



STİFNERLİ GEMİ PANELLERİNİN NİHAİ MUKAVEMETİNİN TAYİNİ

Murat Özdemir^{1,2} ve Ahmet Ergin¹

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, İstanbul.

²Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Fatsa, Ordu.

ABSTRACT

Elastic-plastic large deflection FEM calculations are performed to examine the collapse behaviour of stiffened panels. In the present study, panels with small size stiffeners are focused on. Furthermore, ultimate strength of stiffened panels is estimated by a simplified method, so called FY Method, considering different buckling strength formulas for stiffened panels. Candidate buckling strength formulas are assessed, then a new overall buckling strength formula is proposed by the authors. Finally, possible reasons of difference between estimated results are discussed.

ÖZET

Stifnerli gemi panellerinin göçme davranışını incelemek amacıyla doğrusal olmayan sonlu elemanlar analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında genel burkulma ve göçmeye maruz kalan küçük boyutlu stifnerlerle desteklenmiş paneller incelenmiştir. Ayrıca panellerin nihai mukavemet değerleri yaklaşık bir yöntem ile tayin edilmiştir. Nihai mukavemetin tayini amacıyla farklı genel burkulma formülleri incelenmiş ve yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Son olarak sonuçlar arasındaki farkların muhtemel sebepleri irdelenmiştir.

GİRİŞ

Stifnerli paneller gemi yapısını oluşturan ana elemanlardır. Suyun kaldırma kuvveti, geminin kendi ağırlığı, taşıdığı yük ve dalga kuvvetleri sebebiyle gemi gövdesine boyuna eğilme momenti etki etmektedir. Eğilme momenti neticesinde, gemi gövdesinde; özellikle güverte ve dip yapılarında boyuna doğrultuda basınç yükleri oluşmaktadır [1].

Dip ve güverte panellerinde meydana gelecek burkulma ve göçme, gemi gövdesinin tamamen göçmesine sebep olabilir. Bu sebeple dip ve güverte panellerinin nihai mukavemetinin tayini geminin yapısal bütünlüğü ve güvenliği açısından oldukça önemlidir.

Stifnerli panellerin burkulma ve göçme analizleri Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY), idealleştirilmiş yapısal birim yöntemi (ISUM) ve yaklaşık basit yöntemlerle incelenmiştir[2-7]. Bu çalışmada ise stifnerli panellerin nihai mukavemetleri doğrusal olmayan SEY ve *Fujikubo ve diğ.* [8,9] tarafından geliştirilen yaklaşık bir yöntem ile (FY yöntemi) tayin edilmeye çalışılmıştır.

Diğer yandan, stifnerli paneller için çeşitli burkulma formülasyonları incelenmiş ve burkulma mukavemeti ve nihai mukavemet açısından karşılaştırılmıştır. Yaklaşık yöntem ile nihai mukavemet tayini için burkulma gerilmesi tahmini amacıyla yeni bir yaklaşım önerilmiştir.

YAKLAŞIK YÖNTEM

Fujikubo ve Yanagihara tarafından stifnerli panellerin yerel burkulma durumunda nihai mukavemetinin tayini amacıyla etkin bir yöntem geliştirilmiştir. FY yönteminde, çok sayıda stifnerle desteklenmiş panel, stifner ve birlikte hareket ettiği levhadan oluşan bir kiriş-kolon elemanı olarak ele alınır. Stifnerler arası levhanın panelin genel burkulmasından önce yerel olarak burkulduğu kabul edilmiştir. Yani, genel burkulma ikincil burkulma modu olarak kabul edilmiştir.

FY yönteminde, nihai mukavemetin tayini için kiriş-kolon elemanı üzerinde yedi farklı noktada gerilme kontrolü yapılarak malzemenin akma sınırına ulaşip ulaşmadığı kontrol edilmiştir. İlk plastik deformasyonun genel burkulmanın meydana geldiği anda oluştuğu kabul edilmiştir. İlk akma kontrolü aşağıdaki ifade ile yapılmaktadır.

$$\Gamma = \sigma_Y - (\sigma_P + \sigma_B + \sigma_{BT} + \sigma_{WRS} + \sigma_Q) = 0$$

Burada;

$$\begin{cases} \sigma_P = \frac{P}{A_e} \\ \sigma_B = -\frac{M_y z}{I_y} \\ \sigma_{BT} = Ey'(z'_c - z'_s) \frac{d^2}{dx^2} (\phi - \phi_0) \end{cases}$$

σ_Y : malzeme akma gerilmesi, σ_P : aksel normal gerilme, σ_B : eğilme normal gerilmesi, σ_{BT} : çarpılma gerilmesi, σ_{WRS} : artık kaynak gerilmesi, σ_Q : yanal yük sebebiyle oluşan eğilme gerilmesi.

ϕ ve ϕ_0 ifadeleri sırasıyla stifner kesitinin toplam ve başlangıç dönme açılarıdır ve aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\begin{cases} \phi_0 = \Phi_0 \sin(\pi x/a) \\ \phi = \frac{\Phi_0}{1 - P_{cr}/P} \sin(\pi x/a) \end{cases}$$

FY yöntemi stifnerli panelleri tek bir kiriş-kolon elemanı olarak kabul ettiği için stifner sayısının etkisi dikkate alınamamaktadır. Ancak, panelin göçme davranışı genel burkulma şeklinde ise stifner sayısının nihai mukavemet üzerindeki etkisi ihmal edilemez [10].

FY yöntemi ile daha doğru sonuçlar elde etmek amacıyla stifner sayısı değiştirilerek çeşitli burkulma formülasyonları incelenmiştir. Bu ifadelerden birisi de FY yönteminin orijinal halinde kullanılan basit mesnetli kolon burkulma gerilmesidir. Bu çalışma sırasında yanal yükler ve artık kaynak gerilmeleri dikkate alınmamış, panelin sadece boyuna aksel yükler altında çalıştığı kabul edilmiştir.

Burkulma Formülasyonları

Gemi panellerinin nihai mukavemetinin tayini amacıyla çeşitli burkulma formülasyonları incelenmiştir.

Smith'in genel burkulma formülü

Smith [2], stifnerli panellerin genel burkulmasını ve göçmesini deneysel olarak incelemiş ve aşağıda yer alan ifadeyi geliştirmiştir.

$$\sigma_{cr} = \frac{m^2 \pi^2 D_x}{h_y B^2} \left(\frac{D_y B^2}{D_x L^2} + \frac{2n^2 D_{xy}}{m^2 D_x} + \frac{n^4 L^2}{m^4 B^2} \right) \quad (1)$$

Burada, L ve B sırasıyla panel toplam boyu ve toplam genişliğini, m ve n ise sırasıyla boyuna ve enine doğrultudaki burkulma dalga sayısını temsil etmektedir. h_y ise birim genişlik başına panelin ortalama en kesit alanını temsil etmektedir. Ortotropik sabitlerin hesabı burada detaylı olarak anlatılmayacaktır. Detaylar için [4] numaralı referansa bakılabilir.

Uyarlanmış levha kalınlığı ile levha genel burkulma formülü

Üzerinde stifner olmayan bir levha için genel burkulma gerilmesi (2) numaralı ifade ile hesaplanabilir.

$$\sigma_E^p = \frac{E\pi^2}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_p}{B} \right)^2 \left(\frac{a}{B} + \frac{B}{a} \right)^2 = \frac{E\pi^2}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_p}{B} \right)^2 \left(1 + \frac{a^2}{B^2} \right) \quad (2)$$

Stifnerli panellere uyarlamak için levha kalınlığı t_p , basitçe t_{avg} ile değiştirilebilir.

$$t_{avg} = \frac{A_p + A_s}{B}$$

Burada, A_p ve A_s sırasıyla levha ve toplam stifner en kesit alanlarını ifade etmektedir.

Yeni bir yaklaşım

Az veya çok sayıda stifnerden oluşan panellerin genel burkulma gerilmesinin tayini amacıyla *Minimum Potansiyel Enerji Teoremi* kullanılarak burkulma formülasyonu türetilmiştir. Stifnerlerin aynı boyutta ve özdeş kesite sahip olduğu ve eşit aralıklarla panel üzerinde yerleştirildiği kabul edilmiştir.

Stifnerli panelin genel burkulma durumunda yanal deformasyonu (3) numaralı ifade ile temsil edilebilir.

$$w(x, y) = A \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{B} \quad (3)$$

Burada, a ve B sırasıyla panel boyunu ve toplam panel genişliğini temsil etmektedir. Ara işlemler fazlalığı sebebiyle burada verilmemiştir. Sonuç olarak, stifnerli panellerin genel burkulma gerilmesi (4) numaralı ifade ile elde edilebilir.

$$\sigma_{cr} = \frac{1}{1 + NA_{stiff.} / (Bt_p)} \left[\frac{E\pi^2}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_p}{B} \right)^2 \left(\frac{a}{B} + \frac{B}{a} \right)^2 + \frac{E\pi^2 e_p^2}{a^2} \left(\frac{b_e}{b} \right) + \frac{2\pi^2}{Bt_p} \left\{ \frac{EI_y}{a^2} \sum_{i=1}^N \sin^2 \left(\frac{\pi y_i}{B} \right) + \left(\frac{C'}{B^2} + \frac{\pi^4 \Gamma'}{a^4 B^2} + \frac{EI_z \pi^2 z_s^2}{a^2 B^2} \right) \sum_{i=1}^N \cos^2 \left(\frac{\pi y_i}{B} \right) \right\} \right] \quad (4)$$

FY Yöntemi ile Nihai Mukavemet Hesabı

FY yönteminin orijinal halinde stifner ve bağlı olduğu levha için kritik burkulma yükü (P_{crb}) hesaplanarak nihai mukavemet tayini amacıyla kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

- Burkulma yükü P_{crb} , yukarıda bahsedilen yöntemlerle hesaplanan stifnerli panel burkulma yükü P_{crb-st} ile değiştirilmiştir.
- Stifnerin bası gerilmeleri altında akma kontrolü yapılan noktası stifner üst noktasından levhaya doğru kaydırılmıştır. Ancak, çarpılma gerilmeleri en üst noktada hesaplanmaktadır.
- Revize edilmiş FY formülleri sadece düz lama profili ve T-kesitli stifnerli panellere uygulanabilmektedir.

Stifnerli panel genel burkulma yükü P_{crb-st} , burkulma gerilmesi σ_{cr} 'ye bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$P_{crb-st} = (bt_p + A_{stiff.})\sigma_{cr}$$

Gerilme kontrol noktasının kaydırılması

Harada [11] tarafından önerilen FYH formüllerinde gerilme kontrol noktası stifner en üst noktasından stifner geometrik merkezine doğru kaydırılmaktadır. Ancak bu çalışmada, gerilme kontrol noktası stifner geometrik merkezine doğru değil, panel en kesitinin geometrik merkezine doğru kaydırılmıştır. Böylelikle nihai mukavemetin kesitin tam plastik mukavemetine yakın olduğu durumlar da dikkate alınmış olmaktadır. Gerilme kontrol noktasının kesit geometrik merkezine uzaklığı, \bar{z} aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\bar{z} = \eta_z z_t$$

Burada, z_t stifner en üst noktasının panel en kesitinin geometrik merkezine olan mesafesini ifade etmektedir. η_z ise değişim parametresidir ve doğrusal olmayan sonlu elemanlar analizi sonuçlarından yola çıkılarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir [11].

$$\eta_z = \begin{cases} 1 & \lambda < 0.65 \\ 20(\lambda - 0.65) \frac{1}{(R_\sigma \lambda^{0.7\alpha})^2} + 20(0.7 - \lambda) & 0.65 < \lambda < 0.7 \\ \frac{1}{(R_\sigma \lambda^{0.7\alpha})^2} & \lambda > 0.7 \end{cases} \quad (5)$$

Burada, λ stifnerin narinlik katsayısını ifade etmektedir ve (6) numaralı ifade ile hesaplanabilir.

$$\lambda = \sqrt{\frac{\sigma_Y}{\sigma_{crc}}}, \quad \sigma_{crc} = \frac{\pi^2 EI_{yc}}{a^2 (bt_p + A_{stiff.})} \quad (6)$$

(5) numaralı ifadede $\eta_z > 1$ ise 1 olarak alınır.

Etkin genişlik ve etkin kalınlığın hesabı

Etkin genişlik ve etkin kalınlık uygulanan yüke bağlı olarak değişkendir. Hesaplarda basitlik açısından genellikle sabit kabul edilir ve levha narinlik katsayısına bağlıdır.

Bu çalışma ise yine sabit kabul edilmiş fakat elasto-plastik burkulma gerilmesine bağlı olarak hesaplanmıştır [1,12].

$$\begin{cases} b_e = b \left((1 - \alpha_p) \frac{\sigma_{cr}^p}{\sigma_Y} + \alpha_p \right) \\ t_e = t_w \left((1 - \alpha_s) \frac{\sigma_{cr}^p}{\sigma_Y} + \alpha_s \right) \end{cases} \quad (7)$$

Burada, σ_{cr}^p levhanın başlangıç kusurları da dikkate alınarak hesaplanmış elasto-plastik burkulma gerilmesidir ve aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\frac{\sigma_{cr}^p}{\sigma_Y} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\sigma_{ecr}^p}{\sigma_Y} + 1 - \sqrt{\left(\frac{\sigma_{ecr}^p}{\sigma_Y} - 1 \right)^2 + 0.01} \right\} \quad (8)$$

$$\begin{cases} \alpha_p = \frac{1 + (a/m_b)^4}{3 + (a/m_b)^4} \\ \alpha_s = \frac{1 + (32/45)(m\pi h/a)^4}{1 + (8/45)(4 + 5\eta^2)(m\pi h/a)^4} \end{cases} \quad (9)$$

$$\eta = 12 \left\{ 10 \frac{h}{b} \left(\frac{t_p}{t_w} \right)^3 - 0.3 \right\} + 0.324 \leq 0 \quad (10)$$

σ_{ecr}^p , levhanın stifnerler de dikkate alınarak hesaplanan elastik yerel burkulma gerilmesidir ve referans [13]'e göre elde edilir.

SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE HESAPLAR

Stifnerli panellerin göçme davranışlarını incelemek amacıyla doğrusal olmayan sonlu elemanlar analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar yaklaşık yöntem (FY yöntemi) ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Panel sonlu elemanlar modeli boyuna doğrultuda 1/2+1/2 aralık olarak alınmış ve enine kenarlara simetrik sınır şartı uygulanmıştır. Stifner sayısının bir olduğu durumlarda, 1+1 tam genişlikli model kullanılmış ve boyuna kenarlar basit mesnetli kabul edilmiştir. Stifner sayısının üç olduğu durumda ise 1 tam genişlikli model kullanılmıştır. Diğer durumlarda ise 1/2+1/2 yarı genişlikli modeller kullanılmıştır. Enine derin kemereler ve boyuna derin tulaniler açık şekilde modellenmemiş, ancak uygun sınır şartları kabul edilmiştir.

Artık kaynak gerilmeler sonlu elemanlar modeline dâhil edilmemiştir ancak hem panelin doğrusal olmayan burkulma ve göçme davranışını başlatmak hem de gerçekçi kabuller yapmak amacıyla genel burkulma modu ve zayıf –at modunda başlangıç deformasyonları

toplanarak uygulanmıştır. Stifnerler için ise burulmalı burkulma modu şeklinde başlangıç kusuru uygulanmıştır.

Stifnerli panel için genel burkulma modu şeklindeki başlangıç kusuru aşağıdaki (11) numaralı ifade ile elde edilir.

$$w_{0ov} = B_0 \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{B} \quad (11)$$

Stifner için burulmalı burkulma mod şeklindeki başlangıç kusuru ise (12) numaralı ifade ile elde edilebilir.

$$v_{0si} = C_0 \frac{z}{h_s} \sin \frac{\pi x}{a} \quad (12)$$

Zayıf-at modu başlangıç kusuru ise (13) numaralı ifade ile elde edilir.

$$w_{0thin} = \left| A_{0max} \sum_{m=1}^{11} A_{0m} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \right| \quad (13)$$

Burada A_{0m} katsayıları [1] numaralı referanstan alınmıştır. Sonuç olarak panel levhası üzerine uygulanan toplam başlangıç kusuru (14) ifadesi ile elde edilir.

$$w_{0p} = w_{0ov} + w_{0thin} \quad (14)$$

$$B_0 = C_0 = 0.001 * a$$

$$A_{0max} = \text{Küçük} [0.1\beta^2 t_p, 6mm]$$

$$\beta = \frac{b}{t_p} \sqrt{\frac{\sigma_Y}{E}}$$

İncelenen panel boyutları aşağıda verilmiştir.

Tanker güverte paneli (VLCC)

$$axb=4750x950 \text{ mm } (a/b=5)$$

$$t_p=37, 25, 18.5, 15, 12.5, 11 \text{ mm } ; \beta = 1.00, 1.48, 2.00, 2.47, 2.97, 3.37.$$

Çizelge 1. Stifner tipi ve boyutları.

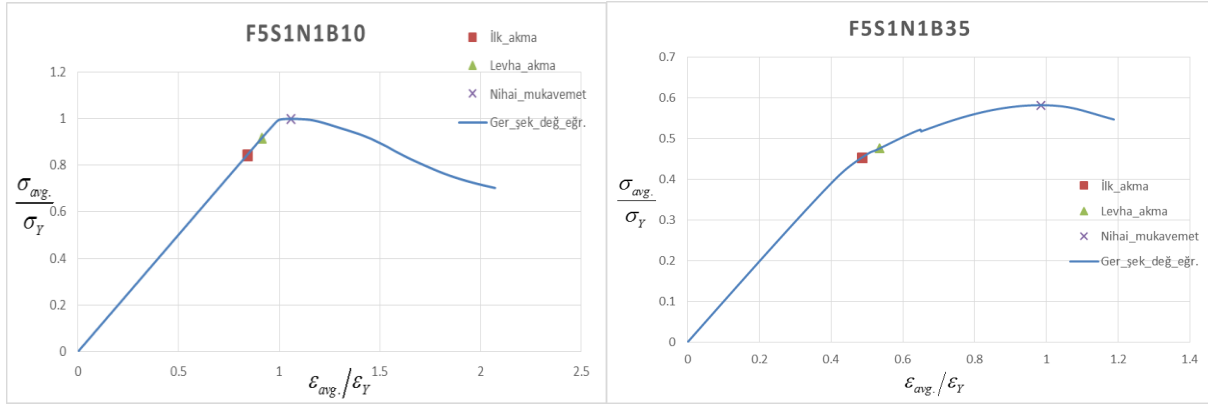
Tip	Düz lama profil	T-profil
S1	150 X 17 (mm)	138 X 9+90 X 12 (mm)

SONUÇLAR

Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Elde Edilen Sonuçlar

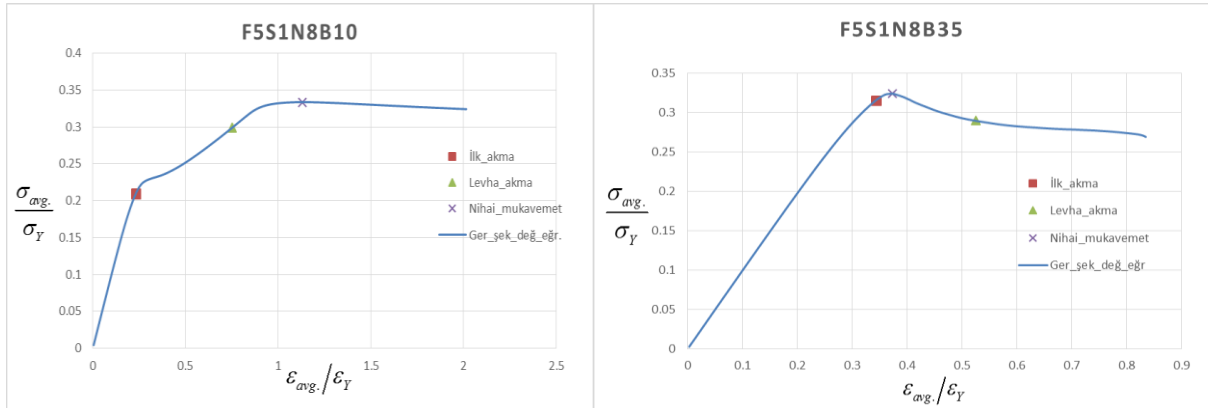
Stifnerli panellerin göçme davranışları doğrusal olmayan sonlu elemanlar yöntemi ile incelendi ve nihai mukavemet değerleri elde edildi. Stifner sayısı bir, iki, üç, dört ve sekiz olacak şekilde değiştirildi. Paneller F5S1N8B10 şeklinde kodlandı. Burada 'F' düz lama profili temsil etmektedir. '5' ise levha kenar oranı (a/b)'yi temsil etmektedir. S1, N8 ve B10 ise sırasıyla stifner tipi, stifner sayısı (sekiz stifner) ve levha narinlik katsayısını ($\beta = 1.0$)

temsil etmektedir. Sonlu elemanlar analizleri ile elde edilen tüm sonuçlar burada verilmemiştir.

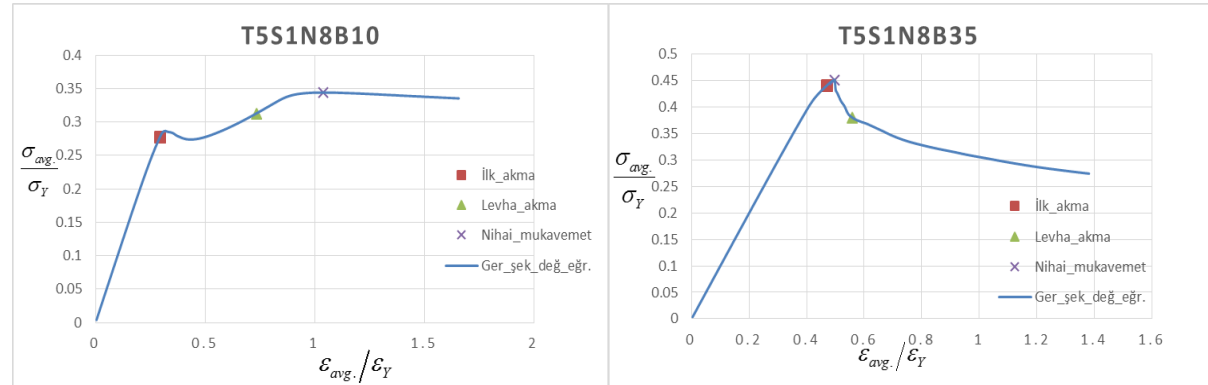


Şekil 1. F5S1N1 serisi için gerilme-şekil değiştirme eğrileri.

Sonlu elemanlar hesaplamaları sonucunda çoğu panelin göçme davranışının genel burkulma modu şeklinde olduğu gözlemlenmiştir. Tüm panelleri için ilk plastik deformasyon stifnerin en üst noktasında gözlenmiş ve yük arttıkça levhaya doğru genişlemiştir. Nihai mukavemet değerine ulaşıldığında ise stifner kesitinin çoğu durumda tamamen plastik bölgede olduğu görülmüştür. Stifner sayısı çok olduğunda (sekiz) ise ilk plastik deformasyonun hemen ardından genel burkulma gözlemlenmiştir. Daha sonra plastik deformasyon levhaya doğru genişlemiştir. Levha narinlik katsayısı büyük olan panellerde ($\beta \geq 3$) yerel levha burkulması panelin göçme davranışını belirlemiştir.



Şekil 2. F5S1N8 serisi için gerilme-şekil değiştirme eğrileri.

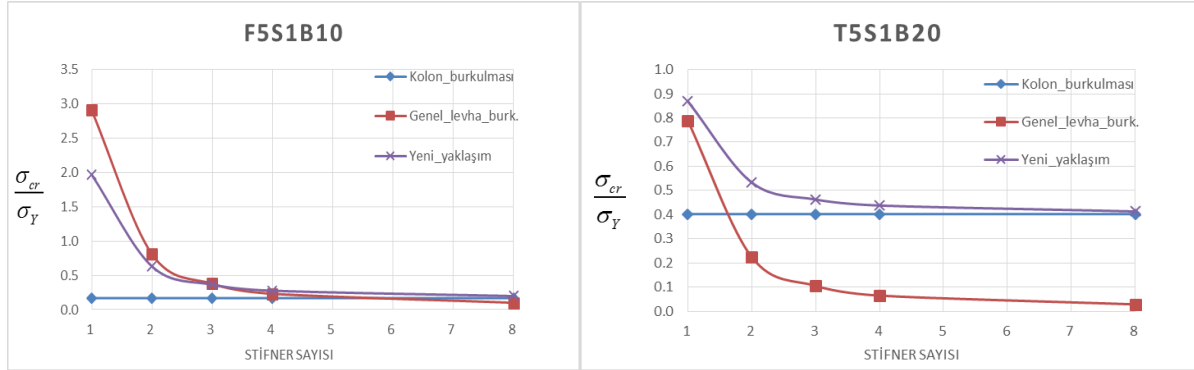


Şekil 3. T5S1N8 serisi için gerilme-şekil değiştirme eğrileri.

Sonlu elemanlar hesaplamalarının sonuçlarına bağlı olarak stifner sayısı fazla olan ve levha kalınlığı düşük olan panellerin nihai mukavemet değerleri genel burkulma gerilmeleri ile aynı kabul edilebilir.

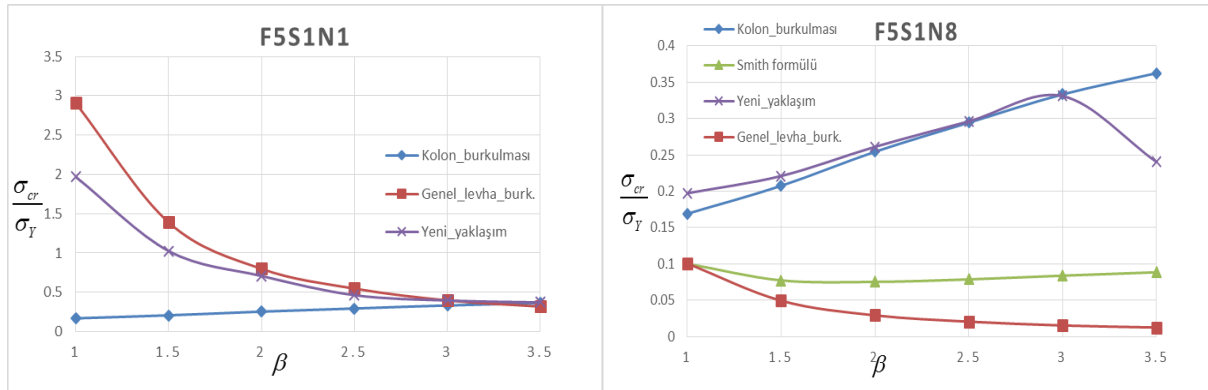
Burkulma Gerilmesi Sonuçları

Daha önce bahsedilen yöntemler yardımıyla stifnerli panellerin burkulma gerilmeleri hesaplanmış ve kıyaslanmıştır. Smith tarafından önerilen ve mevcut probleme uyarlanan (1) numaralı ifade stifner sayısının az olduğu durumlarda burkulma gerilmesini çok büyük hesaplamıştır. Aşağıda yer alan grafikerde Smith formülü ile elde edilen sonuçlar sadece stifner sayısının sekiz olduğu durumlar için verilmiştir.

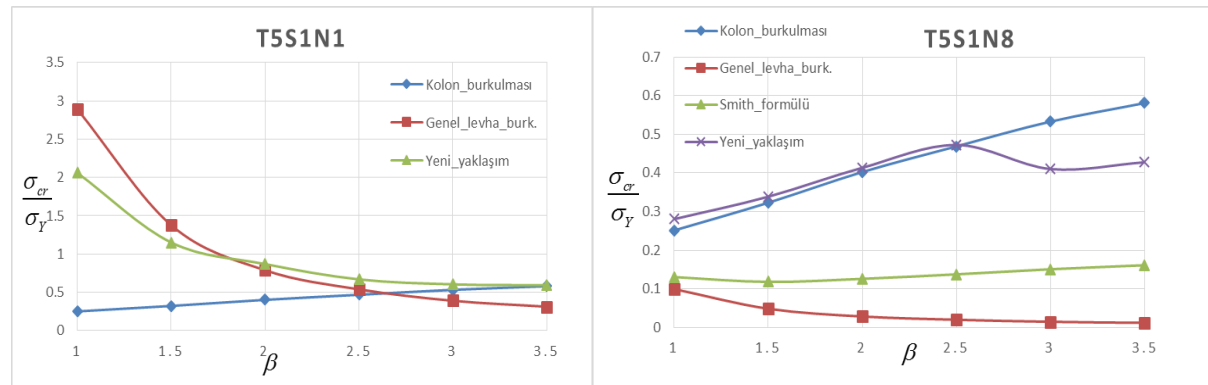


Şekil 4. Burkulma gerilmesinin stifner sayısına göre değişimi.

Şekil 4'te görüldüğü üzere yeni önerilen yaklaşım ile elde edilen sonuçlar stifner sayısı arttıkça kolon burkulmasına yaklaşmaktadır. Buradan, FY yönteminin orijinal halinin stifner sayısı fazla olan panellere uygulamasının iyi sonuçlar vereceği rahatça gözlemlenebilir.



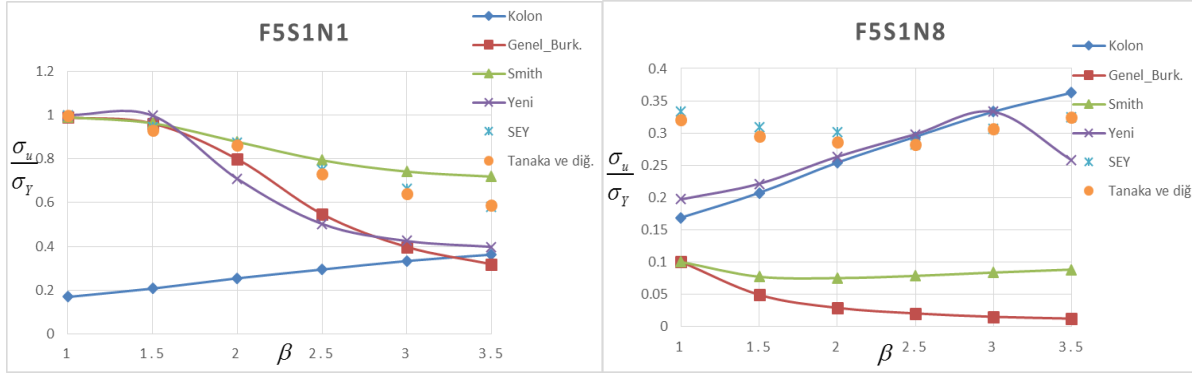
Şekil 5. F5S1 serisi için burkulma sonuçları.



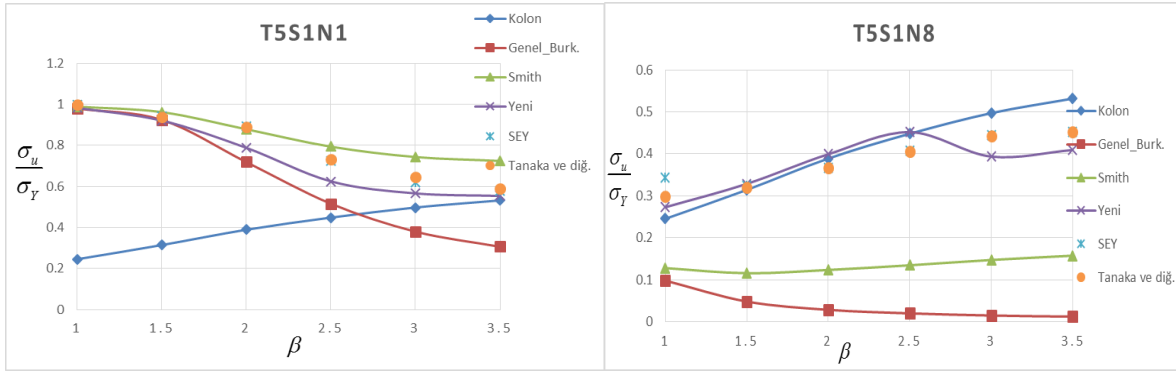
Şekil 6. T5S1 serisi için burkulma sonuçları.

FY Yöntemi Sonuçları

Stifnerli panellerin nihai mukavemet değerleri yukarıda belirtilen formüllerle elde edilmiş burkulma gerilmeleri kullanılarak FY yöntemi ile hesaplanmıştır. Sonuçlar hem literatürde yer alan verilerle hem de sonlu elemanlar hesaplamaları sonuçları ile kıyaslanmıştır.



Şekil 7. F5S1 serisi için nihai mukavemet değerleri.



Şekil 8. T5S1 serisi için nihai mukavemet değerleri.

DEĞERLENDİRMELER

Yapılan çalışma sonucunda FY yöntemiyle elde edilen nihai mukavemet değerlerinin burkulma gerilmesi bağlı olduğu açıkça görülmektedir. Eğer daha doğru burkulma gerilmesi tahmin edilebilirse FY yöntemi de o ölçüde doğru sonuç verecektir. Şekil 5-8 arasında önerilen yeni yaklaşımın az sayıda stifner ve kalın panellerde iyi sonuçlar verdiği söylenebilir. Ancak levha kalınlığı düştüğü ve stifner sayısı artırıldığında önerilen yeni yaklaşım hem burkulma gerilmesini hem de nihai mukavemet değerini daha düşük tahmin etmektedir.

Daha doğru sonuçlar elde edebilmek için panellerin göçme davranışı detaylı bir şekilde incelenmeli ve buna uygun olacak şekilde burkulma ifadesi geliştirilmelidir. Hali hazırda panellerin doğrusal olmayan elastik burkulması üzerine çalışılmaktadır. Çalışma sonucunda panellerin hem birincil hem de ikincil burkulma gerilmelerinin elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Smith formülünün ve levha genel burkulması formülünün stifner sayısı arttığında burkulma ve nihai mukavemeti çok düşük hesaplaması, panel genişliğinin artmasına bağlı olarak yapılan levha kabulü sebebiyle panelin eğilme rijitlik değerlerinin çok düşük hesaplanmasındandır.

KAYNAKLAR

- [1] Tanaka S., Yanagihara D., Yasuoka A., Harada M., Okazawa S., Fujikubo M., Yao T., Evaluation of Ultimate Strength of Stiffened Panels Under Longitudinal Thrust, *Marine Structures*, 36, (2014), 21-50.
- [2] Smith C., Compressive Strength of Welded Steel Ship Grillages, *Transactions of RINA*, 117, (1979), 25-59.
- [3] Soares C. G., Gordo J. M., Design Methods for Stiffened Panels under Predominantly Uniaxial Compression, *Marine Structures*, 10, (1997), 465-497.
- [4] Paik J. K., Thayamballi A. K., Kim B. J., Large Deflection Orthotropic Plate Approach to Develop Ultimate Strength Formulations for Stiffened Panels under Combined Biaxial Compression/Tension and Lateral Pressure, *Thin-Walled Structures*, 39, (2001), 215-246.
- [5] Toulis M., Caridis P. A., The Effect of Aspect Ratio on the Elasto-plastic Response of Stiffened Plates Loaded Uniaxial Edge Compression, *Computers and Structures*, 80, (2002), 1317-1328.
- [6] Fujikubo M., Keading P., New Simplified Approach to Collapse Analysis of Stiffened Plates, *Marine Structures*, 15, (2002), 251-283.
- [7] Xu M. C., Yanagihara D., Fujikubo M., Soares C. G., Influence of Boundary Conditions on the Collapse Behaviour of Stiffened Panels under Combined Loads, *Marine Structures*, 34, (2013), 205-225.
- [8] Fujikubo M., Yanagiara D., Yao T., Estimation of Ultimate Strength of Continuous Stiffened Plates under Thrust, *J. Soc. Naval Arch. Japan*, 185, (1999), 203-214 (Japonca).
- [9] Fujikubo M., Yanagiara D., Yao T., Estimation of Ultimate Strength of Continuous Stiffened Plates under Thrust (2nd Report), *J. Soc. Naval Arch. Japan*, 186, (1999), 631-638 (Japonca).
- [10] Yasuoka A., Tanaka S., Okazawa S., Yao T., Influence of Number of Stiffeners Collapse Behaviour and Ultimate Strength of Stiffened Plates Subjected to Longitudinal Thrust, *The 25th Asian-Pacific Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures*, (2011), 158-165.
- [11] Harada M., Practical Method to Estimate the Ultimate Strength of Members in Ship Structure, *PhD Thesis*, Hiroshima University, (2004) (Japonca).
- [12] Harada M., Fujikubo M., Yanagihara D., Development of a Set of Closed Form Formulae for Estimation of Ultimate Strength of a Continuous Stiffened Panel under Combined In plane Loads and Lateral Pressure, *Class NK Technical Bulletin*, (2007), 11-21.
- [13] Fujikubo M., Yao T., Elastic Local Buckling Strength of Stiffened Plate Considering Plate/Stiffener Interaction and Welding Residual Stress, *Marine Structures*, 12, (1999), 543-564.