

Krom Konsantratörü Artıklarının Hidrolik Dolgu Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi

Utilization of Chromite Tailings as Hydraulic Filling Material

Güner ÖNCE(*)

ÖZET

Bu yazıda Eskişehir-Kavak Krom Madeni'nin konsantratör artıklarından yeraltı açıklıklarında dolgu malzemesi olarak yararlanılması incelemektedir.

Dolgulu yöntemle çalışılan ocakta üretim katlarındaki en büyük sorun, güvenlik ve verimliliğin yetersiz oluşudur. Boşluk hacmi yüksek kaya-dolgu, zamanla sıkışmakta ve üzerindeki katlarda işyerlerinin duraylılığını bozmaktadır.

Yeraltı açıklıklarının üzerinde tavan olarak bulunan kırılmış ağır cevher kütlesine bağlı olarak işyerleri üzerinde büyük basınçlar oluşmaktadır. Bu durum, altında ağaç tahkimatın bakımının zor olduğu duraysız bir tavan oluşmasına neden olur. Aşağıdan yukarı doğru çalışmanın yetersizliği nedeniyle işletmeye yukarıdan aşağı doğru çalışma önerilmektedir. Bu yöntemde, tavan ve yan duvarların konverjansını önlemek ve daha güvenli bir tavanla aşağı doğru çalışmak amacıyla bir çeşit konsolide dolgu -çimentolu dolgu- kullanılması gerekir.

Uygun dolgu özelliklerinin araştırıldığı bu çalışmada, yeryüzünde hidrosiklonlarla hazırlandıktan sonra, bir boru şebekesiyle hidrolik olarak yeraltı açıklıklarına yerleştirilen çimento ve konsantratör artığı karışımının -Kavak Madeni koşullarına bağlı olarak- en uygun dolgu olduğu gösterilmektedir.

(*) Y.Doç.Dr., Maden Y.Müh., A.Ü.Müh.-Mim.Fak.Maden Mühendisliği Bölümü, ESKİŞEHİR

ABSTRACT

This paper is concerned with the study of the tailings of the mineral dressing plant of Eskişehir Kavak Chromite Mine as filling material in the underground openings.

The main problem in the production levels of the mine, which employs the "cut-and-fill" method, is the deficiency of mine safety and productivity. The incoherent rock fill is compressed with time and deteriorates the stability of the workings on the upper levels.

There are high pressures developing on the workings due to the heavy broken ore mass which constitutes the roof of the workings. This situation gives rise to an instable roof under which the maintenance of wooden supports is difficult. Hence, due to the failure of the overhand method, the "undercut-and fill" method or, in other words, underhand cut-and-fill method is proposed. This method employs a type of consolidated fill-cemented fill-to prevent the convergence of the roof and walls and to provide a downward-moving stope with a safer roof.

Proper fill properties for the mine have been investigated in this research and it has been observed that the most suitable fill material, under the conditions prevailing at Kavak Mine would be, the mixture of cement, 16 per cent in weight and the tailings of the ore-dressing plant which would be placed into the openings by hydraulic means through a system of pipelines after being prepared by hydrocyclones at the surface.

1. GİRİŞ

1900'lerden başlayarak kullanılmaya başlayan hidrolik dolgu, 1945'lerden sonra yaygın şekilde kullanılmaya başlanmış ve 1960'lardan sonra da hidrolik dolguya Portland çimentosu ya da uygun bir malzeme eklenmesiyle duraylılığın artırılması yaygınlaşmıştır. Bu gelişmeyle birlikte hidrolik dolgu, yeni üretim yöntemlerinin gerçekleştirilmesini ve mekanizasyonun artırılmasını sağlayarak madencilikte verimin artmasına büyük çapta hizmet etmiştir.

Hidrolik dolguda, dolgu malzemesi su ile birlikte kuyu ve galerileri takiben, dolgu yapılacak yere ulaşan borularla gönderilebileceği gibi, yerüstünden düşey veya eğimli olarak açılmış delikler aracılığıyla doğrudan dolgu yapılacak yere gönderilebilir. Dolgu malzemesi genellikle su, konsantré ya da lavrar artığı, ocak içinden çıkan pasa ya da yerüstünden elde edilen kırılmış taş olabilir.

Hidrolik dolgu işlemi, yerüstünden dolgu yapılacak yeraltı işyerine kadar süreklidir. Kot farkı, hidrolik dolgunun boru içinde gitmesini olanaklı kılan potansiyel enerjiyi sağlar. Dolgu işlemi çabuk ve kolaydır, az işçilik ve malzeme gerektirir ve

toz sorunu yoktur. Hidrolik dolguda karşılaşılan sorunlar, dolgudaki suyun süzülmesini sağlamak için dolgu yerlerinin başlarına konacak filtreli tip kapak ya da kaplar ile gerekli olan suyun yeter miktarda bulunması ve hidrolik dolgudan ayrılan suyun tekrar yerüstüne gönderilmesidir. Kuşkusuz homojen bir kat-su karışımı için yerüstü olanaklarının sağlanması da önemlidir.

İçindeki su gerektiği şekilde atıldığında, hidrolik dolgu düşey ve yatay basınçlara karşı, pnömötik ya da mekanik olarak yerleştirilmiş dolgulara göre çok daha dayanımlıdır. Çünkü su ile yerleştirilmiş taneler daha yüksek bir üç eksenli basınç dayanımı ve daha dayanıklı bir yüzey oluşturacak şekilde uniform olarak sıkışma eğilimindedirler. Ölçümler hidrolik dolgunun % 5-10 arasında ve nadiren % 20'den fazla sıkıştığını göstermektedir.

ince tane oranının fazla oluşu (—38 meş) yan-taş ve tavan taşındaki çatlaklara da dolgunun girmesini sağlaması bakımından istenir.

Yeraltı üretim yerlerinin duraylılığını arttırmak ve yeryüzündeki tasman lan en aza indirmek için hidrolik dolgunun yaygın bir şekilde kullanılması nedeniyle bu konudaki tekniğin geliştirilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir.

2. KONSANTRATÖR ARTIKLARININ HİDROLİK DOLGU OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Kavak (Eskişehir) Krom Madeni konsantratör tesislerinde krom konsantresi sallantılı masalar ve liglerden elde edilmektedir. Konsantratör artığı ise hemen skip kuyunun birkaç yüz metre ötesine yıllardan beri stok edilmektedir. 600 000 ton dolaylarında bir stok olduğu kabul edilmektedir. Ayrıca, hidrolik dolgu için gerekli miktarda su vardır. Yine hidrolik dolgunun yerüstünde hazırlanmasında gerekli tesisi yerleştirmek için yeterli yer vardır. Bu durum, hidrolik dolgunun skip kuyudan borularla üretim yerlerine gönderilmesi açısından bir avantajdır.

Yeraltı ocağında, bitişik odalar yöntemiyle yatay dilimler halinde ve taş dolgulu olarak aşağıdan yukarı çalışmada en büyük sorun, üretim yerlerinde, alttaki yetersiz taş dolgunun zamanla sıkışması nedeniyle tahkimatın tavanı destekler halden uzaklaşması ve serbest kalan tavadaki parçalanmış krom adesesinin ağaç tahkimat üzerindeki ani baskısı nedeniyle, iş güvencesinin azalmasıdır. Bu nedenle işletmeye, yukarıdan aşağı doğru üretim önerilmektedir. Her kat oda-topuk şeklinde çalışacak, odalar doldurulduktan sonra -ikinci aşamada- topuklar alınıp dolgu yapılacaktır. Tüm katın dolgusu bittiğinde de bir alt katın üretimine geçilecektir. Üstte dolgusu yapılmış kat, bir alt kat için "suni tavan" görevi görmektedir. Mühendislik özellikleri bizce belirlenecek bu suni tavanın duraylılığının sağlanabilmesi için, hidrolik dolgunun çimentolu olması kaçınılmaz olacaktır. Böylelikle, sağlam tavan (çimentolu konsolide dolgu) ve sağlam taban (krom) koşullarında ve mekanizasyona uygun genişlikte (3x2,5) odalarda yeterli iş güvenliği sağlanmış olacaktır.

Bu nedenle önce hidrolik dolgunun esas malzemesi olan konsantratör artığının fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ve bunu takiben de en uygun çimentolu dolgunun seçilmesi gerekir. Dolgudaki çimento oranı, ekonomik olduğu kadar, dolguya yeterli miktarda dayanım da kazandırmalıdır.

2.1. Konsantratör Artığının Fiziksel Özellikleri

Konsantratör artığının aşağıdaki fiziksel özellikleri yapılan çeşitli laboratuvar deneyleriyle saptanmıştır.

2.1.1. Yoğunluk

Artığın, eşit hacimdeki suyun (4°C'de) ağırlığına oranı artığın yoğunluğunu verir. Sabit sıcaklıkta 100 ml'lik beher kullanılarak yapılan deneyler sonucu ortalama artık yoğunluğu 2,71 t/m³ olarak bulunmuştur.

2.1.2. Boşluk Hacmi

Boşluk hacminin (taneler arasındaki boş hacim) katı malzeme hacmine oranı boşluk oranı (void ratio) denir. Artığın tane boyutlarına ve şekline göre değişen boşluk oranı yapılan deneyler sonucu ortalama % 79,3 bulunmuştur.

2.1.3. Nem İçeriği

Nem içeriği, nem miktarının nemli malzemeye ağırlıkça oranı olarak tanımlanır. Nemli artık örnekleri eski stoklardan alındığı için, ortalama % 5,78 olarak saptanmıştır. Bu içerik kuşkusuz yeni stoklarda çok daha fazladır.

2.1.4. Artığın Tane Boyutu Analizi

Artık malzemesinin fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde en önemli konu, tane boyutlarının belirlenmesidir.

Şlamı uzaklaştırılmış artık için yapılacak tane boyutu analizi aşağıdaki koşullara uymalıdır(1):

a) Toz kayıplarından sakınmak için numuneyi ayırma işlemi ıslak ya da rutubetli olarak yürütülmelidir.

b) En büyük özen ince tanelere gösterilmelidir, örneğin, 40 mikron altı ve özellikle 10 mikron altı gibi fraksiyonlar dolgu davranışını, özellikle geçirgenliğini, en fazla etkileyen fraksiyonlardır. Bu nedenle, bu fraksiyonların toplam numune içindeki oranları çok iyi saptanmalıdır.

Artık numunesinin tane boyutu analizi çeşitli mikron boyutlarındaki standart elekler kullanılarak yapılmıştır. Çizelge 1 'de elek analizi sonuçları verilmektedir.

Artıklardan elde edilen dolgu, geçirmiş olduğu kırma ve öğütme işleminden dolayı genellikle köşeli tanelerden oluşur. Böylelikle daha yoğun ve sağlam bir dolgu malzemesi elde edilmiş olur. Doğal kum kullanılarak yapılmış dolgu ise; tane şekillerinin rüzgar ya da su ile sürüklenme sonucu yuvarlak olması nedeni ile gevşek, daha az sağlamlıkta ve daha fazla yük taşıma özelliğine sahip olur.

Çizelge 1— Artık Boyut Analizi

Fraksiyon (mikron)	% Ağırlık
+ 2400	0,46
1400 - 2400	1,05
1200 - 1400	0,44
850 - 1200	4,22
600 - 850	4,79
500 - 600	6,04
425 - 500	11,27
355 - 425	9,73
300 - 355	6,65
180 - 300	16,80
150 - 180	5,63
105 - 150	4,71
90 - 105	2,04
75 - 90	2,84
63 - 75	3,78
45 - 63	4,86
38 - 45	4,22
- 38	10,47
Toplam	100,00

3. PORTLAND ÇİMENTOSU BOYUT ANALİZİ

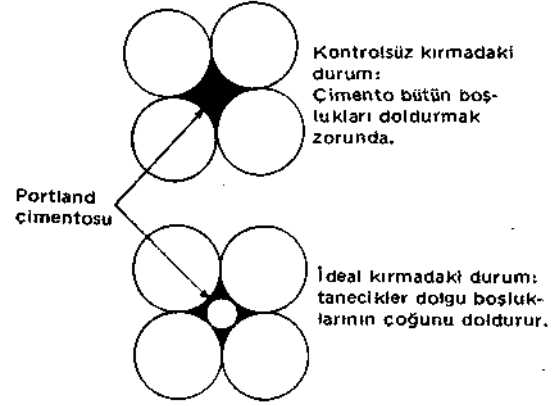
Portland çimentosunun (ağırlıkça) % 50'si 20 mikronun, tamamı ise 70 mikronun altındadır. Şlamı uzaklaştırılmış artıklardan oluşan dolgu ve özellikle doğal kumlardan oluşan dolgu çok daha iri taneleri içerir. Her iki malzeme de, Portland çimentosunun bir dolgu kütlesi içinde düzgün bir şekilde dağılımını sağlamak ve dolgunun yerine yerleştirilmesinden sonra, çimentonun suyla birlikte süzülmesini önlemek amacıyla gereken miktarda ince taneleri içermezler.

Şurası bir gerçek ki çimentolu dolgu teknolojisi geliştikçe, çimentoyla birlikte kullanılacak artık tanelerinin boyutlarının seçimi konusunda daha büyük ilerlemeler elde edilecektir. Böylelikle;

a) Şekil 1'de gösterildiği gibi, kırma ve öğütme en uygun şekilde düzenleyerek Portland çimentosu kullanımını mümkün olduğunca azaltmak,

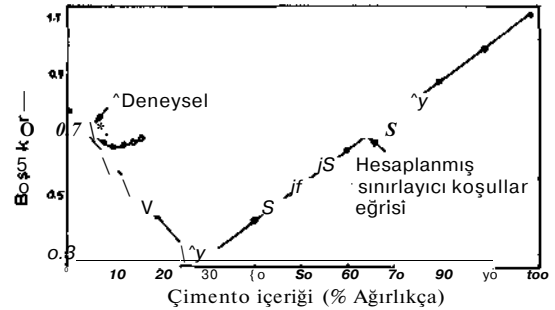
b) Konsantratör artıklarını dolgu olarak en uygun şekilde kullanabilmek,

c) Portland çimentosunun dolgu kütlesi içinde çok daha uniform bir şekilde dağılımını gerçekleştirmek, olanaklı olacaktır.



Şekil 1— Portland çimentolu dolguda ince artık taneleri kullanmanın yararı (Thomas, 1979).

Şekil 2, ince Portland çimentosunun, bir dolgudaki boşlukları dolduruş oranlarını deneysel sonuçlara göre göstermektedir. Sınırlayıcı koşullar eğrisi ise Portland çimentosunun çok ince, diğer dolgu malzemesi tanelerinin ise çok iri olduğu durumu göstermektedir. Deneyi yapılan dolgu malzemesi (artık) % 10'luk bir çimento eklenmesiyle (ağırlıkça) minimum boşluk oranı olan 0,65 değerini vermektedir. Daha fazla çimento eklenmesi, dolgu tanelerinin serbest yüzeylerinin artmasına ve boşluk oranının yükselmesine neden olmaktadır. Burada deney yapılan dolgu malzemesi daha ince taneciklerden oluşmuş ve tane boyutlarının daha iyi düzenlenmesiyle elde edilmiştir. Genel olarak dolgu malzemesi daha fazla boşluk göstermektedir.



Şekil 2— Portland çimentosunun önce dolgu boşluklarını doldurduğunu ve daha sonra dolgu boşluk hacminin artmasına neden olduğunu gösteren deneysel ve hesaplanmış sınırlayıcı koşullar eğrisi (Thomas, 1979)

Çizelge 1 'de görüldüğü gibi, Kavak Krom Madeni'nin konsantratör artıklarından alınmış temsili örnekte, toplam ağırlığın ancak % 15'i 45 mikronun altındadır. Bu nedenle, öğütmede daha ince taneler elde etmek, çimento-artık karışımının dayanımını arttıracaktır.

4. ÇİMENTO DOLGUNUN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

4.1. Basınç Dayanımı

Basınç dayanımı yalnız çimentolu dolgu için söz konusudur. Çünkü konsolide olmuş çimentolu dolgunun duraylılığını kaybetmesi, dolguda oluşacak basınç gerilmelerinin şiddetinin dolgunun basınç dayanımını aşması durumunda olanaklıdır. Çimentolu dolgunun basınç dayanımı deneyleri için genel olarak şu söylenebilir; kayalardan farklı olarak, çimentolu dolgu daha homojen ve izotropdur. Bu nedenle deney sonuçları daha güvenilir olmaktadır.

Çimentolu dolgunun deneye hazırlanmasında aşağıdaki yol izlenmiştir.

a) Artık ve çimento, Çizelge 2'de görüldüğü gibi, uygun pülp yoğunluklarında 15 dakika kadar beherde karıştırılmıştır. Karışımın miktarı, 28 mm çapında, 70 mm uzunlukta silindirik üç adet numuneye ağırlıkça eşdeğer olarak düzenlenmiştir. Çizelge 3, su/çimento oranlarını ve değişik çimento içeriklerindeki pülp yoğunluklarını göstermektedir.

b) Karışım, 28 mm çapında, 70 mm uzunlukta ki rijid PVC tüplerine doldurulmuştur. İkinci aşamada, aynı işlem numuneye boyut etkisini anlamak için 42 mm çapında, 100 mm uzunlukta ki rijid PVC tüpleriyle yapılmıştır.

c) Üzeri kapatılan numuneler kalın bir filtre kağıdı üzerinde (suyun süzülmesinin sağlanması için) katılaşmaya bırakılmıştır. Kür süreleri olarak 7, 28 ve 56 gün seçilmiştir.

d) Kür süreleri sonunda numuneler PVC silindirlerinden çıkarılmış ve her iki ucundan kesilerek 28 mm'lik çap için 56 mm uzunlukta ve 42 mm çap için de 84 mm uzunlukta numuneler elde edilmiştir. Böylelikle basınç deneyleri için ideal çap/uzunluk oranı; 1/2 elde edildiği gibi, numunedeki farklı boyut ve yoğunlukta taneciklerin belirli zonlarda çökmesinin etkisi de olanaklı olduğunca yok edilmeye çalışılmıştır.

Çizelge 2- Çimentolu Dolgu Pülpündeki Malzemelerin Ağırlıkları

Malzeme	Pülpdeki Portland Çimentosu Oranları (Ağırlıkça)			
	%4 (gr)	%8 (gr)	% 12 (gr)	% 16 (gr)
Artık	258	252	229	204
Çimento	15	29,1	41,4	54,6
Su	82	75,8	75	81,9
Toplam	355	356,9	345,4	340,5
Numune sayısı	3	3	3	3

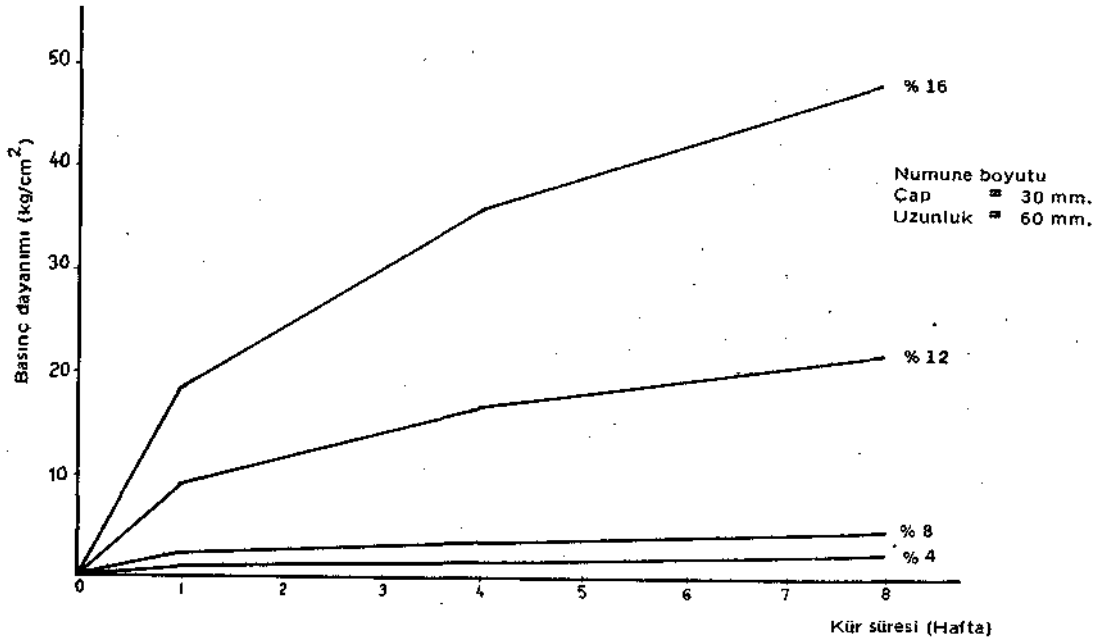
Çizelge 3— Çimentolu Dolguda Pülp Yoğunluğundan

Oranlar (ağırlıkça)	Pülpdeki Portland Çimentosu Oranları (Ağırlıkça)			
	%4	% 8'	% 12	% 16
Su/Çimento	5,4	2,6	1,8	1,5
%Su	23	21,2	21,7	24
%Katı	77	78,8	78,3	76

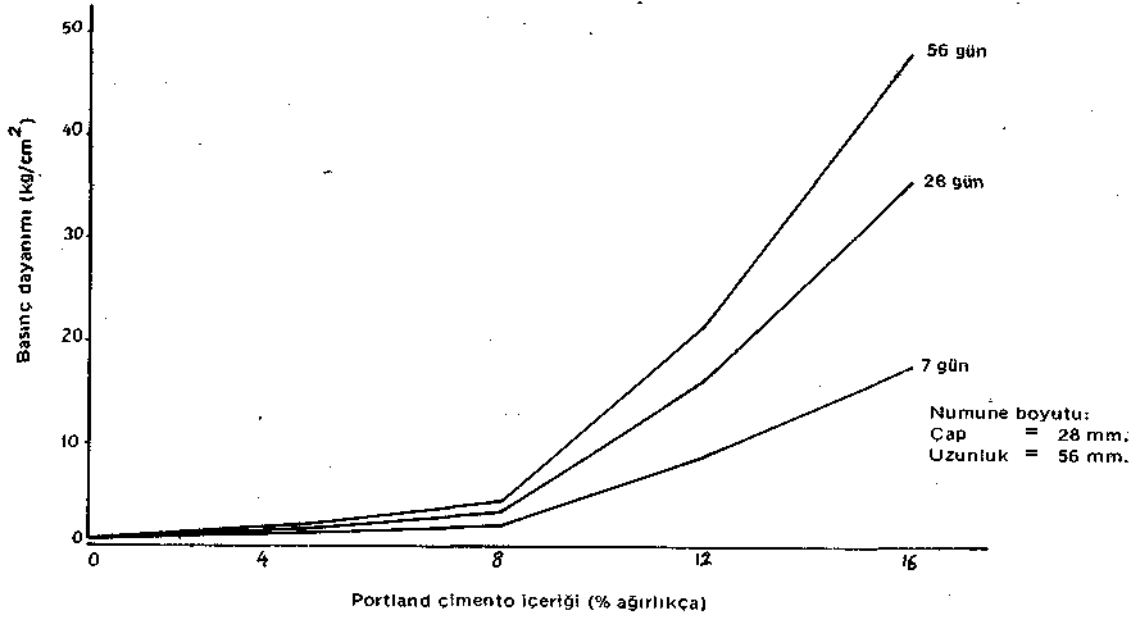
e) Numuneler basınç deneyleri 25 tonluk bir preste gerçekleştirilmiştir.

Şekil 3'de görüldüğü gibi, % 4,8,12,16 oranlarında (ağırlıkça) çimento içeriklerine sahip ve farklı kür sürelerinde sertleşmiş numunelerle yapılan bu deneylerde, en fazla çimento içeriğine sahip dolgunun en büyük basınç dayanımına sahip olduğu görülmüştür. Şekil 4 optimum çimento/kür süresi seçimi için basınç dayanımı-çimento içeriği eğrilerini göstermektedir. Numunelerin en büyük basınç dayanımları en uzun kür süresi sonunda elde edilmiştir. Her iki şekilden de % 16 çimento içeriğine sahip çimentolu dolgunun, % 12'lik çimentolu dolgudan çok daha büyük basınç dayanımına sahip olduğu görülür ki bu da dolgudaki azalan boşluk hacmine bağlı olarak basınç dayanımının önemli ölçüde arttığını gösterir.

Nemli ortamda sertleşen çimentolu dolgunun aynen betonda olduğu gibi dayanım kazandığı görülür. Ancak ulaşılan dayanımlar çok daha azdır.



Şekil 3— % 4-16 çimento içerikli dolguların basınç dayanımı-kür karakteristikleri.



Şekil 4— Optimum çimento/kür süresi seçimi için çimento içeriği-basınç dayanımı eğrileri.

4.2. Çekme Dayanımı

4.2.1. Brazilian Deneyleri

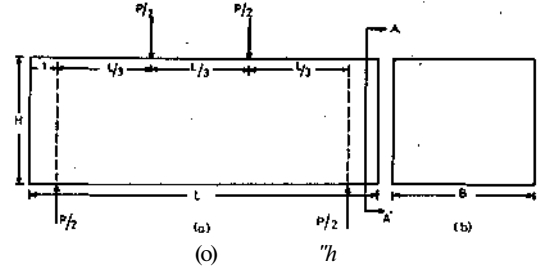
Brazilian deneyleri % 12 ve % 16 çimento içerikli numunelerle yapılmıştır. %4 ve % 8 çimento içerikli numuneler çok zayıf olduğu için deneyleri yapılmamıştır. 28 günlük kütür süresinin sonunda

% 12 çimento içerikli numuneler ortalama olarak 2 kg/cm² basınç dayanımına ulaşmıştır. Aynı süre sonunda % 16 çimento içerikli numunelerin ulaştığı basınç dayanımı ise 9,1 kg/cm²'dir (Ortalama). % 16 çimento içerikli dolgu, deney sonuçlarına göre % 7'lik standart sapma değeri nedeniyle, izotrop olarak kabul edilebilir(2).

4.2.2. Dört-Nokta Yükleme Deneyleri

Çimentolu dolgunun çekme dayanımı, dört-nokta yükleme deneyleriyle de saptanmıştır. Bu yöntem, özellikle, tabakalı yapıdaki tavan taşının bir kiriş olarak kabul edildiği durumlarda önemlidir. Bu deneyde, kare ya da dikdörtgen prizma şeklindeki kayaç numuneleri, iki üstten ve iki de alttan olmak üzere dört noktadan yüklenir. Yükleme noktaları numuneye nokta ya da çizgisel kontakta sahiptir. Böylelikle kayaç numuneleri, alttaki iki yükleme noktası arasında serbestçe eğitebilmektedir.

İşletmeye önerilen üretim yönteminde (topukların ikinci aşamada alındığı oda topuk "post-pllar" yöntemi, çimentolu dolgu ve yukarıdan aşağı çalışmalı), her konsolide olmuş çimentolu dolgu kat, bir alt katın tavan taşını (tabakasını) oluşturacaktır. Bunlar aynı zamanda bir alt kattaki katın üretimi sırasında açıklıkların (odaların) üzerinde tavan kirişi olarak kabul edilebilirler. Bu nedenle, yeraltı açıklıklarının üzerindeki bu kirişlerin boyutlarıyla orantılı olarak, 52x45x105 mm boyutlarında 18 gün kür edilmiş % 16 çimento içerikli konsolide dolgu numuneleri, Şekil 5'de görüldüğü gibi, dört noktadan yüklenmiştir.



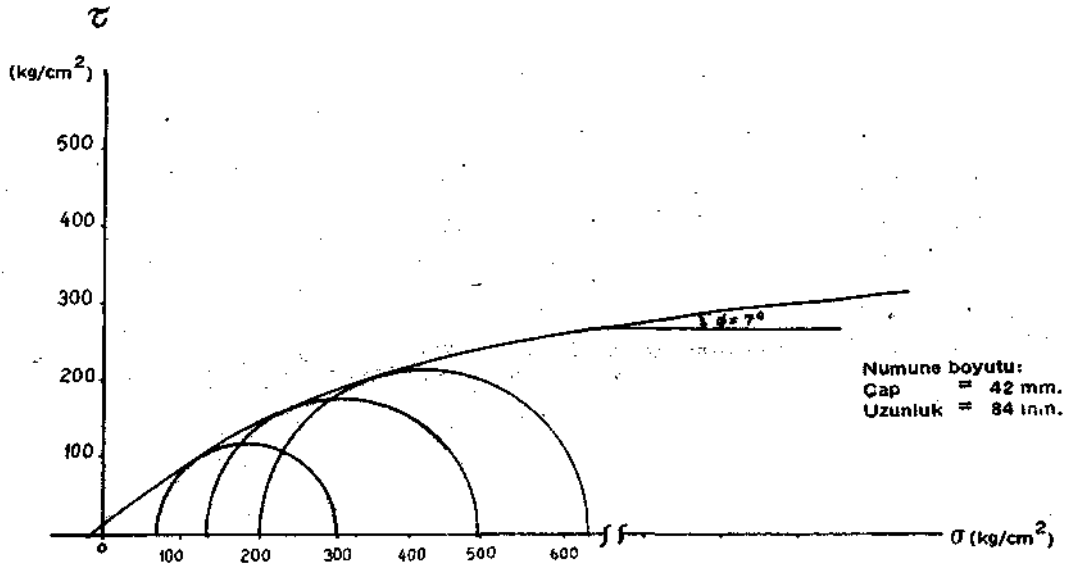
Şekil 5— Dört-nokta yükleme deneyi
(a) önden görünüşü, (b) Yandan görünüşü.

Kirişin çekme gerilmesi, $a_v = PL/BH^2$ olur. Burada P her iki taraftan uygulanan toplam yükü, L kiriş uzunluğunu, B kiriş genişliğini ve H kiriş yüksekliğini (kalınlığını) göstermektedir.

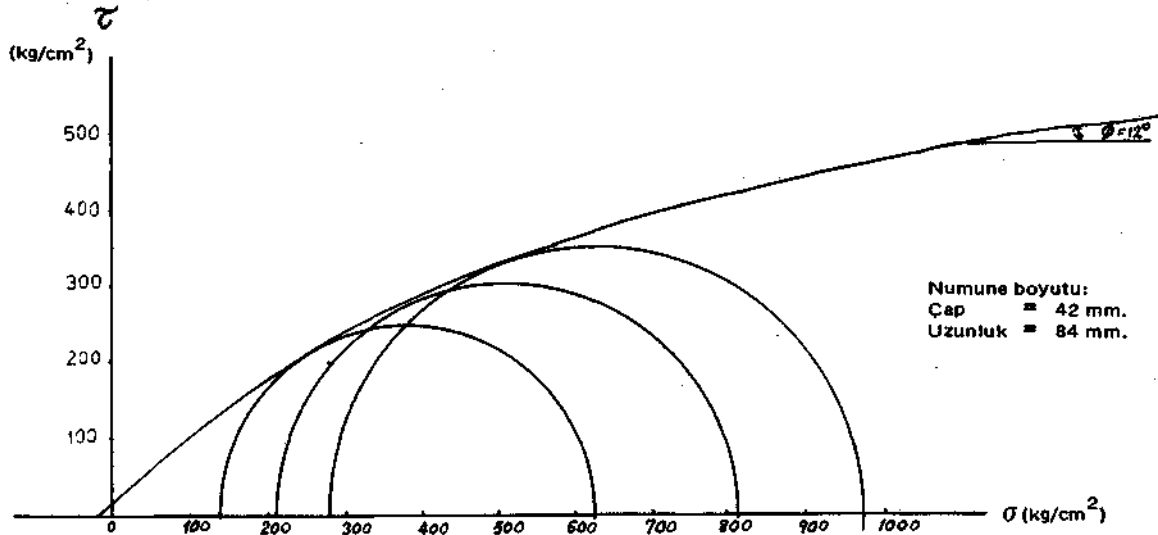
Deney sonuçlarına göre ortalama olarak bulunan çekme dayanımı değeri, $a_v \sim 2 T3 \text{ kg/cm}^2$ dir.

4.3. Üç-Eksenli Basınç Dayanım

Üç-eksenli basınç dayanımı deneyleri % 12 ve % 16 çimento içerikli ve 28 gün kür süreli numuneler üzerinde yapılmıştır. Şekil 6 ve Şekil 7 deney sonuçlarına göre, % 12 ve % 16 çimento içerikli konsolide dolgu için Mohr kırılma zarflarını göstermektedir.



Şekil 6— % 12 çimento içerikli numunelerin üç-eksenli basınç deneyleri sonucu elde edilen Mohr kırılma zarfı.



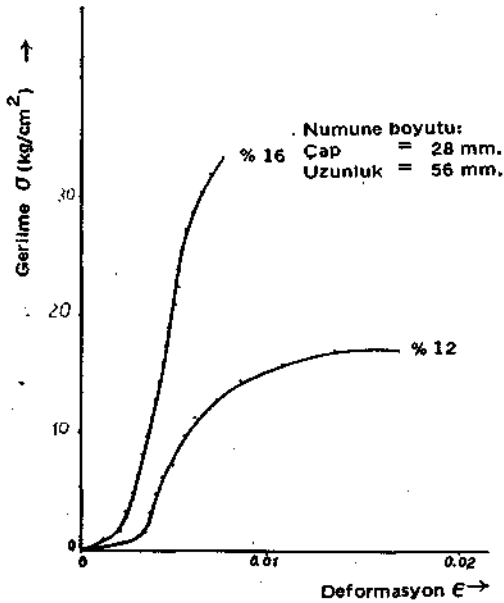
Şekil 7— % 16 çimento içerikli numunelerin üç-eksenli basınç deneyleri sonucu elde edilen Mohr kırılma zarfı.

4.4. Gerilme-Birim Deformasyon Eğrileri

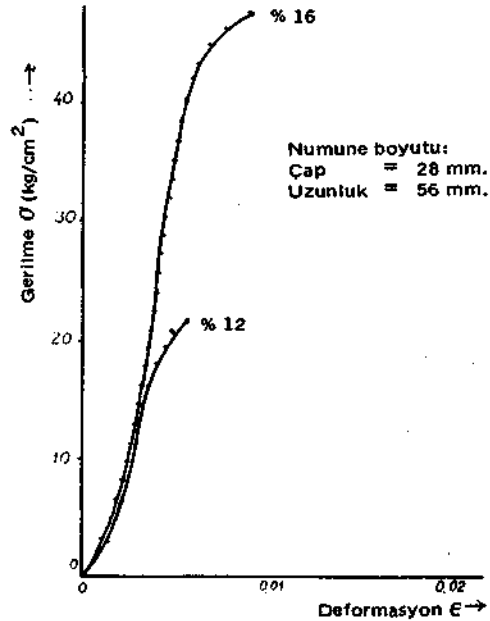
28 ve 56 günlük kür sürelerinden sonra 28 mm çap ve 56 mm uzunluktaki % 12 ve % 16 çimento içerikli numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucu elde edilen gerilme-birim deformasyon eğrileri Şekil 8 ve Şekil 9'da görülmektedir. Çimentolu dolgu oldukça elastik olarak davranmaktadır ve tıpkı basınç dayanımında olduğu gibi malzemenin elastisite modülü (Young modülü) de çimento içeriği ve kür süresine bağlı olarak artmaktadır. Şekil

10, 28 günlük kür süresinden sonra 42 mm çap ve 84 mm uzunluktaki, % 16 çimento içerikli numunenin elastisite modülünü ve Poisson oranını belirlemek için yapılan deney sonucu elde edilen gerilme-düşey birim deformasyon ve gerilme-yatay birim deformasyon eğrilerini göstermektedir.

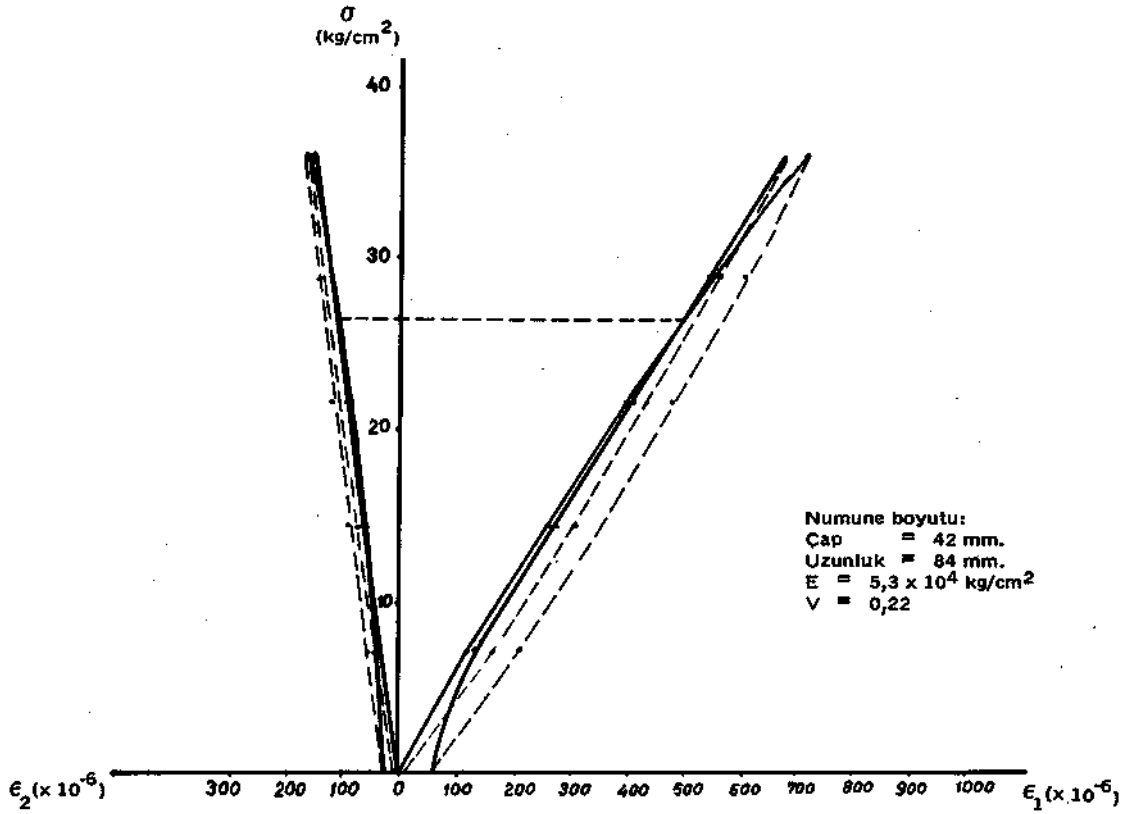
Şekil 10'dan, malzemenin elastisite modülü (Young modülü) $E = 53 \times 10^3$ kg/cm² ve Poisson oranı $\nu = 0,22$ olarak bulunmuştur.



Şekil 8— 28 gün kür süreli, % 12 ve % 16 çimento içerikli numunelerin gerilme-birim deformasyon eğrileri.



Şekil 9— 56 gün kür süreli, % 12 ve % 16 çimento içerikli numunelerin gerilme-birim deformasyon eğrileri.



Şekil 10—28 günlük kür süresi sonunda % 16 çimento içerikli numunenin basınç gerilmesi-düşey birim deformasyon ($\sigma - \epsilon_1$) ve basınç gerilmesi-yatay birim deformasyon ($\sigma - \epsilon_2$) eğrileri.

4.5. Suyun Etkisi

Çimentolu dolgu üzerindeki suyun etkisini incelemek amacıyla, % 12 ve % 16 çimento içerikli numuneler 28 günlük kür süreleri sonunda tartılmıştır. 3 gün su içinde bırakıldıktan sonra tekrar tartılmıştır. 288 mm çapında ve 70 mm uzunluğunda numunelerle yapılan bu deneylerde, % 12 çimento içerikli numunelerin ağırlığı ortalama olarak % 15 oranında artarken, % 16 çimento içerikli olanlar ortalama olarak % 7,7 oranında artmıştır. Bu durum, % 12'lik çimentolu dolgunun % 16'lığa göre çok daha fazla gözenekli ve geçirgen (permeabl) olduğunu gösterir. Doğal olarak, daha gözenekli ve geçirgen malzeme -% 12 çimento içerikli dolgu-özellikle yeraltı su gelirinin fazla olduğu zonlarda duraylılığını zamanla kaybedecektir. Bu nedenle, % 16'lık çimentolu dolgu çok daha duraylı ve güvenilir malzeme olma özelliği taşımaktadır.

5. SONUÇ

Yukarıda açıklanan deney sonuçlarına göre, % 16 çimento içerikli dolgu, % 12 çimento içerik-

li dolguya göre çok daha büyük dayanıma ve elastisiteye sahiptir ve aynı zamanda daha az gözenekli ve geçirgendir. Malzemedeki % 4 çimento farkı her ne kadar maliyeti arttırıcı etken ise de, malzemenin eriştiği mühendislik özelliklerinin çok daha üstün olması nedeniyle % 16 çimento içerikli hidrolik dolgunun seçimi en akıllıca iş olacaktır. Malzemenin yeraltına borularla gönderilmesinde, malzemeye daha iyi bir akışkanlık kazandırmak için, hidrolik dolgunun pülp yoğunluğunun % 50-55 olarak seçilmesinde fayda vardır.

KAYNAKLAR

1. THOMAS, E.G., Fill Technology in Underground Metalliferous Mines, International Academic Services Ltd, Kanada, 1979, s. 9-32
2. ÖNCE, G., "A Study of Ground Control Problems Associated with Mining of a Steeply Inclined Chromite Orebody at Kavak Mine in Turkey" Doktora Tezi, Newcastle-upon-Tyne Üniversitesi, İngiltere; 1982, s. 151-171

