

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



SIVI DEPOLAMA TANKLARININ GÜÇLENDİRİLMESİNDE
TEMEL TASARIMININ SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE
ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hakkıcan ALÇAN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı

ARALIK 2022

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



SIVI DEPOLAMA TANKLARININ GÜÇLENDİRİLMESİNDE
TEMEL TASARIMININ SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE
ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hakkıcan ALÇAN
(Y2013.090025)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN

ARALIK 2022

ONAY FORMU

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Sıvı Depolama Tanklarının Güçlendirilmesinde Temel Tasarımının Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizi” adlı çalışmamın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Kaynakça’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim.
(.../.../2020.)

Hakkıcan ALÇAN

ÖNSÖZ

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN'a ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2022

Hakkıcan ALÇAN

SIVI DEPOLAMA TANKLARININ GÜÇLENDİRİLMESİNDE TEMEL TASARIMININ SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE ANALİZİ

ÖZET

Tezde incelenen sıvı depolama tankı için oluşturulan hesaplama tabloları, tank temelinin tasarımını kapsar. Zemin taşıma kapasitesi, izin verilen gerilme tasarım yöntemine göre kontrol edilmiş ve oturma – şişme potansiyeli değerlendirilmiştir. Güçlendirme için önerilen halka şeklindeki temel duvarının geometrisi, tank çapı etrafında dönen ters çevrilmiş bir T kesitidir. Bu kapsamda SAP2000 yazılımı ile sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak her bir yük durumu başına model halka duvarı analiz edilmiştir. Bu tezde sismik yükü temele aktarmak için farklı bir çözüm yöntemi önerildi ve halka şeklindeki çevresel temeli tasarlamak için sadece sismik kesme kuvvetinin tankın ağırlık merkezine indüklenmesi yeterli oldu. Bu kuvvet, varsayımsal rijit elemanlarla halka duvarına aktarıldı ve daha sonra bilgisayar yazılımı, kesme kuvvetini yükleme mesafesiyle çarparak sismik momenti oluşturdu. Dolayısıyla sıvı depolama tankının temel modelinde hem sismik momenti hem de kesmeyi kullanmaya gerek kalmadı. Çalışmada ayrıca stabilite kontrolü ve ankraj tasarımı ile ilgili sonuçlar ayrıntılı olarak verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Temel Güçlendirmesi, Oturma Hesapları, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Stabilite, Tanklarda Arıza Modları.

FOUNDATION DESIGN ANALYSIS WITH FINITE ELEMENT METHOD IN THE REINFORCEMENT OF LIQUID STORAGE TANKS

ABSTRACT

The calculation tables created for the liquid storage tank examined in the thesis cover the design of the tank foundation. The soil bearing capacity was checked according to the allowable stress design method and the settlement-swelling potential was evaluated. The geometry of the ring foundation wall proposed for reinforcement is an inverted T-section rotating around the tank diameter. In this context, the model ring wall was analyzed for each load case using the finite element method with the SAP2000 software. In this thesis, a different solution method was proposed to transfer the seismic load to the foundation, and only the induction of the seismic shear force at the center of gravity of the tank was sufficient to design the ring circumferential foundation. This force was transferred to the ring wall by hypothetical rigid members, and then computer software multiplied the shear force by the loading distance to generate the seismic moment. Therefore, there is no need to use both seismic moment and shear in the basic model of the liquid storage tank. In the study, the results related to stability control and anchor design are given in detail.

Keywords: Foundation Reinforcement, Settlement Calculations, Finite Element Method, Stability, Failure Modes in Tanks.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ONUR SÖZÜ	i
ÖNSÖZ.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
I. GİRİŞ	1
II. TANKLARDA ARIZA MODLARI	19
A. Fil Ayağı Burkulması	19
B. Elmas Şeklindeki Burkulma	22
C. Taban Plakası-Tank Duvarı Birleşme Yeri Yırtılması	23
D. Sıvı Çalkalanma Hasarı	24
E. Bağlantı Borusu Arızası.....	25
F. Ankraj Hatası	26
G. Taban Kayması Hatası.....	27
H. Temel Başarısızlığı	27
III. DEPOLAMA TANKININ TEMEL TASARIMI.....	29
A. Genel Tanımlar	29
B. Yüklemelerin Genel Tanımları	31

C. Toprak Basıncının Hesaplanması	31
D. Eleman Tanımı ve Yerel Eksenler	32
E. Yük Tanımları ve Kombinasyonları	33
IV. DEPOLAMA TANKİNİN SONLU ELEMANLAR ANALİZİ	35
A. Sonlu Eleman Modelleme ve Tanımları	35
B. Temel İç Kuvvetleri	49
1. Temelerde Bükme Moment Sınırları	50
2. Temelerde Eksenel Kuvvet Sınırları	52
3. Temelerde Kesme Kuvveti Sınırları	54
4. Halka Duvar Bükme Moment Sınırları	56
5. Halka Duvar Eksenel Kuvvet Sınırları (Çevresel)	57
6. Halka Duvar Eksenel Kuvvet Sınırları (Dikey Yön)	58
7. Halka Duvar Kesme Kuvveti Sınırları	59
8. Faktörlü Tasarımın Sınırları	60
C. Güçlendirme Hesapları	61
V. SONUÇ VE ÖNERİLER	68
VI. KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ	73

KISALTMALAR LİSTESİ

ASCE	: Amerikan İnşaat Mühendisleri Derneği
ASD	: İzin Verilen Gerilme Tasarımı
EFB	: Fil Ayağı Burkulması
MCE	: Maksimum Olası Deprem Tesiri
RC	: Betonarme
SRSS	: Karelerin Toplamının Karekökü

ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1. Ekipman verileri.....	31
Çizelge 2. Yapı temeli için bar metraj listesi	67
Çizelge 3. Kazı metraj listesi.....	67

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.	Uygun zemin üzerinde sıkıştırılmış dolgu	7
Şekil 2.	Uygun zemin üzerinde betonarme veya taş çember duvar.....	7
Şekil 3.	Kaldırılan zayıf toprağın mühendisliği yapılmış dolgu ile değiştirilmesi.	8
Şekil 4.	Kazıklı temel	9
Şekil 5.	Toprak dolgu ile ön yükleme	10
Şekil 6.	Su testi ile ön yükleme	11
Şekil 7.	Yoğunlaştırılmış bir temel sağlamak için devam eden kumun vibroflotasyonu.....	12
Şekil 8.	Dikey fitil drenaj	12
Şekil 9.	Dikey kağıt drenaj	15
Şekil 10.	Tank etrafındaki set duvar.....	17
Şekil 11.	Alt duvar seviyesinde filin ayak burkulması geliştii	20
Şekil 12.	Orta duvar seviyesinde filin diz bükülmesi geliştii	20
Şekil 13.	Elmas şeklindeki burkulma	23
Şekil 14.	Plaka-duvar bağlantı kırığı	24
Şekil 15.	Çalkalanma hasarı	25
Şekil 16.	Rijit boru bağlantısı.....	25
Şekil 17.	Ankraj cıvatası.....	26
Şekil 18.	(a) Tekdüze oturma, (b) Düzlemsel oturma, (c) Düzlemsel olmayan oturma, (d) Kenarların oturması, (e) Kabuk yakınında oturma, (f) Kabuktan uzak oturma	28

Şekil 19.	Tank tasarımı.....	30
Şekil 20.	Temel boyutu.....	30
Şekil 21.	Toprak yanal basıncı	32
Şekil 22.	Bir kabuk elemanının altı yüzü	33
Şekil 23.	Bir kabuk elemanının orta yüzeyine etki eden dahili F11 kuvvetleri	33
Şekil 24.	Kabuk elemanlarının yerel eksenleri.....	35
Şekil 25.	Halka duvar temelinin altındaki bölge	35
Şekil 26.	Temel kesit örneği (a)	36
Şekil 27.	Temel kesit örneği (b)	36
Şekil 28.	Temel kesit örneği (c)	37
Şekil 29.	Temel kesit örneği (d)	37
Şekil 30.	Yükleme (D4) = 0.825 kN	38
Şekil 31.	Yükleme (Lr) = 4.75 kN.....	38
Şekil 32.	Yükleme (L) = 4.75 kN yukarı.....	39
Şekil 33.	Yükleme (E) = 298.72 kN ve yanlarda değerler sıfır	39
Şekil 34.	Yükleme (LW1) = 200 kN	40
Şekil 35.	Yükleme (LW) = 5.58 kN	40
Şekil 36.	Yükleme (W) = 29.06 kN.....	41
Şekil 37.	Kabuklardaki yükleme (a).....	41
Şekil 38.	Kabuklardaki yükleme (b).....	42
Şekil 39.	Kabuklardaki yükleme (c).....	42
Şekil 40.	Kabuklardaki yükleme (d).....	43
Şekil 41.	Yük isimleri.....	43
Şekil 42.	Yük Kombinasyonları UP(U)1, UP(U)2, UP(U)3	43
Şekil 43.	Yük Kombinasyonları UP(U)4, UP(U)5, UP(U)6, UP(U)7, UP(U)8, UP(U)9, UP(U)10, UP(U)11	44

Şekil 44.	Yük Kombinasyonları UP(U)12, UP(U)13, UP(U)14, UP(U)15, UP(U)16, UP(U)17, UP(S)1, UP(S)2, UP(S)3	45
Şekil 45.	Yük Kombinasyonları UP(S)4, UP(S)5, UP(S)6, UP(S)7, UP(S)8, UP(S)9, UP(S)10.....	46
Şekil 46.	Yük kombinasyon tanımları (a).....	47
Şekil 47.	Yük kombinasyon tanımları (b)	48
Şekil 48.	Yük kombinasyon tanımları (c).....	49
Şekil 49.	Temeller M11 min: (Radyal yönde alt donatı hesapları için)	50
Şekil 50.	Temeller M11 maks. (Üst takviye için) Maks = 15 ton.m	51
Şekil 51.	Temeller M22 min. (Tank çevresi yönünde alt donatı hesapları için)	51
Şekil 52.	Temel M22 maks ve üst	52
Şekil 53.	Temel F11 min. Eksensel kuvvet, çoğunlukla basınç = 10 ton.....	52
Şekil 54.	Temel, F11 maks. Eksensel kuvvet (çoğunlukla çekme).....	53
Şekil 55.	F22 min. Çevre boyunca basınç,	53
Şekil 56.	F22 maks. çekme = 60 ton	54
Şekil 57.	Temel V23 min, kesme = maks 5 ton	54
Şekil 58.	Temel V23 maks, kesme = maks 10 ton	55
Şekil 59.	Temel V13 min.....	55
Şekil 60.	Temel maks, kesme = maks 20 ton	56
Şekil 61.	Duvar içi dikey donatı maks = 30 ton	56
Şekil 62.	Dış duvar için dikey donatı maks = 10 ton	57
Şekil 63.	Çevresel yönde maksimum basınç (Maks= 200 ton)	57
Şekil 64.	Çevresel yönde maksimum çekme (Maks= 170 ton)	58
Şekil 65.	Dikey yönde maks basınç (Maks= 40 ton).....	58
Şekil 66.	Dikey yönde maks çekme (Maks çekme=30 ton/m genişlik)	59
Şekil 67.	Maksimum kesme = 20 ton	59
Şekil 68.	Maksimum kesme 15 ton	60

Şekil 69.	Halka duvar ve temeller için faktörlü tasarımın sınırları	60
Şekil 70.	Temel de kesitin min hesabı.....	61
Şekil 71.	Temelde M11 eğilme momenti (Üst).....	61
Şekil 72.	Dikey yönde M22 eğilme momenti.....	62
Şekil 73.	Çevresel yöndeki aksenal kuvvet	62
Şekil 74.	Tipik kesit donatısı	63
Şekil 75.	Yapısal titreşim periyodu	64
Şekil 76.	Tasarım spektral tepki ivmelenmesi.....	64
Şekil 77.	Ağırlıklar	65
Şekil 78.	Ağırlık merkezi	65
Şekil 79.	Taban kesmesi	66
Şekil 80.	Çevresel gerilme ve momentler.....	66
Şekil 81.	Zemin deformasyon değerleri	69

I. GİRİŞ

Uzun yıllardır birçok endüstriyel hammadde ve ürünün depolanması için silindirik çelik depolama tankları yaygın olarak kullanılmaktadır. Petrol endüstrisi bugüne kadar çelik depolama tanklarını kullanmaya yoğun bir şekilde bağlı olan büyük bir endüstri olmuştur. Günümüzde, ham petrol ve sıvı petrol gazı gibi hammaddeleri, ekonomik olarak mümkün olan yerlerde, ya kullanılmayan madenler ya da bu amaç için özel olarak inşa edilmiş bölmeler kullanarak mümkün olduğunca yer yüzeyinin altında depolamaya yönelik artan bir eğilim vardır. Bu, estetik gereklilikler veya stratejik planlamanın bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır.

Çok sayıda çeşiti olan ve normalde oldukça küçük miktarlarda işlenen rafine petrol ürünleri, ham petrol gibi dökme ham maddeler yeraltında o kadar kolay depolanamaz ve bunların öngörülebilir gelecekte geleneksel çelik depolama tanklarında depolanmaya devam etmesi beklenmektedir. Kısaca yorumlarsak güvenlik hususları dışında, bir maddenin yoğunluğunun diğerinden önemli ölçüde daha hafif olması dışında, havacılık yakıtı veya kalsiyum klorür tutmak için çelik depolama tanklarının planlanması ve tasarımında çok az fark vardır.

Geoteknik açıdan, temel performans gereksinimi, plakaların yırtılmasına yol açabilecek belirli bir maddenin tanktan dışarı akışı veya çelik tank plakaları içinde müdahaleye neden olabilecek gerilmelerin ve gerinimlerin gelişmesini engelleyecek güvenli, ekonomik bir destek sağlamayı amaçlar. Normal atmosfer basıncında sıvı malzemelerin tutulması için kullanılan silindirik çelik tanklar, sabit tavanlı veya yüzer tavanlı olmak üzere iki temel tiptedir.

Tanklar boş olduklarında çok hafif yapılardır ve gerektiğinde sığ bir su derinliğinde yüzdürülerek hareket ettirilebilirler. İnce çelik duvar ve çatı bölümleri nedeniyle, çelik depolama tanklarının tasarımı, yapımı, bakımı ve servisi, özellikle inşaat sırasında yumuşak zemin koşullarının üstesinden gelinmesi gerektiğinde bazı benzersiz sorunlara yol açmaktadır. İnşaat mühendisliği yapılarının çoğundan farklı olarak, ölü yük, genellikle dahil olan

depolama yüklerindeki önemli varyasyonla orantılı olarak nispeten küçük olduğu için başka sorunlar da ortaya çıkar URL -5.

Ham petrol depolama için kullanılan en büyük çaplı yüzer çatılı tanklar için depolama tanklarının çapı minimum yaklaşık 10 m'den neredeyse 100 m'ye kadar değişebilir. Sabit çatılı tanklar genellikle konik bir çatı şekline sahiptir ve normalde, sızıntının önlenmesinin çok önemli olduğu veya gerekli depolama hacminin küçük olduğu benzin gibi uçucu ve yanıcı olan dökme malların depolanması için seçilir. Genellikle düzenli bakım ve muayenenin yapılmasının zor olduğu ve zemin koşullarının yüzer tavanlı tankların tatmin edici temel performansını etkilediği durumlarda seçilirler.

Yüzer tavanlı tanklar, adından da anlaşılacağı gibi, tutulan sıvının yüzeyinde yüzen çatılara sahiptir, çatı, kolonlar üzerinde yönlendirilen bir veya daha fazla duba üzerinde desteklenir. Zorunlu olarak yüzer tavanlı tanklar, sızıntıyı önlemek için yuvarlak bir dizi conta içerir ve bu contalar normal olarak uzun ömürlü olmasına rağmen normalde uçucu yanıcı sıvıların veya kalsiyum klorür gibi bulamaç tipi bir bileşime sahip sıvıların tutulması için düşünülmez. Bir çelik depolama tankı nispeten esnek bir yapı olmasına ve çoğu mühendislik yapısından tam veya farklı olarak daha fazla oturmayı tolere edebilmesine rağmen, elbette sorunsuz bir şekilde bir tankta beklenebilecek oturmanın bir sınırı vardır.

Bir tank temelinin tasarımında kaçınılması arzu edilen oturma etkilerinden bazıları şunlardır:

- Çap boyunca tankı etkileyebilecek farklı oturma, yüzer çatılarda sıkışma ve dahili boru bağlantılarının aşırı gerilmesi.
- Yüzer çatı mekanizmalarını sıkıştırabilecek ve gövde saçlarını aşırı gerebilecek veya çarpabilecek çevre boyunca farklı oturma.
- Tank tabanı ile dış kaplama levhaları arasında, dış kaplama kaynaklarını aşırı zorlayabilecek ve tank temizliği için drenaj tesisatının kaybına neden olabilecek farklı oturma. Ayrıca kolon destekli çatılar, taban oturmaları sonucunda ciddi şekilde eğilebilir.

- Boru tesisatını aşırı zorlayabilecek tank ve harici bağlantı boru tesisatı arasındaki farklı yerleşim.
- Kabuk taban plakalarının çevresinde su birikmesine ve bunun sonucunda bu plakaların korozyonunda bir artışa neden olabilecek, tankın genel oturması.

Temel tarafından deneyimlenen farklı oturma derecesinin neden olduğu bir çelik depolama tankı içindeki gerilmelerin ve gerinimlerin büyüklüğü bir dizi faktöre bağlıdır. Bunlar şu şekildedir:

- Tankın çapı ve yüksekliği,
- Tankın altında yatan toprak koşullarının tekdüzeliği,
- Yükleme yoğunluğu ve
- İlgili tankın türü.

Genellikle sabit koni çatılı tanklar, farklı oturma etkilerine yüzer çatılı tanklara göre daha toleranslıdır. Teorik olarak, zemin koşulları bir tankın altında üniform olduğunda, merkezde meydana gelen oturma, çevredekinin yaklaşık iki katı olacaktır ve bu beklenen oturmaya, tank tabanının gerekli miktarda yukarı doğru inşa edilmesiyle izin verilebilir. Bu durum, tolere edilebilecek maksimum tank dibi bükülmesi miktarına göre değişir. Ancak büyük çaplı yüzbin tonluk petrol depolama tankının yüzdürülmesi sırasında tabanlarının yaklaşık 1m yukarı doğru büküldüğü gözlenmiştir. Pratik açıdan bakıldığında, ince levhalar kaynak sırasında büküldüğü için tank tabanları genellikle oldukça düzensizdir.

Genellikle tankın bir kenarına yakın yerleştirilmiş drenaj haznelerinin mevcudiyeti ve sabit çatılı tanklar da dahili takviye kolonlarının sağlanması nedeniyle, bir tankın gerçek oturma performansı teorik olarak tahmin edilenden önemli ölçüde değişebilir. Meydana gelen oturmalar, iki ayrı toprak davranışı tipinin sonucudur. Çoğu durumda zemin, tank yüklemesi altında, tankın altında yatan zemin tipine bağlı olan bir büyüklük ve oranda konsolide olur. Toprak ve yeraltı suyu koşulları, tam yükleme gerçekleştirildikten sonra, tank oturmasının ihmal edilebilir hale geldiği zamanı da kontrol edecektir. Örneğin, geçirimsiz killi bir zeminin konsolide edilmesi, aynı yük altında serbest süzülen bir kumdan çok

daha uzun sürer. Bu konsolidasyon sürecine dahil olan zemin derinliği teorik olarak tank çapının yaklaşık üç katıdır.

Sıklıkla karşılaşılan ikinci tip oturma olayı, zeminin tank yükleri tarafından aşırı gerilmesi durumunda ortaya çıkan durumdur. Bu durumda toprak, tank kenarının altından genellikle öngörülemeyen bir şekilde akar ve bu da büyük, homojen olmayan ve hızlı oturmaların meydana gelmesine neden olur. Bu tür oturmalar, kaynakların veya perçinlenmiş bağlantıların aşırı gerilmesine neden olabilir ve bu nedenden kaynaklanan istenmeyen durumlar oluşabilir.

Gerçek oturma toleransları, büyük ölçüde, tankın tatmin edici performansının devam etmesi için tasarım spesifikasyonuna bağlıdır. Montaj sırasında ortak bir tolerans, çevre etrafındaki bitmiş tank pedi yüzeyinde yaklaşık 5 mm'dir. Bununla birlikte, kullanımdayken, koşullara bağlı olarak önemli ölçüde oturmalar tolere edilebilir ve tankların ciddi şekilde bozulmadan 600 mm'ye kadar toplam oturma deneyimi yaşadığı bilinmez değildir.

Farklı oturma söz konusu olduğunda, bir tank kabuğunun performansı için ortak bir kriter, tank çevresi boyunca ölçülen her 30 m'de 25 mm'dir. Bununla birlikte, bunlardan daha sıkı toleranslar daha yaygın olarak belirtilir ve büyük (yani 60 m'nin üzerinde) çaplı yüzer tavanlı tanklar için aşağıdaki performans gereksinimlerinin daha fazla arzu edildiği kabul edilir:

- Ped inşaatı, tank montajı, su testi ve nihai muhtemel toprak oturmasının birleşik sonucu olarak 10 m çevre uzunluğunda 5 mm maksimum farklı oturma,
- Tank çapı boyunca maksimum 25 mm farklı eğilme ve
- Herhangi bir yönde doğrusal olarak ölçülen her 10 m'lik tank tabanı için 25 mm'lik maksimum farklı oturma.

15m çapından daha küçük tanklar için özel gereksinimler gerekli değildir ve belirtilenlerden daha büyük yerleşimlerin öngörüldüğü durumlarda, bir tür saha iyileştirmesi veya tanka yapısal destek sağlanması gereklidir. Sabit çatılı tanklar için özel bir tank oturma durumu, maksimum ve minimum oturma noktalarından düzlemsel eğim gerçekleştiğinde ortaya çıkar. Tank kabuğunun sadece düzlemsel olmayan farklı oturması, alt plakaların tasarımı ile ilgili olarak sonuç verir. Yüzer

tavanlı tanklar için bu tür bir yatırma, koşullara ve eğim derecesine bağlı olarak tankların performansını etkileyebilir veya etkilemeyebilir.

Kabuk yatak plakaları normalde, kabuk taşıma basınçlarının yaklaşık 100 kilopaskal'ı aştığı veya yüzer çatılı tankların söz konusu olduğu sabit çatılı tanklar için kullanılır. Bunlar, kabuğun zımbalanma eğilimini veya meydana gelen yerel kenar yatağı arızasını azaltır ve ayrıca çevresel farklı oturmaların azaltılmasına yardımcı olur. Büyük boy koni çatılı tankların çatıları kolonlar üzerinde ve genellikle bir merkez kolon üzerinde desteklenir; tank çapına bağlı olarak üç adede kadar iç kolon halkası dahil edilebilir.

Kolonlardaki ölü yük normalde 50 ila 100 kN arasında değişirken, hareketli yük kolon başına 100 ila 150 kN daha ekleyebilir. Bu, özellikle büyük kar birikimlerinin beklenebileceği bölgelerde önemlidir. Böylece maksimum kolon yükü 250 kN'ye kadar çıkabilir. Bu tür kolonlar genellikle boyutları izin verilen toprak yüküne bağlı olan 20 ila 25 mm kalınlığındaki kare taban plakaları üzerinde taşınır. Bu tür kolon yüklemesinin altındaki zemin basıncı, sağlanan net taban plakası alanından veya alternatif olarak, tank taban plakalarının etkisinin, tank taban plakalarının kalınlığına bağlı olarak kolon taban plakalarını belirli bir miktarda büyütme olduğu varsayımına dayanmaktadır.

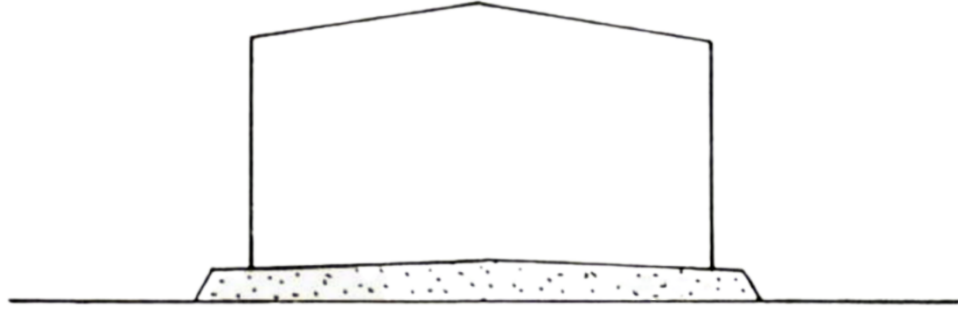
Kolon yüklemesi, tank sıvısı içeriği tarafından uygulanan yüklemeye ilavedir ve tankın boş durumunda çalışır. Zemin içindeki gerçek gerilme dağılımları, tank taban plakasının kalınlığı yapı tipinden ve bunların tepede veya aşağıda olup olmamasından etkilenir. Bu aynı zamanda sonradan gelişen tank yerleşim modelini de belirler. Bir tank temelini maliyeti, bazı durumlarda, toprak koşullarına bağlı olarak, tankın kendisinin maliyetini aşabilir. Normal inşaat mühendisliği yapıları için uzak veya istenmeyen alanlara tank yerleştirme uygulaması nedeniyle, uygun tasarım amaçlandığında yeterli bilgi sağlamak ayrıntılı bir zemin araştırmasının yapılması için özellikle önemlidir. Bu durum, bu tür tankların normal olarak diğer yapılara kıyasla önemli ölçüde daha fazla yerleşimi tolere edebilmesine rağmen gereklidir.

Nispeten büyük maliyet tasarrufları ve yerleşimden kaynaklanan sıkıntıların önlenmesi, toprak koşullarının yeterli ön bilgisinden kaynaklanabilir. Tanklar normalde drenaj sağlamak ve tank tabanı korozyonunu caydırmak için kırma taş

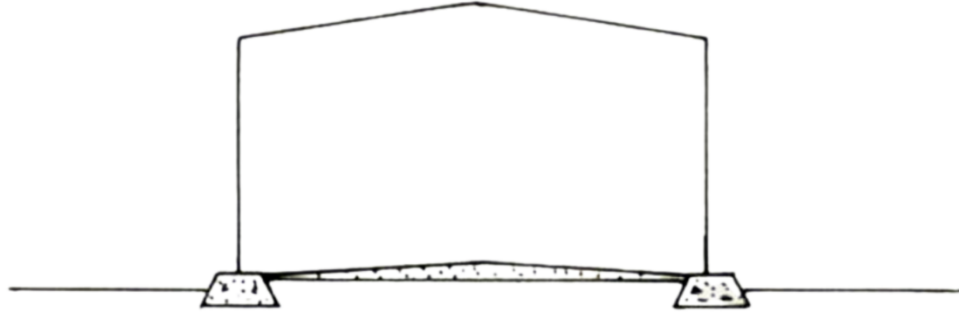
gibi serbest drenajlı granüler malzemeden yükseltilmiş bir ped üzerine inşa edilir. Alt plakaların korozyon oranını artırabilecek suyun sızmasını önlemek için bu şekilde oluşturulan pedin yüzeyine bazen bir asfalt veya yağlı kum örtme tabakası dökülür. Bir tank pedi serbest drenajlı malzemeden yapılmadıysa, tanka 100 mm kalınlığında bir yağlı kum tabakası sağlanarak korozyonu sınırlayacak önlemler alınabilir.

Değişen zemin koşulları için bazı temel çözümleri devam eden sayfalarda gösterilmiştir. Tankların yeterli yapısal destek sağlayan yetkin toprak koşullarına yerleştirileceği durumlarda, tank tamamen yükseltilmiş bir sıkıştırılmış toprak pedi ile desteklenebilir. Ancak ped inşa edilmeden önce, yüzeysel olarak zayıf olan tüm malzemeler tankların plan sınırlarından çıkarılmalıdır. Tank pedleri, sıkıştırma sırasında tank yapımını güvenli bir şekilde destekleyecek ve mevcut emsal temelinde hava, vs. etkilerine dayanacak güçlü, güvenilir, aşındırıcı olmayan bir yüzey üretecek herhangi bir topraktan veya yerel olarak mevcut malzemeden yapılabilir. Bu bağlamda, örneğin, derin don penetrasyonuna maruz kalan alanlarda tank yapımı için serbest drenajlı, donmaya karşı hassas, granüler bir dolgu kullanılması tavsiye edilir, böylece buz merceklenmesi sonucu meydana gelen don kabarması ve çözülme sırasında temelin başarısızlığı olasılığının önüne geçilir. Daha ılıman iklim koşullarının hakim olduğu bölgelerde, aksi takdirde geçirimsiz bir dolgu oldukça uygun olabilir.

Yüksek fırın çürüğü gibi yapay malzemelerin kullanımı, bu tür malzemeler genellikle uzun vadede istenmeyen şişme ve kimyasal etkiler sergilediklerinden kullanımdan önce dikkatlice araştırılmalıdır. Benzer şekilde, tank pedi dolgusu olarak kullanılması düşünüldüğünde tankların potansiyel şişme özellikleri mutlaka araştırılmalıdır. Tanklar şekil 2'de gösterildiği gibi genellikle kırma taş veya betondan yapılmış gövde duvarları üzerinde desteklenir. Halka duvarlar, tank kabuğu yüklerini sığ derinlikte daha güçlü zeminlere aktarır, böylece bu durum tankların çevresinde kesme kenarı kusuru olasılığını ortadan kaldırır. Beton çember duvarların kullanıldığı durumlarda bunlar, toprağı çember duvar içinde tutma ve böylece tam tank yükü altında toprağın yanal hareketini önleme avantajına sahiptir.



Şekil 1. Uygun zemin üzerinde sıkıştırılmış dolgu



Şekil 2. Uygun zemin üzerinde betonarme veya taş çember duvar

Bununla birlikte, bu tip destek sistemi ile zeminin çember duvar içinde iyi sıkıştırılması önemlidir, aksi takdirde tank tabanında tutulan toprak ve beton çember duvar arasındaki temas noktasının üzerinde yüksek kesme gerilmeleri gelişebilir. Tank kabuğunu beton bir halka duvar üzerine oturtmanın bir alternatifi onu doğrudan tutulan toprak üzerinde halka duvarın içine yerleştirmektir. Bu durumda çember duvarı, gelişebilecek çember gerilimine direnecek şekilde tasarlanmalıdır ve bu alternatif yaklaşım, dolgunun çember duvar içinde sıkıştırılmasının etkin bir şekilde gerçekleştirilemediği veya doğal toprağın yerinde bırakıldığı durumlarda avantajlara sahiptir.

Doğrudan tank temeli desteği için uygun olmayan tank konumlarının altında toprak koşullarıyla karşılaşıldığında yeterli bir tank temeli sağlamak için üç genel teknik şunlardır.

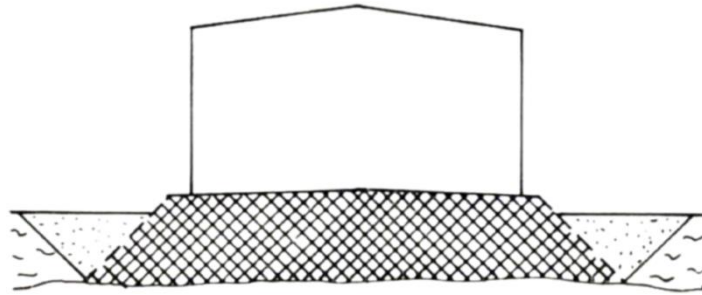
- Uygun olmayan zeminlerin çıkarılması ve mühendislik dolgusu ile değiştirilmesi.
- Tank yüklerini derinlikte uygun bir şekilde yetkin bir zemin veya kaya tabakasına aktarmak için kazıkların veya diğer derin temellerin kullanılması.

- Ön yükleme ile zeminin güçlendirilmesi, tank desteğine uygun hale getirmek için titreşim veya sıkıştırma yöntemleri.

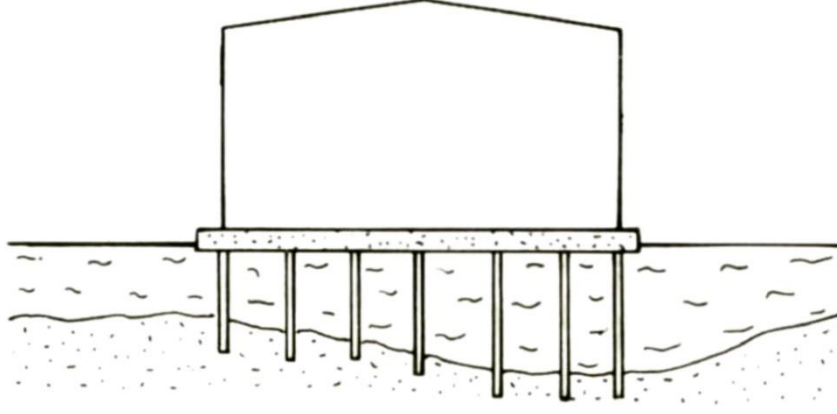
Yüzeyin 2-3 m altında uygun olmayan toprakların mevcut olduğu ve altında yeterli bir toprak veya kayanın bulunduğu durumlarda, benimsenecek en iyi ve genellikle en ekonomik çözüm şekil 3’de ki gibi, kazı yapmak ve gerekirse kazıyı susuzlaştırarak mühendislik dolgusu ile değiştirmektir. Yerleştirme kolaylığı, taşıma özellikleri, iyi drenaj nitelikleri gibi benzer nedenlerden dolayı seçilen yedek dolgu tercihen temiz bir taneli toprak olmalıdır. Ancak bu durum, daha kolay temin edilebiliyorsa diğer malzemelerin kullanılmasının düşünülmesini engellemez. Kullanılacak malzemenin nihai seçimi, inşaat sırasında ve tank hizmetteyken yaşanacak muhtemel hava koşullarına da bağlı olacaktır.

Bir dolgu değiştirme programı, zorunlu olarak kazı sırasında ele alınacak su koşullarını dikkate almalı ve eğer belirtiler kuyu noktalarında su tahliyesinin gerekli olmadığı yönündeysen, o zaman kepçe ile ıslak zeminde kazı yapmak ve pompayla çekme yöntemine başvurmadan dökme kırma kaya veya taş kullanmak daha ekonomik olabilir.

Bu yaklaşımın ana dezavantajı, tüm uygun olmayan sıkıştırılabilir zeminlerin tank kazısı içinden çıkarılamaması ve hatta bozulmuş ve dolayısıyla orijinalinden daha fazla sıkıştırılabilir durumda kalabilmesidir. Örneğin su yüklemesi testi sırasında olduğu gibi yüklemenin erken bir aşamasında gözlemlenmedikçe ve uygun bir şekilde düzeltilmedikçe tank performansına zarar verebilecek aşırı düzensiz oturmalar olabilir. Dolgu değiştirme tekniği ile, emme taraflarıyla 10 m'ye kadar alüvyon taranıp vibro sıkıştırılmış iyi dereceli çakıl ile değiştirilerek çok büyük çaplı petrol depolama tanklarının pedleri inşaa edilebilir. Tekniğin, 20 m derinliğe kadar zayıf toprakların yerini alacak şekilde genişletilebileceği bilinmektedir.



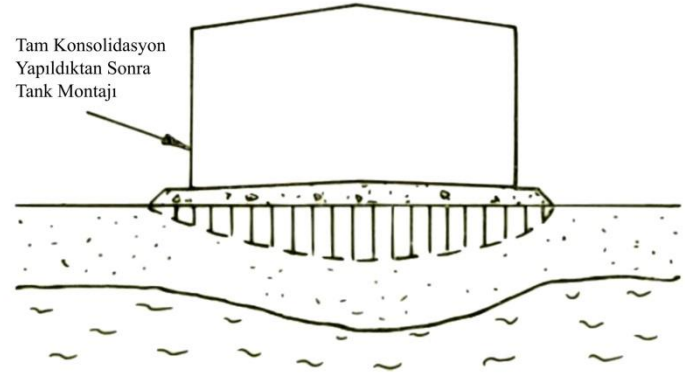
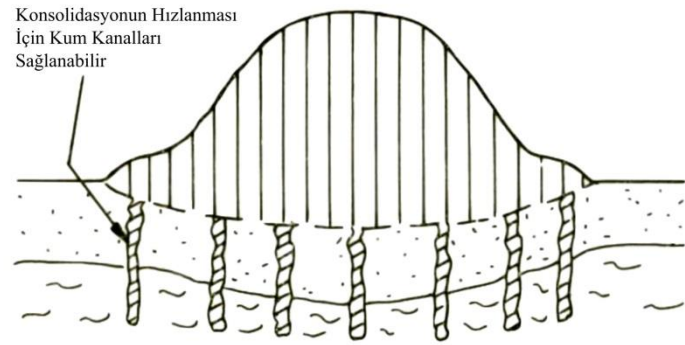
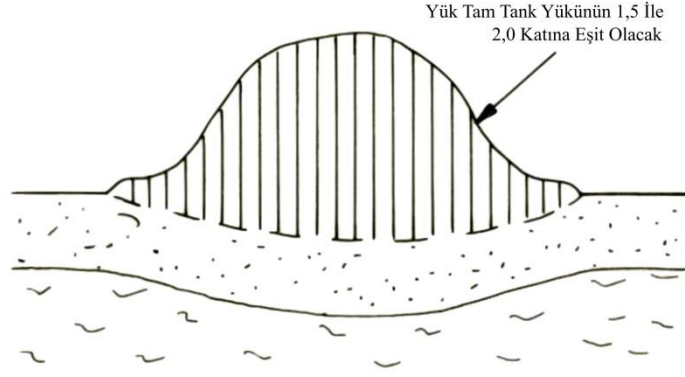
Şekil 3. Kaldırılan zayıf toprağın mühendisliği yapılmış dolgu ile değiştirilmesi



Şekil 4. Kazıklı temel

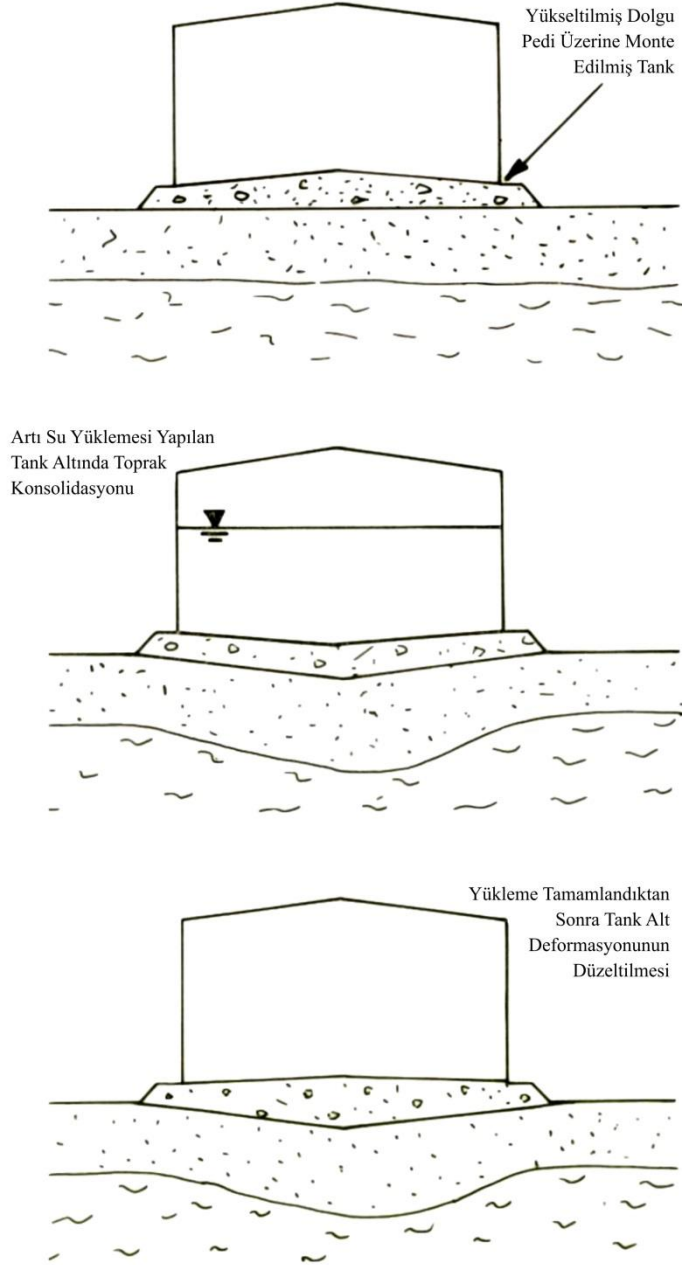
Kaynak: Harris, 1976

Depolama tankları için kazıklı temel kullanımı zayıf yüzeysel zemin katmanlarıyla baş etmenin en olumlu yöntemi olmasına rağmen genellikle en pahalı çözümdür ve kazıklı bir temelin maliyetinin, tankın maliyetini aşması mümkündür. Depolama tankları için kazıklı temeller sorunsuz değildir ve su testi sırasında arızalar meydana gelmiştir. Aşağı sürüklenme veya sürşarj nedeniyle, tank ve dolgu yüklerinin birleşik etkileri altında zayıf yüzeysel zemin tabakalarında gelişen negatif yüzey sürtünmesi ve bireysel kazık tasarım yükleri, zemin konsolide olurken kazıklara gelen ilave kuvvetlere izin vermek için normal olarak yeterince düşük tutulmalıdır. Bu ek kuvvetler, özellikle yüksek sürşarj ve dolgu yüklerinin söz konusu olduğu durumlarda, kazık taşıma kapasitesinin önemli bir yüzdesini temsil edebilir. Ancak son zamanlarda, bitümlü kaplamalar, aşağı çekme kuvvetlerinin kazıklara aktarılması olmadan kesilebilmesi için kazık yüzeyinde bir kaplama oluşturmak amacıyla, aşağı çekme kuvvetlerine maruz kalan kazıklara yaygın olarak uygulanmıştır. Böylece, kazık bölümlerinin çalışma yüklerinin daha büyük bir bölümünü taşıyacağına ve dolayısıyla ekonomik olarak daha etkin hale geleceğine güvenilebilir.



Şekil 5. Toprak dolgu ile ön yükleme

Kaynak: Harris, 1976

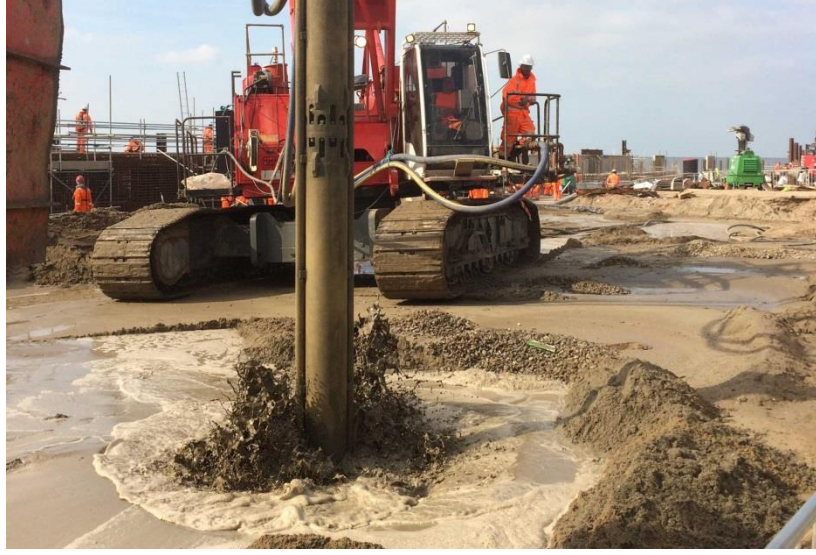


Şekil 6. Su testi ile ön yükleme

Kaynak: Harris, 1976

Diğer yöntemlerle iyileştirilemeyen çok derin zayıf zemin birikintileri için, tek geçerli temel çözümü kazıklı bir alternatif olabilir. Seçilen kazık tipi, büyük ölçüde, içinden penetrasyonun gerçekleştirileceği zemin tabakalarına bağlı olacaktır. Örneğin, çok yumuşak bir kil tabakası boyunca sürülen yer değiştirme kazıklarının kullanımı, sürmenin neden olduğu yeniden kalıplama nedeniyle kilin mukavemetinin önemli ölçüde azaldığı, istenmeyen bir net genel etkiye sahip olabilir. Öte yandan, derin gevşek kum birikintilerinin delineceği yerlerde benzer

tipte kazıkların kullanılması, kazık çakılmasının kum üzerindeki titreşim etkilerinden kaynaklanan ve sıkıştırılmış yoğunluğun artmasına neden olan zemin mukavemetinde genel bir artışa yol açabilir.



Şekil 7. Yoğunlaştırılmış bir temel sağlamak için devam eden kumun vibroflotasyonu

Kaynak: URL-1



Şekil 8. Dikey fitil drenaj

Kaynak: URL-2

Ortaya çıkabilecek tüm özel durumlar için genel kurallar belirlenemese de, belirli bir dizi koşul için bir kazık tipi seçimi çok önemlidir. Önerilen kazık tekniği ile mevcut zemin koşullarının daha da kötüleştirildiği bir durumun yaratılmaması sağlanmalıdır. Aksi takdirde, kaçınılmaz olanın ötesinde, temel çalışma maliyetinde genel bir artış meydana gelir. Geleneksel yığma tekniklerinden farklı olan bir kazık yöntemi, kum kazıklarının veya kaya kolonlarının kullanılmasıdır. Teknik, ya kapalı uçlu bir boruyu sürerek ya da burgu yaparak bir delik oluşturmak ve ardından deliği sıkıştırılmış ya da vibro-sıkıştırılmış kum ile doldurmaktır.

Şekil 7, büyük çaplı bir depolama tankının temeli için kum yoğunlaştırma işleminin devam eden vibroflotasyonunu gösterir. Yumuşak kil tabakalarında kapalı uçlu bir tüp (genellikle kırma taştan bir tıkaç veya tek kullanımlık bir uç ile kapatılır) kullanmanın dezavantajları vardır. Bu delik oluşturma yöntemiyle üretilen kil üzerindeki yeniden kalıplama etkileri, sonuçta, bu şekilde oluşturulan kum yığınının veya kaya kolonunun kenarlarında bir miktar yanıl kararsızlığa yol açabilir. Bununla birlikte, bu delme yöntemiyle bir delik oluşturma tekniği, gevşek kum tabakalarının delinmesi gerektiğinde faydalı olabilir. Burgulu kazıkların deliklerinin, kaplama kullanılmadan yer altı su seviyesinin altındaki kuma yerleştirilmesi genellikle imkansızdır, ancak nüfuz edilen derinlik için sağlam olması koşuluyla, tek tip kil tortularıyla karşılaşıldığında en uygun yöntem olabilir. Bu bağlamda, kil, silt ve kum tabakalarının birbiriyle iç içe geçtiği karışık zemin koşulları, genellikle bu tekniğin kullanılmasıyla birlikte ele alınması en zor zemin koşullarıdır. Kum yığını veya kaya kolonu çözümünün kullanımında dikkate alınması gereken bir diğer faktör, sıkıştırmanın dinamik yollarla olduğu durumlarda kum veya kayanın zemin yüzeyine yakın olarak tam olarak sıkıştırılamamasıdır.

Bu durumda, kazıkların sıkıştırıldığı uygun bir toprak sürşarjı kullanılmalıdır veya alternatif olarak kazıkların tepesindeki kumun yeterli sıkıştırılmasını sağlamak için kazıkların tepesi yüzeyin minimum 2 m veya daha altında bir derinlikte tutulmalıdır. Bu yapılmazsa zemin yüzeyi, yığının üst kısmında başarısız olur yada kum veya kaya tam olarak sıkıştırılamamış olur. Bu işlem için toprak koşullarına bağlı olarak başarıyla kullanılan çok sayıda kum yığını ve kaya çeşidi vardır. İnşaat açısından ucuz olabilecek, zayıf zemin üzerine

tank temellerinin inşasına yönelik bir çözüm, ya toprakla ön yükleme yapmak ya da tankın kurulmasının hemen ardından, su testi işlemi sırasında toprağı konsolide etmektir.

Ancak ön yüklemenin, inşaat sonrası dönemde zemin oturmalarının azaltılmasında etkili olmasını sağlamak için tankların hizmete alınmasından önce yeterli zaman gerekmektedir. Ayrıca, ön yükleme programının uygun şekilde planlanabilmesi ve mevcut tahmini süre içinde etkin bir şekilde uygulanabilmesi için zemin koşulları hakkında yeterli ön bilgi gereklidir. Ön yükleme tekniğinin dezavantajlarına rağmen inşaat maliyetleri, zayıf, uygun olmayan zeminle karşılaşıldığı bir durumda kazıklı alternatif ile karşılaştırıldığında nispeten ucuzdur.

Bununla birlikte, bir tankın kurulduğu ve hemen hizmete giremediği bir durum için ekonomik beklentiler, bu yaklaşımdan olumsuz etkilenebilir. Ön yükleme tekniği yükün zayıf zemin koşullarına kontrollü bir şekilde uygulanmasına izin vererek, zemin yoğunluğunda ve kesme mukavemetinde müteakip artışla konsolidasyonun gerçekleşmesine izin verir. Kapsanan alan ne kadar büyükse ve nihai olarak uygulanan yüklemenin büyüklüğü ne kadar büyükse, konsolidasyon ve kesme mukavemetindeki artış o kadar büyük olur. Ön yük kaldırıldığında, zemin sisteminde bir miktar elastik geri tepme meydana gelir, ancak esasen zeminin mukavemetinde büyük ve kalıcı bir artış gerçekleşir.

İnşaat sonrası oturmaları, izin verilen değerler içinde sınırlamak ve zemin kesme mukavemetinde arzu edilen bir artışı elde etmek için gereken ön yük miktarını ve gereken süreyi belirlemek son derece önemlidir. Bu durum çok dikkatli bir mühendislik analizi yapılmasını gerektirir. Zeminlerin aşırı derecede yumuşak olduğu durumlarda, zeminin kesme kırılmasını önlemek için birkaç yükleme aşaması gerekli olabilir, ilave yük eklenmeden önce her bir yükleme aşaması uygun bir süre boyunca muhafaza edilir. Ön yükleme sırasında, ön yükleme tekniğinin etkinliğinin sürekli kontrolünün her zaman mevcut olması için zeminin yeterli enstrümantasyonunun gerçekleştirilmesi önemlidir. Bu şekilde, istenen sonucun tüm aşamalarda uygun güvenlikle mümkün olduğunca hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi için ön yükleme programında uygun ayarlamalar yapılabilir.

Sürşarj yüklemesi çok hızlı bir şekilde gerçekleştirilirse, dolgu kaybı olabilir ve zemin kolayca güçlendirilemeyecek şekilde sonuçlanan bir başarısızlıkla karşılaşabilir. Örneğin, önemli sayıda ince kum ve silt parçacıkları içeren bir kil, oldukça hızlı bir şekilde konsolide olabilir, ancak bunun sonucunda yapısının kaybıyla birlikte bozulma durumunda, önemli ölçüde daha yavaş bir oranda konsolide olabilir. Bu ön yükleme tekniği, kazık ve kaya kolonlarının kullanımına kıyasla önemli ekonomik avantajlara sahiptir. Konsolidasyonu kolaylaştırmak ve drenajın zeminden etkilenme oranını arttırmak için ilgili tankların çevresine bir dizi kum drenajı yerleştirilmektedir. Yumuşak zeminlerin yük altında konsolidasyon sürecini hızlandırma konusunda son yıllarda meydana gelen bir gelişme, kum drenlere alternatif olarak kağıt veya karton süzgeçlerin kullanılmasıdır.



Şekil 9. Dikey kağıt drenaj

Kaynak: URL-3

Bu kağıt drenler, kağıttan geçtikten sonra gözenek suyunun kaçabileceği uzunlamasına drenaj kanalları içeren yüksek geçirgenliğe sahip emprenye edilmiş kağıt şeritlerinden oluşur. Drenajlar, şekil 8 ve şekil 9’da görüldüğü gibi özel bir mandrel kullanılarak önceden belirlenmiş aralıklarla kurulur. Yumuşak zeminlerin konsolidasyonunu hızlandıran bu yöntem tüm dünyada, yaygın olarak

kullanılmaktadır. Bir depolama tankını, aşağıdakileri sağlamak için montajdan sonra test etmek son derece önemlidir:

- Su geçirmez olması.
- Sağlanan temelin, tehlikeli yerleşimler meydana gelmeden tank yüklemelerini taşımak için yeterli olması.

Tankların, özgül ağırlığı birden az olan petrol ürünlerini depolamak için tasarlandığı durumlarda tank, tasarım depolama seviyesine kadar doldurulursa su testi 1.0'dan büyük bir güvenlik faktörü gösterecektir. Tankların özgül ağırlığı birden fazla olan ürünleri depolamak için tasarlandığı durumlarda, tankın su testi sadece su geçirmezliğini kontrol eder ve temelin yeterliliği ancak ilgili depolama ürünü veya daha büyük kütle yoğunluğuna sahip dökme malzeme ile test edilerek uygun şekilde belirlenebilir. İlgili özel durum için su testinin amacı ne olursa olsun, tankların ömürlerinin ilk aşamalarındaki oturma performanslarının kontrol edilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir. Tankın su testinin veya kontrollü doldurulmasının zemini önceden yüklemeyi amaçladığı durumlarda, zemin üzerinde yeterli kontrolü sağlamak için piyezometreler, oturma noktaları ve eğim gösterge delikleri gibi bir dizi jeoteknik alet gerekli olacaktır. Bunların birçoğu tankın altına monte edilebilir ve uzaktan okunabilir; diğerleri, tankın çevresine veya ilgili topraktaki tank yüklemesinden etkilenebilecek bir mesafe içinde yer alır.

Enstrümantasyonun amacı, tank yükleme işlemi sırasında elde edilecek zemin davranışının kapsamlı bir resmini sağlamaktır. Toprak koşulları, şekil 1'de gösterildiği gibi, yeterli bir zemin üzerinde sıkıştırılmış granüler topraktan oluşan yükseltilmiş bir ped için olduğu gibi nispeten basit olduğunda, gerekli enstrümantasyon buna uygun olarak basit olabilir ve örneğin sadece tankın yan tarafında, çevresi etrafında kaynaklanmış oturma pabuçlarından oluşabilir. Bu, ilk su testi ve tank performansının değerlendirilmesi sırasında sağlanması gereken minimum gereklilik olarak kabul edilir.

Bir bent bileşiminin veya bent duvarı alanının amacı, tanklardan dökülenleri tutmak ve büyük miktarlarda ürün salan bir tank arızası durumunda bölgenin taşmasını ve kirlenmesini önlemektir. Herhangi bir durumda alınacak bent duvarı önlemleri, depolanan malın niteliğine bağlı olacaktır. Yine de bent bileşimi

alanları, dökülen herhangi bir ürünü etkili bir şekilde tutmalarını sağlamak için uygun şekilde tasarlanmalıdır. Bu amaçla çevresel bent duvarları ve bileşik zemin sızdırmaz olmalıdır. Kabul edilen temel çözümüne bağlı olarak, geçirgen malzemeden oluşan temellerin de sızdırmaz olmasını sağlamak gerekli olabilir.

Örneğin bir projede ham petrolün temeller yoluyla alttaki anakayaya sızmasını önlemek için, tank ped alanlarını kaplayan bir polietilen levha üzerine 3 mm'lik bir cam takviyeli plastik tabakası püskürtüldü. Bent duvarlar, kullanılan toprak kütlelerinin geçirimsiz olmadığı durumlarda sızdırmaz bir yüzey ile donatılmalıdır, aksi takdirde betonarme set duvarları kullanılmalıdır. Bentlerin topraktan yapılacağı malzeme seçiminde zamanla özelliklerini değiştirmemeleri için özen gösterilmelidir. Bentlerin sıkıştırılmış şeyllerden inşa edildiği yerlerde, bunlar hava koşullarının etkisi altında neredeyse bir kil malzemesine dönüşebilir ve bentlerin yüksek olduğu yerlerde set duvarı kararsızlığı meydana gelebilir. Ayrıca dondurucu iklimlerde şev duraysızlığı, ek koruma önlemleri gerektiren kil şevlerin yüzeyindeki don etkisi ile indüklenebilir. Bileşik zemine sahip alanlar, çoğu durumda tamamen yeniden şekillendirilmiş ve sıkıştırılmış 400 mm'ye kadar killi toprak sağlayarak kolayca geçirimsiz hale getirilebilir.



Şekil 10. Tank etrafındaki set duvar

Kaynak: URL-4

Bununla birlikte, set duvarlarında olduğu gibi, kuru havalarda meydana gelen büzülmeyi sınırlamak için genellikle granüler dolgu ile koruma gereklidir. Bu yapılmaz ise dökülme durumunda sızıntı, yağışlı havalarda bentin yumuşaması ve ardından gelen zor müdahale etme durumu gibi sorunlarla karşılaşabilir. Bent yapımında kullanılacak malzeme seçimi ve duvar birleşiklerinden geçen borular gibi karma alanlardan sızıntıyı önlemek için önlemlerin planlanması genellikle çok az düşünülür. Bentlerin rastgele malzemededen inşa edildiği, genellikle sıkıştırılmamış durumda olduğu, karma zeminin işlenmeden bırakıldığı ve boru menfezlerinden meydana gelebilecek sızıntıları kapatmak için herhangi bir önlem alınmadığı durumlarda sorun ortaya çıkabilir. Büyük miktarlarda petrol ürününün tank bileşiklerinden kaçtığı yeraltı suyu seviyesinin üzerinde kalarak biriktiği durumlar olmuştur. rnek bir durumda neyse ki alanın düz ve yer altı suyunun neredeyse durağan olması neticesinde rafinerinin yakın çevresinin dışında petrol ürünlerinin hareketi gerçekleşmedi.

II. TANKLARDA ARIZA MODLARI

Büyük depremlerden sonra yapılan saha araştırmaları içinde sıvı barındıran tanklarda çeşitli arıza modları ortaya çıkardı. Sismik dalgalar sahaya ulaştığında, akışkan bileşeni tank duvarına basınç uygulayarak sistemde aşırı devrilme momentlerine neden olarak taban plakasının kaymasına veya yükselmesine neden olabilir. Ayrıca taban plakasını kırabilecek veya tank duvarının bükülmesine neden olabilecek plaka-duvar bağlantısı üzerinde büyük gerinim deformasyonlarına neden olur. Öte yandan konvektif mod iğerilen sıvının üst kısmını, tankın üst kısımlarına zarar verebilecek dikey bir yer değiştirmeye zorlar ve bu durum çalkantı olarak bilinir. En yaygın arıza türleri, kabuk burkulması, plaka duvar yırtılması, üst tank kabuğunda ve çatısında çalkalanma hasarı, ankraj cıvatası arızası (yalnızca ankrajlı tanklar için) ve taban kaymasıdır. Sağladığı esneklik ve sönümlenme nedeniyle sınırlı kayma faydalı olabileceğinden, boru yırtılmasıyla sonuçlanmadıkça çok önemli bir problem değildir. Bu arıza modları, sıvı depolama sisteminin yer hareketi sarsıntısı sırasında devrilme eğiliminden kaynaklanmaktadır.

A. Fil Ayağı Burkulması

Bir deprem sırasında, hidrostatik ve hidrodinamik etkilerin kombinasyonu, tank duvarlarında yüksek iç basınca neden olabilir. Bu ince duvarlı kabuk yapılar için devrilme, duvardaki eksenel basınç gerilmeleri tarafından karşılanır.



Şekil 11. Alt duvar seviyesinde filin ayak burkulması gelişti

Kaynak: Bakalis, 2018

Yüksek basınç burkulmaya karşı kapasiteyi artırabilse de, yerel akma fil ayağı burkulması (EFB) olarak bilinen tankın çevresinin alt kısmında bir elastik-plastik burkulma başarısızlığını tetikleyebilir (Şekil 11). Aynı tür arızanın yalnızca alt duvar sırası ile sınırlı kalmayabileceği, aynı zamanda tank yüksekliği boyunca orta ve yüksek hatlara da genişleyebileceği ve bu durumun filin diz çökmesi olarak bilinen başarısızlığı oluşturduğu söylenebilir (Şekil 12).



Şekil 12. Orta duvar seviyesinde filin diz bükülmesi gelişti

Kaynak: Bakalis, 2018

Fil ayağı burkulmasının oluşumu, iç basınç meridyen stresinden kaynaklanan yüksek çevresel çekme gerilmesinin ve yanal deprem uyarımının

neden olduğu devrilme olaylarının sonucudur. Filin ayak burkulması, tank duvarındaki basınç meridyen stresi (σ_m) talebi kritik seviyeyi aştığında meydana gelir. Ayrıca, bu kritik segment üzerindeki yüksek stres nedeniyle, dairesel şeritler daha fazla dikey meridyen sıkıştırma stresi iletmez.

- R: depolama tankının yarıçapıdır.
- σ_{c1} : Eksenel sıkıştırmada yüklenen silindirler için kritik burkulma gerilimi.
- E: Çelik elastik Young modülleri.
- f_y : Tank duvar malzemesinin MPa cinsinden akma dayanımı.
- p: hidrostatik basıncın doğrudan toplamı olan maksimum iç basınçtır.

EFB ve sismik risk değerlendirme çerçevesi içindeki karşılığı ile ilgili iyi bir anlayış, denklem 2.1 sınırlaması ile elde edilir, burada p sismik tasarım durumunda maksimum iç basınçtır. Açıktır ki, burkulma gerilimi sadece tank duvarına etki eden

basıncın bir fonksiyonu değil, aynı zamanda denklem 2.2'de ve denklem 2.3'de gösterildiği gibi ilişkili duvar kalınlığının (t_w) bir fonksiyonudur.

$$\sigma_m = \sigma_{c1} \left(1 - \left(\frac{pR}{t_w \cdot f_y} \right)^2 \right) \left(1 - \frac{1}{1.12 + r^{1.15}} \right) \left(\frac{r + f_y / 250}{r + 1} \right) \quad \text{formül 1}$$

$$\sigma_{c1} = 0.6E \frac{t_w}{R} \quad \text{formül 2}$$

$$r = \frac{R / t_w}{400} \quad \text{formül 3}$$

Yukarıda belirtilen sınırlama, basitleştirilmiş bir sismik değerlendirme prosedürü içinde yararlı bir yaklaşım işlevi görebilir. Bununla birlikte, doğası gereği belirleyici, sağlam bir değerlendirme metodolojisi oluşturma girişiminde daha fazla değişiklik yapılmasına izin verir.

Ayrıca, denklem 2.4'te gösterildiği gibi impulsif bileşenin güçlü bir yer hareketi sırasında impulsif kütle, mutlak ivme tepkisine güçlü bir şekilde bağlı olduğu iç basınç hesaplaması yoluyla vurgulanır. Boyutsuz koordinatlar ξ , ζ ve θ

kullanılarak, impulsif basınç tahmini için silindirik bir koordinat sistemi benimsenmiştir.

Bu hesaplama belirli bir sismik tasarım senaryosu için oldukça basit görünse de, büyük yoğunluklar için sifıra yaklaşan kapasitenin aksine genel olarak artan bir fonksiyon oluşturduğundan, değerlendirme açısından bakıldığında çok karmaşık hale gelebilir. Aslında, ardışık deprem bileşenleri boyunca mutlak maksimumlar için karelerin toplamının karekökü (SRSS) kuralı gerçekçi olmayan sonuçlara yol açabileceğinden, impulsif basıncının doğru bir tahmini yalnızca zaman tanım alanında mümkündür.

$$p_i(\xi, \zeta, \theta, t) = C_i(\xi, \zeta) \rho H \cos \theta A(t) \quad \text{formül 4}$$

Belirli bir kayıt ve sismik yoğunluk için EFB kapasitesinin tahmin edilmesi, yalnızca anlık büyüklük ivmesinin değil, aynı zamanda zaman içindeki ilişkili yönlülüğünün de kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini gerektirir.

B. Elmas Şeklindeki Burkulma

Benzer şekilde, şekil 13'de gösterildiği gibi tank duvarının yüksekliği boyunca elmas şeklindeki elastik burkulma meydana gelebilir. EFB'den daha az yaygın olan bu hasar modeli, küçük çember stres seviyelerinde meydana gelir ve bu nedenle özellikle iç basınca ve yapısal bozukluk büyüklüğüne karşı hassastır. Bu, basınç azaldıkça veya yapısal bozukluk boyutu arttıkça burkulma mukavemetinin azaldığı anlamına gelir. Tanımlayıcı fiziksel özelliği, dışarı doğru bir çıkıntı olmaması, bunun yerine tank duvarında yerel bir kırışma olmasıdır. Aslında elmas şeklindeki burkulmaya, depolama tankı duvarının genel meridyen hattındaki eksenel basınç gerilimi ve çatı ağırlığı neden olur. Eksenel gerilimin çevresel değişimi, yine burkulma gerilimini artırarak, maksimum gerilim ile maksimum arızanın çakışma olasılığını azaltır. Bununla birlikte, elastik burkulma kırılmasına ulaşmak için, hidrostatik ve hidrodinamik basınç tarafından indüklenen yüksek basınç meridyen gerilmesine ve düşük halka gerilmesine sahip olmak gerekmektedir. Bu nedenle, bu durumun nadirliğine ek olarak, en yaygın elmas şeklindeki burkulma modu, elastik-plastik bir kırılmadır.



Şekil 13. Elmas şeklindeki burkulma

Kaynak: Bakalis, 2018

Bu nedenlerden dolayı, elastik burkulma için burkulma limiti, aksenal olarak yüklü, lineer-elastik bir silindir için kritik aksenal basınç gerilmesine uygun bir demonte faktörü (z) uygulanarak hesaplanabilir.

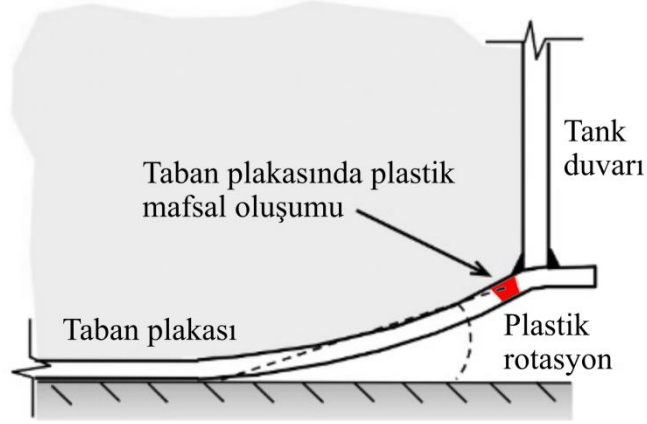
$$f = z\sigma_{c1} = z \cdot 0.605E \cdot \frac{s}{R} \quad \text{formül 5}$$

$$\sigma_{c1} = \frac{E}{\sqrt{3(1-\nu^2)}} \cdot \frac{s}{R} = 0.60E \frac{s}{R} \quad \text{formül 6}$$

Devrilme faktörü, bükülmüş silindirik kabuğun kusur hassasiyetini dikkate alır ve sırasıyla 0.2 ve 0.33 olan uygun değerler ile verilmiştir. σ_{c1} aksenal sıkıştırmada yüklenen silindirler için kritik burkulma gerilimi olduğunda, E çelik elastisite modülüdür, ν poisson oranıdır ve s duvar kalınlığıdır.

C. Taban Plakası-Tank Duvarı Birleşme Yeri Yırılması

Ankraj olmaması veya ankrajların yetersiz detaylandırılması nedeniyle yükselmeye izin verildiğinde, plaka-duvar birleşimi tankın tabanında gelişen plastik dönme nedeniyle kırılma gösterebilir.



Şekil 14. Plaka-duvar bağlantı kırığı

Bu arıza türleri, bağlantı borusu veya kaynak kırılması nedeniyle içerik kaybına neden olabilir. Eurocode, farklı hasar durumları için bağlantıdaki maksimum plastik dönme sınır durumunu tanımlar.

$$\theta_{pl} = \frac{2w}{L} - \frac{w}{2R} \quad \text{formül 7}$$

w kaldırma miktarı olduğunda, L kaldırılan uzunluk ve R tankın yarıçapıdır.

D. Sıvı Çalkalanma Hasarı

Uzun süreli konvektif kütlelinin uyarılması, şekil 15'de gösterildiği gibi, tankın üst kısımlarına (çatı, üst sıra) zarar verebilecek şekilde muhafaza edilen sıvının çalkalanmasına neden olabilir. Uzun süren bazı depremlerde, depolama tankı içindeki sıvı serbest yüzeyde dalgalara neden olmuş ve sıvı depolama tanklarının üst kısmında hasara neden olmuştur. API 650 ve Eurocode 8-4, sırasıyla denklem 2.8 ve 2.9'de gösterildiği gibi çalkantılı dalga yüksekliğini değerlendirmek için deneysel formüller sağlamıştır.

$$d_{API\ 650} = R A_f \quad \text{formül 8}$$

$$d_{EC8-4} = R \frac{0.84 S_a(T_{c1}, \%0.5)}{g} \quad \text{formül 9}$$

Burada R, depolama tankının yarıçapı ve A_f , çalkantılı dalga yüksekliği hesaplaması için ivme katsayısıdır. T_{c1} ilk konvektif periyod olmak üzere, $S_a(T_{c1}, \%0.5)$ su için %0.5'e eşit tanımlanmış bir sönüm değeri için ilk konvektif mod elastik tepki spektral ivmesidir ve g yerçekimi ivmesidir. Ayrıca bu durumun

sistemin tabanında ek devrilme momentlerine yol açtığı da bilinir, ancak itici bileşene göre katkısı, narin olmayan tankların çoğu için marjinaldir ve sonuç olarak genellikle göz ardı edilir.

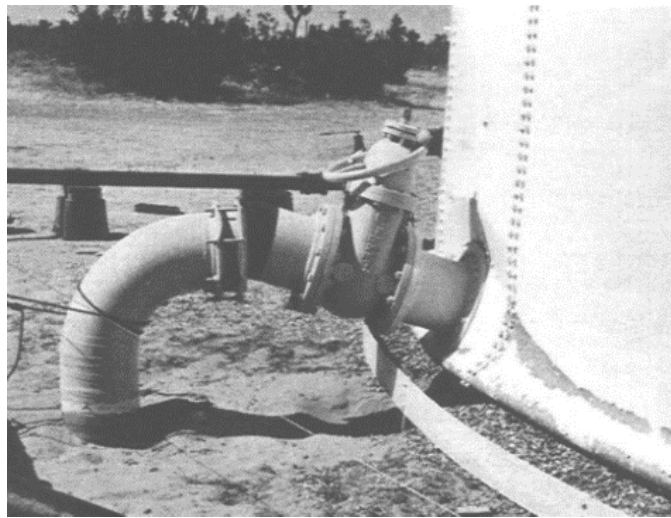


Şekil 15. Çalkalanma hasarı

Kaynak: Bakalis, 2018

E. Bağlantı Borusu Arızası

Depolama tanklarının diğer bir yaygın arıza kriteri, şekil 16'da gösterildiği gibi, sismik zemin uyarısı sırasında çoğunlukla çelik depolama tanklarında meydana gelen bağlantı boruları arızasıdır.



Şekil 16. Rijit boru bağlantısı

Kaynak: Bektaş, 2020

Bağlantı borusu arızası, özellikle yeraltından tanka giren borularda, tanka göre göreceli boru hareketinden dolayı meydana gelir. Bu arızanın nedeni genellikle aşırı yükselme, burkulma, temel arızası veya tankın taban kaymasıdır. Ayrıca bağlantı borularının zarar görmesi, bağlantı borularının esnekliği ile doğrudan ilişkilidir.

F. Ankraj Hatası

Ankrajlı tanklar söz konusu olduğunda, ankraj cıvatalarındaki hasar, başka bir potansiyel arıza modunu oluşturur. Ankrajların kırılması, cıvatalar üzerinde oluşan gerilim genellikle öngörülen nihai mukavemet ve sünekliklerini aşabileceğinden, impulsif bileşen kaynaklı devrilmeden de etkilenir.



Şekil 17. Ankraj cıvatası

Kaynak: Bakalis, 2018

Ankrajlı sıvı depolama sistemleri genellikle zemine tamamen sabitlenmiş olarak düşünülse de, gerçek performanslarının özellikle ankraj cıvataları beton temel ile akmaya, kırılmaya veya bağlarını kaybetmeye başladığında ortaya çıktığı ve bu durumdan dolayı bir miktar sallanma veya yükselme içerebileceğini beklemek gerekir. Bu noktada, taban plakasının bir kısmı yukarı kalkar ve tepki yavaş yavaş karşılık gelen ankrajsız duruma benzer.

G. Taban Kayması Hatası

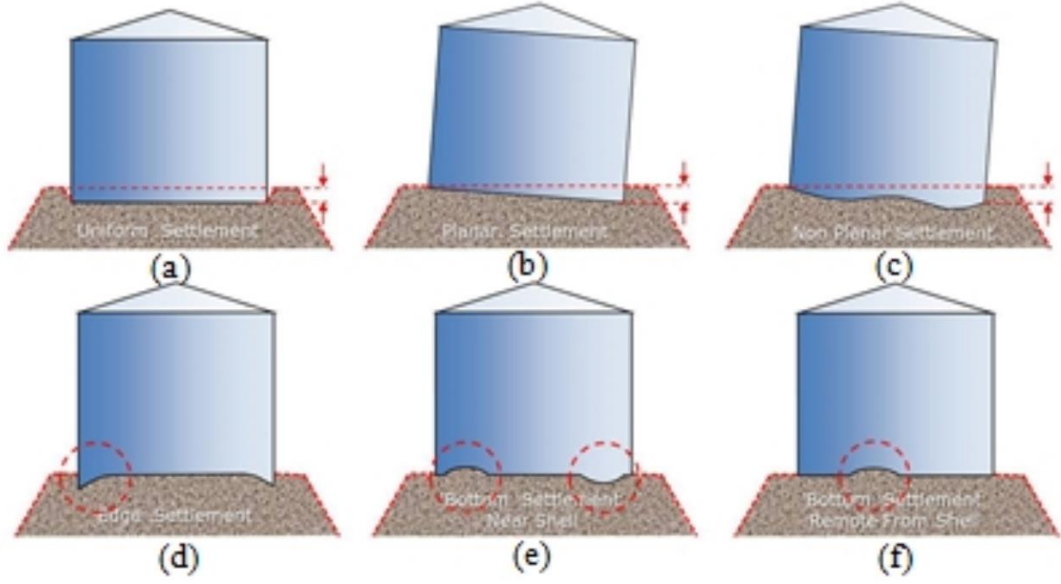
Taban kayması doğrudan bir arıza tipi değildir. Ancak boruların bağlantı hatasına neden olur. Tank ve taban arasındaki sürtünme kaymaya karşı direnç gösterir ve taban kaymasında, tank ile taban arasında aktarılan toplam kuvvet kaymayı dikkate alarak değerlendirilir. Hesaplanan sismik taban kayması V_s , sürtünme nedeniyle sismik taban kesme direncini (V_s) aştığında taban kayması meydana gelir ve depolama tankının sismik taban kesme direnci aşağıdaki şekilde gösterilir (Soules, Bachman, Silva, 2016).

$$V_s = \mu(W_s + W_r + W_f + W_p) \cdot (1 - 0.4 \cdot A_v) \quad \text{formül 10}$$

W_s , cinsinden tank kabuğunun ve eklentilerinin toplam ağırlığıdır. W_r , mafsallar, herhangi bir kalıcı parça ve çerçeve dahil olmak üzere sabit tank çatısının ağırlığı ve çatı kar yükünün %10'u dur. W_f tank tabanının ağırlığıdır. W_p , yakıtın tasarım özgül ağırlığına dayalı tank içeriğinin toplam ağırlığı, A_v % g cinsinden düşey deprem ivme katsayısı ve μ tank kayması için sürtünme katsayısıdır.

H. Temel Başarısızlığı

Depolama tankları, büyük farklı oturmaları tolere edebilen ince duvarlı esnek bir yapı olarak kabul edilebilir. Depolama tanklarının en büyük hasar türlerinden biri kötü temel koşulları nedeniyle oluşan temel arızasıdır. Ayrıca, temelin bozulmasının etkileri, üniform oturma, düzlemsel oturma, düzlemsel olmayan oturma, kenar oturması, kabuk yakınında dip oturması ve kabuktan uzakta dip oturması şeklindedir.



Şekil 18. (a) Tekdüze oturma, (b) Düzlemsel oturma, (c) Düzlemsel olmayan oturma, (d) Kenarların oturması, (e) Kabuk yakınında oturma, (f) Kabuktan uzak oturma

Kaynak Wısnugroho, 2018

Ayrıca, temelin arızalanması depolama tankının taban plakasında aşırı yerel gerilme konsantrasyonlarına ve ankraj arızasına neden olur.

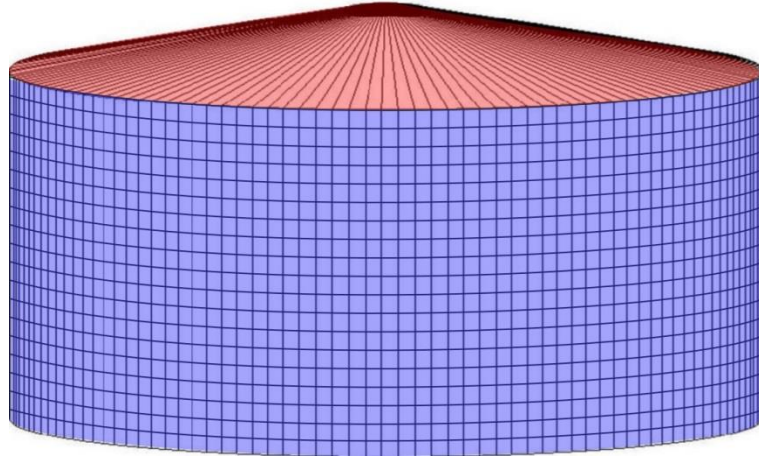
III. DEPOLAMA TANKININ TEMEL TASARIMI

A. Genel Tanımlar

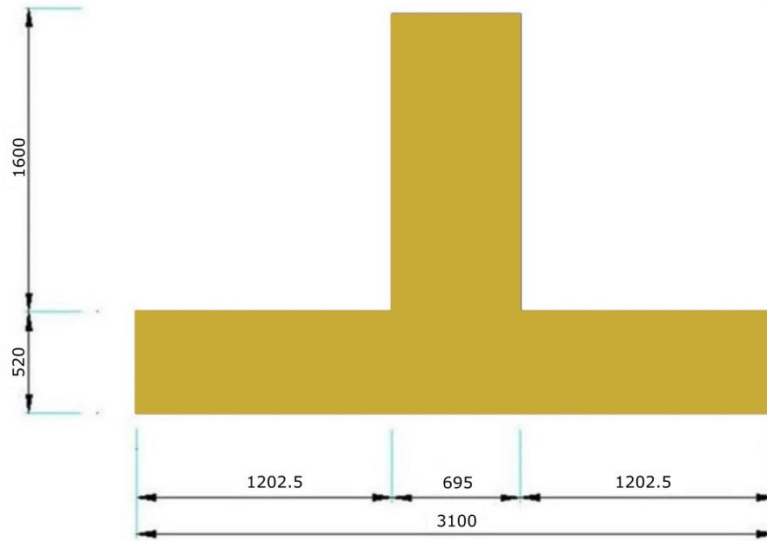
Çalışmada incelenen depolama tankı için oluşturulan hesaplama tabloları, tank temelini tasarımı kapsar. R.C. yapı, Türk standardı kullanılarak en son tasarım yöntemine uygun olarak tasarlanmıştır ve çimento türünün seçimi geoteknik raporuna göre yapılmıştır. Zemin taşıma kapasitesi, izin verilen gerilme tasarım yöntemine göre kontrol edilmiştir (Elastik Dizayn Şartı) ve zemin parametreleri, geoteknik araştırmasından alınmıştır. İzin verilen taşıma gücü 275 kN/m^2 olarak verilmiştir. Böylece zemin esneme sabiti K_s 'nin 37600 kN/m^3 'e eşit olduğu tahmin edilmektedir.

Hesaplama prosedürü aşağıdaki gibidir:

- Halka şeklindeki duvarın temel geometrisi, 19.10 m tank çapı etrafında Z ekseninde dönen ters çevrilmiş bir T kesitidir.
- Ters çevrilmiş T kesiti, 520 mm kalınlığında ve 3100 mm genişliğinde bir flanşa sahiptir.
- Bağlantı levhası 1600 mm yüksekliğinde ve 695 mm kalınlığındadır.
- Tank tasarımı, halka duvar temelinde uygulanan giriş yüklerini sağlamaktadır. Bu yükleme, halka duvarının tasarımı ve ilgili kodlardan istenen ilgili kontroller için kullanılır.



Şekil 19. Tank tasarımı



Şekil 20. Temel boyutu

Tasarım aşağıdaki standartlara ve özelliklere göre yapılmıştır:

- TS 500 Betonarme yapıların tasarımı ve yapımı için gereklilikler.
- Sonlu eleman ağının ortalama boyutu 0,50 m'dir.
- Esneme temel matına uygulanır ve yazılım ilgili esneme sabitini otomatik olarak hesaplar.
- Beton sınıfı C30 ve güçlendirme çeliği sınıfı St 420 olarak belirlenmiştir.

Mekanik departmandan alınan ekipman verileri ve genel varsayımlar aşağıdaki gibi gösterilmiştir.

Çizelge 1. Ekipman verileri

Fiziksel büyüklük	Değeri	Birimi	Açıklama
C.L.D.	19	m	Mekanik veri
f'_c	300	kg/cm ²	Varsayım
f_y	4200	kg/cm ²	Varsayım
Sismik kesme	1182.00	ton.m	Mekanik veri
G_s	2	ton/m ³	Temel geoteknik araştırma
Maksimum sıvı seviyesi	18	m	Mekanik veri
İzin verilen toprak taşıma basıncı	27	ton/m ²	Temel geoteknik araştırma
Alan	283.52	m ²	Hesaplanmış
G_L	1	Ton/m ³	Mekanik veri

B. Yüklemelerin Genel Tanımları

Depolama tankına etki ettiği düşünülen yükler, ölü yük, canlı yük, çalışır durumda yük, test yükü ve çalışma koşulu deprem yüküdür. Kritik durumdaki yüklerin hesaplanması yapılarak gösterildi.

Pedestal üzerindeki yüklemeler:

- $$\frac{\text{Ölü yük (Çatı + Kabuk)}}{\text{Modelleme bağlantı sayısı}} = \frac{140 \text{ ton}}{32} = 4,375 \text{ ton}$$

- $$\frac{\text{Hareketli yük}}{\text{Modelleme bağlantı sayısı}} = \frac{28,5 \text{ ton}}{32} = 0,89 \text{ ton}$$

- h tank yüksekliği, p pedestal boyutunun yarısı, n tankın daire çevresi ve w suyun özgül ağırlığını gösterebilir.

$$\frac{\text{Çalışma yükü}}{\text{Modelleme bağlantı sayısı}} = \frac{h \cdot p \cdot n \cdot w}{\text{Modelleme bağlantı sayısı}} = \frac{323 \text{ ton}}{32} = 10,1 \text{ ton}$$

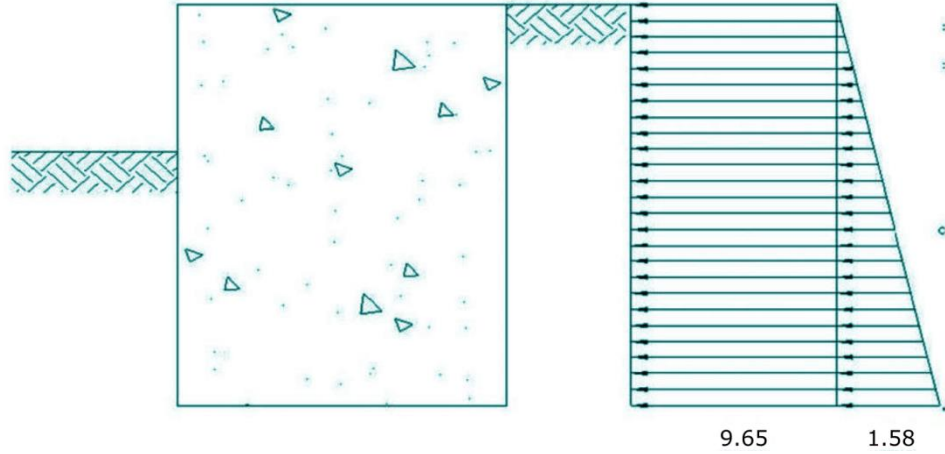
Temel üzerindeki yüklemeler:

- Çalışma yükü = $h \cdot w = 18 \text{ ton/m}^2$
- Zemin ölü yükü = Zemin özgül ağırlığı · Pedestal yüksekliği = 2 ton/m^2

C. Toprak Basıncının Hesaplanması

Bu kapsamda SAP2000 yazılımı ile sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak her bir yük durumu başına model halka duvarımız analiz edilmiştir. Beton temelin

analizi ve tasarımı, SAP 2000 entegre çözüm için yapısal analiz ve tasarım v.14.2.4 yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.



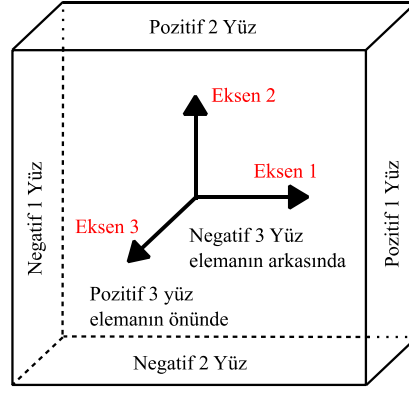
Şekil 21. Toprak yanal basıncı

Toprak yanal basıncının hesaplanması:

- $H_0 = 18 \text{ m}$
- $G_0 = 1 \text{ ton/m}^3$
- $H_s = 1,50 \text{ m}$
- $K_0 = 0,54$
- $\sigma_1 = K_a \cdot G_0 \cdot H_0 = 9,72 \text{ ton/m}^2$
- $\sigma_2 = K_a \cdot G_s \cdot H_s = 1,62 \text{ ton/m}^2$

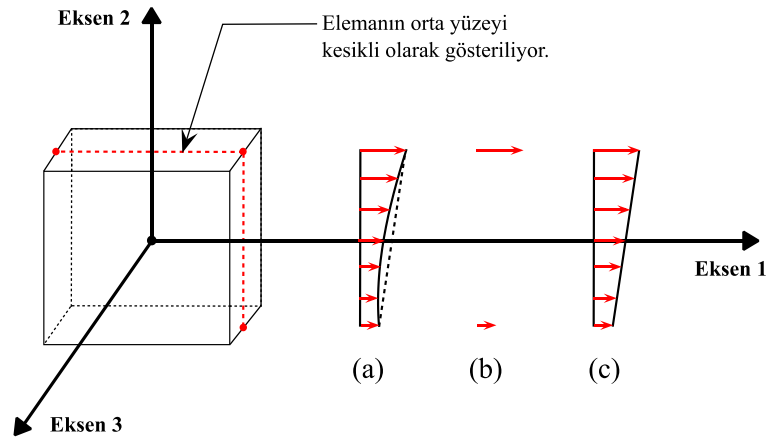
D. Eleman Tanımı ve Yerel Eksenler

Bir kabuk elemanının altı yüzü, aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi pozitif 1 yüz, negatif 1 yüz, pozitif 2 yüz, negatif 2 yüz, pozitif 3 yüz ve negatif 3 yüz olarak tanımlanır. Bu tanımda 1, 2 ve 3 sayıları kabuk elemanının yerel eksenlerine karşılık gelir. Elemanın pozitif 1 yüzü, dışa doğru normal (elemandan uzağa bakan) pozitif 1 eksen yönünde olan elemanın 1 eksenine dik olan yüzüdür. Elemanın negatif 1 yüzü, dış normal (elemandan uzağa bakan) negatif 1 eksen yönünde olan elemanın 1 eksenine dik olan bir yüzüdür. Diğer yüzler de benzer tanımlara sahiptir.



Şekil 22. Bir kabuk elemanın altı yüzü

Kabuk elemanı iç kuvvetleri gerilmeler gibi eleman boyunca hareket eder ve kabuk elemanın orta yüzeyinin her noktasında bulunurlar. Temel kabuk elemanı kuvvetleri ve momentleri F11, F22, F12, M11, M22, M12, V13 ve V23 olarak tanımlanır. Tüm yükler bu yerel eksenlere göredir. Şekil 23’de, (a) ile gösterilen kuvvet dağılımı gerçek bir F11 kuvvet dağılımını temsil etmektedir, (b) ile etiketlenen kuvvet dağılımı SAP2000’in sadece kabuk elemanın köşe noktalarındaki iç kuvvetleri nasıl hesapladığını gösterir ve (c) ile etiketlenen kuvvet dağılımı, SAP2000’in F11 kuvvetlerinin kabuk elemanın uzunluğu boyunca doğrusal olarak değiştiğini nasıl varsaydığını gösterir. F11, F22 yerel x , y yönünde sırasıyla aksenal kuvvet ve M11, M22 sırasıyla yerel x, y yönü boyunca eğilme momentidir.



Şekil 23. Bir kabuk elemanın orta yüzeyine etki eden dahili F11 kuvvetleri

E. Yük Tanımları ve Kombinasyonları

Yük kombinasyonları (rüzgar veya deprem yükü ile):

- $LC_1 = 1.4 D + 1.6 H$

- $LC_2=1.2 D + 0.5 SL + 1.6 H$
- $LC_3=1.2 D + 1.6 SL + 1.6 H$
- $LC_4=1.2 D + 0.2 SL + 1.0 EQ + 1.6 H$
- $LC_5 = 0.9 D + 1.0 EQ + 1.6 H$

Çevresel kontrol:

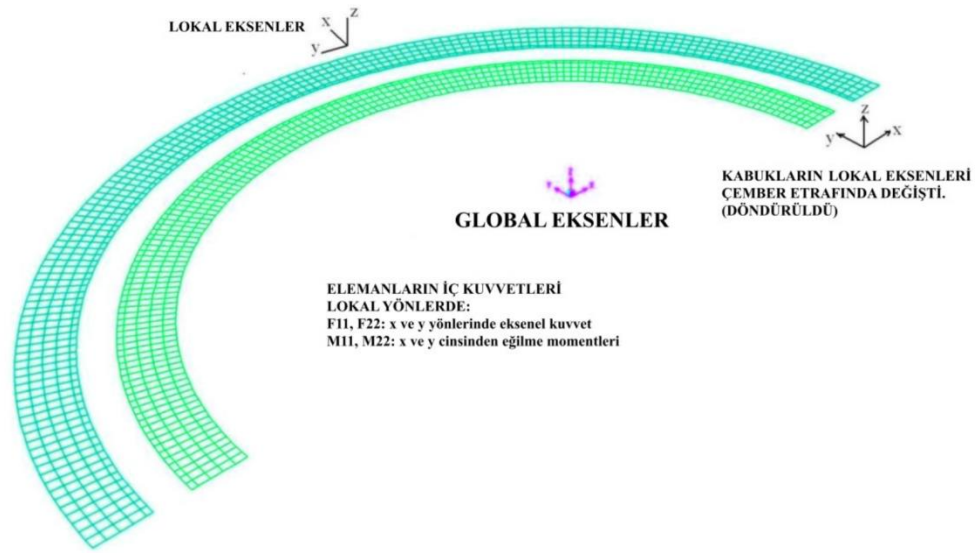
- $P(Sıvı) = 14.58 \text{ ton}$
- $P(\text{Toprak}) = 1.22 \text{ ton}$
- Nihai yanal toprak kuvveti olan $F = 1.2 P(Sıvı) + 1.6 P(\text{Toprak}) = 19.44 \text{ ton}$
- Nihai çevresel gerilim kuvveti olan $T_u = 0.5 \cdot F \cdot D = 184.68 \text{ ton}$
- $\phi = 1.00$ Türk standardı
- $F_y = 3650 \text{ kg/cm}^2$
- $A_s = \frac{T_u}{\phi \cdot F_y} = 50.60 \text{ cm}^2$, use 16 ϕ 20

Burada H toprak yükünü, SL kar yükünü, D ölü yükü, EQ deprem yükünü göstermektedir.

IV. DEPOLAMA TANKININ SONLU ELEMANLAR ANALİZİ

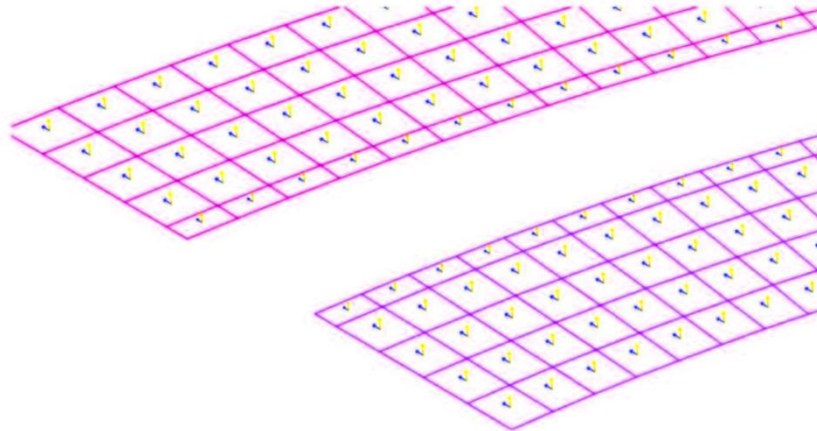
A. Sonlu Eleman Modelleme ve Tanımları

Kabuk elemanlarını modellemek için elemanların yerel eksenleri burada gösterilir.



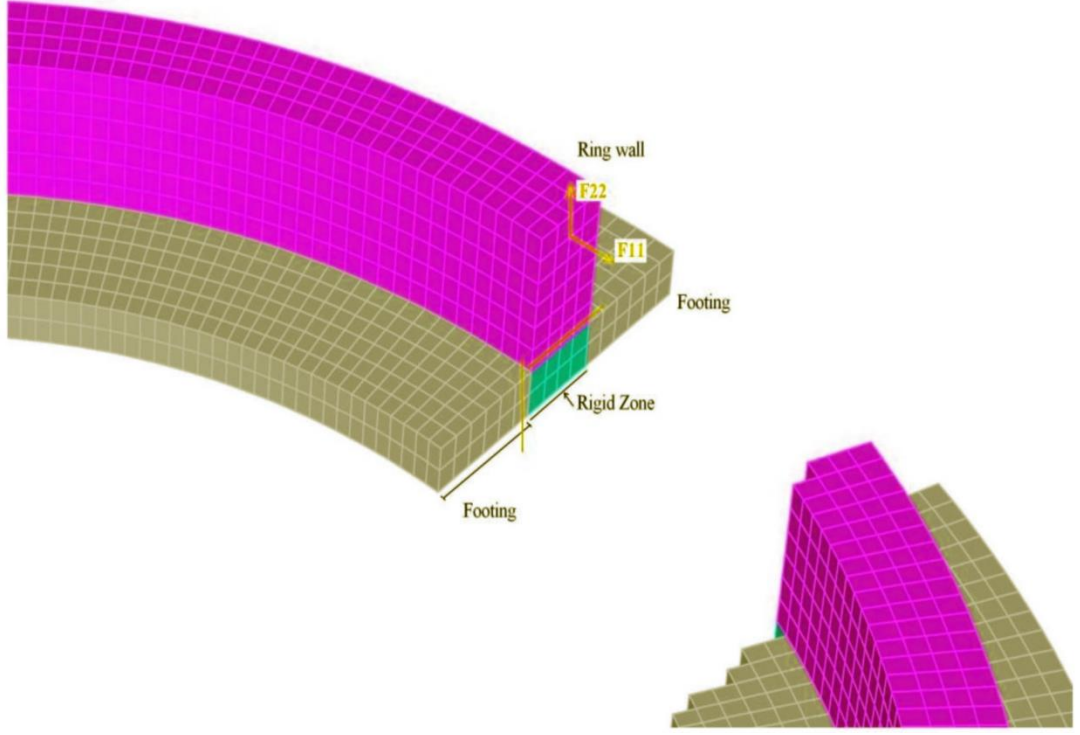
Şekil 24. Kabuk elemanlarının yerel eksenleri

Boş alan, halka duvar temelini altındaki rijit bölgedir. Eğilme momentlerinin değerleri bu bölgenin dışında yani çembersel gövde duvarının hemen her iki tarafında dikkate alınmalıdır.

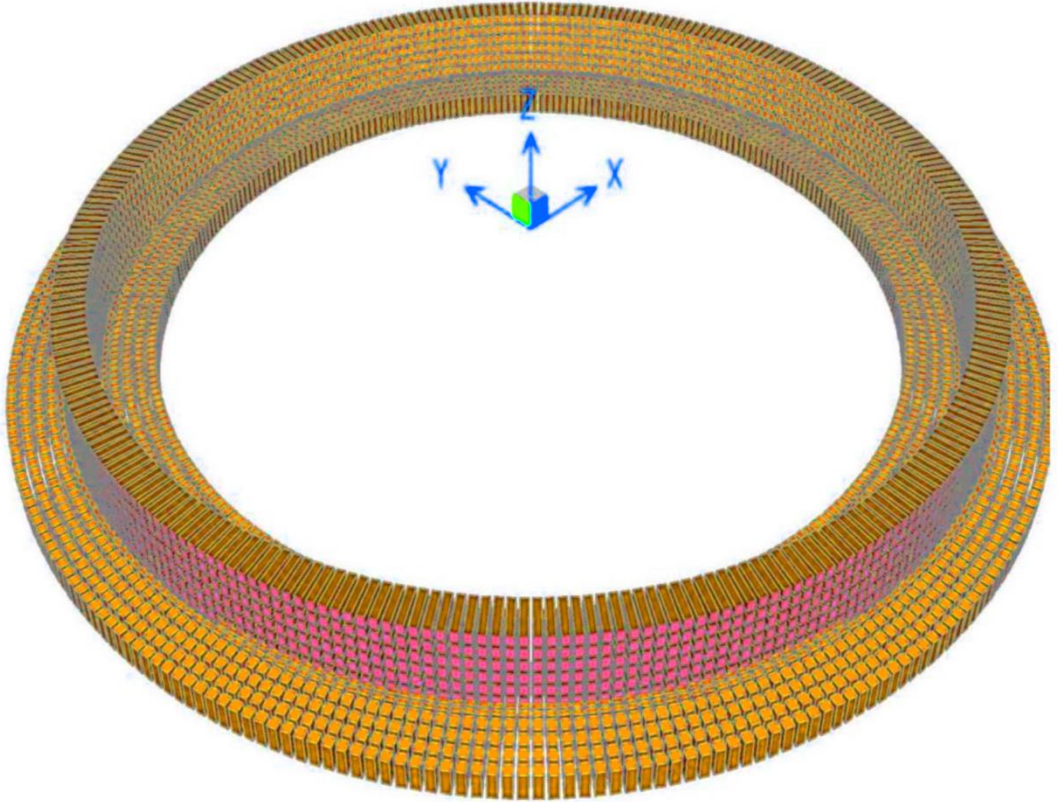


Şekil 25. Halka duvar temelini altındaki bölge

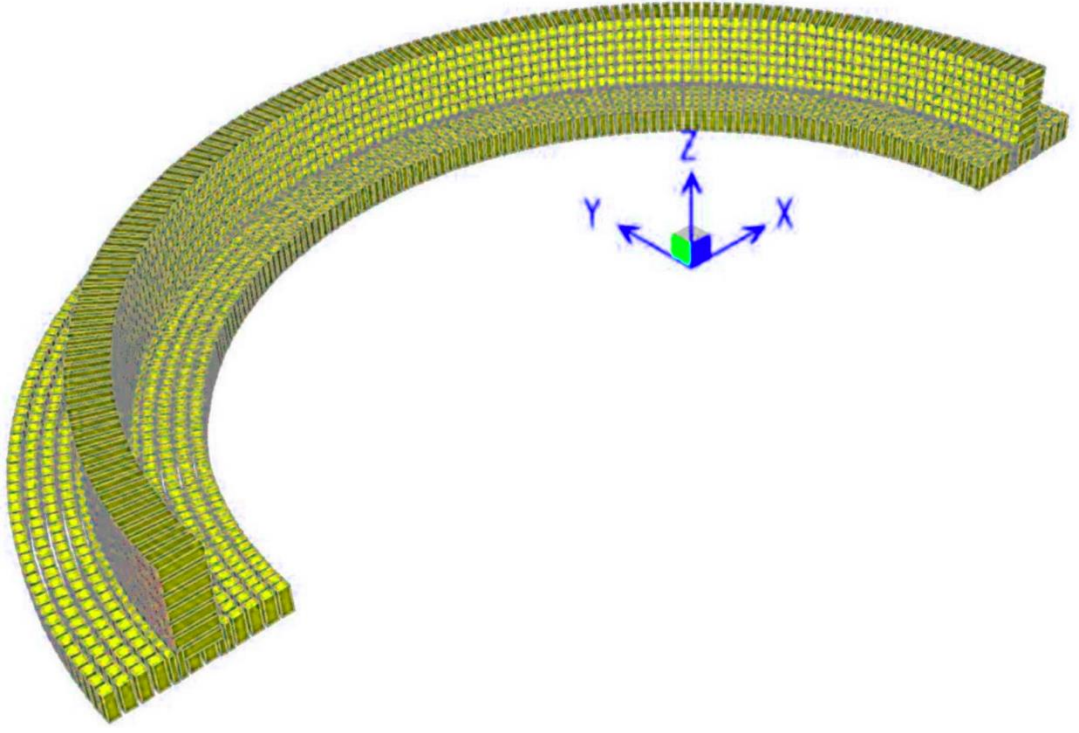
Güçlendirme için pembe kesit çizgileri dikkate alınmış ve rijit bölge kapsam dışında tutulmuştur.



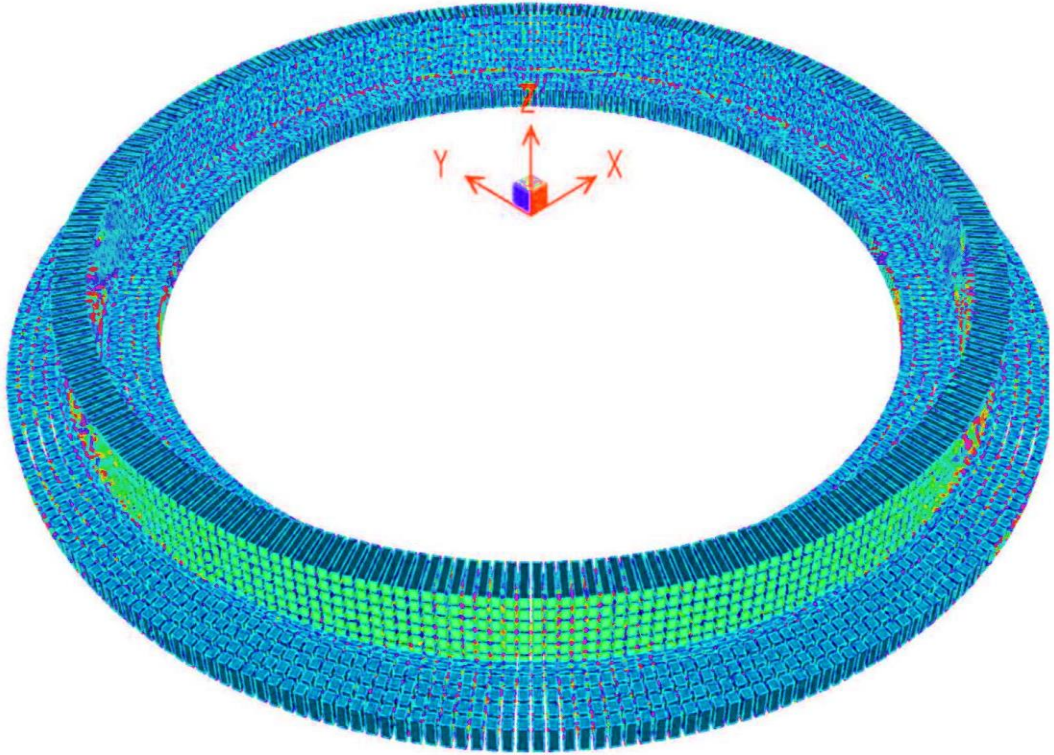
Şekil 26. Temel kesit örneği (a)



Şekil 27. Temel kesit örneği (b)

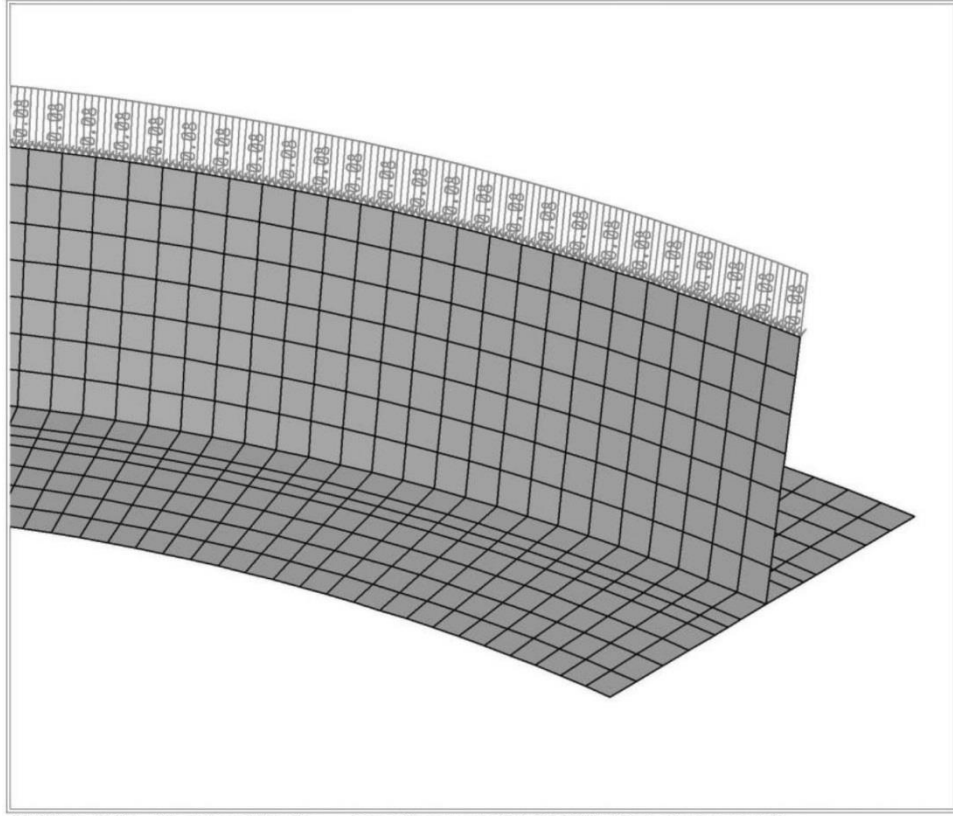


Şekil 28. Temel kesit örneği (c)



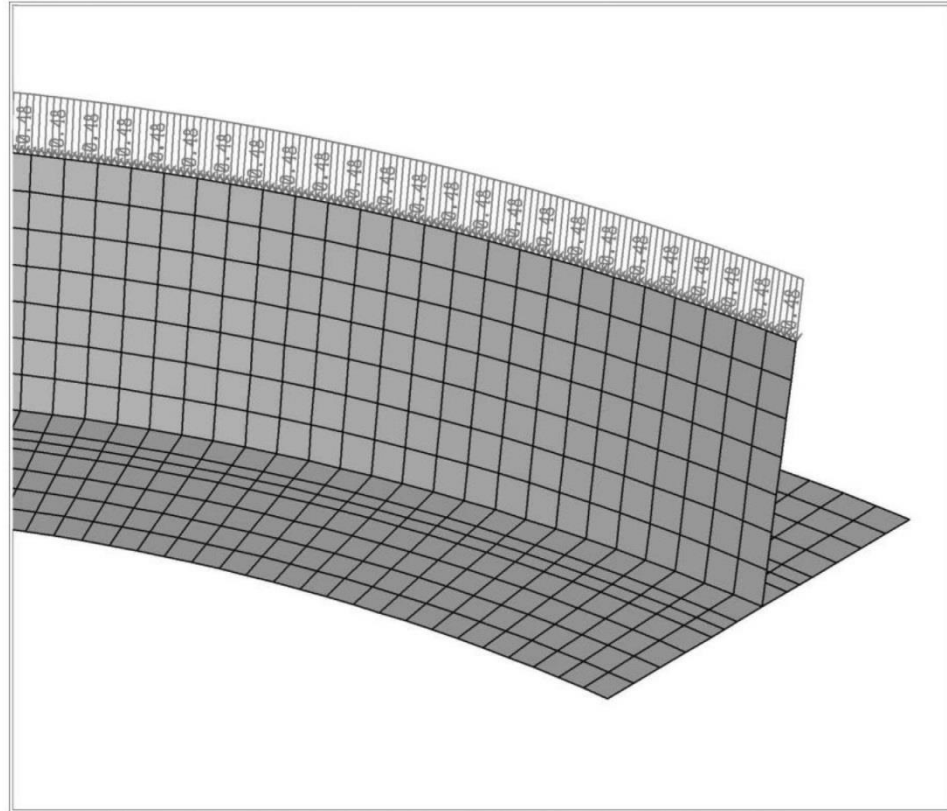
Şekil 29. Temel kesit örneği (d)

Tüm yükleme görselleştirmeleri sonraki şekillerde gösterilmiştir. Yükleme adları, şekillerin altında parantez içinde yazılmıştır ve mekanik verilerden alınan bu değerler ton olarak gösterilmiştir.



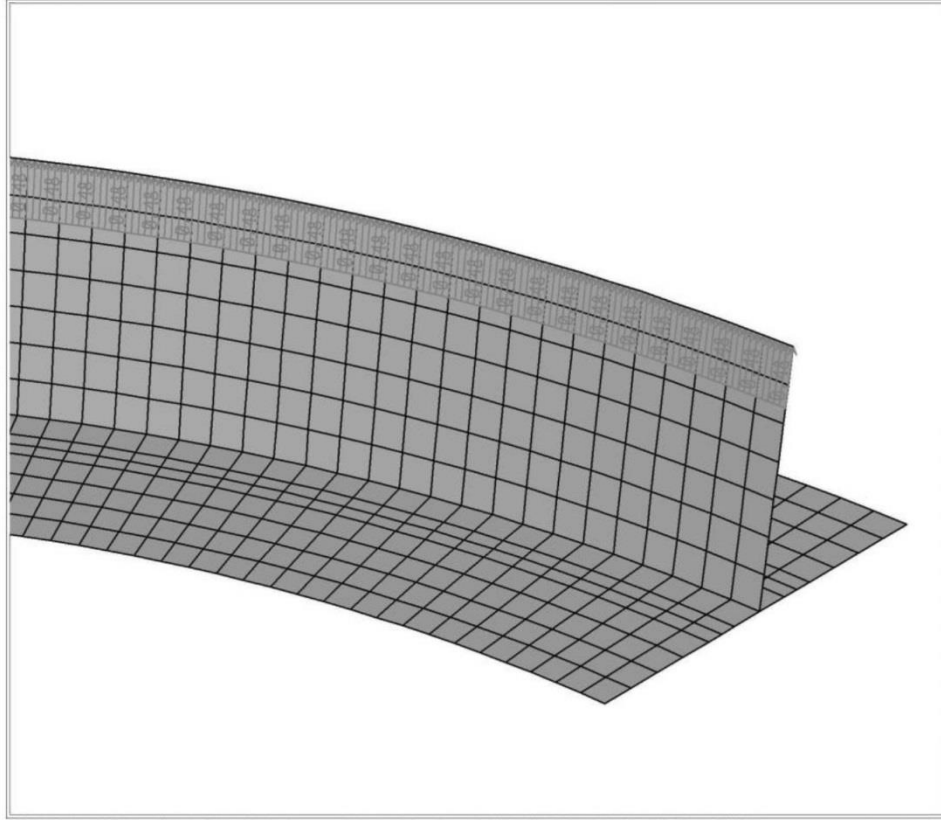
SAP2000 v14.2.4 - File:dp-foundation-3m---- - Frame Span Loads (D4) (GLOBAL CSys) - Tonf, m, C Units

Şekil 30. Yükleme (D4) = 0.825 kN



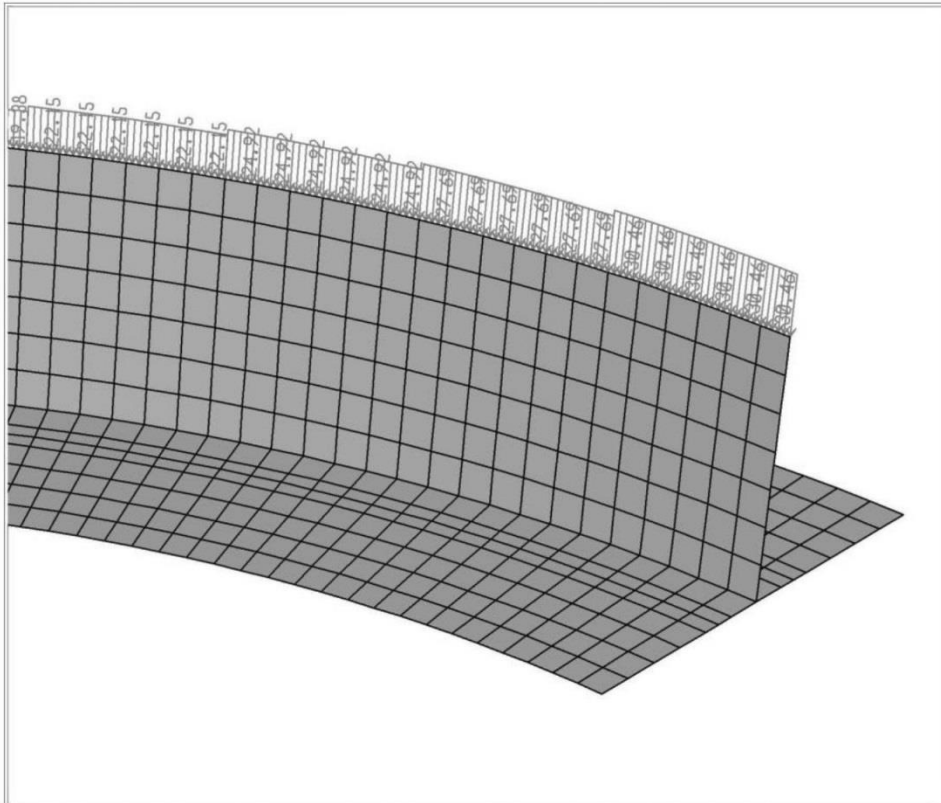
SAP2000 v14.2.4 - File:dp-foundation-3m---- - Frame Span Loads (Lr) (GLOBAL CSys) - Tonf, m, C Units

Şekil 31. Yükleme (Lr) = 4.75 kN



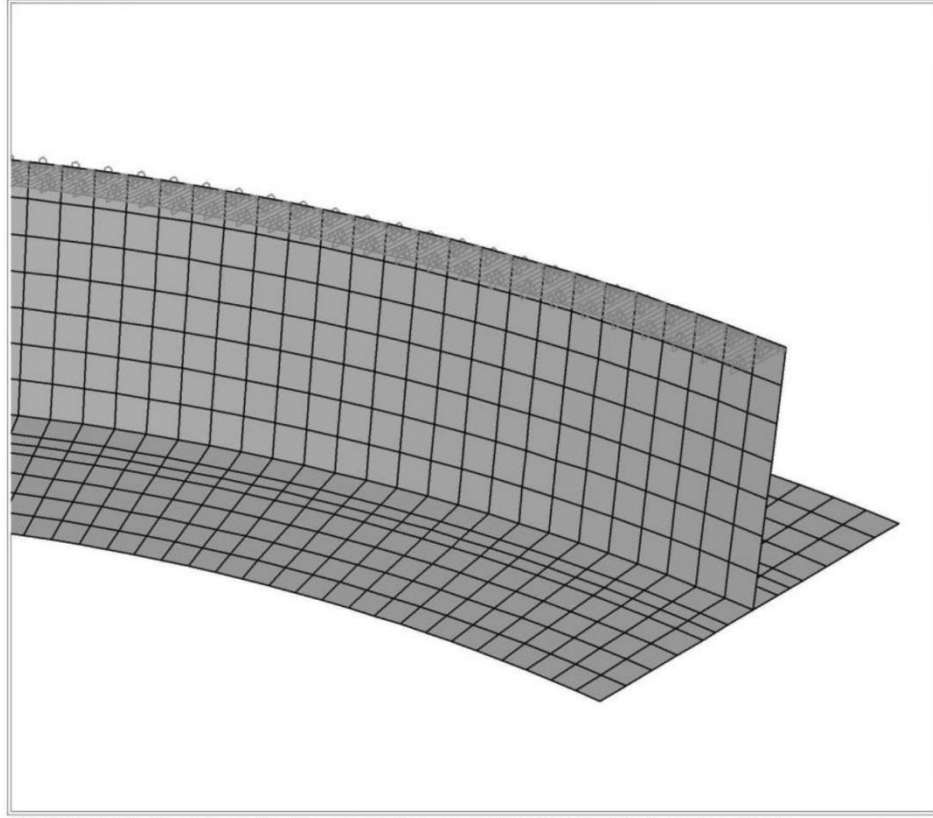
SAP2000 v14.2.4 - File:dp-foundation-3m---- - Frame Span Loads (L) (GLOBAL CSys) - Tonf, m, C Units

Şekil 32. Yükleme (L) = 4.75 kN yukarı



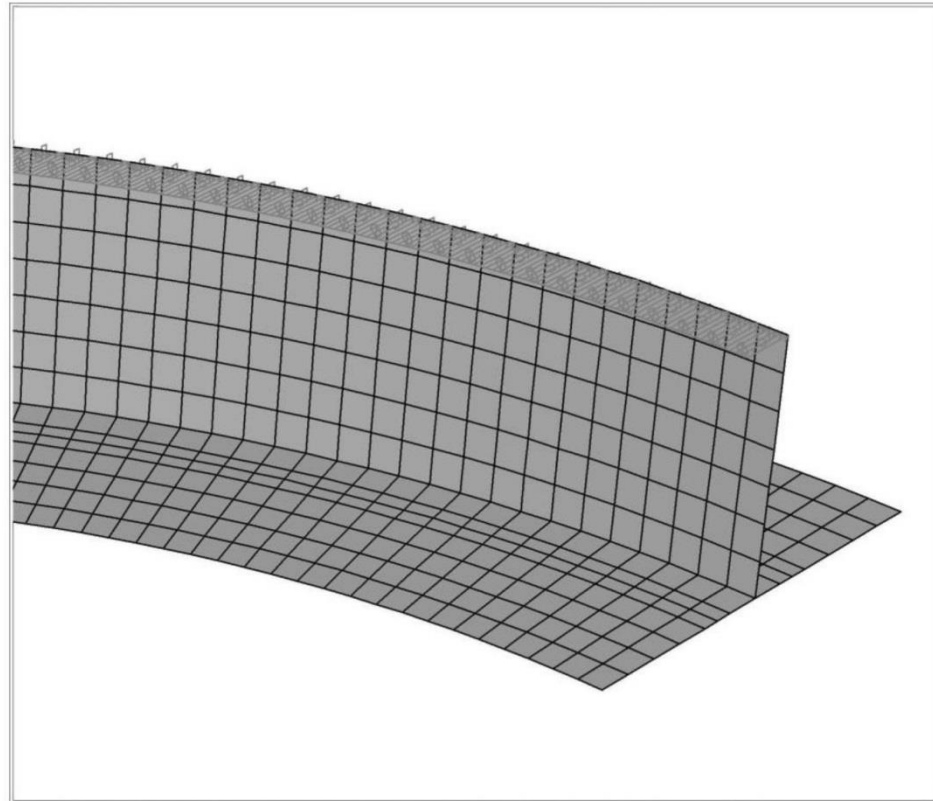
SAP2000 v14.2.4 - File:dp-foundation-3m---- - Frame Span Loads (E) (GLOBAL CSys) - Tonf, m, C Units

Şekil 33. Yükleme (E) = 298.72 kN ve yanlarda değerler sıfır



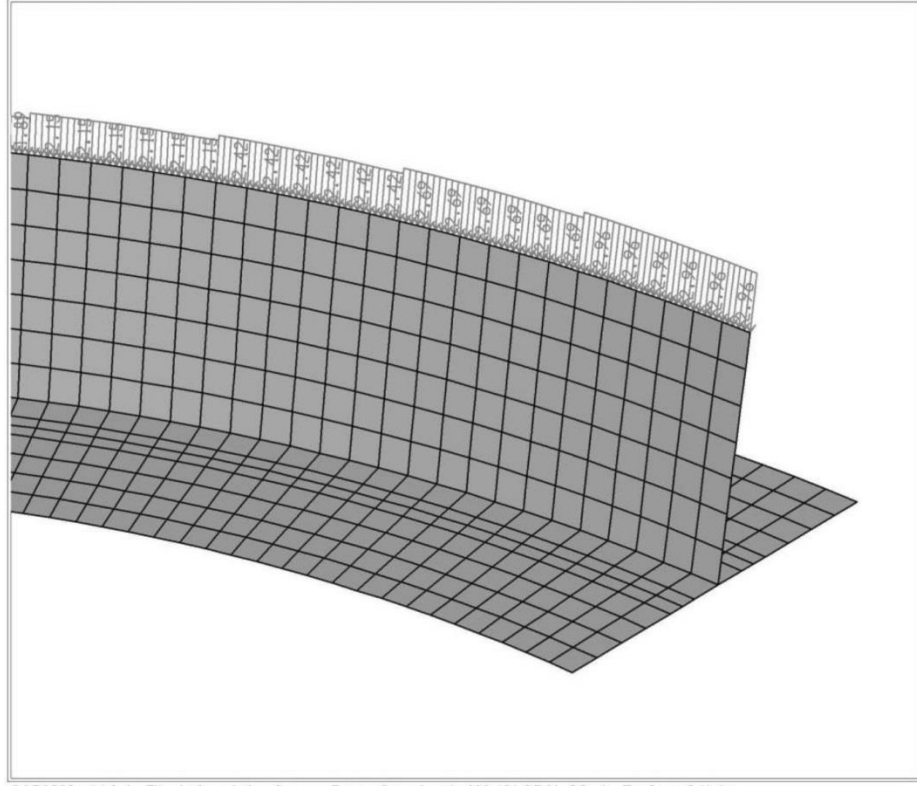
SAP2000 v14.2.4 - File:dp-foundation-3m---- - Frame Span Loads (LW1) (GLOBAL CSys) - Tonf, m, C Units

Şekil 34. Yükleme (LW1) = 200 kN



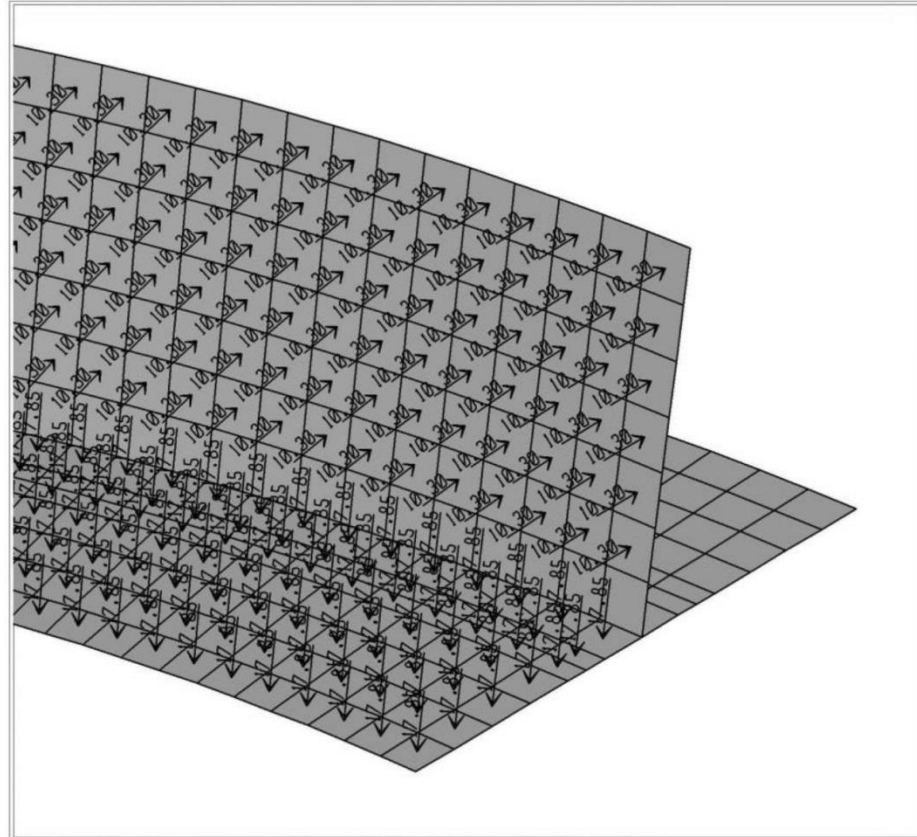
SAP2000 v14.2.4 - File:dp-foundation-3m---- - Frame Span Loads (LW) (GLOBAL CSys) - Tonf, m, C Units

Şekil 35. Yükleme (LW) = 5.58 kN



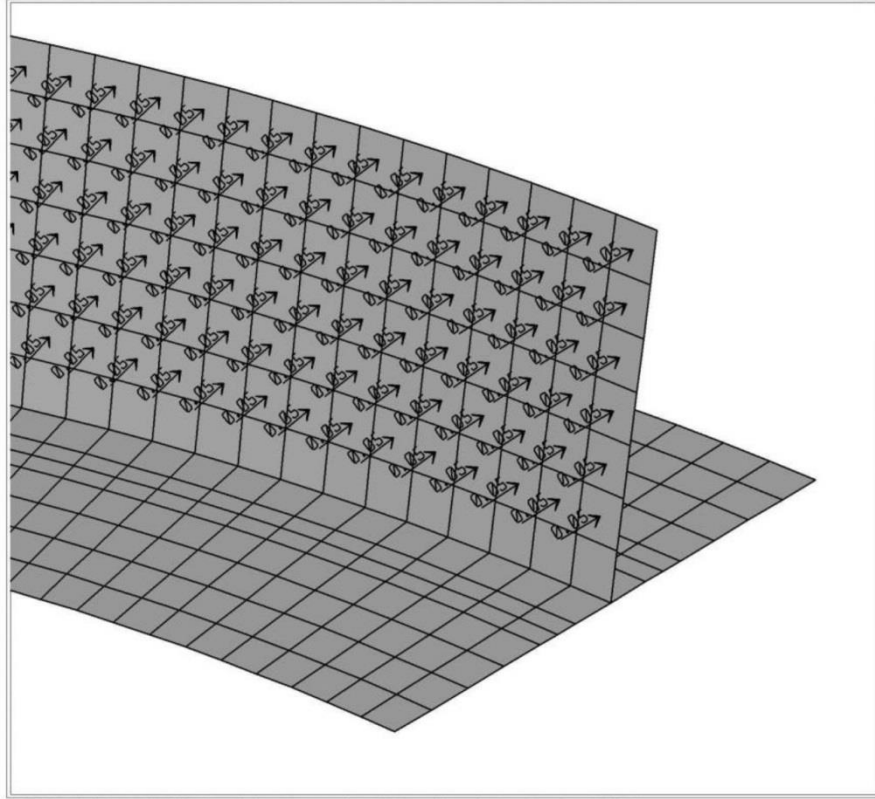
SAP2000 v14.2.4 - File:dp-foundation-3m---- - Frame Span Loads (W) (GLOBAL CSys) - Tonf, m, C Units

Şekil 36. Yükleme (W) = 29.06 kN



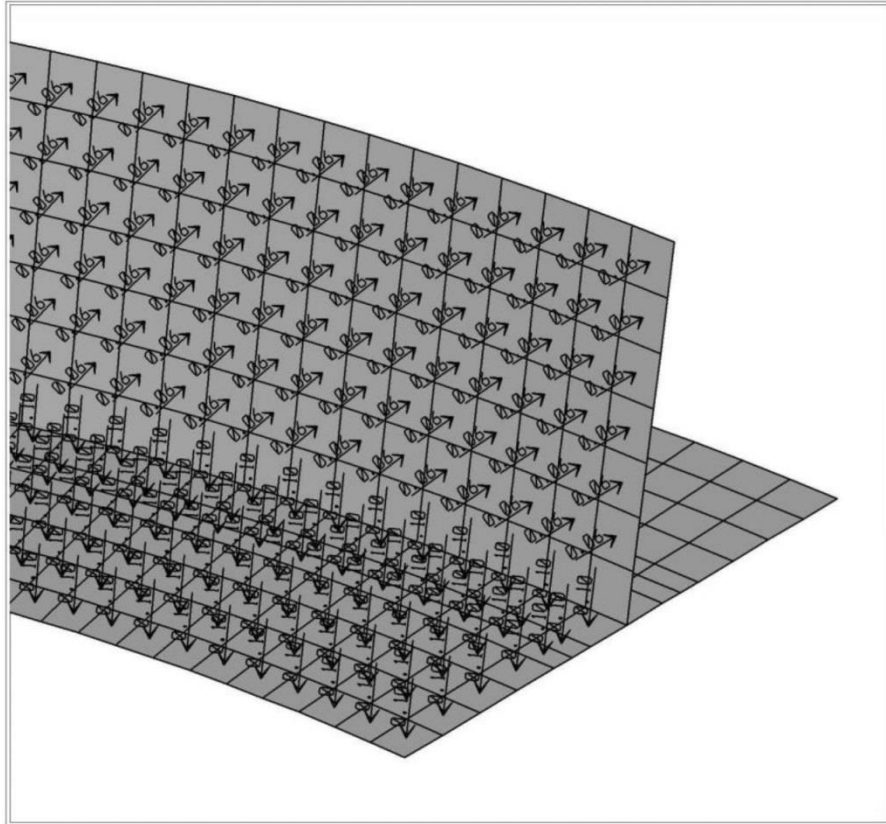
SAP2000 v14.2.4 - File:dp-foundation-3m---- - Area Uniform Resultants - Tonf, m, C Units

Şekil 37. Kabuklardaki yükleme (a)



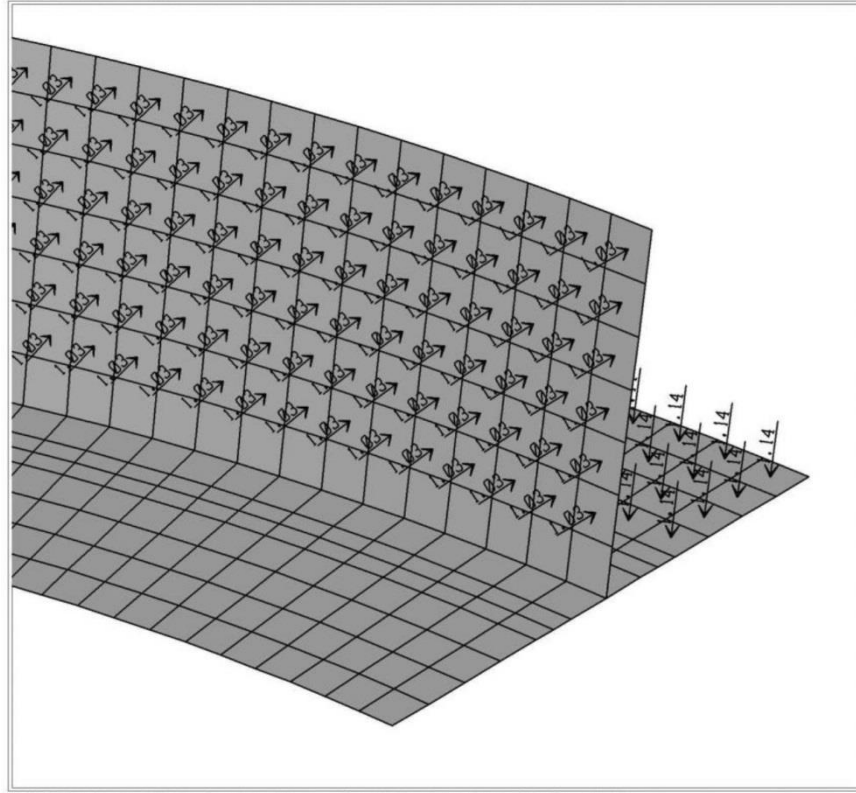
SAP2000 v14.2.4 - File:dp-foundation-3m---- - Area Uniform Resultants - Tonf, m, C Units

Şekil 38. Kabuklardaki yükleme (b)



SAP2000 v14.2.4 - File:dp-foundation-3m---- - Area Uniform Resultants - Tonf, m, C Units

Şekil 39. Kabuklardaki yükleme (c)



SAP2000 v14.2.4 - File:dp-foundation-3m---- - Area Uniform Resultants - Tonf, m, C Units

Şekil 40. Kabuklardaki yükleme (d)

Name	Load	Relation	Type
LG1	Permanent		
LRLDS	Variable	Standard	Lr - Roof live load
Vapour	Variable	Together	L - Live load
WOVER	Variable	Together	W - Wind load
EOWER	Variable	Together	E - Earthquake load
Seism	Variable	Together	E - Earthquake load
Wind	Variable	Exclusive	W - Wind load
HLDS	Variable	Together	H - Lateral (earth. ground water...) pressure

Şekil 41. Yük isimleri

Name	Type	Load cases	Coeff. [-]
UP(U)1	Linear - ultimate	D - Foundation Self Weight	1,40
		D1 - A-Shell, Roof & Fittings Weight	1,40
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,40
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,40
UP(U)2	Linear - ultimate	D - Foundation Self Weight	1,20
		D1 - A-Shell, Roof & Fittings Weight	1,20
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,20
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,20
UP(U)3	Linear - ultimate	D - Foundation Self Weight	1,20
		L - C - live Load due to internal Vapour Pressure	1,60
		D1 - A-Shell, Roof & Fittings Weight	1,20
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,20
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,20

Şekil 42. Yük Kombinasyonları UP(U)1, UP(U)2, UP(U)3

Name	Type	Load cases	Coeff. [-]
UP(U)4	Linear - ultimate	D - Foundation Self Weight	1,20
		D1 - A-Shell, Roof & Fittings Weight	1,20
		L1 - D-Live Load due to internal Vapour Pressure	1,60
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,20
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,20
		H - Earth pressure due to soil	1,60
UP(U)5	Linear - ultimate	D - Foundation Self Weight	1,20
		L - C - live Load due to internal Vapour Pressure	1,60
		D1- A - Shell, Roof & Fittings Weight	1,20
		L1- D - Live Load due to internal Vapour Pressure	1,60
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,20
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,20
UP(U)6	Linear - ultimate	D - Foundation Self Weight	1,20
		L - C - live Load due to internal Vapour Pressure	0,50
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	1,20
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,20
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,20
		UP(U)7	Linear - ultimate
D1 - A-Shell, Roof & Fittings Weight	1,20		
D2 - G - Pressure load due to Product head	1,20		
D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,20		
MW - K - Wind Overtuming Moment	0,80		
LW - L - Horizontal shear load Wind	0,80		
UP(U)8	Linear - ultimate	D - Foundation Self Weight	1,20
		D1 - A-Shell, Roof & Fittings Weight	1,20
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,20
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,20
		MW - K - Wind Overtuming Moment	1,60
		LW - L - Horizontal shear load Wind	1,60
UP(U)9	Linear - ultimate	D - Foundation Self Weight	1,20
		L - C - live Load due to internal Vapour Pressure	0,50
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	1,20
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,20
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,20
		MW - K - Wind Overtuming Moment	1,60
UP(U)10	Linear - ultimate	D - Foundation Self Weight	1,20
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	1,20
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,20
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,20
		MW1- N - Seismic Overtuming Moment	1,00
		LW1 - P - Horizontal shear load Seismic	1,00
UP(U)11	Linear - ultimate	D - Foundation Self Weight	1,20
		L - C - live Load due to internal Vapour Pressure	0,50
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	1,20
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,20
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,20
		MW1 - N - Seismic Overtuming Moment	1,00
LW1 - P - Horizontal shear load Seismic	1,00		

Şekil 43. Yük Kombinasyonları UP(U)4, UP(U)5, UP(U)6, UP(U)7, UP(U)8, UP(U)9, UP(U)10, UP(U)11

Name	Type	Load cases	Coeff. [-]
UP(U)12	Linear - ultimate	D - Foundation Self Weight	0,90
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	0,90
		D2 - G - Pressure load due to Product head	0,90
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	0,90
UP(U)13	Linear - ultimate	D - Foundation Self Weight	0,90
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	0,90
		L1-D-Live Load due to internal Vapour Pressure	1,60
		D2 - G - Pressure load due to Product head	0,90
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	0,90
		H - Earth pressure due to soil	1,60
UP(U)14	Linear - ultimate	D - Foundation Self Weight	0,90
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	0,90
		D2 - G - Pressure load due to Product head	0,90
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	0,90
		MW - K - Wind Overtuming Moment	1,60
		LW - L - Horizontal shear load Wind	1,60
UP(U)15	Linear - ultimate	D - Foundation Self Weight	0,90
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	0,90
		L1-D-Live Load due to internal Vapour Pressure	1,60
		D2 - G - Pressure load due to Product head	0,90
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	0,90
		MW - K - Wind Overtuming Moment	1,60
		LW - L - Horizontal shear load Wind	1,60
		H - Earth pressure due to soil	1,60
UP(U)16	Linear - ultimate	D - Foundation Self Weight	0,90
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	0,90
		D2 - G - Pressure load due to Product head	0,90
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	0,90
		MW1 - N - Seismic Overtuming Moment	1,00
		LW1 - P - Horizontal shear load Seismic	1,00
UP(U)17	Linear - ultimate	D - Foundation Self Weight	0,90
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	0,90
		L1-D-Live Load due to internal Vapour Pressure	1,60
		D2 - G - Pressure load due to Product head	0,90
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	0,90
		MW1 - N - Seismic Overtuming Moment	1,00
		LW1 - P - Horizontal shear load Seismic	1,00
		H - Earth pressure due to soil	1,60
UP(S)1	Linear - serviceability	D - Foundation Self Weight	1,00
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	1,00
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,00
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,00
UP(S)2	Linear - serviceability	D - Foundation Self Weight	1,00
		L - C - Live Load due to internal Vapour Pressure	1,00
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	1,00
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,00
UP(S)3	Linear - serviceability	D - Foundation Self Weight	1,00
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	1,00
		L1-D-Live Load due to internal Vapour Pressure	1,00
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,00
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,00
		H - Earth pressure due to soil	1,00

Şekil 44. Yük Kombinasyonları UP(U)12, UP(U)13, UP(U)14, UP(U)15, UP(U)16, UP(U)17, UP(S)1, UP(S)2, UP(S)3

Name	Type	Load cases	Coeff. [-]
UP(S)4	Linear - serviceability	D - Foundation Self Weight	1,00
		L - C - Live Load due to internal Vapour Pressure	1,00
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	1,00
		L1-D-Live Load due to internal Vapour Pressure	1,00
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,00
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,00
		H - Earth pressure due to soil	1,00
UP(S)5	Linear - serviceability	D - Foundation Self Weight	1,00
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	1,00
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,00
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,00
		MW - K - Wind Overtuming Moment	1,00
		LW - L - Horizontal shear load Wind	1,00
UP(S)6	Linear - serviceability	D - Foundation Self Weight	1,00
		L - C - Live Load due to internal Vapour Pressure	1,00
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	1,00
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,00
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,00
		MW - K - Wind Overtuming Moment	1,00
		LW - L - Horizontal shear load Wind	1,00
UP(S)7	Linear - serviceability	D - Foundation Self Weight	1,00
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	1,00
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,00
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,00
		MW1 - N - Seismic Overtuming Moment	1,00
		LW1 - P - Horizontal shear load Seismic	1,00
UP(S)8	Linear - serviceability	D - Foundation Self Weight	1,00
		L - C - Live Load due to internal Vapour Pressure	1,00
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	1,00
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,00
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,00
		MW1 - N - Seismic Overtuming Moment	1,00
		LW1 - P - Horizontal shear load Seismic	1,00
UP(S)9	Linear - serviceability	D - Foundation Self Weight	1,00
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	1,00
		L1-D-Live Load due to internal Vapour Pressure	1,00
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,00
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,00
		MW - K - Wind Overtuming Moment	1,00
		LW - L - Horizontal shear load Wind	1,00
		H - Earth pressure due to soil	1,00
UP(S)10	Linear - serviceability	D - Foundation Self Weight	1,00
		D1 - A - Shell, Roof & Fittings Weight	1,00
		L1-D-Live Load due to internal Vapour Pressure	1,00
		D2 - G - Pressure load due to Product head	1,00
		D4 - J - Pressure load due to Bottom Plating	1,00
		MW1 - N - Seismic Overtuming Moment	1,00
		LW1 - P - Horizontal shear load Seismic	1,00
		H - Earth pressure due to soil	1,00

Şekil 45. Yük Kombinasyonları UP(S)4, UP(S)5, UP(S)6, UP(S)7, UP(S)8, UP(S)9, UP(S)10

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless
UP(U)01	Linear Add	No	Linear Static	D	1.4
UP(U)01			Linear Static	D1	1.4
UP(U)01			Linear Static	D2	1.4
UP(U)01			Linear Static	D4	1.4
UP(U)02	Linear Add	No	Linear Static	D	1.2
UP(U)02			Linear Static	D1	1.2
UP(U)02			Linear Static	D2	1.2
UP(U)02			Linear Static	D4	1.2
UP(U)03	Linear Add	No	Linear Static	D	1.2
UP(U)03			Linear Static	L	1.6
UP(U)03			Linear Static	D1	1.2
UP(U)03			Linear Static	D2	1.2
UP(U)03			Linear Static	D4	1.2
UP(U)04	Linear Add	No	Linear Static	D	1.2
UP(U)04			Linear Static	D1	1.2
UP(U)04			Linear Static	L1	1.6
UP(U)04			Linear Static	D2	1.2
UP(U)04			Linear Static	D4	1.2
UP(U)04			Linear Static	H	1.6
UP(U)05	Linear Add	No	Linear Static	D	1.2
UP(U)05			Linear Static	L	1.6
UP(U)05			Linear Static	D1	1.2
UP(U)05			Linear Static	L1	1.6
UP(U)05			Linear Static	D2	1.2
UP(U)05			Linear Static	D4	1.2
UP(U)05			Linear Static	H	1.6
UP(U)06	Linear Add	No	Linear Static	D	1.2
UP(U)06			Linear Static	L	0.5
UP(U)06			Linear Static	D1	1.2
UP(U)06			Linear Static	D2	1.2
UP(U)06			Linear Static	D4	1.2
UP(U)08	Linear Add	No	Response Combo	UP(U)02	1
UP(U)08			Linear Static	W	1.6
UP(U)08			Linear Static	LW	1.6
UP(U)07	Linear Add	No	Response Combo	UP(U)02	1
UP(U)07			Linear Static	W	0.8
UP(U)07			Linear Static	LW	0.8
UP(U)09	Linear Add	No	Response Combo	UP(U)06	1
UP(U)09			Linear Static	W	1.6
UP(U)09			Linear Static	LW	1.6
UP(U)10	Linear Add	No	Response Combo	UP(U)02	1
UP(U)10			Linear Static	E	1
UP(U)10			Linear Static	LW1	1
UP(U)11	Linear Add	No	Response Combo	UP(U)06	1
UP(U)11			Linear Static	E	1
UP(U)11			Linear Static	LW1	1

Şekil 46. Yük kombinasyon tanımları (a)

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless
UP(U)12	Linear Add	No	Linear Static	D	0.9
UP(U)12			Linear Static	D1	0.9
UP(U)12			Linear Static	D2	0.9
UP(U)12			Linear Static	D4	0.9
UP(U)13	Linear Add	No	Response Combo	UP(U)12	1
UP(U)13			Linear Static	L1	1.6
UP(U)13			Linear Static	H	1.6
UP(U)14	Linear Add	No	Response Combo	UP(U)12	1
UP(U)14			Linear Static	W	1.6
UP(U)14			Linear Static	LW	1.6
UP(U)15	Linear Add	No	Response Combo	UP(U)12	1
UP(U)15			Linear Static	W	1.6
UP(U)15			Linear Static	LW	1.6
UP(U)15			Linear Static	L1	1.6
UP(U)16	Linear Add	No	Response Combo	UP(U)12	1
UP(U)16			Linear Static	E	1
UP(U)16			Linear Static	LW1	1
UP(U)17	Linear Add	No	Response Combo	UP(U)12	1
UP(U)17			Linear Static	E	1
UP(U)17			Linear Static	LW1	1
UP(U)17			Linear Static	L1	1.6
UP(U)17			Linear Static	H	1.6
UP(S)01	Linear Add	No	Linear Static	D	1
UP(S)01			Linear Static	D1	1
UP(S)01			Linear Static	D2	1
UP(S)01			Linear Static	D4	1
UP(S)02	Linear Add	No	Response Combo	UP(S)01	1
UP(S)02			Linear Static	L	1
UP(S)03	Linear Add	No	Response Combo	UP(S)01	1
UP(S)03			Linear Static	L1	1
UP(S)03			Linear Static	H	1
UP(S)04	Linear Add	No	Response Combo	UP(S)01	1
UP(S)04			Linear Static	L1	1
UP(S)04			Linear Static	H	1
UP(S)04			Linear Static	L	1
UP(S)05	Linear Add	No	Response Combo	UP(S)01	1
UP(S)05			Linear Static	W	1
UP(S)05			Linear Static	LW	1
UP(S)06	Linear Add	No	Response Combo	UP(S)01	1
UP(S)06			Linear Static	W	1
UP(S)06			Linear Static	LW	1
UP(S)06			Linear Static	L	1
UP(S)07	Linear Add	No	Response Combo	UP(S)01	1
UP(S)07			Linear Static	E	1
UP(S)07			Linear Static	LW1	1

Şekil 47. Yük kombinasyon tanımları (b)

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless
UP(S)08	Linear Add	No	Response Combo	UP(S)02	1
UP(S)08			Linear Static	E	1
UP(S)08			Linear Static	LW1	1
UP(S)09	Linear Add	No	Response Combo	UP(S)01	1
UP(S)09			Linear Static	L1	1
UP(S)09			Linear Static	W	1
UP(S)09			Linear Static	LW	1
UP(S)09			Linear Static	H	1
U-env	Envelope	No	Response Combo	UP(U)01	1
U-env			Response Combo	UP(U)02	1
U-env			Response Combo	UP(U)03	1
U-env			Response Combo	UP(U)04	1
U-env			Response Combo	UP(U)05	1
U-env			Response Combo	UP(U)06	1
U-env			Response Combo	UP(U)07	1
U-env			Response Combo	UP(U)08	1
U-env			Response Combo	UP(U)09	1
U-env			Response Combo	UP(U)10	1
U-env			Response Combo	UP(U)11	1
U-env			Response Combo	UP(U)13	1
U-env			Response Combo	UP(U)14	1
U-env			Response Combo	UP(U)15	1
U-env			Response Combo	UP(U)16	1
U-env			Response Combo	UP(U)17	1
S-env	Envelope	No	Response Combo	UP(S)01	1
S-env			Response Combo	UP(S)02	1
S-env			Response Combo	UP(S)03	1
S-env			Response Combo	UP(S)04	1
S-env			Response Combo	UP(S)05	1
S-env			Response Combo	UP(S)06	1
S-env			Response Combo	UP(S)07	1
UP(S)10	Linear Add	No	Response Combo	UP(S)01	1
UP(S)10			Linear Static	E	1
UP(S)10			Linear Static	LW1	1
UP(S)10			Linear Static	L1	1
UP(S)10			Linear Static	H	1

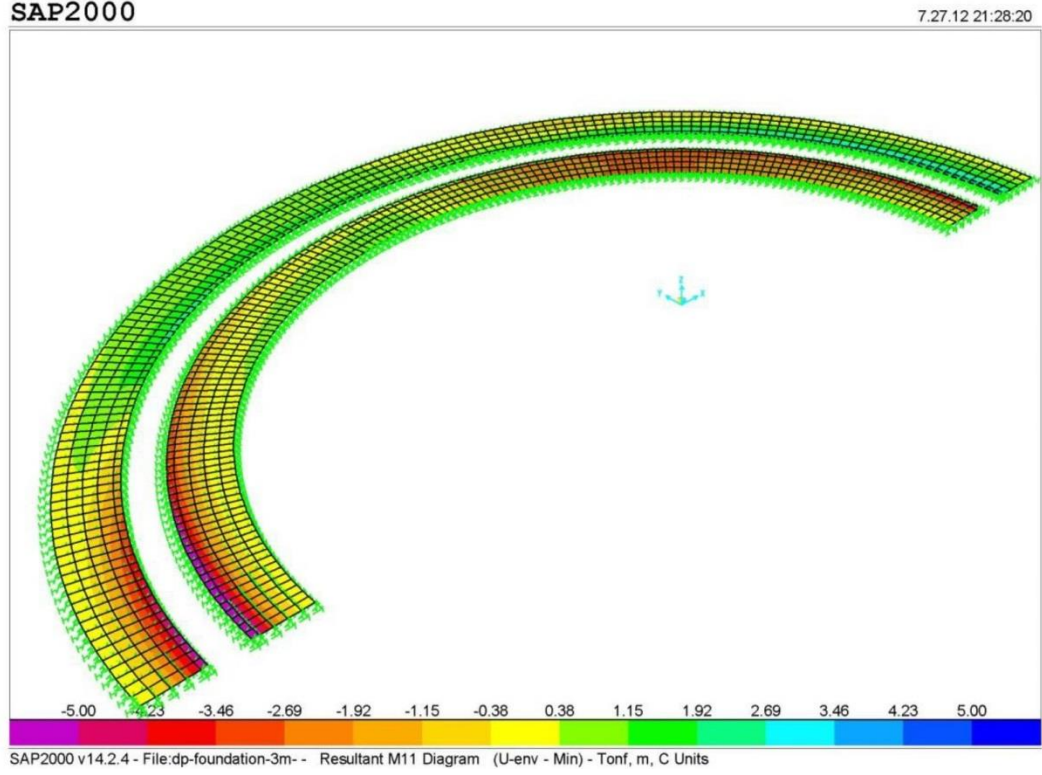
Şekil 48. Yük kombinasyon tanımları (c)

B. Temel İç Kuvvetleri

Kabuk elemanlarının iç kuvvetleri sınır değer olarak gösterilir ve bunlar daha önce açıklanan F11, F22, M11, M22, V23'tür. Bu değerler tasarlanacak donatılar için seçilerek alınmıştır. Temelerde bükme moment sınırları, temelerde eksenel kuvvet sınırları, temelerde kesme kuvveti sınırları, halka duvar bükme moment sınırları, halka duvar eksenel kuvvet sınırları (çember), halka duvar

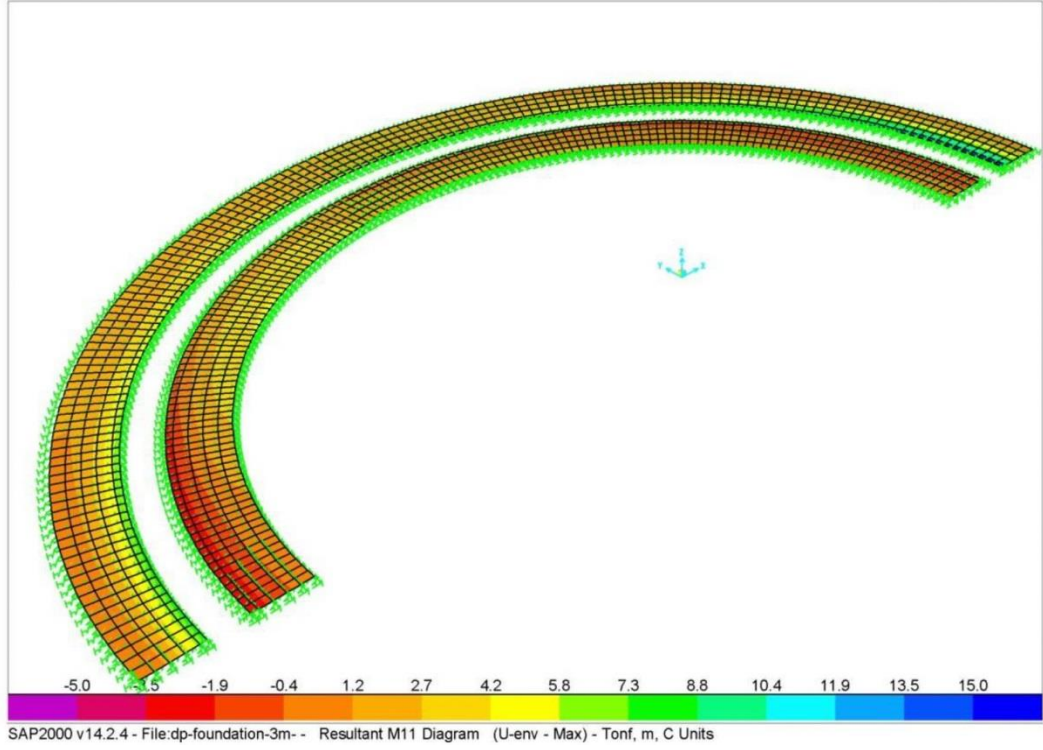
eksenel kuvvet sınırları (Dikey yön) ve halka duvar kesme kuvveti sınırları iletleyen sayfalarda gösterilmiştir.

1. Temelerde Bükme Moment Sınırları

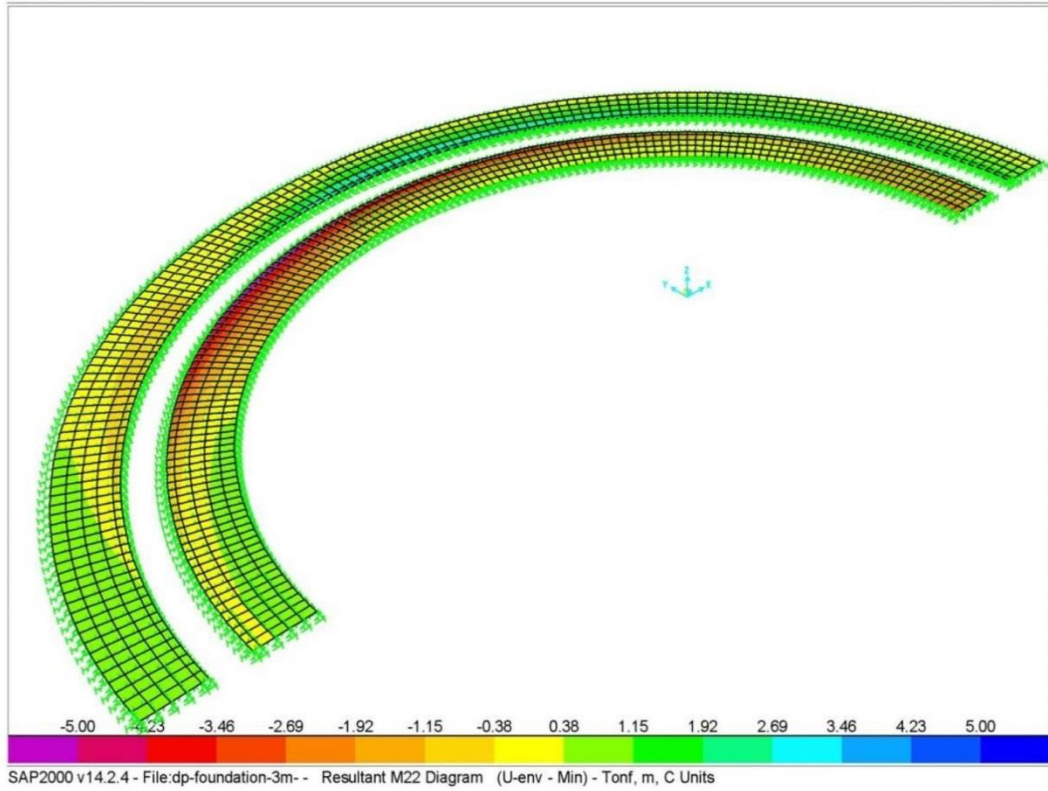


Şekil 49. Temeller M11 min: (Radyal yönde alt donatı hesapları için)

Maks = 5 ton.m

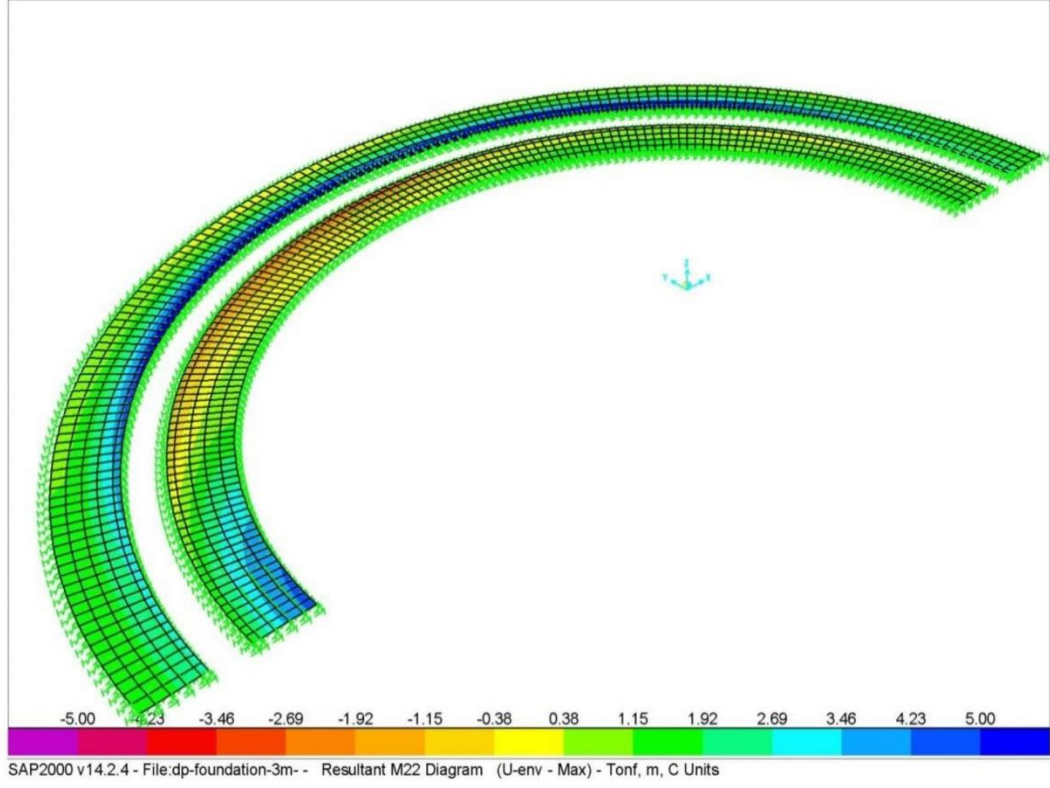


Şekil 50. Temeller M11 maks. (Üst takviye için) Maks = 15 ton.m



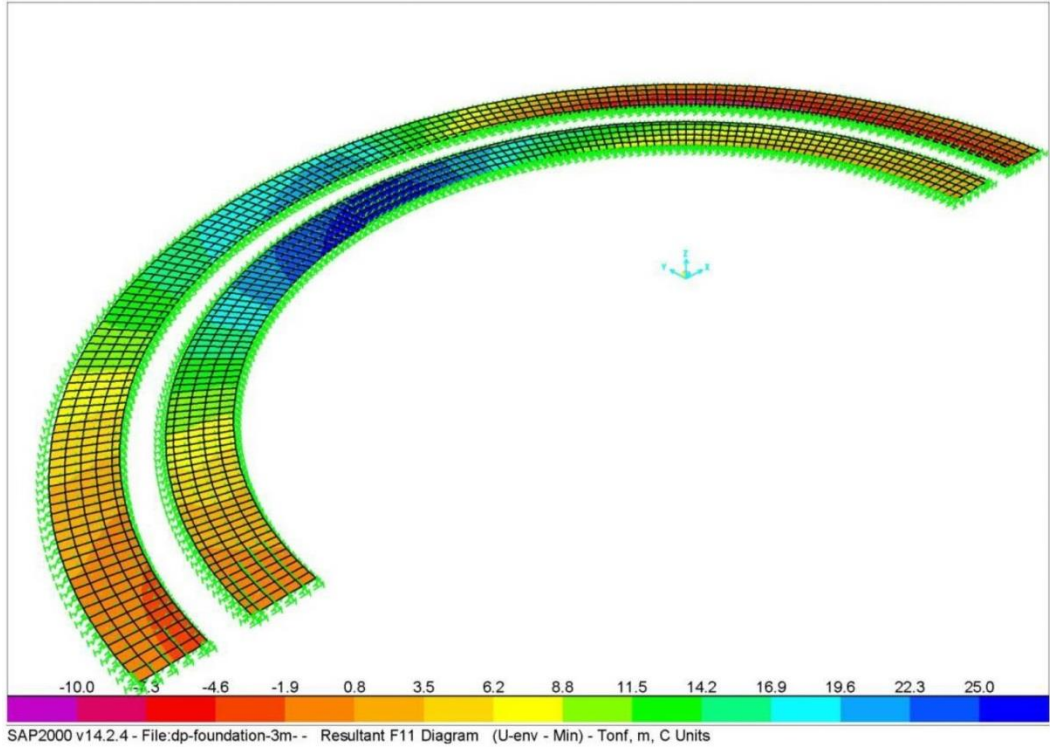
Şekil 51. Temeller M22 min. (Tank çevresi yönünde alt donatı hesapları için)

Maks = 5 ton.m

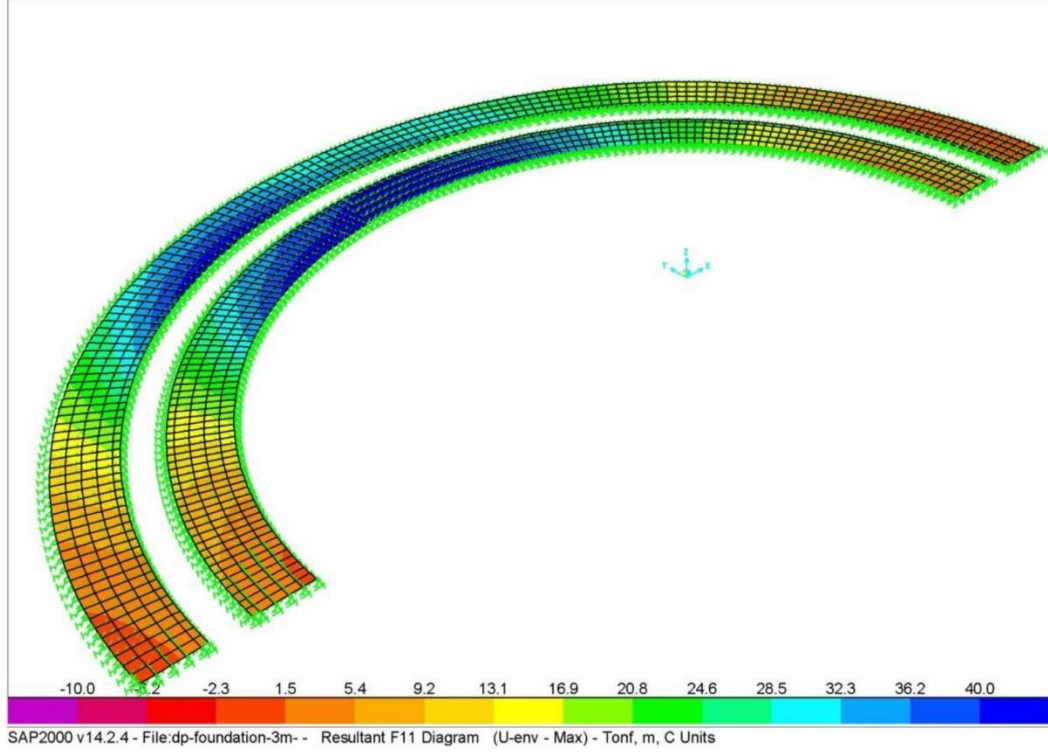


Şekil 52. Temel M22 maks ve üst

2. Temelerde Eksenel Kuvvet Sınırları

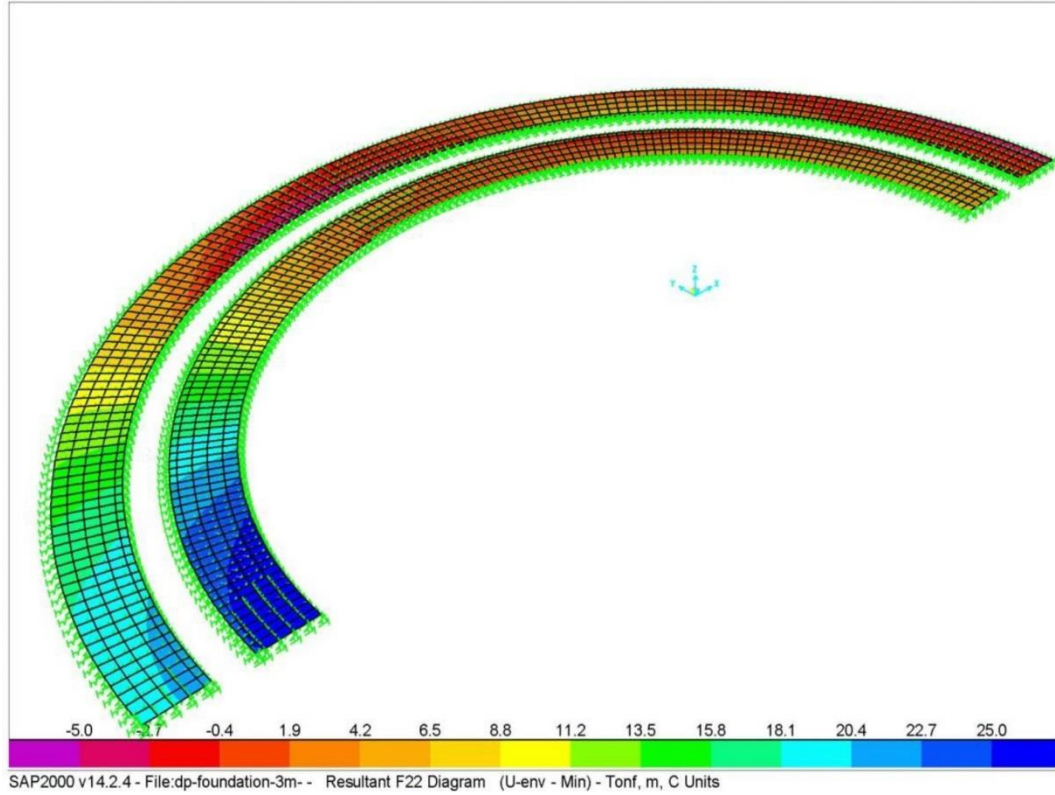


Şekil 53. Temel F11 min. Eksenel kuvvet, çoğunlukla basınç = 10 ton



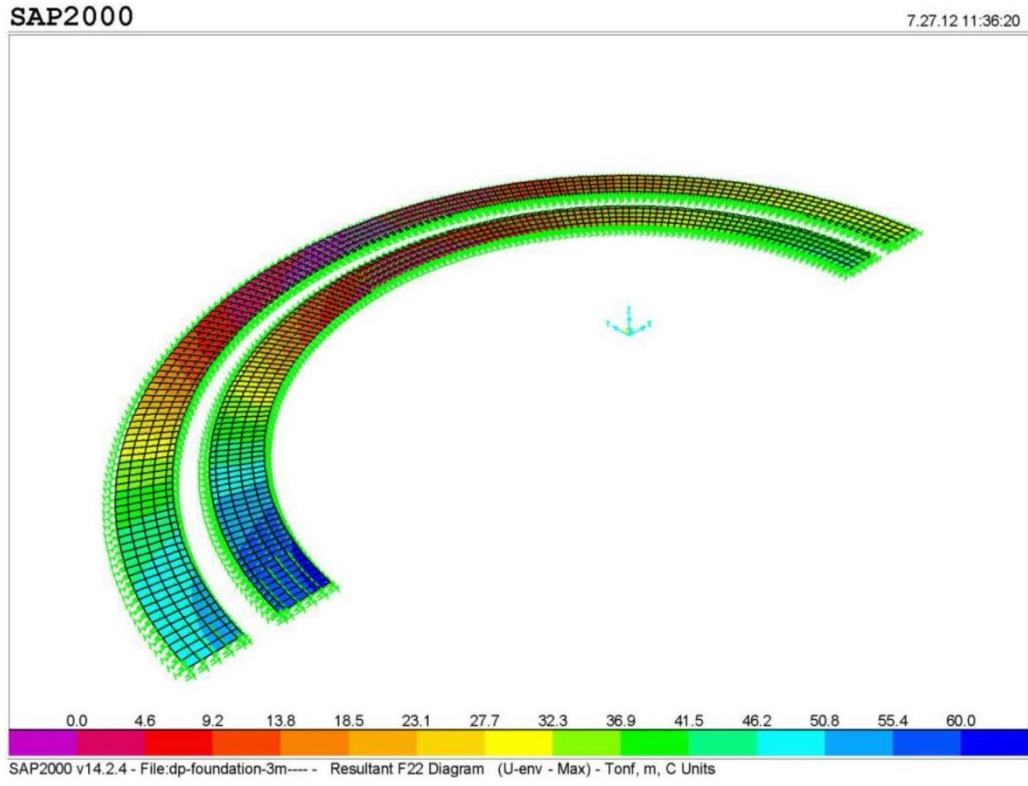
Şekil 54. Temel, F11 maks. Eksenel kuvvet (çoğunlukla çekme)

Maks = 40 ton/metre genişlik



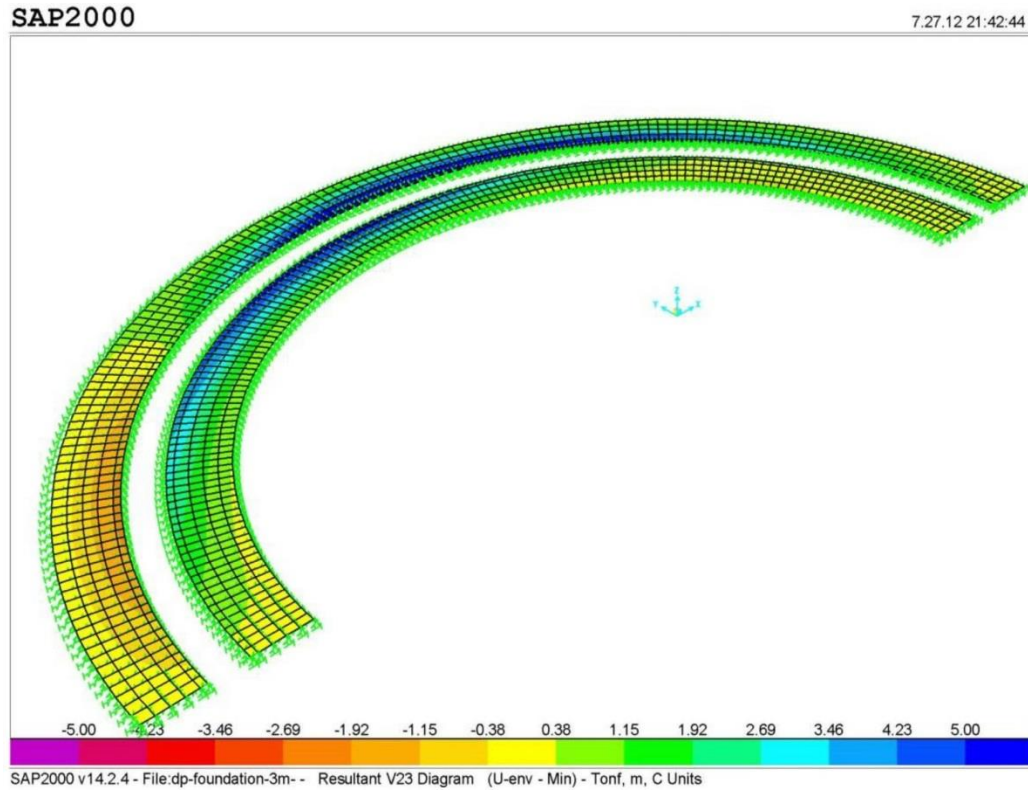
Şekil 55. F22 min. Çevre boyunca basınç,

Maks = 5 ton basınç ve 25 tonluk çekme

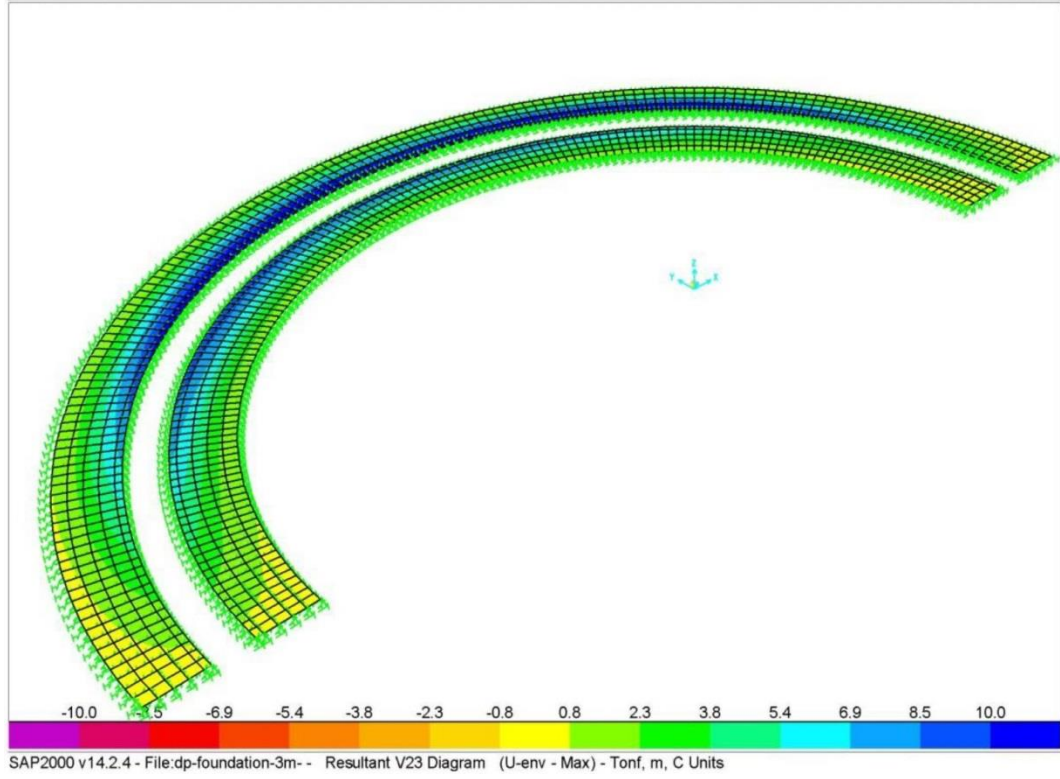


Şekil 56. F22 maks. çekme = 60 ton

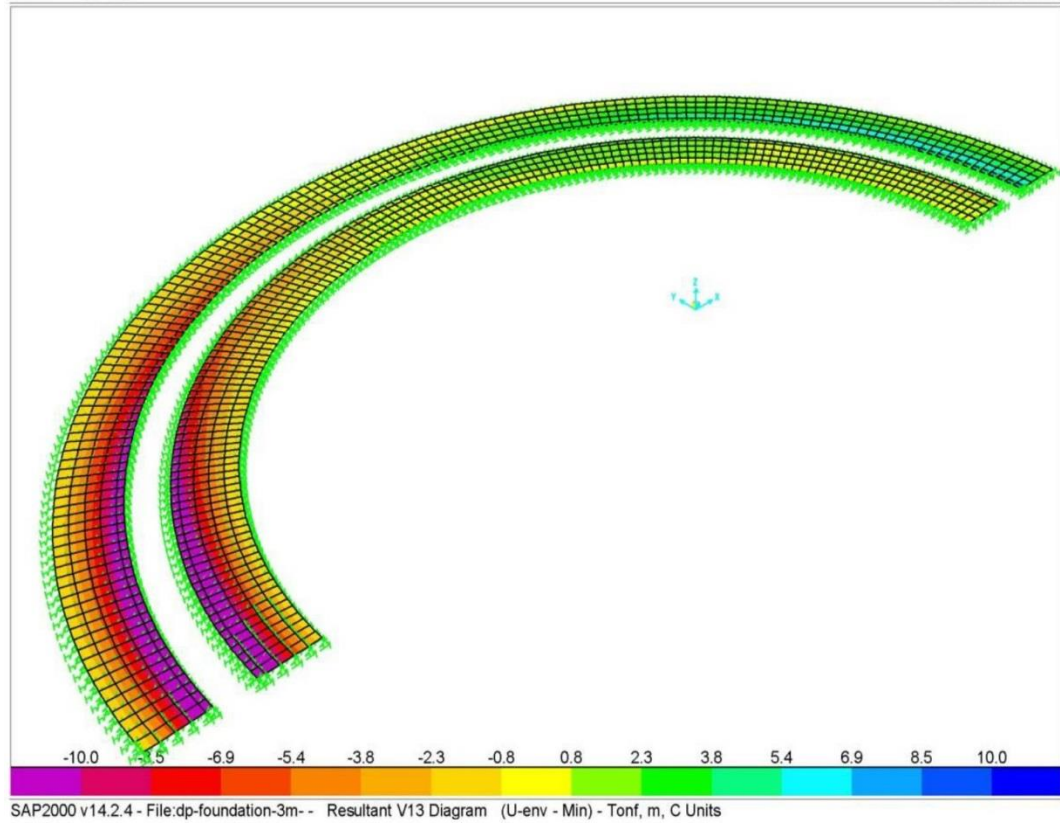
3. Temelerde Kesme Kuvveti Sınırları



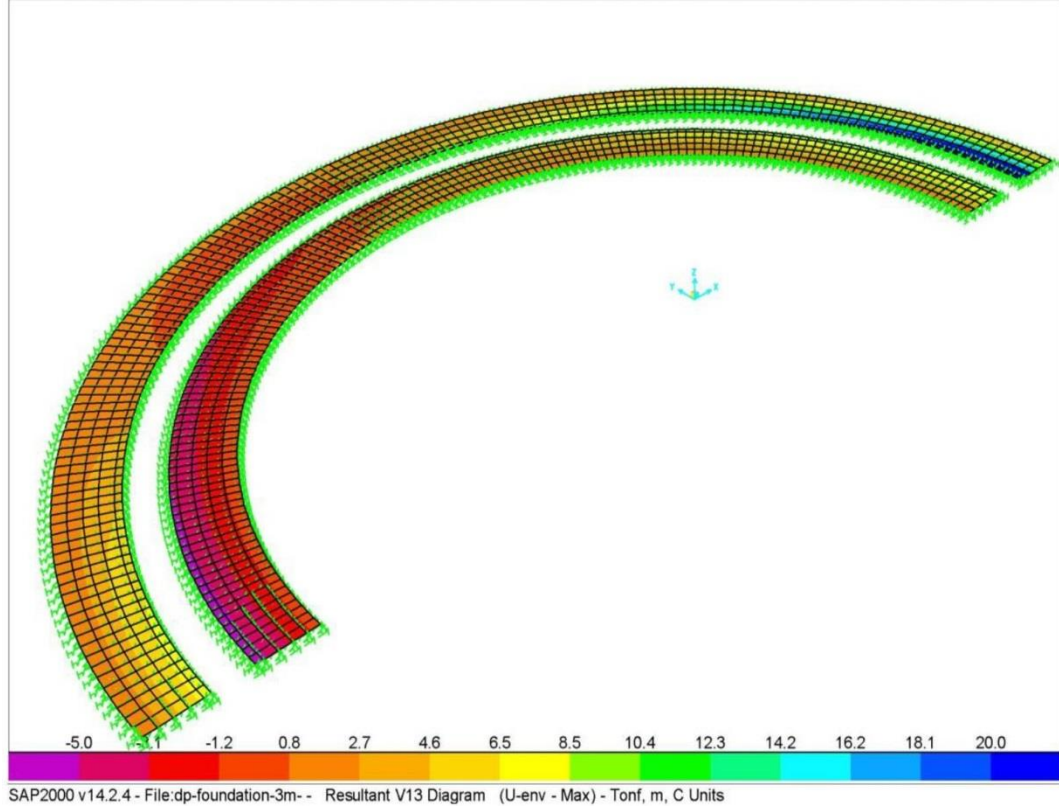
Şekil 57. Temel V23 min, kesme = maks 5 ton



Şekil 58. Temel V23 maks, kesme = maks 10 ton

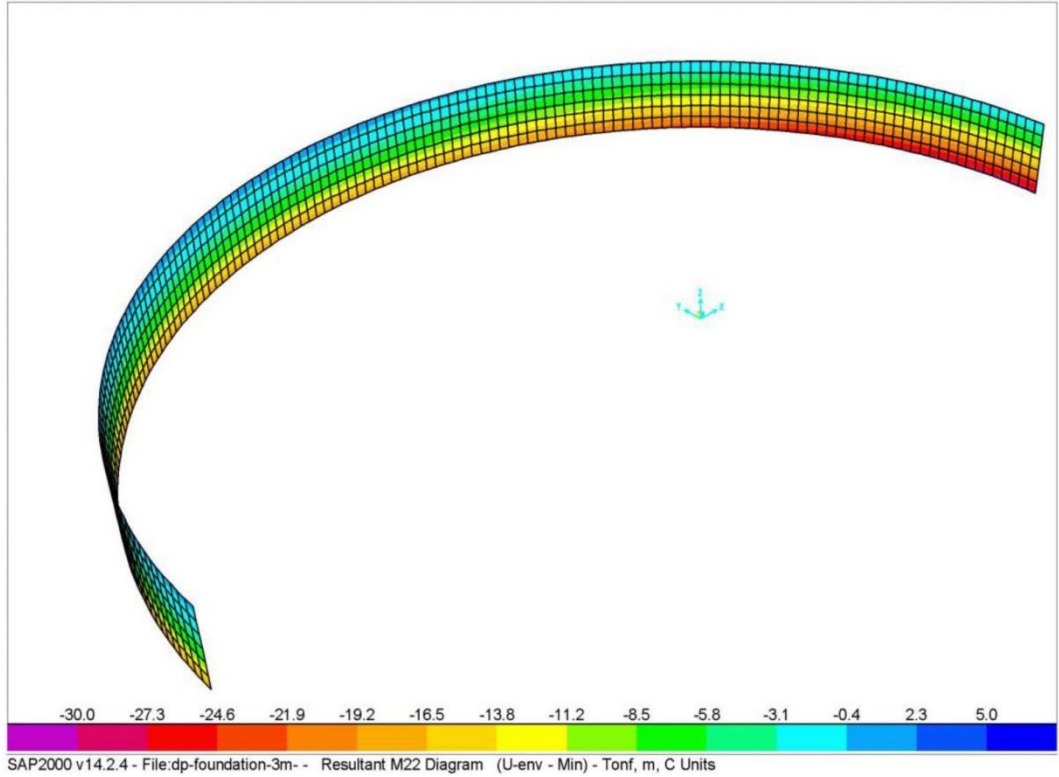


Şekil 59. Temel V13 min

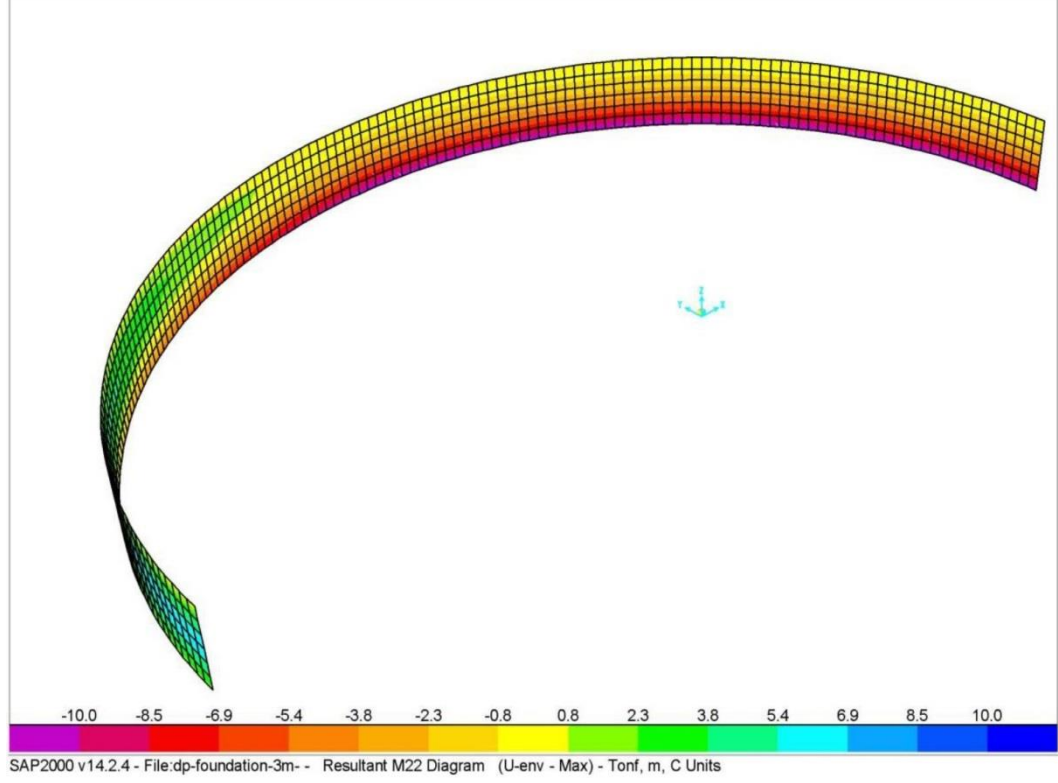


Şekil 60. Temel maks, kesme = maks 20 ton

4. Halka Duvar Bükme Moment Sınırları

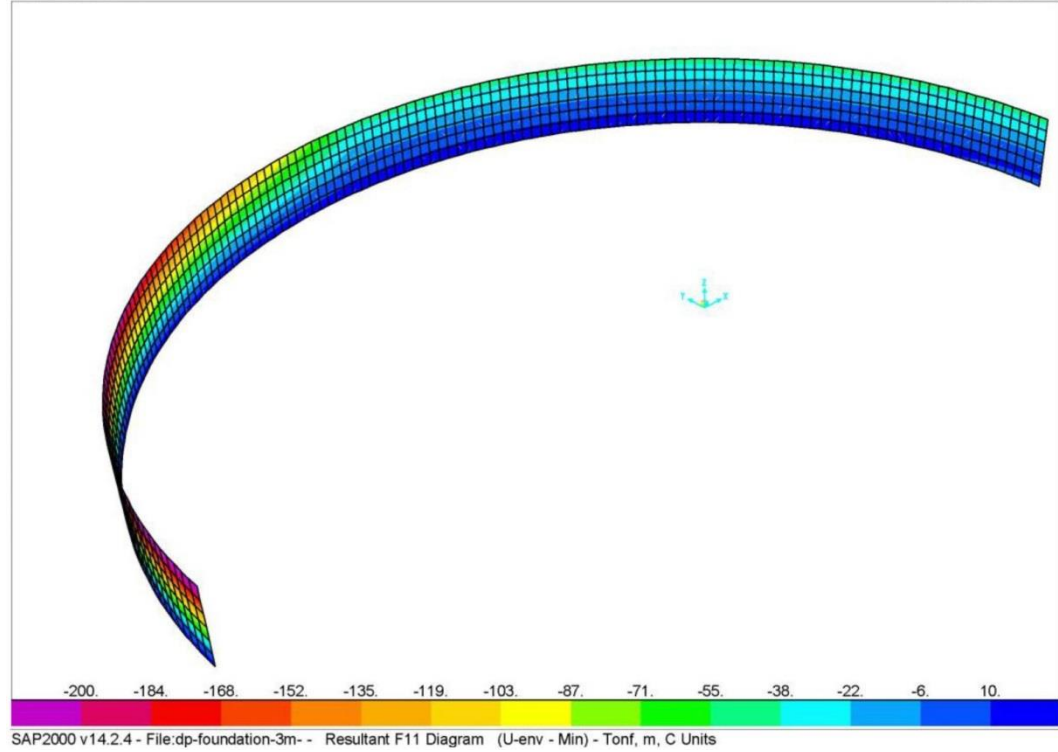


Şekil 61. Duvar içi dikey donatı maks = 30 ton

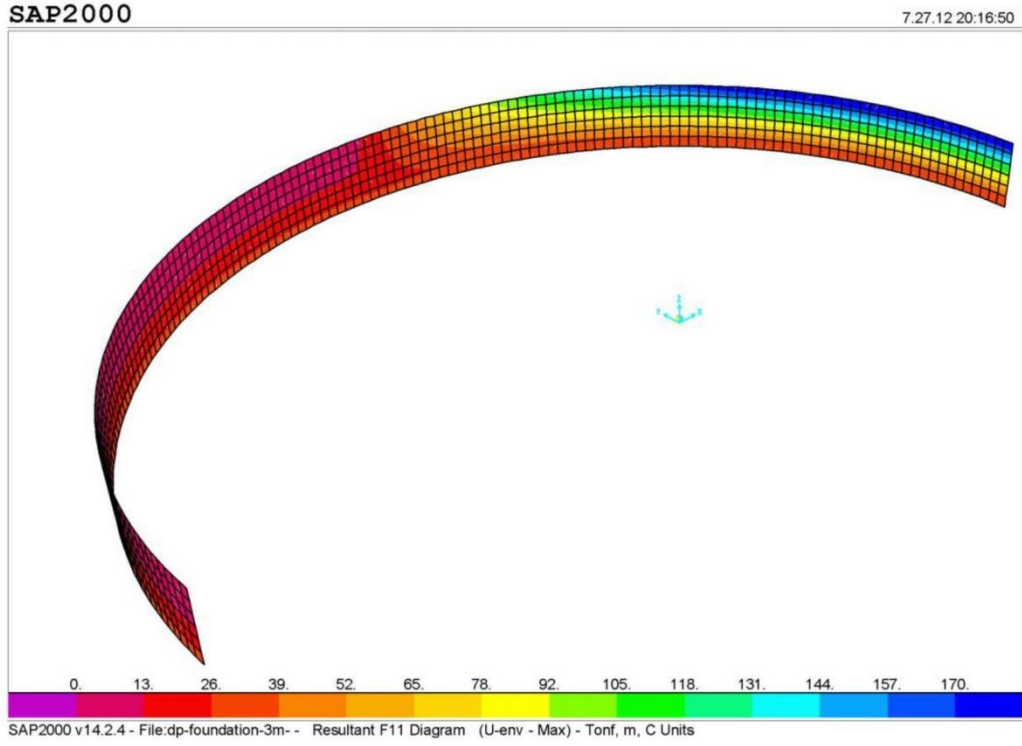


Şekil 62. Dış duvar için dikey donatı maks = 10 ton

5. Halka Duvar Eksenel Kuvvet Sınırları (Çevresel)

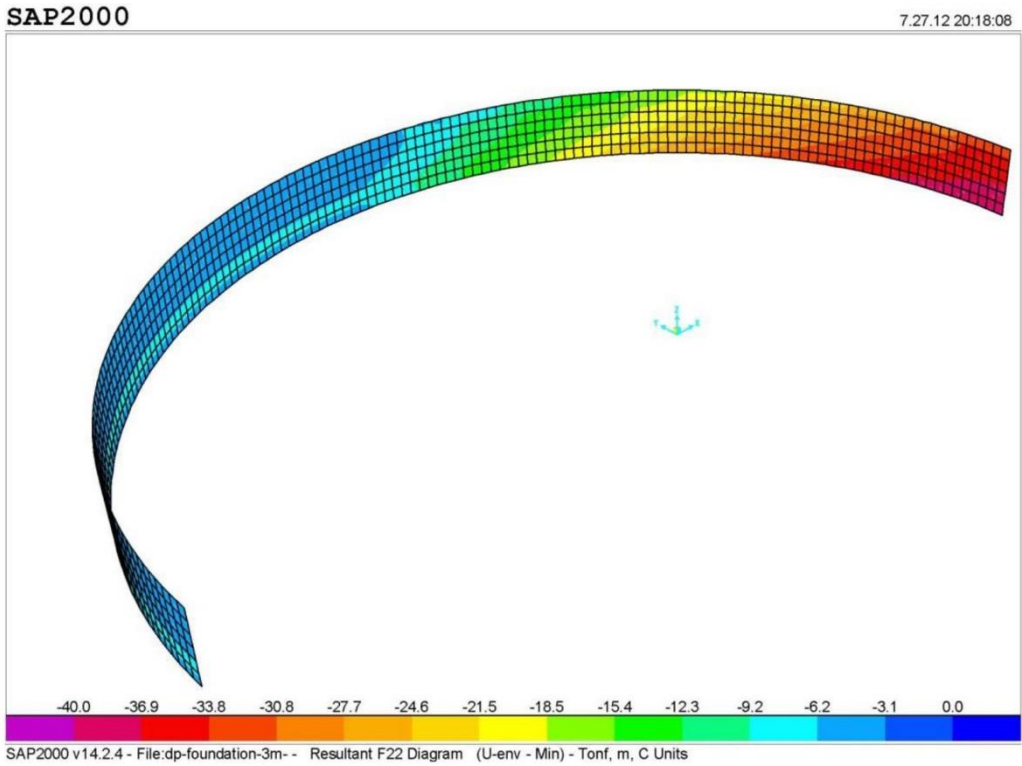


Şekil 63. Çevresel yönde maksimum basınç (Maks= 200 ton)

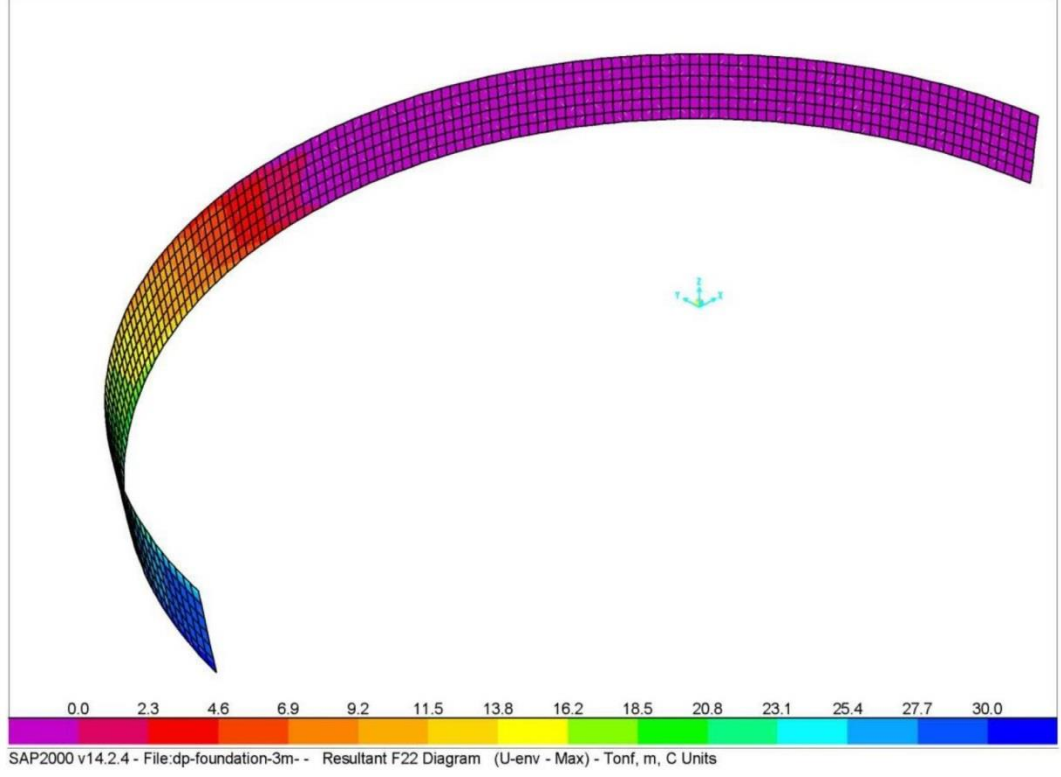


Şekil 64. Çevresel yönde maksimum çekme (Maks= 170 ton)
(Çember stres gerilimi)

6. Halka Duvar Aksenal Kuvvet Sınırları (Dikey Yön)

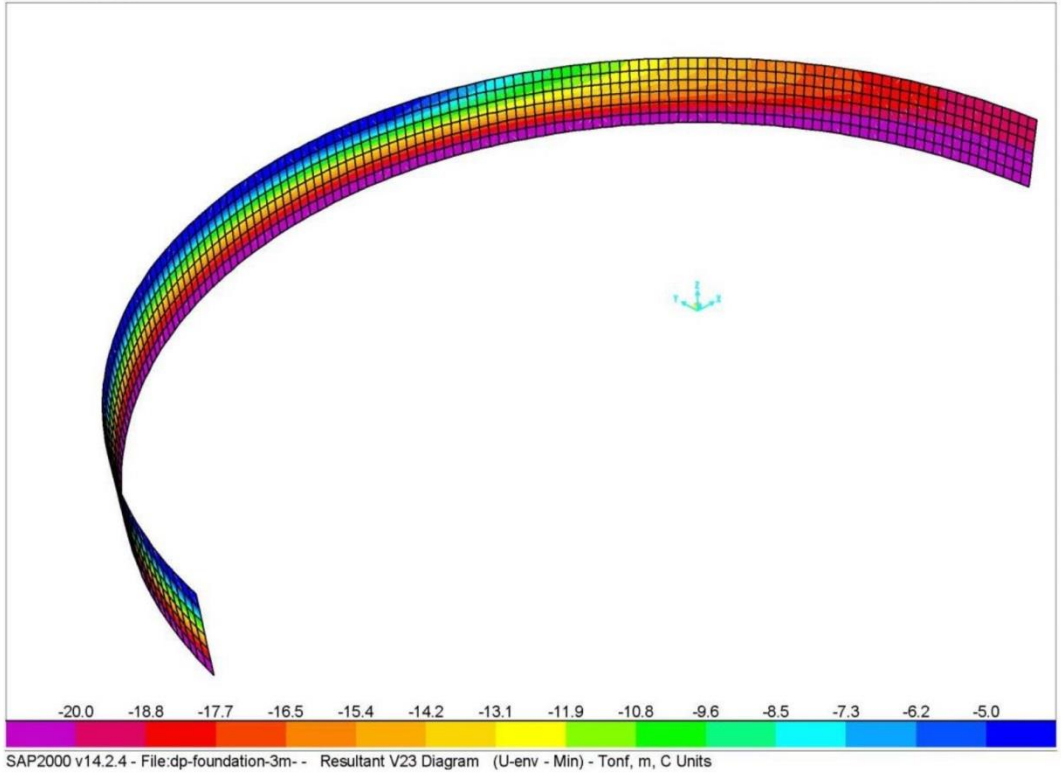


Şekil 65. Dikey yönde maks basınç (Maks= 40 ton)

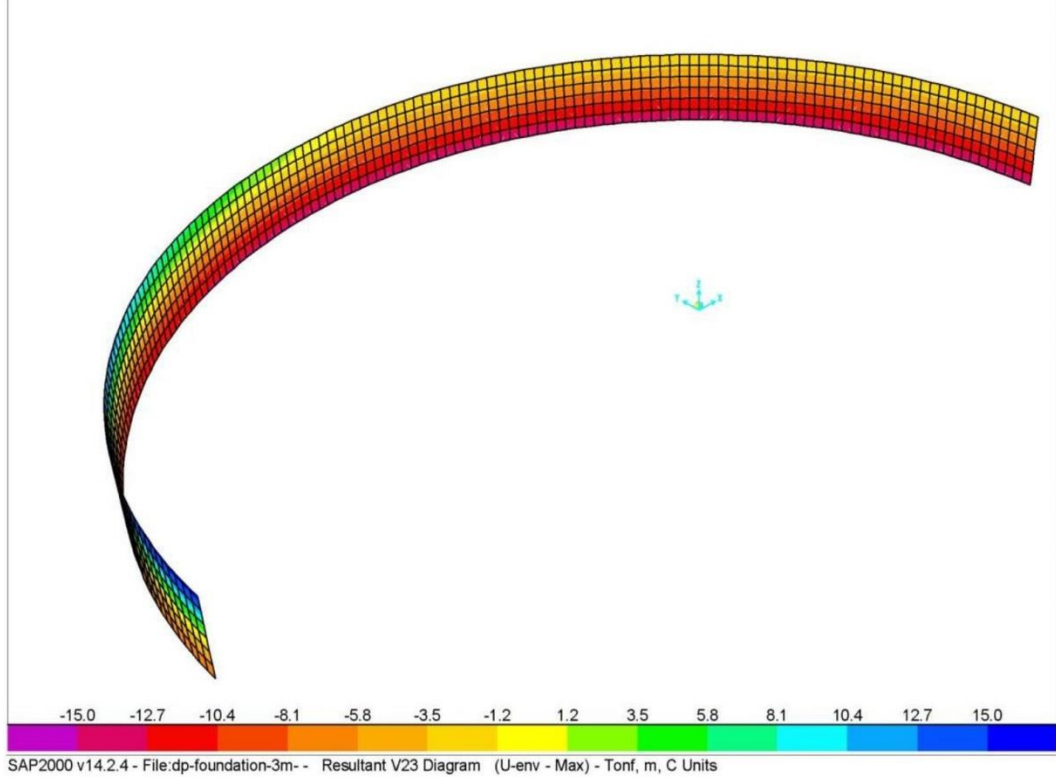


Şekil 66. Dikey yönde maks çekme (Maks çekme=30 ton/m genişlik)

7. Halka Duvar Kesme Kuvveti Sınırları



Şekil 67. Maksimum kesme = 20 ton



Şekil 68. Maksimum kesme 15 ton

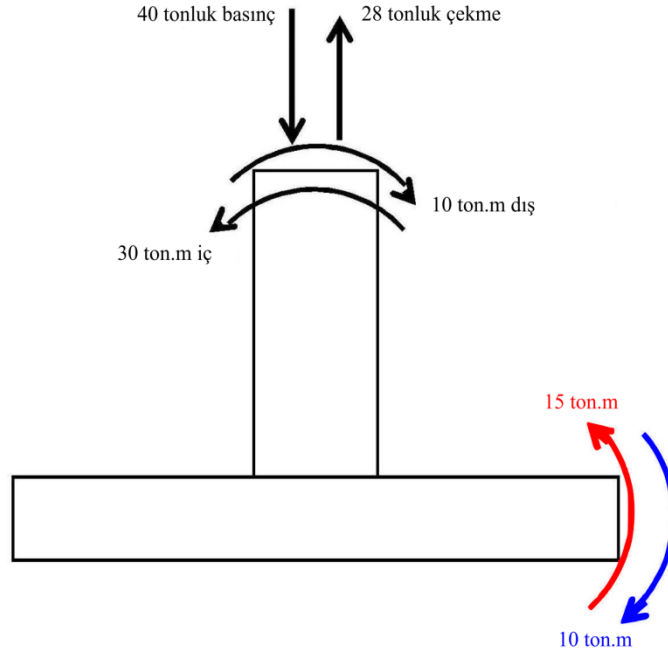
8. Faktörlü Tasarımın Sınırları

Contours of Factored design		All values are per meter width							
Place :	ringwall								
load :	Envelope						Unit		
parameter:		M22	min env:	range:	-30	5	Ton.m	inside	for vertical reinf.
			max env:	range:	-10	10	Ton.m	outside	
		F11	min env:	range:	-200	10	Ton	comp.	circumferential force
			max env:	range:	0	170	Ton	tension	only 0.5m is 170 tons
		F22	min env:	range:	-40	0	Ton		vertical force on ring
			max env:	range:	0	30	Ton		
		V23	min env:	range:	-20	-5	Ton		max & min Shear force
			max env:	range:	-120	120	Ton		
		Vmax							max absolute shear
Contours of Factored design									
Place :	Footings								
load :	Envelope						Unit		
parameter:		M11	min env:	range:	-5	5	Ton.m		
			max env:	range:	-5	15	Ton.m		
		M22	min env:	range:	-5	5	Ton.m		
			max env:	range:	-5	5	Ton.m		
		F11	min env:	range:	-10	25	Ton		
			max env:	range:	-10	40	Ton		
		F22	min env:	range:	-5	25	Ton		
			max env:	range:	0	50	Ton		
		V23	min env:	range:	-5	5	Ton		
			max env:	range:	-50	230	Ton		

Şekil 69. Halka duvar ve temeller için faktörlü tasarımın sınırları

C. Güçlendirme Hesapları

Aşağıdaki şekiller güçlendirme hesaplamalarının daha iyi anlaşılmasını sağlar.



Şekil 70. Temel de kesitin min hesabı

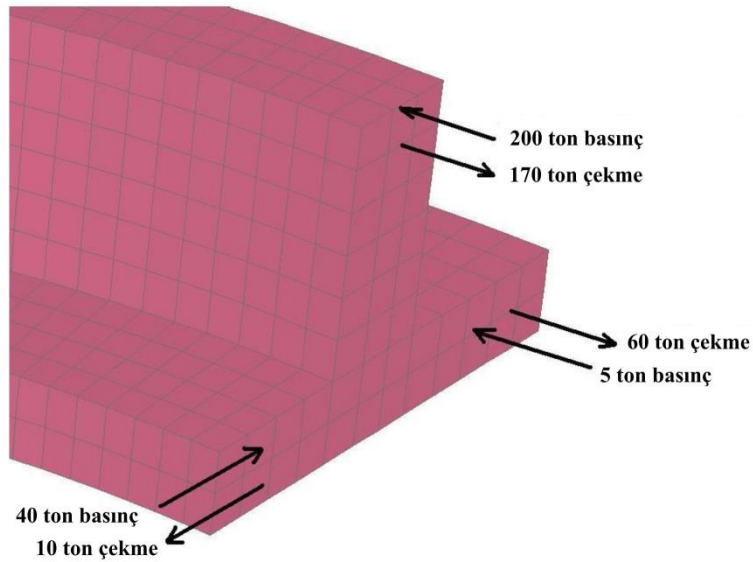
M11 bending moment in footing (Top)			Turkish Standard Concrete & Steel:	
BENDING MOMENT CALCULATIONS			C 30	
			BÇ 3	
			420	
f'_c	=	20 N/mm ² Concrete characteristic compressive strength		
f_y	=	365 N/mm ² Rebar steel yield stress		
b_w	=	1000 mm Section width		
h	=	500 mm Height		
d'	=	50 mm Cover		
d	=	450 mm Calculated height		
M_U	=	150 kNm/m Bending moment value		
Selected ϕ_1	=	$\phi 20 / 20,0$ Bottom 1. Layer	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $\phi 20 / 20,0$ Can Carry : 248,48 kN.m Section minimum is OK. </div>	
Selected ϕ_2	=	$\phi 0 / 20,0$ Bottom 2. Layer		
A_s	=	1570,80 mm ²	Min. rebar % 0,2 in working direction $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_w}$ $M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d - a / 2)$	
$A_{smin} = \% 0,15 bwd$	=	675,00 mm ²		
a	=	33,75 mm Section compression block height		
M_n	=	248,48 kNm <i>O.K</i>		

Şekil 71. Temelde M11 eğilme momenti (Üst)

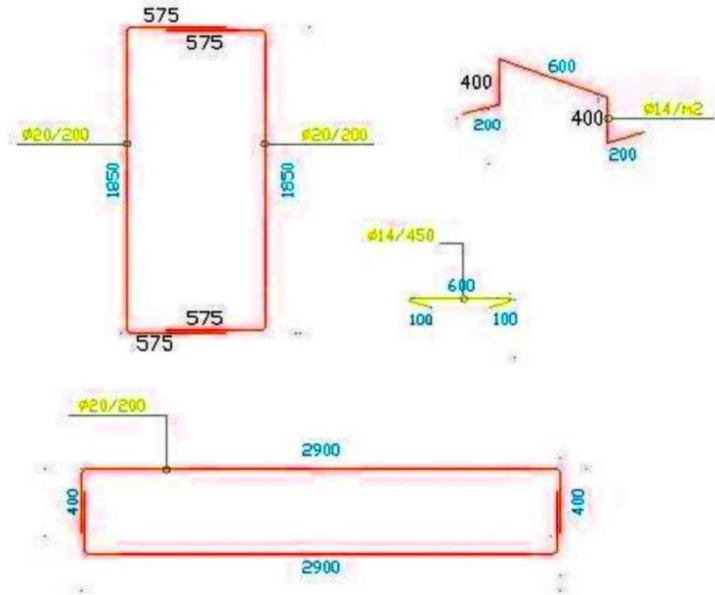
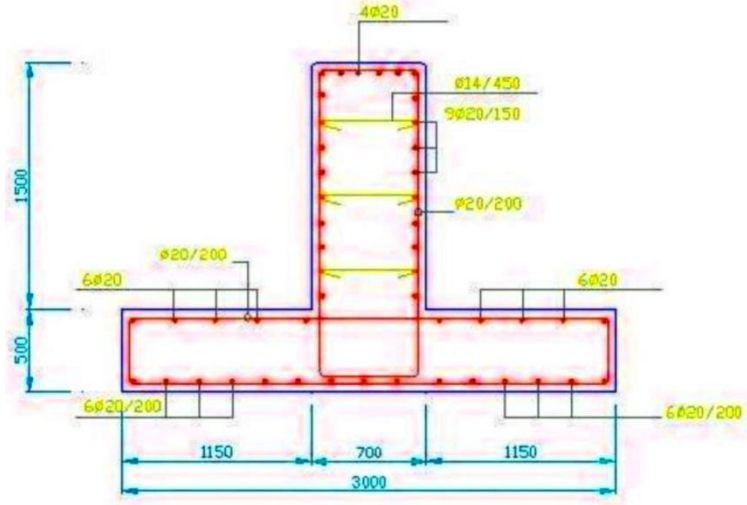
Bu güçlendirme yaklaşık 248 kN.m moment taşıyabilir. Bu nedenle bu değer altında momente sahip tüm kesitler için kullanılabilir.

M22 bending moment in vertical direction			Turkish Standard Concrete & Steel:	
BENDING MOMENT CALCULATIONS			C 30	
			BÇ 3	
			420	
f'_c	=	20 N/mm ² Concrete characteristic compressive strength		
f_y	=	365 N/mm ² Rebar steel yield stress		
b_w	=	1000 mm Section width		
h	=	700 mm Height		
d'	=	50 mm Cover		
d	=	650 mm Calculated height		
M_U	=	300 kNm/m Bending moment value		
Selected ϕ_1	=	$\phi 20 / 20,0$ Bottom 1. Layer		$\phi 20 / 20,0$ Can Carry : 363,21 kN.m
Selected ϕ_2	=	$\phi 0 / 15,0$ Bottom 2. Layer		
A_s	=	1570,80 mm ²		
$A_{smin} = \% 0,15 bwd$	=	975,00 mm ²		Min. rebar % 0,2 in working direction
a	=	33,75 mm Section compression block height		$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_w}$
M_n	=	363,21 kNm O.K		$M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d - a / 2)$

Şekil 72. Dikey yönde M22 eğilme momenti



Şekil 73. Çevresel yöndeki aksenal kuvvet



Şekil 74. Tipik kesit donatısı

F_a :	İvme bazlı yer katsayısı	=	1.1	
F_v :	Hız bazlı yer katsayısı	=	1.5	
H :	Maksimum tasarım sıvı seviyesi	=	15.5	m
D :	Nominal tank çapı	=	19.0	m
t_u :	Tank kabuğunun eşdeğer tekdüze kalınlığı	=	15.0	mm
E :	Elastik modül	=	199,000	MPa
ρ :	Sıvı yoğunluğu	=	1,000	Kg/m ³
$\frac{H}{D} = 0,81 \text{ ve } C_i = 6.1 \text{ alınırsa,}$ $T_i = \left(\frac{1}{\sqrt{2000}} \right) \left(\frac{C_i H}{\sqrt{\frac{t_u}{D}}} \right) \left(\frac{\sqrt{\rho}}{\sqrt{E}} \right)$				
T_i :	İmpulsif davranış modu için doğal titreşim periyodu	=	0.369	saniye
$K_s = \frac{0.578}{\sqrt{\tanh\left(\frac{3.68H}{D}\right)}} = 0.58 \text{ ve buradan } T_c = 1.8K_s\sqrt{D} \text{ kullanılarak}$				
T_c :	Konvektif (Çalkalanma) davranış modunun doğal periyodu	=	6.48	saniye

Şekil 75. Yapısal titreşim periyodu

Kaynak: Keypour, 2012

R_{wi} :	ASD kullanılan impulsif mod için kuvvet indirgeme katsayısı	=	4
R_{wc} :	ASD kullanılan Konvektif mod için kuvvet indirgeme katsayısı	=	2
I :	Önem katsayısı	=	1.50
S_{DS} :	ASCE 7 yöntemlerine dayalı tasarım, % 5 sönümlü, kısa periyotlarda spektral tepki ivme parametresi, %g		
S_0 :	Dikkate alınan maksimum deprem, % 5 sönümlü, sıfır saniye periyotunda spektral tepki ivme parametresi, %g		
S_1 :	Dikkate alınan maksimum deprem, % 5 sönümlü, bir saniyelik periyotta spektral tepki ivme parametresi, %g		
S_p :	ASCE yöntemleri tarafından ele alınmayan sahalar için tasarım seviyesi tepe yer ivmesi parametresi		
Q :	MCE'den tasarım seviyesi spektral ivmelere kadar ölçeklendirme faktörü		
<p>İmpulsif spektral ivme parametresi, $A_i = S_{DS} \left(\frac{I}{R_{wi}} \right) = 2.5 \cdot Q \cdot F_a \cdot S_0 \left(\frac{I}{R_{wi}} \right)$ oysa $A_i \geq 0.007$</p> <p>ve sadece sismik tasarım kategorileri E ve F için, $A_i \geq 0.5 \cdot S_1 \left(\frac{I}{R_{wi}} \right) = 0.625 \cdot S_p \left(\frac{I}{R_{wi}} \right)$</p> $\left. \begin{array}{l} 2.5 \cdot Q \cdot F_a \cdot S_0 \left(\frac{I}{R_{wi}} \right) = 0.63 \\ 0.625 \cdot S_p \left(\frac{I}{R_{wi}} \right) = 0.08 \end{array} \right\} \text{ bu yüzden } A_i = 0.625 \text{ \%g}$			
<p>Konvektif spektral ivme parametresi,</p> <p>$T_c \leq T_L$ şartı için $A_c = K \cdot S_{D1} \left(\frac{1}{T_c} \right) \left(\frac{I}{R_{wc}} \right) = 2.5 \cdot K \cdot Q \cdot F_a \cdot S_0 \left(\frac{T_s}{T_c} \right) \left(\frac{I}{R_{wc}} \right) \leq A_i$</p> <p>$T_c > T_L$ şartı için $A_c = K \cdot S_{D1} \left(\frac{T_L}{T_c^2} \right) \left(\frac{I}{R_{wc}} \right) = 2.5 \cdot K \cdot Q \cdot F_a \cdot S_0 \left(\frac{T_s \cdot T_L}{T_c^2} \right) \left(\frac{I}{R_{wc}} \right) \leq A_i$</p> <p>$T_s = F_v \cdot \left(\frac{S_1}{F_a} \right) S_s = 1.4$ nedeniyle $A_c = 0.25 \text{ \%g}$</p>			

Şekil 76. Tasarım spektral tepki ivmelenmesi

Kaynak: Keypour, 2012

W_f : Tank tabanının ağırlığı	=	625,000	N
W_s : Tank kabuğunun ve eklentilerin toplam ağırlığı	=	4,500,000	N
W_p : Sıvının tasarım özgül ağırlığına bağlı olarak tank içeriğinin toplam ağırlığı	=	300,000,000	N
W_r : Sabit tank çatısının toplam ağırlığı ve çatı tasarımı kar yükünün %10'u	=	1,000,000	N
W_{rs} : Kar yükünün %10'u dahil olmak üzere tank kabuğuna etki eden çatı yükü	=	250,000	N
W_i : Sıvının etkili impulsif ağırlığı			

D = 19.0 m ve H = 15.5 m için D/H = 1.226 kullanılarak,

$$\frac{D}{H} \geq 1.333 \text{ şartı için } W_i = \frac{\tanh\left(0.866 \cdot \frac{D}{H}\right)}{0.866 \cdot \frac{D}{H}} \cdot W_p$$

$$\frac{D}{H} < 1.333 \text{ şartı için } W_i = \left(1 - \frac{0.218 \cdot D}{H}\right) \cdot W_p \quad W_i = 189,072,744 \text{ N}$$

W_c : Sıvının etkin konvektif ağırlığı			
--	--	--	--

$$W_c = 0.230 \cdot \frac{D}{H} \cdot \tanh\left(\frac{3.67 \cdot H}{D}\right) \cdot W_p \quad W_c = 112,123,519 \text{ N}$$

Şekil 77. Ağırlıklar

Kaynak: API Standard

X_i : Halka duvar momenti için impulsif sıvı kuvveti ile ilgili yanal sismik kuvvetin etki merkezine tank kabuğunun tabanından olan yükseklik		
X_c : Halka duvar momenti için konvektif sıvı kuvveti ile ilgili yanal sismik kuvvetin etki merkezine tank kabuğunun tabanından olan yükseklik		
X_{is} : Döşeme momenti için impulsif sıvı kuvveti ile ilgili yanal sismik kuvvetin etki merkezine tank kabuğunun tabanından olan yükseklik		
X_{cs} : Döşeme momenti için konvektif sıvı kuvveti ile ilgili yanal sismik etki merkezine tank kabuğunun tabanından olan yükseklik		
X_s : Tank kabuğunun tabanından kabuğun ağırlık merkezine kadar olan yükseklik		
X_r : Tank kabuğunun tabanından çatı ve çatı eklentilerinin ağırlık merkezine kadar olan yükseklik		

$X_s = 6.890 \text{ m}$ ve $X_r = 16.50 \text{ m}$

$$\frac{D}{H} \geq 1.333 \text{ şartı için } X_i = 0.375H$$

$$\frac{D}{H} < 1.333 \text{ şartı için } X_i = \left(0.5 - \frac{0.094D}{H}\right)H$$

$$\frac{D}{H} = 1.226 \text{ olduğundan } X_i = 9 \text{ m}$$

$$\frac{D}{H} \geq 1.333 \text{ şartı için } X_{is} = 0.375 \left(1 + 1.333 \left(\frac{\frac{0.866D}{H}}{\tanh\left(\frac{0.866D}{H}\right)} - 1\right)\right)H$$

$$\frac{D}{H} < 1.333 \text{ şartı için } X_{is} = \left(0.5 + \frac{0.06D}{H}\right)H$$

$$\frac{D}{H} = 1.226 \text{ olduğundan } X_{is} = 8.53 \text{ m}$$

$$X_c = \left(1 - \frac{-1 + \cosh\left(\frac{3.67H}{D}\right)}{\frac{3.67H}{D} \cdot \sinh\left(\frac{3.67H}{D}\right)}\right)H \quad \text{için } X_c = 15.38 \text{ m}$$

$$X_{cs} = \left(1 - \frac{-1.937 + \cosh\left(\frac{3.67H}{D}\right)}{\frac{3.67H}{D} \cdot \sinh\left(\frac{3.67H}{D}\right)}\right)H \quad \text{için } X_{cs} = 12.13 \text{ m}$$

Şekil 78. Ağırlık merkezi

V : Toplam tasarım taban kesmesi
 V_i : Tankın ve içeriğın etkin ağırlığından gelen impulsif bileşen nedeniyle tasarım taban kesmesi
 V_c : Etkili çalkantı ağırlığının konvektif bileşeni nedeniyle tasarım taban kesmesi

$$V_i = A_i \cdot (W_s + W_r + W_f + W_i) \quad \text{için} \quad V_i = 121,998,590 \text{ N}$$

$$V_c = A_c \cdot W_c \quad \text{için} \quad V_c = 27,695,424 \text{ N}$$

$$V = \sqrt{V_i^2 + V_c^2} \quad \text{için} \quad V = 125,102,728 \text{ N}$$

Kendini taşıyan tanklar için V, aşağıda hesaplanacak olan V_s 'den daha az olacaktır:

$$V_s = \mu \cdot (W_s + W_r + W_f + W_p)(1 - 0.4 \cdot A_v) \quad \text{için} \quad V_s = 8,395,080 \text{ N}$$

Şekil 79. Taban kesmesi

N_h : Hidrostatik membran kuvveti
 N_i : Tank kabuğunda impulsif çevresel membran kuvveti
 N_c : Tank kabuğunda konvektif çevresel membran kuvveti
Y : Sıvı yüzeyinden analiz noktasına olan mesafe (pozitif aşağı)
G : Spesifik yer çekimi = 1.00

D = 19.0 m , H = 15.5 m için D/H = 1.226 olur ve $A_v = 0.0$ alınırsa,

$$\frac{D}{H} \geq 1.33 \quad \text{olduğunda} \quad N_i = 8.48 A_i G D H \left(\frac{Y}{D} - 0.5 \frac{Y^2}{H^2} \right) \cdot \tanh \left(\frac{0.866 D}{H} \right)$$

$$\frac{D}{H} < 1.33 \quad \text{ve} \quad Y < 0.75 D \quad \text{olduğunda} \quad N_i = 5.22 A_i G D^2 \left(\frac{Y}{0.75 D} - 0.5 \left(\frac{Y}{0.75 D} \right)^2 \right)$$

$$\frac{D}{H} < 1.33 \quad \text{ve} \quad Y \geq 0.75 D \quad \text{olduğunda} \quad N_i = 2.6 A_i G D^2$$

$$\frac{D}{H} \quad \text{ifadesinin tüm durumları için ise} \quad N_c = \frac{1.85 A_c G D^2 \cosh \left(\frac{3.68(H-Y)}{D} \right)}{\cosh \left(\frac{3.68 H}{D} \right)}$$

σ_T : Kabuktaki toplam birleşik çevresel gerilim
 σ_h : Kabuktaki hidrostatik çevresel gerilim
 σ_s : Depolanan sıvının impulsif ve konvektif kuvvetleri nedeniyle kabuktaki çevresel gerilim
 $\sigma_{\text{tüm}}$: İzin verilen sismik çevresel gerilim $1.33 \cdot S_d$ ve $0.9 \cdot F_y \cdot E$ ifadelerinden daha küçüktür
E : Bağlantı verimliliği = 1

$$\sigma_T = \sigma_h \pm \sigma_s = \frac{N_h \pm \sqrt{N_i^2 + N_c^2} + (A_v N_h)}{t}$$

Course No	Course width (m)	Y (m)	Course thk. (mm)	Course C.A. (mm)	σ_h (Mpa)	N_i (N/mm)	N_c (N/mm)	σ_s (Mpa)	σ_T (Mpa)	S_d (Mpa)	σ_d (Mpa)	Stress ratio	
1	2	15.5	10	3	138	121	1	12	150	137	182	0.83	OK
2	2	13.5	9	3	140	121	1	13	154	137	182	0.84	OK
3	2	11.5	8	3	143	121	2	15	158	137	182	0.87	OK
4	2	9.5	8	3	117	121	3	15	132	137	182	0.73	OK
5	2	7.5	7	3	115	115	6	16	131	137	182	0.72	OK
6	2	5.5	6	3	110	98	10	16	127	137	182	0.70	OK
7	2	3.5	6	3	68	71	17	12	80	137	182	0.44	OK
8	2	1.5	6	3	25	34	31	8	33	137	182	0.18	OK

M_{rw} : Çevresel duvar momenti
 M_s : Döşeme momenti

$$M_{rw} = \left((A_i (W_i X_i + W_s X_s + W_r X_r))^2 + (A_c W_c X_c)^2 \right)^{0.5} = 32,046,182 \text{ Nm}$$

$$M_s = \left((A_i (W_i X_{is} + W_s X_s + W_r X_r))^2 + (A_c W_c X_{cs})^2 \right)^{0.6} = 40,961,872 \text{ Nm}$$

Şekil 80. Çevresel gerilme ve momentler

Halka duvar boyunca çevresel yönde ki 200 ton çekme için $200/3,650 = 55 \text{ cm}^2$ donatı 17,4 Ø 20 olmalıdır. Bunun anlamı 18 Ø 20 dir. Bu nedenle, halka duvarın bir metre tepesindeki donatıların, üstten 1 metre yükseklikte 18 demir çubuk olması gerekir. Kolaylık olması açısından, tüm 1.5 m'lik halka duvar donatıları aynı değerde kullanılmıştır.

Çizelge 2. Yapı temeli için bar metraj listesi

Açıklama	Çap	Öğeler	Uzunluk	Toplam uzunluk	Birim ağırlık	Q14 - Q50
Yatay çubuk	20	51	65	3315	2,466	8174,8
Dikey üst çubuk	20	600	3,00	1800	2,466	4438,8
Dikey taban çubuğu	20	600	3,70	2220	2,466	5474,5
Tabanlı dikme	14	360	1,80	648	1,208	782,8
Bağlantı çubuğu	14	400	0,80	320	1,208	386,6
					Toplam	19257,5

Çizelge 3. Kazı metraj listesi

Açıklama	Öğeler	Alan	Yükseklik	M3 Toplam
Yapı temeli	1	104	2,5	260
			Toplam	260,0

Halka duvar boyunca dikey yöndeki maksimum çekme yaklaşık 30 ton olmaktadır ve bunun için 8.24 cm^2 inşaat demiri gerekir. Eğilme momenti için 30 ton.m değerimiz var ve gerekli inşaat demiri 13.00 cm^2 dir. Yani toplam $8.24 + 13.00 = 21.25 \text{ cm}^2$ ve her iki taraf için de Ø 20/20 kullanabiliriz.

V.SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapıyı modellemek için zemin ve yapı etkileşimini dikkate alarak kullandığımız yöntemde öncelikle yapının birincil frekansını elde ederiz. Bunu yapmak için zemin katmanlarının tipini, katmanların yarıçapını, zemin kesme modülünü, poisson oranını, sönümlemeyi ve zemin derinliğini giriyoruz. Bu yöntem bize aslında zeminin yapı üzerindeki etkisi olan hareketini ve sönümlemesini verir. İnceleme alanında deprem sırasında zemin ortamında dinamik süreçler ortaya çıkacağı açıktır. Deprem sırasında yayılan kesme dalgası, zemindeki yeraltı suyu basıncının yükselmesine ve kayma dayanımının genliğinin azalmasına neden olmaktadır. Bu azalma, yinelenen biçim değiştirmelerin genliğine bağlı olarak zeminde bazı yenilmelere neden olabilmektedir. Bunun yanında sıvılaşma depremin kaynağının uzaklığı ve büyüklüğü gibi, inceleme alanında ortaya çıkan en büyük yatay yer ivmesi gibi deprem parametrelerine de bağlı olarak gelişmektedir. Bu ilkeler göz önüne alınarak sıvılaşma sakıncasının bulunup bulunmadığının öngörülebilmesi için bütün bu etkenleri göz önüne alan değerlendirme yöntemleri önerilmiştir. Buna göre SD-13 sondajı baz alınarak hesaplar yapılmıştır. Sıvılaşmaya neden olabilecek dinamik yüklerin $M=7,5$ büyüklüklü bir depremin etkisi ile inceleme alanında oluşabilecek yer hareketleri ile ilgili olarak irdelenen tabakalarda $a_h = 0,087$ g değeri göz önünde tutulmuştur. Oturma hesabı arazide elde edilen düzeltilmiş SPT-N55 sayılarından yararlanılarak yapılmıştır.

$$\Delta H = \frac{31.2 \cdot q_{net}}{N}$$

formül 11

Temeller için toplam oturma yukarıdaki bağıntı ile hesaplanır. Burada ΔH (cm) zemin tabakasında meydana gelecek oturma, q_{net} (kg/cm^2) yapı yükü olup, yapı toplam yükünün birim alana tekabül eden miktarı olarak alınacaktır ve N ortalama SPT darbe sayısıdır. Yapı yükünün birim alana tekabül miktarı $1.25 \text{ kg}/\text{cm}^2$ kabul edilir ve arazide elde edilen düzeltilmiş ortalama SPT-N55 = 9 olduğuna göre bu değerler yukarıdaki bağıntıda yerine konularak toplam oturma

$\Delta H = 4.33$ cm olarak elde edilir. Elde edilen bu değerler sınır değerler dâhilinde olduğundan zeminde oturma problemi beklenmemektedir.

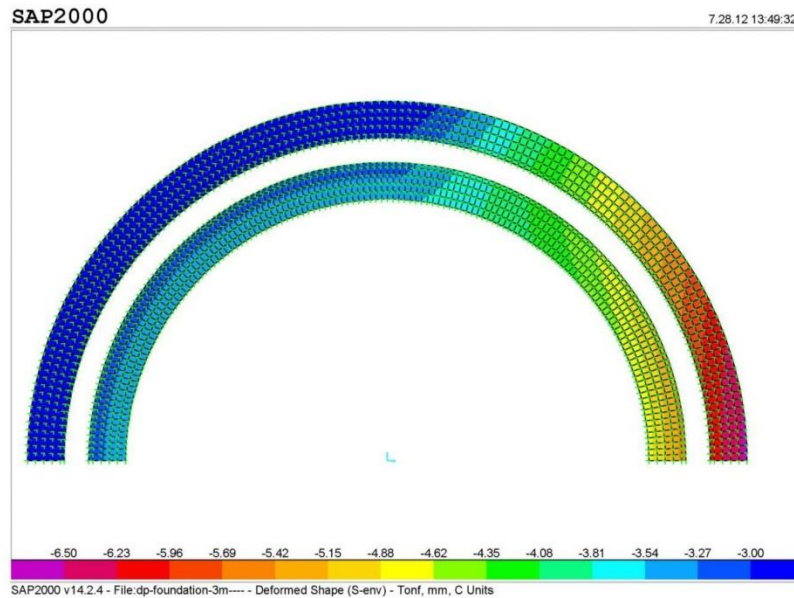
Stabilite kontrolü ve ankraj tasarımı ile ilgili sonuçlar şu şekildedir. Maksimum deformasyon 6,5 mm ve $37500 \times 0,0065 = 243 \text{ kN/m}^2 < 405 = 270 \times 1,5$ olduğundan negatif tepki yoktur, bu nedenle temel güvenli olarak düşünülebilir. Tank ankraj hesabı 5.000 m^3 , sismik moment (N-m) $M_{rw} = 76.821.330,27$ ve kabuk tabanına etki eden tank ve çatı ağırlığı olan $W_t = 23400 \text{ N/m}$, $A_v = 0$, $D = 19 \text{ m}$ olmaktadır. API 650'den birim çevresel uzunluk başına ankrajlar üzerindeki kaldırma yükü W_{AB} ve ankraj sismik tasarım yükü P_{AB} olmak üzere,

$$W_{AB} = \left(\frac{1,273M_{rw}}{D^2} - W_t(1-0,4A_v) \right) \quad \text{formül 12}$$

$$P_{AB} = W_{AB} \left(\frac{\pi D}{n_A} \right) \quad \text{formül 13}$$

İlgili bağıntılardan öncelikle $W_{AB} = 248000 \text{ N/m}$ olarak hesaplanır. Burada n_A , tank çevresi etrafındaki eşit aralıklı ankrajların sayısını göstermek üzere ve n_A

$= 20$ için $P_{AB} = 248000 \cdot \frac{3,14 \cdot 19}{20} = 739784 \text{ N}$ elde edilir. Ankraj bulonları ve kayışlar için izin verilen çekme gerilimi belirtilen minimum akma geriliminin % 80'ine eşittir.



Şekil 81. Zemin deformasyon değerleri

Analizler ile bulonların minimum akma gerilimi = 355 Mpa ve bir bulonun gerekli alanı = $739784 / (0,8 \times 355) = 2605 \text{ mm}^2$ olduğu bulunmuştur. Bu ise 57,8 mm çapında bulon verir.

Bu çalışmada sismik yükü temele aktarmak için farklı bir çözüm yöntemi önerildi ve halka şeklindeki çevresel temeli tasarlamak için, sadece sismik kesme kuvvetinin tankın ağırlık merkezine indüklenmesi yeterli oldu. Bu kuvvet, varsayımsal rijit elemanlarla halka duvarına aktarıldı. Daha sonra bilgisayar yazılımı, kesme kuvvetini yükleme mesafesiyle çarparak sismik momenti oluşturdu. Dolayısıyla tank temeli modelinde hem sismik momenti hem de kesmeyi kullanmaya gerek kalmamıştır.

VI. KAYNAKLAR

DERGİLER

HARRİS, G. M. (1976). **Foundations and Earthworks for Cylindrical Steel Storage Tanks**

BAKALİS, K. (2018). **Seismic Performance Assessment of Industrial Facility Atmospheric Liquid Storage Tanks.**

BEKTAŞ, N. (2020). Reliability Based Seismic Assessment of Unanchored Circular Steel Storage Tanks. **Izmir Institute of Technology**

WISNUGROHO, J., S. (2018). **Numerical Study of Oil Storage Tanks during Planar Settlement.**

BAKALIS, K., VAMVATSIKOS, D., FRAGIADAKIS, M. (2015). **Seismic Fragility Assessment of Steel Liquid Storage Tanks.**

KEYPOUR, H., İZ, S. (2012). **Tank Foundation Design.**

API STANDARD 650 (2020) Welded Tanks for Oil Storage, **Thirteenth Edition, Apı Standard 2020.**

SOULES, J.G., BACHMAN, R.E., SİLVA, J.F. (2016). ENAP Engineering Standard EI-004: Wind, Earthquake, and Snow Loading, **American Society of Civil Engineers (ASCE).**

İNTERNET KAYNAKLARI

URL-1 <https://vibromenard.co.uk/wp-content/uploads/2018/12/Vibro-Compaction.jpg>

URL-2 HLS PVD mast Catalogue. <https://iprorwxhpikklj5q-static.micyjz.com/HLS+PVD+Catalogue-aidpiBpiKjiRliSpjjjnlri.pdf?dp=GvUApKfKKUAU>

URL-3 www.hlsengineering.com

URL-4 <https://www.jcramsdell.com/products/earth-guard-earthen-dike-containment>

URL-5 www.geplus.co.uk

ÖZGEÇMİŞ