

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

84923

UZAY KAFES SİSTEMLERİN STATİK
HESABI ve MALİYET ANALİZİ

İnş.Müh. Ahmet ARAT

F.B.E. İnşaat Müh. Anabilim Dalı
Mekanik Bilim Dalında Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Sinan ÇAĞDAŞ

84923

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ



İSTANBUL, 1999



İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
3. HESAP YÖNTEMLERİ.....	5
3.1 Mambran Analjisi.....	7
3.2 Plak Analjisi.....	10
3.2.1 Sehimler, eğilme momentleri, başlık kuvvetleri.....	11
3.2.2 Kesme kuvvetleri, diyagonellerde çubuk kuvvetleri.....	12
3.3 Matris Deplasman Metodu.....	13
3.3.1 Matris deplasman metodunun özellikleri.....	15
3.3.2 Uzay çerçeveler.....	16
3.3.3 Yükleme matrisleri.....	21
3.3.4 Eksen takımları.....	23
3.3.5 Koordinat sisteminin dönüştürülmesi.....	24
3.3.6 Döndürme matrisi.....	25
3.3.7 Düğüm noktalarının dengesi.....	26
4. TEKNOLOJİK DETAYLAR.....	28
4.1 Çubuklar.....	28
4.2 Düğüm Noktaları.....	29
4.2.1 Waschmann sistemi.....	29
4.2.2 Oktaplatte düğüm noktası.....	30
4.2.3 S.D.C düğüm noktası.....	30
4.2.4 Triodetic düğüm noktası.....	31
4.2.5 Varitec düğüm noktası.....	32
4.2.6 Unistrud düğüm noktası.....	32
4.2.7 Gero düğüm noktası.....	34
4.2.8 Mero düğüm noktası.....	34
4.2.9 Nodus düğüm noktası.....	35
4.2.10 Bulonlu basit düğüm noktaları.....	36
4.3 Hazır Birleşik Elemanlar.....	36
4.3.1 Piramit biçimli hazır elemanlar.....	37
4.3.1.1 Pyramitec sistemi.....	37
4.3.1.2 Space-Deck sistemi.....	38
4.3.1.3 Space-Grid sistemi.....	38
4.3.1.4 Unibat sistemi.....	39

4.3.1.5	Maymont sistemi.....	40
5.	UZAY TAŞIYICI SİSTEMLERDE BOYUTLANDIRMA.....	41
5.1	Genel Bilgiler.....	41
5.2	Yük Aktarma Düzeni.....	41
5.3	Boyutlandırmada Yapılması Gereken Tahkikler.....	43
5.4	Uzay Taşıyıcı Sistemlerin Ülkemizde Uygulanması.....	45
5.4.1	Kullanılan sistem ve malzemeler.....	45
5.4.2	Çelik malzeme gideri.....	47
5.5	Düzlem ve Uzay Taşıyıcı Sistemlerin Karşılaştırılması.....	47
5.5.1	Karşılaştırma yöntemi.....	47
5.5.2	Ekonomik açıdan tercih sınırları.....	48
5.5.3	Karşılaştırmaya etken diğer faktörler.....	48
6.	UZAY SİSTEM İMALATI TEKNİK ŞARTNAMESİ.....	49
7.	SONUÇ.....	52
	KAYNAKLAR.....	53
	EKLER	
Ek 1	Uzay Kafesler İçin Maliyet Diyagramı.....	54
Ek 2	Uzay Kafes İçin Bilgisayar Programı.....	55
Ek 3	Yurdumuzda Kullanılan Uzay Sistem Modülleri.....	75
Ek 4	Pratikte Uygulanmış Çeşitli Uzay Kafes Örnekleri.....	82
	ÖZGEÇMİŞ.....	83

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Eğilmeye maruz ve eğilmeye maruz olmayan sistemler..... 2
Şekil 2.2	Yüzey geometrisi bakımından taşıyıcı sistemler..... 3
Şekil 2.3	Şaşırtmalı ve şaşırtmasız sistemler..... 4
Şekil 2.4	Uzay kafes sistemlerde düzlemi ve hacmi oluşturan elemanlar..... 5
Şekil 3.1	Başlıca çubuk ağı sistemleri..... 6
Şekil 3.2	Mambran kuvvetleri..... 7
Şekil 3.3	A tipi çubuk ağı birim elemanı..... 8
Şekil 3.4	B tipi çubuk ağı birim elemanı..... 8
Şekil 3.5	C tipi çubuk ağı birim elemanı..... 9
Şekil 3.6	Sandviç elemanı..... 10
Şekil 3.7	Çubuğun (i,j) uçlarına ait kuvvetler..... 16
Şekil 3.8	Rijitlik matrisi elemanlarının çıkarılışı..... 20
Şekil 3.9	Çubukların uçlarındaki ankastrelilik reaksiyonları..... 22
Şekil 3.10	Çubuk eksenlerinin dönüştürülmesi..... 24
Şekil 3.11	İ düğüm noktasına etkileyen Pi dış yükü..... 26
Şekil 4.1	Boru enkesitli çubukların kaynaklı düğümü..... 29
Şekil 4.2	Waschmann mafsallı düğüm noktası..... 29
Şekil 4.3	Oktaplatte düğüm noktası..... 30
Şekil 4.4	SDC düğüm noktası..... 31
Şekil 4.5	Triodetic düğüm noktası..... 32
Şekil 4.6	Unistrud düğüm noktası..... 33
Şekil 4.7	Gero düğüm noktası..... 34
Şekil 4.8	Mero düğüm noktası..... 35
Şekil 4.9	Nodus düğüm noktası..... 36
Şekil 4.10	Bulonlu düğüm noktası..... 36
Şekil 4.11	Pyramitec düğüm noktası..... 37
Şekil 4.12	Space-Deck sistemi..... 38
Şekil 4.13	Space-Grid sistemi..... 38
Şekil 4.14	Unibat sistemi..... 39
Şekil 5.1	Bulonlu birleşimde elemanlar..... 42
Şekil 5.2	Konik parça..... 42
Şekil 5.3	Çatı kaplaması için örnek..... 45
Şekil 5.4	Çatı kaplaması için örnek..... 46
Şekil 5.5	Mero tipi aşık mesnetlendirmesi..... 46

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanması esnasında göstermiş olduğu yakınlık ve yardımlarından ötürü sayın hocam Prof. Sinan ÇAĞDAŞ'a teşekkür ederim.



ÖZET

Bu çalışma iki ana başlık altında toplandı; a) uzay kafes sistemlerin statik hesabı üzerine genel bir çalışma, b) uzay kafes sistemlerde günümüzde kullanılan teknik detaylar ve bunların sonucunda düzlem kafes sistemlerle ekonomi ve zaman açısından bir karşılaştırma.

Statik hesap yöntemleri hakkında öncelikle klasik çözümler hakkında çalışma yapılmıştır. Bu aşamada, membran analojisi, plak analojisi, ve günümüzde çubuk sistemlerin bilgisayar çözümlerinde temel yaklaşım prensibi olan rijitlik matrisleri metodu incelendi. Buna paralel olarak çalışmanın ekler kısmında rijitlik matrisleriyle ilgili 'Framecad' isimli program örnek olarak sunuldu.

Tezin diğer araştırma konusu olan uzay kafes sistemlerle düzlem kafes sistemlerin karşılaştırılması aşamasında, ülkemizde bu konuda büyük referansları olan firmalarda pratik çalışmalar yapılmıştır. Bunun sonucunda, zaman ve ekonomiklik açısından iki sistem arasında kıyas bilgileri düzenlenmiştir.

Sonuçta, uzay kafes sistemlerin düzlem kafes sistemlerle günümüz koşullarında genel bir karşılaştırması ortaya çıkmıştır.

ABSTRACT

Mainly two titles planned for this thesis: a) a general study for the static calculations of space grid trusses, b) updated technological details used in space truss systems as nodes, frames ext...

Based on the informations given above, we tried to achieve a comparison between space truss systems and plane truss systems for the conditions of time and economy.

First a study of classical static solutions, including membrane analogy, plate analogy and matrix displacement methods searched by us to reach how the update computer analysis programs have been formed for the space truss systems.

Then, we examined a computer analysis program for the space trusses which is frequently used by our well-known companies.

Then, we tried to form a comparison between space trusses and plane trusses in the economic field so we made some researches with some well-known companies which have good referances in this sector.

At the and of the studies given above, we tried to prepare a thesis which includes updated static calculations for space trusses, and comparison of time and economy between space trusses and plane trusses as well as we could.



1. GİRİŞ

Bir yapı probleminin optimum çözümlenmiş sayılabilmesi için,yapının mimarisinin güzel,kullanışlı yapımının ve bakımının ekonomik olması gerekir. Uzay taşıyıcı sistemler,yukarıda sayılan koşulların gerçekleştirilmesinde,hem mimarlara,hem mühendislere çeşitli olanaklar sağlayabilirler. Yapıların şekillendirilmesinde kullanılabilen kolaylıklar,çubuklarının ve düğüm noktalarının standartlaşmaya uygun olmaları ile ortaya çıkabilen ekonomi,bu sistemlerde oluşan çarpıcı niteliklerdir.

Çubuk ve düğüm noktalarından oluşan uzay taşıyıcı sistemler,kabuk,kubbe ve katlanmış plaklarda tek katlı,plak ve küçük eğrilikli kabuklarda iki katlı yapılmaktadır (K2.1,K2.2).Statik yönden uzay taşıyıcı sistemler yüksek dereceden hiperstatiktir.Bu sistemlerin hiperstatiklik derecelerinin yüksek olması,sistem içinde yük dağılımının sürekli olmasını sağlaması açısından bir avantajdır. Aşırı yerel yükler,çelik malzemenin plastik deformasyon yapabilmesinden dolayı komşu taşıyıcı elemanlara dağılır. Bir veya birkaç çubuğun kopmasıyla sistem çökmez.Statik ve mukavemet hesapları için harcanan zaman,sistemin hiperstatiklik derecesinin yüksek olmasından ötürü çok fazladır. Sistemin bilgisayar yardımıyla çözülmesi halinde bile sarfedilen zaman zannedildiği kadar kısa olmamaktadır. Uzay sistemlerin yapımında,genellikle kutu profiller kullanılır. Böylece soğuk veya sıcak haddelenmiş,burulma ve basınç etkilerine karşı uygun olan daire ve dikdörtgen kesitli profiller yardımıyla oldukça hafif sistemler meydana getirilebilmektedir.

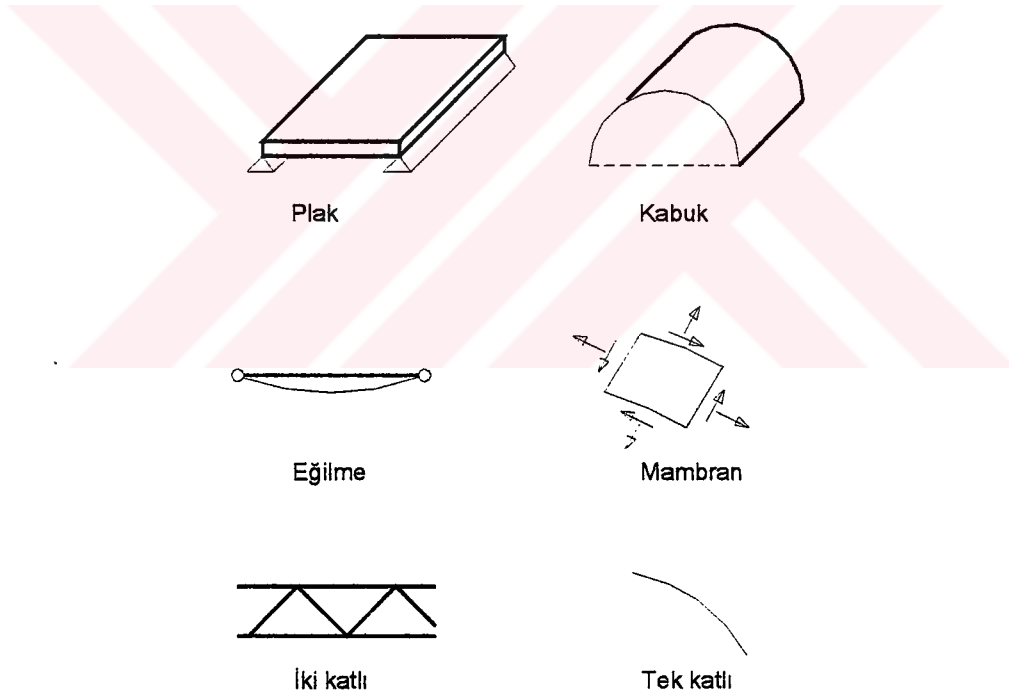
Bu çalışmanın genel anlamda iki amacı vardır:

- Uzay taşıyıcı sistemlerin statığı,konstrüksiyonu hakkında genel ve yardımcı bilgiler vermek.
- Ülkemiz koşullarında uzay taşıyıcıların uygulanış şekli hakkında genel bir fikir vermek,uzay ve düzlem taşıyıcı sistemlerin,ekonomik açıdan karşılaştırılmalarına yarayacak bazı pratik fikirleri aktarmak.

2. UZAY TAŞIYICI SİSTEMLERE AİT GENEL BİLGİLER

Yüzeysel taşıyıcı sistemler statik bakımından eğilmeye maruz ve eğilmeye maruz olmayan sistemler olmak üzere ikiye ayrılır. İkinci gruba giren sistemler, yalnız normal ve kayma kuvvetlerinin etkisi altındadır. Bunlara Mambran sistemlerde denir. Eğilmenin meydana geldiği uzay sistemler çok katlı, mambran sistemler tek katlı kafes sistem olarak teşkil edilir.

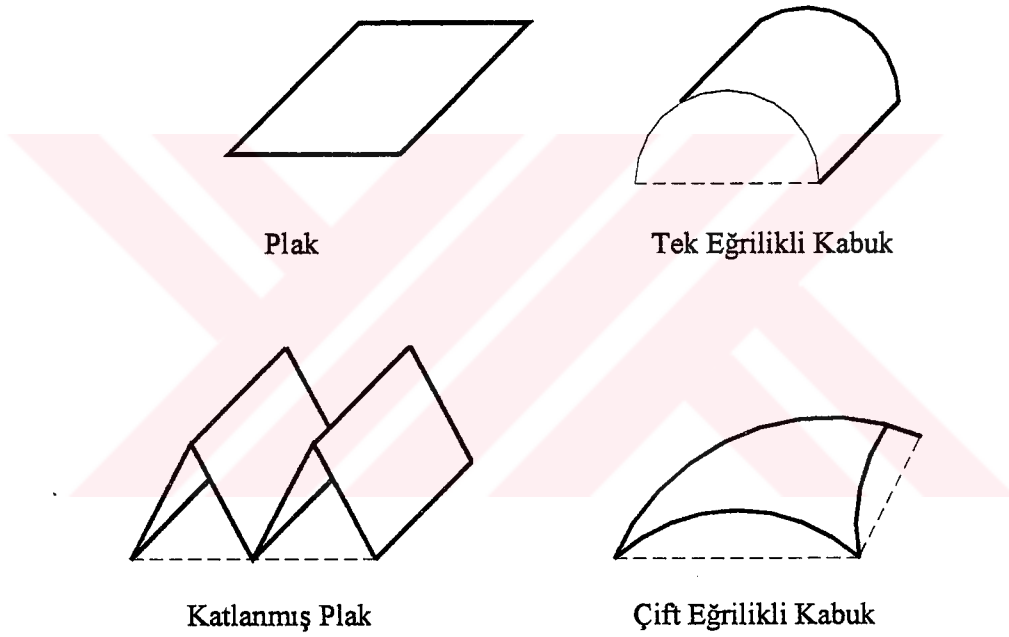
(Şekil 2.1)



Şekil 2.1 Mambran sistemler

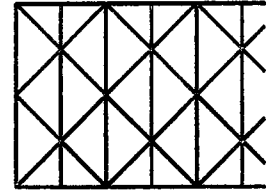
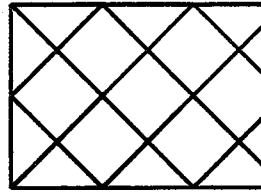
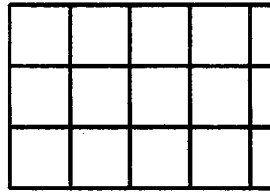
Yüzeyin geometrisi bakımından taşıyıcı sistemleri; düzlem sistemler(plaklar), bir veya iki doğrultuda eğrilikli sistemler(kabuklar) ve katlanmış sistemler olmak üzere de ayırmak mümkündür.(şekil 2.2)

Düzlemde çubuk ağları çeşitli tarzlarda oluşturulabilir. Çubukları iki doğrultuda giden sistemlere 'iki doğrultuda çubuk sistemler'denir. Üç veya çok doğrultuda çubuklu sistemlerde yapılabilir. Çok katlı sistemlerde, çeşitli düzlemlerdeki çubuk ağları üst üste; birbirini örtecek tarzda da yapılabilir.



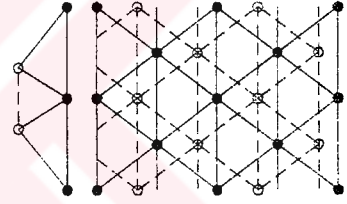
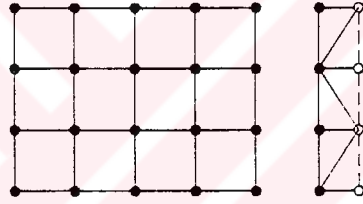
Şekil 2.2 Eğrilikli sistemler ve katlanmış sistemler

Çok katlı sistemlerde, çeşitli düzlemlerdeki çubuk ağları üst üste birbirini örtecek tarzda düzenlenebileceği gibi, birbirine göre şaşırtmalı olarak da yapılabilir.



İki doğrultuda çubuklu ağlar

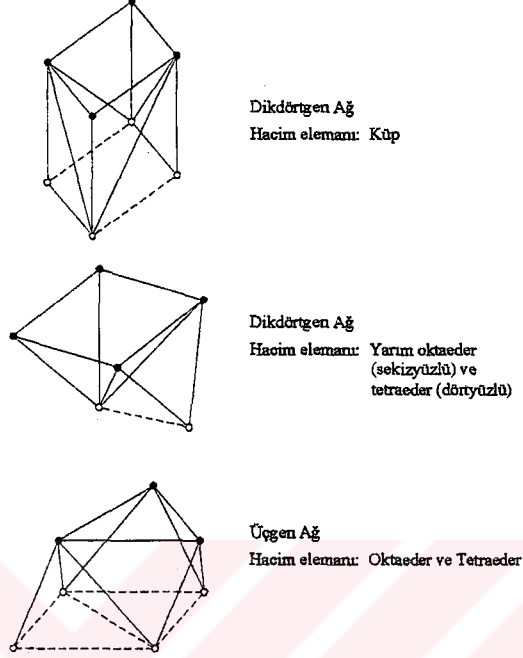
Üç doğrultuda çubuklu ağ



Şaşırtmasız ağlar

Şaşırtmalı ağlar

Şekil 2.3 Şaşırtmalı ve şaşırtmasız ağlar



Şekil 2.4 Uzay kafes sistemlerde düzlemi ve hacmi oluşturan birim elemanlar

3. HESAP YÖNTEMLERİ

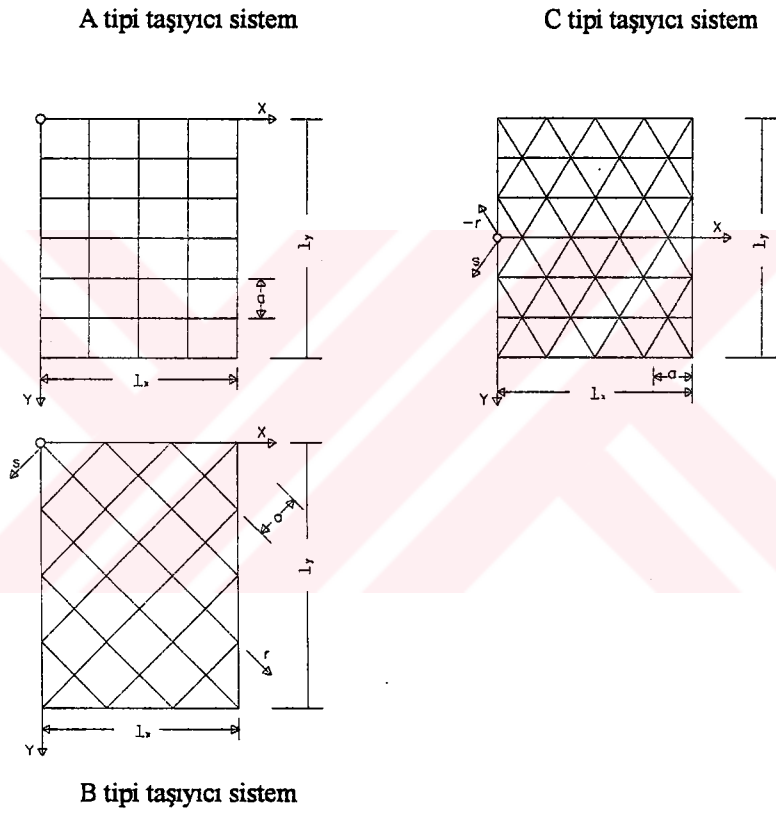
Yüzeysel taşıyıcılar olarak uzay kafes sistemler, çubukları gerçek birer sonlu eleman için sonlu elemanlar yönteminin ideal örneklerini oluştururlar. Bu sistemlerin çözümü için geliştirilmiş bilgisayar programları mevcuttur. Bu programlar yardımıyla bütün çubuk kuvvetleri hesaplanabilir. Ancak, ön boyutlandırma evresinde bütün çubuk kuvvetlerinin bilinmesine gerek yoktur, sistemin belirli yerlerindeki maksimum çubuk kuvvetlerinin bilinmesi genelde yeterli olmaktadır. Taşıyıcı sistemin belirli noktalarındaki çubuk kuvvetleri, sistem, plak veya kabuk teorisine göre çözümlenerek elde edilir.

Sonlu elemanlar yönteminin aksine, sistem burada sürekli bir sisteme dönüştürülerek çözülmektedir. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi, çubuk ağları A, B, C olmak üzere üç tipe ayrılmaktadır.

Tip A: İki doğrultuda çubuklu ortogonal sistem. Çubuklar kenarlara paralel.

Tip B: İki doğrultuda çubuklu ortogonal sistem. Çubuklar diyagonal doğrultularında birbirine paralel. (45°)

Tip C: Üç doğrultuda çubuklu sistem. (60°)



Şekil 3.1 Başlıca çubuk ağı sistemleri

Her bir ağ için x, y koordinat takımı seçilmiş, toplam çubuk uzunluğunun hesabı için formüller verilmiştir. Bu formüllerde S_0 sisteme ait çubukların toplam uzunluğunu, S sisteme ait çubuklar ile sisteme ait olmayan kenar çubuklarının toplam uzunluğunu göstermektedir.

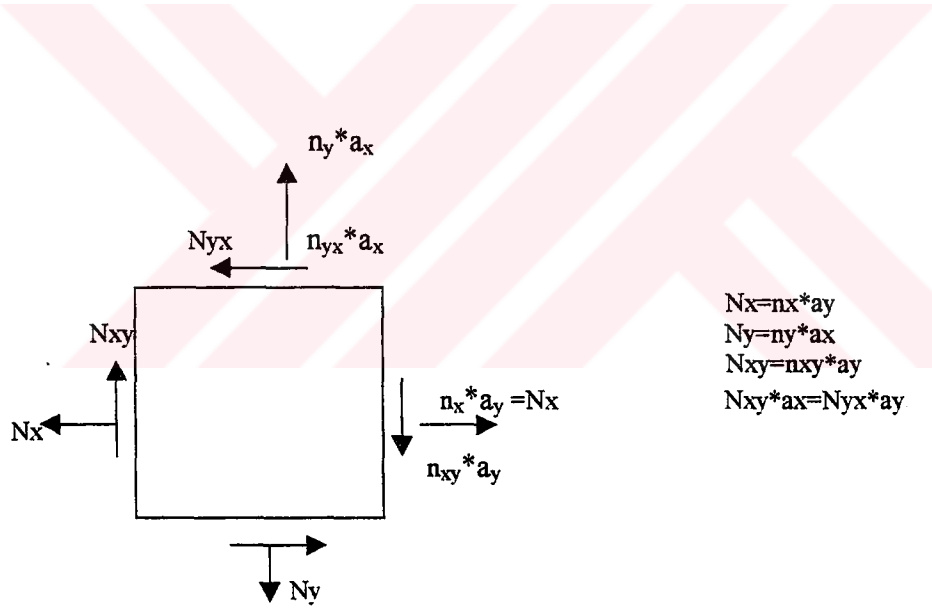
A ve B ağları düzlemlerinde stabil değildir. Bu ağların stabilitesi kenarlarında yapılacak uygun stabilite bağlantılarıyla sağlanabilir.

A ve B tipinde yapılan stabilite bağlantıları üst başlık ağı ile alt başlık ağının, düğüm noktalarından birbirlerine bağlanmasından ibarettir.

İki katlı sistemlerde, üst ve alt tabakaların birbirine göre şaşırtmalı olması halinde, A ve B ağlarının stabilitesi tabakalar arasındaki diyagoneller üçgenler oluşturacak şekilde düzenlenerek sağlanır.

3.1 Mambran analojisi

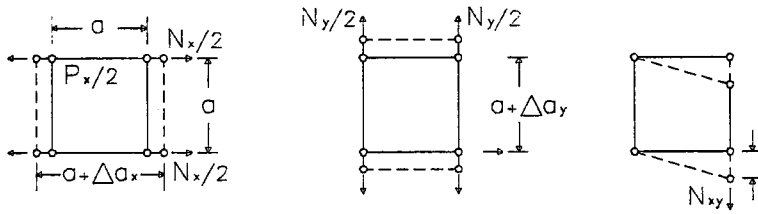
Şekil 3.1'deki çubuk ağı sistemleri uzama rijitliği $D_i = E_i \cdot t_i$, kayma rijitliği $S_i = G_i \cdot t_i$, enine genişleme katsayısı μ olan mambranlar olarak tanımlanabilir. Burada mambranın ideal kalınlığı $t = A/a$ dır. A çubuk enkesit alanını, a çubuk boyunu göstermektedir. Mambranda A ve a'nın sabit olduğu kabul edilmektedir. E_i , elastisite modülünü, G_i de kayma modülünü gösterir. Mambran kuvvetleri şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3.2 Mambran kuvvetleri

Üç tip çubuk ağı sistemi için rijitlikler ve çubuk kuvvetleri aşağıda verilmiştir.

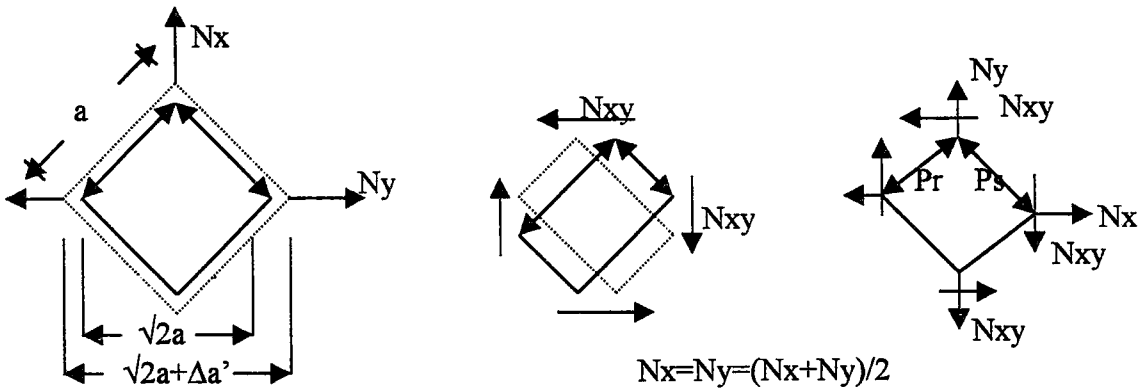
(Şekil 3.3,3.4,3.5)



Şekil 3.3 'A' tipi çubuk ağı birim elemanı

$$D_A = EA/a, S_A = 0, \mu_A = 0, N_x = n_x a, N_y = n_y a, N_{xy} = N_{yx} = 0,$$

$$P_x = N_x, P_y = N_y, P_x = n_x a, P_y = n_y a$$



Şekil 3.4 'B' tipi çubuk ağı birim elemanı

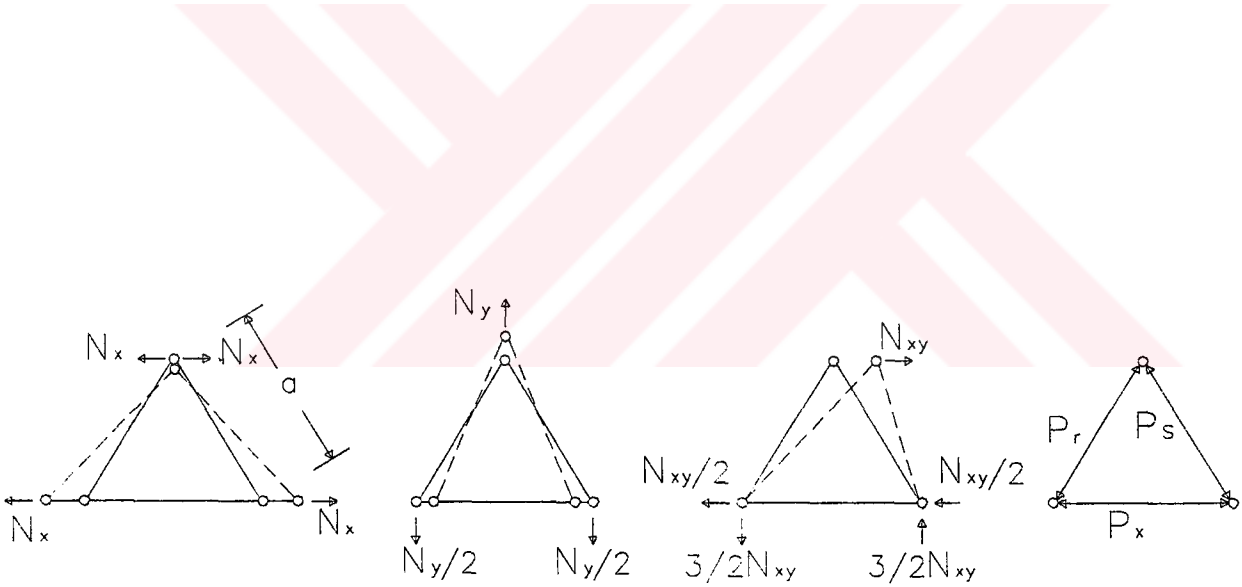
$$\varepsilon_x = (\Delta a' / \sqrt{2a}) = (\sqrt{2}/EA), \quad \sigma_x = (1/\sqrt{2a})$$

$$D_B = (EA/\sqrt{2a}), \quad S_B = (EA/2a), \quad \mu_B = 0$$

$$N_x = n_x \cdot \sqrt{2a}, \quad N_y = n_y \cdot \sqrt{2a}, \quad N_{xy} = N_{yx} = n_{xy} \cdot \sqrt{2a}$$

$$P_r = 2((n_x + n_y/2) - n_{yx})a$$

$$P_s = 2((n_x + n_y/2) + n_{yx})a$$



Şekil 3.5 'C' tipi çubuk ağı birim elemanı

A ve B tipi çubuk ağları anizotrop olup bu ağlar için 3.3 diferansiyel bağıntısı geçerlidir. İzotrop nazarıyla bakılabilen C tipi çubuk ağları için 3.4 levha denklemi geçerlidir.

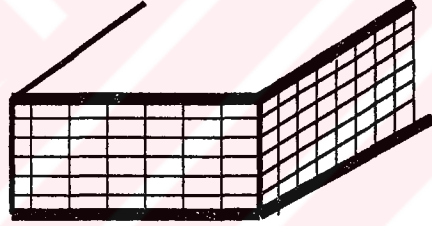
$\mu=1/3$ enine genleşme katsayısı malzemeye ilişkin olmayıp,yukarıda da gösterilmiş olduğu gibi sisteme ilişkindir. Mambran taşıyıcılarda pratik olarak yalnız C tipi uygulanır.

$$(f_1 \partial^4 F / \partial x^4) + (f_2 \partial^4 F / \partial x^3 \partial y) + (f_3 \partial^4 F / \partial x^2 \partial y^2) + (f_4 \partial^4 F / \partial x \partial y^3) + (f_5 \partial^4 F / \partial y^4) = 0 \quad (3.3)$$

$$(\partial^4 F / \partial x^4) + (2 \partial^4 F / \partial x^2 \partial y^2) + (\partial^4 F / \partial y^4) = 0 \quad (3.4)$$

3.2 Plak analogisi

Düzlem veya küçük eğrilikli uzay kafes sistemler,sandviç plaklar veya sandviç kabuklar gibi incelenebilir.Üst ve alt başlık yüzelerindeki çubuk ağları,bir önceki kısımda açıklandığı gibi mambranlar gibi çalışır.Sandviç kesitin çekirdeğini diyagoneller oluşturmaktadır.Bilindiği gibi çekirdek bölgesinin içinde gerilme oluşmaz,dolayısıyla ana taşıyıcı yüzeyler üst ve alt başlık plaklarıdır.



Şekil 3.6 'Sandviç' elemanı

İnce ortotrop tabakalı,rijit çekirdekli bir sandviç plağın diferansiyel denklemi aşağıdaki gibidir.

$$(B_x \partial^4 W / \partial x^4) + (2H \partial^4 W / \partial x^2 \partial y^2) + (B_y \partial^4 W / \partial y^4) - (n_x \partial^2 W / \partial x^2) - (2n_{xy} \partial^2 W / \partial x \partial y) - (n_y \partial^2 W / \partial y^2) = p \quad (3.5)$$

Bu denklemde p, plağa etkiyen düzgün yayılı yükür.Aşğıda nx,ny,nxy levha yükleri dikkate alınmamıştır,Bx=By alınmıştır.Bu takdirde $B_x=B_y=(D/1-\mu^2)*h^2/2$ $H=(2G+\mu D)*h^2/2$ olur.

A tipi çubuk ağı için;

$$D_A(\partial^4 W/\partial x^4 + \partial^4 W/\partial y^4) = p, D_A = (EA/a)*(h^2/2)$$

B tipi ağı için;

$$D_B(\partial^4 W/\partial x^4 + 4\partial^4 W/\partial x^2 \partial y^2 + \partial^4 W/\partial y^4) = p, D_B = (EA/2a)*(h^2/2)$$

C tipi ağı için

$$D_C(\partial^4 W/\partial x^4 + 2\partial^4 W/\partial x^2 \partial y^2 + \partial^4 W/\partial y^4) = p, D_C = (9EA/4\sqrt{3}a)*(h^2/2)$$

diferansiyel denklemleri elde edilir.

Denklemler üst ve alt başlık düzlemlerinde rijitlikleri aynı olan simetrik kafes sistemler için çıkartılmıştır.Uzay kafes sistemler çokca $a_u=2a_0$ (alt başlık çubuk boyları üst başlık çubuk boylarının iki katı)olacak şekilde boyutlandırılır.Bu durumda A ve C tiplerinde simetrik hale ait eğilme rijitliğinin 2/3 alınır,alt başlık çubuk kuvvetleri iki misli çıkar.B tipinde simetrik olmama durumu diferansiyel denklemi etkilemektedir.Bununla beraber bu tipte de A ve C tiplerinde olduğu gibi hesap yapılabileceğini bilgisayar sonuçları göstermiştir.

3.2.1 Sehimler,eğilme momentleri,başlık kuvvetleri

Dört kenarından,serbestçe dönebilir şekilde mesnetlenmiş,düzgün yayılı yüke maruz plaklar için Girkmann`nın vermiş olduğu çözüm fonksiyonlarından;A tipi plakta $\max W = pl_x^4/D_A * k_w$, $\max m_x = pl_x^2/k_m$ $m_y = -D_A \partial^2 W/\partial y^2$ olur.

$D_A = (EA/a)*(h^2/2)$ elde edilir.Burulma rijitliksiz plaklar için k_w ve k_m değerleri aşağıdadır.

λ	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
K_w	122	103,1	90,1	82,6	77,5	74,1	71,4
K_m	13,1	10,9	9,6	8,7	8,2	7,8	7,5

Başlık çubuk kuvvetleri, $P_o = (-pl_x^2/k_m)*(a/h)$ ve $P_u = (pl_x^2/k_m)*(a/h)$ olur.

B tipi plaklarda:

$$\text{Max. sehim: } pl_x^4 / D_B k_w, D_B = (EA/2a) * (h^2/2)$$

Çubuk kuvvetleri(plak ortasında): $Pr = (+, -)(pl_x^2/k_m) * (a/h)$ olur. Burulma rijitlikli plaklarda köşelerde kaldırma kuvvetleri ve negatif momentler meydana gelir.

$\text{max. } P_E = (+, -)(pl_x^2/k_E) * (a/h)$. k_w, k_m, k_e değerleri aşağıdaki tablodadır.

λ	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0
K_w	372	258	204	168	140	124	87
K_m	19,4	17,6	15,8	14,1	12,5	11,5	9,3
K_E	18,9	15,7	14,5	13,6	12,8	12,6	13,2

C tipi plaklarda:

$$\text{Max. sehim: } pl_x^4 / D_C k_w, D_C = (9EA/4\sqrt{3}a)(h^2/2)$$

Max. çubuk kuvvetleri plak ortasında meydana gelir.

$$\text{max } P_x = (+, -)pl_x^2 a / k_x h, \text{ max } P_r = (+, -)pl_x^2 a / k_r h$$

Plak köşelerinde negatif moment ve kaldırma kuvvetleri:

$$\text{max } P_r = (+, -)pl_x^2 a / k_e h, A = -pl_x^2 / k_A \text{ (kaldırma kuvveti)}$$

k_x, k_r, k_e , ve k_a değerleri aşağıdaki tablodadır.

λ	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
K_w	246	177	142	120	107	98
K_x	35,2	25,3	19,7	16,6	14,7	13,7
K_r	35,2	33,3	32,8	33,3	34,2	35
K_e	33,3	27,8	29,5	25,1	23,8	22,7
K_a	11,6	9,8	8,9	8,4	8,1	8

3.2.2 Kesme kuvvetleri,diyagonelerde çubuk kuvvetleri:

Maximum kesme kuvvetleri plak kenarlarında meydana gelmektedir. Burulma rijitliği olmayan plaklarda yani A tipi plakta kesme kuvveti aşağıdaki bağıntılarla ve tablodaki katsayılar yerine konarak hesaplanabilir.

$y=0$ için $q = pl_x / k_{Qx}$ ve $x=0$ için $q = pl_x / k_{Qy}$ olur.

A tipi plakta kesme kuvvetinin hesabı için katsayılar tablosu:

λ	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
k_{Qx}	2,83	2,5	2,28	2,13	2,03	1,95
k_{Qy}	2,83	2,96	3,10	3,26	3,4	3,53

B ve C tipi plaklarda köşelerde kaldırma kuvvetleri meydana gelir. Bu kuvvetler diğer bölgelerde mesnet kuvvetlerinin artmasına neden olur. Pratikte ideal mesnet koşulları ender olarak sağlandığından, bu yaklaşık hesap çerçevesinde, kesme kuvvetlerinin özel şekilde hesaplanmasından vazgeçilmiştir. Bu nedenle, kiriş analojisiyle kesme kuvvetlerinin tahmin edilmesi önerilir. Yapı yüksekliği 0.5a-0.8a arasında değişen B ve C tipi plaklarda diyagonallerin ön boyutlandırmasında, bir yaklaşımla başlık kesitlerinin %50'si diyagonal kesiti olarak alınabilir. Diyagonellerin deformasyona etkisi, yani sandviç plağın çekirdek tabakasının kayma rijitliğinin etkisi Makowski tarafından incelenmiştir (3. Çelik yapılar semineri). A tipi kare plakta, A_D diyagonal enkesitinin A_G başlık enkesitine oranı (α)nın 6 değişik değeri için hesaplanan maximum göçmeler aşağıdaki tabloda görülmektedir. Kıyaslama yapabilmek amacıyla B ve C tipi için de (α)nın 1 ve 1/3 değerlerine ilişkin maximum göçmeler aynı tabloda verilmiştir.

Plak	A						B		C	
α	1	5/6	2/3	1/2	1/3	1/6	1	1/3	1	1/3
Max W(mm)	75,3	75,7	76,4	77,6	79,9	86,7	69,1	80,7	54,3	60,4
% fark	0,53	1,46	3,05	6,11	15,14		16,80		11,2	

3.3 Matris deplasman metodu:

Yapı sistemlerinin hesabının amacı, statik ve dinamik dış etkiler altında, sistemlerde meydana gelen iç kuvvetlerin deformasyonların ve deplasmanların tayin edilmesidir.

Bir çubuk, bir çubuklar sistemi veya bir sürekli ortam parçası olabilen her elemanda dış etkilerden meydana gelen iç etkilerin tayin edilebileceği kabul edilmektedir.

Bundan dolayı, matris metodlarının amacı, sistemde dış etkilerden meydana gelen uç kuvvetlerin ve uç deplasmanlarının tespit edilmesidir. Uç kuvvetlerin ve uç deplasmanların sağlanması gerektiği üç şart vardır:

- 1- Denge şartları; a) Düğüm noktalarının denge denklemleri b) Elemanların denge denklemleri
- 2- Geometrik uygunluk şartları; a) Elemanın düğüm noktası uç deplasmanları birbirine eşittir b) mesnet koşulları
- 3- Gerilme-Deformasyon bağıntıları (Bünye koşulları)

Matris deplasman metodlarında, önce sistemin uç deplasman durumu geometrik uygunluk şartlarını sağlayan birbirinden lineer bağımsız olan uç deplasman durumlarının lineer kombinezonu olarak ifade edilir.

Sistemin geometrik serbestlik derecesine eşit sayıdaki katsayılar, denge şartları ve deformasyon-iç kuvvet bağıntıları kullanılarak bulunurlar. Böylece sistemin uç deplasman durumu tespit edildikten sonra denge şartları ve deformasyon-iç kuvvet bağıntıları yardımıyla uç kuvvetleri bulunur.

Sistemin serbestlik derecesi, düğüm noktalarının deplasman bileşenleri sayısına eşittir ve geometrik uygunluk şartlarını sağlayan birbirinden lineer bağımsız uç deplasman durumlarının her biri için, düğüm noktalarının deplasman bileşenlerinden bir tanesi bir, diğerleri sıfır olan durum alınır. Bundan dolayı lineer kombinezonda bulunan bilinmeyen katsayılar düğüm noktalarının deplasman bileşenleri sırası ile eşit alınmış olur.

Bir i düğüm noktasında birleşen elemanlar için i_x indisi ile belirtilen ortak bir koordinat sistemi alınacaktır. Bir düğüm noktasında birleşen elemanların ortak koordinat sistemine ait karşılıklı uç deplasman bileşenleri, geometrik uygunluk şartları gereği birbirlerine ve dolayısıyla düğüm noktası bileşenlerine eşit olurlar.

Bir i düğüm noktasında birleşen elemanların ortak koordinat sistemine ait uç deplasman bileşenlerinden oluşan kolon matrislerin her biri, düğüm noktasının deplasman bileşenlerinden oluşan $|d|$ kolon matrisine eşit olur. O halde, düğüm noktası sayısı n ile gösterilirse bilinmeyen kolon matrisi;

$$|d| = \begin{matrix} |d|_{1x} \\ |d|_{2x} \\ \vdots \\ |d|_{nx} \end{matrix} \text{ olur.}$$

Dış etkilerin ve düğüm noktalarındaki ortak koordinat sistemlerine ait uç deplasmanların elemanın bir i düğüm noktasında doğurduğu uç kuvvet bileşenlerinden oluşan kolon matris $|p|$ ile gösterilmektedir. Bir elemanın bütün düğüm noktalarındaki deplasman bileşenleri sıfırken, yalnız dış etkilerden i düğüm noktasında doğurduğu uç kuvvet bileşenlerinden oluşan kolon matrisin $|p_o|$ ile gösterildiği ve yükleme matrisi diye adlandırıldığı bilinmektedir.

Herhangi bir ij çubuk elemanının, eleman koordinat sistemine ait uç kuvvetleri ile uç deplasmanları arasında ;

$$|p|_{ij} = |k|_{ij}^* |d|_{ij} + |p_o|_{ij} \text{ elde edilir.}$$

Ortak koordinat sistemine göre ise;

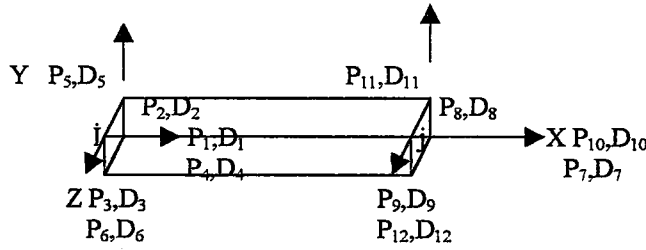
$$|p|_{xij} = |k|_{xij}^* |d|_{xij} + |p_o|_{xij} \text{ elde edilir.}$$

3.3.1 Matris deplasman metodunun özellikleri:

- 1-Bilinmeyen sayısı: Deplasman metodunda, ne kadar çok eleman birleşirse bilinmeyen sayısı o kadar az olur.
- 2-Denklem takımının kuruluşu: Deplasman metodunda, homojen çözümlerin tayininin kolay ve sistematik oluşuna karşılık bunların seçiminde serbestlik azdır. Denklem kuruluşu kolay ve sistematiktir.
- 3-Denklem takımının çözümü : Deplasman metodunda, genellikle çözümü kolay olan denklem takımları elde edilmektedir.

4-Denklem takımının stabilitesi:Deplasman metodunda,bazı hallerde stabilitesi iyi denklem takımı elde edilmektedir.Böyle olmayan hallerde,bilinmeyen seçilmesinde klasik hesapta serbestlik çok az olduğundan,düzeltilme imkanı da az olmaktadır.

3.3.2 Uzay çerçeveler



Şekil3.11 Çubuğun (i,j) uçlarına ait kuvvetler

$|p_i| = |p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6|$: Çubuğun i ucuna ait uç kuvvetleri

$|p_j| = |p_7, p_8, p_9, p_{10}, p_{11}, p_{12}|$: Çubuğun j ucuna ait uç kuvvetleri

$|p|$:Uç kuvvetler matrisi

P_1, P_7 : i ve j de, ij doğrultusundaki uç kuvvetleridir.ij'yi uzatan yön pozitif olarak kabul edilir.Doğru eksenli çubuk halinde,bu kuvvetler i ve j uçlarındaki normal kuvvetleri göstermektedir.

P_2, P_3, P_8, P_9 : i ve j de,ij'ye dik doğrultudaki uç kuvvetleridir.Çubuğu saat akrebi yönünde çevirince pozitif kabul edilirler.Doğru eksenli çubuk halinde,bu kuvvetler i ve j uçlarında kesme kuvvetlerini gösterirler.

$P_4, P_5, P_6, P_{10}, P_{11}, P_{12}$: i ve j deki uç momentleridir.Çubuğu saat akrebinin zıt yönünde çevirince pozitif kabul edilirler.

$|d_i| = |d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6|$:Çubuğun i ucuna ait deplasmanları

$|d_j| = |d_7, d_8, d_9, d_{10}, d_{11}, d_{12}|$: Çubuğun j ucuna ait deplasmanları

Uç deplasmanları,çubuğa etkiyen uç kuvvetleri ile aynı doğrultu ve yönde seçilmişlerdir.

Uç Deplasmanları

$d1=0, d2=1, d3=0, d4=0, d5=0, d6=0$
 $d1=0, d2=1, d3=0, d4=0, d5=0, d6=0$
 $d1=0, d2=0, d3=1, d4=0, d5=0, d6=0$
 $d1=0, d2=0, d3=0, d4=1, d5=0, d6=0$
 $d1=0, d2=0, d3=0, d4=0, d5=1, d6=0$
 $d1=0, d2=0, d3=0, d4=0, d5=0, d6=1$

Birim Deplasman sabitleri

$k11, k21, k31, k41, k51, k61$
 $k12, k22, k32, k42, k52, k62$
 $k13, k23, k33, k43, k53, k63$
 $k14, k24, k34, k44, k54, k64$
 $k15, k25, k35, k45, k55, k65$
 $k16, k26, k36, k46, k56, k66$

Birim deplasman sabitleri denilen k_{ij} lerin ilk indisi yeri, ikinci indisinde sebebi göstermektedir.

Eleman Rijitlik Matrisi

$$|k|_{ii} = \begin{vmatrix} k11 & k12 & k13 & k14 & k15 & k16 \\ k21 & k22 & k23 & k24 & k25 & k26 \\ k31 & k32 & k33 & k34 & k35 & k36 \\ k41 & k42 & k43 & k44 & k45 & k46 \\ k51 & k52 & k53 & k54 & k55 & k56 \\ k61 & k62 & k63 & k64 & k65 & k66 \end{vmatrix}$$

$d1=1, d2=0, d3=0, d4=0, d5=0, d6=0$
 $d1=0, d2=1, d3=0, d4=0, d5=0, d6=0$
 $d1=0, d2=0, d3=1, d4=0, d5=0, d6=0$
 $d1=0, d2=0, d3=0, d4=1, d5=0, d6=0$
 $d1=0, d2=0, d3=0, d4=0, d5=1, d6=0$
 $d1=0, d2=0, d3=0, d4=0, d5=0, d6=1$

$k71, k81, k91, k101, k111, k121$
 $k72, k82, k92, k102, k112, k122$
 $k73, k83, k93, k103, k113, k123$
 $k74, k84, k94, k104, k114, k124$
 $k75, k85, k95, k105, k115, k125$
 $k76, k86, k96, k106, k116, k126$

$$|k|_{ji} = \begin{vmatrix} k71 & k72 & k73 & k74 & k75 & k76 \\ k81 & k82 & k83 & k84 & k85 & k86 \\ k91 & k92 & k93 & k94 & k95 & k96 \\ k101 & k102 & k103 & k104 & k105 & k106 \\ k111 & k112 & k113 & k114 & k115 & k116 \\ k121 & k122 & k123 & k124 & k125 & k126 \end{vmatrix}$$

Köşegenin altında kalan relatif deplasmanlar ikiye ikiye karşılaştırılır ve Betti karşılık teoremi uygulanırsa;

$K_{ij} = K_{ji}$ olduğu $|k|$ matrisinin esas köşegenine göre simetrik olduğu görülür.

$$|k| = |k|^T$$

Dış kuvvetlerin sıfır olması halinde;

$$P1=k11*d1+k12*d2+k13*d3+k14*d4+k15*d5+k16*d6$$

$$P1=k21*d1+k22*d2+k23*d3+k24*d4+k25*d5+k26*d6$$

$$P1=k31*d1+k32*d2+k33*d3+k34*d4+k35*d5+k36*d6$$

$$P1=k41*d1+k42*d2+k43*d3+k44*d4+k45*d5+k46*d6$$

$$P1=k51*d1+k52*d2+k53*d3+k54*d4+k55*d5+k56*d6$$

$$P1=k61*d1+k62*d2+k63*d3+k64*d4+k65*d5+k66*d6$$

$$p_i = k_{ij} * d_j$$

Yükler ve $d_j=0$ iken;

$$p_i = k_{ii} * d_i$$

$$p_j = k_{ji} * d_i$$

Yükler ve $d_i=0$ iken;

Uç deplasmanları

$$d7=1, d8=0, d9=0, d10=0, d11=0, d12=0$$

$$d7=0, d8=1, d9=0, d10=0, d11=0, d12=0$$

$$d7=0, d8=0, d9=1, d10=0, d11=0, d12=0$$

$$d7=0, d8=0, d9=0, d10=1, d11=0, d12=0$$

$$d7=0, d8=0, d9=0, d10=0, d11=1, d12=0$$

$$d7=0, d8=0, d9=0, d10=0, d11=0, d12=1$$

Birim deplasman sabitleri

$$k77, k87, k97, k107, k117, k127$$

$$k78, k88, k98, k108, k118, k128$$

$$k79, k89, k99, k109, k119, k129$$

$$k710, k810, k910, k1010, k1110, k1210$$

$$k711, k811, k911, k1011, k1111, k1211$$

$$k712, k812, k912, k1012, k1112, k1212$$

Birim deplasman sabitleri denilen k_{ij} lerin ilk indisleri yeri, ikinci indisleri sebebi göstermektedir.

Eleman Rijitlik Matrisi

$$k_{ij} = \begin{vmatrix} k77 & k78 & k79 & k710 & k711 & k712 \\ k87 & k88 & k89 & k810 & k811 & k812 \\ k97 & k98 & k99 & k910 & k911 & k912 \\ k107 & k108 & k109 & k1010 & k1011 & k1012 \\ k117 & k118 & k119 & k1110 & k1111 & k1112 \\ k127 & k128 & k129 & k1210 & k1211 & k1212 \end{vmatrix}$$

$$k_{ij} = \begin{vmatrix} k17 & k18 & k19 & k110 & k111 & k112 \\ k27 & k28 & k29 & k210 & k211 & k212 \\ k37 & k38 & k39 & k310 & k311 & k312 \\ k47 & k48 & k49 & k410 & k411 & k412 \\ k57 & k58 & k59 & k510 & k511 & k512 \\ k67 & k68 & k69 & k610 & k611 & k612 \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned} |p_i| &= |k_{ij}| * |d_j| \\ |p_j| &= |k_{jj}| * |d_j| \end{aligned}$$

Tarif edilen dört birim deplasman matrisinin ikisi Betti karşılık teoremi dolayısıyla esas köşegene göre simetriktir.

$$\begin{aligned} |k_{ii}| &= |k_{ii}|^T \\ |k_{jj}| &= |k_{jj}|^T \end{aligned}$$

Sistem Rijitlik Matrisi

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
											1
											2
											3
											4
											5
											6
											7
											8
											9
											10
											11
											12

Yükler sıfır iken $|d_i|$ ve $|d_j|$ uç deplasmanlarından meydana gelen $|p_i|$ ve $|p_j|$ uç kuvvetleri;

$$\begin{aligned} |p_i| &= |k_{ii}| * |d_i| + |k_{ij}| * |d_j| \\ |p_j| &= |k_{ji}| * |d_i| + |k_{jj}| * |d_j| \end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} |p_i| \\ |p_j| \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} |k_{ii}| & |k_{ij}| \\ |k_{ji}| & |k_{jj}| \end{pmatrix} \begin{pmatrix} |d_i| \\ |d_j| \end{pmatrix}$$

Sonuçta en genel formda; $\{p\} = [K] \cdot \{d\}$ olur.

$[K]$ matrisi mertebesi 12×12 dir. Betti karşılık teoremine göre $[K]$ matrisi esas köşegenine göre simetrik olacağından; $[K] = [K]^T$ ve $[K]_{ij} = [K]_{ji}$ olur.

$[K]$ matrisi 144 tane olan elemanı arasında bu simetri bağıntılarından başka, denge denklemlerinin verdiği aşağıdaki bağıntılar da vardır. (Denge durumunda ve yükler sıfır iken)

21 elemanın bilinmesi ile diğer elemanlar kolaylıkla bulunabilecektir.

1 $[k]_{ii}$ nin alt üçgeni simetri özelliği ile üst üçgene bağlı olarak,

2 $[k]_{ji}$ denge denklemlerinden elde edilen satırlar arası bağıntılarla, $[k]_{ii}$ ye bağlı olarak,

3 $[k]_{ij}$, $[k]$ matrisinin simetri özelliğinden dolayı $[k]_{ji}$ ye bağlı olarak,

4 $[k]_{jj}$ satırlar arası bağıntılarla $[k]_{ij}$ ye bağlı olarak tayin edilmiştir.

$$p_7 = -p_1, p_8 = -p_2, p_9 = -p_3, p_{10} = -p_4, p_{11} = -p_5 - p_3 \cdot L, p_{12} = -p_6 - p_2 \cdot L$$

Şekil 3.12 Rijitlik Matrisi Elemanlarının Çıkarılışı

EIx/L						$-EIx/L$					
	$12EIx/L^3$				$6EIx/L^2$		$-12EIx/L^3$				$6EIx/L^2$
		$12EIy/L^3$		$-6EIy/L^2$				$-12EIy/L^3$		$-6EIy/L^2$	
			Glx/L						$-Glx/L$		
		$-6EIy/L^2$		$4EIy/L$				$6EIy/L^2$		$2EIy/L$	
	$6EIx/L^2$				$4EIx/L$		$-6EIx/L^2$				$2EIx/L$
$-EAx/L$						EIx/L					
	$-12EIx/L^3$				$-6EIx/L^2$		$12EIx/L^3$				$-6EIx/L^2$
		$-12EIy/L^3$		$6EIy/L^2$				$12EIy/L^3$		$-6EIy/L^2$	
			Glx/L						Glx/L		
		$-6EIy/L^2$		$2EIy/L$				$6EIy/L^2$		$4EIy/L$	
	$6EIx/L^2$				$2EIx/L$		$-6EIx/L^2$				$4EIx/L$

Uzay Çubukların Rijitlik Matrisi:

Ax: Kesit alanı Iz: z-z kesiti atalet momenti G: Kayma rijitliği L: Çubuk boyu Ix: Burulma rijitliği

E: Elastisite Modülü

3.3.3 Yükleme matrisleri

Bütün d uç deplasmanları sıfır iken yani $|d|_i = |d|_j = 0$ olduğu durumda yalnız yüklerden meydana gelen uç kuvvetleri sıra ile; p10, p20, p30, p40, p50, p60, p70, p80, p90, p100, p110, p120 ile gösterilen iki ucu ankastre bir çubukta yüklerden meydana gelen uç kuvvetleridir. Burada ilk indis meydana gelen kuvveti ikinci indis ise yeri göstermektedir.

$|d|_i = 0$ iken;

$$|p|_i = \begin{pmatrix} p_{10} \\ p_{20} \\ p_{30} \\ p_{40} \\ p_{50} \\ p_{60} \end{pmatrix} \quad |p|_j = \begin{pmatrix} p_{70} \\ p_{80} \\ p_{90} \\ p_{100} \\ p_{110} \\ p_{120} \end{pmatrix}$$

Çubuk yüksüz iken denkleminiz : $|p| = |k| * |d|$

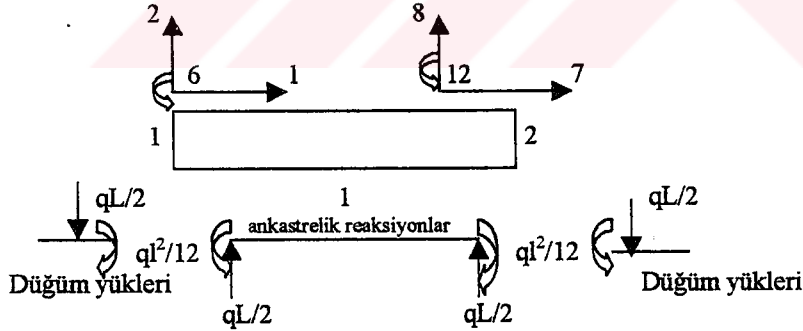
Çubuk yüklü iken denkleminiz: $|d| \neq 0 \quad |p| = |p_0|, \quad |p| = |k| * |d| + |p_0|$

Bir taşıyıcı sistemin üzerine etkileyen dış yükler, tesir ettikleri yer açısından ikiye ayrılabilir.

Birincisi direk dış yüklerdir ve sistemin doğrudan doğruya düğüm noktalarına tesir edenler bu sınıfa girerler. İkinci kısma ise endirek dış yükler diyebiliriz ve bu yükler çubukların eksenleri boyunca tesir ederler.

Sistemin rijitlik denklem takımının sağ tarafında bulunan p kolon vektörü sistemin direk yükleridir. Sistemin düğüm noktası deformasyonları hangi eksen takımında seçilmiş ise p lerde aynı doğrultuda verilmiş olmalıdır. Direk düğüm noktası yükleri doğrudan doğruya denklem takımının sağ tarafındaki sabitler vektörünü teşkil ederler. Çubuklar üzerine etkiyen tekil veya yayılı yükler önce çubuk uçlarına indirgenmek ondan sonra düğüm noktalarına gelen eşdeğer yükleri hesaplamak gerekir. Bunun için sistem düğüm noktalarında ankastre kabul edilir. Bu reaksiyonların ters işaretlileri düğüm noktalarına doğrudan doğruya tesir eden dış yükler olarak alınır. Çubukların üzerine tesir eden dış yükleri, düğüm noktalarına tesir eden eşdeğer yükler haline çevirmek için aşağıdaki yol izlenir.

Taşıyıcı sistemin uçlarından ankastre kabul edilir ve çubuklar üzerindeki yüklerin ankastre uçlarında meydana getirdikleri ankastrelik reaksiyonları $|p|$, bilinen formülleriyle hesap edilir. Bu reaksiyonların ters işaretlileri düğüm noktalarına doğrudan doğruya tesir eden dış yükler olarak alınır.



Şekil 3.13 Çubukların uçlarındaki ankastrelik reaksiyonları

Örnek olmak üzere, üzerindeki tam yatılı bir q yükü bulunan L açıklığındaki bir uzay kafes çubuğunun ankastrelik reaksiyonları ile bu q yükünden düğümlere gelen tesirler yukarıdaki şekilde gösterilmiştir.

Çubuk uçlarındaki ankastrelik reaksiyonlarından sistematik bir şekilde düğüm yüklerine geçmek için kod numaralarından istifade edilebilir. Bunun için, çubuğun müşterek eksenlere göre hesaplanmış ankastrelik reaksiyon kolon vektörünün yanına o çubuğun kod numarası yazılır. Bir kod numarasının karşısına gelen ankastrelik reaksiyonun değerinin ters işaretlisi, kod numarasının gösterdiği numaradaki düğüm yükünü teşkil eder. Ayrıca, bir doğrultuda birden fazla sayıda çubuk yük gönderebilir. Taşıyıcı sistem, düğüm noktalarına direk olarak tesir eden bu dış yükler altında analiz edilir. Artık, çubuk üzerinde etki eden q yayılı yükü kesinlikle düşünülmez. Analiz bitip uç kuvvetleri bulunduktan sonra q yayılı yükü olan çubuğun dengesini düşünürken veya kesit tesir diyagramını çizerken, q yükünün varlığını yeniden göz önüne almamız gerekmektedir.

$$\begin{array}{c|c} p1 \\ p2 \\ p3 \\ p4 \\ p5 \\ p6 \end{array} = \begin{array}{c|c} 0 \\ qL/2 \\ 0 \\ 0 \\ qL^2/2 \\ 0 \end{array} * \begin{array}{c|c} p7 \\ p8 \\ p9 \\ p10 \\ p11 \\ p12 \end{array} = \begin{array}{c|c} 0 \\ qL/2 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -qL^2/2 \end{array}$$

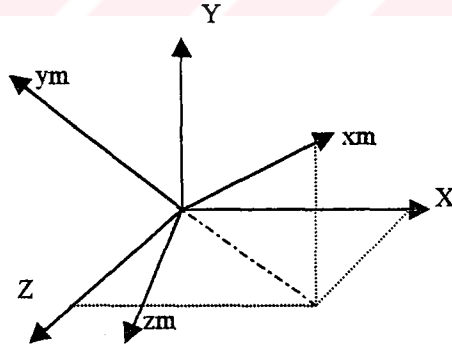
3.3.4 Eksen takımları

Çubuk eksenleri: Çubuğun kendi boyuna eksenini ile bu eksene dik enkesitteki asal atalet momenti eksenini veya eksenlerinden meydana gelen ve sağ el kuralına uyan xy ve xyz kartezyen koordinat takımına çubuk eksen takımı denir. Burada yapılan tanımda xy eksenleri kağıt düzlemi ile aynı düzlem kabul edilmiştir. Z eksenini ise kağıt düzlemine dik olan eksen olarak kabul edilmiştir.

Müşterek eksen takımı:Düzlem veya uzayda çubuk herhangi bir konumda olabilir ve bir düğüm noktasında birleşen uç kuvvet ve deplasmanlarını tek bir koordinat takımına dönüştürmek amacıyla sağ el kuralına uygun olarak seçilen birbirine dik xy ve xyz eksenlerine müşterek eksen takımı denir.

3.3.5 Koordinat sisteminin dönüştürülmesi:

Bir düğüm noktasında birleşen çubukların rijitlik matrisi terimlerini cebrik olarak toplayabilmek için,o çubukların rijitlik matrislerinin müşterek bir eksen takımına göre yazılmış olması gerekmektedir.Daha önce anlatılan rijitlik matrisi çubuk eksenlerine göredir ve bir sistem içinde farklı çubuk eksenleri olan çubuklar vardır.Buna göre çubuk uçlarında farklı doğrultularda olan deformasyon ve kuvvet vektörlerini müşterek bir eksen takımına dönüştürmek gerekmektedir.Burada dönüşümü gerekli olan rijitlik matrisleridir.Böylece çubuk eksen takımına göre bilinen rijitlik matrisi müşterek bir eksen takımına dönüşmüş olacaktır.



Şekil3.14 Çubuk eksenlerinin müşterek eksen takımına dönüştürülmesi

Bir O noktasından geçen ve müşterek X,Y,Z eksenleri doğrultularında V_x, V_y, V_z gibi üç ayrı bileşeni bulunan bir V_o kuvveti aynı noktadan geçen birbirine dik diğer bir x,y,z eksen takımı doğrultularında v_x, v_y, v_z gibi eşdeğer bileşenlere ayrılabilir. Bileşke V_o her iki halde de aynıdır. Sadece bileşenlerin şiddet, doğrultu ve yönleri farklıdır. Bu durumda eğer iki eksen takımı arasındaki açılar biliniyorsa bir eksen takımına göre verilmiş bileşenleri, diğer eksen takımına göre verilmiş bileşenler cinsinden yazmak mümkündür.

3.3.6 Döndürme matrisi

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

α_{ij} çubuğun yerel eksen takımının j eksenini ($j=x,y,z$) ile genel eksen takımının J eksenini ($J=X,Y,Z$) arasındaki açının kosinüsü olsun. α_{ij} lerin 3*3 lük matrisini α_{ij} ile gösterelim.

$$|\alpha_{ij}| = \begin{vmatrix} \alpha_{zZ} & \alpha_{zX} & \alpha_{zY} \\ \alpha_{xZ} & \alpha_{xX} & \alpha_{xY} \\ \alpha_{yZ} & \alpha_{yX} & \alpha_{yY} \end{vmatrix}$$

α_{ij} terimleri o şekildedir ki $|\alpha_{ij}|^T = |\alpha_{ij}|^{-1}$

yukarıda tanımlanan yerdeğiştirmelerin ve kesit zorlarının, bu kere genel eksen takımına göre hesaplanmış 12 terimli vektörleri (d_{ij}) ve (P_{ij}) olsunlar. α_{ij} ile;

$$|\alpha_{4ij}| = \begin{vmatrix} \alpha_{ij} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_{ij} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_{ij} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \alpha_{ij} \end{vmatrix}$$

kare matrisi gösterilsin. Buradan; $|d_{ij}| = |\alpha_{4ij}| |d_{IJ}|$ ve $|P_{ij}| = |\alpha_{4ij}| |P_{IJ}|$ elde edilir.

Daha önce çıkarılmış olan $|p| = |k| |d|$ formülünde üstteki formüller yerine konursa;

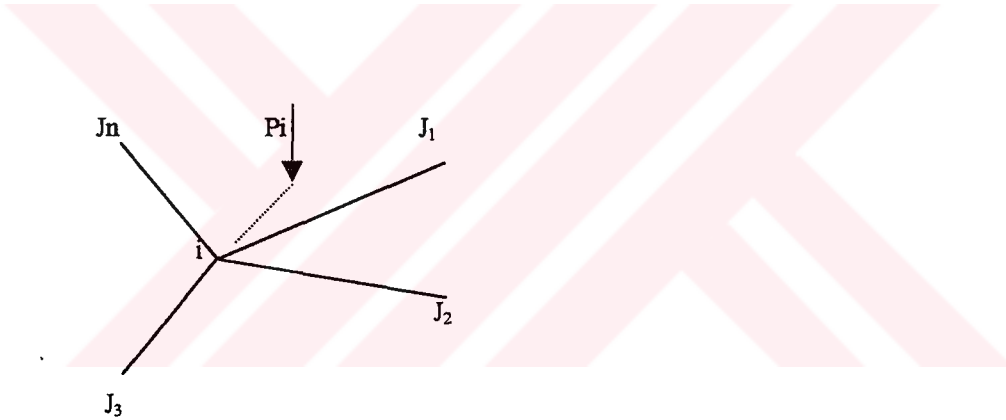
$|\alpha_{4ij}| |P_L| = |k_{ij}| |\alpha_{4ij}| |d_L|$ şekline dönüşür. Bu bağıntının her iki yanını (α_{4ij}^T) ile çarpıp $|\alpha_{ij}|^T = |\alpha_{ij}|^{-1}$ göz önüne alınırsa ;

$|P_L| = |\alpha_{4ij}|^T |k_{ij}| |\alpha_{4ij}| |d_L|$ elde edilir.

Bu bağıntı genel eksen takımında i-j çubuğunun uçlarına etkiyen kesit zorlarının bileşenlerini, çubuğun yerel eksen takımında tanımlanmış bir rijitlik matrisi ve α_{ij} döndürme matrisi aracılığıyla bu uçlardaki yerdeğiştirmelerin fonksiyonu olarak verir.

3.3.7 Düğüm noktalarının dengesi

Merkezsiz yada dışmerkezsiz P_i dış yükünün üzerine etki ettiği i düğüm noktası kendisinde bileşen çubukların her birinin uyguladığı $-P_{ij}$ uç zorlarının varlığı dolayısıyla dengededir.



Şekil 3.15 i düğüm noktasına etkiyen P_i dış yükü

P_1, P_i dış yükünün kuvvet ve moment türü bileşenlerinin genel eksen takımında hesaplanmış 6 terimli vektörü olsun. i düğüm noktasının denge koşulları; $P_1 = \sum_i P_{ijüst}$ bağıntısı ile yazılır. Toplam i noktasında birleşen bütün çubukları kapsar.

Yine bu bağıntıda $P_{ijüst}$, $|P_{1j}| = |\alpha_{4ij}|^T |k_{ij}| |\alpha_{4ij}| |d_{1j}|$ bağıntısıyla verilen P_{1j} matrisinin üst yarısını gösterir. Aynı matrisin alt yarısı j numaralı düğüm noktasının dengesinde kullanılır. Yukarıdaki bağıntı kafes taşıyıcıların bütün düğüm noktaları için yazılarak, düğüm noktalarının sayısı n olmak üzere, $6n$ bilinmeyenli $6n$ sayıda bir lineer denklem takımı elde edilir. Bazı bilinmeyenler çevre koşullarının zorunlu kıldığı bir değerdendirler. Bunlara ilişkin düğüm noktalarının denge denklemleri, mesnet tepkilerinin hesaplanmasını sağlar.

Bu denklemlerin bilgisayar yardımı ile çözümü, her düğüm noktası için yerdeğıştirmenin 6 bileşenini verir. Daha sonra $|P_{1j}| = |\alpha_{4ij}|^T |k_{ij}| |\alpha_{4ij}| |d_{1j}|$ ve $|P_{ij}| = |\alpha_{4ij}| |P_{1j}|$ bağıntılarından her çubuğun uç kesit kuvvetleri hesaplanır, geriye bunlardan yararlanarak çubuklarda gerilme kontrolü yapmak kalır.

4. TEKNOLOJİK DETAYLAR

4.1 Çubuklar

Bir uzay kafes taşıyıcı düzen kurmak için sabit enkesitli herhangi bir çubuk seçilebilir. Bununla birlikte yapımcılar genellikle boruların kullanılmasını aşağıdaki sebeplerden ötürü tercih ederler:

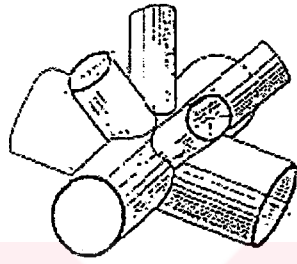
- Enkesitin her doğrultuda sahip olduğu büyük eylemsizlik yarıçapı nedeniyle burkulmaya karşı büyük mukavemetleri,
- Kapalı enkesitlerden dolayı burulmaya büyük mukavemetleri,
- Silindirik biçimlerinin zayıf bir sürüklenme katsayısına sahip olmasından ötürü rüzgar kuvvetlerindeki azalma,
- Yanal yüzeylerinin küçüklüğü ve içeri giren açılarının olmamasından ileri gelen bakım ve boya kolaylığı,
- Çoğu zaman görünür bırakılan kafes taşıyıcının güzel görünümü.

Katlanmış ince saç kesitler ve bazı kereler ara aşık gibi bazı tali elemanlarla örtünün çizgisel değil yüzeysel mesnetlenmelerine olanak vermek için, üst-başlık ağı çubuklarında, eğilme mukavemetlerini de arttırıcı kutu kesitler de kullanılabilir. Bazı düzenler bütünüyle kutu enkesitli çubuklardan kurulabilir. Böyle çözümün bir üstünlüğünde, birleşimlerindeki imalatın kolay düzlem kesitlerle olmasıdır. Özellikle çekmeye çalışan çubuklarda, dolu enkesitli yuvarlak çubuklarında kullanıldığı olur. Bu kullanım, basınç çubuklarında burkulma nedeni ile zorluklar yaratır. Bu konuda H.Castillo (Meksika) tarafından Tridilosa sistemi adı altında geliştirilen çözümden söz edilebilir. Bu sistem bütünüyle birbirlerine kaynakla bağlanmış yuvarlak dolu enkesitli çubuklardan bileşik iki doğrultulu bir uzay kafestir. Basınca çalışan üst başlık ağı, çubuklara asılan hafif betondan hazır kare panoların üzerlerine yerinde dökülen bir beton plakla pekiştirilmektedir. Taşıyıcı düzenin büyük şekil değiştirmeler yapması kabul edilebiliyorsa, çekme çubuklarını yüksek mukavemetli çelik kablolardan oluşturmak ta mümkündür.

Böyle bir taşıyıcı sistem genellikle, kablolardaki zorların işaret değiştirmesini engelleyici öngerilmelerinde verilmesini sağlamak için hiperstatik olmalıdır. Bu tür bir düzenleme ile büyük direklerin yapımında kullanılan Octen(A.B.D) sisteminde karşılaşılır. Octen sistemi, tepeleri öngerilmeli 6 düşey kablo ile birleştirilen üst üste konmuş sekizyüzlülerden oluşmuştur.

4.2 Dügüm Noktaları

Bir uzay kafes taşıyıcının imalatında en zor ve hassas kısım düğüm noktalarıdır. Gerçektende bunlar, montajda kolaylık ve sistemin maliyeti üzerinde büyük etkinliğe sahiptir.Şekilde kavranması kolay kaynaklı bir düğüm noktasını göstermektedir. Ancak gerek çizim ve gerekse çubukların uç kesimlerindeki büyük zorluklar nedeniyle, böyle bir düğüm noktası ender olarak kullanılır.



Şekil 4.1. Boru enkesitli çubuklarının uçları özel kesimli kaynaklı düğümü

İmalat zorluklarını yenebilmek amacıyla, şaşırtacak sayıda birleşim detayları geliştirilmiş ve pek çoğunun ihtira beratı alınmıştır. Aşağıda bunlardan yaygın olan birkaçı açıklanacaktır.

a) Waschman sistemi: (USA)

Düğüm noktaları mafsallıdır ve her iki başlık ağında ek çubuklar kullanan çift doğrultulu uzay kafes taşıyıcıların kurulmasına olanak tanır. Söz konusu ek çubuklar her kare gözü iki üçgene bölerler. Köşegenlerin tırnaklar yardımıyla birleşimini sağlayan çeneler elemanların üzerine bağlanmıştır. Sistem 1946 tarihlidir ve özellikle uçak hangarlarının örtülmesinde kullanılmıştır. Günümüzde karmaşıklığı dolayısıyla demode sayılmaktadır. Bununla birlikte, düğüm noktaları gerçekten mafsallı olan tek örneği oluşturmaktadır.



Şekil 4.2 Waschmann mafsallı düğüm noktası

b) Oktaplatte düğüm noktası(Almanya)

Düğüm 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.

Üstünlükler:

Basit kuruluş,

Boruların uçlarında özel kesim gerekmemesi,

Kolaylıkla gerçekleştirilen kaynaklar,

Güzel görünüm,

Büyük rijidlik,

Eğri yüzeylerin kurulabilmesi,

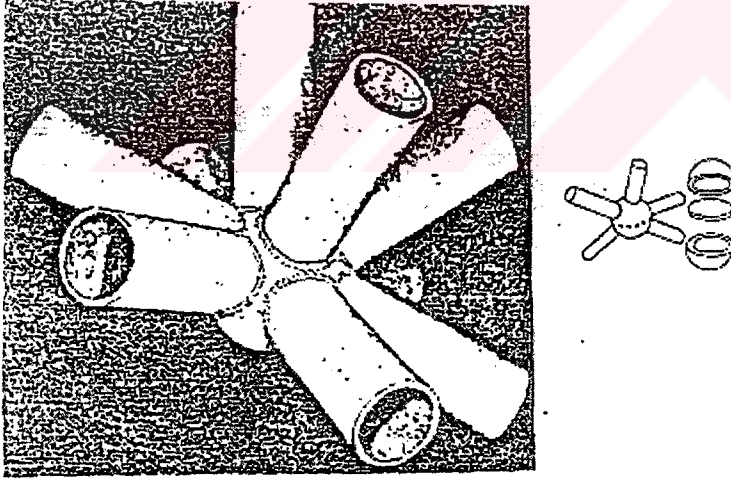
Sakıncalar:

Boruların uzunluklarının çok kesin belirlenmesi zorunluluğu,

Montaj zorluğu,

Sökülme olanaksızlığı,

Düğüm noktalarının kuruluş özelliğinin çok büyük açıklıkların, aşılmasına engel olması.



Şekil 4.3 Oktaplatte düğüm noktası

c) S.D.C düğüm noktası (Fransa)

Düğüm noktaları, eş düzlemlili ve bir noktada kesişen altı boru kesitli çubuğun birleşimine olanak veren, hafifçe bombeli dökme çelikten iki yarım kabuktan meydana gelir. İki yarım kabuk kaynakla birleştirilirler. Üst ve alt başlık ağırlarının çubukları düğümlerin içine girer ve boyları ayarlandıktan sonra kaynaklanırlar.

Her iki ağ arasındaki örgü çubukları doğrudan doğruya kabukların üzerine kaynaklanırlar. Kaynak dikişlerinin karmaşıklığını gidermek için örgü çubuklarının uçları dolu gövdelidir.

Üstünlükler:

Çubuk boylarının ayarlanabilme kolaylığı,

Çubukların düğümlerde oynatılabilmelerinden dolayı küçük açı değişimleri olanağı,

Yapılması kolay kaynak işlemleri,

Düzgün, küçük güzel görünümlü düğümler,

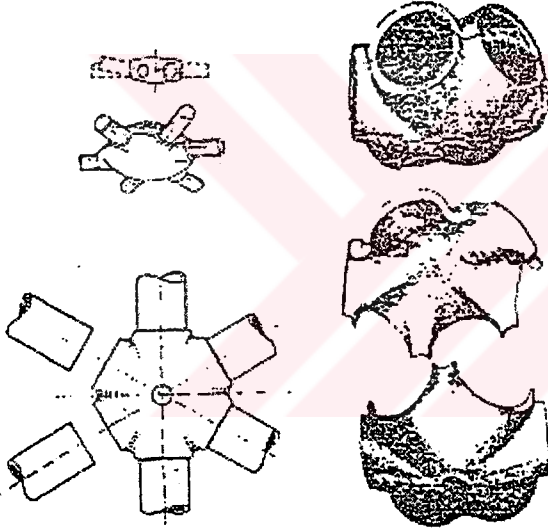
Büyük rijidlik.

Sakıncalar:

Yalnız üç boyutlu düzenlemelere uygun,

Sökülmesinin imkansız oluşu.

S.D.C nokta düzeni özellikle büyük açıklıklı sürekli çatılarda uygun çözümler vermektedir.



Şekil 4.4 S.D.C düğüm noktası

d) Triodetic düğüm noktası (Kanada)

Boru enkesitli çubukların birleşimi, değişik sayıda dişli radyal yarıkları olan çelik yada alüminyum diskler aracılığıyla gerçekleşir. Boruların uçları tek bir işlemle ve 0.2 mm mertebesinde hassaslıkla uygun açıda kesilir ve soğukta yassıtılır. Montaj sırasında çubukların uçları disklerdeki yarıklara zorla sokulur; birleşim kendi kendini sıkma ile çalışır.

Üstünlükler:

Bulon ve kaynak gerektirmeyen basit birleşimler,

Boruların mukavemetinin %90'nına erişen yüksek mukavemetli düğüm noktaları,

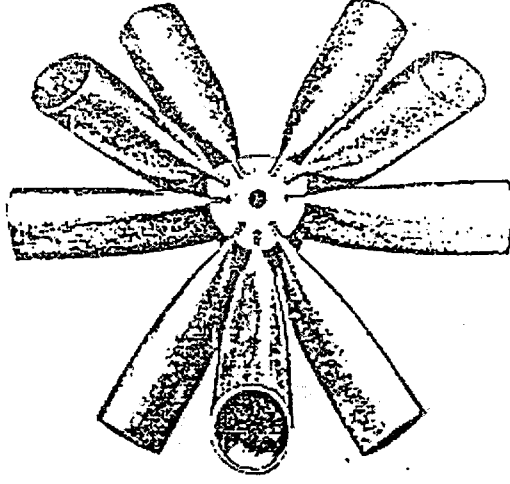
Önyapım olanağı.

Sökme olanağı.

Sakıncalar:

Montaj sırasında ayarlama imkansızlığı ve sonuç olarak büyük hassaslık zorunluluğu.

Triodetic düğüm noktalı düzenler büyük yüzeylerin alüminyum yada çelikle aşılmasında kullanılmıştır.



Şekil 4.5 Triodetic düğüm noktası

e) Varitec düğüm noktası (İsviçre)

Düğüm noktaları bir birleşim plağı ve birbirine dik üç yüzü bulunan parçalardan bileşiktir. Dört köşeli böyle bir düğüm noktası sekiz çubuğun birleştirilmesini sağlar. Birleşimler bulonla yapılır. Üst başlık ağının çubukları bazen kutu kesitli yada örtüyü taşımaya uygun profildedirler. Bu düğüm noktası genellikle iki doğrultulu taşıyıcılarda kullanılır; ancak üç doğrultululara da uygulanması mümkündür.

Üstünlükler:

Çok basit kuruluş,

Ekonomik imalat,

Montaj ve sökme kolaylığı,

İleri ölçüde ön yapım olanağı,

Köşegenlerin bağlantı eksenleri çevresinde açısal değişim olanağı.

Sakıncalar:

Hiçbir boy ayarlama olanağı olmayışı,

Birleşimlerin mukavemetinin bulonlara bağlı olması.

f) Unistrud düğüm noktası ve sistemi (USA)

Önceden görülen kafes taşıyıcıların tersine, burada çubuklar soğukta işlenmiş saçtan yapılır. Düğüm noktasındaki birleşim preste şekillendirilmiş 6mm kalınlığındaki yumuşak çelikten bir levha aracılığıyla olur.

Levhanın katlanmış yüzlerinin sekizinde, birer delik tutunmayı sağlayan ikişer tırnak bulunur. Bütün çubukların enkesitleri aynı değerdedir; bu da düzenin adını açıklar. Her çubuğun ucu yüksek mukavemetli tek bir bulonla birleştirilir. Birleşimin pekiştirilmesi, bir düğüm noktasındaki aynı doğrultulu iki çubuğu birbirine bağlayan laşalarla mümkündür.

Üstünlükler:

Montaj ve sökme kolaylığı,

Taşıyıcı düzende hazır modüller kullanma olanağı,

Montajın bitmesinden sonra da takviye imkanı.

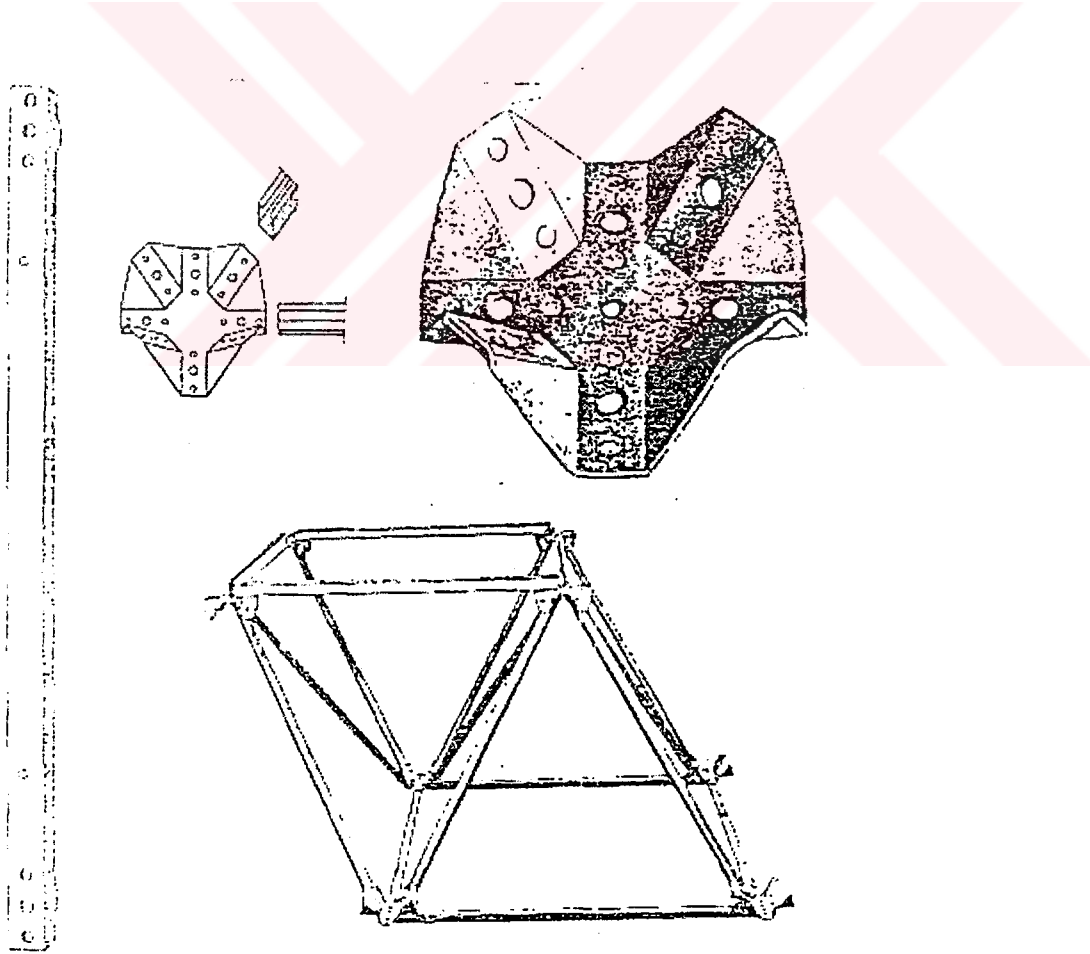
Sakıncalar:

Düğüm noktalarının zayıf mukavemeti,

Çubuk boylarının ayarlanamaması,

Estetik olmayan görünüş,

Yalnız çift doğrultulu taşıyıcılara uyması.



Şekil 4.6 Unistrud düğüm noktası

g) Gero düğüm noktası (Avustralya)

Boru enkesitli çubuklar düğüm noktalarını, yerel olarak yassılaştırarak ve örgü çubuklarında ayrıca katlanarak aşarlar. Aynı bir düğüm noktasının yassı yüzeyleri bir bulonla sıkılarak birbirlerine bağlanır.

Üstünlükler:

Düğüm noktalarında hiçbir özel parça olmaması,

Sökme kolaylığı.

Sakıncalar:

Çubukların biçimlendirilmesindeki zorluk; montaj zorlukları

Birleşimlerin zayıf mukavemeti

Çubuk eksenlerindeki dışmerkezlikler.



Şekil 4.7 Gero düğüm noktası

h) Mero düğüm noktası (Almanya)

Düğüm noktaları, eksenleri birbirlerine dik üç doğrultuda ve bunların uzay açıortaylarında olan dış açılmış 18 deliğe sahip masif kürelerden oluşur. 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 çıkartılır. Sonra manşon ve bulon birlikte döndürülerek düğüm noktasına vidalanırlar. İşlem manşonun borunun ucuna sıkıştırılmasıyla son bulur.

Üstünlükler:

Tam prefabrikasyon ve çok kolay montaj,

Sökme kolaylığı,

Küçük ve düzgün düğümler; güzel görünüm,

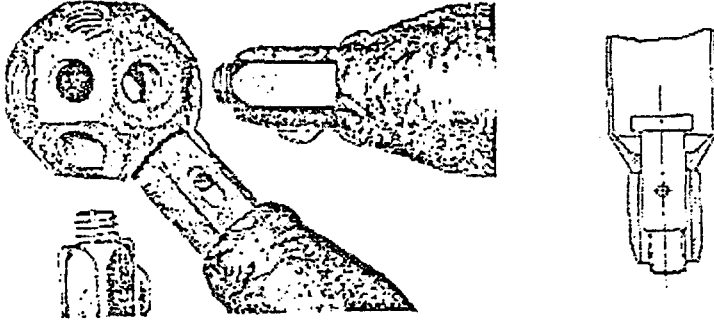
Tek bir düğüm tipi ile yüksek sayıda değişik birleşimler yapma olanağı.

Sakıncalar:

Birleşimlerin zayıf mukavemeti,

Parçaların çok işlem görmelerinden kaynaklanan pahalı maliyetleri.

Mero sistemi 30 metreyi aşmayan açıklıklarda uygun sonuçlar vermiştir.



Şekil 4.8 Mero düğüm noktası

i) Nodus düğüm noktası (İngiltere)

Düğüm noktaları dökme çelikten olup çubuklar boru yada kutu enkesitlidir. Çubuk uçları düğüm noktalarına kendilerine kaynaklanan özel parçalarla bağlanmaktadır. İki doğrultulu ağ çubukları bulunan, kare tabanlı piramitlerden oluşan düzenlemeler için uygundur.

Üstünlükler:

Kolay montaj tam prefabrikasyon

Sökme kolaylığı

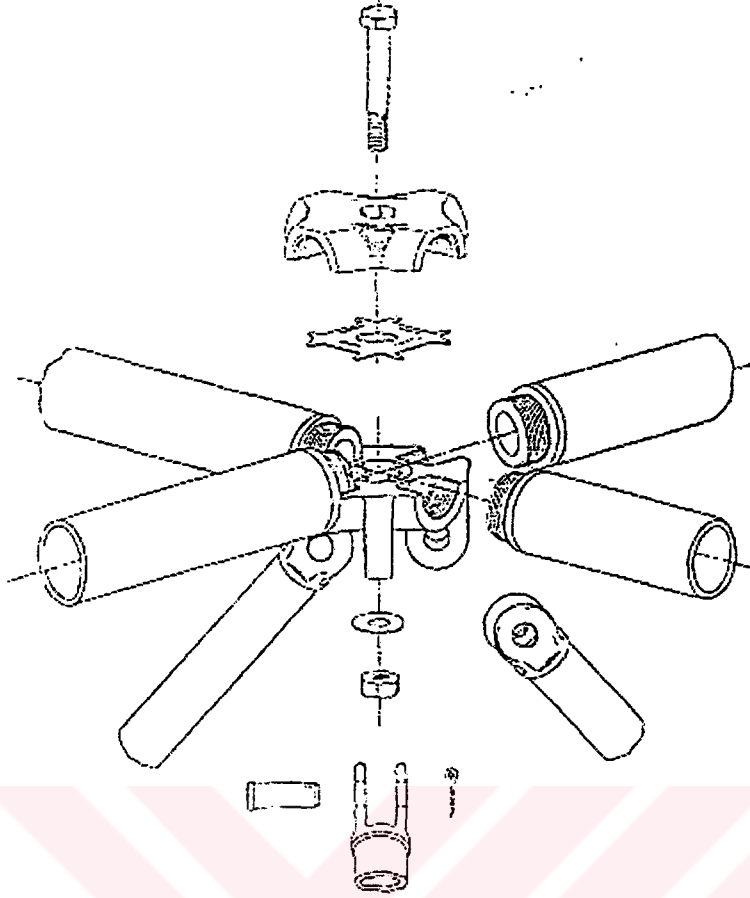
Örgü çubukları açılarının ayarlanabilme olanağı

Güzel görünüm

Sakıncalar:

Çubuk boylarının ayarlanamaması

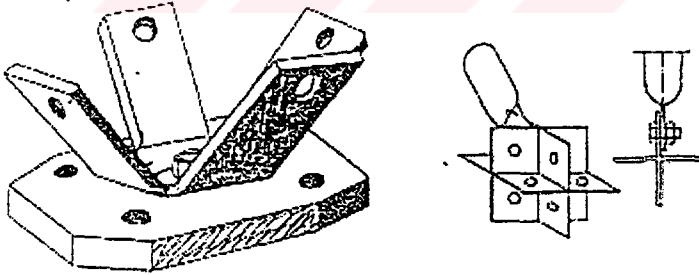
Uzun atölye kaynağı işlemleri gerektirmesi



Şekil 4.9 Nodus düğüm noktası

j) Bulonla gerçekleştirilebilecek bazı basit düğüm noktası örnekleri

İki, üç ve dört doğrultulu ağ dokuları için çubukların bulonlarla bağlanabilecekleri oldukça basit düğüm noktaları üretmek mümkündür.



Şekil 4.10 Bulonla gerçekleştirilebilen basit düğüm noktaları örnekleri

4.3 Hazır Birleşik Elemanlar

Montaj sürecini kısaltmak için, birçok çubuğun atölyede önceden birleştirilmesiyle ortaya çıkan bileşik elemanlar geliştirilmiştir. Bu şekilde şantiyede birleştirilmesi gereken düğüm noktalarının sayısı azaltılmış olur. Hazır bileşik elemanların basitlik, hafiflik, istiflenebilme, ulaşımına uygun olma kıstaslarını sağlaması gerekir. Ortaya çıkarılan hazır elemanları; piramitler, düzlem kafes kiriş parçaları şeklinde gruplara ayırmak mümkündür.

4.3.1 Piramit biçimli hazır elemanlar

Hazır elemanı üçgen, kare yada altıgen tabanlı piramit olan bu grupta birbirlerinden az çok fark eden birkaç sistemden söz edilebilir.

a)Pyramitec sistemi (Fransa)

Hazır elemanlar, iki doğrultulu taşıyıcılar için kare tabanlı, üç doğrultulu taşıyıcılar için üçgen yada altıgen tabanlı piramitlerdir. Piramitin tabanını oluşturan çerçeve kaynaklanmış tek köşebentten, tabanı tepeye birleştiren örgü çubukları borulardan oluşur. Piramidin tepesinde küçük bir yatay levha bulunur.

Elemanlar şantiyede, taban çerçeveler üst-başlık ağında yanyana yerine konulduktan sonra, tabanı oluşturan köşebentlerin düşeydeki kollarının bulonlanması ile birleştirilirler. Alt-başlık ağı, tersine konmuş piramitlerin tepelerine bağlanmayı sağlayacak şekilde delinmiş levhalara, her modül uzunluğunda kaynaklanmış büyük uzunlukta borular yada dolu yuvarlak kesitli çubuklardan teşkil edilir. Birleşimde kullanılan bulon yüksek mukavemetlidir. Alt çubukların kendi aralarındaki bağlantısı manşon türü aksenal ayarlama vidaları ile yapılabilir ki bu da sisteme ters sehim yada eğrilik verme olanağını sağlar.

B1, B2, T2 ve H1 türü taşıyıcı düzenler Pyramitec sistemi ile kolaylıkla kurulabilirler.

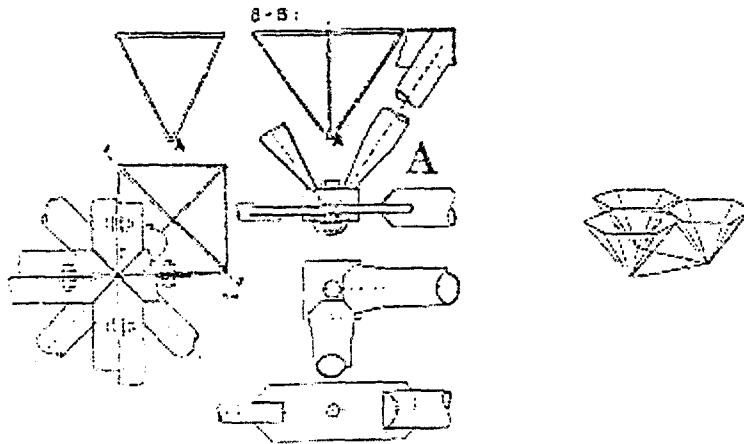
Üstünlükler:

İleri ölçüde önyapım olanağı,

Stoklama ve ulaştırmada elemanların üstüste istif edilme kolaylığı,

Montaj ve sökme kolaylığı,

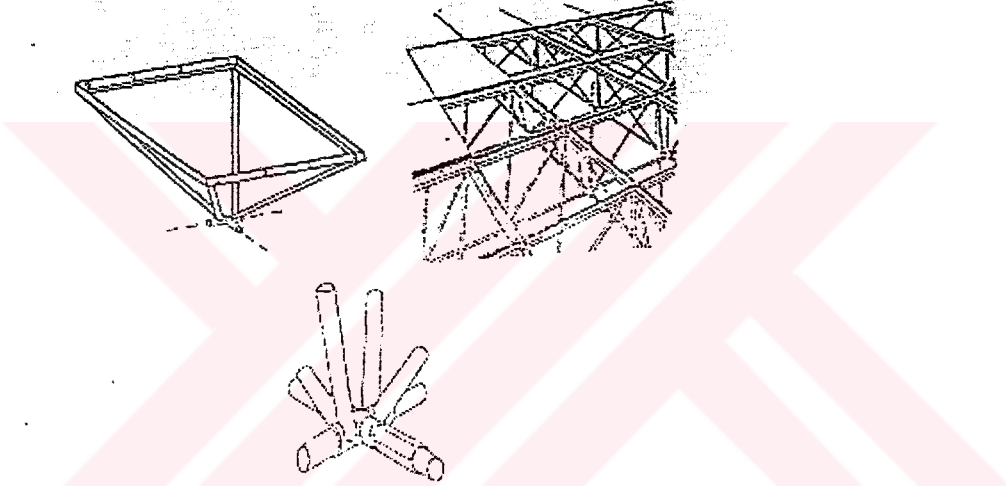
Üst-başlık ağını oluşturan taban çerçevelerine takılan hazır panolar, yardımıyla döşeme elde etme imkanı.



Şekil 4.11 Pyramitec sistemi

b) Space-Deck sistemi (İngiltere)

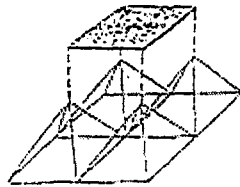
Genelde Pyramitec sistemine çok benzer. Fark piramit tepelerinin alt başlık ağı çubuklarına bağlanma ayrıntısındadır. Bu sistemde hazır piramitler daima kare tabanlıdır. Bu taban, şantiyede komşu piramitlerin tabanlarına, düşey konumdaki kolları bulonlanarak birleştirilen ve üst başlık ağını oluşturan köşebentlerden bileşiktir. Piramitlerin tepe noktalarına, uçlarına içten ters dış açılmış haçvari tepe noktalarına, uçlarına içten ters dış açılmış haçvari konumlu borular bağlıdır. Ters konumlanmış piramitlerin tepe noktaları, uçları yuvarlak dolu enkesitli bir çubuğa kaynaklamış borularla ya da dorudan doğruya yüksek mukavemetli yuvarlak dolu enkesitli çubuklarla birleştirilir. Bu alt-başlık ağını oluşturan çubukların uçlarına da sağ dış ve sol dış açılmıştır. Bu durumda, montaj ve ayarlama işlemleri, alt-başlık ağı çubuklarının tepe noktalarındaki borulara vidalanması ile kolaylıkla gerçekleştirilir.



Şekil 4.12 Space-Deck sistemi

c) Space-Grid sistemi (U.S.A)

Bu sistem, önceki sistemin, piramit tabanlarının alt-başlık ağını oluşturacak şekilde değiştirilmiştir. Tepeler, kare şekilli ve çoğu kez içleri bir betonarme plakla doldurulmuş hazır çerçevelerle birleştirilerek üst-başlık ağı oluşturulur ve örtü elemanları taşınır.



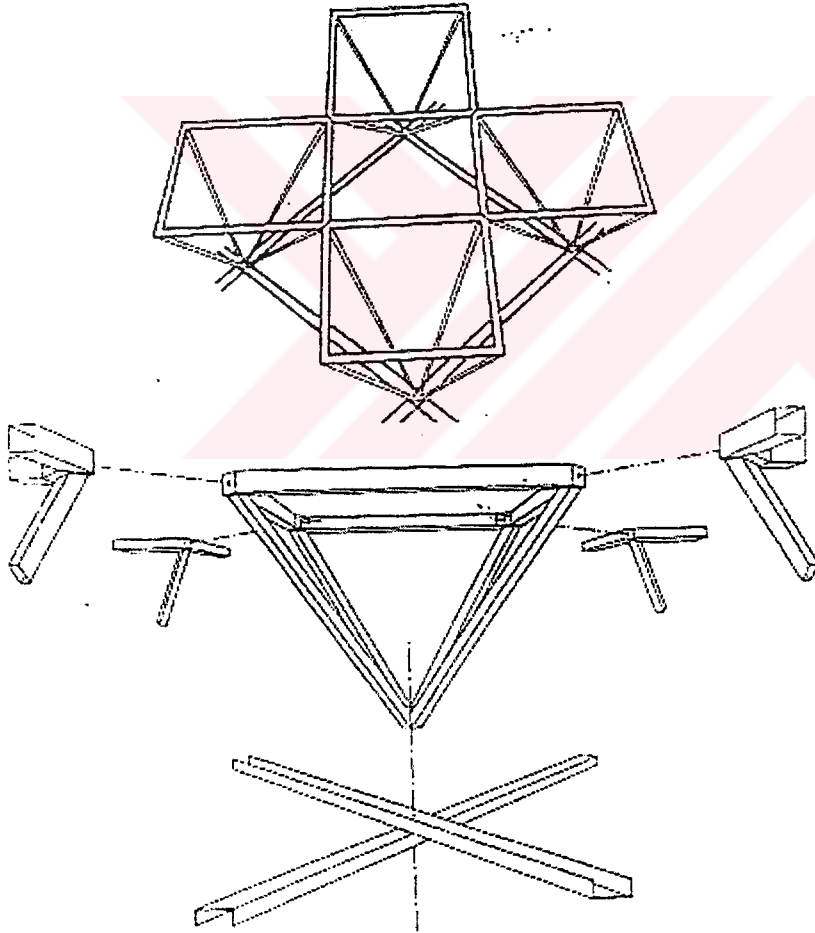
Şekil 4.13 Space-Grid sistemi

d) Unibat sistemi (Fransa)

Bu sistemde hazır piramitlerin yanyana getirilmesinden oluşur. Piramitlerin taban çerçeveleri kare biçimli olup birbirlerine köşelerinden birleştirilerek üst-başlık ağını meydana getirirler.

Piramit tepeleri ise taban kenarlarına göre 45° lik açı yapan ve şantiyede monte edilen sürekli çubuklara bağlanır. Hazır piramitler kutu kesitli çubuklardan yapılırlar. Şantiyede tepe noktalarının birleştirilmesinde kullanılan sürekli çubuklar ise U profilidir.

Bütün piramitler birbirleriyle eşkesitli olup, belirli bir piramit yüksekliğiyle geçilebilecek açıklığın sınırına gelindiğinde farklı yükseklikte diğer bir piramit modülüne geçilir. Ortaya çıkan uzay kafes taşıyıcı B3 türü düzenlemeye uygundur.



Şekil 4.14 Unibat sistemi

e) Maymont sistemi (Fransa)

Son olarak hazır piramit sistemlerle büyük bir benzeşim gösteren, özel bir hazır örgü çubuğu modülü ile üst ve alt başlık ağı hiperbolik paraboloid yüzey teşkil edebilen Maymont sisteminden söz edilebilir. Hazır örgü çubuğu modülü bir dörtyüzlünün ikişer ikişer kesişen dört kenarını kapsayacak şekilde hazırlanmıştır.

Boru kesitli bir çubuktan bükülmek ve sonunda uç uca kaynaklanmak suretiyle elde edilir. Uzay kafes taşıyıcının üst ve alt-başlık ağ çubukları ise kesilmeden birbirleri üzerine konulan sürekli borulardan oluşur. Üst ve alt başlık ağlarının her düğüm noktasına iki hazır örgü çubuğunun köşeleri özel kelepçelerle bağlanır. Montaj başlangıçta, kelepçeler tam sıkılmadan düzlem olarak gerçekleştirilir. Bundan sonra yatay taşıyıcıya istenilen eğrilik düzlemin bir köşesi kaldırılarak verilir ve bu durumda kelepçeler tam olarak sıkıştırılır. Bu tür bir düzenleme ve yalnız 1m'lik konstrüksiyon yüksekliği ile 50x50 m² 'lik alanların örtülmesi gerçekleştirilir.



5. UZAY TAŞIYICI SİSTEMLERDE BOYUTLANDIRMA

5.1 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 gözönünde 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 düşünmektedir. Uzay sistemlerde de bu genel kural ışığında hareket edilir.

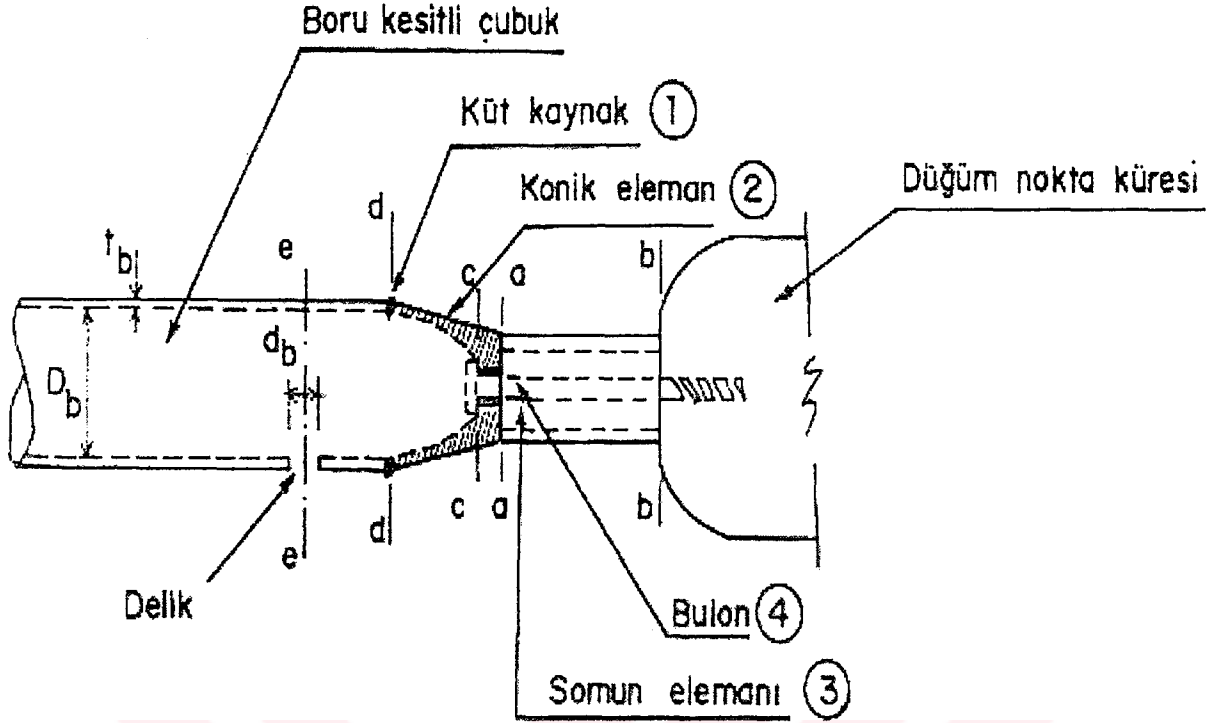
Uzay sistemlerin çubukları boru veya kutu kesitli profillerden oluşur. Kullanılan profiller sıcakta haddelenmiş veya soğukta şekillendirilmiş olabilirler. Boru veya kutu kesitli profiller, hafiflikleri, burkulma, burulma açısından uygunlukları ve aynı düğüm noktasında çok sayıda çubuğun birleşimine olanak sağladıkları için özellikle tercih edilirler. Düğüm noktalarının teşkilinde özel bir düğüm noktası elemanından yararlanılır. Bağlantı, bulonlu veya kaynaklı olabilir. Bu bağlantı tipleri yukarıdaki teknik detaylar kısmında etraflıca anlatılmıştır.

Pratikte, montaj kolaylığı bakımından Mero tipi bağlantı şeklinde tanımlanan bulonlu tip daha çok uygulanmaktadır.

5.2 Yük Aktarma Düzeni

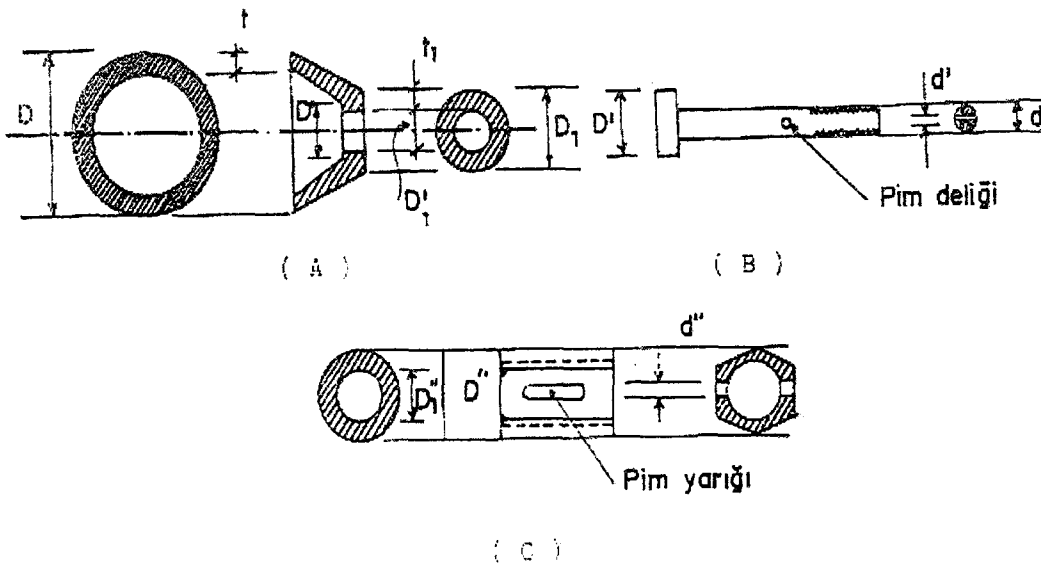
Çubukların köşe kaynaklarla küreye bağlandığı düğüm noktalarında yükten oluşan kuvvet, çubuk elemanından doğrudan kaynağa, oradan da küreye aktarılmaktadır.

Bulonlu birleşimde ise, kuvvetin çubuktan küreye aktarılışında bir dizi ara elemana ihtiyaç vardır.(Şekil 5.1) Her bir ara elemanın mevcut kuvveti aktarabilecek kapasitede olması zorunludur. Kaynaklı bağlantıda, kaynaklarda gerilme tahkiki yaparak düğüm noktası hesabının tamamlanmasına karşın, bulonlu tipte bir dizi elemanda bu tahkikleri tekrarlamak gerekir. Bunun için de ara elemanları tanımak ön koşuldur.



Şekil 5.1 Çubuk ve kürenin birleşim detayı

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



Şekil 5.2 Aktarma elemanları

Şekil 5.2 a'da konik parça tanıtılmıştır. Çapı, ilgili çubuğun boru kesiti çapına, t kalınlığı da en az boru et kalınlığına eşittir. Dolayısıyla konik parçada, $F_{2,1} = \pi t(D-t)$, $F_{2,2} = \pi t_1(D_1-t_1)$ şeklinde iki karakteristik alan vardır. Şekil 5.2 b'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 3,5-4 mm çapında silindirik çelik bir elemandır. Buna göre bulon için; $F_{4,1} = \pi/4(d^2-d^2)$, $F_{4,2} = \pi/4(0.86d^2)$ iki karakteristik alan ortaya çıkmaktadır. Şekil 5.2 c'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.

$$F_{3,1} = \pi/4(D''^2 - D_1''^2) \quad F_{3,2} = (0.65D''^2 - \pi/4D_1''^2 - 2d''(\sqrt{3/2}D'' - D_1''))$$

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 teşkil eden herbir 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 yardımcıdır. (Şekil 5.1)

5.3 Boyutlandırmada Yapılması Gereken Tahkikler

Daha önce de değinildiği gibi kaynaklı düğüm nokta teşkilinde, çubuk için seçilen kesitte ve uç kaynağında gerekli tahkikler ile boyutlandırma yapılabilir. Yani,

$$-\sigma_b = (S_B \cdot \omega / F_B) < \sigma_{em}, \quad \sigma_\varphi = (S_\varphi / F_B) < \sigma_{em}$$

Burada; F_B : çubuk kesit alanı, ω , $\lambda = (\text{çubuk boyu} / i_{\min})$ göre alınan burkulma katsayısı

$$-\sigma_k = (S / F_k) < \sigma_{kem}; \quad F_k = \text{çubuk ucuna yapılan kaynak alanı}$$

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

$$-\sigma_b = (S_B \cdot \omega / F_B) < \sigma_{em} \text{ (genel burkulma tahkiki)}$$

$$-\sigma_b = (S_B / F_{Bn}) < \sigma_{em} \text{ (Şekil 5.1 e-e kesitinde gerilme tahkiki)}$$

$F_{Bn}=\pi(D_b-t_b)t_b-d_b t_b$, boru kesitin faydalı enkesit alanı

-Konik parçanın t, et kalınlığı (Şekil 5.2a) t_b , boru et kalınlığından az değilse ki genelde böyledir, d-d kesitinde (Şekil 5.1) herhangi bir tahkike gerek yoktur. Burada, konik elemanın, malzemesinin boru malzemesi kalitesinde olduğu varsayımı unutulmamalıdır.

$-\sigma=(S_B/F_{2,2}) < \sigma_{em}$ (Şekil 5.1, a-a kesitinde tahkik). $F_{2,2}$ konik parçanın uç alanı.

$-\sigma=(S_B/F_{3,2}) < \sigma_{em}$ (Somun elemanının faydalı enkesit alanı için tahkik, Şekil 5.2)

-Düğüm nokta küresinin malzeme kalitesi en az somun elemanı malzeme kalitesinde olacağı varsayımı ile, b-b kesitinde (Şekil 5.1) herhangi bir tahkike gerek yoktur.

Çubuktaki kuvvet S_C , çekme kuvveti ise:

$-\sigma_C=(S_C/F_B) < \sigma_{em}$ (Şekil 5.1 e-e kesitinde gerilme tahkiki)

-Basınç kuvveti halinde söylenen gerekçelerle d-d kesitinde herhangi bir tahkike gerek yoktur.

$-\sigma=(4*S_C/\pi(D^2-d^2)) < \sigma_{em}$ (Şekil 5.1 c-c kesitinde tahkik) D ve d değerleri için Şekil 5.2b' ye bakalım.

$-\sigma=(S_C/F_{4,1}$ veya $F_{4,2}) < \sigma_{em}$ (Bulonda tahkik) $F_{4,1}$ ve $F_{4,2}$ alanları, şekil 5.2b'ye göre verilmiştir. Tahkikte bu iki alandan küçüğü alınmalıdır. Bunlardan başka, özellikle uzay sistemin yatay çubuklarında (alt ve üst başlık elemanları) tekil bir yüke göre eğilme tahkikinin de yapılması çoğu literatürde önerilmektedir.

Montaj ve örtü malzemesi kaplanması sırasında çubuğun ortasına basılma olasılığına karşı bir emniyet olarak düşünülmektedir. Bunun için $M_p=100a/4$ (a, düğüm nokta ara mesafesi) momenti göz önünde tutularak ilgili çubuklarda

$-\sigma=(S_b/F_B)+(M_p/W_B)$ ve $\sigma_b=(S_b*\varpi/F_B+0.9M_p/W_B)$

$-\sigma_C=(S_C/F_B)+(M_p/W_B)$ tahkiklerinin de yapılması yararlıdır.

Yukarıda verilen tahkiklerde gözönünde tutulacak emniyet gerilmeleri, ara elemanların (konik parça, somun bulon) imal edildiği malzemelerin kalitesiyle ilgili olarak uygun biçimde seçilmelidir. Dolayısıyla, Mero sistemi ile teşkil edilecek 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.

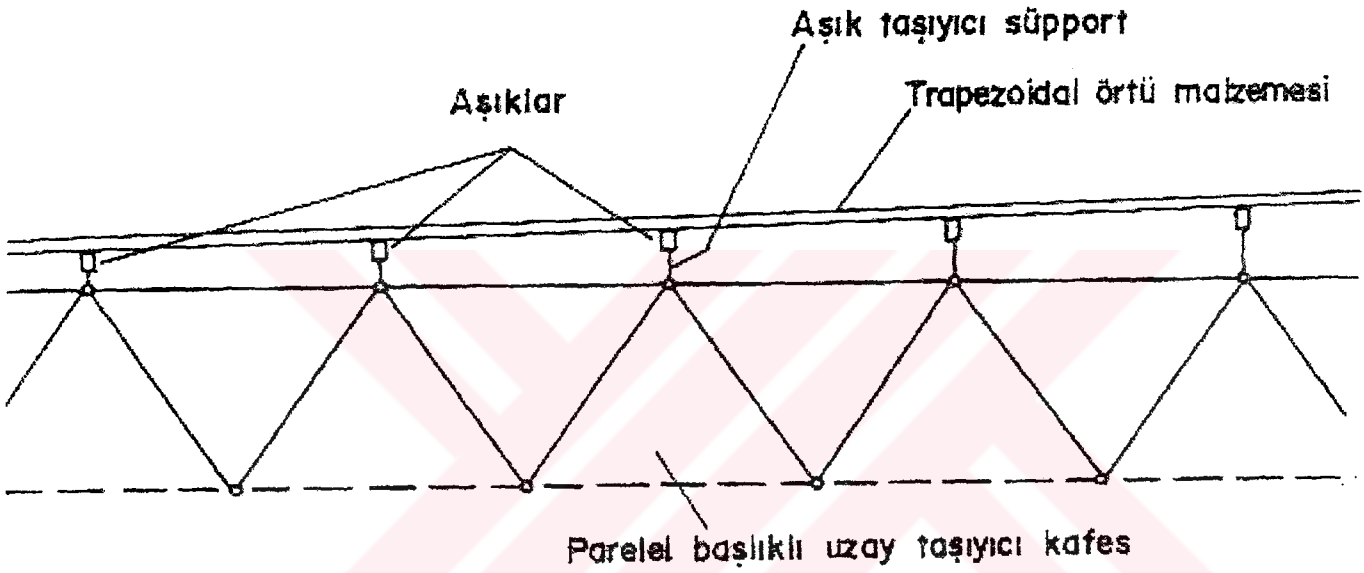
Pratikte, üst başlık çubuklarının bir tip, alt başlık çubuklarının bir diğer tip, diyagonal çubuklarının da başka bir tip yapılması uygulama kolaylığı açısından tercih edilmektedir.

Bu durumda, boyutlandırmada en büyük çubuk kuvvetine göre yapılmaktadır. Oysa, çubuklardaki kuvvet yayılışı büyük farklılıklar göstermektedir. Bunun sonucunda, çubuk kesitlerini mümkün mertebe az tip ile halletmek uzay sistemlerin uygulamasında özellikle tercih edilmektedir.

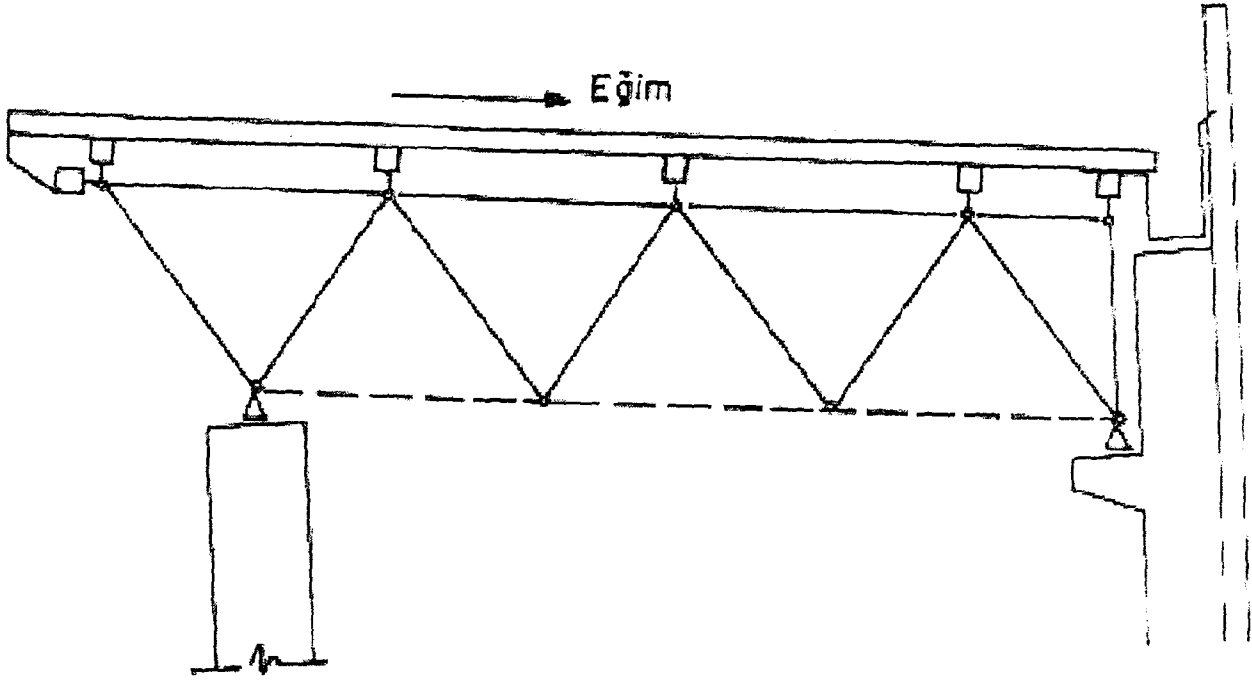
5.4 Uzay Taşıyıcı Sistemlerin Ülkemizde Uygulanması

5.4.1 Kullanılan sistem ve malzemeler

Ülkemizde çelik uzay taşıyıcı sistemleri üretip 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 5.3'deki uygulama yapılmaktadır. Eğer olanak varsa, uzay taşıyıcı belli bir eğimde yerleştirmek yoluna da gidilmektedir. (Şekil 5.4)

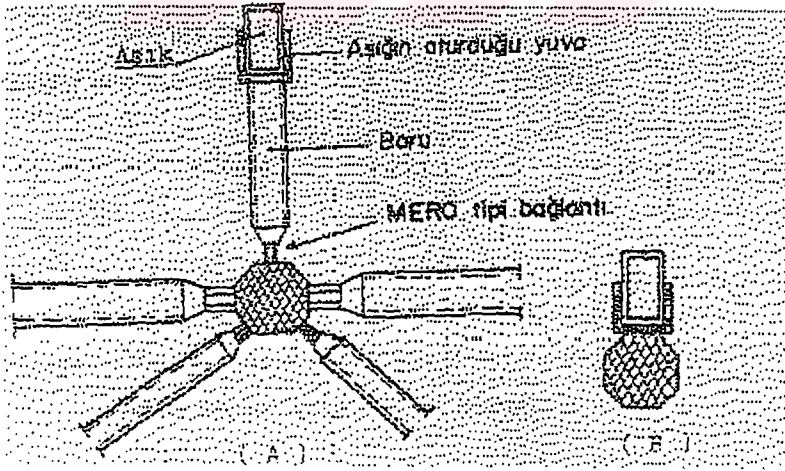


Şekil 5.3



Şekil 5.4

Aşıkların kesiti genellikle kutu profillerden oluşturulmaktadır ve şekil 5.5'deki detayla uzay taşıyıcı üzerine mesnetlenmektedir. (A) detayı, Şekil 5.3' deki (B) detayı Şekil 5.4'daki aşık mesnetlendirmelerinin genel yöntemini göstermektedir.



Şekil 5.5

Düğüm nokta aralığı, genelde 2.5-3.00 m 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 St33-1 veya St37 malzemelidir. Konik parça boru ucuna gazaltı kaynakla tesbit edilmektedir.

Somun malzemesi de aynı tiptir. Bulonlar genelde (8.8) kalitesindedir. Düğüm noktası elemanları kesik kürelerdir, normal ısıtma işlemde 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.

5.4.2 Çelik malzeme gideri

Yukarıda, uzay taşıyıcı sistemlerin ülkemiz koşullarında imalat ve uygulama biçimleri, genel anlamda anlatılmıştır. Bunlara göre , 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/m² dolayındadır. Bunun yaklaşık 3 kg/m² si aşıklar ve süpportlarından, 1 kg/m² si de düğüm nokta kürelerinden oluşmaktadır.

5.5 Düzlem ve Uzay Taşıyıcı Sistemlerin Karşılaştırılması

5.5.1 Karşılaştırma yöntemi

Herhangi bir uzay taşıyıcı sistemli bir çatı konstrüksiyonu için yapının projesini ayrı, imalatını ayrı düşünmek olanaksızdır. Yapımcı firmanın bilgisi dışında projelendirme olmaz. Yukarıda da konu edildiği gibi, uzay sistemlerde ana çubukların dışında bir sürü ara eleman bulunmaktadır ki bunların çoğu belli standartlara bağlı elemanlar olmayıp yapımcı firmanın özel imalatlarıdır.

Dolayısıyla uzay sistem projelendirilmesinde statik hesap ve çubuk kesitlerinin saptanması kadar önemli, birleşim araçlarının da boyutlandırılmasıdır.

Bu ön bilgiler göz önünde tutulduğunda, düzlem taşıyıcı sistemli çelik konstrüksiyonlarda olduğu gibi, (kg/m^2) olarak çelik malzeme giderini bulmak suretiyle işin yapım gideri hakkında bilgi edinmek, uzay taşıyıcı sistemli yapılarda uygulanan bir yöntem olmamaktadır.

Yapımcı firmaya başvurmak,

- Konstrüksiyonun yapılacağı bölgeyi (kar yükü değeri için)
- Her iki doğrultudaki eksen mesafelerini

bildirmek ve (TL/m^2) olarak fiyat almak yolu izlenmektedir.

Bu durumda, uzay ve düzlem taşıyıcı sistemleri ekonomiklik açısından karşılaştırmak için düzlem taşıyıcı sistemi hesaplamak, (kg/m^2) olarak çelik malzeme giderini bulmak ve imalat fiyatını (montaj ve boya dahil) (TL/kg) şeklinde belirlendikten sonra, düzlem taşıyıcı sistem için de (TL/m^2) bedelini saptamak gerekir.

Böylece her iki sistem için çatı konstrüksiyonunun birim alan fiyatları belli olduktan sonra, ekonomi açısından kıyaslama, gerçekçi bir sonuca ulaşır.

5.5.2 Ekonomi açısından tercih sınırları

Hemen belirtmek gerekir ki, iki sistemden birinin tercih edilmesi için kesin sınırlar koymak çok zordur. Ancak bazı ipuçları vermek mümkündür.

Eksen mesafelerinin bir doğrultudaki değeri küçük, diğer doğrultudaki çok büyükse, uzay taşıyıcı sistemler için uygun değildir. Örneğin bir doğrultudaki eksen aralığı ($<10\text{m}$), diğer doğrultuda ($<20\text{m}$) ise, burada normal kar yükü ve metal çatı örtüsü alındığında düzlem sistemler kullanıldığı takdirde, çelik malzeme gideri, ortalama ($25 \text{ kg}/\text{m}^2$) civarındadır. Bunun üzerine boya ve montaj fiyatlarını eklersek ortaya çıkan maliyet uzay kafesin maliyetinden daha az olmaktadır.

Eksen mesafelerinin her iki doğrultuda eşite yakın değerlerde olması ve bu değerlerin 20m 'nin üstünde bulunması uzay sistemini, düzlem sisteme karşı avantajlı bir duruma geçirir.

5.5.3 Karşılaştırmaya etken diğer faktörler

Kabul etmek gerekir ki, olaya sadece çelik konstrüksiyonun maliyeti açısından yaklaşmak her zaman doğru olmaz. İki sistemden birinin tercihinde rol oynayacak diğer etkenler, bazen maliyet faktörünün önünde yer alabilir. Akla gelen bu etkin ayrıntılar şöyle sıralanabilir.

-Yapım Süresi: Uzay sistemlerde bu süre diğer sisteme göre kıyaslanamayacak kadar kısadır. Ülkemizde bugünkü koşullarda, uzay sistemin bir günde 500-600 m² yer kaplayacak kapasitede üretilebildiği ve bir günde 300-400 m² yer kaplayacak kapasitede üretilebildiği ve bir günde 300-400 m²'lik alanın montajının gerçekleştirilebildiği biliniyor. Bu değerlerden hareket edildiğinde, düzlem sistemli çelik imalatını, uzay sistemle yarıştırmak için bugünkü koşullarda ülkemizin çok iyi organize olmuş bir atölyesinde ayda 1200 tonun üzerine çıkarılmak demektir ki bu da bir hayli zordur.

- Boya: Bilindiği gibi, çelik yapının en önemli özelliği, kullanım süresi içindeki bakımdır. Periyodik boyama şarttır.

- Uzay sistemlerde genelinde fırın boya ve hatta istenirse galvaniz dahi uygulanabilmektedir. Dolayısıyla uzay sistemlerde periyodik bakım çok daha düşük olmaktadır. Düzlem sistemlerde, parçaları fırın boyaya veya galvanize tabi tutmak, hele kaynaklı imalatta çok zor, belki de imkansız olabilir. Ayrıca maliyeti de bir hayli arttırır.

- Görüntü: Uzay sistemlerde, elemanların narinliği, sistemin montajdan sonra fevkalade düzgün görüntüsü düzlem sistemlerle kıyaslanamayacak kadar üstünlük sağlar.

- Çatı Örtüsü: Uzay sistemlerin uygun ve ekonomik düğüm nokta aralığının (2.5-3) m olduğuna değinilmişti. Dolayısıyla metal örtü (alüminyum veya sac) zorunluluğu söz konusudur. Aşık aralığı da, düğüm nokta aralığına bağlı olarak (2.5-3)m' dir ve örtü malzemesinin kalınlığı buna bağlı olarak saptanmaktadır. Örneğin trapeziodal alüminyumda, 2m'nin üstündeki aşık aralığı için 0.9mm'lik kalınlık gerekir. Oysa çelik düzlem sistemlerde aşık aralıkları 2m'nin altında ve alüminyum örtü kalınlığı 0.7mm alınır. Bu da düzlem sistemlerde alüminyum örtü malzemesinin %25 kadar daha ucuz olacağı sonucunu getirir.

6. PREFABRİK UZAY SİSTEM İMALATI TEKNİK ŞARTNAMESİ

-Düğüm Noktaları: çubukların birleştiği noktalar küre şeklinde olup, dövme ile şekil verilmiştir. Kürelerde maksimum 18 adet cıvata deliği açılıp dış çekilebilir. Bu şekildeki düğüm elemanlarına boruların vidalanması gerçekleştirilebilir. Bunlar DIN 17200'de belirtilen şartlarda normal ısı işleminde imal edilir. Mesnetlerde kullanılan düğüm elemanları, DIN 17100'e uygun şartlarda ve ST60 çeliğinden imal edilir.

-Çubuklar ve Konik Parçalar: Çubuklar iki ucunda konik parçaların kaynaklandığı borulardan ibarettir. Konik parçalar, çekme ve basınç kuvvetlerinin iletilmesinde kullanılır. Boru ve konikler ST33-1, ST37 veya ST52 olabilir. Malzeme normları DIN 17100'e göredir. Konik parçaların boruya kaynaklanması sırasında DIN 4100 ve DIN 4115 geçerlidir.

Bu imalatta kullanılacak boru ;DIN17100'de tarifli , düşük karbonlu kaynak olabilme kabiliyeti yüksek ST33-1 rumuzlu çeliktir. Bu çeliğin dökme dayanımı 33-50 kg/mm² ve kopma uzaması %18'dir.

- Cıvata,Somun ve Pimler: Cıvatalar, boru uçlarına kaynaklanmış olan konik parçalar vasıtası ile iş görürler. Şöyle ki, cıvata kafaları konik parçaların içinde kalarak dönebilmektedirler. Konik parça ile düğüm elemanı arasında somun tabir edebileceğimiz altıgen kesitli bir parça bulunur. Pim deliği ihtiva eden bu parçalar cıvata üzerine geçirilerek pimlenir ve cıvataların döndürülmesi suretiyle düğüm elemanına takılmasında rol oynar. Cıvataları DIN 13'e uygun ISO dişlidir. DIN 267 şartlarına uygundur. Cıvata, somun ve pim için kullanılan malzemeler ve bunların mekanik özellikleri aşağıdaki özellikleri sağlamaktadır.

Malzeme Grubu	Cıvata 5.6 8.8 10.9	Somun	Pim 6.8 8.8 12.9
Min.Çekme Dayanımı (kg/m ²)	30 64 90	32	48 64 90
Min.Kopma Dayanımı (kg/m ²)	50 80 100	50	60 80 120
Min.Çekme Uzaması (%)	20 12 9	9	8 10 4

- Korozyona Karşı Koruma: Uzay sistem çubukları önce özel boyalarda yağ ve pastan arındırılır. Daha sonra boyaların iç yüzeyi fırın astar ile, dış yüzeyi ise Avrupa polyester toz fırın boya ile boyanarak fırınlanır. Bu işlemler için firma yağ ve pas banyolarını kullanmak zorundadır. Somunlar ve ilave aksesuar küçük parçalar sıcak daldırma galvaniz işleminden sonra DIN 50976'ya uygun minimum kaplama kalınlığını sağlamak için santrifüj işlemine tabi tutulur.

Sıcak daldırma galvaniz en küçük boşluklara nüfuz ettiği için çok uzun yıllar koruma sağlar. Bu süreler 10-20 yıl gibi ifade edilen zamanlardır. Daha sonra galvaniz üzerine yapılacak ilave koruma malzemelerinin tatbiki ile bu süreler önemli ölçüde arttırılmaktadır. Aşık, kolon, mesnet, vs. gibi büyük parçaların sıcak daldırma ile galvanizleşmesi bazı hallerde mümkün olmayabilir. Böyle durumlarda sıcak daldırma galvaniz yerine püskürtme spreyn galvaniz yapılır. Bu parçalarda toz boya yerine standartlara uygun yağ boya kullanılır.

- Toz Boya: Çubuk elemanları, somun ile küreler galvanizleşmeden sonra yüksek evsafli plastik toz boya ile boyanmaktadır. Kaplama işlemi sırasında, karboksil ihtiva eden polyester tozu, ilave katkı maddesi konmadan, elektrostatik bir alan içinde galvanizli borulara veya somunlara püskürtülür. Bu toz boya, 200⁰C fırında pişirilerek sertleştirilir. Bu işlem sonunda bütün yüzeyleri tamamen kaplayan düzgün, parlak ve 80 mikron kalınlığında bir film tabakası oluşur.

- Bu boya renkleri RAL kataloğundan seçilir. Bütün renkler uygulanabilir. Çeşitli tonlarda mat, yarı mat, yarı parlak, ve tam parlak yüzeyli tonlar sağlanabilir.
- Somunlar da diğer elemanlar gibi kaplanır. Yalnız bu elemanlar yüksek gerilmelere maruz kaldığından galvaniz banyosundan sonra ve toz boya yapılmadan önce meydana gelen gerilme gevşekliğinin alınması için sıcak astar banyosuna batırılırlar (sıcak fosfatlama gibi) ve daha sonra boyanırlar. Elektrostatik toz boya, darbelere mukavim olduğundan alışılmış yaş boyalara veya şantiyede yapılan boyalara nazaran çok daha uzun ömürlüdür. Bu boya, -35⁰C ile +28 ⁰C arasında ısılara dayanıklı olup, ultraviyole ışınlarına da mukavemetlidir. Aşınmaya karşı çok dayanıklıdır. Üzerinde kabarcıklar, pütürler ve lekeler oluşmaz. Toz boya yapılmadan parçalar, işverenle karşılıklı mutabakat sağlanarak yaş boya ile de boyanabilir. Bunlar, kuru film kalınlığı 30-40 mikron olacak şekilde bir veya birkaç kat olarak tatbik edilir. Cıvatalar ve küreler 20 mikron elektron galvaniz kaplamalıdır. Kolonlar ve kuşaklar için kullanılan elemanlar, DIN 17100' de tarifli ST32-2 rumuzlu çeliktir.

-Kullanılan Normlar: Kolonlar ve kuşaklar için kullanılan elemanlar, DIN 17100' de tarifli, ST 37 rumuzlu çeliktir. İlave olarak kullanılan DIN normları aşağıdadır:

DIN 2440, 2441, 2458

TS 301/2, 301/3, 416/1 : Boru imal şekilleri

DIN 1055(TS498) : Yapılarda yük şartnamesi

DIN 1050 (TS648): Yüksek çelik yapılarda hesap kuralları ve inşaat tarzları

DIN 4100 : Statik yükler altında kaynaklı çelik yapılar

DIN 4114: Çelik yapılarda stabilite durumları ile ilgili hesap esasları ve şartnameler

DIN 4115: Borulardan yapılan hafif çelik yapılarda müsaade esasları imalat ve ölçüler

DIN 55928: Boyama esasları

DIN 17100: Malzeme normları

DIN 50976: Sıcak daldırma galvaniz normları

7.SONUÇ

Bu çalışmada, uzay kafeslerle ilgili iki hedefli bir çalışma yapılmıştır. Birinci aşamada, uzay taşıyıcı sistemlerin yaklaşık statik hesapları (klasik ve bilgisayar) hakkında fikir verilmeye çalışılmıştır. Klasik çözüm metodlarında güdülen amaç, uzay sistemlerde çubuk kuvvetlerinin tahminlerini yapabilmek ve piyasada mevcut bilgisayar programları ile karşılaştırma yapabilmektir.

İkinci amacımız, herhangi bir açıklıta uzay ve düzlem taşıyıcılardan birinin tercihi söz konusu olduğunda, karşılaştırmada etkin olabilecek ayrıntıları belirtmek ve bunlar hakkında aydınlatıcı bazı bilgiler aktarmaktır. Bu bilgilerden bazıları şöyle sıralanır:

- Uzay sistem, prefabrike bir sistem olmasından ve yerinde montajı kolay olduğundan zamandan büyük tasarruf sağlanır.
- Düzlem makas sistemlerde, sistem yüksekliği açıklığın yaklaşık 1/10'u kadardır. Uzay kafeste ise bu oran yaklaşık 1/20' ye kadar inebilir. Bunun sebebi uzay kafesin taşıyıcı sisteminin üç boyutlu olmasından kaynaklanır. Sistem yüksekliğinin fazla olması, düzlem makası oluşturan profil kesitlerinin artmasına sebep olur.
- Uzay kafes sistemlerde yerinde montaj yapılabilmesi sayesinde, düzlem makastaki gibi vinç benzeri ağır ekipmana fazla ihtiyaç duyulmaz.

Yukarıdaki bilgilere, teorik bilgilerin incelenmesine paralel olarak ülkemizdeki uzay taşıyıcı sistem üreten firmaların çalışmaları etüd edilerek ulaşılmıştır.

Bu bilgiler ışığında, günümüz koşullarında özellikle büyük açıklıkların aşılmasında uzay sistemlerin daha ekonomik bir seçenek oluşturduğu açık bir şekilde görülmektedir.

KAYNAKLAR

ARDA, TS., Uzay Kafes Taşıyıcı Sistemler Ders Notları

ÇAKIROĞLU,A., ÖZMEN,E., ÖZDEN,E., Yapı Sistemlerinin Hesabı İçin Matris Metodları

ODABAŞI,Y., ÖZGEN,A., Çelik Yapılar Semineri (1987)

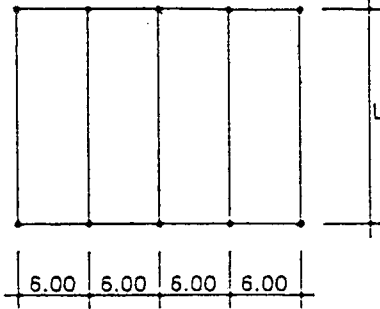
Altınyıldız Uzay Sistem Konstrüksiyonları Sanayii ve Ticaret Ltd.Şti

Uzay Sistem Prefabrik Çelik Konstrüksiyon İnşaat Sanayii ve Ticaret Ltd.Şti

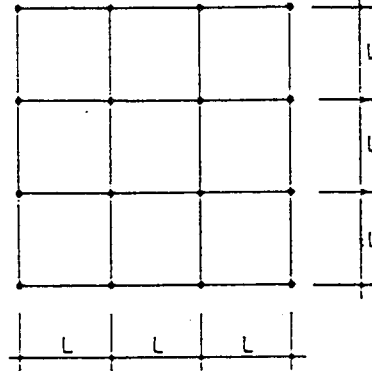


UZAY SİSTEMLERİ İLE DÜZLEM KAFES SİSTEMLERİN MUKAYESESİ
COMPARISON OF SPACE FRAMES WITH PLANE TRUSSES

TEK YÖNLÜ AÇIKLIKLAR İÇİN
FOR ONE WAY SPANS



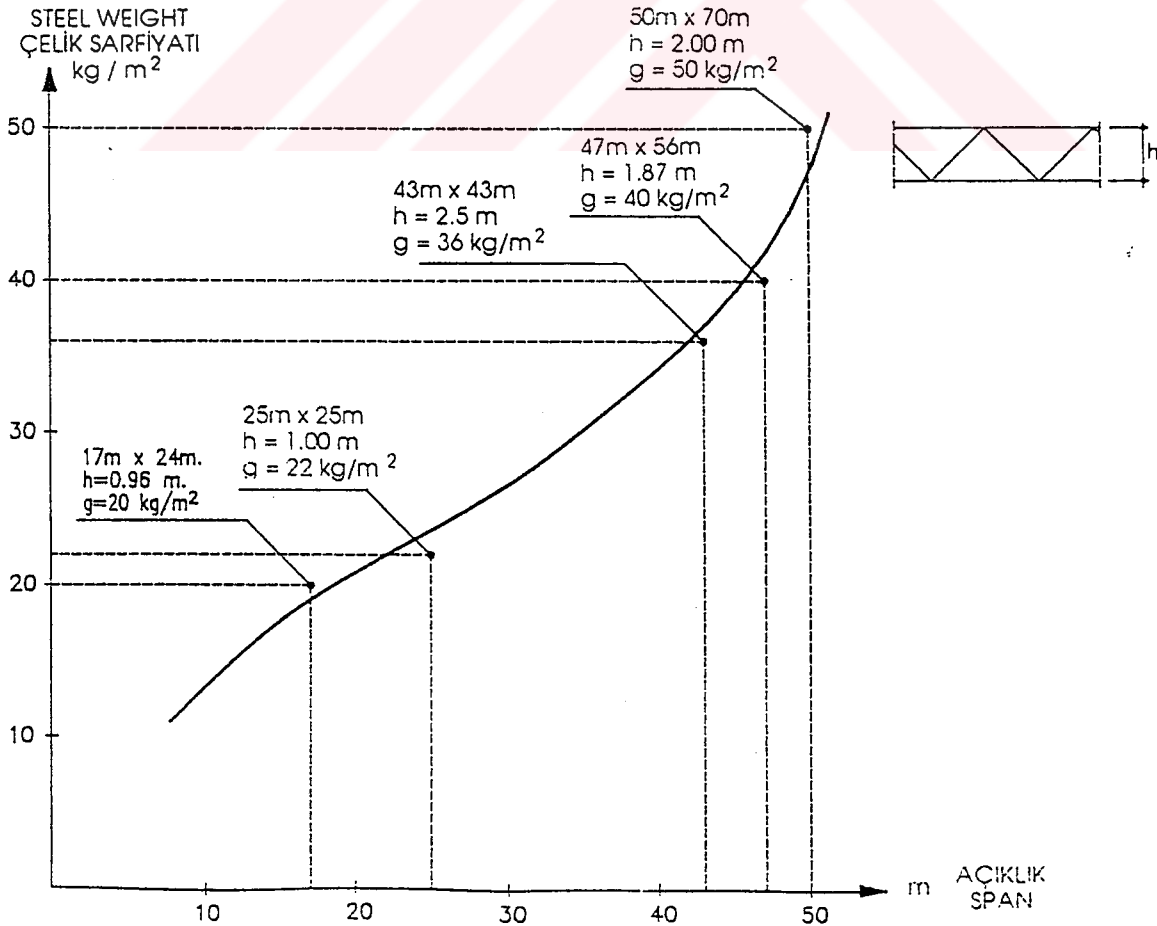
ÇİFT YÖNLÜ AÇIKLIKLAR İÇİN
FOR TWO WAY SPANS



Açıklık L (m) Span	Çelik sarfiyatı (Kg/m) Steel Weight	
	Uzay sistem Space frame	Düzlem Kafes Plane Truss
15	9.00	20.00
18	10.50	22.50
21	12.00	24.00
27	16.00	32.00
33	20.00	40.00

Açıklık L (m) Span	Çelik sarfiyatı (Kg/m) Steel Weight	
	Uzay sistem Space frame	Düzlem Kafes Plane Truss
10	12.00	28.00
12	13.00	30.00
15	15.00	33.00
18	17.00	36.00
22	20.00	40.00

UZAY SİSTEMLERDE ÇEŞİTLİ AÇIKLIKLAR İÇİN ÇELİK SARFIYATI
STEEL WEIGHTS OF SPACE FRAMES FOR DIFFERENT SPAN LENGTHS



DUGUM SAYISI	116
CUBUK SAYISI	400
YAY SAYISI	0
YUK SAYISI	8
DUSEY YUK [kg/m2]	90.0
RUZGAR YUKU [kg/m2]	80.0
ZATI YUK [kg/m2]	11.0
ELASTISITE MODULU	21000000

DUGUM NUM	KOMBINASYON NO	MAKSIMUM X[T]	MESNET Y[T]	REAKSIYONLARI Z[T]	KOMBINASYON NO	MINIMUM X[T]	MESNET Y[T]	REAKSIYONLARI Z[T]
1 X	3	3.398	0.830	2.346	2	-3.410	-0.854	1.500
Y	5	-0.043	1.367	1.961	4	0.030	-1.392	2.231
Z	3	3.398	0.830	2.346	6	0.001	0.002	-0.456
6 X	2	0.000	0.854	2.079	6	0.000	-0.002	-0.457
Y	5	0.000	1.538	1.986	4	0.000	-1.513	2.205
Z	4	0.000	-1.513	2.205	6	0.000	-0.002	-0.457
23 X	3	0.000	0.000	3.824	6	-0.000	0.000	-0.699
Y	3	0.000	0.000	3.824	6	-0.000	0.000	-0.699
Z	2	0.000	0.000	5.400	6	-0.000	0.000	-0.699
28 X	2	0.000	-0.000	4.206	3	-0.000	-0.000	5.021
Y	6	-0.000	0.000	-0.700	5	-0.000	-0.000	3.930
Z	3	-0.000	-0.000	5.021	6	-0.000	0.000	-0.700
45 X	3	0.000	-0.000	4.413	2	-0.000	-0.000	5.113
Y	6	0.000	0.000	-0.550	2	-0.000	-0.000	5.113
Z	2	-0.000	-0.000	5.113	6	0.000	0.000	-0.550
50 X	2	0.000	0.000	4.316	6	-0.000	-0.000	-0.550
Y	4	0.000	0.000	4.362	6	-0.000	-0.000	-0.550
Z	3	0.000	0.000	5.211	6	-0.000	-0.000	-0.550
67 X	3	0.000	0.000	4.407	2	-0.000	0.000	5.106
Y	2	-0.000	0.000	5.106	4	0.000	-0.000	4.258
Z	2	-0.000	0.000	5.106	6	-0.000	0.000	-0.552
72 X	5	0.000	-0.000	4.329	3	-0.000	-0.000	5.199
Y	6	0.000	0.000	-0.550	5	0.000	-0.000	4.329
Z	3	-0.000	-0.000	5.199	6	0.000	0.000	-0.550
89 X	4	0.000	0.000	4.131	3	0.000	0.000	3.969
Y	3	0.000	0.000	3.969	6	0.000	-0.000	-0.701
Z	2	0.000	0.000	5.250	6	0.000	-0.000	-0.701
94 X	6	-0.000	0.000	-0.700	3	-0.000	0.000	4.953
Y	4	-0.000	0.000	4.129	6	-0.000	0.000	-0.700
Z	3	-0.000	0.000	4.953	6	-0.000	0.000	-0.700
111 X	3	2.567	-0.000	2.141	2	-2.556	-0.000	1.711
Y	2	-2.556	-0.000	1.711	3	2.567	-0.000	2.141
Z	5	0.043	-0.000	2.442	6	-0.001	-0.000	-0.456
116 X	4	0.000	0.000	1.755	3	-0.000	-0.000	1.926
Y	4	0.000	0.000	1.755	5	0.000	-0.000	2.436
Z	5	0.000	-0.000	2.436	6	0.000	-0.000	-0.458

CUBUK TIP LİSTESİ

CUBUK TIPI	CUBUK BOYU	ADEDİ	F	I	Ncekme w=1 için	Nbasinc	BORU	CIVATA	SOMUN MALZEME
7	3.000	23	3.997	7.711	3.030	2.600	42.4x 3.25	M12-10K	19/13 37
10	3.000	256	4.600	11.730	2.810	3.800	48.3x 3.25	M12-10K	19/13 37
12	3.000	30	4.600	11.730	4.730	5.300	48.3x 3.25	M16-10K	27/18 37
16	3.000	31	5.229	21.592	6.590	7.320	60.3x 2.90	M16-10K	27/18 37
18	3.000	16	6.496	26.167	7.810	7.800	60.3x 3.65	M16-10K	27/18 37
20	3.000	44	8.308	54.647	10.470	8.180	76.1x 3.65	M20-10K	30/22 37

TEKLİF NO = 101
 İSİN ADI = A1
 SİSTEM ALANI [m2] = 450.00
 BORU ADEDİ = 400
 KURE ADEDİ = 116
 SİSTEMİN AĞIRLIĞI [kg] = 4971
 ZATI YUK [kg/m2] = 11.0
 OLU YUK [kg/m2] = 90.0
 RUZGAR YUKU [kg/m2] = 80.0
 MODUL BOYU [m] = 3.0000
 SİSTEM YUKSEKLİĞİ [m] = 2.1213

BORU TIPI	MIKTAR(M)	FİRE (M)	BİRİM FİYAT (TL/M)	TUTAR (TL)	TOPLAM (TL/M2)
42.4x 3.25	65	4	424200	29201714	64892.70
48.3x 3.25	806	51	491700	421337760	936306.13
60.3x 2.90	87	6	523000	48536492	107858.87
60.3x 3.65	45	3	698800	33542400	74538.67
76.1x 3.65	122	10	888700	117308400	260685.33

649926784 1444281.74

BOYA ALANI (M2)	BOYA FİYATI (TL/M2)	TUTAR (TL)	TOPLAM (TL/M2)
173.86	700000	121701416	270447.59

KONİK TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT (TL/ADED)	TUTAR (TL)	TOPLAM (TL/M2)
42.4xM12	46	40000	1840000	4088.89
48.3xM12	512	70000	35840000	79644.44
48.3xM16	60	70000	4200000	9333.33
60.3xM16	94	103000	9682000	21515.56
76.1xM20	88	127000	11176000	24835.56

62738000 139417.78

SOMUN TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT (TL/ADED)	TUTAR (TL)	TOPLAM (TL/M2)
19/13	558	25500	14229000	31620.00
27/18	154	39500	6083000	13517.78
30/22	88	47500	4180000	9288.89

24492000 54426.67

CIVATA TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT (TL/ADED)	TUTAR (TL)	TOPLAM (TL/M2)
M12-10K	558	70000	39060000	86800.00
M16-10K	154	85000	13090000	29088.89
M20-10K	88	160000	14080000	31288.89

66230000 147177.78

PİM TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT (TL/ADED)	TUTAR (TL)	TOPLAM (TL/M2)
4x21	558	6250	3487500	7750.00
4x29	154	6425	989450	2198.78
5x32	88	8050	708400	1574.22

5185350 11523.00

KURE TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT(TL/ADED)	TUTAR(TL)	TOPLAM(TL/M2)
60	11	176000	1936000	4302.22
75	89	309000	27501000	61113.33
90	16	567000	9072000	20160.00

38509000 85575.56

MESNET TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT(TL/ADED)	TUTAR(TL)	TOPLAM(TL/M2)
90 A	12	4850000	58200000	129333.33

58200000 129333.33

EGİM DİKME TIPI	MIKTAR(ADED)	BOY(M)	BİRİM FİYAT(TL/M)	TUTAR(TL)	TOPLAM(TL/M2)
42.4x3.25	80	0.20	424200	6787200	15082.67

ASIK TIPI	MIKTAR(M)	BİRİM FİYAT(TL/M)	TUTAR(TL)	TOPLAM(TL/M2)
R50/90/3.2/3.2	525.0	735400	386084992	857966.65

503684992 1119299.98

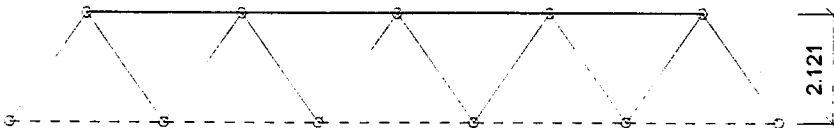
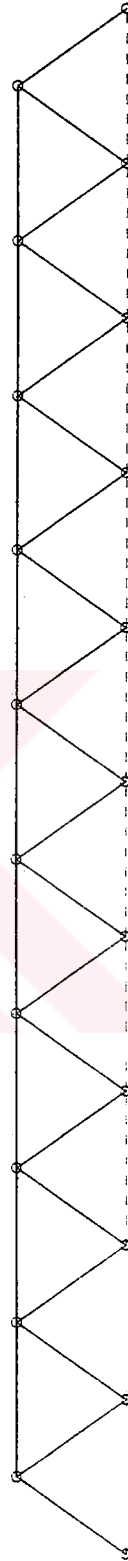
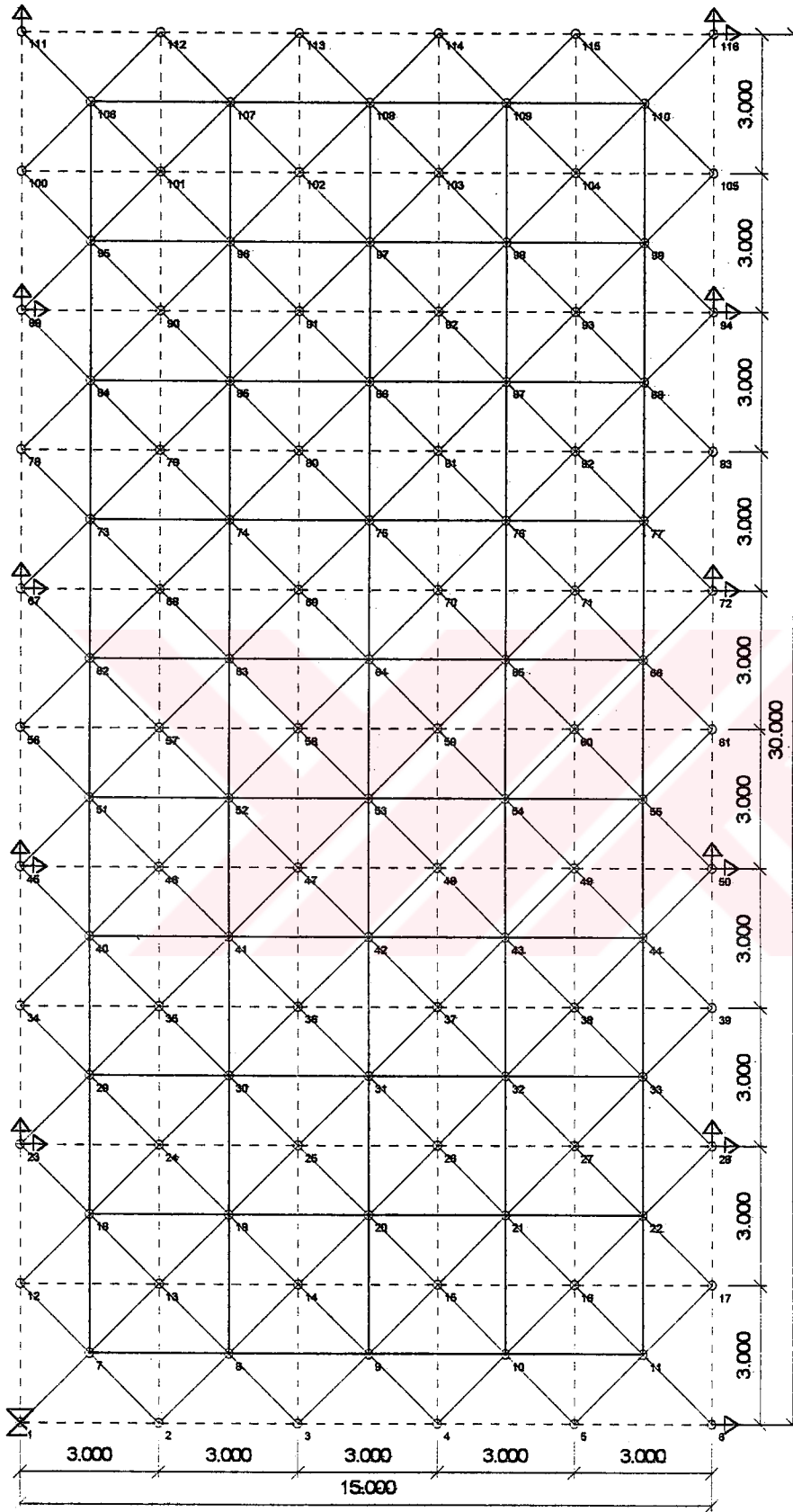
BOYA ALANI(M2)	BOYA FİYATI(TL/M2)	TUTAR(TL)	TOPLAM(TL/M2)
147.00	800000	117600000	261333.33

ZAIYATLI BORU MALİYETİ =	649926784	1444282 TL/M2	42.3%
TOPLAM KONİK MALİYETİ =	62738000	139418 TL/M2	4.1%
TOPLAM SOMUN MALİYETİ =	24492000	54427 TL/M2	1.6%
TOPLAM CIVATA MALİYETİ =	66230000	147178 TL/M2	4.3%
TOPLAM PİM MALİYETİ =	5185350	11523 TL/M2	0.3%
TOPLAM KURE MALİYETİ =	38509000	85576 TL/M2	2.5%
TOPLAM ASIK MALİYETİ =	503684992	1119300 TL/M2	32.8%
TOPLAM EGİM DİKMESİ MALİYETİ =	6787200	15083 TL/M2	0.4%
TOPLAM MESNET MALİYETİ =	58200000	129333 TL/M2	3.8%
UZAY SİSTEM BOYA MALİYETİ =	121701416	270448 TL/M2	7.9%
TOPLAM MALZEME MALİYETİ =	1537454720	3416566 TL/M2	67.4%
TOPLAM İSCİLİK MALİYETİ =	143205904	318235 TL/M2	6.3%
TOPLAM PROJE MALİYETİ =	215243664	478319 TL/M2	9.4%
TOPLAM MONTAJ MALİYETİ =	385741216	857203 TL/M2	16.9%
TOPLAM TEKLİF FİYATI =	2281645568	5070323 TL/M2	
TOPLAM TEKLİF FİYATI =	2852057088		
TEKLİF FİYATI [TL/M2] =		6337905	

IS : A1

TARİH : 29/ 5/1999

IS NO : 101

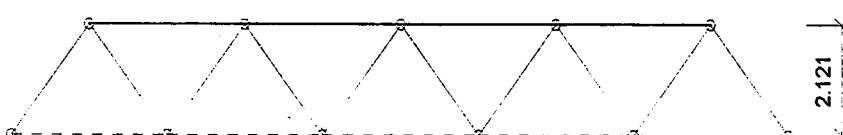
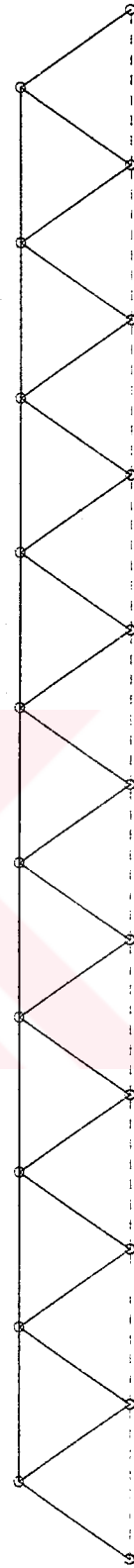
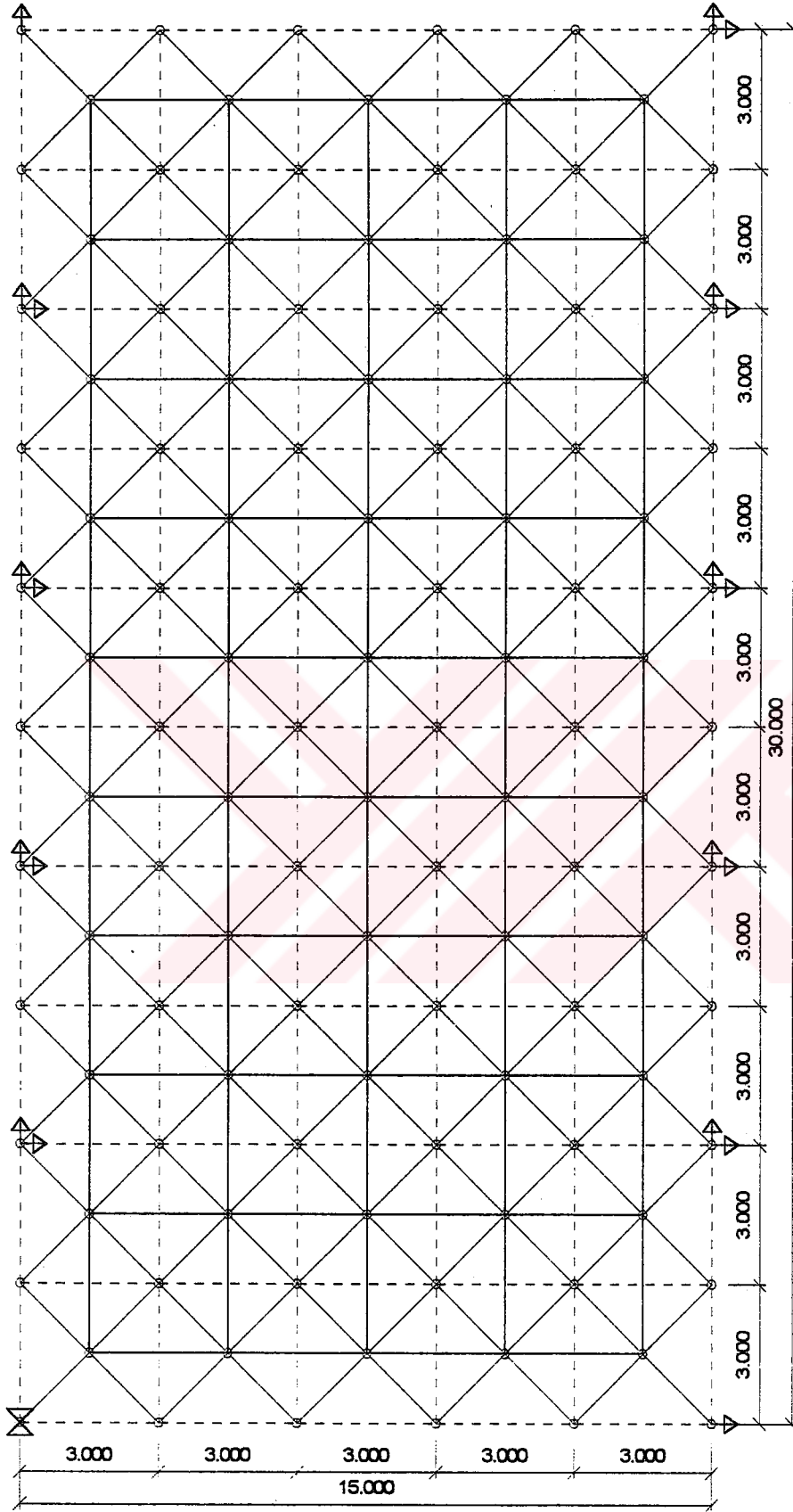


HAZIRLAYAN : INS.MUH. AHMET ARAT

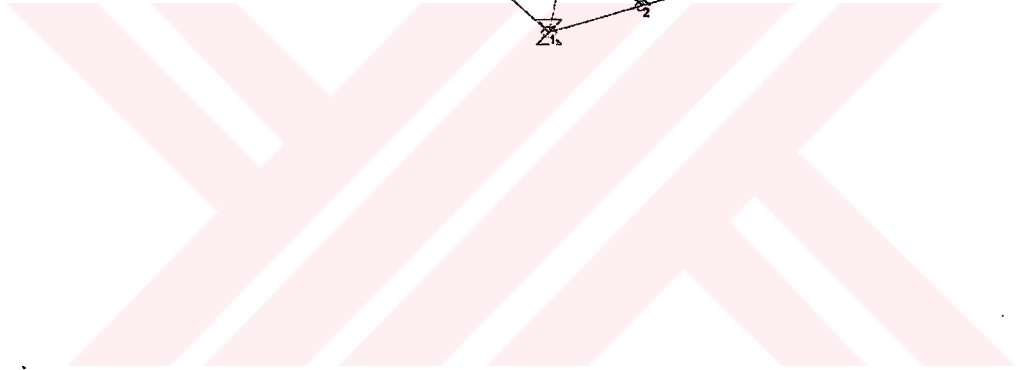
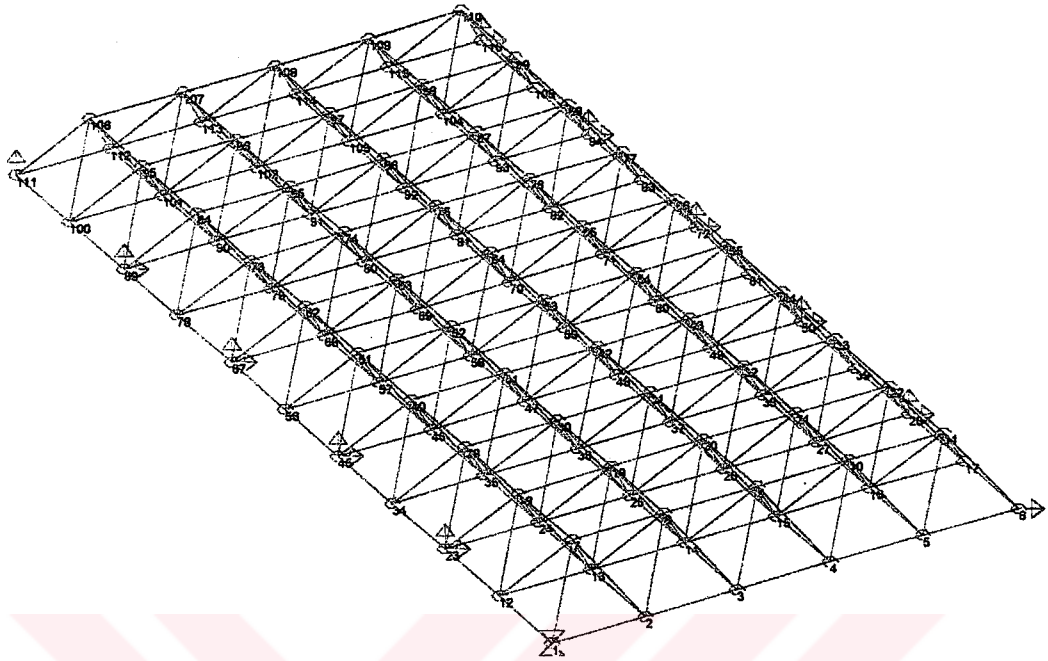
IS : A1

TARİH : 9/5/1999

IS NO : 101



HAZIRLAYAN : INS.MUH. AHMET ARAT



DUGUM SAYISI	235
CUBUK SAYISI	898
YAY SAYISI	0
YUK SAYISI	8
DUSEY YUK [kg/m2]	90.0
RUZGAR YUKU [kg/m2]	80.0
ZATI YUK [kg/m2]	16.1
ELASTISİTE MODULU	21000000

DUGUM NUM	KOMBİNASYON NO	MAKSİMUM MESNET X[T]	REAKSIYONLARI Y[T]	REAKSIYONLARI Z[T]	KOMBİNASYON NO	MINİMUM MESNET X[T]	REAKSIYONLARI Y[T]	REAKSIYONLARI Z[T]
1	X 3	5.238	1.462	3.076	2	-5.260	-1.505	2.248
	Y 5	0.021	1.571	2.931	4	-0.042	-1.612	2.401
	Z 3	5.238	1.462	3.076	6	-0.000	-0.001	0.251
6	X 6	0.000	0.001	0.244	2	-0.000	1.505	3.259
	Y 2	-0.000	1.505	3.259	3	0.000	-1.462	2.051
	Z 2	-0.000	1.505	3.259	6	0.000	0.001	0.244
47	X 2	0.000	0.000	2.042	3	-0.000	-0.000	2.039
	Y 2	0.000	0.000	2.042	3	-0.000	-0.000	2.039
	Z 4	0.000	-0.000	2.282	6	0.000	-0.000	0.150
52	X 2	0.000	0.000	1.833	3	-0.000	-0.000	2.299
	Y 6	-0.000	0.000	0.152	3	-0.000	-0.000	2.299
	Z 3	-0.000	-0.000	2.299	6	-0.000	0.000	0.152
91	X 6	-0.000	0.000	0.212	3	-0.000	-0.000	2.714
	Y 5	-0.000	0.000	2.734	3	-0.000	-0.000	2.714
	Z 2	-0.000	-0.000	2.781	6	-0.000	0.000	0.212
96	X 3	0.000	0.000	2.752	6	-0.000	0.000	0.212
	Y 4	0.000	0.000	2.767	2	0.000	-0.000	2.741
	Z 4	0.000	0.000	2.767	6	-0.000	0.000	0.212
135	X 4	0.000	0.000	2.760	3	-0.000	0.000	2.731
	Y 6	0.000	0.000	0.211	2	0.000	-0.000	2.787
	Z 2	0.000	-0.000	2.787	6	0.000	0.000	0.211
140	X 3	0.000	0.000	2.744	5	-0.000	-0.000	2.751
	Y 6	-0.000	0.000	0.211	5	-0.000	-0.000	2.751
	Z 5	-0.000	-0.000	2.751	6	-0.000	0.000	0.211
179	X 2	0.000	-0.000	1.932	6	-0.000	-0.000	0.150
	Y 3	-0.000	0.000	2.205	4	-0.000	-0.000	2.060
	Z 3	-0.000	0.000	2.205	6	-0.000	-0.000	0.150
184	X 3	-0.000	0.000	2.093	5	-0.000	0.000	2.056
	Y 5	-0.000	0.000	2.056	2	-0.000	-0.000	2.031
	Z 3	-0.000	0.000	2.093	6	-0.000	-0.000	0.150
223	X 3	3.776	0.000	2.788	2	-3.755	-0.000	2.510
	Y 3	3.776	0.000	2.788	5	-0.021	-0.000	2.651
	Z 3	3.776	0.000	2.788	6	0.000	-0.000	0.245
228	X 6	-0.000	-0.000	0.241	2	-0.000	-0.000	2.929
	Y 5	-0.000	0.000	2.646	2	-0.000	-0.000	2.929
	Z 2	-0.000	-0.000	2.929	6	-0.000	-0.000	0.241

CUBUK TIP LİSTESİ

CUBUK TIPI	CUBUK BOYU	ADEDİ	F	I	Ncekme w=1 için	Nbasinc	BORU	CIVATA	SOMUN	MALZEME
7	1.500	8	3.997	7.711	3.030	2.600	42.4x 3.25	M12-10K	19/13	37
7	2.121	381								
7	3.000	4								
7	2.598	405								
10	3.000	37	4.600	11.730	2.810	3.800	48.3x 3.25	M12-10K	19/13	37
10	2.121	23								
10	2.598	17								
12	3.000	5	4.600	11.730	4.730	5.300	48.3x 3.25	M16-10K	27/18	37
16	3.000	1	5.000	11.730	6.500	7.000	60.3x 3.25	M16-10K	27/18	37

TIP MALZEME	BORU	UZUNLUK	F	F*	MAX KUVVETLER [T]				GERİLMELER [T/cm ²]			
					H YUKLEMESİ		Hz YUKLEMESİ		H YUKLEMESİ		Hz YUKLEMESİ	
					ÇEKME	BASINC	ÇEKME	BASINC	ÇEKME	BASINC	ÇEKME	BASINC
7 St37	42.4x 3.25	1.500	4.0	3.4	0.000	0.000	0.026	0.051	0.000	0.000	0.007	0.025
7 St37	42.4x 3.25	2.121	4.0	3.4	1.481	1.365	1.924	1.568	0.431	1.349	0.559	1.550
7 St37	42.4x 3.25	3.000	4.0	3.4	2.773	0.000	3.349	0.000	0.806	0.000	0.973	0.000
7 St37	42.4x 3.25	2.598	4.0	3.4	1.950	0.812	2.174	0.987	0.567	1.201	0.632	1.459
10 St37	48.3x 3.25	3.000	4.6	4.0	0.299	0.286	1.231	0.816	0.075	0.371	0.309	1.059
10 St37	48.3x 3.25	2.121	4.6	4.0	0.000	1.489	0.000	1.826	0.000	0.968	0.000	1.187
10 St37	48.3x 3.25	2.598	4.6	4.0	0.000	1.138	0.000	1.356	0.000	1.111	0.000	1.323
12 St37	48.3x 3.25	3.000	4.6	4.6	3.536	0.000	5.100	0.000	0.769	0.000	1.109	0.000
16 St37	60.3x 2.90	3.000	5.2	5.7	1.234	0.000	3.898	1.462	0.218	0.000	0.689	1.034
16 St37	60.3x 2.90	2.598	5.2	5.7	0.000	2.458	0.000	2.931	0.000	1.302	0.000	1.552
18 St37	60.3x 3.65	3.000	6.5	5.7	1.329	2.360	4.950	2.738	0.235	1.362	0.875	1.580
18 St37	60.3x 3.65	2.598	6.5	5.7	0.000	2.534	0.000	3.103	0.000	1.096	0.000	1.342
20 St37	76.1x 3.65	3.000	8.3	8.3	0.000	3.849	0.000	4.313	0.000	1.070	0.000	1.199

TEKLİF NO = 102
 İSİN ADI = A-2
 SİSTEM ALANI [m2] = 450.00
 BORU ADEDİ = 898
 KURE ADEDİ = 235
 SİSTEMİN AĞIRLIĞI [kg] = 7264
 ZATI YUK [kg/m2] = 16.1
 OLU YUK [kg/m2] = 90.0
 RUZGAR YUKU [kg/m2] = 80.0
 MODUL BOYU [m] = 3.0000
 SİSTEM YUKSEKLİĞİ [m] = 2.1213

BORU TIPI	MIKTAR (M)	FİRE (M)	BİRİM FİYAT (TL/M)	TUTAR (TL)	TOPLAM (TL/M2)
42.4x 3.25	1756	244	424200	848388352	1885307.45
48.3x 3.25	204	18	491700	109116096	242480.21
60.3x 2.90	20	4	523000	12129416	26954.26
60.3x 3.65	16	1	698800	12013770	26697.27
76.1x 3.65	11	1	888700	10664400	23698.67

992312000 2205137.78

BOYA ALANI (M2)	BOYA FİYATI (TL/M2)	TUTAR (TL)	TOPLAM (TL/M2)
253.88	700000	177716704	394926.01

KONİK TIPI	MIKTAR (ADED)	BİRİM FİYAT (TL/ADED)	TUTAR (TL)	TOPLAM (TL/M2)
42.4xM12	1596	40000	63840000	141866.67
48.3xM12	154	70000	10780000	23955.56
48.3xM16	10	70000	700000	1555.56
60.3xM16	28	103000	2884000	6408.89
76.1xM20	8	127000	1016000	2257.78

79220000 176044.44

SOMUN TIPI	MIKTAR (ADED)	BİRİM FİYAT (TL/ADED)	TUTAR (TL)	TOPLAM (TL/M2)
19/13	1750	25500	44625000	99166.67
27/18	38	39500	1501000	3335.56
30/22	8	47500	380000	844.44

46506000 103346.67

CIVATA TIPI	MIKTAR (ADED)	BİRİM FİYAT (TL/ADED)	TUTAR (TL)	TOPLAM (TL/M2)
M12-10K	1750	70000	122500000	272222.22
M16-10K	38	85000	3230000	7177.78
M20-10K	8	160000	1280000	2844.44

127010000 282244.44

PİM TIPI	MIKTAR (ADED)	BİRİM FİYAT (TL/ADED)	TUTAR (TL)	TOPLAM (TL/M2)
4x21	1750	6250	10937500	24305.56
4x29	38	6425	244150	542.56
5x32	8	8050	64400	143.11

11246050 24991.22

KURE TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT(TL/ADED)	TUTAR(TL)	TOPLAM(TL/M2)	
			76727000	170504.44	

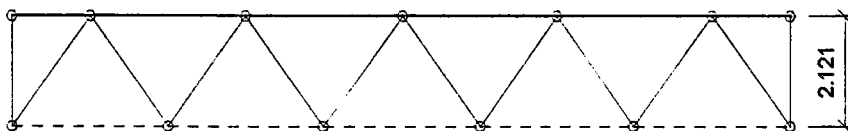
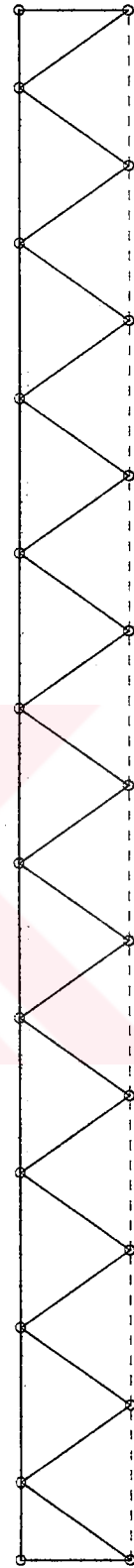
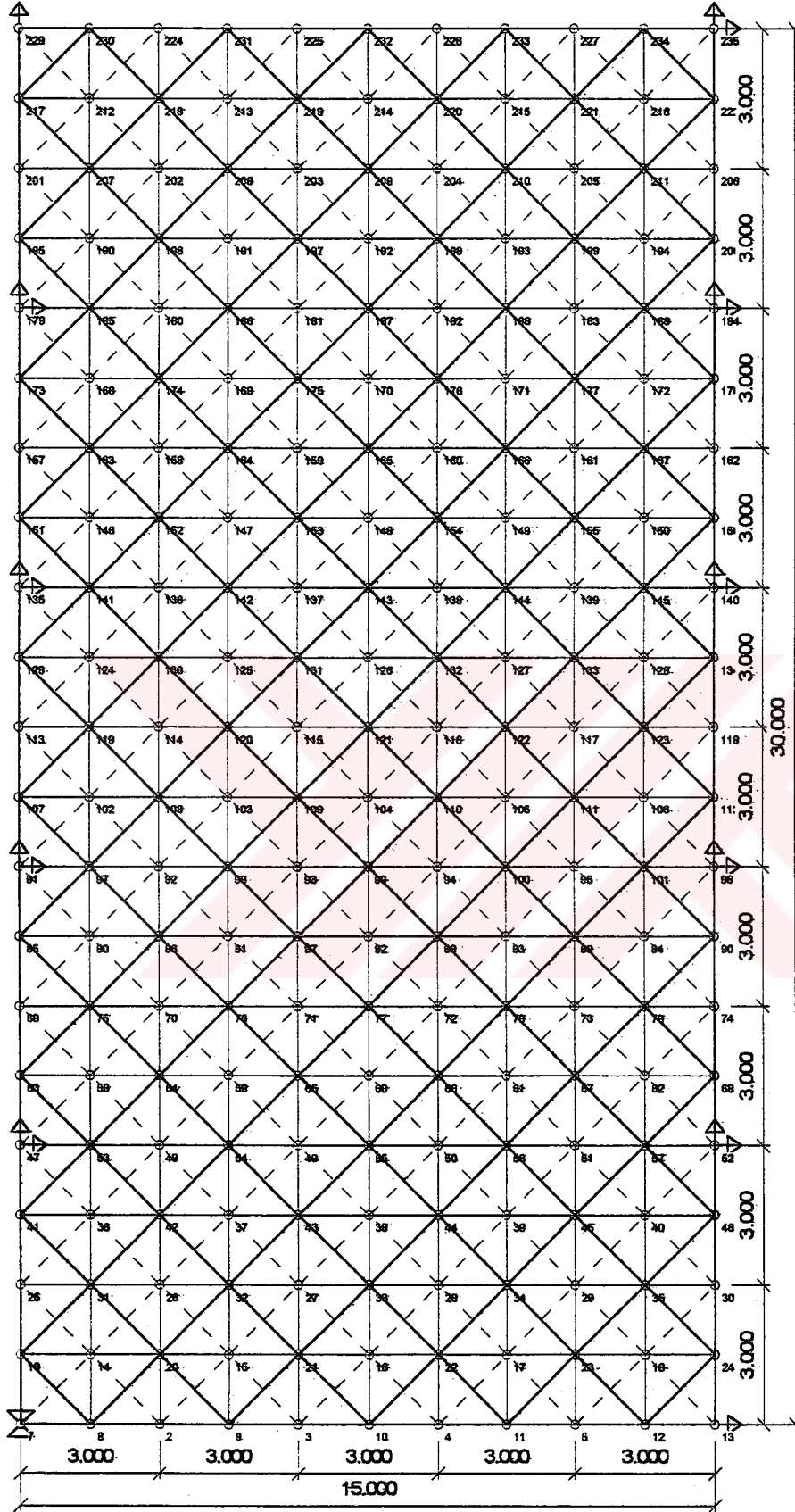
MESNET TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT(TL/ADED)	TUTAR(TL)	TOPLAM(TL/M2)	
90 A	12	4850000	58200000	129333.33	
			58200000	129333.33	

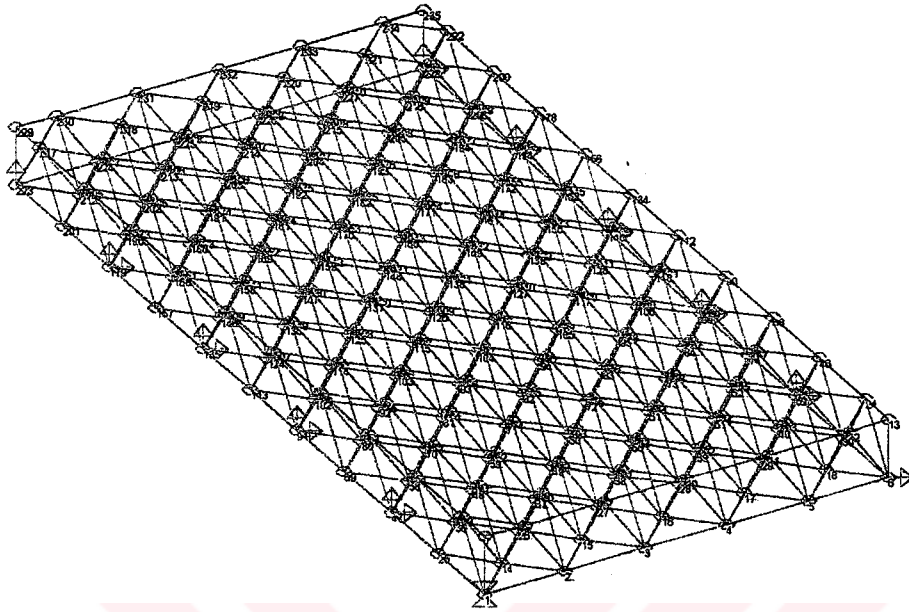
EGİM DİKME TIPI	MIKTAR(ADED)	BOY(M)	BİRİM FİYAT(TL/M)	TUTAR(TL)	TOPLAM(TL/M2)
42.4x3.25	180	0.20	424200	15271200	33936.00

ASIK TIPI	MIKTAR(M)	BİRİM FİYAT(TL/M)	TUTAR(TL)	TOPLAM(TL/M2)	
R50/90/3.2/3.2	525.0	735400	386084992	857966.65	
			503684992	1119299.98	

BOYA ALANI(M2)	BOYA FİYATI(TL/M2)	TUTAR(TL)	TOPLAM(TL/M2)		
147.00	800000	117600000	261333.33		

ZAIYATLI BORU MALİYETİ =	992312000	2205138 TL/M2	47.5%		
TOPLAM KONİK MALİYETİ =	79220000	176044 TL/M2	3.8%		
TOPLAM SOMUN MALİYETİ =	46506000	103347 TL/M2	2.2%		
TOPLAM CIVATA MALİYETİ =	127010000	282244 TL/M2	6.1%		
TOPLAM PİM MALİYETİ =	11246050	24991 TL/M2	0.5%		
TOPLAM KURE MALİYETİ =	76727000	170504 TL/M2	3.7%		
TOPLAM ASIK MALİYETİ =	503684992	1119300 TL/M2	24.1%		
TOPLAM EGİM DİKMESİ MALİYETİ =	15271200	33936 TL/M2	0.7%		
TOPLAM MESNET MALİYETİ =	58200000	129333 TL/M2	2.8%		
UZAY SİSTEM BOYA MALİYETİ =	177716704	394926 TL/M2	8.5%		
TOPLAM MALZEME MALİYETİ =	2087894016	4639764 TL/M2	62.3%		
TOPLAM İSCİLİK MALİYETİ =	253866064	564147 TL/M2	7.6%		
TOPLAM PROJE MALİYETİ =	292305152	649567 TL/M2	8.7%		
TOPLAM MONTAJ MALİYETİ =	716445632	1592101 TL/M2	21.4%		
TOPLAM TEKLİF FİYATI =	3350510848	7445580 TL/M2			
TOPLAM TEKLİF FİYATI =	4188138496				
TEKLİF FİYATI [TL/M2] =		9306974			





DUGUM SAYISI	150
CUBUK SAYISI	528
YAY SAYISI	0
YUK SAYISI	8
DUSEY YUK [kg/m2]	90.0
RUZGAR YUKU [kg/m2]	80.0
ZATI YUK [kg/m2]	13.1
ELASTISİTE MODULU	21000000

DUGUM NUM	KOMBİNASYON NO	MAKSİMUM X[T]	MESNET Y[T]	REAKSIYONLARI Z[T]	KOMBİNASYON NO	MINİMUM X[T]	MESNET Y[T]	REAKSIYONLARI Z[T]
1 X	3	3.418	0.718	2.814	2	-3.426	-0.733	1.737
Y	5	0.015	1.559	2.598	4	-0.023	-1.575	1.975
Z	3	3.418	0.718	2.814	6	0.000	0.000	-0.045
6 X	2	0.000	0.733	2.552	6	0.000	-0.000	-0.049
Y	5	0.000	1.500	2.576	4	0.000	-1.483	1.989
Z	5	0.000	1.500	2.576	6	0.000	-0.000	-0.049
34 X	3	0.000	0.000	4.161	6	0.000	-0.000	-0.193
Y	3	0.000	0.000	4.161	2	0.000	-0.000	4.974
Z	2	0.000	-0.000	4.974	6	0.000	-0.000	-0.193
39 X	6	-0.000	0.000	-0.194	2	-0.000	0.000	4.554
Y	3	-0.000	0.000	4.594	6	-0.000	0.000	-0.194
Z	4	-0.000	0.000	4.869	6	-0.000	0.000	-0.194
60 X	3	0.000	-0.000	4.802	2	-0.000	-0.000	4.609
Y	6	0.000	0.000	-0.232	2	-0.000	-0.000	4.609
Z	3	0.000	-0.000	4.802	6	0.000	0.000	-0.232
65 X	3	0.000	-0.000	4.707	2	-0.000	-0.000	4.678
Y	4	0.000	-0.000	4.687	2	-0.000	-0.000	4.678
Z	3	0.000	-0.000	4.707	6	0.000	-0.000	-0.231
86 X	6	0.000	-0.000	-0.234	2	-0.000	0.000	4.590
Y	2	-0.000	0.000	4.590	6	0.000	-0.000	-0.234
Z	3	0.000	-0.000	4.766	6	0.000	-0.000	-0.234
91 X	3	0.000	-0.000	4.717	2	-0.000	-0.000	4.667
Y	6	-0.000	0.000	-0.232	5	-0.000	-0.000	4.691
Z	3	0.000	-0.000	4.717	6	-0.000	0.000	-0.232
112 X	3	0.000	-0.000	4.371	6	-0.000	0.000	-0.197
Y	6	-0.000	0.000	-0.197	3	0.000	-0.000	4.371
Z	2	0.000	0.000	4.762	6	-0.000	0.000	-0.197
117 X	3	0.000	0.000	4.455	2	-0.000	0.000	4.665
Y	1	0.000	0.000	4.554	6	0.000	0.000	-0.198
Z	2	-0.000	0.000	4.665	6	0.000	0.000	-0.198
138 X	3	2.701	0.000	2.586	2	-2.693	0.000	1.964
Y	2	-2.693	0.000	1.964	5	-0.015	-0.000	2.297
Z	3	2.701	0.000	2.586	6	-0.000	-0.000	-0.050
143 X	6	-0.000	0.000	-0.055	5	-0.000	-0.000	2.295
Y	4	-0.000	0.000	2.270	5	-0.000	-0.000	2.295
Z	2	-0.000	0.000	2.376	6	-0.000	0.000	-0.055

CUBUK TIPI	CUBUK BOYU	ADEDI	CUBUK TIP LİSTESİ				BORU	CIVATA	SOMUN MALZEME	
			F	I	Ncekme w=1 için	Nbasinc				
7	3.000	68	3.997	7.711	3.030	2.600	42.4x 3.25	M12-10K	19/13	37
7	1.500	38								
7	2.598	40								
7	2.121	4								
10	3.000	239	4.600	11.730	2.810	3.800	48.3x 3.25	M12-10K	19/13	37
10	2.598	20								
12	3.000	29	4.600	11.730	4.730	5.300	48.3x 3.25	M16-10K	27/18	37
16	3.000	44	5.229	21.592	6.590	7.320	60.3x 2.90	M16-10K	27/18	37
18	3.000	10	6.100	26.100	7.010	7.000	60.3x 2.90	M16-10K	27/18	37

TEKLİF NO = 103
 İSİN ADI = A-3
 SİSTEM ALANI [m2] = 450.00
 BORU ADEDİ = 528
 KURE ADEDİ = 150
 SİSTEMİN AĞIRLIĞI [kg] = 5878
 ZATI YÜK [kg/m2] = 13.1
 OLU YÜK [kg/m2] = 90.0
 RÜZGAR YÜKÜ [kg/m2] = 80.0
 MODUL BOYU [m] = 3.0000
 SİSTEM YÜKSEKLİĞİ [m] = 2.1213

BORU TIPI	MIKTAR(M)	FİRE (M)	BİRİM FİYAT (TL/M)	TUTAR (TL)	TOPLAM (TL/M2)
42.4x 3.25	349	39	424200	164711984	366026.63
48.3x 3.25	802	61	491700	424254496	942787.77
60.3x 2.90	123	8	523000	68805880	152901.96
60.3x 3.65	53	4	698800	39694636	88210.30
76.1x 3.65	75	6	888700	71796288	159547.31
				769263296	1709473.99

BOYA ALANI (M2)	BOYA FİYATI (TL/M2)	TUTAR (TL)	TOPLAM (TL/M2)
205.37	700000	143760288	319467.31

KONİK TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT (TL/ADED)	TUTAR (TL)	TOPLAM (TL/M2)	
42.4xM12	300	40000	12000000	26666.67	
48.3xM12	518	70000	36260000	80577.78	
48.3xM16	58	70000	4060000	9022.22	
60.3xM16	126	103000	12978000	28840.00	
76.1xM20	54	127000	6858000	15240.00	
				72156000	160346.67

SOMUN TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT (TL/ADED)	TUTAR (TL)	TOPLAM (TL/M2)	
19/13	818	25500	20859000	46353.33	
27/18	184	39500	7268000	16151.11	
30/22	54	47500	2565000	5700.00	
				30692000	68204.44

CIVATA TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT (TL/ADED)	TUTAR (TL)	TOPLAM (TL/M2)	
M12-10K	818	70000	57260000	127244.44	
M16-10K	184	85000	15640000	34755.56	
M20-10K	54	160000	8640000	19200.00	
				81540000	181200.00

PİM TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT (TL/ADED)	TUTAR (TL)	TOPLAM (TL/M2)	
4x21	818	6250	5112500	11361.11	
4x29	184	6425	1182200	2627.11	
5x32	54	8050	434700	966.00	
				6729400	14954.22

KURE TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT(TL/ADED)	TUTAR(TL)	TOPLAM(TL/M2)	
110	17	1000000	17000000	37777.78	
				59807000	132904.44

MESNET TIPI	MIKTAR(ADED)	BİRİM FİYAT(TL/ADED)	TUTAR(TL)	TOPLAM(TL/M2)	
110 A	12	4850000	58200000	129333.33	
				58200000	129333.33

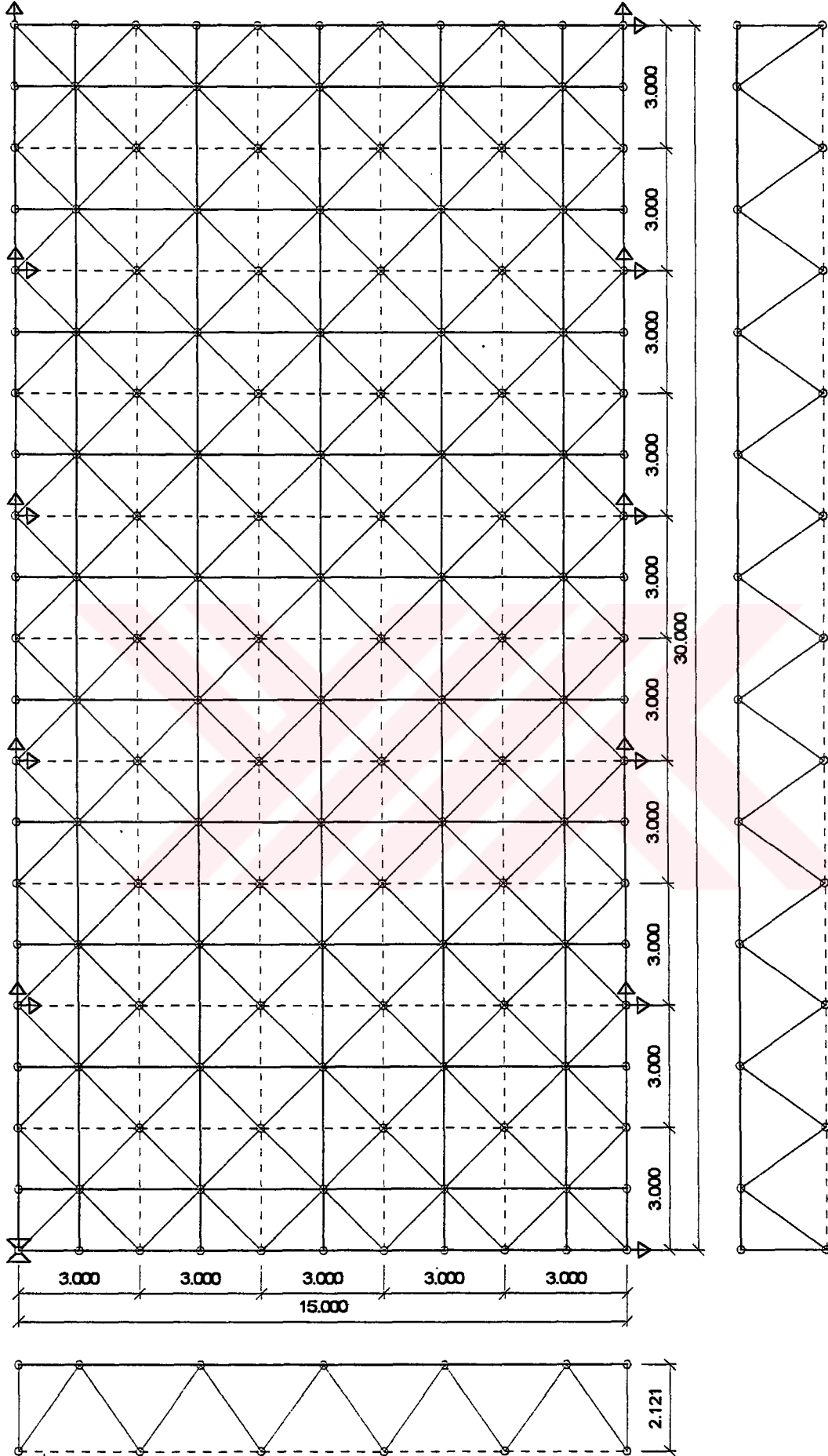
EGİM DİKME TIPI	MIKTAR(ADED)	BOY (M)	BİRİM FİYAT(TL/M)	TUTAR(TL)	TOPLAM(TL/M2)
42.4x3.25	250	0.20	424200	21210000	47133.33

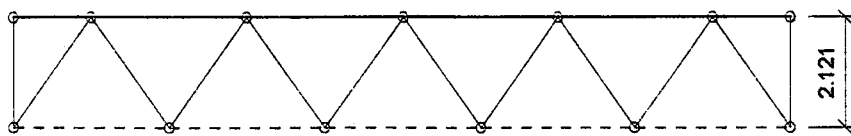
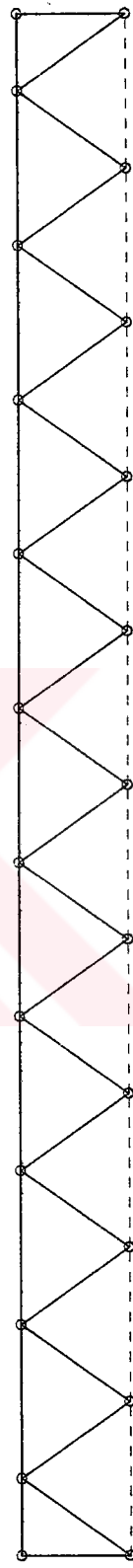
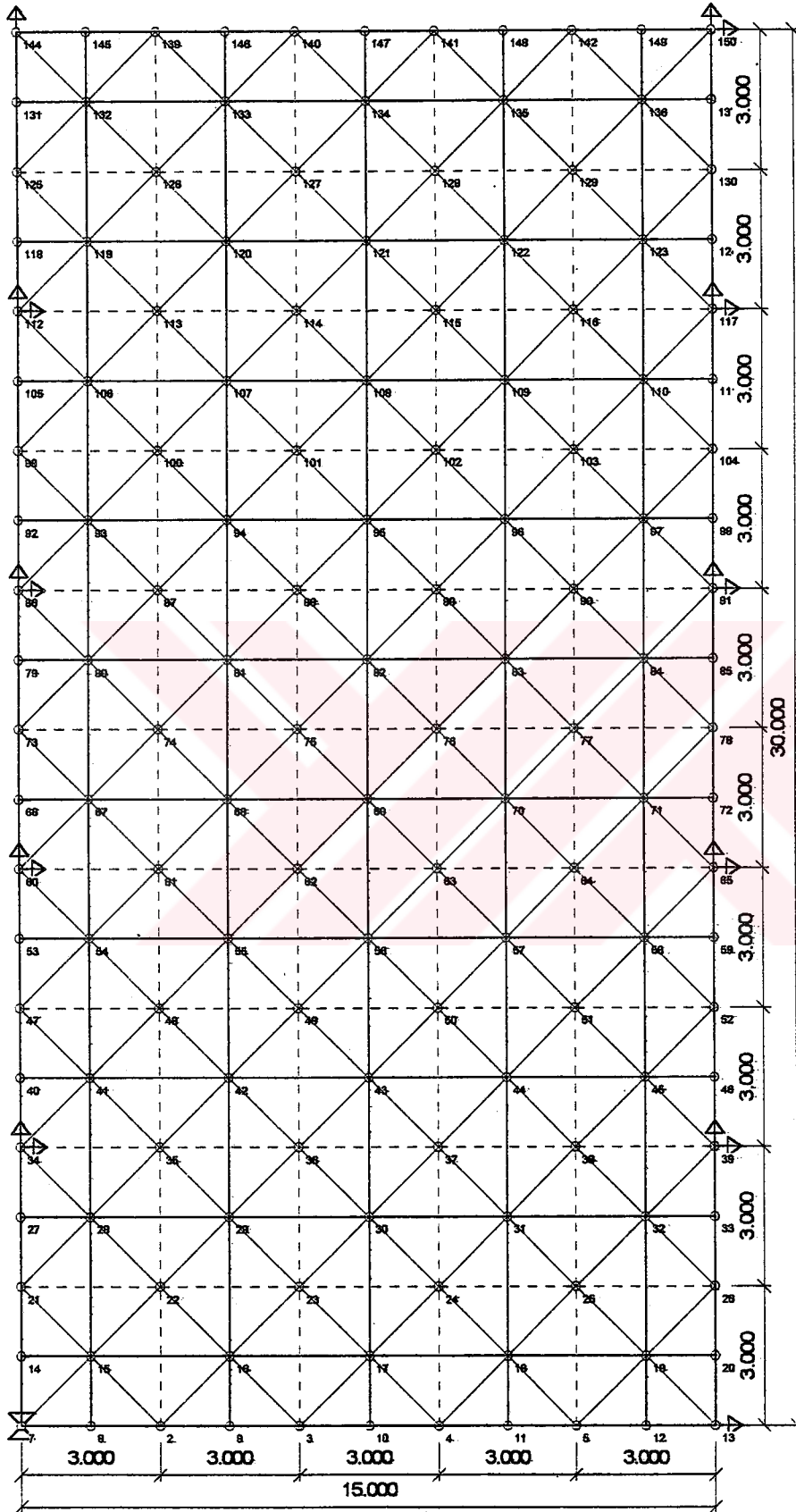
ASIK TIPI	MIKTAR(M)	BİRİM FİYAT(TL/M)	TUTAR(TL)	TOPLAM(TL/M2)	
R50/90/3.2/3.2	650.0	735400	478009984	1062244.41	
				623609984	1385799.96

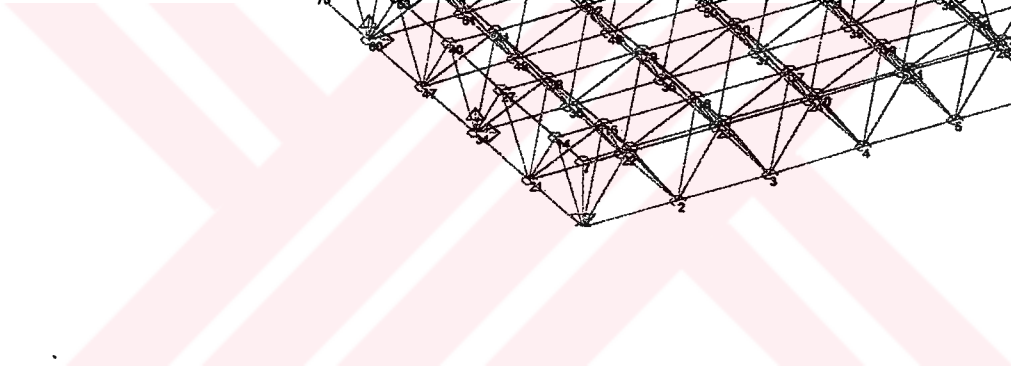
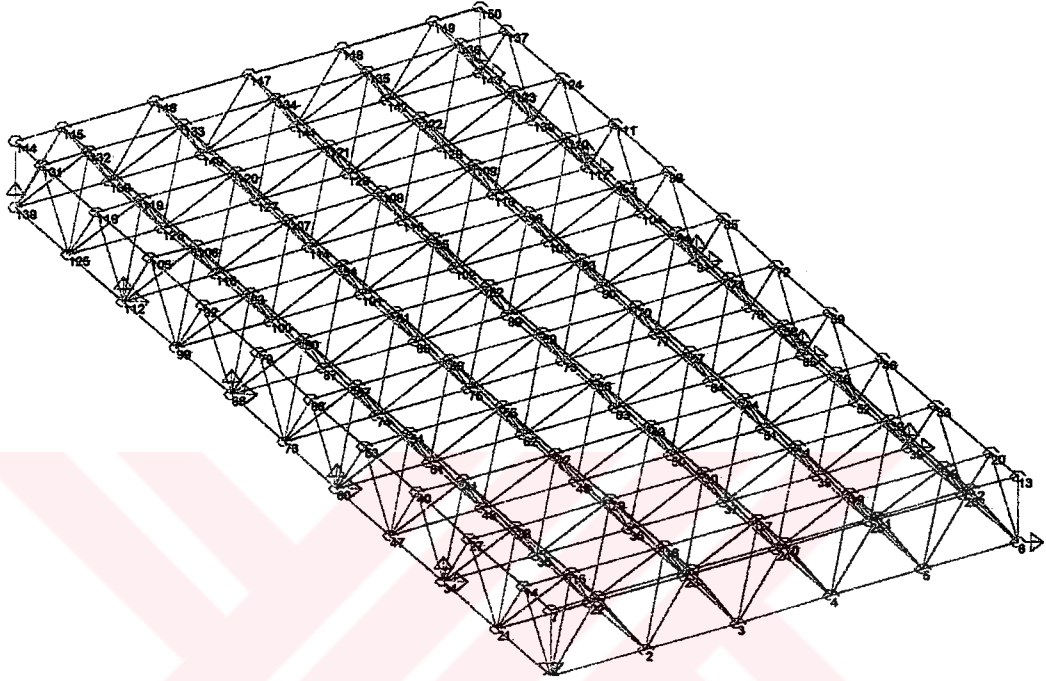
BOYA ALANI (M2)	BOYA FİYATI (TL/M2)	TUTAR(TL)		TOPLAM(TL/M2)	
182.00	800000	145600000		323555.56	

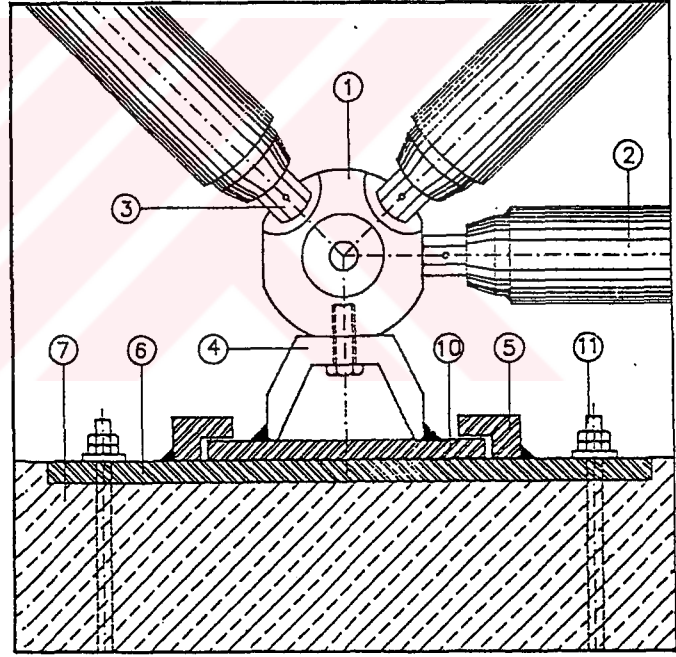
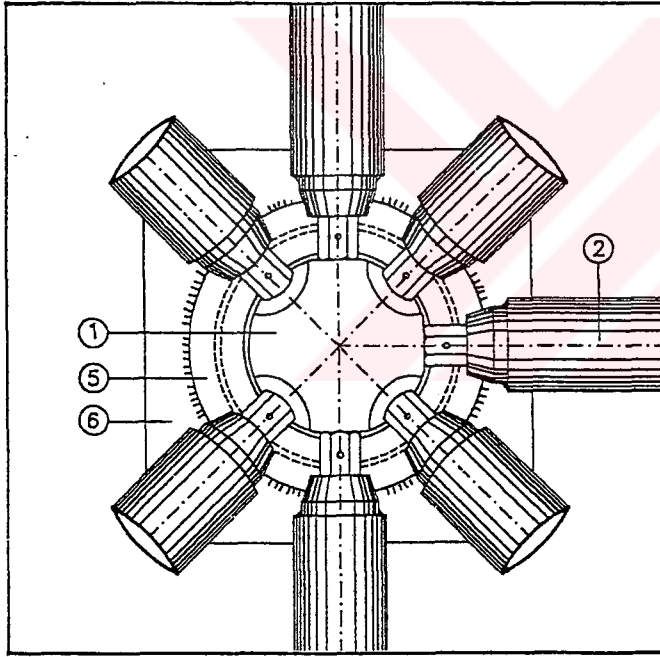
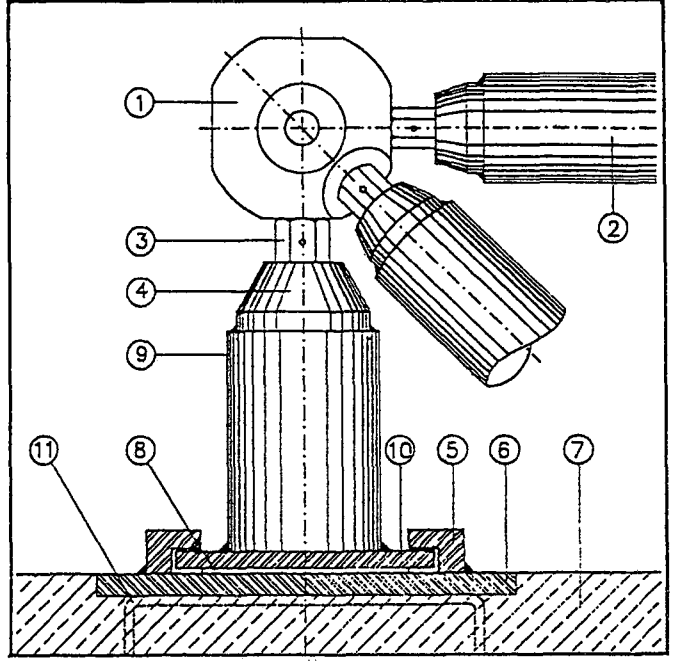
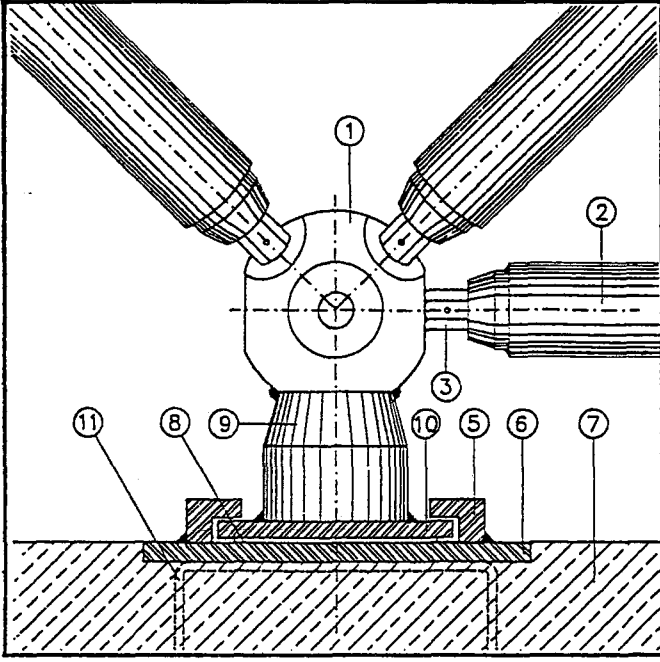
ZAIYATLI BORU MALİYETİ =	769263296	1709474	TL/M2	41.2%	
TOPLAM KONİK MALİYETİ =	72156000	160347	TL/M2	3.9%	
TOPLAM SOMUN MALİYETİ =	30692000	68204	TL/M2	1.6%	
TOPLAM CIVATA MALİYETİ =	81540000	181200	TL/M2	4.4%	
TOPLAM PİM MALİYETİ =	6729400	14954	TL/M2	0.4%	
TOPLAM KURE MALİYETİ =	59807000	132904	TL/M2	3.2%	
TOPLAM ASIK MALİYETİ =	623609984	1385800	TL/M2	33.4%	
TOPLAM EGİM DİKMESİ MALİYETİ =	21210000	47133	TL/M2	1.1%	
TOPLAM MESNET MALİYETİ =	58200000	129333	TL/M2	3.1%	
UZAY SİSTEM BOYA MALİYETİ =	143760288	319467	TL/M2	7.7%	
TOPLAM MALZEME MALİYETİ =	1866967936	4148818	TL/M2	67.0%	
TOPLAM İSCİLİK MALİYETİ =	176233280	391630	TL/M2	6.3%	
TOPLAM PROJE MALİYETİ =	261375520	580834	TL/M2	9.4%	
TOPLAM MONTAJ MALİYETİ =	480565824	1067924	TL/M2	17.3%	
TOPLAM TEKLİF FİYATI =	2785142528	6189206	TL/M2		
TOPLAM TEKLİF FİYATI =	3481428224				
TEKLİF FİYATI [TL/M2] =		7736507			

TIP MALZEME	BORU	UZUNLUK	E	F*	MAX KUVVETLER [T]				GERİLMELER [T/cm ²]			
					H YUKLEMESİ		Hz YUKLEMESİ		H YUKLEMESİ		Hz YUKLEMESİ	
					ÇEKME	BASINC	ÇEKME	BASINC	ÇEKME	BASINC	ÇEKME	BASINC
7 St37	42.4x 3.25	3.000	4.0	3.4	1.218	0.000	1.461	0.000	0.354	0.000	0.425	0.000
7 St37	42.4x 3.25	1.500	4.0	3.4	0.000	0.000	0.102	0.204	0.000	0.000	0.030	0.101
7 St37	42.4x 3.25	2.598	4.0	3.4	0.986	0.582	1.135	0.870	0.287	0.861	0.330	1.286
7 St37	42.4x 3.25	2.121	4.0	3.4	0.000	0.059	0.001	0.059	0.000	0.058	0.000	0.058
10 St37	48.3x 3.25	3.000	4.6	4.0	2.622	1.028	3.102	1.229	0.659	1.334	0.779	1.595
10 St37	48.3x 3.25	2.598	4.6	4.0	0.000	1.209	0.058	1.347	0.000	1.180	0.015	1.315
12 St37	48.3x 3.25	3.000	4.6	4.6	4.302	0.000	4.459	1.032	0.935	0.000	0.969	1.339
16 St37	60.3x 2.90	3.000	5.2	5.7	1.233	1.964	4.026	2.199	0.218	1.390	0.711	1.556
18 St37	60.3x 3.65	3.000	6.5	5.7	0.000	2.395	0.238	2.537	0.000	1.382	0.042	1.465
20 St37	76.1x 3.65	3.000	8.3	8.3	0.000	3.834	0.334	3.956	0.000	1.066	0.040	1.100







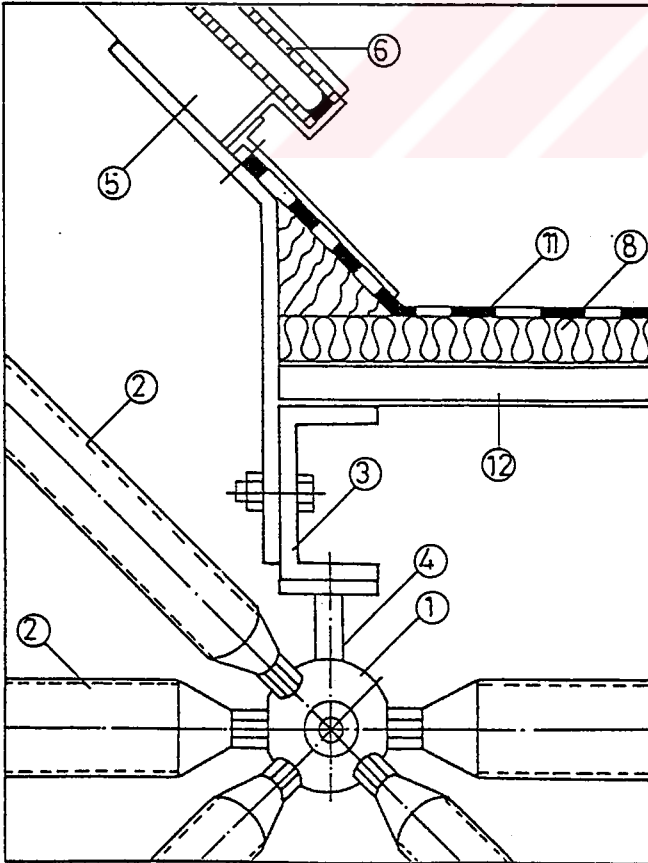
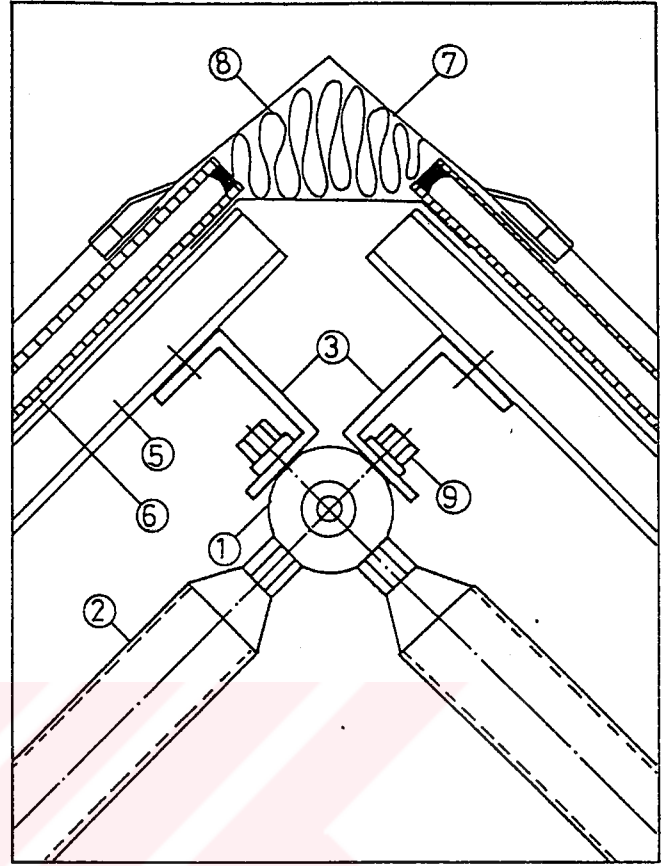
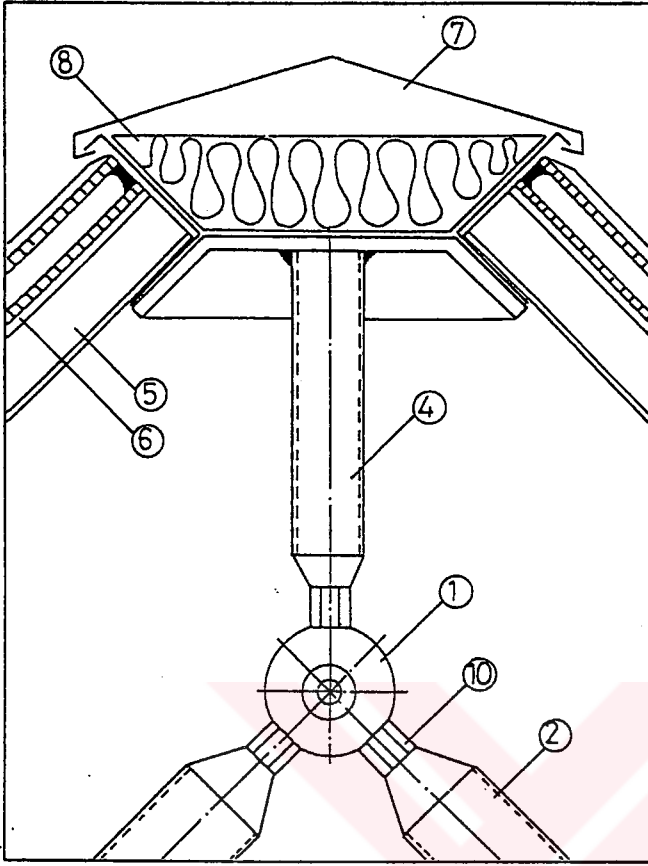


MESNET KÜRESİ DETAYLARI

1. ALTINYALDIZ uzay sistem küresi
2. ALTINYALDIZ uzay sistem çubuğu
3. Somun
4. Mesnet koniği
5. Mesnet tutucu çitalar
6. Ankrāj plakası
7. Kolon
8. Teflon
9. Uzay sistem mesnet çubuğu
10. Taşıyıcı levha
11. Ankrāj çubuğu

SUPPORT DETAILS

1. ALTINYALDIZ node
2. ALTINYALDIZ member
3. Nut
4. Support cone
5. Lift-off and horizontal stop
6. Base plate
7. Column
8. Teflon
9. Post support
10. Bearing plate
11. Anchor bar

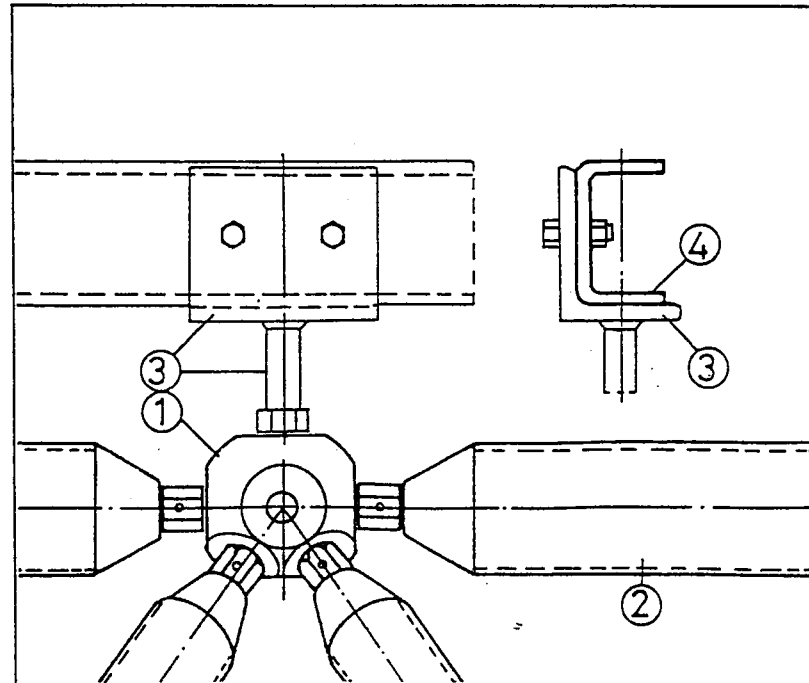
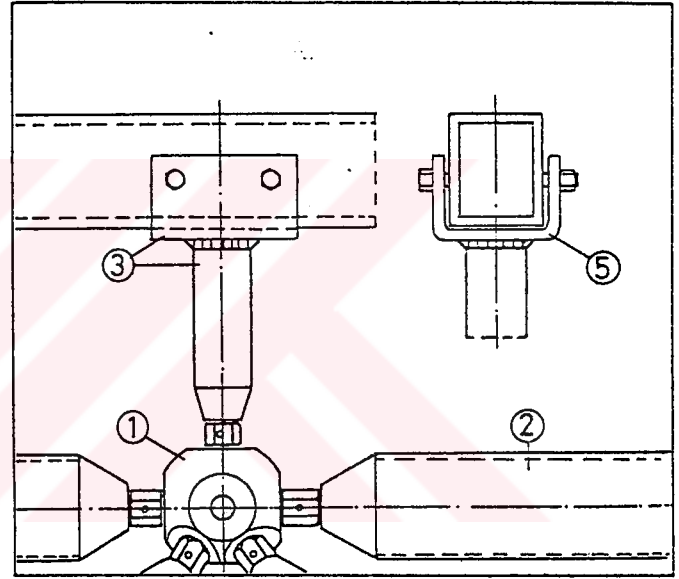
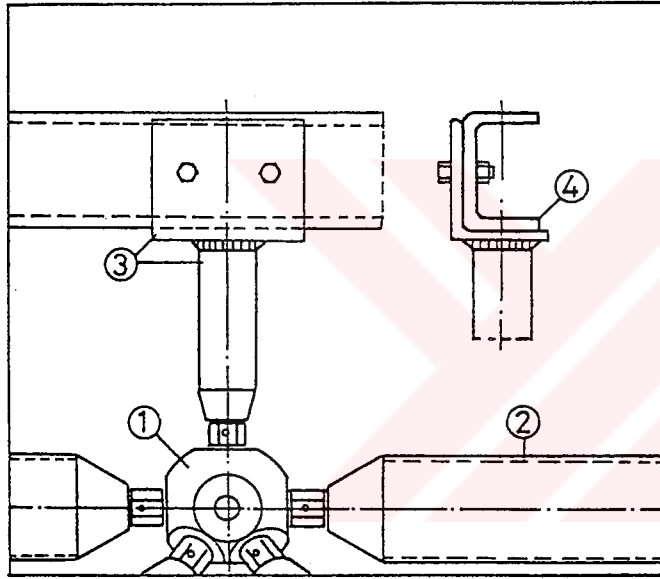
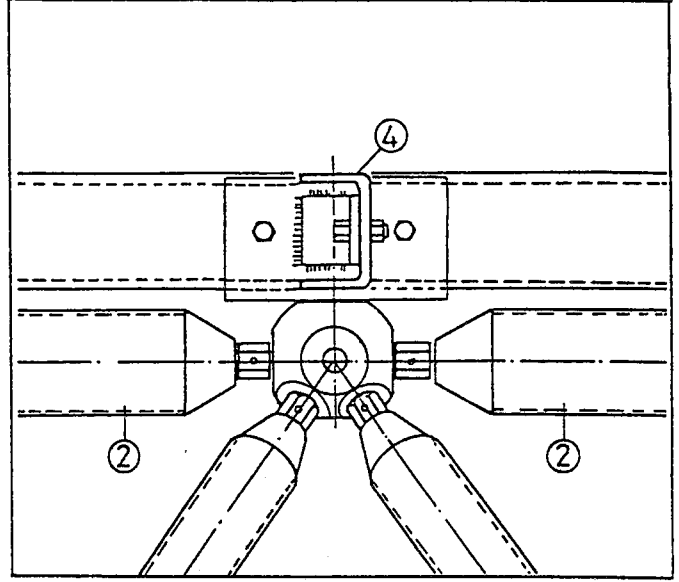
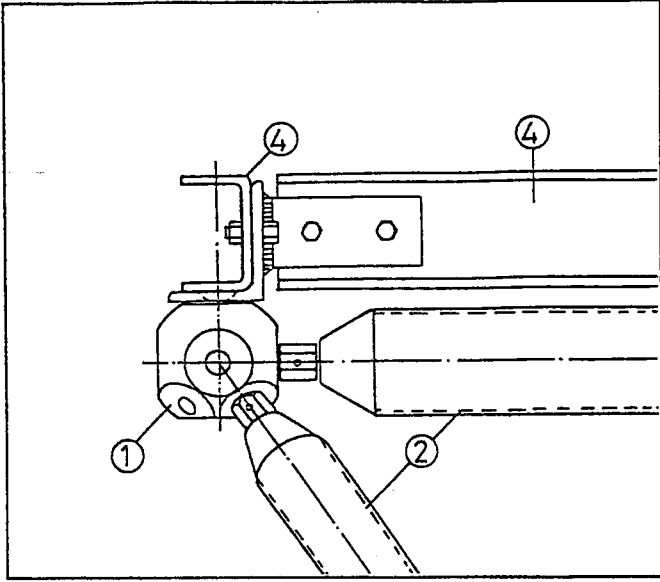


MESNET KÜRESİ DETAYLARI

1. ALTINYALDIZ uzay sistem küresi
2. ALTINYALDIZ uzay sistem cubuğu
3. Aşık
4. Eğim dikmesi
5. Çerçeve profili
6. Cam kaplama
7. Alimünyum profil
8. Isı izalasyonu
9. Cıvata
10. Somun
11. Bitüm-Su izalasyonu
12. Trapez saç kaplama

TOP LIGHTS DETAILS

1. ALTINYALDIZ node
2. ALTINYALDIZ member
3. Purlin
4. Purlin stool
5. Frame section
6. Glass sheet
7. Aluminum section
8. Thermal insulation
9. Bolt
10. Nut
11. Water insulation
12. Trapezoidal sheet

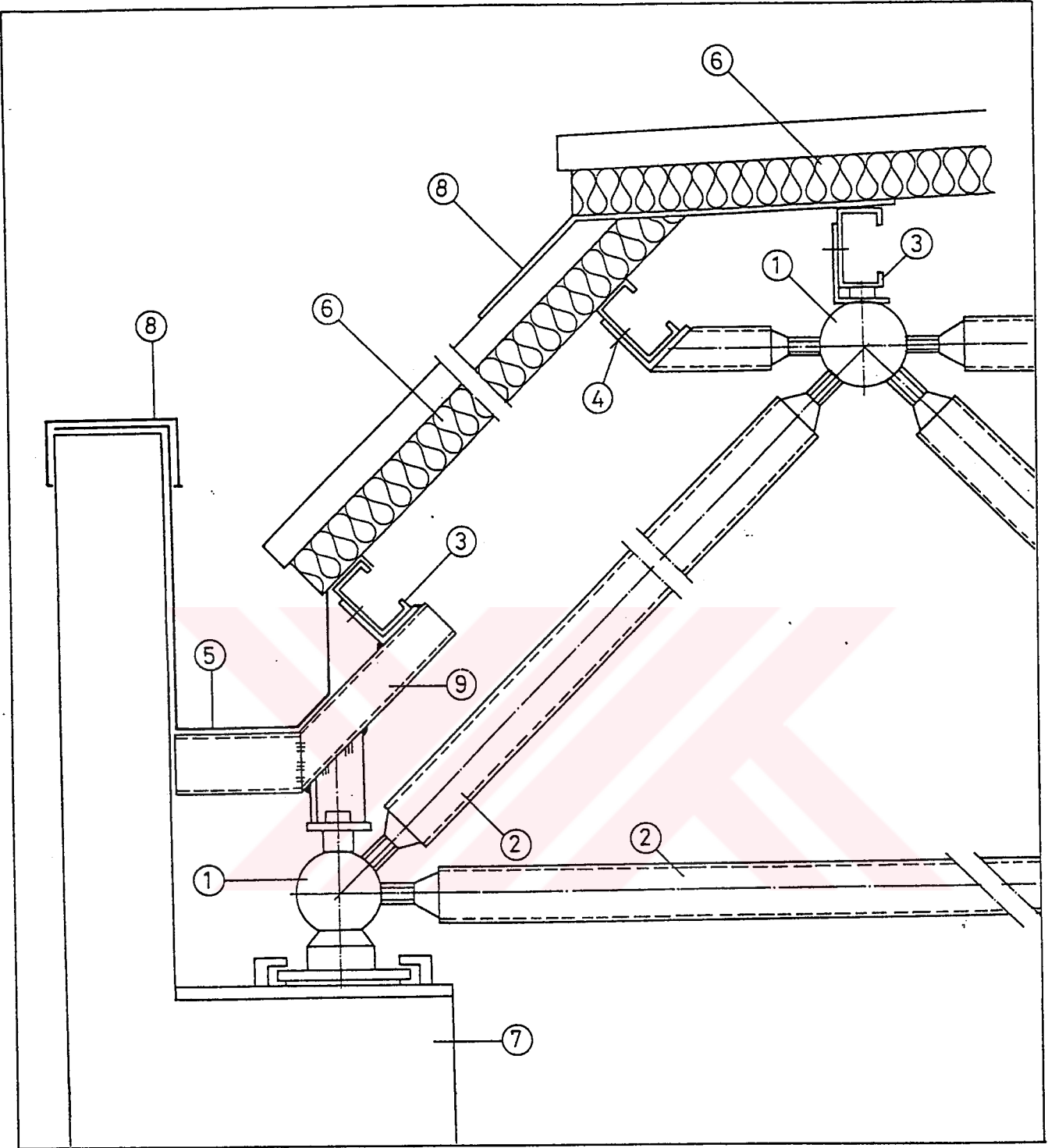


AŞIK DETAYLARI

1. ALTINYALDIZ uzay sistem küresi
2. ALTINYALDIZ uzay sistem cubuğu
3. Eğim dikmesi
4. I. aşık
5. II. aşık

PURLIN DETAILS

1. ALTINYALDIZ node
2. ALTINYALDIZ member
3. Purlin stool
4. I. section purlin
5. II. section purlin



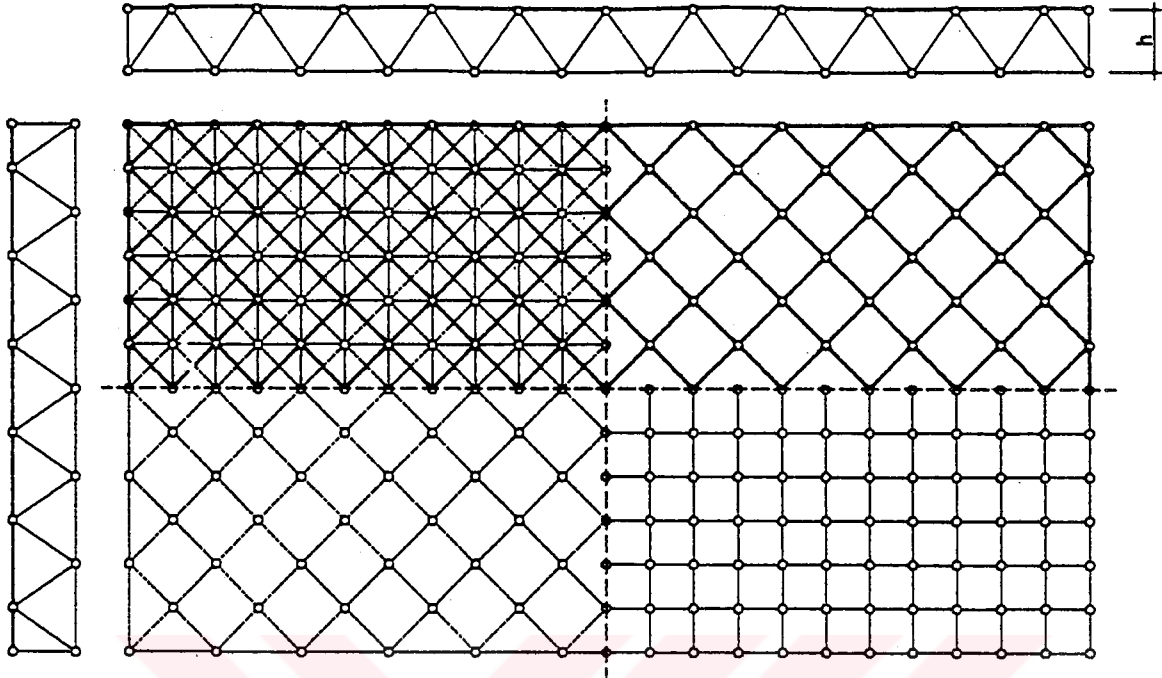
DERE VE KAPLAMA DETAYLARI

1. ALTINYALDIZ uzay sistem küresi
2. ALTINYALDIZ uzay sistem cubuğu
3. Aşık
4. Cıvata
5. Dere elemanı
6. Poliüretan dolgulu çatı kaplaması
7. Betonarme kolon
8. Alüminyum profil
9. Dere taşıyıcı

GUTTER - DECKING DETAILS

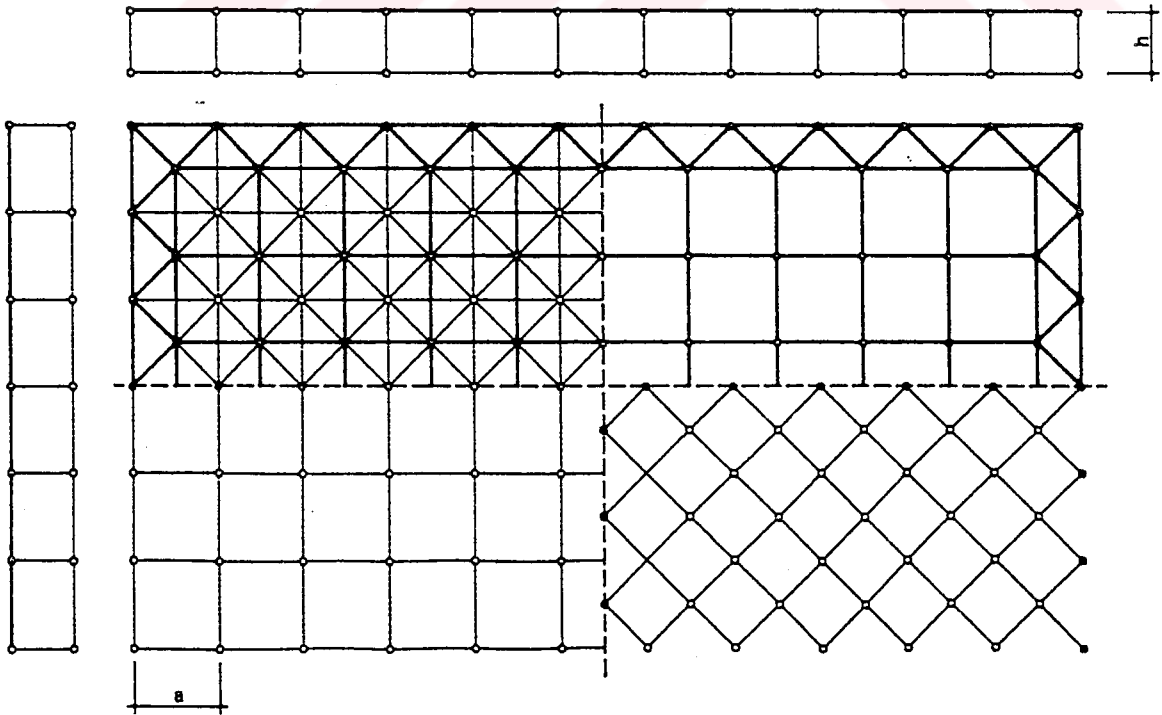
1. ALTINYALDIZ node
2. ALTINYALDIZ member
3. Purlin
4. Bolt
5. Gutter
6. Trapezoidal sheet
7. Column
8. Alüminium section
9. Gutter support

UZAY SİSTEM MODÜL TİPLERİ SPACE FRAME MODULE TYPES



7

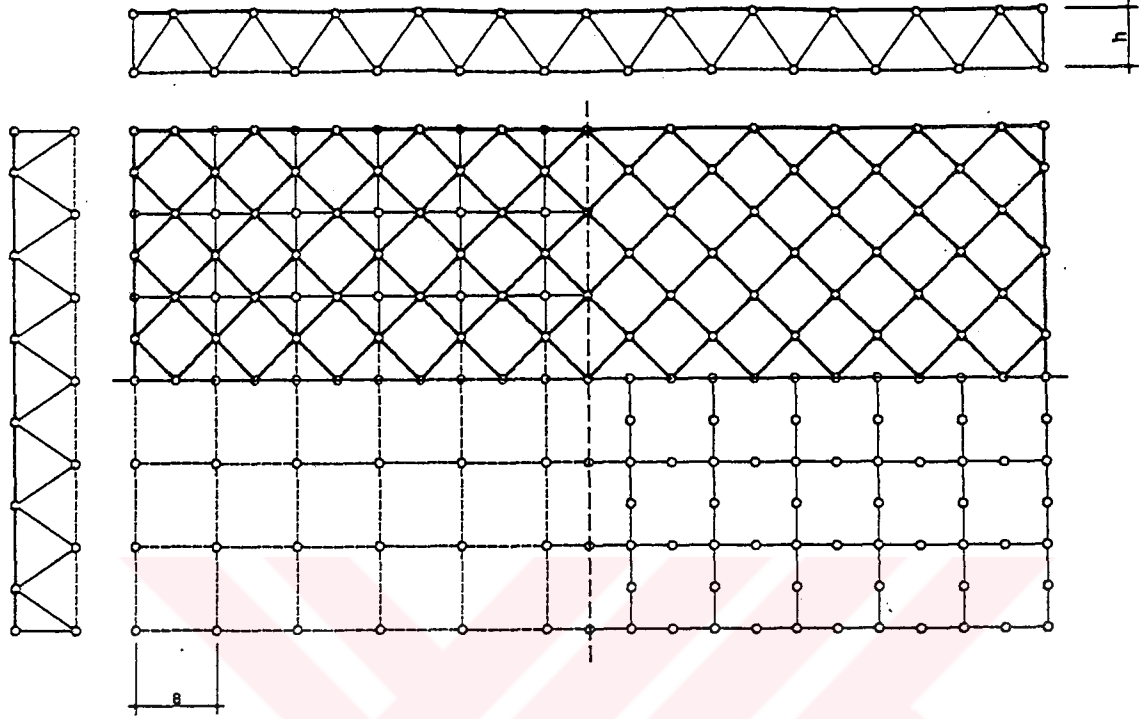
Çapraz kare piramit modül
Sken square based pyramid modules



8

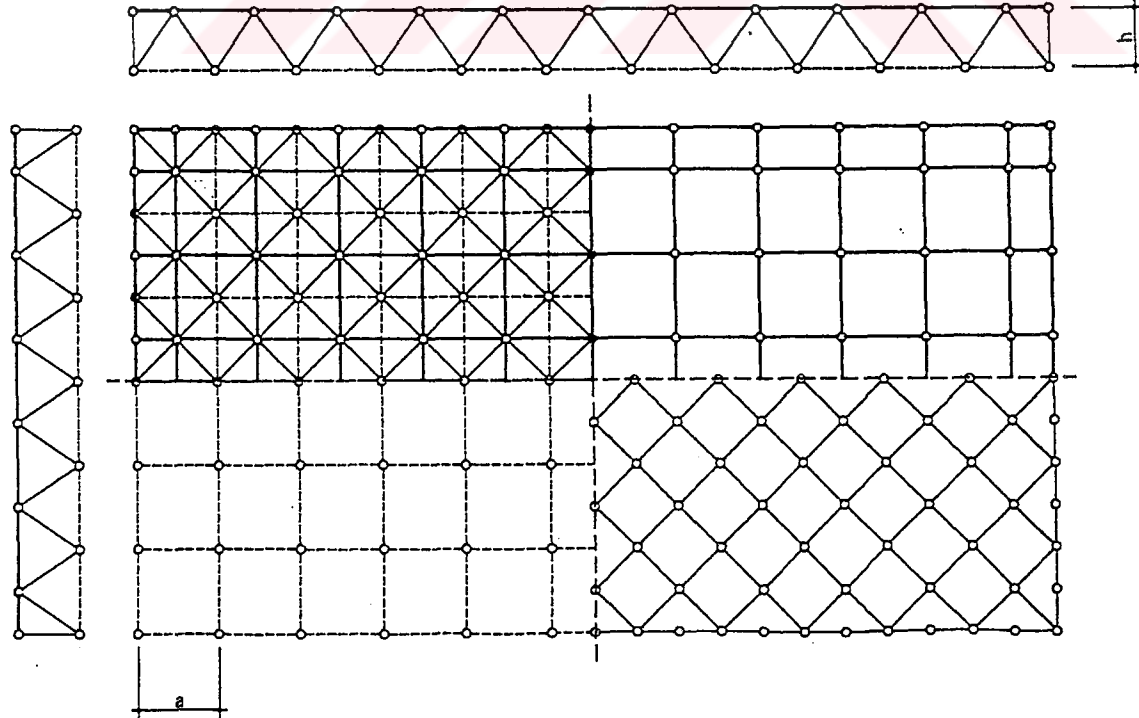
Kare piramit modül (Çevresi çapraz düzlem makas)
Square based pyramid modules with diagonal truss forms at periphery

UZAY SİSTEM MODÜL TİPLERİ SPACE FRAME MODULE TYPES



5

Üst başlık çapraz modülleme
Sken top card modulation

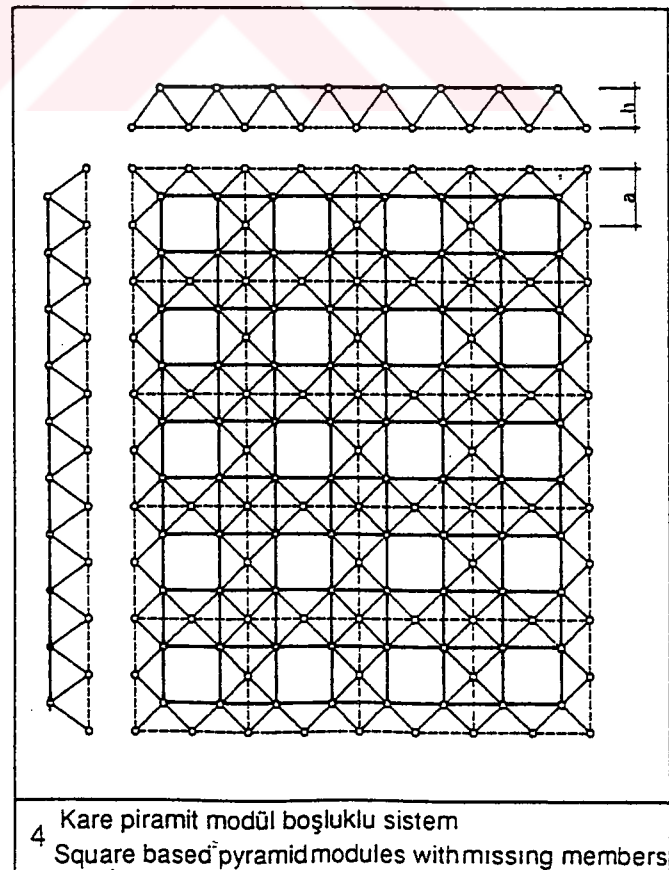
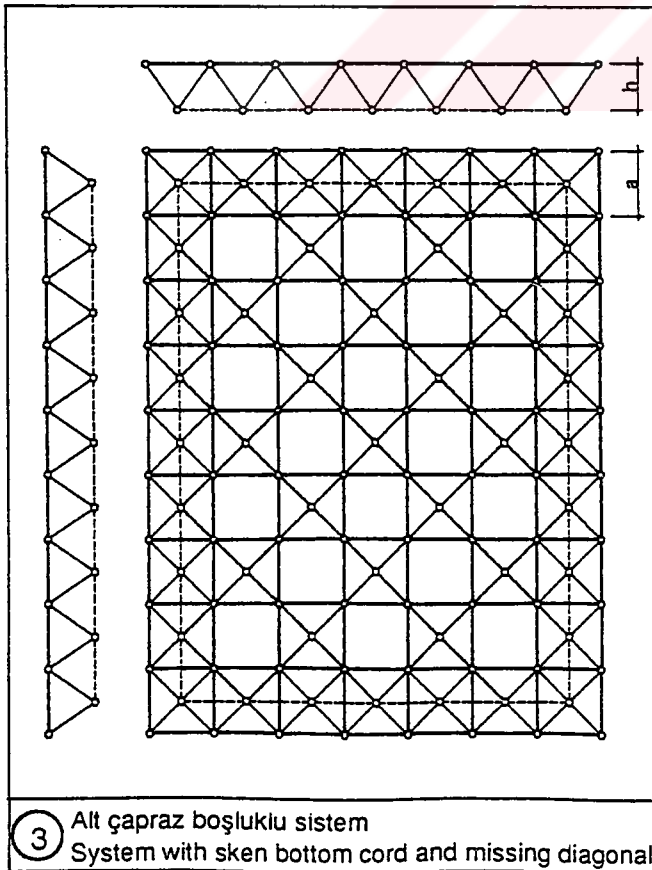
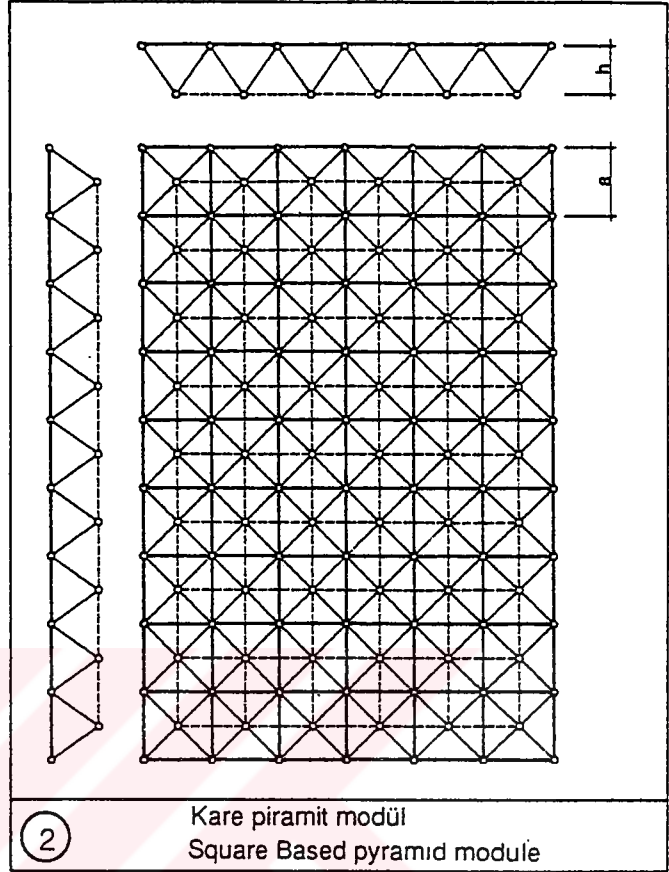
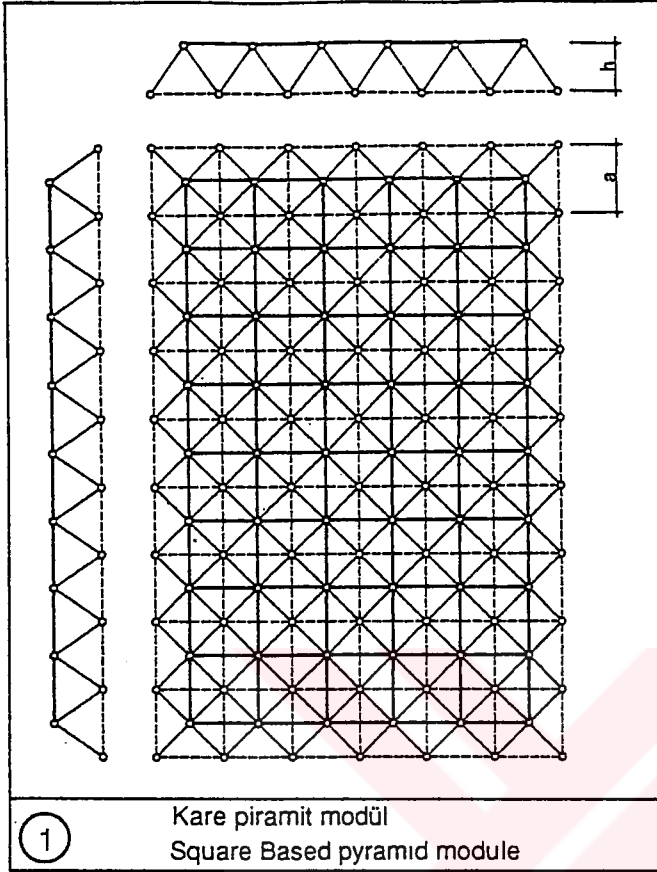


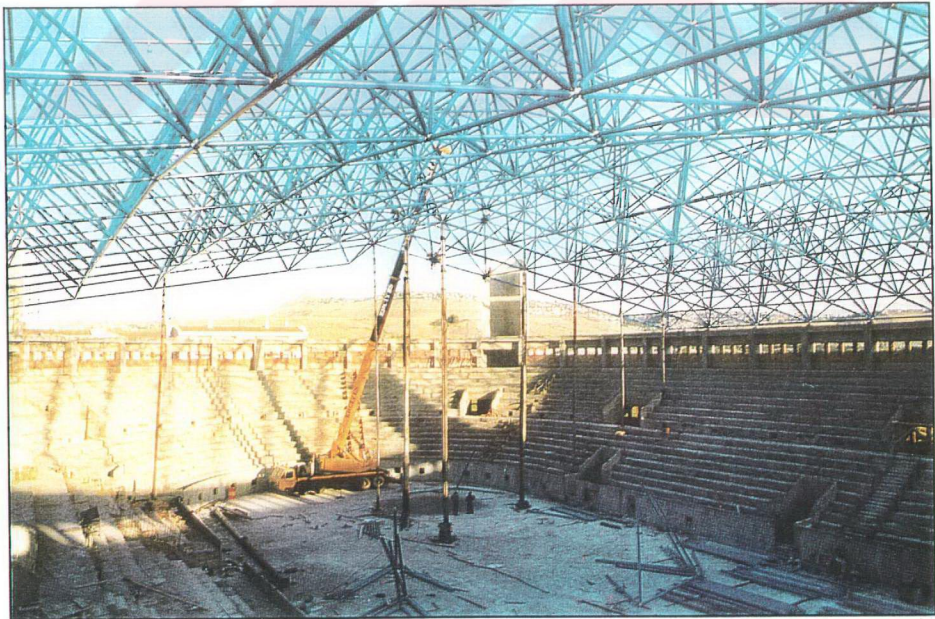
6

Kare piramit modül (Çevresi düzlem makas)
Square based pyramid modules with

UZAY SİSTEM MODÜL TİPLERİ

SPACE FRAME MODULE TYPES







✓ AVRUPA HASTANESİ
BEKLEME SALONU

✓ EUROPEAN HOSPITAL
WAITING ROOM



- ✓ AVRUPA HASTANESİ KONFERANS SALONU - İSTANBUL
- ✓ EUROPEAN HOSPITAL CONFERENCE HALL - İSTANBUL



UZAY SİSTEM
PREFABRİK - ÇELİK - KONSTRÜKSİYON
İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LTD. ŞTİ.



✓ FENERBAHÇE STADI MARATON TRİBÜNÜ - İSTANBUL

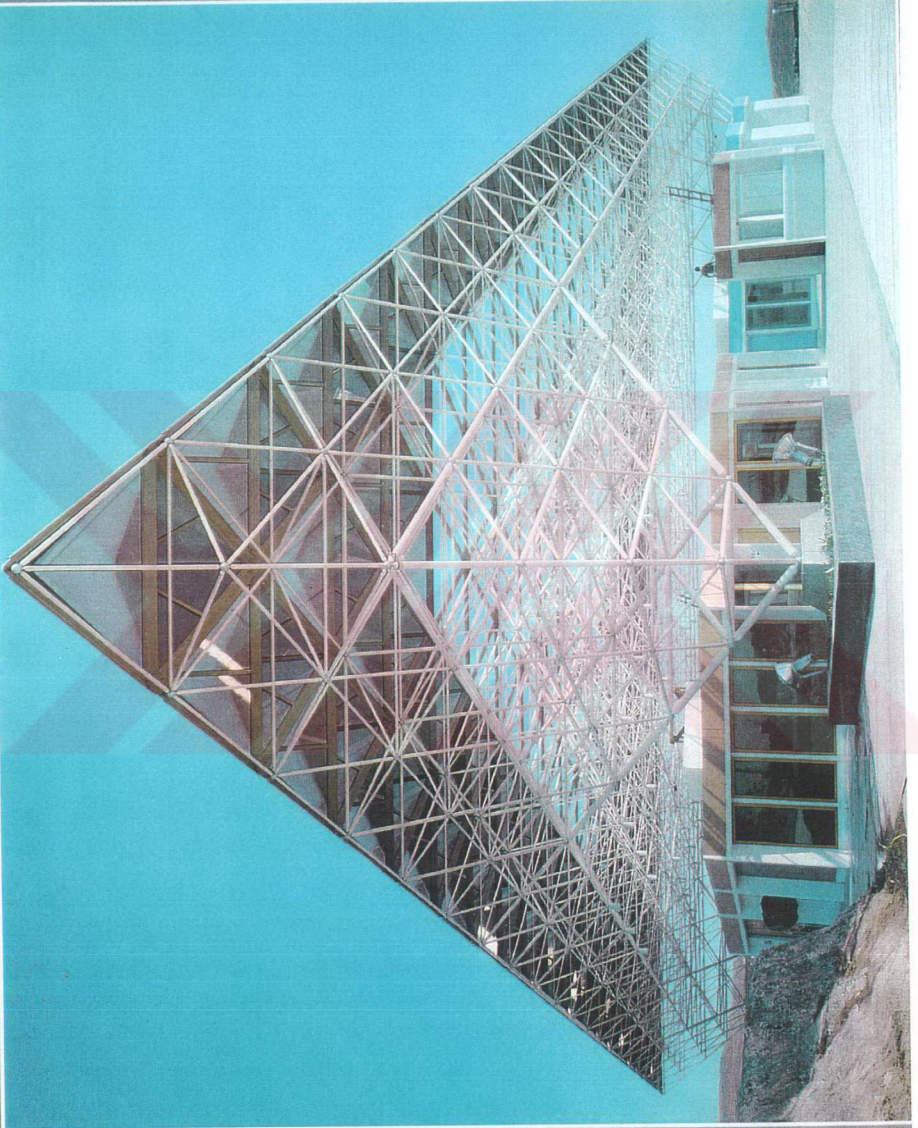
✓ THE MARATHON STAND OF THE STADIUM - İSTANBUL



ALTINYALDIZ®

UZAY SİSTEM LİMİTED ŞTİ.
SPACE FRAME COMPANY LTD.
HÜSRUV GEREDE CADDESİ, BARİŞ APT. NO:104/1
KAT 4 80200 - TEŞVİKİYE - İSTANBUL - TÜRKİYE

TEL: (212) 261 84 99
(212) 261 84 48
FAX: (212) 258 81 09



- PAMUKKALE KUZAY GÜNEY GİRİŞ KAPILARI AÇIKLIK (60 X 60 X 60 m.)
- PAMUKKALE NORTH AND SOUTH ENTRANCE GATES-SPAN (60X60X60 m.)

• ALTINYALDIZ Proje-Dizayn ve patentiyle imal edilmiştir.
• Produced with ALTINYALDIZ Engineering, Design and Patent



• YAPİ ÜÇ TABAKALI ÜÇGEN MODÜLÜ UZAY SİSTEMİ OLARAK TERKİPLENMIŞTİR.

• UZAY SİSTEMİ MODÜLÜ $a=3.00$ m, $h=2x1$, $2.25=2.45$ m'DİR.

• UZAY SİSTEMİNİN TAMAMI BRONZ RENKLI ÜÇGEN PIRAMİT ŞEKLİNDE POLİKARBONAT LEVHALARLA KAPLANMIŞTIR.

• ORTA KISIMDA $1.2x1.2x1.2$ m BOYUTLARINDA ESKENAR ÜÇGEN BOŞLUK MEVCUTTUR.

• THE SPACE FRAME HAS BEEN DESIGNED AS TRIPLE LAYER AND WITH TRIANGULAR MODULES.

• SPACE FRAME MODULE $a=3.00$ m, $h=2x1$, $2.25=2.5$ m.

• THE SPACE FRAME HAS BEEN CLADDED WITH BRONZE POLYCARBONATE TRIANGULAR PYRAMIDS.

• THERE IS A TRIANGULAR VOID IN THE CENTER OF $1.2x1.2x1.2$ m.



ALTINYALDIZ®

UZAY SİSTEM LİMİTED ŞTİ.
SPACE FRAME COMPANY LTD.

HÜSREV GEREDİ CADDESİ, BARIŞ APT. NO:104/1
KAT: 4 80200 - TEŞVİKİYE - İSTANBUL - TÜRKİYE

TEL: (212) 261 84 99
(212) 261 84 48
FAX: (212) 258 81 09



• ESKİŞEHİR YENİ OTOGAR YOLCU BEKLEME SALONU (50 X 50 m.)

• ESKİŞEHİR NEW BUS TERMINAL PASSENGER HALL (50 X 50 m.)

• ALTINYALDIZ Proje-Dizayn ve patentiyle imal edilmiştir.

• Produced with ALTINYALDIZ Engineering-Design and Patent.



ALTINYALDIZ®

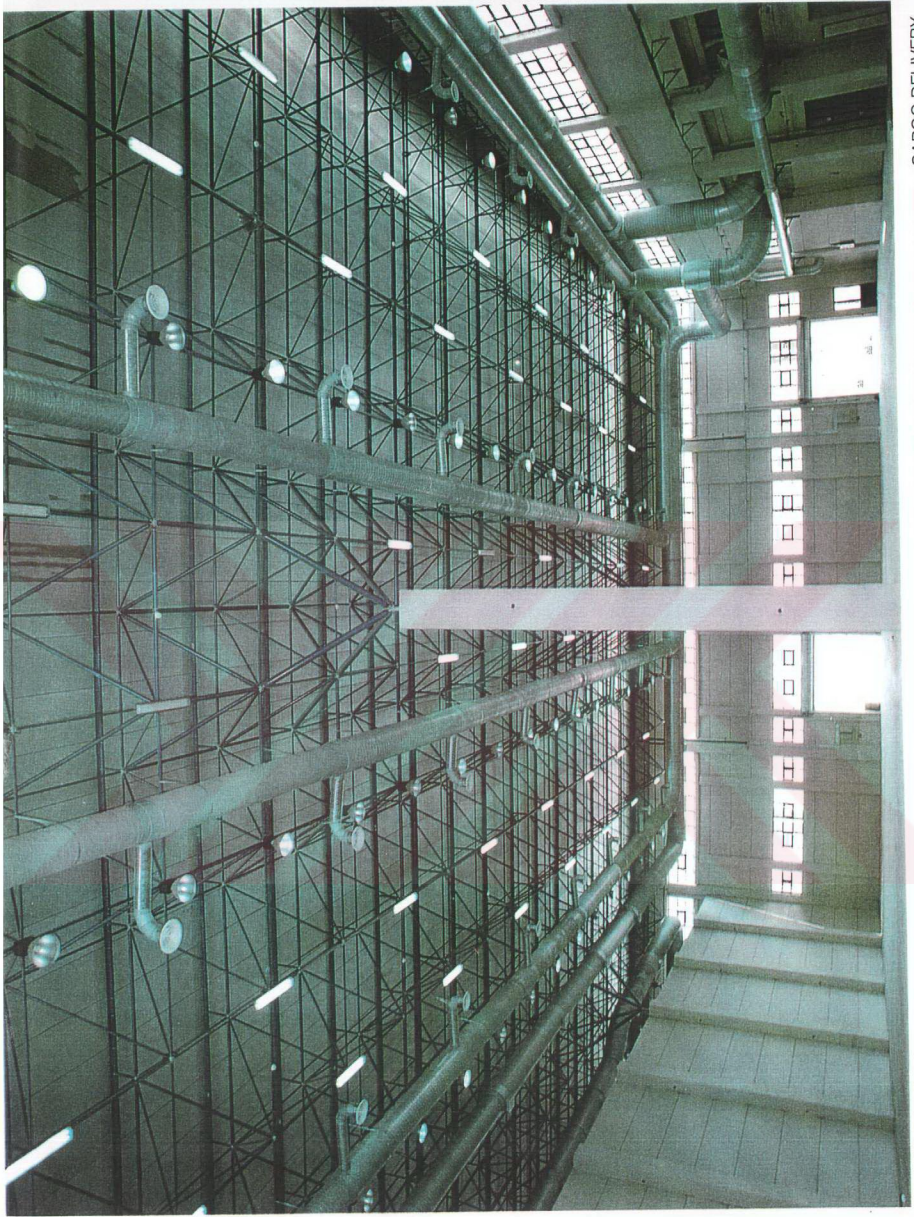
UZAY SİSTEM LIMITED ŞTİ.
SPACE FRAME COMPANY LTD.
HÜSREV GERDE CADDESİ, BARİS APT. NO:104/1
KAT 4 80200 - TEŞVİKİYE - İSTANBUL - TÜRKİYE

TEL: (212) 261 84 99
(212) 261 84 48
FAX: (212) 258 81 09



- ESKİŞEHİR YENİ OTOGAR YOLCU BEKLEME SALONU (50 X 50m.)
- ESKİŞEHİR NEW BUS TERMINAL PASSENGER HALL (50 X 50m.)

- ALTINYALDIZ Proje-Dizayn ve patentiyle imal edilmiştir.
- Produced with ALTINYALDIZ Engineering-Design and Patent.



* YEŞİLKÖY YENİ KARGO TESİSLERİ - İSTANBUL • GELEN KARGO BÖLÜMÜ

* CARGO FACILITIES FOR TURKISH AIRLINES

* CARGO DELIVERY



ALTINYALDIZ®

UZAY SİSTEM KONSTRÜKSİYONLARI SANAYİ
VE TİCARET LTD. ŞTİ.

SPACE FRAME CONSTRUCTIONS INDUSTRY
AND COMMERCE LTD. COMP.

Proje, Teklif (Project Design Office):

Hüsrev Gerede Cad. Barış Apt. No.104-1/3-4
Teşvikiye-İstanbul/ TÜRKİYE

Tel: (1) 261 84 48 - 261 84 99 - 236 12 09

Fax: (1) 258 81 09

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi:	07.01.1974	
Doğum yeri:	Denizli	
Lise:	1985-1992	Bornova Anadolu Lisesi (İzmir)
Lisans:	1992-1997	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans:	1997-1999	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bil. Ens. İnşaat Müh. Anabilim Dalı Mekanik Prog.
Çalıştığı Kurum:	1998-1999	EMAY Proje&Müşavirlik Ltd.Şti