

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇİFT KATMANLI UZAY KAFES SİSTEMLERİN
STATİK VE DİNAMİK ANALİZİ**

Fatma ÜLKER

Tez Yöneticisi:
Doç. Dr. Ragıp İNCE

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2007

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇİFT KATMANLI UZAY KAFES SİSTEMLERİN STATİK VE DİNAMİK ANALİZİ

Fatma ÜLKER

Tez Yöneticisi:
Doç. Dr. Ragıp İNCE

Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu tez, 08.10.2007 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği ile başarılı olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Ragıp İNCE

Üye: Prof. Ali Sayıl ERDOĞAN (Jüri Başkanı)

Üye: Yrd. Doç. Dr. Ömer KELEŞOĞLU

Üye:

Üye:

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŐEKKÖR

Bu Yűksek Lisans tez çalıőmasının belirlenmesinde, yűrűtűlmesinde ve yorumlanmasında engin bilgi ve deneyimleri ile bana yol gűsteren, kıymetli zamanını benimle paylaőan deęerli danıőman hocam Sayın Doç. Dr. Ragıp İNCE' ye ve çalıőmalarımda bana yardımcı olan ve emeęi geçen tűm űęretim űyelerine teőekkűrű bir borç bilir, saygılarımı sunarım.

Ayrıca, eęitimim için benden desteklerini hiç esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili aileme sonsuz teőekkűr ederim.

Fatma ŬLKER

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ.....	III
TABLO LİSTESİ	IV
SİMGELER	V
KISALTMALAR	VII
ÖZET	VIII
ABSTRACT	IX
1.GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
1.2. Konuyla İlgili Yapılan Çalışmaların İncelenmesi	2
2.UZAY KAFES SİSTEMLERE GENEL BAKIŞ.....	4
2.1.Uzay Kafes Sistemlerin Kullanım Alanları	4
2.2.Uzay Kafes Sistemlerin Üstünlükleri	5
2.3.Uzay Kafes Sistemlerin Ön Boyutlandırılmasında Bazı Kriterler	7
2.3.1.Yapının Plan Geometrisi	7
2.3.2.Yapının Mesnetleri	7
2.3.3.Optimum Kafes Sistem Yüksekliği	8
2.3.4.Uzay Kafes Sistem Modül Boyutu	8
2.3.5.Uzay Kafes Sistem Modül Şekilleri	8
2.4. Uzay Kafes Sistemlerin Şekilleri	9
2.4.1. Düz Çatı	9
2.4.2. Kırık Çatı	9
2.4.3. Tonoz Çatı	9
2.4.4. Kubbe Uzay Kafes Sistem	10
2.4.5. Piramit Kafes Sistemler	11
3. UZAY KAFES SİSTEMİ OLUŞTURAN BİLEŞENLER.....	12
3.1.Düğüm Noktaları (Küre Elemanlar)	12
3.2.Çubuk Elemanlar (Borular)	12
3.3.Konikler	15
3.4.Civatalar	15
3.5.Somun ve Pimler	17
3.6.Aşıklar ve Aşık (Eğim) Dikmeleri	17
3.7.Mesnetler	18

4. UZAY KAFES SİSTEMLERİN ANALİZİ	19
4.1. Analiz Yöntemleri.....	19
4.1.1.Düğüm Noktaları Yöntemi.....	19
4.1.2.Kesim Yöntemi	20
4.1.3.Deplasman Yöntemi.....	21
4.2. Uzak Kafes Sistemlerin Projelendirilmesi	21
4.2.1. Şartname Gereği Alınması Gereken Yükler.....	22
4.2.1. Yapının Fonksiyonlarına Göre Alınması Gereken Yükler.....	22
4.3. Uzak Kafes Sistemlerin Projelendirilmesinde Özel Kurallar	22
5. SAYISAL UYGULAMALAR	27
5.1.Uzak Kafes Sistem Statik Hesap Kriterleri	28
5.2.Tek Katmanlı Malatya Merkez İlköğretim Okulu Spor Salonu	30
5.3.Çift Katmanlı Elazığ Kapalı Yüzme Havuzu Projesi	61
6. SONUÇLAR	69
KAYNAKLAR	70
ÖZGEÇMİŞ.....	71

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1	: Uzay kafes sistem
Şekil 2.2	: Uzay kafes sistemlerde üç boyutlu yük dağılımı
Şekil 2.3	: Çok büyük açıklıklı uzay kafes sistem
Şekil 2.4	: Uzay kafes sistemlerde sistem avantajları
Şekil 2.5	: Düz çatı
Şekil 2.6	: Kırık çatı
Şekil 2.7	: Tonoz çatı
Şekil 2.8	: Kubbe uzay kafes sistem
Şekil 3.1	: Uzay kafes sistemlerde düğüm noktası (küre eleman)
Şekil 3.2	: Uzay kafes çubuk uç detayı
Şekil 3.3	: Çubukta montaj numarası (100) yazılan eleman ve temas yüzeyinin artırılması
Şekil 3.4	: Konik tipleri
Şekil 3.5	: Cıvata tipleri (Dişsiz kısmında delik açılmış)
Şekil 3.6	: Düğüm noktasında aşık ve aşık dikmesi detayları
Şekil 3.7	: Tipik mesnet noktası
Şekil 4.1	: İki boyutlu kafes sistem
Şekil 4.2	: Düğüm noktaları yöntemi (Analitik Çözüm)
Şekil 4.3	: Kafes sistemde kesim yöntemi
Şekil 4.4	: Hangar Yapısında Rüzgar Basınç Etkisi
Şekil 5.1	: Tek Katmanlı Malatya İlköğretim Okulu Spor Salonu
Şekil 5.2	: Tek Katmanlı 1152 Çubuklu Uzay Kafes Sistem (SAP2000 çıktısı)
Şekil 5.3	: Tek Katmanlı 1152 Çubuklu Uzay Kafes Sistemin Üç Boyutlu Görünüşü (SAP2000 çıktısı)
Şekil 5.4	: Çift Katmanlı 8071 Çubuklu Uzay Kafes Sistem (SAP2000 çıktısı)
Şekil 5.5	: Çift Katmanlı 8071 Çubuklu Uzay Kafes Sistemin Üç Boyutlu Görünüşü (SAP2000 çıktısı)
Şekil 5.6	: Çift Katmanlı 8071 Çubuklu Uzay Kafes Sistemin X-Z Düzlemi (SAP2000 çıktısı)
Şekil 5.7	: Çift Katmanlı 8071 Çubuklu Uzay Kafes Sistemin Y-Z Düzlemi (SAP2000 çıktısı)

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1	: Çubuklarda (Borularda) Enkesit Özellikleri
Tablo 3.2	: Kullanılan civataların teknik özellikleri
Tablo 5.1	: Çelik malzeme metrajı
Tablo 5.2	: Uzay kafes sistem geometrik bilgileri
Tablo 5.3	: Uzay kafes sistem düğüm noktası yüklemeleri
Tablo 5.4	: Uzay kafes sistem düğüm noktası reaksiyon kuvvetleri
Tablo 5.5	: Bazı çubukların eksenel çubuk kuvvetleri
Tablo 5.6	: Uzay kafes sistemin bazı çubuklarında ısı yüklemesi
Tablo 5.7	: Uzay kafes sistemde bazı düğüm noktası deplasmanları

SİMGELER

$A(T_1)$	: T_1 periyot değerindeki spektral ivme katsayısı
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A, F	: Çubuk kesit alanı
D	: Boru dış çapı
$\{D\}$	: Deplasman vektörü
d_1	: Net bulon (civata) çapı
d	: Pim deliği çapı, boru iç çapı
E	: Elastisite modülü
F_1, F_2, F_3	: Çubuk kuvvetleri
$\{F\}$	: Dış yük vektörü
F_{EM}	: Civata emniyet gerilmesi
F_K	: Civata kopma gerilmesi
F_{net}	: Net civata alanı
F_s	: Emniyet katsayısı
f	: Dış adımı
f_x	: deplasman (sehim)
f_{max}	: maksimum deplasman
g	: Sabit yük
H_p	: Çatıdaki çıkıntı yüksekliği
H_s	: Kar yüksekliği
H	: Kafes sistem modül yüksekliği
I	: Kesit atalet momenti, yapı önem katsayısı
i	: Atalet yarıçapı
$[K]$	: Sistem rijitlik matrisi
P_K	: Kar yükü
P_{max}	: Çekme ve basınçta çubuk taşıma gücü, civata taşıma gücü
P_w	: Rüzgar yükü
R	: Yapı davranış katsayısı
R_a	: Deprem yükü azaltma katsayısı
$R_a(T_1)$	: T_1 periyot değerindeki deprem yükü azaltma katsayısı
S	: Yapı dinamik katsayısı

S_a	: Spektral ivme
$S(T_1)$	: T_1 periyot değerindeki elastik tasarım ivme spektrum değeri
s	: ubuk boyu
t	: Boru et kalınlığı
V	: Kesme kuvveti, rüzgar yükü
V_t	: Taban kesme kuvveti
W	: Binanın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
ΔT	: Sıcaklık değişimi
λ	: ubuk narinliği
ω	: Burkulma arpanı

KISALTMALAR

ANSYS	: ANalysis of SYStem
FRAMECAD	: Çelik yapılar analiz ve boyutlandırma programı
MEGAFORM	: Çelik uzay kafes sistem firması
NERU	: Kalıp ve uzay kafes sistemler firması
POLARKON	: Çelik uzay kafes sistem firması
PROTECHNIC	: Çelik uzay kafes sistem firması
SAP2000	: Integrated Software for Structural Analysis and Design
UZAYSAN	: Çelik uzay kafes sistem firması
UZKOM	: Çelik uzay kafes sistem firması
kom1,...,kom9	: Yükleme kombinasyonları

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇİFT KATMANLI UZAY KAFES SİSTEMLERİN STATİK VE DİNAMİK ANALİZİ

Fatma ÜLKER

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

2007, Sayfa: 71

Bu çalışmada; çift katmanlı uzay kafes sistemlerin statik ve dinamik analizi ve dizaynı amaçlanmıştır. Bu amaçla, uzay kafes sistemlerin statığı, konstrüksiyonu ve teorik özellikleri konusunda detaylı bir araştırma yapılmıştır. Uzay kafes sistem teknik şartnamesi esas alınarak, sistemi oluşturan bileşenler, elemanlar ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Yapı analizinde kullanılmakta olan SAP2000 ve FRAMECAD gibi gelişmiş paket programlar incelenmiş, uzay kafes sistemlerde uygulanabilirliği gözden geçirilmiştir. Farklı geometrik özelliklerdeki tek ve çift katmanlı uzay kafes sistemlerin SAP2000 ile çözümü yapılmıştır.

Seçilen tek ve çift katmanlı uzay kafes sistemler geometrik bakımdan büyük ve modüler yapılardır. Uzay kafes sistem teknik şartnamesine bağlı kalınması nedeniyle uygun çözümler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Uzay Kafes, Mero, Küre Eleman, Konik Eleman, Tek Katman, Çift Katman

ABSTRACT

Masters Thesis

STATIC AND DYNAMIC ANALYSIS OF DOUBLE LAYERED SPACE TRUSSES

Fatma ÜLKER

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

2007, Pages : 71

In this study, the static and dynamic analysis and design of double layered space trusses was aimed. For this aim, an extensive investigation was made about the statical, constructive and theoretical properties of space trusses. The elements of the system were explained with details according to the Technical Code of Space Trusses.

Structural analysis and design programs SAP2000 and FRAMECAD were studied for the analysis of space trusses. The analysis and solution of one and double layered space trusses of different geometric properties were performed with SAP2000.

The examples of single and double layered space trusses are geometrically huge and modular structures. Suitable solutions were found by using the Technical Code of Space Trusses.

Key Words: Space Trusses, Mero, Sphere Member, Conical Member, Single Layer, Double Layer

1. GİRİŞ

Uzay kafes sistemlerin tarihsel gelişimi, deniz kabuklusunun geometrik yapısına duyulan hayranlıkla başlamıştır. Deniz kabuklusundaki logaritmik heliks tarzında bir büyüme şekli, büyük açıklıklı yapı sistemlerine uyarlanmış; kabuklularının geometrik şekli, yapı teknolojisinde uzay kafes sistem gibi, çubuk ve düğümlerden meydana gelen bir sistemin tasarlanmasına yol açmıştır.

Uzay kafes sistemlerin birim elemanı, altı çubuk ve dört düğüm noktasından meydana gelen bir dörtyüzlüdür. Böyle bir dörtyüzlü her biri aynı düzlem içinde bulunmayan üç çubukla çok kolay bir şekilde büyütülebilmektedir. Çubukların birleşimi, montajda çeşitli kolaylıklar sağlayan düğüm noktası elemanları ile yapılmaktadırlar.

Yapı teknolojilerinde hafif, hızlı ve ekonomik çözümler arayışı *uzay kafes sistemlerin* doğmasına neden olmuştur. Uzay kafes sistemlerle, yapılarda büyük açıklıkların kolonsuz ve hafif bir konstrüksiyonla geçilmesi sağlanmakta, bu şekilde yapıların fonksiyonel olarak daha esnek ve kullanışlı olması mümkün olmaktadır. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte bu sistemlerle 100 metreye kadar olan açıklıklar geçilebilmektedir. Bu yapı sistemleriyle kare, dikdörtgen, poligon ve daire şeklindeki mekanlara uygun örtü biçimleri oluşturulabilmektedir.

Uzay kafes sistemlerin son yıllarda mimarlık ve mühendislik dünyasında oldukça sık uygulandığı görülmüştür. Sistemi oluşturan çubuklar tek bir düzlemde bulunmadığından, ayrıca birbirini kesen birden fazla düzlemden dolayı üçüncü boyutun oluşmasından ve bir kafes sistem meydana geldiğinden, bu tür sistemler *uzay kafes sistemler* olarak adlandırılmaktadır.

Uzay kafes sistemler son yıllarda endüstri yapıları, alışveriş merkezleri, okul binaları, hangarlar, yüzme havuzları, sergi sarayları gibi geniş açıklıkları bulunan hacimleri örtmek için kullanılmıştır. Statik ve dinamik açıdan uygun çözümler getirildiği takdirde uzay kafes sistemlerle, daha az çelik malzeme gerekmektedir. Bu da ekonomik açıdan oldukça iyi bir çözümdür. Ayrıca sistemi oluşturan parçalar fabrikasyon olduğundan, birçok kez sökülüp takılması, onarım ve montaj işinin kolay olması, uzay kafes sistemlerin bir başka olumlu özelliğidir.

Boru ve küre elemanlardan oluşan uzay kafes taşıyıcı sistemler tek katlı ve iki katlı (çift katmanlı) yapılabilir. Statik yönden uzay kafes sistemler yüksek mertebeden hiperstatik olduğundan dolayı, sistem içerisinde yük dağılımı sürekli olmakta ve bu bir avantaj sağlamaktadır.

Gerek ülkemizde gerekse yurt dışında çöken, yıkılan uzay kafes sistemlerde önemli dizayn hatası görülmüştür. Özellikle Gençlik ve Spor Genel Müdürlüğü bu tür uzay kafes sistemler üzerinde ciddi olarak durmakta, projeleri yeniden gözden geçirmekte, kış sezonunda

kar yüklemesine karşı önlemler almaktadır. Uygulanan uzay kafes sistemler ise, projelendirilirken genellikle çift katmanlı olarak dizayn edilmektedir.

Yapılan araştırmada çift katmanlı uzay kafes sistemlerin hesap ve dizaynı konusunda değişik uygulamalar görülmüştür. Gençlik ve Spor Genel Müdürlüğü'nün incelenen projelerinde genel olarak, SAP2000 ve FRAMECAD gibi inşaat mühendisliği bilgisayar programlarından yararlanılmıştır.

Statik yararları açısından, bu sistemler diğer birçok taşıyıcı sistemlere oranla çok daha hafiftirler. Sabit yüklerin azlığı sadece çatıda değil, alt sistem öğeleri ile temellerde kendini göstermekte, buna bağlı olarak *maliyet önemli ölçüde azalmaktadır*. Uzay kafes sistemler, günümüzde Türkiye' de büyük açıklıklı sanayi yapılarının örtülmeleri konusunda oldukça fazla uygulama alanı bulmaktadır.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada, statik ve dinamik yükler altında çift katmanlı uzay kafes sistemlerin analizi ve dizaynı konusunda araştırma ve inceleme yapılacak, son deprem yönetmeliğindeki hesap esaslarının bu tür sistemlere uygulanabilirliği, nasıl uygulandığı araştırılacaktır.

Çalışmada aşağıdaki adımlar takip edilmiştir.

- a) Uzay kafes sistemlerin statiği, konstrüksiyonu, teorik alt yapısı konusunda detaylı bir araştırma yapılmıştır. Uzay kafes sistem teknik şartnamesi esas alınarak, sistemi oluşturan bileşenler, elemanlar ayrıntılı olarak açıklanmıştır.
- b) İkinci aşamada, yapı analizinde kullanılmakta olan SAP2000 ve FRAMECAD gibi gelişmiş paket programlar incelenmiş, uzay kafes sistemlerde uygulanabilirliği gözden geçirilmiştir.
- c) Yükseklik ve geçilen açıklık bakımından tek ve çift katmanlı uzay kafes sistemlerin SAP2000 ile çözümü yapılmıştır.

1.2. Konuyla İlgili Yapılan Çalışmaların İncelenmesi

Günümüzde çift katmanlı uzay kafes sistemlerin analizi ve boyutlandırılması gelişme ve değişme süreci içindedir. Uzay kafes sistemler, XX. yüzyılın başlarında geliştirilmiştir. Gerek tek katmanlı gerekse çift katmanlı uzay kafes sistemlerle ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda uzay kafes sistemlerin elastik analizi, elasto-plastik analizi, statik ve dinamik yükler altında optimizasyonu, uzay kafes sistemin en uygun şeklinin elde edilmesi (şekil optimizasyonu) gibi çok sayıda araştırmaya rastlamak mümkündür. [1-7]

Dr. Max Mengerinhausen (1903-1988), uzay kafes sistemleri geliştirmiş ve 1940'lı yıllarda yapılar da kullanmıştır. Mengerinhausen'in geliştirdiği uzay kafes sistem ile ilk yapılar 1942 yılında yapılmıştır. Uzay kafes sistemler kısa zamanda büyük programlar içinde endüstriyel şekilde üretilen sistemler olmuşlardır. Bu şekilde, mimaride berraklık, güzellik ve işlevselliğin en güzel örneğini uzay kafes sistemlerini geliştirerek ortaya koymuştur.

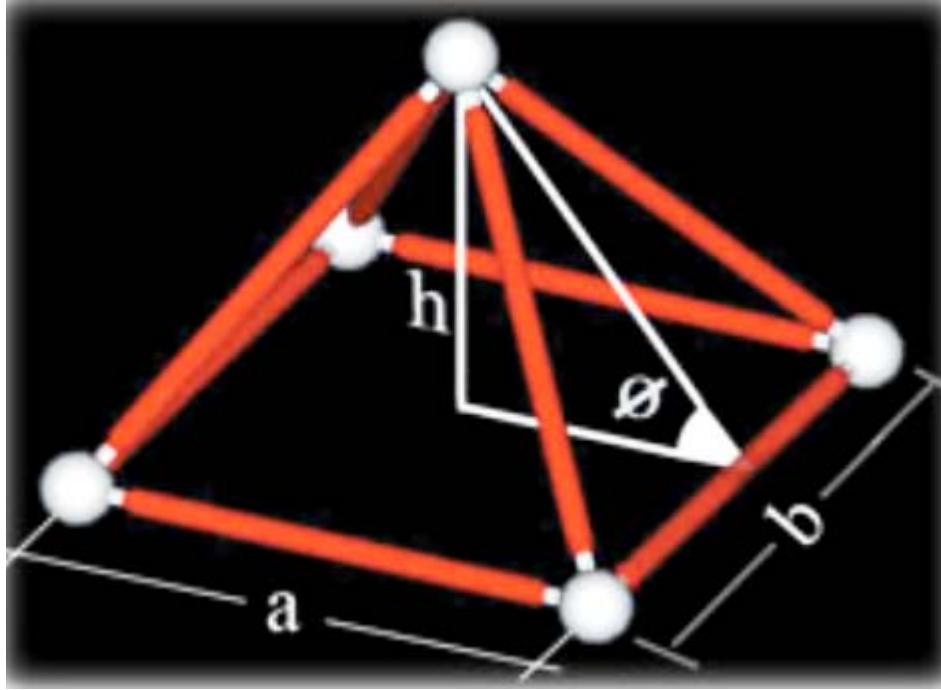
Makowski[8], yapı mühendisliği ve mimari açıdan, büyük açıklıkların geçilmesinde değişik geometrik şekilli uzay kafes sistemlerin analizini ve tüm avantajlarını vermiştir.

Orbay, A. ve Savaşır, K.[9], tonoz biçimli tek eğrilikli çift katlı uzay kafes sistemlerin çeşitli kriterler açısından etkinliğinin karşılaştırılmasına yönelik bir araştırma yapmışlardır. Çalışmada tonoz biçimindeki sistemlere eğriliğini veren yayı çember, parabol ve yarım elips geometrisinde alınmış ve bu formlar etkinliklerini belirleyen faktörler açısından incelenmiştir. Sonuç olarak en uygun form ve çözüm ortaya çıkarılmıştır.

Sungur[10], uzay kafes sistemlerin teorik alt yapısını, gelişimini, yapım sistemlerini ayrıntılı olarak açıklamış ve taşıyıcı sistemler için yaklaşık açıklık sınırlarını vermiştir.

2. UZAY KAFES SİSTEMLERE GENEL BAKIŞ

Uzay kafes sistemler eksenel basınç ve çekme kuvveti taşıyan çubukların üç boyutlu olarak düğüm noktalarında birleştirilmesiyle elde edilen hiperstatik yapı sistemleridir. Her düğüm noktasında üç boyut doğrultusundan gelen çubuklar birleşmektedir. Dolayısıyla üç boyut kavramından dolayı oluşan sistem, uzay kafes sistem olarak adlandırılmaktadır. (Şekil 2.1)



Şekil 2.1 Uzay Kafes Sistem

Tüm dünyada ve ülkemizde uzun yıllardan beri kullanılmakta olan bu sistemler, çok farklı fonksiyonları sağlayabilen, mimari ve konstrüktif açıdan oldukça mükemmel, prefabrik özellikte modüler yapı sistemleridir.

2.1. Uzay Kafes Sistemlerinin Kullanım Alanları

Uzay kafes sistemler birçok yerde çok değişik amaçlarla yaygın olarak kullanılırlar. Kolonsuz bir şekilde geniş bir alanı örtebilen bu sistemler, bir sanayi yapısında üretim için büyük bir yerleşim alanı sağlamaktadır. Yine bir sergi sarayında kullanıldığında, mekan içinde sınırsız bir alan sağlayarak firma için önemli bir prestij sunmaktadır. Uzay kafes sistemlerin modüler olması nedeniyle, sergi ve fuar yapıları gibi kısa süreli bir işlev yerine getirildikten sonra, sökülüp başka bir alanda tekrar kullanılmaktadır. Spor salonları, geniş açıklığa gereksinim duyulan alanlardır. Bu salonlarda seyirci ile spor alanı arasında görüntünün

engellenmemesi için düşey taşıyıcı yerleştirilemez. Bu açıdan spor tesislerinin büyük açıklıklı yapılar olması zorunluluğu ortaya çıkar, dolayısıyla böyle bir sistem için uzay kafes sistem kullanılmaktadır. Eğlence merkezleri, mağazalar ve alışveriş merkezleri günümüzde bir arada tasarlanarak cazibe merkezleri haline getirilmektedir. Bu merkezler için de yine uzay kafes sistemler uygun çözüm olmaktadır.

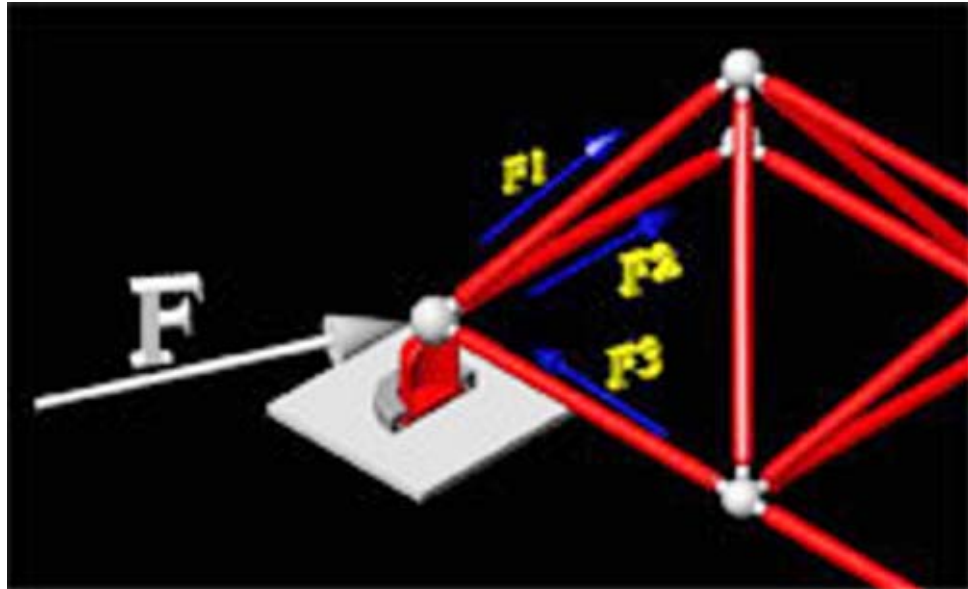
Uzay kafes sistemlerin kullanım yerleriyle ilgili verilen bu bilgilerden sonra, aşağıda bunlardan en yaygın yapı türleri özet halinde sunulmuştur:

- Spor tesisleri (kapalı yüzme havuzları, spor salonları ve bu salonların tribünleri),
- Sanayi tesisleri (fabrika, depo binaları, uçak hangarları),
- Konferans ve toplantı salonları, opera binaları,
- Çok amaçlı salonlar,
- Sergi ve fuar yapıları, mağazalar, alışveriş merkezleri, giriş sundurmaları,
- Stadyumlar,
- Benzin istasyonu kanopileri,
- Üst geçitler.

2.2. Uzay Kafes Sistemlerinin Üstünlükleri

Uzay kafes sistemlerin yapı mühendisliğine sunduğu bazı avantajlar aşağıda özet halinde açıklanmıştır:

- Uzay kafes sistem yapılar hiperstatik ve her doğrultuda rijit bir yapı olduğu için, üç boyuttan gelecek yüklere tam olarak dayanım göstermektedir. (Şekil 2.2)



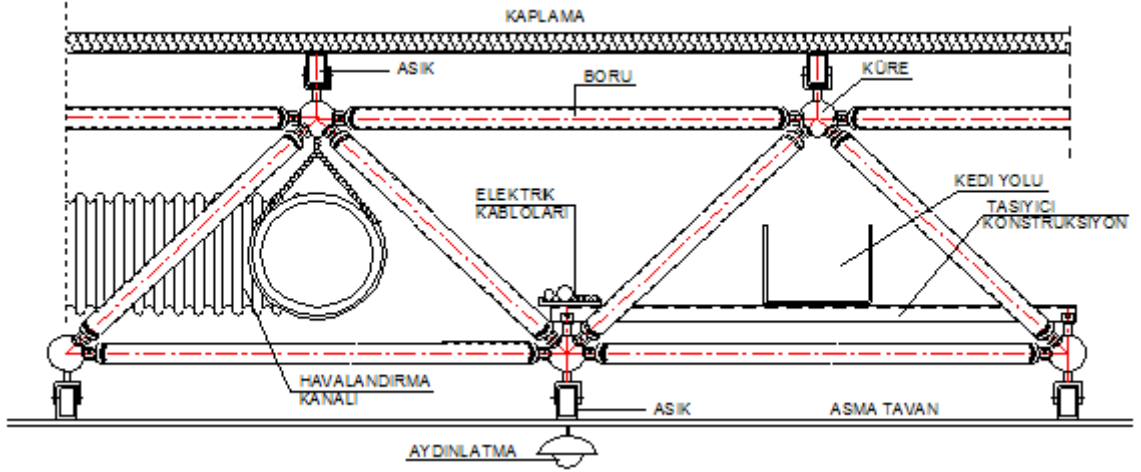
Şekil 2.2 Uzay Kafes Sistemlerde Üç Boyutlu Yük Dağılımı

- Prefabrik standart elemanlardan oluştuğu için, tasarım, imalat ve montaj sureleri çok kısa ve suratlıdır. Bu da müteahhide ve yatırımcıya önemli bir avantaj sağlamaktadır.
- Uzay kafes sistemlerle 100 m.'ye varan açıklıkları çok kolay bir şekilde geçmek mümkün olduğundan, bu sistemler büyük açıklıkların geçilmesinde tek çözüm olmaktadır. (şekil 2.3)



şekil 2.3 çok Büyük Açıklıklı Uzay Kafes Sistem

- Yapının şekline ve geometrisine göre mimarlar tarafından çok değişik yapı sistemleri alternatif olarak sunulmaktadır.
- Geometrik olarak kare, üçgen, altıgen tabanlı uzay kafes sistemlerin yanında, tonoz, kubbe, piramit gibi alternatif yapı türleri de uzay kafes sistemlerde tercih edilerek inşaat mühendislerine ve mimarlara büyük bir çalışma alanı sağlamaktadır.
- Çeşitli geometrilerdeki alan ve hacimlerin kapatılmasında uygun çözümler yaratmakta, yapıya estetik unsurlar katmaktadır.
- Uzay kafes sistemlerin diğer bir özelliği de betonarme ve klasik çatı makası sistemlerine göre daha hafif olmasıdır.
- Uzay kafes sistemlerin dekoratif görüntüsünden dolayı, genel olarak asma tavanla kapatılması gerekmez, böylece yapının genel maliyeti azaltılmış olur.
- Elektrik, ısıtma ve havalandırma sistemleri için ayrıca bir taşıyıcı sistem gerektirmezler. (şekil 2.4)



Şekil 2.4 Uzak Kafes Sistemlerde Sistem Avantajları

- Kaplama sisteminde birçok seçenek bulunduğundan, aydınlatma yapılarında şeffaf kaplamalarla kullanılmaya çok elverişli sistemlerdir.
- Yapının daha sonra sökülüp başka bir uzay kafes sistem olarak yeniden teşkil edilmesi mümkündür.

2.3. Uzak Kafes Sistemlerin Ön Boyutlandırılmasında Bazı Kriterler

Uzak kafes sistemlerin yapısal özelliğinden kaynaklanan geniş bir esneklik bulunmaktadır. Ancak optimum çözümler elde edebilmek açısından aşağıdaki bazı kriterlerin göz önüne alınması yararlı olacaktır:

2.3.1. Yapının Plan Geometrisi

Kenar uzunluklar kare teşkil edilecek şekilde geometrik formlarda seçilirse, Uzak Kafes Sistemlerde daha ekonomik sonuçlara ulaşılabilecektir. Bu bakımdan, uzak kafes sistemlerde kare ya da kareye yakın geometrik formlar tercih edilmelidir.

2.3.2. Yapının Mesnetleri

Uzak kafes sistemlerde mesnetler simetrik olarak düzenlenmelidir. Simetrik mesnet düzenlenmesi ve çatı kenarlarında bir miktar konsol bırakılması halinde yüklerin temellere aktarılması en uygun şekilde sağlanır ve çubuk boyutları ekonomik olarak elde edilir. Uzak kafes sistemin, ana sistemin müsaade ettiği ölçülerde, dört kenarından ve 2 ya da 3 modüle bir mesnetlenmesi sağlanmalıdır. Bu şekilde en uygun mesnetlenme sağlanmış olur.

2.3.3. Optimum Kafes Sistem Yüksekliği

Kafes sistem yüksekliği bir çok parametreye bağlıdır. Ancak, çatının plandaki boyutları ve kafes sistemin mesnetlenme durumlarına göre aşağıdaki değerler önerilmektedir:

- Sadece iki kenarda mesnetleri olan çatılarda mesnetler arası açıklığın yaklaşık **1/12**'si.
- Dört kenardan mesnetlenmiş çatılarda kısa yöndeki açıklığın yaklaşık **1/18**'i.

Ayrıca kafes giriş yüksekliği, seçilen modül boyuyla da ilgilidir. Yükseklik, modülün yarısından az, kendisinden fazla olmamalıdır. Bu sınırlama, çubukların birbirleriyle eşit ve uygun açılar yapmaları açısından oldukça önemlidir ve en uygun yükseklik;

$$\frac{\text{modül boyu}}{2} \leq h \leq \text{modül boyu} \quad (2.1)$$

olarak yazılabilir.

2.3.4. Uzak Kafes Sistem Modül Boyutu

Uzak kafes sistemlerde modül boyutunun, geniş alanların kapatılmasında 2 ila 3.5 m. arasında seçilmesi uygun bir çözüm olmaktadır. Çubuk ve küre sayısı modül boyutunun bir fonksiyonudur. Modül boyu küçük seçilirse, çubuk ve küre sayısı doğal olarak artacak, bu da yapının maliyetini artıracaktır. Yapılan araştırmada en uygun ekonomik çözümlerin, 3 m. civarında modüller seçilerek elde edildiği görülmüştür.

Bir uzak kafes sistemde büyük modüller seçilirse, görüntü açısından seyrek çubuklu bir sistem görüntüsü ortaya çıkacaktır. Bir kafes sistem görünüm ve estetik amaçlı olarak dizayn edilecekse, modüllerin daha küçük seçilmesi önerilmektedir.

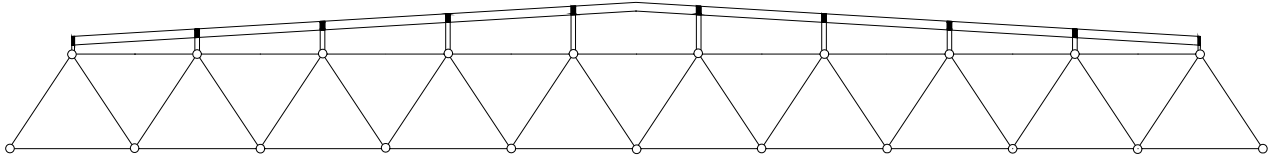
2.3.5. Uzak Kafes Sistem Modül Şekilleri

Uzak kafes sistemlerde geometrik şekil olarak en çok kare modül kullanılır. Dikdörtgen, üçgen ve beşgen modüller de uzak kafes sistemlerde kullanılabilirler.

2.4. Uzak Kafes Sistemlerin Şekilleri

2.4.1. Düz Çatı

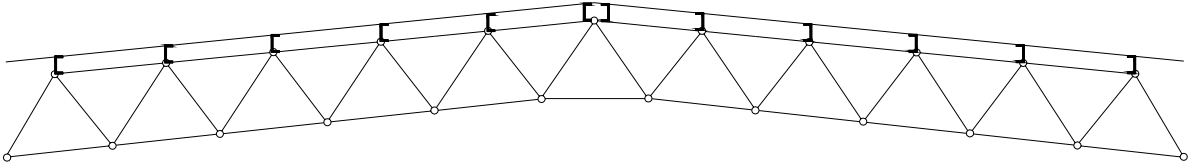
İki doğrultuda kesiti yatay olan uzak kafes sistemdir. Eğer kafes sistemde kaplama malzemesi eğimli kaplanacaksa, değişken boylardaki eğim dikmeleri düğüm noktalarına yerleştirilir ve bu dikmeler üzerine de aşıklar oturtularak çözüm sağlanır.



Şekil 2.5 Düz Çatı

2.4.2. Kırık Çatı

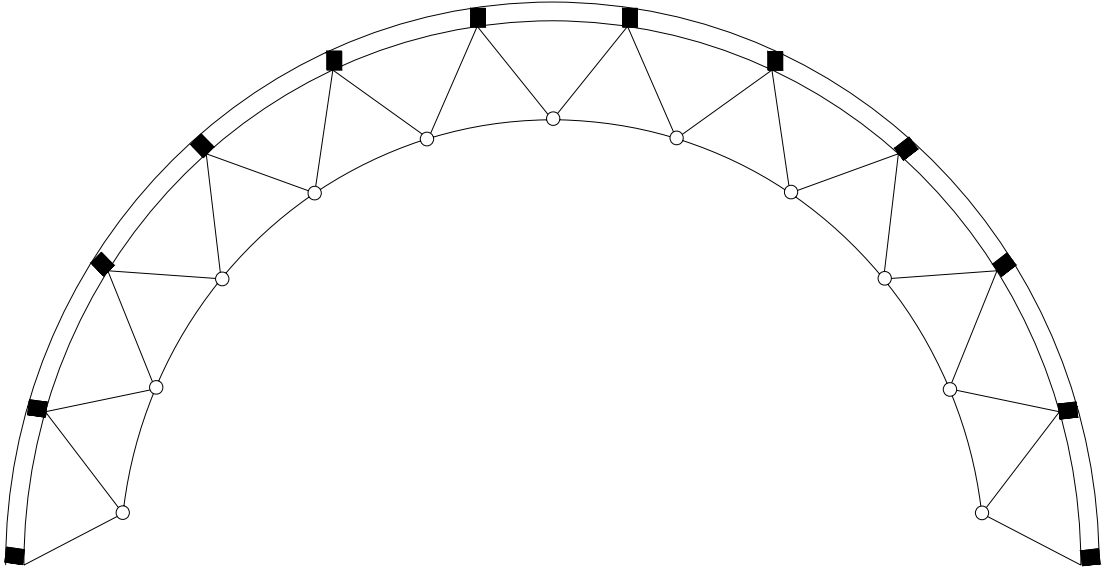
Bir doğrultuda kesiti kırık olan çatı sistemleridir. Çatı eğimi, uzak kafes sisteme verilen eğimle sağlanır. Kaplama malzemesi ya doğrudan uzak kafes üst başlık çubuklarına ya da eğim dikmesiz olarak aşıklara oturur. (Şekil 2.6)



Şekil 2.6 Kırık Çatı

2.4.3. Tonoz Çatı

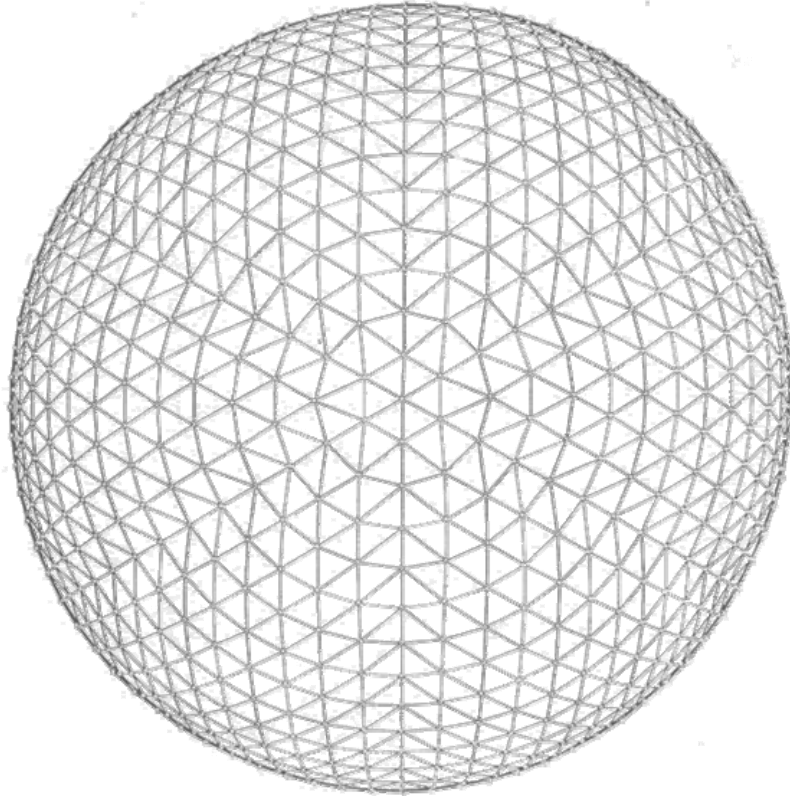
Kesiti yarım daire ya da daire parçası şeklinde olan kafes sistemlerdir. Kaplama malzemesi kırık çatılarda olduğu gibi yapıya monte edilir. (Şekil 2.7)



Şekil 2.7 Tonoz Çatı

2.4.4. Kubbe Uzay Kafes Sistem

Kubbe sistemler, yarım küre ya da küre parçası şeklinde olan yapılardır. Kürenin geometrik yapısından dolayı tek katmanlı kubbe yapı teşkil edilir. (Şekil 2.8)



Şekil 2.8 Kubbe Uzay Kafes Kafes Sistem

2.4.5. Piramit Kafes Sistemler

Uzay kafes, planda her iki doğrultuda kırık olan piramit şeklinde bir sistemdir.

Yukarıda verilen kafes sistemlerin çeşitli birleşimleri kullanılarak, ana yapının geometrik şekline uygun olan uzay kafes sistem şekilleri türetmek mümkündür.

3. UZAY KAFES SİSTEMİ OLUŞTURAN BİLEŞENLER

Uzay kafes sistemi oluşturan ana bileşenler düğüm noktaları (küre elemanlar) ve çelik çubuklar (boru elemanlar)'dır. Bu bileşenlerden başka konik, cıvata, somun, pim, aşık ve aşık dikmesi gibi yardımcı parçalar da kullanılmaktadır.

3.1. Düğüm Noktaları (Küre Elemanlar)

Uzay kafes Sistemin ana bağlantı elemanlarından biri olan çelik küreler DIN 17200 normuna uygun C1040 kalitesindeki çelik malzemeden, küre formunda ve sıcak dövme tekniği ile dolu gövdeli olarak üretilir. Kürelere projenin gerektirdiği kadar cıvata deliği açılır ve dış çekilir. (Şekil 3.1) Çubuk uçlarındaki cıvataların kürelerde açılan deliklere bağlanmasıyla uzay kafes sistem tamamlanmış olur.

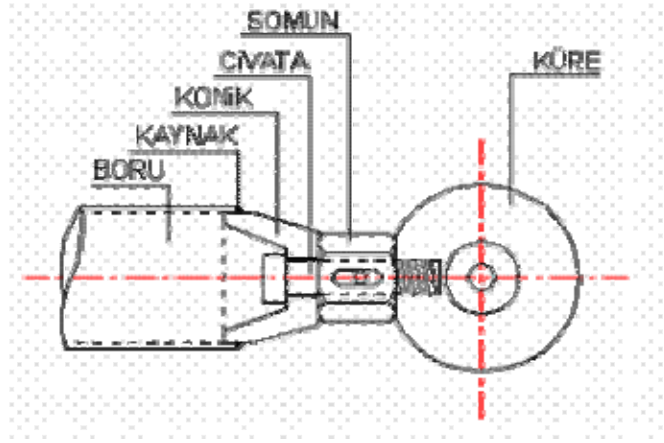
Uzay kafes sistemler teşkil edilirken projelerde statik ve geometrik ihtiyaçlara göre 60, 75, 90, 110, 130, 160, 190 mm çapında küreler kullanılırlar. Bir küre üzerine en fazla 18 adet delik açılabilir. Küre delikleri çubukların montajından başka, servis yüklerinin uygulanması ve aşıkların montajı için de kullanılabilir.



Şekil 3.1 Uzay Kafes Sistemlerde Düğüm Noktası (Küre Eleman)

3.2. Çubuk Elemanlar (Borular)

Uzay kafes sistemlerin ana bileşeni olan çubuklar, her iki ucuna konik elemanların gazaltı kaynak kullanılarak birleştirildiği borulardan oluşurlar. (Şekil 3.2) Kullanım yüklerine göre çelik malzeme St37 veya St52 özelliklerinde olabilirler. Çekme ve basınç kuvvetleri, konik elemanlarla düğüm noktalarına aktarılır. Ayrıca birleşimde kullanılacak malzeme kalitesi en az boru kalitesinde olmalıdır.



Şekil 3.2 Uzay Kafes Çubuk Uç Detayı

Uzay kafes sistem boruları, TS 301/3 ve DIN2440 normuna uygun olarak üretilirler. En çok kullanılan boruların çapları, et kalınlıkları ve kesit alanları Tablo 3.1 de verilmiştir. Projeye göre, borular 1" ile 10" arasında, çeşitli çap ve et kalınlıklarından meydana gelebilir.

Tablo 3.1 Çubuklarda (Borularda) Enkesit Özellikleri

Anma Çapı (inc)	Dış Çap (mm)	Et Kalınlığı (mm)	Kesit Alanı (cm ²)
¾"	26.9 mm	2.65 mm	2.02 cm ²
1"	33.7 mm	3.25 mm	3.11 cm ²
1 ¼"	42.4 mm	3.25 mm	4.00 cm ²
1 ½"	48.3 mm	3.25 mm	4.60 cm ²
2"	60.3 mm	3.65 mm	6.50 cm ²
2 ½"	76.1 mm	3.65 mm	8.31 cm ²
3"	88.9 mm	4.05 mm	10.80 cm ²
4"	114.3 mm	4.50 mm	15.52 cm ²
4"	114.3 mm	5.40 mm	18.47 cm ²
5"	139.7 mm	4.85 mm	20.55 cm ²
5"	139.7 mm	5.40 mm	22.78 cm ²
6"	165.1 mm	4.85 mm	24.42 cm ²
6"	165.1 mm	5.40 mm	27.09 cm ²

Projesine göre üretilen çubukların üzerine üzerinde montaj numarası yazılır ve buna göre uzay kafes sistemin montajı tamamlanır. Küreler ile konikler arasındaki temas yüzeyini arttırmak için deliklerin üstünde yüzey düzeltmesi yapılmaktadır. (Şekil 3.3)



Şekil 3.3 Çubukta Montaj Numarası (100) Yazılan Eleman ve Temas Yüzeyinin Artırılması

Çubuklarda bazı kesit özellikleri aşağıdaki gibi verilmektedir:

Boru dış çapı:	D
Et kalınlığı:	t
Boru iç çapı:	$d = D - 2t$
Kesit alanı:	$F = \pi*(D^2 - d^2) / 4$
Atalet momenti:	$I = \pi*(D^4 - d^4) / 64$
Atalet yarıçapı:	$i = \sqrt{\frac{I}{F}}$

3.3. Konikler

Yukarıda Şekil 3.2 de verilen kesitteki konik parçaların malzemesi boru malzemesiyle aynı kalitede olup, kaynak kabul etme özelliği yüksektir. Bu konik parçalar içi dolu silindirik malzeme olup, CNC tezgâhlarında, boru ve küre bağlantısını sağlamak için kullanılacak civataya uygun şekilde diş açılır ve çubukların her iki ucuna gazaltı kaynak yöntemi kullanılarak tespit edilirler. Konikler üzerindeki diş çapı ve diş boyu çubuk kuvvetine göre hesaplanmaktadır. Aşağıda Şekil 3.4 te çeşitli konik tipleri verilmiştir.



Şekil 3.4 Konik Tipleri

3.4. Civatalar

Civatalar, konik elemanlar içinde döneabilen ve çekme kuvvetlerini karşılayan birleşim aracıdır. Bu elemanların dişsiz kısmında delik açılmış olup dişli kısmıyla da küreye bağlantı yapılmaktadır. (Şekil 3.5) Titreşimden etkilenmemesi için dişlerin sık olması gerekmektedir.

Civatalarda, imalatı yapan ve ayrıca kalitesini bildiren yazı veya işaretler bulunur. Tamamen mukavemet hesap sonuçlarına uygun kalitede ve boyutlarda seçilirler. Yapılan hesaplara göre 8.8 veya 10.9 kalitesinde uygun civatalar kullanılmaktadır. Kullanılan civataların teknik özellikleri aşağıda Tablo 3.2 de verilmiştir.



Şekil 3.5 Civata Tipleri (Dişsiz kısmında delik açılmış)

Tablo 3.2 Kullanılan Civataların Teknik Özellikleri

Civata Çapı (mm)	Civata Kalitesi	Civata Uzama Gerilmesi	Çekme Dayanımı
M12	8.8	64 kg / mm ²	80 kg / mm ²
M12	10.9	90 kg / mm ²	100 kg / mm ²
M16	8.8	64 kg / mm ²	80 kg / mm ²
M16	10.9	90 kg / mm ²	100 kg / mm ²
M20	8.8	64 kg / mm ²	80 kg / mm ²
M20	10.9	90 kg / mm ²	100 kg / mm ²
M27	8.8	64 kg / mm ²	80 kg / mm ²
M27	10.9	90 kg / mm ²	100 kg / mm ²
M30	8.8	64 kg / mm ²	80 kg / mm ²
M30	10.9	90 kg / mm ²	100 kg / mm ²
M34	8.8	64 kg / mm ²	80 kg / mm ²
M34	10.9	90 kg / mm ²	100 kg / mm ²
M42	8.8	64 kg / mm ²	80 kg / mm ²
M42	10.9	90 kg / mm ²	100 kg / mm ²
M48	8.8	64 kg / mm ²	80 kg / mm ²
M48	10.9	90 kg / mm ²	100 kg / mm ²

Birinci rakam 10 ile çarpılınca, çıkan değer malzemenin çekme dayanımını verir.

$$8.8 \text{ için } 8 \times 10 = 80 \text{ kg / mm}^2$$

$$10.9\text{'da } 10 \times 10 = 100 \text{ kg / mm}^2$$

İkinci rakam (8.8'in ikinci 8'i) 8 = 0.8'dir. Yani ikinci rakam yukarıda bulunan çekme dayanımı ile çarpılarak çeliğin *Akma Gerilmesi* bulunur.

$$80 \times 0.8 = 64 \text{ kg / mm}^2$$

$$100 \times 0.9 = 90 \text{ kg / mm}^2$$

3.5. Somun ve Pimler

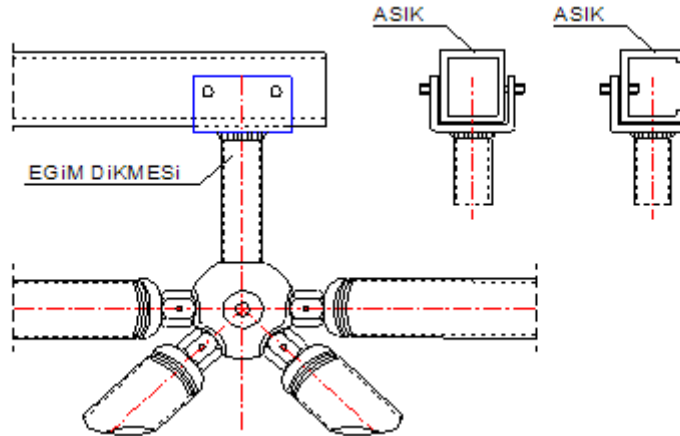
Somunlar uzay kafes sistemde, hem çubuklarla birlikte aksel basınç kuvvetine karşı çalışan, hem de montaj esnasında anahtar kullanılarak civatanın küreye sıkılmasını sağlayan parçalardır. (Şekil 3.2) Malzeme kalitesi en az St37'dir. Statik sistemde oluşan basınç kuvvetlerine göre somunların çap ve et kalınlıkları değişir ve özel olarak imal edilirler. Hesaplanan kuvvetin büyüklüğüne göre malzeme kalitesi de artabilir.

Pimler, civatalarda ve somunlarda bulunan deliklere takılarak civataların dönmesini sağlayan parçalardır. Pimlerin kuvvet taşıyıcı hiçbir özelliği yoktur.

3.6. Aşıklar ve Aşık (Eğim) Dikmeleri

Çatı ve cephe kaplamaları ve derelerin uzay kafes sisteme bağlantısını sağlayan aşıklar, genellikle dikdörtgen kutu kesitli profillerden oluşur. Bazen I, Z ve U profilleri de kullanılabilir. Aşıklar uzay kafes sistemin üzerine eğim dikmeleriyle gerekli yükseklikte bağlanırlar. (Şekil 3.6) Malzemesi St37 olan aşıklara, çubuklara (borulara) uygulanan temizlik, boya ve galvaniz işlemleri uygulanır.

Aşık dikmeleri, uzay kafes sistemde çatı eğimini oluşturmak için üst başlık kürelerine bağlanan yükseltme parçaları (eğim dikmeleri) dır. Dikmeler, eğim yüksekliğine, bağlandığı küre çapına göre farklı boylarda olur. Çatı eğimi sistem tarafından oluşturuluyorsa, aşık dikmelerine gerek duyulmaz.



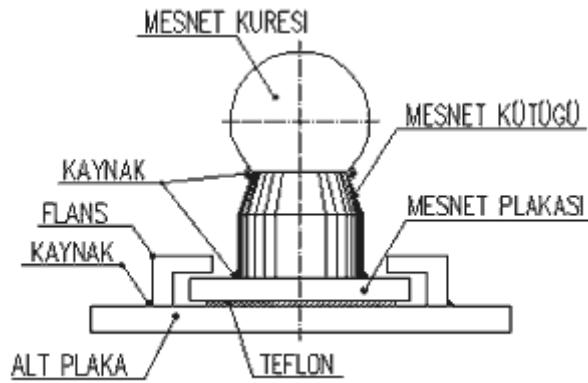
Şekil 3.6 Düğüm Noktasında Aşık ve Aşık Dikmesi Detayları

3.7. Mesnetler

Uzay kafes sistemlerde sistem stabilitesini sağlamak üzere, sabit ve kayıcı mesnetler oluşturulur. Mesnetler, ısı değişimi ve diğer nedenlerden oluşacak hareketleri minimize edecek şekilde düzenlenirler. Mesnetlerin şekil ve boyutları sistem özelliklerine göre çok çeşitli olabilmektedir.

Mesnetler, kürelerin altlarına kaynakla birleştirilen yükseltme parçalarının kaynaklandığı plakalar ve bunların içerisinde hareket edebildiği flanşlardan oluşurlar. (Şekil 3.7) Statik sistem çözümüne göre sabit, bir yöne kayıcı veya iki yöne kayıcı olarak göz önüne alınan mesnetlerde, kayıcılıklarını sağlamak için sürtünme katsayısı çok düşük teflon malzemeden plakalar kullanılır.

Mesnet elemanları, uzay kafes sistemin en önemli bağlantı noktasıdır. Bu mesnet noktasının en iyi şekilde yerleştirilmesi ve hesaplanması yapı güvenliği açısından son derece önemlidir.



Şekil 3.7 Tipik Mesnet Noktası

4. UZAY KAFES SİSTEMLERİN ANALİZİ

4.1. Analiz Yöntemleri

Uzay kafes sistemlerin analizinde amaç, boyutlandırma için gerekli sayısal verilerin hesaplanmasıdır. Gereken sayısal veriler genel olarak;

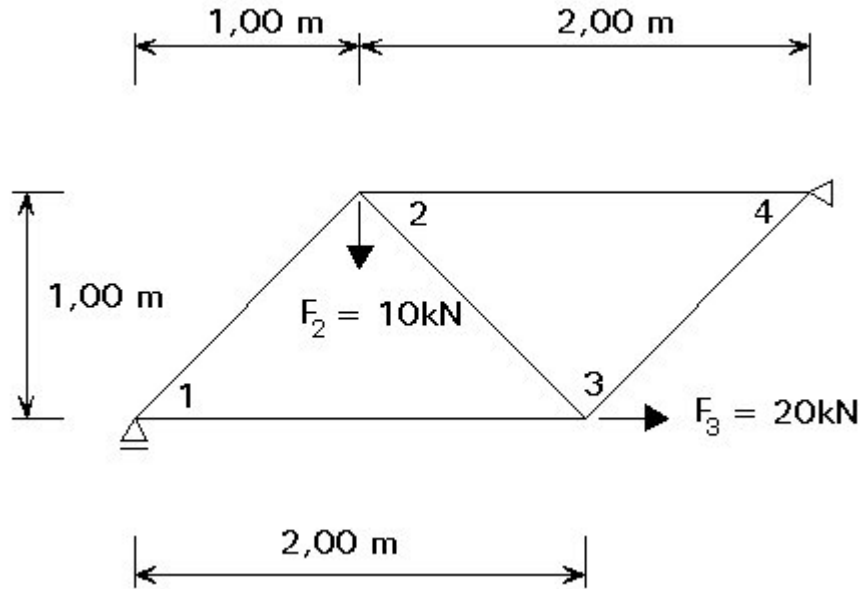
- Sistemdeki çubukların basınç veya çekme kuvvetleri
- Düğüm noktası deplasmanları
- Mesnet reaksiyon kuvvetleri

olabilir.

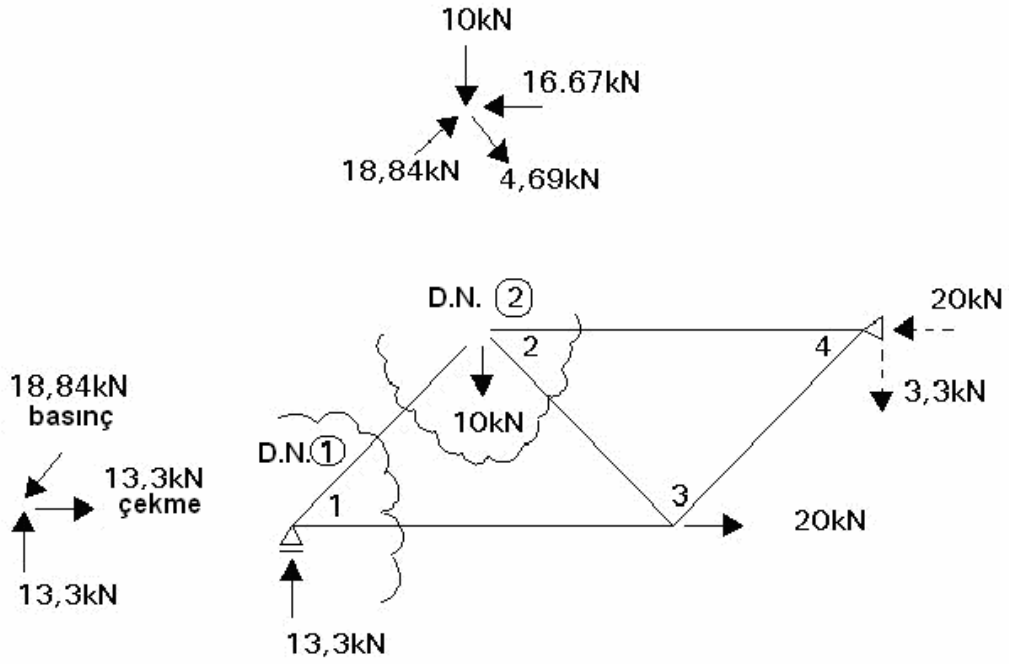
İncelenen problemin tipine bağlı olarak, tüm bilinmeyen niceliklerin belirlenmesine gerek kalmaz. Mevcut analiz yöntemleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

4.1.1. Düğüm Noktaları Yöntemi

Düğüm noktaları yöntemi, Şekil 4.1 de verilen iki boyutlu izostatik kafes sistemle açıklanmaktadır. Çubuk kuvvetleri analitik veya grafiksel olarak hesaplanabilir. Burada, problemin analitik olarak hesaplanması gösterilmiştir. (Şekil 4.2)



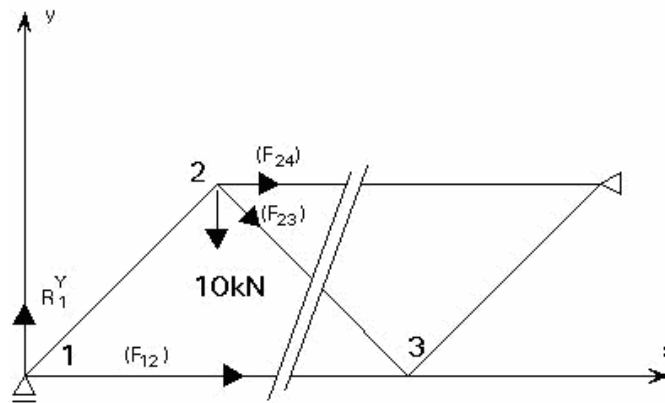
Şekil 4.1 İki Boyutlu Kafes Sistem



Şekil 4.2 Düğüm Noktaları Yöntemi (Analitik Çözüm)

4.1.2 Kesim Yöntemi

Bazı durumlarda, bu yöntemde çubuk sayısı sınırlı sistemlerde çubuk kuvvetlerinin doğrudan hesaplanması için mühendis tarafından başvurulmaktadır. Örneğin, üçgen bir sistemin ön boyutlandırılmasında (Şekil 4.3) maksimum çubuk kuvvetlerini hesaplamak için kullanılabilir.



Şekil 4.3 Kafes Sistemde Kesim Yöntemi

4.1.3. Deplasman Yöntemi

Deplasman yöntemi, yapı analizinde, tüm uzay yapılarda en genel yöntemdir. Düzlem ve uzay, izostatik veya hiperstatik kafes sistemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde paket programlar (SAP2000, ANSYS, FRAMECAD, STA4 gibi) deplasman yöntemi ile hazırlanmıştır. Bu yöntemle çubuk kuvvetleri, deplasmanlar ve reaksiyon kuvvetleri gibi bilinmeyenler kolay bir şekilde hesaplanmaktadır. Malzeme davranışının lineer-elastik olduğu kabul edilmektedir.

Yöntemin çalışma prensibi, aşağıdaki lineer denge denkleminin çözülmesiyle açıklanmaktadır:

$$[K] \{D\} = \{F\} \quad (4.1)$$

burada

$[K]$ = sistem rijitlik matrisi

$\{D\}$ = bilinmeyen deplasman vektörü

$\{F\}$ = dış yük vektörü

Sabit mesnede karşı gelen $\{D\}$ deplasman bileşenleri sıfır olmaktadır. Deplasmanların belirlenmesiyle çubuk kuvvetleri hesaplanmaktadır. Bu yöntem, bilgisayar yazılımlarına uygun düşmektedir.

4.2. Uzak Kafes Sistemlerin Projelendirilmesi

Yapılan araştırmada, gerek Gençlik ve Spor Genel Müdürlüğünün gerçekleştirdiği spor komplekslerinde, gerekse diğer kuruluşların ve özel sektörün büyük kapsamlı projelerinde boyutlandırma yapılırken, genel olarak SAP2000 ve FRAMECAD paket programlarının yaygın olarak kullanıldığı görülmüştür.

Açıkça belirtmek gerekirse, uzak kafes sistem çubuklarının, Matris-Deplasman Yöntemi ile programlanan söz konusu SAP2000 ve FRAMECAD gibi paket programlara göre analizi ve boyutlandırılması yapılır. Analizde yükler sadece düğüm noktalarına etki ettirilir. Çubuklar sadece aksenal çekme veya basınca çalışacak şekilde hesaplanmaktadır. Ayrıca, aksi belirtilmedikçe, çubuklarda moment yaratacak ve çubukla dik açı yapacak şekilde çubuğa yük asılmasına izin verilmez. Bu şekilde bir yük söz konusu olduğu zaman, bu durum önceden belirtilmelidir.

Sistemin statik hesaplar yapılırken, aşağıda belirtilen yükler arasından mevcut olanlar ve özel olarak belirlenen yükler göz önüne alınır. Ancak bu yükler dışında bazı temel yükler de vardır ve bunlar tüm şartnamelerde kullanılır. Böylece, sistem analizi yapılırken aşağıdaki yüklerden gerekli olanlar göz önüne alınır:

4.2.1. Şartname Gereği Alınması Gereken Yükler

- Uzay Sistem zati yükü
- Aşık zati yükü
- Kaplama zati yükü
- Yağış yükü (yağmur / kar)
- Rüzgar yükü
- Sıcaklık tesiri
- Deprem yükü

4.2.2 Yapının Fonksiyonlarına Göre Alınması Gereken Yükler

- Hareketli (canlı) yük
- Servis yükü (aydınlatma, tesisat, havalandırma, asma tavan, kedi yolu, nokta tesirli özel yükler (basketbol potası) vb.)

4.3. Uzay Kafes Sistemlerin Projelendirilmesinde Özel Kurallar

Uzay kafes sistemlerin tasarımında (analiz, imalat ve montaj işlemlerinde) genel olarak çelik yapılar için geçerli olan aşağıdaki şartnamelerden yararlanılır:

- **TS 648** Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
- **TS 3357** Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşimlerin Hesap ve Yapım Kuralları
- **TS 498** Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler

Ancak, yapılan araştırmada, bu şartnamelerin tüm kural ve koşullarına ek olarak aşağıdaki kuralların da kullanılması önerilmektedir[11]:

1. **Hiperstatiklik ve Stabilit  Kontrolu:** Uzak kafes taşıyıcı sistem çatının yapısal güvenliğini tek bir elemanın güvenliğine indirgemeyecek şekilde yeterli derecede hiperstatik olmalıdır. Maksimum çekme yükü taşıyan çubuk eleman başta olmak üzere çatı stabilitesi açısından kritik çekme çubuklarından herhangi birinin kopması durumunda çatı;

- 0.75(Sabit+Kar) yükünü emniyet gerilmeleri aşılmadan, veya
- Sabit+Kar yükünün tümünü emniyet gerilmeleri %33 artırılarak

güvenle taşımaya devam edebilmelidir.

2. **İmalat Kalite Kontrolu:** Uzak sistemi oluşturan ve imalatı tamamlanmış değişik tip çubukların her 500 adedinden en az 1 numune (minimum 1 adet) olmak üzere ve Küre+Civata+Konik+Boru şeklinde bir bütün olarak deneysel çekme testine tabi tutulacaktır. Test sonucu çubuğun çekme kapasitesinin projede kullanılan emniyet değerinin en az %50 fazlası olması gerekir. Testler sonucu herhangi bir çubuğun bu koşulu sağlamadığının görülmesi durumunda aynı tip çubuklardan 3 adet numune yeniden teste tabi tutulacaktır. İkinci etap testlerde de bu çubuklardan herhangi birinin testi geçememesi durumunda söz konusu çubuk tipinin ait olduğu grup tümü ile red edilerek tüm grubun imalatı yeniden gerçekleştirilecektir.

3. **Dinamik Analiz ve Deprem Yüklerinin Hesabı:** Olası bir deprem esnasında uzak çatı yapı üzerinde oluşan deprem zorlamaları Türk Deprem Yönetmeliği hükümleri çerçevesinde ve mod süperpozisyonu yöntemi ile hesaplanacaktır. Hesaplamalarda depremin düşey bileşeni yatay bileşeninin 2/3'ü olarak kabul edilecek ve yapı davranışına bağlı deprem yükü azaltma katsayısı $R_a=1.5$ olarak alınacaktır. Betonarme veya çelik yapılar üzerine oturan çatıların analizleri çatının üzerine oturduğu yapının yanal rijitliğini de göz önüne almak üzere yapı ile birlikte gerçekleştirilecektir. Çok katlı yapılar üzerine oturan çatılar için üzerine oturduğu yapı sadece son katı olarak ve kat tabanında ankastre olarak göz önüne alınabilir.

4. **Mesnet Bağlantıları:** Uzak çatı mesnetlerinin yapısal sisteme bağlantılarında olası bir deprem esnasında oluşacak zorlamaların toplamı her iki asal deprem yönü için ayrı ayrı olmak üzere;

$$2A_0IW \quad (4.2)$$

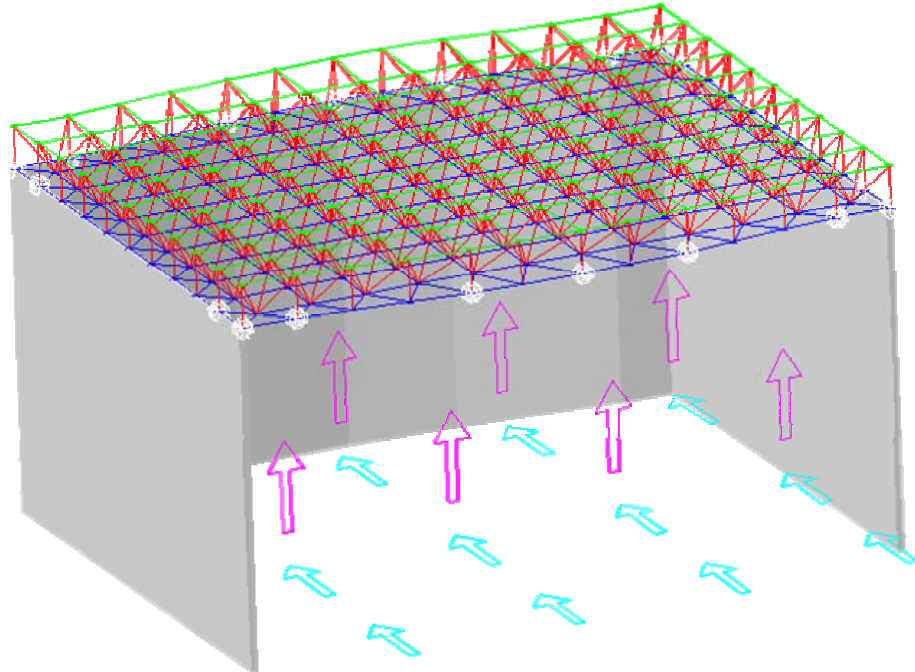
Değerinden az olmayacaktır. Burada W çatının deprem esnasındaki toplam ağırlığı olup çatı toplam sabit (ölü) yükü ile tasarım kar yükünün %30'unun toplamına eşit alınacaktır. ($W = \text{Çatı toplam ölü yükü} + \%30 \text{ Kar yükü}$) Dinamik analizler sonucu hesaplanan mesnet zorlanmalarının her iki asal deprem doğrultusundaki bileşenleri toplamının yukarıda verilen değerin altında kalması durumunda tüm mesnet reaksiyonları bu değeri sağlamak üzere ve aynı oranda büyütülecektir.

5. **Civata Emniyet Gerilmeleri:** Civatalar güvenlik açısından uzay kafes sistemler için son derece önemli birleştirme elemanlarıdır. Uygulamada civatalar için emniyet gerilmelerinin bazı tasarımlarda çok yüksek alındığı görülmektedir. Civata kopma gerilmesine (F_K) bağlı olarak ve minimum emniyet faktörü $F_S = 2.5$ olarak öngörülerek

$$F_{EM} = F_K / 2.5 = 0.40F_K \quad (4.3)$$

olarak alınacaktır.

6. **Hangar Yapılarında Rüzgar Patlatma Basıncı:** Hangar kapısının rüzgarlı havalarda da açık olabileceği göz önüne alınarak rüzgarın hangar yapısı içinde yaratacağı iç patlatma basıncı rüzgar basıncının %80'i ($0.80q_w$) olarak göz önüne alınacaktır.



Şekil 4.4 Hangar Yapısında Rüzgar Basıncı Etkisi

7. **Minimum Eleman Boyutları:** Minimum civata M16, boru çapı 60mm, boru et kalınlığı 3.5mm olacaktır. Boru çapı 100mm ve üzerinde olan basınç çubuklarında maksimum narinlik oranı 200 ile sınırlandırılacaktır.
8. **İlave Kar Birikimi:** Çatı üzerinde baca veya benzer ani bir lokal mimari çıkıntının bulunması veya çatı çevresinde komşu bir yapı cephesi yada parapet duvar bulunması durumunda bu çıkıntı çevresinde sürüklenme ile oluşabilecek aşırı kar birikimi göz önüne alınacaktır. Şekilde görülen bu kar birikimi çatı yüzeyindeki veya çevresindeki çıkıntı yüksekliğinin (H_p) tasarım kar yüküne karşı gelen kar yüksekliğinden (H_s) büyük olması durumunda göz önüne alınacak olup tasarım kar yüksekliğinin hesabında kar özgül ağırlığı 0.2 olarak alınacaktır. Çıkıntı yüksekliği $H_p \geq 2H_s$ olması durumunda $S=H_s$ aksi takdirde $S=H_p-H_s$ olarak alınacaktır.

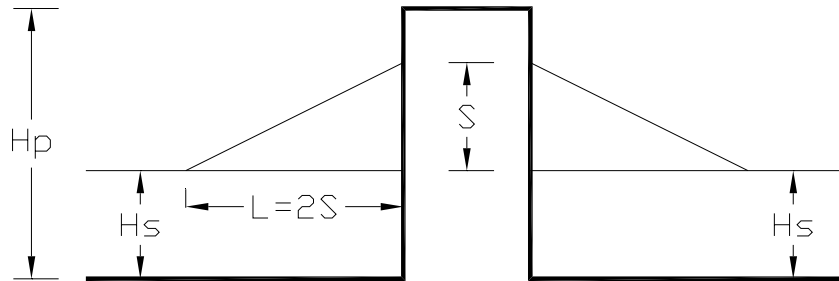
F_s = Tasarım Kar Yüğü (kPa) ise

$H_s = 0.5F_s$ (m)

Eğer $H_p > H_s$ ise $S = H_p - H_s$

(4.4)

Eğer $H_p > 2H_s$ ise $S = H_s$



9. **Kaplama Sistemi:** Çatı kaplama taşıyıcı alt sistemi (Aşık/Mertek sistemi) uzay çatı üst yüzeyini oluşturan tüm düğüm noktalarına yük aktarabilecek şekilde bağlantılı olacaktır. Mimari veya diğer bir nedenle çatı kaplama sisteminin çatı üst yüzey formundan farklı bir forma sahip olması veya çatı üst yüzey düğümlerinden bazılarına bağlanmıyor olması durumunda kaplama taşıyıcı alt sistemi uzay çatı yapısının entegre bir parçası olarak düşünülecek ve analiz ve tasarımı birlikte gerçekleştirilecektir. Çatı kaplama sisteminin yapısı ve uzay çatı taşıyıcı sistemine bağlantı detayları proje teknik çizim paftalarında mutlaka gösterilecektir.

10. **Montaj-Kurulum:** Herhangi bir doğrultudaki açıklığı 10 metre ve üzerinde olan uzay çatılara ait projelerde uzay çatının montaj ve kurulum aşamalarını gösteren montaj-kurulum projesi düzenlenecek ve bu proje aşağıdaki hususları içerecektir.

- a. Kurulum aşamalarını çatı üzerinde aşama numaralı bölgeler olarak gösteren bir montaj planı ile bu aşamalar süresince çatının geçici olarak destekleneceği noktaları aşama numaralı olarak gösteren bir destek planı.
- b. Varsa montajı yerde gerçekleştirilecek uzay çatı bölümleri ile bunların hangi noktalardan tutularak yerine taşınacağı

11. **Sunum:** Projeye ait aşağıdaki geometrik ve malzeme bilgilerini içeren bir veri dosyası manyetik ortamda hazırlanarak idareye sunulacaktır.

- a. Düğüm Bilgileri: DüğümNo X Y Z Koord. BaşlıkNo DüğümKüreÇapı
- b. Çubuk Bilgileri: ÇubukNo DüğümNoI DüğümNoJ ÇubukTipNo
- c. Çubuk Tip Bilgileri: TipNo BoruBilgileri Civata Somun Pim

5. SAYISAL UYGULAMALAR

Uzay kafes sistemlerin analiz ve tasarımı, ticari kuruluşlarda ve akademik çevrelerde değişik bilgisayar yazılımlarının kullanıldığı görülmüştür. Bu yazılımlarda yapısal analiz, sonlu elemanlar yöntemiyle yapılmaktadır. Tüm hesap esaslarında, ülkemizde geçerli olan TS ve uluslararası normlara genel olarak bağlı kalındığı, yapılan araştırmada ortaya konulmuştur.

Ülkemizde uzay kafes sistemlerin analizi, tasarımı ve projelendirilmesiyle uğraşan; UZKOM, POLARKON, MEGAFORM, NERU, UZAYSAN, PROTECHNIC gibi bazı firmalar sayılabilir. Bu proje kuruluşları, uzay kafes sistemlerle ilgili teknik şartnameleri göz önüne almakta, işlemlerin her aşamasında etkin bir denetim sistemi oluşturmakta, bu amaçla ISO kalite yönetim sistemi tasarlamakta ve kalite kontrolüne önem vermektedir.

Uzay kafes sistemlerin analiz ve boyutlandırılmasında UZAYSAN, MEGAFORM ve UZAYKON firmalarının gerçekleştirmiş olduğu çeşitli projeler yeniden incelenmiş ve hesaplanmıştır.

İncelenmiş olan projeler, UZAYSAN firmasının Malatya Merkez İlköğretim Okulu spor salonu tek katmanlı uzay kafes sistem projesi, MEGAFORM firmasının gerçekleştirdiği Malatya Belediyesi, Malatya Otogar ana bina üzeri tek katmanlı uzay kafes sistem projesidir. Çift katmanlı uzay kafes sistemlerle ilgili olarak; UZAYSAN firmasının Bursa'da gerçekleştirdiği 2500 kişilik kapalı yüzme havuzu uzay kafes sistem projesi, UZAYKON firmasının Elazığ'da gerçekleştirdiği Kapalı yüzme havuzu uzay kafes sistem projeleri incelenmiştir.

UZAYKON firmasının Elazığ ve Bursa'da gerçekleştirdiği kapalı yüzme havuzu projeleri büyük açıklıklı projelerdir. Dolayısıyla tek katmanlı olarak bu projelerin gerçekleştirilmesi halinde, yapı güvenliği açısından önemli problemlerin ortaya çıkması beklenmektedir. Bu bakımdan söz konusu bu sistemler çift katmanlı olarak boyutlandırılmıştır.

İncelenen projelerde UZAYSAN ve UZAYKON firması FrameCAD, MEGAFORM firması ise SAP2000 programlarını kullanmıştır. Hesap ve boyutlandırmada aşağıdaki yükleme ve kombinezonlar göz önüne alınmıştır.

5.1. Uzay Kafes Sistem Statik Hesap Kriterleri

GEOMETRİ

Uzay kafes sistem Çatının paftasında düğüm noktaları, eleman numaraları ve eleman tipleri gösterilir.

YÜKLER

YÜKLEME 1: Uzay kafes ağırlığı, -Z yönünde hesaplandığı gibi

YÜKLEME 2: Kaplama ağırlığı + Aşık + Servis yükleri

YÜKLEME 3: Kar yükü (TS 498)

YÜKLEME 4: +X yönündeki rüzgar yükü

YÜKLEME 5: -X yönündeki rüzgar yükü

YÜKLEME 6: +Y yönündeki rüzgar yükü

YÜKLEME 7: -Y yönündeki rüzgar yükü

YÜKLEME 8: +X yönünde deprem yükü

YÜKLEME 9: +Y yönünde deprem yükü

YÜKLEME 10: ısı farkı yükü

Rüzgar yükü:

0 - 8 m arası	50 kg/m ²
8 -20 m arası	80 kg/m ²
20-... m	110 kg/m ²

Deprem yükleri

$$V_t = WA(T1)/Ra(T1) \quad (5.1)$$

$$W = w + nq$$

$$w = (y_1 + y_2) + 0.3 \cdot (y_3) = t/m^2$$

$$A(T1) = A_o I_S(T)$$

$$A_o = \text{Deprem bölgesi}$$

$$V_t = w \cdot A(T1) / Ra(T1) = t/m^2$$

KOMBİNASYONLAR

- Kom1- Düşey yükler,(uzay+kaplama+aşık+tesisat+kar)
- Kom2- Düşey yükler +rüzgarın +X yönünde esmesi durumu
- Kom3- Düşey yükler +rüzgarın -X yönünde esmesi durumu
- Kom4- Düşey yükler +rüzgarın +Y yönünde esmesi durumu
- Kom5- Düşey yükler +rüzgarın -Y yönünde esmesi durumu
- Kom6- Düşey yükler +depremin +X yönünde etkimesi durumu
- Kom7- Düşey yükler +depremin +Y yönünde etkimesi durumu
- Kom8- Düşey yükler +depremin -X yönünde etkimesi durumu
- Kom9- Düşey yükler +depremin -Y yönünde etkimesi durumu
-
- Kom10- Düşey yükler,+ ısı
- Kom11- Düşey yükler +rüzgarın +X yönünde esmesi durumu + ısı
- Kom12- Düşey yükler +rüzgarın -X yönünde esmesi durumu + ısı
- Kom13- Düşey yükler +rüzgarın +Y yönünde esmesi durumu + ısı
- Kom14- Düşey yükler +rüzgarın -Y yönünde esmesi durumu + ısı
- Kom15- Düşey yükler +depremin +X yönünde etkimesi durumu + ısı
- Kom16- Düşey yükler +depremin +Y yönünde etkimesi durumu + ısı
- Kom17- Düşey yükler +depremin -X yönünde etkimesi durumu + ısı
- Kom18- Düşey yükler +depremin -Y yönünde etkimesi durumu + ısı
-
- Kom19- Düşey yükler,+ -ısı
- Kom20- Düşey yükler +rüzgarın +X yönünde esmesi durumu + -ısı
- Kom21- Düşey yükler +rüzgarın -X yönünde esmesi durumu + -ısı
- Kom22- Düşey yükler +rüzgarın +Y yönünde esmesi durumu + -ısı
- Kom23- Düşey yükler +rüzgarın -Y yönünde esmesi durumu + -ısı
- Kom24- Düşey yükler +depremin +X yönünde etkimesi durumu + -ısı
- Kom25- Düşey yükler +depremin +Y yönünde etkimesi durumu + -ısı
- Kom26- Düşey yükler +depremin -X yönünde etkimesi durumu + -ısı
- Kom27- Düşey yükler +depremin -Y yönünde etkimesi durumu + -ısı

BİLGİSAYAR HESAPLARI ve NETİCELERİ

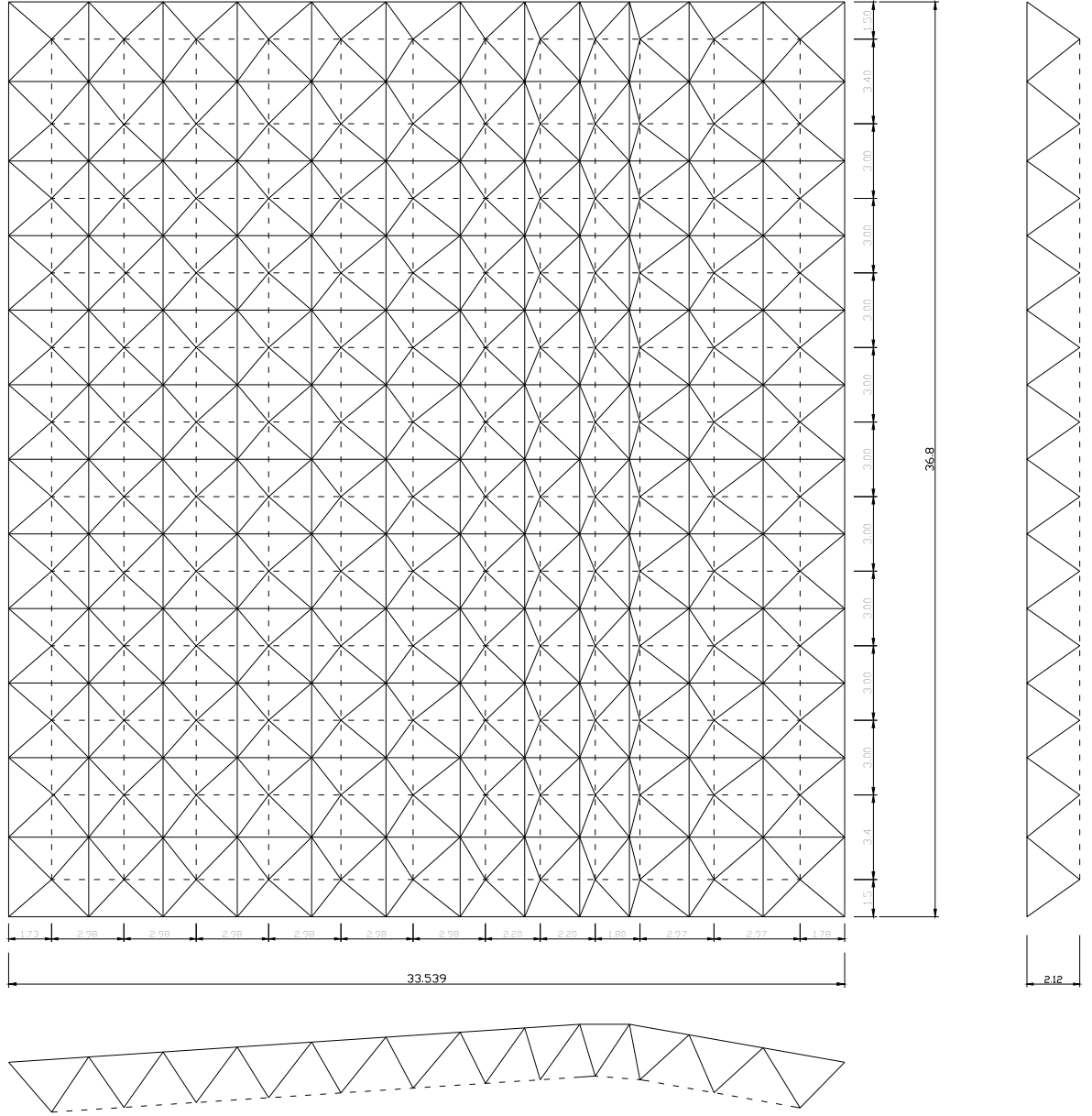
Bilgisayar hesapları neticesinde aşağıdaki başlıklar output'da yer almaktadır.

- Aşık hesapları
 - * Düğüm noktaları ve çubuk elemanları numaraları
 - * Düğüm noktaları koordinatları
 - * Mesnet şartları
 - * Çubuk eleman bilgileri
 - * Yükler
 - * Kombinasyon katsayıları
 - * Deplasmanlar
 - * Mesnet reaksiyonları
 - * Eleman kuvvetleri
 - * Yay kuvvetleri
 - * max reaksiyon ve deplasmanlar şeması
 - * Dizayn tablosu
 - * Mesnet Hesapları

5.2. Tek Katmanlı Malatya Merkez İlköğretim Okulu Spor Salonu

UZAYSAN firması tarafından 2001 yılında projesi gerçekleştirilen ve hizmete açılan spor salonu uzay kafes sistem alanı yaklaşık olarak $33.5 \times 36.8 = 1233 \text{ m}^2$ civarındadır. (Şekil 5.1) Bu alan ve açıklıklar kapalı yüzme havuzlarının boyutlarıyla karşılaştırıldığında, tek katmanlı olarak boyutlandırılması optimum bir çözüm olarak yorumlanabilir.

Sistemde 1152 çubuk ve 313 düğüm noktası mevcuttur. Toplam boru ağırlığı 18392 kg, küre, konik, cıvata, somun gibi elemanların ağırlığı ise, 3458 kg olarak hesaplanmıştır. Diğer ara elemanlar, aşık ve merteklerle birlikte genel toplam ağırlık 33487 kg bulunmuştur. (Tablo 5.1)



Şekil 5.1 Tek Katmanlı Malatya İlköğretim Okulu Spor Salonu

Tablo 5.1 Çelik Malzeme Metrajı

MALATYA İLKÖĞRETİM OKULU									
ÇELİK MALZEME METRAJİ									
Malzeme cinsi	Malzeme tipi	Boyutlar (mm)			Miktarı(m)	Kesiti (cm ²)	BirimAğırl. (kg/m)	ToplamA. (Kg)	
Boru(St37)	1.5 inch	48,3	x	2,5	1064,55	3,60	2,82	3004,49	
Boru(St37)	1.5 inch	48,3	x	3,25	404,55	4,60	3,61	1459,99	
Boru(St37)	2 inch	60,3	x	3,65	369,28	6,49	5,10	1882,12	
Boru(St37)	2.5 inch	76,1	x	3,65	522,09	8,30	6,52	3403,11	
Boru(St37)	3 inch	88,9	x	4,05	368,60	10,79	8,47	3122,21	
Boru(St37)	4 inch	114,3	x	4,50	279,15	15,51	12,18	3399,79	
Boru(St37)	2.5 inch	139,7	x	4,85	103,18	20,54	16,12	1663,36	
Boru(St37)	3 inch	165,1	x	4,80	2,58	24,16	18,97	48,93	
Boru(St37)	4 inch	168,0	x	12,00	5,16	58,78	46,14	238,10	
Dikme	1.5 inch	48,3	x	3,25	46,95	4,60	3,61	169,44	
Toplam boru ağırlığı A1(kg) =								18392	
Küre	90,110,132,15 154,19							1545,00	
Konik	M12-M16-M20-M24-M27-M3 M27-M30-M33-M36-M42							1113,00	
Civata	M12-8.8/M16-10K/M20-10K/M24-10K/M27-10K/M30-10KL/M33-10KL							453,00	
	M36-10KL/M42-10KL								
Somun	19/13,27/18,36/22,41/22,41/26,45/29,50/35,50/32,60/38,60/44,80/32							297,00	
Aşık civatası (adet)				188	M12		0,2664	50,03	
Toplam ara eleman ağırlığı A2(kg) =								3458	
					ORAN= A2/(A1+A2) =			0,16	
Kolon alt mesnet plakası					10	adet	31,4	314,00	
Mesnet plakası					10	adet	25,12	251,20	
Saplama					40	adet	0,61	24,40	
					Toplam ağırlığı(kg)=			589,60	
				Boya alanı (m2) boru aşık			BirimAğırl. (kg/m2)		
Boya					1094,14		0,25	273,54	
					Toplam boya ağırlığı(kg)=			273,54	
					Toplam Uzak Ağırlığı			22713	

Uzunluğu(m)		Tip	BirimAğırl. (kg/m)	
Aşık	500	NPU100	10,6	5300,00
Mertek	850	50/90/3	6,44	5474,00
Toplam aşık mertek ağırlığı			10774	
GENEL TOPLAM			33487	

ŞARTNAMELER

* T.S 648 ÇELİK YAPILARIN HESAP VE YAPIM KURALLARI

* T.S 498 YAPI ELEMANLARININ BOYUTLANDIRILMASINDA ALINACAK YÜKLER

* AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK (1998)

* BETONARME TEMEL HESAPLARINDA TS500

esas alınmıştır.

KULLANILAN MALZEME

Uzay kafes sistem elemanları çelik boru, konik, somun ve bulonlardan oluşmaktadır. Bu elemanlar kürelerde birleşmektedirler. Çubuklardaki basınç kuvveti kürelere somunlar vasıtası ile, çekme kuvveti ise bulonlar vasıtası ile aktarılmaktadır. Uzay kafes sistem elemanlarında kullanılan parçaların malzeme kaliteleri ve bunların emniyet gerilmeleri aşağıda verilmiştir.

Borularda	:	St37 St52
Kürelerde	:	St60
Bulonlarda	:	10.9
Somunlarda	:	St37
Pimlerde	:	St37
Koniklerde	:	St52

SOMUN EMNİYET GERİLMELERİ

<u>Akma Sınırı</u>	<u>Emniyet Gerilmesi</u>
2400 kg/cm ²	1440 kg/cm ² (1656 kg/cm ²)

BULON EMNİYET GERİLMELERİ

<u>Kalite</u>	<u>Kopma Sınırı</u>	<u>Akma Sınırı</u>	<u>Emniyet Gerilmesi</u>
10.9	10000 kg/cm ²	9000 kg/cm ²	5000 kg/cm ²

BORU EMNİYET GERİLMELERİ

<u>Kalite</u>	<u>Kopma Sınırı</u>	<u>Akma Sınırı</u>	<u>Emniyet Gerilmesi</u>
St37	3700 kg/cm ²	2400 kg/cm ²	1440 kg/cm ² (1656 kg/cm ²)
St52	5200 kg/cm ²	3600 kg/cm ²	2160 kg/cm ² (2484 kg/cm ²)

YÜK DEĞERLERİ

Esas Yükler

Esas yükler düşey doğrultuda olup hesapların yapıldığı **Framecad** adlı bilgisayar programı tarafından üst başlık düğüm noktalarına her düğümün alan payına göre yayılı yükten tekil yüke çevrilerek etki ettirilmektedir.

Uzay kafes sisteme etkiyen düşey yayılı yük aşağıda gösterildiği gibidir:

Uzay sistem zati yükü	17.70 kg/cm ²
Kar Yüğü	135.0 kg/cm ²
Rüzgar Yüğü	80.00 kg/cm ²
Kaplama	10.00 kg/cm ²
Tesisat Yüğü	15.00 kg/cm ²
Aşık	8.78 kg/cm ²

METODLAR

Uzay Kafes Elemanları

Uzay kafes sistemin statik analizinin ve çözümünün yapılmasında kullanılan **Framecad** bilgisayar programı matris-deplasman metoduna göre analiz yapmaktadır. Elemanların boyutlandırılmaları ise "elastik davranış" kabulü yapılarak emniyet gerilmelerinin altında kalacak şekilde boyutlandırma yapılmaktadır.

Boru Taşıma Gücü

Uzay sistem elemanları aldıkları yüklere göre aşağıda çapları, et kalınlıkları ve kaliteleri belirtilen borulardan oluşabilirler:

<u>Çap (mm)</u>	<u>Et kalınlığı (mm)</u>	<u>Kalite</u>
42.4	3.00	St37
42.4	3.25	St37
48.3	3.00	St37
48.3	3.25	St37
60.3	3.00	St37
60.3	3.65	St37
76.1	3.50	St37
88.9	4.05	St37
88.9	5.50	St37
114.3	4.20	St37
114.3	6.00	St37
139.7	4.85	St37
139.7	6.00	St37
159.0	5.50	St52
159.0	5.60	St52
159.0	8.00	St52
219.1	10.00	St52

Bu boruların emniyetli olarak taşıyabileceği yükler aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmıştır:

Boru dış çapı:	D
Et kalınlığı:	t
Boru iç çapı:	$d = D - 2t$
Kesit alanı:	$F = \pi * (D^2 - d^2) / 4$
Atalet momenti:	$I = \pi * (D^4 - d^4) / 64$
Atalet yarıçapı:	$i = \sqrt{\frac{I}{F}}$
Çubuk boyu	s
Narinlik derecesi	$\lambda = s / i$
Burkulma katsayısı	ω
Çekme çubuklarında	$P_{\max} = \sigma_{em} * F$
Basınç çubuklarında	$P_{\max} = \sigma_{em} * F / \omega$

Bulon Hesabı

Uzay kafes sistem elemanlarda 10.9 kalitesinde metrik bulonlar kullanılmaktadır. Kullanılan bulonlar ve bunların pim deliği çapları ile net bulon çapları aşağıda gösterildiği gibidir:

<u>Bulon Tipi</u>	<u>Bulon Çapı (mm)</u>	<u>Net Bulon Çapı (mm)</u>	<u>Pim Deliği Çapı (mm)</u>
M12	12	10.25	4
M16	16	14.00	4
M20	20	17.50	5
M24	24	21.00	5
M30	30	26.50	5
M42	42	37.50	6
M48	48	43.00	6

Bu bulonların emniyetli olarak taşıyabilecekleri yükler aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmıştır:

Bulon çapı:	D
Diş Adımı:	f
Pim deliği çapı:	d
Net bulon çapı:	$d_1 = D - f$
Net bulon alanı:	$F_{net} = \pi \cdot (d_1)^2 / 4$
	$F_{net} = \pi \cdot (0.86D)^2 / 4$
	$F_{net} = \pi \cdot D^2 / 4 - D \cdot d$
	den küçük olan değer alınır.
Bulon mukavemeti:	$P_{max} = F_{net} \cdot \sigma_{em}$

YÜK ANALİZİ

• Yükler

Uzay sistem zati ağırlığı:	$g_1 = 17.70 \text{ kg/m}^2$	(her düğümde farklı)
Aşık + kaplama:	$g_2 = 18.78 \text{ kg/m}^2$	
Tesisat Yüğü:	$g_3 = 15.00 \text{ kg/m}^2$	
Kar yüğü:	$q_s = 135.0 \text{ kg/m}^2$	
Rüzgar yüğü:	$V = 80.0 \text{ kg/m}^2$	
Sıcaklık değışimi:	$\Delta T = \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$	

• Yükleme 1:

<u>Uzay sistem zati ağırlığı:</u>	$g_1 = 17.70 \text{ kg/m}^2$	(her düğümde farklı)
-----------------------------------	------------------------------	----------------------

Pi (z) her düğüm noktasında farklıdır ve bilgisayar tarafından otomatik olarak hesaplanır.

• Yükleme 2:

<u>Aşık + kaplama:</u>	$g_2 = 18.78 \text{ kg/m}^2$
------------------------	------------------------------

$$P_i(z) = 0.01878 * (A_i) \quad A_i = \text{yük alanı}$$

Ai, modül boyuna bağılı olarak her düğüm için hesaplanarak belirlenmiştir.

• Yükleme 3:

<u>Tesisat Yüğü:</u>	$g_3 = 15.00 \text{ kg/m}^2$
----------------------	------------------------------

$$P_i(z) = 0.015 * (A_i) \quad A_i = \text{yük alanı}$$

Ai, modül boyuna bağılı olarak her düğüm için hesaplanarak belirlenmiştir.

• Yükleme 4:

<u>Kar yüğü:</u>	$q_s = 135.0 \text{ kg/m}^2$
------------------	------------------------------

$$P_i(z) = 0.135 * (A_i) \quad A_i = \text{yük alanı}$$

Ai, modül boyuna bağılı olarak her düğüm için hesaplanarak belirlenmiştir.

$$\text{• Yükleme 5:} \quad \underline{\text{Rüzgar soldan}} \quad : \quad g_2 = 80.0 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{• Yükleme 6:} \quad \underline{\text{Rüzgar sağdan}} \quad : \quad g_2 = 80.0 \text{ kg/m}^2$$

- **Yüklem 7:** Rüzgar önden : $g_2 = 80.0 \text{ kg/m}^2$
- **Yüklem 8:** Rüzgar arkadan : $g_2 = 80.0 \text{ kg/m}^2$
- **Yüklem 9:** Rüzgar emme : $g_2 = 80.0 \text{ kg/m}^2$

$$P_i(z) = 0.080 * (A_i) \quad A_i = \text{yük alanı}$$

A_i , modül boyuna bağlı olarak her düğüm için hesaplanarak belirlenmiştir.

- **Yüklem 10:** Deprem Yüğü : (X Yönünde)
1. Bölge: $A_0 = 0.40$ $S_{(T)} = 2.5$ $I = 1.20$ $R_A = 5.00$
 $C = A_0 * S_{(T)} * I / R_A = 0.40 * 2.5 * 1.20 / 5.00 = 0.24$
 $P_i(-z) = \text{uzay zati} + \text{aşık} + \text{kaplama} + \text{tesisat} + 0.3 * \text{kar yüğü}$
 $P_i(x) = 91.98$
 $P_i(x) = 0.24 * 91.98 = 22.08$
 $P_d(i) = 22.08 / 235 = 0.09 \text{ t}$, üst başlık düğüm sayısı = 235

- **Yüklem 11:** Deprem Yüğü : (Y Yönünde)
1. Bölge: $A_0 = 0.40$ $S_{(T)} = 2.5$ $I = 1.20$ $R_A = 5.00$
 $C = A_0 * S_{(T)} * I / R_A = 0.40 * 2.5 * 1.20 / 5.00 = 0.24$
 $P_i(-z) = \text{uzay zati} + \text{aşık} + \text{kaplama} + \text{tesisat} + 0.3 * \text{kar yüğü}$
 $P_i(y) = 91.98$
 $P_i(y) = 0.24 * 91.98 = 22.08$
 $P_d(i) = 22.08 / 235 = 0.09 \text{ t}$, üst başlık düğüm sayısı = 235

- **Yüklem 12:**

Sıcaklık değışimi: $(\Delta_t = \pm 20.0 \text{ } ^\circ\text{C})$

YÜKLEME KOMBINASYONLARI

- **Yüklem 1:** Uzay sistem zati ağırlığı
- **Yüklem 2:** Aşık + kaplama
- **Yüklem 3:** Tesisat Yüğü
- **Yüklem 4:** Kar yüğü
- **Yüklem 5:** Rüzgar soldan
- **Yüklem 6:** Rüzgar sağdan
- **Yüklem 7:** Rüzgar önden

- **Yüklem 8:** Rüzgar arkadan
- **Yüklem 9:** Rüzgar emme
- **Yüklem 10:** Deprem X Yönünde
- **Yüklem 11:** Deprem Y Yönünde
- **Yüklem 12:** Sıcaklık değişimi

AŞIK TAHKİKİ

Kullanılan aşıklar cinsi St37

$$Q_{em} = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_{ar} = 135 \text{ kg/m}^2$$

Aşıklar arası mesafe = 3 m

Aşık uzunluğu = 3 m

Her bir mertekten gelen tekil yük: P

$$P = 135 \cdot 3 \cdot 1.5 = 608 \text{ kg}$$

$$M_h = 0.1875 \cdot P \cdot L$$

$$M_h = 0.1875 \cdot 608 \cdot 3 = 341.72 \text{ kgm}$$

$$W_h = 341.72 / 1.440 = 23.7 \text{ cm}^3 < 41.2 \text{ cm}^3$$

Seçilen kesit: NPU100 profili

Kesit için sehim tahkiki;

NPU100 profili için $I_x = 206 \text{ cm}^4$

$$f_x = \frac{P L^3 \cdot 10^{-2}}{E I_x} = \frac{608 \cdot 300^3 \cdot 10^{-2}}{2.1 \cdot 10^6 \cdot 206} = 0.38 \text{ cm}$$

$$f_x = 0.38 \text{ cm} < L/300 = 1 \text{ cm}$$

O halde Seçilen Kesit: NPU100 profili uygundur.

MERTEK TAHKİKİ

Kullanılan mertek cinsi St37

$$Q_{em} = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_{ar} = 135 \text{ kg/m}^2$$

Kaplama + Aşık Yüğü = 15 kg/m²

$$q' = 150 \text{ kg/m}^2$$

Aşıklar arası mesafe = 1.5 m

Aşık uzunluğu = 3 m

$$q = 225 \text{ kg/m}$$

Tek açıklıklı sisteme göre aşık hesabı;

$$M_h = 225 * 3^2 / 8 = 253 \text{ kgm}$$

$$W_h = 25.313 / 1.440 = 17.6 \text{ cm}^3 < 19.90 \text{ cm}^3$$

$$\text{Seçilen kesit: } 50 / 90 / 3 \quad (W_k = 19.90 \text{ cm}^3)$$

Kesit için sehîm tahkiki;

$$50 / 90 / 3 \text{ için } I_x = 189.0 \text{ cm}^4$$

$$f_x = \frac{5}{384} \frac{q L^4}{E I_x} = \frac{5 * 300^4 * 2.25}{384 * 2.1 * 10^6 * 189} = 0.60 \text{ cm}$$

$$f_x = 0.60 \text{ cm} < L/300 = 1 \text{ cm}$$

O halde Seçilen Kesit: 50 / 90 /3 profili uygundur.

SEHİM TAHKİKİ

$$\text{Sistem açıklığı} \quad L = 33.5 \text{ m}$$

$$\text{Sehîm sınırı} \quad f_{\max} = L / 300 = 3350 / 300 = 11.16 \text{ cm}$$

$$\text{Sistemde oluşan maksimum sehîm} \quad f = 7.7 \text{ cm}$$

$$\mathbf{f = 7.7 \text{ cm} < f_{\max} = 11.16 \text{ cm}}$$

olup, sistemin sehîmi güvenlidir.

Yukarıda proje müellifince verilen hesap ve yaklaşımlar açıklanmıştır. Aynı sistem SAP2000 ile çözüm için aşağıdaki açıklamalarla verilmiştir.

Yükler

$$\text{Öz ağırlık:} \quad (g_1 + g_2 + g_3) = 51.5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Kar yükü:} \quad P_k = 135.0 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{projedeki değer alınmıştır.})$$

$$\text{Rüzgar yükü:} \quad P_w = 80.0 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Sıcaklık değişimi:} \quad \Delta T = \pm 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Düğüm noktalarına etkiyen tekil kuvvetlerin hesabı için ortalama yük bölgesi ($3*3 = 9 \text{ m}^2$) alınarak;

$$P_G = 51.5 * (3*3) = 463.5 \text{ kg}$$

$$P_K = 135 * (3*3) = 1215 \text{ kg}$$

$$\text{Rüzgar basınç yüklemesinde } P_{wb} = 80 * (3*3) = 720 \text{ kg}$$

$$\text{Rüzgar emme yüklemesinde } P_{wb} = - 80 * (3*3) = - 720 \text{ kg}$$

Çözümde göz önüne alınan yük kombinezonları;

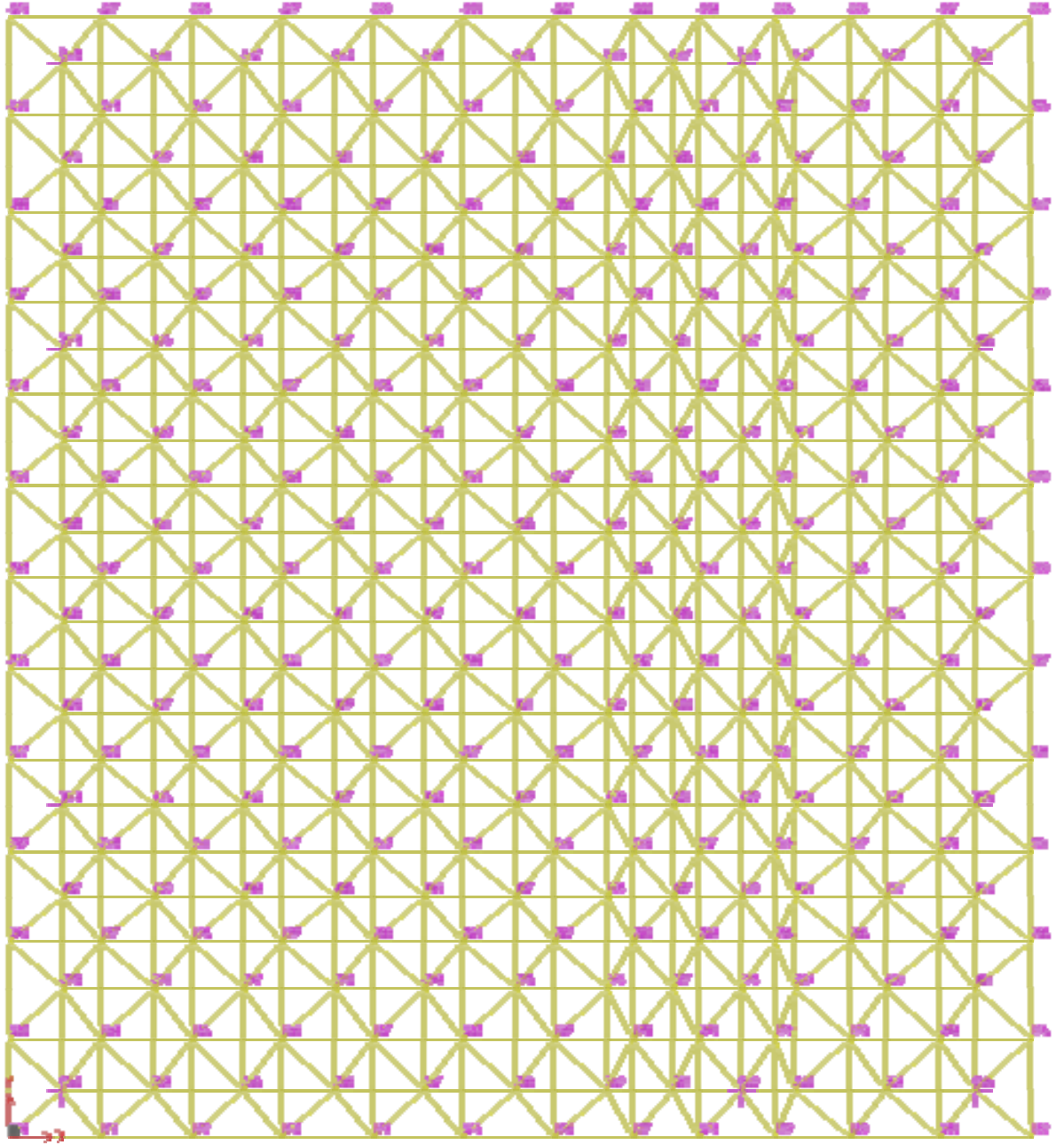
Kom1	öz ağırlık + tam kar
Kom2	öz ağırlık + tam kar + rüzgar (basınç)
Kom3	öz ağırlık + tam kar + rüzgar (emme)
Kom4	öz ağırlık + tam kar + depremX
Kom5	öz ağırlık + tam kar + depremY
Kom6	öz ağırlık + tam kar + rüzgar (basınç) + ısı
Kom7	öz ağırlık + tam kar + rüzgar (emme) + ısı
Kom8	öz ağırlık + tam kar + depremX + ısı
Kom9	öz ağırlık + tam kar + depremY + ısı

şeklinde programa tanıtılmıştır. Projede çubuklar için boru kesit alanları atanarak, çubuk kuvvetleri ve gerilmeler hesaplanmıştır. Burada ise, tüm çubuklarda kesit alanı $A = 10 \text{ cm}^2$ alınarak projedeki çözüme ve sonuçlara yaklaşım gözlenmiştir.

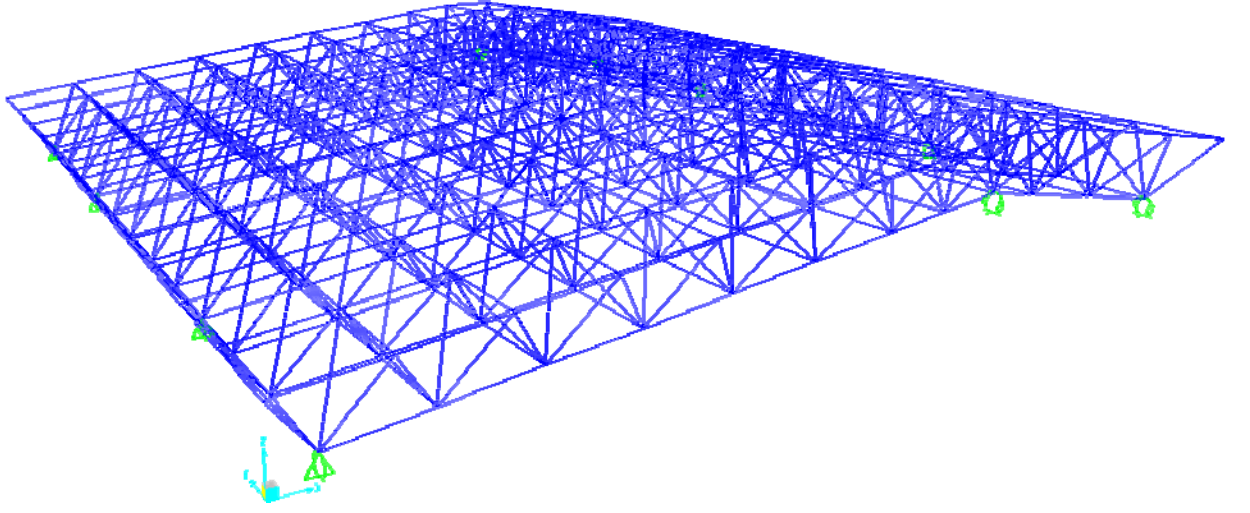
Deprem hesabı için sisteme X ve Y eksenleri doğrultusunda yapı ağırlığının 0.1 'i ($W_E=0.1*W$) yüklenmiştir.

Sistemin açıklık ortasında meydana gelen maksimum çökme miktarı altıncı kombinezonda (**kom6**) $\Delta_{\max} = 16.5 \text{ cm}$ olarak hesaplanmıştır.

SAP2000 ile çözülen tek katmanlı uzay kafes sistemin ayrıntıları, sistem özellikleri gibi bilgiler aşağıda sunulmuştur.



Şekil 5.2 Tek Katmanlı 1152 Çubuklu Uzay Kafes Sistem (SAP2000 çıktısı)



Şekil 5.3 Tek Katmanlı 1152 Çubuklu Uzay Kafes Sistemin Üç Boyutlu Görünüşü
(SAP2000 çıktısı)

Tablo 5.2 Uzak Kafes Sistem Geometrik Bilgileri

Connectivity - Frame											
Frame	JointI	JointJ	Length	Frame	JointI	JointJ	Length	Frame	JointI	JointJ	Length
Text	Text	Text	cm	Text	Text	Text	cm	Text	Text	Text	cm
1	353	390	340	61	416	417	300,008	121	474	275	299,961
2	390	402	300	62	428	429	300,008	122	474	288	299,961
3	402	414	300	63	440	441	300,008	123	486	288	299,961
4	414	426	300	64	452	453	300,008	124	486	301	299,961
5	426	438	300	65	464	465	300,008	125	498	301	299,961
6	438	450	300	66	476	477	300,008	126	498	314	310,446
7	450	462	300	67	488	489	300,008	127	510	314	310,446
8	462	474	300	68	500	501	300,008	128	510	327	299,961
9	474	486	300	69	512	513	300,008	129	356	357	300,008
10	486	498	300	70	170	353	299,98	130	393	394	300,008
11	498	510	340	71	183	353	310,464	131	405	406	300,008
12	353	354	300,008	72	390	183	310,464	132	417	418	300,008
13	390	391	300,008	73	390	196	299,98	133	429	430	300,008
14	402	403	300,008	74	196	402	299,98	134	441	442	300,008
15	414	415	300,008	75	402	209	299,98	135	453	454	300,008
16	426	427	300,008	76	209	414	299,98	136	465	466	300,008
17	438	439	300,008	77	414	222	299,98	137	477	478	300,008
18	450	451	300,008	78	222	426	299,98	138	489	490	300,008
19	462	463	300,008	79	426	235	299,98	139	501	502	300,008
20	474	475	300,008	80	235	438	299,98	140	513	514	300,008
21	486	487	300,008	81	438	248	299,98	141	171	354	299,934
22	498	499	300,008	82	248	450	299,98	142	184	354	310,42
23	510	511	300,008	83	450	261	299,98	143	184	391	310,42
24	354	391	340	84	261	462	299,98	144	197	391	299,934
25	391	403	300	85	274	462	299,98	145	197	403	299,934
26	403	415	300	86	274	474	299,98	146	210	403	299,934
27	415	427	300	87	287	474	299,98	147	210	415	299,934
28	427	439	300	88	287	486	299,98	148	223	415	299,934
29	439	451	300	89	300	486	299,98	149	223	427	299,934
30	451	463	300	90	300	498	299,98	150	236	427	299,934
31	463	475	300	91	313	498	310,464	151	439	236	299,934
32	475	487	300	92	313	510	310,464	152	249	439	299,934
33	487	499	300	93	326	510	299,98	153	249	451	299,934
34	499	511	340	94	356	393	340	154	262	451	299,934
35	354	355	300,008	95	393	405	300	155	262	463	299,934
36	391	392	300,008	96	405	417	300	156	275	463	299,934
37	403	404	300,008	97	417	429	300	157	275	475	299,934
38	415	416	300,008	98	429	441	300	158	288	475	299,934
39	427	428	300,008	99	441	453	300	159	288	487	299,934
40	439	440	300,008	100	453	465	300	160	301	487	299,934
41	451	452	300,008	101	465	477	300	161	301	499	299,934
42	463	464	300,008	102	477	489	300	162	314	499	310,42
43	475	476	300,008	103	489	501	300	163	314	511	310,42
44	487	488	300,008	104	501	513	340	164	327	511	299,934
45	499	500	300,008	105	353	171	299,961	165	357	394	340
46	511	512	300,008	106	353	184	310,446	166	394	406	300
47	355	392	340	107	390	184	310,446	167	406	418	300
48	392	404	300	108	390	197	299,961	168	418	430	300
49	404	416	300	109	402	197	299,961	169	430	442	300
50	416	428	300	110	210	402	299,961	170	442	454	300
51	428	440	300	111	414	210	299,961	171	454	466	300
52	440	452	300	112	223	414	299,961	172	466	478	300
53	452	464	300	113	426	223	299,961	173	478	490	300
54	464	476	300	114	236	426	299,961	174	490	502	300
55	476	488	300	115	438	236	299,961	175	502	514	340
56	488	500	300	116	249	438	299,961	176	365	401	340
57	500	512	340	117	450	249	299,961	177	401	413	300
58	355	356	300,008	118	262	450	299,961	178	413	425	300
59	392	393	300,008	119	462	262	299,961	179	425	437	300
60	404	405	300,008	120	462	275	299,961	180	437	449	300

Connectivity - Frame											
Frame	JointI	JointJ	Length	Frame	JointI	JointJ	Length	Frame	JointI	JointJ	Length
Text	Text	Text	cm	Text	Text	Text	cm	Text	Text	Text	cm
181	449	461	300	241	211	416	299,98	301	472	484	300
182	461	473	300	242	224	416	299,98	302	484	496	300
183	473	485	300	243	224	428	299,98	303	496	508	300
184	485	497	300	244	237	428	299,98	304	508	520	340
185	497	509	300	245	440	237	299,98	305	358	359	300,007
186	509	521	340	246	250	440	299,98	306	395	396	300,007
187	354	172	300,014	247	250	452	299,98	307	407	408	300,007
188	354	185	310,497	248	263	452	299,98	308	419	420	300,007
189	391	185	310,497	249	263	464	299,98	309	431	432	300,007
190	391	198	300,014	250	276	464	299,98	310	443	444	300,007
191	403	198	300,014	251	276	476	299,98	311	455	456	300,007
192	403	211	300,014	252	289	476	299,98	312	467	468	300,007
193	415	211	300,014	253	289	488	299,98	313	479	480	300,007
194	415	224	300,014	254	302	488	299,98	314	491	492	300,007
195	427	224	300,014	255	302	500	299,98	315	503	504	300,007
196	427	237	300,014	256	315	500	310,464	316	515	516	300,007
197	237	439	300,014	257	315	512	310,464	317	170	183	320
198	439	250	300,014	258	328	512	299,98	318	183	196	320
199	451	250	300,014	259	358	395	340	319	196	209	300
200	451	263	300,014	260	395	407	300	320	209	222	300
201	463	263	300,014	261	407	419	300	321	222	235	300
202	463	276	300,014	262	419	431	300	322	235	248	300
203	475	276	300,014	263	431	443	300	323	248	261	300
204	475	289	300,014	264	443	455	300	324	261	274	300
205	487	289	300,014	265	455	467	300	325	274	287	300
206	487	302	300,014	266	467	479	300	326	287	300	300
207	499	302	300,014	267	479	491	300	327	300	313	320
208	499	315	310,497	268	491	503	300	328	313	326	320
209	511	315	310,497	269	503	515	340	329	173	356	299,973
210	511	328	300,014	270	355	173	300,007	330	186	356	310,458
211	357	358	300,008	271	355	186	310,49	331	186	393	310,458
212	394	395	300,008	272	392	186	310,49	332	199	393	299,973
213	406	407	300,008	273	392	199	300,007	333	199	405	299,973
214	418	419	300,008	274	404	199	300,007	334	212	405	299,973
215	430	431	300,008	275	404	212	300,007	335	212	417	299,973
216	442	443	300,008	276	416	212	300,007	336	225	417	299,973
217	454	455	300,008	277	416	225	300,007	337	225	429	299,973
218	466	467	300,008	278	428	225	300,007	338	238	429	299,973
219	478	479	300,008	279	428	238	300,007	339	441	238	299,973
220	490	491	300,008	280	238	440	300,007	340	251	441	299,973
221	502	503	300,008	281	440	251	300,007	341	251	453	299,973
222	514	515	300,008	282	452	251	300,007	342	264	453	299,973
223	364	365	299,986	283	452	264	300,007	343	264	465	299,973
224	400	401	299,986	284	464	264	300,007	344	277	465	299,973
225	412	413	299,986	285	464	277	300,007	345	277	477	299,973
226	424	425	299,986	286	476	277	300,007	346	290	477	299,973
227	436	437	299,986	287	476	290	300,007	347	290	489	299,973
228	448	449	299,986	288	488	290	300,007	348	303	489	299,973
229	460	461	299,986	289	488	303	300,007	349	303	501	299,973
230	472	473	299,986	290	500	303	300,007	350	316	501	310,458
231	484	485	299,986	291	500	316	310,49	351	316	513	310,458
232	496	497	299,986	292	512	316	310,49	352	329	513	299,973
233	508	509	299,986	293	512	329	300,007	353	359	396	340
234	520	521	299,986	294	364	400	340	354	396	408	300
235	172	355	299,98	295	400	412	300	355	408	420	300
236	185	355	310,464	296	412	424	300	356	420	432	300
237	185	392	310,464	297	424	436	300	357	432	444	300
238	198	392	299,98	298	436	448	300	358	444	456	300
239	198	404	299,98	299	448	460	300	359	456	468	300
240	211	404	299,98	300	460	472	300	360	468	480	300

Connectivity - Frame											
Frame	JointI	JointJ	Length	Frame	JointI	JointJ	Length	Frame	JointI	JointJ	Length
Text	Text	Text	cm	Text	Text	Text	cm	Text	Text	Text	cm
361	480	492	300	421	501	317	310,49	481	317	514	310,458
362	492	504	300	422	513	317	310,49	482	330	514	299,973
363	504	516	340	423	516	517	221,408	483	182	365	300,029
364	363	364	299,984	424	513	330	300,007	484	195	365	310,511
365	399	400	299,984	425	363	399	340	485	401	195	310,511
366	411	412	299,984	426	399	411	300	486	208	401	300,029
367	423	424	299,984	427	411	423	300	487	413	208	300,029
368	435	436	299,984	428	423	435	300	488	413	221	300,029
369	447	448	299,984	429	435	447	300	489	425	221	300,029
370	459	460	299,984	430	447	459	300	490	425	234	300,029
371	471	472	299,984	431	459	471	300	491	437	234	300,029
372	483	484	299,984	432	471	483	300	492	437	247	300,029
373	495	496	299,984	433	483	495	300	493	247	449	300,029
374	507	508	299,984	434	495	507	300	494	449	260	300,029
375	519	520	299,984	435	507	519	340	495	461	260	300,029
376	170	171	300	436	171	184	320	496	461	273	300,029
377	183	184	300	437	361	397	340	497	473	273	300,029
378	196	197	300	438	184	197	320	498	473	286	300,029
379	209	210	300	439	397	409	300	499	485	286	300,029
380	222	223	300	440	197	210	300	500	485	299	300,029
381	235	236	300	441	409	421	300	501	497	299	300,029
382	248	249	300	442	210	223	300	502	497	312	300,029
383	261	262	300	443	421	433	300	503	509	312	300,029
384	274	275	300	444	223	236	300	504	509	325	310,511
385	287	288	300	445	433	445	300	505	521	325	310,511
386	300	301	300	446	236	249	300	506	521	338	300,029
387	313	314	300	447	445	457	300	507	362	363	181,809
388	326	327	300	448	249	262	300	508	398	399	181,809
389	356	174	300,007	449	457	469	300	509	410	411	181,809
390	359	361	221,408	450	262	275	300	510	422	423	181,809
391	356	187	310,49	451	469	481	300	511	434	435	181,809
392	393	187	310,49	452	275	288	300	512	446	447	181,809
393	396	397	221,408	453	481	493	300	513	458	459	181,809
394	393	200	300,007	454	288	301	300	514	470	471	181,809
395	405	200	300,007	455	493	505	300	515	482	483	181,809
396	408	409	221,408	456	301	314	320	516	494	495	181,809
397	405	213	300,007	457	505	517	340	517	506	507	181,809
398	417	213	300,007	458	314	327	320	518	518	519	181,809
399	420	421	221,408	459	174	357	299,973	519	361	362	221,409
400	417	226	300,007	460	187	357	310,458	520	397	398	221,409
401	429	226	300,007	461	187	394	310,458	521	409	410	221,409
402	432	433	221,408	462	200	394	299,973	522	421	422	221,409
403	429	239	300,007	463	200	406	299,973	523	433	434	221,409
404	239	441	300,007	464	213	406	299,973	524	445	446	221,409
405	444	445	221,408	465	213	418	299,973	525	457	458	221,409
406	441	252	300,007	466	226	418	299,973	526	469	470	221,409
407	453	252	300,007	467	226	430	299,973	527	481	482	221,409
408	456	457	221,408	468	239	430	299,973	528	493	494	221,409
409	453	265	300,007	469	442	239	299,973	529	505	506	221,409
410	465	265	300,007	470	252	442	299,973	530	517	518	221,409
411	468	469	221,408	471	252	454	299,973	531	171	172	300,016
412	465	278	300,007	472	265	454	299,973	532	184	185	300,016
413	477	278	300,007	473	265	466	299,973	533	197	198	300,016
414	480	481	221,408	474	278	466	299,973	534	210	211	300,016
415	477	291	300,007	475	278	478	299,973	535	223	224	300,016
416	489	291	300,007	476	291	478	299,973	536	236	237	300,016
417	492	493	221,408	477	291	490	299,973	537	249	250	300,016
418	489	304	300,007	478	304	490	299,973	538	262	263	300,016
419	501	304	300,007	479	304	502	299,973	539	275	276	300,016
420	504	505	221,408	480	317	502	310,458	540	288	289	300,016

Connectivity - Frame											
Frame	JointI	JointJ	Length	Frame	JointI	JointJ	Length	Frame	JointI	JointJ	Length
Text	Text	Text	cm	Text	Text	Text	cm	Text	Text	Text	cm
541	301	302	300,016	601	324	521	310,463	661	436	246	300,023
542	314	315	300,016	602	337	521	299,978	662	246	448	300,023
543	327	328	300,016	603	172	185	320	663	448	259	300,023
544	357	175	300,007	604	185	198	320	664	460	259	300,023
545	357	188	310,49	605	198	211	300	665	460	272	300,023
546	394	188	310,49	606	211	224	300	666	472	272	300,023
547	394	201	300,007	607	224	237	300	667	472	285	300,023
548	406	201	300,007	608	237	250	300	668	484	285	300,023
549	406	214	300,007	609	250	263	300	669	484	298	300,023
550	418	214	300,007	610	263	276	300	670	496	298	300,023
551	418	227	300,007	611	276	289	300	671	496	311	300,023
552	430	227	300,007	612	289	302	300	672	508	311	300,023
553	430	240	300,007	613	302	315	320	673	508	324	310,505
554	240	442	300,007	614	315	328	320	674	520	324	310,505
555	442	253	300,007	615	175	358	299,973	675	520	337	300,023
556	454	253	300,007	616	188	358	310,458	676	358	176	300,007
557	454	266	300,007	617	188	395	310,458	677	358	189	310,49
558	466	266	300,007	618	201	395	299,973	678	395	189	310,49
559	466	279	300,007	619	201	407	299,973	679	395	202	300,007
560	478	279	300,007	620	214	407	299,973	680	407	202	300,007
561	478	292	300,007	621	214	419	299,973	681	407	215	300,007
562	490	292	300,007	622	227	419	299,973	682	419	215	300,007
563	490	305	300,007	623	227	431	299,973	683	419	228	300,007
564	502	305	300,007	624	240	431	299,973	684	431	228	300,007
565	502	318	310,49	625	443	240	299,973	685	431	241	300,007
566	514	318	310,49	626	253	443	299,973	686	241	443	300,007
567	514	331	300,007	627	253	455	299,973	687	443	254	300,007
568	362	398	340	628	266	455	299,973	688	455	254	300,007
569	398	410	300	629	266	467	299,973	689	455	267	300,007
570	410	422	300	630	279	467	299,973	690	467	267	300,007
571	422	434	300	631	279	479	299,973	691	467	280	300,007
572	434	446	300	632	292	479	299,973	692	479	280	300,007
573	446	458	300	633	292	491	299,973	693	479	293	300,007
574	458	470	300	634	305	491	299,973	694	491	293	300,007
575	470	482	300	635	305	503	299,973	695	491	306	300,007
576	482	494	300	636	318	503	310,458	696	503	306	300,007
577	494	506	300	637	318	515	310,458	697	503	319	310,49
578	506	518	340	638	331	515	299,973	698	515	319	310,49
579	365	181	299,978	639	172	173	300,007	699	515	332	300,007
580	194	365	310,463	640	185	186	300,007	700	173	186	320
581	401	194	310,463	641	198	199	300,007	701	186	199	320
582	207	401	299,978	642	211	212	300,007	702	199	212	300
583	207	413	299,978	643	224	225	300,007	703	212	225	300
584	220	413	299,978	644	237	238	300,007	704	225	238	300
585	220	425	299,978	645	250	251	300,007	705	238	251	300
586	233	425	299,978	646	263	264	300,007	706	251	264	300
587	233	437	299,978	647	276	277	300,007	707	264	277	300
588	246	437	299,978	648	289	290	300,007	708	277	290	300
589	449	246	299,978	649	302	303	300,007	709	290	303	300
590	259	449	299,978	650	315	316	300,007	710	303	316	320
591	259	461	299,978	651	328	329	300,007	711	316	329	320
592	272	461	299,978	652	181	364	300,023	712	176	359	299,98
593	272	473	299,978	653	194	364	310,505	713	189	359	310,464
594	285	473	299,978	654	194	400	310,505	714	189	396	310,464
595	285	485	299,978	655	400	207	300,023	715	202	396	299,98
596	298	485	299,978	656	412	207	300,023	716	202	408	299,98
597	298	497	299,978	657	412	220	300,023	717	215	408	299,98
598	311	497	299,978	658	424	220	300,023	718	215	420	299,98
599	311	509	299,978	659	424	233	300,023	719	228	420	299,98
600	324	509	310,463	660	436	233	300,023	720	228	432	299,98

Connectivity - Frame											
Frame	JointI	JointJ	Length	Frame	JointI	JointJ	Length	Frame	JointI	JointJ	Length
Text	Text	Text	cm	Text	Text	Text	cm	Text	Text	Text	cm
721	241	432	299,98	781	432	229	282,43	841	307	505	282,364
722	444	241	299,98	782	432	242	282,43	842	320	505	293,478
723	254	444	299,98	783	242	444	282,43	843	320	517	293,478
724	254	456	299,98	784	444	255	282,43	844	333	517	282,364
725	267	456	299,98	785	456	255	282,43	845	174	187	320
726	267	468	299,98	786	456	268	282,43	846	187	200	320
727	280	468	299,98	787	468	268	282,43	847	200	213	300
728	280	480	299,98	788	468	281	282,43	848	213	226	300
729	293	480	299,98	789	480	281	282,43	849	226	239	300
730	293	492	299,98	790	480	294	282,43	850	239	252	300
731	306	492	299,98	791	492	294	282,43	851	252	265	300
732	306	504	299,98	792	492	307	282,43	852	265	278	300
733	319	504	310,464	793	504	307	282,43	853	278	291	300
734	319	516	310,464	794	504	320	293,541	854	291	304	300
735	332	516	299,98	795	516	320	293,541	855	304	317	320
736	364	180	299,971	796	516	333	282,43	856	317	330	320
737	364	193	310,455	797	363	180	300,023	857	182	195	320
738	400	193	310,455	798	363	193	310,505	858	195	208	320
739	206	400	299,971	799	193	399	310,505	859	208	221	300
740	206	412	299,971	800	399	206	300,023	860	221	234	300
741	219	412	299,971	801	411	206	300,023	861	234	247	300
742	219	424	299,971	802	411	219	300,023	862	247	260	300
743	232	424	299,971	803	423	219	300,023	863	260	273	300
744	232	436	299,971	804	423	232	300,023	864	273	286	300
745	245	436	299,971	805	435	232	300,023	865	286	299	300
746	448	245	299,971	806	435	245	300,023	866	299	312	300
747	258	448	299,971	807	245	447	300,023	867	312	325	320
748	258	460	299,971	808	447	258	300,023	868	325	338	320
749	271	460	299,971	809	459	258	300,023	869	363	179	277,867
750	271	472	299,971	810	459	271	300,023	870	363	192	289,154
751	284	472	299,971	811	471	271	300,023	871	399	192	289,154
752	284	484	299,971	812	471	284	300,023	872	205	399	277,867
753	297	484	299,971	813	483	284	300,023	873	205	411	277,867
754	297	496	299,971	814	483	297	300,023	874	218	411	277,867
755	310	496	299,971	815	495	297	300,023	875	218	423	277,867
756	310	508	299,971	816	495	310	300,023	876	231	423	277,867
757	323	508	310,455	817	507	310	300,023	877	231	435	277,867
758	323	520	310,455	818	507	323	310,505	878	244	435	277,867
759	336	520	299,971	819	519	323	310,505	879	447	244	277,867
760	173	174	300,008	820	519	336	300,023	880	257	447	277,867
761	186	187	300,008	821	361	177	282,364	881	257	459	277,867
762	199	200	300,008	822	190	361	293,478	882	270	459	277,867
763	212	213	300,008	823	190	397	293,478	883	270	471	277,867
764	225	226	300,008	824	203	397	282,364	884	283	471	277,867
765	238	239	300,008	825	203	409	282,364	885	283	483	277,867
766	251	252	300,008	826	216	409	282,364	886	296	483	277,867
767	264	265	300,008	827	216	421	282,364	887	296	495	277,867
768	277	278	300,008	828	229	421	282,364	888	309	495	277,867
769	290	291	300,008	829	229	433	282,364	889	309	507	277,867
770	303	304	300,008	830	242	433	282,364	890	322	507	289,154
771	316	317	300,008	831	445	242	282,364	891	322	519	289,154
772	329	330	300,008	832	255	445	282,364	892	335	519	277,867
773	359	177	282,43	833	255	457	282,364	893	361	178	282,438
774	359	190	293,541	834	268	457	282,364	894	191	361	293,549
775	396	190	293,541	835	268	469	282,364	895	397	191	293,549
776	396	203	282,43	836	281	469	282,364	896	397	204	282,438
777	408	203	282,43	837	281	481	282,364	897	409	204	282,438
778	408	216	282,43	838	294	481	282,364	898	409	217	282,438
779	420	216	282,43	839	294	493	282,364	899	421	217	282,438
780	420	229	282,43	840	307	493	282,364	900	421	230	282,438

Connectivity - Frame											
Frame	JointI	JointJ	Length	Frame	JointI	JointJ	Length	Frame	JointI	JointJ	Length
Text	Text	Text	cm	Text	Text	Text	cm	Text	Text	Text	cm
901	433	230	282,438	961	470	283	272,834	1021	253	254	300,008
902	433	243	282,438	962	282	482	282,364	1022	266	267	300,008
903	243	445	282,438	963	482	283	272,834	1023	279	280	300,008
904	445	256	282,438	964	295	482	282,364	1024	292	293	300,008
905	457	256	282,438	965	482	296	272,834	1025	305	306	300,008
906	457	269	282,438	966	295	494	282,364	1026	318	319	300,008
907	469	269	282,438	967	494	296	272,834	1027	331	332	300,008
908	469	282	282,438	968	308	494	282,364	1028	180	181	299,984
909	481	282	282,438	969	494	309	272,834	1029	193	194	299,984
910	481	295	282,438	970	308	506	282,364	1030	206	207	299,984
911	493	295	282,438	971	506	309	272,834	1031	219	220	299,984
912	493	308	282,438	972	321	506	293,478	1032	232	233	299,984
913	505	308	282,438	973	506	322	284,32	1033	245	246	299,984
914	505	321	293,549	974	321	518	293,478	1034	258	259	299,984
915	517	321	293,549	975	518	322	284,32	1035	271	272	299,984
916	517	334	282,438	976	334	518	282,364	1036	284	285	299,984
917	174	175	300,008	977	518	335	272,834	1037	297	298	299,984
918	187	188	300,008	978	181	182	299,984	1038	310	311	299,984
919	200	201	300,008	979	194	195	299,984	1039	323	324	299,984
920	213	214	300,008	980	207	208	299,984	1040	336	337	299,984
921	226	227	300,008	981	220	221	299,984	1041	176	189	320
922	239	240	300,008	982	233	234	299,984	1042	189	202	320
923	252	253	300,008	983	246	247	299,984	1043	202	215	300
924	265	266	300,008	984	259	260	299,984	1044	215	228	300
925	278	279	300,008	985	272	273	299,984	1045	228	241	300
926	291	292	300,008	986	285	286	299,984	1046	241	254	300
927	304	305	300,008	987	298	299	299,984	1047	254	267	300
928	317	318	300,008	988	311	312	299,984	1048	267	280	300
929	330	331	300,008	989	324	325	299,984	1049	280	293	300
930	362	178	282,364	990	337	338	299,984	1050	293	306	300
931	362	179	272,834	991	175	188	320	1051	306	319	320
932	362	191	293,478	992	188	201	320	1052	319	332	320
933	362	192	284,32	993	201	214	300	1053	176	177	260,757
934	398	191	293,478	994	214	227	300	1054	189	190	260,757
935	192	398	284,32	995	227	240	300	1055	202	203	260,757
936	204	398	282,364	996	240	253	300	1056	215	216	260,757
937	398	205	272,834	997	253	266	300	1057	228	229	260,757
938	204	410	282,364	998	266	279	300	1058	241	242	260,757
939	410	205	272,834	999	279	292	300	1059	254	255	260,757
940	217	410	282,364	1000	292	305	300	1060	267	268	260,757
941	410	218	272,834	1001	305	318	320	1061	280	281	260,757
942	217	422	282,364	1002	318	331	320	1062	293	294	260,757
943	422	218	272,834	1003	181	194	320	1063	306	307	260,757
944	230	422	282,364	1004	194	207	320	1064	319	320	260,757
945	422	231	272,834	1005	207	220	300	1065	332	333	260,757
946	230	434	282,364	1006	220	233	300	1066	180	193	320
947	434	231	272,834	1007	233	246	300	1067	193	206	320
948	243	434	282,364	1008	246	259	300	1068	206	219	300
949	434	244	272,834	1009	259	272	300	1069	219	232	300
950	446	243	282,364	1010	272	285	300	1070	232	245	300
951	244	446	272,834	1011	285	298	300	1071	245	258	300
952	256	446	282,364	1012	298	311	300	1072	258	271	300
953	446	257	272,834	1013	311	324	320	1073	271	284	300
954	256	458	282,364	1014	324	337	320	1074	284	297	300
955	458	257	272,834	1015	175	176	300,008	1075	297	310	300
956	269	458	282,364	1016	188	189	300,008	1076	310	323	320
957	458	270	272,834	1017	201	202	300,008	1077	323	336	320
958	269	470	282,364	1018	214	215	300,008	1078	177	190	320
959	470	270	272,834	1019	227	228	300,008	1079	190	203	320
960	282	470	282,364	1020	240	241	300,008	1080	203	216	300

Connectivity - Frame											
Frame	JointI	JointJ	Length	Frame	JointI	JointJ	Length	Frame	JointI	JointJ	Length
Text	Text	Text	cm	Text	Text	Text	cm	Text	Text	Text	cm
1081	216	229	300	1105	203	204	221,409	1129	230	243	300
1082	229	242	300	1106	216	217	221,409	1130	231	244	300
1083	242	255	300	1107	229	230	221,409	1131	243	244	246,1
1084	255	268	300	1108	242	243	221,409	1132	243	256	300
1085	268	281	300	1109	255	256	221,409	1133	244	257	300
1086	281	294	300	1110	268	269	221,409	1134	256	257	246,1
1087	294	307	300	1111	281	282	221,409	1135	256	269	300
1088	307	320	320	1112	294	295	221,409	1136	257	270	300
1089	320	333	320	1113	307	308	221,409	1137	269	270	246,1
1090	179	180	248,574	1114	320	321	221,409	1138	269	282	300
1091	192	193	248,574	1115	333	334	221,409	1139	270	283	300
1092	205	206	248,574	1116	178	179	246,1	1140	282	283	246,1
1093	218	219	248,574	1117	178	191	320	1141	282	295	300
1094	231	232	248,574	1118	179	192	320	1142	283	296	300
1095	244	245	248,574	1119	191	192	246,1	1143	295	296	246,1
1096	257	258	248,574	1120	191	204	320	1144	295	308	300
1097	270	271	248,574	1121	192	205	320	1145	296	309	300
1098	283	284	248,574	1122	204	205	246,1	1146	308	309	246,1
1099	296	297	248,574	1123	204	217	300	1147	308	321	320
1100	309	310	248,574	1124	205	218	300	1148	309	322	320
1101	322	323	248,574	1125	217	218	246,1	1149	321	322	246,1
1102	335	336	248,574	1126	217	230	300	1150	321	334	320
1103	177	178	221,409	1127	218	231	300	1151	322	335	320
1104	190	191	221,409	1128	230	231	246,1	1152	334	335	246,1

Tablo 5.3 Uzak Kafes Sistem Düzüm Noktası Yüklemleri

Joint Loads - Force			Joint Loads - Force			Joint Loads - Force		
Joint	LoadCase	F3	Joint	LoadCase	F3	Joint	LoadCase	F3
Text	Text	Kgf	Text	Text	Kgf	Text	Text	Kgf
170	DL	-463,5	185	DL	-463,5	200	DL	-463,5
170	KAR	-1215	185	KAR	-1215	200	KAR	-1215
170	RUZ_bas	-720	185	RUZ_bas	-720	200	RUZ_bas	-720
170	RUZ_EMME	720	185	RUZ_EMME	720	200	RUZ_EMME	720
171	DL	-463,5	186	DL	-463,5	201	DL	-463,5
171	KAR	-1215	186	KAR	-1215	201	KAR	-1215
171	RUZ_bas	-720	186	RUZ_bas	-720	201	RUZ_bas	-720
171	RUZ_EMME	720	186	RUZ_EMME	720	201	RUZ_EMME	720
172	DL	-463,5	187	DL	-463,5	202	DL	-463,5
172	KAR	-1215	187	KAR	-1215	202	KAR	-1215
172	RUZ_bas	-720	187	RUZ_bas	-720	202	RUZ_bas	-720
172	RUZ_EMME	720	187	RUZ_EMME	720	202	RUZ_EMME	720
173	DL	-463,5	188	DL	-463,5	203	DL	-463,5
173	KAR	-1215	188	KAR	-1215	203	KAR	-1215
173	RUZ_bas	-720	188	RUZ_bas	-720	203	RUZ_bas	-720
173	RUZ_EMME	720	188	RUZ_EMME	720	203	RUZ_EMME	720
174	DL	-463,5	189	DL	-463,5	204	DL	-463,5
174	KAR	-1215	189	KAR	-1215	204	KAR	-1215
174	RUZ_bas	-720	189	RUZ_bas	-720	204	RUZ_bas	-720
174	RUZ_EMME	720	189	RUZ_EMME	720	204	RUZ_EMME	720
175	DL	-463,5	190	DL	-463,5	205	DL	-463,5
175	KAR	-1215	190	KAR	-1215	205	KAR	-1215
175	RUZ_bas	-720	190	RUZ_bas	-720	205	RUZ_bas	-720
175	RUZ_EMME	720	190	RUZ_EMME	720	205	RUZ_EMME	720
176	DL	-463,5	191	DL	-463,5	206	DL	-463,5
176	KAR	-1215	191	KAR	-1215	206	KAR	-1215
176	RUZ_bas	-720	191	RUZ_bas	-720	206	RUZ_bas	-720
176	RUZ_EMME	720	191	RUZ_EMME	720	206	RUZ_EMME	720
177	DL	-463,5	192	DL	-463,5	207	DL	-463,5
177	KAR	-1215	192	KAR	-1215	207	KAR	-1215
177	RUZ_bas	-720	192	RUZ_bas	-720	207	RUZ_bas	-720
177	RUZ_EMME	720	192	RUZ_EMME	720	207	RUZ_EMME	720
178	DL	-463,5	193	DL	-463,5	208	DL	-463,5
178	KAR	-1215	193	KAR	-1215	208	KAR	-1215
178	RUZ_bas	-720	193	RUZ_bas	-720	208	RUZ_bas	-720
178	RUZ_EMME	720	193	RUZ_EMME	720	208	RUZ_EMME	720
179	DL	-463,5	194	DL	-463,5	209	DL	-463,5
179	KAR	-1215	194	KAR	-1215	209	KAR	-1215
179	RUZ_bas	-720	194	RUZ_bas	-720	209	RUZ_bas	-720
179	RUZ_EMME	720	194	RUZ_EMME	720	209	RUZ_EMME	720
180	DL	-463,5	195	DL	-463,5	210	DL	-463,5
180	KAR	-1215	195	KAR	-1215	210	KAR	-1215
180	RUZ_bas	-720	195	RUZ_bas	-720	210	RUZ_bas	-720
180	RUZ_EMME	720	195	RUZ_EMME	720	210	RUZ_EMME	720
181	DL	-463,5	196	DL	-463,5	211	DL	-463,5
181	KAR	-1215	196	KAR	-1215	211	KAR	-1215
181	RUZ_bas	-720	196	RUZ_bas	-720	211	RUZ_bas	-720
181	RUZ_EMME	720	196	RUZ_EMME	720	211	RUZ_EMME	720
182	DL	-463,5	197	DL	-463,5	212	DL	-463,5
182	KAR	-1215	197	KAR	-1215	212	KAR	-1215
182	RUZ_bas	-720	197	RUZ_bas	-720	212	RUZ_bas	-720
182	RUZ_EMME	720	197	RUZ_EMME	720	212	RUZ_EMME	720
183	DL	-463,5	198	DL	-463,5	213	DL	-463,5
183	KAR	-1215	198	KAR	-1215	213	KAR	-1215
183	RUZ_bas	-720	198	RUZ_bas	-720	213	RUZ_bas	-720
183	RUZ_EMME	720	198	RUZ_EMME	720	213	RUZ_EMME	720
184	DL	-463,5	199	DL	-463,5	214	DL	-463,5
184	KAR	-1215	199	KAR	-1215	214	KAR	-1215
184	RUZ_bas	-720	199	RUZ_bas	-720	214	RUZ_bas	-720
184	RUZ_EMME	720	199	RUZ_EMME	720	214	RUZ_EMME	720

Joint Loads - Force			Joint Loads - Force			Joint Loads - Force		
Joint	LoadCase	F3	Joint	LoadCase	F3	Joint	LoadCase	F3
Text	Text	Kgf	Text	Text	Kgf	Text	Text	Kgf
215	DL	-463,5	230	DL	-463,5	245	DL	-463,5
215	KAR	-1215	230	KAR	-1215	245	KAR	-1215
215	RUZ_bas	-720	230	RUZ_bas	-720	245	RUZ_bas	-720
215	RUZ_EMME	720	230	RUZ_EMME	720	245	RUZ_EMME	720
216	DL	-463,5	231	DL	-463,5	246	DL	-463,5
216	KAR	-1215	231	KAR	-1215	246	KAR	-1215
216	RUZ_bas	-720	231	RUZ_bas	-720	246	RUZ_bas	-720
216	RUZ_EMME	720	231	RUZ_EMME	720	246	RUZ_EMME	720
217	DL	-463,5	232	DL	-463,5	247	DL	-463,5
217	KAR	-1215	232	KAR	-1215	247	KAR	-1215
217	RUZ_bas	-720	232	RUZ_bas	-720	247	RUZ_bas	-720
217	RUZ_EMME	720	232	RUZ_EMME	720	247	RUZ_EMME	720
218	DL	-463,5	233	DL	-463,5	248	DL	-463,5
218	KAR	-1215	233	KAR	-1215	248	KAR	-1215
218	RUZ_bas	-720	233	RUZ_bas	-720	248	RUZ_bas	-720
218	RUZ_EMME	720	233	RUZ_EMME	720	248	RUZ_EMME	720
219	DL	-463,5	234	DL	-463,5	249	DL	-463,5
219	KAR	-1215	234	KAR	-1215	249	KAR	-1215
219	RUZ_bas	-720	234	RUZ_bas	-720	249	RUZ_bas	-720
219	RUZ_EMME	720	234	RUZ_EMME	720	249	RUZ_EMME	720
220	DL	-463,5	235	DL	-463,5	250	DL	-463,5
220	KAR	-1215	235	KAR	-1215	250	KAR	-1215
220	RUZ_bas	-720	235	RUZ_bas	-720	250	RUZ_bas	-720
220	RUZ_EMME	720	235	RUZ_EMME	720	250	RUZ_EMME	720
221	DL	-463,5	236	DL	-463,5	251	DL	-463,5
221	KAR	-1215	236	KAR	-1215	251	KAR	-1215
221	RUZ_bas	-720	236	RUZ_bas	-720	251	RUZ_bas	-720
221	RUZ_EMME	720	236	RUZ_EMME	720	251	RUZ_EMME	720
222	DL	-463,5	237	DL	-463,5	252	DL	-463,5
222	KAR	-1215	237	KAR	-1215	252	KAR	-1215
222	RUZ_bas	-720	237	RUZ_bas	-720	252	RUZ_bas	-720
222	RUZ_EMME	720	237	RUZ_EMME	720	252	RUZ_EMME	720
223	DL	-463,5	238	DL	-463,5	253	DL	-463,5
223	KAR	-1215	238	KAR	-1215	253	KAR	-1215
223	RUZ_bas	-720	238	RUZ_bas	-720	253	RUZ_bas	-720
223	RUZ_EMME	720	238	RUZ_EMME	720	253	RUZ_EMME	720
224	DL	-463,5	239	DL	-463,5	254	DL	-463,5
224	KAR	-1215	239	KAR	-1215	254	KAR	-1215
224	RUZ_bas	-720	239	RUZ_bas	-720	254	RUZ_bas	-720
224	RUZ_EMME	720	239	RUZ_EMME	720	254	RUZ_EMME	720
225	DL	-463,5	240	DL	-463,5	255	DL	-463,5
225	KAR	-1215	240	KAR	-1215	255	KAR	-1215
225	RUZ_bas	-720	240	RUZ_bas	-720	255	RUZ_bas	-720
225	RUZ_EMME	720	240	RUZ_EMME	720	255	RUZ_EMME	720
226	DL	-463,5	241	DL	-463,5	256	DL	-463,5
226	KAR	-1215	241	KAR	-1215	256	KAR	-1215
226	RUZ_bas	-720	241	RUZ_bas	-720	256	RUZ_bas	-720
226	RUZ_EMME	720	241	RUZ_EMME	720	256	RUZ_EMME	720
227	DL	-463,5	242	DL	-463,5	257	DL	-463,5
227	KAR	-1215	242	KAR	-1215	257	KAR	-1215
227	RUZ_bas	-720	242	RUZ_bas	-720	257	RUZ_bas	-720
227	RUZ_EMME	720	242	RUZ_EMME	720	257	RUZ_EMME	720
228	DL	-463,5	243	DL	-463,5	258	DL	-463,5
228	KAR	-1215	243	KAR	-1215	258	KAR	-1215
228	RUZ_bas	-720	243	RUZ_bas	-720	258	RUZ_bas	-720
228	RUZ_EMME	720	243	RUZ_EMME	720	258	RUZ_EMME	720
229	DL	-463,5	244	DL	-463,5	259	DL	-463,5
229	KAR	-1215	244	KAR	-1215	259	KAR	-1215
229	RUZ_bas	-720	244	RUZ_bas	-720	259	RUZ_bas	-720
229	RUZ_EMME	720	244	RUZ_EMME	720	259	RUZ_EMME	720

Joint Loads - Force			Joint Loads - Force			Joint Loads - Force		
Joint	LoadCase	F3	Joint	LoadCase	F3	Joint	LoadCase	F3
Text	Text	Kgf	Text	Text	Kgf	Text	Text	Kgf
260	DL	-463,5	275	DL	-463,5	290	DL	-463,5
260	KAR	-1215	275	KAR	-1215	290	KAR	-1215
260	RUZ_bas	-720	275	RUZ_bas	-720	290	RUZ_bas	-720
260	RUZ_EMME	720	275	RUZ_EMME	720	290	RUZ_EMME	720
261	DL	-463,5	276	DL	-463,5	291	DL	-463,5
261	KAR	-1215	276	KAR	-1215	291	KAR	-1215
261	RUZ_bas	-720	276	RUZ_bas	-720	291	RUZ_bas	-720
261	RUZ_EMME	720	276	RUZ_EMME	720	291	RUZ_EMME	720
262	DL	-463,5	277	DL	-463,5	292	DL	-463,5
262	KAR	-1215	277	KAR	-1215	292	KAR	-1215
262	RUZ_bas	-720	277	RUZ_bas	-720	292	RUZ_bas	-720
262	RUZ_EMME	720	277	RUZ_EMME	720	292	RUZ_EMME	720
263	DL	-463,5	278	DL	-463,5	293	DL	-463,5
263	KAR	-1215	278	KAR	-1215	293	KAR	-1215
263	RUZ_bas	-720	278	RUZ_bas	-720	293	RUZ_bas	-720
263	RUZ_EMME	720	278	RUZ_EMME	720	293	RUZ_EMME	720
264	DL	-463,5	279	DL	-463,5	294	DL	-463,5
264	KAR	-1215	279	KAR	-1215	294	KAR	-1215
264	RUZ_bas	-720	279	RUZ_bas	-720	294	RUZ_bas	-720
264	RUZ_EMME	720	279	RUZ_EMME	720	294	RUZ_EMME	720
265	DL	-463,5	280	DL	-463,5	295	DL	-463,5
265	KAR	-1215	280	KAR	-1215	295	KAR	-1215
265	RUZ_bas	-720	280	RUZ_bas	-720	295	RUZ_bas	-720
265	RUZ_EMME	720	280	RUZ_EMME	720	295	RUZ_EMME	720
266	DL	-463,5	281	DL	-463,5	296	DL	-463,5
266	KAR	-1215	281	KAR	-1215	296	KAR	-1215
266	RUZ_bas	-720	281	RUZ_bas	-720	296	RUZ_bas	-720
266	RUZ_EMME	720	281	RUZ_EMME	720	296	RUZ_EMME	720
267	DL	-463,5	282	DL	-463,5	297	DL	-463,5
267	KAR	-1215	282	KAR	-1215	297	KAR	-1215
267	RUZ_bas	-720	282	RUZ_bas	-720	297	RUZ_bas	-720
267	RUZ_EMME	720	282	RUZ_EMME	720	297	RUZ_EMME	720
268	DL	-463,5	283	DL	-463,5	298	DL	-463,5
268	KAR	-1215	283	KAR	-1215	298	KAR	-1215
268	RUZ_bas	-720	283	RUZ_bas	-720	298	RUZ_bas	-720
268	RUZ_EMME	720	283	RUZ_EMME	720	298	RUZ_EMME	720
269	DL	-463,5	284	DL	-463,5	299	DL	-463,5
269	KAR	-1215	284	KAR	-1215	299	KAR	-1215
269	RUZ_bas	-720	284	RUZ_bas	-720	299	RUZ_bas	-720
269	RUZ_EMME	720	284	RUZ_EMME	720	299	RUZ_EMME	720
270	DL	-463,5	285	DL	-463,5	300	DL	-463,5
270	KAR	-1215	285	KAR	-1215	300	KAR	-1215
270	RUZ_bas	-720	285	RUZ_bas	-720	300	RUZ_bas	-720
270	RUZ_EMME	720	285	RUZ_EMME	720	300	RUZ_EMME	720
271	DL	-463,5	286	DL	-463,5	301	DL	-463,5
271	KAR	-1215	286	KAR	-1215	301	KAR	-1215
271	RUZ_bas	-720	286	RUZ_bas	-720	301	RUZ_bas	-720
271	RUZ_EMME	720	286	RUZ_EMME	720	301	RUZ_EMME	720
272	DL	-463,5	287	DL	-463,5	302	DL	-463,5
272	KAR	-1215	287	KAR	-1215	302	KAR	-1215
272	RUZ_bas	-720	287	RUZ_bas	-720	302	RUZ_bas	-720
272	RUZ_EMME	720	287	RUZ_EMME	720	302	RUZ_EMME	720
273	DL	-463,5	288	DL	-463,5	303	DL	-463,5
273	KAR	-1215	288	KAR	-1215	303	KAR	-1215
273	RUZ_bas	-720	288	RUZ_bas	-720	303	RUZ_bas	-720
273	RUZ_EMME	720	288	RUZ_EMME	720	303	RUZ_EMME	720
274	DL	-463,5	289	DL	-463,5	304	DL	-463,5
274	KAR	-1215	289	KAR	-1215	304	KAR	-1215
274	RUZ_bas	-720	289	RUZ_bas	-720	304	RUZ_bas	-720
274	RUZ_EMME	720	289	RUZ_EMME	720	304	RUZ_EMME	720

Joint Loads - Force			Joint Loads - Force			Joint Loads - Force		
Joint	LoadCase	F3	Joint	LoadCase	F3	Joint	LoadCase	F3
Text	Text	Kgf	Text	Text	Kgf	Text	Text	Kgf
305	DL	-463,5	317	DL	-463,5	329	DL	-463,5
305	KAR	-1215	317	KAR	-1215	329	KAR	-1215
305	RUZ_bas	-720	317	RUZ_bas	-720	329	RUZ_bas	-720
305	RUZ_EMME	720	317	RUZ_EMME	720	329	RUZ_EMME	720
306	DL	-463,5	318	DL	-463,5	330	DL	-463,5
306	KAR	-1215	318	KAR	-1215	330	KAR	-1215
306	RUZ_bas	-720	318	RUZ_bas	-720	330	RUZ_bas	-720
306	RUZ_EMME	720	318	RUZ_EMME	720	330	RUZ_EMME	720
307	DL	-463,5	319	DL	-463,5	331	DL	-463,5
307	KAR	-1215	319	KAR	-1215	331	KAR	-1215
307	RUZ_bas	-720	319	RUZ_bas	-720	331	RUZ_bas	-720
307	RUZ_EMME	720	319	RUZ_EMME	720	331	RUZ_EMME	720
308	DL	-463,5	320	DL	-463,5	332	DL	-463,5
308	KAR	-1215	320	KAR	-1215	332	KAR	-1215
308	RUZ_bas	-720	320	RUZ_bas	-720	332	RUZ_bas	-720
308	RUZ_EMME	720	320	RUZ_EMME	720	332	RUZ_EMME	720
309	DL	-463,5	321	DL	-463,5	333	DL	-463,5
309	KAR	-1215	316	KAR	-1215	327	RUZ_bas	-720
309	RUZ_bas	-720	316	RUZ_bas	-720	327	RUZ_EMME	720
309	RUZ_EMME	720	316	RUZ_EMME	720	328	DL	-463,5
310	DL	-463,5	321	KAR	-1215	328	KAR	-1215
310	KAR	-1215	321	RUZ_bas	-720	328	RUZ_bas	-720
310	RUZ_bas	-720	321	RUZ_EMME	720	328	RUZ_EMME	720
310	RUZ_EMME	720	322	DL	-463,5	333	KAR	-1215
311	DL	-463,5	322	KAR	-1215	333	RUZ_bas	-720
311	KAR	-1215	322	RUZ_bas	-720	333	RUZ_EMME	720
311	RUZ_bas	-720	322	RUZ_EMME	720	334	DL	-463,5
311	RUZ_EMME	720	323	DL	-463,5	334	KAR	-1215
312	DL	-463,5	323	KAR	-1215	334	RUZ_bas	-720
312	KAR	-1215	323	RUZ_bas	-720	334	RUZ_EMME	720
312	RUZ_bas	-720	323	RUZ_EMME	720	335	DL	-463,5
312	RUZ_EMME	720	324	DL	-463,5	335	KAR	-1215
313	DL	-463,5	324	KAR	-1215	335	RUZ_bas	-720
313	KAR	-1215	324	RUZ_bas	-720	335	RUZ_EMME	720
313	RUZ_bas	-720	324	RUZ_EMME	720	336	DL	-463,5
313	RUZ_EMME	720	325	DL	-463,5	336	KAR	-1215
314	DL	-463,5	325	KAR	-1215	336	RUZ_bas	-720
314	KAR	-1215	325	RUZ_bas	-720	336	RUZ_EMME	720
314	RUZ_bas	-720	325	RUZ_EMME	720	337	DL	-463,5
314	RUZ_EMME	720	326	DL	-463,5	337	KAR	-1215
315	DL	-463,5	326	KAR	-1215	337	RUZ_bas	-720
315	KAR	-1215	326	RUZ_bas	-720	337	RUZ_EMME	720
315	RUZ_bas	-720	326	RUZ_EMME	720	338	DL	-463,5
315	RUZ_EMME	720	327	DL	-463,5	338	KAR	-1215
316	DL	-463,5	327	KAR	-1215	338	RUZ_bas	-720
						338	RUZ_EMME	720

Tablo 5.4 Uzak Kafes Sistem Dügüm Noktası Reaksiyon Kuvvetleri

TABLE: Joint Reactions					
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text			Kgf	Kgf	Kgf
353	KOM1	Combination	-8676,9	0	17307,08
353	KOM2	Combination	-1954,03	0	24213,05
353	KOM3	Combination	130,41	0	-1252,73
353	KOM4	Combination	-9204,07	0	17229,35
353	KOM5	Combination	-8773,09	0	17200,45
353	KOM6	Combination	-11915,8	0	24231,25
353	KOM7	Combination	-5361,53	0	10419,3
353	KOM8	Combination	-9165,84	0	17247,55
353	KOM9	Combination	-8734,86	0	17218,65
362	KOM1	Combination	0	0	55393,81
362	KOM2	Combination	0	0	77014,17
362	KOM3	Combination	0	0	-2710,88
362	KOM4	Combination	0	0	55569,21
362	KOM5	Combination	0	0	55328,36
362	KOM6	Combination	0	0	76863,79
362	KOM7	Combination	0	0	33623,09
362	KOM8	Combination	0	0	55418,84
362	KOM9	Combination	0	0	55177,98
365	KOM1	Combination	0	0	-1362,78
365	KOM2	Combination	0	0	-1755,14
365	KOM3	Combination	0	0	-308,31
365	KOM4	Combination	0	0	-1411,49
365	KOM5	Combination	0	0	-1446,08
365	KOM6	Combination	0	0	-1687,2
365	KOM7	Combination	0	0	-902,49
365	KOM8	Combination	0	0	-1343,56
365	KOM9	Combination	0	0	-1378,14
414	KOM1	Combination	6532,15	-1999,99	43710,06
414	KOM2	Combination	8980,66	-2772,7	60743,4
414	KOM3	Combination	-48,21	76,65	-2067,06
414	KOM4	Combination	5710,22	-2015,45	43628,06
414	KOM5	Combination	6583,69	-3370,17	43760,72
414	KOM6	Combination	8948,76	-2766,79	60765
414	KOM7	Combination	4051,75	-1221,38	26698,31
414	KOM8	Combination	5678,33	-2009,54	43649,66
414	KOM9	Combination	6551,8	-3364,26	43782,32
425	KOM1	Combination	0	1999,99	39970,39
425	KOM2	Combination	0	2772,7	55588,99
425	KOM3	Combination	0	-76,65	-2004,6
425	KOM4	Combination	0	2015,45	40002,35
425	KOM5	Combination	0	705,11	40015,73
425	KOM6	Combination	0	2766,79	55632,05
425	KOM7	Combination	0	1221,38	24394,85
425	KOM8	Combination	0	2009,54	40045,41
425	KOM9	Combination	0	699,2	40058,78
474	KOM1	Combination	7855,62	0	43899,2
474	KOM2	Combination	10815,45	0	61005,62
474	KOM3	Combination	-98,93	0	-2074,31
474	KOM4	Combination	7043,92	0	43818,66
474	KOM5	Combination	7862,74	0	43972,97
474	KOM6	Combination	10779,64	0	61026,66
474	KOM7	Combination	4859,98	0	26813,82
474	KOM8	Combination	7008,11	0	43839,7

474	KOM9	Combination	7826,94	0	43994,01
485	KOM1	Combination	0	0	39981,34
485	KOM2	Combination	0	0	55604,17
485	KOM3	Combination	0	0	-2005,02
485	KOM4	Combination	0	0	40013,38
485	KOM5	Combination	0	0	40058,77
485	KOM6	Combination	0	0	55647,19
485	KOM7	Combination	0	0	24401,53
485	KOM8	Combination	0	0	40056,4
485	KOM9	Combination	0	0	40101,8
510	KOM1	Combination	-5710,87	0	17974,04
510	KOM2	Combination	-7842,07	0	25137,7
510	KOM3	Combination	16,73	0	-1278,29
510	KOM4	Combination	-6215,12	0	17901,47
510	KOM5	Combination	-5673,35	0	17961,27
510	KOM6	Combination	-7812,6	0	25153,93
510	KOM7	Combination	-3550,2	0	10826,61
510	KOM8	Combination	-6185,66	0	17917,7
510	KOM9	Combination	-5643,88	0	17977,5
518	KOM1	Combination	0	0	54789,83
518	KOM2	Combination	0	0	76176,82
518	KOM3	Combination	0	0	-2687,73
518	KOM4	Combination	0	0	54960,56
518	KOM5	Combination	0	0	54835,79
518	KOM6	Combination	0	0	76028,23
518	KOM7	Combination	0	0	33254,24
518	KOM8	Combination	0	0	54811,97
518	KOM9	Combination	0	0	54687,2
521	KOM1	Combination	0	0	-1345,87
521	KOM2	Combination	0	0	-1731,7
521	KOM3	Combination	0	0	-308,96
521	KOM4	Combination	0	0	-1394,46
521	KOM5	Combination	0	0	-1370,88
521	KOM6	Combination	0	0	-1663,82
521	KOM7	Combination	0	0	-892,16
521	KOM8	Combination	0	0	-1326,58
521	KOM9	Combination	0	0	-1303

Tablo 5.5 Bazı çubukların eksenel çubuk kuvvetleri:

Element Joint Forces - Frames				Element Joint Forces - Frames			
Frame	Joint	OutputCase	F2	Frame	Joint	OutputCase	F2
Text	Text	Text	Kgf	Text	Text	Text	Kgf
1	353	KOM1	-1640,76	4	414	KOM4	5601,22
1	390	KOM1	1640,76	4	426	KOM4	-5601,22
1	353	KOM2	-2262,12	4	414	KOM5	4991,39
1	390	KOM2	2262,12	4	426	KOM5	-4993,75
1	353	KOM3	29,17	4	414	KOM6	7747,63
1	390	KOM3	-29,17	4	426	KOM6	-7747,63
1	353	KOM4	-1646,3	4	414	KOM7	3415,59
1	390	KOM4	1646,3	4	426	KOM7	-3415,59
1	353	KOM5	-1542,98	4	414	KOM8	5608,74
1	390	KOM5	1540,31	4	426	KOM8	-5608,74
1	353	KOM6	-2262,08	4	414	KOM9	4998,91
1	390	KOM6	2262,08	4	426	KOM9	-5001,26
1	353	KOM7	-1019,35	5	426	KOM1	-9117,86
1	390	KOM7	1019,35	5	438	KOM1	9117,86
1	353	KOM8	-1646,26	5	426	KOM2	-12682,88
1	390	KOM8	1646,26	5	438	KOM2	12682,88
1	353	KOM9	-1542,94	5	426	KOM3	463,11
1	390	KOM9	1540,27	5	438	KOM3	-463,11
2	390	KOM1	-2574,77	5	426	KOM4	-9113,25
2	402	KOM1	2574,77	5	438	KOM4	9113,25
2	390	KOM2	-3585,85	5	426	KOM5	-9513,75
2	402	KOM2	3585,85	5	438	KOM5	9511,39
2	390	KOM3	142,5	5	426	KOM6	-12686,92
2	402	KOM3	-142,5	5	438	KOM6	12686,92
2	390	KOM4	-2573,44	5	426	KOM7	-5556,89
2	402	KOM4	2573,44	5	438	KOM7	5556,89
2	390	KOM5	-2288,06	5	426	KOM8	-9117,29
2	402	KOM5	2285,7	5	438	KOM8	9117,29
2	390	KOM6	-3586,67	5	426	KOM9	-9517,79
2	402	KOM6	3586,67	5	438	KOM9	9515,43
2	390	KOM7	-1564,51	6	438	KOM1	-13466,84
2	402	KOM7	1564,51	6	450	KOM1	13466,84
2	390	KOM8	-2574,26	6	438	KOM2	-18728,37
2	402	KOM8	2574,26	6	450	KOM2	18728,37
2	390	KOM9	-2288,87	6	438	KOM3	673,52
2	402	KOM9	2286,51	6	450	KOM3	-673,52
3	402	KOM1	8847,16	6	438	KOM4	-13468,11
3	414	KOM1	-8847,16	6	450	KOM4	13468,11
3	402	KOM2	12283,78	6	438	KOM5	-13727,58
3	414	KOM2	-12283,78	6	450	KOM5	13725,23
3	402	KOM3	-388,74	6	438	KOM6	-18736,31
3	414	KOM3	388,74	6	450	KOM6	18736,31
3	402	KOM4	8882,04	6	438	KOM7	-8213,25
3	414	KOM4	-8882,04	6	450	KOM7	8213,25
3	402	KOM5	9363,97	6	438	KOM8	-13476,05
3	414	KOM5	-9366,33	6	450	KOM8	13476,05
3	402	KOM6	12288,68	6	438	KOM9	-13735,52
3	414	KOM6	-12288,68	6	450	KOM9	13733,17
3	402	KOM7	5415,45	7	450	KOM1	-8768,17
3	414	KOM7	-5415,45	7	462	KOM1	8768,17
3	402	KOM8	8886,95	7	450	KOM2	-12198,07
3	414	KOM8	-8886,95	7	462	KOM2	12198,07
3	402	KOM9	9368,87	7	450	KOM3	449,71
3	414	KOM9	-9371,23	7	462	KOM3	-449,71
4	414	KOM1	5574,1	7	450	KOM4	-8760,85
4	426	KOM1	-5574,1	7	462	KOM4	8760,85
4	414	KOM2	7740,12	7	450	KOM5	-8925,23
4	426	KOM2	-7740,12	7	462	KOM5	8922,87
4	414	KOM3	-247,08	7	450	KOM6	-12203,15
4	426	KOM3	247,08	7	462	KOM6	12203,15

Element Joint Forces - Frames				Element Joint Forces - Frames			
Frame	Joint	OutputCase	F2	Frame	Joint	OutputCase	F2
Text	Text	Text	Kgf	Text	Text	Text	Kgf
1147	308	KOM1	12218,89	1150	321	KOM4	-3518,4
1147	321	KOM1	-12218,89	1150	334	KOM4	3518,4
1147	308	KOM2	16924,46	1150	321	KOM5	-3518,82
1147	321	KOM2	-16924,46	1150	334	KOM5	3516,31
1147	308	KOM3	-427,35	1150	321	KOM6	-4893,57
1147	321	KOM3	427,35	1150	334	KOM6	4893,57
1147	308	KOM4	12257,29	1150	321	KOM7	-2098,29
1147	321	KOM4	-12257,29	1150	334	KOM7	2098,29
1147	308	KOM5	12214,37	1150	321	KOM8	-3506,75
1147	321	KOM5	-12216,88	1150	334	KOM8	3506,75
1147	308	KOM6	16891,47	1150	321	KOM9	-3507,17
1147	321	KOM6	-16891,47	1150	334	KOM9	3504,66
1147	308	KOM7	7480,32	1151	322	KOM1	-4074,11
1147	321	KOM7	-7480,32	1151	335	KOM1	4074,11
1147	308	KOM8	12224,3	1151	322	KOM2	-5692,02
1147	321	KOM8	-12224,3	1151	335	KOM2	5692,02
1147	308	KOM9	12181,37	1151	322	KOM3	274,01
1147	321	KOM9	-12183,88	1151	335	KOM3	-274,01
1148	309	KOM1	12161,84	1151	322	KOM4	-4086,56
1148	322	KOM1	-12161,84	1151	335	KOM4	4086,56
1148	309	KOM2	16850,69	1151	322	KOM5	-4086,57
1148	322	KOM2	-16850,69	1151	335	KOM5	4084,06
1148	309	KOM3	-439,43	1151	322	KOM6	-5677,47
1148	322	KOM3	439,43	1151	335	KOM6	5677,47
1148	309	KOM4	12200,47	1151	322	KOM7	-2441,66
1148	322	KOM4	-12200,47	1151	335	KOM7	2441,66
1148	309	KOM5	12153,94	1151	322	KOM8	-4072,02
1148	322	KOM5	-12156,45	1151	335	KOM8	4072,02
1148	309	KOM6	16818,84	1151	322	KOM9	-4072,02
1148	322	KOM6	-16818,84	1151	335	KOM9	4069,51
1148	309	KOM7	7441,15	1152	334	KOM1	0
1148	322	KOM7	-7441,15	1152	335	KOM1	0
1148	309	KOM8	12168,62	1152	334	KOM2	0
1148	322	KOM8	-12168,62	1152	335	KOM2	0
1148	309	KOM9	12122,09	1152	334	KOM3	0
1148	322	KOM9	-12124,6	1152	335	KOM3	0
1149	321	KOM1	0	1152	334	KOM4	0
1149	322	KOM1	0	1152	335	KOM4	0
1149	321	KOM2	0	1152	334	KOM5	-0,97
1149	322	KOM2	0	1152	335	KOM5	-0,97
1149	321	KOM3	0	1152	334	KOM6	0
1149	322	KOM3	0	1152	335	KOM6	0
1149	321	KOM4	0	1152	334	KOM7	0
1149	322	KOM4	0	1152	335	KOM7	0
1149	321	KOM5	-0,97	1152	334	KOM8	0
1149	322	KOM5	-0,97	1152	335	KOM8	0
1149	321	KOM6	0	1152	334	KOM9	-0,97
1149	322	KOM6	0	1152	335	KOM9	-0,97
1149	321	KOM7	0				
1149	322	KOM7	0				
1149	321	KOM8	0				
1149	322	KOM8	0				
1149	321	KOM9	-0,97				
1149	322	KOM9	-0,97				
1150	321	KOM1	-3507,58				
1150	334	KOM1	3507,58				
1150	321	KOM2	-4905,22				
1150	334	KOM2	4905,22				
1150	321	KOM3	248,58				
1150	334	KOM3	-248,58				

Tablo 5.6 Uzak Kafes Sistemin Bazı çubuklarında Isı Yükleme

Frame Loads - Temperature					Frame Loads - Temperature				
Frame	LoadCase	Type	Temp	JtPattern	Frame	LoadCase	Type	Temp	JtPattern
Text	Text	Text	C	Text	Text	Text	Text	C	Text
376	ISI	Temperature	20	None	1094	ISI	Temperature	20	None
531	ISI	Temperature	20	None	1032	ISI	Temperature	20	None
639	ISI	Temperature	20	None	982	ISI	Temperature	20	None
760	ISI	Temperature	20	None	381	ISI	Temperature	20	None
917	ISI	Temperature	20	None	536	ISI	Temperature	20	None
1015	ISI	Temperature	20	None	644	ISI	Temperature	20	None
1053	ISI	Temperature	20	None	765	ISI	Temperature	20	None
1103	ISI	Temperature	20	None	922	ISI	Temperature	20	None
1116	ISI	Temperature	20	None	1020	ISI	Temperature	20	None
1090	ISI	Temperature	20	None	1058	ISI	Temperature	20	None
1028	ISI	Temperature	20	None	1108	ISI	Temperature	20	None
978	ISI	Temperature	20	None	1131	ISI	Temperature	20	None
377	ISI	Temperature	20	None	1095	ISI	Temperature	20	None
532	ISI	Temperature	20	None	1033	ISI	Temperature	20	None
640	ISI	Temperature	20	None	983	ISI	Temperature	20	None
761	ISI	Temperature	20	None	382	ISI	Temperature	20	None
918	ISI	Temperature	20	None	537	ISI	Temperature	20	None
1016	ISI	Temperature	20	None	645	ISI	Temperature	20	None
1054	ISI	Temperature	20	None	766	ISI	Temperature	20	None
1104	ISI	Temperature	20	None	923	ISI	Temperature	20	None
1119	ISI	Temperature	20	None	1021	ISI	Temperature	20	None
1091	ISI	Temperature	20	None	1059	ISI	Temperature	20	None
1029	ISI	Temperature	20	None	1109	ISI	Temperature	20	None
979	ISI	Temperature	20	None	1134	ISI	Temperature	20	None
378	ISI	Temperature	20	None	1096	ISI	Temperature	20	None
533	ISI	Temperature	20	None	1034	ISI	Temperature	20	None
641	ISI	Temperature	20	None	984	ISI	Temperature	20	None
762	ISI	Temperature	20	None	383	ISI	Temperature	20	None
919	ISI	Temperature	20	None	538	ISI	Temperature	20	None
1017	ISI	Temperature	20	None	646	ISI	Temperature	20	None
1055	ISI	Temperature	20	None	767	ISI	Temperature	20	None
1105	ISI	Temperature	20	None	924	ISI	Temperature	20	None
1122	ISI	Temperature	20	None	1022	ISI	Temperature	20	None
1092	ISI	Temperature	20	None	1060	ISI	Temperature	20	None
1030	ISI	Temperature	20	None	1110	ISI	Temperature	20	None
980	ISI	Temperature	20	None	1137	ISI	Temperature	20	None
379	ISI	Temperature	20	None	1097	ISI	Temperature	20	None
534	ISI	Temperature	20	None	1035	ISI	Temperature	20	None
642	ISI	Temperature	20	None	985	ISI	Temperature	20	None
763	ISI	Temperature	20	None	384	ISI	Temperature	20	None
920	ISI	Temperature	20	None	539	ISI	Temperature	20	None
1018	ISI	Temperature	20	None	647	ISI	Temperature	20	None
1056	ISI	Temperature	20	None	768	ISI	Temperature	20	None
1106	ISI	Temperature	20	None	925	ISI	Temperature	20	None
1125	ISI	Temperature	20	None	1023	ISI	Temperature	20	None
1093	ISI	Temperature	20	None	1061	ISI	Temperature	20	None
1031	ISI	Temperature	20	None	1111	ISI	Temperature	20	None
981	ISI	Temperature	20	None	1140	ISI	Temperature	20	None
380	ISI	Temperature	20	None	1098	ISI	Temperature	20	None
535	ISI	Temperature	20	None	1036	ISI	Temperature	20	None
643	ISI	Temperature	20	None	986	ISI	Temperature	20	None
764	ISI	Temperature	20	None	385	ISI	Temperature	20	None
921	ISI	Temperature	20	None	540	ISI	Temperature	20	None
1019	ISI	Temperature	20	None	648	ISI	Temperature	20	None
1057	ISI	Temperature	20	None	769	ISI	Temperature	20	None
1107	ISI	Temperature	20	None	926	ISI	Temperature	20	None
1128	ISI	Temperature	20	None	1024	ISI	Temperature	20	None

Tablo 5.7 Uzak Kafes Sistemde Bazı Düğüm Noktası Deplasmanları

Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	cm	cm	cm
170	KOM1	Combination	1,486	0,175	1,359
170	KOM2	Combination	2,064	0,243	1,885
170	KOM3	Combination	-0,066	-0,006	-0,053
170	KOM4	Combination	1,500	0,178	1,373
170	KOM5	Combination	1,489	0,185	1,359
170	KOM6	Combination	2,030	-0,012	1,936
170	KOM7	Combination	0,875	-0,147	0,885
170	KOM8	Combination	1,466	-0,077	1,424
170	KOM9	Combination	1,455	-0,070	1,410
171	KOM1	Combination	1,783	0,178	-1,087
171	KOM2	Combination	2,476	0,246	-1,512
171	KOM3	Combination	-0,080	-0,005	0,056
171	KOM4	Combination	1,799	0,177	-1,096
171	KOM5	Combination	1,786	0,191	-1,089
171	KOM6	Combination	2,513	-0,009	-1,463
171	KOM7	Combination	1,127	-0,145	-0,613
171	KOM8	Combination	1,836	-0,078	-1,047
171	KOM9	Combination	1,823	-0,064	-1,040
172	KOM1	Combination	1,944	0,218	-3,367
172	KOM2	Combination	2,700	0,301	-4,684
172	KOM3	Combination	-0,089	-0,002	0,171
172	KOM4	Combination	1,961	0,218	-3,389
172	KOM5	Combination	1,946	0,239	-3,367
172	KOM6	Combination	2,808	0,045	-4,638
172	KOM7	Combination	1,295	-0,119	-2,005
172	KOM8	Combination	2,069	-0,038	-3,343
172	KOM9	Combination	2,054	-0,016	-3,322
173	KOM1	Combination	1,944	0,329	-4,863
173	KOM2	Combination	2,700	0,453	-6,766
173	KOM3	Combination	-0,089	-0,003	0,250
173	KOM4	Combination	1,962	0,329	-4,890
173	KOM5	Combination	1,945	0,355	-4,863
173	KOM6	Combination	2,878	0,197	-6,723
173	KOM7	Combination	1,366	-0,050	-2,918
173	KOM8	Combination	2,140	0,073	-4,847
173	KOM9	Combination	2,124	0,100	-4,820
174	KOM1	Combination	1,805	0,481	-5,393
174	KOM2	Combination	2,508	0,663	-7,504
174	KOM3	Combination	-0,082	-0,008	0,281
174	KOM4	Combination	1,824	0,482	-5,420
174	KOM5	Combination	1,806	0,511	-5,392
174	KOM6	Combination	2,757	0,407	-7,465
174	KOM7	Combination	1,352	0,043	-3,242
174	KOM8	Combination	2,073	0,225	-5,380
174	KOM9	Combination	2,055	0,255	-5,353
175	KOM1	Combination	1,569	0,673	-4,882
175	KOM2	Combination	2,179	0,929	-6,795
175	KOM3	Combination	-0,069	-0,015	0,260
175	KOM4	Combination	1,588	0,674	-4,904
175	KOM5	Combination	1,568	0,705	-4,881
175	KOM6	Combination	2,498	0,673	-6,757
175	KOM7	Combination	1,279	0,160	-2,931
175	KOM8	Combination	1,907	0,417	-4,866
175	KOM9	Combination	1,887	0,448	-4,843
176	KOM1	Combination	1,300	0,912	-3,410
176	KOM2	Combination	1,804	1,261	-4,750
176	KOM3	Combination	-0,055	-0,026	0,190
176	KOM4	Combination	1,318	0,914	-3,425
176	KOM5	Combination	1,297	0,944	-3,409

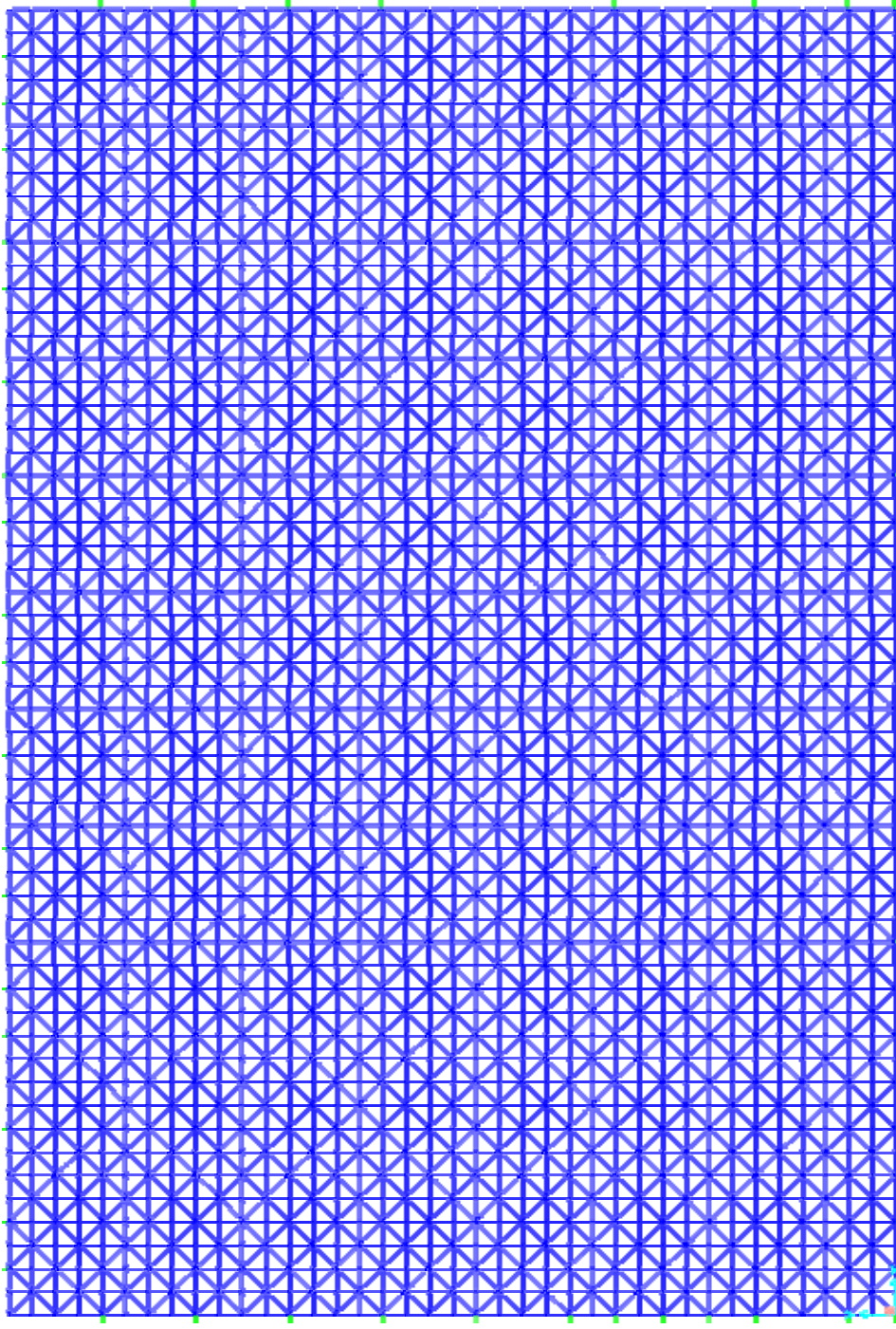
5.3. Çift Katmanlı Elazığ Kapalı Yüzme Havuzu Projesi

Çift katmanlı olarak projelendirilen Elazığ Kapalı yüzme havuzu uzay kafes sistem projesi UZAYKON firması tarafından 2002 yılında hazırlanmıştır. Sistemde 8071 çubuk ve 1790 düğüm noktası mevcuttur. Proje üzerinde yapılan incelemede, kapalı yüzme havuzu Uzay kafes sistemin alanının yaklaşık $49.4 \times 72.80 = 3596 \text{ m}^2$ civarında olduğu görülmüştür. (Şekil 5.4) Bu alan ve açıklıklar kapalı yüzme havuzlarının boyutlarıyla karşılaştırıldığında, çift katmanlı olarak boyutlandırılması optimum bir çözüm olarak yorumlanabilir. İncelenen çift katmanlı uzay çelik kafes sistemde maksimum deplasman, sistemin merkezi bölgesinde bulunan 895 no'lu düğüm noktasında meydana gelecektir.

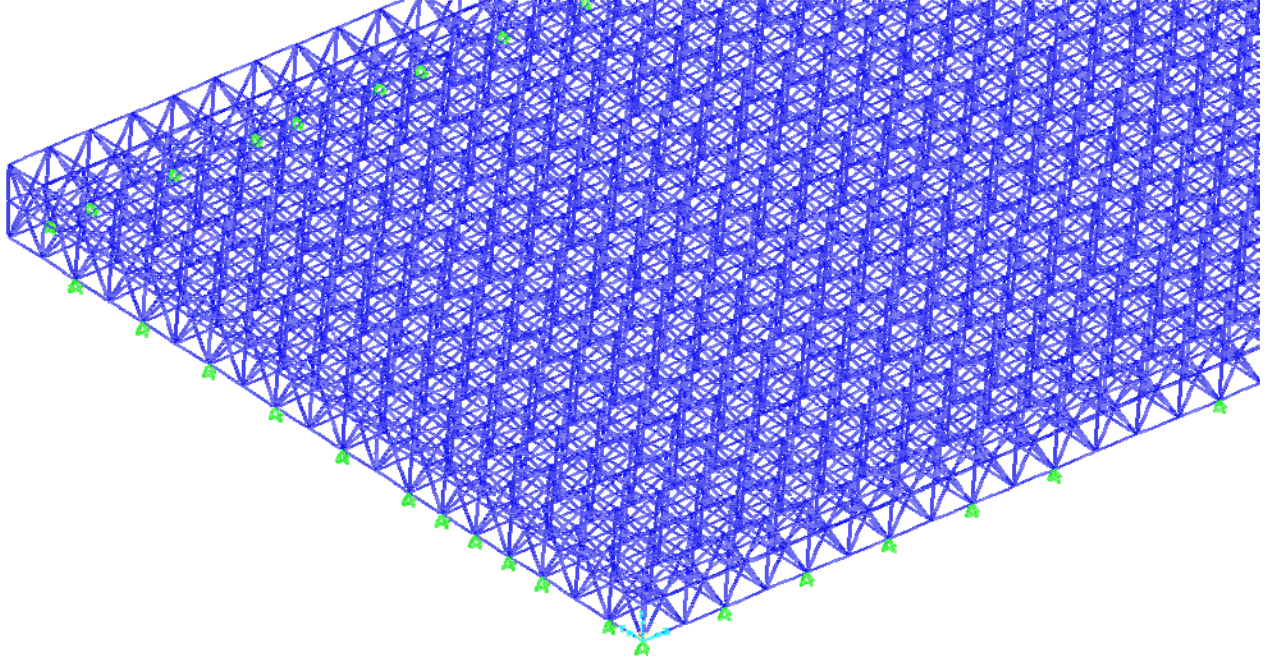
Yapının projelendirilmesinde, ülkemizde geçerli olan TS648, TS498 ve Deprem Yönetmeliği (TDY 1998) in esas alındığı görülmüştür. Malzeme kalitesi olarak ise, St37, St52, St60 çelikleri borular, küreler, somunlar, pimler ve koniklerde; cıvatalarda ise 8.8 ve 10.9 çelikleri kullanılmıştır. Bu malzemelerin KOSGEB laboratuvarlarında kimyasal analizi, ayrıca mukavemet deneyleri yapılmış ve uygunluk raporu verildiği görülmüştür.

Projelendirmede uzay kafes sistemin 12 yükleme durumu ve 28 yükleme kombinasyonları ile (zati yüklemeler, kar ve rüzgar yüklemeleri, ısı değişimi, deprem yüklemesi gibi) analizi yapılmıştır. Projelendirmede göz önüne alınan yük değerleri gerçek değerlerdir. Uzay kafes çelik çatılarda kar yüklemesinin önemli bir faktör olmasından dolayı, bu değer 150 kg/m^2 alınmış ve düğüm noktalarına üst başlıkta etki ettirilmiştir. UZAYKON firması analizde FRAMECAD bilgisayar programından yararlanmış ve elastik limitler dahilinde boyutlandırmanın yapıldığı görülmüştür.

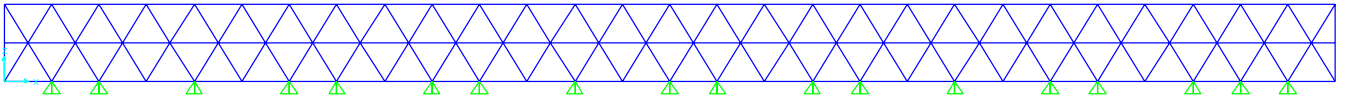
Çekme çubukları çekme gerilmesine, basınç çubukları da burkulmaya göre analiz edilmiş ve boyutlandırılmıştır. En elverişsiz yüklemeler altında çubuklarda oluşan gerilmelerin genel olarak $\sigma_{em} = 1440 \text{ kg/cm}^2$ ve 1656 kg/cm^2 yi aşmadığı görülmüştür. Dolayısıyla projelendirmede uygun kesitler seçildiği vurgulanabilir.



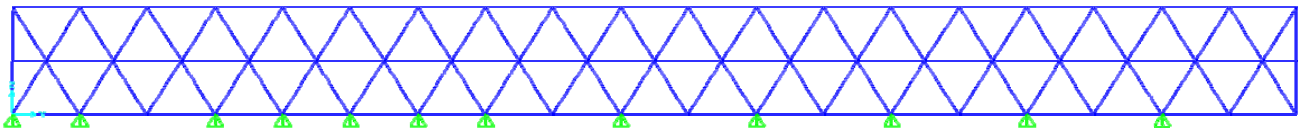
Şekil 5.4 Çift Katmanlı 8071 Çubuklu Uzay Kafes Sistem (SAP2000 çıktısı)



Şekil 5.5 Çift Katmanlı 8071 Çubuklu Uzay Kafes Sistemin Üç Boyutlu Görünüşü
(SAP2000 çıktısı)



Şekil 5.6 Çift Katmanlı 8071 Çubuklu Uzay Kafes Sistemin X-Z Düzlemi (SAP2000 çıktısı)



Şekil 5.7 Çift Katmanlı 8071 Çubuklu Uzay Kafes Sistemin Y-Z Düzlemi (SAP2000 çıktısı)

İncelenen ve çözümü yapılan çift katmanlı bu örnekte kullanılan malzeme ve emniyet gerilmeleri yukarıda açıklanan tek katmanlı örnekte olduğu gibidir.

YÜK DEĞERLERİ

Esas Yükler

Esas yükler düşey doğrultuda olup hesapların yapıldığı *Framecad* adlı bilgisayar programı tarafından üst başlık düğüm noktalarına her düğümün alan payına göre yayılı yükten tekil yüke çevrilerek etki ettirilmektedir.

Uzay kafes sisteme etkiyen düşey yayılı yük aşağıda gösterildiği gibidir:

Uzay sistem zati yükü	48.10 kg/cm ²
Kar Yüğü	150.0 kg/cm ²
Rüzgar Yüğü	80.00 kg/cm ²
Aşık +Kaplama	20.00 kg/cm ²
Tesisat Yüğü	10.00 kg/cm ²

Yine tek katmanlı uzay kafes sistemde açıklanmış olan metod, boru taşıma gücü, cıvata hesabı ve ilgili formüller burada da kullanılmıştır.

YÜK ANALİZİ

• Yükler

Uzay sistem zati ağırlığı:	$g_1 = 48.10 \text{ kg/m}^2$	(her düğümde farklı)
Aşık + kaplama:	$g_2 = 20.00 \text{ kg/m}^2$	
Tesisat Yüğü:	$g_3 = 10.00 \text{ kg/m}^2$	
Kar yüğü:	$g_4 = 150.0 \text{ kg/m}^2$	
Rüzgar yüğü:	$V = 80.0 \text{ kg/m}^2$	
Sıcaklık değişimi:	$\Delta T = \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$	

• Yükleme 1:

<u>Uzay sistem zati ağırlığı:</u>	$g_1 = 48.10 \text{ kg/m}^2$	(her düğümde farklı)
-----------------------------------	------------------------------	----------------------

Pi (-z) her düğüm noktasında farklıdır ve bilgisayar tarafından otomatik olarak hesaplanır.

• Yükleme 2:

<u>Aşık + kaplama:</u>	$g_2 = 20.00 \text{ kg/m}^2$
Pi (-z) = 0.020 * (Ai)	Ai = yük alanı

Ai, modül boyuna bağlı olarak her düğüm için hesaplanarak belirlenmiştir.

• **Yüklem 3:**

Tesisat Yüğü: $g_3 = 10.00 \text{ kg/m}^2$

$P_i (-z) = 0.010 * (A_i)$ $A_i = \text{yük alanı}$

A_i , modül boyuna bağılı olarak her düğüm için hesaplanarak belirlenmiştir.

• **Yüklem 4:**

Kar yüğü: $g_4 = 150.0 \text{ kg/m}^2$

$P_i (-z) = 0.150 * (A_i)$ $A_i = \text{yük alanı}$

A_i , modül boyuna bağılı olarak her düğüm için hesaplanarak belirlenmiştir.

• **Yüklem 5:** Rüzgar soldan(X) : $g_2 = 80.0 \text{ kg/m}^2$

• **Yüklem 6:** Rüzgar sağdan(-X) : $g_2 = 80.0 \text{ kg/m}^2$

• **Yüklem 7:** Rüzgar önden(Y) : $g_2 = 80.0 \text{ kg/m}^2$

• **Yüklem 8:** Rüzgar arkadan(-Y) : $g_2 = 80.0 \text{ kg/m}^2$

• **Yüklem 9:** Rüzgar emme(-Y, -Z) : $g_2 = 80.0 \text{ kg/m}^2$

$P_i (z) = 0.080 * (A_i)$ $A_i = \text{yük alanı}$

A_i , modül boyuna bağılı olarak her düğüm için hesaplanarak belirlenmiştir.

• **Yüklem 10:** Deprem Yüğü : (X Yönünde)

1. Bölge: $A_0 = 0.40$ $S_{(T)} = 2.5$ $I = 1.20$ $R_A = 6.00$

$C = A_0 * S_{(T)} * I / R_A = 0.40 * 2.5 * 1.20 / 6.00 = 0.20$

$P_i (-z) = \text{uzay zati} + \text{aşık} + \text{kaplama} + \text{tesisat} + 0.3 * \text{kar yüğü}$

$P_i (x) = 98.011 \text{ t}$ düğümlere gelen toplam deprem yüğü

• **Yüklem 11:** Deprem Yüğü : (Y Yönünde)

1. Bölge: $A_0 = 0.40$ $S_{(T)} = 2.5$ $I = 1.20$ $R_A = 6.00$

$C = A_0 * S_{(T)} * I / R_A = 0.40 * 2.5 * 1.20 / 6.00 = 0.20$

$P_i (-z) = \text{uzay zati} + \text{aşık} + \text{kaplama} + \text{tesisat} + 0.3 * \text{kar yüğü}$

$P_i (y) = 98.011 \text{ t}$ düğümlere gelen toplam deprem yüğü

• **Yüklem 12:**

Sıcaklık değışimi: $(\Delta_t = \pm 20.0 ^\circ\text{C})$ sıcaklık farkı alınmıştır.

YÜKLEME KOMBINASYONLARI

- **Yüklem 1:** Uzay sistem zati ağırlığı
- **Yüklem 2:** Aşık + kaplama
- **Yüklem 3:** Tesisat Yüğü
- **Yüklem 4:** Kar yüğü
- **Yüklem 5:** Rüzgar soldan
- **Yüklem 6:** Rüzgar sağdan
- **Yüklem 7:** Rüzgar önden
- **Yüklem 8:** Rüzgar arkadan
- **Yüklem 9:** Rüzgar üstten
- **Yüklem 10:** Deprem X Yönlünde
- **Yüklem 11:** Deprem Y Yönlünde
- **Yüklem 12:** Sıcaklık değışimi

Yukarıda proje müellifince verilen hesap ve yaklaşımlar açıklanmıştır. Aynı sistem SAP2000 ile çözüm için aşağıdaki açıklamalarla verilmiştir.

Yükler

Öz ağırlık: $(g_1 + g_2 + g_3) = 78.1 \text{ kg/m}^2$

Kar yüğü: $P_k = 150.0 \text{ kg/m}^2$

Rüzgar yüğü: $P_w = 80.0 \text{ kg/m}^2$

Sıcaklık değışimi: $\Delta T = \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Düğüm noktalarına etkiyen tekil kuvvetlerin hesabı için yük bölgesi ($2.5 \times 2.5 = 6.25 \text{ m}^2$) alınarak;

$$P_G = 78.1 \times 6.25 = 488 \text{ kg}$$

$$P_K = 150 \times 6.25 = 938 \text{ kg}$$

Rüzgar basınç yüklemeğinde $P_{wb} = 80 \times 6.25 = 500 \text{ kg}$

Rüzgar emme yüklemeğinde $P_{wb} = - 80 \times 6.25 = - 500 \text{ kg}$

Çözümde göz önüne alınan yük kombinezonları;

Kom1	öz ağırlık + tam kar
Kom2	öz ağırlık + tam kar + rüzgar (basınç)
Kom3	öz ağırlık + tam kar + rüzgar (emme)
Kom4	öz ağırlık + tam kar + depremX
Kom5	öz ağırlık + tam kar + depremY
Kom6	öz ağırlık + tam kar + rüzgar (basınç) + ısı
Kom7	öz ağırlık + tam kar + rüzgar (emme) + ısı
Kom8	öz ağırlık + tam kar + depremX + ısı
Kom9	öz ağırlık + tam kar + depremY + ısı

şeklinde programa tanıtılmıştır. Projede çubuklar için boru kesit alanları atanarak, çubuk kuvvetleri ve gerilmeler hesaplanmıştır. Burada, projede kullanılmış olan on beş tane çubuk kesit alanı ($A = 4; 4.6; 5.23; 6.5; 7.98; 10.8; 14.41; 15.52; 20.41; 20.55; 25.2; 25.15; 35.41; 58.81; 53.06 \text{ cm}^2$) çubuklara atanmış ve sonuçlar gözlenmiştir.

Deprem hesabı için sisteme X ve Y eksenleri doğrultusunda yapı ağırlığının 0.1 'i ($W_E=0.1*W$) yüklenmiştir.

SAP2000 ile çözülen 8071 çubuklu ve 1790 düğüm noktalı çift katmanlı uzay kafes sistemin sonuçları burada yer darlığı nedeniyle verilmemiştir. Elde edilen çubuk kuvvetleri ve deplasman değerleri FRAMECAD programının sonuçlarına çok yakın bulunmuştur.

Aşağıda verilen çizelgede problemle ilgili olarak, denklem takımının boyutu, bant genişliği gibi bazı bilgiler verilmekte ve çözümün tamamlandığı görülmektedir.

SAP2000 Advanced Version 10.0.1.0 (Analysis Build 8499)

B E G I N A N A L Y S I S

2007/08/29 23:16:29

MAXIMUM MEMORY BLOCK SIZE (BYTES) = 31.401 MB

NUMBER OF JOINTS IN THE MODEL = 1790

E L E M E N T F O R M A T I O N 23:16:29

NUMBER OF FRAME ELEMENTS FORMED = 8071

L I N E A R E Q U A T I O N S O L U T I O N 23:16:36

FORMING STIFFNESS AT ZERO (UNSTRESSED) INITIAL CONDITIONS

TOTAL NUMBER OF EQUILIBRIUM EQUATIONS = 5220

APPROXIMATE "EFFECTIVE" BAND WIDTH = 145

NUMBER OF EQUATION STORAGE BLOCKS = 1

MAXIMUM BLOCK SIZE (8-BYTE TERMS) = 746937

SIZE OF STIFFNESS FILE(S) (BYTES) = 5.719 MB

NUMBER OF EQUATIONS TO SOLVE = 5220

NUMBER OF EIGENVALUES BELOW SHIFT = 0

L I N E A R S T A T I C C A S E S 23:16:40

USING STIFFNESS AT ZERO (UNSTRESSED) INITIAL CONDITIONS

TOTAL NUMBER OF CASES TO SOLVE = 7

NUMBER OF CASES TO SOLVE PER BLOCK = 7

LINEAR STATIC CASES TO BE SOLVED:

CASE: DEAD

CASE: SL

CASE: WLB

CASE: WLE

CASE: ISI

CASE: DEPREMX

CASE: DEPREMY

A N A L Y S I S C O M P L E T E

2007/08/29 23:16:41

6. SONUÇLAR

Uzay kafes sistemlerin statik ve dinamik yükler altında analizi ve dizaynı, teorik alt yapısı ve pratikte uygulanabilirliği, uygulama şekilleri konusunda araştırma ve incelemeler yapılmıştır. Bu amaçla tek ve çift katmanlı uzay kafes sistemler SAP2000 programıyla çözümlenerek, uygulamada halen kullanılmakta olan bilgisayar programlarının uygulanabilir olduğu ve gerçekçi sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Ancak SAP2000 yapı analizi programı artık ülkemizde mühendislik firmalarınca yaygın olarak kullanılmakta ve üniversitelerde ders olarak verilmekte olduğundan, uzay kafes sistemlerin çözümünde mühendislere ve araştırmacılara kuvvetle önerilmektedir.

Özellikle, çift katmanlı uzay kafes sistemler, spor kompleksleri gibi çok büyük alanların geçilmesinde başarıyla uygulanmaktadır. Pratikte uygulanmakta olan MERO sistem ile, malzemeden tasarruf yapılmakta, montaj işlemi kolay olmakta ve kısa sürede sistem tamamlanmaktadır.

Ülkemizde yıkılan uzay kafes sistemlerden dolayı, kurum ve kuruluşlar bu konuda çok titiz davranmaktadırlar. İncelenen projelerden de görüldüğü gibi hesap ve boyutlandırmalar için *uzay kafes sistem teknik şartnamesi* hazırlanmış, genel olarak bu şartnameye ve ilgili yönetmeliklere uyulduğu görülmüştür.

Tasarım aşamasında olabilecek uzay çatı uyumu, modelleme, mesnetleme düzeni, yetersiz kar yükü, rüzgar ve stabilite kontrolleri gibi etkiler önemli sıkıntılar yaratmaktadır. Bu problemleri gidermek amacıyla, montaj ve kurulum aşamalarını gösteren proje hazırlanmalıdır.

Uygulamada, küre imalat sorunları yaşanmakta, dış sıyırması sonucu cıvata küreden ayrılmakta ve sistem yıkılmaktadır. Koniklerin imalatında da sorunlar yaşanmakta ve borular koniklerden ayrılmakta ve yapı göçmektedir.

İmalat sorunları montajdan önce saptanmalı ve bütün elemanlar teste tabi tutulmalıdır. İmalatı tamamlanmış değişik tip çubukların **(küre + cıvata + konik + boru)** şeklinde bir bütün olarak deneysel çekme testi yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Makowski, Z.S., (1984), “Space Structures of Today and Tomorrow”, Space Structures (ed. H. Nooshin), Guildford, Elsevier.
- [2] Saka, M.P., (1980), “Shape Optimization of Trusses”, J. Struct. Div., ASCE, Vol.106, ST5.
- [3] Saka, M.P., (1987), “Optimum Design of Nonlinear Space Trusses”, The Rhird Int. Conf. and Exhibition on Civil and Struc. Eng. Comp., CIVIL-COMP 87.
- [4] Demir, Ö., (1983), “Uzay Kafes Sistemlerin Optimum Boyutlandırılması ve Şekillendirilmesi”, Doktora Tezi, Fırat Üniv. Fen Bil. Enstitüsü, Elazığ.
- [5] Ülker, M., (1988), “Lineer Olmayan Uzay Kafes Sistemlerin Optimum Boyutlandırılması”, Doktora Tezi, Fırat Üniv. Fen Bil. Enstitüsü, Elazığ.
- [6] Keleşoğlu, Ö, ve Ülker, M., (2005) “Fuzzy Optimization of Geometrical Nonlinear Space Truss Design”, TÜBİTAK, Turkish J. Eng. Env. Sci., 29,321-329.
- [7] Lopez, A., Puente, I. ve Serna, M.A., “Analysis of Single Layer Latticed Domes: A New Beam-Element”, Navarra Üniv. İnşaat Müh. Bölümü, İspanya.
- [8] Makowski, Z.S., Steel Space Structures, London: Michael Joseph Ltd, 1965.
- [9] Orbay, A. ve Savaşır, K. 2004, “Tonoz biçimli Çift Katlı Uzay Kafes Sistemlerin - Çeşitli Kriterler Açısından- Etkinliğinin Karşılaştırılmasına Yönelik Bir Araştırma” DEÜ Müh. Fak. Fen Ve Müh. Dergisi, Cilt 6, Sayı 1, sh. 39-49
- [10] Sungur, İ. , 2005, “Taşıyıcı Sistemler ve Yapı Statiği” , Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [11] Polat, U. , “Çelik Uzay Kafes Yapısal Sistemler”, ODTÜ, Ankara.
- [12] TS648, Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, TS Enstitüsü, Aralık, 1980, Ankara.
- [13] TS3357, Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşimlerin Hesap ve Yapım Kuralları, TS Enstitüsü, Nisan 1979, Ankara.
- [14] TS498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, TS Enstitüsü, Kasım 1997, Ankara.
- [15] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1998 Türkiye Deprem Yönetmeliği), T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1998, Ankara.
- [16] SAP2000, Linear and Nonlinear Static and Dynamic Analysis and Design of Three Dimensional Structures
- [17] EC3, Eurocode3, Design of Steel Structures, 2003.

ÖZGEÇMİŞ

Fatma ÜLKER, 1982 yılında Malatya’ da doğmuştur. İlk öğrenimini Elazığ Evren Paşa İlkokulu, orta ve lise öğrenimini Balakgazi Lisesinde tamamlamıştır. 2000 yılında, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne girmiştir. 2004 yılında lisans eğitimini tamamladıktan sonra, Şubat 2005 döneminde, F.Ü Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Programında yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. Halen DSİ Genel Müdürlüğü, proje ve inşaat dairesi başkanlığında inşaat mühendisi olarak çalışmaktadır.