

T.C
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

KİMYASAL TANKER KARGO TANKLARININ
SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE
YAPISAL ANALİZİ

Doğın ÖZTEKİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TASARIM VE İMALAT ANA BİLİM DALI

GEBZE

2008

T.C
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

KİMYASAL TANKER KARGO TANKLARININ
SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE
YAPISAL ANALİZİ

Doğın ÖZTEKİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMANI: Yrd. Doç. Dr. A. Zafer ŞENALP

TASARIM VE İMALAT ANA BİLİM DALI

GEBZE

2008

 GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ	MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ JÜRİ ONAY FORMU
--	--

JÜRİ

ÜYE (BAŞKAN) : Doç. Dr. Babür ÖZÇELİK



ÜYE : Doç. Dr. Ali ATA



ÜYE : Doç. Dr. A. Zafer Şenalp



Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 29/01/08 tarih ve 2008/4 sayılı kararı ile yukarıdaki öğretim elemanlarından oluşmuş jüri tarafından düzenlenen 18/04/2008 tarihli Tez Savunma Tutanağı neticesinde Yüksek Lisans Doğan ÖZTEKİN'in çalışması GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Yönetim Kurulu/...../..... tarih ve/...../..... sayılı kararıyla Anabilim Dalında Yüksek Lisans / Doktora tezi olarak onaylanmıştır.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

**TEZİN BAŞLIĞI :KİMYASAL TANKER KARGO TANKLARININ SONLU
ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE YAPISAL ANALİZİ**

YAZAR ADI : Doğan ÖZTEKİN

Bu çalışmada, üç boyutlu sonlu elemanlar modeli kullanılarak bir kimyasal tankerin kargo tanklarının statik yükleme analizi yapılmıştır. Kimyasal tankerler genelde 12-14 arası kargo tankına sahip gemilerdir. Üç boyutlu model, geminin mastori bölgesindeki iskele ve sancak olmak üzere toplam altı tankından meydana gelmektedir. Analizler bu tanklarda klas kuruluşlarının belirtmiş olduğu kritik yükleme durumlarından birinin uygulanması sonucunda oluşan gerilmeleri tespit etmek amacı ile yapılmıştır. Katı model oluşturulurken Autocad ve ANSYS programları, nümerik analizler de ise yine ANSYS paket programı kullanılmıştır.

SUMMARY

**THESIS TITLE : STRUCTURAL ANALYSES OF A CHEMICAL TANKER
BY FINITE ELEMENT METHOD**

AUTHOR : Doğan ÖZTEKİN

In this thesis, static loading analysis for cargo tanks of a chemical tanker was performed using method finite element model. In general, Chemical tankers have between 12 and 14 cargo tanks. The finite element model produced from six cargo tanks in mastory area which are three in port side and three in starboard side. Stresses on the ship bulkheads and girders are calculated. Autocad and ANSYS softwares are used for solid model creating. ANSYS software is also used for numarical analyses.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamdaki katkılarından dolayı, değerli zamanını benden esirgemeyen tez danışmanım sayın Yrd. Doç. Dr. A. Zafer ŞENALP'e (GYTE M.F.), bu konuda bana çalışma olanağı veren Fatih DÖNMEZ'e (NAVTEK Deniz Teknolojisi), desteği ve fikirleri ile bu tezin yazılabilmesini sağlayan Barış DEDETAŞ'a, Çağın KARAMÜFTÜOĞLU'na Yaşar TOPRAK'a, her zaman yanımda olan Derya ORDU'ya, arkadaşlarıma ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

Gebze , Ocak 2008

Doğan ÖZTEKİN

İÇİNDEKİLER

1	GİRİŞ	1
1.1	AMAÇ	1
1.2	KAPSAM	1
1.3	GEMİLERDE YAPISAL ANALİZ İLE İLGİLİ BİLİMSEL ÇALIŞMALAR	2
2	SONLU ELEMENLAR YÖNTEMİ	5
3	SONLU ELEMENLAR MODELİ	7
3.1	GEOMETRİK MODEL	8
3.2	MALZEME MODELİ	19
3.2.1	Linear Isotropic Elastic Model	20
3.3	ELEMAN SEÇİMİ VE SONLU ELEMAN AĞI OLUŞTURULMASI	20
3.3.1	Kabuk Elamanlar Teorisi	21
3.3.2	Elemanın Özellikleri	30
3.3.3	Sonlu Elamanlar Ağının Oluşturulması	31
3.4	SINIR ŞARTLARININ TANIMLANMASI	34
3.5	YÜKLEME DURUMU	36
3.5.1	Deniz basıncının girilmesi	38
3.5.2	Kargo yüklerinden oluşan basıncın girilmesi	40
4	SONLU ELEMENLAR ANALİZİ	43
5	SONUÇLAR VE YORUMLAR	44
5.1	SONUÇLAR	44
5.1.1	Statik Analiz Sonuçları (Maksimum yer değiştirme Değerleri)	44
5.1.2	Statik Analiz Sonuçları (Maksimum Gerilme Değerleri)	50
5.2	YORUMLAR	56
5.3	ANALİZLERDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ	58
	KAYNAKLAR	59
	ÖZGEÇMİŞ	61

SİMGELER VE KISALTMALAR

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklamalar</u>
V	hacim
S	yüzey
T	birim alana dağıtılmış kuvvet
x	bir noktanın kartezyen koordinatlarının vektörel gösterimi
u	x noktasının yerdeğiştirme vektörü
f	dağıtılmış kuvvet
p_i	i noktasındaki yük kuvveti
σ	gerilme tensörü
n	normal vektör
ε	yerdeğiştirme vektörü
ν	Poisson oranı
E_x	elastisite modülü
G	malzemenin kayma modülü
D	rijitlik matrisi
J	burkulma sabiti
L_{OA}	tam boy
L_{BP}	kaimeler arası boy
B	genişlik
d	draft
ρ	yoğunluk
p	basınç
ψ	belirli bir deplasman fonksiyonu

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: <i>Bir sonlu eleman modelinde nod noktaları ve elemanlar.</i>	6
3.1: <i>Geminin profil görüntüsü.</i>	8
3.2: <i>Geometrik modeli oluşturulacak bölüm.</i>	9
3.3: <i>Sonlu elemanlar modeli yapılacak tankların üstten görünüşü.</i>	9
3.4: <i>Keypointler.</i>	10
3.5: <i>Keypointlerden oluşan çizgiler.</i>	11
3.6: <i>Menholleri oluşturan çizgiler.</i>	12
3.7: <i>İki posta arası alanlar.</i>	13
3.8: <i>İki derin posta arası alanlar.</i>	14
3.9: <i>İki derin posta arası alanlar.</i>	14
3.10: <i>Kimyasal tankerin Ansys programında oluşturulmuş geometrik model.</i>	16
3.11: <i>Kimyasal tankerin destek elemanlarının görünümü.</i>	16
3.12: <i>Enine ve boyuna korgeyt perdeler.</i>	17
3.13: <i>Enine ve boyuna su-geçmez perdelerin kalınlık değerleri.</i>	17
3.14: <i>Dış kaplama ve iç cidar saclarının kalınlık değerleri.</i>	18
3.15: <i>Derin posta saclarının kalınlık değerleri.</i>	18
3.16: <i>Bir dikdörtgrn kesitli elemanın lokal eksen takımı ve global eksen takımları için yönelme ve doğrultu vektörleri.</i>	21
3.17: <i>Rijit cisim hareketi altında, Kirchoff düşük eğrilikli kabuk elemanı.</i>	24
3.18: <i>Pascal üçgeni kullanılarak ilkel deplasman fonksiyonlarının seçilmesi.</i>	25
3.19: <i>Sell63 geometrisi.</i>	30
3.20: <i>Eleman geometrisinde mücade edilebilir deformasyonlar.</i>	32
3.21: <i>Kimyasal tanker sonlu elemanlar modeli mesh yoğunluğu.</i>	32
3.22: <i>Kimyasal tanker destek elemanlarının mesh yoğunluğu.</i>	33
3.23: <i>Enine ve boyuna korgeyt perdelerin mesh yoğunluğu.</i>	33
3.24: <i>Sınır şartları</i>	35
3.25: <i>Kargo yükleme durumu.</i>	36
3.26: <i>Dış kaplama dahilindeki alanlar.</i>	38

3.27: Dış kaplama dahilindeki elemanlar.	39
3.27: Deniz basıncı yükleme değerleri. (N/mm^2)	40
3.28: 4 no'lu tanklardaki iç durgun basınç dağılımı değerleri. (N/mm^2)	41
3.29: 4 no'lu tanklardaki iç durgun basınç dağılımı değerleri. (N/mm^2)	42
5.1: Yükleme altındaki derin posta toplam yer değiştirme sonuçları. (mm)	44
5.2: Yükleme altındaki derin posta y yönünde yer değiştirme sonuçları. (mm)	45
5.3: Yükleme altındaki derin posta z yönünde yer değiştirme sonuçları. (mm)	45
5.4: Yükleme altındaki su-geçmez perde toplam yer değiştirme sonuçları. (mm)	46
5.5: Yükleme altındaki su-geçmez perde y yönünde yer değiştirme sonuçları. (mm)	47
5.6: Yükleme altındaki su-geçmez perde z yönünde yer değiştirme sonuçları. (mm)	47
5.7: Ana güverte toplam yer değiştirme sonuçları. (mm)	48
5.8: Ana güverte x yönünde yer değiştirme sonuçları. (mm)	49
5.9: Ana güverte y yönünde yer değiştirme sonuçları. (mm)	49
5.10: Ana güverte z yönünde yer değiştirme sonuçları. (mm)	50
5.11: Yükleme altındaki derin posta von-mises stress sonuçları. (MPa)	50
5.12: Yükleme altındaki derin posta y yönünde stress sonuçları. (MPa)	51
5.13: Yükleme altındaki derin posta z yönünde stress sonuçları. (MPa)	51
5.14: Yükleme altındaki derin posta y z yönünde stress sonuçları. (MPa)	52
5.15: Yükleme altındaki su-geçmez perde von-mises stress sonuçları. (MPa)	53
5.16: Yükleme altındaki su-geçmez perde y yönünde stress sonuçları. (MPa).	53
5.17: Yükleme altındaki su-geçmez perde z yönünde stress sonuçları. (MPa)	54

5.18: <i>Yükleme altındaki su-geçmez perde y z yönünde stress sonuçları. (MPa)</i>	54
5.19: <i>Ana güverte von-mises stress sonuçları. (MPa)</i>	55
5.20: <i>Ana güverte y yönünde stress sonuçları. (MPa)</i>	55
5.21: <i>Çapraz yükleme durumu.</i>	57

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 <i>Geminin Ana Boyutlar.</i>	8
3.2: <i>St42 A grade gemi inşa çeliği mekanik özellikler.</i>	19
5.1: <i>St42 AH36 grade gemi inşa çeliği mekanik özellikleri.</i>	56

1. GİRİŞ

1.1 AMAÇ

Bu yüksek lisans tezi, *bir kimyasal tankerin kargo tanklarının*, bütün yapısal elemanları ile sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak üç boyutlu olarak modellenmesini ve yapılan statik yük analizlerini içermektedir. Genel olarak gemi gövdesi üzerine deniz basıncı, geminin kendi ağırlığı ve kargo yüklerinin meydana getirdiği basınç etki etmektedir. Projenin amacı, en kritik yükleme durumlarından biri altında, seçilen geminin sonlu elemanlar analizini gerçekleştirerek yapısal davranışlarını incelemek, enine perde ve derin postalar üzerindeki maksimum gerilmelerin ve yer değiştirmelerin yerlerini bularak daha sonra üretimi yapılacak kimyasal tankerler için referans olacak bir çalışma oluşturmaktır.

1.2 KAPSAM

Bu tez, yukarıda belirtilen amaçlara uygun olarak, daha önce gemiler için yapılan yapısal analizler ve sonlu elemanlar yöntemi hakkında literatür araştırmasını, yapılan sonlu elemanlar analizlerini ve bu analizler ışığında gerçekleştirilen yorumları içermektedir.

Tez çalışmasını oluştururken, sonlu elemanlar modelinin oluşturulmasındaki mantık sırasına uyulmuştur. İlk olarak Ansys programına ait komutlar ve özel seçenekler gösterilmiştir.

1.3 GEMİLERDE YAPISAL ANALİZ İLE İLGİLİ BİLİMSEL ÇALIŞMALAR

Gemi bünyesini oluşturan elemanlardaki gerilme analizi için, geleneksel hesap yöntemlerinin yerine, bilgisayar kapasite ve hızlarının artması ile nümerik çözüm yöntemleri daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayar destekli bu çalışmalar, 1950'lerin sonlarında başlar. [1] Bu dönemde iki enine perde arasındaki gemi bloğu üzerinde yapısal modellemelere rastlanmaktadır. Yuille ve Wilson enine sistemde inşa edilmiş tek cidarlı bir geminin iki enine perde arasındaki bloğunun enine mukavemetini incelerken ızgara sistem modellemesi kullanmışlar, sistemin perdelerde rijit olduğu kabulü ile sınır şartlarını tespit etmişlerdir. Hesaplamalar için matris metotlarını kullanmışlar ve bilgisayar programı geliştirmeye başlamışlardır. [2] Gemi bünyesindeki bu nümerik lokal gerilme analizi çalışmaları devam etmiş ve elde edilen sonuçlar, zaman zaman deneysel çalışmalarla veya analitik hesaplamalarla karşılaştırılarak geliştirilmeye devam ettirilmiştir. Yine bu yıllarda gemi yapısı, çerçeve ve ızgara yapısal modellemeleriyle ayrı ayrı düzlemsel yapı sistemleri olarak incelenmiş, gemi enine mukavemeti gözönüne alınarak yapısal dizayn teknikleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Michelsen ve Nielsen gemi dip yapısını ızgara sistem olarak modellerken, sistemin elastik zemine oturduğu kabulü ile problemin çözümüne gitmişlerdir. [3] Elde ettikleri sonuçları Schade ve Vedeler'in analitik çözümleriyle karşılaştırmışlardır. [4,5]

Bilgisayar teknolojisinin hızla gelişmeye devam etmesi, bilgisayarın hafıza kapasitelerinin büyümesi ve işlem hassasiyetlerinin artması ile daha büyük boyutlu denklem takımlarının çözümü için olanak sağlamıştır. Bu dönemde de tek boyutlu giriş elemanlar yerine üç veya dört köşeli yüzey elemanlar kullanılmaya başlanmıştır.

Kendric, süper tankerlerin yapısal dizaynı üzerine yapmış olduğu çalışmada güverte ve dip yapıyı ızgara sistem olarak, gemi enine kesitlerini de çerçeve olarak modelleyerek, sonlu elemanlar yöntemi ile gerilme analizi yapmıştır. [6]

Nielsen ve Chang, tanker yapısı üzerinde çalışma yapmışlardır. Yapılan bu çalışmada tank perdelerini yüzeysel sonlu elemanlar kullanarak incelemişler, ayrıca bu perdeleri lineer boyuna giriş elemanlarla birleştirerek gemi mukavemeti hesapları açısından diğer sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan çalışmalara oranla daha az bilgisayar hafızası kullanan bir yaklaşım getirmişlerdir. [7] Elbatouti ve Jan, Konteyner gemileri üzerinde üçgen sonlu

elemanlar kullanarak üç boyutlu bir modelleme ile yapısal analiz yapmışlardır. Bu çalışmada gemi kesitleri idealleştirilmiş, gemi boyuna eksenine göre simetri özelliğinden yararlanılarak gemi yapısının bir yarısı üzerinde 3328 eleman, 1807 düğüm noktası üretilmiş ve bunun sonucunda 6672 serbestlik dereceli bir sistem elde ederek problemin çözümüne gitmişlerdir. [8] Chen ve Kutt, gemi bünyesinin güverte, dip, perde gibi yapısal kısımlarında yer değiştirmelerin büyük olduğu kabulü ile yapısal analiz çalışmaları yapmışlar ve bu çalışmalar sırasında düzlemsel sonlu elemanlar ve kiriş elemanları kullanarak burkulma ve burkulma sonrası durumu incelemişlerdir. [9] Yine bu araştırmacılar daha sonra yapmış oldukları çalışmada ise yorulma problemi üzerinde durmuşlardır. [10]

Yapılan üç boyutlu sonlu elemanlar analizleri, zaman zaman prototipler üzerinde elde edilen sonuçlar da karşılaştırılarak geliştirilmeye devam edilmiştir. Purcell ve Ailen kıyı koruma devriye botu üzerinde üç boyutlu modelleme ile 5000'in üzerinde düzlem eleman kullanarak yapısal analiz yapmışlar ve elde ettikleri sonuçları tekne üzerinde seyir esnasında kaydedilen değerlerle karşılaştırmışlardır. [11]

Gemi üretim teknolojisinin gelişmesi, taşınan yük tiplerinin çeşitlenmesi, ayrıca çevre kirliliğinin önlenmesinin önemli bir dizayn parametresi haline gelmesi ile klasik gemi yapısında önemli değişiklikler ortaya çıkmıştır. Böylelikle yeni gemi tipleri geliştirilmiştir. Bu yeni tipteki gemilerin dizaynı sırasında eski tecrübelerden ve klas kuruluşlarının kurallarından fazla yararlanılamaması yukarıda bahsedilen çalışmaların önemini arttırmıştır. Hori ve Sekihama tek yönlü kiriş sistemi ile yapılan çift cidarlı bir tankerin dizaynında sonlu elemanlar yöntemini kullanarak çalışmalar yapmışlardır. Burada, tankerin iki tankı içeren bir bölümünde üç boyutlu bir analizle eleman boyutlarının elde edilmesine çalışmışlardır. [12]

Literatür araştırmasında ülkemizden de bu konuyla ilgili çeşitli akademik çalışmalara rastlanmıştır. 1995 yılında Bayraktarkatal, bilgisayardan yararlanarak gemi bünyesinde yapısal analiz yapabilmek için bir model geliştirmiştir. Böylelikle bu modelin endüstride kullanılabildiğini amaçlamıştır. Yapılan modellemeye uygun olarak hazırlanan bilgisayar programı, inşa edilmiş örnek bir gemi üzerinde uygulanmıştır. Gemi bünyesine etkiyen dış yükler olarak Türk Loydu'nun vermiş olduğu değerler kullanılmıştır. Gemi bünyesinde yapılan gerilme analizi sonucunda elde edilen değerler yine Türk Loydu'nun vermiş olduğu değerlerle karşılaştırılmıştır. [13]

2002 yılında Tayyar, gemi dip yapısında iki perde arasında kalan bölge üzerinde çalışmış ve yapısal elemanlar üzerindeki moment dağılımları ızgara sistem

modellemesi ile çeşitli sınır şartları için incelemiş ve sonuçları deneysel çalışmalar ile desteklemiştir. [14]

Bostanoğlu, Ansys programını kullanarak sonlu elemanlar yöntemi ile bir konteyner gemisinin yapısal analizini gerçekleştirmiştir. [15]

Nümerik çalışmaların başlamasıyla birlikte paket programlar üretilmiş ve günümüze kadar geliştirilerek kullanılmaya devam edilmiştir. Bu paket programlardan bazıları ANSYS, NASTRAN, NİSA, SAP, SESAM-69, STAGS, MARC, ASAS, SAGS adları ile bilinen sonlu elemanlar programlarıdır. [16]

2. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ

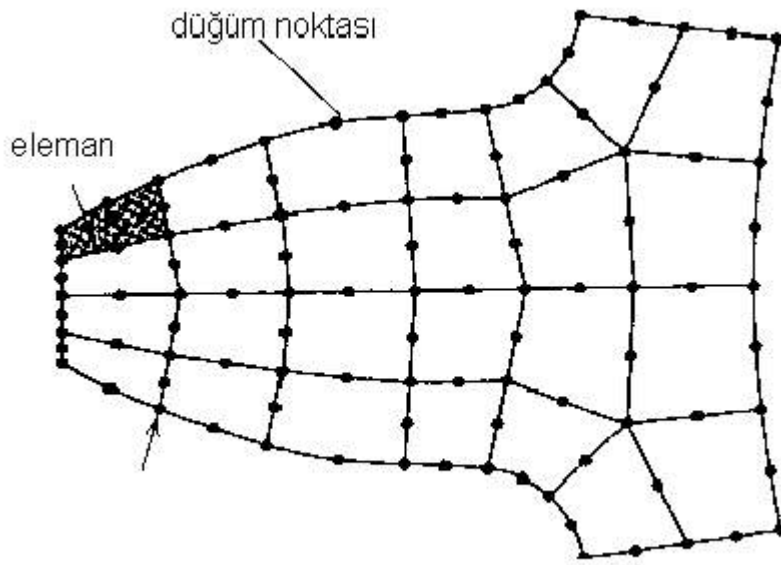
Sonlu elemanlar yöntemi matematikçilerden ziyade daha çok mühendisler tarafından geliştirilmiştir. Yöntem ilk olarak gerilme analizi problemlerine uygulanmıştır. Tüm bu uygulamalarda bir büyüklük alanının hesaplanması istenmektedir. Gerilme analizinde bu değer deplasman alanı veya gerilme alanı; ısı analizinde sıcaklık alanı veya ısı akısı; akışkan problemlerinde ise akım fonksiyonu veya hız potansiyel fonksiyonudur. Hesaplanan büyüklük alanın almış olduğu en büyük değer veya en büyük gradyen pratikte özel bir öneme sahiptir.

Sonlu elemanlar yönteminde yapı, davranışı daha önce belirlenmiş olan bir çok elemana bölünür. Elemanlar "nod" adı verilen noktalarda tekrar birleştirilirler. Bu şekilde matematiksel bir denklem takımı elde edilir. Gerilme analizinde bu denklemler nodlardaki denge denklemleridir. İncelenen probleme bağlı olarak bu şekilde yüzlerce hatta binlerce denklem elde edilir. Bu denklem takımının çözümü ise bilgisayar kullanımını zorunlu kılmaktadır.

Sonlu elemanlar yönteminde temel fikir sürekli fonksiyonları bölgesel sürekli fonksiyonlar (genellikle polinomlar) ile temsil etmektir. Bunun anlamı bir eleman içerisinde hesaplanması istenen büyüklüğün (örneğin deplasmanın) değeri o elemanın nodlarındaki değerler kullanılarak interpolasyon ile bulunmasıdır. Bu nedenle sonlu elemanlar yönteminde bilinmeyen ve hesaplanması istenen değerler nodlardaki değerlerdir. Bir varyasyonel prensip (örneğin; enerjinin minimum olması prensibi) kullanılarak büyüklük alanının nodlardaki değerleri için bir denklem takımı elde edilir. Bu denklem takımının matris formundaki gösterimi;

$$[K] \cdot [D] = [R] \quad (1.1)$$

şeklinde. Burada $[D]$ büyüklük alanının nodlardaki bilinmeyen değerlerini temsil eden vektör, $[R]$ bilinen yük vektörü ve $[K]$ ise bilinen sabitler matrisidir. Gerilme analizinde $[K]$ rijitlik matrisi olarak bilinmektedir. [17]



Şekil 2.1: Bir sonlu eleman modelinde nod noktaları ve elemanlar.

3. SONLU ELEMANLAR MODELİ

Gemi bünyesinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile modellenmesi genel olarak üç kategoride toplanabilir:

1. Kiriş Elemanlarla Modelleme: Daha çok lokal yapısal analizde ızgara ve düzlem çerçeve problemleri olarak, global analizde ise üç boyutlu çerçeve problemlerinde kullanılır.
2. Kabuk Elemanlarla Modelleme: Lokal analiz olarak panel, desteklenmiş panel hesaplarında, global analiz olarak üç boyutlu modellemede daha sık kullanılır.
3. Karma Sonlu Eleman Modeli: Hem kabuk hem de kiriş elemanların birlikte kullanıldıkları Sonlu Elemanlar Modelidir. Genel olarak üç boyutlu global yapısal analizlerde kullanılır.

Kiriş elemanın en önemli dezavantajları, taşıyıcı sistemdeki gerilme dağılımını tam olarak yansıtamaması, gerilme yığılmalarının görülememesi ayrıca, panel burkulma hesabı için yeterli bilgi verememesidir. Bununla birlikte modelleme süresinin daha kısa olması diğer eleman tiplerine göre daha az hafızaya ihtiyaç göstermesi ve çözüm süresinin azlığı avantajlı yanıdır.

Kabuk eleman ise, taşıyıcı sistemdeki gerilme dağılımının daha ayrıntılı elde edilmesine olanak sağlaması, daha hassas hesap yapabilmesi açısından avantajlıdır. Buna karşılık yapısal modellemenin daha zor, süresinin daha uzun olması yüksek kapasiteli bilgisayar gereksinimi dezavantajıdır.

İki eleman tipinin kullanıldığı karma modelleme de ise amaç her iki eleman tipinin yerine göre avantajlı yanlarının kullanılmasıdır. Bu tip modellemenin en önemli dezavantajı ise tecrübeye ihtiyaç göstermesidir. [17]

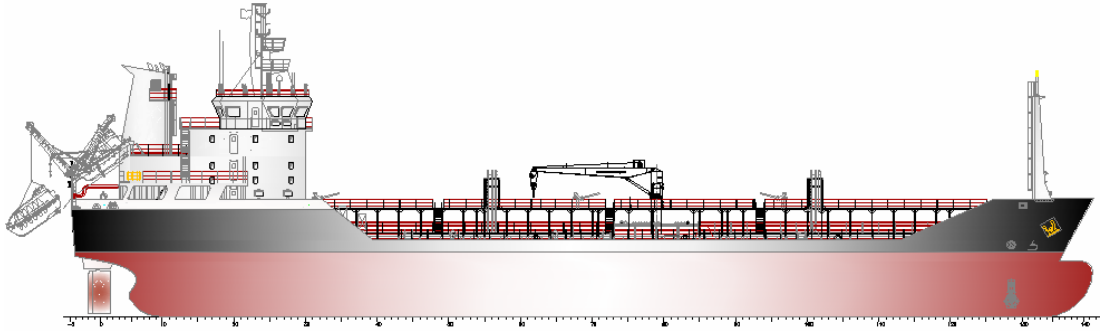
Bu çalışmada modellenecek gemi bünyesinin desteklenmiş panellerden meydana gelmesinden dolayı, sonlu elemanlar modeli, klasik Ansys’de kabuk elemanlarla oluşturulacaktır. Kabuk elemanlarla ilgili detaylı bilgilere ileriki aşamalarda yer verilecektir.

3.1 GEOMETRİK MODEL

Modeli yapılacak gemi bir kimyasal tanker olup profil görüntüsü Şekil 3.1’de ve ana boyutları Tablo 3.1 de verilmiştir.

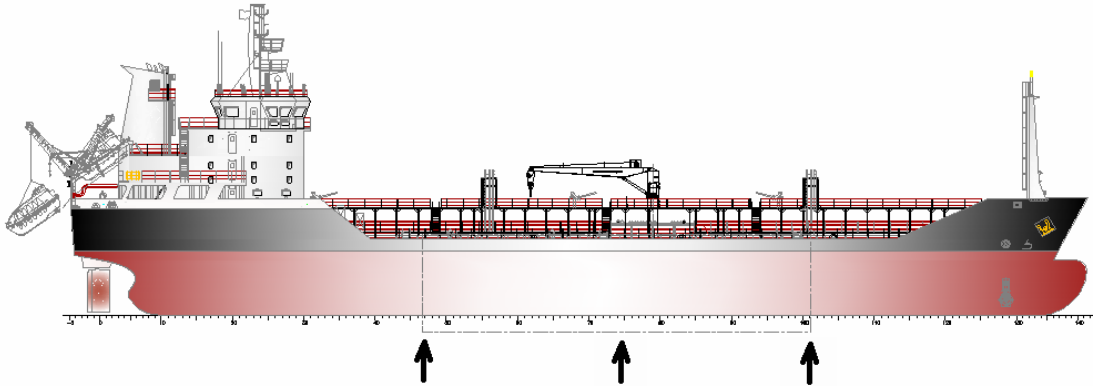
Ana Boyutlar			
L _{OA}	=	87.00	m
L _{BP}	=	81.91	m
B	=	13.00	m
D	=	6.70	m
T _D	=	5.45	m
DEADWEIGHT	=	2350	DWT

Tablo 3.1 Geminin Ana Boyutları



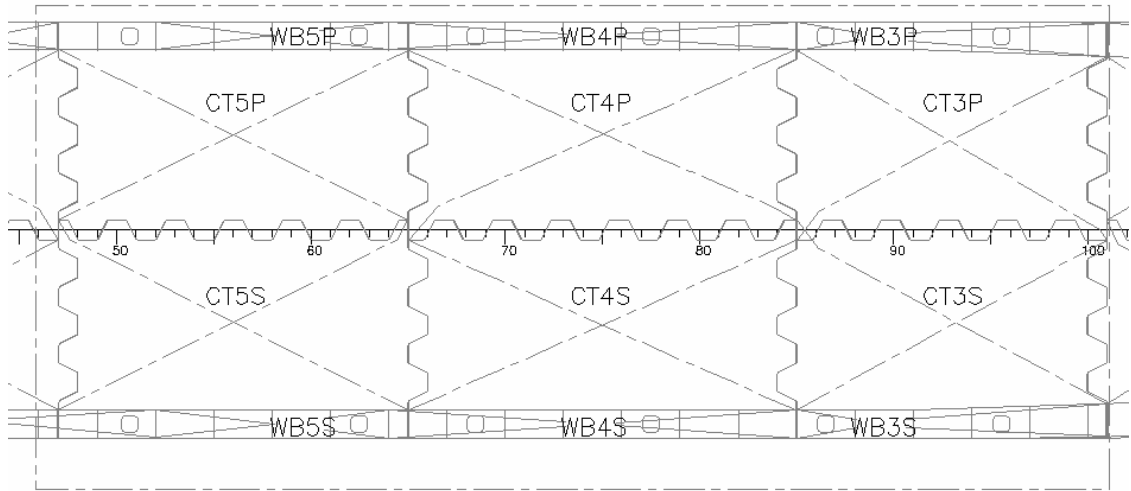
Şekil 3.1: Geminin profil görüntüsü.

Şekil 3.2’de geminin profil görüntüsü üzerinde sonlu elemanlar modeli oluşturulacak bölüm gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Geometrik modeli oluşturulacak bölüm.

Gemi, 6'sı iskelede ve 6'sı sancakda olmak üzere 12 adet kargo tankına sahiptir. Modellenen kısım ise 3, 4 ve 5'inci iskele-sancak tanklarıdır. Posta sisteminde geminin modellenen bölümü 48 ve 100 nolu postalar arasındadır. Modelin uzunluğu 32940 milimetre ve postalar arası mesafe 610 mm'dir.



Şekil 3.3: Sonlu elemanlar modeli yapılacak tankların üstten görünüşü.

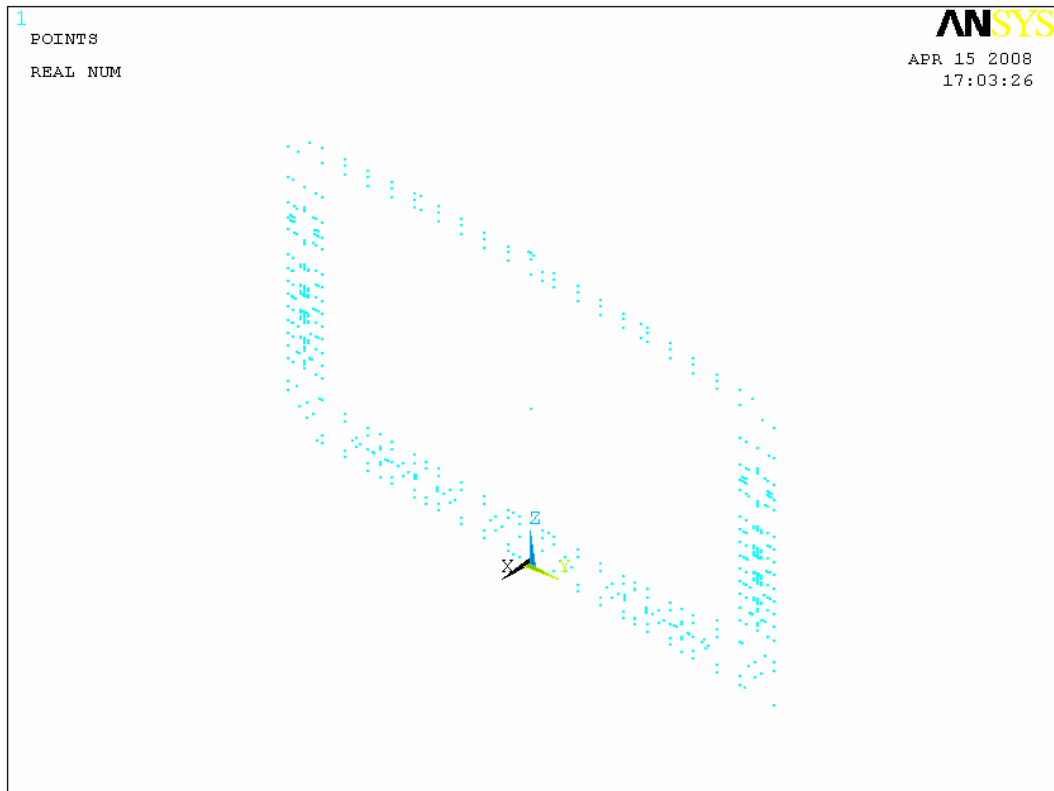
Model, 48 ve 100 nolu postalar arasındaki gemi bünyesine dahil olan borda iç ve dış saçları, dip ve dip saçları, güverte kaplama saçları, borda ve güverte enine ve boyuna kirişleri, orta ve yan tulaniler, dolu döşekler, enine ve boyuna korgeyt perdeler ve profillerden oluşmaktadır.

Analizin sonucunu etkilemeyeceği düşünölen küçük delik ve açıklık gibi ayrıntılar model oluşturulurken dikkate alınmamıştır. Böylece kullanılan eleman yoğunluğunun azaltılması amaçlanmıştır.

Katı model oluşturulurken ilk olarak, geminin iki boyutlu orta kesit ve boy kesit işçilik resimleri referans alınıp postayı meydana getirecek olan keypointler girilmiştir.

Geminin orta kesit işçilik resmindeki tipik bir derin postasının ofset tablosu autocad programı ile çıkarılmış ve bu tablo yardımıyla Ansys programında Keypointler oluşturulmuştur.

Modeling > Create > Keypoints > In Active CS



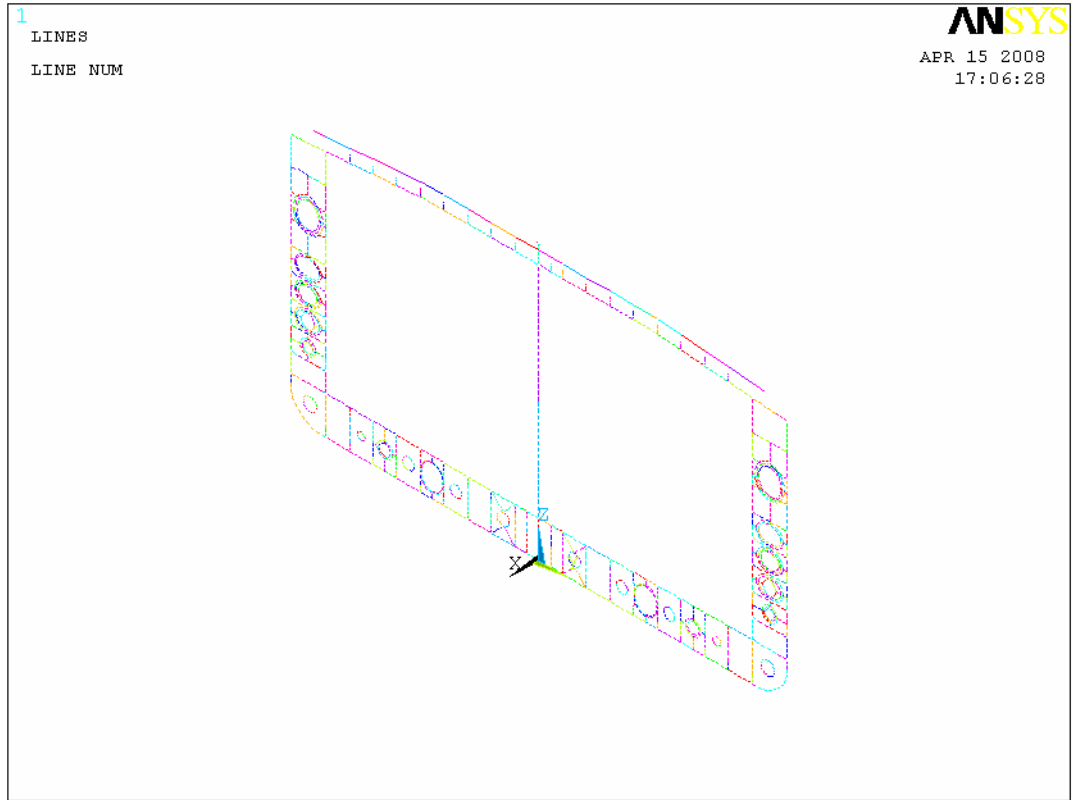
Şekil 3.4: Keypointler.

Girilen bu noktalar arasında “Line” komutu ile çizgiler oluşturulmuştur. Sintine bölgesindeki eğimli kısım “Spline” komutu ile çizilerek gemi formuna oldukça

yaklaşmıştır. Oluşturulan bu çizgilerle modelin bir postası tanımlanması tamalanmıştır.

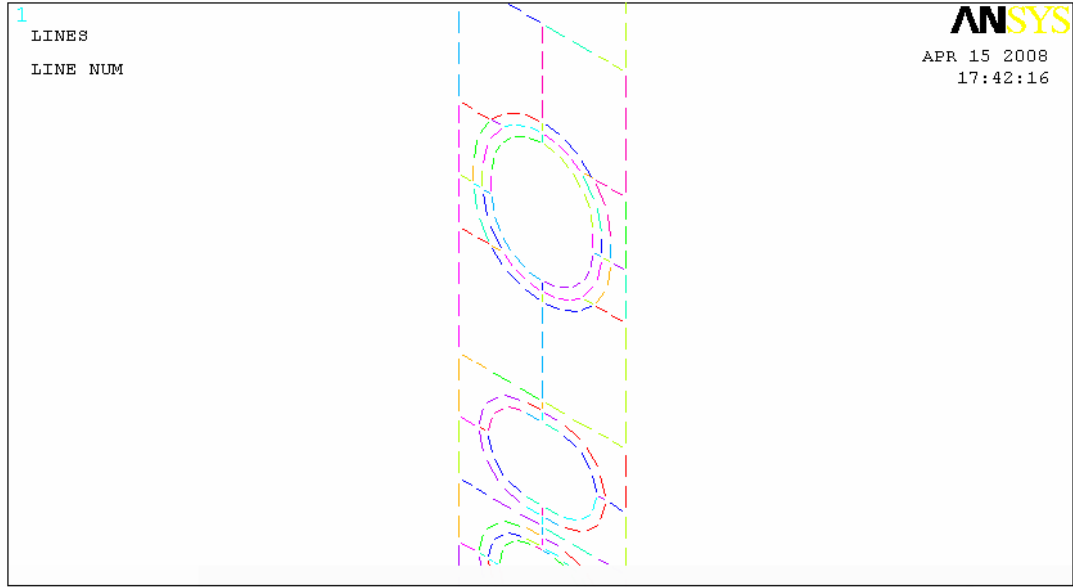
Modeling > Create > Lines > Straight Line

Modeling > Create > Splines > Spline thru Locs



Şekil 3.5: Keypointlerden oluşan çizgiler.

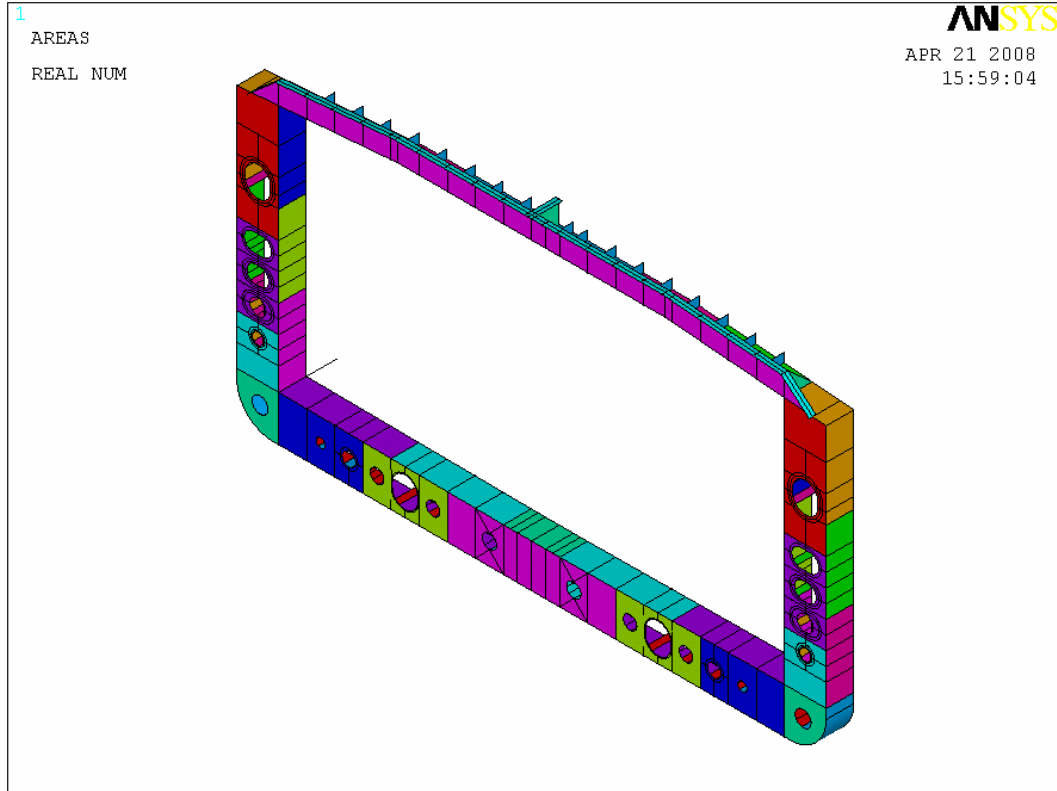
Posta üzerindeki menhollere gelecek gerilmeler de inceleneceği için bu bölgelerdeki mesh yoğunluğunu artırmak amacıyla çizgi yoğunluğu artırılmıştır.



Şekil 3.6: Menholleri oluşturan çizgiler.

Daha sonra bu çizgiler iki posta arası mesafe olan 610 mm boyunca x eksenini doğrultusunda “Extrude” edilmiştir. Böylelikle iki posta arasındaki alanlar meydana getirilmiştir.

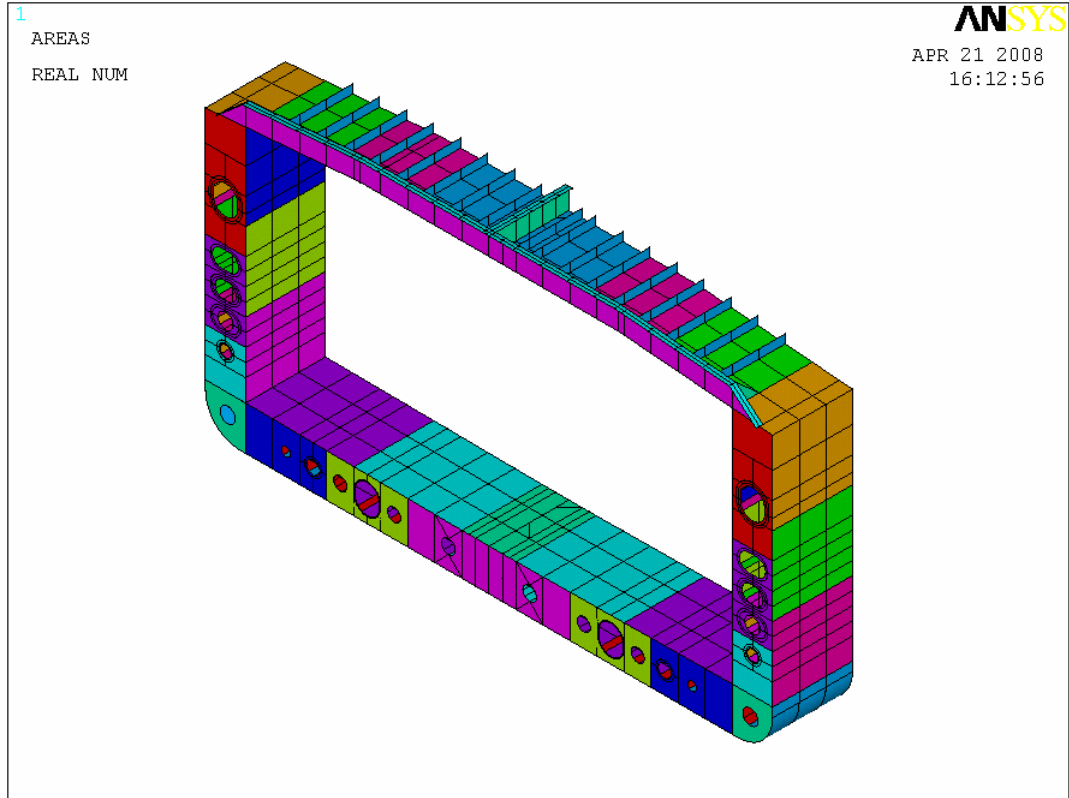
Modeling > Operate > Extrude > Along lines



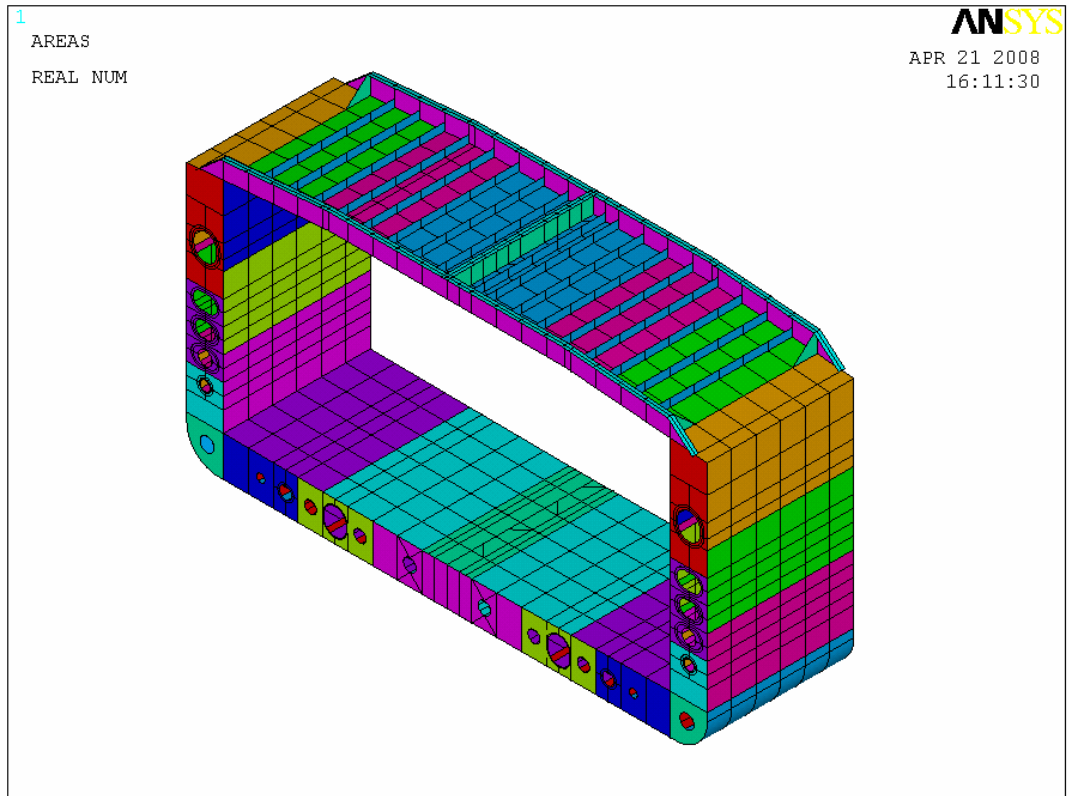
Şekil 3.7: İki posta arası alanlar.

Bu işlemlerle iki derin posta arası yani 1830 milimetrelük bölüm oluşturulur. Şekil 3.8’de iki derin posta arası bölüm gösterilmiştir.

Daha sonra iki güverte kemeresi arası yani 3660 milimetrelük bölüm oluşturulur. Bu bölüm’de Şekil3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.8: İki derin posta arası alanlar.



Şekil 3.9: İki derin posta arası alanlar.

Son olarak iki güverte kemeresi arasında oluşturulan bu nokta, çizgi ve alanlar 3660 mm arayla kopyalanmıştır.

Select > Everything Below > Selected Areas

Modeling > Copy > Areas > Along lines (Number of copies=2, DX=3660

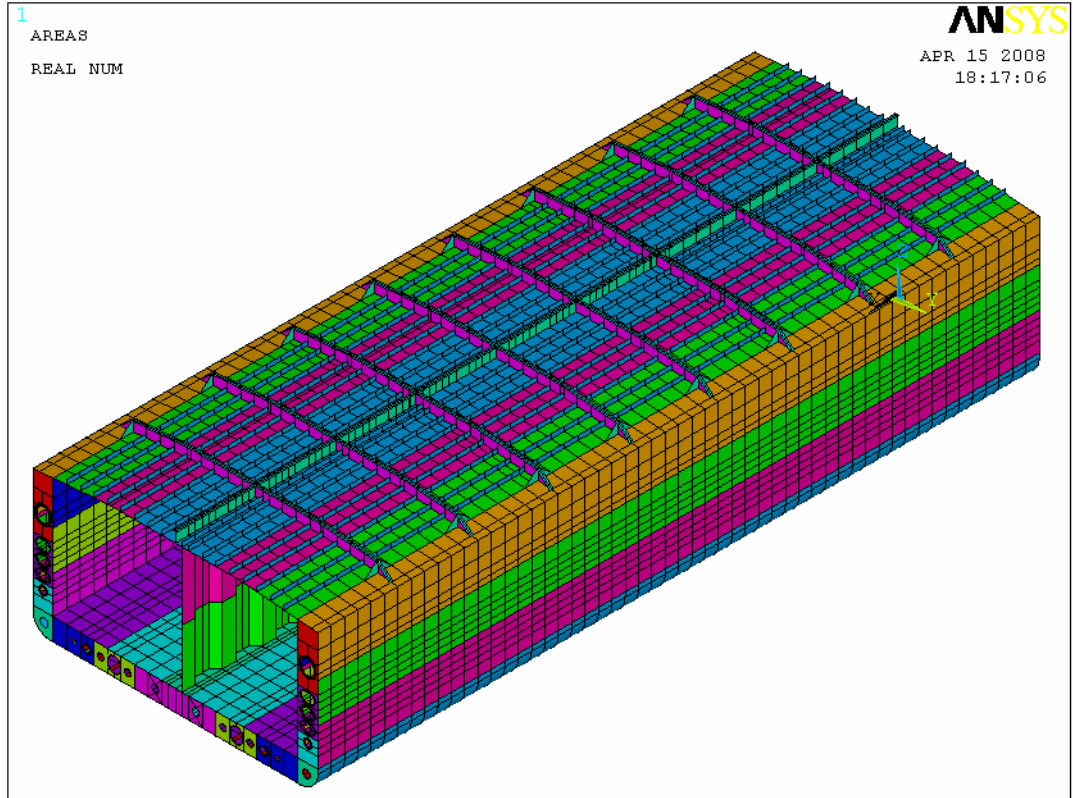
Bu işlemler sonucunda modelin istenmeyen keypoint ve çizgilerden temizlenmesi amacıyla merge yapılmıştır.

Main Menu> Preprocessor> Numbering Ctrl> Merge Items

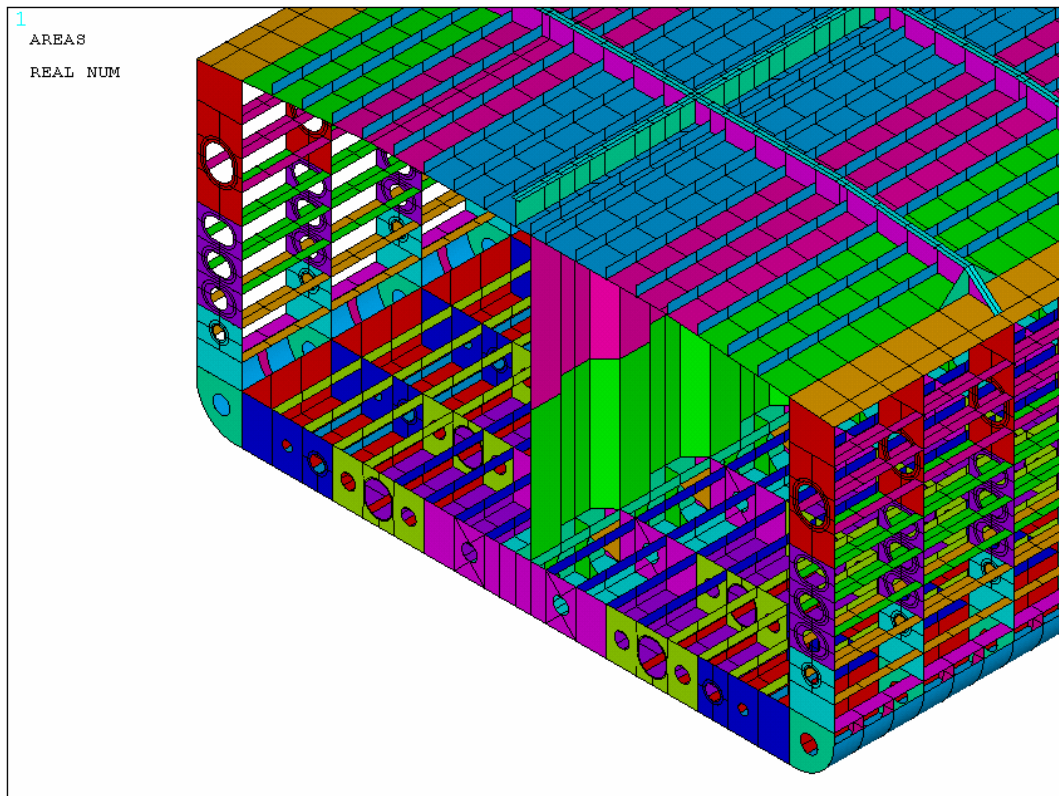
Enine ve boyuna perdeler de aynı şekilde “keypoint”ler tanımlanarak modellenmiştir. Postalardan farklı olarak çizgiler ve alanlar tek tek oluşturulmuştur.

Şekil 3.10, 3.11 ve 3.12’de geometrik modelin tamamlanmış hali gösterilmektedir.

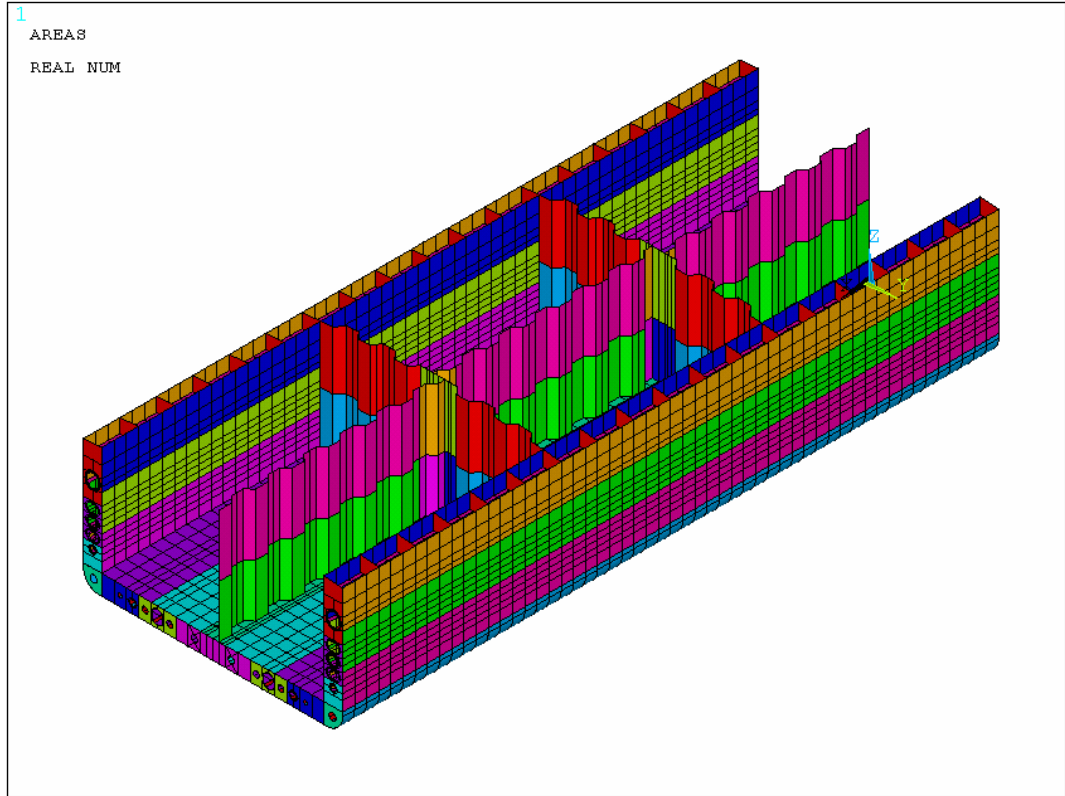
Şekil 3.13, 3.14, 3.15’de ise modeli oluşturan yapısal elemanların kalınlıkları görülebilir.



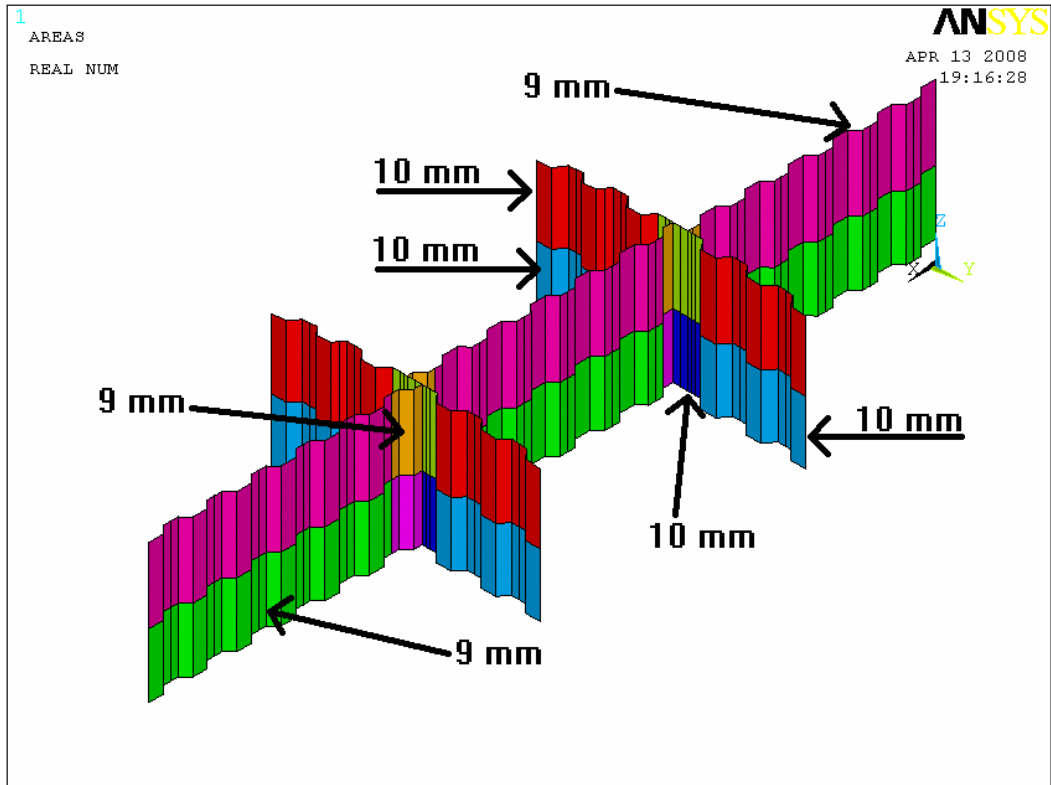
Şekil 3.10: Kimyasal tankerin Ansys programında oluşturulmuş geometrik modeli .



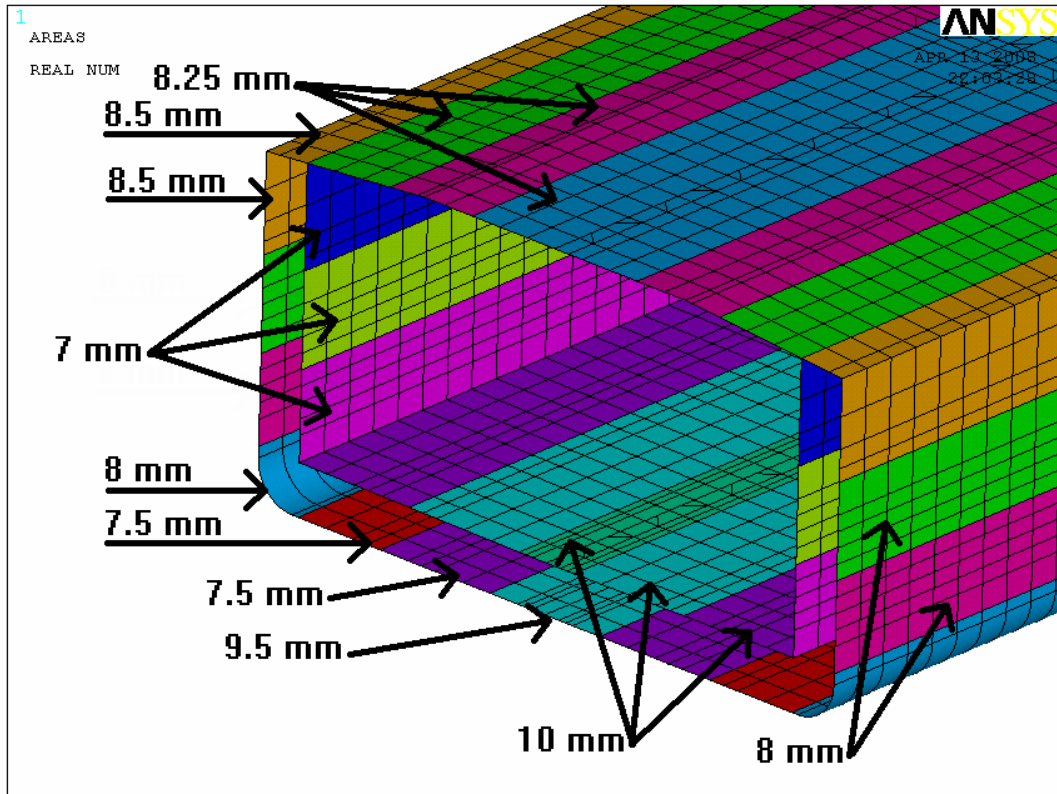
Şekil 3.11: Kimyasal tankerin destek elemanlarının görünümü.



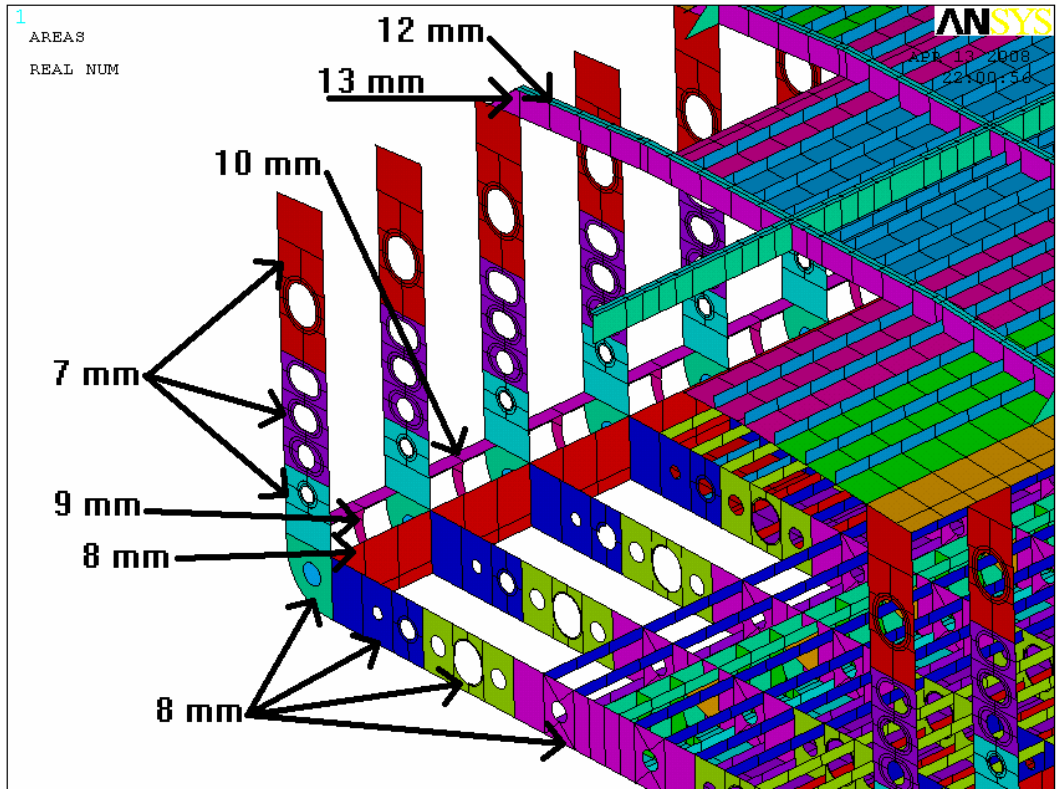
Şekil 3.12: Enine ve boyuna korgeyt perdeler.



Şekil 3.13: Enine ve boyuna su-geçmez perdelerin kalınlık değerleri.



Şekil 3.14: Dış kaplama ve iç cidar saclarının kalınlık değerleri.



Şekil 3.15: Derin posta saclarının kalınlık değerleri.

3.2 MALZEME MODELİ

Analizi gerçekleştirilicek olan geminin tüm

- Borda iç ve dış cidar kaplama sacları,
- Dip ve iç dip sacları,
- Güverte kaplama sacları,
- Borda, güverte enine ve boyuna kırşileri,
- Orta iç ve yan tulanileri,
- Dolu döşekler,
- Enine ve boyuna korgeyt perdeler,
- Profiller ve diğer bütün yapısal elemanları

modellenirken malzeme modeli olarak en temel malzame modellerinden biri olan **Linear Isotropic Elastic Model** seçilmiştir.

Yukarıda belirtilen geminin bütün elemanlarının malzemesi olarak St42 A grade gemi inşaa çeliği kullanılmıştır. Bu malzemenin mekanik özellikleri Tablo 3.1’ de verilmiştir.

Mekanik Özellikler		
	Modulus of Elasticity	210000 N/mm ²
	Tensile Strength	400-520 MPa
	Yield Strength	235 MPa
	Poisson ratio	0,3
	Density	7850 kg /m3

Tablo 3.2: St42 A grade gemi inşaa çeliği mekanik özellikleri.

3.2.1 Linear Isotropic Elastic Model

Elastik malzemeler için deviatoric Cauchy geriliminin co-rotational oranına göre aşağıdaki gibi hesaplanır. [18]

$$S_{ij} V^{n+1/2} = 2 G \dot{\epsilon}_{ij}^{n+1/2} \quad (3.1)$$

Basınç ise;

$$P^{n+1} = -K \ln V^{n+1} \quad (3.2)$$

hesaplanır.

Buradaki G ve K elastic shear ve bulk modülüdür. Bu sıraya göre V relative hacimdir. Gerçek hacmin oranı ilk hacim ile ilişkilidir. [18]

Bu malzeme modeli Ansys paket programında, Genel analiz ve akışkan analizlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca Strain-Rate etkileri, Failure ve Termal etkilere cevap vermektedir. Bricks, Beams, Thin Shells ve Thick elaman tiplerinde kullanılabilir.

EX - elastic modulus, NUXY - poisson's ratio değerlerini vermemiz bu malzeme modeli için yeterlidir.

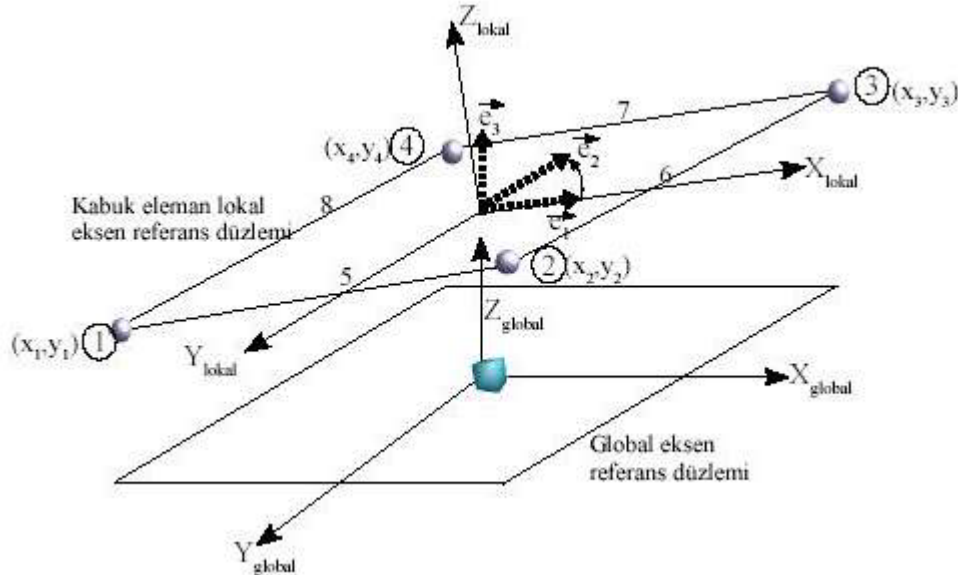
3.3 ELEMAN SEÇİMİ VE SONLU ELEMAN AĞI OLUŞTURULMASI

Sonlu elemanlar ile modelleme aşamasında “eleman tipi (çubuk, kabuk, v.s.), eleman şekli (dörtgen, üçgen) ve eleman sayısı ne olmalı?”, “ara nodlu elemanlara ihtiyaç var mı?” gibi bir takım soruların cevaplanması gerekmektedir. Bu sorunların cevabı ancak analiz edilen yapının ve seçilen eleman tiplerinin davranışı hakkında bilgi sahibi olunduktan sonra cevaplanabilir. Örneğin, gerilme analizinde yapının bir bölgesindeki gerilme durumunu en iyi yansıtan eleman tipi o bölge için seçilmelidir. Aşağıda bu projede kullanılan kabuk eleman tipi hakkında bilgi verilmektedir.

3.3.1 Kabuk Elamanlar Teorisi

Bir genel kabuk eleman, membran ve eğilme etkisini aynı anda temsil edebilmelidir. Örneğin dört nodlu basit bir dörtgen eleman tarif edilebilir. Bu da elemanda çarpılmaya neden olur. Elemanın çarpılması performansı olumsuz yönde etkiler. Ticari paket programlarda küçük miktarlarda çarpılmaya müsaade edilmektedir. Bu dört nodlu elemanın en büyük avantajı formülasyonunun basit olmasıdır. Genellikle az sayıda daha karışık bir eleman tipi kullanılması yerine, daha fazla sayıda basit bir eleman tipi kullanılması tavsiye edilmektedir. Dört kabuk elemanın en büyük dezavantajı düzgün eğrisel yüzeylerin düzlem elemanlarla veya az miktarda çarpılmış şekle sahip olan elemanla temsil edilmesidir. Kabuk teorisine dayanarak elde edilen eğrisel yüzeyli elemanlar düzlemsel elemanların yaratmış olduğu problemleri ortadan kaldırmaktadır. Fakat diğer yandan beraberinde başka zorlukları getirmektedir. Eğrisel elemanı tarif etmek için çok daha fazla geometrik bilgiye ihtiyacımız olmaktadır. Elemanın formülasyonu ise düzlemsel elemanlara nazaran çok daha zordur.

3.3.1.1 Kabuk Eleman Eksen Takımı Dönüşümleri



Şekil 3.16: Bir dikdörtgrn kesitli elemanın lokal eksen takımı ve global eksen takımları için yönelme ve doğrultu vektörleri.

Şekil 3.16’da, dikdörtgen kesitli olan bir kabuk elemanın, lokal ve global eksen takımları görülüyor. Kabuk elemanlar eğrisel yapısı ve bu eğriselliğe bağlı denklem takımları, kabuk elemanın lokal eksen takımı için türetilmiştir. Fakat, bir kabuk eleman, sistem global eksen takımına göre çok farklı konumlarda bulunabilir. Bu durumda, her bir kabuk elemanın, ortak bir eksen referans düzlemi, global eksen takımı referans düzlemine, vektörel çarpım yöntemi ile dönüştürülebilir. [19]

Parametrik kabuk elemanlar düzgün bir referans düzlemine sahip değildir. Bu durumda, yönelme ve konum vektörleri doğrudan elde edilemez. Jacobian dönüşümü kullanılarak, doğrudan kabuk lokal eksen referans düzlemi, global eksen referans düzlemine dönüştürülemez. Çünkü kabuk eleman eğrisel bir yüzeye sahiptir, ve bu düğüm eğrisel düğüm noktası bileşenleri, Jacobian dönüşümü ile kabuk lokal eksenine bağlıdır. Mindlin kabuk elemanlarında olduğu gibi, her bir düğüm noktası için doğrultulu kosinüsleri ayrı ayrı elde edilerek, Jacobian dönüşümü ile bu dönüşüm yapılabilir. Yine de bu yöntem için, her bir düğüm noktasının doğrultu kosinüslerini elde etmek uygun değildir. Üçgen elemanlar için dönüşüm işlemi ayrı yapıdadır. Elemanın, herhangi bir kenarı ve o kenara dik olarak lokal eksen takımı seçilir. Seçilen lokal eksen takımına göre doğrultu kosinüsleri elde edilir.

Yönelme vektörleri için merkezi noktalar:

$$\begin{aligned}
 x_5' &= \frac{(x_1+x_2)}{2}, \quad y_5' = \frac{(y_1+y_2)}{2}, \quad z_5' = \frac{(z_1+z_2)}{2} \\
 x_6' &= \frac{(x_2+x_3)}{2}, \quad y_6' = \frac{(y_2+y_3)}{2}, \quad z_6' = \frac{(z_2+z_3)}{2} \\
 x_7' &= \frac{(x_3+x_4)}{2}, \quad y_7' = \frac{(y_3+y_4)}{2}, \quad z_7' = \frac{(z_3+z_4)}{2} \\
 x_8' &= \frac{(x_1+x_4)}{2}, \quad y_8' = \frac{(y_1+y_4)}{2}, \quad z_8' = \frac{(z_1+z_4)}{2}
 \end{aligned} \tag{3.3}$$

“e₁” yönelme vektörü için doğrultulu kosinüsleri:

$$\begin{aligned}
 l_1^{e_1} &= \frac{(x'_6 - x'_8)}{\sqrt{(x'_6 - x'_8)^2 + (y'_6 - y'_8)^2 + (z'_6 - z'_8)^2}} \\
 m_1^{e_1} &= \frac{(y'_6 - y'_8)}{\sqrt{(x'_6 - x'_8)^2 + (y'_6 - y'_8)^2 + (z'_6 - z'_8)^2}}
 \end{aligned} \tag{3.4}$$

$$n_1^{e1} = \frac{(z'_6 - z'_8)}{\sqrt{(x'_6 - x'_8)^2 + (y'_6 - y'_8)^2 + (z'_6 - z'_8)^2}}$$

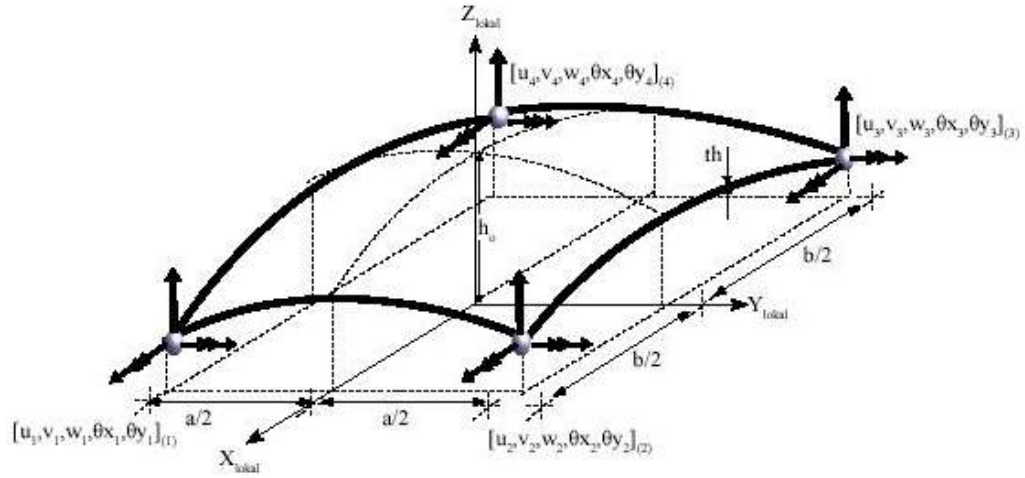
“e₂” yönelme vektörü için doğrultulu kosinüsleri:

$$\begin{aligned} l_2^{e2} &= \frac{(x'_7 - x'_5)}{\sqrt{(x'_7 - x'_5)^2 + (y'_7 - y'_5)^2 + (z'_7 - z'_5)^2}} \\ m_2^{e2} &= \frac{(y'_7 - y'_5)}{\sqrt{(x'_7 - x'_5)^2 + (y'_7 - y'_5)^2 + (z'_7 - z'_5)^2}} \\ n_2^{e2} &= \frac{(z'_7 - z'_5)}{\sqrt{(x'_7 - x'_5)^2 + (y'_7 - y'_5)^2 + (z'_7 - z'_5)^2}} \end{aligned} \quad (3.5)$$

“e₃” yönelme vektörü için doğrultulu kosinüsleri:

$$\begin{aligned} \vec{e}_3 &= \vec{e}_1 * \vec{e}_2 \\ &= \left[l_1(\vec{i}) + m_1(\vec{j}) + n_1(\vec{k}) \right] * \left[l_2(\vec{i}) + m_2(\vec{j}) + n_2(\vec{k}) \right] \\ &= \left[l_1 * l_2(\vec{i}) * (\vec{i}) + l_1 * m_2(\vec{i}) * (\vec{j}) + l_1 * n_2(\vec{i}) * (\vec{k}) \right] \\ &= \left[m_1 * l_2(\vec{j}) * (\vec{i}) + m_1 * m_2(\vec{j}) * (\vec{j}) + m_1 * n_2(\vec{j}) * (\vec{k}) \right] \\ &= \left[n_1 * l_2(\vec{k}) * (\vec{i}) + n_1 * m_2(\vec{k}) * (\vec{j}) + n_1 * n_2(\vec{k}) * (\vec{k}) \right] \\ &= \left[l_1 * m_2(\vec{k}) + l_1 * n_2(-\vec{j}) + m_1 * l_2(-\vec{k}) + m_1 * n_2(\vec{i}) + n_1 * l_2(\vec{j}) + n_1 * m_2(-\vec{i}) \right] \\ &= [m_1 * n_2 - n_1 * m_2](\vec{i}) + [n_1 * l_2 - l_1 * n_2](\vec{j}) + [l_1 * m_2 - m_1 * l_2](\vec{k}) \end{aligned} \quad (3.6)$$

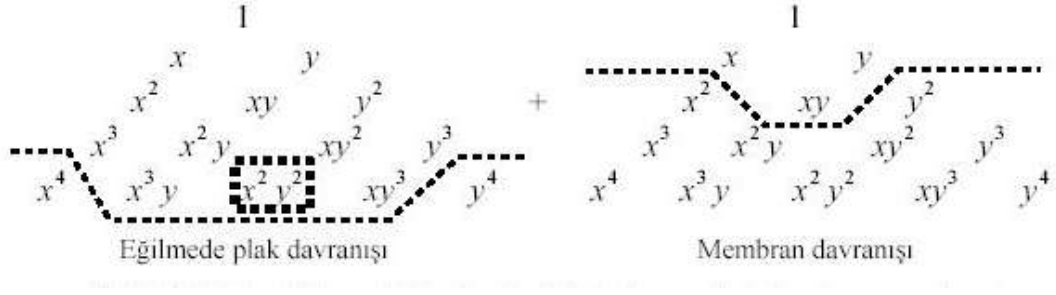
3.3.1.2 Parametrik, Yassı Basık Rijit Kircchoff Kabuk Yöntemi



Şekil 3.17: Rijit cisim hareketi altında, Kirchoff düşük eğrilikli kabuk elemanı.

Şekil 3.17’de sabit kalınlığı “th”, x eksenine doğrultusunda genişliği “a”, y eksenine doğrultusunda genişliği “b” olan bir basık kabuk sonlu elemanlar modeli görülüyor. Kabuk eleman, eğilme davranışı için Kirchoff temel yaklaşımları dikkate alınmıştır. Sonlu eleman, rijit cisim hareketi altında, hem bir membran, hem de eğilmeli plak davranışı gösterir. Her bir düğüm noktasında, x,y ve z eksenleri doğrultusunda “ θ_y ” olmak üzere beş adet serbestlik derecesi bulunur. [19]

Kabuk eleman için seçilen ilkel deplasman fonksiyonu, uygun geometrik sınır şartları altında membran ve eğilmede plak davranışını sağlar. İnce kabuk elemanı için $th/R_{min} < 1/20$ ve basık kabuk eleman için $h_0/th < 1/5$ şartını sağlar. Eğer kabuk eleman düşük eğrilikli olmazsa membran kuvvetler ile eğrilik bileşenleri, kinematik denge denklemini sağlamaz. Kabuk elemanın toplam yirmi adet serbestliği vardır. Elemanın rijit cisim hareketi altında deplasman fonksiyonunun elde edilmesi için birbirinden lineer bağımsız yirmi adet denklem yazılmalıdır.



Şekil 3.18: Pascal üçgeni kullanılarak ilkel deplasman fonksiyonlarının seçilmesi.

En genel halde kabuk eleman deplasman fonksiyonu:

$$\{\psi\} = \left(\{\psi\}_{\text{membran } u(x,y)} + \{\psi\}_{\text{membran } v(x,y)} + \{\psi\}_{\text{eğilmede plakeleman } w(x,y)} \right) * \sum_{i=1}^{20} \{c_i\}^T \quad (3.7)$$

İlkel deplasman fonksiyonları:

$$\{\psi\}_{u(x,y)} = [1 \quad x \quad y \quad xy] \sum_{i=1}^4 \{c_{(i)}\}^T \quad (3.8)$$

$$\{\psi\}_{v(x,y)} = [1 \quad x \quad y \quad xy] \sum_{i=5}^8 \{c_{(i)}\}^T \quad (3.9)$$

$$\{\psi\}_{w(x,y)} = [1 \quad x \quad y \quad x^2 \quad xy \quad y^2 \quad x^3 \quad x^2y \quad xy^2 \quad y^3 \quad x^3y \quad xy^3] \sum_{i=9}^{20} \{c_{(i)}\}^T \quad (3.10)$$

Membran davranışı altında ilkel deplasman fonksiyonun ilk üç terimi rijit cisim hareketi gösterir. Bu deplasman fonksiyonları, eğilmede rijit davranışları gösteren kabuk eleman deplasman fonksiyonunda geometrik sınır şartlarını sağlamalıdır.

$$\begin{aligned} R_u(x, y) &= c_1 + c_2 * x + c_3 * y \\ R_v(x, y) &= c_5 + c_6 * x + c_7 * y \\ R_w(x, y) &= c_9 + c_{10} * x + c_{11} * y \end{aligned} \quad (3.11)$$

Eğilme davranışı altında rijit cisim hareketinin sağlanması için:

$$K_x = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \quad \rightarrow \quad \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} - w * K_x$$

$$K_y = \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \rightarrow \varepsilon_x = \frac{\partial v}{\partial y} - w^* K_y \quad (3.12)$$

$$K_{xy} = \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \rightarrow \varepsilon_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} - w^* K_{xy}$$

Rijit cisim hareketi altında geometrik sınır şartları:

$$\varepsilon_x = 0 \rightarrow \frac{\partial u}{\partial x} - R_w^* K_x = 0 \rightarrow \int \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} dx = \int K_y^* [c_9 + c_{10}x + c_{11}y] dx \quad (3.13)$$

$$u_0 = \left[c_9 x + \frac{1}{2} c_{10} x^2 + c_{11} xy \right]^* K_x \quad (3.14)$$

$$\varepsilon_y = 0 \rightarrow \frac{\partial v}{\partial y} - R_w^* K_y = 0 \rightarrow \int \frac{\partial v}{\partial y} dy = \int K_y^* [c_9 + c_{10}x + c_{11}y] dy \quad (3.15)$$

$$v_0 = \left[c_9 y + c_{10} xy + \frac{1}{2} c_{11} y^2 \right]^* K_x \quad (3.16)$$

$$\varepsilon_{xy} = 0 \rightarrow \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} - R_w^* 2K_{xy} = 0 \quad (3.17)$$

Elde edilen tek eğrilikli özel ilkel deplasman fonksiyonları “ u_0 ” ve “ v_0 ”, kabuk elemanın yüzey eğrilik denkleminde ayrı ayrı yazılır. Her bir polinom ifade özel ilkel fonksiyon ana değişkenine göre integre edilir.

$$\varepsilon_{xy} = 0 \rightarrow \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} [v_0] - R_w^* 2K_{xy} = 0 \rightarrow \quad (3.18)$$

$$\int \frac{\partial u}{\partial y} dy = \int ([c_9 + c_{10}x + c_{11}y] 2k_{xy} - [c_{10}y] K_y) dy \quad (3.19)$$

$$u'_0 = \left[c_9 y + c_{10} xy + \frac{1}{2} c_{11} y^2 \right] 2K_{xy} - \frac{1}{2} [c_{10} y^2] K_y \quad (3.20)$$

$$\varepsilon_{xy} = 0 \rightarrow \frac{\partial}{\partial y} [u_0] + \frac{\partial v}{\partial x} - R_w^* 2K_{xy} = 0 \rightarrow \quad (3.21)$$

$$\int \frac{\partial v}{\partial x} dx = \int ([c_9 + c_{10}x + c_{11}y] 2k_{xy} - [c_{11}x] K_x) dy \quad (3.22)$$

$$v'_0 = \left[c_9 x + c_{10} x^2 + c_{11} xy \right] 2K_{xy} - \frac{1}{2} [c_{10} x^2] K_x \quad (3.23)$$

Membran ve eğilmede rijit cisim hareketi için genelleştirilen özel deplasman fonksiyonları elde edilir. Elde edilen her bir özel fonksiyon ana ilkel deplasman fonksiyonuna yazılır. Böylece ana deplasman fonksiyonu, hem membran hem de eğilmede rijit cisim hareketi sınır şartlarını sağlar. [19]

$$u_0 = \left[x * K_x + y * 2K_{xy} \right] c_9 + \left[\frac{1}{2} x^2 K_x + xy * 2K_{xy} - \frac{1}{2} y^2 K_y \right] c_{10} + \left[xy * K_x + y^2 K_{xy} \right] c_{11} \quad (2.24)$$

$$v_0 = \left[y * K_y + x * 2K_{xy} \right] c_9 + \left[xy * K_y + x^2 * K_{xy} \right] c_{10} + \left[\frac{1}{2} y^2 * K_y + 2xy * K_{xy} - \frac{1}{2} x^2 * K_x \right] c_{11} \quad (3.25)$$

Rijit membran hareketi için deplasman fonksiyonları:

$$u_{(x,y)} = \left\{ \begin{array}{l} 1, x, y, xy, 0, 0, 0, 0, x * K_x + y * 2K_{xy} \\ 0.5x^2 * K_x + xy * 2K_{xy} - 0.5y^2 * K_y, xy * K_x + y^2 * K_{xy} \\ 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 \end{array} \right\} \quad (3.26)$$

$$v_{(x,y)} = \left\{ \begin{array}{l} 0, 0, 0, 0, 1, x, y, xy, y * K_y + x * 2K_{xy} \\ xy * K_y + x^2 * K_{xy}, 0.5y^2 * K_y + 2xy * K_{xy} - 0.5x^2 * K_x \\ 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 \end{array} \right\} \quad (3.27)$$

$$w_{(x,y)} = \left\{ \begin{array}{l} 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, x, y, x^2, x * y \\ y^2, x^3, x^2 * y, x * y^2, y^3, x^3 * y, x * y^3 \end{array} \right\} \quad (3.28)$$

Eğilme durumu için deplasman fonksiyonları:

$$\left\{ \theta_y \right\}_u = \left\{ \frac{\partial u}{\partial x} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0, 1, 0, y, 0, 0, 0, 0, K_x, 2K_{xy} * y + K_x * x \\ K_x * y, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 \end{array} \right\} \quad (3.29)$$

$$\left\{ \theta_y \right\}_u = \left\{ \frac{\partial u}{\partial y} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0, 1, 0, x, 0, 0, 0, 0, 2K_{xy}, 2K_{xy} * x + K_y * y \\ 2K_{xy} * y + K_x * x, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 \end{array} \right\} \quad (3.30)$$

$$\left\{ \theta_y \right\}_v = \left\{ \frac{\partial v}{\partial x} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, y, 2K_{xy}, K_y * y + 2K_{xy} * x \\ 2K_{xy} * y + K_x * x, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 \end{array} \right\} \quad (3.31)$$

$$\{\theta_x\}_v = \left\{ \frac{\partial v}{\partial y} \right\} = \left\{ 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, x, K_y, K_y * x, K_y * y + 2K_{xy} * x, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 \right\} \quad (3.32)$$

$$\{\theta_y\}_w = \left\{ \frac{\partial v}{\partial x} \right\} = \left\{ 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 2x, y, 0, 3x^2, 2xy, y^2, 0, 3x^2y, y^3 \right\} \quad (3.33)$$

$$\{\theta_x\}_w = \left\{ \frac{\partial w}{\partial y} \right\} = \left\{ 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, x, 2y, 0, x^2, 2xy, 3y^2, x^3, 3xy^2 \right\} \quad (3.34)$$

Burulma durumu için deplasman fonksiyonları:

$$\{\theta_{xx}\}_w = \left\{ \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right\} = \left\{ 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, x, 2, 0, 0, 6x, 2y, 0, 0, 6xy, 0 \right\} \quad (3.35)$$

$$\{\theta_{yy}\}_w = \left\{ \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right\} = \left\{ 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 2, 0, 0, 2x, 6y, 0, 6xy \right\} \quad (3.36)$$

$$\{\theta_{xy}\}_w = \left\{ \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right\} = \left\{ 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 2x, 2y, 0, 3x^2, 3y^2 \right\} \quad (3.37)$$

Geometrik sınır şartları:

$$\{d\} = \left[\begin{array}{c} \left\{ \begin{array}{c} u(-a/2, -b/2) \\ v(-a/2, -b/2) \\ w(-a/2, -b/2) \\ w_y(-a/2, -b/2) \\ -w_x(-a/2, -b/2) \end{array} \right\} \{1\} \\ \left\{ \begin{array}{c} u(a/2, -b/2) \\ v(a/2, -b/2) \\ w(a/2, -b/2) \\ w_y(a/2, -b/2) \\ -w_x(a/2, -b/2) \end{array} \right\} \{2\} \\ \left\{ \begin{array}{c} u(a/2, b/2) \\ v(a/2, b/2) \\ w(a/2, b/2) \\ w_y(a/2, b/2) \\ -w_x(a/2, b/2) \end{array} \right\} \{3\} \\ \left\{ \begin{array}{c} u(-a/2, b/2) \\ v(-a/2, b/2) \\ w(-a/2, b/2) \\ w_y(-a/2, b/2) \\ -w_x(-a/2, b/2) \end{array} \right\} \{4\} \end{array} \right] \quad (3.38)$$

Deplasman fonksiyonu bilinmeyen katsayıları:

$$\sum_{i=1}^{20} \{c_i\}^T = \{A\}^{-1} * \sum_{i=1}^{20} \{d_i\}^T \rightarrow \sum_{i=1}^{20} \{c_i\}^T = \{B\} * \sum_{i=1}^{20} \{d_i\}^T \quad (3.39)$$

Türev matrisi:

$$\{F\} = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 u_{(x,y)}}{\partial x} - w_{(x,y)} * K_x \\ \frac{\partial^2 v_{(x,y)}}{\partial y} - w_{(x,y)} * K_y \\ \frac{\partial^2 u_{(x,y)}}{\partial y} + \frac{\partial^2 v_{(x,y)}}{\partial x} - 2 * w_{(x,y)} * K_{xy} \\ \frac{\partial^2 w_{(x,y)}}{\partial x^2} \\ \frac{\partial^2 w_{(x,y)}}{\partial y^2} \\ \frac{2 * \partial^2 w_{(x,y)}}{\partial x \partial y} \end{bmatrix} \quad (3.40)$$

Türev matrisi terimleri:

$$[F]_{(5*1-13)} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & y & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2k_{xy}y & 0 & -k_x x^2 & -k_x xy & -k_x y^2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & x & 0 & 0 & 2k_{xy}x & -k_y x^2 & -k_y xy & -k_y y^2 \\ 0 & 0 & 1 & x & 0 & 1 & 0 & y & 2k_{xy} & 2k_{xy}x & 2k_{xy}y & -2k_{xy}x^2 & -2k_{xy}xy & -k_{xy}y^2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.41)$$

$$[F]_{(5*13-20)} = \begin{bmatrix} -k_x x^3 & -k_x x^2 y & -k_x xy^2 & -k_x y^3 & -k_x x^3 y & -k_x xy^3 \\ -k_y x^3 & -k_y x^2 y & -k_y xy^2 & -k_y y^3 & -k_y x^3 y & -k_y xy^3 \\ -2k_{xy} x^3 & -k_{xy} x^2 y & -k_{xy} xy^2 & -k_{xy} y^3 & -k_{xy} x^3 y & -k_{xy} xy^3 \\ -6x & -2y & 0 & 0 & -6xy & 0 \\ 0 & 0 & -2x & -6y & 0 & -6xy \\ 0 & -4x & -4y & 0 & -6x^2 & -6y^2 \end{bmatrix} \quad (3.42)$$

Lokal eksen takımı rijitlik matrisi:

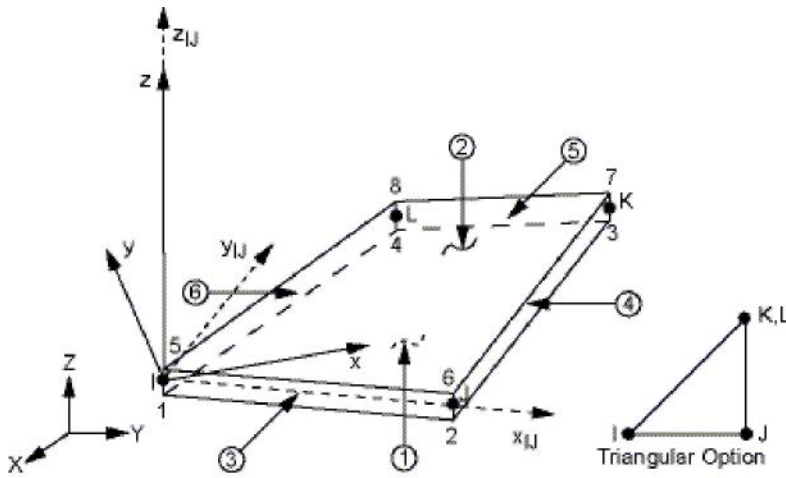
$$[K]_{\text{lokal}} = \{B\}^T \left[\int_V [F]^T [E] [F] dV \right] \{B\} = \{B\}^T [K]_d \{B\} \quad (3.43)$$

[19]

3.3.2 Elemanın Özellikleri

Yapılan sonlu elemanlar analizinde, sonlu elemanlar modeli oluşturulurken, tüm kaplama ve plaka parçalarında, tüm dolu postalarda ve tüm profil tanımlamalarında SHELL63 elemanı kullanılmıştır. SHELL63 hakkında detaylı bilgi aşağıda verilmiştir.

SHELL63, hem eğilme hem de membran yeteneklerine sahiptir. Bu tip elemanlar kullanılarak hem yüzeye dik hem de yüzeye paralel kuvvetler cisimlerin üzerine kolaylıkla uygulanabilir. Elemanın, I, J, K ve L olmak üzere orta eksen boyunca konumlanmış dört düğüm noktası vardır. Her düğüm noktası; x, y ve z doğrultusunda ötelenme ve dönme olmak üzere toplam 6 serbestlik derecesine sahiptir. Böylece elemanın genel serbestlik derecesi 24 olur. [20]



Şekil 3.19: Shell63 geometrisi.

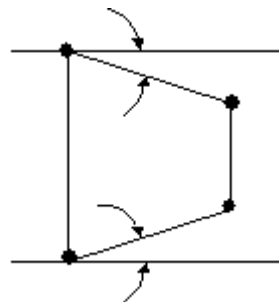
3.3.3 Sonlu Elemanlar Ağıının Oluşturulması

Modelleme bir fiziksel yapı veya sürecin analitik veya sayısal olarak yeniden inşa edilmesidir. Sonlu elemanlar metodunda modelleme basitçe nod ve elemanlardan oluşan bir ağ yapısı hazırlamak değildir. Problemi gerekli şekilde modelleyebilmek için gerekli sayı ve tipteki elemana karar vermek ancak problemin fiziğinin iyi şekilde anlaşılmasıyla mümkündür. Kötü şekil verilmiş elemanlar ile hesaplanması istenilen büyüklüğün hesaplama alanı içindeki değişimini yansıtamayacak kadar büyük boyutlu elemanlar modellemede istenmez. Şekil 3.20 'da elemanlarda genelde müsaade edilebilecek geometrik biçim bozukluklarının seviyesi gösterilmektedir. Diğer yandan zaman ve bilgisayar olanaklarını boş yere harcamamıza neden olacak, gereksiz kadar çok sayıda elemanlardan oluşan bir modellemede istenmemektedir. Hesaplanması istenilen büyüklüğü ve hesaplama alanı içindeki değişimini yeterli doğrulukta verecek kadar sıklıkta bir eleman dağılımına ihtiyaç vardır. Hesaplanan değerlerin kabul edilebilir olup olmadıklarının kontrol edilmesi ayrı bir öneme sahiptir. Dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda kısaca belirtilecektir.



uzunluk oranı a/b için genelde

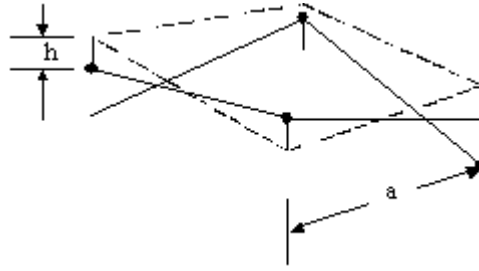
10:1 oranına kadar müsaade edilebilir.



$\text{açı} < 20^\circ\text{-}30^\circ$

iki açıda $< 20^\circ\text{-}30^\circ$

genelde h/a oranı %5
den küçük olmalı



Şekil 3.20: Eleman geometrisinde müsaade edilebilir deformasyonlar.

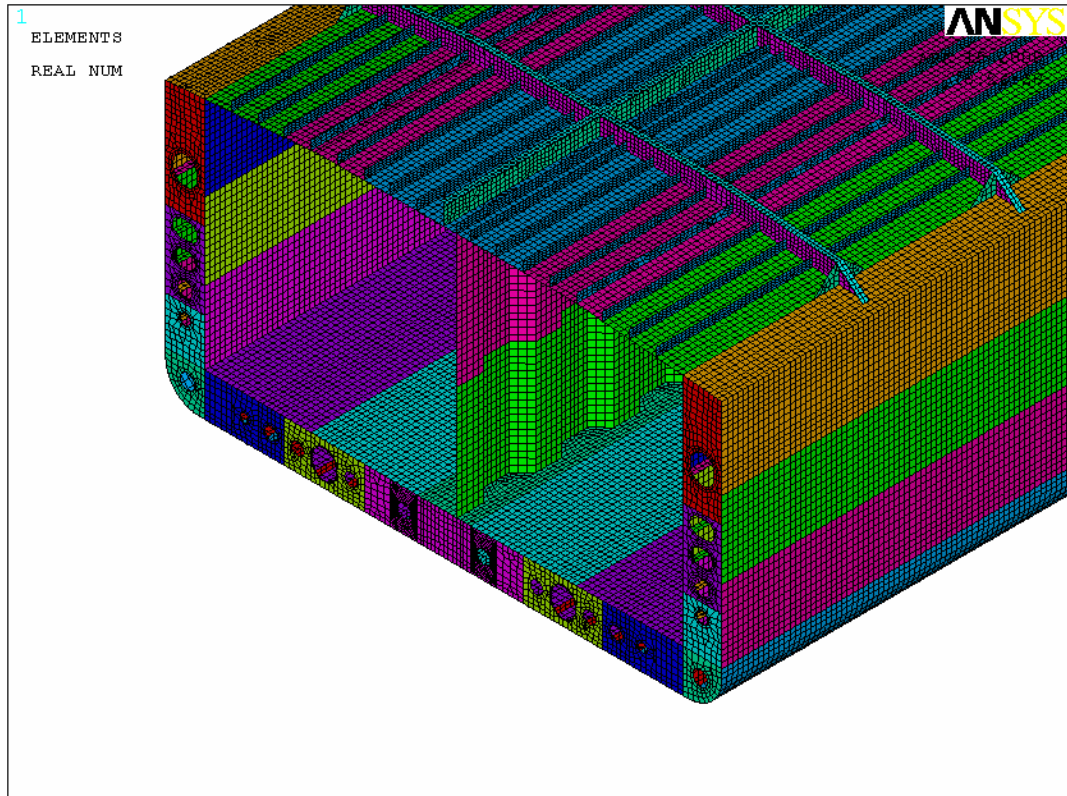
Yukarıda yapılan açıklamalar ışığında modelin ağ yapısı fine mesh olarak hazırlanmıştır. Mesh işlemi yapılırken önce tanımlı bütün alanların altındaki çizgiler seçilerek line set işlemiyle 122 milimetrelük bölümlere ayrılmıştır.

Meshing > Mesh Tool > Lines > Set > Pick All > SIZE = 122

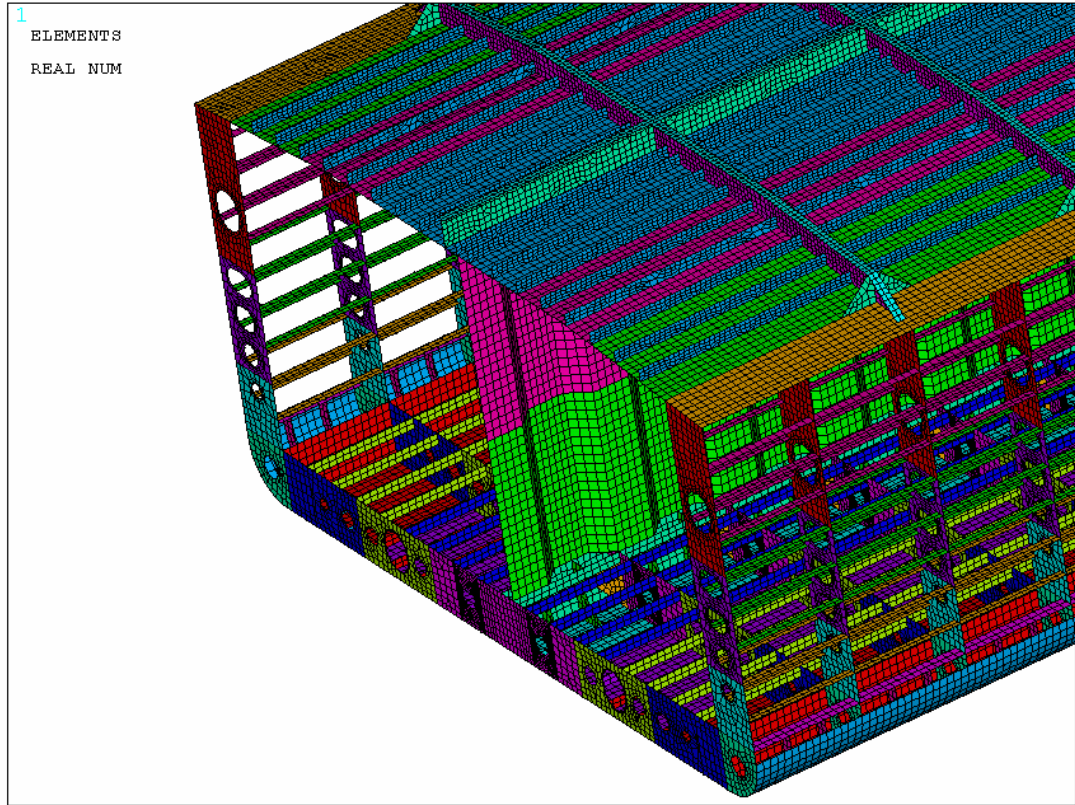
Daha sonra bütün alanlar seçilerek mesh yapılmıştır.

Meshing > Mesh Tool > Mesh > Areas > Pick All

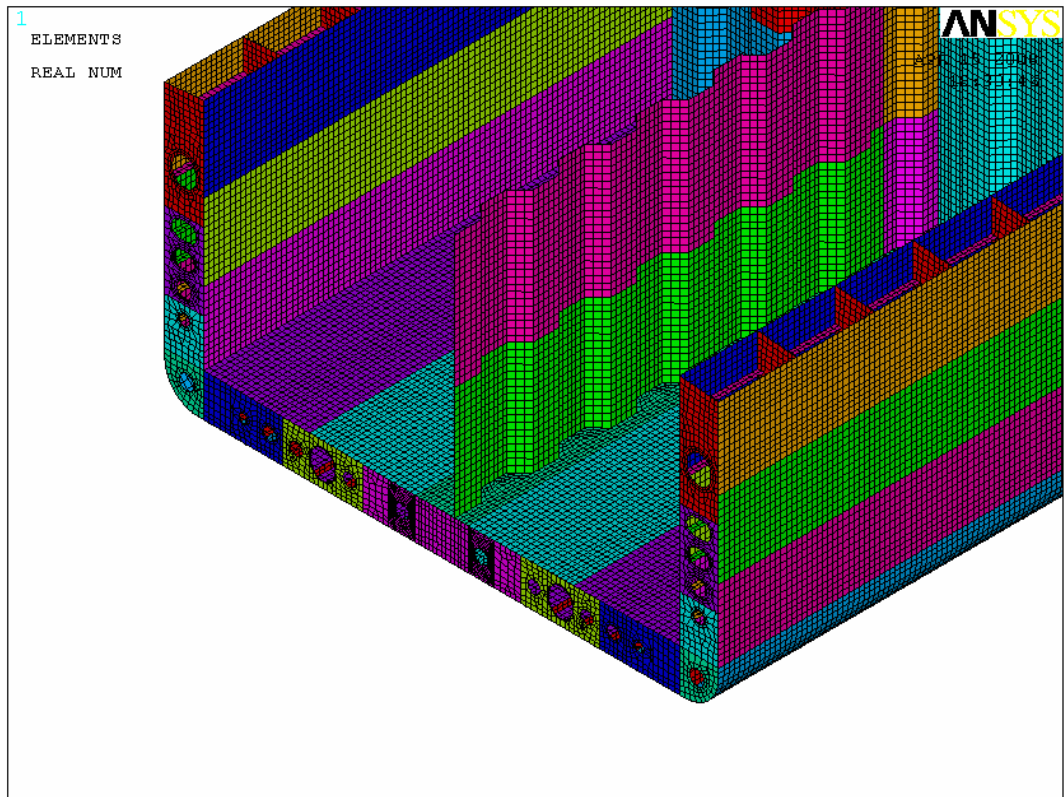
Böylece iki posta arası 610 milimetrelük kısım 5 elemanla tanımlanmış olur. Mesh işleminden sonra oluşan sonlu elemanlar modeli, 538593 nod ve 500547 eleman içermektedir. Şekil 3.21’de bu ağ yapısı görülmektedir.



Şekil 3.21: Kimyasal tanker sonlu elemanlar modeli mesh yoğunluğu.



Şekil 3.22: Kimyasal tanker destek elemanlarının mesh yoğunluğu.

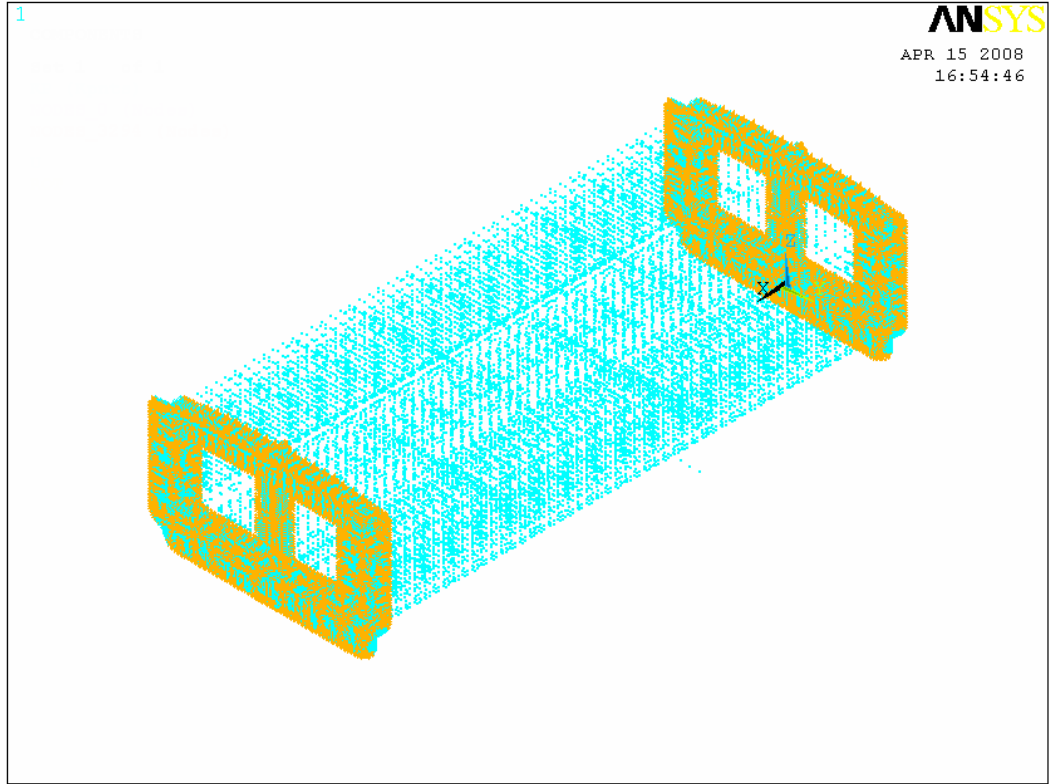


Şekil 3.23: Enine ve boyuna korgeyt perdelerin mesh yoğunluğu.

3.4 SINIR ŞARTLARININ TANIMLANMASI

Sınır koşulları yapıların mekaniğinde mesnet şartları olarak da isimlendirilmektedir. Sonlu eleman modellemelerinde sınır koşulları (mesnet şartları) sık sık yanlış veya eksik olarak tanımlanmaktadır. Modellemede sınır koşullarına gerekli özen daima gösterilmelidir. Her ne kadar yapılan hata küçük gibi görülse de sonuçlar üzerindeki etkisi oldukça büyük olacaktır.

Sonlu elemanlar modelinde aktif olmayan serbestlik dereceleri çözüm işleminden önce sınırlandırılmalıdır. Bu sınırlandırılması gereken serbestlik derecesi, modelin sınırda veya başka bölgesinde olabilir. Örneğin düzlem elemanlar nodlarda düzlem içinde iki doğrultudaki ötelemeye karşı direnç gösterirler. Fakat genel amaçlı bir sonlu elemanlar programı her bir noda üçü öteleme ve diğer üçü de dönme olmak üzere altı serbestlik derecesi atayacaktır. Rijidlik matrisinde tekilleri önlemek amacıyla düzlem elemanlar için her noddaki üç dönme serbestliği ve eleman düzlemine dik doğrultudaki öteleme serbestliği kısıtlanmalıdır. Çünkü seçilen eleman tipi bu serbestlik dereceleri için direnç gösteremeyeceğinden, rijidlik matrisinde tekiller oluşacak, bu da denklemlerin çözümünü zorlaştıracak veya imkansız hale getirecektir. Doğru bir modelleme için düzlem elemanların her bir nodu için üç serbestlik derecesi atanır. Sınır koşulları için ise yine sınırda yer alan nodlar için bu serbestlik derecelerinden bazılarının kısıtlanması gerekebilir. Bazı durumlarda gerçek problem için sınır koşulları net olarak anlaşılır olmayabilir. Böyle durumlar için çözümün üst ve alt sınırlarını iki ayrı analizde saptamak fiziksel olarak anlaşılır olmayabilir. Böyle durumlar için çözümün üst ve alt sınırlarını iki ayrı analizle saptamak fiziksel olarak anlaşılır olmayabilir. Böyle durumlar için çözümün üst ve alt sınırlarını iki ayrı analizle saptamak fiziksel olarak daha anlamlı olabilir. [17]



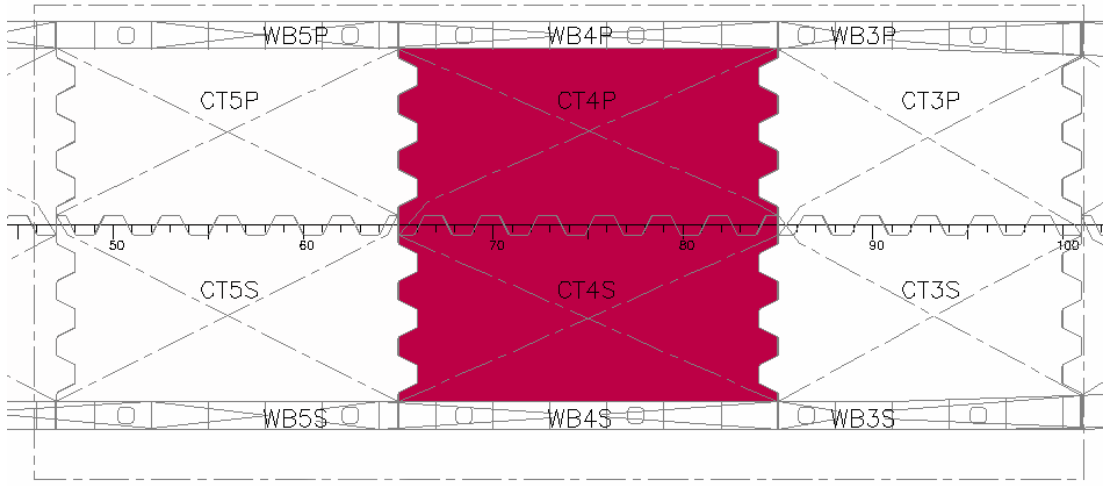
Şekil 3.24: Sınır şartları.

Yapılacak analizde amaç enine perdeler ve postalarda meydana gelecek olan gerilmeleri bulmak olduğu için sınır şartları belirlenirken boyuna mukavemet dikkate alınmamıştır. Bu nedenle gemi modeli bir kiriş olarak düşünülmüş ve uç noktalarında ankastre olarak sınırlanmış yani x doğrultusundaki 0 ve 32940 mesafesindeki bütün nodlar tutularak serbestlik dereceleri 0 yapılmıştır. Şekil 3.24’de geminin sonlu elemanlar modeline uygulanan sınır şartları gösterilmiştir.

Solution > Define Loads > Apply > Structural > Displacement > On Nodes

3.5 YÜKLEME DURUMU

Oluşturulan sonlu elemanlar modeline, kargo tanklarına içten 1.54 t/m^3 yoğunluktaki kargo yükünün ve dıştan 1.025 t/m^3 yoğunluktaki deniz suyunun meydana getirdikleri hidrostatik basınçlar uygulanmıştır. Şekil 3.25’de kargo yükleme durumu görülmektedir. Enine su-geçmez perdelerdeki maksimum gerilmeleri bulmak amacıyla sadece 4 no’lu iskele ve sancak tanklarına kargo yüklemesi yapılmıştır. 3, 4 ve 5 no’lu balast tanklarının dış yüzeylerine de deniz basıncı uygulanmıştır.



Şekil 3.25: Kargo yükleme durumu.

Şekil 3.27’de deniz basıncı dağılımı ve Şekil 3.28 ve Şekil 3.29’te 4 no’lu kargo tanklarındaki basınç dağılımı N/mm^2 cinsinden verilmiştir.

Tüm hidrostatik basınçların sonlu elemanlar modeline uygulanması aşamasında aşağıda verilen macrodan yararlanılmıştır.

/solution

! Bu macro girilen draft değeri ve elaman tipine göre hidrostatik basınç değerini hesaplar.

```

      *ask,AR1,Enter The Draught ( mm ).....
      *ask,AR2,Enter The Density of Water (Default 1.0055e-5 N/mm3
).....,1.0055e-5
      *ask,AR3,Enter The Shell Face number (Default 1).....,1
      *ask,AR4,Enter The Element Type Number Will Be Loaded (Default 1
).....,1
      *ask,AR5,Enter The Direction (1 for X, 2 for Y, 3 for Z ).....

*GET,l_e_n,ELEM,,NUM,MIN,,,,
*GET,h_e_n,ELEM,,NUM,MAX,,,,

*DO,I,l_e_n,h_e_n
  sell=Esel(I)
  *if,sell,EQ,1,THEN

    *if,AR5,EQ,1,THEN
      *GET,XX,ELEM,I,CENT,x
    *ENDIF

    *if,AR5,EQ,2,THEN
      *GET,XX,ELEM,I,CENT,y
    *ENDIF

    *if,AR5,EQ,3,THEN
      *GET,XX,ELEM,I,CENT,z
    *ENDIF

    *GET,TYP,ELEM,I,ATTR,TYPE

    HH=(AR1-XX)
    *IF,HH,LT,0,THEN
      HH=0
    *ENDIF

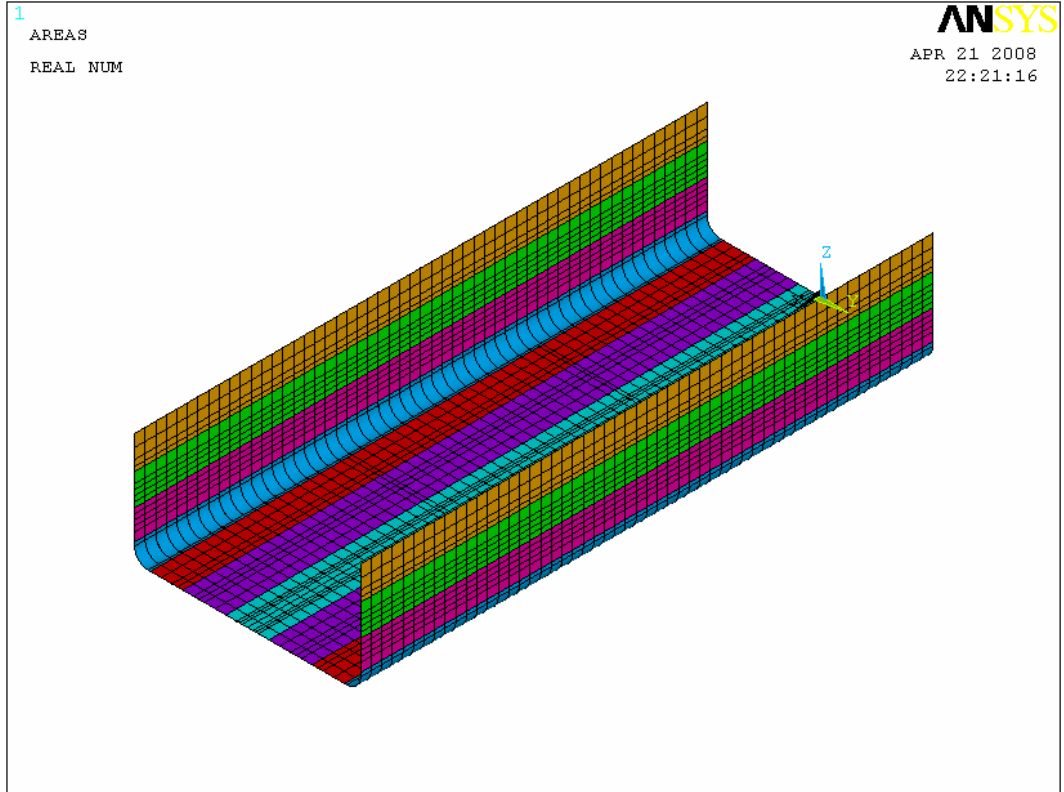
    PR=HH*AR2
    *if,PR,GT,0,THEN
      *if,TYP,EQ,AR4,THEN
        SFE,I,AR3,PRES,,PR,,,,
      *ENDIF
    *ENDIF
  *ENDIF
*ENDDO

```

3.5.1 Deniz basıncının girilmesi

Bu tez çalışmasında, yukarıdaki macro kullanılarak deniz basıncı girilirken aşağıdaki sıralamaya uyulmuştur.

İlk olarak geminin deniz ile teması bulunan dış kaplaması dahilindeki alanlar ve alanların altındaki elemanlar seçilmiştir. Şekil 3.26’de seçilen alanlar ve Şekil 3.27’te elemanlar görülebilir.

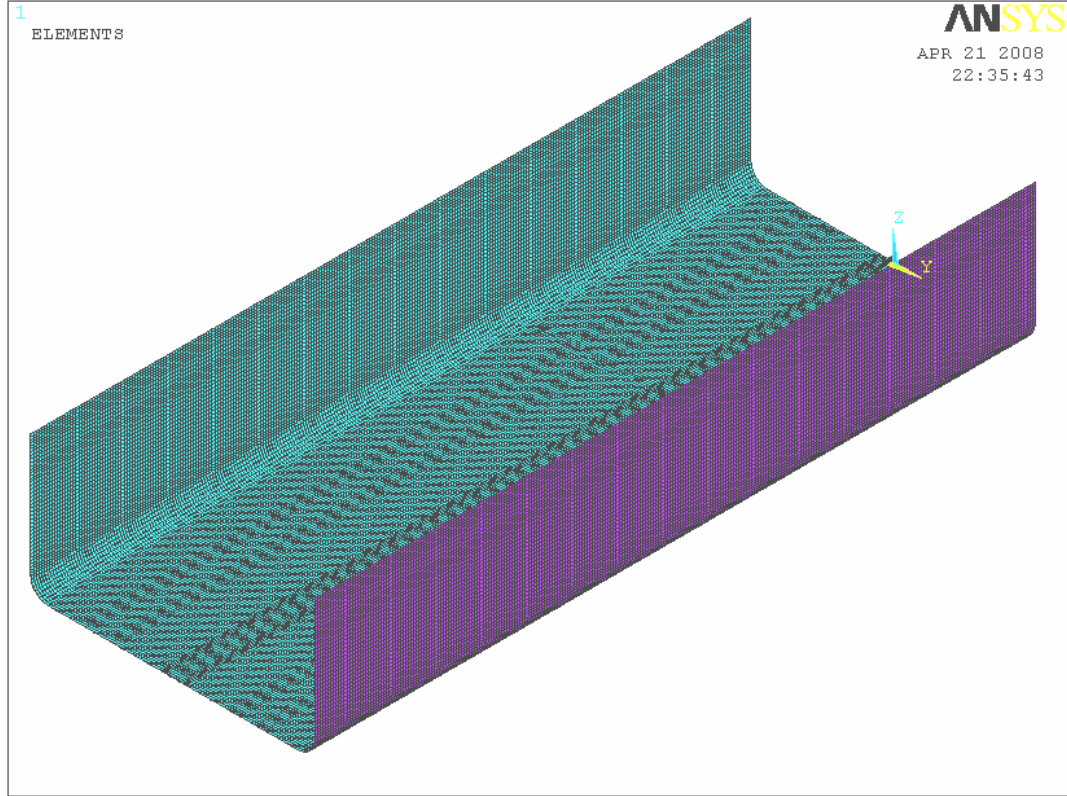


Şekil 3.26: Dış kaplama dahilindeki alanlar

Select > Everything Below > Selected Areas

Plot > Elements

PlotCtrls > Numbering > No numbering > Replot



Şekil 3.27: Dış kaplama dahilindeki elemanlar

Burada önemli olan nokta yükleme yapılacak elemanların yüzlerinin aynı tarafa bakmasıdır. Magenta rengi face number 1'i Cyan rengi ise Face number 2'yi temsil eder. Eğer yüzleri aynı tarafa bakmayan elemanlar varsa Reverse normals işlemi ile düzeltilmelidir.

Modeling > Move/Modify > Reverse Normals > off Shell Elems

Macro çalıştırıldığında ilk olarak hidrostatik basıncın başlayacağı yüksekliği sormaktadır.

*ask,AR1,Enter The Draught (mm).....

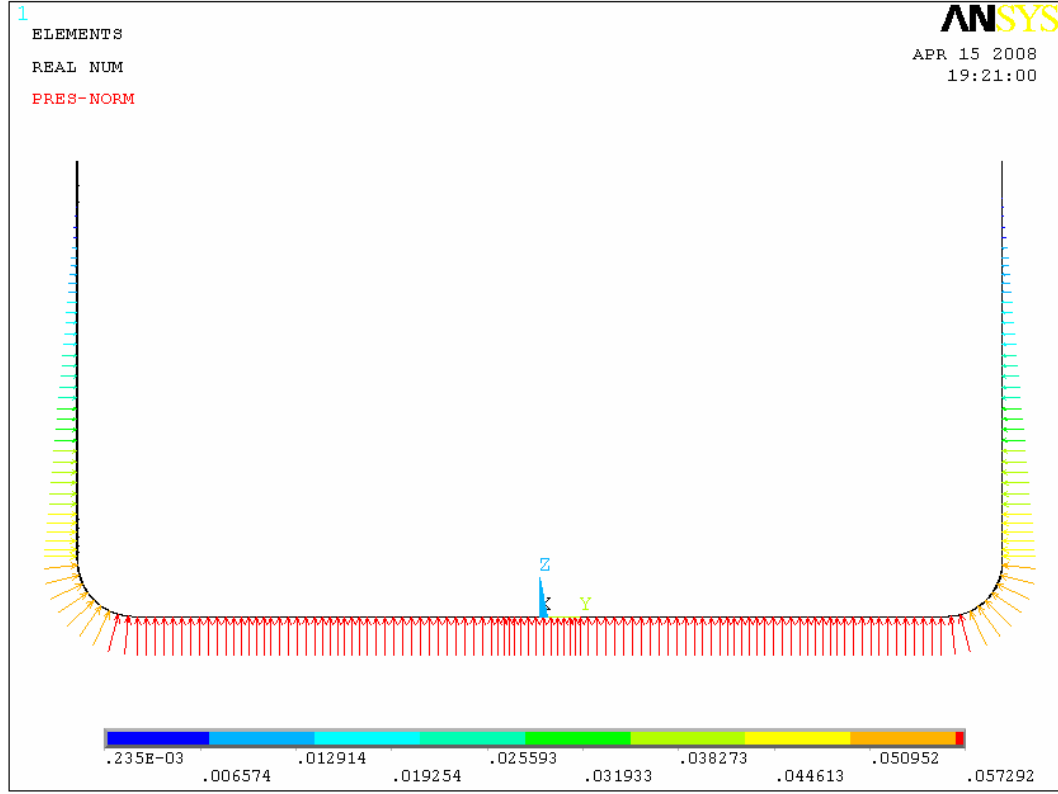
Deniz basıncı için bu yükseklik geminin dizayn draft değeri olan 5450 milimetre girilmiştir.

Macronun sonunda sorulan direction bölümünde ise yüklemeler z doğrultusunda yapılacağı için 3 girilmiştir.

Macro seçilen her elemana temel hidrostatik basınç denklemini uygulamaktadır.

$$P = \rho g(z_1 - z_0) \quad (3.1)$$

Burada “ z_1 ” girdiğimiz draft değeri yani 5450 milimetredir. “ z_0 ” ise elemanın z_1 ile arasındaki düşey mesafedir.



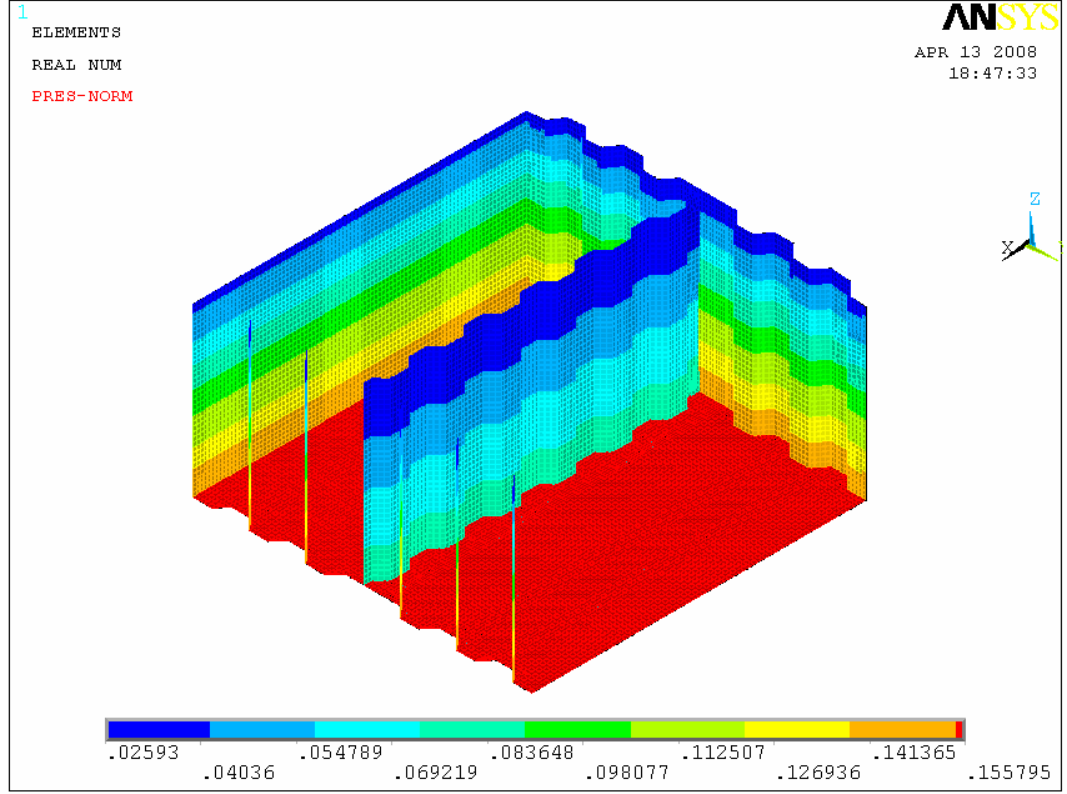
Şekil 3.28: Deniz basıncı yükleme değerleri. (N/mm^2)

3.5.2 Kargo yüklerinden oluşan basıncın girilmesi

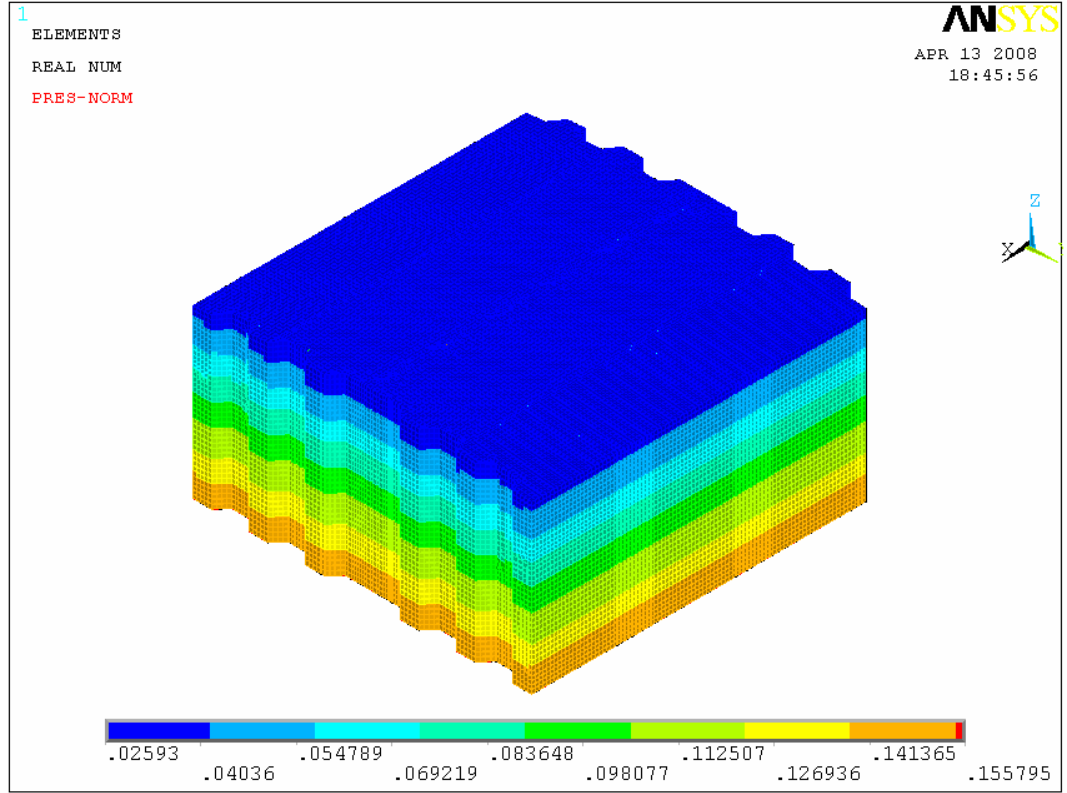
Yukarıda deniz basıncı girilirken uygulanan işlemler kargo tankları içinde uygulanır. Fakat kargo tanklarının yüklemesi için önce workplane kargo tanklarının tabanına taşınır.

Workplane > Offset Wp to > Nodes +

Macro çalıştırıldığında draft değeri olarak kargo tanklarının merkezdeki yüksekliği girilir. Bu projede bu değer $z_1 = 5747$ milimetredir. Kargo yükünün yoğunluğu olarak da $1.5107 \times 10^{-5} \text{ N/mm}^3$ girilmiştir.



Şekil 3.29: 4 no'lu tanklardaki iç durgun basınç dağılımı değerleri. (N/mm^2)



Şekil 3.30: 4 no'lu tanklardaki iç durgun basınç dağılımı değerleri. (N/mm^2)

4. SONLU ELEMANLAR ANALİZİ

Bu tez çalışmasında sonlu elemanlar analizi, bir kimyasal tankerin kargo tankları üzerinde yukarıdaki bölümlerde belirtilen sınır şartları ve yükleme durumları altında meydana gelen maksimum yer değiştirme ve maksimum gerilmelerin yerlerini tespit etmek amacı ile gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen sonuçlar beşinci bölümde verilmektedir.

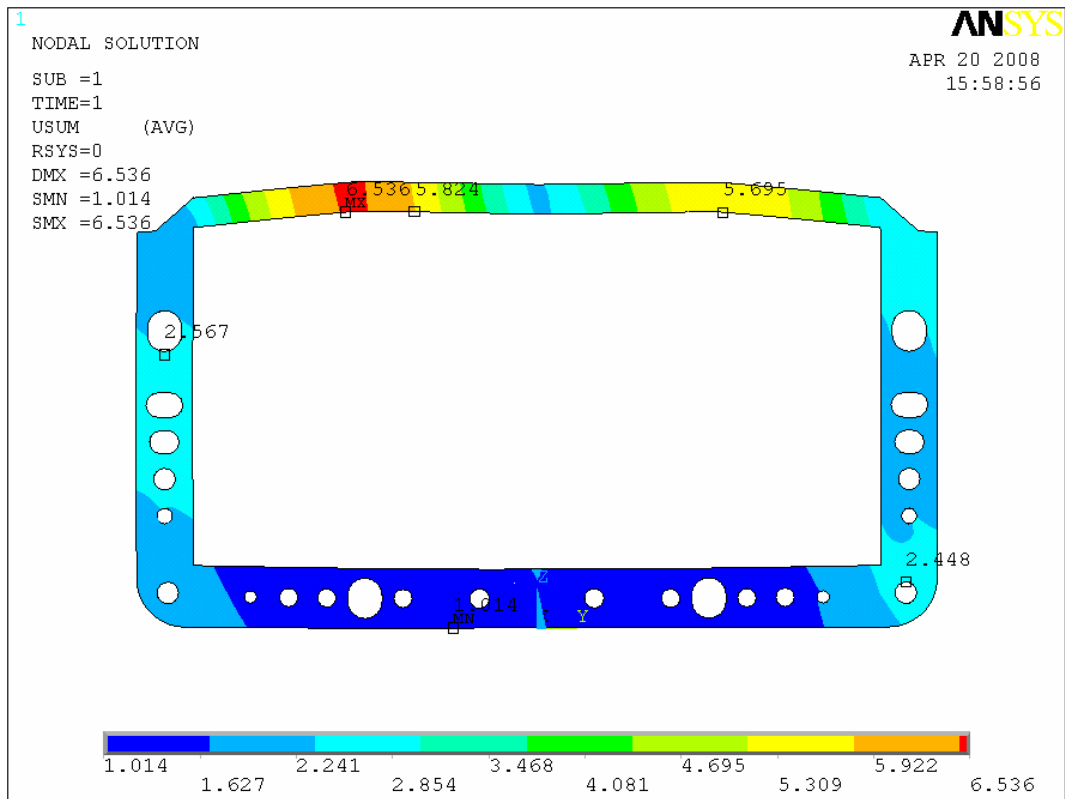
5. SONUÇLAR VE YORUMLAR

5.1 SONUÇLAR

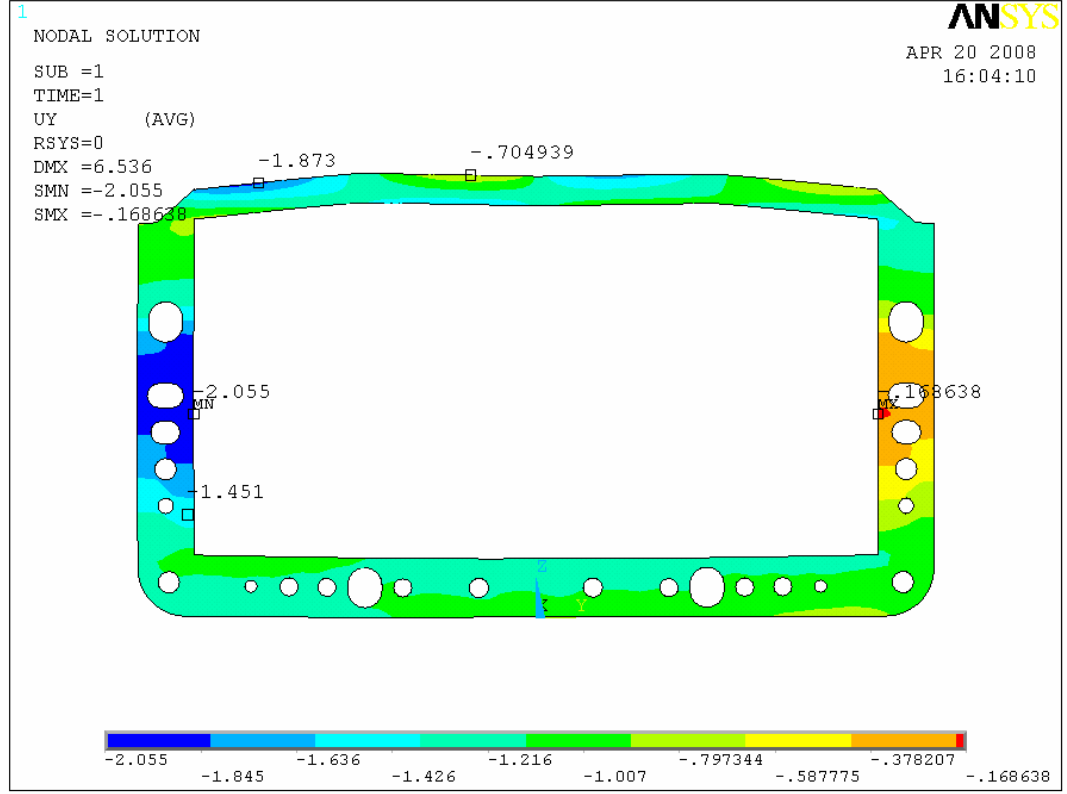
Bu bölüm, yukarıda gerçekleştirilen yapısal analizler sonucunda, geminin yükleme yapılan bölgesindeki enine posta, su-geçmez perde ve ana güverte elemanlarına ait yer değiştirme ve gerilme sonuçlarını içermektedir.

5.1.1 Statik Analiz Sonuçları (Maksimum yer değiştirme Değerleri)

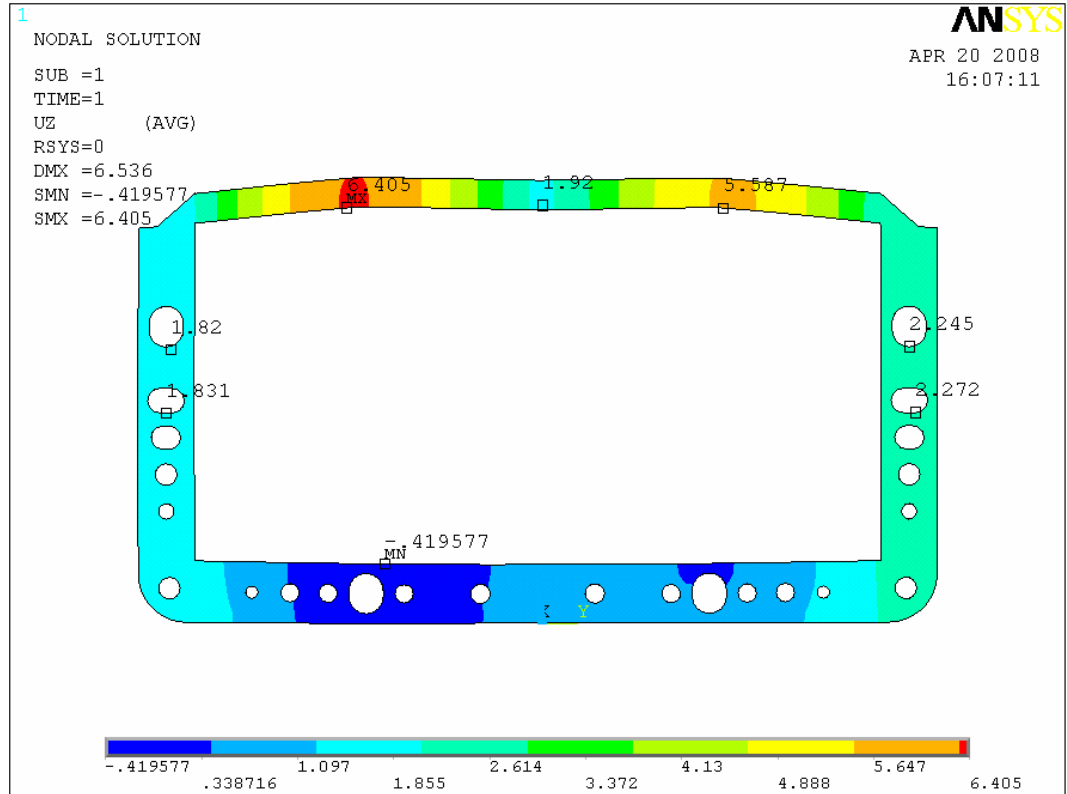
5.1.1.1 Derin posta Maksimum yer değiştirme Değerleri



Şekil 5.1: Yükleme altındaki derin posta toplam yer değiştirme sonuçları. (mm)

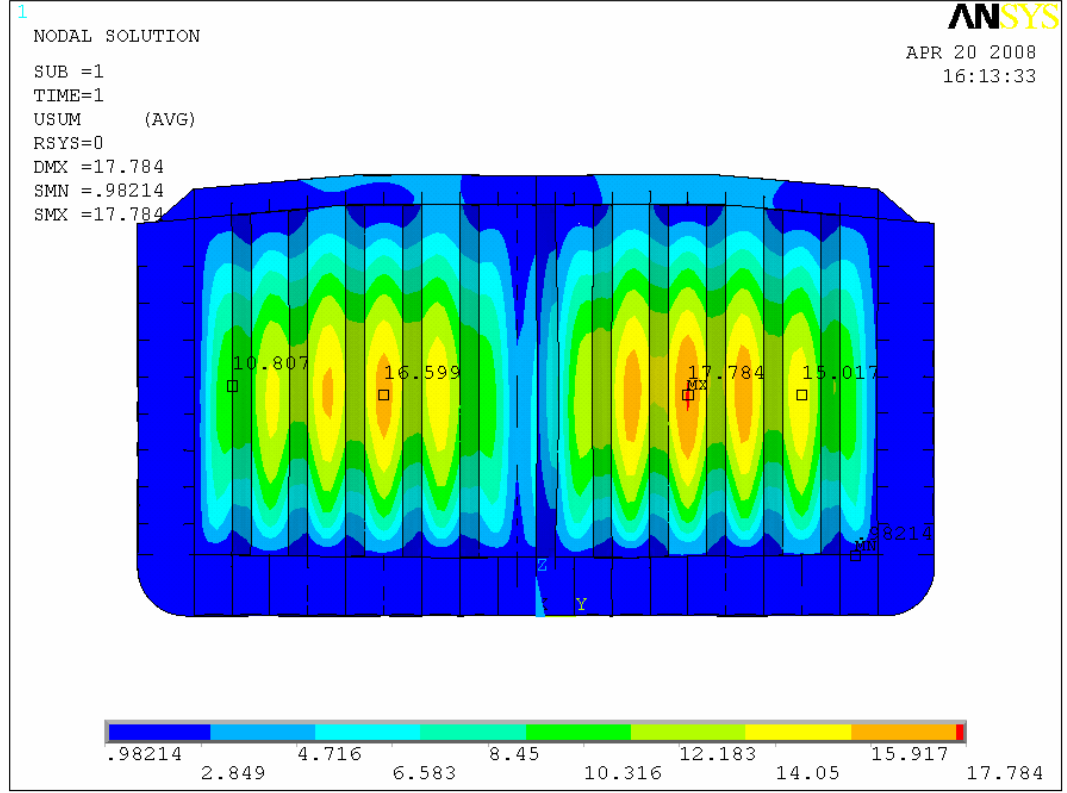


Şekil 5.2: Yükleme altındaki derin posta y yönünde yer değiştirme sonuçları. (mm)

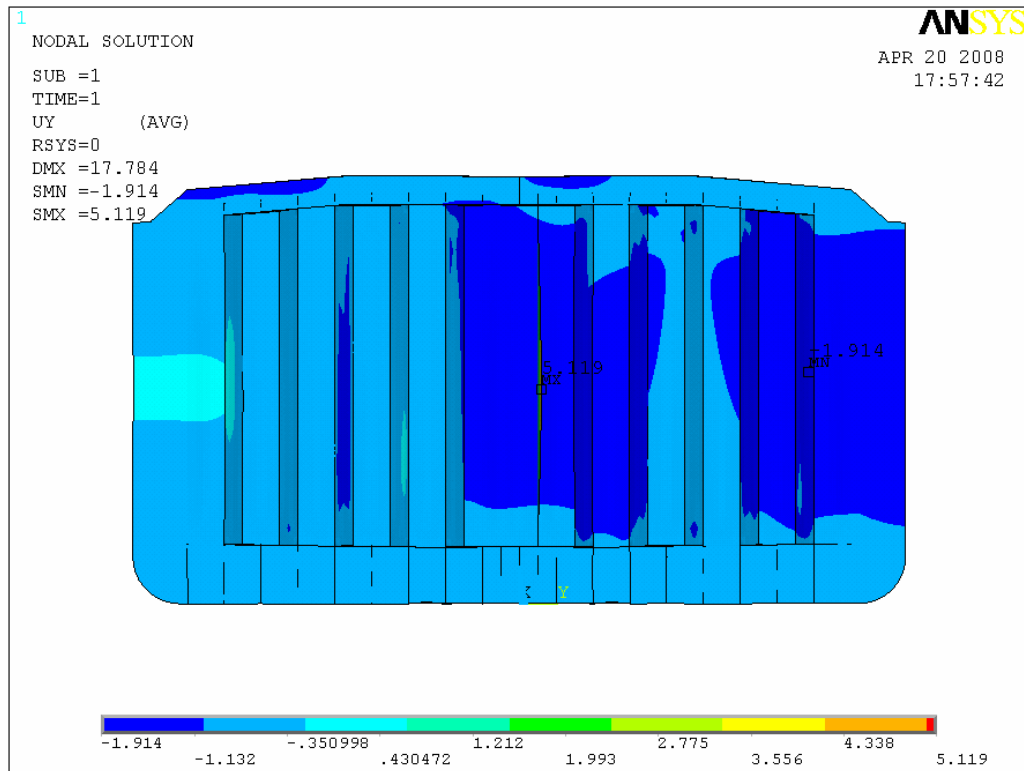


Şekil 5.3: Yükleme altındaki derin posta z yönünde yer değiştirme sonuçları. (mm)

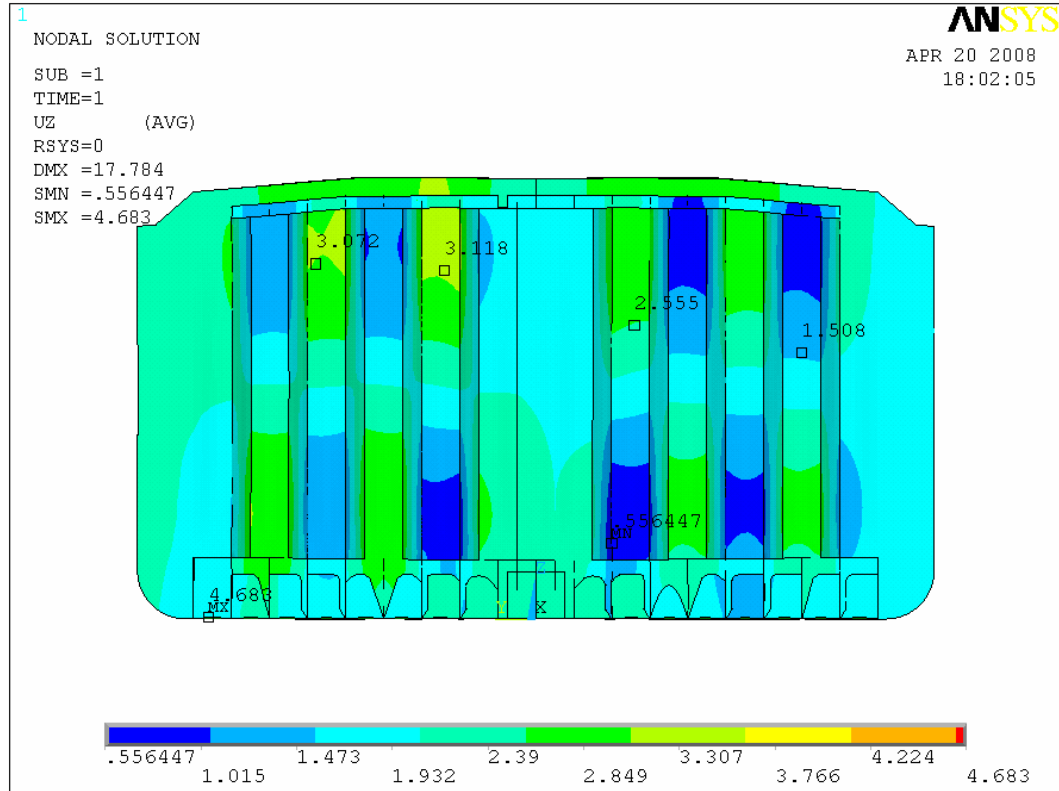
5.1.1.2 Su-geçmez perde Maksimum yer değıştirme Değerleri



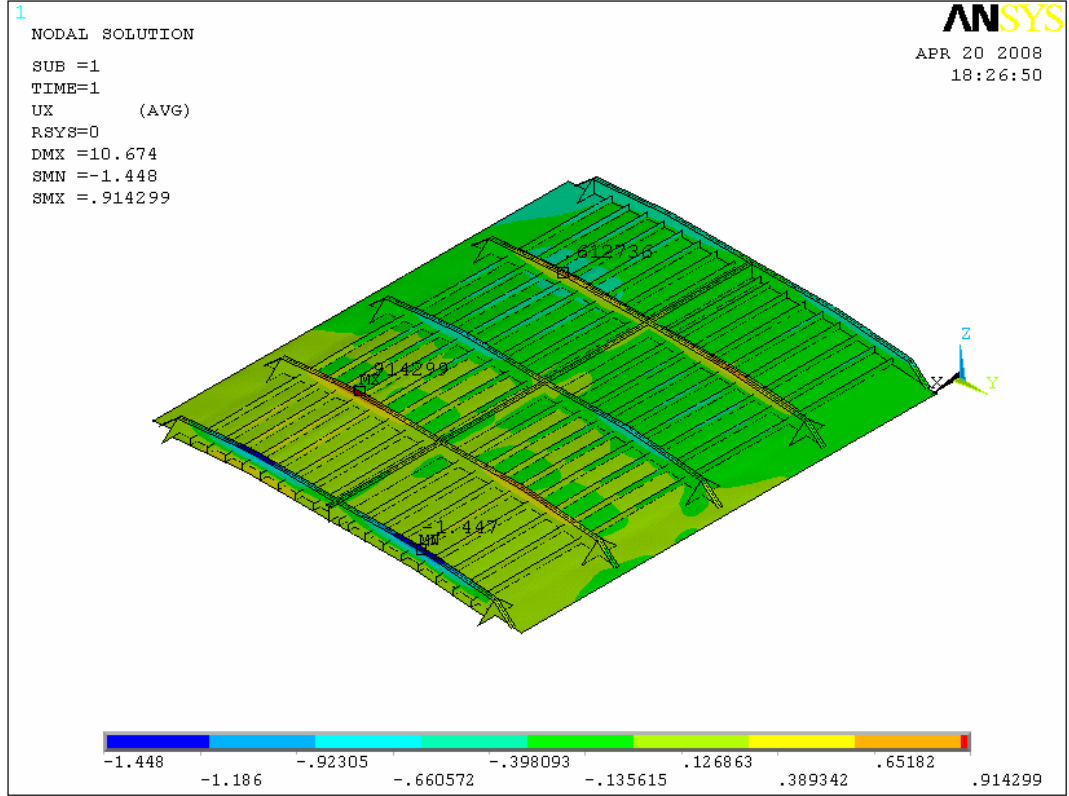
Şekil 5.4: Yükleme altındaki su-geçmez perde toplam yer değıştirme sonuçları. (mm)



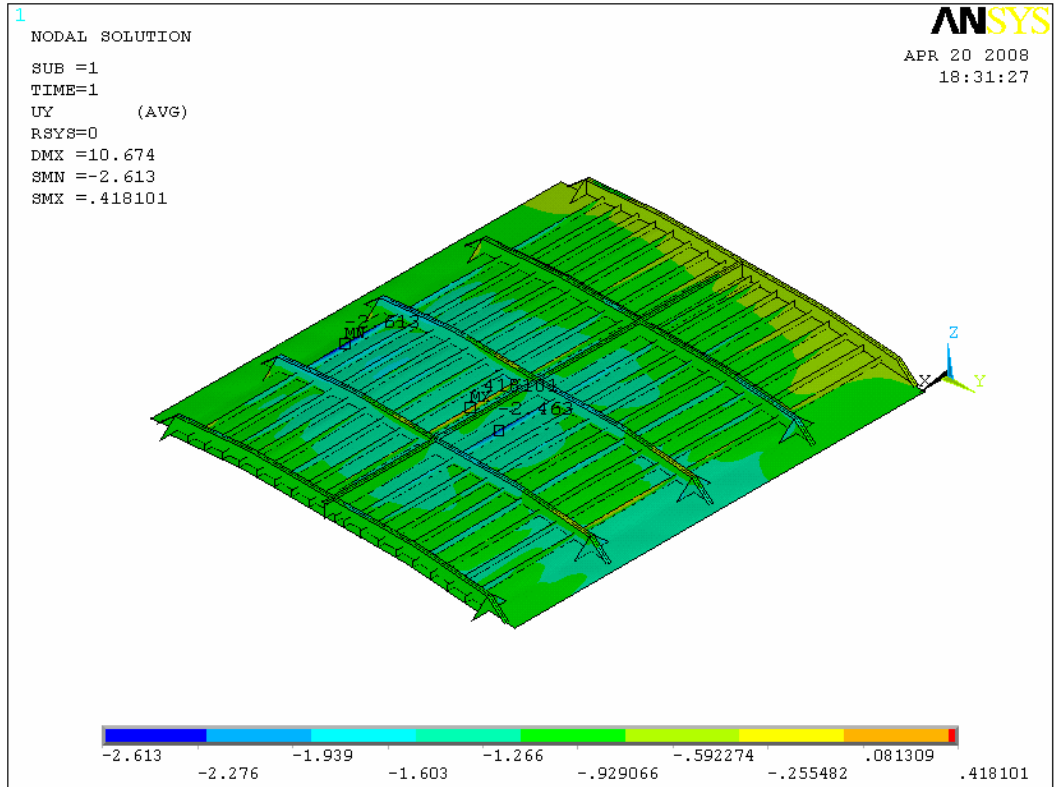
Şekil 5.5: Yükleme altındaki su-geçmez perde y yönünde yer değiştirme sonuçları. (mm)



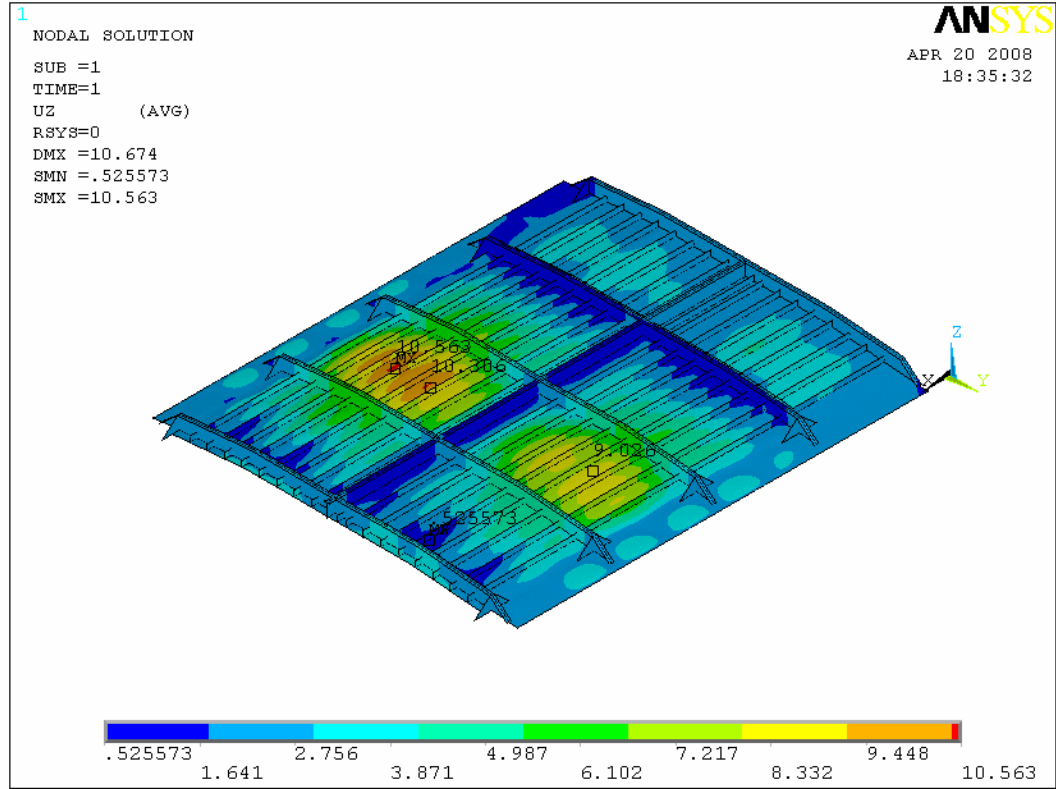
Şekil 5.6: Yükleme altındaki su-geçmez perde z yönünde yer değiştirme sonuçları. (mm)



Şekil 5.8: Ana güverte x yönünde yer değiştirme sonuçları. (mm)



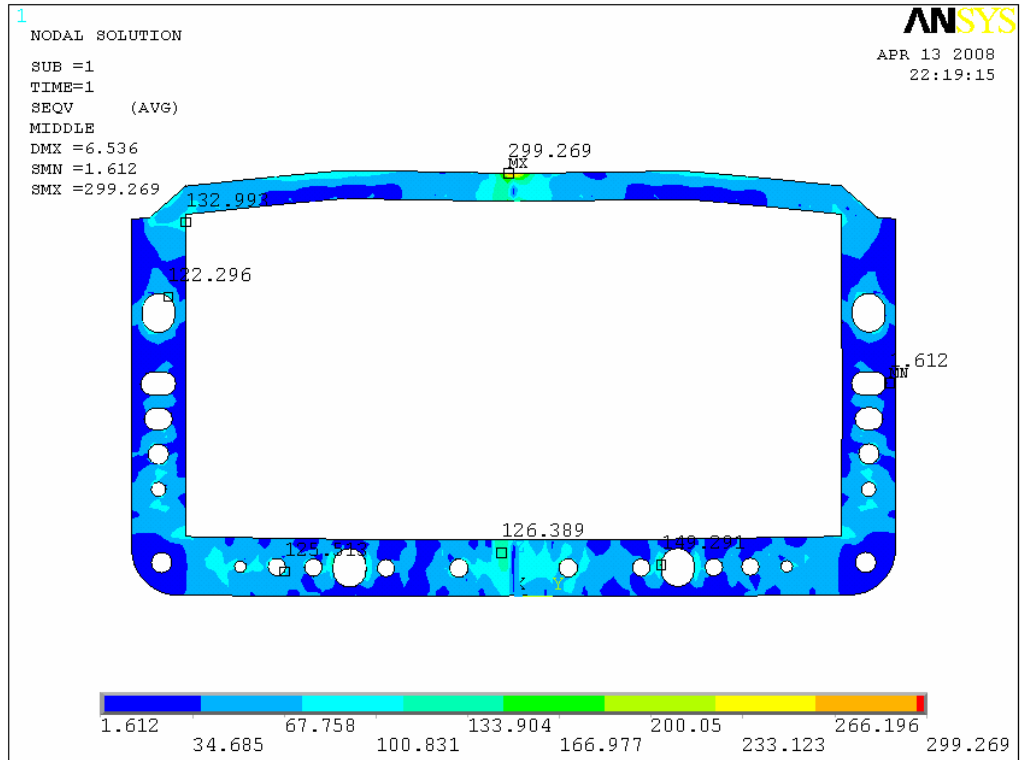
Şekil 5.9: Ana güverte y yönünde yer değiştirme sonuçları. (mm)



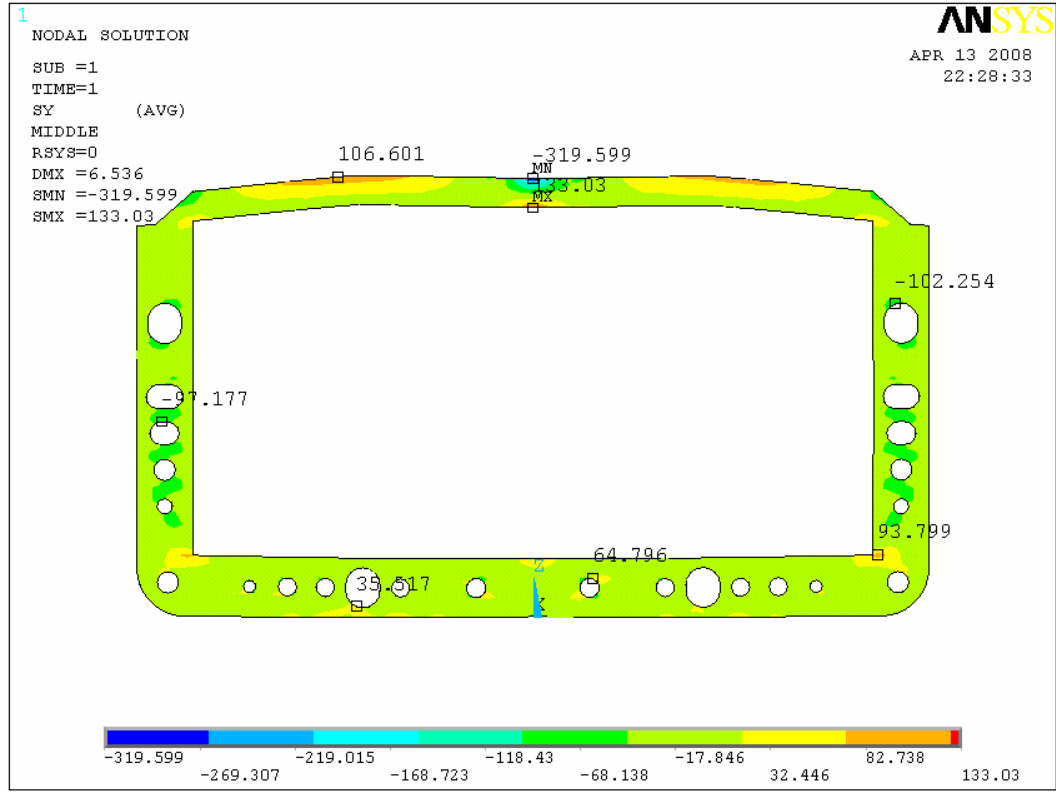
Şekil 5.10: Ana güverte z yönünde yer değiştirme sonuçları. (mm)

5.1.2 Statik Analiz Sonuçları (Maksimum Gerilme Değerleri)

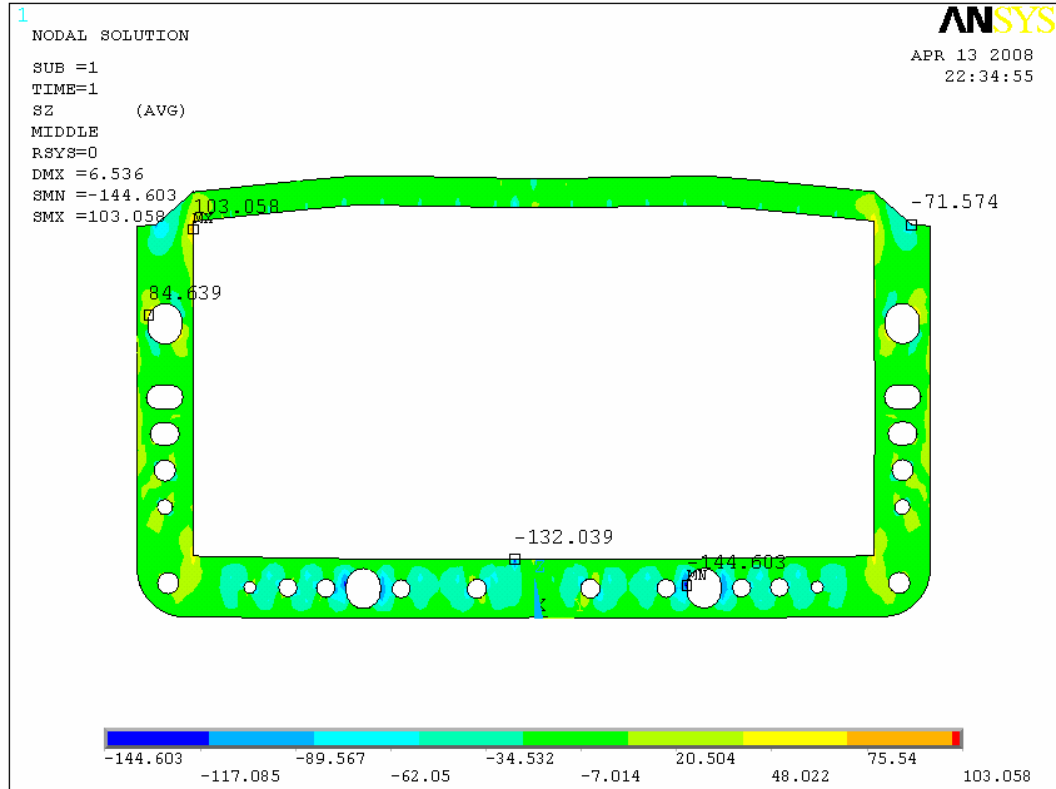
5.1.2.1 Derin posta Maksimum gerilme Değerleri



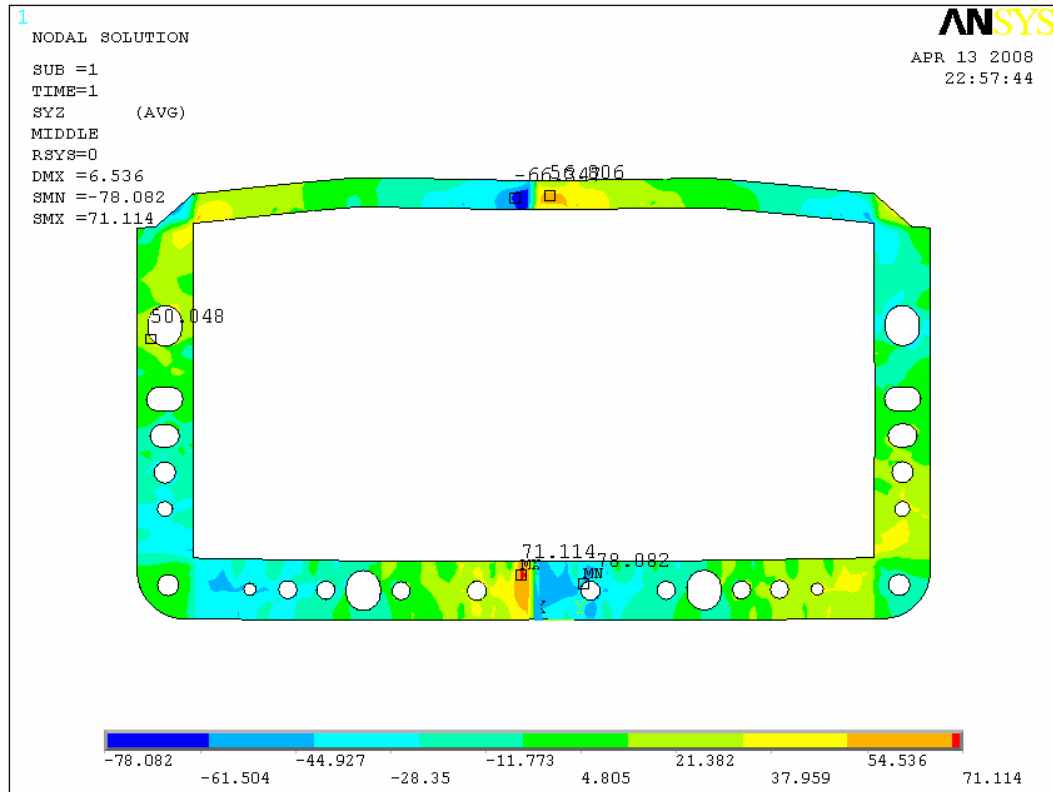
Şekil 5.11: Yükleme altındaki derin posta von-mises stress sonuçları. (MPa)



Şekil 5.12: Yükleme altındaki derin posta y yönünde stress sonuçları. (MPa)

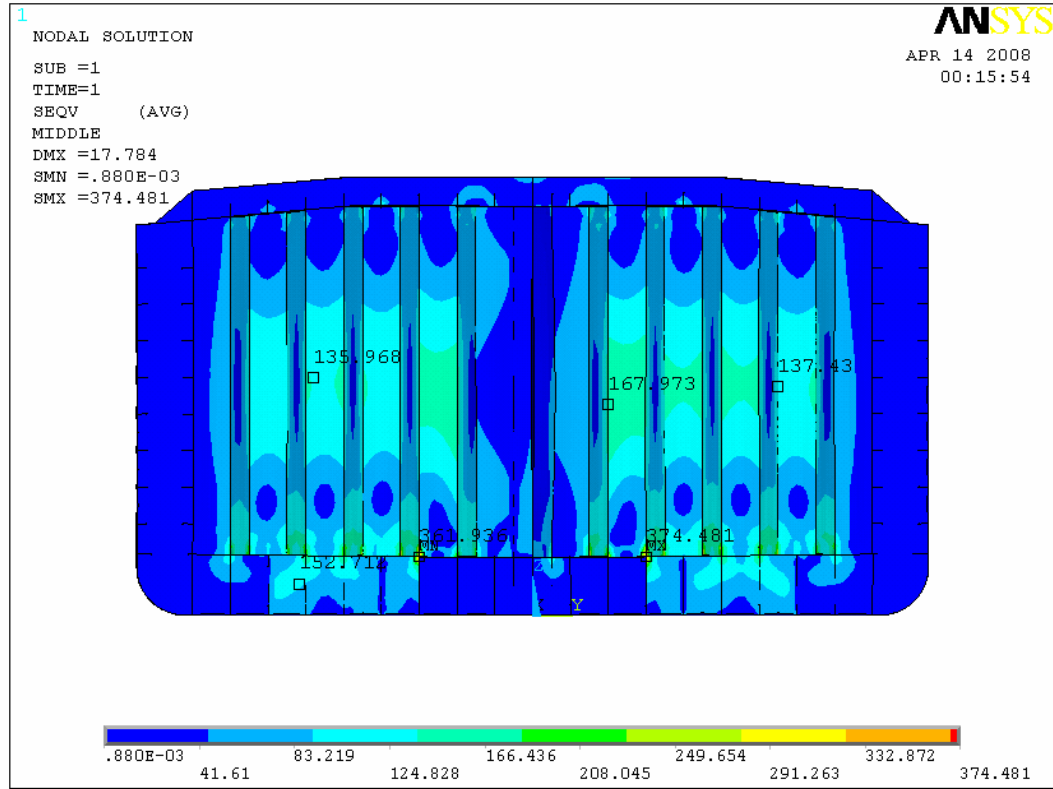


Şekil 5.13: Yükleme altındaki derin posta z yönünde stress sonuçları. (MPa)

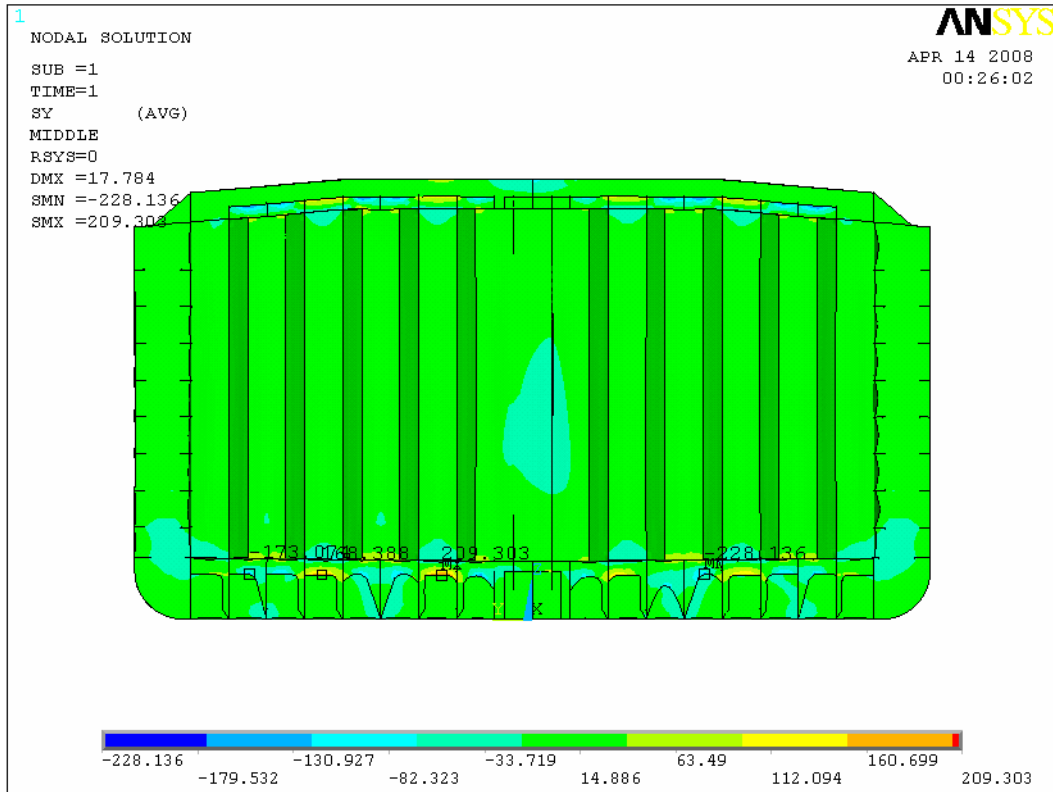


Şekil 5.14: Yükleme altındaki derin posta y z yönünde stress sonuçları. (MPa)

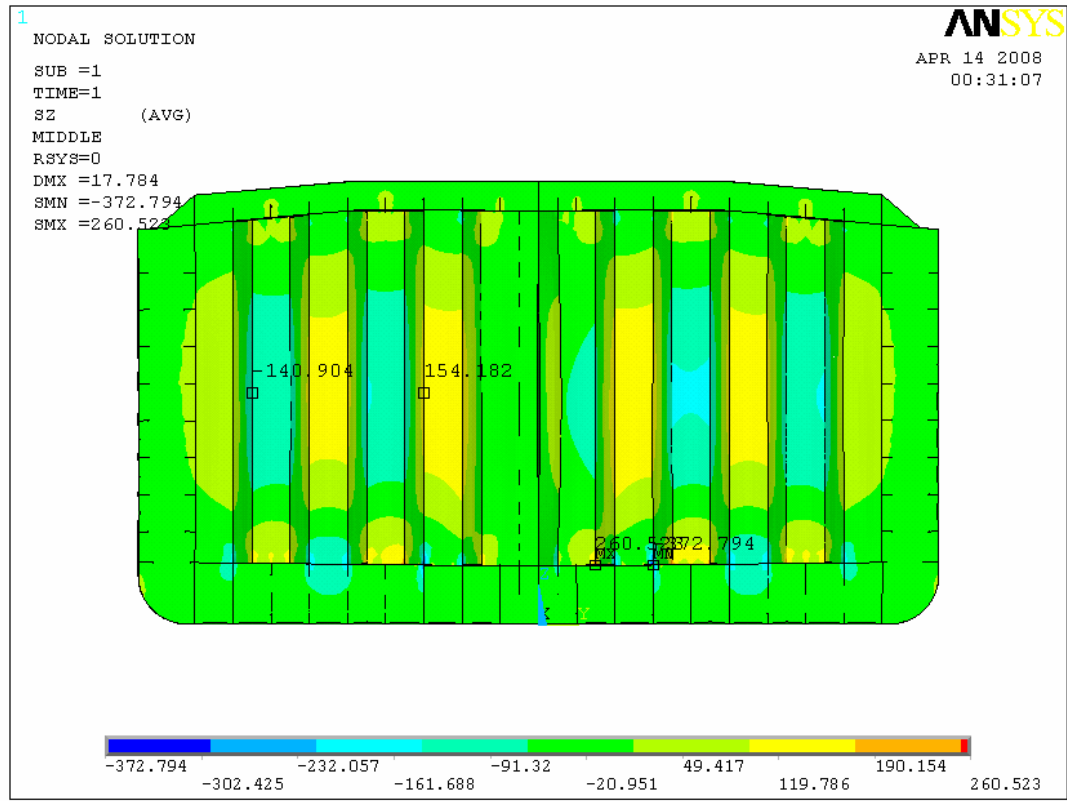
5.1.2.2 Su-geçmez perde Maksimum gerilme Değerleri



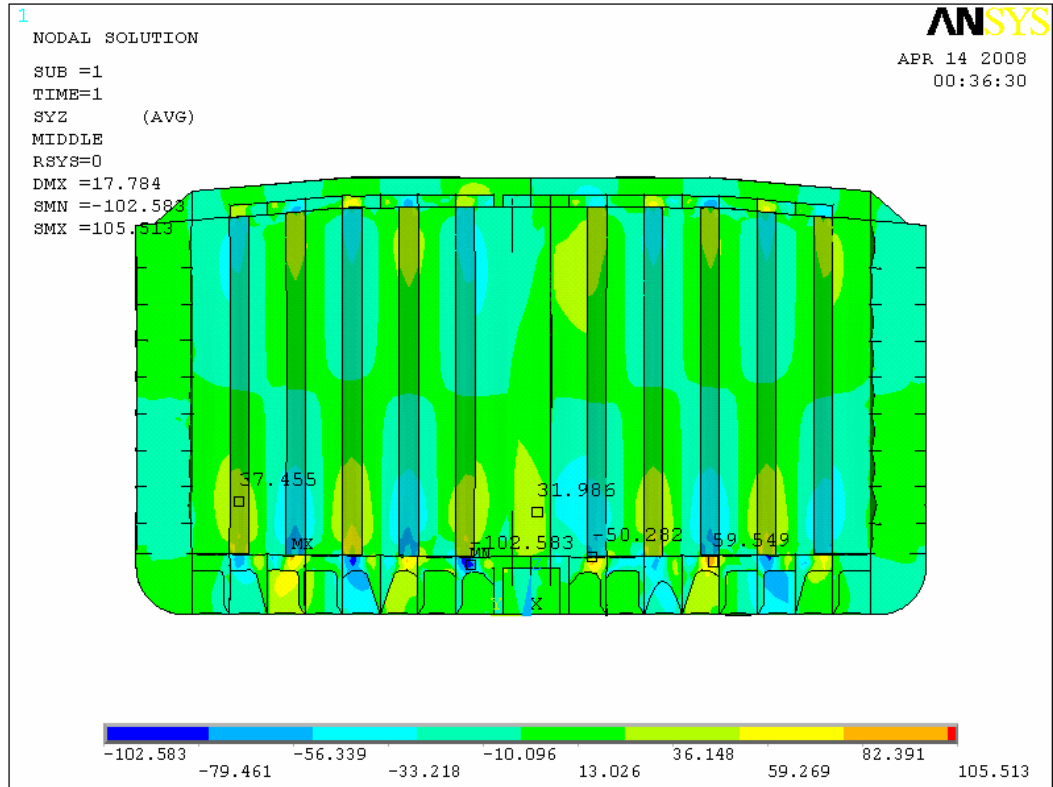
Şekil 5.15: Yükleme altındaki su-geçmez perde von-mises stress sonuçları. (MPa)



Şekil 5.16: Yükleme altındaki su-geçmez perde y yönünde stress sonuçları. (MPa)

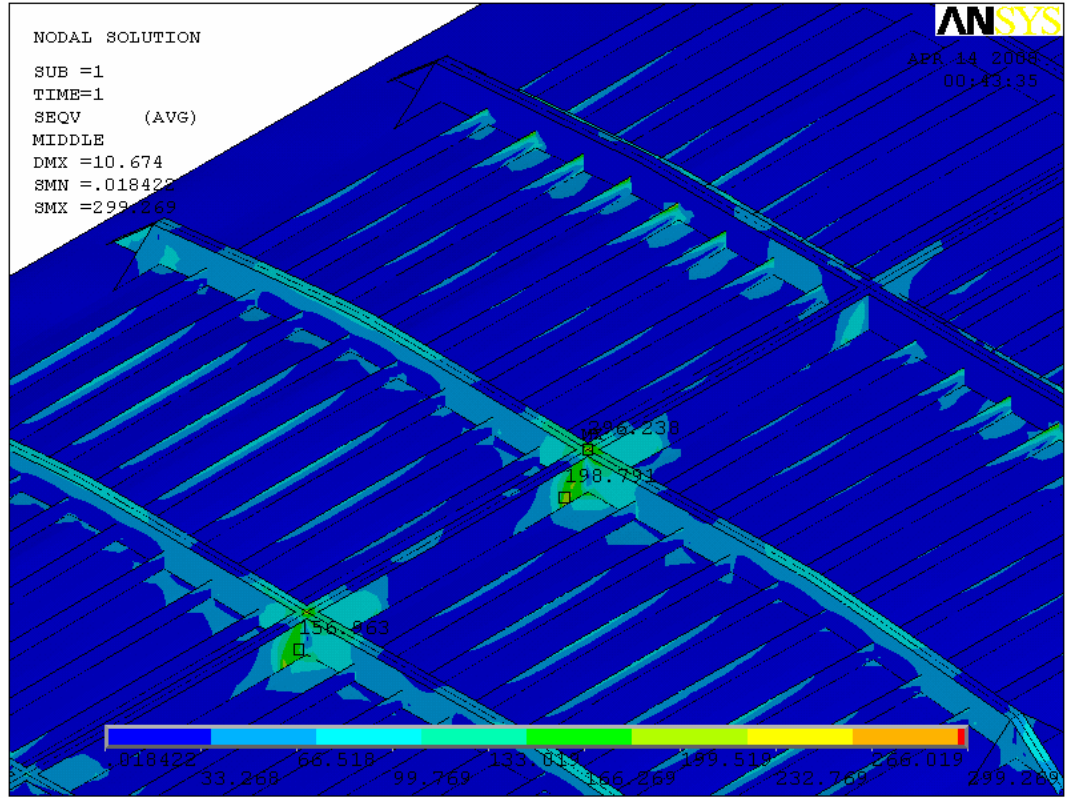


Şekil 5.17: Yükleme altındaki su-geçmez perde z yönünde stress sonuçları. (MPa)

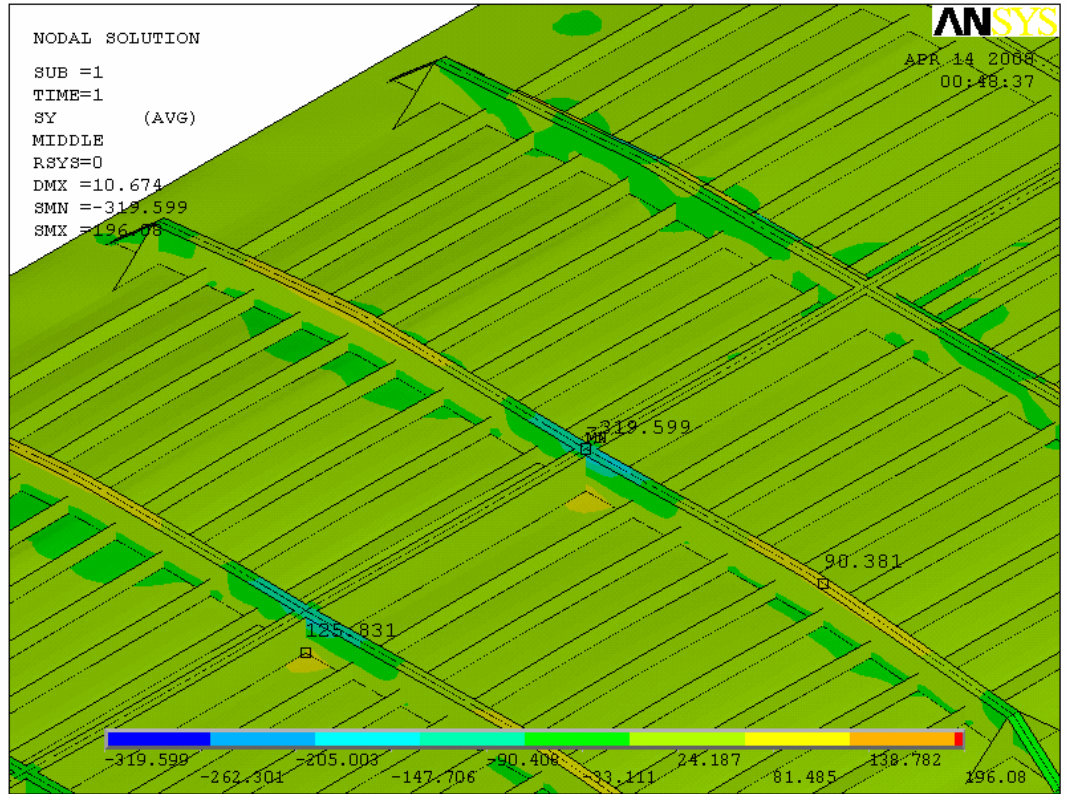


Şekil 5.18: Yükleme altındaki su-geçmez perde y z yönünde stress sonuçları. (MPa)

5.1.2.3 Ana güverte Maksimum gerilme Değerleri



Şekil 5.19: Ana güverte von-mises stress sonuçları. (MPa)



Şekil 5.20: Ana güverte y yönünde stress sonuçları. (MPa)

5.2 YORUMLAR

Yukarıdaki sonuçlar, geminin 4 no'lu iskele ve sancak kargo tanklarına içten 1.54 t/m^3 yoğunluktaki kargo yükünün ve tüm modele dışarıdan 1.025 t/m^3 yoğunluktaki deniz suyunun etki etmesiyle meydana gelen hidrostatik basınç sonucunda, 4 no'lu tankların su-geçmez perdelerinde, postalarında ve ana güvertede oluşan maksimum gerilmeleri ve yer değiştirmeleri göstermektedir.

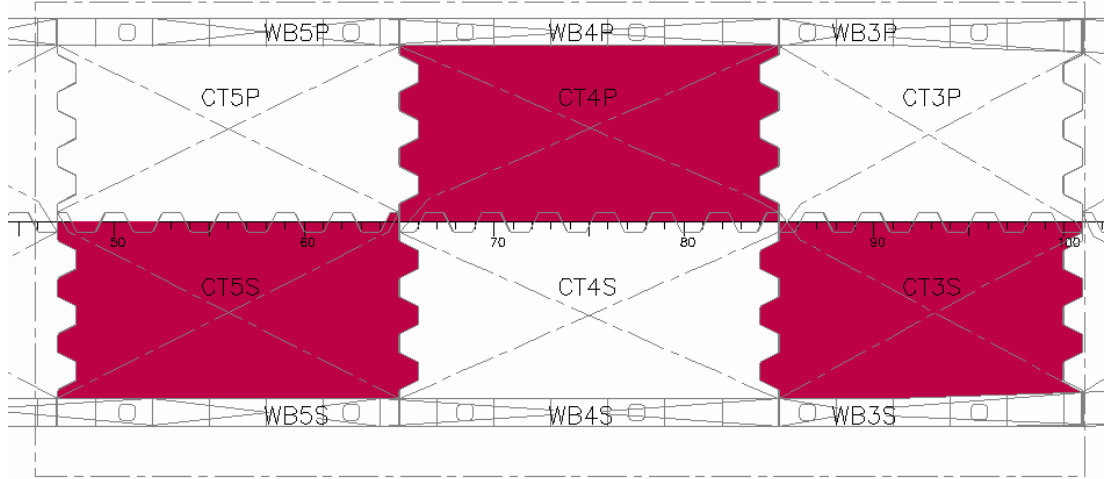
Maksimum gerilmeler 4 numaralı tankın su-geçmez perdelerinin altındaki takviye elemanlarında, menhol çevrelerinde ve ana güverte üstü kemerlerinin merkez bölgesindeki alın lamalarında görülmüştür. Bu bölgelerde kalınlığın artırılması uygun olabilir. Okunan en büyük gerilme değeri 374 Mpa ile su-geçmez perde altı takviye elemanlarının olduğu bölgedir. Bu elemanların malzemeleri A grade yerine AH36 olarak değiştirilmeli ve kalınlıkları artırılmalıdır. Tablo 5.1'de bu malzemenin mekanik özellikleri görülebilir.

Mekanik Özellikler		
	Modulus of Elasticity	210000 N/mm ²
	Tensile Strength	490-620 MPa
	Yield Strength	355 MPa
	Poisson ratio	0,3
	Density	7850 kg /m ³

Tablo 5.1: St42 AH36 grade gemi inşa çeliği mekanik özellikleri.

Bu çalışmada sınır şartları olarak modelin uç noktalarında serbestlik dereceleri sıfırlanmıştır yani uçlarda ankastre olarak düşünülmüştür. Bunun sebebi yapılan analizlerin boyuna mukavemet hesabı gerektirmemesidir. Eğer boyuna sistem üzerinde oluşacak gerilmeler ve yer değiştirmeleri de görmek istenirse, modelin uç

noktalarında oluşan kesme gerilmesi ve döndürme momentleri hesaplanıp sınır şartları bu duruma göre değiştirilmelidir. Ayrıca boyuna perdelerdeki maksimum gerilmeleri görmek amacıyla da çapraz bir yükleme kondisyonu daha oluşturulmalıdır. Bu yükleme durumu Şekil 5.21 de görülebilir.



Şekil 5.21: Çapraz yükleme durumu.

Ülkemizde gemi inşa sektörü hızla gelişmektedir. Tersanelerimizde üretilen gemilerin büyük bir bölümünü kimyasal tankerler oluşturmaktadır ve bu tankerlerin büyüklükleri ve taşıma kapasiteleri de artmaktadır. Bu çalışmada seçilen örnek gemi 2350 DWT'lik oldukça küçük bir gemi olmasına rağmen, analiz sonucunda maksimum gerilmelerin gözlemlendiği bölgelerin daha büyük tonajlı gemilerde de benzer yerlerde olacağı düşünülmektedir. Yaptığımız bu çalışmanın diğer çalışmalar ile birlikte gelecekteki olası problemlere ışık tutacağı inancındayız.

5.3 ANALİZLERDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Bu tip büyük boyutlu analizler maksimum gerilme ve yer değiştirmelerin yerlerini tespit etmek amacıyla yapılır. Elde edilecek sonuçların mümkün olduğunca gerçekçi olması açısından sık bir ağ oluşturulmaya çalışılmıştır. Sonuçta 500.000 civarında nod ve elemanlı bir sonlu elemanlar modeli meydana gelmiştir. Dosya boyutu çok büyümüş ve analizlerin yapılacağı bilgisayar hafıza ve hız gereksinimleri artmıştır. Bu sebeple model üzerinde çok fazla değişiklik yapılmamıştır.

Yukarıda yapılan tüm analizler boyunca en büyük sorun modelleme aşamasında yaşanmıştır. Bu sebeple en çok zaman da modelleme aşamasında harcanmıştır. İlk olarak geometrik model Autocad programında regionlarla oluşturulmaya çalışılmıştır. Oluşturulan model “.sat” formatında Ansys programına import edilmiştir. Ama bu işlem sonucunda oluşturulan ağ yapısında nodların ve elemanların birbirleriyle örtüşmediği görülmüş dolayısıyla bir sonuç alınamamıştır. Daha sonra ikinci bir yöntem olarak da yine Autocad programıyla hazırlanan model Ansys-Workbench programına import edilmeye çalışılmıştır. Fakat model 5000 civarında alandan oluştuğu için bu işlem de olumlu sonuçlanmamıştır.

Yukarıda sunulan tez çalışmasına benzer büyüklükteki sonlu elemanlar analizleri için, çalışma kolaylığı açısından modelleme aşamasında mümkün olduğunca çok “component” oluşturulması ve alanların oluşturulması, basınç yüklemelerin girilmesi gibi aşamalarda macro’lardan faydalanılması önerilir.

KAYNAKLAR

- [1] McVEE, D. J., Development in Finite Element Analysis of Naval Structures, International Conference, A.R.E., 1986.
- [2] YUILLE, M.J., WILSON, B.L., Transverse Strength of Single Hulled Ships, Trans. R.I.N.A., 1960.
- [3] ICHELSEN, F.C., NIELSEN, R., Analysis of Grillage Structures by Means of Laplace Transform, Schiffstechnik, Band 9, 1962.
- [4] SCHADE, H.A., Bending Theory of Ship Bottom Structure, Trans. SNAME, 1938.
- [5] VEDELER, G., Grillage Beam in Ship and Similar Structures, Grondahl and Son, Oslo, 1945.
- [6] KENDRICK, S.B., The Structural Design of Supertankers, Trans. RINA, 1970.
- [7] NILSEN, R., CHANG, Y., DESCHAMPS, C.L., A Simple Approach to the Strength Analysis of Tankers, Trans. SNAME, 1971.
- [8] ELBATOUTI, T.M.A., JAN, Y.H., STINANSEN, G.S., Structural Analysis of a Containership Steel Model and Comparison with the Test Results, Trans. SNAME, 1976.
- [9] CHEN, Y.K., KUTT, M.L., PIASZCZYK, M.C., BIENIEK, P.M. Ultimate Strength of Ship Structures, Trans. SNAME, 1983.
- [10] KUTT, M.L., PIASZCZYK, M.C., CHEN, Y.K1, LIV, D., Evaluation of the Longitudinal Ultimate Strength of Various Ship Hull Configurations, Trans. SNAME, 1985.
- [11] PURCELL, S.E., ALLEN, J.S., WALKER, T.R., Structural Analysis of the U.S. Coast Guard Island Class Patrol Boat, Trans. SNAME, 1988.
- [12] HORI, T., SEKIYAMA, M., RASHED, H.M., Structural "Design-By-Analysis" Approach Applied to a Product Oil Carrier with a Uni-Directional Girder System, Trans. RINA, 1990.

- [13] Bayraktarkatal, E., 1995. “Gemi Yapı Elemanlarının Boyutlandırılması İçin Gerilme Analizi”, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [14] Tayyar, G., 2002 “Gemi Dip Yapısının Deneysel ve Izgara Sistem Analizi ile İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [15] Bostanoğlu, M., 2001 “Bir Konteyner Gemisinin Sonlu Elemanlar Metodu ile Yapısal Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [16] Computation Means, Proceedings of the Ninth International Ship Structures Congress, Report of Committee IV.1, Vol.2., Genova, Italy, Sept. 1985
- [17] Ergin, A., Bayraktarkatal E., Ünsan, Y., 2000 “Sonlu Elemanlar Metodu ve Gemi İnşaatı Sektöründeki Uygulamaları”, Seminer Kitabı
- [18] S.Serajzadeha,A.KarimiTaheria,F.Mucciardib, “Unsteady state work-roll temperature distribution during continuous hot slab rolling” -Dep.of Mat. Sci.&Eng., Sharif University of Technology, Azadi Ave P.O. Box11365-9466, Tehran, Iran,Dep.ofMining, Metals&Mat. Engineering, McGill University, 3610 Un.Street, Montreal, Quebec, CanadaMay 2002,October 2002
- [19] Özgül, A., 2007 “Farklı Sonlu Eleman Modeller Kullanılarak, Plak ve Kabuk Elemanların Bilgisayar Destekli Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun
- [20] ANSYS Help menu, ANSYS Inc. USA, 2004.

ÖZGEÇMİŞ

Doğın ÖZTEKİN, 1980 yılında ANKARA’ da doğmuştur. Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Gemi İnşaatı Bölümü’ nü 2004 yılında bitirmiştir. Aynı yıl Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Tasarım ve İmalat Mühendisliği Bölümü’ nde yüksek lisans eğitime başlamıştır. İngilizce bilmektedir. Halen bir gemi dizaynı ve mühendislik şirketinde proje mühendisi olarak görev yapmaktadır.