

Uzay Çatı Sistemlerinin ANSYS Paket Programı Kullanılarak Statik Analizi

M. Yavuz SOLMAZ ve Aydın TURGUT

Fırat Üniversitesi Müh. Fak. Makine Mühendisliği Bölümü, 23119, ELAZIĞ
aydinturgut@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 28.09.2005; Kabul/Accepted: 30.12.2005)

Özet: Bu çalışmada uzay çatı sistemlerinin ANSYS paket programı kullanılarak sonlu elemanlar metodu ile statik analizi gerçekleştirilmiştir. Örnek uygulama olarak Dalaman Hava Limanı Girişi'ne ait uzay çatı sistemi göz önüne alınmıştır. Statik analiz sonunda her bir elemana etkiyen kuvvetler tespit edilmiş ve elastik davranış kabulü yapılarak yapının bu yükleri emniyetli bir şekilde taşıyabilmesi için her bir elemanın emniyet gerilmelerinin altında kalacak şekilde gerekli eleman boyutları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: 3 Boyutlu çatı sistemi, Sonlu elemanlar metodu, ANSYS.

Static Analysis of Space Truss Roof Systems by Using ANSYS Finite Element Program

Abstract: In this study, static analysis of 3 dimensional truss systems has been made by using ANSYS finite element program. Framework system in Dalaman Airport Entrance has been selected as a example application. Considering the truss system elements exhibit elastic behaviour, the forces acted on the each element have been determined, then dimensions of the space truss elements have been safely calculated to carry some loadings acted on the structure.

Keywords: 3 Dimensional truss system, Finite element method, ANSYS.

1. Giriş

Bir taşıyıcı sistem; civatalar, pimler veya kaynak yardımıyla uçlarından birleştirilen düz elemanlardan oluşan mühendislik yapısıdır. Taşıyıcı sistemlerdeki üyeler; çelik veya alüminyum borular, tahta destekler ve metal çubuklardan oluşabilir. Taşıyıcı sistemler; güç iletim kuleleri, köprüler ve yapıların çatıları gibi birçok yapısal mühendislik problemlerine pratik çözümler sunarlar. Statik olarak belirli taşıyıcı sistem problemlerinin çözümleri, çoğu klasik mekanik kitaplarında mevcut olmakla birlikte bu tür problemler, düğüm dengesi veya kesim metotları yardımıyla analiz edilebilirler. Ancak bu iki metot, taşıyıcı sistem elemanlarının rijit olarak davrandıkları kabul edildiğinden yer değiştirmeler hakkında bilgi vermemektedirler. Ayrıca taşıyıcı sistem elemanları, rijit cisim olarak kabul edildiklerinden dolayı, statik olarak belirsiz problemleri de bu metotlarla analiz etmek imkansızdır. Sonlu elemanlar metodu, bize rijit cisim sınırlamasını ortadan kaldırmayı ve

bu tür problemleri çözmeyi mümkün kılar [1]. Sonlu elemanlar metodunun gelişimine paralel olarak, ANSYS ve ABAQUS gibi genel ticari amaçlı sonlu eleman paket programlarının kullanımı da giderek artmaktadır.

D. Dubina ve R. Zaharia, yarı-rijit bağlantılı yapıya sahip soğuk işlenmiş çelik taşıyıcı sistemlerin mekanik davranışını deneysel ve nümerik olarak sonlu elemanlar metoduyla incelemişlerdir [2]. A. Fülöp ve M. Ivanyi, yarı rijit bağlantılara sahip elemanlardan oluşan örnek bir uzay çatı sisteminin farklı yüklemeler altındaki davranışını deneysel olarak incelediler [3]. N. Ali ve arkadaşları, sonlu elemanlar metodu destekli bir genetik algoritma geliştirerek düzlem ve uzay taşıyıcı bazı örnek sistemler üzerinde şekil ve boyut optimizasyonunu gerçekleştirerek elde edilen sonuçların literatürdeki mevcut diğer klasik yaklaşımlarla uyum içinde olduğunu rapor ettiler [4]. C. D. Roover ve arkadaşları, IPC (inorganik fosfat çimento) sandviç

panellerden yapılmış bir köprünün dizaynını, analitik ve sonlu elemanlar metodunu kullanarak hesaplamış ve böylece paneller ve bağlantı elemanlarındaki gerilme dağılımının kontrolünde sonlu elemanlar metodunun kullanılabilirliğini göstermişlerdir [5].

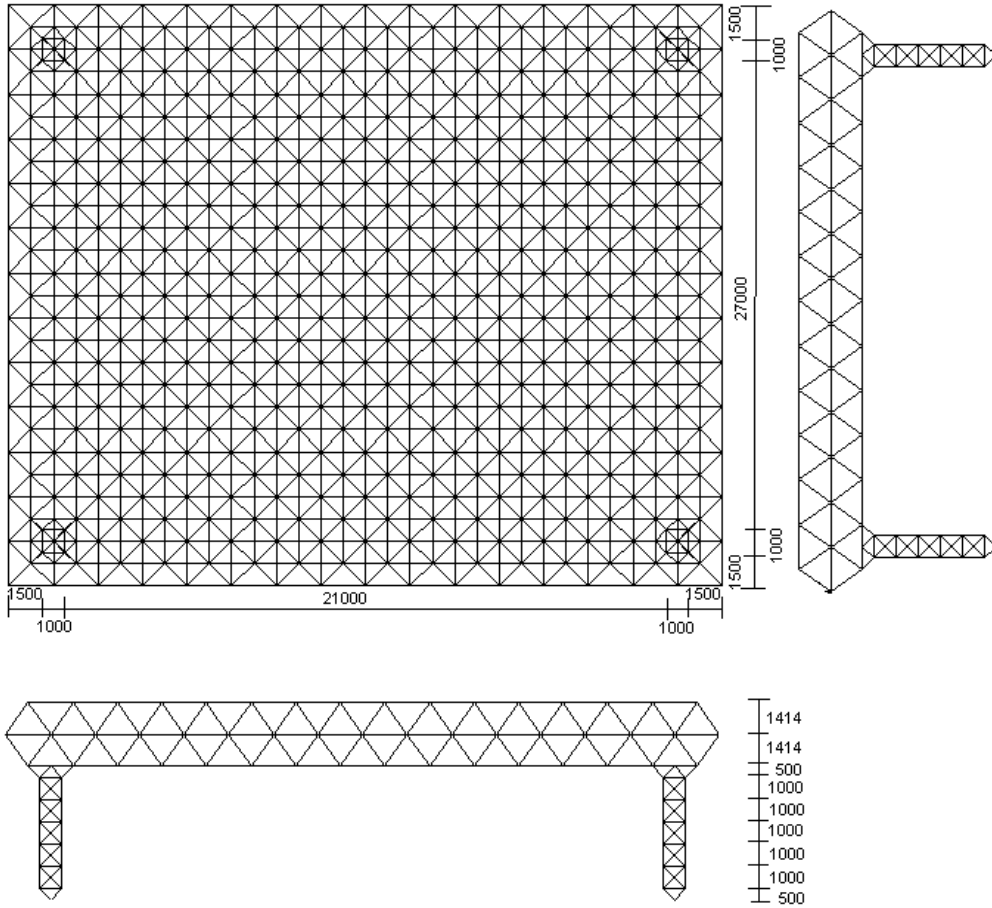
Bu çalışmada, Dalaman Hava Limanı Girişi'ne ait uzay çatı sisteminin sonlu elemanlar metodu kullanılarak ANSYS paket programı yardımıyla statik analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlardan yararlanılarak uzay çatı sistemine etkiyen yüklerin elemanlar tarafında emniyetli bir şekilde taşınabilmesi için gerekli boyutlandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

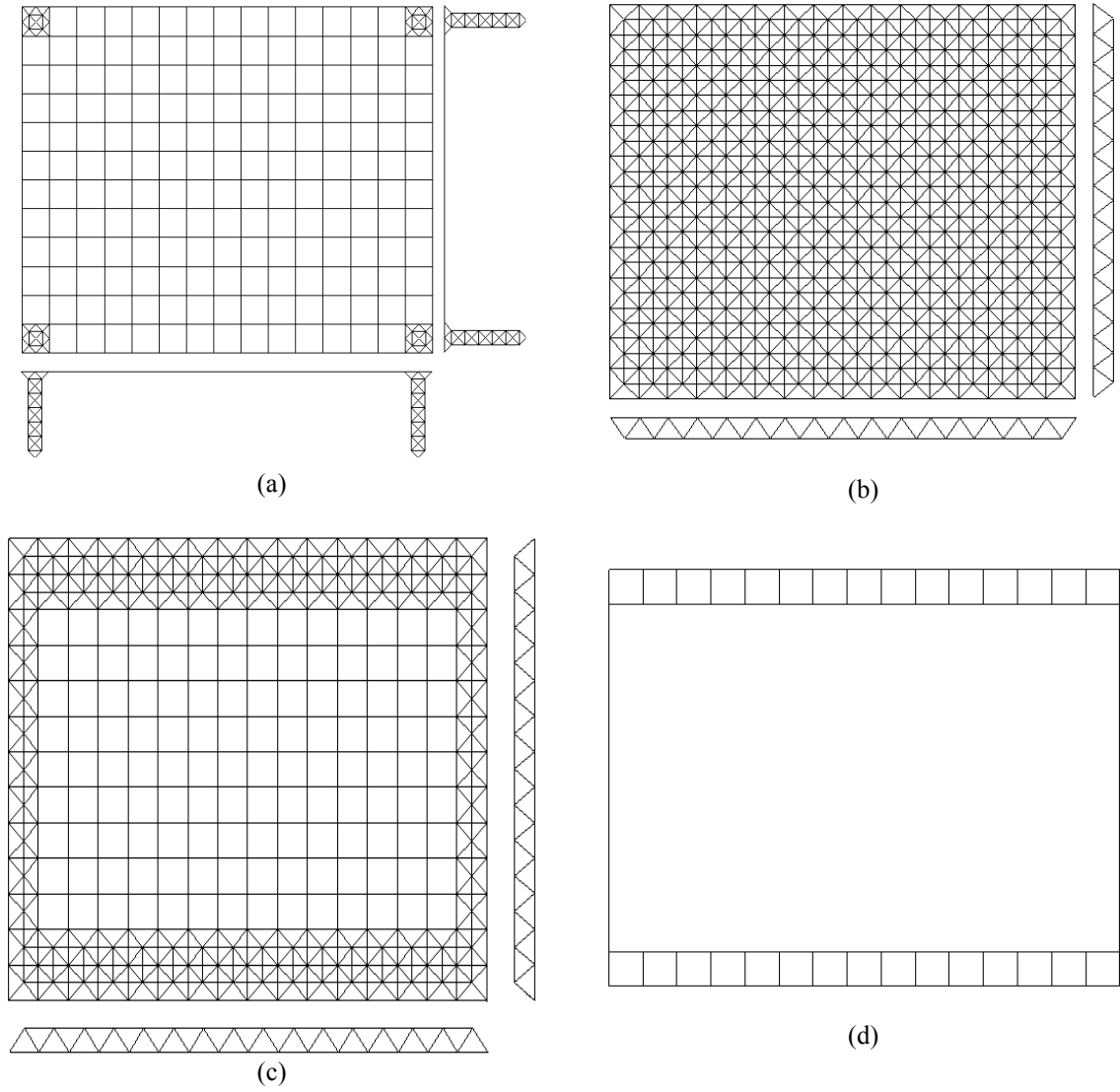
2.1. Üç boyutlu çatı sistemlerinin sonlu elemanlar metodu ile statik analizi

Bu çalışmada Dalaman Hava Limanı Girişi'ne ait uzay çatı sisteminin sonlu elemanlar metodu ile ANSYS paket programı kullanılarak statik analizi yapılmıştır. Şekil 1, uzay çatı sistemine ait şematik planı göstermektedir.

Şekil 2a, b, c ve d ise sırasıyla uzay çatı sistemine ait 0-1 katmanı, 1-2 katmanı, 2-3 katmanı ve 3 katmanını göstermektedir.



Şekil 1. Dalaman Hava Limanı Girişi'ne ait uzay çatı sisteminin şematik planı



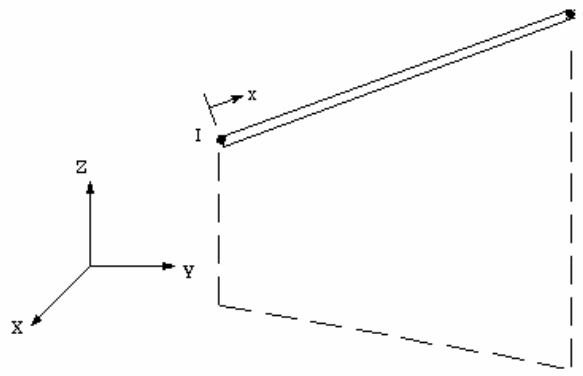
Şekil 2. Dalaman Hava Limanı Girişi'ne ait uzay çatı sisteminin katmanları
(a) 0-1 katmanı (b) 1-2 katmanı (c) 2-3 katmanı (d) 3 katmanı

2.2. Modelleme adımları

1. Adım: Eleman tipi

Modellemede eleman tipi olarak 3 boyutlu, 2 düğümlü çubuk (spar) elemanlar (LINK8) kullanılmıştır (Şekil 3). Bu eleman,

her bir düğümünde 3 serbestlik derecesine (U_x , U_y ve U_z) sahiptir. Elemana ait giriş dataları; düğüm koordinatları, elemanın kesit alanı ve malzemenin elastisite modülüdür.



Şekil 3. 3 boyutlu çubuk eleman (LINK8)

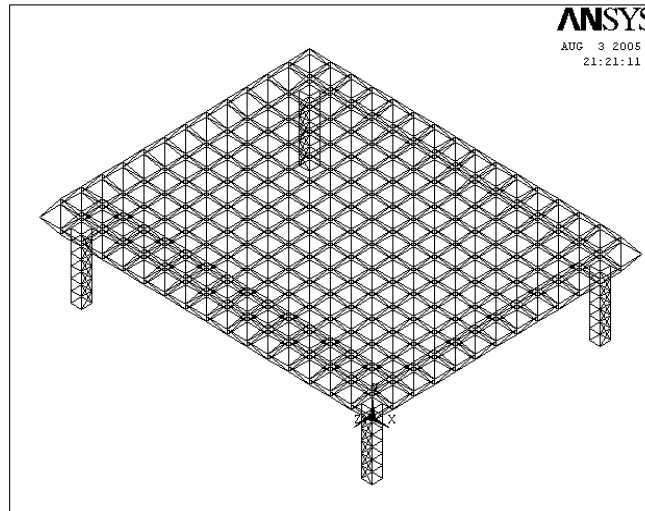
2. Adım: Malzeme özellikleri

Malzemenin homojen ve izotrop olduğu kabul edilmiştir. Malzeme özellikleri olarak çeliğin elastisite modülü ($E=210$ GPa) seçilerek sonuçlar elde edilmiştir.

3. Adım: Ağ oluşturma

Uzay çatı sisteminin sonlu elemanlar modelinin oluşturulmasında APDL (ANSYS

Parametric Design Language)'den faydalanılmıştır. Burada her bir elemana ait düğüm noktasının koordinatları ve her bir elemanı oluşturan düğümler hazırlanan makro yardımıyla ANSYS programına girilmiştir. Şekil 4'de çatı sistemine ait sonlu elemanlar modeli, izometrik perspektif olarak gösterilmektedir. Uzay çatı sistemi toplam 644 düğüm ve 2521 elemandan oluşmaktadır.



Şekil 4. Sonlu eleman modeli

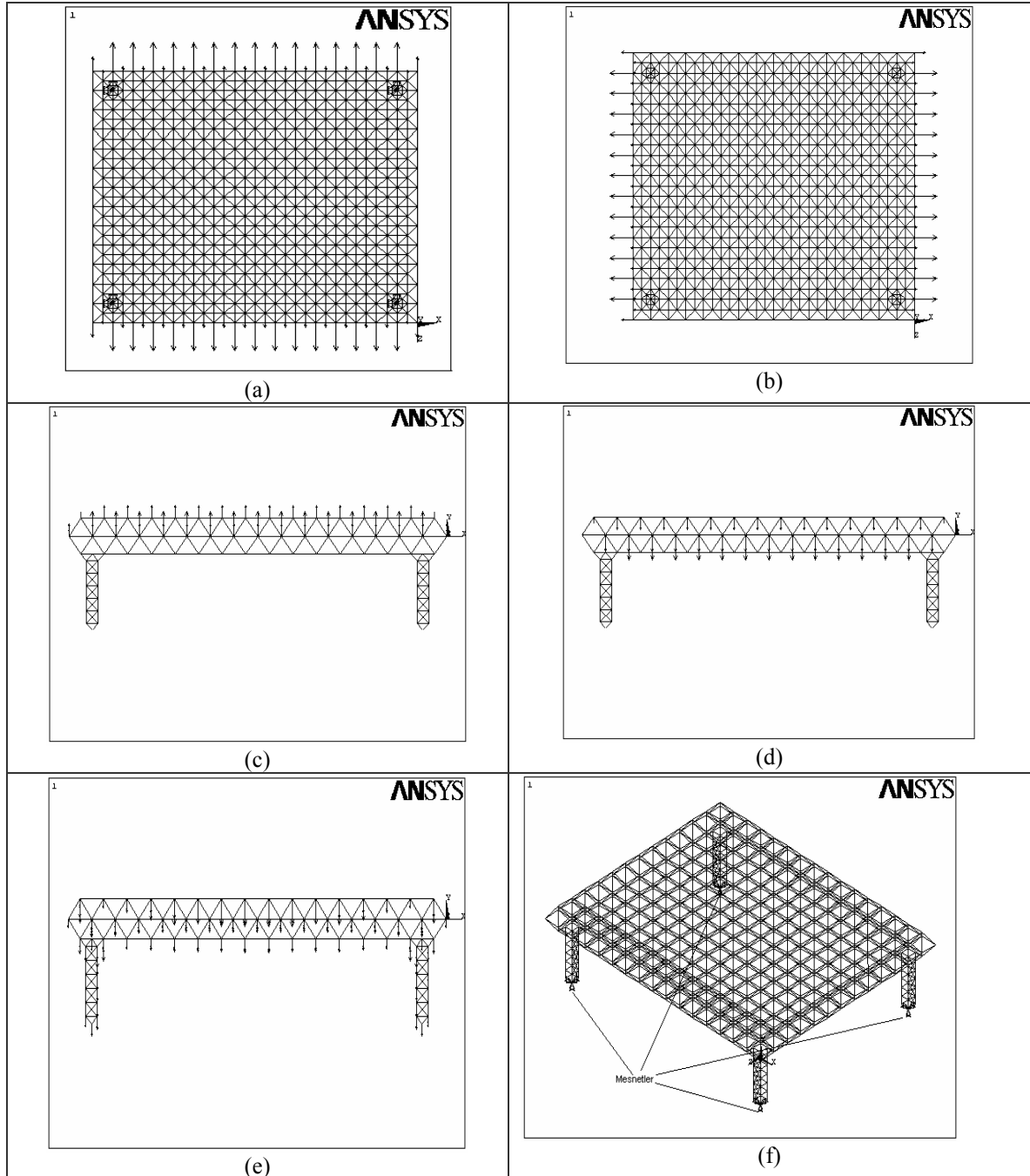
4. Adım: Sınır şartları

Sınır şartları olarak Tablo 1'de verilen yükler, uzay çatı sistemi üzerinde

uygun düğüm noktaları üzerine tatbik edilmişlerdir. Yine sınır şartları olarak uzay çatı sistemi, Şekil 5'de gösterilen düğümlerden mesnetlenmiştir.

Tablo 1. Uzay çatı sistemi üzerine etkiyen yükler

Yükleme Türü	P (kg/m ²)		
	x	y	z
Rüzgar yükü (Yatay)	±100.00	---	±100.00
Rüzgar yükü (Basınç+Emme)	---	+150.00	---
Kar yükü	---	-75.00	---
Uzay çatı sistemi zati ağırlığı	---	-45.00	---



Şekil 5. Sınır şartları (a) z yönündeki rüzgar yükü (b) x yönündeki rüzgar yükü (c) y yönündeki rüzgar yükü (d) Kar yükü (e) Sistem ağırlığı (f) Mesnetler

5. Adım: Çözüm

Sınır şartlarının tatbik edilmesinden sonra problem çözüme hazırdır. Program, denklem takımlarını sınır şartlarına göre düzenler ve eş zamanlı olarak çözer. Çözüm neticesinde yer değiştirmelerin tüm düğüm noktalarındaki değerleri hesaplanmaktadır. Düğüm noktalarındaki değerler ve enterpolasyon fonksiyonları kullanılarak, eleman içinde herhangi bir noktadaki yer değiştirme ve gerilmeler hesaplanabilmektedir.

3. Sonuçlar ve Tartışma

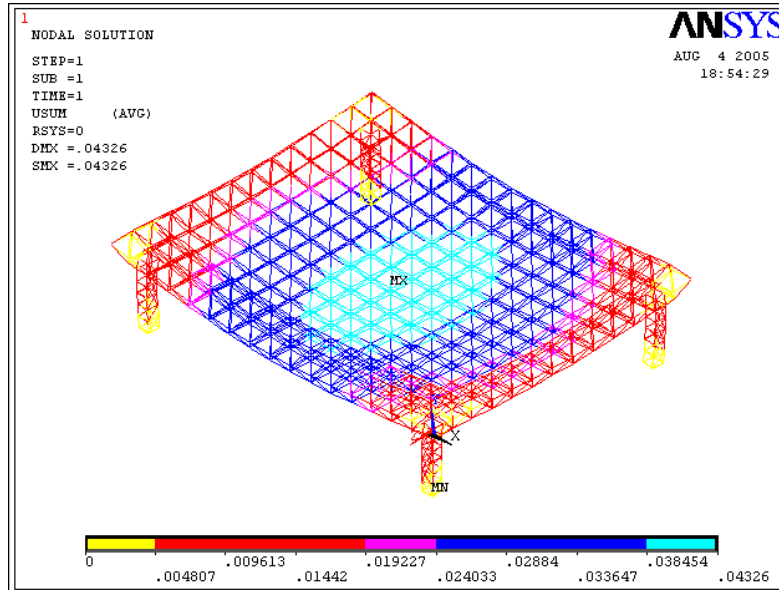
Çatı sisteminin Tablo 1’de belirtilen yükler altında statik analizi yapıldıktan sonra her bir elemana etkiyen kuvvetler ve mesnetlerdeki reaksiyon kuvvetleri belirlenmiştir.

Tablo 1’de verilen yükler etkisinde mesnetlerde meydana gelen kuvvetlerin x, y ve z bileşenleri, Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Mesnetlerde meydana gelen reaksiyon kuvvetleri

Mesnet	Düğüm No	F_x (ton)	F_y (ton)	F_z (ton)
1	67	- 1.0236	7.9888	- 0.58546
2	68	- 1.0232	7.9860	- 0.58538
3	559	1.0235	7.9849	- 0.58506
4	560	1.0232	7.9843	- 0.58513

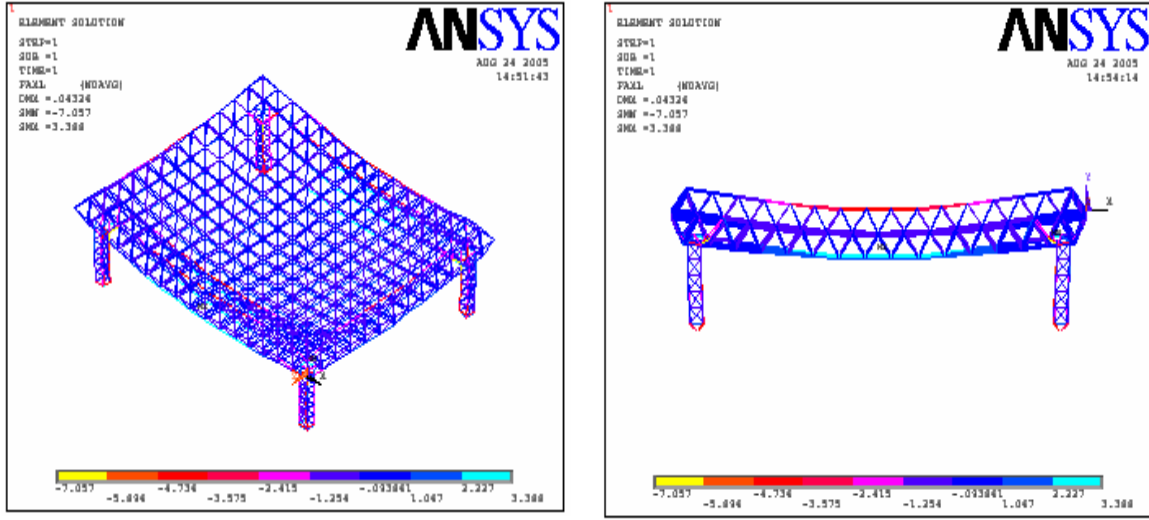
Şekil 6, uzay çatı sisteminde meydana gelen deformasyon durumunu göstermektedir. Şekilden de görüleceği üzere bu yükler etkisinde sistemde meydana gelen maksimum deformasyonlar çatı sisteminde MX ile gösterilen orta bölgelerde çökme deformasyonu şeklinde meydana gelmektedir.



Şekil 6. Uzay çatı sisteminin deformasyon durumu

Tablo 1’de verilen yükler etkisinde uzay çatı sisteminin her bir elemanına etkiyen iç kuvvetlerin kontur grafikleri, Şekil 7’de gösterilmektedir. Şekilden de görüleceği gibi,

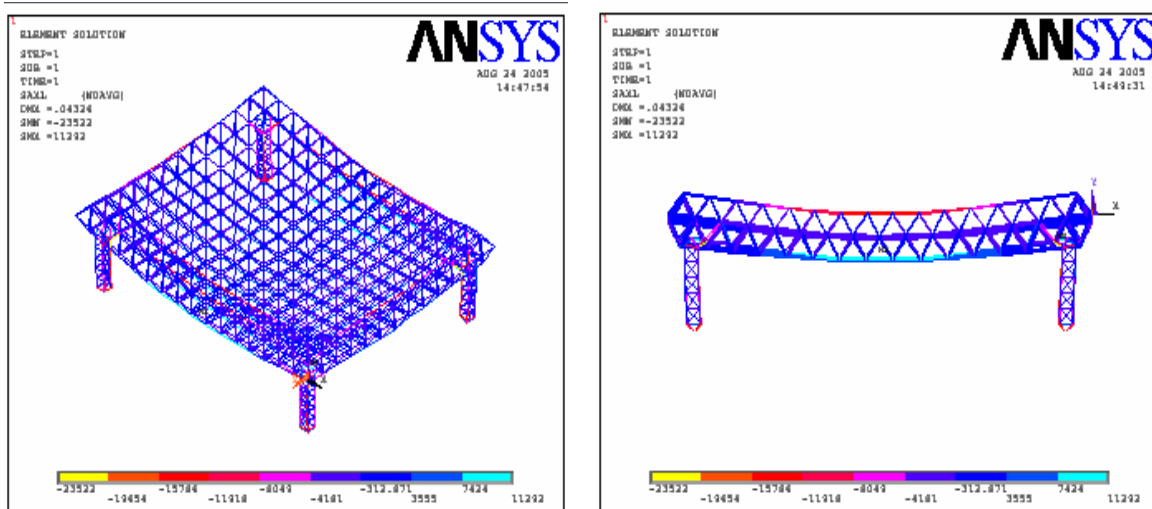
çatı sistemi üzerine etkiyen maksimum iç kuvvetler, deformasyonların maksimum olduğu yerlerde ve taşıyıcı ayaklar üzerinde oluşmaktadır.



(a) (b)
Şekil 7. Uzay çatı sisteminin elemanlarına etkiyen kuvvetler
(a) İzometrik görünüş (b) Önden görünüş
(b)

Her bir elemana etkiyen iç kuvvetler tespit edildikten sonra bu elemanların hesaplanan bu kuvvetleri emniyetli bir şekilde taşıyabilmeleri için gerekli boyutlandırma işlemi yapılmıştır.

Şekil 8, uzay çatı sistemini oluşturan elemanlar üzerinde boyutlandırma öncesi normal gerilme dağılımını göstermektedir. Gerilmeler, her bir elemanın kesit alanının 3 cm^2 olduğu kabul edilerek hesaplanmıştır. Gerilmeler, şekilden de görüldüğü gibi iç kuvvetlerin maksimum olduğu elemanlar üzerinde meydana gelmektedir.

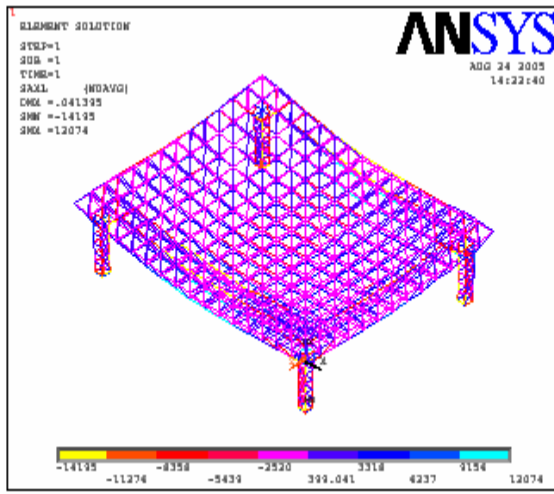


(a) (b)
Şekil 8. 3 cm^2 kesit alanı için normal gerilme dağılımı
(a) İzometrik görünüş (b) Önden görünüş

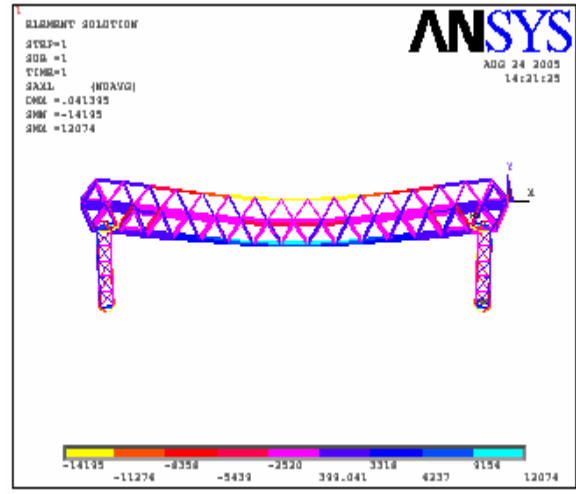
Boyutlandırma işleminde malzemelerin elastik davrandıkları kabul edilmiş ve St37 malzemesinin emniyet gerilmesi olarak 14400 ton/m² alınmıştır. Şekil 8'den de görüleceği üzere yüklemeler etkisinde uzay çatı sisteminde bazı elemanlar, malzemenin emniyet gerilmesinin üstünde bir gerilmeye maruz kalmaktadır. Uzay çatı sisteminde emniyet gerilmesinin üstünde zorlanan bu elemanlar tespit edilmiş ve kesit alanları arttırılmak suretiyle boyutlandırma işlemi yapıldıktan sonra analizler uzay çatı

sisteminin yeni boyutları üzerinde tekrarlanmıştır.

Şekil 9, nihai boyutlandırma sonrası uzay çatı sistemi üzerindeki normal gerilme dağılımını göstermektedir. Boyutlandırma işlemi sonrasında elemanlar üzerinde meydana gelen iç kuvvetlerin büyüklükleri göz önüne alınarak belirlenen elemanların kesit alanları 4.5, 5 ve 5.5 cm² seçilmek suretiyle boyutlandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 9. Nihai boyutlandırma sonrası normal gerilme dağılımı
(a) İzometrik görünüş (b) Önden görünüş

Şekil 9'dan görüleceği üzere boyutlandırma sonrası uzay çatı sistemine ait elemanların üzerinde meydana gelen gerilmeler, emniyet gerilmesinin altında

kalmakta ve uzay çatı sistemi belirtilen yüklemeler altında nihai boyutlandırma öncesine nazaran daha emniyetli bir hale gelmektedir.

4. Kaynaklar

1. Moaveni, S. (1999). Finite element analysis theory and application with ANSYS., Prentice Hall, New Jersey.
2. Dubina, D., Zaharia, R. (1997). Cold-formed steel trusses with semi-rigid joints. *Thin-Walled Structures*, **29**, 273-287.
3. Fülöp, A., Ivanyi, Mç. (2004). Experimentally analyzed stability and ductility behaviour of a space-truss roof system., *Thin-Walled Structures*, **42**, 309-320.
4. Behdinan, N. Ali, K., Fawaz, Z. (2003). Applicability and viability of a GA based finite element analysis architecture for structural design optimization., *Computers and Structures*, **81**, 2259-2271.
5. Rover, C. D., Vantomme, J., Wastiels, J., Croes, K., Cuypers, H., Taerwe, L., Blontrock, H. (2002). Modelling of an IPC-concrete modular pedestrian bridge., *Computers and Structures*, **80**, 2133-2144.