

Yazan :

Kd. Bnb. M. Rıza ŞENLER

## Baraj Deformationları'nın Tâyini

Sel felâketlerini önlemek, susuz ziraat bölgelerini sulamak, şehirlerin su ihtiyaçlarını rezerve etmek suretiyle sağlamak ve elektrik istihsalı için muharrik kuvvet olarak kullanılmak gibi ekonomik ve hayatî önemi haiz muazzam faydalar temini amacıyle yapılan barajların çok sağlam inşa edilmeleri şarttır.

Su kuvvetlerinden âzami derecede faydalanılabilmesi için yapılan bu tesisin sağlamlığını garanti altına almak, hem can ve hem de mal emniyeti bakımından zaruridir. Bu garanti şöyle sağlanır :

Zaman ve su miktarıyla artan su tazyiki tesiriyle baraj ve civarındaki oynamaları, yapılacak çeşitli hassas ölçülerle tesbit etmek suretiyle barajın sağlamlığı hakkında bilgi edinilerek, görülecek anormal deformationlarda vaktinde tedbir almakla.

Barajın sağlamlığının derecesini tesbit etmek ve bu suretle baraj ve bil'hassa tehlikeli bölgede buiunan meskûn yerleri daimi emniyet altında bulundurmak amacıyle yapılan deformation ölçülerinin ihmali, binlerce can ve milyonlarca liralık mal'ın heder olmasını intaç eder. Nitekim, 1958 senesi sonlarında İspanvadaki bir barajın yıkılmasıyle, hayli can ve mal bir anda yok oluvermişti. Ve yine 3 Aralık 1959 günü saat 22,30 da Güney Fransada Nic'e yakın Frejus kasabası civarında bulunan Malpasse barajı yıkılmış ve korkunç bir sel halinde akmağa başlıyan sular; bir silindir gibi 13.500 nüfuslu Frejus kasabasını basarak 500 den fazla insanı öldürmüş, binlerce evin yıkılmasına, yüzlerce otomobil, uçak ve çeşitli nakil vasıtalarının denize sürüklenmesine sebebiyet vermiştir. Bu feci hadiseler de gösteriyor ki, bir barajın yapıldığı andan itibaren çeşitli ölçülerle daimi kontrol altında bulundurulması mutlak lâzımdır. Bu ölçüler, inşaat bitince baraja su verilmeden başlar ve sonra sırasıyle su verilirken muhtelif su seviyelerinde ve âzami su seviyesinde yapılmak suretiyle senede bir defa tekrarlanır.

Baraj yerlerini seçerken; su tehdidi altında kalması melhuz meskûn ve bil'hassa nüfus kesafeti çok olan yerlerden mümkün mertebe uzak ol-

ması, sağlam bir arazi üzerinde sağlam bir inşaat yapılması gibi hususların birinci plânda gözönünde bulundurulması ve ucuza mal edilme gibi ekonomik mülâhazaların ise ikinci plânda mütalâa edilmesi lâzımdır. Teknik sebeplerle meskûn yerlere yakın bir mahalde inşası zaruri olan barajların deformation ölçülerinin daha sık ve titizlikle yapılması lâzımdır.

Yüzbinlerce ton suyun birikmesiyle baraj ve baraj sahasının her tarafı büyük tazyik ve yüklerin tesiri altında kalacağı tabiidir. Bu büyük tesirlerin karşısında baraj ve civarında hareketler meydana gelir. Ancak bu hareketler, gözle tâkip edilemeyecek kadar tedrici olarak ceryan eder. Bununla beraber, zamanla artıp eksilen bu hareketlerin baraj için yukarıda belirtilen büyük tehlikeler îka edeceği aşîkârdır. Bu sebeple, husule gelen hareketleri tâkip ve gereken tedbirleri alabilmek için çok hassas ölçülerle baraj ve civarındaki değişiklikleri tâkip etmek icap eder.

Baraj ve etrafındaki oynamaları tesbit için birkaç ölçü usulü vardır. Bunlar arasında en 'esaslı olanları; Geodetik, Fotogrametrik ve Pendel metodlarıdır. Bu yazıda, Geodetik usulün esasları anlatılacaktır.

Geodetik usulün esası, baraj sahasının dışında ve her türlü tesirden uzak noktalardan baraj ve civarındaki noktalara rasat yaparak mutlak hareketleri tesbit etmektir. Bu metod, suların ilk yükselme zamanında bil'hasa çok faydalı bilgiler vermektedir. Bu bilgilerin yardımı ile barajların inşasında bir çok hususun gözönünde bulundurulması icap etmektedir.

Yeni inşa edilmiş olan bir baraj, suyun azalıp çoğalmasıyla ilk zamanlarda elâstiki kaymalar arzeder. Fakat sonraları bu elâstikiyet yerine daimi ve tedrici bir hareket kaim olur. Bununla beraber hareketlerde periyodik bir durum görülür.

### **Baraj Deformationları ;**

#### **I. Şâkuli**

#### **II. Ufki**

olmak üzere iki şekilde vukubulur.

#### **I. Şâkuli Deformation :**

##### **a. Baraj kitle halinde hey'eti umumiyesiyle,**

##### **b. Bazı kısımlarının**

çökmesi suretiyle vukubulur. Bu çöküntülerin miktarı, mîra tutulması mümkün olan yerlerde yapılacak I. derece nivelmanla; olmıyan yerlerde ise trigonometrik ölçülerle tesbit edilir.

## II. Ufki Deformation :

Bu oynama da ya yer yer veya barajın her tarafı olmak üzere :

- a. Esneme
- b. Kayma

şeklinde olur. Her iki deformation şekil ve miktarı, muhtelif su seviyelerinde yapılacak aşağıdaki ölçülerle tesbit edilir.

### 1. Alignyman :

Bu ölçü, direct olarak (Doğrudan doğruya) yapıldığı ve neticeler uzunluk cinsinden alındığı için en iyi usuldür. Ölçünün kısa zamanda yapılabilmesi, birçok yönlerden faydalıdır. Ancak bu usulle yalnız baraj plâtfomu üzerindeki noktalara ait deformationlar tesbit edilebilir.

### 2. Trigonometrik :

Yapılacak yatay açı ölçüleriyle deformation miktarları ;

- a. Radyan cinsinden hesaplanır. Veya
- b. Hesaplanacak koordinelerinden tesbit edilir.

Koordineler vasıtasıyla deformation miktarının istenilen incelikte elde edilebilmesi için, baraj üzerindeki noktalara çıkış veren nirengi noktalarının mümkün olduğu kadar baraja yakın ve fakat su tazyiki tesirinden uzak olmaları ve ölçülerin I inci derece teodolitleriyle yapılması lâzımdır. Bu ölçüler 100 metre mesafeden yapılır ve açılar 1.5 Gradsaniyesi incelikte (Silsileler arasındaki fark) olursa 0.24 milimetre hata ile netice alınmış olur.

Baraj deformationlarının tâyini için yapılacak çalışmalar, 4 safha arzeder. Bunlar sırasıyla :

- I. İstikşaf
- II. İnşaat
- III. Ölçü
- IV. Hesap

işleridir.

### I. İstikşaf :

Bu işte gözönünde bulundurulacak önemli hususlar şunlardır :

1. Nirengi şebekesine esas olacak olan Baz ve Büyültmesi, elverişli

bir yer ve şekilde alınmalı (Baz, baraj dışında ve hareketlerden uzak ; Büyültmesi ise en kuvvetli şekil olarak seçilmeli) ;

## 2. Alet kurulacak noktaların (İstasyonların) ;

a. Birbirlerini, oynaması muhtemel bulunan yerlerdeki işaretleri ve noktanın oynayıp oynamadığını tâkip edebilmek için en az 3 - 4 cihetleme (Referens) noktasını serbestçe görebilmesine ;

b. Sağlam, rutubetsiz, emniyet ve rahatça rasat yapmağa müsait bir yerde olmasına ;

c. Baraj dışında ve hareketlerin tesirine mâruz kalmıyan ve fakat mümkün olduğu kadar baraja yakın yerlerde yapılmasına âzami titizlik gösterilmelidir.

## 3. Baraj plâtförmü üzerine konacak noktalarla duvarlar üzerindeki noktalar ;

a. Aynı düşey düzlemi üzerinde bplunmalı,

b. Kesişmeler, dik açı'ya yakın olmalıdır.

## II. İnşaat :

Maksada göre yapılması gereken tesisler şunlardır :

1. Aletlerin kurulması için yapılan bu tesisler ; 1.1 m. yüksekliğinde kare kesitli veya silindir biçiminde, temeli sağlam, rutubet ve dış tesirlerden müteessir olmıyan beton pilyelerdir. Bu pilyelerin ortasına konan bir yeraltı işaretiyle, hem aletin ve hem de yerüstü işaretinin merkezlendirilmesi temin edilmiş olur.

2. Baraj duvarı ve civarındaki hareketleri tesbit etmek için konulan işaretlerden :

a. Ufki satırlar üzerine konulacak olan yeraltı işaretleri, istasyon noktalarındaki pilye ortalarına konanlar gibidir. Bu işaretler, üzerine yerüstü işareti ve mira konmasına engel olmayacak şekilde yerleştirilmelidirler.

b. Duvar ve dik yamaçlarda yapılacak işaretlerin kolaylıkla görülebilmeleri için, etrafı kırmızı - beyaz renkte daire kuşakları ile çevrilmelidir. Bu noktaların yapılmaları güç olduğundan, her türlü tesirden bozulmıyacak sağlamlıkta inşa edilmelidir.

c. Referens ve röper noktaları da kayalık gibi sağlam yerlerde yapılmalıdır. Deformation ölçülerinin garantisi mahiyetinde olan bu noktalara konacak işaretler, çok sağlam tesisler olmalıdır.

Bütün işaret noktaları, şakuli ve ufki rasatlara elverişli olmalıdır.

### III. Ölçü :

1. Bütün ölçüler, birinci derece aletleriyle yapılmalı; kolimasyonların giderilmesine, ölçülerin zamanında ve müsait hava şartlarında yapılmasına çok önem verilmelidir.

2. Baz ölçüleri ;

a. Ayarlı iki çelik şeritle üçerden 6 def'a ölçülmeli ve ;

b. Her çelik şeridin gidiş - dönüş ölçüleri arasındaki fark 10 mm.  $\sqrt{K_m}$  incelikte olmalı ;

c. Hizalama ve yükseklik farkları  $\frac{(4h)^2}{2S}$  formülüyle hesaplanmalı ;

d. Isı düzeltmesi,  $0.0000115 (t_{20} - t_v)$  formülüne göre yapılmalı ;

e. Ayar düzeltmesinde ise, ölçüden evvel ve ölçüden sonra yapılacak olan iki ayarın ortalaması alınmalıdır.

3. Nivelman ölçüleri ;

a. Mira'nın iki kenarına ait okuyuşlar arasındaki fark, 0.3 mm. yi geçmemeli ;

b. Gidiş - geliş ölçüleri arasındaki fark, 1 mm.  $\sqrt{K_m}$  incelikte olmalıdır.

4. Açı ölçüleri :

a. Yatay açı ölçüleri ; istasyon istikametleri 6, 11eriden kestirilen noktalara ait istikametler ise 4 silsile olarak yapılmalı ve  $\sqrt{\frac{[vv]^2}{n-1}}$  formülüyle hesaplanan ortalama hata  $2''$  incelikte olmalı ;

b. Zenit açıları, her istikamet 4 silsile olarak ölçülmeli ve aletin her iki durumundaki ölçü toplamları arasındaki fark  $25''$  yi geçmemelidir.

5. Alingyman ölçüleri :

a.  $3 - 4''$  incelikte araya girilmeli ;

b. Ölçü, aletin her iki durumunda ve milimetrenin ondası inceliğinde yapılmalıdır.

Âletin pilye üzerinde kaymaması ve merkezlendirilmesini temin için, bu maksatla yapılmış olan parçayı âletin altına takmalıdır.

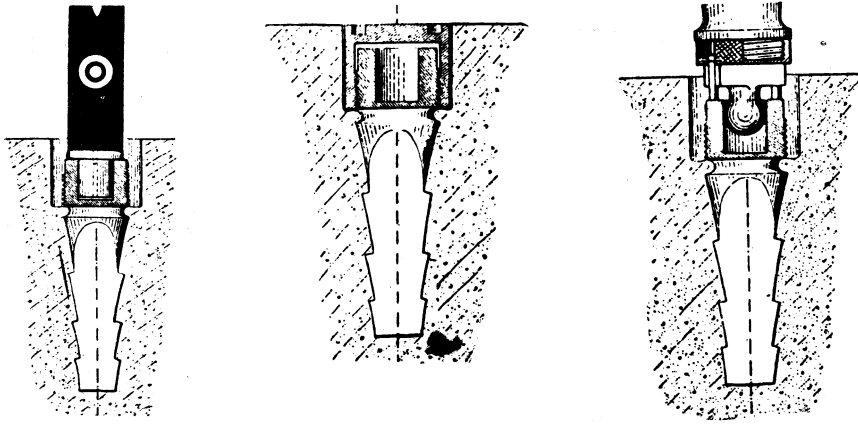
#### IV. Hesap :

1. Yatay açılar saniyenin ondasına, zenit açıları da saniye kadar hesaplanmalı ;
2. Bütün hesaplarda 6 ondalıklı logaritma kullanılmalı ;
3. İki veya üç üçgenden hesaplanan kenar, kot ve koordineler 2 mm. yi geçmemeli ;
4. Dörtgen şartları, altıncı logaritma hanesinde ençok 5 farkla tahakkuk etmelidir.

Yukarıda sıralanan çalışmalardan sonra, rakım olarak elde edilen deformation miktarları ile sonucun grafiklerle belirtilmesi faydalı olur.

Bütün bu çalışmalarda iyi yetiştirilmiş elemanlar kullanılmadıkça fayda yerine, yanlış fikir ve zarar vermiş olur.

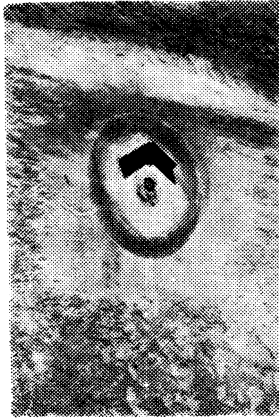
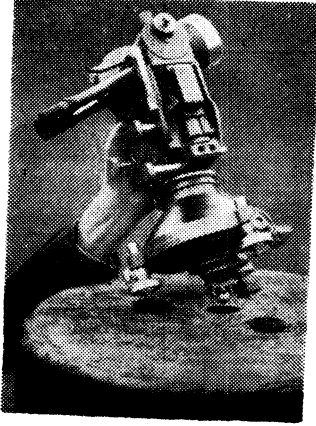
İsviçredeki bir baraj deformation ölçülerine ait olan aşağıdaki fotoğraflar, bu yazıda anlatılanların şekilleridir.



Yukarıda anlatılan ölçü ve hesapların ceryan tarzı hakkında tatbiki bilgiler vermek maksadiyle; deformation ölçüleri Harita Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış olan bir barajın ölçü ve hesaplarına ait çalışmalarla alınan neticeler, bir misal olmak üzere bu yazıya eklenmiştir.

**Faydalanılan eser :**

Harita Yüksek Mühendisi Albay İslâm Erokan'ın Türk Yüksek Mühendisleri Dergisinin 72 sayısındaki (Geometrik usulle baraj ve civarındaki değişikliğin tâkibi) başlıklı yazısı.

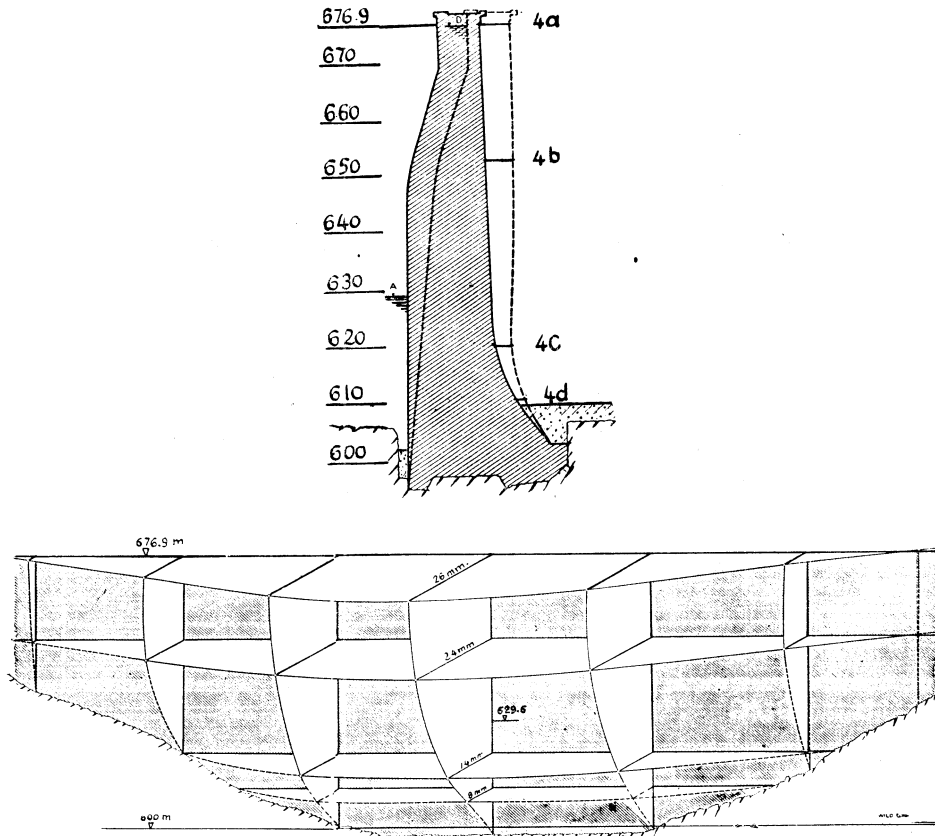
**Nirengi şebekesinin inşa tarzı şöyledir :**

(Şekil : 1) de görülen işaretlerden 22 tanesi, barajın üzerine ve her ayağın üst ortasına birer tane gelmek üzere 10 - 11 metre aralıkla; 13 tanesi, dere tabanındaki ayaklara ve 9 tanesi de 60 x 80 x 110 santim eb'adındaki beton pilyelere konmuştur.

Yapılan ölçüler :

1. Alinyman
2. Nivelman
3. Nirengi

Alinyman ölçülerinde kullanılan eleman, alet, malzeme ve çalışma şekli :



- a. 1 Aletde Operatör, 1 cetvelde okuyan, 1 yazıcı ve 2 yardımcı.
- b. 1 Wild T3, (Şekil ; 2 a, b) deki hedefeli cetvel, duvarcı tesviyesi, taşçı gönyesi ve sicim.

c. Evvelâ ölçülere hiza betonlarında başlanmış fakat mesafenin fazlalığından dolayı 3 milimetre tatbik hataları bulunduğundan, baraj üzerinde araya girilmek suretile hatalar 1 milimetreye indirilmiştir. Bu miktar da tatbik hatası olmayıp cetvelin rasat hattına lâyikile amut konmamasından ileri gelmiştir. Yapılan denemede, tatbik hatalarının ancak milimetrenin ondalarında olduğu görülmüştür.

Kullanılan aletin ufki kolimasyonu 10 grad saniyesi kadar olmasına rağmen ölçüler, aletin birinci ve ikinci durumlarında yapılmıştır. Cetvelin düz ve hiza istikametine dik konması; duvarcı tesviyeci, taşçı gönyesi ve sicim ile sağlanmıştır.

Nivelman ölçülerinde kullanılan eleman, alet, malzeme ve çalışma şekli :

- a. 1 Rasit, 2 Miracı ve 1 Yazıcı.
- b. Wild N 3, 2 üç metrelik İnvar mirası ve 4 desdeklik Jalon.
- c. İki ayrı su seviyesinde yapılan nivelman farkları 0.2 mm. yi geçmemiştir. Her ölçü, gidiş - geliş olarak iki defa ve her okuyuş da miranın iki kenarına yapılmıştır.

Nirengi ölçülerinde kullanılan eleman, alet, malzeme ve çalışma şekli :

1. Baz İşleri :
  - a. 2 Ölçen, 1 Yazıcı, 2 Gergici ve 1 yardımcı.
  - b. 2 Çelik şerit, 2 yaylı el kantarı, 2 Termometre ve 10 İnvar müş'iri.
  - c. Baraj üzerindeki 3 ve 19 No. lu noktalar baz ucu olarak alınmış ve 175.5 metre olan bu iki nokta arası müş'irlerle 9 porteye ayrılmıştır.

Ölçü, Harita Genel Müdürlüğü ayar portesinde ayarlanmış olan 473 ve 474 No. lu 20 metrelik çelik şeritlerle üçerden 6 defa yapılmıştır. Çelik şeritler, her iki uçdan 10 kiloya ayarlı yaylı el kantarları ile gerdirilmiş ve ısı, ayarlı Termometre ile tesbit edilmiştir. Her şeritle yapılan 3 ölçü arasındaki fark 1 milimetre bulunmuşsa da, iki şerit ölçüleri arasındaki fark 11 milimetreye yakın olmuştur. Müş'irler üzerinde nivelman yapılmış ve fakat hizada olduklarından Alinyman yapılmamıştır.

2. Nirengi açı ölçüleri :

- a. 1 Rasit, 1 Yazıcı ve 3 yardımcı.
- b. 1 Wild T3 ve (Şekil : 3 a, b, c,) deki işaretler.

c. Baz dörtgenindeki noktalara 8 diğer nirengilere 6 ve baraj üzerindeki noktalara da 2 şer silsile ufki, ve bütün noktalara 2 şer silsile şakuli rasat yapılmıştır. Ufki rasatlarda silsileler arasında en çok 16 ve şakulilerde de 25 grad saniyesi farklar kabul edilmiştir. Alet, 1.10 metre yüksekliğindeki beton pilyeler üzerinde bulunan noktalara (Şekil : 3 c) deki bir tertibutla şakullendirilmiştir. (Şekil : 3 a) deki işaretlerin görünmediği noktalara, (Şekil : 3 b) deki uzatmalardan 1-4 tane kullanılmıştır.

### Hesap :

#### 1. Baz :

İsi düzeltmesi; bir metrelik çelik şeridin bir santigrad derecesindeki uzama veya kısalması 0.0115 mm. alınmıştır. Nivelman düzeltmesi ;  $\frac{(\Delta h)^2}{2s}$  formülüne göre hesaplanmıştır. Ayar; ölçüden evvel ve ölçüden sonra yapılan ayarların ortalaması alınmıştır.

#### 2. Nirengi :

a. Üçgenler, ortalama 10 grad saniyesiyle kapanmıştır.

b. Kenarlar; nirengi şebekesi dörtgeninin bir kenarı olan bazdan hesaplanmış olup iki veya üç üçgeneen hesaplanan aynı kenar, altıncı logaritma hanesinde (istisnalar hariç) ençok 6 logaritma farkla bulunmuştur.

c. Koordineler; evvelâ IX numaralı nokta, Tapu Kadastronun Esatbeyçiftliği, Göz T. ve Elmalıbendi noktalarından hesaplanmış olup santimetreden aşağı farklar bulunmuştur. Bundan sonra X numaralı nokta yalnız IX numaralı noktadan ve III numaralı nokta da IX ve X numaralı noktalardan çıkarılmıştır. Diğer noktaların çıkışları kanavada gösterilmiştir. Üç noktadan hesaplanan bir noktanın koordinesi arasındaki fark, daha çok 1-2, bazan 3-4 ve pek az da 7-8 milimetre olmuştur. Baraj üzerindeki noktaların ikinci ölçülerle hesaplanan koordineleri, çıkış aldığı nirengi noktalarının birinci ölçülerle hesaplanan koordinelerinden bulunmuştur.

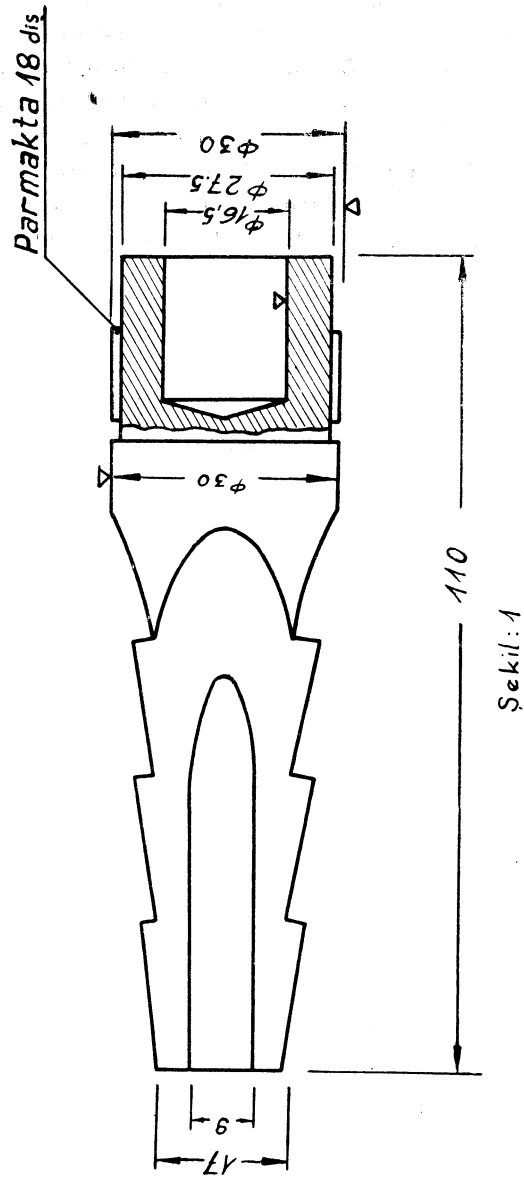
d. Kotlar; V numaralı nokta, Göz T. den hesaplanmış ve diğer noktalara kot, V numaradan verilmiştir. Bir noktanın üç yerden hesaplanan kotu arasındaki fark, daha çok 1-2 ve bazan 4-5 milimetreyi geçmemiştir.

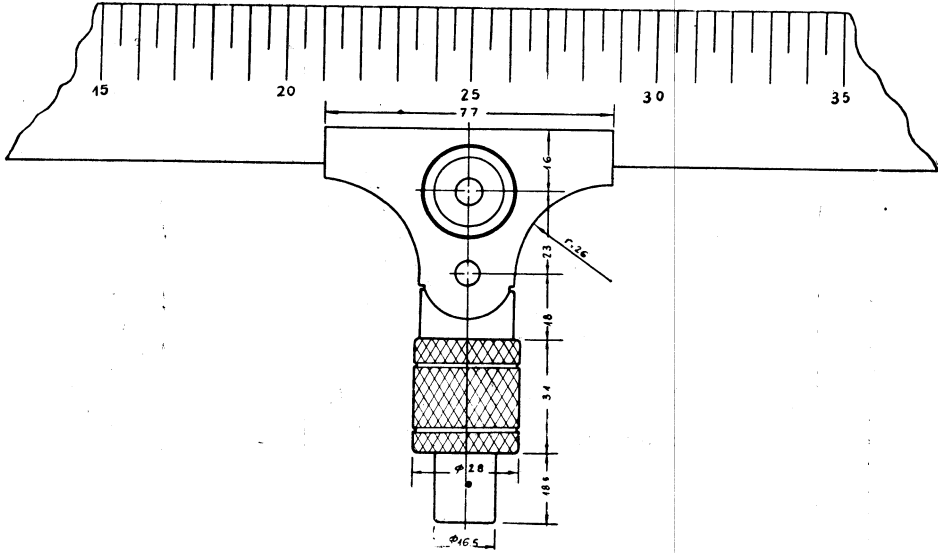
### Sonuç :

Ölçülerin 12 nci ay ile 2 nci ay arasındaki kış mevsiminde ve kar yağışlı, gayrımüsait bir havada yapılmış olmasına rağmen; alingyman'la

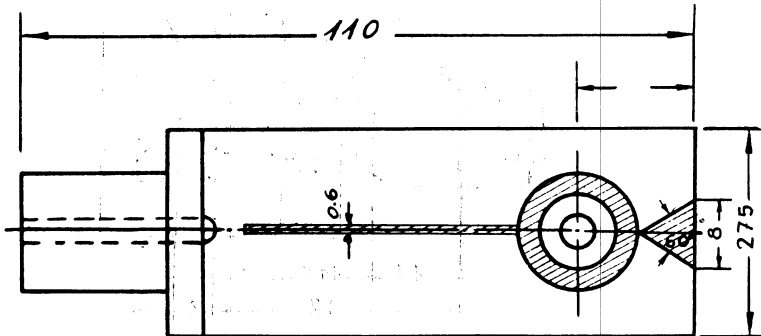
bulunan deformation miktarları ile açılar yardımıyle Radyan cinsinden hesaplanan miktarlar ve yine aynı açılarla hesaplanan koordine farklariyle elde edilen deformation miktarları hemen hemen birbirinin aynı bulunmuş ve bütün bu değerler suyun akışı istikametinde çıkmıştır. 8.67 Metrelik su seviyesi farkında yapılan iki ölçü arasında, sahile yakın kısımlarda çok az ve ortaya doğru çoğalarak ençok 9.4 milimetre bir oynama tesbit edilmiştir. Bu miktar, baraj plâtförmündaki noktalara aittir. Dere tabanına yakın kısımlarda oynama olmadığı; buralara konan noktaların iki ayrı açı ölçüsüyle hesaplanan koordineleri arasında fark bulunmayışından anlaşılmıştır. Bu açıklamaya göre; Baraj, üst satıhtan tabana ve sahilden ortalara doğru esnemektedir.

---

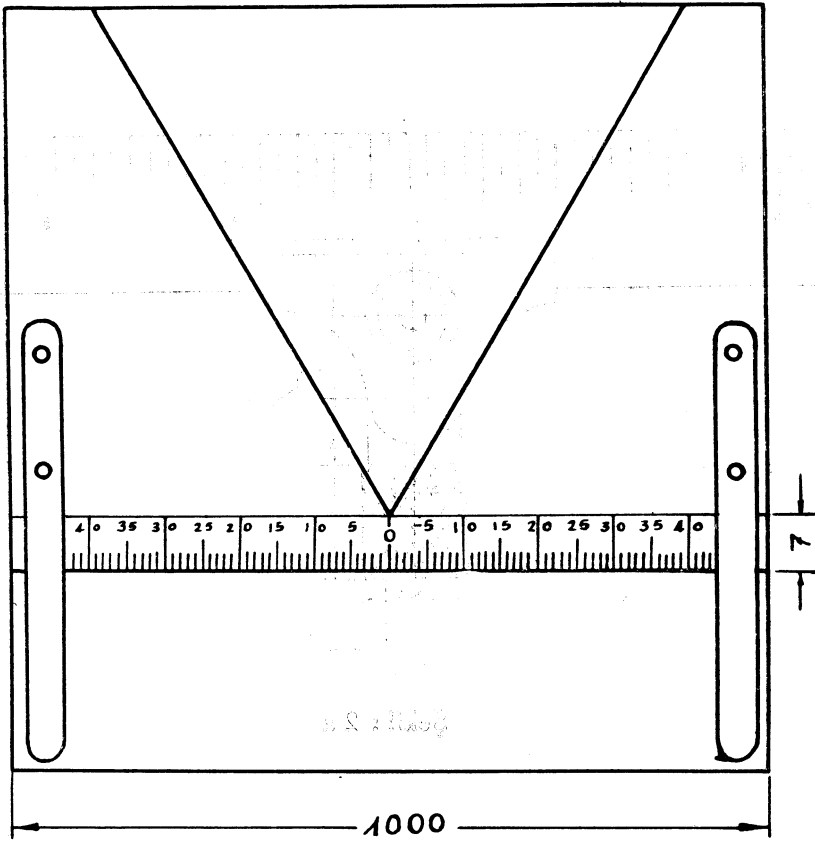




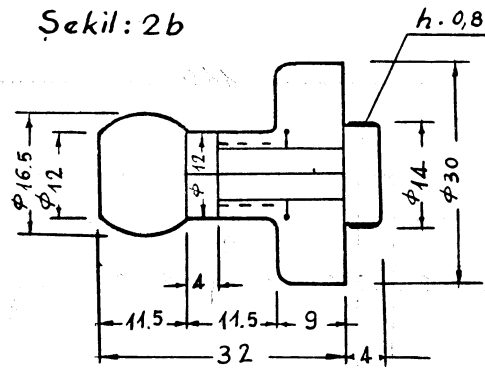
Şekil : 2 a



Şekil : 3 a

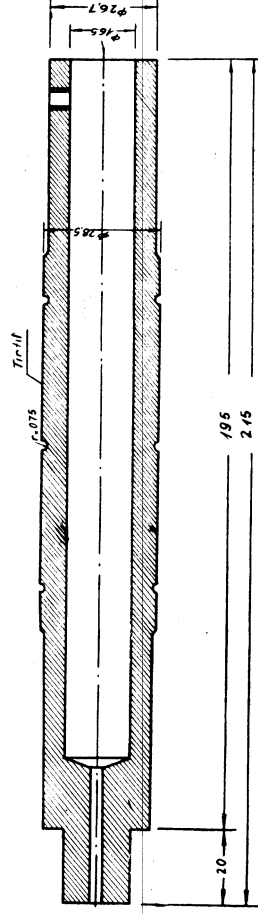
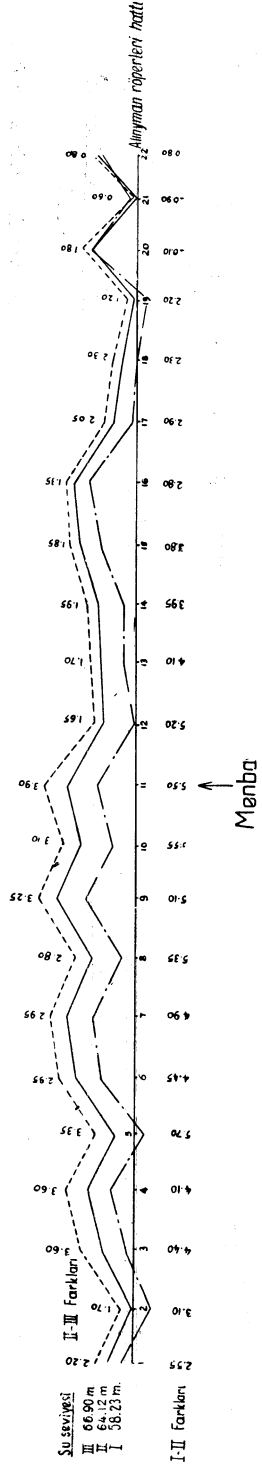


Şekil: 2b

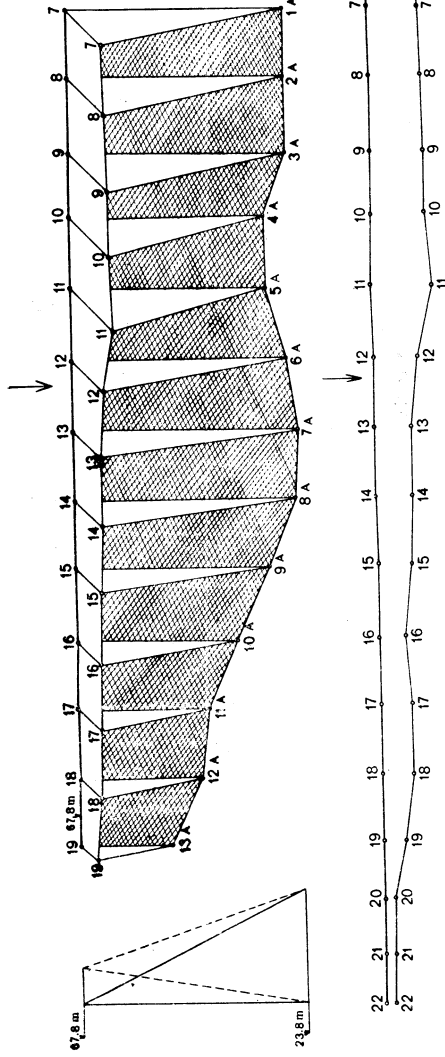


Şekil: 3c

Mansap



Şekil : 3 b



Barajın 58.23 - 66.90 m. su kotunda Alineymanla bulunan Deformation'un  
grafik olarak görünüşü

Deformation miktarlar için