

151556

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UZAY KAFES SİSTEMLERDE MODÜL
YÜKSEKLİĞİNİN SİSTEMİN EKONOMİSİNE
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

151556

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Mehmet Özden ÖZTÜRK
(501021061)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Nisan 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 21 Mayıs 2004**

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Nesrin YARDIMCI

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Hasan KARATAŞ (İ.K.Ü.)

Yrd.Doç.Dr. Almila BÜYÜKTAŞKIN (İ.T.Ü.)

MAYIS 2004

ÖNSÖZ

Bu çalışmada Uzay Kafes Sistemlerin üç farklı açıklıktaki sistemlere göre modül yüksekliklerinin sistemin ekonomisine etkisi FrameCad programından yararlanılarak incelenmiştir.

Yüksek lisans tezi süresince, bilgi ve deneyimlerinden yararlanma fırsatı bulduğum danışman hocam Prof. Dr. Nesrin YARDIMCI başta olmak üzere, ilgi ve yardımları ile bana destek olan Arş. Gör. Cüneyt VATANSEVER'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Üzerimde büyük emekleri olan aileme ve arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım boyunca bana her türlü kolaylığı sağlayan UZAY SİSTEM yöneticileri ve teknik elemanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs, 2004

İnş. Müh. Mehmet Özden ÖZTÜRK

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
2. UZAY KAFES SİSTEMLER HAKKINDA GENEL BİLGİLER	2
2.1. Uzay Kafes Sistemlerin Tanımı ve Kullanım Amacı	2
2.2. Uzay Kafes Sistemlerin Tarihsel Gelişimi	3
2.3. Uzay Kafes Sistemlerin Üstünlükleri	4
2.4. Uzay Kafes Sistemleri Oluşturan Elemanlar	5
2.4.1. Çubuklar	5
2.4.2. Düğüm Noktaları	10
2.4.2.1. Oktaplatte Düğüm Noktası	10
2.4.2.2. Stephan De Chateau Düğüm Noktası	11
2.4.2.3. Triodetic Düğüm Noktası	12
2.4.2.4. Varitec Düğüm Noktası	13
2.4.2.5. Unistrut Düğüm Noktası	14
2.4.2.6. Gero Düğüm Noktası	15
2.4.2.7. Mero Düğüm Noktası	16
2.4.2.8. Nodus Düğüm Noktası	18
2.4.3. Mesnetler	19
2.4.4. Temeller	20
2.4.5. Örtü Elemanı	21
2.5. Uzay Kafes Sistem Oluşum İlkeleri	22
2.6. Uzay Kafes Sistemlerin Kurulması	26
2.7. Uzay Kafes Yapıların Türleri	27
2.7.1. Düzlem Kafes Uzay Taşıyıcı Sistemler	27
2.7.1.1. Truss Tipi Düzlem Uzay Kafes Sistemler	28
2.7.1.2. Space Tipi Düzlem Uzay Kafes Sistemler	28
2.7.1.3. Düzlem Uzay Kafes Sistemlerde Maliyeti Etkileyen Faktörler	35
2.7.2. Tek Eğrilikli Uzay Taşıyıcı Sistemler	38
2.7.2.1. Tek Eğrilikli Uzay Kafes Sistemlerin Oluşum İlkeleri	39
2.7.2.2. Tek Eğrilikli Uzay Kafes Sistem Türleri	41
2.7.3. Çift Eğrilikli Uzay Taşıyıcı Sistemler	45
2.7.3.1. Düğüm Noktası Mafsallı Sistemler	46
2.7.3.2. Rijit Düğüm Noktası Sistemler	48

3. UZAY KAFES SİSTEMLER HESABINDA UYGULANAN YÖNTEMLER	49
3.1. Matris Deplasman Metodu	50
3.1.1. Rijit Düğüm Noktalı Sistemler	50
3.1.1.1. Yerdeğiştirmeler vektörü	50
3.1.1.2. Zorlar Vektörü	51
3.1.1.3. Rijitlik Matrisi	52
3.1.1.4. Döndürme Matrisi	53
3.1.1.5. Düğüm noktalarının dengesi	54
3.1.2. İki Ucu Mafsallı Sistemler	55
3.2. Sonlu Elemanlar Yöntemi	58
3.3. Düzlem Uzak Sistemlerde Uygulanabilir Yöntemler	59
3.3.1. Süreksiz Düşünüş	59
3.3.1.1. Kuvvet Yöntemi	59
3.3.1.2. Yerdeğiştirme Yöntemi	60
3.3.1.3. Relaksasyon Yöntemi	60
3.3.2. Sürekli Düşünüş	60
4. UZAY TAŞIYICI SİSTEMLERDE BOYUTLANDIRMA	61
4.1. Genel Bilgiler	61
4.2. Yük Aktarma Düzeni	61
4.3. Boyutlandırmada Yapılması Gereken Kontroller	64
4.4. Uzak Taşıyıcı Sistemlerin Ülkemizde Uygulanması	66
4.4.1. Kullanılan Sistem ve Malzemeler	66
4.4.2. Çelik Malzeme Gideri	67
5. SAYISAL ÖRNEKLER	69
5.1. Analizde Kullanılan Büyüklükler ve Varsayımlar	72
5.2. Tip1-3m'lik ve 2.5'lik modül	73
5.3. Tip2-3m'lik ve 2.5'lik modül	75
5.4. Tip3-3m'lik ve 2.5'lik modül	77
5.5. Kolon kontrolü	79
5.6. Birleşim elemanlardaki gerilmelerin kontrolü için mevcut bir programın genişletilmesi	85
6. SONUÇLAR	87
KAYNAKLAR	89
EKLER	91
Ek A Sistemlere ait yük kabülleri ve kombinasyonları	92
Ek B Tip1-3m'lik sisteme ait malzeme dökümü	94
Ek C Tip1-3m'lik sisteme ait teklif dökümü	98
Ek D Tip1-3m'lik sistem için genişletilmiş programda oluşturulan girdi dosyaları	102
Ek E Tip1-3m'lik sistem için genişletilmiş programda oluşturulan çıktı dosyaları	108
Ek F Tip1-3m'lik sisteme ait FrameCad programında oluşturulan maksimum çubuk gerilmeleri çıktı dosyaları	127
ÖZGEÇMİŞ	135

KISALTMALAR

DIN	: Alman Standartları Enstitüsü
İ.T.Ü	: İstanbul Teknik Üniversitesi
S.D.C	: Stephan de Chateau
TS	: Türk Standardı
Y.T.Ü	: Yıldız Teknik Üniversitesi
ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik



TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Cıvata,somun ve pim için kullanılan malzemeler ve bunların mekanik özellikleri	08
Tablo 5.1. Uzay kafes sistem tipleri	69
Tablo 5.2. Tip 1 3m'lik modül için elde edilen değerler tablosu	73
Tablo 5.3. Tip 1 2.5m'lik modül için elde edilen değerler tablosu	73
Tablo 5.4. Tip 2 3m'lik modül için elde edilen değerler tablosu.....	75
Tablo 5.5. Tip 2 2.5m'lik modül için elde edilen değerler tablosu.....	75
Tablo 5.6. Tip 3 3m'lik modül için elde edilen değerler tablosu.....	77
Tablo 5.7. Tip 3 2.5m'lik modül için elde edilen değerler tablosu.....	77
Tablo 5.8. Tip 3 2.5m'lik modül sisteme ait maksimum mesnet reaksiyonları	81
Tablo 5.9. Tip 3 2.5m'lik modül sisteme ait minimum mesnet reaksiyonları..	82
Tablo 6.1. Sistemlerdeki optimum yükseklikler	87

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 : Uzay kafes sistemi oluşturan elemanlar	5
Şekil 2.2 : Çubuk ve konik parçalar	7
Şekil 2.3 : Uzay kafes sistem kafes ve düğüm noktası birleşimi	8
Şekil 2.4 : Uzay kafes sistem içinde çubukların adlandırılması	9
Şekil 2.5 : Ağların aldığı geometrik biçimler	9
Şekil 2.6 : Oktaplatte düğüm noktası	11
Şekil 2.7 : S.D.C. düğüm noktası	12
Şekil 2.8 : Triodetic düğüm noktası	13
Şekil 2.9 : Varitec düğüm noktası	14
Şekil 2.10 : Unistrut düğüm noktası	15
Şekil 2.11 : Gero düğüm noktası	16
Şekil 2.12 : Mero düğüm noktası	17
Şekil 2.13 : Mero düğüm noktasından bir görünüş	18
Şekil 2.14 : Nodus düğüm noktası	19
Şekil 2.15 : Uzay kafes taşıyıcı sistemlerin mesnetlenmesi	20
Şekil 2.16 : Temel örnekleri	20
Şekil 2.17 : Örtü oluşumu	21
Şekil 2.18 : Dikdörtgen biçimin yük karşısındaki davranışı	22
Şekil 2.19 : Üçgen biçimin yük karşısındaki davranışı	22
Şekil 2.20 : Dikdörtgen kafes kirişlerin paralel kullanımı ile mekanın örtülmesi .	23
Şekil 2.21 : Mannheim'daki tiyatro projesi, mimar Meis Van Der Role	23
Şekil 2.22 : Birbirlerini dik kesen düzlem kafeslerde yük aktarımı	24
Şekil 2.23 : İngiltere'de bir okul	24
Şekil 2.24 : Birbirleri dik kesen kafes kirişlerde yük aktarımı	25
Şekil 2.25 : Uzay kafes sistemlerde yük aktarımı	25
Şekil 2.26 : Dört yüzlü (tetrahedron)	26
Şekil 2.27 : Düğüm noktası ve çubukların gösterim şekilleri	28
Şekil 2.28 : U türü taşıyıcı düzen	29
Şekil 2.29 : B1 türü taşıyıcı düzen	30
Şekil 2.30 : B2 türü taşıyıcı düzen	30
Şekil 2.31 : B3 türü taşıyıcı düzen	31
Şekil 2.32 : B1 türü düzenin hafiflemesi	32
Şekil 2.33 : B2 türü düzenin hafiflemesi	32
Şekil 2.34 : T1 türü taşıyıcı düzen	33
Şekil 2.35 : T2 türü taşıyıcı düzen	33
Şekil 2.36 : Q türü taşıyıcı düzen	34

Şekil 2.37	: H1 türü taşıyıcı düzen	34
Şekil 2.38	: H2 türü taşıyıcı düzen	35
Şekil 2.39	: Tek katmanlı çelik tonoz yapılar	38
Şekil 2.40	: Çift katmanlı çelik tonoz yapılar.....	38
Şekil 2.41	: Düzlem kafes kirişlerle katlanmış kafes sistem kurulması	39
Şekil 2.42	: Düzlem kafes kirişlerle katlanmış silindirik sistem kurulması	39
Şekil 2.43	: Yükler karşısında biçim bozulması	40
Şekil 2.44	: Tonozsal uzay kafes taşıyıcılarda yüklerin aktarılması	40
Şekil 2.45	: Tonozsal uzay kafes taşıyıcı sistemlerde makas örnekleri	41
Şekil 2.46	: Föppl ağ kabukları görünüşü	42
Şekil 2.47	: Föppl ağ kabuklarının yanyana konulması	42
Şekil 2.48	: Üç doğrultulu ağ kabuk planı	43
Şekil 2.49	: Baklava tipi ağ kabuk planı.....	43
Şekil 2.50	: Enine katlanmış ağ kabuk görünüşleri	44
Şekil 2.51	: Boyuna katlanmış ağ kabuk görünüşleri	45
Şekil 2.52	: Kubbesel uzay kafes sistemler	46
Şekil 2.53	: Radyal nervürlü kubbe türleri	47
Şekil 2.54	: Schwedler kubbelerin plan ve görünüşleri	47
Şekil 2.55	: Föppl kubbelerin plan ve görünüşleri	48
Şekil 2.56	: Boylamlı ve enlemli yüksek kubbelerin görünüşleri	48
Şekil 3.1	: Genel ve yerel eksen takımları	50
Şekil 3.2	: (di) yer değiştirmeleri	51
Şekil 3.3	: (Fij) zorları.....	51
Şekil 3.4	: i düğüm noktasına etkiyen Pi dış yükü	55
Şekil 3.5	: İki ucu mafsallı çubukta uç deplasmanlar ve uç kuvvetleri	55
Şekil 4.1	: Çubuk ve kürenin birleşim detayı	62
Şekil 4.2	: Aktarma elemanları	62
Şekil 4.3	: Konik parça detayı	63
Şekil 4.4	: Bir uygulama örneği	67
Şekil 5.1	: Uzay kafes sistem örneği	70
Şekil 5.2	: Uzay kafes sistemden üç boyutlu bir görüntü	71
Şekil 5.3	: Tip 1 sisteminin maliyet grafiği.....	74
Şekil 5.4	: Tip 2 sisteminin maliyet grafiği	76
Şekil 5.5	: Tip 3 sisteminin maliyet grafiği	78
Şekil 5.6	: Kolon kesitleri ve mesnetleri	79

SEMBOL LİSTESİ

A	: i-j çubuğunun enkesit alanı
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
C_b	: Moment değişiminin burkulma üzerindeki etkisini belirleyen katsayı
C_{mx}	: M_x moment diyagramlarını ve hesap yapılan düzleme dik doğrultuda Çubuğun tutulma düzenini gözönünde tutan katsayı
C_{my}	: M_y moment diyagramlarını ve hesap yapılan düzleme dik doğrultuda Çubuğun tutulma düzenini gözönünde tutan katsayı
ϕ	: Çubuk sayısı
d	: Düğüm noktası sayısı
d	: Bulon çapı
d'	: Pim deliği çapı
d''	: Somun parçanın pim için ayrılan kısmının çapı (pim yarığı)
$[d_{ij}]$	: i-j çubuğu düğüm noktalarının yerdeğiştirme bileşenleri matrisi
D	: Boru dış çapı
D'	: Bulon başlık çapı
D''	: Altıgen somun parçanın iç teğet çapı
D_1	: Konik parçanın somuna bakan tarafının dış çapı
D_1'	: Konik parçanın somuna bakan tarafının iç çapı
D_1''	: Altıgen somun parçanın iç çapı
D_b	: Boru iç çapı
D_k	: Konik parçanın boruya bakan tarafının dış çapı
F_B	: Çubuk kesit alanı
F_k	: Çubuk ucuna uygulanan köşe kaynak alanı
$F_{2,1}$	: Koniğin boru içinde kalan kısmının kritik kesit alanı
$F_{2,2}$	: Koniğin somuna bakan tarafının kesit alanı
$F_{3,1}$	: Somun elemanının küreye bakan kısmının alanı
$F_{3,2}$	: Somun elemanı faydalı enkesit alanı
$F_{4,1}$	: Bulon elemanı faydalı enkesit alanı
$F_{4,2}$	: Bulon elemanı alanı
E	: Elastisite modülü
$[F_{ij}]$	: i-j çubuğu düğüm noktalarının zorlar bileşenleri matrisi
GI_b	: Çubuğun burkulma rijitliği
K_{11}	: Uzama rijitliğinin çubuk boyuna oranı
$[k]_{ii}, [k]_{ij}, \dots$	: Çubuğun eksenlerindeki eleman rijitlik matrisi
$[k]_{ixix}, [k]_{jxjx}, \dots$	: Sistem eksenlerindeki eleman rijitlik matrisi
l	: İki komşu düğüm noktası arasında kalan giriş parçası uzunluğu
L	: Çubuk boyu
L_1	: 1 ekseninin X1 eksenine göre doğrultu kosinüsü
m_1	: 2 ekseninin X2 eksenine göre doğrultu kosinüsü
M_{xi}, M_{yi}, M_{zi}	: Kuvvetlerin eksenlere göre momentleri
M_p	: Kesitin eğilme momenti taşıma gücü

n_1	: 3 ekseninin X3 eksenine göre doğrultu kosinüsü
N	: Normal (eksenel) kuvvet
I	: Bina önem katsayısı
I_x	: Çubuk kesitinin x eksenine göre eylemsizlik momenti
I_y	: Çubuk kesitinin y eksenine göre eylemsizlik momenti
i	: Enkesit atalet yarıçapı
P_i	: i düğüm noktasına uygulanan dış yük
$[q]$	: Düğüm noktası yüklerinden oluşan kolon matrisi
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$R_a(T)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
$[R_{ij}]$	: i-j çubuğunun yerel eksen takımındaki rijitlik matrisi
S_B	: Basınç kuvveti
S_C	: Çekme kuvveti
$[S]$	: Sistem rijitlik matrisi
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
t_b	: Boru et kalınlığı
t	: Konik parçanın boruya bakan tarafının et kalınlığı
t_1	: Konik parçanın somuna bakan tarafının et kalınlığı
T_{xi}, T_{yi}, T_{zi}	: Çubuk uçlarına uygulanan kuvvetlerin eksenlere paralel bileşenleri
δ	: x, y, z eksenlerine paralel ötelemeleri
Φ	: x, y, z eksenler çevresindeki dönmeler
λ	: Çubuğun yerel eksen takımının j ekseni ile genel eksen takımının J ekseni arasındaki açının kosinüsü
λ	: Narinlik
ω	: Narinliğe göre alınan burkulma katsayısı
σ	: Gerilme
σ_b	: Basınç gerilmesi
σ_k	: Kaynak gerilmesi
σ_{bx}	: Yalnız M_x eğilme momenti etkisi altında hesaplanan (eğilme-basınç) başlığı gerilmesi
σ_{by}	: Yalnız M_y eğilme momenti etkisi altında hesaplanan (eğilme-basınç) başlığı gerilmesi
σ_{bem}	: Yalnız basınç kuvveti altında müsaade edilecek basınç emniyet gerilmesi
σ_c	: Çekme gerilmesi
σ_{eb}	: Yalnız basınç kuvveti altında hesaplanan gerilme
σ_{em}	: Emniyet gerilmesi
σ'_{ex}	: (x-x) asal eksenleri etrafındaki burkulmalar için hesaplanan ve Euler gerilmesinden türetilen gerilmeler
σ'_{ey}	: (y-y) asal eksenleri etrafındaki burkulmalar için hesaplanan ve Euler gerilmesinden türetilen gerilmeler

UZAY KAFES SİSTEMLERDE MODÜL YÜKSEKLİĞİNİN SİSTEMİN EKONOMİSİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Geniş açıklıkların geçilmesinde ekonomik ve fonksiyonel özelliklere sahip uzay kafes sistemler, günümüz modern toplumlarında taşıdığı önem bakımından kaçınılmazdır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde çok yoğun olarak karşılaşılan ve beraberinde pek çok sorun getiren geleneksel yapılar, gelişmekte olan toplumun ihtiyaçlarına cevap veremez hale gelmiştir.

Avrupa ve Amerika'da yaklaşık olarak 40 yıldan beri kullanılan bu sistemler çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. Birleşim kaynakla veya prefabrikte elemanlarla yapılır. Büyük açıklıkların geçilmesinde eskiden kullanılan öngerilmeli beton, klasik çelik çatı konstrüksiyonlar veya benzeri sistemler yerini uzay kafes sistemlere bırakmıştır. Bir veya iki yönlü açıklıklarda uzay kafes sistemler dizayn konforu, form seçimi ve teknik avantajları çelik konstrüksiyonlara getirmiştir. Bu sistemler mimari ve statik konstrüksiyona bağlı olarak piramit, küresel kabuk veya silindirik olabilirler.

Bu çalışmada uzay kafes sistemler geniş bir açıdan ele alınmıştır. Giriş bölümünden sonra ikinci bölümde, sistemin genel tanımı, avantajları, sistemin oluşum ilkeleri, sistemi oluşturan elemanlar ve sistemin türleri açıklanmıştır.

Üçüncü bölüde, uzay kafes sistemlerin statik hesabında en çok kullanılan yöntemler teorik olarak ele alınmıştır.

Dördüncü bölümde, uzay kafes sistemlerin boyutlandırmasına değinilmiştir.

Beşinci bölümde kare tabanlı piramit modüllerden oluşan düzlem uzay kafes sistemlerin modül yükseklikleri ve modül boyları değiştirilerek yapılan analiz ve sayısal örnekler yer almaktadır. Ayrıca seçilen bir tipin modül yüksekliğine bağlı olarak en ekonomiyi ele alınarak elemanlarının (çubuk, cıvata, somun, konik parça, kaynak) gerilmeleri kontrol edilmiştir.

Sonuç bölümünde bu sayısal analizlerin bir değerlendirmesi yapılmıştır.

RESEARCH ON THE EFFECT OF THE MODULE HEIGHT ON THE SYSTEM ECONOMY IN SPACE FRAME STRUCTURES

SUMMARY

Space frame structures which are economical and functional to cover large spans became inevitable musts for modern civilizations. Conventional structures which cause many problems in use are not good enough to solve the requirements of developing countries as Turkey.

These systems in different shapes and forms are highly in use for more than 40 years in America and Europe. The conjunction is made up with welding or prefabrical connection elements. In covering large spans using prestressed reinforced concrete, classical steel systems and similar systems are not preferable compared to space frame structures. Space frame structures bring great design comfort, various form selections and technical advantages in steel constructions for large spans with one direction or two direction. These systems can be in pyramid, shell spherical or cylinder form related to architectural preference and static construction.

In this thesis, space frame structures are studied in details. The introduction part is followed by the second chapter which covers the definition of the space structures, advantages, principles of the system elements and system types.

In the third chapter, methods which are used generally in the structural analysis of space frame structures are considered theoretically.

In the forth chapter, the design of the space frame structures are mentioned.

In the fifth chapter, analysis and numerical examples on a sample of space frame structure consisting of square based pyramidal modules are examined. Changing the heigth and the span of the module, related comparisons are made. Furthermore, one of them which is economical related to the height of the module is selected and stresses related to the members (frames, bolts, sleeves, weld and conic part) are controled.

In the final part numerical analysis is evaluated.

1. GİRİŞ

Geniş açıklıkların geçilmesinde ekonomik ve fonksiyonel özelliklere sahip uzay kafes sistemler, günümüz modern toplumlarında taşıdığı önem bakımından kaçınılmazdır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde çok yoğun olarak karşılaşılan ve beraberinde pek çok sorun getiren geleneksel yapılar, gelişmekte olan toplumun ihtiyaçlarına cevap veremez hale gelmiştir [16].

Büyük açıklıkların geçilmesinde eskiden kullanılan öngerilmeli beton, klasik çelik çatı konstrüksiyonlar veya benzeri sistemler yerini uzay kafes sistemlere bırakmıştır. Bir veya iki yönlü açıklıklarda uzay kafes sistemler çelik konstrüksiyona dizayn konforu, form seçimi ve teknik avantajları getirmiştir. Bu sistemler mimari ve statik konstrüksiyona bağlı olarak piramit, küresel kabuk veya silindirik olabilirler [16].

Bu çalışmada, uzay kafes sistemlerin tanımı, tarihi gelişimi, avantajları, sistem elemanları, oluşum ilkeleri, türleri hakkında genel bilgi verildikten sonra uzay kafes sistemlerin çözüm yöntemlerine değinilmiştir. Boyutlandırma ile ilgili bilgileri takiben matris-deplasman yöntemi yardımıyla bilgisayar ortamında 2.5m'lik ve 3m'lik modüllerle inşa edilmiş üç farklı açıklıklı uzay kafes sistemin analizi yapılmıştır. Ayrıca seçilen bir tipin modül yüksekliğine bağlı olarak en ekonomîği ele alınarak, mevcut bir programın genişletilmesiyle elemanlarının gerilmeleri kontrol edilmiştir.

Tezin amacı sayısal çözümü elde edilmiş olan sistemlerde modül yüksekliklerine bağlı olarak en ekonomik olanını saptamaktır.

Çalışmada FrameCad , Sap 2000 ve Visual Basic bilgisayar programlarından yararlanılmıştır.

2. UZAY KAFES SİSTEMLER HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.1 Uzak Kafes Sistemin Tanımı ve Kullanım Amacı

Uzak kafes sistemler; düzlem veya eğri birbirine paralel iki çubuklar ağı ile bu ağların her birinin düğüm noktalarını, diğer ağın bazı düğüm noktalarına bağlayan çubuklardan kurulu taşıyıcı düzenlerdir [1]. Düzlem makas sistemlerden farklı olarak, aynı düzlemde olmayan üç boyutlu çubukların bir noktada birleşmesinden oluşmaktadır [2].

Uygulamada karşılaşılan yapıların bir çoğunda elemanların birbiriyle birleştiği bir ağ bulunmakta ve tekil bir yük sisteme etkidiğinde sadece üzerine etkidiği elemanı değil, uzak bir mesafedeki elemanları da etkilemektedir. Tasarımın verimliliği yapının yükleri yayma yeteneği ile ilgilidir. Doğrudan yüklenmiş elemanlardaki yüksek gerilmeler yükün uygulama noktasından uzaklaştıkça azalmakta ve giderek tüm sistemde iyi dağılan bir gerilme yayılımını mümkün kılmaktadır. Izgara çerçeveler bu amaç için oldukça uygundur ve bu ızgara davranışı sayesinde geniş alanları kolon kullanmadan geçmek mümkün olmaktadır.

Son yılların en önemli gelişmelerinden biri, iki başlıklı (tabakalı) ızgaralı sistemler olmuştur. Bunlar dünyanın çeşitli yerlerinde geniş açıklıklı sergi salonları, dini yapılar, spor salonları ve endüstri yapılarında uygulama alanı bulmuştur. Bu sistemler hali hazırda 120 m civarında açıklığın aşılmasında başarı ile uygulanmışlardır. Bu tür sistemlerde hiperstatiklik derecesi yüksek olduğu için, sisteme etkiyen yükler, elemanlar tarafından süratle ve her yönde paylaşılır. Bu tip sistemin elemanlarının mümkün olduğu kadar birbirlerine yakın çap ve uzunlukta elemanlardan oluşmaları ve bağlantı elemanı olarak uçlarında bir adet civatanın bulunması modüler sistemlerin doğmasına yol açmış, güvenlik yanında tasarımda esneklik de elde edilebilmiştir. Ayrıca sistemlerin kolaylıkla ileriki genişlemelere imkan sağlamaları ve sökülebilmeleri ek bir avantaj sağlamaktadır.

Elemanların standartlaşması, atölye hassasiyetinde imalatın yapılmasına olanak vermektedir. Bu sayede hafif ve yüksek kalitede standart elemanlar ile modüler sistemlerin kolaylıkla montaj ve demontajı yapılmaktadır. Montaj hızı ve kolaylığı, montajın kuru ortamda ve istenildiği an yapılması sistemin diğer avantajlarıdır.

Sistemler kendi kendini kapattığından düşey ve yatay aplikasyonu otomatik olarak yapılmaktadır. Alt ve üst başlıklar arasındaki mesafe, sistemin arasında boru, havalandırma ve elektrik tesisatının geçmesine olanak verir.

Elemanların düğüm noktalarında birleşme yöntemleri çok çeşitli olmakla birlikte en uygun ve pratik birleştirme aracı dolu küreler üzerinde önceden açılmış olan deliklere çubuk elemanlarının uçlarındaki civatalar aracılığı ile bağlanmasıdır. Bu yöntem ile her bir küre elemanına 18'e kadar delik açılabilmektedir. Hafif yüklemelerde aradaki bazı modüller çıkarılarak ekonomi sağlanmakta ve çatıda şeffaf bölümler ile aydınlatma olanağı kazanılabilmektedir.

Büyük açıklıklı yapılan kolonsuz örtülmesi konusunda yapılan yeni taşıyıcı sistemlerin araştırılması sırasında asıl amaç, en az gereç kullanarak en hafif ve ekonomik sistemler ile, olanakların elverdiği ölçüde büyük açıklıkları örtebilmektir. Bu amacı gerçekleştirmek için basit basınç ve çekme gerilmelerini içeren taşıyıcı sistemler gerekmektedir.

Basit çekmeye ve basınca çalışan doğrusal çubuk biçimindeki elemanlar ile, yükleri çok yönlü bir yayılım sonucu zemine aktaran Uzay Kafes Sistemler strüktür alanındaki bilgi birikimi, taşıyıcı sistem çözümleme yöntemlerindeki ve teknolojiadaki gelişmeler sonucunda, boşluğun doldurulması ilkesine göre üretilmiş çağdaş taşıyıcı sistemlerdir [3].

2.2 Uzay Kafes Sistemlerin Tarihsel Gelişimi

Ahşap gereç kullanımı ile gerçekleştirilen çatı çözümleri, kafes sistemlerin ilk uygulamalarıdır. 17. yüzyılda körüklü fırının bulunması ile üretilen demir, daha çok yük taşıma, ateşe dayanıklılık, kolaylıkla biçim verilebilmesi ve ucuz elde edilebilmesi gibi özellikleriyle ahşap gerecin yerini almıştır. Daha sonraları ise demire oranla daha sağlam, daha hafif ve daha kolay işlenebilirliği ile çelik, kafes sistem uygulamalarında önemli bir rol üstlenmiştir [4].

Ancak statik hesaplamalardaki zorluklar, farklı açılardaki çubukların bir düğüm noktasında birleştirilmesi güçlüğü ve uygun kalitede gereç yokluğu gibi konstrüktif ve teknolojik zorluklar, uzay kafes sistemlerin gelişimini engelleyen başlıca etkenler olmaktadır. 20. yüzyıl başlarında bu sistemlerin statik analizlerinin yapılması (August Föppl' ün çubuklarda kurulacak sistemler içinde en stabil en küçük çokgenin bir üçgen, en küçük hacmin ise dört üçgenden oluşan dört yüzlü olduğunu ortaya koyması [5], Le Ricolais'in doğada bulunan kristaller ve moleküller ile uzay kafes

taşıyıcı sistemler arasında ilişki kurması gibi) ve 1923 yılında Unistrut, 1942 yılında Mero gibi seri üretime imkan tanıyan sistemlerin ortaya çıkması ile bu zorluklar aşılmıştır. Sistemin gelişimi İkinci Dünya Savaşı döneminde bir duraklama süreci yaşamış, tam anlamıyla sistemlerin araştırılması ve modüllerin tekrarı ile yapıların oluşturulması son 50-60 yıl içinde gerçekleşmiştir. B.Fuller savaş sonrasında jeodezik strüktürlerin kuramını ortaya atmıştır [6]. Makowski' nin teorik ve pratik etütleri de, çubuklara gelen güçleri hesaplamaya olanak verecek yöntemlerin elektronik hesap makinesiyle çözümünü sağlamıştır.

Artık günümüzde bu sistemlerin hesabı bilgisayar yardımıyla kısa sürede yapılabilir. Çok sayıda çubukları tek bir yerde birleştiren düğüm noktaları ve iyi çözümlenmiş patentli uzay kafes sistemleri dünyanın birçok ülkesinde geliştirilmiştir.

2.3 Uzay Kafes Sistemlerin Üstünlükleri

Uzay kafes sistemler, geniş açıklıkları kolonsuz olarak geçilebilmesinin yanı sıra birçok olumlu özelliği de beraberinde getirir. Sistemin üstünlükleri:

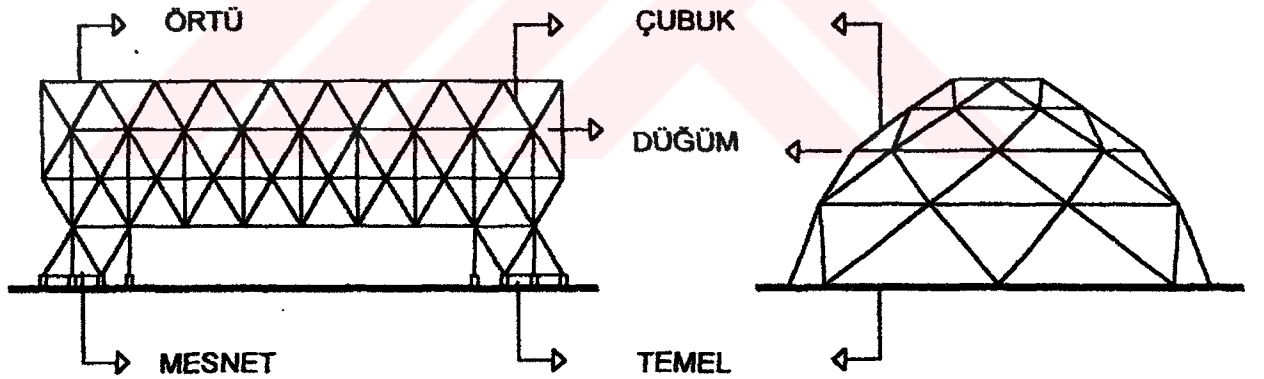
- Hafiflik,
- Rijitlik,
- Bir elemanın yetersizliği durumunda, bir mukavemet ihtiyatı sağlayan yüksek mertebeden hiperstatiklik yaratma olanağı,
- Standart elemanlardan oluşması,
- Hazır yapım ve montaj kolaylığı,
- Sökme ve değiştirme kolaylığı,
- Isı değişiminde çubuk boylarının birbirine yakınlığından ötürü düğüm deplasmanlarının küçük olması,
- Nakliyesinin kolaylığı,
- Ekonomik olması,

gibi bilinen avantajları, sistemin hızla gelişmesini ve giderek çoğalan kullanımını sağlamıştır. Sistem bu üstünlüğünü günümüzde de sürdürmekte ve basitleşen yapım ve uygulama olanakları kullanımını daha da arttırmaktadır.

2.4 Uzay Kafes Sistemleri Oluşturan Elemanlar

Bir uzay sistem daima, ilk düğüm noktasını aynı düzlem içinde bulunmayan en az üç çubukla bağlamak ve bundan sonra her ilave düğüm noktasını da yine aynı düzlem içinde bulunmayan yeni üç çubuk yardımıyla bağlamak suretiyle kurulur [5]. Bu bağlama işlemi sürdürüldüğünde, düğüm noktaları ve bunları birbirine bağlayan çubuklardan oluşan bir yüzey üretilmektedir. Bu yüzeyin yapının bir parçası olarak kullanılabilmesi için mesnetlerle veya doğrudan zemine bağlanması, oluşturulan sistemin çevrenin olumsuz etkilerinden korunabilmesi için yalıtıcı bir örtü ile kaplanması gerekmektedir. Uzay kafes sistemleri oluşturan elemanlar (Şekil 2.1):

- Çubuklar,
- Düğüm Noktaları,
- Mesnetler,
- Temeller,
- Örtü Gereçleri'dir.



Şekil 2.1. Uzay Kafes Sistemi Oluşturan Elemanlar [16]

2.4.1 Çubuklar

Çubuklar, doğru biçiminde öğelerdir. Alüminyum veya çelikten oluşturulabilir. Çeliğin alüminyuma oranla daha ucuz ve daha mukavemetli olması nedeni ile genellikle bu sistemlerde çelik kullanılır. Çeliğin en büyük dezavantajı korozyona uğramasıdır. Çelik, korozyondan korunmak için genellikle galvanize edilir. Ancak bu pahalı bir yöntemdir. Alüminyum, toplam yüke göre taşıyıcının kendi ağırlığının birinci derecede rol oynadığı durumlarda çelikte yarışabilir. Ayrıca alüminyum korozyona

dayanıklıdır. Türkiye' de birçok firmanın, çubukları korozyona karşı korumak için uyguladığı yöntem, gerekli yüzey temizliği yapıldıktan sonra yüzeyin ortalama 60 mikron kalınlıkta epoxy-polyester esaslı toz ile boyanmasıdır. Gerekli görüldüğü durumda, çubuklar boyadan önce sıcak daldırma yöntemi ile ortalama 80 mikron kalınlıkta galvanizle kaplanır. Bulonlarda ise, titanyum bağlayıcı içinde depolanmış alüminyum ve çinko parçacıklarından oluşan ve yüksek korozyon direnci sağlayan delta-tone yöntemi uygulanmaktadır. Bu kaplama daldırma yöntemiyle uygulanmaktadır. Bulonlar 180 °C sıcaklığı civarında fırınlanır ve ortalama kaplama kalınlığı 10 mikrondur.

Çelik çubuklar kullanılan sisteme göre O, T, I, L, U profil şeklinde olabilmektedir [7]. Fakat genellikle boruların kullanılması aşağıdaki nedenlerden dolayı tercih edilmektedir:

- Enkesitin her doğrultuda sahip olduğu büyük atalet yarıçapı nedeniyle burkulmaya karşı büyük mukavemetleri,
- Kapalı enkesitlerden dolayı burulmaya büyük mukavemetleri,
- Silindirik biçimlerinin zayıf bir sürüklenme katsayısına sahip olmasından ötürü rüzgar kuvvetlerindeki azalma,
- Yanal yüzeylerinin küçüklüğü ve içeri giren açılarının olmamasından ileri gelen bakım ve boyama kolaylığı,
- Çoğu zaman görünür bırakılan kafes taşıyıcının görünüm güzelliği,
- Borularda dış çap sabit tutulabilerek, et kalınlığı artırılıp çeşitli yükleri taşıyabilecek çubuk seçim imkanı ve bunun sonucu olarak düğüm noktalarında bir birliğin sağlanabilmesidir.

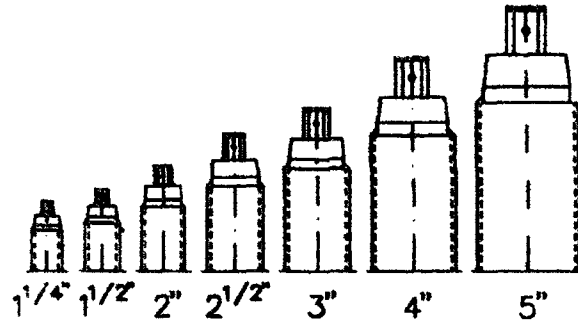
Katlanmış ince sac kesitler ve bazen ara aşık gibi birtakım tali elemanlarda örtünün çizgisel değil yüzeysel mesnetlenmesine olanak vermek için, üst başlık ağı çubuklarında, eğilme mukavemetlerini de arttırıcı kutu kesitler de kullanılabilir. Bazı düzenler bütünüyle kutu enkesitli çubuklarla kurulabilir. Böyle bir çözümün bir üstünlüğü de, birleşimlerin imalatının düzlem kesitlerle yetinmesidir.

Özellikle çekmeye çalışan çubuklarda, dolu enkesitli yuvarlak çubukların da kullanıldığı olmaktadır. Bu kullanım basınç çubuklarında burkulma nedeniyle zorluklar yaratmaktadır. Taşıyıcı düzenin büyük şekil değiştirmeler yapması kabul edilebiliyorsa çekme çubuklarını yüksek mukavemetli kablolardan oluşturmak da

mümkündür. Böyle bir taşıyıcı sistem genellikle, kablolardaki zorlamaların işaret değiştirmesini engelleyici ön gerilmelerin de verilmesini sağlamak için hiperstatik olmalıdır.

Uzay kafes sistemi oluşturan çubuklar, özel bir üretim gerektirmeden piyasada bulunan standart konstrüksiyon profiller arasından seçilerek sistemde kullanılan boyutlara göre kesilmektedir. Çubuk üretiminde en önemli nokta, farklı enkesitlerde olan profil sayısının optimal bir sayıyla sınırlandırılmasıdır (Avrupa'daki en büyük uzay kafes sistem yapımcılarından Mero Firması, profillerini yalnız yirmi farklı enkesitte seçmiştir) [7].

Bulonlu birleşimlerde, boruların düğüm noktasında birleşimlerini sağlayabilmek ve boruların hepsini düğüm noktasına yanaştırabilmek için boru uçlarında özel bir çözüm gerekmektedir. Bundan dolayı boru uç elemanlarına (konik) ihtiyaç vardır. Firmalar çubuklar üzerindeki işçiliği azaltmak için önce boruları düzgün olarak kesmekte, daha sonra ayrıca imal edilmiş olan konikleri borulara kaynatmaktadır. Eğilmeye çalışması istenmeyen çubuklarda konikler kaynatılırken, çubuk eksenile konik ekseninin çakışmasına yani eksantirisite yapmamasına dikkat edilmelidir. Konik parçalar, çekme ve basınç kuvvetlerinin iletilmesinde kullanılmaktadır. Boru ve konikler St33-1, St37 veya St52 olabilir. Malzeme normları DIN17100'e göredir. Konik parçaların boruya kaynaklanması sırasında DIN4100 ve DIN4115 (bizde TS648 ve TS3357) geçerlidir. Proje ve kullanılan malzemelerde bu malzemeyi tanıttıcı semboller yer almaktadır (Şekil2.2) [19,20].



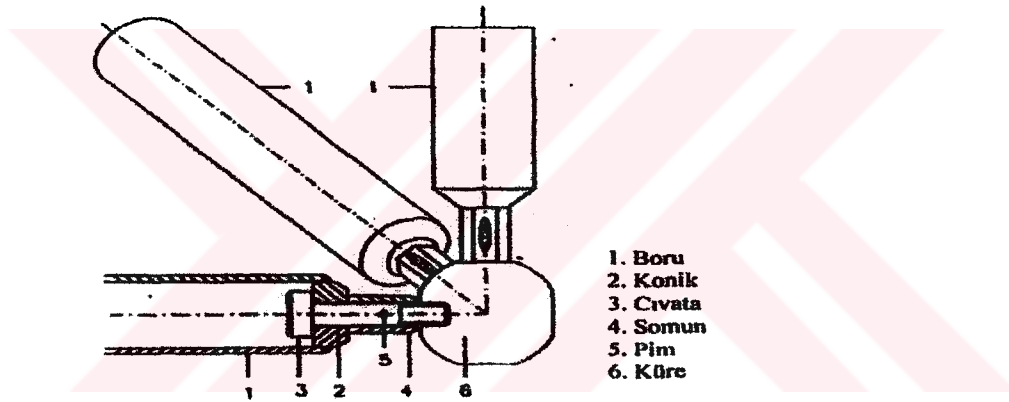
Şekil 2.2. Çubuklar ve konik parçalar [15].

Civatalar, boru uçlarına kaynaklanmış olan konik parçalar vasıtası ile iş görürler. Şöyle ki, civata kafaları konik parçaların içinde kalarak dökebilmektedir. Konik parça ile düğüm elemanı arasında somun olarak tabir edilebilen altıgen kesitli bir parça bulunur. Pim deliğini içeren bu parçalar civata üzerine geçirilerek pimlenir ve civataların döndürülmesi suretiyle düğüm elemanına takılmasını sağlar.

Tablo 2.1. Civata, somun ve pim için kullanılan malzemeler ve bunların mekanik özellikleri [17].

Malzeme Grubu	Civata 5.6 8.8 10.9	Somun	Pim 6.8 8.8 12.9
Min.Çekme Dayanımı (kg/mm ²)	30 64 90	32	48 64 90
Min.Kopma Dayanımı (kg/mm ²)	50 80 100	50	60 80 120
Min.Çekme Uzaması (%)	20 10 9	9	8 10 4

ISO dişli olan Civatalar, DIN267’de öngörülen şartları sağlarlar ve 8.8 ve 10.9 kalitesinde üretilirler (Tablo 2.1). Civatanın sıkılmasını sağlayan pimler kesit ve et kalınlıkları aktardığı kuvvetlere göre değişen somunlarda açılan deliklere tespit edilirler (Şekil 2.3).

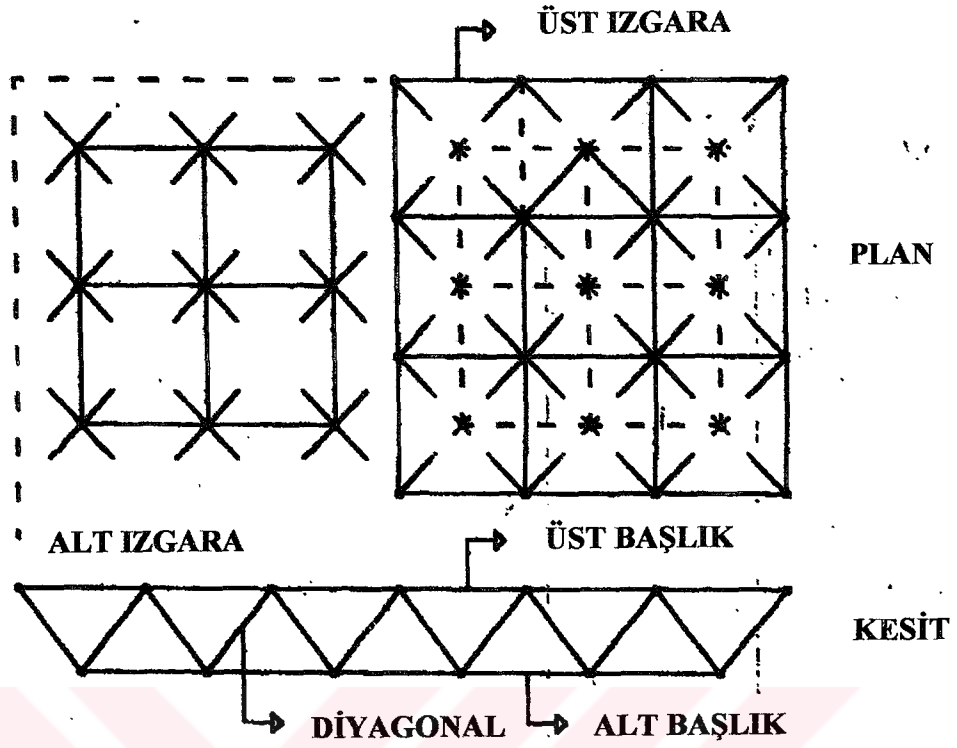


Şekil 2.3. Uzay kafes sistem çubuk ve düğüm noktası birleşimi [15].

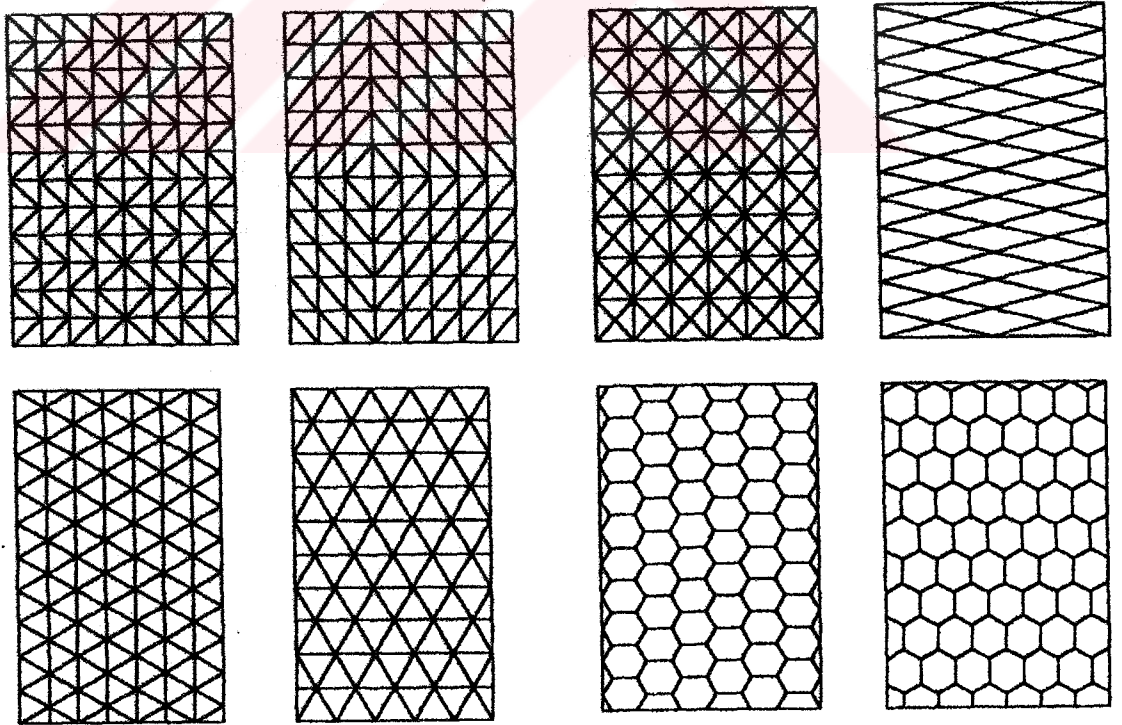
Çubuklar, sistem içerisinde çeşitli adlarda görev yapmaktadır (Şekil 2.4).

Statik çözüm sonucunda çubuk boyutlandırması yapılırken hesaplarda, basınca çalışan çubuklarda burkulma katsayısı, çekme çubuklarında ise faydalı alan göz önüne alınmalıdır. Bulonlu birleşimlerde de bulonlar, çekme gerilmesinde yük aktardıkları için çekme kuvvetine göre boyutlandırılır. Üst başlık, piramitlerin tepe noktalarını birleştiren çubuklar olup genellikle basınca çalışacak şekilde düzenlenmektedir. Alt başlık, genellikle çekmeye çalışacak şekilde düzenlenen ve piramitlerin alt noktalarını birleştiren dikme ve diagonaller ise yükleri düğüm noktalarına ileten, basınca ve çekmeye çalışan çubuklardır [7].

Alt ve üst başlıklardaki çubukların düğüm noktalarında birleşmesi sonucu ağ adı verilen geometrik yüzeyler oluşmaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.4. Uzay kafes sistem içinde çubukların adlandırılması [16].



Şekil 2.5. Ağların aldığı geometrik biçimler [16].

2.4.2. Dügüm Noktaları

Çubukların birleşme noktalarına düğüm noktası denir. Dügüm noktası bir uzay kafes taşıyıcının en zor ve hassas bölümüdür. Çünkü birçok çubuğu bir noktada birleştirerek sistemin bir bütün olarak çalışmasını sağlamaktadır. Bu birleşimler sayesinde nokta yükler sadece uygulandığı elemanlar tarafından karşılanmaz, sistem içindeki diğer elemanlara da dağılır. Böylece daha düzgün bir gerilim dağılımı oluşur. Zaten bir yapının etkinliği, uygulanan yükü yaymasıyla anlaşılır. Çeşitli yapım sistemlerine göre değişik nitelikte olan düğüm noktaları yardımı ile diagonal ve dikmelere gelen yükler mesnetlere aktarılır. Dügüm noktası tipi seçimi uygulanacak birleşim tekniğine (bulon, kaynak veya başka bir mekanik birleştirici), çubuk tipine, çubuk kesitine ve çubukların birleşim açılarına göre yapılır [7]. Günümüzde en çok dairesel kesitli çubuklar için hazırlanmış düğüm noktası tipi vardır.

Aşağıda düğüm noktalarına ait üretilen sistemlerden en yaygın olarak kullanılanlar detaylı olarak ele alınacaktır.

2.4.2.1 Oktaplatte Dügüm Noktası (Mannesman, Almanya)

Dügüm noktaları, iki yarım kürenin bir ara rondela üzerine kaynaklanması ile elde edilen çelik kürelerden oluşur. Birleşimler boru kesitli çubukların bu kürelere basit olarak kaynaklanması ile gerçekleştirilir (Şekil 2.6) [8].

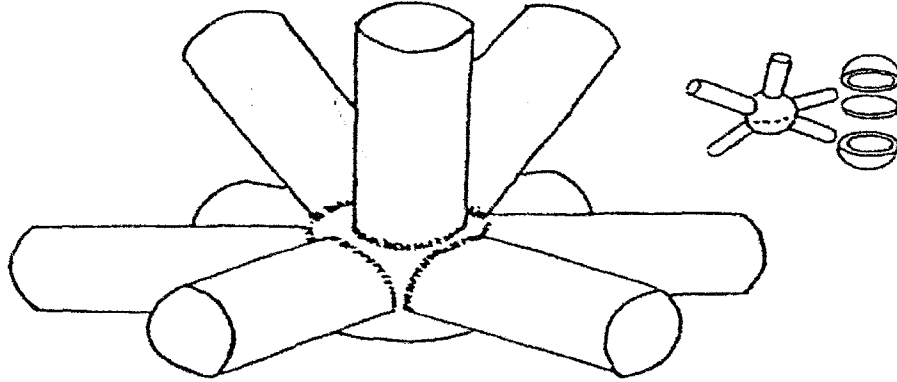
Sistemin üstünlükleri;

- Basit kuruluşu,
- Güzel görünüm,
- Boruların uçlarında özel kesim gerektirmemesi,
- Kaynakların kolaylıkla gerçekleştirilmesi,
- Büyük rijitlik,
- Eğri yüzeylerin korunabilmesi olanağıdır.

Sakıncaları ise;

- Boruların uzunluklarının kesin olarak belirtilmesi gerekliliği,
- Sökülme olanaksızlığı,

-Düğüm noktalarının kuruluş özelliğinin çok büyük açıklıkların aşılmasına engel olmasıdır.



Şekil 2.6. Oktaplatte düğüm noktası [1].

2.4.2.2 S.C.D. Düğüm Noktası (Stephan de Chateau, Paris)

Düğüm noktaları, eş düzlemlili ve bir noktada kesişen altı boru enkesitli çubuğun birleşimine olanak veren, hafifçe bombeli dökme çelikten iki yarım kabuktan meydana gelir. Bu iki yarım kabuk kaynakla birleştirilir Üst ve alt başlık ağlarının çubukları, düğümlerin içine girer ve boyları ayarlandıktan sonra kaynaklanır. Her iki ağ arasındaki örgü çubukları, doğrudan doğruya kabukların üzerine kaynaklanır. Kaynak dikişlerinin karmaşıklığını gidermek için örgü çubuklarının uçları dolu gövdelidir (Şekil 2.7) [8].

Sistemin üstünlükleri;

-Çubuk boylarının ayarlanabilme kolaylığı,

-Çubukların düğümlerde oynayabilmesinden dolayı, küçük açı değişimleri olanağının eğri yüzeylerin kurulabilmesine izin vermesi,

-Kaynakların kolay yapılabilmesi,

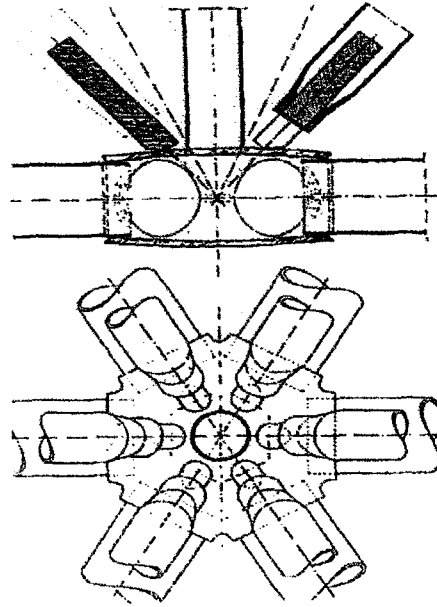
-Düzgün, küçük, güzel görünümlü düğümlere sahip olması,

-Büyük rijitliktir.

Sakıncaları ise;

-Yalnız üç doğrultulu düzenlemelere uygun olması,

-Sökülmesinin imkansız oluşudur.



Şekil 2.7. S.D.C. Düğüm Noktası [1].

2.4.2.3 Triodetic Düğüm Noktası (Fentiman, Kanada)

Boru enkesitli çubukların birleşimi, değişik sayıda dişli radyal yarıkları olan çelik ya da alüminyum diskler aracılığıyla gerçekleşir. Boruların uçları tek bir işlemle ve 0,2 mm mertebesinde hassaslıkla uygun açıda kesilir ve soğukta yassılaştırılır. Montaj sırasında, çubukların uçları disklerdeki yarıklara zorlamayla sokulur; birleşim kendi kendini sıkma ile çalışır (Şekil 2.8) [8].

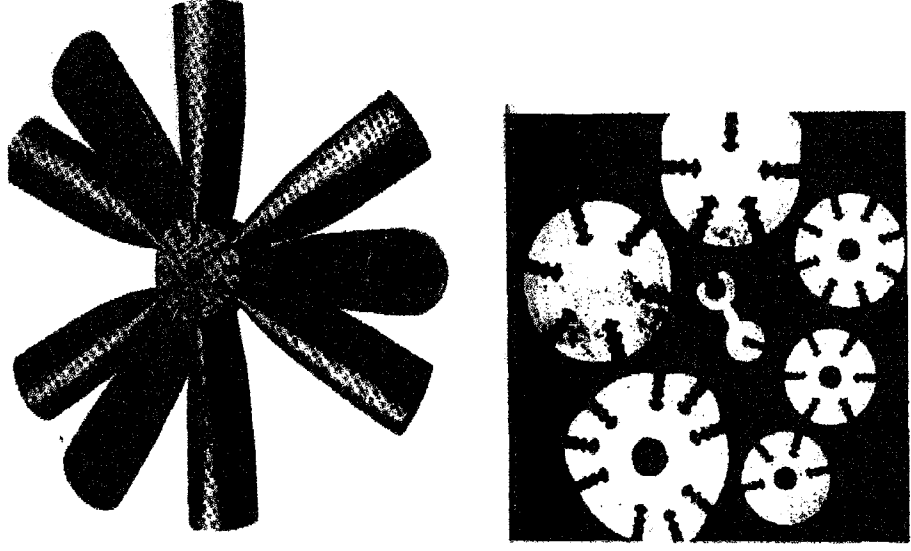
Sistemin üstünlükleri;

- Bulon ve kaynak gerektirmeyen basit birleşimler,
- Boruların mukavemetinin 9/10' una erişen yüksek mukavemetli düğüm noktaları,
- Önyapım olanağı,
- Sökme olanağıdır.

Sakıncası ise;

- Montaj sırasında ayarlama zorluğu ve dolayısıyla büyük hassaslık zorunluluğudur[9].

Triodetic düğüm noktalı düzenler, büyük yüzeylerin aliminyum yada çelikle aşılmasında kullanılmıştır.



Şekil 2.8. Triodetic düğüm noktası [17].

2.4.2.4 Varitec Düğüm Noktası (Steinen ve Tröhler A.G,İsviçre)

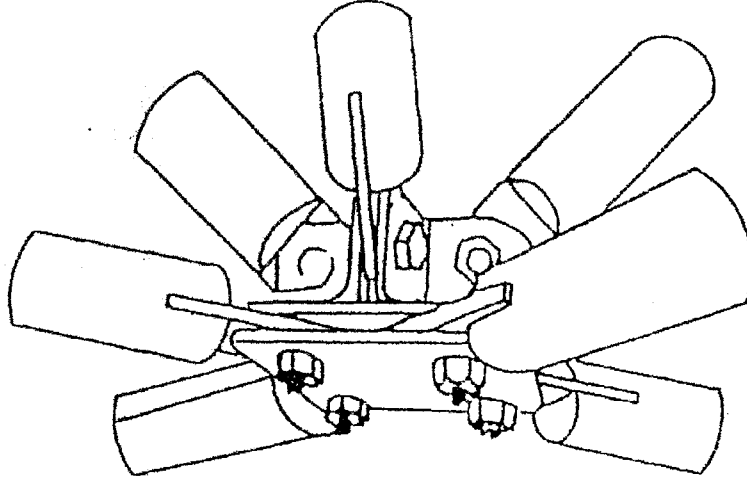
Düğüm noktaları bir birleşim plağı ve birbirine dik üç yüzü bulunan parçalardan oluşmaktadır. Dört köşeli böyle bir düğüm noktası, sekiz çubuğun birleştirilmesini sağlamaktadır. Birleşimler bulonlarla yapılır. Üst başlık ağının çubukları kutu kesitli ya da örtüyü taşımaya uygun profildir. Bu düğüm noktası genellikle iki doğrultulu taşıyıcılarda kullanılır. Ancak üç doğrultulularda da kolaylıkla uyarlanması mümkündür (Şekil 2.9).

Sistemin üstünlükleri;

- Çok basit kuruluş,
- Ekonomik imalat,
- Montaj ve sökme kolaylığı,
- İleri ölçüde ön yapım olanağı,
- Köşegenlerin bağlantı eksenleri çevresinde açısal değişim olanağıdır.

Sakıncaları ise;

- Hiçbir boy ayarlama olanağının olmaması,
- Birleşimlerin mukavemetinin bulonlara bağlı olduğu,



Şekil 2.9. Varitex düğüm noktası [1].

2.4.2.5 Unistrut Düğüm Noktası ve Sistemi (Attwood, U.S.A.)

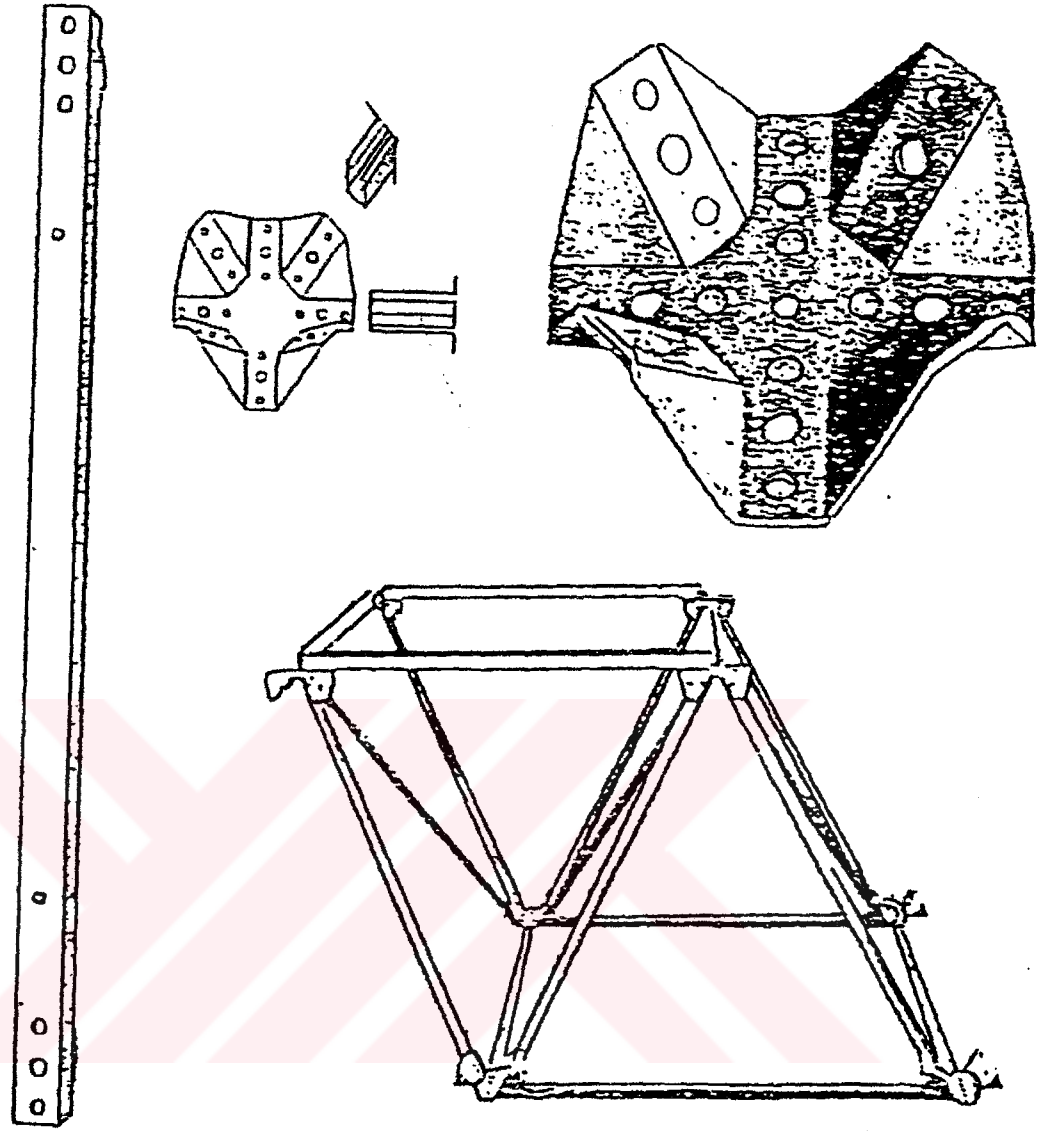
Diğer kafes taşıyıcıların aksine, bu sistemde çubuklar soğukta işlenmiş sacdan yapılır. Düğüm noktasındaki birleşim, preste şekillendirilmiş 6 mm kalınlığındaki yumuşak çelik bir levha aracılığıyla olur. Levhanın katlanmış yüzlerinin sekizinde birer delik ve tutunmayı sağlayan ikişer tırnak bulunur. Bütün çubukların enkesitleri aynı değerdedir, bu da düzenin adını açıklamaktadır. Her çubuğun ucu yüksek mukavemetli tek bir bulonla birleştirilir. Birleşimin pekiştirilmesi, bir düğüm noktasındaki aynı doğrultulu iki çubuğu birbirine bağlayan lamalarla mümkündür (Şekil 2.10) [8].

Sistemin üstünlükleri;

- Montaj ve sökme kolaylığı,
- Taşıyıcı düzende hazır modüller kullanma olanağı,
- Montajın bitmesinden sonra da takviye imkanının olmasıdır.

Sakıncaları ise;

- Düğüm noktalarının zayıf mukavemeti,
- Çubuk boylarının ayarlanamaması,
- Estetik bir görünüme sahip olmaması,



Şekil 2.10. Unistrut düğüm noktası [1].

2.4.2.6 Gero Düğüm Noktası (Gero, Ding Cie., Avusturalya)

Boru enkesitli çubuklar düğüm noktalarını yerel olarak yassılaştırılarak ve örgü çubuklarında ayrıca katlanarak aşarlar. Aynı bir düğüm noktasının yassı yüzeyleri bir bulonla sıkılarak birbirlerine bağlanır (Şekil 2.11).

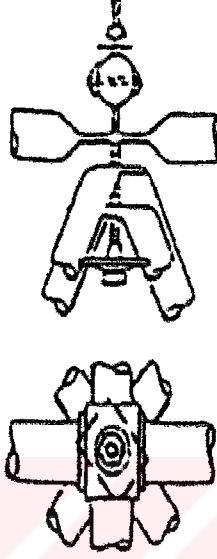
Sistemin üstünlükleri;

-Düğüm noktalarında hiçbir parça olmaması,

-Sökme kolaylığıdır.

Sakıncaları ise;

- Çubukların şekillendirilmesi ve montajındaki zorluklar,
- Birleşimlerin zayıf mukavemeti,



Şekil 2.11. Gero düğüm noktası [1].

2.4.2.7 Mero Düğüm Noktası (M. Menninghausen, Almanya)

Düğüm noktaları, eksenleri birbirine dik üç doğrultuda ve bunların uzay açılı ortaylarında olan dış açılmış 18 deliğe sahip masif kürelerden oluşmaktadır. Boru kesitli çubukların uçlarında hareketli bir bulon ve bunun üzerine bağlı bir somun-manşon bulunur. Manşon döndürülerek bulonun ucu düğüm noktasındaki küreye giriş uzunluğu kadar dışarı çıkarılmaktadır. Sonra manşon ve bulon birlikte döndürülerek düğüm noktasına vidalanır. İşlem manşonun, borunun ucuna sıkıştırılmasıyla son bulur (Şekil 2.12) [8].

Sistemin üstünlükleri;

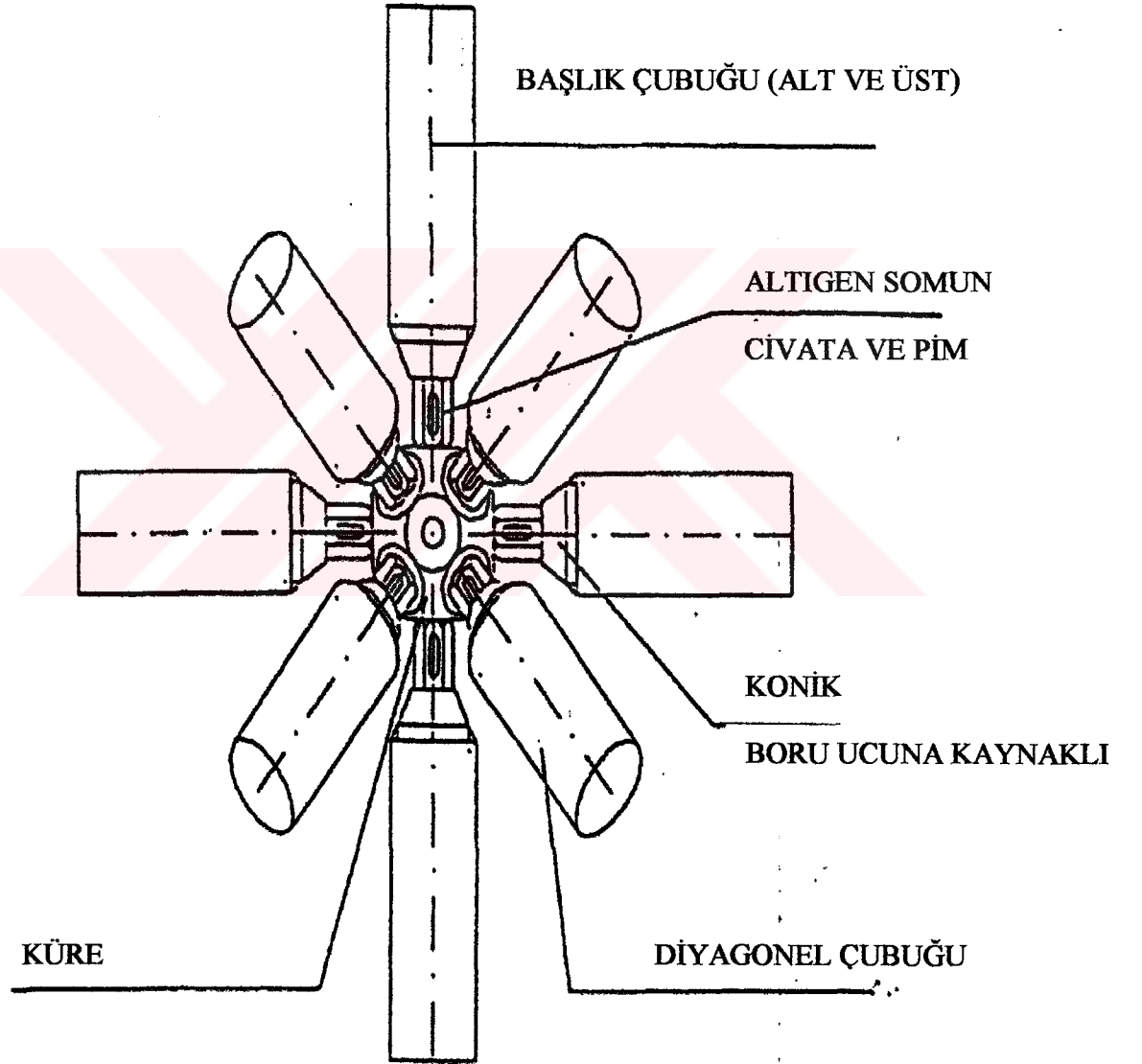
- Tam fabrikasyon ve montaj kolaylığı,
- Sökme kolaylığı,
- Küçük, düzgün düğümler ve güzel görünüm,
- Tek bir düğüm tipi ile yüksek sayıda değişik birleşimler yapabilmek olanağı sunmasıdır.

Sakıncaları ise;

-Birleşimlerin zayıf mukavemeti,

-Parçaların çok işlem görmelerinden kaynaklanan pahalı maliyettir.

Mero sistemi, 40 metreyi aşmayan açıklıklarda uygun sonuçlar vermektedir.



Şekil 2.12. Mero düğüm noktası [1].



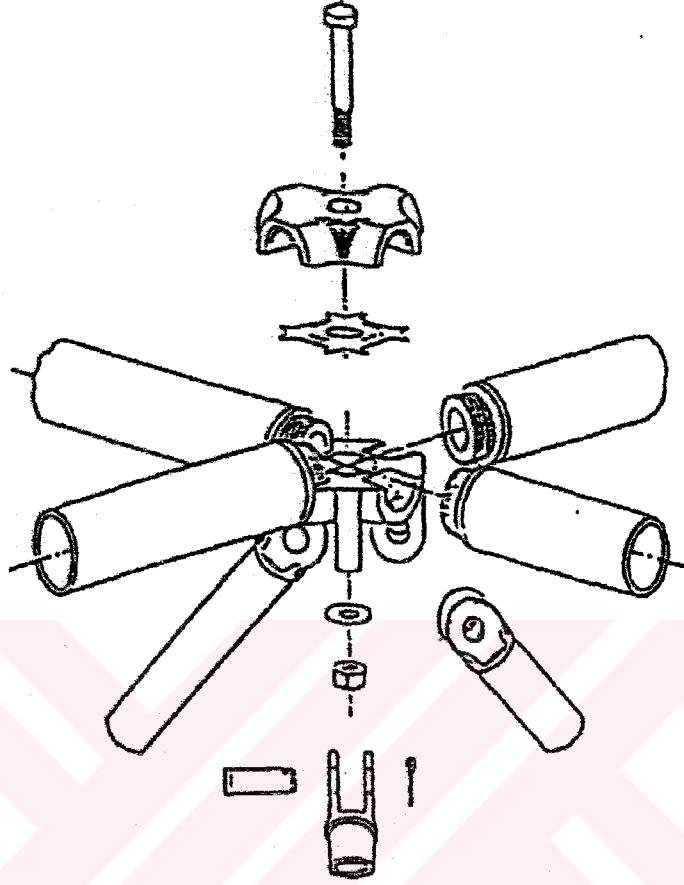
Şekil 2.13. Mero düğüm noktasından bir görünüş

2.4.2.8 Nodus Düğüm Noktası (British Stell Corporation, İngiltere)

Düğüm noktaları dökme çelikten olup çubuklar boru ya da kutu enkesitlidir. Çubuk uçları düğüm noktalarına, kendilerine kaynaklanan özel parçalarla bağlanmaktadır. Sistem, iki doğrultulu ağ çubukları bulunan kare tabanlı piramitlerden oluşan düzenlemeler için uygundur (Şekil 2.14) [9].

Sistemin üstünlükleri;

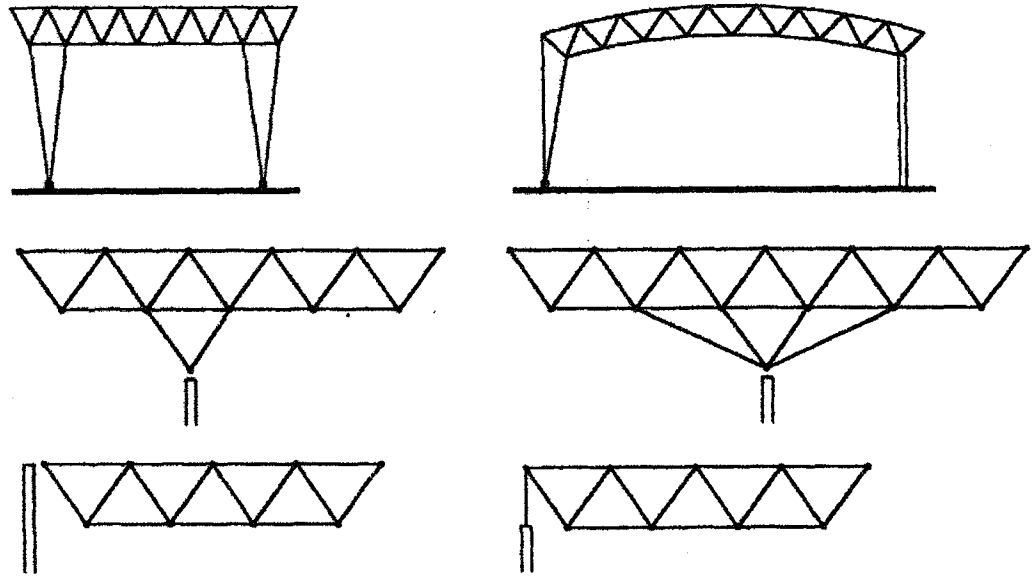
- Montaj kolaylığı ve tam fabrikasyon,
 - Sökme kolaylığı,
 - Örgü çubuklarının açılarının ayarlanabilmesi olanağı,
- Sakıncaları ise;
- Çubuk boylarının ayarlanamaması,
 - Uzun zaman alan atölye kaynak işleri gerektirmesidir.



Şekil 2.14. Nodus düğüm noktası [1].

2.4.3 Mesnetler

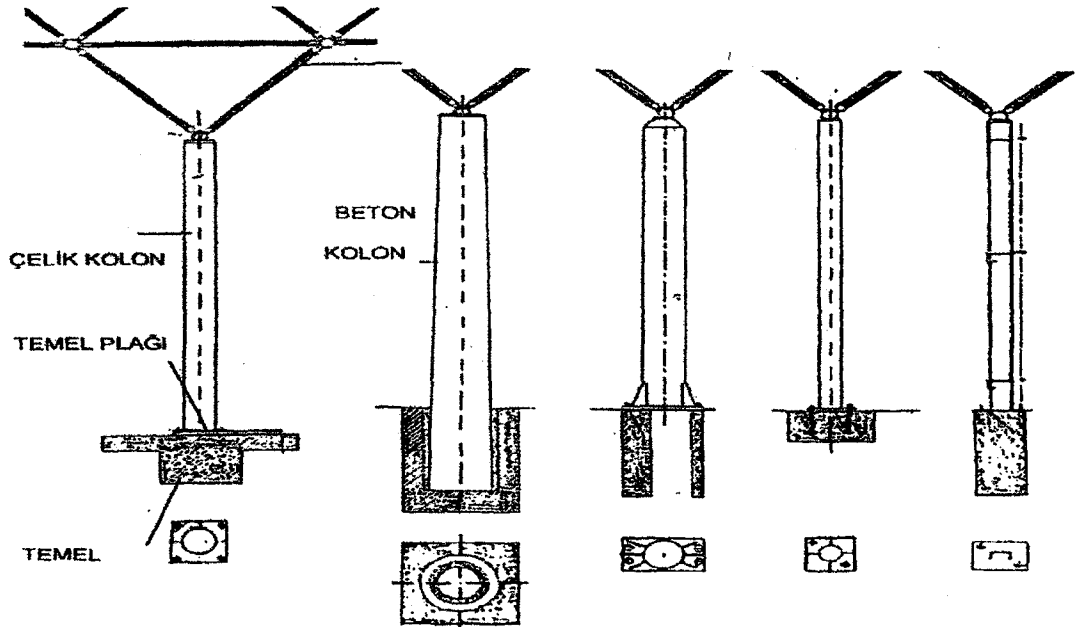
Mesnetler, sistemi zemine bağlayan öğelerdir. Sabit, doğrusal ve radyal hareketli mesnet tipinde oluşturulabilmektedir. Uzay kafes sistemler doğrudan zemine (temele) oturtulabildiği gibi, kolon veya yan destek duvarlarına ya da tamamen çubukların birbirlerine düğümlendirilmesiyle üretilen bir kafes sisteme de oturtulabilir (Şekil 2.15). Elemanların gerilme dağılımında, yapının uzunluğunun genişliğine oranının önemli bir etkisi vardır. En uniform gerilme dağılımı kare planlı yapılarda elde edilmektedir. Genellikle mesnetlerin yerleri binanın fonksiyonel ihtiyaçlarına göre belirlenmekte ve açıklıktan tam yararlanabilmek için kenar mesnetleri yapılmaktadır. Fakat yapılan son araştırmalar göstermiştir ki, konsol kısımları olan uzay kafes sistemlerin gerilme dağılımında ve sehimlerde önemli oranda olumlu değişiklikler olmaktadır.



Şekil 2.15. Uzak kafes taşıyıcı sistemlerin mesnetlenmesi [16].

2.4.4 Temeller

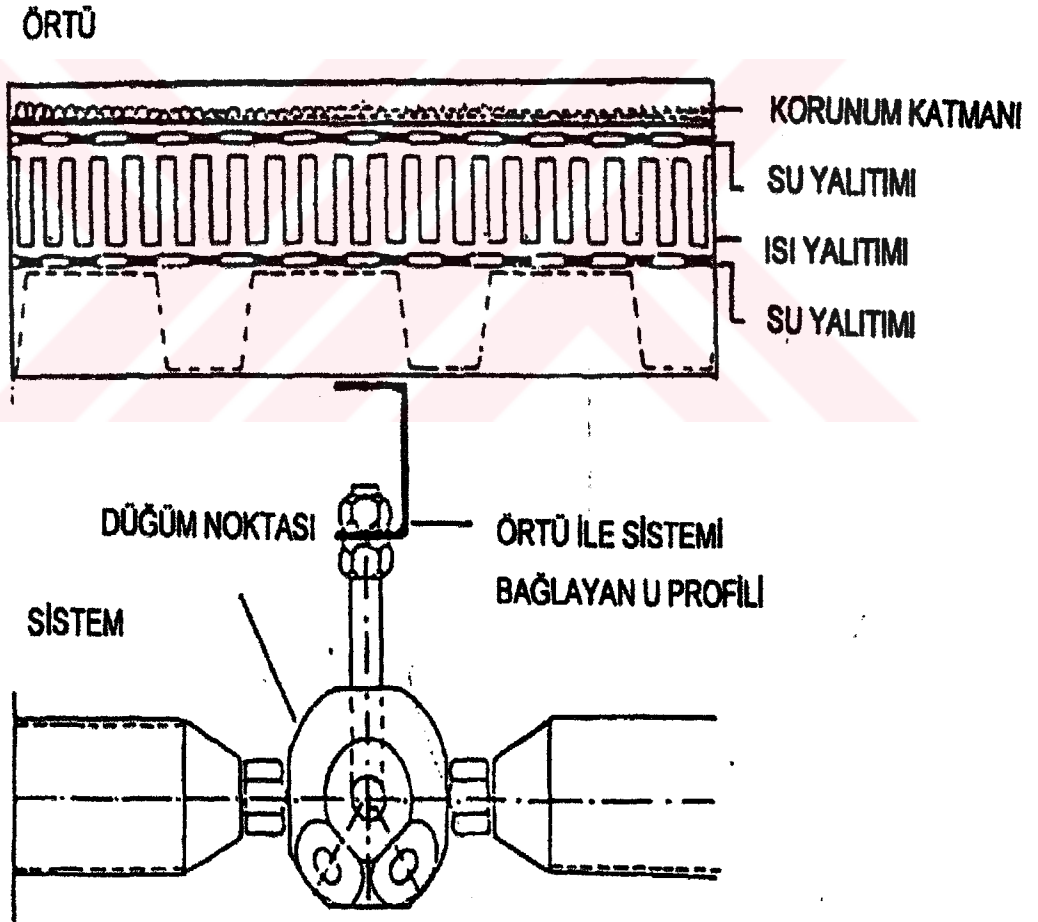
Betonarme temeller uygulanacak uzak kafes sistemin büyüklüğü, biçimi ve tipine göre çeşitli şekillerde düzenlenmektedir. Çelik kolonlar ve sistemin doğrudan temellere oturan kenarları, betonarme temellere yerleştirilen ankraj levhalarına kaynakla veya bulonlarla bağlanır. Betonarme kolonlar prefabrike ise soket temellere oturtulur (Şekil 2.16) [18].



Şekil 2.16. Temel örnekleri [18].

2.4.5 Örtü Elemanı

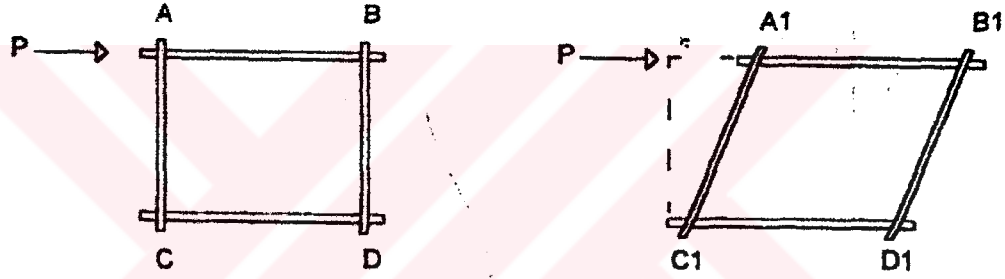
Uzay kafes taşıyıcı sistemler monte edildikten sonra, mekanı çevrenin istenmeyen koşullarından korumak için üzeri kaplanır. Mekanın kullanım amacına göre gerekirse ısı ve su yalıtımı (bitüm, kanaviçe, cam yünü, cam pamuğu v.b.) yapıldıktan sonra plastik oluklu levhalar, alüminyum oluklu levhalar, çakıl, oluklu sac levhalar kullanılarak örtü tamamlanır (Şekil 2.17). Birçok sistem çatı örtüsü yükünü aşıklara, oradan da özel bağlantılarla düğüm noktalarına iletmektedir. Bazı sistemlerde ise çatı örtüsü direkt olarak üst başlık ağı elemanlarına bağlanmaktadır. Bunun nedeni de son zamanlarda birçok tasarımcının öne sürdüğü, eğilme momenti gerilmesinin aksel gerilmeye oranının 1/1'e kadar çıkarılmasının kesitte bir değişiklik yaratmayacağı iddiasıdır [18].



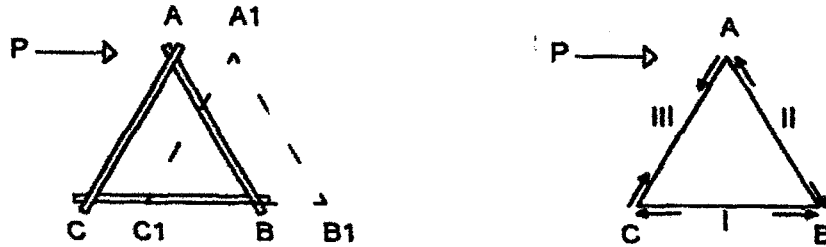
Şekil 2.17. Örtü oluşumu [18].

2.5 Uzak Kafes Sistem Oluşum İlkeleri

Uzak kafes yapılarında kuvvet çubukları oluşturulurken en kararlı halin elde edilmesi için, deforme olması güç, üçgen birimler kullanılmaktadır. Üç çubuktan meydana gelen üçgen, düğüm noktaları mafsallı olsa bile denge durumundadır. Buna karşılık dört çubuktan oluşan dikdörtgen ancak takviye ile denge durumuna getirilebilmektedir. Şekil 2.18'de olduğu gibi çerçeveye P kuvveti etkiğinde, çerçeve deforme olmaktadır. Yani çerçeve rijit değildir. Diğer yandan köşelerinden birine mafsallı ve B ve C köşelerinden mesnetli (Şekil 2.19), üçgen çerçeveye bir P kuvveti etkiğinde, biçimin verdiği rijitlik nedeniyle sistem bozulmayacaktır. P kuvvetinin etkisiyle I ve II çubuklarında basınç, III çubuğunda ise çekme oluşacaktır. Bu nedenle üçgen biçimi, kafes sistemlerin en uygun biçimi olarak ele alınmaktadır[7].



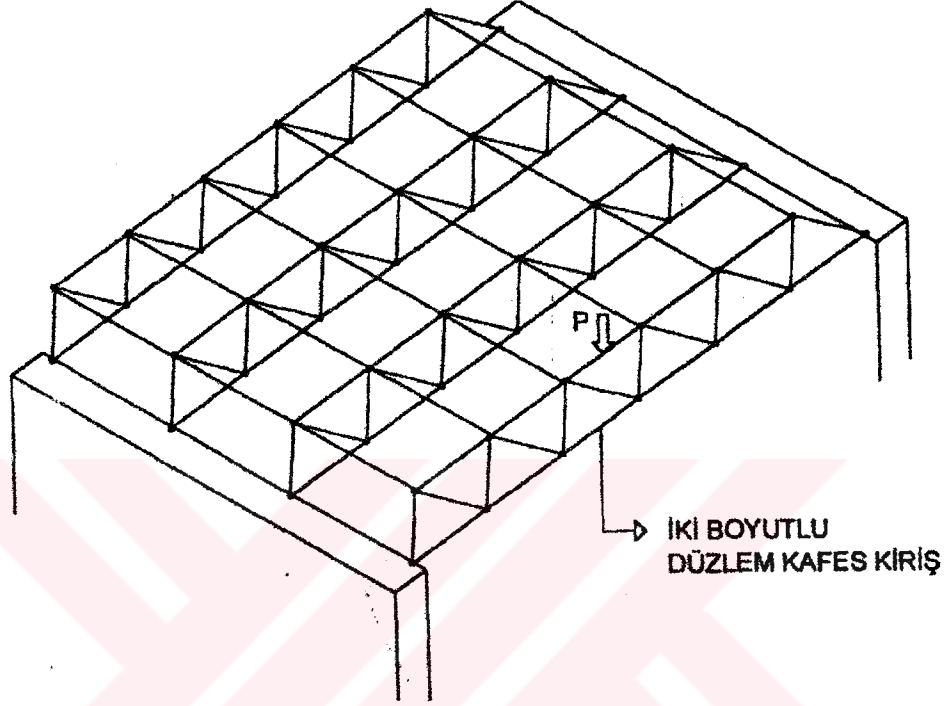
Şekil 2.18. Dikdörtgen biçimin yük karşısındaki davranışı [13].



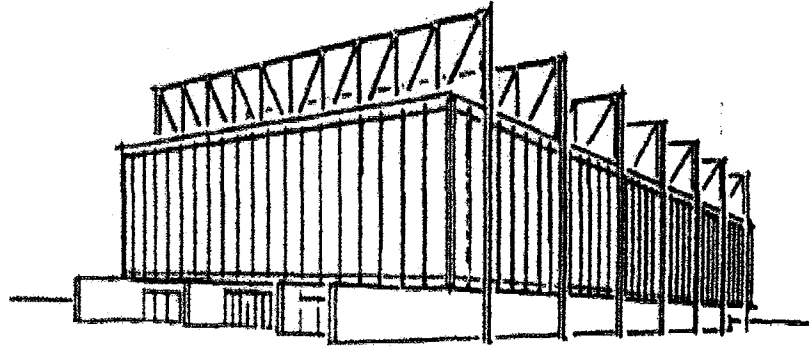
Şekil 2.19. Üçgen biçimin yük karşısındaki davranışı [13].

Uzak kafes sistemlerin oluşumunu daha iyi açıklamak için, iki boyutlu sistemlerden yola çıkmakta yarar vardır, iki boyutlu düzlem kafes kirişlerde yük akışı bir düzlem içinde ve bir doğrultu boyunca olmaktadır. Bu kirişlerin kullanımı ile bir mekanın örtülmesi, bu kirişlerin birbirine paralel olacak ya da birbirini dik kesecek konumda kurulması ile gerçekleşebilir. Düzlem kafes kirişler birbirine paralel konumda kullanıldıklarında yükler birbirine paralel kafes kirişlerin düzlemleri içinde birbirinden ayrı olarak mesnetlere akacaktır. Ayrıca, ya her kiriş için ayrı mesnetler

gerekecek ya da yük akış yönüne dik olmak üzere boydan boya mesnet kullanılacaktır. Öte yandan, oluşturulan bu örtü rijit olmamaktadır. Oluşacak bir P tekil yükü, kendisine en yakın düzlem kafes kirişi büyük ölçüde etkileyecektir. Bu nedenle de, kirişlerin kaldıracakları yükler oranında tasarlanmaları doğru olacaktır (Şekil 2.20 ve Şekil 2.21) [7].

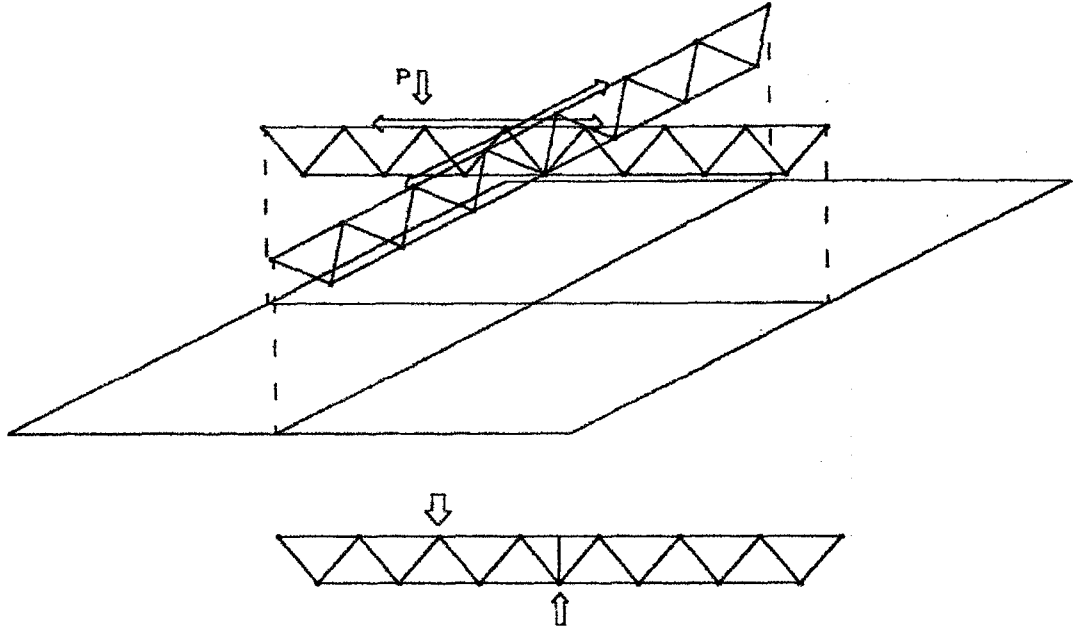


Şekil 2.20. Düzlem kafes kirişlerin paralel kullanımı ile bir mekanın örtülmesi [13].

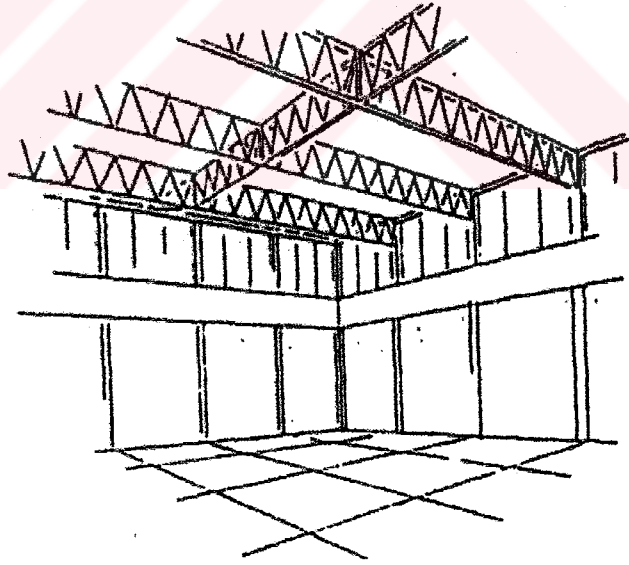


Şekil 2.21. Mannheim'deki tiyatro projesi, Mimar Mies Van Der Rohe [13].

Birbirini dik kesen paralel kirişler sistemini ele alırsak, bu sistemde de yük akışı düzlem kirişler boyunca olacaktır. Ancak sistemin yapısından dolayı, örtü tek yönlü paralel sisteme göre daha sağlam bir yapı gösterecektir. Oluşacak tekil yükler, birbirini dik kesen düzlem kafes kirişlere dağılacaktır (Şekil 2.22 ve Şekil 2.23) [7].

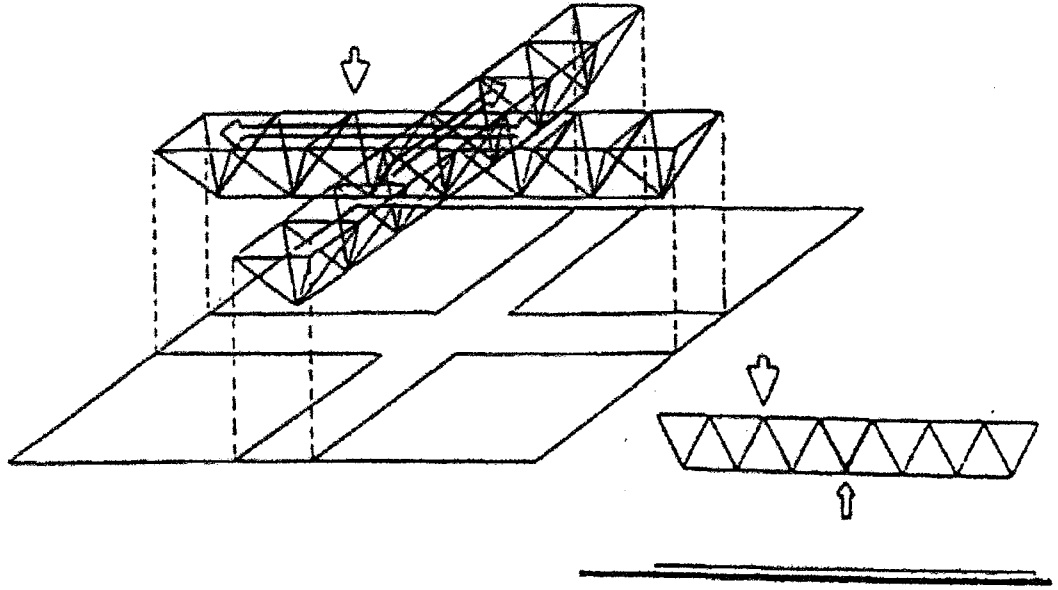


Şekil 2.22. Birbirlerini dik kesen düzlem kafes kirişlerde yük aktarımı [13].



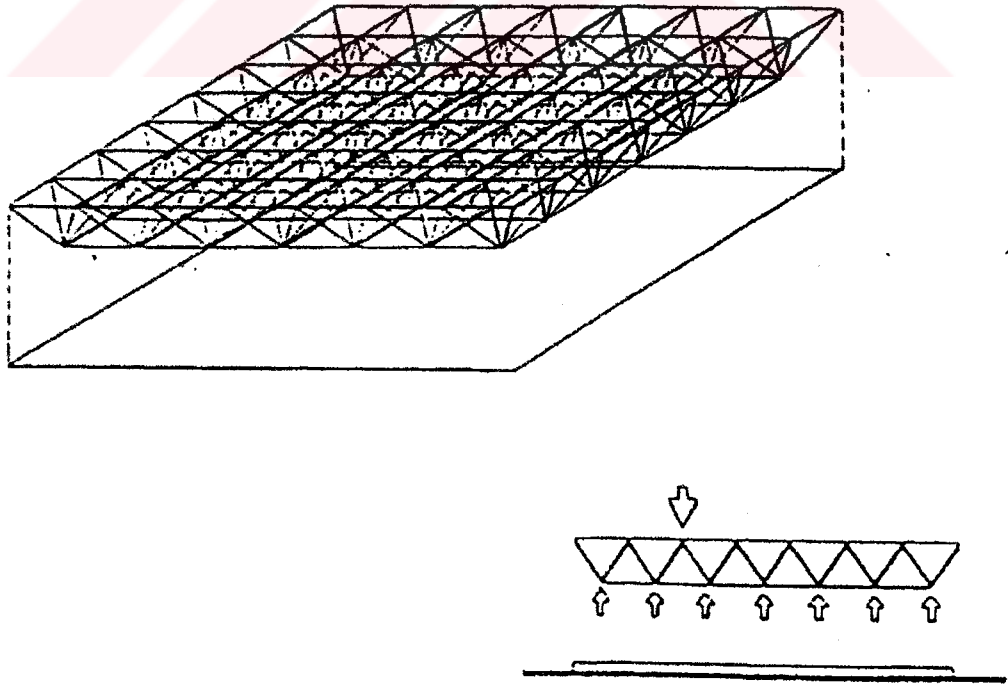
Şekil 2.23. İngiltere’de bir okul [13].

Alt başlıklar ortada olacak şekilde kullanılmak suretiyle, paralel yönde dik olarak alt ve üst başlıklar birleştirildiğinde uzay kafes kirişler oluşacak ve sağlanan rijitlik daha da pekişecektir (Şekil 2.24).



Şekil 2.24. Birbirlerini dik kesen kafes kirişlerde yük aktarımı [13].

Optimal tesir için sistemin enine ve boyuna sürekli bir şekilde kullanılması sonucu Uzay Kafes Taşıyıcı Sistemler'e geçilmektedir (Şekil 2.25)

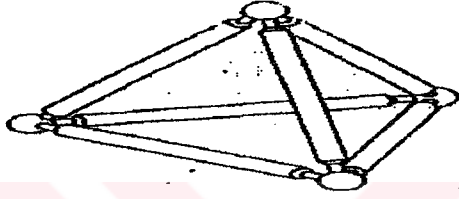


Şekil 2.25. Uzay kafes sistemlerde yük aktarımı [13].

2.6 Uzak Kafes Sistemlerin Kurulması

Uzak kafesler, rijit ya da mafsallı bağı uçları düğüm noktalarını oluşturan doğru eksenli çubuklardan birleşiktirler. Üçgenleme çubuklarıyla bağlayan birbirine paralel iki ağ, genellikle düzlemdirler. Bununla birlikte eğri de olabilir ve böylece silindirik örtüler, küresel kubbeler oluşturabilirler [1].

Uzak kafes taşıyıcı sistemlerin temel elemanı, 6 çubuk ve dört düğüm noktasından oluşan dörtyüzlüdür. Düğüm noktaları mafsallı da olsa dörtyüzlü (tetrahedron) kesinlikle şekil değiştirmez. Bilindiği gibi, bir düğüm noktasını üç diğerine rijit olarak bağlamak için üç çubuk gerekli ve yeterlidir (Şekil 2.26).



Şekil 2.26. Dörtyüzlü (tetrahedron) [16].

Böyle bir elemandan hareketle ve bir yeni düğüm noktasını üç eksenine üç çubukla bağlayarak taşıyıcının iç-izostatiklik özelliği korunur. Bir uzak kafesin gerekli izostatiklik koşulu;

$$t + \ç = 3d \quad (2.1)$$

yazılır. Burada: t mesnet tepkileri bileşenlerinin sayısını, $\ç$ çubuk sayısını, d düğüm noktaları sayısını göstermektedir.

Kafes tam olarak şekil değiştirmezse sistemin tümüyle ilgili 6 denge denklemi yazılır ve t 6'ya eşit alınır. Bu durumda izostatiklik koşulu,

$$\ç = 3d - 6 \quad (2.2)$$

olur ki dörtyüzlü için gerçeklemeyi sağladığı kolaylıkla kontrol edilebilir.

Genellikle uzak kafes taşıyıcı sistemlerin çubuk sayısı, izostatiklik koşulunun belirlediği minimumdan çoktur ve;

$$k = t + \ç - 3d \quad (2.3)$$

bağıntısıyla belirli hiperstatiklik derecesi yükseltilir.

2.7 Uzay Kafes Yapıların Türleri

Taşıyıcı sistem tasarımcılarının doğa strüktürlerini de inceleyerek ve bunlardan esinlenerek oluşturdukları uzay kafes sistemlerin en belirgin özelliği, çizgisel öğelerin üçgen biçiminde birleştirilmesi ile üretilmesidir. Mafsallı düğüm noktaları ile bir düzen içinde bir araya getirilen basınç ve çekmeye çalışan çubuk öğelerinin oluşturduğu bu sistemler, kuvvet ve yükleri herhangi bir destek öğesine gerek kalmaksızın uzun mesafelere yönlendirip iletebilmektedir [7]. Temel ilkeleri ve biçimleri açısından uzay kafes sistemler üçe ayrılmaktadır [10]:

- Düzlem Kafes Uzay Taşıyıcı Sistemler
- Tek Eğrilikli (Tonozsal) Uzay Taşıyıcı Sistemler
- Çift Eğrilikli (Kubbesel) Uzay Taşıyıcı Sistemler

2.7.1 Düzlem Kafes Uzay Taşıyıcı Sistemler

Aynı kesite sahip olması gerekmeyen çubuklardan yapılmış iki veya daha fazla düz yüzeysel ağı, düğüm noktalarından, birbirlerine arada belirli bir açıklık kalacak şekilde bağlanması sonucu düzlem kafes uzay taşıyıcı sistemler oluşturulmaktadır. Daha önce, uzay kafes taşıyıcı sistemlerin oluşum ilkelerinde sözü edilen rijitite mantığı üç boyuta (uzaya) uygulanırsa, üçgenler uzayda rijit piramit biçimlere dönüşmektedir. Bu piramitlerin yanyana kullanım ilkesi bize rijit ve bir bütün olarak çalışan düzlem uzay kafes strüktürleri vermektedir [7].

Düzlem uzay kafes sistemlerin kullanım avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Dış yükleri her yöne dağıtan üç boyutlu sistemlerdir.
- Yüksek dereceden hiperstatiklik, yüksek çubuklardan birisinde meydana gelecek kopma veya burkulma halinde bile sistemin tamamen yıkılmasını engeller.
- Yüksek rijitlikleri, sistemde önemli deformasyonların olmasını engeller.
- Düzlem uzay kafes sistemler, tam ölçüsünde hazırlanmış prefabrike parçaların monte edilmesiyle oluştuğundan montajda doğruluk ve hız sağlar.
- İstenilen yönde genişletilebilme, sökülüp başka yerde kullanılabilme imkanı vardır. Mesnetlerin konuşlandırılmasında herhangi bir sınırlama yoktur.

-Üst ve alt başlık ağıları arasındaki boşluk elektrik ve mekanik teçhizatın döşenmesine imkan tanır.

-Her türlü hava koşulunda montajı yapılabilir.

-Analiz ve testler, düzlem uzay kafes sistemlerin yangına karşı günümüz yapı sistemlerine göre daha dayanıklı olduğunu göstermiştir.

-Deneyimler, düzlem uzay kafes sistemlerin hava saldırılarında veya terörist saldırılarda olabilecek patlamalara karşı en dayanıklı yapılar olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda, yatay deprem kuvvetine de en fazla direnç gösteren yapılardır.

-Bir çok mimari uygulamada güzel görünüm sergiler. Düzlem uzay kafes sistemler genel olarak ikiye ayrılır:

2.7.1.1 Truss Tipi Düzlem Uzay Kafes Sistemler

Dik olarak kesişen kafes sistemlerin meydana getirdiği düzenli hücrelerden oluşur. Üst ve alt başlık ağı tip ve oturum olarak aynıdır. Bunlar dikme ve diagonaller ile birleştirilir.

2.7.1.2 Space Tipi Düzlem Uzay Kafes Sistemler

Alt ve üst başlık ağıları çakışmaz. Çoğunlukla prefabrike üretilmiş piramitsel (üçgen, kare, beşgen, altıgen tabanlı) elemanların birleştirilmesi ile oluşur.

Bu iki sistemin de tasarımcılar için, taşıyıcı olarak büyük ilgi çeken çok sayıda kuruluş düzenleri vardır. Aşağıda bu düzenlerden en önemlileri verilecektir, ancak daha karmaşık düzenlemeler de tasarlanabilir. Taşıyıcı sistem şemalarını anlaşılabilir duruma getirmek için Şekil 2.27' de belirtilen gösterim simgeleri kullanılacaktır.

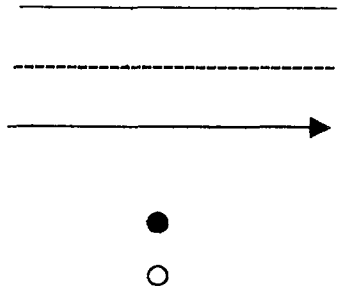
Üst ağ çubuğu

Alt ağ çubuğu

Okla gösterilen yönde yükselen bağlantı çubuğu

Düğüm noktası

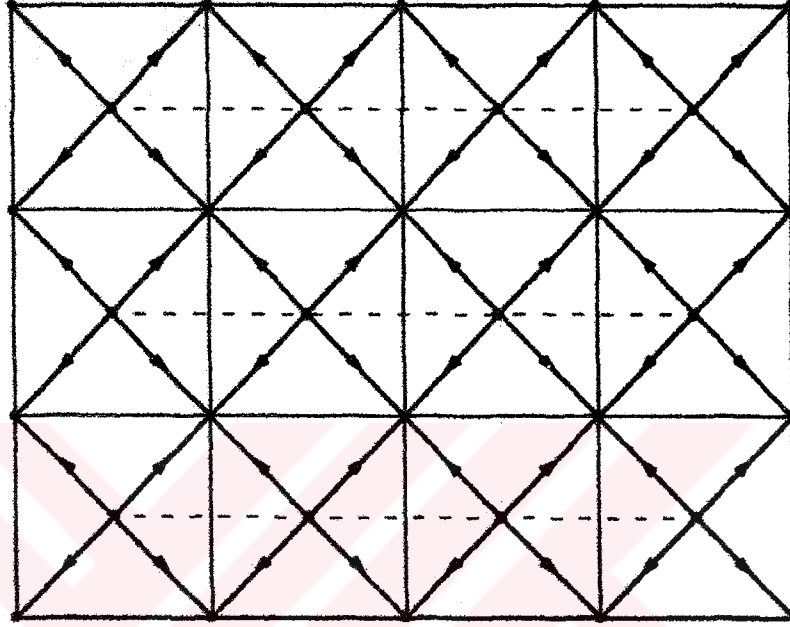
Ağlara dik çubuk



Şekil 2.27. Düğüm noktası ve çubukların gösterim şekilleri [1].

-Tek Doğrultulu Düzenleme (U) Türü

Tek doğrultulu düzenlemede her bir eğik düzlemi, genellikle Warren türü bir düzlem kafes kiriş ve başlıkları komşu düzlemlere ortak bir katlanmış yüzey söz konusudur (Şekil 2.28). Bu tür düzenlemeler tek yönde taşıyıcıdır [11].



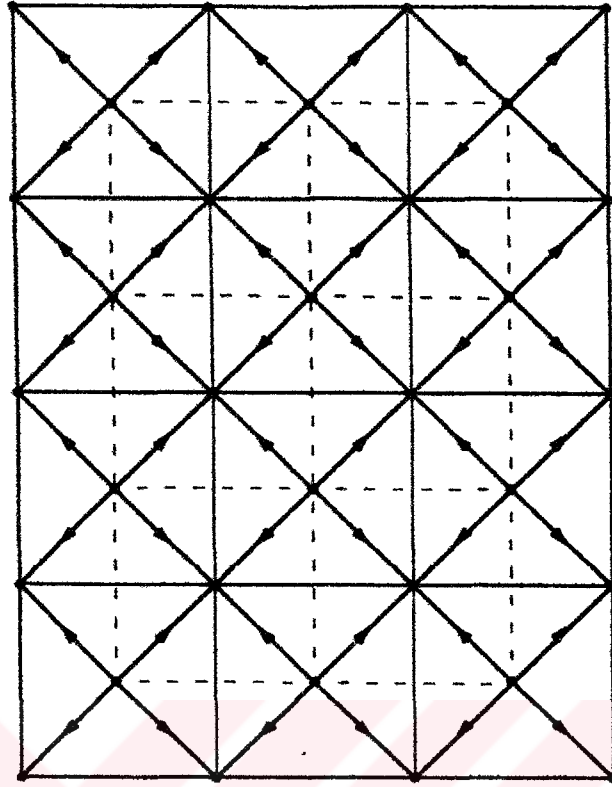
Şekil 2.28. U türü taşıyıcı düzen [1].

-İki Doğrultulu Dikdörtgen Düzenleme (B1) Türü

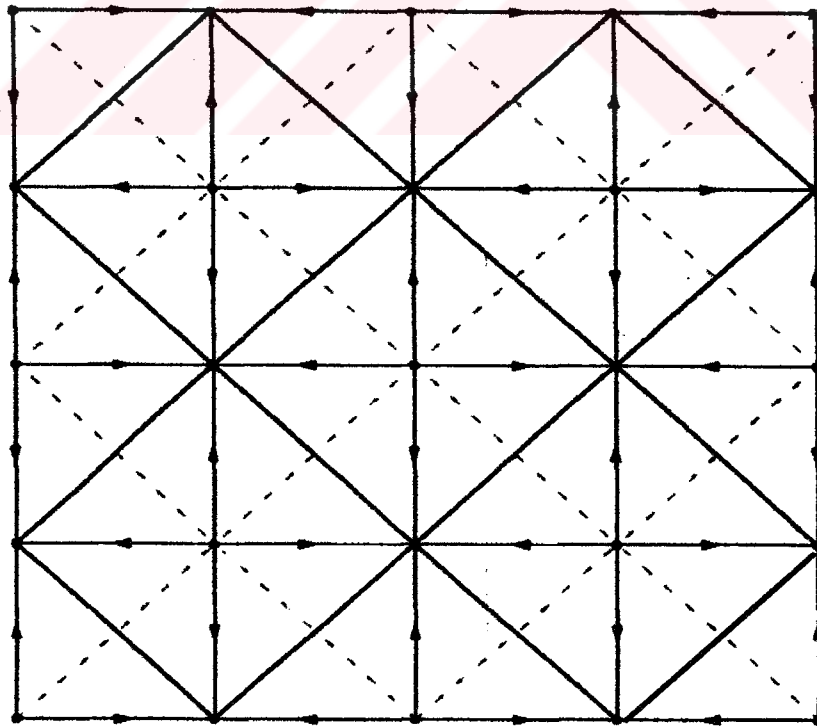
İki doğrultulu dikdörtgen düzenleme türü, tepeleri dik açılı bir çubuklar ağı ile birleşen dikdörtgen tabanlı piramitlerin yanyana konulmasından oluşmaktadır (Şekil 2.29). Bu düzen birbirine dik iki doğrultuda taşıyıcıdır [11].

-İki Doğrultulu Eğik Düzenleme (B2) Türü

Bu tür bir önceki düzenlemeden, üst ve alt çubukların çevre ile 45° lik açı yapmaları ile ayrılmaktadır (Şekil 2.30). Örtülecek aynı bir yüzey ve aynı sıklıktaki bir ağ için B2 türü B1 türüne göre daha rijittir. Çünkü çevreye göre eğik ağın kirişleri değişik uzunluktadır. Köşelerdeki daha kısa kirişler daha rijittir ve kendilerinden uzun kirişlere mesnetlik etmektedir. Bu sonuncular ise elastik mesnetlere oturan sürekli kiriş çalışmasını göstermektedir [11].



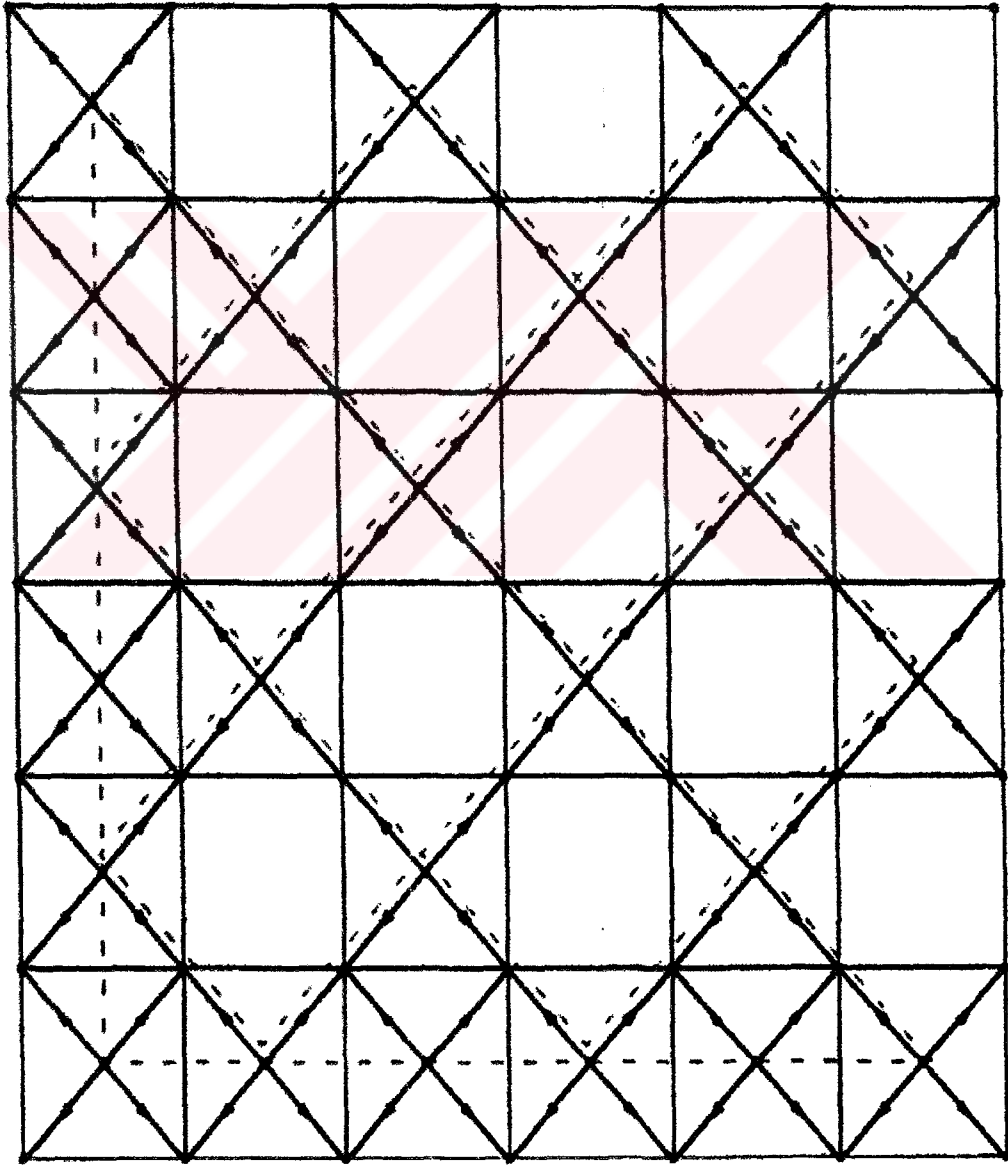
Şekil 2.29. B1 türü taşıyıcı düzen [1].



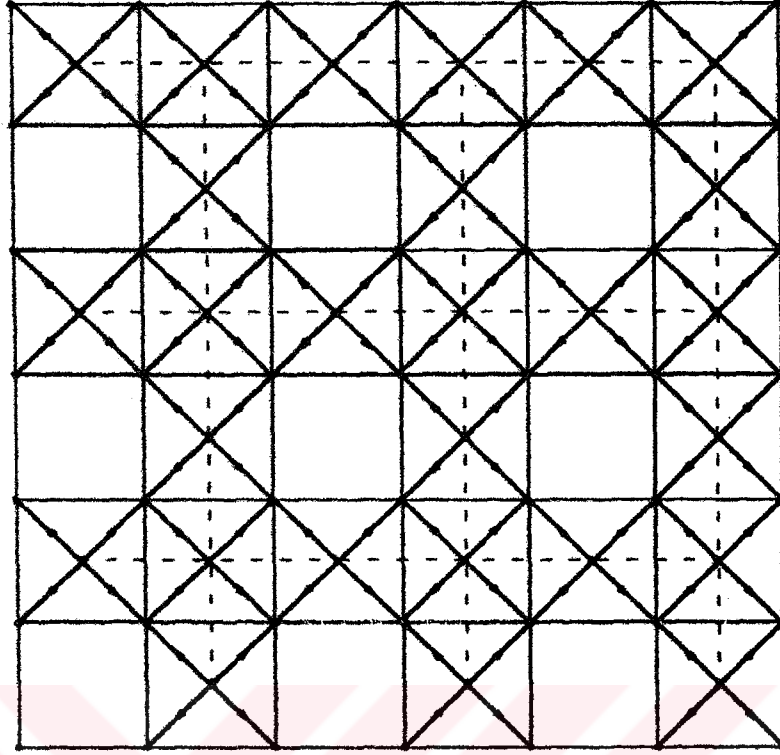
Şekil 2.30. B2 türü taşıyıcı düzen [1].

-Çapraz İki Doğrultulu Düzenleme (B3) Türü

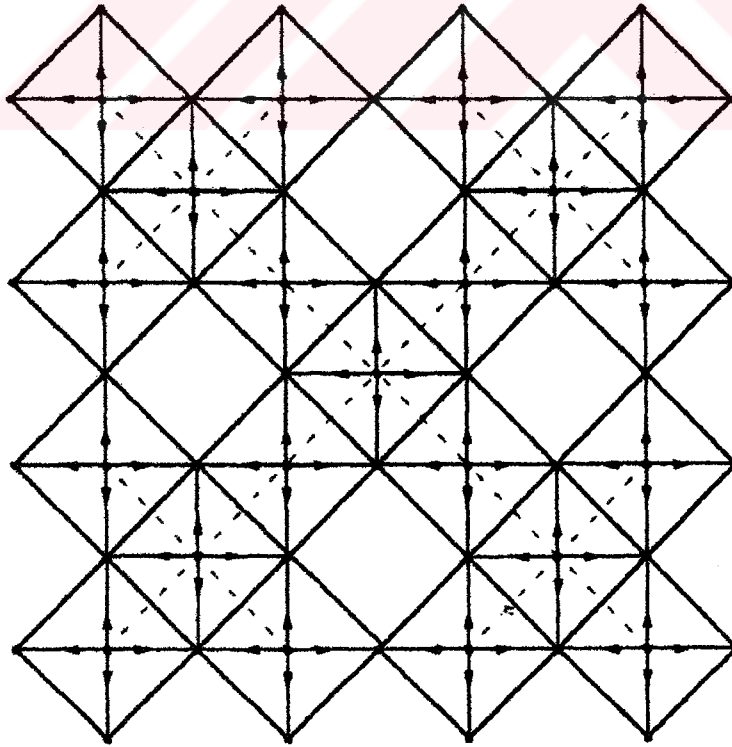
Alt ağın çubukları üst ağınkilere göre 45°'lik açı yapar (Şekil 2.31). Bu düzenleme B1 ve B2 türlerinin bir ara çözümü niteliğindedir. Üstünlüğü; alt çubuklara, basınca çalışan üst çubuklardan daha geniş bir ağı sağlamasında olup uzunlukları oranın 2'ye eşit olmasıdır. Genellikle çubuk sayısını azaltmak, hiperstatiklik derecesini indirmek ve açık ya da camlı bölümler oluşturmak amacı ile iki aralıktan biri boş bırakılmaktadır. Şekil 2.32 ve Şekil 2.33 benzer bir hafifletmenin B1 ve B2 türü düzenlemelere de getirilebileceğini göstermektedir [11].



Şekil 2.31. B3 türü taşıyıcı düzen [1].



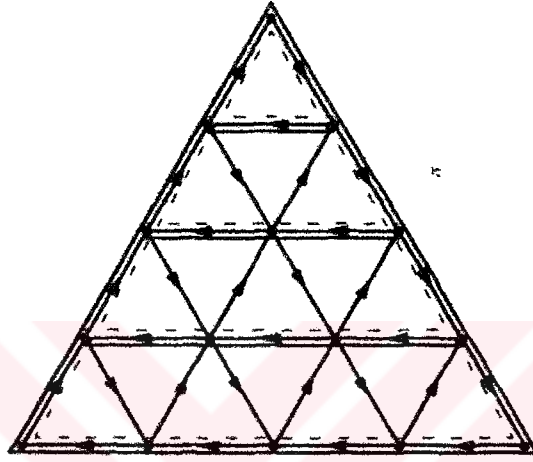
Şekil 2.32. B1 türü düzenin hafiflemesi [1].



Şekil 2.33 B2 türü düzenin hafiflemesi [1].

-Düz Üç Doğrultulu Düzenleme (T1) Türü

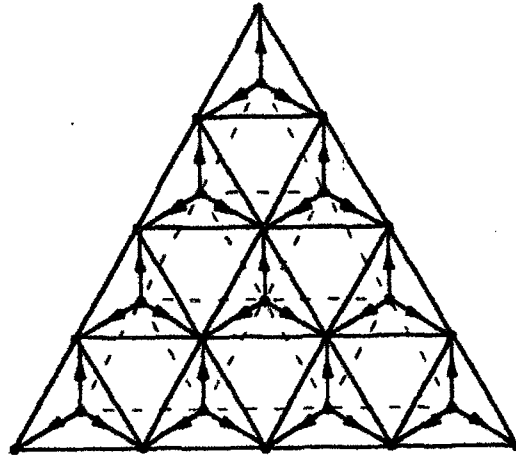
Truss tipine bir örnektir. Her iki ağ da aynı olup eşkenar üçgenlerden kuruludur (Şekil 2.34). Bu düzen üç doğrultuda taşıyıcıdır [11]. Bununla beraber, bu düzenlemenin gerçek bir uzay kafes olmadığı, üç düzlem uzay kafes kiriş ailesinin birleşimi gibi ele alınabileceği söylenebilir. Herşeye rağmen, gerek birleşimleri ve yapımının teknolojisi, gerekse hesabı yönünden diğer türler ile gösterdiği benzerlik T1 türü düzenlemenin kullanılma sebebi olmaktadır.



Şekil 2.34. T1 türü taşıyıcı düzen [1].

-Ters Üç Doğrultulu Düzenleme (T2) Türü

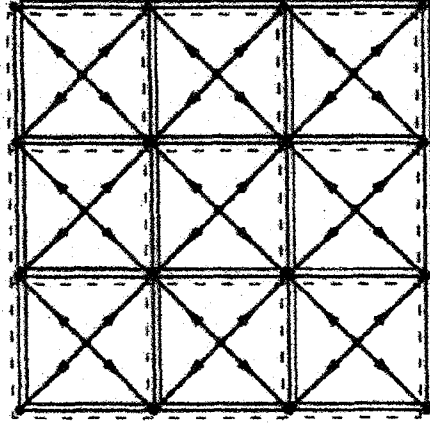
Tepe noktaları üçgen çubuklar ağı ile birleştirilmiş ardışık dörtyüzlülerden kurulmaktadır (Şekil 2.35) [11].



Şekil 2.35 T2 türü taşıyıcı düzen [1].

-Dört Doğrultulu Düzenleme (Q) Türü

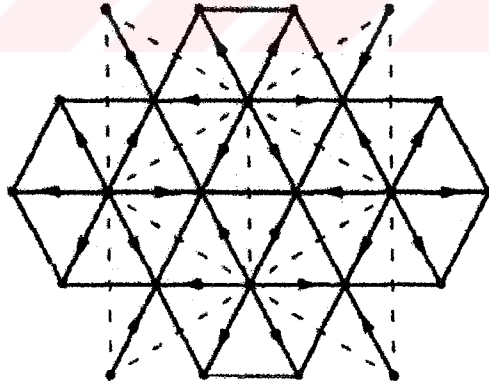
Truss tipine bir diğer örnektir. Dört düşey düzlem kafes kiriş ailesinin ortak düzenlendiği türdür (Şekil 2.36).



Şekil 2.36 Q türü taşıyıcı düzen [1].

-Basit Altıgen Düzenleme (H1) Türü

Ağlardan biri piramitlere taban oluşturan yan yana konmuş altıgenlerden, diğeri bu altıgen piramitlerin tepelerini birleştiren üçgenlerden kuruludur (Şekil 2.37).

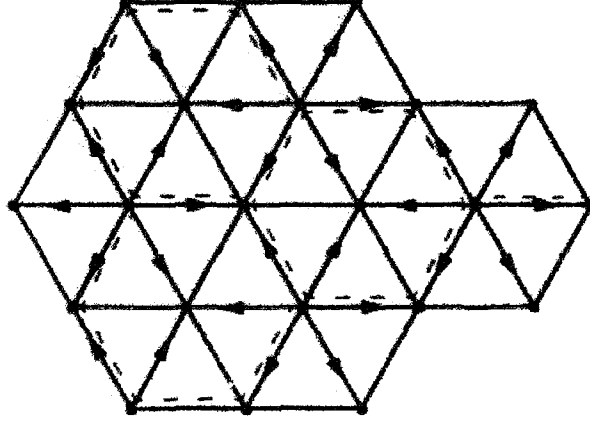


Şekil 2.37. H1 türü taşıyıcı düzen [1].

-Çift Altıgen Düzenleme (H2) Türü

Her iki ağ da altıgenlerden örülü olup, bir ağın düğüm noktasına diğer ağın boşluğu gelecek şekilde şaşırtmanın olduğu türdür (Şekil 2.38). Aynı bir düşey üzerindeki düğüm noktaları bir çubuk ile bağlanmaktadır. Köşegenlerin konumu o şekildedir ki, bir

ağdaki düğüm noktaları diğer ağdakilerden değişiktir. Bir düzenleme türünün seçimi herşeyden önce örtülecek alanın biçimine bağlıdır. Şöyle ki; U, B ve Q türleri kare ya da dikdörtgen alanlara uygun iken, T ve H türleri üçgen, altıgen veya daire alanları daha kolay örtmektedir. Ekonomik ve estetik biçimleme bağımlılıkları da, bir düzenleme türünün diğerine tercihinde etkin olmaktadır.



Şekil 2.38. H2 türü taşıyıcı düzen [1].

Genellikle yapıların dış kenarındaki tüm düğüm noktaları mesnetlendirilir. Ancak taşıyıcı düzenin şekil değiştirmesizliğinin korunması ve çubukların aşırı büyük kesitler gerektirmemesi koşulları altında mesnet sayısı büyük ölçüde azaltabilmektedir.

Çok büyük bir yüzeyin örtülmesi durumunda, ekonomi düşüncesi ile, geniş delikli bir ağ düzeni ve örtüyü taşımak için bunun üzerine oturan yardımcı kirişler çözümü önerilmektedir.

2.7.1.3 Düzlem Uzay Kafes Sistemlerde Maliyeti Etkileyen Faktörler

Herhangi bir yapı sisteminin maliyetini etkileyen faktörler oldukça fazla olmakla beraber değişkenler arasına proje giderleri, malzeme ve bileşenlerin imalat giderleri, kullanılan malzeme miktarı, nakliyat ve montaj (yapım) giderleri, yapının ömrü, bakım masrafları v.b. katılabilir. Daha da genişletilebilecek bu değişkenlerin yanı sıra imalatçı firma, projeyi yapan mimarlık bürosu, teknik işleri yöneten büro, mal sahibi, yapının müteahhiti gibi grupların zaman zaman yapımda söz sahibi olması konuyu daha da karmaşıktır. Düzlem uzay kafes sistemler söz konusu olduğunda, önceden de belirtildiği gibi, işin içine sonsuz geometrik olasılıklar da girmekte, seri üretime uygun düzgün uzay çerçeve geometrileri bile çok fazla sayıda bulunmaktadır. Kısaca, çok sayıda geometrik olasılığın farklı ekonomik yönlerden incelenip seçilmesi gerekmektedir.

Bu nedenlerle düzlem uzay kafes sistemlerin maliyetini etkileyen faktörlerden tümü yerine en önemlilerinden olan üretim, montaj ve malzeme giderleridir.

Genel olarak belirli bir alanı en az gider ile örtebilen, en sağlam, en dayanıklı, nakliyatı kolay, istiflenme olanağı bulunan, inşa süresi kısa, çabuk ve basit üretime uygun, esnek bileşenli (değişik planlarda uygulanabilen) bir uzay çerçeve sistemi en optimal çözüm kabul edilebilir.

Bu koşulların bir kısmı tüm uzay kafes sistemlerde sağlanabilmektedir. Örneğin doğrusal çubuklardan oluşan bir düzlem uzay sistemin farklı geometrik olasılıklar için nakliyata uygunluğu, montaj aletleri gereksinimi, çubuk ve düğüm noktalarının istiflenebilme özellikleri pek değişmeyerek eş veya yakın değerlerde olacaktır. Ancak bileşenlerin seri üretime uygunluğu, montaj süresi, dolayısıyla montaj giderleri, malzeme sarfiyatı çeşitli etkenlere bağlı olarak değişmekte ve sistemin ekonomisini etkilemektedir.

a.Bileşenlerin Tip Sayısı ile Üretim Ekonomisi Kriteri

Düzlem uzay kafes sistemlerin iskeleti, daha önce de bahsedildiği gibi, iki ana bileşenden kurulmaktadır; çubuklar ve düğüm noktaları. Bu iki bileşenin seri üretim yolu ile çok fazla sayıda üretilmesinin sağlanması, ekonomik bir üretimin ana şartıdır.

-Çubukların Üretimi

Çubuklar özel bir üretim gerektirmeyip, piyasada bulunan standart konstrüksiyon profilleri arasından seçilerek uzay çerçeve geometrisinde geçen uzunluklara göre kesilmektedir. Kesilme işlemi için en uygun uzay kafes geometrisi, en az çubuk tipine sahip olan çatı geometrisi olacaktır. Denilebilir ki "a" uzunluğundaki tek bir çubuk tipi bu yönden en ideal durumdur. Çubuk üretiminde ikincil önemli nokta, farklı enkesitlerdeki profil sayısının optimal bir sayıyla sınırlandırılmasıdır. Avrupa'nın en büyük, uzay kafes sistem yapımcısı olan Mero Firması profillerini sadece 20 farklı enkesitte seçmiştir.

-Düğüm Noktalarının Üretimi

Düğüm noktası, uzay çerçevelerin çubuklardan daha önemli bileşenleridir. Her seri üretim çıktısında olduğu gibi düğüm noktalarının maliyetini azaltmak için bunların da çok sayıda üretilmesi şarttır. Seri üretim için iki yol izlenebilir; değişken geometrili düğüm noktaları ve sabit geometrili düğüm noktaları.

Değişken geometrili düğüm noktaları esnek kullanıma izin vermekte, tek bir düğüm noktası tipi ile çok sayıda uzay kafes sistem geometrisi yapılabileceğinden seri üretim için gerekli yüksek üretim sayıları yaratılmaktadır. Bu tip düğüm noktaları imalatla büyük hassasiyet gerektirmekte, çoğu kez düğüm noktasından tam etkinlikte yararlanılmaktadır. Örneğin mero düğüm noktası 18 çubuğu tek bir noktada birleştirecek şekilde yapılmakta, oysa her defasında en fazla 10 çubuk birleştirilmekte, yani 8 yuva kullanılmamaktadır.

Sabit geometrili düğüm noktaları, bağlantı açıları sabit olan ve sadece bir uzay kafes sistem geometrisine uyan, dolayısıyla çözümü daha kolay ve ucuz olan düğüm noktaları geliştirip çatı geometrisinin değişken olmamasını baştan kabullenmektir. Sabit geometrili düğüm noktaları, kullanım olanaklarının sınırlı olmasına ve dolayısıyla seri üretim sayısının azalmasına karşılık, salt imalat giderleri açısından değişken geometrili bir düğüm noktasına oranla daha ucuz olabilmektedir. Sabit geometrili düğüm noktalarının minimum üretim sayısı 20.000, değişken geometrili düğüm noktalarının sayısı ise 100.000 olarak verilmektedir. Unistrut düğüm noktası, sabit geometrili düğüm noktasına iyi bir örnektir. Düğüm noktaları ister değişken ister sabit açılı düşünölsün, tek bir düğüm noktası tipi bir uzay kafes sistemin tüm eklemlerinde kullanılabilmelidir.

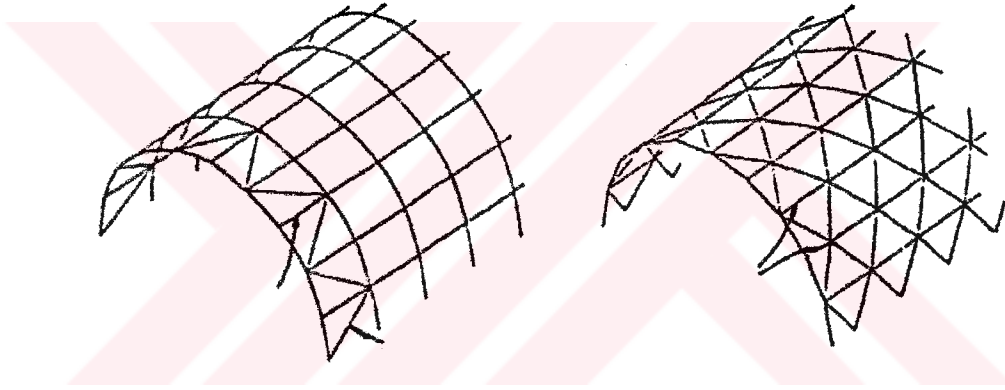
b. Toplam Bileşen Sayısı ve Montaj İlişkisi

Uzay kafes sistemlerde en ideal sistem; şantiyede en az birleşme noktasına veya yüzeyine sahip olan, bir bileşen tipi ile en az sayıda bileşenin montajı ile kurulan bir sistem olacaktır. Bu koşula en çok hücre sistemler (üç boyutlu tam endüstriyel prefabrike sistemler) uymaktadır. Hücre sistemlerin montaj yönünden dezavantajı bunların çok büyük ve ağır montaj aygıtları gerektirmeleridir. Diğer taraftan, diğer uzay kafes sistemlerin tek boyutlu doğrusal çubuklardan kurulması, bu sistemlerde çok sayıda birleşme noktası ile çok sayıda bileşen yaratmakta kısaca söylemek gerekirse, montaj süresi diğer prefabrike sistemlere oranla artmaktadır.

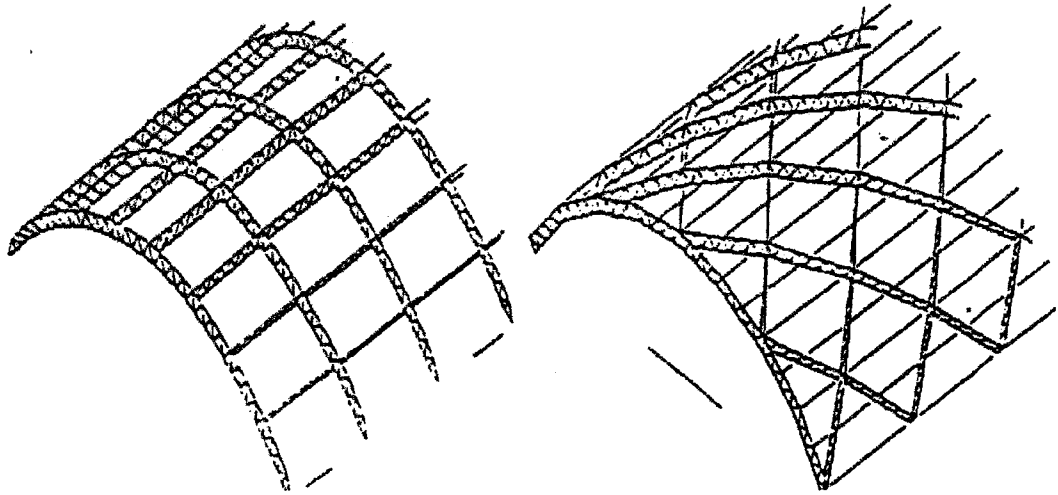
Sonuç olarak montaj maliyeti açısından en uygun sistem, mümkün olduğunca az birleşim noktası ile birleştirme alet ve optimum olarak kullanımına olanak vermedir.

2.7.2 Tek Eğrilikli (Tonozsal) Uzak Taşıyıcı Sistemler

Çelik tonozlar, betonarme kabuktaki gibi homojen ve dolu olmayan, çubuklardan meydana gelmiş, boşluklu bünyede bir kabuğu andırmaktadır [4]. 30 metreye kadar olan genişlikler için hadde profilleri ve daire kesitli çubuklar, daha fazla olan genişliklerde bileşik kesitler ve kafes kesitler kullanılmaktadır (Şekil 2.39 ve Şekil 2.40). Bileşik ve kafes kesitlerin kullanıldığı çözümlerde ekonomi 25 metreden sonra başlar, tam ekonomi 30 metreden sonra sağlanır. Tonozlarda boyun eni oranı 2' den küçük veya 2' ye eşit seçilmeli, ayrıca alın yüksekliğinin eni oranı 0,2' den büyük olmalıdır. Uygulamalarda tonozların eni 10 ile 80 metre arasında değişmektedir. Genellikle tek eğrilikli uzak kafes sistemlerin kesitleri silindirikdir, ancak yüzey düğüm noktalarının koordinatları ile oynanarak istenilen değişik kesitler elde edilebilmektedir. Bu yaratılan kesitler her zaman matematiksel bir eğriliğe uymak zorunda da değildir.



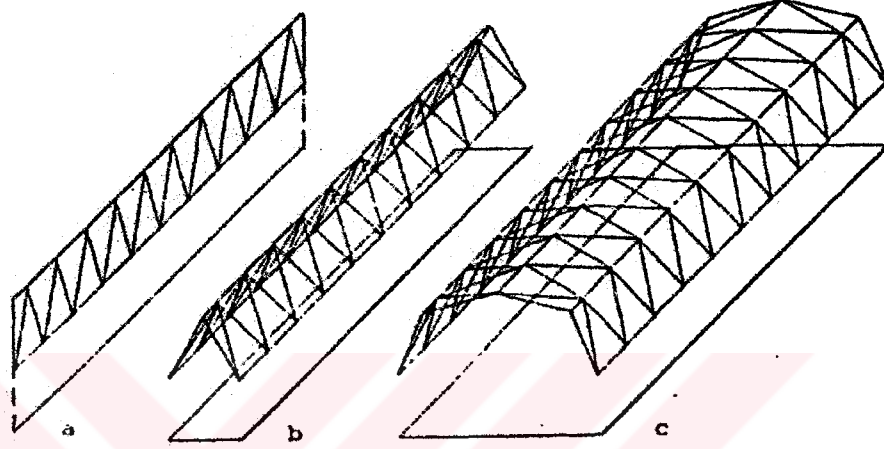
Şekil 2.39. Tek katmanlı çelik tonoz yapıları [16].



Şekil 2.40. Çift katmanlı çelik tonoz yapıları [16].

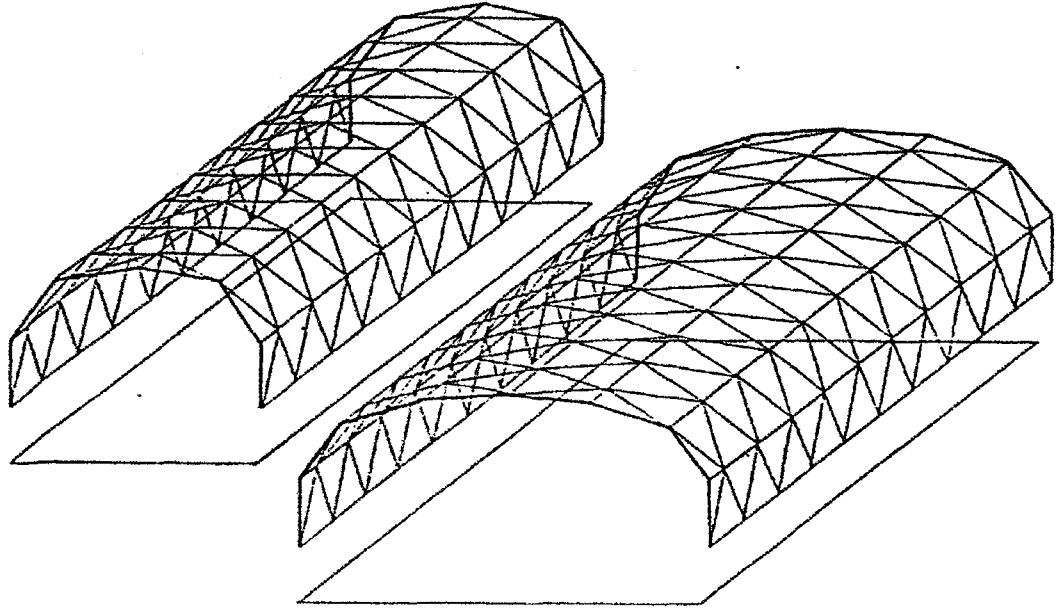
2.7.2.1 Tek Eğrilikli Uzak Kafes Sistemlerin Oluşum İlkeleri

Tonozsall uzak kafes sistemlerin oluşumunda düzlem kafes sistemleri ele alalım. Şekil 2.41'de görüldüğü gibi, düzlem kafes kirişleri birleştirmek suretiyle katlanmış bir kafes sistem kurmak olasıdır. Düzlem kafes kirişleri katlamak suretiyle birleştirmeye devam edilir ise poligonal ve sonra silindire yaklaşan katlanmış sistemler elde edilir (Şekil 2.42).



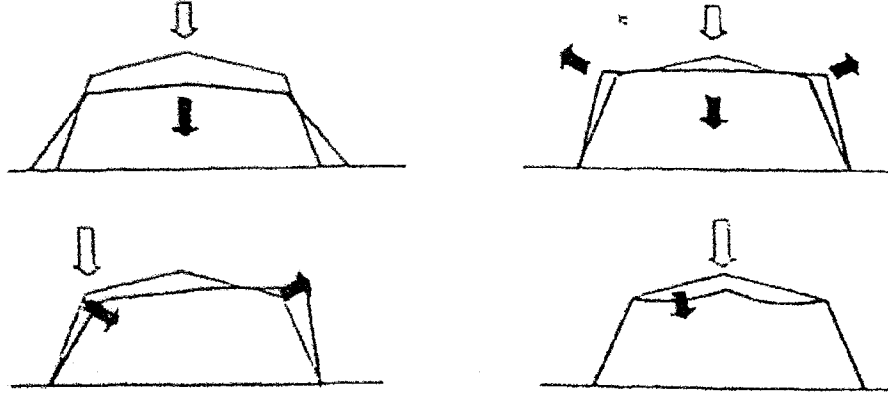
Şekil 2.41. Düzlem kafes kirişlerle katlanmış kafes sistem kurulması [13].

- a- Basit düzlem kafes kiriş
- b- Tepede birleşen iki düzlem kafes kiriş
- c- Düzlem kafes kirişlerle katlanmış kafes kiriş

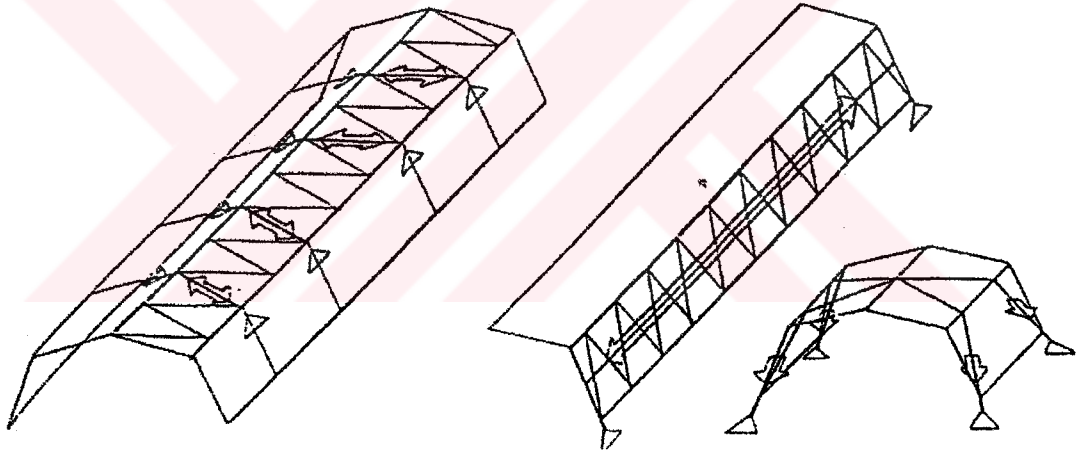


Şekil 2.42. Düzlem kafes kirişlerle katlanmış poligonal ve silindirik sistem kurulması [13].

Ancak oluşturulan bu sistemler rijit değildir, yükler karşısında deforme olur. Çünkü örtülecek olan mekan, yalnız karşılıklı iki kenarı üzerinde mesnetlenmektedir [8]. Bir başka deyişle, mesnetler iki doğrultu üzerindedir (Şekil 2.43 ve Şekil 2.44).



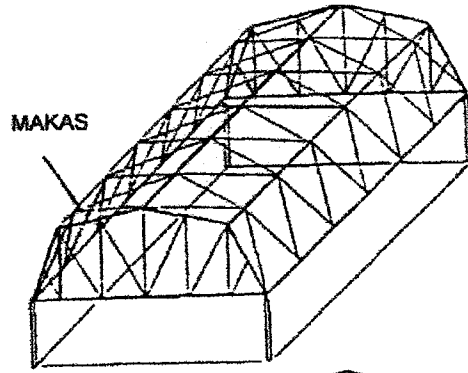
Şekil 2.43. Yükler karşısında biçim bozulmaları [13].



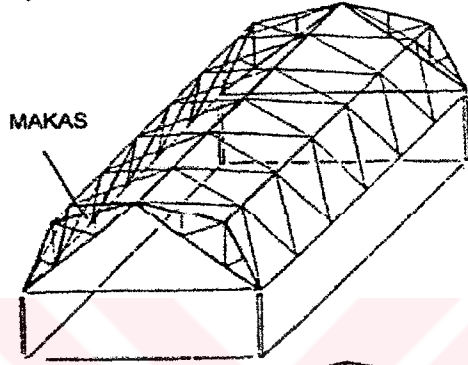
Şekil 2.44. Tonozsalsal uzay kafes taşıyıcılarda yüklerin aktarılması [13].

Sistemin rijit duruma gelebilmesi için mekanın diğer kenarlarının üzerinde de mesnetlerin oluşturulması, yani mekanda her iki doğrultu üzerinde mesnetlenme gerekmektedir. Bu amaçla mekanın diğer kenarları üzerinde mesnet işlevinde makas adı verilen öğeler kullanılmaktadır. Şekil 2.45'de çeşitli makaslarla rijit duruma getirilmiş tonozsalsal uzay kafes taşıyıcı sistemler görülmektedir.

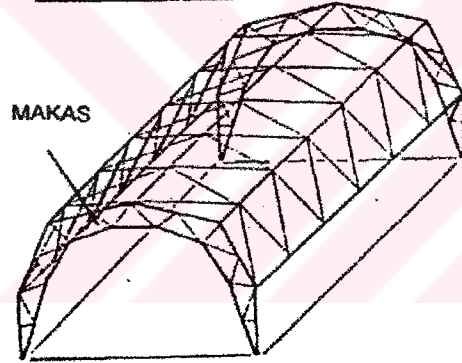
Tonozsalsal uzay kafes taşıyıcılar dengeli yükler altında çok iyi performans gösterir, ancak yükleme asimetrik olduğunda bölgesel moment artışları ve sehimler oluşur.



DESTEKLEYEN ÇELİK MAKASLAR



ÜÇ YÜKSEKLİKTEKİ ÇERÇEVENİN
DESTEKLENEREK TEMELE OTURTULMASI



ÇELİK MAKASLARIN TEMELE OTURTULMASI

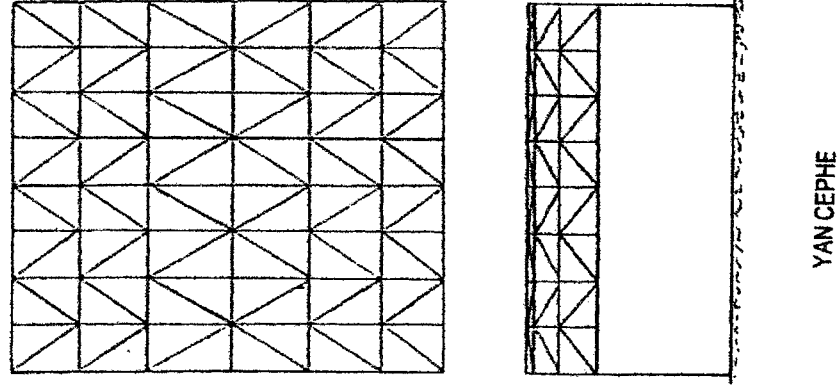
Şekil 2.45. Tonozsal uzay kafes taşıyıcı sistemlerde makas örnekleri [13].

2.7.2.2 Tek Eğrilikli Uzay Kafes Sistem Türleri

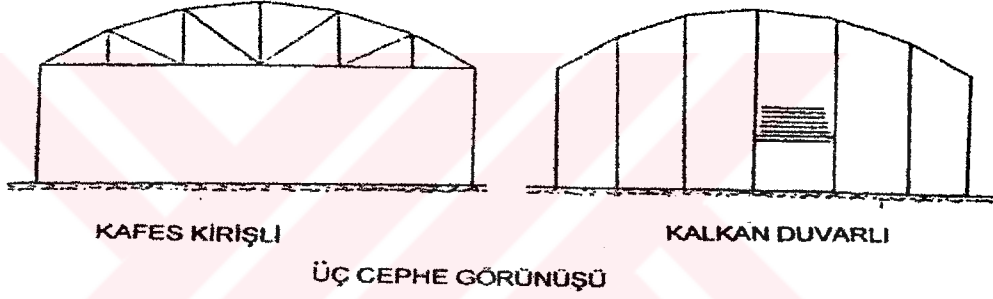
a. Föppl Ağ Kabukları

Enkesit olarak belirli bir eğri seçilmekte, düğüm noktaları bu eğri üzerinde olmak şartıyla düzlem kafes sistemlerin birleştirilmesi ile, yani birinin üst başlığı diğerinin alt başlığı olacak şekilde bağlanmasıyla oluşmaktadır (Şekil 2.46 ve 2.47). Föppl ağ kabuklarının izostatik ve hiperstatik olmak üzere iki tipi vardır [5]. İzostatik ağ kabukta aralara çekme çubukları konulduğunda hiperstatik ağ kabuk elde edilir. Sisteme planda kare veya kareye yakın şekil vermek ekonomik sonuçlar doğurur. Uygulamalarda birbirine komşu düzlem kafes sistemlerin sayısı 6 ile 10 arasında

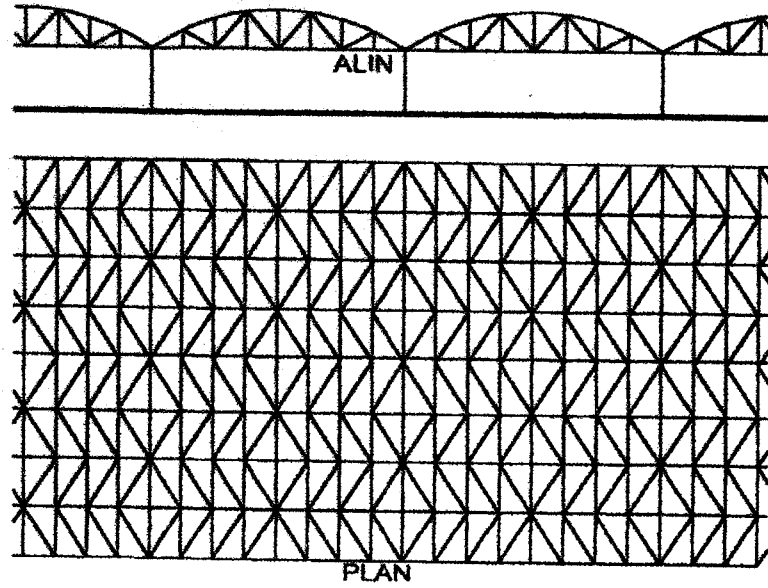
değişmektedir. Ağ kabuklar yan yana kullanılarak daha fazla açıklık geçilebilmektedir.



PLAN



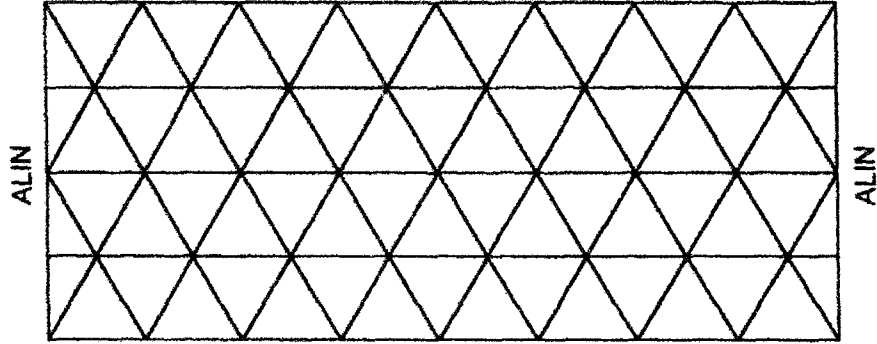
Şekil 2.46. Föpl ağ kabukları görünüşü [16].



Şekil 2.47. Föpl ağ kabuklarının yanyana konulması [16].

b. Üç Doğrultulu Ağ Kabukları

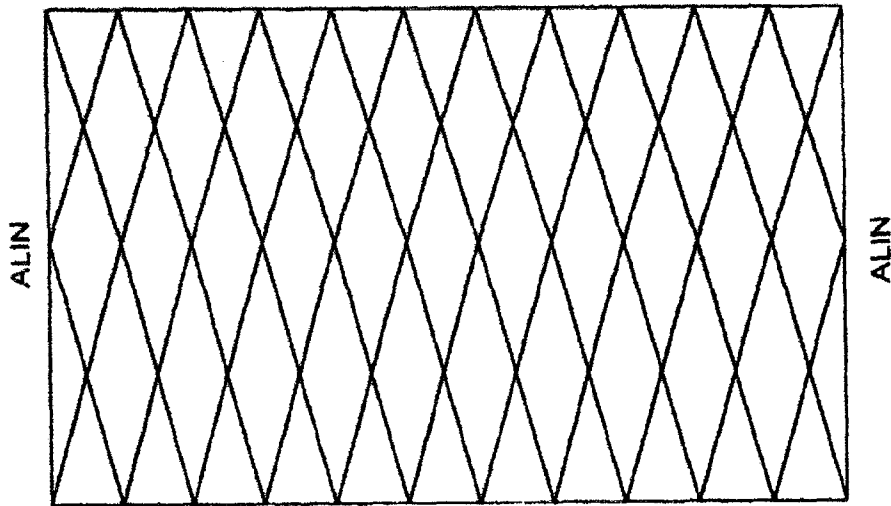
Föppl ağ kabuk sisteminin dikmelerinin kaldırılmış haline üç doğrultulu ağ kabuk denir. En büyük avantajı tek bir düğüm noktası tipi ile çözülebilmesidir (Şekil 2.48).



Şekil 2.48. Üç doğrultulu ağ kabuk planı [16].

c. Baklava Tipi Ağ Kabukları

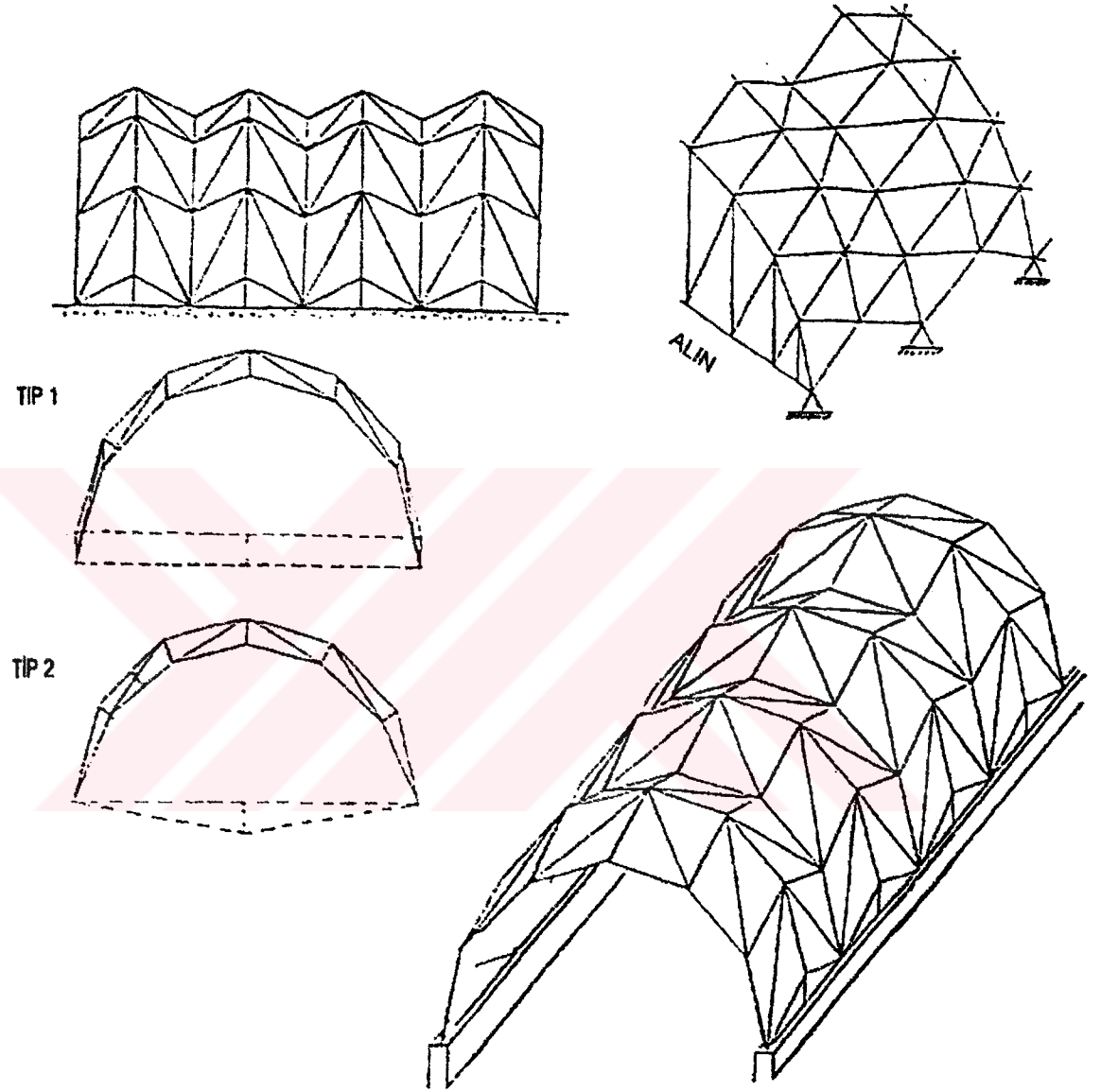
Diğerlerinden farkı, doğrultman şeklindeki elemanlarının olmayışıdır. Baklava tipi ağ kabuklarda verev giden çubukların, boykesitte bakıldığında zeminle yaptığı açı küçük olmamalı yani yere yatık olmamalıdır. Eğer aksi söz konusu olursa çubuklar itkileri bir uçta zemine verirken, diğer uçta alın elemanına verir. Bu itkilerin bileşkesi de alın elemanını açmaya zorlar, ki bu durumda alın elemanı çok rijit yapılmalı veya bu itkileri absorbe edecek başka önlemler alınmalıdır (Şekil 2.49).



Şekil 2.49. Baklava tipi ağ kabuk planı [16].

d. Enine Katlanmış Ağ Kabukları

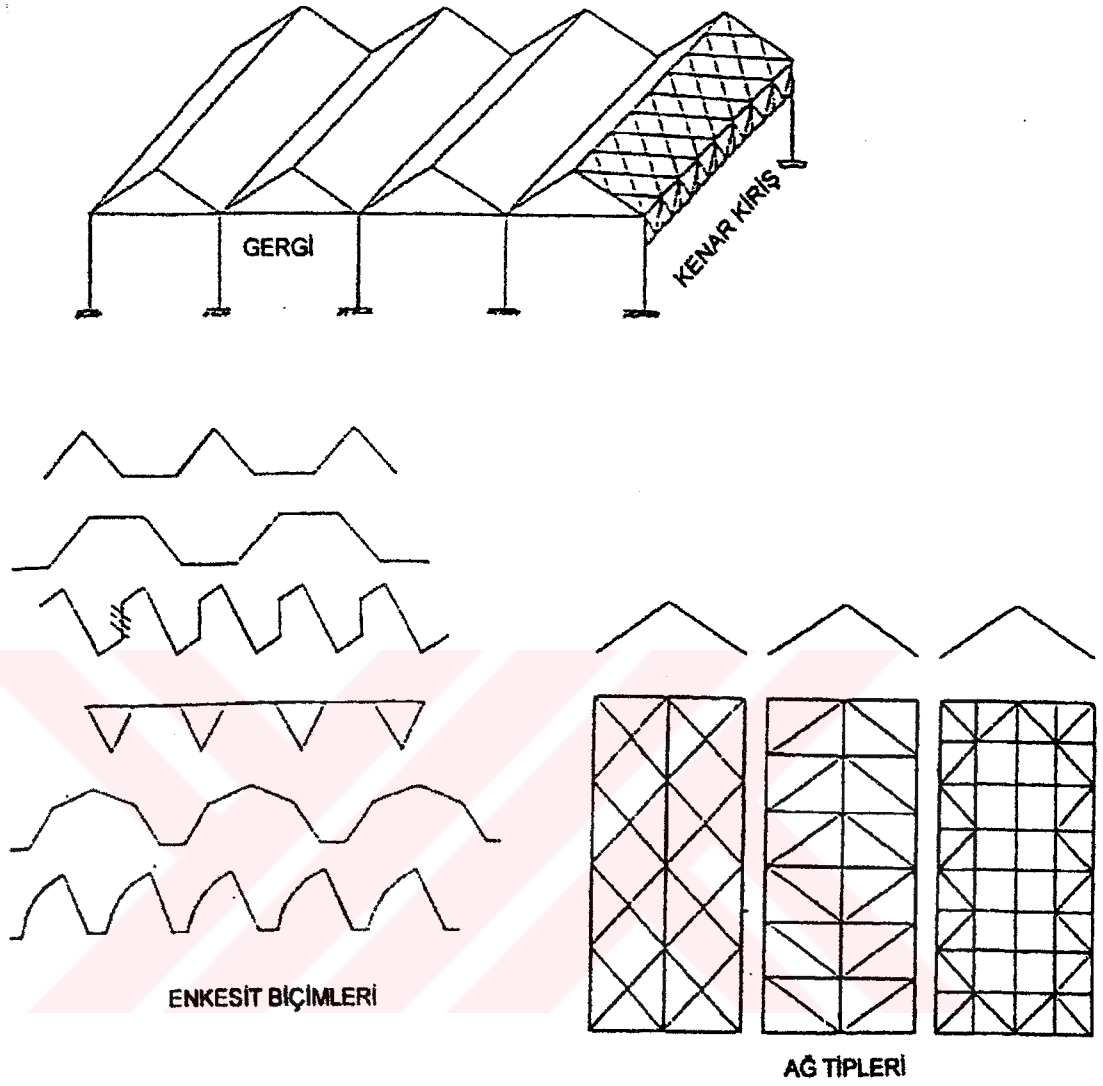
Montaj açısından oldukça zor bir tiptir. Boyuna nervürler ile stabilitesi arttırılabilmektedir (Şekil 2.50).



Şekil 2.50. Enine katlanmış ağ kabuk görünümleri [16].

e. Boyuna Katlanmış Ağ Kabukları

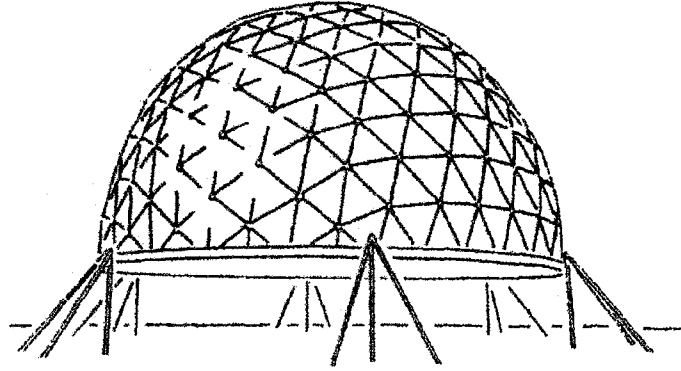
Föppl ve diğer ağ kabuklarının bir değişik uygulaması olarak düşünülebilir. Ağ tipleri değişik olabilir. Sık kolon kullanılıyor ise alın elemanı olarak gergi kullanılabilir. En son elemanlarda kenar kiriş olmalıdır (Şekil 2.51).



Şekil 2.51. Boyuna katlanmış ağ kabuk görünüşleri [16].

2.7.3 Çift Eğrilikli (Kubbesel) Uzak Taşıyıcı Sistemler

Kubbesel uzak kafes taşıyıcı sistemler, yükleri mekan içinde yönlendirerek yüklerin zemine aktarılmasına olanak veren ve sadece basınca çalışan, son derece hafif taşıyıcı sistemlerdir. Büyük açıklıkların örtülmesinde önemli ölçüde gereçten ekonomi sağlamaktadır. Bu tür taşıyıcı sistemlerde çubukların düğüm noktaları çok duyarlı ve karmaşık kısımlar olmaktadır. Maliyeti büyük ölçüde artırırlar. Üçgen, kare, çokgen ve dairesel alanların örtülmesinde bu sistemler tercih edilmektedir [4]. Kubbesel sistemlerin kullanıldığı yapılar olarak konser salonları, stadyumlar, kapalı spor salonları ve büyük sergi pavyonları v.b. sıralanabilir (Şekil 2.52).



Şekil 2.52. Kubbesel uzay kafes sistemler [16].

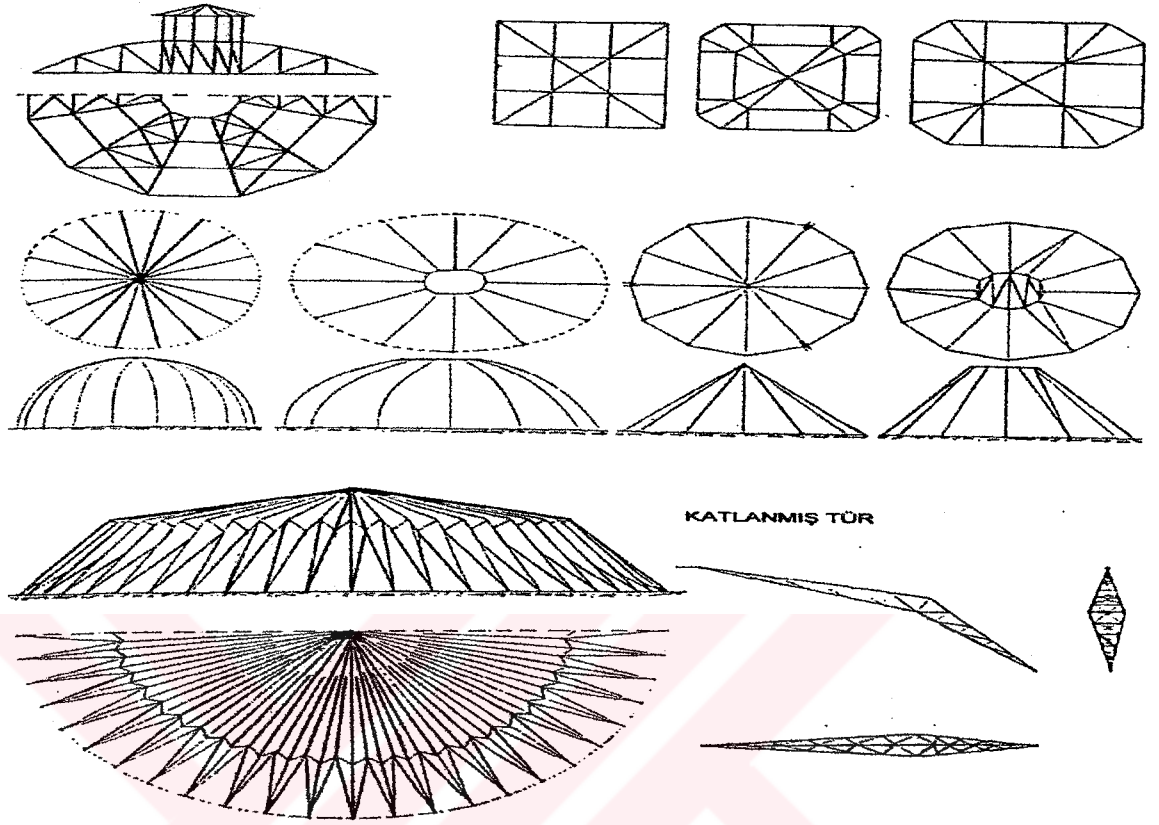
2.7.3.1 Düğüm Noktası Mafsallı Sistemler

a.Radyal Nervürlü Kubbeler

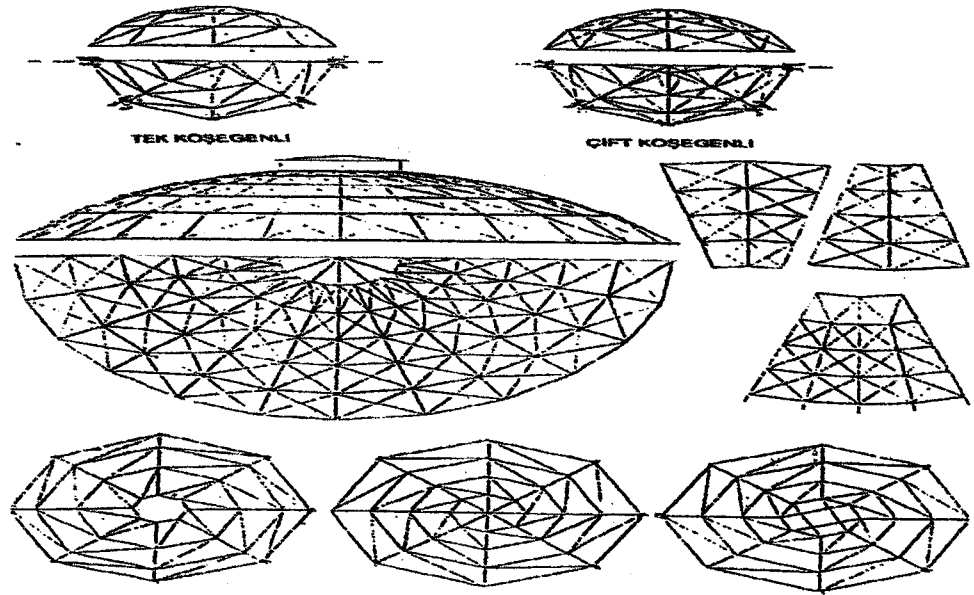
Radyal nervürlü sistemler, planda bakıldığında örümcek ağına benzer. Ortada bir basınç çemberi, en altta ise sistemin stabilitesini sağlamak için çekme çemberi bulunmaktadır. Bütün nervürler bu basınç çemberine mesnetlenir. Küçük açıklıklarda nervürler tek bir profile yapılabilirken, açıklık büyüdükçe eğrisel düzlem kafes sistemler kullanılmaktadır. Nervürler, basınç çemberinden ırsal olarak uzanır. Kayıcı mesnetler ile sistem izostatik hale getirilebilir. Kayıcı mesnetler daima radyal doğrultuda olmalıdır, böylece ırsal genleşmeler sonucu oluşacak iç gerilmelerin önüne geçilmiş olur. Bu kubbeler ile mutlaka dairesel alanların örtülmesi gerekmez, değişik planlı mekanları da (elips, kare, dikdörtgen ve diğer çokgenler) örtmekte kullanılabilir. Koni, kesik koni, kesik piramit formları elde edilebilir (Şekil 2.53) [4].

b.Schwedler Kubbeler

Schwedler kubbelerin başlıca özelliği bütün bölgelerinde bir üçgenlemenin olmasıdır. Enlemler ile boylamlar arasını diyagoneller ile ören bir sistemdir. Bazen çift diyagonal kullanılır, bunlar gergi çubukları (kablo) olabilir. Bu bağlama şekli son derece rijit, fakat hesabı son derece zor bir sistemdir. Kubbenin yukarısına doğru sıkışmayı önlemek için diyagoneller seyreltilir veya kaldırılır [4]. Radyal nervürlü kubbelerde olduğu gibi, radyal doğrultuda yapılan kayıcı mesnetler ile ısı değişimlerinden meydana gelebilecek iç gerilmelerin önüne geçilmektedir(Şekil 2.54).



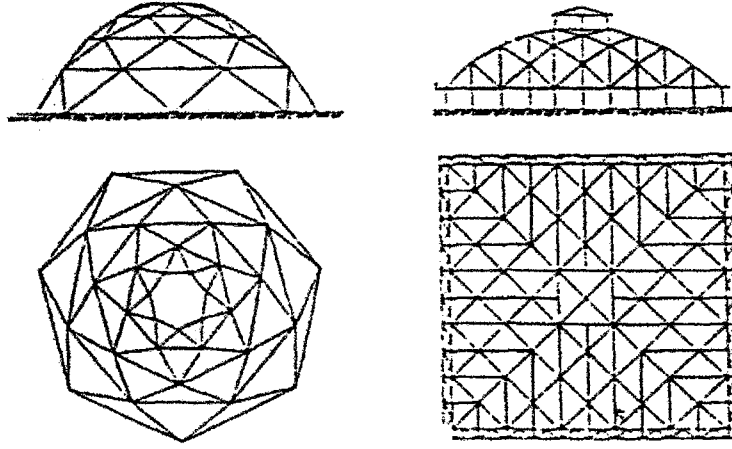
Şekil 2.53. Radyal nervürlü kubbe türleri [16].



Şekil 2.54. Schwedler kubbelerin plan ve görünüşleri [16].

c. Föpl Kubbeler

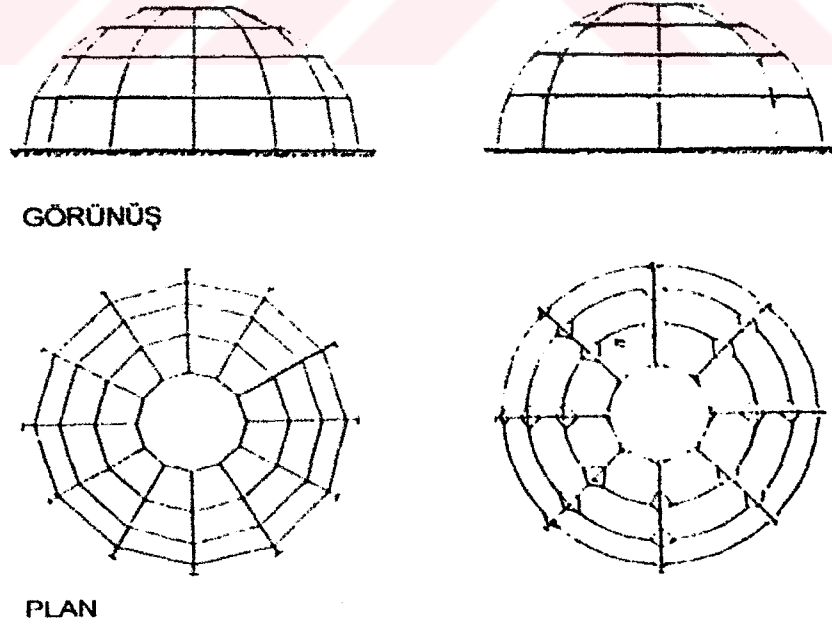
Föpl kubbeler, çift diyagonelli schwedler kubbelerde boylamların kaldırılmasıyla elde edilmiş sistemlerdir. Görünüşü ilginç formlar yaratılmaktadır (Şekil 2.55) [4].



Şekil 2.55. Föpl kubbelerin plan ve görünüşleri [16].

2.7.3.2 Rijit Düğüm Noktası Sistemler

a. Boylam ve Enlem Yüksek Kubbeler (Şekil 2.56)



Şekil 2.56. Boylam ve enlemli yüksek kubbelerin görünüşleri

3. UZAY KAFES SİSTEMLERİN HESABINDA UYGULANAN YÖNTEMLER

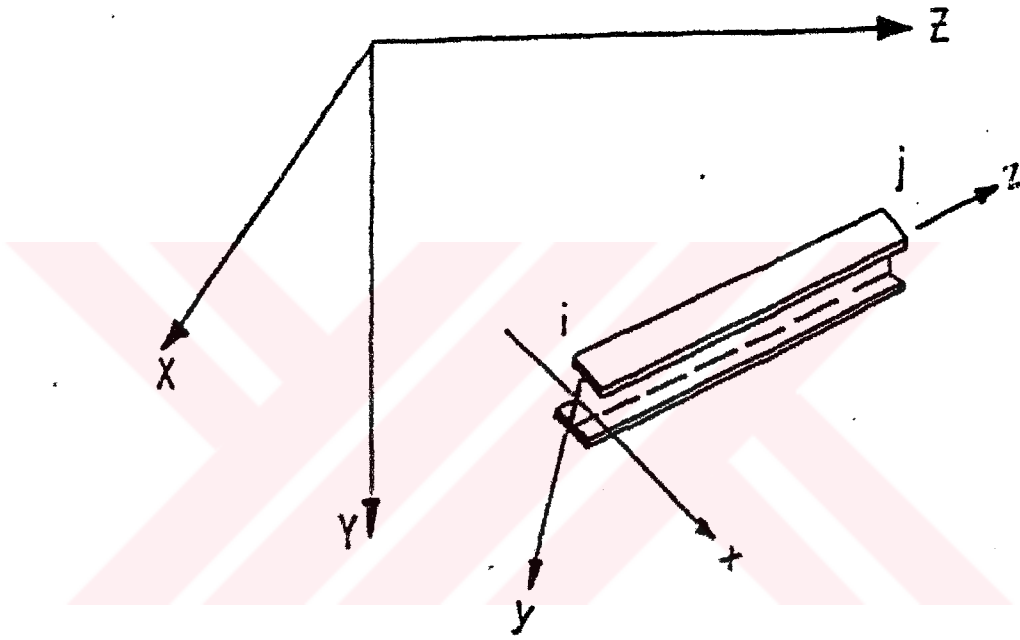
Uzay kafes taşıyıcı sistemlerin yüksek hiperstatiklik derecesi ve çok sayıdaki düğüm noktaları göz önüne alınırsa, hiperstatik sistemlerin geleneksel hesap yöntemlerinin elektronik bilgisayarlara başvurmadan kullanılamayacağı anlaşılır. Statik hesaplarda göz önüne alınması gereken yük kriterleri şunlardır:

- a. Zati yük
 - Uzay kafes sistem
 - Aşık sistemi
 - Kaplama
- b. Hareketli yük
- c. Servis yükleri
 - Aydınlatma
 - Havalandırma
 - Temizlik
 - Kedi Yolları
 - Asma tavanlar
 - Tesisat yükleri
 - Noktasal tekil yükler
- d. Kar yükü
- e. Rüzgar yükü
- f. Deprem etkisi
- g. Sıcaklık etkisi

3.1 Matris Deplasman Yöntemi

Hesaplarda

- Şekil değiştirmelerin elastik oldukları,
- Çubukların prizmatik ve simetrik enkesitli oldukları,
- Dış kuvvetlerin düğüm noktalarına uygulandıkları varsayımları yapılır.



Şekil 3.1. Genel ve yerel eksen takımları [14].

3.1.1 Rijit Düğüm Noktalı Sistemler

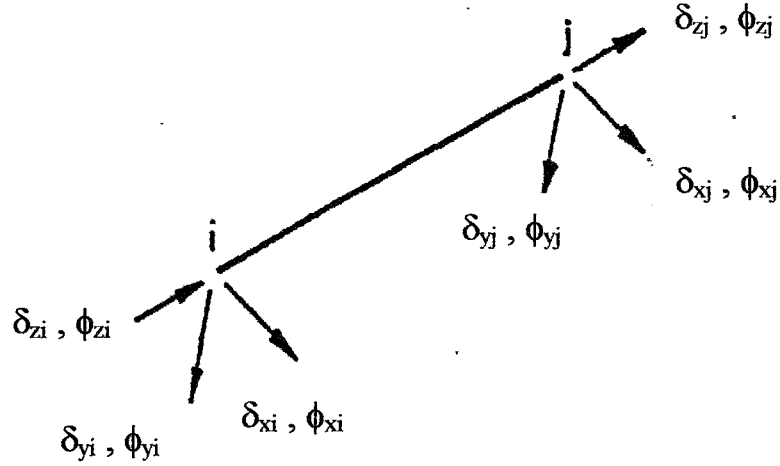
Kafes taşıyıcı sistem, sağ el türü bir XYZ eksen takımına bağlanır (Şekil 3.1). Ayrıca i-j çubuğu için, benzer yönlendirilmiş bir x, y, z yerel eksen takımı tanımlanır. z eksen çubuk enkesitinin asal eksenleri doğrultusundadırlar [1].

3.1.1.1 Yerdeğiştirmeler vektörü

Her i-j çubuğu için, yerel eksen takımında bir (dij) yerdeğiştirmeler vektörü tanımlanabilir. Şöyle ki:

$$[dij]^T = [\delta_{zi} \delta_{xi} \delta_{yi} \phi_{zi} \phi_{xi} \phi_{yi} \delta_{zj} \delta_{xj} \delta_{yj} \phi_{zj} \phi_{xj} \phi_{yj}] \quad (3.1.1)$$

Burada δ , uçlarda x, y, z eksenlerine paralel ötelemeleri ve Φ uçlarda aynı eksenler çevresindeki dönmeleri göstermektedir (Şekil 3.2).



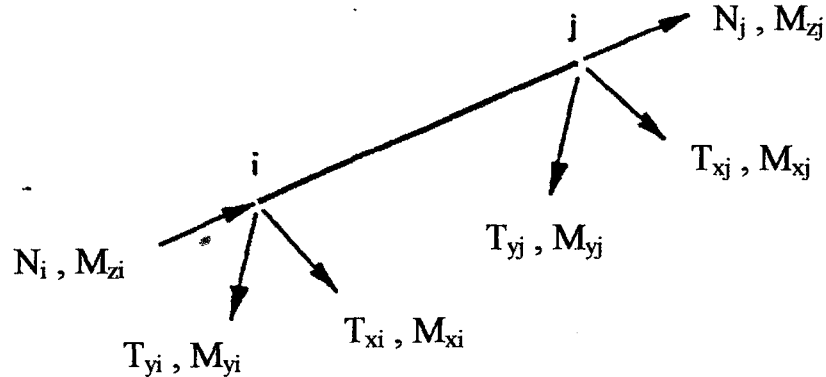
Şekil 3.2. (dij) Yerdeğiştirmeleri [14].

3.1.1.2 Zorlar Vektörü

Her i-j çubuğu için, yerel eksen takımında bir Fij zorlar vektörü tanımlanabilir. Şöyle ki:

$$[Fij]^T = [N_i T_{yi} T_{zi} M_{xi} M_{yi} M_{zi} N_j T_{yj} T_{zj} M_{xj} M_{yj} M_{zj}] \quad (3.1.2)$$

Burada N ve T, düğümlerde çubuk uçlarına uygulanan kuvvetlerin eksenlere paralel bileşiklerini, M bu kuvvetlerin aynı eksenlere göre momentlerini göstermektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. (Fij) Zorları [14].

3.1.1.3 Rijitlik Matrisi

Fij vektörü dij vektörüne,

$$[Fij] = [Rij] \times [dij] \quad (3.1.3)$$

biçiminde bir bağıntıyla bağlıdır. (Rij), i-j çubuğunun yerel eksen takımındaki rijitlik matrisidir. Yapıların geleneksel mukavemet bağıntılarından;

$$[Rij] = \begin{bmatrix} a & b & -a & b \\ c & d & -c & e \\ -a & -b & a & -b \\ c & e & -c & d \end{bmatrix} \quad (3.1.4)$$

yazılabilir. a, b, c, d, e alt-matrisleri doğru eksenli kirişlerin elastik özelliklerinden belirlidir.

A : i-j çubuğunun enkesit alanını,

I_x : Çubuk kesitinin x eksenine göre eylemsizlik momentini,

I_y : Çubuk kesitinin y eksenine göre eylemsizlik momentini,

GI_b : Çubuğun burulma rijitliğini,

L : Çubuğun boyunu

Göstermek üzere bu alt matrisler:

$$a = \begin{bmatrix} EA/L & 0 & 0 \\ 0 & 12EI_y/L^3 & 0 \\ 0 & 0 & 12EI_x/L^3 \end{bmatrix} \quad (3.1.4.a)$$

$$b = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 6EI_y/L^2 \\ 0 & -6EI_x/L^2 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.1.4.b)$$

$$c = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -6EI_x/L^2 \\ 0 & 6EI_y/L^2 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.1.4.c)$$

$$d = \begin{bmatrix} GI_b & 0 & 0 \\ 0 & 4EI_x/L & 0 \\ 0 & 0 & 4EI_y/L \end{bmatrix} \quad (3.1.4.d)$$

$$e = \begin{bmatrix} -GI_b & 0 & 0 \\ 0 & 2EI_x/L & 0 \\ 0 & 0 & 2EI_y/L \end{bmatrix} \quad (3.1.4.e)$$

şeklindedir.

3.1.1.4 Döndürme Matrisi

Taşıyıcı sistemin bütününi incelemek için, yerel x, y, z eksen takımlarından genel X, Y, Z eksen takımına geçmek gerekir.

λ , çubuğun yerel eksen takımının j eksenine (j = x, y, z) ile genel eksen takımının J eksenine (J= X, Y, Z) arasındaki açının kosinüsü olsun.

$$[\lambda] = \begin{bmatrix} \lambda_{zZ} & \lambda_{zX} & \lambda_{zY} \\ \lambda_{xZ} & \lambda_{xX} & \lambda_{xY} \\ \lambda_{yZ} & \lambda_{yX} & \lambda_{yY} \end{bmatrix} \quad (3.1.5)$$

$$[\lambda]^T = [\lambda]^{-1} \quad (3.1.6)$$

Yukardaki tanımlanan yerdeğiştirmelerin ve kesit zorlarının, bu kere genel takımına göre hesaplanmış 12 terimli vektörü d_{1J} ve F_{1J} olsunlar ve λ_4 ile,

$$[\lambda_4] = \begin{bmatrix} \lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda \end{bmatrix} \quad (3.1.7)$$

kare matrisi gösterilsin. Buradan

$$[d_{ij}] = [\lambda_4] \times [d_{Lj}] \quad (3.1.8)$$

$$[F_{ij}] = [\lambda_4] \times [F_{Lj}] \quad (3.1.9)$$

bağıntıları yazılır.

$$[\lambda_4] \times [F_{Lj}] = [R_{ij}] \times [\lambda_4] \times [d_{ij}] \quad (3.1.10)$$

biçimine dönüşür. Bu bağıntının her iki yanını da $[\lambda_4]^T$ ile çarpıp $[\lambda]^T = [\lambda]^{-1}$ bağıntısını da göz önünde tutarak,

$$[F_{Lj}] = [\lambda_4]^T \times [R_{ij}] \times [\lambda_4] \times [d_{ij}] \quad (3.1.11)$$

elde edilir.

Bu bağıntı genel eksen takımında, i-j çubuğunun uçlarına etkiyen kesit zorlarının bileşenlerini, çubuğun yerel eksen takımında tanımlanmış bir rijitlik matrisi ve $[\lambda]$ döndürme matrisi aracılığıyla, bu uçlardaki yerdeğiştirmelerin fonksiyonu olarak verir.

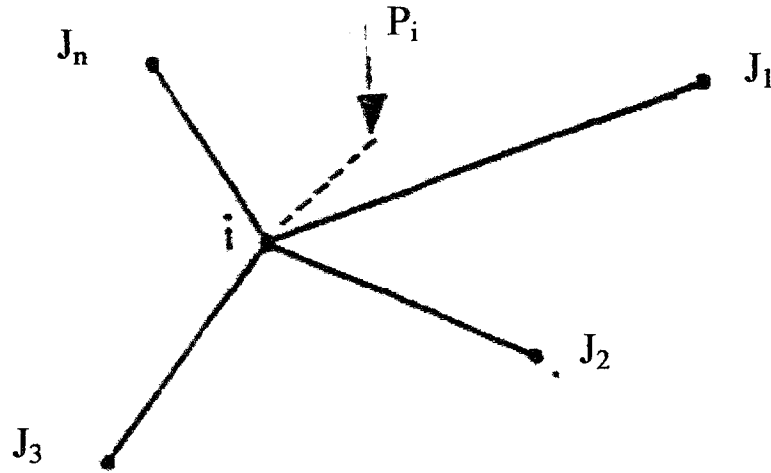
3.1.1.5 Düğüm noktalarının dengesi

Merkezi yada dışmerkez P_i dış yükünün üzerine etki ettiği i düğüm noktası (Şekil 3.4), kendisinde bileşen çubukların her birinin uyguladığı $-F_{ij}$ uç zorlarının varlığı dolayısıyla dengededir.

P_i , P_i dış yükünün kuvvet ve moment türü bileşenlerinin genel eksen takımında hesaplanmış 6 terimli vektörü olsun. i düğüm noktasının denge koşulları,

$$P_i = \sum F_{ij\text{üst}} \quad (3.1.12)$$

bağıntısı ile yazılır. Toplam, i noktasında birleşen bütün çubukları kapsar. Yine bu bağıntıda $F_{ij\text{üst}}$, (3.1.12) bağıntısıyla verilen F_{ij} matrisin üst yarısını gösterir. Aynı matrisin alt yarısı j numaralı düğüm noktasının dengesinde kullanılır. $P_i = \sum F_{ij\text{üst}}$



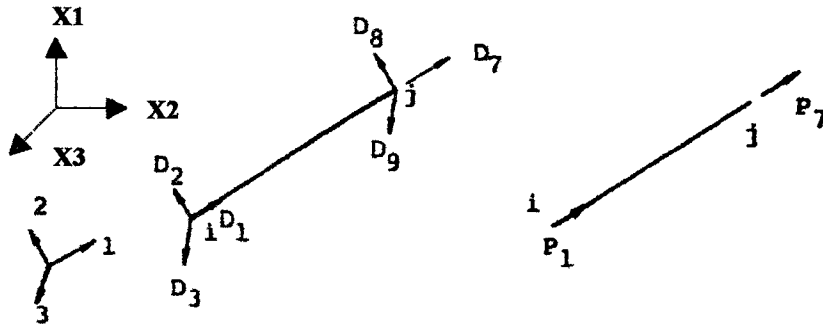
Şekil 3.4. i Düğüm noktasına etkiyen P_i dış yükü[14].

bağıntılarını kafes taşıyıcının bütün düğüm noktaları için yazarak, düğüm noktalarının $6n$ bilinmeyenli $6n$ sayıda bir lineer denklem takımı elde edilir. Bazı bilinmeyenler çevre koşullarının zorunlu kıldığı bir değerdedirler. Bunlara ilişkin düğüm noktalarının denge denklemleri, mesnet tepkilerinin hesaplanmasını sağlar.

Bu denklemlerin bilgisayar yardımıyla çözümü, her düğüm noktası için yerdeğiştirmelerin $6n$ bileşenini verir. Daha sonra (3.1.11) ve (3.1.9) bağıntılarından her çubuğun uç kesit zorları hesaplanır; geriye bunlardan yararlanarak çubuklarda gerilme kontrolü yapmak kalır.

3.1.2 İki ucu mafsallı sistemler

İki ucu mafsallı olan bir çubuğun uç deplasmanlar ve uç kuvvetleri pozitif yönleri ile gösterilmiştir (Şekil 3.5) [12].



Şekil 3.5. İki ucu mafsallı çubukta uç deplasmanlar ve uç kuvvetleri[12].

Görüldüğü gibi iki ucu mafsallı olan bir çubukta yalnız çubuk eksenı doğrultusunda uç kuvvetleri oluşmaktadır. ij çubuğunun uç kuvvetleri ve uç deplasman matrisleri sırasıyla;

$$[p] = \begin{bmatrix} p_i \\ p_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_1 \\ 0 \\ 0 \\ p_7 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$[d] = \begin{bmatrix} d_i \\ d_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ D_7 \\ D_8 \\ D_9 \end{bmatrix}$$

(3.1.13)

olarak tanımlanır.

Uç kuvvetleri ile uç deplasmanları arasındaki bağıntılar, yüklerin yalnız düğüm noktalarına etkidiği göz önüne tutularak,

$$[p]_i = [k]_{ii} \times [d]_i + [k]_{ij} \times [d]_j$$

$$[p]_j = [k]_{ji} \times [d]_i + [k]_{jj} \times [d]_j$$

(3.1.14)

şeklinde yazılabilir. Bu iki grup bağıntı toplu olarak

$$\begin{bmatrix} [p]_i \\ [p]_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [k]_{ii} & [k]_{ij} \\ [k]_{ji} & [k]_{jj} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} [d]_i \\ [d]_j \end{bmatrix}$$

(3.1.14a)

veya

$$[p] = [k] \times [d]$$

(3.1.14b)

şeklinde de ifade edilebilmektedir. Burada [k], 6x6 boyutundaki bir simetrik kare matrisi göstermektedir ve çubuk rijitlik matrisi adını alır.

$$[k]_{ii} = [k]_{jj} = -[k]_{ij} = -[k]_{ji} = \begin{bmatrix} k_{11} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.1.15)$$

değerlerini almaktadırlar. Prizmatik çubuklarda ise L çubuk boyunu EF uzama rijitliğini göstermek üzere,

$$k_{11} = EF/L$$

olduğu bilinmektedir.

İki ucu mafsallı çubukların birleşmesinden meydana gelen uzay kafes sistemlerde bilinmeyen olarak düğüm noktalarının doğrusal yer değiştirmeleri alınır. Bu durumda bilinmeyen sayısı düğüm noktası sayısının üç katına eşit olmaktadır.

Bilinmeyen yerdeğiştirmeler sisteme ait X1, X2, X3 ortak kooordinat sisteminde seçildiklerinden çubukların 1, 2, 3 özel eksenlerinde ifade edilen (3.1.14) bağıntıları,

$$\begin{aligned} [p]_{ix} &= [k]_{ixix} \times [d]_{ix} + [k]_{ixjx} \times [d]_{jx} \\ [p]_{jx} &= [k]_{jxix} \times [d]_{ix} + [k]_{jxjx} \times [d]_{jx} \end{aligned} \quad (3.1.16)$$

şeklini alırlar. Burada $[p]_{ix}$, $[p]_{jx}$, $[d]_{ix}$, $[d]_{jx}$, $[k]_{ixix}$, matrisleri eksenlerindeki uç kuvvetleri, uç deplasmanları ve rijitlik matrislerini göstermektedirler ve

$$[T_2]_i = [T_2]_j = \begin{bmatrix} L_1 & L_2 & L_3 \\ m_1 & m_2 & m_3 \\ n_1 & n_2 & n_3 \end{bmatrix} \quad (3.1.17)$$

dönüştürme matrisi olmak üzere,

$$\begin{aligned} [p]_{ix} &= [T_2]_i \times [p]_i & [p]_{jx} &= [T_2]_j \times [p]_j \\ [d]_{ix} &= [T_2]_i \times [d]_i & [d]_{jx} &= [T_2]_j \times [d]_j \end{aligned} \quad (3.1.18)$$

ve

$$[k]_{ixix} = [k]_{jxjx} = -[k]_{ixjx} = -[k]_{jxix} = [T_2]^T [k]_{ii} [T_2] = \frac{EF}{L} \begin{bmatrix} L_1^2 & L_1 m_1 & L_1 n_1 \\ L_1 m_1 & m_1^2 & m_1 n_1 \\ L_1 n_1 & m_1 n_1 & n_1^2 \end{bmatrix} \quad (3.1.19)$$

şeklinde yazılabilirler [12].

(3.1.17) dönüştürme matrislerindeki (L_1, m_1, n_1) terimleri... 1, 2, 3 eksenlerinden herbirinin sırası ile X1, X2 X3 eksenlerine göre doğrultu kosinüslerini göstermektedir.

Kafes sistemin düğüm noktalarının dengesini ifade eden denklemler yazılarak,

$$[S] \times [d] = [q] \quad (3.1.20)$$

Lineer denklem sistemi elde edilir. Burada [S] sistem rijitlik matrisi adını alır ve çubuk rijitlik matrislerinden oluşur [12]. [d] ve [q] matrisleri ise sırasıyla düğüm noktalarının bilinmeyen yerdeğiştirmelerinden ve düğüm noktası yüklerinden oluşan kolon matrisleridir.

(3.1.20) denklem sistemi çözülerek [d] düğüm noktaları yerdeğiştirmeleri bulunduktan sonra (3.1.16) bağıntıları ile sistem eksenindeki uç kuvvetleri ve,

$$[p_i] \times [T_2]_i^T = [p_{ix}]$$

$$[p_j] \times [T_2]_j^T = [p_{jx}] \quad (3.1.21)$$

dönüşümü ile çubuk kuvvetleri bulunur.

3.2 Sonlu Elemanlar Yöntemi

Sonlu elemanlar yönteminde, sürekli bir sistemi problemin karakterine uygun sonlu elemanlara ayırarak elde edilen elemanlar üzerinde iç ve dış kuvvetlerin enerjisinin minimizasyonu ve sonra bu elemanların birleştirilmesi ile sonuca gidilmektedir. Bunun sonucu olarak mesnet şartları sisteme ait özellikler, dış yüklerin sürekli ya da ani değişimleri kolayca göz önüne alınabilir. Dolayısıyla sonlu elemanlar yöntemi analitik yöntemler ile çözülemeyen karışık problemlere uygulanabilir. Yüzeysel sistemin tipik bölgelerinde eleman boylan küçültülerek o bölgenin daha prezisyonlu incelenmesi mümkün olur. Diğer bir avantajı da sınır şartlarının problemin çözüm

sırasına göre en son adımda hesaplara dahil edilmesidir. Böylece çeşitli sınır şartlarını probleme uygularken baştaki yoğun hesaplara girilmez. Yapının geometrisine uygun olarak elemanın şekli bir, iki veya üç boyutlu olabilir. Elemanın sınırları düz veya eğri çizgi olabilir. Eleman boyutları küçüldükçe problemin hata oranı azalmakta, ancak çözüm süresi uzamaktadır. Sistemi oluşturan elemanların herbirine sonlu elemanlar denir ve birleştikleri köşe noktaları da' düğüm noktaları olarak adlandırılır. Sonlu eleman yüzeyinin şekil değiştirmesi düğüm noktalarının deplasman parametrelerine bağlı olarak ifade edilir [13].

3.3 Düzlem Uzak Kafeslere Uygulanabilir Yöntemler

Kafes taşıyıcı sistemin düğüm noktaları paralel düzlemler üzerinde bulunursa taşıyıcı, düzen bir ortotrop plağa benzetilebilir. Bu da özel hesap yöntemlerinin uygulanabilmesine olanak sağlar [14].

Kafes taşıyıcının yalnız Z, X düzlemlerine dik dış yüklerin etkisi gözönüne alınır ve taşıyıcının bu düzlem içindeki şekil değiştirmeleri ihmal edilir (Şekil3.1).

Yöntemler plağın süreksiz ya da sürekli olarak düşünülmesiyle iki bölümde toplanabilir.

Süreksiz düşüncede taşıyıcı, iki yada daha çok doğrultuda konumlanmış bir çatma kirişler topluluğu olarak gözönüne alınır. Denklemlerde işin içine , bu kirişlerin kesişme noktalarının düşey yerdeğiştirmeleri girer. Bu düşünce biçimi B1 türüne uygun düşer.

Sürekli ele alıfta, taşıyıcı düzen homojen ve ortotrop bir plakla özleştirilir. Hesaplarda, düğüm noktası kavramı kalkar ve denklemler diferansiyel bir biçim alırlar.

3.3.1 Süreksiz Düşünüş

Düzlem uzak kafes taşıyıcı, yada birbirleriyle 90° açı ile kesişen iki kiriş ailesi, ya 60° açı ile kesişen üç kiriş ailesi, ya da 45° açı ile kesişen dört kiriş ailesi biçiminde kirişler topluluğu olarak düşünülür.

3.3.1.1 Kuvvet yöntemi

Kirişlerin burulma redörü ihmal edilir. Bilinmeyen olarak, kirişlerin kesişme noktalarındaki F_Y düşey bağ kuvvetleri alınır. Bu durumda bir düğüm noktasındaki bilinmeyenlerin sayısını, orada kesişen kiriş sayısından bir eksiktir.

Aynı bir kesişme noktasında kirişlerin düşey yerdeğiştirmelerinin eşitliği yazılarak denklemler elde edilir. Bu yerdeğiştirmeler dış y¼klerin ve F_Y bağ kuvvetlerinden ileri gelir.

Kesişme noktalarının sayısı n ile gösterilirse, bilinmeyenlerin ve denklemlerin sayısı:

-iki doğrultulu düzenleme için n ,

-¼ç doğrultulu düzenleme için $2n$,

-dört doğrultulu düzenleme için $3n$

olur.

3.3.1.2 Yerdeğiştirme yöntemi

Bu yöntem, kirişlerin mümkün olabilecek burulma redörlerinin hesaba katılmasına olarak sağlaması açısından bir öncekine göre daha kesindir.

Bütün kirişler aynı bir düzlemde bulunurlar ve rijid düğüm noktalı bir sistem oluşturdukları kabul edilir.

3.3.1.3 Relaksasyon yöntemi

Relaksasyon yöntemi, daha önce ele alınan yerdeğiştirmeler yönteminden türetilmiş basitleştirilmiş bir yöntemdir. Bu yöntem ızgarayı düzenleyen kafes kirişlerin kesişme noktalarının sayısı çok fazla değil ise kullanılabilir. Ayrıca etkilerini de ihmal eder.

3.3.2 Sürekli Düşünüş

Sürekli düşünüşte düzlem uzay kafes taşıyıcı, aynı çevreye sahip ototrop bir plağa benzetilir. l iki komşu düğüm noktası arasında kalan kiriş parçasının uzunluğunu ve L kirişlerin ortalama uzunluğunu göstermek üzere, düğüm noktalarının birbirlerine, l^2/L^2 oranı birime göre ihmal edilecek derecede yakın oldukları kabul edilir. Bunun yanı sıra , kesme kuvvetinde oluşan şekil değiştirmeler de ihmal edilir.

4. UZAY TAŞIYICI SİSTEMLERDE BOYUTLANDIRMA

4.1 Genel Bilgiler

Herhangi bir taşıyıcı sistemin, yükleri gerçekçi bir biçimde belirlendikten sonra, mevcut bilgisayar programlarından biriyle kesit etkilerini bulmak bugün için sorun değildir. Bulunan çubuk kuvvetlerine göre çubuk kesitlerini belirlemede iki ayrıntı göz önünde bulundurulmalıdır,

-Çubuk kesiti tipi,

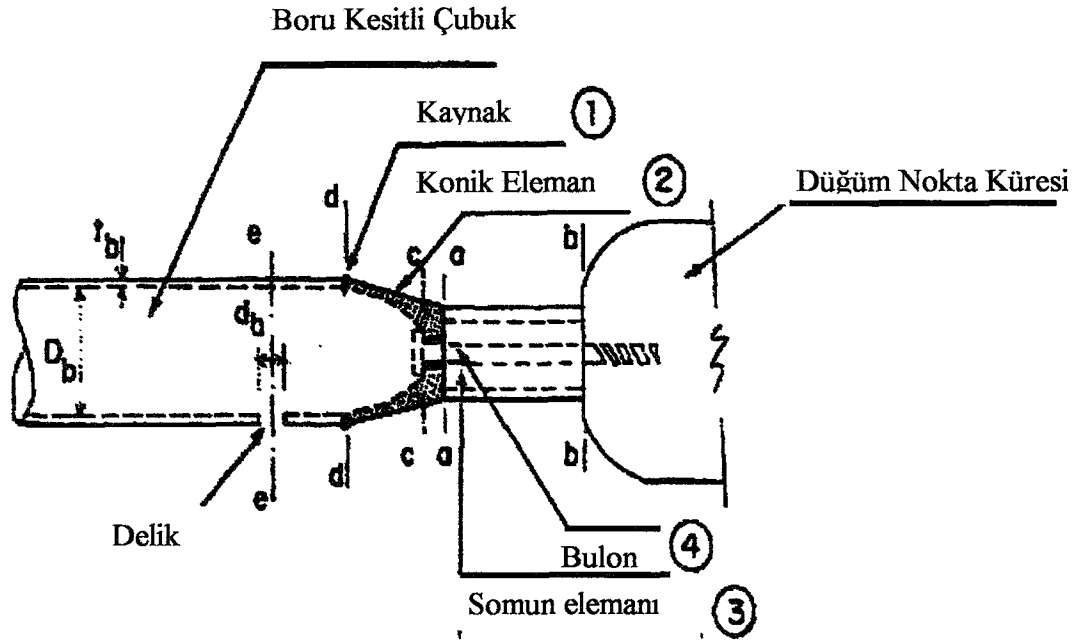
-Çubuk düğüm noktasına bağlantı şekli,

Esasen, çelik yapının kendine özgü karakteri, boyutlandırmada, elemanın uç bağlantı şeklini ve buna göre kesit tipini önceden düşündürmektedir. Uzay sistemlerde de bu genel kural ışığında hareket edilir.

Uzay sistemlerin çubukları boru veya kutu kesitli profillerden oluşur. Boru veya kutu kesitli profiller, hafiflikleri, burkulma, burulma açısından uygunlukları ve aynı düğüm noktasında çok sayıda çubuğun birleşimine olanak sağladıkları için özellikle tercih edilirler. Düğüm noktalarının düzeninde özel bir düğüm noktası elemanından yararlanılır. Bağlantı, bulonlu veya kaynaklı olabilir. Pratikte, montaj kolaylığı bakımından Mero tipi bağlantı şeklinde tanımlanan bulonlu tip daha çok uygulanmaktadır.

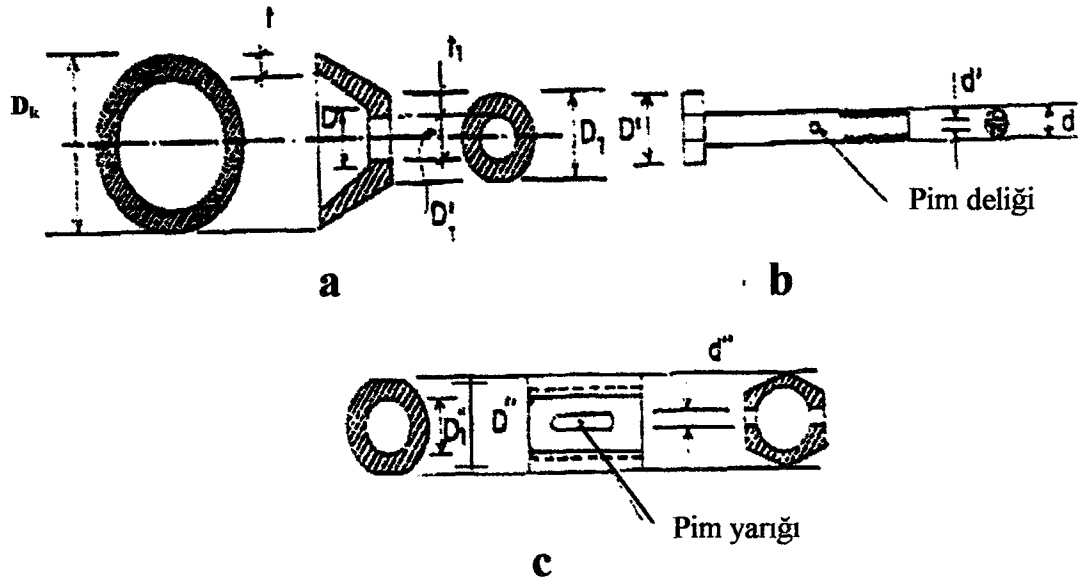
4.2 Yük Aktarma Düzeni

Çubukların köşe kaynaklarla küreye bağlandığı düğüm noktalarında yükten oluşan kuvvet, çubuk elemanından doğrudan kaynağa, oradan da küreye aktarılmaktadır. Bulonlu birleşimde ise, kuvvetin çubuktan küreye aktarılışında bir dizi ara elemana ihtiyaç vardır (Şekil 4.1). Her bir ara elemanın mevcut kuvveti aktarabilecek kapasitede olması zorunludur. Kaynaklı bağlantıda, kaynaklarda gerilme kontrolü yaparak düğüm noktası hesabının tamamlanmasına karşın, bulonlu tipte bir dizi elemanda bu kontrolleri tekrarlamak gerekir.



Şekil 4.1. Çubuk ve kürenin birleşim detayı [13].

Çubuktaki basınç kuvvetinin aktarılışında ilk olarak köşe kaynak çalışmakta ve kuvvet konik parçaya geçmektedir (Şekil 4.3.). (a-a) temas yüzeyiyle kuvvet konik parçadan somun elemanına, (b-b) temas yüzeyiyle de somun elemanından küreye aktarılmaktadır. Çekme kuvveti halinde ise yine köşe kaynaklarla kuvvet konik parçaya verilmekte, bulon gövdesinde ve dış dibi kesiti de çekmeye çalışarak (c-c) temas yüzeyiyle konik parçadan aldığı kuvveti küreye aktarmaktadır.

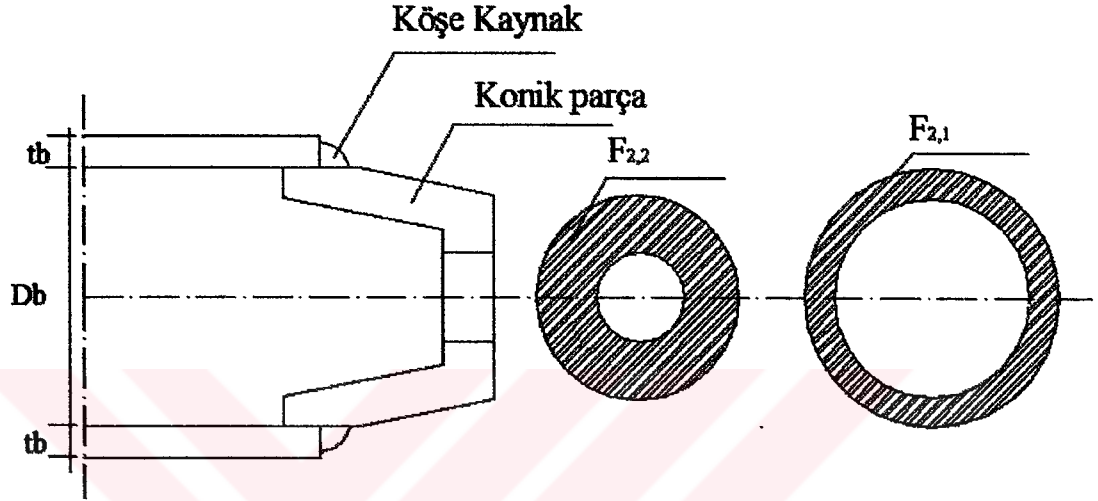


Şekil 4.2. Aktarma elemanları [13].

Şekil 4.2a'da konik parça tanıtılmıştır. D_k , ilgili çubuğun boru iç çapından 1-2mm az kabul edilir, t kalınlığı da en az et kalınlığına eşittir. Dolayısıyla konik parçada,

$$F_{2,1} = \pi(D_k - t) \quad (4.1)$$

$$F_{2,2} = \pi(D_1 - t_1) \quad (4.2)$$



Şekil 4.3. Konik parça detayı

şeklinde iki karakteristik alan vardır. Şekil 4.2b'de bulona ilişkin ayrıntılar verilmiştir. Gövdede görülen delik, montaj aşamasında bulonun vidalanması ve sonra tesbit edilmesi amacıyla kullanılan pimle ilgilidir. Pim yaklaşık 15-20 mm boyunda ve 4-5 mm çapında silindirik çelik bir elemandır. Buna göre bulon için;

$$F_{4,1} = \frac{\pi d^2}{4} - (d \times d') \quad (4.3)$$

$$F_{4,2} = \frac{\pi}{4} (0.86d)^2 \quad (4.4)$$

Şeklinde iki karakteristik alan ortaya çıkmaktadır. Şekil 4.2c'de görülen ise bulon somunu görevindeki elemandır. Bu parça bir yandan basınç etkisinin konik parçadan küreye aktarılmasında yardımcı olurken, bir yandan da bulonun vidalanmasında pimin aracılığıyla somun görevini yerine getirmektedir. Şekilden izlenebileceği gibi bu elemanda da alanları aşağıdaki gibi ifade edilen iki kritik kesit bulunmaktadır.

$$F_{3,1} = \frac{\pi}{4} (D_1'^2 - D_1''^2) \quad (4.5)$$

$$F_{3,2} = (0.866 D_1'^2) - \left[\left(\frac{\pi D_1''^2}{4} \right) + (D_1'' - D_1'') \times d'' \right] \quad (4.6)$$

Bu ara elemanlarla kuvvetin aktarıldığı düğüm noktası ana elemanı kesik küre biçimindedir. Genelde yüksek kaliteli çelikten ve sıcakta dövme ile şekillendirilerek imal edilmektedir. Kaynaklı birleşimlerde bu eleman tam küre tarzında kullanılmaktadır. Kesik küre şeklindeki düğüm nokta elemanına maximum 18 bulon deliği açılabilir. Bulonlu birleşimlerin uygulandığı uzay sistemlerin çubuklarını düzenleyen her bir boru elemanının bir ucunda konik elemanına bağlantı kesitine yakın bölgede, bir delik bulunmaktadır. Bu delik hem borunun boyanması veya galvanizlenmesine yardımcı olmakta hem de, bulonun takılmasına yaramaktadır (Şekil 4.1).

4.3 Boyutlandırmada Yapılması Gereken Kontroller

Daha önce de değinildiği gibi kaynaklı düğüm nokta düzeninde, çubuk için seçilen kesitte ve köşe kaynağında gerekli kontroller ile boyutlandırma yapılabilir. Yani,

$$\sigma_b = \frac{S_B \times \omega}{F_B} < \sigma_{em} \quad (4.7)$$

$$\sigma_\varphi = \frac{S_C}{F_B} < \sigma_{em} \text{ 'dir.} \quad (4.8)$$

Burada; F_B : Çubuk kesit alanı, ω : $\lambda = (\text{çubuk boyu}/i_{\min})$ göre alınan burkulma katsayısı, kaynak kalınlığı $0.7t_b$ kabul edilerek kaynak alanı ve gerilmesi,

$$F_k = \frac{\pi(D_b + 2 \times 0.7t_b)^2}{4} - \frac{\pi D_b^2}{4} \quad (\text{Şekil 4.3.}) \quad (4.9)$$

$$\sigma_k = \frac{S}{F_K} < \sigma_{em} \quad (\text{Şekil 4.1. d-d kesitinde kontrol}) \quad (4.10)$$

Buna karşın yukarıda verilen Mero tipi düğüm noktası düzeninde, kuvvetin düğüm noktasına akış şekline göre, şu kontrollerin yapılmasına gerek vardır. Çubuktaki kuvvet S_B , Basınç kuvveti ise:

$$\sigma_b = \frac{S_B \times \omega}{F_B} < \sigma_{em} \quad (\text{Genel burkulma kontrolü}) \quad (4.11)$$

$$\sigma_b = \frac{S_B}{F_{Bn}} < \sigma_{em} \quad (\text{Şekil 4.1 e-e kesitinde gerilme kontrolü}) \quad (4.12)$$

$$F_{Bn} = \pi(D - t_b) \times t_b - d_b t_b, \quad (\text{Boru kesitin faydalı enkesit alanı}) \quad (4.13)$$

$$\sigma = \frac{S_B}{F_{2,2}} < \sigma_{em} \quad (\text{Şekil 4.1, a-a kesitinde kontrol}) \quad (4.14)$$

F_{2,2}: konik parçanın uç alanı

$$\sigma = \frac{S_B}{F_{3,1}} < \sigma_{em} \quad (\text{Somun elemanın enkesit alanı için kontrol, Şekil 4.2}) \quad (4.15)$$

-Düğüm nokta küresinin malzeme kalitesi en az somun elemanı malzeme kalitesinde olacağı varsayımı ile, b-b kesitinde (Şekil 4.1) herhangi bir kontrole gerek yoktur.

Çubuktaki kuvvet S_ç, çekme kuvveti ise:

$$\sigma_{\varphi} = \frac{S_{\varphi}}{F_B} < \sigma_{em} \quad (\text{Şekil 4.1, e-e kesitinde gerilme kontrolü}) \quad (4.16)$$

$$\sigma_{\varphi} = \frac{S_{\varphi}}{0.866D'^2 - \left(\frac{\pi D_1'^2}{4}\right)} < \sigma_{em} \quad (\text{Şekil 4.1, c-c kesitinde kontrol}) \quad (4.17)$$

Bulon başlığı altıgen kesitlidir. D' ve D₁' değerleri için Şekil 4.2b'ye bakınız.

$$\sigma_{\varphi} = \frac{S_{\varphi}}{F_{4,1} \text{ veya } F_{4,2}} < \sigma_{em} \quad (\text{Bulonda kontrol}) \quad (4.18)$$

F_{4,1} veya F_{4,2} alanları, Şekil 4.2b'ye göre verilmiştir. Kontrolde bu iki alandan küçüğü alınmalıdır. Bunlardan başka, özellikle uzay yatay çubuklarında (alt ve üst başlık elemanları) tekil bir yüke göre eğilme kontrolünün de yapılması çoğu literatürde önerilmektedir.

Yukarıda verilen kontrollerde göz önünde tutulacak emniyet gerilmeleri, ara elemanların (konik parça, somun, bulon) imal edildiği malzemelerin kalitesiyle ilgili olarak uygun biçimde seçilmelidir. Dolayısıyla, Mero sistemi ile düzenlenecek uzay sistemlerde, bu ara elemanlarının boyutlarının, şekillerinin ve malzemelerinin bilinmesi hesap yapabilmek için zorunludur. Bu ara elemanlar için hazırlanmış standartlar yoktur, uzay sistem üreten firmalara özgü özel imalat olarak konstrüksiyona girmektedir.

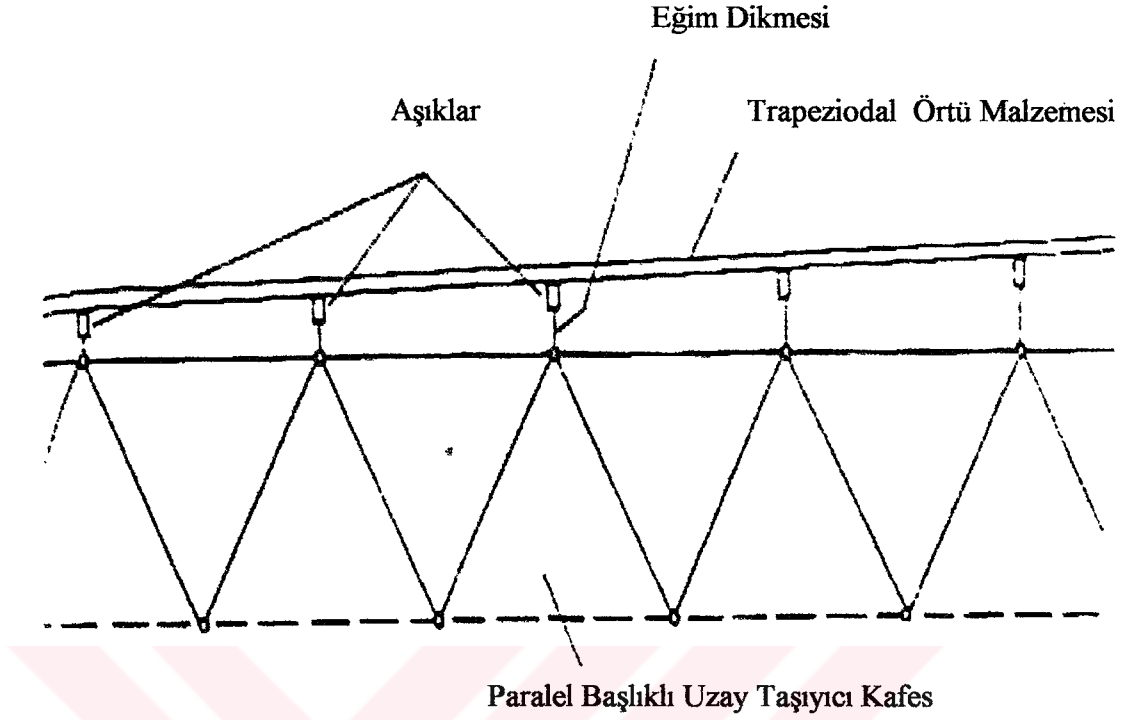
Pratikte, üst başlık çubuklarının bir tip, alt başlık çubuklarının bir diğer tip, diyagonal çubuklarının da başka bir tip yapılması uygulama kolaylığı açısından tercih edilmektedir. Bu durumda, boyutlandırmada en büyük çubuk kuvvetine göre yapılmaktadır. Oysa, çubuklardaki kuvvet yayılımı büyük farklılıklar göstermektedir. Bunun sonucunda, çubuk kesitlerini mümkün mertebe az tip ile halletmek uzay sistemlerin uygulamasında özellikle tercih edilmektedir.

4.4 Uzay Taşıyıcı Sistemlerin Ülkemizde Uygulanması

4.4.1 Kullanılan sistem ve malzemeler

Ülkemizde çelik uzay taşıyıcı sistemleri üretilip uygulayan birkaç firma vardır. Genellikle, bilhassa montaj kolaylığı nedeniyle MERO tipi (bulonlu düğüm noktası) sistemler yaygındır. Paralel başlıklı kafes sistemler tercih edilmektedir. Bu durumda, çatı kaplamasına belli bir eğimi vermek için, Şekil 4.3'deki uygulama yapılmaktadır. Eğer olanak varsa, uzay taşıyıcı belli bir eğimde yerleştirmek yoluna da gidilebilir.

Aşıkların kesiti genellikle kutu profillerden oluşturulmaktadır. Düğüm nokta aralığı, genelde 2.5-3.00m dolaylarında alınmakta, dolayısıyla aşık aralıkları da bu mertebelerde olduğundan, ülkemizde çatı örtüsü için trapeziodal metal levhalar kullanılmaktadır. Örneğin, uzay taşıyıcı sistemli yapılarda eternit türü kaplamalardan yararlanma olanağı uygulamada detay zorlukları nedeniyle pek bulunmamaktadır. Uzay çelik sistemlerin çubukları MERO tipine uygun olarak boru kesitli yapılmaktadır. Borular ve uç konik parçaları, normalde St33-l veya St37 malzemedir. Konik parça boru ucuna gazaltı kaynakla tesbit edilmektedir.



Şekil 4.4. Bir uygulama örneği [13].

Somun malzemesi de aynı tiptir. Bulonlar genelde (8.8) kalitesindedir. Düğüm noktası elemanları kesik kürelerdir, normal ısıtma işleminde imal edilip sıcak dövme ile şekillendirilmişlerdir.

İmalatta, belli boydaki boru uçlarına konik parçalar kaynaklanmakta, çeşitli yöntemlerle pas temizleme işlemi yapıldıktan sonra parça belli bir solüsyona daldırılıp boyaya alınmaktadır. Fırın boya uygulamasını takiben parça hazır duruma gelmektedir. Bulon, somun, pim ve küreler galvanizlidir.

4.4.2 Çelik malzeme gideri

Bu sistemlerde kullanılan minimum kesitler ve ortalama çelik malzeme giderleri hakkında da bilgi vermek yararlı olacaktır.

Boru çapı olarak minimum (1"), maksimum (5") kullanılmaktadır. Düğüm nokta aralığı 3m'yi aşıyorsa minimum ($1^{1/4}$)'lik boruya geçilmektedir. Aşık kesiti, kar yükünün bulunmadığı yörelerde (40/60/3), kar yüklü yerlerde ise (50/70/3) kutu profillerdir. Düğüm nokta aralığı 3m'yi geçerse ve kar yükü de varsa kesit (50/90/3)

alınmaktadır. Normal açıklıklar (<30m) için uzay taşıyıcı sistemin ve aşıkların toplam çelik malzeme gideri 15kg/m^2 dolayındadır. Bunun yaklaşık 3 kg/m^2 si aşıklar ve süpportlarından, 1 kg/m^2 si de düğüm nokta kürelerinden oluşmaktadır [13].



5. SAYISAL ÖRNEKLER

Bu bölümde, modül yüksekliğinin uzay çatı sisteminin ekonomisine etkisini saptayabilmek amacıyla, (15x15)m, (15x30)m, (15x45)m açıklıklı üç sistem göz önüne alınmış ve bu sistemlerde 2.5m ve 3m'lik modül boyları kullanılmıştır (Tablo 5.1). Bütün sistemler iki doğrultulu dikdörtgen düzenlenmiş sistemler olup kare tabanlı piramit modüllerin birleştirilmesiyle oluşturulmuştur (Şekil 5.1 ve Şekil 5.2). Örneklerde yükseklikler 25'er cm arttırılarak 1-2.75m arasındaki 6 ayrı sistem için sayısal çözümler elde edilmiştir.

Tablo 5.1. Uzay kafes sistem tipleri

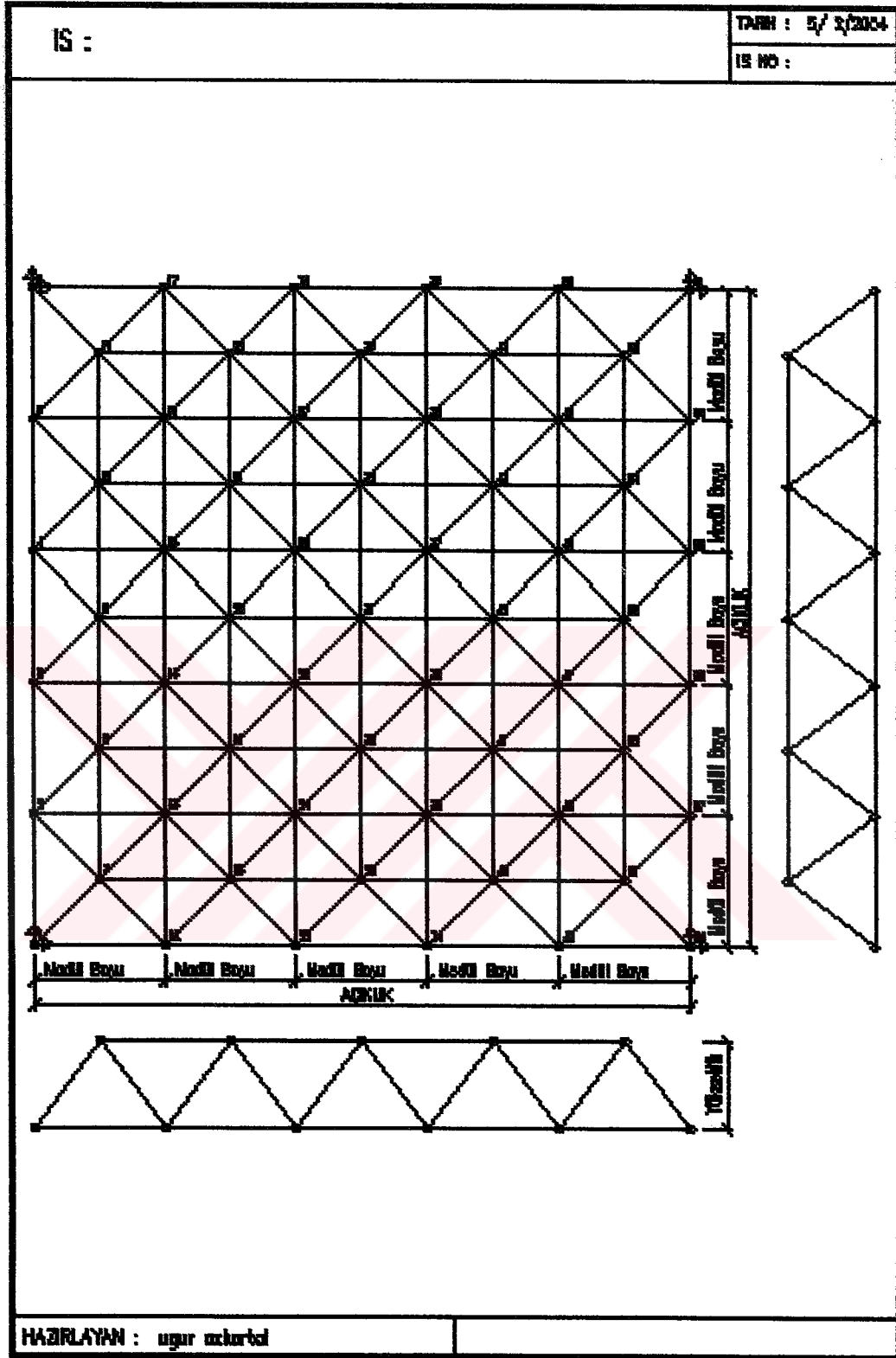
	Açıklık (A)	Açıklık (B)	Modül Boyu
Tip 1	15m	15m	2.5m ve 3m
Tip2	15m	30m	2.5m ve 3m
Tip3	15m	45m	2.5m ve 3m

Çalışmada FrameCad bilgisayar programı kullanılmıştır. FrameCad uzay sistem çelik çatı sistemlerinin oluşturulması, statik çözümü, iş emirlerinin hazırlanması için geliştirilmiş bir dizi programın grafik ortamda birleştirilmesinden oluşturulmuştur. Sistemin oluşturulması ve sistemle ilgili tasarım verilerinin girilmesi tamamen programın içinden grafik ortamda yapılmaktadır. Sistem yükleri sistem oluşturulurken verilmekte, program bu yükleri düğümlere otomatik olarak dağıtmaktadır.

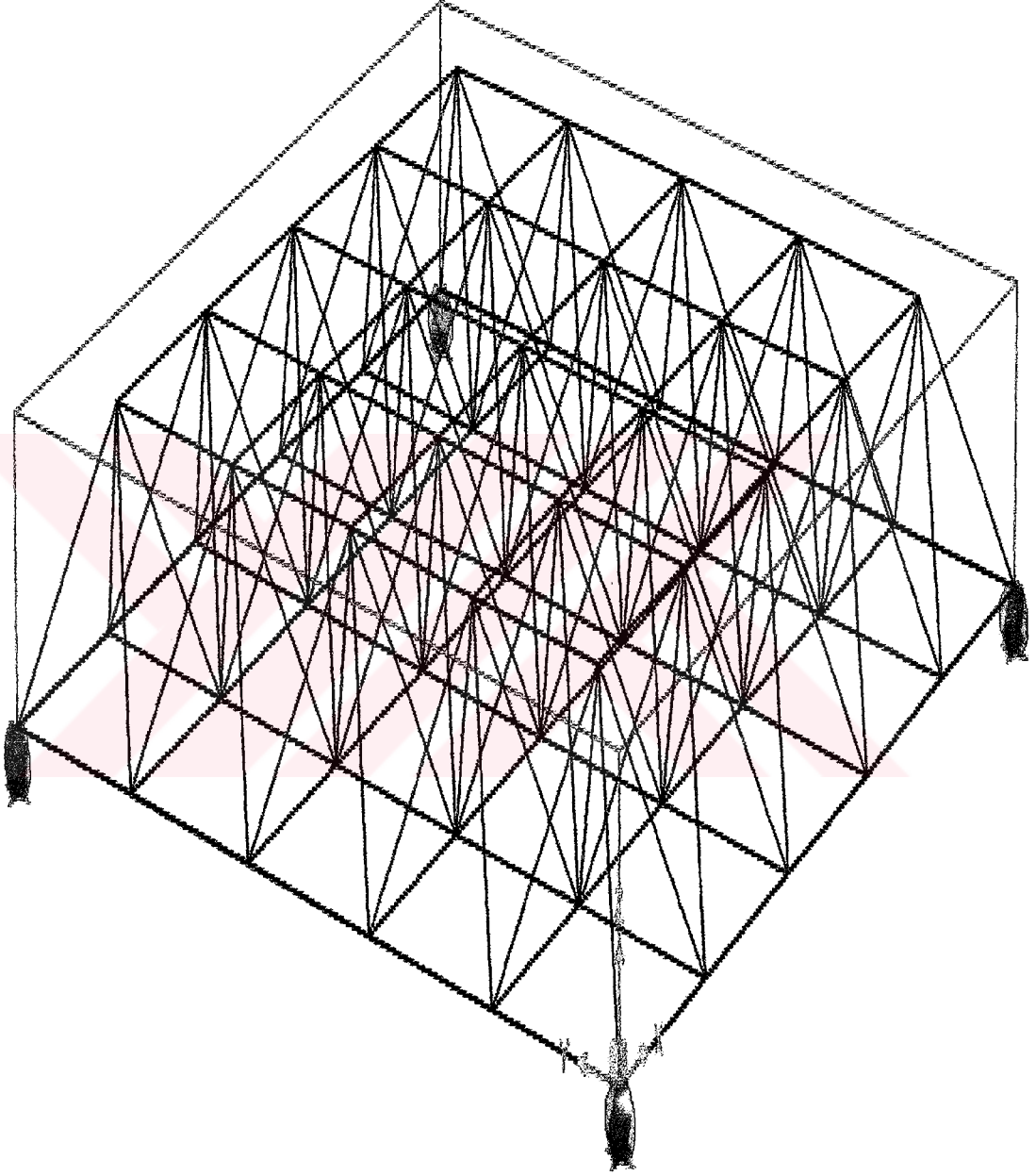
Çözüm ve boyutlandırma için ardışık iterasyon yapılmaktadır. Sistem çözümde matris-deplasman yöntemi ile kullanılmakta ve her iterasyon sonunda program tanımlı uzay sistem elemanları arasından en müsait olanını almakta ve bir sonraki iterasyonu yapmakta ve bu işlem iki iterasyon arasında eleman kesitleri değişmeyene kadar tekrarlanmaktadır [23].

Sistem çözümü tamamlandığında sistemin iş emirleri hazırlanabilmekte ve montaj paftası AutoCad formatında çizim dosyası oluşturulmaktadır.

Bu program bir statik programı değildir; uzay sistemlerin çözümlerinde kullanılır.



Şekil 5.1. Uzay kafes sistem örneği



Şekil 5.2. Uzay kafes sistemlerden üç boyutlu bir görüntü

5.1 Analizde Kullanılan Büyüklükler ve Varsayımlar

Sayısal örneklerde kullanılan malzeme St 37 ve basınç çubukları için maksimum narinlik katsayısı $\lambda = 200$ 'dür. Modüller kare tabanlı piramit şeklindedir. Mesnetler 15m de bir kullanılmış ve bu mesnetlerde minimum 110mm'lik küreler seçilmiştir. 11 farklı yükleme sistemlere yüklenerek 33 kombinasyon elde edilmiştir (Ek A). Sistemlere etki eden yükler,

-Kar yükü = 75 kg/m^2

-Aşık + Kaplama yükü = 15 kg/m^2

-Tesisat yükü = 10 kg/m^2

-Rüzgar yükü = 80 kg/m^2

dir.

Sıcaklık farkı $\Delta T = \mp 25^\circ\text{C}$ alınmıştır.

Deprem hesaplarında, ABYYHK'98 yönetmeliğinden yararlanılmıştır [22].

-Etkin yer ivmesi katsayısı $A_0 = 0.4$

-Bina önem katsayısı $I = 1$

-Spektrum katsayısı $S(T) = 2.5$

-Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T) = R = 5$ (Alt yapıdan).

karakteristik büyüklükleri kullanılmıştır.

Yay sabiti $k = 100t / m$ 'dir.

Minimum düğüm çapı 60mm kabul edilmiştir (mesnetlerde 110mm).

Birim maliyetin çıkarılmasında göz önüne alınan giderler, malzeme maliyeti (zaiyatlı boru, konik, somun, civata, pim, küre, aşık, mesnet, boya), işçilik maliyeti, proje maliyeti, montaj maliyetidir (Ek C).

5.2 Tip 1- 3m'lik ve 2.5m'lik modül

15m'ye 15m açıklıklı ve 2.5m ve 3m modüllü sistemler için elde edilen sayısal sonuçlar aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 5.2. Tip1-3m'lik modül için elde edilen değerler

YÜKSEKLİK (m)	AĞIRLIK (kg)	SEHİM (cm)	FİYAT (1000xTL/m ²)
1.00	3514	4.5	44995
1.25	3212	3.3	41460
1.50	3046	2.6	39395
1.75	3053	2	39115
2.00	2938	1.78	37655
2.25	2852	1.62	36388
2.50	3349	1.37	40230
2.75	3485	1.20	41300

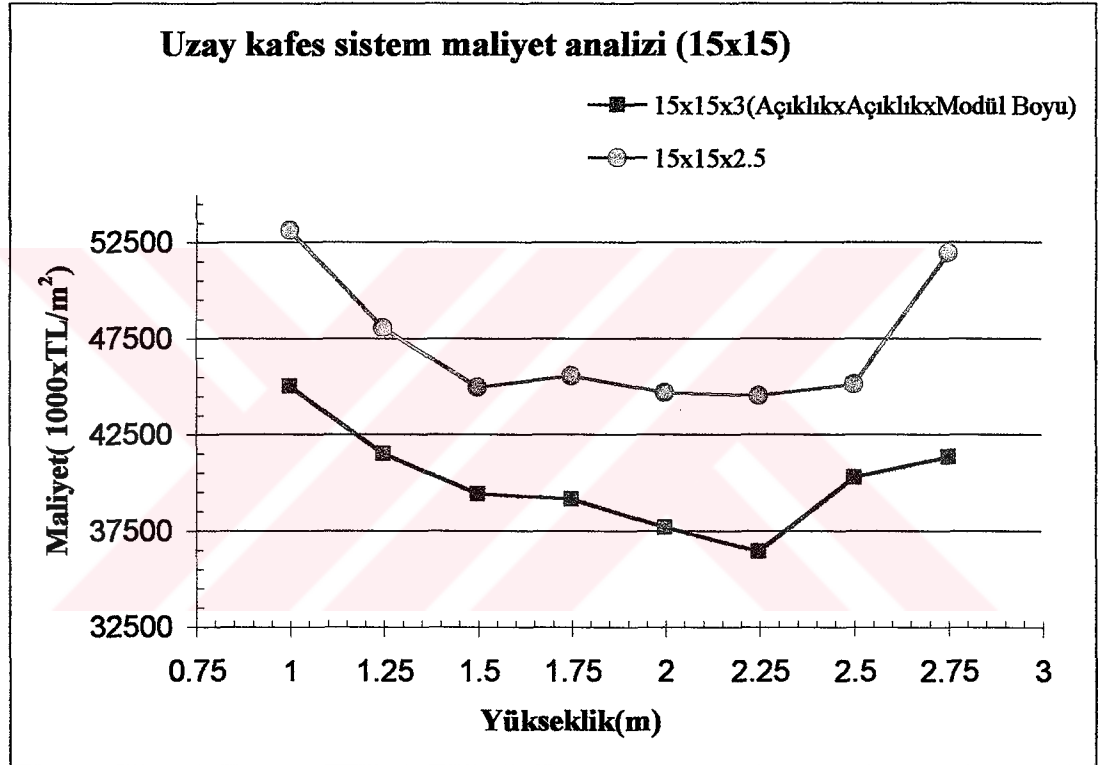
Tablo 5.3. Tip 1-2.5m'lik modül için elde edilen değerler

YÜKSEKLİK (m)	AĞIRLIK (kg)	SEHİM (cm)	FİYAT (1000xTL/m ²)
1.00	3902	4.15	53105
1.25	3520	3.16	48020
1.50	3298	2.61	44940
1.75	3378	2	45540
2.00	3371	1.77	44675
2.25	3410	1.61	44504
2.50	3522	1.37	45110
2.75	4354	1.11	51915

Şekil 5.2 deki grafikten de görüldüğü gibi incelenen sistemde 2.5m'lik modül için en ideal yükseklik 2.25m de oluşmuş ve birim maliyeti 44.504.000 TL/m² çıkmıştır. 3m'lik modül için en ideal yükseklik de 2.25m de oluşmuş ve birim maliyeti 36.388.000 TL/m² çıkmıştır (Ek C).

2.5m'lik modülde birim maliyetler 44.504.000-53.105.000TL/m² arası değişirken 3m'lik modül için bu değerler 36.388.000-44.995.000TL/m² arasındadır.

İncelen iki modül arası birim maliyet farkının ideal yükseklikler için %22.3'tür. 2.5m'lik modülde 3m'lik modüle göre ortalama 0.178 kat fazla maliyete ulaşılmıştır.



Şekil 5.3. Tip1 sisteminin maliyet grafiği

5.3 Tip 2-3m'lik ve 2.5m'lik modül

15m'ye 30m açıklıklı ve 2.5m ve 3m modüllü sistemler için elde edilen sayısal sonuçlar aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 5.4. Tip2-3m'lik modül için elde edilen değerler

YÜKSEKLİK (m)	AĞIRLIK (kg)	SEHİM (cm)	FİYAT (1000xTL/m ²)
1.00	6531	3.7	40205
1.25	6101	2.8	37625
1.50	5852	2.1	35980
1.75	5664	1.85	34710
2.00	5693	1.55	34480
2.25	5620	1.4	33704
2.50	6505	1.2	36990
2.75	6767	1.1	38030

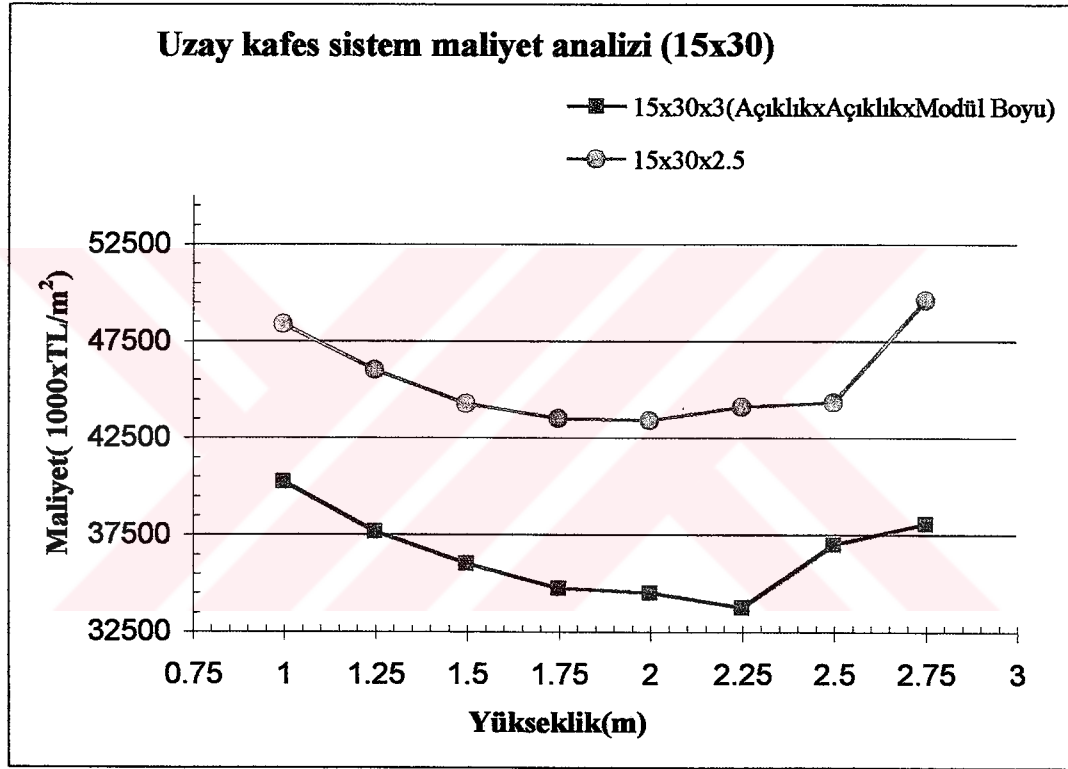
Tablo 5.5. Tip2-2.5m'lik modül için elde edilen değerler

YÜKSEKLİK (m)	AĞIRLIK (kg)	SEHİM (cm)	FİYAT (1000xTL/m ²)
1.00	7059	3.54	48350
1.25	6758	2.57	45960
1.50	6551	2.06	44215
1.75	6496	1.73	43480
2.00	6601	1.46	43384
2.25	6821	1.29	44060
2.50	7008	1.16	44290
2.75	8368	1.06	49560

Şekil 5.3 deki grafikten de görüldüğü gibi incelenen sistemde 2.5m'lik modül için en ideal yükseklik 2.00m de oluşmuş ve birim maliyeti 43.384.000 TL/m² çıkmıştır. 3m'lik modül için en ideal yükseklik de 2.25m de oluşmuş ve birim maliyeti 33.704.000 TL/m² çıkmıştır.

2.5m'lik modülde birim maliyetler 43.384.000-49.560.000TL/m² arası değişirken 3m'lik modül için bu değerler 33.704.000-40.205.000TL/m² arasındadır.

İncelen iki modül arası birim maliyet farkının ideal yükseklikler için %28.7'dir. 2.5m'lik modülde 3m'lik modüle göre ortalama 0.245 kat fazla maliyete ulaşılmıştır



Şekil 5.4. Tip2 sisteminin maliyet grafiği

5.4 Tip 3-3m'lik ve 2.5m'lik modül

15m'ye 45m açıklıklı ve 2.5m ve 3m modüllü sistemler için elde edilen sayısal sonuçlar aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 5.6. Tip3-3m'lik modül için elde edilen değerler

YÜKSEKLİK (m)	AĞIRLIK (kg)	SEHİM (cm)	FİYAT (1000xTL/m ²)
1.00	9579	4.03	39770
1.25	9080	2.91	37985
1.50	8815	2.23	36660
1.75	8526	1.88	35305
2.00	8440	1.62	34645
2.25	8527	1.39	34537
2.50	9730	1.23	37595
2.75	10092	1.14	38395

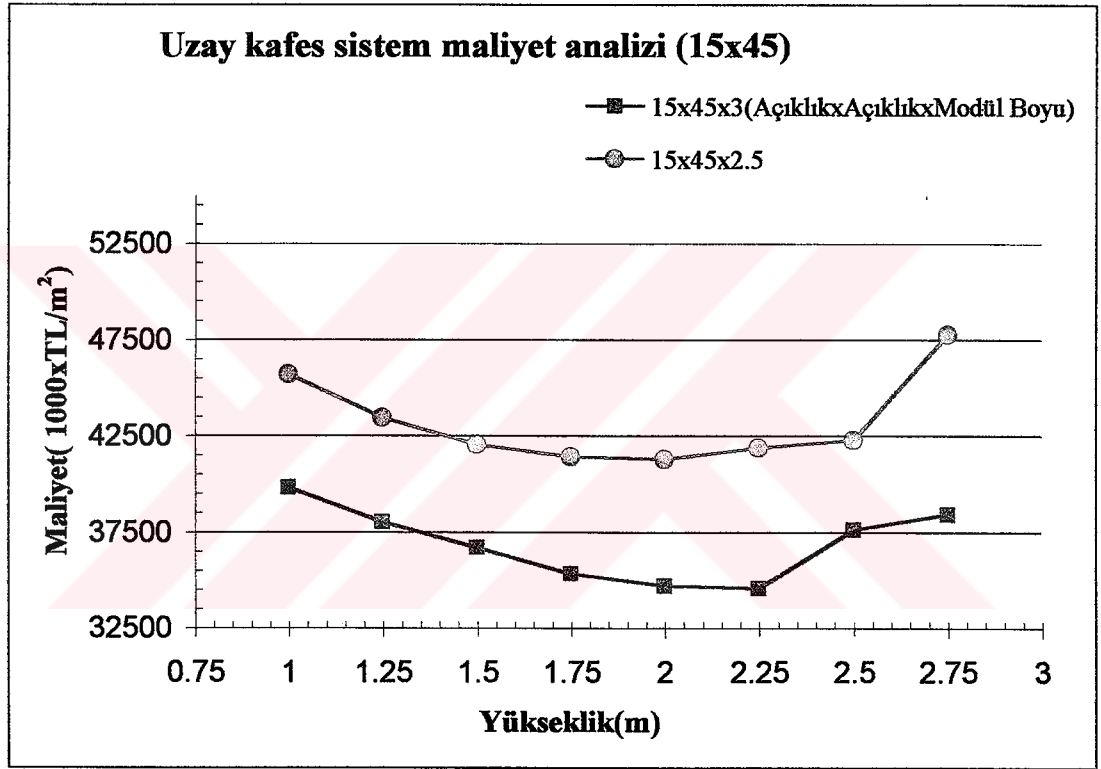
Tablo 5.7. Tip3-2.5m'lik modül için elde edilen değerler

YÜKSEKLİK (m)	AĞIRLIK (kg)	SEHİM (cm)	FİYAT (1000xTL/m ²)
1.00	10420	3.79	45675
1.25	9981	2.7	43415
1.50	9720	2.19	41990
1.75	9662	1.81	41390
2.00	9802	1.53	41240
2.25	10117	1.35	41825
2.50	10428	1.21	42235
2.75	12254	1.11	47720

Şekil 5.4 deki grafikten de görüldüğü gibi incelenen sistemde 2.5m'lik modül için en ideal yükseklik 2.00m de oluşmuş ve birim maliyeti 41.240.000 TL/m² çıkmıştır. 3m'lik modül için en ideal yükseklik de 2.25m de oluşmuş ve birim maliyeti 34.537.000 TL/m² çıkmıştır.

2.5m'lik modülde birim maliyetler 41.240.000-47.720.000TL/m² arası değişirken 3m'lik modül için bu değerler 34.537.000-39.770.000TL/m² arasındadır.

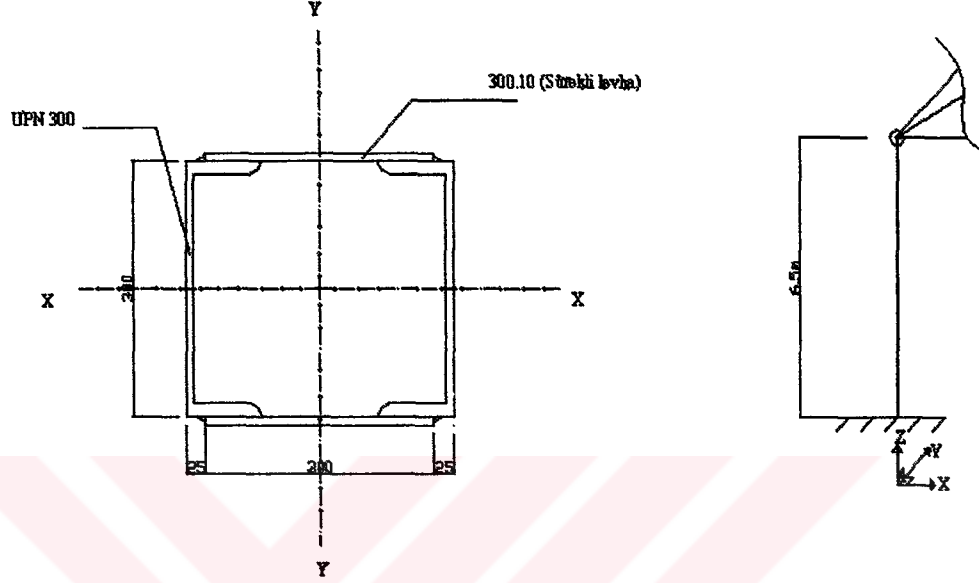
İncelen iki modül arası birim maliyet farkının ideal yükseklikler için %19.4'tür. 2.5m'lik modülde 3m'lik modüle göre ortalama 0.171 kat fazla maliyete ulaşılmıştır.



Şekil 5.5. Tip3 sisteminin maliyet grafiği

5.5 Kolon Kontrolü

Sistemler içerisinde en elverişsiz durum Tip 3-2.5m modül boylu sistemde olduğu için gerilme kontrolü bu sistemde oluşan iç kuvvetlere göre yapılmıştır. Bütün sistemlerde kullanılan kolon kesitleri Şekil 5.5 de verilmektedir.



Şekil 5.6. Kolon kesitleri ve mesnetleri

Seçilen Profil: 2 adet UPN 300'lük profil

Mesnet Koş ulu: Bir ucu mafsallı diğ er ucu ankastre kolon

Yükseklik: 650cm

Kolonun dıştan dışa mesafesi: X-X doğrultusunda 35cm, Y-Y doğrultusunda 32cm

Kolonların kontrolü için TS 648'de aksenal basınç ve eğ ilme etkisindeki elemanlar için kullanılan ifadelerden yararlanılmış tır [20].

$$\left(\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} \right) + \left[\frac{C_{mx} \times \sigma_{bx}}{\left(\frac{1 - \sigma_{eb}}{\sigma'_{ex}} \right) \times \sigma_{Bx}} \right] + \left[\frac{C_{my} \times \sigma_{by}}{\left(\frac{1 - \sigma_{eb}}{\sigma'_{ey}} \right) \times \sigma_{By}} \right] \leq 1 \quad \text{ve (6.1)}$$

$$\left(\frac{\sigma_{eb}}{0.6\sigma_a} \right) + \left(\frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \right) + \left(\frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \right) \leq 1 \quad (6.2)$$

bağıntısıyla gerçekleşir. Şayet $\left(\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} \right) \leq 0.15$ ise,

$$\left(\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} \right) + \left(\frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \right) + \left(\frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \right) \leq 1 \quad (6.3)$$

kontrolü yeterlidir.

$$F = 2(58.8 + 30 \times 1) = 177.6 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 2 \left\{ 8030 + \left[\frac{30 \times 1^3}{12} + (30 \times 1 \times 15.5^2) \right] \right\} = 30480 \text{ cm}^4 \Rightarrow k = \frac{3EI_x}{L^3} = 70 \text{ t/m}$$

$$i_x = \left(\frac{30480}{177.6} \right)^{0.5} = 13.1 \text{ cm}$$

$$I_y = 2 \left\{ \frac{1 \times 30^3}{12} + \left[495 + 58.8 \times (17.5 - 2.7)^2 \right] \right\} = 31249 \text{ cm}^4 \Rightarrow k = \frac{3EI_y}{L^3} = 72 \text{ t/m}$$

$$i_y = \left(\frac{31249}{177.6} \right)^{0.5} = 13.26 \text{ cm}$$

Mesnet noktalarında oluşan en olumsuz durumlar;

X=1.624 t Y=1.642 t Z=14.463t 'dur (Tablo 5.8. ve Tablo 5.9).

Buna göre;

$M_y = 1.624 \times 6.5 = 10.556 \text{ tm}$ (X'teki maksimum kuvvet eksenlere göre M_y momenti oluşturur.)

$M_x = 1.642 \times 6.5 = 10.673 \text{ tm}$ (Y'deki maksimum kuvvet eksenlere göre M_x momenti oluşturur.)

Burkulma katsayısı $K=2$ alınır. (Bir ucu ankastre bir ucu mafsallı fakat mafsalda kuvvetlerden dolayı yanal deplasmanlar oluşur).

$$\sigma_{eb} = \frac{S}{F} = \frac{14463}{177.6} = 81.43 \text{ kg/cm}^2$$

$$\lambda_x = \frac{(K \times S_{kx})}{i_x} = \frac{(2 \times 650)}{13.10} = 99.23 \Rightarrow \omega = 1.88$$

$$\sigma_{bem} = \frac{(0.6 \times \sigma_a)}{\omega} = \frac{(0.6 \times 2400)}{1.88} = 765.95 \text{ kg/cm}^2$$

$$\left(\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} \right) = \left(\frac{81.43}{765.95} \right) = 0.106 < 0.15$$

O halde denklem (6.3)'ü kullanmamız yeterli olacaktır.

Tablo 5.8. Tip 3-2.5m'lik modüllü sisteme ait maksimum mesnet reaksiyonları

Düğüm Numarası	Kombinasyon Numarası	Maksimum Mesnet Reaksiyonları		
		X(T)	Y(T)	Z(T)
1	15	1.445	0.803	3.007
1	17	0.348	1.642	2.991
1	4	0.450	0.732	5.261
7	15	1.624	0.220	7.744
7	17	0.389	1.389	7.441
7	18	-0.372	-0.236	14.463
13	15	1.624	-0.220	7.744
13	33	-0.045	1.408	7.646
13	18	-0.372	0.236	14.463
19	15	1.445	-0.803	3.007
19	33	-0.104	1.642	2.560
19	5	0.450	-0.732	5.261
223	31	1.201	-0.532	2.554
223	17	-0.348	1.642	2.991
223	4	0.450	0.732	5.261
229	31	1.280	-0.239	7.343
229	33	-0.389	1.389	7.441
229	19	0.372	0.236	14.463
235	31	1.280	0.239	7.343
235	33	0.045	1.408	7.646
235	19	0.372	0.236	14.463
241	31	1.201	0.532	2.544
241	33	0.104	1.642	2.560
241	5	-0.450	-0.732	5.261

Tablo 5.9. Tip 3-2.5m'lik modüllü sisteme ait minimum mesnet reaksiyonları

Düğüm Numarası	Kombinasyon Numarası	Minimum Mesnet Reaksiyonları		
		X(T)	Y(T)	Z(T)
1	30	-1.201	-0.532	2.544
1	32	-0.104	-1.642	2.560
1	29	-0.220	-0.344	-0.204
7	30	-1.280	-0.239	7.343
7	32	-0.045	-1.408	7.646
7	13	0.225	0.505	-0.013
13	30	-1.280	0.239	7.343
13	16	0.389	-1.389	7.441
13	12	0.225	-0.505	-0.013
19	30	-1.201	0.532	2.554
19	16	0.348	-1.642	2.991
19	28	-0.220	0.344	-0.204
223	14	-1.445	0.803	3.007
223	32	0.104	-1.642	2.560
223	29	0.220	-0.344	-0.204
229	14	-1.624	0.220	7.744
229	32	0.045	-1.408	7.646
229	13	-0.225	0.505	-0.013
235	14	-1.624	-0.220	7.744
235	16	0.389	-1.389	7.441
235	12	-0.225	-0.505	-0.013
241	14	-1.445	-0.803	3.007
241	33	-0.348	-1.642	2.991
241	5	0.220	0.344	-0.204

Eksen Y-Y 'e göre;

Başlık alanı için bazı yaklaşımlar yapılarak hesaplanmıştır [21].

$$F_b = 58.8 + 2 \left(7.5 + \frac{10}{6} \right) \times 1 = 77.14 \text{ cm}^2$$

$$I_{xb} = \left[8030 + 2 \left(7.5 + 1.67 \right) \times 1 \times 15.5^2 \right] = 12436.2 \text{ cm}^2$$

$$i_{xb} = \left(\frac{12436.2}{77.14} \right)^{0.5} = 12.7 \text{ cm}$$

$$\lambda_{xb} = \frac{(K \times S_{kx})}{i_{xb}} = \frac{(2 \times 650)}{12.7} = 102.36$$

$$\sigma_{by} = \left(\frac{M_y}{I_y} \right) \times \left(\frac{d}{2} \right) = \left(\frac{1055600}{31249} \right) \times \left(\frac{35}{2} \right) = 591.15 \text{ kg/cm}^2$$

σ_{By} için;

$$\left(\frac{3.10^7 \times C_b}{\sigma_a} \right)^{0.5} = \left(\frac{3.10^7 \times 1.75}{2400} \right)^{0.5} = 147.9 > \lambda_{xb} = 102.36$$

olduğu için TS 648'deki şu denklem kullanılır.

$$\sigma_{By} = \left[\left(\frac{2}{3} \right) - \left(\frac{\sigma_a \times \lambda_{xb}^2}{9.10^7 \times C_b} \right) \right] \times \sigma_a$$

$$\sigma_{By} = \left[\left(\frac{2}{3} \right) - \left(\frac{2400 \times 102.36^2}{9.10^7 \times 1.75} \right) \right] \times 2400 = 1216 \text{ kg/cm}^2$$

Eksen X-X'e göre;

$$\sigma_{bx} = \left(\frac{M_x}{I_x} \right) \times \left(\frac{h}{2} \right) = \left(\frac{1067300}{30480} \right) \times \left(\frac{32}{2} \right) = 560.26 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{Bx} = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

Çıkan sonuçları (6.3) 'de yerine koyarsak;

$$\begin{aligned} \left(\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} \right) + \left(\frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \right) + \left(\frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \right) &= 0.106 + \left(\frac{560.26}{1440} \right) + \left(\frac{591.15}{1216} \right) \\ &= 0.981 < 1 \text{ (uygundur.)} \end{aligned}$$

Kolon kesitinin gerilme kontrolü için dikkate alınan kesit tesirleri, deprem yükünü içeren yükleme kombinasyonlarından (HZ) elde edilmiştir. Kontrol hesaplarında

emniyet gerilmesi değeri $(\sigma_{Bx}, \sigma_{bem}, \sigma_{By})$ hesaplanan gerilme oranlarının 1'den küçük olması nedeniyle %33 oranında arttırılmasına gerek duyulmamıştır.

Bu kontrol sonucunda bizim sistemler için seçtiğimiz 100 t/m yay sabitinin sistemler için taşıyıcı nitelikte olduğu belirlenmiştir.



5.6 Birleşim elemanlardaki gerilmelerin kontrolü için mevcut bir programın genişletilmesi

Bu başlık altında Bölüm 4'te açıklanan boyutlandırma ile ilgili bilgiler kullanılarak mevcut bir bilgisayar kodu çelik uzay sistemlerde eksenel kuvvet aktarımını sağlayan civata, konik parça, somun elemanları ile kaynak birleşim araçlarının (konik parçanın çubukla birleştiği bölgede) gerilme kontrollerini içerecek şekilde genişletilmiştir.

Mevcut program genişletilmeden önce çubuk ve civatalar için veri dosyalarının oluşturulmasıyla gerilme değerlerini içeren çıktı dosyalarını vermekteydi. Sonra programa konik parça, somun, kaynak bilgilerinin verilmesiyle bu elemanlar için de çıktı dosyaları oluşturulmuştur [25].

İmalat bilgileri Uzay Sistem Prefabrike Çelik Konstrüksiyon İnş. ve Tic. Ltd. Şti. Teknik Şartnamesinde verildiği gibi programa girilmiştir [17].

ABBYHK 98'de deprem ve rüzgar yükü (HZ) etkisindeki birleşim elemanları (civata, konik parça, somun) emniyet gerilmeleri 1.15, çubuk elemanları için de 1.33 ile arttırılmıştır [22]. Çubuklar, somunlar ve konikler St 37 kalitesinde üretilmiştir. Civatalar 8.8 ve 10.9 kalitesindedir. Kaynak gazaltı kaynağı şeklinde uygulanmıştır. Emniyet gerilmeleri St 37 malzeme için 14.12 kN/cm^2 ($1.44t/\text{cm}^2 \times 9.80665N$), civatalar için 8.8 kalitesinde 28.87 kN/cm^2 ($6.4/2.5t/\text{cm}^2 \times 9.80665N \times 1.15$), 10.9 kalitesinde 40.59 kN/cm^2 ($9.0/2.5t/\text{cm}^2 \times 9.80665N \times 1.15$) olarak kabul edilmiştir. Kaynak için 12.26 kN/cm^2 ($1.25t/\text{cm}^2 \times 9.80665N$) olarak alınmıştır. Yine St 37 malzeme için akma gerilmesi 23.5 kN/cm^2 'dir. Elastisite modülü 20618.2 kN/cm^2 alınmıştır (Ek B) [20].

Bu çalışma Tip1-3m modüllü en ideal sistemde gerçekleştirilmiştir (Ek B, Ek C). Uzay kafes sistemin kritik kesitlerine göre alanlar elde edilerek 20. Yükleme Kombinasyonu (HZ) için gerilmelerin kontrolü yapılmıştır (Ek A) [21]. 6 farklı tipte 200 çubuktan oluşan sistemde kuvvetler Sap 2000 programından aktarılmıştır [24].

Çubuklar için çubuk yükleri (Force), boyları (FrDLen.), çapları (SecDia.), et kalınlıkları (t) ve net kesit durumları (Fn) girdi dosyaları olarak oluşturulmuştur. Civataların kritik kesit alanlarının hesaplanması için programa değişik boyuttaki civataların çapları (Bolt Dia.) ve pim deliği çapları (Pin Dia.) girilmiştir (Şekil 4.2). Konik için iki karakteristik alan göz önüne alınarak sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Birinci alan koniğin borunun içine giren kesiti olup, konik dış çapı (D_b) ve et kalınlığı (t_{c1}) değerleri girilmiştir. İkinci alan ise koniğin somuna bakan kesiti olup, konik dış çapı (D_c) ve konik et kalınlığı (t_c) girdi olarak verilmiştir. Konik parçanın çubukla birleştiği bölgedeki köşe kaynak için boru dış çapı (D_p) ve boru et

kalınlığı (t_p) bilgi olarak verilmiştir. Somun için de iki karakteristik alan göz önüne alınmıştır. Somunun küreye bakan kesitinde dış çap (D_s), iç çap (D_{s1}) ve pim yarığı çapı (D_{sp}) değerleri veri olarak girilmiştir (Şekil 4.2.) (Ek D).

Hesaplar sonunda çubuk, konik kaynağı, konik parça ,bulon, civata, somun gerilme kuvvetlerini içeren bir çıktı dosyası oluşturulmaktadır (Ek E). Çıktı olarak 200 çubuktaki kuvvetlerin elemanların kritik kesitlerinde meydana getirdiği gerilme değerlerinin emniyet gerilmelerini aşıp aşmadığı yükleme durumuna göre kontrol edilmiştir.

Kontrol sonucu Tip1-3m'lik en ideal sistemde 8 adet civatada % 0.25-6.75 , 4 adet köşe kaynağında %2.72-9.39 ve 2 adet somunda %2.27 oranında emniyet gerilmesi değerlerinin aşıldığı görülmüştür. Konik ve çubuklarda emniyet gerilmesi değerleri aşılmamıştır (Ek E).

Mevcut programın sonuçları çubuklar için FrameCad statik çıktıları ile örtüştüğü görülmektedir. Fakat genişletilmiş program ile FrameCad programı arasında bir fark mevcuttur. FrameCad de basınç çubuklarında burkulma katsayısı boru çubuklar için alınmasına karşın geliştirilen programda TS 648'deki burkulma katsayılarına göre alınmıştır [20,26]. Örneğin $\lambda=100$ için FrameCad programında 1.70 alınmasına karşın, genişletilmiş programda 1.96 alınmıştır (Ek F).

6. SONUÇLAR

Bilindiği gibi uzay kafes sistemler, değişik mimari formlara imkan vermekte olup dolu gövdeli yapılara göre geniş açıklıkların geçilmesinde oldukça ekonomi yaratmakta ve yapım süresini de kısaltmaktadırlar. Kesit boyutları büyük olmadığı için mimari açıdan kullanım hacmi artmakta ayrıca tesisatın geçirilmesinde kolaylıklar sağlanmaktadır. Hiperstatiklik derecesi yüksek olduğundan sistemdeki herhangi bir çubukta meydana gelebilecek bir burkulmadan veya civatada meydana gelebilecek bir kopmadan tüm yapı fazla etkilenmemektedir.

Bu çalışmada elde edilen sayısal sonuçlardan da görüldüğü gibi, uzay sistemlerde optimum yüksekliğin üstüne çıkıldığında çubuk boyları büyüyeceği için sistemin ağırlığı ve dolayısıyla maliyeti artmaktadır. Optimum yüksekliğin altına inildiğinde ise aynı yükü taşımak için çubuk kesitler artacağından sistemin ağırlığı artmakta ve maliyet yine yükselmektedir.

Optimum yükseklikler çalışmada şu şekilde bulunmuştur;

Tablo 6.1. Sistemlerdeki optimum yükseklikler

	2.5m Modül Boylu	3.0m Modül Boylu
TİP 1	2.25m	2.25m
TİP 2	2.0m	2.25m
TİP 3	2.0m	2.25m

FrameCad ile çözülen sistemlerde 2.5m'lik modül boyu ile kurulan sistemlerin birim alan maliyetleri 3m'lik modül boyu ile kurulan sistemlere göre ortalama %17.7 ila %24.5 fazla çıkmıştır (Tip1, Tip2, Tip3). Bunun ana sebebi 2.5m'lik modüllerle kurulan sistemlerde 3m'lik modüllerle kurulan sistemlere göre daha fazla teçizatın (çubuk,küre, konik parça, somun, civata, pim) bulunmasıdır.

2.5m'lik modüllerle kurulan sistemlerde 3m'lik modüllere göre aynı yükseklikler için daha az sehimler oluşmuştur. Yani 2.5m modüllü sistemler 3m modüllü

sistemlere göre eğilme rijitliği daha yüksektir diyebiliriz. Sistemlerde yükseklik arttıkça sehimin azaldığı görülmektedir.

Ele alınan sistemlerde malzeme (boru, konik parça, somun, civata, pim, küre, aşık, mesnet, boya) maliyetleri toplam maliyetin %62-70'ini, işçilik maliyeti toplam maliyetin %10-15'ini, proje maliyeti toplam maliyetin %8-10'unu, montaj maliyeti toplam maliyetin %10-15'ini oluşturmaktadır (Ek C).

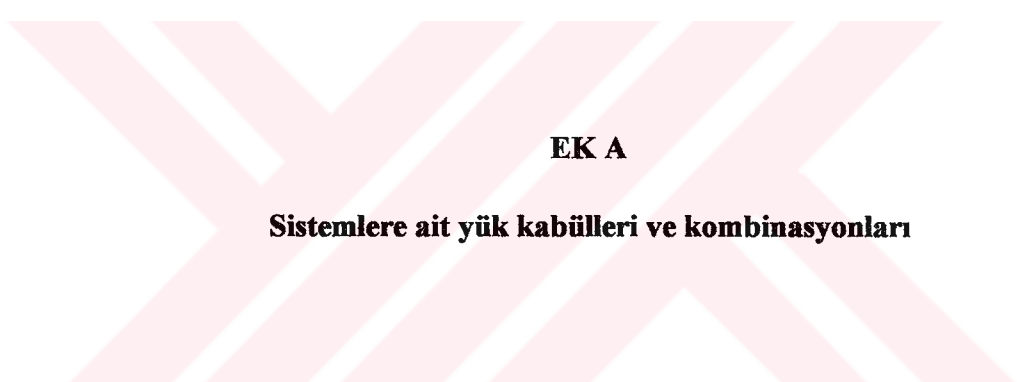
Bir bilgisayar programının genişletilmesi çalışmasında çelik uzay sistemlerde eksenel kuvvet aktarımını sağlayan elemanlardan çubuk ve civata gerilmelerinin bulunmasına ek olarak kaynak, somun, konik gerilmelerinin de hesaplanmasıyla oluşan gerilmelerin emniyet gerilmelerini aşıp aşmadığı rüzgar ve deprem etkisi içeren bir yükleme göre kontrol edilmiştir (20.Yükleme Kombinasyonu) (Ek A). Kontrol sonucu Tip1-3m'lik en ideal sistemde 8 adet civatada % 0.25-6.75 , 4 adet köşe kaynağında %2.72-9.39 ve 2 adet somunda %2.27 oranında emniyet gerilmesi değerlerinin aşıldığı görülmüştür. Konik ve çubuklarda emniyet gerilmesi değerleri aşılmamıştır. Bu çalışma şunu göstermiştir ki, ara elemanlar (konik parça, civata, somun, kaynak) oldukça önem taşırlar. Bu elemanların belirli bir kalitede olmaları gerekir aksi taktirde şekil değiştirmeler ve civata kopması gibi olumsuz durumlara rastlanabilir (Ek E).

KAYNAKLAR

- [1] Arda, T.S., 1985. Uzay Kafes Taşıyıcı Sistemler, İstanbul.
- [2] Engel, H., 1967. Tragsysteme, Verlags Anstalt, Stuttgart.
- [3] Makovski, Z.S., 1965. Steel Space Structures M.J., London.
- [4] Gökçe, G., 1977. Başlangıcından Günümüze Kadar Mimaride Strüktür, *Yapı Dergisi*, Sayı 23, İstanbul.
- [5] Föppl, A., 1892. Fachwerke in Raum, Leibzig Verlag.
- [6] Marks, R., 1960. Dymaxion World of Buckminster Fuller, *Reinhold Publishing Crop.*, New York.
- [7] Bayülgen, C.1993. Çağdaş Strüktür Sistemleri, *Y.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı İşbirliği*, İstanbul.
- [8] Welzel, F., 1978. Uzay Kafes Taşıyıcılar, Çeviri:M.Yorulmaz, N.Duman.
- [9] Makowski, Z.S., 1981. Analysis, Design and Construction of Double Layer Grids, London.
- [10] Chilton, J., 2000 Space Grid Structures, *Oxford Architectural Press*.
- [11] Türkçü, Ç.H., 1982 Uzay Çerçeve Çatırı Farklı Geometrik Olanaklar Arasından Seçmede Kullanılabilecek Ölçütler ve Yöntemi, *E.Ü. Güzel Sanatlar Fakültesi Yayınları*, İzmir.
- [12] Çakıroğlu, A., Özden, E. , Özmen, G., 1974 Yapı Sistemlerinin Hesabı İçin Matris Metodları ve Elektronik Hesap Makinası Programları Cilt II, İstanbul.
- [13] Akın, A. S., 1997. Uzay Kafes Sistemlerin Yapısal Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [14] Arda, T.S., 1985. Uzay Kafes Taşıyıcı Sistemler, 2. Çelik Yapılar Semineri, Cilt II, İstanbul.
- [15] Tekgüvercin, D., 2002 Uzay Kafes Sistemler Tarihi Gelişimi ve Güncel Durum, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [16] **Gölsün, Y.**, 2002 Uzay Kafes Sistemler ve Malzemeleri, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [17] **UZAY SİSTEM Prefabrike Çelik Konstrüksiyon İnş. ve Tic. Ltd. Sti.** Teknik Şartnamesi, 1997. İstanbul.
- [18] **Mağgönül, G., Avşar, E.**, 1993 Yapıda Temelden Çatıya ve Cam Kökenli Malzeme Türleri ve Uygulama Örnekleri Sempozyumu Notları, *YEM Yayınları* İstanbul.
- [19] **TS-3357**, 1979. Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşimlerin Hesap ve Kuralları, 1. Baskı, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [20] **TS-648**, 1980. Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, 1. Baskı, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [21] **Odabaşı, Y.**, 1992. Ahşap ve çelik yapı elemanları, *Beta Dağıtım*, İstanbul.
- [22] **ABYYHY**, 1998. Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelik, *İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi*, İstanbul.
- [23] **FrameCad**, 1995. FrameCad Programı Tanıtım Kitabı, İstanbul.
- [24] **Sap 2000 V.8**, 2002. Three Dimensional Static and Dynamic Finite Element Analysis and Design of Structures, *Structural and Engineering Software*, Computers Structures Inc, California.
- [25] **Microsoft Visual Basic 6.0**, 1987. Microsoft Corporation for 32-bit Windows Development.
- [26] **Deren, H.**, 1984. Çelik Yapılar, *Tenik Kitaplar Yayınevi*, İstanbul.





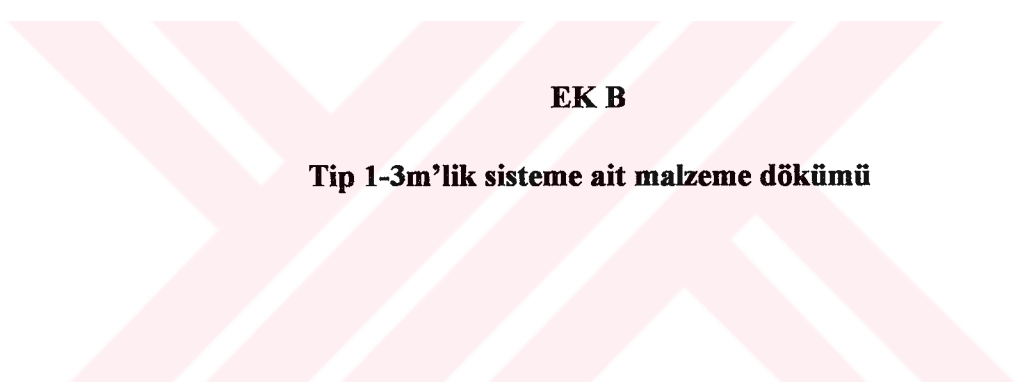
EK A

Sisteme ait yük kabülleri ve kombinasyonları

- 1- Zati yük
- 2- Aşık+Kaplama yükü-15kg/m²
- 3- Tesisat yükü-10kg/m²
- 4- Kar yükü-75 kg/m²
- 5- Rüzgar yükü-Soldan-80 kg/m²
- 6- Rüzgar yükü-Sağdan-80 kg/m²
- 7- Rüzgar yükü-Önden-80 kg/m²
- 8- Rüzgar yükü-Arkadan-80 kg/m²
- 9- Deprem yükü-X yönünde
- 10- Deprem yükü-Y yönünde
- 11- Sıcaklık $\mp 25^{\circ}\text{C}$

Yükleme kombinasyon sayısı..... : 33
Hz Yüklemesini başladığı kombinasyon no..... : 2

[illegible]



EK B

Tip 1-3m'lik sisteme ait malzeme dökümü

Tip 1-3m'lik Sisteme Ait Malzeme Dökümü

SOMUN	TIP PIM	BORU DELİK	KURE CAPI	Laks SAYI	Lnet MALZEME	LBoru	C I V A T A
	1	48.3x	3.25	3.000	2.872	2.822 M16-	8.8
27/18	4x27	DELIKSIZ	75- 75	28	ST37		
	2	48.3x	3.25	3.092	2.964	2.914 M16-	8.8
27/18	4x27	DELIKSIZ	75- 75	32	ST37		
	3	48.3x	3.25	3.000	2.865	2.815 M16-	8.8
27/18	4x27	DELIKSIZ	75- 90	28	ST37		
	4	48.3x	3.25	3.092	2.957	2.907 M16-	8.8
27/18	4x27	DELIKSIZ	75- 90	28	ST37		
	5	48.3x	3.25	3.092	2.950	2.900 M16-	8.8
27/18	4x27	DELIKSIZ	90- 90	24	ST37		
	6	48.3x	3.25	3.000	2.849	2.799 M16-	8.8
27/18	4x27	DELIKSIZ	90-110	8	ST37		
	7	60.3x	3.65	3.000	2.872	2.806 M16-	8.8
27/18	4x27	DELIKSIZ	75- 75	8	ST37		
	8	60.3x	3.65	3.092	2.964	2.898 M16-	8.8
27/18	4x27	DELIKSIZ	75- 75	4	ST37		
	9	60.3x	3.65	3.092	2.950	2.884 M16-	8.8
27/18	4x27	DELIKSIZ	90- 90	8	ST37		
	10	76.1x	3.65	3.000	2.858	2.774 M20-	8.8
30/22	5x30		90- 90	8	ST37		
	11	88.9x	4.05	3.000	2.858	2.764 M20-	8.8
30/22	5x30	DELIKSIZ	90- 90	8	ST37		
	12	88.9x	4.05	3.000	2.858	2.764 M20-	8.8
36/22	5x36	DELIKSIZ	90- 90	8	ST37		
	13	88.9x	4.05	3.092	2.941	2.847 M20-	8.8
36/22	5x36	DELIKSIZ	90-110	4	ST37		
	14	88.9x	4.05	3.000	2.858	2.764 M24-10.9	
36/26	5x36	DELIKSIZ	90- 90	4	ST37		

ASAGIDAKI BORULARA İHTİYAC VARDIR

MALZEME : 37	BORU	48.3 x	3.25	424.47 METRE
MALZEME : 37	BORU	60.3 x	3.65	57.11 METRE
MALZEME : 37	BORU	76.1 x	3.65	22.19 METRE
MALZEME : 37	BORU	88.9 x	4.05	66.67 METRE

ASAGIDAKI KONIKLERE İHTİYAC VARDIR

KONIK	48.3 x M16	296 ADET
KONIK	60.3 x M16	40 ADET
KONIK	76.1 x M20	16 ADET
KONIK	88.9 x M20	40 ADET
KONIK	88.9 x M24	8 ADET

ASAGIDAKI SOMUNLARA İHTİYAC VARDIR

SOMUN	27/18	336 ADET
SOMUN	30/22	32 ADET
SOMUN	36/26	8 ADET
SOMUN	36/22	24 ADET

ASAGIDAKI CIVATALARA İHTİYAC VARDIR

CIVATA	M16- 8.8	336 ADET
CIVATA	M20- 8.8	56 ADET
CIVATA	M24-10.9	8 ADET

ASAGIDAKI PİMLERE İHTİYAC VARDIR

PİM	4x27	336 ADET
PİM	5x30	32 ADET
PİM	5x36	32 ADET

ASAGIDAKI KURELERE İHTİYAC VARDIR

KURE	75	KURE	25 ADET
KURE	90	KURE	32 ADET
KURE	110	KURE	4 ADET

AGIRLIKLAR [kg]

CUBUK AGIRLIGI	:	2534
KONIK AGIRLIGI	:	98
SOMUN AGIRLIGI	:	36
CIVATA AGIRLIGI	:	55
KURE AGIRLIGI	:	129
TOPLAM AGIRLIK	:	2852



EK C

Tip 1-3m'lik sisteme ait teklif dökümü

Tip 1-3m'lik Sisteme Ait Teklif Dosyası

TEKLİF NO	= 24
ISIN ADI	= Kemaliye Sabit Pazarı
SISTEM ALANI [m2]	= 225.00
BORU ADEDİ	= 200
KURE ADEDİ	= 61
SISTEMİN AGIRLIĞI [kg]	= 2852
ZATI YUK [kg/m2]	= 12.7
OLU YUK [kg/m2]	= 75.0
RUZGAR YUKU [kg/m2]	= 80.0
MODUL BOYU [m]	= 3.0000
SISTEM YUKSEKLİĞİ [m]	= 2.2500

.....

BORU TIPI	MIKTAR(M)	FİRE(M)	BİRİM FİYAT (TL/M)
TUTAR(TL)	TOPLAM(TL/M2)		
48.3x 3.25	424	0	2708
1149470	5108.76		
60.3x 3.65	57	3	3825
229500	1020.00		
76.1x 3.65	22	2	4890
117360	521.60		
88.9x 4.05	67	5	6355
457560	2033.60		
BOYA ALANI (M2)	BOYA FİYATI (TL/M2)	TUTAR(TL)	
TOPLAM(TL/M2)			
99.22	5500	545700	
2425.33			

KONİK TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT (TL/ADED)	TUTAR(TL)
TOPLAM(TL/M2)			
48.3xM16	296	455	134680
598.58			
60.3xM16	40	700	28000
124.44			
76.1xM20	16	1100	17600
78.22			
88.9xM20	40	1775	71000
315.56			
88.9xM24	8	1775	14200
63.11			

SOMUN TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT (TL/ADED)	TUTAR (TL)
TOPLAM(TL/M2)			

522.67	27/18	336	350	117600
59.02	30/22	32	415	13280
18.67	36/26	8	525	4200
56.00	36/22	24	525	12600

CIVATA TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT (TL/ADED)	TUTAR (TL)
TOPLAM(TL/M2)			

672.00	M16-8.8	336	450	151200
211.56	M20-8.8	56	850	47600
58.67	M24-10.9	8	1650	13200

PİM TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT (TL/ADED)	TUTAR (TL)
TOPLAM(TL/M2)			

44.80	4x27	336	30	10080
5.69	5x30	32	40	1280
5.69	5x36	32	40	1280

KÜRE TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT (TL/ADED)	TUTAR (TL)
TOPLAM(TL/M2)			

350.00	75	25	3150	78750
711.11	90	32	5000	160000
153.78	110	4	8650	34600

ASİK TIPI	MIKTAR(M)	AĞIRLIK(kg)	BİRİM FİYAT (TL/kg)	TUTAR (TL)
TOPLAM(TL)				

895050	R60/120/3	168	1377	650
--------	-----------	-----	------	-----

8684 TL/M2	ZAIYATLI BORU MALİYETİ =	1953890
	43.3%	
1180 TL/M2	TOPLAM KONİK MALİYETİ =	265480
	5.9%	
656 TL/M2	TOPLAM SOMUN MALİYETİ =	147680
	3.3%	
942 TL/M2	TOPLAM CIVATA MALİYETİ =	212000
	4.7%	
56 TL/M2	TOPLAM PİM MALİYETİ =	12640
	0.3%	
1215 TL/M2	TOPLAM KURE MALİYETİ =	273350
	6.1%	
3978 TL/M2	TOPLAM ASIK MALİYETİ =	895050
	19.8%	
0 TL/M2	TOPLAM EGİM DİKMESİ MALİYETİ =	0
	0.0%	
889 TL/M2	TOPLAM MESNET MALİYETİ =	200000
	4.4%	
2425 TL/M2	UZAY SİSTEM BOYA MALİYETİ =	545700
	12.2%	
20026 TL/M2	TOPLAM MALZEME MALİYETİ =	45057790
	68.8%	
3756 TL/M2	TOPLAM İSCİLİK MALİYETİ =	845200
	12.9%	
2407 TL/M2	TOPLAM PROJE MALİYETİ =	541611
	8.3%	
2920 TL/M2	TOPLAM MONTAJ MALİYETİ =	657100
	10.0%	
29110 TL/M2	TOPLAM TEKLİF FİYATI =	6549750
	TOPLAM TEKLİF FİYATI =	8187188
	TEKLİF FİYATI [TL/M2] =	36388

Not: Gerçek fiyatlar değerlerin 1000 ile çarpılmış halidir.

EK D

Tip 1-3m'lik sistem için geliştirilmiş programda oluşturulan girdi dosyaları

Calculation of Bolt Stresses in Space Truss

NF NS E [kN/cm2] LC[Load Condition] LCC[Load Condition
Coefficient only for sections]

200 6 20618.2 2 1.33

Material Yield Stress(St37 St52)[kN/cm2]

1 6 1 23.5

0 0 0 35.3

Allow.Str.[kN/cm2] for Bolts (1-10.9 ve 2-8.8)[Tek rakamlar devam eden satir sayisidir.]

1

6 6 1 40.5995

1

1 5 1 28.8708

Allow. Str.[kN/cm2] for Sec. in tension

1 6 1 14.1214

0 0 0 21.1824

Bolts (F.SID-L.SID-Incr.-Bolt Dia.[cm]-Pin Dia.[cm])[Tek rakamlar devam eden satir sayisidir.]

1

0 0 0 1.2 0.4

1

1 2 1 1.6 0.4

1

3 5 1 2.0 0.5

1

6 6 1 2.4 0.5

1

0 0 0 2.6 0.5

1

0 0 0 2.7 0.5

2

0 0 0 3.0 0.5

0 0 0 3.0 0.5

1

0 0 0 3.3 0.5

1

0 0 0 3.6 0.5

1

0 0 0 3.9 0.5

2

0 0 0 4.2 0.6

0 0 0 4.2 0.6

1

0 0 0 4.8 0.6

1

0 0 0 5.6 0.6

1

0 0 0 6.4 0.6

1

0 0 0 7.2 0.6

End Cone Weld (Dp[mm], tp[mm]),Weld Allowable Stress ([kN/cm2])[Tek rakamlar devam eden satir sayisidir.]

4 12.26

4 6 1 88.9 4.05

3 3 1 76.1 3.65

2 2 1 60.3 3.65

1 1 1 48.3 3.25

End Cone (Dc[mm], tc[mm], Db[mm], tc1[mm]) [Tek rakamlar devam eden
satir sayisidir.]

5

1	1	1	29	4.5	39.8	5
2	2	1	33	6.5	51	5
3	3	1	40	8.0	66.8	6
4	5	1	44	10	78.8	7
6	6	1	44	8.0	78.8	7

Sleevs (Ds[mm], Ds1[mm], Dp[mm] (Pin Dia.+1mm))

4

1	2	1	27	18	5
3	4	1	30	22	6
5	5	1	36	22	6
6	6	1	36	26	6

FID SID Force [kN] FrDLen.[cm] SecDia.[cm] Sec.t [cm] Factor
for Fn (Dijit ayraci "." olmalidir!!!)

1	1	39.6699	300	4.83	0.325	1
2	3	62.8861	300	7.61	0.365	0.855
3	6	69.3919	300	8.89	0.405	1
4	3	62.8861	300	7.61	0.365	0.855
5	1	39.6699	300	4.83	0.325	1
6	1	-1.0856	300	4.83	0.325	1
7	1	19.3603	300	4.83	0.325	1
8	1	25.4453	300	4.83	0.325	1
9	1	19.3603	300	4.83	0.325	1
10	1	-1.0856	300	4.83	0.325	1
11	1	-1.1248	300	4.83	0.325	1
12	1	6.3694	300	4.83	0.325	1
13	1	10.8501	300	4.83	0.325	1
14	1	6.3694	300	4.83	0.325	1
15	1	-1.1248	300	4.83	0.325	1
16	1	-1.1248	300	4.83	0.325	1
17	1	5.8997	300	4.83	0.325	1
18	1	10.1362	300	4.83	0.325	1
19	1	5.8997	300	4.83	0.325	1
20	1	-1.1248	300	4.83	0.325	1
21	1	-1.0856	300	4.83	0.325	1
22	1	17.5882	300	4.83	0.325	1
23	1	23.0584	300	4.83	0.325	1
24	1	17.5882	300	4.83	0.325	1
25	1	-1.0856	300	4.83	0.325	1
26	1	38.1459	300	4.83	0.325	1
27	3	60.1363	300	7.61	0.365	0.855
28	6	66.2645	300	8.89	0.405	1
29	3	60.1363	300	7.61	0.365	0.855
30	1	38.1459	300	4.83	0.325	1
31	1	42.2451	300	4.83	0.325	1
32	1	-2.9979	300	4.83	0.325	1
33	1	-3.0371	300	4.83	0.325	1
34	1	-3.0371	300	4.83	0.325	1
35	1	-2.9979	300	4.83	0.325	1
36	1	42.2451	300	4.83	0.325	1
37	3	62.4831	300	7.61	0.365	0.855
38	1	16.6537	300	4.83	0.325	1
39	1	3.8697	300	4.83	0.325	1
40	1	3.8697	300	4.83	0.325	1
41	1	16.6537	300	4.83	0.325	1
42	3	62.4831	300	7.61	0.365	0.855
43	6	66.6185	300	8.89	0.405	1
44	1	22.6357	300	4.83	0.325	1
45	1	8.7554	300	4.83	0.325	1

46	1	8.7554	300	4.83	0.325	1
47	1	22.6357	300	4.83	0.325	1
48	6	66.6185	300	8.89	0.405	1
49	3	58.6134	300	7.61	0.365	0.855
50	1	17.3676	300	4.83	0.325	1
51	1	5.3044	300	4.83	0.325	1
52	1	5.3044	300	4.83	0.325	1
53	1	17.3676	300	4.83	0.325	1
54	3	58.6134	300	7.61	0.365	0.855
55	1	34.9764	300	4.83	0.325	1
56	1	-1.0856	300	4.83	0.325	1
57	1	-1.1248	300	4.83	0.325	1
58	1	-1.1248	300	4.83	0.325	1
59	1	-1.0856	300	4.83	0.325	1
60	1	34.9764	300	4.83	0.325	1
61	4	-54.2622	300	8.89	0.405	1
62	5	-75.8721	300	8.89	0.405	1
63	5	-75.8721	300	8.89	0.405	1
64	4	-54.2622	300	8.89	0.405	1
65	1	-8.2121	300	4.83	0.325	1
66	2	-19.1553	300	6.03	0.365	1
67	2	-19.1553	300	6.03	0.365	1
68	1	-8.2121	300	4.83	0.325	1
69	1	-4.2237	300	4.83	0.325	1
70	1	-8.8054	300	4.83	0.325	1
71	1	-8.8054	300	4.83	0.325	1
72	1	-4.2237	300	4.83	0.325	1
73	1	-7.7404	300	4.83	0.325	1
74	2	-17.7275	300	6.03	0.365	1
75	2	-17.7275	300	6.03	0.365	1
76	1	-7.7404	300	4.83	0.325	1
77	4	-48.0261	300	8.89	0.405	1
78	5	-66.8039	300	8.89	0.405	1
79	5	-66.8039	300	8.89	0.405	1
80	4	-48.0261	300	8.89	0.405	1
81	4	-51.6918	300	8.89	0.405	1
82	1	-8.3778	300	4.83	0.325	1
83	1	-4.6523	300	4.83	0.325	1
84	1	-8.3778	300	4.83	0.325	1
85	4	-51.6918	300	8.89	0.405	1
86	5	-70.7059	300	8.89	0.405	1
87	2	-18.2678	300	6.03	0.365	1
88	1	-8.6691	300	4.83	0.325	1
89	2	-18.2678	300	6.03	0.365	1
90	5	-70.7059	300	8.89	0.405	1
91	5	-69.8763	300	8.89	0.405	1
92	2	-18.2080	300	6.03	0.365	1
93	1	-8.7269	300	4.83	0.325	1
94	2	-18.2080	300	6.03	0.365	1
95	5	-69.8763	300	8.89	0.405	1
96	4	-49.6717	300	8.89	0.405	1
97	1	-7.9708	300	4.83	0.325	1
98	1	-4.3394	300	4.83	0.325	1
99	1	-7.9708	300	4.83	0.325	1
100	4	-49.6717	300	8.89	0.405	1
101	5	-82.4033	309.233	8.89	0.405	1
102	1	26.2014	309.233	4.83	0.325	1
103	2	-21.6599	309.233	6.03	0.365	1
104	1	9.0172	309.233	4.83	0.325	1
105	1	-4.3944	309.233	4.83	0.325	1
106	1	-4.3944	309.233	4.83	0.325	1

107	1	9.0172	309.233	4.83	0.325	1
108	2	-21.6599	309.233	6.03	0.365	1
109	1	26.2014	309.233	4.83	0.325	1
110	5	-82.4033	309.233	8.89	0.405	1
111	1	22.5259	309.233	4.83	0.325	1
112	1	26.6064	309.233	4.83	0.325	1
113	1	-5.4407	309.233	4.83	0.325	1
114	1	8.4327	309.233	4.83	0.325	1
115	1	-0.4178	309.233	4.83	0.325	1
116	1	-0.4178	309.233	4.83	0.325	1
117	1	8.4327	309.233	4.83	0.325	1
118	1	-5.4407	309.233	4.83	0.325	1
119	1	26.6064	309.233	4.83	0.325	1
120	1	22.5259	309.233	4.83	0.325	1
121	2	-19.1965	309.233	6.03	0.365	1
122	1	-4.6219	309.233	4.83	0.325	1
123	2	-14.7247	309.233	6.03	0.365	1
124	1	-1.2651	309.233	4.83	0.325	1
125	1	-4.9573	309.233	4.83	0.325	1
126	1	-4.9573	309.233	4.83	0.325	1
127	1	-1.2651	309.233	4.83	0.325	1
128	2	-14.7247	309.233	6.03	0.365	1
129	1	-4.6219	309.233	4.83	0.325	1
130	2	-19.1965	309.233	6.03	0.365	1
131	1	5.9673	309.233	4.83	0.325	1
132	1	9.4134	309.233	4.83	0.325	1
133	1	-2.3507	309.233	4.83	0.325	1
134	1	6.7499	309.233	4.83	0.325	1
135	1	-0.8179	309.233	4.83	0.325	1
136	1	-0.8179	309.233	4.83	0.325	1
137	1	6.7499	309.233	4.83	0.325	1
138	1	-2.3507	309.233	4.83	0.325	1
139	1	9.4134	309.233	4.83	0.325	1
140	1	5.9673	309.233	4.83	0.325	1
141	1	-2.5576	309.233	4.83	0.325	1
142	1	-0.7924	309.233	4.83	0.325	1
143	1	-4.4777	309.233	4.83	0.325	1
144	1	-1.2356	309.233	4.83	0.325	1
145	1	-2.9047	309.233	4.83	0.325	1
146	1	-2.9047	309.233	4.83	0.325	1
147	1	-1.2356	309.233	4.83	0.325	1
148	1	-4.4777	309.233	4.83	0.325	1
149	1	-0.7924	309.233	4.83	0.325	1
150	1	-2.5576	309.233	4.83	0.325	1
151	1	-6.5469	309.233	4.83	0.325	1
152	1	1.4867	309.233	4.83	0.325	1
153	1	-6.0203	309.233	4.83	0.325	1
154	1	0.1834	309.233	4.83	0.325	1
155	1	-2.8439	309.233	4.83	0.325	1
156	1	-2.8439	309.233	4.83	0.325	1
157	1	0.1834	309.233	4.83	0.325	1
158	1	-6.0203	309.233	4.83	0.325	1
159	1	1.4867	309.233	4.83	0.325	1
160	1	-6.5469	309.233	4.83	0.325	1
161	1	9.9567	309.233	4.83	0.325	1
162	1	6.6499	309.233	4.83	0.325	1
163	1	-0.3236	309.233	4.83	0.325	1
164	1	5.0798	309.233	4.83	0.325	1
165	1	-0.6266	309.233	4.83	0.325	1
166	1	-0.6266	309.233	4.83	0.325	1
167	1	5.0798	309.233	4.83	0.325	1

168	1	-0.3236	309.233	4.83	0.325	1
169	1	6.6499	309.233	4.83	0.325	1
170	1	9.9567	309.233	4.83	0.325	1
171	2	-22.6995	309.233	6.03	0.365	1
172	1	-2.3448	309.233	4.83	0.325	1
173	2	-15.7662	309.233	6.03	0.365	1
174	1	-0.5815	309.233	4.83	0.325	1
175	1	-5.1485	309.233	4.83	0.325	1
176	1	-5.1485	309.233	4.83	0.325	1
177	1	-0.5815	309.233	4.83	0.325	1
178	2	-15.7662	309.233	6.03	0.365	1
179	1	-2.3448	309.233	4.83	0.325	1
180	2	-22.6995	309.233	6.03	0.365	1
181	1	26.0288	309.233	4.83	0.325	1
182	1	22.5033	309.233	4.83	0.325	1
183	1	-2.5723	309.233	4.83	0.325	1
184	1	7.1157	309.233	4.83	0.325	1
185	1	0.4070	309.233	4.83	0.325	1
186	1	0.4070	309.233	4.83	0.325	1
187	1	7.1157	309.233	4.83	0.325	1
188	1	-2.5723	309.233	4.83	0.325	1
189	1	22.5033	309.233	4.83	0.325	1
190	1	26.0288	309.233	4.83	0.325	1
191	5	-79.0230	309.233	8.89	0.405	1
192	1	24.3313	309.233	4.83	0.325	1
193	2	-21.0029	309.233	6.03	0.365	1
194	1	8.0218	309.233	4.83	0.325	1
195	1	-4.6121	309.233	4.83	0.325	1
196	1	-4.6121	309.233	4.83	0.325	1
197	1	8.0218	309.233	4.83	0.325	1
198	2	-21.0029	309.233	6.03	0.365	1
199	1	24.3313	309.233	4.83	0.325	1
200	5	-79.0230	309.233	8.89	0.405	1

EK E

Tip 1-3m'lik sistem için genişletilmiş programda oluşturulan çıktı dosyaları

Bulonlara Ait Gerilme Kontrolu

FrameID	SectionID	Bolt Stress[kN/cm2]							
1	1	28.943	1 +++>>>	28.943	>	28.871	T	0.003	
2	3	29.364	2 +++>>>	29.364	>	28.871	T	0.017	
3	6	20.877							
4	3	29.364	3 +++>>>	29.364	>	28.871	T	0.017	
5	1	28.943	4 +++>>>	28.943	>	28.871	T	0.003	
7	1	14.125							
8	1	18.565							
9	1	14.125							
12	1	4.647							
13	1	7.916							
14	1	4.647							
17	1	4.304							
18	1	7.395							
19	1	4.304							
22	1	12.832							
23	1	16.823							
24	1	12.832							
26	1	27.831							
27	3	28.080							
28	6	19.936							
29	3	28.080							
30	1	27.831							
31	1	30.822	5 +++>>>	30.822	>	28.871	T	0.068	
36	1	30.822	6 +++>>>	30.822	>	28.871	T	0.068	
37	3	29.176	7 +++>>>	29.176	>	28.871	T	0.011	
38	1	12.150							
39	1	2.823							
40	1	2.823							
41	1	12.150							
42	3	29.176	8 +++>>>	29.176	>	28.871	T	0.011	
43	6	20.042							
44	1	16.515							
45	1	6.388							
46	1	6.388							
47	1	16.515							
48	6	20.042							
49	3	27.369							
50	1	12.671							
51	1	3.870							
52	1	3.870							
53	1	12.671							
54	3	27.369							
55	1	25.519							
60	1	25.519							
102	1	19.116							
104	1	6.579							
107	1	6.579							
109	1	19.116							
111	1	16.435							
112	1	19.412							
114	1	6.152							
117	1	6.152							
119	1	19.412							
120	1	16.435							
131	1	4.354							

132	1	6.868
134	1	4.925
137	1	4.925
139	1	6.868
140	1	4.354
152	1	1.085
154	1	0.134
157	1	0.134
159	1	1.085
161	1	7.264
162	1	4.852
164	1	3.706
167	1	3.706
169	1	4.852
170	1	7.264
181	1	18.991
182	1	16.418
184	1	5.192
185	1	0.297
186	1	0.297
187	1	5.192
189	1	16.418
190	1	18.991
192	1	17.752
194	1	5.853
197	1	5.853
199	1	17.752

*** Toplam 8 adet bulonda emniyet gerilmesi degeri aşılmaktadır.
*** Emniyet gerilmesinin aşıılma oranları %6.758 - %0.250 arasındadır.

Bulonlara Ait Kesit Alanları Hesabı

Sec.ID	Fn1 [cm2]	Fn2 [cm2]	Fn3 [cm2]	Fmin [cm2]
1	1.4871	1.3706	2.0106(M 16)	1.3706
2	1.4871	1.3706	2.0106(M 16)	1.3706
3	2.3235	2.1416	3.1416(M 20)	2.1416
4	2.3235	2.1416	3.1416(M 20)	2.1416
5	2.3235	2.1416	3.1416(M 20)	2.1416
6	3.3459	3.3239	4.5239(M 24)	3.3239

Konik Uca Ait Kose Kaynakta Gerilme Kontrolu

FrID	SecID	Aw[cm2]	Sw[kN/cm2]	
1	1	3.150	12.593	1+++>>>12.593 >12.260 T
2	3	5.728	10.980	
3	6	7.449	9.316	
4	3	5.728	10.980	
5	1	3.150	12.593	2+++>>>12.593> 12.260 T
6	1	3.150	-0.345	
7	1	3.150	6.146	
8	1	3.150	8.078	
9	1	3.150	6.146	
10	1	3.150	-0.345	
11	1	3.150	-0.357	
12	1	3.150	2.022	

13	1	3.150	3.444
14	1	3.150	2.022
15	1	3.150	-0.357
16	1	3.150	-0.357
17	1	3.150	1.873
18	1	3.150	3.218
19	1	3.150	1.873
20	1	3.150	-0.357
21	1	3.150	-0.345
22	1	3.150	5.583
23	1	3.150	7.320
24	1	3.150	5.583
25	1	3.150	-0.345
26	1	3.150	12.109
27	3	5.728	10.500
28	6	7.449	8.896
29	3	5.728	10.500
30	1	3.150	12.109
31	1	3.150	13.411 3 +++>>>13.411>12.260 T
32	1	3.150	-0.952
33	1	3.150	-0.964
34	1	3.150	-0.964
35	1	3.150	-0.952
36	1	3.150	13.411 4 +++>>>13.411>12.260 T
37	3	5.728	10.909
38	1	3.150	5.287
39	1	3.150	1.228
40	1	3.150	1.228
41	1	3.150	5.287
42	3	5.728	10.909
43	6	7.449	8.943
44	1	3.150	7.186
45	1	3.150	2.779
46	1	3.150	2.779
47	1	3.150	7.186
48	6	7.449	8.943
49	3	5.728	10.234
50	1	3.150	5.513
51	1	3.150	1.684
52	1	3.150	1.684
53	1	3.150	5.513
54	3	5.728	10.234
55	1	3.150	11.103
56	1	3.150	-0.345
57	1	3.150	-0.357
58	1	3.150	-0.357
59	1	3.150	-0.345
60	1	3.150	11.103
61	4	7.449	-7.285
62	5	7.449	-10.186
63	5	7.449	-10.186
64	4	7.449	-7.285
65	1	3.150	-2.607
66	2	4.459	-4.296
67	2	4.459	-4.296
68	1	3.150	-2.607
69	1	3.150	-1.341
70	1	3.150	-2.795
71	1	3.150	-2.795
72	1	3.150	-1.341
73	1	3.150	-2.457

74	2	4.459	-3.975
75	2	4.459	-3.975
76	1	3.150	-2.457
77	4	7.449	-6.447
78	5	7.449	-8.968
79	5	7.449	-8.968
80	4	7.449	-6.447
81	4	7.449	-6.940
82	1	3.150	-2.660
83	1	3.150	-1.477
84	1	3.150	-2.660
85	4	7.449	-6.940
86	5	7.449	-9.492
87	2	4.459	-4.097
88	1	3.150	-2.752
89	2	4.459	-4.097
90	5	7.449	-9.492
91	5	7.449	-9.381
92	2	4.459	-4.083
93	1	3.150	-2.770
94	2	4.459	-4.083
95	5	7.449	-9.381
96	4	7.449	-6.668
97	1	3.150	-2.530
98	1	3.150	-1.378
99	1	3.150	-2.530
100	4	7.449	-6.668
101	5	7.449	-11.063
102	1	3.150	8.318
103	2	4.459	-4.857
104	1	3.150	2.863
105	1	3.150	-1.395
106	1	3.150	-1.395
107	1	3.150	2.863
108	2	4.459	-4.857
109	1	3.150	8.318
110	5	7.449	-11.063
111	1	3.150	7.151
112	1	3.150	8.446
113	1	3.150	-1.727
114	1	3.150	2.677
115	1	3.150	-0.133
116	1	3.150	-0.133
117	1	3.150	2.677
118	1	3.150	-1.727
119	1	3.150	8.446
120	1	3.150	7.151
121	2	4.459	-4.305
122	1	3.150	-1.467
123	2	4.459	-3.302
124	1	3.150	-0.402
125	1	3.150	-1.574
126	1	3.150	-1.574
127	1	3.150	-0.402
128	2	4.459	-3.302
129	1	3.150	-1.467
130	2	4.459	-4.305
131	1	3.150	1.894
132	1	3.150	2.988
133	1	3.150	-0.746
134	1	3.150	2.143

135	1	3.150	-0.260
136	1	3.150	-0.260
137	1	3.150	2.143
138	1	3.150	-0.746
139	1	3.150	2.988
140	1	3.150	1.894
141	1	3.150	-0.812
142	1	3.150	-0.252
143	1	3.150	-1.421
144	1	3.150	-0.392
145	1	3.150	-0.922
146	1	3.150	-0.922
147	1	3.150	-0.392
148	1	3.150	-1.421
149	1	3.150	-0.252
150	1	3.150	-0.812
151	1	3.150	-2.078
152	1	3.150	0.472
153	1	3.150	-1.911
154	1	3.150	0.058
155	1	3.150	-0.903
156	1	3.150	-0.903
157	1	3.150	0.058
158	1	3.150	-1.911
159	1	3.150	0.472
160	1	3.150	-2.078
161	1	3.150	3.161
162	1	3.150	2.111
163	1	3.150	-0.103
164	1	3.150	1.613
165	1	3.150	-0.199
166	1	3.150	-0.199
167	1	3.150	1.613
168	1	3.150	-0.103
169	1	3.150	2.111
170	1	3.150	3.161
171	2	4.459	-5.090
172	1	3.150	-0.744
173	2	4.459	-3.536
174	1	3.150	-0.185
175	1	3.150	-1.634
176	1	3.150	-1.634
177	1	3.150	-0.185
178	2	4.459	-3.536
179	1	3.150	-0.744
180	2	4.459	-5.090
181	1	3.150	8.263
182	1	3.150	7.144
183	1	3.150	-0.817
184	1	3.150	2.259
185	1	3.150	0.129
186	1	3.150	0.129
187	1	3.150	2.259
188	1	3.150	-0.817
189	1	3.150	7.144
190	1	3.150	8.263
191	5	7.449	-10.609
192	1	3.150	7.724
193	2	4.459	-4.710
194	1	3.150	2.547
195	1	3.150	-1.464

196	1	3.150	-1.464
197	1	3.150	2.547
198	2	4.459	-4.710
199	1	3.150	7.724
200	5	7.449	-10.609

*** Toplam 4 adet konik köşe kaynağında emniyet gerilmesi değeri aşılmaktadır.

*** Emniyet gerilmesinin aşılma oranları %2.716 - %9.388 arasındadır.

Konik Uca Ait Gerilme Kontrolü

FrID	SecID	Fcone,min[cm2]	Scone[kN/cm2]
1	1	3.464	11.453
2	3	8.042	7.819
3	6	9.048	7.669
4	3	8.042	7.819
5	1	3.464	11.453
6	1	3.464	-0.313
7	1	3.464	5.590
8	1	3.464	7.346
9	1	3.464	5.590
10	1	3.464	-0.313
11	1	3.464	-0.325
12	1	3.464	1.839
13	1	3.464	3.133
14	1	3.464	1.839
15	1	3.464	-0.325
16	1	3.464	-0.325
17	1	3.464	1.703
18	1	3.464	2.926
19	1	3.464	1.703
20	1	3.464	-0.325
21	1	3.464	-0.313
22	1	3.464	5.078
23	1	3.464	6.657
24	1	3.464	5.078
25	1	3.464	-0.313
26	1	3.464	11.013
27	3	8.042	7.477
28	6	9.048	7.324
29	3	8.042	7.477
30	1	3.464	11.013
31	1	3.464	12.197
32	1	3.464	-0.866
33	1	3.464	-0.877
34	1	3.464	-0.877
35	1	3.464	-0.866
36	1	3.464	12.197
37	3	8.042	7.769
38	1	3.464	4.808
39	1	3.464	1.117
40	1	3.464	1.117
41	1	3.464	4.808
42	3	8.042	7.769
43	6	9.048	7.363
44	1	3.464	6.535
45	1	3.464	2.528

46	1	3.464	2.528
47	1	3.464	6.535
48	6	9.048	7.363
49	3	8.042	7.288
50	1	3.464	5.014
51	1	3.464	1.531
52	1	3.464	1.531
53	1	3.464	5.014
54	3	8.042	7.288
55	1	3.464	10.098
56	1	3.464	-0.313
57	1	3.464	-0.325
58	1	3.464	-0.325
59	1	3.464	-0.313
60	1	3.464	10.098
61	4	10.681	-5.080
62	5	10.681	-7.103
63	5	10.681	-7.103
64	4	10.681	-5.080
65	1	3.464	-2.371
66	2	5.411	-3.540
67	2	5.411	-3.540
68	1	3.464	-2.371
69	1	3.464	-1.219
70	1	3.464	-2.542
71	1	3.464	-2.542
72	1	3.464	-1.219
73	1	3.464	-2.235
74	2	5.411	-3.276
75	2	5.411	-3.276
76	1	3.464	-2.235
77	4	10.681	-4.496
78	5	10.681	-6.254
79	5	10.681	-6.254
80	4	10.681	-4.496
81	4	10.681	-4.839
82	1	3.464	-2.419
83	1	3.464	-1.343
84	1	3.464	-2.419
85	4	10.681	-4.839
86	5	10.681	-6.620
87	2	5.411	-3.376
88	1	3.464	-2.503
89	2	5.411	-3.376
90	5	10.681	-6.620
91	5	10.681	-6.542
92	2	5.411	-3.365
93	1	3.464	-2.520
94	2	5.411	-3.365
95	5	10.681	-6.542
96	4	10.681	-4.650
97	1	3.464	-2.301
98	1	3.464	-1.253
99	1	3.464	-2.301
100	4	10.681	-4.650
101	5	10.681	-7.715
102	1	3.464	7.565
103	2	5.411	-4.003
104	1	3.464	2.603
105	1	3.464	-1.269
106	1	3.464	-1.269

107	1	3.464	2.603
108	2	5.411	-4.003
109	1	3.464	7.565
110	5	10.681	-7.715
111	1	3.464	6.504
112	1	3.464	7.682
113	1	3.464	-1.571
114	1	3.464	2.435
115	1	3.464	-0.121
116	1	3.464	-0.121
117	1	3.464	2.435
118	1	3.464	-1.571
119	1	3.464	7.682
120	1	3.464	6.504
121	2	5.411	-3.547
122	1	3.464	-1.334
123	2	5.411	-2.721
124	1	3.464	-0.365
125	1	3.464	-1.431
126	1	3.464	-1.431
127	1	3.464	-0.365
128	2	5.411	-2.721
129	1	3.464	-1.334
130	2	5.411	-3.547
131	1	3.464	1.723
132	1	3.464	2.718
133	1	3.464	-0.679
134	1	3.464	1.949
135	1	3.464	-0.236
136	1	3.464	-0.236
137	1	3.464	1.949
138	1	3.464	-0.679
139	1	3.464	2.718
140	1	3.464	1.723
141	1	3.464	-0.738
142	1	3.464	-0.229
143	1	3.464	-1.293
144	1	3.464	-0.357
145	1	3.464	-0.839
146	1	3.464	-0.839
147	1	3.464	-0.357
148	1	3.464	-1.293
149	1	3.464	-0.229
150	1	3.464	-0.738
151	1	3.464	-1.890
152	1	3.464	0.429
153	1	3.464	-1.738
154	1	3.464	0.053
155	1	3.464	-0.821
156	1	3.464	-0.821
157	1	3.464	0.053
158	1	3.464	-1.738
159	1	3.464	0.429
160	1	3.464	-1.890
161	1	3.464	2.875
162	1	3.464	1.920
163	1	3.464	-0.093
164	1	3.464	1.467
165	1	3.464	-0.181
166	1	3.464	-0.181
167	1	3.464	1.467

168	1	3.464	-0.093
169	1	3.464	1.920
170	1	3.464	2.875
171	2	5.411	-4.195
172	1	3.464	-0.677
173	2	5.411	-2.914
174	1	3.464	-0.168
175	1	3.464	-1.486
176	1	3.464	-1.486
177	1	3.464	-0.168
178	2	5.411	-2.914
179	1	3.464	-0.677
180	2	5.411	-4.195
181	1	3.464	7.515
182	1	3.464	6.497
183	1	3.464	-0.743
184	1	3.464	2.054
185	1	3.464	0.118
186	1	3.464	0.118
187	1	3.464	2.054
188	1	3.464	-0.743
189	1	3.464	6.497
190	1	3.464	7.515
191	5	10.681	-7.398
192	1	3.464	7.025
193	2	5.411	-3.881
194	1	3.464	2.316
195	1	3.464	-1.332
196	1	3.464	-1.332
197	1	3.464	2.316
198	2	5.411	-3.881
199	1	3.464	7.025
200	5	10.681	-7.398

*** Toplam 0 adet konik elemanda emniyet gerilmesi degeri aşılmaktadır.

Somunlara Ait Gerilme Kontrolu

FrID	SecID	Fsleevs,min[cm2]	Ssleevs[kN/cm2]
6	1	3.181	-0.341
10	1	3.181	-0.341
11	1	3.181	-0.354
15	1	3.181	-0.354
16	1	3.181	-0.354
20	1	3.181	-0.354
21	1	3.181	-0.341
25	1	3.181	-0.341
32	1	3.181	-0.942
33	1	3.181	-0.955
34	1	3.181	-0.955
35	1	3.181	-0.942
56	1	3.181	-0.341
57	1	3.181	-0.354
58	1	3.181	-0.354
59	1	3.181	-0.341
61	4	3.267	-16.608
62	5	6.377	-11.897
63	5	6.377	-11.897

1-->>>-16.608 >16.240 C

64	4	3.267	-16.608 2 -->>>-16.608 >16.240 C
65	1	3.181	-2.582
66	2	3.181	-6.022
67	2	3.181	-6.022
68	1	3.181	-2.582
69	1	3.181	-1.328
70	1	3.181	-2.768
71	1	3.181	-2.768
72	1	3.181	-1.328
73	1	3.181	-2.433
74	2	3.181	-5.573
75	2	3.181	-5.573
76	1	3.181	-2.433
77	4	3.267	-14.699
78	5	6.377	-10.475
79	5	6.377	-10.475
80	4	3.267	-14.699
81	4	3.267	-15.821
82	1	3.181	-2.634
83	1	3.181	-1.463
84	1	3.181	-2.634
85	4	3.267	-15.821
86	5	6.377	-11.087
87	2	3.181	-5.743
88	1	3.181	-2.725
89	2	3.181	-5.743
90	5	6.377	-11.087
91	5	6.377	-10.957
92	2	3.181	-5.724
93	1	3.181	-2.744
94	2	3.181	-5.724
95	5	6.377	-10.957
96	4	3.267	-15.203
97	1	3.181	-2.506
98	1	3.181	-1.364
99	1	3.181	-2.506
100	4	3.267	-15.203
101	5	6.377	-12.921
103	2	3.181	-6.809
105	1	3.181	-1.382
106	1	3.181	-1.382
108	2	3.181	-6.809
110	5	6.377	-12.921
113	1	3.181	-1.710
115	1	3.181	-0.131
116	1	3.181	-0.131
118	1	3.181	-1.710
121	2	3.181	-6.035
122	1	3.181	-1.453
123	2	3.181	-4.629
124	1	3.181	-0.398
125	1	3.181	-1.558
126	1	3.181	-1.558
127	1	3.181	-0.398
128	2	3.181	-4.629
129	1	3.181	-1.453
130	2	3.181	-6.035
133	1	3.181	-0.739
135	1	3.181	-0.257
136	1	3.181	-0.257
138	1	3.181	-0.739

141	1	3.181	-0.804
142	1	3.181	-0.249
143	1	3.181	-1.408
144	1	3.181	-0.388
145	1	3.181	-0.913
146	1	3.181	-0.913
147	1	3.181	-0.388
148	1	3.181	-1.408
149	1	3.181	-0.249
150	1	3.181	-0.804
151	1	3.181	-2.058
153	1	3.181	-1.893
155	1	3.181	-0.894
156	1	3.181	-0.894
158	1	3.181	-1.893
160	1	3.181	-2.058
163	1	3.181	-0.102
165	1	3.181	-0.197
166	1	3.181	-0.197
168	1	3.181	-0.102
171	2	3.181	-7.136
172	1	3.181	-0.737
173	2	3.181	-4.957
174	1	3.181	-0.183
175	1	3.181	-1.619
176	1	3.181	-1.619
177	1	3.181	-0.183
178	2	3.181	-4.957
179	1	3.181	-0.737
180	2	3.181	-7.136
183	1	3.181	-0.809
188	1	3.181	-0.809
191	5	6.377	-12.391
193	2	3.181	-6.603
195	1	3.181	-1.450
196	1	3.181	-1.450
198	2	3.181	-6.603
200	5	6.377	-12.391

*** Toplam 2 adet somunda emniyet gerilmesi degeri aşılmaktadır.

*** Emniyet gerilmesinin aşıllma oranları %2.266 - %0.000 arasındadır.

Cubuklara Ait Gerilme Kontrolleri

FrID	P[kN]	Fr.Len.[cm]	I [cm4]	A [cm2]	r [cm]	Stress
[kN/cm2]	Allow.Stress	[kN/cm2]				
1	39.670	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	8.624
		18.781 (187.86) (T)				
2	62.886	300.0000	54.6473	7.103	2.5647	8.853
		18.781 (116.97) (T)				
3	69.392	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	6.428
		18.781 (99.89) (T)				
4	62.886	300.0000	54.6473	7.103	2.5647	8.853
		18.781 (116.97) (T)				
5	39.670	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	8.624
		18.781 (187.86) (T)				
6	-1.086	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.236
		3.067 (187.86) (C)				

7	19.360	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	4.209
		18.781 (187.86) (T)				
8	25.445	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	5.532
		18.781 (187.86) (T)				
9	19.360	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	4.209
		18.781 (187.86) (T)				
10	-1.086	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.236
		3.067 (187.86) (C)				
11	-1.125	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.245
		3.067 (187.86) (C)				
12	6.369	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	1.385
		18.781 (187.86) (T)				
13	10.850	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	2.359
		18.781 (187.86) (T)				
14	6.369	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	1.385
		18.781 (187.86) (T)				
15	-1.125	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.245
		3.067 (187.86) (C)				
16	-1.125	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.245
		3.067 (187.86) (C)				
17	5.900	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	1.283
		18.781 (187.86) (T)				
18	10.136	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	2.204
		18.781 (187.86) (T)				
19	5.900	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	1.283
		18.781 (187.86) (T)				
20	-1.125	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.245
		3.067 (187.86) (C)				
21	-1.086	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.236
		3.067 (187.86) (C)				
22	17.588	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	3.824
		18.781 (187.86) (T)				
23	23.058	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	5.013
		18.781 (187.86) (T)				
24	17.588	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	3.824
		18.781 (187.86) (T)				
25	-1.086	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.236
		3.067 (187.86) (C)				
26	38.146	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	8.293
		18.781 (187.86) (T)				
27	60.136	300.0000	54.6473	7.103	2.5647	8.466
		18.781 (116.97) (T)				
28	66.265	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	6.138
		18.781 (99.89) (T)				
29	60.136	300.0000	54.6473	7.103	2.5647	8.466
		18.781 (116.97) (T)				
30	38.146	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	8.293
		18.781 (187.86) (T)				
31	42.245	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	9.184
		18.781 (187.86) (T)				
32	-2.998	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.652
		3.067 (187.86) (C)				
33	-3.037	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.660
		3.067 (187.86) (C)				
34	-3.037	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.660
		3.067 (187.86) (C)				
35	-2.998	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.652
		3.067 (187.86) (C)				
36	42.245	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	9.184
		18.781 (187.86) (T)				

37	62.483	300.0000	54.6473	7.103	2.5647	8.797
		18.781	(116.97) (T)			
38	16.654	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	3.621
		18.781	(187.86) (T)			
39	3.870	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	0.841
		18.781	(187.86) (T)			
40	3.870	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	0.841
		18.781	(187.86) (T)			
41	16.654	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	3.621
		18.781	(187.86) (T)			
42	62.483	300.0000	54.6473	7.103	2.5647	8.797
		18.781	(116.97) (T)			
43	66.619	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	6.171
		18.781	(99.89) (T)			
44	22.636	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	4.921
		18.781	(187.86) (T)			
45	8.755	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	1.903
		18.781	(187.86) (T)			
46	8.755	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	1.903
		18.781	(187.86) (T)			
47	22.636	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	4.921
		18.781	(187.86) (T)			
48	66.619	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	6.171
		18.781	(99.89) (T)			
49	58.613	300.0000	54.6473	7.103	2.5647	8.252
		18.781	(116.97) (T)			
50	17.368	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	3.776
		18.781	(187.86) (T)			
51	5.304	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	1.153
		18.781	(187.86) (T)			
52	5.304	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	1.153
		18.781	(187.86) (T)			
53	17.368	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	3.776
		18.781	(187.86) (T)			
54	58.613	300.0000	54.6473	7.103	2.5647	8.252
		18.781	(116.97) (T)			
55	34.976	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	7.604
		18.781	(187.86) (T)			
56	-1.086	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.236
		3.067	(187.86) (C)			
57	-1.125	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.245
		3.067	(187.86) (C)			
58	-1.125	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.245
		3.067	(187.86) (C)			
59	-1.086	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.236
		3.067	(187.86) (C)			
60	34.976	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	7.604
		18.781	(187.86) (T)			
61	-54.262	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	-5.026
		9.536	(99.89) (C)			
62	-75.872	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	-7.028
		9.536	(99.89) (C)			
63	-75.872	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	-7.028
		9.536	(99.89) (C)			
64	-54.262	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	-5.026
		9.536	(99.89) (C)			
65	-8.212	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-1.785
		3.067	(187.86) (C)			
66	-19.155	300.0000	26.1669	6.496	2.0070	-2.949
		4.845	(149.47) (C)			

67	-19.155	300.0000	26.1669	6.496	2.0070	-2.949
		4.845	(149.47) (C)			
68	-8.212	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-1.785
		3.067	(187.86) (C)			
69	-4.224	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.918
		3.067	(187.86) (C)			
70	-8.805	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-1.914
		3.067	(187.86) (C)			
71	-8.805	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-1.914
		3.067	(187.86) (C)			
72	-4.224	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.918
		3.067	(187.86) (C)			
73	-7.740	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-1.683
		3.067	(187.86) (C)			
74	-17.728	300.0000	26.1669	6.496	2.0070	-2.729
		4.845	(149.47) (C)			
75	-17.728	300.0000	26.1669	6.496	2.0070	-2.729
		4.845	(149.47) (C)			
76	-7.740	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-1.683
		3.067	(187.86) (C)			
77	-48.026	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	-4.449
		9.536	(99.89) (C)			
78	-66.804	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	-6.188
		9.536	(99.89) (C)			
79	-66.804	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	-6.188
		9.536	(99.89) (C)			
80	-48.026	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	-4.449
		9.536	(99.89) (C)			
81	-51.692	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	-4.788
		9.536	(99.89) (C)			
82	-8.378	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-1.821
		3.067	(187.86) (C)			
83	-4.652	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-1.011
		3.067	(187.86) (C)			
84	-8.378	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-1.821
		3.067	(187.86) (C)			
85	-51.692	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	-4.788
		9.536	(99.89) (C)			
86	-70.706	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	-6.549
		9.536	(99.89) (C)			
87	-18.268	300.0000	26.1669	6.496	2.0070	-2.812
		4.845	(149.47) (C)			
88	-8.669	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-1.885
		3.067	(187.86) (C)			
89	-18.268	300.0000	26.1669	6.496	2.0070	-2.812
		4.845	(149.47) (C)			
90	-70.706	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	-6.549
		9.536	(99.89) (C)			
91	-69.876	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	-6.473
		9.536	(99.89) (C)			
92	-18.208	300.0000	26.1669	6.496	2.0070	-2.803
		4.845	(149.47) (C)			
93	-8.727	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-1.897
		3.067	(187.86) (C)			
94	-18.208	300.0000	26.1669	6.496	2.0070	-2.803
		4.845	(149.47) (C)			
95	-69.876	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	-6.473
		9.536	(99.89) (C)			
96	-49.672	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	-4.601
		9.536	(99.89) (C)			

97	-7.971	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-1.733
		3.067 (187.86) (C)				
98	-4.339	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-0.943
		3.067 (187.86) (C)				
99	-7.971	300.0000	11.7296	4.600	1.5969	-1.733
		3.067 (187.86) (C)				
100	-49.672	300.0000	97.3775	10.796	3.0033	-4.601
		9.536 (99.89) (C)				
101	-82.403	309.2330	97.3775	10.796	3.0033	-7.633
		9.217 (102.96) (C)				
102	26.201	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	5.696
		18.781 (193.65) (T)				
103	-21.660	309.2330	26.1669	6.496	2.0070	-3.334
		4.560 (154.07) (C)				
104	9.017	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	1.960
		18.781 (193.65) (T)				
105	-4.394	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.955
		2.887 (193.65) (C)				
106	-4.394	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.955
		2.887 (193.65) (C)				
107	9.017	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	1.960
		18.781 (193.65) (T)				
108	-21.660	309.2330	26.1669	6.496	2.0070	-3.334
		4.560 (154.07) (C)				
109	26.201	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	5.696
		18.781 (193.65) (T)				
110	-82.403	309.2330	97.3775	10.796	3.0033	-7.633
		9.217 (102.96) (C)				
111	22.526	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	4.897
		18.781 (193.65) (T)				
112	26.606	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	5.784
		18.781 (193.65) (T)				
113	-5.441	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-1.183
		2.887 (193.65) (C)				
114	8.433	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	1.833
		18.781 (193.65) (T)				
115	-0.418	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.091
		2.887 (193.65) (C)				
116	-0.418	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.091
		2.887 (193.65) (C)				
117	8.433	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	1.833
		18.781 (193.65) (T)				
118	-5.441	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-1.183
		2.887 (193.65) (C)				
119	26.606	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	5.784
		18.781 (193.65) (T)				
120	22.526	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	4.897
		18.781 (193.65) (T)				
121	-19.197	309.2330	26.1669	6.496	2.0070	-2.955
		4.560 (154.07) (C)				
122	-4.622	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-1.005
		2.887 (193.65) (C)				
123	-14.725	309.2330	26.1669	6.496	2.0070	-2.267
		4.560 (154.07) (C)				
124	-1.265	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.275
		2.887 (193.65) (C)				
125	-4.957	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-1.078
		2.887 (193.65) (C)				
126	-4.957	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-1.078
		2.887 (193.65) (C)				

127	-1.265	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.275
		2.887	(193.65) (C)			
128	-14.725	309.2330	26.1669	6.496	2.0070	-2.267
		4.560	(154.07) (C)			
129	-4.622	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-1.005
		2.887	(193.65) (C)			
130	-19.197	309.2330	26.1669	6.496	2.0070	-2.955
		4.560	(154.07) (C)			
131	5.967	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	1.297
		18.781	(193.65) (T)			
132	9.413	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	2.047
		18.781	(193.65) (T)			
133	-2.351	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.511
		2.887	(193.65) (C)			
134	6.750	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	1.467
		18.781	(193.65) (T)			
135	-0.818	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.178
		2.887	(193.65) (C)			
136	-0.818	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.178
		2.887	(193.65) (C)			
137	6.750	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	1.467
		18.781	(193.65) (T)			
138	-2.351	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.511
		2.887	(193.65) (C)			
139	9.413	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	2.047
		18.781	(193.65) (T)			
140	5.967	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	1.297
		18.781	(193.65) (T)			
141	-2.558	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.556
		2.887	(193.65) (C)			
142	-0.792	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.172
		2.887	(193.65) (C)			
143	-4.478	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.973
		2.887	(193.65) (C)			
144	-1.236	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.269
		2.887	(193.65) (C)			
145	-2.905	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.631
		2.887	(193.65) (C)			
146	-2.905	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.631
		2.887	(193.65) (C)			
147	-1.236	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.269
		2.887	(193.65) (C)			
148	-4.478	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.973
		2.887	(193.65) (C)			
149	-0.792	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.172
		2.887	(193.65) (C)			
150	-2.558	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.556
		2.887	(193.65) (C)			
151	-6.547	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-1.423
		2.887	(193.65) (C)			
152	1.487	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	0.323
		18.781	(193.65) (T)			
153	-6.020	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-1.309
		2.887	(193.65) (C)			
154	0.183	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	0.040
		18.781	(193.65) (T)			
155	-2.844	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.618
		2.887	(193.65) (C)			
156	-2.844	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.618
		2.887	(193.65) (C)			

157	0.183	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	0.040
		18.781 (193.65) (T)				
158	-6.020	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-1.309
		2.887 (193.65) (C)				
159	1.487	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	0.323
		18.781 (193.65) (T)				
160	-6.547	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-1.423
		2.887 (193.65) (C)				
161	9.957	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	2.165
		18.781 (193.65) (T)				
162	6.650	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	1.446
		18.781 (193.65) (T)				
163	-0.324	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.070
		2.887 (193.65) (C)				
164	5.080	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	1.104
		18.781 (193.65) (T)				
165	-0.627	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.136
		2.887 (193.65) (C)				
166	-0.627	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.136
		2.887 (193.65) (C)				
167	5.080	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	1.104
		18.781 (193.65) (T)				
168	-0.324	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.070
		2.887 (193.65) (C)				
169	6.650	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	1.446
		18.781 (193.65) (T)				
170	9.957	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	2.165
		18.781 (193.65) (T)				
171	-22.700	309.2330	26.1669	6.496	2.0070	-3.494
		4.560 (154.07) (C)				
172	-2.345	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.510
		2.887 (193.65) (C)				
173	-15.766	309.2330	26.1669	6.496	2.0070	-2.427
		4.560 (154.07) (C)				
174	-0.582	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.126
		2.887 (193.65) (C)				
175	-5.149	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-1.119
		2.887 (193.65) (C)				
176	-5.149	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-1.119
		2.887 (193.65) (C)				
177	-0.582	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.126
		2.887 (193.65) (C)				
178	-15.766	309.2330	26.1669	6.496	2.0070	-2.427
		4.560 (154.07) (C)				
179	-2.345	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.510
		2.887 (193.65) (C)				
180	-22.700	309.2330	26.1669	6.496	2.0070	-3.494
		4.560 (154.07) (C)				
181	26.029	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	5.659
		18.781 (193.65) (T)				
182	22.503	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	4.892
		18.781 (193.65) (T)				
183	-2.572	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.559
		2.887 (193.65) (C)				
184	7.116	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	1.547
		18.781 (193.65) (T)				
185	0.407	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	0.088
		18.781 (193.65) (T)				
186	0.407	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	0.088
		18.781 (193.65) (T)				

187	7.116	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	1.547
		18.781 (193.65) (T)				
188	-2.572	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-0.559
		2.887 (193.65) (C)				
189	22.503	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	4.892
		18.781 (193.65) (T)				
190	26.029	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	5.659
		18.781 (193.65) (T)				
191	-79.023	309.2330	97.3775	10.796	3.0033	-7.320
		9.217 (102.96) (C)				
192	24.331	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	5.290
		18.781 (193.65) (T)				
193	-21.003	309.2330	26.1669	6.496	2.0070	-3.233
		4.560 (154.07) (C)				
194	8.022	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	1.744
		18.781 (193.65) (T)				
195	-4.612	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-1.003
		2.887 (193.65) (C)				
196	-4.612	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	-1.003
		2.887 (193.65) (C)				
197	8.022	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	1.744
		18.781 (193.65) (T)				
198	-21.003	309.2330	26.1669	6.496	2.0070	-3.233
		4.560 (154.07) (C)				
199	24.331	309.2330	11.7296	4.600	1.5969	5.290
		18.781 (193.65) (T)				
200	-79.023	309.2330	97.3775	10.796	3.0033	-7.320
		9.217 (102.96) (C)				

Emniyet gerilmelerinin aşıldığı çubuklar

FrID SectionID Stress[kN/cm2]

*** Toplam 0 adet çubukta emniyet gerilmesi değeri aşılmaktadır.
*** Emniyet gerilmesinin aşılma oranları %0.000 - %0.000 arasındadır.

EK F

**Tip 1-3m'lik sisteme ait FrameCad programında oluşturulan maksimum çubuk
gerilmeleri çıktı dosyaları**

ÇUBUK TİP SEÇİMİ

ÇUBUK TİP SEÇİMİ															
ÇUBUK İLK KOM SOL				SAG	H YUKLEMESİ		Hz YUKLEMESİ		SEÇİLEN NARINLIK		BURKULMA		GERİLMELER [T/cm2]		
NUM	TİP	NUM	DUGUM	DUGUM	CEKME	BASINC	CEKME	BASINC	TİP	ORANI	FAKTORU	CEKME	BASINC	CEKME	BASINC
1	10	11	1	12	3.800	0.000	4.307	0.954	10	188	5.97	0.826	0.000	0.936	1.238
2	25	20	12	23	6.120	0.000	6.412	0.635	25	117	2.31	0.862	0.000	0.903	0.177
3	38	20	23	34	6.766	0.000	7.075	0.325	38	100	1.70	0.626	0.000	0.655	0.051
4	25	20	34	45	6.120	0.000	6.412	0.635	25	117	2.31	0.862	0.000	0.903	0.177
5	10	10	45	56	3.800	0.000	4.307	0.954	10	188	5.97	0.826	0.000	0.936	1.238
6	10	6	2	13	0.000	0.188	0.129	0.366	10	188	5.97	0.000	0.244	0.028	0.475
7	10	20	13	24	1.789	0.000	1.975	0.190	10	188	5.97	0.389	0.000	0.429	0.247
8	10	20	24	35	2.373	0.000	2.595	0.131	10	188	5.97	0.516	0.000	0.564	0.170
9	10	20	35	46	1.789	0.000	1.975	0.190	10	188	5.97	0.389	0.000	0.429	0.247
10	10	23	46	57	0.000	0.188	0.129	0.366	10	188	5.97	0.000	0.244	0.028	0.475
11	10	22	3	14	0.000	0.193	0.124	0.370	10	188	5.97	0.000	0.250	0.027	0.481
12	10	26	14	25	0.513	0.000	0.653	0.251	10	188	5.97	0.112	0.000	0.142	0.326
13	10	4	25	36	0.949	0.000	1.107	0.116	10	188	5.97	0.206	0.000	0.241	0.150
14	10	27	36	47	0.513	0.000	0.653	0.251	10	188	5.97	0.112	0.000	0.142	0.326
15	10	7	47	58	0.000	0.193	0.124	0.370	10	188	5.97	0.000	0.250	0.027	0.481
16	10	22	4	15	0.000	0.193	0.124	0.370	10	188	5.97	0.000	0.250	0.027	0.481
17	10	26	15	26	0.513	0.000	0.653	0.251	10	188	5.97	0.112	0.000	0.142	0.326
18	10	5	26	37	0.949	0.000	1.107	0.116	10	188	5.97	0.206	0.000	0.241	0.150
19	10	27	37	48	0.513	0.000	0.653	0.251	10	188	5.97	0.112	0.000	0.142	0.326
20	10	23	48	59	0.000	0.193	0.124	0.370	10	188	5.97	0.000	0.250	0.027	0.481
21	10	22	5	16	0.000	0.188	0.129	0.366	10	188	5.97	0.000	0.244	0.028	0.475
22	10	21	16	27	1.789	0.000	1.975	0.190	10	188	5.97	0.389	0.000	0.429	0.247
23	10	21	27	38	2.373	0.000	2.595	0.131	10	188	5.97	0.516	0.000	0.564	0.170
24	10	21	38	49	1.789	0.000	1.975	0.190	10	188	5.97	0.389	0.000	0.429	0.247
25	10	7	49	60	0.000	0.188	0.129	0.366	10	188	5.97	0.000	0.244	0.028	0.475
26	10	11	6	17	3.800	0.000	4.307	0.954	10	188	5.97	0.826	0.000	0.936	1.238
27	25	21	17	28	6.120	0.000	6.412	0.635	25	117	2.31	0.862	0.000	0.903	0.177
28	38	21	28	39	6.766	0.000	7.075	0.325	38	100	1.70	0.626	0.000	0.655	0.051
29	25	21	39	50	6.120	0.000	6.412	0.635	25	117	2.31	0.862	0.000	0.903	0.177
30	10	10	50	61	3.800	0.000	4.307	0.954	10	188	5.97	0.826	0.000	0.936	1.238
31	10	13	1	2	3.800	0.000	4.307	0.954	10	188	5.97	0.826	0.000	0.936	1.238

ÇUBUK TİP SEÇİMİ

CUBUK		ILK KOM SOL		SAG	H YUKLEMESİ		Hz YUKLEMESİ		SEÇİLEN		NARINLIK		BURKULMA		H YUKLEMESİ		Hz YUKLEMESİ	
NUM	TIP	NUM	DUGUM	DUGUM	CEKME	BASINC	CEKME	BASINC	TIP	ORANI	FAKTÖRÜ	CEKME	BASINC	CEKME	BASINC	CEKME	BASINC	
32	10	8	12	13	0.000	0.188	0.129	0.366	10	188	5.97	0.000	0.244	0.028	0.475	0.028	0.481	
33	10	24	23	24	0.000	0.193	0.124	0.370	10	188	5.97	0.000	0.250	0.027	0.481	0.027	0.481	
34	10	24	34	35	0.000	0.193	0.124	0.370	10	188	5.97	0.000	0.250	0.027	0.481	0.027	0.481	
35	10	8	45	46	0.000	0.188	0.129	0.366	10	188	5.97	0.000	0.244	0.028	0.475	0.028	0.475	
36	10	13	56	57	3.800	0.000	4.307	0.954	10	188	5.97	0.826	0.000	0.936	1.238	0.936	1.238	
37	25	18	2	3	6.120	0.000	6.412	0.635	25	117	2.31	0.862	0.000	0.903	0.177	0.903	0.177	
38	10	18	13	14	1.789	0.000	1.975	0.190	10	188	5.97	0.389	0.000	0.429	0.247	0.429	0.247	
39	10	28	24	25	0.513	0.000	0.653	0.251	10	188	5.97	0.112	0.000	0.142	0.326	0.142	0.326	
40	10	28	35	36	0.513	0.000	0.653	0.251	10	188	5.97	0.112	0.000	0.142	0.326	0.142	0.326	
41	10	19	46	47	1.789	0.000	1.975	0.190	10	188	5.97	0.389	0.000	0.429	0.247	0.429	0.247	
42	25	19	57	58	6.120	0.000	6.412	0.635	25	117	2.31	0.862	0.000	0.903	0.177	0.903	0.177	
43	38	18	3	4	6.766	0.000	7.075	0.325	38	100	1.70	0.626	0.000	0.655	0.051	0.655	0.051	
44	10	18	14	15	2.373	0.000	2.595	0.131	10	188	5.97	0.516	0.000	0.564	0.170	0.564	0.170	
45	10	2	25	26	0.949	0.000	1.107	0.116	10	188	5.97	0.206	0.000	0.241	0.150	0.241	0.150	
46	10	3	36	37	0.949	0.000	1.107	0.116	10	188	5.97	0.206	0.000	0.241	0.150	0.241	0.150	
47	10	19	47	48	2.373	0.000	2.595	0.131	10	188	5.97	0.516	0.000	0.564	0.170	0.564	0.170	
48	38	19	58	59	6.766	0.000	7.075	0.325	38	100	1.70	0.626	0.000	0.655	0.051	0.655	0.051	
49	25	18	4	5	6.120	0.000	6.412	0.635	25	117	2.31	0.862	0.000	0.903	0.177	0.903	0.177	
50	10	18	15	16	1.789	0.000	1.975	0.190	10	188	5.97	0.389	0.000	0.429	0.247	0.429	0.247	
51	10	29	26	27	0.513	0.000	0.653	0.251	10	188	5.97	0.112	0.000	0.142	0.326	0.142	0.326	
52	10	29	37	38	0.513	0.000	0.653	0.251	10	188	5.97	0.112	0.000	0.142	0.326	0.142	0.326	
53	10	19	48	49	1.789	0.000	1.975	0.190	10	188	5.97	0.389	0.000	0.429	0.247	0.429	0.247	
54	25	19	59	60	6.120	0.000	6.412	0.635	25	117	2.31	0.862	0.000	0.903	0.177	0.903	0.177	
55	10	12	5	6	3.800	0.000	4.307	0.954	10	188	5.97	0.826	0.000	0.936	1.238	0.936	1.238	
56	10	9	16	17	0.000	0.188	0.129	0.366	10	188	5.97	0.000	0.244	0.028	0.475	0.028	0.475	
57	10	25	27	28	0.000	0.193	0.124	0.370	10	188	5.97	0.000	0.250	0.027	0.481	0.027	0.481	
58	10	25	38	39	0.000	0.193	0.124	0.370	10	188	5.97	0.000	0.250	0.027	0.481	0.027	0.481	
59	10	9	49	50	0.000	0.188	0.129	0.366	10	188	5.97	0.000	0.244	0.028	0.475	0.028	0.475	
60	10	12	60	61	3.800	0.000	4.307	0.954	10	188	5.97	0.826	0.000	0.936	1.238	0.936	1.238	
61	33	20	7	18	0.000	5.286	0.592	5.532	33	100	1.70	0.000	0.832	0.055	0.871	0.055	0.871	
62	34	20	18	29	0.000	7.348	0.796	7.736	34	100	1.70	0.000	1.157	0.074	1.218	0.074	1.218	
63	34	20	29	40	0.000	7.348	0.796	7.736	34	100	1.70	0.000	1.157	0.074	1.218	0.074	1.218	

ÇUBUK TİP SEÇİMİ

CUBUK NUM		ILK TIP	KOM NUM	SOL DUGUM	SAG DUGUM	H YUKLEMESI		HZ YUKLEMESI		SECILEN		NARINLIK		BURKULMA	H YUKLEMESI		HZ YUKLEMESI	
						CEKME	BASINC	CEKME	BASINC	TIP	ORANI	FAKTORU		CEKME	BASINC	CEKME	BASINC	
64	33	20	40	51	0.000	5.286	0.592	5.532	33	100		1.70	0.000	0.832	0.055	0.871		
65	10	2	8	19	0.000	0.853	0.070	0.878	10	188		5.97	0.000	1.107	0.015	1.140		
66	20	4	19	30	0.000	1.905	0.109	1.972	20	149		3.75	0.000	1.100	0.017	1.138		
67	20	4	30	41	0.000	1.905	0.109	1.972	20	149		3.75	0.000	1.100	0.017	1.138		
68	10	3	41	52	0.000	0.853	0.070	0.878	10	188		5.97	0.000	1.107	0.015	1.140		
69	10	2	9	20	0.000	0.465	0.030	0.497	10	188		5.97	0.000	0.604	0.007	0.645		
70	10	4	20	31	0.000	0.911	0.006	0.925	10	188		5.97	0.000	1.183	0.001	1.201		
71	10	5	31	42	0.000	0.911	0.006	0.925	10	188		5.97	0.000	1.183	0.001	1.201		
72	10	3	42	53	0.000	0.465	0.030	0.497	10	188		5.97	0.000	0.604	0.007	0.645		
73	10	2	10	21	0.000	0.853	0.070	0.878	10	188		5.97	0.000	1.107	0.015	1.140		
74	20	5	21	32	0.000	1.905	0.109	1.972	20	149		3.75	0.000	1.100	0.017	1.138		
75	20	5	32	43	0.000	1.905	0.109	1.972	20	149		3.75	0.000	1.100	0.017	1.138		
76	10	3	43	54	0.000	0.853	0.070	0.878	10	188		5.97	0.000	1.107	0.015	1.140		
77	33	21	11	22	0.000	5.286	0.592	5.532	33	100		1.70	0.000	0.832	0.055	0.871		
78	34	21	22	33	0.000	7.348	0.796	7.736	34	100		1.70	0.000	1.157	0.074	1.218		
79	34	21	33	44	0.000	7.348	0.796	7.736	34	100		1.70	0.000	1.157	0.074	1.218		
80	33	21	44	55	0.000	5.286	0.592	5.532	33	100		1.70	0.000	0.832	0.055	0.871		
81	33	18	7	8	0.000	5.286	0.592	5.532	33	100		1.70	0.000	0.832	0.055	0.871		
82	10	4	18	19	0.000	0.853	0.070	0.878	10	188		5.97	0.000	1.107	0.015	1.140		
83	10	4	29	30	0.000	0.465	0.030	0.497	10	188		5.97	0.000	0.604	0.007	0.645		
84	10	4	40	41	0.000	0.853	0.070	0.878	10	188		5.97	0.000	1.107	0.015	1.140		
85	33	19	51	52	0.000	5.286	0.592	5.532	33	100		1.70	0.000	0.832	0.055	0.871		
86	34	18	8	9	0.000	7.348	0.796	7.736	34	100		1.70	0.000	1.157	0.074	1.218		
87	20	2	19	20	0.000	1.905	0.109	1.972	20	149		3.75	0.000	1.100	0.017	1.138		
88	10	3	30	31	0.000	0.911	0.006	0.925	10	188		5.97	0.000	1.183	0.001	1.201		
89	20	3	41	42	0.000	1.905	0.109	1.972	20	149		3.75	0.000	1.100	0.017	1.138		
90	34	19	52	53	0.000	7.348	0.796	7.736	34	100		1.70	0.000	1.157	0.074	1.218		
91	34	18	9	10	0.000	7.348	0.796	7.736	34	100		1.70	0.000	1.157	0.074	1.218		
92	20	2	20	21	0.000	1.905	0.109	1.972	20	149		3.75	0.000	1.100	0.017	1.138		
93	10	3	31	32	0.000	0.911	0.006	0.925	10	188		5.97	0.000	1.183	0.001	1.201		
94	20	3	42	43	0.000	1.905	0.109	1.972	20	149		3.75	0.000	1.100	0.017	1.138		
95	34	19	53	54	0.000	7.348	0.796	7.736	34	100		1.70	0.000	1.157	0.074	1.218		

ÇUBUK TİP SEÇİMİ

CUBUK NUM		İLK KOM SOL		SAG DUGUM		H YUKLEMESI DUGUM		HZ YUKLEMESI CEKME		SEÇİLEN NARINLIK TIP		BURKULMA FAKTORU		H YUKLEMESI CEKME		HZ YUKLEMESI CEKME		BASINC	
NUM	TIP	NUM	DUGUM	NUM	DUGUM	CEKME	BASINC	CEKME	BASINC	TIP	ORANI	FAKTÖRÜ	CEKME	BASINC	CEKME	BASINC	CEKME	BASINC	
96	33	18	10	11		0.000	5.286	0.592	5.532	33	100	1.70	0.000	0.832	0.055	0.871	0.055	0.871	
97	10	5	21	22		0.000	0.853	0.070	0.878	10	188	5.97	0.000	1.107	0.015	1.140	0.015	1.140	
98	10	5	32	33		0.000	0.465	0.030	0.497	10	188	5.97	0.000	0.604	0.007	0.645	0.007	0.645	
99	10	5	43	44		0.000	0.853	0.070	0.878	10	188	5.97	0.000	1.107	0.015	1.140	0.015	1.140	
100	33	19	54	55		0.000	5.286	0.592	5.532	33	100	1.70	0.000	0.832	0.055	0.871	0.055	0.871	
101	34	18	1	7		0.000	8.386	0.317	8.401	34	103	1.79	0.000	1.390	0.029	1.393	0.029	1.393	
102	10	4	12	7		2.586	0.000	2.707	0.443	10	194	6.36	0.562	0.000	0.588	0.613	0.588	0.613	
103	20	3	12	18		0.000	2.198	0.400	2.351	20	154	4.00	0.000	1.354	0.062	1.448	0.062	1.448	
104	10	26	23	18		0.864	0.000	1.027	0.447	10	194	6.36	0.188	0.000	0.223	0.618	0.223	0.618	
105	10	7	23	29		0.000	0.467	0.413	0.720	10	194	6.36	0.000	0.645	0.090	0.996	0.090	0.996	
106	10	6	34	29		0.000	0.467	0.413	0.720	10	194	6.36	0.000	0.645	0.090	0.996	0.090	0.996	
107	10	27	34	40		0.864	0.000	1.027	0.447	10	194	6.36	0.188	0.000	0.223	0.618	0.223	0.618	
108	20	2	45	40		0.000	2.198	0.400	2.351	20	154	4.00	0.000	1.354	0.062	1.448	0.062	1.448	
109	10	4	45	51		2.586	0.000	2.707	0.443	10	194	6.36	0.562	0.000	0.588	0.613	0.588	0.613	
110	34	19	56	51		0.000	8.386	0.317	8.401	34	103	1.79	0.000	1.390	0.029	1.393	0.029	1.393	
111	10	2	7	2		2.586	0.000	2.707	0.443	10	194	6.36	0.562	0.000	0.588	0.613	0.588	0.613	
112	10	18	7	13		2.513	0.000	2.713	0.391	10	194	6.36	0.546	0.000	0.590	0.540	0.590	0.540	
113	10	24	18	13		0.000	0.382	0.351	0.572	10	194	6.36	0.000	0.528	0.076	0.791	0.076	0.791	
114	10	22	18	24		0.806	0.000	0.960	0.196	10	194	6.36	0.175	0.000	0.209	0.272	0.209	0.272	
115	10	22	29	24		0.013	0.000	0.330	0.161	10	194	6.36	0.003	0.000	0.072	0.222	0.072	0.222	
116	10	23	29	35		0.013	0.000	0.330	0.161	10	194	6.36	0.003	0.000	0.072	0.222	0.072	0.222	
117	10	10	40	35		0.806	0.000	0.960	0.196	10	194	6.36	0.175	0.000	0.209	0.272	0.209	0.272	
118	10	24	40	46		0.000	0.382	0.351	0.572	10	194	6.36	0.000	0.528	0.076	0.791	0.076	0.791	
119	10	19	51	46		2.513	0.000	2.713	0.391	10	194	6.36	0.546	0.000	0.590	0.540	0.590	0.540	
120	10	3	51	57		2.586	0.000	2.707	0.443	10	194	6.36	0.562	0.000	0.588	0.613	0.588	0.613	
121	20	5	2	8		0.000	2.198	0.400	2.351	20	154	4.00	0.000	1.354	0.062	1.448	0.062	1.448	
122	10	22	13	8		0.000	0.382	0.351	0.572	10	194	6.36	0.000	0.528	0.076	0.791	0.076	0.791	
123	20	19	13	19		0.000	1.563	0.132	1.607	20	154	4.00	0.000	0.962	0.020	0.990	0.020	0.990	
124	10	6	24	19		0.000	0.112	0.199	0.315	10	194	6.36	0.000	0.155	0.043	0.436	0.043	0.436	
125	10	3	24	30		0.000	0.524	0.168	0.616	10	194	6.36	0.000	0.725	0.036	0.852	0.036	0.852	
126	10	2	35	30		0.000	0.524	0.168	0.616	10	194	6.36	0.000	0.725	0.036	0.852	0.036	0.852	
127	10	7	35	41		0.000	0.112	0.199	0.315	10	194	6.36	0.000	0.155	0.043	0.436	0.043	0.436	

ÇUBUK TİP SEÇİMİ

GERİLMELER [T/cm²]

CUBUK NUM	İLK TIP	KOM NUM	SOL DUGUM	SAG DUGUM	H YUKLEMESİ CEKME BASINC	HZ YUKLEMESİ CEKME BASINC	SEÇİLEN TIP	NAPINLIK ORANI	BURKULMA FAKTÖRÜ	H YUKLEMESİ CEKME BASINC	HZ YUKLEMESİ CEKME BASINC
128	20	21	46	41	0.000	1.563	20	154	4.00	0.000	0.962
129	10	23	46	52	0.000	0.382	10	194	6.36	0.000	0.528
130	20	5	57	52	0.000	2.198	20	154	4.00	0.000	1.354
131	10	28	8	3	0.864	0.000	10	194	6.36	0.188	0.000
132	10	13	8	14	0.806	0.000	10	194	6.36	0.175	0.000
133	10	8	19	14	0.000	0.112	10	194	6.36	0.000	0.155
134	10	18	19	25	0.606	0.000	10	194	6.36	0.132	0.000
135	10	22	30	25	0.000	0.065	10	194	6.36	0.000	0.090
136	10	23	30	36	0.000	0.065	10	194	6.36	0.000	0.090
137	10	19	41	36	0.606	0.000	10	194	6.36	0.132	0.000
138	10	8	41	47	0.000	0.112	10	194	6.36	0.000	0.155
139	10	13	52	47	0.806	0.000	10	194	6.36	0.175	0.000
140	10	28	52	58	0.864	0.000	10	194	6.36	0.188	0.000
141	10	9	3	9	0.000	0.467	10	194	6.36	0.000	0.645
142	10	24	14	9	0.013	0.000	10	194	6.36	0.003	0.000
143	10	5	14	20	0.000	0.524	10	194	6.36	0.000	0.725
144	10	24	25	20	0.000	0.065	10	194	6.36	0.000	0.090
145	10	2	25	31	0.000	0.293	10	194	6.36	0.000	0.405
146	10	3	36	31	0.000	0.293	10	194	6.36	0.000	0.405
147	10	24	36	42	0.000	0.065	10	194	6.36	0.000	0.090
148	10	5	47	42	0.000	0.524	10	194	6.36	0.000	0.725
149	10	24	47	53	0.013	0.000	10	194	6.36	0.003	0.000
150	10	9	58	53	0.000	0.467	10	194	6.36	0.000	0.645
151	10	8	9	4	0.000	0.467	10	194	6.36	0.000	0.645
152	10	25	9	15	0.013	0.000	10	194	6.36	0.003	0.000
153	10	4	20	15	0.000	0.524	10	194	6.36	0.000	0.725
154	10	25	20	26	0.000	0.065	10	194	6.36	0.000	0.090
155	10	21	31	26	0.000	0.293	10	194	6.36	0.000	0.405
156	10	3	31	37	0.000	0.293	10	194	6.36	0.000	0.405
157	10	25	42	37	0.000	0.065	10	194	6.36	0.000	0.090
158	10	4	42	48	0.000	0.524	10	194	6.36	0.000	0.725
159	10	25	53	48	0.013	0.000	10	194	6.36	0.003	0.000

ÇUBUK TİP SEÇİMİ

GERİLMELER [T/cm²]

CUBUK		İLK KOM SOL		SAG	H YUKLEMESİ		HZ YUKLEMESİ		SEÇİLEN	NARINLIK	BURKULMA	H YUKLEMESİ		HZ YUKLEMESİ	
NUM	TİP	NUM	DUGUM	DUGUM	CEKME	BASINC	CEKME	BASINC	TİP	ORANI	FAKTÖRÜ	CEKME	BASINC	CEKME	BASINC
160	10	8	53	59	0.000	0.467	0.413	0.720	10	194	6.36	0.000	0.645	0.090	0.996
161	10	29	4	10	0.864	0.000	1.027	0.447	10	194	6.36	0.188	0.000	0.223	0.618
162	10	12	15	10	0.806	0.000	0.960	0.196	10	194	6.36	0.175	0.000	0.209	0.272
163	10	9	15	21	0.000	0.112	0.199	0.315	10	194	6.36	0.000	0.155	0.043	0.436
164	10	18	26	21	0.606	0.000	0.689	0.119	10	194	6.36	0.132	0.000	0.150	0.164
165	10	22	26	32	0.000	0.065	0.211	0.149	10	194	6.36	0.000	0.090	0.046	0.206
166	10	23	37	32	0.000	0.065	0.211	0.149	10	194	6.36	0.000	0.090	0.046	0.206
167	10	19	37	43	0.606	0.000	0.689	0.119	10	194	6.36	0.132	0.000	0.150	0.164
168	10	9	48	43	0.000	0.112	0.199	0.315	10	194	6.36	0.000	0.155	0.043	0.436
169	10	12	48	54	0.806	0.000	0.960	0.196	10	194	6.36	0.175	0.000	0.209	0.272
170	10	29	59	54	0.864	0.000	1.027	0.447	10	194	6.36	0.188	0.000	0.223	0.618
171	20	4	10	5	0.000	2.198	0.400	2.351	20	154	4.00	0.000	1.354	0.062	1.448
172	10	22	10	16	0.000	0.382	0.351	0.572	10	194	6.36	0.000	0.528	0.076	0.791
173	20	20	21	16	0.000	1.563	0.132	1.607	20	154	4.00	0.000	0.962	0.020	0.990
174	10	6	21	27	0.000	0.112	0.199	0.315	10	194	6.36	0.000	0.155	0.043	0.436
175	10	3	32	27	0.000	0.524	0.168	0.616	10	194	6.36	0.000	0.725	0.036	0.852
176	10	2	32	38	0.000	0.524	0.168	0.616	10	194	6.36	0.000	0.725	0.036	0.852
177	10	7	43	38	0.000	0.112	0.199	0.315	10	194	6.36	0.000	0.155	0.043	0.436
178	20	18	43	49	0.000	1.563	0.132	1.607	20	154	4.00	0.000	0.962	0.020	0.990
179	10	23	54	49	0.000	0.382	0.351	0.572	10	194	6.36	0.000	0.528	0.076	0.791
180	20	4	54	60	0.000	2.198	0.400	2.351	20	154	4.00	0.000	1.354	0.062	1.448
181	10	2	5	11	2.586	0.000	2.707	0.443	10	194	6.36	0.562	0.000	0.588	0.613
182	10	18	16	11	2.513	0.000	2.713	0.391	10	194	6.36	0.546	0.000	0.590	0.540
183	10	25	16	22	0.000	0.382	0.351	0.572	10	194	6.36	0.000	0.528	0.076	0.791
184	10	11	27	22	0.806	0.000	0.960	0.196	10	194	6.36	0.175	0.000	0.209	0.272
185	10	22	27	33	0.013	0.000	0.330	0.161	10	194	6.36	0.003	0.000	0.072	0.222
186	10	23	38	33	0.013	0.000	0.330	0.161	10	194	6.36	0.003	0.000	0.072	0.222
187	10	10	38	44	0.806	0.000	0.960	0.196	10	194	6.36	0.175	0.000	0.209	0.272
188	10	18	49	44	0.000	0.382	0.351	0.572	10	194	6.36	0.000	0.528	0.076	0.791
189	10	21	49	55	2.513	0.000	2.713	0.391	10	194	6.36	0.546	0.000	0.590	0.540
190	10	3	60	55	2.586	0.000	2.707	0.443	10	194	6.36	0.562	0.000	0.588	0.613
191	34	2	11	6	0.000	8.386	0.317	8.401	34	103	1.79	0.000	1.390	0.029	1.393

ÇUBUK TİP SEÇİMİ

CUBUK NUM	ILK KOM TIP	SOL DUGUM	SAG DUGUM	H YUKLEMESI CEKME	H YUKLEMESI BASINC	HZ YUKLEMESI CEKME	HZ YUKLEMESI BASINC	SECILEN TIP	NARINLIK ORANI	GERILMELER [T/cm2] BURKULMA FAKTORU	H YUKLEMESI CEKME	H YUKLEMESI BASINC	HZ YUKLEMESI CEKME	HZ YUKLEMESI BASINC
192	10	5	11	17	2.586	0.000	2.707	0.443	10	194	6.36	0.562	0.588	0.613
193	20	3	22	17	0.000	2.198	0.400	2.351	20	154	4.00	0.000	0.062	1.448
194	10	26	22	28	0.864	0.000	1.027	0.447	10	194	6.36	0.188	0.223	0.618
195	10	7	33	28	0.000	0.467	0.413	0.720	10	194	6.36	0.000	0.090	0.996
196	10	6	33	39	0.000	0.467	0.413	0.720	10	194	6.36	0.000	0.090	0.996
197	10	27	44	39	0.864	0.000	1.027	0.447	10	194	6.36	0.188	0.223	0.618
198	20	2	44	50	0.000	2.198	0.400	2.351	20	154	4.00	0.000	0.062	1.448
199	10	5	55	50	2.586	0.000	2.707	0.443	10	194	6.36	0.562	0.588	0.613
200	34	5	55	61	0.000	8.386	0.317	8.401	34	103	1.79	0.000	0.029	1.393

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Özden ÖZTÜRK, 1978 yılında İstanbul'da doğmuştur. İlkokulu Sedat Simavi İlkokulu'nda, orta öğrenimini Üsküdar Hüseyin Avni Sözen Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. 1997 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümüne, 2000 yılında aynı fakültenin İnşaat Mühendisliği Bölümüne girmeye hak kazanmıştır. 2001 yılında Y.T.Ü Çevre Mühendisliği Bölümünü, 2002 Yılında Y.T.Ü İnşaat Mühendisliği Bölümünü bitirdikten sonra, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı Yapı Anabilim Dalı, Yapı Analizi ve Boyutlandırma Programına girmeye hak kazanarak yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. Halen özel bir kuruluştaki Yardımcı Kontrol Mühendisi olarak çalışmaktadır.

