

Çelik malzemeye İnşa Edilmiş Bir Balıkçı Gemisi Serisinin Türk Loydu Kurallarıyla Boyutlandırılmış Ortakesit Elemanlarının Yapısal Analizi

Gökdeniz Neşer

Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, Inciraltı, İzmir, Türkiye.

Abstract: *Structural analysis of a steel fishing boats series' midsection members scantled by using Turkish Lloyd rules.* To carry on a rules (Turkish Lloyd's scantling rules for steel vessels) based structural analysis of fishing boats' midsection members, a boats series has been created ranged from 18 [m] to 30 [m] in length overall. The form of fishing boats in the series has been generated from traditional Turkish forms (taka). After calculating design loads by using above mentioned rules and scantling of the structural members (frames, girders, floors), the structural analysis has been made by using analytic approaches. It has been seen that obtained results from this kind of analysis would be very useful tool for techno-economical evaluation during the design stage of fishing boats building.

Key Words: Structural analysis, fishing boats, rules based approach, taka, midsection members

Özet: İyileştirilmiş geleneksel bir forma sahip balıkçı gemilerinin ortakesitlerindeki mukavemet elemanlarının yapısal analizlerini gerçekleştirebilmek için boyları 18-30 [m] arasında değişen gemilerden oluşmuş bir seri yaratılmıştır. Çalışmada ulusal klaslama kuruluşu olan Türk Loydu'nun çelik tekneler için geliştirdiği kurallar temelinde bir yaklaşım oluşturulmuş, söz konusu kurallar uyarınca elde edilen tasarım yükleri ve eleman boyutları analitik olarak irdelenmiştir. Elde edilen sonuçların balıkçı gemilerinin tasarımı aşamasında yapılacak bir tekno-ekonomik analizde son derece yararlı olacağı kanısına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapısal tasarım, balıkçı gemileri, kural tabanlı yaklaşım, taka, ortakesit elemanları.

Giriş

Gemilerin yapısal tasarımında ampirik yaklaşımlar son derece yaygın uygulanagelmıştır. Bu yaklaşımlar, çoğunlukla gözlemlerin, deneyimlerin sonucunda oturmuş ve tasarım kodları / kural manzumeleri olarak geniş bir uygulama alanı bulmuşlardır. Bu kurallar yapıların boyutlandırılmasında hem tasarımcının, hem de tasarımcının ürününü denetleyerek onayan ve böylelikle belli bir sorumluluk üstlenen yapılanmaların (klas kuruluşları, sigorta şirketleri, vb.) işlerini çabuklaştırıcı kolaylaştırıcı bir işlev üstlenirler. Yapı

tasarımına dönük bu yaklaşım, kural tabanlı (rule-based) yaklaşım olarak anılmaktadır (Hughes, 1988).

Bu çalışmada kural tabanlı yapısal tasarım yaklaşımı kullanılarak ne ölçüde bir iyileştirme yapılabileceği tartışılmaktadır.

İyileştirilmiş bir formdan yararlanılarak beş adet balıkçı gemisinden oluşan bir serinin türetilmesi ve bunların ortakesitlerinin ulusal sınıflandırma kuruluşu olan Türk Loydu kuralları yardımıyla boyutlandırılması çalışmanın başlangıç aşaması olarak görülebilir. Ortakesiti oluşturan mukavemet elemanlarının (döşekler, postalar,

kemereler) dış yükler (güverte yükü, borda ve dip kaplama yükleri) altındaki davranışlarının irdelenmesi, gerek uygulamadaki kurallar gerekse gemi ana boyutlarının yapısal mukavemete etkileri açısından bazı önemli değerlendirmelere varmak olanağı sağlamaktadır.

Bir Balıkçı Gemisi Serisi Oluşturulması

Bu çalışmada üzerinde durulan balıkçı gemisi serisi, ana gemi boyutları temel alınarak üretilmiştir. Ana geminin bazı temel boyutları şöyledir:

Yüklü su hattı boyu, LWL : 20,000[m]

Yüklü su hattı genişliği, BWL: 5,714[m]

Geminin çektiği su, draft, d : 2,286[m]

Blok katsayısı, cB : 0,444

LWL / BWL : 3,500

BWL / d : 2,500

Bilindiği gibi deplasmanın tanımı şöyledir:

$$\Delta = c_B \cdot \gamma \cdot L_{WL} \cdot B_{WL} \cdot d \quad (1)$$

Bu denklemde,

γ : Deniz suyunun yoğunluğu, 1.025 [t/m³]

Ana gemini değerleri yardımıyla yüklü su hattındaki deplasman gemi su hattı boyunun bağılı olarak yazılabilir:

$$\Delta = 0.0148660481 \cdot L^3 \quad (2)$$

Beş gemiden oluşan bir seri yaratabilmek için bu bağıntıyı sağlayan bir deplasman aralığı seçmek gerekliliği söz konusudur. Balıkçı gemileri üretimi konusundaki uygulamalar dikkate alındığında aralığın 80 - 400 [t] olarak varsayılması tarafımızca uygun bulunmaktadır. Bu aralık içinde birbiriyle uyumlu beş boy değerini verebilecek fonksiyonu, makina elemanlarının standartlaştırılmasında kullanılan geometrik serilerden olan 'R6 serisi' sağlayabilmiştir.

Söz konusu fonksiyonun uygulanmasıyla elde edilen serinin genel karakteristikleri Tablo 1'de sunulmaktadır. Boyun dışındaki diğer boyutlar ana geminin sahip olduğu oranlar yardımıyla hesaplanmıştır.

Tablo 1. Beş gemiden oluşan balıkçı gemisi serisinin genel karakteristikleri

	Gemi-1	Gemi-2	Gemi-3	Gemi-4	Gemi-5
Su hattı boyu, L_{WL} , [m]	18,000	20,000	23,000	26,000	30,000
Su hattı genişliği, B_{WL} , [m]	5,256	5,840	6,716	7,592	8,760
Çektiği su, d, [m]	2,057	2,286	2,629	2,972	3,429
Deplasman, Δ , [t]	86,666	118,883	190,806	261,186	401,230

Ortakesit Mukavemet Elemanları ve Tasarım Yüklerinin Hesaplanması

Yapısal tasarıma kural tabanlı bir yaklaşımı içeren çalışmada ulusal sınıflandırma kuruluşu olan Türk Loydu'nun Tekne Yapım Kuralları'ndan yararlanılmıştır (Türk Loydu, 2000).

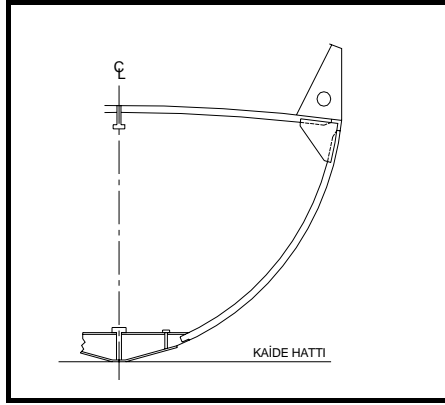
Gemilerin ortakesiti, hesaplamalarda kolaylık sağlamanın yanısıra güvenlik açısından da olumlu bir yaklaşım içerdiği için düz kirişlerden oluşan bir yapıya dönüştürülmüştür. Bunun sonucunda posta iki elemana ayrıştırılmıştır. Ayrışım

noktası olan sintine dönümü kısmına ise geminin boyuna ekseninde çalışacak bir gördür yerleştirilmiş ve böylelikle sözü geçen noktanın serbest mesnet olarak kabulü de gerçekleştirilebilmiştir.

Ortakesit yapılanmasında güverte kemeresinin mukavemet kontrolü gerçekleştirilirken iki yaklaşım üzerinde durulmuştur: tek tulaniyle desteklenmiş kemere ve iki tulaniyle desteklenmiş eşit aralıklı kemere.

Yapısal elemanların boyutlandırılmasında başlangıç parametresi olan dış yükler kapsamında

çalışan boyut aralığında etkiyen ana dış dinamik yük, açık güverte yükü, yüklü su hattı altında ve üstünde borda yükü ve dip yükü dikkate alınmıştır. Söz konusu yüklerin etkisi altında kirişlerden oluşmuş yapının taşıyacağı momentler ve yine Türk Loydu kurallarınca önerilen kesit modülüne göre güvenlik değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Oluşturulan seriye ait bir balıkçı gemisinin tipik bir ortakesiti

Yapı Elemanları Üzerinde Oluşan Maksimum Momentler

Enine Kemereler

Oluşturulan balıkçı gemisi serisinde ortakesit yapısal elemanları arasında yer alan kemereler, bordadan bordaya devam eden kiriş niteliğindedirler. Kemerelerin tulanilere tespit edildiği nokta mesnet kabul edilebilirken, postaların rijidliğinin kemerelere nazaran düşüklüğü göz önüne alınarak buradaki birleşim noktası için yarı ankastre mesnet kabulü yapılabilmektedir. Böyle olunca, ortasından mesnetli kemere ile tulanin birleştiği noktada yer alan maksimum moment değeri,

$$M_{\text{maks}} = \frac{10 \cdot q \cdot l_0^2}{96} \quad (3)$$

ve iki güverte altı tulanisine tespit edilmiş eşit aralıklı kemere için ise tulaniler ile kemerenin birleşim noktalarında yer alan maksimum momentin değeri ise,

$$M_{\text{maks}} = \frac{11 \cdot q \cdot l_0^2}{120} \quad (4)$$

olacaktır (Savcı 1988). (3) ve (4) denklemlerinde,

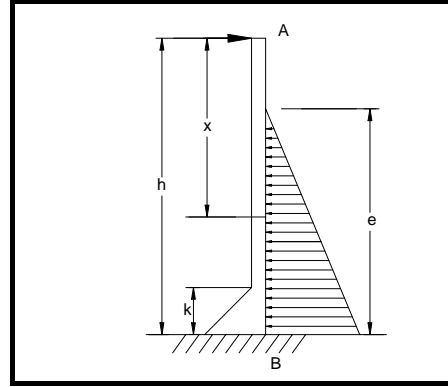
q : kemereye gelen yayılı yük [t/m] (güverte yükü ile kemere arasının çarpımına eşittir),

l₀ : kemerenin mesnetler uzunluğu [m]

olarak dikkate alınmalıdır.

Postalar

Şekil 2’de de gösterildiği gibi su basıncının postaya bir üçgen yük halinde etkidiği varsayılır. Döşegın rijidlik katsayısının postaya nazaran büyük olmasından dolayı postanın döşekle birleşen ucu ankastre olarak alınmaktadır. Postanın kemere ile birleştiği nokta ise, kemerenin rijidlik katsayısının postaya nazaran küçük olduğu gerekçesiyle serbest mesnetli kabul edilmektedir.



Şekil 2. Enine postada yük dağılımı

Şekil 2’de,

h: postanın boyu,

e: 1.15.d – c – k,

d: geminin çektiği su,

c: döşek yüksekliği,

k: sintine dönümü braketinin altındaki kirişlerde maksimum moment yüksekliğinin yarısıdır. ise:

$$M_{maks} = \frac{q \cdot l_0^2}{12} \quad (6)$$

Yukarıdaki varsayımlara göre ve posta için en kritik nokta olan sintine dönüm braketi ile posta profilinin birleştiği noktada moment, olarak göz önüne alınmaktadır.

$$M = \frac{q \cdot e^2}{24} \cdot \left[\frac{3 \cdot e}{h} \cdot \left(1 - \frac{e}{5 \cdot h}\right) \cdot \left(1 - \frac{k}{h}\right) - 4 \cdot \left(1 - \frac{k}{e}\right)^3 \right] \quad (5)$$

olacaktır (Savcı 1988).

Döşekler

Döşekler düzgün yayılı su basıncı yükünün etkisi altındadırlar. Bu elemanların uçları, döşek levhalarına geçme veya bindirme olarak tespit edildiğinden ankastre olarak kabul edilir. Sonları ankastre düzgün yayılı yük etkisi

Sonuçlar

Türk Loydu kuralları yardımıyla hesaplanan yükler ve kesit modülleri göz önüne alınarak elde edilen taşınabilecek maksimum moment ve bu değer in güvenlik katsayısını içeren mukavemet irdelemesi Tablo 2’de görülebilir.

Tablo 2.’deki değerlerin irdelenmesi amacıyla oluşturulan şekiller aşağıda sunulmaktadır (Şekil 3-6).

Tablo 2. Türk Loydu kurallarıyla boyutlandırma ve mukavemet irdelemesi hesap sonuçları

	Gemi-1	Gemi-2	Gemi-3	Gemi-4	Gemi-5	
Dizayn Yükleri	Ana dış dinamik yük, [kN/m ²]	4,41	4,73	5,20	5,66	6,27
	Açık güverte yükü, [kN/m ²]	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
	Yüklü su hattı altında borda yükü, [kN/m ²]	13,17	14,34	16,06	17,78	20,06
	Yüklü su hattı üstünde borda yükü, [kN/m ²]	9,343	10,08	11,18	12,29	13,80
	Dip yükü, [kN/m ²]	24,99	27,59	31,49	35,37	40,56
Kemere (bir tulani)	Kesit modülü, [cm ³]	32,07	39,9	53,38	68,99	93,24
	Kemere yükü, [t/m]	0,631	0,636	0,643	0,651	0,661
	Maksimum moment, [t.m]	0,454	0,565	0,756	0,977	1,32
	Maksimum gerilme, [kg/cm ²]	1416	1416	1416	1416	1416
	Emniyet gerilmesi, [kg/cm ²]	1500	1500	1500	1500	1500
	Mukavemet güvenliği	Yeterli	Yeterli	Yeterli	Yeterli	Yeterli
	Emniyet yüzdesi	5,61	5,61	5,61	5,61	5,61
Kemere (iki tulani)	Kesit modülü, [cm ³]	14,25	17,73	23,73	30,66	41,44
	Kemere yükü, [t/m]	0,631	0,636	0,643	0,651	0,661
	Maksimum moment, [t.m]	0,178	0,221	0,296	0,382	0,516
	Maksimum gerilme, [kg/cm ²]	1246	1246	1246	1246	1246
	Emniyet gerilmesi, [kg/cm ²]	1500	1500	1500	1500	1500
	Mukavemet güvenliği	Yeterli	Yeterli	Yeterli	Yeterli	Yeterli
	Emniyet yüzdesi	16,94	16,94	16,94	16,94	16,94

Tablo 2. (devam).

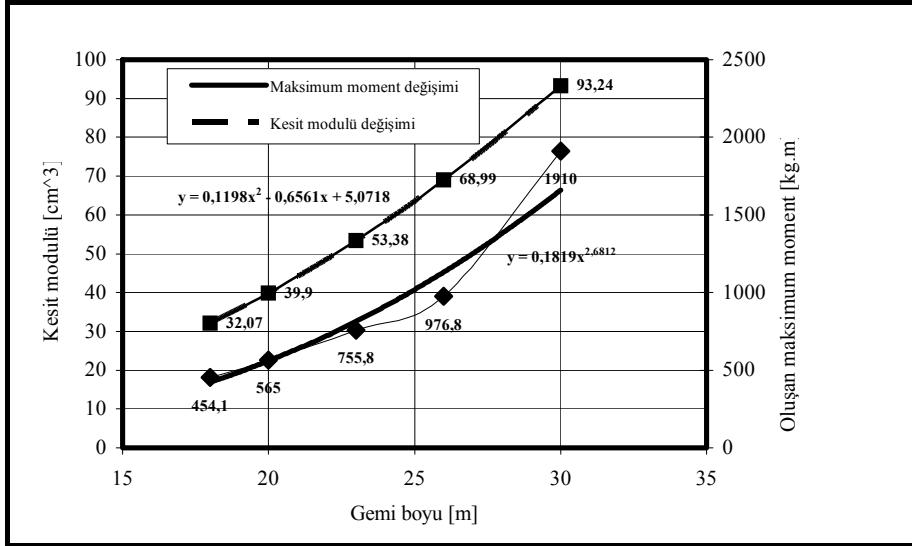
Posta	Maksimum kesit modülü [cm ³]	55,9	76,15	114,8	164,5	250,0
	Maksimum posta yükü [t/m]	1,314	1,462	1,688	1,918	2,232
	Maksimum moment [t.m]	0,756	1,039	1,586	2,304	3,569
	Oluşan maksimum gerilme, [kg/cm ²]	1353	1365	1382	1400	1425
	Emniyet gerilmesi, [kg/cm ²]	1500	1500	1500	1500	1500
	Mukavemet güvenliği	Yeterli	Yeterli	Yeterli	Yeterli	Yeterli
	Emniyet yüzdesi	9,79	9,03	7,86	6,66	5,02
Döşek	Kesit modülü [cm ³]	140,77	194,60	299,38	437,41	682,04
	Döşek yükü [t/m]	1,314	1,462	1,688	1,918	2,232
	Maksimum moment [t.m]	1,936	2,660	4,061	5,897	9,136
	Oluşan maksimum gerilme, [kg/cm ²]	1375,6	1367	1356,5	1348,2	1339,6
	Emniyet gerilmesi, [kg/cm ²]	1500	1500	1500	1500	1500
	Mukavemet güvenliği	Yeterli	Yeterli	Yeterli	Yeterli	Yeterli
	Emniyet yüzdesi	8,29	8,87	9,57	10,12	10,69

Türk Loydu kuralları esas alınarak gerçekleştirilen çalışmada, oluşturulan ortakesitlerin yapısal elemanlarının yeterli mukavemette olduğu görülmektedir. Yeterli dayanımı sağlayacak kesit oluşturmak amacıyla kullanılan kuralların sağlaması beklenen bu dayanım koşulunun yanı sıra (yani boyutlandırma kurallarının dayanımlı yapıları tasarlamak için yararlı olduğu sonucunun yanısıra) aşağıdaki sonuçlara da ulaşmak balıkçı gemisi tasarımcılarına bir ön değerlendirme yararı sunmaktadır:

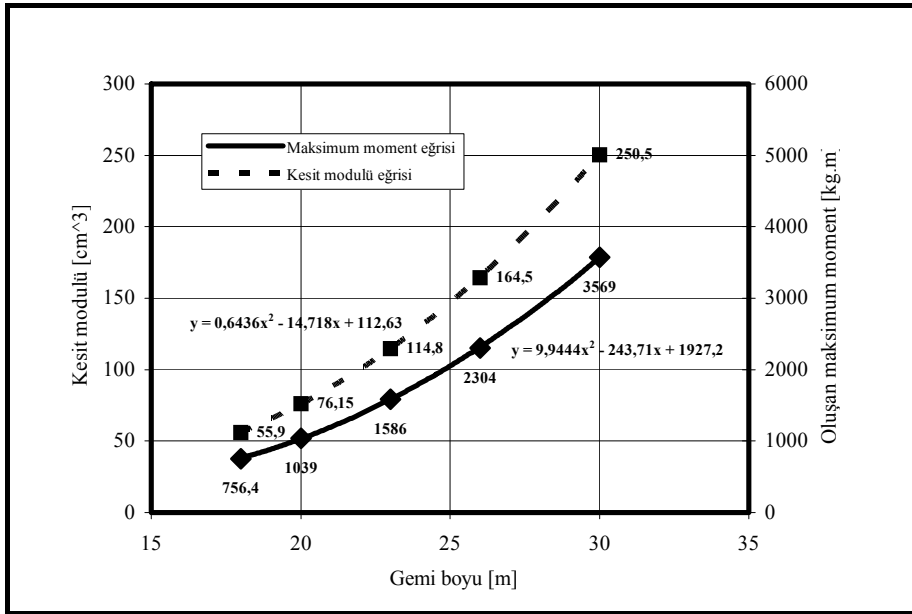
a) Gemi inşaatı sürecinin tekno-ekonomik açıdan değerlendirilmesinde önemli bir parametre olarak görülebilecek emniyet yüzdesi eğrileri yardımıyla kemerelerin ilgili parametrelerinin gemi boyu ile değişmediği, sabit kaldığı, postaların değerlerinin boyla ters ve döşeklerin boyla doğru orantılı olarak değiştiği görülmektedir. Boy arttıkça oluşan bu değişimlerin, postaların döşeklerden daha büyük elemanlar olması dikkate alınarak teknelerin ağırlık değişimine olumlu bir etkisinin olabileceği düşünülebilir. Hernekadar,

tüm yapısal elemanların kesit modülleri gemi boyuyla parabolik bir değişim arz ediyorsa da, yani deplasmanın da boyla parabolik artışını gerektiriyorsa da özellikle postanın emniyet oranındaki düşme aşırı ağırlaşmanın yaşanmayacağı konusunda bir veri olmaktadır, b) Kemerelerin desteklenmesinde tek tulaninin kullanımı diğer yapısal elemanlarınkine yakın yeterli bir mukavemet sağlamakta iken iki tulaninin kullanılmasının maliyet ve tekne ağırlığını artırıcı aşırı emniyetli bir yapıya yol açacağını göstermektedir, c) Çalışmanın bundan sonraki aşamasında yapısal elemanların işçilik dahil maliyetlerinin gemi boyutlarıyla artışları incelenecektir, d) Yapısal tasarımlara kural tabanlı yaklaşımların uygulamada sağladıkları kolaylıklar, alışılmış gemi yapıları için sundukları güvenilirlik gibi yararlarının yanısıra, tahmin edilebilecek bir takım duyarsızlıklarının olduğu da burada vurgulanmalıdır. Örneğin, bilindiği gibi yapısal zaaf halleri çok çeşitlidir, karmaşıktır ve birbirleriyle etkileşim içindedirler. Klas kuruluşlarının kural

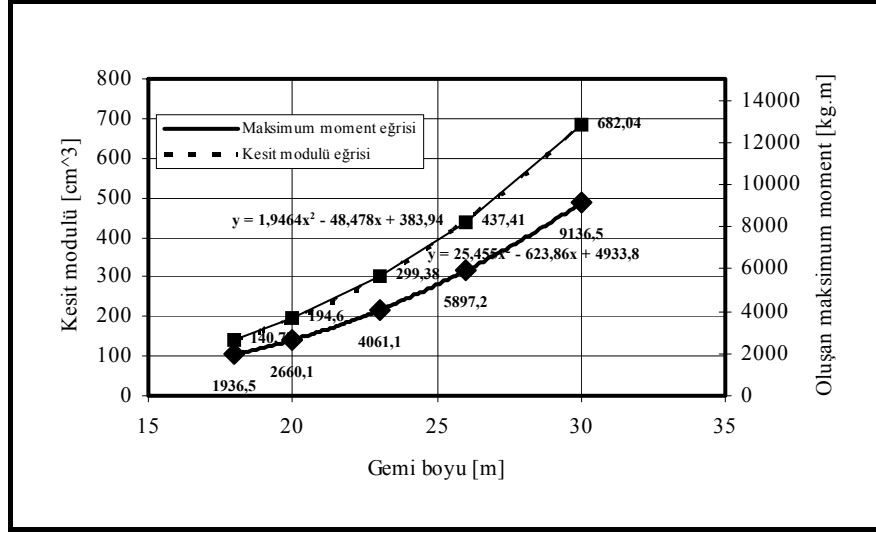
kitaplarında yeralan sadeleştirilmiş formüllerle, anılan zaafı karşılayacak boyutlandırmaların sınırları belirsiz olarak kalacaktır. Dolayısıyla bu formülasyonlarla 'etkin' denilebilecek bir tasarımın gerçekleştirilmesi zordur. Çoğu durumda, emniyeti sağlamak kaygısıyla fazladan malzeme önerileriyle gemiyi ömrü boyunca etkileyecek belirgin bir maliyet artışına da yol açabilirler.



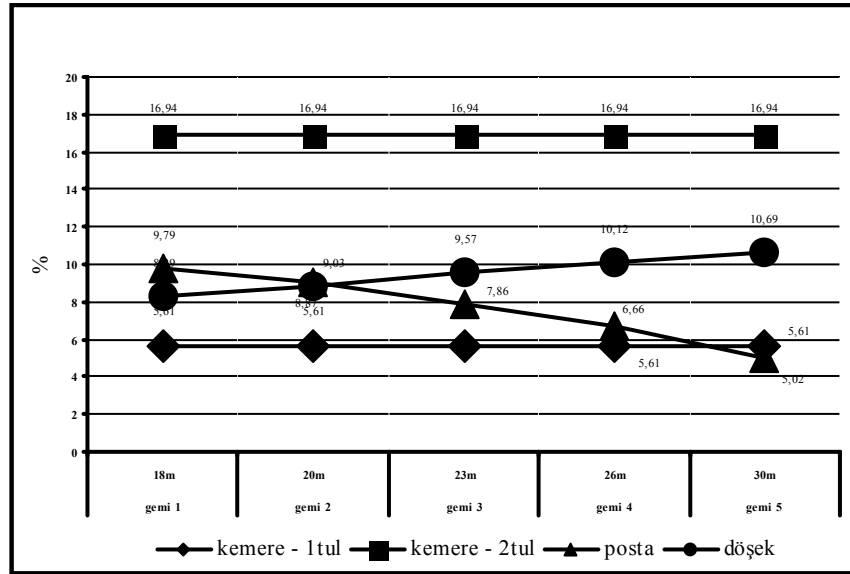
Şekil 3. Kemerde kesit modülü ve oluşan maksimum momentin gemi boyuna göre değişimi



Şekil 4. Postada kesit modülü ve oluşan maksimum momentin gemi boyuna göre değişimi



Şekil 5. Döşekte kesit modülü ve oluşan maksimum momentin gemi boyuna göre değişimi



Şekil 6. Ortakesit yapısal elemanlarının emniyetlerinin gemi boyuna göre değişimi

Kaynakça

Hughes, O.F., 1988. Ship structural design: a rationally based, computer aided optimization approach. The Society of Naval Architects and Marine Engineers.

Savcı, M. 1988. Gemi kirişleri mukavemeti. İstanbul Teknik Üniversitesi Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi.

Türk Loydu, 2000. Kısım 1- Tekne yapım kuralları. Türk Loydu Vakfı.