

ORTASINDA ELİPTİK BOŞLUK BULUNAN KARE PLAKLARIN ELASTO-PLASTİK BURKULMASI

Mehmet Aydın KÖMÜR
Aksaray Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 68100 Aksaray
makomur@aksaray.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada ortasında eliptik boşluk bulunan kare plakların elasto-plastik burkulma analizleri yapılmıştır. Plaklar basit mesnetli olarak modellenmiş olup bir doğrultuda üniform basınca maruz bırakılmışlardır. Malzeme olarak akma gerilmesi 345N/mm² olan A50 çeliği kullanılmıştır. Plak narinlik oranı, eliptik boşluk büyüklüğü ve eliptik boşluk açısı değiştirilerek çok sayıda model elde edilmiştir. Söz konusu değişkenlerin plak burkulmasına etkileri grafiksel olarak gösterilmiştir. Modellerin analizinde sonlu elemanlar yöntemini kullanan ANSYS genel amaç programından yararlanılmıştır. Sonuç olarak incelenen değişkenlerin plak burkulma davranışını önemli ölçüde etkiledikleri gösterilmiştir.

ABSTRACT

In this study, the buckling behavior of square plates having elliptical cutouts is investigated. Square plates, which were a simply supported, were subjected to uniformly distributed load in one direction. The yield stress of steel plates was assumed to be 345 MPa (A50). Slenderness ratio, size and direction of elliptical cutouts of the square plates were change in order to obtain different plate models. The effects to the buckling behavior of these changes were depicted. The models were analyzed using a general purpose finite element analysis program namely ANSYS. The results show that the changes in the slenderness ratio, size and direction of elliptical cutouts of the square plates are considerable effects on the buckling behavior of the plate buckling.

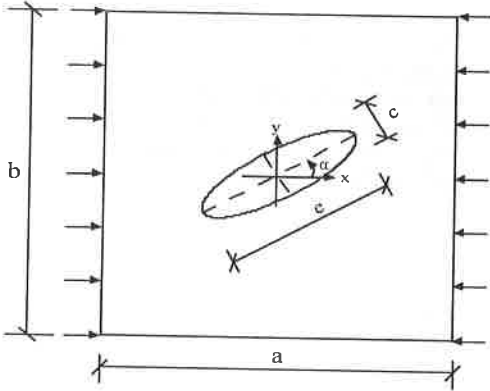
1. GİRİŞ

Çelik plaklar gemilerin güverte ve gövdelerinde, deniz aşırı yapıların platformlarında, köprülerin kutu kirişlerinde ve plaklarında kullanılan önemli bir yapısal bileşendir. Pek çok durumda bu plaklar düzlem içi doğrultuda basınca maruz kalabilmekte ve bunun sonucu olarak ta burkulma tehlikesi söz konusu olabilmektedir[1]. Çelik plaklarda bazı durumlarda boşluk açılmakta olup boşluk geometrisi ihtiyaçlara uygun olarak değişebilmektedir. Plak gövdesinde boşluk açılması burkulma karakteristiklerini önemli ölçüde değiştirmektedir.

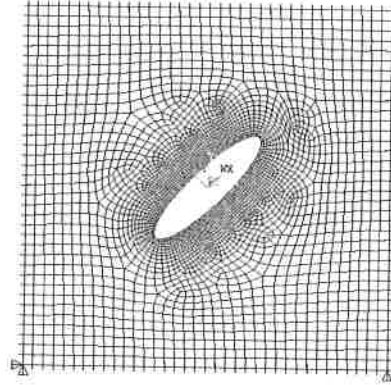
2. PROBLEMİN TANIMLANMASI VE SONLU ELEMAN MODELİ

Kare plağın x ve y doğrultusundaki boyutları sırasıyla a ve b ile gösterilmiştir. Plak ortasında bulunan eliptik boşluğun major eksen doğrultusundaki boyutu c, minor eksen doğrultusundaki boyutu ise c ile gösterilmiştir. α açısı elips major ekseninin x eksenine yaptığı açı olarak tanımlanmıştır. Plak x eksenine doğrultusunda üniform basına maruz bırakılmıştır (Şekil 1). Plak malzemesi olarak akma gerilmesi 345 N/mm^2 ve poisson oranı 0.3 olan A50 çeliği kullanılmıştır.

Yapılan çalışmada değişken olarak plak narinlik oranı, eliptik boşluk boyutları ve eliptik boşluk oranı düşünülmüştür. Söz konusu değişkenlerle oluşturulan basit mesnetli kare plaklar ANSYS [2] sonlu eleman programında modellenmiştir. Modellemede 4 düğüm noktasına sahip ve her bir düğüm noktasında 8 serbestlik bulunan plastik shell 181 elemanı kullanılmıştır. Plak kenarları sonlu eleman ağı oluşturulurken b/36 ya bölünmüş, eliptik boşluk çevresi ise b/144 den küçük olacak şekilde modellenmiştir. Plağın sonlu eleman ağı ve sınır şartları şekil 2 de gösterilmiştir.



Şekil 1. Tipik bir eliptik boşluklu kare plak

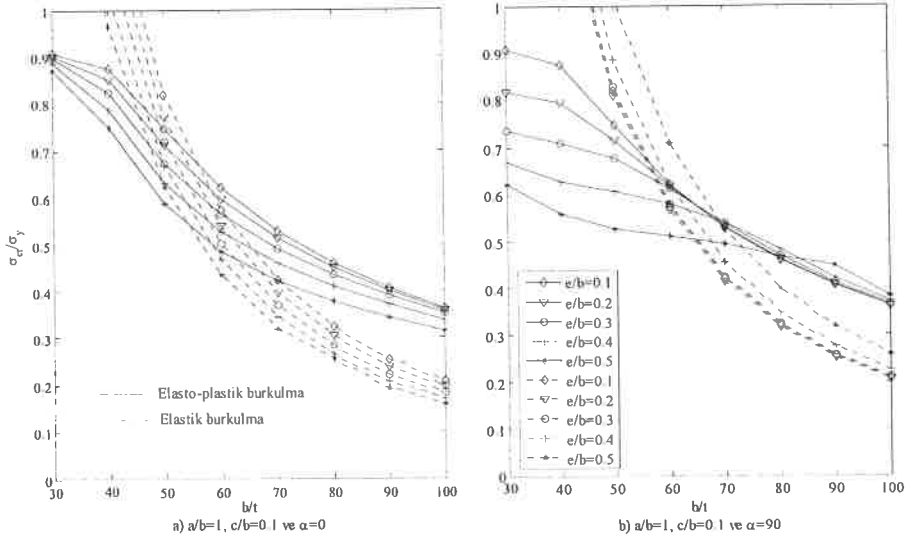


Şekil 2. Kare plakta sonlu eleman ağı

Plağın modelleme işlemi tamamlandıktan sonra analiz aşamasına geçilmiştir. Analiz iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Önce plağın elastik burkulma analizi yapılmıştır ve burkulma modu elasto-plastik burkulma analizi için ön geometri olarak kabul edilmiştir. Ön geometrinin maksimum değeri $b/2000$ alınmıştır[3].

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

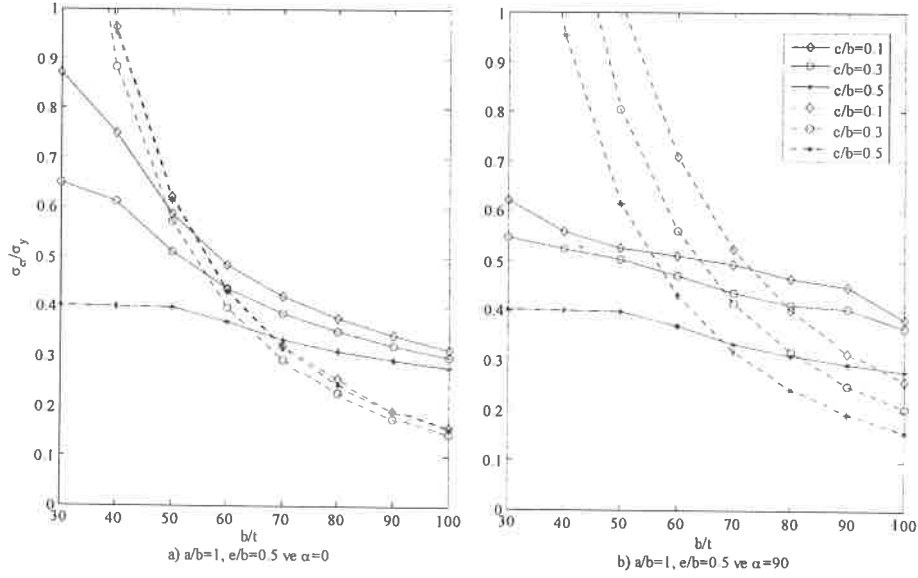
Şekil 3 de plak narinlik oranının ($\lambda=b/t$) normalize edilmiş kritik burkulma gerilmesi (σ_{cr}/σ_y) ile değişimleri gösterilmiştir. Sürekli çizgiler elasto plastik burkulmayı kesikli çizgiler ise elastik burkulmayı göstermektedir. Beş farklı boşluk oranından da anlaşılacağı üzere boşluk oranı arttıkça genellikle σ_{cr}/σ_y değeri de buna bağlı olarak düşmektedir. Fakat elastik burkulma analizi sonuçlarına bakıldığında boşluk oranının artması her zaman σ_{cr}/σ_y in azalması anlamına gelmemektedir(Figure 3b). Aynı eliptik boşluk oranı için sürekli ve kesikli çizgilerin kesiştiği noktalar kritik narinlik oranı (λ_{cr}) olarak ifade edilmektedir. $\lambda \leq \lambda_{cr}$ olması durumunda plağın göçmesi çelik malzemesinin akması sonucu meydana gelmekte ve bu durum elasto-plastik burkulma olarak ifade edilmektedir. $\lambda > \lambda_{cr}$ olması durumunda ise plağın göçmesi elastik burkulma nedeniyle gerçekleşmektedir. Şekil 3 den tüm boşluk oranları için λ nin küçük değerlerinde burkulmanın elasto-plastik olduğu büyük değerlerinde ise elastik olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Kare Plaklar için elastik ve elasto-plastik kritik burkulma gerilmeleri

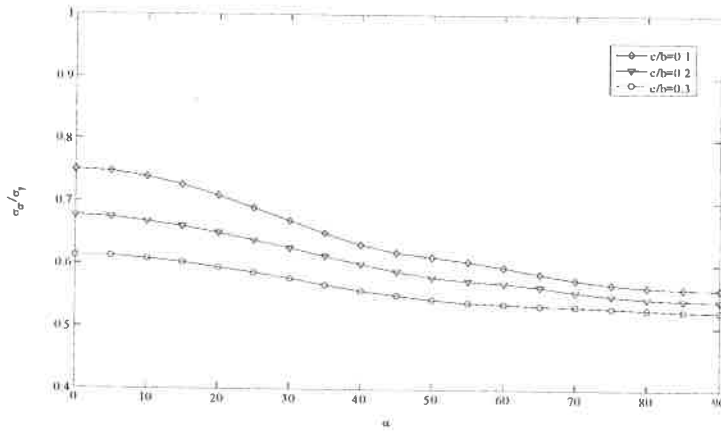
$a/b=1$ ve $\alpha=0^\circ$ (şekil 3a) olması durumunda boşluk oranının artması σ_{cr}/σ_y yi azalmaktadır. Fakat bu azalma çok önemli oranlarda olmamaktadır (Boşluk oranının $e/b=0.5$ olması durumunda $e/b=0.1$ e göre yaklaşık %22 oranında azalmaktadır). Ayrıca tüm boşluk oranları için kritik narinlik oranı $54 \leq \lambda_{cr} \leq 56$ arasında değişmektedir. Şekil 3b de ise ($a/b=1$ ve $\alpha=90^\circ$) özellikle küçük narinlik oranları için boşluk çapının artması plak burkulmasını önemli ölçüde azaltmaktadır($e/b=0.1$ oranı ile karşılaştırıldığında $e/b=0.5$ olması durumunda %36 azalmaktadır). Büyük narinlik oranlarında ise burkulma elastik stabiliteden kaynaklanmaktadır. Bu durumda tüm boşluk oranları için kritik narinlik oranı $56 \leq \lambda_{cr} \leq 73$ arasında değişmektedir.

Şekil 4 a ve b de $a/b=1$, $e/b=0.5$, $\alpha=0^\circ$, 90° için, c/b oranının ve narinlik oranının değiştirilmesinin σ_{cr}/σ_y ye etkileri gösterilmiştir. Şekilleri sadeleştirmek için sadece üç farklı c/b oranının değişimleri gösterilmiştir. Küçük narinlik oranlarında, $\alpha=0^\circ$ olması halinde c/b oranının artması $\alpha=90^\circ$ olması durumuna göre σ_{cr}/σ_y yi daha fazla etkilemektedir. Narinlik oranının büyük değerlerinde ise aksi bir durum söz konusudur. Ayrıca küçük narinlik oranlarında $\alpha=0^\circ$ olması durumunda σ_{cr}/σ_y değerleri $\alpha=90^\circ$ olması durumuna göre daha büyük değerlere ulaşmaktadır. $\alpha=0^\circ$ ve $\alpha=90^\circ$ durumları için kritik narinlik oranlarının değişimi sırasıyla $54 \leq \lambda_{cr} \leq 68$ ve $67 \leq \lambda_{cr} \leq 74$ arasındadır.



Şekil 4. Kare Plaklar için elastik ve elasto-plastik kritik burkulma gerilmeleri

Kare plağın ortasında bulunan eliptik boşluğun major ekseninin yatayla yaptığı α açısının değiştirilmesinin σ_{cr}/σ_y ye etkisi Şekil 5 de gösterilmiştir. α açısının artması σ_{cr}/σ_y oranını düşürmüştür. Her bir boşluk oranı ayrı dikkate alındığında $0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$ aralığında ve $60^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ aralığında σ_{cr}/σ_y oranında önemli bir değişiklik olmadığı söylenebilir. $c/b=0.1$ olması durumunda α açısının değiştirilmesi σ_{cr}/σ_y oranını en fazla etkilenmiştir. $\alpha=90^\circ$ olması halindeki σ_{cr}/σ_y oranı $\alpha=0^\circ$ olması halindeki σ_{cr}/σ_y oranına göre % 25.3 daha küçük çıkmıştır.



Şekil 5. Kare plaklarda elasto-plastik kritik burkulma gerilmesinin α açısıyla değişimi
 $a/b=1$, $e/b=0.5$ ve $\lambda=40$

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada ortasında eliptik boşluk bulunan kare plakların elasto-plastik burkulma analizleri yapılmıştır. Plak narinlik oranı, eliptik boşluk büyüklüğü ve eliptik boşluk açısı değiştirilerek çok sayıda model elde edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar özet olarak aşağıdaki gibi verilebilir:

Kare plaklarda küçük narinlik oranlarında elasto-plastik burkulma, büyük narinlik oranlarında ise elastik burkulma söz konusu olmaktadır.

Eliptik boşluk boyutlarının artması kare plakta σ_{cr}/σ_y oranında düşüşe sebep olmaktadır.

Kare plakların ortasında bulunan eliptik boşluğun major ekseninin yatayla yaptığı α açısının artırılması σ_{cr}/σ_y oranını önemli oranda düşürmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Maiorana, E., Pellegrino, C. and Modena, C., "Non-linear Analysis of Perforated Steel Plates Subjected to Localised Symmetrical Load" *Journal of Constructional Steel Research* 65 959-964, 2009
- [2] El-Sawy, K.M., Nazmy, A.S. and Mohammad, I.M. "Elasto Plastic Buckling of Perforated Plates Under Uniaxial Compression" *Thin-Walled Structures* 42 1083–1101, 2004.
- [3] ANSYS, User's manual (version 10.0), ANSYS Inc., Canonsburg, Pennsylvania, USA, 2007.

