



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇİFT TABAKALI DÜZLEM UZAY KAFES
SİSTEMLERİN ÖRGÜ BİÇİMLERİNİN FARKLI
MESNETLENME KOŞULLARINDA İNCELENMESİ

Mimar Emre KARABAKAN

F.B.E. Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Programında
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Görün Özşen

İSTANBUL, 1996

İÇİNDEKİLER :

TEŞEKKÜR		iv
ÖZET		v
SUMMARY		vi
BÖLÜM -1-	GİRİŞ	1
1.1.	Problem	2
1.2.	Amaç	2
1.3..	Önem	2
1.4.	Varsayım	3
1.5..	Kapsam	3
1.6.	Yöntem	3
BÖLÜM-2-	UZAY KAFES SİSTEMLERİN TANITIMI	4
2.1.	Uzay Kafes Sistemlerin Tarihsel Gelişimi	4
2.2.	Düzlem Uzay Kafes Sistemler	6
2.3.	Düzlem Uzay Kafes Sistemleri Oluşturan Geometrik Elemanlar	9
2.4.	Düzlem Uzay Kafes Sistemlerin Boyutlandırılma İlkeleri	15
BÖLÜM-3-	UZAY KAFES SİSTEMLERİN DÜĞÜM NOKTALARI	16
3.1.	Özel Düğüm Noktaları ile Üretilen Sistemler	17
3.1.1.	Mero	17
3.1.2.	Nodus	18
3.1.3.	Vestrut	19
3.1.4.	Moduspan	22
3.1.5.	Mannesman Okta-S	23
3.1.6.	Züblin	25
3.2.	Özel Düğüm Noktası Elemanı Olmaksızın Oluşturulmuş Sistemler	26
3.2.1.	Space Deck	26
3.2.2.	Unibat	28
3.2.3.	Uzay Kafes A	28
3.2.4.	Uzay Kafes B	29
3.2.5.	Uzay Kafes C	29
BÖLÜM-4-	UZAY KAFES SİSTEM ÖRNEKLERİ	32
4.1.	Program Esasları	32
4.1.1.	Yükler	32
4.1.2.	Çubuklar	32
4.1.3.	Düğüm Noktaları	32
4.1.4.	Mesnetler	33
4.2.	Deplasmanlar	34
4.3.	Maliyet Kriterleri	35

4.4.	Uzay Kafes Sistem Örneklerinin Analizleri	35
4.4.1.	Alt ve Üst Izgarası Kare Modülasyonlu Uzay Kafes Sistemler	37
4.4.1.1.	Üç Modül İçeriden (Konsol) Dört Mesnet (KK1)	37
4.4.1.2.	Dış Çerçeve Dört Köşede Bir Mesnet (KK2)	41
4.4.1.3.	Dış Çerçeve Dört Modülde Bir Mesnet (KK3)	45
4.4.2.	Alt Kare, Üst Izgara Çapraz Modülasyonlu Uzay Kafes Sistemler	49
4.4.2.1.	Üç Modül İçeriden (Konsol) Dört Mesnet (KÇ1)	49
4.4.2.2.	Dış Çerçeve Dört Köşede Bir Mesnet (KÇ2)	53
4.4.2.3.	Dış Çerçeve Dört Modülde Bir Mesnet (KÇ3)	57
4.4.3.	Alt Çapraz, Üst Izgara Kare Modülasyonlu Uzay Kafes Sistemler	61
4.4.3.1.	Üç Modül İçeriden (Konsol) Dört Mesnet (ÇK1)	61
4.4.3.2.	Dış Çerçeve Dört Köşede Bir Mesnet (ÇK2)	65
4.4.3.3.	Dış Çerçeve Dört Modülde Bir Mesnet (ÇK3)	69
4.4.4.	Alt ve Üst Izgarası Çapraz Modülasyonlu Uzay Kafes Sistemler	73
4.4.4.1.	Üç Modül İçeriden (Konsol) Dört Mesnet (ÇÇ1)	73
4.4.4.2.	Dış Çerçeve Dört Köşede Bir Mesnet (ÇÇ2)	77
4.4.4.3.	Dış Çerçeve Dört Modülde Bir Mesnet (ÇÇ3)	81
4.4.5.	Alt ve Üst Izgarası Çapraz "5m" Modülasyonlu Uzay Kafes Sistemler	85
4.4.5.1.	Üç Modül İçeriden (Konsol) Dört Mesnet (5ÇÇ1)	85
4.4.5.2.	Dış Çerçeve Dört Köşede Bir Mesnet (5ÇÇ2)	89
4.4.5.3.	Dış Çerçeve İki Modülde Bir Mesnet (5ÇÇ3)	93
BÖLÜM-5-	SONUÇ	97
5.1.	KK_Serisi	99
5.2.	KÇ_Serisi	99
5.3.	ÇK_Serisi	100
5.4.	ÇÇ_Serisi	101
5.5.	5ÇÇ_Serisi	101
5.6.	Sonuçların Değerlendirilmesi	102
KAYNAKLAR		104
ÖZGEÇMİŞ		105

TEŞEKKÜR :

Bu tez çalışmamdaki değerli katkılarından dolayı tez danışman hocam sayın Doç.Dr. Grn zřen'e, sayın Dr. Emel Yamantürk'e, Prof.Dr.. Nafiz amlıbel'e, Y.Mim. M.Selim Dalaman'a ve uzay kafes sistem örneklerinin analizleri için destek veren U.S.K.O.N. A.Ő. 'ne teőekkürlerimi sunarım.



ÖZET :

Mimaride büyük açıklıkların geçilmesi, tarihinin her döneminde vazgeçilmez bir ihtiyaç ve tutku olmuştur. Günümüzde büyük açıklıkların geçilmesinde varılan en son teknolojik noktalardan biri uzay kafes taşıyıcı sistemlerdir. Tüm dünyada hemen her tip yapının çatılarında, döşemelerinde ve cephelerinde kullanılan bu sistemlerin, ülkemizde de son zamanlarda birçok uygulamaları yapılmıştır.

Ülkemizde uzay kafes sistemler , yurt dışı örneklerinin aksine düğüm noktaları ve örgü tipleri bakımından sınırlı bir yelpazede uygulanmaktadır. Oysa uzay kafes sistemleri oluşturan örgü biçimlerinin ve mesnetlenme koşullarının sistemlerin uygulanabilirliklerine olan etkileri çok önemlidir.

Bu tez çalışmasında, uzay kafes sistemlerin tasarımı ve üretimi ile ilgilenen araştırmacılar gözetilerek, uzay kafes sistemlerin tarihsel gelişimi, düğüm noktaları tipleri ve örgü biçimlerinin değişik mesnetlenme koşullarında davranışları incelenmiştir.

Birinci bölüm olan Giriş bölümünde, problem belirlendikten sonra, çalışmanın amacı, kapsamı, yöntemi ve önemi belirtilmiştir. Daha sonra uzay kafes sistemlerin tasarımına yönelik, örgü biçimleri ve mesnetlenme koşulları çerçevesinde bir varsayım öne sürülmüştür.

İkinci bölümde uzay kafes sistemlerin tanımı yapılmış, tarihsel gelişimi incelenerek sistemleri oluşturan çokyüzlüler ile bunları biraraya getirilmesi ile oluşturulan örgü biçimleri ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde uzay kafes sistemlerin oluşturulmasında kullanılan düğüm noktası elemanları incelenmiş ve bu elemanlar olmaksızın üretilebilen sistemlere de yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde ise seçilen örgü tipleri ile oluşturulan çift tabakalı düzlem uzay kafes sistemlerin farklı mesnetlenme koşullarında analizleri yapılmıştır.

Beşinci ve son bölümde ise tezin kapsamı çerçevesinde sonuçlara varılmış ve konu ile ilgili öneriler getirilmiştir.

SUMMARY :

Spanning huge distances has been always one of the greatest necessity and wish of architecting. Today space frame systems are well be called the most high technology products for covering large areas with less supports. These systems which has been used as roof structures, floor structures or facade structures by foreign countries by many years, also started being used in Turkey aswell.

On the contrary to the examples seen abroad, in Turkey space frame systems has not developed with various types of nodes and lattices. The effects of the different types of lattices and support positions is not well attended. However the behaviours of different types of lattices under some certain supporting positions are of supreme importance.

This thesis reviews the development of space structures and analyses the various types of lattices with different support positions.

In part one (Introduction), problem is described, purpose ,scope, importance of the subject is explained and a hypothesis is created.

In part two space frame systems are defined. The history of the systems is presented, the lattices and the prisms that build space frames are shown.

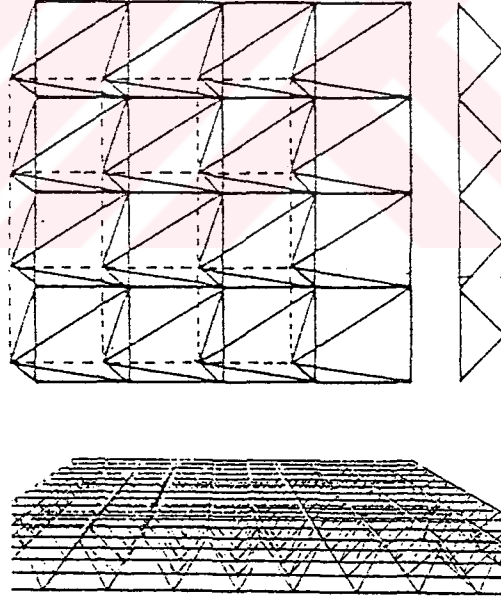
In part three several node types of space frame systems are examinedand some non-node systems are also described.

In part four several flat double-layer space frames are analysed with different types of lattices under various support positionings.

In the fifth and the last part, certain conclusions are reached, and relevant suggestions are started.

BÖLÜM 1. GİRİŞ :

İnsanlık tarihinin başlangıcından bugüne insanlar, önceleri mağaralarda, sonraları oluşturdukları ilkel barınaklarda, yığma yapılarda, günümüzde ise yüksek teknoloji ile üretilmiş yapılarda barınma ve diğer sosyal ihtiyaçlarını karşılamışlardır. Topluluklar, her zaman, eğlence ,spor, ibadet, üretim gibi bazı özel amaçlarla yada insanların birarada kapalı bir mekanda bulunmasını gerektiren herhangi bir aktivite için bir çatı altında toplanma ihtiyacında hissetmişlerdir. Bu tür aktivitelerde aranan ortak özellik, gerek bir mekanda ortaya konan eyleme aktif olarak katılanların, gerekse bu mekanda pasif (seyirci) olarak bulunan insanların olumsuz dış etkilerden korunduğu ve hem ortaya konan eylemi olumsuz etkileyecek hem de seyir imkanını azaltacak düşey taşıyıcıların mümkün olduğunca az kullanıldığı geniş, üstü örtülü alanlara ihtiyaç duyulmasıdır.



Şekil 1.1

Büyük açıklıkların geçilmesi tarihin her döneminde yapı malzemesinin özellikleri ile sınırlı kalmıştır. Yığma taş yapılarda açıklıklar basit lentolar, kemerler, tonozlar ve kubbelerle geçilmiştir. 19 y.y.'da betonarmenin kullanıma sunulması ile açıklıklar kolon-kirişler, betonarme plak (düz,

katlanmış) ve kabuklar yardımı ile örtülmüştür. Çeliğin yapıda kullanılmasıyla birlikte çelik çubukların uçlarından birbirlerine bağlanması ile oluşturulmuş basit basınç ve çekme kuvvetleri ile çalışan düzlem kafes kirişler ve üç boyutlu yüzeysel taşıyıcı uzay kafes sistemlerle büyük açıklıklar geçen hafif elemanlar elde edilmiştir (Şekil 1.1.).

1.1. Problem :

Uzay kafes sistemler düzlem veya eğri yüzeyler şeklinde uygulanırlar. Düzlem yüzeyler çift, üç veya çok tabakalı olarak düzenlenirken, eğri yüzeyler tek tabakalı da yapılabilir. Ancak tek tabakalı eğri formlarla çok büyük açıklık geçilemez. İki ve daha fazla tabakalı uzay kafesler daha büyük açıklıklar geçilmesine imkan tanır.

Çubukların biraraya getirilmesi ile oluşturulan uzay kafes sistemlerde örgü biçimlerinin ve mesnetlenme koşullarının doğru belirlenememesi sistem üretiminde problemler yaratarak ekonomik kriterlerden uzaklaştırır. Özellikle düzlem uzay kafeslerin tasarımında bu konu daha da önem kazanır. Bu nedenle çok tabakalı düzlem uzay kafesler tasarlanırken uzay kafesi oluşturan örgü biçimlerinin ve mesnetlenme koşullarının sistem taşıyıcılığına etkisinin bilinmesi önemlidir.

1.2. Amaç :

Bu çalışmada çift tabakalı düzlem uzay kafes sistemleri meydana getiren örgü biçimleri farklı mesnetlenme koşulları altında incelenmiş, bu koşulların tasarıma olumlu yada olumsuz etkileri değerlendirilmiştir. Buradaki amaç tasarımcıya ülkemizde sık uygulanma imkanı bulan sistemlerin tek tip örgü biçimi yerine çeşitli örgü biçimleri ve mesnetlenme koşulları hakkında bilgi vererek farklı sistemlerin de incelenmesi gereğini vurgulamaktır .

1.3. Önem :

Ülkemizde de son yıllarda yaygın olarak kullanılan uzay kafes sistemler ilgili firmaların uyguladıkları düğüm noktası ve örgü sistemleriyle sınırlı kalmaktadır. Bu arada ülkemizin birçok alanda uluslararası (sanatsal, sportif, sergileme v.b.) faaliyetlere talip olması büyük açıklıkların hızlı ve

ekonomik olarak örtülmelerini gerektirmektedir. Bu yapıların hızlı, ekonomik ve estetik niteliklerde üretilmesinde düzlem uzay kafes sistemlerin farklı örgü biçimlerinin farklı mesnetlenme koşullarının dikkatle incelenmesi önemli rol oynamaktadır. Bu duruma gösterilecek hassasiyet gerek Türk çağdaş mimarisi ve Türkiye'nin ülke olarak dış tanıtımı gerekse ülke ekonomisi açısından önemlidir.

1.4. Varsayım :

Uzay kafes sistemlerinin örgü biçimlerinin ve mesnetlenme koşullarının değişmesi sistemleri taşıyıcılık, estetik, fonksiyonellik ve ekonomik olma özellikleri olumlu ve/veya olumsuz etkileyebilmektedir. Söz konusu özelliklerin, mevcut koşullarda optimum bir dengeye ulaşması uzay kafes sistemlerin örgü biçimlerinin ve mesnetlenme koşullarının doğru belirlenmesi ile mümkün olacaktır.

1.5. Kapsam :

Bu çalışmada uzay kafes sistemlerin tarihsel gelişimi ve buna bağlı olarak türeyen modeller tanıtılmış ve çift tabakalı, düzlem uzay kafes sistemlerin örgü biçimlerinin ve farklı mesnetlenme koşullarının tasarım ekonomikliğine ve uygulanabilirliğine etkisi incelenmiştir.

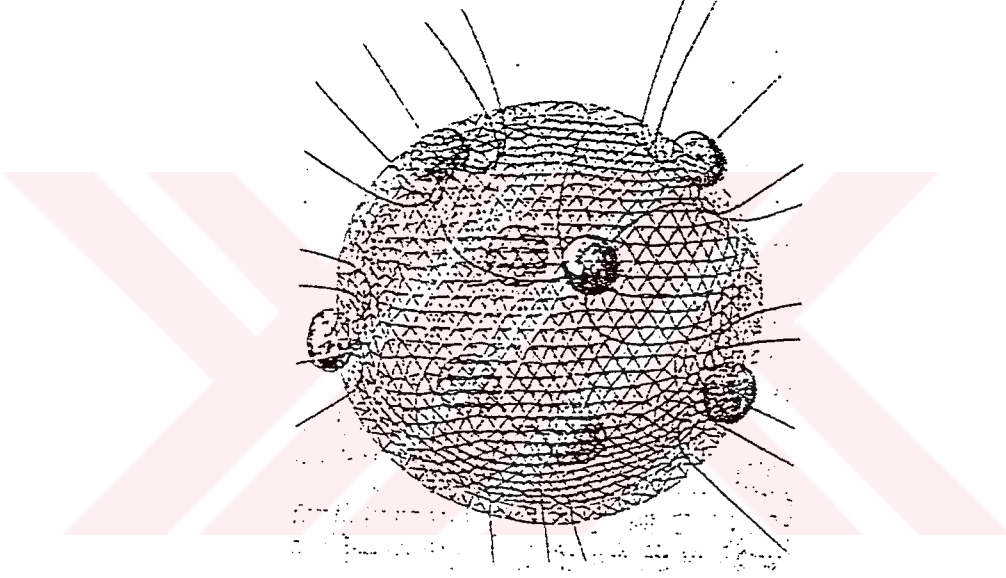
1.6. Yöntem :

Bu çalışmada çift tabakalı, alt ve üst ızgaraları farklı ve/veya aynı tip modülasyona sahip, tümü aynı alanı örten (40mx40m) boyutunda düzlem uzay kafes sistemler ele alınmıştır. Bu sistemlerin kare formlu üst ve alt ızgaralıları 2.5m çubuk boylu, çapraz formlu ızgaralarda ise köşegeni 2.5m ve 5m olan karelerin oluşturduğu modülasyon boyutludur. Bütün sistemlerin yüksekliği 2.5m'dir . Bu boyutlarda 4 örgü tipi 3'er farklı mesnetlenme koşulunda olmak üzere toplam 15 sistem incelenmiştir. Uzay kafes sistemlerin çubuk kuvvetleri, çubuk enkesitleri ve sistem deplasmanları Uskon A.Ş. firmasının Framecad bilgisayar programının desteği ile elde edilip değerlendirilmiştir.

BÖLÜM 2.UZAY KAFES SİSTEMLERİN TANITIMI :

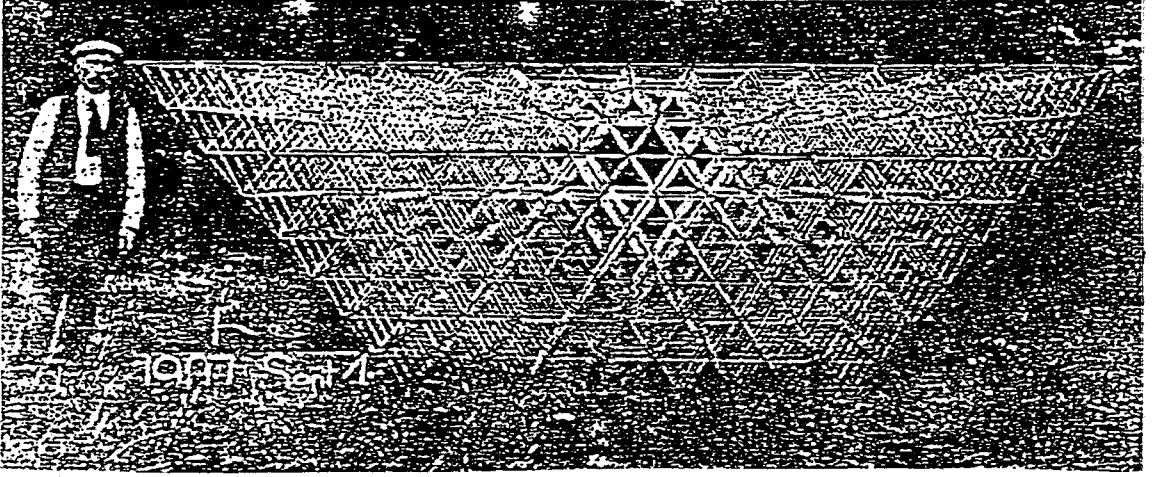
2.1. Uzay Kafes Sistemlerin Tarihsel Gelişimi :

Diğer birçok taşıyıcı sistem gibi uzaysal taşıyıcıların çıkış noktaları da doğada bulunan tipik bazı örneklerdir. Doğa strüktürleri incelediğinde, bunların mükemmel üç boyutlu sistemlere sahip oldukları görülür. Örneğin bugün büyük açıklıkların geçilmesinde kullanılan çift tabakalı ızgara sistemlerin benzerlerini bazı deniz canlılarının iskelet sistemlerinde görmek mümkündür. Radiolara gibi (Şekil 2.1.) diğer örneklerde de yine kusursuz, üç boyutlu, çok tabakalı düzenlemeler mevcuttur.



Şekil 2.1. R.Le Ricolais' in 1940'ta 3 boyutlu sistemlerle ilgili bir makalesinde yayınlanan Radiolaria'nın jeodezik küresel yapısı.

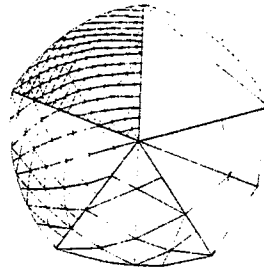
Uzaysal sistemleri bugünkü durumlarına taşıyan esas çalışmalar 19. yy sonları ve 20. yy başlarında gerçekleştirilmiştir. 1892'de August Föpl konu ile ilgili ortaya koyduğu bazı prensiplerden sonra .1847-1922 yılları arasında yaşayan Alexander Graham Bell sistemlerin uygulanmasında öncülük yapmıştır. Bell' in o yıllarda uzaysal strüktür kavramına tamamen hakim olduğu 1907'de ürettiği uçak modeli gibi gerçek objelerle kanıtlanmaktadır (Resim 2.1.).Bell'den sonra, teller ile gerilmiş membranlarla kapladıkları ilk uçak modellerinde tetrahedron formulu çubuk sistemi kullanan Wright Kardeşler de bu konunun öncülerinden sayılır .



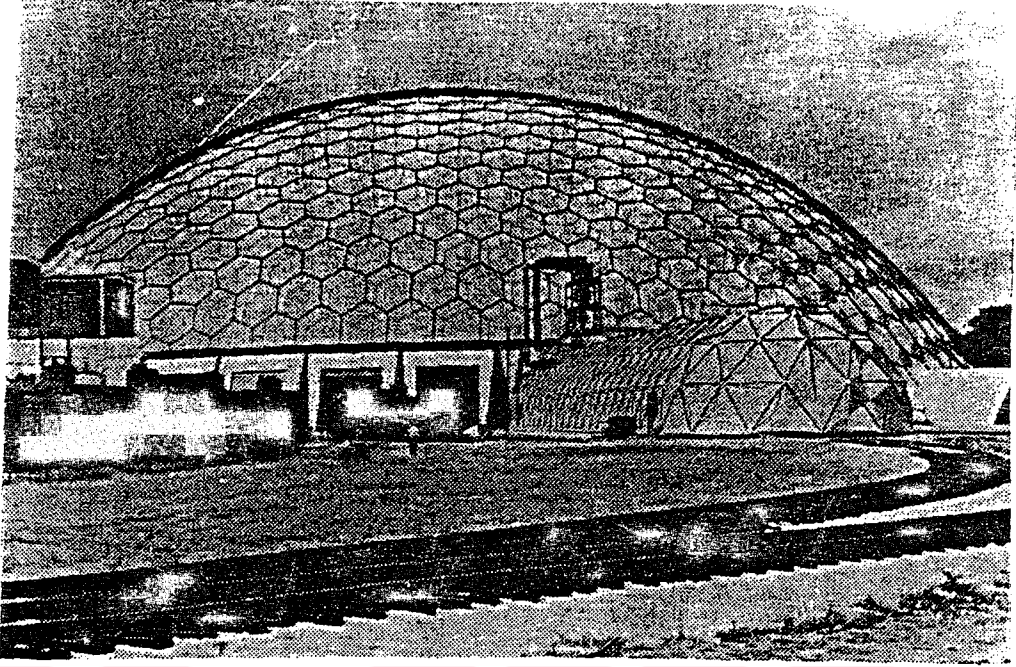
Resim 2.1. Bell'in uçak modeli.

Özellikle uçak modellerinde denenilen bu üç boyutlu çelik sistemler bu yıllarda ne mimari alanda, ne de makina mühendisliği alanlarında tam olarak bilinmemektedir. Çelik elemanların yapıda kullanılması Sir James Paxton'ın Crystal Palace'da (1851) ve G.Eiffel'in Eiffel kulesinde (1889) endüstrileşmiş çelik elemanların kullanılması ile belirginleşmiştir. Yapıda bağımsız çelik çubuk elemanların biraraya getirilerek kullanılması da yine bu yıllarda olmuştur. Ancak bu sırada kullanıma sunulan betonarme, çelik sistemlerin popülaritesini 1930' lara kadar perdeler.

1930'larda uzaysal çelik sistemler R.B.Fuller ve K.Wachsman'ın çalışmaları (Resim 2.2. ve Resim 2.3.) ile tekrar gündeme gelmiştir. Fuller' in kubbeleri, Wacshman'ın uzay kafes hangar örtüleri önemli çalışmalarıdır. Bu arada Zygmunt S. Makowski özellikle çubuklara gelen yüklerin microchip ortamında hesaplanmasını sağlayan metodları kapsayan çalışmalarıyla pratik ve teorik olarak çelik uzay sistemlerin gelişimine katkı sağlamıştır.



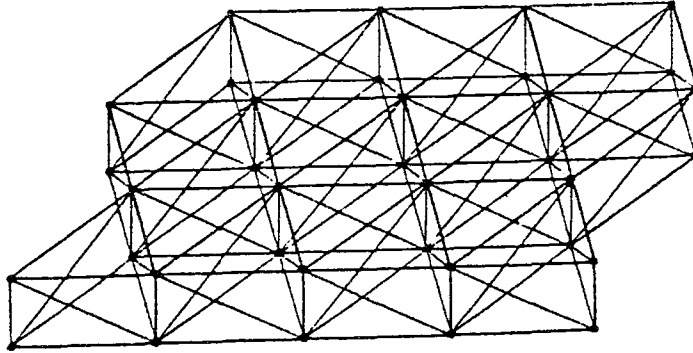
Resim 2.2. Fuller kubbesi (jeodezik kubbe).



Resim 2.3. Baton Rouge (Fuller).

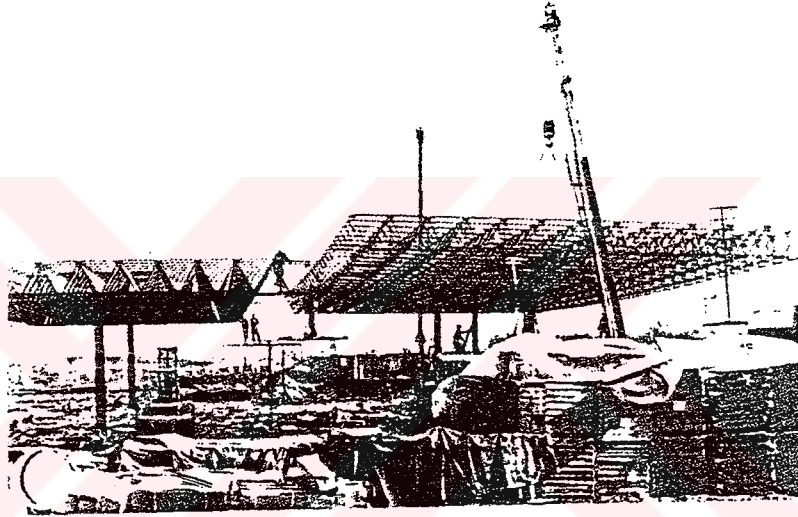
2.2. Düz Yüzeysel Uzay Kafes Sistemler :

Boşluğun (uzayın) organize edilmesi ilkesinden yola çıkılarak üretilen uzaysal sistemlerden çift tabakalı düz yüzeysel uzay kafes sistemler alt tabaka, üst tabaka, dikme ve diagonal şeklindeki örgü çubuklarının birbirlerine üç boyutlu olarak bağlanmaları ile oluşturulur (Şekil 2.2.). Bu sistemi oluşturan çubuklar düğüm noktalarına etkiyen yükler altında basit basınç ve çekmeye çalışırlar. Böylece yükler, sistem içerisinde çok yönlü bir dağıtım ile mesnetlere iletilirler.

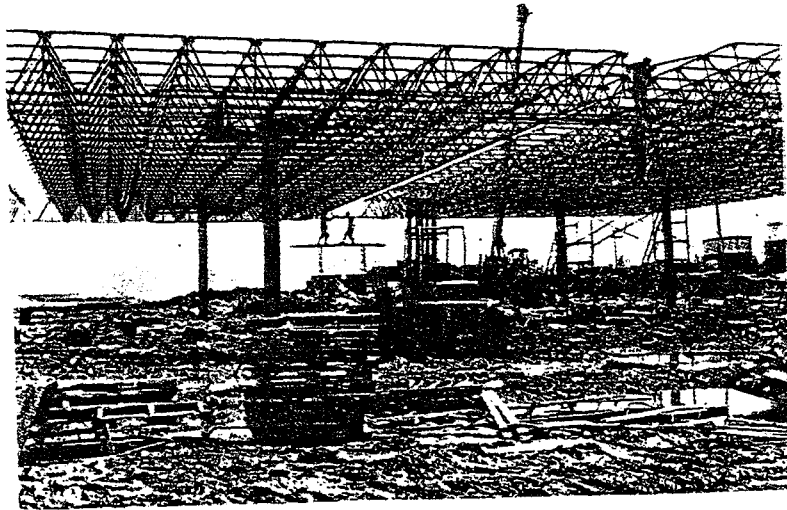


Şekil 2.2.

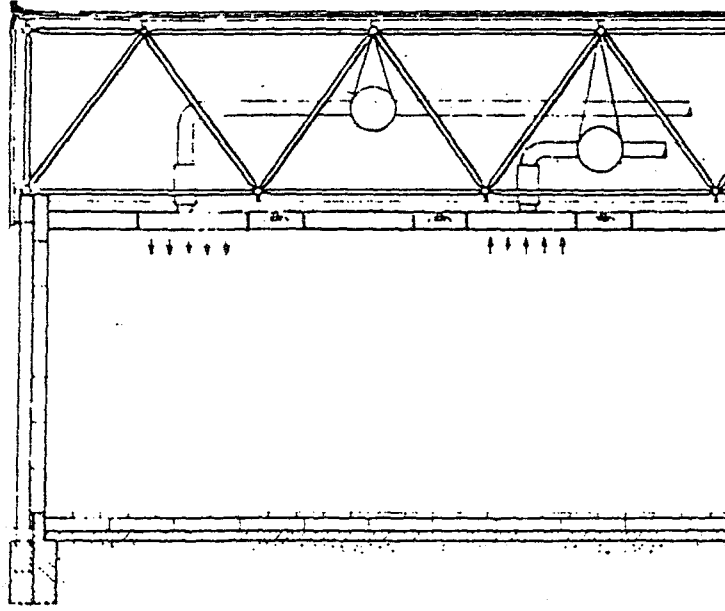
Düzlem yüzey uzay kafes sistemlerin üretimlerinin ağırlıklı olarak şantiye dışında tamamlanması, şantiye sahasında vinç ve iskeleler yardımı ile basit montajının yapılması (Resim 2.4.-2.5) bu sistemlerin süratli inşa edilmesini sağlar. Sistem boşluklarının günümüz mimarisinin gerektirdiği çeşitli tesisat donanımına olanak tanınması (Şekil 2.3), düğüm noktalarının sökülür-takılır elemanlardan oluşmaları da birçok uygulama kolaylıkları sağlar. Sistemin örtüsü cam, alüminyum levhalar, sandviç paneller, polikarbonat ve plastik esaslı levhalar gibi çeşitli malzemelerle kaplanabilir (Şekil 2.4.).



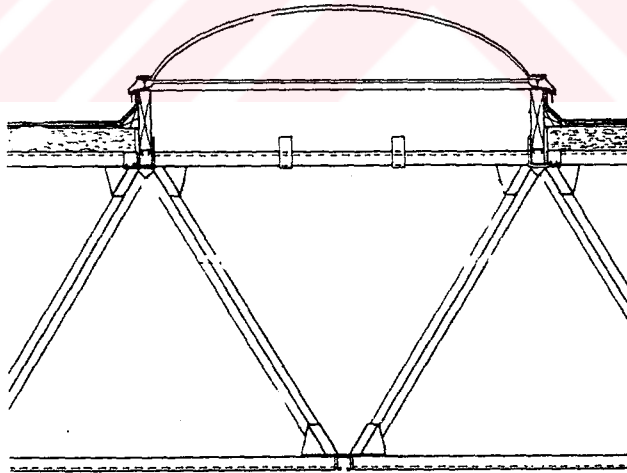
Resim 2.4



Resim 2.5.



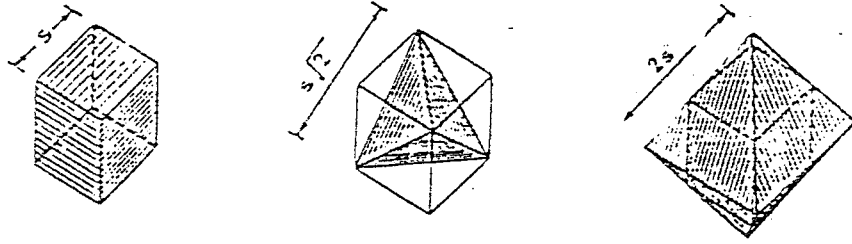
Şekil 2.3.



Şekil 2.4.

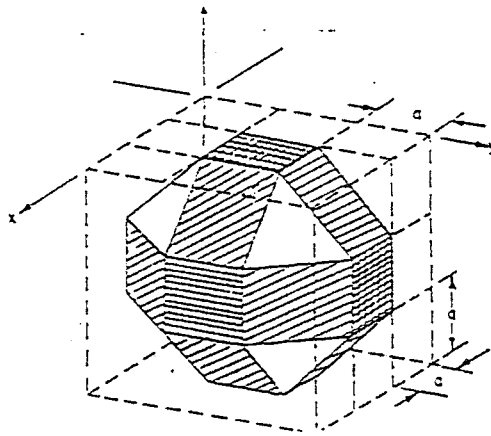
2.3. Düz Yüzeysel Uzay Kafes Sistemleri Oluşturan Geometrik Elemanlar :

1892 yılında August Föpl çubuklar ile oluşturulan uzaysal strüktürlerin stabil olan en küçük çokgenin bir üçgen, en küçük çok yüzlünün (hacmin) ise dört üçgenden oluşan dört yüzlü (tetraeder) olacağını ortaya koymuştur (Şekil 2.5.).

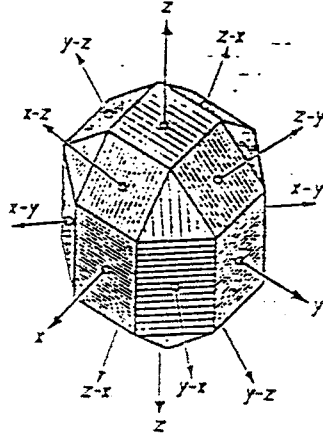


Şekil 2.5.

Şekil 2.6. ve şekil.2.7.de uzay sistemlerin oluşturulabileceği yüzeyler gösterilmiştir. Bu şekillerdeki kübün içinde oluşturulan çokgen bir uzaysal sistemin bağlantı noktası olarak kabul edilir. Bu durumda bir sistem elemanının boyu, artış faktörü $\sqrt{2}$ olan bir geometrik seri şeklinde gelişir ve herhangi iki elemanın arasındaki açının büyüklüğü ise 45° ve 60° lik gruplar oluşturur .

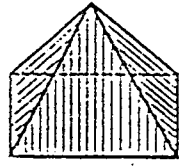


Şekil 2.6.



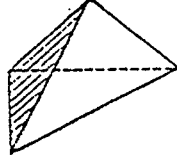
Şekil 2.7.

Çokyüzlülerin yan yana getirilmesi ile oluşan sistemlerin geometrik düzenine sistemin örgü biçimi denir. Uzay kafes sistemler çeşitli örgü biçimlerinde oluşturulabilir. Bu örgü biçimlerinin meydana getirdiği sistemin geometrisi ilk bakışta karmaşık gözüksede gerçekte tüm sistemler bir veya birkaç temel çokyüzlünün tekrarı ile oluşturulur. Uzay kafes sistemleri temel birimlerine indirildiğinde kolayca tanımlamak mümkündür. Şekil 2.8.'de uzay kafes sistemlerin oluşturulmasında rol alan çokyüzlüler ve bunlara verilen isimler gösterilmiştir. Sistem bu temel birimlerin yan yana getirilmesi ile oluşturulur. Rastgele seçilen iki veya daha fazla temel birimin yan yana getirilmesi geometrik özellikleri nedeniyle her zaman mümkün olmayabilir. Aynı nedenle küp dışındaki prizmaların da hiçbiri birbirlerinin tekrarı şeklinde biraraya getirilemezler. Tablo 2.1.'de bu temel birimlerin hangilerinin biraraya gelebileceği gösterilmiştir. Bu örgü biçimlerini oluşturan temel birimlerin modül boyutlarının değişmesinin sistem yüksekliklerine etkisi ise şekil 2.9. ve 2.10.'da gösterilmiştir.

 $1/20$

(a)

YARIM SEKİZYÜZLÜ

 $1/40$

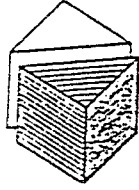
(b)

DÖRTEBİR SEKİZYÜZLÜ

 $1/80$

(c)

SEKİZDEBİR SEKİZYÜZLÜ



CDS

(d)

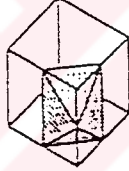
KÖŞEĞİNİNDEN KESİLMİŞ KÜP



CO

(e)

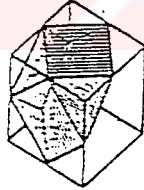
KÜBİK SEKİZYÜZLÜ



COS

(f)

KÜBİK SEKİZYÜZLÜ PARÇASI



APR

(g)

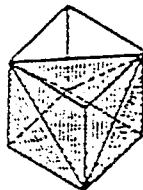
ANTI-PRİZMA



SP

(h)

SFENOİD



ASP

(i)

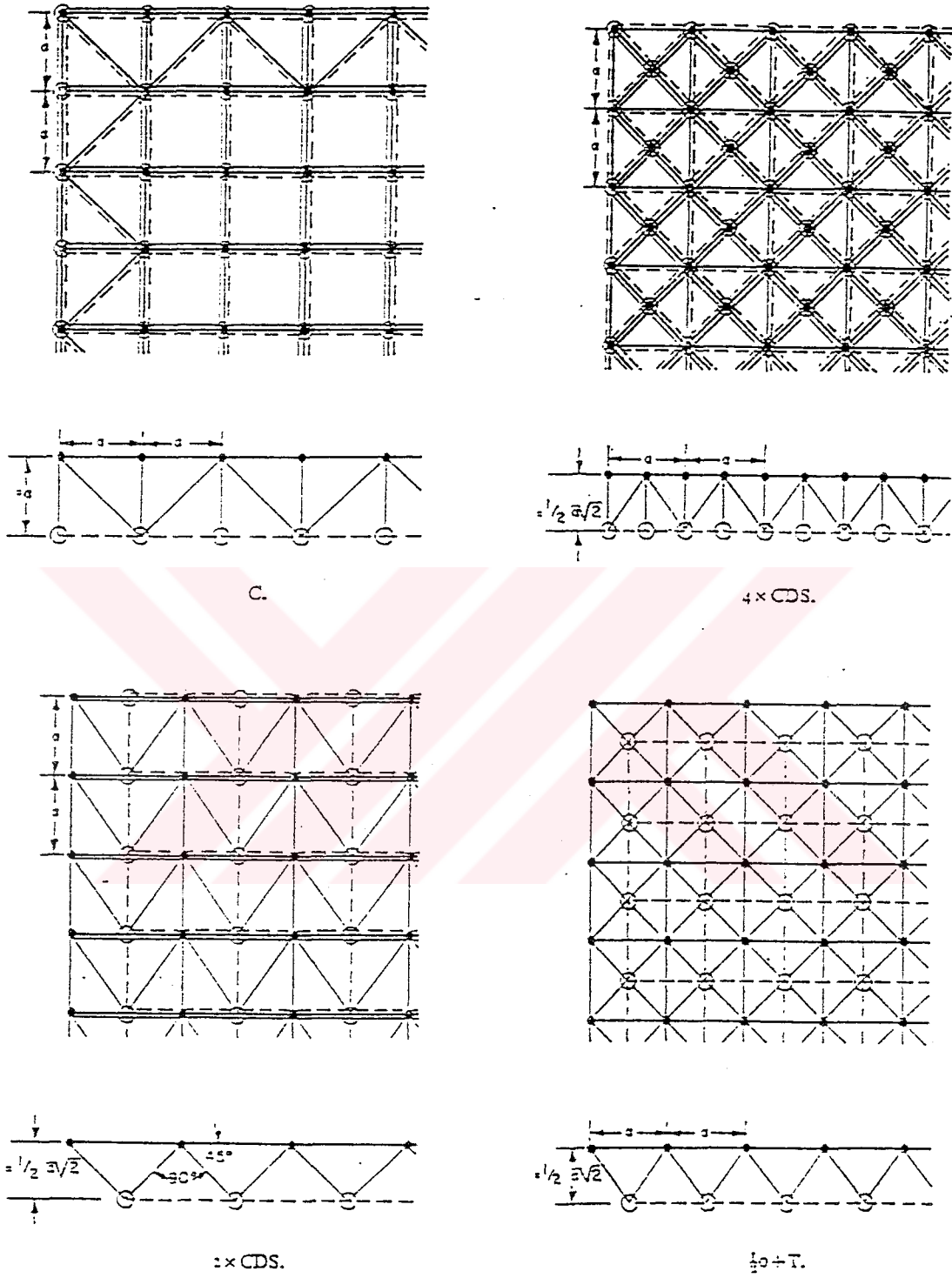
ANTI-SFENOİD

Şekil 2.8.

Bir küp yardımıyla türetilen çokyüzlüler.

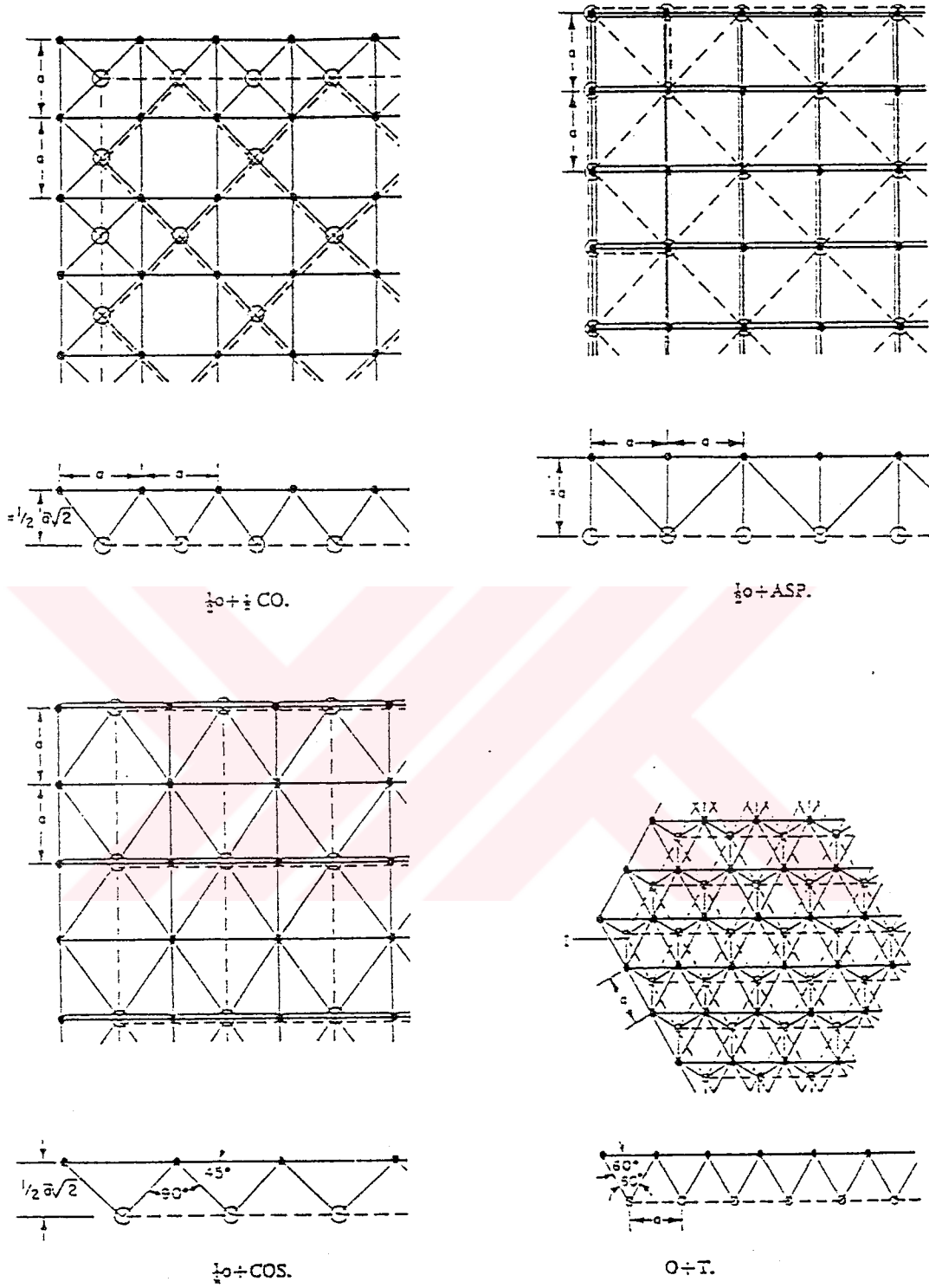
		C	CDS	O	$\frac{1}{2}O$	$\frac{1}{2}O$	$\frac{1}{2}O$	T
KÜP	C	C + C						
KÖŞEĞİNİNDEN KESİLMİŞ KÜP	CDS		CDS +CDS					
DÖRTYÜZLÜ	T			O + T	$\frac{1}{2}O$ + T			
KÜBİK SEMİYÜZLÜ	CO			O + CO				
YARIM SEMİYÜZLÜ	$\frac{1}{2}CO$				$\frac{1}{2}O$ + $\frac{1}{2}O$			
KÜBİK SEMİYÜZLÜ PARÇASI	COS					$\frac{1}{2}O$ + COS		
ANTİPRİZMA	APR						$\frac{1}{2}O$ - APR	
SFENOİD	SP				$\frac{1}{2}O$ + T + SP			<input type="checkbox"/>
ANTI SFENOİD	ASP				$\frac{1}{2}O$ + ASP			
$\frac{1}{2}$ ANTI-SFENOİD	$\frac{1}{2}ASP$				$\frac{1}{2}O$ + $\frac{1}{2}ASP$			
YARIM SEMİYÜZLÜ GÖVDESİ	$\frac{1}{2}OT$			O - T + $\frac{1}{2}OT$				<input type="checkbox"/>
PRİZMATOİD	PRT			O + T + PRT				<input type="checkbox"/>

Tablo 2.1.
Temel birimlerden türetilen kombinasyonlar



Şekil 2.9.

Değişik birimlerin yan yana geliş (örgü) biçimleri .



Şekil 2.10.

Değişik birimlerin yan yana geliş (örgü) biçimleri.

2.4. Düz Yüzeysel Uzay Kafes Sistemlerin Boyutlandırılma İlkeleri :

Düz yüzeysel uzay kafes sistemler 25m ile 100m arasındaki açıklıklarda ekonomiktirler. Örgü tip seçimi, mesnetlenme koşulları, çubukların boyutlandırılması, sistem yüksekliklerinin doğru belirlenmesi ekonomikliklerini etkiler.

Örgü tipi seçiminde kare formlu ızgaralar düşey yükleri çok iyi karşılar, kuvvetli yan rüzgar yükleri olması halinde çapraz ızgaralar tercih edilebilir. Örtülecek alanın şekline göre de örgü tipi seçilebilir. Örtülecek alanın kare forma yakın olması sistemin hafifliği açısından önemlidir.

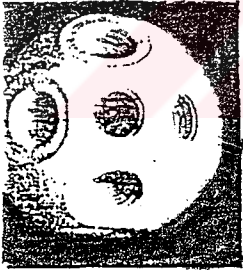
Seçilen örgü tipinin çubuk boyları geçilen açıklığa bağlı olarak 2m ile 6m arasında olabilir. Ancak genelde uygulamalarda 2.5m ile 3.5m arasında çubuk boyları kullanılmaktadır. Çubuk boyları küçüldükçe çubuk ve düğüm noktası elemanı sayıları artar. Bu durum sistem maliyetini arttırır. Çubuk boyları çok uzun tutulursa eleman sayısı azalacaktır ancak bu kez de çubukların taşınmaları ve montajları, büyük boyutları nedeni ile zorlaşacaktır.

Sistemin yüksekliği genellikle geçilen açıklıkla orantılı olarak hesaplanır (açıklığın 15-20'de biri). Dikkat edilmesi gereken nokta sistemi oluşturan elemanların birbirleri ile yaptıkları açılarıdır. Elemanların birbirlerine temas etmeyecek açılarda tasarlanması gerekmektedir.

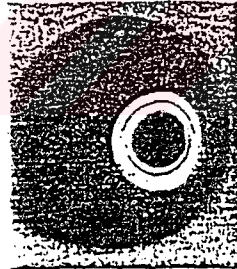
3. UZAY KAFES SİSTEMLERİN DÜĞÜM NOKTALARI :

Genellikle uzay kafes sistemler çubukların birleşimlerinde özel düğüm noktası elemanları kullanılarak yapılmıştır. Bu yaklaşım, direkt olarak temel fabrikasyon ve ileri mühendislikten kaynaklanan maliyet artışına neden olmuştur. Dünya üzerinde şu anda birçok firma uzaysal strüktürler üzerinde uzmanlaşma çabasındadır ve yine birçok firma patenti altında değişik düğüm noktaları, farklı ve/veya eşit çubuk boylarının kullanıldığı modüler sistemler üretilmektedir. Öte yandan özel düğüm noktası elemanları kullanılmadan (düğüm noktalarından kaynaklanabilecek maliyet artışını önlemek amacı ile) üretilen sistemler de mevcuttur.

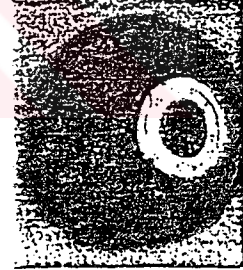
Dr.Ing.Max Mengerihausen' in 1942 yılında pazara sürdüğü Mero düğüm noktası ilk ticari ve seri üretim sistem yapı bileşenidir. Bu sistemde bir düğüm noktası küresine 18 çubuk, herhangi bir eksantrisite olmaksızın bağlanabilmektedir (Resim 3.1.). Sistemin özel durumlar için geliştirilen çeşitli düğüm noktaları da mevcuttur (Resim 3.2. ve Resim 3.3.).



Resim 3.1.
18 bağlantı yuvası
bulunan MERO düğüm
noktası. Bağlantılar 45°
, 60°, 90°şeklinde
yapılabilir.



Resim 3.2. 10 yüzü
bulunan düğüm noktası
sık tekrar eden
ızgaralarda kullanılır.



Resim 3.3. Özel bir
düğüm noktası min. 35°
olmak kaydıyla değişik
açılarda özel uygulama
amaçlıdır.

Mero düğüm noktasının kullanıma sunulmasından sonra diğer üreticilerin de olaya aynı ciddiyetle yaklaşmaları uzay kafesleri oluşturan bağlanma şekilleri açısından birçok yeni sistem ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bunlar Mero, Nodus, Vestrut, Moduspan, Mannesman Okta-S, Züblin, Triodetic, Pyramitec, Moduspan, Russ System, M-dec, Ohbayashi System, Tridi-2000 olarak sayılabilir. Bu sistemlere zamanla yenileri eklenmektedir.

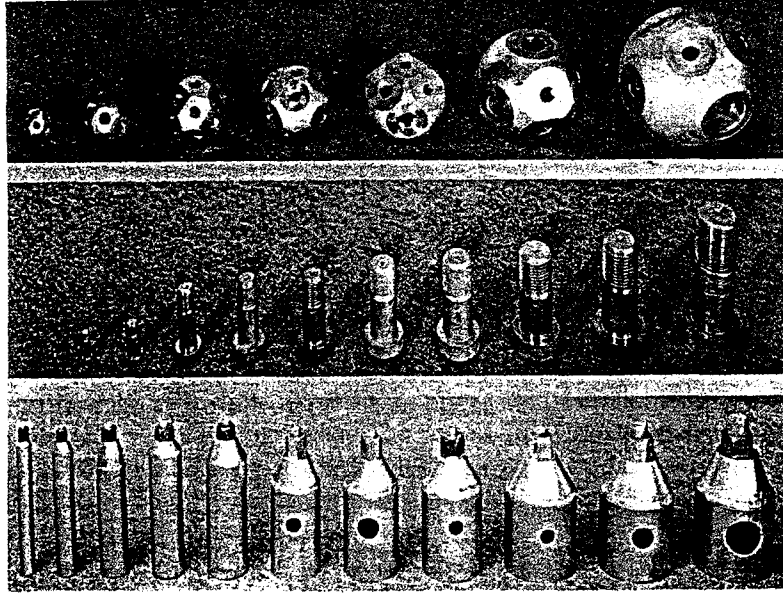
Aşağıda sık kullanılan düğüm noktalı sistemlerden Mero, Nodus, Vestrut, Moduspan, Mannesman Okta-S, Züblin ile özel düğüm noktası elemanı olmayan Unibat ve Space Deck ve üç farklı sistem aşağıda incelenmiştir.

3.1. Özel Düğüm Noktaları ile Üretilen Sistemler :

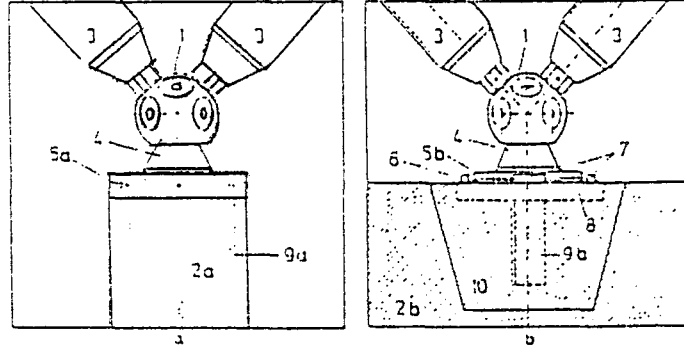
3.1.1. Mero :

Mero düğüm noktası sisteminin yaratıcısı Dr. Max Mengerinhausen' dir. Dr.Mengerinhausen Berlin' de 1942-1943 yıllarında küçük bir ekiple çalışarak (Mengerinhausen- Rohrbaueise) bu sistemi üretmiştir.

Modüler boru enkesitli çubuklar (Resim 3.4.) ve Mero düğüm noktaları (Şekil 3.1.) ile oluşan sistem, pazara ticari ve endüstriyel bir konstrüksiyon sistemi olarak girerek tüm dünyaca kısa sürede tanınmış ve halen birçok ülkede uzay kafes üretiminde sürekli kullanılan bir sistem olmuştur.



Resim 3.4. Tipik MERO elemanları serisi.

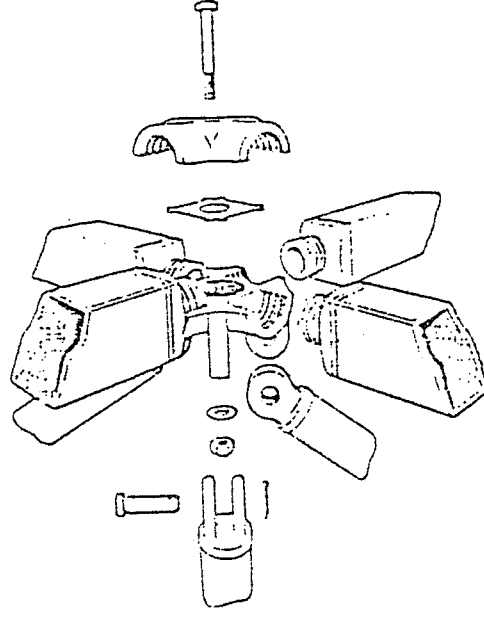


Şekil 3.1.'de Mero düğüm elemanının yatay ve düşey hareketlerini tesbit eden mesnet noktaları görülmektedir; (a) beton silindirik kolona ankre edilmiş mesnet, (b) beton duvara monte edilmiş iki yöne hareketli mesnet. 1 Mero küresel düğüm noktası elemanı, 2a silindirik kolon, 2b beton duvar, 3 Mero köşel düğüm noktası elemanı, 4 Mero konisi, 5a montaj yuvaları bulunan yatak, 5b yatak, 6 teflon kaydırma yüzeyi, 7 kılavuz çubuk, 8 taban levhası, 9a beton içindeki ankraj çubukları, 9b kesme çubuğu, 10 harç dolgu yuvası.

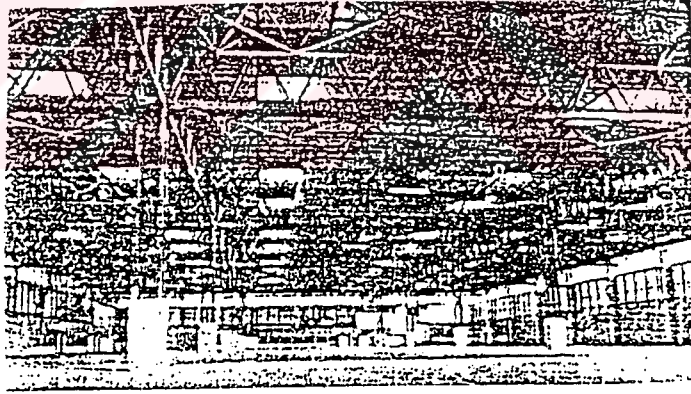
3.1.2. Nodus :

Nodus düğüm noktası şekil 3.2.'de görülen uçları kancalı kapatılmış boru yada kutu kesitli çubukların kancalarından bulonlanarak birleştirildiği elemanlarla oluşturulur. Nodus düğüm noktasında kalifiye olmayan elemanlar tarafından dahi hatasız monte edilebilen bir bağlantı noktası üretimi amaçlanmıştır. Sistemin en büyük özelliği tüm fabrikasyonun atölyede tamamlanması ve şantiyede birleştirme için sadece basit kaldırma tekniklerine ihtiyaç duyulmasıdır.

1972 yılında İngiliz Çelik A.Ş.'nin boru işleri bölümünce kullanıma sunulan NODUS ile ilk 10 yıl içerisinde İngiltere ve diğer ülkelerde 300,000m² alan örtülmüştür. İngiltere Birmingham şehrinde inşa edilen National Exhibition Center Nodus sistem ile üretilen en büyük binadır. 28mx28m ölçülerinde 93 ızgaradan oluşan strüktür 93400m² alan örtmektedir (Resim 3.5).



Şekil 3.2. Nodus düğüm noktası.

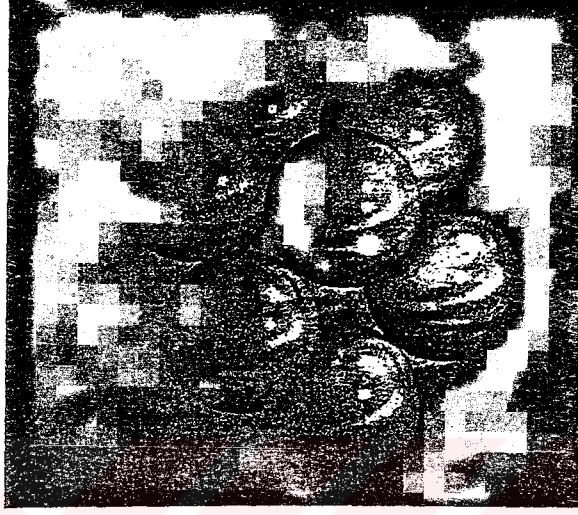


Resim 3.5. (National Exhibition Center)

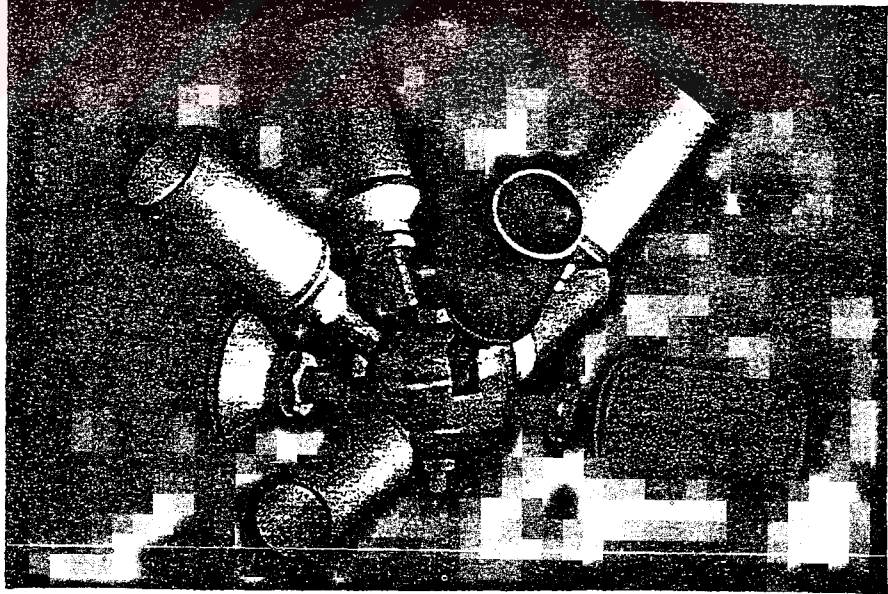
3.1.3. Vestrut :

Vestrut düğüm noktası teorik olarak birbirine teğet 12 eşit çaplı küreye dış noktalarından teğet geçen büyük bir küredir. Bu büyük kürenin çapı diğer kürelerin çapının 3 katıdır (Şekil 3.3.). Bu düğüm noktası (Şekil 3.4. ve Şekil 3.5.) içinde çubukların küresel uçlarının oturması için yataklar

bulunan iki yarım küre kapaktan ve bir ara plakadan oluşur. Düğüm tek bir merkezi bulonlama ile kilitlenir ancak kilitlendikten sonra dahi çubuklar istenilen yöne hareket etme kabiliyetine sahiptirler. Bu şekilde her türlü geometrik formda sistemler oluşturabilen bir düğüm noktası elde edilmiştir.

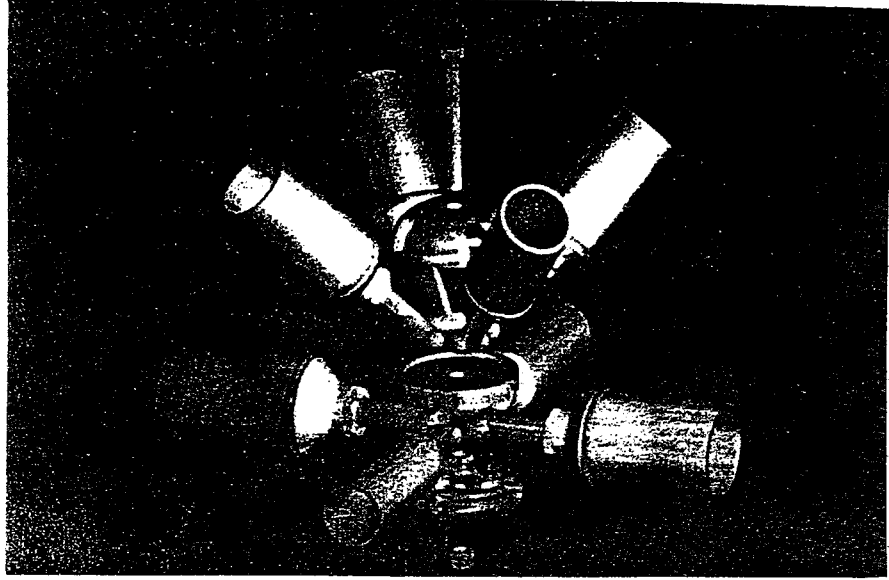


Şekil 3.3.



Şekil 3.4.

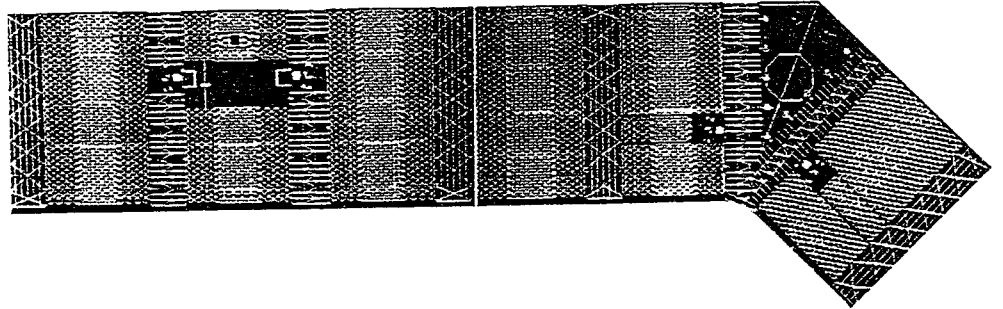
Monte edilmiş halde Vestrut düğüm noktası.



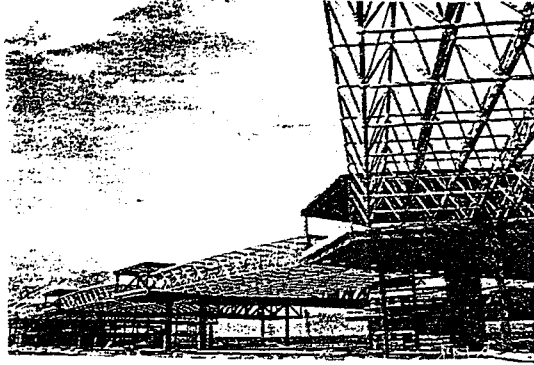
Şekil 3.5.

Monte edilmemiş halde Vestrut düğüm noktası.

Mimar Ettore Ventrella'nın geliştirdiği ve Centro Acciai S.p.A. şirketi tarafından pazara sunulan Vestrut düğüm noktası ile üretilen en önemli yapılardan biri Milano'daki Malpensa 2000 hava alanı yolcu terminalidir (Şekil 3.6. ve Resim 3.6.). Altı adet çift tabakalı uzay kafes sistemden oluşan strüktür toplamda 18,000m² alan örtmektedir ve 2,150 ton ağırlığındadır. 76.80mx60m alan örten yapıda her ünite 2.80m yüksekliğinde ve 2.40mx3.60m boyutlarında modüllerden oluşmaktadır. Sistemi oluşturan 219.1mm uzunluğundaki çubuklar 5mm-9mm et kalınlığında, örgüyü oluşturan diagonal çubuklar 139.7mm dış çaplıdır. Çubukların bağlandıkları düğüm noktaları ise 300mm çaplı kürelerdir.



Şekil 3.6.

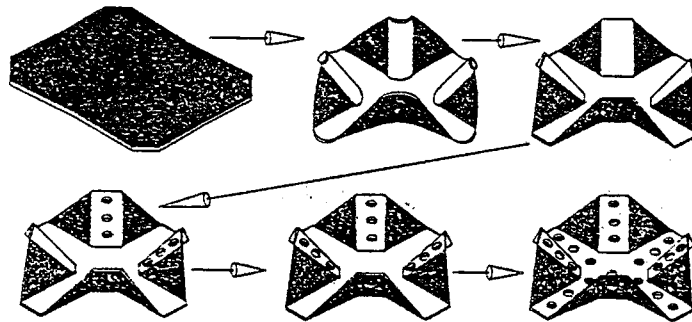


Resim 3.6.

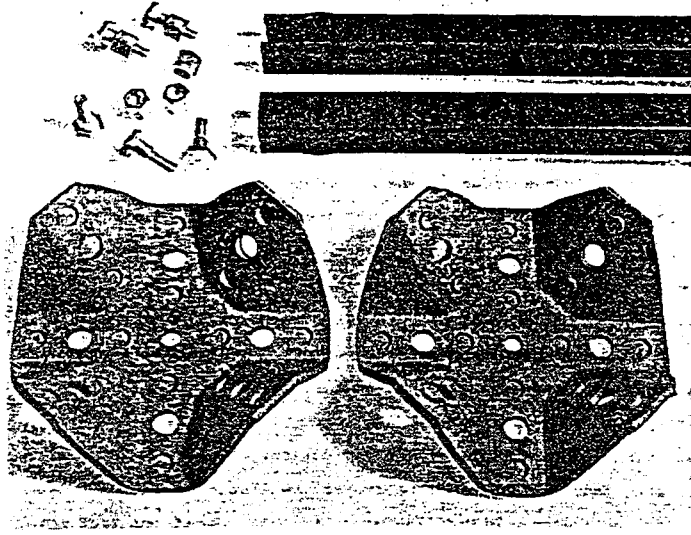
3.1.4. Moduspan :

Moduspan A.B.D.'de 1949 yılında üretilmeye başlanmıştır. Üretiminde temel iki kriter vardır. Birincisi sistemi oluşturan elemanların değişik tasarımlara olanak vermesi, ikincisi ise aynı hammaddeden tüm elemanların üretilebilmesiydi.

Moduspan düğüm noktası elemanı bir saç levhanın preslenerek katlanması ile oluşturulur (Şekil 3.7. ve 3.8.). Basit makineler yardımı ile 45°lik açılarla katlanan levha, çubukların bulonlanmalarını sağlayacak şekilde delinir. Üretimde dikkat edilmesi gereken nokta katlanmış bağlantı levhalarına açılan delikler ile çubukların üzerindeki deliklerin birbirlerini tam olarak karşılamalarını sağlamaktır.



Şekil 3.7.



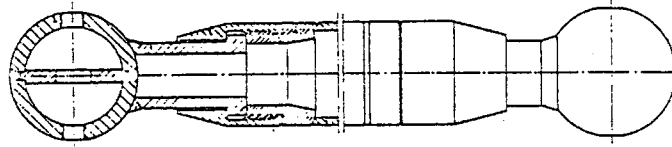
Şekil 3.8.

3.1.5. Mannesman Okta-S :

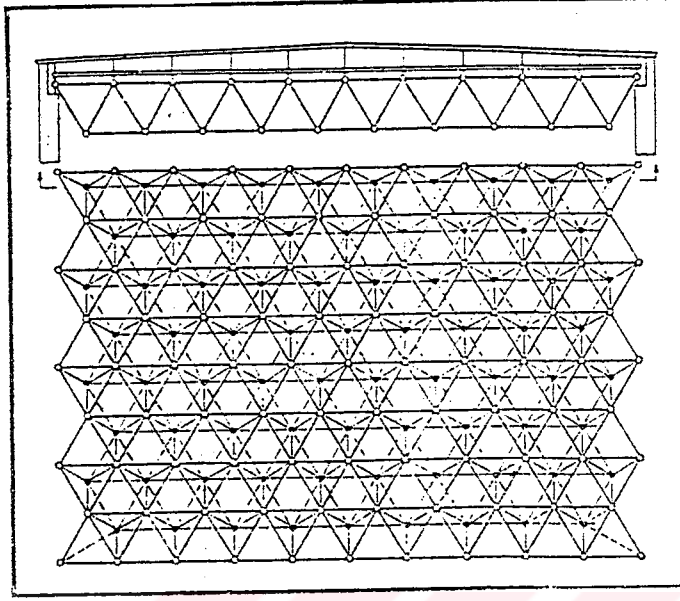
Başlangıçta Oktaplatte olarak adlandırılan ve bağlantıları kaynaklanarak üretilen sistem daha sonra geliştirilerek bulonlu olarak üretilerek Okta-S adını almıştır.

Mannesman Okta-S düğüm noktası çelik iki yarım kürenin aralarında bir diyafram saç ile birbirine kaynaklanması ile oluşturulur. Bu kürenin üzerine kaynatılan iki birbirine geçmeli boru parçası da çubukların bağlantılarını kurarlar (Şekil 3.9.).

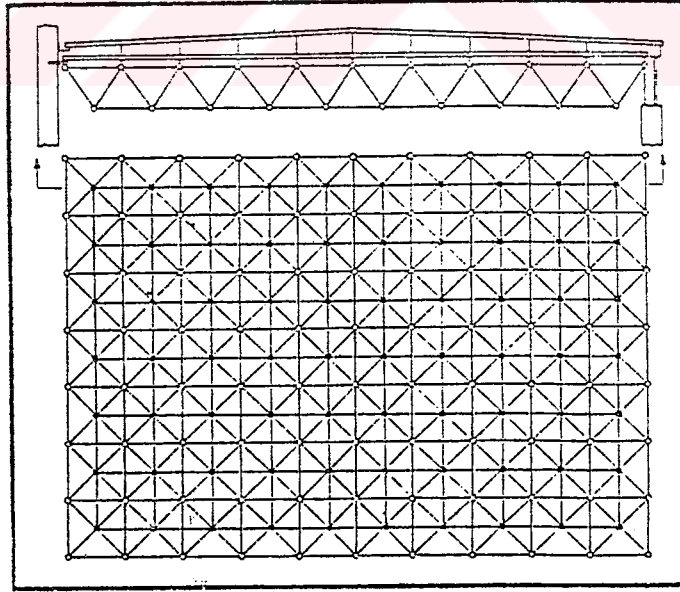
Sistemin alt ve üst ızgaraları ile düzlem yüzeyler oluşturulabildiği gibi eğri yüzeyler de oluşturulabilmektedir. Iızgaraların örgüsü kare veya üçgen olarak tasarlanabilir (Şekil 3.10. ve 3.11.)



Şekil 3.9. Düğüm noktası.



Şekil 3.10. Üçgen form.

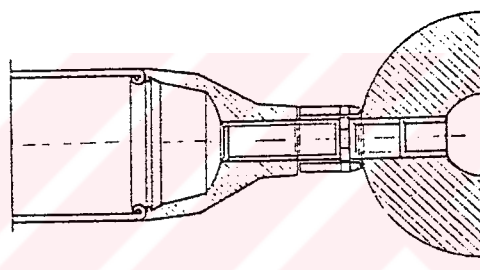


Şekil 3.11. Kare form.

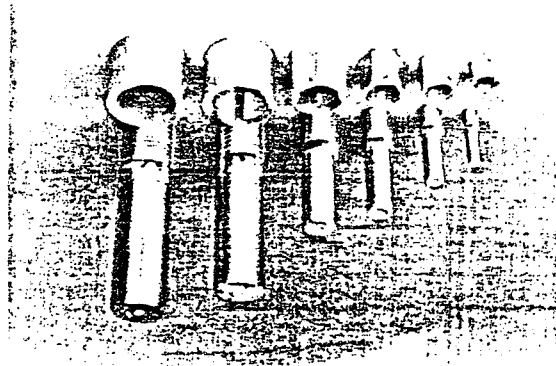
3.1.6. Züblin :

Züblin 1977 yılında Almanya'da kullanıma sunulan bir düğüm noktasıdır. Alman yapı şartnamelerine uygunluğu nedeniyle bu ülkede çok sık kullanılmıştır.

Züblin düğüm noktası çubukları iki tarafı ters yivli açılmış bulonlarla birleştirir. Bulonun üzerine çubuk ile düğüm noktası arasındaki mesafeyi belirleyen çelik bir parça giydirilir ve bulonlar sıkıştırılır (Şekil 3.12. ve 3.13.) Düğüm noktaları 60mm'den 220mm'ye kadar 5 değişik ebatla üretilirken, çubuklar ise 28mm çaptan 220mm çapa kadar boyutlandırılabilir. Bu sistemde maksimum çubuk boyu 6m'yi geçemez.



Şekil 3.12. Düğüm noktası birleşimi



Şekil 3.13. İki tarafı ters yivli birleştirme bulonları.

3.2. Özel Dügüm Noktası Elemanı Olmaksızın Oluşturulmuş Sistemler :

Uzay kafes sistem tasarımcıları çubukları birbirine bağlayan düğüm noktalarının basitleştirilmesini ve mümkünse ortadan kaldırılmasını ister. Özel bir düğüm noktası elemanı olmayan sistemlerin daha ekonomik (düğüm noktası maliyetleri açısından) olduğu bilinmektedir. Bu nedenle uzay kafes tasarımcıları aşağıda yer alan sistemler gibi, özel düğüm noktası elemanı olmayan veya çok basit birleştirme elemanları ile çubukların birbirlerine bağlandıkları sistemler üretmek ihtiyacını hissetmişlerdir.

3.2.1. Space Deck :

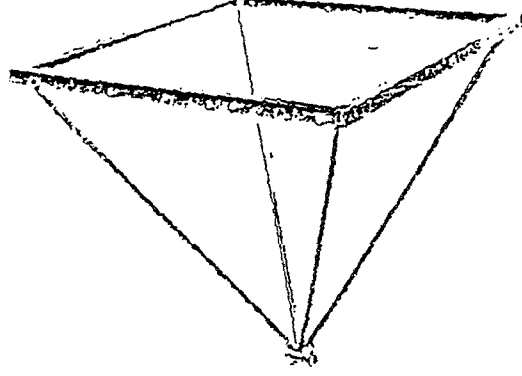
Sistem Şekil 3.14.'de görülen kare tabanlı üçgen piramid modüllerden oluşur. Bu standart modüllerin nakledilmesi ve şantiyede birleştirilmesi kolaydır. Sistemin kare piramidlerden oluşan birimleri 1200mm ve 750mm olmak üzere iki farklı derinlikli olarak üretilirler. Gerekli olan mukavemet, birimin boyutunun değiştirilmesi ile değil, birimlerin düzeninin değiştirilmesiyle elde edilir. Birimlerin her iki boyutta olanının da üç ayrı tipi bulunmaktadır;

Hafif birim; diagonal çubuklar 1200mm' lik L kesitli köşebent ile üretilen karenin dört köşesine bağlanır ve çubuklar, sağ ve sol taraftan dış-erkek olarak civatalanmaya uygun bir tepe noktası elemanında toplanırlar.

Yük birimi; hafif birime benzer ancak dolu gövdeli diagoneller ve daha ağır taban çerçevesinden oluşur. Bu birim mesnet noktalarında ve/veya yakınlarında kullanılır.

Ağır yük birimi; bu birim daha büyük çaplı, kalın et kalınlıklı diagonellerle oluşturulur ve yoğun yüklenen mesnet noktalarında kullanılır.

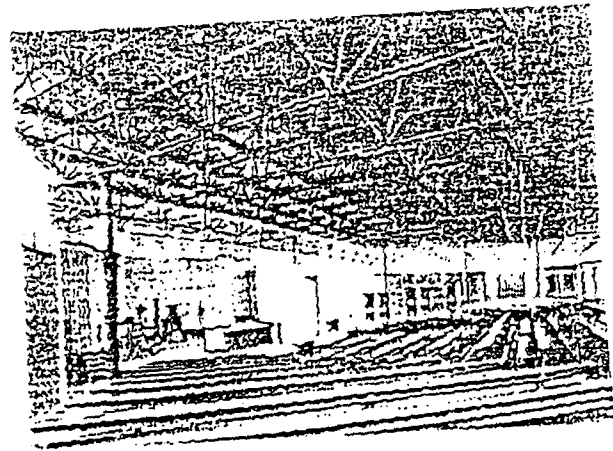
Space Deck sistemi 1950' lerde İngiltere' de kullanıma sunulmuş halen yaygın kullanılan sistemlerden biridir. İlk deniz aşırı uygulama 1954' de Burma' da gerçekleştirilmiş ve bundan 30 yıllık bir süre içinde yaklaşık 1000 adet uzay kafes strüktürün oluşturulmasında rol almıştır (Resim 3.7 ve 3.8).



Şekil 3.14. Space Deck birimi.



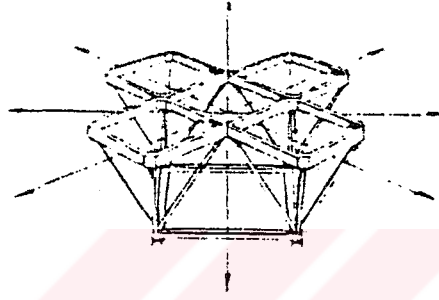
Resim 3.7.



Resim 3.8.

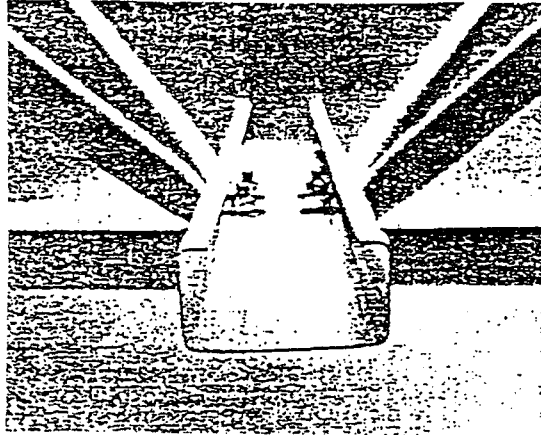
3.2.2. Unibat :

Unibat uzay kafes sistemler de Space Deck modülleri gibi üçgen veya dörtgen tabanlı piramit modüllerin birbirlerine bulonlanmaları ile oluşur (Şekil 3.15.). Sistem genelde üst ızgarası kare veya dörtgen, alt ızgarası ise çapraz modülasyonlu oluşturulabilir. Bunun tam tersinin de uygulanması mümkündür.



Şekil 3.15.

3.2.3. Uzay Kafes A :

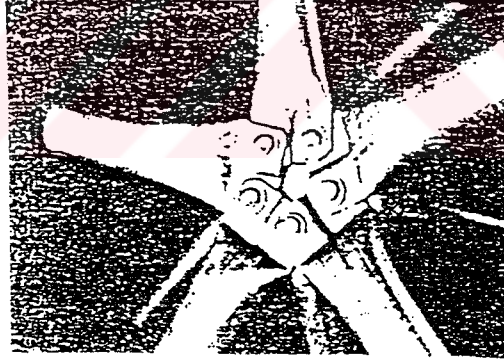


Resim 3.9.

Bu sistemde alt başlık olarak herhangi bir kesitteki profiller kullanılabilir (Resim 3.9.). Ancak genellikle tercih edilen U profildir. Civata delikleri olan bu profile boru kesitli elemanlar çap sınırı olmaksızın bağlanabilir. Sistem fazla esnek değildir ve kare modüller şeklinde oluşturulur. Halen denenmekte olan bu sistem düğüm noktasında herhangi bir eksantrisiteye izin vermediği için diğer sistemlere kıyasla maliyeti daha düşük olur.

3.2.4. Uzay Kafes B :

Resim 3.10.' da birleşme detayı görülen B sistemi de, A sistemi gibi özel düğüm noktası elemanı olmaksızın tasarlanmıştır. Sistemde çubukların birleşme yerlerini örten bir levha kullanılır. Yani levha çubuk uçlarının biraraya getirmek için değil, buradaki yük dağılımına yardımcı olması bakımından kullanılmaktadır. Bu eleman olmaksızın da sistem çalışabilir. Böyle bir birleşim, heksagonal veya pentagonal tabanlı, eğri yüzeyli uzay kafes sistemlerin de oluşturulmasına uygundur.

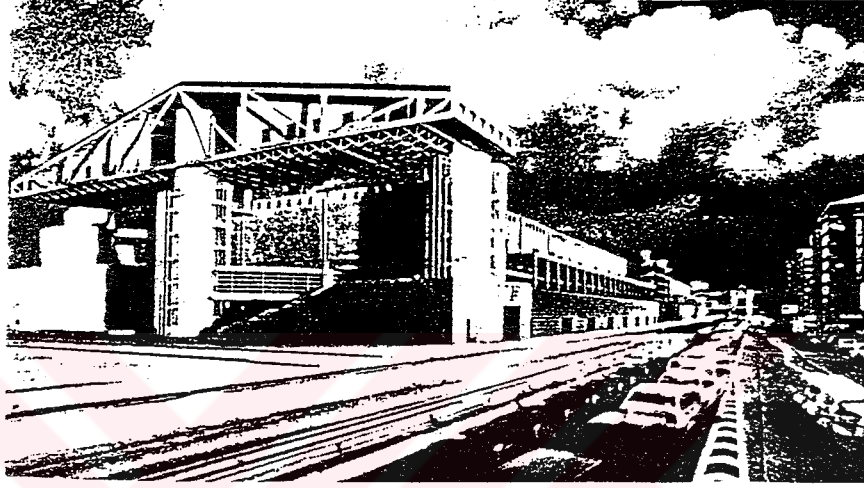


Resim 3.10.

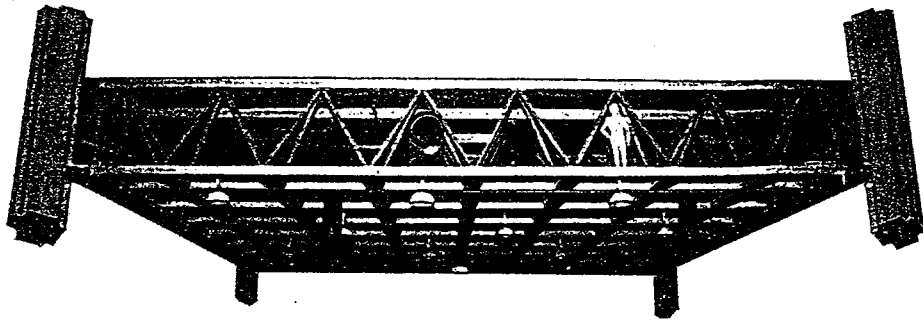
3.2.5. Uzay Kafes C :

İl kez Milano fuarı binasında (Resim 3.11.) uygulanan bu sistemde 20mx20m bir açıklık çelik+betonarme kaset bir döşeme ile örtülmektedir. Bu sistemde alt ve üst ızgarayı betonarme plak, örgü çubuklarını ise betonarmeye saplanan çelik çubuklar oluşturur. Burada öngerilmeli betonarme kaset plaklar arası yükseklik 2.35m, plaklar dahil yükseklik ise

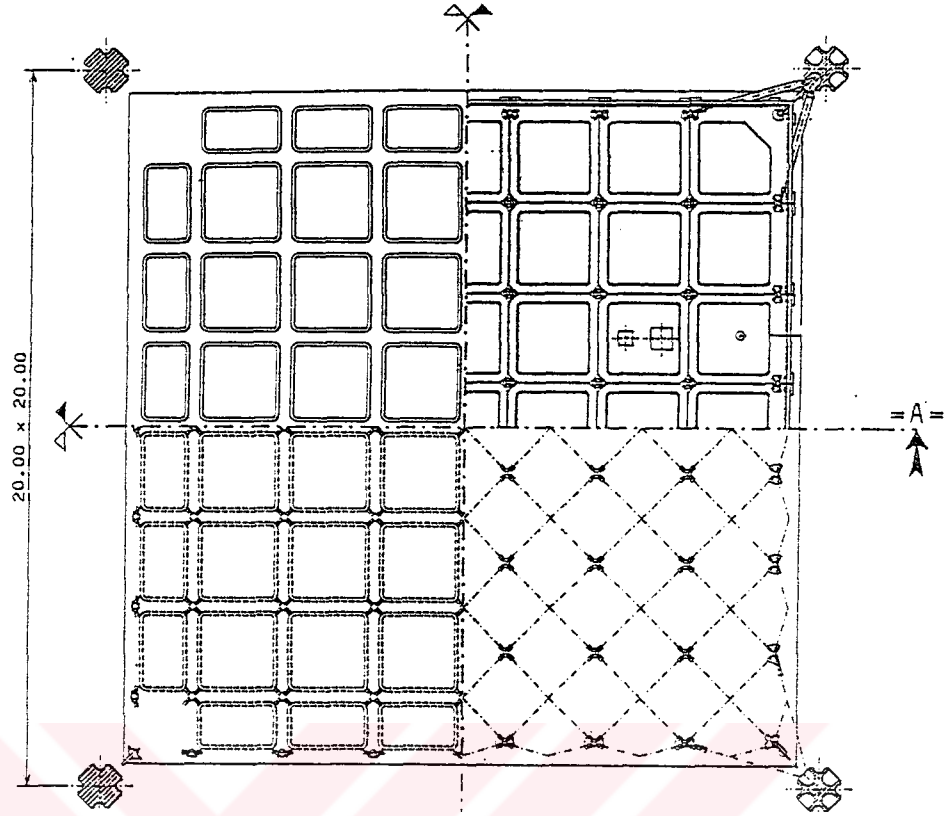
2.74m'dir. Alt ve üst ızgaraların çelik yerine betonarme olarak üretilmiş olması ızgaralar arasındaki boşluktan tesisatın yerleştirilmesini engellemediği gibi yangına karşı da önlem sağlamış ve montaj hızını olumlu yönde etkilemiştir (Şekil 3.16. ve Resim 3.12.). Sistemde alt betonarme öngerilmeli plaktaki çekme gerilmeleri ile üst plaktaki basınç gerilmeleri (Şekil 3.17.) arasındaki örgü çubukları ile karşılanır.



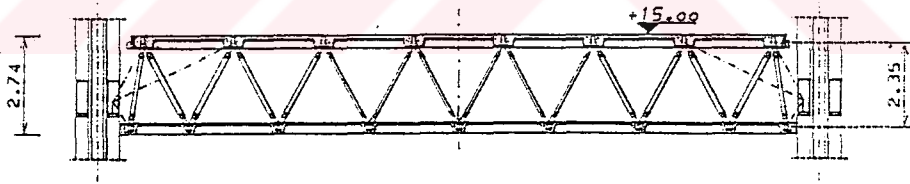
Resim 3.11.



Resim 3.12.



Şekil 3.16.



Şekil 3.17.

BÖLÜM 4. UZAY KAFES SİSTEM ÖRNEKLERİ :

4.1. Program Esasları :

4.1.1. Yükler :

Seçilen sistemler Autocad programı yardımı ile üç boyutlu çizilmiş ve Framecad programına aktarılmıştır. Framecad programı Mero düğüm noktalı sistemler için programlandığından çubuklar boru, düğüm noktaları küre olarak alınmıştır. Sistemlere üç değişik yükleme uygulanmıştır. Bunlardan biri sistemin kendi ağırlığı yani öz ağırlığıdır. Diğerleri aşık, kaplama, kullanım ve kar yükü toplamı olan 100 kg/m², üçüncü ise sistemi yukarıya kaldırarak emme etkisi de yapabilen 80 kg/m² rüzgar yüküdür. Çubuk kuvvetleri bu üç yüklemenin en elverişsiz olanına göre belirlenir.

4.1.2. Çubuklar :

Framecad programı alt veya üst ızgarası kare olan sistemlerde karelerin bir kenarını (2.5m) modül boyutu olarak belirler. Böylelikle bu değer alt ve/veya üst ızgara çubuklarının boylarına eşdeğer olur. Program alt ve üst ızgarası çapraz modülasyonlu sistemlerde modülasyon boyutu olarak sistemi oluşturan 45° döndürülmüş, çapraz ızgarayı oluşturan karelerin köşegenleri kabul etmektedir. Köşegenleri 2.5m olan karelerin kenarları $\sqrt{2}$ oranında kısalır ve dolayısı ile sistem elemanlarının (çubuk, düğüm noktası, civata vb.) sayıları artar.

Programda çözüme başlanırken sistemdeki tüm çubukların aynı en kesitte borular olduğu kabul edilir. Sisteme yükler uygulandıkça elde edilen çubuk kuvvetlerine göre çubuklar gerçekte gerekli et kalınlıklarında boyutlandırılır. Bu uygulamada St37 çeliğinin kullanılacağı kabul edilmiştir.

4.1.3. Düğüm Noktaları :

Programa başlanırken düğüm noktalarının tümünün 50mm'lik kürelerden oluştuğu varsayılır. Düğüm noktalarında tüm çubuk kuvvetleri birbirini dengelediği için bu elemanlar bağlantı civatalarının, somunların ve

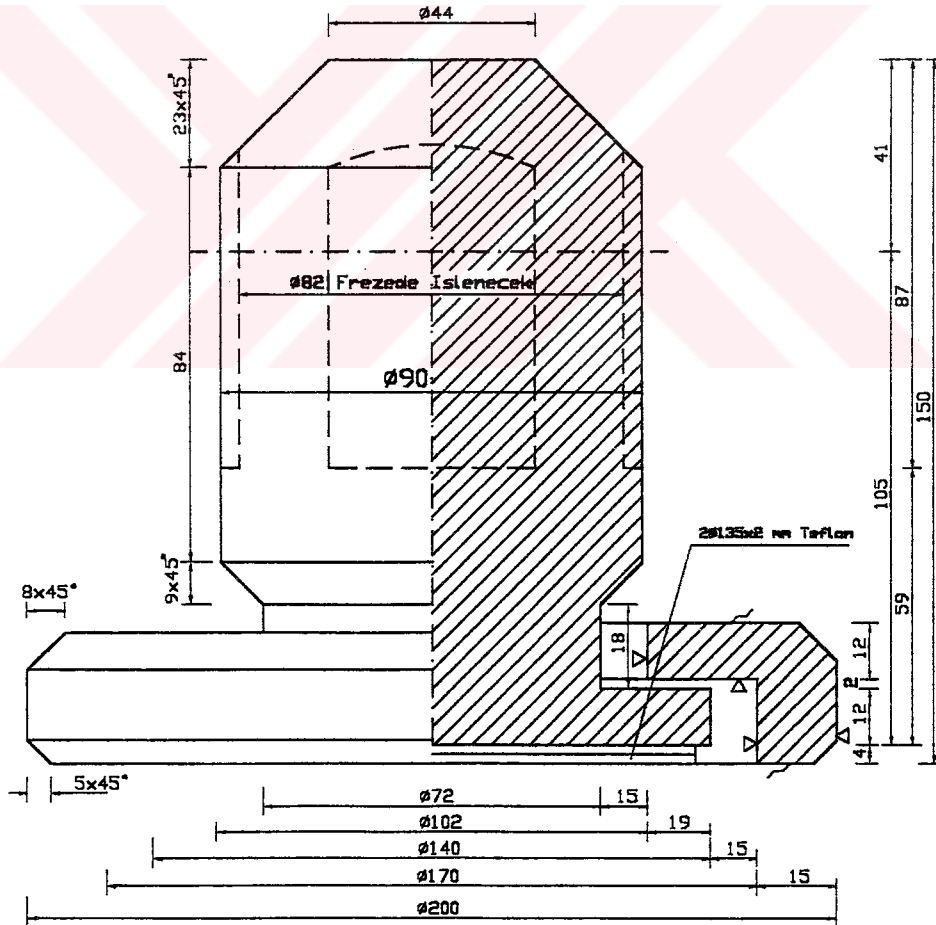
koniklerin birbirine temas etmeyeceği şekilde boyutlandırılır. Seçilen küre boyutları her zaman statik açıdan gerekli olan küre boyutundan çok daha büyüktür.

4.1.4. Mesnetler :

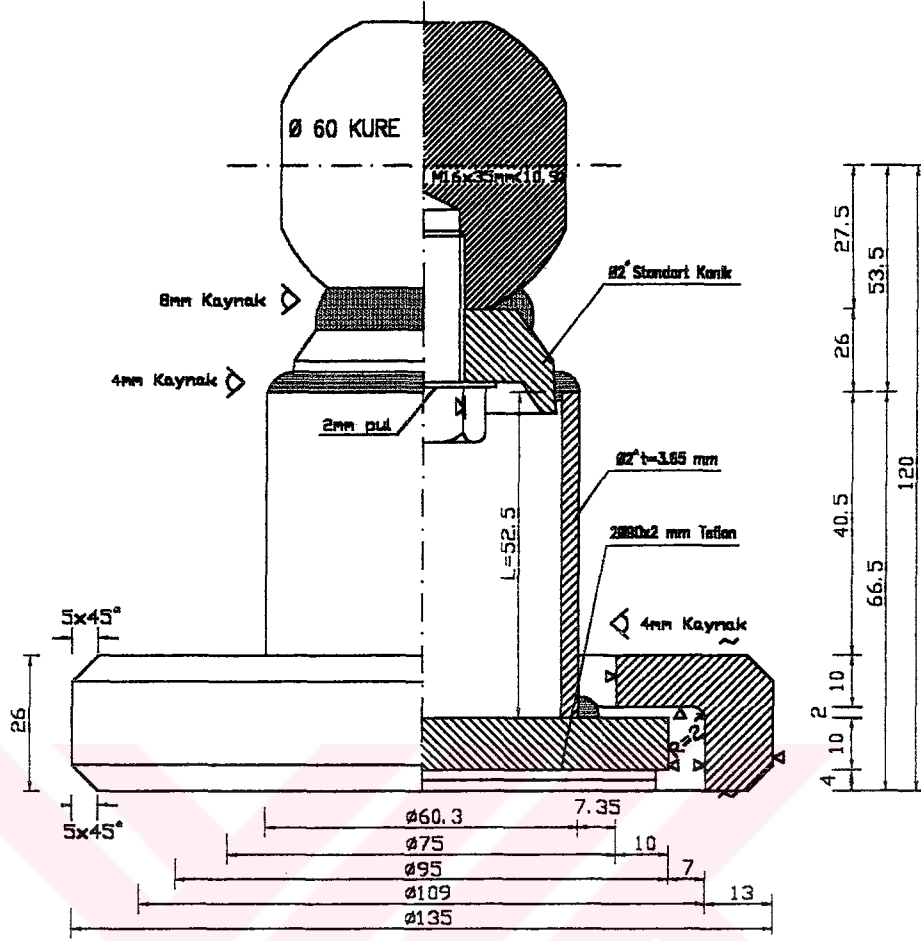
Mesnet tipi ve boyutu mesnetlere gelen yüklere göre seçilir. İki ana tip mesnetten sözedilebilir;

Yekpare mesnet (Şekil 4.1.); büyük açıklıkların geçildiği ağır sistemlerde kullanılır (Bu çalışmadaki tüm örneklerde yekpare mesnetler kullanılmıştır).

Çubuk ve düğüm noktalı basit mesnet (Şekil 4.2); küçük açıklıkların geçildiği, mesnetlere fazla yük iletilmeyen sistemlerde kullanılmaktadır. .



Şekil 4.1. (Yekpare mesnet)



Şekil 4.2. (Küre ve çubuktan oluşan mesnet).

4.2. Deplasmanlar :

Programda düzlem uzay kafes sistemin, öz ağırlığı, aşık, kaplama, ve kar yüklerinin etkileri altında kaldığı kabul edilir. Yükler çubuklar yardımı ile düğüm noktalarına, düğüm noktalarından da mesnetlere ve zemine iletilirler. Sistem, üzerine etkiyen bu yükler altında yatay ve düşey deplasmanlar yapar.

Bir düzlem uzay kafes sistemin yatay deplasmanı ancak yandan gelen büyük rüzgar yükleri ile emniyet sınırlarını aşar. Yatay deplasmanın 0.035 m'yi geçmesi sistemin üzerine örtülen kaplama malzemelerinin çalışmasına neden olacağı için yönetmelikler bu değerini aşmamasını öngörür. Bu örneklerde yan rüzgar yükleri dikkate alınmaksızın deplasmanın 0.035m'yi aşıp aşmadığı kontrol edilmiştir.

Düğüm noktalarının düşeyde yaptığı deplasmanlar önemlidir. Sistemin dengede olabilmesi için yönetmelikler maksimum düşey deplasmanın açıklığın (iki mesnet arasındaki maksimum açıklık) 300'de birinden fazla olmamasını öngörür. Ancak bu değere çok yakın (maksimum $L/275$) yatay deplasmanlarla karşılaşıldığında sisteme ters eğim verilmek koşulu ile sistem uygulanır .

4.3. Maliyet Kriterleri :

Bir uzay kafes sistemin maliyetine birçok faktör etki eder. Geçilen açıklık, modülasyon boyutu, sistem yüksekliği, örgü sistemi ve mesnetleme koşulları ilişkisi önemlidir. Bu ilişkilerin yanlış kurulması durumunda büyük kesitli ve/veya fazla sayıda çubuklar ve düğüm noktaları sistemi ağırlaştırır. Ağır sistem ise hem ekonomi hemde statik açıdan olumsuz etkiler yaratır.



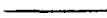





4.4. Uzay Kafes Sistem Örneklerinin Analizleri :

Bu çalışmada incelenen uzay kafes sistem örnekleri örgü tiplerine göre dört ana grupta toplanabilir. Bunlar alt ve üst ızgarası kare modülasyonlu sistemler (KK1, KK2, KK3), alt ızgarası kare üst ızgara çapraz modülasyonlu sistemler (KC1, KC2, KC3), alt ızgarası çapraz üst ızgarası kare modülasyonlu (CK1, CK2, CK3) sistemler, alt ve üst ızgarası çapraz modülasyonlu (CC1, CC2, CC3) sistemlerdir. Ayrıca alt ve üst ızgarası çapraz olan örgü sistemlerine 5.0m modülasyon boyutlu diğer bir sistem de (5CC1, 5CC2, 5CC3) eklenmiştir.

Örneklerde seçilen her örgü biçimi için üç farklı mesnetlenme durumu uygulanmıştır. Bu düzlem uzay kafesler önce dört adet mesnetle konsol çalıştırılmış, daha sonra dört mesnet sistemin dış köşelerine taşınmıştır. Son olarak da dış çerçevede iki modülde bir (5.0m) 16 adet mesnet kullanılmıştır.

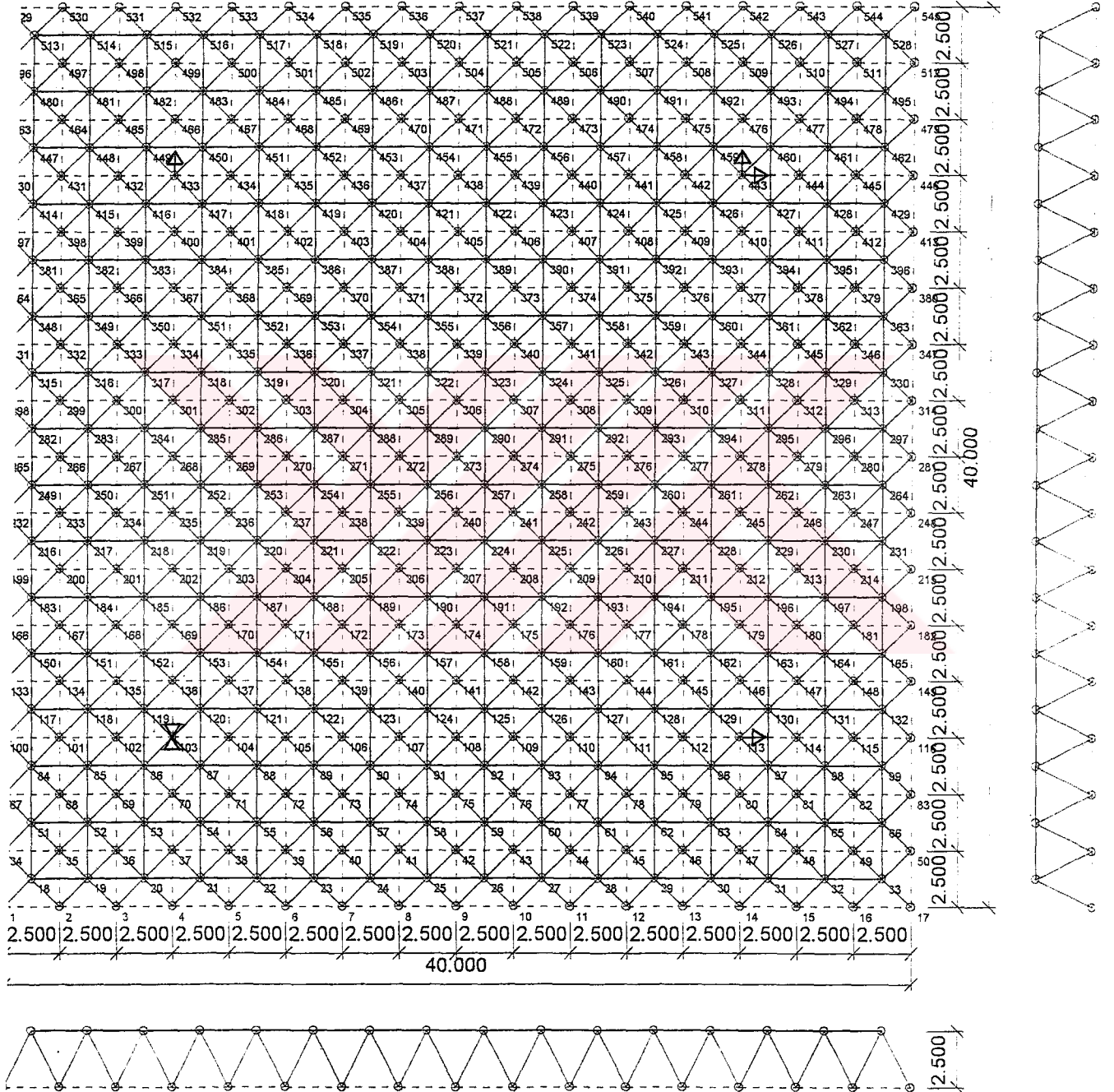
Sistemlerin modülasyon boyutu ve yüksekliği 2.5m, örttükları alan 40m x 40m'dir (1600m²). Bu ölçüler uzay kafes boyutlandırma ilkeleri ve tüm örgü biçimlerinde aynı noktalardan mesnetlenme şartlarını sağlamak amacı ile saptanmıştır.

Sistemlere ait çizimlerde kullanılan çizim tekniği ve kullanılan sembollerin anlamları aşağıdadır;

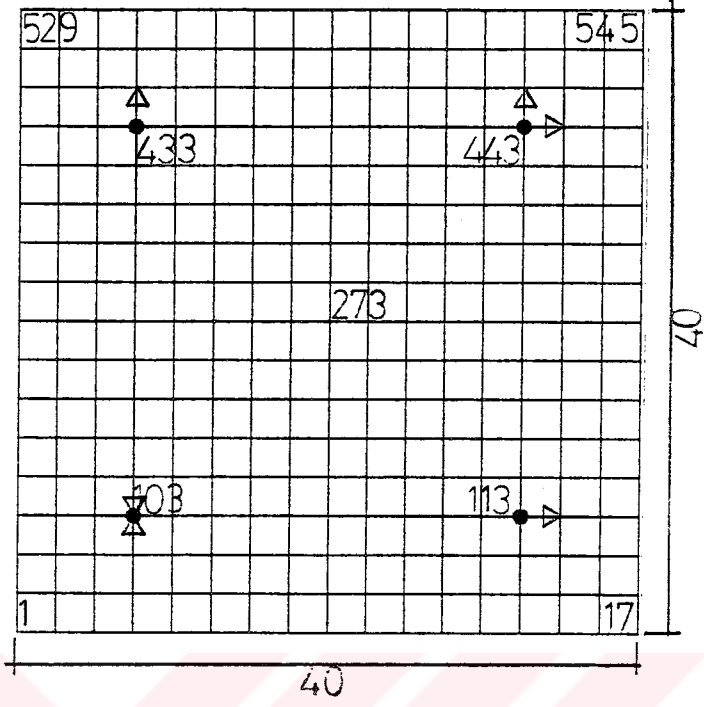
Üst ızgara	:	
Alt ızgara	:	
Diagoneller	:	
Düğüm noktası	:	
Sabit mesnet	:	
X yönünde hareketli mesnet	:	
Y yönünde hareketli mesnet	:	
X,Y yönünde hareketli mesnet	:	

4.4.1. Alt ve Üst Izgarası Kare Modülasyonlu Uzay Kafes Sistemler :

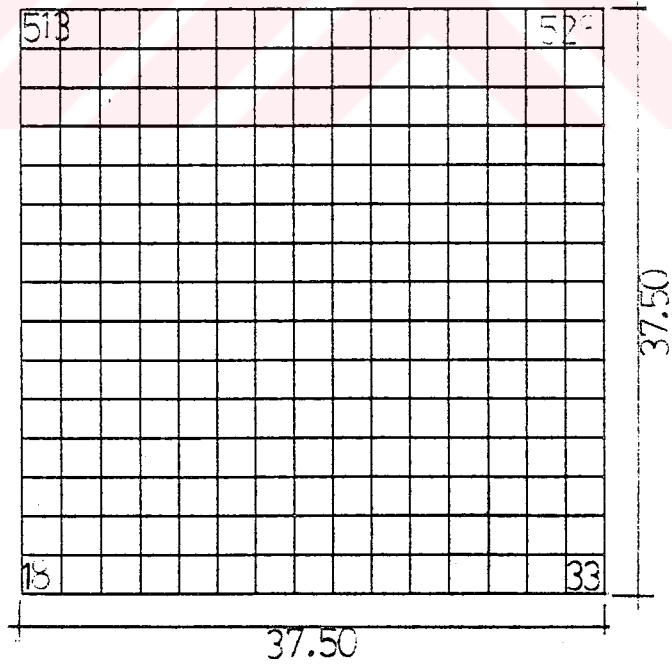
4.4.1.1. Üç Modül İçeriden (Konsol) Dört Mesnet (KK1) :



Şekil 4.3. (Plan + Kesitler)



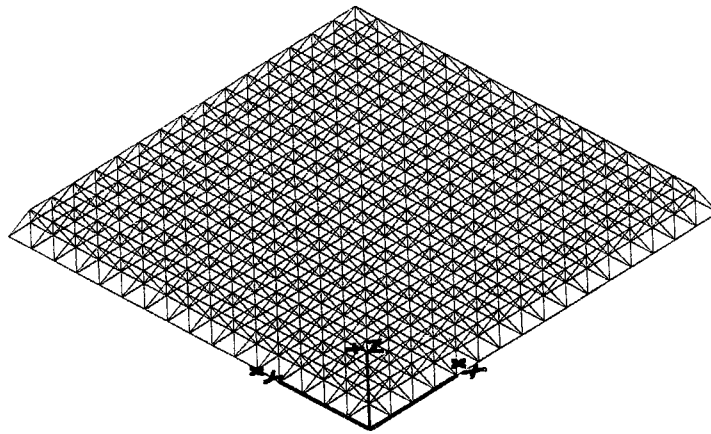
Şekil 4.5. (Alt Izgara ve Mesnet Yerleri)



Şekil 4.5. (Üst Izgara)

Düzlem uzay kafes sistem, köşelerinden 3'er modül (7.50m) içeriye çekilerek sistemi 3/10 oranında konsol çalıştıran 4 adet mesnetle taşınmıştır. Alt ve üst ızgarası kare formludur (Şekil 4.3-4.4-4.5).

Modül boyu	:2.50 m
Sistem yüksekliği	:2.50 m
Maksimum açıklık	:25.00 m
Sistem alanı	:1600.00 m ²
Öz yük	:15.20 kg/m ²
Aşık+kaplama+kar veya kullanım yükü	:100.00 kg/m ²
Rüzgar yükü (emme)	:80.00 kg/m ²
Boru adedi	:2048
Küre adedi	:545
Sistemin ağırlığı	:24297 kg
Maliyet birimi (max.100)	:24



Şekil 4.6. (x, y ve z doğrultuları)

Sistemin (Şekil 4.4.) 103 numaralı düğüm noktasına rastlayan mesneti hem x, hemde y doğrultusunda tutulu, 113 numaralı düğüm noktasında sadece x doğrultusunda hareketli, 433 numaralı düğüm noktasında sadece y doğrultusunda hareketli ve 443 numaralı düğüm noktasındaki mesnet ise hem x, hemde y doğrultusunda hareketli olarak tasarlanmıştır.

Yatay deplasmanlar incelendiğinde maksimum yatay deplasmanların 0.0086 m civarında olması nedeniyle sistemin kaplama malzemeleri uygulamasında herhangi bir problem doğurmayacağı sonucuna varılmıştır.

Düğüm noktası deplasmanları incelendiğinde, maksimum deplasmanların 273 numaralı düğüm noktasında 0.049 m (-z yönünde), 1 numaralı düğüm noktasında 0.025 m (+z yönünde) olduğunu görülmektedir (Şekil 4.4.). Bu değerler de emniyet limitleri içinde yer almaktadırlar ($L/300$).

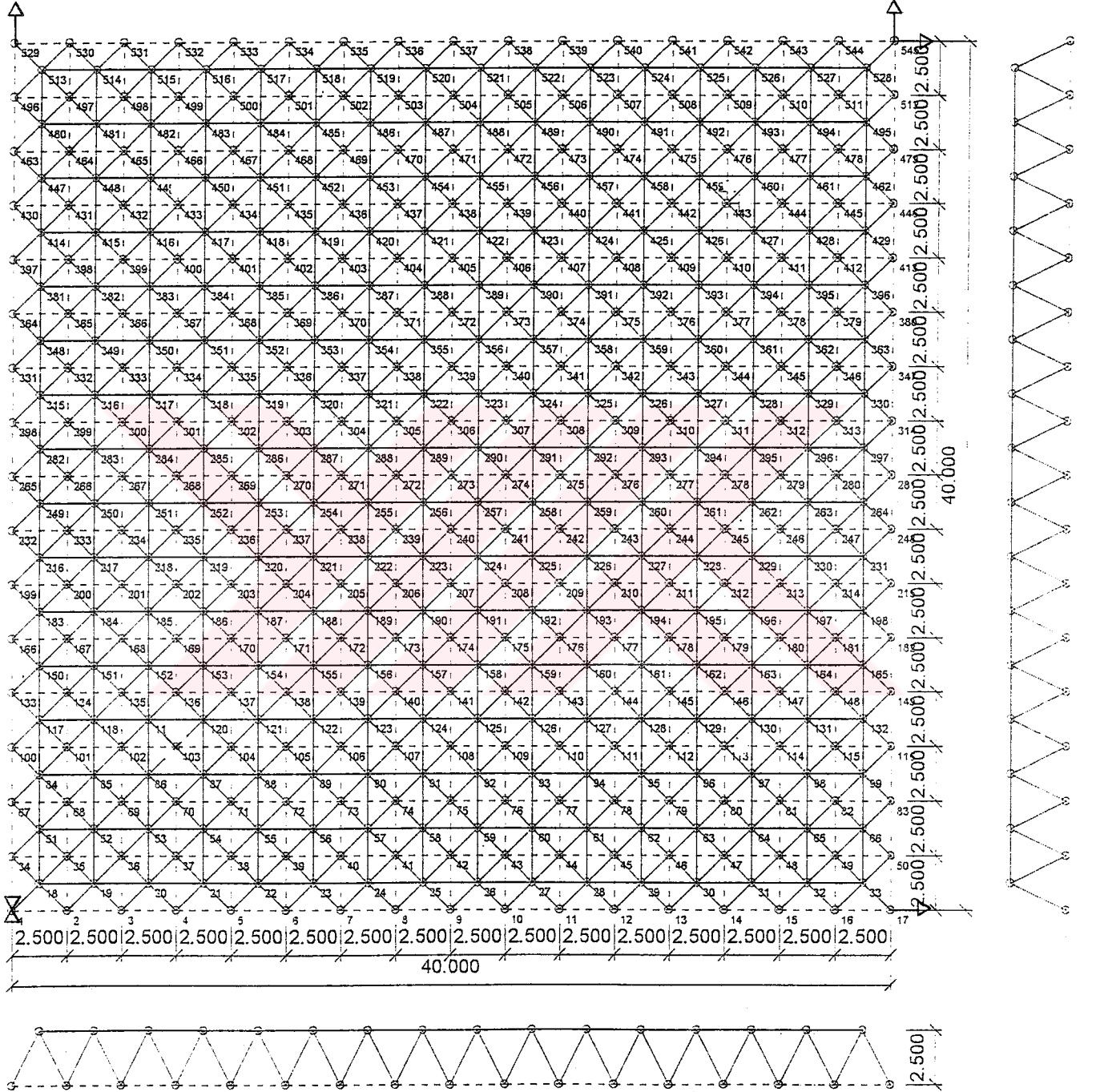
Düğüm noktalarını oluşturan küre ebatları çubuk çaplarının değişmesi ve civata, somun, konik ve boruların birbirlerine temasını önleyecek şekilde boyutlandırılır. Bu nedenle genellikle seçilen küre çapları, aktardıkları kuvvetlerin gerektirdiği çaplardan daha büyük olarak seçilir. Bu örnekte de 289 adet 60 mm, 236 adet 90 mm, 16 adet 130 mm, 4 adet 160 mm'lik küreler düğüm noktalarını oluşturur.

2.50 m ve 3.062 m uzunluğundaki çubuk enkesitleri 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4" olmak üzere 6 ayrı çapta tasarlanmıştır. Kullanılan malzeme St37'dir. Çubuklar üzerine etkiyen maksimum basınç kuvveti 10.477 ton (3" x 2.50m'lik çubukta) ve maksimum çekme kuvveti 15.656 ton (4" x 3.062m'lik çubukta) dur. Maksimum gerilmeler ise 1.261 ton/cm² basınç (1 1/4" x 2.50 m'lik çubukta) ve 1.433 ton/cm² çekme (1 1/2" x 3.062m'lik çubukta) dir.

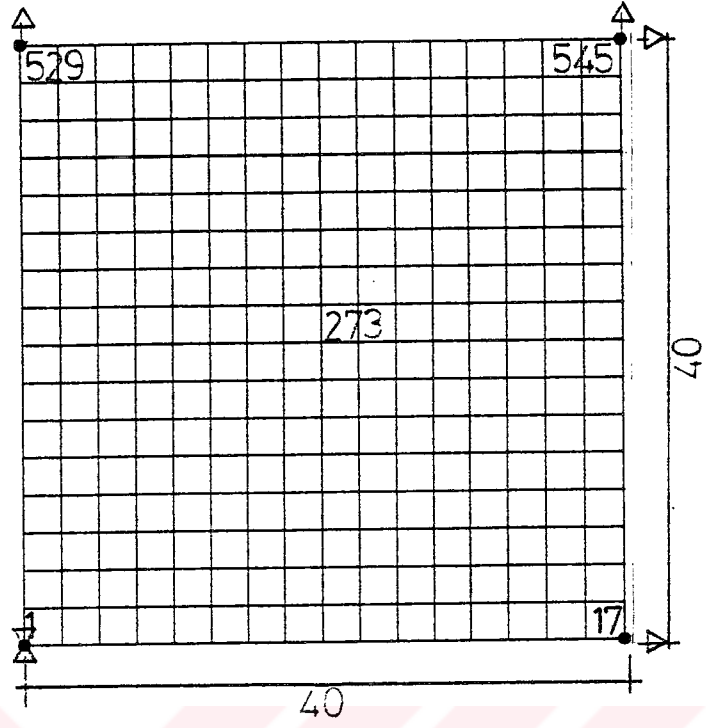
Maksimum mesnet deplasmanları x ve y yönünde 0.0079 m civarındadır. Mesnetler 160 mm'lik 4 adet yekpare kürelerden oluşturulmuşlardır.

Sistem maliyeti %53 boru, %13 boru işçiliği, %6.5 konik, %2.5 somun, %6 civata, %3 ambalaj, %15.5 küre, %0.5 pim olarak dağılmaktadır. Toplam maliyete mesnet, aşık, aşık elemanı, aşık civatası, kaplama ve boya masrafları dahil edilmemiştir.

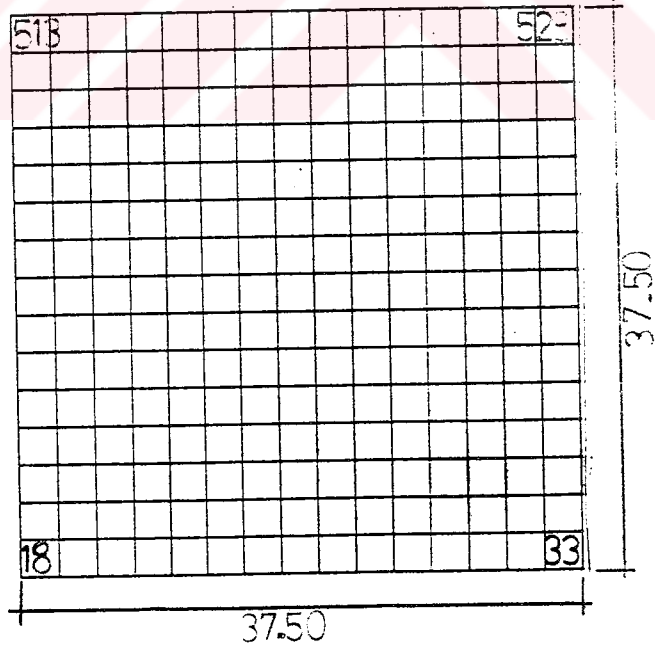
4.4.1.2. Dış Çerçeve Dört Köşede Bir Mesnet (KK2) :



Şekil 4.7. (Plan + Kesitler)



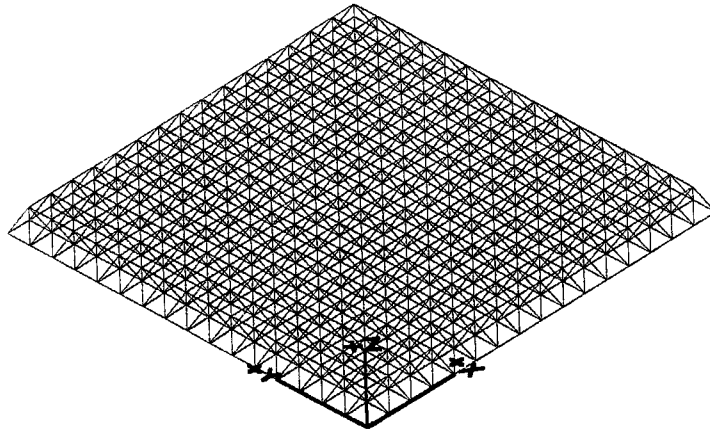
Şekil 4.8. (Alt Izgara ve Mesnet Yerleri)



Şekil 4.9. (Üst Izgara)

Düzlem uzay kafes sistem, dış köşelerinden 4 adet mesnetle taşınmıştır. Alt ve üst ızgarası kare formludur (Şekil 4.7-4.9-4.10).

Modül boyu	:2.50 m
Sistem yüksekliği	:2.50 m
Maksimum açıklık	:40.00 m
Sistem alanı	:1600.00 m ²
Öz yük	:35.20 kg/m ²
Aşık+kaplama+kar veya kullanım yükü	:100.00 kg/m ²
Rüzgar yükü (emme)	:80.00 kg/m ²
Boru adedi	:2048
Küre adedi	:545
Sistemin ağırlığı	:56323 kg
Maliyet birimi (max.100)	:79



Şekil 4.10. (x, y ve z doğrultuları)

Sistemin (Şekil 4.8.) 1 numaralı düğüm noktasına rastlayan mesneti hem x, hemde y doğrultusunda tutulu, 17 numaralı düğüm noktasında sadece x doğrultusunda hareketli, 529 numaralı düğüm noktasında sadece y doğrultusunda hareketli ve 545 numaralı düğüm noktasındaki mesnet ise hem x, hemde y doğrultusunda hareketli olarak tasarlanmıştır.

Yatay deplasmanlar incelendiğinde maksimum yatay deplasmanın 0.024 m (<0.035 m) civarında olması nedeniyle sistem kaplama malzemeleri uygulamasında herhangi bir problem doğurmayacağı sonucuna varılmıştır.

Düğüm noktası deplasmanları incelendiğinde, maksimum deplasmanın 273 numaralı düğüm noktasında 0.185 m (-z yönünde) olduğu görülmektedir (Şekil 4.8). 0.185 m deplasman sistemin yapması gereken maksimum sehim olan 0.133 m'den ($L/300$) fazla çıkmaktadır. Dolayısıyla emniyet limitlerini 0.052 m aşmaktadır.

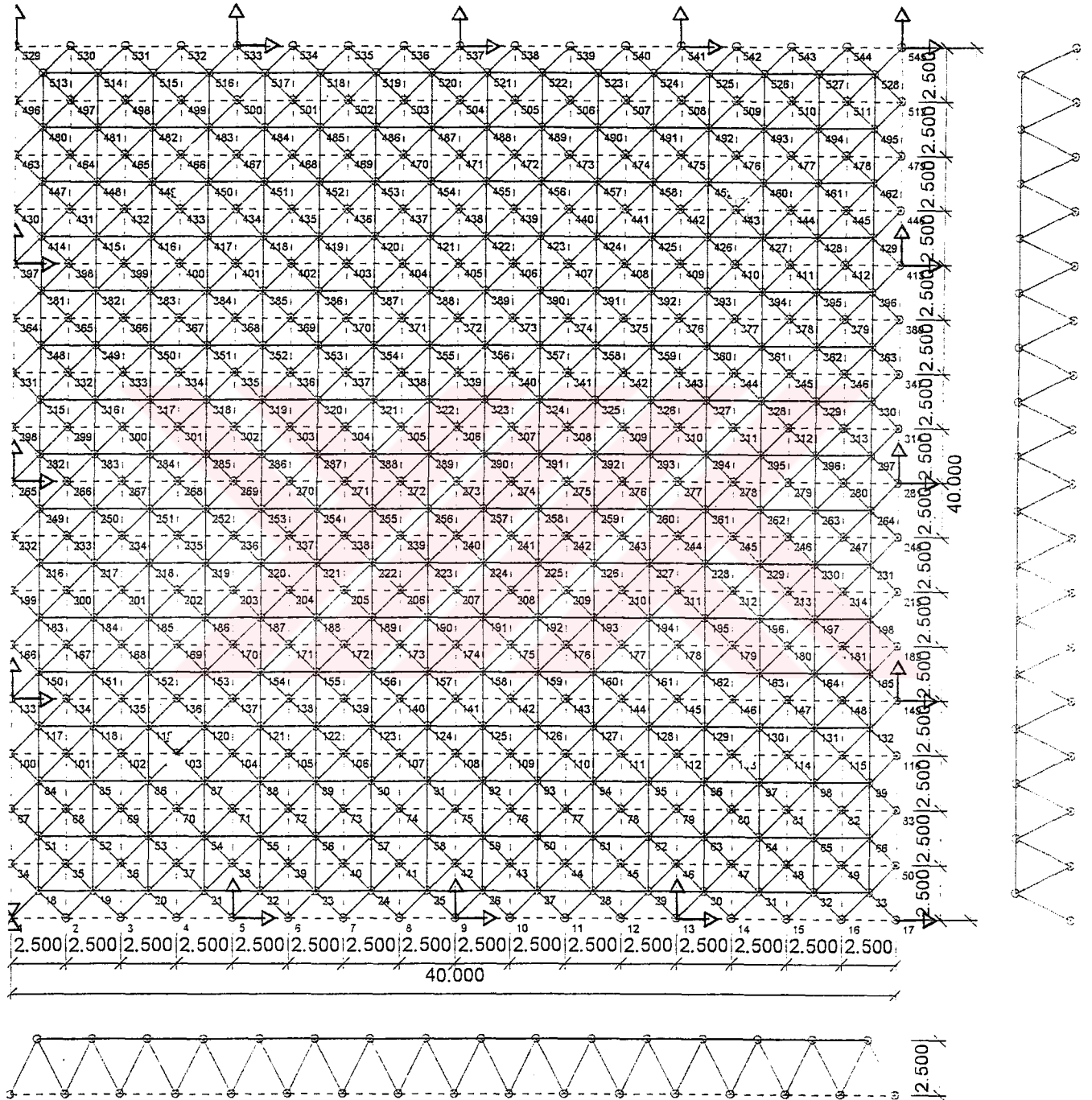
Düğüm noktalarını oluşturan küre ebatları çubuk çaplarının değişmesi ve civata, somun, konik ve boruların birbirlerine temasını önleyecek şekilde boyutlandırılır. Bu nedenle genellikle seçilen küre çapları, aktardıkları kuvvetlerin gerektirdiği çaplardan daha büyük olarak seçilir. Bu örnekte de 25 adet 60 mm , 148 adet 90 mm, 180 adet 130 mm, 68 adet 160 mm, 124 adet 200mm'lik küreler düğüm noktalarını oluşturur.

Maksimum mesnet deplasmanı x ve y yönünde 0.024m'dir. Mesnetler 4 adet 200 mm çapında küreden oluşturulmuştur.

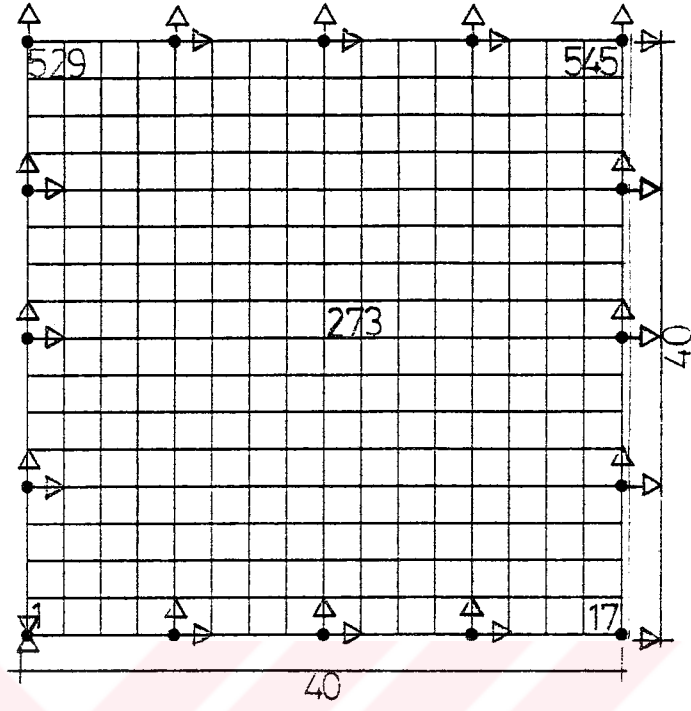
2.50 m ve 3.062 m uzunluğundaki çubuk enkesitleri 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4", 5", 6", 8" olmak üzere 9 ayrı çapta tasarlanmıştır. Kullanılan malzeme St37'dir. Çubuklar üzerine etkileyen maksimum basınç kuvveti 69.946 ton (8" x 2.50m'lik çubukta) ve maksimum çekme kuvveti 84.073 ton (8" x 2.50m'lik çubukta) dur. Maksimum gerilmeler ise 1.335 ton/cm² basınç (8" x 2.50 m'lik çubukta) ve 1.791 ton/cm² çekme (8" x 2.50m'lik çubukta) dir.

Sistem maliyeti %33 boru, %6.5 boru işçiliği, %12.5 konik, %2 somun, %14 civata, %0.9 ambalaj, %31 küre, %0.1 pim olarak dağılmaktadır. Toplam maliyete mesnet, aşık, aşık elemanı, aşık civatası, kaplama ve boya masrafları dahil edilmemiştir.

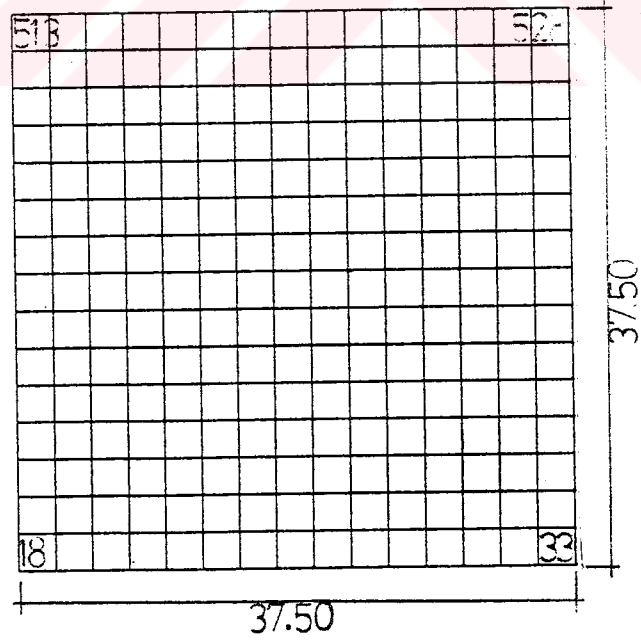
4.4.1.3. Dış Çerçeve de Dört Modülde Bir Mesnet (KK3):



Şekil 4.11. (Plan + Kesitler)



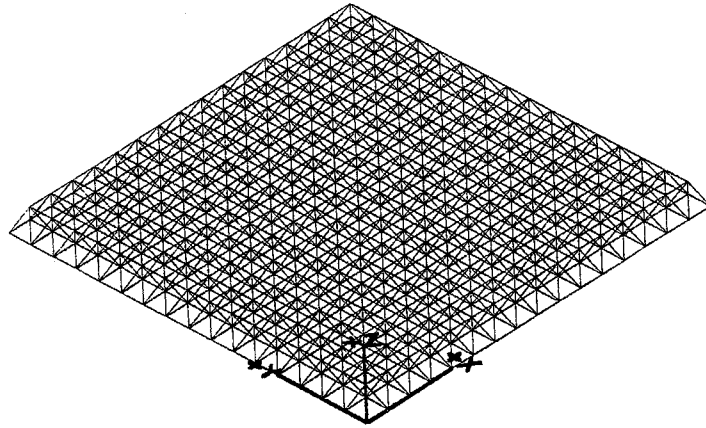
Şekil 4.12. (Alt Izgara ve Mesnet Yerleri)



Şekil 4.13. (Üst Izgara)

Düzlem uzay kafes sistem, dış sınırlarından dört modülde bir konumlandırılmış 16 adet mesnetle taşınmıştır. Alt ve üst ızgarası kare formludur (Şekil 4.11-4.12-4.13).

Modül boyu	:2.50 m
Sistem yüksekliği	:2.50 m
Maksimum açıklık	:40.00 m
Sistem alanı	:1600.00 m ²
Öz yük	:19.80 kg/m ²
Aşık+kaplama+kar veya kullanım yükü	:100.00 kg/m ²
Rüzgar yükü (emme)	:80.00 kg/m ²
Boru adedi	:2048
Küre adedi	:545
Sistemin ağırlığı	:31650 kg
Maliyet birimi (max.100)	:32



Şekil 4.14. (x, y ve z Doğrultuları)

Sistemin (Şekil 4.12.) 1 numaralı düğüm noktasına rastlayan mesneti hem x, hemde y doğrultusunda tutulu, 17 numaralı düğüm noktasında sadece x doğrultusunda hareketli, 529 numaralı düğüm noktasında sadece y doğrultusunda hareketli ve 545 numaralı düğüm noktasındaki mesnet ise hem x, hemde y doğrultusunda hareketli olarak tasarlanmıştır. Aralardaki diğer mesnetler x ve y yönlerinde hareketlidirler.

Yatay deplasmanlar incelendiğinde maksimum yatay deplasmanın 0.013 m (< 0.035 m) civarında olması nedeniyle sistemin kaplama uygulamasında herhangi bir problem doğurmayacağı sonucuna varılmıştır.

Düğüm noktası deplasmanları incelendiğinde, maksimum deplasmanların 273 numaralı düğüm noktasında 0.092 m (-z yönünde) olduğu görülmektedir (Şekil 4.12). Bu değerler de emniyet limitleri içinde yer almaktadırlar ($L/300$).

Düğüm noktalarını oluşturan küre ebatları çubuk çaplarının değişmesi ve civata, somun, konik ve boruların birbirlerine temasını önleyecek şekilde boyutlandırılır. Bu nedenle genellikle seçilen küre çapları, aktardıkları kuvvetlerin gerektirdiği çaplardan daha büyük olarak seçilir. Bu örnekte de 116 adet 60 mm , 328 adet 90 mm, 101 adet 130 mm'lik küreler düğüm noktalarını oluşturur.

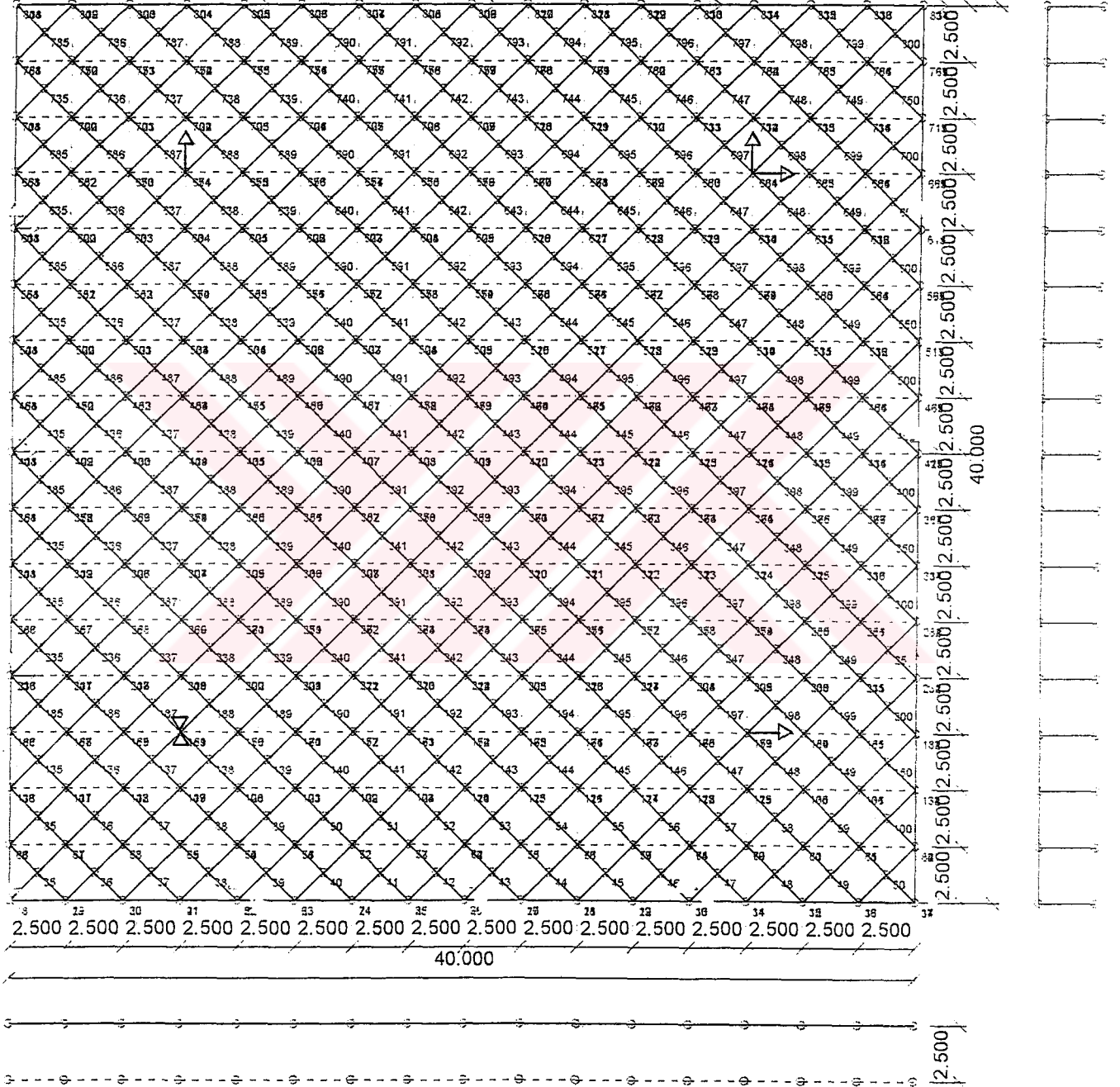
Maksimum mesnet deplasmanı x ve y yönünde 0.013m'dir. Mesnetler 4 adet 90mm'lik ve 12 adet 130mm'lik yekpare kürelerden oluşturulmuşlardır.

2.50 m ve 3.062 m uzunluğundaki çubuk enkesitleri 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4" olmak üzere 6 ayrı çapta tasarlanmıştır. Kullanılan malzeme St37'dir. Çubuklar üzerine etkiyen maksimum basınç kuvveti 20.180 ton (4" x 2.50m'lik çubukta) ve maksimum çekme kuvveti 17.506 ton (4" x 2.50m'lik çubukta) dir. Maksimum gerilmeler ise 1.300 ton/cm² basınç (4" x 2.50 m'lik çubukta) ve 1.430 ton/cm² çekme (3" x 2.50m'lik çubukta) dir.

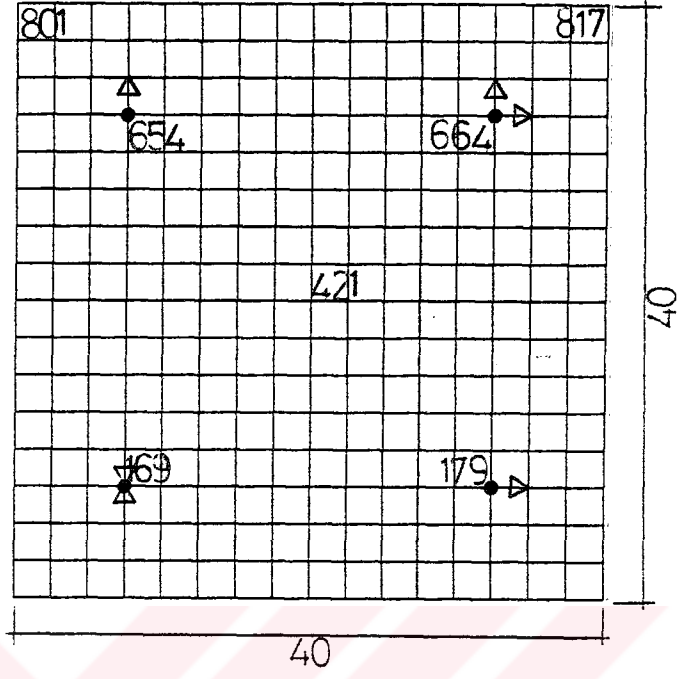
Sistem maliyeti %49.5 boru, %11.3 boru işçiliği, %8 konik, %3 somun, %8 civata, %2.2 ambalaj, %17.7 küre, %0.3 pim olarak dağılmaktadır. Toplam maliyete mesnet, aşıklar, aşıklar elemanı, aşıklar civatası, kaplama ve boya masrafları dahil edilmemiştir.

4.4.2. Alt Kare, Üst Izgara Çapraz Modülasyonlu Uzay Kafes Sistemler :

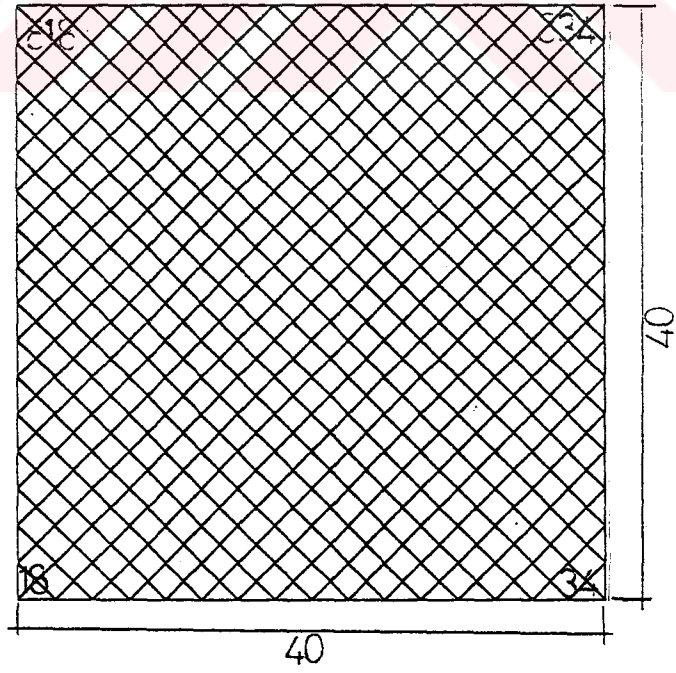
4.4.2.1. Üç Modül İçeriden (Konsol) Dört Mesnet (KÇ1) :



Şekil 4.15. (Plan + Kesitler)



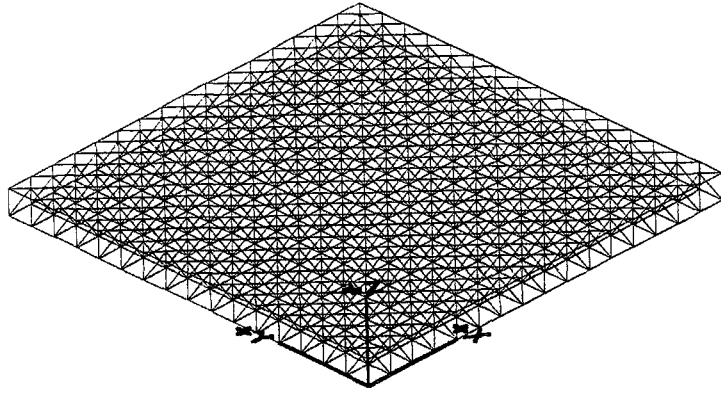
Şekil 4.16. (Alt Izgara ve Mesnet Yerleri)



Şekil 4.17. (Üst Izgara)

Düzlem uzay kafes sistem, köşelerinden 3'er modül (7.50m) içeriye çekilerek sistemi 3/10 oranında konsol çalıştıran 4 adet mesnetle taşınmıştır. Alt ızgarası kare, üst ızgarası çapraz formeldur (Şekil 4.15-4.16-4.17).

Modül boyu	:2.50 m
Sistem yüksekliği	:2.50 m
Maksimum açıklık	:25.00 m
Sistem alanı	:1600.00 m ²
Öz yük	:17.50 kg/m ²
Aşık+kaplama+kar veya kullanım yükü	:100.00 kg/m ²
Rüzgar yükü (emme)	:80.00 kg/m ²
Boru adedi	:2945
Küre adedi	:834
Sistemin ağırlığı	:28079 kg
Maliyet birimi (max.100)	:30



Şekil 4.18. (x, y ve z Doğrultuları)

Sistemin (Şekil 4.16.) 169 numaralı düğüm noktasına rastlayan mesneti hem x, hemde y doğrultusunda tutulu, 179 numaralı düğüm noktasında sadece x doğrultusunda hareketli, 654 numaralı düğüm noktasında sadece y doğrultusunda hareketli ve 664 numaralı düğüm noktasındaki mesnet ise hem x, hemde y doğrultusunda hareketli olarak tasarlanmıştır.

Yatay deplasmanlar incelendiğinde maksimum yatay deplasmanların 0.0072 m civarında olması nedeniyle sistemin kaplama malzemeleri uygulamasında herhangi bir problem doğurmayacağı sonucuna varılmıştır.

Düğüm noktası deplasmanları incelendiğinde, maksimum deplasmanların 421 numaralı düğüm noktasında 0.053 m (-z yönünde), 817 numaralı düğüm noktasında 0.023 m (+z yönünde) olduğu görülmektedir (Şekil 4.16). Bu değerler emniyet limitleri içinde yer almaktadırlar (L/300).

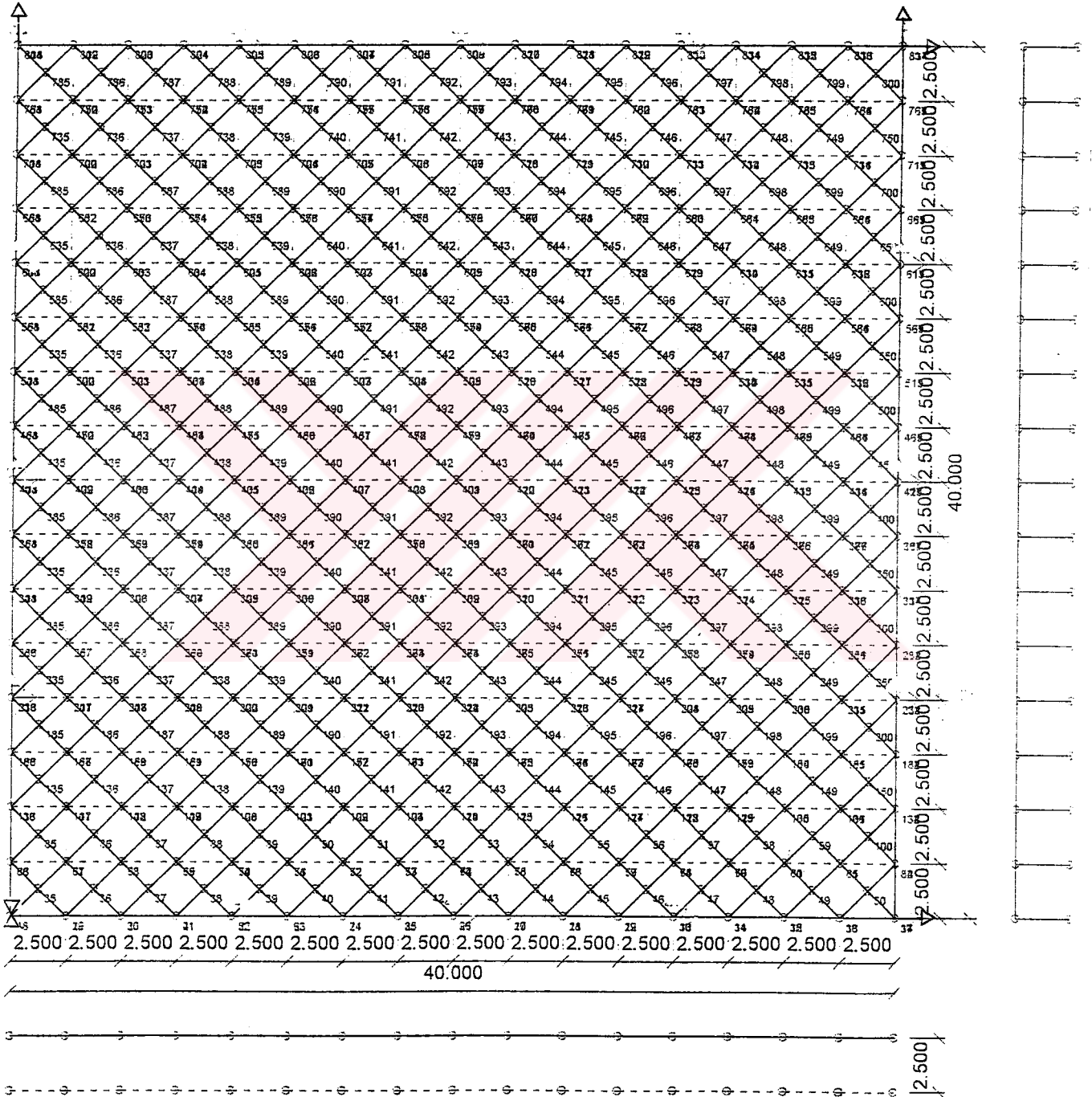
Düğüm noktalarını oluşturan küre ebatları çubuk çaplarının değişmesi ve civata, somun, konik ve boruların birbirlerine temasını önleyecek şekilde boyutlandırılır. Bu nedenle genellikle seçilen küre çapları, aktardıkları kuvvetlerin gerektirdiği çaplardan daha büyük olarak seçilir. Bu örnekte de 396 adet 60 mm, 410 adet 90 mm, 24 adet 130 mm, 4 adet 160 mm'lik küreler düğüm noktalarını oluşturur.

Maksimum mesnet deplasmanı x ve y yönünde 0.005m'dir. Mesnetler 4 adet 160mm çapında yekpare küreden oluşturulmuşlardır.

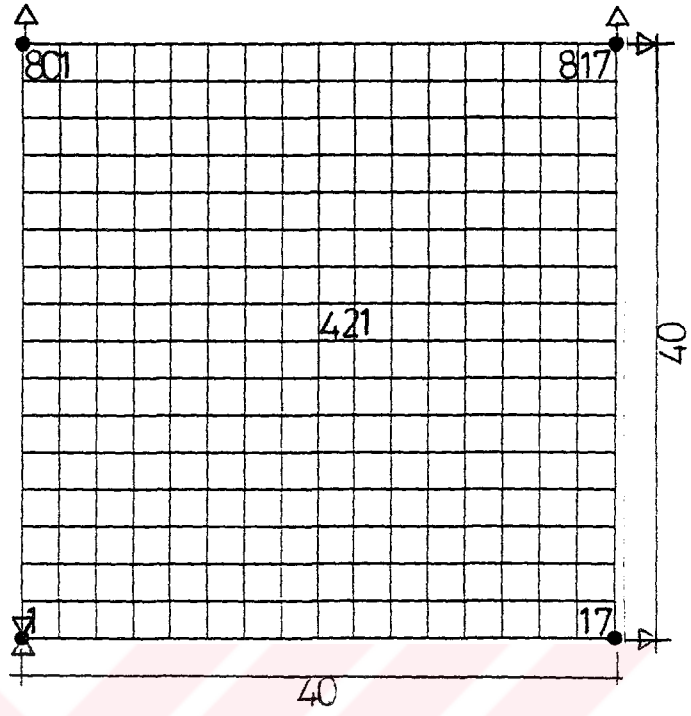
1.768m, 2.50 m ve 3.062 m uzunluğundaki çubuk enkesitleri 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4" olmak üzere 7 ayrı çapta tasarlanmıştır. Kullanılan malzeme St37'dir. Çubuklar üzerine etkiyen maksimum basınç kuvveti 16.475 ton (4" x 1.768m'lik çubukta) ve maksimum çekme kuvveti 14.886 ton (4" x 3.062m'lik çubukta) dur. Maksimum gerilmeler ise 1.258 ton/cm² basınç (1 1/4" x 2.50 m'lik çubukta) ve 1.434 ton/cm² çekme (2.5" x 3.062m'lik çubukta) dir.

Sistem maliyeti %48 boru, %14 boru işçiliği, %6 konik, %2.8 somun, %6.4 civata, %3.3 ambalaj, %19 küre, %0.5 pim olarak dağılmaktadır. Toplam maliyete mesnet, aşık, aşık elemanı, aşık civatası, kaplama ve boya masrafları dahil edilmemiştir.

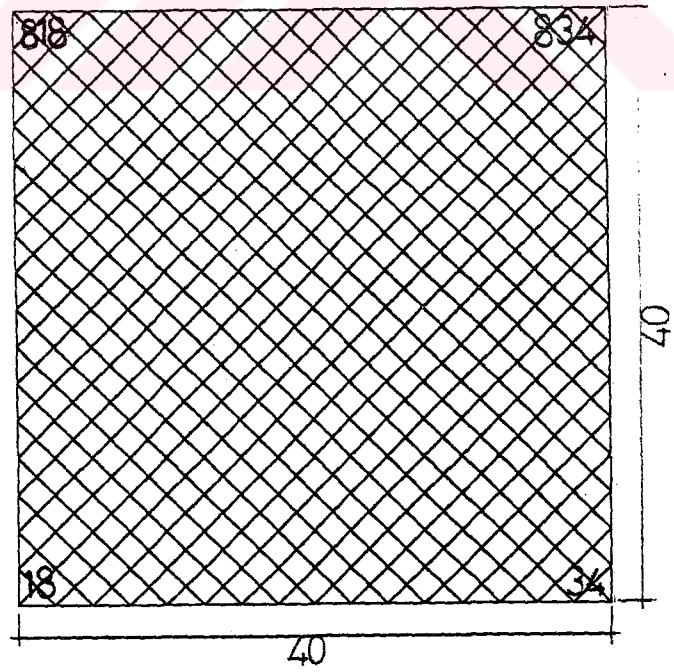
4.4.2.2. Dış Çerçeve Dört Köşede Bir Mesnet (KÇ2) :



Şekil 4.19. (Plan + Kesitler)



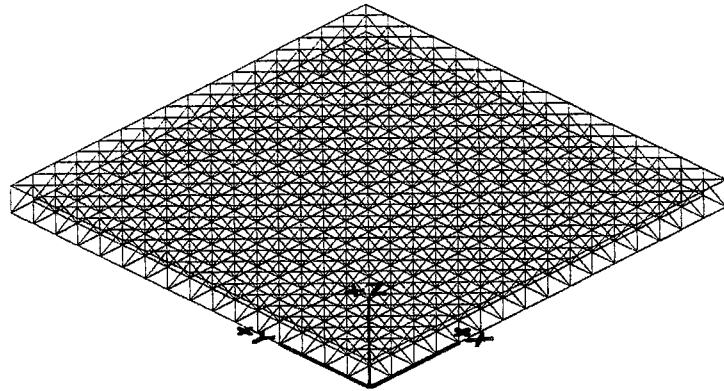
Şekil 4.20. (Alt Izgara ve Mesnet Yerleri)



Şekil 4.21. (Üst Izgara)

Düzlem uzay kafes sistem, dış köşelerinden 4 adet mesnetle taşınmıştır. Alt kare ve üst ızgarası çapraz formlidir (Şekil 4.19-4.20-4.21).

Modül boyu	:2.50 m
Sistem yüksekliği	:2.50 m
Maksimum açıklık	:40.00 m
Sistem alanı	:1600.00 m ²
Öz yük	:35.90 kg/m ²
Aşık+kaplama+kar veya kullanım yükü	:100.00 kg/m ²
Rüzgar yükü (emme)	:80.00 kg/m ²
Boru adedi	:2945
Küre adedi	:834
Sistemin ağırlığı	:63291 kg
Maliyet birimi (max.100)	:93



Şekil 4.22. (x, y ve z Doğrultuları)

Sistemin (Şekil 4.20.) 1 numaralı düğüm noktasına rastlayan mesneti hem x, hemde y doğrultusunda tutulu, 17 numaralı düğüm noktasında sadece x doğrultusunda hareketli, 801 numaralı düğüm noktasında sadece y doğrultusunda hareketli ve 817 numaralı düğüm noktasındaki mesnet ise hem x, hemde y doğrultusunda hareketli olarak tasarlanmışlardır.

Yatay deplasmanlar incelendiğinde maksimum yatay deplasmanın 0.025 m (<0.035 m) civarında olması nedeniyle sistem kaplama malzemeleri uygulamasında herhangi bir problem doğurmayacağı sonucuna varılmıştır.

Düğüm noktası deplasmanları incelendiğinde, maksimum deplasmanların 421 numaralı düğüm noktasında 0.20 m (-z yönünde) olduğu görülmektedir (Şekil 4.20.). 0.20 m deplasman sistemin yapması gereken maksimum sehim olan 0.133 m'den ($L/300$) fazla çıkmaktadır. Dolayısıyla emniyet limitlerini 0.067 m aşmaktadır.

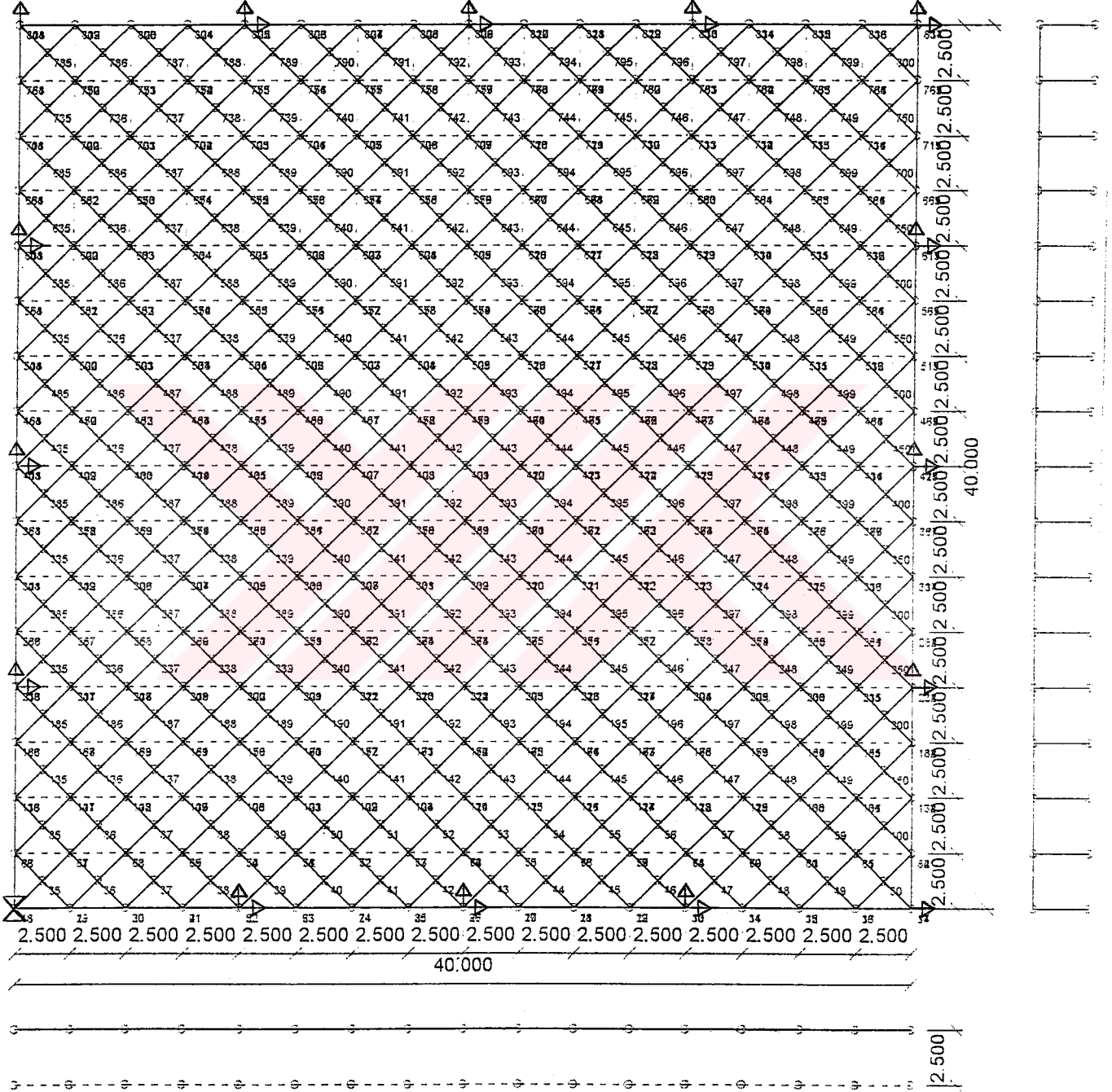
Düğüm noktalarını oluşturan küre ebatları çubuk çaplarının değişmesi ve civata, somun, konik ve boruların birbirlerine temasını önleyecek şekilde boyutlandırılır. Bu nedenle genellikle seçilen küre çapları, aktardıkları kuvvetlerin gerektirdiği çaplardan daha büyük olarak seçilir. Bu örnekte de 84 adet 60 mm , 217 adet 90 mm, 328 adet 130 mm, 92 adet 160 mm, 109 adet 200mm'lik küreler düğüm noktalarını oluşturur.

Maksimum mesnet deplasmanı x ve y yönünde 0.02m'dir. Mesnetler 4 adet 200 mm çapında küreden oluşturulmuşlardır.

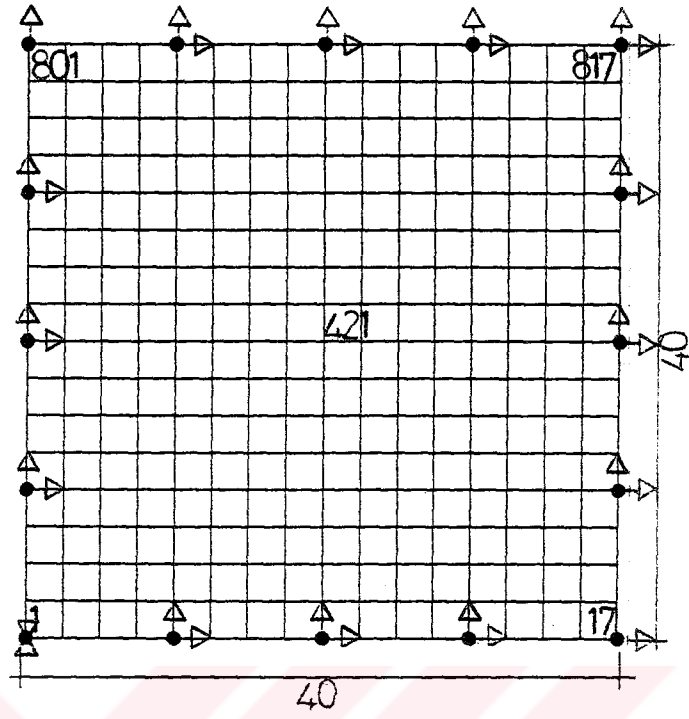
1.768, 2.50 m ve 3.062 m uzunluğundaki çubuk enkesitleri 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4", 5", 6", 8" olmak üzere 10 ayrı çapta tasarlanmıştır. Kullanılan malzeme St37'dir. Çubuklar üzerine etkiyen maksimum basınç kuvveti 79.309 ton (8" x 2.50m'lik çubukta) ve maksimum çekme kuvveti 68.042 ton (8" x 3.062m'lik çubukta) dur. Maksimum gerilmeler ise 1.678 ton/cm² basınç (8" x 2.50 m'lik çubukta) ve 1.412 ton/cm² çekme (2 1/2" x 3.062m'lik çubukta) dir.

Sistem maliyeti %32.50 boru, %7.3 boru işçiliği, %12.3 konik, %2.7 somun, %13.7 civata, %1 ambalaj, %30.30 küre, %0.2 pim olarak dağılmaktadır. Toplam maliyete mesnet, aşık, aşık elemanı, aşık civatası, kaplama ve boya masrafları dahil edilmemiştir.

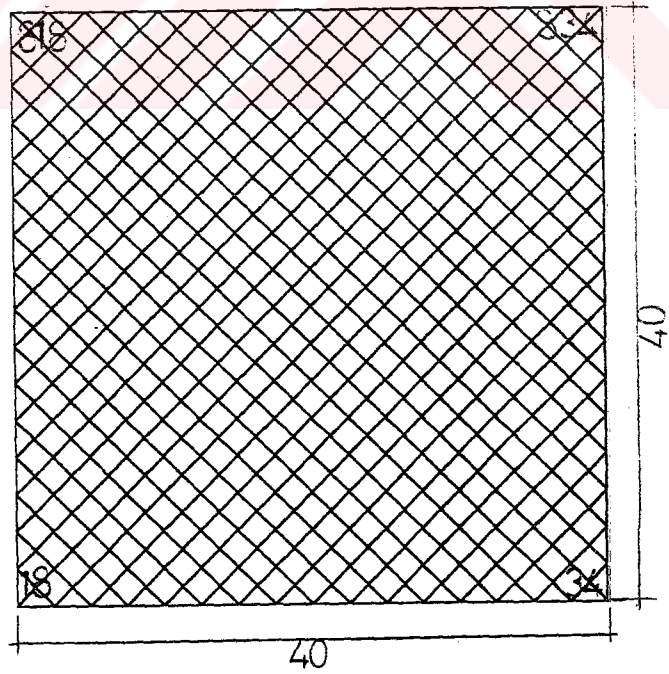
4.4.2.3. Dış Çerçeve Dört Modülde Bir Mesnet (KÇ3) :



Şekil 4.23. (Plan + Kesitler)



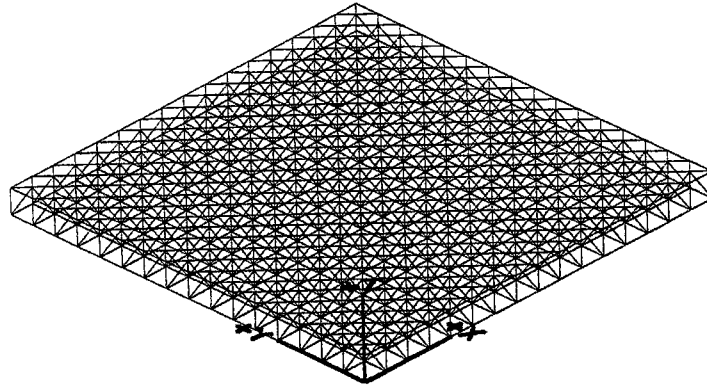
Şekil 4.24. (Alt Izgara ve Mesnet Yerleri)



Şekil 4.25. (Üst Izgara)

Düzlem uzay kafes sistem, dış sınırlarından dört modüle bir konumlandırılmış 16 adet mesnetle taşınmıştır. Alt ızgarası kare ve üst ızgarası çapraz formudur (Şekil 4.23-4.24-4.25).

Modül boyu	:2.50 m
Sistem yüksekliği	:2.50 m
Maksimum açıklık	:40.00 m
Sistem alanı	:1600.00 m ²
Öz yük	:21.20 kg/m ²
Aşık+kaplama+kar veya kullanım yükü	:100.00 kg/m ²
Rüzgar yükü (emme)	:80.00 kg/m ²
Boru adedi	:2945
Küre adedi	:834
Sistemin ağırlığı	:33856 kg
Maliyet birimi (max.100)	:36



Şekil 4.26. (x, y ve z Doğrultuları)

Sistemin (Şekil 4.24.) 1 numaralı düğüm noktasına rastlayan mesneti hem x, hemde y doğrultusunda tutulu, 17 numaralı düğüm noktasında sadece x doğrultusunda hareketli, 801 numaralı düğüm noktasında sadece y doğrultusunda hareketli ve 817 numaralı düğüm noktasındaki mesnet ise hem x, hemde y doğrultusunda hareketli olarak tasarlanmışlardır. Aralardaki diğer mesnetler x ve y yönlerinde hareketlidirler.

Yatay deplasmanlar incelendiğinde maksimum yatay deplasmanın 0.011 m ($< 0.035\text{m}$) civarında olması nedeniyle sistemin kaplama uygulamasında herhangi bir problem doğurmayacağı sonucuna varılmıştır.

Düğüm noktası deplasmanları incelendiğinde, maksimum deplasmanların 421 numaralı düğüm noktasında 0.082 m (-z yönünde) olduğu görülmektedir (Şekil 4.24). Bu değerler de emniyet limitleri içinde yer almaktadırlar ($L/300$).

Düğüm noktalarını oluşturan küre ebatları çubuk çaplarının değişmesi ve civata, somun, konik ve boruların birbirlerine temasını önleyecek şekilde boyutlandırılır. Bu nedenle genellikle seçilen küre çapları, aktardıkları kuvvetlerin gerektirdiği çaplardan daha büyük olarak seçilir. Bu örnekte de 205 adet 60 mm, 584 adet 90 mm, 29 adet 130 mm'lik küreler düğüm noktalarını oluşturur.

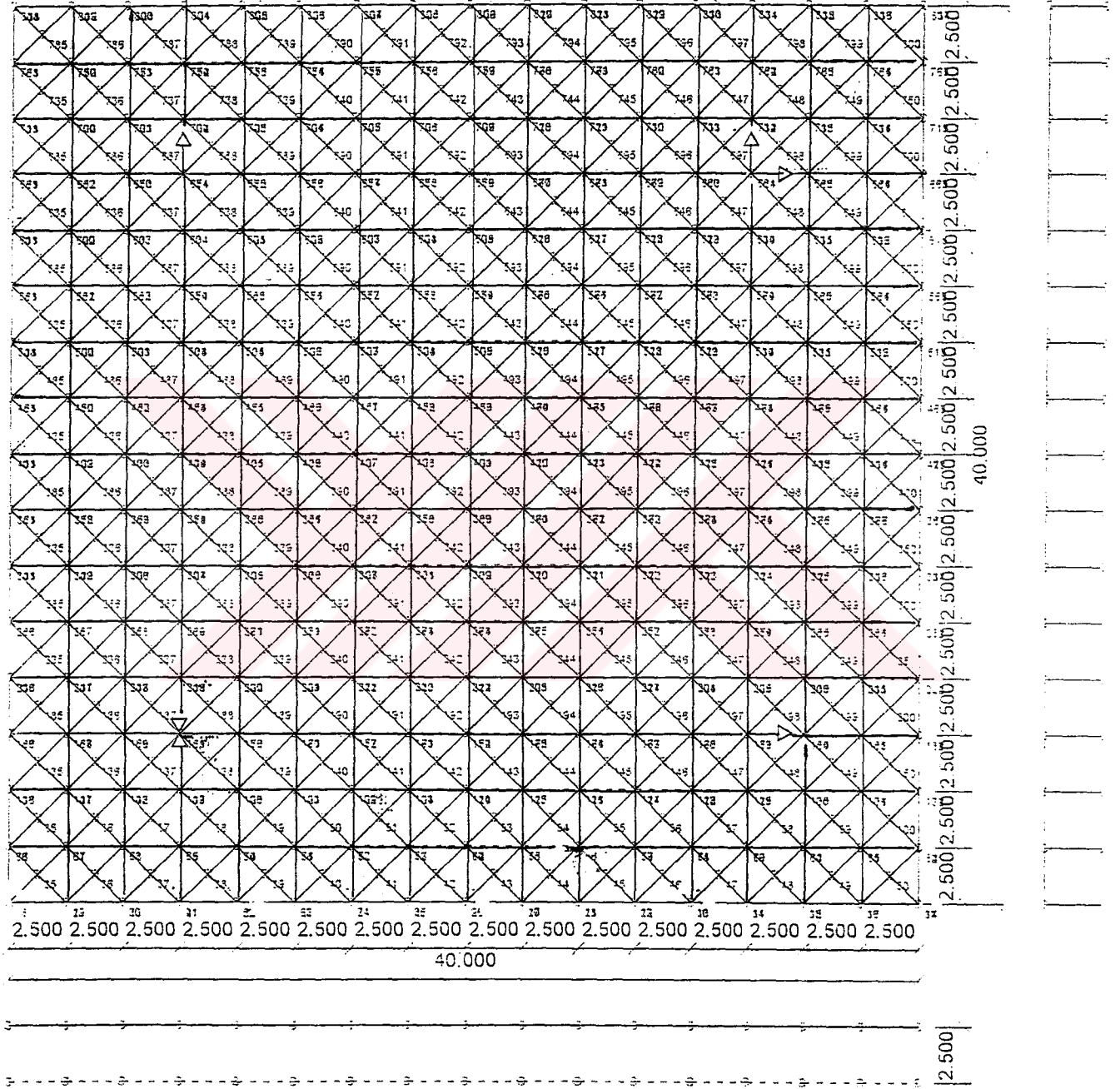
Maksimum mesnet deplasmanı x ve y yönünde 0.011m'dir. Mesnetler 16 adet 130mm'lik yekpare küreden oluşturulmuşlardır.

1.768, 2.50 m ve 3.062 m uzunluğundaki çubuk enkesitleri 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4", 5", 6" olmak üzere 9 ayrı çapta tasarlanmıştır. Kullanılan malzeme St37'dir. Çubuklar üzerine etkiyen maksimum basınç kuvveti 28.068 ton (6" x 2.50m'lik çubukta) ve maksimum çekme kuvveti 13.324 ton (4" x 3.062m'lik çubukta) dur. Maksimum gerilmeler ise 1.190 ton/cm² basınç (5" x 2.50 m'lik çubukta) ve 1.387 ton/cm² çekme (2" x 1.768'lik çubukta) dir.

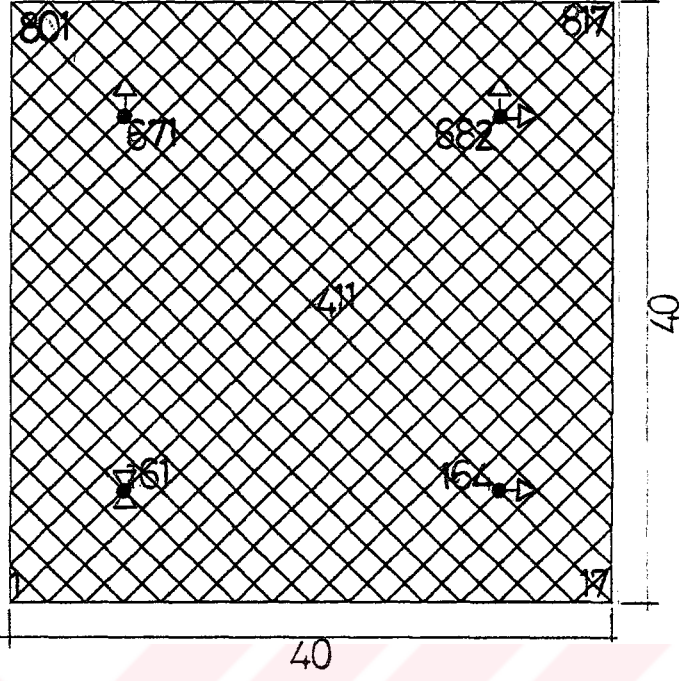
Sistem maliyeti %48.10 boru, %13.10 boru işçiliği, %7.65 konik, %2.95 somun, %7.75 civata, %2.7 ambalaj, %17.35 küre, %0.4 pim olarak dağılmaktadır. Toplam maliyete mesnet, aşık, aşık elemanı, aşık civatası, kaplama ve boya masrafları dahil edilmemiştir.

4.4.3. Alt Çapraz, Üst Izgarası Kare Modülasyonlu Uzay Kafes Sistemler :

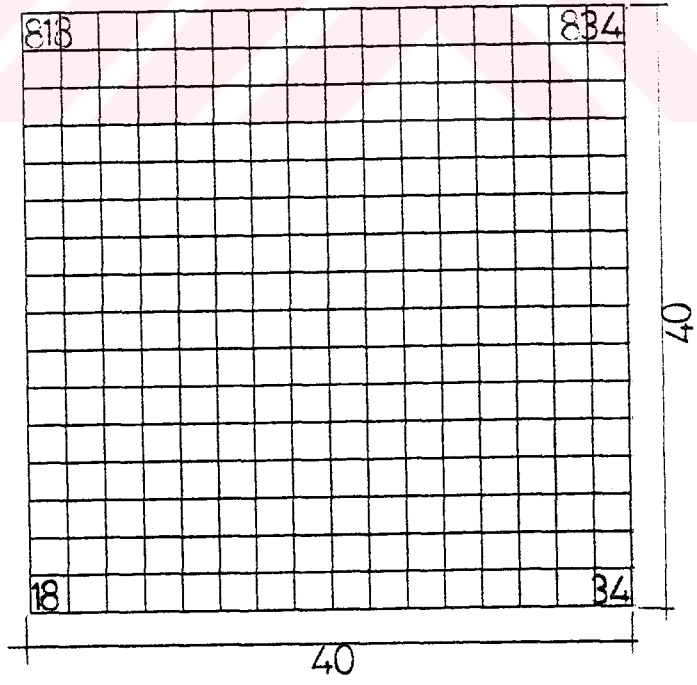
4.4.3.1. Üç Modül İçeriden (Konsol) Dört Mesnet (ÇK1) :



Şekil 4.27. (Plan + Kesitler)



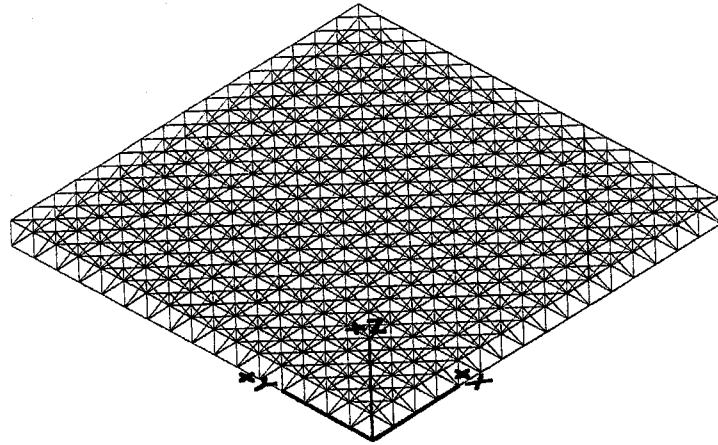
Şekil 4.28. (Alt Izgara ve Mesnet Yerleri)



Şekil 4.29. (Üst Izgara)

Düzlem uzay kafes sistem, köşelerinden 3'er modül (7.50m) içeriye çekilerek sistemi 3/10 oranında konsol çalıştıran 4 adet mesnetle taşınmıştır. Alt çapraz ve üst ızgarası kare formundadır (Şekil 4.27-4.28-4.29).

Modül boyu	:2.50 m
Sistem yüksekliği	:2.50 m
Maksimum açıklık	:25.00 m
Sistem alanı	:1600.00 m ²
Öz yük	:19.0 kg/m ²
Aşık+kaplama+kar veya kullanım yükü	:100.00 kg/m ²
Rüzgar yükü (emme)	:80.00 kg/m ²
Boru adedi	:2945
Küre adedi	:834
Sistemin ağırlığı	:29514 kg
Maliyet birimi (max.100)	:34



Şekil 4.30. (x, y ve z Doğrultuları)

Sistemin (Şekil 4.28.) 161 numaralı düğüm noktasına rastlayan mesneti hem x, hemde y doğrultusunda tutulu, 164 numaralı düğüm noktasında sadece x doğrultusunda hareketli, 672 numaralı düğüm noktasında sadece y doğrultusunda hareketli ve 682 numaralı düğüm noktasındaki mesnet ise hem x, hemde y doğrultusunda hareketli olarak tasarlanmıştır.

Yatay deplasmanlar incelendiğinde maksimum yatay deplasmanların 0.010m civarında olması nedeniyle sistemin kaplama uygulamasında herhangi bir problem doğurmayacağı sonucuna varılmıştır.

Düğüm noktası deplasmanları incelendiğinde, maksimum deplasmanların 411 numaralı düğüm noktasında 0.056 m (-z yönünde), 34 numaralı düğüm noktalarında 0.024 m (+z yönünde) olduğu görülmektedir (Şekil 4.28). Bu değerler de emniyet limitleri içinde yer almaktadırlar ($L/300$).

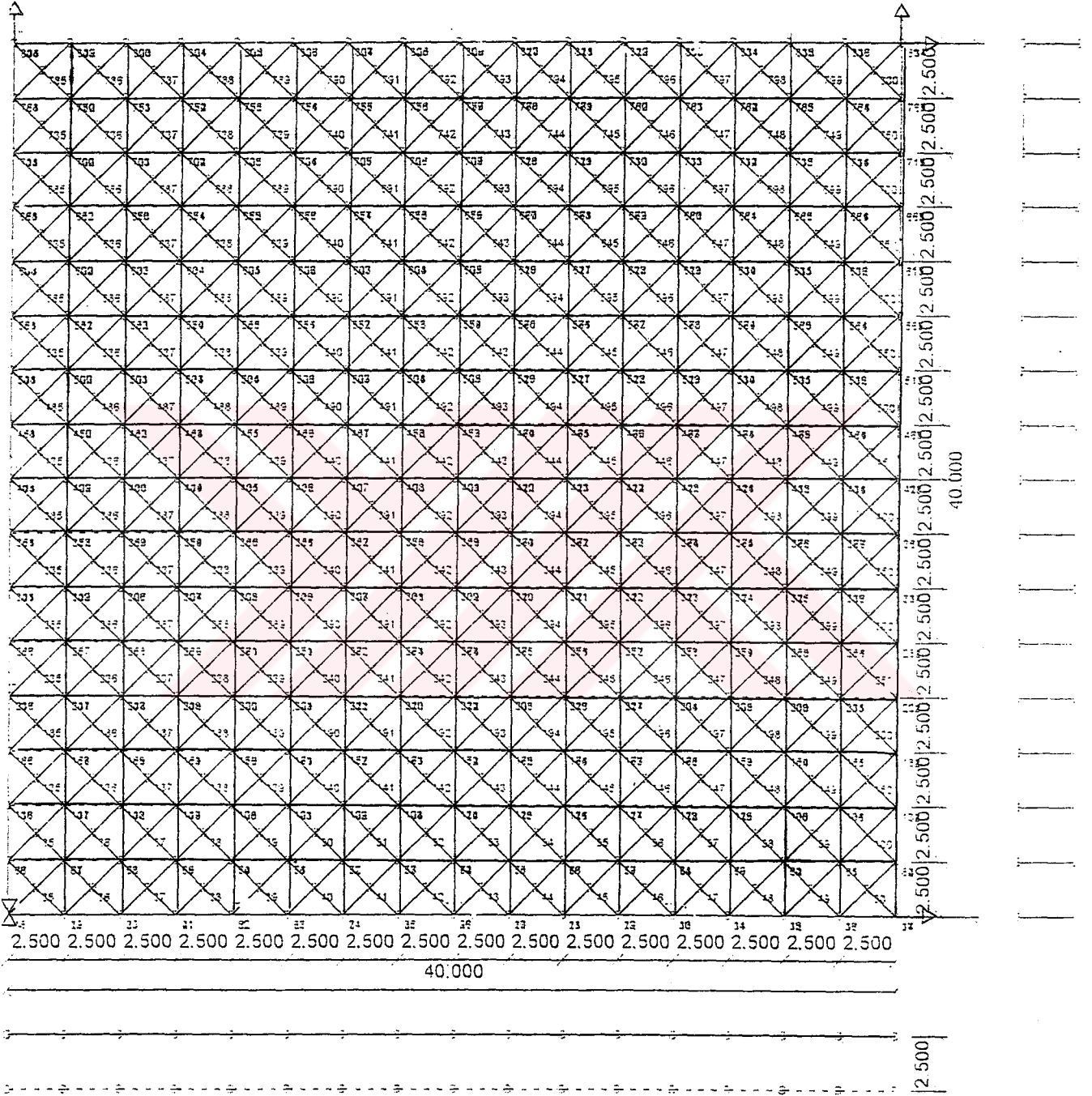
Düğüm noktalarını oluşturan küre ebatları çubuk çaplarının değişmesi ve civata, somun, konik ve boruların birbirlerine temasını önleyecek şekilde boyutlandırılır. Bu nedenle genellikle seçilen küre çapları, aktardıkları kuvvetlerin gerektirdiği çaplardan daha büyük olarak seçilir. Bu örnekte de 384 adet 60 mm , 410 adet 90 mm, 32 adet 130 mm, 4 adet 240 mm'lik küreler düğüm noktalarını oluşturur.

1.768 m, 2.50 m ve 3.062 m uzunluğundaki çubuk enkesitleri 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4", 8" olmak üzere 7 ayrı çapta tasarlanmıştır. Kullanılan malzeme St37'dir. Çubuklar üzerine etkileyen maksimum basınç kuvveti 15.966 ton (4" x 3.062m'lik çubukta) ve maksimum çekme kuvveti 46.923 ton (8" x 2.50m'lik çubukta) dur. Maksimum gerilmeler ise 1.303 ton/cm² basınç (1 1/4" x 1.768 m'lik çubukta) ve 1.431 ton/cm² çekme (2" x 3.062m'lik çubukta) dir.

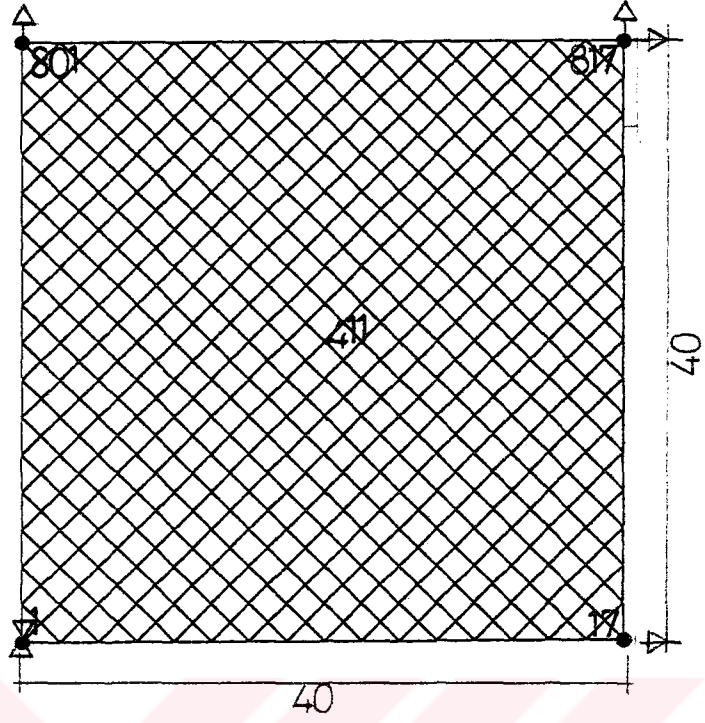
Maksimum mesnet deplasmanları x ve y yönünde 0.0079 m civarındadır. Mesnetler 160 mm'lik yekpare kürelerden oluşturulmuştur.

Sistem maliyeti %49.5 boru, %13 boru işçiliği, %6 konik, %2.6 somun, %6.5 civata, %3 ambalaj, %19 küre, %0.4 pim olarak dağılmaktadır. Toplam maliyete mesnet, aşık, aşık elemanı, aşık civatası, kaplama ve boya masrafları dahil edilmemiştir.

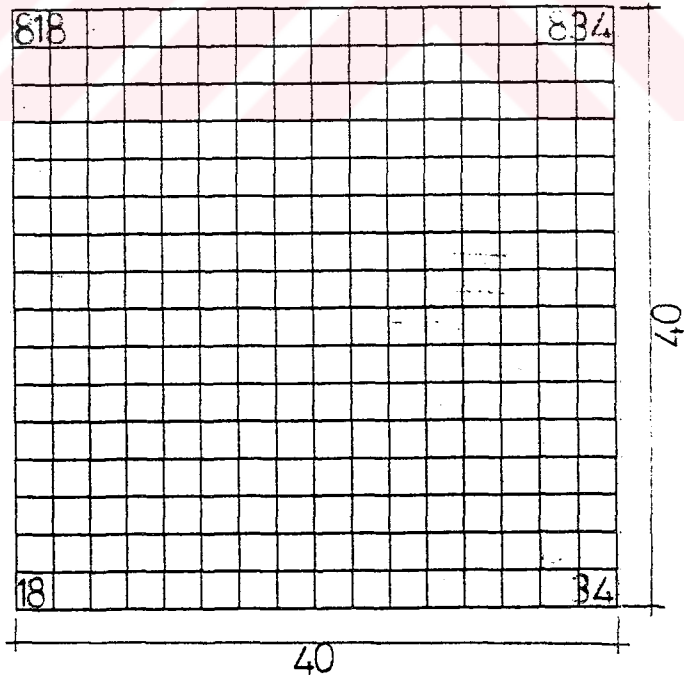
4.4.3.2. Dış Çerçeve Dört Köşede Bir Mesnet (ÇK2) :



Şekil 4.31. (Plan + Kesitler)



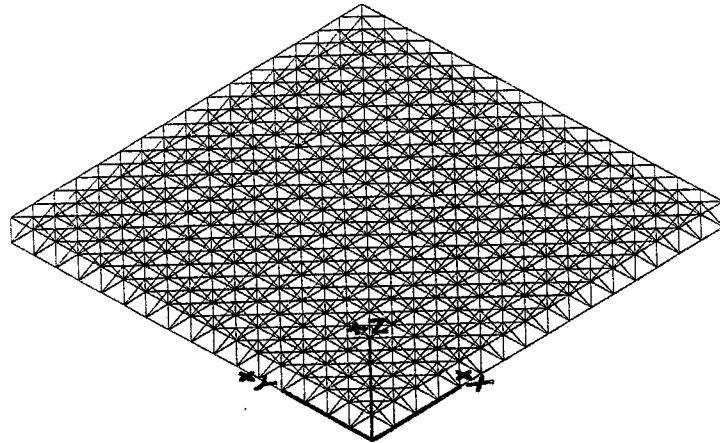
Şekil 4.32. (Alt Izgara ve Mesnet Yerleri)



Şekil 4.33. (Üst Izgara)

Düzlem uzay kafes sistem, dış köşelerinden 4 adet mesnetle taşınmıştır. Alt çapraz ve üst ızgarası kare formludur (Şekil 4.31-4.32-4.33).

Modül boyu	:2.50 m
Sistem yüksekliği	:2.50 m
Maksimum açıklık	:40.00 m
Sistem alanı	:1600.00 m ²
Öz yük	:38.60 kg/m ²
Aşık+kaplama+kar veya kullanım yükü	:100.00 kg/m ²
Rüzgar yükü (emme)	:80.00 kg/m ²
Boru adedi	:2945
Küre adedi	:834
Sistemin ağırlığı	:66920kg
Maliyet birimi (max.100)	:100



Şekil 4.34. (x, y ve z Doğrultuları)

Sistemin (Şekil 4.32.) 1 numaralı düğüm noktasına rastlayan mesneti hem x, hemde y doğrultusunda tutulu, 17 numaralı düğüm noktasında sadece x doğrultusunda hareketli, 801 numaralı düğüm noktasında sadece y doğrultusunda hareketli ve 817 numaralı düğüm noktasındaki mesnet ise hem x, hemde y doğrultusunda hareketli olarak tasarlanmıştır.

Yatay deplasmanlar incelendiğinde maksimum yatay deplasmanın 0.023 m (<0.035 m) civarında olması nedeniyle sistem kaplama malzemeleri uygulamasında herhangi bir problem doğurmayacağı sonucuna varılmıştır.

Düğüm noktası deplasmanları incelendiğinde, maksimum deplasmanların 411 numaralı düğüm noktasında 0.191 m (-z yönünde) olduğu görülmektedir (Şekil 4.32.). 0.191 m deplasman sistemin yapması gereken maksimum sehim olan 0.133 m'den ($L/300$) fazla çıkmaktadır. Dolayısıyla emniyet limitleri 0.058 m aşılmaktadır.

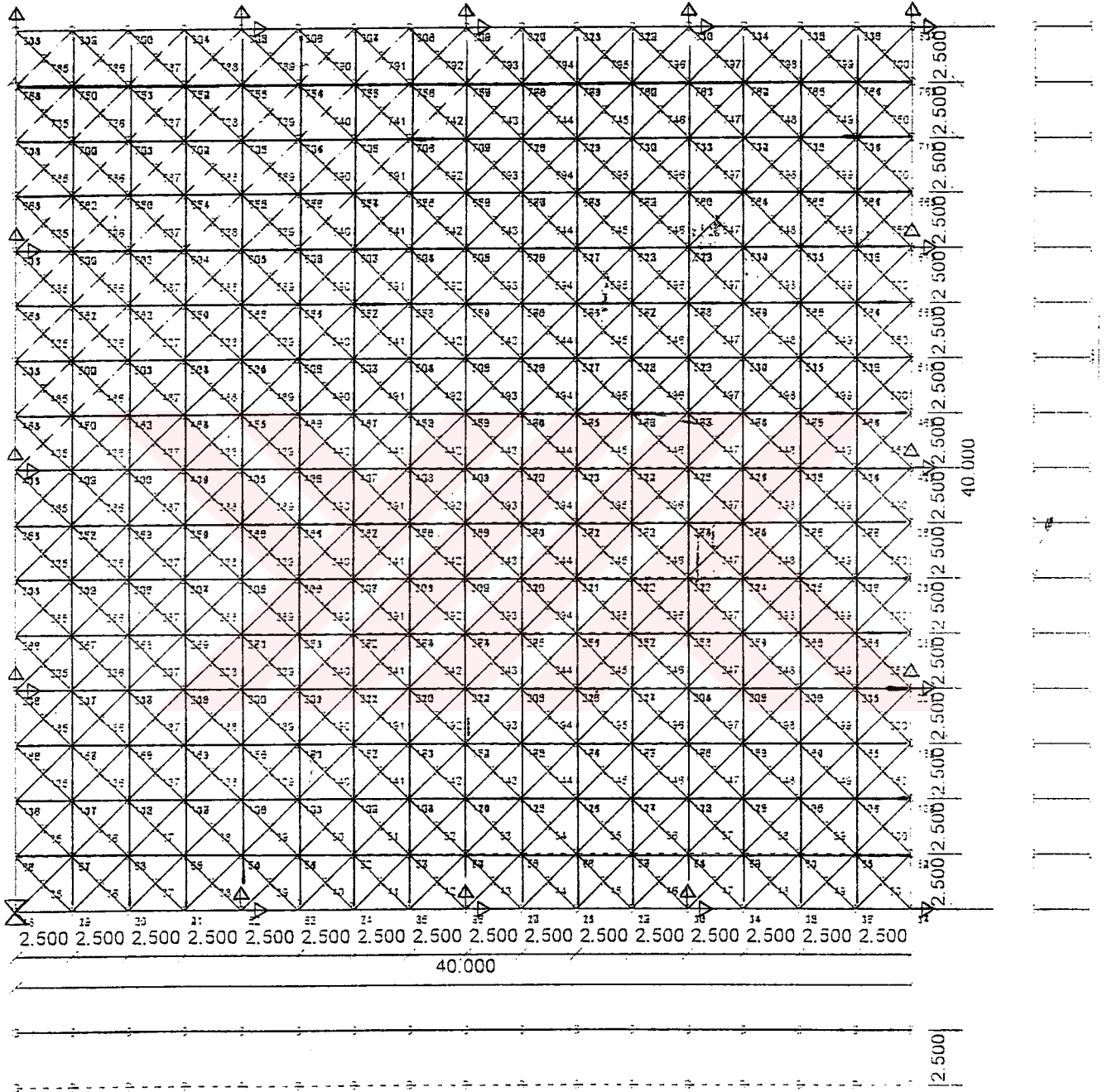
Düğüm noktalarını oluşturan küre ebatları çubuk çaplarının değişmesi ve civata, somun, konik ve boruların birbirlerine temasını önleyecek şekilde boyutlandırılır. Bu nedenle genellikle seçilen küre çapları, aktardıkları kuvvetlerin gerektirdiği çaplardan daha büyük olarak seçilir. Bu örnekte de 76 adet 60 mm, 229 adet 90 mm, 264 adet 130 mm, 156 adet 160 mm, 101 adet 200mm, 4 adet 240mm'lik küreler düğüm noktalarını oluşturur.

Maksimum mesnet deplasmanı x ve y doğrultusunda 0.021m'dir. Mesnetler 4 adet 200 mm çapında küreden oluşturulmuştur.

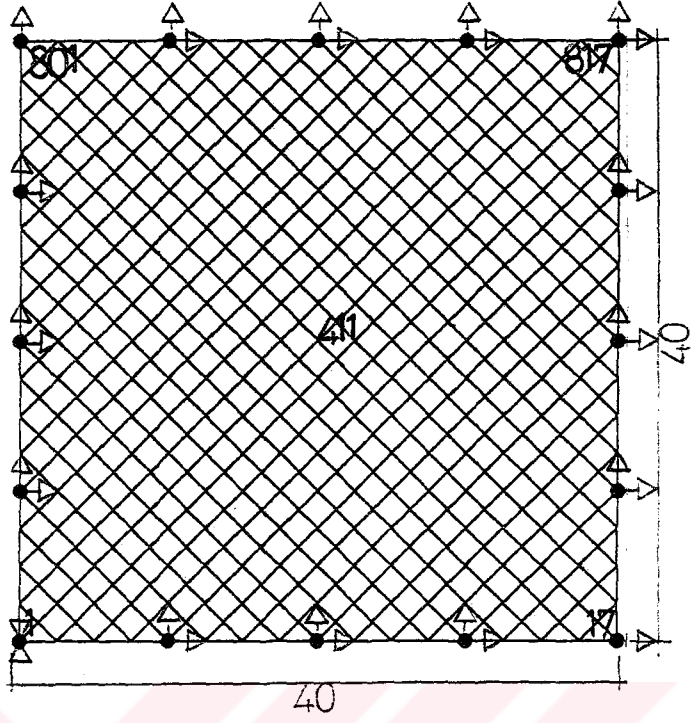
1.768m, 2.50 m ve 3.062 m uzunluğundaki çubuk enkesitleri 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4", 5", 6", 8" olmak üzere 10 ayrı çapta tasarlanmıştır. Kullanılan malzeme St37'dir. Çubuklar üzerine etkileyen maksimum basınç kuvveti 69.299 ton (8" x 3.062m'lik çubukta) ve maksimum çekme kuvveti 79.410 ton (8" x 2.50m'lik çubukta) dur. Maksimum gerilmeler ise 1.323 ton/cm² basınç (8" x 1.768 m'lik çubukta) ve 1.898 ton/cm² çekme (8" x 2.50m'lik çubukta) dir.

Sistem maliyeti %32.5 boru, %7.2 boru işçiliği, %13 konik, %2.4 somun, %13.6 civata, %1 ambalaj, %30.5 küre, %0.2 pim olarak dağılmaktadır. Toplam maliyete mesnet, aşık, aşık elemanı, aşık civatası, kaplama ve boya masrafları dahil edilmemiştir.

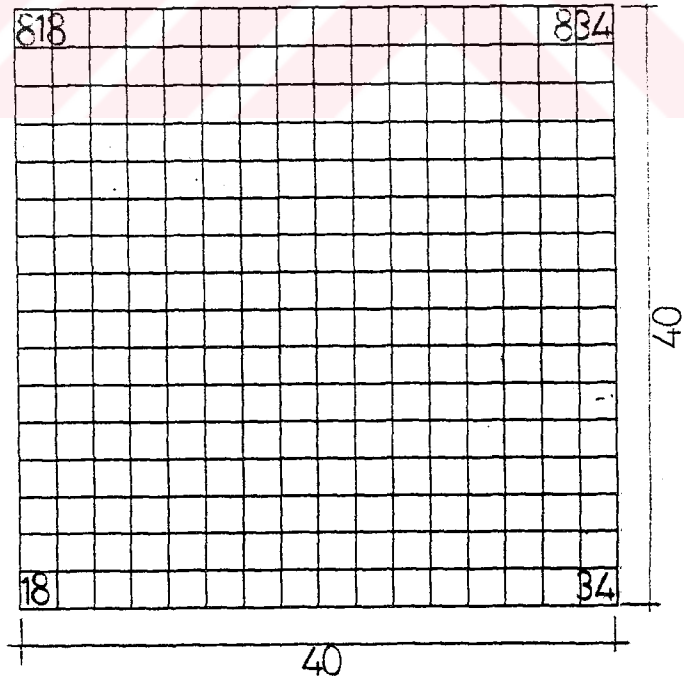
4.4.3.3. Dış Çerçeve Dört Modülde Bir Mesnet (ÇK3):



Şekil 4.35. (Plan + Kesitler)



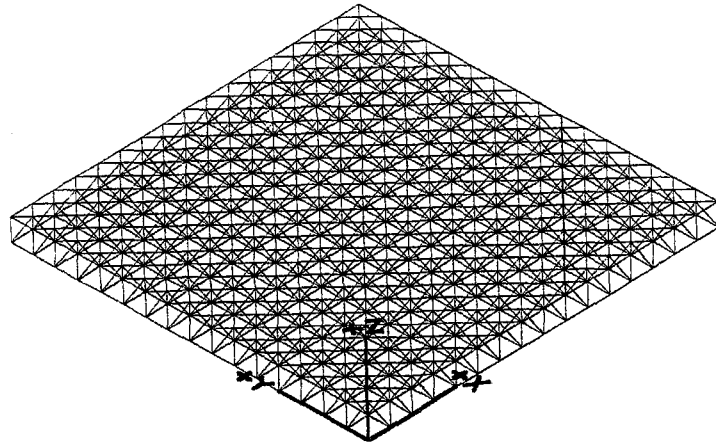
Şekil 4.36. (Alt Izgara ve Mesnet Yerleri)



Şekil 4.37. (Üst Izgara)

Düzlem uzay kafes sistem, dış sınırlarından dört modülde bir konumlandırılmış 16 adet mesnetle taşınmıştır. Alt çapraz ve üst ızgarası kare formludur (Şekil 4.35-4.36-4.37).

Modül boyu	:2.50 m
Sistem yüksekliği	:2.50 m
Maksimum açıklık	:40.00 m
Sistem alanı	:1600.00 m ²
Öz yük	:25.4 kg/m ²
Aşık+kaplama+kar veya kullanım yükü	:100.00 kg/m ²
Rüzgar yükü (emme)	:80.00 kg/m ²
Boru adedi	:2945
Küre adedi	:834
Sistemin ağırlığı	:35145kg
Maliyet birimi (max.100)	:41



Şekil 4.38. (x, y ve z Doğrultuları)

Sistemin (Şekil 4.36.) 1 numaralı düğüm noktasına rastlayan mesneti hem x, hemde y doğrultusunda tutulu, 17 numaralı düğüm noktasında sadece x doğrultusunda hareketli, 801 numaralı düğüm noktasında sadece y doğrultusunda hareketli ve 817 numaralı düğüm noktasındaki mesnet ise hem x, hemde y doğrultusunda hareketli olarak tasarlanmıştır. Aralardaki diğer mesnetler x ve y yönlerinde hareketlidirler.

Yatay deplasmanlar incelendiğinde maksimum yatay deplasmanın 0.014 m (< 0.035 m) civarında olması nedeniyle sistemin kaplama uygulamasında herhangi bir problem doğurmayacağı sonucuna varılmıştır.

Düğüm noktası deplasmanları incelendiğinde, maksimum deplasmanların 411 numaralı düğüm noktasında 0.088 m (-z yönünde) olduğu görülmektedir (Şekil 4.36). Bu değerler de emniyet limitleri içinde yer almaktadırlar ($L/300$).

Düğüm noktalarını oluşturan küre ebatları çubuk çaplarının değişmesi ve civata, somun, konik ve boruların birbirlerine temasını önleyecek şekilde boyutlandırılır. Bu nedenle genellikle seçilen küre çapları, aktardıkları kuvvetlerin gerektirdiği çaplardan daha büyük olarak seçilir. Bu örnekte de 221 adet 60 mm, 476 adet 90 mm, 109 adet 130 mm, 8 adet 160mm, 4 adet 240mm'lik küreler düğüm noktalarını oluşturur.

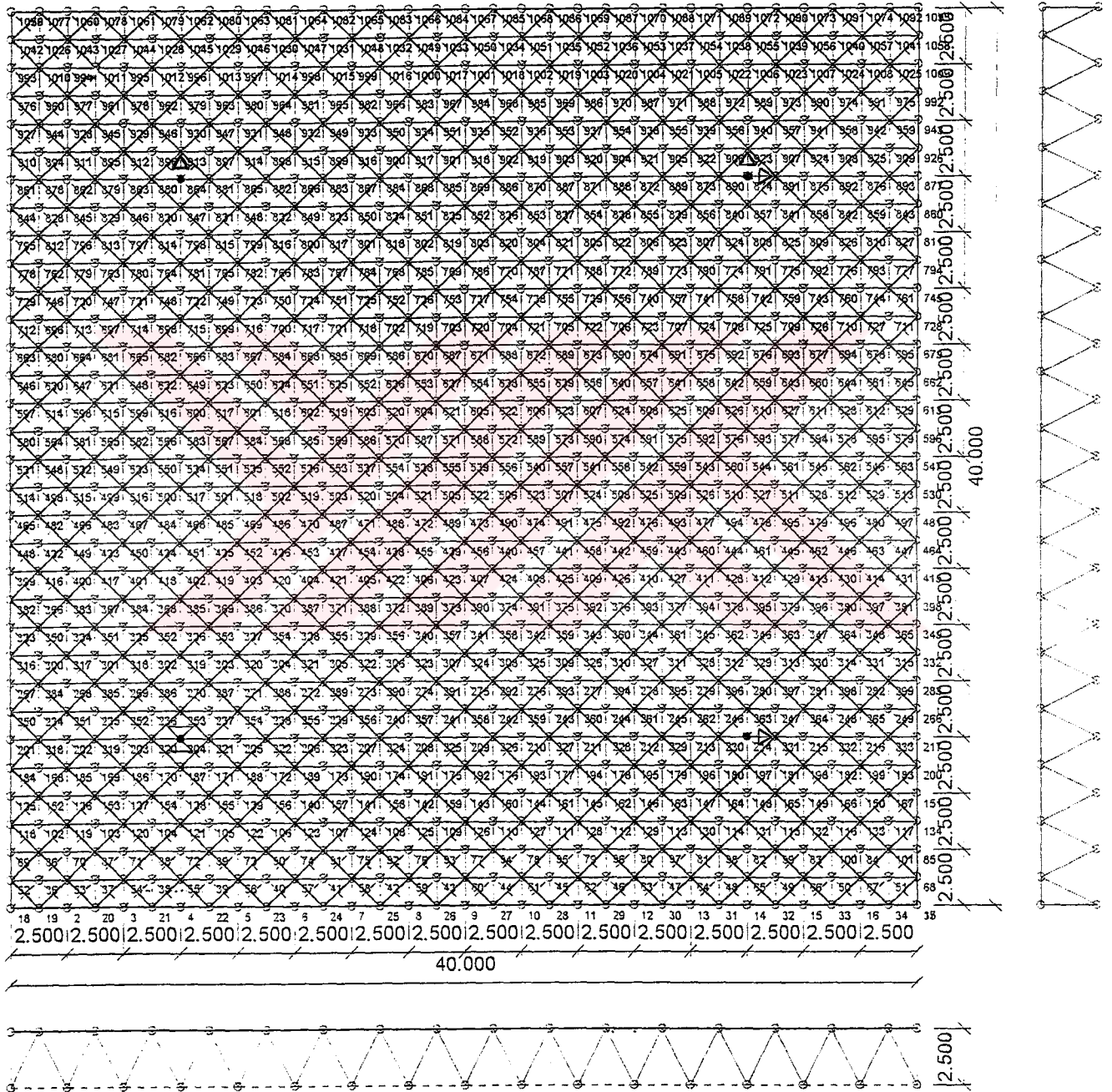
Maksimum mesnet deplasmanı x ve y doğrultusunda 0.014m'dir. Mesnetler 16 adet 130mm'lik küreden oluşturulmuşlardır.

1.768m, 2.50 m ve 3.062 m uzunluğundaki çubuk enkesitleri 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4", 5" olmak üzere 8 ayrı çapta tasarlanmıştır. Kullanılan malzeme St37'dir. Çubuklar üzerine etkiyen maksimum basınç kuvveti 18.042 ton (4" x 1.768m'lik çubukta) ve maksimum çekme kuvveti 23.883 ton (5" x 2.50m'lik çubukta) dir. Maksimum gerilmeler ise 1.332 ton/cm² basınç (3" x 3.062 m'lik çubukta) ve 1.404 ton/cm² çekme (2" x 2.50m'lik çubukta) dir.

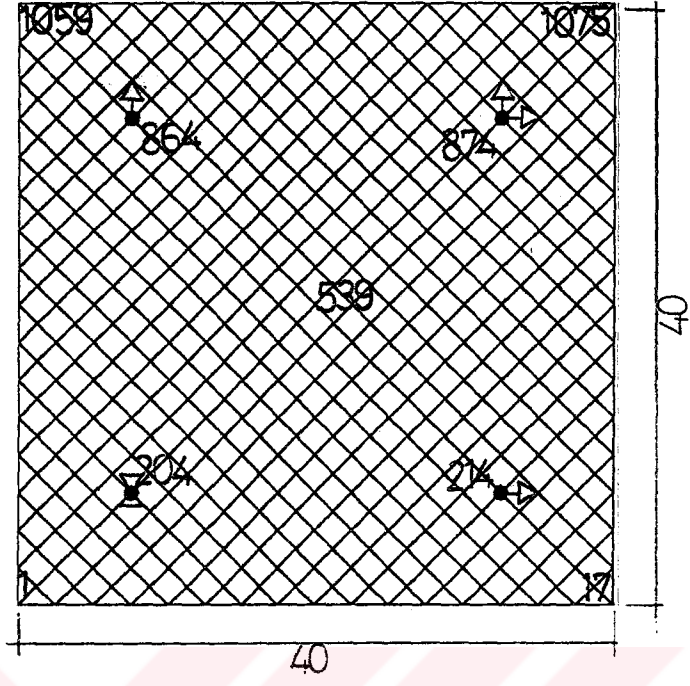
Sistem maliyeti %47 boru, %11.5 boru işçiliği, %7.2 konik, %3 somun, %7.7 civata, %2.4 ambalaj, %20.8 küre, %0.4 pim olarak dağılmaktadır. Toplam maliyete mesnet, aşık, aşık elemanı, aşık civatası, kaplama ve boya masrafları dahil edilmemiştir.

4.4.4. Alt ve Üst Izgarası Çapraz Modülasyonu Uzay Kafes Sistemler :

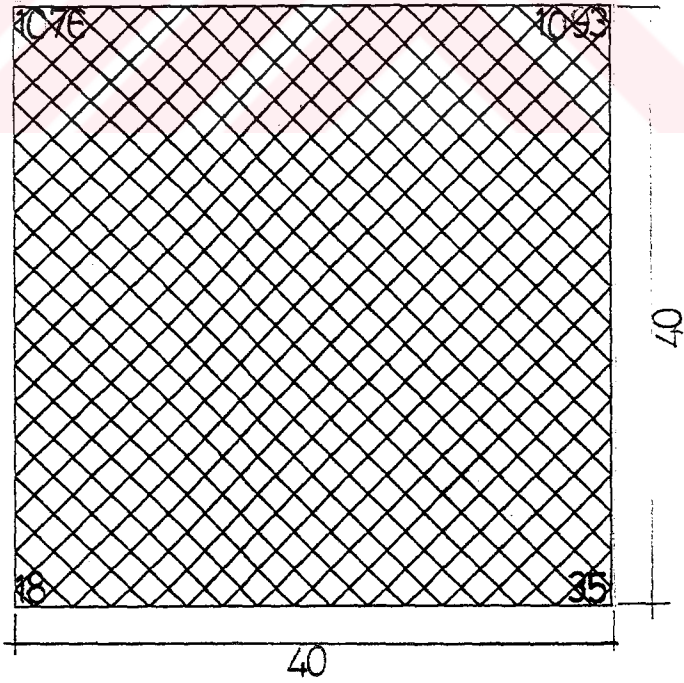
4.4.4.1. Üç Modül İçeriden (Konsol) Dört Mesnet (ÇÇ1) :



Şekil 4.39. (Plan + Kesitler)



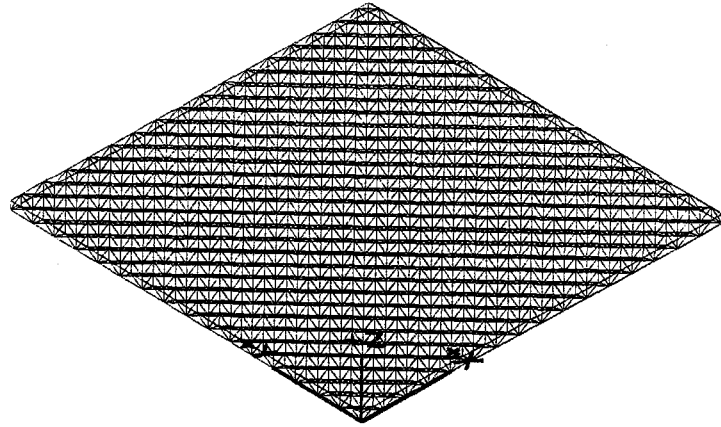
Şekil 4.40. (Alt Izgara ve Mesnet Yerleri)



Şekil 4.41. (Üst Izgara)

Düzlem uzay kafes sistem, köşelerinden 3'er modül (7.50m) içeriye çekilerek sistemi 3/10 oranında konsol çalıştıran 4 adet mesnetle taşınmıştır. Alt ve üst ızgarası çapraz formludur (Şekil 4.39-4.40-4.41).

Modül boyu	:2.50 m
Sistem yüksekliği	:2.50 m
Maksimum açıklık	:25.00 m
Sistem alanı	:1600.00 m ²
Öz yük	:23.7 kg/m ²
Aşık+kaplama+kar veya kullanım yükü	:100.00 kg/m ²
Rüzgar yükü (emme)	:80.00 kg/m ²
Boru adedi	:4296
Küre adedi	:1093
Sistemin ağırlığı	:37957 kg
Maliyet birimi (max.100)	:44



Şekil 4.42. (x, y ve z Doğrultuları)

Sistemin (Şekil 4.40.) 204 numaralı düğüm noktasına rastlayan mesneti hem x, hemde y doğrultusunda tutulu, 214 numaralı düğüm noktasında sadece x doğrultusunda hareketli, 864 numaralı düğüm noktasında sadece y doğrultusunda hareketli ve 874 numaralı düğüm noktasındaki mesnet ise hem x, hemde y doğrultusunda hareketli olarak tasarlanmıştır.

Yatay deplasmanlar incelendiğinde maksimum yatay deplasmanların 0.008m (<0.035m) civarında olması nedeniyle sistemin kaplama uygulamasında herhangi bir problem doğurmayacağı sonucuna varılmıştır.

Düğüm noktası deplasmanları incelendiğinde, maksimum deplasmanların 539 numaralı düğüm noktasında 0.082 m (-z yönünde), 17 numaralı düğüm noktasında 0.020 m (+z yönünde) olduğu görülmektedir (Şekil 4.40.). Bu değerler de emniyet limitleri içinde yer almaktadırlar (L/300).

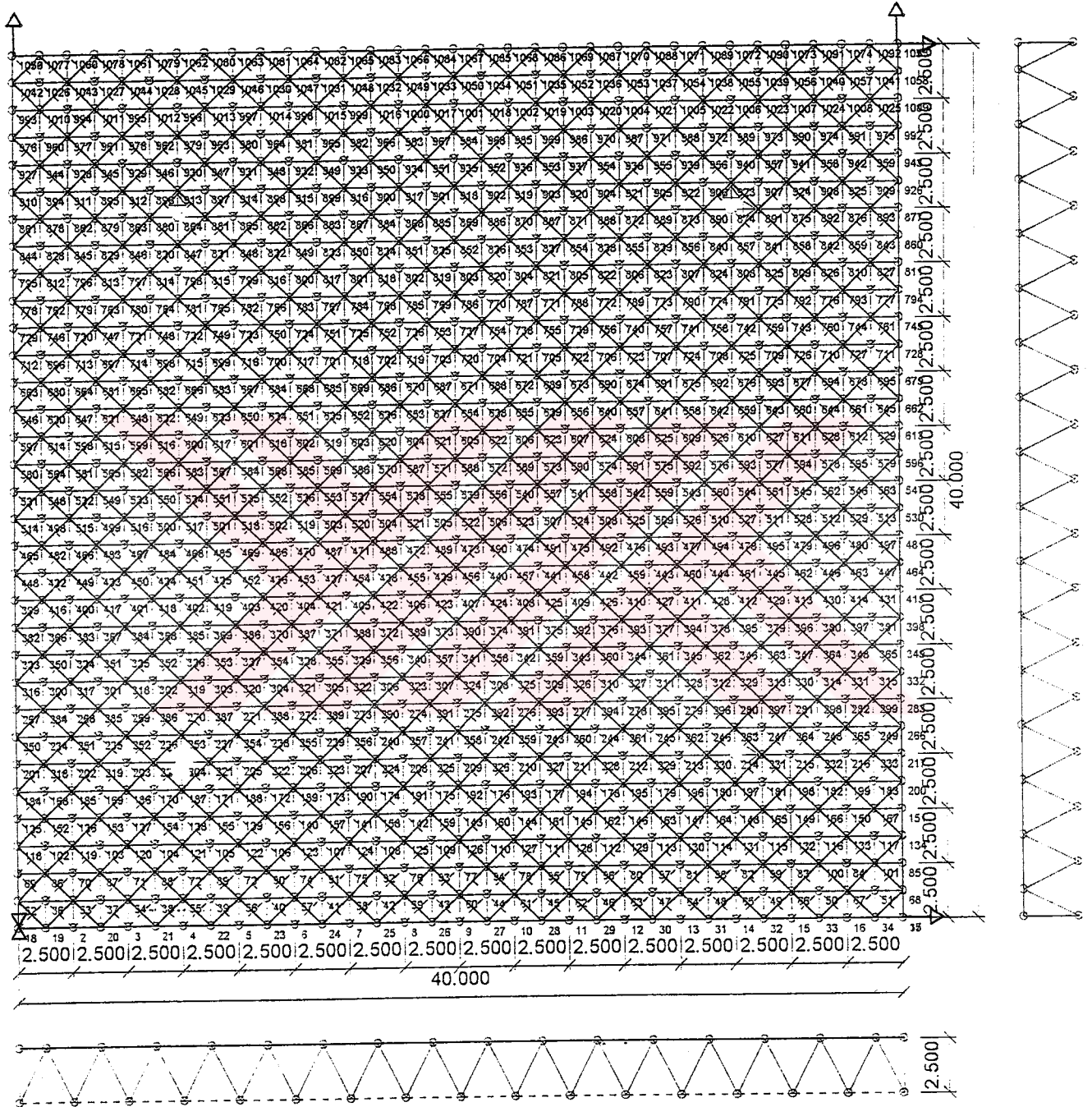
Düğüm noktalarını oluşturan küre ebatları çubuk çaplarının değişmesi ve civata, somun, konik ve boruların birbirlerine temasını önleyecek şekilde boyutlandırılır. Bu nedenle genellikle seçilen küre çapları, aktardıkları kuvvetlerin gerektirdiği çaplardan daha büyük olarak seçilir. Bu örnekte de 1053 adet 90 adet mm, 36 adet 130 mm'lik küreler düğüm noktalarını oluşturur.

1.250m, 1.768m, 2.50m ve 2.795m uzunluğundaki çubuk enkesitleri 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4" olmak üzere 7 ayrı çapta tasarlanmıştır. Kullanılan malzeme St37'dir. Çubuklar üzerine etkiyen maksimum basınç kuvveti 11.087 ton (3" x 1.768m'lik çubukta) ve maksimum çekme kuvveti 14.037 ton (4" x 2.795m'lik çubukta) dur. Maksimum gerilmeler ise 1.305 ton/cm² basınç (1 1/4" x 1.768 m'lik çubukta) ve 1.420 ton/cm² çekme (2 1/2" x 2.50m'lik çubukta) dir.

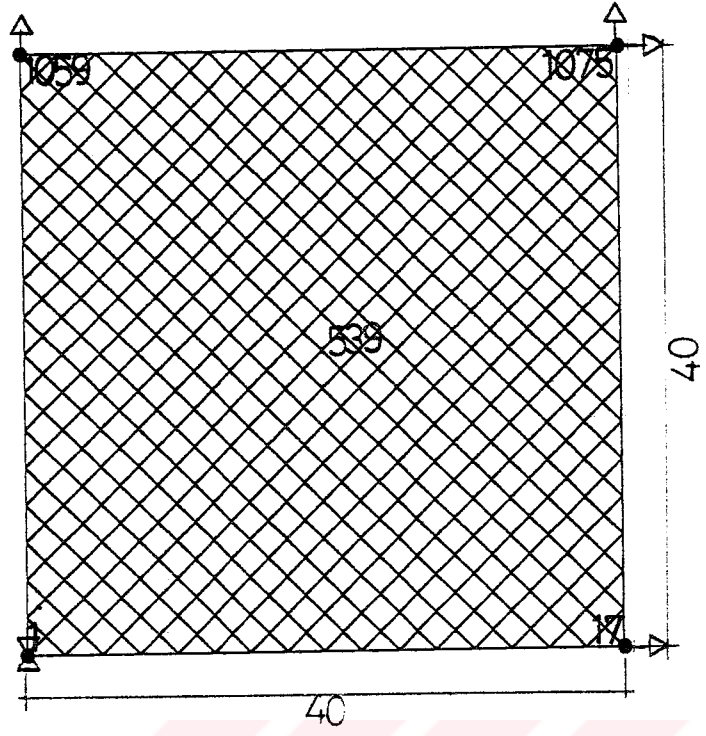
Maksimum mesnet deplasmanları ise x ve y yönünde 0.0072 m civarındadır. Mesnetler 4 adet 240 mm'lik yekpare küreden oluşturulmuşlardır.

Sistem maliyeti %47 boru, %14 boru işçiliği, %5.5 konik, %2.6 somun, %6 civata, %3.3 ambalaj, %21 küre, %0.6 pim olarak dağılmaktadır. Toplam maliyete mesnet, aşık, aşık elemanı, aşık civatası, kaplama ve boya masrafları dahil edilmemiştir.

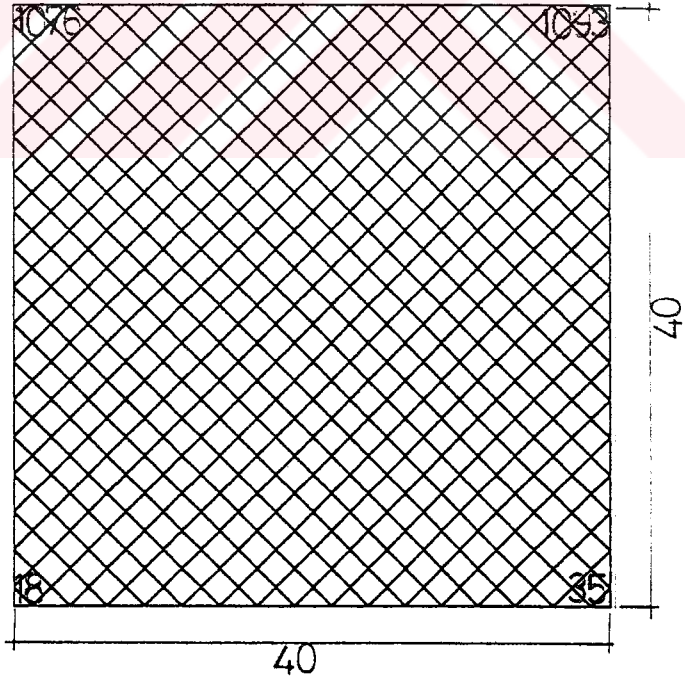
4.4.4.2. Dış Çerçeve Dört Köşede Bir Mesnet (ÇÇ2) :



Şekil 4.43. (Plan + Kesitler)



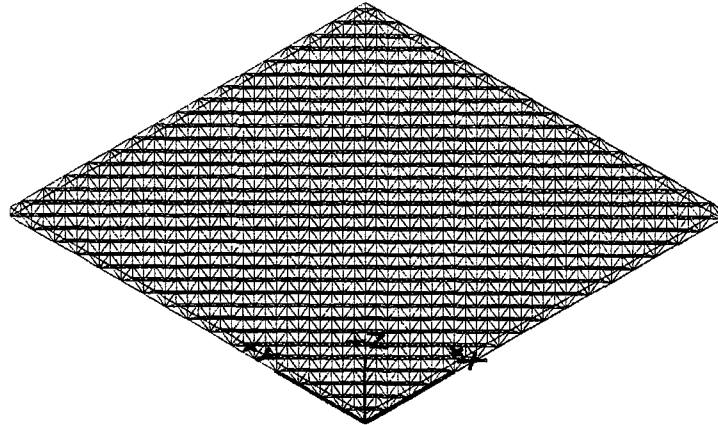
Şekil 4.44. (Alt Izgara ve Mesnet Yerleri)



Şekil 4.45. (Üst Izgara)

Düzlem uzay kafes sistem, dış köşelerinden 4 adet mesnetle taşınmıştır. Alt ve üst ızgarası çapraz formludur (Şekil 4.43-4.44-4.45).

Modül boyu	:2.50 m
Sistem yüksekliği	:2.50 m
Maksimum açıklık	:40.00 m
Sistem alanı	:1600.00 m ²
Öz yük	:45.8 kg/m ²
Aşık+kaplama+kar veya kullanım yükü	:100.00 kg/m ²
Rüzgar yükü (emme)	:80.00 kg/m ²
Boru adedi	:4296
Küre adedi	:1093
Sistemin ağırlığı	:73226kg
Maliyet birimi (max.100)	:99



Şekil 4.46. (x, y ve z Doğrultuları)

Sistemin (Şekil 4.44.) 1 numaralı düğüm noktasına rastlayan mesneti hem x, hemde y doğrultusunda tutulu, 17 numaralı düğüm noktasında sadece x doğrultusunda hareketli, 1059 numaralı düğüm noktasında sadece y doğrultusunda hareketli ve 1075 numaralı düğüm noktasındaki mesnet ise hem x, hemde y doğrultusunda hareketli olarak tasarlanmıştır.

Yatay deplasmanlar incelendiğinde maksimum yatay deplasmanın 0.022 m (<0.035 m) civarında olması nedeniyle sistem kaplama malzemeleri uygulamasında herhangi bir problem doğurmayacağı sonucuna varılmıştır.

Düğüm noktası deplasmanları incelendiğinde, maksimum deplasmanın 539 numaralı düğüm noktasında 0.188 m (-z yönünde) olduğu görülmektedir (Şekil 4.44). 0.188 m deplasman sistemin yapması gereken maksimum sehim olan 0.133 m'den (L/300) fazla çıkmaktadır. Dolayısıyla emniyet limitlerini 0.055 m aşmaktadır.

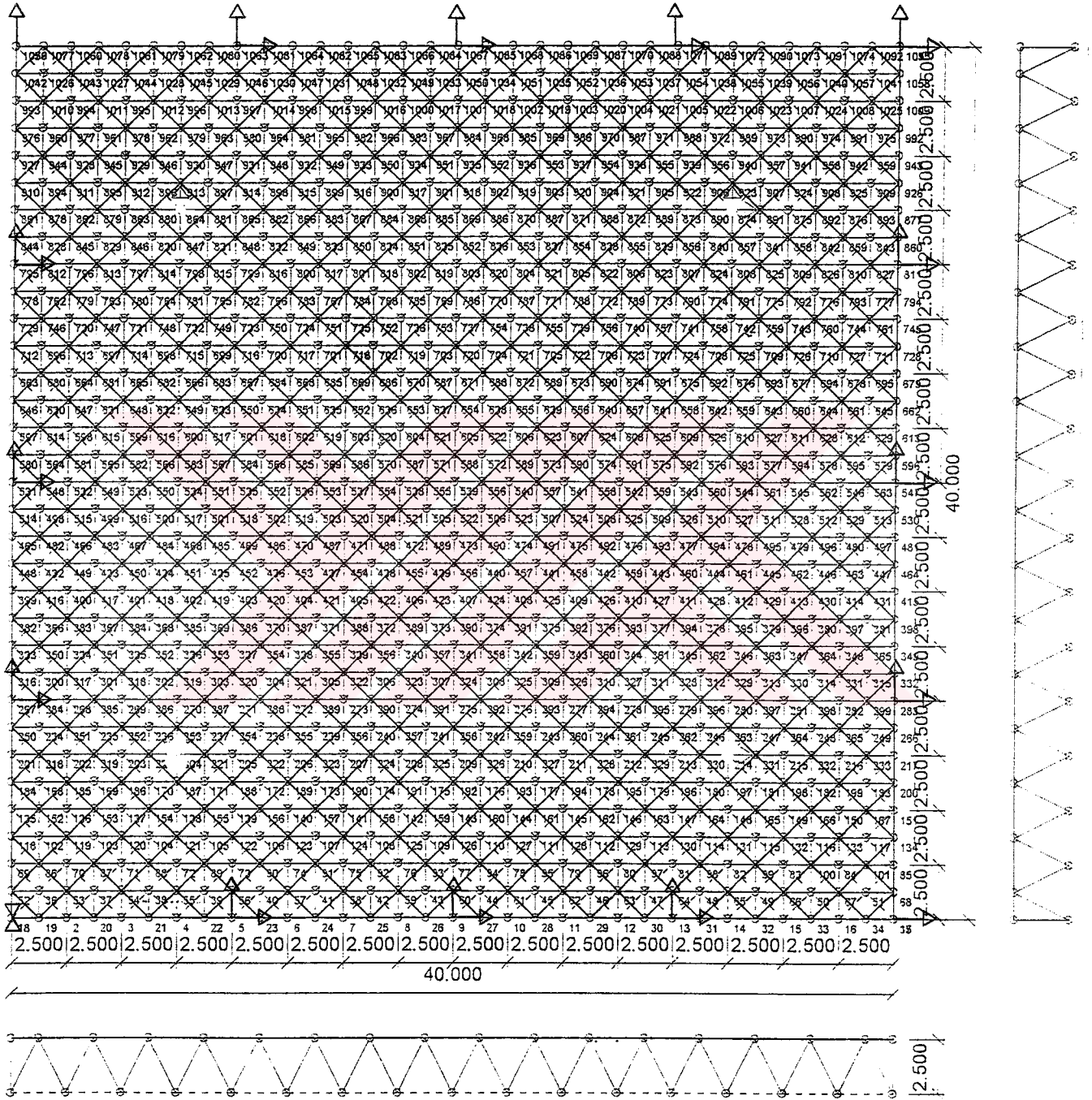
Düğüm noktalarını oluşturan küre ebatları çubuk çaplarının değişmesi ve civata, somun, konik ve boruların birbirlerine temasını önleyecek şekilde boyutlandırılır. Bu nedenle genellikle seçilen küre çapları, aktardıkları kuvvetlerin gerektirdiği çaplardan daha büyük olarak seçilir. Bu örnekte de 4 adet 60 mm , 512 adet 90 mm, 449 adet 130 mm, 48 adet 160 mm, 76 adet 200mm'lik küreler düğüm noktalarını oluşturur.

Maksimum mesnet deplasmanı x ve y doğrultusunda 0.022m'dir. Mesnetler 240 mm 4 adet çapında küreden oluşturulmuştur.

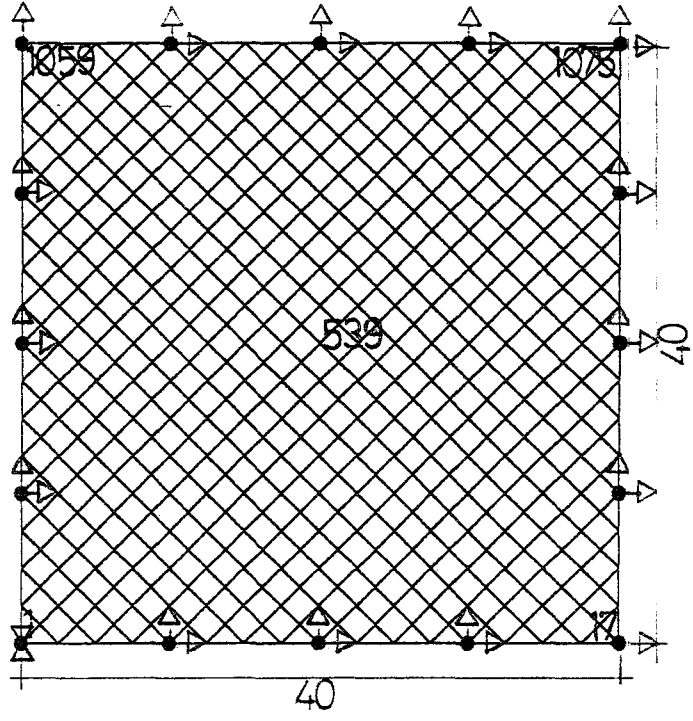
1.250m, 1.768m, 2.50 m ve 2.795m uzunluğundaki çubuk enkesitleri 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4", 5", 6", 8" olmak üzere 10 ayrı çapta tasarlanmıştır. Kullanılan malzeme St37'dir. Çubuklar üzerine etkiyen maksimum basınç kuvveti 78.341 ton (8" x 2.50m'lik çubukta) ve maksimum çekme kuvveti 74.735 ton (8" x 2.50m'lik çubukta) dir. Maksimum gerilmeler ise 1.348 ton/cm² basınç (8" x 2.50 m'lik çubukta) ve 1.390 ton/cm² çekme (1 1/2" x 2.795m'lik çubukta) dir.

Sistem maliyeti %35.6 boru, %9 boru işçiliği, %11.7 konik, %3 somun, %12 civata, %1.5 ambalaj, %27 küre, %0.2 pim olarak dağılmaktadır. Toplam maliyete mesnet, aşık, aşık elemanı, aşık civatası, kaplama ve boya masrafları dahil edilmemiştir.

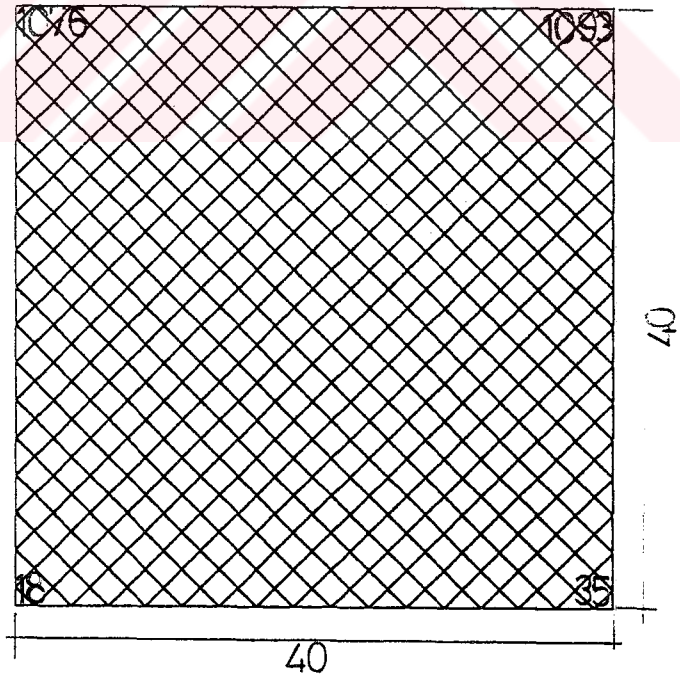
4.4.4.3. Dış Çerçeve Dört Modülde Bir Mesnet (ÇÇ3):



Şekil 4.47. (Plan + Kesitler)



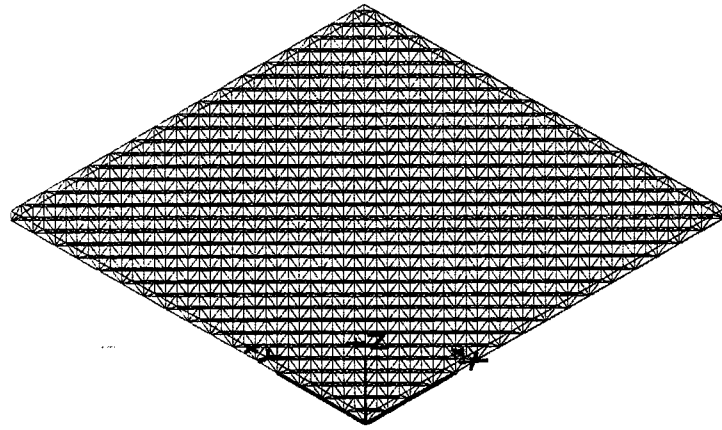
Şekil 4.48. (Alt Izgara ve Mesnet Yerleri)



Şekil 4.49. (Üst Izgara)

Düzlem uzay kafes sistem, dış sınırlarından dört modülde bir konumlandırılmış 16 adet mesnetle taşınmıştır. Alt ve üst ızgarası çapraz formudur (Şekil 4.47-4.48-4.49).

Modül boyu	:2.50 m
Sistem yüksekliği	:2.50 m
Maksimum açıklık	:40.00 m
Sistem alanı	:1600.00 m ²
Öz yük	:25.1 kg/m ²
Aşık+kaplama+kar veya kullanım yükü	:100.00 kg/m ²
Rüzgar yükü (emme)	:80.00 kg/m ²
Boru adedi	:4296
Küre adedi	:1093
Sistemin ağırlığı	:40187kg
Maliyet birimi (max.100)	:46



Şekil 4.50. (x, y ve z Doğrultulan)

Sistemin (Şekil 4.48.) 1 numaralı düğüm noktasına rastlayan mesneti hem x, hemde y doğrultusunda tutulu, 17 numaralı düğüm noktasında sadece x doğrultusunda hareketli, 1059 numaralı düğüm noktasında sadece y doğrultusunda hareketli ve 1075 numaralı düğüm noktasındaki mesnet ise hem x, hemde y doğrultusunda hareketli olarak tasarlanmıştır. Aralardaki diğer mesnetler x ve y yönlerinde hareketlidirler.

Yatay deplasmanlar incelendiğinde maksimum yatay deplasmanın 0.012 m (< 0.035 m) civarında olması nedeniyle sistemin kaplama uygulamasında herhangi bir problem doğurmayacağı sonucuna varılmıştır.

Düğüm noktası deplasmanları incelendiğinde, maksimum deplasmanların 539 numaralı düğüm noktasında 0.074 m (-z yönünde) olduğu görülmektedir (Şekil 4.48). Bu değerlerde emniyet limitleri içinde yer almaktadırlar ($L/300$).

Düğüm noktalarını oluşturan küre ebatları çubuk çaplarının değişmesi ve civata, somun, konik ve boruların birbirlerine temasını önleyecek şekilde boyutlandırılır. Bu nedenle genellikle seçilen küre çapları, aktardıkları kuvvetlerin gerektirdiği çaplardan daha büyük olarak seçilir. Bu örnekte de 1057 adet 90 mm, 20 adet 130 mm'lik küreler düğüm noktalarını oluşturur.

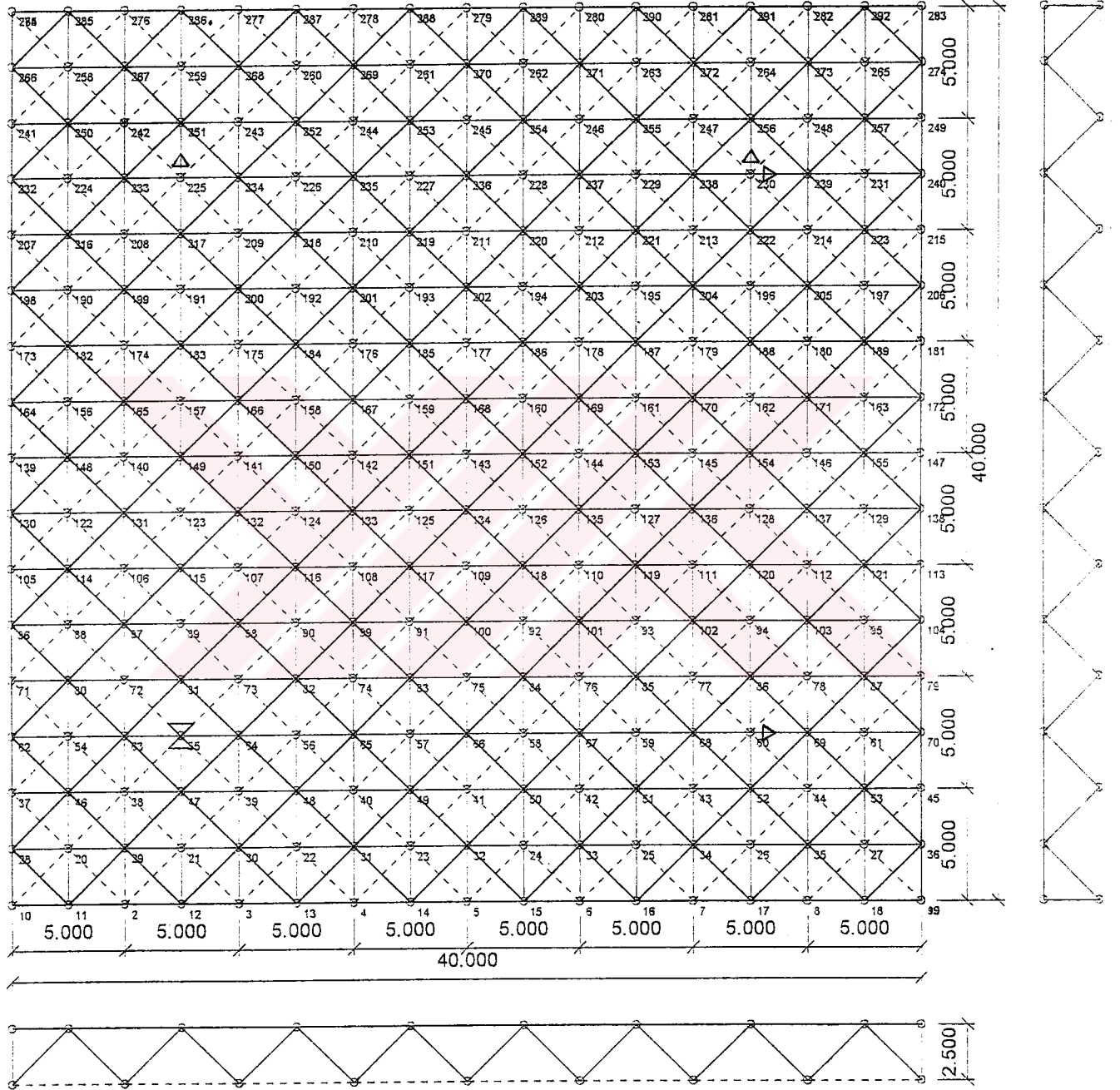
Maksimum mesnet deplasmanı x ve y doğrultusunda 0.012m'dir. Mesnetler 4 adet 130mm, 12 adet 160mm'lik kürelerden oluşturulmuştur.

1.250m, 1.768m, 2.50m ve 2.795m uzunluğundaki çubuk enkesitleri 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4", olmak üzere 7 ayrı çapta tasarlanmıştır. Kullanılan malzeme St37'dir. Çubuklar üzerine etkiyen maksimum basınç kuvveti 10.401 ton (3" x 1.768m'lik çubukta) ve maksimum çekme kuvveti 10.531 ton (4" x 2.795m'lik çubukta) dur. Maksimum gerilmeler ise 1.329 ton/cm² basınç (1 1/4" x 1.768 m'lik çubukta) ve 1.437 ton/cm² çekme (1 1/2" x 2.795m'lik çubukta) dir.

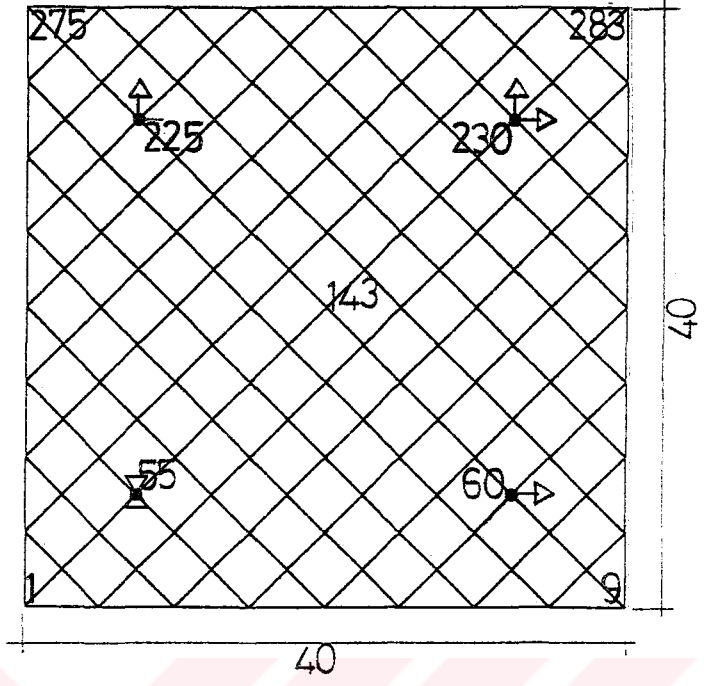
Sistem maliyeti %47.4 boru, %14 boru işçiliği, %6 konik, %2.9 somun, %6.7 civata, %3 ambalaj, %19.5 küre, %0.5 pim olarak dağılmaktadır. Toplam maliyete mesnet, aşık, aşık elemanı, aşık civatası, kaplama ve boya masrafları dahil edilmemiştir.

4.4.5. Alt ve Üst Izgarası Çapraz “5m” Modülasyonlu Uzay Kafes Sistemler :

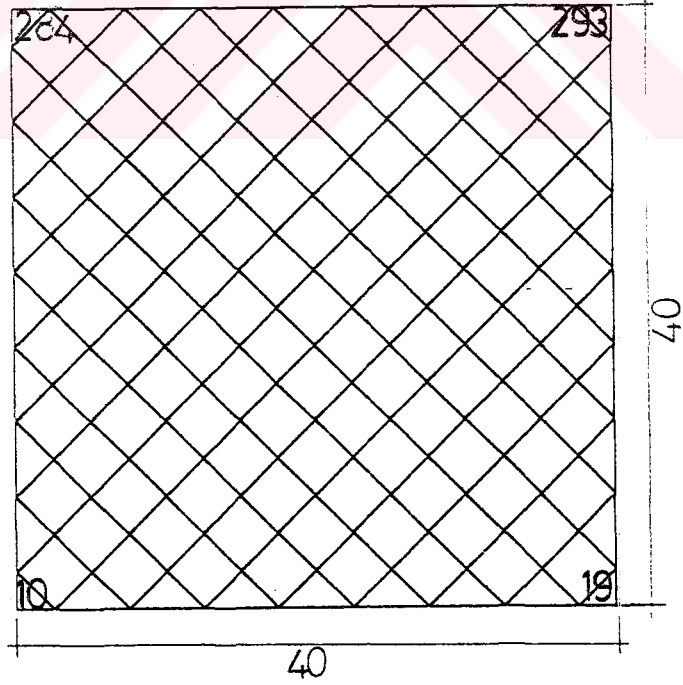
4.4.5.1. Üç Modül İçeriden (Konsol) Dört Mesnet (5ÇÇ1) :



Şekil 4.51. (Plan + Kesitler)



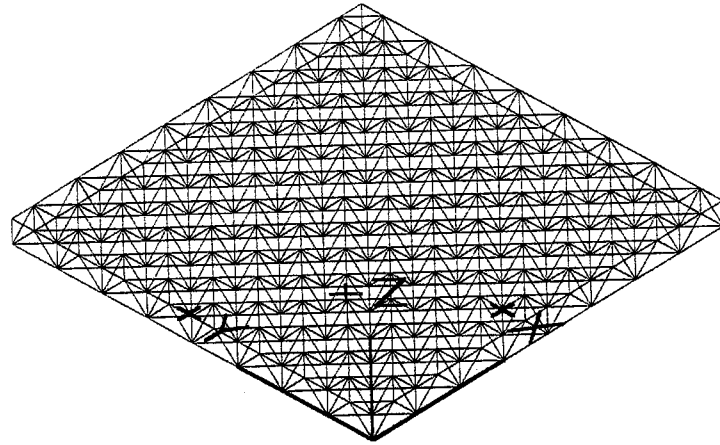
Şekil 4.52. (Alt Izgara ve Mesnet Yerleri)



Şekil 4.53. (Üst Izgara)

Düzlem uzay kafes sistem, köşelerinden 1 1/2 modül (7.50m) içeriye çekilerek sistemi 3/10 oranında konsol çalıştıran 4 adet mesnetle taşınmıştır. alt ve üst ızgarası çapraz forma sahip 5m modülasyon boyutlu bir uzay kafes sistemdir (Şekil 4.51-4.52-4.53).

Modül boyu	:5.00 m
Sistem yüksekliği	:2.50 m
Maksimum açıklık	:25.00 m
Sistem alanı	:1600.00 m ²
Öz yük	:16 kg/m ²
Aşık+kaplama+kar veya kullanım yükü	:100.00 kg/m ²
Rüzgar yükü (emme)	:80.00 kg/m ²
Boru adedi	:1128
Küre adedi	:293
Sistemin ağırlığı	:25547 kg
Maliyet birimi (max.100)	:22



Şekil 4.54. (x, y ve z Doğrultuları)

Sistemin (Şekil 4.52.) 55 numaralı düğüm noktasına rastlayan mesneti hem x, hemde y doğrultusunda tutulu, 60 numaralı düğüm noktasında sadece x doğrultusunda hareketli, 225 numaralı düğüm noktasında sadece y doğrultusunda hareketli ve 230 numaralı düğüm noktasındaki mesnet ise hem x, hemde y doğrultusunda hareketli olarak tasarlanmıştır.

Yatay deplasmanlar incelendiğinde maksimum yatay deplasmanların 0.006m (<0.035m) civarında olması nedeniyle sistemin kaplama uygulamasında herhangi bir problem doğurmayacağı sonucuna varılmıştır.

Düğüm noktası deplasmanları incelendiğinde, maksimum deplasmanların 143 numaralı düğüm noktasında 0.044 m (-z yönünde), 1 numaralı düğüm noktalarında 0.006 m (+z yönünde) olduğu görülmektedir (Şekil 4.52.). Bu değerler de emniyet limitleri içinde yer almaktadırlar ($L/300$).

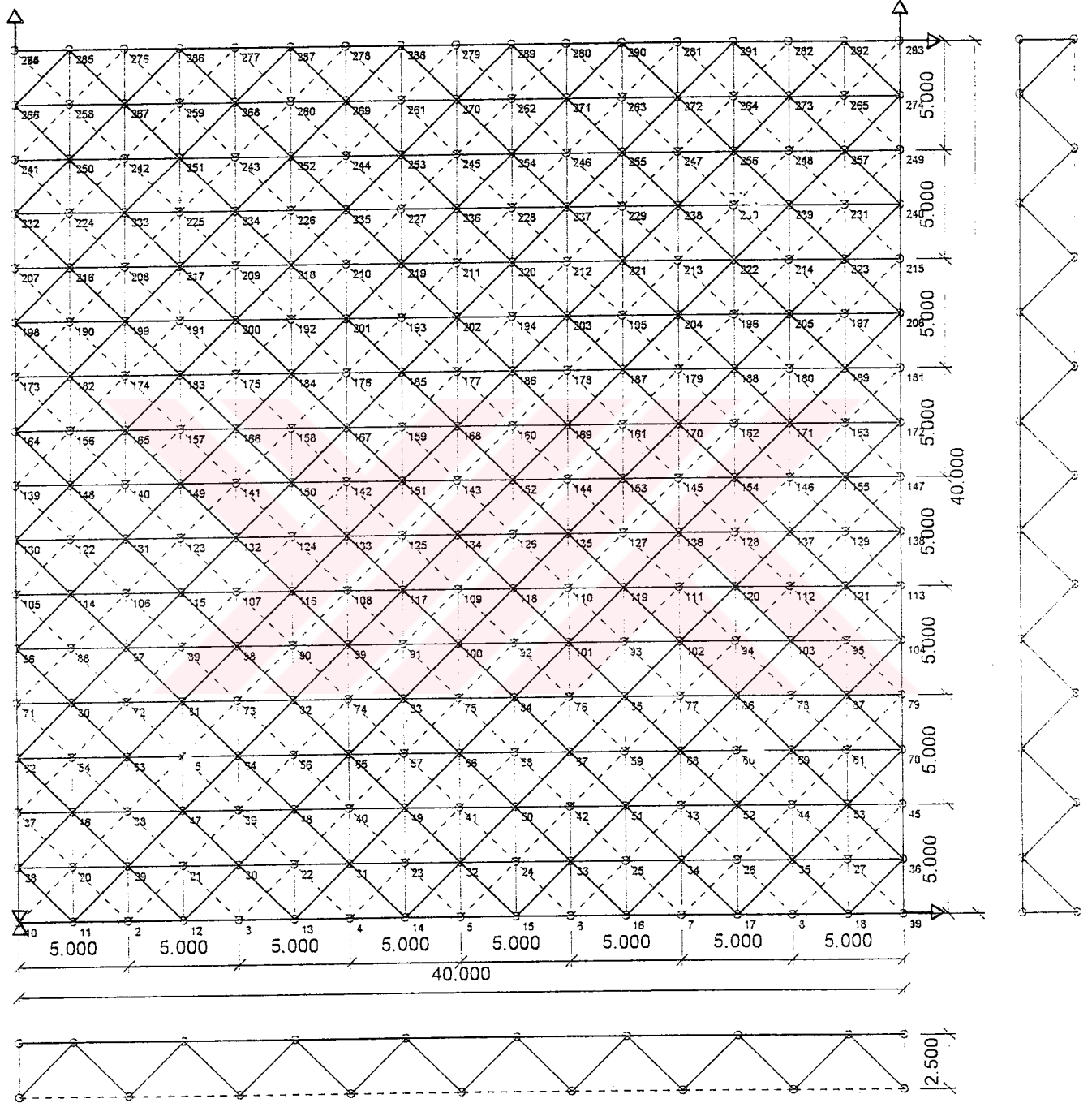
Düğüm noktalarını oluşturan küre ebatları çubuk çaplarının değişmesi ve civata, somun, konik ve boruların birbirlerine temasını önleyecek şekilde boyutlandırılır. Bu nedenle genellikle seçilen küre çapları, aktardıkları kuvvetlerin gerektirdiği çaplardan daha büyük olarak seçilir. Bu örnekte de 108 adet 60mm, 157 adet 90 mm, 24 adet 130 mm, 4 adet 160mm'lik küreler düğüm noktalarını oluşturur.

2.50m, 3.536m ve 5.00m uzunluğundaki çubuk enkesitleri 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4", 5" olmak üzere 8 ayrı çapta tasarlanmıştır. Kullanılan malzeme St37'dir. Çubuklar üzerine etkiyen maksimum basınç kuvveti 14.492 ton (3" x .536m'lik çubukta) ve maksimum çekme kuvveti 16.399 ton (5" x 3.356m'lik çubukta) dur. Maksimum gerilmeler ise 1.342 ton/cm² basınç (3" x 3.356 m'lik çubukta) ve 1.408 ton/cm² çekme (3" x 3.356m'lik çubukta) dir.

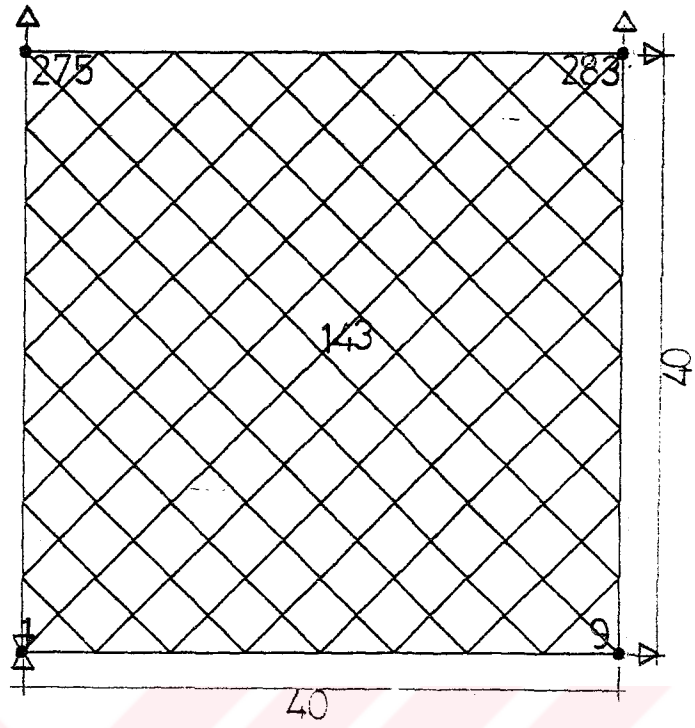
Maksimum mesnet deplasmanları ise x ve y yönünde 0.005 m civarındadır. Mesnetler 4 adet 160 mm'lik yekpare küreden oluşturulmuşlardır.

Sistem maliyeti %62.4 boru, %9.7 boru işçiliği, %8.2 konik, %1.9 somun, %4.5 civata, %1.7 ambalaj, %11.4 küre, %0.2 pim olarak dağılmaktadır. Toplam maliyete mesnet, aşık, aşık elemanı, aşık civatası, kaplama ve boya masrafları dahil edilmemiştir.

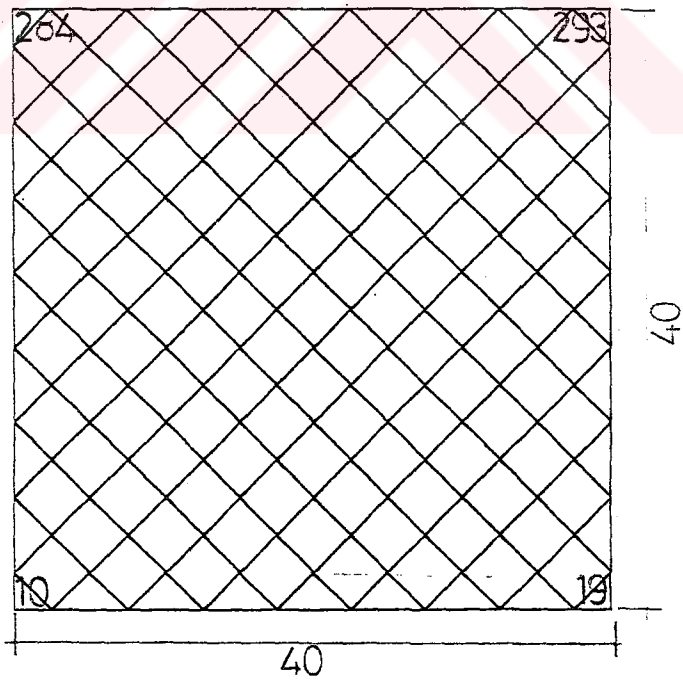
4.4.5.2. Dış Çerçeve Dört Köşede Bir Mesnet (5ÇÇ2) :



Şekil 4.55. (Plan + Kesitler)



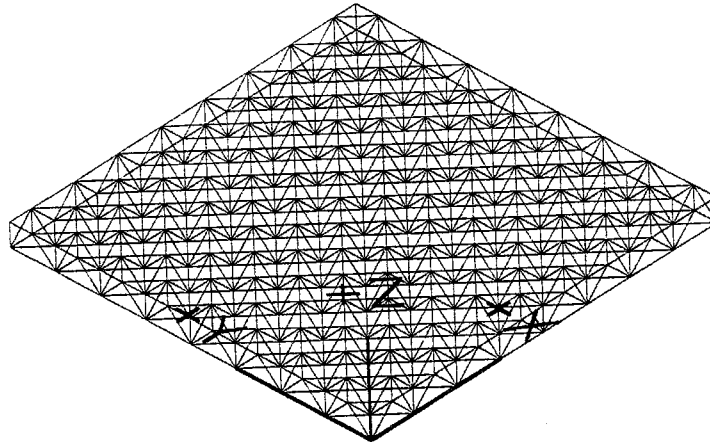
Şekil 4.56. (Alt Izgara ve Mesnet Yerleri)



Şekil 4.57. (Üst Izgara)

Düzlem uzay kafes sistem, dış köşelerinden 4 adet mesnetle taşınmıştır. Alt ve üst ızgarası çapraz forma sahip 5m modülasyon boyutlu bir uzay kafes sistemdir (Şekil 4.55-4.56-4.57).

Modül boyu	:5.0 m
Sistem yüksekliği	:2.50 m
Maksimum açıklık	:40.00 m
Sistem alanı	:1600.00 m ²
Öz yük	:29.2 kg/m ²
Aşık+kaplama+kar veya kullanım yükü	:100.00 kg/m ²
Rüzgar yükü (emme)	:80.00 kg/m ²
Boru adedi	:1128
Küre adedi	:293
Sistemin ağırlığı	:49888kg
Maliyet birimi (max.100)	:57



Şekil 4.58. (x, y ve z Doğrultuları)

Sistemin (Şekil 4.56.) 1 numaralı düğüm noktasına rastlayan mesneti hem x, hemde y doğrultusunda tutulu, 9 numaralı düğüm noktasında sadece x doğrultusunda hareketli, 275 numaralı düğüm noktasında sadece y doğrultusunda hareketli ve 283 numaralı düğüm noktasındaki mesnet ise hem x, hemde y doğrultusunda hareketli olarak tasarlanmışlardır.

Yatay deplasmanlar incelendiğinde maksimum yatay deplasmanın 0.023 m (<0.035 m) civarında olması nedeniyle sistem kaplama malzemeleri uygulamasında herhangi bir problem doğurmayacağı sonucuna varılmıştır.

Düğüm noktası deplasmanları incelendiğinde, maksimum deplasmanın 143 numaralı düğüm noktasında 0.189 m (-z yönünde) olduğu görülmektedir (Şekil 4.56.). 0.189 m deplasman sistemin yapması gereken maksimum sehim olan 0.133 m'den ($L/300$) fazla çıkmaktadır. Dolayısıyla emniyet limitlerini 0.056 m aşmaktadır.

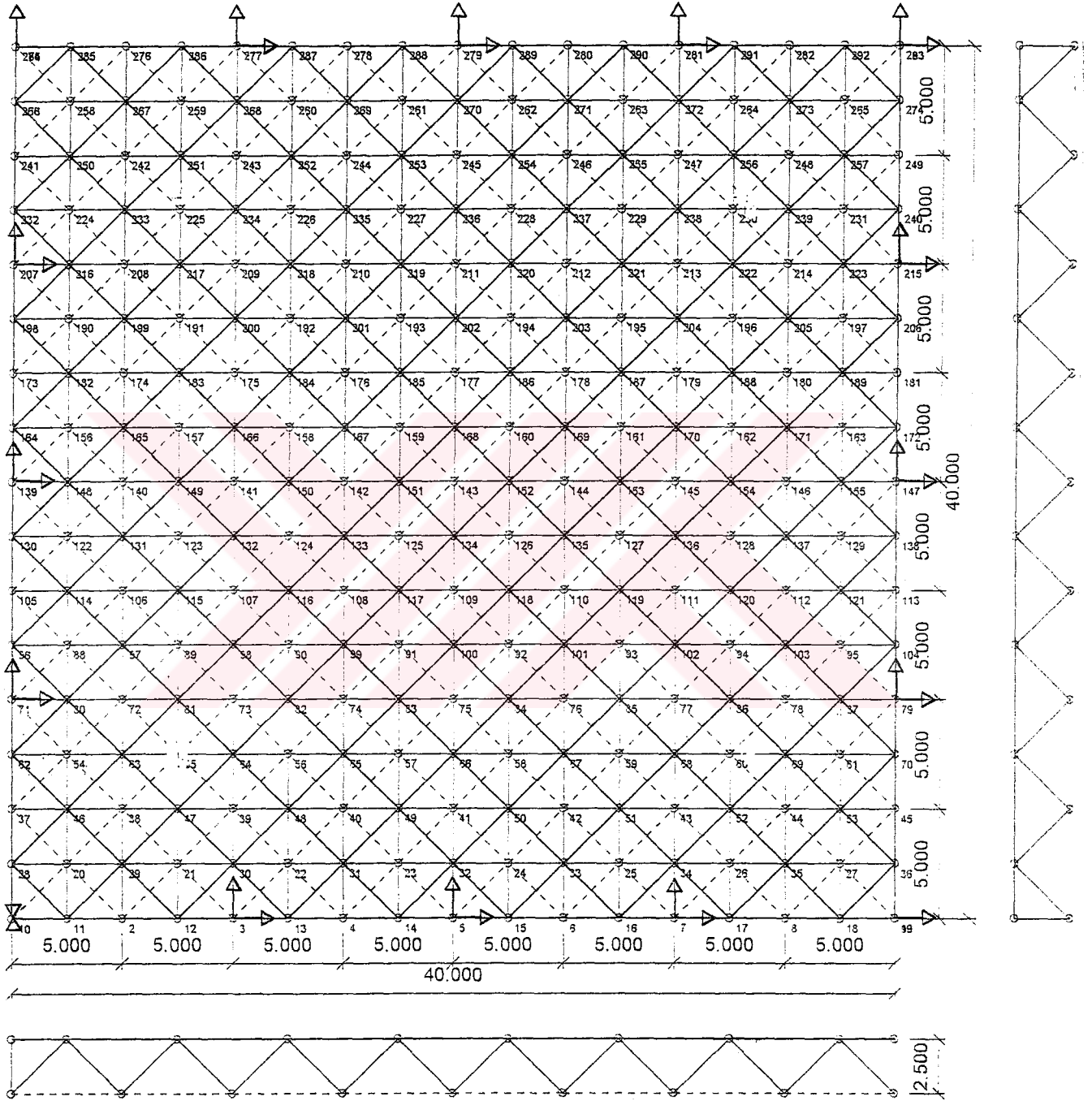
Düğüm noktalarını oluşturan küre ebatları çubuk çaplarının değişmesi ve civata, somun, konik ve boruların birbirlerine temasını önleyecek şekilde boyutlandırılır. Bu nedenle genellikle seçilen küre çapları, aktardıkları kuvvetlerin gerektirdiği çaplardan daha büyük olarak seçilir. Bu örnekte de 4 adet 60 mm , 64 adet 90 adet mm, 140 adet 130 mm, 21 adet 160 mm, 24 adet 200mm, 40 adet 240mm'lik küreler düğüm noktalarını oluşturur.

Maksimum mesnet deplasmanı x ve y doğrultusunda 0.023m'dir. Mesnetler 4 adet 200mm çapında küreden oluşturulmuşlardır.

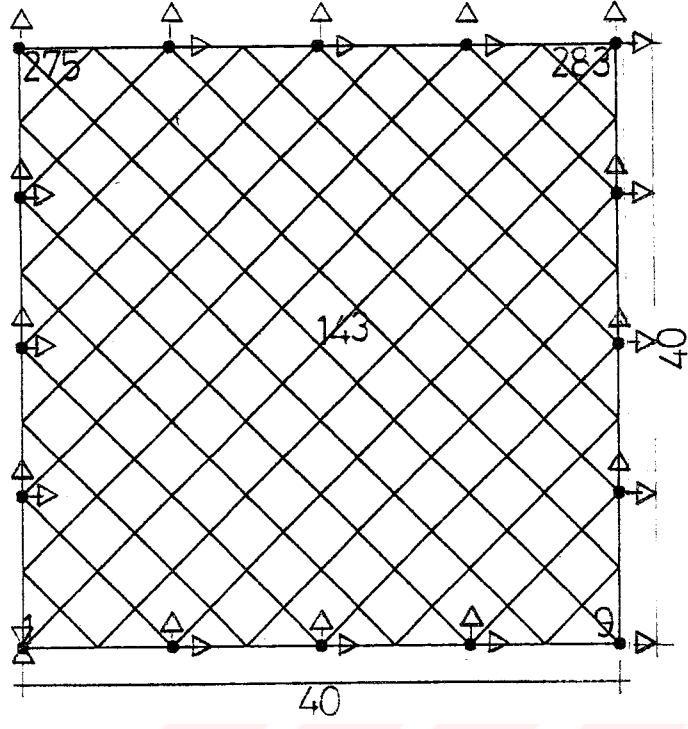
2.50m, 3.356m ve 5.00 m uzunluğundaki çubuk enkesitleri 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4", 5", 6", 8" olmak üzere 10 ayrı çapta tasarlanmıştır. Kullanılan malzeme St37'dir. Çubuklar üzerine etkiyen maksimum basınç kuvveti 81.296 ton (8" x 5.00m'lik çubukta) ve maksimum çekme kuvveti 79.133 ton (8" x 5.00m'lik çubukta) dur. Maksimum gerilmeler ise 1.533 ton/cm² basınç (8" x 5.00 m'lik çubukta) ve 2.133 ton/cm² çekme (8" x 5.00m'lik çubukta) dir.

Sistem maliyeti %44.3 boru, %6 boru işçiliği, %12 konik, %2 somun, %10.2 civata, %0.7 ambalaj, %24.7 küre, %0.1 pim olarak dağılmaktadır. Toplam maliyete mesnet, aşık, aşık elemanı, aşık civatası, kaplama ve boya masrafları dahil edilmemiştir.

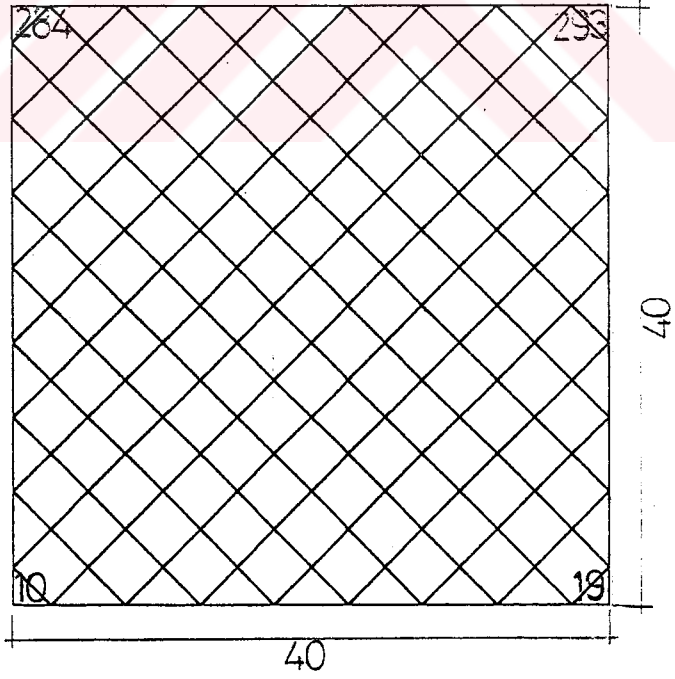
4.4.5.3. Dış Çerçeve İki Modülde Bir Mesnet (5ÇÇ3):



Şekil 4.59. (Plan + Kesitler)



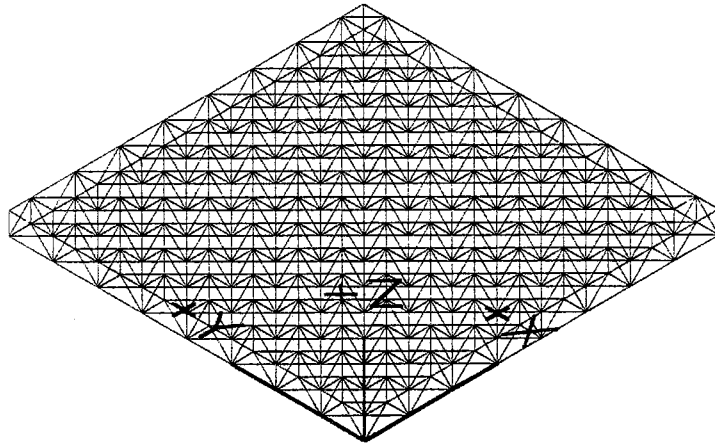
Şekil 4.60. (Alt Izgara ve Mesnet Yerleri)



Şekil 4.61. (Üst Izgara)

Düzlem uzay kafes sistem, dış sınırlarından iki modülde bir konumlandırılmış 16 adet mesnetle taşınmıştır. Alt ve üst ızgarası çapraz forma sahip 5m modülasyon boyutlu bir uzay kafes sistemdir (Şekil 4.59-4.60-4.61).

Modül boyu	:5.0 m
Sistem yüksekliği	:2.50 m
Maksimum açıklık	:40.00 m
Sistem alanı	:1600.00 m ²
Öz yük	:19.9 kg/m ²
Aşık+kaplama+kar veya kullanım yükü	:100.00 kg/m ²
Rüzgar yükü (emme)	:80.00 kg/m ²
Boru adedi	:1128
Küre adedi	:293
Sistemin ağırlığı	:2806kg
Maliyet birimi (max.100)	:24



Şekil 4.62. (x, y ve z Doğrultuları)

Sistemin (Şekil 4.60.) 1 numaralı düğüm noktasına rastlayan mesneti hem x, hemde y doğrultusunda tutulu, 9 numaralı düğüm noktasında sadece x doğrultusunda hareketli, 275 numaralı düğüm noktasında sadece y doğrultusunda hareketli ve 283 numaralı düğüm noktasındaki mesnet ise hem x, hemde y doğrultusunda hareketli olarak tasarlanmışlardır. Aralardaki diğer mesnetler x ve y yönlerinde hareketlidirler.

Yatay deplasmanlar incelendiğinde maksimum yatay deplasmanın 0.011 m (< 0.035 m) civarında olması nedeniyle sistemin kaplama uygulamasında herhangi bir problem doğurmayacağı sonucuna varılmıştır.

Düğüm noktası deplasmanları incelendiğinde, maksimum deplasmanın 143 numaralı düğüm noktasında 0.067 m (-z yönünde) olduğu görülmektedir (Şekil 4.60). Bu değerler de emniyet limitleri içinde yer almaktadırlar ($L/300$).

Düğüm noktalarını oluşturan küre ebatları çubuk çaplarının değişmesi ve civata, somun, konik ve boruların birbirlerine temasını önleyecek şekilde boyutlandırılır. Bu nedenle genellikle seçilen küre çapları, aktardıkları kuvvetlerin gerektirdiği çaplardan daha büyük olarak seçilir. Bu örnekte de 4 adet 60mm, 261 adet 90 mm, 28 adet 130 mm'lik küreler düğüm noktalarını oluşturur.

Maksimum mesnet deplasmanı x ve y doğrultusunda 0.011m'dir. Mesnetler 4 adet 90mm, 12 adet 130mm'lik kürelerden oluşturulmuşlardır.

2.50m, 3.356m ve 5.00m uzunluğundaki çubuk enkesitleri 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4", olmak üzere 7 ayrı çapta tasarlanmıştır. Kullanılan malzeme St37'dir. Çubuklar üzerine etkileyen maksimum basınç kuvveti 12.827 ton (3" x 3.356m'lik çubukta) ve maksimum çekme kuvveti 11.547 ton (4" x 3.356m'lik çubukta) dur. Maksimum gerilmeler ise 1.194 ton/cm² basınç (2" x 3.356 m'lik çubukta) ve 1.377 ton/cm² çekme (3" x 3.356m'lik çubukta) dir.

Sistem maliyeti %61.8 boru, %9.1 boru işçiliği, %8.8 konik, %2 somun, %5.1 civata, %1.5 ambalaj, %11.5 küre, %0.2 pim olarak dağılmaktadır. Toplam maliyete mesnet, aşık, aşık elemanı, aşık civatası, kaplama ve boya masrafları dahil edilmemiştir.

BÖLÜM 5. SONUÇ :

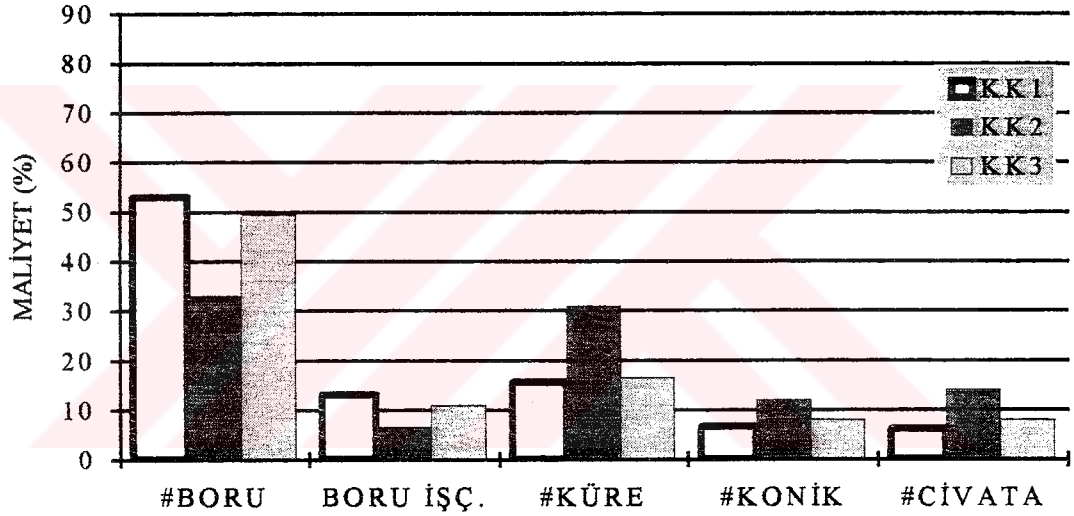
Bu çalışmada incelenen çift tabakalı düzlem uzay kafes sistem örnekleri örgü tiplerine göre dört ana grupta toplanmıştır. Bunlar alt ve üst ızgarası kare modülasyonlu sistemler (KK_ serisi, bölüm 4.5.), alt ızgarası kare üst ızgara çapraz modülasyonlu sistemler (KÇ_ serisi, bölüm 4.6.), alt ızgarası çapraz üst ızgarası kare modülasyonlu (ÇK_ serisi, bölüm 4.7.) sistemler, alt ve üst ızgarası çapraz modülasyonlu (ÇÇ_ serisi, bölüm 4.8.) sistemlerdir. Ayrıca alt ve üst ızgarası çapraz modülasyonlu olan örgü sistemlerine 5.0m modül boyutlu diğer bir sistem de (5ÇÇ_ serisi, bölüm 4.9.) eklenmiştir.

Modül boyu 5.0m olan 5ÇÇ serisi hariç sistemlerin modül boyları 2.5m, yükseklikleri 2.5m ve örttükleri alan 40mx40m (1600m²) dir. Çalışmada bu değerler sabit tutularak, örgü biçimlerinin ve mesnetlenme koşullarının değişmesi ile, sistemi oluşturan çubukların ve düğüm noktalarının nicelik ve niteliklerinin nasıl etkilendiği ortaya konmuştur.

Elde edilen sonuçlar Tablo 5.1.'de görülmektedir. Burada çubuk kuvvetlerinin ve çubuk gerilmelerinin pozitif veya negatif değerde olmaları çekme ve basınç kuvvetlerini simgelemektedir (- basınç, + çekme). Maksimum düşey deplasmanlardaki eksi değer sistemlerin -z yönündeki deplasmanlarıdır (maksimum sehim). Yatay deplasmanlarının değerleri bir numaralı mesnetin x ve y yönünde tutulu olması nedeni ile her zaman pozitiftir. Sistem maliyeti satırındaki rakkamlar, en pahalı sistemin 100 birim olarak kabul edilip, diğer sistemlerin maliyetlerinin bu sisteme oranlanması ile elde edilmiştir.

5.1. KK_ Serisi :

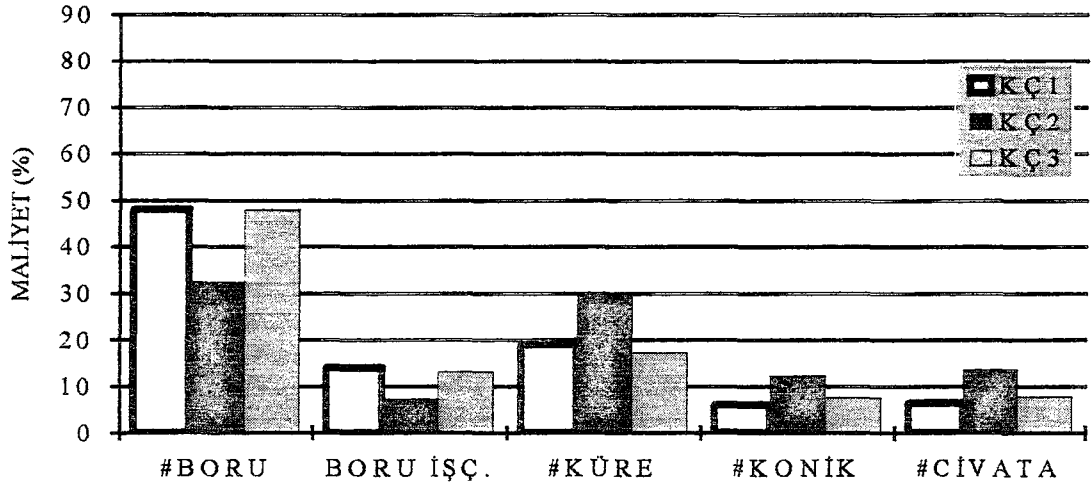
Alt ve üst ızgarası kare modülasyonlu KK_ serisi 2048 adet çubuk ve 545 adet düğüm noktası sayısı ile 2.5m modül boyutlu sistemler içinde bu elemanların en az kullanıldığı örgü biçimidir. Eleman sayısının az olması sistemi hafifletmiştir. KK_ serisinin dört mesnetle konsol çalıştırıldığı durum en az düşey deplasmanı yapan sistemdir (-0.04m). En büyük çubuk kuvveti değerine de KK2; +84.07 ton ile bu seride rastlanmıştır. Tüm mesnetlenme koşullarında KK_ örgü biçimi en ekonomik örgü tipidir. Bu serinin sistem elemanlarının maliyete etkisi grafik 5.1.'de verilmiştir.



Grafik 5.1.(KK_ serisinin maliyet dağılımı).

5.2. KÇ_ Serisi :

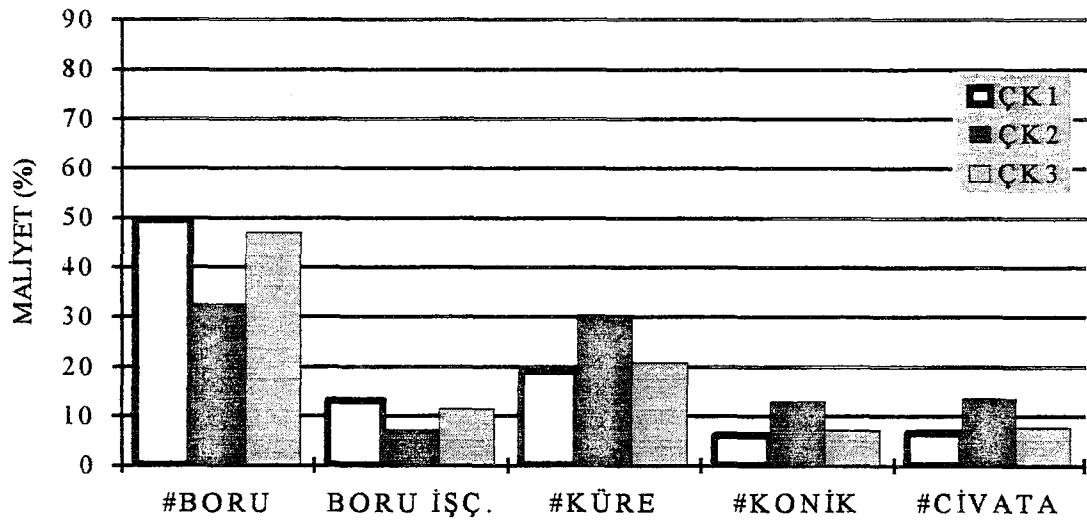
Alt ızgarası kare, üst ızgarası çapraz modülasyonlu KÇ_ serisi 2.5m modül boyutlu sistemler içinde, tüm mesnetlenme koşullarında KÇ2; -1.67 t/cm² ile en büyük çubuk basınç gerilme değerine rastlanan sistemdir. 2945 çubuk ve 834 düğüm noktasından oluşan ile KÇ_ serisi üç mesnetlenme koşulunda da en büyük düşey deplasmanları yapmaktadır. Bu serinin sistem elemanlarının maliyete etkisi grafik 5.2.'de verilmiştir.



Grafik 5.2. (KÇ_ serisinin maliyet dağılımı)

5.3. ÇK_ Serisi :

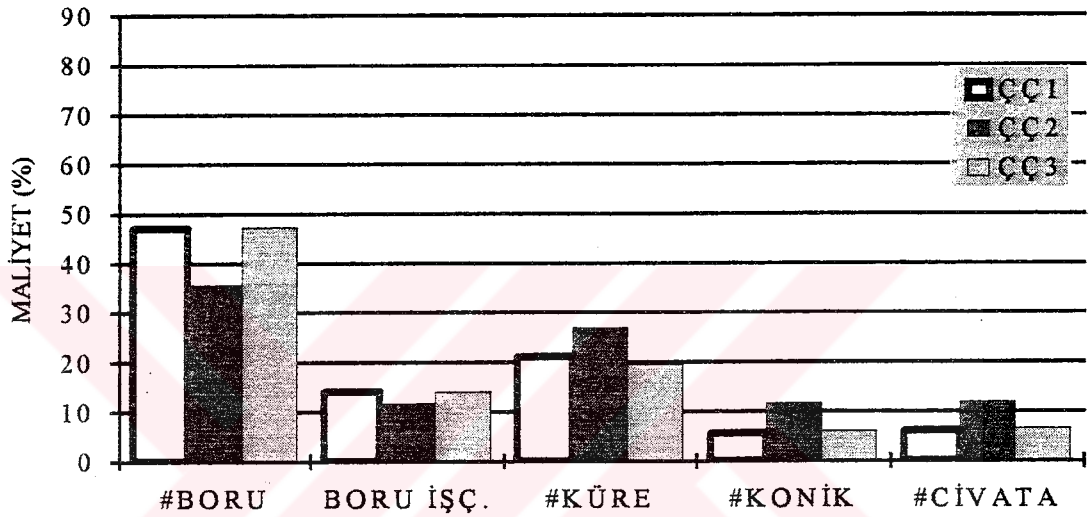
Alt ızgarası çapraz, üst ızgarası kare modülasyonlu ÇK_ serisi KÇ_ serisi ile aynı çubuk (2945) ve düğüm noktası sayısına (834) sahip olmasına rağmen daha ağır ve pahalıdır. Üç numaralı mesnetlenme koşulunda ÇK3; -1.33 t/cm² ile en büyük çubuk basınç gerilmesi ve ÇK3; +23.88 ton ile maksimum çubuk çekme kuvveti bu seridedir. Bu serinin sistem elemanlarının maliyete etkisi grafik 5.3.'de verilmiştir.



Grafik 5.3. (ÇK_ serisinin maliyet dağılımı).

5.4. ÇÇ_ Serisi :

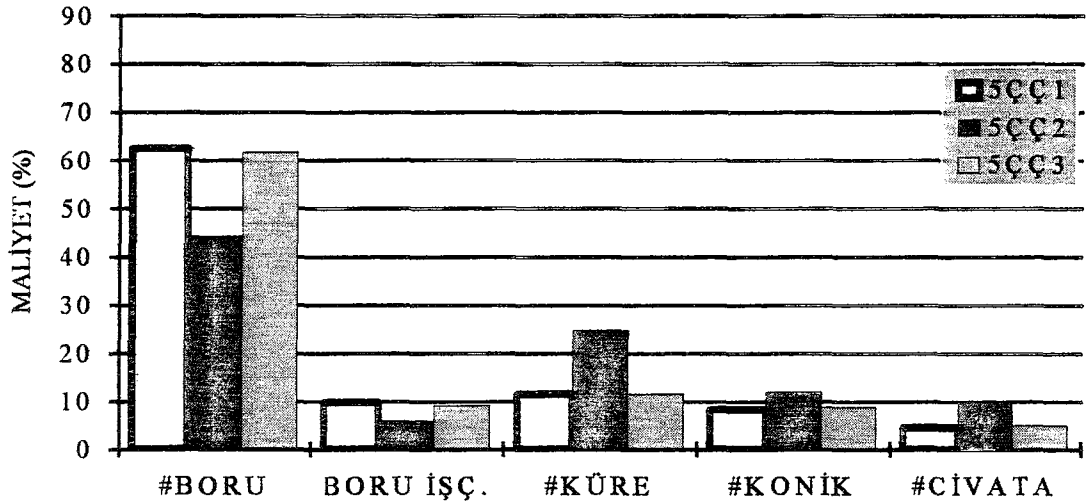
Alt ve üst ızgarası çapraz modülasyonlu ÇÇ_ serisi 2.5m modül boyutlu sistemler içinde en çok çubuk (4296 adet) ve düğüm noktası (1093 adet) kullanılan örgü biçimidir. Bu örgü tipinde eleman sayısının fazlalaşması sistemi ağırlaştırmıştır. Tüm mesnetlenme koşullarında en ağır (ÇÇ1; 37957kg, ÇÇ2; 73226kg, ÇÇ3; 40187kg) ve pahalı örgü tipidir. Bu serinin sistem elemanlarının maliyete etkisi grafik 5.4.'de verilmiştir.



Grafik 5.4. (ÇÇ_ serisinin maliyet dağılımı).

5.5. 5ÇÇ_ Serisi :

Alt ve üst ızgarası çapraz modülasyonlu 5ÇÇ_ serisinin modül boyutu 5.0m'dir. Bu nedenle tüm sistemler içinde en az sayıda çubuk (1128) ve küreden (293) oluşmaktadır. Tüm mesnetlenme koşullarında en küçük düşey deplasman değerlerine bu seride rastlanmaktadır (5ÇÇ1; -0.04m, 5ÇÇ2; -0.18m, 5ÇÇ3; -0.06m). Bu örgü tipinde (çubuk boylarının uzaması nedeni ile) eleman sayısının azalması sistemi hafifletmiştir. Ancak çubuk boylarının bu derece uzun tutulması uzay kafes sistemlerin en büyük avantajlarından biri olan montaj kolaylığını ortadan kaldırmaktadır. Çubuk boyları bir kişinin taşıyıp kaldıracağı boyutların çok üzerindedir. Buna karşın maliyetten düşük sistemdir. Bu serinin sistem elemanlarının maliyete etkisi grafik 5.1.'de verilmiştir.



Grafik 5.5. (5ÇÇ_ serisinin maliyet dağılımı)

5.6. Sonuçların Değerlendirilmesi :

Bu çalışmada çift tabakalı düzlem uzay kafesler için dört örgü tipi üç farklı mesnetlenme koşulunda incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

Uzay kafes sistemler tasarlanırken, kuvvetli yan rüzgar yükleri olmadığı taktirde kare formlu modülasyonların kullanıldığı örgü biçimlerinin uygun olacağı görülmektedir. Bu sistemler düşey yüklerin zemine iletiminde kullanışlıdır. Kare formlu örgü sistemlerinde alt ve üst ızgaralı sistemlerin eleman sayıları ve tipleri azalmaktadır. Bu nedenle sistemler hafif ve ekonomiktir. Çapraz modülasyonlu ızgara kombinasyonları sistemlerin yan yüklere karşı direncini arttırırken eleman sayılarını da arttırmaktadır. Bu durum sistemleri ağırlaştırmakta ve maliyetlerini dearttırmaktadır. Çapraz formlu modülasyonlar modül boyutlarının arttırılması sistemleri ekonomi açısından olumlu yönde etkilemektedir. Bu kombinasyonlardan en elverişli olanı üst ızgarası çapraz , alt ızgarası kare formlu olan sistemdir (KÇ_ serisi). Ancak 5ÇÇ_ serisinde olduğu gibi çubuk boylarının 5 metre gibi boyutlara getirilmesi bu elemanların taşınabilirlik ve montaj kolaylıkları avantajlarını ortadan kaldırmaktadır. Düğüm noktalarının ve çubukların sayıları kadar bu elemanların mümkün olduğunca aynı tipte kullanılmaları da maliyeti azaltmaktadır. Tasarım aşamasında mesnet yerleri belirlenirken

konsol çalışacak sistemler tercih edilmelidir. Konsol çalışacak sistemler de örgü tiplerine göre kendi içlerinde farklılık göstermektedirler (Tablo 1). Tüm serilerde görüldüğü gibi 4 adet mesnet ile 3/10 oranında konsol çalıştırılan sistemler (KK1, KÇ1, ÇK1, ÇÇ1, 5ÇÇ1) en az yatay ve düşey deplasman yapan en hafif ve en ekonomik sistemlerdir. Geçilen maksimum açıklığın azaltılmış olması da önemli bir faktördür. Dış çerçevede 10m'de bir, toplam 16 adet mesnet ile taşınan sistemler bile (KK3, KÇ3, ÇK3, ÇÇ3, 5ÇÇ3) konsol çalışan sistemler kadar başarılı değildirler. Aynı şekilde 4 adet mesnet ile dört köşesinden taşınan sistemlerin tümü çok ağır, çok pahalı ve düşey deplasman emniyet limitlerini aşmış sistemlerdir (KK2, KÇ2, ÇK2, ÇÇ2, 5ÇÇ2).



KAYNAKLAR :

- 1- BAYÜLGEN, C., "Uzay Kafes Taşıyıcı Sistemler", Y.T.Ü., Mimarlık Fakültesi, İstanbul 1983.
- 2- CODD, E.T., "Low Technology Space Frames", 1984
- 3- CHATEAU, S.DU., "The Industrialisation of Modular Space Frames, 1981
- 4- ÇAMLIBEL N., "Mimarlıkta Taşıyıcı Sistem Sorunları", Y.T.Ü., Mimarlık Fakültesi, İstanbul 1994.
- 5- EBERLEIN H., "The Use of the Mero Industrialised System of Construction in Double Layer Grids", 1981
- 6- FASTENAU, WERNER., "The Züblin Space Truss System", 1981
- 7- HASOL, D., "MİMARLIK SÖZLÜĞÜ", Yapı-Endüstri Merkezi yayınları, İstanbul 1993.
- 8- HSIAO, S.C., "The Moduspan Space Frame System",1975
- 9- IASS WORKING GROUP, "Analyses, Design and Construction of Space Frames", 1979.
- 10- MAKOWSKI, Z.S., "Space Structures", 1966.
- 11- MAKOWSKI, Z.S., "Recent Trends and Developments in Prefabricated Space Structures", 1971.
- 12- MAKOWSKI, Z.S., "Review of the Development of Various Types of Double-Layer Grids", 1981.
- 13- MENGERINGENHAUSEN, M., "Kompositonslehre Raumlicher Stab-Fachwerke", 1966.
- 14- ÖZŞEN, GÖRÜN-YAMANTÜRK, EMEL., "Taşıyıcı Sistem Tasarımı", Birsen Yayınevi, İstanbul 1991.
- 15- TÜRKCÜ, HASAN ÇETİN., "Uzay Çerçeve Çatıyı Farklı Geometrik Olanaklar Arasından Seçmede Kullanılabilecek Ölçütler ve Yöntemi",E.Ü. Güzel Sanatlar Fakültesi Yayınları, İzmir1982.
- 16- WALKER, H.B., "The Nodus System for the Design and Construction of Space Frames", 1981.
- 17- WHITWORTH, V.P., "Space Deck System", 1981.

ÖZGEÇMİŞ :

Doğum Tarihi :26 Mayıs 1969
Doğum Yeri :İstanbul
Tahsil Hayatı İlköğretim :Hürriyet-i Ebediye İlkokulu
Orta ve Lise :Kadıköy Anadolu Lisesi
Üniversite :1987-1993 Yıldız Teknik Üniversitesi,
Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü.

