

GEMİ İNŞAATINDA TEKNE KİRİŞİ ÜZERİNDE SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİNİN UYGULANMASI, KABULLER VE ÖRNEK BİR TANKER UYGULAMASI

Yalçın ÜNSAN¹

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı Mühendisliği Bölümü-İSTANBUL

E-Posta: unsany@itu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada; büyük boyutlu mühendislik yapılarında sonlu elemanlar yönteminin gerilme problemi açısından bir yaklaşım gerektirdiği ortaya konulmaya çalışılmıştır. Gemiler boyları 400 m. ye yaklaşması sebebiyle çelik yapılar açısından dünyanın en büyük mühendislik yapıları arasındadır. Bu yapıların detay dizaynı yapılmadan önce aşağıda anlatıldığı üzere bir ön dizayn çalışmasından geçmesi gerekmektedir. Çalışma sonucunda elde edilen benzerlik ve farklılıklardan bir kaçış aşağıdaki şekilde özetlenebilir: Genel olarak model boyutu ve eleman yapısında DNV ve LR 'de benzerlikler gözlemlenmiş, ABS ve NK 'nın da daha farklı yaklaşımlarda bulunduğu görülmüştür. ABS, DNV ve LR gerek kullandıkları destek elemanları, gerek uyguladıkları harici kuvvet/moment değer ve kuvvetlerin/momentin uygulama noktaları olarak farklılıklar göstermektedir. LR tarafsız eksen üzerinde yükleme yaptırırken, DNV momentleri kuvvet çiftleri şeklinde tanımlayarak ana elemanların kesişme hatları üzerine uygulanmasını istemektedir. ABS destek elemanı olarak sadece yay elemanlar kullanmaktadır. Yükleme koşulları, klas kuruluşları arasında uygulanan yük, bulunulan su çekimi, test edilen mukavemet bölgesi açısından farklılıklar göstermektedir. Bu tespitlerin sonuçları örnek bir sonlu elemanlar modeli üzerinde incelenip sonuçlar irdelenmiştir.

Anahtar Terimler : Gemi, Sonlu Elemanlar Analizi, Yapı

Abstract

In this study, an attempt has been made towards the necessity of an approach in stress problem of finite element method of large structures. Ships are of one class of the largest steel structures of the world with their lengths approaching 400 m. A preliminary design study needs to be conducted as outlined below before the detailed design procedure. Some of the similarities and differences obtained in the study can be summarized as follows: In general, similarities are recorded between DNV and LR in model length and element structure, whereas ABS and NK have different assumptions. ABS, DNV and LR differ in terms of the support elements used, the values of the external force/moment applied and the application points of these forces/moments. LR applies load on neutral axis whereas DNV applies to the intersection lines of main structural elements by defining moments with pairs of forces. ABS prefers spring elements as support elements. Also boundary condition varies in terms of applied load, experienced draught, the tested strength area. The results of the above-mentioned analysis have been discussed on a sample finite element model.

Keywords: Ship, Finite Element Method, Structure

1. GİRİŞ

Klas kuruluşları gemi personelinin, taşınan malın, geminin, çevre ve üçüncü şahısların güvenliğini sağlamak amacıyla gemilerle ilgili kurallar oluşturan denetim kurumlarıdır. Her klas kuruluşu kendi kurallarını içeren bir kural kitabına sahiptir. Klas kuruluşu denetimini yaptığı gemiye, eğer sonuç olumlu ise kendi klas sınıfını vermektedir. Klaslama süreci gemi projelerinin onaylanması ile başlayıp, inşaat safhasında, çelik konstrüksiyon, makine ve elektrik teçhizatının kontrol edilip, teslim alınmasıyla sonuçlanıp, geminin ömrü boyunca düzenli denetimlerle sürdürülmektedir.

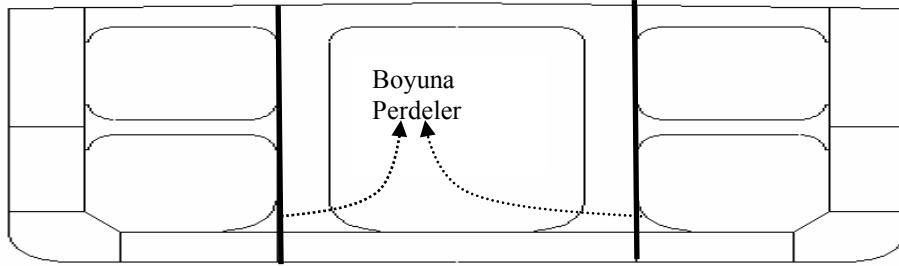
Sonlu elemanlar ile hesap, klas kuruluşlarının kural kitaplarında standardize edilmemiş olan durumlar (ambar kapağı, kreyn takviyeleri vb.) ve özellikle gemi genel mukavemet kontrolü için kullanılmaktadır. Bu bildiride tanker gemi tipi için bu hesap yöntemi incelenmiştir.

Ele alınacak tankerler, sıvı yükleri taşıyabilmeleri için dizayn edilmiş gemi tipleridir. Temelde ham petrol veya işlenmiş ürün (zeytinyağı, parafin, benzin vb.) olmak üzere farklı kargo çeşitlerini taşımak için tasarlanırlar ve kullanılırlar.

Klas kuruluşları tankerleri yapısal farklılıklarına göre üç tipe ayırmakta ve incelemektedirler.

- **Tip A**

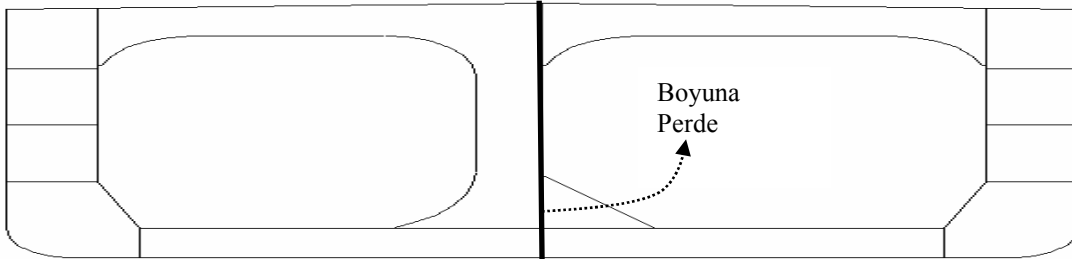
İki adet boyuna perdesi bulunan tankerler bu grubu oluşturmaktadır. VLCC ve servis tankerleri (çapraz bağlantılı) örnek olarak verilebilir.



Şekil 1. Tanker Tip A En Kesiti.

- **Tip B**

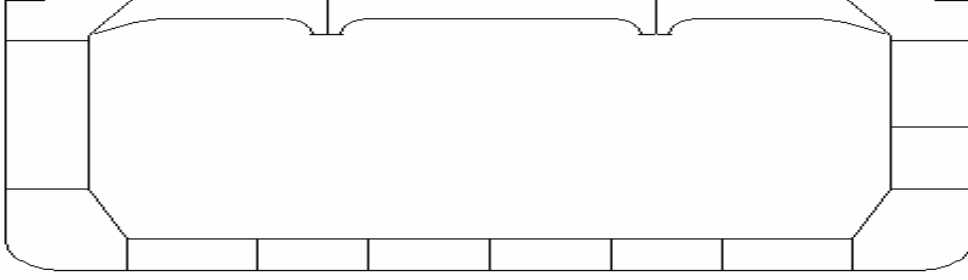
Merkezde bir adet boyuna perdesi bulunan tankerler bu grubu oluşturmaktadır. Suezmax, aframax ve servis tankerleri örnek olarak verilebilir. Tanker Tip B en kesiti Şekil 2.'de sunulmuştur.



Şekil 2. Tanker Tip B En Kesiti.

Tip C

Boyuna perdesi bulunmayan tankerler bu grubu oluşturmaktadır. Diğer tanker tiplerine oranla daha küçük ebattaki tankerlerdir. Tanker Tip B en kesiti Şekil 3'de sunulmuştur.



Şekil 3. Tanker Tip C En Kesiti.

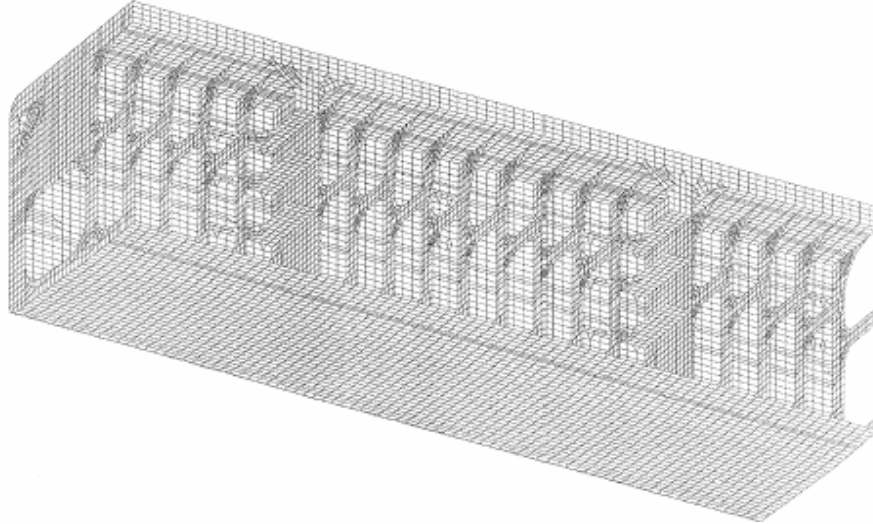
Klas Kuruluşları, yukarıda tanımlanan üç tanker tipini Sonlu Elemanlar Yöntemi ile modellerken, model boyutundan, eleman sayısı, sınır şartları ve yükleme koşullarına kadar değişik kabul ve varsayımlar kullanmaktadır.

2. TANKERLERDE SONLU ELEMANLAR MODELİ ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde farklı klas kuruluşlarının tankerler için kurulacak genel (Global) sonlu elemanlar modeli için kurallar üzerinde durulacaktır. Bu kuruluşlar; Amerikan Loydu-ABS (American Bureau of Shipping) [1-5], Japon Loydu-NK (Nippon Kaiji Kyokai)[6,7], Norveç Loydu-DNV (Det Norske Veritas) [8,9], İngiliz Loydu-LR (Lloyd's Register) [10,11] dir.

2.1. Model Boyutu

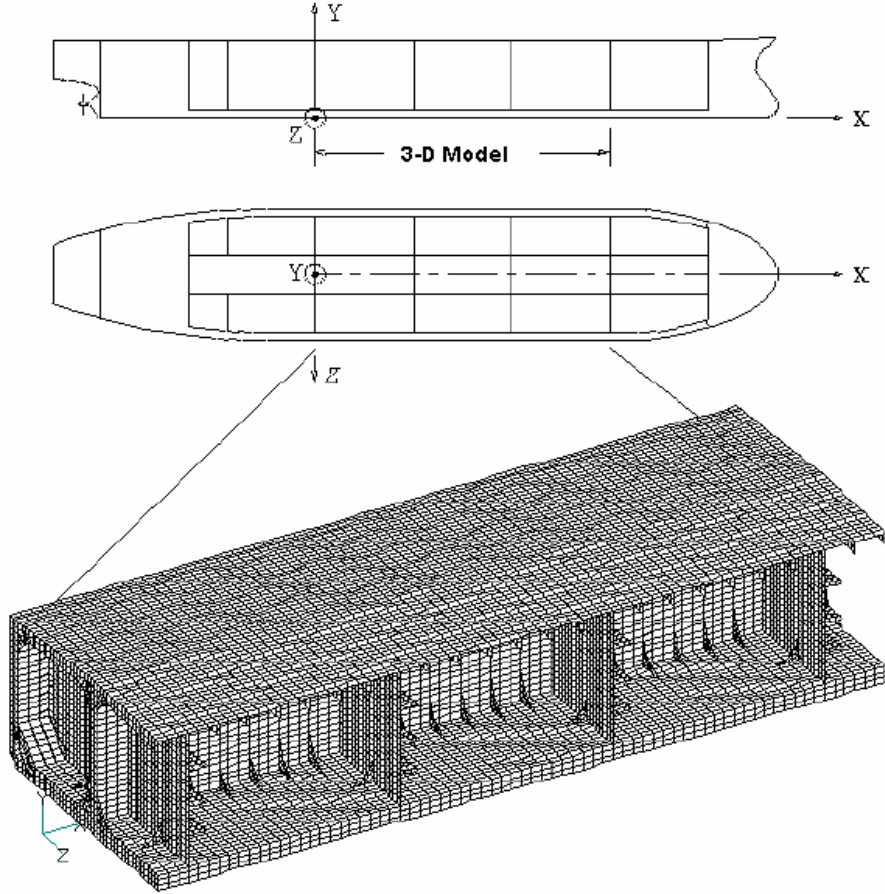
DNV ve LR, merkez tank gemi boyunun 0.4L ortasında olmak üzere, iki yanında yarımşar tank boyu mesafeyle birlikte toplam iki tank boyu ($\frac{1}{2}+1+\frac{1}{2}$) modelleme yapılmasını istemektedir (Şekil 4). [7,9,11]



Şekil 4. DNV ve LR Tanker 3-D Modeli.

NK ortada enine tank perdesi olmak üzere iki yanında yarımşar tank boyu mesafe, yani toplam bir tank boyu ($\frac{1}{2}+\frac{1}{2}$) modellemeyi yeterli bulmaktadır. ABS model boyutunu üç tank boyu (1+1+1) olarak belirlemiştir (Şekil 5).

Klas Kuruluşları asimetrik yükleme koşullarını göz önüne alarak geminin iskele – sancak yani tam genişliğinde modellenmesini önermektedir. Fakat zaman kısıtı ve maliyet artışı göz önüne alındığında, yapısal simetri olan durumlarda, gemi yarı genişliği kadar modellenmektedir. Eğer modelin baş ve kış tarafında yapısal farklılık başlıyorsa model boyutu uzatılmalıdır.



Şekil 5. ABS Tanker 3-D Modeli

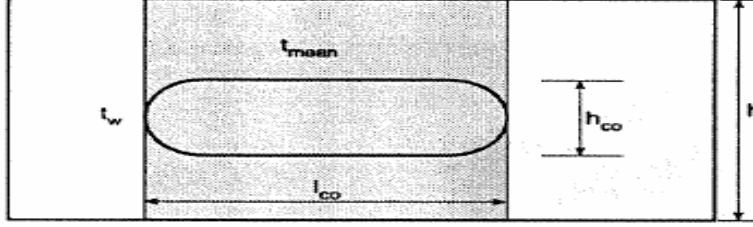
2.2. Model Geometrisi ve Eleman Yapısı

Model geometrisi, istenen sonuçların hassasiyetine göre detaylandırılmaktadır. İstenen sonuçların alınması için o bölgelerde eleman boyutunun daha küçük olması gerekmektedir. Klas Kuruluşlarının sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan model çalışmalarında, yapı bütün ayrıntıları ile modellenip, ağ örgüsü sık ve hassas sonuç verecek nokta sayısı ile ayarlanabileceği gibi, başta bir ön fikir vermesi için (kargo tank analizinde kullanılan yöntem budur) sadece ana elemanların modellenip kaba bir ağ örgüsüyle inceleme yapılabilmektedir. Geometri istenen sonuçların yeterliliğine göre değiştirilebilir. Ancak Klas kuruluşları gemiyi ana hatlarıyla modelleyip kaba bir eleman yapısıyla gerilme analizini tercih etmektedirler. Bu tercih gereksiz yerlerin detaylı modellenmesini önleyip, zaman ve işgücü tasarrufu sağladığı gibi konstrüksiyon bakımından kritik olan veya genel analizde anormal sonuç veren bölgeleri lokal olarak modelleyip değerlendirmesini beraberinde getirebilmektedir. Kaba bir ağ yapısı oluşturularak yapılan bir tanker kargo tank analizinde aşağıdaki gemi elemanları mutlaka bulunmalıdır [9].

Enine ve boyuna perdeler, Derin postalar, Ana ve ara güverteler, İç dip kaplama ve üzerindeki boyuna elemanlar, Dış kaplama ve üzerindeki boyuna elemanlar, Çalkantı perdesi. Yukarıdaki elemanlar birebir detaylı olarak modellenenebildiği gibi, yapılan bazı kabullerle model yapımında kolaylık sağlanabilmektedir;

2.3. Basit Genel Sonlu Elemanlar Modeli Kurabilmek İçin Yapılabilecek Kabuller

Üzerinde boru ve/veya insan geçişi amacıyla delik açılan döşeklerin ve tulanilerin model yapılırken delik ihmal edilip model dolu tasarlanıp sacın kalınlığı(1) azaltılabilmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Görder Ortalama Kalınlığı.

$$t_{mean} = (h - h_{co}) / (h * r_{co}) * t_w \quad (1)$$

t_w : Görder kalınlığı

r_{co} : $1 + (l_{co}^2) / (2.6 * (h - h_{co})^2)$

l_{co} : Delik boyu

h_{co} : Delik yüksekliği

h : Görder yüksekliği

"Stifner"ler uç detaylarına göre etkin alanları ile modellenenler gibi, üzerinde buldukları panelin kalınlığı artırılarak da modelde temsil edilebilirler.

Tablo 1'de Klas Kuruluşları'nın "stifner" modellerken kullandıkları etkin alanlar gösterilmektedir.

Tablo 1. "Stifner" Etkin Alanı [1,9,11]

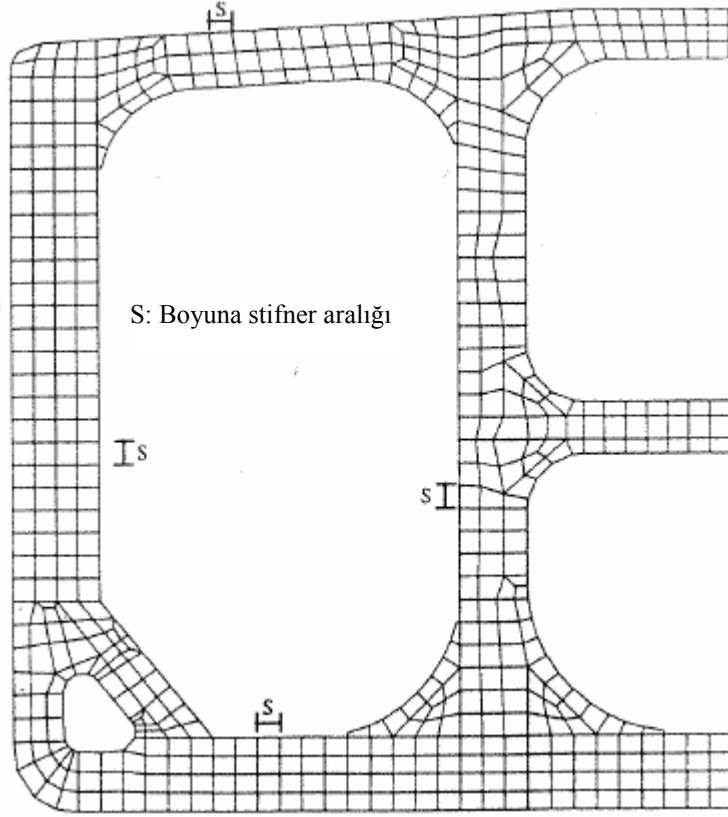
Klas Kuruluşu Uç Detayı	Etkin Alan		
	DNV	LR	ABS
İki ucu detaylı	%30 GA*	%25 GA	%30 GA
Bir ucu bağlı, bir ucu detaylı	%70 GA	%75 GA	%65 GA
İki ucu bağlı	%100 GA	%100 GA	%100 GA

* GA: Gerçek alan

Braket alın lamaları da "stifner"ler gibi etkin alanları hesaplanarak modellenmektedirler. Modelin performansı kullanılan elemanların tipine, şekline, en/boy oranına ve ağ yapısına doğrudan bağlıdır. Ağ boyutu, uygun katılık, tankın yük dağılımı, dış kaplama ve yüzey elemanları üzerindeki deniz basıncı göz önüne alınarak seçilmelidir. İyi bir ağ örgüsü en fazla 15t*15t ya da 200mm*200mm boyutundaki elemanlardan oluşturulmalıdır. Eleman boyutu t*t'den daha küçük olmamalıdır. t Elemanın kalınlığıdır.

Kargo tank analizinde 4 noktalı kabuk elemanlar ile 2 noktalı giriş ya da çubuk elemanları kullanılmaktadır. Üçgen plak elemanları sınırlı bir alanda sadece kötü ağ yapısından kaçınmak

amacıyla kullanılmalıdır. Özellikle, yüksek gerilimin olduğu yerlerde (ondüle perdelerin, iç dip, iç cidar ve desteklerle olan bağlantılarında, yapısal devamsızlıkların ve kırıklıkların bulunduğu yerlerde, deliklerin etrafında) kullanmak sonuçların anlamlı olmasını engellemektedir. Kritik alanlarda dörtgen elemanlar kullanılmalıdır. Aşağıdaki eleman yapısını kullanmak yeterli sonuçların alınması için pratiklik sağlayabilmektedir. [11]



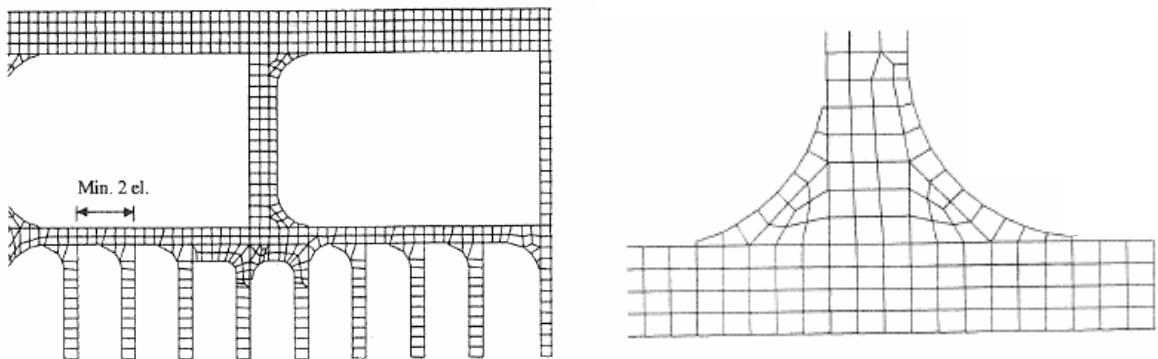
Görder yüksekliği üzerinde en az 3 eleman bulunmalıdır. Ağ yapısı geminin boyuna "stifner" sistemiyle üst üste çakışacak şekilde alınabilir. (Şekil 7)

Tülaniler arası 1 eleman olması, tülanilerden arzanilere doğru yük transferini sağlayabilmektedir. (Şekil 7)

Şekil 7. Tipik Derin Posta Ağ Yapısı.

Arzaniler arası en az 2 eleman kullanılmalıdır. Yatay "stringer"lerin ve arzani postalarının üzerindeki bağlantı braketlerinin gerilim dağılımını daha hassas görebilmek için ağ yapısı daha da detaylandırılabilir (Şekil 8).

Büyük braketlerin gerilimi incelenirken "stifner" aralığı ölçüsündeki eleman boyutu yeterlidir. Ancak bu sadece braketin serbest kenarlarının ortasındaki gerilmeyi tespit için kullanılabilir (Şekil 9). Kenar uçlarındaki gerilme analizi daha küçük ebattaki elemanlar kullanılarak yapılmalıdır.



Şekil 8. Tipik Yatay Düzlem Ağ Yapısı.

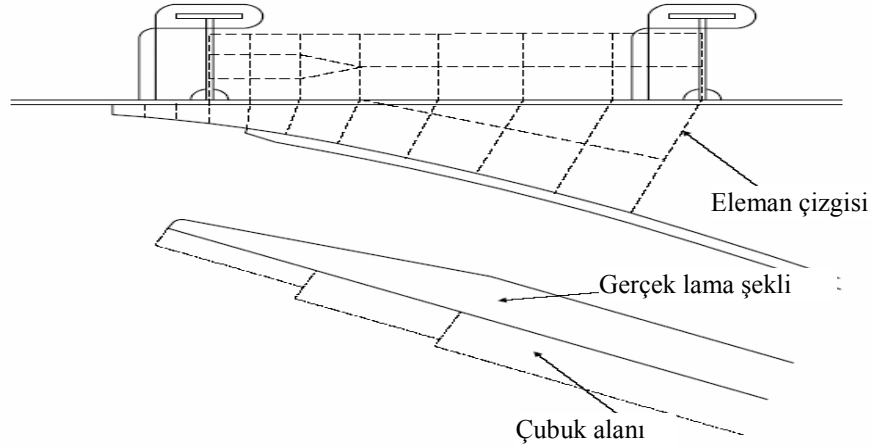
Şekil 9. Tipik Braket Ağ Örgüsü.

ABS klas kuruluşu modellemede yukarıda anlatılan DNV'nin yaklaşımına ek olarak aşağıdaki konulara dikkat çekmektedir. [2]

Geçiş açıklıkları ve braketler gibi yüksek gerilme altındaki bölgelerde eleman boyutunu $1/5 - 1/10$ boyuna "stifner" aralığı olarak kullanmak iyi sonuç vermektedir. Kaba bir ağ yapısından, boyutu daha küçük elemanlara geçiş ya da aksi düzgün ve yumuşak bir ağ örgüsü ile olmalıdır. Bu gibi geçiş noktalarında üçgen elemanlar kullanılabilir. Yüksek gerilmeli bölgelerden uzaktaki alanlarda bir deliği silerek, bulunduğu paneli inceltmek veya üzerindeki elemanları silmek her zaman kabul edilebilir hata sınırları içinde sonuçlar vermeyebilmektedir. Bu yorumları ancak konusunda uzman kişiler doğru olarak yapabilir.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 10) ABS'ye göre kabul edilebilir olan bir braket ağ yapısı görülmektedir. Braketin ayaklarının ucunda çubuk eleman kullanılması önerilmektedir. Eğer bulunan gerilme değeri limite yakınsa daha iyi bir eleman yapısı ile incelemek gerekmektedir.

"Hot-Spot" gerilme, eleman bağlantılarında yapılan kaynağa bağlı olmaksızın, tamamen yapıdaki bir detay nedeniyle oluşan sıradışı bir gerilmedir. Yapıdaki ani şekil değişiminden veya süreksizliklerden kaynaklanabilmektedir. Hot-spot noktaları tespit etmek için ağ örgüsü boyuna stifner aralığının $1/10$ 'undan daha küçük, sac kalınlığından daha büyük olmalıdır.



Şekil 10. ABS Braket Ucu Eleman Yapısı.

Ondüle perdeler modelin içinde yer almalıdır. Ondüle perdeden destek saclarına doğru bir eleman yerleşimi yapmak zor olabileceğinden destek saclarından ondüle perdeye doğru yapılan eleman yerleşimi hem pratiklik sağlaması açısından hem de ondüle perdenin doğru geometrik şekilde olması nedeniyle tercih edilmelidir. Destek sacları ve üzerinde bulunan düşey stifnerler modelde temsil edilmelidir. Ondüle perdelerde gemi boy yönünde iki veya dört noktalı eleman kullanılması ondüleyle aynı hatta destek braketleri varsa uygun bir model oluşturmaktadır. Bu braketlerin modellenmesi normalde, ondüleden desteğe olan yük iletimini önemli derecede etkilememekle birlikte sonlu elemanların komşu elemanlara kuvvet transferine olan gerçekçi olmayan mehili sebebiyle gerçekçi sonuçlar alınmasını engellemektedir.

Boyuna elemanlar ve diğer devamlı stifnerler modelde bulunmalı ve iki noktalı kiriş elemanlarla modellenmelidir. Destek içindeki stifnerler kiriş ya da plak veya "membrane" elemanlarla detaylı olarak modellenmelidir.

ABS eleman yapısının boyuna olarak enine perde civarlarında üç ya da daha fazla, boy (en oranı 1 olan elemanla; enine perdeden uzak yerlerde ise boy) en oranı 3'den fazla olmamak

kaydıyla, en az 2 elemanla tanımlanmasını önermektedir. En boy oranı 1 olmak kaydıyla, diğer yönlerde (iç dip döşekleri, tülaneleri ve diğer elemanlar) 3 ya da daha fazla eleman kullanılmalıdır. (Tablo 2)

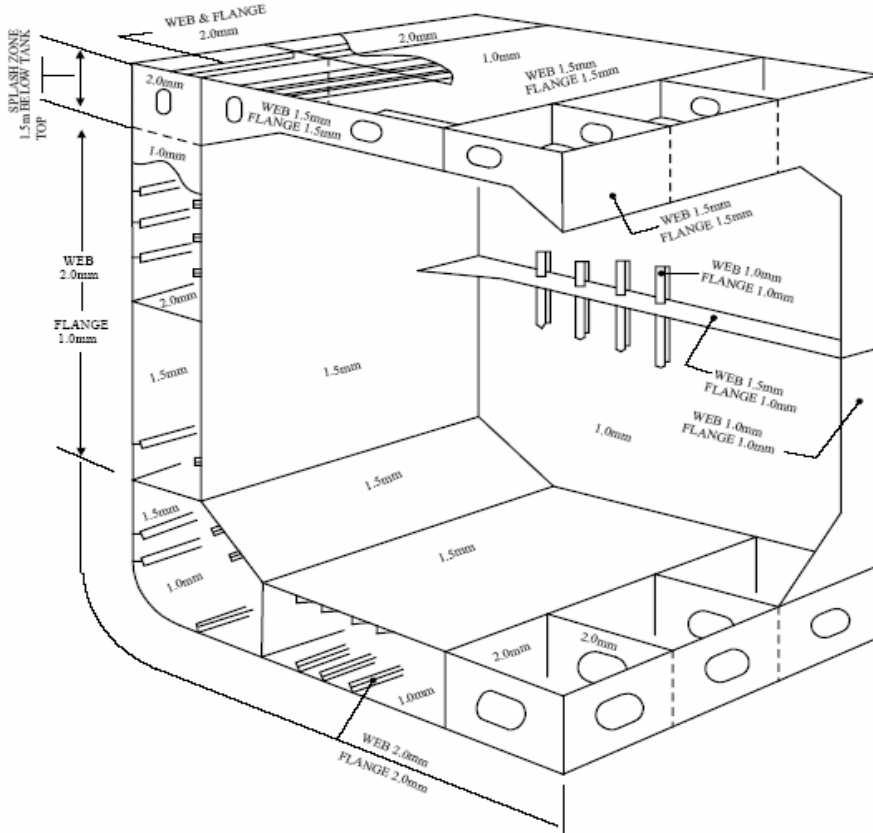
Tablo 2. ABS Model için Uygun Eleman Sayısı [2]

Yapısal Elemanlar	Y ve Z Doğrultusu	X Doğrultusu
<i>Su Geçmez Elemanlar</i>		
Dış Kaplama İç Cidar Dip Kaplama İç Dip Ana Güverte Boyuna Perdeler	1xs	ws/2'den ws/4'e kadar Enine perdeler civarında ws/4
Enine Perde	1xs	-
<i>Su Geçer Elemanlar</i>		
Derin ve Adi Postalar Çalkantı Perdeleri	1xs	-
Stringerler Dip Tülaneleri Çapraz Güverte	1xs	ws/2'den ws/4'e kadar Enine perdeler civarında ws/4

s: Boyuna stifner aralığı

ws: Derin posta aralığı

Stifnerler için çubuk ve giriş eleman, saclar için "membrane" kullanılmalıdır. Yapının modeli net sac kalınlıkları üzerinden olmalıdır. Yani, korozyon payı sac kalınlıklarından düşürülmelidir. Aşağıda ABS'in eleman korozyon paylarına ilişkin şekil görünmektedir (Şekil 11).



Şekil 11. Yapısal Eleman Korozyon Payları. [5]

2.4. Sınır Koşulları

ABS, Statik denge konumunda modele iki uca kesme kuvveti, eğilme ve burulma momenti etkilenmesini istemektedir. Sonlu elemanlar modeli statik dengede olabilmek için desteğe ihtiyaç duyar. Bu destekler, dikey kuvvetin, yatay kuvvetin ve eğilme momentlerinin yapı üzerindeki dağılımını minimum seviyede etkilemelidir. Diğer etkilerin gemi üzerinde önemli bir etkisi yoktur. Kuvvet ve momentler yapıda her zaman tamamen dengede değildir. Bu sebeple özel sınır destek elemanları kullanılmalıdır. Düşey ve yatay yönlerde çubuk elemanı bu amaçla kullanılabilir. Bu destek elemanları bir ucundan modele bağlanarak, diğer ucundan tüm yönlerden mesnetlenmelidir. Bu çubuk elemanlar mukavemet modeli olarak yaydır (dikey ve yatay yönde) ve herhangi bir dengelenmemiş kuvveti kendi üzerinde soğurarak, sistemi statik olarak dengeye getirmektedir. Destek çubuk elemanının kesit alanı aşağıdaki gibidir (2):

$$A = (1/(1 + \nu)) A_s * l / l_t = 0.77(A_s * l) / l_t \quad (2)$$

A: Destek çubuk elemanının kesit alanı

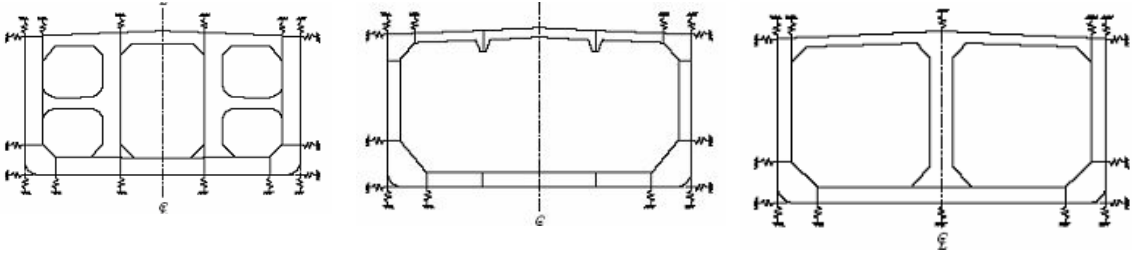
A_s : Elemanın kesme alanı (Örneğin, dış kaplamanın ya da boyuna perdenin en kesiti)

ν : Poisson oranı

l_t : Kargo tank uzunluğu

l: Destek çubuk elemanı uzunluğu

Sonuçta hesaplanan A kesit alanı toplam çubuk elemanlarının kesit alanıdır. Her bir çubuk elemanının kesit alanını bulmak için A, çubuk eleman sayısına bölünür. Düşey ve yatay desteklere ek olarak tarafsız eksen üzerinde boyuna perde ile stringerlerin kesiştiği iki nokta da gemi boy doğrultusunda mesnetlenmelidir. [2] Aşağıda ABS'ye göre sınır koşulları uygulanmış tanker tipleri görülmektedir (Şekil 12).



Şekil 12. ABS Klas Kuruluşunun Tanker İçin Sınır Koşulları [2]

DNV, Simetri sınır koşulları modelin sonlarında ve merkez hat boyunca kullanılabilir. Model düşey doğrultuda, etiketlenen kuvvetler veya yay elemanları ile desteklenmektedir. Düşey yönde kullanılan yay elemanları enine ve boyuna perdelerin kesişim hattında yer almaktadır. Yay sabiti olan K aşağıda gösterildiği gibi tanımlanmaktadır.

$$K_i = 8 * A_{si} * E / (7.8 * l_t) \quad (3)$$

A_{si} : i'ninci elemanın kesme alanı

l_t : Kargo tank uzunluğu

i: Dış kaplama, iç cidar veya boyuna perde

E: Elastisite modülü

Yay elemanına alternatif olarak enine ve boyuna perdelerin kesişim hatları boyunca düşey kuvvetler uygulanabilir. Bu düşey kuvvetlerin dağılımı klas kurallarına göre veya kayma akım hesabına göre yapılabilir.

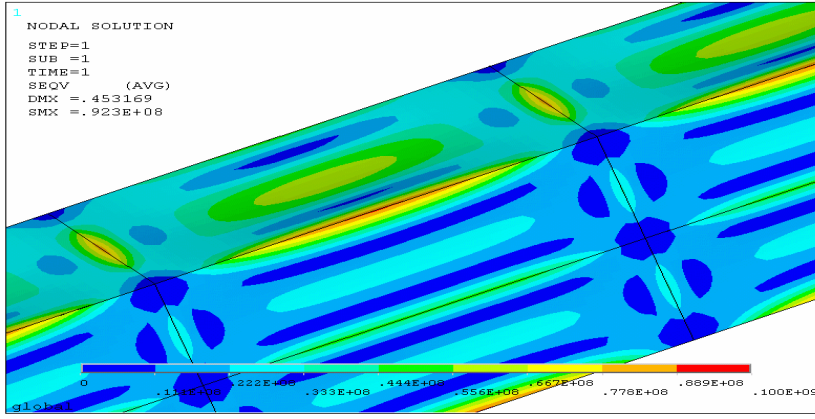
3. SONUÇ

Genel olarak model boyutu ve eleman yapısında DNV ve LR'de benzerlikler gözlemlenmiş, ABS ve NK'nın da daha farklı yaklaşımlarda bulunduğu görülmüştür. ABS, DNV ve LR gerek kullandıkları destek elemanları, gerek uyguladıkları harici kuvvet/moment değer ve kuvvetlerin/momentin uygulama noktaları olarak farklılıklar göstermektedir. LR tarafsız eksen üzerinde yükleme yaparken, DNV momentleri kuvvet çiftleri şeklinde tanımlayarak ana elemanların kesişme hatları üzerine etkimektedir. ABS destek elemanı olarak sadece yay elemanlar kullanmaktadır. Yükleme koşulları, klas kuruluşları arasında uygulanan yük, bulunulan su çekimi, test edilen mukavemet bölgesi açısından farklılıklar göstermektedir.

İngiliz ve Norveç loydlarının sınır koşulları tanker için ANSYS paket programı vasıtasıyla oluşturulan model kullanılarak incelenmiştir. Öncelikle tam ölçekli analiz için bir model oluşturulmuş, model baz alınarak oluşturulan ve yukarıda anlatılan yöntemlerle bölgesel modeller oluşturulmuş ve klas kuruluşlarının belirtmiş olduğu sınır şartları uygulanmıştır. LR ve DNV'nin sınır şartlarına uygun kesme kuvveti ve eğilme momenti etki ettirilerek yapılan hesabın sonucunda elde edilen sonuçlar beklendiği şekilde global analizle ve lokal modellerde benzer çıkmıştır.

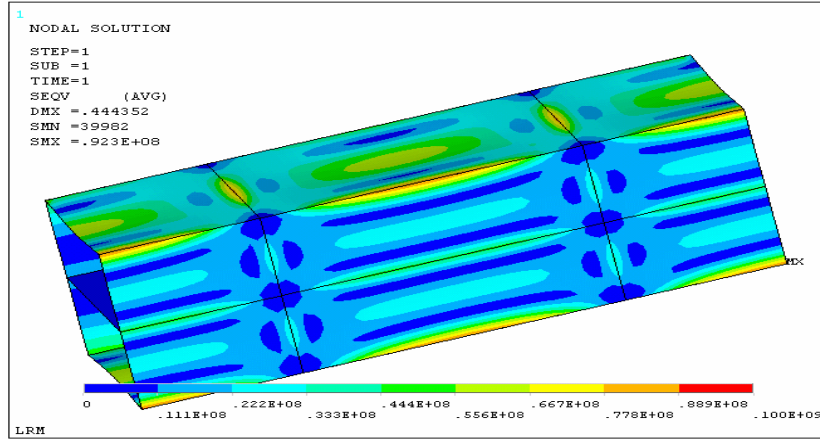
Yapısal analiz, bir adet orijinal boyutlu model ve bu modelden elde edilecek sonuçların karşılaştırılacağı dört adet lokal modelden oluşmaktadır. Tam ölçekli modelin boyutları 100mx15mx10m olup merkez hatta boyuna bir perde, ana güverte, borda ve dış kaplama saclarından oluşmaktadır [12]. Model beş kargo tankı boyunda olup, iskele sancak olmak üzere on tank içermektedir. Şekil 13'de sonuçlar görsel olarak sunulmuştur.

Yapılan global analizde maksimum von mises bileşik gerilme değeri 92.3 N/mm^2 ve maksimum deformasyon 0.453 m. olarak bulunmuştur. Daha sonra yapılan lokal analizlerde uygulanan değişik sınır şartları ve yöntemler gereği etkittirilen kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri için von mises bileşik gerilme değerleri global analize benzer elde edilmiştir. LR modelinde von mises bileşik gerilme değeri 92.3 N/mm^2 ve maksimum deformasyon 0.444 m, DNV modelinde von mises bileşik gerilme değeri 92.5 N/mm^2 ve maksimum deformasyon 0.447 m olarak bulunmuştur. Unutulmamalıdır ki; sonlu elemanlar yöntemi bir programın sonuçlarının direkt olarak kullanıldığı bir yöntem değildir. Sonlu elemanlar yönteminin içindeki, problemin doğasını kavrama, modelleme, uygun çözüm yolu, sonuçları yorumlama ve probleme en uygun çözümü belirleme gibi parametreler doğru belirlenemez ise bulunan sonucun doğru olduğunu söylemek mümkün olamaz olmayacaktır.

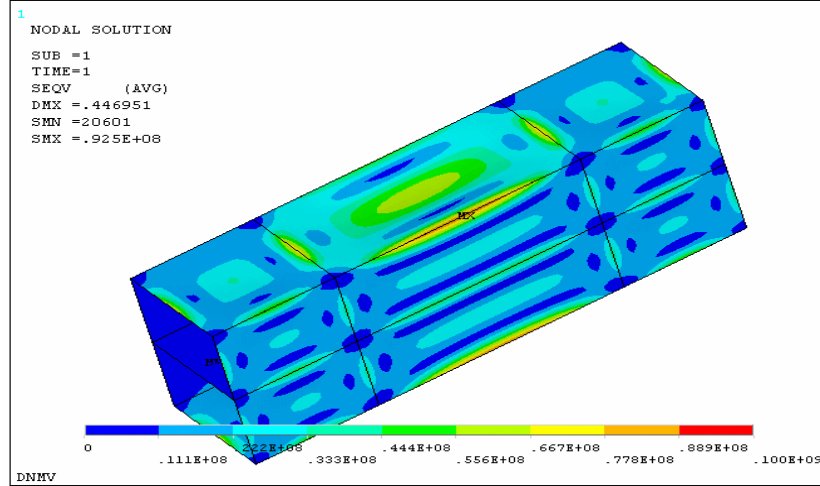


Tam Ölçekli Analiz Von Misses
Bileşik Gerilme Dağılımı

LR Lokbal Analiz
Von Misses Bileşik Gerilme Dağılımı



DNV Lokbal Analiz
Von Misses Bileşik Gerilme Dağılımı



Şekil 13. Sonlu elemanlar analizi toplu sonuçları.

KAYNAKÇA

- [1] American Bureau of Shipping, Guidance Note on "Finite Element Analysis of Hull Structures – Local 3D Models Analysis, American Bureau of Shipping, Houston, USA, Aralık 2004.
- [2] American Bureau of Shipping, Guidance Note on "Safe hull Finite Element Analysis of Hull Structures, American Bureau of Shipping, Houston, USA, Aralık 2004.

- [3]** American Bureau of Shipping, Guide for Dynamic Based Design and Evaluation of Container Carrier Structures, American Bureau of Shipping, Houston, USA, Ağustos, 1996.
- [4]** American Bureau of Shipping, Rules for Building Classing Steel Vessels, Part 5, Chapter 1, 3, 5, Section 3, American Bureau of Shipping, Houston, USA, Aralık 2004.
- [5]** American Bureau of Shipping, Guidance Note on "The Strength Assessment of Cargo Tank Structures Beyond 0.4L Amidships in Oil Carriers 150 Meters or More in Length", American Bureau of Shipping, Houston, USA, Mayıs 2004.
- [6]** Class NK (Nippon Kaiji Kyokai), Aralık 1998. Design and Construction of Recently Built Large Tankers, Japan, Aralık 1998.
- [7]** Class NK (Nippon Kaiji Kyokai), Guidelines for Direct Strength Analysis – Tanker, Japan, Kasım 2001.
- [8]** DNV (Det Norske Veritas), Rules for Classification of Ships, Part 3, Chapter 1, Section 4, 5, 13, DNV, Norway, Ocak 2001.
- [9]** DNV (Det Norske Veritas), Strength Analysis of Hull Structures in Tankers, DNV, Norway, Ocak 1999.
- [10]** Lloyd's Register, Rules and Regulations for the Classification of Ships, Llyod's Register Marine Business Stream, London, England, Temmuz 2003.
- [11]** Lloyd's Register, ShipRight – Structural Design Assessment – Primary Structure of Tankers, Guidance on Direct Calculations, Llyod's Register Marine Business Stream, London, England, Mayıs 2004.
- [12]** GÜNDÜZ, H., "Klas Kuruşlarının Direkt hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılması" Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005