

**E. D. M. M. A.**  
**Lisans Üstü**  
**Bitirme Çalışması**

**TAŞIMA GÜCÜ NE GETİRMİŞTİR ?**

Yöneten : Doç. Gündüz ÖZİŞİK  
Hazırlayan : Gönül ÖZMEN

## I Ç İ N D E K İ L E R

Ç Z E T . . . . .	1
1.GİRİŞ . . . . .	3
2.HESAP ESASLARI . . . . .	4
2.1. Statik Hesap Esasları . . . . .	4
2.2. Betonarme Hesap Esasları . . . . .	9
3.KONTROL VE DEĞERLENDİRME . . . . .	14
3.1. Sabit Kesitli Kirişte . . . . .	14
3.1.1.Elâstik Hesap . . . . .	14
3.1.2.Taşıma Gücü ile Hesap . . . . .	15
3.2. Minimum Kesitli Kirişte . . . . .	15
3.2.1.Elâstik Hesap . . . . .	15
3.2.2.Taşıma Gücü ile Hesap . . . . .	16
3.3. Maximum Kesitli Kirişte . . . . .	17
3.3.1.Elâstik Hesap . . . . .	17
3.3.2.Taşıma Gücü ile Hesap . . . . .	18
4.MALİYET HESABI . . . . .	19
4.1. Beton ve Demir Birim Fiyatları . . . . .	20
4.2. Maliyetler . . . . .	20
4.3. Yorum . . . . .	32
5.SONUÇ . . . . .	33
REFERANSLAR . . . . .	35

## Ö Z E T

Betonarme yapıların hesabında, bugüne kadar ülkemizde elâstik yöntem (çerniyet gerilmeleri yöntemi) kullanılmıştır. Ancak, yeni çıkan TS 500, Taşıma Gücü Yöntemini de kabul etmiştir.

Taşıma Gücü, bir hesap yöntemidir ve bugün bazı ülkelerde kullanılmaktadır. Biz bu çalışmada, Taşıma Gücünün ilkelerini, varsayımlarını ve hesap tarzını incelemiyoruz. İncelememiz, taşıma gücünün ülkemiz gerçekleri açısından ele alınması ve hesapların bu yöntemle yapılması halinde ekonomik yönden getirdikleri üzerinedir.

TS 500, bu yöntemle birlikte, yeni bazı hükümler de getirmiştir. Ayrıca ülkemizde, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik halen yürürlüktedir ve hesaplarda bu yönetmelik hükümlerine de uyulması gerekmektedir.

Bu çalışmada, seçilen iki açıklıklı sürekli bir kirişte, hesaplar elâstik yöntemle ve taşıma gücü yöntemiyle yapılmış, bu arada eski şartname, yeni şartname ve deprem yönetmeliğinin hükümleri de göz önüne alınarak, sınır değerler için ayrı ayrı kesit hesabı yapılmıştır. Böylece yöntemlerle birlikte şartnameler de karşılaştırılmış ve yeni şartnamenin neler getirdiği de incelenmiştir.

Hesaplar, her iki yöntemde de, sabit kesit için, şartnamenin maksimum pursantaj şartı ile minimum beton kesiti için ve minimum pursantaj şartı ile maksimum beton kesiti için ayrı ayrı yapılmıştır.

Kıyaslamalar maliyetler üzerinden yapılacağından, her yöntemle bulunan farklı kesitler için kirişin 1 metre uzunluğunun maliyeti değişik yıllardaki beton ve demir fiyatları için hesaplanarak, hangi yıllarda, hangi kesitin ve hangi hesap yönteminin ekonomik sonuç verdiği araştırılmıştır. Bunun için 1962-1982 yılları arasındaki Hayırdırılık Birim Fiyatlarından beton ve demir fiyatları alınmış, hatta gelecekte yaklaşık 10 yıl

içindeki durumu görmek için rakamlar 1990 yılına kadar ötelenmiş ve her yıl için değişik kesitlerin maliyetleri bulunmuştur.

Bu çalışmaların sırasında benden değerli yardımlarını esirgeme-  
yen, başta sayın hocam Doçent Gündüz ÖZİÇİK olmak üzere bütün hocala-  
rına teşekkürü bir borç bilirim.

Gönül ÖZMEN

## 1. G İ R İ Ő

Bu tezde taşıma gücünün ve elâstik yöntemin teorik ilkeleri incelenip, eleştirilmemiştir. Her iki yöntemde verilen formüller, geliştirilmiş tablolar kullanılarak ve halen yürürlükteki şartname ve yönetmelik hükümleri dikkate alınarak hesap yapıldığında elde edilen sonuçların farklılığı yada benzer tarafları gösterilmiş ve yorum yapılmıştır.

Çalışmalar sırasında bazı kabuller yapılmıştır;

### 1. HESAP KABULLERİ :

- a) Statik tesirler ve geometrik boyutlar sabit tutularak ekonomik mukayese,
- b) Statik tesirler sabit, geometrik boyutların minimum olması halinde mukayese,
- c) Statik tesirler sabit, geometrik boyutların maximum olması halinde mukayese yapılmıştır.

### 2. MALZEME KALİTE KABULLERİ:

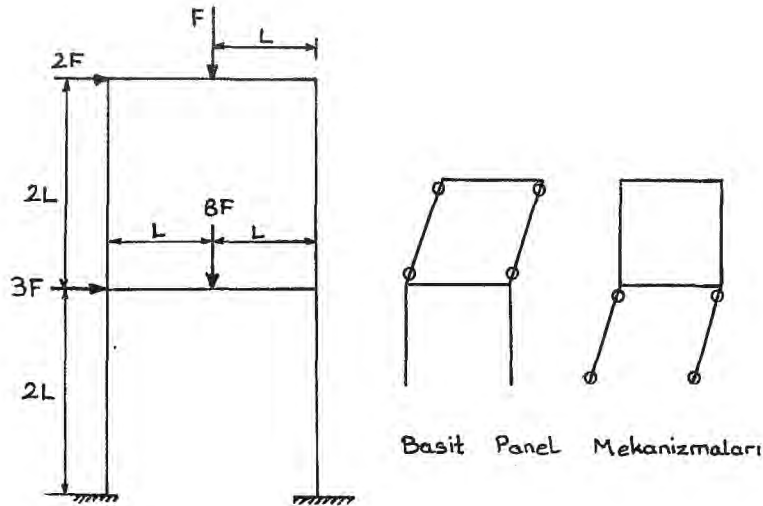
- a) Türk şantiye teknolojisinin değişmediği kabul edilmiştir. TS 500 de, üç küpün ortalaması istediğimiz dayanımı verecek ve dağılım %15'ini geçmeyecek demekle, ortalama istediğimiz dayanımları sağlayan şantiyelere sahip olduğumuzu kabul etmiştir.
- b) İncelememiz bir teknoloji incelemesi olmadığından, teknolojik şartların sabit kaldığı kabul edilmiştir. TS 500 de, istenen betonun sağlanmaması halinde bir cezai müeyyide getirmemekle bunu kabul etmiştir.

## 2. HESAP ESASLARI

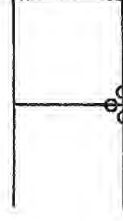
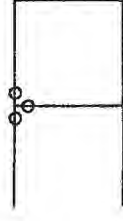
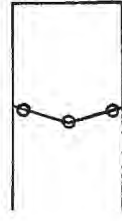
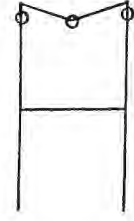
### 2.1. STATİK HESAP ESASLARI:

Elâstik hesapta, sistemin statik çözümünden bulunan moment değerleri aynen kabul edilmekte ve betonarme hesap bu değerlere göre yürütülmektedir.

Taşıma gücü ile hesapta ise, statik çözümün, plâstik mafsallar teorisine göre yapılması gerekir. Çünkü plâstik hesapta, yük artırılırken, belli bir yüke ulaşıldığında, kritik kesitte plâstik mafsal oluşur. Bu mafsal daha fazla moment almaz. Yük artırıldığında, gelen fazla momentler yanlara aktarılır ve bu, momentler dengeleninceye kadar devam eder. Bu son durum göçme halidir. Statik çözümde göçme yükünün ve sistemdeki mafsallaşma durumlarının belirlenmesi gerekir. Bu ise özellikle çerçeveler gibi hiperstatikliği büyük sistemlerde çok zor ve karmaşık işlemleri gerektirir. Örneğin iki katlı bir çerçevedeki mekanizma durumları: (π)

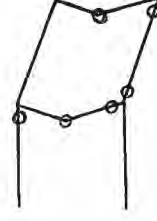
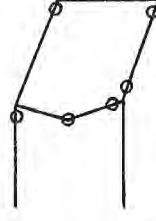
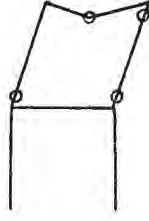
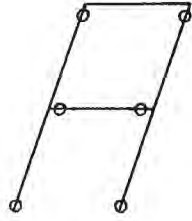


(\*) Philip G. Hodge Jr., Yapıların Plâstik Analizi,  
Çeviris: Erdoğan Şuhubi, Vural Cinemre, Arı Kitabevi Matbaası,  
İstanbul 1967 Sf. 41



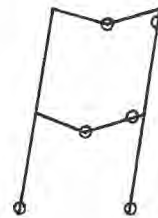
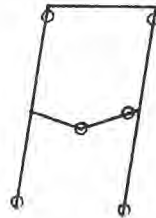
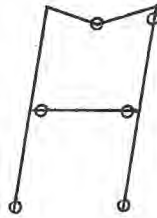
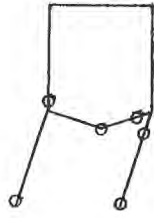
Basit Kiriş Mekanizmaları

Mafsal Mekanizmaları



Bileşik Panel Mek.

Bileşik Panel ve



Kiriş Mekanizmaları

Şekil-1 (x)

Görüldüğü gibi bu çok basit sistemde bile, mekanizma durumlarının belirlenmesi ve  $M_0$  momentinin tespit edilmesi güç olmaktadır. Çok katlı ve karmaşık akslı sistemlerde bu hesaplar ancak bilgisayarlar yardımıyla yapılabilir. Bugünkü büroların imkanları ve bu konudaki bilgi eksikliği dolayısıyla bu hesaplar yapılamamakta ve kesit tesirleri elâstik hesapla bulunmaktadır.<sup>(\*)</sup> Yalnız, taşıma gücü hesabında yüklerin ve malzeme dayanımlarının, hesapta kullanılanlardan farklı olabileceği göz önüne alınarak yük etkileri 1 den büyük bir katsayıyla büyütülmekte; dayanım ise küçültülmektedir.

(\*) A.Gündüz, Betonarme, Taşıma gücü ilkesine göre hesap, Kaymaz Matbaası, 1.Baskı Eylül 1930, Sf.3

Yük Katsayıları : ( \* )

Yalnız dikey yükler için:

$$1,4 g + 1,6 p$$

$$1,0 g + 1,2 p + 1,2 t$$

g : Öz ağırlık

p : Hareketli yük

t : Farklı oturma, sıcaklık farkı, büzülme, vs.

gibi pekil deęiřtirmeler nedeni ile oluşan yük etkisi.

Kiriřlerin eğit ağırlıklı veya en küçük ağırlığın, en büyük açıklığa oranının 0,8 den küçük olmadığı durumlarda birinci yük kombinasyonu 1,5(g+p) alınabilir.

Rüzgâr yükünün söz konusu olduğu durumlarda;

$$1,0 g + 1,3 p + 1,3 w$$

$$\text{veya, } 1,4 g + 1,6 p$$

$$\text{veya, } 0,9 g + 1,3 w$$

Depremi söz konusu olduğu durumlarda,

$$1,0 g + 1,0 p + 1,0 e$$

$$\text{veya, } 1,4 g + 1,6 p$$

$$\text{veya, } 0,9 g + 1,0 e$$

Malzeme Katsayıları:

Beton için:

$$f_{cd} = \frac{f_{ok}}{\gamma_{mc}} \quad (\text{Basınç})$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{otk}}{\gamma_{mc}} \quad (\text{Çekme})$$

Çelik için:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{ms}}$$

( \* ) Türk standartları, TS500, Yonca Matbaası I. Baskı, Mart 1982, sayfa 28



$\gamma_{mc}$ , yerinde dökülen beton için 1,5, öndöküm için 1,4, betonda kalite denetiminin gerektiği gibi yapılamayacağı kuşkusu olan durumlarda 1,7 veya daha büyük alınmalıdır. Donatı çeliği için ise

$\gamma_{ms} = 1,15$  alınır. (\*)

$f_{cd}$  = Hesapta kullanılacak beton basınç dayanımı

$f_{ctd}$  = Hesapta kullanılacak beton çekme dayanımı

$f_{ck}$  = 28 günlük betonun silindir basınç dayanımı

$f_{otk}$  = Betonun karakteristik çekme dayanımı

$f_{yd}$  = Hesapta kullanılacak çelik çekme dayanımı

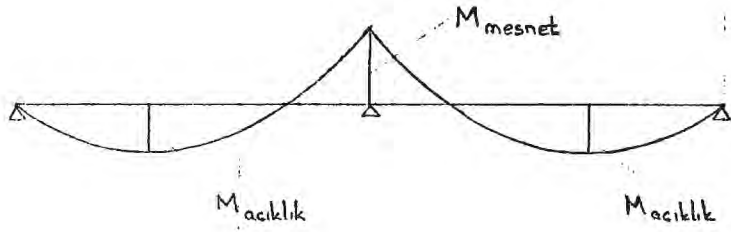
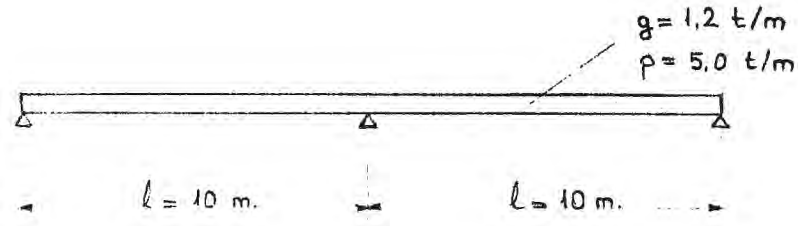
$f_{yk}$  = Çeliğin karakteristik akma dayanımı

$\gamma_{mc}$  = Betona uygulanan malzeme katsayısı

$\gamma_{ms}$  = Çeliğe uygulanan malzeme katsayısı

(Hesaplarda emniyeti sağlayacak olan bu katsayılar, her ülkede, kendi şartları dikkate alınarak, istatistik veriler sonucu belirlenir. Ancak ülkemizde bu istatistik veriler çok azdır ve çalışmalar henüz akademik düzeydedir. TS 500 ün kabul ettiği bu katsayılar, başka ülkelerin şartnamelerinden alınmıştır ve ülke gerçeklerine uygun olup olmadığı tartışma konusudur.)

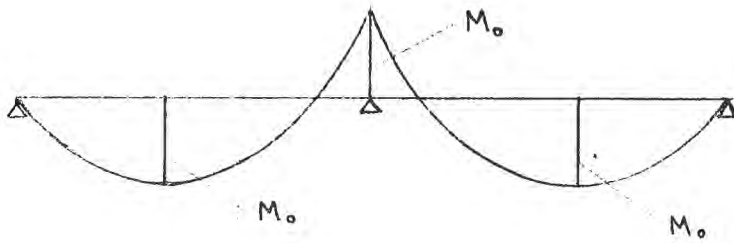
İnceleyeceğimiz iki açıklıklı mütemadi kirişte statik tesirlerin bulunması;



ELASTİK :  $q = g + p$

$$M_{\text{mesnet}} = \frac{q l^2}{8} = 77,5 \text{ tm}$$

$$M_{\text{aciklik}} = \frac{9}{128} q l^2 = 43,6 \text{ tm}$$



PLASTİK :  $q = 1,5 (g + p)$

$$M_o = \frac{q l^2}{11,65} = 79,8 \text{ tm}$$

Şekil-2

Betonarme hesaplar, elüstik yöntemle bulunan Mesnet Momenti değeri göz önüne alınarak yapılacaktır.

## 2.2. BETONARME HESAP ESASLARI:

Hesaplar, elâstik ve plâstik yöntemlerle ayrı ayrı yapılacaktır. İşlemler üç adımda yürütülecektir;

- 1- Sabit kesitli bir karışta elâstik ve plâstik hesabın yapılarak, sonuçların kıyaslanması.
- 2- Her iki yöntem için minimum beton kesitinin araştırılması.
- 3- Minimum donatı ve max. beton kesitinin bulunması.

Her üç adımda da hesaplar yürütülürken, mevcut şartname hükümlerine de uyulması gerekir.

Hesaplarda bağlı kalınacak şartname hükümleri şunlardır;

a) Dengeli donatı yüzdesi (Yeni TS 500)

b)  $\rho_{min} = \frac{12}{f_{yd}}$  ( min çekme donatısı yüzdesi ) (yeni TS 500)

c) Kirişlerde minimum boyuna donatı oranı ( $\alpha$ )

	$\frac{(\rho + \rho')_{min}}$
S 220 (BÇ I )	: 0,005
S 420 (BÇ III)	: 0,004

d) Basınç donatısı yüzdesi :  $\rho' \leq 0,01$  ( $\alpha$ )

e) Basınç donatısı yüzdesi, çekme donatısı yüzdesinin yarısından fazla olamaz.

$$\rho' \leq \frac{\rho}{2} \quad (\alpha)$$

### Dengeli Donatı Yüzdesi :

Dengeli donatı yüzdesi, betondaki basınç ezilmesi ile, donatı çeliğinin çekmesinin aynı anda oluştuğu sınır durumu belirler. Burada iki durum söz konusudur.

( $\alpha$ ) Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik  
Bölüm : 6.9.2, 6.9.3

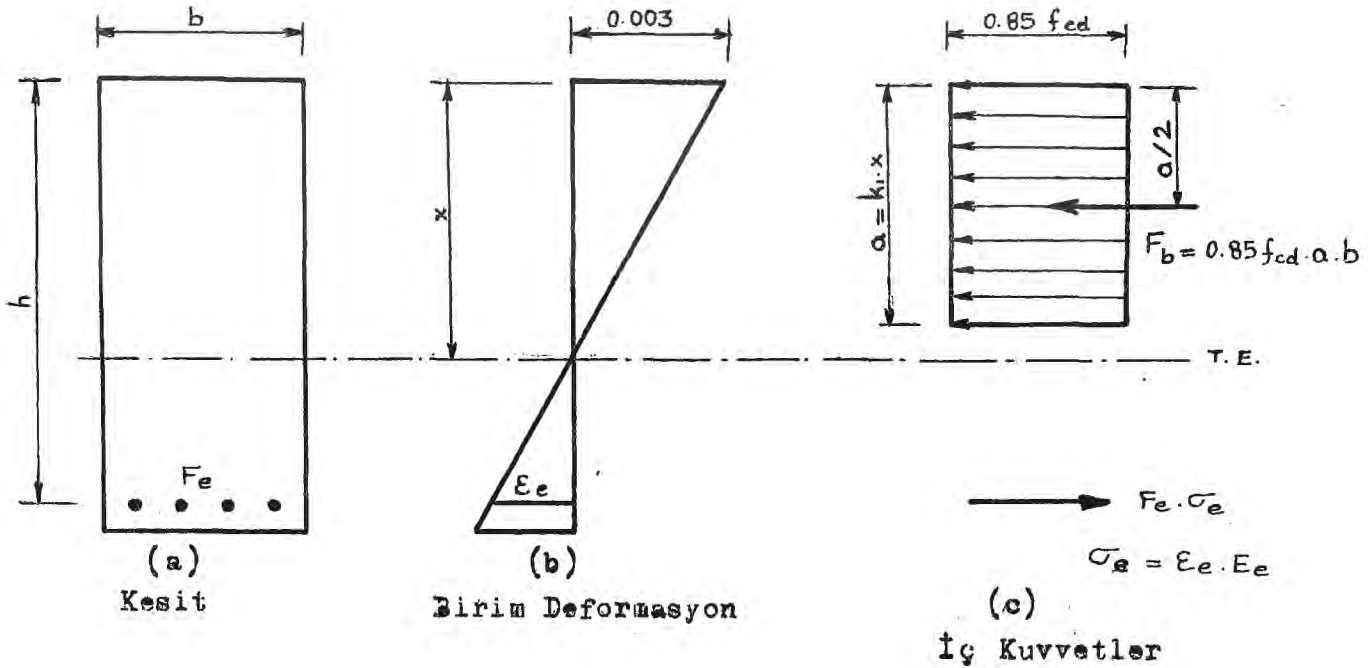
1) Pürsantaj, dengeli donatı yüzdesinden büyük ise, kesitteki demir alanı gereğinden fazla demektir. Çelik akma sınırına erişmeden beton ezilir. (Gevrek kırılma, basınç kırılması)

2) Pürsantaj dengeli donatı yüzdesinden az ise, beton tam kapasite ile çalışmadan, çelik akma sınırına ulaşır. Gereğinden az demir kullanılmış demektir. (Çökme kırılması)

Hesapta dikkat edilmesi gereken en önemli husus, elde edilen kesitteki donatı yüzdesinin dengeli yüzdeden daha küçük olmasını sağlamaktır. Bu husus, gevrek davranışı önlemek için zorunludur. Bu nedenle, kesitteki donatı yüzdesinin, dengeli yüzdedenin %85'ini geçmemesi gerekir.

Dengeli donatı yüzdesi

a-Basit donatılı dikdörtgen kesitlerde;



Şekil: 3 (x)

$$\rho_b = \rho_{b1} = \frac{0,35 \cdot k_1 \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \left( \frac{0,003 E_s}{0,003 E_s + f_{yd}} \right)$$

$\rho_b$  : Dengeli donatı yüzdesi

$\rho_{b1}$  : Basit donatıdaki dengeli donatı yüzdesi

$f_{cd}$  : Hesapta kullanılacak beton basınç dayanımı

$f_{yd}$  : Hesapta kullanılacak çelik akma dayanımı

$E_s$  : Çelik elastisite modülü (  $2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$  )

$k_1$  : Beton basınç bölgesi derinliğinin tarafsız eksen derinliğine oranı.

Formüllerden görüldüğü gibi dengeli donatı yüzdesi her bir beton ve çelik sınıfı için sabit değerler almaktadır. Bu değerleri bir tablo halinde gösterirsek:

T A B L O - 1

	BS 12	BS 16	BS 20	BS 25	BS 30	BS 35	BS 40	BS 45	BS 50
$f_{cd}$	80	110	130	170	200	230	270	300	330
$k_1$	0.85	0.85	0.85	0.85	0.82	0.79	0.76	0.73	0.70
$\rho_b$									
S 220 $f_{yk} = 1910$	0,0230	0,0316	0,0373	0,0488	0,0554	0,0613	0,0693	0,0739	0,0780
S 420 $f_{yk} = 3650$	0,0098	0,0135	0,0160	0,0209	0,0237	0,0263	0,0297	0,0317	0,0334
S 500 $f_{yk} = 4350$	0,0077	0,0106	0,0125	0,0164	0,0186	0,0206	0,0232	0,0248	0,0262



Yeni şartname ayrıca minimum çekme donatısı yüzdesi için de sınır getirmiştir.

$$\rho_{min} = \frac{12}{f_{yd}} \text{ Buna göre;}$$

$f_{yd}$		$\rho_{min}$
S 220	1910	0,0063
S 420	3650	0,0033
S 500	4350	0,0028

Tablo - 2

### 3. BOYUTLANDIRMA

Boyutlandırmaya esas alınan moment, bölüm 2.1 de yapılan statik hesap sonucu bulunan momenttir.

Hesaplar, sabit moment altında her iki yöntem için, üç ayrı durumda incelenecektir.

1- Sabit kesitli kiriş için kıyaslama

2- Minimum beton kesitli kiriş için kıyaslama

3- Maksimum beton kesitli kiriş için kıyaslama

(Hesaplarda kullanılan kh tabloarı Gündüz ÖZİŞİK'in Betonarme El Kitabından alınmıştır.)

#### 3.1. SABİT KESİTLİ KİRİŞTE:

$$M = 77,5 \text{ tm.} \quad S 220 \text{ (EÇ I)}$$

$$b = 0,50 \text{ m.} \quad BS 16 \text{ (B 160, Bn 150)}$$

$$d = 1,00 \text{ m.}$$

$$h = 0,96 \text{ m.}$$

$$h' = 0,04 \text{ m.}$$

#### 3.1.1. ELASTİK HESAP:

$$\sigma_b = 70 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_e = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$k_h = \frac{h}{\sqrt{M/b}} = \frac{96}{\sqrt{77,5 / 0,50}} = 7,71 \rightarrow \begin{matrix} k_e = 0,82 \\ k'_e = 0,29 \end{matrix}$$

$$F_e = k_e \cdot \frac{M}{h} = 0,82 \cdot \frac{77,5}{0,96} = 66,19 \text{ cm}^2$$

$$F_e' = k'_e \cdot \frac{M}{h} = 0,29 \cdot \frac{77,5}{0,96} = 23,41 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma F_e = 89,60 \text{ cm}^2$$

Forsantaj tahkiki:

$$\rho = \frac{F_e}{b \cdot d} = \frac{66,19}{50 \times 100} = 0,0132 > 0,0063$$



$$\rho' = \frac{F_{e'}}{b \times d} = \frac{23,41}{50 \times 100} = 0,0047 < 0,01$$

$$\rho' < \frac{\rho}{2}$$

$$0,0047 < 0,0066$$

### 3.1.2. TAŞIYICI GÜCÜ İLE HESAP:

$$k_h = 7,71 \rightarrow k_e = 0,98 \text{ (Basit donatı)}$$

$$F_e = 0,98 \frac{77,5}{0,96} = 79,11 \text{ cm}^2$$

Dengeli donatı yüzdesi tahkiki:

ES 16 ve S 220 için,  $\rho_b = 0,0316$  (Tablo-1)

Şartnamede, dengeli donatının %85 inden fazla kullanılmasına için verilmediğinden ;

$$\rho = \frac{79,11}{50 \times 100} = 0,016 < 0,0316 \times 0,85 = 0,0269 \text{ (denge altı)}$$

### 3.2. MINIMUM KESİTLİ KİRİŞTE:

Burada minimum beton kesiti elde edilmek istenmektedir. Bunun için her iki yöntemde de max. yüzdeaj şartları dikkate alınacaktır.

#### 3.2.1. ELASTİK HESAP:

$\rho' = \frac{\rho}{2}$  şartından hareketle,  $k_e' = \frac{k_e}{2}$  şartını sağlayan değerler,  $k_h$  tablosundan bulunur;

$$k_e = 0,31, k_e' = 0,40 \rightarrow k_h = 7,25$$

$$h = k_h \sqrt{\frac{M}{b}} = 7,25 \sqrt{\frac{77,5}{0,50}} = 90,26 \approx 91 \text{ cm.}$$

$$d = 95 \text{ cm}$$

Kesit: 50 cm x 95 cm.

$$F_e = 0,91 \frac{77,5}{0,91} = 68,98 \text{ cm}^2$$

$$F_e' = 0,40 \frac{77,5}{0,91} = 34,07 \text{ cm}^2$$

Persentaj tahkiki:

$$\rho' = \frac{34,07}{50 \times 95} = 0,0072 < 0,01$$

$$\rho = \frac{68,98}{50 \times 95} = 0,0145 > 0,0063$$

$$0,0072 \leq \frac{0,0145}{2} = 0,0073$$

### 3.2.2. TASIMA GÜCÜ İLE HESAP :

a) Basit Donatılı Durum:

Basit donatının sınır değeri olan  $k_h^*$  değeri kullanılarak;

$$k_h^* = 7,02 \rightarrow k_s = 1,03 \text{ bulunur.}$$

$$h = 7,02 \sqrt{\frac{77,5}{0,50}} = 87,40 \approx 88 \text{ cm. } d=92 \text{ cm.}$$

$$F_s = 1,03 \cdot \frac{77,5}{0,88} = 90,71 \text{ cm}^2.$$

$$\rho = \frac{90,71}{50 \times 92} = 0,01972 < \rho_b = 0,0269$$

O halde basınç donatısı da kullanarak kesiti bir miktar daha küçültmek mümkündür.

b) Çift donatılı durum:

Çift donatılı kesitteki dengeli donatı yüzdesi ( $\rho_b$ ) ye en yakın persentajı sağlayacak beton ve demir alanları, tablo üzerinde teteme yapılarak bulunur.

$$k_h = 5,55 \rightarrow k_s = 0,96, \quad k_s' = 0,32$$

$$h = 5,55 \sqrt{\frac{77,5}{0,50}} = 69,09 \approx 69 \text{ cm., } d = 73 \text{ cm.}$$

Kesit: 50 x 73

$$F_s = 0,96 \frac{77,5}{0,69} = 107,83 \text{ cm}^2$$

$$F_s' = 0,32 \frac{77,5}{0,69} = 35,94 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{107,83}{50 \times 73} = 0,0295$$

$$\rho' = \frac{35,94}{50 \times 73} = 0,0098 < 0,01$$

Longeli donatı yüzdesi:

$$\rho - \rho' \geq 0,85 k_1 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \left( \frac{h'}{h} \right) \frac{0,003 E_c}{0,003 E_c - f_{yd}}$$

$$0,0295 - 0,0098 \geq 0,85 \cdot 0,35 \cdot \frac{110}{1910} \left( \frac{4}{69} \right) \frac{0,003 \cdot 2 \cdot 10^6}{0,003 \cdot 2 \cdot 10^6 - 1910}$$

$$0,0197 \geq 0,0035 \quad (\text{bu şart sağlandığından})$$

$$\sigma_s' = 2y_d \quad \text{ve,}$$

$$\rho_b = \rho_{b1} + \rho'$$

$$\rho_b = 0,0316 + 0,0098 = 0,0414$$

Kesitte toplam donatı yüzdesi:

$$\rho_T = 0,0295 + 0,0098 = 0,0393$$

$$0,0414 > 0,0393 \quad (\text{denge altı})$$

Görüldüğü gibi, beton kesit boyutları minimuma indirildiğinde, donatı miktarı çok artmaktadır. O halde elde edilen minimum kesit gerçekte en ekonomik kesit midir? Bunun için bir ekonomik mukayese gereklidir.

### 3.3. MAXIMUM BETON KESİTLİ KİRİŞTE:

Şartname ve yönetmeliklerdeki minimum donatı yüzdesi dikkate alınarak, maximum kiriş yüksekliği bulunacaktır.

Minimum persantaj şartları:

a-Eski şartnamede : Toplam boyuna donatı yüzdesi  $\rho_{min} \geq 0,003$

b-Af.Böl.Yap.Yapı.Hak.Yön: Boyuna donatı yüzdesi:  $\rho_{min} \geq 0,005$

c-Yeni şartnamede: Çekme donatısı yüzdesi  $\rho_{min} \geq \frac{12}{fyd} = 0,0063$

#### 3.3.1. ELASTİK HESAP:

Elastik hesapta her üç şart da göz önünde bulundurularak hesap yapılacaktır. Böylece şartname kayıtlarının da maliyete etkisi gözlenecektir.

kh= 9,0 değerinden sonra, kiriş yüksekliği daha da arttırılırsa, ke= 0,83 değeri sabit kalmaktadır.

$$F_e = k_e \cdot \frac{M}{h} = 0,83 \cdot \frac{77,5}{h}$$

$$\rho = \frac{F_e}{b \times d}$$

a)  $\rho = 0,003$  için:

$$h = 205 \text{ cm}, F_e = 31,38 \text{ cm}^2, \rho = 0,003$$

Kesit : 50 x 209 cm

b)  $\rho = 0,005$  için

$$h = 158 \text{ cm.}, F_e = 40,71 \text{ cm}^2, \rho = 0,005$$

Kesit: 50 x 162 cm

c)  $\rho = 0,0063$  için

$$h = 141 \text{ cm}, F_e = 45,62 \text{ cm}^2, \rho = 0,0063$$

Kesit: 50 x 145 cm.

### 3.3.2. TAŞIMA GÜCÜ İLE HESAP:

$$k_h = 11 \quad k_e = 0,88$$

$$h = 11 \cdot \sqrt{\frac{77,5}{0,50}} = 137 \text{ cm.} \rightarrow d = 141 \text{ cm.} \quad (h' = 4 \text{ cm.})$$

Kesit: 50 x 141 cm.

$$F_e = 0,88 \cdot \frac{77,5}{1,07} = 49,78 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{49,78}{50 \times 141} = 0,007 \geq 0,0063 \text{ sağlanır.}$$

Taşıma gücü  $k_h$  tablolarında,  $k_h = 11$  den büyük değerler için  $\rho < 0,0063$  olduğundan şartname, tabloları  $k_h = 11$  değerinden itibaren sınırlandırmıştır.

3.2. Bölümünde beton alanı minimum, donatı alanı maksimum; 3.3. Bölümünde ise beton alanı maksimum, donatı alanı minimum değerde olmak üzere hesap yapılmıştır. Maliyet hesabına geçildiğinde, betonun pahalı, demirin ucuz olduğu ülkelerde 3.2. nin sonuçları; betonun ucuz, demirin pahalı olduğu ülkelerde 3.3. ün sonuçları ekonomik olacaktır. Bu sonuçlar, bizim ülkemiz fiyatları ile değerlendirilerek, hangi yöntemle, nasıl bir kesitin ekonomik olduğu görülecektir.

#### 4. MALİYET HESABI

Her iki yöntemle de elde edilen bütün kesitler için, kirişin 1 m. - sinin maliyeti beton ve demir fiyatları dikkate alınarak bulunacaktır. Burada beton fiyatı hesaplanırken şu hususa dikkat edilmiştir.

Her hesap sonucu bulunan beton ve demir alanları ile, 1 m. uzunluk için beton hacmi (m<sup>3</sup>) ve demir ağırlıkları (kg):

TABLO- 3

SABİT KESİT				MİNİMUM KESİT			
Elâstik Yöntem		Taşıma Gücü Yönt.		Elâstik Yöntem		Taşıma Gücü Yönt.	
Beton	Demir	Beton	Demir	Beton	Demir	Beton	Demir
(bxd)	( $\Sigma Fe$ )	(bxd)	( $\Sigma Fe$ )	(bxd)	( $\Sigma Fe$ )	(bxd)	( $\Sigma Fe$ )
(50x100)		(50x100)		(50x95)		(50x73)	
5000 cm <sup>2</sup>	89.60cm <sup>2</sup>	5000 cm <sup>2</sup>	79.11cm <sup>2</sup>	4750 cm <sup>2</sup>	103.05cm <sup>2</sup>	3650cm <sup>2</sup>	143.77cm <sup>2</sup>
0.50m <sup>3</sup>	70.34 kg	0.50 m <sup>3</sup>	62.10 kg	0.475 m <sup>3</sup>	80.89 kg	0.365 m <sup>3</sup>	112.86kg

MAXİMUM KESİT							
Elâstik Yöntem						Taş.Gücü Yöntemi	
Eski Şartn.		Afet Yönet.		Yeni Şartn.		Yeni Şartn.	
Beton	Demir	Beton	Demir	Beton	Demir	Beton	Demir
(bxd)	( $\Sigma Fe$ )	(bxd)	( $\Sigma Fe$ )	(bxd)	( $\Sigma Fe$ )	(bxd)	( $\Sigma Fe$ )
(50x209)		(50x162)		(50x145)		(50x141)	
10450cm <sup>2</sup>	31.38cm <sup>2</sup>	8100cm <sup>2</sup>	40.71m <sup>2</sup>	7250cm <sup>2</sup>	45.62 cm <sup>2</sup>	7050cm <sup>2</sup>	49.78cm <sup>2</sup>
1.045m <sup>3</sup>	24.63 kg	0.81 m <sup>3</sup>	31.96 kg	0.725m <sup>3</sup>	35.81 kg	0.705 m <sup>3</sup>	39.08 kg

#### 4.1. BETON VE DEMİR BİRİM FİYATLARI :

Değerler, 1962-1982 yılları arasındaki Bayındırlık Birim Fiyatlarından alınmıştır.

Betonarme betonu:

16.022 -300 Dz. betonarme betonu(kum-çakıl)(B.160)-Birim TL/m<sup>3</sup>

İnşaat Demiri:

23.002-Ø14-50 mm.lik kalın betonarme demirinin işlenmesi ve yerine konulması-Birim TL/Kg

Beton ve demir fiyatlarının artış eğrisini çizmek için, dağılımlar göz önüne alınarak, normal grafik eğrisi koordinatları hesap makinesiyle bulunmuştur.

Her yılın birim fiyatıyla 8 değişik kesitin maliyeti hesaplanacaktır. Burada, bir yılın fiyatlarıyla bulunan maliyet, diğer bir yılın fiyatlarıyla bulunan maliyetle karşılaştırılmayacaktır. Şayet kıyaslamamız bu yönde olsaydı, Ticaret Bakanlığı Konjektür Dairesinin yayınladığı yıllık fiyat endekslerini kullanarak tüm fiyatların aynı düzeye getirilmesi gerekti. Burada, değişik şartname hükümleri ve değişik hesap yöntemleri ile bulunan farklı kesitlerin maliyetleri, her yılın fiyatlarıyla ayrı ayrı bulunmuş ve bunlar o yıl için, kendi aralarında birbirleriyle kıyaslanmıştır. Bu nedenle fiyat endeksleri kullanılmamıştır.

#### 4.2. MALİYETLER:

Maliyetler:

Beton hacmi(m<sup>3</sup>) x beton birim fiyatı (TL/m<sup>3</sup>) + Demir ağırlığı(kg)x demir birim fiyatı (TL/kg) şeklinde hesaplanmıştır.

Yalnız, burada taşıma gücüyle bulunan kesitin maliyet hesabında bir hususa dikkat edilmiştir: Hesaplarda kullandığımız beton sınıfı Bn 150 betonudur. Yani, hesaplarda dayanımı 150 kg/cm<sup>2</sup> olan betona ait kh tabloları kullanılmıştır.

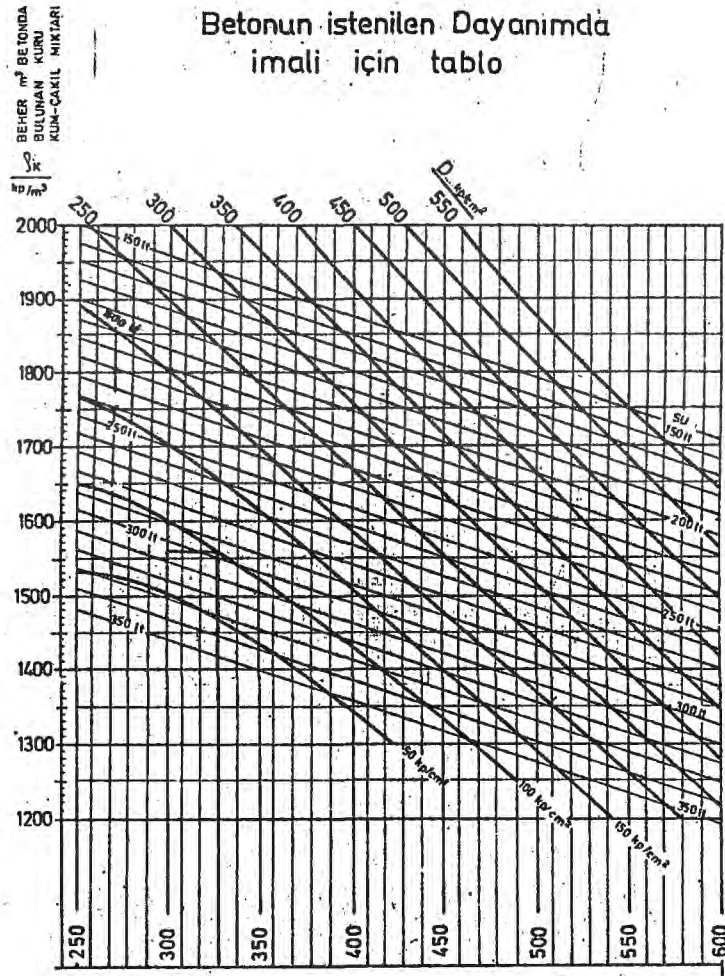
Şartnamede, elde edilmek istenen dayanımın %15 eksiği yada fazlası dayanıma sahip betonların kabul edilebileceği hükmü vardır. Ayrıca bu dayanımın, %90 olasılıkla sağlanabileceği kabul edilmiştir. %90 olasılığa karşılık gelen güvenlik parametresi 1,2B olduğuna göre, şartnamenin kabul

ettiği olumsuz yöndeki değerler dikkate alınırsa;

$$150 \times 0,15 = 22,5 \text{ kg/cm}^2 \text{ (değer)} \text{ (değer)}$$

$$f_{cm} = 150 - 1,28 \times 22,5 = 131 \text{ kg/cm}^2$$

Çarınname, dayanımı 131 kg/cm<sup>2</sup> olan bu betonu, Bn 150 betonu olarak kabul etmektedir. Ancak hesaplarda Bn 150 betonuna ait tabloları kullanabilmek için bu betonun kalitesinin yükseltilmesi gerekir. Bunun için, "betonun istenilen dayanımda imali için tablo" kullanılabilir (\*)



(\*) G.ÖZİŞİK, Betonarme malzemeleri, Saydam Matbaacılık, sf.39

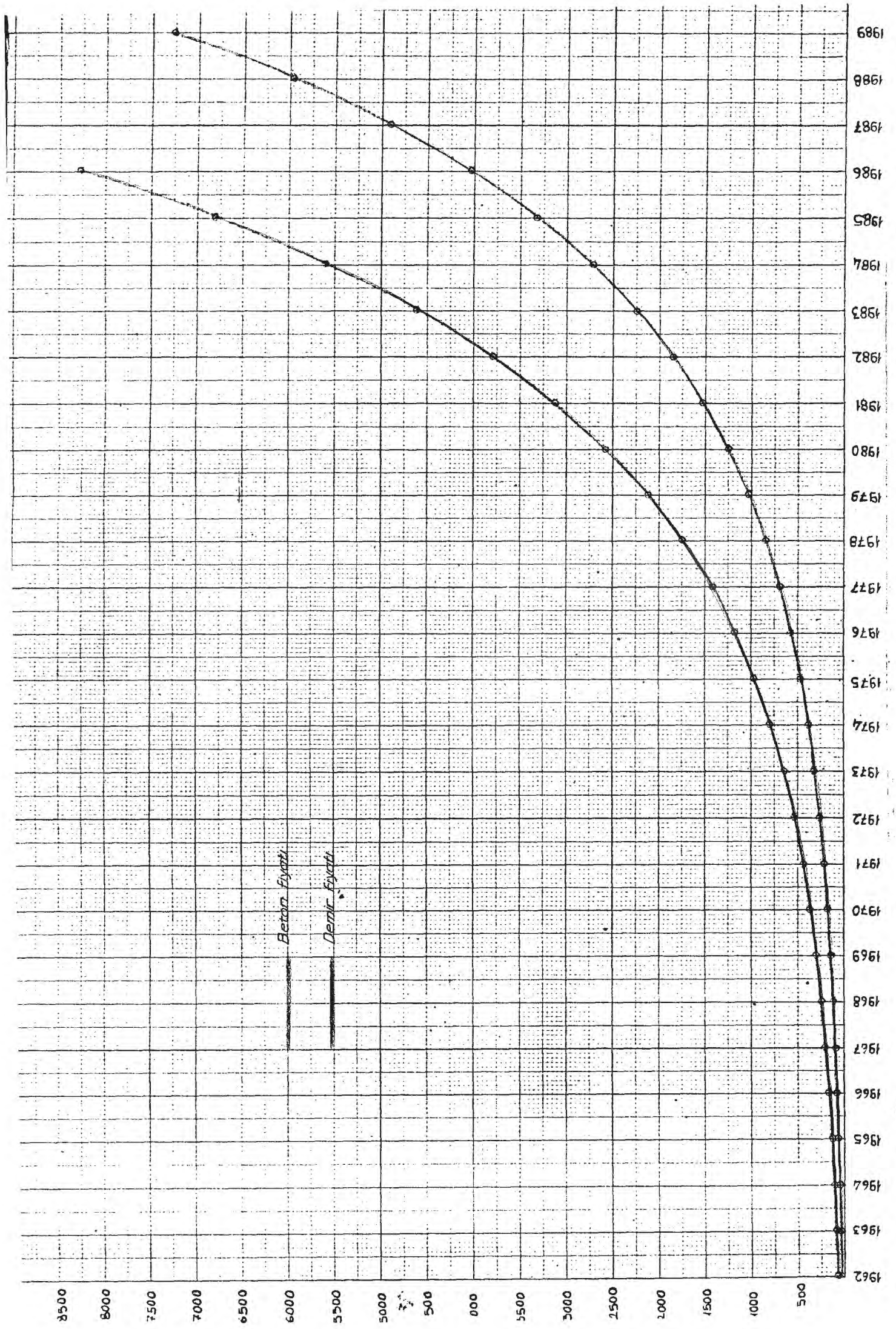
Bu tablodan, 300 kg. çimento ile 130 kg/cm<sup>2</sup> dayanımlı beton elde edilmesi halinde, bu betonun kalitesini artırmak ve 150 kg/cm<sup>2</sup> dayanımlı beton elde etmek için 330 kg. çimento kullanılması gerektiği anlaşılmaktadır. O halde 1 m<sup>3</sup> betonda 30 kg. fazla çimento kullanarak beton kalitesi artırılabilir.

Taşıma gücü ile bulunan kesitlerin maliyetlerinde, bu 30 kg. çimentonun fiyatı beton fiyatına eklenmiştir. Bunun için, 1982 fiyatlarıyla, 30 kg. çimentonun, 1 m<sup>3</sup> betonun fiyatını %4 artırdığı bulunmuş ve bütün yıllarda beton fiyatı 1,04 degeriyle çarpılmıştır. (plastik hesapta)



TABELLO: 5

Y I L L A R	Birim Fiyatlar		İdealize Edilmiş Koordinatlar	
	Demir (TL/kg)	Beton (TL/m3)	Demir (TL/kg)	Beton (TL/m3)
1962	1.64	68.89	0.77	37.45
1963	1.70	73.63	0.94	45.52
1964	1.75	79.49	1.14	55.32
1965	1.81	85.83	1.39	67.24
1966	1.36	92.69	1.68	81.72
1967	1.93	100.-	2.04	99.32
1968	2.01	107.95	2.48	120.71
1969	2.05	116.50	3.02	146.71
1970	2.12	125.80	3.67	178.30
1971	2.19	135.80	4.46	216.71
1972	2.26	145.15	5.41	263.38
1973	4.27	185.62	6.58	320.11
1974	6.06	267.41	7.99	389.05
1975	8.37	311.01	9.71	472.84
1976	7.97	358.29	11.80	574.68
1977	8.78	465.68	14.34	698.46
1978	12.82	697.91	17.42	848.89
1979	24.075	1053.79	21.17	1031.72
1980	56.34	2445.	25.72	1253.93
1981	65.04	3415.	31.25	1524.00
1982	81.40	4295.	37.97	1852.24
1983			46.13	2251.17
1984			56.05	2736.02
1985			68.10	3325.30
1986			82.74	4041.49
1987			100.53	4911.94
1988			122.15	5969.87
1989			148.41	7255.65
1990			180.32	8818.35



```

10 EXTEND
20 OPEN "pr:" AS FILE 1
30 DIM F(29,2)
40 PRINT #1 CHR$(31%) "1962-1990 YILLARI ARASINDA 1(m) KIRISIN MALIYET DEGISIMI (t1/m)"
50 PRINT #1
60 PRINT #1 CHR$(29%) " YIL          M1A          M1B          M2A          M2B          M3A1
70 PRINT #1 "M3A2          M3A3          M3B"
80 PRINT #1 "*****"
90 PRINT #1 "*****"
100 FOR I=1 TO 29
110 READ F(I,1),F(I,2)
120 NEXT I
130 FOR I=1 TO 29
140 M1a=F(I,2)*.5+F(I,1)*70.34
150 M1b=F(I,2)*.5*1.04+F(I,1)*62.1
160 M2a=F(I,2)*.475+F(I,1)*80.89
170 M2b=F(I,2)*.365*1.04+F(I,1)*112.86
180 M3a1=F(I,2)*1.045+F(I,1)*24.63
190 M3a2=F(I,2)*.81+F(I,1)*31.96
200 M3a3=F(I,2)*.725+F(I,1)*35.81
210 M3b=F(I,2)*.705*1.04+F(I,1)*39.08
220 ; #1 CHR$(29%) 1961+I,M1a,M1b,M2a,M2b,M3a1,M3a2,M3a3,M3b
230 NEXT I
240 DATA .77,37.45,.94,45.52,1.14,55.32,1.39,67.24,1.68,81.72,2.04,99.32
250 DATA 2.48,120.71,3.02,146.71,3.67,178.3,4.46,216.7
260 DATA 5.41,263.38,6.58,320.11,7.99,389.05,9.71,472.84,11.8,574.68,14.34
270 DATA 698.46,17.42,848.89,21.17,1031.72,25.72,1253.93,31.25,1524
280 DATA 37.97,1852.24,46.13,2251.17,56.05,2736.02,68.1,3325.3,82.74,4041.49
290 DATA 100.53,4911.94,122.15,5969.87,148.41,7255.65,180.32,8818.35
300 END

```

2-1990 YILLARI ARASINDA 1 (m) KIRISIN MALIYET DEGISIMI (t1/m)

M1A	M1B	M2A	M2B	M3A1	M3A2	M3A3	M3B
72.8068	67.291	80.074	101.118	58.1003	54.9437	54.725	57.5499
88.8796	82.0444	97.6586	123.368	70.7206	66.9136	66.6634	70.1105
107.848	99.5604	118.492	149.66	85.8876	81.2436	80.9304	85.1118
131.393	121.284	144.376	182.4	104.501	98.8888	98.5249	103.622
159.031	146.822	174.712	220.626	126.776	119.886	119.408	125.572
193.154	178.33	212.193	267.936	154.035	145.648	145.059	152.545
234.798	216.777	257.944	325.714	187.224	177.036	176.324	185.423
285.782	263.831	313.975	396.528	227.695	215.354	214.511	225.589
347.298	320.623	381.559	481.879	276.716	261.716	260.69	274.153
422.066	389.65	463.702	585.615	336.301	318.069	316.82	333.181
512.222	472.919	562.72	710.552	408.48	386.241	384.683	404.533
622.892	575.075	684.308	864.132	496.58	469.586	467.71	491.851
756.542	698.485	831.11	1049.43	603.351	570.491	568.183	597.501
919.421	848.868	1010.04	1275.36	733.275	693.332	690.524	726.153
1117.35	1031.61	1227.48	1549.9	891.175	842.619	839.201	882.499
1357.91	1253.71	1491.73	1883.55	1083.08	1024.06	1019.9	1072.52
1649.77	1523.2	1812.33	2288.26	1316.14	1244.34	1239.26	1303.18
2004.96	1851.15	2202.51	2780.89	1599.56	1512.29	1506.09	1583.78
2436.11	2249.26	2676.11	3378.75	1943.84	1837.63	1830.13	1924.52
2960.13	2733.11	3251.71	4105.39	2362.27	2233.19	2223.96	2338.65
3596.93	3321.1	3951.21	4988.4	2870.79	2713.84	2702.58	2841.93
4370.37	4035.28	4800.76	6060.78	3488.65	3297.76	3284.01	3453.32
5310.57	4903.44	5833.49	7364.4	4239.65	4007.53	3990.77	4196.48
6452.8	5958.17	7088.13	8948.05	5152.24	4869.97	4849.5	5099.46
7840.68	7239.73	8612.55	10872.2	6261.24	5917.98	5893	6196.7
9527.25	8797.12	10465	13210.4	7609.03	7191.61	7161.14	7530.15
11577	10689.8	12716.4	16052	9247.07	8739.51	8702.35	9150.73
14067	12989.2	15451.3	19503.8	11237.5	10620.3	10574.9	11119.7
17092.9	15783.4	18774.8	23698.4	13656.5	12905.9	12850.6	13512.5

1 Sabit kesit Elâstik Hesap

2 " " Plâstik Hesap

3 Minimum Kesit Elâstik Hesap

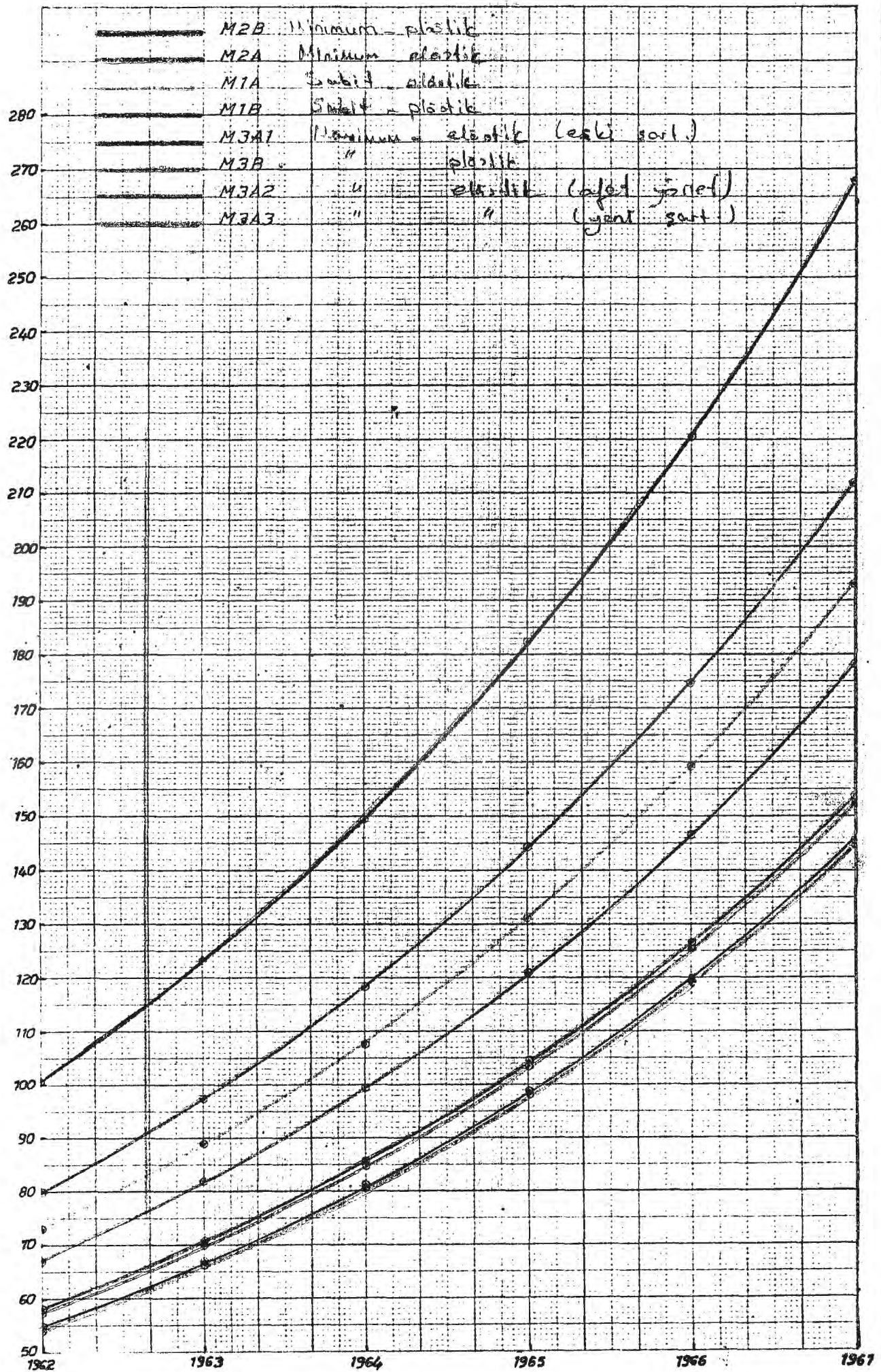
4 " " " Plâstik Hesap

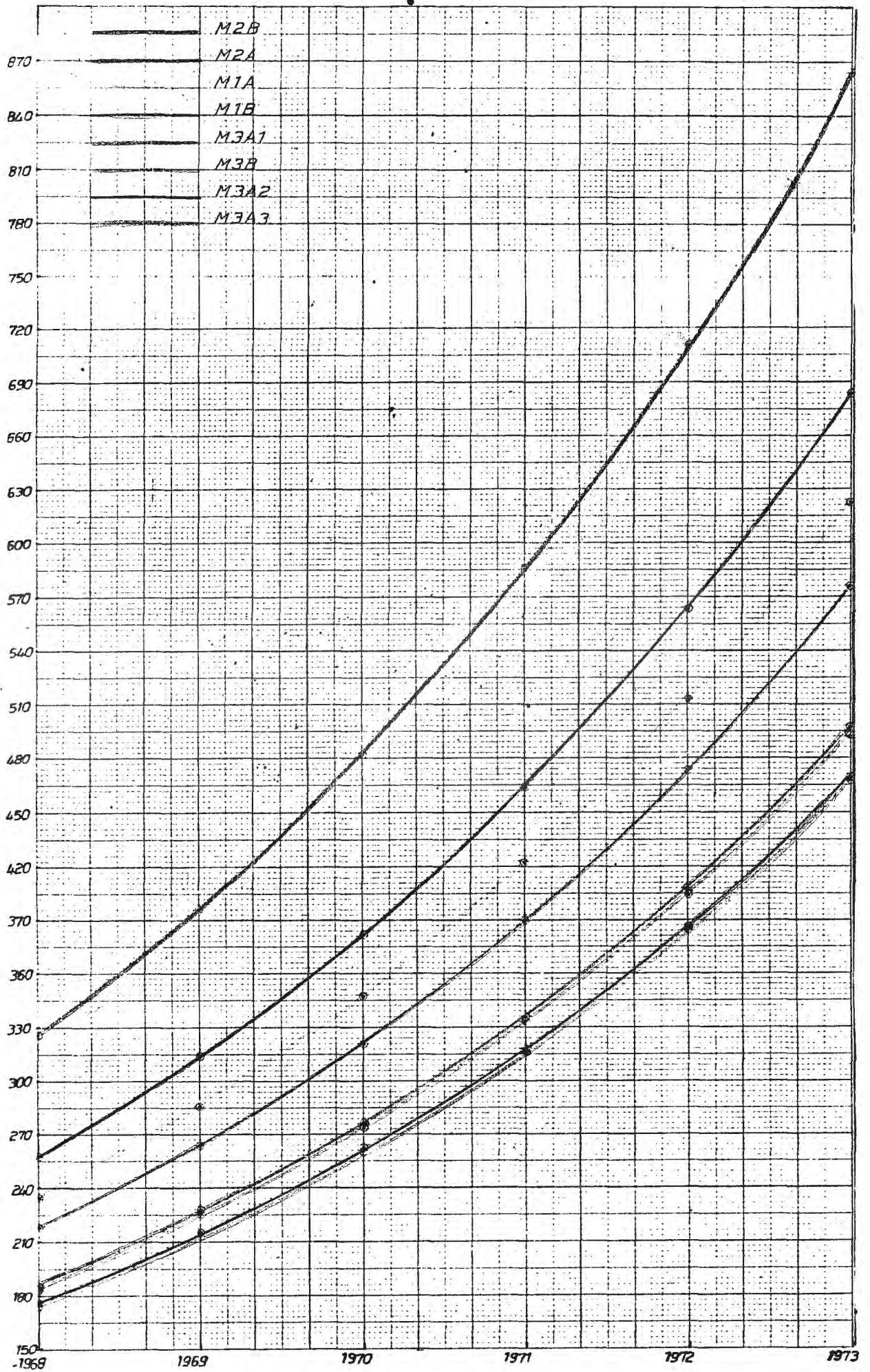
1 5 Maximum Kesit Elâstik Hesap (Eski Şartname)

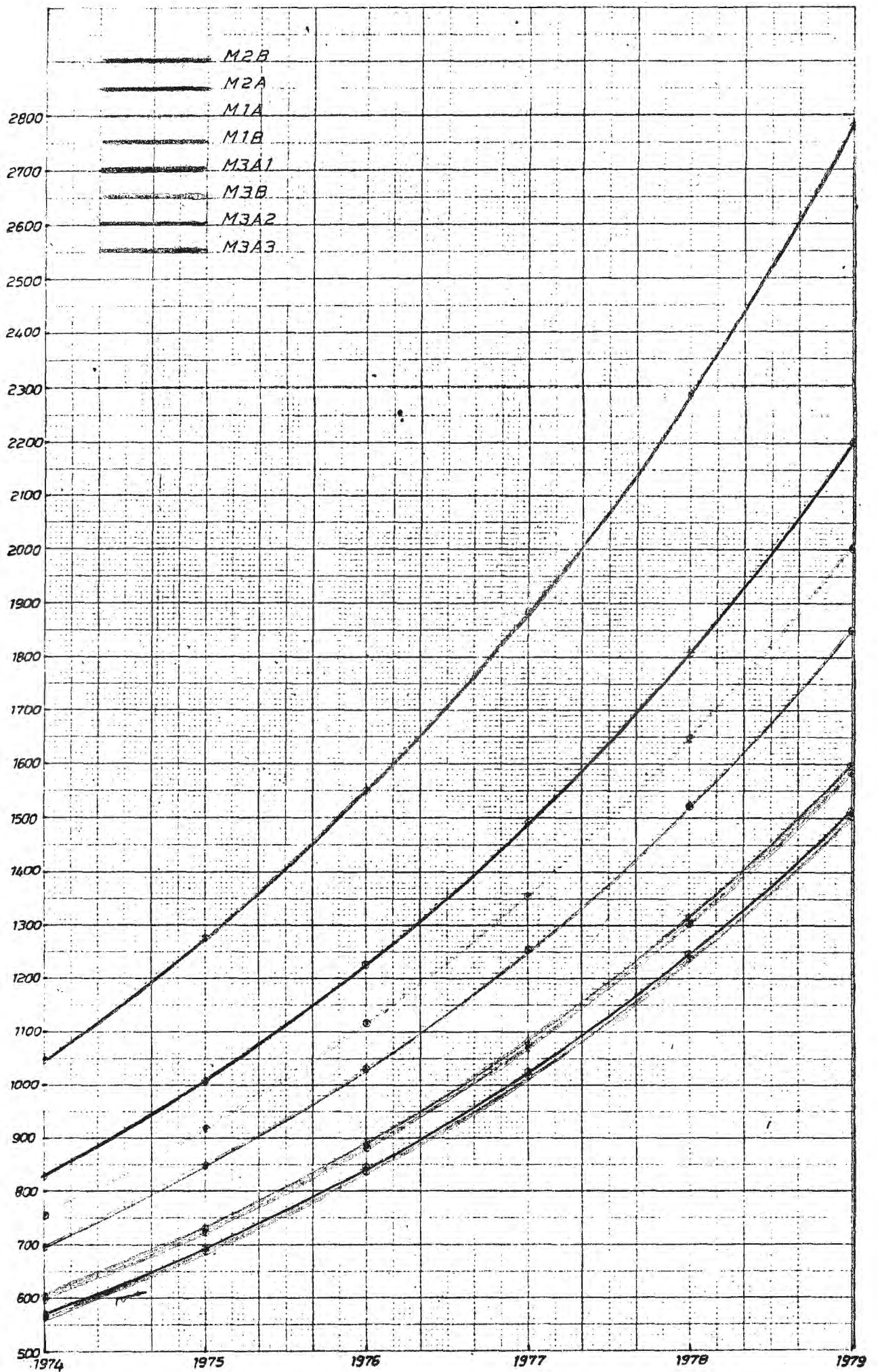
2 5 " " Elâstik Hesap (Alet Yönetmeliği)

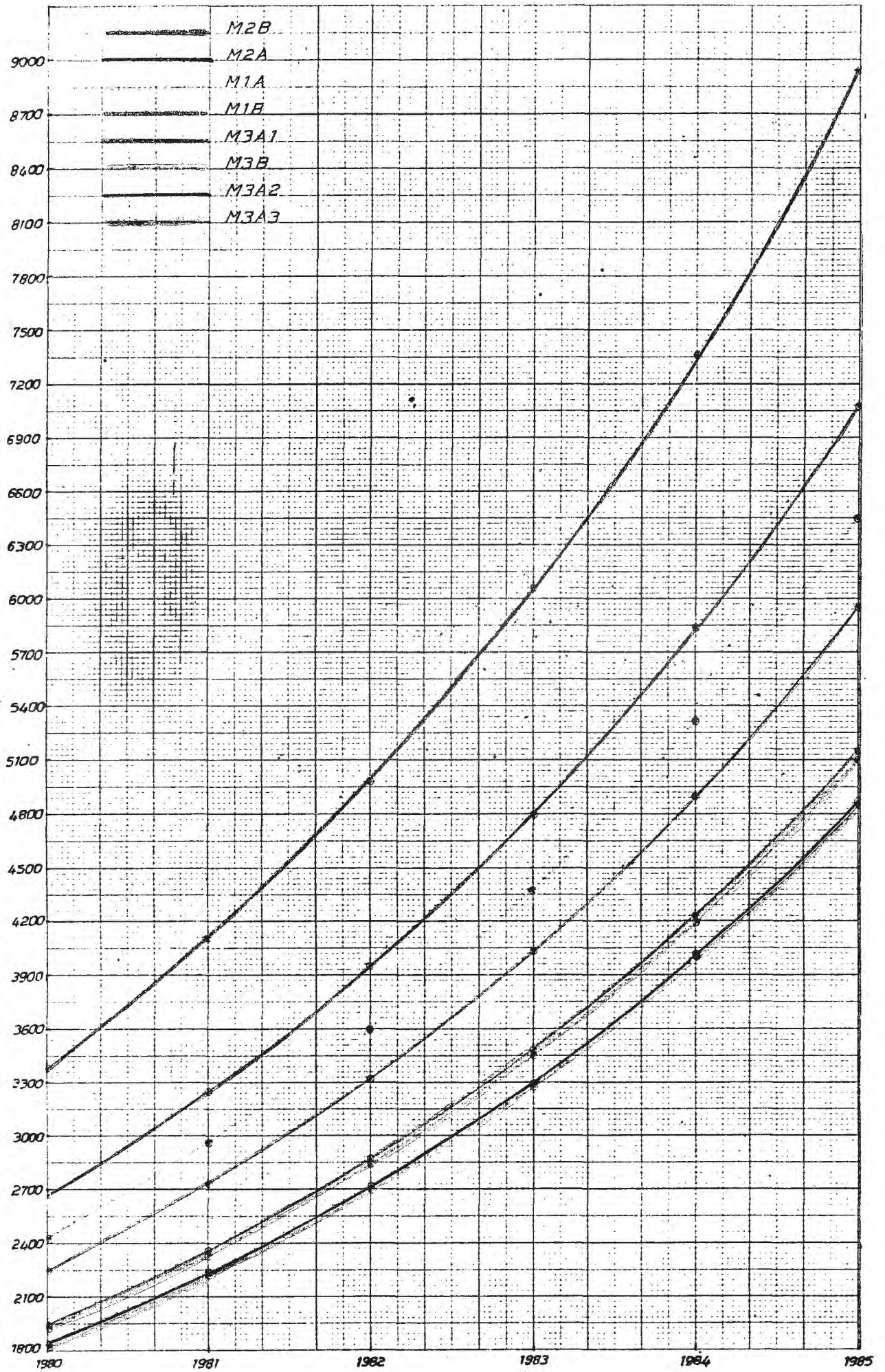
3 5 " " Elâstik Hesap (Yeni Şartname)

4 5 " " Plâstik Hesap

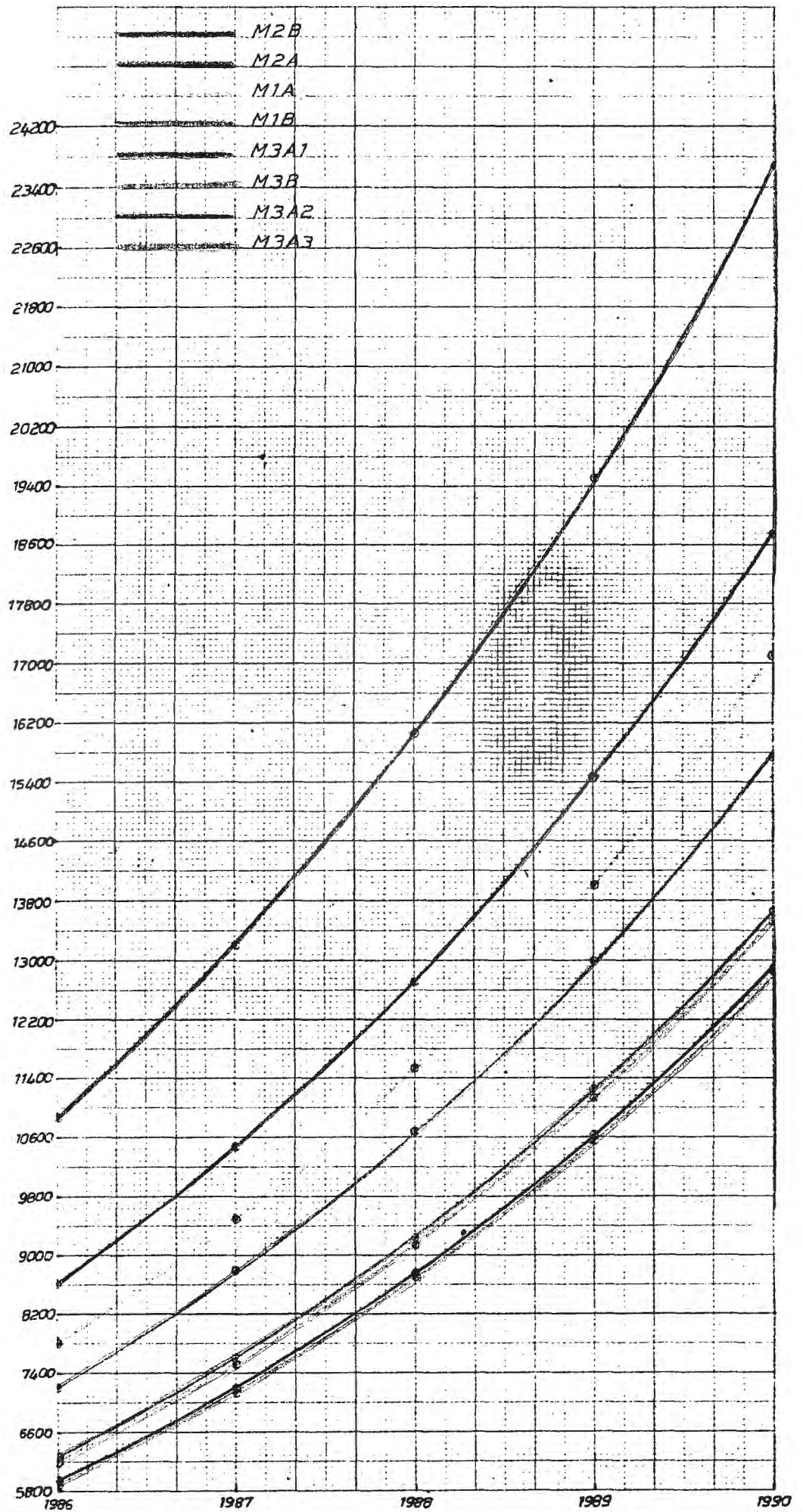












#### 4.3. YORUM

Maliyet deęerlerinden ve grafiklerden Őu sonuęlar elde edilmiş-  
tir;

1- Sabit kesit için hesap yapıldığında, taşıma g¼c¼ ile Őöz¼m,  
daha ekonomik sonuę vermektedir.

2- Kesit boyutlarını küę¼ltmek maliyeti artırmaktadır. Özellikle  
taşıma g¼c¼yle hesap yapıldığında Çok b¼y¼k maliyetler çıkmaktadır.

3- Maximum kesit boyutları, minimum maliyet vermektedir. Ancak,  
elde edilen boyutlar Őok b¼y¼kt¼r. Buna, estetik ve kullanım y¼n¼nden  
buna yapılarda sakıncalı g¼r¼lebilir.

Ayrıca burada, değişik Őartıname h¼k¼mlerine g¼re hesap yapıldı-  
ęında Çıkan sonuçlar birbirinden pek farklı değildir.

Bu sonuçlar, b¼t¼n yıllar için aynıdır. Demir fiyatları, uzun  
yıllardan beri beton fiyatlarının ¼zerinde kalmıŐtır. Maliyet eğrile-  
rinin sırası b¼t¼n yıllarda aynı kalmıŐ ve hiç keŐiŐmemiŐlerdir.

## 5. SONUÇ

Taşıma gücü, ülkemizde yeni uygulanmaya başlayan bir yöntemdir. Yıllardır kullanılan ve genellikle emniyetli sonuç verdiği bilinen elastik yöntemden bu yönteme geçiş, projeciler arasında bazı tereddütler doğurmuştur.

Elastik yöntem, malzemelerin lineer elastik davrandıkları kabulünden hareketle, emniyet gerilmelerini düşük değerlerde almaktadır. Taşıma gücünde ise, dayanımlar sınır değerlere kadar çıkarılmakta ve dolayısıyla malzemelere daha fazla yük taşıtılmaktadır. Bu yöntemde, sabit kesit için daha ekonomik sonuç çıkmasının nedeni de budur. Ancak burada, malzeme kalitelerinin çok iyi olması gereği ortaya çıkmaktadır. İnanı öncelikle projecinin yaptığı betona güvenebilmesi gerekir. Projede kabul edilen beton kalitesiyle, uygulamadaki beton kalitesinin farklı olması, betona karşı güven üzerine kurulmuş bu yöntemin tehlikeli sonuçlar doğurmasına yol açar.

Yeni TS 500, beton kalitesinin denetimi için her 50 m<sup>3</sup> beton için 3 numune alınarak deney yapılması hükmünü getirmiştir. Şimdiye kadar çanti,elerde beton dayanımının kontrolü için deney hiç yapılmıyordu, denilebilir. Ancak taşıma gücüyle hesap yapılması halinde bu kontroller mutlaka yapılmalı ve deneylerin yapılıp yapılmadığı da sıkı bir şekilde denetlenmelidir. TS 500, buna uymayanlar için bir cezai müeyyide de getirebilirdi.

Taşıma gücüyle hesap yapıldığında kesitler, elastik yönteme nazaran daha küçük çıkmaktadır. Ancak statik hesaplar plastik hesap yöntemiyle yapılmadığından mafsallaşma durumunun bilinmemesi, malzeme ve işçiliğin kötü olması, bu küçük kesitleri kritik hale sokabilmektedir. Bu durumda, yapıda meydana gelecek aşırı deformasyonlar nedeniyle yapının korunması için yapılacak masraflar ya da yapının göçmesiyle oluşacak ekonomik zarar, kişilerin hayatıyla ilgili tehlikeler ve psikolojik etkiler göz önüne alınırsa, taşıma gücü kullanılmadan önce gerekli

koşulların yerine getirilmesi şarttır. Kaldı ki, kesitlerin çok küçültülmesi, yaptığımız çalışmadan görüldüğü gibi, her zaman ekonomik çıkmamakta, hatta çok zorlanılırsa, en pahalı çözüm durumuna gelmektedir.

Bütün bu açıklamalardan sonra, taşıma gücü minimum beton kesitini mecbur kılan projeler ve standart sapaası büyük olan şantiyelerde ekonomi getirmemekte, bilinçli bir projelendirme, düzenli bir şantiye ve iyi bir denetimin sağlanması halinde ekonomik olmaktadır.

## R E F E R A N S L A R

- 1- TS 500 : Türk Standartları Enstitüsü Yayını,  
Yonca Matbaası, Şubat 1969, Kasım 1973,  
Mart 1982
- 2- JELİK, Gündüz : Betonarme El Kitabı, İnşaat Mühendisleri  
Odacı Yayını, Çağdaş Basımevi, Ankara
- 3- FODJE, Philip G., : Yapıların Plâstik Analizi, Çeviri Erdoğan  
Şuhubi, Vural Cinemre, Arı Kitabevi Matbaası,  
İstanbul 1967
- 4- GÜNDÜZ, Altay : Betonarme Taşıma Gücü İlkesine Göre Hesap,  
Kaymaz Matbaası, I.Baskı, Eylül 1980
- 5- ERİSOY, U., ATIMTAY, E. : Betonarme, Temel İlkeler ve Hesap Yöntemleri,  
Tisa Matbaacılık San; I.Baskı, Ankara 1975
- 6- ÖZİŞİK, Gündüz : Betonarme Malzemeleri, Saydam Matbaacılık,  
I.baskı, Ankara 1981
- 7- GÜNDÜZ, Altay : Betonarme Yapıların Limit Durumlara Göre  
Projelendirilmesi, İstanbul 1979
- 8- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik