



ITÜ



TMMOB İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI  
İMO İSTANBUL SUBESİ

YAPI  
ANABİLİM DALI

“ MESLEKİÇİ EĞİTİM SEMİNERİ ”

# BETONARME SU DEPOLARININ TASARIMI

Prof. Dr. Melike ALTAN

Prof. Dr. Kadir GÜLER

Istanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi,  
Yapı Anabilim Dalı

10-12 Haziran 2008  
Bakırköy, Kadıköy, Harbiye  
İstanbul



## **1. GENEL BİLGİLER**

### **1.1 GİRİŞ**

### **1.2 DEPOLARIN SEÇİMİ**

### **1.3 DEPO YAPIMINDA KULLANILAN MALZEMELER**

### **1.4 DEPOLARIN ŞEKİLLERİ**

### **1.5 DEPOLARIN PROJELENDİRİLMESİNDE GÖZ ÖNÜNE ALINACAK KUVVETLER VE TESİRLER**

### **1.6 DEPOLARIN DÜZENLENMESİ**

## **2. DİKDÖRTGEN KESİTLİ DEPOLAR**

### **2.1 DİKDÖRTGEN KESİTLİ DEPOLARIN HESAP ESASLARI**

#### **2.1.1 YATAY SERİTLER YÖNTEMİ**

#### **2.1.2 DÜŞEY SERİTLER YÖNTEMİ**

#### **2.1.3 KATSAYILAR YÖNTEMİ**

#### **2.1.4 SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ**

### **2.2 DİKDÖRTGEN KESİTLİ DEPOLARDA KESİT HESABI**

#### **2.2.1 TABAN VE TAVAN PLAKLARI**

#### **2.2.2 YAN DUVARLAR**

### **2.3 DİKDÖRTGEN KESİTLİ DEPOLARDA KONSTRÜKSİYON**

#### **2.3.1 TAVAN TESKİLİ**

#### **2.3.2 YAN DUVARLAR**

#### **2.3.3 TABAN PLAGI**



### **3. DAIRESEL KESITLİ DEPOLAR**

#### **3.1 DAIRESEL KESITLİ DEPOLARIN HESAP ESASLARI**

##### **3.1.1 MAMBRAN TEORİYE GÖRE HESAP**

##### **3.1.2 EGİLMELİ HESAP**

#### **3.2 DAIRESEL KESITLİ DEPOLARDA KESİT HESABI**

##### **3.2.1 TABAN VE TAVAN PLAKLARI**

##### **3.2.2 YAN DUVARLAR**

#### **3.3 DAIRESEL KESITLİ DEPOLARDA KONSTRÜKSİYON**

### **4. AYAKLI DEPOLAR**

#### **4.1 DİKDÖRTGEN KESITLİ AYAKLI DEPOLAR**

#### **4.1 DAIRESEL KESITLİ AYAKLI DEPOLAR**



**ITÜ**

**YAPI  
ANABİLİM DALI**

- 5. DEPOLARDA ÇATLAK GENİSLİĞİ HESABI**
- 6. DEPOLARDA DEPREM HESABI**
  - 6.1 AYAKLI DEPOLARIN DEPREM HESABI**
  - 6.2 SU DEPOLARINDA SIVILARIN TITRESİMİ**
- 7. DEPOLARDA DERZLER**
  - 7.1 İS (İNŞAAT) DERZLERİ**
  - 7.2 HAREKET DERZLERİ**
- 8. DEPOLARDA GEÇİRİMSİZLİK**
- 9. DSI SU TUTUCU BETONARME YAPILARIN HESAP VE YAPIMINA AIT  
GENEL TEKNİK SARTNAME ÖZETİ**
- 10. ÖRNEK DIKDÖRTGEN DEPO**
- 11. KAYNAKLAR**

## 1.1 GIRIS DEPOLARININ KULLANIM AMAÇLARI

- İnsanların ihtiyacı olan suyu depolamak
- Yangın anında gerekli olan ek su ihtiyacını karşılamak
- Sebekedeki su basıncının belirli sınırlar içinde kalmasını sağlamak
- Sanayi ve enerji için gerekli sivilari depolamak
- Atık suları arıtılması için biriktirmek



## SIVI DEPOLARIN SINIFLANDIRILMASI

1 ) Kullanım amacına göre

Su depolari

Akaryakit ve gaz depolari

Atıksu tesisi depolari

2 ) Kullanılan malzeme cinsine göre

Betonarme depolar

Öngerilmeli ya da kısmen öngerilmeli beton depolar

Kargir ve beton depolar

Çelik depolar



ITÜ

## SIVI DEPOLARININ SINIFLANDIRILMASI

YAPI  
ANABİLİM DALI

3) Zemindeki konumuna göre

Gömme depolar

Yerüstü depolari

Ayakli depolar

4 ) Plandaki sekline göre

Dikdörtgen kesitli depolar

Kare kesitli depolar

Daire kesitli depolar

Çokgen depolar

Herhangi bir kesitteki depolar



- 5 ) Kat ve göz adedine göre
  - Bir gözlü depolar
  - Çok gözlü depolar
  - Çok katli bir gözlü depolar
  - Çok katli ve çok gözlü depolar
- 6 ) Insa sekline göre
  - Monolitik (yekpare) depolar
  - Prefabrike depolar





## 1.5 SIVI DEPOLARININ PROJELENDİRİLMESİNDE GÖZÖNÜNE ALINAN YÜKLER

- Depo ve depo ekipmanının öz ağırlıkları
- Depolanan sıvının yükü
- İşletme yükleri
- Sıcaklık değişimi
- Rötire etkisi
- Kar ve rüzgar yükleri
- Deprem etkisi
- Toprak ve su etkisi



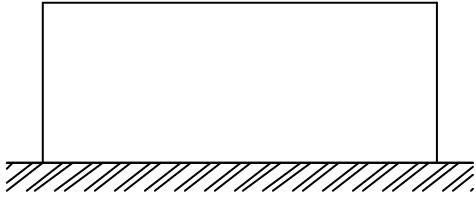
## 2. DIKDÖRTGEN KESITLİ DEPOLAR

- Dairesel kesitli depolar daha ekonomik.
- Çok gözlü dikdörtgen kesitli depolar alan kullanımı bakımından elverişli.
- Dikdörtgen kesitli depolar dairesele depolara göre çok gözlü olması uygun,  
arsa kaybini önüyor

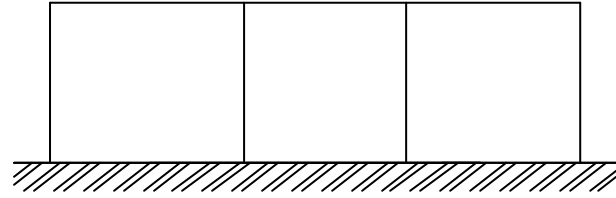
**Dikdörtgen kesitli depolar:**

- Açık
- Kapalı Bir Bölmeli
- Çok Bölmeli

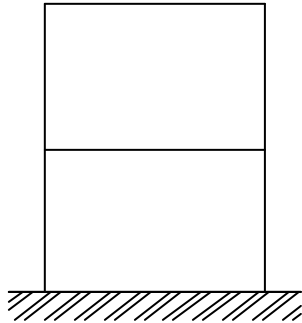
teskil edilebilir.



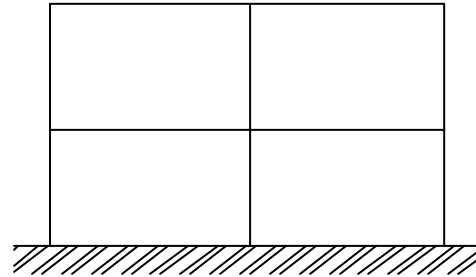
(a)



(b)

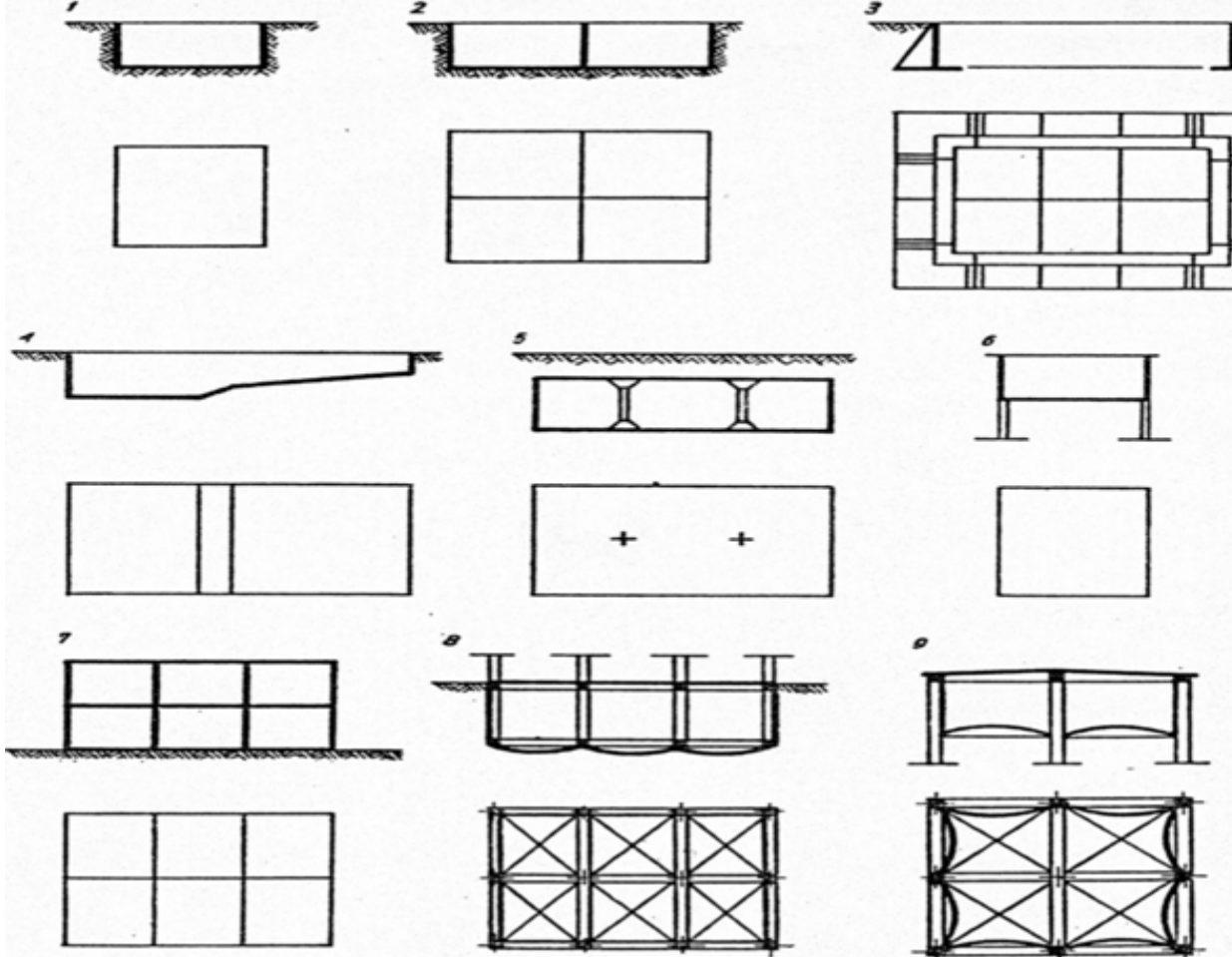


(c)



(d)

Dikdörtgen Kesitli Sivi Deposu Tipleri



Dikdörtgen kesitli depo tipleri



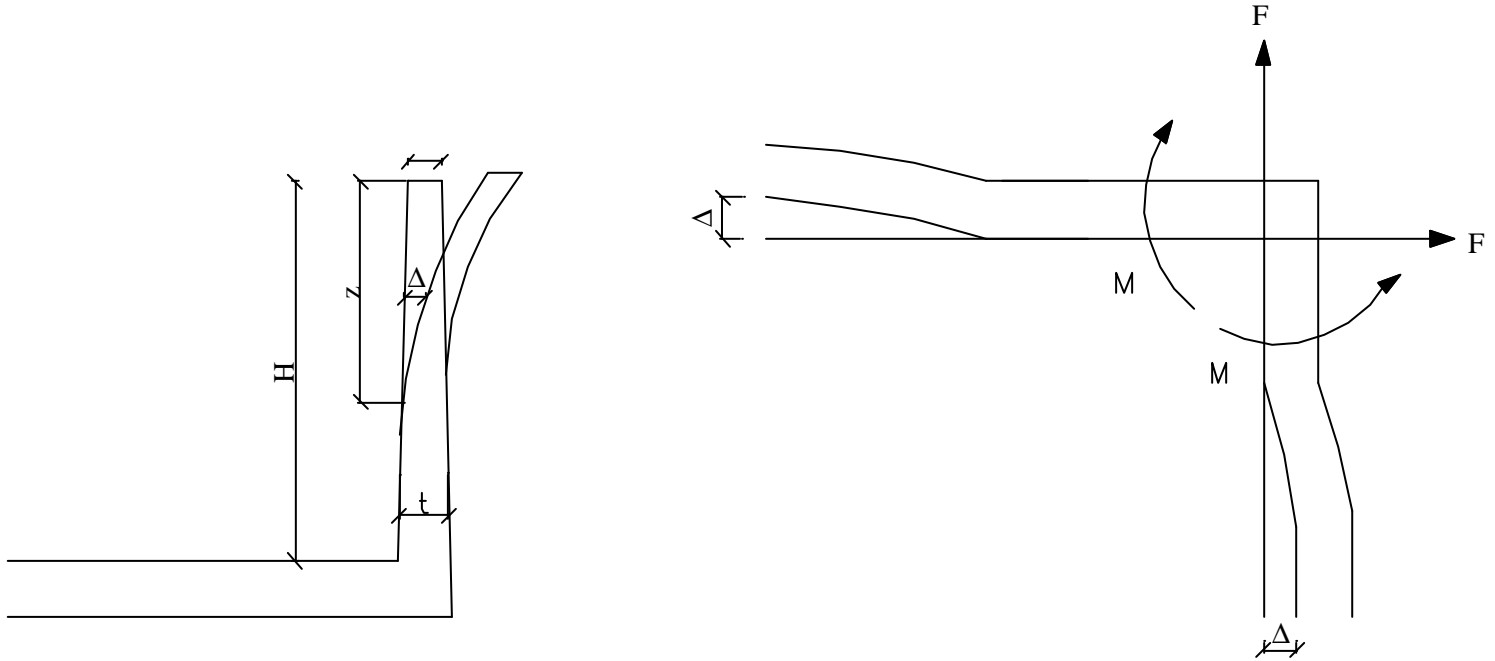
## 2.1 DIKDÖRTGEN KESITLİ BETONARME SIVI DEPOLARININ DAVRANISLARI VE YAPISAL ÇÖZÜMLEME YÖNTEMLERİ

Yatay ya da düsey seritler yöntemi

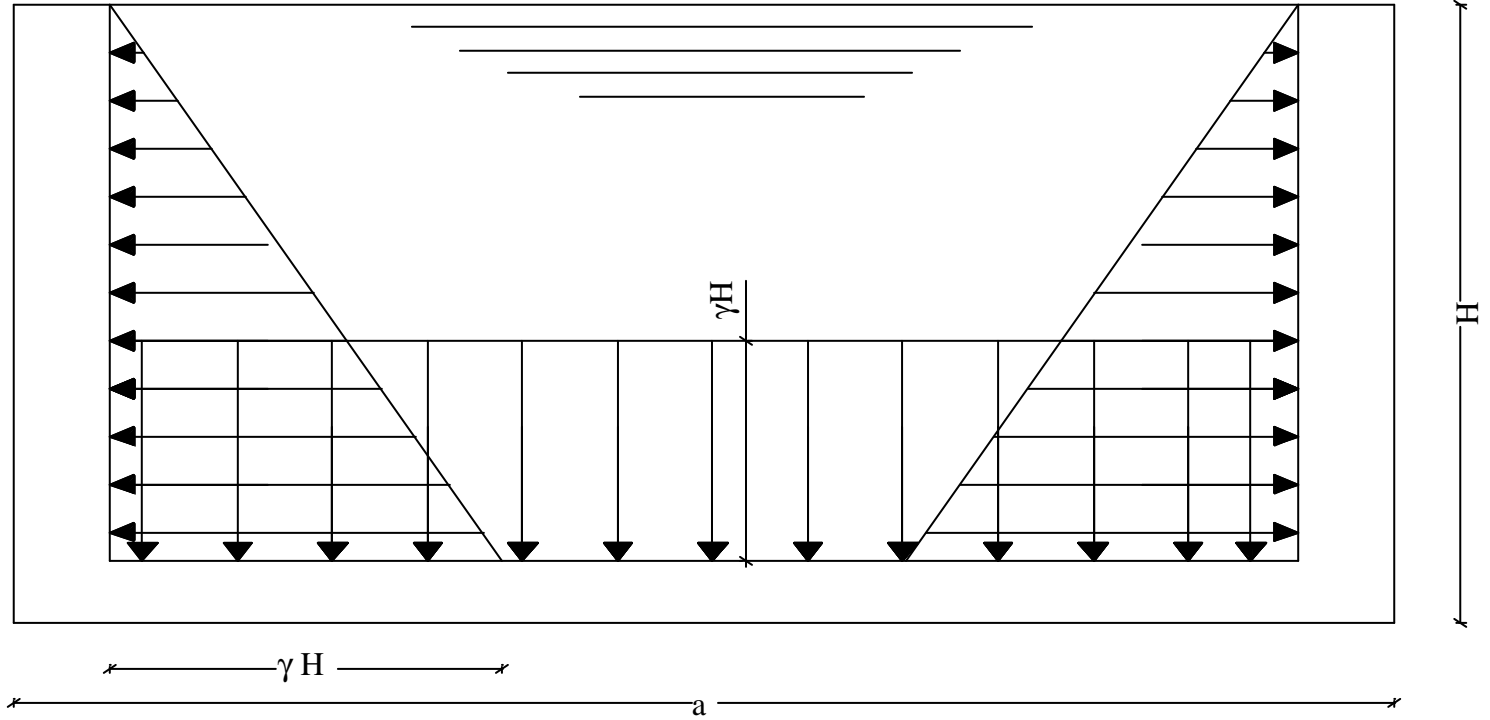
Amerikan standartlarındaki katsayılar yöntemi

Sonlu elemanlar yöntemi

Dikdörtgen depolarda köselerde yerdegistirme engellenmis, açıklıklarda serbest

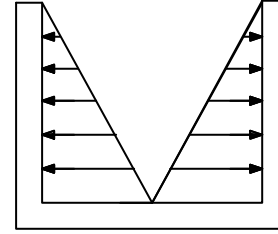
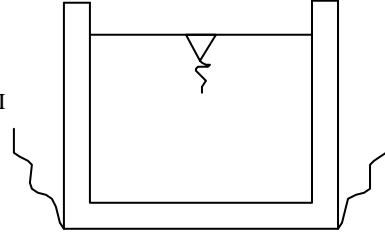


Dikdörtgen Depo Düşey ve Yatay Kesiti

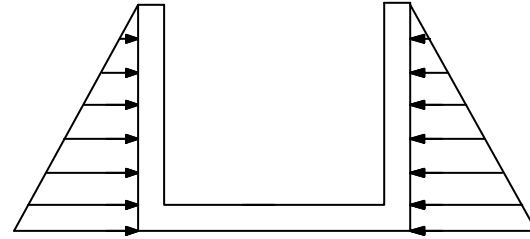
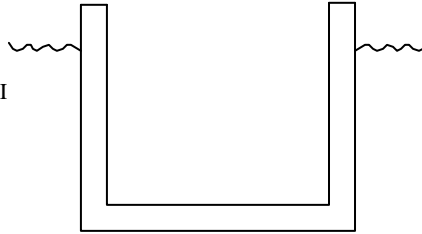


Dikdörtgen Sivi Depolarında Yük Etkisi

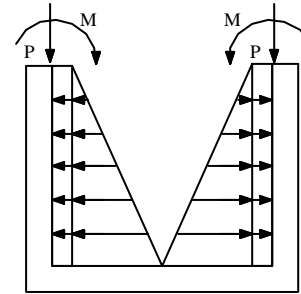
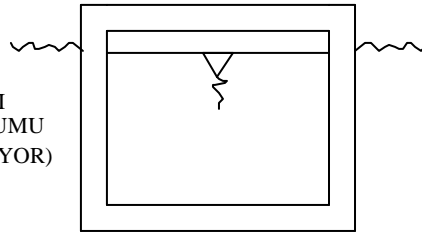
1.DURUM: SIZDIRMA TESTİ



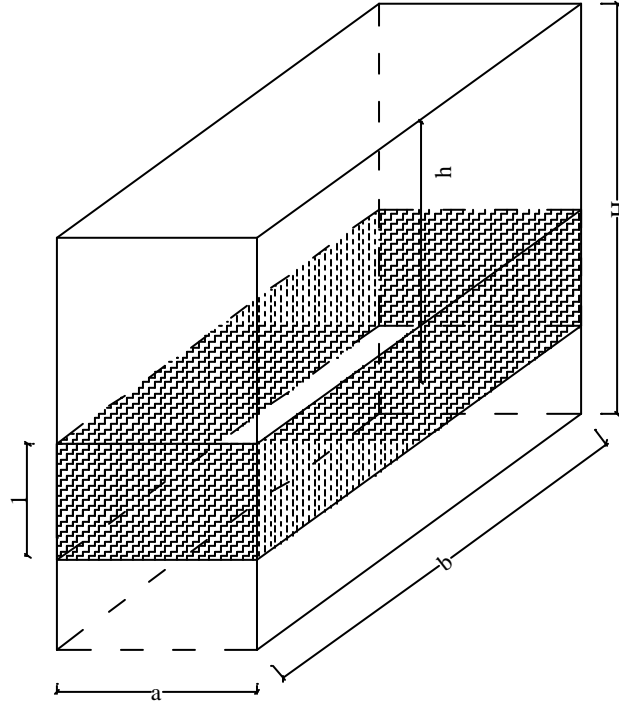
2.DURUM: TOPRAK İTKİSİ



3.DURUM: DEPO ÜSTÜNÜN KAPALI VE DOLU OLMASI DURUMU (ZEMİN ETKİLERİ İHMAL EDİLİYOR)



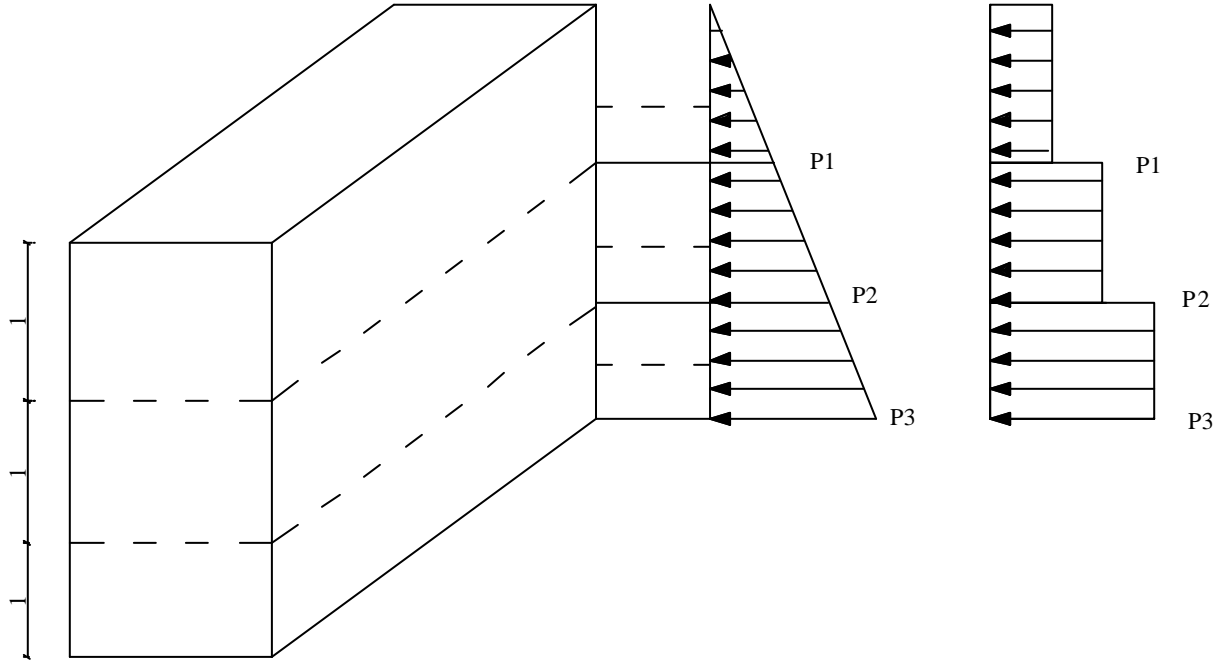




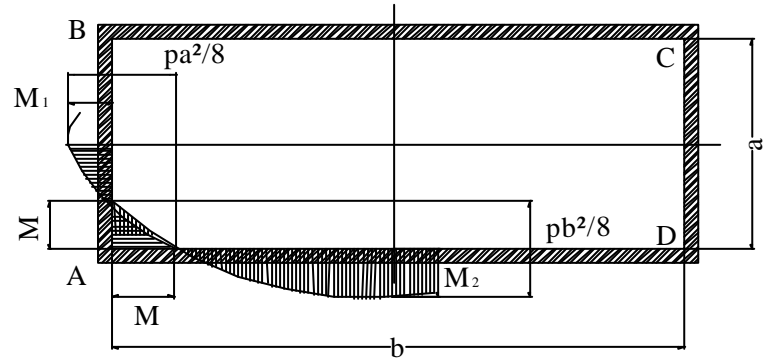
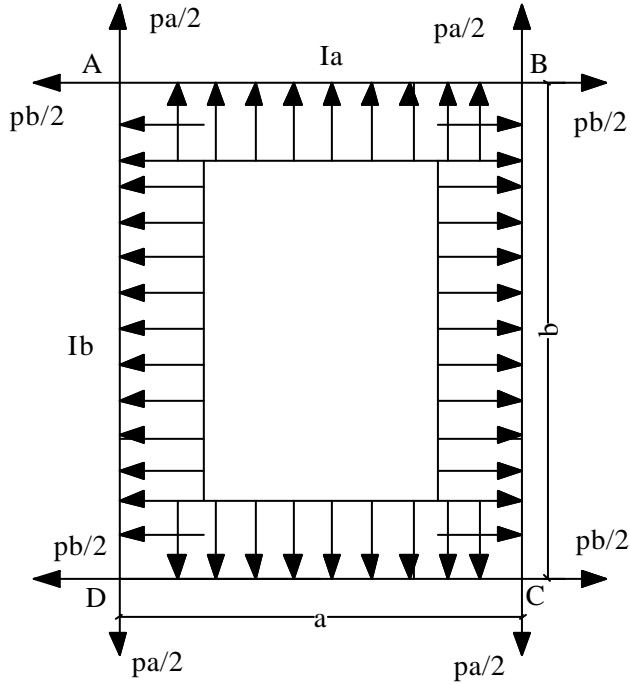
### Yatay Seritler Yöntemi

Dikdörtgen Depolarda Yatay Seritlerin Sematik Gösterilimi

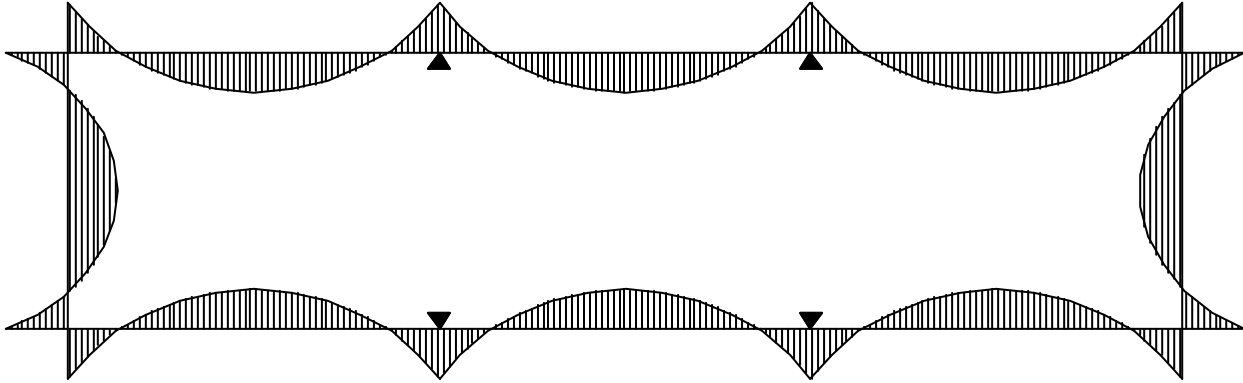
Depo derinliği fazla ve yatay boyutların derinliğe oranı küçük ise uygun, yatay doğrultuda çalışma



Yatay Seritler Yönteminde Yükler



Yatay Seritler Yöntemi Moment Değişimi



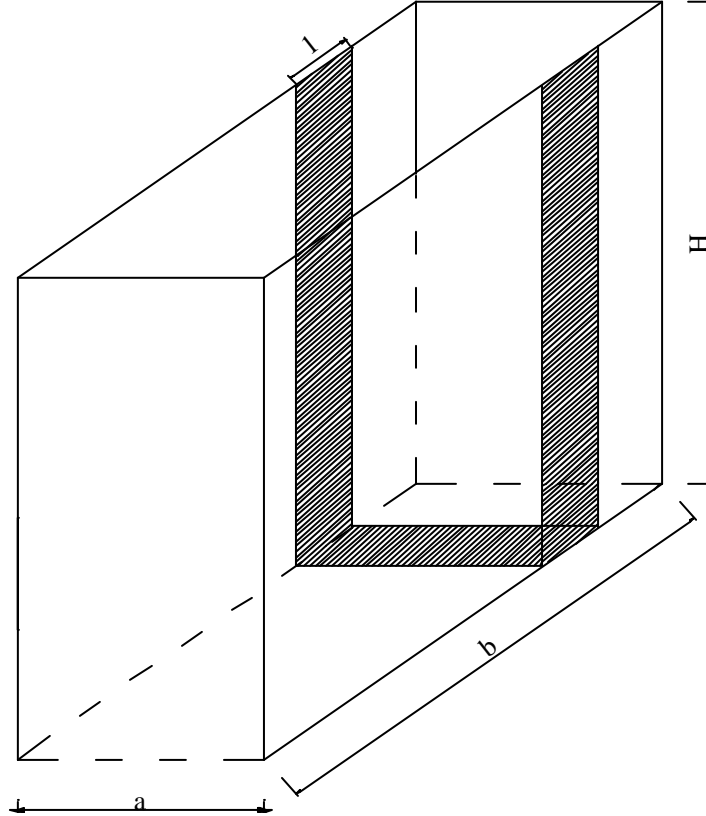
**Uzun Duvarlarda Ara Mesnetler (Kolonlar) Bulunmasi Halinde Duvarların Sematik Moment Diyagrami (Plan)**



ITÜ

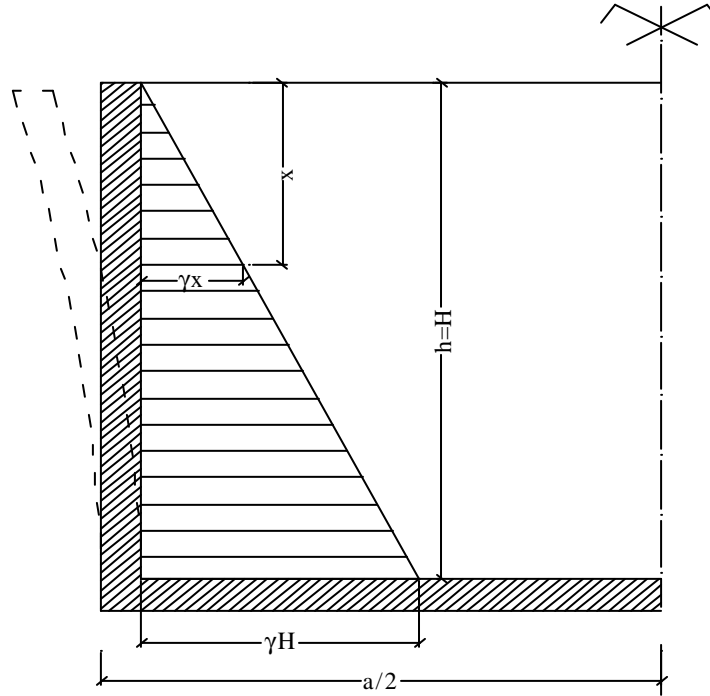
DIKDÖRTGEN KESITLİ DEPOLARDA DÜSEY SERİTLER YÖNTEMİ

YAPI  
ANABİLİM DALI

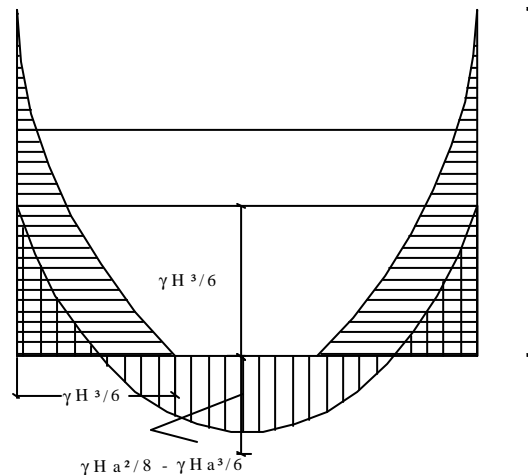
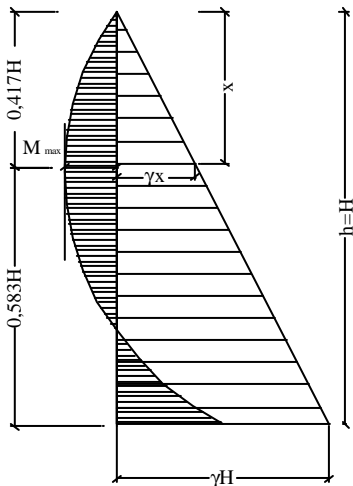
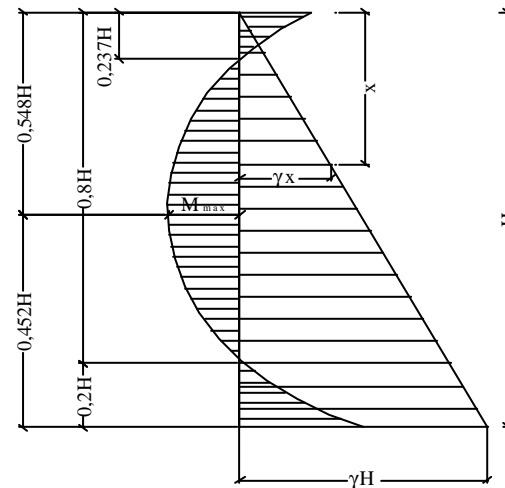
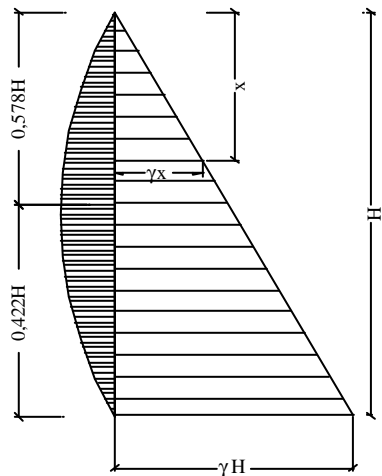


### Düsey seritler Yöntemi

Yatay boyutlar büyük ise uygun  
(üst uç kirissiz ise konsol plak)

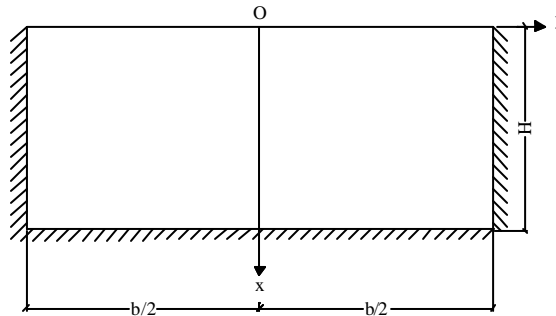


Düsey Seritler Yönteminde Yük Etkisi

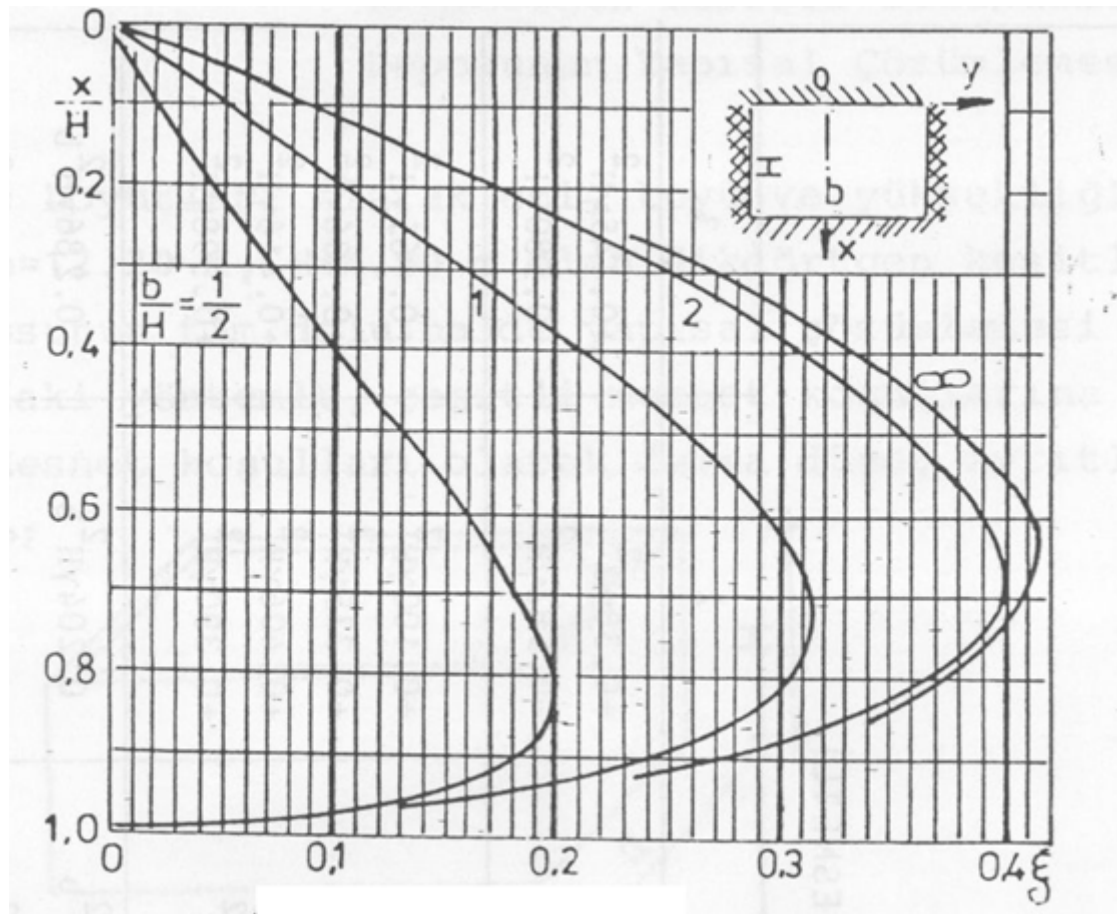


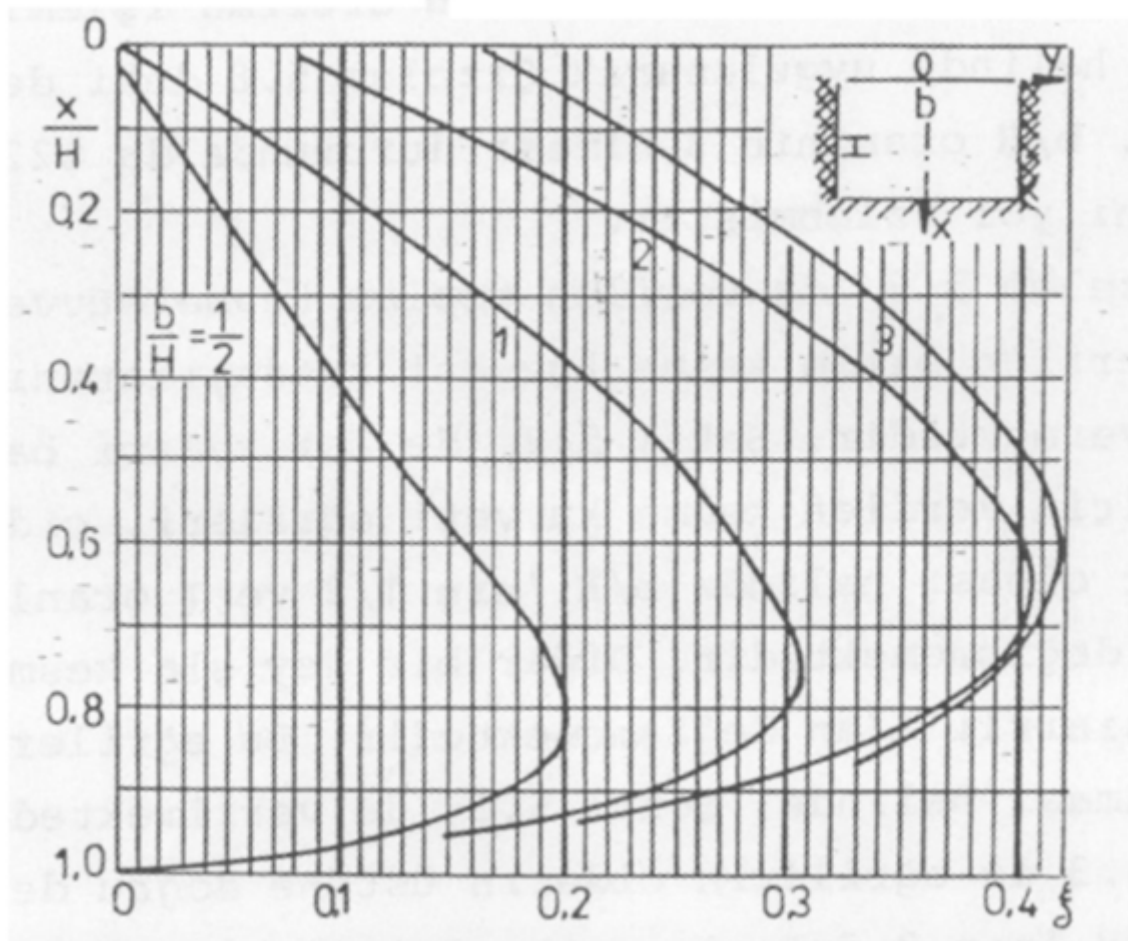
**DİKDÖRTGEN BETONARME SIVI DEPOLARINDA KATSAYILAR  
YÖNTEMİ**

- $M_x, M_y, M_{xy}, M_{yz}$
- 1.Durum: Üst kenar basit mesnetli - alt kenar basit mesnetli
- 2.Durum: Üst kenar serbest - alt kenar basit mesnetli,
- 3.Durum: Üst kenar serbest - -alt kenar ankastre mesnetli.





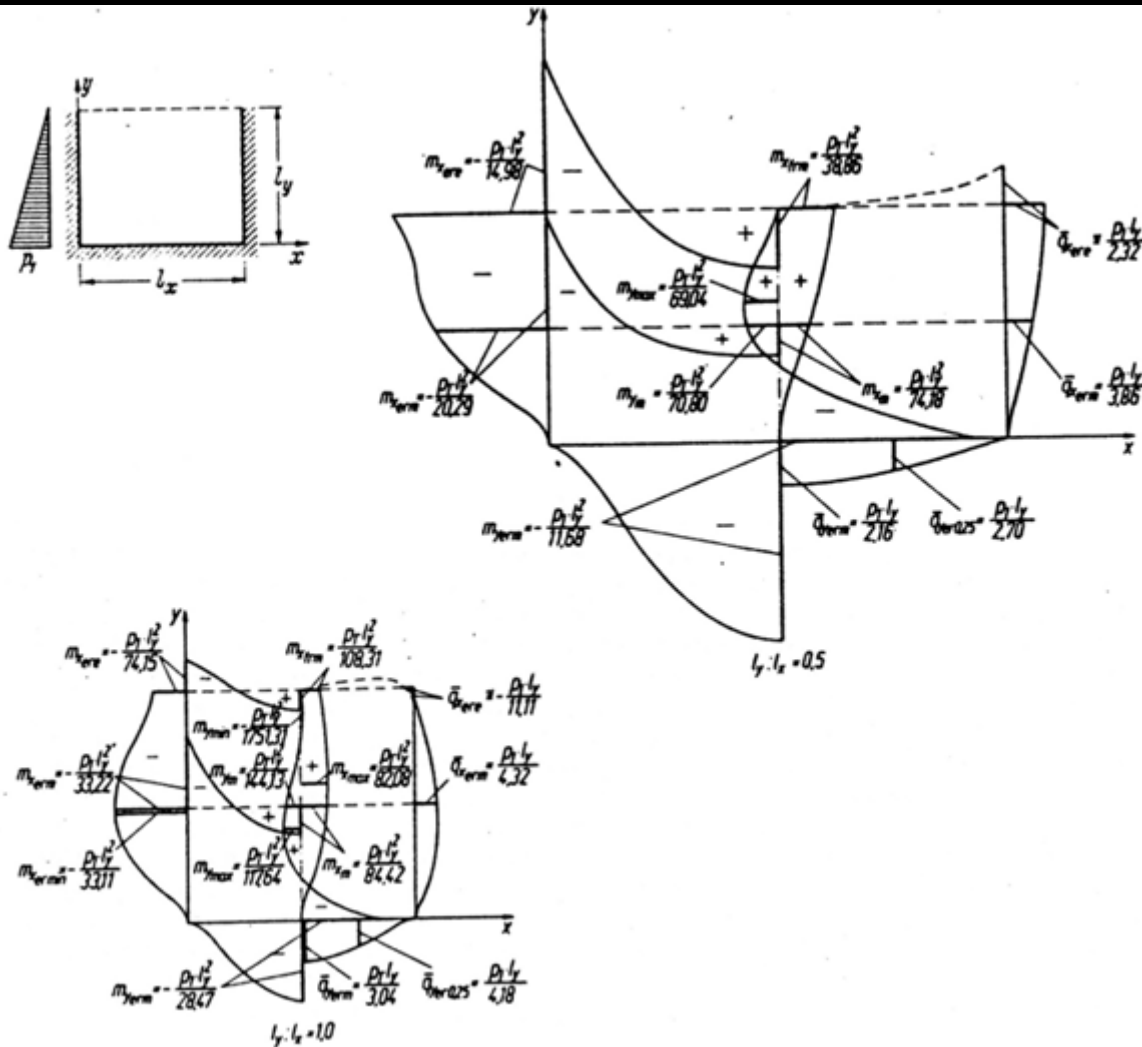




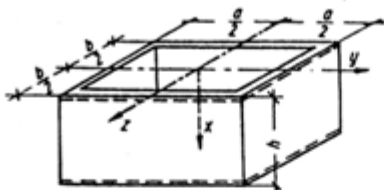


Tablo 12 Üç kenarı ankastre, bir kenarı boşta plak. Üçgen yayılı yük

$l_y : l_x$	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$m_{x\text{ortm}} - -$	18,24	18,44	19,12	20,29	21,06	24,12	26,73	29,76	33,22	37,13	41,49	46,33	51,68	57,56
$m_{x\text{ort}} - -$	8,84	9,40	11,44	14,98	20,43	28,35	39,43	54,44	74,15	99,18	129,92	166,56	209,03	257,20
$m_{x\text{ort min}} - -$	8,84	9,40	11,44	14,98	20,43	23,59	26,56	29,76	33,11	37,00	41,14	45,36	49,50	54,22
	$y/l_y = 1,0$	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,55	0,5	0,47	0,45	0,43	0,4	0,38	0,36
$m_{xm}$ -	215,52	138,26	87,67	74,18	71,01	71,87	74,79	79,06	84,42	90,84	98,29	106,80	116,40	127,13
$m_{x\text{ortm}}$ -	71,51	51,25	38,99	38,86	43,94	53,08	66,39	84,52	108,31	138,85	177,09	224,06	280,50	346,98
$m_{x\text{ort max}}$ -	71,51	51,25	38,99	38,86	43,94	53,08	64,13	73,74	82,08	90,30	98,29	105,63	115,30	125,02
	$P_1 \cdot l_y^2$	$y/l_y = 1,0$	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,7	0,6	0,55	0,5	0,47	0,45	0,42
$m_{y\text{ortm}}$ - -	6,92	7,56	9,35	11,68	14,43	17,49	20,86	24,25	28,47	32,75	37,37	42,37	47,68	53,28
$m_{ym}$ -	-243,19	418,59	91,32	70,80	70,89	79,16	93,70	114,88	144,13	183,85	237,53	309,60	407,83	541,13
$m_{y\text{ort max}}$ -	156,25	103,44	72,73	69,04	70,89	79,03	86,48	102,52	117,64	137,49	160,03	185,70	213,40	241,95
	$y/l_y = 0,75$	0,7	0,65	0,6	0,5	0,47	0,45	0,4	0,35	0,32	0,31	0,3	0,3	0,28
$m_{y\text{ort min}}$ - -								4566,21	1751,31	1347,71	1259,45	1285,35	1385,04	1543,21
								$y/l_y = 0,9$	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
$q_{x\text{ortm}}$ -	4,38	4,25	4,01	3,86	3,80	3,84	3,95	4,11	4,32	4,58	4,85	5,18	5,49	5,84
$q_{x\text{ort}}$ $\geq$	0,80	0,91	1,34	2,32	5,05	20,00	-29,41	-13,33	-11,11	-10,98	-11,90	-13,51	-15,62	-18,51
$q_{y\text{ortm}}$ -	1,97	1,97	2,04	2,16	2,33	2,50	2,68	2,86	3,04	3,24	3,43	3,63	3,84	4,04
$f_{\text{max}}$ -	$\frac{P_1 \cdot l_y^4}{E \cdot d^3}$	0,288	0,235	0,146	0,086	0,049	0,029	0,019	0,013	0,010	0,007	0,006	0,004	0,003



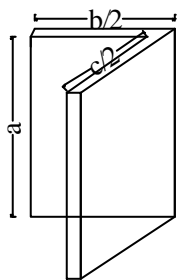
Tablo 13



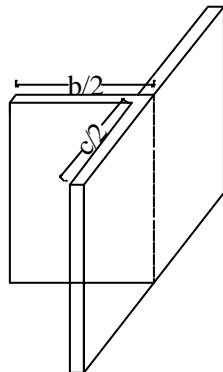
$$a/h = 3$$

$$M = nph^2$$

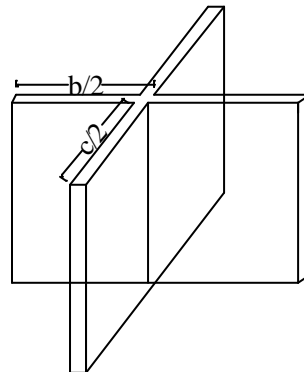
b/h	x/h	y = 0		y = a/4		y = a/2		z = b/4		z = 0	
		M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
3,00	1/4	+0,035	+0,010	+0,026	+0,011	-0,008	-0,039	+0,026	+0,011	+0,035	+0,010
	1/2	+0,057	+0,016	+0,044	+0,017	-0,013	-0,063	+0,044	+0,017	+0,057	+0,016
	3/4	+0,051	+0,013	+0,041	+0,014	-0,011	-0,055	+0,041	+0,014	+0,051	+0,013
2,50	1/4	+0,035	+0,010	+0,026	+0,011	-0,008	-0,039	+0,021	+0,010	+0,031	+0,011
	1/2	+0,057	+0,016	+0,044	+0,017	-0,012	-0,062	+0,036	+0,017	+0,052	+0,017
	3/4	+0,051	+0,013	+0,041	+0,014	-0,011	-0,055	+0,036	+0,014	+0,047	+0,014
2,00	1/4	+0,035	+0,010	+0,026	+0,011	-0,008	-0,038	+0,015	+0,010	+0,025	+0,013
	1/2	+0,057	+0,016	+0,045	+0,017	-0,012	-0,062	+0,028	+0,015	+0,043	+0,020
	3/4	+0,051	+0,013	+0,042	+0,014	-0,011	-0,054	+0,020	+0,013	+0,041	+0,016
1,75	1/4	+0,035	+0,010	+0,027	+0,011	-0,007	-0,037	+0,011	+0,008	+0,020	+0,013
	1/2	+0,057	+0,015	+0,045	+0,017	-0,012	-0,060	+0,021	+0,013	+0,036	+0,020
	3/4	+0,051	+0,013	+0,042	+0,014	-0,011	-0,053	+0,024	+0,012	+0,036	+0,016
1,50	1/4	+0,035	+0,010	+0,027	+0,011	-0,007	-0,035	+0,007	+0,006	+0,014	+0,013
	1/2	+0,057	+0,015	+0,045	+0,017	-0,011	-0,057	+0,015	+0,010	+0,027	+0,020
	3/4	+0,051	+0,013	+0,042	+0,014	-0,010	-0,051	+0,019	+0,011	+0,029	+0,017
1,25	1/4	+0,035	+0,010	+0,027	+0,011	-0,006	-0,032	+0,003	+0,003	+0,008	+0,011
	1/2	+0,057	+0,015	+0,046	+0,017	-0,011	-0,053	+0,008	+0,006	+0,017	+0,017
	3/4	+0,051	+0,013	+0,042	+0,014	-0,010	-0,048	+0,013	+0,008	+0,021	+0,016
1,00	1/4	+0,035	+0,010	+0,027	+0,011	-0,006	-0,029	-0,001	+0,000	+0,002	+0,008
	1/2	+0,057	+0,015	+0,046	+0,017	-0,010	-0,048	+0,002	+0,002	+0,007	+0,014
	3/4	+0,051	+0,013	+0,043	+0,014	-0,009	-0,044	+0,007	+0,004	+0,013	+0,013
0,75	1/4	+0,035	+0,010	+0,028	+0,011	-0,005	-0,025	-0,003	-0,005	-0,002	+0,001
	1/2	+0,057	+0,015	+0,046	+0,017	-0,008	-0,042	-0,003	-0,005	-0,001	+0,007
	3/4	+0,052	+0,013	+0,043	+0,014	-0,008	-0,039	+0,002	-0,002	+0,006	+0,007
0,50	1/4	+0,036	+0,010	+0,028	+0,011	-0,004	-0,021	-0,004	-0,011	-0,005	-0,008
	1/2	+0,057	+0,015	+0,047	+0,017	-0,007	-0,035	-0,007	-0,016	-0,006	-0,010
	3/4	+0,052	+0,013	+0,043	+0,014	-0,007	-0,033	-0,004	-0,010	-0,001	-0,004



a

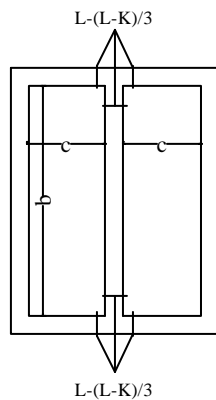


b

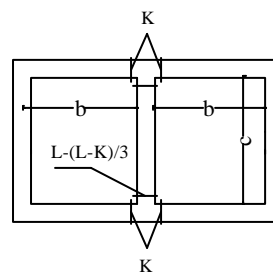


c

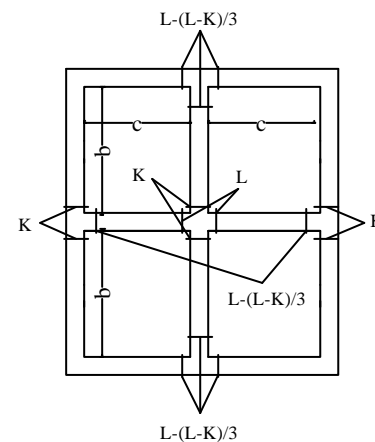
**DUVAR BIRLESIM  
TIPLERI**



d



e



f

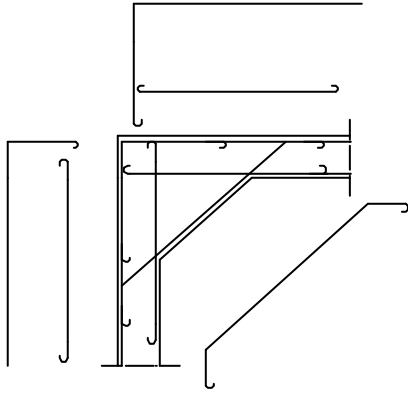


ITÜ

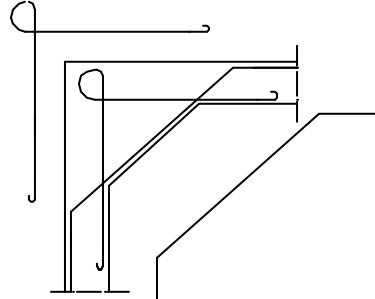
SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ

*YAPI  
ANABİLİM DALI*

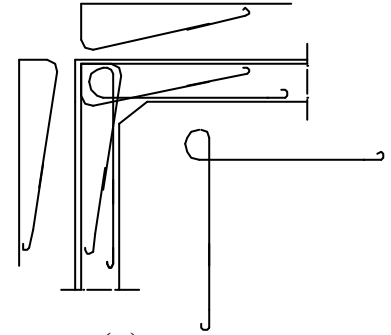
- **SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ**
- SAP 2000
- SAFE
- ...



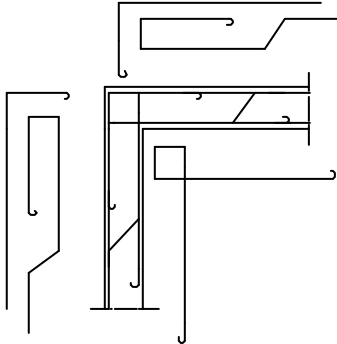
(a)



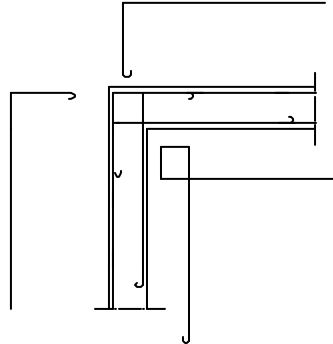
(b)



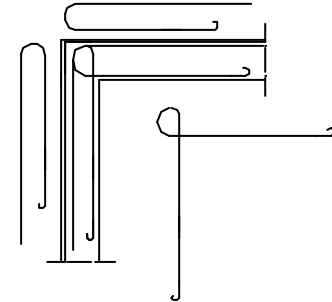
(c)



(d)



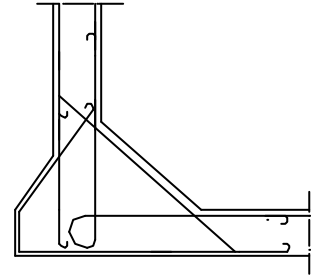
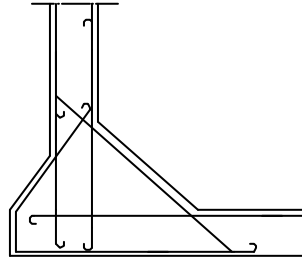
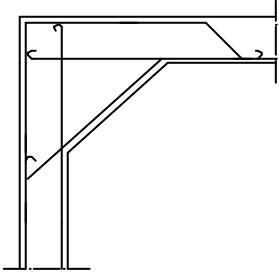
(e)



(f)

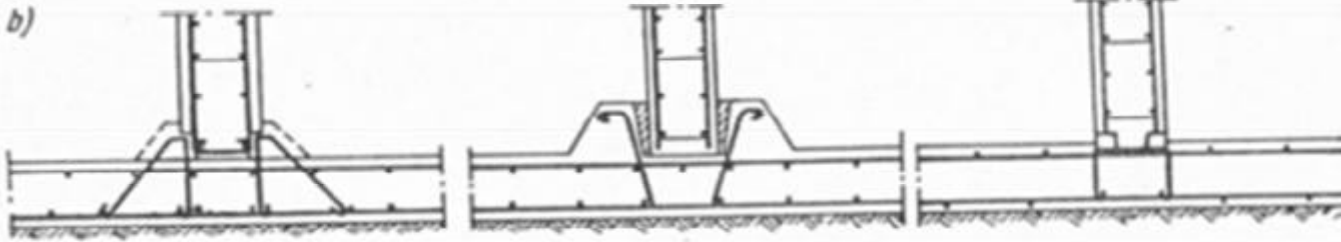
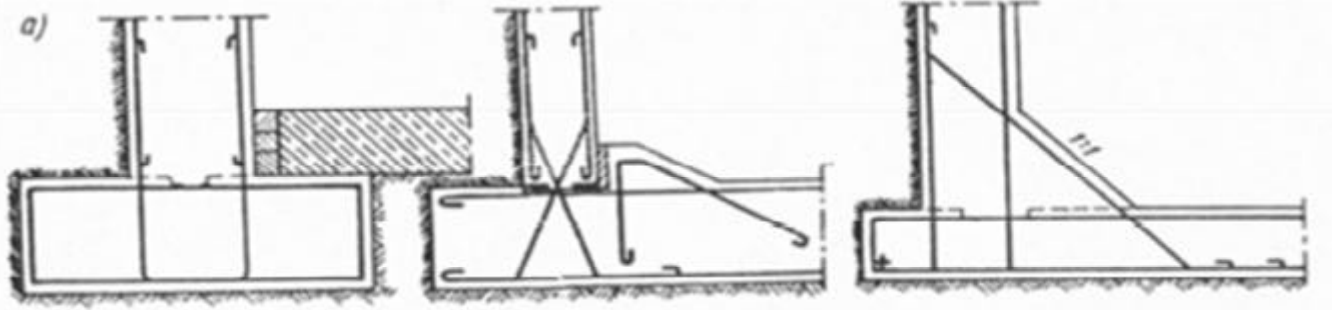
**Dikdörtgen depolarda duvar donati detaylari: (a), (b), (c), (d), (e), (f) (Yatay Kesit)**





(g)

(a),(b),(c),(d),(e),(f) Yatay Kesit ; (g) Düşey Kesit

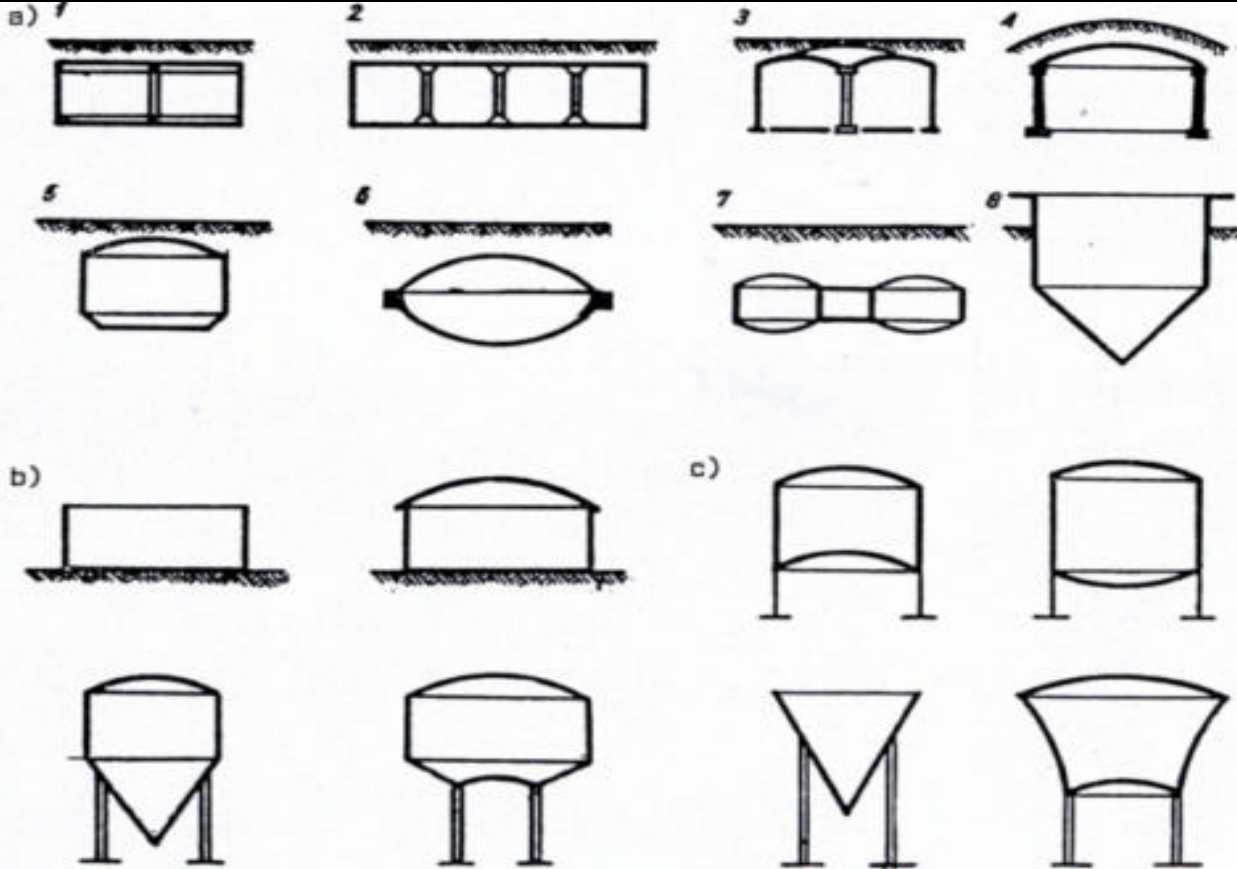


Depo tabanının duvar ile birleşim detayı : a) Yerinde dökme beton

b) Prefabrikte elemanlarla

Depo tabanı duvar birleşim detayları

ITÜ



Daire kesitli depo tipleri : a) Gömme depolar, kısmen gömme depolar

b) Zemin üstü depoları

c) Sıkıcaları

**Dairesel kesitli depolar**



### **3. DAIRESEL KESITLI DEPOLARIN HESAP ESASLARI**

Dairesel kesitli dönel depolar iki adimda hesaplanır:

- Mambran teoriye göre hesap (egilme etkilerinin göz önüne alınmadigi durum)
- Kabuk kenar tesirlerinin göz önüne alindigi egilmeli teoriye göre hesap

**Bir çok kere depolarda membran teorinin yani sira egilme tesirlerinin de göz önüne alınmasi gerekir.**



## Dairesel Kesitli Depolarin Mambran Hesabi

**Mambran teorisinde gerilmelerin kabuk kalınlıgınca üniform dagıldığı ve egilme etkilerinin ihmal edildiği kabul edilir.**

**Kabukların egilmeli ve mambran hesaplarında pratik olarak;**

- kabuk kalınlıgının diğer boyutları yanında çok küçük olduğu
- kabuk kalınlığı yanında sehımlerin çok küçük olduğu
- şekil değistirmeden önce ortalama yüzeye dik olan kesitin şekil değistirmeden sonra da ortalama yüzeye dik kaldığı
- ortalama yüzeye dik gerilmelerin ihmal edilebileceđi kabul edilir.

**Mambran durumunda bunlardan başka ortalama yüzeyin sürekli olması, kalınlığın sabit olup ani kesit değistirmemesi, kabuğa etki eden yüklerin sürekli yayılı olması ve sınır kuvvetlerinin ortalama yüzeye teget olması şartları da sağlanmalıdır.**



## Dairesel Kesitli Depoların Egilmeli Teoriye Göre Hesabı

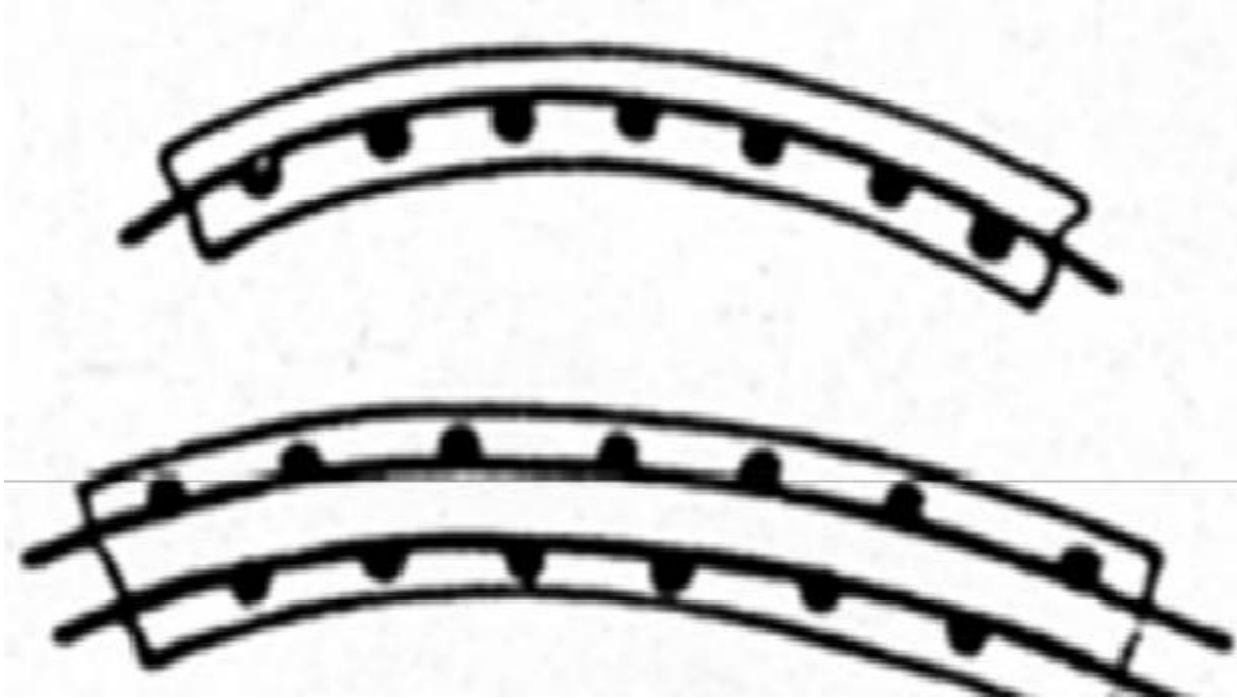
Daire kesitli depolar genellikle bir dönel kabuğun (örneğin düzlem tabanlı silindirik kabuk) veya birkaç dönel kabuk parçasının birbiriyle monolitik birleşiminden elde edilirler.

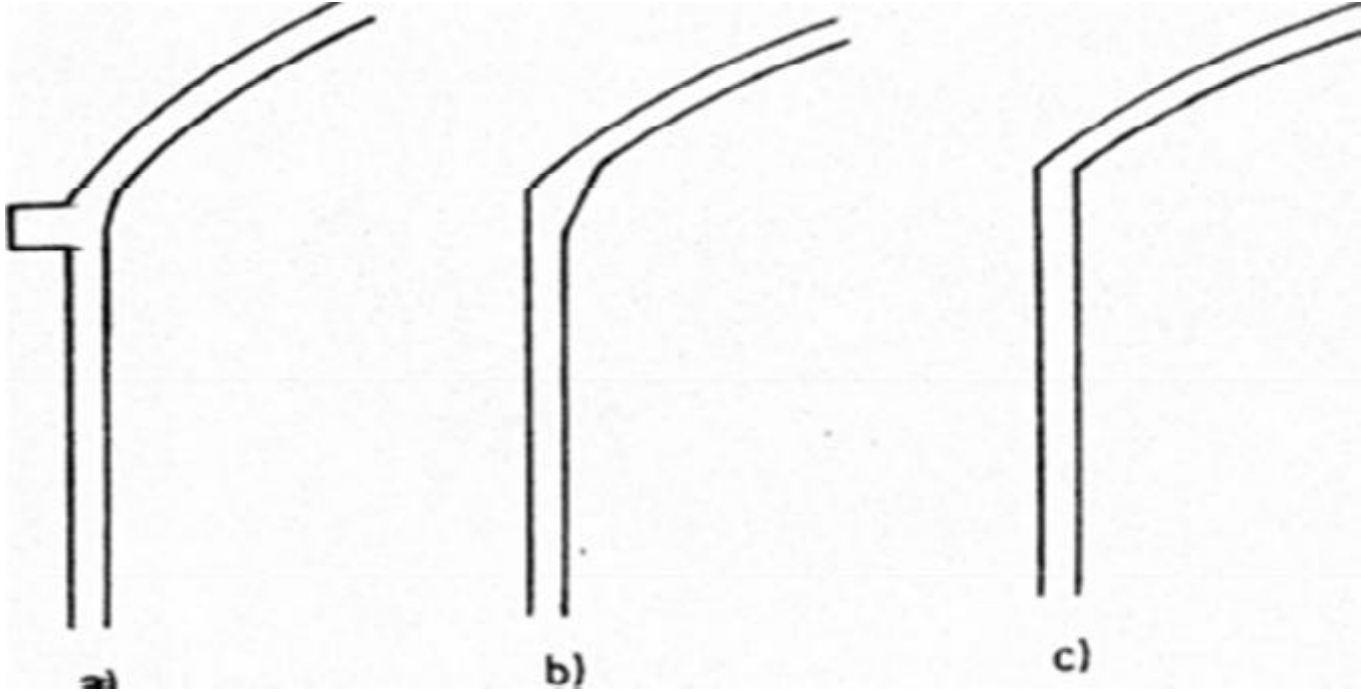
Bu durumda depolar yatay kesitlerle küresel kabuk, silindirik kabuk ve konik kabuk gibi kabuklara ayrılabilir.

Kabuklarda şekil değiştirmeler eğrilik değişimlerine neden olduğu için eğilme momentleri ortaya çıkar.

Genellikle küçük şekil değiştirmelerden doğan eğrilik değişimleri ihmal edilebilirse de kabuğun mesnetlerinin meridyen tegetine dik doğrultudaki hareketine mani olunursa şekil değiştirmeler göz önüne alınmalıdır (iki kabuğun veya kabuk ile çember kirisinin monolitik birleşiminde olduğu gibi).

Bu durumda dikey kesitte her bir kabukta radyal doğrultuda  $H=X_i$  yatay kuvveti ile  $M=X_k$  eğilme momentinin varlığı düşünülür.  $X_i$  ve  $X_k$  bilinmeyenleri kabuk birleşim noktalarındaki süreklilik şartlarından belirtilir.



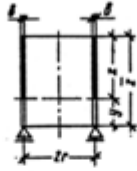
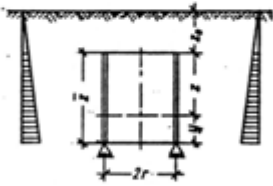
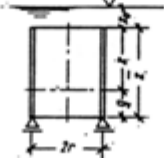


Küresel kabuk depo birlesim sekelleri

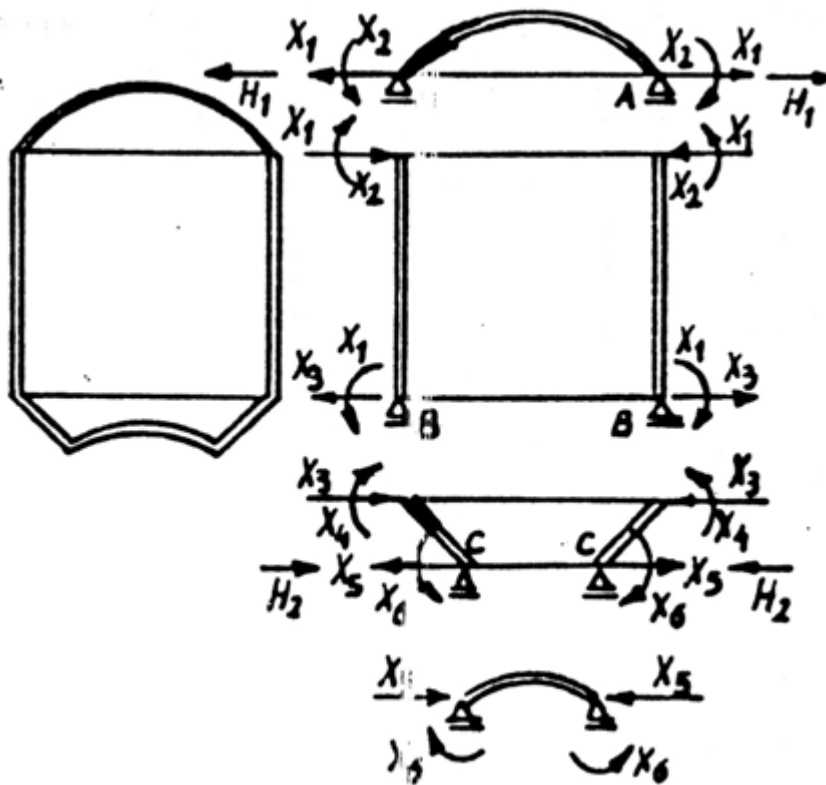
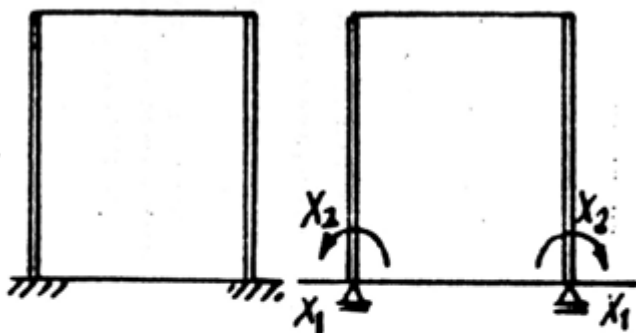


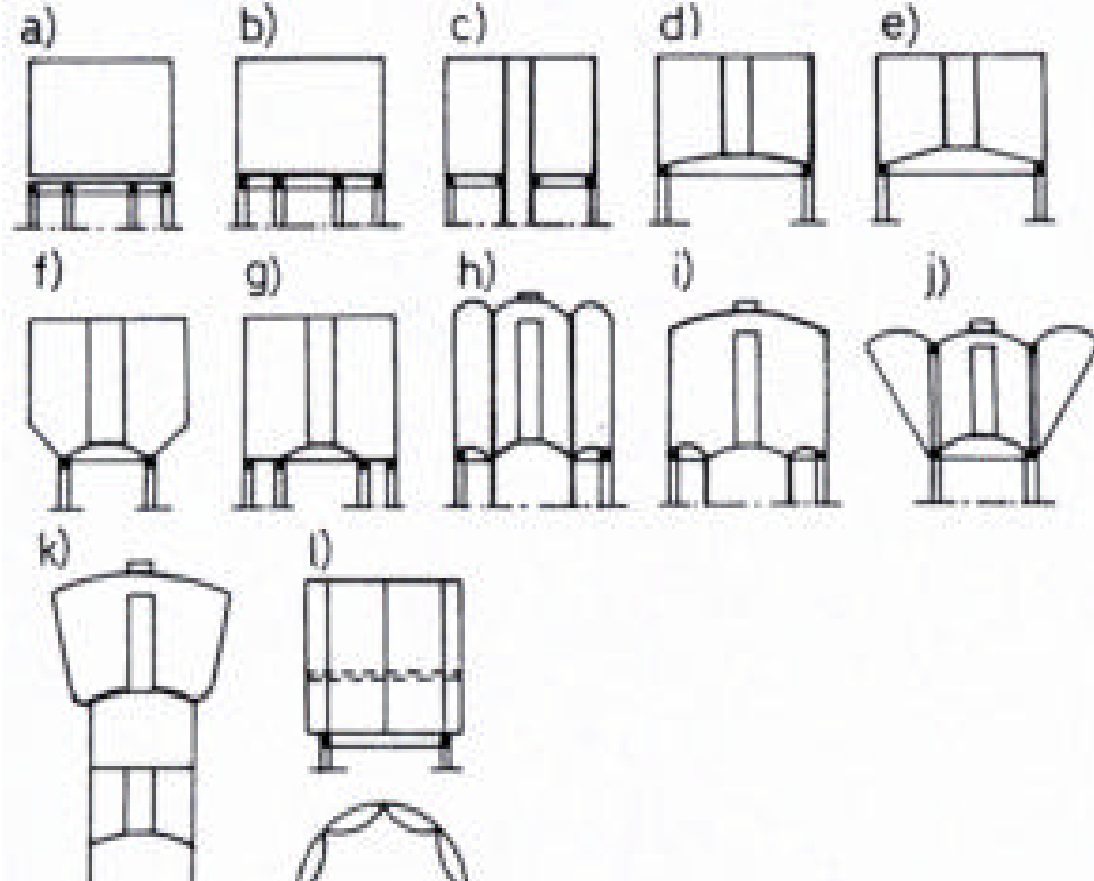
# SİLİNDİRİK KABUK MAMBRAN DURUM

## SİLİNDİRİK KABUK

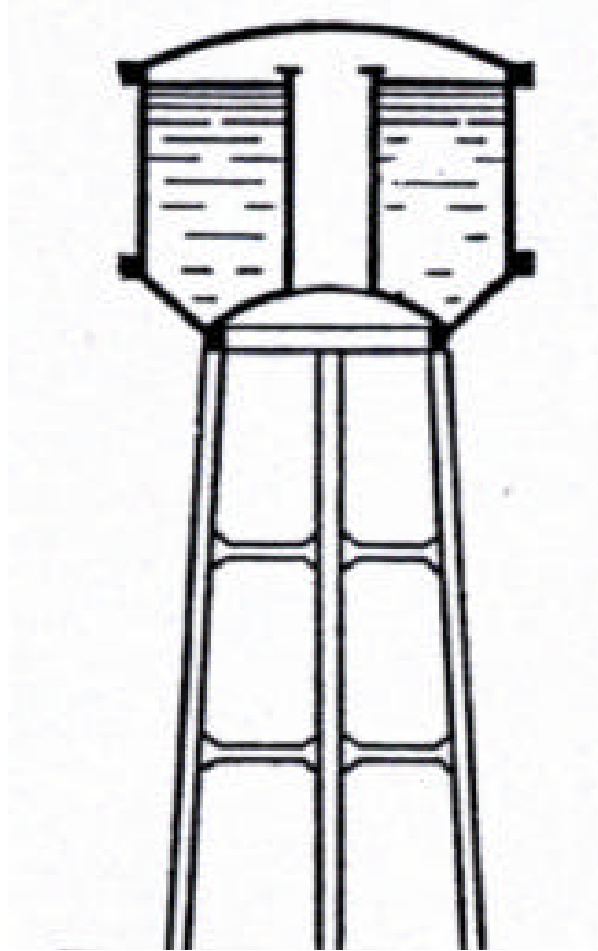
Yükleme durumu	$P_y, N_y, N_\theta, \frac{dN_y}{dz}, \frac{dN_\theta}{dz}$
<p>I. <math>g</math> (<math>\text{kg/m}^2</math>) zati ağırlık</p> 	$P_y = 2\pi r g z$ $N_y = -g z \frac{dN_y}{dz} = -g$ $N_\theta = 0 \quad \frac{dN_\theta}{dz} = 0$
<p>II. trapez şeklinde toprak basıncı</p> 	$N_y = 0; \quad \frac{dN_y}{dz} = 0$ $N_\theta = -\gamma r \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right) (z_0 + z)$ $\frac{dN_\theta}{dz} = -\gamma r \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right)$
<p>III. <math>\gamma</math> (<math>\text{t/m}^3</math>) birim ağırlıklı sıvı yüklemesi *)</p> 	$N_y = 0; \quad \frac{dN_y}{dz} = 0$ $N_\theta = \mp \gamma r (z_0 + z)$ $\frac{dN_\theta}{dz} = \mp \gamma r$

\*) Üst işaretler dışardan içeriye doğru su basıncını, alt işaretler içerden dışarıya doğru sıvı basıncını göstermektedir.





Sekil 8 Çeşitli tipte ayakli depolar



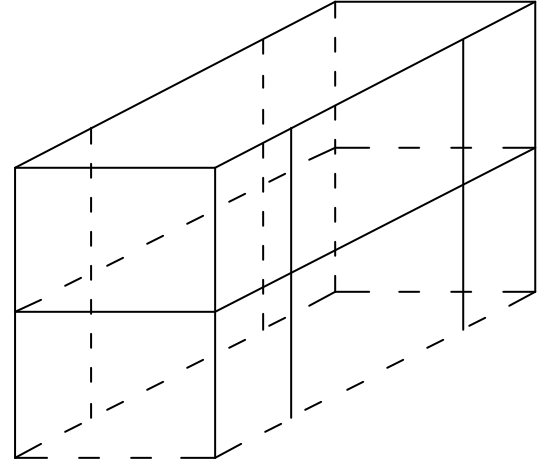
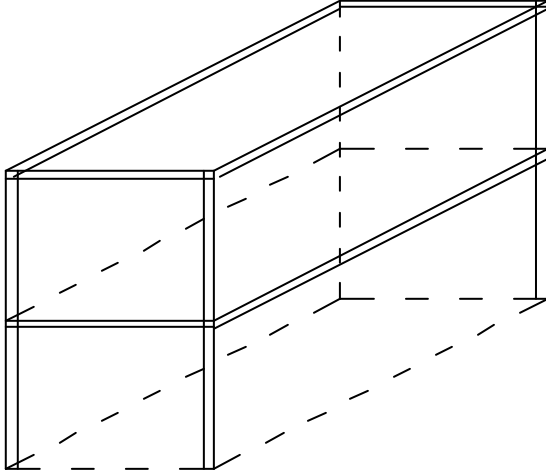
Dönel yüzeyli su deposu



ITÜ

## DIKDÖRTGEN KESITLİ BETONARME DEPOLAR

YAPI  
ANABİLİM DALI



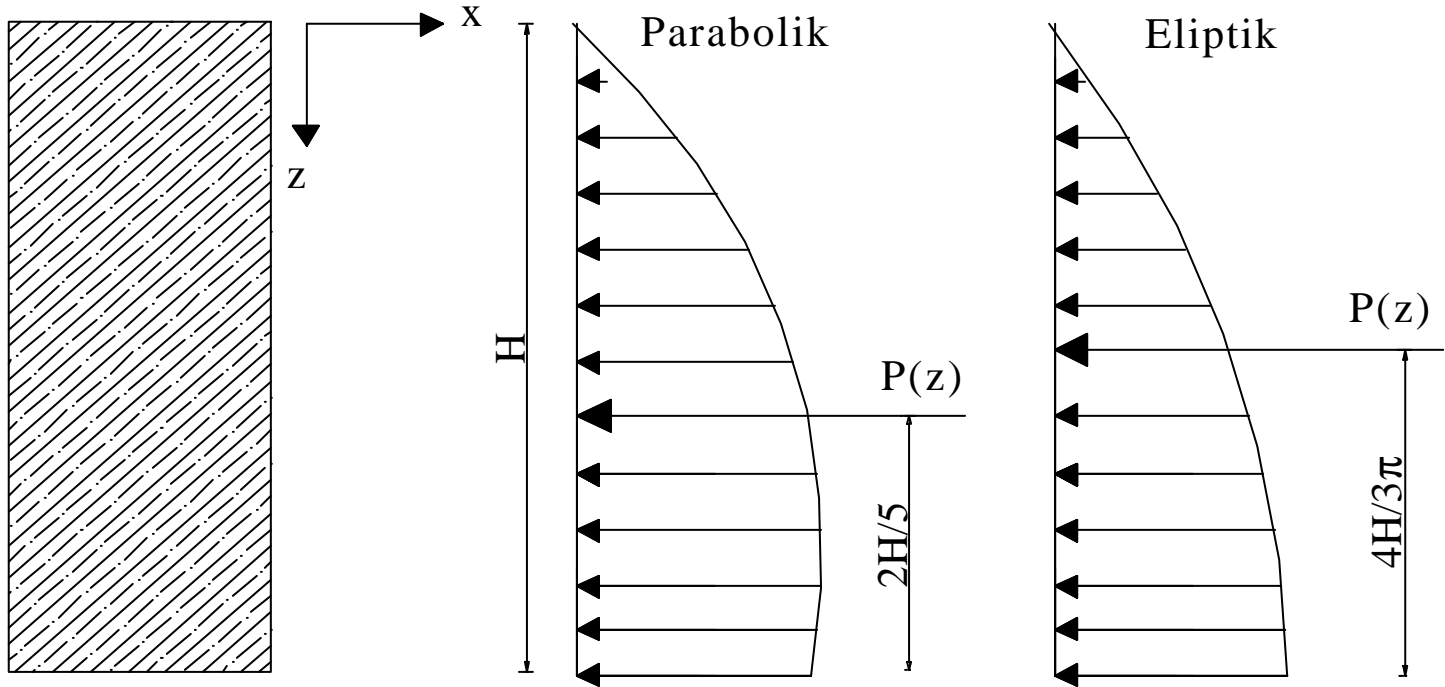
Sekil Dikdörtgen kesitli ayakli depolar



**ITÜ**

**YAPI  
ANABİLİM DALI**

## **5. DEPOLARDA DEPREM HESABI**



$$P = \frac{7}{12} c_h \cdot \gamma \cdot H_1^2$$

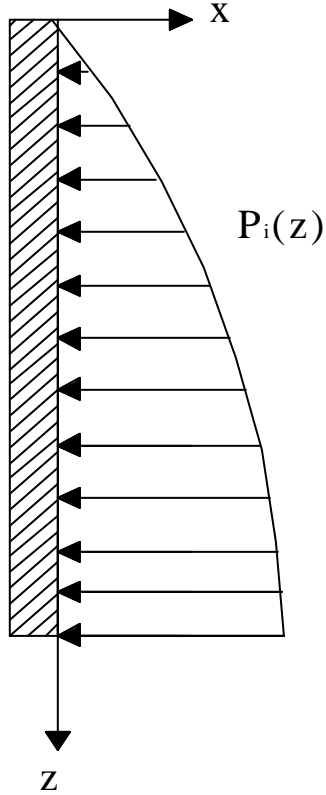


ITÜ

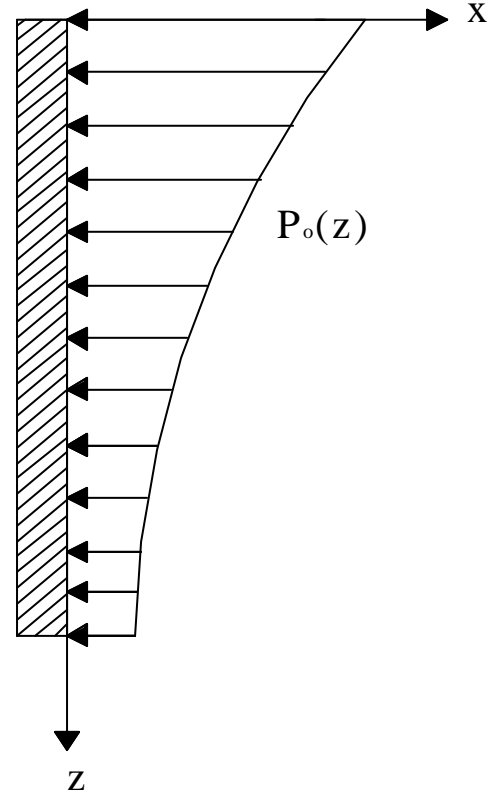
YAPI  
ANABİLİM DALI

# HOUSNER YÖNTEMINE GÖRE HESAP





(a) Impuls Basinci



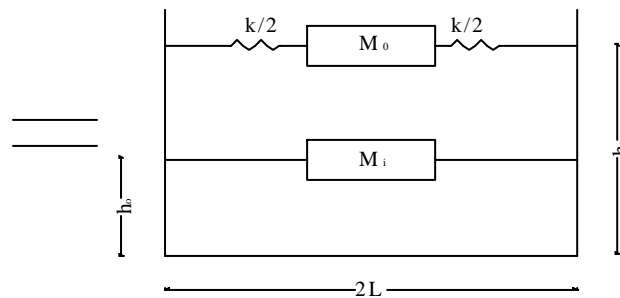
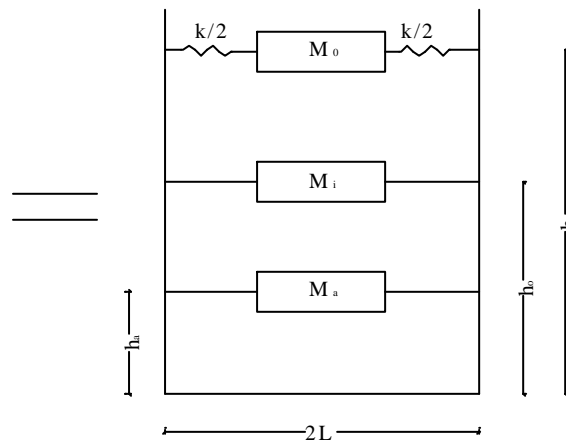
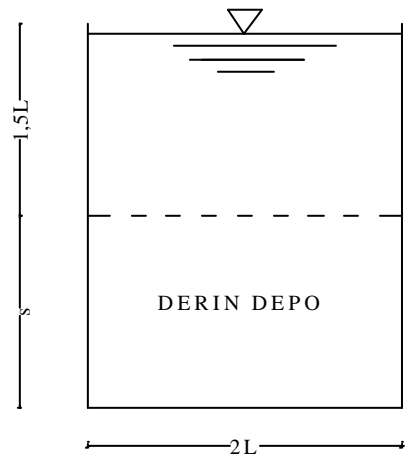
(b) Salinim Basinci

**Housner' e Göre Sivi Etkileri**



$$P_i(z) = \rho \cdot a_m \cdot h \cdot \sqrt{3} \cdot [(z-h)^2 - 0,5(z-h)^2] \cdot \text{th}(1,732L/h)$$

$$P_0(z) = 0,527 \rho l^2 w_0^2 \cdot \phi \frac{\text{ch}(1,581(h-z)/L)}{\text{sh}(1,581 \cdot h/L)} \cdot \sin w_0 t$$





$$\frac{M_o}{M} = \frac{\tanh(\sqrt{3}/a)}{\sqrt{3}/a} \quad \frac{M_1}{M} = \frac{b}{a} \tanh(ca)$$

$$\frac{h_o}{h} = 0,375 \left[ 1 + \alpha \left( \frac{M}{M_o} - 1 \right) \right] \quad \frac{h_1}{h} = 1 - \frac{\cosh(ca) - \beta}{ca \cdot \sinh(ca)}$$

$$\frac{kh}{M_1 g} = ca \cdot \tanh(ca) \quad \frac{d_{\max}}{v_{\max}} = d \frac{\tanh(ca)}{1 - ea \frac{v_{\max}}{h} \cdot \tanh^2(ca)}$$

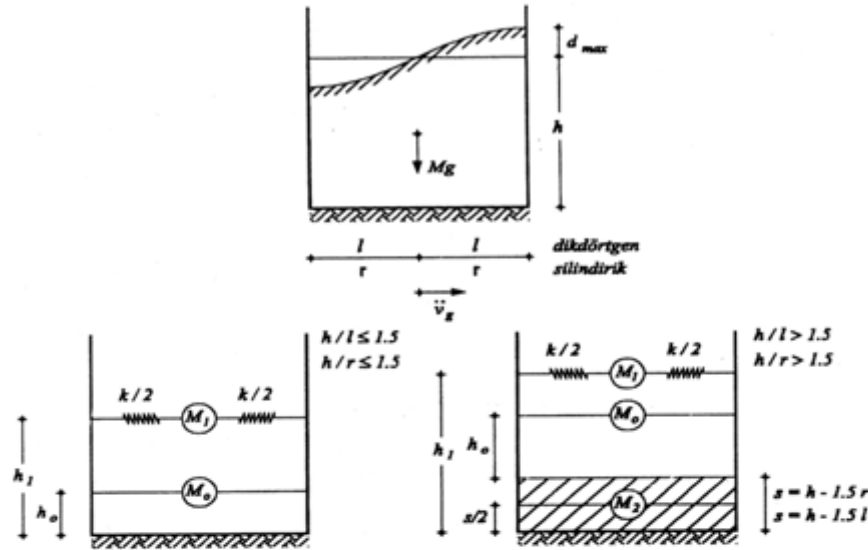


**Westergaard bagintisi:**

$$P(z) = 0,875.a_m.\rho.\sqrt{h.z}$$

**Karman bagintisi:**

$$P(z) = 0,707.a_m.\rho.\sqrt{z(2h - z)}$$



Şekil 4.57. Dikdörtgen ve silindirik haznede deprem etkilerinde kullanılan parametreler

$$\frac{d_{\max}}{v_{\max}} = d \frac{\tanh(ca)}{1 - e^{-\frac{v_{\max}}{h}} \tanh^2(ca)} \quad (4.125)$$

$$a = \frac{h}{l} \quad b = 0.527 \quad c = 1.58 \quad d = 1.32 \quad e = 2.50 \quad (\text{dikdörtgen hazne})$$

$$a = \frac{h}{r} \quad b = 0.318 \quad c = 1.84 \quad d = 1.15 \quad e = 2.82 \quad (\text{silindir hazne})$$

Eğer hazne tabanındaki hidrodinamik devirici moment hesaba katılacaksa  $\alpha = 4/3$ ,  $\beta = 2$  ve eğer sadece hazne duvarına etkiyen hidrodinamik basınç hesaplanacaksa,  $\alpha = 0$ ,  $\beta = 1$  değerleri kullanılacaktır. Burada  $k$ ,  $M_1$  kütesinin bağlandığı yayın rijitliğini  $d_{\max}$ , yatay  $v_{\max}$  yerdeğişirmesinden meydana gelen çalkalanma dalgası yüksekliğini göstermektedir. Çözümde  $h/l > 1.5$  ( $h/r > 1.5$ ) durumlarda  $M_0$  rijit bağlı kütle hesabında, sıvının  $M_2$  dışında kalan kütlesi toplam kütle olarak hesaba girerken,  $M_1$  ve diğer ilgili bütün değerlerin hesabında sıvının toplam kütlesi gözönüne alınacaktır.



İTÜ

YAPI  
ANABİLİM DALI

Şekilde verilen su kulesi, rijit bir dairesel plağa merkezinde oturan silindirik bir şaft üzerinde yükselmekte, silindirik hazne ise bu şaftın ucuna mesnetlidir. Şaftın taban plağına ve hazne kısmına rijit olarak bağlandığı, deprem etkisinde hazne ağırlık merkezindeki kütlenin 150 ton (hazne+içindeki su+şaft kütlesinin yarısı) alınmasıyla tek serbestlik dereceli sistem olarak idealleştirilebilir. Buna göre;

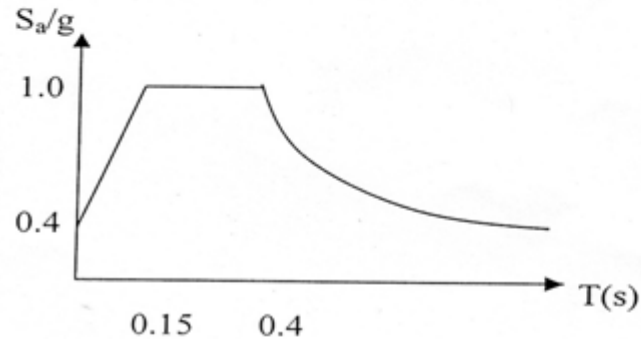
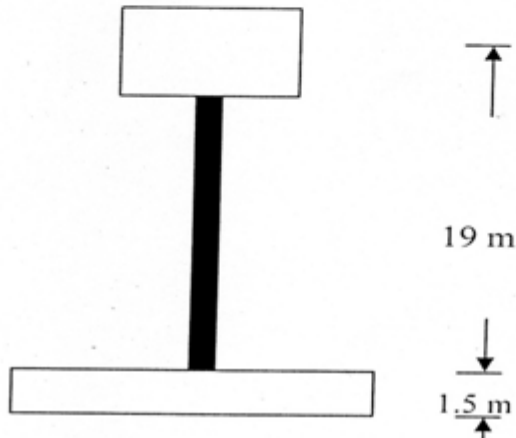
- Su kulesinin tabanda ankastre varsayılması durumu için serbest titreşim periyodunu hesaplayınız.
- Bu su kulesinde aşağıda verilen Elastik Tasarım İvme Spektrumu için taban kesme kuvvetini hesaplayınız.
- Dairesel plağın altında simetrik yerleştirilmiş izolatörler (temel ayırıcı sistem) kullanılması durumunda taban kesme kuvvetinin, tabanda ankastre durumdaki değerinin yarısı olması için, kullanılan izolatörlerin yanal rijitliğinin ne olması gerektiğini hesaplayınız.

Silindirik şaftın dış çapı 2.5 m, iç çapı 1.8 m, şaftın yüksekliği ise  $L=17.5$  m alınabilir. Taban plağı çapı 10 m dir. (İzolatörlerin kütlesi ihmal edilecektir.)

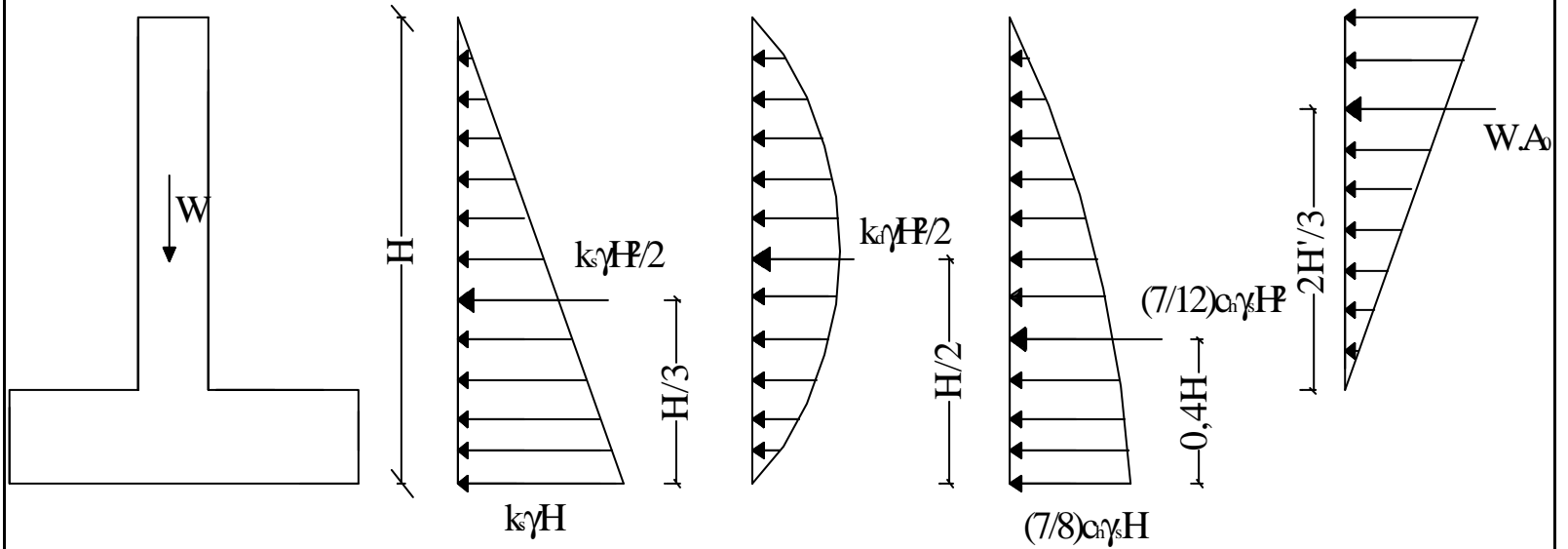
Betonun Elastisite Modülü:  $E_c=3.4 \cdot 10^4$  MPa

$$T > 0.40 \text{ s} \quad S_a/g = (0.40 / T)^{0.8}$$

$R=2$ ,  $I=1$ , Zemin sınıfı Z2



Yan Cidarları Konsol Duvar Olarak çalışın Gömme Depolarda Toprak itkisi (Depremsiz ve Depremlı Durum)





$$k_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - i)}{\cos(\delta + \alpha) \cdot (\cos(i - \alpha))}} \right]^2}$$

$$k_p = \frac{\cos^2(\phi + \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta - \alpha) \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi + i)}{\cos(\delta - \alpha) \cdot (\cos(i - \alpha))}} \right]^2}$$



$$P_a = 0,5K_a \cdot \gamma \cdot H^2 \quad P_p = 0,5K_p \cdot \gamma \cdot H^2$$

$$k_{at} = \frac{(1 \pm c_v) \cos^2(\phi - \lambda - \alpha)}{\cos \lambda \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha + \lambda) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - i - \lambda)}{\cos(\delta + \alpha + \lambda) \cdot (\cos(i - \alpha))}} \right]^2}$$

$$k_{pt} = \frac{(1 \pm c_v) \cos^2(\phi - \lambda + \alpha)}{\cos \lambda \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta - \alpha + \lambda) \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi + i - \lambda)}{\cos(\delta - \alpha + \lambda) \cdot (\cos(i - \alpha))}} \right]^2}$$



$$\lambda = \arctan[ c_h (1 \pm c_v )]$$

$$c_h = 0,2(I + 1).A_o$$

$$c_v = 2 C_h / 3$$

$$k_{ad} = k_{at} - k_a$$

$$k_{pd} = k_{pt} - k_p$$



## 6. DERZLER

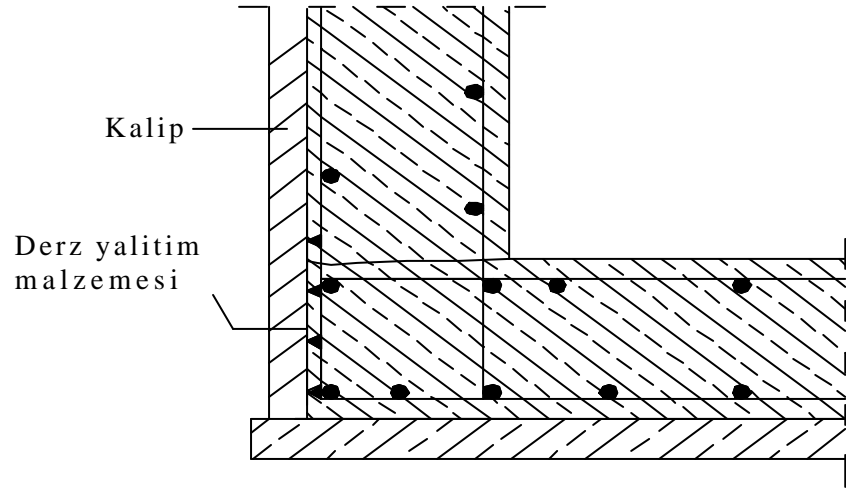
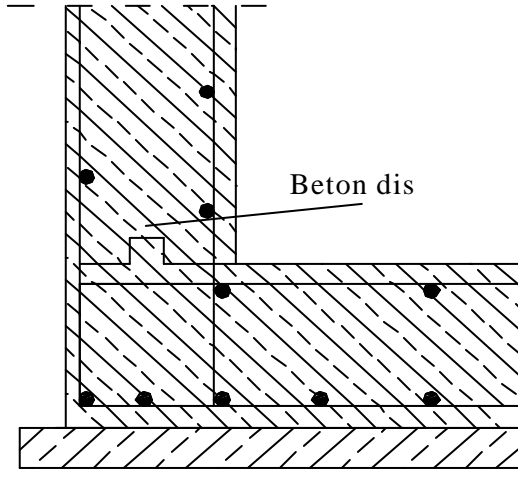
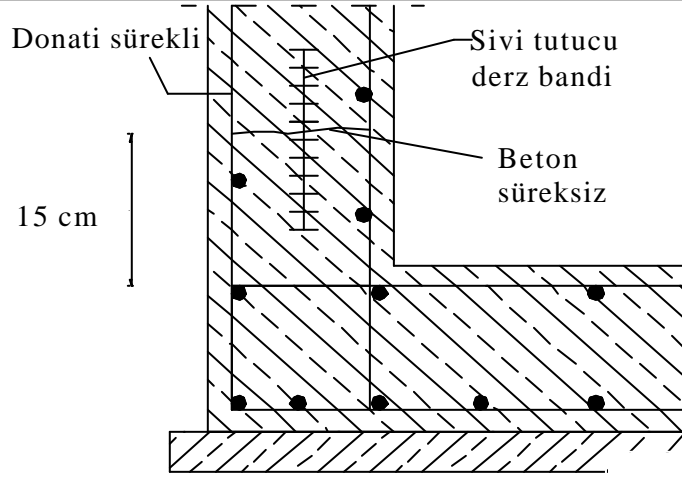


6.1 Insaat Derzleri

6.2 Hareket Derzleri

### 6.1 INSAAT DERZLERİ

- Düsey Insaat derzleri temel kirislerinde, kirislerde ve dösemelerde
- Yatay insaat derzleri kolonlarda, perde duvarlarda teskil edilir.
- Insaat derzleri kesit tesirlerinin az oldugu yerlerde teskil edilmelidir.
- Derzler geçirimsizlige mani olmamalidir.



## 6.2. HAREKET DERZLERİ

Depolarda betonun rötne ve isi degisimlerini azaltmak ve konstrüktif nedenlerle hareket derzleri teskil edilir.

Bu tip derzler;

Betonda isi ve rötne degisimlerinden dogan çekme gerilmelerini azaltirlar.

Farkli zemin oturmalarında çatlak teskilini önlerler,  
Statik sistemi basitlestirip, momentleri azaltirlar.

Depolarda asagidaki tiplerde derz teskil edilir;

Depo tabanini küçük alanlara bölen derzler

Duvar ile temel veya duvar ile depo tabani arasinda derzler

Dikdörtgen kesitli depolarda düsey derzler

Duvar ile tavan arasina teskil edilen derzler



### 6.2.1. HAREKET DERZİ TIPLERİ

Hareket derzleri teskillerine bağlı olarak daralma derzi, genlesme derzi ve kayma derzi olarak isimlendirilirler.

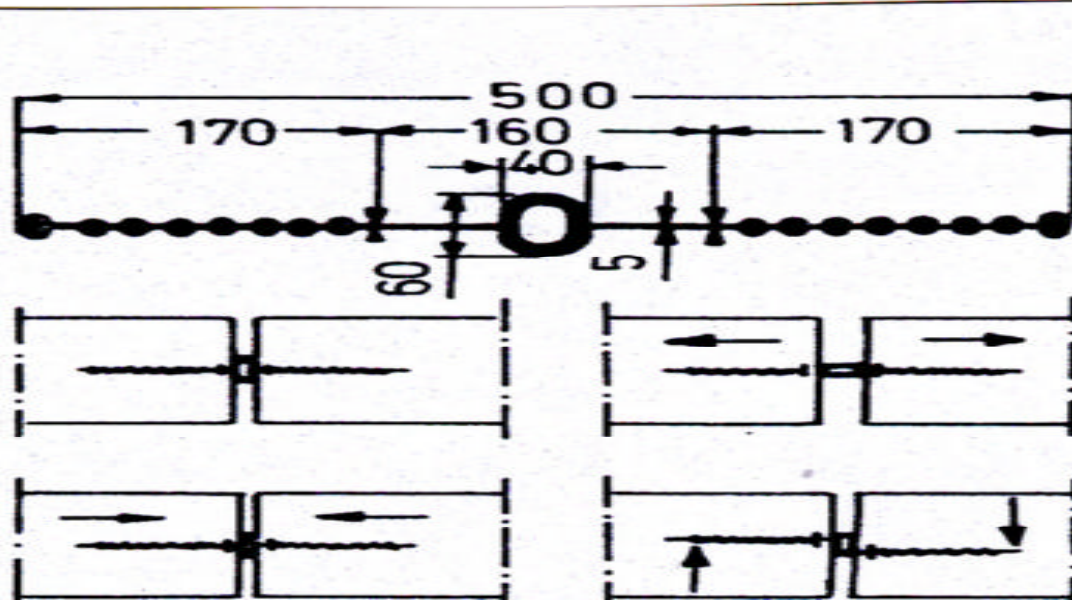
#### Daralma Derzleri

Derz boyunca betonun sürekli olmadığı ve teskilinde derzin iki yanığı arasında boşluk bırakılmış olan derzlerdir. Derz boyunca hem beton hem de donatı süreksiz ise bu tip daralma derzleri tam daralma derzleri, sadece betonun süreksiz olduğu derzlere kısmi daralma derzleri denir.

#### Genlesme Derzleri

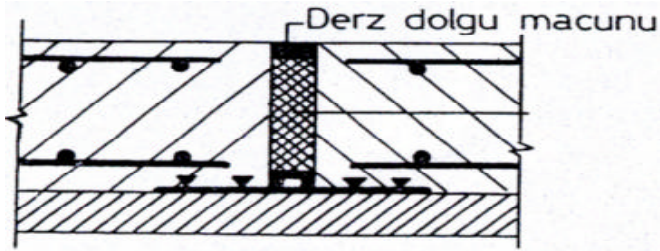
Yapıda hem genlesme, hem de daralma hareketlerine imkan veren derz boyunca hem betonun hem de donatı çubugunun süreksiz olduğu ve teskilinde derzin iki yanığı arasında uygun bir boşluk bırakılmış olan derzler,

Kayma derzi

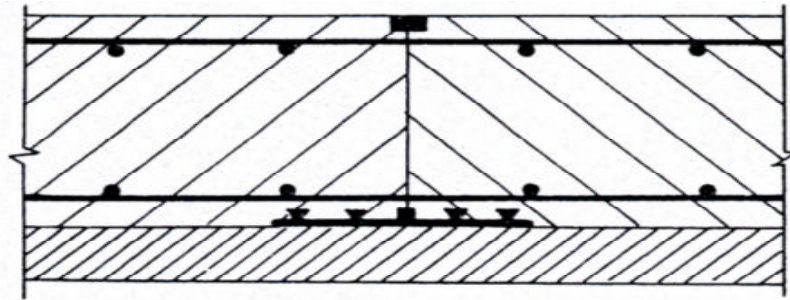


Hareket saglayici derz malzemeleri

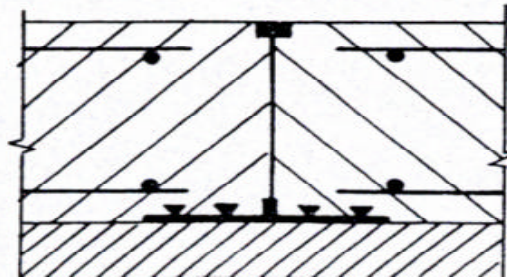




Genleşme Derzi

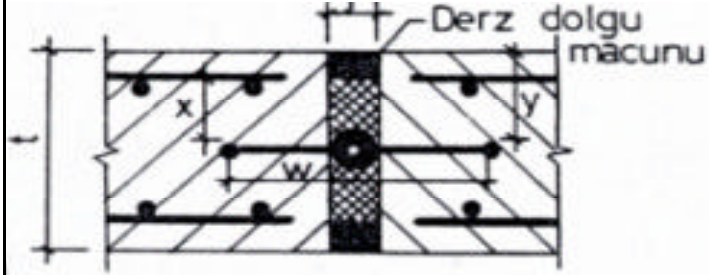


Kısmi Daralma Derzi

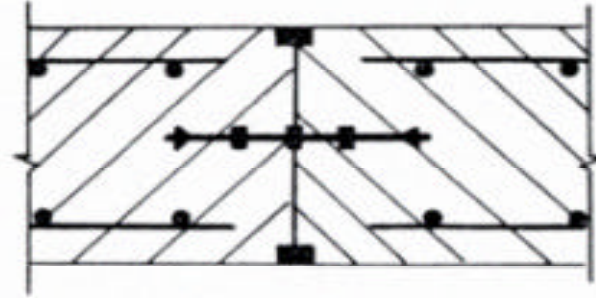


Tam Daralma Derzi

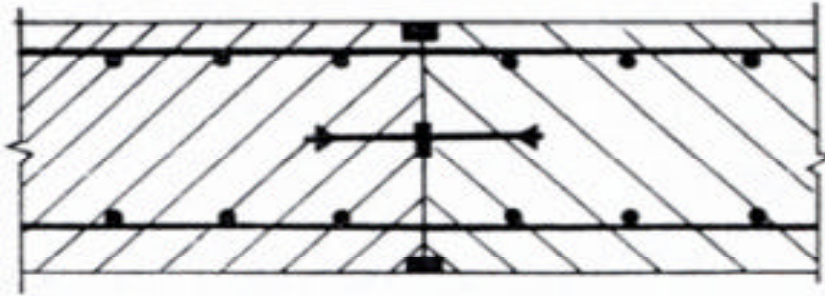
Sekil 15 dösemelerde genleşme ve daralma derz örnekleri(DSI)



Genleşme Derzi

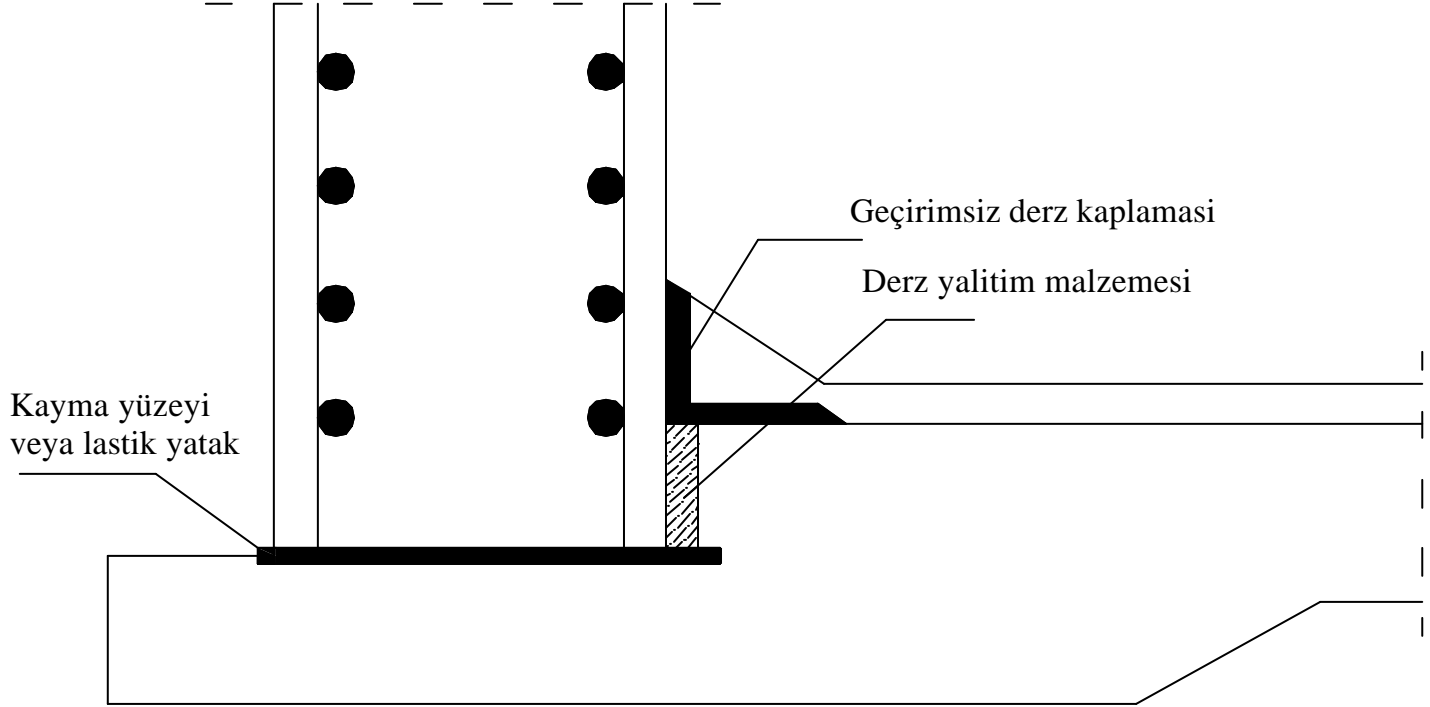


Tam Daralma Derzi



Kısmi Daralma Derzi

Duvarlarda genleşme ve daralma derz örnekleri (DSİ)



Sekil 16 Kayma derzi

## 7. DEPOLARDEA GEÇİRİMSİZLİK

### 7.1 ÇATLAK GENİSLİĞİ KONTROLÜ

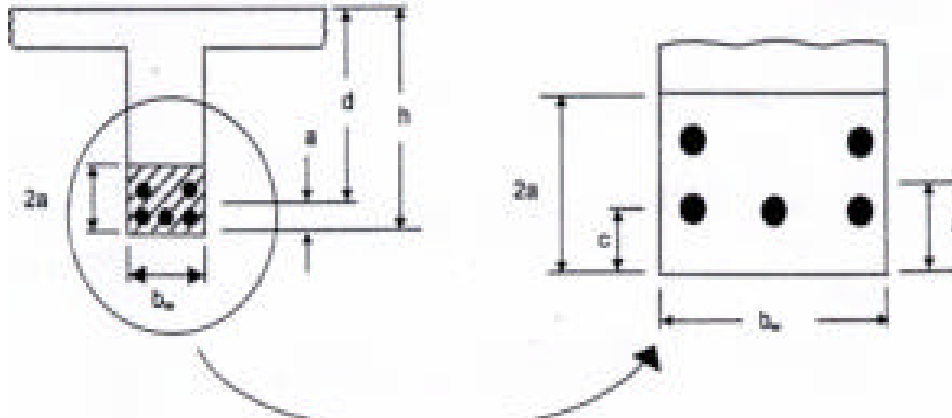
TS 500' e göre yük ve malzeme katsayısı 1.0 alınmalıdır.

Nervürlü donatı için çatlak genişliği

$$w = 1.3 (A_t c)^{1/3} S_s 10^{-5} \quad (7.1)$$

ile verilmiş olup düz yüzeyli donatı için bu değer 1.7 ile çarpılarak arttırılır.

*Burada Sekil 7 de tanımlanmış olan  $A_t$  elemanlarda her bir çekme çubuguna düşen etkili beton alanidir.  $S_s$  donatı gerilmesi yük katsayısı ile çarpılmamış yükte hesaplanmalıdır. Bu değer yaklaşık olarak  $0.7f_{yd}$  alınabileceği belirtilmiştir.  $c$  donatı ağırlık merkezinden beton lifine olan uzaklıktır.*



Çatlama bölgesinde donatı çevresi



ITÜ

**SU TUTUCU YAPILARIN HESAP VE YAPIMINA AIT  
GENEL TEKNİK SARTNAME (DSI)**

**YAPI  
ANABİLİM DALI**

**8. DSI Su Tutucu Betonarme Yapıların Hesap ve Yapımına ait Genel Teknik  
Sartname Özeti**

Yan duvarların konsol olarak çalıştığı ve bu şekilde projelendirildiği durumlarda;

Devrilme güvenliğinin tüm yükleme hallerinde depremsiz durumda 1,5'den, depremlili durumda 1,20' den az olmaması temin edilmelidir.

Kayma güvenliğinin tüm yükleme hallerinde depremsiz durumda 1,50' den depremlili durumda 1,20' den az olmaması temin edilmelidir.

Su tutucu yapıların ilk doldurulması 24 saatte su seviyesi 2,0 metreyi geçmeyecek şekilde üniforma yakın bir hızda olmalıdır.

Bu sarnamede su tutucu yapıların elemanları su ile ilgili olarak maruz kaldıkları tesirler yönünden iki sınıfa ayrılmaktadırlar:

**A sınıfı; Hemen hemen daimi olarak su ile temasta olan kısımlar,**

**B sınıfı; Su ile temasta olmayan kısımlar.**

Sartnameye göre 25 cm veya daha ince olan ve bir yüzü (A) sınıfı tesirine maruz duvar ve dösemelerin diğer yüzlerinin de aynı şartlarda olduğu varsayılır.



**ITÜ**

**SU TUTUCU YAPILARIN HESAP VE YAPIMINA AIT GENEL  
TEKNİK SARTNAME (DSİ)**

**YAPI  
ANABİLİM DALI**

**25 cm' den daha kalın olan ve bir yüzü (A) sinifi tesirine maruz duvar veya dösemelerin diğer yüzlerinin (B) sinifi tesirine maruz olduğu varsayılır. Yönetmelige göre (B) sinifi tesirlere maruz yapı elemanlarının TS 500 veya diğer ilgili standartlara uygun olarak  
pojelendirilmelidir.**



ITÜ

**SU TUTUCU YAPILARIN HESAP VE YAPIMINA  
AIT GENEL TEKNİK SARTNAME (DSI)**

**YAPI  
ANABİLİM DALI**

**(A) sinifi tesirlere maruz yapı elemanlarının projelendirilmesi;**

- a.Çatlamaya uygun direnç
- b.Uygun dayanım
- c.Ekonomik donatı oranı bağıntısı gözönüne alınarak yapılmalıdır.

**Yönetmelikte projelendirme varsayımları:**

- a.Beton ve çelik doğrusal elastik davranırlar,

$$\eta = \frac{E_s}{E_c} = 15$$

- a.Eğilme ve aksenal çekmede çatlamaya karşı direnç hesaplarında beton çekme gerilmeleri alır.
- b.Mukavemet hesaplarında beton çekme gerilmeleri ihmal edilir.



ITÜ

**SU TUTUCU YAPILARIN HESAP VE YAPIMINA  
AIT GENEL TEKNİK SARTNAME (DSİ)**

**YAPI  
ANABİLİM DALI**

Gerilmeler: Kesitlerde yüklemeler göz önüne alınarak bulunan gerilmelerdir.

**Beton Emniyet gerilmeleri**

$$\frac{V}{bz} \quad (kgf / cm^2)$$

Beton Sinifi	Kesit Zorlamasi		Kayma
	Eksenel çekme	Egilmede çekme	V/bz
	BS 20	9	15
BS 25	10	17	20

Tablo da; V toplam kesme kuvveti, b genişlik, z moment koludur.





ITÜ

**SU TUTUCU YAPILARIN HESAP VE YAPIMINA  
AIT GENEL TEKNİK SARTNAME (DSI)**

**YAPI  
ANABİLİM DALI**

*Beton Emniyet Gerilmeleri (kgf / cm<sup>2</sup>)*

**Tablo 3**

Beton Sinifi	Kesit Zorlamasi		Kaym a	Aderans	
	Eksenel Basinç	Egilmed e Basınç		Düz	Nervürlü
	BS 20	65	80	7	6
BS 25	80	100	8	8	16

*Çelik Emniyet gerilmeleri(kgf / cm<sup>2</sup>)*

Gerilme	Tesir sinifi		
		Düz	Nervürlü
Eksenel Çekme, Egilmede Çekme, Kesme	(A)	1000	1500
Basınç	(A)	1400	2000



ITÜ

## SU TUTUCU YAPILARIN HESAP VE YAPIMINA AIT GENEL TEKNİK SARTNAME (DSİ)

YAPI  
ANABİLİM DALI

### Minimum donati miktarı:

Rötre ve isı tesirlerinden dolayı meydana gelen çatlakları dağıtmak için gerekli minimum donati kritik porsantajı

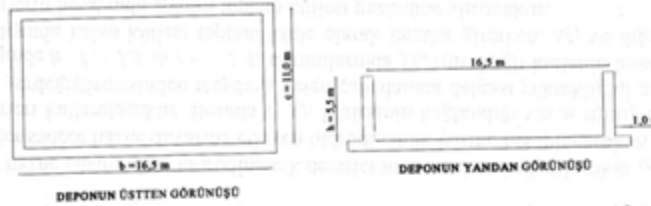
$$r_{cr} = \frac{f_{ctk}}{f_{yk}}$$

Burada,

Toplam kesit alanına göre, çatlakları dağıtmak için gerekli kritik donati oranı

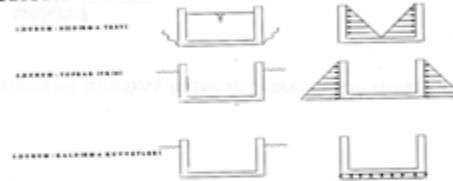
Betonun çekme mukavemeti (genelde 3 günlük beton için verilen bu deger BS 20 için 7,5 kg/cm<sup>2</sup>)

### 15. Örnek Dikdörtgen Depo



Sıvının birim ağırlığı ( $\gamma$ ) :  $10 \text{ kN/m}^3$  , Nemli toprağın birim ağırlığı ( $\gamma_1$ ) :  $18 \text{ kN/m}^3$   
 Toprağın aktif basınç katsayısı ( $k_a$ ) :  $0,3$  , Malzeme: BS 30 / S 420 ,  $f_{cd} : 20 \text{ N/mm}^2$  ,  
 $f_{yd} : 365 \text{ N/mm}^2$   
 Toprak itkisine maruz duvarın yüksekliği :  $1,50 \text{ m}$  (Genelde depo yüksekliğine eşit alınır)  
 Duvar kalınlığı ( $t$ ):  $50 \text{ cm}$  ; Taban plağı kalınlığı:  $60 \text{ cm}$ .

#### LYÜKLEME DURUMLARININ BELİRLENMESİ:



Şekil 2. Yükleme Durumları

#### II. YÜKLEME-I İÇİN DUVARIN TASARIMI:

Yükleme-I durumunda depo doludur ve toprak itkisi ihmal edilmektedir. Bu yükleme durumu sızdırma testi yapılırken oluşur.

Sıvı basıncı:

$$q = k_a \cdot \gamma \cdot h = 1 \cdot 10 \cdot 5,5 = 55 \text{ kN/m}^2 \text{ (Üçgen dağılım)}$$

Uzunluk / Yükseklik: ( $b/h$ ) =  $16,5 / 5,5 = 3$  (Uzun duvar doğrultusu)

Genişlik / Yükseklik: ( $c/h$ ) =  $11,0 / 5,5 = 2$  (Kısa duvar doğrultusu)

(a) Kesme Kuvvetlerinin Hesabı

Kesme kuvvetleri depo cidarlarının kenarları boyunca bir çok yerde gözönüne alınmalıdır. Mesnet koşulları bu şekilde olan depolar için kesme kuvveti katsayıları:

$\frac{b}{h} = 3$  (uzun duvar doğrultusu için) : Alt kenar - orta nokta:  $0,50$  / Yan kenar - max:  $0,37$

Yan kenar - orta nokta:  $0,24$

$\frac{c}{h} = 2$  (Kısa duvar doğrultusu için) : Alt kenar - orta nokta:  $0,45$  / Yan kenar - max:  $0,27$  /

Yan kenar - orta nokta:  $0,26$

(1) Duvar Tabanında Oluşan Kesme Kuvvetinin Hesap Kontrolü:

## 9. SAYISAL ÖRNEK



İTÜ

YAPI  
ANABİLİM DALI

Üste bakıldığında, uzun doğrultudaki max kesme katsayısı  $c_v = 0,5$  alınarak tasarlanmalıdır. Kısa doğrultudaki max kesme kuvveti katsayısı  $c_v = 0,45$  alınarak hesaplanırken uzun ve kısa duvar kalınlıkları aynı olduğu için kesme kuvvetinin max katsayısı  $c_v = 0,5$  alınmak suretiyle hesaplanır.

$$d = 500 - 50 - 1,6 / 2 = 442 \text{ mm}$$

$$V = c_v \cdot q \cdot h = 0,5 \cdot 55 \cdot 5,5 = 151,25 \text{ kN/m}$$

$$V_{ed} = 0,65 f_{ctd} \cdot b \cdot d = 0,65 \cdot 1,25 \cdot 1000 \cdot 442 \cdot 10^{-3} = 359,11 \text{ kN/m}$$

$$V_c = 0,80 \cdot V_{ed} = 287,29 \text{ kN/m} \quad ; \quad V_c > V \quad (\text{sağlanıyor})$$

$$V_{max} = 0,22 f_{ctd} \cdot b \cdot d = 0,22 \cdot 20 \cdot 1000 \cdot 442 \cdot 10^{-3} = 1945 \text{ kN/m} \quad V < V_{max} \quad (\text{sağlanıyor})$$

(2) Uzun Duvarda Kesme Kuvvetinin Kontrolü:

$$V = c_v \cdot q \cdot h = 0,37 \cdot 55 \cdot 5,5 = 111,93 \text{ kN/m}$$

Uzun duvar kısa kenar doğrultusundaki kesmeden dolayı eksenel çekme kuvvetine maruz kaldığı için; kabul edilebilir kesme kapasitesi:

$$V_{ed} = 0,65 f_{ctd} \cdot b \cdot d \left( 1 + \gamma \frac{N_x}{A_g} \right)$$

formülü ile hesaplanır.

$N_x$  = Kısa kenar doğrultusundaki kesmeden dolayı uzun doğrultuda meydana gelen eksenel kuvvet

Kısa duvar doğrultusundaki kesme;  $N_x = V = c_v \cdot q \cdot h = 0,27 \cdot 55 \cdot 5,5 = 81,68 \text{ kN/m}$

$$V_{ed} = 341,53 \text{ kN/m} \quad , \quad V_c = 0,80 \cdot V_{ed} = 273,22 \text{ kN/m} > 111,93 \text{ kN/m}$$

$$V_{max} = 1945 \text{ kN/m} > 111,93 \text{ kN/m}$$

(b) Düşey Eğilme Momentine Göre Hesap (Düşey Donatının Belirlenmesi)

$$M_x = M_{x \text{ katman}} \cdot \frac{q \cdot h^2}{1000} = M_{x \text{ katman}} \cdot \frac{55 \cdot 5,5^2}{1000} = M_{x \text{ katman}} \cdot 1,664 \text{ kNm}$$

Tasarı moment değerleri Tablo 1' de verilmiştir. Mesnet koşulları için gerekli katsayılar depo analiz sonuçlarından alınmıştır.



Tablo 1. Düşey Eğilme Momentleri  $M_x$  (KNm)

	0,1b-0,9b		0,3b-0,7b		0,5b	
	Katsayı	$M_x$	Katsayı	$M_x$	Katsayı	$M_x$
Üst uc	0	0,00	0	0,00	0	0,00
0,7a	-1	1,66	9	14,98	10	16,64
0,5a	1	1,66	6	9,98	4	6,66
Taban	-38	-63,23	-109	-	-129	-214,66

$$M_x = -214,66 \text{ kN/m} \quad ; \quad M_{ed} = 1,6 \cdot (-214,66) = -343,45 \text{ kN/m}$$

Donatı  $\phi 16$  ve örtü betonu 5 cm olmak üzere;

$$d = \text{duvar kalınlığı} - \text{beton örtüsü} - \frac{\phi}{2} \quad ; \quad d = 50 - 5 - 1,6 / 2 = 44,2 \text{ cm}$$

$$K = bd^2 / M_d = 56,88 \cdot 10^5 \text{ @ } k_s = 3,069 \text{ @ } A_s = k_s \cdot M_d / d = 2107 \text{ mm}^2 / \text{m @ } f_{20/10} (A_s = 3142 \text{ mm}^2 / \text{m})$$

$A_{s \text{ min}} = 0,002 \cdot 100 \cdot 44,2 = 884 \text{ mm}^2$  (çatlak kontrolünün sağlanması için yukarıdaki donatı seçilmiştir.)



ITÜ

Düşey doğrultuda dış yüzde gerilme nedeniyle oluşan max pozitif eğilme moment değeri (16,64 kN) çok küçük olduğu için gerekli donatı miktarı diğer yükleme durumlarına bağlı olarak hesaplanacaktır.

(b) Yatay Eğilme Momentine Göre Hesap (Yatay Donatının Belirlenmesi)

$$M_y = M_{y, \text{taban}} \cdot \frac{9 \cdot h^2}{1000} = 1,664 M_{y, \text{taban}}$$

Tasarım moment değerleri aşağıdaki Tablo da verilmiştir.

Tablo 2. Yatay Eğilme Momentleri  $M_y$  (KNm/m)

	Köşe	0,1b	0,2b	0,3b	0,4b	0,5b	
		0,9b	0,8b	0,7b	0,6b		
0,9a	Katsay <sub>1</sub>	-78	-18	9	19	21	22
	$M_y$	-129,79 (*)	-29,95	14,58	31,62	34,94	36,61 (*)
0,5a	Katsay <sub>1</sub>	-52	-6	8	10	10	10
	$M_y$	-86,53	-9,98	13,31	16,64	16,64	16,64
Taban	Katsay <sub>1</sub>	0	-8	-16	-22	-25	-26
	$M_y$	0,00	-13,31	-26,62	-36,61	-41,6	-43,26

Max eğilme momenti 129,79 kNm,  $M_{y,d} = 1,6 \cdot 129,79 = 207,66$  kNm/m

Donatı  $\phi 16$  ve örtü betonu 5 cm olmak üzere;

$$K = bd^2 / M_d = 94,08 \cdot 10^{-6} \rightarrow k_s = 3,01 \quad A_s = k_s \cdot M_d / d = 1414 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

Uzun duvarda aksel gerilme donatısı;

$$N = 81,68 \text{ kN/m için gerekli donatı: } A_s = \frac{N}{0,9 \cdot f_{yd}} = \frac{81,68}{0,9 \cdot 36,5} = 2,49 \text{ cm}^2$$

Eksenel çekme donatısı duvarın iç ve dış yüzünde eşit olarak dağıtılmalıdır.

$$\text{Çidar iç yüzünde gerekli donatı} = 14,14 + \frac{2,49}{2} = 15,39 \text{ mm}^2 \quad f_{16/20} + f_{14/20} \quad (A_s = 1775 \text{ mm}^2 / \text{m})$$

Pozitif moment (36,61 kN) duvar merkezinin dış yüzünde gerilmeye neden olacaktır. Bu moment değeri de çok küçük olduğundan diğer yükleme durumlarına bağlı olarak hesaplanacaktır.

Kısa duvardaki yatay ve düşey donatı benzer şekilde hesaplanır.

(c) Çatlak kontrolü:

$$M = 214,66 \text{ KNm/m}$$

$$x = \text{Tarafsız eksen derinliği: } 16,42 \text{ cm, } c = 50 \text{ mm}$$

$$\sigma_s = 172,3 \text{ N/mm}^2$$

$$A_s = 31,42 \text{ cm}^2 \quad A_t = 10000 \text{ mm}^2$$

$$w = 1,3 \cdot (A_s \cdot c)^{1/3} \cdot \sigma_s \cdot 10^{-5} = 0,177 \text{ mm} < 0,2 \text{ mm}$$

için hesaplanan çatlak genişlikleri excellde hazırlanan çatlak hesabı ile aşağıdaki tabloda verilmiştir.

YAPI  
ANABİLİM DALI



İTÜ

(d) Isı ve Rötre Donatısı:

Yatay doğrultuda 0,0025 donatı oranı, düşey doğrultuda ise 0,0015 oranında ısı ve rötre donatısı kullanılmalıdır. Yatay donatının 2/3' ü ön yüze, 1/3' ü arka yüze, düşey donatının tamamı ise ön yüze konmalıdır. Buna göre;

Ön yüze - yatay donatı:  $0,0025 \cdot 100 \cdot 50 \cdot (2/3) = 834 \text{ mm}^2$  Seçilen:

$\phi 16/20 (A_s = 1005 \text{ mm}^2)$

Arka yüze - yatay donatı:  $0,0025 \cdot 100 \cdot 50 \cdot (1/3) = 417 \text{ mm}^2$  Seçilen:

$\phi 16/20 (A_s = 10,05 \text{ mm}^2/m)$

Ön yüze - düşey donatı =  $0,0015 \cdot 100 \cdot 50 = 750 \text{ mm}^2$  Seçilen:

$\phi 16/20 (A_s = 1005 \text{ mm}^2/m)$

### III.) YÜKLEME-II İÇİN DUVAR TASARIMI

Bu yükleme durumunda deponun boş ve zemin basıncının olması durumuna göre hesap yapılacaktır. Yapım aşamasında, dolgu ve sıkıştırma işletme yüklerinin aşılmasına neden olabilir. Tasarımcı olağan olmayan yükleme durumlarını da gözönünde tutmalıdır. Zemin yüksekliği hesabın güvenli olması açısından depo yüksekliğine eşit olarak alınmalıdır.

Toprak basıncı;

$$q = k_s \cdot \gamma_1 \cdot h = 0,3 \cdot 18 \cdot 5,5 = 29,7 \text{ kN/m}^2 \text{ (Üçgen dağılım)}$$

(a) Kesme Kuvvetlerinin Hesabı:

Kesme kuvvetleri katsayıları Yükleme-I' de verildiği gibidir.

(1) Duvar tabanında oluşan Kesme Kuvvetinin Hesabı:

$$V = c_s \cdot q \cdot h = 0,5 \cdot 29,7 \cdot 5,5 = 81,68 \text{ kN} \quad V_c > V \text{ (sağlanıyor)}; \quad V < V_{\max} \text{ (sağlanıyor)}$$

(2) Duvar Köşesinde Kesme:

$$V = c_s \cdot q \cdot h = 0,37 \cdot 29,7 \cdot 5,5 = 60,44 \text{ kN/m}$$

Uzun duvar kısa kenar doğrultusundaki kesmeden dolayı eksenel kuvvete maruz kaldığı için kısa kenar doğrultusundaki kesme kuvveti hesaplanmalıdır. Buna göre;

$$N = V = c_s \cdot q \cdot h = 0,27 \cdot 29,7 \cdot 5,5 = 44,11 \text{ kN/m}, \quad A_s = 500 \cdot 1000 = 5 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} \cdot b \cdot d \left( 1 + \gamma \frac{N_s}{A_s} \right) = 349,62 \text{ kN/m} \quad V_c = 0,80 \cdot V_{cr} = 279,70 \text{ kN/m}$$

(b) Yatay ve Düşey Eğilme Momentlerine göre Tasarım:

$$M_x = M_{s \text{ kats}} \frac{q \cdot h^2}{1000} = M_{s \text{ kats}} \frac{29,7 \cdot 5,5^2}{1000} = M_{s \text{ kats}} \cdot 0,90 \text{ kNm}$$

Benzer şekilde  $M_y$  belirlenebilir. Yükleme durumu-I' de verilen katsayılar burada da geçerlidir. İki yükleme durumu  $M_x$  ve  $M_y$  eğilme momentleri için karşılaştırıldığında 2. duruma ait moment katsayısının (0,90) 1. duruma ait katsayıdan küçük olduğu görülmektedir. 1. Yükleme durumuna ait çatlak kontrolü, güvenli sınırlar içinde kalmaktadır.

**YAPI  
ANABİLİM DALI**



ITÜ

### DEPO DUVARININ KONSOL PLAK YAKLAŞIMI İLE HESABI:

Plan ve kesiti verilen depoda; en elverişsiz durumlar için;

Zemin gerilmeleri:  $\delta = 0$  (Sürtünme açısı),  $\phi = 30$  (Zemin kayma direnci açısı),  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ ,  $\sigma_{z,m} = 150 \text{ kN/m}^2$

a) En büyük zemin gerilmesi, deponun su ile dolu olması durumunda meydana gelir.

$$\text{Duvar ağırlığından oluşan gerilme} = \frac{(2 \cdot 16 \cdot 5,5 \cdot 0,5 + 2 \cdot 11,5 \cdot 5,5 \cdot 0,5) \cdot 25}{19 \cdot 13,5} = 14,74 \text{ kN/m}^2$$

Taban Plağının oluşturduğu gerilme =  $0,6 \cdot 25 = 15 \text{ kN/m}^2$  ;

Suyun oluşturduğu gerilme =  $4,9 \cdot 10 = 49 \text{ kN/m}^2$

Toplam gerilme =  $14,74 + 15 + 49 = 78,74 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{z,m} = 150 \text{ kN/m}^2$

b) Depo duvarlarının hesabı:

$$\frac{b}{h} = \frac{16}{5,5} = 2,91 > 2; \quad \frac{c}{h} = \frac{11,5}{5,5} = 2,09 > 2$$

Uzun ve kısa kenar duvarlarında, duvar boylarının duvar yüksekliğine oranı 2' den büyük olduğu için, konsol plak çalışması söz konusudur.

Elverişsiz durumlar:

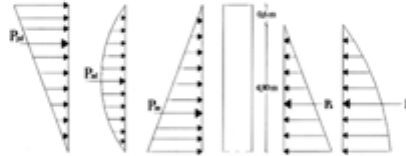
a) Depo dolu ve dışta toprak dolgu yok (Depremsiz durum),

b) Depo dolu ve dışta toprak dolgu yok (Depremlı durum),

c) Depo boş ve dışta toprak dolgu var (Depremsiz durum),

d) Depo boş ve dışta toprak dolgu var (Depremlı durum).

Kritik kesit depo duvarının tabana birleştiği noktadır.



Konsol plağa etkiyen yüklerden, deprem anında duvarın kendi kütesinden oluşan deprem yükü ( $P_d$ ) etkisi çok az olduğu için ihmal edilmiştir.

Zemin parametrik katsayıları aşağıda verildiği gibi hesaplanmıştır:

$k_s = 1/3$ , I. deprem bölgesinde etkin ivme katsayısı  $A_0 = 0,40$  ve yapı önem katsayısı

$I = 1$  alınarak;

$$c_b = 0,2(1+I)A_0 = 0,2(1+1)0,4 = 0,16, \quad c_v = 2c_b/3 = 2 \cdot 0,16/3 = 0,107$$

$$\lambda = \arctan[c_b/(1+c_v)] = \arctan[0,16/(1+0,107)] \Rightarrow \lambda_1 = 8,22; \lambda_2 = 10,16$$

Deprem anında dinamik aktif basınç katsayısı;

$$K_{ad} = \frac{(1+c_v) \cos^2(\phi-\lambda)}{\cos^2 \lambda \left[ 1 + \frac{\sin \phi \sin(\phi-\lambda)}{\cos \lambda} \right]^2} = \frac{(1+0,107) \cdot \cos^2 21,78}{\cos^2 8,22 \left[ 1 + \frac{\sin 30 \cdot \sin(21,78)}{\cos 8,22} \right]^2} = 0,475$$

$$K_{ad} = K_{ad} - k_s = 0,475 - 0,333 = 0,141$$

Buna göre duvara etkiyen kuvvetler:

Zemin Basıncından Oluşan Statik Basınç Kuvveti:

$$P_{st} = K_s \cdot \gamma \cdot H^2 / 2 = 0,333 \cdot 18 \cdot 5,5^2 / 2 = 90,66 \text{ kN/m}$$



İTÜ

YAPI  
ANABİLİM DALI

Zemin basıncından oluşan dinamik aktif basınç kuvveti:

$$P_{ad} = 0,5 \cdot K_{ad} \cdot \gamma \cdot H^2 = 0,5 \cdot 0,141 \cdot 18 \cdot 5,5^2 = 38,39 \text{ kN/m}$$

$$\text{Suyun statik basınç kuvveti: } P_w = \gamma \cdot \frac{H_w^2}{2} = 10 \cdot \frac{4,9^2}{2} = 120,05 \text{ kN/m}$$

Deprem Anında Oluşan Suyun Dinamik Basınç Kuvveti:

$$P_{wd} = \frac{7}{12} \cdot c_b \cdot \gamma \cdot H_w^2 = \frac{7}{12} \cdot 0,16 \cdot 10 \cdot 4,9^2 = 22,41 \text{ kN/m}$$

$$\text{Duvar ağırlığı: } W = 5,5 \cdot 0,5 \cdot 25 = 68,75 \text{ kN/m}$$

a) Depo boş ve dışta toprak var:

Oluşan etkiler:



Depremsiz Durum

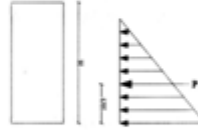
Depremlı Durum

$$P_w = 90,66 \text{ kN/m}, V_1 = 1,6 \cdot 90,66 = 145,06 \text{ kN/m}, M_1 = 1,6 \cdot (90,66 \cdot \frac{5,5}{3}) = 265,94 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Depremlı durum: } V_1 = P_w + P_{ad} + P_{wd} = 90,66 + 39,19/1,5 = 116,78 \text{ kN/m}, M_1 = 90,66 \cdot \frac{5,5}{3} + 25,59 \cdot \frac{5,5}{2} = 236,58 \text{ kNm/m}$$

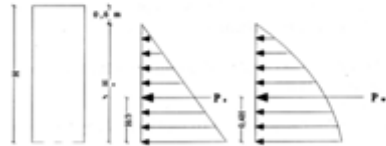
b) Depo dolu ve dışta toprak yok:

Oluşan etkiler:



$$\text{Depremsiz Durum: } V_2 = 1,6 \cdot P_w = 1,6 \cdot 120,05 = 192,08 \text{ kN/m}, M_2 = 1,6 \cdot P_w \cdot \frac{H}{3} = 1,6 \cdot 120,05 \cdot \frac{4,9}{3} = 313,73 \text{ kNm/m}$$

Depremlı durum:



$$V_2 = P_w + P_{wd} / 1,5 + P_{ad} / 1,5 = 120,05 + 22,41 / 1,5 = 134,99 \text{ kN/m}$$

$$M_2 = P_w \cdot \frac{H_w}{3} + \frac{P_{wd}}{1,5} \cdot 0,4 H_w = 120,05 \cdot \frac{4,9}{3} + 14,94 \cdot 0,4 \cdot 4,9 = 225,36 \text{ kNm/m}$$

Betonarme Hesap:

(a) durumu için;

$$M_{max} = 265,94 \text{ kNm/m}, d' = 0,05 \text{ m}, b = 0,5 \text{ m}, b - 1 \text{ m}, d = 0,45 \text{ m}$$

$$K = b d^2 / M_d = 76,15 \cdot 10^{-5} \text{ } \otimes \text{ } k_s = 3,03 \text{ } \otimes \text{ } A_s = k_s \cdot M_d / d = 1791 \text{ mm}^2 / \text{m} \text{ } \otimes \text{ } f_{16/20} + f_{16/20} (A_s = 2010 \text{ mm}^2 / \text{m})$$

$$\text{Dağıtma donatısı} = 1837 / 5 = 367,4 \text{ mm}^2$$





İTÜ

YAPI  
ANABİLİM DALI

Rötre ve sıcaklık donatısı:

Yatayda;

$$A_{st} = 0,0025 \cdot 1000 \cdot 500 = 1250 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

ön yüzü:  $(2/3) \cdot 1250 = 833,3 \text{ mm}^2$ , seçilen donatı: ( $\phi 16/20$ )

arka yüzü:  $(1/3) \cdot 1250 = 416,7 \text{ mm}^2$ , seçilen donatı ( $\phi 16/20$ )

Düşeyde;

$$A_{st} = 0,0015 \cdot 1000 \cdot 500 = 750 \text{ mm}^2 / \text{m}, \text{ seçilen donatı: } (\phi 16/20)$$

(b) durumu için;

$$M_{max} = 313,73 \text{ kNm/m}, d' = 0,05 \text{ m}, h = 0,5 \text{ m}, b = 1 \text{ m}, d = 0,45 \text{ m}$$

$$K = \frac{hd^2}{M} = 64,5 \cdot 10^{-5} \text{ @ } ks = 3,05 \text{ @ } A_s = k_s \cdot \frac{M}{d} = 2126 \text{ mm}^2 / \text{m} \text{ @ } \phi 16/20 + \phi 18/20 (A_s = 2277 \text{ mm}^2 / \text{m})$$

$$\text{Dağıtma donatısı} = 2277 / 5 = 455,4 \text{ mm}^2$$

Rötre ve sıcaklık donatısı:

Yatayda;

$$A_{st} = 0,0025 \cdot 1000 \cdot 500 = 1250 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

ön yüzü:  $833,3 \text{ mm}^2$ , seçilen donatı: ( $\phi 16/20$ )

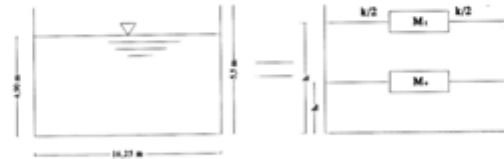
arka yüzü:  $416,7 \text{ mm}^2$ , seçilen donatı ( $\phi 16/20$ )

Düşeyde;

$$A_{st} = 750 \text{ mm}^2 / \text{m}, \text{ seçilen donatı: } (\phi 14/20)$$

### DEPONUN HOUSNER METODUNA GÖRE DİNAMİK ANALİZİ

Depo dolu, deprem doğrultusundaki boyutu  $2L = 16,5 \text{ m}$  ( $L = 8,25 \text{ m}$ ) olan dikdörtgen kesitli deponun dinamik davranışını belirlerken depodaki sıvının kütlesi;  $M_s$  ve depoda  $h_s$  yüksekliğindeki rijit olarak bağlı ve  $M_1$  gibi depoya  $h_1$  yüksekliğinde elastik yay ile bağlı iki kütle olarak basitleştirilmiştir. (Şekil)



Şekil . Depreme Maruz Depo Modellemesi

$$a = \frac{h}{L} = \frac{4,90}{8,25} = 0,594 < 1,5 \text{ (Derin olmayan depo)}, b = 0,527, c = 1,58, d = 1,32, e = 2,50$$

$k = M_1$  kütlelerinin bağlandığı yayın rijitliği

$d_{max}$  - Yatay  $v_{max}$  yerdeğiştirmesinden meydana gelen çalkalanma dalgası yüksekliği

Devirici moment hesabı için  $\alpha = \frac{4}{3}, \beta = 2$ ; depo duvarına etkiyen hidrodinamik basınç

hesabı için  $\alpha = 0; \beta = 1$  olarak alınacaktır.

Depodaki sıvının kütlesi;  $M = 2Lbh\rho = 16,5 \cdot 11 \cdot 4,9 \cdot 1000 = 8893,50 \text{ kN}$

$$\frac{M_s}{M} = \frac{\tanh(\sqrt{3}/a)}{\sqrt{3}/a}, \frac{M_s}{8893,50} = \frac{\tanh(\sqrt{3}/0,594)}{\sqrt{3}/0,594} \rightarrow M_s = 3032,15 \text{ kN}$$



İTÜ

YAPI  
ANABİLİM DALI

$$\frac{M_1}{M} = \frac{b}{a} \tanh(ca), \quad \frac{M_1}{8893,50} = \frac{0,527}{0,594} \tanh(0,939) \quad \rightarrow \quad M_1 = 5795,80 \text{ kN}$$

Devirici moment hesabında;  $\alpha = \frac{4}{3}, \beta = 2$  için;

$$\frac{h_0}{h} = 0,375 \left[ 1 + \alpha \left( \frac{M}{M_0} - 1 \right) \right] \quad \rightarrow \quad h_0 = 6,57 \text{ m}, \quad \frac{h_1}{h} = 1 - \frac{\cosh(ca) - \beta}{ca \cdot \sinh(ca)} \quad \rightarrow \quad h_1 = 7,44 \text{ m}$$

Hidrodinamik basınç hesabı için ;  $a = 0, b = 1$  için;

$$\frac{h_0}{h} = 0,375 \left[ 1 + \alpha \left( \frac{M}{M_0} - 1 \right) \right] \quad \rightarrow \quad h_0 = 1,84 \text{ m}, \quad \frac{h_1}{h} = 1 - \frac{\cosh(ca) - \beta}{ca \cdot \sinh(ca)} \quad \rightarrow \quad h_1 = 2,62 \text{ m}$$

$$\frac{kh}{M_1 g} = ca \cdot \tanh(ca), \quad \frac{k \cdot 2,45}{579,5 \cdot 9,81} = 0,939 \cdot \tanh(0,939) \quad \rightarrow \quad k = 799,81 \text{ kN/m}$$

$$w = \sqrt{\frac{k}{M_1}} = \sqrt{\frac{799,81}{579,5}} = 1,18 \text{ s}^{-1}, \quad T = \frac{2\pi}{w} = \frac{2\pi}{1,18} = 5,35 \text{ s}$$

Sönüm oranı  $\varepsilon = \%5$  ve yer hareketi ivmesi  $\ddot{v}_{g\max} = 0,33g$  alınmak suretiyle Housner' in ortalama ivme spektrum eğrilerinden ;

$$\frac{S_a}{\ddot{v}_{g\max}} = 0,40 \quad \rightarrow \quad S_a = \ddot{v}_{\max} = 0,40 \cdot 0,33 \cdot 9,81 = 1,294 \text{ m/s}^2 \quad S_v = \frac{S_a}{w} = \frac{1,294}{1,18} \otimes S_v = 1,097 \text{ m/s}$$

$$v_{\max} = \frac{S_v}{w} = \frac{1,097}{1,18} = 0,93 \text{ m}$$

$$\frac{d_{\max}}{v_{\max}} = d \frac{\tanh(ca)}{1 - ca \frac{v_{\max}}{h} \cdot \tanh^2(ca)}, \quad \frac{d_{\max}}{0,93} = 1,32 \frac{\tanh(0,939)}{1 - 2,5 \cdot 0,594 \cdot \frac{0,93}{4,90} \cdot \tanh^2(0,939)} \quad \rightarrow \quad d_{\max} = 1,06 \text{ m}$$

En büyük kuvvetler ve en büyük taban kesme kuvveti:

$$\frac{1}{2} kv_{\max} = \frac{1}{2} \cdot 799,81 \cdot 0,93 = 371,91 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} M_0 \cdot \ddot{v}_{\max} = \frac{1}{2} \cdot 303,2 \cdot 1,294 = 196,17 \text{ kN}$$

Taban kesme kuvveti:  $= kv_{\max} + M_0 S_a = 799,81 \cdot 0,93 + 303,2 \cdot 1,294 = 1136,16 \text{ kN}$

Devrilme momenti:  $M_d = kv_{\max} h_1 + M_0 S_a h_0 = 799,81 \cdot 0,93 \cdot 7,44 + 303,2 \cdot 1,294 \cdot 6,573 = 8112,90 \text{ kNm}$

Deponun kendi ağırlığından oluşan deprem kuvveti de hesaba katılır. Buna göre;

Deponun ağırlığı  $= [(0,60 \cdot 16,50 \cdot 11,0 + 2 \cdot (11,0 \cdot 5,5 \cdot 0,5 + 16,5 \cdot 5,5 \cdot 0,5))] 25 = 6503 \text{ kN}$

Hesaplanan ağırlık merkezi tabandan itibaren 2,2 m olduğuna göre;

Taban kesme kuvveti  $= 1136,16 + 650,37 \cdot 0,33 \cdot 9,81 = 3241,60 \text{ kN}$

Devrilme Momenti  $= 8112,90 + 650,37 \cdot 0,33 \cdot 9,81 \cdot 2,20 = 12744,87 \text{ kNm}$

Tablo 1.  $b/a = 2$  ,  $c/a = 2$  için Moment Katsayıları (a: yükseklik , b ve c plak boyutları)

Mx	Köşe	0,1b	0,2b	0,3b	0,4b	0,5b	My	Köşe	0,1b	0,2b	0,3b	0,4b	0,5b
		0,9b	0,8b	0,7b	0,6b	0,9b			0,8b	0,7b	0,6b		
Tavan	-11	0	0	0	0	0	Tavan	-55	-20	9	20	23	24
0,9a	-16	-2	2	4	4	5	0,9a	-78	-18	9	19	21	22
0,8a	-14	-3	4	7	8	8	0,8a	-71	-15	9	18	19	19
0,7a	-13	-1	6	9	10	10	0,7a	-65	-12	9	16	17	17
0,6a	-12	0	7	9	9	9	0,6a	-59	-9	9	14	14	14
0,5a	-10	1	6	6	5	4	0,5a	-52	-6	8	10	10	10
0,4a	-9	1	2	-2	-5	-7	0,4a	-43	-4	6	6	5	5
0,3a	-6	-2	-7	-16	-22	-24	0,3a	-32	-2	2	1	0	-1
0,2a	-4	-8	-23	-37	-46	-49	0,2a	-18	-2	-2	-5	-7	-8
0,1a	-1	-19	-46	-67	-80	-84	0,1a	-6	-4	-9	-13	-15	-16
Taban	0	-38	-80	-109	-124	-129	Taban	0	-8	-16	-22	-25	-26

**ACI 318-99 a Göre Çatlak Kontrolü**

$$M = 120 \text{ kNm/m} \quad A_s = 13,4 \text{ cm}^2 \quad E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$E_c = 26000 \text{ MPa} \quad a = E_s / E_c = 7,7 \quad d = 54 \text{ cm} \quad d_c = 5 \text{ cm}$$

$$? = A_s / (b_w \cdot d) = 13,4 / (100 \cdot 54) = 0,0025$$

$$k = \sqrt{2ra + (ra)^2} - ra = 0,178 \quad j = 1 - k/3 = 0,941$$

$$s_s = \frac{M}{A_s j d} = \frac{120 \cdot (100)}{13,4 \cdot 0,941 \cdot 54} = 17,6 \text{ kN/cm}^2 = 176 \text{ MPa}$$

$$A = \frac{2d_c b_w}{n} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 100}{7} = 142,86 \text{ cm}^2 = 14286 \text{ mm}^2$$

$$z = s_s \sqrt[3]{d_c A} = 157,3 \text{ kN/cm} = 15,73 \text{ kN/mm}$$

$$w = 0,0132 \cdot z = 0,0132 \cdot 15,73 = 0,21 \text{ mm} < 0,33 \text{ mm}$$



$M$  = yük katsayısı kullanılmadan bulunan moment değeri

$A$  = her bir çekme çubuguna düşen etkili beton alanı

$w$  = çatlak genişliği

$s_s$  = donatıda meydana gelen gerilme (  $0,6 f_{yk}$  olarak alınabilir. )

$A_s$  = donatı alanı

$n$  = kesitteki donatı sayısı

$b_w$  = kesit genişliği

$z$  = eğilme donatısı dağılımındaki sınırlandırma değeri

$d$  = etkili kesit yüksekliği

$d_c$  = beton örtüsü

$\rho$  = donatı oranı

**ACI 318-05 a Göre Çatlak Kontrolü**

Burada çatlak genişliğini kontrol altına almak için eğilme donatıları arasındaki mesafe aşağıdaki denklem ile verilen değerleri geçmemelidir.

$$s = 38 \left( \frac{276}{s_s} \right) - 2,5c_c \quad \text{ve} \quad s = 30 \left( \frac{276}{s_s} \right)$$

$$s = 38 \left( \frac{276}{s_s} \right) - 2,5c_c = 38 \left( \frac{276}{170} \right) - 2,5 \cdot 5 = 49 \text{ cm} > 10 \text{ cm}$$

$$s = 30 \left( \frac{276}{s_s} \right) = 30 \left( \frac{276}{170} \right) = 48 \text{ cm} > 10 \text{ cm}$$

Kullanılan donatı aralıkları uygundur.

$c_c$  = en dış çekme lifi ile çekme donatısı arasındaki mesafe (cm)

$s_s$  = donatıda meydana gelen gerilme (  $2/3 f_{yk}$  olarak alınabilir. ) (MPa)



- **Türkçe Kaynak Yayınlar**

- H. Demir, M. Altan, K. Güler; **Betonarme Depolar**, Betonarme Yapılar Semineri, I.T.Ü: İnşaat Fakültesi, Kasım 1988
- Z. Celep, N. Kumbasar; **Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı**, Beta Yayıncılık, 2004.
- TS 500 **Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları**, TSE Ankara, 2000.
- **Su Tutucu Betonarme Yapıların Hesap ve Yapımına Ait Genel Teknik Şartname**, DSI, 1983
- **ACI 318-05** Building Code Requirements for Structural Concrete, ACI, Farmington Hills, Michigan, 2005.



**ITÜ**

**YAPI  
ANABİLİM DALI**

**ILGI VE SABRINIZ İÇİN TESEKKÜRLER**