

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iv
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2. BETONARME DEPOLARLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER	2
2.1 Giriş	2
2.2 Depoların Kullanım Alanları	2
2.3 Depoların Sınıflandırılması	2
2.4 Depolarda Kullanılacak Malzeme	3
2.5 Depolarda Dikkate Alınacak Yük yada Yük Etkileri	4
3. SİLİNDİRİK KESİTLİ BETONARME SIVI DEPOLARI	5
3.1 Giriş	5
3.2 Dairesel Depo Şekilleri	5
4. SİLİNDİRİK SIVI DEPOLARIN HESAP ESASLARI	8
4.1 Giriş	8
4.2 Yükleme Koşulları	8
4.3 Tasarım Metodları	9
4.3.1. Mamban teorisi	9
4.3.2 Eğilmeli teori	18
4.3.2.1 Kuvvet metodu ile X_i ve X_k hiperstatik bilinmeyenlerinin hesabı	18
4.3.3 Sıcaklık farkına göre hesap	20
5. ÖNGERİLMELİ DAİRESEL KESİTLİ SIVI DEPOLARIN HESAP ESASLARI	23
5.1 Giriş	23
5.2 Öngerilmeli Betonda Gerilme Kayıpları	23
5.2.1 Sürtünmeden doğan gerilme kaybı	24
5.2.2 Sünmeden doğan gerilme kaybı	25
5.2.3 Rötreden doğan gerilme kaybı	25
5.2.4 Rölaksasyondan doğan gerilme kaybı	26
5.3 Çember ve Eğilme Gerilmeleri	26
5.3.1 Çember çekme gerilmesi	26
5.3.2 Deponun dolu olması durumu	27
5.3.3 Deponun boş olması durumu	28
5.3.4 Depo duvarında dönme ve radyal deformasyonlar	30
5.3.4.1 Yerdeğiştirme olmadan birim dönme	31
5.3.5 Mamban sabitleri	31

6. SİLİNDİRİK DEPOLARIN PROJELENDİRMESİNDE HESAP ESASLARI	33
6.1 Giriş	33
6.2 Taban Birleşimin Depo Duvarlarına Etkisi	34
6.3 Silindirik Depolarda Öngerilme Etkisi	35
6.3.1 Alt kenarda serbestçe hareketli birleşim	35
6.3.2 Alt kenarda mafsallı birleşim	36
6.3.3 Alt kenarda tam kayıcı sonra mafsallı birleşim	37
6.3.4 Alt kenarda yarı kayıcı birleşim	38
6.3.5 Alt kenarda ankastre birleşim	38
7. SİLİNDİRİK DEPOLARIN BETONARME HESAP ESASLARI	39
7.1 Giriş	39
7.2 Depo Tavanı	39
7.3 Depo Yan Duvarları	40
7.4 Depo Tabanı	42
8. SİLİNDİRİK DEPOLARDA KONSTRÜKSİYON	43
8.1. Depo Tavan Konstrüksiyonu	43
8.2. Depo Yan Duvarları Konstrüksiyonu	44
8.3 Depo Taban Konstrüksiyonu	44
9. DERZLER	46
9.1 Giriş	46
9.2 İnşaat Derzleri	46
9.3 Hareket Derzleri	47
10. GEÇİRİMSİZLİK	50
10.1 Giriş	50
10.2 Su Depolarında Geçirimsizliğin Önlenmesi	51
11. ÇATLAK KONTROLÜ	55
11.1 Giriş	55
11.2 TS500 'e göre Çatlak Kontrolü	55
11.3 DSİ Şartnamesine Göre Çatlak Kontrolü	56
11.3.1 Farklı oturmalar	57
11.3.2 Tesirler	58
11.3.3 Mukavemet hesapları	58
11.4 BS8007'ye Göre Çatlak Kontrolü	58
11.5 ACI 318 ve ACI 350 'ye Göre Çatlak Kontrolü	60
12. DEPREM HESABI	61
12.1 Giriş	61
12.2 Zemin Basıncı	61
13. UYGULAMA-1	63
14. UYGULAMA-2	72
15. UYGULAMA-3	78

16. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	82
KAYNAKLAR	84
EKLER	85
ÖZGEÇMİŞ	112

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, silindirik kesitli depoların tasarımı incelemiş olup, Mambran Teoremi ile çözülmüş olan bir örnek SAP2000 programının sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Bu çalışmayı yaparken yönlendiren, katkılarını ve teşviklerini esirgemeyen hocam Sayın Doç. Dr. Kadir GÜLER 'e ve beni her zaman destekleyen aileme teşekkür ederim.

Haziran,2005

İnş.Müh. Mustafa Fatih ÇELEBİOĞLU

KISALTMALAR

ACI	: American Concrete Institute
TS	: Türk standartları
DSİ	: Devlet su işleri
BS	: British Standard Institution
EUROCODE	: European standard

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1. Mambran durumda iç kuvvetler	11
Tablo 11.1. Beton emniyet gerilmeleri.....	56
Tablo 11.2. Mukavemet hesaplarında beton emniyet gerilmeleri	57
Tablo 11.3. Çelik Emniyet Gerilmeleri.....	57
Tablo13.1 Hesap değerlerinin karşılaştırılması.....	70
Tablo15.1 Hesap değerlerinin karşılaştırılması.....	81
Tablo A.1. Moment hesabı için mambran fonksiyonları.....	86
Tablo A.2. Moment hesabı için mambran sabiti. (Üçgen yük-Taban ankastre tavan serbest).....	87
Tablo A.3. Moment hesabı için mambran sabiti. (Dikdörtgen yük-Taban ankastre tavan serbest).....	88
Tablo A.4. Moment hesabı için mambran sabiti. (Trepozoidal yük-Taban mafsallı tavan serbest).....	89
Tablo A.5. Moment hesabı için mambran sabiti. (Üstte kesme kuvveti-Taban ankastre tavan serbest).....	90
Tablo A.6. Moment hesabı için mambran sabiti. (Üstte kesme kuvveti-Taban mafsallı tavan serbest).....	91
Tablo A.7. Moment hesabı için mambran sabiti. (Tabanda kesme kuvveti).....	92
Tablo A.8. Moment hesabı için mambran sabiti. (Üçgen yük-Taban ankastre tavan serbest).....	93
Tablo A.9. Moment hesabı için mambran sabiti. (Dikdörtgen yük-Taban ankastre tavan serbest).....	94
Tablo A.10. Moment hesabı için mambran sabiti. (Üçgen yük-Taban mafsallı tavan serbest).....	95
Tablo A.11. Moment hesabı için mambran sabiti. (Dikdörtgen yük-Taban mafsallı tavan serbest).....	96
Tablo A.12. Moment hesabı için mambran sabiti. (Tavanda kesme kuvveti-Taban mafsallı tavan serbest).....	97
Tablo A.13. Moment hesabı için mambran sabiti. (Tabanda moment-Taban mafsallı tavan serbest).....	98

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1 : Dairesel Kesitli Depo tipleri.....	5
Şekil 3.2 : Depo yan duvarları teşkili.....	7
Şekil 4.1 : Kısmen Gömülmüş Dairesel Kesitli Depolarda Yükleme Tipleri.....	8
Şekil 4.2 : Mambran durumda iç kuvvetler	10
Şekil 4.3 : Depo birleşimi ve iç kuvvetler.....	18
Şekil 4.4 : Hiperstatik iç kuvvetler.....	19
Şekil 4.5 : Hiperstatik iç kuvvetler.....	19
Şekil 4.6 : Hiperstatik iç kuvvetler.....	20
Şekil 5.1 : Eğilme ve Çember Kuvveti.....	26
Şekil 5.2 : Boş deponun mesnetlenmesi.....	28
Şekil 5.3 : Çember Kuvvetinin Derinlikle Değişimi.....	30
Şekil 6.1 : Serbest Kayıcı halde sıvı kuvvetlerinin dengelenmesi	35
Şekil 6.2 : Serbest Kayıcı halde şekil değiştirme.....	36
Şekil 6.3 : Altta mafsallı halde şekil değiştirme	37
Şekil 6.4 : Önce Kayıcı sonra mafsallı halde şekil değiştirme	37
Şekil 6.5 : Ankastre mesnetli halde şekil değiştirme.....	38
Şekil 7.1 : Tavan Konstiksüyonu.....	40
Şekil 7.2 : Yan duvar Konstiksüyonu	41
Şekil 7.3 : Plakta Eğilme Momenti.....	42
Şekil 9.1 : Derzlerde Su tutucu bant.....	47
Şekil 9.2 : Derzlerde Beton Dış	47
Şekil 9.3 : Derzlerde Dış suya Karşı Su tutucu bant.....	47
Şekil 9.4 : Taban Derzleri	48
Şekil 9.5 : Kauçuk ve Lastik su tutucular	49
Şekil 9.6 : DSİ Su Tutucu Betonarme Yapıların Hesap ve Yapımına Ait Genel Teknik Şartname'de öngörülen derzler.....	49
Şekil 12.1 : Konsol istinat duvarında kuvvetler	61
Şekil 13.1 : Su Deposu.....	64
Şekil 13.2 : Gerilme Dağılımı.....	67
Şekil 13.3 : Gerilme Dağılımı.....	67
Şekil 13.4 : Kubbe Donatısı.....	70
Şekil 13.5 : Kubbe ve Silindirik Duvar Donatısı.....	71
Şekil 14.1 : Su Deposu	73
Şekil 14.2 : Kubbe Donatısı.....	75
Şekil 14.3 : Kubbe ve Silindirik Duvar Donatısı.....	76
Şekil 15.1 : Sabit kesitli silindirik su deposu.....	78
Şekil 15.2 : Sabit kesitli silindirik su deposu.(SAP2000).....	79
Şekil 15.3 : Şekil değiştirmiş durum.....	79
Şekil 15.4 : M11 Diagramı.....	80
Şekil 15.5 : M22 Diagramı.....	80
Şekil 15.6 : N11 Diagramı.....	81
Şekil B.1 : Su Deposu (SAP2000).....	99

Şekil B.2	: Su Yüğü.....	99
Şekil B.3	: g1 toprak yüğü	100
Şekil B.4	: g2+g3 toprak yüğü.....	100
Şekil B.5	: Öngerilme Kuvveti.....	101
Şekil B.6	: Yükleme Durumu-2 M22 Diagramı	101
Şekil B.7	: Yükleme Durumu-3 M22 Diagramı.....	102
Şekil B.8	: Yükleme Durumu-(1+3) M22 Diagramı	102
Şekil B.9	: Yükleme Durumu-1+2 M22 Diagramı.....	103
Şekil B.10	: Yükleme Durumu-1+3+4 M22 Diagramı.....	103
Şekil B.11	: Yükleme Durumu-1+2+4 M22 Diagramı.....	104
Şekil B.12	: Yükleme Durumu-1 M22 Diagramı.....	104
Şekil B.13	: Yükleme Durumu-1+4 N2 Diagramı	105
Şekil B.14	: Yükleme Durumu-2 N1 Diagramı.....	105
Şekil B.15	: Yükleme Durumu-1+3+4 N Diagramı (Çember Kirişli).....	106
Şekil B.16	: Yükleme Durumu-1+4 N Diagramı(Çember Kirişli).....	106
Şekil C.1	: Yükleme Durumu-1 M22 Diagramı.....	107
Şekil C.2	: Yükleme Durumu-1 N2 Diagramı.....	107
Şekil C.3	: Yükleme Durumu-1+3 N Diagramı.....	108
Şekil C.4	: Yükleme Durumu-1+3 M3 Diagramı.....	108
Şekil C.5	: Yükleme Durumu-1 N Diagramı.....	109
Şekil C.6	: Yükleme Durumu-1 M3 Diagramı.....	109
Şekil C.7	: Yükleme Durumu-1+2 M22 Diagramı	110
Şekil C.8	: Yükleme Durumu-1+2 N1 Diagramı	110

SEMBOL LİSTESİ

A_s'	: Basıç Donatısı
a'	: Uygulanan basınç yüzeyinden çatlağın hesaplandığı yüzeye olan mesafe
a_{cr}	: İncelenen nokta ile en yakın boyuna donatı arasındaki mesafe
A_s	: Çekme donatısı
A	: Eğilme donatısını saran betonun etkili gerilme alanı
a_m	: Maksimum yer ivmesi
A_t	: Her bir donatı çubuğuna düşen etkili beton alanı
A_0	: Etkin yer ivme katsayısı
b_w	: Maksimum donatı aralığı, Kesit genişliği
c_s	: Kesme kuvveti katsayısı
c_d	: Hesaplanan çökme katsayısı
c_h	: Yatay deprem katsayısı
c_{min}	: Çekme donatısı yüzeyindeki min örtü kalınlığı
c_v	: Düşey eşdeğer basınç katsayısı
c	: Dış yüzeye en yakıl olan çekme çubuğunun beton örtüsü
d	: Etkili yükseklik
d_c	: Maksimum gerilmeye maruz en dış donatının merkezinden ölçülen beton tabakanın kalınlığı
d_g	: Maksimum zemin yer değiştirmesi
E_c	: Betonun elastisite modülü
E_s	: Çeliğin elastisite modülü
f_{cd}	: Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik basınç dayanımı
F	: Yanal sıvı basıncında kullanılan yük faktörü
f_{ctk}	: Betonun çekme mukavemeti
f_{yk}	: Donatı çeliğinin akma mukavemeti
f_{cu}	: Küp için basınç dayanımı
g	: Yer çekimi ivmesi
h	: Plak veya duvarın yüksekliği
	: Sıvı yüksekliği
	: Kesit yüksekliği
h_a	: Atıl kütle itkisi yüksekliği
h_0	: İmpuls kütle itkisi yüksekliği
h_1	: Etkili yükseklik
i	: Zemin şev açısı
I	: Yapı önem katsayısı
I_{cr}	: Tarafsız eksene göre çatlamış kesit eylemsizlik momenti
k'	: Deprem katsayısı
k	: Aktif veya pasif basınç katsayısı
K_a	: Aktif Basınç katsayısı
K_p	: Pasif basınç katsayısı
K_{ad}	: Dinamik aktif basınç katsayısı
K_{pd}	: Dinamik pasif basınç katsayısı
k	: Rijitlik

L	: Depo yarı boyu
M	: Depo içindeki sıvı kütlesinin toplam kütlesi
M_a	: Sıvı atıl kütlesi
M_d	: Devirici moment
	: Tasarım eğilme momenti
M_e	: Eğilme momenti
M_{xy}	: x-y düzleminde eğilme momenti
n	: Çubuk sayısı
N	: Eksenel kuvvet
q	: Plak veya duvar tabanındaki üçgen yük dağılımı
P_a	: Toplam aktif basınç
P_p	: Toplam pasif basınç
P_{st}	: Statik basınç
P_h	: Yatay maksimum basınç değeri
P_v	: Düşey maksimum basınç değeri
P_d	: Hidrodinamik basınç
P₀	: İmpuls basınç kuvveti
P_i	: Salınım basınç kuvveti
P	: Hidrostatik basınç
s	: İki genleşme derzi arasındaki mesafe
	: Atıl sıvı yüksekliği
S_a	: Spektrum ivmesi
S_v	: Spektrum hızı
t	: Plak veya duvar kalınlığı
	: Zaman
U	: Yük kombinasyonu
V_{cr}	: Kesitin çekmede dayanımı
V_d	: Hesap kesme mukavemeti
V_u	: Nihai kesme dayanımı
w	: Çatlak genişliği
w_k	: Karakteristik çekme çatlak genişliği
w_m	: Ortalama çatlak genişliği
x	: Tarafsız eksen derinliği
ω₀	: Sıvı titreşiminin açısal hızı
z	: Eğilme donatısı dağılımındaki sınırlandırma miktarı
	: Sıvı derinliği
γ	: Toprak veya suyun birim ağırlığı
Φ	: Toprak iç sürtünme açısı
	: Salınım açısı
	: Donatı çapı
μ	: Poisson oranı
Δ	: Minimum yerdeğiştirme değeri
η	: Moment katsayısı
ρ	: Birim kütle
β	: Duvar arka yüzeyinin düşeyle yaptığı açı
ρ_r	: Çekme bölgesindeki donatı yüzdesi
ρ_{cr}	: Toplam kesit alanına göre çatlakları dağıtmak için gerekli kritik donatı oranı
σ_s	: Kullanım yükleri altında donatıdaki gerilme
σ_{sr}	: Çatlama anında donatıdaki gerilme

SİLİNDİRİK SU DEPOSU TASARIMI

ÖZET

Sıvı depolarının kullanımı insanlık tarihi kadar eskiye dayanmaktadır. İnsanoğlu birçok amaç dahilinde depoları kullanmaktadır. Bu yüzden depoları incelerken dayanım şartlarının sağlanması haricinde kullanılabilirliği de göz önüne alınmalıdır. Son yıllarda silindirik depolarda öngerilme daha sık kullanılmaya başlanmıştır.

Çalışmada silindirik su depolarının hesap yöntemleri, öngerilme hesap esasları, projelendirmede dikkat edilecek hususlar, dezler, geçirimsizlik, çatlaklar gibi konular ele alınmıştır.

2.bölümde depoların kullanım alanları, sınıflandırılması, kullanılacak malzeme ve hesapta ele alınacak konular ele alınmıştır.

3.bölümde dairesel kesitli depoların şekil açısından kullanım alanlarında incelenmiştir.

4. bölümde artık yaygın olarak kullanılmakta olan öngerilme hesap esasları incelenmiştir.

5. bölümde öngerilmesiz olarak kullanılan depoların hesap yöntemlerine yer verilmiştir. Mambran teoremi ve eğilmeli teori ayrıntılı olarak incelenmiştir.

6. , 7. ve 8. bölümlerde proje esasları, betonarme hesaplarda baz alınan kriterler ve buna bağlı olarak yapıda kullanılacak konstrüksiyon üzerinde durulmuştur.

Daha sonra yapıda oluşabilecek temel problemler olan geçirimsizlik, derzlar ve çatlaklar ile bu problemlerin nasıl çözülebileceği incelenmiştir.

Son olarak daha önce Mambran teorisine göre hesabı yapılmış olan tek hazneli bir su deposunun SAP2000 'de çözümü yapılmış ve çıkan sonuçlara göre betonarme hesabı yapılmıştır.

.

DESIGN OF SYLINDRICAL TANKS

SUMMARY

Tanks have been used as far as human being as historically. In designing of tanks, serviceability is very important with strength requirements.

Tanks are used to store drinking water, utilizing water and different liquids which are used in industry and energy.

Tank should be withstand and do not cause leakage.

In section 2 useful areas, types, material in construction of tanks are explained.

In section 3 useful areas of tanks according to their shapes are explained.

In section 4 and 5 structural analysis methods of tanks and prestressed tanks.

In section 6,7 and 8 construction of tank elements, material of tanks are explained.

At the end of this study there are 2 examples designed with SAP2000 and the result of these compare with the solutions in book.

1.GİRİŞ

1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı

İnsanoğlu gelişiminden itibaren tüketim maddelerini depolamak amacıyla çeşitli yollara başvurmuştur. Bu yüzden su depolarının tarihi insanoğlu kadar eskidir.

Çağlar ilerledikçe depoların yapımı ve kullanım amaçları da gelişim göstermiştir. Betonarme depolar son yıllarda yaygın olarak şehirselle ve endüstriyel alanlarda ve en küçük yerleşim bölgelerinde dahi kullanılmaya başlanmıştır.

Betonarme su depolarında sadece dayanım değil kullanım amacına göre ve şeklinin de uygun olması çok önemli bir ölçüttür. Gerekli miktarda donanım, yalıtım ve ayrıca derzlerdeki detaylandırma, kullanılan inşa tekniği ve betonun kalitesi bir deponun yapımında önemlidir.

İnceleyeceğimiz betonarme su depolarının silindirik olan türüdür. Dairesel kesitli betonarme su deposu taban, cidar ve tavan olmak üzere 3 kısma ayrılabilir. Deponun üzeri açık ise yapımındaki hata ileride çatlama gibi sık görülen problemlere yol açabilmektedir. Deponun yapımı tamamlandıktan sonra kullanımda; sıcaklık ve rötre etkilerinin azaltılması için deponun aniden doldurulmaması, sıcak altında boş bırakılmaması gerekmektedir.

Bu çalışmada silindirik betonarme su depolarının SAP2000 programı yardımıyla sonlu elemanlarla çözümüne ilişkin ve depo tasarımına ait bilgiler verilmiştir.

2.BETONARME DEPOLARLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER

2.1 Giriş

Betonarme su depolarının, sıvıları ve küçük tanecikli maddelerin depolanması amacı ve ihtiyaca göre bu depo yerlerinden ihtiyaç yerlerine ekonomik ve uygun şekilde sevk ederek orada kullanması durumu ile uygulamada çok karşılaşılır. Betonarme su deposu inşasının; düşük maliyet, inşada kolaylık ve bakım aşamasında kolaylık gibi avantajları içermesi gerekmektedir. Tasarım açısından hidrolik ve yapısal özellikler beraber düşünülmelidir.

2.2 Depoların Kullanım Alanları

Depolar çok çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Başlıcaları:

- İnsanların ihtiyacı olan suyu depolamak.
- Ek su ihtiyaçlarını karşılamak.
- Şebeke su basıncını dengelemek.
- Endüstri sektörü ve enerji için gerekli sıvıyı depolamak.
- Atıksu birikimini sağlamak.

2.3 Depoların Sınıflandırılması

Depoların çeşitli kriterlere göre sınıflandırılması aşağıda sunulmuştur.

I. Kullanım amacına göre:

- Su depoları.

- Akaryakıt ve gaz depoları.
- Atıksu tesisi depoları.

II. Kullanılan malzeme cinsine göre:

- Betonarme depolar.
- Öngerilmeli depolar.
- Kagir ve beton depolar.
- Çelik depolar.

III. Konumuna göre:

- Toprağa gömülü depolar.
- Yerüstü depolar.
- Ayaklı depolar.

IV. Şekline göre

- Dikdörtgen kesitli depolar.
- Dairesel kesitli depolar.

V. Kat ve göz adedine göre:

İnşa edilecek deponun türü; ihtiyaçlar, imkanlar, hidrolik ve yapısal özellikler dikkate alınarak seçilir.

2.4 Depolarda Kullanılacak Malzeme

Depolarda tasarım ve kullanım amaçlarına göre betonarme, öngerilmeli beton, prefabrike beton, kagir ve çelik olarak inşa edilmektedir.

Ahşap nadir olarak, sızdırmazlık ve su kaçağının önemli olmadığı, malzemenin kolay ve ucuz bulunduğu ve genellikle geçici depolar için kullanılmaktadır.

Betonarme, öngerilmeli beton, prefabrike beton, kagir ve çelik arasında tasarım kuralları, depolanacak maddenin özellikleri ve kullanım amacı ve ekonomik maliyet kriterleri altında seçim yapılmaktadır. Bu çalışmada silindirik betonarme su depoları ele alındığı için betonarmeye ilişkin malzeme detaylarını verilmiştir. Betonarmede kullanılacak malzeme çok kolay yoğun ve üniform karışım oluşturacak şekilde seçilmelidir.

İnce duvarlı betonarme su depolarında iri agregalar 2 cm.den fazla olmamalıdır, fakat 4 cm.ye kadar olanlar temelde kullanılabilir. Agregalar en az iki değişik çapta olacak şekilde temin edilmeli ve her 100 tonda mutlaka kontrol edilmelidir. Çimento olarak Portland Çimentosu daha çok kullanılmaktadır. Portland Çimentosu ve Portland Yüksek Fırın Çimentosu sık kullanılan çimento çeşitleridir. Öngerme çelikleri, Öngerilmeli Beton Çelikleri standartlarına uymalıdır.

2.5 Depolarda Dikkate Alınacak Yük ya da Yük Etkileri

Depoların tasarımında dikkate alınabilecek tesirler aşağıda sunulmuştur.

- Depo ve ekipmanın özgül ağırlıkları.
- Depolanan maddenin ağırlığı.
- İşletme yükleri.
- Sıcaklık değişimi.
- Rötire etkisi.
- Sünme etkisi.
- Kar ve rüzgar etkisi.
- Deprem etkisi.
- Toprak ve su itkisi.
- Yer altı suyunun kaldırma etkisi.

3.SİLİNDİRİK KESİTLİ BETONARME SIVI DEPOLARI

3.1 Giriş

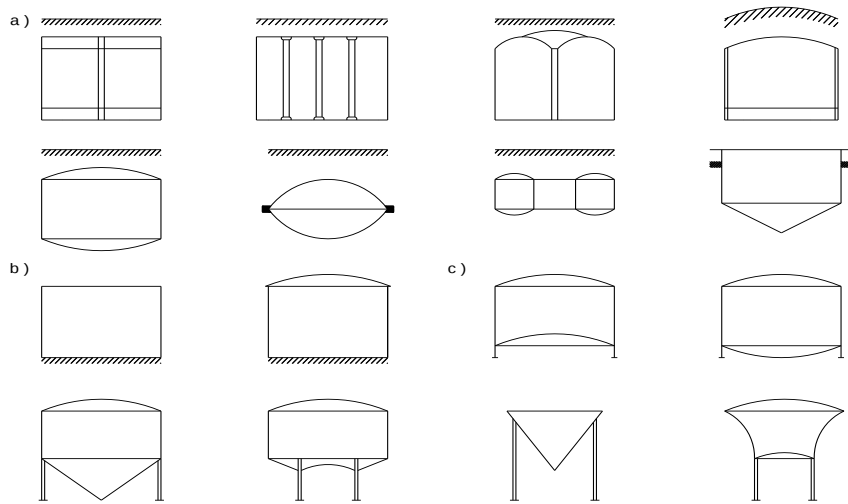
Bu tip depolar yatay veya düşey dönme eksenine sahip dönel kabuklar olarak iki gruba ayrılırlar.

Yatay dönme eksenine sahip depolar genellikle çelikten imal edilirler.

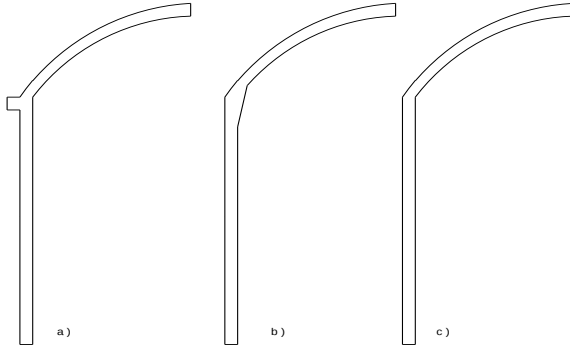
Dönel simetrik kabukların yüzeyleri bir doğrunun veya bir eğrinin bir dönme eksenini etrafında dönmesi sonucu elde edilirler. Dönen elemanın şekline göre de küresel kabuk, silindirik veya konik kabuk olarak isimlendirilirler.

3.2 Dairesel Depo Şekilleri

Dikdörtgen kesitli depolara göre bu tip depolarda deponun teşkil edileceği zeminin durumu tip ve formların seçiminde etkilidir. Aşağıda dairesele kesitli depo tipleri gösterilmektedir.



Şekil 3.1 : Dairesel Kesitli Depo tipleri



Şekil 3.2 : Depo Yan Duvarları Teşkil

Tabanları yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yerlerde teşkil edilen gömme depolarda küresel tavan pek kullanılmaz. Bu durumda tavanın nervürlü döşeme veya mantar döşeme yapılması uygundur.

Dairesel kesitli depoların yan duvarları genellikle silindirik kabuk olarak teşkil edilir. Yüksekliği az depolarda duvar kalınlıkları sabit olduğu halde yüksekliği fazla depolarda kalınlık depo tabanına doğru lineer olarak artacak şekilde seçilir.

Silindirik duvarların taban plağı ile birleşimleri monolitik, mafsallı ve bazen de kayıcı mafsallı (ön gerilmeli prefabrik depolarda) teşkil edilirler. Bu duvarlar gömme ve zemin üstü depolarında depo tabanı ile birlikte çalışırlar veya bir derz ile birbirinden ayrılırlar. Bir derzle ayrılma durumunda duvarlara halka şeklinde bir temel teşkil edilir. Yan duvarların taban ile monolitik olması halinde bu mesnetlenme elastik ankastre olarak alınır. Eğer taban konstrüksiyonu şekil değiştirmeyecek kadar rijit ise tam ankastre olarak teşkil edilebilir.

Gömme ve zemin üstü depoların tabanları genellikle düzlemdir. Yeraltı su seviyesi yüksek ise taban plağında büyük eğilme momentleri doğar. Bu etkileri azaltmak için ters dönmüş silindirik kabuk veya küresel kabuk kullanılabilir.

4.SİLİNDİRİK BETONARME SIVI DEPOLARIN HESAP ESASLARI

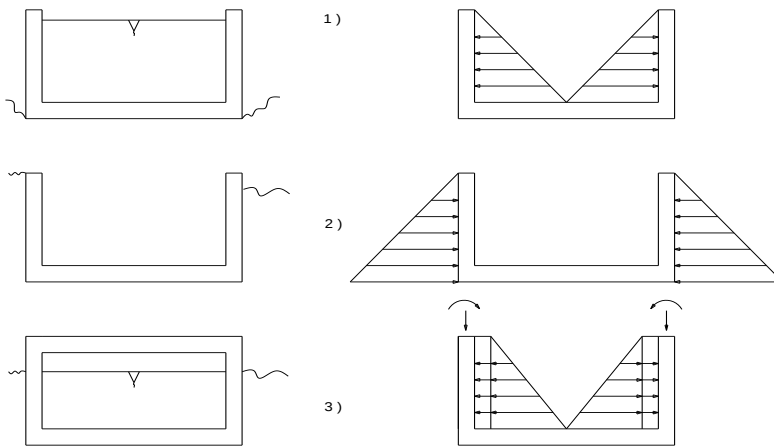
4.1 Giriş

Depoların tasarımında sadece yapının sağlamlığı değil aynı zamanda ihtiyacı hizmet edebilirliğinin de dikkate alınması gerekmektedir. Depo etki altında bulunduğu yükler dahilinde sızma oluşturabilecek çatlaklara karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Sonuç olarak depoda sızma ve çatlaklar; uygun konstruksiyon, aralıkları ve detayları doğru yapılandırılmış yapı birleşim noktaları ve iyi malzeme seçimiyle önlenabilmektedir.

4.2 Yükleme Koşulları

Depolar yük ve yük etkilerine karşı uzun yıllarca kullanılmak üzere tasarlanmalıdır. Bunun için özellikle depoya etki edebilecek yüklerin dikkatlice incelenmesi gerekmektedir.

Aşağıda toprağa gömülü olana depoya etki eden yükler gösterilmektedir.



Şekil 4.1 : Kısmen Gömülmüş Dairesel Kesitli Depolarda Yükleme Tipleri

1. Dolgu Malzemesi için sızma kontrolü

2. Kapalı depoda dolgu.

3. Dolu ve kapalı depo.

Yukarıda yükler haricinde yer altı suyunun hidrostatik kaldırma kuvveti de deponun inşa edildiği yere bağlı olarak göz önüne alınacak noktadır.

4.3 Tasarım Metodları

Dairesel kesitli dönel depolar iki adımda hesaplanır:

- Mambran teorisine göre hesap (Eğilme etkilerinin gözönüne alınmadığı durum)
- Kabuk kenar tesirlerinin gözönüne alındığı eğilmeli teoriye göre hesap

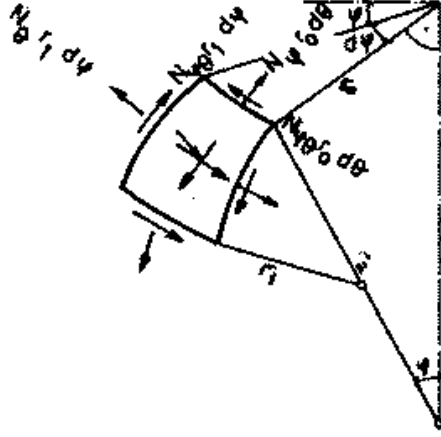
4.3.1 Mambran teorisi

Mambran teorisinde gerilmelerin kabuk kalınlığına üniform dağıldığı ve eğilme etkilerinin ihmal edildiği kabul edilir. [1]

Kabukların eğilmeli ve mambran hesaplarında pratik olarak:

- a- Kabuk kalınlığının diğer boyutları yanında çok küçük olduğu,
- b- Kabuk kalınlığı yanında sehimlerin çok küçük olduğu,
- c- Şekil değiştirmeden önce ortalama yüzeye dik olan kesitin şekil değiştirmeden sonra da ortalama yüzeye dik kaldığı,
- d- Ortalama yüzeye dik gerilmelerin ihmal edilebileceği kabul edilir.

Mambran durumda bunlardan başka ortalama yüzeyin sürekli olması, kalınlığın sabit olup sıçrama göstermemesi, kabuğa etki eden yüklerin sürekli yayılı olması ve sınır kuvvetlerinin ortalama yüzeye teğet olması şartları da sağlanmalıdır.



Şekil 4.2 : Mambran Durumda İç Kuvvetler

n_ϕ = meridyen kuvveti

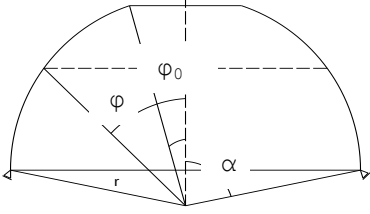
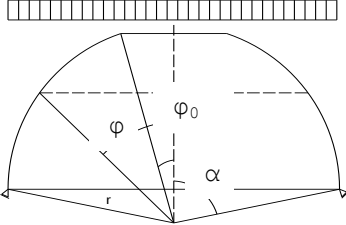
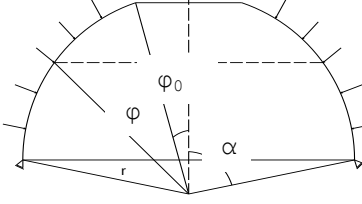
n_θ = paralel kuvvet

$n_{\phi\theta}$ = teğetsel kuvvet

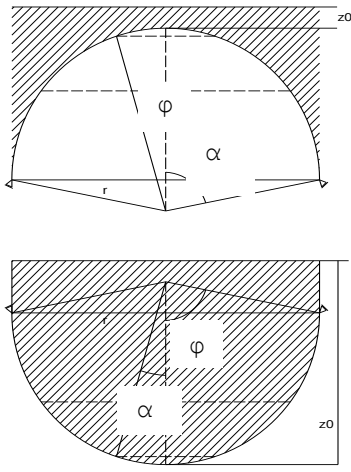
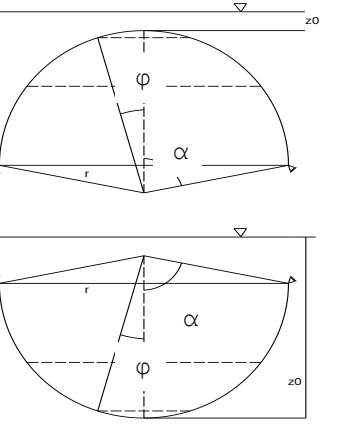
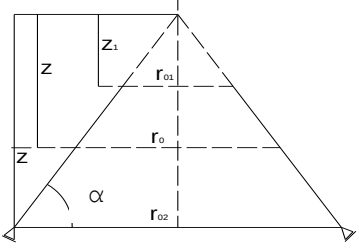
X, Y, Z kabukta birim alana etki eden dış yük bileşenleridir.

Küresel, konik ve silindirik kabuklarda çeşitli yükleme durumlarında mambran iç kuvvetler Tablo 4.1 de verilmiştir.

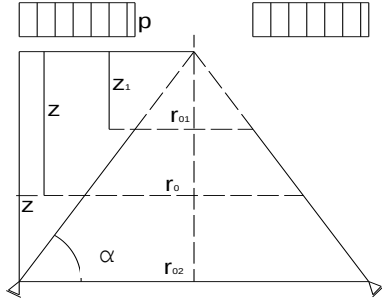
Tablo 4.1 : Mambran Durumda İç Kuvvetler

KÜRESEL KABUK	
YÜKLEME DURUMU	N_φ , N_θ , $dN_\varphi/d\varphi$, $dN/d\varphi$
I. g zati ağırlık 	$N_\varphi = -gr \frac{\cos\varphi_0 - \cos\varphi}{\sin^2\varphi}$ $\frac{dN_\varphi}{d\varphi} = gr \left(\frac{2 \cos\varphi (\cos\varphi_0 - \cos\varphi)}{\sin^3\varphi} - \frac{1}{\sin\varphi} \right)$ $N_\theta = gr \left(\frac{\cos\varphi_0 - \cos\varphi}{\sin^2\varphi} - \cos\varphi \right)$ $\frac{dN_\theta}{d\varphi} = gr \left(\frac{-2 \cos\varphi (\cos\varphi_0 + \cos\varphi)}{\sin^3\varphi} - \frac{1}{\sin\varphi} + \sin\varphi \right)$
II. Yatayda üniform etkiyen Yük p sabit yük 	$N_\varphi = -\frac{pr}{2} \left(1 - \frac{\sin^2\varphi_0}{\sin^2\varphi} \right)$ $\frac{dN_\varphi}{d\varphi} = -pr \cot\varphi \frac{\sin^2\varphi_0}{\sin^2\varphi}$ $N_\theta = \frac{pr}{2} \left(1 - \frac{\sin^2\varphi_0}{\sin^2\varphi} \right) 2 \cos^2\varphi$ $\frac{dN_\theta}{d\varphi} = pr \left(\cot\varphi \frac{\sin^2\varphi_0}{\sin^2\varphi} + 2 \sin\varphi \cos\varphi \right)$
III. Kabuğa dik etkiyen p sabit yük 	$N_\varphi = -\frac{pr}{2} \left(1 - \frac{\sin^2\varphi_0}{\sin^2\varphi} \right)$ $\frac{dN_\varphi}{d\varphi} = -pr \frac{\cos\varphi \sin^2\varphi_0}{\sin^3\varphi}$ $N_\theta = -\frac{pr}{2} \left(1 + \frac{\sin^2\varphi_0}{\sin^2\varphi} \right)$ $\frac{dN_\theta}{d\varphi} = pr \frac{\cos\varphi \sin^2\varphi_0}{\sin^3\varphi}$

IV. Özgöl ağırlıklı sıvı yükü γ	$N\varphi = -\gamma r^2 \left[\frac{z}{2r} \left(1 - \frac{\sin^2 \varphi_0}{\sin^2 \varphi} \right) - \frac{1}{3} \frac{\cos^3 \varphi_0 - \cos^3 \varphi}{\sin^2 \varphi} \right]$ $\frac{dN\varphi}{d\varphi} = -\gamma r^2 \left[\frac{\cot \varphi}{\sin^2 \varphi} \left(-\frac{z}{r} \sin^2 \varphi_0 + \frac{2}{3} \cos^3 \varphi_0 \right) + \right.$ $\left. - \cot \varphi \cos \varphi \left(1 + \frac{2}{3} \cot^2 \varphi \right) \right]$ $N\theta = -\gamma r \left[\frac{z}{2} \left(1 + \frac{\sin^2 \varphi_0}{\sin^2 \varphi} \right) + \frac{r}{3} \left(\frac{\cos^3 \varphi_0 - \cos^3 \varphi}{\sin^2 \varphi} - 3 \cos \varphi \right) \right]$ $\frac{dN\theta}{d\varphi} = -\gamma r \left[\frac{\cot \varphi}{\sin^2 \varphi} \left(-z \sin^2 \varphi_0 - \frac{2}{3} r \cos^3 \varphi_0 \right) + \right.$ $\left. + r \cot \varphi \cos \varphi \left(1 + \frac{2}{3} \cot^2 \varphi \right) + r \sin \varphi \right]$
V. Üst kenar yükleme p	$N\varphi = -P \frac{\sin \varphi_0}{\sin^2 \varphi}$ $\frac{dN\varphi}{d\varphi} = 2P \frac{\cos \varphi \sin \varphi_0}{\sin^2 \varphi}$ $N\theta = -N\varphi$ $\frac{dN\theta}{d\varphi} = -\frac{N\varphi}{d\varphi}$
VI. Trapez şeklinde yatay zemin basıncı	$p_z = -\gamma \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2} \right) [z_0 + r(1 - \cos \varphi)]$ $N\varphi = 0 ; \quad \frac{dN\varphi}{d\varphi} = 0$ $N\theta = -p_z r \sin^2 \varphi = -\gamma \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right) r \sin^2 \varphi [z_0 + r(1 - \cos \varphi)]$ $\frac{dN\theta}{N\theta} = -\gamma \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2} \right) r \sin \varphi [2(z_0 + r) \cos \varphi - r(3 \cos^2 \varphi - 1)]$

VII. Dolgu yüklemesi γ 	$P_\varphi = \pi \gamma z_0 r^2 \sin^2 \varphi + \frac{1}{3} \pi \gamma r^3 (1 - \cos \varphi) (1 + \cos \varphi - 2 \cos^2 \varphi)$ $N_\varphi = + \frac{\gamma r^2}{6} \left[\frac{3z_0}{r} + \left(1 - \frac{2 \cos^2 \varphi}{1 + \cos \varphi} \right) \right]$ $\frac{dN_\varphi}{d\varphi} = + \frac{\gamma r^2 \sin \varphi \sin \varphi (2 + \cos \varphi)}{3(1 + \cos \varphi)^2}$ $N_\theta = + \gamma r^2 \left[\frac{z_0}{r} + (1 - \cos \varphi) \right] \cos^2 \varphi - N_\varphi$ $\frac{dN_\theta}{N_\theta} = + 3 \gamma r^2 \sin \varphi \cos^2 \varphi + 2 \gamma r^2 \left(\frac{z_0}{r} + 1 \right) \sin \varphi \cos \varphi - \frac{dN_\varphi}{d\varphi}$
VIII. Sıvı yüklemesi γ 	$N_\theta = + \gamma r^2 \left[\frac{z_0}{r} + (1 - \cos \varphi) \right] - N_\varphi$ $\frac{dN_\theta}{N_\theta} = + \gamma r^2 \sin \varphi - \frac{dN_\varphi}{d\varphi}$
KONİK KABUK	
YÜKLEME DURUMU	$P_y, N_y, N_\theta, dN_y/dz, dN_\theta/dz$
I. g zati ağırlık 	$N_y = \frac{-g}{2 \sin^2 \alpha} \left(z - \frac{z_1^2}{z} \right)$ $\frac{dN_y}{dz} = - \frac{g \left(1 - \frac{z_1^2}{z^2} \right)}{2 \sin^2 \alpha}$ $N_\theta = + g z \cot^2 \alpha$ $\frac{dN_\theta}{dz} = + g \cot^2 \alpha$

II. Yatayda üniform yayılı yük p



$$P_y = p \pi \cot^2 \alpha (Z^2 - z_1^2)$$

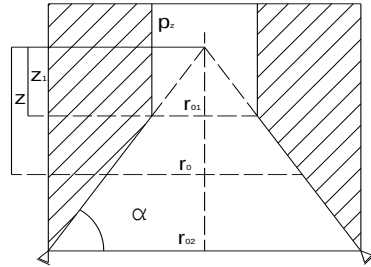
$$N_y = \frac{-p \cos \alpha}{2 \sin^2 \alpha} \left(Z - \frac{z_1^2}{Z} \right)$$

$$\frac{dN_y}{dz} = \frac{-p \cos \alpha}{2 \sin^2 \alpha} \left(1 + \frac{z_1^2}{Z^2} \right)$$

$$N_\theta = \frac{-pz \cos^3 \alpha}{\sin^2 \alpha}$$

$$\frac{dN_\theta}{dz} = \frac{-p \cos^3 \alpha}{\sin^2 \alpha}$$

III. Trapez şeklinde yayılı yük



$$p_z = \gamma (Z_0 + z) \quad Z = p_z \cos^2 \alpha$$

$$P_y = \frac{\pi}{3} \gamma [r_o^2 (3Z_0 - 2z) - r_{o1}^2 (3Z_0 + 2z_1)]$$

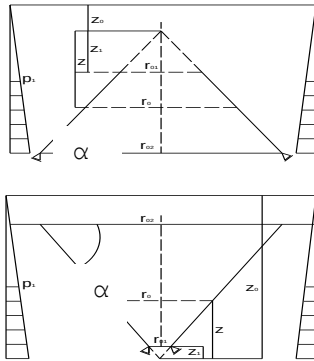
$$N_y = \frac{-\gamma \cos \alpha}{6 \sin^2 \alpha} \left[3Z_0 Z + 2z^2 - z_1^2 (3Z_0 + 2z_1 \frac{1}{Z}) \right]$$

$$\frac{dN_y}{dz} = \frac{-\gamma \cos \alpha}{6 \sin^2 \alpha} \left[3Z_0 + 4z + z_1^2 (3Z_0 + 2z_1 \frac{1}{Z^2}) \right]$$

$$N_\theta = -\gamma \cot^2 \alpha \cos \alpha (Z_0 Z + z^2)$$

$$\frac{dN_\theta}{dz} = -\gamma \cot^2 \alpha \cos \alpha (Z_0 + 2z)$$

IV. Trapez şeklinde yatay zemin basıncı



$$p_z = \gamma \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi'}{2} \right) (+z + Z_0)$$

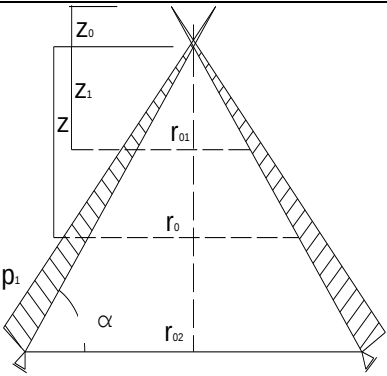
$$Z = p_z \sin^2 \alpha$$

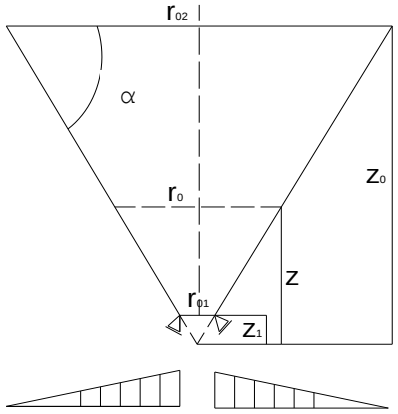
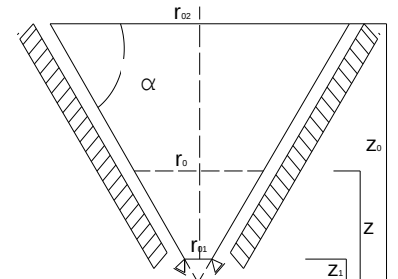
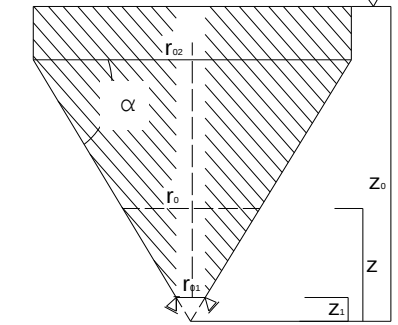
$$N_y = 0$$

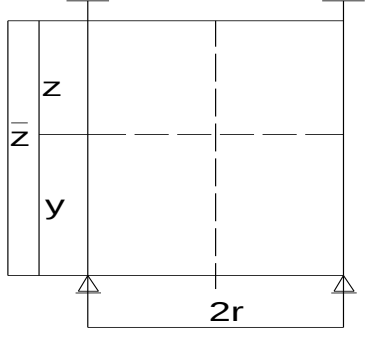
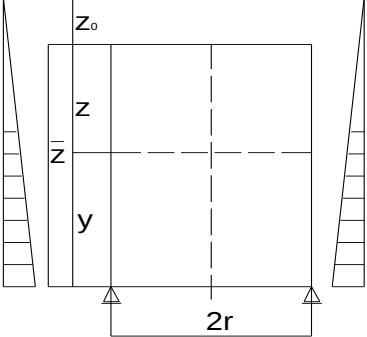
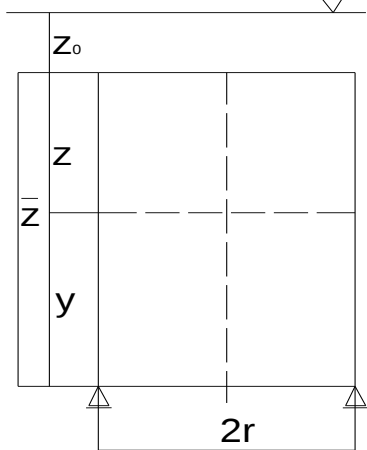
$$\frac{dN_y}{dz} = 0$$

$$N_\theta = -\gamma \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi'}{2} \right) (+z^2 + Z_0 z) \cos \alpha$$

$$\frac{dN_\theta}{dz} = -\gamma \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi'}{2} \right) (+2z + Z_0) \cos \alpha$$

V. Kabuğa dik etkiyen trapez yük	$N_y = \frac{-p_1 \cos \alpha}{6 \sin^2 \alpha (z_1 + z_0)} \left[3 z_0 z + 4z + (3 z_0 + 2 z_1) \frac{z_1^2}{z^2} \right]$ $\frac{dN_y}{dz} = \frac{-p_1 \cos \alpha}{6 \sin^2 \alpha (z_1 - z_0)} \left[3 z_0 + 4z + (3 z_0 + 2 z_1) \frac{z_1^2}{z^2} \right]$ $N_\theta = \frac{-p_1 \cos \alpha}{6 \sin^2 \alpha (z_1 - z_0)} [-z_0 z + z^2]$ $\frac{dN_\theta}{dz} = \frac{-p_1 \cos \alpha}{6 \sin^2 \alpha (z_1 - z_0)} [2 z - z_0]$
	$P_y = \frac{2\pi p (r_{02} - r_{01})(2 r_{02} + r_{01})}{2} + \frac{\pi \tan \gamma (2r_0^3 - 3r_{01}r_0^2 + r_{01}^3)}{3}$ $N_y = \frac{p(r_{02} - r_{01})(2r_{02} + r_{01})}{z \cos \alpha} - \frac{\tan \gamma \cos^2 \alpha}{6 \sin^3 \alpha} (2z^2 - 3z_1 z + \frac{z_1^3}{z})$ $\frac{dN_y}{dz} = - \frac{p(r_{02} - r_{01})(2r_{02} + r_{01})}{z^2 (z_1 - z_0)} - \frac{\tan \gamma \cos^2 \alpha}{6 \sin^3 \alpha} (4z - 3z_1 - \frac{z_1^3}{z})$ $Z = (z - z_1) \tan \gamma \cos^2 \alpha \cot \alpha \quad r = \frac{z \cot \alpha}{\sin \alpha}$ $N_\theta = -z \tan \gamma \cos \alpha \cot^3 \alpha (z - z_1)$ $\frac{dN_\theta}{dz} = - \tan \gamma \cos \alpha \cot^3 \alpha (2z - z_1)$

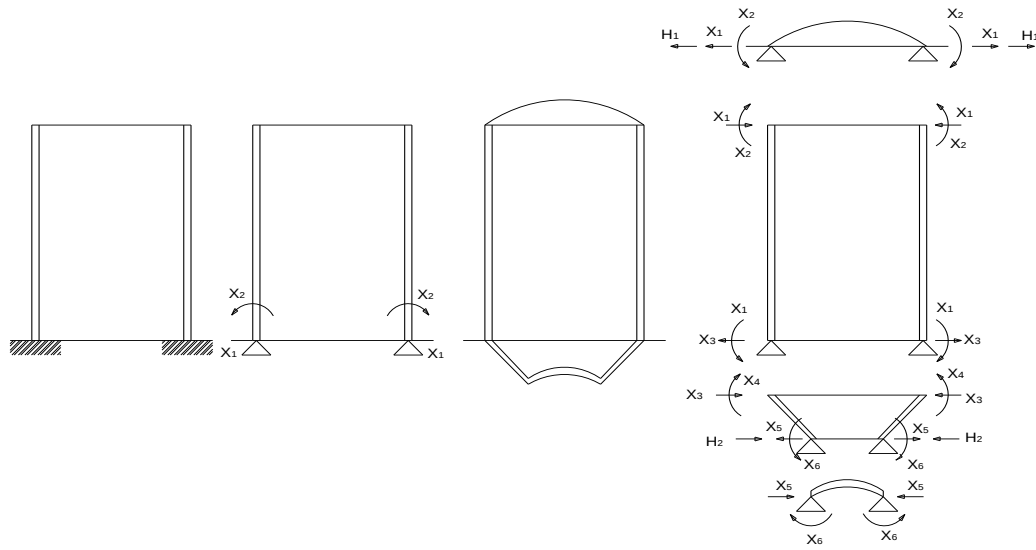
VII. Alt uta gen yk 	$P_y = \frac{\pi \tan \gamma (2r_0^2 - 3r_{02}r_0^2 + r_{02}^3)}{3}$ $N_y = \frac{\tan \gamma \cos^2 \alpha}{6 \sin^3 \alpha} - (2z^2 - 3z'z + \frac{z'^3}{z})$ $\frac{dN_y}{dz} = \frac{\tan \gamma \cos^2 \alpha}{6 \sin^3 \alpha} (4z - 3z' - \frac{z'^3}{z^2})$ $N_\theta = \tan \gamma \cos \alpha \cot^3 \alpha (z - z_1) z$ $\frac{dN_\theta}{dz} = - \tan \gamma \cos \alpha \cot^3 \alpha (2z - z_1)$
VIII. Kabua dik etkiyen üniform yk 	$N_y = \frac{-p \cos \alpha}{2 \sin^2 \alpha} (z - \frac{z'^2}{z})$ $\frac{dN_y}{dz} = - \frac{p \cos \alpha}{2 \sin^2 \alpha} (1 - \frac{z'^2}{z^2})$ $N_\theta = - \frac{p \cos \alpha}{\sin^2 \alpha} z$ $\frac{dN_\theta}{dz} = - \frac{p \cos \alpha}{\sin^2 \alpha}$
IX.  (kg/m³) Aırlıklı sıvı basıncı 	$N_y = \frac{-\gamma \cos \alpha}{6 \sin^2 \alpha} (2z^2 - 3z_0z + z'^2 (2z' - 3z_0) \frac{1}{z})$ $\frac{dN_y}{dz} = - \frac{\gamma \cos \alpha}{6 \sin^2 \alpha} (4z - 3z_0 + z'^2 (2z' - 3z_0) \frac{1}{z^2})$ $N_\theta = \frac{-\gamma \cos \alpha}{\sin^2 \alpha} (z^2 - z_0z)$ $\frac{dN_\theta}{dz} = \frac{-\gamma \cos \alpha}{\sin^2 \alpha} (2z - z_0)$

SİLİNDİRİK KABUK	
YÜKLEME DURUMU	$P_y, N_y, N\theta, dN_y/dz, dN\theta/dz$
I. g zati ağırlık 	$P_y = 2\pi r g z$ $N_y = -g z \frac{dN_y}{dz} = -g$ $N\theta = 0$ $\frac{dN\theta}{dz} = 0$
II. Trapez şeklindeki toprak basıncı 	$N_y = 0$ $\frac{dN_y}{dz} = 0$ $N\theta = -\gamma r \tan^2(45^\circ - \phi/2) (z_0 + z)$ $\frac{dN\theta}{dz} = -\gamma r \tan^2(45^\circ - \phi/2)$
III. γ birim ağırlıklı sıvı yüklemesi 	$N_y = 0$ $\frac{dN_y}{dz} = 0$ $N\theta = +\gamma r (z_0 + z)$ $\frac{dN\theta}{dz} = +\gamma r$

4.3.2 Eğilmeli teori

Daire kesitli depolar genellikle bir dönel kabuk (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 ayrılır.

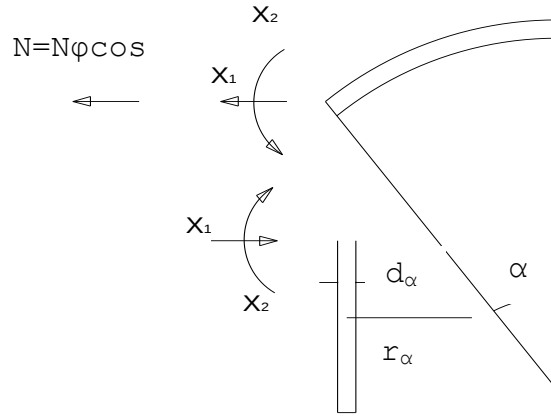
Kabuklarda şekil değiştirmeler eğrilik değişimlerine neden olduğu için eğilme momentleri ortaya çıkar. Genellikle küçük şekil değiştirmelerden doğan eğrilik değişimleri ihmal edilebilirse de kabuğun mesnetlerinin meridyen teğetine dik doğrultudaki hareketine mani olunursa şekil değiştirmeler göz önüne alınmalıdır. Bu durumda düşey kesitte her bir kabukta radyal doğrultuda $H=X_1$ yatay kuvveti ile $M=X_k$ eğilme momentinin varlığı düşünülür. X_1 ve X_k bilinmeyenleri kabuk birleşim noktalarındaki süreklilik şartlarından belirtilir.



Şekil 4.3 : Depo Birleşimi ve İç Kuvvetler

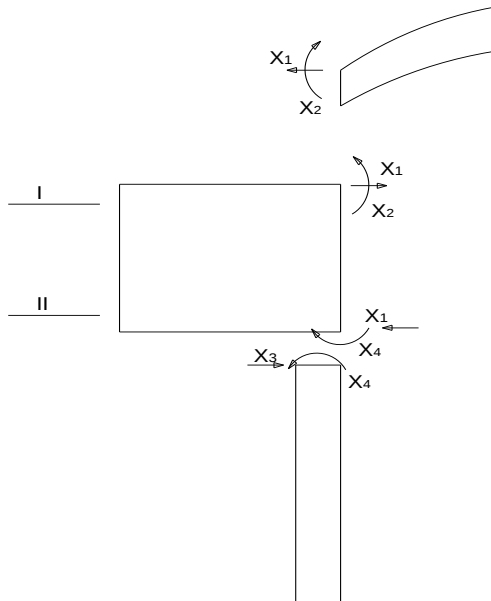
4.3.2.1 Kuvvet metodu ile X_1 ve X_k hiperstatik bilinmeyenlerinin hesabı

Silindirik bir gövde ile küresel bir kabuğun monolitik birleşiminde ortaya çıkan ve çoğu kez hiperstatik büyüklük olarak seçilen iç kuvvetler:



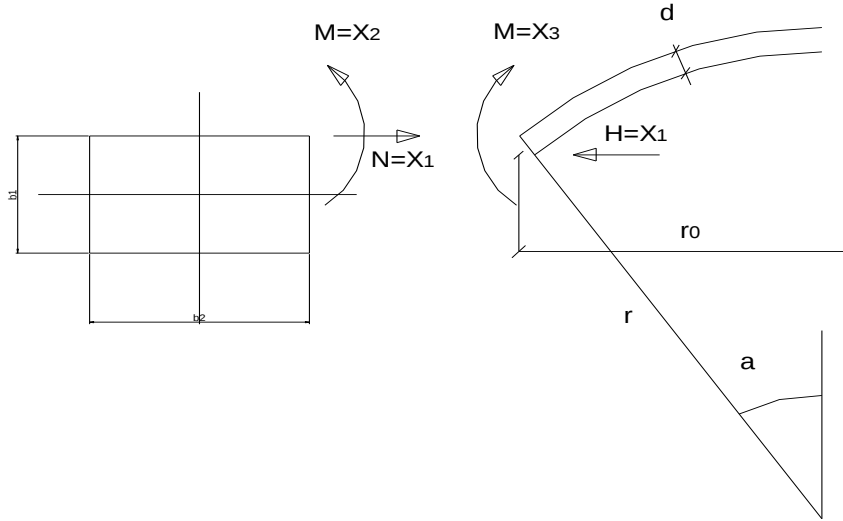
Şekil 4.4 : Hiperstatik İç Kuvvetler

Silindirik gövde ile küresel kabuğun bir çember kirişi ile monolitik birleşiminde ortaya çıkan hiperstatik iç kuvvetler:



Şekil 4.5 : Hiperstatik İç Kuvvetler

Küresel kabuğun çember kirişi ile monolitik, çember kirişinin ise silindirik gövde ile kayıcı olarak birleşmesi halinde ortaya çıkan hiperstatik iç kuvvetler:



Şekil 4.6 : Hiperstatik İç Kuvvetler

Bunların hiperstatik büyüklük olarak alınması durumunda birim yüklemelere ait δ_{ij} değerleri ve iç kuvvetler çeşitli kabuk tipleri için: (Burada δ_{ij} 'lerin sadece yerdeğiştirme değil, dönme de olabileceği unutulmamalıdır.

İzostatik sistem olarak membran durum seçilir. Bu hale ait δ_{i0} değerleri çeşitli kabuk tipleri ve yükleri için Tablo-4;

Çember kirişi ve dairesel plakta dış yükten dolayı δ_{i0} değerleri Tablo-5 de verilmiştir.

X_i bilinmeyenleri birleşim kesitlerinin süreklilik şartlarından hesaplandıktan sonra aranılan iç kuvvetler:

$$N_{\varphi} = N_{\varphi 0} + \sum_i N_{\varphi i} X_i \quad (4.1)$$

$$N_{\theta} = N_{\theta 0} + \sum_i N_{\theta i} X_i \quad (4.2)$$

$$M_{\varphi} = \sum_i M_{\varphi i} X_i \quad (4.3)$$

$$M_{\theta} = \sum_i M_{\theta i} X_i \quad (4.4)$$

$$Q_{\varphi} = \sum_i Q_{\varphi i} X_i \quad (4.5)$$

4.3.3 Sıcaklık farkına göre hesap

Sıvı ile dış yüzeydeki sıcaklık farkının büyük olduğu durumlarda sıcaklık farkından doğan eğilme momentlerinin ortaya çıkardığı çekme gerilmelerinin hesaplanması gerekir. [2]

C sıcaklık direnç katsayısı olmak üzere

$$C = \frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_i} = \frac{\delta}{\lambda_c} = \frac{1}{\alpha_a} \quad (4.6)$$

ile verilebilir. Burada

δ = duvar kalınlığı

λ_c = betonun sıcaklık katsayısı ($\lambda_b = 1,5 \text{ k cal/mh } ^\circ\text{C}$)

α_i = iç duvar alanındaki sıcaklık geçirimsilik katsayısı

(Gaz ve ince depo malzemeleri için $\alpha_i = 12 \text{ k cal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ Sıvılar için $1/\alpha_i = 0$ alınır.)

α_a = Dış duvar yüzünün sıcaklık geçirimsilik katsayısı ($\alpha_a = 20 \text{ k cal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$)

Sıcaklık farkı ise:

$$\Delta t = (t_i - t_a) k \frac{\delta}{\lambda_c} \quad (4.7)$$

olarak hesaplanır. Burada,

t_a = dış sıcaklık (hava)

t_i = iç sıcaklık (sıvı)

dır. Bu durumda Δt sıcaklık farkından dolayı ortaya çıkan eğilme momenti:

$$M = \frac{\Delta t \varepsilon E_c J}{\delta} \quad (4.8)$$

olarak hesaplanır. Bu ifadede,

ε = Betonun sıcaklık genleşme katsayısı = 0,00001

E_c = Betonun elastisite modülü

J = Tarafsız eksene göre betonarme kesitin atalet momenti

$\varepsilon = 0,00001$ ve $E_c = 140,000 \text{ kg/cm}^2$ alınırsa,

$J = \text{cm}$ boyutunda olmak koşuluyla

$$M = 1,4 \Delta t \frac{J}{\delta} \quad (4.9)$$

olup sıcaklık farkından dolayı gerekli donatı:

$$A_s = \frac{M}{z \cdot \sigma_s \cdot d} \quad (4.10)$$

ile hesaplanabilir.

Uygulamada bu yolla hesaplanan donatı oldukça büyük çıkar. Çatlamamış betonarme duvar kesiti alınarak donatı alanı:

$$A_s = 4.10^{-5} \frac{E_c \Delta t}{\sigma_s} \quad (4.11)$$

ile hesaplanabilir.

5.ÖNGERİLMELİ SİLİNDİRİK BETONARME SIVI DEPOLARIN HESAP ESASLARI

5.1 Giriş

Depoların sıvı sızdırmalarının başta gelen sebebi depoda oluşan çatlaklardır. Bu da çekme mukavemeti çok düşük olan betonun çekmeye maruz kalmasından ileri gelir. İşte betonda çekme dolayısıyla oluşan çatlakların, sadece depolarda değil, her çeşit yapı elemanlarında bir takım sakıncaları olması bu çatlakların oluşmasının önlenmesinin mümkün olup olmayacağının araştırılmasına sevk etmiş, buna karşı daha sonra çekmeye maruz kalacak kısımları önceden uygun büyüklük ve dağılımda basınca maruz bırakmak fikri uyanmış ve bunun sonucu öngerilmeli beton, uygulama alanına konulmuştur. Buna göre öngerilmeli beton, depolar bakımından çok uygun bir malzemedir. Yapılacak iş özellikle sıvının yüklemesiyle ortaya çıkacak çekme gerilmelerini karşılamak üzere yapıya önceden öngerilme kuvveti vermektedir. Yani öngerilme uygulanmaması halinde çekme gerilmeleri oluşacak yerlerde, daha sonra oluşacak bu gerilmeleri karşılamak üzere basınç gerilmeleri oluşturacak bir ön yüklemeyi uygulamaktır. Öngerilme uygulandıktan sonra ortaya çıkan öngerilme kayıpları aşağıda verilmiştir.

5.2 Öngerilme Betonda Gerilme Kayıpları

İki türlü öngerme vardır; öngerme (pretension) ve artgerme (past tension). Art çekmeli sistemlerde donatıyı çekerken sürtünme dolayısıyla donatının çekme yapılan ucundan uzaklaştıkça donatıdaki gerilmede bir kayıp olur. Ön çekmeli sistemlerde ise böyle bir kayıp yoktur, fakat betonun elastik kısılması bir gerilme kaybı oluşturur. Ayrıca aktarma anında yani çelikle betonun bağlantısı kurulup çelikteki çekme kuvvetinin betona basınç kuvveti olarak aktarıldığı anda, art çekmeli sistemlerde ankraj kamalarının kaymasından ötürü azalan bir gerilme kaybı olur. Yine art çekmeli sistemlerde kablo sayısı birden fazla olup bütün kabloları aynı anda çekilmesine imkan yoktur. Aktarmadan sonra betonun zamana bağlı deformasyonları yani rötre ve sünme başlar. Ayrıca gerilmiş bir çelik telin

kendiliğinden boyu uzamış gibi gevşemesi yani rölaksasyonuda gerilme kaybına yol açar. [4]

5.2.1 Sürtünmeden doğan gerilme kaybı

İlk gerilme esnasında kablo, kılıfın konkav kısmına değerek basınç tesiri yapar. Germe esnasında kablo kılıf içerisinde hareket edince kablo ile kılıf arasında sürtünme kuvvetleri doğar. Bunun sonucu olarak kablodaki öngerilme kuvvetleri bir noktadan diğer noktaya değişir.

Sürtünmeden doğan kayıpları azaltmak için:

- Kablo yörüngesinin mümkün olduğunca az sayıda eğri parçalarından oluşmasına ve imalatıta projedeki formuna uygun yerleştirmeye dikkat edilmelidir.
- Kılıf yer yer uygun şekilde kalıp ve etriyelere bağlanarak betonlama ve vibrasyon sırasında yörüngenin bozulmaması temin edilmelidir.
- Kablo yağlanarak kablo ve kılıf arasındaki sürtünme azaltılmalıdır.
- Birbirini izleyen çok sayıda ters yönde eğrilikten kaçınılmalıdır.
- Uzun kablolar iki uçtan çekilmelidir.

Sürtünme kaybı

$$\sigma_{pm} = \sigma_{po} e^{-\mu\alpha-kh} \quad (5.1)$$

ile verilebilir.

Burada

σ_{pm} : Sürtünme sonrası gerilme

σ_{po} : İlk öngerilme

μ : sürtünme katsayısı

α : Öngerilmenin uygulandığı açı

k : Düzensizlik katsayısı

h : deponun yüksekliği

5.2.2 Sünmeden doğan gerilme kaybı

Öngerilmeli elemanda, ister ön çekmeli ister ard çekmeli olsun, aktarma anından itibaren betonda, sabit basınç altında zamana bağlı tabi boy kısalması şeklinde olan sünme olayı başlar.

Sünme kaybı

$$\Delta \sigma_{pc} = (\sigma_p / E_{cj}) \Phi_c E_{sp} \quad (5.2)$$

İle verilebilir. Burada

$\Delta \sigma_{pc}$: Sünmeden doğan gerilme kaybı

E_c : Betonun elastisite modülü.

Φ_c : Zamana bağlı fonksiyon.

E_s : Çeliğin elstisite modülü

5.2.3 Rötreden doğan gerilme kaybı

Rötire kaybı :

$$\Delta \sigma_{ps} = E_s \times \epsilon_{cs} \quad (5.3)$$

İle verilebilir. Burada

$\Delta \sigma_{ps}$: Rötrede doğan gerilme kaybı

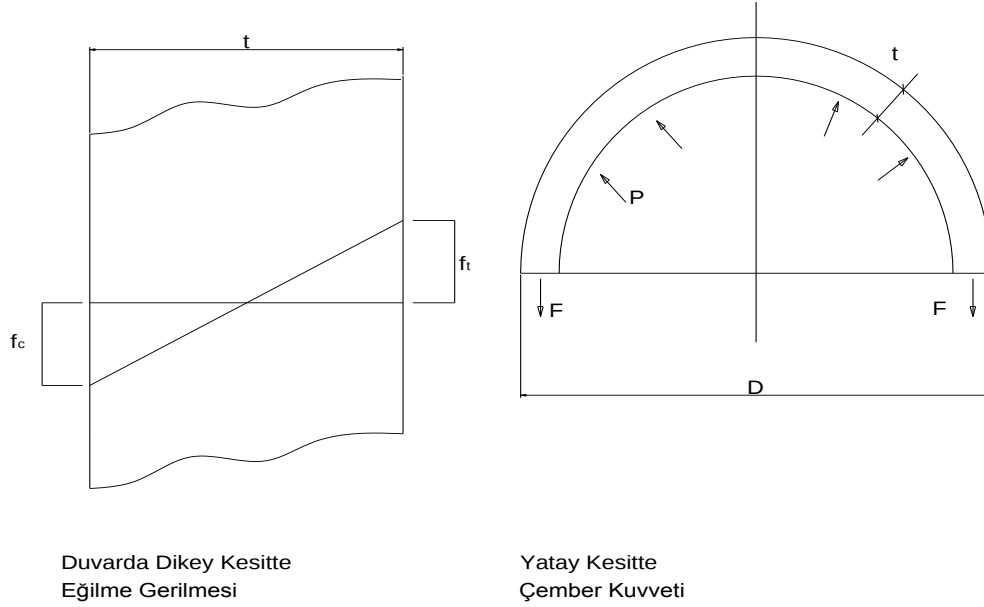
ϵ_{cs} : Betonun birim boy kısalması.

5.2.4 Rölaksasyon doğan gerilme kaybı

Çelik bir tel veya kablo gerilip uçlarından sabit iki nokta arasında gerildiğinde zamanla bir gevşemeye ve bunun sonucunda bir gerilme kaybına yol açar. Hesaplarda ilk öngerilmenin yaklaşık % 80 i alınabilir.

5.3 Çember ve Eğilme Gerilmeleri

Uç noktalarında kenarlardan mesnetlenmemiş ince kabuk, yatay kesitinde basınca maruz kalır. Eğer uç noktaları mesnetlenmiş ise çember kuvvetinde yapılacak modifikasyon sonucu yükün düşey kesit tarafından karşılanması sağlanabilir. Yatay ve düşey kesitteki çember kuvveti ve eğilme gerilmeleri normal betonarme kesitteki gibi hesaplanabilir. [3]



Şekil 5.1 : Eğilme ve Çember Kuvveti

5.3.1 Çember çekme gerilmesi

Eğer depo duvarı tabanda serbest ise çember çekme gerilmesi derinliğe bağlı olarak değişir.

Su yükü serbestçe hareket ediyorsa:

Çember çekme gerilmesi yüzeyden itibaren (H – x) ile orantılıdır.

$$f_r = w (H - x) \frac{D}{2t} \quad (5.4)$$

Duvarı tabanda mesnetlenmemiş depo için maksimum çember çekme gerilmesi ise:

$$D$$

$$f_{\max} = w H \frac{1}{2 t} \quad (5.5)$$

Depo duvarı tabanda mesnetlenmiş ise zeminde çember çekme gerilmesi 0 dır.

Depoların hesabında kullanılacak sabitler aşağıda sunulmuştur.

$$B^4 = \frac{E t}{D^2 K} \quad (5.6)$$

$$K = \frac{E t^3}{12 (1 - \nu^2)} \quad (5.7)$$

ν = Poison oranı

E = Elastik veya Young Modülü

t = Duvar kalınlığı

Hesaplarda deponun dolu olması veya boş olmasına göre iki türlü yaklaşım vardır. Boş Depo Tekniği daha sık kullanılmakta olup öncelikle dolu depo durumu incelenecektir.

5.3.2 Deponun dolu olması durumu

Bu durumda depo duvarının tabanda mesnetlenmiş olduğu düşünülecektir.

$$M_0 = -\left(1 - \frac{1}{BH}\right) \times \left(\frac{w D H t}{2 (12 (1 - \nu^2))^{1/2}}\right) \quad (5.8)$$

$$M_0 = -\left(1 - \frac{1}{BH}\right) \times \left(\frac{w D H t}{6,8}\right) \quad (5.9)$$

$$Q_0 = \left(\frac{w D H t}{2 (12 (1 - \nu^2))^{1/2}}\right) \times \left(2B - \frac{1}{H}\right) \quad (5.10)$$

$$Q_0 = \left(\frac{w D H t}{6,8}\right) \times (2BH - 1) \quad (5.11)$$

M_0 = Depo tabanında eğilme momenti

Q_0 = Depo tavanının tabana etkisi

Tabandaki mesnetlenmeden dolayı $M_0 = 0$ ve:

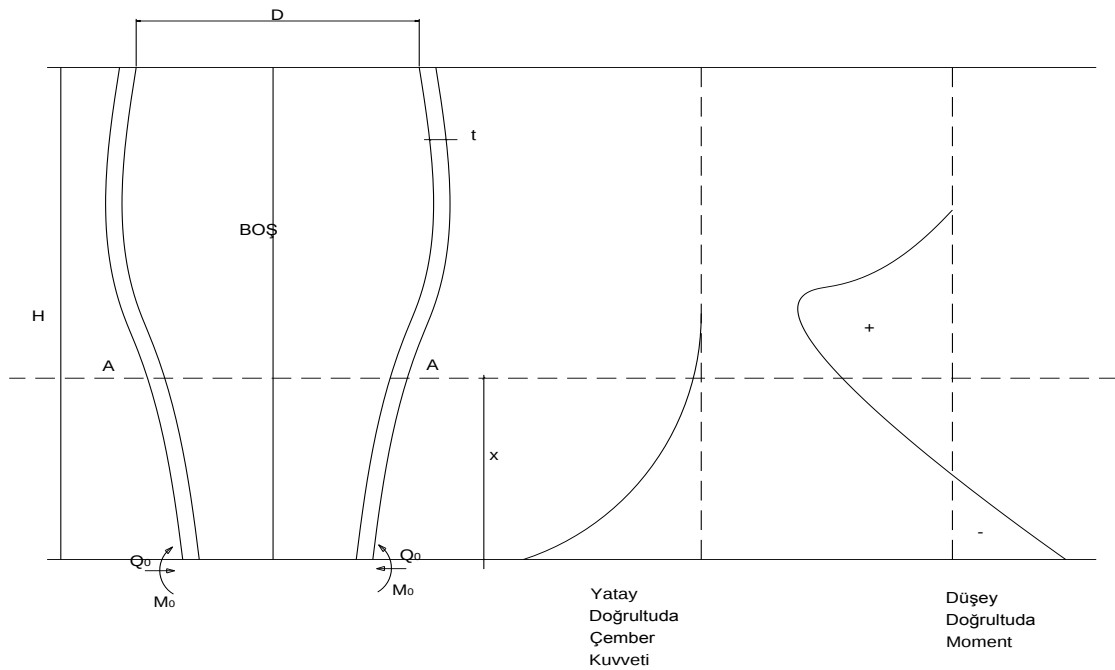
$$Q_0 = \left(\frac{B^3 w D^2 H t^2}{2 (12 (1 - \nu^2))^{1/2}} \right) \quad (5.12)$$

$$Q_0 = \frac{w H}{3,7} \times (Dt)^{1/2} \quad (5.13)$$

5.2.3 Deponun boş olması durumu

Tabanda mesnetlenmiş bir depodaki etkiler boş bir depo göz önüne alınarak da hesaplanabilmektedir.

Formüllerde yapılacak değişiklikler için en önemli olan Momentin ve Yüklerin işaretlerinin doğru verilmesidir.



Şekil 5.2 : Boş Deponun Mesnetlenmesi

Yüzeyden uzaklığı x olan bir duvar kesitindeki Radyal Deformasyonlar (δ) :

$$\delta_x = \left(\frac{1}{2 B^3 K} \right) [B M_0 \psi (Bx) + Q_0 \theta (Bx)] \quad (5.14)$$

ile belirlenir. Depo tabanında oluşabilecek en büyük deformasyon:

$$\delta_o = \left(\frac{1}{2 B^3 K} \right) [BM_o + Q_o] \quad (5.15)$$

olup, yüzeyden uzaklığı x olan herhangi A-A kesitinde oluşabilecek Moment (M):

$$M_x = \frac{1}{B} [BM_o \Phi(Bx) + Q_o \delta(Bx)] \quad (5.16)$$

ile hesaplanabilir.

Yukarıdaki formüllerde görülmekte olan B , B^3 ve K değerleri depo sabitleri olup hesapları daha önce verilmiş olup:

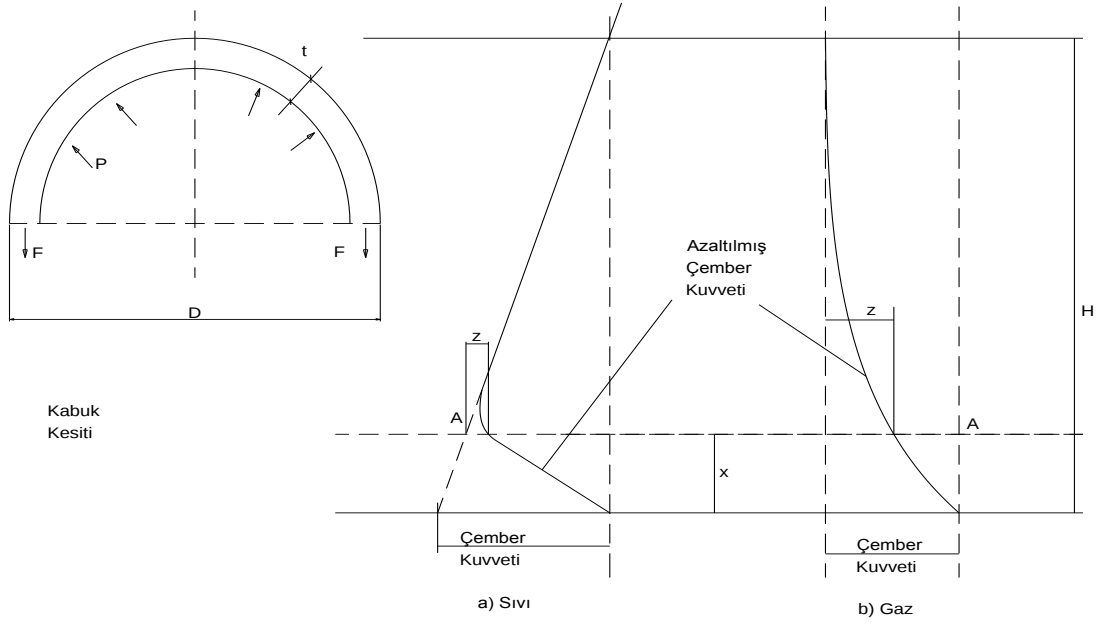
$$B = \frac{1,8}{(D t)^{1/2}} \quad \text{ve,} \quad (5.17)$$

$$\frac{1}{2 B K^3} = \frac{0,92}{E} \left[\frac{D}{t} \right]^{1/2} \quad \text{dir.} \quad (5.18)$$

$\Phi(Bx)$, $\psi(Bx)$, ve $\theta(Bx)$ yüzeye olan mesafenin (x) üstel fonksiyonlarıdır. Tablo-A-1 e göre (B), (x) çarpımlarına göre yaklaşık bir değer alınabilmektedir.

Bu fonksiyonlar ($B x$) çarpımının artımına bağlı olarak depo duvarı ayağında ve duvar yüksekliğinin ortasına yakın bir yerde maksimum pozitif ve negatif (M_x) değerleri bulunabilmektedir.

Doğru duvar kalınlığı (t) alınarak herhangi bir yükseklikte istenilen şartlara göre hesap yapılabilir. Duvar kalınlığındaki değişimlerin hesap üzerinde fazla bir etkisi olmayıp, ihmal edilebilir. Mesnetlenmemiş duvar ve boş depo varsayımıyla hesap tamamlandıktan sonra depo duvarın mesnetli olduğu düşünülerek elde edilen mesnet momenti ve kesme kuvveti hesaba sayısal olarak ve dolu depo hesabına tamamlanır.



Şekil 5.3 : Çember Kuvvetinin Derinlikle Değişimi

Depo duvarının mesnetli olduğu durumda hesaba katılacak olan faktör ise radyal deformasyon hesabından yola çıkılarak:

$$Z = \frac{2 E t}{D} \quad (5.19)$$

ile hesaplanabilir.

5.3.4 Depo duvarında dönme ve radyal deformasyonlar

Rölatif dayanımı irdelerken; uç momenti (M) ve çember kuvveti (Q) altında boş depoda oluşan açısall dönmelerin ve radyal deformasyonların incelenmesinde yarar vardır.

Moment (M) ve çembersel kuvvet (Q) beraber etkirken açısall dönme genel ifadesi:

$$\theta = \left(\frac{1}{2 B^2 K} \right) [2BM + Q] \quad (5.20)$$

ile tanımlıdır.

Moment (M) ve çembersel kuvvet (Q) beraber etkirken yatayda açısall dönmenin genel ifadesi:

$$\delta = \left(\frac{1}{2 B^3 K} \right) [BM + Q] \quad (5.21)$$

ile belirtilir.

Yukarıdaki formüllerden yola çıkarak (θ) ve (δ) değerleri, (M) ve (Q) etkisi altında herhangi biri sıfıra götürülerek elde edilir.

5.3.4.1 Yerdeğiştirme olmadan birim dönme

Bu hesap için ilk önce birim dönmeyi oluşturan çember kuvvetinin (Q') hesaplanması gerekmektedir.

Eğer dönme sıfır ise:

$$2BM = - Q' \quad (5.22)$$

$$\delta' = \frac{Q'}{4B^3K} \quad (5.23)$$

olup birim dönme için etkiyen çember kuvveti ise:

$$Q' = 2,2 E \left[\frac{t}{D} \right]^{1/2} \quad (5.24)$$

ile elde edilebilir.

5.3.5 Mambran sabitleri

Düşey kesitin herhangi bir noktasındaki moment, ankastre kiriş tanımlamasından yola çıkılarak hesaplanabilir. Bu hesapta duvarın boyutlarına bağlı olarak bazı katsayılar kullanılır ki bunlara Mambran Sabitleri denir.

Moment hesabında kullanılan temel formüller deponun şekline ve ankastre durumuna göre yeniden düzenlenebilir.

$$\left[\frac{H^2}{Dt} \right] \text{ ifadesi "Şekil Faktörü" olarak tanımlanır ve deponun temel ölçülerini}$$

ifade eder. ($w H^3$) veya ($p H^2$) çarpımları sıvı veya gaz yüklemelerine ankastrenin tabanında oluşabilecek moment için benzer ifadelerdir.

Buna göre moment:

$$M = [\text{Numerik Değişken}] \times [\text{Şekil Faktörü } \left[\frac{H^2}{Dt} \right]] \times [\text{Ankastrelik Faktörü (w H}^3 \text{ veya (p H}^2 \text{))}]$$

olarak hesap edilebilir.

Şekil Faktörü çeşitli değişkenler içermesine rağmen yapının belirli bir kesitinde sabittir. Numerik Değişken, Şekil Faktörünün herhangi bir değerine karşılık hesap edilebilmelidir. İki sabitin çarpımı ise Mambran Sabiti (C) olarak adlandırılabilir ki buna göre Moment:

$$M_x = C [\text{Ankastrelik Faktörü (w H}^3 \text{) veya (p H}^2 \text{) }] \quad (5.25)$$

ile hesaplanabilir.

6.SİLİNDİRİK DEPOLARIN PROJELENDİRİLMESİNDE HESAP ESASLARI

6.1 Giriş

Silindirik depolar silindirik yüzeyi teşkil eden cidar (duvar) kabuğu, taban plağı ve varsa tavan plak veya kabuğundan oluşurlar. Sisteme gelen yüklerden dolum yükünden başkaları çatlak oluşması ve diğer bakımlardan önemli değildir veya karşılanması bakımından problem ortaya çıkmaz. Bu sebeple aşağıda anlatılacaklar esas itibarıyla depoyu dolduran sıvıyla ilgili olacaktır.

Deponun çapı D, dolduran sıvının özgül ağırlığı γ olduğuna göre h derinliğinde basınç γh ve bu derinlikte duvarın birim yüksekliği için çember kuvveti:

$$Q=\gamma hD/2 \quad (6.1)$$

Eğer silindirik kabuğun birbirinden bağımsız son derece dar yatay şeritler yani çemberler şeklinde çalıştığı kabul edilebilecek durum var ise ve yan duvar kalınlığı t ise gerilme $\gamma hD/2t$ dir. Malzemenin elastisite modülü E ise uzama oranı:

$$\epsilon =\gamma hD/(2tE) \quad (6.2)$$

ve yarıçaptaki artma bunun D/2 ile çarpımı ile

$$\epsilon (r/2)= \gamma hD^2/(4tE) \quad (6.3)$$

ile hesaplanabilir.

Birbirinden bağımsız şeritler şeklinde çalışma durumunun var olması halinde radyal doğrultudaki yerdeğiştirmeler derinlikle doğru orantılı olarak artar ve silindirik yüzey ona göre şekil değiştirmiş durumu alır. Eğer duvarın tabanında taban plağı ile birleşimi radyal doğrultudaki bu deplasmana hiçbir engel ve zorluk çıkarmayacak şekilde olursa bu durum gözlenir. Bu durumda, ortaya çıkacak çekme gerilmelerini karşılamak için uygulanacak öngerme kuvvetinin de tıpkı su basıncı gibi yukarıdan itibaren aşağı doğru artması gerekir.

Durum hiçbir zaman tabanda tamamen serbest değildir ve şekil değiştirmeyi çeşitli şekillerde kısıtlayan bir durum vardır. Mesela taban plağına olan bağ alt tarafta radyal, çembersel doğrultuda bir şekil değiştirme yoktur. Bunun sonucu olarak da bir çembersel iç kuvvet oluşmaz.

Bu bölgede yükün taşınışı çembersel doğrultuda olmaktan ziyade düşey doğrultudadır. Genellikle de uçtaki birleşim için çeşitli olanaklar vardır. Buna göre de uygulanacak önerilme kuvvetinin şiddeti ve dağılışı değişir.

6.2 Taban Birleşiminin Depo Duvarlarına Etkisi

Tabanda radyal doğrultuda hareket ve dönme bakımından bir kısıtlama olmaması halinde silindirik yüzeyin ucunda kesme kuvveti ve moment etkisi yoktur. Buna karşılık az veya çok bir kısıtlama olursa uçta Q kesme kuvveti ile M momenti oluşur. Bunlar bir yandan deponun boyutları ve içindeki sıvı ile, diğer taraftan da uçtaki bağlantının redörü ile ilgilidir. Fakat her durumda görüldüğü gibi çembersel kuvvetlere ve düşey doğrultuda etkiyen momentlere sebep olurlar.

Kesme kuvvetinin ve momentin birim şiddette olması hallerinin herbiri için silindirik kabuğun şekil değiştirme ve iç kuvvet durumu belirtilebilir. Aynı şekilde taban plağının veya halka şeklindeki temelin bir birim yüklemeler için deformasyon ve iç kuvvet durumu hesaplanır. Plak sonsuz rijit kabul edilebilecek kesitte ise plağa karşı gelen şekil değiştirmeler sıfırdır. Diğer taraftan alt ucu tamamen serbest olan silindirik kabuğun dış yükleme (mesela hidrostatik basınç veya gaz basıncı) altındaki şekil değiştirme ve iç kuvvetleri belirtilebilir. Bağlantı yerinde oluşan kesme kuvveti ve moment orada yerdeğiştirme ve dönme sürekliliğini temin edecek büyüklükte dirler ve bu esastan hareket edilerek belirtilirler.

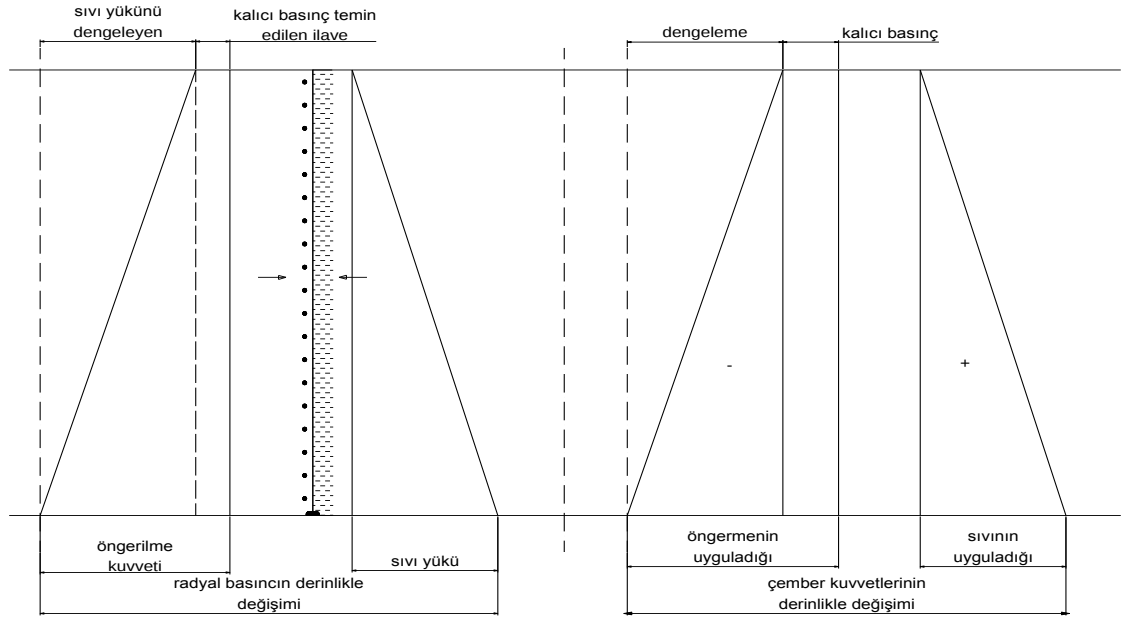
Hidrostatik basınç halinde çembersel kuvvet basınca uygun olarak üçgensel bir değişim gösterecektir. Gaz basıncı halinde ise yine bu basınca uygun olarak sabit değerde kalacaktır. Tabandaki tespit sebebiyle çember kuvvetinde Z kadar bir azalma olmaktadır. Bu azalma alt uç civarında önemli olup oradan uzaklaştıkça küçülür. Yukarılara doğru ise aşağıdaki tespitin etkisi kaybolur. Alt uçta çember kuvveti sıfırdır. Çünkü dış tesir (iç basınç) alttaki bağlantı tarafından karşılanır ve çembersel kuvvete gerek kalmaz, çembersel doğrultuda uzama olmadığından böyle bir kuvvet oluşmaz.

6.3 Silindirik Depolarda Öngerilme Kuvvetinin Etkisi

Prensip olarak depolarda hidrostatik basınçtan oluşacak çekmeleri karşılamak üzere çembersel doğrultuda bir öngerilme kuvveti uygulanacaktır. Yani betonarme yapı yapıldıktan ve yeterli mukavemet kazandıktan sonra, sonradan germe kuvveti uygulanır. Bu kuvvetin teorik olarak depoyu dolduran sıvının hidrostatik basıncından doğacak çekme kuvvetlerini karşılayacak şekilde olması yeterli ise de uygulamada bir miktar basınç gerilmeleri kalacak şekilde tutulur. Buna göre sıvının uyguladığı hidrostatik basınçtan ileri gelen çembersel çekme kuvvetlerine deponun tüm yüksekliğince sabit şiddette bir ilave yaparak elde edilecek etkileri karşılamak üzere bir öngerilme kuvveti uygulanır. Kalıcı kısım sabit değerde olması dolayısıyla gaz basıncı olarak adlandırılır.

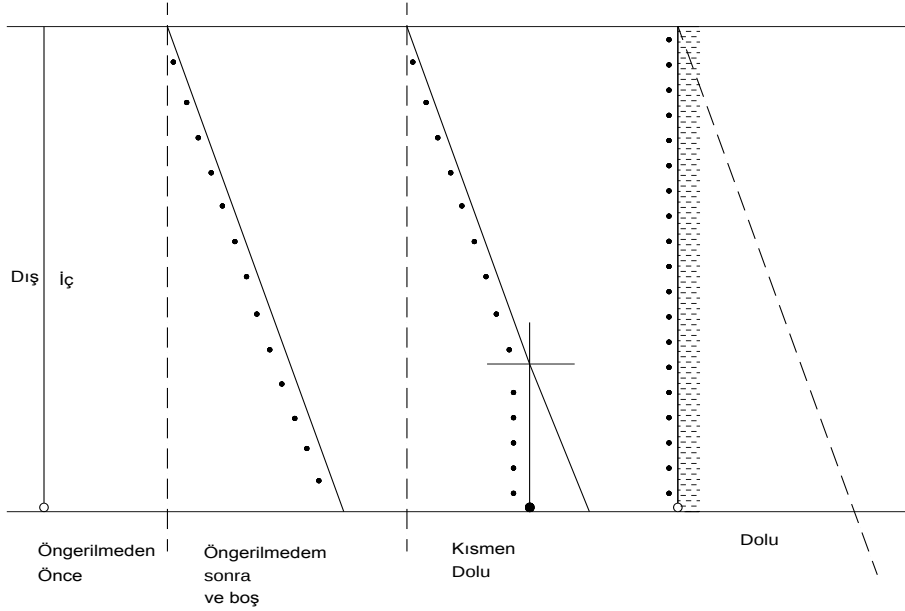
6.3.1 Alt kenarda serbestçe hareketli birleşim

Alt kenarda serbestçe kayan ve bağlantı etkisi doğurmayan bir durum varsa basınç ve halka kuvvetleri dağılımı vardır.



Şekil 6.1 : Serbest Kayıcı Halde Sıvı Kuvvetlerinin Dengelenmesi

Yine altta serbestçe hareket eden bir durum söz konusu olması halinde deponun kısmen veya tamamen boş ve dolu olması hallerinde şekil değiştirme durumları oluşur.



Şekil 6.2 : Serbest Kayıcı Halde Şekil Değişirme

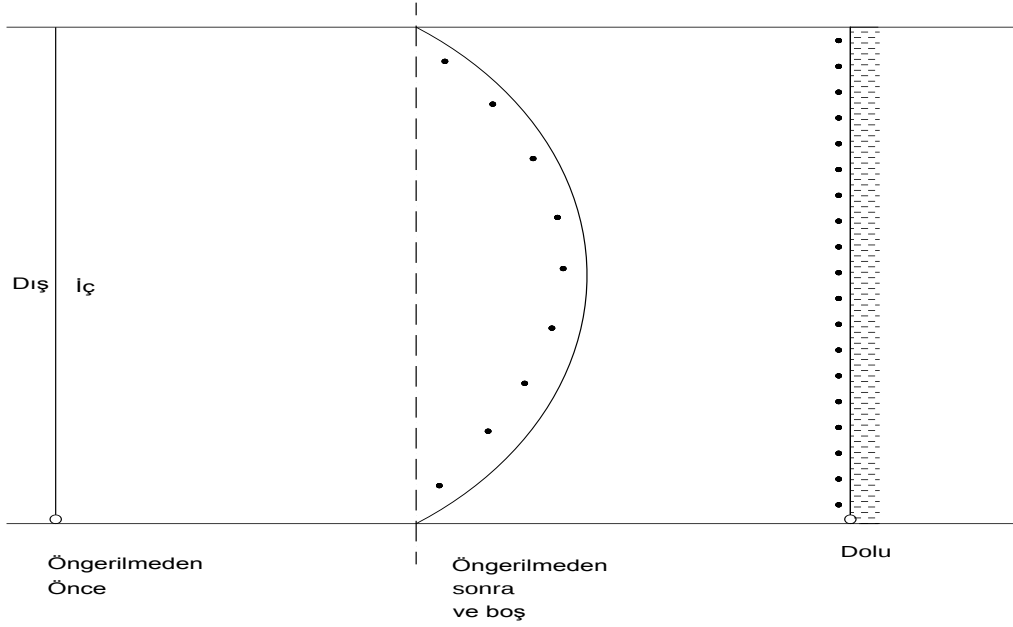
Deponun çeşitli yükleme durumlarında düşey doğrultuda da eğilme etkileri ortaya çıkar. Teorik olarak bu sistem izostatik ise de gerçekte birleşimde bir takım sürtünme kuvvetleri vardır. Bu bakımdan tam serbest olmayan bir durum söz konusudur. Hatta başlangıçta serbestçe harekete tekabül eden bir durum olsa bile daha sonraki peşpeşe doldurma ve boşaltmalarda bu durum gerçekleşmez. Bu sebepten serbestçe hareket ettiği düşünülen durumlarda bile öngerilme hesaplarında serbest hareketin hiç olmazsa yarısı kadar bir kısmının önlendiği düşünülmelidir.

Bu türlü depolar hesap ve düşey doğrultudaki zorlamaların müsait olması bakımlarından ekonomik olmakla beraber tabandaki birleşimde derzin su geçirmez olarak teşkilinde zorluk vardır ve bu zorluk ekonominin büyük kısmını veya tamamını götürür.

6.3.2 Alt kenarda mafsallı birleşim

Alt kenarda bağlantı yer değiştirmeyi engelleyen fakat dönme bakımından mukavemet göstermeyen bir şekilde olabilir.

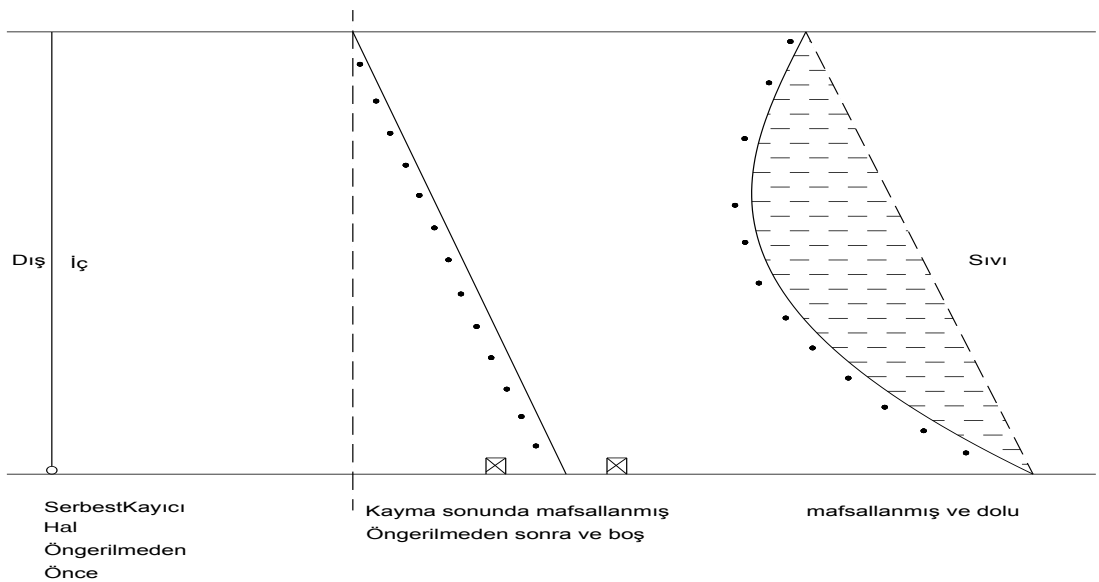
Bu türlü depolar tabanda serbestçe kayan veya ankastre olan depolara göre yapım bakımından daha müsaittirler, su geçirmezlik temini diğerlerine göre daha kolaydır. Ayrıca altta ankastre olan depolara göre düşey doğrultuda momentin yön değiştirmemesi dolayısıyla öngerilme uygulanması bakımından daha uygundur.



Şekil 6.3 : Altta Mafsallı Halde Şekil Değişirme

6.3.3 Alt kenarda tam kayıcı sonra mafsallı birleşim

Depo duvarları öngerilme uygulaması sırasında içe doğru serbestçe hareket edecek şekilde yapılırlar. Bunun için taban plağında bir yuva teşkil edilir ve duvar tabanı bu yuva içinde hareket eder. Öngerilme tatbik edildikten sonra duvarın alt ucu hareket etmeyecek, sadece yerdeğiştirmelere mani olacak ve dönmelere imkan verecek şekilde tespit edilir. Böylece serbestçe hareket eden alt uç bundan sonraki doldurma ve boşaltmalarda mafsallı olarak davranır.



Şekil 6.4 : Önce Kayıcı Sonra Mafsallı Halde Şekil Değişirme

6.3.4 Alt kenarda yarı kayıcı birleşim

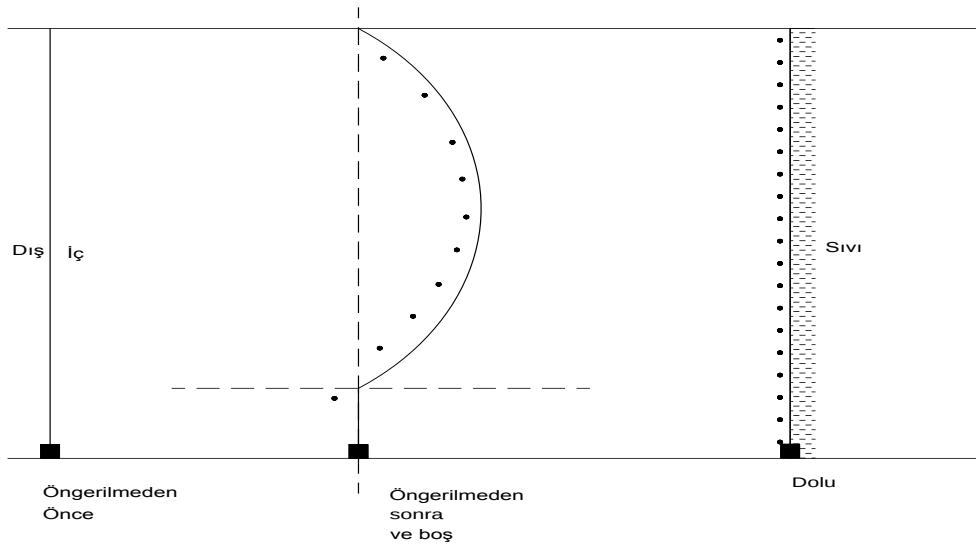
Yukarıda ele alınan durumda başlangıçtaki serbest hareketten tam emin olunamaz. Çünkü sürtünme kuvvetleri ve onun etkileri tam kestirilemez. Bu sebeple bu hareket için teorik kabul sonucu hesapla elde edilen değer yarısına imkan veren bir düzenleme yapılır. Yerdeğiştirme ortaya çıktıktan sonra daha fazlasını önleyecek engeller tasarlanır. Bu engellere varıldığında bu bölgede daha fazla çembersel öngerilme uygulanmaz ve düşey doğrultuda dengelenmesi gereken momentler küçülür. Bu türlü bir birleşim depolar için belki en uygun ve ekonomik tiptir.

6.3.5 Alt kenarda ankastre birleşim

Bu türlü birleşim halinde sıvı ve öngerilme kuvvetleri üçgensel bir değişim gösterir. Tabandaki birleşim çembersel doğrultudaki iç kuvvetlerin üçgensel dağılımdan farklılık göstermesinden olur ve düşey doğrultuda etkiyen momentler oluşur.

Öngerilme uygulandıktan sonra depo boş iken S şeklinde diye adlandırdığımız bir deformasyon durumu ortaya çıkar fakat sıvı ile yüklenince bu deformasyon durumu kaybolur.

Bu türlü depolarda düşey doğrultudaki eğilme etkileri en büyüktür. Tabanda ve yarı yüksekliğe yakın bir bölgede zıt işaretli momentler oluşur. Düşey doğrultuda öngerilme uygulanması bu tür depolarda en büyük çapta ve maliyeti etkileyici önemdedir. Bu tür yapıların maliyeti yüksek olmalarına karşı sızdırmalığın engellenmesi açısından en verimli olanıdır.



Şekil 6.5 : Ankastre Mesnetli Halde Şekil Değiştirme

7.SİLİNDİRİK DEPOLARIN BETONARME HESAP ESASLARI

7.1 Giriş

Depo konstrüksiyonu üç ana elemana ayrılabilir. Depo tavanı, depo duvarları ve depo tabanı. Herbir eleman ayrı ayrı ele alınarak hesap esasları açıklanacaktır.

7.2 Depo Tavanı

Depo tavanının hesabı yan duvarlara basit mesnetli olarak mesnetlenmesi durumunda dairesel plak, küresel kabuk, kirişli döşeme veya mantar döşeme sisteminin düşey yükler etkisinde çözümü ve donatılmasından oluşur.

Eğer depo tavanı, depo yan duvarları ile monolitik olarak teşkil edilmişse (genellikle dairesel plak ve küresel kabukta ortaya çıkar) birleşim kesitinde ortaya çıkan iç kuvvet ve momentlerin etkisinin donatı hesabında gözönüne alınması gerekir.

Gömme depoların dairesel plak ve kirişli döşemelerinde minimum döşeme kalınlığı 9 cm den az olmamalıdır. Genellikle fazla yükle yüklenen mantar döşemelerde minimum kalınlık 15 cm den az olmamalıdır.

Küresel kabukta basınç gerilmesi çok küçük olduğu için kontrol edilmez. Ancak meridyen basınç kuvvetleri doğrultusunda kritik burkulma gerilmesi kontrol edilmelidir. Bu amaçla Karman'ın analitik yolla hesap ettiği:

$$P_{kr} = 0,365 E_c \left(\frac{\delta}{r} \right)^2 \quad (7.1)$$

kritik yük alınabilir veya Zoel formülü kullanılabilir.

$$P_{kr} = \frac{0,365 E_c}{\sqrt{3(1-\mu^2)}} \frac{\delta}{r} \quad (7.2)$$

Burada

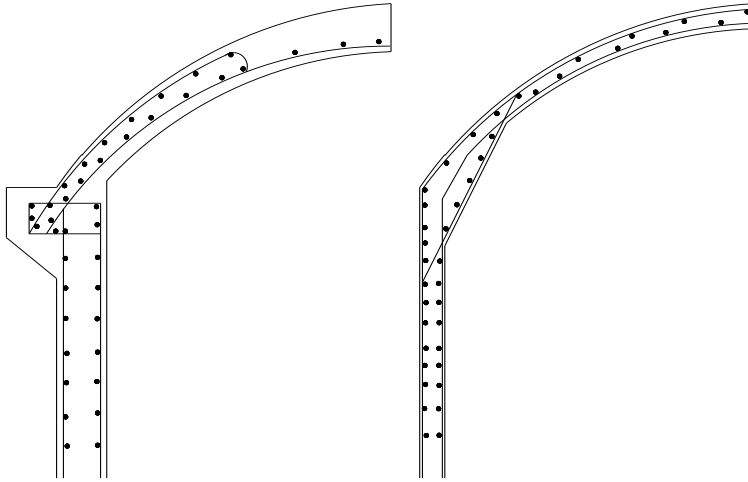
r= küresel kabuk yarıçapı

δ = küresel kabuk kalınlığı

E_c = beton elastisite modülüdür.

Kabuğun basınç donatısı olarak montaj ile sıcaklık ve rötre donatısı gözönüne alınmalıdır. Bu nedenlerle minimum donatı çapı 6 mm den büyük olmalı ve donatı aralıkları 20 cm yi geçmemelidir. Eğilme momentinin ortaya çıktığı sınırlarda kesit dışmerkez normal kuvvete göre hesaplanıp donatılmalıdır. Bu kesitte minimum donatı yüzdesi kesitin %0,2 sinden az olmamalıdır.

Gömme depolarda tavan konstrüksiyonu kubbe şeklinde ise kabuk kalınlığının 8 cm den az olmaması uygundur. Donatı çapı 8 mm den az olmamak üzere bir kat yerleştirilebilir. Kenar momentlerini almak için her iki yüze de donatı konulmalıdır. Bu donatı çubuklarının çapları 8 mm den az olmamalıdır.



Şekil 7.1 : Tavan Konstriksüyonu

7.3 Depo Yan Duvarları

Öngerilmemiş olarak teşkil edilen depo duvarları yatay ve düşey donatılarla donatılırlar. Sıvı basıncından ötürü çembersel çekme kuvvetleri ortaya çıkar. Dışarıdan etki eden bir yükten dolayı ortaya çıkan basınç kuvvetleri betonarme kesit tarafından karşılanır.

Çembersel donatı deponun sıvı ile dolu olup, yatay dış yüklemelerin gözönüne alınmadığı yükleme durumuna göre bulunmalıdır. Kesitte çembersel donatı:

$$A_s = \frac{Z}{\sigma} \quad (7.3)$$

formülü ile hesaplanır. Burada Z çekme kuvvetidir.

Boş depo ve tüm yatay dış yüklemelerde (toprak basıncı gibi) duvar kesitleri burkulmaya göre kontrol edilmelidir. Bu durumda kritik yükleme:

$$P_{kr} = \frac{E_c \delta^2}{r \sqrt{3(1-\mu^2)}} \quad (7.4)$$

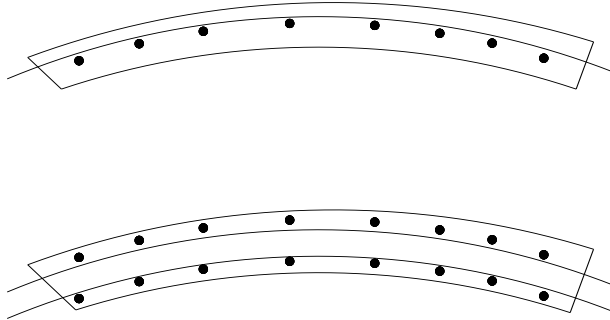
ile hesap edilir.

Çembersel donatı çembersel çekme kuvvetlerine uygun olarak duvarlarda yatay olarak yerleştirilir ve 1 m genişlik için hesaplanır. Donatı miktarı gözönüne alınan şeritte ortaya çıkan en büyük çekme kuvvetine göre hesaplanır.

Çembersel donatının çapı genellikle 8 - 22 mm arasında seçilir.

Donatıların bindirmeli ekleri ayrı bir düşey düzlemde en çok sekiz çubukta bir yapılmalıdır. Bindirme boyu aderans mukavemetine göre hesaplanmalı ve bu boy 50 Φ den az olmamalıdır. Donatılarda kanca yapılırsa bindirme boyu %25 azaltılabilir.

İnce duvarlarda bir tabaka çember ve düşey donatı yerleştirildiği halde 15 cm den daha kalın duvarlarda yüzde olarak iki tabakalı donatı tavsiye edilir. Böylece ısı ve rötire etkileri de karşılanmış olur.



Şekil 7.2 : Yan Duvar Konstriksüyonu

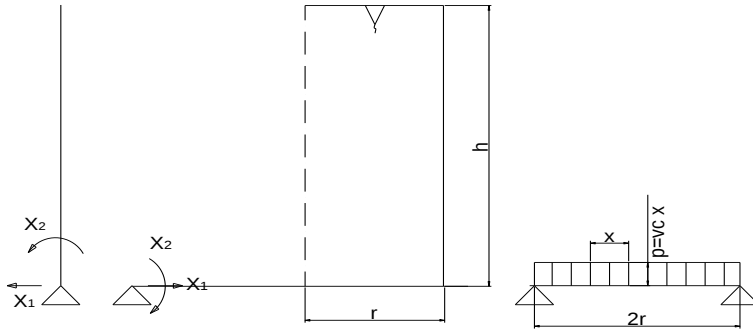
Düşey donatı kesiti duvarın kenarlarında eksantrik basınç, M meridyen momenti ve N meridyen basınç kuvvetine göre hesaplanır. Bu donatının kesiti genellikle 10 -22 mm alınır ve aralıkları duvarın iç tarafında 20 cm yi aşmaz. Düşey donatının bir kısmı depo duvarı yüksekliğince dağıtma donatısı olarak devam eder. Düşey kenarın orta bölgesinde donatı azaltılır.

7.4 Depo Tabanı

Bir deponun tabanı küresel kabuk ise çekme gerilmeleri ortaya çıkar. Çekme gerilmeleri donatı ile alınır.

Basınç gerilmelerinin bulunduğu kesitlerde burkulma kontrolü yapılmalıdır.

Düzlem şeklindeki tabanlar depo duvarları ile monolitik birleşimli veya derz ile ayrı olarak teşkil edilirler.



Şekil 7.3 : Plakta Eğilme Momenti

Birinci durumda plak donatısı hesaplanan eğilme momentine göre bulunur.

Zemine serbestçe oturan ikinci durumda ise ısı ve rötre etkileri gözönüne alınarak donatı yerleştirilir, (zemin suyunun etkili olmadığı durumlarda). Genellikle bu durumda çapı 6 mm olan ve aralıkları 15 cm yi geçmeyen ızgara şeklinde donatı düzenlenir veya çapı 8 mm ve aralıkları 30 cm yi geçmeyen alt ve üst yüze ızgara şeklinde donatı düzenlenir.

Zemin su basıncı söz konusu ise derz ile ayrılan taban kalınlığı kaldırma kuvvetine bağlı olarak seçilir.

8.SİLİNDİRİK DEPOLARDA KONSTRÜKSİYON

8.1 Depo Tavan Konstrüksiyonu

Depo tavanı olarak genellikle dairesel plak, kirişli döşeme, mantar döşeme veya küresel kabuk kullanılır. Büyük depolarda tavan konstrüksiyonunu taşımak üzere depo içine kolonlar yerleştirilir.

Kolonların aralıklarının 4~4,5 m den fazla olmaması ve kesitlerinde minimum 25x25cm (dairesel kolonlarda min $\Phi 30$ cm) alınması gerekir. Tavan döşemesinin silindirik yan duvarlarla birleşiminde 1:1 veya 1:3 eğimli guse teşkil edilebilir veya bir çember kirişi yerleştirilir.

Küresel kabuk ile yan duvarların birleşimi:

a) Çember kirişi

b) Guseli

c) Gusesiz

olabilir.

Küresel kabuk çember kirişi vasıtasıyla yan duvarlarla monolitik olarak birleştirilebileceği gibi çember kirişi yan duvarlardan bir derz ile ayrılabilir.

Monolitik kabuklar meridyen ve paralel daire doğrultusunda donatılırlar. Genellikle bir kat donatı kullanılır. Çember boyunca ortaya çıkan eğilme momentlerini almak üzere meridyen doğrultusunda üst donatıda yerleştirilir. Bu donatının uzunluğu moment diyagramına göre tespit edilmelidir. Bu arada momentin iki defa sıfırdan geçmesi gözönüne alınmalıdır. Bu durum özellikle büyük negatif momentli basit kubbelerde önemlidir. Eğer eğilme momentinin bölgesi tam belirlenemezse, kabuğun üst kenarından itibaren ölçülen eğrilik

yarıçapının 1/3- 1/4 üne kadar üst donatı kullanılmalıdır.

Boşlukların çevreleri boyunca kabuğun basınç bölgesine konulması gereken ek donatı yerleştirilmelidir. Montajı çabuklaştırmak ve kalıp işlerini azaltmak amacıyla çoğu kez kubbeler prefabrike elemanlardan oluşturulur. Bu tür prefabrike elemanların yatay kesiti üçgen, trapez, beşgen veya altıgen formda olabilir. Depolarda genellikle üçgen biçimindeki elemanlar kullanılır. Bu tip bir eleman iki meridyen düzlemi ve bir yatay daire düzlemi ile sınırlıdır. Meridyen düzlemler boyunca eğik nervürler, yatay daire boyunca enine nervürleri ve altta çember kirişine sahiptirler, üstte uç bölümde rijitleştirmek amacıyla yerinde dökme betondan bir üst çember teşkil edilir.

Alt çember boyunca kabuk elemanları çepeçevre teşkil edilen ayak şeklindeki yuvaya otururlar yan yana iki kabuk elemanında nervür boyunca oluşan kana beton ile doldurularak birlikte çalışma sağlanır. Nervürler arasına ısı izolasyonu olarak 5 cm cüruf betonu doldurulur. Bu tür elemanlar montaj ve nakil durumundaki yük durumlarına göre de hesaplanmalıdır.

Büyük boyutlu kubbelerde ara çember kirişi teşkil edilir ve iki sıra prefabrik kabuk elemanı kullanılır. Bu prefabrik kısımların donatısı aynı kaset döşemedeki gibidir. Kubbenin oku deponun yatay daire yarıçapı olmak üzere (1/6~1/8)a olarak seçilir.

8.2 Depo Yan Duvarları Konstrüksiyonu

Depo edilen sıvının donma özelliklerine bağlı olarak duvar iç yüzeyine 1/15 - 1/20 eğim verilebilir. Duvarlar düşey ve yatay (yatay daire) doğrultuda donatılırlar.

8.3 Depo Taban Konstrüksiyonu

Depo tabanı ortaya çıkan eğilme momentlerine göre hesaplanır. Zemin su seviyesinin yüksek olmadığı ve zemin mukavemetinin yeterli olduğu durumlarda taban plağı bir derzle duvarlardan ayrılır. Bu durumda taban plağı kalınlığının 8 cm den az olmaması gerekir. Taban 15 cm kalınlıklı grobeton üzerine oturtulur.

Depo tabanı ile duvar arasındaki derz depo geçirimsizliğini bozmayacak şekilde teşkil edilmelidir.

Zemine doğrudan doğruya oturmayan, depo tabanlarında konstrüksiyon silolardaki gibidir.

Zemin üstü depolarında sel sularının akıtılması için taban plağı en az 1/25 eğimli teşkil edilir. Gömme depolarda taban plağında bir çukur düzenlenir. Gömme depolarda depo tabanı toplayan kanallara doğru 1/100 eğimli teşkil edilir.

9.DERZLER

9.1 Giriş

Depolarda da diğer betonarme inşaat tiplerinde olduğu gibi iş derzleri (inşaat derzleri) ve hareket derzleri teşkil edilir.

9.2 İnşaat Derzleri

İnşaat derzleri çalışma şartlarına ve tekniğine bağlı olarak malzemeye yapılan ve elemanın sürekliliğini bozmayan derzlerdir. Uygulamada yatay veya düşey olarak düzenlenirler.

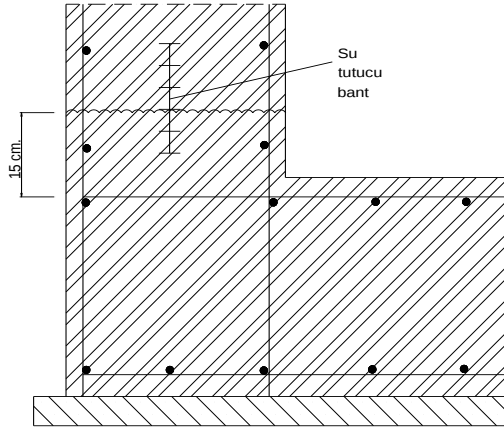
Yatay inşaat derzleri yapıda; kolonlarda, perdelerde, yüksek tablalı kirişlerde inşa edilirler.

Düşey inşaat derzleri yapıda temel kirişlerinde, döşemelerde inşa edilirler. Derzler kesit tesirlerinin az olduğu alanlarda inşa edilmelidirler.

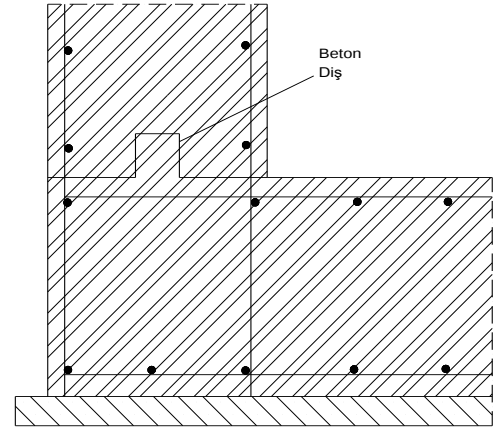
Depolarda derzlerin aynı zamanda geçirimsizliği bozmaması gerekir.

Depolarda ayrıca su tutucu bant kullanılmalıdır.

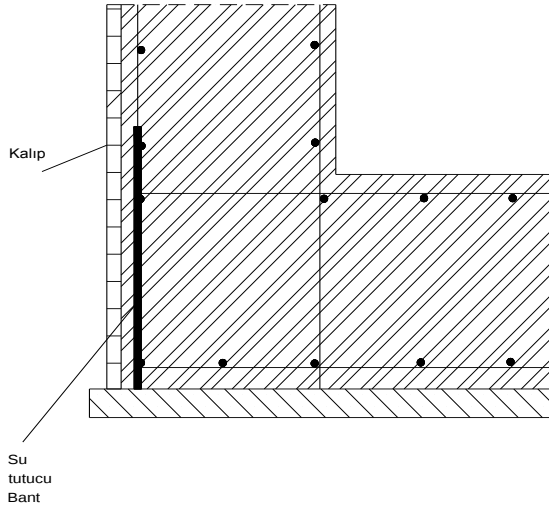
Diğer bir çözüm ise derzde inşa edilen beton dışıdır. Dışardan etki eden sulara karşı su tutucu bant dış kısımda kalıba tespit edilir ve beton dökülür.



Şekil 9.1 : Derzlerde Su Tutucu Bant



Şekil 9.2 : Derzlerde Beton Diş



Şekil 9.3 : Derzlerde Dış Suyu Karşı Su Tutucu Bant

9.3 Hareket Derzleri

Depolarda betonun rötre ve ısı değişimlerini azaltmak ve konstrüktif nedenlerle hareket derzleri teşkil edilir. Bu tip derzler;

- a- Betonda rötre ve ısı değişimlerinden doğan çekme gerilmelerini azaltırlar.
- b- Farklı zemin oturmalarında çatlak oluşumunu önler.
- c- Statik sistemi basitleştirip, momentleri azaltırlar.

Depolarda aşağıdaki tiplerde derzler inşa edilir;

a- Depo tabanını küçük alanlara bölen derzler.

b- Duvar ile paralel veya duvar ile depo tabanı arasında teşkil edilen derzler.

c- Duvar ile tavan arasında teşkil edilen derzler.

Hareket derzleri de inşa şekillerine bağlı olarak;

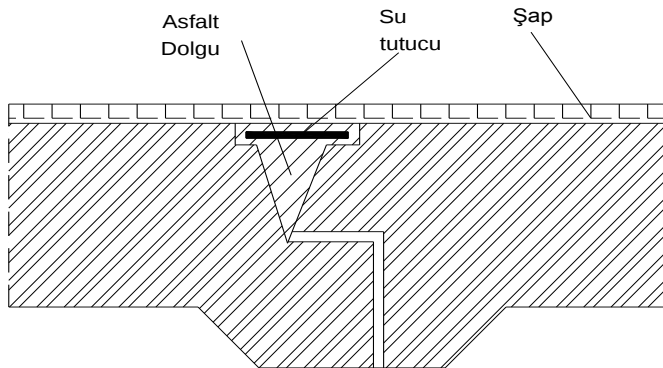
a- Daralma Derzleri: Derz boyunca betonun sürekli olmadığı ve teşkilinde derzin iki yanağı arasında boşluk bırakılmamış olan derzlerdir. Derz boyunca hem beton hem de donatı süreksiz ise bu tip daralma derzleri tam daralma derzleri, sadece betonun süreksiz olduğu derzlere kısmi daralma derzleri denir.

- Genleşme Derzleri: Yapıda hem genleşme, hem de daralma hareketlerine imkan veren derz boyunca hem betonun hem de donatının süreksiz olduğu ve teşkilinde derzin iki yanağı arasında uygun bir boşluk bırakılmış olan derzlerdir. Yapıda sıcaklık değişmesi ve betonun büzülmesi meydana gelecek boy değişimlerinden oluşan zorlamaları azaltmak amacıyla yapılır. Sıcaklık farkının büyük olduğu durumlarda etkili olur.

c- Kayma Derzi

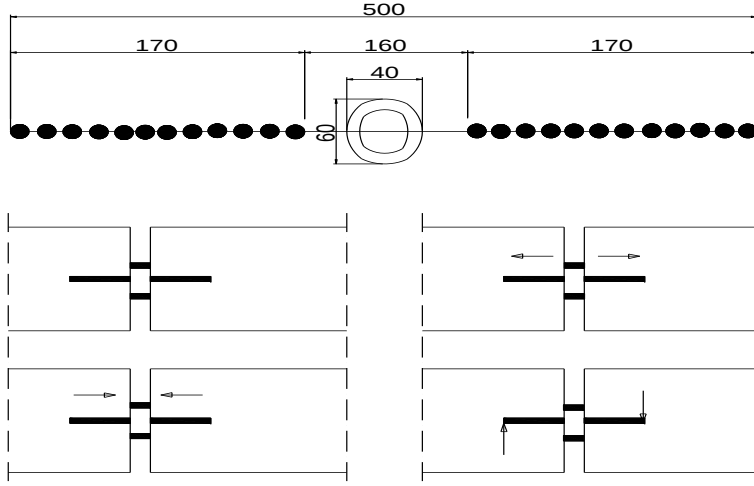
olarak isimlendirilirler.

Depo tabanını küçük alanlı plaklara bölen derzler genellikle basittir. Taban plakları ince olduğu için sıvıların taban plağından sızma yollarının azaltılması gerekir. Bu amaçla derz bölgesindeki depo tabanı kalınlaştırılabilir.

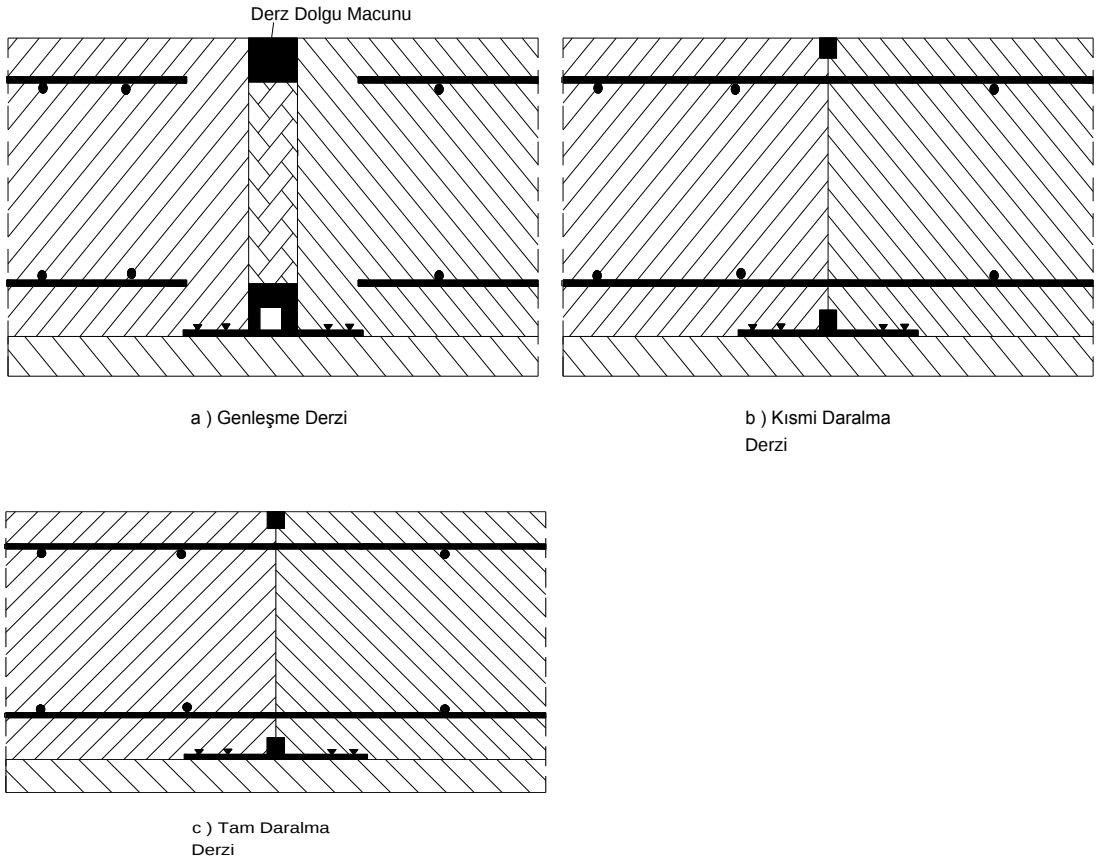


Şekil 9.4 : Taban Derzleri

Ayrıca kauçuk, kökenli veya lastik kökenli su tutucu bantlar da derzlerin geçirimsizliğini temin ederler. Bu tip bantlarda bulunan boru şeklindeki boşluklar derzin iki yanağının hareketlerini temin ederler.



Şekil 9.5 : Kauçuk ve Lastik Su Tutucular



Şekil 9.6 : Dsi Su Tutucu Betonarme Yapıların Hesap ve Yapımına Ait Genel Teknik Şartname'de Öngörülen Derzler

10.GEÇİRİMSİZLİK

10.1 Giriş

Gerek konutlarda gerekse sanayi yapılarında yapılan betonarme su depolarında sıkça karşılaşılan sorunlar;

- Kalitesiz beton ve döküm işçiliği,
- Su tutucu bant kullanılmaması,
- Sürme esaslı yalıtım yapılacaksa beton yüzeyindeki kalıp yağı, ahşap parça, çimento şerbeti gibi malzemelerin temizlenmemesi,
- Soğuk derz ve genleşme derzlerinin uygun malzemelerle doldurulmaması,
- Tesisat borusu ve diğer giriş çıkış galerilerinin betonla birleşim yerlerinin derz dolgu malzemesi ile doldurulmaması,
- PVC esaslı mambran ile depo yapılıyorsa, tesisat giriş çıkışlarının flanşsız yapılması,
- Malzeme seçiminde içme suyuna uygunluk belgesi aranmaması,
- Yapılmış yalıtımın, sonradan üzerinde gezinilerek, yada temizlik sırasında hasarlandırılması,
- Düşük kalitede işçilikle yalıtım yaptırılması

olarak verilebilir.

10.2 Su Depolarında Geçirimsizliğin Sağlanması

Su yalıtımında, içme suyu deposu söz konusu ise, mutlaka önerilen malzemenin "İçme suyu ile ilgili yerlerde kullanılır" raporunu veya test raporunu olarak talep etmek gerekmektedir.

Su deposu yalıtımında çimento esaslı malzeme seçilecekse tüm sıvaların indirilmesini, özel tamir harçları ile bölgesel tamir yapılmasını, fittings-beton birleşimlerine PU esaslı (Silikon esaslı değil) mastik sıkılmasını, yalıtımın en az iki kat ve fileli olarak, gerçek beton üzerine(üzerindeki kalıp artığı çimento şerbetinin giderilmesi için kumlama yapılmasını), işin bitiminde zemine seramik kaplanmasını ve firmaya soğuk derzleri nasıl iyileştirileceğinin tetkik edilmesi gerekmektedir. Su depolarında PVC mambranlar da kullanılmaktadır. Ancak bu tür mambranlara giriş ve çıkış yapan boru vs. bağlantı mutlaka flanşlı yada uygun kenetleme yöntemlerinden biriyle olmalıdır.

Zemin suları ve don tesirlerine karşı su ve ısı yalıtımı yapılmalıdır. Su yalıtımı için çimento esaslı yalıtım malzemesi 3 kg/m^2 sarfiyatla kullanılabilir. Malzeme iki kat halinde yapılacağı için mekanik mukavemeti ve elastikiyeti arttırmak için katlar arasına minimum 65 gr/m^2 ağırlıkta sıva filesi kullanılmalıdır. (Beton yüzeyler eğer gerekiyorsa önceden çimento esaslı bir tamir malzemesi ile tamir edilmeli. Sürme esaslı hemen hemen tüm yalıtım malzemelerinin uygulama öncesinde yapışmayı arttırmak için öncelikle bir su yada kum jeli ile yüzeyler yıkanarak/kumlanarak, kalıp artığı çimentonun yüzeyden uzaklaştırılması aderansın tam olmasını sağlayacaktır. Ayrıca çimento esaslı ürün gruplarının hemen hemen tümünün uygulama öncesinde yüzeylerin çok iyi ıslatılması unutulmamalıdır.) Yada şaluma uygulamalı çift kat bir yalıtım seçilebilir. Diğer bir yöntem Bitüm-Kauçuk esaslı yada Poliüretan esaslı sıvı uygulamalı bir kaplamada tercih edilebilir. Mekanik mukavemeti ve elastikiyeti arttırmak için katlar arasına camelyaf/camtülü kullanılmalıdır. Her şekilde bu yalıtım, toprağın mekanik tesirlerine karşı korunmalıdır. Bu koruma XPS, EPS yada Kabarcıklı levhalardan yapılabilir. Özellikle tuğla duvar ile yalıtım korumasından kaçınılmalıdır. Çünkü üst üste konulan tuğla arası harçlar zamanla sertleşerek, keskin birer bıçak gibi, arkasındaki toprağında itkisiyle yalıtımı yırtabilir. Yalıtım temel ampatmanının üstünü ve yan alınına da sarmalıdır. Yüksek yanal su basıncı

bekleniyorsa mutlaka drenaj boruları ile su drene edilmelidir. Temel ampatmanında suyun temel/perde birleşiminde birikmemesi için hafif meyilli bir şap yapılmalıdır.

TS 3078 de tanımlı ve projecinin tavsiyesiyle yukarıdaki şekilde gösterildiği şekilde su tutucu bantlar konulmalıdır. Bu bantların genleşme derzleri için ayrı, soğuk inşaat derzleri için ayrı tipte olduğu unutulmamalıdır. Ancak uygulama sırasında bantların bükülmemesine, kaymamasına ve ek yerlerinin kaynak ile sızdırmaz bir şekilde birleştirilmesine dikkat edilmelidir. B noktasındaki iç köşelerde veya dik köşelerin tümünde sıva filesi mutlaka kullanılmalıdır.

Öncelikle yalıtımın iyi sonuç vermesi için kaliteli ve düz kalıp tahtası (playwood vb.) kullanılmalıdır. Beton yüzeyler eğer gerekiyorsa önceden çimento esaslı bir tamir malzemesi ile tamir edilmelidir. Sürme esaslı hemen hemen tüm yalıtım malzemelerinin uygulama öncesinde yapışmayı arttırmak için öncelikle bir su yada kum jeli ile yüzeyler yıkanarak/kumlanarak, kalıp artığı çimentonun yüzeyden uzaklaştırılması aderansın tam olmasını sağlayacaktır. Ayrıca çimento esaslı ürün gruplarının hemen hemen tümünün uygulama öncesinde yüzeylerin çok iyi ıslatılması unutulmamalıdır. Perde diplerinin pahlı yapılması çok gerekli olmayıp, (zira yatay çatlama noktası iki katına çıkmaktadır) düzgün bir çelik mala bitişi tercih edilmelidir. Hatta en doğrusu perde betonu dökülmeden önce 2 cm x 2 cm kesitinde bir çita depo iç tarafında perde/zemin birleşimine gelecek şekilde kalıba çakılmalı, beton dökülüp kalıplar alındıktan sonra bu çitada betondan çıkarılarak oluşturulacak derz geçiş noktasına PU esaslı hijyen mastik sıkılmalıdır. Böylece depo içi su basıncı nedeniyle perdenin yanal ötelenmesinden dolayı açılması muhtemel soğuk derz hareketinden dolayı yalıtım malzemesinin hasar görmesi ve su kaçırması önlenmiş olacaktır. Su yalıtımı için çimento esaslı yalıtım malzemesi minimum 4 kg/m² sarfiyatla kullanılabilir. 2.5 metreyi geçen yüksekliklerde bu sarfiyat 5 kg/m² olmalıdır. Malzeme iki kat halinde yapılacağı için mekanik mukavemeti ve elastikiyeti arttırmak için katlar arasına minimum 65 gr/m² ağırlıkta sıva filesi kullanılmalıdır. Bu yüzde kullanılacak malzemenin içme suyu ile temasında sakınca olmayan malzemeden seçilmesi gerekir. Yalıtımın bitimini takiben temizlik ve yalıtımı koruma amaçlı seramik kaplama yapılmalıdır. Tüm fittings giriş/çıkışlarının betonla birleşimi hijyen PU esaslı bir mastik ile contalanmalıdır.

Döşeme ve perdede, beton kesit merkezinde su tutucu bant olacağından iki beton arasına (aralık yoksa suni olarak beton döküm aşamasında çita vs. ile oluşturulup) polietilen fitil, kum vs. marifetiyle dolgu yapıp yine hijyen PU esaslı bir mastik

(Derz boyutlarına göre Hijyen Polisülfid esaslı bir mastik yada PVC bant türü bir kapama) ile sistem sızdırmaz hale getirilir.

Kullanılabilecek malzeme çeşitleri; PVC mambran, bitümlü mambran,sürme esaslı malzemeler olup, bütçe ve beklenen servis ömrü ile orantılıdır.

Isı yalıtım malzemesi meyil şapının altında kalır, su; ısı yalıtımına ulaşmazsa daha kalıcı ve performanslı bir çözüm olur. Genel olarak tavsiye edilen detay; (alttan üste doğru) Betonarme döşeme+naylon (buharı havalandırma bacasına yönlendirmek için)+ısı yalıtımı+meyil şapı+su yalıtımı (PVC mambranda önce keçe sonra su yalıtımı)+örgüsüz jeotekstil+naylon(koruma şapı dökülürken, çimento şerbeti jeotekstile ulaşp,orada sertleşip , jeotekstilin suyu gidere yönlendirme yeteneğini ortadan kaldırmasın diye)+(PVC mambranda direkt plastik pedlere basan karo taşı konulabilir) + kaplama şapı+taş vs.kaplama Sürme esaslı malzemelerde ön yüzey hazırlığı ve şap eğimi çok önemli olup süzgeç detayına da dikkat etmek gerekir.

Meyil şapına bağlı olarak süzgece, metraja bağlı olarak havalandırma bacasına dikkat edilmelidir.

Parapet üstlerine tam dönülmeli, taş ,galvanize sac vs. malzeme ile sistem kenetlenmelidir.

Duvara gelen yüzeyler mutlaka alüminyum çita+PU esaslı mastik ile yalıtım duvara kenetlenmelidir.

Direkt seramik üzerine yapılacak uygulamada altta kalacak seramiğin sağlamlığı kontrol edilmeli , sağlıklı bir yalıtım sistemi seçilemeyecekse mutlaka seramikler kaldırılmalı , ondan sonra yalıtım yapılmalıdır.

Temel yalıtımında yalıtım tipinin seçimi önemlidir. Bu tipin seçimine etki eden kriterler ;

- Temel tipi,
- Yapının araziye oturum şekli,
- Drenaj imkanı,
- Yer altı su seviyesi
- Yapı içindeki farklı kottaki elemanlar

- Diğer binalarla ilinti durumu
- Son olarak da işin bütçesi.

Yukarıdaki kriterlere göre yalıtım tipi seçildikten sonra; Bohçalama yada perde izolasyonu yöntemlerinden birine yönelinebilir.

Mambran yalıtımının kat seviyesinde toprakla birleşme/bitiş noktasında aşağıdaki gibi tedbir alınmalıdır.

11.ÇATLAK KONTROLÜ

11.1 Giriş

Betonarme yapılarda malzemenin çekmeye karşı dayanıksız olması nedeniyle çatlama ile sık sık karşılaşılır. Bu yüzden çatlakların kontrolü ve belirli mertebeler içinde kaldığı tespit edilmelidir.

Çatlakların oluşturduğu temel problemler:

- Donatı korozyonu.
- Eğilme ve eksenel çekmeye etkisi.
- Yapının görünüşünü bozması.

11.2 TS500' e Göre Çatlak Kontrolü

Çatlak kontrolünün yapılmayacağı durumlar: [9]

- Zararlı çevre koşullarının bulunmaması.
- Donatı aralıklarının 200 mm.den küçük olması.
- Betonarme çekme bölgelerinde minumum donatı koşulunun yerine getirilmesi.
- Nervürlü donatının kullanılması.

Düz donatı kullanılan yerlerde:

w_k : Karakteristik çatlama genişliği, $w_m \times 1,7$

Donatı gerilmesi yük katsayısı ile çarpılmamalıdır, fakat bu değer yaklaşık olarak 0,7 f_{yd} alınabilir. Çatlak genişliği:

$$w_m = 1,3 (A_t c)^{1/3} \sigma_s 10^{-5} \quad (11.1)$$

ile verilmiştir. Burada

A_t : Her bir donatıya düşen etkili beton alanıdır.

c : Dış yüzeye en yakın çekme çubuğunun beton ötrüsü

Donatı çapları farklı olduğunda, toplam donatı alanı, oradaki en büyük çaplı çubuk alınına bölünerek bulunan eşdeğer “n” çubuk sayısı kullanılmalıdır. Elemandaki toplam çekme donatısı hesapça gerekli olanın 1,2 katından fazla ise, çatlak genişliği bu oranda azaltılmalıdır.

11.3 DSİ Şartnamesine Göre Çatlak Kontrolü

Çatlakların önlenmesi için:

- a) Rötire ve sıcaklık değişiminin etkisini sınırlandırmak.
- b) Hareket derzleri ile genleşme ve daralmaları sınırlandırmak.
- c) Yapının kendi kalınlığı içinde farklı etkilerin tesirlerini sınırlandırmak.
- d) Hareket derzlerini donatı ile kontrol altına almak.

Farklı oturmalarda oluşabilecek çatlaklar derzler ile kontrol altına alınabilir. Depoları yavaş yavaş doldurarak ve doldurma hızını kontrol ederek çatlakların önüne geçilebilir. Su tutucu yapıların ilk doldurulması 24 saatte su seviyesi 2 m.yi geçmeyecek bir şekilde üniform olarak doldurulmalıdır.

11.3.1 Farklı oturmalar

Arazinin jeolojik yapısına, faylara, temel zeminin oturma özelliğine dikkat edilmelidir. Arazi uygun değilse derz oluşturmak çözüm olabilir. Boru çıkışları ve diğer tesisatlarda esnek derz yapılabilir.

11.3.2 Tesirler

(A) Sınıfı : Hemen hemen veya daimi olarak su ile temasta olan kısımlar, sırasıyla bir kuruyan bir nemlenen kısımlar, nemli ve paslandırıcı tesirlere maruz kısımlar. Donatı olarak BÇ-I, BÇ-III veya BÇ-IV kullanılabilir. Ancak BÇ-III ve BÇ-IV idarenin onayına bağlıdır.

(B) Sınıfı : Su ile temasta olmayan kısımlar.

(C) Sınıfı : Su ile temasta olduğu halde belirli ölçüler içerisinde çatlaması veya sızdırması idare için sakıncalı olmayan kısımlar.

250 mm. veya daha ince olan ve bir yüzü (A) sınıfına dahil edilen veya döşemelerin diğer yüzlerinin de aynı şartlarda olduğu varsayılır. 250 mm.den daha kalın olan ve bir yüzü (a) sınıfı tesirine maruz duvar veya döşemelerin diğer yüzlerinin (B) sınıfı tesirine maruz olduğu varsayılır. Genelde iki tarafında da su bulunan ve bir gözden diğer göze su sızmasında mahzur görülmeyen orta duvar ve ara döşemelerin (C) sınıfı tesirlere maruz oldukları kabul edilir.

Eğilme ve eksenel çekmede karşı direnç hesaplarında beton çekme gerilmeleri alır. Çatlamaya karşı mukavemet hesaplarında beton emniyet gerilmeleri:

Tablo 11.1 : Beton Emniyet Gerilmeleri

Beton Sınıfı	Beton Emniyet Gerilmeleri (N/ mm ²)		
	Kesit Tesiri		Kayma
	Eksenel Çekme	Eğilmede Çekme	V/bz
BS 20	1,0	1,6	1,6
BS 25	1,1	1,8	2,0

V : Toplam Kesme Kuvveti

b : Genişlik

z : Moment Kolu

11.3.3 Mukavemet hesapları

Beton emniyet gerilmeleri:

Tablo 11.2 : Mukavemet Hesaplarında Beton Emniyet Gerilmeleri

Beton Sınıfı	Beton Emniyet Gerilmeleri (N/ mm ²)				
	Kesit Tesiri		Kayma	Aderans	
	Eksenel Basınç	Eğilmede Basınç	V/bz	Düz	Nervürlü
BS 20	6,5	8,0	0,7	0,6	1,2
BS 25	8,0	10,0	0,8	0,8	1,6

Çelik emniyet gerilmeleri:

Tablo 11.3 : Çelik Emniyet Gerilmeleri

Gerilme	Tesir sınıfı	Emniyet Gerilmeleri		
		BÇ-I	BÇ-III	BÇ-IV
Eksenel Çekme Eğilmede Çekme Kesme	(A)	100	160	175
Basınç	(A)	140	220	240

11.4 BS 8007' ye Göre Çatlak Kontrolü

Çekme donatısındaki birim şekil değiştirme $0,8 f_{yd} / E_s$ ve betondaki gerilme $0,45 f_{cu}$ ile sınırlandırılmak üzere çatlak genişlikleri su tutucu yapılar için 0,1 mm.yi geçmemelidir:

a' : Uygulanan basınç yüzüeyinden çatlağın hesaplandığı yüzeye olan mesafe

a_{cr} : Gözönüne alınan nokta ile en yakın donatı boyu arasındaki mesafe.

A_s : Çekme donatısı.

b : Gerilme donatısının bulunduğu bölgedeki kesit genişliği

c_{min} : Çekme donatısı yüzeyindeki minimum donatı kalınlığı.

d : Etkili yükseklik

f_s : Donatıdaki çekme gerilmesi.

h : Kesit yüksekliği

w : Çatlak genişliği.

x : Tarafsız eksen derinliği

ϵ_m : çatlakların bulunduğu kesitte ortalama şekil değiştirme.

ϵ_1 : Çatlamamış kesitteki birim deformasyon.

ϵ_2 : Betonun çatlaklar arasındaki rijitlik etkisi sonucu oluşan birim deformasyon.

Olmak üzere,

$$w_m = \frac{3 a_{cr} \epsilon_m}{1 + 2 \left[\frac{(a_{cr} - c_{min})}{(h-x)} \right]} \quad (11.2)$$

$$\epsilon_1 = \frac{f_s}{E_s} \left[\frac{h-x}{d-x} \right] \quad (11.3)$$

Su tutucu yapılar için:

$$\epsilon_2 = \frac{1,5 b(h-x) (a'-x)}{3 E_s A_s (d-x)} \quad (11.4)$$

$$\epsilon_m = \epsilon_1 - \epsilon_2$$

Eksenel gerilme sonucu oluşan çatlak genişliği:

Çekme donatısındaki şekil değiştirme $0,8 f_{yd} / E_s$ ile sınırlandırılmak üzere;

$$w = 3 a_{cr} \epsilon_m \quad (11.5)$$

Su tutucu yapılar için:

$$\epsilon_2 = \epsilon_2 = \frac{2 b h}{3 E_s A_s} \quad (11.6)$$

11.5 ACI 318 ve ACI 350 ' ye Göre Çatlak Kontrolü

Sızıntı ve donatı korozyonunu önlemek için çatlaklar en aza indirgenmelidir.

$$z = f_s^3 \sqrt{d_c A} \quad (11.7)$$

$$A = 2 d_c b_w \quad (11.8)$$

$$b_w = \frac{z^3}{2 d_c f_s^3} \quad (11.9)$$

Eğilme donatı dağılımındaki sınırlandırma miktarı iç etkilerde 30,75 kN/mm.yi, dış etkilerde 25,4 kN/mm.yi geçmemelidir.

z : Eğilme donatı dağılımındaki sınırlandırma miktarı.

f_s : İşletme yükleri için hesaplanan donatıdaki gerilme.

d_c : Beton tabakasının kalınlığı.

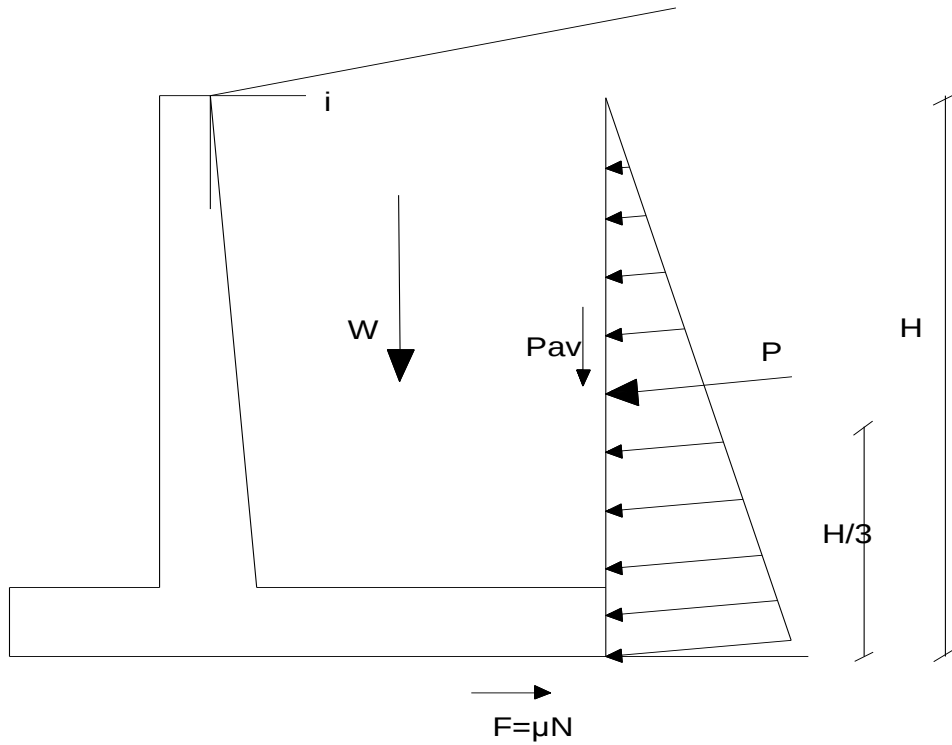
b_w :Maksimum donatı aralığı.

12.DEPREM HESABI

12.1 Giriş

Depoların deprem etkisi de göz önüne alınarak hesabedilmesi ve projelendirilmesi gerekli olabilir. Deprem sırasında depo içinde bulunan sıvının çalkalanması sonucu hidrodinamik etkiler ortaya çıkabilir.

12.2 Zemin Basıncı



Şekil12.1 : Konsol İstinat Duvarında Kuvvetler

$$P_a = 0,5 K_a \gamma H^2 \quad (12.1)$$

$$P_p = 0,5 K_p \gamma H^2 \quad (12.2)$$

Depremde oluşan aktif ve pasif basınç katsayısı:

$$K_{ad} = K_{at} - K_a \quad (12.3)$$

$$K_{pd} = K_{pt} - K_p \quad (12.4)$$

dir. Buna göre dinamik basınç katsayısı:

$$P_{ad} = 0,5 K_{ad} \gamma H^2 \quad (12.5)$$

Statik ve dinamik etkilerin beraber olduğu durumlarda istinat duvarları veya depo yan duvarları için kaymaya karşı güvenlik katsayısı minimum 1,1, devrilmeye karşı güvenlik katsayısı minimum 1,3 olmalıdır. Deprem yükü azaltma katsayısı 1,5 alınabilir.

Deprem durumu göz önüne alındığında dinamik itki:

$$P = \frac{7}{12} c_h \gamma H_1^2 \quad (12.6)$$

olan ve 0,4 H dan etkileyen deprem basıncı hesaba katılmalıdır.

Düşey doğrultuda serbest konsol olarak çalışan depo duvarının deprem hesabında, yatay zemin basıncının yanında duvarın kendi kütesine ilişkin deprem kuvvetleri göz önüne alınmayabilir.

Deprem durumlarında 0,9 G + 1,6 H + 1,0 E kombinasyonu bazı durumlar için en elverişsiz yükleme olabilir.

Depo yan duvarlarında devrilme ve kayma kontrolü yapılmalıdır. Buna göre devrilme güvenliği 2'den küçük olmaması gerekmektedir. Statik ve deprem yüklerinin beraber etki ettiği durumlarda 1,3 e kadar inilebilir.

Taban plağında bulunan gerilmeler yatay zemin kuvveti ve deponun kendi ağırlığı altında zemin emniyet gerilmeleri ile karşılaştırılmalıdır

Eğilme donatıları tek doğrultuda çalışan döşemelere benzer şekilde hesap edilir ve kayma donatısına ihtiyaç duyulmaz.

13.UYGULAMA-1

Bu bölümde aşağıda şekilde görülen su deposu SAP2000 de modelleneyecektir. Hesaplanan kesit tesirlerine bağlı öngerilme kuvveti, donatılar hesaplanacaktır. Hesaplanan kesit tesirleri daha mambran teorisine yapılan hesaplamalar ile karşılaştırılacaktır.

Deponun tavanı kubbe şeklinde olup depo yan duvarlarına çember kirişi ile oturtulmuştur. Depo tavanı, yan duvarları ve tabanı SAP2000 de kabuk eleman (Shell) olarak tanımlanmıştır. Yan duvarlar tabana neopren mesnet ile tutturulmuştur. Neopren mesnetin özelliği gereği keyıcı mesnet olarak tanımlanmıştır.

Depoya etkiyen yükler; öz ağırlığı, su yükü, toprak yükü ve iki ayrı türde öngerilme kuvvetidir. Öz ağırlığı malzemeye kendi ağırlığı tanımlanarak etkisi göz önüne alınmıştır. Su yükü ve toprak yükleri ise yayılı yük olarak tanımlanmıştır. Çember kirişi ve yan duvarlarda göz önüne alınan öngerilme kuvveti ise dış yük ve yayılı olarak tanımlanmıştır.

Hesaplanan kesit tesirleri el ile yapılan hesap ile karşılaştırıldıktan sonra betonarme hesap ile örnek tamamlanmıştır.

MALZEME :

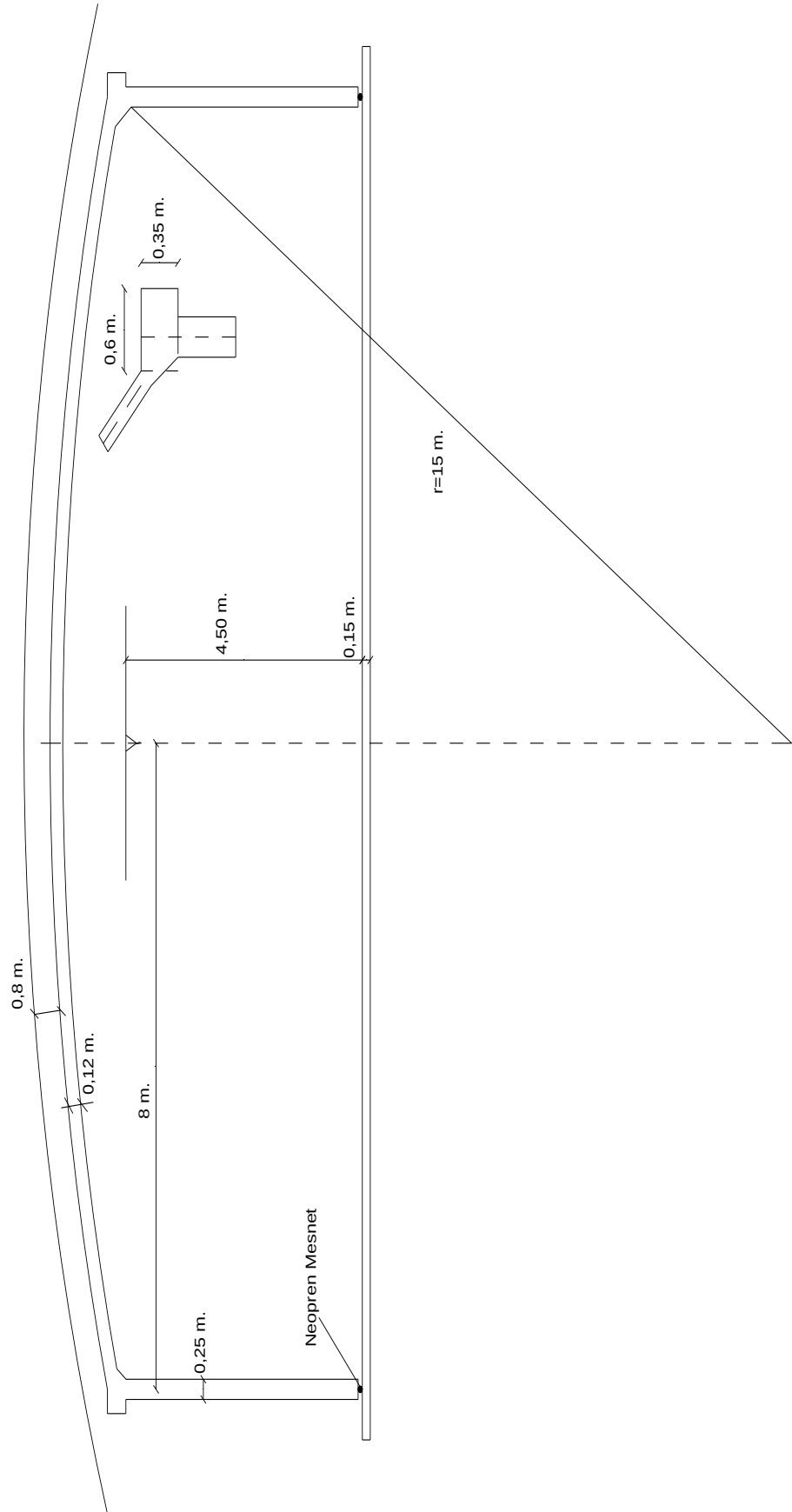
C 20 (BS 20)

$$\gamma = 24,05 \text{ kN/m}^3$$

$$E = 27958500 \text{ kN /m}^2$$

$$f_{ck} = 196000 \text{ kN /m}^2$$

$$f_{ctk} = 15696 \text{ kN /m}^2$$



Şekil 13.1 : Su Deposu

BÇ 420 a

$$f_{yk} = 411600 \text{ kN /m}^2$$

$$E = 196000000 \text{ kN /m}^2$$

Öngerilme Çeliği; 25 mm.lik çubuk için:

$$A_{sp} = 491 \text{ mm}^2$$

$$f_{pu} = 10000 \text{ kN/m}^2$$

Telli standart:

$$F_{pu}=232 \text{ kN} \quad (\text{Kopma Yüğü})$$

$$A_{sp} =266 \text{ mm}^2 \quad (\text{Kesit alanı})$$

$$F_{pu} =1670 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Çekme Mukavemeti})$$

ZEMİN

$$\gamma = 18,62 \text{ kN /m}^3$$

$$\lambda_{ah} = 0,3$$

YÜK

YÜKLEME DURUMU-1 =Zati Ağırlık

$$\text{YÜKLEME DURUMU-2} = \text{Su Basıncı} = 9,8 \times 4,5 = 44,1 \text{ kN /m}^2$$

$$\text{YÜKLEME DURUMU-3} = \text{Toprak Basıncı} = g1 = 9,8 \times 0,8 \times 1,9 = 14,906 \text{ kN /m}^2$$

$$g2 = 9,8 \times 1,52 \times 0,3 = 4,508 \text{ kN /m}^2$$

$$g3 = 9,8 \times 1,9 \times 4,5 \times 0,3 = 25,186 \text{ kN /m}^2$$

YÜKLEME DURUMU-4 = Öngerilme Kuvveti (Çember Kirişı)

YÜKLEME DURUMU-5 = Öngerilme Kuvveti (Yan Duvarlar)

Konu ile alakalı SAP2000 diagramları Ek-B'de sunulmuştur.

BETONARME HESAP:

Öngerilme: (Çember Kirişi)

Çembersel öngerme kuvveti sınır şartlarından yola çıkılarak yaklaşım yoluyla hesaplamıştır.

Buna göre:

$$U_v = 131,61 \text{ kN/m dir.}$$

Seçilen sistem için öngerilme kayıpları:

Sürtünme:

$$\sigma_{po} = 0,70 \times f_{pu} = 700 \text{ N/m}^2 \quad (\text{İlk Öngerilme})$$

$$\sigma_{pm} = \sigma_{po} e^{-\mu\alpha-kh} \quad (\text{Sürtünme sonrası gerilme})$$

$$\alpha = 0 \text{ için , } h=4,5, k=0,0005 \text{ (Düzensizlik Katsayısı)} \quad \sigma_{pm} = 698,4 \text{ N/m}^2$$

Elastik Kısılma :

$$\epsilon_{ci} = \frac{1}{2} \sigma_c / E_c = 1,72/57000$$

$$\Delta \sigma_{pci} = E_{ps} \times \epsilon_{ci} = 4,8 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Rölaksasyon kaybı : } \Delta \sigma_{pr} = 0,08 \times \sigma_{po} = 0,08 \times 700 = 56 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Rötre kaybı : } \Delta \sigma_{ps} = E_s \times \epsilon_{cs} = 200000 \times 0,0002 = 40 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Sünme Kaybı : } \Delta \sigma_{pc} = (\sigma_p / E_c) \Phi_c E_s = 2/28500 \times 1 \times 200000 = 14,03 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Toplam gerilme kaybı} = 56 + 40 + 14,03 + 4,8 = 114,83 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Nihai gerilme : } 699,87 - 114,03 = 585,04 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Bir halatın servis kuvveti : } 491 \times 585,04 \times 10^{-3} = 287,25 \text{ kN}$$

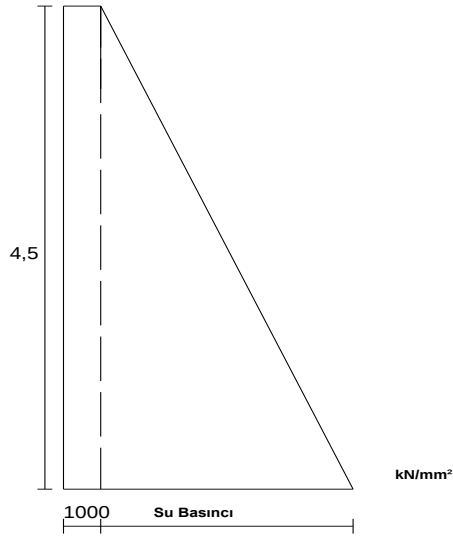
$$\text{Gerekli toplam öngerme kuvveti : } 131,61 \times 4,5 = 592,24 \text{ kN}$$

$$\text{Gerekli kablo sayısı : } 592,24 / 287,25 = 2,06 \dots\dots\dots 3 \text{ adet kablo konulacaktır}$$

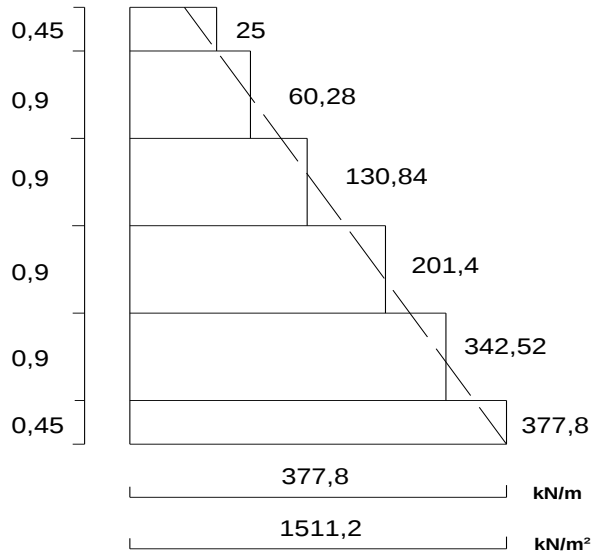
Öngerilme: (Yan duvarlar)

Haznenin dolu olması durumunda çatlak ve sızmaya karşı ilave basınç gerilmesi temin edilmelidir ve böylece çekme gerilmesi engellenmiş olur. [5]

Limit gerilmelerden yola çıkılarak 1 N/mm^2 basınç gerilmesi temin edilecektir.



Şekil 13.2 : Gerilme Dağılımı



Şekil 13.3 : Gerilme Dağılımı

$$F = \gamma \times R \times l = 9,8 \times 8 \times 4,5 = 352,8 \text{ kN/m}$$

$$\sigma (4,5) = 352,8/0,25+1000 =1511,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Gerekli toplam öngerme kuvveti : } (1000 \times 4,5 \times 0,25 + 1411,2 \times 4,5/2 \times 0,25) = 1865,88 \text{ kN}$$

$$\text{Sürtünme Katsayısı } \mu=0,2$$

$$\text{Düzensizlik katsayısı } k=0,001$$

$$\text{Öngerme iki uçta uygulanacağı için : } 180^\circ$$

Sürtünme Kayıpları :

$$f_{pu}=F_u/A_s =232/266=873 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{po} = 0,70 \times f_{pu} = 611,1 \text{ N/m}^2 \quad (\text{İlk Öngerilme})$$

$$\sigma_{pm} = \sigma_{po} e^{-\mu\theta - kh} \quad (\text{Sürtünme sonrası gerilme})$$

$$\theta = \pi/4 \text{ için } h=15 \quad \sigma_{pm} = 842 \text{ N/m}^2$$

Elastik Kısılma :

Ardı ardına çekmeli öngerilmeli haznelerde çelikten betona gerilme transferi kademeli olarak yapılır. Betonun elastik kısılmasının sebep olduğu gerilme azalması, öçekmeli sistemlerdekinin yarısı olarak alınabilir.

$$\text{Kayıp yüzdesi} = \% 1,5$$

$$\Delta \sigma_{pci} = 0,015 \times \sigma_{po} = 17,54 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Rölaksasyon kaybı : } \Delta \sigma_{pr} = 0,08 \times \sigma_{po} = 0,08 \times 1169 = 93,52 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Rötre kaybı : } \Delta \sigma_{ps} = E_s \times \epsilon_{cs} = 200000 \times 0,0002 = 40 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Sünme Kaybı : } \Delta \sigma_{pc} = (\sigma_p/E_c) \Phi_c E_s = 2/28500 \times 1 \times 200000 = 14,03 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Toplam gerilme kaybı} = 17,54 + 93,52 + 40 + 14,03 = 165,09 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Nihai gerilme : } 842 - 165,09 = 676,91 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Bir halatın servis kuvveti : } 266 \times 676,91 \times 10^{-3} = 180,05 \text{ kN}$$

Hidrostatik basınç kuvvetine göre kablo sayısı:

Gerekli kablo sayısı : $1865,88/180,05=10,36$ 11 adet kablo konulacaktır

Çember Kirişi:

Yükleme durumu (1+3+4) için:

$$N = - 82,84 \text{ kN}$$

$$M = - 0,09 \text{ kN.m}$$

Bu durumda donatı konstruktiftir. [6]

Yükleme durumu (1+4) için:

$$N = -364,87 \text{ kN}$$

$$M = 2,3 \text{ kN.m}$$

Bu durumda donatı konstruktiftir.

Kubbe:

Yükleme durumu (1+4) için:

$$n_{\phi} = -79,48 \text{ kN m/m}$$

$$m_{\phi} = 7,93 \text{ kN.m/m Paspayı } 1,5 \text{ cm.dir.}$$

$$m_e = 7,93 + 79,48 \times 0,045 = 11,48 \text{ kN.m/m}$$

$$A_s = 2,90 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Φ 8/15 altta

Φ 8/15 üstte

Silindir Duvar:

Yükleme durumu 1+2+4 için:

$$\text{Max } n_{\theta} = 93,59 \text{ kN.m/m}$$

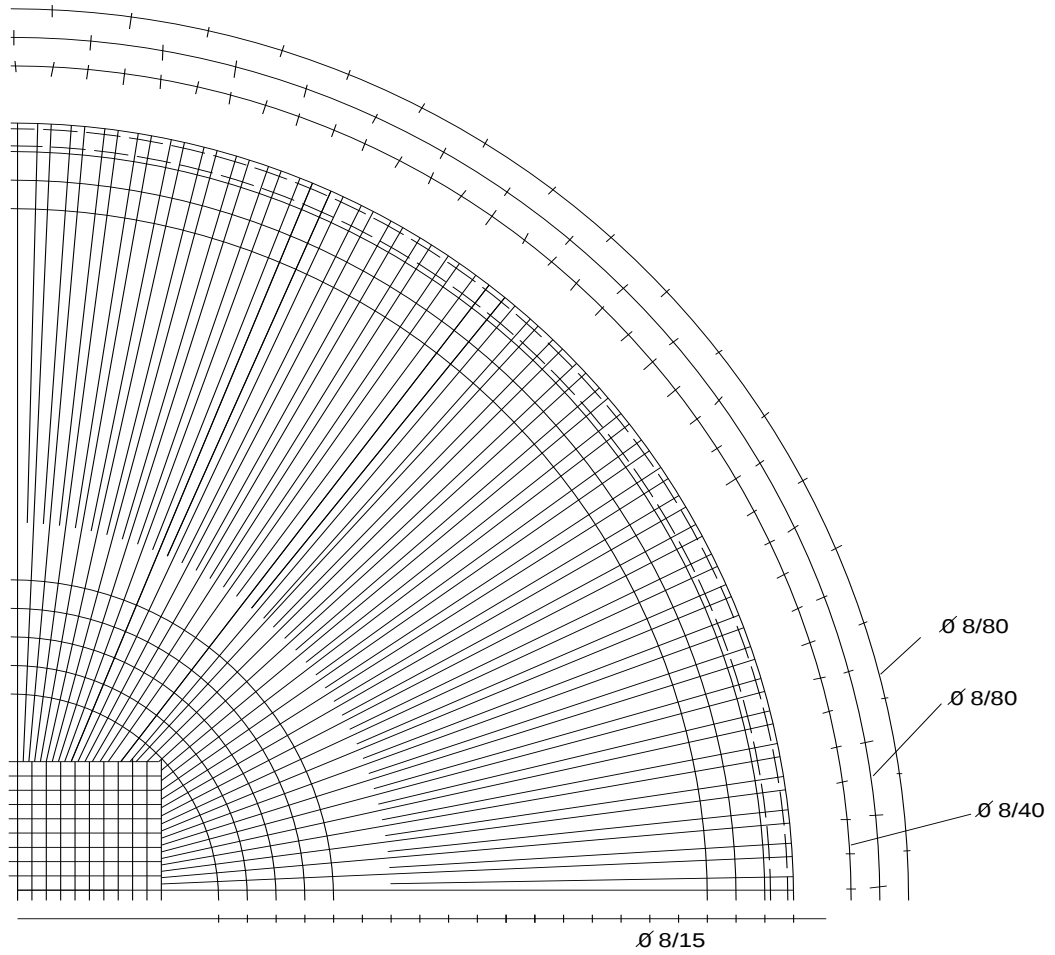
$$A_s = 4,775 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Φ 8/15 altta

Ø 8/15 üstte

Tablo 13.1 : Hesap değerlerinin karşılaştırılması

	Mambran teorisi ile çözüm		SAP2000(Kirişte Öngerilme)	
Çember Kirişi	N (kN)	M (kN.m)	N (kN)	M (kN.m)
Yükleme Durumu 1+3+4	-91,73	-0,47	-82,84	-0,09
Yükleme Durumu 1+4	-351,59	1,76	-364,87	2,3
Kubbe	n_{ϕ} (kN/m)	m_{ϕ} (kN.m/m)	n_{ϕ} (kN/m)	m_{ϕ} (kN.m/m)
Yükleme Durumu 1+4	-51,94	8,33	-79,48	7,93
Silindir Duvar	n_{ϕ}		n_{ϕ}	
Yükleme Durumu 1+2+4	352,8		93,59	



Şekil 13.4 : Kubbe Donatısı

14.UYGULAMA-2

Bu bölümde aşağıda şekilde görülen su deposu SAP2000 de modelleneyecektir. Bir önceki örnekten farklı olarak öngerilme olmaksızın ve buna bağlı olarak depo kesitlerinde ve mesnetlenmesinde farklılıklar ile sonuca gidilecektir.

MALZEME :

C 20 (BS 20)

$$\gamma = 24,05 \text{ kN/m}^3$$

$$E = 27958500 \text{ kN /m}^2$$

$$f_{ck} = 196000 \text{ kN /m}^2$$

$$f_{ctk} = 15696 \text{ kN /m}^2$$

S 420 a

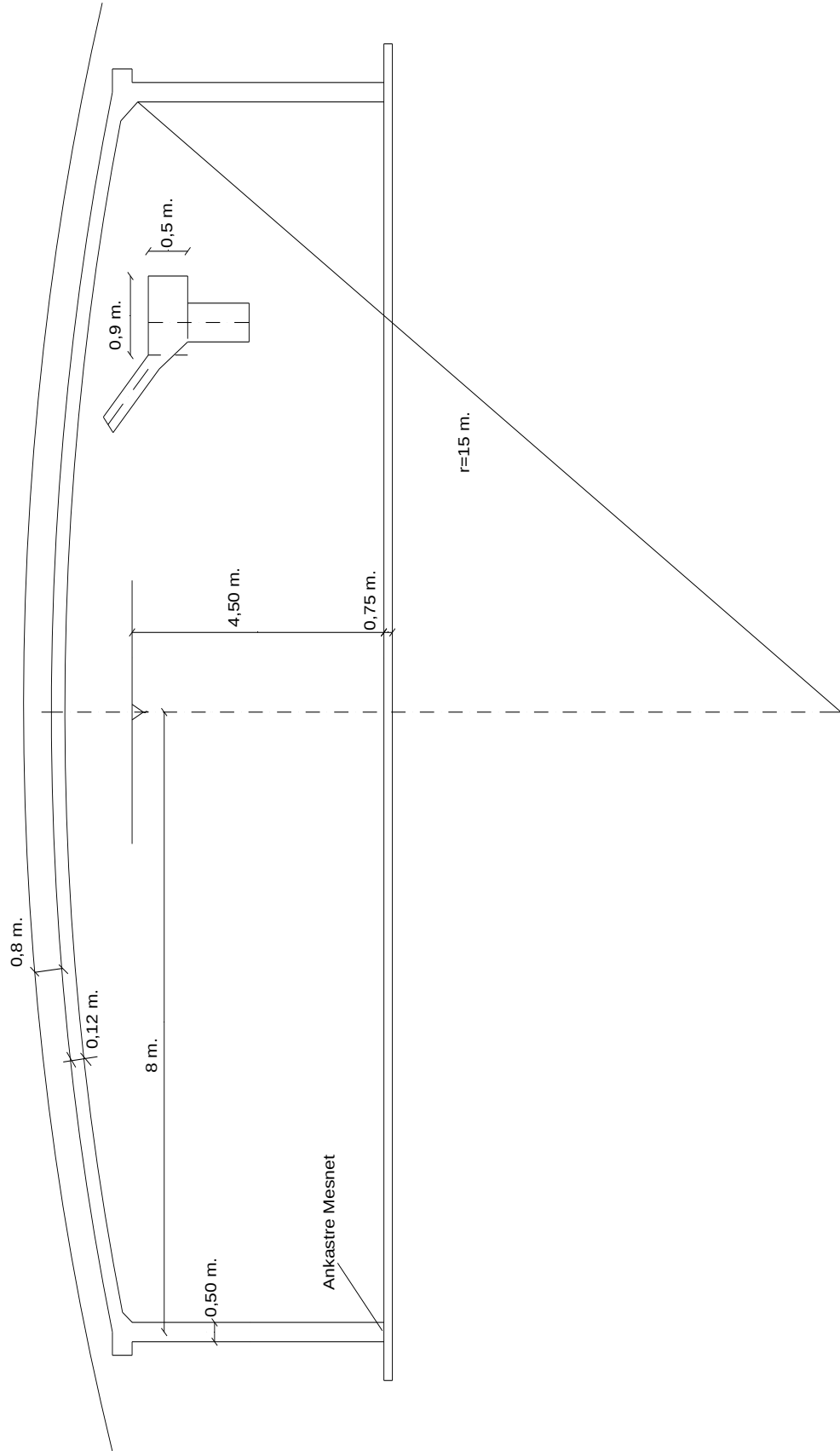
$$f_{yk} = 411600 \text{ kN /m}^2$$

$$E = 196000000 \text{ kN /m}^2$$

ZEMİN

$$\gamma = 18,62 \text{ kN /m}^3$$

$$\lambda_{ah} = 0,3$$



Şekil 14.1 : Su Deposu

YÜK

YÜKLEME DURUMU-1 =Zati Ağırlık

YÜKLEME DURUMU-2 =Su Basıncı = $9,8 \times 4,5 = 44,1 \text{ kN /m}^2$

YÜKLEME DURUMU-3 = Toprak Basıncı = $g_1 = 9,8 \times 0,8 \times 1,9 = 14,906 \text{ kN /m}^2$

$$g_2 = 9,8 \times 1,52 \times 0,3 = 4,508 \text{ kN /m}^2$$

$$g_3 = 9,8 \times 1,9 \times 4,5 \times 0,3 = 25,186 \text{ kN /m}^2$$

Konu ile alakalı SAP2000 diagramları Ek-C 'de sunulmuştur.

Çember Kirişi:

Yüklem durumu (1+3) için:

$$N = 212,23 \text{ kN}$$

$$M = - 0,11 \text{ kN.m}$$

Bu durumda donatı konstruktiftir.

Yüklem durumu (1) için:

$$N = 110,28 \text{ kN}$$

$$M = -0,02 \text{ kN.m}$$

Bu durumda donatı konstruktiftir.

Kubbe:

Yüklem durumu (1) için:

$$n_\phi = -65,9 \text{ kN m/m}$$

$$m_\phi = 22,84 \text{ kN.m/m Paspayı } 1,5 \text{ cm.dir.}$$

$$m_e = 22,84 + 65,9 \times 0,1 = 29,43 \text{ kN.m/m}$$

$$A_s = 2,35 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Ø 8/15 altta

Ø 8/15 üstte

Silindir Duvar:

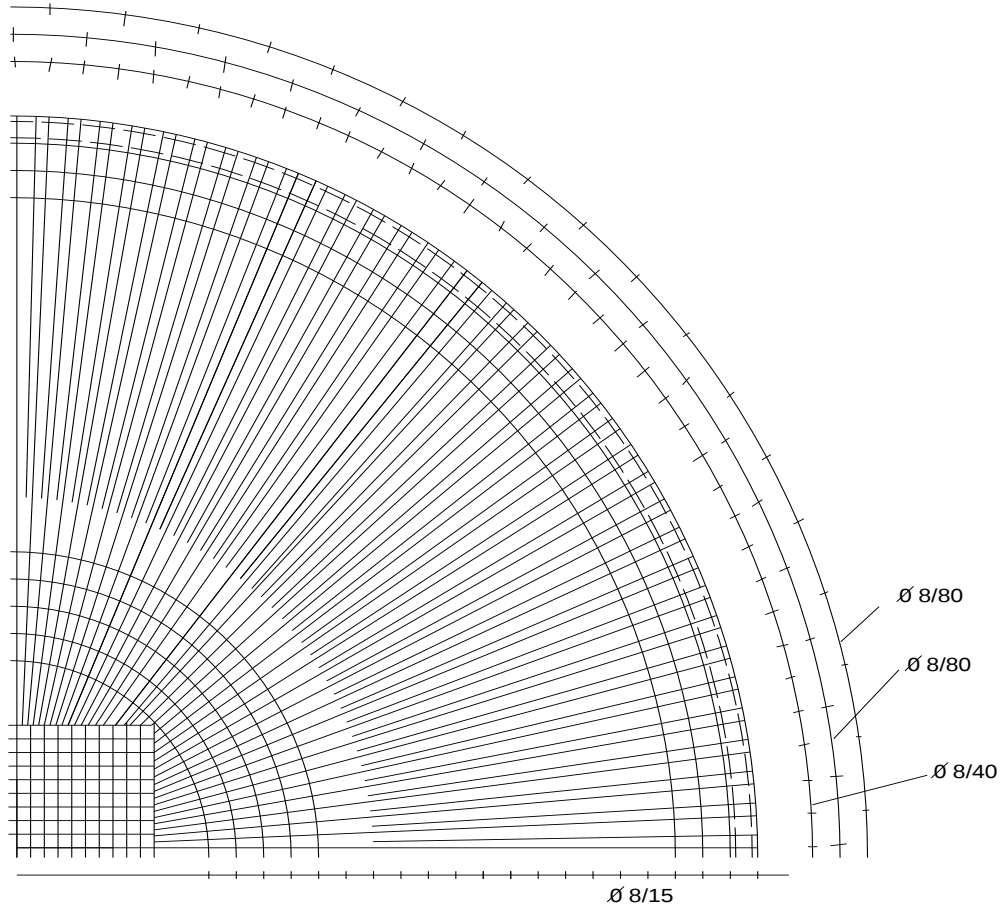
Yükleme durumu 1+2 için:

Max $n_{\theta} = 88,75$ kNm/m

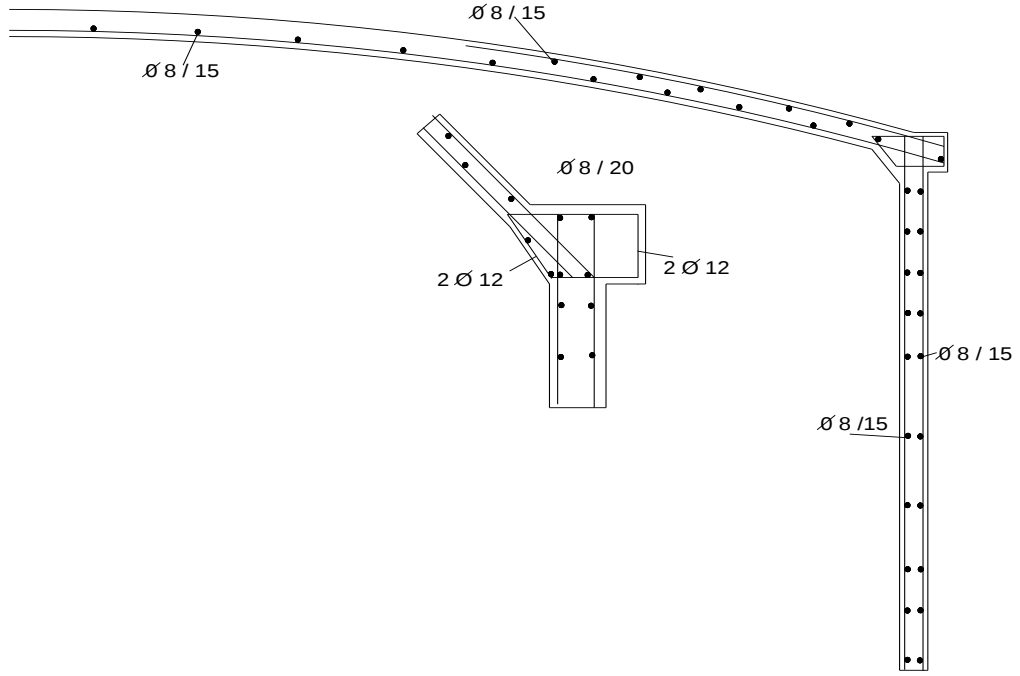
$A_s = 4,467 \text{ cm}^2 / \text{m}$

Ø 8/15 altta

Ø 8/15 üstte



Şekil 14.2 : Kubbe Donatısı



Şekil 14.3 : Kubbe ve Silindir Duvar Donatısı

TS500' e göre Çatlak Genişliği Hesabı:

Karakteristik betonun basınç dayanımı , f_{ck} : 20 N/mm²

Çelik akma mukavemeti, f_{yk} : 420 N/mm²

Donatı alanı, A_s : 3333,5 N/mm²

Donatı çapı, Φ : 8 mm²

b : 1000 mm

Dış yüzeye en yakın olan çekme çubuğunun merkezine olan mesafe, d : 50 mm

h : 500 mm

Dış yüzeye yakın beton örtüsü, c : 50 mm

Beton yüzünden donatı ağırlık merkezine olan mesafe, d : 250 mm.

Moment : 22,9 kNm

Tarafsız eksen derinliği, x : 62,7 mm.

Betonun elastisite modülü, E_c : 27958500 kN/m²

Çeliğin elastisite modülü, E_s :

196000000 kN /m²

Modüler Oran = $n = E_s / E_c = 7$

Kullanma yükleri altında donatıdaki gerilme= $\sigma_s = M / (A_s(d-x/3)) = 110,03 \text{ N/mm}^2$

Donatı yüzdesi= $\rho_r = A_s / (b \cdot 2(h-d)) = 0,037$

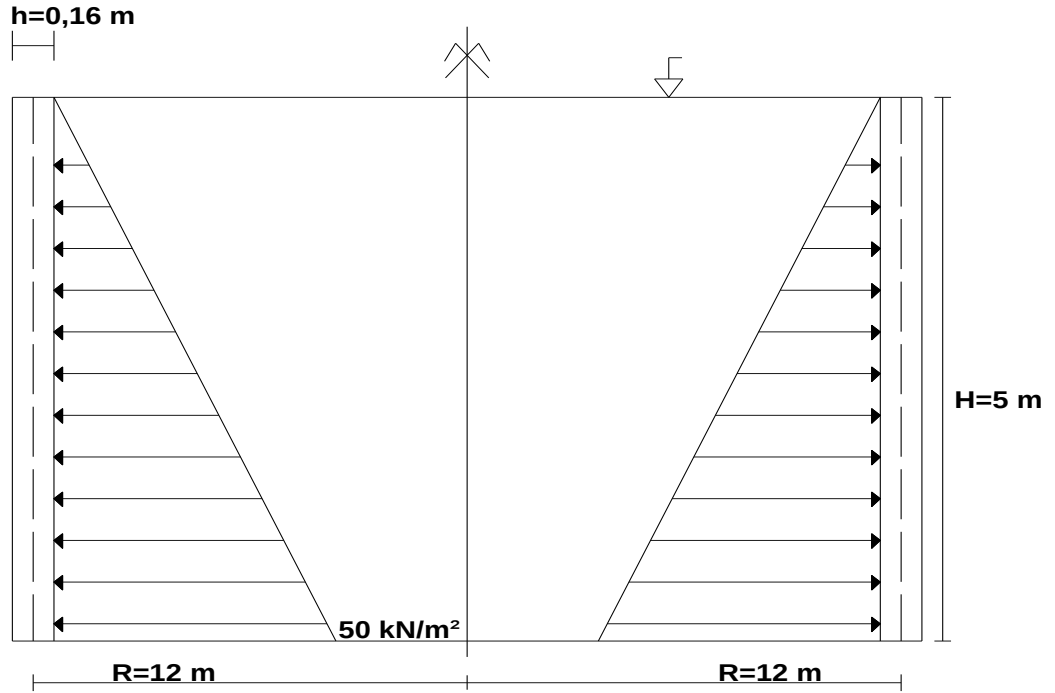
Çatlama anında donatıdaki gerilme= $\sigma_{sr} = 9,5 \sqrt{f_{ck}} = 42,48 \text{ N/mm}^2$

Çatlak genişliği = $w_m = 1,2(2.c + 0,12(\Phi / \rho_r))(\sigma_s / E_s) = 0,084 \text{ mm}$.

$w_k = 1,7 \times w_m = 0,1428 \text{ mm}$

15.UYGULAMA-3

Bu bölümde aşağıda şekilde ankastre tabanlı, tavanı açık, sabit kesitli silindirik su deposunun su basıncı etkisinde SAP2000 programı ile statik hesabı yapılacak ve sonuçlar kontrol edilecektir.

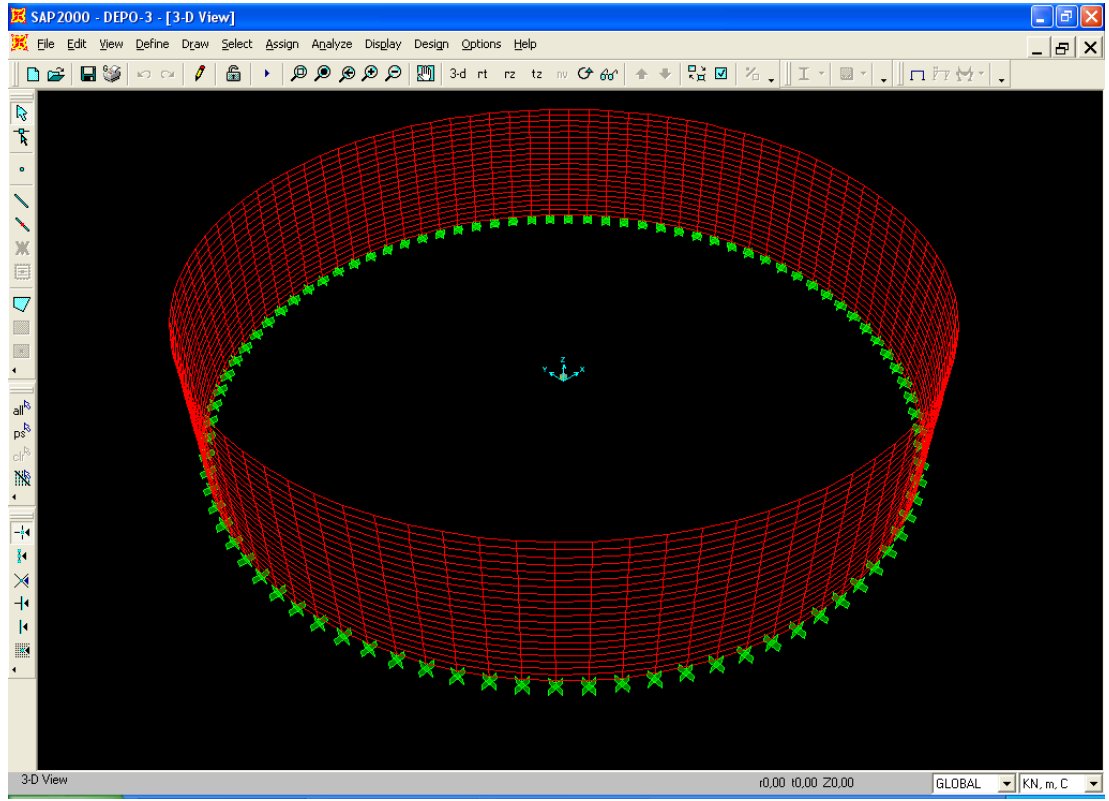


Şekil 15.1 : Sabit Kesitli Silindirik Su Deposu

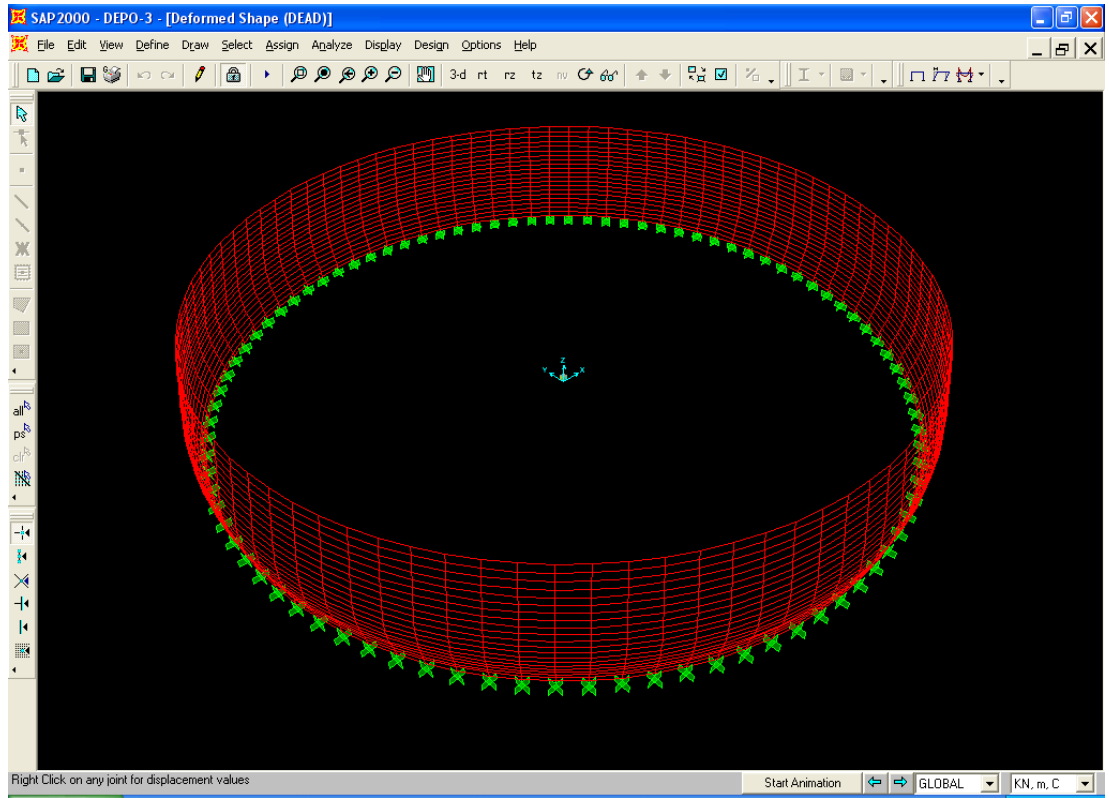
Malzeme özellikleri : $E = 2,1 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$

$$\nu = 0,1667$$

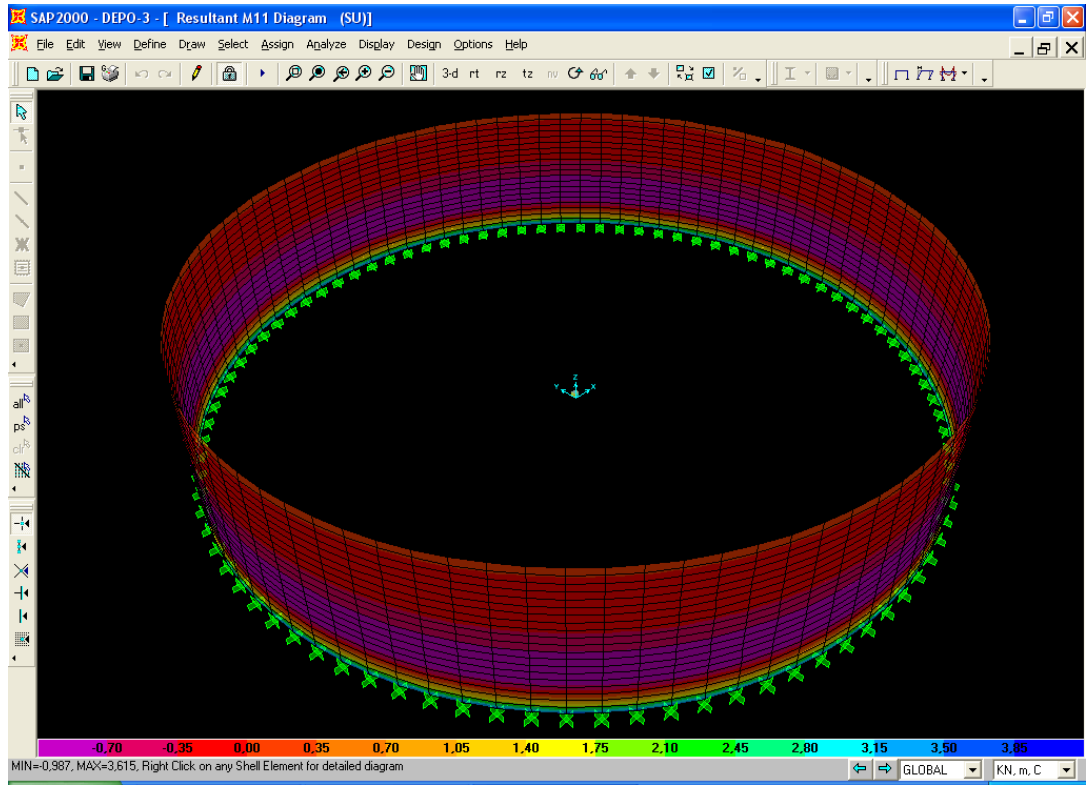
Yükleme durumu : Depo duvarları boyunca su basıncı bulunmaktadır.



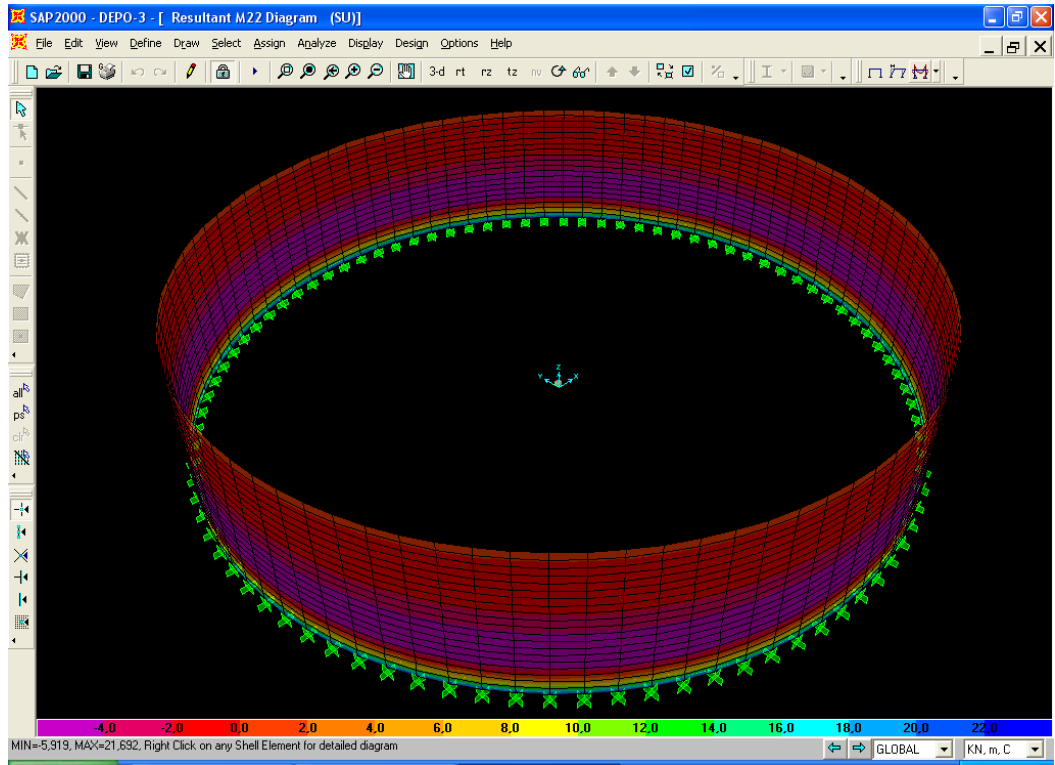
Şekil 15.2 : Sabit Kesitli Silindirik Su Deposu(SAP2000)



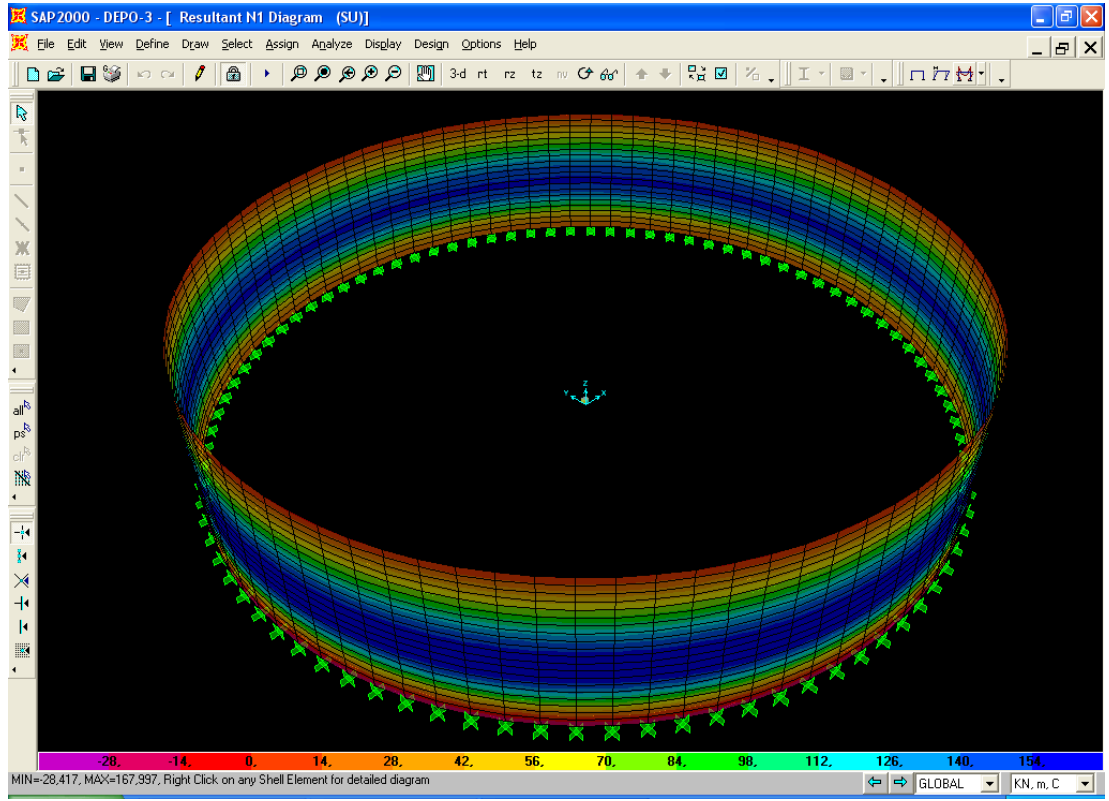
Şekil 15.3 : Şekil Değiştirmiş Durum



Şekil 15.4 : M11 Diagramı.



Şekil 15.5 : M22 Diagramı.



Şekil 15.6 : N11 Diagramı.

Sonuçlar karşılaştırıldığında :

Tablo 15.1 : Hesap değerlerinin karşılaştırılması

		Sonlu Elemanlar yöntemiyle Hesap [7]			SAP2000 Sonuçları		
YÜKLEME		M_ϕ	M_θ	N_θ	M_ϕ	M_θ	N_θ
SU BASINCI	Max.	22,07	3,679	320,40	21,962	3,615	167,997
	Min.	-5,96	-0,993	-1,15	5,919	-0,987	-28,417

16.SONUÇLAR ve ÖNERİLER

İnsanoğlu gelişiminden itibaren tüketim maddelerini depolamak amacıyla çeşitli yollara başvurmuştur. Bu yüzden su depolarının tarihi insanoğlu kadar eskidir.

Çağlar ilerledikçe depoların yapımı ve kullanım amaçları da gelişim göstermiştir. Betonarme depolar son yıllarda yaygın olarak şehirselle ve endüstriyel alanlarda ve en küçük yerleşim bölgelerinde dahi kullanılmaya başlanmıştır.

Betonarme su depolarında sadece dayanım değil kullanım amacına göre ve şeklinin de uygun olması çok önemli bir ölçüttür. Gerekli miktarda donanım, yalıtım ve ayrıca derzlerdeki detaylandırma, kullanılan inşa tekniği ve betonun kalitesi bir deponun yapımında önemlidir.

Depolar önerilmeli veya önerilmesiz olarak inşa edilmesi ise yapının durumu ve hangi işlev için kullanılacağına göre belirlenir. Fakat konumuzda işlediğimizi silindirik depoların genelde önerilmeli olarak inşa edildiği bilinmektedir. İçinde bulunan su betonun çekme mukavemetinin düşük olmasından yararlanarak çatlak ve sızmalara yol açmaktadır.

Depolar toprak altına gömülü olarak inşa edilmektedir. Uygulama-1 ve uygulama-2 de gömülü depolar üstüne çalışılmıştır. Gömülü depolar yanal toprak basıncı ve su basıncı haricinde tavandan da basınca maruz kalır.

Yukarıda verilen 1.örnekte daha önce membran teorisi ile çözülmüş olan 8 m. yarıçapındaki bir depo SAP2000 programı ile modellenmiştir. Eğilmeli hesata yapının her bir elemanı ayrı ayrı ele alınırken SAP2000 programında yapı bir bütün olarak ele alınmıştır. Ayrıca eğilmeli hesapta bilinmeyenlerin hesaplanması oldukça zorken Sap2000 de sonuçları kolayca ve istenilen durumlara göre elde edilebilir. Bunun yanında elde edilen sonuçlar mertebe açısından çok yakın çıkmıştır. Mevcut örneğe ek olarak silindirik duvarda da önerilme tatbik edilmiştir. Fakat bu boyutlarda bir depo için çıkan sonuçlara göre; uygulanacak önerilme sisteminde sadece çember kirişinde önerilmenin verilmesi yapı emniyetin sağlanmasına yeterli olmuştur.

Uygulama-2 de bir önceki örnek öngerilmesiz olarak yine SAP2000 programı ile çözülmüştür. Öngerilme olmadığı için mevcut deponun boyutlarında hemen hemen 2 kat bir fark ortaya çıkmıştır.

Deponun anlatılmasında açıklanan derz, geçirimsizlik gibi konular örneklerle açıklanmamıştır. Bunun yanında elastik zemine oturan bir depo Sap2000 programı ile kolayca modellenebilir. Fakat bu çalışmada esas amaç Eğilmeli teoriyle yapılan bir örneğin karşılaştırılması olduğu için değinilmemiştir.

Sonuç olarak kullanılacak depoda öngerilme uygulanabilirliği (işçilik vb.) açısından bir problem yok ise sıvı depolarında kullanılması gayet iyi sonuçlar vermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Demir, H. , Atlan M. , Güler K.** 1988. Betonarme Depolar, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [2] **Munshi, J.A.**, 1998. Circular Concrete Tanks Without Prestressing, Potland Cement Association
- [3] **Creasy L.R.**1961. Prestressed Concrete Cylindrical Tanks, John Wiley & Sons inc. New York.
- [4] **Özden K., Eren İ.** 1998. Öngerilmeli Beton, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [5] **Yüksel, F.**, 1988. Öngerilmeli Beton Silindirik Su Haznesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6] **Celep Z., Kumbasar N.**, 2001. Betonarme Yapılar, İstanbul
- [7] **Cihat, Ö.P.**, 1988. Dönel Kabukların Sonlu Şerit Elemanlar Yöntemiyle Çözümü, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [8] **Karataş H., Putlar M.** 1975. Betonarme Kabuk Yapılar, Çağlayan Basımevi, İstanbul.
- [9] **TS500.** 2000. Betonarme yapıların Tasarım ve Yapım kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [10] **TS3599.** 1982. Su Depoları ve Yüzme havuzlarının Sızdırma Yalıtımı Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

EKLER

Tablo A.1 : Moment hesabı için mambran fonksiyonları

[Bx]	$\phi[Bx]$	$\psi [B \times]$	$\theta [B \times]$	$\zeta [B \times]$
0,0	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000
0,1	0,9907	0,8100	0,9003	0,0903
0,2	0,9651	0,6398	0,8024	0,1627
0,3	0,9267	0,4888	0,7077	0,2189
0,4	0,8784	0,3564	0,6174	0,2610
0,5	0,8231	0,2415	0,5323	0,2908
0,6	0,7628	0,1431	0,4530	0,3099
0,7	0,6997	0,0599	0,3798	0,3199
0,8	0,6354	-0,0093	0,3131	0,3223
0,9	0,5712	-0,0657	0,2527	0,3185
1,0	0,5083	-0,1108	0,1988	0,3096
1,1	0,4476	-0,1457	0,1510	0,2967
1,2	0,3899	-0,1716	0,1091	0,2807
1,3	0,3355	-0,1897	0,0729	0,2626
1,4	0,2849	-0,2011	0,0419	0,2430
1,5	0,2384	-0,2068	0,0158	0,2226
1,6	0,1959	-0,2077	-0,0059	0,2018
1,7	0,1576	-0,2047	-0,0235	0,1812
1,8	0,1234	-0,1985	-0,0376	0,1610
1,9	0,0932	-0,1899	-0,0484	0,1415
2,0	0,0667	-0,1794	-0,0563	0,1230
2,1	0,0439	-0,1675	-0,0618	0,1057
2,2	0,0244	-0,1548	-0,0652	0,0895
2,3	0,0080	-0,1416	-0,0668	0,0748
2,4	-0,0056	-0,1282	-0,0669	0,0613
2,5	-0,0166	-0,1149	-0,0658	0,0492
2,6	-0,0254	-0,1019	-0,0636	0,0383
2,7	-0,0320	-0,0895	-0,0608	0,0287
2,8	-0,0369	-0,0777	-0,0573	0,0204
2,9	-0,0403	-0,0666	-0,0534	0,0132
3,0	-0,0423	-0,0563	-0,0493	0,0071
3,1	-0,0431	-0,0469	-0,0450	0,0019
3,2	-0,0431	-0,0383	-0,0407	-0,0024
3,3	-0,0422	-0,0306	-0,0364	-0,0053
3,4	-0,0408	-0,0237	-0,0323	-0,0085

Tablo A.2 : Moment hesabı için mambran sabiti. (Üçgen yük-Taban ankastre tavan serbest)

SİLİNDİRİK DEPOLARDA MOMENT KATSAYILARI
ÜÇGEN YÜK (SIVI)
TABAN ANKASTRE TAVAN SERBEST

H^2/Dt	0,1 H	0,2 H	0,3 H	0,4 H	0,5 H	0,6 H	0,7 H	0,8 H	0,9 H	1,0 H
0,4	0,0005	0,0014	0,0021	0,0007	-0,0042	-0,0150	-0,0302	-0,0529	-0,0816	-0,1205
0,8	0,0011	0,0037	0,0063	0,0080	0,0070	0,0023	-0,0068	-0,0224	-0,0465	-0,0795
1,2	0,0012	0,0042	0,0077	0,0103	0,0112	0,0090	0,0022	-0,0108	-0,0311	-0,0602
1,6	0,0011	0,0041	0,0075	0,0107	0,0121	0,0111	0,0058	-0,0051	-0,0232	-0,0505
2,0	0,0010	0,0035	0,0068	0,0099	0,0120	0,0115	0,0075	-0,0021	-0,0185	-0,0436
3,0	0,0006	0,0024	0,0047	0,0071	0,0090	0,0097	0,0097	0,0012	-0,0119	-0,0333
4,0	0,0003	0,0015	0,0028	0,0047	0,0066	0,0077	0,0069	0,0023	-0,0080	-0,0268
5,0	0,0002	0,0008	0,0016	0,0029	0,0046	0,0059	0,0059	0,0028	-0,0058	-0,0222
6,0	0,0001	0,0003	0,0008	0,0019	0,0032	0,0046	0,0051	0,0029	-0,0041	-0,0187
8,0	0,0000	0,0001	0,0002	0,0008	0,0016	0,0028	0,0038	0,0029	-0,0022	-0,0146
10,0	0,0000	0,0000	0,0001	0,0004	0,0007	0,0019	0,0029	0,0028	-0,0012	-0,0122
12,0	0,0000	-0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0013	0,0023	0,0026	-0,0005	-0,0104
14,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0008	0,0019	0,0023	-0,0001	-0,0090
16,0	0,0000	0,0000	-0,0001	-0,0002	-0,0001	0,0004	0,0013	0,0019	0,0001	-0,0079

SİLİNDİRİK DEPOLARDA MOMENT KATSAYILARI
ÜÇGEN YÜK (SIVI)
TABAN ANKASTRE TAVAN SERBEST
EĞER $H^2/Dt > 16$ İSE

H^2/Dt	0,80 H	0,85 H	0,90 H	0,95 H	1,00 H
20	0,0015	0,0014	0,0005	-0,0018	-0,0063
24	0,0012	0,0012	0,0007	-0,0013	-0,0053
32	0,0007	0,0009	0,0007	-0,0008	-0,0040
40	0,0002	0,0005	0,0006	-0,0005	-0,0032
48	0,0000	0,0001	0,0006	-0,0003	-0,0026
56	0,0000	0,0000	0,0004	-0,0001	-0,0023

Tablo A.3 : Moment hesabı için mambran sabiti. (Dikdörtgen yük-Taban ankastre tavan serbest)

SİLİNDİRİK DEPOLARDA MOMENT KATSAYILARI
DİKDÖRTGEN YÜK (GAZ)
TABAN ANKASTRE TAVAN SERBEST

H^2/Dt	0,1 H	0,2 H	0,3 H	0,4 H	0,5 H	0,6 H	0,7 H	0,8 H	0,9 H	1,0 H
0,4	-0,0023	-0,0093	-0,0227	-0,0439	-0,0710	-0,1018	-0,1455	-0,2000	-0,2593	-0,3310
0,8	0,0000	-0,0006	-0,0025	-0,0083	-0,0185	-0,0362	-0,0594	-0,0917	-0,1325	-0,1835
1,2	0,0008	0,0026	0,0037	0,0029	-0,0009	-0,0089	-0,0227	-0,0468	-0,0815	-0,1178
1,6	0,0011	0,0036	0,0062	0,0077	0,0068	0,0011	-0,0093	-0,2670	-0,0529	-0,0876
2,0	0,0010	0,0036	0,0066	0,0088	0,0089	0,0059	-0,0019	-0,0167	-0,0389	-0,0719
3,0	0,0007	0,0026	0,0051	0,0074	0,0091	0,0083	0,0042	-0,0053	-0,0223	-0,0483
4,0	0,0004	0,0015	0,0033	0,0052	0,0068	0,0075	0,0053	-0,0013	-0,0145	-0,0365
5,0	0,0002	0,0008	0,0019	0,0035	0,0051	0,0061	0,0052	0,0007	-0,0101	-0,0293
6,0	0,0001	0,0004	0,0011	0,0022	0,0036	0,0049	0,0048	0,0017	-0,0073	-0,0242
8,0	0,0000	0,0001	0,0003	0,0008	0,0018	0,0031	0,0038	0,0024	-0,0040	-0,0184
10,0	0,0000	-0,0001	0,0000	0,0002	0,0009	0,0021	0,0030	0,0026	-0,0022	-0,0147
12,0	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0000	0,0004	0,0014	0,0024	0,0022	-0,0012	-0,0123
14,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0010	0,0018	0,0021	-0,0007	-0,0105
16,0	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0001	0,0006	0,0012	0,0020	-0,0005	-0,0091

SİLİNDİRİK DEPOLARDA MOMENT KATSAYILARI
DİKDÖRTGEN YÜK (GAZ)
TABAN ANKASTRE TAVAN SERBEST
EĞER $H^2/Dt > 16$ İSE

H^2/Dt	0,80 H	0,85 H	0,90 H	0,95 H	1,00 H
20	0,0015	0,0013	0,0002	-0,0024	-0,0073
24	0,0012	0,0012	0,0004	-0,0018	-0,0061
32	0,0008	0,0009	0,0006	-0,0010	-0,0046
40	0,0005	0,0007	0,0007	-0,0005	-0,0037
48	0,0004	0,0006	0,0006	-0,0003	-0,0031
56	0,0002	0,0004	0,0005	-0,0001	-0,0026

Tablo A.4 : Moment hesabı için mambran sabiti. (Trepozoidal yük-Taban mafsallı tavan serbest)

SİLİNDİRİK DEPOLARDA MOMENT KATSAYILARI
TRAPEZOİDAL YÜK (GAZ+SIVI)
TABAN MAFSALLI TAVAN SERBEST

H^2/Dt	0,1 H	0,2 H	0,3 H	0,4 H	0,5 H	0,6 H	0,7 H	0,8 H	0,9 H	1,0 H
0,4	0,0020	0,0072	0,0151	0,0230	0,0301	0,0348	0,0357	0,0312	0,0197	0,0000
0,8	0,0019	0,0064	0,0133	0,0207	0,0271	0,0319	0,0329	0,0292	0,0187	0,0000
1,2	0,0016	0,0058	0,0111	0,0177	0,0237	0,0280	0,0296	0,0263	0,0171	0,0000
1,6	0,0012	0,0044	0,0091	0,0145	0,0195	0,0236	0,0255	0,0232	0,0155	0,0000
2,0	0,0009	0,0033	0,0073	0,0114	0,0158	0,0199	0,0219	0,0205	0,0145	0,0000
3,0	0,0004	0,0018	0,0040	0,0063	0,0092	0,0127	0,0152	0,0153	0,0111	0,0000
4,0	0,0001	0,0007	0,0016	0,0033	0,0057	0,0083	0,0109	0,0118	0,0092	0,0000
5,0	0,0000	0,0001	0,0006	0,0016	0,0034	0,0057	0,0080	0,0094	0,0078	0,0000
6,0	0,0000	0,0000	0,0002	0,0008	0,0019	0,0039	0,0062	0,0078	0,0068	0,0000
8,0	0,0000	0,0000	-0,0002	0,0000	0,0007	0,0020	0,0038	0,0057	0,0054	0,0000
10,0	0,0000	0,0000	-0,0002	-0,0001	0,0002	0,0011	0,0025	0,0043	0,0045	0,0000
12,0	0,0000	0,0000	-0,0001	-0,0002	0,0000	0,0005	0,0017	0,0032	0,0039	0,0000
14,0	0,0000	0,0000	-0,0001	-0,0001	-0,0001	0,0000	0,0012	0,0026	0,0033	0,0000
16,0	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	-0,0002	-0,0004	0,0008	0,0022	0,0029	0,0000

SİLİNDİRİK DEPOLARDA MOMENT KATSAYILARI
TRAPEZOİDAL YÜK (GAZ+SIVI)
TABAN MAFSALLI TAVAN SERBEST
EĞER $H^2/Dt > 16$ İSE

H^2/Dt	0,75 H	0,80 H	0,85 H	0,90 H	0,95 H
20	0,0008	0,0014	0,0020	0,0024	0,0020
24	0,0005	0,0010	0,0015	0,0020	0,0017
32	0,0000	0,0005	0,0009	0,0014	0,0013
40	0,0000	0,0003	0,0006	0,0011	0,0011
48	0,0000	0,0001	0,0004	0,0008	0,0010
56	0,0000	0,0000	0,0003	0,0007	0,0008

Tablo A.5 : Moment hesabı için mambran sabiti. (Üstte kesme kuvveti-Taban ankastre tavan serbest)

SİLİNDİRİK DEPOLARDA MOMENT KATSAYILARI
ÜSTTE KESME KUVVETİ (BOŞ TANK)
TABAN ANKASTRE TAVAN SERBEST

H^2/Dt	0,1 H	0,2 H	0,3 H	0,4 H	0,5 H	0,6 H	0,7 H	0,8 H	0,9 H	1,0 H
0,4	0,093	0,172	0,240	0,300	0,354	0,402	0,448	0,492	0,535	0,578
0,8	0,085	0,145	0,185	0,208	0,220	0,224	0,223	0,219	0,214	0,208
1,2	0,082	0,132	0,157	0,164	0,159	0,145	0,127	0,106	0,084	0,062
1,6	0,078	0,122	0,139	0,138	0,125	0,105	0,081	0,056	0,030	0,004
2,0	0,077	0,115	0,126	0,119	0,103	0,080	0,056	0,031	0,006	-0,019
3,0	0,072	0,100	0,100	0,086	0,066	0,044	0,025	0,006	-0,010	-0,024
4,0	0,068	0,088	0,081	0,063	0,043	0,025	0,010	-0,001	-0,010	-0,019
5,0	0,064	0,078	0,067	0,047	0,028	0,013	0,003	-0,003	-0,007	-0,011
6,0	0,062	0,070	0,056	0,036	0,018	0,006	0,000	-0,003	-0,005	-0,006
8,0	0,057	0,058	0,041	0,021	0,007	0,000	-0,002	-0,003	-0,002	-0,001
10,0	0,053	0,049	0,029	0,012	0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,001	0,000
12,0	0,049	0,042	0,022	0,000	0,000	-0,002	-0,002	-0,001	0,000	0,000
14,0	0,046	0,036	0,017	-0,001	-0,001	-0,002	-0,001	-0,001	0,000	0,000
16,0	0,044	0,031	0,012	-0,002	-0,002	-0,002	-0,001	0,000	0,000	0,000

SİLİNDİRİK DEPOLARDA MOMENT KATSAYILARI
ÜSTTE KESME KUVVETİ (BOŞ TANK)
TABAN ANKASTRE TAVAN SERBEST
EĞER $H^2/Dt > 16$ İSE

H^2/Dt	0,05 H	0,10 H	0,15 H	0,20 H	0,25 H
20	0,032	0,039	0,033	0,023	0,014
24	0,031	0,035	0,028	0,018	0,009
32	0,028	0,029	0,020	0,011	0,004
40	0,026	0,025	0,015	0,006	0,001
48	0,024	0,021	0,011	0,003	0,000
56	0,023	0,018	0,008	0,002	0,000

Tablo A.6 : Moment hesabı için mambran sabiti. (Üstte kesme kuvveti-Taban mafsallı tavan serbest)

SİLİNDİRİK DEPOLARDA MOMENT KATSAYILARI
ÜSTTE KESME KUVVETİ (BOŞ TANK)
TABAN MAFSALLI TAVAN SERBEST

H^2/Dt	0,1 H	0,2 H	0,3 H	0,4 H	0,5 H	0,6 H	0,7 H	0,8 H	0,9 H	1,0 H
0,4	0,013	0,051	0,109	0,196	0,296	0,414	0,547	0,692	0,843	1,000
0,8	0,009	0,040	0,090	0,164	0,253	0,375	0,503	0,659	0,824	1,000
1,2	0,006	0,027	0,063	0,125	0,206	0,316	0,545	0,616	0,802	1,000
1,6	0,003	0,011	0,035	0,078	0,152	0,253	0,393	0,570	0,775	1,000
2,0	-0,002	-0,002	0,012	0,034	0,096	0,193	0,340	0,519	0,748	1,000
3,0	-0,007	-0,022	-0,030	-0,029	0,010	0,087	0,227	0,426	0,692	1,000
4,0	-0,008	-0,026	-0,044	-0,051	-0,034	0,023	0,150	0,354	0,645	1,000
5,0	-0,007	-0,024	-0,045	-0,061	-0,057	-0,015	0,095	0,296	0,606	1,000
6,0	-0,005	-0,018	-0,040	-0,058	-0,065	-0,037	0,057	0,252	0,572	1,000
8,0	-0,001	-0,009	-0,022	-0,044	-0,068	-0,062	0,002	0,178	0,515	1,000
10,0	0,000	-0,002	-0,009	-0,028	-0,053	-0,067	-0,031	0,123	0,467	1,000
12,0	0,000	0,000	-0,003	-0,016	-0,040	-0,064	-0,049	0,081	0,424	1,000
14,0	0,000	0,000	0,000	-0,008	-0,029	-0,059	-0,060	0,048	0,387	1,000
16,0	0,000	0,000	0,002	-0,003	-0,021	-0,051	-0,066	0,025	0,354	1,000

SİLİNDİRİK DEPOLARDA MOMENT KATSAYILARI
ÜSTTE KESME KUVVETİ (BOŞ TANK)
TABAN MAFSALLI TAVAN SERBEST
EĞER $H^2/Dt > 16$ İSE

H^2/Dt	0,80 H	0,85 H	0,90 H	0,95 H	1,00 H
20	-0,015	0,095	0,296	0,606	1,000
24	-0,037	0,057	0,250	0,572	1,000
32	-0,062	0,002	0,178	0,515	1,000
40	-0,067	-0,031	0,123	0,467	1,000
48	-0,064	-0,049	0,081	0,424	1,000
56	-0,059	-0,060	0,048	0,387	1,000

Tablo A.7 : Moment hesabı için mambran sabiti. (Tabanda kesme kuvveti)

TABANDA KESME KUVVETİ

H^2/Dt	ÜÇGEN YÜK TABAN ANKASTRE	DİKDÖRTGEN YÜK TABAN ANKASTRE	YÜK TABAN MAFSALLI
0,4	0,436	0,755	0,245
0,8	0,374	0,552	0,234
1,2	0,339	0,460	0,220
1,6	0,317	0,407	0,204
2,0	0,299	0,370	0,189
3,0	0,262	0,310	0,158
4,0	0,236	0,271	0,137
5,0	0,213	0,243	0,121
6,0	0,197	0,222	0,110
8,0	0,174	0,193	0,096
10,0	0,158	0,172	0,087
12,0	0,145	0,158	0,079
14,0	0,135	0,147	0,073
16,0	0,127	0,137	0,068

**TABANDA KESME KUVVETİ
EĞER $H^2/Dt > 16$ İSE**

H^2/Dt	ÜÇGEN YÜK TABAN ANKASTRE	DİKDÖRTGEN YÜK TABAN ANKASTRE	ÜÇGEN VEYA DİKDÖRTGEN YÜK TABAN MAFSALLI
20	0,114	0,122	0,062
24	0,102	0,111	0,055
32	0,089	0,096	0,048
40	0,080	0,086	0,043
48	0,072	0,079	0,039
56	0,067	0,074	0,036

Tablo A.8 Moment hesabı için membran sabiti. (Üçgen yük-Taban ankastre tavan serbest)

SİLİNDİRİK DEPOLARDA ÇEMBER ÇEKME GERİLMESİ
ÜÇGEN YÜK (SIVI)
TABAN ANKASTRE TAVAN SERBEST

H^2/Dt	0,0 H	0,1 H	0,2 H	0,3 H	0,4 H	0,5 H	0,6 H	0,7 H	0,8 H	0,9 H
0,4	0,149	0,134	0,120	0,101	0,082	0,066	0,049	0,029	0,014	0,004
0,8	0,263	0,239	0,215	0,190	0,160	0,130	0,096	0,063	0,034	0,010
1,2	0,283	0,271	0,254	0,234	0,209	0,180	0,142	0,099	0,045	0,016
1,6	0,265	0,268	0,268	0,266	0,250	0,266	0,185	0,134	0,075	0,023
2,0	0,234	0,251	0,273	0,285	0,285	0,274	0,232	0,172	0,104	0,031
3,0	0,134	0,203	0,267	0,322	0,357	0,362	0,330	0,157	0,157	0,052
4,0	0,067	0,164	0,256	0,339	0,403	0,429	0,409	0,210	0,210	0,073
5,0	0,025	0,137	0,245	0,346	0,428	0,477	0,469	0,259	0,259	0,092
6,0	0,018	0,119	0,234	0,344	0,441	0,504	0,514	0,301	0,301	0,112
8,0	-0,011	0,104	0,218	0,335	0,443	0,534	0,575	0,381	0,381	0,151
10,0	-0,011	0,098	0,208	0,323	0,437	0,542	0,608	0,440	0,440	0,179
12,0	-0,005	0,097	0,202	0,312	0,429	0,543	0,628	0,494	0,494	0,211
14,0	-0,002	0,098	0,200	0,306	0,420	0,539	0,639	0,541	0,541	0,241
16,0	0,000	0,099	0,199	0,304	0,412	0,531	0,641	0,582	0,582	0,265

SİLİNDİRİK DEPOLARDA ÇEMBER ÇEKME GERİLMESİ
ÜÇGEN YÜK (SIVI)
TABAN ANKASTRE TAVAN SERBEST
EĞER $H^2/Dt > 16$ İSE

H^2/Dt	0,75 H	0,80 H	0,85 H	0,90 H	0,95 H
20	0,716	0,654	0,520	0,325	0,115
24	0,746	0,702	0,577	0,372	0,137
32	0,782	0,768	0,663	0,459	0,182
40	0,800	0,805	0,731	0,530	0,217
48	0,791	0,828	0,785	0,593	0,254
56	0,763	0,838	0,824	0,636	0,285

Tablo A.9 : Moment hesabı için membran sabiti. (Dikdörtgen yük-Taban ankastre tavan serbest)

**SİLİNDİRİK DEPOLARDA ÇEMBER ÇEKME GERİLMESİ
DİKDÖRTGEN YÜK (GAZ)
TABAN ANKASTRE TAVAN SERBEST**

H^2/Dt	0,0 H	0,1 H	0,2 H	0,3 H	0,4 H	0,5 H	0,6 H	0,7 H	0,8 H	0,9 H
0,4	0,582	0,505	0,431	0,353	0,277	0,206	0,145	0,092	0,046	0,013
0,8	1,052	0,921	0,796	0,669	0,542	0,415	0,289	0,179	0,089	0,024
1,2	1,218	1,078	0,946	0,808	0,665	0,519	0,378	0,246	0,127	0,034
1,6	1,257	1,141	1,009	0,881	0,742	0,600	0,449	0,294	0,153	0,045
2,0	1,253	1,144	1,041	0,929	0,806	0,667	0,514	0,345	0,186	0,055
3,0	1,160	1,112	1,061	0,998	0,912	0,796	0,646	0,459	0,258	0,081
4,0	1,085	1,073	1,057	1,029	0,997	0,887	0,746	0,553	0,322	0,105
5,0	1,037	1,044	1,047	1,042	1,015	0,949	0,825	0,629	0,379	0,128
6,0	1,010	1,024	1,038	1,045	1,034	0,986	0,879	0,694	0,430	0,149
8,0	0,989	1,005	1,022	1,036	1,044	1,026	0,953	0,788	0,519	0,189
10,0	0,989	0,998	1,010	1,023	1,039	1,040	0,996	0,859	0,591	0,226
12,0	0,994	0,997	1,003	1,014	1,031	1,043	1,022	0,911	0,652	0,262
14,0	0,997	0,998	1,000	1,007	1,022	1,040	1,035	0,949	0,705	0,294
16,0	1,000	0,999	0,999	1,003	1,015	1,032	1,040	0,975	0,750	0,321

**SİLİNDİRİK DEPOLARDA ÇEMBER ÇEKME GERİLMESİ
DİKDÖRTGEN YÜK (GAZ)
TABAN ANKASTRE TAVAN SERBEST
EĞER $H^2/Dt > 16$ İSE**

H^2/Dt	0,75 H	0,80 H	0,85 H	0,90 H	0,95 H
20	0,949	0,825	0,629	0,379	0,128
24	0,986	0,879	0,694	0,430	0,149
32	1,026	0,953	0,788	0,519	0,189
40	1,040	0,996	0,859	0,591	0,226
48	1,043	1,022	0,911	0,652	0,262
56	1,040	1,035	0,949	0,705	0,294

Tablo A.10 : Moment hesabı için mambran sabiti. (Üçgen yük-Taban mafsallı tavan serbest)

SİLİNDİRİK DEPOLARDA ÇEMBER ÇEKME GERİLMESİ
ÜÇGEN YÜK (SIVI)
TABAN MAFSALLI TAVAN SERBEST

H^2/Dt	0,0 H	0,1 H	0,2 H	0,3 H	0,4 H	0,5 H	0,6 H	0,7 H	0,8 H	0,9 H
0,4	0,474	0,440	0,395	0,352	0,308	0,264	0,215	0,165	0,111	0,057
0,8	0,423	0,402	0,381	0,358	0,330	0,297	0,249	0,202	0,145	0,076
1,2	0,350	0,355	0,361	0,362	0,358	0,343	0,309	0,256	0,186	0,098
1,6	0,271	0,303	0,341	0,369	0,385	0,385	0,362	0,314	0,233	0,124
2,0	0,205	0,260	0,321	0,373	0,411	0,434	0,419	0,369	0,280	0,151
3,0	0,074	0,179	0,281	0,375	0,449	0,506	0,519	0,479	0,375	0,210
4,0	0,017	0,137	0,253	0,367	0,469	0,545	0,579	0,553	0,447	0,256
5,0	-0,008	0,114	0,235	0,356	0,469	0,562	0,617	0,606	0,503	0,294
6,0	-0,011	0,103	0,223	0,343	0,463	0,566	0,639	0,643	0,547	0,327
8,0	-0,015	0,096	0,208	0,324	0,443	0,564	0,661	0,697	0,621	0,386
10,0	-0,008	0,095	0,200	0,311	0,428	0,552	0,666	0,730	0,678	0,433
12,0	-0,002	0,097	0,197	0,302	0,417	0,541	0,664	0,750	0,720	0,477
14,0	0,000	0,098	0,197	0,299	0,408	0,531	0,659	0,761	0,752	0,513
16,0	0,002	0,100	0,198	0,299	0,403	0,521	0,650	0,764	0,776	0,543

SİLİNDİRİK DEPOLARDA ÇEMBER ÇEKME GERİLMESİ
ÜÇGEN YÜK (SIVI)
TABAN MAFSALLI TAVAN SERBEST
EĞER $H^2/Dt > 16$ İSE

H^2/Dt	0,75 H	0,80 H	0,85 H	0,90 H	0,95 H
20	0,812	0,817	0,756	0,603	0,344
24	0,816	0,839	0,793	0,647	0,377
32	0,814	0,861	0,847	0,721	0,436
40	0,802	0,866	0,880	0,778	0,483
48	0,791	0,864	0,900	0,820	0,527
56	0,781	0,859	0,911	0,852	0,563

Tablo A.11 : Moment hesabı için mambran sabiti. (Dikdörtgen yük-Taban mafsallı tavan serbest)

SİLİNDİRİK DEPOLARDA ÇEMBER ÇEKME GERİLMESİ
DİKDÖRTGEN YÜK (GAZ)
TABAN MAFSALLI TAVAN SERBEST

H^2/Dt	0,0 H	0,1 H	0,2 H	0,3 H	0,4 H	0,5 H	0,6 H	0,7 H	0,8 H	0,9 H
0,4	1,474	-1,340	1,195	1,052	0,903	0,764	0,615	0,465	0,311	0,154
0,8	1,423	1,302	1,181	1,058	0,930	0,797	0,649	0,502	0,345	0,166
1,2	1,350	1,255	1,161	1,062	0,958	0,843	0,709	0,556	0,386	0,198
1,6	1,271	1,203	1,141	1,069	0,985	0,885	0,756	0,614	0,433	0,224
2,0	1,205	1,160	1,121	1,173	1,011	0,934	0,819	0,669	0,480	0,251
3,0	1,074	1,079	1,081	1,075	1,049	1,006	0,919	0,779	0,575	0,310
4,0	1,017	1,037	1,053	1,067	1,069	1,045	0,979	0,853	0,647	0,356
5,0	0,992	1,014	1,035	1,056	1,069	1,062	1,017	0,906	0,703	0,394
6,0	0,989	1,003	1,023	1,043	1,063	1,066	1,039	0,943	0,747	0,427
8,0	0,985	0,996	1,008	1,024	1,043	1,064	1,061	0,997	0,821	0,486
10,0	0,992	0,995	1,000	1,011	1,028	1,052	1,066	1,030	0,878	0,533
12,0	0,998	0,997	0,997	1,002	1,017	1,041	1,064	1,050	0,920	0,577
14,0	1,000	0,998	0,997	0,999	1,008	1,031	1,059	1,061	0,952	0,613
16,0	1,002	1,000	0,998	0,999	1,003	1,021	1,050	1,064	0,976	0,543

SİLİNDİRİK DEPOLARDA ÇEMBER ÇEKME GERİLMESİ
DİKDÖRTGEN YÜK (GAZ)
TABAN MAFSALLI TAVAN SERBEST
EĞER $H^2/Dt > 16$ İSE

H^2/Dt	0,75 H	0,80 H	0,85 H	0,90 H	0,95 H
20	1,062	1,017	0,906	0,703	0,394
24	1,066	1,039	0,943	0,747	0,427
32	1,064	1,061	0,997	0,821	0,486
40	1,052	1,066	1,030	0,878	0,533
48	1,041	1,064	1,050	0,920	0,577
56	1,021	1,059	1,061	0,952	0,613

Tablo A.12 : Moment hesabı için mambran sabiti. (Tavanda kesme kuvveti-Taban mafsallı tavan serbest)

**SİLİNDİRİK DEPOLARDA ÇEMBER ÇEKME GERİLMESİ
TAVANDA KESME KUVVETİ (BOŞ TANK)
TABAN MAFSALLI TAVAN SERBEST**

H^2/Dt	0,0 H	0,1 H	0,2 H	0,3 H	0,4 H	0,5 H	0,6 H	0,7 H	0,8 H	0,9 H
0,4	-1,57	-1,32	-1,08	-0,86	-0,65	-0,47	-0,31	-0,18	-0,08	-0,02
0,8	-3,09	-2,55	-2,04	-1,57	-1,15	-0,80	-0,51	-0,28	-0,13	-0,03
1,2	-3,95	-3,17	-2,44	-1,79	-1,25	-0,81	-0,48	-0,25	-0,10	-0,02
1,6	-4,57	-3,54	-2,60	-1,80	-1,17	-0,69	-0,36	-0,16	-0,05	-0,01
2,0	-5,12	-3,83	-2,68	-1,74	-1,02	-0,52	-0,21	-0,05	-0,01	0,01
3,0	-6,32	-4,37	-2,70	-1,43	-0,58	-0,02	-0,15	0,19	0,13	0,04
4,0	-7,34	-4,73	-2,60	-1,10	-0,19	0,26	0,38	0,33	0,19	0,06
5,0	-8,22	-4,99	-2,45	-0,79	0,11	0,47	0,50	0,37	0,20	0,06
6,0	-9,02	-5,17	-2,27	-0,50	0,34	0,59	0,53	0,35	0,17	0,01
8,0	-10,42	-5,36	-1,85	-0,02	0,63	0,66	0,46	0,24	0,09	0,01
10,0	-11,67	-5,43	-1,43	0,36	0,78	0,62	0,33	0,12	0,02	0,00
12,0	-12,76	-5,41	-1,03	0,63	0,83	0,52	0,21	0,04	-0,02	0,00
14,0	-13,77	-5,34	-0,68	0,80	0,81	0,42	0,13	0,00	-0,03	-0,01
16,0	-14,74	-5,22	-0,33	0,96	0,76	0,32	0,05	-0,04	-0,05	-0,02

**SİLİNDİRİK DEPOLARDA ÇEMBER ÇEKME GERİLMESİ
TAVANDA KESME KUVVETİ (BOŞ TANK)
TABAN MAFSALLI TAVAN SERBEST
EĞER $H^2/Dt > 16$ İSE**

H^2/Dt	0,00 H	0,05 H	0,10 H	0,15 H	0,20 H
20	-16,44	-9,98	-4,90	-1,59	0,22
24	-18,04	-10,34	-4,54	-1,00	0,68
32	-20,84	-10,72	-3,70	-0,04	1,26
40	-23,34	-10,86	-2,86	0,72	1,56
48	-25,52	-10,82	-2,06	1,26	1,66
56	-27,54	-10,68	-1,36	1,60	1,62

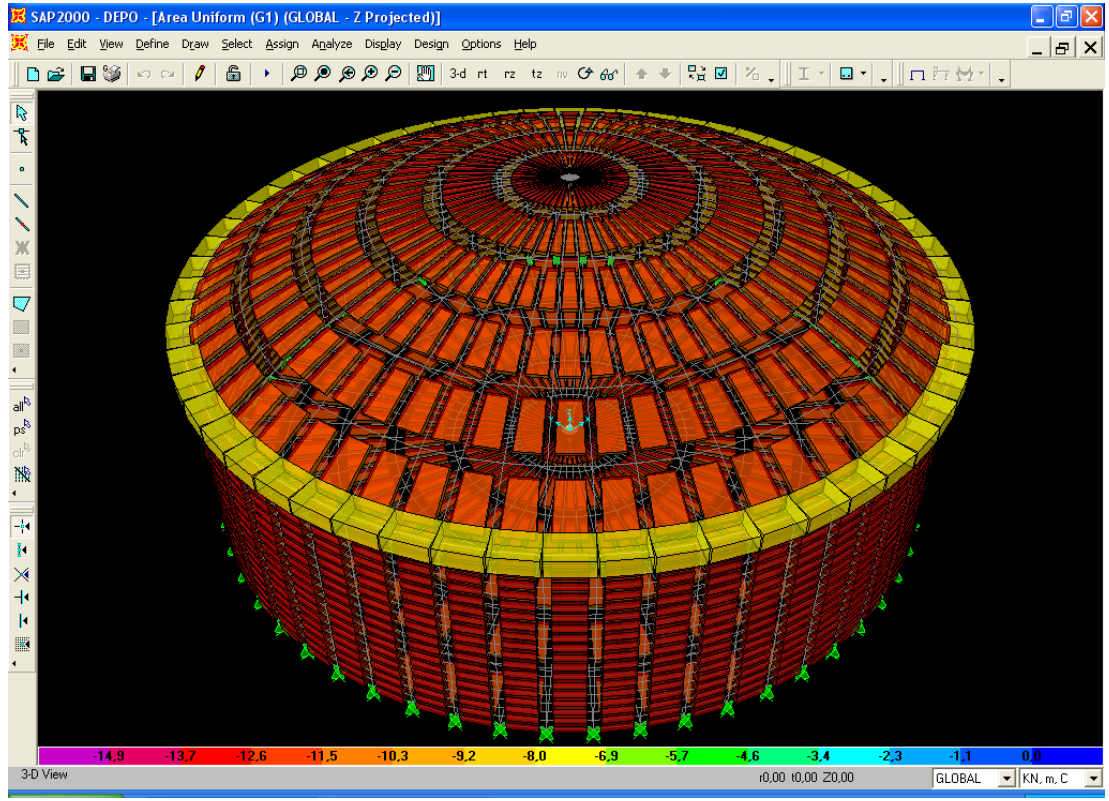
Tablo A.13 : Moment hesabı için membran sabiti. (Tabanda moment-Taban mafsallı tavan serbest)

SİLİNDİRİK DEPOLARDA ÇEMBER ÇEKME GERİLMESİ
TABANDA MOMENT (BOŞ TANK)
TABAN MAFSALLI TAVAN SERBEST

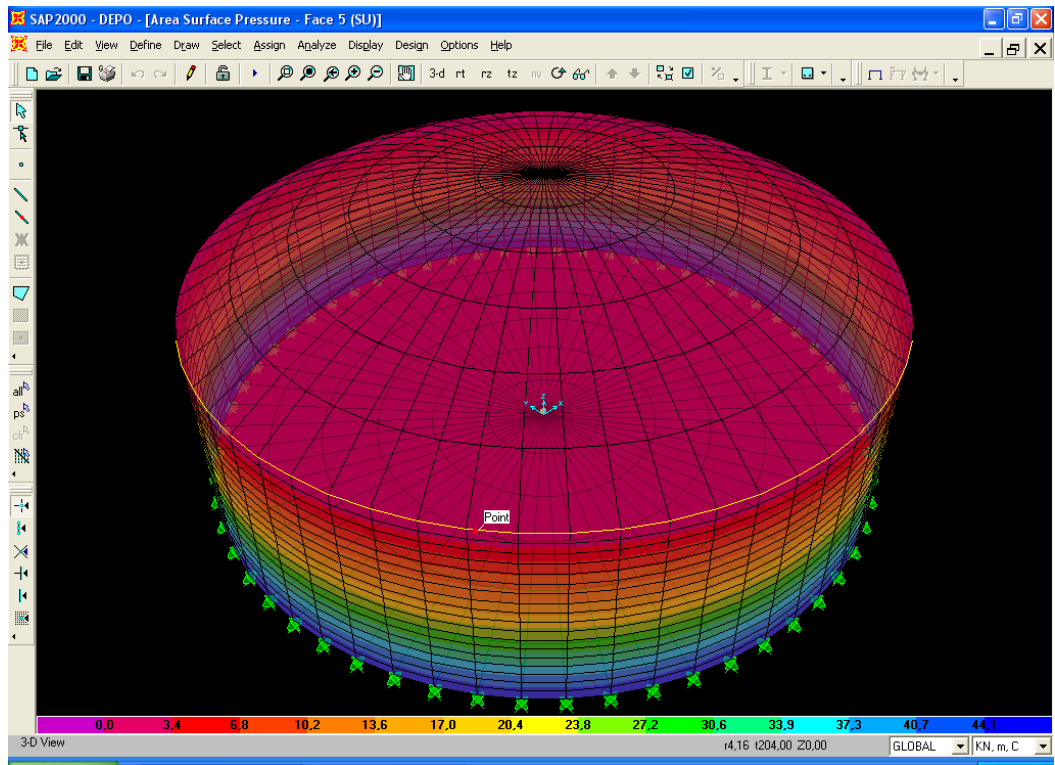
H^2/Dt	0,0 H	0,1 H	0,2 H	0,3 H	0,4 H	0,5 H	0,6 H	0,7 H	0,8 H	0,9 H
0,4	2,70	2,50	2,30	2,12	1,91	1,69	1,41	1,13	0,80	0,44
0,8	2,02	2,06	2,10	2,14	2,10	2,02	1,95	1,75	1,39	0,80
1,2	1,06	1,42	1,79	2,03	2,46	2,65	2,80	2,60	2,22	1,37
1,6	0,12	0,79	1,43	2,04	2,72	3,25	3,56	3,59	3,13	2,01
2,0	-0,68	0,22	1,10	2,02	2,90	3,69	4,30	4,54	4,08	2,75
3,0	-1,78	-0,71	0,43	1,60	2,95	4,29	5,66	6,58	6,55	4,73
4,0	-1,87	-1,00	-0,08	1,04	2,47	4,31	6,34	8,19	8,82	6,81
5,0	-1,54	-1,03	-0,42	0,45	1,86	3,93	6,60	9,41	11,03	9,02
6,0	-1,04	-0,86	-0,59	-0,05	1,21	3,34	6,54	10,28	13,08	11,41
8,0	-0,24	-0,53	-0,73	-0,67	-0,02	2,05	5,87	11,32	16,52	16,06
10,0	0,21	-0,23	-0,64	-0,94	-0,73	0,82	4,79	11,63	19,48	20,87
12,0	0,32	-0,05	-0,46	-0,96	-1,15	-0,18	3,52	11,27	21,80	25,73
14,0	0,26	0,04	-0,28	-0,76	-1,29	-0,87	2,29	10,55	23,50	30,34
16,0	0,22	0,07	-0,08	-0,64	-1,28	-1,30	1,12	9,67	24,53	34,65

SİLİNDİRİK DEPOLARDA ÇEMBER ÇEKME GERİLMESİ
TABANDA MOMENT (BOŞ TANK)
TABAN MAFSALLI TAVAN SERBEST
EĞER $H^2/Dt > 16$ İSE

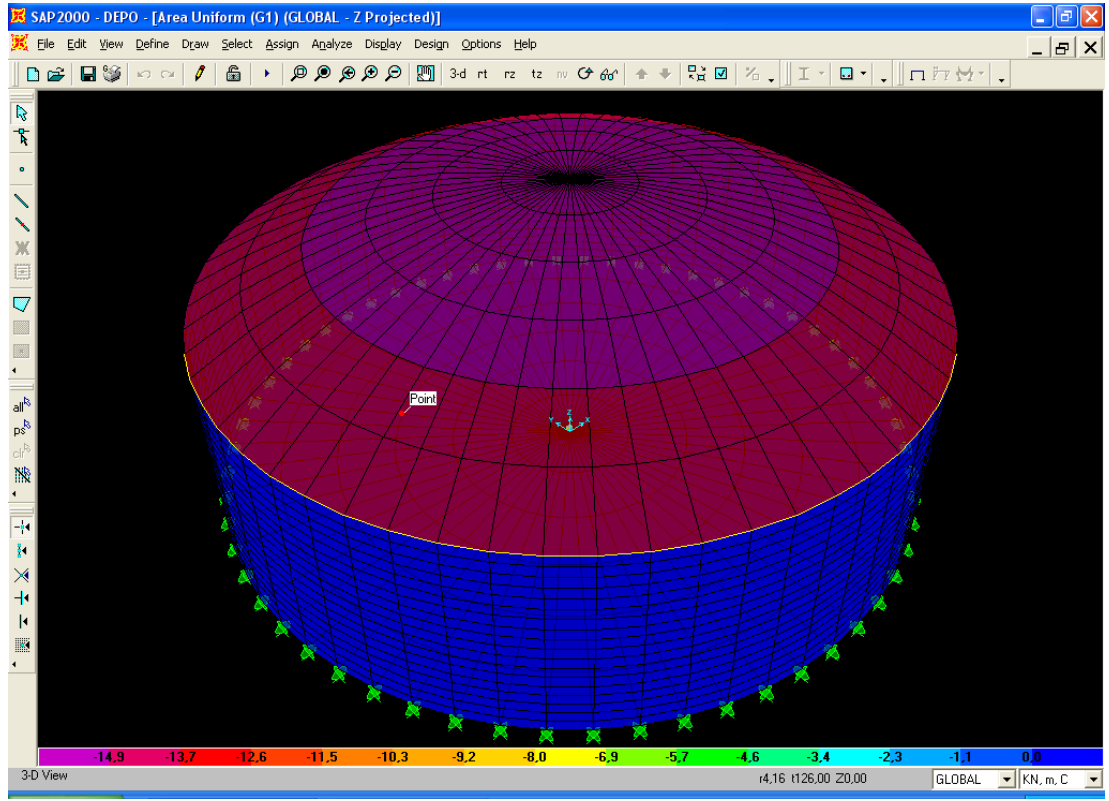
H^2/Dt	0,75 H	0,80 H	0,85 H	0,90 H	0,95 H
20	15,30	25,90	36,90	36,90	35,30
24	13,20	25,90	40,70	40,70	45,30
32	8,10	23,20	45,90	45,90	63,60
40	3,28	19,20	46,50	46,50	83,50
48	-0,70	14,10	45,10	45,10	103,00
56	-3,40	9,20	42,20	42,20	121,00



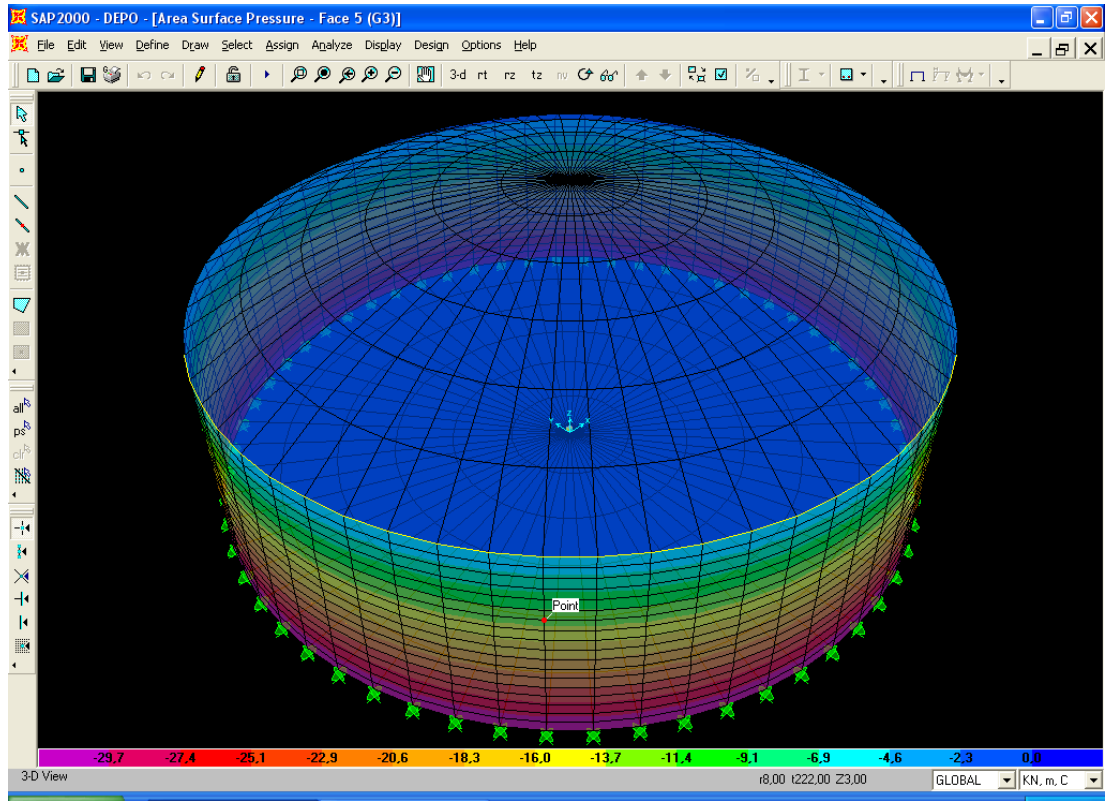
Şekil B.1 : Su Deposu (SAP2000)



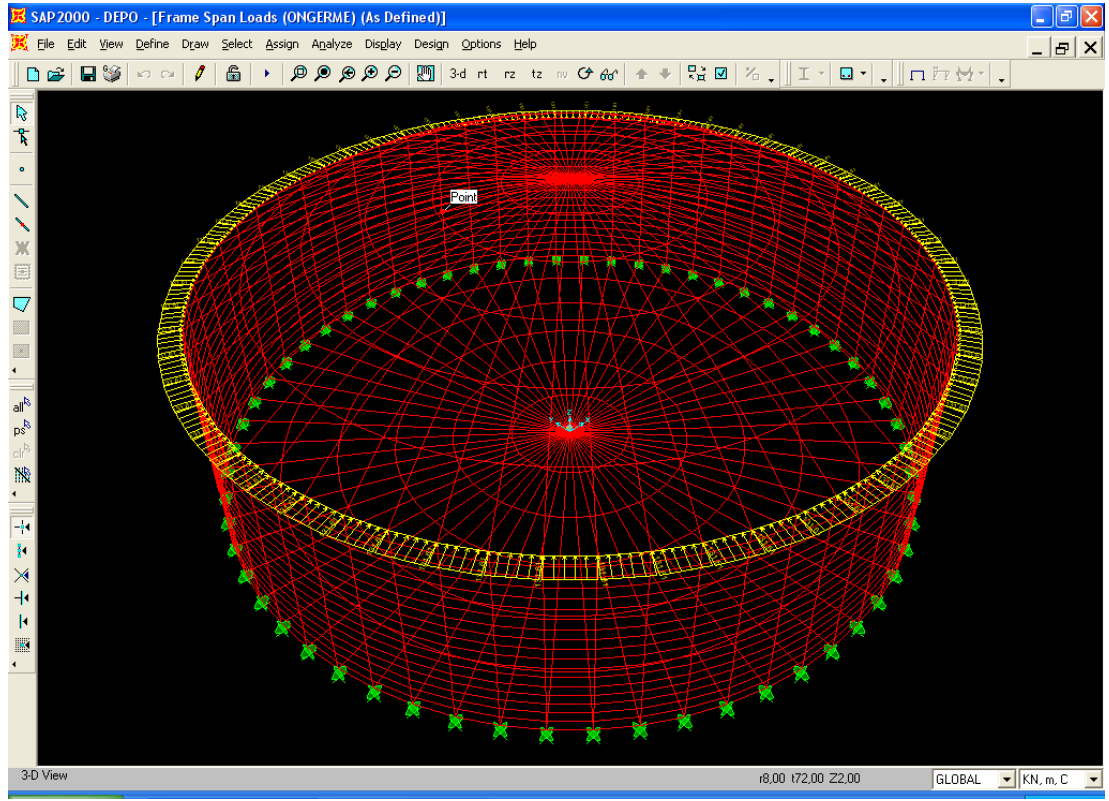
Şekil B.2 : Su Yüku



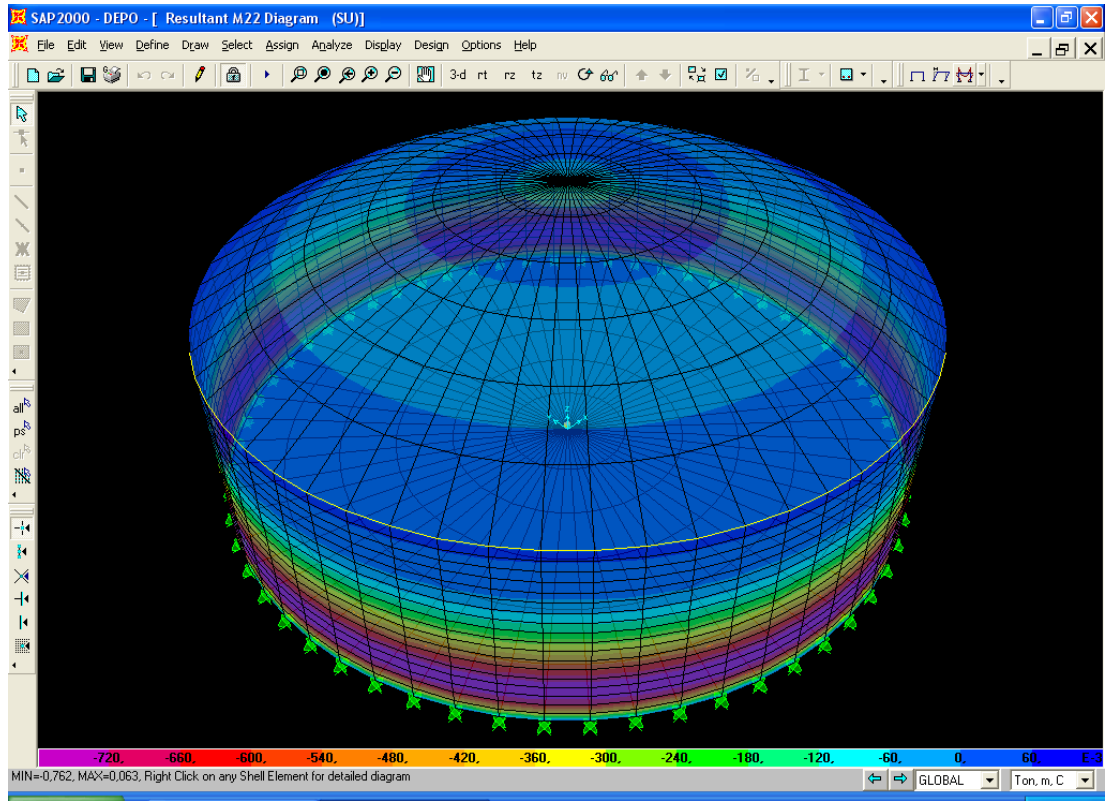
Şekil B.3 : g1 Toprak Yüğü



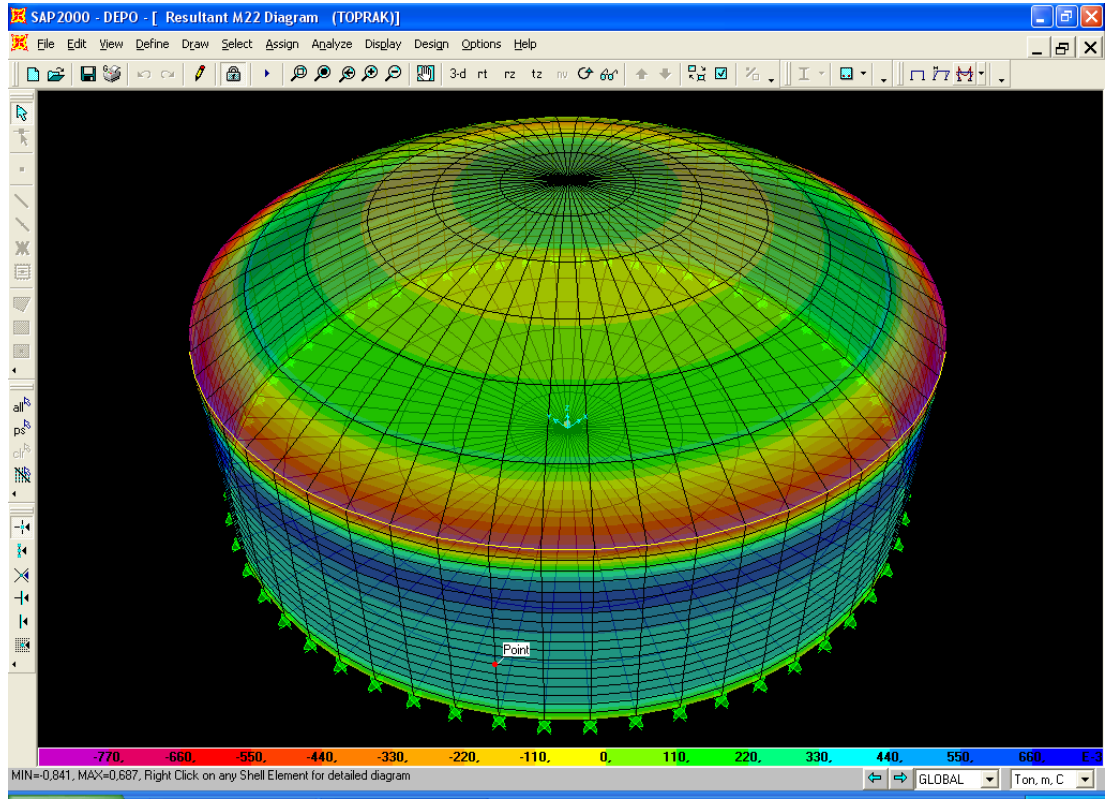
Şekil B.4 : g2+g3 Toprak Yüğü



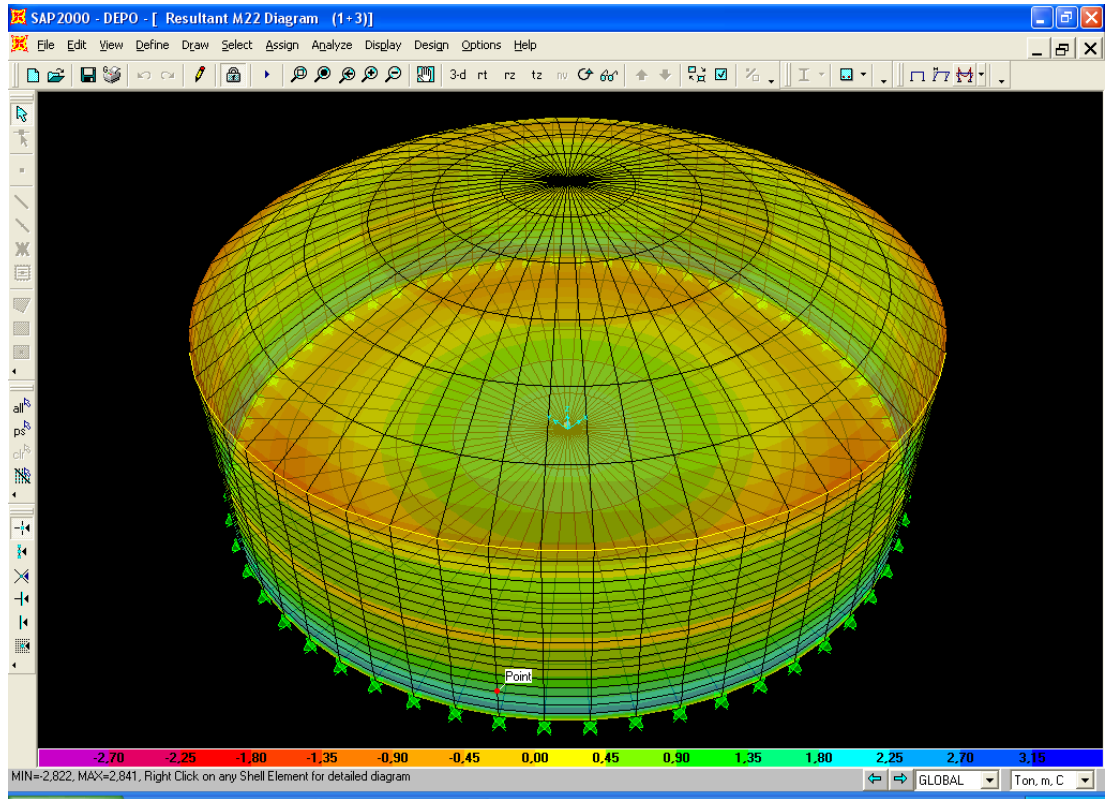
Şekil B.5 : Öngerilme kuvveti



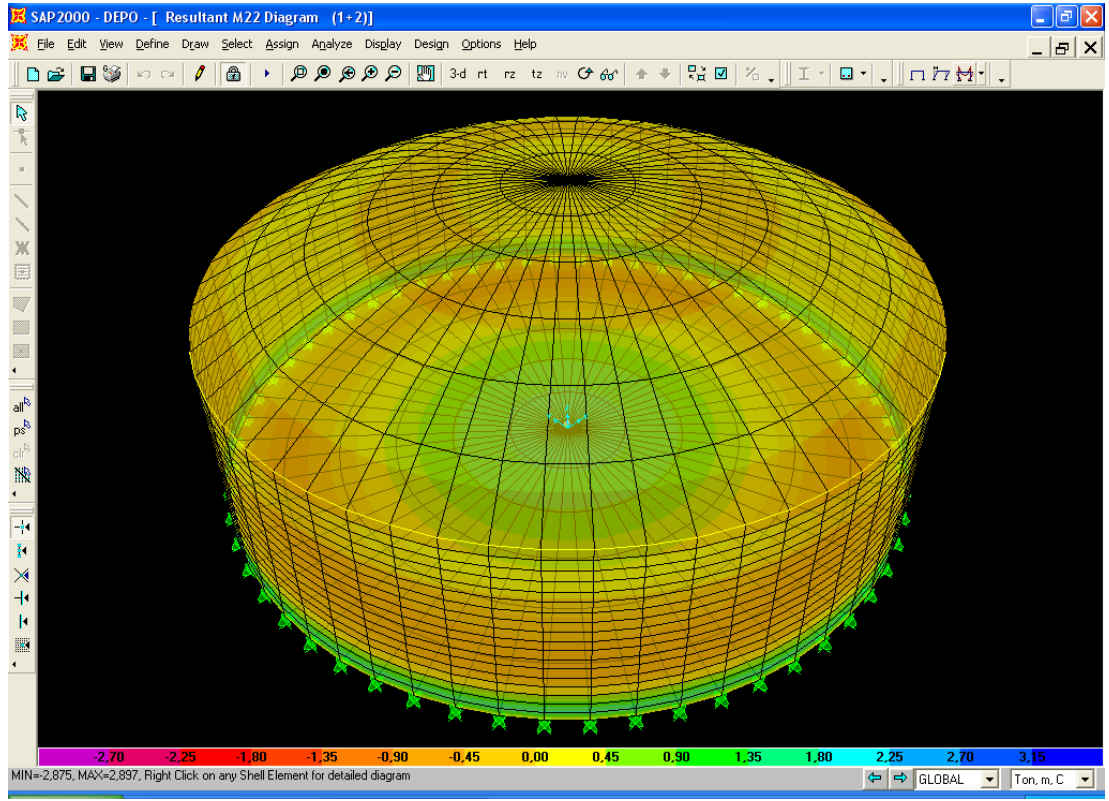
Şekil B.6 : Yükleme Durumu-2 M22 Diagramı



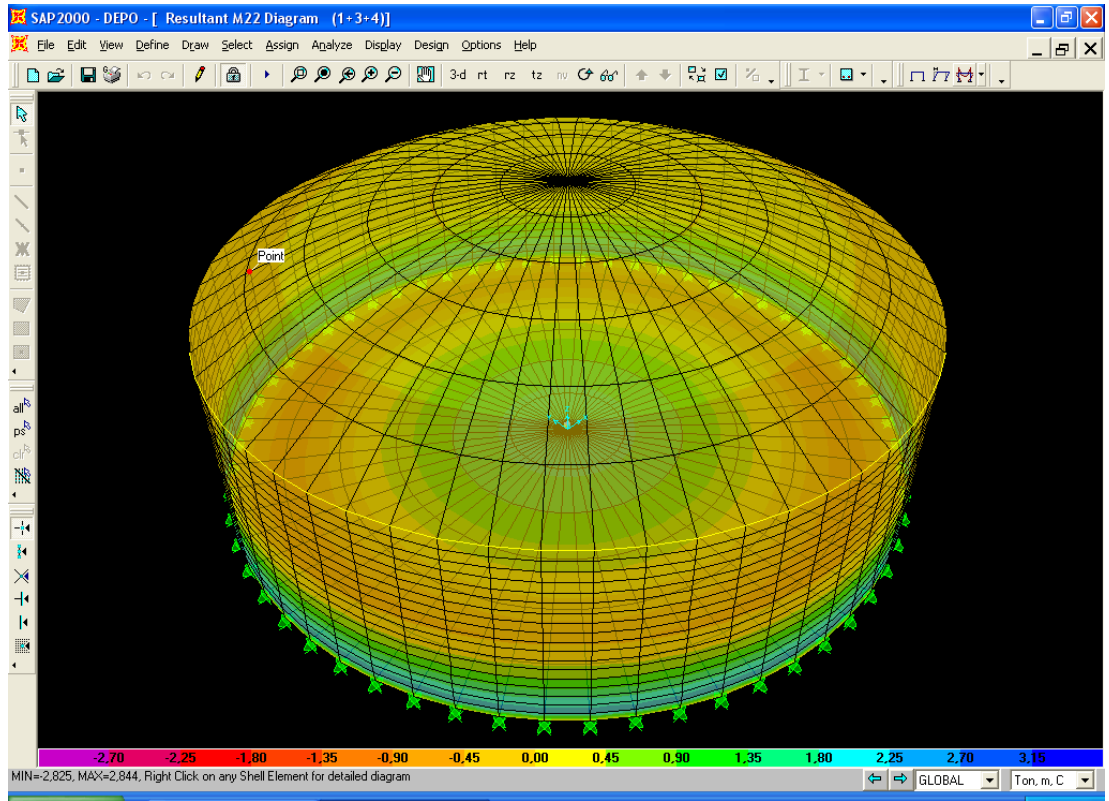
Şekil B.7 : Yükleme Durumu-3 M22 Diagramı



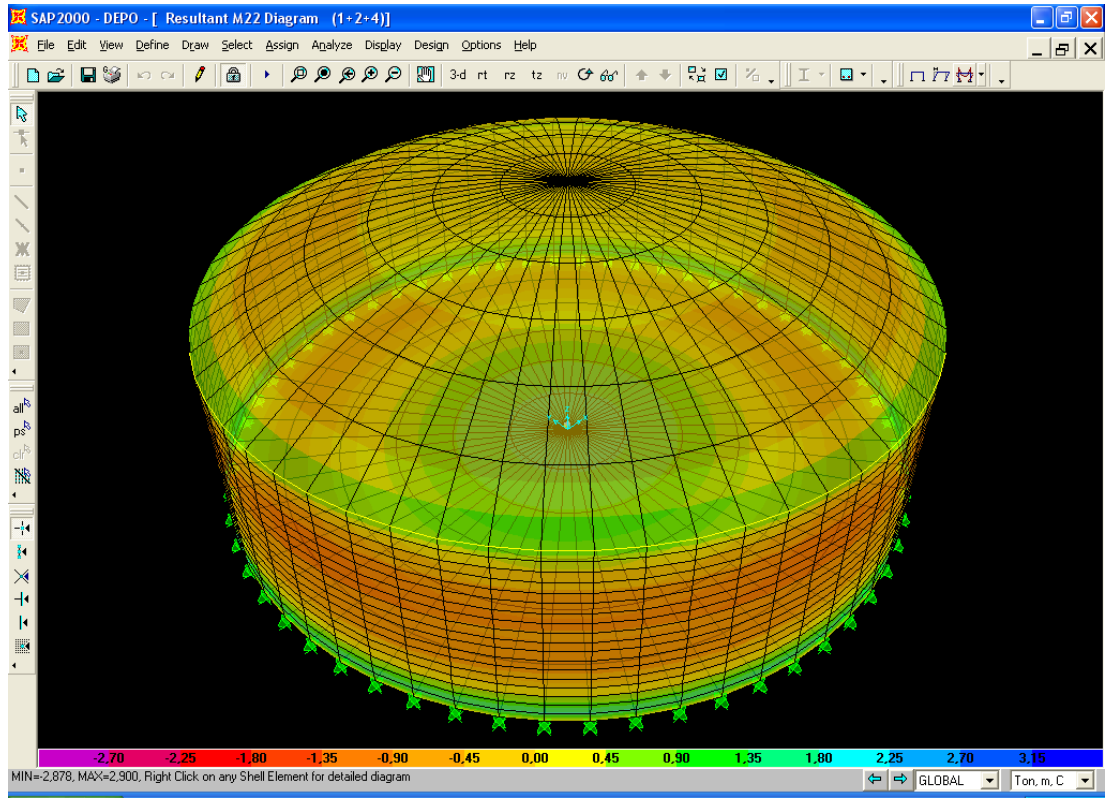
Şekil B.8 : Yükleme Durumu-(1+3) M22 Diagramı



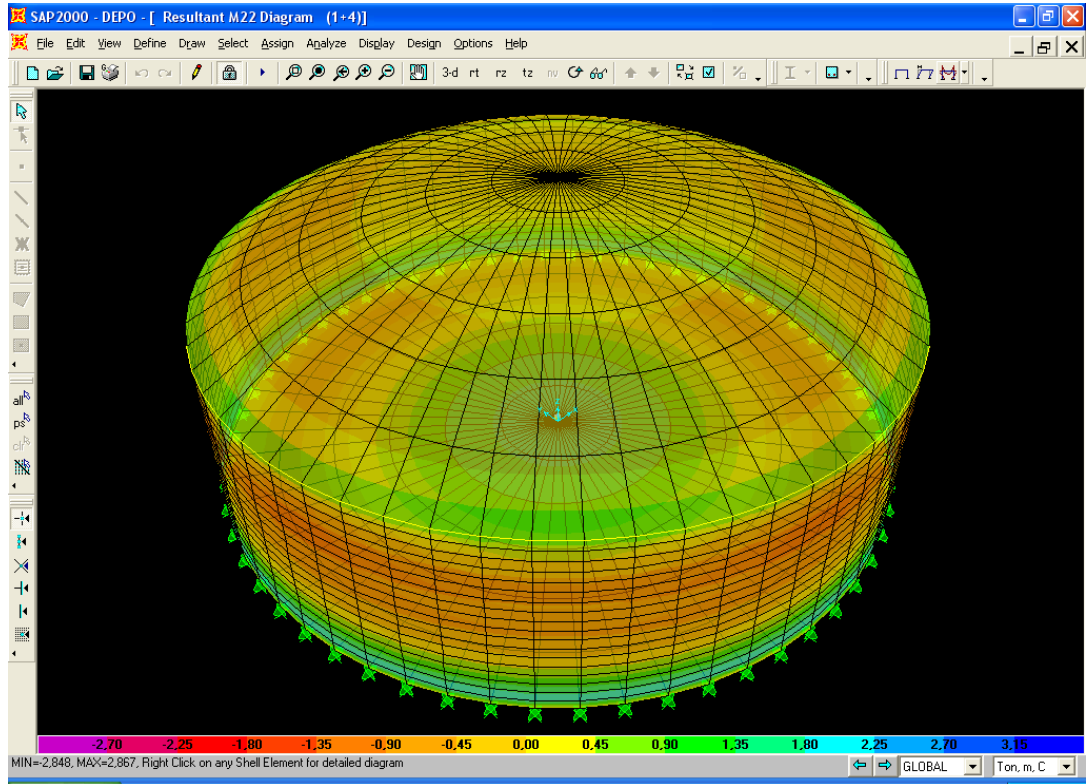
Şekil B.9 : Yükleme Durumu-1+2 M22 Diagramı



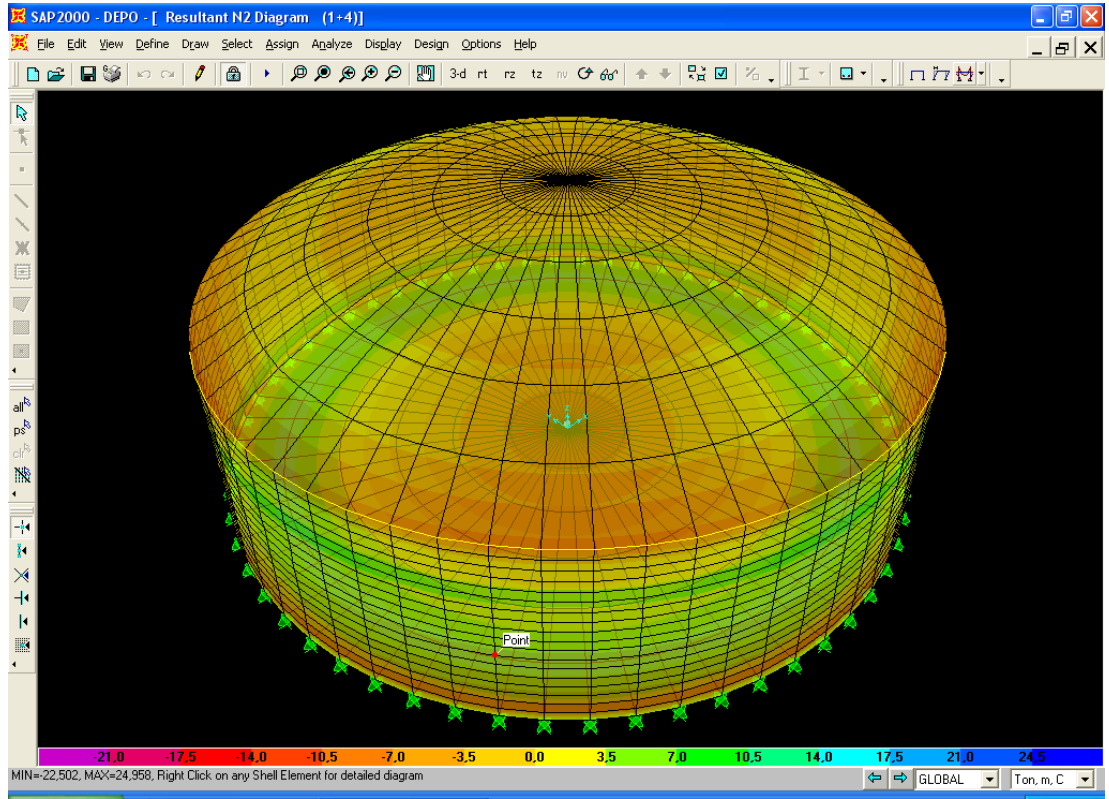
Şekil B.10 : Yükleme Durumu-1+3+4 M22 Diagramı



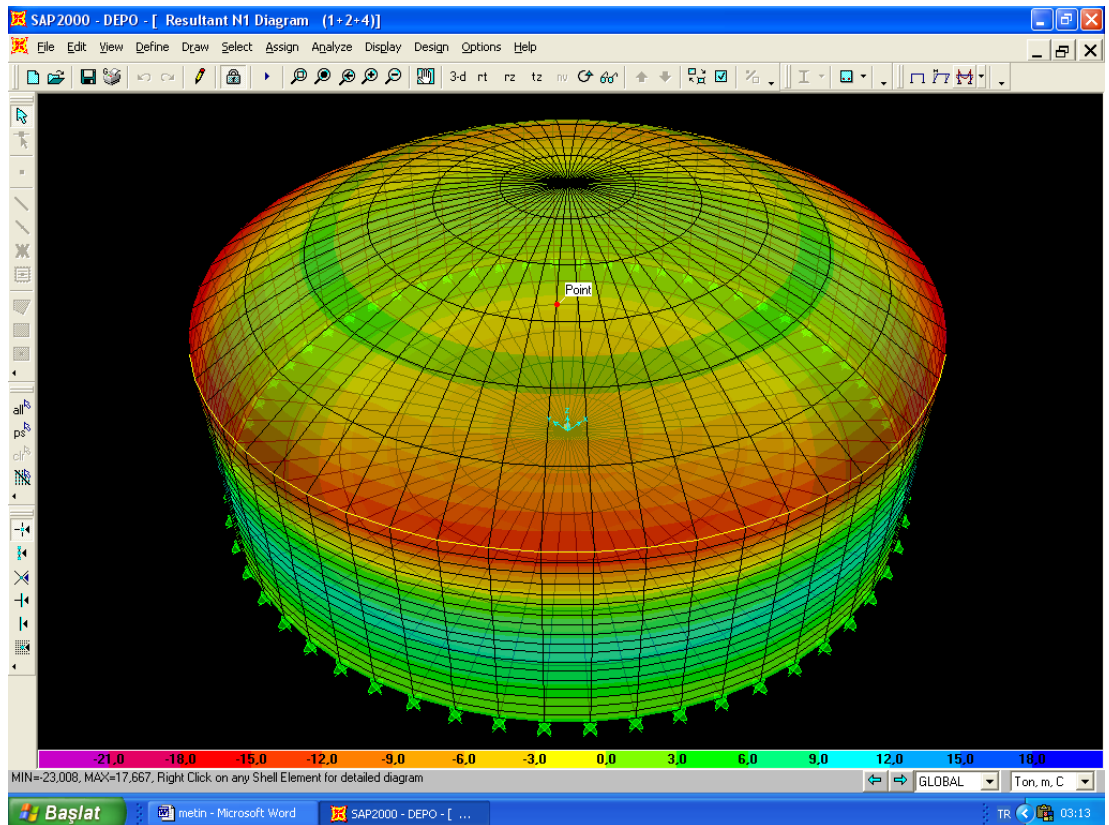
Şekil B.11 : Yükleme Durumu-1+2+4 M22 Diagramı



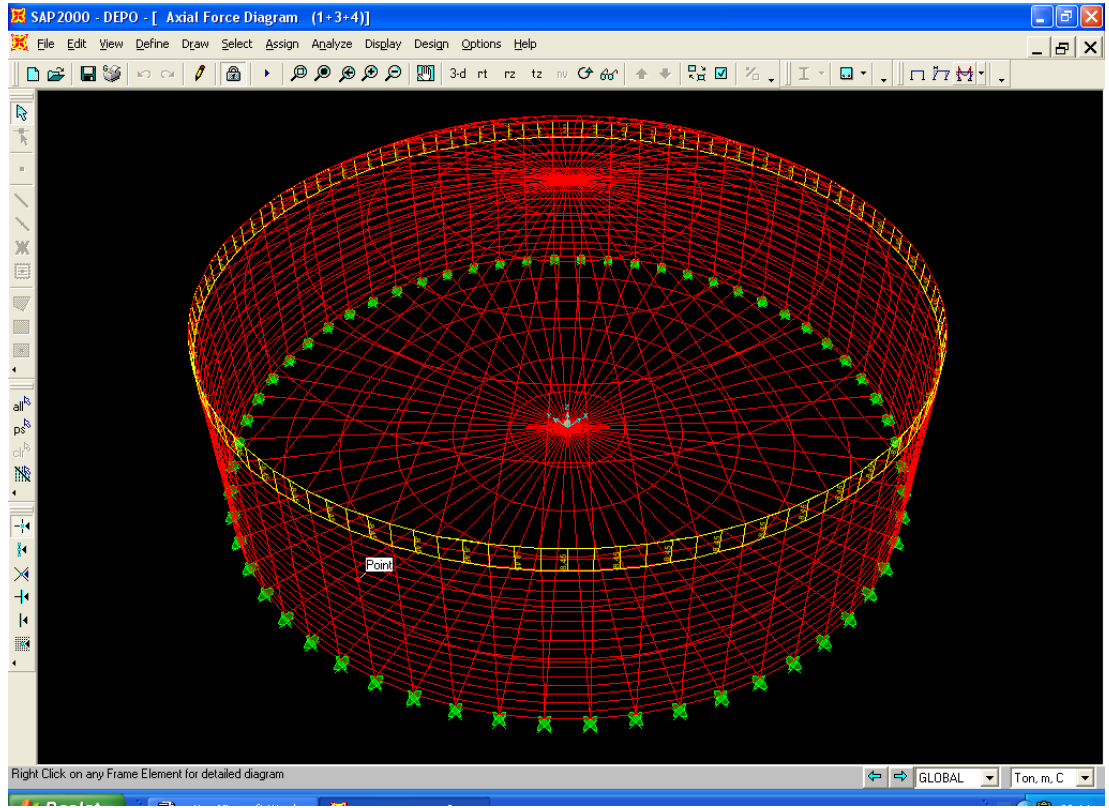
Şekil B.12 : Yükleme Durumu-1+4 M22 Diagramı



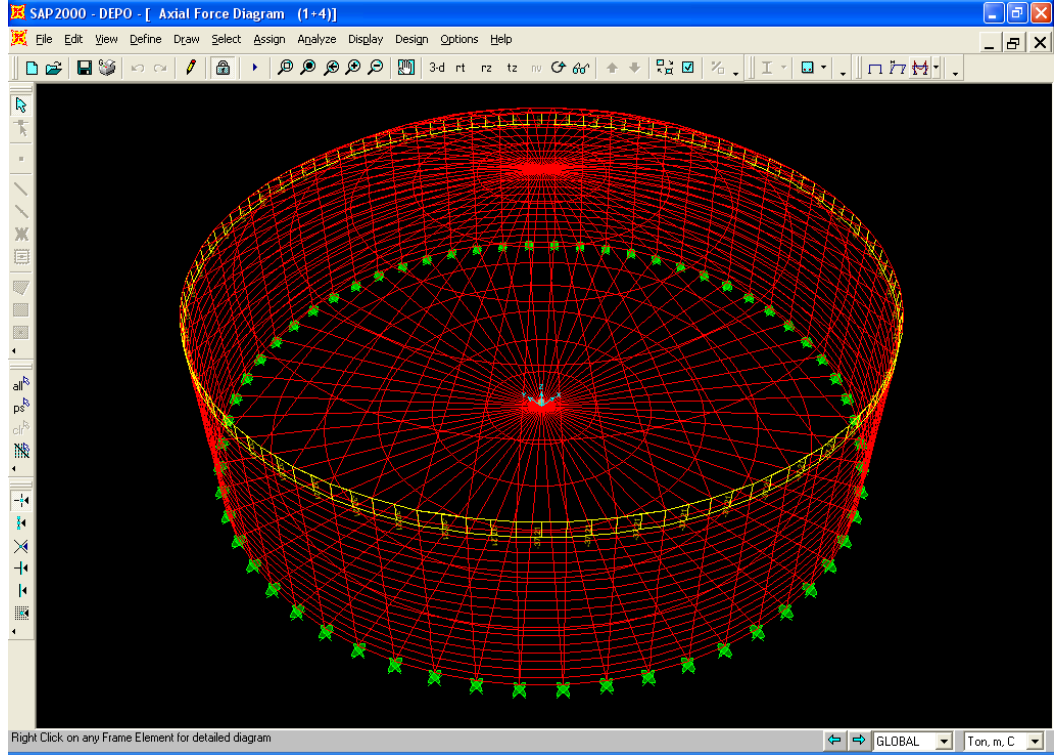
Şekil B.13 : Yükleme Durumu-1+4 N2 Diagramı



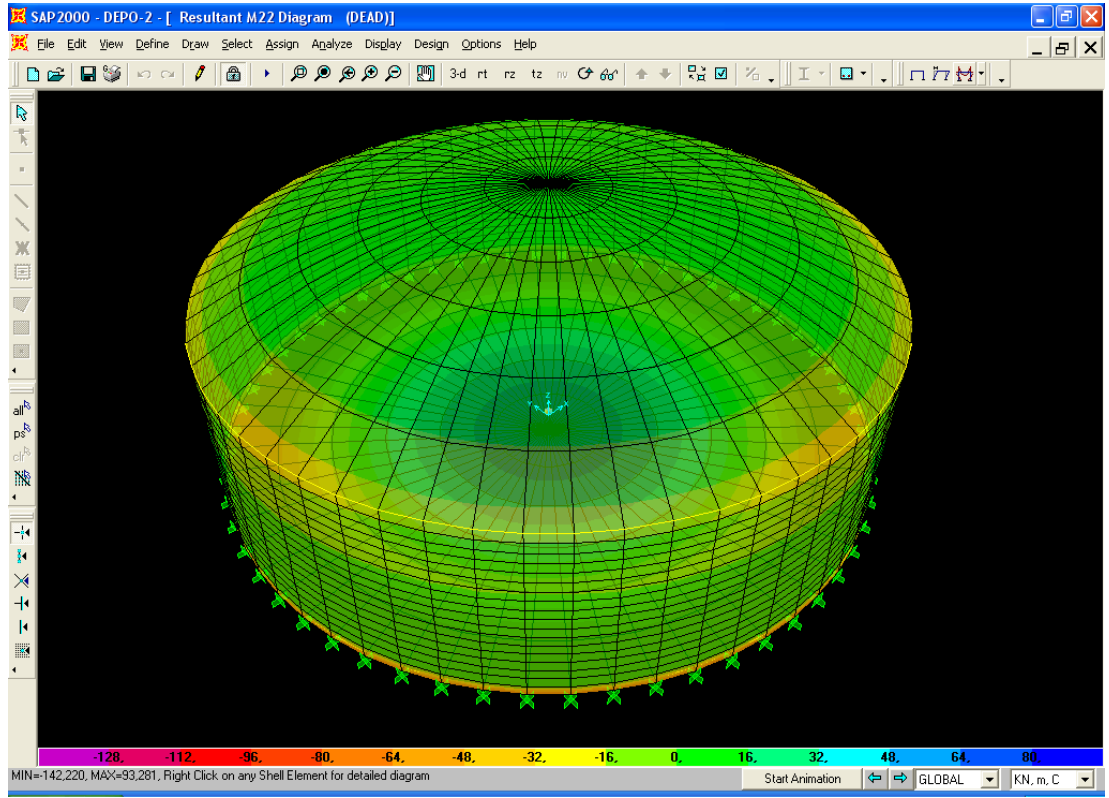
Şekil B.14 : Yükleme Durumu-1+2+4 N1 Diagramı



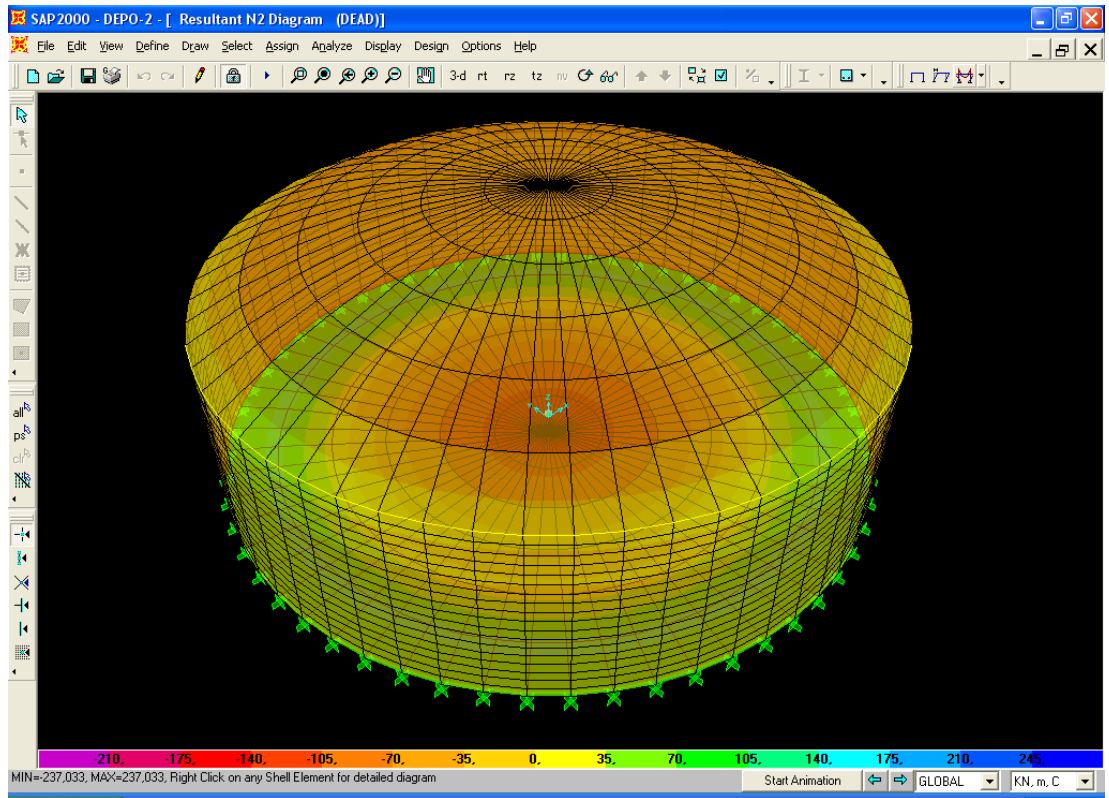
Şekil B.15 : Yükleme Durumu-1+3+4 N Diagramı (Çember Kirişi)



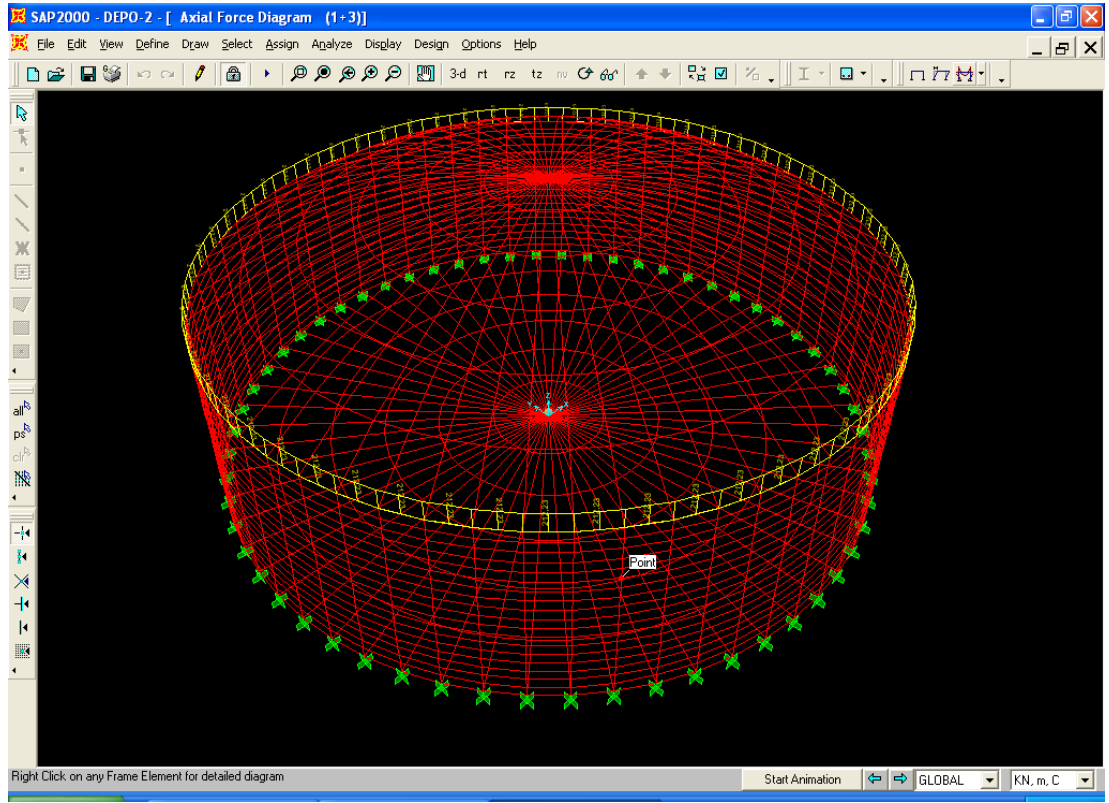
Şekil B.16 : Yükleme Durumu-1+4 N Diagramı (Çember Kirişi)



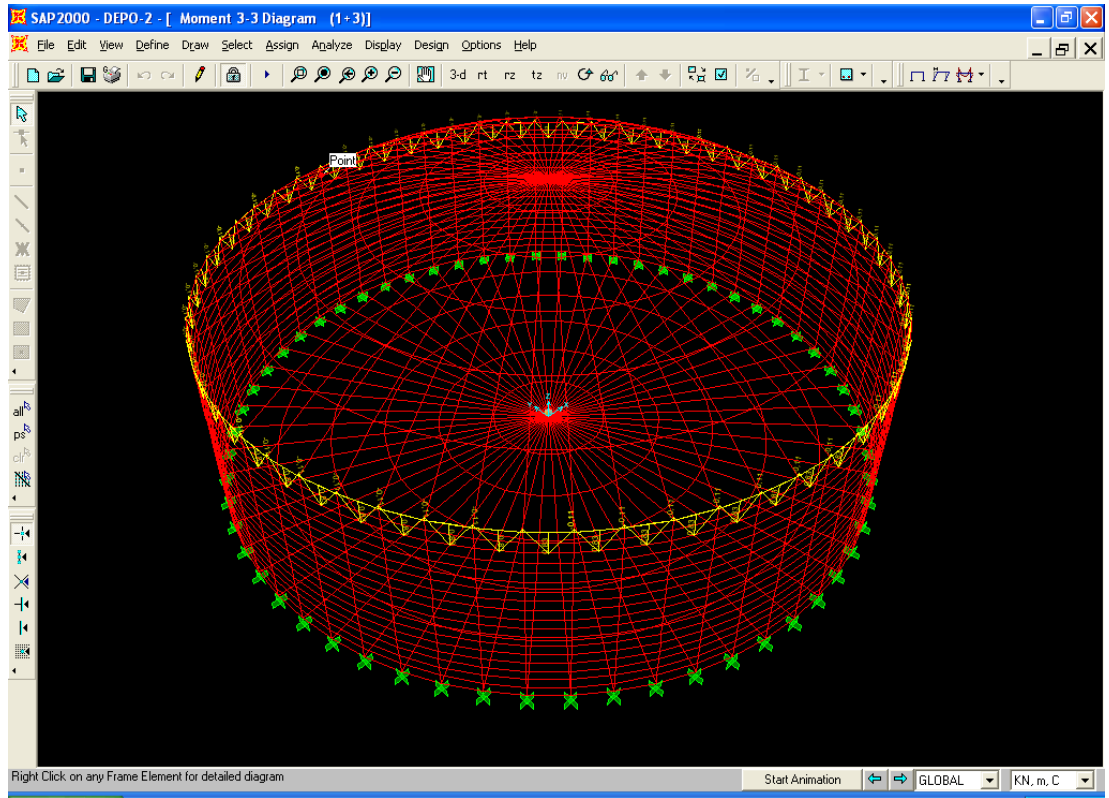
Şekil C.1 : Yükleme Durumu-1 M22 Diagramı



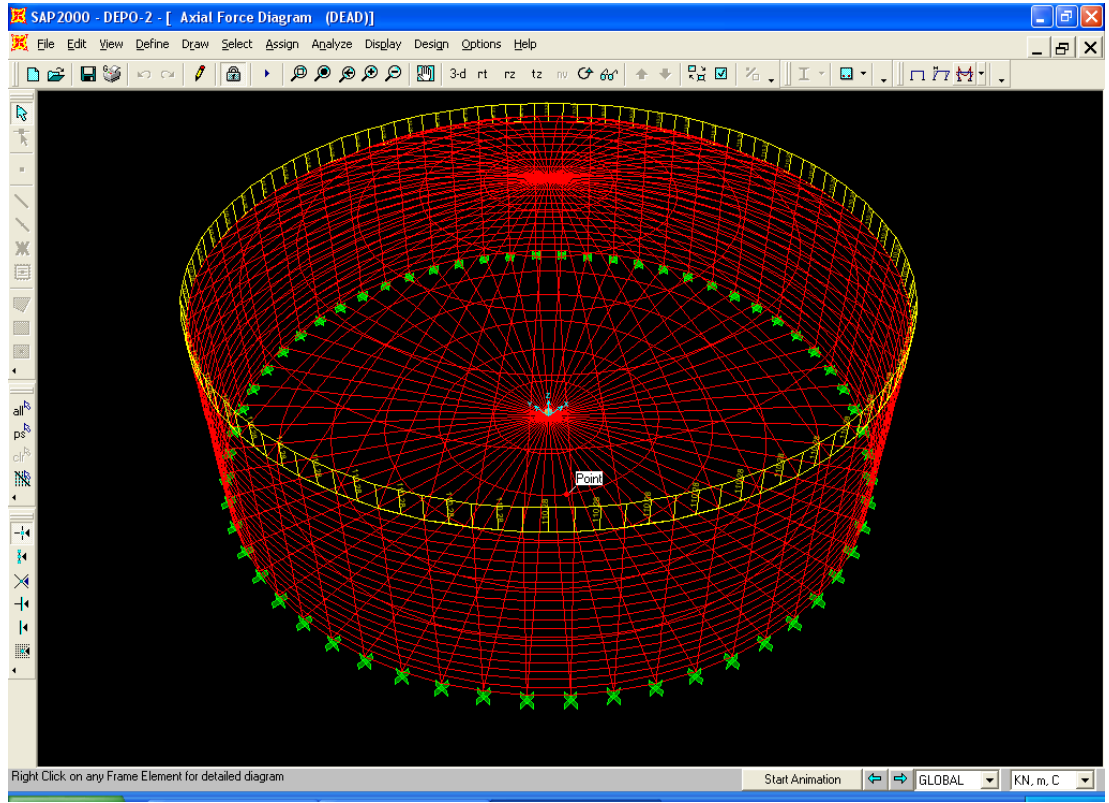
Şekil C.2 : Yükleme Durumu-1 N2 Diagramı



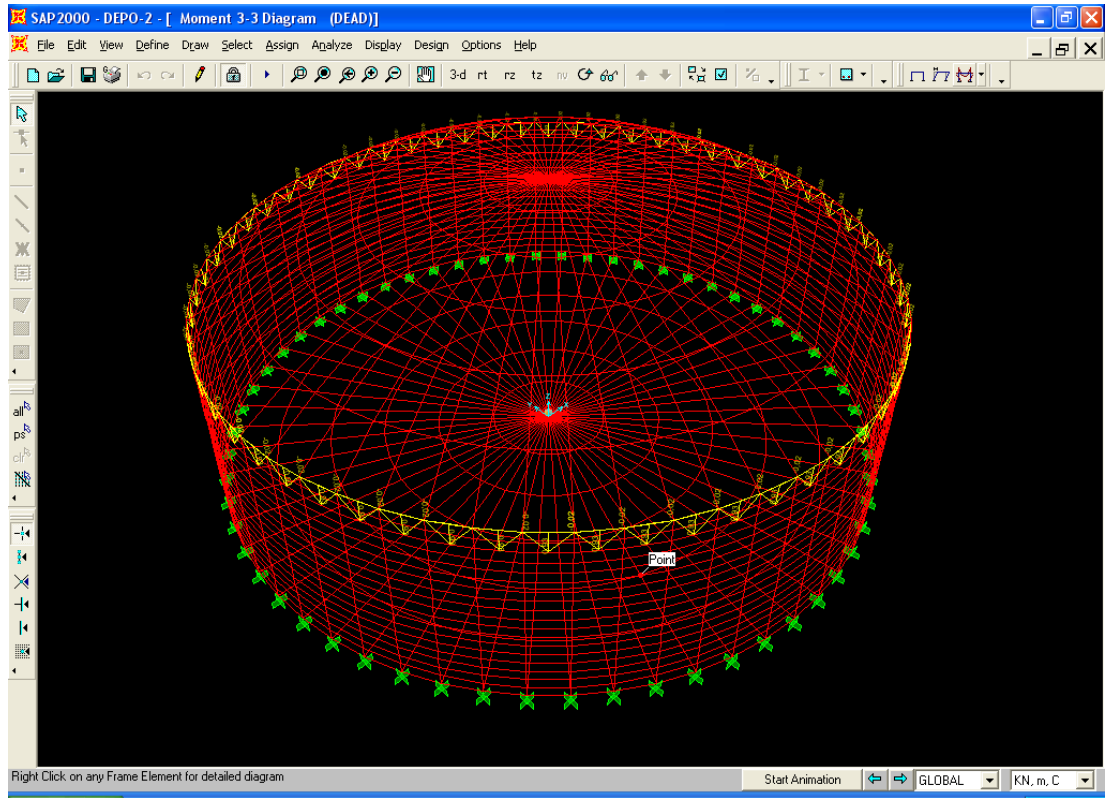
Şekil C.3 : Yükleme Durumu-1+3 N Diagramı



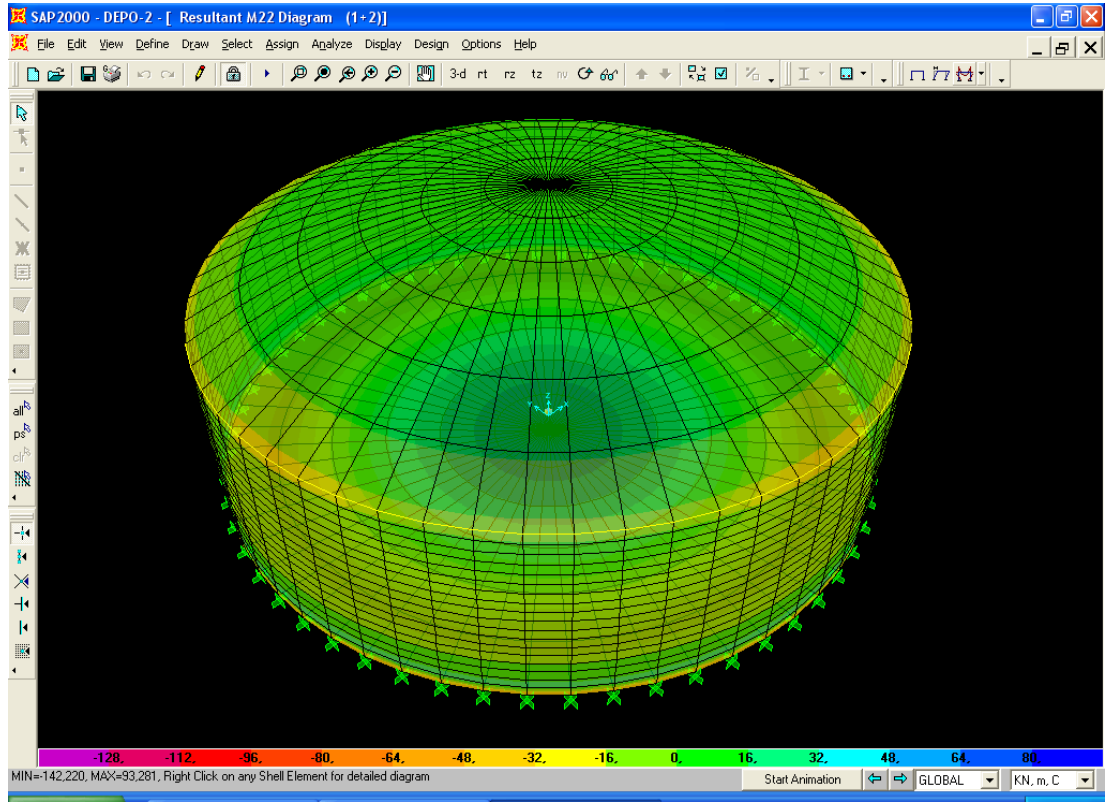
Şekil C.4 : Yükleme Durumu-1+3 M3 Diagramı



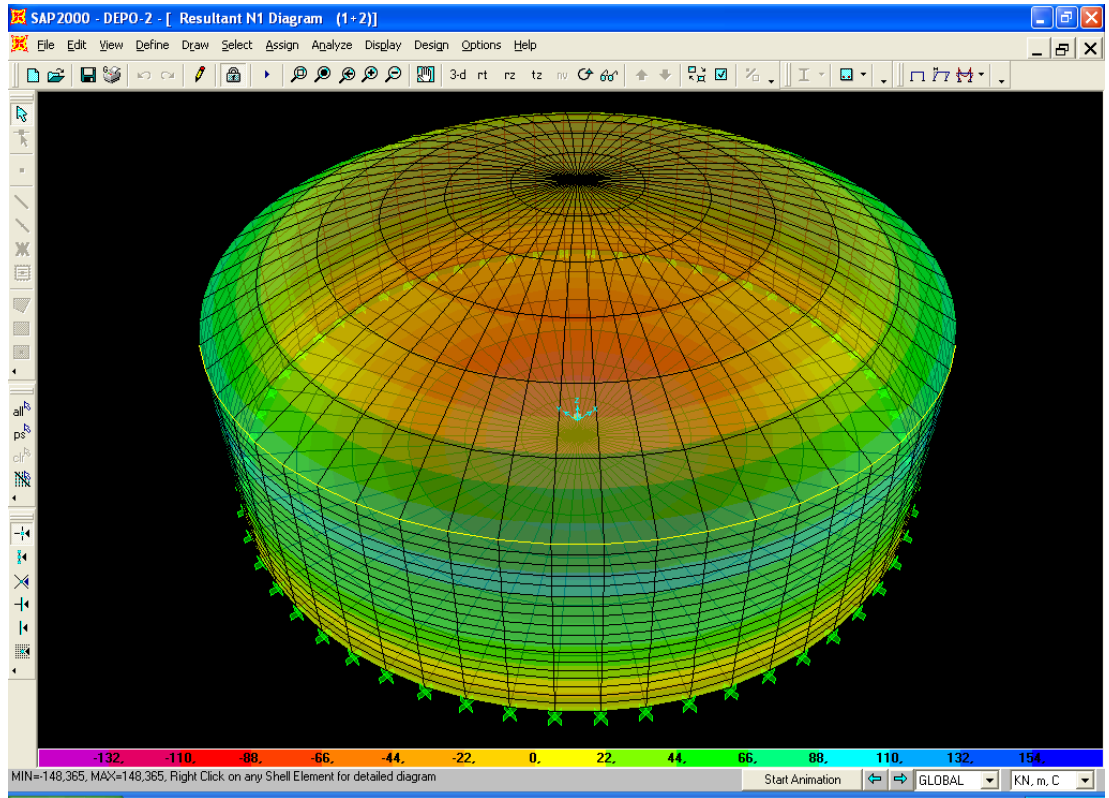
Şekil C.5 : Yükleme Durumu-1 N Diagramı



Şekil C.6 : Yükleme Durumu-1 M3 Diagramı



Şekil C.7 : Yükleme Durumu-1+2 M22 Diagramı



Şekil C.8 : Yükleme Durumu-1+2 N1 Diagramı

ÖZGEÇMİŞ

24.03.1979 tarihinde Kaman/KIRŞEHİR 'de doğdu. İlköğrenimini Adana Karatepe İlköğretim Okulu, Ortaokulu Ankara Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi, Liseyi Ankara Özel Samanyolu Fen Lisesinde okudu. 1997-2002 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde okuyup, 2002-2003 öğretim yılında Yüksek Öğrenimine başladı.