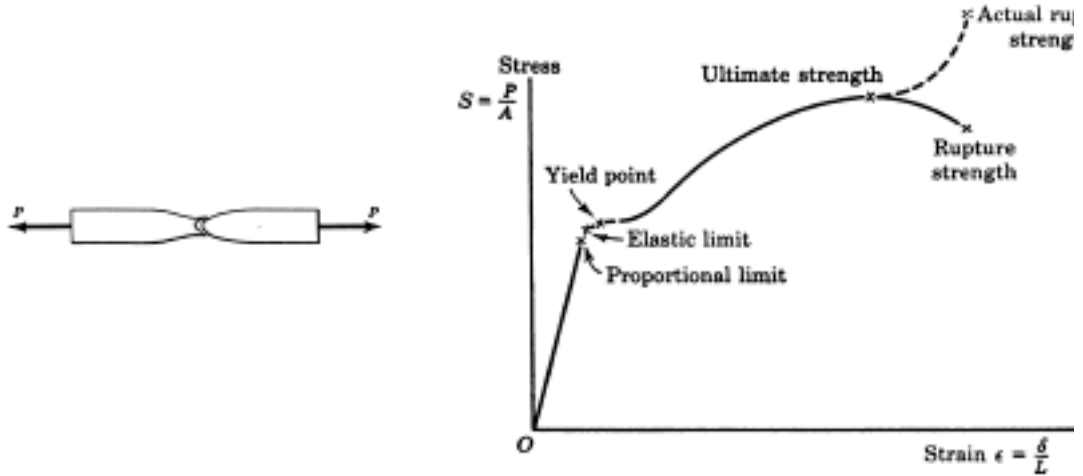


8. GEMİLERİN MUKAVEMETİ VE YAPISAL BÜTÜNLÜĞÜ

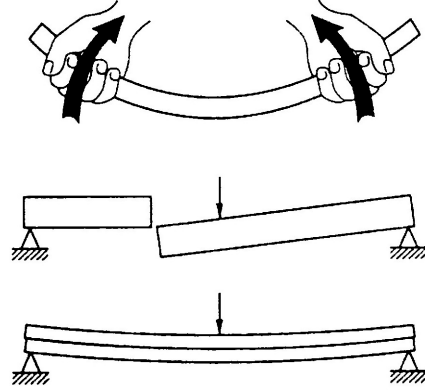
8.1 GENEL MUKAVEMET KAVRAMI

İç ve dış yükler altındaki bir yapının yapısal bütünlüğüne koruyabilme özeliği bu yapının öngörülen yükler için yeterli mukavemete sahip olduğunu gösterir. Ancak hiçbir yapı olası bütün yükleri karşılamaya yetmez. Örneğin, kesit alanı A olan silindirik çubuğu iki ucundan P kuvvetiyle çekmeye tabi tutalım. Çubukta bir boy uzaması ortaya çıkacaktır. Kuvveti arttırarak deneyi tekrarlamaya devam edersek çubuğun orta bölgelerinde bir daralma ortaya çıkar. Teknik terminolojide bu olaya akma (= yield) denir. Gerilmeyi birim alana düşen yük olarak tanımlarsak yani $s = P/A$, akma noktasındaki gerilmeye akma gerilmesi (σ_y =yield stress) denir. Deneye devam edilirse şekil değiştirmesinde hızlanma olur ve bir süre sonra malzemede kopma ortaya çıkar. Genelde akma noktasına kadar olan şekil değiştirmeye elastik şekil değiştirme denir ve kuvvet ortadan kaldırıldığında malzeme eski şekline geri döner. Bu deneyde ortaya çıkan gerilme aksenal doğrultuda, yani kesitlere dik doğrultuda olduğundan bu tip gerilmeye “normal gerilme (= normal stress)” denir.



Şekil 8.1 Çekme deneyi

Benzer bir deneyi bahis konusu çubuğu eğerek de gerçekleştirebiliriz. Bu halde de sonuç benzer bir şekilde ortaya çıkar, ancak burada kesitlere uygulanan gerilme kesite dik değil paraleldir. Bu tür gerilme kesme gerilmesi (=shear stress) olarak tanımlanır.



Şekil 8.2 Kesme gerilmesi

Bir mühendislik yapısında yeterli mukavemete sahip olmak demek, öngörülen yüklerin etkisi altında ortaya çıkan gerilmelerin müsaade edilen emniyetli gerilme sınırını aşmaması demektir. Müsaade edilen gerilme sınırı daima akma gerilmesinin altında bir değerdir.

Bir geminin bünyesel yapısı oldukça karmaşıktır. Her ne kadar bugün sonlu eleman modelleri ile (= finite element models) böyle bir komplike yapının mukavemet değerlendirmesini yapmak mümkün ise de, özellikle dizayn aşamasında geminin idealleştirilmiş (yani basitleştirilmiş) modelleri kullanılarak gerekli mukavemet değerlendirmeleri yapılır. Genelde gemilerin boyuna mukavemeti ile ilgili irdelemelerde gemi bir kiriş (= beam) olarak modellenir. Enine mukavemet ve burulma değerlendirilmesinde modelleme bir kafes kiriş (= grillage) analojisi ile yapılır. Burkulma (= buckling) ve lokal yapı analizinde ise takviyeli panel (= reinforced panel) modelleri tercih edilir.

8.2 BİR KİRİŞİN MUKAVEMET ÖZELLİKLERİ

Kirişler tek veya çok elemandan oluşabilir. Mukavemet hesabında ana unsurlardan bir tanesi bir şeklin atalet momentidir. Atalet momenti (= moment of inertia) bir eksene veya bir noktaya göre alınabilir. Bir eksene göre atalet momenti

$$I_y = \iint_A y^2 dx dy$$

olarak tanımlanır. Burada $dx dy$ elemanter alanı y ise bu alan merkezinin seçilen eksene olan uzaklıktır.

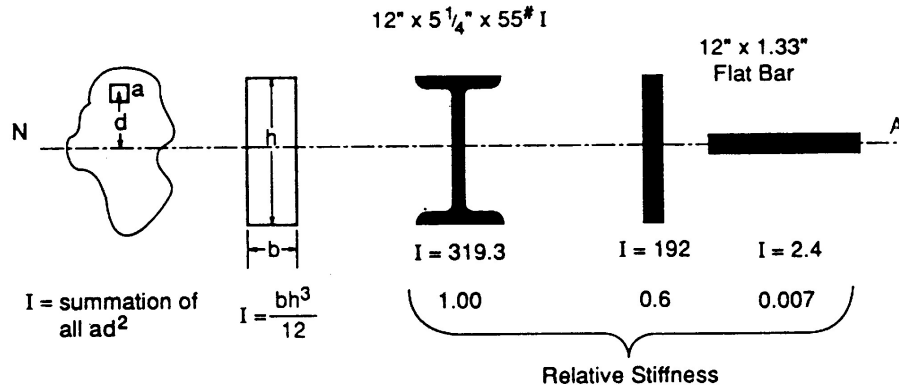
Verilen kesit ile ilgili bir diğer kavram ise tarafsız eksenidir. Tarafsız eksen verilen şeklin alan merkezinden geçen ve seçilen doğrultuya paralel olan eksenidir. Matematik olarak tarafsız eksenin yeri bahis konusu şeklin seçilen eksene göre statik momentinin alana oranı olarak bulunur. Yani

$$\bar{y} = \left(\iint_A y \, dx \, dy \right) / \left(\iint_A dx \, dy \right) = M_y / A$$

Şekil 8.3’de tarafsız eksene göre alınmış atalet momentleri gösterilmektedir. Şayet bir şeklin kendi tarafsız eksenine göre atalet momenti biliniyorsa, aynı şeklin bu eksene paralel başka bir eksene göre atalet momenti nakil teoreminden

$$I_{y_i} = I_y + A d^2$$

olarak belirlenir. burada I_y şeklin kendi tarafsız eksenine göre atalet momenti, A şeklin kesit alanı ve d şeklin tarafsız eksen ile yeni seçilen eksen arasındaki uzaklıktır.



Şekil 8.3 Kesit atalet momentleri

Kiriş teorisine göre bir kiriş kesitinde tarafsız eksenin bulunduğu yerde gerilme sıfır olur ve gerilme tarafsız eksenden olan uzaklıkla doğru orantılı olarak artar. Buna karşılık gerilme miktarı kesit atalet momentiyile ters orantılıdır; yani kesit atalet momenti arttıkça gerilme azalır. Bu bilgilerin ışığında $y_{\max}$ kesitte tarafsız eksenden en uzak noktanın bu eksene mesafesi olmak üzere

$$W = I / y_{\max}$$

oranına kesit mukavemet modülü (=section modulus) denir. Şayet bu kesite etkiyen maksimum moment de biliniyorsa, kesitteki maksimum gerilme

$$\sigma_{\max} = M_{\max} / W$$

olarak tayin edilir.

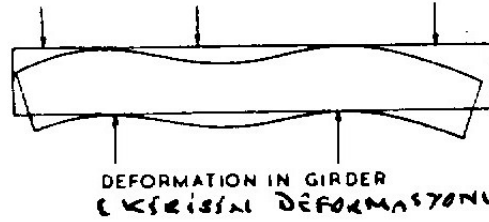
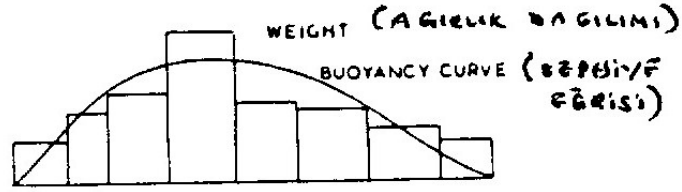
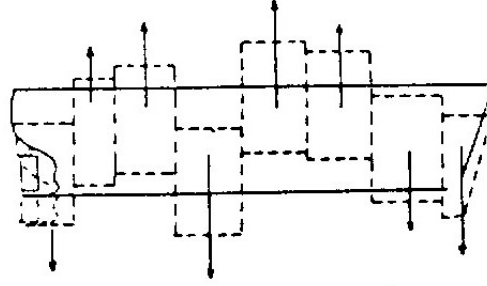
8.3 GEMİ BÜNYESİNDE ETKİYEN YÜKLER

Gemi üzerinde etkiyen en belirgin yükler geminin kendi ağırlık dağılışı ile sephiye kuvveti arasındaki farktan doğan yüklerdir. Ticaret gemileri değişik ambar yükleriyle seyir yapacağından ve geminin her draft ve trim durumu için sephiye kuvveti dağılımı değişeceğinden iki kuvvet dağılımının ortaya çıkaracağı kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri de değişkenlik arz edecektir. Şayet bir yükleme sonucu geminin baş ve kıç su içine meyilli hal almışsa yani orta gövde yükselmişse buna sarkma (= hogging), bunun tersine ise çökme (= sagging) denir. Bir geminin sarkma ve çökme durumu Şekil 8.4'de şematik olarak gösterilmektedir. Gemiye göre dalgaların alacağı izafi durum bunun sonucu olarak sephiye kuvvetleri dağılımı değişimi sarkma ve çökme dolayısıyla ortaya çıkan gerilmelerin artmasına sebep olur. Yanlış yükleme dolayısıyla kırılmış önemli sayıda dökme yük gemisi olmuştur. Bugün hemen her gemi yükleme yapmadan önce gemi bilgisayarında öngörülen yüklemenin geminin stabilitesi ve mukavemeti yönünden değerlendirmesini yapmaktadır.

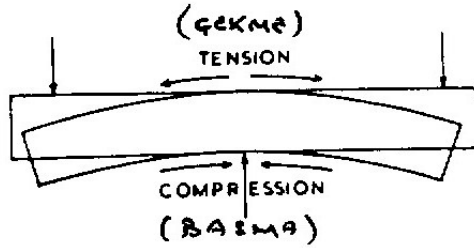
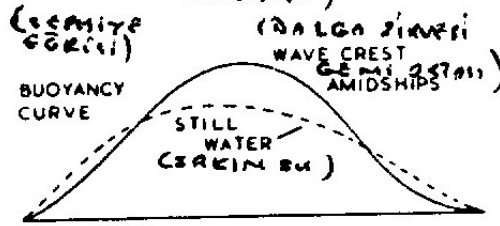
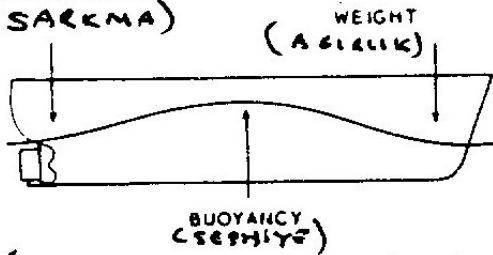
Şu ana kadar bahsettiğimiz yükler gemi kirişinin tamamını etkiyen statik veya yarı-statik yüklerdir. Gerçekte gemi hayatını denizlerde geçirirken dalgalar ve rüzgarların dinamik yükleri etkisinde kalırlar. Dinamik yüklerin bir kısmı lokal olarak büyük yüklerin oluşmasına sebep olur. Bu tip tipik oluşumlar baş vurma (= slamming) ve güverteyi su basması (= green water on deck) olaylarıdır.. Dip vurma darbe basıncı baş civarındaki levhaların çatlamasına, darbe sonucu ortaya çıkan eğilme momenti güverte borda saçlarında akmaya (yani plastik deformasyona) ve ambar ağzı gibi açıklıkların köşelerindeki gerilme yığılması (= stress concentration) dolayısıyla yırtılmaya sebep olabilir.

Ayrıca gemi içinde ve dışındaki sıcaklık farklılıkları gemi bünyesi veya bunun bir bölümünde termal gerilmelere (= thermal stresses) sebep olur. Normal ticaret gemileri için önemli olmayan bu problem, tankları ısıtılmalı petrol ürünü veya kimyasal madde taşıyan tankerlerde ciddi gerilmeler yaratabilir. Örneğin, bitümen taşıyan bir gemide tanklardaki yükün 80 °C'de tutulması gerekir. Şayet bu gemi kışın İzlanda'ya sefer yapıyorsa, deniz suyu sıcaklığı 0 °C civarında olacaktır. Dolayısıyla ciddi bir sıcaklık gradyanı oluşacaktır.

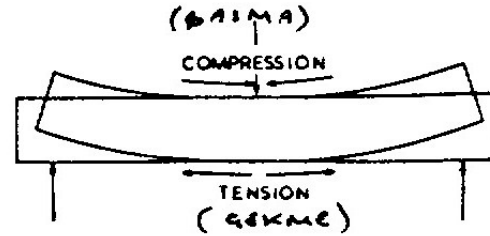
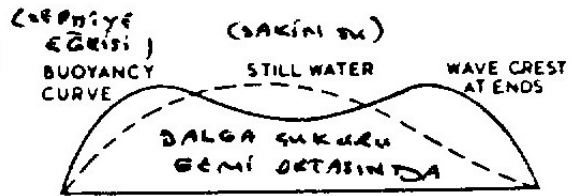
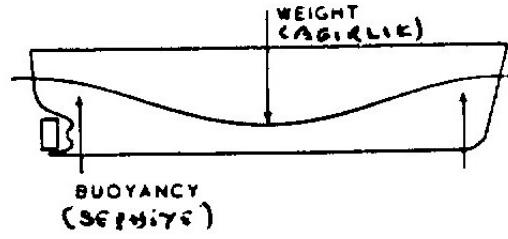
SAKIN SU KONUMU
STILL WATER CONDITION
LIGHTSHIP (BOŞ GEMİ)



HOGGING
(SARKMA)



SAGGING
(ÇÖKME)



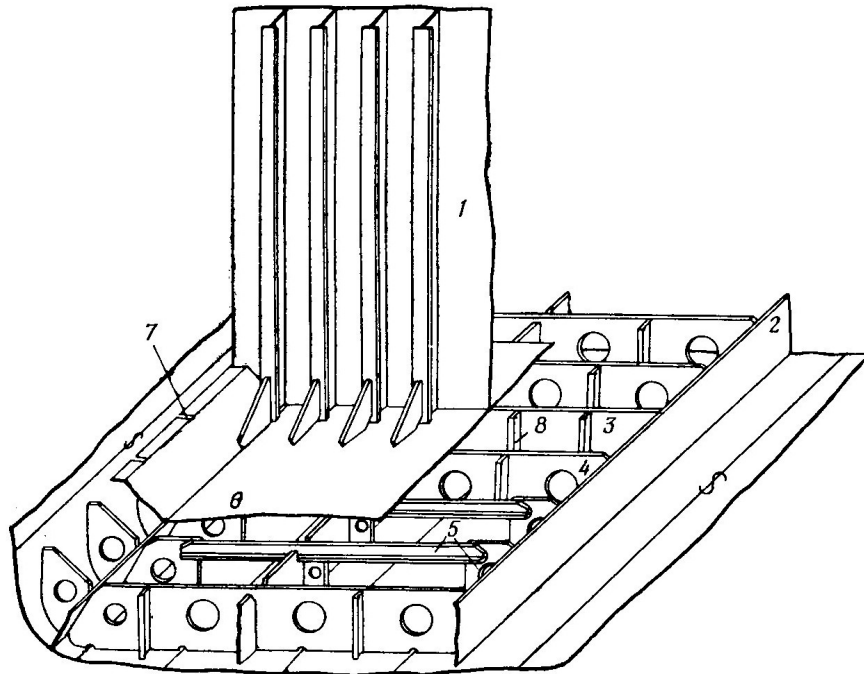
Şekil 8.4 Dalgalar arasında bir geminin sarkma ve çökmesi

8.4 GEMİLERDE KONSTRÜKSİYON TİPLERİ VE BÜNYE ELEMANLARI

Gemi yapısı oluşturan elemanlar global olarak birincil (= primary) ve ikincil (= secondary) elemanlar olarak kabaca ikiye ayrılabilir. Birincil elemanlar gemi bünyesinin tümünü veya önemli bir bölümünü etkileyen yüklere karşı geminin bünyesel bütünlüğünü korumasına katkı yapan elemanlardır. Bu tür elemanların tipik örnekleri gemi dış kaplaması (güverte, borda ve dip), tulaniler (merkez ve yan), döşekler (dolu ve boş), posta ve kemereler v.s

İkincil elemanlar ise genelde lokal yüklere karşı mukavemeti sağlayan elemanlar ile birincil elemanları destekleyen ve onların devamlılığını sağlayan elemanlardır. Bu tip elemanların tipik örnekleri küçük teçhizat temelleri ve braketler gibi elemanlardır.

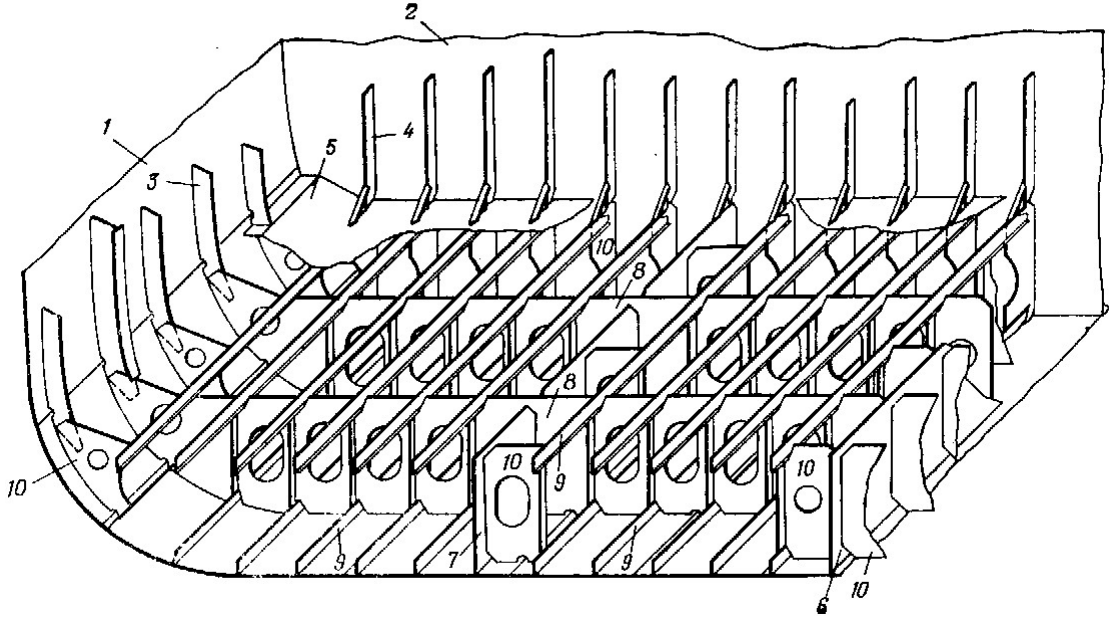
Tarihsel olarak ele alındığında çelik gemilerde iki değişik konstrüksiyon sistemi kullanılmıştır; enine ve boyuna konstrüksiyon sistemleri. Enine sistemde dış kaplama belirli sıklıkta enine istikamette oluşturulan kemere, posta ve döşeklerden oluşan halkalarla desteklenmiş ve gerekli boyuna mukavemet ise daha az sıklıkta kullanılan dip, borda ve güverte altı tulanileri ile temin edilmiştir. Genel yük gemisi, küçük konteyner gemileri ve römorkör gibi gemiler enine konstrüksiyonun tipik örnekleridir.



Şekil 8.5 Enine konstrüksiyonda dip ve perde yapısı

*1-Enine perde; 2-Merkez omurga; 3-Su geçmez döşek; 4-Dolu döşek; 5-Boş döşek;
6-İç dip kaplaması; 7-Posta geçme slotu; 8-Dikey lama*

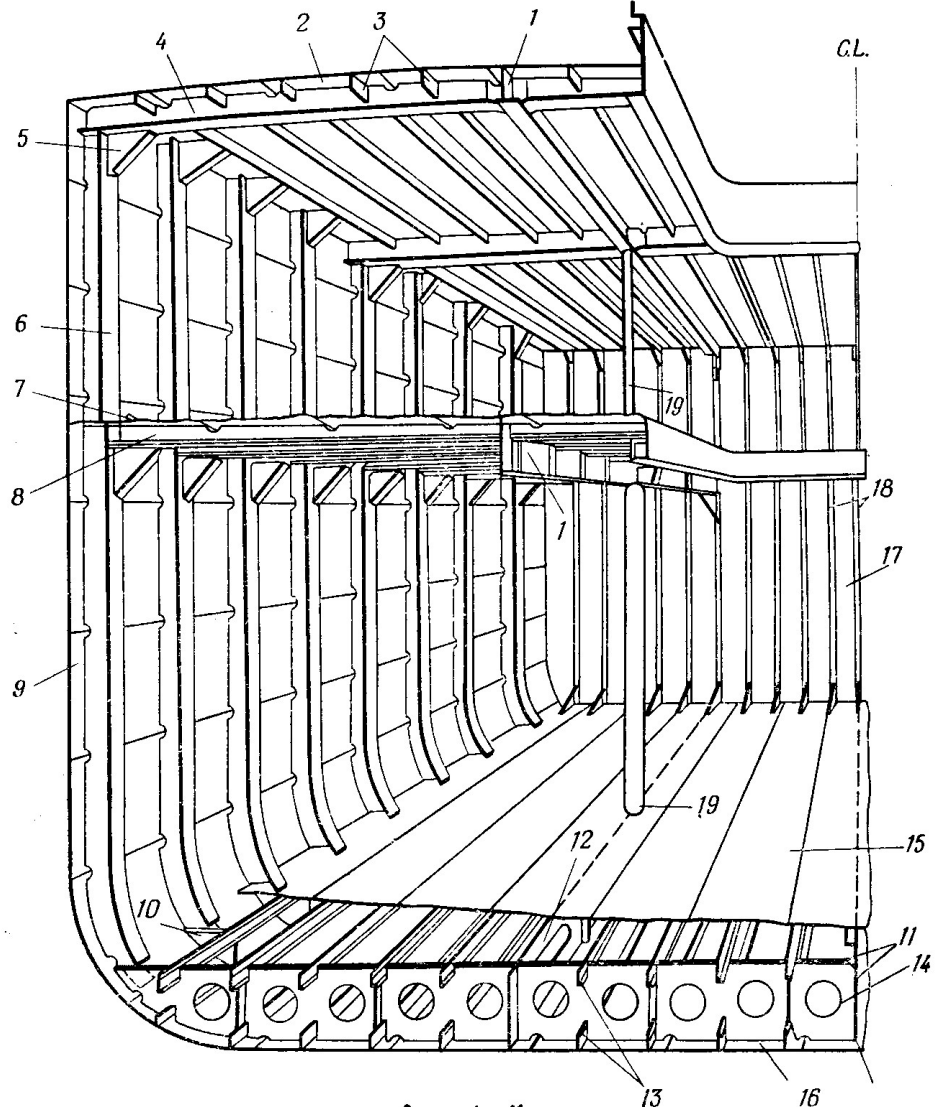
Boyuna konstrüksiyon sisteminde ise ana unsur boy istikametinde giden derin ve profil tulanileridir. Bu unsurlar daha az sıklıktaki derin halkalarla (derin kemere, derin posta ve döşekler) desteklenir. Genelde, tankerler ve savaş gemileri boyuna sistem kullanılan tipik gemi örnekleridir. Tipik enine ve boyuna konstrüksiyon tipleri Şekil 8.5 ve Şekil 8.6'da görülmektedir.



Şekil 8.6 Boyuna sistem dip konstrüksiyonu

1-Borda kaplaması; 2-Enine perde; 3-Posta; 4-Enine perde stifnerleri; 5-Hopper tank kaplama levhası; 6-Merkez omurga; 7-Yan Tulani; 8-Dolu döşek (tulaniler arası lama takviyeli); 9-Dip tulani; 10-Braket

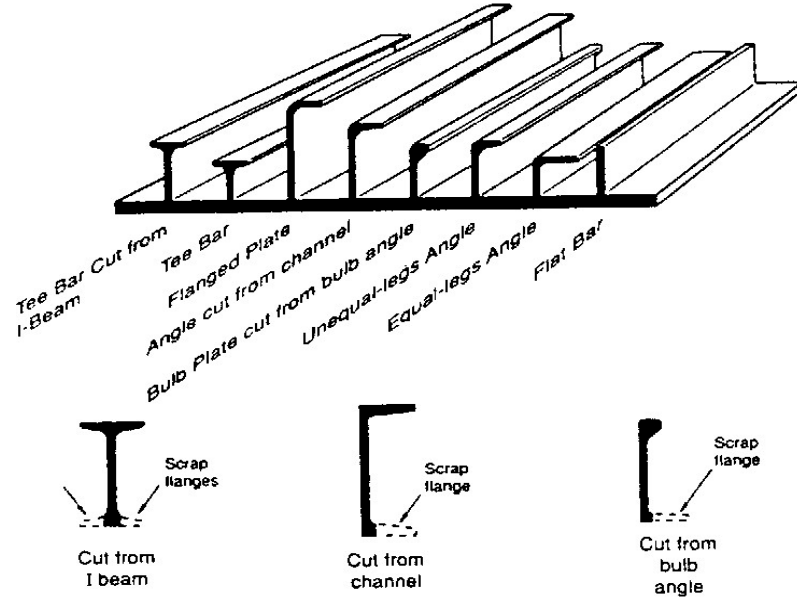
Bugün bu ayırım eskisi kadar net değildir ve pek çok gemide kombine sisteme rastlamak mümkündür. Örneğin, bir tankerde yük tankları kısmı boyuna konstrüksiyonken makine ön perdesinden kıça kadar enine konstrüksiyon kullanılmış olabilir. Özellikle son yaralanma ve yaralı stabilite kuralları dolayısıyla pek çok gemi çift cidarlı olarak tasarlanıp üretilmekte ve bu ise konstrüksiyonun daha uniform bir hale gelmesine katkı yapmaktadır. Kombine konstrüksiyon tipi örneği şekil 8.7'de gösterilmiştir.



Şekil 8.7 Kombine bünyesel konstrüksiyon

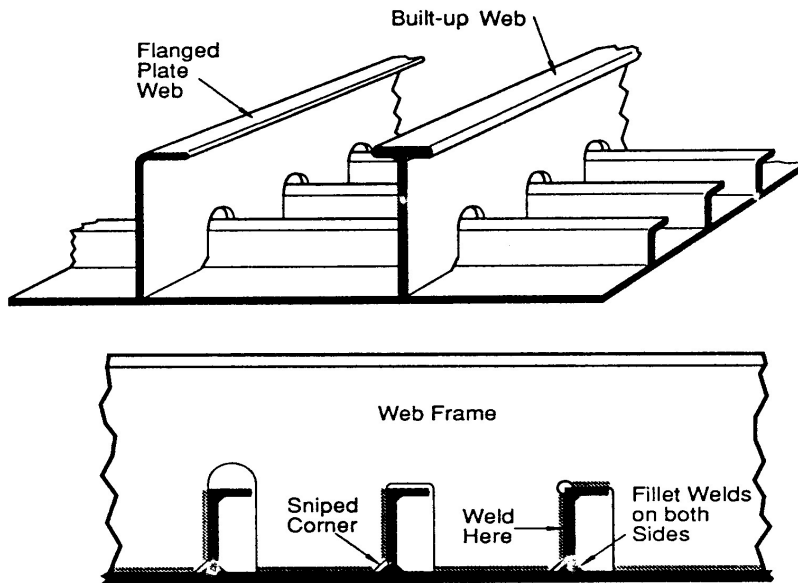
1-Derin tulani; 2-Üst güverte kaplaması; 3-Güvertealtı tulanileri; 4-Derin kemere; 5-Güverte braketleri; 6-Posta; 7-Gladora güverte kaplaması; 8-Kemere; 9-Borda kaplaması; 10-Sintine braketleri; 11-Merkez omurga; 12-Yan tulani; 13-Dip ve iç dip tulanileri; 14-Dolu döşek; 15-İç dip kaplaması; 16-Dip kaplaması; 17-Enine perde; 18-Perde stifnerleri; 19-Puntel

Çelik ve alüminyum kullanılarak yapılan gemilerde kullanılan ana malzeme tipleri levhalar ve profillerdir. Levhalar ve profiller standart boyut ve kalınlıklarda üretildiğinden, tasarım ve klas onayında bu özellikler esas alınır. Birbirine kaynatılmış profil ve levhalardan oluşan yapıya panel denir. Değişik profil tiplerini de gösteren bir panel Şekil 8.8'de gösterilmektedir. Burada gösterildiği gibi bazı profiller satın alındığı gibi, bazıları standart profilleri değiştirerek ve bazıları ise bir lamaya (= flat bar) bir alın laması (= face plate) kaynatılarak veya lamaya flenç basılarak elde edilir.



Şekil 8.8 Panel ve tipik profil örnekleri

Gemi yapısı incelendiğinde gemi dibi, iç dibi, bordası, güvertesi, enine ve boyuna perdeleriyle üst yapılarının takviyeli panellerden oluştuğu gözlenir. Profil eksenleri doğrultusu esas alındığında, takviyeler bu eksene dik doğrultuda derin elemanlar (= webs) olarak kullanılır. Derin elemanlarda panel profillerinin geçmesi için geçiş delikleri bulunur. Profiller bu geçiş deliklerine (= cut outs) kaynakla bağlanır. (Bakınız Şekil 8.9).



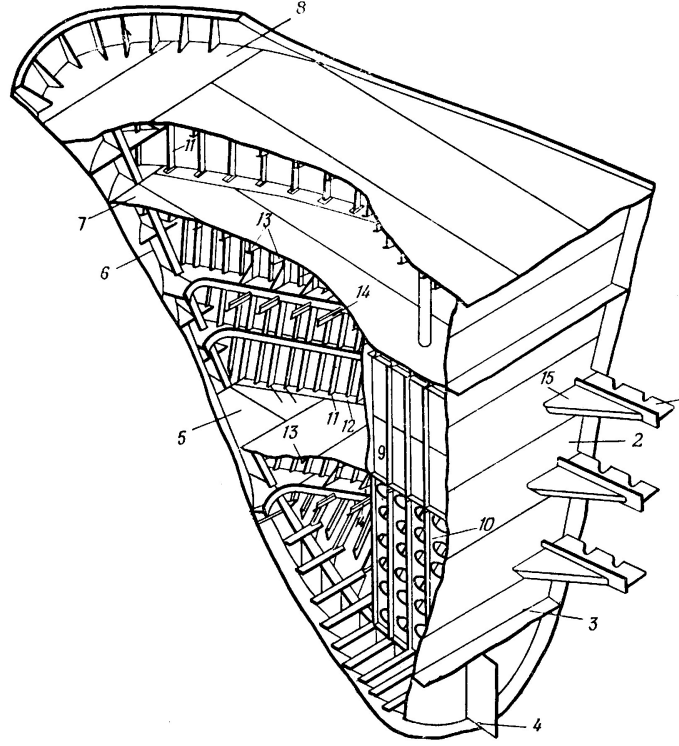
Şekil 8.9 Panellerin derin elemanlarla takviyesi

İsimlendirme yönünden bir geminin enine bir halkasını göz önüne alırsak karşımıza şu elemanların çıkması olağan olacaktır:

- | | |
|------------------------------|--|
| Dış kaplama | = Geminin dip, sintine, borda ve güvertesini çevreleyen levhalardan oluşan unsurdur. |
| İç dip kaplaması | = Geminin özellikle yük taşıyan bölümlerin dibindeki levhalardan oluşan unsurdur. |
| Enine halka | = Güverte kemeresi, posta ve döşekten oluşan ve güverte braketleri ve sintine braketleri ile birbirine bağlanan mukavemet unsurudur. |
| Döşekler | = İç dip ve dip kaplama arasında enine halkanın alt kısmını oluşturur. Görevi, boy istikametine giden merkez omurga ve tulaniler arasının mukavemet yönünden takviyesi ve ambar (veya tank) yüklerinin dağılımının temin olup; dolu veya boş döşek konfigürasyonunda olabilir. |
| Perdeler | = Gemiye en veya boy istikametinde bölmeleyen takviyeli panellerdir. Bazen ondüle veya baklavalı (= corrugated) konfigürasyon alabilirler. |
| Stringerler | = Gemi bordası, boyuna perdeler ve güvertelerde kullanılan ve boy istikametinde giden derin elemanlardır. |
| Derin posta ve Kemereleler | = Geminin en istikametinde borda ve güverte takviyesi için kullanılan derin elemanlardır. |
| Mazernalar | = Ambar ağızlarında gerekli mukavemeti sağlamak için kullanılan konstrüksiyondur. |
| Makine ve Teçhizat Temelleri | = Geminin başta ana makinası olmak üzere kullanıldığı makine ve teçhizatın yaratacağı statik ve dinamik yükleri abrayan mukavemet elemanlarıdır. |

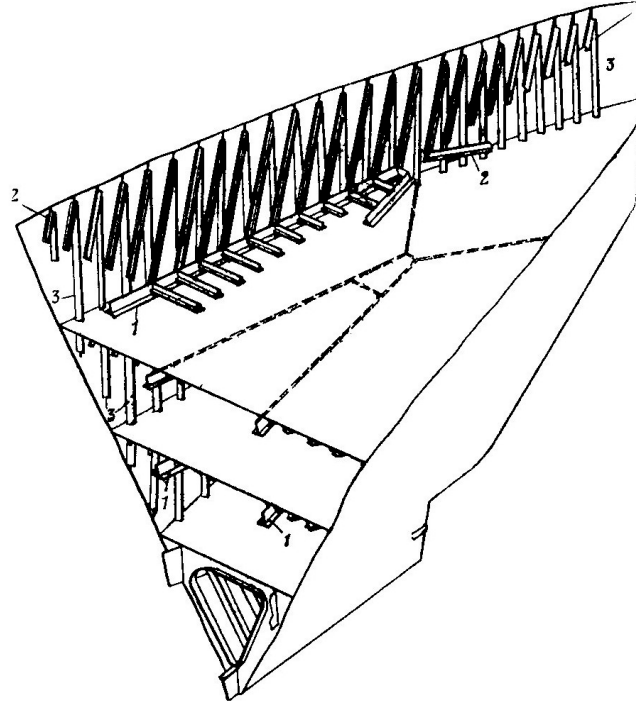
Punteller (veya Dikmeler)	= Gemilerde görev dolayısıyla perde konulması mümkün olmayan yerlerde kullanılan ve genelde boru profillerden oluşan dikey mukavemet elemanıdır.
Ara güverteler	= Geminin en üst devamlı güvertesi altında kalan güvertelerdir. Görevine, göre gladora, platform gibi isimler alabilir.
Baş kasara	= Geminin baş tarafında fribordu yükselten bir üst binadır. Kasara güvertede geminin demirleme ve halat donanımı konuşlandırılır.
Kıç kasara	= Kıçta aynı görevi gören bir üst yapıdır. Ancak modern ticaret gemilerinde üst yapılar kıçta olduğundan ayrı bir kıç kasara mevcut değildir.
Güverte binaları	= Personel ve yolcuların yaşam mahallerini oluşturan bu binaların en üst güvertesi seyir güvertesi veya köprü olarak bilinir ve geminin seyir sistemleri burada konuşlandırılır. Bu binalar personel can ve yangın güvenlik sistemlerinin de konuşlandırılır.
Baca	= Gemi makinalarının eksoz borularının atmosfere çıkışını destekleyen ve panellerden oluşan bir yapıdır. Makine hava girişi ve baca kazanı gibi bazı ek faaliyetleride konuşlandırabilir.
Parampet	= Geminin havaya açık güvertelerinde denize düşmeyi önlemek için kullanılan çelik yapıdır. Şayet bu görev borulardan yapılmış bir konstrüksiyon ile sağlanıyorsa, buna vardevela denir.

Değişik gemi konstrüksiyonlarının izahları Şekil 8.10'dan Şekil 8.16'ya kadar gösterilmiştir.



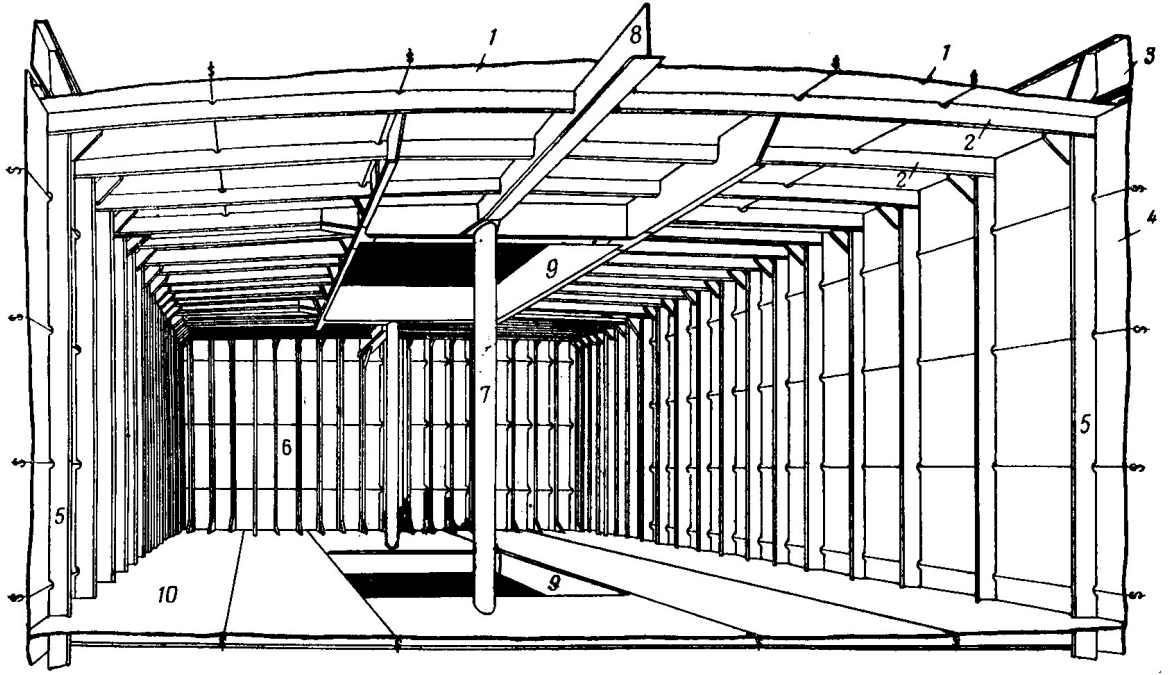
Şekil 8.10 Baş taraf konstrüksiyonu

1-Borda stingeri; 2-Baş pik perdesi; 3-İç dip kaplama; 4-Merkez omurga; 5-Platform; 6-Bodoslama; 7-Üst güverte; 8-Kasara güverte; 9-Zincirlik; 10-Merkez açık perde; 11-Normal posta; 12-Ara posta; 13-Güverte kemeresi; 14-Ek kemere; 15-Braket



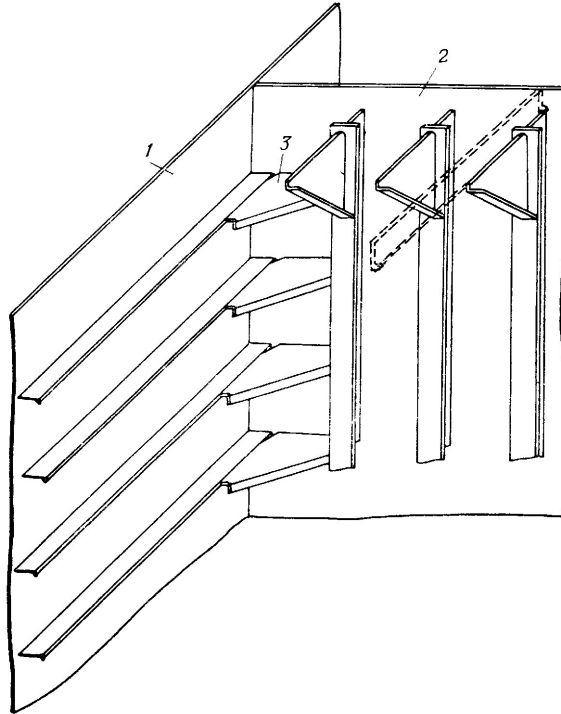
Şekil 8.11 Gemi kıçında meyilli posta sistemi

1-Profil stringer; 2-Meyilli kemere; 3-Meyilli posta



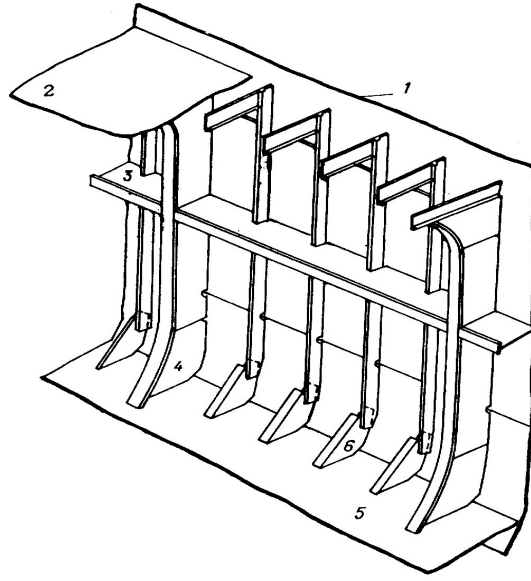
Şekil 8.12 Enine sistemde ana güverte ve gladora güvertesi

1-Üst güverte kaplaması; 2-Kemere; 3-Parampet; 4- Borda kaplaması; 5-Posta; 6-Enine perde; 7-Puntel; 8-Derin güverte altı tulanisi; 9-Mazerna; 10-Gladora güverte kaplaması



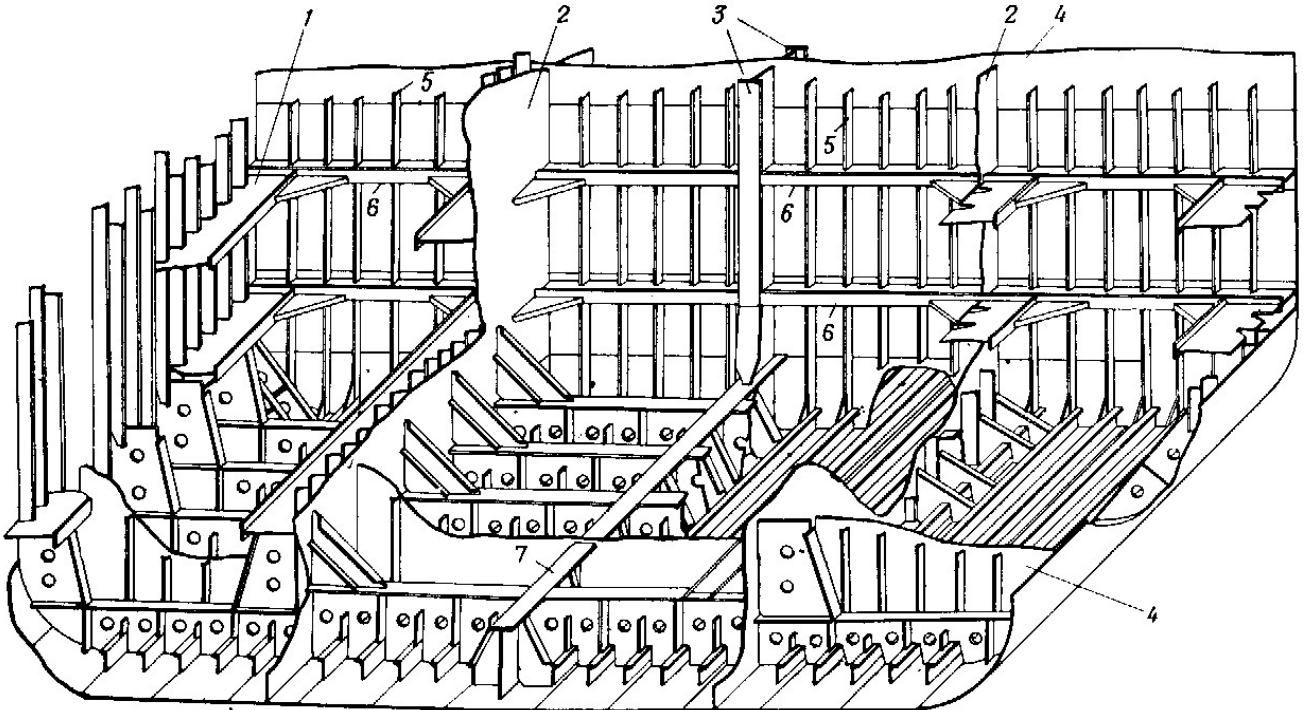
Şekil 8.13 Enine perde borda tulanisi bağlantısı (braketler)

1-Borda kaplaması; 2-Enine perde; 3-Braket



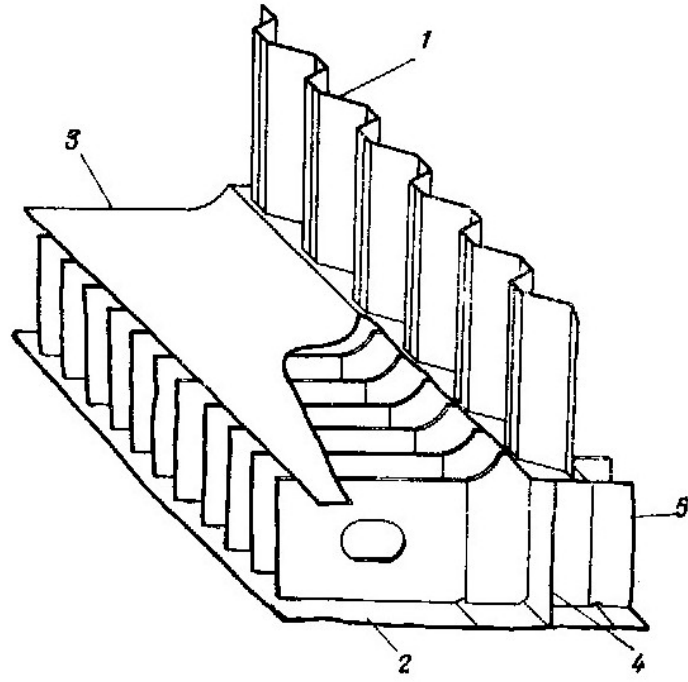
Şekil 8.14 Borda bünyesel detayı

1-Borda kaplaması; 2-Güverte kaplaması; 3-Borda stringeri; 4-Derin posta; 5-İç dip kaplama; 6-Sintine braketi



Şekil 8.15 Klasik tip dökme yük gemisi yapısı

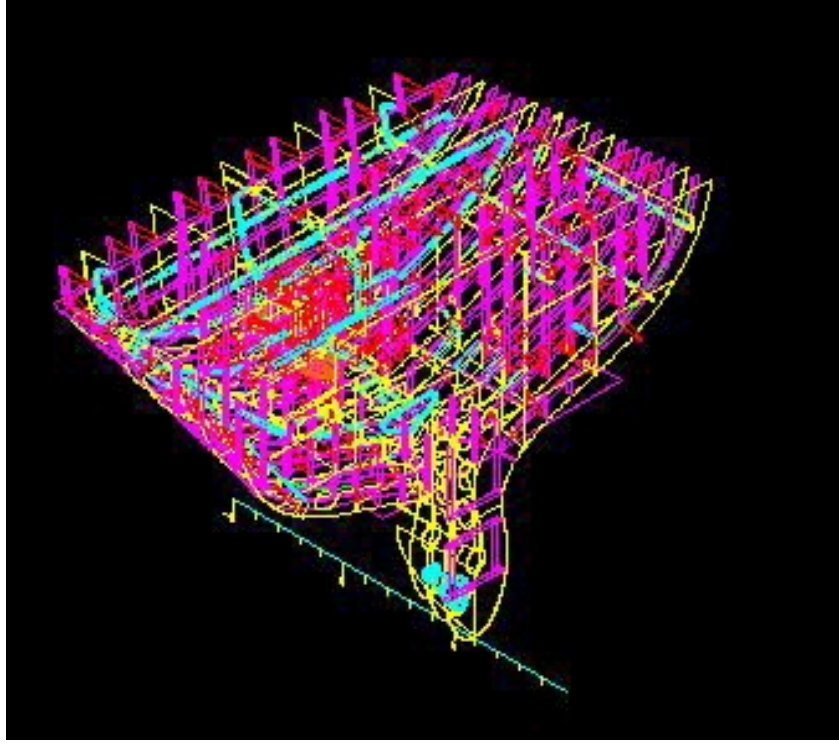
1-Borda stringeri; 2-Boyuna perde; 3-Merkez hattı çift taraflı stifner; 4-Enine perde; 5- Perde stifnerleri; 6-Perde stringeri; 7-Merkez omurga

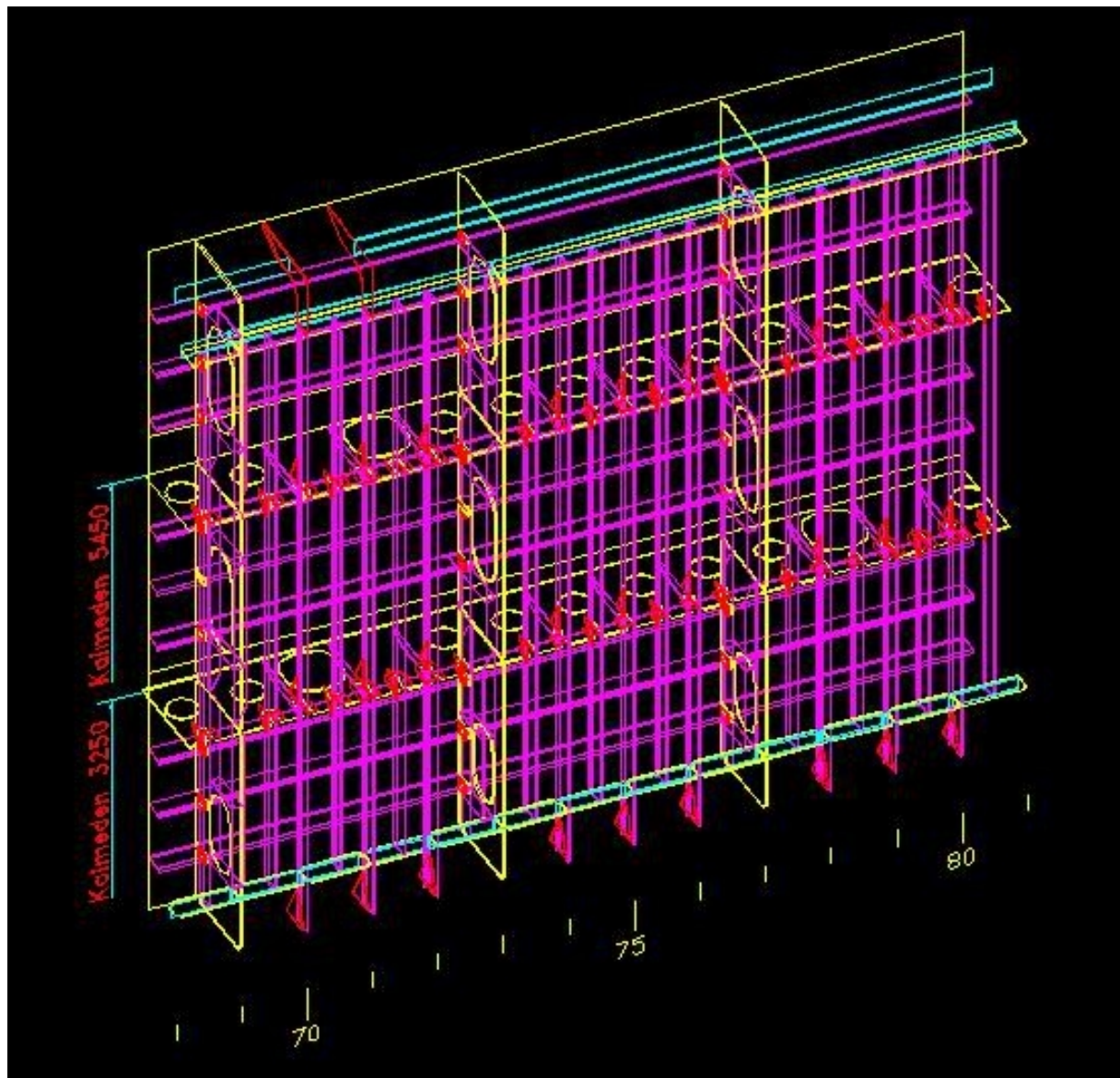


Şekil 8.16 Baklavalı perde

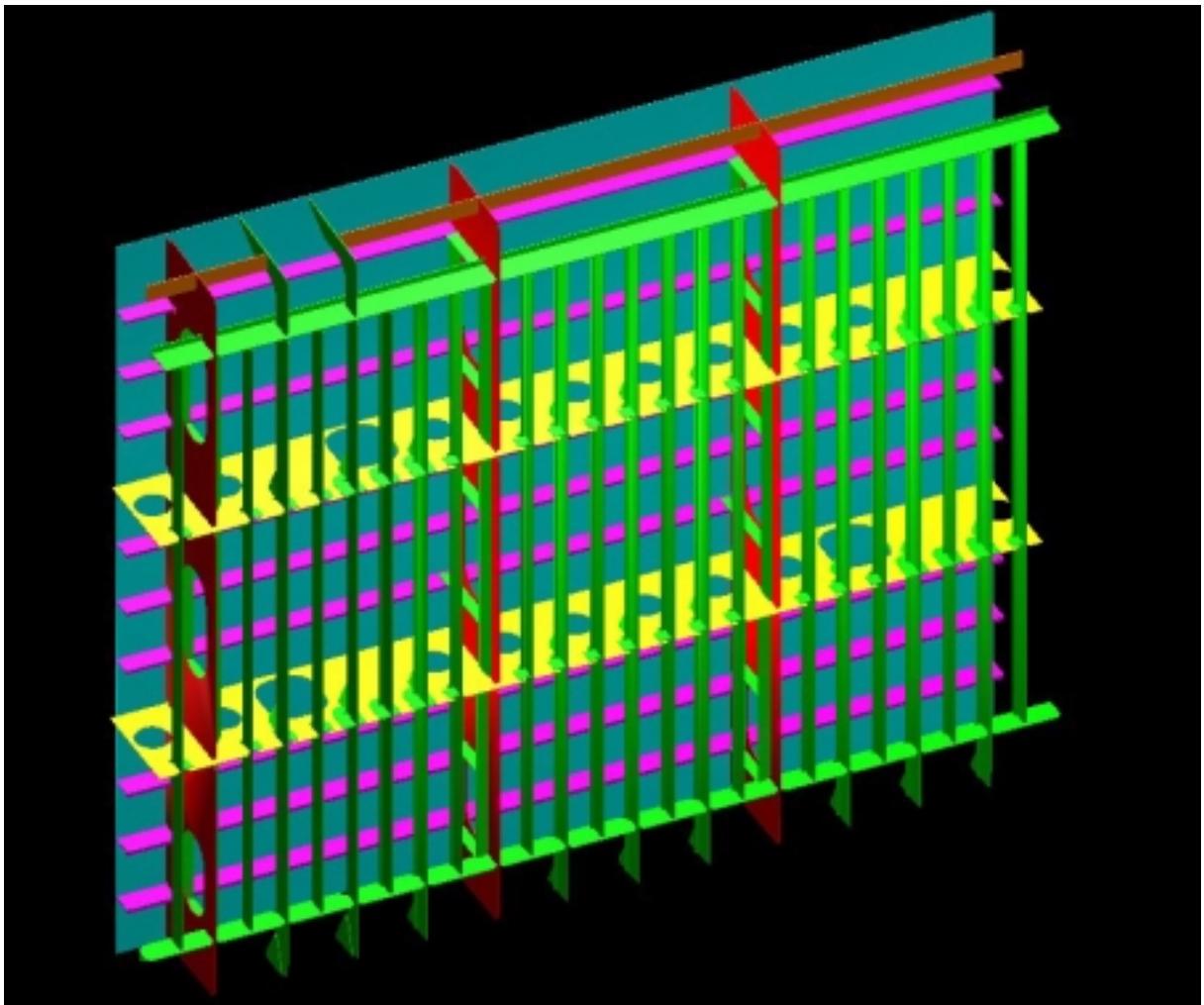
1-Perde; 2-Dip kaplaması; 3-İç dip kaplaması; 4-Merkez omurga; 5-Dolu döşek

KONSTRÜKSİYON RESİMLERİ

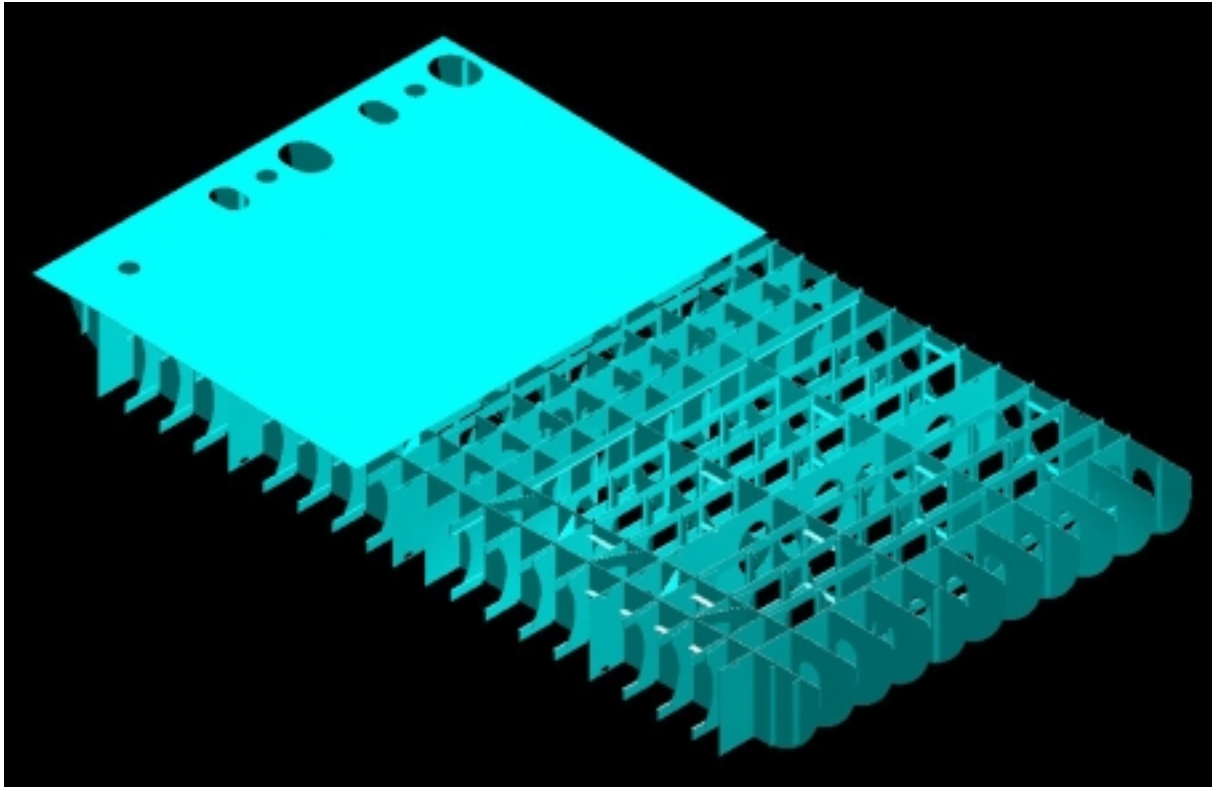




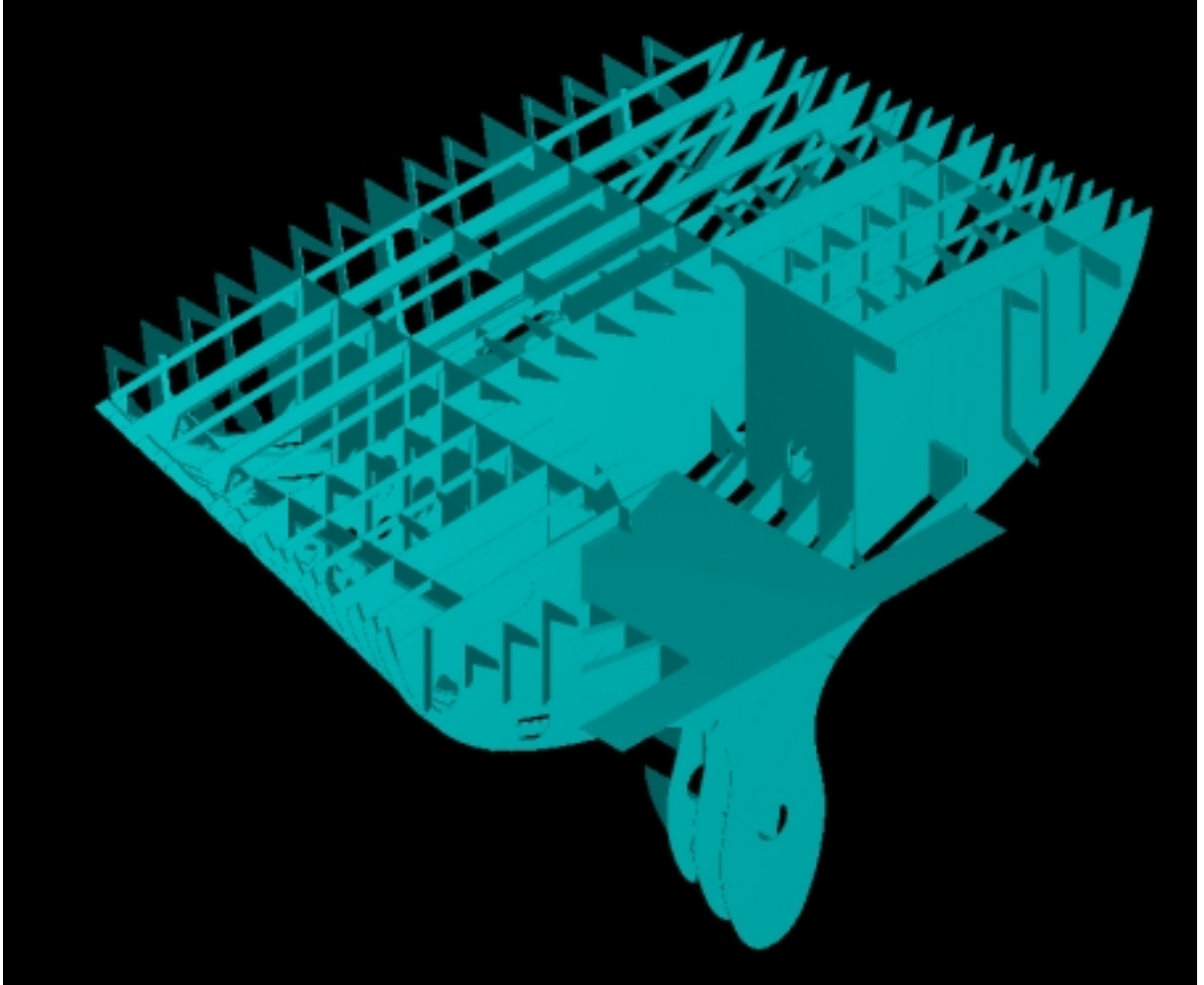
711 RENDER



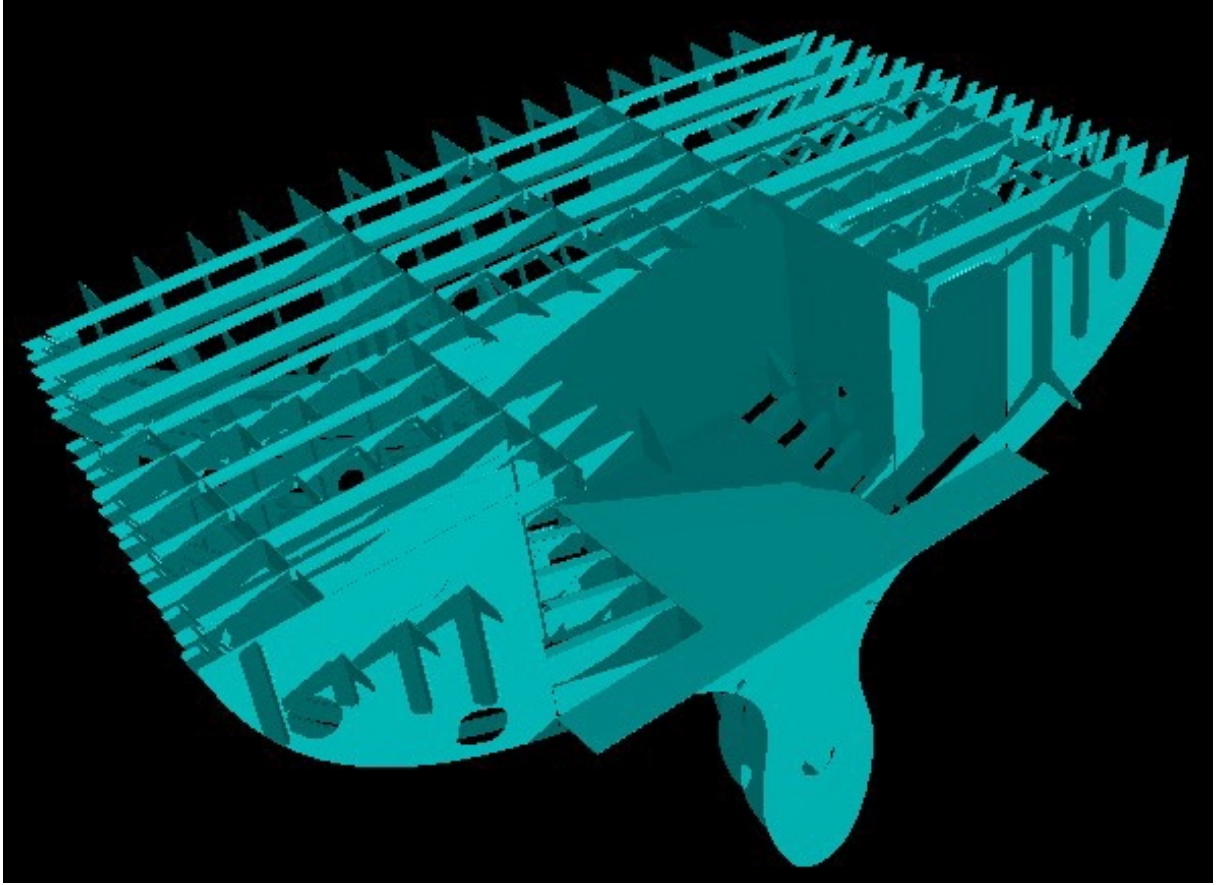
B 700



KIÇ PİK



RAY TRACE KIÇ PİK



SMOOTH KIÇ PİK

