

TÜNEL GEÇKİLERİNDE EKSEN YÖNLENDİRİLMESİ

Doç. Dr. Erdal KOÇAK
KTÜ
Trabzon

ÖZET

Yol yapımı, su getirme, baraj ve metro gibi önemli inşaatlardaki tünel geçkilerinde proje ekseninin yönlendirilmesi, özelleştirilmiş ölçme yöntemlerinin uygulanmasını gerektirir. Ölçme hizmetinin güvenilir biçimde sürdürülebilmesi için proje alanını kapsayan açı-kenar ağlarından oluşan yeterli duyarlılıkta ve ülke nirengi ağına dayalı bir sabit nokta ağı kurulmalıdır. Yükseklik kontrolü için de ölçülerle denetlenmiş, ülke nivelman ağına dayalı güvenilir bir nivelman ağının kurulması zorunludur.

Uzun tünel geçkilerinde hız ve ekonomi açısından ya da projenin gereği olarak, eğik ve düşey shaftlardan da yararlanılır. Düşey shaftın bulunduğu yapılarda proje eksenini üç ayrı yöntemle shaft tabanına taşınabilir. Bu yöntemler,

- a) Bir çift çekül yardımıyla mekanik olarak,
- b) Astronomik teodolit ya da objektifine beşgen prizma takılmış saniye teodolitleri ile optik olarak,
- c) Jiroskoplu teodolitler kullanılarak gerçekleştirilebilir.

Optik yöntem, uygun çevre koşullarının bulunduğu düşey shaftlarda uygulanabilir ve kullanılan aletin duyarlılığına bağlı olarak, beklenen doğruluk derecesinde sonuca varılan bir yöntemdir. Mekanik yöntemde, ölçü düzeni açısından zorunlu koşulların gerçekleştirilmesi halinde hemen her türlü ortamda uygulanabilir, yeterli doğrulukta sonuç almak olanaklıdır. Jiroskop yönteminde, ölçme hazırlığı diğerlerine göre çok kısa, ancak erişilebilecek doğruluk daha sınırlıdır.

Düşey shaftlarda yükseklik transferi bu amaçla kullanılan ölçme tellerinden yararlanarak yapılır. Yüksek doğruluğun beklenmediği çalışmalarda daha basit düzeneklerle yükseklik transferi yapılabilir.

1- GENEL

Yol yapımı, su getirme, baraj, metro gibi önemli inşaatlardaki tünel geçkilerinde proje ekseninin yönlendirilmesi, özelleştirilmiş yöntemlerin uygulanmasını gerektiren bir ölçme problemidir.

Tüneller genel olarak giriş ve çıkış ağzalarını birleştiren geçkilerdir. Uzun tünellerde kazıyı hızlandırmak, ya da projenin gerektirdiği diğer nedenlerden dolayı, yaklaşım tünelleri denilen eğik shaft (Y) ve baca denilen düşey shaftlardan da (B) yararlanılmaktadır (Şekil 1). Böylece tünel içinde çok sayıdaki yüzeylerde yapılan kazı ve yapım çalışmalarının proje verilerine göre yüksek duyarlılıkla izlenmesi ve periyodik kontrollerinin yapılması zorunluluğu ortaya çıkar.



Şekil 1

Uzun bir zaman kesimine yayılan kazı ve yapım çalışmalarının denetiminde sürekliliğin ve standardın korunması için ilk yapılacak iş, çalışma alanını kaplayan bir nirengi ağının kurulmasıdır (Şekil 2). Ağın açı-kenar ağı olarak düzenlenmesi ve ülke ağının yüksek dereceli noktalarına bağlı olarak tesis edilmesi uygundur. Ağ noktalarının duyarlılığı konusunda daha gerçekçi bilgi elde etmek için ağın serbest ağ olarak dengelenmesi gerekir. Tünel ekseninin, zeminde işaretlenmiş olan giriş-çıkış noktaları ile, varsa some noktalarının ve yaklaşım tüneli başlangıçlarının koordinatları da ağ içinde hesaplanmış olmalıdır.

Tünel ekseninin ana noktalarının koordinatlarından yararlanılarak eksen doğrultusu belirlenip kazı yapım işleri bu temel doğrultuya göre sürdürülür. Tünel içi çalışmada yararlanmak üzere, proje eksenine ya da eksenine denetleyebilecek yaklaşık 500-600 m. aralıklı poligon tesisleri yapılmalı, ara ölçmeler bu noktalarla dayandırılmalıdır.

Tünel geçkilerinde yükseklik denetimi, ülke nivelman ağına dayalı olarak kurulacak ve kontrollü ölçmelerle hesaplanacak yükseklik noktalarıyla sağlanacaktır. Tünel içinde tesis edilen yatay konum röper noktalarının yükseklikleri de, yükseklik röper noktalarına göre kotlandırılmalı ve tünel içi yükseklik kontrolü bu noktalardan yararlanılarak yapılmalıdır.

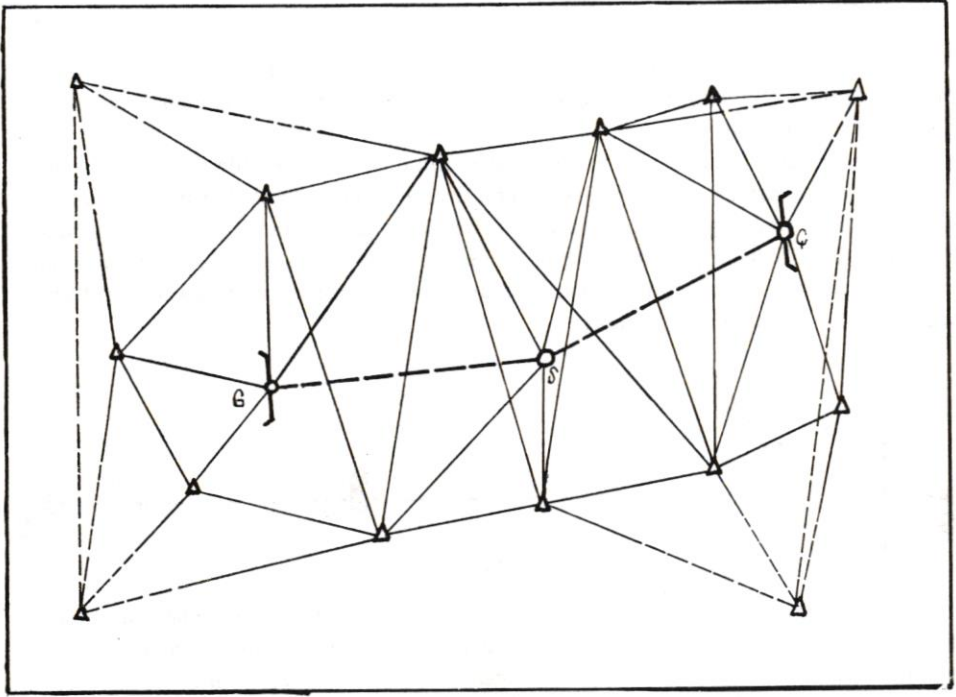
Tünel zemininde oluşabilecek deformasyonlar nedeniyle, tünel içi tesislerin uygun periyotlarla sürekli denetlenmesi gerekmektedir.

2- DÜŞEY ŞAFTLARDA EKSEN YÖNLENDİRİLMESİ

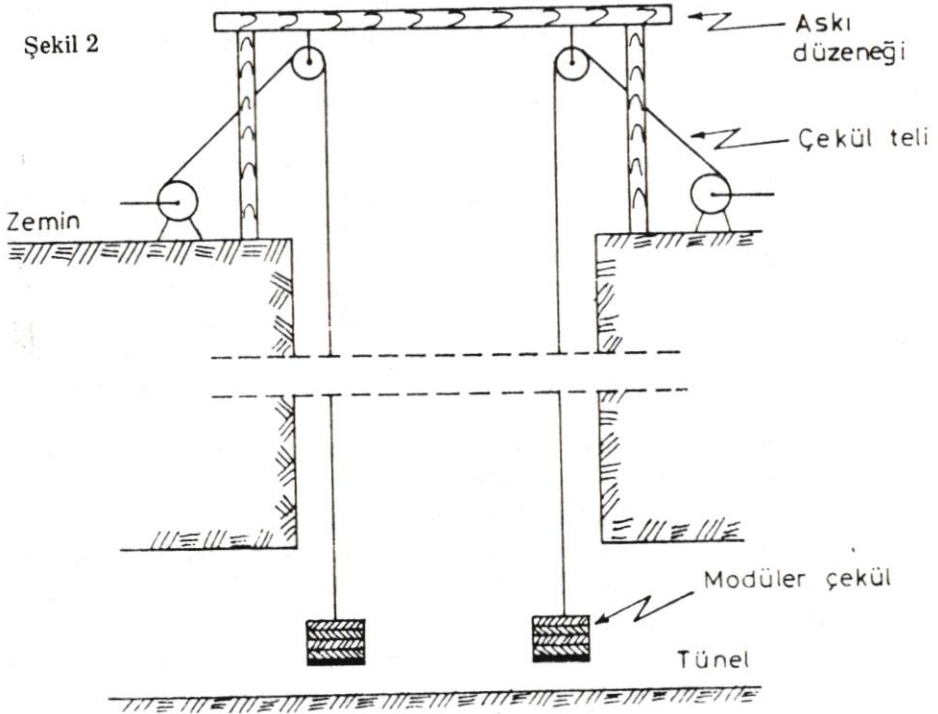
Tünellerin düşey shaft girişlerindeki proje ekseninin shaft tabanına taşınmasında üç ayrı yöntemden yararlanılır. Aşağıda bu yöntemlerin özellikleri belirtilmektedir.

2.1- Mekanik Yönlendirme:

Düşey shaftlı tünellerde, proje ekseninin mekanik yöntemle tünel tabanına taşınması, çekül aracılığıyla yapılır ve ölçmeler zeminde ve tünel tabanında olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilir.



Şekil 2

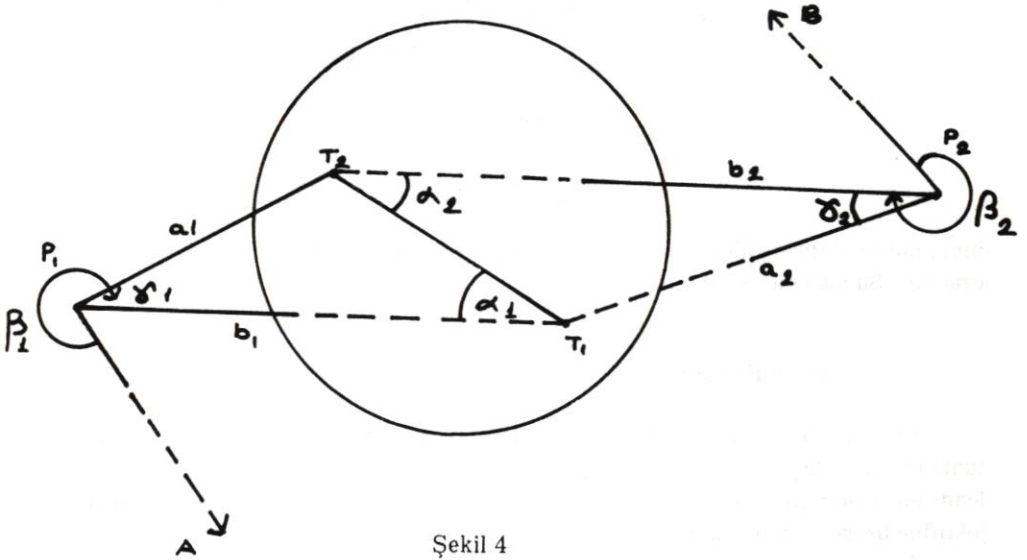


Şekil 3

Zeminte, şaft üzerinde kurulan askı düzenekleriyle bir çift çekül, yaklaşık eksen doğrultusunda olmak üzere şaft içine sarkıtılır (Şekil 3). Bu durumda çeküller tünel tabanına kadar inebilmelidir. Çekül modüler ağırlıklardan oluşur ve toplam ağırlığı derinliğin en az 1/3'ü oranında olmalıdır. Çekül teli ise toplam ağırlığın iki kat germe kuvvetine dayanabilen piyano teli ya da çelik yay teli olmalıdır. Çekül telleri arasındaki uzaklık olabildiğince büyük alınmalıdır. Zorunlu hallerde bu uzaklık 2 metreye kadar alınabilmektedir.

Çekül doğrultusunun tünel tabanında belirlenmesi için, çekül salınımları birbirine dik iki yönde gözlenerek ortalama doğrultunun saptanması gerekir. Bu doğrultu tünel tabanında röperlenerek belirlenmelidir. Düşey doğrultunun belirlenmesinde çekül telinin spiral hatası ile şaft içindeki hava akımının çekül teline olan saptırıcı etkisi dikkate alınmalıdır.

Tünel tabanına kadar çekülle taşınan T_1 ve T_2 noktalarının zeminde belirlediği doğru parçasının proje eksenine göre durumu, zeminde yapılacak yatay konum ölçmeleriyle belirlenir (Şekil 4). A, B, P_1 , P_2 koordinatlarıyla bilinen noktalardır. β ve γ açılarıyla a, b, c kenarları arazide ölçülmektedir. Buna göre α açısı,



Şekil 4

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \sin \gamma$$

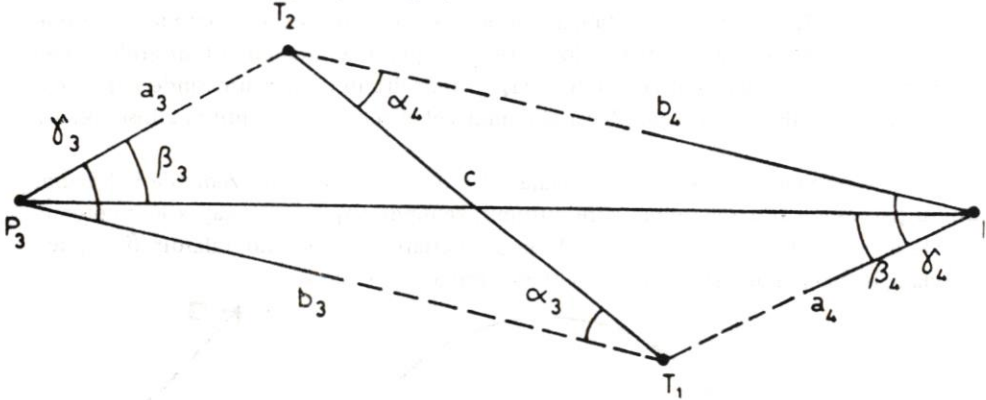
bağıntısıyla hesaplanır. α açısı bulunduğundan sonra $(T_1 T_2)$ açıklığı, $P_1 T_1 T_2$ ve $P_2 T_2 T_1$ üçgenlerinden yararlanarak, kontrollü olarak hesaplanır. Proje ekseninin açıklığı bilindiğinden, iki değer karşılaştırılarak $(T_1 T_2)$ ile proje ekseninin açıklıkları farkı elde edilmiş olur.

T_1 , T_2 noktalarından sarkıtılan çekül yardımıyla $T_1 - T_2$ doğru parçası tünel tabanına taşınmış olmaktadır. $(T_1 T_2)$ açıklığı bilindiğinden, yapılacak ek ölçmelerle, tünel tabanında seçilen bir doğrultunun açıklığı hesaplanır (Şekil 5). Tünel tabanında β , γ açılarıyla a, b, c kenarları ölçülür. Daha önce de belirtildiği gibi α açısı,

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \sin \gamma$$

bağıntısından yararlanarak hesaplanır. (T_1T_2) açıklığı bilindiğine göre bu kez (P_3P_4) açıklığı, $P_3T_1T_2$ ve $P_4T_2T_1$ üçgenlerinden kontrollü olarak hesaplanır. (P_3P_4) açıklığının proje ekseninin açıklığı ile karşılaştırılması sonucu, proje eksen P_1P_2 doğru parçasına göre tünel zeminine aplike edilir.

α açısının karesel ortalama hatası, yukarıda verilen bağıntının diferansiyeli alınarak ve T_1T_2 doğru parçasının yaklaşık eksen doğrultusunda alındığı varsayılarak α ve γ açılarının küçük olacağı düşüncesiyle,



Şekil 5

$$m_{\alpha} = \mp \frac{a}{c} m_{\gamma}$$

biçiminde hesaplanabilir. Görüldüğü gibi açıklık açısı taşımasında en büyük etken a/c oranıdır. Bu nedenle çekül telleri arasındaki uzaklık olabildiğince büyük alınmalıdır.

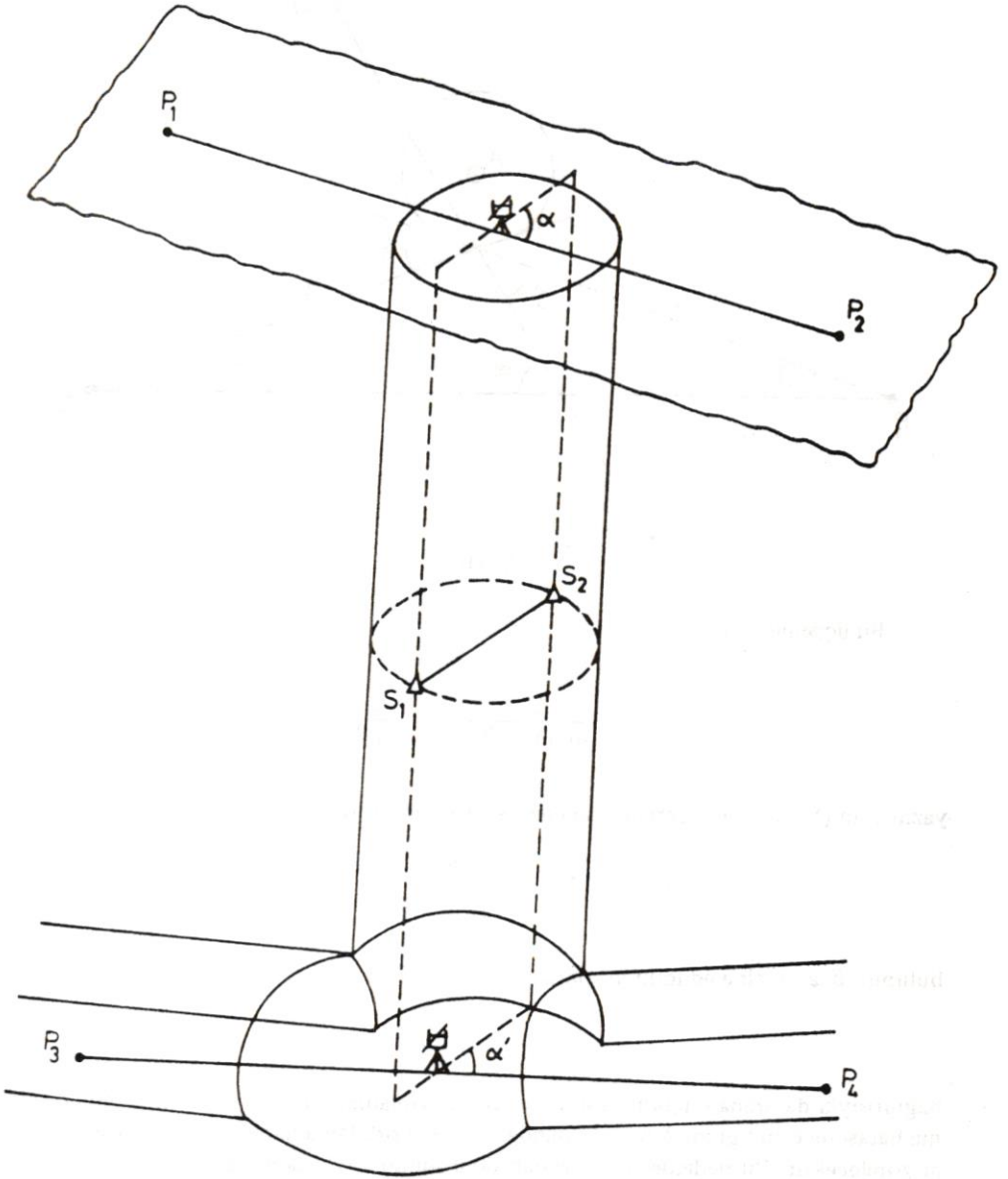
2.2- Optik Yönlendirme:

Gözlem yapmaya engel bir durumu bulunmayan düşey shaftlarda proje ekseninin tünel tabanına taşınmasında uygulanabilen yüksek duyarlıklı bir yöntemdir. Optik yönlendirmede görüntüyü 90° döndüren ya astronomik gözlem teodolitleri, ya da dürbün objektifine beşgen prizma takılmış saniye teodolitleri kullanılır.

Astronomik teodolitlerle yapılan yönlendirmede, alet tünel tabanında ve önceden belirlenen bir doğrultu üzerine yerleştirilir. Zeminde belirlenen iki hedefe yapılan gözlemlerle, bu hedeflerin belirlediği doğrultunun açıklığı, tünel tabanına taşınmış olur.

Beşgen prizmalı teodolit kullanılması halinde yöneltme işlemi, hem zeminde hem de tünel tabanında yapılacak gözlemlerle sağlanır. Bu iş için zeminde açıklık açısı bilinen P_1P_2 doğru parçasının önceden belirlenmesi gerekir. Bu noktalar proje ekseninin bir kesimi de olabilir. Ayrıca tünel tabanında da açıklığı bulunacak P_3P_4 doğru parçası işaretlenmiş olmalıdır. Bunlara ek olarak bacanın yaklaşık orta yerinde zeminden ve baca tabanından gözlem yapılabilecek iki ara hedef levhasının (S_1, S_2) baca duvarlarına yerleştirilmesi gerekir (Şekil 6).

Zeminde koordinatları bilinen P_1, P_2 noktalarının belirlediği kenar aracılığı ile ve zeminde yapılan ek ölçmelerle önce S_1S_2 kenarının açıklığı hesaplanır. Daha sonra tünel

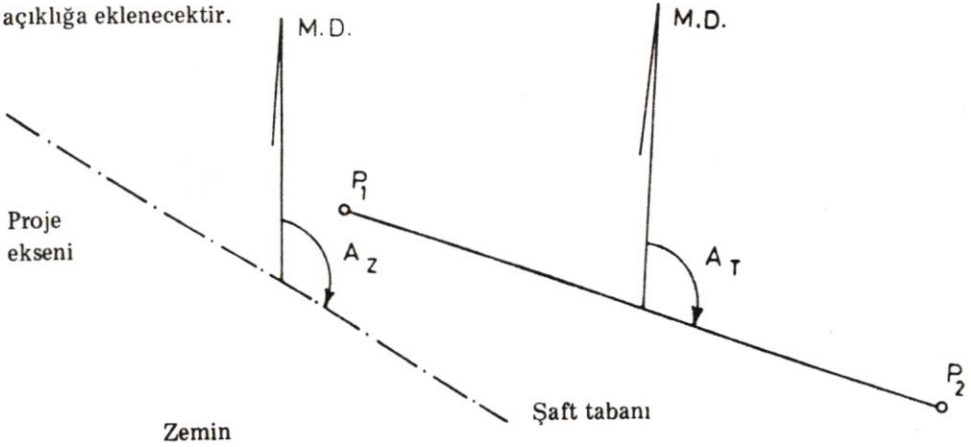


Şekil 6

tabanında yapılan ölçmelerle de S_1S_2 kenarının açıklığından P_3P_4 kenarının açıklığı bulunur. Şekilde görülen α açısı zeminde P_1P_2 kenarıyla S_1S_2 kenarının yaptığı açıdır. α' açısı ise şaft tabanında S_1S_2 kenarı ile P_3P_4 kenarının yaptığı açıdır. α ve α' açılarının belirlenmesiyle P_3P_4 kenarının açıklığı P_1P_2 kenarına göre tanımlanmış olur.

α ya da α' açısının hesaplanabilmesi için beşgen prizmalı teodolit, yaklaşık seçilen doğrultularda olacak biçimde kurularak Şekil 7'de görüldüğü gibi δ ve γ açılarıyla a, b kenarlarının ölçülmesiyle oluşan üçgenlerden yararlanılır.

Yöntemin uygulanışında, zeminde proje ekseninin A_z azimutu ile şaft tabanında seçilen P_1P_2 doğrultusunun yaklaşık aynı düşeyde bulunan noktasındaki A_t azimutu ölçülür. ($A_z - A_t$) azimut farkından proje ekseninin kesin yönü tünel tabanında belirlenir. Jiroskoplara ölçülen açının kesin meridyen doğrultusunu verebilmesi için daha önce, kullanılan alete ait kalibrasyon değerinin belirlenmiş olması gerekir ve bu değer ölçülen açıklığa eklenecektir.



Şekil 8

Jiroskopta uygun ölçme yöntemleriyle, azimut açısı 50 grt saniyesi civarında bir karesel ortalama hata ile belirlenebilmektedir. Ölçü sayısının artırılması daha doğru değer elde edilmesini sağlar.

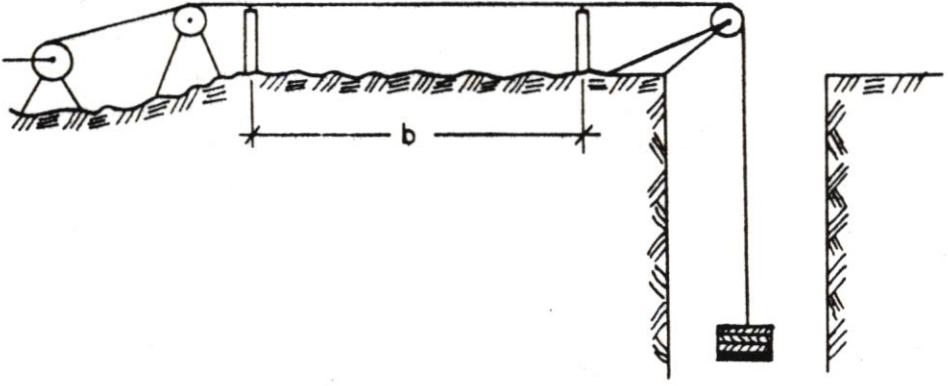
3- DÜŞEY ŞAFTLARDA YÜKSEKLİK TAŞINMASI:

Tünel yapımında yükseklik, konum kadar önemli olduğundan aynı titizlikle belirlenmeli ve denetlenmelidir. Düşey şaftlarda yükseklik taşınması bu amaç için hazırlanmış ölçü tellerinden yararlanılarak yapılır. Yüksek duyarlılığın zorunlu olmadığı çalışmalarda, çelik tele asılmış çekül akacılığı ile de yükseklik taşınabilir (Şekil 9).

Zeminde şaft yakınında hazırlanan bir makaralı çekül teli, uzunluğu bilinen b bazının işaretli noktaları üzerinden geçirilir. Çekül telinin ucuna yakın bölümüne konulan ince bir işaretten başlanarak, baz uzunluğu kadar parçalar tel üzerinde peş peşe işaretlenip parça parça sarkıtılır. Şaftın sonuna kadar işleme devam edilir. Zeminde ve şaft tabanında önceden işaretlenen yükseklik röper noktaları ile telin ilk ve son işaretleri arasındaki yükseklik ilişkisi yardımcı ölçülerle belirlenerek taban röperinin yüksekliği hesaplanır. Bu yöntemde sürtünmesi en aza indirilmiş makara düzeneği kullanılması halinde, çekül ağırlığı ve telin öz ağırlığı, telin bazla karşılaştırılan kesimine aynen yansıtılacağından, taşınan yüksekliğe herhangi bir düzeltme uygulamaya gerek kalmayacaktır.

KAYNAKLAR

- Chrzanowski, A., Introduction to Mining and Tunnelling Surveys, UNB, Canada 1980.
Koçak, E., Kınık Tüneli Eksen Yönlendirilmesi, Harita ve Kadastro Mühendisliği, No. 50 - 51, s. 41 - 46, Ankara 1984.



Şekil 9

Koçak, E., Jiroskoplu Teodolit ve Uygulamaları, K.Ü. Müh.-Mim. Fakültesi Yayını No. 83/26, Trabzon 1985.

Wassermann, W., Underground Survey Procedures, New Zeland 1966.