

Sondaj Sempozyumu'96 , İzmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

## **Zemin Sondaj lardaki Basıncılı Su Deneylerinde Dikkat Edilecek Noktalar ve Lugeon Deneyi**

### **Pressure Water Tests of Ground Drilling Are Careful With, Points And Lugeon Test**

K.Günay

*DSIII-2 Sondaj Şube Mud. Bornova/İZMİR*

**ÖZET :** Genellikle zemin tek başına mühendise zorluk çıkarmaz, fakat zemin suyla beraber olunca durum değişir. Su zeminle birlikte olduğu anda güçlükler başlar. Formasyon içinde hareketli olan, ele avuca sığmayan, her fırsatta kaçabilen bu suyun hareketleri önceden incelenmiş, tahmin ve kontrol edilmemiş sızmalara, borulanmalara, dinamik basımlara artezyene, statik basımlara ve bunlara benzer bir sürü olaylara neden olabilir.

Formasyonda geçirimsizliğin saptanması mühendislik jeolojisinde ve hidrojeolojide önemli bir konu olup her iki uzmanlık dalında çeşitli arazi deney yöntemleri geliştirilmiştir. Yeraltında yapılan bu testlerde uygulanan yöntem lastik tıkaç kuyular olarak, belirli bir hidrolik basımla, suyun yeraltına enjeksiyonu yine belirli bir zaman tutularak yapılır.

Yeraltında su çekilerek hem geçirgenlik, hemde depolama özelliği hidrojeolojik deney yöntemleriyle saptanabilir. Su çekimi gözlem kuyularındaki su seviyelerinin değişiminin incelenmesine olanak sağlar.

#### **1.GİRİŞ**

Su hareketini incelemek için yeraltında bir çok deney gerçekleştirilmiştir. Lugeon Deneyi, Dupuit Metodu, Lefranc-Mandel Deneyi, Matsuo Deneyi, Nasberg-Terletskata Deneyi gibi.

Bunlar arasında sıkça kullanılan nitelik bildiren ve uygulanışı basit olan Lugeon Deneyi geniş bir uygulama alanına sahiptir.

Yeraltının geçirimsizlik ve depolama özelliklerini jeolojik gözlemlerle saptamak olası değildir. Bunun için arazi deneyleri gerekir.

Yeraltında uygulanan su tecrübe deneyleri çeşitli sorunlar içerir. Lastik tıkaç tipleri ve uzunlukları, deney zonunun uzunluğu, sondaj kuyu çapı, deney süreleri, deney basınçları, akım ve basınç yöntemleri ve sonuçlarının hesaplanması gibi bir çok konuda henüz belirli bir standartlaşmaya gidilememiştir. Yapılan deneylerin çoğunda çelişkili sonuçlar alınmıştır. Pratik gözlemler ve kurumsal yaklaşımlar tek bir

sondaj kuyusunda yapılan deneyin ancak sondaj kuyusunu çevreleyen kayacın çok sınırlı bir parçasının geçirgenliğini ölçebildiğini göstermektedir.

## **2.BASINÇLI SU DENEYİ ÖNCESİNDE VE SONRASINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN İŞLEMLER**

a. Su sayaçları sıkça kontrol edilmeli şüpheli görünenler değiştirilmelidir.

b.Tij manşonları ve yerüstü bağlantı ağızları sıkça bağlanmalı, su kaçırıp kaçırmadığı kontrol edilmelidir.

c.Su deney lastiğinin çatlayıp yıpranmamış olmasına ve lastik boyunun 0.50 m'den kısa olmamasına dikkat edilmelidir.

d.Çektirme yöntemiyle çalışan deney takımlarında lastiği şişirmek için kullanılan krikonun sıkıştırma kolu uzunluğu deney lastiğinin boyunu geçmeyecek şekilde ayarlanmalıdır.

e.İlk kademede deney lastiği kuyu ağzından 2.0 m aşağıda tutularak başlanmalıdır. Yamaç molozu ve alüvyon gibi gevşek malzemelerden ana kayaya girildiğinde lastik gevşek malzeme ile ana kaya kontağının en az 2.0 m altından tutturulmalıdır.

f.Deney sırasında lastik kesinlikle muhafaza borusuna tutturulmamalıdır.

g.Deney öncesinde karotlar incelenmeli, lastik tutturulacak yerin, boşluklu, kırıklı, karot yüzdesi düşük kısma rastlaması durumunda yer

değiştirilerek sağlam yerden tutturmaya çalışmalıyız.

h.Lastiklerin iyice şişirilerek yerlerine oturmalarını sağlamak ve de lastiğin formasyonu tutup tutmadığını kontrol için takım hafifçe aşağıya ve yukarıya oynatılmalıdır.

ı.Basınçlı su deneyi yapılacak zonda delme gücünü yenmek amacıyla çimentolama yapılmamalıdır. Bentonit çamuru kullanılmamalıdır.

İ.Deneye başlamadan önce kuyudaki su seviyesi ölçülerek kaydedilmelidir.

k.Deney sırasında kullanılacak suların temiz olması gerekir.Çamurlu ve bulanık sular depolarda dinlendirilerek ince tanelerin çökmesini sağladıktan sonra deneyde kullanılmalıdır.

m.Pompa kapasitesinin yüksek olması gerekir. Düşük debili pompalar su kaçağı fazla olan zonlarda yeterli olamayacağından kullanılması uygun değildir.

n.Manometreler kuyu ağzına yerleştirilmelidir. Kontrol edilip doğru çalışıp çalışmadığı izlenmelidir.

o.Deney öncesinde manometrenin kuyu ağzından yüksekliği ölçülerek kaydedilmelidir.

ö.Lastik tıkaçın (pacer) boyu en az 0.50 m olmalıdır.

## 2.1.Lugeon Deneyi

Kayaçların geçirirliiliğinin saptanması amacıyla basınç altında kuyuya su enjeksiyonu yapma yöntemidir.Genellikle kayaçlarda açılan araştırma sondajlarında yapılır. Deneyin asası belirli bir basınç altında kayacın emdiği suyun debisini ölçmekten oluşur ilk kez MAURICE LUGEON tarafından uygulandığından Lugeon deneyi olarak isimlendirilmiştir

Lugeon birimi (LU) 10 kg/cm<sup>2</sup> gerçek basınç altında 1 dakika 1 m uzunluğundaki deney zonundan litre olarak kaçan su miktarıdır.

### 2.1.2. Lugeon Deneyinin Uygulanması

Deneye başlamadan önce deney zonu basınçsız su verilerek doldurulur. Suyun verilmeye başlamasından basıncın yükselmeye başladığı ana kadar giden su miktarı kaydedilir.

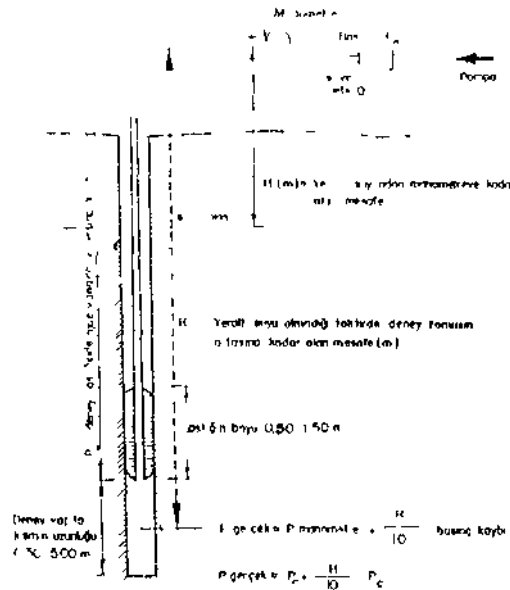
Deney sırasında uygulanan basınçlar projenin ve kayacın özelliklerine göre değişir.Bu konuda belirlenmiş bir standart olmamakla beraber 2.4.6.8.10 kg/cm<sup>2</sup>'lik basınç kademeleri yaygın olarak uygulanmaktadır.

Deney sırasında her basınç kademesinde 10 dakika beklenir. Su kaçaklara beşer dakikalık aralarla kaydedilir.

Deneyde uygulanacak kademe boyunun uzunlukları kayacın fiziksel ve yapısal özelliklerine bağlıdır. Geçirimsiz ve uniform özellikli bir kayaçta 5, hatta 10 m'lik kademeler uygulanabileceği gibi çok geçirimli ve değişken özellikli kayaçlarda kademe boyu 1 metreye kadar düşürülebilir.

Lugeon basınçlı su deneyi ile kayaçların içerdiği boşlukların cinsini ve özelliklerini belirlemek mümkün olabilmektedir.

Bu amaçla çok geçirimli veya su kaçaklarının değişim gösterdiği zonlarda geri dönüşlü basınçlar uygulamak gerekir (X-Y-Z-Y-X)



Şekil 1 .Lugeon Deneyinin Uygulanması

## 2.2.Lugeon Deneyi ile Geçirirliiliğın ve Gerçek Basıncın Deneyi ile Geçirirliiliğın ve Gerçek Basıncın Hesaplanması

Lugeon deneyinde sonucu hesaplıyabilmek için deney sırasında uygulanan gerçek basıncın (Peff) bilinmesi gerekir

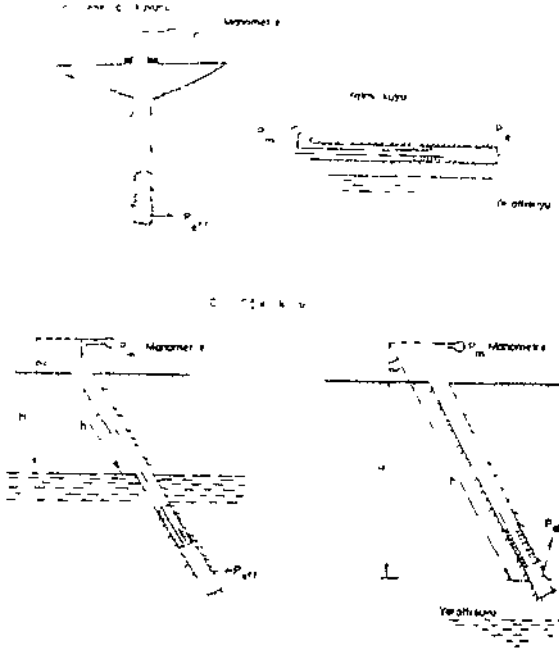
Gerçek basıncın hesaplanması için manometrede okunan basınca (Pm) yeraltı suyu

tablası üzerindeki statik yük (H/10) eklenir. Elde edilen değerden deney kademesi üst kotu ile manometre kotu arasında oluşan yük kaybı (Pc) çıkarılır.

Lugeon deneyi, düşey eğik ve yatay yönde açılan sondajlarda uygulanabilir.

#### A-Düşey kuyularda gerçek basıncın hesaplanması

Şekil 2'de görüldüğü gibi düşey kuyularda gerçek basınç, deney yeraltı suyu tablasının altında yapılıyorsa  $P_{eff} = P_m + H/10 - P_c$  yeraltı suyu tablasının üstünde yapılıyorsa  $P_{eff} = P_m + H/10 - P_c$  formülüne göre hesaplanır.  $P_{eff}$  = Deneyde uygulanan gerçek basınç(kg/cm<sup>2</sup>)



Şekil 2. Lugeon Deneylerinde Gerçek Basıncın Hesaplanması

$P_m$  = Manometrede okunan basınç(kg/cm<sup>2</sup>)

H = Yeraltı suyu tablasından manometreye kadar olan uzaklık(m)

H1 = Yeraltı suyu olmaması durumunda deney kademesinin ortasından manometreye kadar olan uzaklık (m)

$P_c$  = Manometre ile deney kademesinin üst kotu arasındaki tija ve vanalarda, manometreden sonraki borularda meydana gelen yük kaybı (Şekil 3)

#### B-Eğik kuyularda gerçek basıncın hesaplanması

Eğik kuyularda H, kuyu başındaki manometreden deney yapılan kademenin ortasına kadar olan uzaklığın (h) veya ölçülebilmesi durumunda, yeraltı suyu tablasına kadar olan uzaklığın kuyunun eğim açısının (&) cosinüsü ile çarpılması ile bulunur.

$$P_{eff} = P_m + \cos \alpha \cdot h / 10 - P_c$$

#### C-Yatay kuyularda gerçek basıncın hesaplanması

Yatay kuyularda H=0 olduğundan  $P_{eff} = P_m - P_c$  şeklinde olmaktadır.

#### 2.2.1.Lugeon Deneyinde Yük Kaybının Bulunması

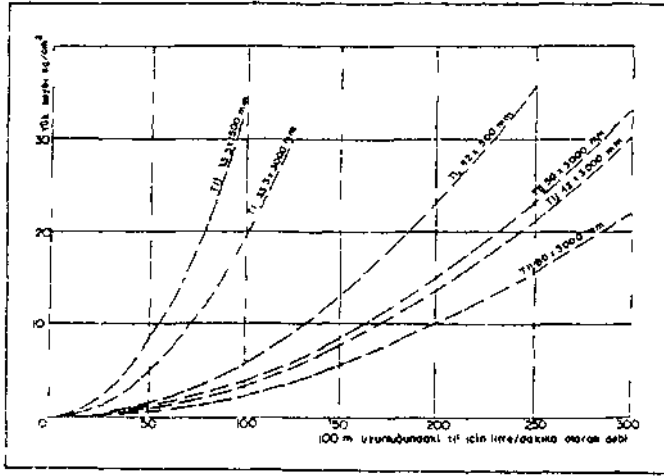
Basıncı su deneyi sırasında manometre ile deney kademesinin üst kotu arasında kalan tija ve vanalarda, manometreden sonraki borularda sürtünme veya diğer nedenlerle yük kaybı oluşur. Bu yük kayıpları ampirik yöntemler ve abaklar yardımı ile yaklaşık olarak bulunabilmektedir 100 m

uzunluğundaki tij için deney ile elde edilmiş eğriler çizilir.

Pratikte deney yapılacak ekipmana ait yük kayıplarını bulabilmek için basmçlı su deneyinde kullanılacak tijler birbirine eklenerek 100 m uzunluğunda bir parça oluşturulur. Bu tijlerin bir ucundan belirli bir basınç ile su verilerek diğer ucundan suyun çıkış basmıcı arasındaki fark deneyde kullanılacak ekipmana ait yük kaybıdır.

### 2.2.2.Lugeon Geçirimsizlik Katsayısının Hesaplanması

Basmç su deneyi tamamlandıktan sonra elde edilen değerler deney formuna işlenir. Her deney kademesi için Lugeon eğrisi ayrı ayrı çizilir. Bu eğriler üzerinde 10kg/cm<sup>2</sup> gerçek basınca karşıt gelen emilme katsayısı deney kademesinin Lugeon birimi (LU) olarak geçirimsizliğidir. (Şekil 4)



Şekil 3.Tij ve Mançonlardaki Yük Kaybını Gösterir Abak

Deney sırasında her zaman 10 kg /cm<sup>2</sup> gerçek basınca ulaşmak mümkün olmayabilir. Özellikle küçük boyutlu su yapılarının temel etütlerinde basıncı 10kg/cm<sup>2</sup>'ye kadar yükseltmeye gerek görülmemektedir. Bu gibi durumlarda deney sırasında uygulanan en yüksek basınçtan sonra daha yüksek basınçlar için kayacın geçirimsizliğini uniform kabul etmek gerekir.

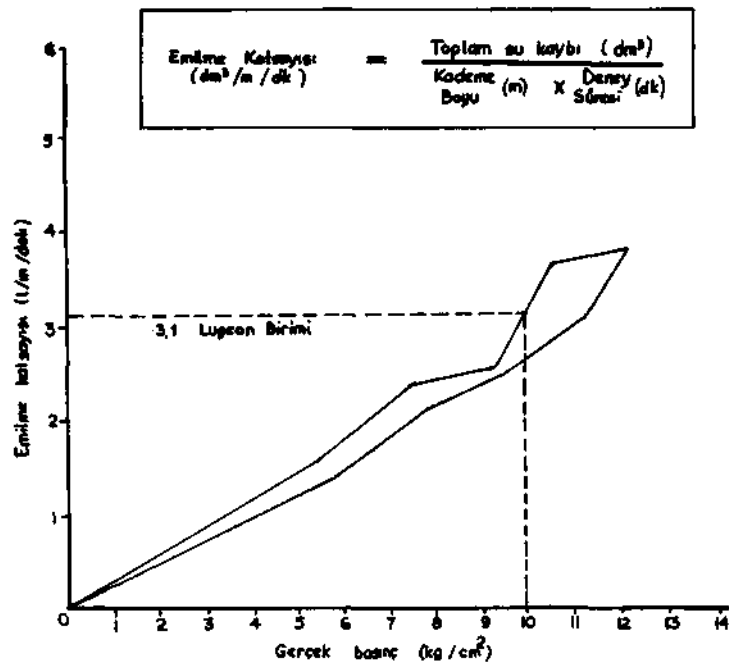
Basınç-emilme katsayısı grafiğinde uygulanan basınçlara göre elde edilen eğri lineer olarak uzatılır.ve kg/cm<sup>2</sup> gerçek basınca karşıt gelen

emilme katsayısı lugeon birimi olarak kabul edilir.

Yapılan denemeler bu yolla elde edilen lugeon değerinin küçük su yapıları için gerçeğe çok yakın olduğunu ve kabul edilebilir hata payı sınırı içinde kaldığını göstermiştir. Ancak bu tür yorumlara zorunlu olmadıkça gidilmemesi özellikle 50m den daha yüksek su yapılarında 10 kg/cm<sup>2</sup> basınca ulaşacak şekilde deney yapılması gerekir.

Deneyden önce manometrin ve yeraltı suyu seviyesinin hâsi	Pm (kg/cm <sup>2</sup> )	Deney süresi (Dakika)	Toplam su kaybı (l)	H Statik yük (kg/cm <sup>2</sup> )	Pc (kg/cm <sup>2</sup> )	Pc1f Pm+H-Pc (kg/cm <sup>2</sup> )	Emilme katsayısı (l/m/dak)
Kuyu bakımmanometre yükü A = 200,92	2	10	70	3,85	0,12	5,73	1,4
	4	10	104		0,15	7,7	2,08
Kuyu kolu - YAS derinliği B = 174,82	6	10	119		0,42	9,43	2,58
	8	10	154		0,75	11,1	3,08
H = 34,80	10	10	193		1,9	11,95	3,86
	8	10	188		1,4	10,48	3,76
Kuyu kolu 28,42	6	10	128		0,7	9,15	2,56
	4	10	116		0,9	7,35	2,32
	2	10	78		0,2	5,65	1,56

Deney zoru (Derinlik, m) 75,00-80,00



Lugeon deneyi ile geçirimsizliğin hesaplanması

ŞEKİL - 4

### 2.2.4.Lugeon Değerlerinin Geçirimsizlik Yönünden Sınıflandırılması

Lugeon deneyi sonucunda elde edilen değerlere göre kayaçların geçirimsizliği konusunda bir sınıflama yapılmıştır.

1	Lugeondan az	geçirimsiz
1 -5	Lugeon	az geçirimli
5-25	Lugeon	geçirimli
25	Lugeondan çok	çok geçirimlidir.

### 3. LUGEON DENEYİNİN YORUMU

Yıllardan beri bir çok araştırma lugeon deneyine açıklık getirilmesi ve sonuçların yorumlanması için çeşitli yöntemler önermişlerdir. Genel bir deney işleminde (A-B-C-D-E-D-C-B-A) deney zonuna önce artan daha sonra azalan basınçlar (geri dönüşlü) uygulanır.ve her basınç kademesinde oluşan kaçak miktarı ölçülür. Darcy yasasından çıkarılan ve kayacı homojen geçirimsizlikte bir ortam kabul eden varsayım dayandırılan basit yorumlar basınca karşı akım grafiklerini orijinden geçen düz bir eğri şeklinde göstermektedir. Pratikte bu basit sonuç çoğu kez elde edilemez.

Lugeon basınçlı su deneyinde basınç ve debiye bağlı olarak çizilen eğrilerin tiplerine göre kayacın geçirimsizliği ve boşlukların özellikleri konusunda bazı yorumlar yapmak mümkün olabilmektedir.

Yutularda H. Cambefort' un çizdiği bazı eğri tiplerinden yararlanılmaktadır. Debi (Q) düşey ekseninde basınç (P) yatay ekseninde olursa eğrilerin durumuna göre şu tür yorumlar yapılabılır.(Şekil 5)

a- Laminer akım, çatlaklarda tıkanma ve temizleme yok.

b- Türbilanslı rejim, muhtemelen büyük bir çatlak varlığını gösterir.

c- Basınçla çatlaklardaki dolgu malzemesinin yıkanması veya deney lastiğinden kaçak

d- Kuvvetli basınçla çatlakların tıkanması ,doldurulması (Kaçak miktarında azalma olması).

e- Düşük basınçla çatlakların tıkanması, yüksek basınçla çatlakların temizlenmesi.

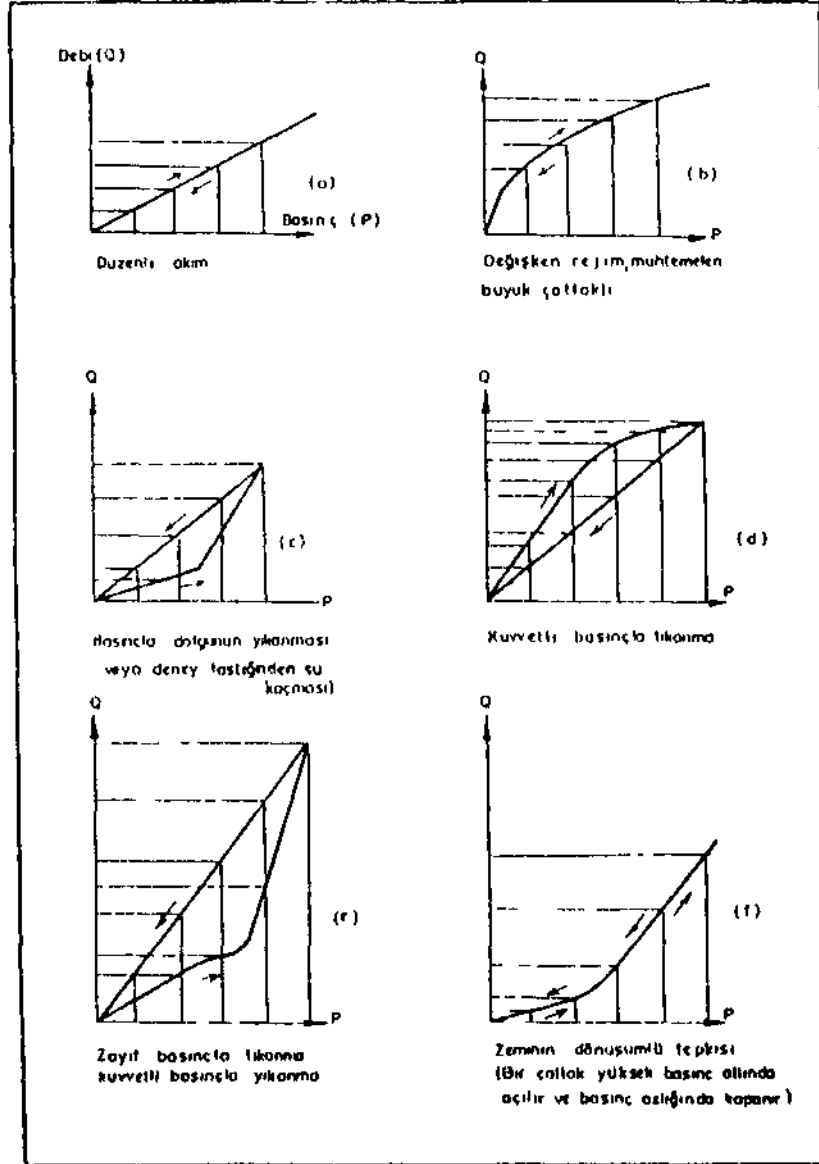
f- Zeminin dönüşümlü tepkisi (Bir çatlak yüksek basınç altında açılır ve basınç azaldığında kapanır.)

### 4 - KAYNAKLAR

Şekercioğlu, E. 1993 Lugeon Basınçlı Su Deneyi ile Kayaçların Geçirimsizliğinin Hesaplanması Sonuçlarının Değerlendirilmesi.

Albayrak, Z. 1975 Temel Sondajlarda Yapılan Perméabilité Testleri Hakkında Genel Bilgiler.

Özaydın, K. 1989 Zemin Mekaniği



Şekil 5. Lugeon eğrilerinin yorumlamaları (H.Carabufurt)