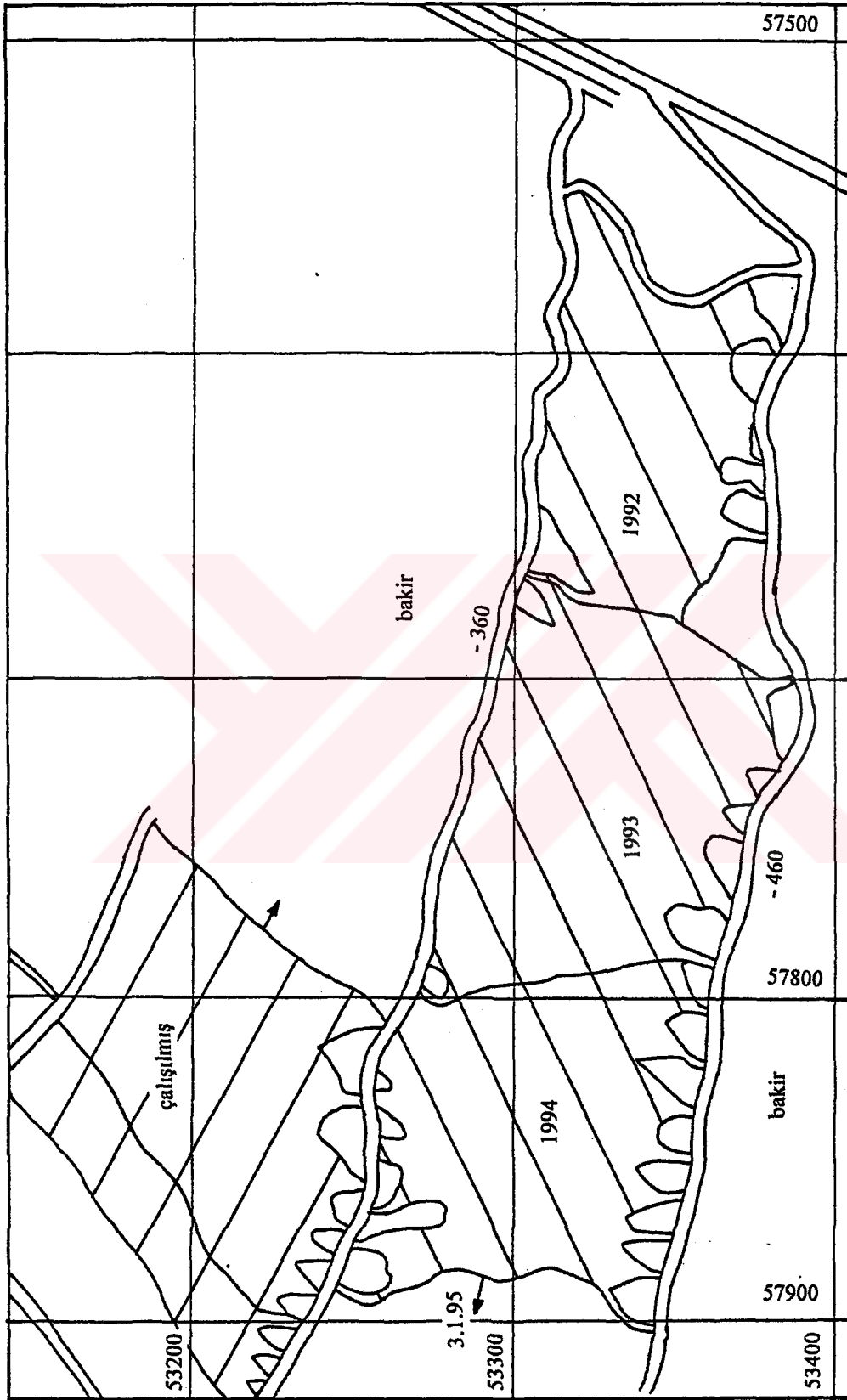
Çizelge B.7. -360/-460 Büyük Doğu panosuna ait üst ve alt tabanyollarında gerçekleştirilen gözlemlerle ilgili değerlendirmeler.

Müessese: Karadon	İşletme: Kilimli	Pano Adı: -360/-460 Büyük Doğu	
Çalışma Yöntemi: ilerletimli göçertmeli uzunayak		Ayak Tahkimatı: arına paralel ağaç tahkimat	
Ort. Damar Kalınlığı: 3.18 m	Ort. Damar Eğimi: 43°	Ort. Ayak Boyu: 110 m	Ort. Have Genişliği: 1.20 m
Tavan Taşı: ince taneli kumtaşı		Taban Taşı: ince taneli kumtaşı	
ÜST TABANYOLU (-360)			
Kesit: B-10	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ	Profil: GI-110, yer yer GI-140	
Durumu: açılmış	Açılma Yöntemi: tarama yapılarak	Konumu: topuk-topuk	
Tabanyolu Kenar Takviyesi: önce taş dolgu, daha sonra kömür topuğu			
ALT TABANYOLU (-460)			
Kesit: B-10	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ	Profil: GI-110	
Durumu: açılmış	Açılma Yöntemi: tarama yapılarak	Konumu: topuk-topuk	
Tabanyolu Kenar Takviyesi: kömür topuğu (ort. genişlik 8-10 m)			

Üst Tabanyolu:
Tabanyolunda önce kenar takviyesi olarak taş dolgu uygulanmıştır. Daha sonra -303/-360 Batı ayağın yaklaşmasıyla kömür topuğu bırakılmaya başlanmıştır. Tabanyolu-ayak bağlantısı aralıklı başaşağılarla sağlanmaktadır. Kömür topuğun gerisine ayak içinde tek sıra ağaç domuzdamı dizilmektedir. Özellikle iki ayak arasındaki bölgede şiddetli deformasyonlar görülmektedir. Birçok çelik bağda pabuçlar çözülmüş durumdadır ve tabanyolu 1 tonluk vagonların zorlukla geçebildiği ölçüde yanal olarak kapanmıştır. Tabanyolunda devamlı bir tamir-tarama ekibinin çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Tabanyolu önceden açılmış olmasına rağmen ancak tamir-tarama yapılarak ilerlenebilmektedir.

Alt Tabanyolu:
Başyukarı girişlerinde çelik bağa ek tahkimat olarak ağaç poligon bağ uygulanmaktadır. Ayak hizasından itibaren deformasyonlarda (bağ parçalarının eğilmesi ve burkulması) belirgin artışlar görülmesine karşın ayağın gerisinde ek tahkimata ihtiyaç duyulmamakta ve tabanyolunun hizmeti aksamamaktadır.

Yorum:
Hem üstte çalışan ayak için hem de altta çalışan ayak için tabanyolu kenar takviyesi olarak kömür topuğu bırakılmaktadır. Bu nedenle tabanyolunun konumu olumsuz bir durum olan kömür topukları arasında bulunmaktadır. Topuklar üzerinde yoğunlaşan gerilmeler topuğun ezilmesine ve ferahlayan kenarların tabanyolunun içine doğru akmasına neden olmaktadır. Ayrıca aynı tabanyolu iki kez üretim etkisine girdiğinden şiddetli deformasyonların oluşması önlenememektedir. Alt tabanyoluna ise herhangi bir başka ayağın etkisi olmadığından önemli sorunlar yaşanmamaktadır.



Ölçek 1/2000

Şekil B.7. -360 / -460 Büyük Doğu panosu.

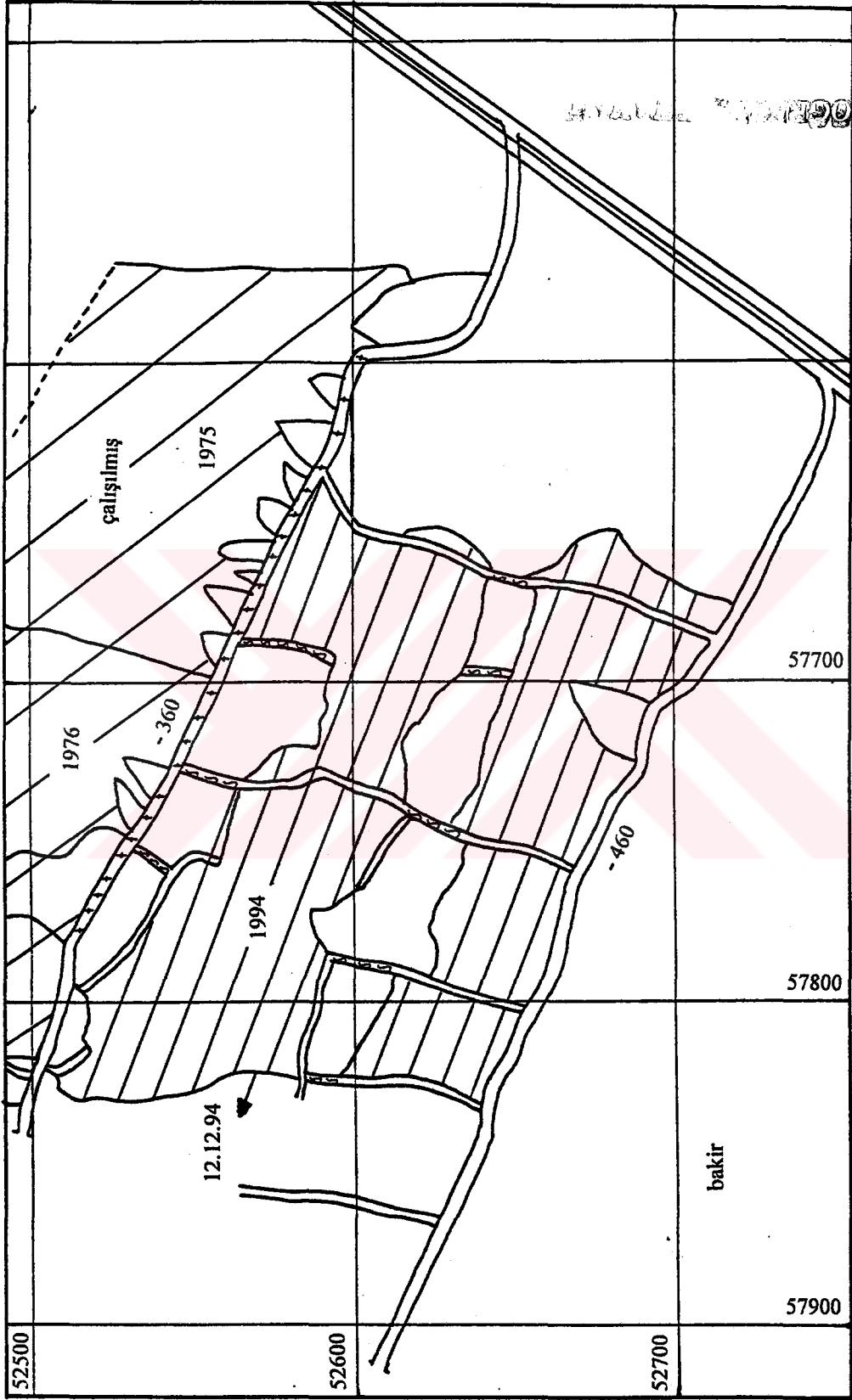
Çizelge B.8. -360/-460 Sulu Doğu panosuna ait üst ve alt tabanyollarında gerçekleştirilen gözlemlerle ilgili değerlendirmeler.

Müessese: Karadon	İşletme: Kilimli	Pano Adı: -360/-460 Sulu Doğu	
Çalışma Yöntemi: ilerletimli göçertmeli uzunayak		Ayak Tahkimatı: arına paralel ağaç tahkimat	
Ort. Damar Kalınlığı: 2.56 m	Ort. Damar Eğimi: 42°	Ort. Ayak Boyu: 140 m	Ort. Hava Genişliği: 1.20 m
Tavan Taşı: sert iri taneli kumtaşı, yer yer konglomera		Taban Taşı: ince taneli kumtaşı	
ÜST TABANYOLU (-360)			
Kesit: B-10	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ		Profil: GI-110
Durumu: eski	Açılma Yöntemi: göçük açma	Konumu: göçük-topuk	
Tabanyolu Kenar Takviyesi: topuk veya çift sıra ağaç domuzdamı			
ALT TABANYOLU (-460)			
Kesit: B-10	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ		Profil: GI-110
Durumu: bakir	Açılma Yöntemi: delme-patlatma	Konumu: bakir kömür-topuk	
Tabanyolu Kenar Takviyesi: kömür topuğu (ort. genişlik 8-10 m)			

Üst Tabanyolu:
Tabanyolu kenar takviyesi olarak atımlar nedeniyle arızaların bulunduğu yerlerde kumtaşından oluşan ve arıza sonuna kadar devam eden geniş topuklar bırakılmıştır. Arıza olmayan yerlerde ise çift sıra ağaç domuzdamı bırakılmıştır. Ayak içindeki arızalar kılavuzlarla geçilmektedir. Tabanyolunda çelik bağlarda önemli deformasyonlar görülmemektedir. Daha ziyade taban kabarmaları gözlenmektedir. Taban zaman zaman taranmaktadır. Domuzdamlarının da, fazla meyile rağmen, taban ile tavan arasına iyice sıkılması sonucunda dizilimlerinin bozulmadığı görülmüştür.

Alt Tabanyolu:
Ayak hizasından itibaren deformasyonlarda artış gözlenmektedir. Özellikle ezilen topuk kenarlarının tabanyolundaki yanal kapanmalar ve taban kabarmalarını artırdığı gözlenmektedir. Bazı yerlerde çelik bağların bağlantı elemanları çözülmüş durumdadır ve buralarda ek tahkimat olarak ağaç trapez bağ uygulanmaktadır.

Yorum:
Üst tabanyolunda bırakılan ve kumtaşından oluşan topuklar üzerine etkiyen gerilmeleri yenilmeden taşıyabildiğinden tabanyolunda önemli deformasyonlar görülmemektedir. Usulüne uygun yerleştirilen domuzdamları da tabanyolu duraylılığını olumlu yönde etkilemektedir. Alt tabanyolunda bırakılan kömür topukları ise istenilen duraylılığı sağlayamamaktadır.



Şekil B.8. -360 / -460 Sulu Doğu panosu.

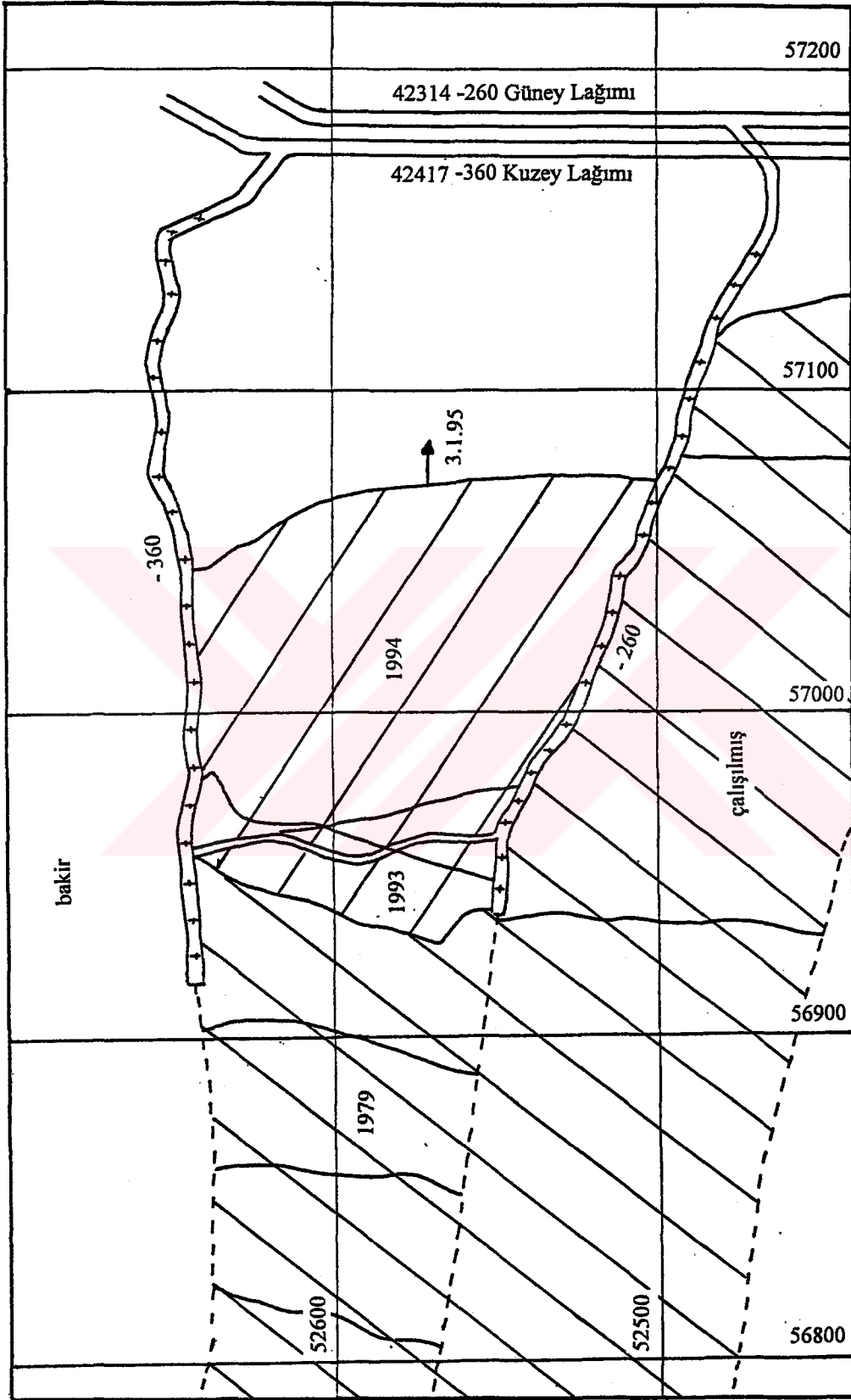
Çizelge B.9. -260/-360 Acılık Doğu panosuna ait üst ve alt tabanyollarında gerçekleştirilen gözlemlerle ilgili değerlendirmeler.

Müessese: Karadon	İşletme: Kilimli	Pano Adı: -260/-360 Acılık Doğu	
Çalışma Yöntemi: dönümlü göçertmeli uzunayak		Ayak Tahkimatı: arına paralel ağaç tahkimat	
Ort. Damar Kalınlığı: 3.8 m	Ort. Damar Eğimi: 40°	Ort. Ayak Boyu: 160 m	Ort. Have Genişliği: 1.20 m
Tavan Taşı: kaba taneli kumtaşı		Taban Taşı: ince taneli kumtaşı	
ÜST TABANYOLU (-260)			
Kesit: B-10	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ		Profil: GI-110
Durumu: eski	Açılma Yöntemi: göçük açma	Konumu: göçük-göçük	
Tabanyolu Kenar Takviyesi: yok			
ALT TABANYOLU (-360)			
Kesit: B-10	Tahkimat: 2-parçalı kavisli rijit çelik bağ		Profil: GI-110
Durumu: eski	Açılma Yöntemi: göçük açma	Konumu: bakır kömür-göçük	
Tabanyolu Kenar Takviyesi: yok			

Üst Tabanyolu:
Tabanyolu ayağın dönümlü olarak çalışmasını sağlayacak şekilde önceden açılmıştır. Ayak geçtikten sonra tabanyolu tahkimatı söküldüğünden herhangi bir kenar takviyesine ihtiyaç duyulmamaktadır. Eskiden göçmeye bırakılmış olan tabanyolu yeniden açılmış olduğundan çevre kaya gevşek ve akıcı özelliktedir. Ayak önünde deformasyona uğramış çelik bağlara ek olarak ağaç trapez bağ uygulanmaktadır. Damar kalınlığının fazla olması nedeniyle tabanda kömür bırakıldığından taban kabarmaları görülmektedir.

Alt Tabanyolu:
Ayak dönümlü olarak çalışmasına karşın, üretilen kömürün vagonlara yüklenebilmesi için, tabanyolu tahkimatı ayağın gerisinden itibaren hemen sökülememektedir. Tabanyolu tahkimatı yaklaşık olarak 20-25 adet 1 tonluk vagon katarı uzunluğundaki bir mesafeden sonra (40-50 m) sökülebilmektedir. Ayak gerisinde herhangi bir tabanyolu kenar takviyesi uygulanmadığından tabanyolu çelik tahkimatın deformasyona uğraması nedeniyle ancak ağaç trapez bağlarla tutulabilmektedir. Bu durum ise sökülen çelik bağ parçalarının, söküm işleminden sonra, tekrar kullanılmasına olanak tanımamakta ve önemli malzeme kayıplarına yol açmaktadır.

Yorum:
Tabanyolları önceden sürülmüş olan tabanyollarının yeniden açılması ile oluşturulduğundan, dönümlü çalışmanın ilerletimi çalışmalarla kıyaslanması sağlıklı görülmediğinden yapılmamıştır. Ayrıca alt tabanyolunda tek ray hattının bulunması nedeniyle, tabanyolu tahkimatı ayağın hemen geçişinden sonra sökülememektedir. Bu nedenle bu uygulama tam anlamıyla bir dönümlü çalışma şekli olmamaktadır.



Şekil B.9. -260 / -360 Acılık Doğu panosu.

EK AÇIKLAMALAR C

**O.A.L.'DE İNCELENEN TABANYOLLARI
İLE İLGİLİ DEĞERLENDİRMELER**

Çizelge C.1. A-05 panosuna ait üst ve alt tabanyollarında gerçekleştirilen gözlemlerle ilgili değerlendirmeler.

Müessese: O.A.L. Çayırhan		Pano Adı: A-05	
Çalışma Yöntemi: Tavan-taban ayak şeklinde dönmümlü göçertmeli uzunayak		Ayak Tahkimatı: kalkan tipi yürüyen tahkimat	
Ort. Damar Kalınlığı Tavan Ayak: 1.55 m Taban Ayak: 1.70 m	Damar Eğimi: 15-23 °	Ort. Ayak Boyu: Tavan Ayak: 220 m Taban Ayak: 220 m	Ort. Have Genişliği: Taban Ayak: 0.70 m Taban Ayak: 0.70 m
Tavan Taşı: silisli kalker	Taban Taşı: kıltaşı	Ara Kesme: killi marn	kalınlığı: 0.8-1 m
Açıklık Kesiti: tabaka eğimine uygun dörtgen		Tabanyolu Tahkimatı: kayıcı bağ	
Tabanyolu Kenar Takviyesi: Granül kalker ve çimentodan oluşan beton dolgu			
ÜST TABANYOLU (A-0509)			
Tabanyolu Uzunluğu: 1250 m		Açılma Yöntemi: ikinci kez kullanılıyor	
Tabanyolu-Ayak Girişi Tahkimatı: arına dik 3-4 sıra hidrolik direk ve çelik sarma		Tavan-Taban Ayak Arası İlave Tahkimat: I-profil, sürtünmeli direk ve hidrolik direk	
Tavan-Taban Ayak Arasındaki Mesafe: 28 m		Ayak Açıklığı: 3.50 m	
Tabanyolu Kenar Takviyesi			
Tavan Ayakta Beton Dolgu Genişliği: 2.75 m Dolgu Cebinin Boyutları: 2x2.75 m		Taban Ayakta Beton Dolgu Genişliği: yok	
ALT TABANYOLU (A-0510)			
Tabanyolu Uzunluğu: 1500 m		Açılma Yöntemi: GAM ile mekanize kazı	
Tabanyolu-Ayak Girişi Tahkimatı: arına dik 3-4 sıra hidrolik direk ve çelik sarma		Tavan-Taban Ayak Arası İlave Tahkimat: I-profil, sürtünmeli direk ve hidrolik direk	
Tavan-Taban Ayak Arasındaki Mesafe: 24 m		Ayak Açıklığı: 3.50 m	
Tabanyolu Kenar Takviyesi			
Tavan Ayakta Beton Dolgu Genişliği: 2 m Tavan Ayakta Dolgu Cebinin Boyutları: 2x2 m		Taban Ayakta Beton Dolgu Genişliği: 2 m Taban Ayakta Dolgu Cebinin Boyutları: 2x2m	
<u>Üst Tabanyolu:</u> Tavan ayagın önünden başlamak üzere düşey konverjansta önemli artışlar görölmektedir. Tavan ayak hizasında, daha önce işletilen pano tarafında beton dolguda yer yer çatlıklar ve patlamalar görölmektedir. Daha önce işletilen pano tarafındaki I ve U-profillerden oluşan sürtünmeli direk yerine iç içe geçmiş iki TH-profilinden oluşan sürtünmeli direk uygulanmıştır. Beton dolgunun tabanyoluna akmasını önlemek için de dolguya eğimli hidrolik direklerden oluşan ayıbacakları ile destek verilmektedir. Tavan-taban ayak arasındaki bölgede düşey kapanma artmakta ve daha önce işletilen pano tarafındaki beton dolguda patlamalar görölmektedir.			
<u>Alt Tabanyolu:</u> Tabanyolunda tavan ayak önüne kadar önemli deformasyonlar görölmemektedir. Tavan-taban ayak arasındaki bölgede deformasyonlar artmakta ve sürtünmeli direklerde taban ayagın yaklaşık 50 m gerisine kadar kaymalar görölmektedir. Tabanyolu genel olarak incelendiğinde, alçalmalar oluşmasına karşın, çelik bağlarda ve beton dolguda önemli deformasyonlar görölmemektedir.			
<u>Yorum:</u> Alt tabanyolunda oluşan deformasyonlar önemli değildir. Üst tabanyolunda ise tavan ayagın önünden itibaren önemli deformasyonlar görölmektedir. Daha önce işletilen pano tarafındaki I ve U profilden oluşan sürtünmeli direğin ancak ayak hizasında TH profillerden oluşan direk ile değiştirilmesi nedeniyle sürtünmeli direklerde hafif eğilmeler ve burkulmalar görölmektedir. Daha sonra kurulan TH yan direkte ise, beton dolguda patlamalar oluşmasına karşın, burkulmalar ve eğilmeler gözlenmemektedir. Bunun en önemli nedenleri, tavan ile taban ayak arasındaki mesafenin (28 m) makul tutulması ve TH-profilinden oluşan sürtünmeli direğin I-ve U profilden oluşandan dayanımının daha yüksek olmasıdır.			

Çizelge C.2. A-06 panosuna ait üst ve alt tabanyollarında gerçekleştirilen gözlemlerle ilgili değerlendirmeler.

Müessese: O.A.L. Çayırhan		Pano Adı: A-06	
Çalışma Yöntemi: Tavan-taban ayak şeklinde dönmümlü göçertmeli uzunayak		Ayak Tahkimatı: kalkan tipi yürüyen tahkimat	
Ort. Damar Kalınlığı Tavan Ayak: 1.55 m Taban Ayak: 1.70 m	Damar Eğimi: 10-15°	Ort. Ayak Boyu: Tavan Ayak: 220 m Taban Ayak: 220 m	Ort. Have Genişliği: Taban Ayak: 0.70 m Taban Ayak: 0.70 m
Tavan Taşı: silisli kalker	Taban Taşı: kilitaşı	Ara Kesme: killi marn	kalınlığı: 0.8-1 m
Açıklık Kesiti: tabaka eğimine uygun dörtgen		Tabanyolu Tahkimatı: kayıcı bağ	
Tabanyolu Kenar Takviyesi: Granül kalker ve çimentodan oluşan beton dolgu			
ÜST TABANYOLU (A-0609)			
Tabanyolu Uzunluğu: 1150 m		Açılma Yöntemi: ikinci kez kullanılıyor	
Tabanyolu-Ayak Girişi Tahkimatı: arına dik 3-4 sıra hidrolik direk ve çelik sarma		Tavan-Taban Ayak Arası İlave Tahkimat: I-profil, sürtünmeli direk ve hidrolik direk	
Tavan-Taban Ayak Arasındaki Mesafe: 41 m		Ayak Açıklığı: 3.50 m	
Tabanyolu Kenar Takviyesi			
Tavan Ayakta Beton Dolgu Genişliği: 2.80 m		Taban Ayakta Beton Dolgu Genişliği: yok	
Dolgu Cebinin Boyutları: 2x2.80 m			
ALT TABANYOLU (A-0610)			
Tabanyolu Uzunluğu: 1100 m		Açılma Yöntemi: GAM ile mekanize kazı	
Tabanyolu-Ayak Girişi Tahkimatı: arına dik 3-4 sıra hidrolik direk ve çelik sarma		Tavan-Taban Ayak Arası İlave Tahkimat: I-profil, sürtünmeli direk ve hidrolik direk	
Tavan-Taban Ayak Arasındaki Mesafe: 27 m		Ayak Açıklığı: 3.50 m	
Tabanyolu Kenar Takviyesi			
Tavan Ayakta Beton Dolgu Genişliği: 3 m		Taban Ayakta Beton Dolgu Genişliği: 2 m	
Tavan Ayakta Dolgu Cebinin Boyutları: 2x3 m		Taban Ayakta Dolgu Cebinin Boyutları: 2x2m	
Üst Tabanyolu:			
Tavan ayağın önünden başlamak üzere taban ayağın gerisinde tabanyolunun göçertildiği bölgeye kadar düşey kapanmalarda artışlar oluşmaktadır. Tavan ayak hizasından itibaren beton dolguda çatlaklar ve patlamalar görülmekte ve önceden işletilen pano tarafındaki sürtünmeli yan direklerde şiddetli eğilmeler ve burkulmalar görülmektedir. Bu nedenle yan direkler sökülmemekte ve çatlayan beton dolgunun açıklığa akmasını önlemek için dolgu duvarı ile sürtünmeli orta çatal arasına ağaç direkler vurulmaktadır. Bu durum ise orta çatalların eğilmesine neden olmaktadır.			
Alt Tabanyolu:			
Tabanyolu genel olarak incelendiğinde, tavan ayak önünden taban ayağın gerisine kadar alçalmalar oluşmasına karşın, çelik bağlarda ve beton dolguda önemli deformasyonlar görülmemektedir.			
Yorum:			
Alt tabanyollarında oluşan deformasyonlar tabanyolunun işlevini aksatacak boyutta değildir. Üst tabanyolunda ise tavan-taban ayak arasındaki tabanyolu tahkimatında, özellikle çalışılan pano tarafındaki yan direk ile orta çatalda, şiddetli deformasyonlar görülmektedir. Bunun en önemli nedenleri tavan-taban ayak arasındaki mesafenin fazla olması (41m) ve malzeme eksikliği nedeniyle I ve U-profilinden oluşan sürtünmeli direğin yerine dayanımı daha yüksek olan TH-profilli direklerin kullanılamamasıdır.			

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet ÖZARSLAN 1969'da Almanya'da doğdu; ilk öğrenimini aynı ülkede tamamladı; orta öğrenime Almanya'da başlayıp Zonguldak Mehmet Çelikel Lisesi'nde tamamladı. Mezun olduktan sonra 1988 yılında HÜ Zonguldak Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'ne girdi; 1992'de "Fakülte İkincisi" olarak mezun olduktan sonra ZKÜ Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı; halen 1992'de girdiği ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programını sürdürmektedir.