

# Su İle Karıştırılınca Sertleşen Malzemedен Yapılan Galeri Refakat Barajları\*

Yazan  
Dr. - Ing. MANFRED GENTHE

Çeviren :  
VURAL YÜKSELEN \*\*

İleriye doğru çalışılan ayak göçertme metodunda, ayak başı ve ayak dibi galerileri, galeri tavanlarının göçükten etkilenmemesi için emniyete alınmış olmalıdırlar. Bu talebe uygun, yeterli bir galeri emniyet olarak, galeri sürmede veya ayıklama ameliyesinde elde edilen taşlardan ve rambles taşlarından 6 m genişliğinde yapılan mütad galeri kuru taş duvarlarından başka, çift sıra ahşap domuz damlarından veya içlerine taş doldurulmuş domuz damlarından da istifade edilebilir. Müsait jeolojik ve çalışma şartlarında, galeri tavanının emniyeti için, göçük alanının galeriler tarafındaki kenarlarında tek sıra ahşap veya içine taş doldurulmuş domuz damları kurulmasına da çalışma planı açısından müsaade edilebilir. Domuz damları için münhasıran uçları düzeltilmiş yuvarlak ağaçlar veya köşeli ağaçlar kullanılır ve domuz damında ağaç uzunluğu muayyen bir ölçüyü geçmez. Bu uzunluk 2 m'ye kadar olan damar-kalınlıklarında 1,2 m ve kalın damarlarda damar kalınlığının 0,6 katına baliğ olmalıdır.

Elle yapılan kuru taş duvarların bugünün ihtiyaçlarına artık yeterli olmadığı hususunda birleşilmiştir, zira bunların yapımı fazla masrafı gerektirmekte ve ancak kazı hızının düşük olması halinde mümkün olmaktadır. Bugünkü 2 ilâ 2,5 m/gün'lük orta kazı hızlarında, elle çalışılan metodların teknik imkânları yetersiz kalmaktadır, zira kuru taş duvarların ayağı takip edecek şekilde yapımı, kazı hızı bakımından mevcut zamandan daha fazla bir zamanı gerektirmektedir. Ma-

kina ile yapılan kuru taş duvarlarda, yüksek kazı hızlarında aynı güçlüklerle sebep olmaktadır ve aynı sebepten dolayı galeri yanlarında taş topukların yapılması da yasaklanmıştır. E. Brinkmann ve F. Neveling tarafından yapılan basınç deneylerinde taş topukların ağaç domuz damlarına nazaran daha gayri müsait oldukları tesbit edilmiştir. Bu nedenle ileri doğru çalışılan ayak göçertme metodunda, ayak başı ve ayak dibi galerilerinin yanları genellikle tek veya çift sıra ağaç domuz damları ile tahkim edilir.

Ayak göçertme metodunda, galeri yanlarında yapılan tahkimatın vazifesi sadece galeri tavanının emniyeti değildir. Yüksek kazı hızları ve derneğin artması, aynı çalışma şartları altındaki ayakta hava ısısının yükselmesine sebebiyet verirler. Yüksek kapasiteli modern ayaklarda, kısa vardiyaya geçiş için kabul edilen 28°C lık azami ısı hududunun altında devamlı olarak kalınması gibi önemli güçlükler sık sık meydana çıkar. Günlük kazı hızı yüksek olan ayaklarda, ekseriya kuvvetli gaz intişarı güçlükleri de zuhur eder. Böyle durumlarda galeri yanlarında yapılan tahkimatlar (barajlar) havalandırma tekniği yönünden büyük önem kazanır, zira uygun tipte yapılan bir baraj, havanın göçük alanından kısa devre yajrnasını geniş ölçüde önler ve ayak içinde en iyi bir havalandırma? yi mümkün kılar. Bu cins panolar için, hava sızmasını önlemiyen açık ağaç domuz dam-

\* Glückauf 1970 (Sayfa 67-75) den dilimize Çevrilmiştir.

\*\* Mad. Yük. Mühendisi İT.Ü. Maden Fakültesi - İstanbul

larından yapılan basit galeri tahkimatları uygun değildir..

Bu husus, özellikle kendi kendine tutuşma eğilimi olan veya kömür ihtiva eden tavan şistlerine sahip damarlarda ileri doğru ve göçertme metodu ile çalışan ayaklar için de geçerlidir. Bu hallerde galeri yanlarında yapılan tahkimatın hava sızdırmazlığına. olan talep çok önem kazanır, zira göçük alanında kalmış veya tavan taşı ile göçmüş kömür artıklarının sürekli kaçak hava akımları ile temas etmesi gizli yangın tehlikesini yaratır. Bu şekil bir tehlikeye mâruz panolarda, mütad galeri yan tahkimatına ilaveten ekseriya göçük alanının kenarları hava sızdırmaz hale getirilir. Bu ilave tedbir, tercihan taş tozu ve izoköpük gibi sızdırmaz malzemeler ile yapılan kaplamalardan veya galeri yan tahkimatındaki (kuru taş duvar, domuz damı v.s.) boşluklara taş tozunu pnömomatik olarak prese etmekten ibarettir. Bu usullerin ekonomikliği ve uygunluğu hakkında R. Müller'in (6) ve özellikle H. Hunke ile H. Christensen'in (1) esaslı incelemeleri mevcuttur.

Pnömomatik usülle tabii Anhidrit'ten yapılan galeri refakat barajları

Hollanda maden kömürü ocağı 1964 yılında, galeri yan tahkimatına ait yeni bir yapım metodunun geliştirilmesini teşvik etti. Bu metodda yapım süresinin kısaltılması mümkün olmakta ve domuz damı ağaçlarının sevk edilmesi ortadan kalktığı için galeri nakliyesi rahatlamaktadır. Bu sonuncu husus, galeri yan tahkimatının tamamen ağaç domuz damlarından yapıldığı tam mekanize ayak göçertme metodunda ortaya çıkmaktadır, zira kazı hızının günde 6 m den fazla olması ve pano uzunluklarının büyük olması halinde domuz damı ağacı tedarikinde dar boğazlarla karşılaşıldığı dikkate alınmalıdır. Bundan başka havalandırma tekniği veya emniyet açısından ilâve sızdırmazlık tedbirleri gerekli ise, bu panolarda bu işlerin kaidesine uygun şekilde yapılabilmesi için yeterli zaman kalmamaktadır. Bundan dolayı Gelsenkirchen Rheinlbe Bergbau AG de başlatılan geliştirme çalışmaları, hava geçirmiyen ve arazi basıncına karşı dayanıklı galeri ba-

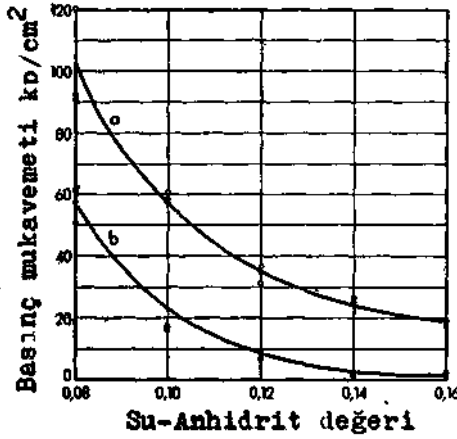
rajlarının geride bulunan bir yerden inşa edilebilmesini mümkün kılan en ekonomik ve yüksek kapasiteli usûlün bulunması hedefine yöneltmiştir.

Baraj dolgu maddesi olarak, Mittelfranken'deki Westdeutsche Gipswerke tarafından üretilen, hidrolik olarak sertleşen bir malzeme, yani tabii Anhidrit öngörülür. Burada madencilik için üretilen bir ürün bahis mevzuudur. Bu ürün, bağlayıcı (madde olarak hazırlanır ve mevzu bahis gaye için 0 ilâ 6 mm lik tane büyüklüğünde (bu ürünün asgari i% 30'unu 0,2 mm nin altında olan tozlar teşkil eder) istihsal edilir. Anhidrit kimyasal bakımdan Kalsiyumsülfat ( $CaSO_4$ ) olup, su ve uygun reaktifler ile birleşince Dihidrat'a ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) dönüşür. Bu dönüşümde reaktifin vazifesi, Anhidrit'in düşük sertleşme hızını önemli ölçüde yükseltmek ve kristalleşmeyi temin etmektir. Bir reaktif kullanılmaması halinde, Anhidrit su ile birleşince dönüşüm çok yavaş olur ve teknik bakımdan istenilen mukavemet değer elde edilemez. Alçı'nın ( $CaSO_4 \cdot 1/2 H_2O$ ) su ile karıştırılması halinde de Dihidrat meydana gelir. Bu halde, hiç şüphesiz bir reaktifin ilavesi gerekli değildir. Alçıdan elde edilen Dihidrat, Anhidrat'tan elde edileden farklıdır. Bu fark, kimyasal bileşim bakımından olmayıp, teşekkül eden kristallerin büyüklüğü ve fiziksel özellikleri ile alakalıdır. Kristaller ne kadar büyük olurlarsa ve birbirleri ile ne kadar kuvvetli bağlanmışlarsa, Dihidrat'ın mukavemeti de o kadar yüksektir. Anhidrat'tan elde edilen Dihidrat'ın kristalleri. Alçıdan elde edilenlere nazaran daima daha büyüktür ve daha yüksek mukavemete sahiptir.

Hidrolik şekilde sertleşen dolgu maddesi olarak Anhidrit, galeri yan barajlarının yapımı için özellikle uygundur, zira uygun bir reaktifin ilavesi ile nisbepeten erken sertleşmeye başlar ve sonunda beton mukavemetine eşit bir mukavemete ulaşır. İlk zamanlardaki mukavemetin yeterli ölçüde olması önemlidir, zira galeri yan barajının taze kısımları tavandan gelecek ilk yükleri karşılayacak direnci göstermelidir. Uygun bir reaktif olarak, bir ölçü  $K^c$  ile 1,8 ölçü (Fe

So<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O) dan meydana gelen bir karışım kullanılabilir. İlave edilen reaktif, tabii Anhidrit ağırlığının % 1 miktarındadır.

Bu reaktifin kullanılması halinde, donma zamanında 24 saat sonra yapılan deneyler neticesinde elde edilen mukavemet değerleri Şekil 1 de görülmektedir. Hidrolik olarak donan bütün maddelerde olduğu gibi tabii Anhidrit'te de, tam hidratasyon için gerekli su nisbeti aşılar aşılmaz Su-Katı madde-Değerinin artması ile mukavemet düşer. Buradaki Su - Katı madde-değerinden veya bahis mevzuu lözd haldeki (Su -Anhidrit- değerinden anlaşılabilir), karışıma katılan suyun litre olarak hacmi ile kullanılan katı madde mik-



a 22 °C lik isi ve % 40 relatif rutubet şartlarında  
b 81,5 °C lik isi ve % 74 relatif rutubet şartlarında

geldi: 1 — 24 saatlik »sertleşme küresinden sonra, (Su -Anhidrit- değerine bağ olarak {tabii Anhidrit'in basınç mukavemeti (küp şeklinde numuneler kullanılması ile).

TABLO 1

Sn ile karıştırılınca sertleşen malzemelerin tane büyüklükleri

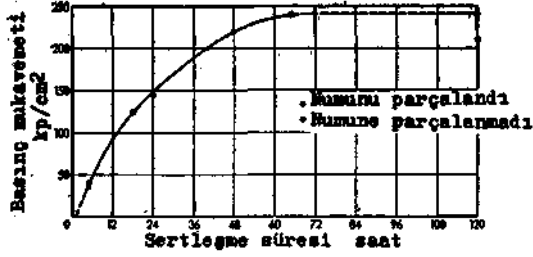
Tane büyüklüğü mm.	Sentez Anhidrit Ağırlık %	Tabii Anhidrit Ağırlık %	Çabuk sertleşen malzeme Ağırlık %
5	—	1,4	0,9
3	—	15,2	0,3
2	—	17,5	0,6
1	0,7	19,3	2,3
0,5	3,1	13,4	1,2
0,2	14,9	8,6	1,3
0,1	23,4	3,5	3,7
0,06	28,4	2,9	28,6
0,06	29,5	12,2	61,0

tannin ağırlığı arasındaki orandır. Deneylerin yapılmış olduğu ortamda sıcaklık 22°C ve relatif rutubeti % 40 olup şu neticeler elde edilmiştir: 0,08 lik Su - Anhidrit - değerinde en yüksek mukavemet takriben 105 kp/cm<sup>2</sup> ve su nisbetinin iki misli olması halinde en düşük mukavemet takriben 20 kp/cm<sup>2</sup>. Halbuki daha önceden yapılan denemelerde bulunan maksimum mukavemet, Su-Anhidrit-değerinin 0,1 ilâ 0,12 olması halinde elde edilmişti. Tabii Anhidrit'in bu farklı nisbetinin sebebi, tane dağılımındaki istikrarsızlıktır. Bunun da nedeni malzemenin, yüklenme ve nakliye sırasında tane büyüklüklerine göre gruplara ayrılması olayının kaçınılmaz olmasıdır. Esas olarak tane büyüklüğünün artması ile maksimum mukavemet, düşük Su —Katı madde— değerlerine doğru kayar, zira hidratasyon için (gerekli su nisbeti, katı madde özgül yüzeyinin bir fonksiyonudur ve bu su nisbeti artan tane büyüklüğü ile azalır, Özel deneyler göstermiştir ki, hidratasyon olayı bütün malzemede vuku bulmayıp sadece Anhidrit tanelerinin yüzeylerinde olmaktadır. Tane ne kadar büyük ise birim hacimde birbirine bağlanan toplam yüzey de o kadar küçüktür ve dolayısıyla bağlanma olayı için gerekli su miktarı da o kadar\* düşük olur. Su nisbeti bütün tane yüzeylerinin birleşmesi için yeterli değilse, tabii Anhidrit'in mukavemeti de azalır. Denemelerde mümkün olan en iyi değer olarak tesbit edilmiş olan 0,08 lik fevkalâde düşük Su —Anhidrit— değerinde, 0,2 mm nin altındaki toz yüzdesi öngörüldüğü gibi asgari % 30 olmayıp sadece % 18,6'ya baliğ olur (Tablo 1).

Eğer malzeme pnömatik olarak naklediliyorsa, tabii Anhidrit'in mümkün olan en iyi Su —Katı madde— değeri sadece teoriktir. Tecrübe ile sabittir ki, pnömatik nakliyyede muayyen bir Su —Katı madde— değerinin muhafaza edilmesi mümkün değildir. Bundan başka pratikte nakliye sırasında toz teşekkülü olduğu için, önceden tesbit edilen düşük su nisbetine nazaran yüksek su nisbeti ile çalışılır.

Donan tabii Anhidrit'in nihai mukavemeti, deneylere göre 130 ilâ 150 kp/cm<sup>2</sup> arasında olup optimal saha içindedir. Mukaveme-

tin zamana bağılı olarak gelişimi Şekil 2 de gösterilmektedir. İmalatçı firma tarafından yapılan deneylerde genellikle yüksek mukavemet değerleri, kendi deneylerimizde kullanılmış olan parçalardan daha küçük parçaların kullanılmasına atfedilir. Tablo 2 de gösterildiği gibi numune parçalarının şekli ve büyüklüğü malzemenin basınç mukavemetine tesir etmektedir.



(Şekil : 2 — 0,2 mm.'nin altında olan. tane bütünlüğü kdsbetim % 34 ve maksimum tane büyüklüğü 6 mm ve Sn - Anhidrit - değerinin 0,12 olması halinde donana framanma bağh olarak tabii Anhidrit'in basınç mukavemeti.

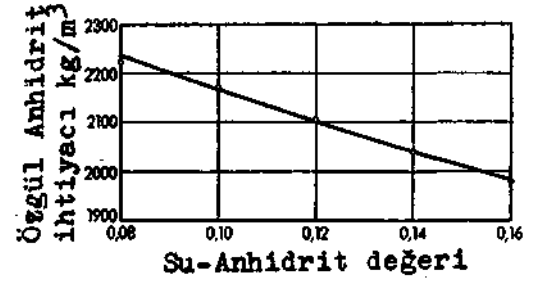
TABLO 2

Numune parçası şekil ve bütünlüğünün basınç mukavemeti üzerindeki etkisi (van Duyse'ye göre)

Numune şekli	Boyutlar cm	Basınca maruz alan cm²	Basınç mukavemeti	
			kp/cm²	%
Silindir	d = 11,3	100	968	100
Küp	10x10x10	100	810	= 85
Küp	20x20x20	400	763	= 80
Dikdörtgen prizma	50x33x20	1650	516	= 55

Mukavemet gibi tabii Anhidrit özgül ihtiyacı da Su —Katı mdade— değerine bağlıdır ve 0,08 lik bir değerinde doldurulacak 1 m³ hacim için 2230 kg'a veya 0,12 lik Su —Katı Anhidrit— değerinde 2100 kg'a baliğ olur (Şekil 3). Su —Katı madde— değeri ile olan münasebet, hidrolik olarak donan maddeler için tipik bir özelliktir.

Tabii Anhidrit'ten galeri yan barajları için geliştirilen yapım metodu, püskürtme betonuna ait Torkret metoduna dayanır ve Holland, Alstaden, Recklinghausen ve mont Cenis kömür ocaklarından şimdiye kadar başarı ile uygulanmıştır. Ekseriya, tercihen is-



Şekil : S — Maksimum tane büyüklüğünün j6 mm. Ve 0,2 mm.'den küçük tane büyüklüğü nisbetinin % SO'un Üstünde obuası talinde, muhtelif Su - Anhidrit - değerleri için tabii Anhidrit özgül ihtiyacı.

tihsal galerisinin başında bulunan sabit ve nakliye tekniği bakımından maksada uygun bir sevk yerinden, ufanmış Anhidrit, 50 mm. çaplı özel bir boru hattı ile pnömatik olarak ayak girişine kadar nakledilir. Burada katı madde, borudan çıkış esnasında su ve reaktif ile karıştırılır ve hazırlanan baraj boşluğuna doldurulur. Malzemenin iri taneli olması özelliğinden dolayı az miktarda su kullanılır. Bu nedenle de tulumlarla yapılan hidromekanik nakliyyeye lüzum kalmaz ve sadece pnömatik nakliye bahis mevzuu olur. Anhidrit bir siloda depolanmadığı takdirde sevk istasyonu olarak, açık vagonlarla torbasız olarak nakledilen malzemenin kısa bir nakil arasına yüklenmesini sağlayan bir tumba tesisi kullanılır. Bu kısa nakil aracı, ya bir lastik bant veyahut bir zincirli konveyör olup, Anhidrit'i Torkret - Beton püskürtme makinasına sürekli şekilde sevk eder. S3 tipi Torkret - Beton püskürtme makinası, bir nakil cihazı olarak şimdiye kadar tercihen kullanılmış olup, 50 mm. çaplı normal bir boru hattına bağlı olarak çalışır. Tahrik cihazı olarak bir pnömatik ramble makinasının kullanılması ile yapılan ilk denemeler başarılı olmamıştır, zira makinanın gözlü çarkında sıkışma husule gelmiştir. Bununla beraber konstrüktif güçlükler, Alstaden kömür ocağı ile Bochum'daki Kari Bröden makina fabrikasının müşterek çalışmaları neticesinde ber- taraf edilmiştir ve S3 tipi Torkret - Beton püskürtme makinasına nazaran daha yüksek kapasiteli pnömatik ramble makinalarının kısa bir zaman içinde yapılması beklenmektedir. S3 tipi Torkret - Beton püskürtme makinası ile şimdiye kadar ulaşılan maksimum

nakil mesafeleri, Hollanda kömür ocağında ancak ufki nakliyyede takriben 400 m. ve Alstaden kömür ocağında meyilli nakliyyede 500 m. dir. Tecrübeler göstermiştir ki, bu mesafeler bu makina kapasitesinin mutlak sınırları olarak kabul edilmelidir.

Ruhr bölgesinde ayak ilerleme hızının düşük olduğu diğer bir maden kömürü ocağında, tabii Anhidrit için nakil aracı olarak vagonlar kullanılmaktadır. Bu ayağın özeliği nedeniyle vagonların kullanılması ekonomk faydalar sağlamaktadır. Böyle bir gaye için vagonların kullanılması prensip olarak ancak şu durumda uygundur : Lüzumlu günlük malzeme miktarının daimi olarak tam zamanında karşılanmasını mümkün kılacak ve malzeme gelmemesinden dolayı yapım yerinde bekleme zamanını bertaraf edecek sayıda vagonun, maden kömürü ocağında mevcut olması halinde, Yüksek kazı hızlarında, kalın damarlarda ve çok sayıda ayak olması halinde, bu şekil Anhidrit nakliyesinde dar boğazların husule gelmesi önlenemez.

Anhidrit'n baraj alanına doldurulması işleri nakil cihazı tipine bağlı değildir. Boru hattının ucuna bağlanan elastik bir lastik hortumdan baraj hacmine pürkürtülen Anhidrit'e, püskürtme başlığında reaktifle karıştırılmış su verilir. Su akımı ve suyun katı maddeye karıştırılması, baraj alanında bulunan bir işçi tarafından ayarlanır. Su - Reaktif karışımı püskürtme işi başlamadan önce özel bir tank içinde hazırlanır. Bu tank, nakil makinasının yanına yerleştirilmiş olup, baraj alanındaki ucu püskürtme ağız ile irtibatlı ve lastik hortumun veya borulardan müteşekkil özel bir su boru hattına bağlanır. Su - Reaktif karışımının hazırlanması ve muhafazası için tank olarak, 2 m<sup>3</sup> hacimli açık bir kap veyahut 600 ilâ 700 lt. lik bir tazyikli depo kullanılır.

Su - Reaktif karışımı tazyikli depodan, depo içine tazyikli havd verilmesi suretiyle boru hattına sevk edilir. Zurnan biriminde, boru hattı ile sevk edilen Su - Reaktif karışımının Nisbeten düşük miktarda olmasından dolayı, yeterli bir nakil mesafesine erişebilmek için bu sekide temin edilen çıkış basıncı yeterlidir.

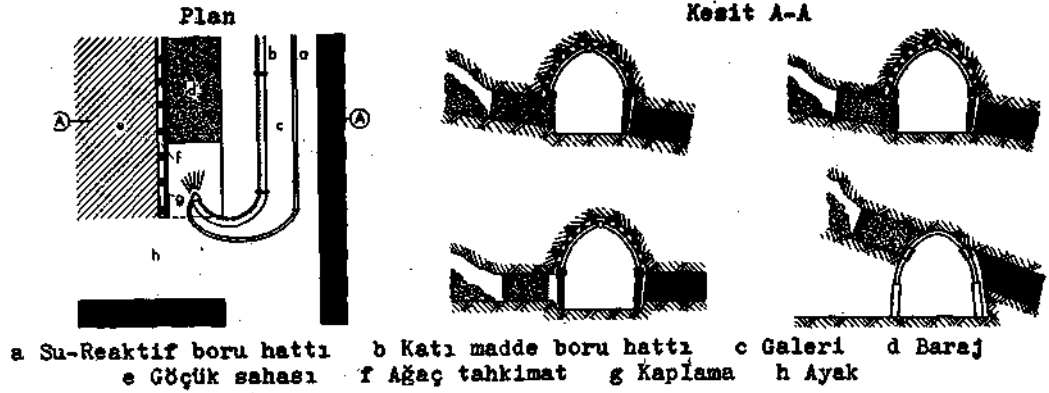
Bununla beraber boru hattının büyük eğimde olmaması ön şarttır. Su - Reaktif karışımının hazırlanması için açık bir tank kullanılması halinde bu karışım, tank içine sarkıtılan ve Su-Reaktif boru hattına bağlanan bir dalgiç tulumba ile sevk edilebilir.

Baraj alanının hazırlanması, ekseriya hemen kazı vardiyasında başlar. Ayak azğı alanındaki çelik tahkimatın sökülmesinden önce veya tahkimatın yapılmasından hemen sonra, güvenlik nedenlerinden dolayı galeriye paralel bir sıra ağaç direk dikilir. Bu ağaç direk dizisinin galeriye olan uzaklığı, galeri yan barajının genişliğine eşit olmalıdır. Böylece bu direkler, barajın göçük sahası tarafını da kapatmış olurlar. Baraj dolgu maddesinin göçük alanına akmasını önlemek için direklerin geleri tarafındaki yüzlerine tahta veya branda bezi çalıklar (Şekil 4'de şematik olarak gösterildiği gibi, benzer şekilde barajın galeri tarafındaki yüzünün de kapatılması imkanı mevcuttur. Baraj alanının kömür arını tarafındaki yüzü, içeri doğru püskürtme işini kolaylaştırmak için açık bırakılır. Normal rutubete sahip baraj dolgu maddesi, nisbeten dik bir şevelde edilmesini mümkün kılar.

Şimdiye kadar tabii Anhidrit'ten yapılan galeri yan barajlarının genişliği, damar kalınlığına göre 1,2 ilâ 2,5 m. arasındadır. Anhidrit için 35 DM/ton'luk ve reaktif için 240 DM/ton'luk fiyatların esas alınması şartıyla, 0,1 lik Su —Anhidrit—değerinde tabii Anhidrit'in özgül malzeme maliyeti 78,35 DM/m<sup>3</sup> olarak hesap edilir. Sonradan tesbit edilebilmiş olan randımanlar, kazı hızına, damar kalınlığına ve organizasyon şekline bağlı olup 1,2 ilâ 1,65 m<sup>3</sup>/adam-vardiya arasında değişmektedir. 85 DM/adam-vardiya'lık bir yevmiye üzerinden hesaplanan işçilik masrafları 51 ilâ 71 DM/m<sup>3</sup>'e baliğ olur.

Hidromekanik usulle sentetik Anhidrit'ten yapılan galeri refakat barajları :

Su ile karıştırılınca donan diğer bir malzeme, yani sentetik Bayer-Anhidrit, ilk defa 1968'de yeraltı maden işletmelerinde başarıyla kullanılmıştır. Bu malzemenin, önceleri sadece ocak yangınları mücadelesinde infilaklara dayanıklı ön barajlar için baraj yapım



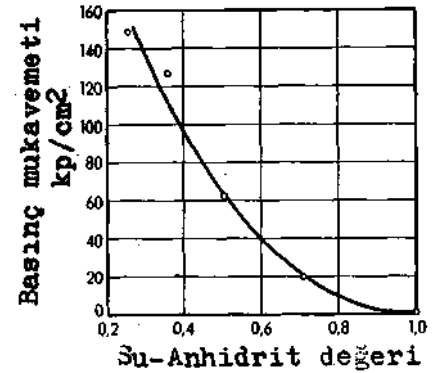
Şekil : 4 — Su ile karıştırılınca donan malzemeden yapılan galeri yan barajları

maddesi olarak kullanılması öngörülmüş ise de (7), daha sonra Rheineble Bergbau AG'de galeri yan baraj için de denenmiştir. Tablo 1'de elek analiz rakkamlarının ifade ettiği gibi sentetik Anhidrit, tabii Anhidrit'e nazaran daha ince taneli olduğu için, evvelâ su ile karıştırdıktan sonra hidromekanik olarak nakledilir. Bu gaye için geliştirilen nakliye usulü M. Genthe tarafından etraflı şekilde incelenerek izah edilmiştir (7).

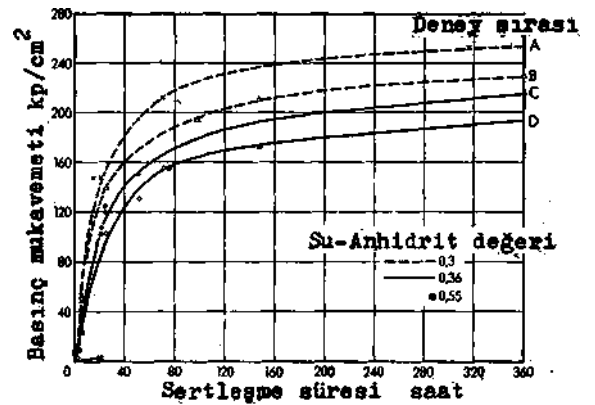
Sentetik Anhidrit, Fluorit ve Sülfirik asit'ten Hidrofluorik asit üretiminde yan ürün olarak elde edilir ve donmuş halde, tabii Anhidrit'ten elde edilen Dihidrat'tan sadece teşekkül eden kristallerin şekli ve büyüklüğü bakımından farklıdır. Eğer yeterli bir mukavemet değerine ulaşılması gerekiyorsa, sentetik Anhidrit'in Dihidrat'a dönüşmesi için de bir reaktife lüzum vardır. Hidromekanik usûlde reaktif, sadece Dihidrat'ın mukavemet özelliği bakımından değil aynı zamanda pulp'un kusursuz şekilde nakfedilmesi için de büyük önemi haizdir. Malzemenin baraj yerine doldurulmasından mümkün olduğu kadar bir müddet sonra muayyen bir ilk mukavemete sahip olması isteniyorsa, pulp bir müddet tankta tulumba ile sevk edilmeye hazır şekilde bekletilir. Burada kullanılan reaktif karışımı da, tabii Anhidrit'te olduğu gibi (Fe So<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O) ve (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ten ibaret olup aralarındaki oran 1 : 1 dir.

25 saatlik donma zamanından sonra normal sıcaklıkta bu reaktif ile elde edilen basınç mukavemetleri (küp şeklindeki numuneler ile) Şekil 5'de görülmektedir. Sentetik

Anhidrit pulpunun kusursuz şekilde pompalanması için üst sınır olarak kabul edilen 0,36 lık Su-Anhidrit- değerinde basınç mukavemeti yaklaşık olarak 120 kp/cm<sup>2</sup> ye bağlı olur. Artan donma müddeti ile, basınç mukavemeti yükselir ve nihai halde takriben 200 kp/cm<sup>2</sup> ulaşır (Şekil 6).

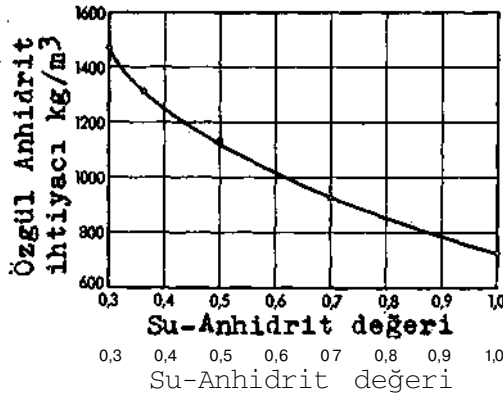


Şekil : 5 — 24 saatlik donma izamanından sonra, Su-Anhidrit- değerine bağlı olarak Sentetik Anhidrit'in basınç mukavemeti.



Şekil : 6 — Donma zamanına bağlı olarak sentetik anhidrit'in basınç mukavemeti (küp şek Hinde numunelerin kullanılması ile).

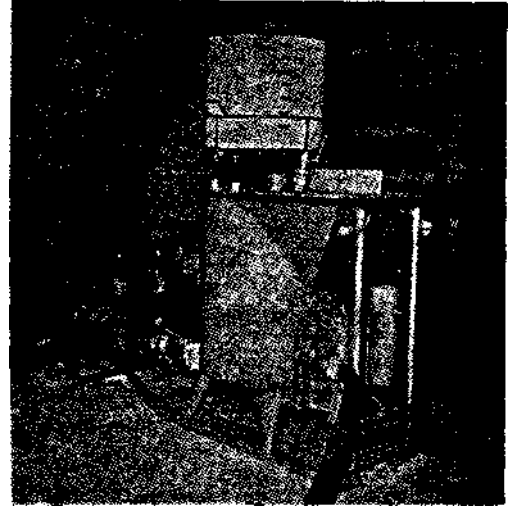
Muayyen basınç mukavemetine sahip 1 m<sup>3</sup> Dihidrat için katı madde ihtiyacı, sentetik Anhidrit kullanılması halinde tabii Anhidrit'e nazaran daha düşüktür. Bunun sebebi Anhidrit'in yüksek ufalanma derecesi ve büyük kimyasal aktivitesidir. ki, aynı mukavemet değer için daha fazla su kullanılması mümkün olur. 1 m<sup>3</sup> baraj hacmi için, 0,36 lık Su-Anhidrit-değerindeki pulp, 1320 kg. sentetik Anhidrit'e ihtiyaç gösterir. Artan su nisbeti ile özgül katı madde ihtiyacının azalması Şekil 7'de görülmektedir.



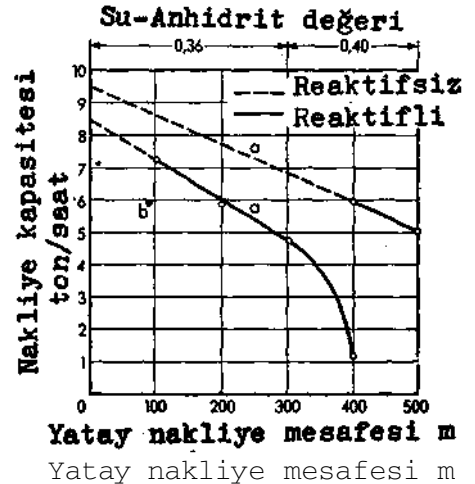
Şekil : 7 — Muhtelif Su - Anhidrit - değerlerinde Anhidrit Pnlpunun hazırlanması için sentetik Anhidrit'e olan özgül ihtiyaç.

Sentetik Anhidrit'in hazırlanan baraj alanına sevk edilmesi için, Paul Pleiger Maschinenfabrik und Metallgiesserei tarafından imal edilmiş PD 3W6 tipi 26 kp/cm<sup>2</sup> basıncı sahip bir pistonlu tulumba ile tulumbanın emme borusuna bağlanan, su ölçme tertibatını haiz bir turbo karıştırıcı kullanılır (Şekil 8). Su ölçme tertibatı seri şekilde imâl edilmemektedir, fakat istenilen Su-Anhidrit-değerinde bir pulp'un hazırlanmasını mümkün kıldığı için tesisin önemli bir unsurudur. Reaktif, turbo karıştırıcının karıştırma kazancında suya ilâve edilir, sonra da sentetik Anhidrit kazana doldurulur. Hazırlanmış pulp, 52 mm. çaplı bir itfaiye hortumundan baraj alanına pompalanır. Lastik hortum,, içi lastik kaplama poliester kumaştan imâl edilmiş olup 100 kp/cm.<sup>2</sup> lik basınca mukavimdir.

Bu karıştırma ve sevk tesisinin kapasitesi, denemeler neticesinde tesbit edilmiş ve yatay sevk mesafelerine bağlı olarak Şekil 9'da gösterilmiştir. Deney neticeleri ve işletme sırasında elde edilen tecrübeler göstermekte-



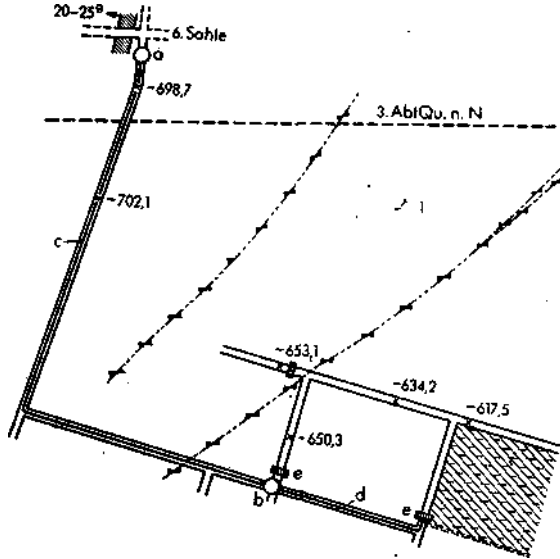
Şekil : 8 — Turbo karıştırıcı ve pistonlu tulumba.



Şekil: 9 — Sentetik Anhidrit isin hidromekanik nakliye tesisinin kapasitesi.

dir ki, hidromekanik mukayese edilebilir bütün pnömatik usüllere nazaran kapasite bakımından oldukça avantajlıdır. Bundan başka sevk mesafesinin artması ile beklenen kapasite düşüklüğü, pnömatik usûlde hidromekanik usûle nazaran daha yüksektir. Bununla beraber şu mahzurlar görülür; Sentetik Anhidrit pulpu, muntazam şekilde karıştırılmış olan reaktifli haiz olmasına ve 0,36 lık Su-Anhidrit- değerinde hazırlanmış olmasına rağmen 200 m. lik bir mesafeye pompalanabilir ve sertleşmeden dolayı boru hattı içinde tıkanıklıklar husule gelir. Bu güçlüklerin bertaraf edilmesi için, büyük sevk mesafelerinde

seri olarak bağlanan iki tulumba istasyonu kullanılır. Birinci istasyonda sadece Anhidrit - Su karışımı sevk edilir ve reaktif ikinci istasyonda karıştırılır. Zira reaktif ilave edilmemiş olan Anhidrit-Su karışımı, mevcut sevk kapasitesi ile 200 m. den oldukça fazla mesafelere pompafonabilir. İlave tulumba istasyonu istenilen bir mesafede kurulur. Yalnız bu ilâve istasyonun baraj alanından uzaklığı 200 m. den fazla olmamalıdır. Şekil 10'daki gösterilen durumda, Minister Stein maden kömürü ocağında maksimum seviye farkının 80 m. olduğu eğimli bir galeride 360 ve 460 m. lik mesafelerde iki galeri yan barajı yapılmıştır. Ortalama sevk kapasitesi 4,2 ton/saat dir.



- Birinci tulumba istasyonu: Reaktif Anhidrit pulpunun hazırlanması.
- İkinci tulumba istasyona: Reaktif ilâve edilmesi
- 52 mm çaplı PD 100 lastik bora hattı: Reaktif Anhidrit pulpunun sevk edilmesi için
- 52 mm çaplı lastik boru hattı: Reaktif pulpunun sevk edilmesi, için
- Tapılan barajlar

Şekil : 10 — 80 m.lik seviye farkında 360 ve 460 m. lik mesafelerde sentetik Anhidrit'ten [ , yapılan iki baraj.

Rheinbe Bergbau AG'de sentetik Anhidrit'ten galeri yan barajları ile bir çok başarılı deneme yapılmıştır. Hollanda kömür madeni ocağında 1,2 m. kalınlığında olan Ernestine damarında enteresan bir ayak bir müd-

detten beri çalıştırılmaktadır. Burada ortalama makazı hızı 8 m/gün ve azami kazı hızı 10 m/gün olup, hava giriş galerisinde sentetik Anhidrit ve hava çıkış galerisinde diğer bir malzeme kullanılmaktadır. Galeri yan barajının genişliği 1 m. dir. Halen Anhidrit barajının uzunluğu 350 m/ye ulaşmıştır; Birinci istasyondan takriben 200 m. mesafede ikinci bir tulumba istasyonu kurulmuştur. Sentetik Anhidrit'ten yapılan galeri yan barajlarında baraj hacmi, tabii Anhidrit barajlarında olduğu gibi benzer şekilde kaplamalar ile çevrilir. Ancak kömür arını tarafına da kaplama yapılması gerekir; Malzemenin değişik özellikte olmasından dolayı branda bezi kullanılması mümkün değildir. Bununla beraber sızdırmaz bir kaplama da gerekli değildir, zira en son tecrübeler göre göçük alanı tarafından ağaç direklere tahtaların çakılması ve bunun üzerine yelken bezi gerilmesi ile yapılan bir kaplama yeterlidir, buna mukabil galeri tarafından saç kaplama lüzumludur.

0,36 lik br Su-Anhidrit değerinde, sentetik Anhidrit özgül malzeme masrafı 64,20 DM/m.<sup>3</sup>'e baliğ olur. Burada sentetik Anhidrit fiyatı 38 DM/ton ve reaktif fiyatı 550 DM/ton olarak kabul edilmiştir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda randımanlar, 1,85 ilâ 2,15 m.<sup>3</sup>/adam - vardiya olup, 85 DM/adam-vardiya'lık yevmiye esas alınarak özgül işçilik maliyeti 39,50 ilâ 46 DM/m.<sup>3</sup> olarak hesap edilmiştir.

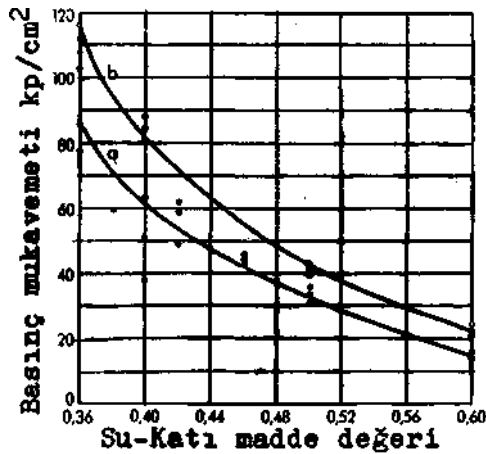
Hdromekanik usülle çabuk sertleşen malzemedden yapılan galeri refakat (barajları :

Tabii Anhidrit'in veya sentetik Anhidrit'in kullanılması halinde, ortam ısısının yükselmesi ile donma hızı ve nihai mukavemet düşer. Dolayısıyla bu malzelerin, rutubetli ve sıcak havaya sahip maden ocaklarında kullanılmaları uygun değildir. Şekil Tden anlaşılmaktadır ki, her altında 31,5°C lik sıcaklıkta ve % 74 lük relatif rutubette hazırlanmış olan küp şeklindeki tabii anhidrit numuneleri ile 24 saatlik donma düresinden sonra yapılan deneylerde, 22°C lik ısıda ve % 40 lik relatif rutubette yapılan deneylerde elde edilen basınç mukavemeti değerlerinin ancak % 10 ilâ 50'sine ulaşmıştır. Sentetik Anhidrit, öz-



göl yüzeyinin büyük olması nedeniyle yüksek sıcaklıklarda tabii Anhidrit'e nazaran daha elverişsizdir. Bir ayak başı galerisinde sentetik Anhidrit'ten galeri refakat barajı yapılması gerekmiş ve neticede parçalanmıştır, zira malzeme sertleşmesi yetersiz olmuş ve 24 saatlik donma süresinden sonra basınç mukavemeti ancak  $2 \text{ kp/cm}^2$ 'den biraz fazla olabilmektedir. Baraj sahasındaki hava ısısı, % 85 lik relatif rutubette  $33,5^\circ$  idi.

Anhidrit'in ısı hassasiyetinden dolayı meydana gelen bu boşluğu doldurabilecek diğer uygun bir baraj maddesinin bulunması için Eisa Zementund Ka'kwerken AG, Neubeckum tarafından yapılan deneler sonucunda «çabuk donan baraj malzemesi» imâl edilmiştir. Çabuk donan baraj malzemesinde Anhidrit gibi süratle sertleşen bağlayıcı bir maddedir. İmalatçı firmanın verdiği bilgiye göre bu malzemenin bileşimi; % 54 çimento klinker'i, % 40 Marn (% 68 ilâ 70 CaCoo ihtiva eden), % 1 Kalsiyum klorid ve % 5 hafif pişirilmiş Lepol fırını klinker'inden meydana gelir (ağırlık nisbetleri). Hafif pişirilmiş Lepol fırını klinker'i öğütülmüş bir ham madde olup, döner fırınların Sinter zonunda  $1000$  ilâ  $1100^\circ\text{C}$  lik ısıda elde edilen % 77,5 ilâ 78 CaCos ihtiva eden Marn dir. Anhidrit'in aksine çabuk donan baraj malzemesi, artan sıcaklık ile kimyasal bakımdan daha aktif olur. Şekil 11'de gösterildiği gibi 24 saatlik donma

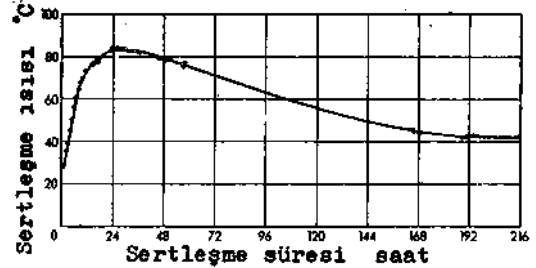


- a.  $23^\circ\text{C}$  rst ve % 36 relatif rutubet şartlarında  
b.  $32^\circ\text{C}$  ası ve % 72 (relatif rutubet şartlarında)

Şekil : 11 — Sn - katı madde - değerine bağlı olarak (24 saatlik donma süresinden sonra çabuk sertleşen baraj malzemesinin basınç mukavemeti.

süresinden sonra  $32^\circ\text{C}$  lik ısı ve % 72 relatif rutubette tesbit edilen basınç mukavemeti değerleri,  $23^\circ\text{C}$  lik ısı ve % 36 relatif rutubette yapılan deneylerde ulaşılan değerlerden % 25 ilâ 45 daha yüksektir. 24 saatlik donma süresinden sonra,  $0,36$  lik bir Su-Katı madde - değeri için mukavemet,  $23^\circ\text{C}$  da  $85 \text{ kp/cm}^2$  ve  $32^\circ\text{C}$  da  $115 \text{ kp/cm}^2$  dir. Çabuk sertleşen baraj malzemesinin nihai mukavemeti, şimdiye kadar yapılan deneylerin neticesine göre  $190 \text{ kp/cm}^2$  dir.

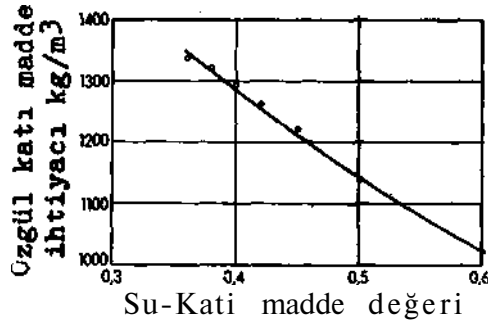
Çabuk sertleşen baraj malzemesi, dikkate değer bir reaksiyon ısısını meydana getirir ve bu bakımdan Anhidrit'ten farklıdır. Çabuk sertleşen malzemeden yapılan bir galeri refakat barajında yapımdan 24 saat sonra  $85^\circ\text{C}$  lik bir maksimum ısı tesbit edilmiştir. Zamana bağlı olarak ısı tesbit edilmiştir. Zamana bağlı olarak ısı değişimleri Şekil 12'de görülmektedir. Sıcaklık, ortama çok yavaş olarak geçer. Hava akımında, yüksek bir ısı yükselmesi veya yangın tehlikesi beklenmez.



Şekil 12.  $32^\circ\text{C}$  lik sıcaklığa sahip hava akımında ve % 77,5 relatif rutubette çabuk sertleşen malzemeden yapılan bir galeri refakat barajında donma ısısından.

Çabuk sertleşen malzeme pulpu, sentetik Anhidrit'te olduğu gibi aynı Su - Katı madde-değerleri ve aynı tesisler ile hidromekanik olarak nakledilir.  $0,36$  lik Su - Katı madde - değerinde çabuk sertleşen malzeme özgül ihtiyacı  $1350 \text{ kg/cm}^3$ 'e baliğ olur. Su nisbetinin yüksek olduğu hallere ait değerler Şekil 13'den bulunabilir.

Holland kömür madeni ocağında ki Ernestine damarında göçertme metoduna göre çalıştırılmakta olan ayağın ayak başı galerisinde, çabuk sertleşen malzemeden bir galeri refakat barajı yapılmaktadır (Şekil 14). 1,2 m.



Şekil : 13 — Değişik Su - Kati madde - değerlerinde ftompalanabilir pulp'ian yapılması için «abuk sertleşen malzeme ihtiyacı.



lik damar kalınlığı ve 1m . lik genişlikte yapılmakta olan barajın uzunluğu halen 350 m.' ulaşmış olup, barajda her hangi bir hasar görülmemiştir. Ara tulumba istasyonu ile hidromekanik nakliye uzunluğunun 530 m.'-ye baliğ olmasına rağmen yapım sırasında şimdiye kadar her hangi bir güçlkle karşılaşılmamıştır.

Çabuk sertleşen baraj malzemesinin fiyatı 1/ DM/ton olup, özgül malzeme masrafları 63,50 DM/m.<sup>3</sup> olarak hesaplanır. Şimdiye kadar tesbit edilen, ortalama randıman 1,92 m.<sup>3</sup>/adam -vardiya dır. 85 DM/adam -vardiyalık yevmiye esas alınarak özgül işçilik masrafları 44,20 DM/m.<sup>3</sup> olarak bulunur.

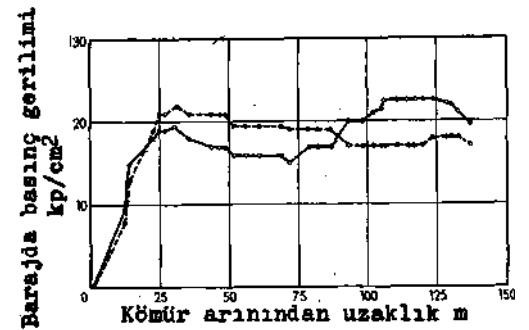
#### Özet ve Sonuç

Su ile karıştırılınca sertleşen malzemeden yapılan galeri refakat barajları rijit tahkimatlardır ve nihai mukavemet değerlerinin % 0,5 ilâ 1,5'u kadar fazla bir basınca ma-

ruz kalınca parçalanırlar. Bundan dolayı bunların tahkimat tekniği bakımından vazifesi, baraj hacmi ve galeri üstündeki tabakaların çözülmesini geniş ölçüde azaltmak ve bu sahadaki tavadan gelen yükü deformasyona uğramadan karşılayabilmektir. Ağaç domuz damları ile bu cins malzemeden yapılan kombine barajlar elverişsizdir, zira sağlam ağaçlar ancak, tavan basıncının asgari % 20'sinin alınmasından sonra, su ile sertleşen malzemenin mukavemetine eşit bir direnç gösterirler. Böylece arazi basıncına maruz kalınması halinde, ewelâ su ile karıştırılınca sertleşen malzemeden yapılan baraj kısmı bütün yükü alır ve bu kısmın parçalanmasından ve tavanın uygun miktarda alçalmasından sonra domuz damı yük taşıyıcı bir eleman olarak vazife görür.

Bu konuda, baraj sahasında hangi basınç yükü ile hesap yapılacağı ve galeri refakat barajının geliştirilmesi suretiyle özgül alan yükünün azaltılıp azaltılmayacağı problemi ortaya çıkar. Holland kömür madeni ocağında su ile karıştırılınca donan malzemeden inşa edilmiş iki galeri refakat barajında basınç ölçmeleri yapılmaktadır. Bu ölçmelerden şimdiye kadar elde edilen sonuçlar Şekil 15 de grafik olarak gösterilmiştir. Buna göre kömür arınından 135 m'ye kadar olan mesafede 22,5 kp/cm<sup>2</sup> lik basınç geriliminden büyük değerlere rastlanmamıştır. Kömür arınından takriben 25 m. lik mesafeden sonra maksimum basınca ulaşıldığı hesaplanmaktadır. Ölçmeler devam etmektedir.

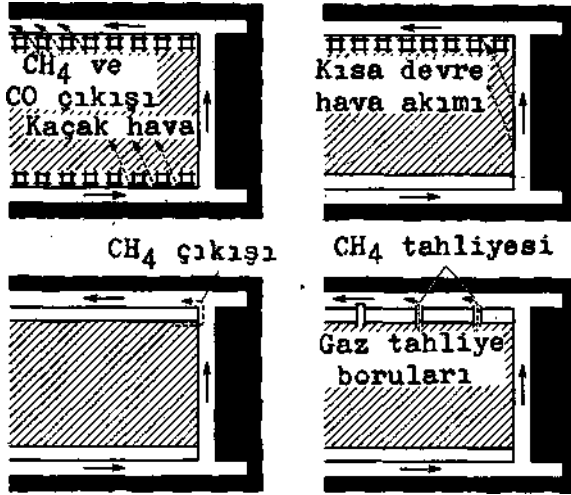
Tamamen tecrübeye dayanılarak söylenebilir ki, genellikle su ile karıştırılınca sert-



Şekil : 15 — 1,2 m. lik damar kalınlığında su ü karıştırılınca sertleşen (malzemeden yapılan galeri refakat barajlarındaki basınç gerilimleri.

leşen malzemeden yapılan barajlarla tahkim edilmiş galerilerin durumu, diğer tahkimat cinslerine sahip galerilere nazaran önemli ölçüde daha iyidir. Mevcut bilgilere göre 1 m. lik baraj genişliği, 1,5 m. ye kadar olan damar kalınlıklarında yeterli olmaktadır. Daha büyük damar kalınlıklarında bu genişlik uygun miktarda arttırılmalıdır. H. Hunke ve H. Christensen'in ( 1 ) hesaplar esas alınır, galeri refakat barajlarının maliyeti diğer mutad tahkimatlara nazaran ya daha düşüktür veya aynıdır. Bahsedilen yeni metodlara göre yapılan barajların bütün hallerde maliyet bakımından uygun oldukları tesbit edilirse, bu hava sızdırmaz barajların kullanılmaları lüzumlu olur.

Su ile karıştırılınca sertleşen malzemeden yapılan galeri refakat barajlarının hava sızdırmazlığı, ayağın hava çıkış galerisinde Metan bazı bakımından bazı güçlükler sebebiyet verir. Metan gazı göçük hacmi içinde barajın önünde birikebilir ve konsantre olmuş şekilde barajın ucundan dolaşarak galeriye çıkabilir. Bu olay, baraja muntazam aralıklarla kapanabilir boruların yerleştirilmesi suretiyle başarılı şekilde önlenabilir. Metan gazı, bu borular ile emilebilir veya



Şekil : 16 — Muhtelif galeri refakat tahkimatı veya barajları ve bunların havalandırma tekniği üzerindeki etkileri.

konsantre olmadan kendiliğinden dışarı çıkabilir (Şekil 16).

Galeri refakat barajlarının geliştirilmesi için yapılan çalışmalar, emniyet bakımından veya bir çok hallerde de ekonomik yönden memnuniyetle karşılanmaktadır. Bu tip barajların yerine basit domuz damlarının yapılabildiği hallerde, hiç değışe şu husus nazarı dikkate alınmalıdır ki, yangın tehlikesinin ortadan kaldırılması suretiyle tasarruf edilecek para, galeri refakat barajının yapımı için gerekli ilâve masraftan daha fazla olabilir.

#### BİBLİYOGRAFİK TANITIM

1. HUNKER H., und H. CHRISTENSEN : Wirtschaftl. thehes Stothern und Abdichten des Streckensaum.es von Bruchbaustreben. Glück. kauf 104 (1968) S. 1108/15.
2. SCHUERMANN, F., und K.-H. <VOSS : Erste Vorschläge für elnen geringeren SahJohtenaufwand am Übergang Streb-Strecke. Glückauf 102 (1966) S. 292/303.
3. BRINKMANN, E., und F. NEVELING : Belastungsversuche mit JHoJzkaesten und Holaspfeilern. Glückauf 100 (1964) S. 383/89.
4. ADLER, F., uns F. H. ESSER: Erste Erfahrungen mit neuen Vorsehlaagen zur Kostensenkung in den Flözbetrieben der flaöhen Lagerung. Glückauf 103 (1967) S. 511/19.
5. SPRUTH, F.: Nochmaüs: Zur Frage der Streckendaemme. Glückauf 102 (1966) S. 241/45.
6. MÜJJaER, R.: Verfahren zum Verhüten von Selbstentzündungsbraenden m abgeworfenen Grubenbauen und in Bruehbaustreben bei der Saarbergwerke AG. Glückauf 103 (1967) S. 1125/31.
7. GENTÖE, M.: Untersuchungen und Versuche zur Frage der BxploionsaWierhelt von Vordaehtmen bei der Grubenbrandbekaempfung. Diss. Aachen 1968 Essen: Verlag Glückauf.
8. SCHAEFER, W.: Grubenausbau aus Beton. Habilitationsschrift Aachen 1968.