

II. Kuyu Sondaj Metodları

Dr. İrfan Yolcubal
Kocaeli Üniversitesi

Sondaj Metodları

- 3 ana sondaj metodu yaygın olarak bilinmektedir.
- Kablolü Sondaj (Cable Tool Drilling)
- Rotary yada Döner Sondaj (Rotary Drilling)
- Ters Rotary Sondaj (Reverse Rotary Drilling)

Kablolu Sondaj Metodu (Cable Tool Method)

Sondaj kuyusu içerisine ağır sondaj dizisini tekrar tekrar kaldırıp düşürerek uygulanan bir kuyu açma yöntemidir.

- **En eski sondaj metodu**
 - 4000 yıl önce Çin`de geliştirildi.
 - Bamboo ağaçlarından yapılan ilk sondaj takımları ile 915m derinliğe kadar kuyu açıldı, fakat bu olay yaklaşık 2-3 jenerasyon sürdü.
 - 20. Yüzyıla kadar, bir kaç kullanılan sondaj metodundan biri idi ve halen günümüzde kullanılmakta.

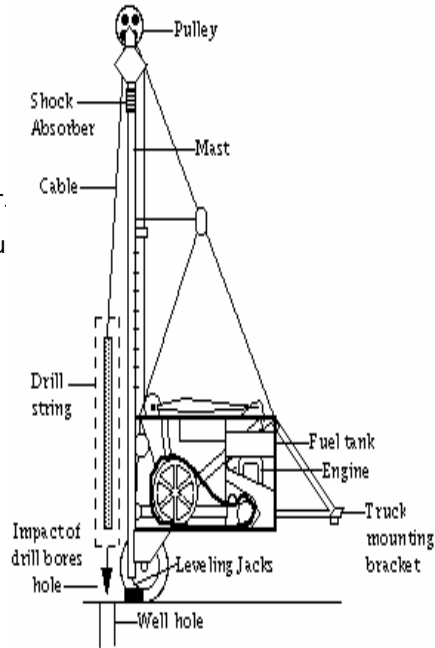
Kablolu Sondaj Türleri

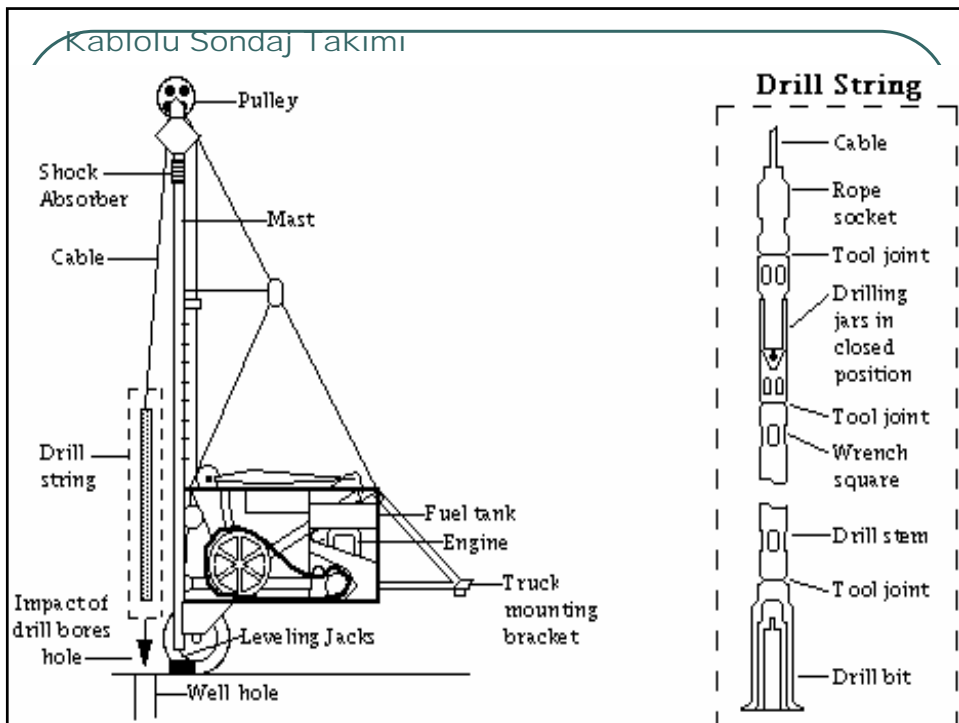
- **Hard tooling or percussion drilling (Darbeli Sondaj)**
 - En yaygın kablolu sondaj türü, bazalt da dahil olmak üzere her formasyonda kullanılabilir.
 - Sondaj matkabının darbeli hareketi formasyonu parçalamaktadır. Çamur (Slurry) oluşturmak için su kullanılır. Formasyonda su mevcut değil ise, ortalama olarak 10-20 galon su ilave edilir.
 - Çamur kutusu (Bailer) adı verilen bir alet, sondaj devam ederken kuyudan çamurun uzaklaştırılmasını sağlar.
 - Kum pompası (Sand pump) yada emme çamur kutusu bir diğer örnek alma şeklindedir. 3-6.1 m uzunluğunda
 - Bu yöntemle alınan numunelerin kalitesi düşüktür çünkü su ilave edilmiştir ve kaya parçacıkları toz haline getirilmiştir. Dolayısıyla, örnekler jeolojik analiz için uygun değildir. Ayrıca, su örnekleri yıkadığından, kirlenmeleri belirlemek çok zordur.

Kablolu Sondaj Türleri

- **Drive barrel or dry drilling (Kuru sondaj)** .
- Muhafaza borusu zemin içerisine kablolu sondaj matkabı araçılığıyla sokulur. Zemin numuneleri, muhafaza borusunun içine girer ve numuneler split spoon sampler veya core barrel içerisine alınır. Alınan örnek numunesi diğer tekniğe göre çok iyidir, çünkü kuyuya su ilave edilmemektedir.
- Core barrel çıkarıldığı zaman, her iki uç kısmına plastik torba geçirilerek kolaylıkla muhafaza edilebilir. Core barrel daha sonra çekiçlenerek, zemin numunesinin her iki uçtan plastik torbaların içine girmesi sağlanır ve torbaların ağzı kapatılır.
- Bu teknikte zemini yumuşatmak için herhangi bir sıvı kullanılmaz, sondaj kırıntılarını uzaklaştırır. Tamamiyle kuru bir metoddur, kirliliğin yayılmasını önler ve numunelerin kalitesini geliştirir.
- Oldukca kuru, vadoz zonda yaygın olarak bulunan kum çakıl gibi konsalide olmamış zeminlerde en iyi uygulanır.

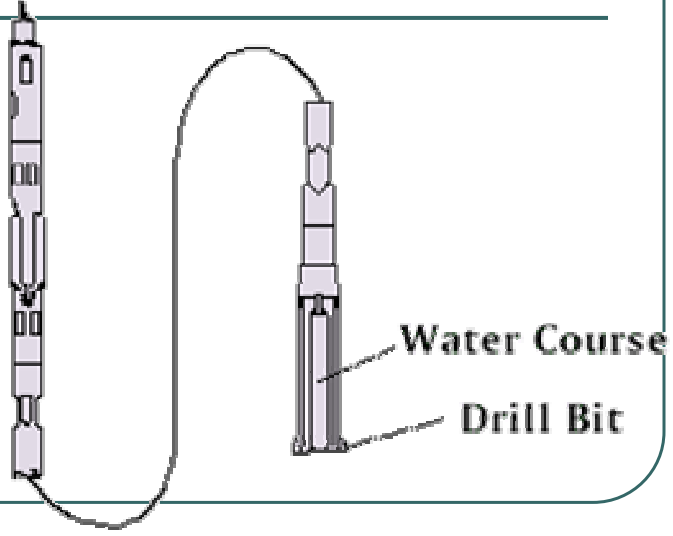
- Sondaj takımı, geniş tel halat makaralı, hareket edebilen kirişli, kuleli bir vinçten ibarettir.
- Tel halatın uzunluğu arzulan derinliğe ulaşmak için yeterince uzun olmalıdır.
- Direğin tepesindeki makara üzerinden hareket eden kiriş boyunca tel halatı geçirilir. Mobil kiriş aşağı doğru hareket ederken, matkap yukarı kalkar, yada kiriş aşağı doğru hareket ederken, matkap aşağı düşer.
- Kuyuyu açarken, tel halatı gerererek matkabın tam olarak kuyunun tabanında olmasını sağlar. Eğer kuyu kuru ise, kuyuya yeterince su ilave edin. Matkabı indirip kaldırırken, formasyon malzemesi parçalanır ve su ile karışır. Bir kaç ft ilerledikten sonra, bailer kullanarak biriken çamur uzaklaştırılır.





Sondaj Takımı

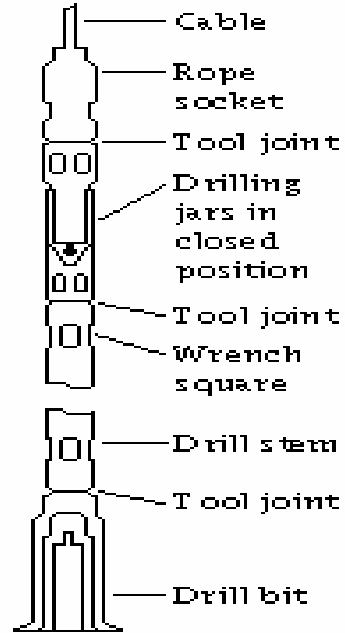
Percussion Drill Assembly



Kablolu sondaj dizisinin(drilling string) 5 ana elemanı vardır. Her bir elemanın sondaj prosesinde önemli fonksiyonları vardır:

- Sondaj matkabı (drill bit)
- Sondaj gövdesi (drill stem)
- Sondaj kutusu (drill jar)
- Fırdöndü yuvası (rope socket or swivel socket)
- Kablo (cable)

Drill String



Sondaj Dizisi (Drill String) Elemanları

- **Drill bit or shoe (Sondaj matkabı)**
 - 2 tür matkab kullanılır
 - Standard tip matkaplar
 - Yıldız tip matkaplar
- Masif ve ağırdır.
- Sondaj matkabı, darbeyi yerin içersine iletir. Konsolide olmuş kayaçları kırarak küçük parçaçıklar haline getirir. Konsalide olmamış formasyonlarda sondaj yaparken, sondaj matkabı temel olarak malzemeyi gevşetir.

Sondaj Dizisinin Elamanları

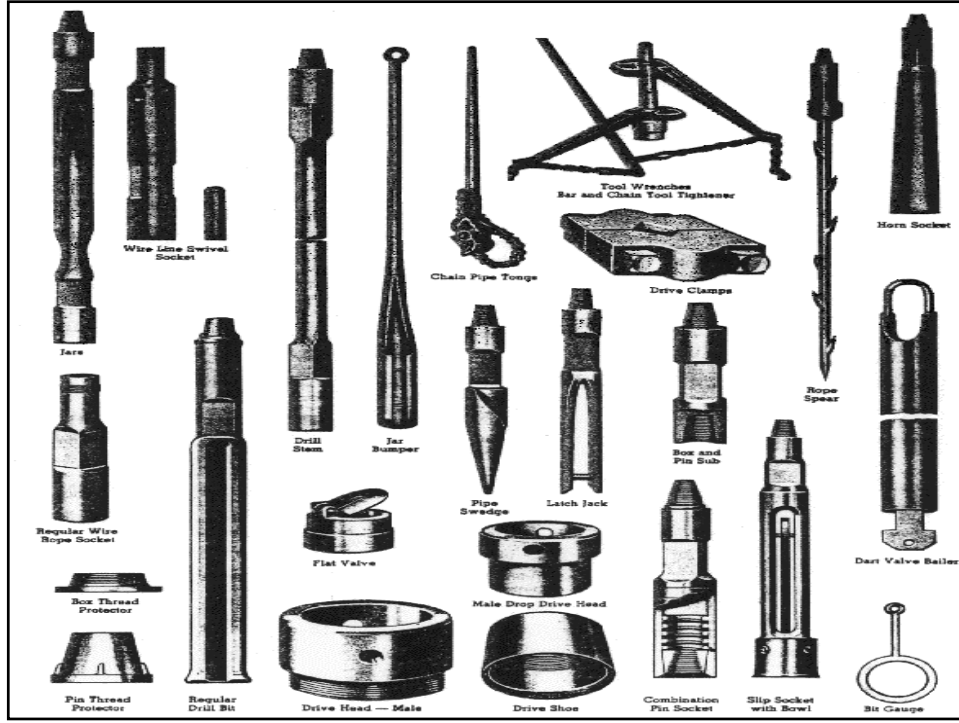
- **Drilling stem (sondaj gövdesi)**
- Sondaj takımın en uzun kısmıdır ve sondaj matkabını sondaj kutusuna bağlar. Sondaj matkabına ek bir ağırlık sağlar ve uzun oluşu sert kayalarda sondaj yaparken düşey veya düzgün kuyu açımına yardımcı olur.
- **Drilling jar (sondaj kutusu)**
- Bir zincirdeki bir çift bağlantı gibidir. Birbiriyle bağlantılı, ısıya dayanımlı çelik çubuklar içerir. Sondaj matkabı sıkıştığında, matkap, çoğu zaman serbest hareket eden sondaj kutusunun yukarı doğru darbeleri ile serbest kalır. Bu parçanın temel fonksiyonudur. Bunun gibi nadir durumlar dışında tek başına sondaj operasyonunda hiç bir fonksiyonu yoktur.
- Sondaj kutusunun darbeleri 9-18 inç (229-457 mm) uzunluğundadır.

Sondaj Dizisinin Elamanları

- **Swivel socket (Firdöndü Yuvası)**
- Firdöndü yuvası, geri kalan sondaj takımlarını sondaj kablosuna bağlar.
- Buna ek olarak, gerekli durumlarda, firdöndü yuvasının ağırlığı yukarıya doğru olan enerjisinin bir kısmını sondaj kutusuna aktarır.
- Firdöndü yuvası, kablonun rotasyonunu takım dizisine ve matkaba iletir. Böylelikle, her darbeye yeni kaya kesilir ve yuvarlak, düzgün bir kuyunun açılması sağlanır.
- **Cable (Kablo)**
- Sondaj takımını taşıyan ve belli bir eksen etrafında dönmesini sağlayan kabloya sondaj hattı (drill line) denir.
- 5/8 – 1 inç (16-25 mm) kablo
- Her yukarıya doğru olan darbeye takım eklem yerlerini burkarak kablonun yerinden çıkmasını önler.
- Sondaj kablosu, bir direk üzerindeki makara üzerinden sondaj motoruna bağlanır.

Kablolu Sondaj Metodu

- Muhafaza borusu (casing) konsolide olmamış formasyonlarda kuyunun duvarlarının yıkılmadan korumak için kullanılır.
- Sondaj numunesi (core samples) almak için, pabuçlu split spoon sampler sondaj gövdesine, sondaj matkabi yerine eklenir. Numune yakalayıcı, örnekleyicinin alt kısmına yerleştirilir, böylelikle numunenin yer yüzeyine ulaşmadan düşmesi önlenmiş olur.
- Örnekleyici, kablolu sondaj metodu ile formasyonun içerisine sokulduktan sonra, kuyudan çıkarılır ve örnekleyici numune almak için uzunluk bazında yarıya bölünür.



Kablolu Sondaj Yöntemi

Konsalide Olmuş Formasyonlarda Sondaj

- Bu gibi ortamlarda açılan kuyularda, muhafaza borusu ya sondaj işleminin bir bölümünde kullanılır yada hiç kullanılmaz.
- Bu gibi ortamlarda sondaj takımı aslında zemin parçalama işlevi görür.
- Sondaj işleminin etkinliğini kontrol eden faktörler:
 - Kayaların dayanıklılığı
 - Kaya yapılarının eğimi
 - Sondaj takımının ağırlığı
 - Darbenin uzunluğu
 - Dakikadaki darbe sayısı
 - Matkabin keskinliği ve şekli
 - Sondaj takımı ve kuyu arasındaki boşluğun genişliği
 - Biriken çamurun derinliği ve yoğunluğu

Kablolu Sondaj Yöntemi

- **Konsalide Olmamış Formasyonlarda Sondaj**
- Bu gibi ortamlarda sondaj, sert kaya ortamlardaki sondajdan iki şekilde farklılaşır. İlk olarak, muhafaza borusu sondaj matkabını kuyu derinleştikçe takip ederek izler, böylelikle kuyunun açık kalması ve mağara oluşumu önlenmiş olur. İkinci olarak matkabın çalışma şekli, çoğunlukla karıştırma ve gevşetmeden ibarettir. Parçalama olayı, iri bir blokla karşılaşılması müddetce daha azdır.
- Duraylı olmayan formasyonlarda ise muhafaza borusu ilk olarak kuyunun içerisine doğru sürülür, ve sondaj işlemi muhafaza borusunun tabanına kadar tamamlanır. Bu metolla açılan kuyular 1000ft kadar derinlikte olabilir, çaplarında 4-18 inç arasında değişmektedir. Kuyunun üst kısmı kuyunun diğer kısımlarından 4 inç daha geniş açılır, muhafaza borusu ile kuyu duvarı arasından kirlenmiş suların akifere girmesini önlemek için bu kısım betonlanır. Betonlanan kısmın derinliği jeolojik formasyona bağlıdır.
- Genel prosedür, başlangıçta muhafaz borusunun 3-10 ft (0,9-3 m) indirilmesi ile başlar.
- Muhafa borusunun dışındaki sürtünme artığı zaman ve muhafaza borusunun daha derinlere ilerlemesinin takıma zarar vermesi halinde, daha düşük çaplı muhafaza borusu önceki borunu içerisine indirilerek devam edilir.

Kablolu Sondaj Metodu

- **Avantajları**
- Her türlü formasyonda yapılabilir
- En iyi uygulandığı ortamlar (iri buzul tilleri, iri çökeller yada kırıklı, fissürlü yada mağaralı tabakalı kayalar)
- Metod ve sondaj takımı pahalı değildir
- Benzer kapasiteli rotary sondaj metodundan 1/2 - 1/3 kat daha ucuzdur
- Sondaj donanımları oldukça kompakt olup, aksesuarı azdır, çok az bakım gerektirir
- Sondaj motoru rotary metoda göre oldukça az yakıt tüketir
- Kuyu tüm sondaj sırasında duraylı halde tutulur
- Uzak veya erişilemez alanlarda sondaj için idealdir
- Su kullanımı azdır
- Sondaj takımı tüm hava koşullarında çalışabilir
- Her derinlikten temsili, uygun örnek alınabilir
- Kuyunun açılması sırasında kirlenme riski düşüktür
- Bir kişi tarafından çalıştırılabilir
- **Dezavantajları**
- Çok yavaş bir metoddur
- Muhafaza borusu maliyeti genellikle yüksektir çünkü daha geniş çaplı ve kalın muhafaza duvarı gerekli olabilir
- Bazı jeolojik ortamlarda, uzun muhafaza borusu halatını çekmek zor olabilir.

Table 5-1. Relative performance of different drilling methods in various types of geologic formations

Type of Formation	Cable Tool	Direct Rotary (with fluids)	Direct Rotary (with air)	Direct Rotary (Down-the-hole air hammer)	Direct Rotary (Drill through casing hammer)	Reverse Rotary (with fluids)	Reverse Rotary (Dual Wall)	Hydraulic Percussion	Jetting	Driven	Auger
Dune sand	2	5			5	5*	6	5	5	3	1
Loose sand and gravel	2	5			6	5*	6	5	5	3	1
Quicksand	2	5			6	5*	6	5	5		1
Loose boulders in alluvial fans or glacial drift	3-2	2-1			5	2-1	4	1	1		1
Clay and silt	3	5			5	5	5	3	3		3
Firm shale	5	5			5	5	5	3			2
Sticky shale	3	5			5	3	5	3			2
Brittle shale	5	5			5	5	5	3			
Sandstone—poorly cemented	3	4				4	5	4			
Sandstone—well cemented	3	3	5			3	5	3			
Chert nodules	5	3	3			3	3	5			
Limestone	5	5	5	6		5	5	5			
Limestone with chert nodules	5	3	5	6		3	3	5			
Limestone with small cracks or fractures	5	3	5	6		2	5	5			
Limestone, cavernous	5	3-1	2	5		1	5	1			
Dolomite	5	5	5	6		5	5	5			
Basalts, thin layers in sedimentary rocks	5	3	5	6		3	5	5			
Basalts—thick layers	3	3	4	5		3	4	3			
Basalts—highly fractured (post-circulation zones)	3	1	3	3		1	4	1			
Metamorphic rocks	3	3	4	5		3	4	3			
Granite	3	3	5	5		3	4	3			

*Assuming sufficient hydrostatic pressure is available to contain active sand (under high confining pressures)

Rate of Penetration:
1 Impossible
2 Difficult
3 Slow
4 Medium
5 Rapid
6 Very Rapid