

ENİNE DİKİŞLİ KAYNAK BAĞLANTILARINDA GERİLME ANALİZİ

Durmuş GÜNAY*, **Muzaffer ELMAS****, **Alpay AYDEMİR***, **Naci ÇAĞLAR****, **Halil ÖZER*****

* Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Esentepe, Adapazarı

** Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Esentepe, Adapazarı

*** Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Tokat

ÖZET

Enine dikişli kaynak bağlantıları çekme yüküne maruz kaldığında kaynak bölgesinde doğan gerilmelerin dağılımı sonlu elemanlar yöntemiyle analiz edilmiştir. Enine dikişli kaynak bağlantılarında, kaynak tipine göre, kaynak kökünde, esas itibarıyla kesme etkisi veya yırtılma etkisi önem kazanmaktadır. Çalışmada problem düzlem gerilme durumu olarak ele alınmıştır. Kaynak bölgesindeki gerilme dağılımı, kaynak ayakları ve kaynak boğazı boyunca, düzlem gerilme bileşenlerinin ve eşdeğer gerilmenin dağılımları ile temsil edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kaynak bağlantıları, Sonlu elemanlar metodu, Gerilme analizi.

STRESS ANALYSIS IN THE TRANSVERSE FILLET WELD JOINTS

ABSTRACT

In the transverse fillet welds under tensile loads, distributions of stresses are analyzed in the weld region by the finite element method. Two types of transverse fillet welds, one is subjected to sliding action at root of the weld, the other is subjected to tearing action at the root. The problem is treated as a plane stress state. Stress distributions in weld regions are presented by distributions of legs and the throat.

Key Words: Transverse fillet joints, Finite element method, Stress analysis.

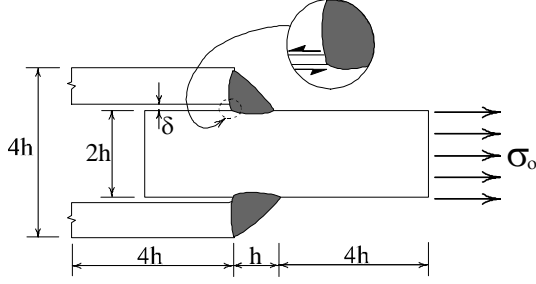
1. GİRİŞ

Enine dikişli kaynak bağlantılarında doğan gerilmelerin dağılımını veren, elastisite teorisi metodlarını kullanarak elde edilmiş kapalı-form bir analitik çözüm bulunmamaktadır. Kapalı-form çözümün gerçekleştirilememiş olmasının nedeni elastisite teorisi açısından bağlantının kompleks bir geometriye sahip oluşudur. Literatürde (Shigley, 1977) belirtildiğine göre, çift bindirme enine dikişli köşe kaynak bağlantısında kaynak bölgesinde doğan gerilmelerin dağılımının karakteri deneysel olarak, fotoelastik yöntemle, belirlenmiştir. Bu çalışmalarda gerilmelerin, kaynak ayakları ve kaynak boğazı boyunca dağılımın niteliğini gösteren eğriler

verilmiş, ancak sayısal değerler verilmemiştir (Shigley, 1977). Mühendislik uygulamalarında, bu tür bağlantıların tasarımında, kaba varsayımlara dayalı olarak çıkarılmış olan mukavemet formülleri kullanılmaktadır.

Sonlu elemanlar metodu, kompleks geometriye sahip problemlere başarıyla uygulanabilen çok geliştirilmiş bir sayısal yöntemdir. Enine dikişli bindirme köşe kaynak bağlantılarına da uygulanabilir. Gurney (1977) bindirme difüzyon kaynak bağlantısını sonlu eleman yöntemiyle incelemiştir. Tekelioğlu ve ark. (1992) çift bindirme enine dikişli köşe kaynak bağlantılarını, Günay ve

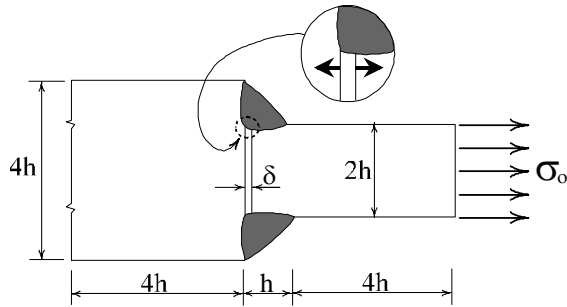
ark. (1995) tek bindirme enine dikişli köşe kaynak bağlantılarını sonlu eleman yöntemiyle analiz etmiştir.



Şekil 1. Kaynak kökü kesme etkisine maruz olan enine dikişli kaynak bağlantısı (K tipi)

Bu çalışmada, kaynaklanan parçalar arasında yatay veya düşey doğrultularda açıklık (δ) bulunan, çekme yüküne maruz enine dikişli kaynak bağlantılarında kaynak dikişinde doğan gerilmelerin dağılımı sonlu eleman yöntemiyle incelenmiştir. Enine dikişli kaynak bağlantıları, kaynak kökünün kesme etkisine maruz kaldığı bağlantı tipi (bu çalışmada K tipi olarak adlandırılacaktır, Şekil 1), ve kaynak kökünün yırtılma etkisine maruz kaldığı bağlantı tipi (bu çalışmada Y tipi olarak adlandırılacaktır, Şekil 2) olmak üzere iki tip bağlantı problemi ele alınmıştır.

Bağlantılar, düzlem gerilme problemi olarak incelenmiştir. Bağlantının düzlem gerilme problemi olarak ele alınması, kaynak dikiş uzunluğunun kısa olması durumuna karşı gelmektedir.

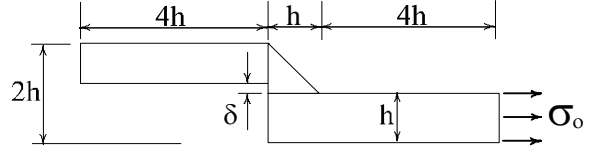


Şekil 2. Kaynak kökü yırtılma etkisine maruz olan enine dikişli kaynak bağlantısı (Y tipi)

2. SONLU ELEMAN MODELİ ve GERİLME ANALİZİ

Kaynak ayakları birbirine eşit kabul edilmiştir. K tipi bağlantıda (Şekil 1) kaynak kökünde levhalar arasında düşey doğrultuda δ açıklığı, Y tipinde yatay doğrultuda bir δ açıklığı bulunmaktadır (Şekil 2).

Sonlu eleman modeli için problemi temsil eden bölgeler Şekil 3 ve Şekil 4 de gösterilmiştir.



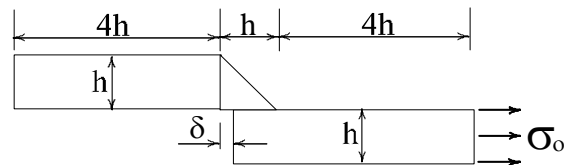
Şekil 3. Kaynak kökü kesme etkisine maruz bağlantının sonlu eleman modeli için ele alınan bölge

Malzeme özellikleri : Bağlantılarda, birleştirilen parçalar ve kaynak dikişi aynı malzemeden yapılmış olup malzeme çelik olarak düşünülmüştür. Çeliğin elastisite modülü $E=210$ GPa ve poisson oranı $\nu = 0.3$ olarak alınmıştır.

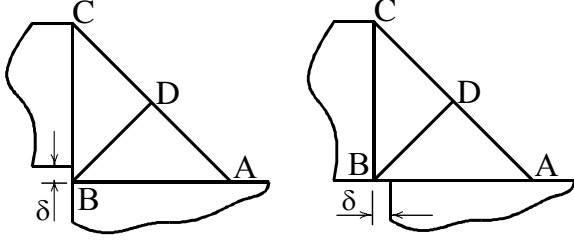
Geometri : Bağlantı, levha ucuna $\sigma_0 = 1$ MPa gerilme uygulanarak yüklenmiştir. Problemin boyutları $h = 15$ mm, $\delta = 1$ mm ve levha kalınlığı $t=1$ mm olarak alınarak kaynak bölgesindeki gerilme dağılımını temsil eden kaynak ayakları ve kaynak boğazı boyunca gerilmelerin değişimleri çizilmiştir. δ açıklığının etkisini belirlemek için $\delta = 0, 0.1, 1, 2$ ve 3 mm alınarak σ_E (von Mises eşdeğer gerilmesi) nin değişimi Şekil 7 de gösterilmiştir.

Sınır Şartları : Şekil 1'de gösterilen bağlantıyı temsil eden bölgenin sonlu eleman ağı Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekil 6'da seçilen eksen takımına göre, x eksenini üzerindeki düğümlerde ($y = 0$ olan düğümlerde) düşey doğrultudaki yerdeğiştirmeler sıfır ($v = 0$) ve y eksenini üzerindeki düğüm(ler)de ($x = 0$ olan düğümlerde) yatay doğrultudaki yerdeğiştirmeler sıfır ($u = 0$) alınarak sınır şartları probleme dahil edilmiştir.

Çözümde K tipi bağlantı için 2744 eleman ve 6365 düğüm, Y tipi için 2776 eleman ve 6455 düğüm kullanılmıştır. Sonlu eleman çözümü LUSAS yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Analizde, üçgen ve dörtgen izoparametrik sonlu elemanlar karışık olarak kullanılmıştır (Şekil 6).



Şekil 4. Kaynak kökü yırtılma etkisine maruz bağlantının sonlu eleman modeli için ele alınan bölge



Şekil 5. Kaynak bölgesi.

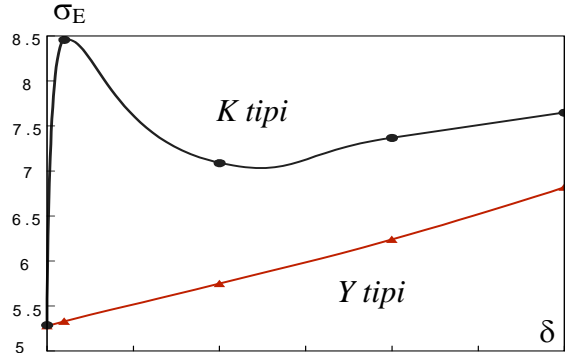
Kaynak ayakları BA, BC ve kaynak boğazı BD.

- (1) Kaynak kökü kesme etkisinde (*K tipi*).
- (2) Kaynak kökü yırtılma etkisinde (*Y tipi*)

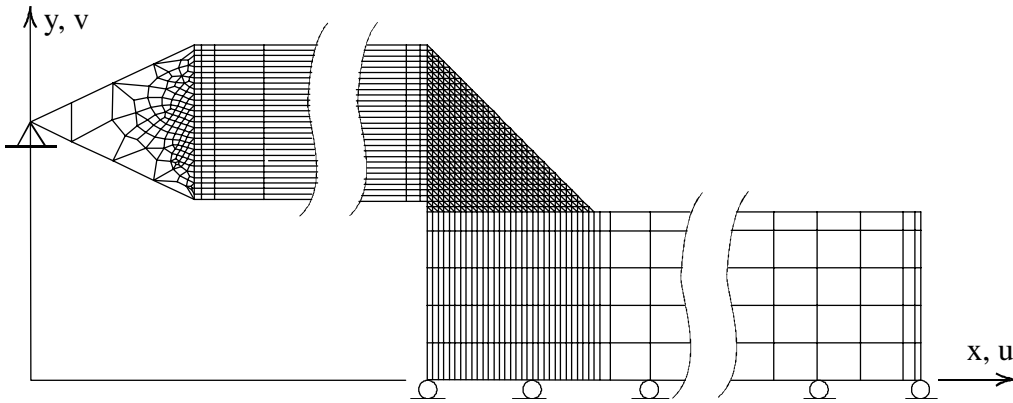
Problem düzlem gerilme hali olarak incelenmiştir. Bu inceleme enine doğrultuda yani kaynak uzunluğu doğrultusunda (kağıt düzlemine dik doğrultuda) boyutu küçük olan bağlantıya tekabül eder.

Düzlem gerilme halinde $\sigma_z = \tau_{zx} = \tau_{zy} = 0$ olacaktır. Düzlem gerilme halinde eşdeğer gerilme

$\sigma_E = [\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2]^{0.5}$ şeklinde verilmiştir.



Şekil 7. Açıklıklara (δ) göre eşdeğer gerilmenin maksimum değerlerinin değişimi



3.SONUÇLAR

Kaynak bölgesinde yatay BA ve dikey BC kaynak ayakları ile BD kaynak boğazı doğrultusunda düzlem gerilme bileşenleri σ_x , σ_y ve τ_{xy} ile maksimum normal gerilme σ_{max} , von Mises gerilmesi σ_E ve maksimum kayma gerilmesi τ_{max} gerilmelerinin değişimleri boyutsuz koordinatlarda çizilmiştir (Şekil 8, 9 ve 10).

Grafiklerde, yatay eksen boyutsuz olarak ilgili uzunluğu, dikey eksen ise ilgili gerilmeyi göstermektedir. Gerilmeler bağlantıya uygulanan ortalama gerilme σ_0 ile bölünerek boyutsuzlaştırılmıştır.

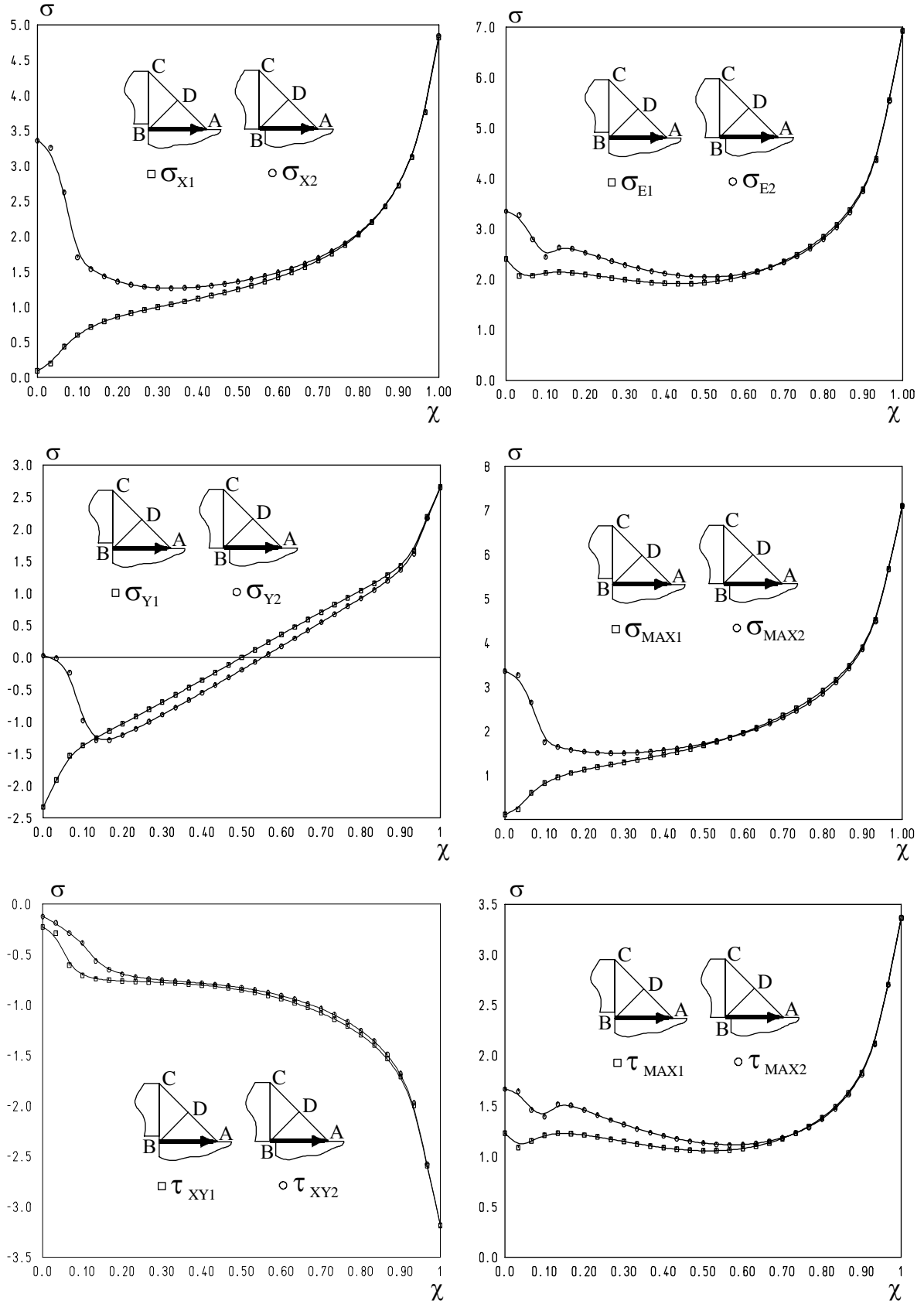
BA Kaynak Ayağı (Şekil 8): K tipi kaynakta σ_x gerilmesi B de sıfır iken A da her ikisi $5\sigma_0$ değerine yaklaşmaktadır. σ_y gerilmesi K tipinde B de $-2\sigma_0$ değerinde, Y tipinde sıfır civarında olup her iki tipte A ucunda aynı değere ulaşmaktadır. τ_{xy} gerilmeleri K ve Y tipinde birbirine yakın bir eğri ile değişmektedirler.

Eşdeğer gerilme (σ_E) B de, K tipinde $2.5\sigma_0$ civarında Y tipinde ise $3.5\sigma_0$ civarında bir değere sahip olup her ikisi de A noktasında yaklaşık olarak $7\sigma_0$ değerini almaktadır.

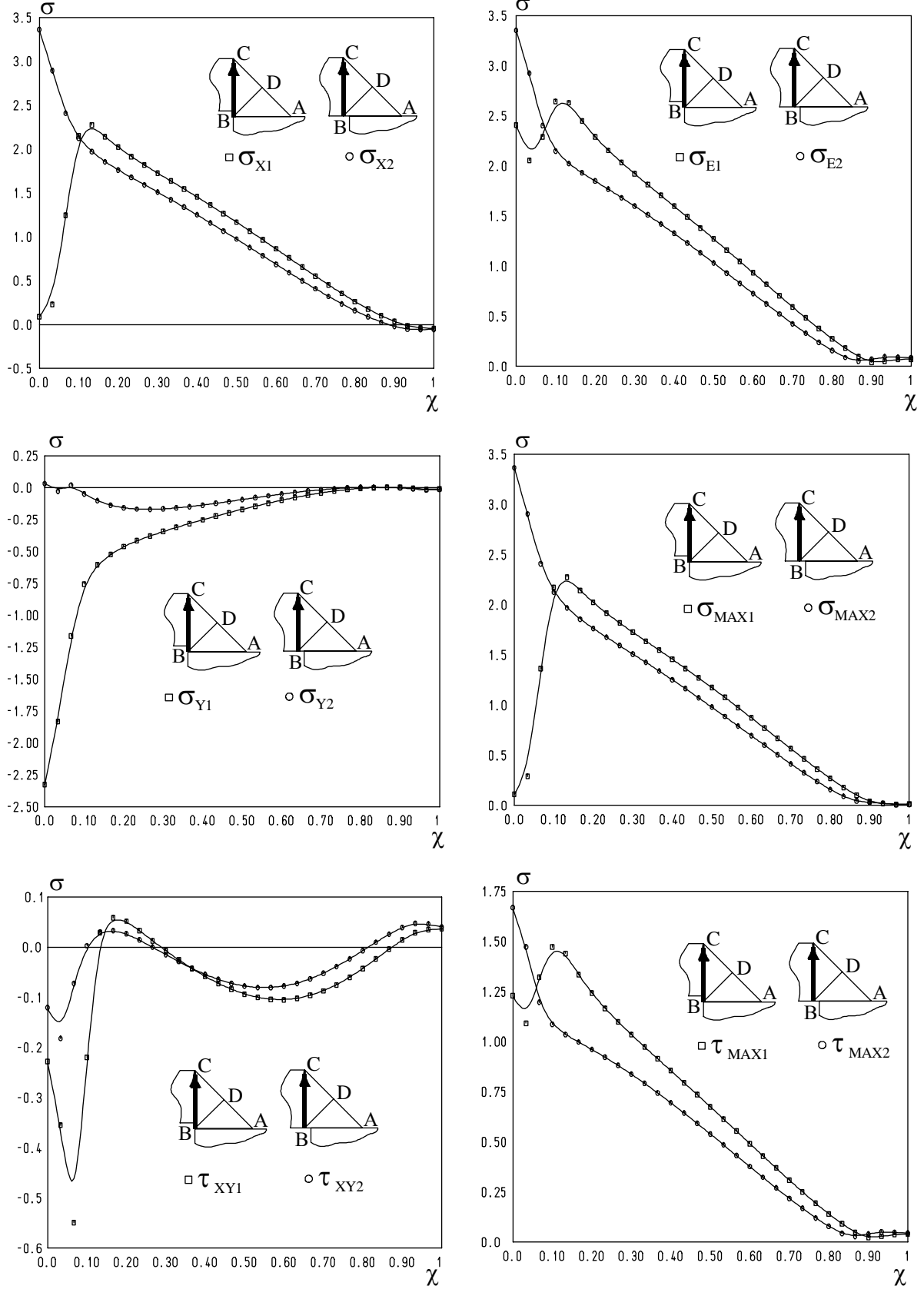
Maksimum normal gerilme Y tipinde B de $3.8\sigma_0$ değeri civarında iken K tipinde sıfır civarında olup, A da her ikisinde yaklaşık olarak $7\sigma_0$ değerini almaktadır.

Maksimum kayma gerilmeleri ise, B de Y tipinde K tipinden daha büyük bir değerden başlamakla birlikte, hemen B civarında K tipinden daha küçük değerler almaktadır.

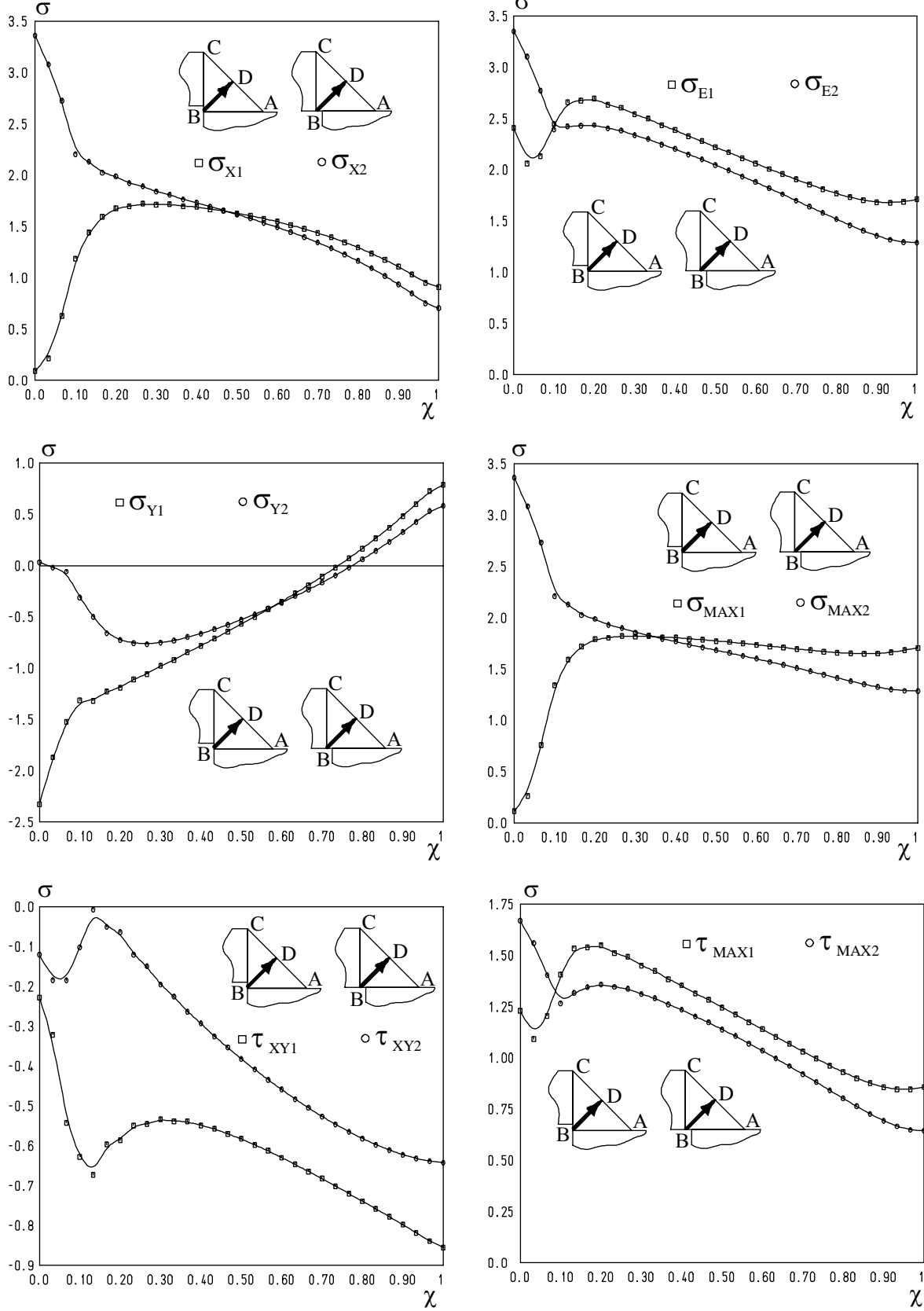
Şekil 6. Kaynak bağlantısının sonlu eleman ağı (K tipi için)



Şekil 8. BA kaynak ayağındaki gerilme dağılımları. Gerilmelerde (1) alt indisi kesme etkisindeki kaynak tipi (K tipi), (2) alt indisi yırtılma etkisindeki kaynak tipi (Y tipi) gerilme bileşenini göstermektedir



Şekil 9. BC kaynak ayağındaki gerilme dağılımları. Gerilmelerde (1) alt indisi kesme etkisindeki kaynak tipi (K tipi), (2) alt indisi yırtılma etkisindeki kaynak tipi (Y tipi) gerilme bileşenini göstermektedir



Şekil 10. BD kaynak boğazındaki gerilme dağılımları. Gerilmelerde (1) alt indisi kesme etkisindeki kaynak tipi (K tipi), (2) alt indisi yırtılma etkisindeki kaynak tipi (Y tipi) gerilme bileşenini göstermektedir

BC Kaynak Ayağı (Şekil 9) : σ_x gerilmesi B de Y tipi kaynakta $3.5\sigma_0$ değerinde iken, K tipinde sıfır civarında bir değerden $2.5\sigma_0$ değerine kadar artmakta ve sonra azalmaktadır.

σ_y gerilmesi K tipi kaynakta B de basma şeklinde doğmakta ve C de sıfıra gitmektedir. Y tipinde σ_y önemli bir değer almaktadır.

τ_{xy} kayma gerilmesi K tipinde beklendiği gibi, Y tipinden daha büyük bir değer almaktadır. B civarında K tipinde yaklaşık $0.54\sigma_0$ değerinde iken Y tipinde $0.18\sigma_0$ civarında olmaktadır.

K tipi ve Y tipi kaynak bağlantısının ayırt edici farkı BC kaynak ayağında ortaya çıkmaktadır. Kaynak kökünün kayma etkisindeki kaynakta (K tipi kaynak) B de τ_{xy} kayma gerilmesi yırtılma etkisindeki kaynağın (Y tipi) 3 katı olmaktadır. Y tipinde, B noktasındaki σ_x gerilmesi K tipinden çok büyük değerde oluşmaktadır.

σ_E ve σ_{max} gerilmeleri, B de Y tipi kaynakta, K tipinden daha büyük değerlerde olmaktadır. Maksimum kayma gerilmesi B de Y tipinde daha büyük bir değer almakla birlikte B civarında K tipinden daha büyük olmakta ve C ye kadar daha büyük değerlerde meydana gelmektedir.

BD Kaynak Boğazı (Şekil 10) : Kaynak boğazında her iki tipte de en büyük gerilmeler B de veya B ye yakın noktalarda doğmaktadır.

4. YORUM

K tipi kaynak kökü B de düzlem gerilme bileşeni $\tau_{xy} \cong 0.3\sigma_0$ ve Y tipi kaynak kökünde $\tau_{xy} \cong 0.15\sigma_0$ iken A noktasında $\tau_{xy} \cong 3.5\sigma_0$ olmaktadır. Bu durumda K tipi bağlantıda B kaynak kökündeki kayma gerilmesi, Y tipi kaynak kökünde doğan kayma gerilmesinin 2 katı olmakla birlikte, A noktasında doğan kayma gerilmesi yanında çok küçüktür. A noktasında her iki tip kaynakta τ_{xy} birbirine eşit ve $3.1\sigma_0$ değerinde olmaktadır.

Y tipi bağlantıda σ_x gerilme bileşeni kaynak kökünde, $\sigma_x = 3.4\sigma_0$ iken, K tipi kaynak kökünde $\sigma_x \cong 0$ ve B civarında maksimum değeri $\sigma_x \cong 2.25\sigma_0$ olmaktadır.

K tipi ve Y tipi kaynak bağlantısı karşılaştırıldığında, maksimum gerilmeler her iki tipte de A noktasında

doğmakta ve her ikisinde de $\sigma_{max} = \sigma_E \cong 7\sigma_0$ değerinde olmaktadır. Her iki tipte de C de bütün gerilmeler sıfır olmaktadır.

B noktası ise Y Tipi kaynakta hem eşdeğer gerilme hem de maksimum normal gerilme, K tipindekinden daha büyük değerlerde doğmaktadır.

Bu inceleme sonucunda enine dikişli köşe kaynaklarda iki kritik nokta kaynak kökü B noktası ile yatay kaynak ayağı ucu A noktası olmaktadır. D noktasında gerilme önemli bir büyüklüğe ulaşmamaktadır.

Sonuç olarak, kesme etkisindeki kaynak bağlantısı (K tipi), yırtılma etkisindeki kaynak bağlantısına (Y tipi) tercih edilebilir bir bağlantı tipi olduğu söylenebilir. Çünkü hem A hem de B noktasında Y tipi kaynak bağlantısı gerilmeleri daha tehlikeli olmaktadır.

5.KAYNAKLAR

Bathe, K. J. 1982. Finite Element Procedures in Engineering Analysis, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.

Blodgett, Omer W. 1970. Allwables Enable Cost Reduction and the Use of Advanced Technologies in the Design of Structures and Weldments, *Welding J.*, 619-638.

Gurney, T. R. 1977. Some Finite Element Stress Analysis of Simulated Diffusion-Bonded Lap Joints, *J. Strain Analysis*, 12 (4), 331-38.

Günay, D. Aydemir, A. ve Kaya, A. 1995. Tek Bindirme Köşe Kaynak Bağlantısında Gerilme Analizi, **6. Denizli Malzeme Sempozyumu**, s. 292-299.

Higgins, T. R. and Preece, F. R. 1968. Proposed Working Stress for Fillet Welds in Building Construction, *Welding Research Supplement*, 432-459.

Shigley, J. E. 1977. Mechanical Engineering Design, McGraw Hill, Tokyo.

Tekelioğlu, M., Cerid, M. ve Günay, D. 1992. Bindirme Köşe Kaynağı Bağlantısında Gerilme Dağılımının İncelenmesi, **5. Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi**, ODTÜ, 441-448.

