

TİTREŞİMLİ TEL ESASLI ÖLÇERLERLE BETON KAPLAMALI KUYULARDA GERİLME, BİRİM DEFORMASYON VE SICAKLIK ÖLÇÜMLERİ

Alpaslan ERSEN(*)
Ömer AYDAN(**)

ÖZET

Bu bildiride beton kaplamalı kuyuların ölçülmesinin amaçlarından bahsedilip, son yıllarda kullanımı gittikçe artan titreşimli tel esaslı ölçerler ve ölçüm sistemi hakkında bilgi verilmektedir. Ayrıca bu ölçerlerin Selby kömür havzasında açılan beton kaplamalı kuyulardaki uygulaması anlatılmaktadır.

ABSTRACT

In this paper the object of instrumentation of concrete shaft linings is defined. A description is given about vibrating wire gauges and an instrumentation system for stress, strain and temperature measurements in concrete shaft linings.

An example is also given 'about the successful application of vibrating wire gauges in concrete shaft linings in the Selby coalfield.

(*) Maden Y. Mühendisi, TKİ Genel Müdürlüğü, ANKARA

(**) Maden Y. Mühendisi.

1. GİRİŞ

Her hangi bir beton yapıda, bu yapının stabilitesi için betonun birim deformasyon (strain) ve dayanımı (strength) olmak üzere iki tane kritik parametre vardır. Eğer bu yapı kuyu kaplaması olursa, o zaman kaplamanın üzerine etki edebilecek olan kaya basıncı veya arazi gerilmesi (geostatic stress) ve su basıncı veya hidrostatik gerilme olarak adlandırılan dış kuvvetlerin de bilinmesi önemlidir. Bu kuvvetler kendilerini, özellikle derin açılmış kuyularda, beton kaplamanın deformasyonu ve suyun kuyu içine akışı olarak gösterirler.

Beton kaplama kalınlığının yaklaşık 1 m'den büyük olması halinde, betonun rötre olayı esnasında açığa çıkan ısıdan dolayı oluşan ısısal gerilmeler erken yaşlarda betonun çatlamasına neden olabilir (1). Eğer kazı stabilitesini sağlamak üzere yeraltı suyunu dondurma yöntemi kullanılıyorsa, donmuş zeminin rötre olayına etkisini ve duvarın erimesini de gözlemek önemli olabilir (2, 3). Dolayısıyla kuyunun beton kaplamasında erken yaşlarda sıcaklık ölçümlerine ihtiyaç duyulabilir.

Bu parametrelerin sağlıklı olarak bilinmesi ancak bir ölçme programıyla sağlanabilir. Bu tebliğde, kullanılması gittikçe yaygınlaşan titreşimli tel esaslı ölçerler (vibrating wire gauges) hakkında bilgi verilecek ve bu tip ölçerlerin Selby kömür havzasındaki uygulamasından bahsedilecektir.

2. ÖLÇERLERİN KULLANILMA ALANLARI VE AVANTAJLARI

Titreşimli tel esaslı ölçerler elektriksel aletler olup birim deformasyonları ölçerler (4, 5). Gerektiğinde, ileride anlatılacağı gibi uyarlanılarak basınç (compressive) ve çekme (tensile) gerilmeleri, yer, gaz ve sıvı basınçları ve sıcaklık gibi diğer fiziksel nicelikleri ölçmede de kullanılırlar. En çok kullanılma alanları madencilikte kuyu ve ana nakliye yolları (6), inşaat mühendisliğinde ise tünel, baraj ve büyük yapıların temel inşaatlarındadır.

Titreşimli teller ilk defa İtalya'da 1888 'lere dayanan bir uygulamasında bir yapının deformasyonu nun ölçülmesinde denendi (7). 1920 - 1940 yılları arasında başlangıçta Almanya daha sonra da Batı Avrupa ülkelerinde geliştirilerek ölçme aletleri olarak yoğun bir şekilde kullanılmaya başlandı.

Bu ölçerlerin avantajları şu şekilde sıralanabilir.

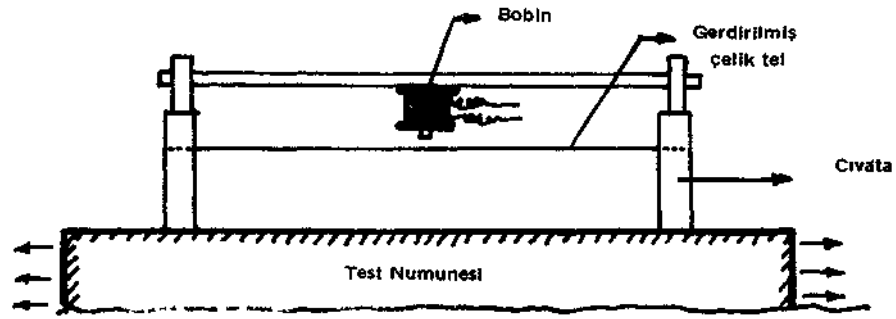
- a) Yapıları ve kullanımları nispeten basittir.
- b) ölçmede oldukça hassas ve uzun dönemde duraylıdır.
- c) Nemden ve elektriksel problemlerden etkilenmezler.
- d) ölçümler boyunca yeniden kalibrasyona ihtiyaç göstermezler.
- e) Farklı fiziksel nicelikleri aynı bir birim cinsinden (periyod) direk olarak ölçerler.
- f) ölçümleri okuma işi uzaktan kumandayla yapılabilir.

3. ÖLÇERLERİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

Temelde, iki uç arasında gerdirilmiş bir telin titreşiminin o teldeki gerginliğe bağlı olarak değişmesi prensibine dayanır.

Bu titreşim, mıknatıslanma özelliği olan bir malzemenin (demir çubuk) etrafına sarılı bir bobinden geçirilen elektrik akımının oluşturduğu kesikli bir manyetik alan tarafından sağlanır. Titreşimin frekansı gene bu bobin sayesinde elektrikli bir aletle ölçülür.

Şekil T de görüldüğü gibi çelik bir tel, gerilme altındaki bir test numunesindeki birim deformasyonu ölçmek üzere, iki uç arasında gerdirilmiştir. Bu İki uç arasındaki mesafede, gerilmeden dolayı oluşan herhangi bir değişiklik, o telin gerginliğinde yani orijinal titreşiminde bir değişikliğe neden olur.



Şekil 1. Titreşimli tel esaslı birim deformasyon ölçerin şematik görünüşü.

Gerdirilen bir telin titreşim frekansı şu denklemlerle verilir (4).

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\rho}} \dots \dots \dots [1]$$

Burada;

- f : Titreşim frekansı
- L : Tel boyu
- F : Tefe uygulanan kuvvet
- ρ : Tel malzemesinin yoğunluğu

Teldeki birim deformasyon Hoek kuralına göre aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\epsilon = \frac{\delta L}{L} = \frac{F}{AE} \dots\dots\dots [2]$$

Burada;

- ε : Telin birim deformasyonu
- δL: Teldeki uzama/kısalma miktarı
- A : Tel kesit alanı
- E : Tel malzemenin Elastik Modülü

1 No'lu denklemden F'nin değeri çekilip yukardaki denklemden yerine konulursa, telde oluşan birim deformasyon, titreşimin frekansı cinsinden aşağıdaki gibi verilebilir.

$$\epsilon = \frac{4L^2 \varphi}{AE} f^2 \dots\dots\dots [3]$$

Burada, $\frac{4L^2 \varphi}{AE}$ değeri ölçer faktörü (K) olarak adlandırılmıştır. Uygulamada titreşimin değeri frekans yerine periyod olarak ölçülmektedir ($T = 1/f$). Bir yapının yüklenmesinden dolayı oluşan birim deformasyon, ölçerin yük uygulamadan önceki titreşirrilinin periyodu T_1 ile sonradan oluşturulan her hangi bir titreşiminin periyodu T_2 arasında var olan şu bağıntı ile verilir.

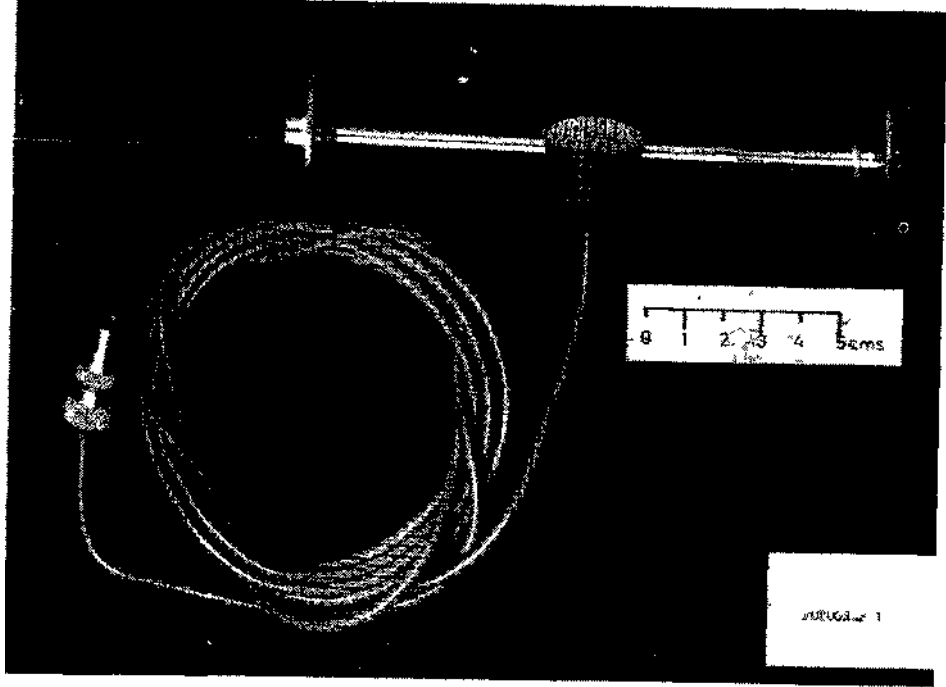
$$\epsilon = K \left(\frac{1}{(T_1)^2} - \frac{1}{(T_2)^2} \right) \dots\dots\dots [4]$$

Gerilme ve su basıncı ölçümlerinin yapılması, bu aletlerin gerilme ve su basıncı ölçerlere uyarlanarak takılmasıyla mümkün olur. Titreşimli tel esaslı sıcaklık ölçerlerin çalışma prensibi aynen birim deformasyon ölçerlerinki gibidir. Burada sadece titreşen telin uzunluğundaki değişim çevre sıcaklığındaki değişime bağlıdır.

Birim deformasyon değerini veren 4 no'lu bağıntı bu tip titreşimli tel esaslı ölçer faktörü olan K'nin değiştirilmesiyle gerilme, su basıncı ve sıcaklık değerleri hesaplanır.

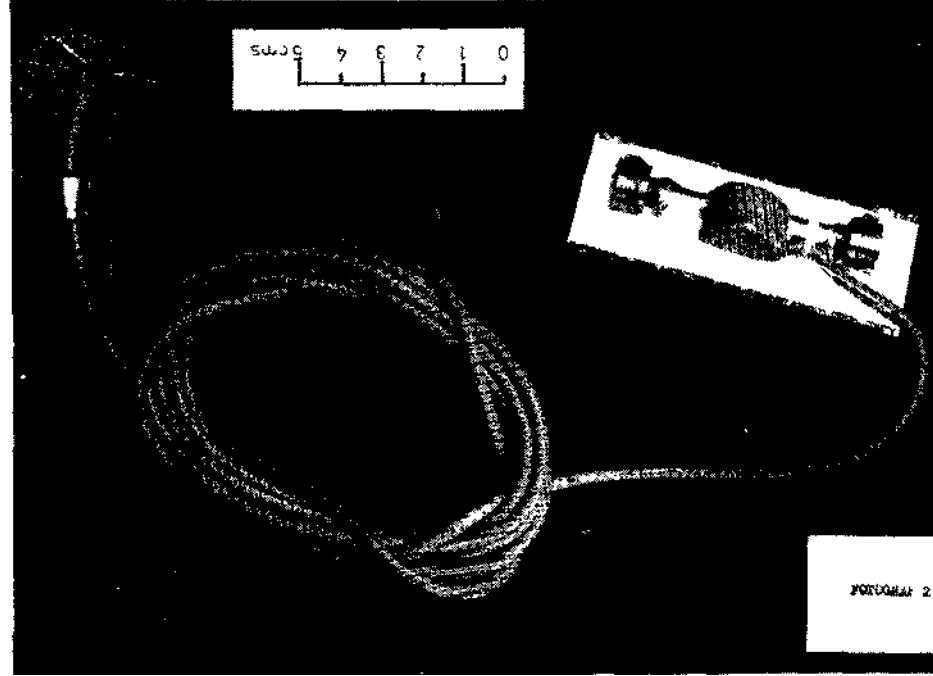
4. ÖLÇERLERİN TANITIMI

Titreşimli tel esaslı birim deformasyon ölçerler temelde, iki ucundan Fotoğraf 1'de görüldüğü gibi düz disklerle kapatılmış ve içinde gerdirilmiş çelik bir tel içeren bir çelik tüpten oluşurlar.



Tel geçici manyetik alan yaratan ve tüpün ortasına takılmış bir bobin tarafından titreştirilir. Titreşimin frekansı oluşan birim deformasyonla orantılıdır. Ölçer gövdesinin Elastik Modülü betonunkine çok yakın olduğu için birim deformasyonlar direkt olarak ölçülür.

Titreşimli tel esaslı sıcaklık ölçerler temelde birim deformasyon ölçerlerle aynı olmasına rağmen kullanılan tüp, çevredeki sıcaklık değişimlerinden çabuk etkilenebilecek ve ısıl genişleme katsayısı oldukça yüksek olan bir metalden yapılmıştır. Genellikle alüminyum veya pirinç kullanılır. Çevre sıcaklığındaki herhangi bir değişim tüp boyunun uzama veya kışalmasına, dolayısıyla telin gerginliğinde bir değişime neden olur. Sıcaklık ölçerlerin dış kuvvetlerden dolayı oluşan birim deformasyonlardan etkilenmemesi için bunlar Fotoğraf 2'de görüldüğü gibi sağlam bir boru içine konulup ısıyı ileten bir tozla doldurulur. Genellikle bu toz alüminyum oksit olup ölçerin uzama veya kışalmasına engel olmaz.



Titreşimli tel esaslı gerilme ölçerler, gövdesi içinde çok az miktarda cıva içeren ve kenarlarından kaynatılmış çelik iki diskten oluşurlar. Gövde üzerine etki eden yük cıva aracılığıyla bir diyaframın üzerine iletilir. Bu yük, diyaframla temasta olacak şekilde tutturulmuş ve titreşimli tel esaslı birim deformasyon ölçerlerle aynı prensiple çalışan bir güç çevirici (transducer) yardımıyla ölçülür. Çelik gövde betondan daha rijid olduğundan kuyu kaplamasına etki eden radyal gerilmeler direk olarak ölçülebilir.

Titreşimli tel esaslı su basıncı ölçerler, içinden sadece bir sıvının (suyun) geçmesine izin veren ve boşluklu yüzeylerden oluşan sitindirik bir alettir. Buradaki su bir diyaframın üzerine basınç yaratır. Böylece çevredeki su basıncı yukarıda anlatıldığı gibi titreşimli tel esaslı bir güç çevirici yardımıyla ölçülür.

5. ÖLÇERLERİN KUYU KAPLAMALARINA YERLEŞTİRİLMESİ

önce hangi tip ölçerlerin kullanılacağı, yerleşim düzeni, sayıları ve ölçüm derinliği (ölçüm istasyonunun yeri) ölçüm amacına uygun olarak saptanır. Sonra bunlar kuyu açımı ölçüm istasyonu seviyesine ulaştığında kazıyı takiben yerleştirilir.

Ölçerlerden çıkan kablolar, kuyu kaplamasının içinde ve iç duvarına gelecek şekilde yer alan ve bağlantı kutusu (junction box) olarak adlandırılan bir kısımda toplanır. Daha sonra ise beton kaplama dökülür.

Birim deformasyon ölçerler ya oldukları gibi ya da uğrayabilecekleri bir hasardan korunmak üzere, önceden hazırlanan kalıplar içine betonla birlikte dökülmesiyle elde edilen briketler halinde kaplamaya yerleştirilirler. Konuluş şekline görede radyal, teğetsel ya da düşey birim deformasyon ölçerler. Genellikle kuyu iç yüzeyi ile kaplama/kaya ara yüzeyine yakın olmak üzere ikişerli sıralar halinde dizilirler.

Sıcaklık ölçerler beton ve kaya içine, gerilme ölçerler kaplama/kaya ara yüzeyine ve su basıncı ölçerler ise kaya içinde az derin olarak açılan bir deliğin içine yerleştirilirler.

6. ÖLÇME VE KAYIT SİSTEMİ

Her ölçer bir elektrikli okuma cihazıyla (readout) tek tek yerinde okunabilir. Fakat kuyularda seçilen derinlikteki istasyonlara yerleştirilen aletlerden ilk okumaların o anlarda yapılmasına rağmen kazının ilerlemesiyle ölçüm işi zorlaşır. Dolayısıyla ölçme işlerinin uygun bir yerden (genellikle yeryüzünde kuyu ağzına yakın bir yerden) okunması gerekir. Her bir ölçerden çıkan kablonun, ölçü istasyonunun derinliğine bağlı olarak yeryüzüne çıkarılması, maliyet ve işçilik açısından çok pahalı olacağı kolaylıkla görülebilir. Bunun önüne geçmek içinde multiplexer denilen kademeli ölçer seçim cihazları kullanılır.

Multiplexer'ler küçük boyutta ve sağlam olup çok düşük akımla çalışırlar. Kendilerine ait bir güç kaynağı yoktur. Herbiri belli sayıda ölçere ve ayrıca kendi aralarında da bağlantılı olup kaplamadaki bağlantı kutusunun içinde muhafaza edilirler. Kısacası multiplexer'ler kuyu içindeki kablo sayısını çok aza indirirler ve okuma cihazından verilen sinyallerle istenilen ölçere bağlantı yaparlar.

Bir mini computer sayesinde ise ölçümler otomatik olarak belli zaman aralıklarında kaydedilip ve sonradan kullanılmak üzere de depo edilebilirler.

7. SELBY KÖMÜR HAVZASINDA AÇILAN KUYULARDAKİ UYGULAMASI

7.1. Havza Hakkında Genel Bilgiler

Yeni Selby kömür havzası Avrupa'nın şu andaki en büyük kömür madenciliği gelişmesi olup büyük York ovasının altında yaklaşık 281.6 km² (110 mil²) lik bir alanı

kapsamaktadır (8, 9). En kalını Barnsley (2.06 m) olmak üzere beş tane ana damar vardır. Tüm olarak üretime geçtiği zaman yılda 10 milyon tonluk kömürün üretimi umulmaktadır. Üretilen kömür 1.5 km uzunluğunda 14° eğimli 2 adet desandriden yeryüzüne nakledilecektir. Bölgedeki beş ayrı ocağın her birinde ikişer tane açılmakta olan kuyulardan da insan ve malzeme nakli ile havalandırma yapılacaktır. Tasarlanan kuyu derinlikleri 411 ile 1030 m arasında değişmektedir. İç çapı 7.3 m olan beton kuyu kaplaması, kaya ile direk temas edecek şekilde dökülmektedir.

Bölgede su içeren tabakalar vardır. Bunlardan en önemlisi, kalınlığı 80-330 m arasında değişen, yüksek su geçirimli ve boşluklu olan Bunter kumtaşıdır. Yeryüzünün yaklaşık 20 m altından itibaren başlayan bu tabaka, kuyu açımı sırasında kazı duraylılığını sağlamak için, yeraltı suyunu dondurma yöntemiyle geçilmiştir (2, 3, 10).

Diğer yerlerde karşılaşılan su problemlerinin ise şerbet injeksiyon yöntemi ile bertaraf edilmesi tasarlanmıştır.

7.2. Uygulamadaki Ölçüm Programı

Selby kömür havzasında herbiri dondurulmuş Bunter kumtaşı geçen kuyuların açılması sırasında, beton kaplamaya gelen toplam radyal gerilme ve su basıncının, kaplama içinde oluşan teğetsel birim deformasyonlarının ve betonun rötresi sırasında kaplama ve komşu duvarlardaki sıcaklık değişimlerinin ölçülmesine karar verilmiştir. Bu tip fiziksel niceliklerin ölçülmesi havzadaki desandridelerde (11) ve kazısı bitmiş bir kuyuyla taban yolunun birleşim yerinde (inset) (12) de yapılmış olmasına rağmen burada anlatılmayacaktır.

Bu ölçüm programı genelde, tasarımda yapılmış olan kabullerin geçerli olup olmadığını görmek ve kuyuların performansları üzerine günden güne bilgiler toplamak amacıyla yapılmıştır. Ayrıca gelecekteki kuyu açma çalışmalarının maliyet ve etkinliklerini ve tasarımını geliştirmek için yeterli nitelik ve nicelikte bilginin tedarik edilmesine de olanak kılacaktır (13).

Kuyularda ölçüm işleri ölçüm yerine erişememezlik gibi bir problemi beraberinde getirir. Bunun önüne geçmek ve maliyeti azaltmak amacıyla ölçüm programında iki önemli karara varılmıştır. Birincisi aynı esasa dayalı ölçerler kullanmak ve ikincisi ise bir tek kabloyla multiplexer'ler sayesinde yeryüzündeki bir yerden sürekli ölçme yapabilmektir. Böylece, duraylı, güvenilir ve dış etkilere karşı oldukça emniyetli olma özelliklerinden de dolayı titreşimli tel esaslı ölçerler seçilmiştir (3).

7.3. Kullanılan Ölçerler ve Ölçme Sistemi

Havzada kullanılan titreşimli tel esaslı ölçerlerin özellikleri Çizelge 1 'de verilmiştir (13).

Çizelge 1- Selby Havzasında Kullanılan Titreşimli Tel Esası Ölçerlerin Özellikleri

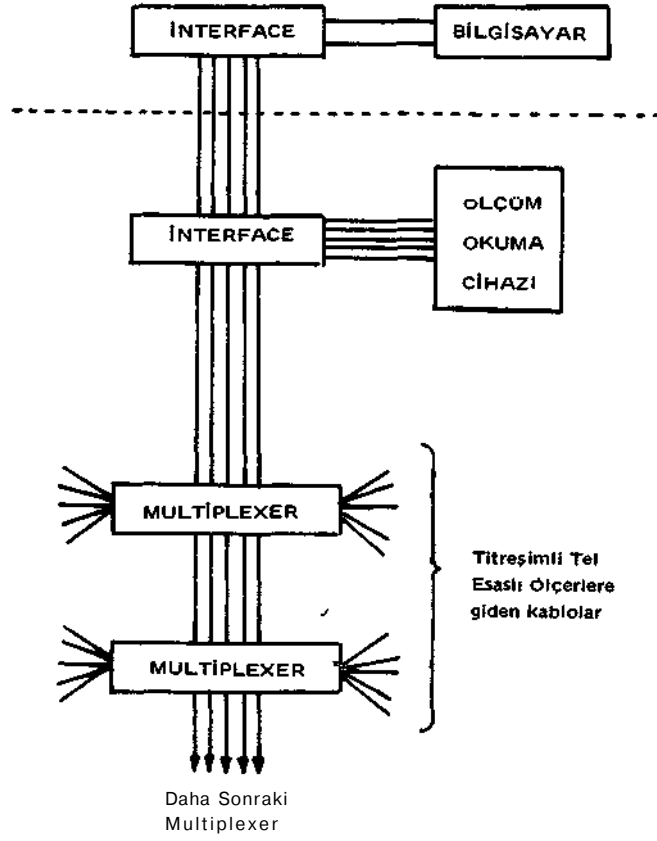
	SU BASINCI ÖLÇER	GERİLME ÖLÇER	SICAKLIK ÖLÇER	BİRİM DEFORMASYON ÖLÇER	
İmalatçı	Soil Instruments Ltd	Soil Instruments Ltd	Gage Technique Ltd	Gage Technique Ltd	Straininstall Ltd
Maliyet (Ocak 1982'de)	£260	£340	£26	£26	£32
Boyutlar	38 mm çap x 240 mm	300 mm çap	65 mm uzunluk	140 mm uzunluk	140 mm
Titreşen telin uzunluğu	70 mm	70 mm	63 mm	140 mm	140 mm
Tel Çapı	0.2286 mm	0.2286 mm	0.254 mm	0.254 mm	0.254 mm
ölçer Faktörü	7×10^{15}	4×10^{15}	1×10^{13}	3×10^{13}	3×10^{13}
Sıcaklık Katsayısı					
— Serbestken	Hassas değil	2.14×10^{14}	Uygulanamaz	1×10^{-3}	4.5×10^{14}
— Yerinde	Hassas değil	Bilinmiyor	Uygulanamaz	11×10^{16}	11×10^{-6}
Ölçüm aralığı	0-8 MN/m ²	0-8 MN/m ²	100°C	3000 microstrain	3000 microstrain
Kararlılığı	0.015 MN/m ²	0.015 MN/m ²	0.15°C	0.5 microstrain	0.5 microstrain
Tipi	Yüksek giriş akustik	Cıva dolu dairevi	İsteğe göre	139.7 mm çelik gömülü T/E/S tipi	PC 657 tipi

Bunlardan birim deformasyon ve sıcaklık ölçerler sırasıyla Fotoğraf 1 ve Fotoğraf 2'de gösterilmiştir. Çalışma prensipleri ve yapıları daha önce anlatıldığı gibidir. Farklı olarak şunlar söylenebilir.

Birim deformasyon ölçerler kuyu kaplamasındaki yerlerine önceden hazırlanan 80 x 150 x 230 mm boyutlu beton briketler içinde olacak şekilde konulurlar. Buradaki beton karışım kuyuda kullanılanla aynı özelliğe sahip olup sadece agrega boyutu 20 mm yerine 10 mm'dir.

Sıcaklık ölçerler Fotoğraf 2'de kesiti görülen bir boru içinde alüminyum oksit tozuyla doldurulmuş olarak kullanılırlar.

Ölçme sistemi Şekil 2'de şematik olarak gösterildiği gibi 4 ana unsurdan oluşur: Multiplexer, kuyu ağzından ölçüm istasyonlarına giden kablo, ölçüm okuma cihazı ve mini bilgisayar arasında ise iki tane birleştirici alet (interface) vardır (3).



Şekil 2. Ölçme sisteminin şematik görünüşü.

Multiplexer'ler 250 pA den daha az bir akımla çalışırlar ve herbiri ortalama 20 tane ölçere kadar bağlanabilirler. Daha fazla ölçer için daha çok multiplexer gereklidir.

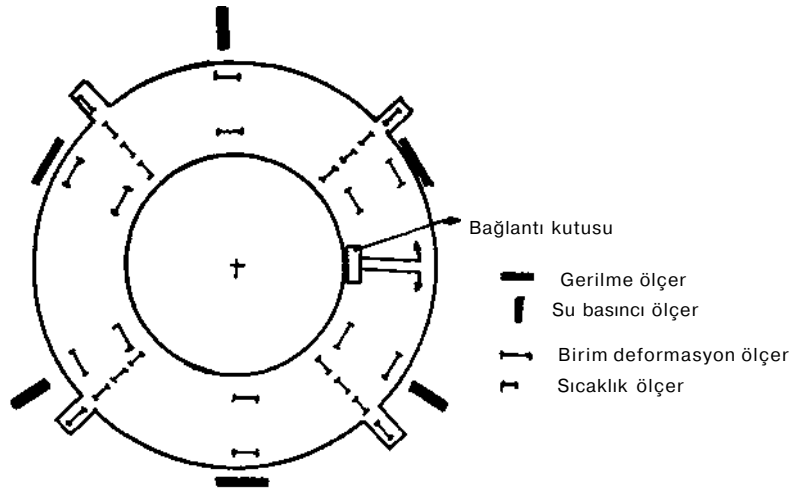
Kullanılan kablo 4 uçlu ve sağlam olup 2000 m den daha fazla bir uzunluk için bile belirli bir sinyal kaybı göstermemektedir. Burada not edilmesi gereken bir hususta, bir kuyuda kullanılan kablonun maliyeti kaç tane ölçüm istasyonu oluşuna değil, en derindeki istasyona olan uzaklığına bağlı olarak değişmesidir.

Ölçüm değerlerini gösteren okuma cihazı, multiplexer'ler için sinyalleri gönderen bir kısım ile kompüter için hatları kontrol eden bir sayıcı çıkış kısmından oluşur.

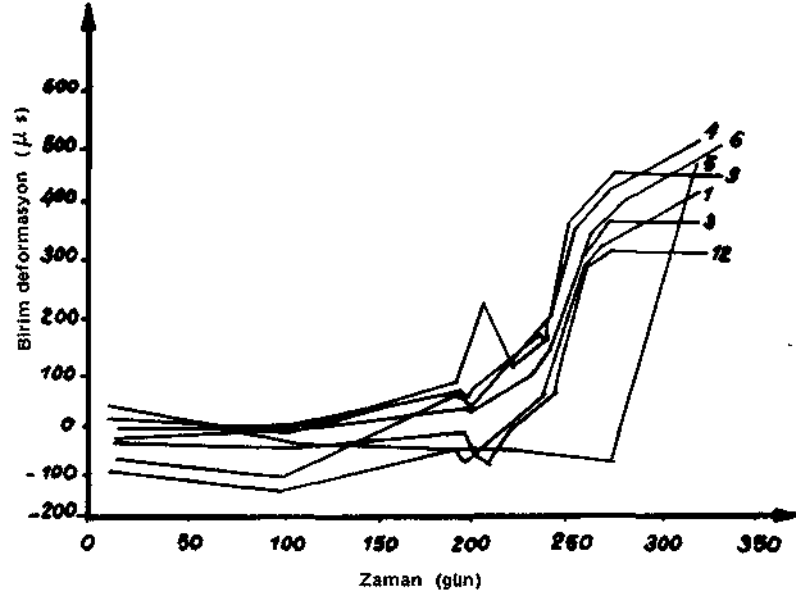
Burada kullanılan mini kompüter Hewlett Packard 85 (HP85) olup, ölçülen fiziksel büyüklükleri gerçek birimleriyle kaydeder ve ilerde kullanılmak üzere depolar. Yazılan bir programla istenilen zamanlarda istenilen ölçerlerden ölçüm neticelerini okur (10). Kompüterün ayrıca ekran ve kağıt gösterge özelliklerinde vardır.

7.4. Ölçümler ve Sonuçlar

Dört tip ölçeri içeren bir ölçüm istasyonundaki ölçerlerin genel yerleştirme planını Şekil 3'te gösterilmiştir. Burada kaplama içine konulanlar, kalıp ve kayaya irtibatlı uzun cıvatalara tutturulur. Kaya içinde olanlar ise kayada delinmiş delikler içine yerleştirilir. Bunlardan, sıcaklık ölçerlerin bulunduğu delik optimum ısı geçirgenliğini sağlamak üzere kalın yağla, su basıncı ölçerlerin bulunduğu delik ise dip tarafından bentonit pelletleriyle doldurulur. Gerilme ölçerler kaplama/kaya ara kesimine konurlar. Kullanılan ölçer sayısı amaca göre değiştiğinden bunlar örneklerde verilecektir.



Şekil 3. Ölçerlerin şematik olarak yerleştirilim planı.



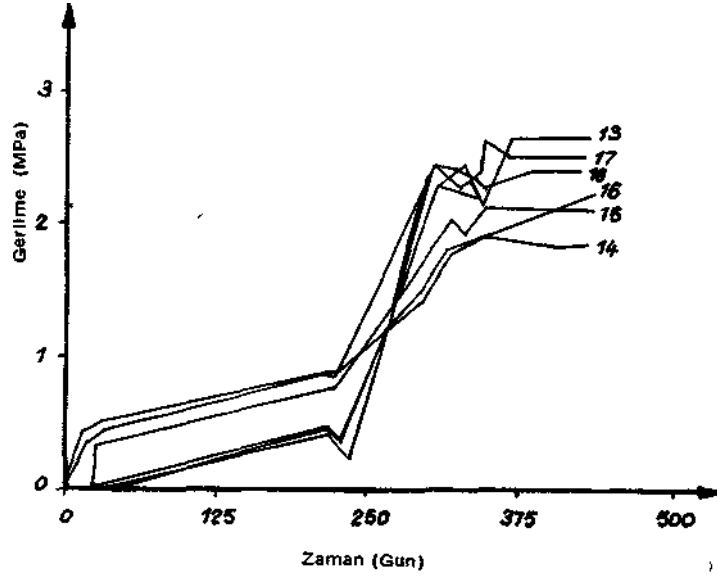
Şekil 4. N. Selby 2 No'lu kuyunun 230. metresindeki kaplamada oluşan birim deformasyonunun zamana bağlı değişimi.

Havzadaki kuyularda ölçüm yapılan istasyonlardan sadece örnekleme amacıyla her bir ölçer tipine ait ölçüm sonuçları ele alındı.

Şekil 4, North Selby 2 no'lu kuyunun bir ölçüm istasyonundan elde edilen zamana bağlı teğetsel birim deformasyon değerlerini gösterir (10). Burada kullanılan 12 adet birim deformasyon ölçerden altısı kuyu kaplamasının iç, diğer altısında dış yüzeylerine yakın olacak şekilde ikişerli sıralar halinde yerleştirilmiştir. Aralarındaki açı 60° dir. Kaplama dondurulmuş bunter kumtaşıyla temas halindedir. Numarası gösterilmeyen ölçerler çalışmamıştır.

Bu istasyonda ayrıca toplam radyal gerilmeler ve su basıncı ölçümleride yapılmıştır. Böylece kaplamadaki ve kaplama üzerine gelen gerilme değerleri formüllerle bulunur.

Suyla dolu ortamlardan geçişte kuyu kaplamasına gelen toplam radyal gerilmeler ile su basıncının ölçülmesi bize, bu iki değer farklı olarak, etkin kaya basıncını vermesi açısından önemlidir. Whitmoor ocağındaki 2 no'lu kuyunun 232 inci metresinde dondurulmuş bunter kumtaşıyla temasta olan ölçüm istasyonunda yapılan ölçümler buna güzel bir örnek teşkil etmektedir. Elde edilen ölçüm sonuçları Şekil 5' te verilmiştir (3). Burada 13, 14 ve 15 toplam gerilme ve 16, 17 ve 18 ise su basıncı ölçerleri gösterir.



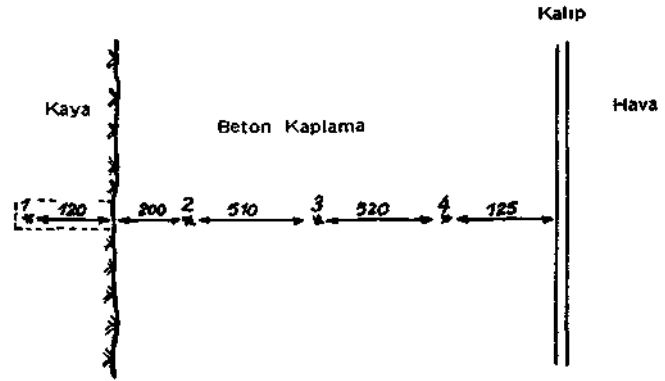
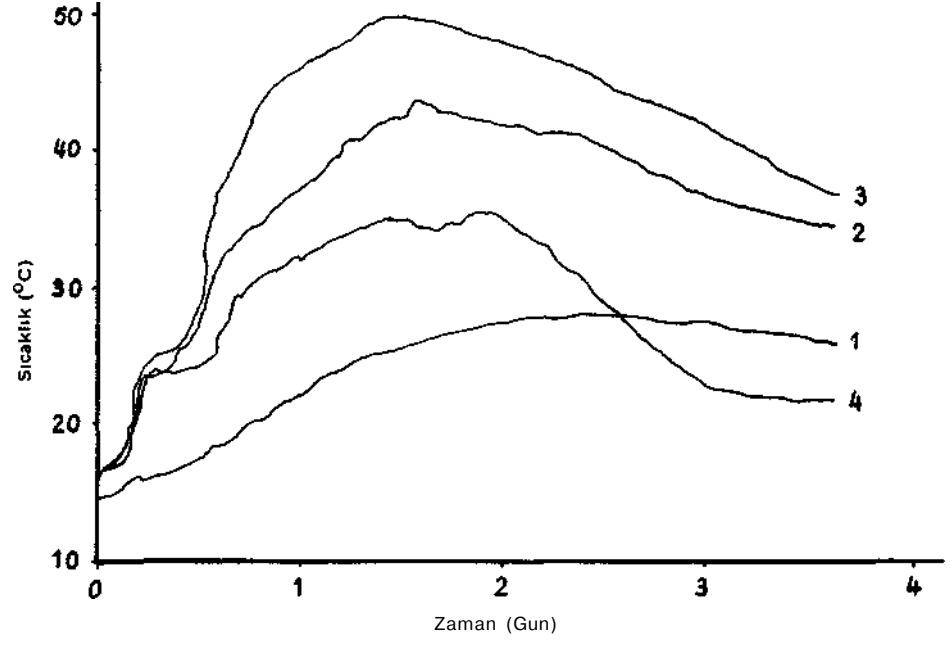
Şekil 5. Whitemoor 2 no'lu kuyunun 232. metresindeki kaplamaya gelen toplam gerilmenin ve su basıncının zamana bağlı değişimi.

Bu ölçüm istasyonunda bunlara ilaveten 12 tanede birim deformasyon ölçer kullanılarak Şekil 3'te olduğu gibi kuyu kaplamasına yerleştirilmiştir. Şekil 5'ten elde edilen gözlemler kısaca şöyledir.

- 15. günden sonra buz duvarın yavaş yavaş erimeye başlamasıyla su basıncı değerleri O'dan itibaren toplam basınçla birlikte yavaş yavaş artmaktadır.
- 217. günden sonra buz duvardaki ana erimeden dolayı kaplamaya gelen gerilmeler önceleri çok küçük bir etkin kaya gerilmesi olarak artıp, 362. günde o derinlikteki su basıncı seviyesine yükselmektedir.

North Selby 2 no'lu kuyusunun 3 no'lu ölçüm istasyonunda sadece sıcaklık ölçümleri yapılmak üzere 12 tane sıcaklık ölçer kullanılmıştır.

Her bir sıradaki 4 ölçerin 3'ü beton kaplama 1'i ise kaya içinde olmak üzere ablarında 120° açı yapan 3 sıra halinde yerleştirilmişlerdir. Şekil 6, ölçüm sonuçlarını ve ölçerlerin birbirine göre konumlarını gösterir (10). Buradaki amaç yapılan matematiksel modellerle elde edilen sıcaklık dağılımının ölçüm neticeleriyle ne derecede bir yakınlık sağladığını göstermektedir. Daha sonra bu neticeler gene matematiksel modellerle betonun rötne olayı sırasında ısı farkından dolayı oluşan erklen yaşlardaki ısısal gerilmelerinin daha iyi anlaşılmasında kullanılacaktır (3). Böylece bazı kuyuların beton kaplamasında rastlanan çatlamların analizinde bir ışık tutacaktır.



Şekil 6. N. selby 2 No'lu kuyunun 415. metresinde sıcaklık biçerlerin kpnumu ve sıcaklığın zamana bağlı değişimi.

Sıcaklık ölçümleri dondurulmuş Bunter kumtaşıyla temas eden yerlerde de yapılmıştır. Donmuş duvarın bitişiğindeki betonun rötre olayını olumsuz yönde etkileyeceği ve bunda betonun dayanımını azaltacağı kuramına bir açıklık getirmesi açısından yapılan bu ölçümler yazarların bir başka tebliğinde açıklanmıştır (2).

Kuyularda yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlar neticesinde, özetle dondurulmuş kumtaşının temasta olduğu betonun rötre olayını etkilemediği, kaplamadaki birim deformasyon ve kaplama üzerine etki eden basınçların nedenlerinin yeraltı su basıncından olduğu ve kaya basıncının çok az bir etkisinin olduğu söylenebilir.

8. SONUÇLAR

Madencilikte kuyu ve ana taban yollarının uzun dönem duraylılığı (stabilitesi) oldukça önemlidir. Burada mühendisin görevi amaca uygun en ekonomik tasarımı yapmaktır. Zamanla önceden tasarımda yapılan kabullerin geçerliliğini kuyu açımı sırasında kontrol etmek gerekebilir. Bu da ancak bir ölçüm programıyla gerçekleştirilir.

Uzun dönemli ölçümler ve beton kaplamalı kuyularda, yerleştirilmelerinden sonra erişilmesi mümkün olmayan noktalardaki ölçerlerin okunması, beraberinde bir takım sorunları getirir. Daha önceki bölümlerde anlatılan özelliklerinden de dolayı titreşimli tel esaslı ölçerler uygulamada yoğun ve başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

KAYNAKLAR

1. HARRISON, T.A., Early-age Thermal Crack Control in Concrete. Construction Industry Research and Information Report 91, 1981.
2. AYDAN, o., ERSEN, A., Yeraltı Suyunu Dondurma Yöntemi ve bir Uygulaması. Madencilik, Haziran, 1983.
3. ERSEN, A., Design of Concrete Shaft Linings in Frozen Strata at Whitmoor Mine. M.Sc. Thesis, University of Newcastle upon Tyne, June, 1983.
4. HENDRR, A.W., Elements of Experimental Stress Analysis. Pergamon Press, SI Edition 1977.
5. ROBERTSON, A. MacG., Principles of Rock Instrumentation. Proc. of the Symp. on Exp. for Rock Engineering, Johannesburg, November, 1976.
6. WILSON, A.H., The Measurement of Strain in Concrete Shaft and Roadway Linings. Trans. of Newcastle upon Tyne, May, 1974.
7. SHAW, R.D., Investigation in the Second Mersey Tunnel, Ph. D. Thesis, University of Newcastle upon Tyne, May 1974.
8. FORREST, W. T.D., The Selby Project. Mining Engineer, October, 1978.
9. ROBERTSON, J.T., Some Pratical Aspects in the Development of the Selby Project. Mining Engineer, March, 1980.
10. AYDAN, o., Shaft Lining Design and Performance at North Selby Mine. M.Sc. Thesis, University of Newcastle upon Tyne, December, 1982.
11. FARMER, I.W., Face and Roadway Stability in Underground Coal Mines. Geotechnical Criteria. Report to N.C.B., December, 1980.
12. BORSAH, J.K., SHELTON, P.D., TOMLIN, N., Deformation of a Deep Shaft Inset in Coal Measures Rocks During and After Construction. Proc. Symp. Strata Mechanics, Newcastle upon Tyne, April, 1982.
13. ALTOUNYAN, P.F. R., Instrumentation for Monitoring the Performance at the Selby Shaft and inset Linings. Interim Report, University of Newcastle upon Tyne, February, 1981.

