

## **GEMİ İNŞAATINDA, SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE BİR YÜZER HAVUZUN GERİLME ANALİZİ**

**Reyhan ÖZSOYSAL<sup>1</sup> , Yalçın ÜNSAN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı Mühendisliği Bölümü-İSTANBUL  
E-Posta: [reyhanoz@itu.edu.tr](mailto:reyhanoz@itu.edu.tr)

<sup>2</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı Mühendisliği Bölümü-İSTANBUL  
E-Posta: [unsany@itu.edu.tr](mailto:unsany@itu.edu.tr)

### **Özet**

Birçok mühendislik disiplininde olduğu gibi Gemi İnşaatı Mühendisliği'nde de sonlu elemanlar yöntemi; gerek global gerekse lokal gerilme problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Gemi inşaat mühendisleri; sadece değişik tipte, boyutta ve amaçlarına uygun olarak inşa edilen veya inşa edilmiş gemileri modellemekle kalmayıp, platform dizaynlarında veya yüzer havuz gerilme analizlerinde de sonlu elemanlar yönteminden yararlanmaktadırlar.

Bu tebliğde; İstanbul Tuzla Tersaneler Bölgesi'nde hizmet veren 227.5 m uzunluğundaki bir yüzer havuzun 3 boyutlu sonlu elemanlar modeli/modelleri hazırlanmış, modellere ait çeşitli yükler altındaki gerilme analizleri yapılmış; belirlenen sınır şartları, yükleme koşulları ve gerilmelere ait sonuçlar tartışılarak sunulmuştur. Böylece lokal problemlerin ortaya çıkabileceği karmaşık yapılarda, tam ölçekli modelleme yerine; belirlenen sınır şartlarında ve belirlenen yükleme senaryoları için nasıl bir model (lokal model) kurulabileceği araştırılmıştır.

*Anahtar Terimler: yüzer havuz, gerilme, sonlu elemanlar yöntemi*

### **Abstract**

Finite Elements Method (FEM) is used in Naval Architecture to solve both local and global stresses problems as in many other engineering disciplines. Naval Architects not only model existing or newly build ships in various sizes, types and purposes but also utilize FEM technique to model platforms or floating docks towards solution of stress problems.

In this paper, 3-D finite elements method model(s) of a 227.5 m. floating dock have been prepared; numerous stress analyses under different loads have been carried out and assumed boundary conditions, loading conditions and results of stress values have been discussed. Thus, It has been investigated that how a local model could be set up for pre-determined loading and boundary conditions instead of exact global modeling in complex structures in which local problems might likely to occur.

*Key Words: floating dock, stress, finite elements method*

## 1. GİRİŞ

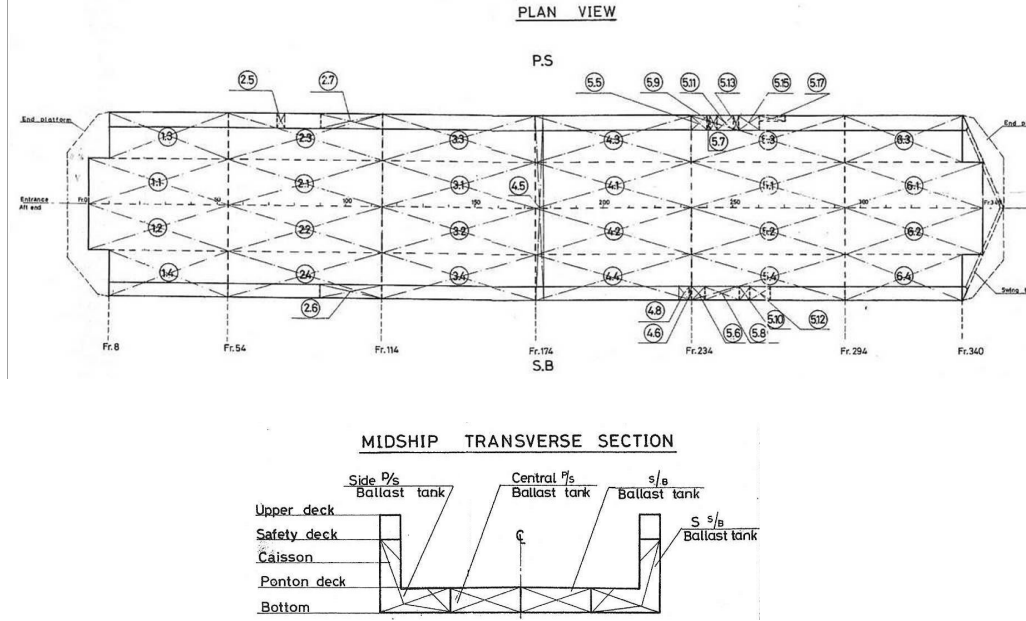
Türkiye’de Gemi İnşaat sektörü hızla gelişmektedir. Türk Gemi İnşa Sanayi çok özel bir alanda ‘IMO II tipi Kimyasal Tanker’ yapımında ihtisaslaşmıştır. 20.000 DWT’a kadar olan kimyasal tankerlerin inşasında %45’lik oranla Avrupa’da ilk sırayı almaktadır. Mega yat inşasında ise, 2003 rakamlarına göre dünyada 8. sırada bulunmaktadır. Ayrıca gemi inşa sanayi yat ve balıkçı teknelerinde Avrupa’da marka konumundadır. Bunun yanında Dünya gemi tamir piyasası içinde Türkiye çok avantajlı bir coğrafi konuma sahiptir ve Türk Gemi İnşa Sanayi, gemi onarımında bölgesinde önemli bir güçtür. Onarım kapasitelerine sahip tersanelerde 2004 yılında yaklaşık 5 Milyon DWT’luk bakım - onarım gerçekleştirilmiştir. Türk Gemi İnşa Sanayi sektöründeki hızlı gelişmeler, beraberinde gemi tamir ve bakım tersanelerinin tam kapasite veya kapasite üstü çalışma trendine girmelerine neden olmuştur [1]. Tuzla (İstanbul) Tersaneler Bölgesi’ndeki tamir ve bakım tersaneleri bakım işlerini büyük oranda yüzer havuzlar yardımıyla yapmaktadır. Sektördeki gelişmeler, mevcut yüzer havuz sayısının artırılması gerekliliğini gündeme getirmiştir. Bu amaçla da tersane sahipleri, yeni yüzer havuz ihtiyaçlarını yaklaşık 20-30 yaşında yüzer havuzları yurt dışından alarak karşılamaktadırlar [2].

İstanbul Tuzla Tersaneler Bölgesi’nde hizmet veren 227.5 m uzunluğundaki bir yüzer havuzun 3 boyutlu sonlu elemanlar modeli/modelleri hazırlanmış, modellere ait çeşitli yükler altındaki gerilme analizleri klas kuruluşunun (Türk Loydu) kural kitabı baz alınarak yapılmıştır. Böylece havuzun mevcut kaldırma kapasitesinin yeterliliği, herhangi bir yükleme durumunda en büyük gerilmenin yerinin ve büyüklüğünün araştırılması amaçlanmıştır. Bu tebliğde yapılan bu çalışmanın detayları sunulmuştur. Böylece; gemi, yüzer havuz veya diğer karmaşık ve büyük yapılara ait gerilme analiz incelemelerinde tüm sistemin modellenmesi yerine, riskli olan bölgelerin saptanması ve bu bölgelerde uygun yükleme şartlarında ve uygun sınır şartlarının tatbik edilmesiyle daha küçük modellerin kurulabileceği ve lokal gerilme analizleri ile problemlerin çözülebileceği vurgulanmaya çalışılmıştır.

## 2. PROBLEMİN TANIMI

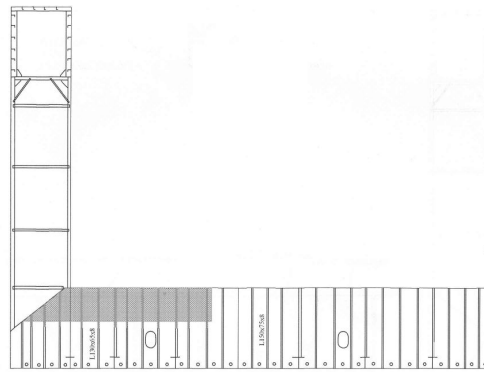
Yüzer havuzlar gemilerin belli aralıklarla bakım ve onarımlarının yapıldığı yerlerdir. Yüzer havuzlarda bulunan tank bölmelerinin içine su alınarak yüzen geminin su seviyesine kadar batması sağlanır ve gemi yüzer havuz içine çekilir. Gemi yüzer havuzun içinde iken tanklardaki sular boşaltılarak havuz yukarı kaldırılır. Böylece binlerce ton ağırlıktaki gemi suyun dışına çıkartılmış olur. Havuzlama işlemi olarak adlandırdığımız bu operasyon sırasında en önemli problem; yüzer havuz üzerinde oluşabilecek süresiz yük dağılımının boy yönünde büyük gerilmeler oluşturmalarıdır. Eğer, yüzer havuzun tanklarındaki su uygun bir senaryo ile dışarı pompalanmazsa, diğer bir deyişle yüzer havuz üzerinde homojen yük dağılımı sağlanmazsa, havuz boyuna mukavemet problemi ile karşı karşıya kalacak ve en önemli yapısal risklerden biri olan kırılma olayı gündeme gelecektir. Bunun yanında, yüzer havuzlar lokal gerilme problemlerini de taşıma potansiyeline sahiptirler. Tuzlu deniz ortamı, özellikle zamanında gerekli bakım ve onarım işlemleri yapılmamış gemi ve deniz yapıları üzerinde korozyona sebep olmaktadır. Korozyon, yapının saç kalınlıklarında incelmelere neden olmakta, mukavemet açısından zafiyet yaratmaktadır. Zamanında gerekli bakımı, tutumu ve onarımı gerçekleştirilmemiş bir yüzer havuzda da ciddi boyutlarda korozyon oluşacağı ve lokal mukavemet problemlerini beraberinde getireceği aşikardır [2].

U kesitli, boyu  $Loa=227.5$  m., genişliği  $B=45.14$  m., yüksekliği  $H=15.8$  m. olan, 20,000 ton kaldırma kapasiteli önden ve üstten görüşleri Şekil 1’de verilen 25 yaşındaki bir yüzer havuzda gerilme analizi yapılmıştır.



Şekil 1. Yüzer havuzun önden ve üstten görünüşü

Yüzer havuz; yüzer havuzun denize batmasını veya yukarı çıkmasını sağlayan, içine deniz suyu alabilen tank bölmelerine sahiptir. Yüzer havuz yukarı suyun dışına çıkarken, kesit içindeki suyun çabuk tahliyesi için yapının yan taraflarında ikişer adetden toplam dört adet açıklığa sahiptir. Bu açıklıklar yüzer havuzun en kesitinin tarafsız eksenine gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Yıllar içinde deniz suyu etkisiyle korozyona uğrayan yüzer havuzun saçlarının bir bölümünde saç yenileme işlemleri yapılmıştır. Fakat havuza yapılan bu onarımın yeterli olup, olmadığı bilinmemektedir. Havuz üzerindeki genel korozyonun yanı sıra, çalışma esnasında meydana gelen gerilmelerden dolayı ve kritik gerilme bölgelerinde rastlanan ve belli elemanlarda görülen korozyon da dikkat çekmektedir (Şekil 2). Bu korozyon çeşidi 198 ila 234. postalar arasında (yaklaşık 22.5 metrelik bir uzunlukta) gerçekleşmiştir. Bunun yanında, tabandaki bazı balast tanklarında braket desteklerinin mukavemeti artırılmıştır. Bu elemanlar 10. ve 338. postalar arasındaki ara postalardır (yaklaşık olarak 205 metre).



Şekil 2. Kritik gerilme bölgelerindeki korozyon

Gemi omurgası havuz ortasında bulunan takaryalar üzerinde oturmaktadır. Gemi karinası ise havuza ayaklar aracılığı ile sabitlenmiş yan takaryalar tarafından desteklenmektedir.

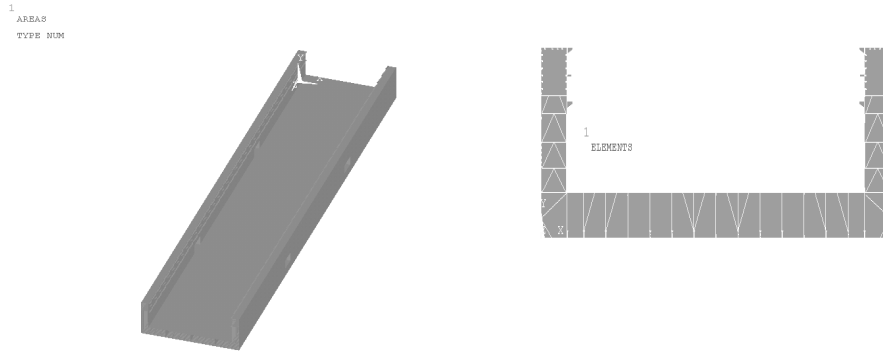
Havuzun kaldırma kapasitesinin irdelenmesi, havuzun lokal bölgelerinde oluşabilecek en yüksek gerilme değerlerinin hesaplanması, ve böylece en yüksek gerilme değerlerinde

uygulanan yükleme senaryolarına göre plastik gerilme sınırının aşılp-aşılmadığının araştırılmasının yapılması amaçlanmakta ve bunun içinde yüzer havuzun 3 boyutlu modelinin kurulması gerekmektedir.

Türk Loydu, gemilerin yapısal dizaynına ilişkin esnekliği artırmak için, bilgisayar programlar ile desteklenmiş doğrudan hesap yöntemlerini kabul etmektedir. Bu hesap yönteminin amacı, kural isteklerine uygun olarak yapılmış bir dizayna eş değer olduğunu kanıtlamaktır. Türk Loyduna göre bilgisayar programlarının seçimi serbesttir. Fakat, program sonuçlarının önceden belirlenmiş test örneklerini sağlaması gerekmektedir. Doğrudan hesap yöntemleri boyuna mukavemet, detay mukavemeti, toplam mukavemet hesapları ile kiriş ve ızgara sistemlerinde kullanılabilir. Tebliğde tanımlanan problem ANSYS paket programı kullanılarak modellenmiştir [3].

### 3. MODEL/MODELLERE AİT BİLGİLER

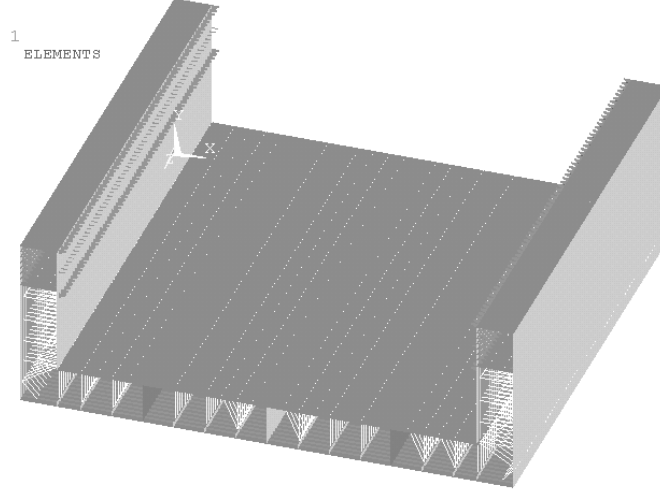
Yüzer havuzun 3 boyutlu sonlu eleman modeli hazırlanırken iki ayrı elemandan yararlanılmıştır. Havuzun saçları ve destek elemanları SHELL63 elemanı ile, tankların bulunduğu açıklıklarda kiriş destekleri BEAM44 kiriş elemanı ile modellenmiştir. Şekil 3'de yüzer havuzun sonlu eleman modelinin boyuna ve enine görünüşleri verilmiştir. Problemin yapısı gereği 227.5 m uzunluğundaki yüzer havuzun tam ölçekli modeli hazırlanabileceği gibi, lokal gerilme problemlerin öngörüldüğü bölgelerde uygun sınır şartları altında daha az elemandan oluşan model veya modellerde oluşturulabilir. Burada önemli olan nokta lokal gerilmelerin ortaya çıkacağı tahmin edilen bölgelerin yeterli uzunlukta seçilebilmesi ve uygun sınır şartları ile uç noktalarından tutularak doğru bir şekilde modellenmesidir.



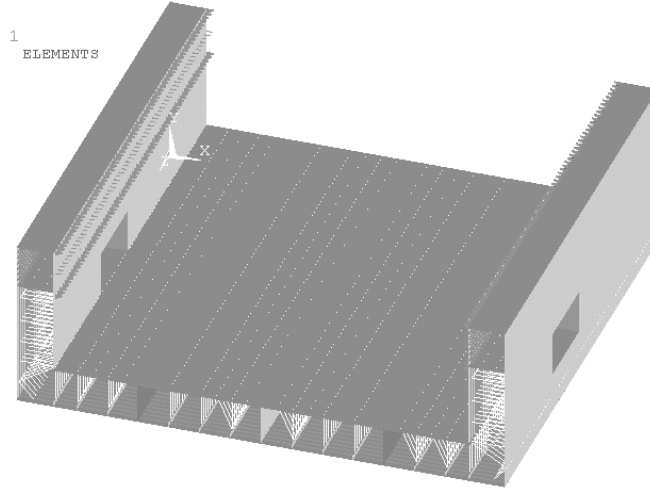
Şekil 3. Yüzer havuzun sonlu elemanlar modeli

Yüzer havuzun sabit U en kesitli bölümünde ponton güverte üzerinde iki ayrı yapı söz konusudur (Şekil 3). Bunlardan ilki havuzun nihayetlerinde ve ortasında bulunan ponton güverte üzerindeki kapalı üst yapı, diğeri ise ponton güverte üzerinde bulunan havuzun su tahliyesini hızlandırmak amacıyla sağda ve solda 2 adet toplamda 4 adet delikli açıklıktır. Tamamı kapalı (Şekil 4) ve açıklığın bulunduğu delikli kısma (Şekil 5) ait ayrı ayrı model kurulma ihtiyacı duyulmuştur. Yükleme koşullarına bağlı olarak, simetrik olan havuzda, havuz ortasında tarafsız eksene uzak noktalarda büyük gerilmelerin oluşacağı beklenmesine rağmen, tarafsız eksene yakın olan delikli kısımlarda da açıklığın etkisi ile büyük lokal gerilmelerin oluşabileceği düşünülmektedir.

Şekil 4-5’de verilen modellerin uzunlukları 42.5 m olup, kapalı kısım modeli havuz ortasından seçilmiş, delikli model ise açıklığın ortada yer almasına dikkat edilmiş, böylece delik etrafındaki gerilme değerlerinin hesaplanabilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 4. Deliksiz (kapalı) sonlu elemanlar modeli



Şekil 5. Delikli (açık) sonlu elemanlar modeli

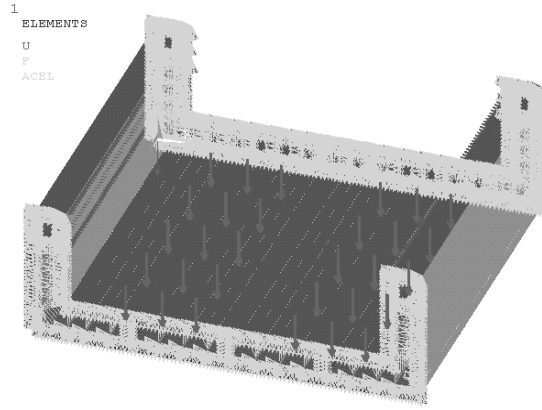
#### 4. MALZEME ÖZELLİKLERİ

Tersane sahiplerinden temin edilen yüzer havuza ait saç açılım resimleri ve onarım sırasında yapılan değişiklikler gözönünde tutularak modellenen bölgelerdeki saç kalınlıkları modele uygun şekilde tanımlanmıştır. Gerilme analizleri sonucunda modeldeki en yüksek gerilmelerin denetim organlarının verdiği limitler içinde kalması gerekliliği vardır. Türk Loydu (TL) kural kitabına göre, aksi belirtilmediği sürece havuzun ana yapısal elemanlarında kullanılacak malzeme, kural kitabının “Malzeme Kurallarına” uygun olarak üretildiği iş yerinde tespit edilmiş tekne yapım çeliği olacaktır. Tersane şartlarında kaynak edilebilme özelliği kanıtlanabilen daha düşük mukavemetli diğer tip çelik malzemelerde kullanılabilir. TL, havuzda enine mukavemet hesapları yapıldığında, enine kirişlerde, kaplamada ve postalarda Von- Mises gerilme değerini normal tekne yapım çeliği için  $180 \text{ N / mm}^2$  olarak kabul edilmektedir. Özel

durumlarda; Von- Misses gerilme değeri normal tekne yapım çeliği için  $200 \text{ N / mm}^2$  olarak alınmaktadır [4].

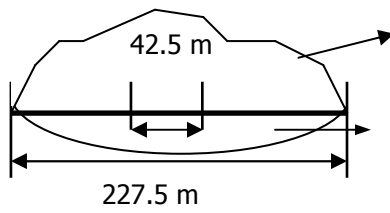
## 5. SINIR ŞARTLARI

Havuz modelinde kartezyen eksen takımı kullanılmış; model boyu z-ekseni olarak, model en kesitinin düşey eksenini y-ekseni ve en kesitinin yatay eksenini ise x-ekseni olarak seçilmiştir. Modelin  $z=0$  ve  $z=42.5$  m'deki düzlemlerinde her üç ekseninde de yerdeğıştirmeler sifira eşitlenmiştir. Dönmeler serbest bırakılmıştır. Burada önemli olan nokta, modelin nihayetlerinde tutulan bölge civarındaki elemanların değerlendirme dışında tutulması gerekliliğidir. Çünkü; havuzda, bu bölgelerde yüklemeye bağlı olarak yerdeğıştirmeler mevcuttur. Her üç ekseninde de tutulan bu bölge civarındaki elemanların değerlendirilmesi gerekiyorsa; model sınırları genişletilip, diğeri bir değışle model boyu uzatılıp, destek noktalarının yeri değıştirilmelidir. Şekil 6'da kapalı sonlu elemanlar modelinin sınır şartları gösterilmiştir [5].

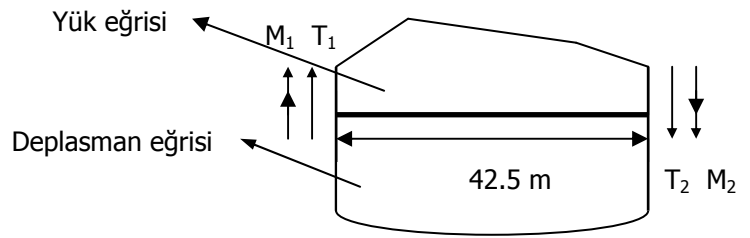


Şekil 6. Sonlu elemanlar modeli sınır şartları ve yan

Lokal model kurmada iki ana yöntem takip edilmektedir. Yüzer havuz bir kiriş (Şekil 7a.) gibi düşünülerek üzerindeki yükler dikkate alınır ve üzerindeki moment ve kesme kuvveti dağılımı bulunur.



Şekil 7a. Kiriş Modeli



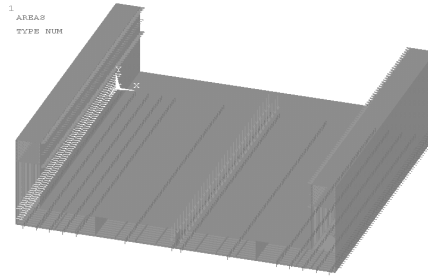
Şekil 7b. Lokal Model

**2. Yol:** Uçlarda bütün yer değıştirmeleri sınırlayıp, lokal modeli çözmek, daha sonra boyuna mukavemet hesabından gelen gerilmeleri lokal modeldeki gerilmelerle yönlerini dikkate alarak toplamaktır. 2. Yol daha kaba bir yol olmasına rağmen çok kısa sürede emniyetli bir sonuç verir. En büyük risk yapının biraz ağır olma olasılığıdır.

## 6. YÜKLEME ŞEKİLLERİ

Yüzer havuz üzerinde gerilmeleri meydana getiren yükler; yüzer havuzun kaldırdığı geminin ağırlığı, yüzer havuzun kendi ağırlığı, yüzer havuza uygulanan kaldırma kuvveti ve yüzer havuzun tanklarındaki deniz suyu ağırlığı olarak sıralanabilir. Yüzer havuzun kaldırma kapasitesi diğer bir deyişle geminin ağırlığı bilinmektedir. Yüzer havuzun ağırlığı çelik yapı ağırlığı ve üzerinde bulunan kreynlerin ağırlıklarının toplamına eşittir. Yüzer havuza uygulanan kaldırma kuvveti de yapılan hesaplar sonucunda belirlenmiştir. Dolayısıyla; yüzer havuz üzerine etkiyen yüklerden; yüzer havuzun tanklarındaki deniz suyu yükü hariç, diğerlerinin hiçbirinin yük dağılımı ve değerlerinde kayda değer bir değişiklik yapılamaz [2].

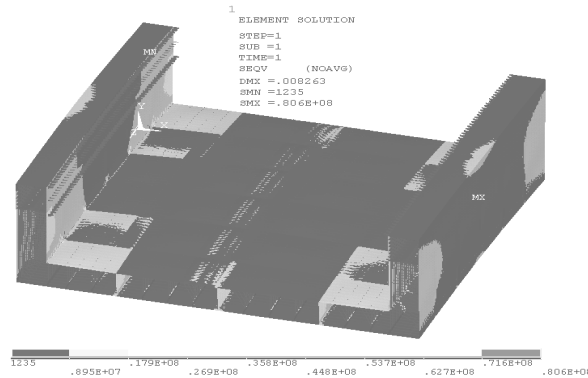
Yüzer havuzun kendi ağırlık dağılımı ile denizin yüzer havuza uyguladığı kaldırma kuvvetinin havuz boyunca dağılımı neredeyse homojendir. Buna karşılık yüzer havuzun kaldırdığı geminin boy yönündeki ağırlık dağılımı homojen olmayıp, önemli süreksizlikler göstermektedir. Özellikle havuz yukarı kaldırılırken; bu yük dağılımındaki süreksizlik havuzda boyuna mukavemet problemleri oluşturmakta, hatta havuzun kırılmasına neden olmaktadır. Süreksiz yük dağılımının nötralize edilebilmesi ancak ve ancak tanklara alınacak veya boşaltılacak suyun yeri ve miktarının belirlenmesi ile mümkün olmaktadır. Şekil 8'de kapalı en kesitteki takarya yükleri ile hidrostatik basınç verilmiştir. Hidrostatik basınç Türk Loydu kural kitabı baz alınarak hesaplanmıştır [3].



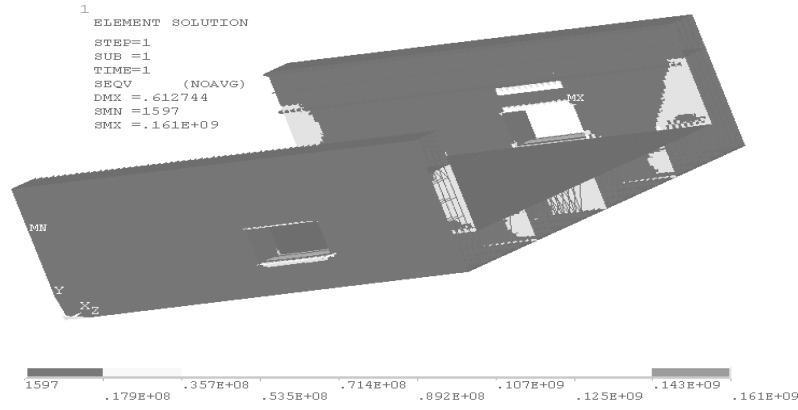
Şekil 8. Sonlu elemanlar modeli yan takarya yükleri ve hidrostatik basınç

## 7. GERİLME ANALİZİ

Kapalı ve delikli havuz modellerinin ANSYS paket programı kullanılarak, Von-Misses gerilmeleri hesaplanmış [6] ve sonuçları Şekil 9-10'da verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde delikli modelde lokal gerilmelerin olduğu ve açıklığın üst ve alt bölgelerinde yığılmanın olduğu görülmüştür.

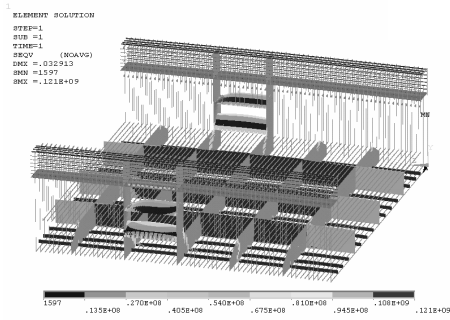


Şekil 9. Kapalı en kesitte Von - Misses gerilmesi,  $\sigma_{von}=80.6 \text{ N/mm}^2$

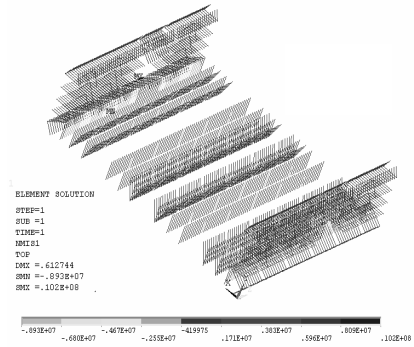


Şekil 10. Delikli en kesitte Von - Misses gerilmesi,  $\sigma_{von}=161 \text{ N/mm}^2$

Delikli en kesitin üst ve alt saçlarında oluşan lokal gerilmeler ( Şekil 10 ) buraya bağlı olan destek elemanlarını etkilemektedir. Şekil 11’de delikli modelin destek elemanlarında oluşan gerilme değerleri gösterilmektedir. Şekil 12’de görülen kiriş elemanları üzerindeki en büyük gerilmeler kabul edilir sınır içersindedir.



Şekil 11. Destek elemanlarında Von - Misses



Şekil 12. Kiriş elemanlar üzerindeki

## 8. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Klas kuruluşları, gemileri sonlu elemanlar yöntemi ile modellerken, model boyutlarından, eleman sayısına, sınır şartlarına ve yükleme koşullarına kadar değişik kabul ve varsayımlar kullanmaktadır. Her klas kuruluşunun kabulleri farklı gemi tipleri için değişiklikler göstermektedir. Klas kuruluşlarının bilgisayar programlarının kullanılması sırasında gemiler için izledikleri yollar, dubalar, pontonlar ve yüzer havuzlar içinde geçerli olabilmektedir.

Klas kuruluşları sonlu elemanlar metodu ile yapılan model çalışmalarında iki ayrı yöntem uygulamaktadır.

- 1) Yapıyı bütün ayrıntıları ile modelleyip; ağ örgüsünü sıklaştırarak, hassas sonuç verecek nokta sayısını ayarlamak.
- 2) Başta bir ön fikir vermesi için yapının sadece ana elemanları modellenip kaba bir ağ örgüsü ile incelemesini yapmak ve geometriyi istenen sonuçların yeterliliğine göre değiştirmek.

Genelde klas kuruluşları ikinci yöntemi benimsemektedirler. Yapıyı ana hatlarıyla modelleyip kaba bir eleman sayısı ile gerilim analizini tercih etmektedirler. Bu tercih gereksiz yerlerin detaylı modellenmesini önlemekte, zaman ve işgücü tasarrufu sağlanmaktadır.



Bu tebliğde, Tuzla Tersaneler Bölgesi'nde işlev gören 25 yaşındaki bir yüzer havuza ait sonlu elemanlar modelleri kurulmuştur. Bu modellerden ilki sabit U en kesitli yüzer havuzun tam ölçekli modelidir. Eldeki fiziki ve teknik imkanlar çerçevesinde bu modelin mesh'li eleman boyutu 0.5 m alındığında yaklaşık olarak 4 saat sürmüştür. Çok büyük bir model olan yüzer havuzun tam ölçekli modelinde eleman sayısının fazla olması nedeniyle oluşan denklem takımlarının çözümü yapılamamıştır. Eleman boyutunun artırılması ise hatalı sonuç elde etme riskini doğurmaktadır, denklem takımlarındaki ıraksamalar sonuçların güvenilirliğini tehlikeye sokmaktadır. Buna karşılık yapılan incelemeler ve öngörüler ışığı altında havuzun ponton güvertesi üzerinde bulunan iki ayrı geometrik özellik gösteren delikli ve deliksiz bölgeler (Şekil 4 - 5) ayrı ayrı ele alınmış, model nihayetlerinin uygun bir şekilde tutulması sağlanmış, belirlenen yükler altında modellenerek, gerilme analizleri yapılmıştır. Delikli model 11780 Beam44 elemanından ve 114155 Shell64 elemanından oluşmaktadır. Çözülen denklem sayısı ise 698302'dir.

Gerek delikli ve gerekse deliksiz modeller üzerinde yapılan gerilme analizleri sonucunda; gerilmelerin en kritik olduğu bölgeler, bordada delik çevresi olduğu saptanmıştır. Bu bölgede boyuna mukavemetten gelen gerilme de hesaba katıldığında  $180 \text{ N/mm}^2$  'lik gerilme sınırına oldukça yaklaşacağı belirlenmiştir. Bu durumun en önemli sebebi korozyondur. Yapının üzerinde meydana gelen korozyon homojen olmadığından, tarafsız eksenin yeri değişmiş ve tarafsız eksen delik bölgesinden uzaklaşmıştır. Bu sebeple delik civarındaki gerilmeler orijinal duruma göre beklenmeyen şekilde artmıştır. Korozyon, yapının simetri eksenine göre de simetrik olmadığından, az da olsa bir çarpılma tespit edilmiştir.

Bu tebliğde, her ne kadar yüzer havuzun tam ölçekli modeli hazırlanıp, gerilme analizinin yapılmasına yönelik çalışmalar yapılmış olsa da; özellikle büyük yapıların tam ölçekli modellenmesi yerine belirlenen bölgelerde lokal modellerin oluşturulması gerekliliği vardır. Böylece, gereksiz detaylarla uğraşp, gerek zaman ve gerekse iş gücü kaybının önüne geçilecektir. Özetle mali kayıplarda azalmalar olacaktır. Bir mühendislik çalışmasında; öngörülen problemlere yoğunlaşmak, bu problemlerin çözümü için hassas analizler yapmak doğru bir yaklaşımdır. Eldeki teknik ve fiziki imkanlar kullanılarak zamanında ve doğru bir şekilde sorunların giderilmesi gereklidir. Bu bağlamda, büyük yapıların 3 boyutlu sonlu elemanlar modelinde gerilme analizi yapılırken, belli bir bölgenin ele alınması, ele alınan bölgeye belirlenen eksenlerde tutmaların tatbik edilmesi, yüklemelerin uygun bir şekilde modellenmesi ve böylece problemlerin çözümüne ulaşılması izlenen bir yoldur.

## 9. KAYNAKÇA

- [1] Gemi İnşa Sanayi Dergisi, 2005, Yıl:3, Sayı:11, sf: 10-21
- [2] ÜNSAN, Y. ve İNSEL, M., Gerilme Kontrollü Yüzer Havuz Operasyonu, *Türkiye Otomatik Kontrol Komitesi Ulusal Toplantısı*, 2005, Bildiriler Kitabı, 431-436, 2-3 Haziran 2005, İstanbul.
- [3] Türk Loydu, Cilt –A, Kısım1, Tekne Yapım Kuralları, Bölüm 1 Genel Tanımlar, 2005
- [4] Türk Loydu, Cilt –A, Kısım1, Tekne Yapım Kuralları, Bölüm 32 Yüzer Havuzlar, 2005
- [5] <http://ansys.com>.
- [6] Moaveni, S., "Finite Element Analysis Theory and Application with ANSYS", Minnesota State University, Mankato, Pearson Education, Inc., New Jersey, Second Editions, 2003