DEVLET SU İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

ARAŞTIRMA DAİRESİ BAŞKANLIĞI

RAPOR NO : P.G. - 523

TOPRAK DOLGU SIKIŞMA KONTROLUNDA GEREKLİ DENEY SAYISININ BELİRLENMESİ

ANKARA - OCAK - 1972

DEVLET SU İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
ARAŞTIRMA DAİRESİ BAŞKANLIĞI

RAPOR NO. P.G. 523

TOPRAK DOLGU SIKIŞMA KONTROLUNDA GEREKLİ DENEY SAYISININ BELİRLENMESİ

DAİRE BAŞKANI: İnş.Y.Müh. Dr. Fuat ŞENTÜRK
BAŞKAN MUAVİNİ: İnş.Y.Müh. Yüksel SAYMAN
HAZIRLAYANLAR: İnş.Y.Müh. Dr. Sıtkı BURSALI
Fizik Y.Müh. Atillâ KELECOĞLU
İnş. Müh. Sırrı ÜLKÜ

ANKARA - OCAK 1972

TOPRAK DOLGU SIKIŞMA KONTROLUNDA
GEREKLİ DENEY SAYISININ BELİRLENMESİ

GİRİŞ :

Toprak dolgularda sıkışmanın optimum değerde olması laboratuvarda yapılan proktor deneyi ile elde edilen sonuca yaklaşma oranının belli bir değerden daha büyük olması ile tanımlanmaktadır. Konu ile ilgili şartnamelerde kabul edilebilir optimum sıkışmanın proktor sıkışmasının % 95 inden küçük olmaması şart koşulmuştur.

% 95 veya daha büyük bir sıkışmayı gerçekleştirdiğimizi saptamak için gerekli sıkışma kontrolu deneyi sayısı ne olmalıdır? Problem şu şekli ile istatistik hesap çerçevesi içinde herhangi bir özelliğin kontrolu için alınması gerekli minimum numune sayısının belirlenmesine dönüşmektedir. İstatistik hesapta aritmetik ortalamada olan farkı gösteren standart sapma özelliğin kontrolu için gerekli deney sayısını etkileyen önemli faktörlerden biri olduğundan çeşitli özellikleri incelemek için farklı deney sayıları bulunacağı aşikardır. Çünkü özelliğin çinsine göre dağılmayı karakterize eden standart sapmalar veya rölatif dağılmanın ölçüsü olan varyasyon katsayıları farklı değerlerde olacaktır. Bu raporda incelenecek özellik toprak dolguların sıkıştırılması olduğundan probleme istatistik metotların zemin mekaniği açısından ele alınması yolu ile bir çözüm bulunmasına çalışılacaktır. Daha açık bir deyimle deney, alet ve insan faktörü göz önünde tutularak zemin mekanığinin bu günkü imkânlarına göre varyasyon katsayıları hakkında kabuller yapılacak ve istatistik hesap yolu ile minimum sıkışma kontrolu deney sayısı hesaplanacaktır.

1 Deney sayısı ile ilgili istatistik bilgiler hakkında hatırlatma:

$X_1, X_2, \ldots\ldots\ldots X_N$ elemanlarından meydana gelen bir popülâsyonun aritmetik ortalaması

$$\mu = \frac{\sum_{1}^{N} X_i}{N} \qquad (1)$$

standart sapması:

$$\sigma = \left(\frac{\sum^{N}(X_i - \overline{X})^2}{N}\right)^{1/2} \qquad (2)$$

ile tanımlanmaktadır. N = ∞ için standart sapma (O) olacağından ortalama etrafında bir dağılma söz konusu değildir ve bulunacak ortalaması gerçek ortalama değerdir. N$<\infty$ olmak şartı ile N'in büyük değerleri için μ ortalaması belli bir ihtimalle $\mu - \varepsilon$, $\mu + \varepsilon$ aralığı içinde bulunabilir. Bu aralığa güven aralığı denilir ve X_i'lerin dağılımı da normal dağılıma uyar.

Ancak genellikle popülâsyon içinden gelişigüzel seçilmiş olan bir örnekle çalışılır. Bu örnek, n$<$N olmak şartı ile:

$X_1, X_2, \ldots\ldots X_n$ ile gösterilir.

Yukarıdaki gibi örneğin, aritmetik ortalaması ve standart sapması aşağıdaki formüllerle tanımlanır:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{1}^{n} X_i}{n} \tag{1 a}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \tag{2 a}$$

Örnek üzerinde yapılan çalışmalarla (1 a) ve (2 a) yardımı ile μ hakkında bir değer elde edilebilir. Örneğin dağılımı serbestlik derecesine bağlı olarak normal dağılımdan farklıdır.

Serbestlik derecesi, ν ile gösterilir ve

$$\nu = n - k \tag{3}$$

ile hesaplanır. Burada n, örnekteki bağımsız gözlem sayısı, k, örnekteki gözlemlere göre tahmin edilen bir parametredir.

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{S/\sqrt{n}} \tag{4}$$

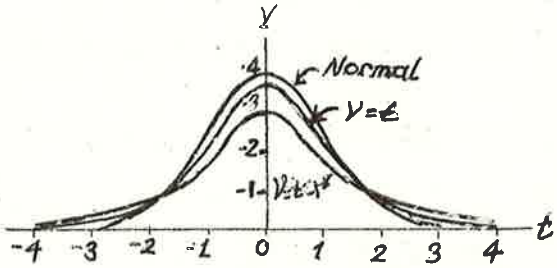
ile tanımlanan bir dağılımı göz önüne alırsak bu dağılım:

$$y = \frac{y_0}{\left(1 + \frac{t^2}{n-1}\right)^{n/2}} \tag{5}$$

fonksiyonu ile ifade edilebilir. Burada y_0, $y = f(t)$ eğrisi altında kalan alan 1'e eşit olacak şekilde seçilecek ve n'e bağlı bir sabittir n$>$30 gibi n'in büyük değerleri için (5) fonksiyonu

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} \tag{5 a}$$

ile verilen Gauss normal dağılım eğrisine çok yaklaşır (Şekil 1).



Şekil_1

(5) dağılımındaki n-1 serbestlik derecesini gösterir. $\nu = n - 1$ konularak (5) fonksiyonu:

$$y = \frac{y_0}{\left(1+\frac{t^2}{\nu}\right)^{\frac{\nu+1}{2}}} \qquad (5\ b)$$

şeklinde gösterilir. Verilen bir ihtimale ve serbestlik derecesine göre t değerleri tablo halinde verilmiştir (1)

Serbestlik derecesini bir misalle şu şekilde anlatabiliriz; eğer 10 sayısının ortalamasının 100 olması isteniliyorsa bu on sayıdan herhangi 9 tanesi herhangi değerleri alabilir, ancak onuncu sayı ortalamanın 100 olmasını sağlıyacak olan belirli bir değeri almak zorundadır. Şu halde bir serbestlik derecesi kaybolmuş demektir. Benzer şekilde n elemanlı örnekte (sample) populâsyonun gerçek ortalamasından olan standart sapmayı hesaplarken bir serbestlik derecesi kaybolmuştur. Bu nedenle (2 a) formülünün paydasında n-1 yazılmıştır (2 a) ile verilen S eğer $X_1, X_2, \ldots\ldots X_n$ normal dağılma uygun ise veya normal dağılma uygun hale getirilmiş ise popülâsyonunun standart sapmasına en yakın olan değerdir (2).

t dağılımından aşağıdaki şekilde faydalanılması mümkündür (2):

$$n = \frac{t^2\left(\frac{S}{\bar{X}}\right)^2}{\left[1-\frac{\mu}{\bar{X}}\right]^2} = \frac{t^2 V^2}{e^2} \qquad (6)$$

---

(1) M.R.Spiegel
Statistics - Schaum s outline series Sah 344 Mc Graw - Hill 1961

(2) J.B.Bruce - R H Clark
Introduction to Hydrometeorolgy Sah 137 - 138 The Commonwealth and International Library - London

Burada :

$$V = \frac{S}{\overline{X}}$$ varyasyon katsayısı

$$e = 1 - \frac{\mu}{\overline{X}}$$ istenilen doğruluk derecesini

n deney sayısını göstermektedir.

Burada t ve n serbestlik derecesine ve doğruluk derecesine bağlı olduğundan sonuç tatonman yaparak bulunur.

2- Toprak sıkışma deneylerine istatistik metotların uygulanması:

Toprak sıkışma kontrolünde ortalama değerden olan farkı Δp ile gösterelim:

$$\Delta p = |\overline{X} - \mu| \qquad (7)$$

Bu değer (4) veya (6) formülünde yerine konursa (3)

$$\frac{t}{\sqrt{n}} = \frac{\Delta p}{S} \qquad (8)$$ bulunur.

(8) formülüne göre $\frac{\Delta p}{S}$ in verilen değerleri için, belli bir güven derecesine göre gerekli minimum numune sayısını veren bir tablo yapılabilir. (3) (4). Şu halde problemin çözümü sıkışma deneylerinde Δp ve S'in hangi değerleri alabileceğini tesbit etmeye dayanmaktadır.

2.1- Araştırma Dairesi Zemin Mekaniği Lâboratuvarı tarafından arazide yapılan deneyler:

DSİ Araştırma Dairesi Zemin Mekaniği Lâboratuvarından tecrübeli bir ekip tarafından Ömerli ve Yalvaç barajlarında 1971 yazında bir seri sıkışma kontrolu deneyleri yapılmıştır. Bu deney sonuçlarına göre S standart sapmaları ve $\overline{X}$ ortalama değerleri hesaplanmıştır.

A- Ömerli Barajı Deneyleri :

Deney sayısı= 52

$\overline{X}$= 97.7 % (γ_k esasına göre)(*)

S= 3.455 %

Şartnamenin alt sınırına göre sıkışma oranının % 95 olması gerektiğinden;

$$|\Delta p| = 97.7\% - 95\% = 2.7\%$$ bulunur.

---

(3) V.Kumbasar - E.Toğrol
Zemin Deneylerinde Gerekli Numune Sayısı, Sah.11
İTÜ Zemin Mek. Araştırma Kurumu Yayın No= 5 1970

(4) K.Zlaterev
Determination of the Necessary Minimum number of Soil Samples.
Proc. 6th., Int. Conf. Soil Mech. Found Engrg. I, Sah.130-133

(*) Bak. Ek.1

$$\frac{\Delta p}{S} = \frac{2,7}{3.455} = 0,782$$

Tablodan % 5 anlamlılık seviyesi için 0,782 ye karşı n=? bulunur.

Aynı deneyler γ_n esasına göre değerlendirilirse:

Deney sayısı = 49

$\bar{X}$ = 98,2 %

S = 3,405 %

$$\Delta p = 98,2 - 95,0 = 3,2$$

$$\frac{\Delta p}{S} = \frac{3.2}{3.405} = 0,940$$

Tablodan % 5 anlamlılık seviyesi için 0,940 a karşı n= 7 bulunur.

8- Yalvaç Barajı Deneyleri

Deney sayısı= 40

$\bar{X}$= 100,5 % (γ_k ya göre)

S= 2,923 %

$$\Delta p = 100,5 \% - 95 \% = 5,5 \%$$

$$\frac{\Delta p}{S} = \frac{5,5}{2,923} = 1,88 \qquad n = 4 \text{ bulunur}$$

γ_n esasına göre değerlendirme:

Deney sayısı= 36

$\bar{X}$= 99,7 %

S= 2,678 %

$$\Delta p = 99,7 - 95,0 = 4,7$$

$$\frac{\Delta p}{S} = \frac{4.7}{2.678} = 1.770 \qquad n \cong 4 \text{ bulunur.}$$

Yukarıdaki hesaplar şartnamenin alt limiti olan % 95 sıkışma esasına göre yapılmıştır. Ancak arazide proktor sıkışmasının % 100'ünü elde etmek bile fazlası ile yeterlidir. Bu nedenle sıkışma üst limitinin de belirlenmesi gerekir. % 100 den fazla sıkışma lüzumsuz enerji sarfına sebep olduğu gibi teknik bakımdan çatlamalar meydana getirecektir. Bu itibarla imkân nisbetinde % 100'ün aşılmamasına dikkat edilmelidir.

Bir ilk yaklaşım olarak üst limitin maksimum değerini % 104 kabul edersek Ömerli Barajında γ_k ve γ_n e göre yapılan hesaplarda bulunan ortalama değerler aşağıdaki gibidir:

Sıkışma Aralığı %	52 Deneye göre Numune Sayısı	% Numune Sayısı
95 - 104	41	80
> 104	2	3
< 95	9	17
Toplam :	52	100

Yukarıdaki sonuçların incelenmesinden sıkışmanın homojen bir şekilde yapılmadığı anlaşılmaktadır. Bu durum standart sapmaların 3,405 ve 3,455 gibi değerler almasına bağlanabilir. Bunun için de standart sapmayı azaltacak tedbirleri almak gerekmektedir.

Aynı şekilde Yalvaç deneylerinin sonuçları :

Sıkışma Aralığı %	40 Deneye göre Numune Sayısı	% Numune Sayısı
95 - 104	36	91
> 104	3	7
< 95	1	2
Toplam	40	Toplam 100

Görülüyorki Yalvaç deneylerinde, Ömerli'ye göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Yani şartnamenin kabul ettiği alt sınıra ve önerdiğimiz maksimum üst sınıra göre sıkışmalar oldukça iyi bir şekilde yapılmıştır. Bu durum standart sapmaların S= 2,923 ve S= 2,678 değerlerine bağlıdır.

Ömerli ve Yalvaç barajı deneylerinde gelişigüzel seçilmiş 10, 15, 20 ve 25 deney üzerinde $\overline{X}$, S değerleri ayrıca hesaplanmıştır (Bak Tablo 1).

Ömerli $\overline{X}_{ort.} = 98.0$; $S_{ort.} = 3.37$

Yalvaç $\overline{X}_{ort.} = 100.7$; $S_{ort.} = 2.82$

2.42- İnşa edilmiş iki toprak barajın sıkışma kontrol deneyleri:

A- Mevcut Bilgiler :

DSİ I. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol ve Lâboratuvar Başmühendisliği ile yapılan işbirliği sonucu; Çaygören ve Atikhisar barajlarına ait "Proctor tecrübesi vasıtası ile kontrol edilen dolgüların lâboratuvar ve arazi tecrübe cetvelleri" temin edilmiştir. Bu çalışmada, cetvelde mevcut bilgilerden yalnız sıkışma kontrolu deney sonucu kıymetlendirilmiştir.

Mevcut bilgiler; Çaygören barajı için 24.4.1968 - 21.10.1969 tarihleri arasında üç ayrı ariyet sahasından malzeme kullanılarak 219.25 - 265.00 m. kotları arasında yapılan 1427 deney ve Atikhisar barajı için ise 23.6.1969 - 17.11.1969 tarihleri arasında iki ayrı ariyet sahasından malzeme kullanılarak 30.45 - 46.80 m. kotları arasında yapılan 466 deneyi kapsamaktadır.

B- İstatistik metodların uygulanması :

Mevcut deneyler; ariyet sahalarına dolgu kotlarına ve yapılma tarih sıralarına göre Çaygören barajı için 4, Atikhisar barajı için 2 ayrı gurupta toplanmıştır.

Deney sonuçlarına göre hesaplanan, aritmetik ortalama, standart sapma, sıkıştırılan toplam tabaka sayısı ve her tabakada yapılan deney ortalamaları Tablo II de verilmiştir.

Tablo 2 de görüldüğü gibi ortalama sıkışma değeri 100 % ün üzerinde standart sapma ise 3.50 civarındadır. Her tabakada yapılan deney sayısı yaklaşık olarak 6 dır.

Tablo 2 de bulunan standart sapmaları ve aritmetik ortalamaları kullanarak bu değerleri % 5 anlamlılık seviyesi ile sağlıyabilecek şekilde tabaka başına kaç deney yapılması gerektiğini bulmak için; istenilen sıkışma yüzdesinin minimum ve maksimum sınırları belirlenmiştir. Minimum değer şartnamenin alt sınırına göre 95, maksimum değer ise, ilk yaklaşım olarak % 104 tür. (Bak Yalvaç barajı deneyleri sayfa. 8).

Bu kabule göre P değerleri (7) formülü ile hesaplanmış, Δ P/S değerleride bulunarak yapılması gerekli deney sayısı; ZLATAREV'in tablosu yardımıyla bulunmuştur (4). Bu değerler ile inşaat sırasında her tabakada yapılmış olan deney sayıları (Tablo 3) de karşılaştırılmıştır.

Yukarıda kabul edilen sıkışma aralıklarının içinde ve dışında kalan numune sayısı ve bunların yüzdeleri deney guruplarına göre Tablo 4 de verilmiştir(*).

Bu tabloda görüldüğü gibi şartname limiti altındaki numune sayısı yüzdeleri (% C) oldukça küçüktür. Ancak şartnamenin kabul ettiği alt sınır ile önerdiğimiz maksimum sınır arasındaki numune sayısı yüzdeleri (% A) tatminkâr değildir. Bu durum standart sapma değerlerinin yüksek oluşu ile izah edilmektedir. Gerçekten bu dört grubun ortalama standart sapması $S \cong 4.12$ dir. Ayrıca üst limit belirlenmediğinden 104 den büyük numune sayısı yüzdeleri (% B) de oldukça büyüktür.

(*) Bu deney grupları Gauss normal dağılımına uymaktadır.

TABLO 1

Gelişi güzel seçilmiş (Random) numunelerin sonuçları

Ömerli Barajı

	$\bar{X}$	S	N
1)	98.6	3.099	25
	98.4	3.136	25
	98.4	3.33	25
	98.0	3.46	25
	97.2	3.46	25
	96.7	3.54	25
	97.4	3.79	15
	97.8	2.93	15
	97.8	4.45	15
	96.9	2.68	15
	97.4	2.95	15
	96.9	3.70	15
	97.5	3.97	15
	99.2	2.21	10
	98.9	2.76	10
	97.8	3.53	10
	97.6	4.35	10

$\bar{X}_{ort.} = 97.8$ $S_{ort.} = 3.37$

Yalvaç Barajı

	$\bar{X}$	S	N
1)	100.5	3.00	20
	99.6	2.71	20
	101.4	2.78	20
	100.6	2.48	20
	101.0	3.67	10
	100.7	3.22	10
	101.8	1.85	10
	100.5	1.86	10
	100.8	3.48	10
	100.0	3.13	10

$\bar{X}_{ort.} = 100.7$ $S_{ort.} = 2.82$

$\bar{X}$= Gelişi güzel (RANDOM) sayılar tablosuna göre seçilen deneylerin aritmetik ortalaması

S= Standard sapma

N= Deney Sayısı

TABLO 2

GURUP NO	BARAJ ADI	ARİYET SAHASI	DENEY TARİHLERİ	DOLGU KOTLARI	DENEY ADEDİ (N)	ARİTMETİK ORTALAMA ($\overline{X}$)	STANDART SAPMA S	SIKIŞTIRILAN TOPLAM TABAKA SAYISI	HER TABAKADA YAPILAN DENEY ORTALAMASI (n')
I	ÇAYGÖREN	1 A	24.8.968 4.10.968	219,25- 240,00m	373	100,90	4,35	70	6,28
II	"	1 A	4.10.968 21.10.969	240,60- 265,00m	525	101,40	3,56	82	5,53
III	"	1A-1B	1.7.968 30.8.968	226,05- 235,50m.	366	100,80	4,50	42	9,43
IV	"	1A-1	26.10.968 8.12.968	243,65- 248,13m	163	102,40	4,05	19	9,40
V	ATİKHİSAR	1B	23.6.969 17.11.969	30,45- 46,80m	341	99,64	2.48	25	2,6
VI	"	1A	"	31,45 46,80m	115	100.70	3,15	87	1,42

TABLO 3

GURUP NO	$\overline{X}$	S	μ	ΔP	$\Delta P/S$	HER TABAKADAN YAPILMASI GEREKLİ DENEY SAYISI (n)	HER TABAKADAN YAPILMIŞ OLAN DENEY SAYISI (n')
I	100,90	4,35	95 104	5,90 3,10	1,36 0,71	5 10	5,28
II	101,40	3,56	95 104	6,40 2,60	1,80 0,73	4 10	5,53
III	100,80	4,50	95 104	5.80 3,20	1,29 0,71	5 10	9,43
IV	102,40	4,05	95 104	7,40 1,60	1,81 0,40	4 26	9,40
V	99,64	2,48	95 104	4,64 4,36	1,89 1,79	4 4	2,64
VI	100,70	3,15	95 104	5,70 3,30	1,80 0,94	4 7	1,47

TABLO 4

GURUP NO	DENEY SAYISI	SIKIŞMA ARALIKLARINDAKİ NUMUNE SAYISI			% NUMUNE SAYISI		
		95 % - 104 % (A)	> 104 % (B)	< 95 % (C)	% (A)	% (B)	% (C)
I	373	260	77	26	70	21	9.
II	525	410	101	14	78	19	3
III	366	261	76	29	71	21	8
IV	163	110	49	4	67	30	3

İstatistik metodun mevcut bilgilere uygulanmasında her gurup dağılımın Gauss dağılımına uygunluğu "CHİ -SQUARE TESTİ"metodu ile ve % 5 anlamlılık seviyesi için kontrol edilmiştir. Uygunluk sağlıyan 4 gurup deney sonucu grafiği ekte verilmiştir. (Bak. Ek II-V). Bu grafikler üzerine $\overline{X}+S=$ % 68.27 $\overline{X}+2S$ = % 95,47 alanlarına karşılık gelen X değerleride gösterilmiştir.

3- Sonuçların değerlendirilmesi :

Her inşa halinde olan bir barajda sıkışma kontrolu için yapılması gerekli deney sayısı yukarıda açıklanan hususlar göz önünde tutularak aşağıdaki şekilde tesbit edilebilir:

a) Barajın yaklaşık olarak ilk 10 tabakası sıkıştırılırken fazla sayıda deney yapılarak sıkışma sonuçları hesaplanır ve bunlara göre S ve $\overline{X}$ değerleri tesbit edilir.

b) Bulunan S ve $\overline{X}$ değerleri yardımı ile $\frac{\Delta P}{S}$ oranına tekabül eden n deney sayısı tablodan alınır ve bundan sonraki tabakalarda bu sayıda deney yapılır.

c) (b) şıkkındaki esasa göre 10 tabaka daha sıkıştırıldıktan sonra varılan kot ile (0) kotu arası için (b) deki hesap tekrarlanarak yeni n bulunur ve üstteki tabakalarda bu n'e eşit sayıda deney yapılır.

Bu yöntemi uygularken dikkat edilecek bir önemli nokta $\Delta P = |X-\mu|$ ve S değerlerinin belli sınırları aşmaması gerektiğidir

S değeri dağılmayı ifade ettiğine göre eğer S sınırlanmazsa örneğin %80 ve % 120 lik sıkışmalar normal sıkışma olacaktır. Yapılan deney sonuçlarına göre mevcut imkânların iyi kullanılması ile 17 standart sapmanın toprak sıkışması kontrol deneylerinin de 3 % civarında tutulabileceği anlaşılmaktadır (Bak. Yalvaç Barajı deneyleri). Bu takdirde % 95 - %104 sıkışma aralığında kalan deney sayısı % 90'ı aşmaktadır. Çaygören barajında ise S= 4 12 % halinde aynı değer daima % 80'in altında kalmaktadır.

Şu halde şantiyelerde dikkat edilmesi gereken birinci nokta homojen bir sıkıştırma ile $S \leqslant 3$ % değerinin sağlanmasıdır.

P değiminin tesbitine gelince, her ne kadar şartnamelerdeki % 95 alt sınırının değiştirilip, değiştirilemiyeceği tartışılabilirse de şimdilik bu değer aynen kabul edilecektir. Gauss normal dağılımına uyan numune sonuçlarında minimum % 95 sıkışmayı sağlamak için S= 3 % olmak şartı ile ve % 5 anlamlılık seviyesi için yapılan deneylerin aritmetik ortalamasının:

$\overline{X} = X + St = 95 + 1.645 \times 3 = 100$ den küçük olmaması gerekmektedir. Üst limiti % 100 kabul edersek yukarıdaki esaslara göre $\overline{X} \cong 105$ bulunur ki bu değer lüzumundan fazla sıkışma yapılması gerektiğini göstermektedir. Nitekim pratikte, iyi sıkışma yapma endişesi ile ve $S > 3$ olduğu için $\overline{X}$ daima 100 % den büyük çıkmaktadır. Ayrıca bu takdirde kontrol için yapılması gereken deney sayıları da artmaktadır (Bak. tablo 2 ve 3).

Sonuç :

A- Toprak dolgu sıkışmalarında her tabakanın aynı şekilde homojen olarak sıkıştırılması ve standart sapmanın $\leqslant 3$ % civarında tutulması gerekir. Yapılan deneyler bunun mümkün olduğunu göstermektedir.

B- Sıkışma kontrolunda % 95 alt limiti esas kabul edilmeli ve bu limitin altına düşme endişesi ile fazla sıkıştırma yapmamalıdır.

C) İnşa halindeki bir barajda sıkışma kontrolu için gerekli deney sayısı 3 te belirtildiği şekilde tesbit edilmelidir.

Bu çalışmada yakın işbirliği yaptığımız ve her türlü yardımı esirgemeyen DSİ XIV. ve DSİ I. Bölge Yetkililerine teşekkür ederiz.

(GC)

EK - 1

γ_K ARAZİ = Çukurdan çıkan toprağın birim hacim ağırlığı (γ_n) bulunduktan sonra $\gamma_K = \frac{n}{1 + w}$ formülü ile hesaplanır.

γ_K LABORATUVAR : Normal proktor deneyinin parabol metodu ile çiziminden bulunur. γ_K esasına göre yapılan sıkışma kontrolu

$$\frac{\gamma_K \text{ Arazi}}{\gamma_K \text{ Laboratuvar}} \times 100 \text{ yüzdesidir.}$$

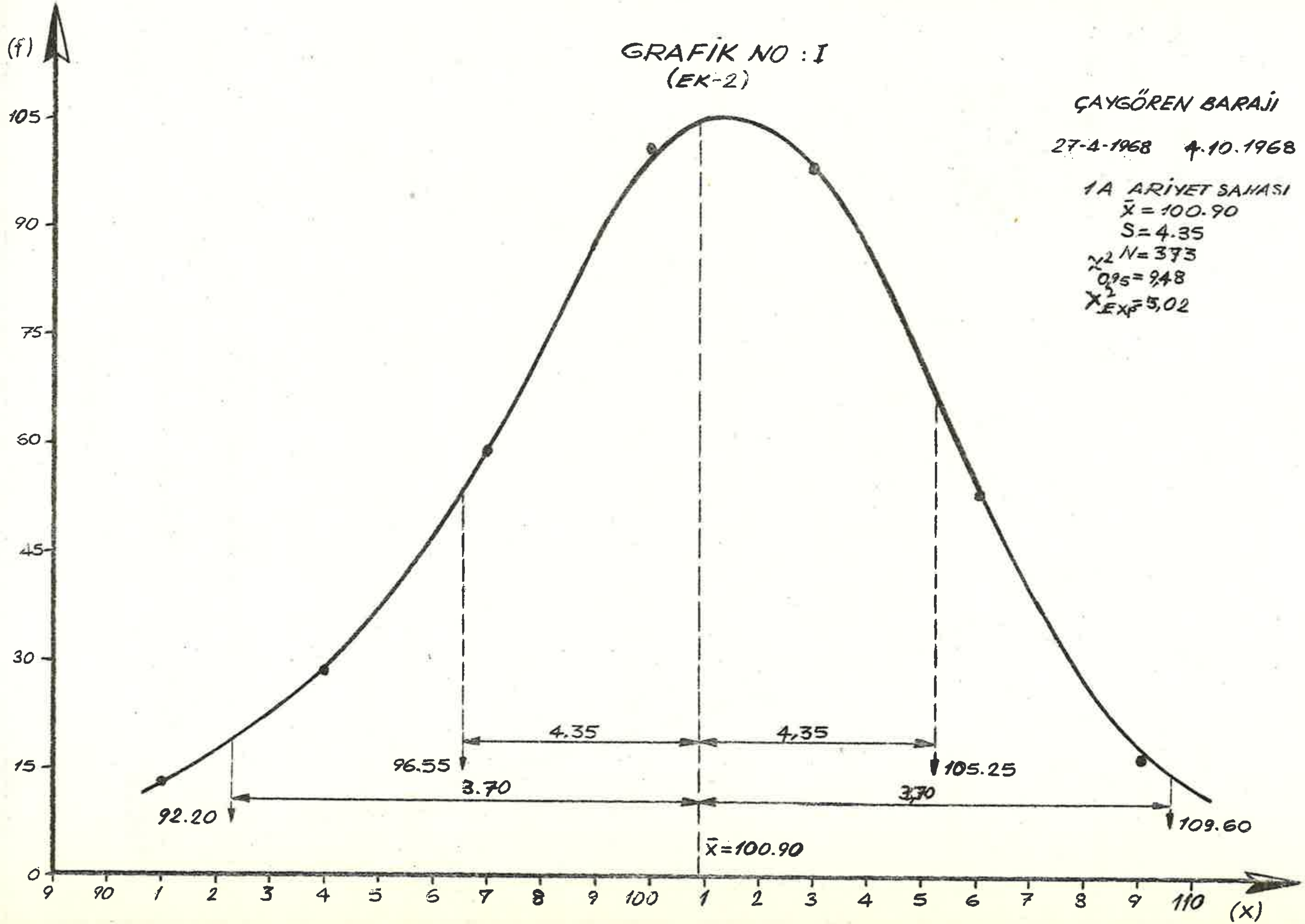
γ_n = Çukurdan çıkan toprağın ıslak (tabii) birim hacim ağırlığıdır.

γ_n esasına göre yapılan sıkışma kontrolu (Şantiyelerde tatbik edilen usul)

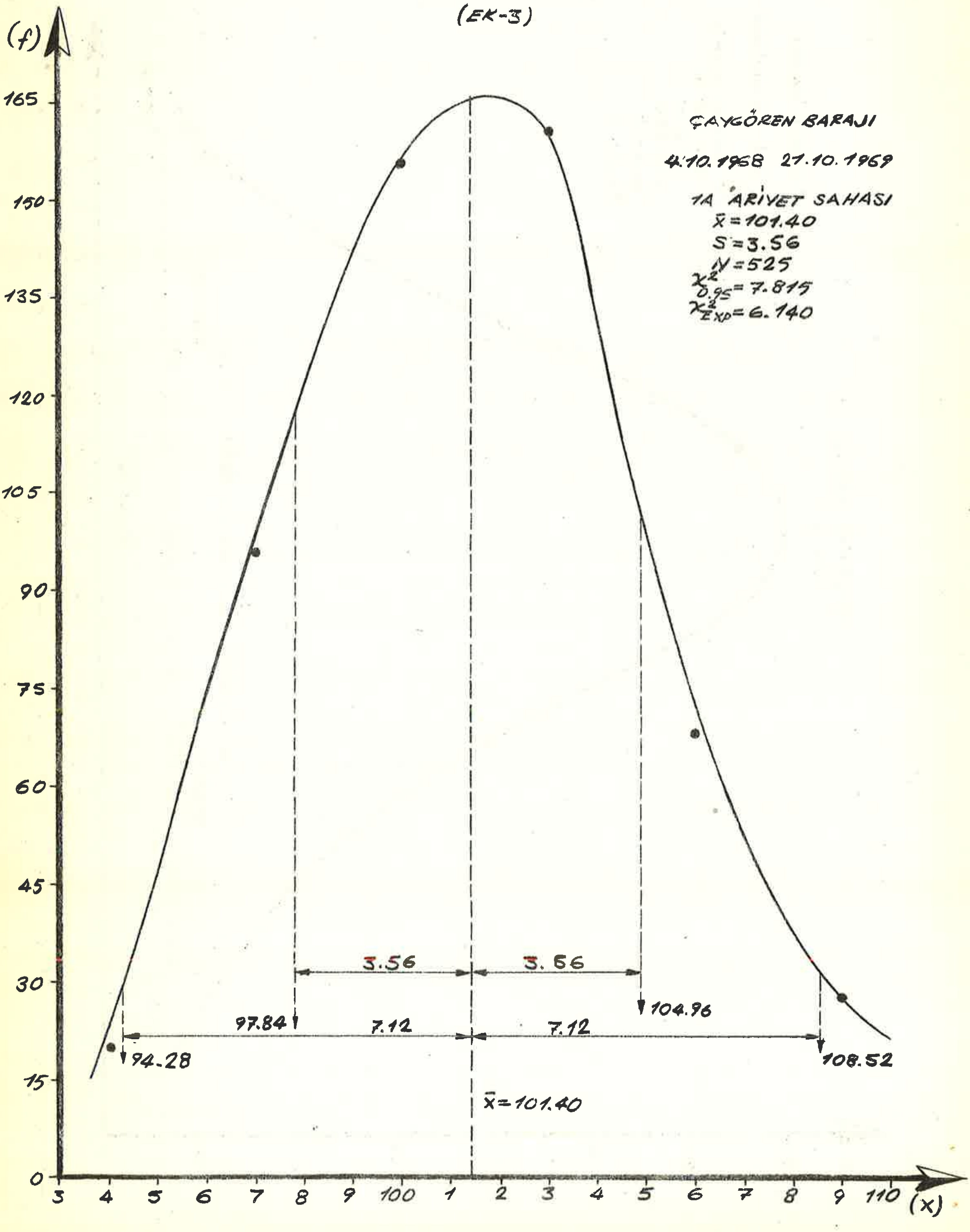
$$\frac{\gamma_n}{\text{Max. ordinat}} \times 100 \quad \text{yüzdesidir.}$$

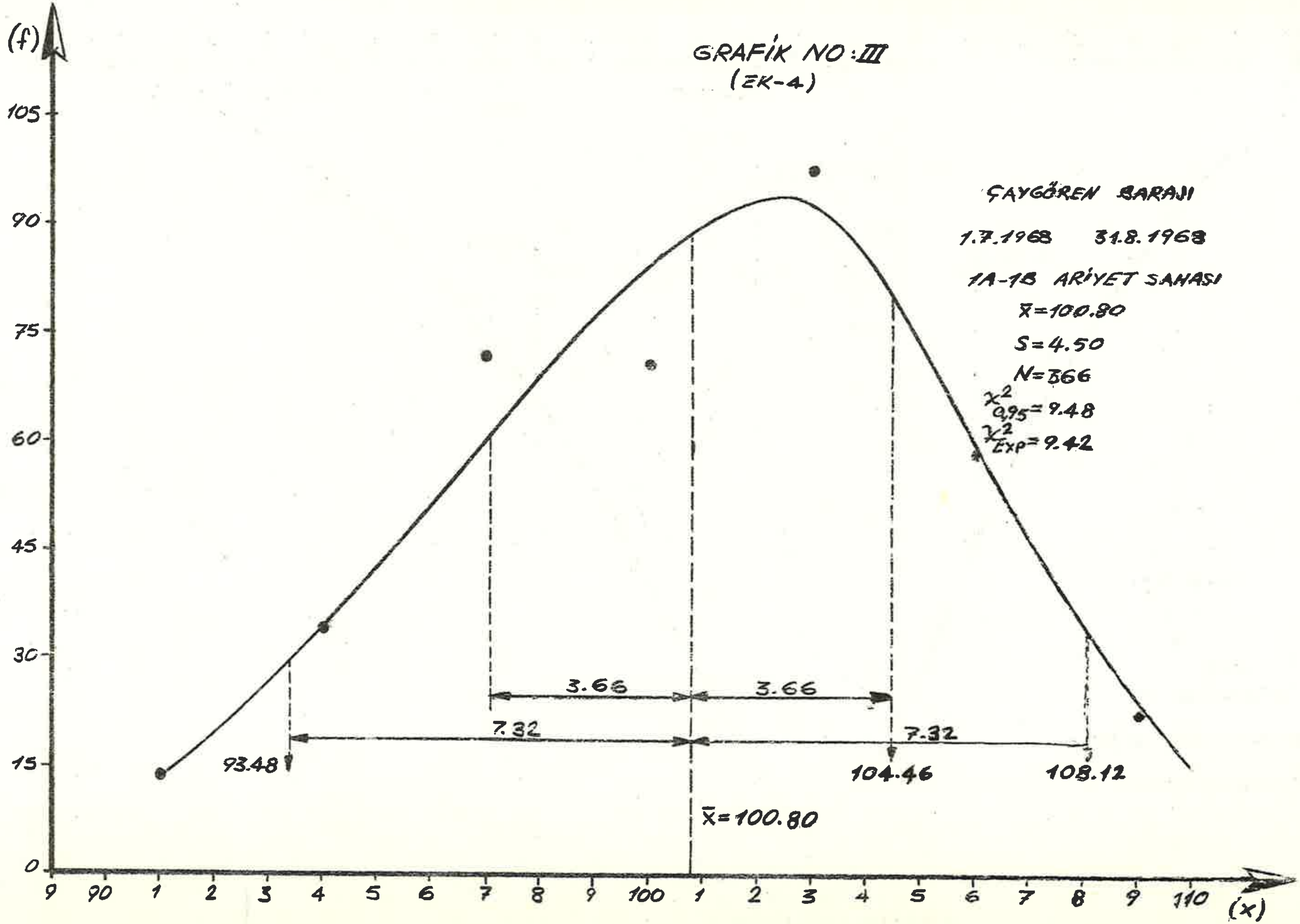
MAKSİMUM ORDİNAT : Çabuk proktor metoduna göre bulunan çabuk kontrol değerinin ton/m^3 cinsinden ifadesidir.

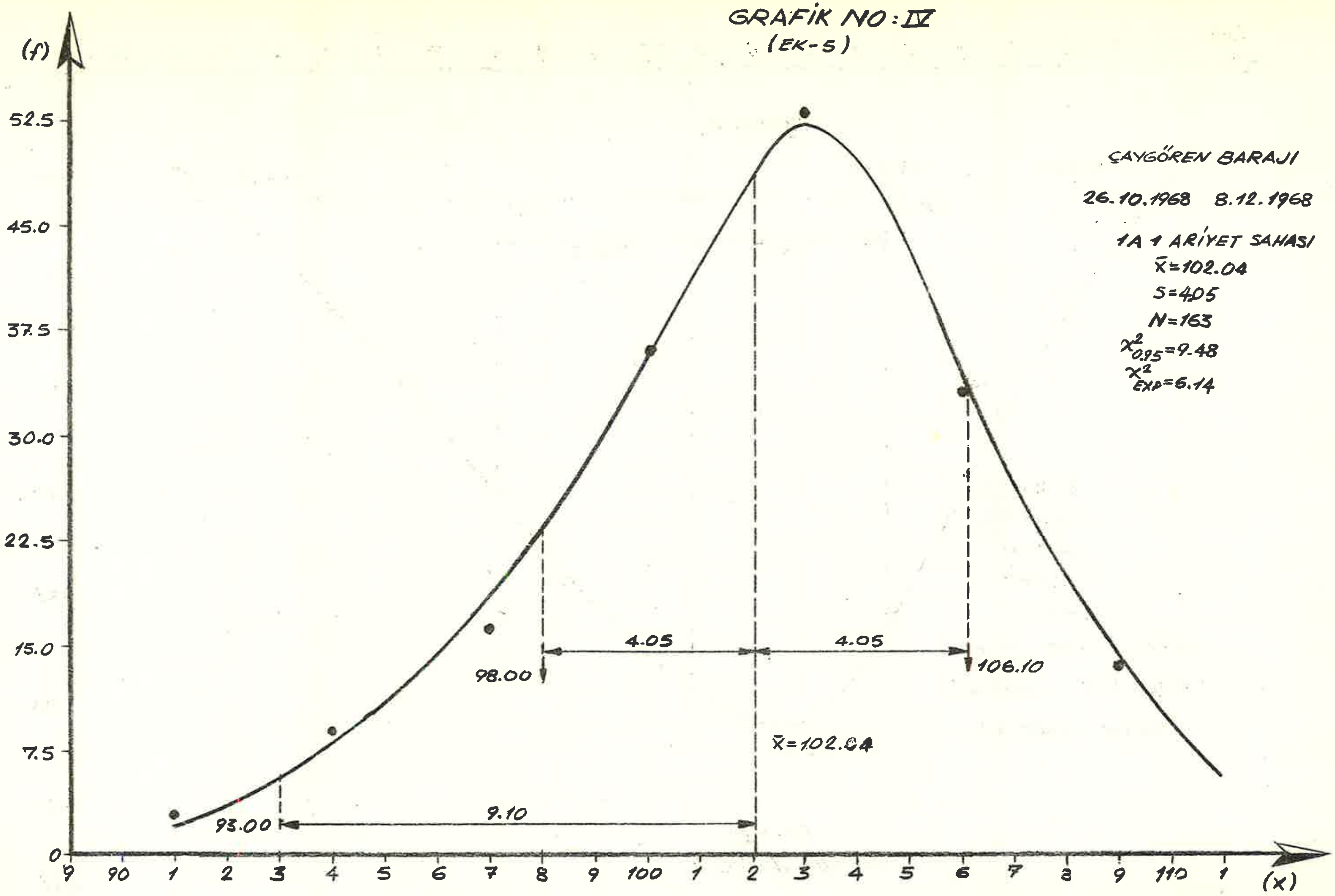
GRAFİK NO : I
(EK-2)



GRAFİK NO: II
(EK-3)




GRAFİK NO: III
(EK-4)
ÇAYGÖREN BARAJI
1.7.1968 31.8.1968
1A-1B ARİYET SAHASI
$\bar{X}=100.80$
$S=4.50$
$N=366$
$\chi^2_{0.95}=9.48$
$\chi^2_{Exp}=9.42$
(f)
(x)
3.66
3.66
7.32
7.32
93.48
104.46
108.12
$\bar{X}=100.80$
0
15
30
45
60
75
90
105
9
90
1
2
3
4
5
6
7
8
9
100
1
2
3
4
5
6
7
8
9
110



GRAFİK NO: IV
(EK-5)
ÇAYGÖREN BARAJI
26.10.1968 8.12.1968
1A 1 ARİYET SAHASI
$\bar{x}$=102.04
S=4.05
N=163
$\chi^2_{0.95}$=9.48
χ^2_{EXP}=6.14
(f)
52.5
45.0
37.5
30.0
22.5
15.0
7.5
0
4.05
4.05
98.00
106.10
$\bar{x}$=102.04
93.00
9.10
9 90 1 2 3 4 5 6 7 8 9 100 1 2 3 4 5 6 7 8 9 110 1
(x)

- 16 -