

İSTANBUL METROSU 1. AŞAMA İNŞAATI TOPOGRAFIK ÖLÇÜMLER

(*) Bekir Sıtkı ALTIOK

1- GİRİŞ

İstanbul Metrosu 1. aşama inşaatı iki kısım halinde Taksim - 4. Levent arasında, 1. kısım 3862 metre 2. kısım 3654 metre olmak üzere 7516 m'lik bir güzergaha Taksim - Dolapdere ve Gayrettepe'den yatay Şişli - Mecidiyeköy ve Zincirlikuyu'dan şaftla güzergaha ulaşılarak tüneller kazılan yapılmaktadır.

2- HAT GEOMETRİSİ

Hat geometrisi deyer ve araç proje hızları arasındaki ilişkilerin saptanmasında T.C.D.D 'nin en son şartnamesine ve demiryolu mühendisliği ilgili AREA ve UK şartnamelerine uygun olarak hazırlanmıştır

3- TOPOGRAFIK KONTROL SİSTEMİ

Topografik ölçüm işleri İller Bankası ve Bayındırlık ve İskan Bakanlığının standartlarına uygun olarak yürütülmektedir. Memleket koordinat ve nivelman sistemlerine göre proje ve ölçümler yapılmıştır

4- YATAY GÜZERGAH

Ana hatların yatay güzergahı spiral geçiş bölümlerinden Aliynman bölümlerinden ve kurbardan oluşmaktadır. Hatlar arası 32 m. - 16 m. arasında değişmekle birlikte aç - kapa bölümünde 4.25 m. 'ye kadar azalmaktadır. Aliynmanlar güzergahın düz kısımların oluşturmakta ve 30 m. nin altına düşmemektedir. Dairesel kurbalar; Min. 300 m. çapına göre dizayn edilmelerine rağmen bu projede $R = 400$ m. yarıçap kullanılmıştır Aliynman anı ardan kurba ve spirallere geçiş sağlanabilmesi için kurb yarıçapından geçiş evresi uzunluğu (L_s) kurb yarıçapına R 'ye bağlı hesaplanan m değeri kadar azaltma yapılmaktadır. (Ek 1)

(*) *Bekir Sıtkı ALTIOK, Yüksel Proje Uluslararası A.Ş. Harita Mühendisi*

Dever; dairesel kurlarda merkezkaç kuvvetinin yolcular üzerindeki etkisinin izole edilmesi amacıyla iki ray arasında kod farkı dever olarak oluşmaktadır. Güzergahta $d = 100$ mm. olarak alınmıştır Ana tüpler düşey olarak inşa edilmektedir. Raylar ise, deverli döşenecektir. Tüplerin düşey, rayların deverli döşenmesinden dolayı doğan problem tünel eksenlerinin hat eksenine göre alınmanlarda 0.15 m. dairesel kurlar ise, kurb merkezinin konumuna 0.05 m. 0- 25 m. arasında değişken tutularak çözülmüştür. (Ek 2)

Spiral geçişevresi; ana hatlarda dairesel kurların ve alinymanların birbirine bağlanması amacıyla spiral geçiş evreleri kullanılmıştır. Spiral geçiş evreleri 3. dereceden parabol olup, ek 1 'deki formüllerle hesaplanmaktadır.

Güzergahta genelde $L_s = 100$ m. 'lik spiraller kullanılmıştır

5 - DÜŞEY GÜZERGAH

Hat profili alçak koddaki rayın üst kodunu hat merkezinde gösteren boyuna kesittir. Eğimler ana hatlarda maksimum % 4.0 'a göre dizayn edilmesine rağmen bu aşamada max. boyuna eğim % 2.75 'dir

6 - KOORDİNAT VE NİVELMAN SİSTEMLERİ

Nirengi: Taksim - 4. Levent arasında tünel koordinat sistemi İstanbul Büyükşehir Belediyesinin memleket koordinat sistemine göre tesis edilen Beytemhan (34052) Marmara Etap (34146), Emlak Bankası, 4. Levent (34149), İzdaş (10370) No 4'ü nirengiler kullanılmıştır. Beytemhan ile Marmara Etap arasında üç adet dizi nirengi tesis edilmiştir.

Poligonasyon, söz edilen nirengilerden kalkılarak 1. kısımda 23 adet, 2. kısımda 29 adet poligon noktası tesis edilerek hassas poligon güzergahları oluşturulmuştur. Poligon açısı ve mesafe ölçümlerinde TC 1610 aleti kullanılmıştır. Açılar 4 silsile mesafeler karşılıklı ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda bir doğrultunun karesel ortalama hatası ± 4 cc (grad saniyesi) olarak bulunmuştur. Mesafeler, projeksiyon düz zemine indirgenerek hesaplarda kullanılmıştır. TC 1610 aleti ölçmeler başlamadan İ.T.Ü Jeodezi ve Fotogrametri bölümünün tesis ettiği bazda kalibrasyon ölçmeleri yapılarak Ko eki hatası tespit edilmiş ve mesafe ölçmelerinde göz önünde tutulmuştur. Poligon hesaplarında açı kapanma hatası $f_B = 0.01$ (grad) 'dan koordinat kapanma hataları f_x ve f_y 0.02 m.'den, boyuna hata $f_L = 0.02$ m. enine hata $f_t = 0.02$ m. den küçük değerler elde edilmiştir

Nivelman: İstanbul ana nivelman noktaları olan Taksim Çeşmesi (RS 28) Şişli Camii (RS 3000) ve 4. Levent İETT Garajı (RS 3071) ara-

sında 1. kısım 23 adet, 2. kısım 13 adet nivelman noktası (RS) tesis edilmiştir. Ana nivelman noktalarından kalkılarak yeni tesis edilen nivelman noktalarına km. \pm 2.5 mm. hassasiyetle gidiş-dönüş hassas nivelman yapılmış ve yeni noktalara kod verilmiştir.

7 - APLİKASYON

Güzergahın hat ve eksen koordinat ve kod hesapları projelerde tanımlanan yatay ve düşey geometri değerlerine bağlı olarak Taksim 'den 9+800 km den 4. Levent 17 + 113 km'e kadar her 0.5 m. de bir km., hat ve eksenini içeren X, Y ve kod değerleri hesaplanarak koordinat ve kod listeleri oluşturulmuştur

Yan girişlerden, Taksim'de 230 m. lik Dolapdere'de 107 m.'lik Gayrettepe'de 160 m. lik bağlantı tünelleri ile ana güzergahlara ulaşılmıştır. Daha önce tesis edilen poligon ve nivelman noktaları bu giriş ağzlarına kontrollü bir biçimde taşınarak açık poligon güzergahları oluşturulmuştur

Şaftlardan : Şişli-Mecidiyeköy ve Zincirlikuyu şaftlarına güzergaha ulaşmak amacı ile yan giriş yapılmadığı için kullanılmak zorunda kalmıştır. Şişli ve Zincirlikuyu eliptik (a = 12 m. b = 9 m.) Mecidiyeköy Şaftı ise dairesel olup, (R = 10 m.) yarıçapındadır. Şaftlar yaklaşık 30 m. derinliktedir. Şaft kazıklarının bitmesinden sonra şafttan bağlantı tünelleri ile ana hatlara ulaşılmaktadır. Ana tünellerin aplikasyonu şaft üslerine dörtgen şebeke kurulabilecek şekilde balkonlarda noktalar tesis edilerek koordinatı andırıldı.

Optik çekül (ZNL)'ler kullanılarak şaft üstünde bulunan noktalar alttan yukarı bakılıp, şaftın tabana indirilip, koordinat taşınması yapıldı. Bu kullanılan noktaların arasındaki mesafenin 9.20 m. 'den küçük olması ölçmelerin ne kadar hassas yapılması gerektiğini ortaya koyar. Şaft tabanına çelik şerit metreler kullanılarak kod taşınması yapıldı.

Yan girişler ve şaftlarda koordinat ve kod noktalarının tesis ve ölçümlerinin tamamlanmasından sonra yan girişler ve şaftlar arasında kot ve koordinat kontrolü yapıldı. Bu işlem için yan giriş ve şaftlardan ikişer nokta baz alınarak bu noktalar arasında hassas poligon güzergahları oluşturuldu. Tünel kazılarının ilerlemesi ile birlikte şaftlardan aplikasyonun kontrolü gerekmektedir. Bu yüzden Osmanbey, Şişli- Mecidiyeköy 'de şaftlardan 250 m., 400 m. ve 700 m. uzakta yukandan inilen düşey deliklerle eksen kontrolü yapılmıştır. Kazı çalışmalarından önce tünel gabaresinin işaretlenmesi yapılmaktadır. Güzergahta,

A = 37 m² Kazı Kesiti (Ana Tünel)

P = 65 m² Kazı Kesiti (Platform Tüneli)

T = 100 m² Kazı Kesiti (Makas Tüneli)

B1= 42 m ²	Kazı Kesiti (Platform Bağlantı Tüneli)
B3 = 42 m ²	Kazı Kesiti (Merdiven Tüneli)
B2= 22 m ²	Kazı Kesiti (Bağlantı Tüneli)
B = 50 m ²	Kazı Kesiti (Giriş Bağlantı Tüneli)

Tiplerinde tüneller bulunmaktadır. Bu tip tünellerin toplam boyu 15816 m'dir. Ana hat tünelleri olan A tipi ve diğerleri beş merkezli yay parçalarından oluşmaktadır. Üst ve alt yarı olmak üzere iki aşamalı kazı yapılmaktadır

Üst ve alt yan sınırın sıfır kotudur. (Ray kotu) kazı desteklemeden de bilindiği gibi A2 ve A 3 tiplerinde iksalı destekleme sistemleri vardır. Dolayısıyla iksaların konabilmesi için sıfır kotunda iksa ayaklarının eksenenden olan mesafelerine göre ayak koordinattan hesaplanıp poligonlardan aplike edilmektedir. Tünel kesit geometrilerinden kesit üzerinde herhangi bir noktanın koordinatları hesaplanarak aplikasyonu yapılabilir. Tünel projelerinin yapılmasında tünel kesitlerinde üst kısımda 10 cm yanlarda 5 cm ve altta sıfır deformasyon düşünülmüştür. Bu yüzden gabari yer leştirilmesinde tünel kesitini oluşturan yayların yarıçap değerleri 5 cm büyütülüp aplikasyonda kot 5 cm artırılarak istenilen gabari sağlanmıştır. Aplikasyon çalışmalarında hata olmaması için üç önemli çalışma gerekmektedir

- 1 . Poligon noktalarının doğruluğu,
- 2 . Aplikasyon elemanlarının hesaplanması,
- 3 . Poligonların tahrip olmaması,

1. Poligon noktalarının doğruluğu ancak çok sık kontrol ölçüleri yapmakla sağlanabilir. Her giriş ağzında bulunan ölçü timlerinin tesis ettiği koordinat ve kutlandırdığı poligonlar diğer ölçü timi tarafından kontrol edilir.

2. Aplikasyon elemanlarının hesaplanmasında ise daha önceden hazırlanan koordinat ve kot listeleri kullanıldığından hata yapma imkanı kalmamaktadır.

3. Aplikasyonların doğru olmaması tamamen emek ve para ile ilgili bir çalışmadır. Bu yüzden poligon noktalarının tahrip olmaması gerekir. Fakat birlikte çalıştığımız birimlerin bu konuya önem vermemesinden hem zaman kaybı, hem de emek kaybı olmaktadır.

8. BETON KAPLAMA

Son kaplama aşamasında tünellerin açılmışmış olması tercihtir. Şayet tüneller açılmamışsa Taksim girişinde olduğu gibi düşey delik açılarak eksen kontrolü yapmak gerekir. Tünellerin açılmasından sonra tünel içinde betonlama çalışması için poligon tesisleri yapılarak betonlama kullanılır.

Tünel kaplama anolarının yerleştirilmesi ise Ek 3 'deki gibi dairesel kurbalarda ano boyu dış kenara tam boy eğilecek şekilde dikdörtgen kutular halinde oturtularak yapılmıştır. Kaplama invert ve kemer olmak üzere iki kısımda dökülmektedir. Anolama paftaları hazırlanıp buradan her anonun Km'leri tespit edilmektedir. Tespit edilen bu Km'ler hesap hatasına meydan vermeden her anonun aplikasyonu için gerekli koordinatları içeren ano koordinat ve kotları aplikasyon bilgilerini hazırlayıp ano bilgileri ciltleri oluşturulmuştur. (Ek 4)

Invert anolar dört köşesi 1 cm altında doğrulukta applike edilerek kemer kalıbının oturmasındaki problemi çözümlendi. Kemer kalıbı ise ekseninde kotunda ve etek açıklıkları olması gereken mesafede kurularak kemer kalıbını beton dökümüne hazırlar.

Tünel betonu başlamadan Önce tünelin geçici kaplanmasının kesit kontrolü yapılmaktadır. Bu iş için A.MT. Profiller 3000 aleti kullanılmaktadır. Ek 5-6-7 'deki teknik detaya sahip bu aletlerle tünel kesitleri alınmakta bu kesitler sayesinde proje boyutları ile mevcut durum arasındaki ilişki fazla kazı ve beton değerleri mesafe ve hacim olarak hesaplamak mümkün olmaktadır.

Alet tünelde eksene yakın bir yere konarak poligonlardan koordinat ve kot verilerek bilgisayar desteği ile geometri deki yeri ni bulup bu Km' deki proje değerlerini hesaplayıp mevcut durumla karşılaştırma yapılabilmektedir.

JEOTEKNİK ÖLÇÜMLER

- Jeoteknik bölümüne hizmet amacıyla
- Yüzey oturmaları
- Tünel için optik ölçmeler
- İstasyon ankrajlı duvar deplasman ölçmeleri yapılmaktadır

Yüzey Oturmaları:

Jeoteknik ölçüm paftasında izah edilen tünel içindeki ölçme bulonları ile aynı kesitte tekabül eden yüzeyde oturma bulonları tesis edilmektedir. Bu bulonlara daha önce tesis edilen nivelman noktalarından başlanarak hassas nivelmanla kotlar verilmekte ve bu kotlar belirli aralıklarla tahkik edilmektedir.

Tünel Optik Okumalar:

Tünel içinde tespit edilen deformasyon bulonlarına takılan reflektörler poligon noktalarından ölçülerek ilk okumalar alınıp daha sonra bu ölçümlerin tekrarı ile deformasyonun yönünü miktarını hesaplamak mümkün olmamaktadır.

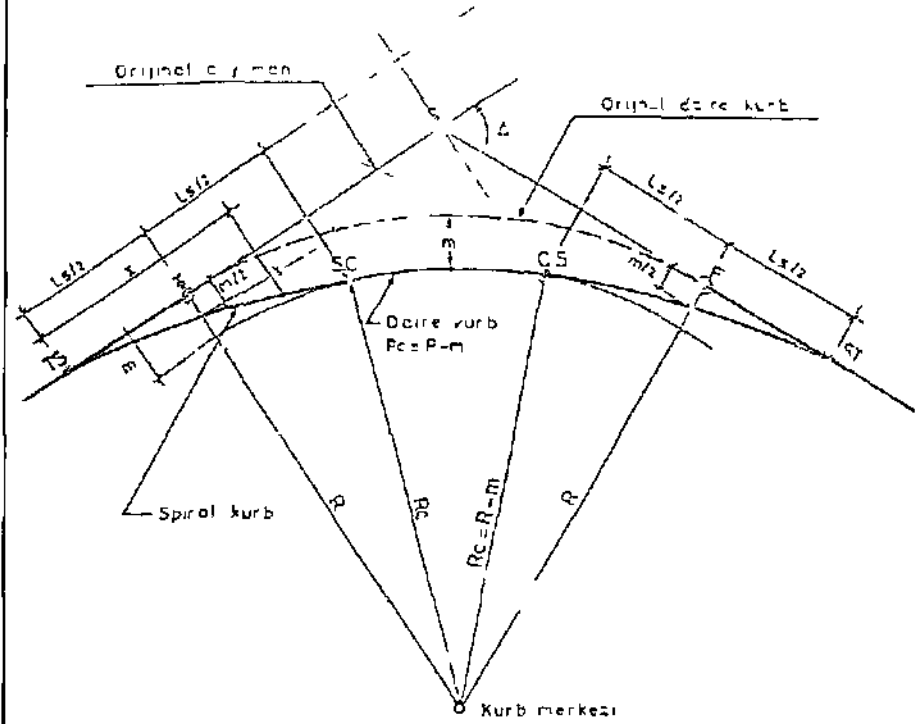
İstasyon Ankraj Duvarları Deplasman Ölçümleri :

Taksim, Osmanbey, Gayrettepe ve Levent istasyonları konkros ve istasyon inşaatlarında kazılar derin kazı olduğundan duvarların düşey veya yatay hareketleri için duvar duvar üstüne ve yüzeylerine yerleştirilen ölçme bulonları bilinen ölçme teknikleriyle ölçülerek ölçmeler kıyaslanıp deformasyon tespit edilir.

SONUÇ

Tünel Topografik ölçmeler çok titiz ve dikkatli çalışmayı gerektirmektedir. Şöyle ki shaft çalışmalarında yapılacak 1 veya 2 mm'lik konum hatası shafttan açılan 500 mm lik boylarda oldukça önemli eksen kaymalarına neden olmaktadır. İksalı kazı destekleme çalışmalarında böyle bir eksen hatasının düzeltilmesi için yapılacak çalışmalar oldukça önemli para ve zaman kaybı demektir. Yüzeysel ölçmelerin tam ve doğru olarak yapılması gerekmektedir. Tünel girişlerinin mutlaka birbirine koordinat ve kot olarak bağlanması doğru çalışma gereğidir. Diğer önemli bir konu tesis edilen poligon ve nivelman noktalarının korunmasıdır. zira hata'yı ancak ölçülerle bulmak mümkündür. Eğer noktalar kaybolursa hatayı bulmak zordur.

SPIRAL KURB



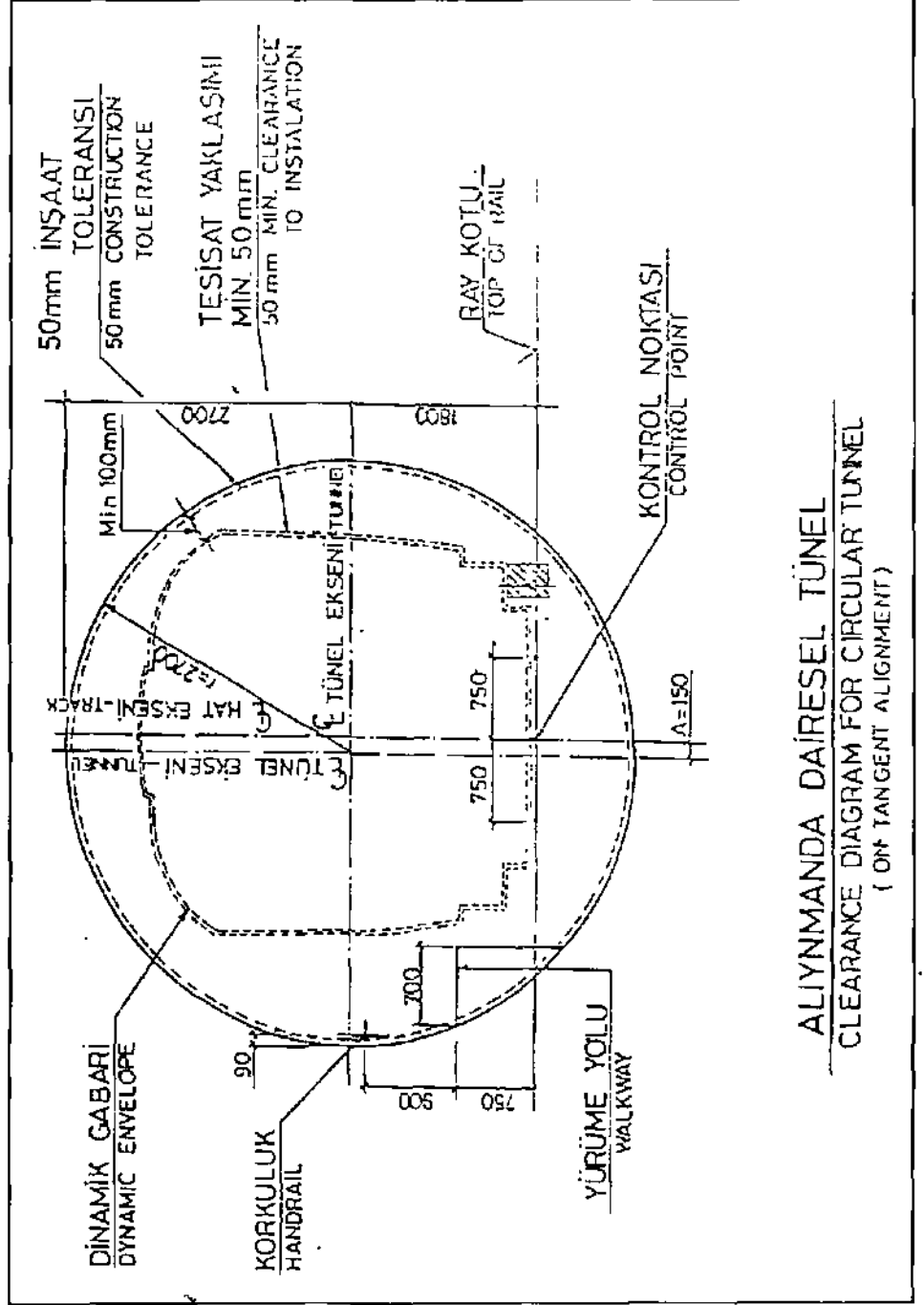
L_s = Spiral uzunluğu
 R = Orjinal kurb yarıçapı

$$m = \frac{(L_s)^2}{24R}$$

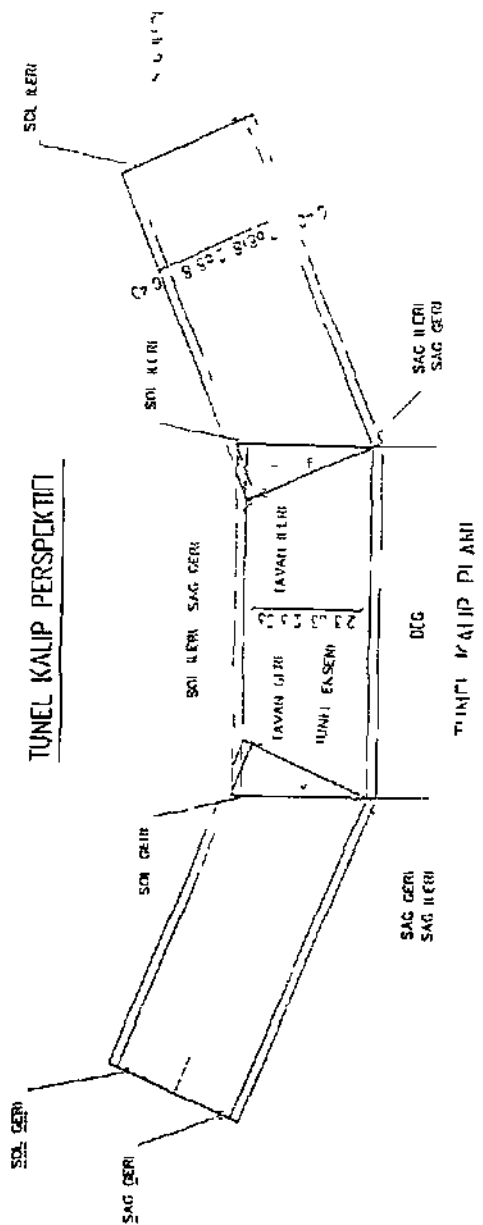
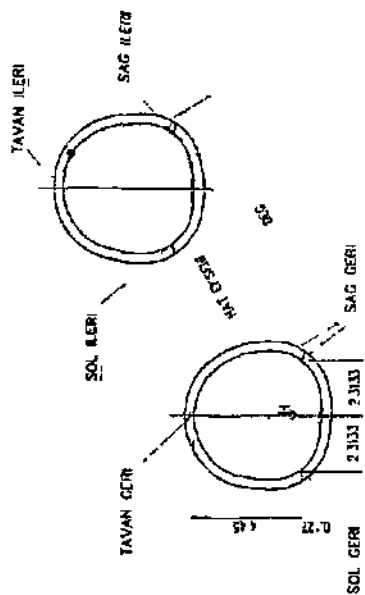
Alınmada kurba spiralle geçiş sağlanabilmesi için
 kurb yarıçapında yapılan azaltma değeri = m

Spiral fonksiyonu $y = \frac{x^3}{6R L_s}$

for $x = \frac{L_s}{2}$ $y = \frac{m}{2}$



ALIYNMANDA DAİRESEL TÜNEL
CLEARANCE DIAGRAM FOR CIRCULAR TUNNEL
(ON TANGENT ALIGNMENT)



TUNEL KALIP PERSPEKTIF

TEKFEN İNŞAAT TESİSAT A.Ş.
İSTANBUL METROSU 1. AŞAMA İNŞAATI
HAT NO: 2 ANO NO: 122

A - TIPI TÜNEL BETON KALIPLARI

BAŞLANGIÇ KİLOMETRESİ (EKSEN). 14464.035
X: 416547.863
Y: 4548792.881
H- 91.270
TAVAN KOTU . 97 720
TEĞET : 92.9342
YATAY
DÜŞEY.
BİTİŞ KİLOMETRESİ (EKSEN) • 14467.285
X' 416551.093
Y: 4548793.241
H: 91.335
TAVAN KOTU : 95.785
TEĞET. 92.9342
YATAY .
DÜŞEY.

	Y (M)	X (M)	H (M)
SOL GERİ	416547.607	4548795.180	90 143
SOL İLERİ	416550.837	4548795.540	91.208
SAĞ GERİ	416548.119	4548795. 582	90. 143
SAĞ İLERİ	416551.349	4548795. 941	91.208

NO 'LU POLİGONDAN . NO 'LU POLİGONA SEMT GRAD
APLIKASYON ELEMANLARI

D.N	B N.	WAY AÇI	MESAFE	KOT

ADI SOYADI :

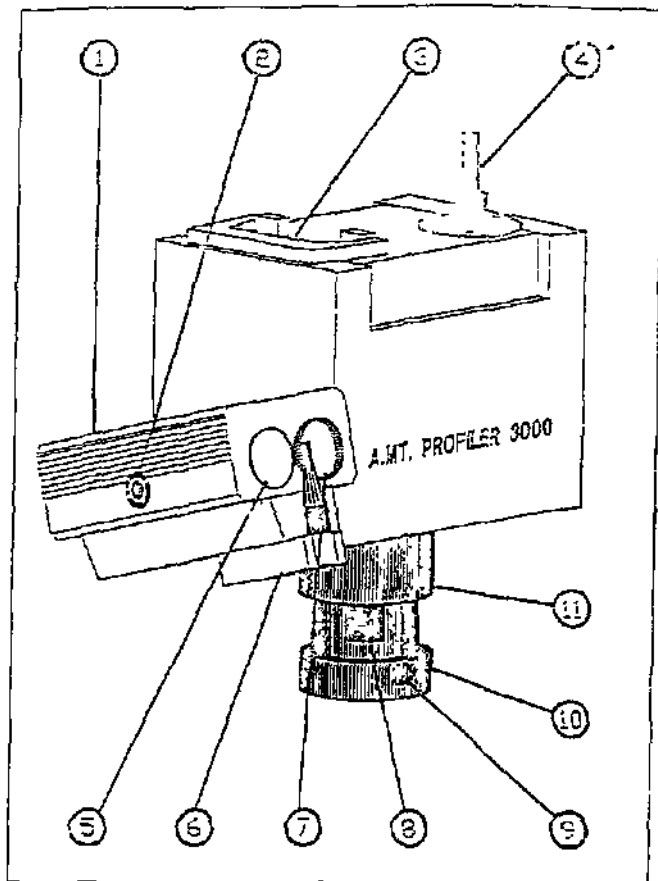
İMZA

1.3. Technical data

1.3. 1. Basic equipment

A. MT. PROFILER 3000 Construction:

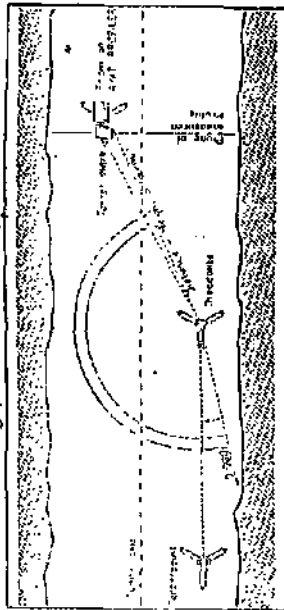
Weight:	11.2 kg
Dimensions:	33x37x 17 cm
Operating:	-8° to 45 C, 80 % rel. humidity
Storage temperature:	-20° to 50 C, 85% rel humidity
Angular resolution:	20'000 pulses in 360 hori- zontally and vertically (1 pulse corresponds T05")
Rotation angle interval:	0.2° to 99.9° adjustable
Angular measuring range:	360° (nonstop)
Power supply:	12 V DC / peak current max. 3A an average 1.5 A
Measuring module:	WJLD DIOR 3001 : (below ground) WILD DIOR 3001 : (above ground)
Standart deviasion	DIST mode 05 mm + 1 ppm DI mode 10 mm + 1 ppm TRK mode 15 mm + 1 ppm
Beam width:	0° 02'36" (0 100 mm at 50 m distance)
Transporting case	
Weight:	4 1kg
Dimensions:	38 x 45 x 26 cm.
Power cable:	
Lenght:	2 m standart
Weight:	0 1 kg
Data Cable	
Lenght	2 m standart
Weight-	0 1 kg



1. Wild DIOR 3001 or DIOR 3001S
2. Target mark
3. Handle
4. Prism carrier
5. Sender
6. Marking laser
7. Receiver
8. Circular bubble
9. Data cable connector
10. Power cable connector

A.M.T. PROFILER 3000

Positioning procedure with prism-method



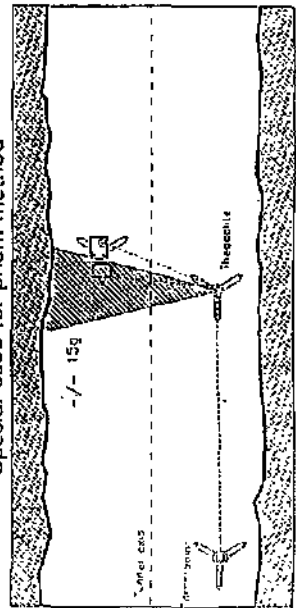
Required positioning values:

- Theodolite:
- point number theodolite
 - point number target point
 - angle to target point
 - tripod height
 - prism height

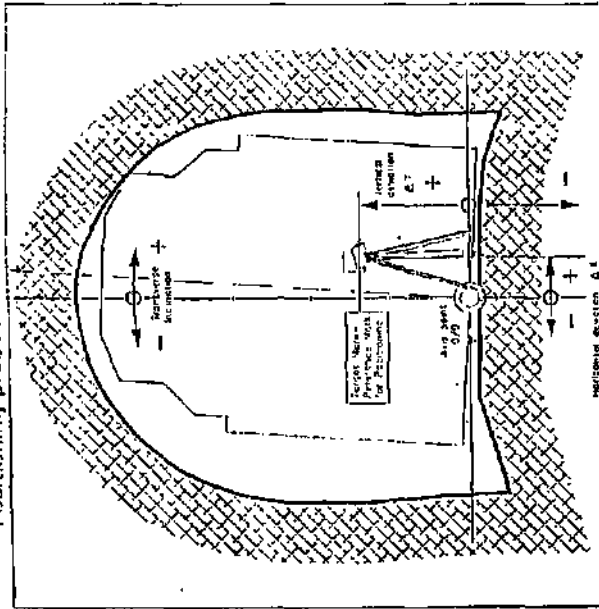
For each profile:

- Horizontal distance to prism
- Height difference to prism
- Horizontal angle to prism
- Horizontal angle to target-mark
- Ev. distance to target-mark (see below)

Special case for prism-method



Positioning procedure with X/Y-method



Required positioning values:

- Tunnelmeter
- Transverse slope
- X
- Y
- Longitudinal slope
- Sight direction

