



T.C.

NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEK KATLI ENDÜSTRİYEL YAPILARIN DÜZLEM VE UZAY KAFES
SİSTEM ÇÖZÜMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

RUMEYSA DURANOĞLU

Temmuz 2019

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEK KATLI ENDÜSTRİYEL YAPILARIN DÜZLEM VE UZAY KAFES SİSTEM
ÇÖZÜMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

RUMEYSA DURANOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Prof. Dr. Hakan ERDEM

Temmuz 2019

Rumeysa DURANOĞLU tarafından **Prof. Dr. Hakan ERDEM** danışmanlığında hazırlanan “**Tek Katlı Endüstriyel Yapıların Düzlem ve Uzay Kafes Sistem Çözümlerinin Karşılaştırılması**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Hakan ERDEM, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. Ersin AYDIN, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. Baki ÖZTÜRK, Hacettepe Üniversitesi

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/....../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun/....../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../2019

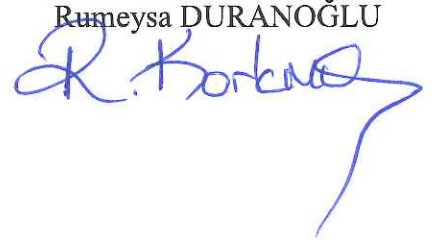
Doç. Dr. Murat BARUT

MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Rumeysa DURANOĞLU



ÖZET

TEK KATLI ENDÜSTRİYEL YAPILARIN DÜZLEM VE UZAY KAFES SİSTEM ÇÖZÜMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

DURANOĞLU, Rumeysa
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Hakan ERDEM

Temmuz 2019, 110 sayfa

Bu tez çalışmasında 18 m açıklığa ve 30 m uzunluğa sahip tek katlı düzlem ve uzay kafes sistem endüstri yapıları, ilgili standart ve yönetmeliklere uygun bir şekilde tasarlanmış ve Sap2000 programı kullanılarak statik ve dinamik analizleri yapılmıştır. Bu analiz sonuçlarına bakılarak, düzlem ve uzay kafes yapı tiplerinin maliyeti, ağırlığı, taban kesme kuvveti, taban eğilme momenti, çubuk kuvvetleri, deprem kuvveti, kritik noktalardaki deplasman ve ivme değerleri gibi çeşitli yönlerden karşılaştırılması yapılmıştır. Sap2000 analiz sonuçlarına göre; düzlem kafes sistemi, uzay kafes sisteminden daha ağır olduğu için düzlem kafes sistemine gelen deprem kuvvetinin arttığı, eksenel ve kesme kuvvetlerinin azaldığı, taban kesme kuvvetlerinin ve taban eğilme momentlerinin daha küçük değerler çıktığı görülmektedir. Yapı maliyeti, yapı ağırlığı ile doğru orantılı olduğundan uzay kafes sisteminin düzlem kafes sistemine göre daha ekonomik olduğu belirlenmiştir. Uzay kafes sisteminin x yönü çözümünde, düzlem kafes sistemine göre daha çok mod kullanıldığı ve daha hassas bir çözüm yapıldığı görülmektedir. Aynı zamanda uzay kafes sistemin y yönünde, düzlem kafes sistemin ise x yönünde daha fazla deplasman yaptığı belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Endüstri yapılar, çelik yapılar, düzlem kafes sistem, uzay kafes sistem

SUMMARY

COMPARISON OF THE PLANE AND SPACE TRUSS SYSTEM SOLUTIONS OF SINGLE STOREY INDUSTRIAL STRUCTURES

DURANOĞLU, Rumeysa
Niğde Ömer Halisdemir University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Hakan ERDEM

July 2019, 110 pages

In this thesis, single-floor plane and space truss system structures with 18 m span and 30 m length were designed in accordance with the proper standards and regulations, and static and dynamic analyzes were performed using Sap2000 program. According to the results of this analysis, the cost, weight, base shear force, base moment, rod forces, earthquake force, displacement and acceleration values of critical points were compared between plane and space truss structures. According to SAP2000 results, plane truss system was found to be weightier than space truss system. Therefore, it was observed that the earthquake force coming to the plane truss system increased and the axial and shearing forces decreased. It was also observed that the base shear forces and the base moments decreased. As the manufacturing cost is directly proportional to the weight of the structure, it was determined that the space truss system was more economical than the plane truss system. In the x direction, it is observed that the space truss system uses more mode than the plane truss system and a more sensitive solution is observed. It was determined that the space truss system had more displacement in the y direction and the plane truss system had more displacement in the x direction.

Keywords: Industrial buildings, steel structures, plane truss system, space truss system

ÖN SÖZ

Bu tez çalışması, tek açıklıklı çelik kafes sistem endüstri yapılarına örnek bir çalışmadır. Bu çalışma ile aynı ölçülere sahip düzlem ve uzay kafes sistemlerin, sap2000 bilgisayar programı ile elde edilen analiz ve boyutlandırma sonuçları çeşitli yönlerden karşılaştırılarak meslektaşlarımıza bir fikir vermesi amaçlanmıştır.

Yüksek lisans eğitimim süresince, her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen, değerli bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım kıymetli tez danışmanım Prof. Dr. Hakan ERDEM'e, ayrıca yapı modellerinin dinamik analizleri boyunca ihtiyaç duyduğum her an yardımını esirgemeyen Doç. Dr. Ersin AYDIN hocama içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman ve her konuda yanımda olan, benden desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen babam Ramazan KORKMAZ, annem Emine KORKMAZ başta olmak üzere aileme, eşim H. Onur DURANOĞLU' na ve biricik kızıma şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
SİMGE VE KISALTMALAR	xvii
BÖLÜM I GİRİŞ	1
BÖLÜM II ENDÜSTRİ YAPILARI	4
2.1 Endüstri Yapılarının Taşıyıcı Sistemleri	4
2.2 Hal Konstrüksiyonu Statik Sistemleri	6
2.2.1 Düzlem taşıyıcı sistem ile modellenen hal yapıları	6
2.2.1.1 Birinci grup hal yapıları	7
2.2.1.2 İkinci grup hal yapıları	8
2.2.1.3 Üçüncü grup hal yapıları	9
2.2.1.4 Özel hal yapıları	10
2.2.2 Uzay kafes sistem ile modellenen hal yapıları	12
2.2.2.1 Düz çatı	13
2.2.2.2 Kırık çatı	14
2.2.2.3 Tonoz çatı	14
2.2.2.4 Kubbe uzay kafes sistem	15
2.2.2.5 Piramit kafes sistemler	15
2.3 Hal yapılarının stabilite bağları	16
2.3.1 Çatı stabilite bağları	16
2.3.1.1 Düşey stabilite bağları	16
2.3.1.2 Çatı düzlemi stabilite bağları	17
2.3.2 Çatı altı stabilite bağları	19
2.3.2.1 Boyuna doğrultuda stabilite bağları	19
2.3.2.2 Kalkan duvarı stabilite bağları	19
BÖLÜM III MATERYAL VE METOD	21

3.1 Materyal	21
3.2 Metod	21
BÖLÜM IV TAŞIYICI SİSTEMLERİN YÜK HESAPLARI	23
4.1 Düzlem Taşıyıcı Kafes Sisteminin Yük Hesapları	23
4.1.1 Düzlem kafes sistemi yük hesabında kullanılacak sistem bilgileri	23
4.1.2 Düzlem kafes sistemine etki eden yüklerin hesabı	24
4.1.2.1 Düzlem kafes sistemi zati yük hesabı	24
4.1.2.2 Düzlem kafes sistemi rüzgâr yükü hesabı	26
4.1.2.3 Düzlem kafes sistemi kar yükü hesabı.....	35
4.1.2.4 Düzlem kafes sistemi deprem yükü hesabı.....	37
4.1.3 Düzlem kafes sistemde düğüm noktalarına etki eden yüklerin hesabı	37
4.1.3.1 Düzlem kafes sistemine etki eden zati yük hesabı.....	38
4.1.3.2 Düzlem kafes sistemine etki eden kar yükü hesabı	40
4.1.3.3 Düzlem kafes sistemine etki eden rüzgâr yükü hesabı	43
4.2 Uzay Kafes Taşıyıcı Sisteminin Yük Hesapları	49
4.2.1 Uzay kafes sistemi yük hesabında kullanılacak sistem bilgileri.....	49
4.2.2 Uzay kafes sistemine etki eden yüklerin hesabı	50
4.2.2.1 Uzay kafes sistemi zati yük hesabı	50
4.2.2.2 Uzay kafes sistemi rüzgâr yükü hesabı.....	50
4.2.2.3 Uzay kafes sistemi kar yükü hesabı.....	55
4.2.2.4 Uzay kafes sistemi deprem yükü hesabı.....	56
4.2.3 Uzay kafes sistemde düğüm noktalarına etki eden yüklerin hesabı	56
4.2.3.1 Uzay kafes sistemine etki eden zati yük hesabı.....	57
4.2.3.2 Uzay kafes sistemine etki eden kar yükü hesabı	58
4.2.3.3 Uzay kafes sistemine etki eden rüzgâr yükü hesabı	59
BÖLÜM V TAŞIYICI SİSTEMLERİN TANIMI.....	65
5.1 Düzlem Kafes Sistem.....	65
5.1.1 Düzlem kafes sistemine ait bilgiler.....	65
5.1.2 Sap2000 programı ile düzlem kafes sistemin çözüm adımları	68
5.1.2.1 Düzlem kafes sistem modelinin oluşturulması	68
5.1.2.2 Malzeme ve kesit özelliklerinin tanımlanması	70
5.1.2.3 Yüklerin tanımlanması.....	71
5.1.2.4 Çatı düzlemine rijit diyafram atanması.....	73
5.1.2.5 Düzlem kafes sisteme “Yermo” depreminin etki ettirilmesi	74

5.1.2.6 Analiz ve boyutlandırma.....	75
5.2 Uzay Kafes Sistem.....	75
5.2.1 Uzay kafes sistemine ait bilgiler.....	75
5.2.2 Sap2000 programı ile uzay kafes sistemi çözüm adımları	78
5.2.2.1 Uzay kafes sistem modelinin oluşturulması	78
5.2.2.2 Malzeme ve kesit özelliklerinin tanımlanması	80
5.2.2.3 Yüklerin tanımlanması.....	81
5.2.2.4 Uzay kafes sisteme “Yermo” depreminin etki ettirilmesi	83
5.2.2.5 Analiz ve boyutlandırma.....	84
BÖLÜM VI SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	86
6.1 Düzlem ve Uzay Kafes Sistemlerinin Yapısal Davranışlarının Karşılaştırılması	88
6.1.1 Düzlem ve uzay kafes sistem elemanlarına ait kesitlerinin incelenmesi.....	88
6.1.2 Düzlem ve uzay kafes sistemlerinin yapı ağırlıklarının karşılaştırılması.....	89
6.1.3 Düzlem ve uzay kafes sistemlerine etki eden eşdeğer statik deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması	90
6.1.4 Düzlem ve uzay kafes sistemlerinde oluşan maksimum mesnet reaksiyonlarının karşılaştırılması	91
6.1.5 Düzlem ve uzay kafes sistemlerinde etkin kütle katılım oranlarının karşılaştırılması	92
6.1.6 Düzlem ve uzay kafes sistemlerinde S6 isimli kolonların karşılaştırılması ..	93
6.1.7 Düzlem ve uzay kafes sistemlerin kritik noktalarındaki deplasmanların karşılaştırılması	94
6.1.8 Düzlem ve uzay kafes sistemlerin yapı maliyetlerinin karşılaştırılması	94
6.2 Düzlem ve Uzay Kafes Sistemlerinin Dinamik Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	96
6.2.1 Düzlem ve uzay kafes sistemlerde S6 isimli kolonların dinamik analiz sonuçlarının karşılaştırılması.....	96
6.2.2 Düzlem ve uzay kafes sistemlerinin kritik noktalarındaki deplasmanların karşılaştırılması	97
6.2.3 Düzlem ve uzay kafes sistemlerine ait taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	98
6.2.4 Düzlem ve uzay kafes sistemlerinin x ve y yönüne ait taban eğilme momentlerinin karşılaştırılması.....	99

6.2.5 Düzlem ve uzay kafes sistemlerinin kafes çubuklarındaki eksenel kuvvetlerin karşılaştırılması	100
6.2.6 Düzlem ve uzay kafes sistemlerine ait mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması	100
BÖLÜM VII SONUÇLAR.....	103
KAYNAKLAR	106
ÖZGEÇMİŞ	110



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. TS EN 1991-1-4' e ait arazi kategorileri ve arazi parametreleri	28
Çizelge 4.2. TS EN 1991-1-4' e ait düşey duvarlar için tavsiye edilen dış basınç değerleri	30
Çizelge 4.3. Rüzgârın çatı sırtına dik gelmesi durumu düşey duvarlarına etkiyen dış basınç değerleri	30
Çizelge 4.4. Rüzgârın çatı sırtına paralel gelmesi durumu düşey duvarlarına etkiyen dış basınç değerleri	31
Çizelge 4.5. TS EN 1991-1-4' e ait çift eğimli çatılarda rüzgâr yönü $\theta=0^\circ$ için	32
dış basınç değerleri	32
Çizelge 4.6. Çift eğimli çatılarda rüzgâr yönü $\theta=0^\circ$ için elde edilen dış basınç değerleri	32
Çizelge 4.7. TS EN 1991-1-4' e ait çift eğimli çatılarda rüzgâr yönü $\theta=90^\circ$ için dış basınç değerleri.....	34
Çizelge 4.8. Çift eğimli çatılarda rüzgâr yönü $\theta=90^\circ$ için elde edilen dış basınç değerleri	34
Çizelge 4.9. TS EN 1991-1-3' e ait kar yükü şekil katsayısı	35
Çizelge 4.10. TS EN 1991-1-3' e ait farklı topografik alanlar için tavsiye edilen değer	35
Çizelge 4.11. TS EN 1991-1-3'e ait karakteristik zemin kar yükü değeri.....	36
Çizelge 4.12. Rüzgârın 30 m uzunluğundaki duvara dik etkimesi durumu dış basınç değerleri.....	52
Çizelge 4.13. Rüzgârın 30m uzunluğundaki duvara paralel etkimesi durumu dış basınç değerleri	53
Çizelge 4.14. TS EN 1991-1-4' e ait düz çatılar için dış basınç değerleri.....	54
Çizelge 4.15. Düz çatılar için elde edilen dış basınç değerleri	54
Çizelge 5.1. Düzlem kafes sistemde kullanılan kesit özellikleri	71
Çizelge 5.2. Düzlem kafes sistemde tanımlanan yükler	72
Çizelge 5.3. Düzlem kafes sisteminde 2016 ÇYTHYEDY' e göre oluşturulan yük kombinasyonları	73
Çizelge 5.4. Uzay kafes sistemde kullanılan kesit özellikleri.....	81

Çizelge 5.5. Uzay kafes sisteminde tanımlanan yükler	82
Çizelge 5.6. Uzay kafes sisteminde 2016 ÇYTHYEDY' e göre oluşturulan yük kombinasyonları	83
Çizelge 6.1. Düzlem ve uzay kafes sistem elemanlarına ait kesitler	89
Çizelge 6.2. Düzlem ve uzay kafes sistemlerinin kritik noktalarındaki deplasman değerleri	94
Çizelge 6.3. Düzlem kafes sistem maliyet hesabı.....	95
Çizelge 6.4. Uzay kafes sistem maliyet hesabı	95
Çizelge 6.5. Uzay ve düzlem kafes sistemi S6 kolonu dinamik analizine ait maksimum eksenel, kesme, moment ve burulma değerleri.....	96
Çizelge 6.6. Uzay ve düzlem kafes sistemlerinde A, B, C ve D noktalarına ait deplasman değerleri.....	97

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Örnek taşıyıcı sistemler (a), (b), (c) ve (d)	5
Şekil 2.2. Birim düzlem kafes.....	7
Şekil 2.3. Birinci grup hallerinin iki boyutlu (a) ve üç boyutlu (b) görüntüsü (Yardımcı, 2003)	8
Şekil 2.4. Krensiz (a), hafif kren yüklü (b) ve ağır kren yüklü (c) sistemlerin kolon modellemesi (Yardımcı, 2003).....	8
Şekil 2.5. İkinci grup yapı halleri	9
Şekil 2.6. Dolu gövdeli sistem (a) ve kafes sistem (b) üçüncü grup yapı halleri	10
Şekil 2.7. Krensiz çok gözlü hal yapısı örneği (Aydeniz, 2012)	10
Şekil 2.8. Krenli çok gözlü hal yapısı örneği (Aydeniz, 2012)	11
Şekil 2.9. Şed yapıli hallerin eğimleri (Aydeniz, 2012)	11
Şekil 2.10. Şed yapıli hallerin perspektif görünümü (Aydeniz, 2012)	11
Şekil 2.11. Uzak kafes sistem düğüm noktası detayı.....	12
Şekil 2.12. Uzak kafes sistem modülü.....	13
Şekil 2.13. Düz çatı (Ülker, 2007)	13
Şekil 2.14. Kırık çatı (Ülker, 2007)	14
Şekil 2.15. Tonoç çatı örneği	14
Şekil 2.16. Kubbe uzak kafes sistem (Ülker, 2007).....	15
Şekil 2.17. Piramit uzak kafes örneği (Amam, 2015).....	15
Şekil 2.18. Düşey stabilite elemanı (Kahya, 2016).....	17
Şekil 2.19. Çapraz (a) ve destekli (b) düşey stabilite bağları (Arda, 1978	17
Şekil 2.20. Çatı düzlemi stabilite elemanı (Kahya, 2016)	18
Şekil 2.21. Çatı düzlemi stabilite bağları (a) ve sık aşıklıklı çatı stabilite bağları (b) (Arda, 1978).....	18
Şekil 2.22. Boyuna doğrultuda stabilite bağlarının tasarlanma şekilleri (Arda, 1978	19
Şekil 2.23. Kalkan duvarında stabilite bağlarının modellenmesi (Arda, 1978).....	20
Şekil 4.1. Düzlem kafes sistemin görüntüsü.....	24
Şekil 4.2. Çatı örtü malzemesi öz ağırlığı (Kocabalkan, 2019).....	25
Şekil 4.3. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait Nevşehir için en hızlı rüzgâr hızı değeri.....	26

Şekil 4.4. Rüzgârın çatı sırtına dik gelmesi durumu.....	29
Şekil 4.5. Rüzgârın çatı sırtına paralel gelmesi durumu	31
Şekil 4.6. TS EN 1991-1-4' e ait çift eğimli çatılarda rüzgâr yönü $\theta=0^\circ$ için açıklamalar	33
Şekil 4.7. TS EN 1991-1-4' e ait çift eğimli çatılarda rüzgâr yönü $\theta = 90^\circ$ için açıklamalar	34
Şekil 4.8. Düzlem kafes sistemine ait kar yükü şekil katsayıları.....	36
Şekil 4.9. Düzlem kafes sistemi aşıklarına etkiyen zati yüklerin ön cephe görüntüsü (a), kenar aşıklara etkiyen zati yükü detay görüntüsü (b) ve orta aşıklara etkiyen zati yükü detay görüntüsü (c)	39
Şekil 4.10. Düzlem kafes sistemi 2, 3, 4, 5 akslarına (a) ve 1, 6 akslarına (b) ait makasların düğüm noktalarına etkiyen zati yüklerin görünümü.....	40
Şekil 4.11. Düzlem kafes sisteminde <i>durum (i)</i> için aşıklara etki eden kar yükünün ön cephe görüntüsü (a), orta aşıklara etkiyen kar yükü detay görüntüsü (b) ve kenar aşıklara etkiyen kar yükü detay görünümü (c)	41
Şekil 4.12. Düzlem kafes sisteminde <i>durum (ii)</i> için aşıklara etki eden kar yükünün ön cephe görüntüsü (a), orta aşıklara etkiyen kar yükü detay görüntüsü (b) ve kenar aşıklara etkiyen kar yükü detay görünümü (c)	42
Şekil 4.13. Düzlem kafes sisteminde <i>durum (iii)</i> için aşıklara etki eden kar yükünün ön cephe görüntüsü (a), orta aşıklara etkiyen kar yükü detay görüntüsü (b) ve kenar aşıklara etkiyen kar yükü detay görünümü (c)	43
Şekil 4.14. Düzlem kafes sistemi W1 yüklemesi görünümü	45
Şekil 4.15. Düzlem kafes sistemi W2 yüklemesi görünümü	46
Şekil 4.16. Düzlem kafes sistemi W3 yüklemesi görünümü	47
Şekil 4.17. Düzlem kafes sistemi W4 yüklemesi görünümü	48
Şekil 4.18. Uzay kafes sistemi görünümü.....	50
Şekil 4.19. Rüzgârın yapının 30 m uzunluğundaki duvara dik etkimesi durumu.....	52
Şekil 4.20. Rüzgârın yapının 30m uzunluğundaki duvara paralel etkimesi durumu.....	53
Şekil 4.21. TS EN 1991-1-4' e ait düz çatılar için açıklamalar	55
Şekil 4.22. Uzay kafes sistemine ait kar yükü şekil katsayısı.....	56
Şekil 4.23. Uzay kafes sistemi 2, 3, 4, 5 akslarına (a) ve 1, 6 akslarına ait (b) sistem düğüm noktalarına etkiyen zati yüklerin görünümü	58
Şekil 4.24. Uzay kafes sistemi 2, 3, 4, 5 akslarına (a) ve 1, 6 akslarına ait (b) sistem düğüm noktalarına etkiyen kar yüklemesi görünümleri	59

Şekil 4.25. Uzay kafes sisteminde W1 ve W2 rüzgâr yüklemesi görünümü.....	61
Şekil 4.26. Uzay kafes sisteminde W3 ve W4 rüzgâr yüklemesi görünümü.....	62
Şekil 4.27. Uzay kafes sisteminde W5 ve W6 rüzgâr yüklemesi görünümü.....	63
Şekil 4.28. Uzay kafes sisteminde W7 ve W8 rüzgâr yüklemesi görünümü.....	64
Şekil 5.1. Düzlem kafes sistemin üç boyutlu görünümü	66
Şekil 5.2. Düzlem kafes sistemin çatı planı görünümü.....	67
Şekil 5.3. Düzlem kafes sistemin ön cephe görünümü	67
Şekil 5.4. Düzlem kafes sistemin sağ ve sol cephe görünümü	68
Şekil 5.5. Sap2000 programında modellenen düzlem kafes sistemin iki boyutlu görünümü	69
Şekil 5.6. Sap2000 programında modellenen düzlem kafes sistemin üç boyutlu görünümü	70
Şekil 5.7. Düzlem kafes sistemine x (a), y (b) ve z (c) yönünde etki ettirilen “Yermo” depreminin Sap2000 ekran görüntüleri	74
Şekil 5.8. Uzay kafes sistemin üç boyutlu görünümü.....	76
Şekil 5.9. Uzay kafes sistemin ön cephe görünümü	77
Şekil 5.10. Uzay kafes sistem çatı planı görünümü.....	77
Şekil 5.11. Uzay kafes sistemin sırasıyla sağ ve sol cephe görünümü	78
Şekil 5.12. Uzay kafes sistem detay görünümü	78
Şekil 5.13. Sap2000 programında modellenen uzay kafes sistemin y-z düzleminde iki boyutlu görünümü.....	79
Şekil 5.14. Sap2000 programında modellenen uzay kafes sistemin üç boyutlu görünümü	80
Şekil 5.15. Uzay kafes sistemine x (a), y (b) ve z (c) yönünde etki ettirilen “Yermo” depreminin Sap2000 ekran görüntüleri.....	84
Şekil 6.1. Uzay kafes sistemi görünümü.....	86
Şekil 6.2. Uzay kafes sistemi 1-1 aks görünümü	87
Şekil 6.3. Uzay kafes sistemi 3-3 aks görünümü	87
Şekil 6.4. Düzlem kafes sistemi görünümü	87
Şekil 6.5. Düzlem kafes sistemi 1-1 aks görünümü.....	88
Şekil 6.6. Düzlem kafes sistemi 3-3 aks görünümü.....	88
Şekil 6.7. Düzlem ve uzay kafes sistemlerine ait yapı ağırlıkları.....	90
Şekil 6.8. Düzlem ve uzay kafes sistemlerine ait x (a) ve y (b) yönlerine ait statik deprem kuvveti karşılaştırılması	91

Şekil 6.9. Düzlem ve uzay kafes sistemlerinde S6 kolonları altında oluşan maksimum mesnet reaksiyonlarının karşılaştırılması	92
Şekil 6.10. Uzay (a) ve düzlem (b) kafes sistemlerindeki etkin kütle katılım oranlarının karşılaştırılması	93
Şekil 6.11. Düzlem (a) ve uzay (b) kafes sistemlerinde S6 kolonlarına ait eksenel, kesme ve moment değerleri	93
Şekil 6.12. Uzay ve düzlem kafes sistemlerinde A (a), B (b), C (c) ve D (d) noktalarına ait z yönü deplasman-zaman grafikleri	98
Şekil 6.13. Uzay ve düzlem kafes sistemlerinde x (a) ve y (b) yönüne ait taban kesme grafikleri.....	99
Şekil 6.14. Uzay ve düzlem kafes sistemlerinde x (a) ve y (b) yönüne ait taban eğilme momenti grafikleri.....	99
Şekil 6.15. Uzay ve düzlem kafes sistemlerinde 1 (a), 2 (b), 3 (c) ve 4 (d) numaralı kafes çubuklarındaki eksenel kuvvet grafikleri	100
Şekil 6.16. Uzay ve düzlem kafes sistemlerinde A (a), B (b), C (c) ve D (d) noktalarındaki x ve y yönü mutlak ivme-zaman grafikleri.....	101

SİMGE VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
A	Aşıklara etkiyen ölü yük
A_o	Etkin yer ivmesi katsayısı
a	Aşık aralığı
b	Yapı uzunluğu
C_{dir}	Doğrultu katsayısı
$C_e(z)$	Maruz kalma katsayısı
$C_o(z)$	Orografi katsayısı
C_{pe}	Basınç değerleri
$C_r(z)$	Engebelilik katsayısı
C_{season}	Mevsim katsayısı
C_t	Isı katsayısı
ç	Çubuk sayısı
d	Makas açıklığı
E	Deprem yükü
e	Bir kuvvetin dış merkezliği ve kenar mesafesi
G	Ölü yük
h	Yapı yüksekliği
h_{kolon}	Kolon yüksekliği
I	Bina önem katsayısı
kg	Kilogram
k_i	Türbülans katsayısı
kN	Kilonewton
k_r	Arazi katsayısı
km/sa	Kilometre/saat
$l_v(z)$	Z metre yükseklikteki türbülans şiddeti
ln	Logaritma
M	Makas düğüm noktalarına etkiyen ölü yük
m	Bilinmeyen mesnet tepki sayısı

mm	Milimetre
m/s	Metre/saniye
Q	Hareketli yük
$q_p^{(z)}$	Tepe hızı kaynaklı rüzgâr basıncı
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
S	Kar yükü
s	Makaslar arası mesafe
S_k	Karakteristik zemin kar yükü değeri
S235	Çelik sınıfı
T_A/ T_B	Spektrum karakteristik periyotları
Tonf	Ton-kuvvet
U	Deplasman değeri
V_b	Esas rüzgâr hızı
V_{bo}	Esas rüzgâr hızının temel değeri
vb.	Ve benzeri
vd.	Ve diğerleri
$V_m^{(z)}$	Ortalama rüzgâr hızı
Z	Yer seviyesinden yüksekliği
$Z_{en\ büyük}$	En büyük yükseklik
$Z_{en\ küçük}$	En düşük yükseklik
Z_o	Engebelilik uzunluğu
Z3	Yerel zemin sınıfı
W	Rüzgâr yükü
We	Dış basınç katsayıları
Ø	Rüzgârın yaklaştığı yöndeki kısmın eğimi
%	Yüzde
α	Çatı eğimi açısı
(Ç.D.)	Çatı düzlemi
(Y.D.)	Yatay düzlem

Kısaltmalar	Açıklama
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
ÇYTHYEDY	Çelik Yapıların Tasarım, Hesap Ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik
TS 498	Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
TS EN 1991 – 1 – 3	Yapılar Üzerindeki Etkiler – Bölüm 1 – 3: Genel Etkiler, Kar Yükleri
TS EN 1991 – 1 – 4	Yapılar Üzerindeki Etkiler – Bölüm 1 – 4: Genel Etkiler, Rüzgâr Etkileri
SAP2000	Structural Analysis Program
DIN	Alman Standartlar Enstitüsü
C40	Orta Karbonlu İmalat Çeliği
CNC tezgâhı	Computer Numerical Control Torna Tezgâhı

BÖLÜM I

GİRİŞ

Çelik, yapısal olarak izotrop ve homojen bir malzeme özelliğine sahiptir. Bu sebeple çeliği betonarmeden ayıran önemli özelliklerin başında mukavemetinin ve elastisite modülünün büyük olması, çelik yapı hesaplarında kullanılan güvenlik katsayılarının düşük olması, inşa ve üretim aşamasında müdahale edilebilir ve kalite kontrolünün yapılabilir olması gelmektedir. Ayrıca çeliğin, üretkenliğin devamlılığını sağlanması açısından %100 geri dönüşümlü bir yapı malzemesi olması, doğal kaynakları tüketmemesi ve atık malzeme üretmemesi açısından çevreye verdiği zararlı etkisi betonarmeye oranla oldukça azdır (Yardımcı, 2009).

Çelik, inşaat sektörünün betondan sonra en çok tercih edilen yapı malzemesidir. Genellikle tek katlı endüstri yapılarında geniş açıklıkları geçebilmek veya çok katlı yapılarda yapı ağırlığını azaltmak amacıyla çelik kullanılmaktadır. Ülkemizde çelik yapılar, genellikle konutlardan çok geniş açıklıklara sahip olan endüstri yapılarında kullanılmaktadır. Bunlara ilaveten büyük açıklıklı köprüler ile konferans ve spor salonları, çeliğin diğer kullanım alanları arasında sayılabilir (Uğur, 2010). Endüstriyel yapıların çözüm aşamasında statik sistemin uygun şekilde belirlenmesi, ekonomik bir çözüm elde edilmesine yardımcı olacaktır (Odabaşı, 1982).

Mühendislikte tasarım problemlerinin birden fazla çözüm yöntemleri bulunmaktadır. Lakin önemli olan mevcut çözümler arasından en uygun çözümün bulunabilmesidir. Mühendisliğin yapı alanında ise tasarım genel olarak çeşitli teorik ve pratik değerlere bağlı olduğundan mühendisin feraset ve tecrübesine dayanmaktadır (Orbay, 1982). Tam bu noktada çelik malzeme, proje yapan mühendise tasarım aşamasında özellikle uygulama alanında ve detaylandırma konusunda farklı opsiyonlar sunmaktadır (Kocabaş, 2005).

Yapılan çözümler, beraberinde yapılan tasarımlar ve sonuçlarının bir bütünlük göstermesi büyük önem arz etmektedir. Aksi hâlde sistemin kontrolünü sağlamak güçleşecektir. Bu sebeple standartlar, yapılan projeleri bir düzene sokmak ve kontrolünü sağlamak için bilimsel esaslara dayandırılarak hazırlanırlar. Bu standartlar, inşa edilecek

yapının bulunduğu bölgenin coğrafi özelliklerine, jeolojik özelliklerine, zemin özelliklerine, binanın kullanım amacına ve başka birçok özelliğe göre çalışmayı yapacak mühendisler bu doğrultuda belirlenen sınırlara ait ön bilgi verirler. Standartlar her ne kadar bu konuda yön verici olsalar da yapının tasarımı ve uygulanmasında mühendisin bilgi ve tecrübesinin desteğı göz ardı edilemez bir gerçektir. Bunun farkına vararak projeler oluşturmak, teknik elemanları doğru sonuca ulaştıracaktır (Çileli, 2008).

Çelik yapıların statik çözümlerinin yapılabilmesi için çeşitli bilgisayar programları bulunmaktadır. Sap2000, kullanılan bu bilgisayar programlarının başında gelmektedir (Uğur, 2010). Buna ek olarak ülkemizde çelik projelerin çözümünde sistem veri girişı, analiz ve boyutlandırmasının kolay olması nedeniyle Sta4CAD, ÇelikPRO, İdeCAD, ÇatıCAD, Tekla Structures ve MkaSteel gibi programlar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu bilgisayar programları sayesinde projelendirilmesi çok zor olan sistemler bile mühendisler tarafından daha kısa sürede çözüme kavuşturulabilmektedir.

Daha önce düzlem kafes sistem, uzay kafes sistem ve çelik endüstri yapıları üzerine yapılan çalışmalardan bazıları şunlardır:

Arat (1999), uzay ve düzlem kafes sistemlerin statik hesaplarını içeren bir çalışma ortaya koymuştur. Bu çalışmada ekonomik ve zaman yönünden uzay ve düzlem kafes sistemlerin karşılaştırılması yapılmış ve bunun sonucunda da uzay kafes sistemlerin geniş açıklıklarda tercih edilmesi durumunda daha ekonomik olduğu belirtilmiştir.

Kocabaş (2005), çalışmasında Sap2000 bilgisayar programından faydalanan tek açıklıklı endüstri yapılarından kafes çerçeve sistem, dolu gövdeli çerçeve sistem ve iki katlı çerçeve sistemlerin analiz ve boyutlandırması yapılarak karşılaştırılmıştır.

Mungan (2009), tek açıklıklı çelik endüstri yapılarının farklı çerçeve açıklığı, aks aralığı ve yapı yüksekliğine sahip olması durumunda profil kirişli çerçeve sistem ile kafes kirişli çerçeve sistem olarak çözümleri yapılmıştır. Profil kirişli çerçeve sistemler “HEA Profil”, “IPE Profil” ve “Yapma Profil” şeklinde üç farklı profil kullanılarak kendi içinde kıyaslanmıştır. Bunun yanı sıra profil kirişli çerçeve sisteminde, tamamen IPE

profil kullanılması durumunda ortaya çıkan analiz sonuçları ile kafes kirişli çerçeve sistem analiz sonuçları da kıyaslanmıştır.

Emanet (2010), çalışmasında İstanbul Gebze bölgesinde yapılacağı varsayılan çelik endüstriyel yapının mevcut olan yönetmelikler, standartlar ve şartnamelere uygun olarak gerekli hesaplamalar sonucu tasarlanarak montaja uygun çizimler oluşturulmuştur.

Aydeniz (2012), bir fabrika yapısının değişken kesitin hadde profiline göre boyutlandırılması esas alınarak çerçeve tasarımında ne kadar etkili olabileceği ve tasarlanan sistemlerde getirdiği avantajlar irdelemiştir.

Bu tez çalışmasında diğer çalışmalardan farklı olarak aynı ölçülere sahip tek katlı çelik endüstri yapılarından; düzlem ve uzay kafes sistemlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Türkiye’de kullanımı yaygınlaşan düzlem ve uzay kafes sistem modellerine ait iki farklı örnek projenin, dünya genelinde kabul görmüş bir bilgisayar programı olan Sap2000 programı kullanılarak, ilgili standart ve yönetmeliklere uygun olarak tasarımı, genel görünüş çizimleri, boyutlandırılması, statik ve dinamik analizleri yapılmıştır. Bu analiz sonuçlarına bakılarak, meslektaşlarımıza düzlem ve uzay kafes yapı tiplerinin avantajlarını ve dezavantajlarını göstermek üzere maliyeti, mesnet reaksiyonu, ağırlığı, taban kesme kuvveti, taban eğilme momenti, çubuk kuvvetleri, deprem kuvveti, deplasman ve ivme gibi konularda ön bilgi vermek amaçlanmıştır.

BÖLÜM II

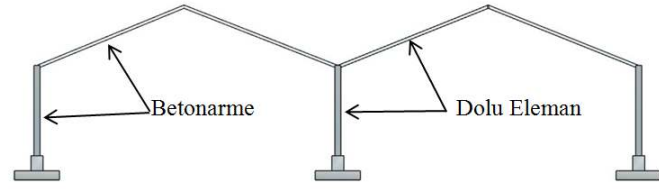
ENDÜSTRİ YAPILARI

Endüstri yapıları, büyük hacimlerin örtülmesinde kullanılan bir hal yapısıdır. Tek kattan oluşan endüstri yapıları, genel olarak iç hacmi geniş olan spor salonları, fabrikalar, depolar, uçak hangarları gibi kolon adedinin daha az olduğu yapılardır (Özgen, 1987). Bu tür yapılarda yapı iç alanı, kolon sıraları ile farklı bölümlere bölünebileceği gibi kolonsuz bir şekilde de yapılabilir. Buna ilaveten yapının kullanım biçimine bağlı olarak yapı iç kısmında balkonlar, tribünler ve ara platformlara yer verilebilir. Lakin genel olarak sistemin ana taşıyıcı konstrüksiyonu ile bu ilave yapılan kısımların bir ilgisi bulunmaz. Böylelikle, ek yapıların alabilecekleri dinamik etkilerin yapıdaki ana statik sisteme aktarması önlenmiş olur (Yardımcı, 2003).

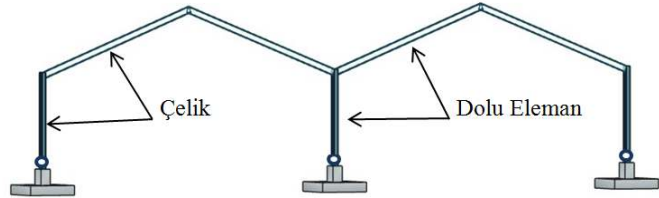
Hal konstrüksiyonlarının plan içindeki düzenlenmesi; yapı kullanış biçimine, ışıklandırmasına, ısı izolasyonuna, havalandırma ve ısıtma problemlerine, en kesit şekline ve bunlara bağlı olarak boyutları, konstrüktif detayları ile diğer donatı özelliklerine bağlıdır. Buna ilaveten zeminin yapısı, yapının ileride büyütülme ihtimali, bölgenin deprem derecesi gibi etkenler diğer önemli ayrıntılardır. Dolayısıyla endüstri yapılarının ilk planlama aşamasında titiz ve detaylı bir çalışmayla ele alınması ve tüm mühendislerin çalışmanın en başından itibaren işleri birlikte sürdürmesi sağlanmalıdır (Odabaşı, 1983).

2.1 Endüstri Yapılarının Taşıyıcı Sistemleri

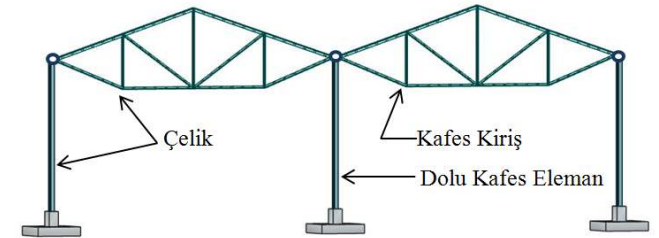
Bir yapının türü ve kullanım biçimi ne olursa olsun; ön projelendirme safhasında kullanılması düşünülen yapı malzemelerinin ve taşıyıcı sistemin estetik, ekonomik ve güvenlik şartlarına uygun bir biçimde seçilmesi gerekir (Yardımcı, 2003). Ülkemizde endüstri yapılarının taşıyıcı sistemleri, yapım aşamasında kullanılan ana malzeme yönünden; çelik, betonarme ve çelik-betonarme olarak üç şekilde yapılabilmektedir (Şekil 2.1) (Odabaşı, 1985).



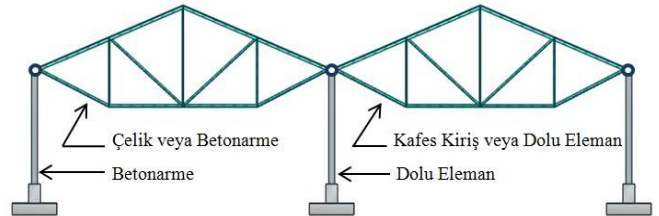
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 2.1. Örnek taşıyıcı sistemler (a), (b), (c) ve (d)

Endüstri yapılarında malzeme olarak betonarme tercih edilmesi durumunda iki farklı durum karşımıza çıkmaktadır. Birinci durum, ankastre prekast betonarme kolonlar üzerine oturan prekast betonarme oluk kirişleri ile prekast betonarme trapez çatı kirişlerinden oluşan sistemlerdir (Şekil 2.1 d). İkinci durum ise prekast betonarme kırık çerçeve sistemleridir (Şekil 2.1 a). Sistem malzemesinin çelik olarak seçilmesi durumunda olanaklar artmaktadır. Tek gözlü hal konstrüksiyon tiplerinden ankastre kolonlara mafsallı oturan çelik çatılı sistemler (Şekil 2.1 c) ve tabandan ankastre veya

mafsallı çok gözlü kırık çerçeveler (Şekil 2.1 a, b) en çok kullanılan konstrüksiyon tiplerine örnek verilebilir (Odabaşı, 1985).

2.2 Hal Konstrüksiyonu Statik Sistemleri

Hal yapıları, düzlem taşıyıcı sistemlerin aşıklar ve stabilite bağlantıları ile bağlanarak oluşturulan düzlem kafes sistemlerden ve genellikle boru kesitlerden oluşturulan üç boyutlu uzay kafes sistemlerden oluşturulabilir. Burada ifade edildiği gibi taşıyıcı sistemleri birbirine bağlayan bağlantılardan aşıklar, kafes kirişin üst başlık düğüm noktalarına denk gelecek şekilde yerleştirilen, kafes kirişlere mesnetlenen ve çatı örtüsünü taşıyan taşıyıcı elemanlardır. Aşıkların aralıkları üst başlık düğüm nokta aralığına, açıklıkları ise kafes kirişlerin ara mesafesine bağlı olarak belirlenir (Odabaşı, 1997). Stabilite bağlantıları ise düzlemlerine dik olarak etkiyen yanal etkileri alarak, sistemin yanal şekil değiştirmesini engeller ve taşıyıcı yapı elemanlarının başlangıç konumlarında kalmalarını sağlamak için yapılan bağlantılardır (Yardımcı, 2003).

Hal yapılarının düzlem taşıyıcı sistemlerinin oluşturulmasında genel olarak üç farklı yol izlenebilir. Ayrıca bunların dışında biraz daha farklı olan şed yapıları ve uçak hangarları gibi özel sistemler de mevcuttur (Odabaşı, 1983).

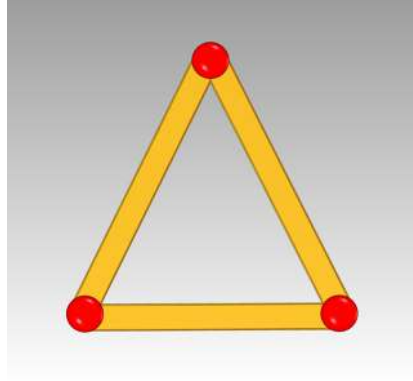
2.2.1 Düzlem taşıyıcı sistem ile modellenen hal yapıları

Düzlem kafes sistemler; yalnız normal kuvvet taşıyan doğru eksenli çubukların, mafsallı düğüm noktaları aracılığı ile birbirine bağlandığı, yüklerin ve çubuk ağırlıklarının sadece düğüm noktalarına etki ettiği varsayılan çok parçalı taşıyıcı sistemlerdir.

Düzlem kafes sistemini oluşturan en basit yapı, üç çubuğun uç kısımlarındaki mafsallı düğüm noktalarından birleştirilerek oluşturulan üçgen yapıdır (Şekil 2.2). Bu temel yapıyı oluşturan üçgene iki çubuk ve bir düğüm noktası ilave edilerek sistem büyütülebilir.

Düzlem kafes sistemlerde çubuk elemanlar, birleşim araçları olarak adlandırılan kaynaklar, bulonlar ve perçinler vasıtasıyla birbirlerine bağlanmaktadır. Kaynaklar ve perçinlerin, tahrip etmeden sökülmesi olanaksız olduğundan “sökülemeyen birleşim

araçları” şeklinde ifade edilir. Buna karşılık bulonlu birleşimler, istenilen vakit tahrip etmeden sökülmesi sebebiyle “sökülebilen birleşim aracı” diye adlandırılır. Günümüzde çelik endüstri yapılarında birleşim aracı olarak perçinlerin uygulaması yapılmamaktadır (Odabaşı, 1997).



Şekil 2.2. Birim düzlem kafes

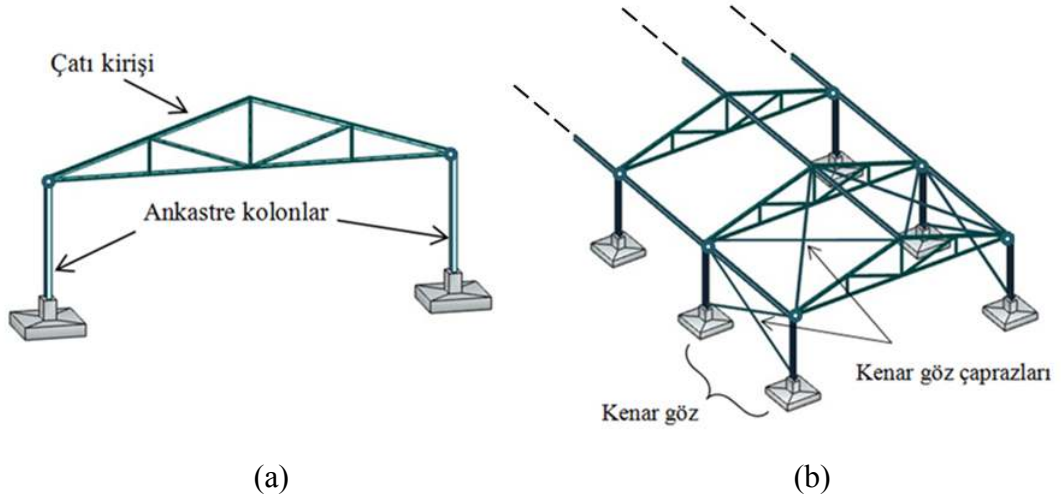
Kafes sistemlerde, çubuk sayısı ($\ç$), düğüm noktası sayısı (d) ve bilinmeyen mesnet tepki sayısı (m) kullanılarak yazılacak rijitlik koşulu,

$$2d = \ç + m \quad (2.1)$$

olarak hesaplanmaktadır. Burada $2d = \ç + m$ eşitliği sağlanıyorsa birleşik kafesler statik olarak belirli, rijit ve tam bağlı sistemler olarak yapılmıştır. $2d < \ç + m$ ise kafes sistemin fazla rijit olduğunu gösterir; yani sistemin fazla bağlı (hiperstatik-statikçe belirsiz) olduğu anlaşılmaktadır. $2d > \ç + m$ olması durumunda da sistem rijit olmaz ve göçer (Omurtag, 2015).

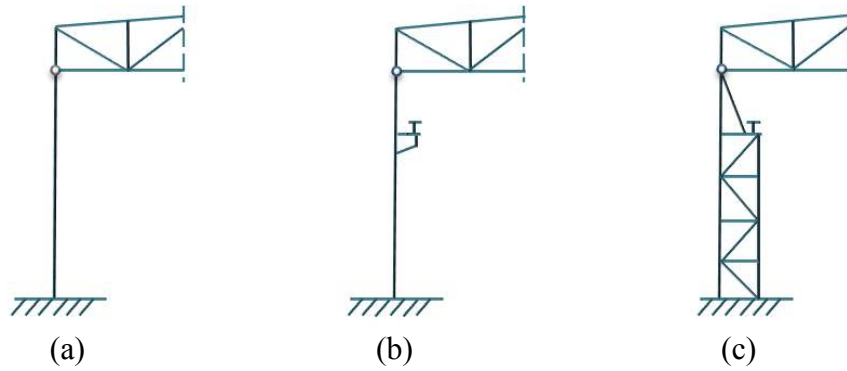
2.2.1.1 Birinci grup hal yapıları

Birinci grup yapı halleri, ankastre iki kolon üzerine mafsallı bir şekilde yerleşen çatı kirişlerinin oluşturduğu sistemlerdir (Şekil 2.3). Çerçeve düzlemi içinde bulunan ankastre kolonlar aracılığıyla yatay yükler altındaki sistemin stabilitesi sağlanırken, binanın her iki kenar gözlerinde bulunan çapraz bağlantılar aracılığıyla da çerçeve düzlemine dik etkiyen yatay kuvvetler alınmaktadır (Şekil 2.3) (Odabaşı, 1983).



Şekil 2.3. Birinci grup hallerinin iki boyutlu (a) ve üç boyutlu (b) görüntüsü (Yardımcı, 2003)

Birinci grup yapı hallerinin çatı kirişleri, genelde kafes sistem olarak oluşturulur. Kren yükünün ağır olması halinde kolonlar kafes sistem olarak ve kren yükünün olmaması veya hafif kren yükünün olması halinde ise kolonlar dolu gövdeli olarak yapılmaktadır (Şekil 2.4) (Odabaşı, 1983).

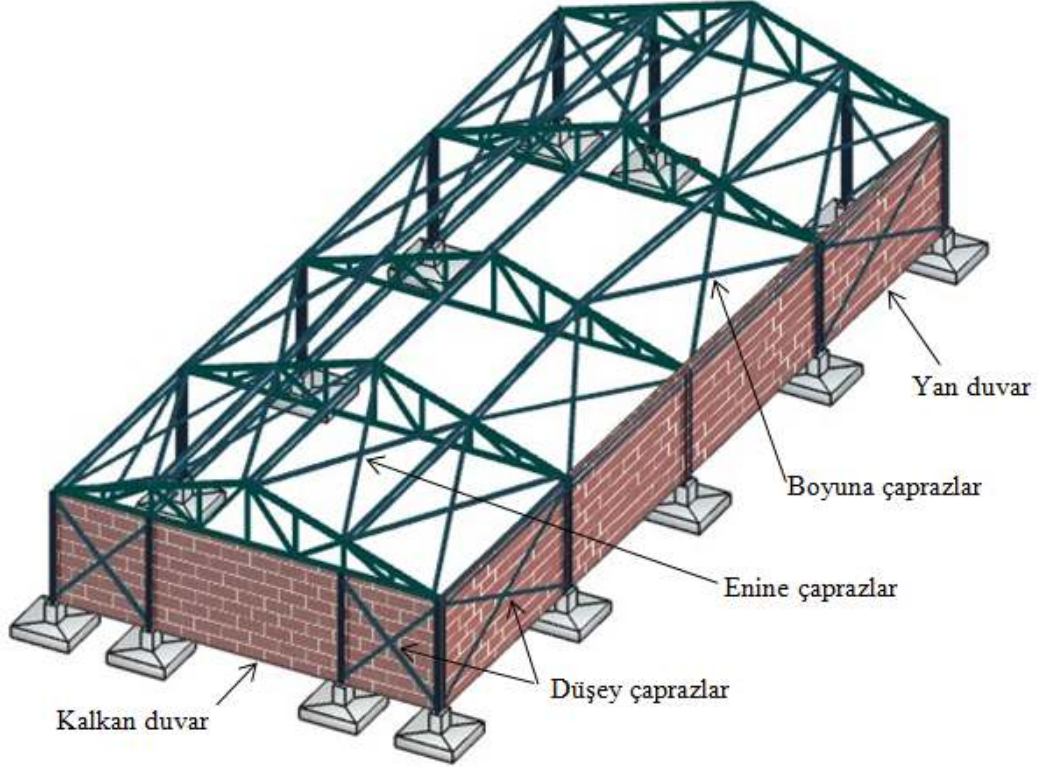


Şekil 2.4. Krensiz (a), hafif kren yüklü (b) ve ağır kren yüklü (c) sistemlerin kolon modellemesi (Yardımcı, 2003)

2.2.1.2 İkinci grup hal yapıları

İkinci grup yapı halleri, mafsallı kolonlar ve bu kolonların üzerine mafsallı olarak yerleşen çatı kirişlerinin oluşturduğu sistemlerdir. Bu tür yapı hallerinde her iki doğrultuda bulunan çapraz bağlantılar aracılığıyla yatay yükler altındaki stabilite sağlanmaktadır. Yan duvarlara dik gelen yatay kuvvetler için çatıda boyuna doğrultuda

ve düşeyde kalkan duvarlarda oluşturulan çaprazlar kullanılırken, kalkan duvara dik gelen kuvvetler için ise düşeyde yan duvarda ve çatıda enine doğrultuda oluşturulan stabilite elemanları kullanılmaktadır (Şekil 2.5) (Yardımcı, 2003).



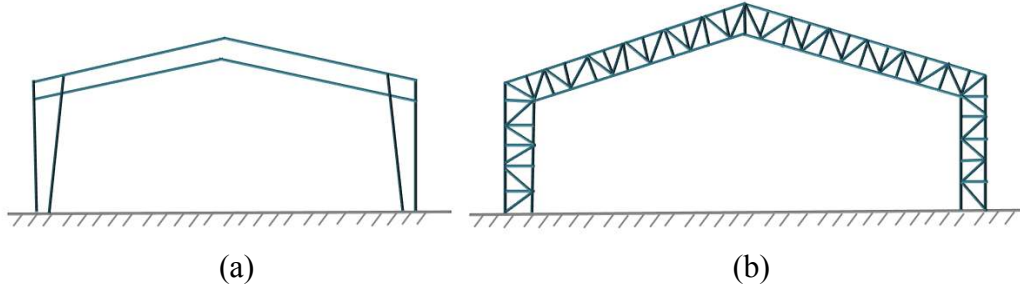
Şekil 2.5. İkinci grup yapı halleri

Her iki doğrultudaki bu bağlantıların reaksiyonları, çatı düzlemindeki bağlantıların baş kısmına yerleştirilen düşey çaprazlar aracılığıyla temele iletilmektedir. Bu tür yapı hallerinde genelde kren bulunmaz ve bu nedenle çatı kirişi kafes sistem şeklinde tasarlanarak kolonlar dolu gövdeli olarak yapılır (Şekil 2.4) (Yardımcı, 2003).

2.2.1.3 Üçüncü grup hal yapıları

Üçüncü grup yapı halleri ana taşıyıcı sistemi çerçeve olan yapı hallerinden oluşmaktadır. Bu çerçeve sistemler iki mafsallı, üç mafsallı veya ankastre olarak üç şekilde bulunabilmektedir (Odabaşı, 1983). Böylelikle çerçeve düzlemine paralel gelen yatay kuvvetler, çerçevenin kendi stabilitesi aracılığıyla taşınmaktadır. Çerçeve düzlemine dik gelen yatay kuvvetler ise birinci grup hallerde de ifade edildiği gibi yapının arka ve ön cephelerindeki kenar gözlerinde uygulanan çapraz bağlantılar

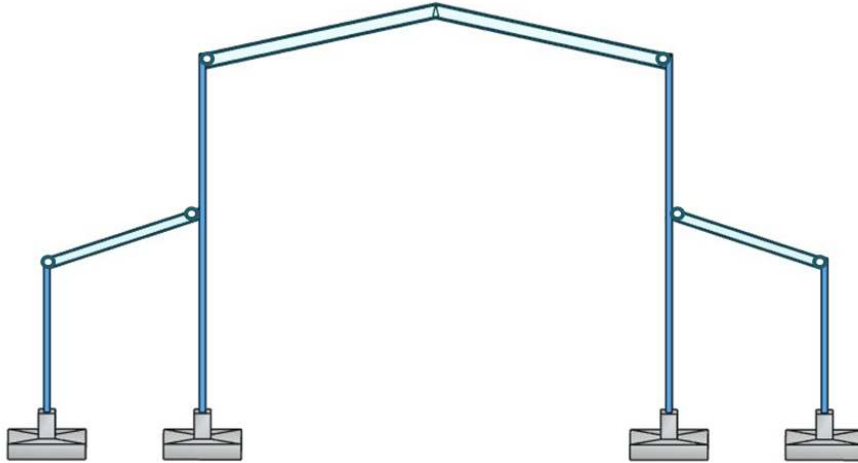
aracılığıyla taşınmaktadır. Ana çerçeve sistem modeli, kiriş ve kolonun dolu gövdeli yapılabileceği gibi açıklıkların ve yüklerin artmasıyla kafes sistem olarak da tasarlanabilmektedir (Şekil 2.6) (Yardımcı, 2003).



Şekil 2.6. Dolu gövdeli sistem (a) ve kafes sistem (b) üçüncü grup yapı halleri

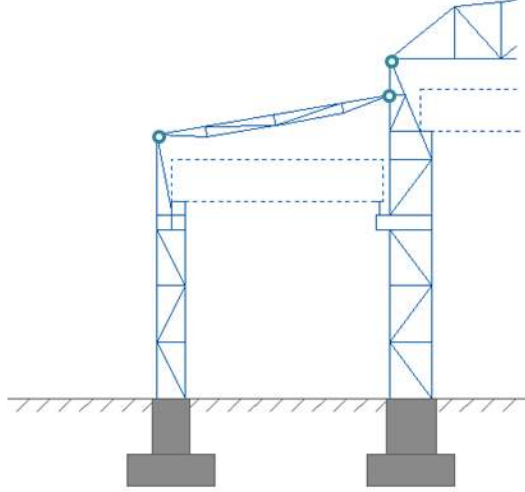
2.2.1.4 Özel hal yapıları

Bu üç grup hal türleri dışında, çeşitli özel yapılar için tasarlanan farklı türde hal yapıları da vardır. Bu tür hal yapıları, şed halleri ve çok gözlü haller diye ifade edilebilir. Çok gözlü hallerde yan gözler, ana göze oranla daha küçük tasarlanabilirler (Şekil 2.7).



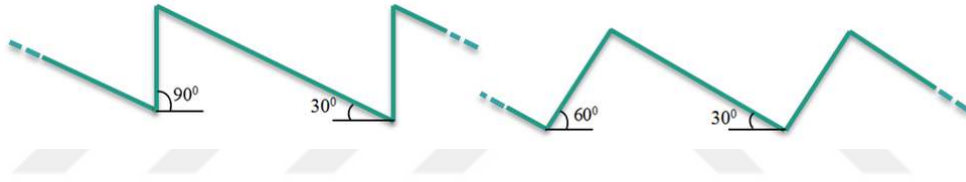
Şekil 2.7. Krensiz çok gözlü hal yapısı örneği (Aydeniz, 2012)

Yan bölümlerin büyük olması ve bu bölümlerde ilave olarak krenlerin de olması durumunda tabandan ankastre çerçeveler tercih edilmektedir (Şekil 2.8) (Özgen, 1987).

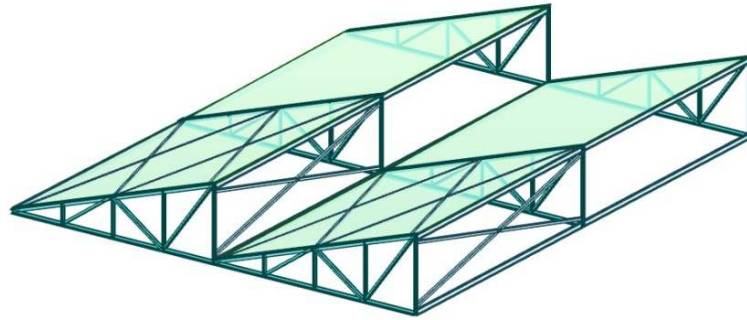


Şekil 2.8. Krenli çok gözlü hal yapısı örneği (Aydeniz, 2012)

Çatısı Şed tipinde olan yapı halleri ise farklı eğime sahip çatı yüzeyleri ile kaplanmış tek katlı hal yapılarıdır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Şed yapıları hallerin eğimleri (Aydeniz, 2012)



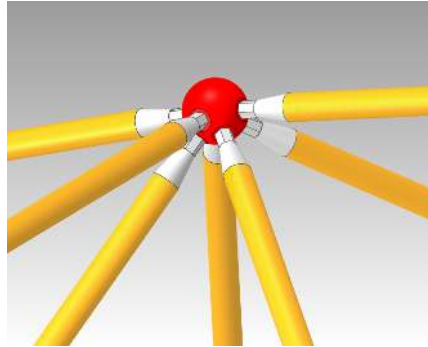
Şekil 2.10. Şed yapıları hallerin perspektif görünümü (Aydeniz, 2012)

Bu tür yapılar, genelde iç kısmın daha fazla ışık alması için tercih edilirler. Lakin şekli sebebiyle kar birikmesine karşı dikkat edilmelidir (Şekil 2.10) (Odabaşı, 1983).

2.2.2 Uzay kafes sistem ile modellenen hal yapıları

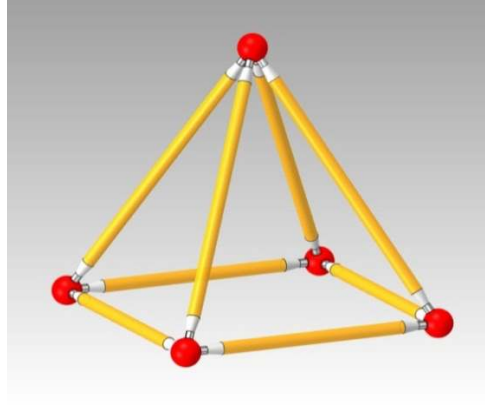
Uzay kafes sistem, eksenel yük taşıyan çubuk elemanların üç boyutlu olarak mafsallı düğüm noktasından birleştirilerek doğrusal çubuklar ağının oluşturduğu hiperstatik yapı sistemidir. Çubuk elemanları, boru ve kutu kesitli profil gibi elemanlardan oluşturulabilmektedir. Uzay kafes sistemlerde düğüm noktalarının birleşim detayı küre, çelik plaka, disk gibi elemanlar kullanılabilmekte ve profiller bu elemanlar aracılığı ile bulonlu, pimli ve kaynaklı birleşimlerle düğüm noktalarından mafsallı olarak birleştirilebilmektedir (Şekil 2.11) (Alçıçek, 2015).

Uzay kafes sistemin düğüm noktası ana bileşenlerinden biri olan küreler, çelik malzemesi C40 kalitesinde DIN 17200 normuna uygun olarak üretilir. Sıcak dövme tekniği ile şekil verilip kumlama ile yüzeyindeki tufal tabakası temizlenir ve dolu gövdeli olarak 50 mm ila 250 mm çapları arasında boyutlandırılırlar. Üzerinde en çok 18 adet delik açılabilen çelik küreler, CNC tezgâhlarında imalata uygun hale getirilerek kalite kontrolleri yapılır. Kalite kontrolleri yapılan çelik küreler, elektro galvaniz ile kaplanırlar. Uçlarındaki cıvatalar sayesinde çubuklar, küre deliklerine bağlanarak uzay kafes sistem imalatı yapılır (Karabulut, 2018).



Şekil 2.11. Uzay kafes sistem düğüm noktası detayı

En küçük uzay kafes sistem yapısı, altı çubuğun dört düğüm noktasından birleştirilmesiyle oluşan bir dörtyüzlüdür (Şekil 2.12). Bu dörtyüzlü basit sisteme, farklı düzlemlerde bulunan üç çubuk ve bir düğüm eklenmesiyle yapı sistemi büyütülebilir. Yapının geometrik şekline uygun olacak biçimde çeşitli birleşimleri kullanılarak farklı türlerde uzay kafes sistem şekilleri oluşturulabilir.



Şekil 2.12. Uzak kafes sistem modülü

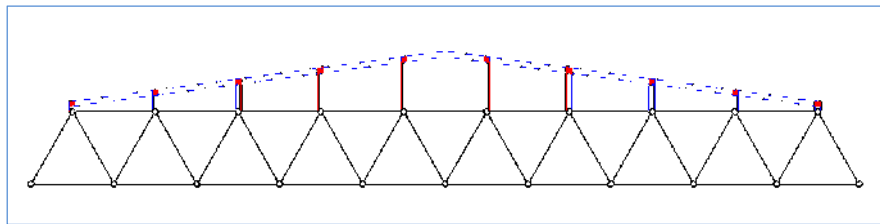
Uzak kafes sistemlerde rijitlik koşulu, düzlem kafes sistemlerde olduğu gibi çubuk sayısı (ζ), düğüm noktası sayısı (d) ve mesnet tepki sayısı (m) kullanılarak,

$$3d = \zeta + m \quad (2.2)$$

hesaplanmaktadır. Burada $3d = \zeta + m$ eşitliği sağlanıyorsa uzak kafes sistem statik olarak belirli, rijit ve tam bağlı sistem olarak yapılmıştır. $3d < \zeta + m$ ise kafes sistemin hiperstatik (statikçe belirsiz) olduğu anlaşılmaktadır. $3d > \zeta + m$ olması durumunda da sistem rijit olmaz ve göçer (Omurtag, 2015).

2.2.2.1 Düz çatı

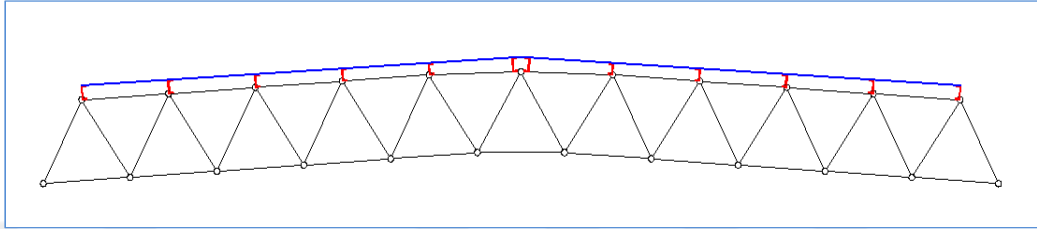
Düz çatı sistemler, her iki doğrultuda da kesiti yatay konumda bulunan çatı sistemlerdir. Eğer kaplama malzemesi eğimli bir şekilde yapılacaksa düğüm noktalarına değişken uzunluklardaki eğim dikmeleri yerleştirilerek üzerine aşıklar oturtulur (Şekil 2.13) (Ülker, 2007).



Şekil 2.13. Düz çatı (Ülker, 2007)

2.2.2.2 Kırık çatı

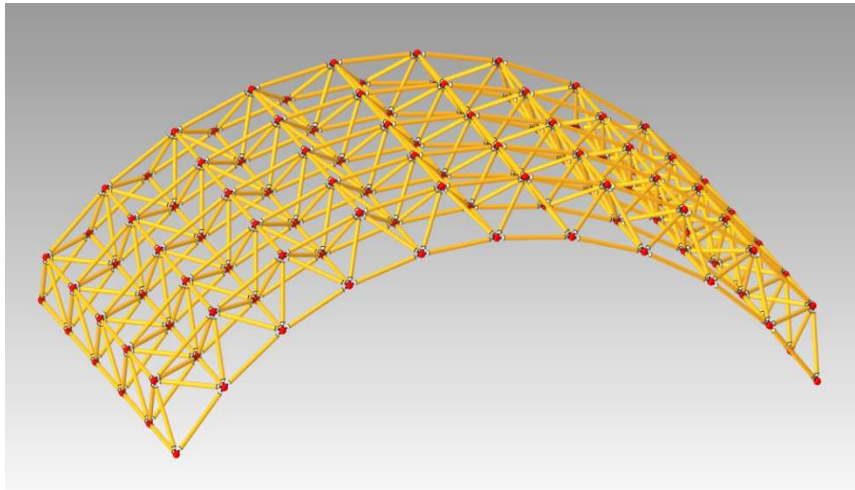
Kırık çatı sistemler, kesiti bir doğrultuda kırık şekilde yapılan uzay kafes sistemleridir. Çatı eğimi, uzay kafes sisteminde oluşturulan eğim sayesinde verilir. Kaplama malzemesi, eğim dikmesi yerleştirilmeksizin aşıklara ya da direkt uzay kafes üst başlık çubuk elemanlarına oturtulur (Şekil 2.14) (Ülker, 2007).



Şekil 2.14. Kırık çatı (Ülker, 2007)

2.2.2.3 Tonoz çatı

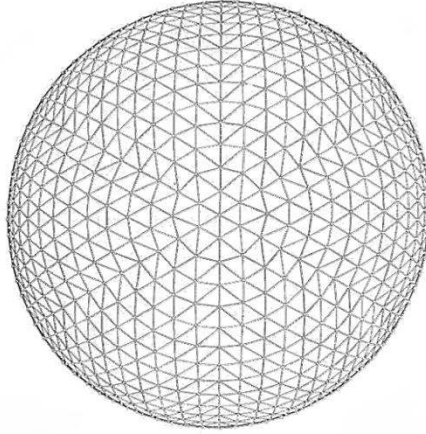
Tonoz çatı sistemleri, kesiti daire parçası şeklinde yapılan uzay kafes çatı sistemleridir. Kaplama malzemesi, kırık çatılarda da yapıldığı gibi yapıya monte edilir (Şekil 2.15) (Ülker, 2007).



Şekil 2.15. Tonoz çatı örneği

2.2.2.4 Kubbe uzay kafes sistem

Kubbe sistemler, küre parçası veya yarım küre şeklinde yapılan uzay kafes çatı sistemleridir (Şekil 2.16) (Ülker, 2007).



Şekil 2.16. Kubbe uzay kafes sistem (Ülker, 2007)

2.2.2.5 Piramit kafes sistemler

Piramit kafes sistemler, her iki doğrultuda kesiti kırık şekilde yapılan piramit görünümündeki uzay kafes çatı sistemleridir (Ülker, 2007). Piramit uzay kafes çatı sistemine, Antalya’da bulunan Sabancı Fuar ve Kongre Merkezi yapısı örnek verilebilir (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. Piramit uzay kafes örneği (Amam, 2015)

2.3 Hal yapılarının stabilite bağları

Bir hal yapısını oluşturan elemanların tamamının dengede kalabilmesi için yapı elemanlarına ağırlık, deprem, rüzgâr gibi dış ortamdan gelebilecek yanal etkilerin tamamının güvenli bir şekilde temele iletilmesi gerekmektedir (Zorlar, 2011).

Stabilite veya kararlılık çaprazları (bağlantıları); taşıyıcı sistemin yanal şekil değiştirmesini engellemek, düzlemlerine dik olarak etkiyen rüzgâr ve deprem gibi yanal etkileri almak, montaj süresince devrilmeyi engellemek ve taşıyıcı yapı elemanlarının başlangıç konumlarında kalmalarını sağlamak için yapılan bağlantılardır (Yardımcı, 2003).

Hal yapılarının stabilitesi, çatı altı stabilite bağları ve çatı stabilite bağları olmak üzere iki başlık altında incelenebilir.

2.3.1 Çatı stabilite bağları

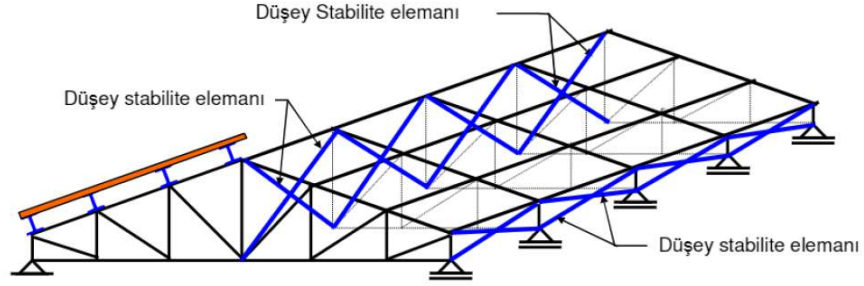
Hal yapılarının çatı stabilite bağları, çatı düzleminde ve düşeyde olmak üzere iki şekilde tasarlanabilmektedir (Arda, 1978).

2.3.1.1 Düşey stabilite bağları

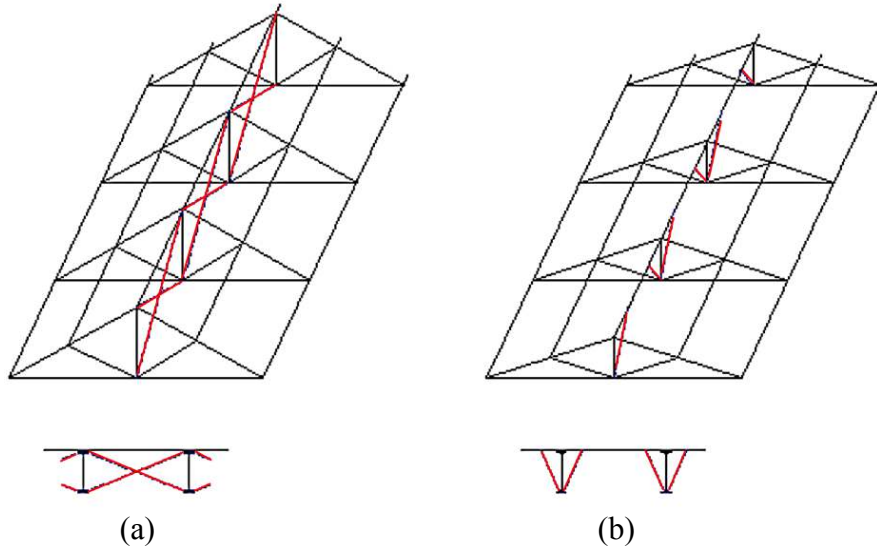
Çatı ana kirişleri, çatı kirişleri düzlemlerinde bulunan etkileri taşıyacak biçimde tasarlanarak ölçülendirilirler (Yardımcı, 2003). Düşey stabilite bağlantıları, çatı ana kirişlerini tasarlandıkları düzlemde tutarak alt başlık elemanlarının düzlemi dışında burkulma boyunu kısaltmak için yapılmaktadır (Şekil 2.18). Düşey stabilite bağları, makas açıklığı 25 metreden az olması durumunda sadece mahya düzleminde, 25-30 metre arasında olması halinde en az iki düzlemde, 30 metreyi geçmesi durumunda da birinin mahya düzleminde olması şartıyla en az üç düzlemde düzenlenebilmektedir. Küçük açıklıklı çatı sistemler ($l \leq 15 \text{ m}$) için mahya düzlemindeki düşey stabilite bağları düzenlenmeyebilir (Arda, 1978).

Düşey stabilite bağlantıları, art arda olan çatı ana kirişlerinin bir tanesinin alt başlığından diğer çatı kirişinin üst başlığına bağlanarak yapı sistemi boyunca devam

ettirilir (Şekil 2.19 a). Çatı kafes yüksekliği az ise aşıkları destekler nitelikte alt başlık elemanlarıyla bağlanması da yeterli gelmektedir (Şekil 2.19 b) (Yardımcı, 2003). Çatı eğiminin dik olması durumunda da düşey stabilite bağlarının yapılmamasına karar verilebilir (Zorlar, 2011).



Şekil 2.18. Düşey stabilite elemanı (Kahya, 2016)

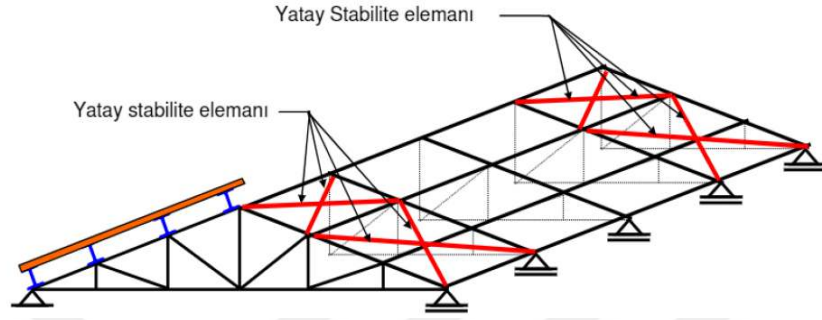


Şekil 2.19. Çapraz (a) ve destekli (b) düşey stabilite bağları (Arda, 1978)

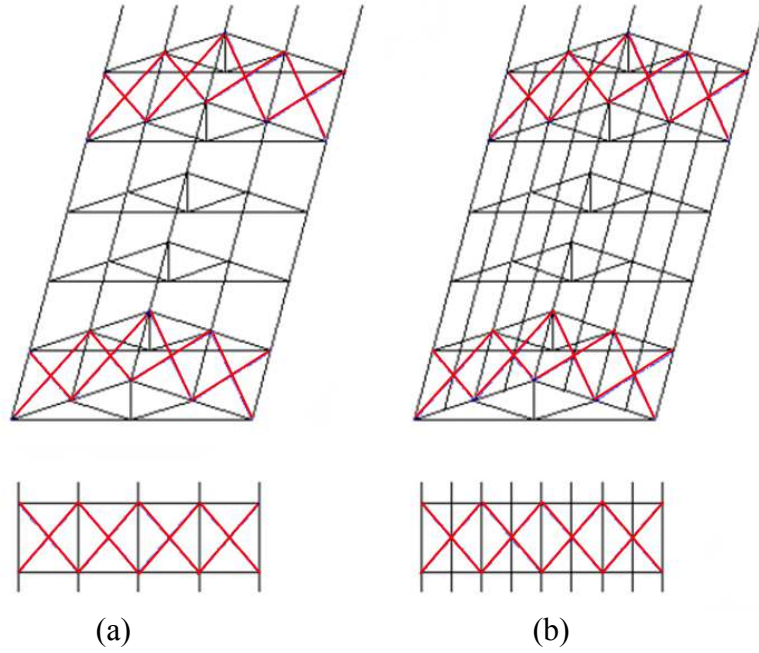
2.3.1.2 Çatı düzlemi stabilite bağları

Çatı kirişlerinin düzlemlerine dik gelen deprem ve rüzgâr gibi yanal etkileri alıp yan duvarlara aktarmak, devrilmeyi önlemek ve üst başlık çubuk elemanlarının düzlemleri dışına burkulma boylarını kısaltmak amacıyla çatı düzlemi stabilite bağları tasarlanmaktadır (Şekil 2.20) (Yardımcı, 2003).

Çatı düzlemi stabilite bağları, yapı yan duvarlarının tabandan ankastre tasarlanması durumunda sadece enine doğrultuda atılması yeterliyken ankastre bağlantının yapılmadığı durumlarda boyuna doğrultuda da bağlantılar düzenlenmesi gerekmektedir. Çatı düzlemi stabilite bağları, en az iki yerde yapılmak üzere her 3-5 makas aralığında bir uygulanmalıdır (Şekil 2.21 a) (Arda, 1978).



Şekil 2.20. Çatı düzlemi stabilite elemanı (Kahya, 2016)



Şekil 2.21. Çatı düzlemi stabilite bağları (a) ve sık aşıklıklı çatı stabilite bağları (b) (Arda, 1978)

Bazı çatı türlerinde aşıkların sık aralıklarla yerleştirilmesi gerekebilir. Bu tür durumlarda, üst başlık düğüm noktaları sık aralıklı tasarlanmakta veya aralara aşık atılmaktadır. Sık araya aşık atılan sistemlerde, şantiyede montaj kolaylığı ve ekonomiklik nedeniyle stabilite bağları iki aşıkta bir yapılabilir (Şekil 2.21 b) (Arda, 1978).

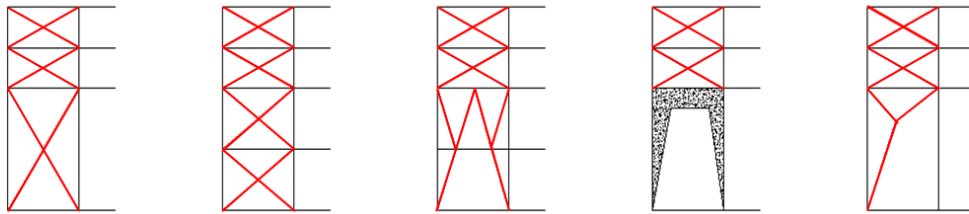
2.3.2 Çatı altı stabilite bağları

Çatı altının stabilite bağlarını, boyuna doğrultuda ve kalkan duvarının stabilite bağları olarak iki maddede incelenebilmektedir (Zorlar, 2011).

2.3.2.1 Boyuna doğrultuda stabilite bağları

Boyuna doğrultuda yapılan stabilite bağları incelenirken ana taşıyıcı sistemlerin karışmaması ön planda tutulmaktadır. Birden fazla açıklık olması durumunda iç kısımda bulunan duvarlar ve yan duvarlar, kolonlarla aynı düzlemde olması ve yük taşıma kapasitesi olan bir dolgu malzemesinden yapılması durumunda, yapının boyuna stabilitesi bu duvarlar aracılığı ile sağlanabilmektedir (Zorlar, 2011).

Gerilme kontrolü yetersiz gelen kâgir tarzı duvarlarda ya da çok açıklıklı duvarın bulunmadığı ara akslarda boyuna stabilite; kafes sistem, dolu gövdeli çerçeveler veya çapraz çubuklar ile sağlanmaktadır (Zorlar, 2011).



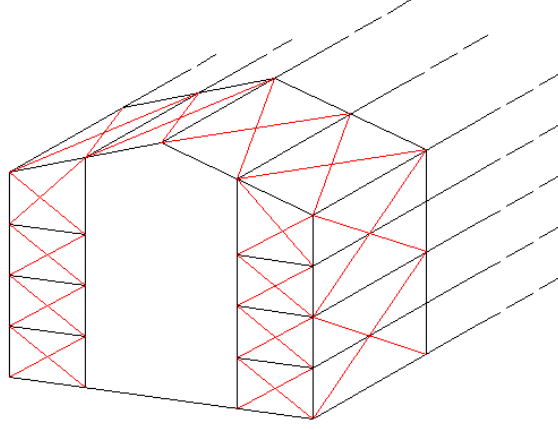
Şekil 2.22. Boyuna doğrultuda stabilite bağlarının tasarlanma şekilleri (Arda, 1978)

Boyuna stabilite bağları genellikle hallerin iki uç gözünde ve çatı düzlemi stabilite bağlarının yapıldığı gözlerde tasarlanmaktadır (Şekil 2.22). Hal yapısı uzunluğunun fazla olması durumunda iki uç göz dışında ilave yapılması ve deprem bölgelerinde bulunan hal yapılarında çatı düzlemi stabilite bağlarının bulunduğu bütün gözlerde düzenlenmesi öngörülmektedir (Zorlar, 2011).

2.3.2.2 Kalkan duvarı stabilite bağları

Hal yapılarında enine doğrultuda bulunan stabilite, ana taşıyıcı sistem tarafından karşılanmaktadır. Lakin kalkan duvarların yer aldığı akslar ayrıca değerlendirilmelidir.

Kâgir türü duvarlar yeterli stabilite sağlamıyorsa veya yük taşıma kapasitesi olmayan örtü amaçlı duvarlar mevcut ise düzenlenecek uygun bağlarla stabilite sağlanmalıdır (Şekil 2.23) (Zorlar, 2011).



Şekil 2.23. Kalkan duvarında stabilite bağlarının modellenmesi (Arda, 1978)

BÖLÜM III

MATERYAL VE METOD

3.1 Materyal

Bu tezde, tek katlı çelik endüstri yapılarından düzlem kafes sistem ve uzay kafes sistemin ilgili standart ve yönetmelik koşullarına göre analiz ve tasarımları yapılmıştır.

Tek katlı bir endüstri yapısının kar yükü, rüzgâr yükü, deprem yükü ve statik yükler altında projelendirilmesinde; TS EN 1991-1-3 (Yapılar üzerindeki etkiler – Bölüm 1 – 3: Genel etkiler, kar yükleri), TS EN 1991-1-4 (Yapılar üzerindeki etkiler – Bölüm 1 – 4: Genel etkiler, rüzgâr etkileri), 2016 Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik ve 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik kullanılmıştır.

Yapı analiz ve boyutlandırılması için Sap2000 yapısal analiz programı kullanılmıştır. Sap2000 programı, tasarlanan sistem modellerinin analiz ve boyutlandırmasının yapılabilmesi için kullanılan genel amaçlı bir bilgisayar programıdır. Sap2000 programında; oluşturulan sistem modeline ait malzeme ve kesit özellikleri ile yükler tanımlanıp, analiz ve boyutlandırması yapılmaktadır (Özmen vd.; 2012). Ayrıca yardımcı program olarak AutoCAD programından da yararlanılmıştır.

3.2 Metod

Bu tez çalışmasında günümüzde yapılan çelik endüstri yapılarına eş değer ölçülere sahip kafes sistem model çözümleri yapılmıştır. Taşıyıcı sistemin rüzgâr yükü TS EN 1991-1-4, kar yükü TS EN 1991-1-3 Türk Standartlarına göre ve verilen veriler doğrultusunda zati yükü hesaplanarak Sap2000 programına aktarılmıştır.

Sap2000 bilgisayar programı kullanılarak 18m açıklık ve 30m uzunluğa sahip çelik endüstri yapısı; düzlem kafes sistem ve uzay kafes sistem olmak üzere aynı ölçülerde iki farklı sistem şeklinde modellenmiştir. Sap2000 bilgisayar programında ilk olarak tek katlı çelik endüstri yapılarından düzlem kafes sistem modelinin çözümü için tasarım

adımları izlenerek; malzeme ve kesit özellikleri tanımlanmış, hesaplanan yükler atanmış, analiz ve boyutlandırılması yapılmıştır. Analiz sonucu ilgili yönetmelik ve standartlara göre boyutlandırma işlemi tamamlanmış olan fakat emniyetli tarafta olmayan elemanlar için uygun kesitler seçilerek analiz tekrarlanmıştır. Bu işleme sistem taşıyıcı elemanları, ekonomik ve emniyetli tarafta kalana kadar devam edilmiştir. Böylelikle yapı modeline ait analiz ve boyutlandırma işlemi tamamlanmıştır. Uzay kafes sistem modelinin tasarım ve boyutlandırılmasında da aynı sıra izlenmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre sistemlerin ağırlığı, deprem kuvveti, çubuk kesitleri, mesnet reaksiyonu, maliyeti, çubuk kuvvetleri, deplasman ve ivme değerleri gibi çeşitli yönlerden karşılaştırmaları yapılmıştır.



BÖLÜM IV

TAŞIYICI SİSTEMLERİN YÜK HESAPLARI

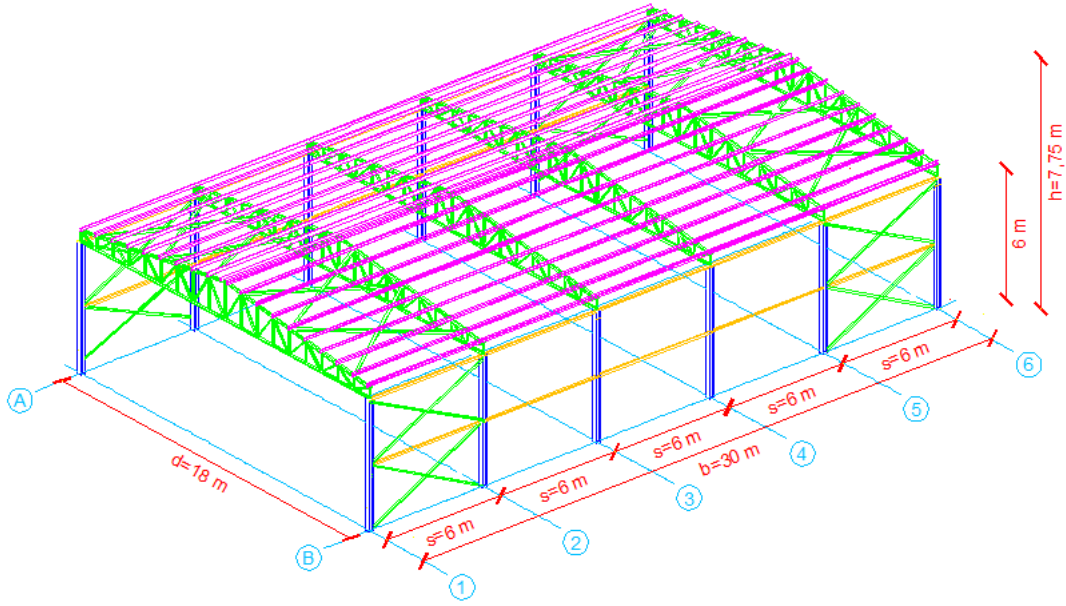
4.1 Düzlem Taşıyıcı Kafes Sisteminin Yük Hesapları

Çalışmanın bu kısmında düzlem kafes sisteme ait verilen sistem bilgileri ışığında yük hesapları yapılarak sistem şekli üzerine etki ettirilmiştir.

4.1.1 Düzlem kafes sistemi yük hesabında kullanılacak sistem bilgileri

Düzlem kafes sisteminin yük hesapları için gerekli olan sistem verileri aşağıda verilmiş ve bu veriler düzlem kafes sistem şekli üzerinde Şekil 4.1' de gösterilmiştir.

Yapı bölgesi	: Nevşehir
Kar yükü bölgesi	: I
Rakım	: 1194 m
Makas açıklığı	: $d = 18,00$ m
Makaslar arası mesafe	: $s = 6,00$ m
Yapı uzunluğu	: $b = 30,00$ m
Yapı yüksekliği	: $h = 7,75$ m
Çatı eğimi	: $\alpha = 7,91^\circ$
Kolon yüksekliği	: $h_{\text{kolon}} = 6,00$ m
Arazi kategorisi	: II
Çatı örtü malzemesi	: Sandviç panel levha



Şekil 4.1. Düzlem kafes sistemin görüntüsü

4.1.2 Düzlem kafes sistemine etki eden yüklerin hesabı

Sap2000 bilgisayar programında kullanılmak için düzlem kafes sistemine etki eden zati, kar ve rüzgâr yükleri hesaplanmıştır.

4.1.2.1 Düzlem kafes sistemi zati yük hesabı

Çatı örtüsü öz ağırlığı:

Çatı örtü malzemesi Şekil 4.2' de 0.5/0.4 mm saç ve 50 mm yalıtım kalınlığı için sandviç panel levha ağırlığı yaklaşık $10,28 \text{ kg/m}^2$ verilmiştir. Piyasada sandviç panel levha ağırlığı $10\text{--}15 \text{ kg/m}^2$ olarak seçilmektedir. Bu sebeple kaplama ağırlığı emniyetli tarafta kalmak için $g_{\text{kaplama}}=15 \text{ kg/m}^2$ olarak alınmıştır.

5 Hadveli Çatı Paneli Yalıtım Tipi: Poliüretan Yoğunluk: 40 kg/m ³					I = Aşık Aralığı I-Span (cm)														
Üst Sac / Alt Sac (mm/mm)	Yalıtım Kalınlığı (mm)	Panel Ağırlığı (kg/m ²)	Açıklık Tipi	Yük Tipi Basiñ 1/200 Emme 1/150	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300				
0,50 / 0,40	40	9,88	Tek Açıklıklı	Basiñ	576	459	381	315	241	189	151	122	100	82	68				
				Emme	641	509	422	360	311	266	214	175	145	121	101				
			Çok Açıklıklı	Basiñ	977	663	486	374	299	245	204	173	148	128	111				
				Emme	1268	895	657	508	400	323	266	223	190	164	143				
	50	10,28	Tek Açıklıklı	Basiñ	631	511	431	372	291	233	289	255	129	108	91				
				Emme	702	568	479	413	362	320	266	220	185	156	133				
			Çok Açıklıklı	Basiñ	1066	736	547	428	346	287	242	207	179	156	137				
				Emme	1434	993	740	580	471	391	331	287	246	215	189				
	60	10,68	Tek Açıklıklı	Basiñ	685	564	481	420	343	278	229	190	160	136	116				
				Emme	763	627	535	466	412	368	320	268	227	194	166				
			Çok Açıklıklı	Basiñ	1157	811	611	483	395	330	281	243	211	186	164				
				Emme	1557	1094	826	655	536	450	383	331	289	255	226				
	100	12,28	Tek Açıklıklı	Basiñ	903	773	682	611	553	466	396	340	295	257	226				
				Emme	1007	862	760	681	616	560	512	469	396	338	292				
			Çok Açıklıklı	Basiñ	1540	1126	879	715	599	512	445	392	347	311	280				
				Emme	2070	1517	1185	966	810	694	604	532	472	423	381				

Şekil 4.2. Çatı örtü malzemesi öz ağırlığı (Kocabalkan, 2019)

Aşıklar öz ağırlığı:

Aşıkların öz ağırlığı, çatı sisteminde tercih edilen kaplama malzemesine göre yatay düzlemde 5 ila 10 kg/m² arası alınabilir. Bu çalışmada aşık öz ağırlığı $g_{aşık} = 10 \text{ kg/m}^2$ olarak alınmıştır.

Makaslar öz ağırlığı:

Makasların öz ağırlığı, makas açıklığı ile makas açıklığının yarısı arasında bir değer seçilir. Makas zati ağırlığı, makas açıklığı 18 m ile yarısı 18/2=9 m arasında seçilebilmektedir. Güvenli tarafta kalmak için $g_{makas} = 18 \text{ kg/m}^2$ seçilmiştir.

Rüzgâr ve rijitlik bağlantıları:

Rüzgâr ve rijitlik bağlantıları, aşık ağırlığının 1/5'i kadar alınması yeterli olduğundan $g_{rijitlik} = 10/5 = 2 \text{ kg/m}^2$ olarak alınmıştır.

Aşık ve makaslara etki ettirilecek toplam ağırlıklar;

Çatı örtüsü öz ağırlığı.....15 kg/m²
Aşıklar öz ağırlığı.....10 kg/m²

$$G_{aşık} = 25 \text{ kg/m}^2 = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

Makaslar öz ağırlığı.....	18 kg/m ²
Rüzgâr ve rijitlik bağlantıları.....	2 kg/m ²
	+
	G_{makas} = 20 kg/m² = 0,20 kN/m²

olarak hesaplanır.

4.1.2.2 Düzlem kafes sistemi rüzgâr yükü hesabı

Esas rüzgâr hızı,

$$V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{bo} \quad (4.1)$$

dır. Esas rüzgâr hızının temel değeri V_{bo} , Şekil 4.3' te gösterilen Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Nevşehir ili için vermiş olduğu en hızlı rüzgâr değeri 125,30 km/sa alınmıştır. Doğrultu katsayısı C_{dir} ve mevsim katsayısı C_{season} , TS EN 1991-1-4' de tavsiye edilen 1,00 değeri alınmıştır.

$$V_{bo} = 125,30 \text{ km/sa} = 34,80 \text{ m/s}$$

$$V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{bo} = 1 * 1 * 34,80 = 34,80 \text{ m/s elde edilir.}$$

NEVŞEHİR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1959 - 2017)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	-0.3	0.9	4.9	10.1	14.4	18.2	21.3	21.2	17.3	12.0	6.4	1.8	10.7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	3.7	5.3	10.1	15.7	20.4	24.7	28.3	28.4	24.3	18.1	11.6	5.9	16.4
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-3.8	-2.8	0.5	4.9	8.6	11.4	13.4	13.2	10.1	6.5	2.2	-1.5	5.2
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.1	4.1	5.3	6.6	8.4	10.6	11.9	11.3	9.4	6.5	4.6	3.1	84.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.3	12.3	13.0	12.7	13.0	7.8	2.3	1.6	3.3	7.2	8.8	12.2	106.5
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	42.8	41.4	46.8	50.1	57.9	33.9	8.4	4.9	12.3	30.0	35.6	48.9	413.0
Ölçüm Periyodu (1959 - 2017)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18.6	19.3	28.0	31.6	32.6	35.0	39.5	37.9	35.7	32.0	27.6	23.0	39.5
En Düşük Sıcaklık (°C)	-21.2	-23.6	-18.0	-12.5	-2.3	1.3	3.8	2.2	-1.2	-7.6	-14.0	-19.5	-23.6
En yüksek ve en düşük sıcaklıkların gerçekleşme tarihini görmek için fare imlecini değerlerin üstüne getiriniz.													
Günlük Toplam En Yüksek Yağış Miktarı						Günlük En Hızlı Rüzgar			En Yüksek Kar				
11.05.1990 40.7 mm						12.03.1968	125.3 km/sa		02.02.1992	64.0 cm			

Şekil 4.3. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait Nevşehir için en hızlı rüzgâr hızı değeri

Ortalama rüzgâr hızı,

$$V_m(z) = C_r(z) * C_o(z) * V_b \quad (4.2)$$

biçiminde hesaplanır. Burada orografî katsayısı $C_o(z)$, TS EN 1991-1-4' de verilen 1,00 değeri alınmış ve esas rüzgâr hızı V_b , 34,80 m/s olarak daha önce bulunmuştur. Z_{en} büyük için TS EN 1991-1-4' de tavsiye edilen değer 200 m olarak alınmış ve en düşük yükseklik olan Z_{en} küçük, Çizelge 4.1' de bulunan arazi kategorisi II değerinden 2,00 m alınmıştır. Sistemin yapı yüksekliği Z , 7,75 m dir. Burada $Z_{min} \leq Z \leq Z_{max}$ olduğundan bu durumuna ait arazinin engebelilik katsayısı $Cr(z)$,

$$Cr(z) = k_r * \ln\left(\frac{Z}{Z_o}\right) \quad (4.3)$$

şeklinde hesaplanmalıdır. Engebelilik uzunluğu Z_o , Çizelge 4.1' den II. bölge için 0,05 m alınmıştır. Aynı şekilde Çizelge 4.1' den arazi kategorisi II değeri için engebelilik uzunluğu $Z_{o,II}$, 0,05 m alınmıştır. Engebelilik uzunluğu Z_o ' a bağlı olan arazi katsayısı,

$$k_r = 0,19 \left(\frac{Z_o}{Z_{o,II}}\right)^{0,07} \quad (4.4)$$

dir. Arazi katsayısı k_r ,

$$k_r = 0,19 \left(\frac{Z_o}{Z_{o,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \left(\frac{0,05}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19$$

elde edilir. Elde edilen Z_o 'a bağlı olan arazi katsayısı k_r , denklem (4.3) de yerine yerleştirilerek,

$$Cr(z) = k_r * \ln\left(\frac{Z}{Z_o}\right) = 0,19 * \ln\left(\frac{7,75}{0,05}\right) = 0,96$$

hesaplanır. Bu durumda ortalama rüzgâr hızı,

$$V_m(z) = C_r(z) * C_o(z) * V_b = 0,96 * 1 * 34,80 = 33,41 \text{ m/s}$$

olur.

Çizelge 4.1. TS EN 1991-1-4' e ait arazi kategorileri ve arazi parametreleri

Arazi kategorisi		Z_o (m)	Z_{en} küçük (m)
0	Açık deniz etkisine maruz deniz veya kıyı alanı	0,003	1
I	Göllere veya ihmal edilebilecek seviyede bitki örtüsü olan ve engebeli olmayan düz ve yatay alan	0,01	1
II	Çayır gibi az seviyede bitki örtüsü olan ve aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan engellere (ağaçlar, binalar) sahip alan	0,05	2
III	Düzgün yayılı şekilde bir bitki örtüsüne veya binalara veya aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan engellere sahip alan (kasabalar, yörekent, ormanlık alan gibi)	0,3	5
IV	Yüzeyinin en az % 15' i, yükseklik ortalaması 15m' yi aşan binalarla kaplı alan	1,0	10

Z metre yükseklikteki türbülans şiddeti $l_v(z)$, $Z_{min} \leq Z \leq Z_{max}$ olduğundan,

$$l_v(z) = \frac{k_1}{Co(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{Z_o}\right)} \quad (4.5)$$

şeklinde hesaplanır. Burada türbülans katsayısı k_1 , TS EN 1991-1-4' den 1,00 olarak alınmıştır. Z metre yükseklikteki türbülans şiddeti $l_v(z)$ ise, denklem (4.5) den,

$$l_v(z) = \frac{k_1}{Co(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{Z_o}\right)} = \frac{1}{1 \cdot \ln\left(\frac{7,75}{0,05}\right)} = 0,20$$

olur. Tepe hızı kaynaklı rüzgâr basıncı,

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot l_v(z)] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 \quad (4.6)$$

biçiminde hesaplanmalıdır. Fırtınalar esnasında bölgede olması beklenen sıcaklık ve barometrik basınçlara ve rakıma bağlı olan hava yoğunluğu ρ , TS EN 1991-1-4' de tavsiye edilen değer $1,25 \text{ kg/m}^3$ seçilmiştir. Buna bağlı olarak,

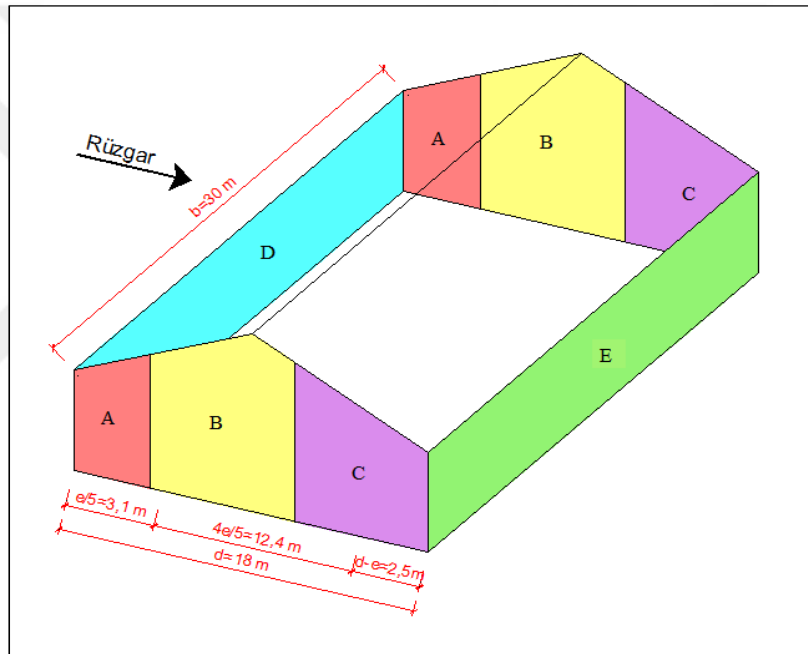
$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,20] \cdot (1/2) \cdot 1,25 \cdot 33,41^2 = 1674,34 \text{ N m}^2 = 1,67 \text{ kN/m}^2$$

olarak hesaplanır.

Dikdörtgen planlı binaların düşey duvarlarına etkiyen dış basınç katsayıları,

$$We = q_p(z_e) \cdot C_{pe} \quad (4.7)$$

Rüzgârın çatı sırtına dik doğrultuda gelmesi durumunda yapının dış duvarlarına etkiyecek basınç katsayıları hesabında e değeri olarak, b veya $2h$ değerlerinden küçük olan değer seçilir. Burada b değeri 30 m, $2h$ değeri 15,5 m olduğundan e değeri 15,5 m seçilmiştir. Bu durumda $e \leq d$ olduğundan yapının dış duvarlarına etkiyecek basınç katsayıları, Şekil 4.4' te gösterildiği gibi alınmaktadır.



Dikdörtgen planlı binaların düşey duvarlarına etkiyen basınç katsayıları, Çizelge 4.2’ de verilmektedir. Rüzgârın çatı sırtına dik doğrultuda gelmesi durumunda yapının düşey duvarlarına etkiyecek basınç değerleri, $h/d=7,75/18=0,43$ oranına bağlı olarak Çizelge 4.2’ den doğrusal interpolasyon yapılarak elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler Çizelge 4.3’ te verilmiştir.

Çizelge 4.2. TS EN 1991-1-4' e ait düşey duvarlar için tavsiye edilen dış basınç değerleri

Bölge	A		B		C		D		E	
h/d	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
≤ 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Çizelge 4.3. Rüzgârın çatı sırtına dik gelmesi durumu düşey duvarlarına etkiyen dış basınç değerleri

Bölge	C _{pe,10}
A	-1,2
B	-0,8
C	-0,5
D	0,72
E	-0,34

Rüzgârın çatı sırtına dik doğrultuda gelmesi durumunda yapının dış duvarlarına etkiyecek basınç katsayıları,

$$w_e(A) = q_p(z_e) * C_{pe,10(A)} = 1,67 * (-1,2) = -2,00 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(B) = q_p(z_e) * C_{pe,10(B)} = 1,67 * (-0,8) = -1,34 \text{ kN/m}^2$$

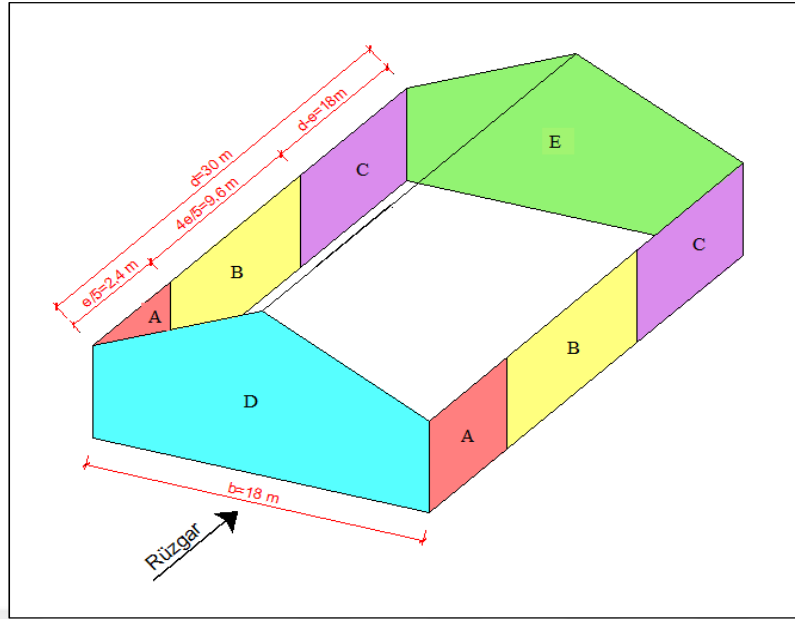
$$w_e(C) = q_p(z_e) * C_{pe,10(C)} = 1,67 * (-0,5) = -0,84 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(D) = q_p(z_e) * C_{pe,10(D)} = 1,67 * 0,72 = 1,20 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(E) = q_p(z_e) * C_{pe,10(E)} = 1,67 * (-0,34) = -0,57 \text{ kN/m}^2$$

hesaplanır.

Rüzgârın çatı sırtına paralel doğrultuda gelmesi durumunda ise yapının dış duvarlarına etkiyecek basınç katsayıları hesabında b değeri 18 m, $2h$ değeri 12 m olduğundan e değeri 12 m seçilmiştir. Bu durumda $e \leq d$ olduğundan yapının dış duvarlarına etkiyecek basınç katsayıları, Şekil 4.5' te gösterildiği gibi alınmalıdır.



Şekil 4.5. Rüzgârın çatı sırtına paralel gelmesi durumu

Rüzgârın çatı sırtına paralel doğrultuda gelmesi durumunda yapının düşey duvarlarına etkiyecek basınç değerleri, $h/d=6/30=0,20$ oranına bağlı olarak Çizelge 4.2' den doğrusal interpolasyon yapılarak elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler Çizelge 4.4' de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Rüzgârın çatı sırtına paralel gelmesi durumu düşey duvarlarına etkiyen dış basınç değerleri

Bölge	$C_{pe,10}$
A	-1,2
B	-0,8
C	-0,5
D	0,70
E	-0,30

Rüzgârın çatı sırtına paralel doğrultuda gelmesi durumunda yapının düşey duvarlarına etkiyecek basınç katsayıları,

$$w_e(A) = q_p(z_e) * C_{pe,10(A)} = 1,67 * (-1,2) = -2,00 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(B) = q_p(z_e) * C_{pe,10(B)} = 1,67 * (-0,8) = -1,34 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(C) = q_p(z_e) * C_{pe,10(C)} = 1,67 * (-0,5) = -0,84 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(D) = q_p(z_e) * C_{pe,10(D)} = 1,67 * 0,70 = 1,17 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(E) = q_p(z_e) * C_{pe,10(E)} = 1,67 * (-0,30) = -0,50 \text{ kN/m}^2$$

hesaplanır.

Çift eğimli çatılar için çatı yüzeyine etkiyen rüzgâr kuvveti hesabında kullanılacak basınç değerleri, rüzgâr yönü $\Theta=0^\circ$ olması halinde Çizelge 4.5' ten $\alpha=7,91^\circ$ değerine bağlı olarak doğrusal interpolasyon yapılarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.5. TS EN 1991-1-4' e ait çift eğimli çatılarda rüzgâr yönü $\Theta=0^\circ$ için dış basınç değerleri

Eğim açısı α	Rüzgâr yönü $\Theta=0^\circ$ için bölgeler									
	F		G		H		I		J	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

Elde edilen bu değerler, Çizelge 4.6' da verilmiştir. Elde edilen $C_{pe,10}$ değerlerinden 0,05 değerleri çok küçük olması sebebiyle ihmal edilmiş ve $C_{pe,10}$ değerleri olarak diğer değerler alınmıştır.

Çizelge 4.6. Çift eğimli çatılarda rüzgâr yönü $\Theta=0^\circ$ için elde edilen dış basınç değerleri

Bölge	$C_{pe,10}$	
F	-1,70	0,05
G	-1,08	0,05
H	-0,51	0,05
I	-0,54	-0,42
J	-0,72	0,05

Çift eğimli çatılarda rüzgâr yönü $\Theta=0^\circ$ için çatı yüzeyine etkiyen basınç katsayıları hesabında b değeri 30 m, $2h$ değeri 15,5 m olduğundan e değeri 15,5 m seçilmiştir. Bu durumda $e \leq d$ olduğundan yapının dış duvarlarına etkiyecek basınç katsayıları, Şekil 4.6' da gösterildiği gibi alınmaktadır.

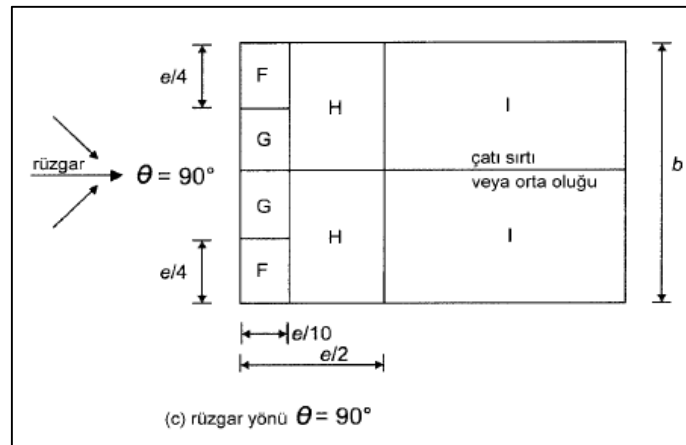
Çizelge 4.7. TS EN 1991-1-4' e ait çift eğimli çatılarda rüzgâr yönü $\Theta=90^\circ$ için dış basınç değerleri

Eğim açısı α	Rüzgâr yönü $\Theta=90^\circ$ için bölgeler							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

Çizelge 4.8. Çift eğimli çatılarda rüzgâr yönü $\Theta=90^\circ$ için elde edilen dış basınç değerleri

Bölge	$C_{pe,10}$
F	-1,51
G	-1,30
H	-0,67
I	-0,57

Çift eğimli çatılarda rüzgâr yönü $\Theta=90^\circ$ için çatı yüzeyine etkiyen basınç katsayıları hesabında b değeri 18 m, $2h$ değeri 15,5 m olduğundan e değeri 15,5 m seçilmiştir. Bu durumda $e \leq d$ olduğundan yapının dış duvarlarına etkiyecek basınç katsayıları, Şekil 4.7' de gösterildiği gibi alınmalıdır.



Şekil 4.7. TS EN 1991-1-4' e ait çift eğimli çatılarda rüzgâr yönü $\Theta = 90^\circ$ için açıklamalar

Çift eğimli çatılarda rüzgâr yönü $\theta=90^\circ$ için çatı yüzeyine etkiyen basınç katsayıları,

$$w_e(F) = q_p(z_e) * C_{pe,10(F)} = 1,67 * (-1,51) = -2,52 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(G) = q_p(z_e) * C_{pe,10(G)} = 1,67 * (-1,30) = -2,17 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(H) = q_p(z_e) * C_{pe,10(H)} = 1,67 * (-0,67) = -1,12 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(I) = q_p(z_e) * C_{pe,10(I)} = 1,67 * (-0,57) = -0,95 \text{ kN/m}^2$$

hesaplanmıştır.

NOT: İç basınç bina üzerinde rüzgâr sızacak herhangi bir boşluk olmadığından etki ettirilmemiştir.

4.1.2.3 Düzlem kafes sistemi kar yükü hesabı

Kar yükü,

$$S = \mu_i * C_e * C_t * S_k \quad (4.8)$$

şeklinde hesaplanır. Kar yükü şekil katsayısı μ_i , çatı eğimi $\alpha = 7,91^\circ$ olduğu için Çizelge 4.9' dan $\mu_1 = \mu_2$ değeri 0,8 olarak alınmıştır. Maruz kalma katsayısı C_e ise Çizelge 4.10' dan normal topografik bölge olmasına bağlı olarak 1,00 değeri alınmıştır.

Çizelge 4.9. TS EN 1991-1-3' e ait kar yükü şekil katsayısı

Çatı eğim açısı, α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	-

Çizelge 4.10. TS EN 1991-1-3' e ait farklı topografik alanlar için tavsiye edilen değer

Topografik bölge	C_e
Rüzgâra açık ^a	0,8
Normal ^b	1,0
Korunmuş ^c	1,2

^a Rüzgâra açık topografik alanlar: her coğrafi yönden etkiye maruz kalan, arazi tarafından korunma imkanının olmadığı veya az olduğu daha yüksek yapıların veya ağaçların bulunmadığı engelsiz düz alanlar

^b Normal topografik alanlar: rüzgârın yapı üzerine etkisiyle kar kütlelerinin, arazi, diğer yapılar ve ağaçlar sebebiyle önemli bir değişime uğramadığı alanlar

^c Korunmuş topografik alanlar: dikkate alınan yapının yüksekliğinin önemli ölçüde çevre arazisinden veya çevresindeki yüksek ağaçlardan ve/veya çevresindeki daha yüksek yapılardan düşük olduğu alanlar

Isı katsayısı C_t , TS EN 1991-1-3’ te verilen 1,00 değeri alınmıştır. Karakteristik zemin kar yükü değeri S_k , Çizelge 4.11’ den Nevşehir/Merkez, I Bölge ve 1194 rakım değerine bağlı olarak verilen değer %10 artırılmıştır. Buna bağlı olarak,

$$S_k = 0,80 * 1,1 = 0,88 \text{ kN/m}^2$$

hesaplanmıştır.

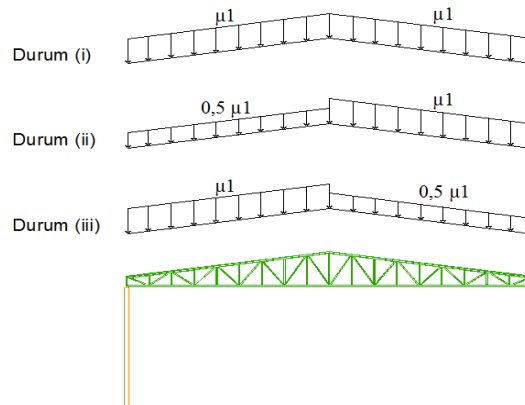
Çizelge 4.11. TS EN 1991-1-3’e ait karakteristik zemin kar yükü değeri

Yapı yerinin denizden yüksekliği (m)	BÖLGELER			
	I	II	III	IV
≤ 200	0,75	0,75	0,75	0,75
300	0,75	0,75	0,75	0,80
400	0,75	0,75	0,75	0,80
500	0,75	0,75	0,75	0,85
600	0,75	0,75	0,80	0,90
700	0,75	0,75	0,85	0,95
800	0,80	0,85	1,25	1,40
900	0,80	0,95	1,30	1,50
1000	0,80	1,05	1,35	1,60
>1000	1000 m’ ye tekabül eden değerler, 1500 m’ ye kadar %10, 1500 m’ den yukarı yüksekliklerde %15 artırılır.			
*Kar yağmayan yerlerde kar yükü hesap değeri sıfır alınır.				

Kar yükü,

$$S = \mu_i * C_e * C_t * S_k = 0,8 * 1 * 1 * 0,88 = 0,70 \text{ kN/m}^2$$

olarak bulunur. Elde edilen kar yükü değeri, TS EN 1991-1-3’e göre çift eğimli çatı olması nedeniyle Şekil 4.8’ de olduğu gibi *durum (i)*, *(ii)* ve *(iii)* için ayrı ayrı etki ettirilmiştir.



Şekil 4.8. Düzlem kafes sistemine ait kar yükü şekil katsayıları

4.1.2.4 Düzlem kafes sistemi deprem yükü hesabı

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te önerildiği gibi yapıların deprem hesabında kullanılacak yöntemler; mod birleştirme yöntemi, eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemleridir. Bu tez kapsamında ise düzlem ve uzay kafes sistemlerinin deprem yükü hesabında, eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmış ve Sap2000 programı tarafından etki ettirilmiştir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğe göre uygulanması en kolay olan yöntem eşdeğer deprem yükü yöntemidir. Bu yöntem aynı zamanda eşdeğer statik yöntem olarak da bilinmektedir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi hesaplarında kullanılan; etkin yer ivme katsayısı (A_o), bina önem katsayısı (I), spektrum katsayısı ($S(T)$), taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) ve hareketli yük azaltma katsayısı (n) değerleri DBYBHY' de verilen tablolar yardımıyla belirlenmektedir (Doğangün, 2009).

Toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti),

$$V_t = W \cdot A(T_1) / (R_a \cdot T_1) \geq 0,10 \cdot A_o \cdot I \cdot W \quad (4.9)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır. Burada; yapı toplam ağırlığı (W), yapının doğal birinci titreşim periyodu (T_1), deprem yükü azaltma katsayısı (R_a) ve spektral ivme katsayısı $A(T)$ şeklinde belirtilmiştir. Yapının en üst katına (tepesine) etkiyecek toplam eşdeğer deprem yükü,

$$\Delta F_N = 0,0075 \cdot N \cdot V_t \quad (4.10)$$

bağıntısı ile belirlenmektedir (İşsever, 2012).

4.1.3 Düzlem kafes sistemde düğüm noktalarına etki eden yüklerin hesabı

Düzlem kafes sisteminde yükler, üst başlık çubuk elemanlarının, dikme ve diyagonal çubuk elemanlarıyla birleştiği düğüm noktalarına aşıklar aracılığı ile etkimektedir. Hesaplanan bütün yükleme durumları için çatı üzerinde etki eden her bir hesaplanmış yük değerlerini, aşık aralığı ile çarparak aşıkların üzerine etki edecek yayılı yükler hesaplanmıştır. Rüzgâr yükü hesabında dış yüzeye etkiyen yükler, kolonlara yayılı yük

olarak etki ettirilmiştir. Etki bölgesinin yarıya düştüğü kenar kısımlarda ise bu değer yarısı kadar alınmıştır.

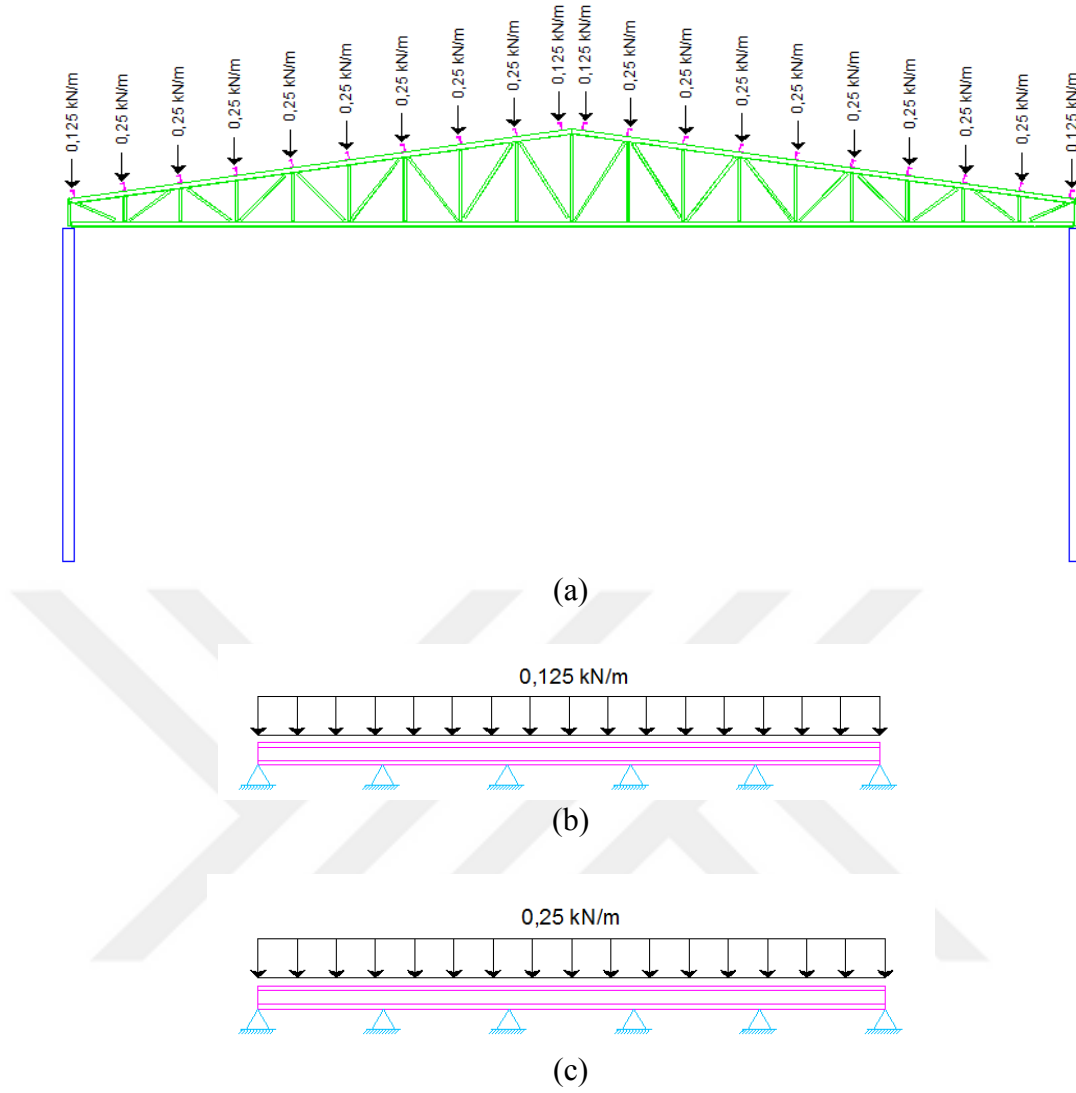
- a : Aşık aralığı (18 m makas açıklığına ve 18 adet aşık aralığına sahip olan düzlem kafes sistem için, $18/18 = 1$ m aşık aralığı hesaplanmaktadır.)
- e : Makas aralığı (Düzlem kafes sistemde makas aralığı 6 m verilmiştir.)

4.1.3.1 Düzlem kafes sistemine etki eden zati yük hesabı

Düzlem kafes sistemde aşıklara etki eden yük,

$$G_A = G_{\text{aşık}} * a = 0,25 * 1 = 0,25 \text{ kN/m}$$

hesaplanır. Hesaplanan bu zati yük, düzlem kafes sistem şekli üzerinde aşıklara yayılı yük olarak etki ettirilmiştir (Şekil 4.9 a). Zati yük değeri, orta aşıklarda etki bölgesinin tam olması sebebiyle 0,25 kN/m alınırken kenar aşıklarda etki bölgesinin yarıya düşmesi sebebiyle 0,125 kN/m alınmaktadır (Şekil 4.9 b, c). Sap2000 bilgisayar programında aşıklara etki eden bu yükleme “A” şeklinde isimlendirilmiştir.

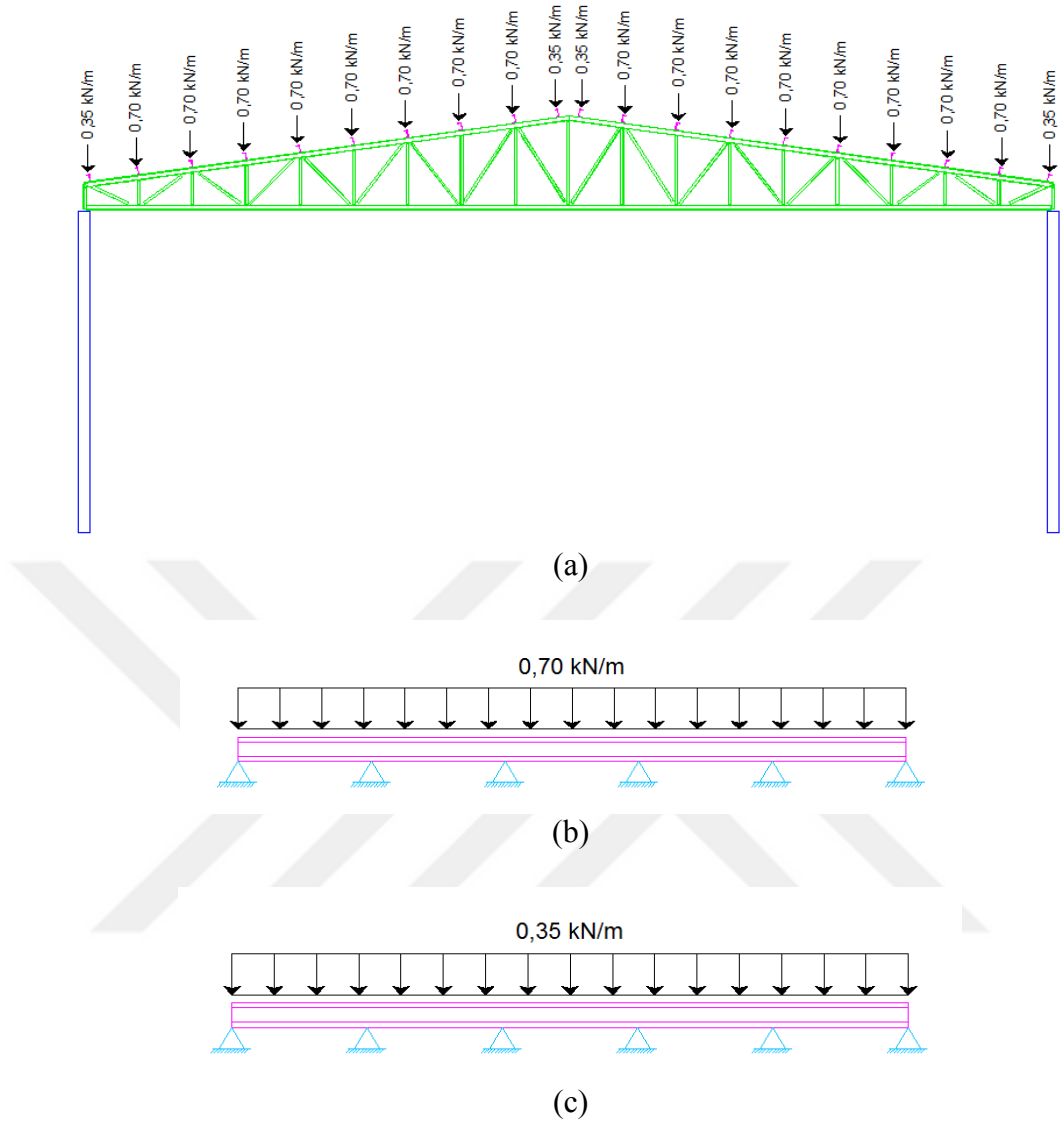


Şekil 4.9. Düzlem kafes sistemi aşıklarına etkiyen zati yüklerin ön cephe görüntüsü (a), kenar aşıklara etkiyen zati yükü detay görüntüsü (b) ve orta aşıklara etkiyen zati yükü detay görüntüsü (c)

Aynı sistemde makaslara etki eden yük ise,

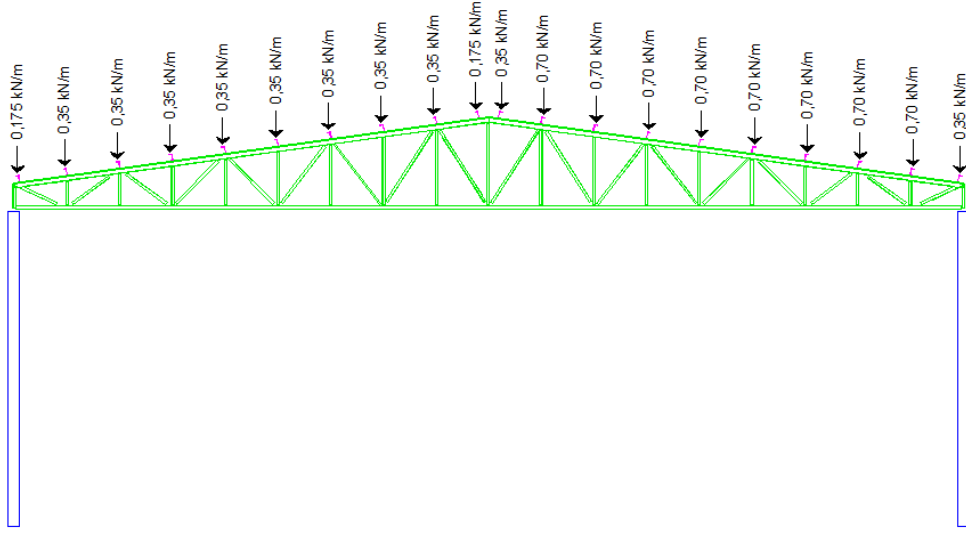
$$G_M = G_{\text{makas}} * a * e = 0,20 * 1 * 6 = 1,20 \text{ kN}$$

olarak bulunur. Hesaplanan bu değer etki alanına bağlı olarak, çatı makası düğüm noktalarına etki ettirilmiş ve düzlem kafes sistem şekli üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.10). Makas düğüm noktalarına etkiyen zati yük değeri, etki alanının tam olduğu noktalarda 1,20 kN, etki alanının yarıya düştüğü noktalarda 0,60 kN ve etki alanının 1/4'e düştüğü noktalarda 0,30 kN alınmaktadır (Şekil 4.10). Sap2000 programında makas düğüm noktalarına etkiyen bu yükleme “M” şeklinde isimlendirilmiştir.

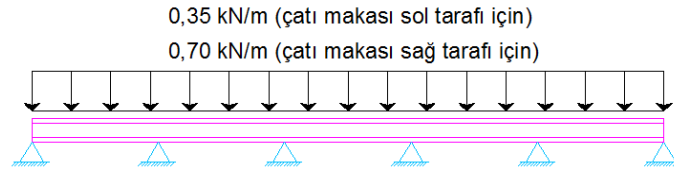


Şekil 4.11. Düzlem kafes sisteminde *durum (i)* için aşıklara etki eden kar yükünün ön cephe görüntüsü (a), orta aşıklara etkiyen kar yükü detay görüntüsü (b) ve kenar aşıklara etkiyen kar yükü detay görünümü (c)

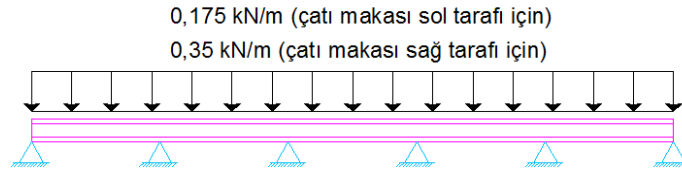
Kar yükü değeri, *durum (ii)* için sistem şekli üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.12 a). Kar yükü değeri, etki bölgesinin tam olması sebebiyle çatı sol kısmında bulunan orta aşıklarda 0,35 kN/m, çatı sağ kısmında bulunan orta aşıklarda 0,70 kN/m, etki bölgesinin yarıya düştüğü çatı sol kısmındaki kenar aşıklarında 0,175 kN/m ve çatı sağ kısmındaki kenar aşıklarında 0,35 kN/m olarak alınmaktadır (Şekil 4.12 b, c). Sap2000 programında *durum (ii)* için etki ettirilen bu yükleme “*Sii*” olarak adlandırılmıştır.



(a)



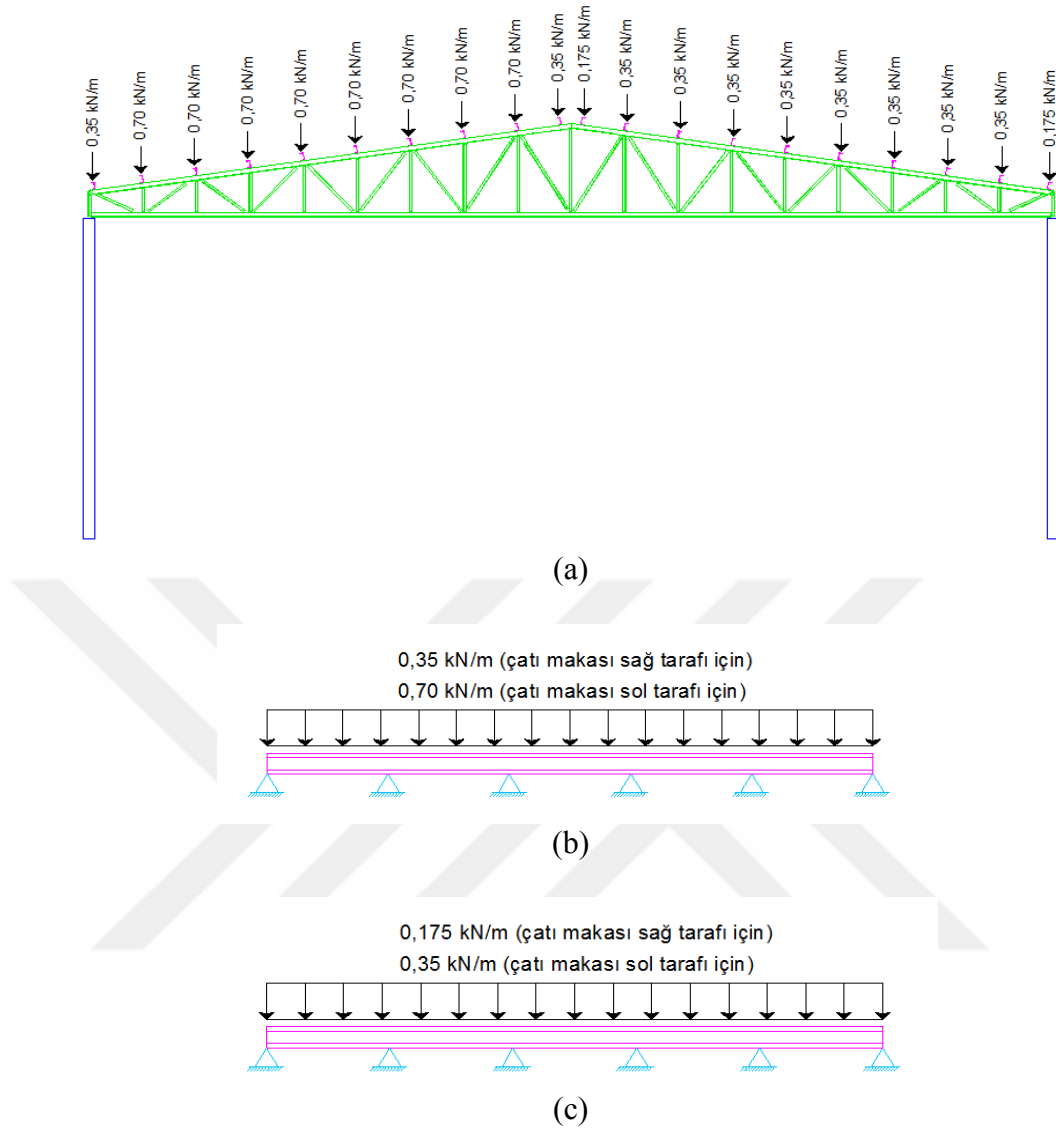
(b)



(c)

Şekil 4.12. Düzlem kafes sisteminde *durum (ii)* için aşıklara etki eden kar yükünün ön cephe görüntüsü (a), orta aşıklara etkiyen kar yükü detay görüntüsü (b) ve kenar aşıklara etkiyen kar yükü detay görünümü (c)

Kar yükü değeri, *durum (iii)* için de sistem şekli üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.13 a). Kar yükü değeri, etki bölgesinin tam olması sebebiyle çatı sağ kısmında bulunan orta aşıklarda 0,35 kN/m, çatı sol kısmında bulunan orta aşıklarda 0,70 kN/m, etki bölgesinin yarıya düştüğü çatı sağ kısmındaki kenar aşıklarında 0,175 kN/m ve çatı sol kısmındaki kenar aşıklarında 0,35 kN/m olarak alınmaktadır (Şekil 4.13 b, c). Sap2000 programında *durum (iii)* için yapılan bu yükleme ise “*Siii*” olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 4.13. Düzlem kafes sisteminde *durum (iii)* için aşıklara etki eden kar yükünün ön cephe görüntüsü (a), orta aşıklara etkiyen kar yükü detay görüntüsü (b) ve kenar aşıklara etkiyen kar yükü detay görünümü (c)

4.1.3.3 Düzlem kafes sistemine etki eden rüzgâr yükü hesabı

Düzlem kafes sistemde rüzgârın çatı sırtına dik etkimesi durumunda oluşan rüzgâr kuvvetleri,

$$W_D = w_e(D) * e = 1,20 * 6 = 7,20 \text{ kN/m}$$

$$W_E = w_e(E) * e = -0,57 * 6 = -3,42 \text{ kN/m}$$

hesaplanır. Bu durumda rüzgârın çatı sırtına paralel etkimesi halinde oluşan rüzgâr kuvveti ise,

$$W_A = w_e(A) * e = -2,00 * 6 = -12,00 \text{ kN/m}$$

$$W_B = w_e(B) * e = -1,34 * 6 = -8,04 \text{ kN/m}$$

$$W_C = w_e(C) * e = -0,84 * 6 = -5,04 \text{ kN/m}$$

bulunur. Çatı yüzeyine rüzgâr yönü $\theta=0^\circ$ için etkiyen rüzgâr kuvvetleri,

$$W_F = w_e(F) * (a/\cos\alpha) = -2,84 * (1/\cos 7,91) = -2,87 \text{ kN/m}$$

$$W_G = w_e(G) * (a/\cos\alpha) = -1,80 * (1/\cos 7,91) = -1,82 \text{ kN/m}$$

$$W_H = w_e(H) * (a/\cos\alpha) = -0,85 * (1/\cos 7,91) = -0,86 \text{ kN/m}$$

$$W_I = w_e(I) * (a/\cos\alpha) = -0,90 * (1/\cos 7,91) = -0,91 \text{ kN/m}$$

$$W_J = w_e(J) * (a/\cos\alpha) = -1,20 * (1/\cos 7,91) = -1,21 \text{ kN/m}$$

hesaplanırken, çatı yüzeyine rüzgâr yönü $\theta=90^\circ$ için etkiyen rüzgâr kuvvetleri ise,

$$W_F = w_e(F) * (a/\cos\alpha) = -2,52 * (1/\cos 7,91) = -2,54 \text{ kN/m}$$

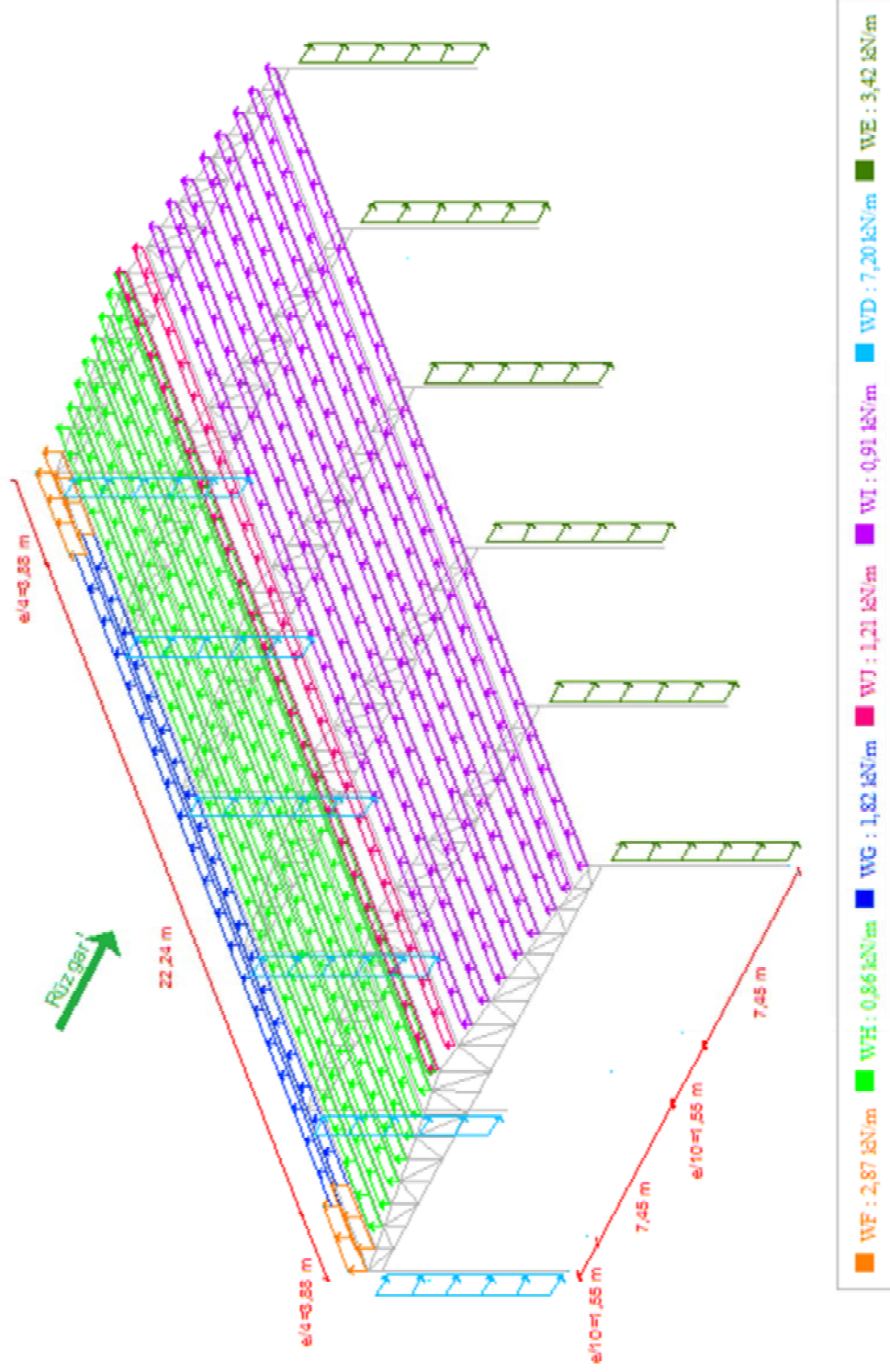
$$W_G = w_e(G) * (a/\cos\alpha) = -2,17 * (1/\cos 7,91) = -2,19 \text{ kN/m}$$

$$W_H = w_e(H) * (a/\cos\alpha) = -1,12 * (1/\cos 7,91) = -1,13 \text{ kN/m}$$

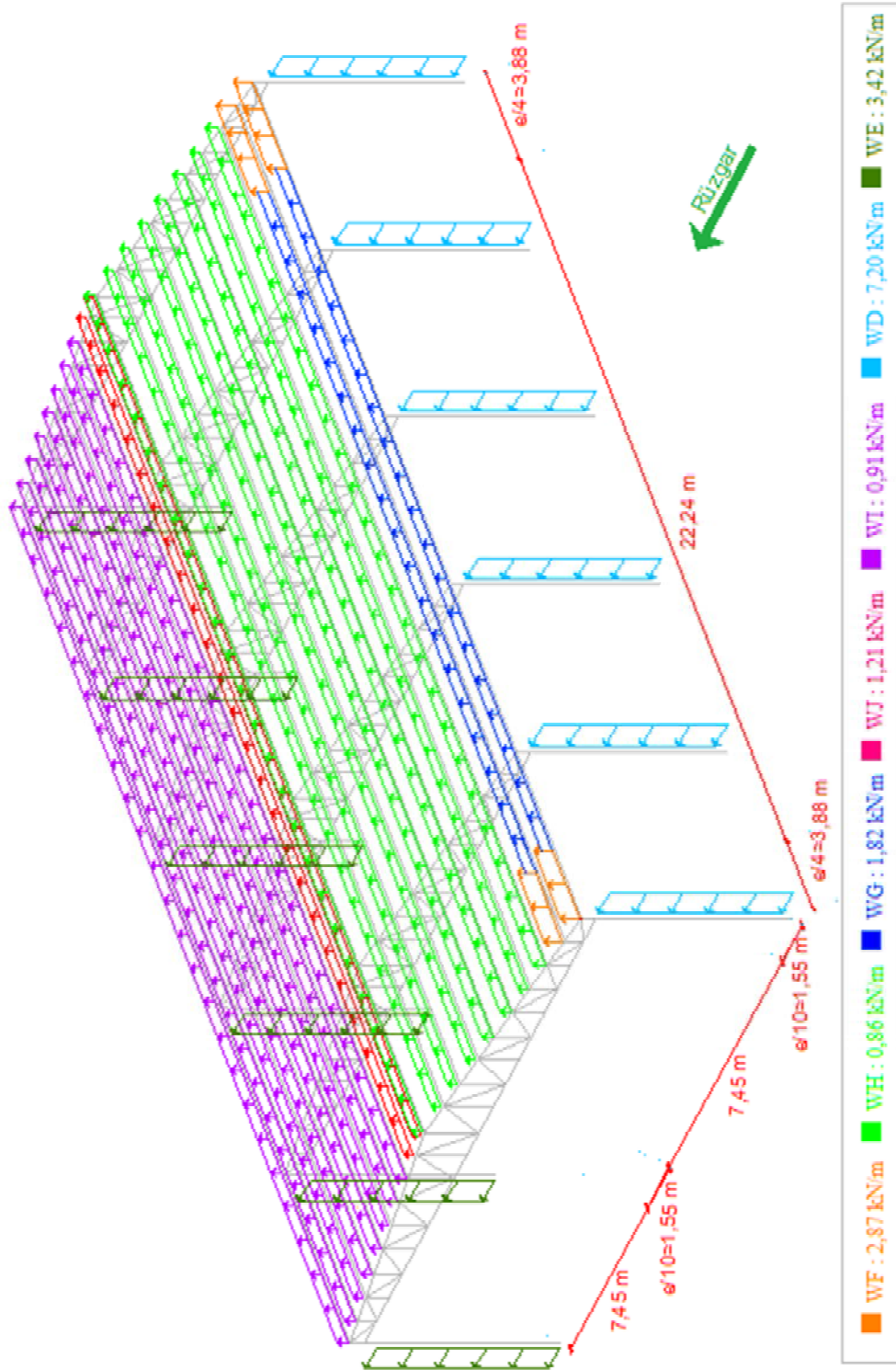
$$W_I = w_e(I) * (a/\cos\alpha) = -0,95 * (1/\cos 7,91) = -0,96 \text{ kN/m}$$

olarak hesaplanır.

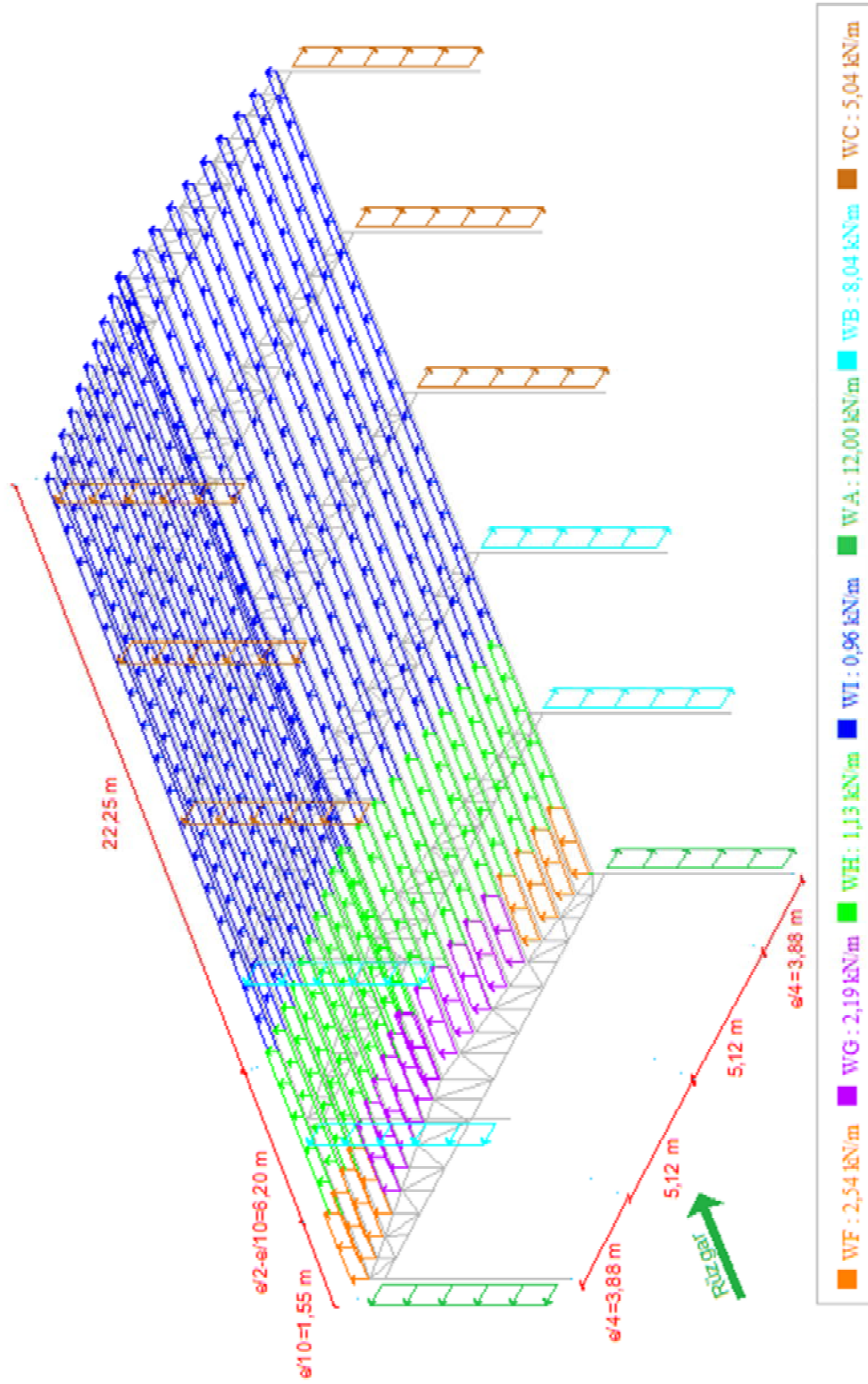
Düzlem kafes sisteminde yukarıda hesabı yapılan rüzgâr kuvvetleri, kolonlara ve çatı yüzeyine etki alanlarına göre hesaplanarak sistem üzerine etki ettirilmiştir. Rüzgârın çatı sırtına dik olarak yapının sol tarafından etkimesi durumunda oluşacak rüzgâr kuvvetleri, Şekil 4.14' de sistem şekli üzerinde gösterilmiş ve Sap2000' de bu yükleme “*W1*” olarak adlandırılmıştır. Rüzgâr kuvvetlerinin yapının sağ tarafından etkimesi durumu ise Şekil 4.15' de gösterilmekte ve bu yüklemde “*W2*” olarak adlandırılmaktadır. Rüzgârın çatı sırtına paralel bir şekilde ön cephesinden etkimesi halinde oluşan rüzgâr kuvvetleri, Şekil 4.16' da “*W3*” yüklemesi olarak isimlendirilirken yapının arka cephesinden etkimesi durumu ise Şekil 4.17' de “*W4*” yüklemesi şeklinde adlandırılmaktadır.



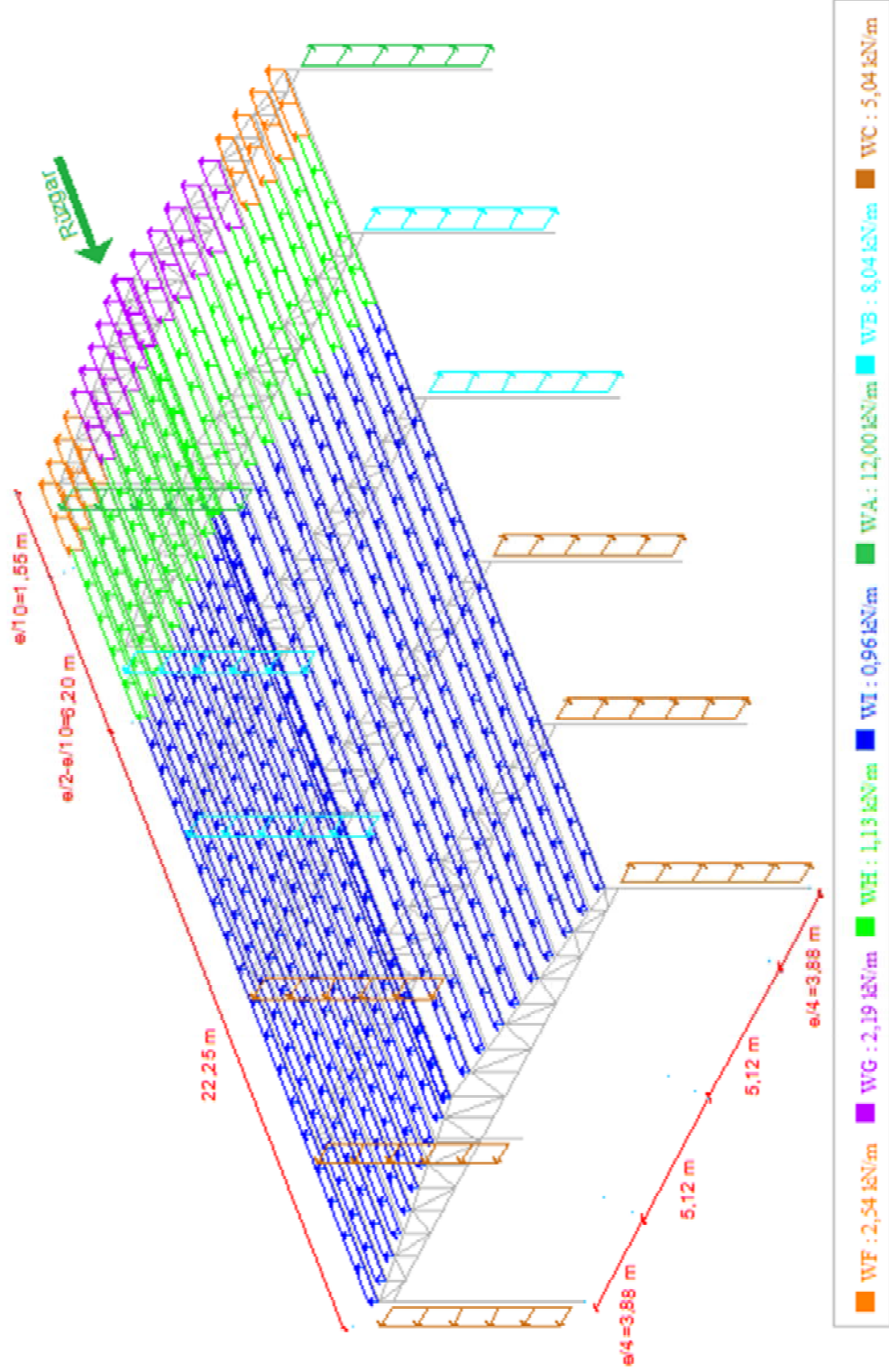
Şekil 4.14. Düzlem kafes sistemi W1 yüklemesi görünümü



Şekil 4.15. Düzlem kafes sistemi W2 yüklemesi görünümü



Şekil 4.16. Düzlem kafes sistemi W3 yüklemesi görünümü



Şekil 4.17. Düzlem kafes sistemi W4 yüklemesi görünümü

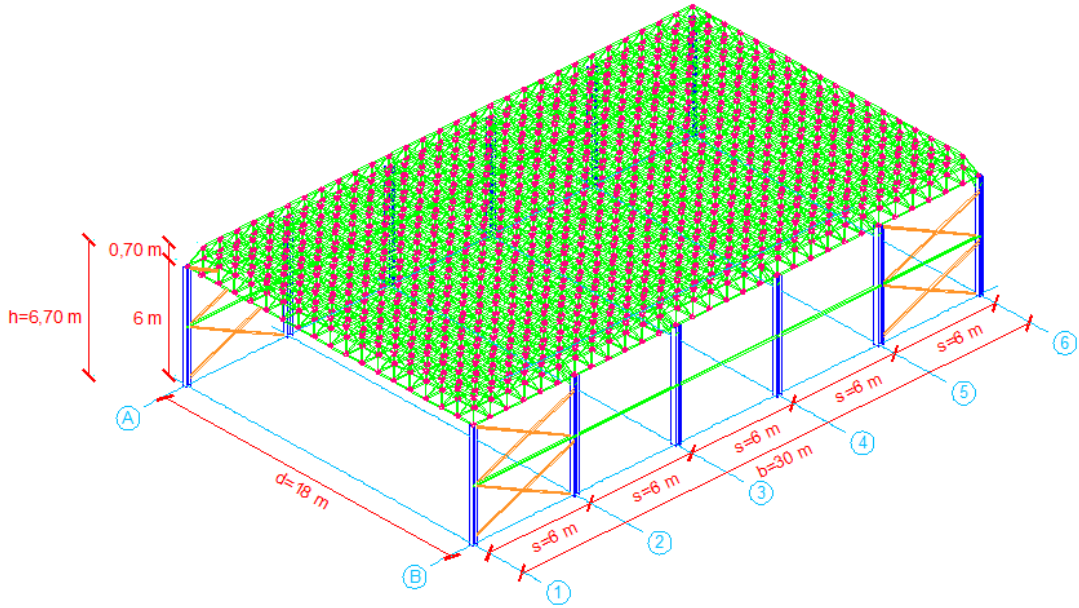
4.2 Uzak Kafes Taşıyıcı Sisteminin Yık Hesapları

Bu bölümde diğcr taşıyıcı sistemimiz uzak kafes sisteminin yük hesapları yapılarak, yükler sistem şekli üzerine etki ettirilmiştir.

4.2.1 Uzak kafes sistemi yük hesabında kullanılacak sistem bilgileri

Uzak kafes sisteme ait veriler aşağıda verilmiş ve bu veriler uzak kafes sistem şekli üzerinde Şekil 4.18’ de gösterilmiştir.

Yapı bölgesi	: Nevşehir
Kar yükü bölgesi	: I
Rakım	: 1194 m
Makas açıklığı	: $d = 18,00$ m
Makaslar arası mesafe	: $s = 6,00$ m
Yapı uzunluğu	: $b = 30,00$ m
Yapı yüksekliği	: $h = 6,70$ m
Çatı eğimi	: $\alpha = 0^\circ$
Kolon yüksekliği	: $h_{\text{kolon}} = 6,00$ m
Arazi kategorisi	: II
Çatı örtü malzemesi	: Sandviç panel levha



Şekil 4.18. Uzay kafes sistemi görünümü

4.2.2 Uzay kafes sistemine etki eden yüklerin hesabı

Sap2000 bilgisayar programında kullanılmak üzere uzay kafes sistemine etki eden zati, kar ve rüzgâr yükleri hesaplanmıştır.

4.2.2.1 Uzay kafes sistemi zati yük hesabı

Düzlem kafes sistemde olduğu gibi çatı örtüsü olarak sandviç panel levha kullanılmakta ve sistem modelinin aynı uzunluklara sahip olduğundan zati yük hesabı aynı olmaktadır. Uzay kafes sistem zati yük,

$$G_{\text{zati}} = G_{\text{kaplama}} + G_{\text{aşıklık}} + G_{\text{makas}} = 15 + 10 + 18 = 43 \text{ kg/m}^2 = 0,43 \text{ kN/m}^2$$

hesaplanır.

4.2.2.2 Uzay kafes sistemi rüzgâr yükü hesabı

Esas rüzgâr hızı V_b , düzlem kafes sistemde olduğu gibi denklem (4.1) den hesaplanmaktadır. Burada esas rüzgâr hızının temel değeri V_{bo} , Şekil 4.3' te gösterilen Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Nevşehir ili için vermiş olduğu en hızlı rüzgâr değeri olan 125,30 km/sa alınmıştır. Doğrultu katsayısı C_{dir} ve mevsim katsayısı C_{season} , TS EN 1991-1-4' te tavsiye edilen 1,00 değeri alınmıştır.

$$V_{bo} = 125,30 \text{ km/sa} = 34,80 \text{ m/s}$$

şeklinde çevrilirse,

$$V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{bo} = 1 * 1 * 34,80 = 34,80 \text{ m/s}$$

elde edilir. Ortalama rüzgâr hızı $V_m(z)$, denklem (4.2) den hesaplanacaktır. Burada orografi katsayısı $C_o(z)$, TS EN 1991-1-4' te verilen 1,00 değeri alınmış ve esas rüzgâr hızı V_b , 34,80 m/s olarak daha önce bulunmuştur. TS EN 1991-1-4' te tanımlanan $Z_{en\text{ büyük}}$ için tavsiye edilen değer 200 m olarak alınmış ve en düşük yükseklik olan $Z_{en\text{ küçük}}$, Çizelge 4.1' de bulunan arazi kategorisi II değerinden 2,00 m alınmıştır. Sistemin yapı yüksekliği Z , 6,70 m dir. Arazinin engebelilik katsayısı $Cr(z)$, $Z_{min} \leq Z \leq Z_{max}$ olduğundan (4.3) denkleminde verildiği üzere hesaplanır. Engebelilik uzunluğu Z_o , Çizelge 4.1' den II. bölge için 0,05 m alınmış ve aynı şekilde Çizelge 4.1' den arazi kategorisi II değeri için engebelilik uzunluğu $Z_{o,II}$, 0,05 m alınmıştır. Engebelilik uzunluğu Z_o 'a bağlı olan arazi katsayısı k_r , denklem (4.4) den,

$$k_r = 0,19 \left(\frac{Z_o}{Z_{o,u}} \right)^{0,07} = 0,19 \left(\frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19$$

elde edilir. Arazi katsayısı k_r , (4.3) denkleminde yerine yerleştirilerek

$$Cr(z) = k_r * \ln\left(\frac{Z}{Z_o}\right) = 0,19 * \ln\left(\frac{6,70}{0,05}\right) = 0,93$$

hesaplanır. Bu durumda ortalama rüzgâr hızı,

$$V_m(z) = C_r(z) * C_o(z) * V_b = 0,93 * 1 * 34,80 = 32,36 \text{ m/s}$$

olur. Z metre yükseklikteki türbülans şiddeti $I_v(z)$, $Z_{min} \leq Z \leq Z_{max}$ olduğundan, (4.5) denkleminde bulunur. Burada türbülans katsayısı k_t , TS EN 1991-1-4' ten 1,00 olarak alınmıştır. Bu durumda türbülans şiddeti $I_v(z)$,

$$I_v(z) = \frac{k_1}{C_o(z) * \ln\left(\frac{Z}{Z_o}\right)} = \frac{1}{1 * \ln\left(\frac{6,70}{0,05}\right)} = 0,20$$

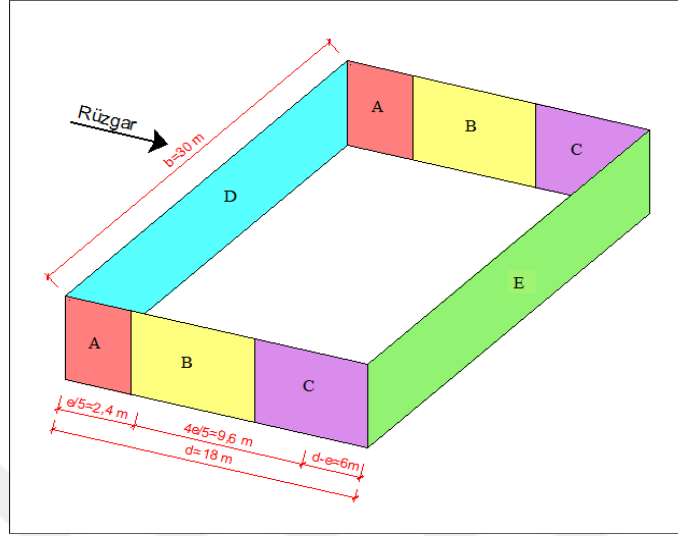
olur. Tepe hızı kaynaklı rüzgâr basıncı $q_p(z)$, (4.6) denkleminde verildiği gibi hesaplanmaktadır. Fırtınalar esnasında bölgede olması beklenen sıcaklık ve barometrik basınçlara ve rakıma bağlı olan hava yoğunluğu ρ , TS EN 1991-1-4' te tavsiye edilen değer $1,25 \text{ kg/m}^3$ seçilmiştir. Buna bağlı olarak,

$$q_p(z) = [1 + 7 * 0,20] * (1/2) * 1,25 * 32,36^2 = 1570,75 \text{ N/m}^2 = 1,57 \text{ kN/m}^2$$

olarak hesaplanır.

Rüzgârın yapının 30 m uzunluğundaki duvarlara dik etkimesi durumunda dış duvarlara etkiyecek basınç katsayıları hesabında e değeri olarak, b veya $2h$ değerlerinden küçük olan değer seçilir. Burada b değeri 30 m, $2h$ değeri 12 m olduğundan e değeri 12 m

seçilmiştir. Bu durumda $e \leq d$ olduğundan yapının dış duvarlarına etkiyecek basınç katsayıları, Şekil 4.19’ da gösterildiği gibi alınmalıdır.



Şekil 4.19. Rüzgârın yapının 30 m uzunluğundaki duvara dik etkimesi durumu

Dikdörtgen planlı binaların düşey duvarlarına etkiyen dış basınç katsayıları W_e , denklem (4.7) ile hesaplanmaktadır. Rüzgârın yapının 30m uzunluğundaki duvara dik gelmesi durumunda yapının düşey duvarlarına etkiyecek basınç değerleri, $h/d=6,00/18=0,33$ oranına bağlı olarak Çizelge 4.2’ den doğrusal interpolasyon yapılarak elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler Çizelge 4.12’ de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Rüzgârın 30 m uzunluğundaki duvara dik etkimesi durumu dış basınç değerleri

Bölge	$C_{pe,10}$
A	-1,2
B	-0,8
C	-0,5
D	0,71
E	-0,32

Rüzgârın yapının 30 m uzunluğundaki duvara dik gelmesi durumunda yapının düşey duvarlarına etkiyen dış basınç katsayıları,

$$w_e(A) = q_p(z_e) * C_{pe,10(A)} = 1,57 * (-1,2) = -1,88 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(B) = q_p(z_e) * C_{pe,10(B)} = 1,57 * (-0,8) = -1,26 \text{ kN/m}^2$$

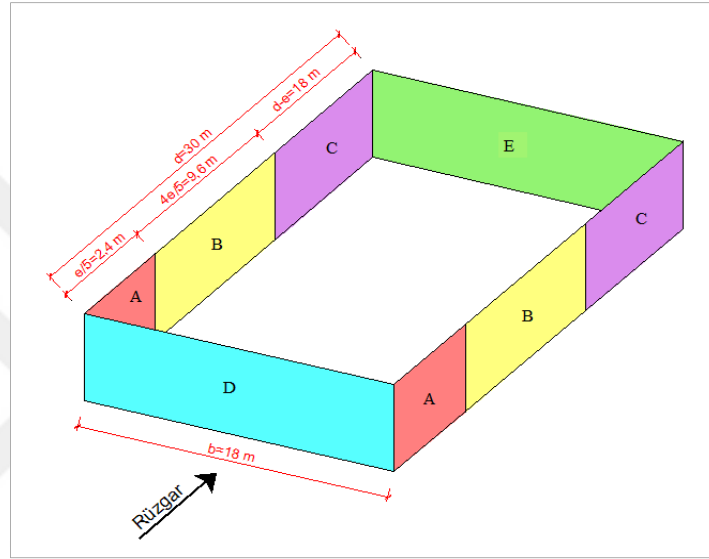
$$w_e(C) = q_p(z_e) * C_{pe,10(C)} = 1,57 * (-0,5) = -0,79 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(D) = q_p(z_e) * C_{pe,10(D)} = 1,57 * 0,71 = 1,11 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(E) = q_p(z_e) * C_{pe,10(E)} = 1,57 * (-0,32) = -0,50 \text{ kN/m}^2$$

olarak hesaplanır.

Rüzgârın yapının 30 m uzunluğundaki duvara paralel gelmesi durumunda ise yapının dış duvarlarına etkiyecek basınç katsayıları hesabında b değeri 18 m, $2h$ değeri 12 m olduğundan e değeri 12 m seçilmiştir. Bu durumda $e \leq d$ olduğundan yapının dış duvarlarına etkiyecek basınç katsayıları, Şekil 4.20’ de gösterildiği gibi alınmalıdır.



Şekil 4.20. Rüzgârın yapının 30m uzunluğundaki duvara paralel etkimesi durumu

Rüzgârın yapının 30m uzunluğundaki duvara paralel etkimesi durumunda yapının düşey duvarlarına etkiyecek basınç değerleri, $h/d=6,00/30=0,2$ oranına bağlı olarak Çizelge 4.2’ den doğrusal interpolasyon yapılarak elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler Çizelge 4.13’ de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Rüzgârın 30m uzunluğundaki duvara paralel etkimesi durumu dış basınç değerleri

Bölge	$C_{pe,10}$
A	-1,2
B	-0,8
C	-0,5
D	0,69
E	-0,29

Rüzgârın yapının 30m uzunluğundaki duvara paralel etkimesi durumunda yapının düşey duvarlarına etkiyecek basınç katsayıları,

$$w_e(A) = q_p(z_e) * C_{pe,10(A)} = 1,57 * (-1,2) = -1,88 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(B) = q_p(z_e) * C_{pe,10(B)} = 1,57 * (-0,8) = -1,26 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(C) = q_p(z_e) * C_{pe,10(C)} = 1,57 * (-0,5) = -0,79 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(D) = q_p(z_e) * C_{pe,10(D)} = 1,57 * 0,69 = 1,08 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(E) = q_p(z_e) * C_{pe,10(E)} = 1,57 * (-0,29) = -0,45 \text{ kN/m}^2$$

olarak hesaplanır.

Düz çatılar için çatı yüzeyine etkiyen rüzgâr kuvveti hesabında kullanılacak basınç katsayıları W_e , denklem (4.7) ile hesaplanmaktadır. Basınç katsayısı hesabında kullanılacak $C_{pe,10}$ basınç değerleri olarak Çizelge 4.14' ten keskin kenarlı çatı tipine karşılık gelen değerler alınmıştır. Elde edilen bu değerler Çizelge 4.15' te verilmiştir.

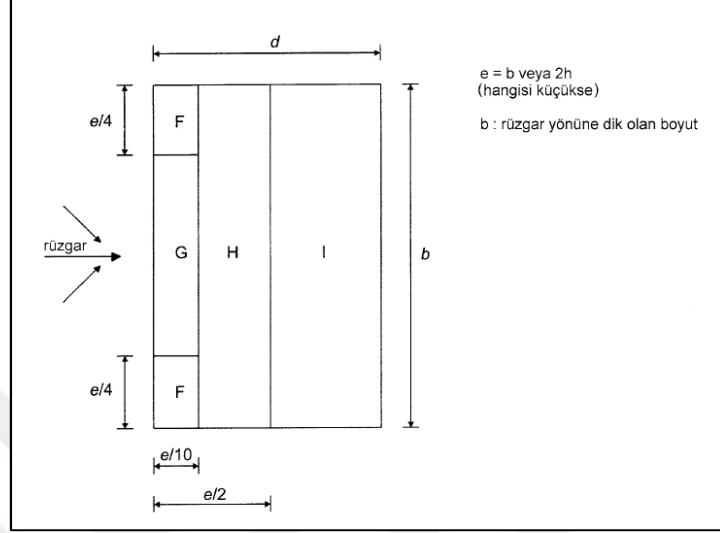
Çizelge 4.14. TS EN 1991-1-4' e ait düz çatılar için dış basınç değerleri

Çatı tipi		Bölge					
		F		G		H	
		$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
Keskin kenarlı saçaklar		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2
							+0,2
							-0,2
Parapetli	$h_p/h=0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2
							+0,2
							-0,2
	$h_p/h=0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2
							+0,2
							-0,2
	$h_p/h=0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2
							+0,2
							-0,2
Kenarları yuvarlatılmış saçaklı	$r/h=0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4	-1,2
							+0,2
							-0,2
	$r/h=0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3	-1,2
							+0,2
							-0,2
	$r/h=0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3	-1,2
							+0,2
							-0,2
Kenarları pahlı saçaklı	$\alpha=30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3	-1,2
							+0,2
							-0,2
	$\alpha=45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4	-1,2
							+0,2
							-0,2
	$\alpha=60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5	-1,2
							+0,2
							-0,2

Çizelge 4.15. Düz çatılar için elde edilen dış basınç değerleri

Bölge	$C_{pe,10}$
F	-1,8
G	-1,2
H	-0,7
I	+0,2
	-0,2

Düz çatılarda çatı yüzeyine etkiyen basınç katsayıları hesabında b değeri 30 m, $2h$ değeri 13,40 m olduğundan e değeri 13,40 m seçilmiştir. Bu durumda $e \leq d$ olduğundan çatı yüzeyine etkiyecek basınç katsayıları, Şekil 4.21' de gösterildiği gibi alınmalıdır.



Şekil 4.21. TS EN 1991-1-4' e ait düz çatılar için açıklamalar

Düz çatılarda çatı yüzeyine etkiyen basınç katsayıları,

$$w_e(F) = q_p(z_e) * C_{pe,10(F)} = 1,57 * (-1,8) = -2,83 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(G) = q_p(z_e) * C_{pe,10(G)} = 1,57 * (-1,2) = -1,88 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(H) = q_p(z_e) * C_{pe,10(H)} = 1,57 * (-0,7) = -1,10 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(I) = q_p(z_e) * C_{pe,10(I)} = 1,57 * (\pm 0,2) = \pm 0,31 \text{ kN/m}^2$$

hesaplanır.

NOT: İç basınç bina üzerinde rüzgâr sızacak herhangi bir boşluk olmadığından etki ettirilmemiştir.

4.2.2.3 Uzay kafes sistemi kar yükü hesabı

Uzay kafes sistemlerde kar yükü hesabı düzlem kafes sistemdeki gibi denklem (4.8) den hesaplanır. Kar yükü şekil katsayısı μ_i , çatı eğimi $\alpha=0^\circ$ olduğu için Çizelge 4.9' dan μ_i değeri 0,8 olarak alınmıştır. Maruz kalma katsayısı C_e , Çizelge 4.10' dan normal topografik bölge olduğundan 1,00 olarak alınmıştır. Isı katsayısı C_t , TS EN 1991-1-3' te verilen 1,00 değeri alınmıştır. Karakteristik zemin kar yükü değeri S_k , Çizelge 4.11' den

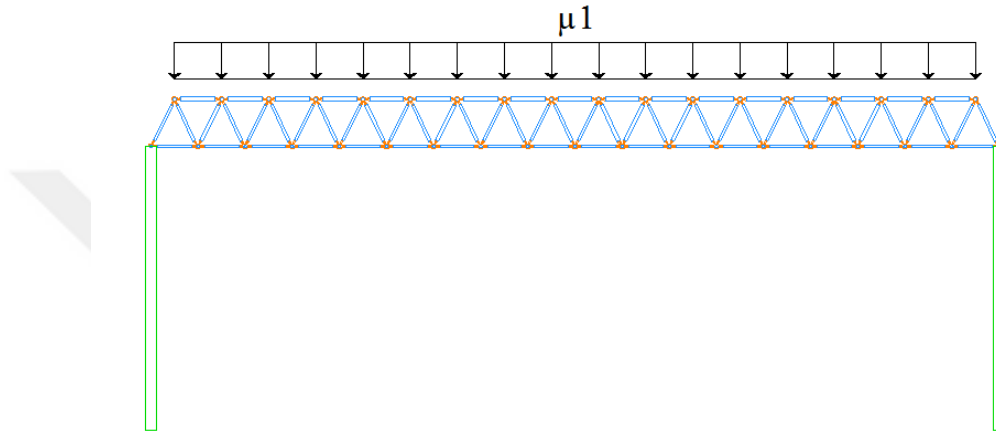
Nevşehir/Merkez, I Bölge ve 1194 rakım değerine bağlı olarak verilen değer %10 artırılarak,

$$S_k = 0,80 * 1,1 = 0,88 \text{ kN/m}^2$$

olarak bulunur. Buna bağlı olarak kar yükü,

$$S = \mu_i * C_e * C_t * S_k = 0,8 * 1 * 1 * 0,88 = 0,70 \text{ kN/m}^2$$

hesaplanmıştır. Elde edilen kar yükü değeri TS EN 1991-1-3' e göre düz çatı olması nedeniyle Şekil 4.22' deki gibi etki ettirilmiştir.



Şekil 4.22. Uzay kafes sistemine ait kar yükü şekil katsayısı

4.2.2.4 Uzay kafes sistemi deprem yükü hesabı

Bu tez çalışmasında incelenecek olan uzay kafes sistem yapısına ait deprem yükü hesabı, düzlem kafes sisteminde olduğu gibi Sap2000 yazılım programı aracılığı ile yapılmıştır. Bu bilgisayar programında deprem hesabında kullanılacak yöntemlerden biri olan eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanmıştır.

4.2.3 Uzay kafes sistemde düğüm noktalarına etki eden yüklerin hesabı

Yükler, tasarlanan sistemin en basit yapısını oluşturan piramidin her birinin tepe noktasında bulunan düğüm noktasına etki etmektedir. Hesaplanan bütün yükleme durumları için düğüm noktalarına etki eden yükler, etki alanı ile çarpılarak elde edilmektedir. Kenar düğüm noktalarında, etki alanının yarıya düşmesi sebebiyle bu değer yarısı kadar alınacaktır. Hesaplarda kullanılacak;

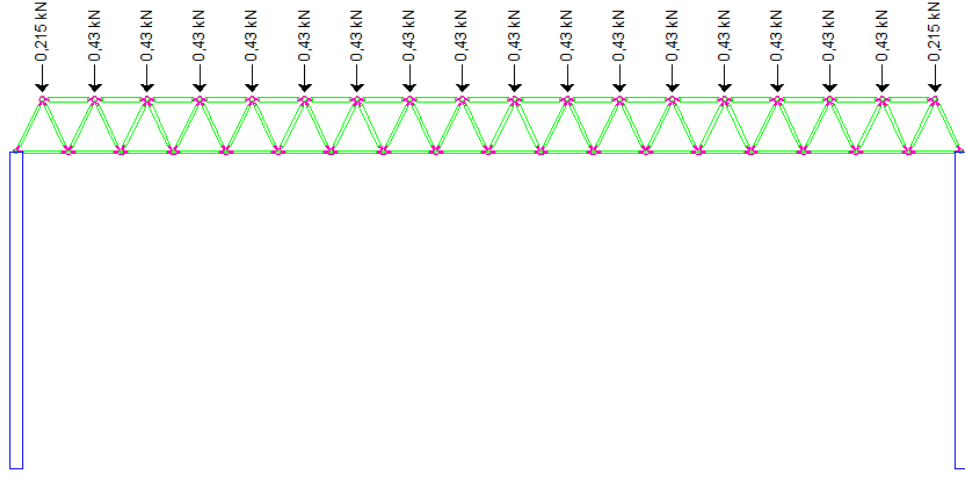
- a : Aşık aralığı (İki uç piramidin tepe noktaları arasındaki mesafe $18-1 = 17$ m olup 17 adet aşık aralığı bulunan uzay kafes sistem için, $17/17 = 1$ m aşık aralığı hesaplanmaktadır.)
- e : Makas aralığı (Uzay kafes sistemde makas aralığı 6 m verilmiştir.) olarak verilmiştir.

4.2.3.1 Uzay kafes sistemine etki eden zati yük hesabı

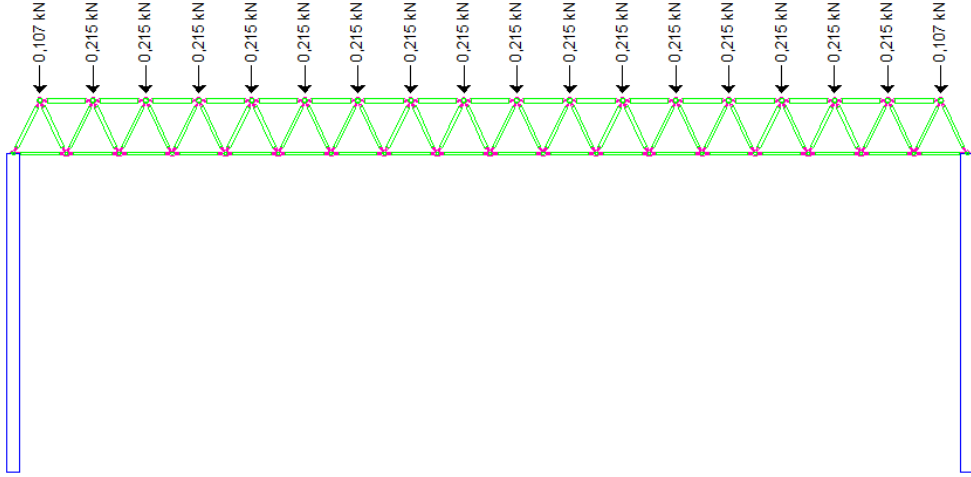
Uzay kafes sistemde düğüm noktalarına etki eden zati yük,

$$G_z = G_{zati} * a * a = 0,43 * 1 * 1 = 0,43 \text{ kN}$$

hesaplanır. Hesaplanan bu değer etki alanına bağlı olarak her bir piramidin tepe noktasında bulunan düğüm noktasına etki ettirilmiş ve uzay kafes sistemi şekli üzerinde Şekil 4.23' te gösterilmiştir. Düğüm noktalarına etkiyen zati yük değeri, etki alanının tam olduğu noktalarda 0,43 kN, etki alanının yarıya düştüğü noktalarda 0,215 kN ve etki alanının 1/4'e düştüğü noktalarda 0,107 kN alınmaktadır (Şekil 4.23). Sap2000 programında düğüm noktalarına etkiyen bu yükleme, “Gz” şeklinde isimlendirilmiştir.



(a)



(b)

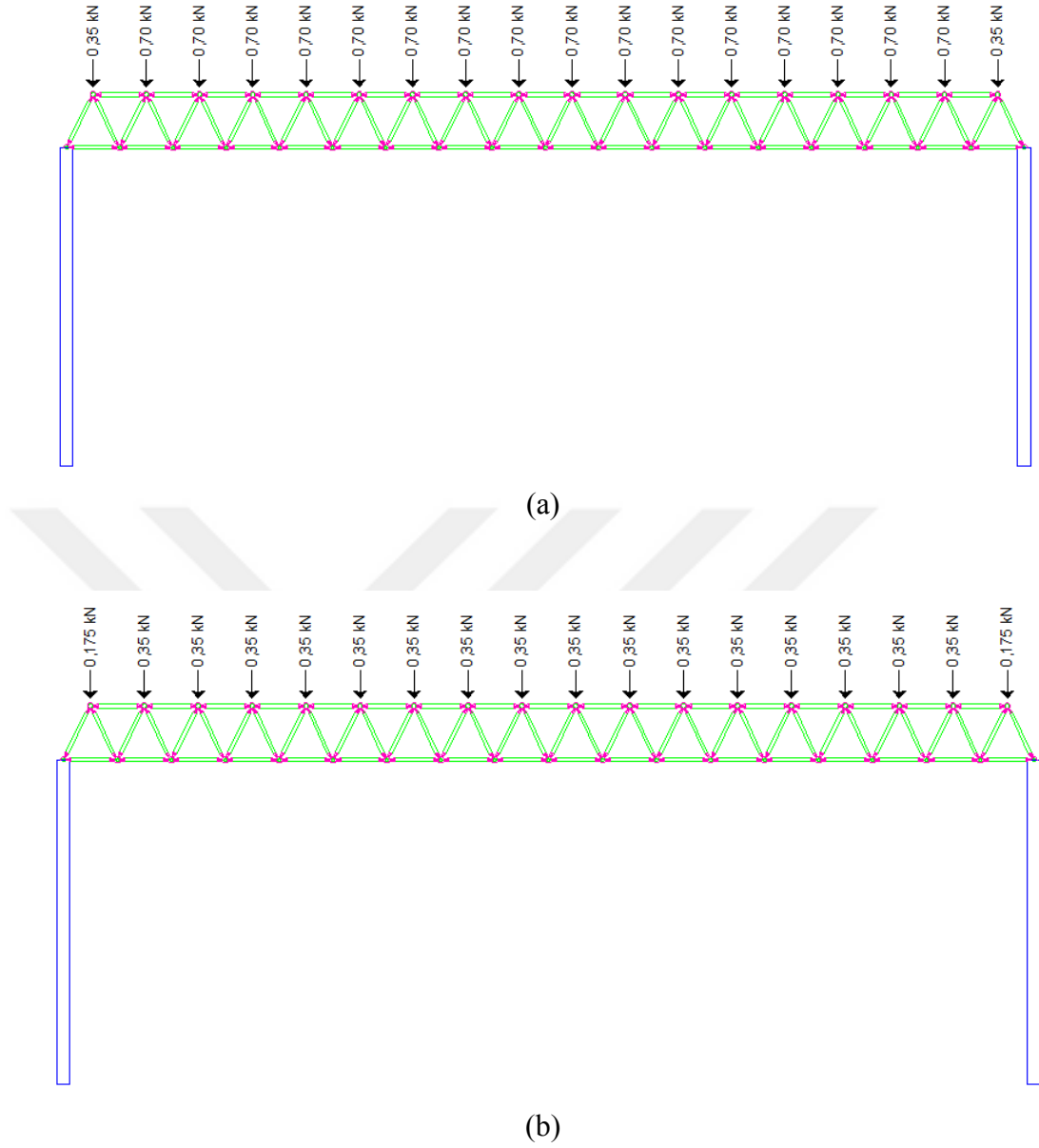
Şekil 4.23. Uzay kafes sistemi 2, 3, 4, 5 akslarına (a) ve 1, 6 akslarına ait (b) sistem düğüm noktalarına etkiyen zati yüklerin görünümü

4.2.3.2 Uzay kafes sistemine etki eden kar yükü hesabı

Uzay kafes sisteme etki eden kar yükü,

$$S_{kar} = S * a * a = 0,70 * 1 * 1 = 0,70 \text{ kN}$$

bulunur. Bu kar yükü değeri, etki alanına bağlı olarak düğüm noktalarına etki ettirilmiş ve uzay kafes sistemin şekli üzerinde Şekil 4.24’ te gösterilmiştir. Düğüm noktalarına etkiyen kar yükü değeri, etki alanının tam olduğu noktalarda 0,70 kN, etki alanının yarıya düştüğü noktalarda 0,35 kN ve etki alanının 1/4’e düştüğü noktalarda 0,175 kN alınmaktadır (Şekil 4.24). Sap2000 programında düğüm noktalarına etkiyen kar yüklemesi, “S” olarak isimlendirilmiştir.



Şekil 4.24. Uzay kafes sistemi 2, 3, 4, 5 akslarına (a) ve 1, 6 akslarına ait (b) sistem düğüm noktalarına etkiyen kar yüklemesi görünümüleri

4.2.3.3 Uzay kafes sistemine etki eden rüzgâr yükü hesabı

Uzay kafes sisteminde rüzgârın, yapının 30 m uzunluğundaki duvarlara dik etkimesi durumunda oluşan rüzgâr kuvvetleri,

$$W_D = w_e(D) * e = 1,11 * 6 = 6,66 \text{ kN/m}$$

$$W_E = w_e(E) * e = -0,50 * 6 = -3,00 \text{ kN/m}$$

olarak hesaplanır. Bu durumda rüzgârın, yapının 30 m uzunluğundaki duvarlara paralel etkimesi durumunda oluşan rüzgâr kuvvetleri ise,

$$W_A = w_e(A) * e = -1,88 * 6 = -11,28 \text{ kN/m}$$

$$W_B = w_e(B) * e = -1,26 * 6 = -7,56 \text{ kN/m}$$

$$W_C = w_e(C) * e = -0,79 * 6 = -4,74 \text{ kN/m}$$

bulunur. Çatı yüzeyine etkiyen rüzgâr kuvvetleri ise,

$$W_F = w_e(F) * a * a = -2,83 * 1 * 1 = -2,83 \text{ kN}$$

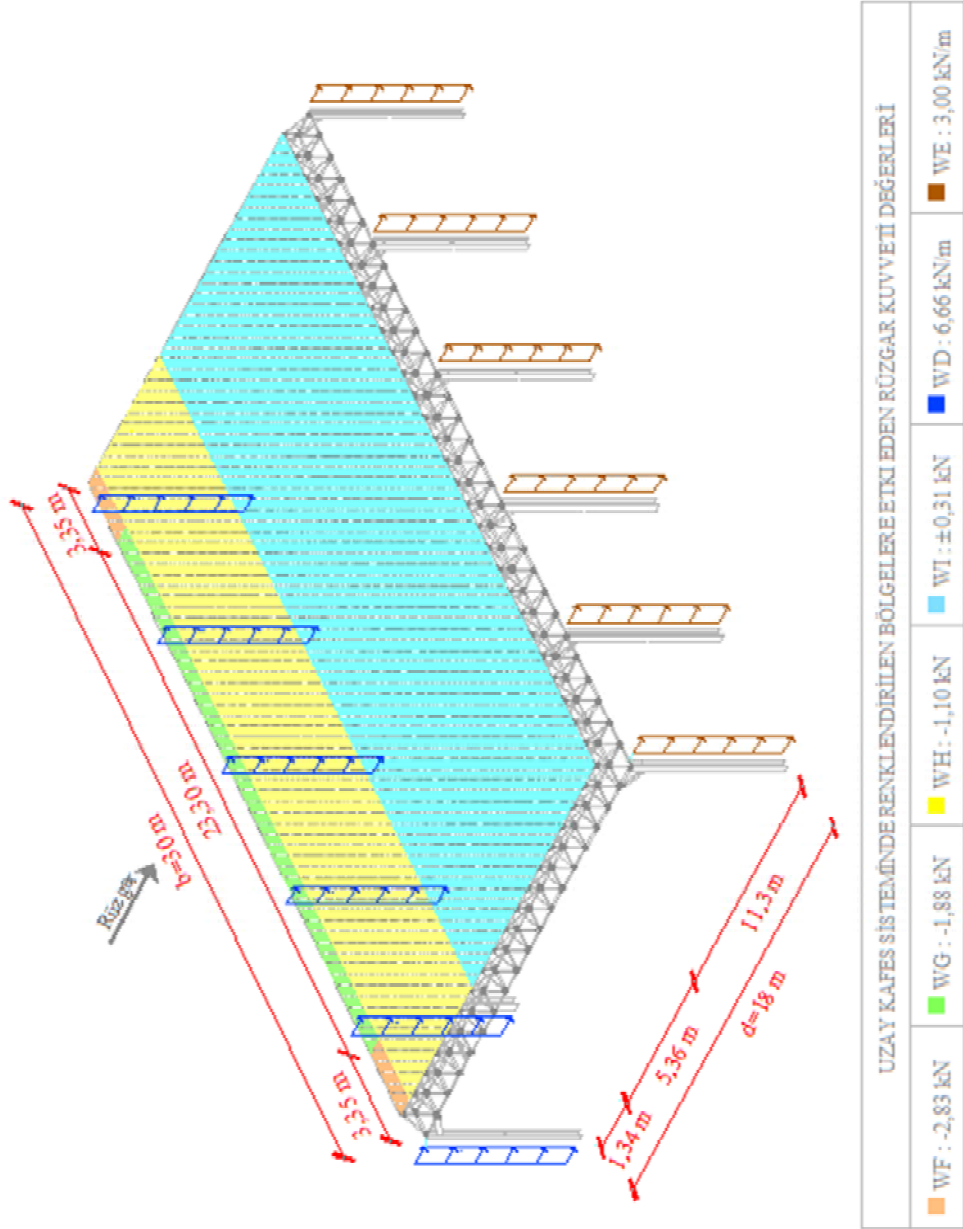
$$W_G = w_e(G) * a * a = -1,88 * 1 * 1 = -1,88 \text{ kN}$$

$$W_H = w_e(H) * a * a = -1,10 * 1 * 1 = -1,10 \text{ kN}$$

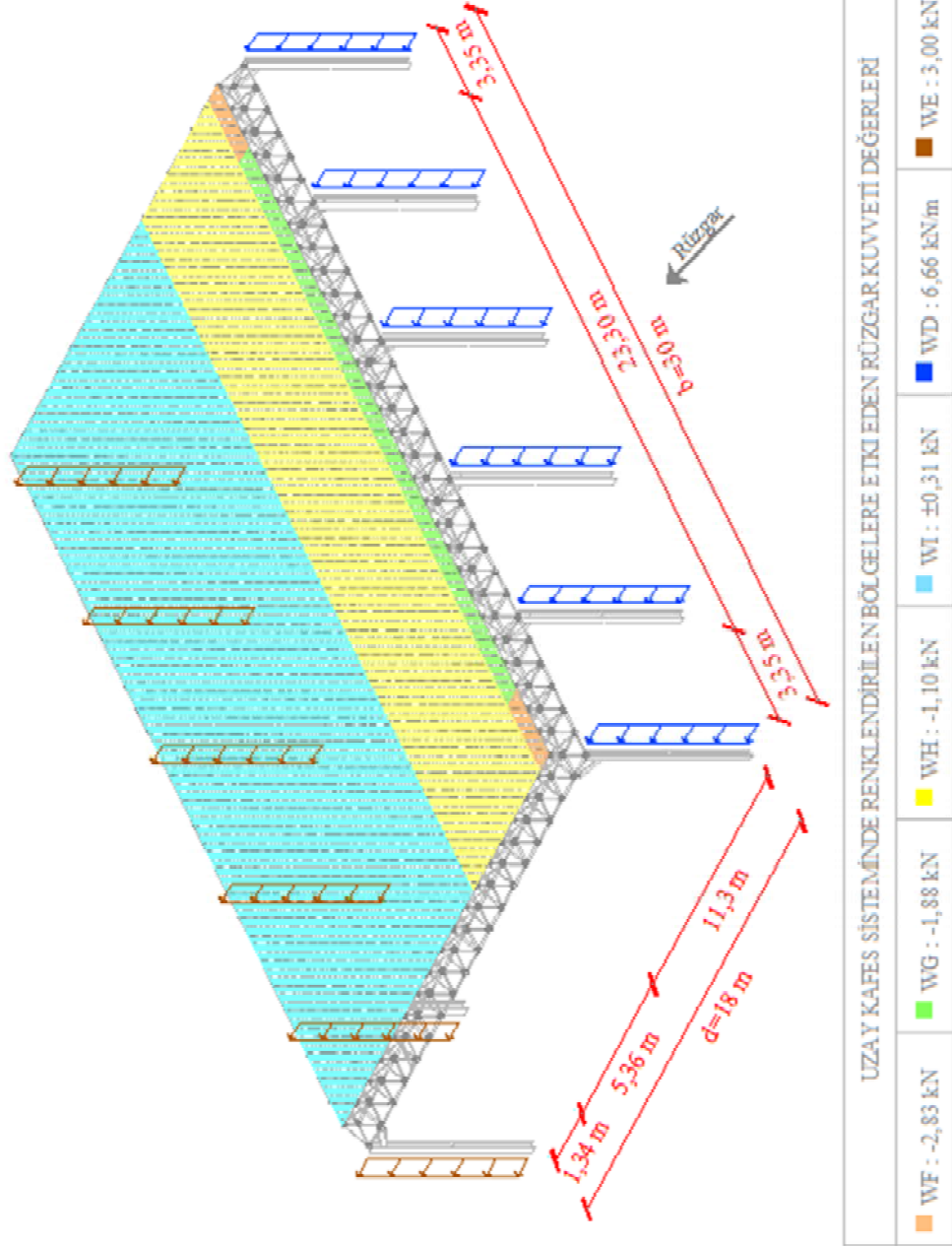
$$W_I = w_e(I) * a * a = \pm 0,31 * 1 * 1 = \pm 0,31 \text{ kN}$$

bulunur.

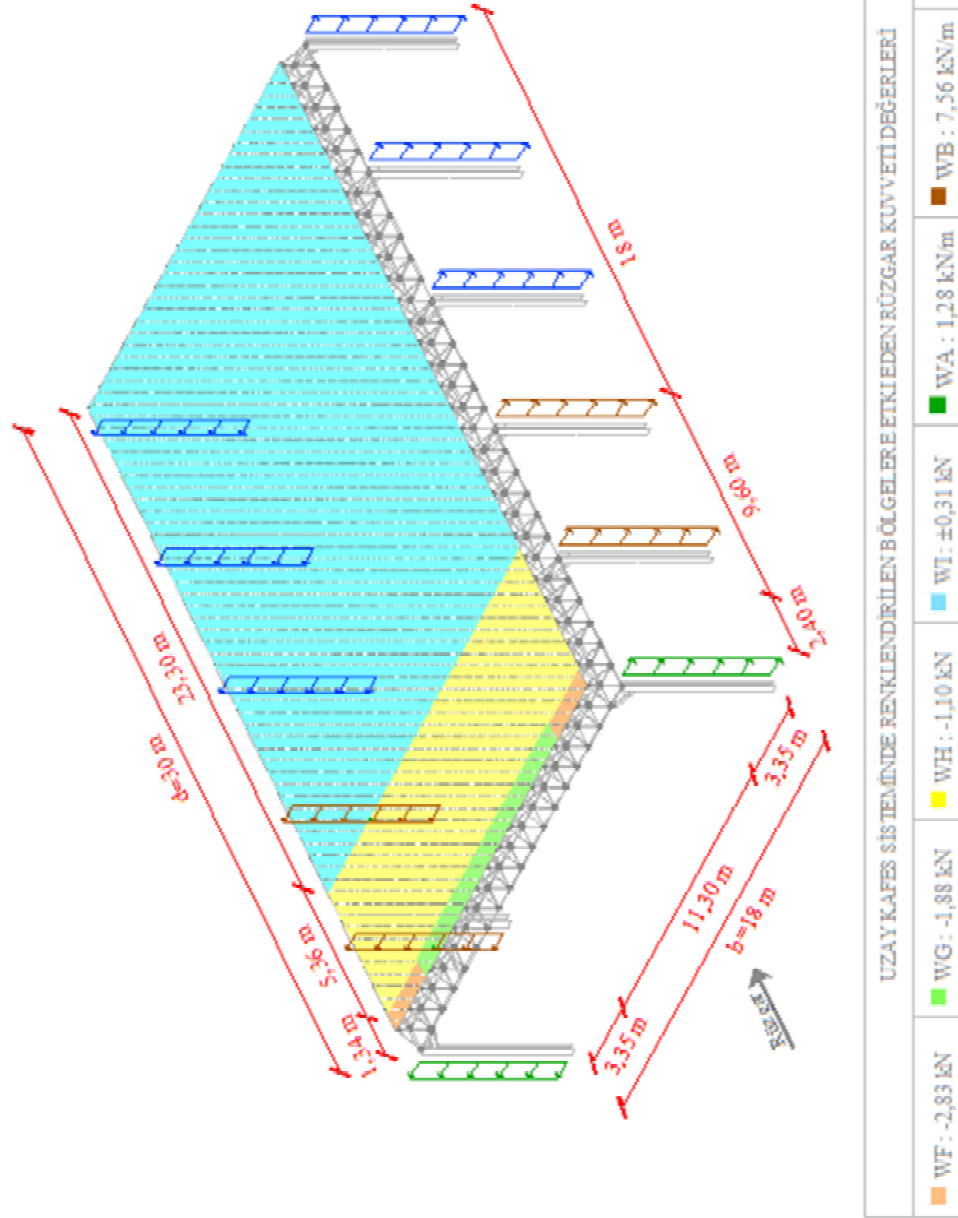
Uzay kafes sistemde yukarıda hesabı yapılan rüzgâr kuvvetleri, kolonlara ve çatı yüzeyinde düğüm noktalarına etki alanlarına göre hesaplanarak sistem üzerine etki ettirilmiştir. Rüzgâr kuvvetinin yapıya soldan etkimesi durumunda çatı yüzeyine etkiyen rüzgâr kuvvetlerinden W_I değerinin 0,31 kN alınması durumu Şekil 4.25’ de sistem şekli üzerinde gösterilerek Sap2000’ de bu yükleme “ $W1$ ” olarak adlandırılmıştır. Aynı şekilde W_I değerinin -0,31 kN alınması durumu da Şekil 4.25’ te gösterilerek yükleme “ $W2$ ” olarak adlandırılmıştır. Rüzgârın yapıya sağdan etkimesi durumu Şekil 4.26’ da sistem şekli üzerinde gösterilirken çatı yüzeyine etkiyen rüzgâr kuvvetlerinden W_I değerinin 0,31 kN alınması durumunda Sap2000’ de bu yükleme “ $W3$ ”, W_I değerinin -0,31 kN alınması durumunda ise “ $W4$ ” olarak isimlendirilmiştir. Rüzgâr kuvvetinin yapıya ön cepheden etkimesi durumunda çatı yüzeyine etkiyen rüzgâr kuvvetlerinden W_I değerinin 0,31 kN alınması durumu Şekil 4.27’ de “ $W5$ ” olarak adlandırılmıştır. Aynı şekilde W_I değerinin -0,31 kN alınması durumu da Şekil 4.27’ de gösterilerek “ $W6$ ” olarak adlandırılmıştır. Rüzgâr kuvvetinin yapıya arka cepheden etkimesi durumunda çatı yüzeyine etkiyen rüzgâr kuvvetlerinden W_I değerinin 0,31 kN alınması durumu “ $W7$ ” olarak isimlendirilirken W_I değerinin -0,31 kN alınması durumu da “ $W8$ ” olarak adlandırılmış ve bu yüklemeler Şekil 4.28’ de gösterilmiştir.



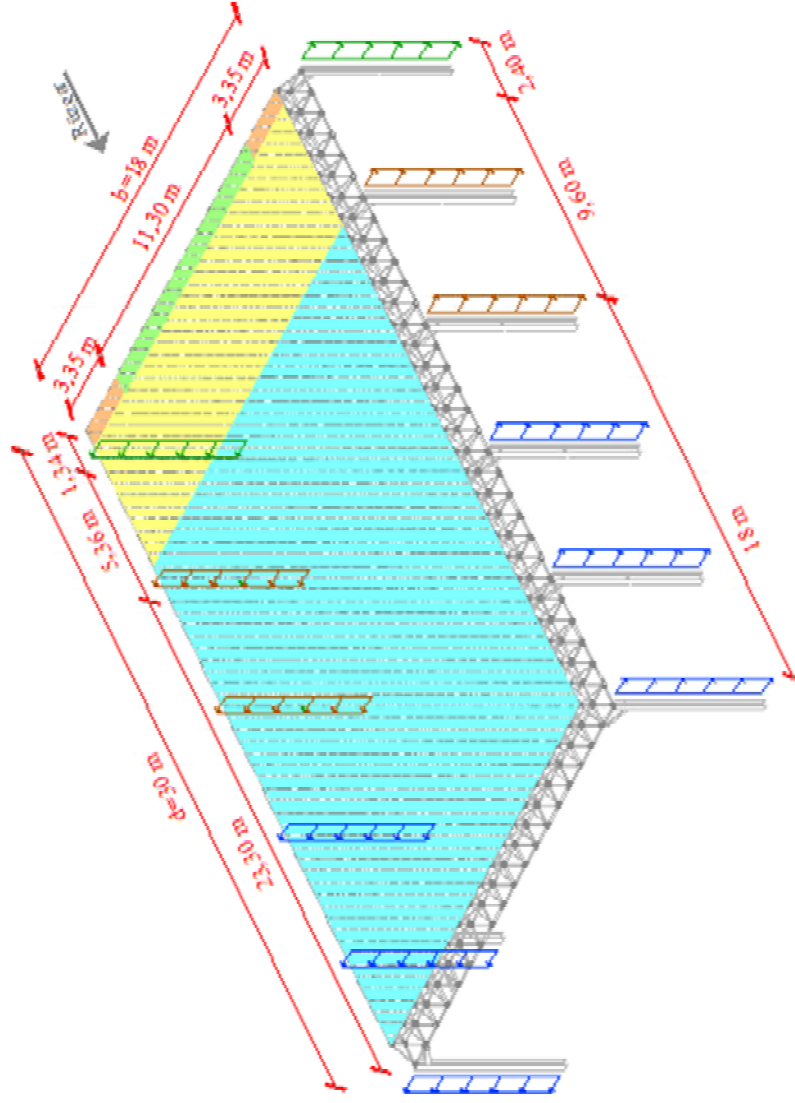
Şekil 4.25. Uzak kafes sisteminde W1 ve W2 rüzgâr yüklemesi görünümü



Şekil 4.26. Uzak kafes sisteminde W3 ve W4 rüzgâr yüklemesi görünümü



Şekil 4.27. Uzay kafes sisteminde W5 ve W6 rüzgâr yüklemesi görünümü



UZAY KAFES SİSTEMİNDE RENKLENDİRİLEN BÖLGELERE ETKİ EDEN RÜZGÂR KUVVETİ DEĞERLERİ					
WF : -2,83 kN	WG : -1,88 kN	WH : -1,10 kN	WI : ±0,31 kN	WA : 1,28 kN/m	WB : 7,56 kN/m
					WC : 4,74 kN/m

Şekil 4.28. Uzay kafes sisteminde W7 ve W8 rüzgâr yüklemesi görünümü

BÖLÜM V

TAŞIYICI SİSTEMLERİN TANIMI

Tez kapsamında 18 m açıklık ve 30 m uzunluğa sahip tek katlı ve tek açıklıklı çelik endüstri yapısı, düzlem ve uzay kafes olarak iki farklı kafes sistem ile modellenmiştir. Modellenen sistemlerin üzerine etki ettirilecek kar, rüzgâr ve statik yükler dördüncü bölümde hesaplanmıştır. Bu bölümde, sistem modellerine ait gerekli bilgiler verilmiş ve Sap2000 yapısal analiz programı kullanılarak dördüncü bölümde hesaplanan yükler etkisinde statik, dinamik analiz ve boyutlandırma işlemleri yapılmıştır. İlk olarak düzlem kafes modeline ait sistem bilgileri verilmiş ve bu veriler ışığında sistem Sap2000 bilgisayar programında analiz ve boyutlandırılması yapılmıştır. Daha sonra benzer işlem adımları, uzay kafes sistem için tekrarlanmıştır.

5.1 Düzlem Kafes Sistem

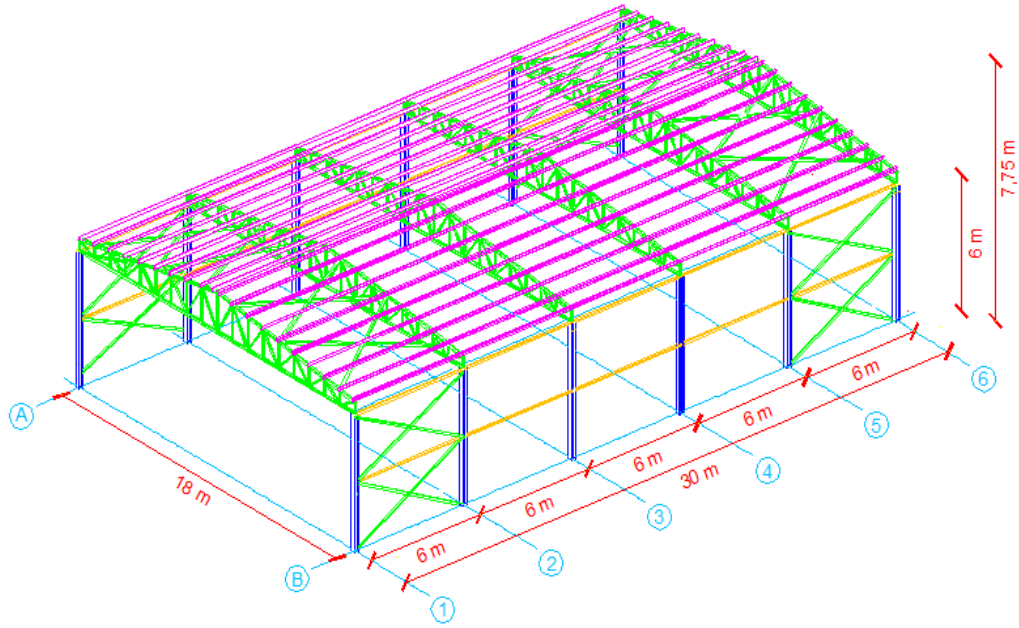
Çalışmanın bu kısmında karşılaştırılması yapılacak olan ilk sistem, düzlem kafes endüstri yapısına ait olup sisteme ait bilgiler verilerek bu veriler ışığında sistemin analiz ve boyutlandırılması yapılmıştır.

5.1.1 Düzlem kafes sistemine ait bilgiler

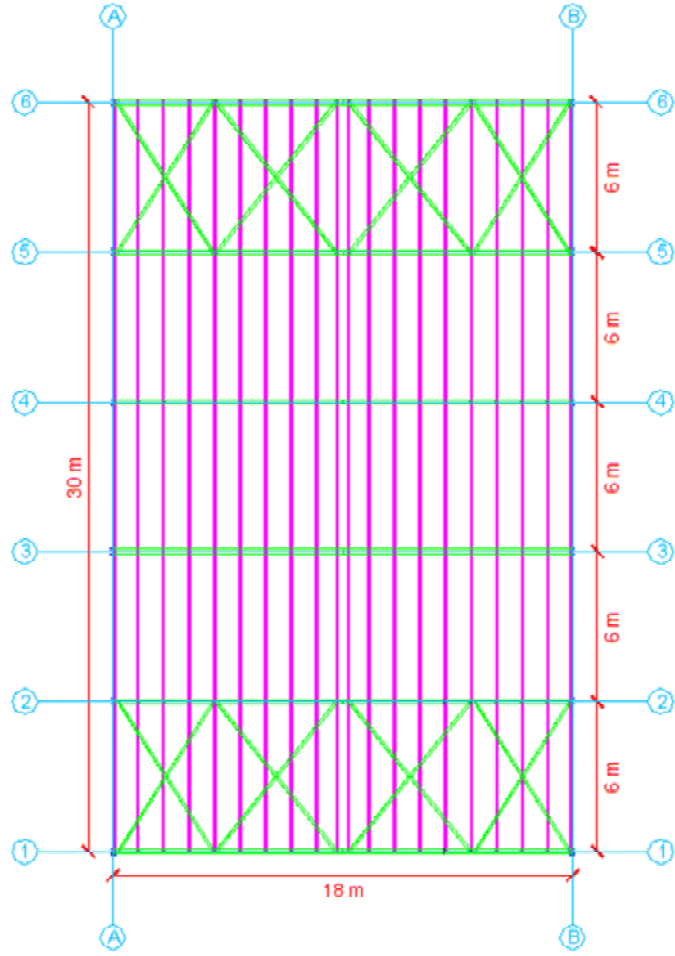
Düzlem kafes endüstri yapısına ait sistem bilgileri aşağıda verilmiş ve bu veriler doğrultusunda sistemin modeli oluşturulmuştur (Şekil 5.1). Oluşturulan bu sistem modeline ait Şekil 5.2’ de çatı planı, Şekil 5.3’ te ön cephe ve Şekil 5.4’ de sol ve sağ cephe görüntüleri verilmektedir.

Sistem şekli	: Düzlem kafes sistem
Çelik malzemesi	: S235
Kaplama malzemesi	: Sandviç panel
Yapı bölgesi	: Nevşehir / merkez
Deprem bölgesi	: 3° deprem bölgesi
Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0)	: 0,20
Yerel zemin sınıfı	: Z3

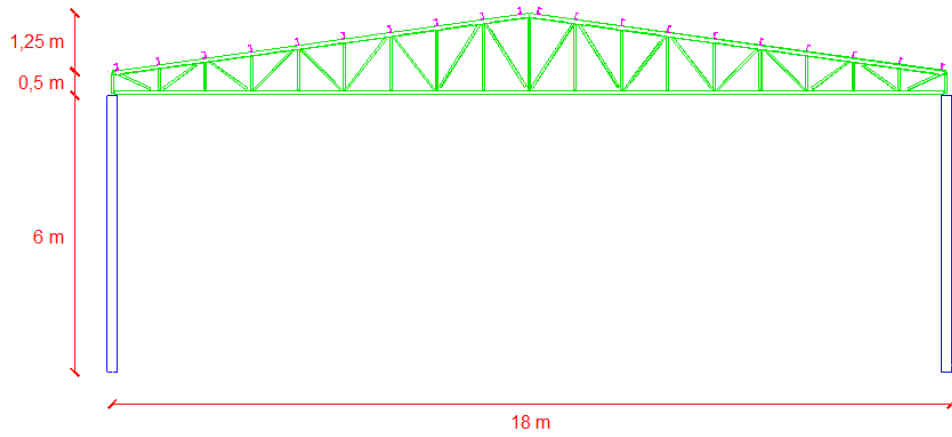
Spektrum karakteristik periyotları	: $T_A = 0,15\text{sn} / T_B = 0,60\text{sn}$
Bina önem katsayısı (I)	: 1
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R)	: 4
Zati kar yükü bölgesi	: I
Rakım	: 1194 m
Mahya yüksekliği	: 7,75m
Makas aralığı	: 6,00 m
Makas açıklığı	: 18,00 m
Makas sayısı	: 6 adet
Aşık sayısı	: 20 adet
Aşık aralığı (Y.D.)	: 1,00 m
Aşık aralığı (Ç.D.)	: 1,00 m
Makas orta yüksekliği	: 1,75 m
Çatı eğimi	: $7,91^\circ$
Çatı alt kotu	: 6,00 m



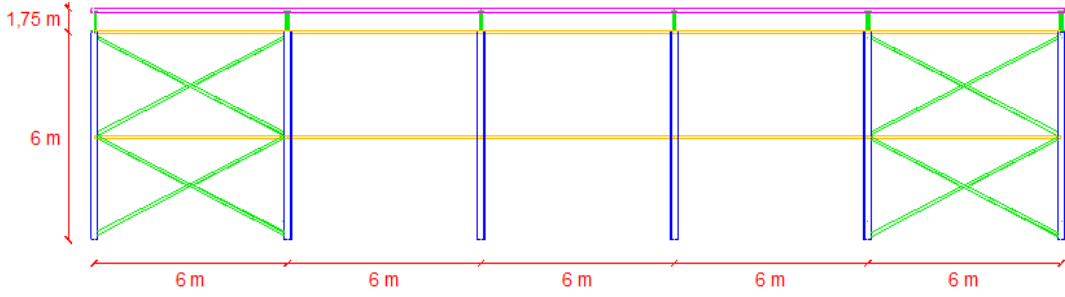
Şekil 5.1. Düzlem kafes sistemin üç boyutlu görünümü



Şekil 5.2. Düzlem kafes sistemin çatı planı görünümü



Şekil 5.3. Düzlem kafes sistemin ön cephe görünümü



Şekil 5.4. Düzlem kafes sistemin sağ ve sol cephe görünümü

5.1.2 Sap2000 programı ile düzlem kafes sistemin çözüm adımları

5.1.2.1 Düzlem kafes sistem modelinin oluşturulması

Düzlem kafes sistemine ait verilen bilgiler doğrultusunda sistem modelinin oluşturulabilmesi için öncelikli olarak Sap2000 programında sağ alt köşede bulunan konum çubuğundan çalışılacak birim seçilir. Daha sonra **New Model** komutu aracılığı ile yeni bir sistem modeli oluşturulur. Açılan **New Model** ileti kutusundan **Grid Only** seçeneğine tıklanarak oluşturulacak yeni modelin Grid yardımcı çizgileri ve koordinat sistemi oluşturulur. **Number of Grid Lines** kısmından **X direction**, **Y direction** ve **Z direction** boşluklarına sistem geometrisine uygun değerler yazılarak aks sayıları belirlenir. **Grid Spacing** kısmına **X direction**, **Y direction** ve **Z direction** boşluklarına sistem geometrisine uygun mesafeler yazılarak aks çizgileri arasındaki mesafeler girilir. Grid çizgileri ve bu çizgiler arasındaki mesafelerin sistem geometrimize uygun bir şekilde girilip girilmediği kontrol edilerek, geometriye uymayan koordinatlar **Define** menüsünden **Coordinate Systems/Grids** aracılığıyla sistem geometrisine uygun olacak şekilde düzenlenir.

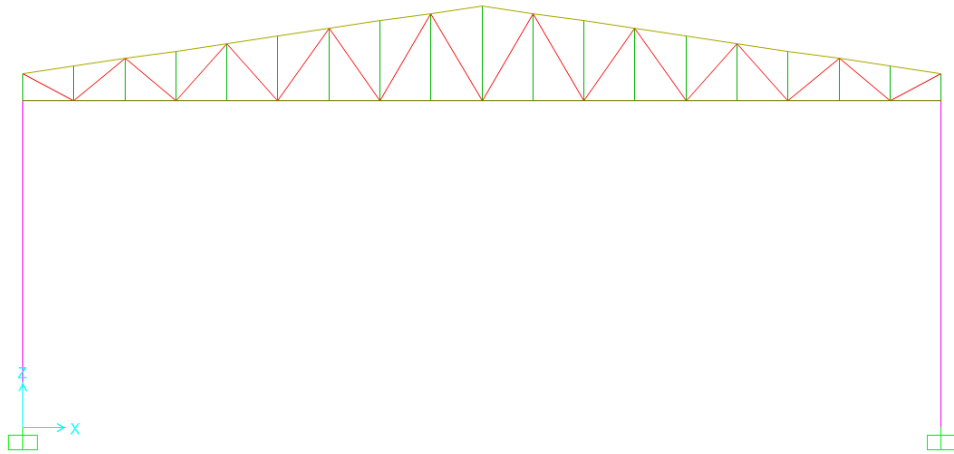
Grid çizgileri ile oluşturulan aks çizgileri üzerine çubuk elemanlarının çizilmesi işlemi yapılmalıdır. Alt ve üst başlık elemanları, **Draw Frame Element** komutu aracılığıyla çizilir. Daha sonra dikme ve diyagonal çubuk elemanları, **Edit** menüsü altında bulunan **Divide Frames** komutu aracılığıyla istenilen sayıya bölünerek sistem çizimi tamamlanır. Kolon çizimi için **Define** menüsü altında yer alan **Coordinate System/Grid** komutu yardımıyla grid çizgileri oluşturulur ve **Draw** menüsünden **Quick**

Draw Frame komutu aracılığıyla çizilir. Çubuk elemanlarının isimlerini ve düğüm nokta numaralarını **Set Display Options** komutu aracılığıyla görülebilmektedir.

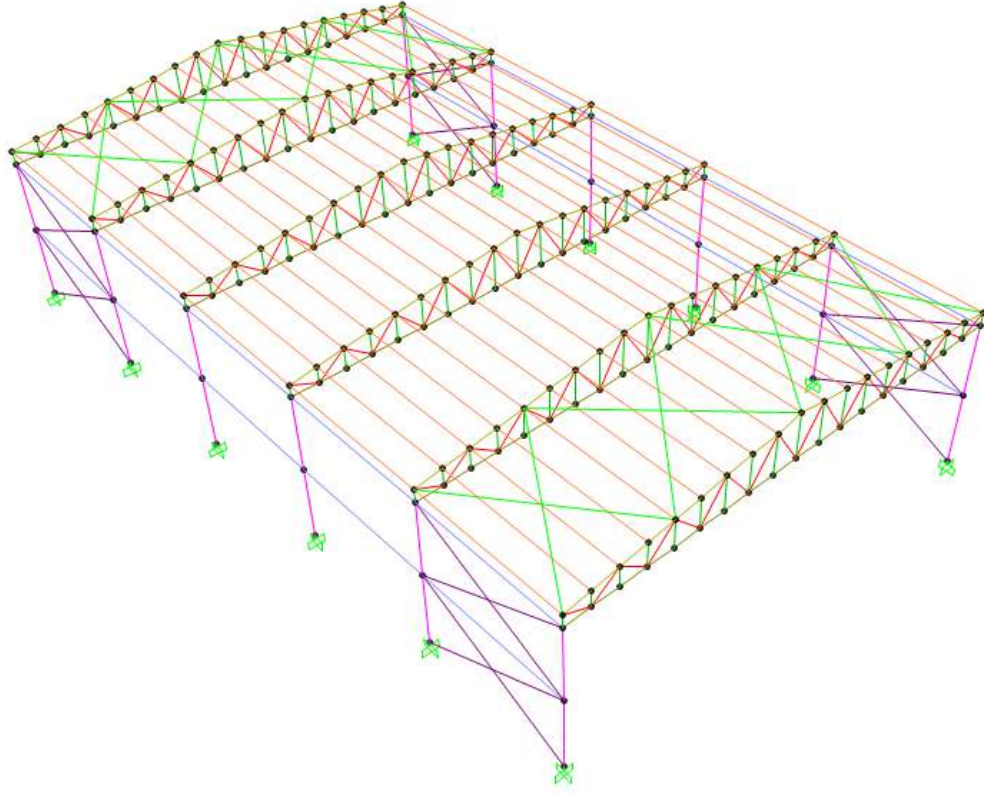
Assign menüsü altında bulunan **Joint Restraints** komutu seçilerek sistemin mesnetleme durumu olarak ankastre mesnet atanır.

Sap2000, düğüm noktalarına elemanların oluşturulma sırasına göre isim vermektedir. Lakin Sap2000 tarafından otomatik olarak adlandırılan çubuk elemanlarına ve düğüm noktalarına ait isim ve numaralar, **Edit** menüsünde bulunan **Change Label** komutu yardımıyla ekrana gelen **Interactive Name Change** ileti kutusundan **Item Type** açılır listesinden istenilen doğrultuda değiştirilebilmektedir.

Düzlem kafes sistemlerde düğüm noktalarının moment taşıma özelliği olmadığından sistem çubuk elemanlarının moment taşıma özelliği çıkarılıp sadece eksenel kuvvet taşıması gerekmektedir. **Assign** menüsünde bulunan **Frame** komutu altındaki **Releases/Partial Fixity** komutu kullanılarak makas çubuk elemanlarının sadece eksenel kuvvetleri taşıması sağlanmaktadır. Şekil 5.5 ve Şekil 5.6’ da sırasıyla Sap2000 programında modellenen düzlem kafes sistemin iki ve üç boyutlu görüntüleri görülmektedir.



Şekil 5.5. Sap2000 programında modellenen düzlem kafes sistemin iki boyutlu görünümü



Şekil 5.6. Sap2000 programında modellenen düzlem kafes sistemin üç boyutlu görünümü

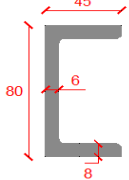
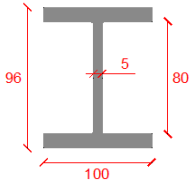
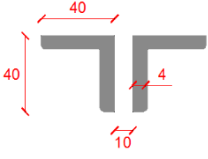
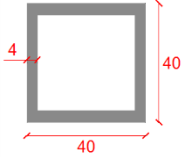
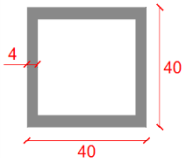
5.1.2.2 Malzeme ve kesit özelliklerinin tanımlanması

Malzeme özellikleri, **Define** menüsü aracılığıyla tanımlanmaktadır. **Define** menüsü altında bulunan **Materials** komutu seçilerek karşımıza çıkan **Define Materials** ileti kutusunda **Add New Material** komutu seçilerek **Add Material Property** menüsü yardımıyla sisteme malzeme özellikleri girilir. Bu komut aracılığıyla kullanılacak olan malzemeye ait çelik sınıfı, elastisite modülü, poisson oranı, minimum akma gerilmesi ve minimum kopma gerilmesi gibi değerler girilir.

Çubuk elemanların kesit özellikleri ise **Define** menüsü aracılığıyla tanımlanmaktadır. **Define** menüsü altında bulunan **Section Properties** alt menüsünden **Frame Section** komutu seçilerek karşımıza çıkan **Frame Properties** ileti kutusunda **Add New Property** yardımıyla kesit özellikleri sisteme girilir. Sap2000 bilgisayar programında kullanıcı tarafından istenilen ebatlarda kesit tanımlanabileceği gibi Sap2000 kütüphanesinde bulunan hazır profil ebatları da **Frame Properties** ileti kutusundaki **Import New Property** seçilerek tanımlanabilmektedir. Düzlem kafes sistem çubuk

elemanlarına, piyasada en fazla kullanılan kesit elemanları atanmıştır. Çubuk elemanlarına atanan kesitler Çizelge 5.1’ de verilmektedir.

Çizelge 5.1. Düzlem kafes sistemde kullanılan kesit özellikleri

Kesit Tanımlanan Çubuk Elemanları	Kesit Elemanları	
Aşıklar	UPN80 UPN100 UPN120 UPN140 UPN160 UPN180	
Kolonlar	HE100A HE120A HE140A HE160A HE180A HE200A HE220A HE240A HE280A	
Çatı Makası Elemanları	2L40X4/10/ 2L50X5/10/ 2L60X6/10/ 2L70X7/10/ 2L80X8/10/ 2L90X9/10/ 2L100X10/10/ 2L120X12/10/	
Kirişler	TUBO40X40X4 TUBO50X50X5 TUBO60X60X6 TUBO70X70X6 TUBO80X80X8 TUBO90X90X8 TUBO100X100X10 TUBO120X120X10	
Çaprazlar	TUBO40X40X4 TUBO50X50X5 TUBO60X60X6 TUBO70X70X6 TUBO80X80X8 TUBO90X90X8 TUBO100X100X10 TUBO120X120X10	

5.1.2.3 Yüklerin tanımlanması

Kullanıcı tarafından hesap edilen kar, rüzgâr ve kaplama yükleri, Sap2000’ e **Define** menüsü altında bulunan **Load Patterns** komutu seçilerek karşımıza çıkan **Define Load**

Patterns ileti kutusundan **Add New Load Pattern** komutu yardımıyla tanımlanmaktadır. Bu çalışmada tanımlanan yük tipleri Çizelge 5.2’ de verilmektedir.

Çizelge 5.2. Düzlem kafes sistemde tanımlanan yükler

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier
A	Dead	1
M	Dead	1
G	Dead	1
Si	Snow	0
Sii	Snow	0
Siii	Snow	0
W1	Wind	0
W2	Wind	0
W3	Wind	0
W4	Wind	0
EX	Quake	0
EY	Quake	0

Yukarıda tanımlanan yükler arzu edilen şekilde yük kombinasyonları oluşturularak sistem modeline aktarılır. Yük kombinasyonları, **Define** menüsü altında bulunan **Load Combinations** komutu aracılığı ile karşımıza çıkan **Define Load Combinations** ileti kutusundaki **Add New Combo** komutu yardımıyla oluşturulur. Yayılı yükler, aşıklara ve kolonlara **Assign** menüsünde bulunan **Frame Loads** komutu altındaki **Distributed** seçeneğini ile atanırken tekil yükler, üst başlık düğüm noktalarına **Assign** menüsünde bulunan **Joint Loads** komutu altındaki **Forces** seçeneğini ile atanmaktadır.

Düzlem kafes sistemine ait yük kombinasyonları, 2016 yılında yayımlanan “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik” esas alınarak oluşturulmuştur. Oluşturulan yük kombinasyonları, Çizelge 5.3’ te verilmektedir.

Çizelge 5.3. Düzlem kafes sisteminde 2016 ÇYTHYEDY’ e göre oluşturulan yük kombinasyonları

2016 ÇYTHYEDY Kombinasyonları	Düzlem Kafes Sistem Kombinasyonları
1.4G	1.4G
1.2G+1.6Q+0.5S	1.2G+1.6Q+0.5Si 1.2G+1.6Q+0.5Sii 1.2G+1.6Q+0.5Siii
1.2G+1.6S+0.8W	1.2G+1.6Si+0.8W ₁ 1.2G+1.6Si+0.8W ₂ 1.2G+1.6Si+0.8W ₃ 1.2G+1.6Si+0.8W ₄ 1.2G+1.6Sii+0.8W ₁ 1.2G+1.6Sii+0.8W ₂ 1.2G+1.6Sii+0.8W ₃ 1.2G+1.6Sii+0.8W ₄ 1.2G+1.6Siii+0.8W ₁ 1.2G+1.6Siii+0.8W ₂ 1.2G+1.6Siii+0.8W ₃ 1.2G+1.6Siii+0.8W ₄
1.2G+1Q+0.5S+1.6W	1.2G+1Q+0.5Si+1.6W ₁ 1.2G+1Q+0.5Si+1.6W ₂ 1.2G+1Q+0.5Si+1.6W ₃ 1.2G+1Q+0.5Si+1.6W ₄ 1.2G+1Q+0.5Sii+1.6W ₁ 1.2G+1Q+0.5Sii+1.6W ₂ 1.2G+1Q+0.5Sii+1.6W ₃ 1.2G+1Q+0.5Sii+1.6W ₄ 1.2G+1Q+0.5Siii+1.6W ₁ 1.2G+1Q+0.5Siii+1.6W ₂ 1.2G+1Q+0.5Siii+1.6W ₃ 1.2G+1Q+0.5Siii+1.6W ₄
0.9G+1.6W	0.9G+1.6W ₁ 0.9G+1.6W ₂ 0.9G+1.6W ₃ 0.9G+1.6W ₄
1.2G+Q+0.2S+1EX	1.2G+Q+0.2Si+1EX 1.2G+Q+0.2Sii+1EX 1.2G+Q+0.2Siii+1EX
1.2G+Q+0.2S+1EY	1.2G+Q+0.2Si+1EY 1.2G+Q+0.2Sii+1EY 1.2G+Q+0.2Siii+1EY
0.9G+1EX	0.9G+1EX
0.9G+1EY	0.9G+1EY
MAKSİMUM	

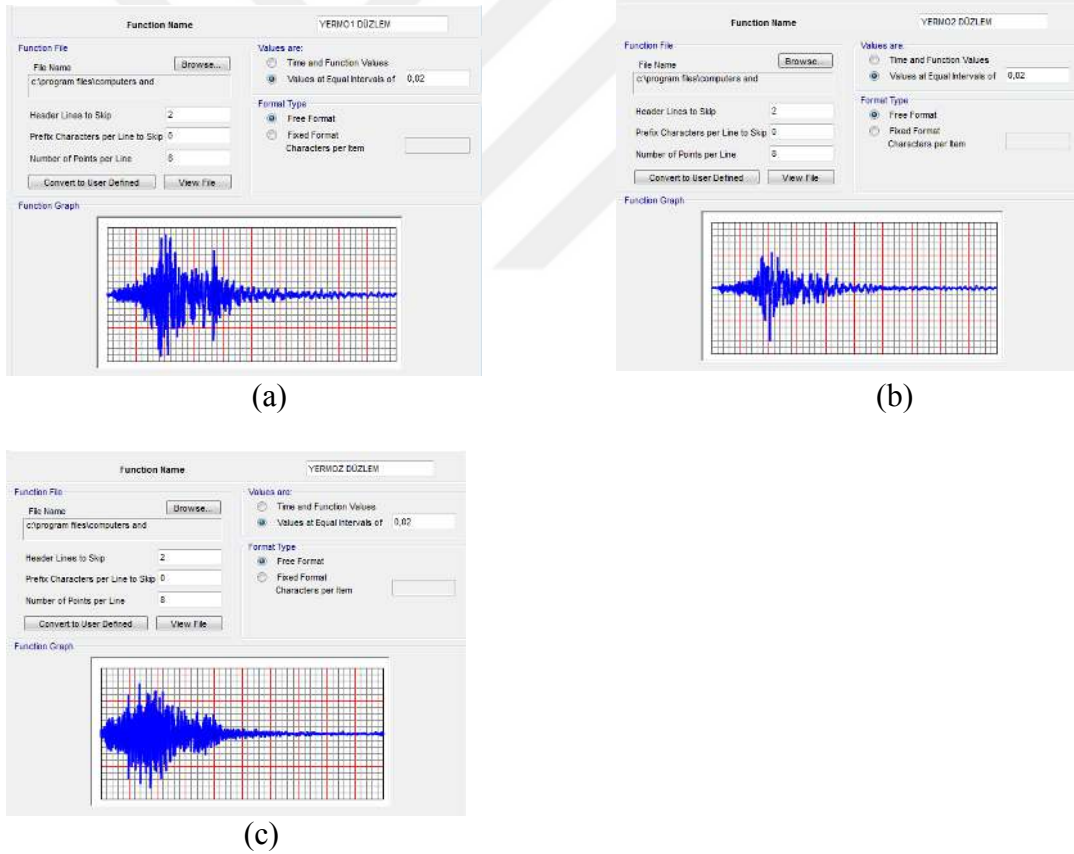
5.1.2.4 Çatı düzlemine rijit diyafram atanması

Düzlem kafes sisteminde kaplama malzemesinin temas ettiği çatı yüzeyinde bulunan tüm düğüm noktaları seçilerek **Assign** menüsünde bulunan **Joint** komutu altındaki

Constraints seçeneğini aracığı ile karşımıza çıkan **Assign Joint Constraints** ileti kutusundaki **Define Joint Constraints** komutu yardımıyla atanmaktadır.

5.1.2.5 Düzlem kafes sisteme “Yermo” depreminin etki ettirilmesi

“Yermo” depremi, **Define** menüsünde bulunan **Functions** seçeneği altındaki **Time History** komutu ile atanmaktadır. Bu komut aracığı ile karşımıza çıkan **Define Time History Functions** açılır penceresinden **Add New Function** butonu ile x, y ve z yönü “Yermo” depremi Şekil 5.7’ de gösterildiği gibi tanımlanmaktadır. Tanımlanan bu x, y ve z yönü “Yermo” depremi sisteme **Define** menüsü altında bulunan **Load Cases** komutu aracığı ile karşımıza çıkan **Define Load Cases** ileti kutusundaki **Add New Load Case** butonu yardımıyla etki ettirilmektedir.



Şekil 5.7. Düzlem kafes sistemine x (a), y (b) ve z (c) yönünde etki ettirilen “Yermo” depreminin Sap2000 ekran görüntüleri

5.1.2.6 Analiz ve boyutlandırma

Sistem modelinin analizinin yapılmasından önce mutlaka kullanılacak olan yönetmelik **Design** menüsünde bulunan **Steel Frame Design** komutu altındaki **View/ Revise Preferences** komutu aracılığıyla belirlenmelidir. Bu çalışma kapsamında 2016 yılında yayımlanan “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik” kullanılacağı için **AISC 360-10** seçilmiştir. Sistem analizi ise **Analyze** menüsünden yapılır. Analiz yapılırken **Analyze** menüsü altında bulunan **Set Analysis Options** komutu kullanılarak açılan **Analysis Options** ileti kutusu aracılığıyla analizin **Space Frame** seçilerek yapılmasına dikkat edilmelidir. Aynı şekilde **Analyze** menüsü altında bulunan **Run Analyze** komutu aracılığıyla sistemin analizi yapılır. Yapılan analiz sonucunda oluşturulan düzlem kafes sistem modelinin şekil değiştirmiş durumu ekranda görülebilmektedir.

Design menüsünde bulunan **Steel Frame Design** komutu altındaki **Start Design / Check of Structure** komutu aracılığıyla sistemin boyutlandırma işlemi yapılmaktadır.

5.2 Uzak Kafes Sistem

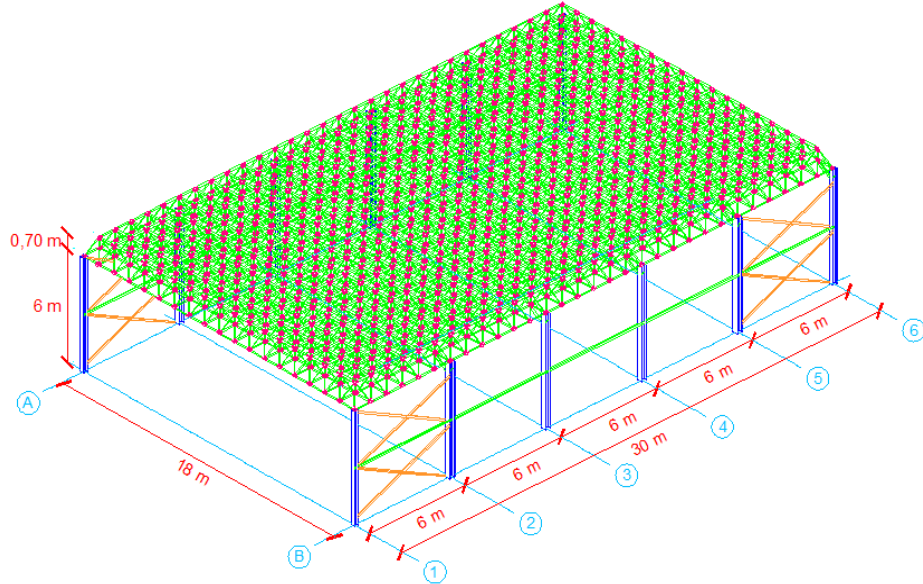
Karşılaştırması yapılacak ikinci sistem modelini, tek açıklıklı uzak kafes endüstri yapısı oluşturmaktadır. Bu bölümde karşılaştırması yapılacak olan ikinci sistem uzak kafes endüstri yapısına ait olan sistem bilgileri verilerek, bu veriler ışığında analiz ve boyutlandırılması yapılmıştır.

5.2.1 Uzak kafes sistemine ait bilgiler

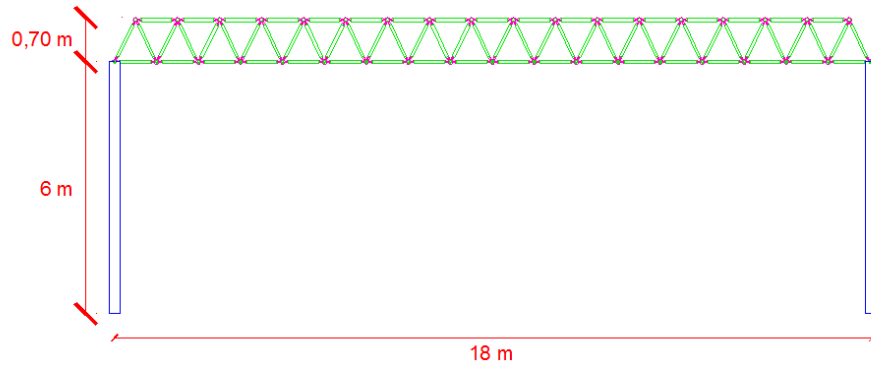
Uzak kafes endüstri yapısına ait sistem bilgileri aşağıda verilmiş ve bu veriler doğrultusunda Şekil 5.8’ de sistemin modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan bu sistem modeline ait Şekil 5.9’ da ön cephe, Şekil 5.10’ da çatı planı, Şekil 5.12’ de çatı detayı ve Şekil 5.11’ de sol ve sağ cephe görüntüleri verilmektedir.

Sistem şekli	: Uzak kafes sistem
Çelik malzemesi	: S235
Kaplama malzemesi	: Sandviç panel

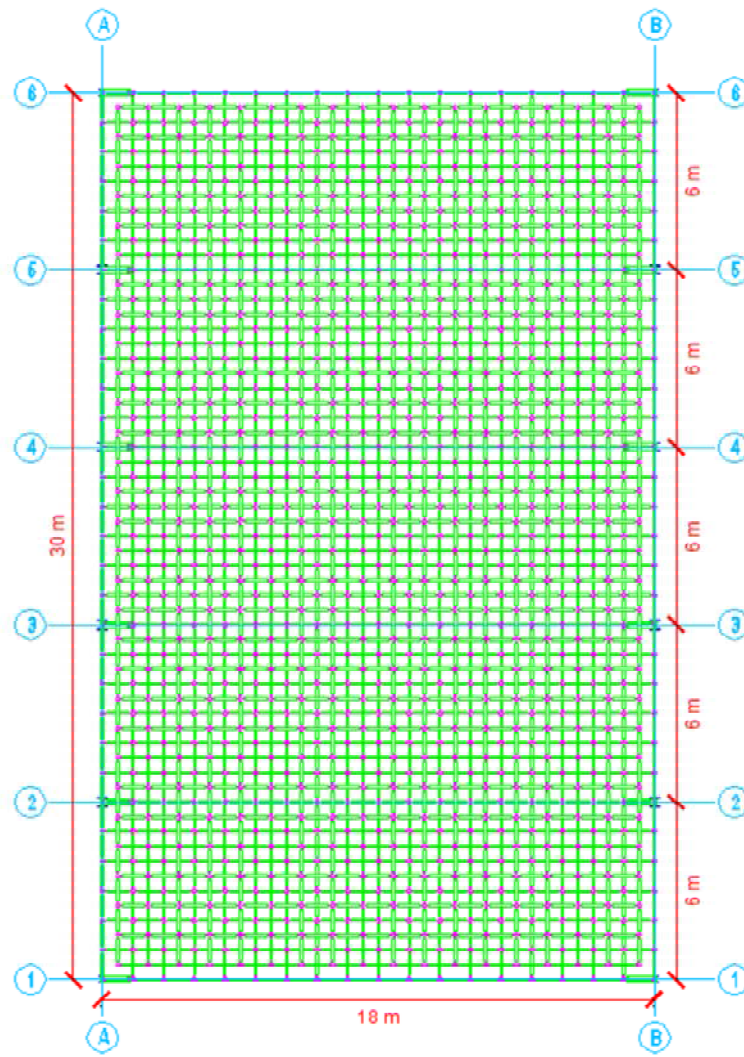
Yapı bölgesi	: Nevşehir / Merkez
Deprem bölgesi	: 3° deprem bölgesi
Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0)	: 0,20
Yerel zemin sınıfı	: Z3
Spektrum karakteristik periyotları	: $T_A = 0,15\text{sn}$ / $T_B = 0,60\text{sn}$
Bina önem katsayısı (I)	: 1
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R)	: 4
Zati kar yükü bölgesi	: I
Rakım	: 1194 m
Mahya yüksekliği	: 6,60 m
Aks aralığı	: 6,00 m
Aks açıklığı	: 18,00 m
Aks sayısı	: 6 adet
Uzay kafes yüksekliği	: 0,60 m
Çatı alt kotu	: 6,00 m
Alt eleman uzunluğu	: 1,00 m
Üst eleman uzunluğu	: 1,00 m
Diyagonallerin uzunluğu	: 1,00 m



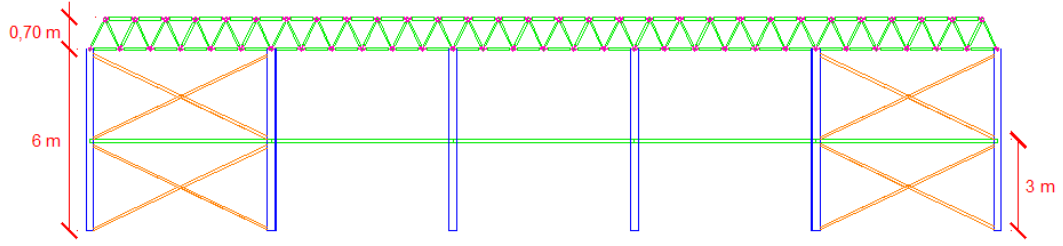
Şekil 5.8. Uzay kafes sistemin üç boyutlu görünümü



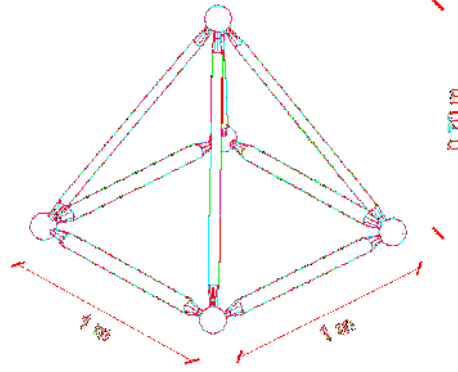
Şekil 5.9. Uzay kafes sistemin ön cephe görünümü



Şekil 5.10. Uzay kafes sistem çatı planı görünümü



Şekil 5.11. Uzay kafes sistemin sırasıyla sağ ve sol cephe görünümü



Şekil 5.12. Uzay kafes sistem detay görünümü

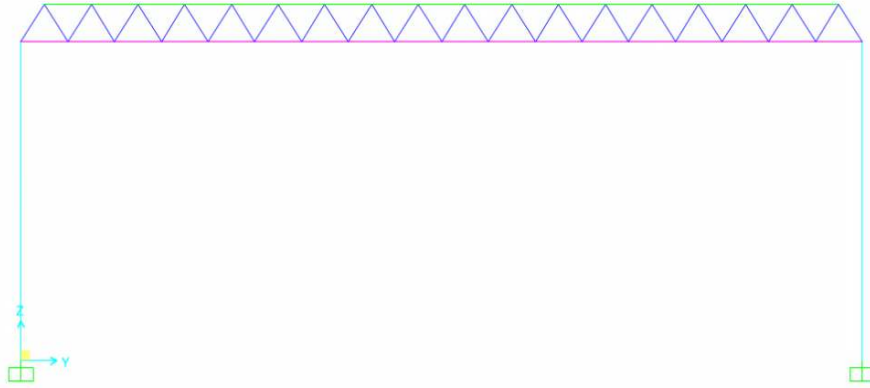
5.2.2 Sap2000 programı ile uzay kafes sistemi çözüm adımları

5.2.2.1 Uzay kafes sistem modelinin oluşturulması

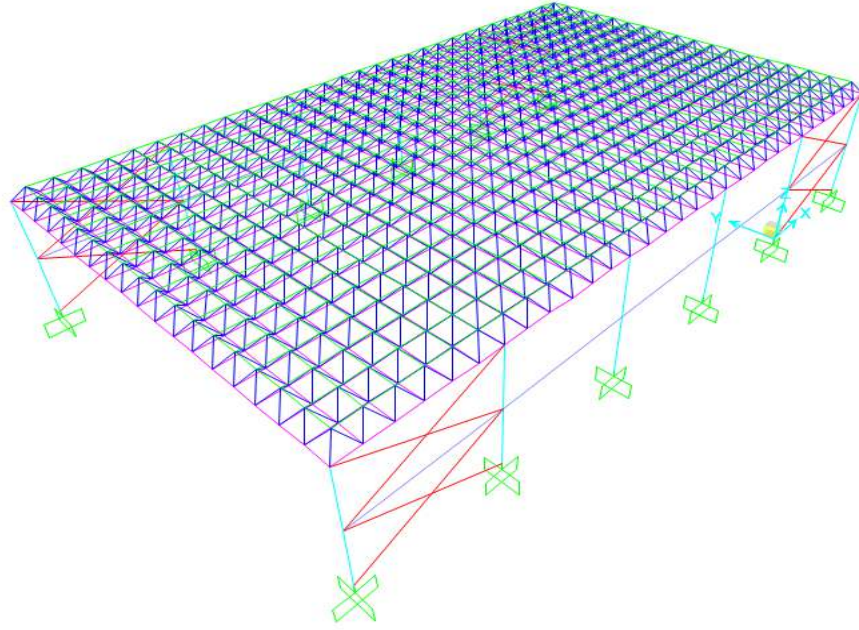
Uzay kafes sistemine ait verilen bilgiler doğrultusunda sistem modelinin oluşturulabilmesi için düzlem kafes sistemdeki gibi öncelikli olarak Sap2000 programını çalıştırdığımızda konum çubuğunun sağ alt köşedeki açılır liste kutusundan çalışılacak birim seçilir. Daha sonra **New Model** komutu aracılığıyla, yeni bir sistem modeli oluşturulur. Açılan **New Model** ileti kutusundan **Grid Only** seçeneğine tıklanarak oluşturulacak yeni modelin Grid yardımcı çizgileri ve koordinat sistemi oluşturulur. **Number of Grid Lines** kısmından **X direction**, **Y direction** ve **Z direction** boşluklarına sistem geometrisine uygun değerler yazılarak aks sayıları belirlenir. **Grid Spacing** kısmına **X direction**, **Y direction** ve **Z direction** boşluklarına sistem geometrisine uygun mesafeler yazılarak aks çizgileri arasındaki mesafeler girilir. Grid çizgileri ve bunlar arasındaki mesafelerin sistem geometrimize uygun girilip girilmediği kontrol edilerek geometriye uymayan koordinatlar, **Define** menüsünden **Coordinate Systems/Grids** aracılığı ile sistem geometrisine uygun hale getirilir.

Grid ile oluşturulan aks çizgileri üzerine alt, üst ve diyagonal çubuk elemanlarının çizilmesi gerekmektedir. Uzay kafes sistemin elemanları, **Draw Frame Element** komutu yardımıyla çizilir. **Edit** menüsü altında bulunan **Replicate** komutu aracılığı ile oluşturulan piramit, sistem geometrisi doğrultusunda türetilir. Kolon çizimi için **Define** menüsü altında yer alan **Coordinate System/Grid** komutu yardımıyla grid çizgileri oluşturulur. Daha sonra **Draw** menüsünde bulunan **Quick Draw Frame** komutu aracılığıyla çizilir.

Assign menüsü altında bulunan **Joint Restraints** seçilerek sistemde kolon alt noktalarına mesnetlenme durumu olarak ankastre mesnetler atanır. Oluşturulan çubuk elemanlarına ve düğüm noktalarına verilen isim ve numaralar, **Set Display Options** komutu aracılığı ile görüntülenebilmektedir. Sap2000, çubuk elemanlarına ve düğüm noktalarına elemanların oluşturulma sırasına göre isim vermektedir. Lakin Sap2000 tarafından otomatik olarak adlandırılan çubuk elemanlarının isimleri ve düğüm noktalarının numaraları, **Edit** menüsünde bulunan **Change Label** komutu yardımıyla ekrana gelen **Interactive Name Change** ileti kutusundan **Item Type** açılır listesinden istenilen doğrultuda değiştirilebilmektedir. Şekil 5.13 ve Şekil 5.14’ te sırasıyla Sap2000 programında modellenen uzay kafes sistemin iki ve üç boyutlu ekran görüntüleri görülmektedir.



Şekil 5.13. Sap2000 programında modellenen uzay kafes sistemin y-z düzleminde iki boyutlu görünümü



Şekil 5.14. Sap2000 programında modellenen uzay kafes sistemin üç boyutlu görünümü

Uzay kafes sistemlerde düğüm noktalarının moment taşıma özelliği olmamasından ötürü sistem çubuk elemanlarının moment taşıma özelliği çıkarılıp sadece eksenel kuvvet taşıması gerekmektedir. **Assign** menüsünde bulunan **Frame** alt menüsü altındaki **Releases/Partial Fixity** komutu kullanılarak sistem çubuk elemanlarının sadece eksenel kuvvetleri taşıması sağlanmaktadır.

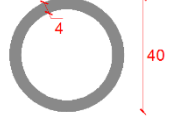
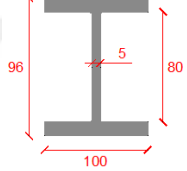
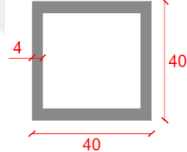
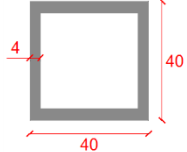
5.2.2.2 Malzeme ve kesit özelliklerinin tanımlanması

Malzeme özellikleri, **Define** menüsü aracılığıyla tanımlanmaktadır. **Define** menüsü altında bulunan **Materials** komutu seçilerek karşımıza çıkan **Define Materials** ileti kutusunda **Add New Material** komutu yardımıyla malzeme özellikleri girilir. Bu komut aracılığı ile kullanılacak olan malzemeye ait çelik sınıfı, elastisite modülü, poisson oranı, minimum akma gerilmesi ve minimum kopma gerilmesi gibi değerler girilir.

Aynı şekilde çubuk elemanların kesit özellikleri de **Define** menüsü aracılığı ile tanımlanmaktadır. **Define** menüsü altında bulunan **Section Properties** sekmesinden **Frame Section** komutu seçilerek karşımıza çıkan **Frame Properties** ileti kutusunda **Add New Property** yardımıyla kesit özellikleri girilir. Sap2000 bilgisayar programında kullanıcı tarafından istenilen ebatlarda kesit tanımlanabileceği gibi Sap2000 kütüphanesinde bulunan hazır profil ebatları da **Frame Properties** ileti kutusundaki

Import New Property seçilerek tanımlanabilmektedir. Uzak kafes çubuk elemanlarına, piyasada en fazla kullanılan kesit elemanları atanmıştır. Çubuk elemanlarına atanan kesitler Çizelge 5.4’ te verilmektedir.

Çizelge 5.4. Uzak kafes sistemde kullanılan kesit özellikleri

Kesit Tanımlanan Çubuk Elemanları	Kesit Elemanları	
Çatı sistem elemanları	D40X4 D50X5 D60X6 D70X6 D80X8	
Kolonlar	HE100A HE120A HE140A HE160A HE180A HE200A HE220A HE240A HE260A HE280A HE300A	
Kirişler	TUBO40X40X4 TUBO50X50X5 TUBO60X60X6 TUBO70X70X6 TUBO80X80X8 TUBO90X90X8 TUBO100X100X10 TUBO120X120X10 TUBO150X150X4	
Çaprazlar	TUBO40X40X4 TUBO50X50X5 TUBO60X60X6 TUBO70X70X6 TUBO80X80X8 TUBO90X90X8 TUBO100X100X10 TUBO120X120X10	

5.2.2.3 Yüklerin tanımlanması

Düzlem kafes sitem modelinde olduğu gibi kullanıcı tarafından hesap edilen kar, rüzgâr ve kaplama yükleri, Sap2000’ e **Define** menüsü altında bulunan **Load Patterns** komutu seçilerek karşımıza çıkan **Define Load Patterns** ileti kutusundan **Add New Load Pattern** komutu yardımıyla tanımlanmaktadır. Uzak kafes sisteminde analiz ve tasarımında tanımlanan yükler, Çizelge 5.5’ te verilmektedir.

Çizelge 5.5. Uzay kafes sisteminde tanımlanan yükler

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier
Gz	Dead	1
G	Dead	1
S	Snow	0
W ₁	Wind	0
W ₂	Wind	0
W ₃	Wind	0
W ₄	Wind	0
W ₅	Wind	0
W ₆	Wind	0
W ₇	Wind	0
W ₈	Wind	0
EX	Quake	0
EY	Quake	0

Yukarıda tanımlanan yükler arzu edilen şekilde yük kombinasyonları oluşturularak sistem modeline aktarılır. Yük kombinasyonları, **Define** menüsü altında bulunan **Load Combinations** komutu aracılığı ile karşımıza çıkan **Define Load Combinations** ileti kutusundaki **Add New Combo** komutu yardımıyla oluşturulur. Tanımlanan tekil yükler, piramidin tepe noktalarına **Assign** menüsünde bulunan **Joint Loads** komutu altındaki **Forces** seçeneği ile tanımlanırken yayılı yükler, kolonlara **Assign** menüsünde bulunan **Frame Loads** komutu altındaki **Distributed** seçeneği ile atanır.

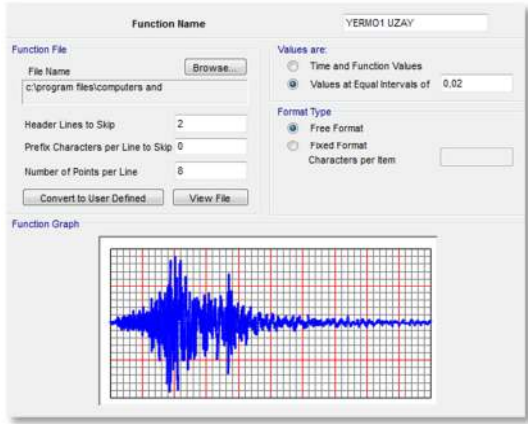
Uzay kafes sisteminde oluşturulacak yük kombinasyonları, düzlem kafes sistemde olduğu gibi 2016 yılında yayımlanan “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik” esas alınarak oluşturulmuştur. Uzay kafes sistem çözümümüzde kullanılacak yük kombinasyonları, Çizelge 5.6 ‘da verilmektedir.

Çizelge 5.6. Uzak kafes sisteminde 2016 ÇYTHYEDY’ e göre oluşturulan yük kombinasyonları

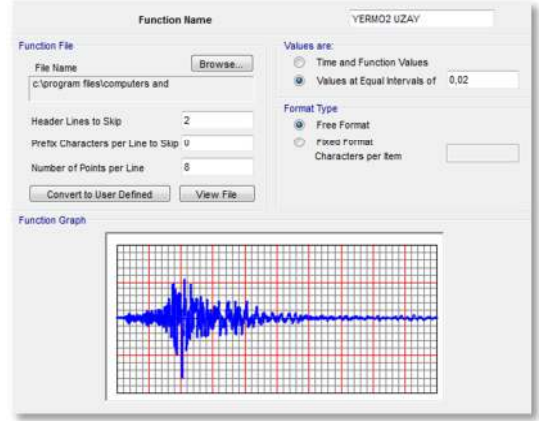
2016 ÇYTHYEDY Kombinasyonları	Uzak Kafes Sistem Kombinasyonları
1.4G	1.4G
1.2G+1.6Q+0.5S	1.2G+1.6Q+0.5S
1.2G+1.6S+0.8W	1.2G+1.6S+0.8W ₁ 1.2G+1.6S+0.8W ₂ 1.2G+1.6S+0.8W ₃ 1.2G+1.6S+0.8W ₄ 1.2G+1.6S+0.8W ₅ 1.2G+1.6S+0.8W ₆ 1.2G+1.6S+0.8W ₇ 1.2G+1.6S+0.8W ₈
1.2G+1Q+0.5S+1.6W	1.2G+1Q+0.5S+1.6W ₁ 1.2G+1Q+0.5S+1.6W ₂ 1.2G+1Q+0.5S+1.6W ₃ 1.2G+1Q+0.5S+1.6W ₄ 1.2G+1Q+0.5S+1.6W ₅ 1.2G+1Q+0.5S+1.6W ₆ 1.2G+1Q+0.5S+1.6W ₇ 1.2G+1Q+0.5S+1.6W ₈
0.9G+1.6W	0.9G+1.6W ₁ 0.9G+1.6W ₂ 0.9G+1.6W ₃ 0.9G+1.6W ₄ 0.9G+1.6W ₅ 0.9G+1.6W ₆ 0.9G+1.6W ₇ 0.9G+1.6W ₈
1.2G+Q+0.2S+1EX	1.2G+Q+0.2S+1EX
1.2G+Q+0.2S+1EY	1.2G+Q+0.2S+1EY
0.9G+1EX	0.9G+1EX
0.9G+1EY	0.9G+1EY
MAKSİMUM	

5.2.2.4 Uzak kafes sisteme “Yermo” depreminin etki ettirilmesi

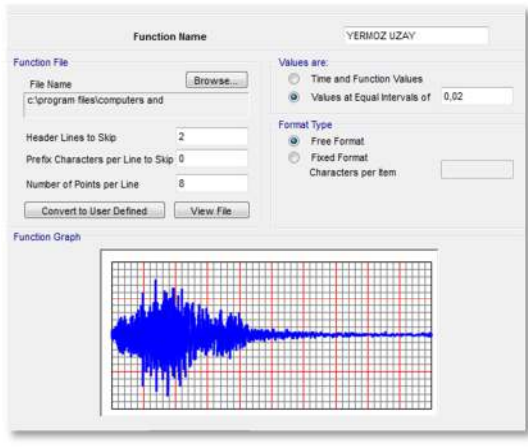
“Yermo” depremi, düzlem kafes sisteminde olduğu gibi **Define** menüsünde bulunan **Functions** seçeneği altındaki **Time History** komutu ile atanmaktadır. Bu komut aracığı ile karşımıza çıkan **Define Time History Functions** açılır penceresinden **Add New Function** butonu ile x, y ve z yönü “Yermo” depremi Şekil 5.15’ te gösterildiği gibi tanımlanmaktadır. Tanımlanan bu x, y ve z yönü “Yermo” depremi sisteme **Define** menüsü altında bulunan **Load Cases** komutu aracığı ile karşımıza çıkan **Define Load Cases** ileti kutusundaki **Add New Load Case** butonu yardımıyla etki ettirilmektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 5.15. Uzak kafes sistemine x (a), y (b) ve z (c) yönünde etki ettirilen “Yermo” depreminin Sap2000 ekran görünüşleri

5.2.2.5 Analiz ve boyutlandırma

Sistem modelinin boyutlandırma işlemi öncesinde mutlaka kullanılacak olan yönetmelik, **Design** menüsünde bulunan **Steel Frame Design** komutu altındaki **View/Revise Preferences** komutu aracılığı ile belirlenmelidir. Sistem analizi **Analyze** menüsünden yapılır. Analiz yapılırken **Analyze** menüsü altında bulunan **Set Analysis Options** komutu kullanılarak açılan **Analysis Options** ileti kutusu aracılığıyla analizin **Space Frame** seçilerek yapılmasına dikkat edilmelidir. **Analyze** menüsü altında bulunan **Run Analyze** komutu aracılığıyla sistem modelinin analizi yapılır. Yapılan analiz sonucunda oluşturulan uzak kafes sistem modelinin şekil değiştirmiş durumu ekranda görülebilmektedir.

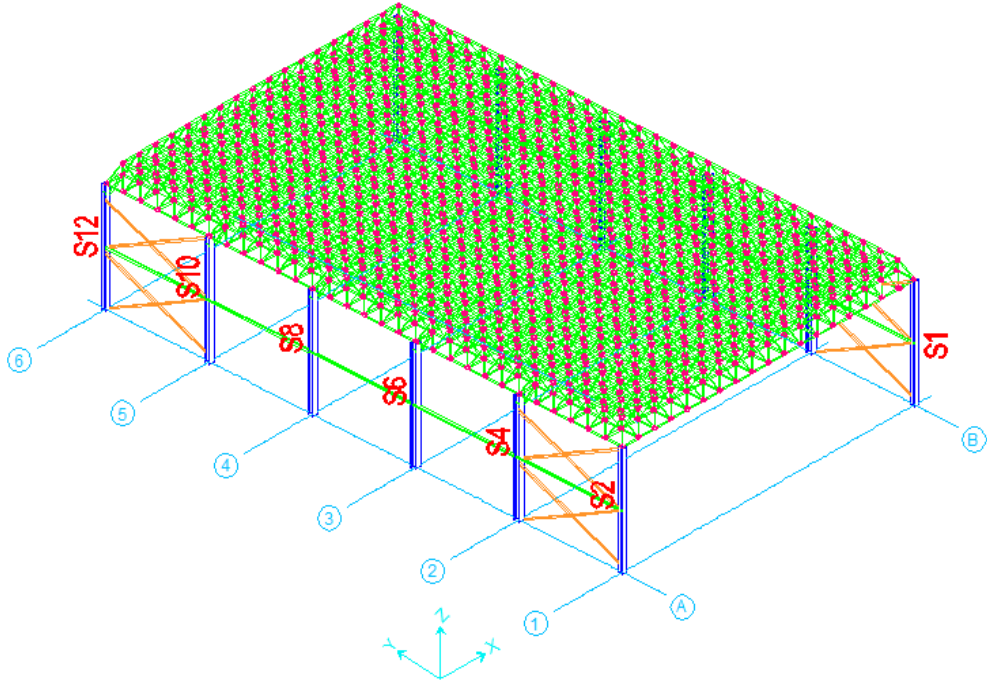
Design menüsünde bulunan **Steel Frame Design** komutu altındaki **Start Design / Check of Structure** komutu aracılığı ile sistemin boyutlandırma işlemi yapılmaktadır.



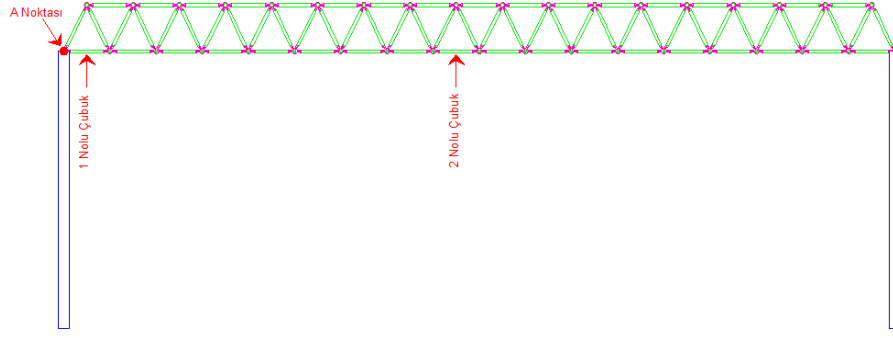
BÖLÜM VI

SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

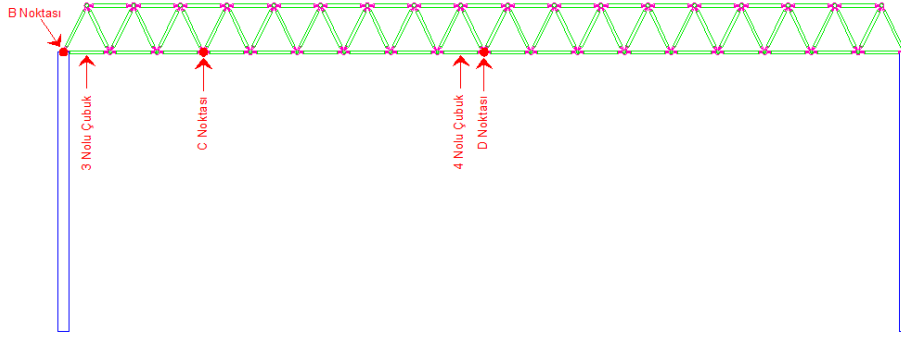
Bu bölümde, Sap2000 programında statik ve dinamik analizleri ve boyutlandırılması yapılan düzlem ve uzay kafes sistemlerine ait analiz sonuçları verilmiş ve bu sonuçlara bağlı olarak elde edilen veriler grafik ve çizelgeler üzerinde gösterilerek iki sistem mukayese edilmiştir. Her iki sistemde en fazla deplasman yapan noktalar ve en çok zorlanan çubuklar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada kullanılacak bu kritik nokta ve çubuklar, uzay kafes sistemi için Şekil 6.1, Şekil 6.2 ve Şekil 6.3’ te verilirken düzlem kafes sistemi için ise Şekil 6.4, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6’ da sistem şekilleri üzerinde gösterilmiştir.



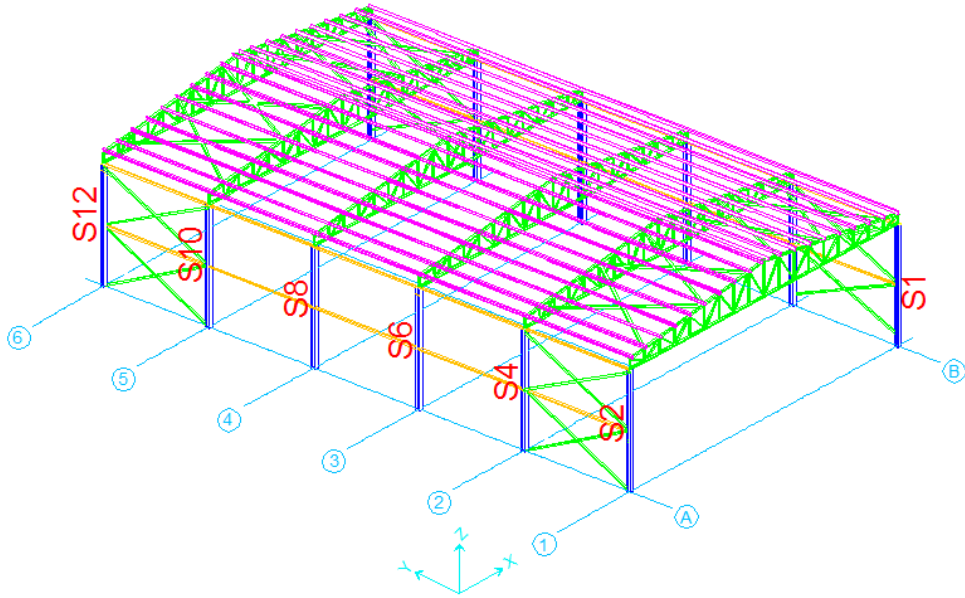
Şekil 6.1. Uzay kafes sistemi görünümü



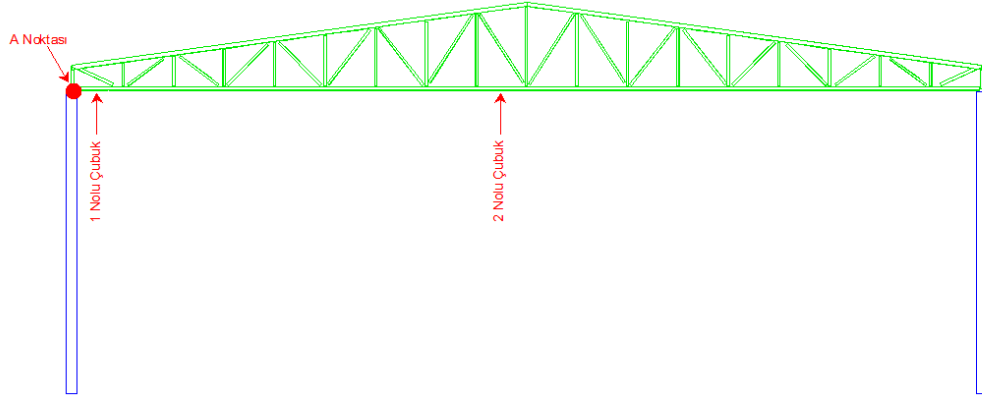
Şekil 6.2. Uzak kafes sistemi 1-1 aks görünümü



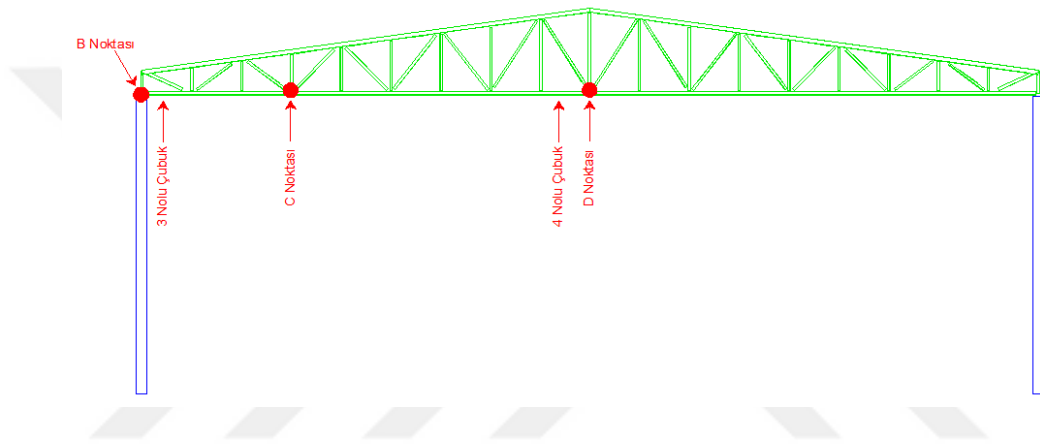
Şekil 6.3. Uzak kafes sistemi 3-3 aks görünümü



Şekil 6.4. Düzlem kafes sistemi görünümü



Şekil 6.5. Düzlem kafes sistemi 1-1 aks görünümü



Şekil 6.6. Düzlem kafes sistemi 3-3 aks görünümü

6.1 Düzlem ve Uzak Kafes Sistemlerinin Yapısal Davranışlarının Karşılaştırılması

Sap2000 bilgisayar programında düzlem ve uzak kafes sistemleri için statik analiz yaptırılmış ve bu analiz sonuçları doğrultusunda her iki sistem, maliyeti, ağırlığı, eşdeğer statik deprem kuvveti, kesit boyutları ve mesnet reaksiyonları gibi çeşitli yönlerden karşılaştırılmıştır.

6.1.1 Düzlem ve uzak kafes sistem elemanlarına ait kesitlerinin incelenmesi

Düzlem ve uzak kafes sistem rapor sonuçlarına göre yapı elemanlarına ait kesitler Çizelge 6.1’ de verilmektedir.

Çizelge 6.1. Düzlem ve uzay kafes sistem elemanlarına ait kesitler

Eleman Adı	Çubuk Kesiti		
	Düzlem Kafes Sistem		Uzay Kafes Sistem
Kolonlar	HE240A		HE240A
Kirişler	TUBO90X90X8		TUBO120X120X10
Düşey Çaprazlar	TUBO90X90X8		TUBO90X90X8
Çatı Kafes Elemanları	Alt başlık	2L50X5/10/	D50X5
	Üst başlık	2L60X6/10/	
	Dikme	2L40X4/10/	
	Diyagonal	2L40X4/10/	
Enine Çatı Çaprazları	TUBO120X120X10		Yok
Aşık	UPN180		Yok

Çizelge 6.1' e göre kolon ve düşey çapraz kesitlerinde her iki sistem için de aynı profil kullanılırken kiriş kesitlerinde uzay kafes sisteminde daha büyük kesit kullanıldığı gözlenmektedir. Uzay çatı kafesinde içi boş D50X5 boru profili kullanılmıştır. Düzlem kafes sistemde alt başlık 2L50X5/10/, üst başlık 2L60X6/10/, dikme ve diyagonal çubuklarda ise 2L40X4/10/ profil kullanılırken çatı makaslarını birleştirmek için aşıklarda UPN180, enine çatı çaprazlarında TUBO120X120X10 profilleri kullanılmıştır.

6.1.2 Düzlem ve uzay kafes sistemlerinin yapı ağırlıklarının karşılaştırılması

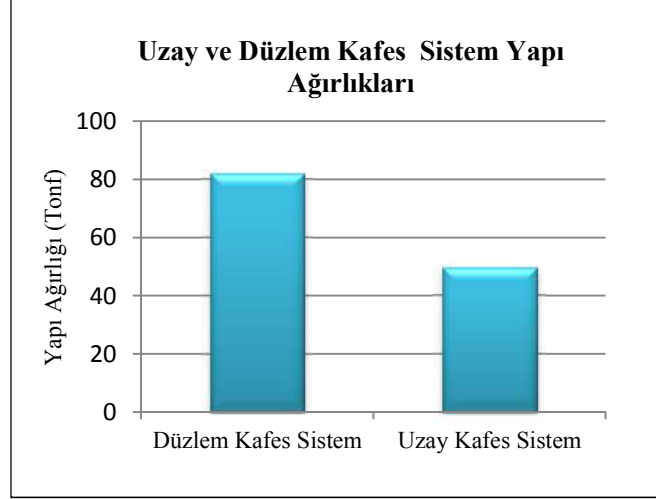
Sap2000 bilgisayar programında yapılan analiz rapor sonuçlarından her iki sistem için alınan kütle değerleri, yer çekimi ivmesi ile çarpılarak yapı ağırlıkları elde edilmiştir. Burada bahsedilen düzlem kafes sisteminin ağırlığı;

$$G_{\text{Düzlem}} = 8,35 \text{ Tonf s}^2/\text{m} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 81,91 \text{ Tonf}$$

bulunurken uzay kafes sisteminin ağırlığı;

$$G_{\text{Uzay}} = 5,04 \text{ Tonf s}^2/\text{m} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 49,44 \text{ Tonf}$$

olarak hesaplanmaktadır. Düzlem ve uzay kafes sistem için hesaplanan bu yapı ağırlıkları, grafik üzerinde çizdirilerek Şekil 6.7' de verilmiştir.

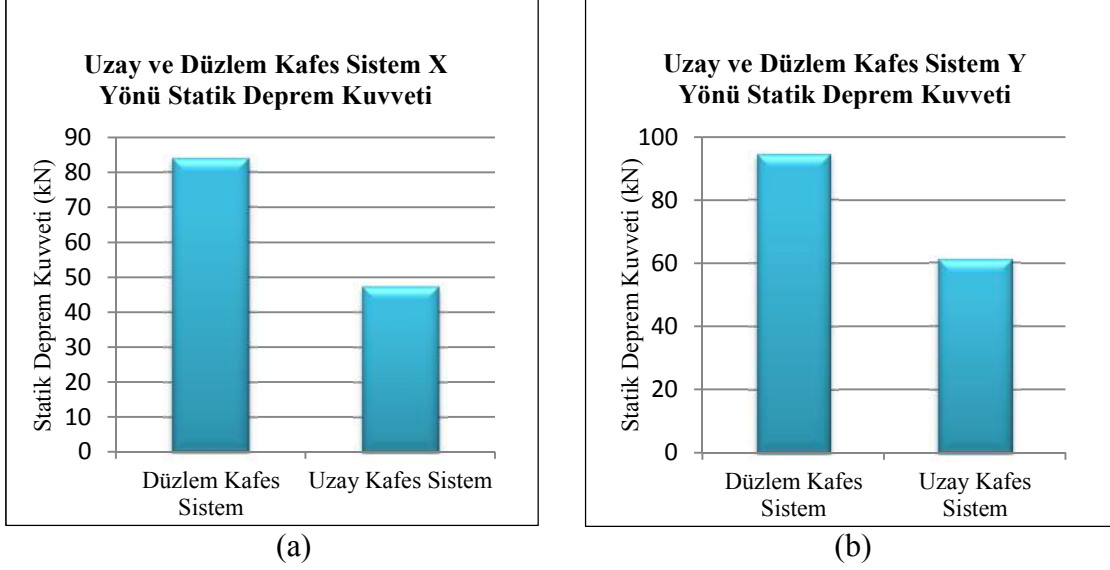


Şekil 6.7. Düzlem ve uzay kafes sistemlerine ait yapı ağırlıkları

Bu çalışma kapsamında her iki sistemin aynı açıklık, uzunluk ve aşık aralığına sahip olması durumunda karşılaştırma yapılması amaçlanmıştır. Uzay kafes sisteminde boru profillerin 1 metreden daha uzun olması durumunda bu açıklığı çok rahat geçebilecek olmasına rağmen iki sistemin aşık aralığının aynı olabilmesi için düzlem kafes sisteminde aşık aralığı 1 metre olduğundan uzay kafes sisteminde de boru profilleri, 1 metre uzunluğunda tasarlanmıştır. Bunun sonucunda uzay kafes sisteminde çubuk eleman sayısı artmaktadır. Şekil 6.7 incelendiğinde uzay kafes sisteminin çubuk eleman sayısının fazla olmasına rağmen düzlem kafes sistemine göre daha hafif olduğu gözlenmektedir. Bunun sebebi ise uzay çatı kafesinde kullanılan çubuk kesitlerinin daha küçük olmasına ve içi boş boru profil tercih edilmesine bağlanmaktadır.

6.1.3 Düzlem ve uzay kafes sistemlerine etki eden eşdeğer statik deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması

Sap2000 analiz sonuçlarına göre düzlem kafes sistemine, statik deprem x yönünde 83,966 kN, y yönünde 94,299 kN etki ederken uzay kafes sistemde x yönünde 47,353 kN ve y yönünde 61,029 kN etki etmektedir. Her iki sisteme ait statik deprem için alınan bu veriler karşılaştırma yapılmak üzere Şekil 6.8 üzerinde çizdirilmiştir.

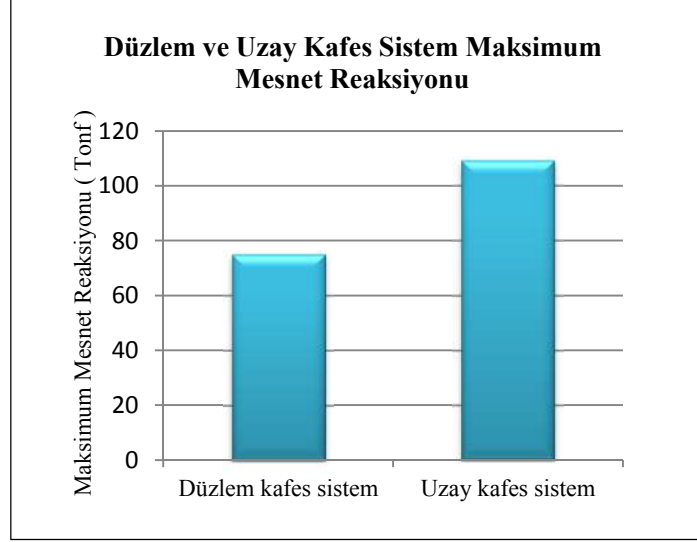


Şekil 6.8. Düzlem ve uzay kafes sistemlerine ait x (a) ve y (b) yönlerine ait statik deprem kuvveti karşılaştırılması

Şekil 6.8 incelendiğinde uzay kafes sistemine x ve y yönünde etki eden deprem kuvvetinin, düzlem kafes sisteme göre hemen hemen yarısı kadar olduğu gözlemlenmektedir. Uzay kafes sisteme etkiyen statik depremin daha küçük olmasını, yapıya etkiyen deprem kuvvetinin yapı ağırlığı ile doğru orantılı olmasına bağlayabiliriz. Bu doğrultuda uzay kafes sistem ağırlığı düzlem kafes sistemden daha hafif olması sebebiyle uzay sisteme etki eden deprem kuvveti daha küçük olmaktadır.

6.1.4 Düzlem ve uzay kafes sistemlerinde oluşan maksimum mesnet reaksiyonlarının karşılaştırılması

Düzlem kafes sistemde S6 kolonu altında z doğrultusunda oluşan maksimum mesnet reaksiyonu, 74,996 kN değerini alırken uzay kafes sisteminde bu değer 109,312 kN olmaktadır. Aynı zamanda düzlem kafes sisteminin z doğrultusu mesnet reaksiyonunda 74,996 kN değeri 1.2G+1.6Si+0.8W2 kombinasyonu için oluşmaktayken uzay kafes sisteminde oluşan 109,312 kN değeri 1.2G+1.6S+0.8W7 kombinasyonunda oluşmaktadır. Düzlem ve uzay kafes sistemlerinde S6 kolonu altında z doğrultusunda oluşan maksimum mesnet reaksiyonu değerleri, Şekil 6.9’ da gösterilmiştir. Bu değere bakılarak uzay kafes sistemin düzlem kafes sistemine göre daha rijit davranmaya çalıştığı çıkarımı yapılabilir.



Şekil 6.9. Düzlem ve uzak kafes sistemlerinde S6 kolonları altında oluşan maksimum mesnet reaksiyonlarının karşılaştırılması

6.1.5 Düzlem ve uzak kafes sistemlerinde etkin kütle katılım oranlarının karşılaştırılması

DBYBHY 2007' ye göre her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütesinin %90' ından az olmaması gerekmektedir. Her iki sisteme ait etkin kütle katılım oranları tablo görüntüleri Şekil 6.10' da gösterilmektedir. Şekil 6.10 incelendiğinde her iki sistemde %90' ı yakalamaktadır; fakat bu değeri, uzak kafes sistemde x doğrultusu 12. Modda, y doğrultusu 36. Modda yakalarken düzlem kafes sistemde x doğrultusu 1. Modda ve y doğrultusu 39. Modda yakalamaktadır. Her iki sistemde x doğrultusunda etkin kütle katılım oranını, y doğrultusuna göre daha erken yaklamaktadır. Bu durumun sebebi, x doğrultusundaki mesafenin daha kısa olması olarak düşünülmektedir. Uzak kafes sistemde x yönünde 12 mod baskın olurken düzlem kafes sisteminde ilk iki mod daha baskın olmaktadır. Yani uzak kafes sistemi çözümünde x yönünde, düzlem kafes sisteme göre daha çok mod kullanılmakta ve daha hassas bir çözüm yapılmaktadır. Bu durum aynı zamanda düzlem kafes sistemi x yönündeki çözüm adımlarının, uzak kafes sistemine göre daha kısa sürede tamamlandığını gösterir. Y yönünde ise her iki sistem için kullanılacak mod sayısı hemen hemen aynıdır.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,816369	0,894641	3,264E-11
MODAL	Mode	2	0,312514	0,894641	1,095E-09
MODAL	Mode	3	0,298378	0,894641	0,000514
MODAL	Mode	4	0,225098	0,894641	0,000514
MODAL	Mode	5	0,144275	0,894641	0,000514
MODAL	Mode	6	0,120757	0,894641	0,084714
MODAL	Mode	7	0,112535	0,894641	0,869847
MODAL	Mode	8	0,086376	0,897576	0,869847
MODAL	Mode	9	0,084206	0,897576	0,869847
MODAL	Mode	10	0,082767	0,897579	0,869848
MODAL	Mode	11	0,082746	0,897592	0,869855
MODAL	Mode	12	0,08231	0,929735	0,869855
MODAL	Mode	13	0,081664	0,929739	0,869855
↓	↓	↓	↓	↓	↓
MODAL	Mode	35	0,032077	0,999963	0,871962
MODAL	Mode	36	0,031983	0,999963	0,979888
MODAL	Mode	37	0,030216	0,999963	0,979888

(a)

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,693682	0,938959	0
MODAL	Mode	2	0,281591	0,938959	1,779E-17
↓	↓	↓	↓	↓	↓
MODAL	Mode	37	0,043085	0,9999	0,873041
MODAL	Mode	38	0,039962	0,9999	0,873041
MODAL	Mode	39	0,039667	0,9999	0,988659
MODAL	Mode	40	0,034845	0,9999	0,988659

(b)

Şekil 6.10. Uzak (a) ve düzlem (b) kafes sistemlerindeki etkin kütle katılım oranlarının karşılaştırılması

6.1.6 Düzlem ve uzak kafes sistemlerinde S6 isimli kolonların karşılaştırılması

Statik analiz sonuçlarına göre en çok zorlanan S6 kolonuna ait moment, kesme ve eksenel kuvvet değerleri, düzlem kafes sistem için Şekil 6.11 (a)' da verilirken uzak kafes sistem Şekil 6.11 (b)' de verilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 6.11. Düzlem (a) ve uzak (b) kafes sistemlerinde S6 kolonlarına ait eksenel, kesme ve moment değerleri

Düzlem kafes sisteminde maksimum eksenel kuvvet 75.469 kN, kesme kuvveti 96.943 kN ve moment 130.5117 kNm değerindedir. Uzak kafes sisteminde ise maksimum eksenel kuvvet 49.002 kN, kesme kuvveti 37.579 kN ve moment 136.7807 kNm değerinde olduğu görülmektedir. Uzak kafes sistem yapı ağırlığının daha az olması

sebebiyle eksenel ve kesme kuvvetlerinin daha küçük değerler çıktığı gözlemlenirken moment değerinin ise her iki sistem için birbirine yakın olduğu gözlemlenir.

6.1.7 Düzlem ve uzay kafes sistemlerin kritik noktalarındaki deplasmanların karşılaştırılması

Her iki sistem için Sap2000 statik analiz sonuçları incelendiğinde, 1 ve 3 akslarında bulunan A, B, C ve D noktalarının en kritik noktalar olduğu gözlemlenmiştir. Sap2000 programı statik analiz sonucuna göre bu kritik noktalardaki en büyük deplasman değerlerinin karşılaştırılabilmesi için “MAKSİMUM” adlı kombinasyon seçilmiş ve bu kombinasyona ait deplasman değerleri Çizelge 6.2’ de verilmiştir.

Çizelge 6.2. Düzlem ve uzay kafes sistemlerinin kritik noktalarındaki deplasman değerleri

Düğüm Noktası Adı	Düzlem Kafes Sistem			Uzay Kafes Sistem		
	U1 (m)	U2 (m)	U3 (m)	U1 (m)	U2 (m)	U3 (m)
A noktası	0,0406	0,0005	0,0002	-0,0005	-0,0815	-0,0003
B noktası	0,0423	0,0006	-0,0003	0,0005	-0,0827	-0,0005
C noktası	0,0433	0,0000	0,0186	-0,0013	0,0817	-0,0494
D noktası	0,0411	0,0000	0,0280	-0,0023	-0,0799	-0,0939

Çizelge 6.2 doğrultusunda her iki sistem için x, y ve z yönü deplasman değerleri incelendiğinde birbirlerine oranla uzay kafes sistem y yönünde, düzlem kafes sistem ise x yönünde daha fazla deplasman yaptığı görülmektedir. Düzlem kafes sistemde kullanılan enine çaprazlar yapıyı y yönünde tutarak x yönüne oranla daha rijit kılmıştır. Uzay kafes sistemde de y doğrultusundaki uzunluğun, x doğrultusuna oranla daha fazla olması sebebiyle y yönü deplasman değeri, x yönü deplasman değerinden daha fazla çıkmıştır. Z yönünde ise uzay kafes sistem, düzlem kafes sisteme göre daha fazla deplasman yapmaktadır.

6.1.8 Düzlem ve uzay kafes sistemlerin yapı maliyetlerinin karşılaştırılması

Çevre ve Şehircilik Bakanlığının yayımladığı mimarlık ve mühendislik hizmet bedellerinin hesabında kullanılan 2019 yılı yapı yaklaşık birim maliyetlerinde kullanılan fiyatlar ile kaba inşaat için düzlem ve uzay kafes sistem maliyet hesabı yapılmıştır.

Çizelge 6.3’ te ve Çizelge 6.4’ de verildiği üzere her iki sistem içinde yaklaşık birim maliyeti hesabında aynı poz numaraları verilmektedir. Çelik aşıklar üzerine yerleştirilen 0,4/0,5 mm kalınlıkta boyalı galvanizli saç çatı örtüsü için m² birim fiyatı 15.320.1001 poz numarası ile verilmektedir. Çatı örtüsü altındaki çelik yapı sisteminin maliyet hesabı; çatı makası ve çatı makası altında kalan kısım (kolon, kiriş ve çapraz elemanları) olarak ikiye ayrılmaktadır. Profil demirlerinden çatı makası yapılması ve yerine konulması için ton birim fiyatı 15.165.1002 poz numarası ile verilirken, her çeşit profil, çelik çubuk ve çelik saçlarla karkas, (çerçeve) inşaat yapılması ve yerine tespiti için de ton birim fiyatı 15.165.1003 poz numarası ile verilmektedir.

Çizelge 6.3. Düzlem kafes sistem maliyet hesabı

Poz No	İmalatın Cinsi	Birim	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL)
15.320.1001	Çelik aşıklar üzerine, 50mm poliüretan yalıtımlı çatı paneli ile çatı örtüsü yapılması	543,6 m ²	122,70	66 699,72
15.165.1002	Profil demirlerinden çatı makası yapılması ve yerine konulması	72,526 Ton	7 529,71	546 099,75
15.165.1003	Her çeşit profil, çelik çubuk ve çelik saçlarla karkas, (çerçeve) inşaat yapılması, yerine tespiti	9,022 Ton	7 131, 60	64 341,30
				Σ 677 140,77 TL

Çizelge 6.4. Uzay kafes sistem maliyet hesabı

Poz No	İmalatın Cinsi	Birim	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL)
15.320.1001	Çelik aşıklar üzerine, 50mm poliüretan yalıtımlı çatı paneli ile çatı örtüsü yapılması	540 m ²	122,70	66 258
15.165.1002	Profil demirlerinden çatı makası yapılması ve yerine konulması	40,817 Ton	7 529,71	307 340,17
15.165.1003	Her çeşit profil, çelik çubuk ve çelik saçlarla karkas, (çerçeve) inşaat yapılması, yerine tespiti	8,623 Ton	7 131, 60	61 495,79
				Σ 435 093,96 TL

Uzay kafes sisteminin yaklaşık maliyeti Çizelge 6.4’ de 435093,96 TL hesaplanırken düzlem kafes sistemin yaklaşık maliyeti Çizelge 6.3’ te 677140,77 TL olarak hesaplanmaktadır. Buradan da anlaşılacağı üzere yapı maliyeti yapı ağırlığı ile doğru orantılı olduğundan düzlem kafes sistemin yapı maliyeti daha fazla hesaplanmıştır.

6.2 Düzlem ve Uzay Kafes Sistemlerinin Dinamik Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Uzay ve düzlem kafes sistemlerine Sap2000 bilgisayar programında “Yermo” adlı deprem etki ettirilerek statik analiz yaptırılmış ve analiz sonuçlarına göre deplasman, mutlak ivme, taban kesme kuvveti ve taban eğilme momenti gibi çeşitli yönlerden karşılaştırılmıştır.

6.2.1 Düzlem ve uzay kafes sistemlerde S6 isimli kolonların dinamik analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Dinamik analiz sonuçlarına göre her iki sistemde de en çok zorlanan S6 kolonunun tabanındaki maksimum moment, kesme ve eksenel kuvvet değerleri, Çizelge 6.5’ te verilmiştir.

Çizelge 6.5. Uzay ve düzlem kafes sistemi S6 kolonu dinamik analizine ait maksimum eksenel, kesme, moment ve burulma değerleri

	Düzlem Kafes Sistem S6 Kolonu	Uzay Kafes Sistem S6 Kolonu
Eksenel kuvvet	17,992 kN	8,795 kN
Kesme kuvveti 2-2	20,244 kN	10,52 kN
Kesme kuvveti 3-3	1,612 kN	0,149 kN
Moment 2-2	2,471 kNm	0,447 kNm
Moment 3-3	70,527 kNm	63,798 kNm
Burulma	$1,587 \times 10^{-12}$ kNm	0,0025 kNm

Çizelge 6.5 incelendiğinde uzay kafes sistem yapı ağırlığının daha küçük olduğundan uzay kafes sistemi S6 kolonuna ait moment, kesme ve eksenel kuvvetlerin daha küçük değerler olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda uzay kafes sisteminde burulma değeri daha büyük görülmektedir; fakat aslına bakıldığında her iki sistem için de bu değer in sifıra yakın olduğu gözlemlenmiştir.

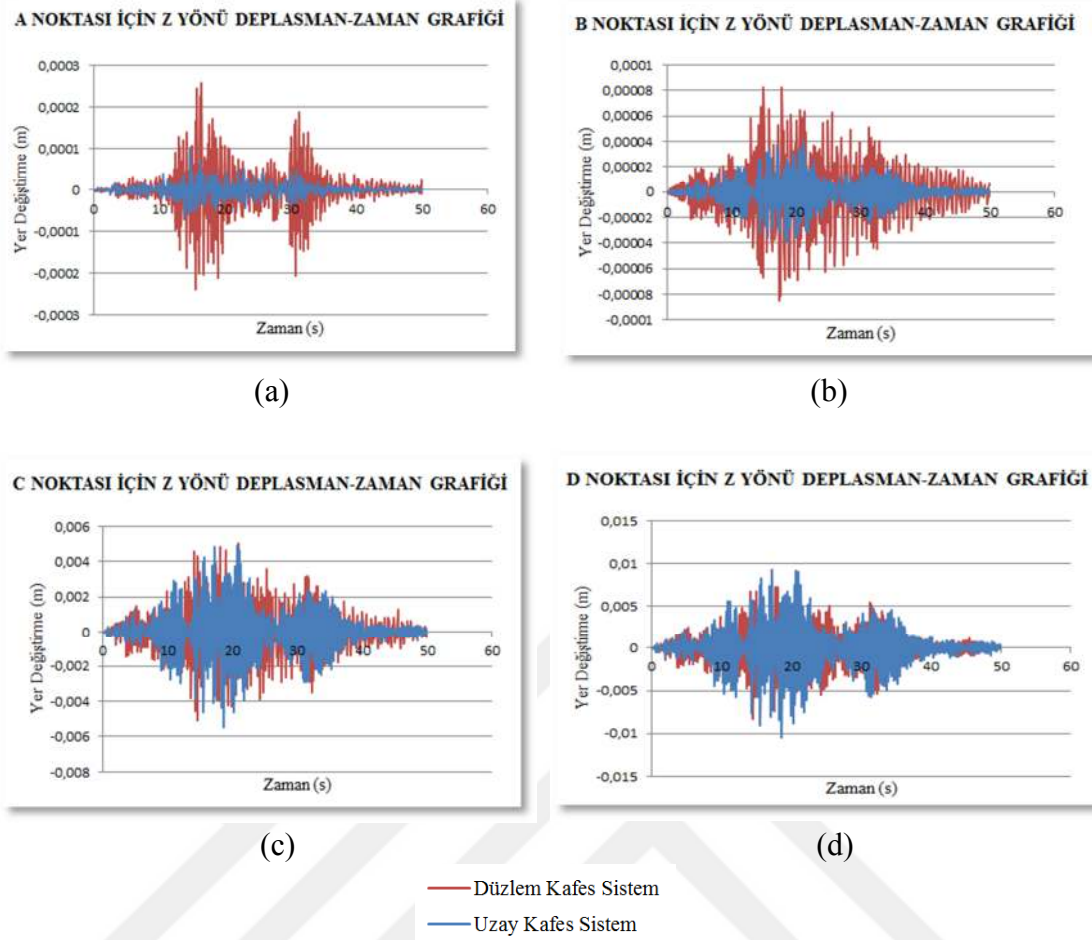
6.2.2 Düzlem ve uzay kafes sistemlerinin kritik noktalarındaki deplasmanların karşılaştırılması

Sap 2000 dinamik analiz sonuçlarına göre her iki sistem için en kritik noktalar olan A, B, C ve D noktalarındaki x, y ve z yönlerine ait maksimum deplasman değerleri Çizelge 6.6' da verilmiştir. Aynı zamanda her iki sistemde bu noktalar için z yönüne ait zamana göre deplasman grafikleri çizdirilerek Şekil 6.12' de gösterilmiştir.

Çizelge 6.6. Uzay ve düzlem kafes sistemlerinde A, B, C ve D noktalarına ait deplasman değerleri

Düğüm Noktası Adı	Düzlem Kafes Sistem			Uzay Kafes Sistem		
	U1 (m)	U2 (m)	U3 (m)	U1 (m)	U2 (m)	U3 (m)
A noktası	-0,0504	0,002	0,0003	0,0008	-0,0576	0,0001
B noktası	-0,0498	0,0025	$-8,449 \times 10^{-5}$	0,0014	-0,0579	$4,038 \times 10^{-5}$
C noktası	-0,0514	0	-0,0051	0,0015	-0,058	-0,0055
D noktası	-0,0527	0	-0,0083	0,0017	-0,0581	-0,0105

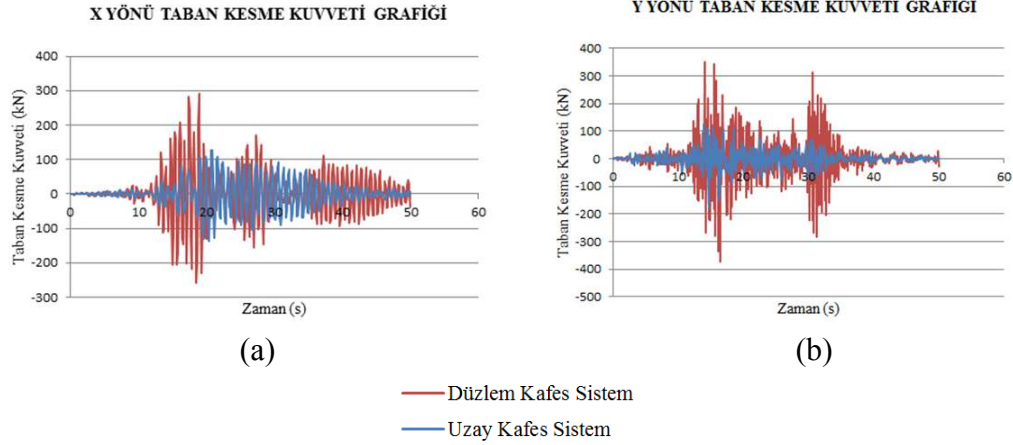
Çizelge 6.6 doğrultusunda her iki sistem için x ve y yönü deplasman değerleri incelendiğinde birbirlerine oranla uzay kafes sistem y yönünde, düzlem kafes sistem ise x yönünde daha fazla deplasman yaptığı görülmektedir. Düzlem kafes sistemde kullanılan enine çaprazlar yapıyı y yönünde tutarak y yönünde daha küçük deplasman yapmasına sebep olurken uzay kafes sistemde de y doğrultusu uzunluğun, x doğrultusuna oranla daha fazla olması sebebiyle y yönü deplasman değeri daha fazla çıkmıştır. Şekil 6.12' de verildiği üzere her iki sisteme ait z yönü deplasman-zaman grafikleri incelendiğinde ise sistemlerin kenar kısımlarında bulunan A ve B düğüm noktalarındaki deplasman değerleri, düzlem kafes sistemin daha ağır olması sebebiyle daha büyük çıkmaktadır. Sistemlerin orta kısımlarında bulunan C ve D düğüm noktalarında ise her iki sistemde de birbirine çok yakın değerler çıktığı gözlemlenmektedir.



Şekil 6.12. Uzay ve düzlem kafes sistemlerinde A (a), B (b), C (c) ve D (d) noktalarına ait z yönü deplasman-zaman grafikleri

6.2.3 Düzlem ve uzay kafes sistemlerine ait taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

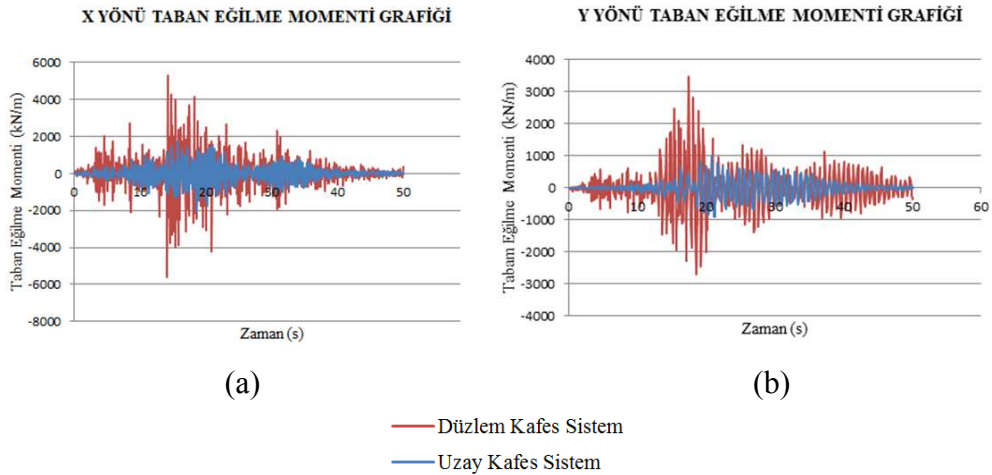
Düzlem ve uzay kafes sistemlerinde x ve y yönüne ait taban kesme kuvveti değerleri, Şekil 6.13’ de verilmiştir. Şekil 6.13 incelendiğinde uzay sistem için x ve y yönü taban kesme kuvveti değerlerinin, düzlem kafes sisteme göre daha küçük çıktığı görülmektedir. Deprem kuvvetinin kütle ile doğru orantılı olduğu bilindiği üzere uzay sistem, düzlem kafes sisteme göre daha hafif olduğundan uzay sisteme gelen deprem kuvvetide daha küçük olmakta ve böylelikle taban kesme kuvvetleri de daha küçük değerler çıkmaktadır.



Şekil 6.13. Uzay ve düzlem kafes sistemlerinde x (a) ve y (b) yönüne ait taban kesme grafikleri

6.2.4 Düzlem ve uzay kafes sistemlerinin x ve y yönüne ait taban eğilme momentlerinin karşılaştırılması

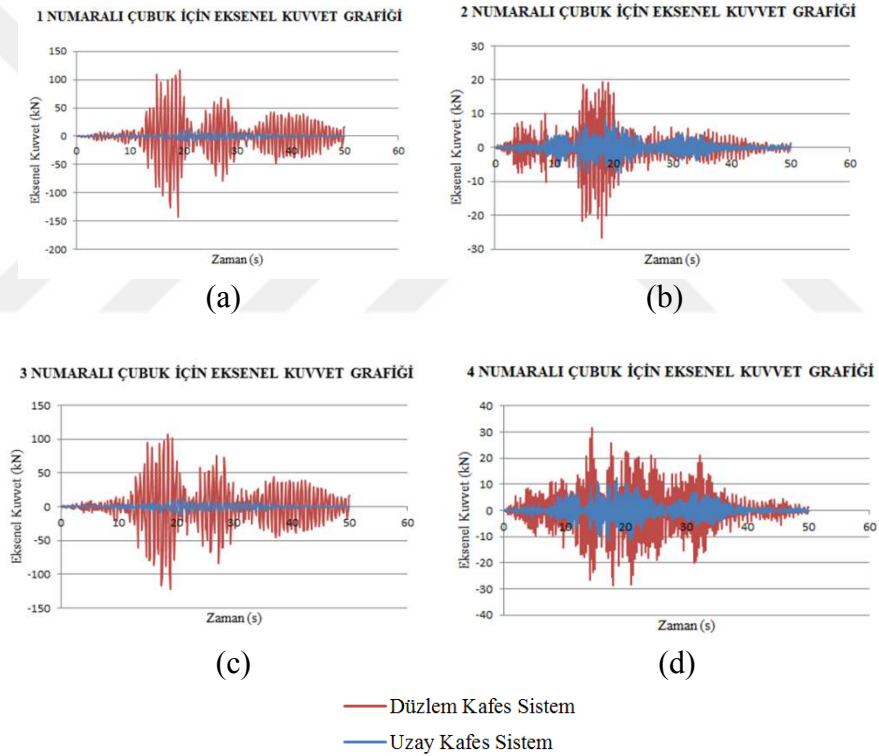
Her iki sistem için x ve y yönü taban eğilme momenti değerleri, Şekil 6.14’ de verildiği üzere incelendiğinde uzay kafes sistem x ve y yönü taban eğilme momenti değerlerinin daha küçük çıktığı görülmektedir. Taban kesme kuvveti kıyaslamasında ifade edildiği gibi uzay kafes sistemin hafif olması sebebiyle gelen deprem kuvveti küçük olduğundan taban eğilme momentleri de daha küçük değerler çıkmaktadır.



Şekil 6.14. Uzay ve düzlem kafes sistemlerinde x (a) ve y (b) yönüne ait taban eğilme momenti grafikleri

6.2.5 Düzlem ve uzay kafes sistemlerinin kafes çubuklarındaki eksenel kuvvetlerin karşılaştırılması

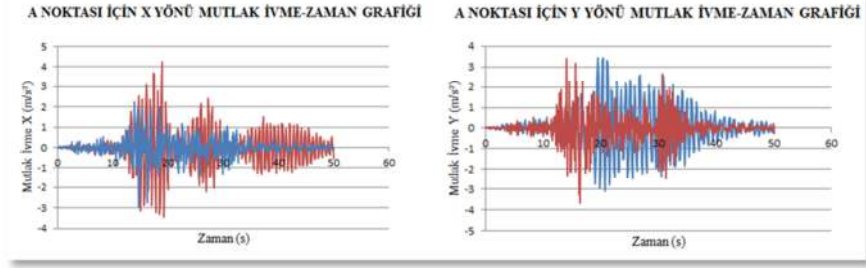
Düzlem ve uzay kafes sistemlerinde en çok zorlanan kafes çubuklar 1-1 ve 3-3 aksında bulunan 1, 2, 3 ve 4 numaralı çubuklardır. Bu çubuklara ait eksenel kuvvet grafikleri, Şekil 6.15' te gösterilmiştir. Şekil 6.15 incelendiğinde uzay kafes sisteminde yapı ağırlığının daha küçük olması sebebiyle eksenel kuvvet değerlerinin de daha küçük olduğu gözlemlenmektedir. Aynı zamanda uzay kafes sisteminin kenar kısımlarında bulunan 1 ve 3 numaralı çubuklarda oluşan eksenel kuvvetin, sistemin orta kısımlarında bulunan 2 ve 4 numaralı çubuklarda oluşan eksenel kuvvete oranla daha küçük olduğu gözlenmektedir.



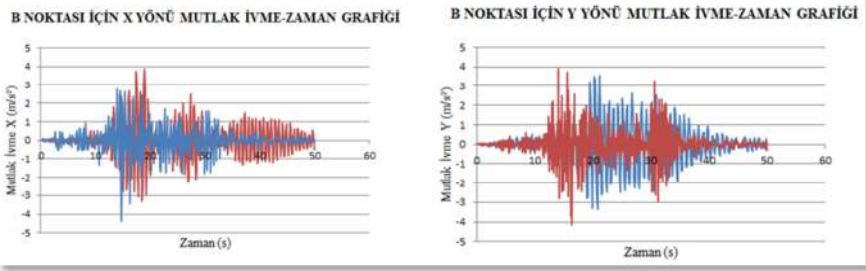
Şekil 6.15. Uzay ve düzlem kafes sistemlerinde 1 (a), 2 (b), 3 (c) ve 4 (d) numaralı kafes çubuklarındaki eksenel kuvvet grafikleri

6.2.6 Düzlem ve uzay kafes sistemlerine ait mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması

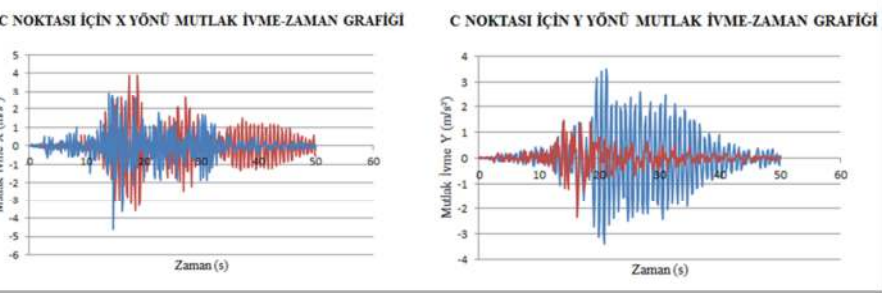
Düzlem ve uzay kafes sisteminde en kritik noktalar olan A, B, C ve D noktaları için x ve y yönüne ait mutlak ivme değerleri, Şekil 6.16' da gösterilmiştir.



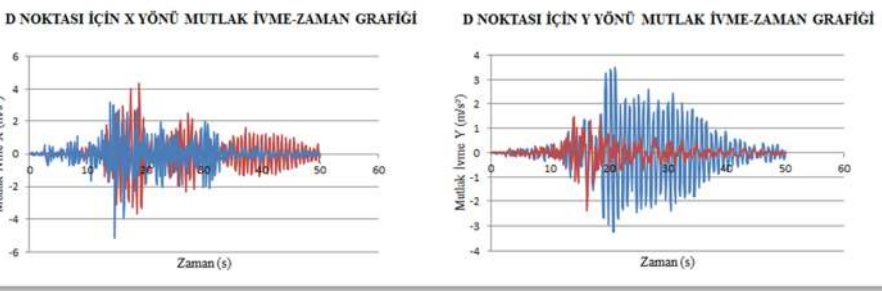
(a)



(b)



(c)



(d)

— Düzlem Kafes Sistem
— Uzay Kafes Sistem

Şekil 6.16. Uzay ve düzlem kafes sistemlerinde A (a), B (b), C (c) ve D (d) noktalarındaki x ve y yönü mutlak ivme-zaman grafikleri

Şekil 6.16 x yönü mutlak ivme-zaman grafikleri incelendiğinde düzlem ve uzay kafes sisteme ait grafiklerin birbiriyle uyumlu olduğu fakat uzay kafes sistemin daha iyi bir

grafik çizdiği gözlemlenmektedir. Y yönü mutlak ivme-zaman grafikleri incelendiğinde ise düzlem kafes sistemin mutlak ivme değerlerinin uzay kafes sistemine göre daha iyi değerler aldığı görülmektedir.



BÖLÜM VII

SONUÇLAR

Bu çalışmada 1m aşık aralığına sahip, 18 m genişliğinde ve 30 m uzunluğunda düzlem ve uzay kafes sistem endüstri yapıların, statik ve dinamik analizleri yapılarak ilgili standartlar ve yönetmelikler çerçevesinde irdelemeleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Her iki sistemin aynı açıklık, uzunluk ve aşık aralığına sahip olması durumunda karşılaştırma yapılması amaçlandığından, uzay kafes sistem boru profillerinin 1 metreden daha uzun olması durumunda bu açıklığı çok rahat geçebilecekken profil uzunluğu 1 m seçilmiştir. Bu durumun sonucunda uzay kafes sistem çubuk eleman sayısı artmış fakat buna rağmen düzlem kafes sistemine göre daha hafif olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak uzay kafes sistemin daha hafif olması, çatı kafesinde içi boş boru profil kullanılması olarak görülmektedir.
- Yapılan statik analiz sonucu yapıya etki eden x ve y yönü deprem kuvvetleri incelendiğinde; yapıya etkiyen deprem kuvveti yapı ağırlığı ile doğru orantılı olduğundan, uzay kafes sistemine etki eden deprem kuvvetlerinin de daha küçük olduğu görülmektedir.
- Etkin kütle katılım oranları incelendiğinde uzay kafes sistemde x yönünde 12 mod baskın olurken düzlem kafes sisteminde ilk 2 modun daha baskın olduğu görülmektedir. Uzay kafes sisteminin çözümünde, x yönünde düzlem kafes sistemine göre daha çok mod kullanıldığı ve daha hassas bir çözüm yapıldığı, aynı zamanda düzlem kafes sistemi x yönündeki çözüm adımlarının, uzay kafes sistemine göre daha kısa sürede tamamlandığı tespit edilmiştir. Y yönünde ise her iki sistem için kullanılacak mod sayısı hemen hemen aynı olduğu gözlenmiştir.
- Yapı maliyeti, yapı ağırlığı ile doğru orantılı olduğundan uzay kafes sistemin düzlem kafes sistemine göre daha ekonomik olduğu ortaya çıkmıştır.

- Statik analiz sonucu sistemlerde S6 kolonu altında z doğrultusunda oluşan maksimum mesnet reaksiyonları incelendiğinde, uzay kafes sistemi mesnet reaksiyonun düzlem kafes sistemine göre daha büyük bir değer aldığı gözlenmiş ve uzay kafes sisteminin düzlem kafes sistemine göre daha çok rijit davrandığı tespit edilmiştir.
- Dinamik analiz sonuçlarına göre uzay kafes sistemin düzlem kafes sistemine göre daha hafif olmasından dolayı uzay kafes sistemine gelen deprem kuvveti daha küçük olmakta ve buna bağlı olarak yapıya gelen taban kesme kuvvetleri ve taban eğilme momentleri de daha küçük değerler çıkmaktadır.
- Düzlem ve uzay kafes sistemin dinamik analiz sonuçlarına göre en kritik noktalardaki x ve y yönüne ait mutlak ivme-zaman grafikleri incelendiğinde; her iki sistem grafiklerinin birbiriyle uyumlu olmasına karşın x doğrultusunda düzlem kafes sistemin, y doğrultusunda ise uzay kafes sistemin daha iyi bir grafik seyrettiği gözlemlenir.
- Dinamik ve statik analiz sonuçlarında en çok zorlanan S6 kolonuna ait eksenel, kesme ve moment kuvvetleri incelendiğinde; uzay kafes sistem yapı ağırlığının daha az olması sebebiyle eksenel ve kesme kuvvetlerinin daha küçük değerler çıktığı gözlemlenmiştir. Moment değerinin ise statik analiz sonucunda her iki sistem için birbirine yakın olduğu gözlemlenirken dinamik analiz sonucunda uzay kafes sistem moment değerlerinin daha küçük olduğu görülmektedir.
- Her iki sistem için Sap2000 statik ve dinamik analiz sonuçlarında en kritik noktalardaki x, y ve z yönü deplasman değerleri incelendiğinde, birbirlerine oranla uzay kafes sistemin y yönünde, düzlem kafes sistemin ise x yönünde daha fazla deplasman yaptığı belirlenmiştir. Düzlem kafes sistemde kullanılan enine çaprazlar, yapıyı y yönünde tutarak x yönüne oranla daha rijit kılmıştır. Uzay kafes sistemde de y doğrultusundaki uzunluğun, x doğrultusuna oranla daha fazla olması sebebiyle y yönü deplasman değeri, x yönü deplasman değerinden daha fazla olduğu görülmektedir. Z doğrultusundaki deplasman değerleri ise statik analiz sonucunda uzay kafes sistemde daha büyük değerler oluşurken,

dinamik analiz sonucunda bu değerler sistem kenarında veya ortasında olmasına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.



KAYNAKLAR

Alçıçek, H.E., Uzay kafes sistemlerin artan düşey yükler altında doğrusal olmayan analizi, Yüksek Lisans Tezi, **İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, s.7-10, 2015.

Amam, M.N.Y., Uzay kafes sistemlerin montajında yapılan hataların incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Eskişehir, s.7, 2015.

Arat, A., Uzay kafes sistemlerinin statik hesabı ve maliyet analizi, Yüksek Lisans Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 1999.

Arda, T.S., Çelik çatı ve binalarda rüzgâr karşıt düzenleri ve stabilite bağları, **Sakarya Devlet Mühendislik Mimarlık Akademisi Yayınları**, İstanbul, 1978.

Aydeniz, Z., Tek açıklıklı endüstri yapılarında değişken kesit ve hadde profillere göre çelik taşıyıcı sistem karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, **İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, s.4-9, 2012.

Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik, **Çevre ve Şehircilik Bakanlığı**, Ankara, 2016.

Çileli, E., Çok katlı çelik yapılarda çaprazlı çerçeve sistemlerin DBYBHY 2007'ye göre tasarım ve süneklik düzeylerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Sakarya, s.4, 2008.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, **Bayındırlık ve İskan Bakanlığı**, Ankara, 2007.

Doğangün, A., Betonarme yapıların hesap ve tasarımı, **Birsan Yayınevi**, İstanbul, 2009

Emanet, T., Çelik endüstriyel yapı tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, **İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 2010.

İşsever, M.A., Eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemlerinin çok katlı betonarme bir yapıda kıyaslanması, **İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, s.27, 2012.

Kahya, A., “Stabilite hesapları”, <https://docplayer.biz.tr/14545458-7-stabilite-hesaplari.html>, 2016, 02 Aralık 2018.

Karabulut, U., Geniş açıklıklı uzay kafes sistemlerin ilgili Türk ve Avrupa standartları uyarınca karşılaştırılmalı olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon, s.12, 2018.

Kocabalkan, Y., “Sandviç panel ağırlık tablosu”, <https://tr.pinterest.com/pin/473229873322827260/>, Mart 2019, 16 Haziran 2019.

Kocabaş, S., Çelik yapıların sap2000 programı ile analiz ve tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Adana, s.102, 2005.

Mungan, Ö., Tek açıklıklı endüstri yapılarında çelik taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, **İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 2009.

Odabaşı, Y., Çelik Çatı Elemanlarının Ekonomik Çözümleri, **Teknik Kitaplar Yayınevi**, İstanbul, 1982.

Odabaşı, Y., I. Çelik Yapılar Seminer Notları, 1. Cilt, **İTÜ İnşaat Fakültesi**, İstanbul, 1983.

Odabaşı, Y., II. Çelik Yapılar Seminer Notları, 2. Cilt, **İTÜ İnşaat Fakültesi**, İstanbul, 1985.

Odabaşı, Y., Ahşap ve Çelik Yapı Elemanları, **Beta Yayınevi**, İstanbul, 1997.

Omurtag, M.H., Skaler Mekanik : Statik – Mukavemet, **Birsen Yayınevi**, İstanbul, 2015.

Orbay, A., Betonarme ve elik çerçevelerin doğrusal elastik yöntemlerle optimum tasarımı, Doktora Tezi, E.. İnşaat Fakültesi, İzmir, 1982.

zgen, A., II. elik Yapılar Seminer Notları, 2. Cilt, **İTÜ İnşaat Fakültesi**, İstanbul, 1987.

zmen, G., Orakdöėen, E. ve Darılmaz, K., rneklerle Sap 2000-V15, **Birsen Yayınevi**, İstanbul, 2012.

SAP2000, Structural Analysis Program, *Computers and Structures, Inc.*, Berkeley, California, USA.

T.C. evre ve şehircilik Bakanlığı, “2019 yılı inşaata ve tesisat birim fiyatları”, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/yfk/icerikler/insaat-birim-fiyaatlari-2019-turkce.pdf>, 2019.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=NEVSEHIR>, 03 Ocak 2019

TS EN 1991-1-3, Yapılar zerindeki etkiler – Bölüm 1 – 3: Genel etkiler, kar yükleri, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 2009.

TS EN 1991 – 1 – 4, Yapılar zerindeki etkiler – Bölüm 1 – 4: Genel etkiler - rüzgâr etkileri, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 2005.

TS-498, Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 1997.

Uğur, S., Tek katlı elik endüstri yapılarının farklı bilgisayar programları ile yapılan analizlerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, **Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Niğde, s.1-2, 2010.

Ülker, F., Çift katmanlı uzay kafes sistemlerin statik ve dinamik analizi, Yüksek Lisans Tezi, **Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ, s.9-11, 2007.

Yardımcı, N., Çelik Yapıların Tasarımı Ders Notları, İstanbul, 2003.

Yardımcı, N., Çelik Yapıların Tasarım ve Boyutlama Esasları, İstanbul, 2009.

Zorlar, D., Tek katlı çelik hal yapılarında stabilite bağlantılarının sistem davranışına etkisinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, **Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Denizli, s.14-21, 2011.



ÖZGEÇMİŞ

Rumeysa DURANOĞLU, 20.11.1989 tarihinde Konya’ da doğdu. İlköğretim ve lise eğitimini Nevşehir’ de tamamladı. Niğde Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’ nden Haziran 2011’ de mezun oldu. 2011 yılında Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’ nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2011-2012 yılları arasında Kapadokya Yapı Denetimi’ nde kontrol mühendisi olarak çalıştı. 2012-2013 yılları arasında Filo Yapı Denetimi’ nde kontrol mühendisi olarak çalıştı. Aralık 2013 tarihinden bu yana Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi NTBMYO İnşaat Bölümü İnşaat Teknolojisi Programı’ nda öğretim görevlisi olarak görevini sürdürmektedir.

