

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

GÜNCEL ÇELİK YAPI SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

FATMA KILIÇ URFALI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. Z. CANAN GİRGİN**

İSTANBUL, 2012

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNCEL ÇELİK YAPI SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Fatma KILIÇ URFALI tarafından hazırlanan tez çalışması 05.09.2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Z. Canan GİRGİN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Z. Canan GİRGİN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Bilge DORAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Oğuz Cem Çelik
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi bünyesinde hazırlanan bu Yüksek Lisans Tezi ile, yapısal çelik kullanılarak oluşturulan taşıyıcı sistemlerin tasarım esaslarını incelemek ve yurt dışında uygulanmış ilginç örnekleri tasarımdan uygulamaya irdelenmek sureti ile, Türkiye’de de özelliği olan tasarımlar yapılması ve bu tasarımlarda çeliğin kullanılmasına katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

Tez çalışmam süresince, desteği, yardımları ve bana olan inancı ile her zaman yanımda olan, araştırma ve çalışmalarım da daima yol gösteren değerli tez danışmanım Doç. Dr. Zehra Canan GİRĞİN’ e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimi hazırlarken gösterdikleri anlayış için Bartın Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemi sağlayan ve eğitim hayatım boyunca beni hep destekleyen aileme, bu çalışmayı bitirebilmem konusunda desteğini ve sevgisini her zaman hissettiğim eşim Mustafa URFALI’ ya sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ağustos, 2012

Fatma KILIÇ URFALI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ÖZET	xvii
ABSTRACT	xix
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Bulgular.....	3
BÖLÜM 2	
ÇELİK YAPI SİSTEMLERİ	4
2.1 Malzeme Olarak Çelik.....	4
2.2 Çelik Yapıların Tarihçesi	6
2.3 Çelik Yapı Sistemleri ve Gelişim Süreci	8
2.4 Geniş Açıklıklı Yapılarda Fonksiyon	9
2.5 Geniş Açıklıklı Yapılar ve Kent	10
BÖLÜM 3	
TAŞIYICI SİSTEM VE MİMARLIK	11
3.1 Kirişler	12
3.1.1 Dolu Gövdeli Kirişler	13
3.1.2 Gövdesi Boşluklu (Petek) Kirişler	13
3.1.3 Vierendeel Kirişleri	15
3.1.4 Kafes Kirişler	16
3.1.4.1 Düzlem Kafes Kirişler	16
3.1.4.2 Uzay Kafes Kirişler.....	19
3.1.5 Kirişler ve Yapı İncelemeleri.....	21

3.2	Kolonlar.....	27
3.2.1	Genel	27
3.2.2	Dolu Gövdeli Kolonlar.....	28
3.2.2.1	Dolu Gövdeli Eğik Kolonlar	29
3.2.2.2	Ağaç Gövdeli Kolonlar	30
3.2.3	Çok Parçalı Basınç Çubukları.....	32
3.2.4	Kafes Gövdeli Kolonlar	34
3.2.5	Kolonlarda Mesnet Örnekleri	36
3.2.6	Kolonlar ve Yapı İncelemeleri	37
3.3	Kemerler	43
3.3.1	Genel	43
3.3.2	Dolu Gövdeli Kemerler	44
3.3.3	Gövdesi Boşluklu Kemerler.....	46
3.3.4	Kafes Kemerler	47
3.3.4.1	Düzlem Kafes Kemerler.....	48
3.3.4.2	Uzay Kafes Kemerler	49
3.3.5	Kemerlerde Mesnet Örnekleri	51
3.3.6	Kemerler ve Yapı İncelemeleri.....	52
3.4	Çerçeve Sistemler ve Stabilitenin Sağlanması	60
3.4.1	Genel	60
3.4.2	Tek Doğrultuda Düzenlenen Dolu Gövdeli Çerçeve Sistemler	61
3.4.3	Tek Doğrultuda Düzenlenen Kafes Gövdeli Çerçeve Sistemler	64
3.4.4	İki Doğrultuda Düzenlenen Dolu Gövdeli Çerçeve Sistemler	68
3.4.5	İki Doğrultuda Düzenlenen Kafes Gövdeli Çerçeve Sistemler	70
3.4.6	Çerçeve Sistemler ve Yapı İncelemeleri	71
3.5	Uzay Kafes Sistemler	74
3.5.1	Uzay Kafes Sistemlere Genel Bakış	74
3.5.2	Eğrilikli Uzay Kafes Sistemler	80
3.5.2.1	Pozitif Eğrilikli Uzay Kafes Sistemler	80
3.5.2.2	Negatif Eğrilikli Uzay Kafes Sistemler	90
3.5.3	Uzay Kafes Sistemler ve Yapı Örnekleri.....	92
3.6	Kablolu Sistemler	98
3.6.1	Kablolu Sistemlerin Birleşim Biçimleri.....	100
3.6.2	Kablo Kirişli Çatı Sistemleri	105
3.6.2.1	Paralel Kablo Kirişli Çatı Sistemleri	107
3.6.2.2	Radyal Kablo Kirişli Çatı Sistemleri	109
3.6.3	Kablolu Sistem Kubbeler.....	111
3.6.4	Kablo Askılı Sistemler	112
3.6.4.1	Kablo Askılı Çatı Sistemleri	113
3.6.4.2	Düşey Taşıyıcıya Bağlı Kablo Askılı Sistemler	115
3.6.5	Kablo Ağı Sistemler	116
3.6.6	Kablolu Sistemler ve Yapı İncelemeleri	118

BÖLÜM 4

GÜNCEL ÇELİK YAPI SİSTEMLERİ ÖRNEK İNCELEMELERİ	124
4.1 Madrid Barajas Havalimanı.....	125

4.2	Pompidou Center	129
4.3	HSBC Bank.....	134
4.4	Sainsbury Center	138
4.5	Stansted Airport	142
4.6	Palacio De Congresos Oviedo	146
4.7	Swiss Re Tower	150
4.8	Kauffman Center	153

BÖLÜM 5

TAŞIYICI SİSTEM GELİŞİM SÜRECİNİN ÖRNEKLER İLE KARŞILAŞTIRMALARI	157
--	-----

5.1	Kirişler-Örnek Yapı İncelemeleri	157
5.1	Kolonlar-Örnek Yapı İncelemeleri	160
5.1	Kemerler-Örnek Yapı İncelemeleri.....	163
5.1	Çerçeve Sistemler-Örnek Yapı İncelemeleri	164
5.1	Uzay Kafes Sistemler-Örnek Yapı İncelemeleri.....	167
5.1	Kablolu Sistemler-Örnek Yapı İncelemeleri	169

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER	171
-------------------------	-----

KAYNAKLAR	173
-----------------	-----

EK-A

KABLO TAŞIMA GÜCÜ VE TEL GRUPLARI	192
---	-----

ÖZGEÇMİŞ	194
----------------	-----

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1	Üretimden montaj aşamasına çelik4
Şekil 2. 2	Dökme demir yapı örnekleri6
Şekil 2. 3	Dövme demir yapı örnekleri6
Şekil 2. 4	Çelik yapı örnekleri.....7
Şekil 2. 5	Simge niteliği taşıyan geniş açıklıklı yapı örnekleri10
Şekil 3.1	Dolu gövdeli kiriş, düzlem kafes kiriş ve uzay kafes kiriş.....12
Şekil 3.2	Petek kiriş ve Vierendeel kirişi12
Şekil 3.3	Dolu gövdeli kirişler13
Şekil 3.4	Roseisle Distillery13
Şekil 3.5	Gövdesi boşluklu kirişler ve kiriş kesim işlemi14
Şekil 3.6	Gövdesi boşluklu kiriş ve kiriş-mesnet detayları.....14
Şekil 3.7	La grande arche.....15
Şekil 3.8	Vierendeel kiriş örnekleri15
Şekil 3.9	Olympic Park Rail Station15
Şekil 3. 10	Düzlem kafes kiriş çatı örneği16
Şekil 3. 11	Düzlem kafes kiriş tipleri açıklık- enkesit karşılaştırması18
Şekil 3. 12	Cité des Sciences et de l'Industrie.....18
Şekil 3. 13	Mont-Cenis Academy ve Gymnasium 46°09'N-16°50E18
Şekil 3. 14	BRIT School ve Zürich International Airport19
Şekil 3. 15	Komatsu Dome.....19
Şekil 3. 16	Uzay kafes kiriş modeli ve düğüm noktası gazaltı kaynak tekniği19
Şekil 3. 17	Uzay kafes kiriş örnekleri.....20
Şekil 3. 18	Planetarium20
Şekil 3. 19	Esenboğa havalimanı ve uzay kafes kiriş örneği21
Şekil 3. 20	San Francisco International Airport21
Şekil 3. 21	London Olympic Stadium.....21
Şekil 3. 22	Kolon Örnekleri27
Şekil 3. 23	Dolu gövdeli kolon örnekleri.....27
Şekil 3. 24	Dolu gövdeli çelik kolonlarda enkesit tipleri28
Şekil 3. 25	Hung Hom Station28
Şekil 3. 26	USSR Pavilion29
Şekil 3. 27	Genova Aquarium29
Şekil 3. 28	Fleet Place House29

Şekil 3. 29	JFK Airport Terminal 4	30
Şekil 3. 30	Stadelhofen Station.....	30
Şekil 3. 31	Ağaç kolon taşıyıcı sistem tipleri	30
Şekil 3. 32	Orient Station ve Palais de Justice	31
Şekil 3. 33	Tianjin Museum ve KPF Center	31
Şekil 3. 34	TGV Station ve Indianapolis Airport.....	31
Şekil 3. 35	Ahmedabad Airport Teminal ve Highfields Automotive Engineering Training Centre	31
Şekil 3. 36	Çok parçalı basınç çubuğu enkesit örnekleri	32
Şekil 3. 37	Çok parçalı basınç çubuğu	32
Şekil 3. 38	Bijlmer Arena Station ve Millenium Dome	32
Şekil 3. 39	Cork Bus Station	33
Şekil 3. 40	Millennium Stadium, HSBC Bank ve Exhibit Hall 26.....	33
Şekil 3. 41	United Airlines Terminal.....	33
Şekil 3. 42	Kafes gövdeli kolon kesit örnekleri	34
Şekil 3. 43	Kafes gövdeli kolon örnekleri	34
Şekil 3. 44	Kafes gövdeli kolon örneği ve mesnet detayı.....	34
Şekil 3. 45	Western Concourse.....	35
Şekil 3. 46	Beijing Capital Airport Terminal 3	35
Şekil 3. 47	Binhai Convention & Exhibition Centre.....	35
Şekil 3. 48	Stadttor Building	35
Şekil 3. 49	Beijing South Station	36
Şekil 3. 50	Kolon mesnet detayları	36
Şekil 3. 51	Kemer eğrisi yük dağılımı.....	43
Şekil 3. 52	Dairesel, Basık, Gotik kemer tipleri	43
Şekil 3. 53	Kemerlerde mesnet tepkisi ve mesnet detayı.....	44
Şekil 3. 54	Canary Wharf Underground Station ve Miami Central Station.....	44
Şekil 3. 55	Wohlen High School ve Paul Klee Centre	45
Şekil 3. 56	Cidade Nova Metro Station and Footbridge	45
Şekil 3. 57	Mumbai Airport ve The Allen Lambert Galleria.....	45
Şekil 3. 58	The Sage Gateshead.....	46
Şekil 3. 59	Brin Station	46
Şekil 3. 60	O' Hare Airport.....	46
Şekil 3. 61	Berliner Bogen	47
Şekil 3. 62	Jaca Hockey Arena	47
Şekil 3. 63	Harbour Bridge ve Thaddeus Kosciusko Bridge.....	47
Şekil 3. 64	Düzlem kafes kemer kesiti.....	48
Şekil 3. 65	Queen Victoria Building ve Green and the People's Palace	48
Şekil 3. 66	St Pancras Station ve Penn Station	48
Şekil 3. 67	Kaufmann Center	49
Şekil 3. 68	Uzay kafes kemer tipleri	49
Şekil 3. 69	Skydome ve Wembley Stadium	49
Şekil 3. 70	Tung Chung Swimming Pool	50
Şekil 3. 71	Tianjin Hotel ve Manchester Conference Centre	50
Şekil 3. 72	Nantong Sports Centre.....	50
Şekil 3. 73	Centro M & G Ricerche.....	50

Şekil 3. 74	Üç mafsallı, İki mafsallı, Ankastre kemer.....	51
Şekil 3. 75	ANZ Stadium	51
Şekil 3. 76	Kemer mesnet tiplerine örnekler.....	52
Şekil 3. 77	Vancouver Convention Centre Expansion	60
Şekil 3. 78	Fiberline	60
Şekil 3. 79	Office Building	60
Şekil 3. 80	Tek doğrultuda çalışan çerçeve sistem örnekleri	61
Şekil 3. 81	Tek doğrultuda düzenlenen çerçeve sistem kurgusu	61
Şekil 3. 82	Modern art glass warehouse	61
Şekil 3. 83	Mahya ve köşe rijit nokta detayları.....	62
Şekil 3. 84	Dolu gövdeli çerçevelerde köşe birleşim detayları	62
Şekil 3. 85	Dolu gövdeli üç mafsallı çerçeve sistem açıklık- enkesit grafiği	62
Şekil 3. 86	Brentwood Skytrain Station.....	63
Şekil 3. 87	Milwaukee Art Museum.....	63
Şekil 3. 88	Gardens by the Bay	63
Şekil 3. 89	Princess of Wales Conservatory.....	63
Şekil 3. 90	Dolu gövdeli ve kafes gövdeli çerçeve birim alan karşılaştırması.....	64
Şekil 3. 91	Kafes gövdeli çerçeve kesit örnekleri.....	64
Şekil 3. 92	Kafes gövdeli çerçevelerde tipik köşe birleşim detayları	65
Şekil 3. 93	Kafes gövdeli çerçeve sistem türleri	65
Şekil 3. 94	Patera Building	66
Şekil 3. 95	BRIT School	66
Şekil 3. 96	Broadway Sky Station.....	66
Şekil 3. 97	Queen Sirikit National Convention Center	67
Şekil 3. 98	Chill Factor	67
Şekil 3. 99	Old Trafford	67
Şekil 3. 100	PGE Arena	67
Şekil 3. 101	Sloterdijk Station	67
Şekil 3. 102	Kantonsschule Baden	68
Şekil 3. 103	Stockland Shopping Center ve Glenfield Carpark	68
Şekil 3. 104	İki Doğrultuda Düzenlenen Dolu Gövdeli Çerçeve Sistemler	68
Şekil 3. 105	Betonarme perde ve çelik çapraz	69
Şekil 3. 106	İki doğrultuda çalışan çerçeve sistem örnekleri	69
Şekil 3. 107	Netherlands Architecture Institute ve Contemporary Art Museum	69
Şekil 3. 108	Maritime Centre Vellamo	69
Şekil 3. 109	İki doğrultuda düzenlenen kafes gövdeli çerçeve sistemler	70
Şekil 3. 110	Indianapolis Airport.....	70
Şekil 3. 111	İki doğrultuda düzenlenen çerçeve sistem örnekleri.....	70
Şekil 3. 112	Crystal Hall Sports Concert Complex.....	71
Şekil 3. 113	Bir uzay kafes sistem tasarımının çıkış noktası	74
Şekil 3. 114	3 m boyunda çubuklar ile 15 m geometrik yükseklik için açıklık-birim ağırlık değişimi	74
Şekil 3. 115	Silindirik kabuk biçimli tek ve çift tabakalı uzay kafes sistemler	75
Şekil 3. 116	The Great Court- British Museum.....	75
Şekil 3. 117	Golden Terraces	75
Şekil 3. 118	Salvador Dali Museum.....	76

Şekil 3. 119	Westfield.....	76
Şekil 3. 120	Cutty Sark.....	76
Şekil 3. 121	Puerto Rico Convention Center	76
Şekil 3. 122	Arganzuela Footbridge	77
Şekil 3. 123	City Hall.....	77
Şekil 3. 124	CCTV Headquarters Tower	77
Şekil 3. 125	Imperial War Museum	78
Şekil 3. 126	European Investment Bank	78
Şekil 3. 127	Faculty of Law	78
Şekil 3. 128	Çift tabakalı uzay kafes sistem tipleri.....	78
Şekil 3. 129	Javits center	79
Şekil 3. 130	Courtesy of Tomoe Corporation ve Currigan Exhibition Hall	79
Şekil 3. 131	Palafolls Sport Hall	79
Şekil 3. 132	Harpa Concert Hall	79
Şekil 3. 133	Tek eğrilikli sistemler.....	80
Şekil 3. 134	Kubbe sistemler	80
Şekil 3. 135	Projeksiyon Yöntemi ile Çubuk Ağı Kubbeler	81
Şekil 3. 136	Tek tabakalı ve çift tabakalı kubbe sistemler	82
Şekil 3. 137	Dali Theatre and Museum	82
Şekil 3. 138	The Museum of Aviation	82
Şekil 3. 139	Esplanade Theaters	82
Şekil 3. 140	Science World Dome	83
Şekil 3. 141	Montreal Biosphère	83
Şekil 3. 142	Climatron	83
Şekil 3. 143	ASM Dome	83
Şekil 3. 144	Kubbe sistemlerde örgü biçimleri	84
Şekil 3. 145	Kubbe sistemlerde dayanım ve rijitlik karşılaştırması.....	85
Şekil 3. 146	Rodos Palace Hotel.....	85
Şekil 3. 147	Reichstag Dome	86
Şekil 3. 148	Onsen-gun Gymnasium	86
Şekil 3. 149	Iwase Sports Park	86
Şekil 3. 150	Aged Sports Plaza	87
Şekil 3. 151	Louisiana Superdome	87
Şekil 3. 152	Houston Astrodome	87
Şekil 3. 153	Osaka Maritime Museum	88
Şekil 3. 154	General Electric Pavilion.....	88
Şekil 3. 155	Roy Thomson Hall	88
Şekil 3. 156	Nagoya Dome.....	89
Şekil 3. 157	Robson Square Dome	89
Şekil 3. 158	AAMI Park Stadium	90
Şekil 3. 159	Ontario Place	90
Şekil 3. 160	Bloedel Conservatory	90
Şekil 3. 161	Hiperbolik paraboloid.....	91
Şekil 3. 162	Hiperbolik paraboloid sistem incelemesi	91
Şekil 3. 163	Sydney Football Stadium	91
Şekil 3. 164	Tramway Gas Station	92

Şekil 3. 165	Schubert Club Band Shell.....	92
Şekil 3. 166	Museo Soumaya.....	92
Şekil 3. 167	Kablo eğrisi yük dağılımı.....	98
Şekil 3. 168	Dikdörtgen, yuvarlak ve elips planlı kablolu sistemler.....	98
Şekil 3. 169	Kablolu sistemlerde gerilme ve basınç.....	98
Şekil 3. 170	Millennium Dome	99
Şekil 3. 171	Louvre Museum	99
Şekil 3. 172	Bracken House	99
Şekil 3. 173	Georgia Dome	100
Şekil 3. 174	Destek elemanına bağlanan ve mesnetlenen kablo	100
Şekil 3. 175	National Stadium.....	101
Şekil 3. 176	Manchester Stadium	101
Şekil 3. 177	Destek elemanı ile sonlanan kablo	101
Şekil 3. 178	Alamillo Bridge	102
Şekil 3. 179	Üç ve daha fazla kablonun birleştiği ayak	102
Şekil 3. 180	Burgo Paper Mill	102
Şekil 3. 181	Kablolu sistem tipleri.....	103
Şekil 3. 182	Oxford Ice Rink ve Tianjin Exhibition Center	104
Şekil 3. 183	Le Viaduc de Millau	104
Şekil 3. 184	Askı kablo gerilme incelemesi.....	104
Şekil 3. 185	Ankraj detayları	105
Şekil 3. 186	Kablolu sistem bağlantı detayları.....	105
Şekil 3. 187	Kablolu sistem türleri	106
Şekil 3. 188	Gergi kabloda gerilme incelemesi.....	106
Şekil 3. 189	Wolfgang meyer sportanlage stadium.....	107
Şekil 3. 190	HSH Nordbank Arena	107
Şekil 3. 191	Paralel kablo kirişli çatı sistemleri eleman ve çalışma prensibi.....	107
Şekil 3. 192	Tek eğrilikli ve tek tabakalı kablo kirişli çatı sistemleri	108
Şekil 3. 193	Tek eğrilikli ve çift tabakalı kablo kirişli çatı sistemleri	108
Şekil 3. 194	Tek eğrilikli ve çift tabakalı kablo kirişli sistem tipleri.....	108
Şekil 3. 195	Tek eğrilikli ve çift tabakalı kablo kirişli çatı sistem örnekleri	109
Şekil 3. 196	Law Courts	109
Şekil 3. 197	JFK Terminal 1	109
Şekil 3. 198	Madison Square Garden.....	110
Şekil 3. 199	Kiev Olympic Stadium.....	110
Şekil 3. 200	Çift eğrilikli ve çift tabakalı kablolu sistemlerde çalışma prensibi	110
Şekil 3. 201	Utica Auditorium	111
Şekil 3. 202	Sazka Arena.....	111
Şekil 3. 203	Kablolu sistem kubbeler	111
Şekil 3. 204	Florida Suncoast Dome.....	112
Şekil 3. 205	Seoul Olympic Arena	112
Şekil 3. 206	Taoyuan County Stadium	112
Şekil 3. 207	Kablo askılı çatı sistemleri mesnet biçimleri.....	113
Şekil 3. 208	Kablo askılı çatı sistemlerinde yük dağılımı	114
Şekil 3. 209	TWA Maintenance Hangar	114
Şekil 3. 210	Patscentre.....	114

Şekil 3. 211	Renault Sales Headquarters	114
Şekil 3. 212	Moses Mabhida Stadium	115
Şekil 3. 213	The Railway Station ve Huanglong Sports Center	115
Şekil 3. 214	Athens Olympic Stadium	115
Şekil 3. 215	Montreal Olympic Stadium.....	116
Şekil 3. 216	Zhivopisny Bridge	116
Şekil 3. 217	Riga South Bridge	116
Şekil 3. 218	Kablo ağı sistem tipleri	117
Şekil 3. 219	J. S. Dorton Arena.....	117
Şekil 3. 220	Aviary.....	117
Şekil 3. 221	Hamburg Museum Courtyard	117
Şekil 4.1	Madrid Barajas Havalimanı vaziyet planı	125
Şekil 4.2	Madrid Barajas Havalimanı tasarım	125
Şekil 4.3	Madrid Barajas Havalimanı taşıyıcı sistem aşamaları	126
Şekil 4.4	Madrid Barajas Havalimanı taşıyıcı sistem uygulama aşamaları	126
Şekil 4.5	Madrid Barajas Havalimanı sistem kesiti.....	126
Şekil 4.6	Madrid Barajas Havalimanı V kolon detayları	127
Şekil 4.7	Madrid Barajas Havalimanı Y kolon detayları.....	127
Şekil 4.8	Madrid Barajas Havalimanı 3d modelleme	128
Şekil 4.9	Pompidou Center vaziyet planı.....	129
Şekil 4. 10	Pompidou Center montaj aşamasından görünümeler	129
Şekil 4. 11	Pompidou Centre plan	130
Şekil 4. 12	Pompidou Center yapı kesiti.....	130
Şekil 4. 13	Pompidou Center taşıyıcı sistem analizi.....	131
Şekil 4. 14	Pompidou Centre	131
Şekil 4. 15	Pompidou Center detaylar	132
Şekil 4. 16	Pompidou Center taşıyıcı sistem 3d modelleme	133
Şekil 4. 17	Pompidou Centre 3d modelleme.....	133
Şekil 4. 18	HSBC Bank.....	134
Şekil 4. 19	HSBC Bank taşıyıcı sistem elemanları.....	135
Şekil 4. 20	HSBC Bank taşıyıcı sistemin çalışma prensibi ve kat planları	135
Şekil 4. 21	HSBC Bank çok parçalı basınç çubuğu ve cephedeki askılar.....	136
Şekil 4. 22	HSBC Bank atrium ve tesisat katı	136
Şekil 4. 23	HSBC Bank 3d modelleme	137
Şekil 4. 24	HSBC Bank taşıyıcı sistem elemanları3d modelleme.....	137
Şekil 4. 25	Sainsbury Centre	138
Şekil 4. 26	Sainsbury Centre tasarım	138
Şekil 4. 27	Sainsbury Centre uzay kafes çerçeve birimi	139
Şekil 4. 28	Sainsbury Centre taşıyıcı sistem iskeleti.....	140
Şekil 4. 29	Sainsbury Centre detaylar	141
Şekil 4. 30	Sainsbury Centre 3d modelleme.....	141
Şekil 4. 31	Stansted Havalimanı vaziyet planı	142
Şekil 4. 32	Stansted Havalimanı tasarım	142
Şekil 4. 33	Stansted Havalimanı taşıyıcı sistem iskeleti	143
Şekil 4. 34	Stansted Havalimanı taşıyıcı sistem birimi ve birimlerin yerleşimi	143
Şekil 4. 35	Stansted Havalimanı yapı kesiti	144

Şekil 4. 36	Stansted Havalimanı uygulama aşamaları.....	144
Şekil 4. 37	Stansted Havalimanı çatı örtüsü detayı	145
Şekil 4. 38	Stansted Havalimanı 3d modelleme ve detayları	145
Şekil 4. 39	Palacio de Congresos Oviedo.....	146
Şekil 4. 40	Palacio de Congresos Oviedo kat planları ve perspektif	146
Şekil 4. 41	Palacio de Congresos Oviedo V Kolonların yerleşimi.....	147
Şekil 4. 42	Palacio de Congresos Oviedo V Kolon birimleri.....	147
Şekil 4. 43	Palacio de Congresos Oviedo otel katları	147
Şekil 4. 44	Palacio de Congresos Oviedo sergi ve kongre salonunun inşası	148
Şekil 4. 45	Palacio de Congresos Oviedo sergi ve kongre salonu.....	148
Şekil 4. 46	Palacio de Congresos Oviedo mesnet, kubbe, V kolon bağlantı detayları.....	148
Şekil 4. 47	Palacio de Congresos Oviedo kesit 3d modelleme	149
Şekil 4. 48	Palacio de Congresos Oviedo 3dmodelleme	149
Şekil 4. 49	Swiss Re Tower	150
Şekil 4. 50	Swiss Re Tower Tasarım	150
Şekil 4. 51	Swiss Re Tower taşıyıcı sistem iskeleti	151
Şekil 4. 52	Swiss Re Tower cephe taşıyıcı sistemi.....	151
Şekil 4. 53	Swiss Re Tower lamella kubbe.....	151
Şekil 4. 54	Swiss Re Tower spiral havalandırma ve ışık kuyuları	152
Şekil 4. 55	Swiss Re Tower cephe sistemi ve uygulaması	152
Şekil 4. 56	Swiss Re Tower düğüm noktası detayı	152
Şekil 4. 57	Kauffman Center vaziyet planı.....	153
Şekil 4. 58	Kauffman Center plan şeması.....	153
Şekil 4. 59	Kauffman Center taşıyıcı sistem birimleri	154
Şekil 4. 60	Kauffman Center yapı enkesiti.....	154
Şekil 4. 61	Kauffman Center taşıyıcı sistem uygulama aşamaları	155
Şekil 4. 62	Kauffman Center fuaye bölümü kablolu sistem inşaat aşamaları.....	155
Şekil 4. 63	Kauffman Center tekla modelleme	155
Şekil 4. 64	Kauffman Center taşıyıcı sistem 3d modelleme	156
Şekil 5.1	I profil çelik ve Schools of Geography and Engineering	157
Şekil 5.2	Wohnhaus.....	158
Şekil 5.3	O' Hare Airport.....	158
Şekil 5.4	Overpass footbridge ve American Zinc Building.....	158
Şekil 5.5	Olympic Park Rail Station	159
Şekil 5.6	Armoury ve Hopkins House	159
Şekil 5.7	Cité des Sciences et de l'Industrie ve Parking Deck New Exhibition Centre,.....	159
Şekil 5.8	H.J.Spiwak Factory ve Planetarium	160
Şekil 5.9	San Francisco International Airport ve London Olympic Stadium.....	160
Şekil 5. 10	Kolon örneği ve The Sharp Centre	161
Şekil 5. 11	The World Trade Center ve Orient Station.....	161
Şekil 5. 12	San Diego Convention Center	162
Şekil 5. 13	Stansted Airport	162
Şekil 5. 14	Scandinavia Pavilion	162
Şekil 5. 15	Western Concourse.....	163

Şekil 5. 16	Johnson Wax Building, The Gateway Arch ve Sage Gateshead.....	163
Şekil 5. 17	Galerie des Machines, Victoria Building ve Kaufmann Center	164
Şekil 5. 18	Arstabron, L'Umbracle ve Wembley Stadium	164
Şekil 5. 19	Çerçeve sistem örnekleri	165
Şekil 5. 20	Crown Hall IIT	165
Şekil 5. 21	Roseisle Distillery	165
Şekil 5. 22	Patera Building ve Old Trafford	166
Şekil 5. 23	Kantonsschule Baden ve Maritime Centre Vellamo	166
Şekil 5. 24	Fiberline	166
Şekil 5. 25	Crystal Hall Sports Concert Complex.....	166
Şekil 5. 26	Houston Astrodome ve Ontario Place.....	167
Şekil 5. 27	Salvador Dali Museum.....	167
Şekil 5. 28	UAE Pavillion	167
Şekil 5. 29	Pyramid and Volcano	168
Şekil 5. 30	Courtesy of Tomoe Corporation ve Currigan Exhibition Hall	168
Şekil 5. 31	Harpa Concert Hall	168
Şekil 5. 32	Pasco-Kennewick Bridge ve Burgo Paper Mill	169
Şekil 5. 33	Sales Headquarters ve Patscentre	169
Şekil 5. 34	Law Courts ve Wolfgang meyer sportanlage stadium	170
Şekil 5. 35	Millennium Dome, Moses Mabhida Stadium ve National Stadium	170
Şekil Ek A.1	Kablo kesitleri.....	192
Şekil Ek A.2	Tel Grupları	193

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1 Taşıyıcı sistemler analizi	5
Çizelge 2. 2 Dökme demir, dövme demir ve çelik karşılaştırması	7
Çizelge 2. 3 Ülkelerin 2005-2008 yılları arasındaki ham çelik üretim tablosu.....	8
Çizelge 2. 4 Çin’ de uygulanan çelik konstrüksiyon karşılaştırması	9
Çizelge 3. 1 Düzlem kafes giriş tipleri	17
Çizelge 3. 2 Lamar Construction Company Headquarters	22
Çizelge 3. 3 East Winter Garden	23
Çizelge 3. 4 Jinso Pavilion	24
Çizelge 3. 5 Swedbank Stadion	24
Çizelge 3. 6 Parking Deck New Exhibition Centre	25
Çizelge 3. 7 Hamburg Airport.....	26
Çizelge 3. 8 Stuttgart Airport	38
Çizelge 3. 9 Blaak 31 Office Building	39
Çizelge 3. 10 Neue Messe exhibition centre	40
Çizelge 3. 11 Larkspur Ferry Terminal	40
Çizelge 3. 12 Megastructure–Expo Shanghai 2010.....	41
Çizelge 3. 13 Art Science Museum.....	42
Çizelge 3. 14 Ludwig Erhard House.....	53
Çizelge 3. 15 Bodegas Protos.....	54
Çizelge 3. 16 Thames Valley University.....	55
Çizelge 3. 17 Broadgate Exchange House	56
Çizelge 3. 18 Kansai Havalimanı.....	57
Çizelge 3. 19 Suvarnabhumi Airport	58
Çizelge 3. 20 Messe- Leipzig Glass Hall	58
Çizelge 3. 21 Waterloo International Station	59
Çizelge 3. 22 Terminal 5, Heathrow Airport	72
Çizelge 3. 23 Ian Thorpe Aquatic Centre	73
Çizelge 3. 24 IBM Sports Hall	73
Çizelge 3. 25 Mode Gakuen Spiral Tower.....	93
Çizelge 3. 26 Richard E. Linder Atletizm Merkezi	94
Çizelge 3. 27 UAE Pavillion Shanghai Expo 2010	94
Çizelge 3. 28 Macquarie Bank.....	95
Çizelge 3. 29 The National Grand Theatre of China.....	96

Çizelge 3. 30	Library for Faculty of Philology.....	96
Çizelge 3. 31	Olympic Velodrome	97
Çizelge 3. 32	Marquette Plaza	119
Çizelge 3. 33	Exhibit Hall 26 Hanover.....	119
Çizelge 3. 34	Dulles Havalimanı	120
Çizelge 3. 35	La Plata Stadium	121
Çizelge 3. 36	Wembley Stadium	122
Çizelge 3. 37	Münih Olympic Stadium	123
Çizelge 3. 38	Inmos Microprocessor Factory.....	123

GÜNCEL ÇELİK YAPI SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Fatma KILIÇ URFALI

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Zehra Canan GİRĞİN

Geçmişten günümüze kadar olan süreçte barınma ihtiyacını karşılayan mekan tasarımlarında en önemli etken taşıyıcı sistemdir. Endüstri devrimiyle ortaya çıkan dökme demirin yapısal çeliğe dönüşümünün ardından çelik malzeme, taşıyıcı sistem malzemesi olarak uygulamalarda yaygın biçimde yer almıştır. Tasarımın en önemli girdilerinden birini oluşturan taşıyıcı sistem türlerinin teknolojik gelişimi ile günümüz yapı örnekleri inşa edilmeye başlanmıştır. Özgün mimari formlar ve forma en uygun taşıyıcı sistemin yaratıcı seçimi birbirinin tamamlayan iki temel ögedir.

Bu tez kapsamında, yurt dışında kullanım tekniği açısından sayısız uygulama örneği bulunan çelik taşıyıcı sistemler hakkında detaylı bilgi verilmiş, özgün ve estetik tasarım ile oluşturulan çoğunluğu geniş açıklıklı yapı sistemlerinin yapısal nitelikleri ve taşıyıcı sistem kurguları incelenmiştir.

Bu tezin Birinci Bölümünde çalışmanın amaç ve kapsamı belirtilmiştir.

İkinci Bölümde; çelik malzemenin üretimi ve geniş açıklıklı yapıların gelişim süreci incelenmiş ve bu yapıların fonksiyonları ile kent içerisindeki konumları değerlendirilmiştir.

Üçüncü Bölümde; geniş açıklıklı yapıların taşıyıcı sistem elemanları ve türleri altı başlıkta ele alınmış, ayrıca dünyadaki bazı özel ve estetik uygulamalar incelenmiştir.

Çalışmanın Dördüncü Bölümünde; farklı ülkelerde uygulanmış sekiz özel yapının sistem kurgusu, konsept aşamasından inşaat aşamasına varan süreçte ayrıntılı olarak, üç boyutlu modellemeler yapılarak incelenmiştir.

Beşinci Bölümde; taşıyıcı sistem türlerinin 1930' lu yıllardan günümüze gelişim süreci örnek yapı karşılaştırmaları ile incelenmiştir.

Altıncı Bölüm; çalışmada incelenen konulardan varılan sonuçları içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Çelik taşıyıcı sistemler, sistem kurgusu, geniş açıklıklı sistemler.

ANALYSIS OF CONTEMPORARY STEEL STRUCTURES

Fatma KILIÇ URFALI

Department of Architecture

MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Zehra Canan GİRGIN

From past to the present, the most important factor for the space design is the structural systems. Cast iron transformed to today's structural steel as a result of industrial revolution. Structural steel is used as a structural material in the applications intensively. The development of technology together with the types of structural system are the most important inputs of design to build contemporary buildings. Original architectural forms and the most suitable structural system choice for the form are two basic components satisfying to each other.

This thesis aims to investigate the types of steel structural systems, and then, to look over some original, aesthetic structural designs and their technologies from international mostly wide span applications about architectural form and structural efficiency.

The First Chapter presents the purpose and scope of this study.

Information about steel material production; development of wide span buildings and buildings function regarding the location in the city are presented in the Second Chapter.

In the Third Chapter, information about the structural system elements of wide span buildings are given, structural types are classified in six sections and some special aesthetic building applications in the world are examined.

The Fourth Chapter includes information and 3d computer drawings about eight special buildings built in different countries to enhance the comprehension, from design to construction.

Fifth Chapter evaluates the structural system development since 1930.

In the Sixth Chapter, results of this thesis are discussed and suggestions are proposed.

Keyword: Steel structural systems, system analysis, wide span buildings.

1.1 Literatür Özeti

Çelik, yüksek fırınlarda sürekli denetim altında, belirli ısı koşullarında haddelenerek istenilen şekil (doğrusal, eğrisel, standartlarda tanımlanan) ve ölçülerde üretilir. Tercih edilen taşıyıcı sistem türünün tasarım esasları doğrultusunda her türlü özel tasarımlarda uygulanabilir niteliktedir. Çelik taşıyıcı sistemin ön üretime elverişli olması, form özgürlüğü sağlaması bu malzeme için önemli avantaj sağlamaktadır. Üretim ve kullanımlarının A.B.D ve Avrupa ülkelerinde yaygın olduğu çelik taşıyıcı sistemler, gelişen teknoloji ve özgün tasarımlar ile uygulanmaya devam etmektedir. Konuyla ilgili yararlanılan çalışmalar;

- Macdonald, A.J., (2001), “Structure and Architecture” kitabında çelik malzemenin özellikleri ve çelik taşıyıcı sistemin yapısal nitelikleri örneklerle incelenmiştir.
- Charleson, A.W., (2005), “Structure as Architecture” kitabı taşıyıcı sistem sınıfları ve bu sınıflar için uygulanmış örnekleri teknik ve mimari açıdan ele almıştır.
- Schierle, G.G., (2006), “Architectural Structures” kitabı taşıyıcı sistem türlerinin statik analizleri hakkında bilgiler vermektedir.
- Allen, E. ve Iano, J., (2012), “Rules of Thumb For Preliminary Design” kitabında çelik taşıyıcı sistemler ile ilgili teknik bilgiler, sistem grafikleri ve analizler yer almaktadır.
- Allen, E., Zalewski, W., (2010), “Form and Forces” kitabı çelik taşıyıcı sistemlerde biçim ve uygulama kavramları ile taşıyıcı sistem analizlerini incelemelerini içermektedir.

- Sungur, İ. İ., (2005), “Taşıyıcı Sistemler ve Yapı Statiği” kitabında taşıyıcı sistemlerle ilgili derleme yapılmıştır.
- Türkçü, H.Ç., (2003), “Çağdaş Taşıyıcı Sistemler” kitabı taşıyıcı sistem kavramı ve sınıflamaları, taşıyıcı sistem ilke ve uygulamaları ile ilgili bilgiler içermektedir.
- Kurrer, K.E., (2008), “The History of The Theory of Structures From Arch Analysis to Computational Mechanics” kitabında taşıyıcı sistem tasarımı, malzemelere göre taşıyıcı sistem türleri incelenmiş ve yapısal performansları değerlendirilmiştir.
- MacGinley, T.J., (1998), “Steel Structures Practical Design Studies” kitabında taşıyıcı sistem türleri özetlenmiş, statik analizleri yapılmıştır.
- Ramaswamy, G.S., Eekhout, M. ve Suresh, G.R., (2002), “Analysis, Design and Construction of Steel Space Frames” kitabı uzay kafes sistemlerin tasarım ve çalışma prensipleri, uygulanmış çelik taşıyıcı sistem örnekleri ve teknik özellikleri hakkında bilgiler içermektedir.
- Santoso, K., (2003), “Wide-Span Cable Structures” kitabında kablolu taşıyıcı sistem türlerinin çalışma prensipleri hakkında bilgiler verilmektedir.

1.2 Tezin Amacı

Teknoloji; zamandan tasarruf, yaşam kalitesini arttırma ve hayatı kolaylaştırma gibi özellikleri ile her alanda gelişmektedir ve en küçük teknolojik birimler olan ev aletlerinden başlayarak karmaşık sayılabilecek yapı sistemlerine kadar hayatımızın her noktasında yer almaktadır. Dolayısıyla önemli olan mevcut sistemler arasında ihtiyaç için en uygun olan teknolojiyi belirleme ve tercih etmektir.

Yaşam standartlarını iyileştirmek, daha konforlu ve rahat olanaklar sunabilmek adına yapılanlar ve mimarlık kavramının ortak paydasını teknolojik gelişmeler oluşturmaktadır. Ortaya çıkan bu etkileşimle, standartlaşmış kalıplardan öteye geçerek, fonksiyonel, özgün ve estetik nitelikli yapı tasarımları elde etmek mümkündür. Tasarımların, çağın teknolojisinin imkanları dahilinde gerçekleştirilmesi, tasarım ve teknolojinin birbirine olan bağlılığını ortaya koymaktadır.

Çalışmanın ana teması, teknolojik gelişmeler dahilinde, kullanılmış ve kullanılmakta olan taşıyıcı sistem bilgilerini çelik yapılar bazında genel özellikleri ile irdelemek, çağımızın popüler malzemesi çelik ile tasarlanan yapı sistemlerini incelemektir. Kaydedilen teknolojik gelişmelerle farklılaşan taşıyıcı sistem kurguları ve inşa edilmiş yapılarla mimarlık ve tasarım kavramlarının uygulanabilirliğini sorgulamak amaçlanmıştır.

1.3 Bulgular

Bu çalışma, çelik malzemenin kullanıldığı taşıyıcı sistem türleri hakkında genel bilgileri, sistem tasarımı ile ilgili teknik verileri, bu sistemlerin kullanıldığı geniş açıklıklı farklı yapı türlerini ve gerçekleştirilen 3 boyutlu modellemeler üzerinden güncel çelik yapı örneklerinin sistem analizlerini kapsamaktadır. Çalışma genelinde öncelikle taşıyıcı sistemlerin yapısal davranışları ve uygulanabilirlikleri irdelenmiştir. Ardından, en az bir boyutu (açıklık, yükseklik vb.) bilinen yapılar, autocad ortamında oranlanmak suretiyle eleman boyutları elde edilmiş ve böylece yapısal davranışları yorumlanmıştır. Geçmişten gelen taşıyıcı sistem türlerinin günümüzde çok farklı ve estetik uygulamaları mevcuttur.

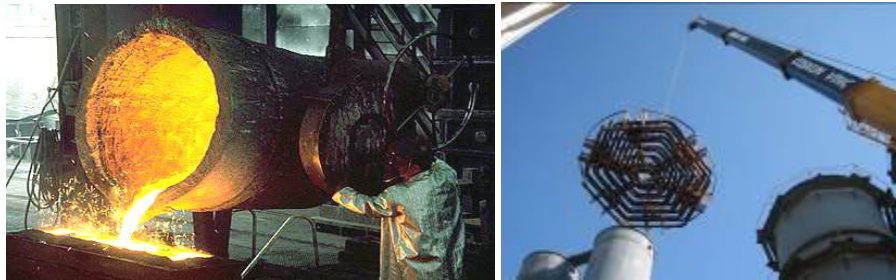
BÖLÜM 2

ÇELİK YAPI SİSTEMLERİ

Çelik yapı sistemleri, büyük açıklık geçme ve şeffaf mekanlar elde etme arzusuna çözüm bulmasının yanı sıra tasarımcı açısından yaratıcılığa açık olması, değişiklik ve yenileme durumlarında kolaylık sağlaması, geri kazanılabilir bir malzeme olması, hafif ama sünek yapı tasarım imkanı, inşaat süresinin alışılmış yöntemlere (örneğin yerinde döküm betonarme) kıyasla daha kısa olması ve dolaylı maliyet ekonomisi bakımından tercih sebebidir [1,2].

2.1 Malzeme Olarak Çelik

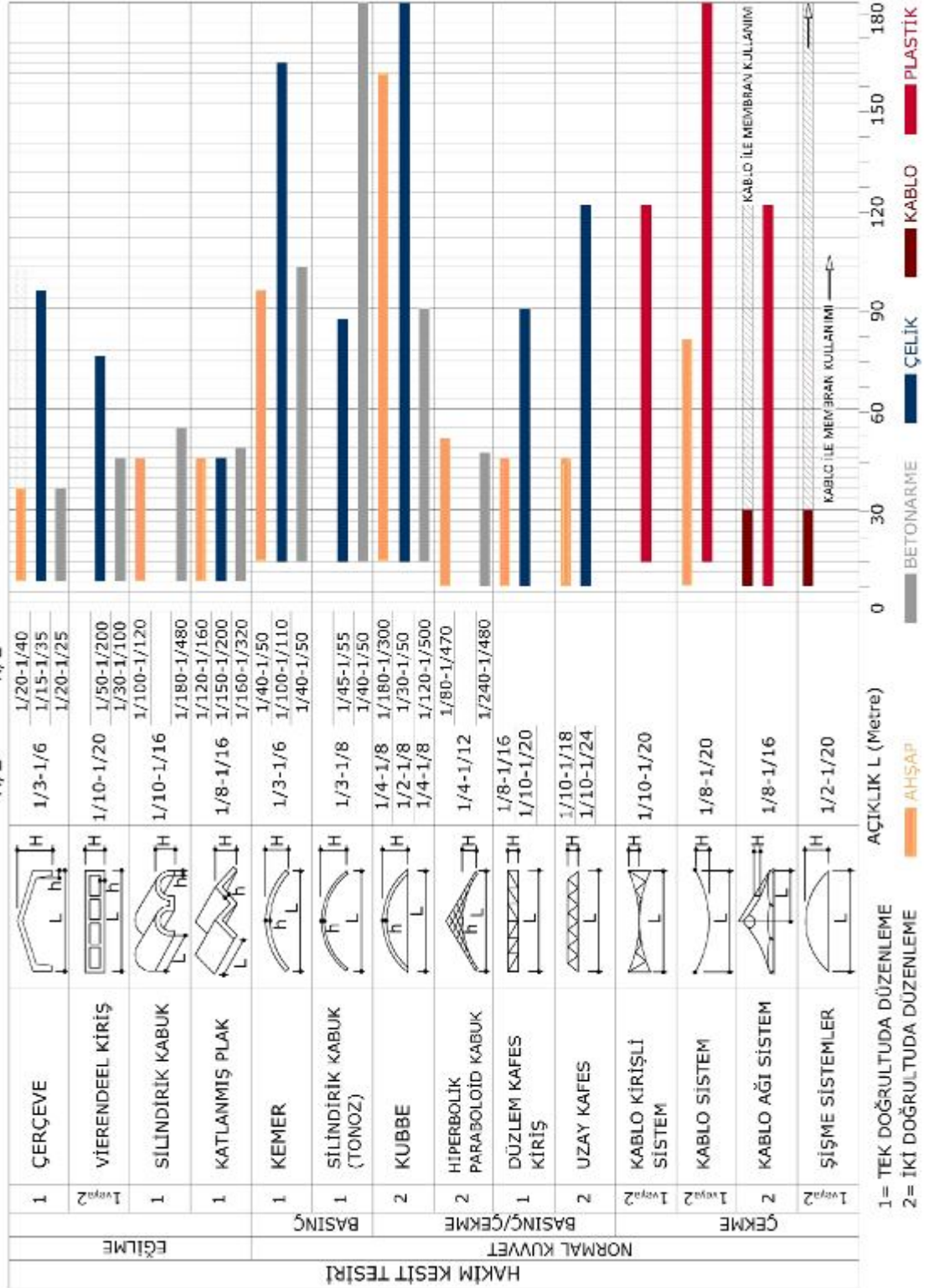
Taşıyıcı sistem kurgusu içerisinde malzeme, tasarımı belirleyici unsurlardan birisidir. Çelik, malzeme açısından, ahşap ve betonarmeden farklı olarak homojen ve izotropik bir yapıya sahiptir ve elastisite modülü (210 GPa), ahşaptan ortalama 20 (10 GPa), normal dayanımlı betondan ortalama 10 kat (20- 30 GPa) daha büyüktür [3]. Yapısal çelik, istenilen biçim ve boyutlarda üretilebilir. Malzemenin ön üretimli olması ve milimetrik ölçülerde üretim gerçekleştirilmesi ise montaj ve uygulamada kesin sonuçlar sağlamaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Üretimden montaj aşamasına çelik [4], [5]

Çelik ve diğer malzemelerin sistem bazında geçilen açıklıklar ve boyutları, [6]'dan sadeleştirilip yeniden çizilen Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

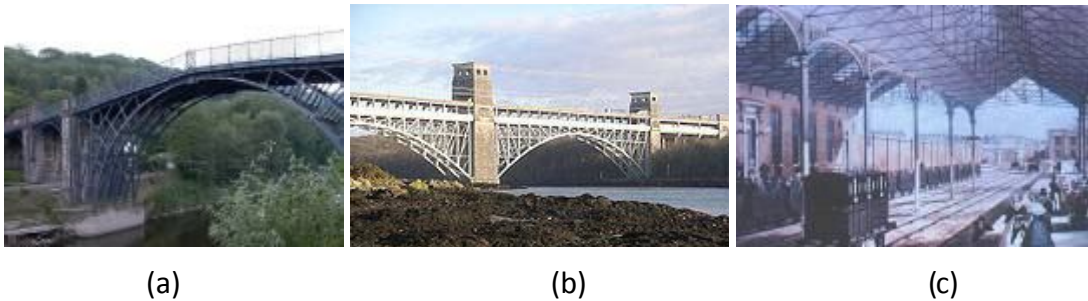
Çizelge 2.1 Taşıyıcı sistemler analizi [6]



2.2 Çelik Yapıların Tarihçesi

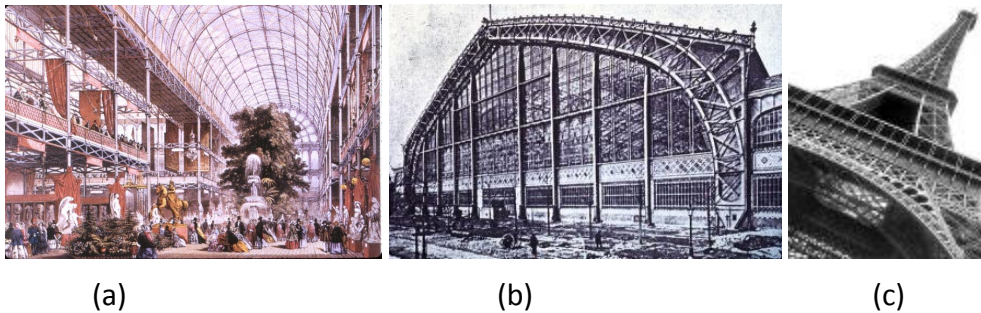
Çeliğin tarihsel süreci incelendiğinde M.Ö. 6.yy'dan sonra demir olarak mimarlık ortamında kullanım alanının mevcut olduğu görülmektedir. Çeliğin günümüzdeki yapısına ulaşıncaya kadar 3 farklı çağda biçimlendiğini söylemek mümkündür [7,8].

1- Dökme Demir Çağı: Eritilip kalıplara dökülerek şekil verilen ve kolonlarda 1900 'lere kadar üretimi devam eden dökme demir ham demirin işlenmesi ile birlikte yapı malzemesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Dökme demir, 18.yy'da ilk olarak köprü yapımında kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 2.2). Gevrek niteliği nedeni ile genellikle kolonlarda kullanılmıştır (Çizelge 2.2).



Şekil 2.2 Dökme demir yapı örnekleri (a) Coalbrookdale Köprüsü, İngiltere (1778), (b) Britannia Köprüsü, İngiltere (1846), Euston Station, İngiltere (1837) [3], [9]

2- Dövme Demir Çağı: Ham demirin tam eritilmeden dövülerek/haddelenerek şekil verilmesi ile elde edilen yapısal ürünün 1850–1900 yılları arasında kullanıldığı dönemdir (Şekil 2.3). Sünek özelliği nedeni ile kirişlerde de kullanılmıştır.

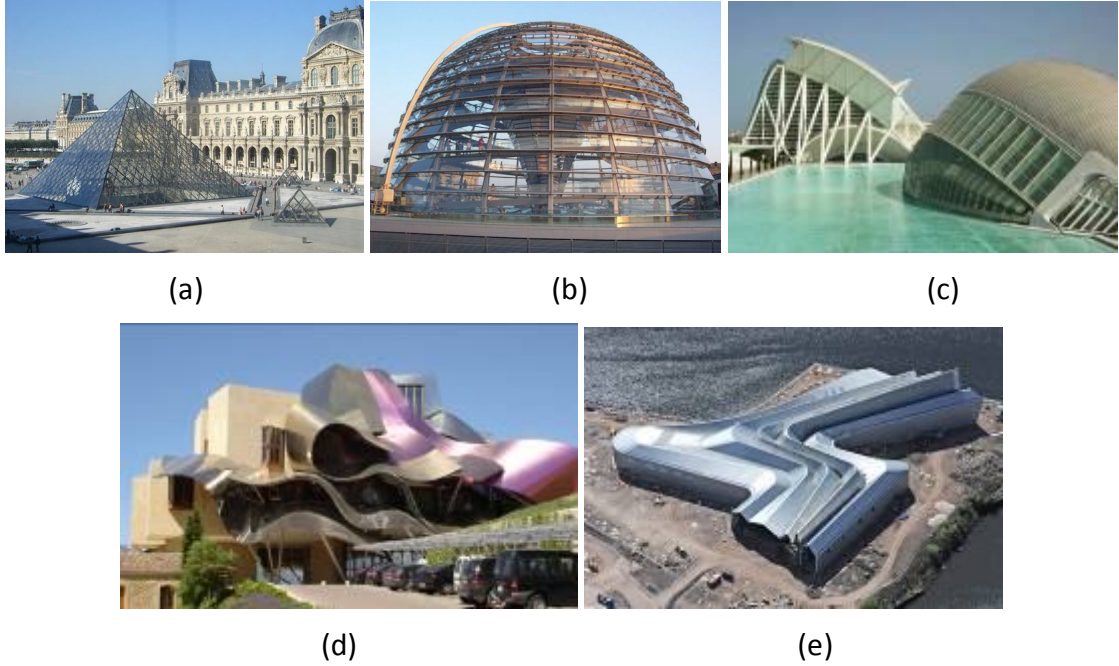


Şekil 2.3 Dövme demir yapı örnekleri, (a) Crystal Palace, İngiltere (1850), (b) Galerie des Machines, Fransa (1889), (c) Eiffel Tower, Fransa (1889) [3], [10], [11]

3- Çelik Çağı: 1880'lerden başlayarak günümüze dek uzanan süreçte kullanılan, doğada bulunan demir cevherinin (veya hurda çeliğin) eriyik haline getirilip saf demirin elde

edilmesinin ardından haddelenerek istenilen biçim ve ölçülerde üretilmesiyle oluşturulan demir-karbon alaşımı olarak isimlendirilen, kaynaklanabilir özellikteki yapısal çeliğin kullanıldığı dönemdir.

Çelik, Richard Rogers, Renzo Piano, Norman Foster, Zaha Hadid, Frank O. Gehry gibi mimarların tasarımları ile çağımızın en popüler yapı malzemelerinden biri haline gelmiştir ve her geçen gün şaşırtıcı ve farklı tasarımlar geliştirilmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Çelik yapı örnekleri (a) Louvre Museum, France (1993); (b) Reichstag Building, Germany (1999); (c) City of Arts and Science, Spain (1998); (d) Hotel Marques de Riscal, Spain (2006) (e) Riverside Museum, Scotland (2011) [11], [12], [13]

Çizelge 2.2 Dökme demir, dövme demir ve çelik karşılaştırması [8]

Malzeme	Karbon oranı (%)	Dayanım	
		Basınç (MPa)	Çekme (MPa)
Dökme Demir	2.25-4.0	400-1000	100-150
Dövme Demir	0.02-0.05	250-400	250-400
Çelik	0.2-1.0	350-700	350-700

2.3 Çelik Yapı Sistemleri ve Gelişim Süreci

Çelik, malzeme olarak, çelik yapı sistemleri bazında incelediğinde genellikle geniş açıklıklı yapı tasarımında uygulandığını söylemek mümkündür. Geniş açıklıklı yapı, ara

taşıyıcıya ihtiyaç duyulmadan kesintisiz mekanların oluşturulduğu ve daha fazla net kullanımın sağlandığı alanlardır. Tarihsel süreç içerisinde gittikçe daha ekonomik biçimde daha büyük açıklık geçme arzusunun çelik yapı sistemlerinin gelişimini başlattığı ve bilimsel araştırmaların yardımı ile taşıyıcı sistem türlerine çeşitlilik kattığını söylemek mümkündür.

2005–2008 yılları arasında dünyada ham çelik üretimi ile birinci sırada olan Çin (Çizelge 2.3), geniş açıklıklı yapılar ve taşıyıcı sistemlerin gelişimi açısından değerlendirilecek olursa; çelik yapı tasarımlarında tek tabakalı ve kubbe biçimli uzay kafes sistemlerin en fazla tercih edilen sistem türü olduğu ve gelişimin ikinci olarak kafes gövdeli çerçeve ve/veya kafes gövdeli kemerler yönünde ilerlediğini söylemek mümkündür (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.3 Ülkelerin 2005-2008 yılları arasındaki ham çelik üretim tablosu [14]

Sıralama	Ülke Adı	2005	2006	2007	2008
1	Çin	353,8	419,1	489,2	500,3
2	Japonya	112,4	116,2	120,2	118,7
3	ABD	94,8	98,5	98,1	91,3
4	Rusya	66,1	70,8	72,3	68,5
5	Hindistan	45,7	49,5	53,1	55,2
6	G. Kore	47,8	48,4	51,5	53,6
7	Almanya	44,5	47,2	48,5	45,8
8	Ukrayna	38,6	40,8	42,8	37,2
9	Brezilya	31,6	30,9	33,8	33,7
10	İtalya	29,3	31,6	31,5	30,5
11	Türkiye	20,9	23,3	25,7	26,8
12	Tayvan	18,9	20,0	20,9	19,8
13	Fransa	19,4	19,8	19,2	17,8
14	İspanya	17,8	18,3	18,9	18,6
15	Meksika	16,1	16,4	17,5	17,2
	Diğerleri	186,1	195,5	201,5	191,5
	Toplam	1.144,6	1.247,1	1.346,1	1.329,0

Çizelge 2.4 Çin’de uygulanan çelik konstrüksiyon karşılaştırması [15]

Uzay kafes sistemler	1278 yapı uygulandı (2001)
Kafes gövdeli sistemler	253 yapı uygulandı (2001)
Düzlem kafes kiriş	20 yapıda uygulandı (2001)
Kablolu sistemler	7 yapı uygulandı (1991)
Membran sistemler	40 yapı uygulandı (2001)

2.4 Geniş Açıklıklı Yapılarda Fonksiyon

Çelik kullanılarak uygulanan geniş açıklıklı yapılar, ilk zamanlarda sanayi tipi hangar vb yapılar olarak oluşturulmuştur. Teknoloji ile birlikte değişen ve gelişen sistemler, toplumun beklentilerinin değişmesi, mimarların tasarım ve uygulama bakımından farklı arayışlar içerisine girmesi geniş yapı yelpazesini çeşitlendirmiştir. Bu bağlamda ortaya çıkan geniş açıklıklı yapılardaki fonksiyonlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Fabrika, hangar gibi sanayi tipi yapılarında,
- Konser, tiyatro, fuar, sergi, müze gibi kültürel nitelikli yapılarda
- Havaalanı, metro, terminal gibi ulaşım yapılarında,
- Spor salonu, stadyum gibi spor yapılarında,
- Okul, fakülte gibi eğitim yapılarında uygulanmıştır.

Sanayi tipi yapılar, estetik kaygısından uzak sadece işlevin karşılanmak istendiği yapı tipi olarak uygulanmaktadır. Kültürel nitelikli yapılar, hem işlev hem de hem de ziyaretçilerin ilgisini çekecek biçimde estetik kaygılar ile tasarlanmaktadır. Havaalanı, spor ve eğitim yapıları ise genellikle işlevin ön planda olduğu ve ortamda bulunan kalabalığın aynı anda hareket etmesinin istendiği biçimde tasarlanmaktadır ve ikinci aşamada estetik kaygısının olduğu yapı türleridir.

2.5 Geniş Açıklıklı Yapılar ve Kent

Geniş açıklıklı yapı tasarımlarında yapının uygulanacağı kentsel konumun önemi büyüktür. Genellikle ulaşım, eğitim, spor gibi büyük kitlelere hizmet vermek amacı ile tasarlanan yapıların kentin nüfus ve sosyolojik alt yapısı düşünülerek sirkülasyon ve trafik sorununun göz önünde bulundurularak tasarlanması gerekmektedir. Bu tür yapılar bulundukları kentin gelişmişlik düzeyini, sosyal değerlerini ve ekonomik gücünü simgeleyen görsel ifadesidir (Şekil 2.5), bu nedenle konumlandıkları bölgeler ve uygulanan tasarımlar önemlidir.



Şekil 2.5 Simge niteliği taşıyan geniş açıklıklı yapı örnekleri (a) La grande arche, France (1989), (b) Genova aquarium, Italy (1992) [16], (c) Art Science Museum, Singapur (2011), (d) Wembley Stadium, England (2007) [11], (e) Pompidou Center, France (1977), (f) City Hall, England (2002) [17], (g) Millennium Dome, England (2000) [19]

TAŞIYICI SİSTEM VE MİMARLIK

Yapı, fiziksel konum, çevresel etmenler, düşünce gücü vb. etmenler ile tasarım sürecinin sonunda ortaya çıkan ürün olarak tanımlanabilir. Taşıyıcı sistem, tasarlanan herhangi bir yapının ayakta durmasını sağlayan, belirli açıklıkları geçme işlevini yerine getiren, kimi zaman tasarımda yapıyı biçimlendirici nitelikleri olan ve yapıya etkiyen yükleri aktaran taşıyıcı elemanların bir araya gelmesiyle oluşan bütündür. Taşıyıcı sistem elemanları, kendi ağırlığından oluşan yüklerle birlikte, yapıya çeşitli sebeplerle ya da farklı biçimlerde etki eden yükleri güvenlik sınırları içerisinde zemine aktarma görevini yerine getirmektedir.

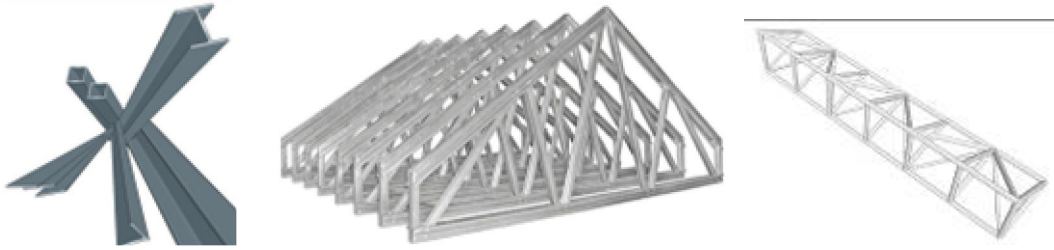
Günümüz taşıyıcı sistem malzemelerinden yapısal çelik, doğada bulunan demir cevherinin (veya hurda çeliğin) eriyik haline getirilip saf demirin elde edilmesinin ardından haddelenerek istenilen biçim ve ölçülerde üretilmesiyle oluşturulan demir-karbon alaşımıdır. Yüksek mukavemete sahip çelik malzeme ile oluşturulan taşıyıcı sistem elemanları ve taşıyıcı sistem türleri şu şekildedir:

- Kirişler
- Kolonlar
- Kemer sistemler
- Çerçeve sistemler
- Stabilitate elemanları
- Uzak kafes sistemler

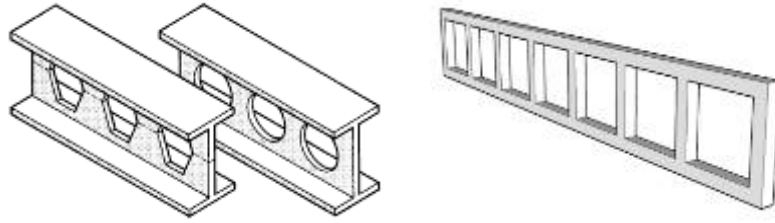
- Kablolu sistemler

3.1 Kirişler

Kiriş, taşıyıcı boyutu yanında diğer boyutları ihmal edilebilen ve eksenleri ile idealize edilen çubuk taşıyıcılardır. Kirişlerin taşıyıcı sistem içinde iki temel görevinden söz edilebilir. Bunlardan birincisi; döşemeden aktarılan sabit (ölü), hareketli yükler ve varsa üzerindeki duvar yüklerini (*düşey yükler*), mesnetlendikleri kolon ya da perdelerle aktarmaktır. İkincisi ise; özellikle deprem ve rüzgar yüklerini (*yatay yükler*), döşemelerle birlikte düşey taşıyıcı elemanlara (*kolon ve perde*) aktarmaktır.



Şekil 3.1 Dolu gövdeli kiriş, düzlem kafes kiriş ve uzay kafes kiriş [20], [21]



Şekil 3.2 Petek kiriş ve Vierendeel kirişi [1]

Eksenine dik doğrultudaki kuvvetler etkidiğinde, dolu gövdeli kirişlerde eğilme momenti ve kesme kuvveti meydana gelir ve normal kuvvet düzeyi genellikle çok düşük olduğu için ihmal edilir. Kafes kirişlerde ise; dış yükler, aşıklar vasıtasıyla uygulanmak koşulu ile, eğilme momenti ve kesme kuvveti oluşmaz sadece normal kuvvet söz konusudur [22]. Çelik kirişler (Şekil 3.1 ve 3.2),

- Dolu gövdeli kiriş
- Gövdesi boşluklu (petek) kiriş
- Vierendeel kirişi
- Düzlem ve uzay kafes kiriş

biçimlerinde üretilmektedir.

3.1.1 Dolu Gövdeli Kirişler

Özel bir yükleme durumu söz konusu değilse, I profil tipindeki dolu gövdeli çelik kirişlerin (Şekil 3.3) kesit boyutları, genellikle eğilme momenti ve sehim tahkikine göre belirlenir, kayma gerilmeleri düşüktür. Eğilme momentinden dolayı normal gerilmelerin kiriş yüksekliğince lineer dağıldığı kabul edilir. Açıklık momenti ve/veya mesnet momenti için profile kaynak ve bulon ile ek levha veya guse uygulaması yapılır (Şekil 3.4).

Yapılarda, ~15 m'den büyük açıklıklarda ve kesit yüksekliğinin 1.5 m'den fazla olduğu durumlarda dolu gövdeli kirişler, kendi ağırlığı ve yapı toplam yükünde oluşturdukları ağırlıktan ötürü ekonomik değildir; yine de dolu gövdeli kirişler ile 25–30 m açıklık geçmek mümkündür. h/L oranı; basit mesnetli kirişler için $1/13$ - $1/16$, sürekli kirişler için $1/16$ – $1/24$ düzeyindedir [23, 24].



Şekil 3.3 Dolu gövdeli kirişler [25], [26], [27]

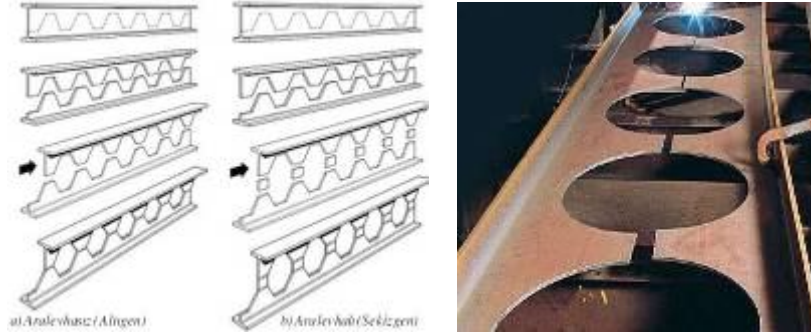


Şekil 3.4 Roseisle Distillery, İskoçya (2010) [28]

3.1.2 Gövdesi Boşluklu (Petek) Kirişler

I profilin gövdesi boyunca belirlenen şekil hizasında kesilip parçaların üst üste kaydırılarak birleştirilmesiyle ya da doğrudan boşluk açılarak üretilmesiyle elde edilen petek kesitler (Şekil 3.5), genellikle düzgün yayılı yüklerin hakim olduğu sistemlerde

kullanılır [30,31]. Yapıda, mesnet bölgeleri veya tekil yüklerin etkidiği durumda kesit gövdesinde oluşacak büyük kayma gerilmeleri nedeni ile gövde kapatılır (Şekil 3.6). Gövdesi boşluklu kirişler ile 9-20 m arasında açıklık geçilmektedir.



Şekil 3.5 Gövdesi boşluklu kirişler ve kiriş kesim işlemi [29]

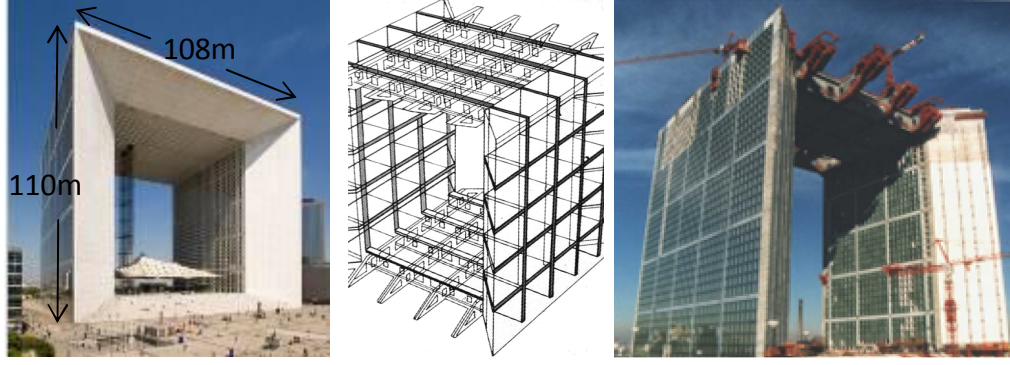
Gövdesi boşluklu kirişlerin başlıca kullanım amaçları;

- Dolu gövdeli kirişlere oranla daha hafif olması,
- Artan kesit yüksekliği nedeni ile artan eğilme dayanımı sonucunda daha geniş açıklıkları geçebilme özelliği,
- Maliyeti arttıran takviye işlemlerine gerek kalmadan hafif ve orta büyüklükteki tekil yükleri taşıyabilmesi,
- Gövdesindeki boşluklardan elektrik, mekanik ve su püskürtme tesisatları geçirilebildiğinden kat yüksekliklerinin arttırılmasına gerek kalmaması,
- Taşıyıcı elemanların seri üretimiyle yapının imalat süresinin kısaltılması,
- Temele gelen yapı toplam yükünün azaltılması ve geniş açıklıkların daha az malzeme ile geçilebilmesi,
- Açıkta bırakıldıklarında, mimari tasarım öğesi olarak kullanılabilmesi

şeklinde özetlenebilir.



Şekil 3.6 Gövdesi boşluklu kiriş ve kiriş-mesnet detayları [29], [32], [33]



Şekil 3.7 La grande arche, Fransa (1989) [17]

3.1.3 Vierendeel Kirişleri

Vierendeel kirişi, aynı düzlem içerisinde yer alan alt ve üst başlıklar ile aralarında diğmelerin bulunduğu, diyagonal elemanların kullanılmadığı, rijit düğüm noktalarına sahip taşıyıcı sistem elemanıdır (Şekil 3.8). Normal kuvvetin yanında eğilme momenti ve kesme kuvveti de mevcuttur. Bu nedenle kafes kirişlere kıyasla daha ağır bir sistemdir, $h/L=1/24$ ile sınırlıdır [34].



Şekil 3.8 Vierendeel kiriş örnekleri [35], [36], [37]

Dikdörtgen ya da kare formda uygulanan kafes biçimli Vierendeel kirişleri, yapı tasarımında rijitliğin gerektiği ancak görsel açıdan diyagonal elemanların istenmediği durumlarda kullanılmaktadır (Şekil 3.8 ve 3.9).



Şekil 3.9 Olympic Park Rail Station, Sydney, Avustralya (2000) [38]

3.1.4 Kafes Kirişler

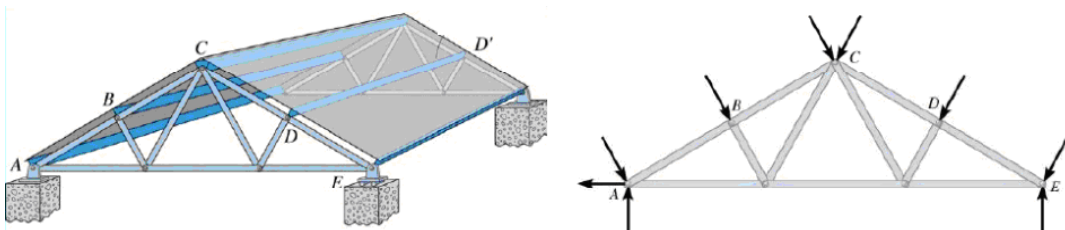
Kafes kirişler, düzlem kafes kiriş ve uzay kafes kiriş olarak iki farklı biçimde uygulanabilen, basınç ve aksenal çekme kuvvetleri altındaki doğrusal çubuk elemanların bir sistem çerçevesinde oluşturdukları taşıyıcı sistemlerdir. Dış yükler, aşıklar vasıtası ile uygulanır, böylece kafes kirişte sadece normal kuvvet söz konusu olacağı için kesitten maksimum düzeyde faydalanılır, malzeme ve ağırlık ekonomisi sağlanır.

Hafifliğine karşılık rijitliği yanında, havalandırma-tesisat vb. için uygun boşlukları nedeniyle tercih edilen kafes kirişler, yaygın olarak basit mesnetli olarak uygulanır. Bu durumda alt başlık çubuklarında çekme, üstte basınç gerilmeleri söz konusudur. Kafes kirişler genellikle kısa kenara paralel düzenlenir [39].

3.1.4.1 Düzlem Kafes Kirişler

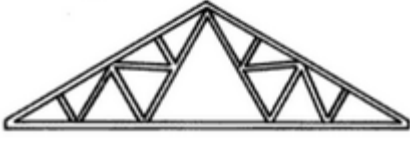
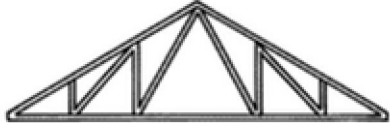
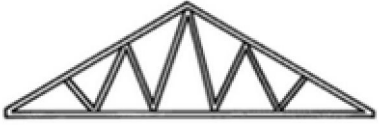
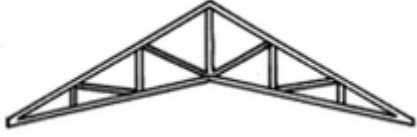
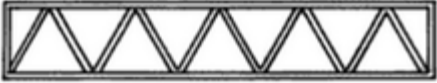
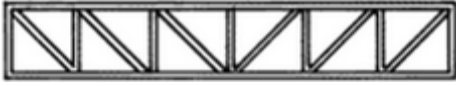
Düzlem kafes kirişler, aynı düzlem (*kafes düzlemi*) içerisinde yer alan, üst ve alt başlık çubukları ile bunların arasında düzenlenen dikmeler ve diyagonal çubuklardan oluşur (Şekil 3.10). Geniş açıklıklarda kullanılacak düzlem kafeslerin kesit yüksekliği fazla olacağından mekan yüksekliğine ihtiyaç vardır, basık mekanlarda kullanılamaz.

Düzlem kafes kiriş kullanılarak 90 m'ye kadar açıklık geçmek mümkündür [40]. Geniş açıklıklı sanayi tipi yapıların çatı sistemlerinde genellikle üçgen kesitli; köprülerde ise dikdörtgen kesitli düzlem kafes kirişler kullanılmaktadır.



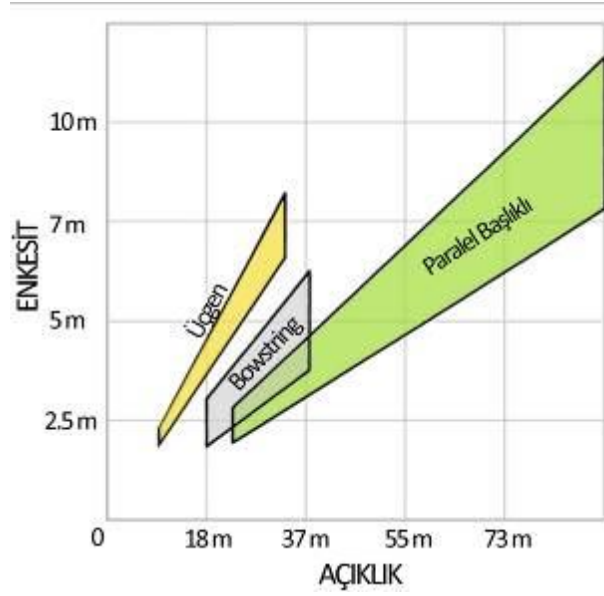
Şekil 3.10 Düzlem kafes kiriş çatı örneği [41]

Çizelge 3.1 Düzlem kafes kiriş tipleri [40, 42]

Üçgen Tipi Düzlem Kafes Kiriş	
 Fink tipi kafes kiriş $h/L=1/6$	 Pratt tipi kafes kiriş $h/L=1/6$
 Belçika tipi kafes kiriş $h/L=1/6$	 Açılı alt başlıklı kafes kiriş $h/L=1/6$
Bowstring Düzlem Kafes Kiriş	
 Parabolik kafes kiriş $h/L=1/6$	 Üst ve alt başlığı paralel parabolik kafes kiriş $h/L=1/6$
Paralel Başlıklı Düzlem Kafes Kiriş	
 Warren tipi paralel başlıklı kiriş $h/L=1/10$	 Howe tipi paralel başlıklı kiriş $h/L=1/10$
 Pratt tipi paralel başlıklı kiriş $h/L=1/10$	

Düzlem kafes kiriş tipleri geçebildikleri açıklıklara göre karşılaştırıldığında (Çizelge 3.1) üçgen ve bowstring tipi düzlem kafes kirişlerin benzer açıklıkları geçebildiği, paralel

başlıklı kirişlerin ise diğer iki kiriş tipine oranla daha büyük açıklıkları geçebildiği görülmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Düzlem kafes kiriş tipleri açıklık- enkesit karşılaştırması [40]

Düzlem kafes kirişlerin, genellikle ince et kalınlıklı levha veya boru profil tipi olan başlıklarına kayma kamaları kaynatılamadığı için döşeme sistemi ile kullanımları sınırlıdır (Şekil 3.12–3.15).



Şekil 3.12 Cité des Sciences et de l'Industrie, Paris, Fransa (1986) [2], [32]



Şekil 3.13 Mont-Cenis Academy, Almanya (1999) ve Gymnasium 46°09'N-16°50'E, Zagreb, Hırvatistan (2007) [2], [43]



Şekil 3.14 BRIT School, Londra, İngiltere (1990) ve Zürich International Airport, İsviçre (2008) [3], [44]



Şekil 3.15 Komatsu Dome, Ishikawa, Japonya (2009) [17]

3.1.4.2 Uzay Kafes Kirişler

Uzay kafes kirişler, boru kesitli çubukların düğüm noktalarına gazaltı kaynak tekniği ile kaynaklanarak oluşturulduğu kirişlerdir (Şekil 3.16). Düzlem kafes kirişlerde olduğu gibi üst ve alt başlık, başlıklar arasındaki dikme ve diyagonal elemanlardan oluşan üçgen enkesitli (Şekil 3.17) ve üç boyutta düzenlenen modüler taşıyıcı sistemdir. Bu çalışma kapsamında çizilen uzay kafes kiriş modeli Şekil 3.16’da gösterilmiştir.



Şekil 3.16 Uzay kafes kiriş modeli ve düğüm noktası gazaltı kaynak tekniği [45]

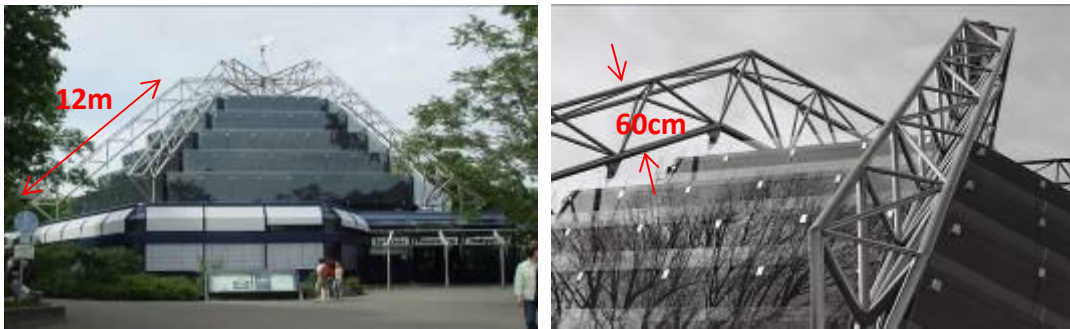
Kafes yüksekliğinin açıklığa oranı $h/L = 1/20-1/30$ 'dur ve 12–75 m arasında açıklık geçilebilmektedir [46]. Uzak kafes sistemin düzenlendiği doğrultuya dik gelecek yüklere karşı o doğrultuda stabilite çaprazları ile bağlanması gerekir [47].



Şekil 3.17 Uzak kafes giriş örnekleri [48]

Fuar, sergi salonları, ulaşım ve sanayi yapıları, spor kompleksleri vb. yapılarda uygulanan uzak kafes giriş kullanımının sağladığı avantajlar şunlardır (Şekil 3.18–3.21) [49]:

- İmalat ve montaj yönünden az sayıda farklı elemanı olması,
- Sistemin yapısal olarak rijit ve hafif olması,
- 75 m gibi büyük açıklıkların geçilebilmesi,
- Uzak kafes giriş içinden klima, havalandırma kanalları, tesisat ve elektrik borularının her yönde rahatlıkla geçirilebilmesi,
- Mekan içerisinde doğal aydınlatmanın sağlanabilmesi,
- İstenilen geometrik biçimleri elde etme kolaylığı,
- Üretimin prefabrikasyona uygun olmasıdır.



Şekil 3.18 Planetarium, Stuttgart, Almanya (1977) [50], [51]



Şekil 3.19 Esenboğa havalimanı, Ankara (2006) ve Uzay kafes kiriş örneği [52], [53]



Şekil 3.20 San Francisco International Airport, A.B.D (2006) [2], [54]



Şekil 3.21 Olympic Stadium, Londra, İngiltere (2011) [55], [56]

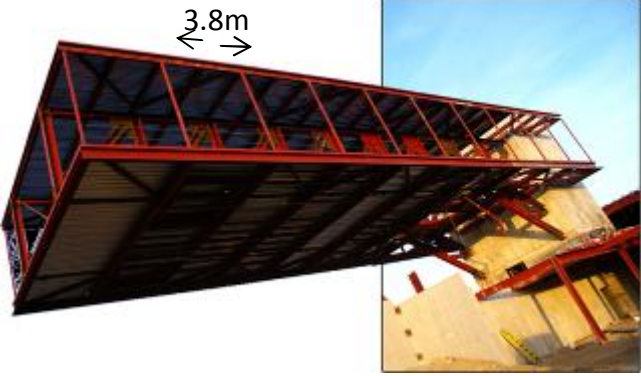
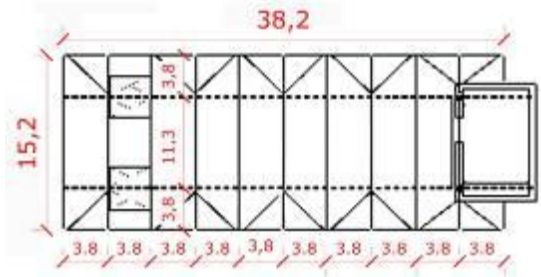
3.1.5 Kirişler ve Yapı İncelemeleri

Dünyada çelik kirişler ile oluşturulmuş birçok yapı örneği mevcuttur. Bunlardan,

- Lamar Construction Company Headquarters (Çizelge 3.2),
- East Winter Garden (Çizelge 3.3)
- Jinso Pavilion (Çizelge 3.4),
- Swedbank Stadion (Çizelge 3.5),
- Parking Deck New Exhibition Centre (Çizelge 3.6),
- Hamburg Airport (Çizelge 3.7),

bu tez kapsamında incelenmiştir.

Çizelge 3.2 Lamar Construction Company Headquarters¹

    Plan   	Yapım Yılı: 2007 Mimar: Integrated Architecture. Yer: Michigan, A.B.D. Yapı Hakkında: Yapı, 30.000 m² alışveriş bölümü ve 16.000 m² ofis bölümünden oluşmaktadır. 15.2 m x 38.2 m boyutlu konsol bölüm ~6500 m² den oluşmaktadır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 0–20 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: 38.2 m uzunluğu doğrultusunda konsol çalışan döşeme, 15.2 m açıklık doğrultusunda 3.8 m aralıklarla I profil ile N tipi kafes sistem düzenlenmiştir. Yapının uzun kenarı doğrultusunda, kütle boyunca devam eden iki adet tek doğrultuda düzenlenmiş düzlem kafes kiriş kullanılmıştır.
--	---

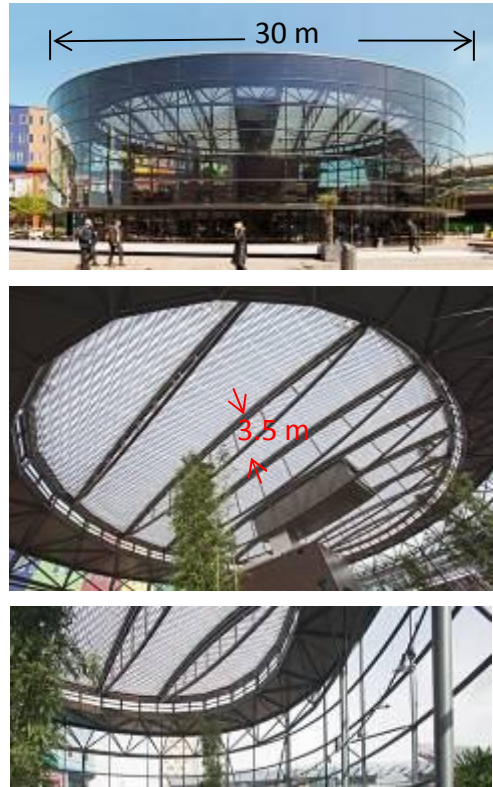
¹ Bu çizelge Kaynak [57] ve [58] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.3 East Winter Garden¹

	Yapım Yılı: 2003 Mimar: Pelli Clarke Pelli Architects. Yer: Londra, İngiltere.
 	Yapı Hakkında: Yapı, 52 m x 28 m boyutlarında ve 27 m yüksekliğindedir. Kent merkezinde çok amaçlı aktivitelerin gerçekleştirilmesi amacı ile tasarlanmıştır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur)
	Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem tek doğrultuda düzenlenen ve 28 m açıklığı geçen 7 adet Vierendeel kemer kiriş ile oluşturulmuştur. Her kiriş 4 parça şeklinde prefabrike olarak üretilip yerinde montajı yapılarak tek parça haline getirilmiştir.
	Vierendeel kirişin kesit yüksekliği 3 m, mekan içerisindeki yüksekliği 18 m'dir. Kirişin alt ve üst başlıklarını oluşturan boru kesitli profiller 20 cm, dikdörtgen kesitli dikmeler ise 5 cm et kalınlığındadır.

¹ Bu çizelge Kaynak [11] ve [60–62] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.4 Jinso Pavilion¹

	Yapım Yılı: 2008 Mimar: Cepezed Architects. Yer: Amsterdam, Hollanda. Yapı Hakkında: Bina, bar ve restoran hizmet-lerini karşılamaktadır. Cam giydirme ile kaplanmış 30 m çapındaki dairesel planlı kütle, 12 m yüksekliğinde ve iki katlıdır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem; çelik kolonlar, dairesel yapıyı çevreleyen 3 m yüksekliğindeki uzay kafes kiriş ve dairesel açıklığı geçen 3.5 m kesit yüksekliğinde 8 adet Vierendeel kirişten oluşmaktadır. Vierendeel kirişte dikmeler 15 cm enkesitli çubuklardan, alt ve üst başlıklar 25cm enkesitli kutu profillerden oluşmaktadır.
--	--

Çizelge 3.5 Swedbank Stadion²

	Yapım Yılı: 2009 Mimar: Fojab arkitekter, Berg Arkitektkontor Yer: Malmö, İsveç. Yapı Hakkında: Stadyum olarak tasarlanan yapı, 150 m x 215 m boyutlarındadır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: 27 m yüksekliğindeki alt başlık açılı, üçgen düzlem kafes kirişler 12.5 m aralıklar ile düzenlenmiştir.
---	--

¹ Bu çizelge Kaynak [63] ve [64] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

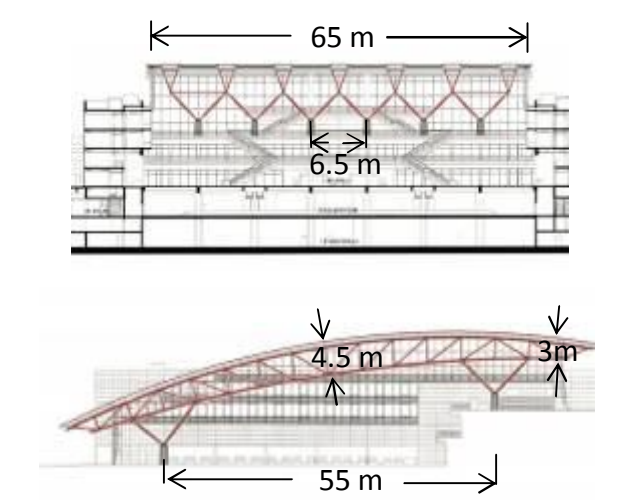
² Bu çizelge Kaynak [11] ve [65] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.6 Parking Deck New Exhibition Centre¹

	Yapım Yılı: 2007 Mimar: Wulff und Partner Yer: Stuttgart, Almanya.
	Yapı Hakkında: Eğrisel bir çatı örtüsüne sahip yapı, 24 m x 220 m boyutlarında olup, 6 katlıdır. 4200 araçlık park alanı olarak kullanılmaktadır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 40–80 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur)
	Yapısal Bilgiler: Yapıda 24 m'lik açıklık 3.5 m aralıklar ile düzenlenen kutu profil kirişler ile geçilmiştir. Boyuna yönde ise yapı 40 m ve 55 m aralıklar ile 1.5 m çaplı çelik kolonlara mesnetlenmiştir. Kafes yüksekliği 20 m'dir. Kafesi oluşturan kutu kesitli diagonal elemanlar 85 cm, 10 m aralıklar ile yerleştirilen dikeyler ise 45 cm enkesitindedir.
	

¹ Bu çizelge Kaynak [66] ve [67] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.7 Hamburg Airport¹

	Yapım Yılı: 2008 Mimar: Meinhard von Gerkan - Karsten Brauer Yer: Hamburg, Almanya.
	Yapı Hakkında: Planda 65 m x 85 m boyutlarında ve eğrisel çatı formundaki 3 kütle ve kütleleri bağlayan dikdörtgen ara bölümlerden oluşmaktadır.
	Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 0–20 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur)
Taşıyıcı Sistem Detayları 	Yapısal Bilgiler: 55 m açıklık; 1.2 m daire enkesitli ve 3 m yüksekliğindeki betonarme kolonlar ve bunlara 45° açı ile birleşen 40 cm çapında boru profil eğik kollara, iki taraftan mesnetlenen uzay kafes kirişler ile geçilmiştir. 65 m'lik dik mesafede kolonlar 6.5 m aralıklar ile yerleştirilmiştir. Saçaklarda 3 m, kiriş merkezinde ise 4.5 m kesit yüksekliğindeki uzay kafes kirişin eğrisel boyu ~85 m'dir.

¹ Bu çizelge Kaynak [68–71] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

3.2 Kolonlar

3.2.1 Genel

Taşıyıcı sistemde kolonlar, yapıya etkiyen düşey ve yatay yükleri, yanal yerdeğıştirmeler ve rölatif kat ötelemeleri izin verilen güvenlik sınırları içinde kalacak şekilde taşıyarak temel aktaran taşıyıcı sistem elemanıdır (Şekil 3.22) [72]. Yapı yanal rijitliğinin sağlanmasında önemli payı mevcuttur.



Şekil 3.22 Kolon Örnekleri [2], [55]

Yüksekliği diğer iki boyutuna oranla daha fazla olan kolonlar, yeterli dayanıma sahip olmasının yanında basınç altında burkulmayacak şekilde tasarlanmak zorundadır [73].

3.2.2 Dolu Gövdeli Kolonlar

Dolu gövdeli kolonlar, kolon yüksekliği ve eksenel yükün fazla olmadığı durumlarda uygulanır (Şekil 3.23), aksi durumda kesitler büyük çıkacağından, görünüş estetik olmaktan uzaklaşır.



Şekil 3.23 Dolu gövdeli kolon örnekleri [50], [74], [75]

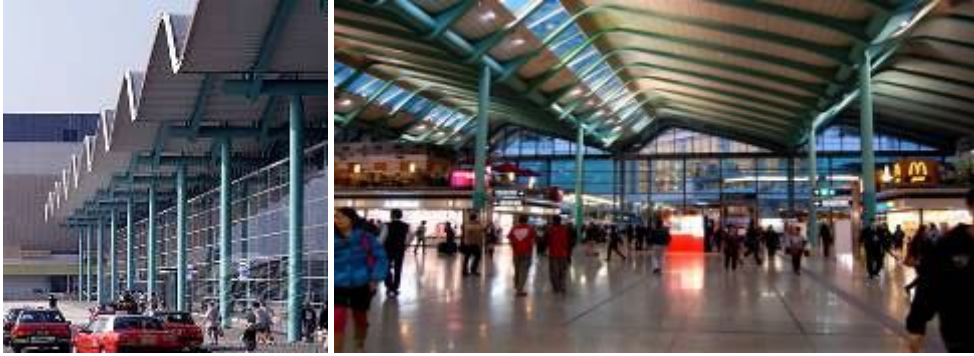
Dolu gövdeli çelik kolonlarda (Şekil 3.25),

- Dairesel kolonlar, burkulma ve burulmaya karşı,
- Kutu kolonlar, burkulma, burulma ve iki doğrultuda eğilmeye karşı,
- Standart I profil (IPN), tek doğrultuda eğilmeye karşı,
- Geniş başlıklı I profil (HD), burkulma ve iki doğrultuda eğilmeye karşı,
- Kutu gövdeli I profil, burkulma, burulma, iki doğrultuda eğilmeye karşı,
- Takviye levhali I profil, eğilme momentindeki bölgesel artışa karşı

düzenlenir [76]. Bu çalışma kapsamında çizilen dolu gövdeli kolon en kesit tipleri Şekil 3.24'te gösterilmiştir.



Şekil 3.24 Dolu gövdeli çelik kolonlarda enkesit tipleri



Şekil 3.25 Hung Hom Station, Hong Kong, Çin (2006) [77], [78]

3.2.2.1 Dolu Gövdeli Eğik Kolonlar

Tasarım açısından farklı formların elde edilmesine olanak sağlaması, geniş açıklıkların sayıca daha az kolon ile geçebilmesi ve dengeli bir sistem oluşturulduğunda sistemde uygulanacak konsol oranını arttırması açısından özgürlük sağlar (Şekil 3.26–3.28) [42]. Mesnet bölgesinde artan eğilme momenti ve kesme kuvveti açısından kolon enkesitinin mesnetlere doğru büyümesi gerekir. Kolonun yatay ile yaptığı açı arttıkça

taşıyıcı sistemin düşey mesnet tepkisi artar. Açı azaldıkça yatay itkilerin taşınması zorlaşır. Kolonun yatay ile yaptığı açı, Şekil 3.26'da 50° , Şekil 3.27, 3.29 ve 3.30'da 60° 'dir.



Şekil 3.26 USSR Pavilion, Expo 67 [51], [79]



Şekil 3.27 Genova Aquarium, Genoa, İtalya (1992) [16]



Şekil 3.28 Fleet Place House, Londra, İngiltere (2000) [26], [81]

Betonarme temellere oturtulan çelik yapıların kolon ayakları, ankastre ve mafsallı olmak üzere iki şekilde düzenlenir. Sert zeminlerde uygulanan ankastre kolon ayakları, fabrika ortamında kolona kaynaklanarak getirilen taban levhasının, ankraj bulonları ile betonarme temele bağlanması sonucu elde edilir. Mafsallı kolon ayakları ise, yapının oturduğu zeminin yumuşak-orta sıkı olduğu, mesnetlerde açısız yerdeğiştirmelerin (dönme) beklendiği durumlarda tercih edilir (Şekil 3.29 ve 3.30).



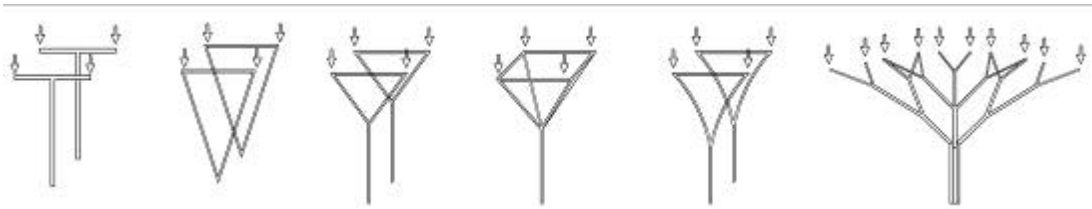
Şekil 3.29 JFK Airport Terminal 4, New York, A.B.D (2001) [82]



Şekil 3.30 Stadelhofen Station, Zürih, İsviçre (1990) [83], [84]

3.2.2.2 Ağaç Gövdeli Kolonlar

Geniş açıklık geçilecek mekanlarda yapıya etkiyen düşey yükü, çatıda farklı noktalarından alıp kolon gövdesine iletmesi ve iç mekanda farklılık oluşturmaları bakımından tercih edilen dolu gövdeli kolon türüdür [85]. Bu çalışma kapsamında yeniden çizilen ağaç kolon tipleri Şekil 3.31’de gösterilmiştir.



Şekil 3.31 Ağaç kolon taşıyıcı sistem tipleri [85]

Farklı biçimlerde tasarlanabilen, yukarı doğru dallara ayrılan ağaç gövdeli kolonların düşey yükleri kademeli taşıması ve burkulma dayanımında bölgesel artış sağlaması mimari estetik ile birleşir (Şekil 3.32–3.35).



Şekil 3.32 Orient Station, Lisboa, Portekiz (1998) ve Palais de Justice, Melun, Fransa (1998) [2]



Şekil 3.33 Tianjin Museum, Çin (2006) ve KPF Center, NJ, A.B.D (2011) [86], [87]



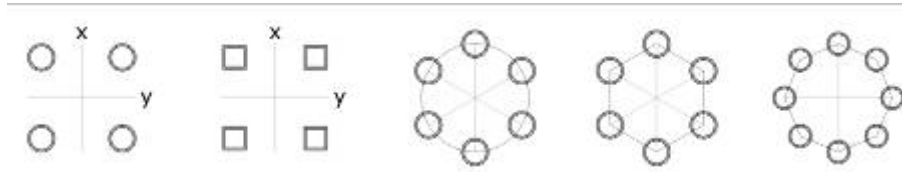
Şekil 3.34 TGV Station, France; Westfield, Londra, İngiltere(2009) ve Indianapolis Airport, Indianapolis, A.B.D (2008) [2], [88], [89]



Şekil 3.35 Ahmedabad Airport Teminal, Hindistan (2007) ve Highfields Automotive and Engineering Training Centre, Nottingham, İngiltere (2008) [55], [90], [91]

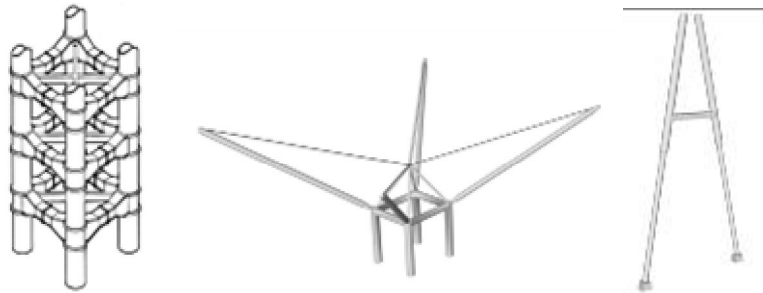
3.2.3 Çok Parçalı Basınç Çubukları

Mekana bağlı olarak kolon yüksekliğinin arttığı ve/veya eksenel yükün fazla olduğu durumlarda, dolu gövdeli kolonlar ile estetik açıdan boyutlandırma zorlaşır. Bu durumda kolon, daha hafif ve estetik biçimde, atalet momentini arttırma amacı ile çok parçalı basınç çubuğu olarak tasarlanır (Şekil 3.38–3.41) [92]. Bu çalışma kapsamında çizilen çok parçalı basınç çubuğu enkesit örnekleri 3.36’da gösterilmiştir.



Şekil 3.36 Çok parçalı basınç çubuğu enkesit örnekleri

Çok parçalı basınç çubuğu; boru, kutu, I, U ve L profillerin belirli aralıklarla yerleştirildiği ve aradaki bağlantı elemanlarının parçalı düzenlendiği kolon türüdür. Bağlantı elemanları, çubukların birlikte çalışması sağlamak amacı ile düzenlenir (Şekil 3.37). Genellikle sabit enkesitli olsa da değişken enkesitli olarak da üretilir (Şekil 3.38).



Şekil 3.37 Çok parçalı basınç çubuğu [93]



Şekil 3.38 Bijlmer Arena Station, Amsterdam, Hollanda (2007) [12] ve Millenium Dome, Londra, İngiltere(1999) [28]



Şekil 3.39 Cork Bus Station, Cork City, İrlanda [11], [94]



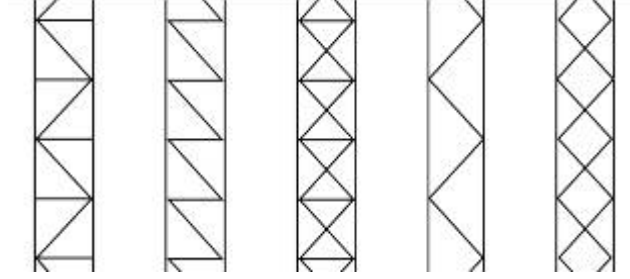
Şekil 3.40 Millennium Stadium, Cardiff, İngiltere (1999); HSBC Bank, Hong Kong, Çin (1985); Exhibit Hall 26, Almanya (1996) [2], [95]



Şekil 3.41 United Airlines Terminal, Chicago, Illinois, A.B.D (1998) [96]

3.2.4 Kafes Gövdeli Kolonlar

Atalet momentini arttırmak amacı ile çubuk elemanların ara bağlantılar kullanılarak kafes düzeninde iki veya üç boyutlu birleştirildiği kolonlardır (Şekil 3.42) [92].



Şekil 3.42 Kafes gövdeli kolon kesit örnekleri [92]



Şekil 3.43 Kafes gövdeli kolon örnekleri [97], [33], [98]

Boru, kutu, I, U ve L profillerin kullanılması ile daire, kare, dikdörtgen biçimlerde farklı enkesitler ve farklı boyutlarda uygulanabilen kafes gövdeli kolonlar (Şekil 3.43), mekan yüksekliğinin fazla olduğu, geniş açıklıklı alanlarda tercih edilen, hafif ve estetik bir kolon tipidir. Büyük açıklıkların mega kolonlar ile geçilebildiği, böylece mekan içerisinde sayıca az kolon kullanım avantajına sahip, ekonomik taşıyıcı sistem elemanlarıdır (Şekil 3.44–3.49).



Şekil 3.44 Kafes gövdeli kolon örneği ve mesnet detayı [99], [100]



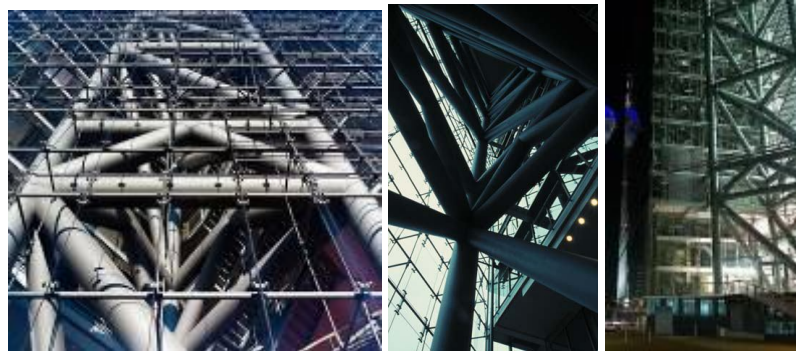
Şekil 3.45 Western Concourse, Londra, İngiltere (2012) ve MyZeil Shopping Mall, Frankfurt, Almanya (2009) [101], [102]



Şekil 3.46 Beijing Capital Airport Terminal 3, Pekin, Çin (2008) [28], [103]



Şekil 3.47 Binhai Convention & Exhibition Centre, Tianjin, Çin (2008) [11]



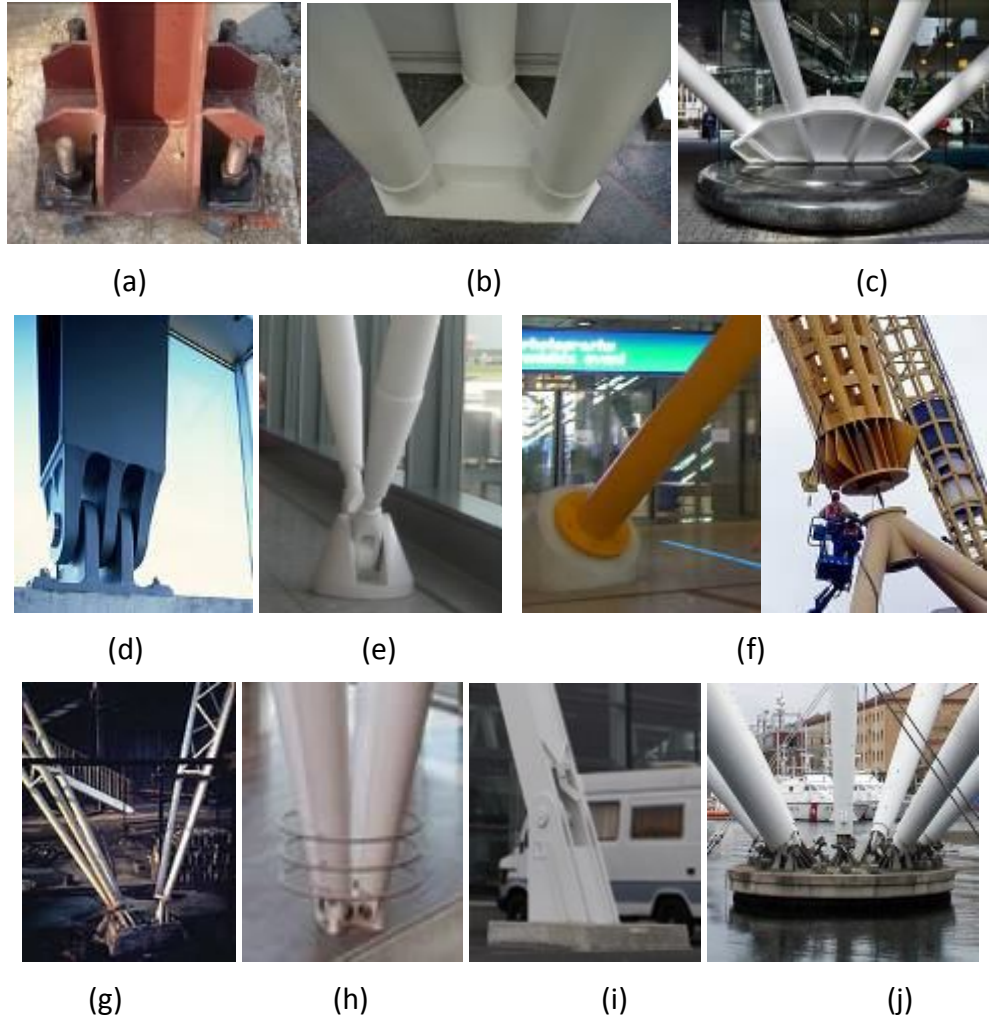
Şekil 3.48 Stadttor Building, Düsseldorf, Almanya (2004) [2], [11]



Şekil 3.49 Beijing South Station, Pekin, Çin (2008) [3], [104]

3.2.5 Kolonlarda Mesnet Örnekleri

Çeşitli yapıların uygulamalarına ait kolon mesnet detayları Şekil 3.50’de gösterilmiştir.



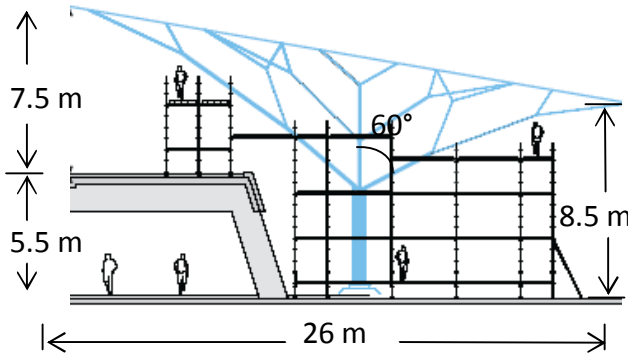
Şekil 3.50 Kolon mesnet detayları (a) ankastre mesnet detayı [105] (b) United Airlines Terminal [96] (c) Fleet Place House [81] (d) Mafsallı mesnet detayı [106] (e) Heathrow Terminal 5 [107] (f) Millennium Dome [17, 11] (h) Indianapolis Airport [88] (i) Hannover Hall 26 [108] (j)Genova aquarium [109]

3.2.6. Kolonlar ve Yapı İncelemeleri

Bu tez kapsamında incelen elik kolonlar ile oluşturulmuş yapı örnekleri şöyledir:

- Stuttgart Airport (izelge 3.8),
- Blaak 31 Office Building (izelge 3.9),
- Neue Messe Exhibition Centre (izelge 3.10),
- Larkspur Ferry Terminal (izelge 3.11),
- Megastructure – Expo Shanghai 2010 (izelge 3.12),
- Art Science Museum (izelge 3.13).

Çizelge 3.8 Stuttgart Airport¹



Yapım Yılı: 1992

Mimar: Von Gerkan, Marg + Partner, Amburgo.

Yer: Stuttgart, Almanya.

Yapı Hakkında: Eğimli arazi üzerinde 3 kademede düzenlenen yapı, havalimanı binası olarak tasarlanmıştır.

Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 40–80 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur)

Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, geniş açıklık geçmek üzere ağaç kolonlar ile oluşturulmuştur. Kesitte 26 m açıklıktan yük alan ağaç kolonlarda gövdeyi oluşturan 4 adet boru kesitli profilin her biri 45 cm çapındadır. Boru profillerin çapları tavana doğru daralmaktadır. Tavana bağlanan en dar çaplı profil 20 cm' dir. Gövdeden ayrılan dalların düşey ile yaptığı açı 60°'dir.

¹ Bu çizelge Kaynak [110] ve [111] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.9 Blaak 31 Office Building¹

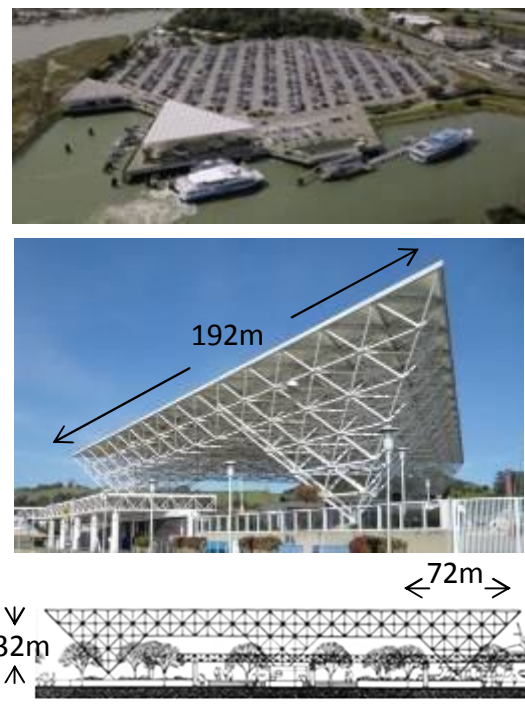
	Yapım Yılı: 2009 Mimar: KCAP Architects & Planners. Yer: Rotterdam, Hollanda. Yapı Hakkında: Dikdörtgen bir formun şekillendirilmesi ile ofis binası olarak tasarlanan ve 23.000 m² lik alana sahip olan yapı, 12 katlıdır. Yapı, 3 katlı bloklar halinde ve birbirlerine oranla 2.7 m'lik konsol oluşturacak şekilde döndürülmüştür. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: Yapının ~7 m açıklık geçen ve 3 kat boyunca boş bırakılan bölümü 10 m yüksekliğindedir ve eğrisel kolonlar ile taşınmaktadır. Kolon birimleri, 2 m yüksekliğinde V biçiminde, 8 m yüksekliğe kadar ters V biçiminde 60 cm çapında elemanlar ile oluşturulmuştur.
--	---

¹ Bu çizelge Kaynak [12] ve [112] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.10 Neue Messe Exhibition Centre¹

	Yapım Yılı: 2007 Mimar: Wulff und Partner. Yer: Stuttgart, Almanya. Yapı Hakkında: 70 m x 150 m boyutlarındaki yapı, sergi ve fuar alanı olarak tasarlanmıştır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 40–80 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, 45 cm çapında boru profillere sahip çok parçalı basınç çubuklarından oluşan kolonlar; kolonlara birleşen uzay kafes kirişler ve yapının 150 m açıklığı doğrultusunda düzenlenen kablolardan oluşmaktadır. Kolonlar 7.5 m aralıkla düzenlenmiştir.
---	--

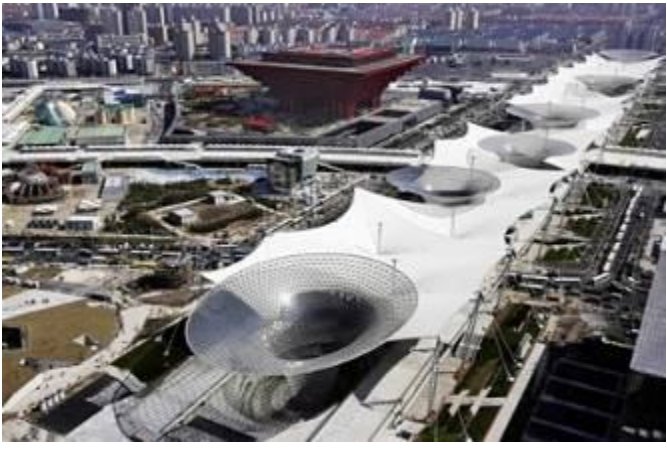
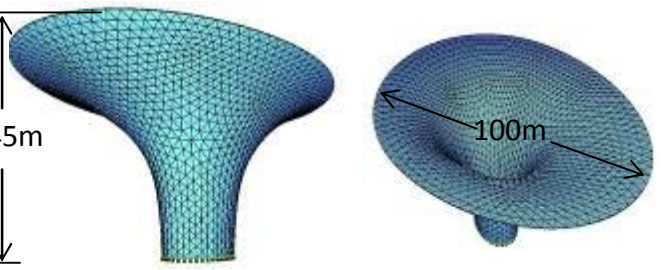
Çizelge 3.11 Larkspur Ferry Terminal²

	Yapım Yılı: 1995 Mimar: Jacques De Brer. Yer: California, A.B.D Yapı Hakkında: Terminal binası, eşkenar üçgen planlı olup, kenar uzunluğu 192 m'dir. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 480 cm/sn² 'dir [59]. Yüksek sismik aktivite söz konusudur. Yapısal Bilgiler: 12m'lik birimlere sahip uzay kafes sistem ile oluşturulmuş yapıda 3 adet kafes kolon kullanılmıştır. 32 m yüksekliğe sahip kolon zeminden başlayarak tavana 72 m açıklık ile bağlanan üçgen formundadır.
---	--

¹ Bu çizelge Kaynak [66] ve [113] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

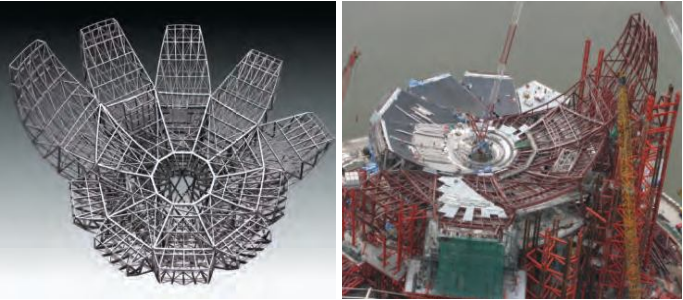
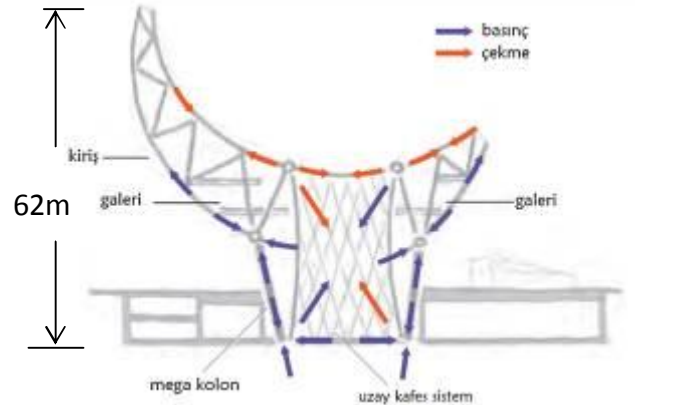
² Bu çizelge Kaynak [114] ve [115] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.12 Megastructure–Expo Shanghai 2010¹

	Yapım Yılı: 2010 Mimar: Knippers Helbig. Yer: Shanghai, Çin.
	Yapı Hakkında: Expo için tasarlanan Pavilyon binası 1.000 m x 100 m boyutlarına sahiptir. Çatı örtüsü olarak kullanılan membran 65000 m² alanı örtmektedir.
	Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 40–80 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur)
	Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, huni biçiminde tek takalı uzay kafes sistem olarak düzenlenmiş 6 adet mega kolon, kolonlar arasına gerilen membran yüzeyleri yapının iç kısımlarında germek için 19 adet ağaç kolon ve dış kısımlarında ise bir ucu membrana bağlanan diğer ucu kablo ile mesnetlenen 31 adet kafes gövdeli kolon ile oluşturulmuştur. Taşıyıcı sistemin esas birimlerini oluşturan huni biçimindeki mega kolonlar 100 m açıklık geçmektedir ve 45 m yüksekliğindedir.
	

¹ Bu çizelge Kaynak [12, 116, 117] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.13 Art Science Museum¹

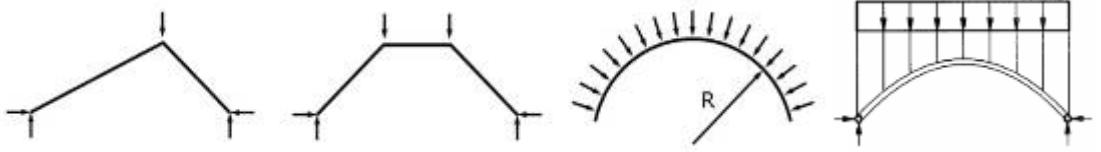
	Yapım Yılı: 2011 Mimar: Safdie Architects. Yer: Singapur.
	Yapı Hakkında: Sanat ve bilim müzesi olarak tasarlanan 5500 m² lik alanda inşa edilen yapı, merkezinde açık bir atriumun bulunduğu ve parmak biçimindeki her bir parçanın galerilerle atriuma bağlandığı bir forma sahiptir. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 40–80 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur)
	Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, betonarme bodrum kat ve üzerindeki heykelsi çelik sistemden oluşmaktadır. 62 m kesit yüksekliğine sahip yapının merkezindeki açık atrium 60 m çapındaki elemanların dairesel bir düzende bir araya getirilmesi ile oluşturulan tek tabaklı uzay kafes sistem mega kolon biçimindedir. En geniş kısmı 80 m olan çanak formundaki yapının merkezini çevreleyen parmak biçimli kısımlar ise gövde ile bağlantılı bölümden ~30 m başlayıp ankastre olan bölümden ~17 m daralan çelik kafes kirişlerle oluşturulmuştur.
	

¹ Bu çizelge Kaynak [118] ve [119] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

3.3 Kemerler

3.3.1 Genel

Kemer, mimari ve taşıyıcının form anlamında birleştiği bir taşıyıcı sistemdir. Görsel ve estetik açıdan tercih edilir. Kemerler, yükleri büyük ölçüde basınç gerilmeleri ile mesnetlere aktaran eğri eksenli taşıyıcı sistemlerdir (Şekil 3.51). Geometrik açıdan, eğilme momentinin oluşmadığı zincir eğrisi kemerin çıkış noktasını oluşturmaktadır.



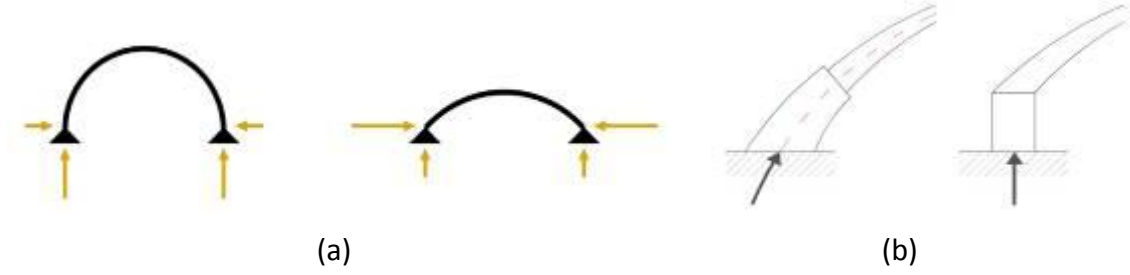
Şekil 3.51 Kemer eğrisi yük dağılımı [6], [115]

Kemerlerde yatay mesnet tepkisi 'kemer itkisi' adını alır. Kemer itkisi, kemer yüksekliği arttıkça ters orantılı olarak azalır. Dolayısıyla kemerlerin dayanım ve dayanıklılık özellikleri, geçtikleri açıklığa ve yüksekliğe bağlıdır. Bazı kemer tipleri Şekil 3.52'de gösterilmiştir.



Şekil 3.52 Dairesel, Basık, Gotik kemer tipleri

Mesnetler yer düzlemine dik düzenlenirse (Şekil 3.53a) kemer basıklaştıkça, kemer itkisi artar, uçlardan dengelemek zorlaşır. Bu durumda dışa açılmayı dengelemek için çekmeye çalışan gergiler kullanılabilir ya da yatay itme kuvveti ağır blok temellerle veya öngerilmeli kenar kirişlerle karşılanabilir [120]. Kemer mesnetinin, kemer eksenini doğrultusunda yerleştirilmesi durumunda dışa doğru açılma sorunu ortadan kalkar ve basık kemerler için en uygun çözüm elde edilir (Şekil 3.53b).



Şekil 3.53 Kemerlerde mesnet tepkisi ve mesnet detayı

Kemerler, mafsallı ve ankastre olmak üzere iki biçimde mesnetlenmektedir. Üç mafsallı kemerlerin, izostatik sistem olması nedeni ile hesap kolaylığı mevcuttur, ayrıca aynı nedenle sıcaklık değişimi ve temel oturmalarından etkilenmezler [121]. Ankastre mesnetli kemerler, basit mesnetli ve üç mafsallı kemerlere oranla daha ekonomik boyutlandırılır.

20 m açıklık 6 m yüksekliğe sahip Canary Wharf Underground Station ve 12.5 m açıklığa sahip Miami Central Station kemer doğrultusunda düzenlenen mesnetlere örnek olarak gösterilebilir (Şekil 3.54).



Şekil 3.54 Canary Wharf Underground Station, Londra, İngiltere (1999) ve Miami Central Station, Florida, A.B.D (2012) [55], [122]

60–150 m açıklık geçebilen kemerlerde yükseklik/ açıklık oranı, $h/L=1/5-1/8$ arasındadır [34, 123]. Kemerlerin geçtiği açıklık malzeme cinsine göre değişiklik göstermektedir. Kagir malzemeler ile 30 m; tutkallı lamine kompozit ahşap ile 100 m; öngerilmeli beton ile 420 m; çelik ile 550 m'ye varan açıklıklar geçmek mümkündür [124].

3.3.2 Dolu Gövdeli Kemerler

Bu kemer formu özellikle normal kuvvetin dışındaki kesit tesirlerinin (M,T) de önemli olduğu durumlarda (basık kemerler, tekil yükler, ağır yük durumu vb) uygulanır.

10 m açıklığın geçildiği Wohlen High School ve 45 m, 35 m, 25 m şeklinde üç farklı açıklığın geçildiği Paul Klee Centre (Şekil 3.55); 25 m açıklığın geçildiği Cidade Nova Metro Station and Footbridge (Şekil 3.56); 15 m açıklık 10 m yüksekliğe sahip Mumbai Airport ve 10 m açıklık 21 m yüksekliğe sahip The Allen Lambert Galleria (Şekil 3.57); 50 m açıklığın geçildiği The Sage Gateshead (Şekil 3.58) dolu gövdeli kemerlere örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 3.55 Wohlen High School, Wohlen, İsviçre (1988) ve Paul Klee Centre, Bern, İsviçre (2005) [2], [125]



Şekil 3.56 Cidade Nova Metro Station and Footbridge, Rio de Janeiro, Brezilya (2010) [43]



Şekil 3.57 Mumbai Airport, Maharashtra, Hindistan ve The Allen Lambert Galleria, Toronto, Kanada [98], [126]



Şekil 3.58 The Sage Gateshead, Gateshead Quays, İngiltere (2004) [3], [127]

3.3.3 Gövdesi Boşluklu Kemerler

Gövdesi boşluklu kemerler, dolu gövdeli olanlara kıyasla daha estetik ve hafif taşıyıcı sistemlerdir. Mesnet bölgelerine doğru, basınç ve kayma dayanımını arttırmak için kapatılmalıdır. Ayrıca açıklıkta tekil yükler söz konusu olduğunda da artan kayma gerilmeleri nedeni ile boşluklar kapatılmalıdır.

14 m açıklığın geçildiği Brin Station (Şekil 3.59); 13 m açıklığın geçildiği O' Hare Airport (Şekil 3.60); 65 m açıklığın geçildiği ve 33 m yüksekliğe sahip Berliner Bogen (Şekil 3.61); 63 m açıklık ve 18 m yüksekliğe sahip Jaca Hockey Arena (Şekil 3.62) gövdesi boşluklu kemerlere tipik örnekler olarak gösterilebilir.



Şekil 3.59 Brin Station, Genoa, İtalya (1992) [11], [128]



Şekil 3.60 O' Hare Airport, Chicago, A.B.D (2005) [11], [129]



Şekil 3.61 Berliner Bogen, Hamburg, Almanya (2001) [11], [129]



Şekil 3.62 Jaca Hockey Arena, Jaca, İspanya (2008) [12]

3.3.4 Kafes Kemerler

Geniş açıklıklarda, hafif ve ekonomik bir alternatif olan sadece normal kuvvetin etkin olduğu kafes kemerler tercih edilir [130]. Üst ve alt başlık arasındaki diyagonal çubuklar ise sistemin kayma rijitliğini artırır. Köprülerde yaygın olarak uygulanmıştır, 503 m açıklığın geçildiği Harbour Bridge kafes kemer köprü için örnek gösterilebilir (Şekil 3.63).



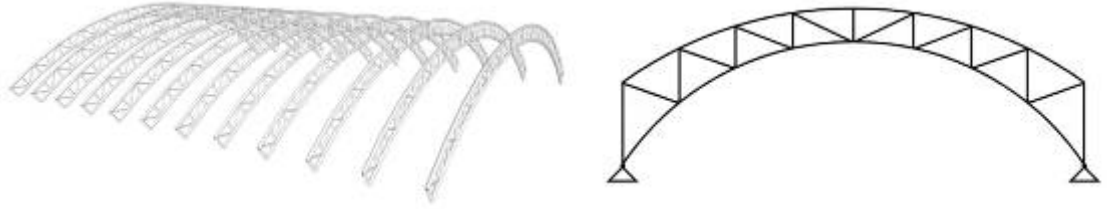
Şekil 3.63 Harbour Bridge, Sydney, Avustralya (1932) ve Thaddeus Kosciuszko Bridge, New York, A.B.D (1959) [11], [131]

Kafes gövdeli kemerler ile 500 m'ye kadar açıklık geçilebilmektedir. İki tipi mevcuttur:

- Düzlem kafes kemerler
- Uzay kafes kemerler

3.3.4.1 Düzlem Kafes Kemerler

Tek doğrultuda belirli aralıklarla düzenleme biçimi yaygın olmakla birlikte örneğin hafif kubbe tasarımlarında da uygulanmıştır (Şekil 3.64).



Şekil 3.64 Düzlem kafes kemer kesiti

20 m açıklığın geçildiği Queen Victoria Building ve 23 m açıklığın geçildiği Green and the People's Palace (Şekil 3.65); 75 m açıklığın geçildiği St Pancras Station ve 29.5 m açıklığın geçildiği Penn Station (Şekil 3.66); 20 m açıklığa sahip Vizcaya Museum and gardens (Şekil 3.67); 50 m açıklığın geçildiği Kaufmann Center (Şekil 3.68) düzlem kafes kemerler için tipik örneklerdir.



Şekil 3.65 Queen Victoria Building, Sydney, Avustralya (2011) ve Green and the People's Palace, Glasgow, İngiltere (1898) [122], [132]



Şekil 3.66 St Pancras Station, Londra, İngiltere (1865) ve Penn Station, New York, A.B.D (1964) [133], [134]



Şekil 3.67 Kaufmann Center, Kansas City, Missouri, A.B.D (2011) [6], [11]

3.3.4.2 Uzay Kafes Kemerler

Uzay kafes kemer, paralel düzenlenen üst başlık ve alt başlık çubukları ile aralarındaki diyagonal elemanların kemer eksenini üzerinde üç boyutlu üçgenler oluşturulmasıyla meydana gelir (Şekil 3.68) [130].



Şekil 3.68 Uzay kafes kemer tipleri [6]

205 m açıklığa sahip Skydome, 315 m açıklığın geçildiği Wembley Stadium (Şekil 3.69); 80 m çapında açıklığa sahip Tung Chung Swimming Pool (Şekil 3.70); 64 m açıklığın geçildiği Manchester Conference Centre (Şekil 3.71); 280 m açıklığa sahip Nantong Sports Centre (Şekil 3.72); 35 m açıklığın geçildiği Centro M & G Ricerche (Şekil 3.73) uzay kafes kemerler için örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 3.69 Skydome, Toronto, Kanada (1989) ve Wembley Stadium, Londra, İngiltere (2007) [135], [136]



Şekil 3.70 Tung Chung Swimming Pool, Hong Kong, Çin (2011) [138], [139]



Şekil 3.71 Hotel, Tianjin, Çin ve Manchester Conference Centre, Manchester, İngiltere (1986) [11], [140]



Şekil 3.72 Nantong Sports Centre, Nantong, Çin (2006) [141], [142]



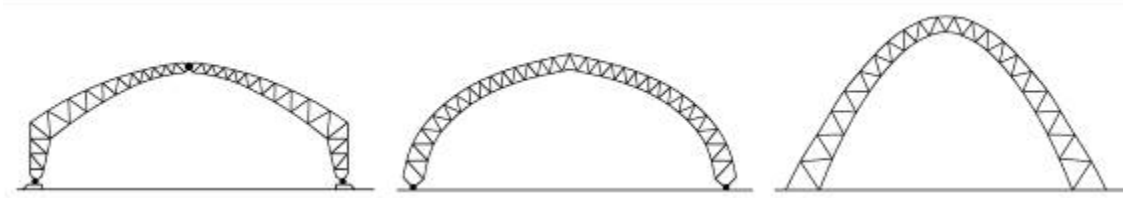
Şekil 3.73 Centro M & G Ricerche, Venafrò, İtalya (1999) [143]

Kafes gövdeli kemerlerin,

-Üç mafsallı,

-İki mafsallı,

-Ankastre mesnetli türleri mevcuttur (Şekil 3.74).



Şekil 3.74 Üç mafsallı, İki mafsallı, Ankastre kemer

295 m açıklığın geçildiği ANZ Stadium (Şekil 3.75) basit mesnetli kafes gövdeli kemere tipik bir örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 3.75 ANZ Stadium, New South Wales, Avustralya (1999) [28], [11], [144]

3.3.5 Kemerlerde Mesnet Örnekleri

Çeşitli yapı uygulamalarına ait kemer mesnet detayları Şekil 3.76'da gösterilmiştir.

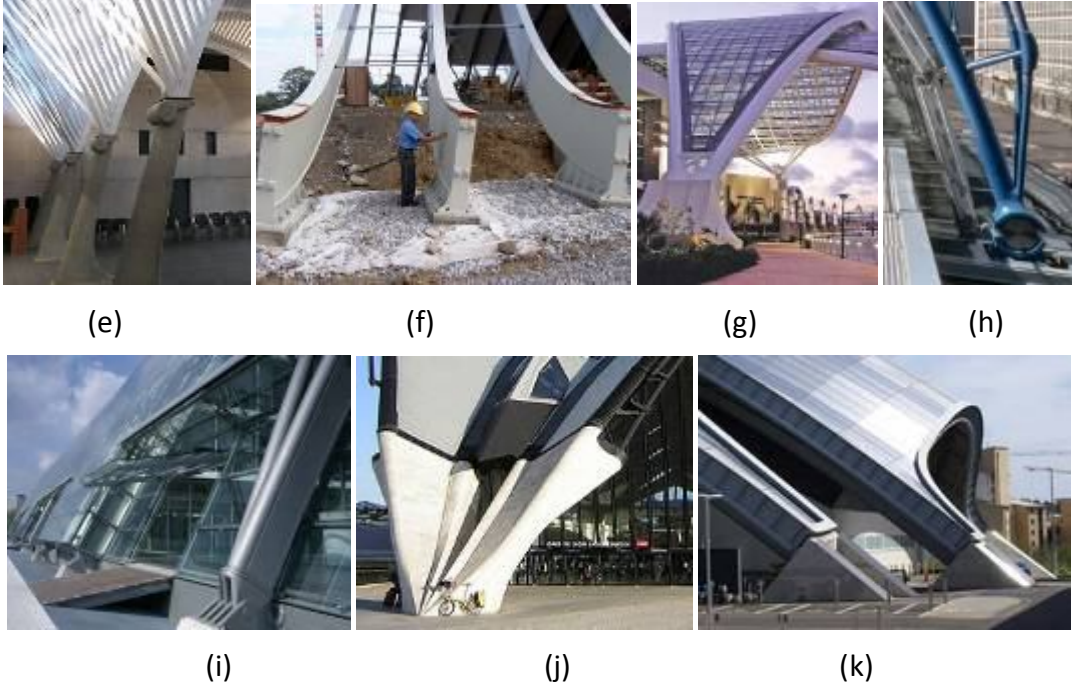


(a)

(b)

(c)

(d)



Şekil 3.76 Kemer mesnet tiplerine örnekler (a) Mafsallı kemer mesneti [11] (b) Ankastre kemer mesneti [2] (c) Wembley Stadium [11] (d) Queen Victoria Building [145] (e) Wohlen High School [83] (f) Paul Klee Centre [146] (g) Puerto Rico Convention Center [147] (h) Waterloo International Station [148] (i) Berliner Bogen [149] (j) The Sage Gateshead [127] (k) Lyon-Satolas Airport Railway Station [150]

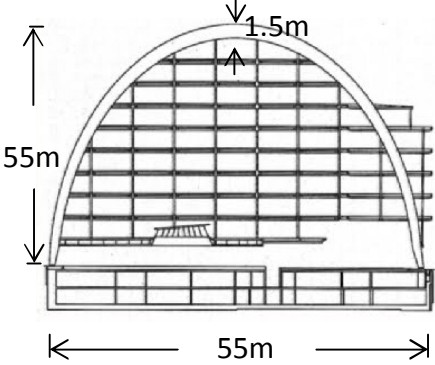
3.3.6 Kemerler ve Yapı İncelemeleri

Dünyada çelik kemerler kullanılarak oluşturulmuş birçok yapı örneği mevcuttur. Bunlardan,

- Ludwig Erhard House structure (Çizelge 3.14),
- Bodegas Protos (Çizelge 3.15),
- Thames Valley University (Çizelge 3.16),
- Broadgate Exchange House (Çizelge 3.17),
- Kansai Havalimanı (Çizelge 3.18),
- Suvarnabhumi Airport (Çizelge 3.19),
- Messe- Leipzig Glass Hall (Çizelge 3.20),
- Waterloo International Station (Çizelge 3.21),

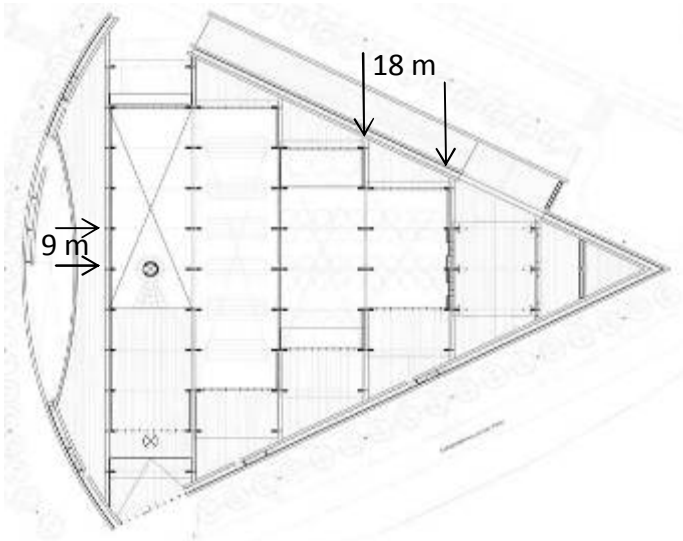
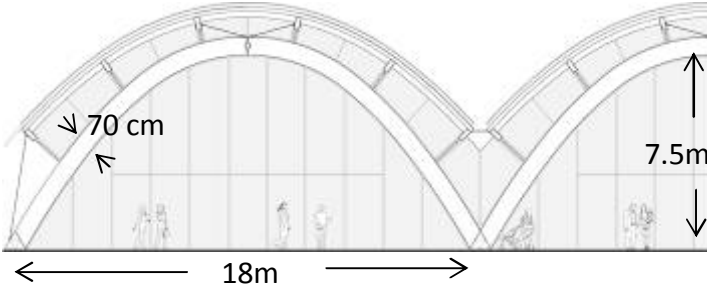
bu tez kapsamında incelenmiştir.

Çizelge 3.14 Ludwig Erhard House¹

    Taşıyıcı sistem analizi  	Yapım Yılı: 1998 Mimar: Grimshaw & Partners Yer: Berlin, Almanya. Yapı Hakkında: Yapı, sanayi ve ticaret odası olarak tasarlanmıştır. Kemerler dışarıda kalacak şekilde düzenlenen çatı örtüsü bazı kısımlarda paslanmaz çelik ile eğrisel olarak kapatılmış, planda atrium olan kısımlarda da iç mekanlara gün ışığı almak amacıyla çatı cam malzeme ile kaplanmıştır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: 9 katlı yapının 30–55 m açıklığı geçen 15 adet eliptik formlu kemer ~6 m aralık ile tekrarlanarak yerleştirilmiştir. Kemer sınırları içerisindeki kat döşemeleri kemerlere 4 noktadan asılarak, dışında kalan bölümler ise kemerlere basan kolonlar tarafından taşınmaktadır.
---	---

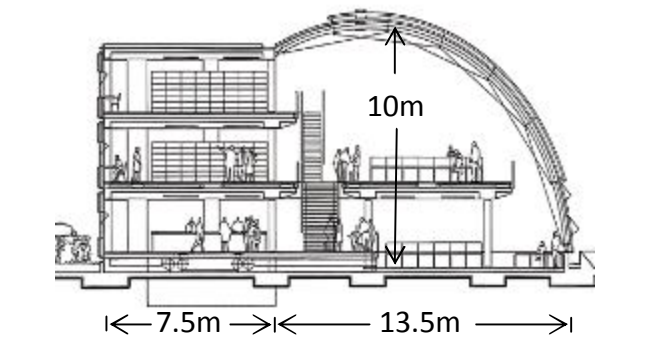
¹ Bu çizelge Kaynak [151–153] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.15 Bodegas Protos¹

      	Yapım Yılı: 2009 Mimar: Rogers Stirk Harbour + Partners Yer: Valladolid, İspanya. Yapı Hakkında: Şarap üretim tesisi olarak tasarlanan yapı aynı biçim, 18–90 m arasında farklı uzunluklara sahip 5 bölümden oluşmaktadır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem üç mafsallı kemer formundadır ve 7.5 m yükseklik ile 18 m açıklık geçmektedir. 70 cm enkesitindeki lamine kompozit ahşap kemerler 9 m aralıklar ile yerleştirilmiştir. Sistem, ahşap kemer, V şeklindeki bağlantı elemanları ve üzerindeki tali kirişlerin oluşturduğu çok katmanlı çatı panelinden oluşmaktadır. Ahşap kemerler çelik mesnetler ile betonarme temele birleşmektedir.
---	--

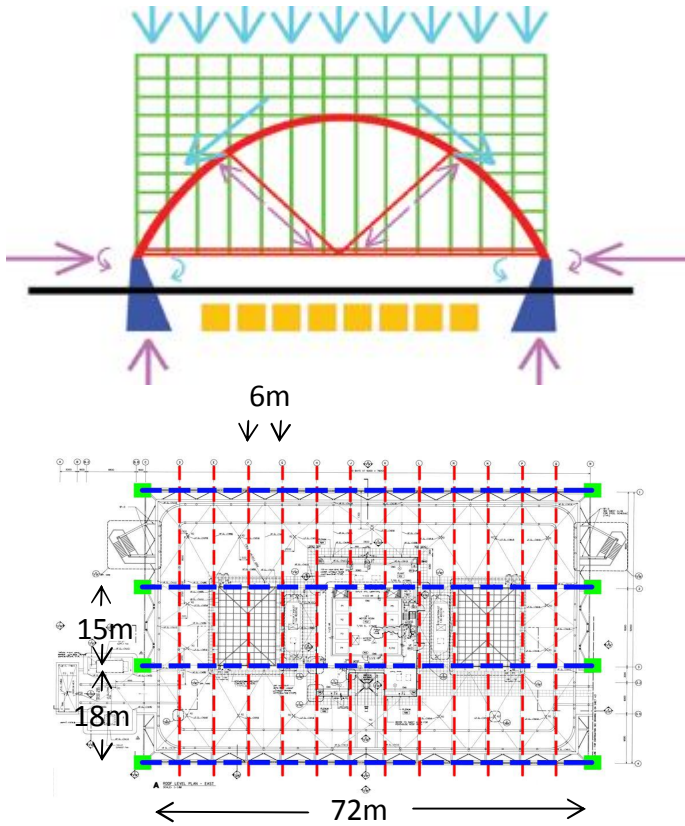
¹ Bu çizelge Kaynak [107] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.16 Thames Valley University¹

	Yapım Yılı: 1997 Mimar: Rogers Stirk Harbour + Partners Yer: Buckinghamshire, İngiltere.
	Yapı Hakkında: Yapı, üç katlı betonarme çerçeve sistem ve bu sisteme birleşen çeyrek daire formunda dolu gövdeli çelik kemerlerin tekrarlı kullanıldığı karma bir sistemden oluşmaktadır. Betonarme üç katlı kısım kütüphane birimini, çelik kemer ile oluşturulmuş yüksek tavanlı ve çatı örtüsünde hareketli panellerin kullanıldığı kısım ise dinlenme ve resepsiyon bölümünü oluşturmaktadır.
	Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur)
	Yapısal Bilgiler: Sistem, 6 m aralık ile bir taraftan betonarme çerçevenin kolonlarına, diğer tarafından zemine mesnetlenen 10 m yarıçaplı çelik kemerlerden oluşmaktadır.

¹ Bu çizelge Kaynak [107] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.17 Broadgate Exchange House¹



Yapım Yılı: 1990

Mimar: SOM (Skidmore, Owings & Merrill)

Yer: Londra, İngiltere.

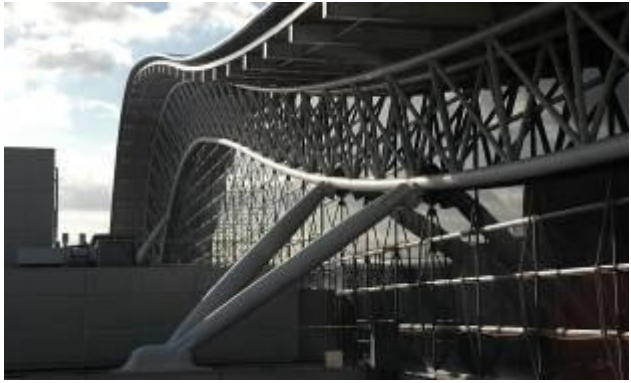
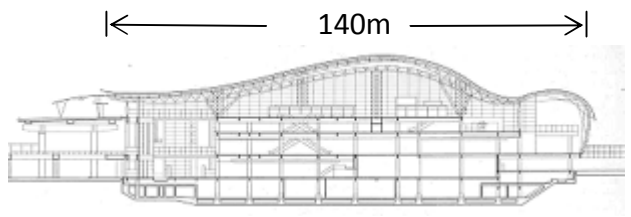
Yapı Hakkında: Yapı, 52 m x 72 m boyutlarında dikdörtgen formu 10 katlı ofis binasıdır.

Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur)

Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, 72 m'lik açıklığı geçmek üzere 18 m ve 15 m aralık ile yerleştirilen 4 adet 7 kat yüksekliğindeki dolu gövdeli kemer ve 6 m aralıkla yerleştirilen çelik kolonlar ile düzenlenmiştir. Kemerin üstünde kalan katlar, kemere basan kolonlar tarafından, altında kalan katlar ise, kemere asılan gergiler tarafından taşınmaktadır. Kemerde biriken düşey yükler kemer eğrisi doğrultusunda mesnetlere aktarılır. Kemerin dışa doğru açılmasını engellemek ve sistemde oluşan yatay itkileri karşılayabilmek için yatay gergi elemanı kullanılmıştır. Sistemin asimetrik yükleri karşılayabilmesi için de kemer diyagonal elemanlarla desteklenmiştir.

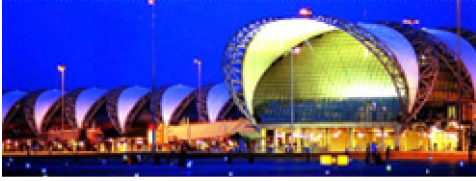
¹ Bu çizelge Kaynak [39] ve [54] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.18 Kansai Havalimanı¹

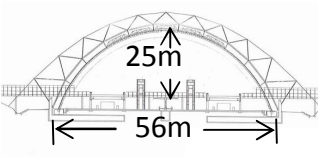
     	Yapım Yılı: 1994 Mimar: Renzo Piano, Noriaki Okabe Yer: Osaka, Japonya. Yapı Hakkında: Havalimanı binası 1.7 km uzunluğundadır ve eğri-sel formda çatı örtüsüne sahiptir. Yapı, denizin doldurulmasıyla oluşturulan yapay ada üzerine inşa edilmiştir. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 400 cm/sn^2 'dir [59]. Yüksek sismik aktivite söz konusudur Yapısal Bilgiler: 270 m x 140 m ölçülerindeki dikdörtgen formlu terminal yapısında taşıyıcı sistem, açıklık doğrultusunda düzenlenen uzay kafes kirişlerden oluşmaktadır. 15 m aralıklar ile yerleştirilen kirişler 80 m açıklık geçmektedir. Uzay kafes kirişler, betonarme kolonlar üzerinde yer alan ve kirişleri dört noktadan destekleyen diyagonal elemanlara mesnetlenmektedir.
--	---

¹ Bu çizelge Kaynak [149, 154, 155] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.19 Suvarnabhumi Airport¹

     	Yapım Yılı: 2006 Mimar: Murphy - Jahn Architects Yer: Samut Prakan, Tayland. Yapı Hakkında: Yapı, yolcu terminal binası olarak tasarlanmıştır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 40–80 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, zemin katta uygulanan betonarme iskelet sistem üzerine açılı yerleştirilen üç mafsallı çelik kafes gövdeli kemer kirişlerin kullanılmasıyla oluşturulmuştur. Kemerler 42m açıklık geçmektedir. Kemerlerin arasına kurulan çelik ızgara sistem, üstten membran ile örtülmüş, yanlarda da cam giydirme ile kaplanmıştır.
---	--

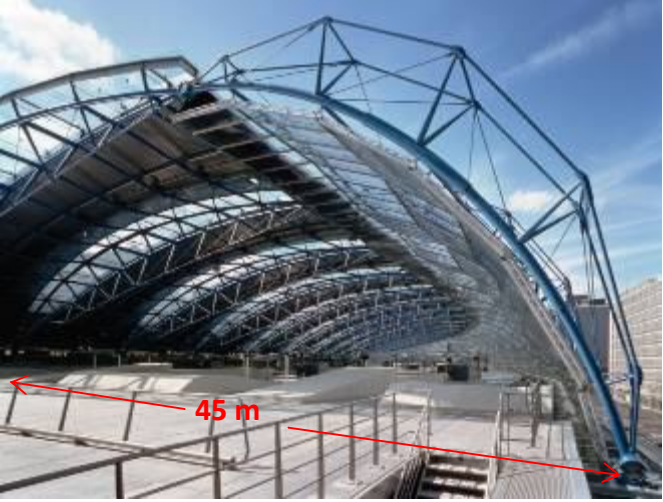
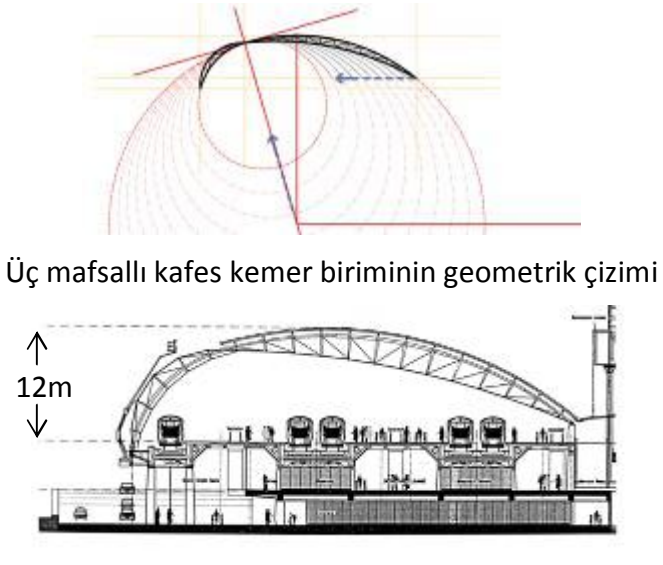
Çizelge 3.20 Messe- Leipzig Glass Hall²

    	Yapım Yılı: 1996 Mimar: Ian Ritchie Architects Yer: Leipzig, Almanya. Yapı Hakkında: Yapı, konferans salonları, sergi salonu, alışveriş birimleri, restoran hizmetlerini karşılamaktadır ve 238m uzunluğunda, 80m genişliğinde, 28m yüksekliğindedir. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 40–80 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, 56 m açıklık geçen 25 m yüksekliğindeki kemerlerin ~25m'lik aralıklarla tekrarlı kullanılması ile oluşturulmuştur. 1.5 x 3.125 m ölçülerindeki ız-gara tabaka kemerlere 50 cm mesafeyle asılarak tavan oluşturulmuştur.
---	--

¹ Bu çizelge Kaynak [108, 156, 157] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

² Bu çizelge Kaynak [158] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.21 Waterloo International Station¹

	Yapım Yılı: 1993 Mimar: Nicholas Thomas Grimshav Yer: Londra, İngiltere.
	Yapı Hakkında: Yapı, demiryolu istasyonu olarak tasarlanmıştır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur)
	Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, mesnetlerde ve tepe noktasında mafsal kullanılan 12m yüksekliğindeki üç mafsallı çelik kafes gövdeli kemerler ile düzenlenmiştir. Kemerde kullanılan daire dilimi şeklindeki kafes kirişler geometrik olarak iki farklı daire merkeziyle çözülmüş ve kemerin tepe noktasından mafsalla bağlanmıştır. 24 m aralık ile düzenlenen ve 30–50 m'lik açıklıkları geçen kemerler ile 400 m uzunluğunda demiryolu örtüsü oluşturulmuştur.
 Üç mafsallı kafes kemer biriminin geometrik çizimi	

¹ Bu çizelge Kaynak [55] ve [148] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

3.4 Çerçeve Sistemler ve Stabilitenin Sağlanması

3.4.1 Genel

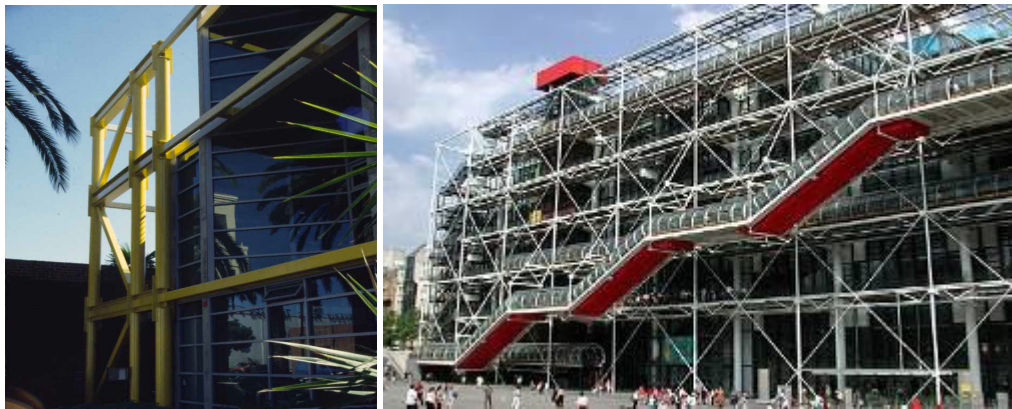
Çerçeve sistemler ile basit kirişler ve kemerlerden farklı olarak, süneklik düzeyi yüksek sistemler oluşturulabilir. Kesit tesirlerinin, örneğin tek açıklıklı veya sürekli kirişlere göre, tüm sisteme yayılması nedeni ile daha ekonomik ve hafif kesit tasarımı yanında; tekrarlayan birimler nedeni ile seri üretim, hızlı ve kolay montaj imkanı da mümkündür (Şekil 3.77–3.79) [159].



Şekil 3.77 Vancouver Convention Centre Expansion, Vancouver, Kanada (2010) [11], [162]



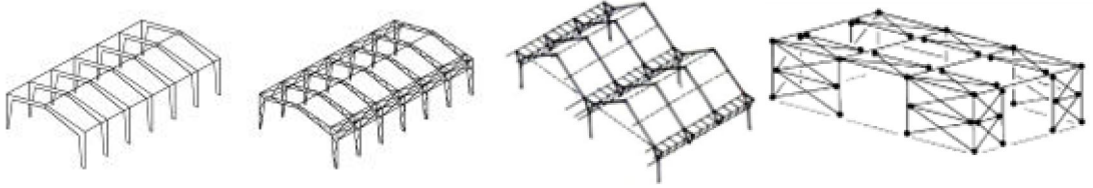
Şekil 3.78 Fiberline, Middelfart, Danimarka (2007) [80]



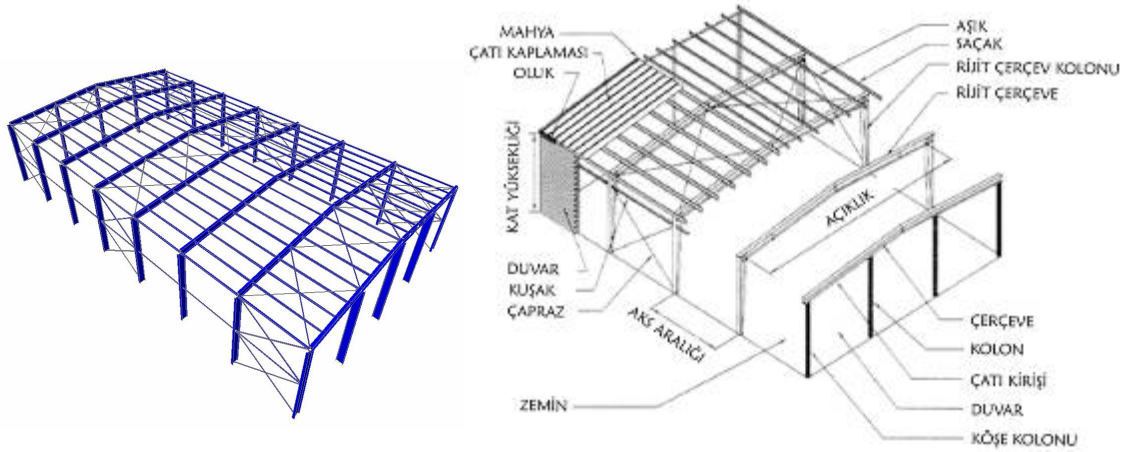
Şekil 3.79 Office Building, Santa Monica ve Pompidou Center, Paris, Fransa (1977) [115]

3.4.2 Tek Doğrultuda Düzenlenen Dolu Gövdeli Çerçeve Sistemler

Tek doğrultuda düzenlenen dolu gövdeli çerçeve sistemler (Şekil 3.80), kendini belirli aralıklara tekrarlayan, süneklik düzeyi normal veya yüksek (özellikle 1.deprem bölgelerinde) çerçeve birimleri ile çerçeve düzlemine dik doğrultuda stabiliteyi sağlamak üzere çerçeveler arasında yerleştirilmiş çelik stabilite çaprazları ve aşıklardan oluşur (Şekil 3.81).

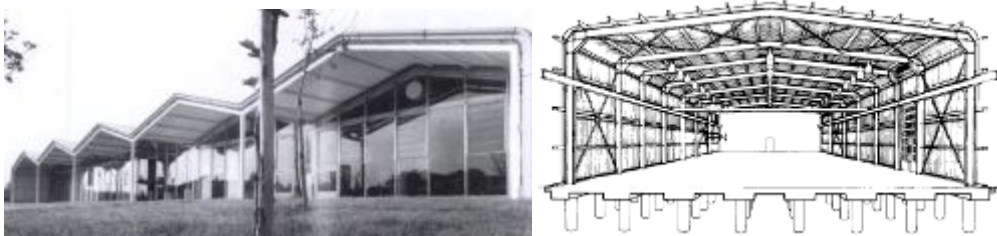


Şekil 3.80 Tek doğrultuda çalışan çerçeve sistem örnekleri [93], [160]



Şekil 3.81 Tek doğrultuda düzenlenen çerçeve sistem kurgusu [161], [162]

Dolu gövdeli çerçeveler; spor yapıları, depo, endüstriyel yapılar, hangar gibi geniş açıklıklı, tek katlı yapılarda çok kullanılır (Şekil 3.82).

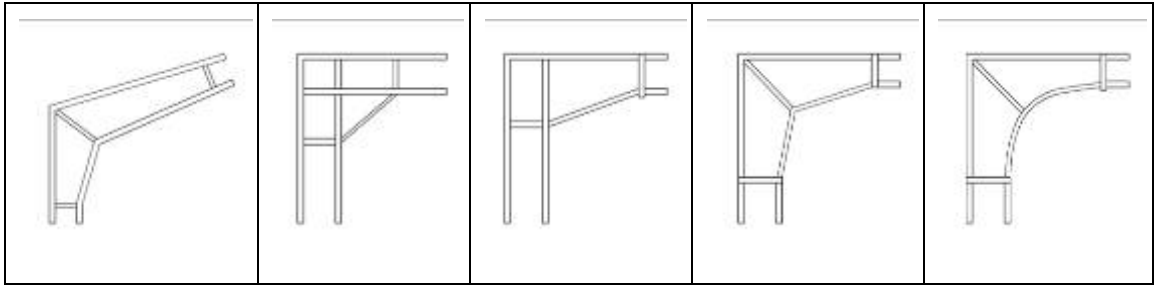


Şekil 3.82 Modern Art Glass Warehouse, Londra, İngiltere (1973) [1], [163]

Kolon-kiriş birleşimleri, genellikle moment aktaran rijit birleşimlerdir. Birleşimlerde artan eğilme momentini karşılamak üzere ek levha ve guse uygulaması yapılabilir (Şekil 3.83 ve 3.84).

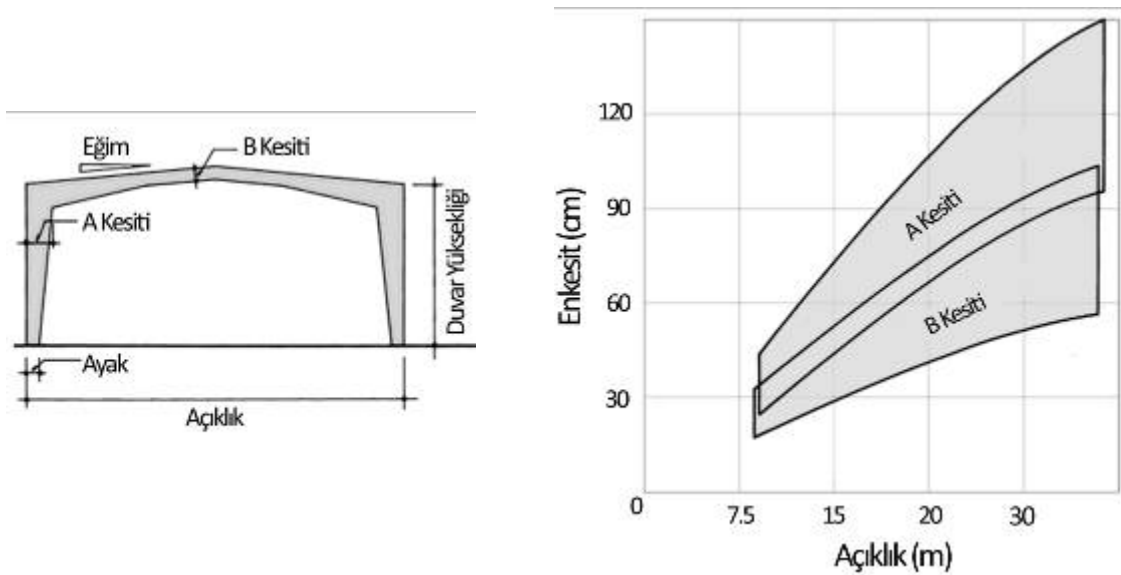


Şekil 3.83 Mahya ve köşe rijit nokta detayları [1], [164], [165]



Şekil 3.84 Dolu gövdeli çerçevelerde köşe birleşim detayları [166]

Dolu gövdeli çerçeve sistemlerde açıklık artışı ile kesitlerin artışı Şekil 3.85'te gösterilmiştir.



Şekil 3.85 Dolu gövdeli üç mafsallı çerçeve sistem açıklık-enkesit grafiği [40]

Dolu gövdeli çerçeve sistemler ile 15–45 m açıklık geçilebilir [93]. Çatı eğimi 2° ile 45° aralığında yapılabilir [40]. İdeal çatı eğimi 10° 'dir [28]. Sistemlerin farklı geometrik biçimlerde uygulanabilmesi mümkündür (Şekil 3.86 ve 3.87).



Şekil 3.86 Brentwood Skytrain Station, Vancouver, Kanada (2002) [3], [11], [167]



Şekil 3.87 Milwaukee Art Museum, Valencia, İspanya (2001) [168], [169], [170]

75 m açıklığın geçildiği ve 70 cm enkesitli çerçeve birimlerinin kullanıldığı Gardens by the Bay (Şekil 3.88); 15-60m arasında değişen açıklıkların 30 cm enkesitli ve üçgen biçiminde çerçeve birimler ile geçildiği Princess of Wales Conservatory (Şekil 3.89) dolu gövdeli çerçeve sistemlere örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 3.88 Gardens by the Bay, Singapur (2011) [171], [172], [173]

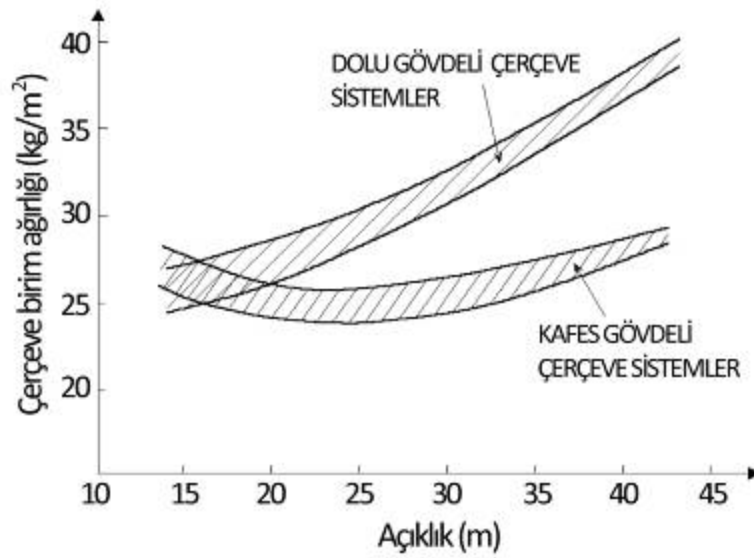


Şekil 3.89 Princess of Wales Conservatory, Kew Gardens, Londra, İngiltere (1987) [3], [174]

3.4.3 Tek Doğrultuda Düzenlenen Kafes Gövdeli Çerçeve Sistemler

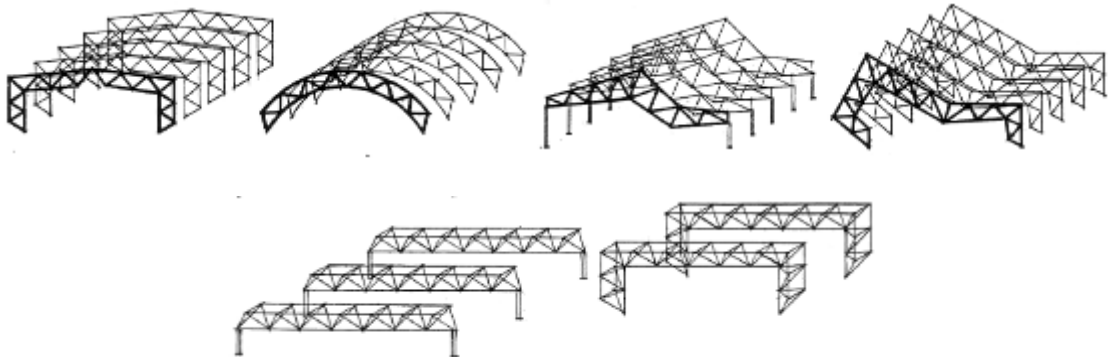
Açıklık arttıkça, sistemde kesit boyutları dolayısı ile yapı toplam ağırlığı artmaktadır. Bu nedenle dolu gövde yerine tamamen veya kısmen kafes gövdeli çerçeveler ile sadece normal kuvvete (çekme ve basınç) çalışan, içi boşaltılmış sistemler oluşturularak, geniş açıklıklar geçmek mümkündür.

15-45 m açıklık geçen dolu gövdeli çerçeve birimlerde artan açıklık ile çerçeve birim ağırlığı artmakta, kafes gövdeli olanlar daha ekonomik çözüm vermektedir (Şekil 3.90).



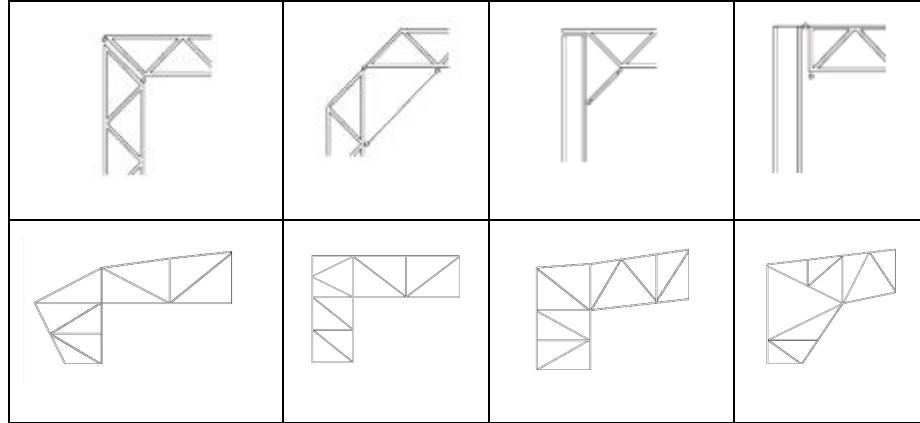
Şekil 3.90 Dolu gövdeli ve kafes gövdeli çerçeve birim ağırlık karşılaştırması [93]

Tek doğrultuda düzenlenen (Şekil 3.91) düzlem kafes gövdeli çerçeve sistemler ile 25–100 m, uzay kafes gövdeli çerçeve sistemler ile 25–120 m açıklık geçilebilmektedir [175].



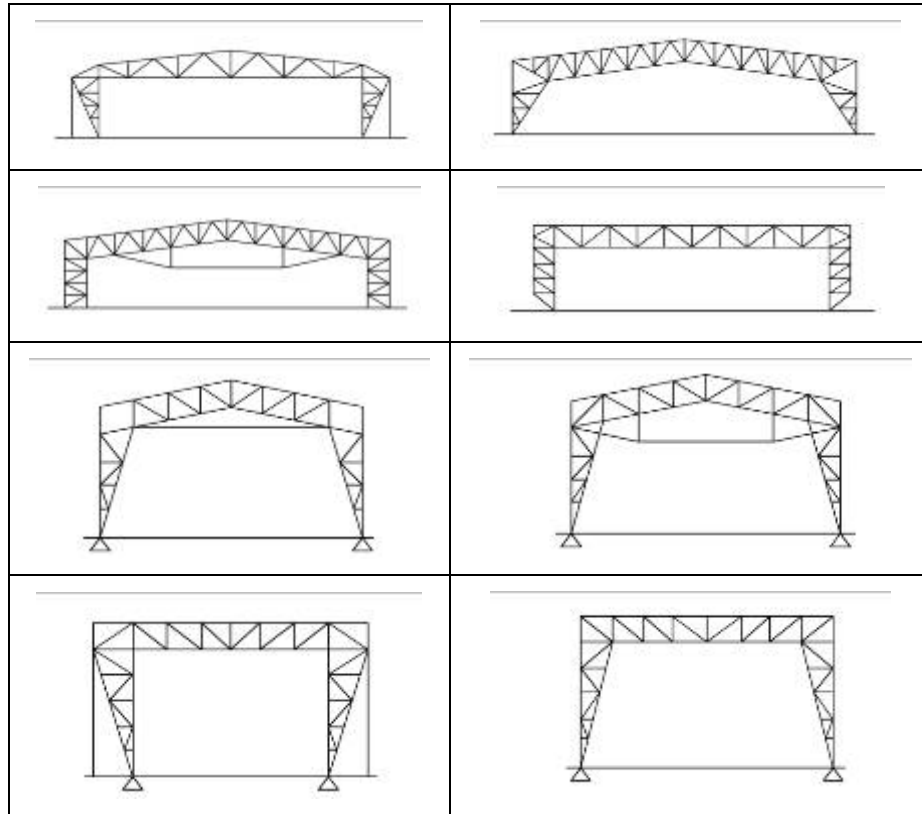
Şekil 3.91 Kafes gövdeli çerçeve kesit örnekleri [2], [175]

Kısmen veya tamamen kafes gövdeli çerçeveyi oluşturan doğru eksenli çubuklar ve düğüm noktaları, aynı düzlem içinde oluşturulmaktadır. Bu tez kapsamında yeniden çizilen tipik köşe birleşim detayları Şekil 3.92’de gösterilmiştir.



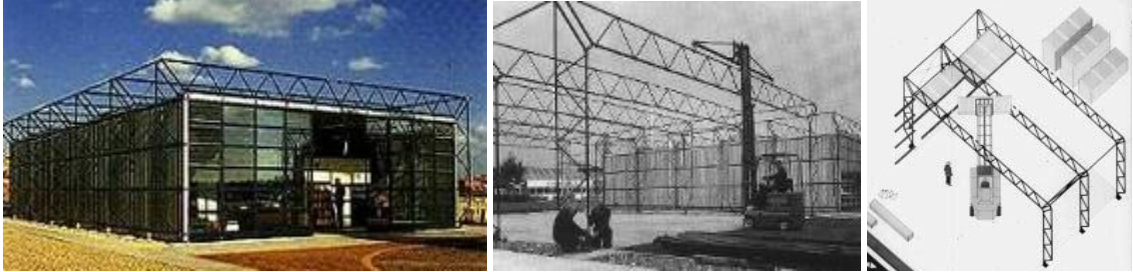
Şekil 3.92 Kafes gövdeli çerçevelerde tipik köşe birleşim detayları [93]

Açıklık miktarı arttıkça düzenlenen çerçeve sistemde stabilite problemi söz konusu olur. Mesnete doğru daralan çerçevelerde ve/veya eğimli çatı kesitine sahip çerçevelerde yatay mesnet tepkilerindeki açılmaya karşı gergi elemanlar kullanılır (Şekil 3.94)



Şekil 3.93 Kafes gövdeli çerçeve sistem türleri [93]

12 m açıklığın geçildiği, 4.25 m aralıkla yerleştirilen 1.2 m enkesitli çerçevelerden oluşan Patera Building (Şekil 3.94) ve 75 cm enkesitli çerçeveye sahip 7.5 m aralıkla 45 m açıklık geçen BRIT School (Şekil 3.95), düzlem kafes gövdeli çerçevelere örnek olarak verilebilir.



Şekil 3.94 Patera Building, Staffordshire, İngiltere (1982) [1], [129], [176]



Şekil 3.95 BRIT School, Londra, İngiltere (1990) [2], [11]

~14 m açıklığın geçildiği, 5 m aralıkla yerleştirilen 60 cm enkesitli çerçevelerin düzenlendiği Broadway Sky Station (Şekil 3.96); 15 m açıklıklı Queen Sirikit National Convention Center (Şekil 3.97); 100 m açıklıklı Chill Factor (Şekil 3.98); 61 m açıklığın geçildiği Old Trafford (Şekil 3.99); 45 m yükseklik, 203 m açıklıklı PGE Arena (Şekil 3.100); 35 m açıklığın geçildiği 3 m enkesitli Sloterdijk Station (Şekil 3.101) uzay kafes gövdeli çerçeve sistemlere örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 3.96 Broadway Sky Station, Vancouver, Kanada (2008) [177], [178]



Şekil 3.97 Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Tayland (1991) [179], [180], [181]



Şekil 3.98 Chill Factor, Manchester, İngiltere (2007) [11], [182]



Şekil 3.99 Old Trafford, Manchester, İngiltere (2007) [183], [184]



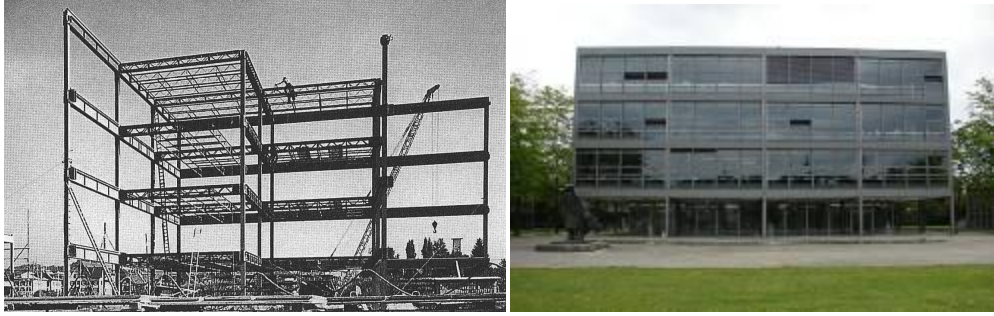
Şekil 3.100 PGE Arena, Gdansk, Polonya (2011) [3], [154], [185]



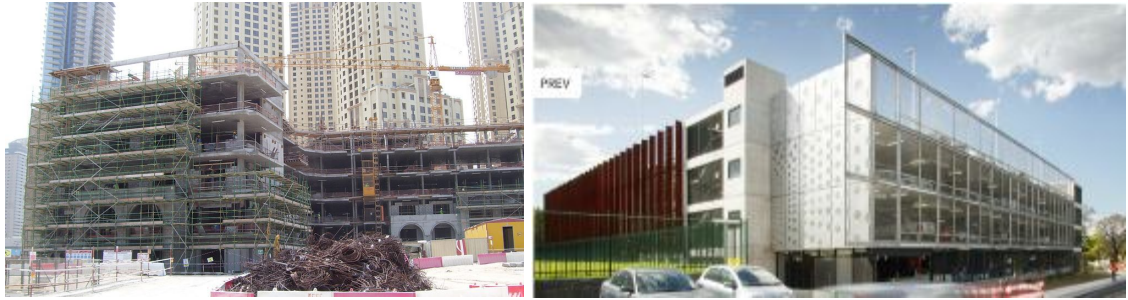
Şekil 3.101 Sloterdijk Station, Amsterdam, Hollanda (1983) [186]

3.4.4 İki Doğrultuda Düzenlenen Dolu Gövdeli Çerçeve Sistemler

İki doğrultuda düzenlenen dolu gövdeli çerçeve sistemler, süneklik düzeyi normal veya yüksek sistemlerdir. Genellikle iki veya daha çok katlı yapılarda uygulansa da tek katlı geniş açıklıklı yapılarda uygulamaları da mevcuttur, 15 m açıklığın geçildiği Mansueto Research Library (Şekil 3.103) ve 145 m çapındaki Seibu Dome (Şekil 3.104) tek katlı uygulamalara örnek olarak verilebilir.

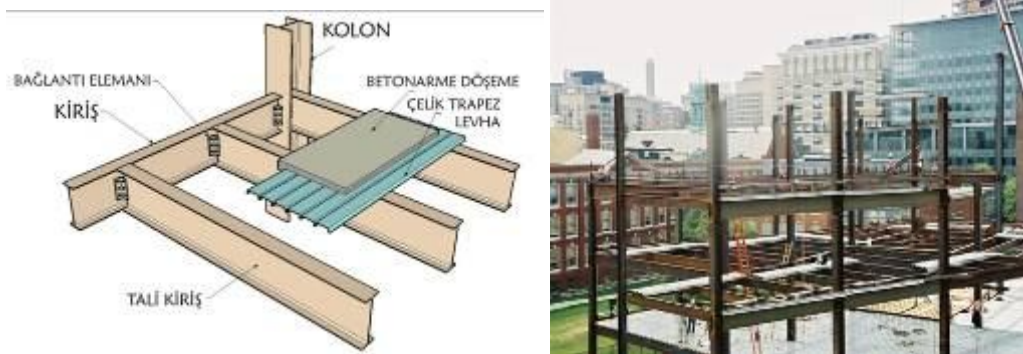


Şekil 3.102 Kantonsschule Baden (1964) [155], [187]

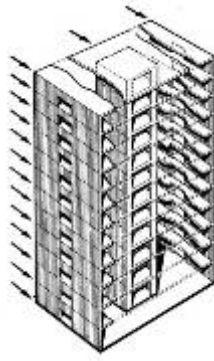


Şekil 3.103 Ritz Carlton Hotel, Dubai ve Glenfield Carpark, Avustralya [188], [189]

Çok katlı yapılarda tipik çerçeve kurulum detayı Şekil 3.105'te verilmiştir. Stabilité, iki doğrultuda düzenlenen betonarme perdeler veya çelik çaprazlar ile sağlanır (Şekil 3.106) [190].



Şekil 3.104 İki Doğrultuda Düzenlenen Dolu Gövdeli Çerçeve Sistemler [191]



Şekil 3.105 Betonarme perde ve çelik çapraz [192], [193]



Şekil 3.106 İki doğrultuda çalışan çerçeve sistem örnekleri [138], [194]

~6 m açıklık ve 17 m yüksekliğe sahip Netherlands Architecture Institute (Şekil 3.108); 30 m yükseklik ve 300 m açıklığa sahip Maritime Centre Vellamo (Şekil 3.109) iki doğrultuda düzenlenen çok katlı dolu gövdeli çerçeve sistemlere örnek gösterilebilir.



Şekil 3.107 Netherlands Architecture Institute, Rotterdam, Hollanda (2011) ve Contemporary Art Museum, Barcelona, İspanya (1995) [11], [195]



Şekil 3.108 Maritime Centre Vellamo, Kokta, Finlandiya (2008) [196], [197]

3.4.5 İki Doğrultuda Düzenlenen Kafes Gövdeli Çerçeve Sistemler

İki doğrultuda düzenlenen kafes gövdeli çerçeve sistemler (Şekil 3.110), 15-80 m arasında açıklık geçilebilmektedir [106].



Şekil 3.109 İki doğrultuda düzenlenen kafes gövdeli çerçeve sistemler [175]

15 m yüksekliğindeki iki ağaç kolon ile ~50 m açıklığın geçildiği Indianapolis Airport (Şekil 3.111); 132 m açıklık ve 43 m yüksekliğin geçildiği Sapporo Community Dome (Şekil 3.112); 114 m x 95 m'lik alana ve 37 m yüksekliğe sahip Okayama Dome (Şekil 3.113) iki doğrultuda düzenlenen tek katlı geniş açıklıklı çerçeve sistemler için tipik örneklerdir.



Şekil 3.110 Indianapolis Airport, Indiana, A.B.D (2008) [198], [199], [200]



Şekil 3.111 İki doğrultuda düzenlenen çerçeve sistem örnekleri [33], [155]



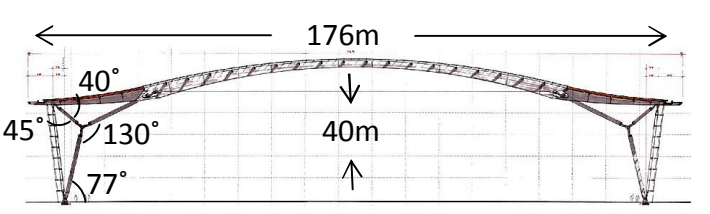
Şekil 3.112 Crystal Hall Sports Concert Complex, Bakü, Azerbaycan (2012) [201], [202]

3.4.6 Çerçeve Sistemler ve Yapı İncelemeleri

Bu tez kapsamında çelik çerçeveler kullanılarak oluşturulmuş, tek katlı geniş açıklıklı yapı örnekleri şöyledir:

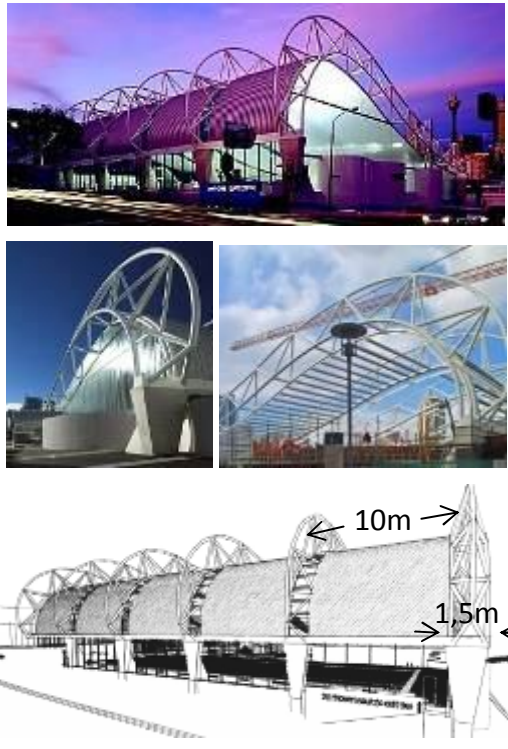
- Terminal 5, Heathrow Airport (Çizelge 3.22),
- Ian Thorpe Aquatic Centre (Çizelge 3.23),
- IBM Sports Hall (Çizelge 3.24).

Çizelge 3.22 Terminal 5, Heathrow Airport¹

	Yapım Yılı: 1989-2008
	Mimar: Rogers Stirk Harbour + Partners
	Yer: Londra, İngiltere.
	Yapı Hakkında: Yapı, ~40 m yükseklik, 176 m açıklık ve 396 m aralığa sahip havalimanı binası olarak tasarlanmıştır.
	Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn ² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur)
	Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, tek doğrultuda çalışan çerçeve sistemdir. Eğrisel formda üretilen ~176 m açıklığa sahip pre-fabrike çelik kirişler ~20 m aralıklar ile tekrarlanmıştır. Zeminden 77° açı ile yükselen iki ayak ~23 m'de birleşerek, takiben 4 dala ayrılır ve toplam yükseklik ~29 m'dir, dallar kirişte 25 m açıklığa bağlanır.

¹ Bu çizelge Kaynak [107] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.23 Ian Thorpe Aquatic Centre¹

	Yapım Yılı: 2007 Mimar: Harry Seidler & Associates. Yer: Sydney, Avustralya. Yapı Hakkında: Yapı, havuz, kafe, spa, fitness gibi hizmetler için tasarlanmıştır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 80–160 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, betonarme kolonlar üzerine uygulanan kafes gövdeli ve tek doğrultuda çalışan çerçeve sistem ile oluşturulmuştur. Eğrisel formda düzenlenen ve ~55 m açıklık geçen uzay kafes kirişler 10 m aralıklar ile yerleştirilmiştir
--	--

Çizelge 3.24 IBM Sports Hall²

	Yapım Yılı: 1982 Mimar: Grimshaw. Yer: Winchester, İngiltere. Yapı Hakkında: Yapı, spor binası olarak tasarlanmıştır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, tek doğrultuda çalışan kafes gövdeli çerçeve sistem olarak düzenlenmiştir. 38 m açıklık geçen çerçeve birimler 2.25 m enkesitindedir ve 11.5 m aralıklar ile düzenlenmiştir. Çerçeve aralıklarında stabilite amaçlı çaprazlar kullanılmıştır.
---	--

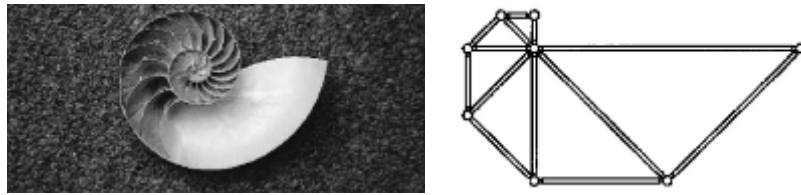
¹ Bu çizelge Kaynak [203] ve [204] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

² Bu çizelge Kaynak [151] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

3.5 Uzak Kafes Sistemler

3.5.1 Uzak Kafes Sistemlere Genel Bakış

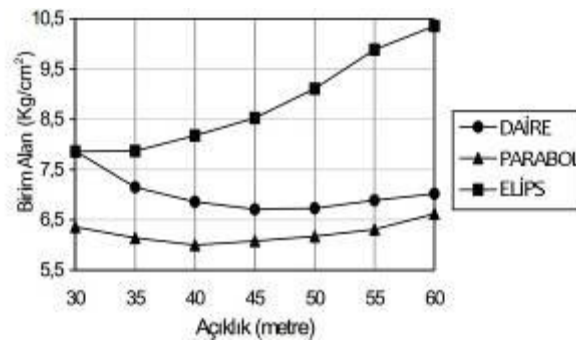
Bir boyutlu çubukların oluşturduğu üç boyutlu, kafes yapılı ve modüler düzenli sistemlerdir. Dış yüklere dayanımın dışında biçim özgürlüğü de söz konusudur. Herhangi bir yüzey, çizgi ağlarına bölündükten sonra, çizgilerin kesiştikleri kısımlarda düğüm noktaları, düğüm noktaları arasındaki çizgiler doğrultusunda taşıyıcı elemanların yerleştirildiği sistemdir [205]. Elli yıl öncesinden bu yana, farklı esin kaynaklarından doğan yüzlerce grid sistem tipi geliştirilmiştir (Şekil 3.113).



Şekil 3.113 Bir uzak kafes sistem tasarımının çıkış noktası [206]

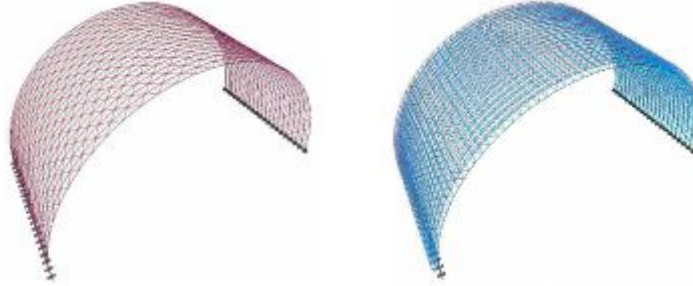
Uzak kafes sistemler, genellikle tek veya çift tabakalı olarak düzenlenir. Tek tabakalı sistemlerin düğüm noktaları genellikle mafsallı değildir. Bu nedenle düzlem kafes sistemlerden farklı olarak, normal kuvvete ilave olarak eğilme momenti ve kesme kuvveti de oluşur. Çift tabakalı uzak kafes sistemler ise, genellikle sadece normal kuvvet oluşacak şekilde düzenlenir [207].

Parabol kesitli çift tabakalı uzak kafes sistemler tüm açıklık ve yükseklik değerleri için en ekonomik çözümü verir. Daire kesitli sistemler geniş açıklıklar için daha uygundur. Elips form, basık yapısı nedeni ile geçilecek açıklığa oranla ortaya çıkacak yapı toplam yükü bakımından en olumsuz biçimdir (Şekil 3.114).



Şekil 3.114 3 m boyunda çubuklar ile 15 m geometrik yükseklik için açıklık-birim alan değişimi [208]

Sistemin geometrik yüksekliği ile açıklığı arasında $1/3$ ile $1/5$ arasında bir uygunluk oranı bulunmaktadır (Şekil 3.115). Bu orana yaklaşıldıkça yatay itkiler ve sistemin ağırlığı azalır, yükseklik/açıklık oranı $<1/5$ ise sistemde yanal itkiler ve çubuk kesit tesirleri artar [209].



Şekil 3.115 Silindirik kabuk biçimli tek ve çift tabakalı uzay kafes sistemler [210]

Tek tabakalı uzay kafes sistemler, eğrisel bir yüzeyde, farklı açılarla kesişebilen çubukların oluşturduğu taşıyıcı sistemlerdir. Amorf formlar elde etmek mümkündür (Şekil 3.116–3.122). Kubbe formu ile çelik veya ahşap olarak 200 m’ye kadar açıklıklar geçilmiştir [47].



Şekil 3.116 The Great Court- British Museum, Londra, İngiltere (1999) [2], [183]



Şekil 3.117 Golden Terraces, Warsaw, Polonya (2007) [17], [211]



Şekil 3.118 Salvador Dali Museum, Florida, A.B.D (2008) [11], [212], [213]



Şekil 3.119 Westfield, Londra, İngiltere (2009) [26], [214], [215]



Şekil 3.120 Cutty Sark, Londra, İngiltere (2012) [216], [217], [218]



Şekil 3.121 Puerto Rico Convention Center, San Juan, Porto riko (2006) [11], [38], [219]



Şekil 3.122 Arganzuela Footbridge, Madrid, İspanya (2005) [16], [138]

Tek tabakalı uzay kafes sistemler, sadece geniş açıklıklı yapıların tasarımında değil, aynı zamanda yüksek yapı tasarımı alanında da “diagrid sistem” başlığı altında son yıllarda çok estetik ve ekonomik çözümler sunmaktadır (Şekil 3.123 ve 3.124).



Şekil 3.123 City Hall, Londra, İngiltere [13], [19], [220]



Şekil 3.124 CCTV Headquarters Tower, Pekin, Çin (2012) [221], [222], [223]

Tek tabakalı sistemlerin her parçası ayrı ayrı düzenlenir ve yerinde uygulanması zordur, genellikle montajı yerde yapıp vinç yardımı ile yukarı kaldırılır, bu da maliyeti arttırıcı bir etkidir.

Tonoz biçimindeki tek tabakalı sistemler 20- 80 m açıklık geçebilir [175]. Imperial War Museum (Şekil 3.125) 25 m açıklık ve 23 m yüksekliğe; European Investment Bank (Şekil 3.126) 50 m açıklık ve 35 m yüksekliğe sahip tek tabakalı tonoz sistem; Faculty of Law (Şekil 3.127), 30 m açıklık ve 17 m yüksekliğe sahip çift tabakalı tonoz sistem örneğidir.



Şekil 3.125 Imperial War Museum, Londra, İngiltere (1983) [26], [93]

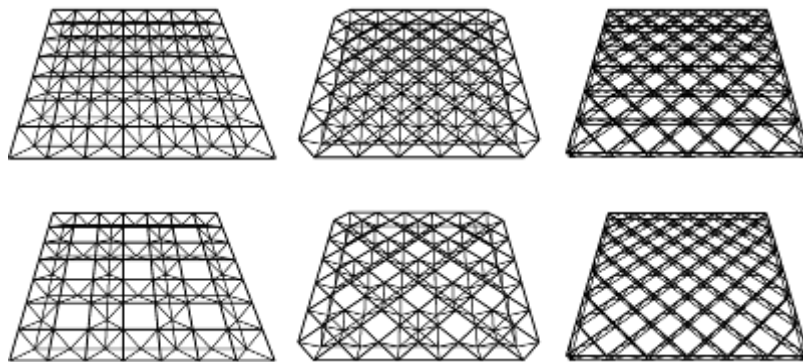


Şekil 3.126 European Investment Bank, Lüksemburg (2008) [224]



Şekil 3.127 Faculty of Law, Cambridge, İngiltere (1996) [211], [3], [225]

Çift tabakalı uzay kafes sistemler, aynı biçim ve benzer ölçülerdeki elemanların yer aldığı, iki farklı düzlemde/yüzeyde yer alan çubuk elemanların aralarında belirli bir h mesafesi boyunca, diagonal elemanlar ile birbirine genellikle mafsallı düğüm noktalarından birleştirildiği taşıyıcı sistemlerdir (Şekil 3.128). Sadece normal kuvvet söz konusudur. Çift tabakalı uzay kafes sistemler ile 50-140 m açıklık geçilebilmektedir [226].



Şekil 3.128 Çift tabakalı uzay kafes sistem tipleri [227]

Aynı biçim ve ölçülerde kütlelerin farklı yüksekliklerde uygulandığı ve her kütlede ~27 m açıklığın geçildiği Javits Center (Şekil 3.129); toplam 73 m x 207 m açıklığın geçildiği Currigan Exhibition Hall (Şekil 3.130); 35 m çaplı Palafolls Sport Hall (Şekil 3.131); 43 m yüksekliğindeki Harpa Concert Hall (Şekil 3.132) çift tabakalı uzay kafes sistemlere örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 3.129 Javits center, New York, A.B.D (1986) [228], [229]



Şekil 3.130 Courtesy of Tomoe Corporation ve Currigan Exhibition Hall, Denver, CO, A.B.D (1969) [227], [230]



Şekil 3.131 Palafolls Sport Hall, Barcelona, İspanya (1993) [231]

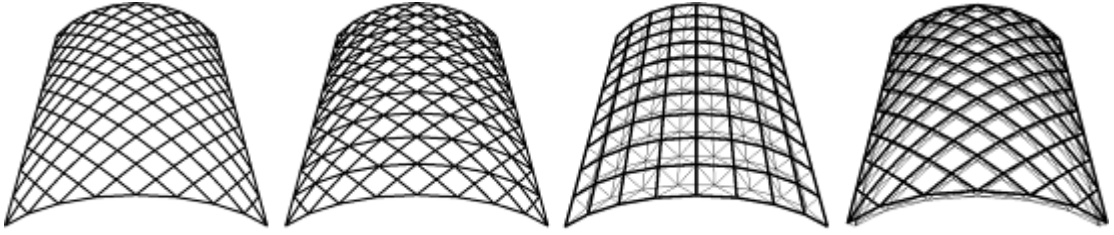


Şekil 3.132 Harpa Concert Hall, Reykjavík, İzlanda (2011) [6], [232], [233]

3.5.2 Eğrilikli Uzay Kafes Sistemler

Eğri yüzeyli sistemler elde etmek için yapının x veya y yönlerinden en az birinde eğrilığe sahip olması gerekir. x veya y yönlerinden bir tanesi eğrisel, diğeri doğru parçası ise sistem 'tek eğrilikli sistemler', her ikisi de eğri ise 'çift eğrilikli sistemler' adını alır.

Tek eğrilikli sistemlerde, Gauss eğrilığı sıfırdır ($K=0$). Bu sisteme tonoz biçimli yapılar örnek gösterilebilir (Şekil 3.133). Tek eğrilikli sistemlerde, mesnet sayısının, sistem geometrisine doğrudan bir etkisi yoktur. Mesnet sayısındaki artış, çubuk enkesitlerini dolayısıyla da sistem ağırlığını azaltır [121].

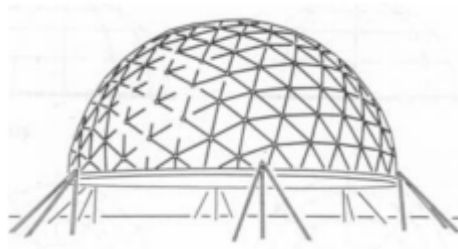


Şekil 3.133 Tek eğrilikli sistemler ($K=0$) [227]

Çift eğrilikli sistemlerde, eş eğrilikli ve ters eğrilikli olmak üzere iki durum söz konusudur. Kubbe, torus gibi eş eğrilikli sistemler pozitif Gauss eğrilikli ($K>0$), hiperbolik paraboloid ve semer eğrisi gibi ters eğrilikli sistemler negatif Gauss eğriliklidir ($K<0$) sahiptir. Negatif eğrilikler çekmeye, pozitif eğrilikler basınca çalışır [121].

3.5.2.1 Pozitif Eğrilikli Uzay Kafes Sistemler

Pozitif Gauss eğrilığıne sahip kubbe sistemler, yarım küre şeklindeki eğrisel yüzeyin çubuk elemanlarla geometrik biçimlere bölündüğü ve çubuk elemanların düğüm noktalarıyla bağlandığı hafif taşıyıcı sistemler olarak tanımlanabilir (Şekil 3.134). Sistem, normal kuvvetlere karşı dayanıklıdır ve büyük açıklıklar için kullanılan malzeme bakımından ekonomiktir. Kubbe sistemler ile 50- 190 m açıklık geçilebilmektedir [175].



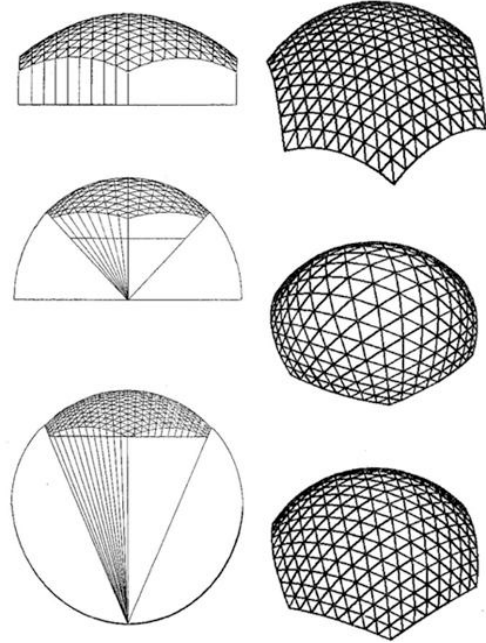
Şekil 3.134 Kubbe sistemler ($K>0$) [234]

Projeksiyon yöntemiyle çubuk ağı kubbeleri dik, merkezi ve kutupsal projeksiyon yöntemleri ile 3 farklı biçimde (Şekil 3.135) elde edilebilir [121] :

- Dik projeksiyon yöntemi: Oluşturulan düzlem ağı, küre kapağına dik projeksiyon yöntemiyle yansıtıldıktan sonra köşelerden küre yüzeyini kesene kadar dik çizgiler uzatılır.

- Merkezi projeksiyon yöntemi: Oluşturulan düzlem ağı, küre kapağına merkezi projeksiyon yöntemiyle yansıtıldıktan sonra köşeler küre merkezinden uzatılan çizgiler ile birleştirilir.

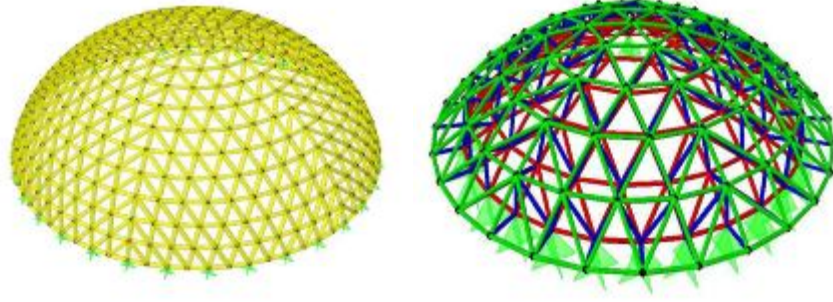
- Kutupsal projeksiyon yöntemi: Oluşturulan düzlem ağı, küre kapağına kutupsal projeksiyon yöntemiyle yansıtıldıktan sonra köşeler kürenin alt kutup noktasından uzatılan çizgiler ile birleştirilir.



Şekil 3.135 Projeksiyon Yöntemi ile Çubuk Ağı Kubbeler [121]

Yük altında kubbelerin üst bölgesi içeri doğru itilmeye, alt bölgesi ise açılmaya çalışır. Dolayısıyla üstte basınç, altta çekme gerilmesi meydana gelir ve basınçtan ötürü burkulma sorunu mevcuttur. Yüksekliğin açıklığa oranının 1/5'ten az olduğu basık kubbelerde dışa doğru itme kuvvetini karşılayabilmek için mesnet bölgesinde rijit bir çekme çemberi ön görülür ve bu bölge olabildiğince çok noktadan desteklenmelidir. Çünkü kubbelerin eğrilikleri azaldıkça, aksenal kuvvetler büyür, gerilmeler kubbe yüksekliği ile ters orantılı olarak çalışır. Eğilme momenti ve kesme kuvvetinin etkisi özellikle basık kubbelerde önem kazanır, bu etkinin azaltılması amacı ile kubbenin uç bölgesi, teğeti doğrultusunda mesnetlenmelidir.

Çelik kubbe sistemler çift veya tek tabakalı uzay kafes sistem olarak tasarlanır (Şekil 3.138). Tek tabakalı kubbe sistemler, yüklerin tek yüzeyde çubuklar ile taşındığı; çift tabakalı kubbe sistemler, diyagonal çubuklar ile birleştirilen iki küre yüzeyinden oluşan ve asimetrik yüklere karşı dayanıklı olan sistemlerdir (Şekil 3.136–3.139).



Şekil 3.136 Tek tabakalı ve çift tabakalı kubbe sistemler [234]



Şekil 3.137 Dali Theatre and Museum, Figueres, İspanya (1998) [11], [90]



Şekil 3.138 The Museum of Aviation, Belgrad, Sırbistan (1957) [3]



Şekil 3.139 Esplanade Theaters, Singapur (2005) [154]

60m açıklık, 47m yüksekliğe sahip Science world dome (Şekil 3.140); 76m açıklık, 62m yüksekliğe sahip Montreal Biosphère (Şekil 3.141); 53m açıklık, 21m yüksekliğe sahip Climatron (Şekil 3.142); 83m açıklık, 31m yüksekliğe sahip ASM dome (Şekil 3.143) dünyada uygulanan çift tabakalı kubbe sistemleri için tipik örneklerdir.



Şekil 3.140 Science World Dome, Vancouver, Kanada, (1977) [11], [235]



Şekil 3.141 Montreal Biosphère, Quebec, Kanada (1967) [11], [236]



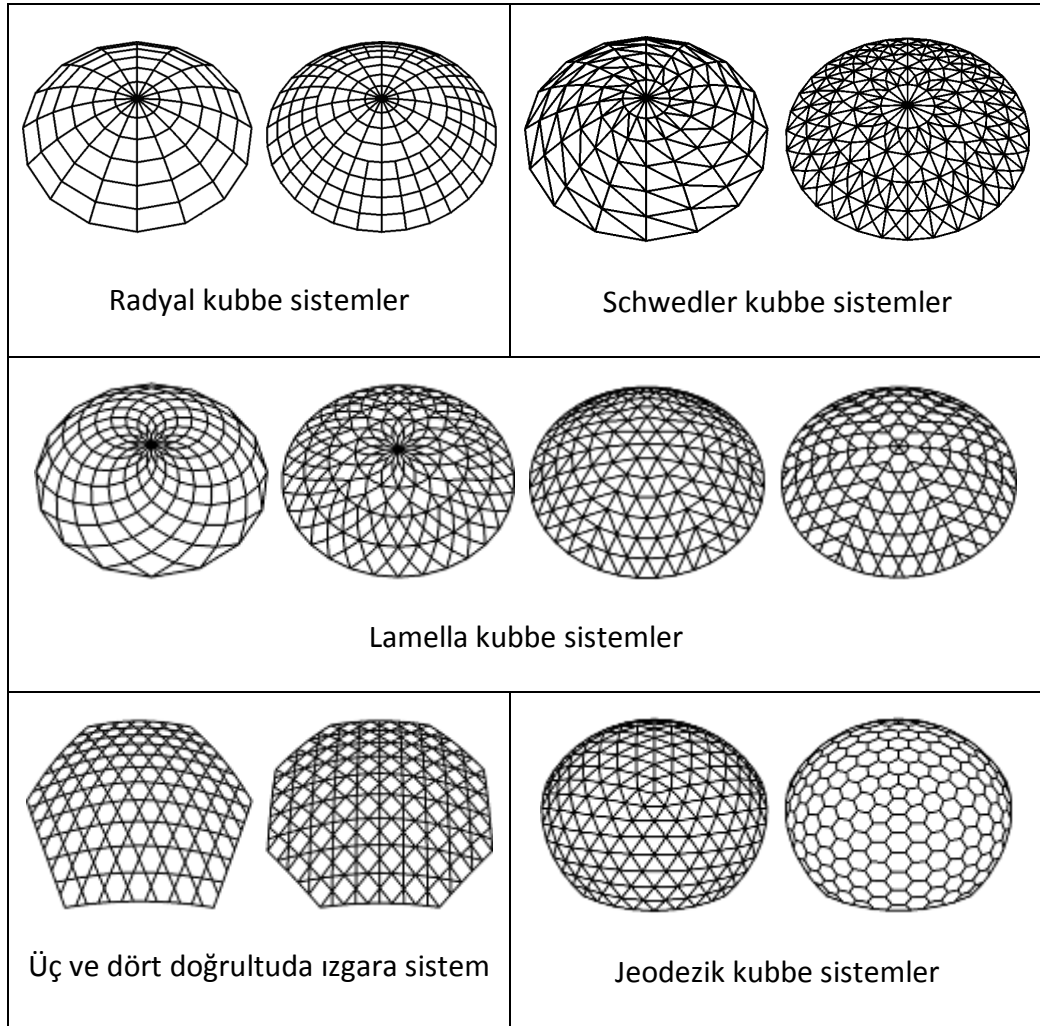
Şekil 3.142 Climaltron, Missouri Botanical Gardens, A.B.D (1959) [237], [238]



Şekil 3.143 ASM Dome, Ohio, A.B.D (1959) [3], [237]

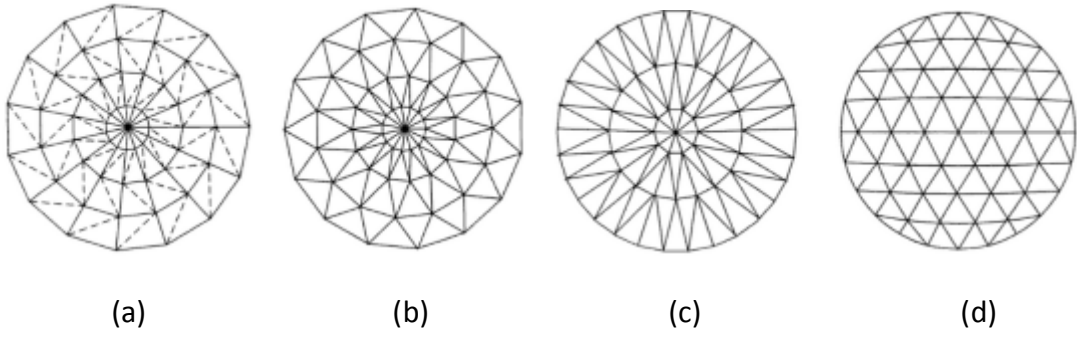
Çubuk elemanların ve düğüm noktalarının kubbe yüzeyinde farklı biçimler oluşturacak şekilde ve/veya farklı açılarla birleştirilmesi sonucunda aşağıdaki sistemler geliştirilmiştir (Şekil 3.144) [239].

- Radyal kubbe sistemler
- Schwedler kubbe sistemler
- Lamella kubbe sistemler
- Üç ve dört doğrultuda ızgara sistem
- Jeodezik kubbe sistemler



Şekil 3.144 Kubbe sistemlerde örgü biçimleri [240]

Kubbe türleri arasındaki dayanım ve rijitlik karşılaştırılması Şekil 3.145'te gösterilmiştir.



	(a)	(b)	(c)	(d)
Dayanım	30	50	70	100
Rijitlik	5	54	100	100

Şekil 3. 145 Kubbe sistemlerde dayanım ve rijitlik karşılaştırması (a) Schwedler Kubbe (b, c) Lamella Kubbe (d) Jeodezik Kubbe [241]

Radyal kubbe sistemler

Üstte bir basınç çemberi, altta bir çekme çemberi ve basınç çemberinden ısınsal olarak uzanan nervürlerden oluşan radyal kubbelerdir. Basınç çemberinden uzanan nervürlerin ısısal genişmeden etkilenmemesi için radyal doğrultuda düzenlenen ve yatay deplasmana izin veren kayıcı mesnetlere bağlanması gerekir [242].

61 m açıklığın geçildiği Rodos Palace Hotel (Şekil 3.146); 40 m açıklığın geçildiği Reichstag Dome (Şekil 3.147); 45 m açıklığın geçildiği Onsen-gun Gymnasium (Şekil 3.148) radyal kubbeler tipik örnekler olarak gösterilebilir.



Şekil 3.146 Rodos Palace Hotel, Rhodes, Yunanistan (1974) [243], [244]



Şekil 3.147 Reichstag Dome, Berlin, Almanya (1999) [3]



Şekil 3.148 Onsen-gun Gymnasium, Hiroshima Prefecture, Japonya [245]

Schwedler kubbe sistemler

Radyal kubbeye her nervür tek bir eleman sayılırken, Schwedler kubbeye nervürler diğer elemanlar ile birlikte çalışır. Kesme kuvvetine karşı nervürler ve çemberler rijit birleştirilebilir veya simetrik olmayan yüklerden oluşacak kesme kuvvetlerine karşı bu elemanlar çapraz elemanlarla birleştirilir. Simetrik yükler söz konusu olduğunda ise düğüm noktaları mafsallı düzenlenir ve izostatik bu sistemin elle hesabı mümkündür [242].

~40 m açıklığın geçildiği Iwase Sports Park (Şekil 3.149); Aged Sports Plaza (Şekil 3.150) schwedler kubbelere tipik örnek olarak verilebilir.



Şekil 3.149 Iwase Sports Park, Toyama, Japonya (1992) [246], [247]



Şekil 3.150 Aged Sports Plaza, Gifu, Japonya [245]

Lamella kubbe sistemler

Birbirine benzer elemanların çok sayıda kullanılması ve küre yüzeyinde baklava ya da elmas biçimi oluşturacak şekilde biraraya getirilmesiyle elde edilen sistem türüdür. Uygulamada sorun oluşmaması için kubbeyi oluşturan dilimler tepe noktasına doğru sayıca azaltılarak bağlanır [242].

63 m yükseklik ve 210 m çaplı kubbeye sahip Louisiana Superdome (Şekil 3.151); 60 m yükseklik ve 120 m çaplı kubbeye sahip Houston Astrodome (Şekil 3.152); 35 m yükseklik ve 70 m çaplı kubbeye sahip Osaka Maritime Museum (Şekil 3.153); 12 m yükseklik ve 59 m çaplı kubbeye sahip General Electric Pavilion (Şekil 3.154); 50 m açıklığın geçildiği Roy Thomson Hall (Şekil 3.155) lamella kubbe sistemleri için tipik örnekler olarak gösterilebilir.



Şekil 3.151 Louisiana Superdome, New Orleans, Louisiana, A.B.D (1975) [11], [248]



Şekil 3.152 Houston Astrodome, Houston, Texas, A.B.D (1965) [249], [250]



Şekil 3.153 Osaka Maritime Museum, Osaka, Japonya (2000) [17], [18]



Şekil 3.154 General Electric Pavilion, New York, A.B.D (1963) [251], [252]



Şekil 3. 155 Roy Thomson Hall, Toronto, Ontario, Kanada (1982) [12], [253], [254]

Üç ve Dört doğrultuda ızgara sistemler

Kare, dikdörtgen, daire, üçgen veya altıgen formundaki farklı plan tipine sahip yapıları örtmek üzere kullanılan, üç ya da dört doğrultuda düzenlenen bu sistem türü asimetrik yüklere karşı dayanıklıdır [242].

187 m çapında, 60 m yüksekliğe sahip Nagoya Dome (Şekil 3.156), Robson Square Dome (Şekil 3.157) üç ve dört doğrultuda düzenlenen ızgara sistemler için örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 3.156 Nagoya Dome, Japonya (1997) [11], [255]



Şekil 3.157 Robson Square Dome, Vancouver, Kanada (2010) [11], [257]

Jeodezik kubbe sistemler

Matematiksel anlamda, bir küre üzerinde bulunan iki noktayı birleştiren en kısa çizgi jeodezik çizgi olarak tanımlanır. Jeodezik kubbe, jeodezik çizgiler kullanılarak, bir küre yüzeyine atanan noktaların birleştirmesiyle elde edilen sistem türüdür [242]. Jeodezik bölme yönteminde üçgenin 3 eksenli simetrisinden yararlanılarak eleman tip sayısı azalıp çubuk uzunluklarının birbirine yakın olması sağlandığından imalat, nakliyat ve montaj işlemlerinde tasarruf sağlanır.

Yükler, en kısa yollardan komşu elemanlara ordan da temellere homojen olarak aktarılır. Jeodezik kubbeler, en büyük hacmin en az kubbe ağırlığı ile geçebilmesi ve taşıyıcı sistemin aynı zamanda mekan için örtü olması bakımından, diğer kubbe türlerine göre daha fazla uygulanmaktadır. Sistem, narin görüntüye nazaran yapısal olarak güçlüdür [121].

136 m x 85 m açıklığın jeodezik kubbeler ile geçildiği AAMI Park Stadium (Şekil 3.158); 36 m çapında 18 m yüksekliği olan Ontario Place (Şekil 3.159); 21 m yüksekliğe sahip ve

42 m çapındaki Bloedel Conservatory (Şekil 3.160) jeodezik kubbeler için örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 3.158 AAMI Park Stadium, Melbourne, Victoria, Avustralya (2010) [18], [258]



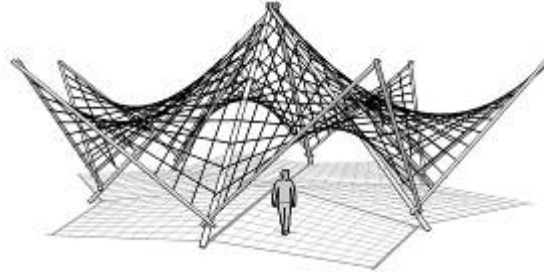
Şekil 3.159 Ontario Place, Toronto, Ontario, Kanada (1971) [259], [260]



Şekil 3.160 Bloedel Conservatory, Vancouver, Kanada (1969) [261], [262]

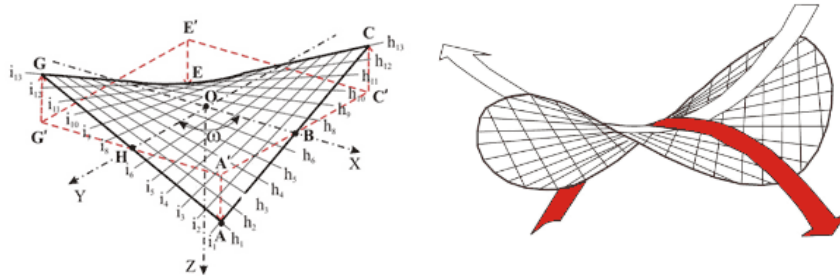
3.5.2.2 Negatif Eğrilikli Uzay Kafes Sistemler

Negatif Gauss eğriliğine sahip hiperbolik paraboloid, duran bir parabol eğrisi üzerinde sarkan bir parabol eğrisinin tekrarlı olarak kaydırılmasıyla elde edilen öteleme yüzeyi olarak tanımlanabilir (Şekil 3.161).



Şekil 3.161 Hiperbolik paraboloid ($K < 0$)

İki asal eğrilğe sahip hiperbolik paraboloid sistemlerinde duran parabollerde (kemer) basınç, sarkan parabollerde de çekme kuvveti söz konusudur (Şekil 3.162). Bu parabollerde farklı gerilmelerin söz konusu olması, formun burkulmaya karşı eş eğrilikli yüzeylere oranla daha dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Çünkü basınç kuvveti nedeni ile oluşan eğilme, çekme kuvveti ile dengelendiğinden burkulma sorunu azalmaktadır [121].



Şekil 3.162 Hiperbolik paraboloid sistem incelemesi [112]

Elips plan formundaki, 148 m açıklık doğrultusunda 25m yükseklik, 185m açıklık doğrultusunda ise 19.4m yüksekliği olan Sydney Futbol Stadyumu (Şekil 3.163) ve Tramway Gas Station (Şekil 3.164), 15m açıklığın geçildiği Schubert Club Band Shell (Şekil 3.165); 46m yüksekliğe sahip Museo Soumaya (Şekil 3.166) hiperbolik paraboloid yapı örneği olarak gösterilebilir.



Şekil 3.163 Sydney Football Stadium, Moore Park, Avustralya (1988) [263], [264]



Şekil 3.164 Tramway Gas Station, Palm Springs, California, A.B.D (1965) [265]



Şekil 3.165 Schubert Club Band Shell, St Paul, Minnesota, A.B.D (2002) [266]



Şekil 3.166 Museo Soumaya, Mexico City, Meksika (2011) [101], [267]

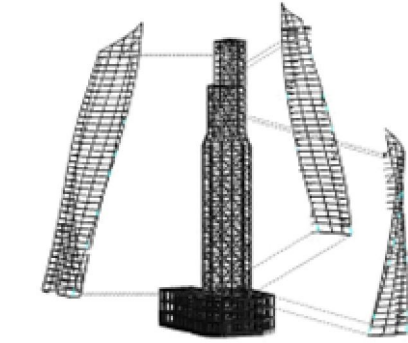
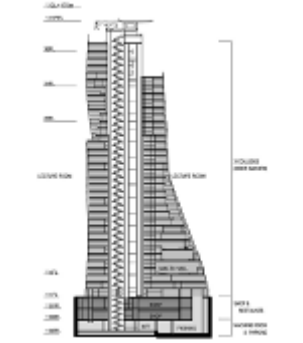
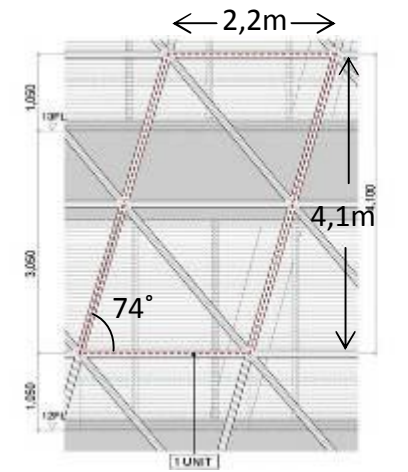
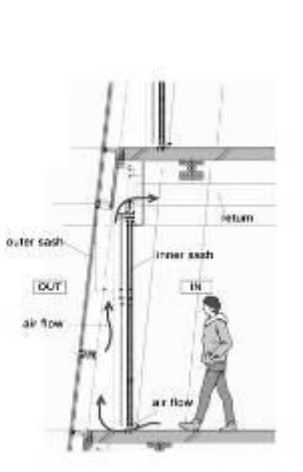
3.5.3 Uzak Kafes Sistemler ve Yapı İncelemeleri

Dünyada uzak kafes sistemler kullanılarak uygulanmış yapı örnekleri,

- Mode Gakuen Spiral Tower (Çizelge 3.25),
- Richard E. Linder Atletizm Merkezi (Çizelge 3.26),
- UAE Pavillion Shanghai Expo 2010 (Çizelge 3.27),
- Macquarie Bank (Çizelge 3.28),
- The National Grand Theatre of China (Çizelge 3.29),
- Library for Faculty of Philology (Çizelge 3.30),
- London 2012 Velodrome (Çizelge 3.31)

bu tez kapsamında incelenmiştir.

Çizelge 3.25 Mode Gakuen Spiral Tower¹

		Yapım Yılı: 2008
		Mimar: Nikken Sekkei, Makoto Wakabayashi.
Betonarme gövde ve tek tabaka grid sistem		Yer: Aichi, Japonya.
		Yapı Hakkında: Yapı, moda tasarımı, bilgisayar programcılığı ve tıbbi destek bölümleri için üniversite olarak tasarlanmıştır. 36 katlı yapı 170m yüksekliğindedir.
		Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 400 cm/sn^2 'dir [59]. Yüksek sismik aktivite söz konusudur.
		Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, yapı boyunca devam eden betonarme çekirdek etrafında 3 farklı kanat şeklindeki diagrid sistemden (tek tabakalı uzay kafes sistem) oluşmaktadır. Kat yüksekliğinin 4.1 m olduğu yapıda kullanılan üçgen birimlerin boyutları 2.4 m, 2.2 m ve 2.7 m'dir.

¹ Bu çizelge Kaynak [3] ve [55] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.28 Richard E. Linder Atletizm Merkezi¹

  	Yapım Yılı: 2007 Mimar: Bernard Tschumi. Yer: Ohio, A.B.D. Yapı Hakkında: Serbest bir form kullanılarak oluşturulan yapı, atletizm merkezi olarak tasarlanmıştır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, betonla kaplanmış çapraz çelik kafeslerden oluşmaktadır. Sistemde, çeliğin prekast beton kaplanmasıyla oluşturulmuş 575 adet panel kullanılmıştır.
---	---

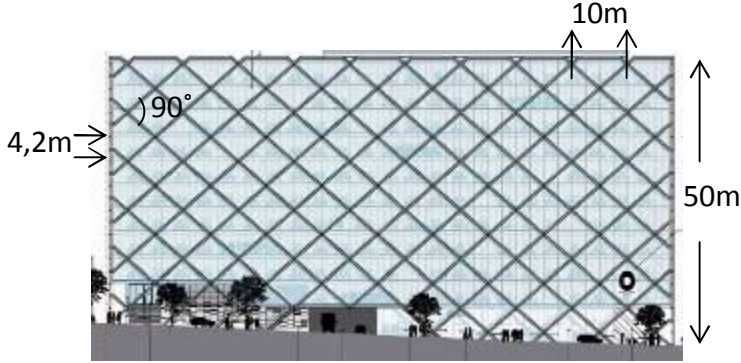
Çizelge 3.29 UAE Pavillion Shanghai Expo 2010²

   	Yapım Yılı: 2010 Mimar: Foster + Partners. Yer: Shanghai, Çin. Yapı Hakkında: Expo için tasarlanan 40 m açıklıklı Birleşik Arap Emirlikleri Pavyonu, 20 m yüksekliğe sahiptir. Yapı, rüzgar tarafından şekillendirilmiş doğal kumun oluşturduğu görüntü biçimindedir. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, 2 metrelik üçgenlerin ızgara oluşturduğu uzay kafes sistem ile oluşturulmuştur.
---	--

¹ Bu çizelge Kaynak [151] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

² Bu çizelge Kaynak [55] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.30 Macquarie Bank¹



Yapım Yılı: 2009

Mimar: Clive Wilkinson Architects

Yer: Sydney, Avustralya.

Yapı Hakkında: Yapı, kat yüksekliği ~4,2m olan ve bir bölümü 11 kat, diğer bölümü 7 kattan oluşan, 100m aralık ve 50m açıklığa sahiptir ve banka binası olarak tasarlanmıştır.

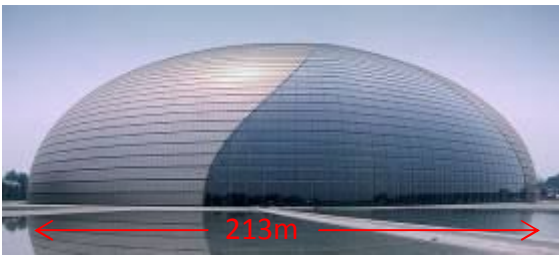
Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 80–160 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur)

Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, betonarme döşemeler ile yapının cephesinde uygulanan çelik diagrid ızgara sistemden oluşmaktadır.

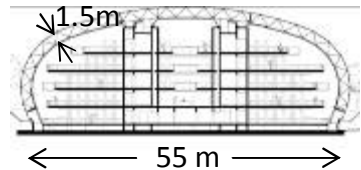
Sistem, cephede düşey doğrultuda 10m'lik aralıklar ile düzenlenmiştir. Cephede 90° açı ile birleştirilen I profiller baklava dilimler oluşturacak şekilde uygulanmıştır.

¹ Bu çizelge Kaynak [154] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.23 The National Grand Theatre of China¹

  	Yapım Yılı: 2007 Mimar: Paul Andreu Yer: Beijing, Çin. Yapı Hakkında: Yapı, ticari amaçlı kullanım, tiyatro ve restoran hizmetleri için tasarlanmıştır. 213 m x 144 m boyutlarındaki elips planlı yapı, cam ve titanyum cephe kaplaması kullanılarak örtülmüştür. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 80–160 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, iki doğrultuda çalışan çelik çerçevelerin oluşturduğu bir ızgara sistemdir. Izgara birimler ~3.5 m aralıklar ile oluşturulmuştur.
--	---

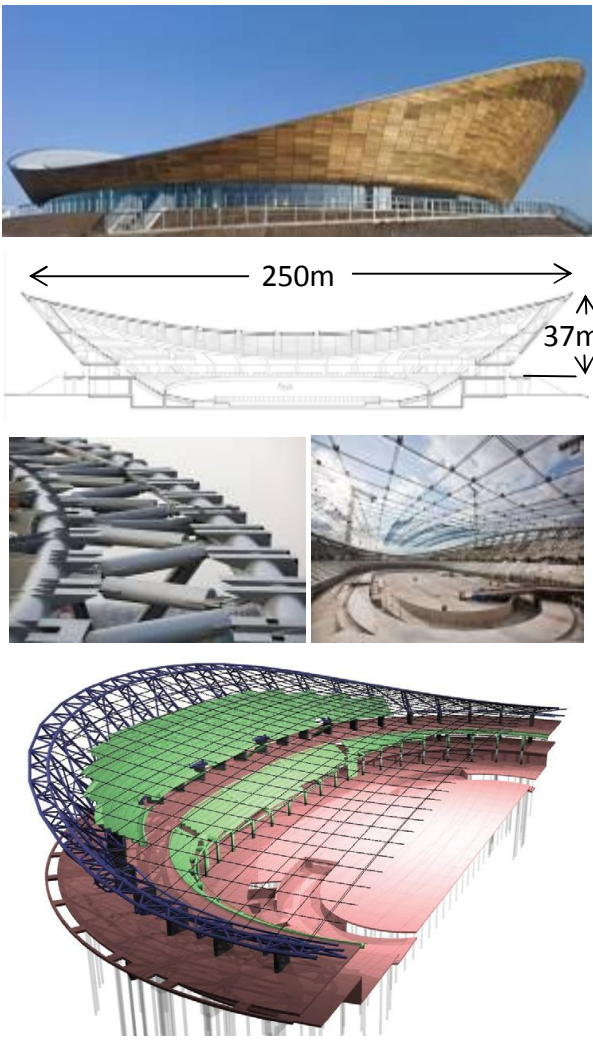
Çizelge 3.24 Library for Faculty of Philology²

  	Yapım Yılı: 2007 Mimar: Paul Andreu Yer: Beijing, Çin. Yapı Hakkında: Yapı, Filoloji Fakültesi kütüphane binası olarak tasarlanmıştır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 80–160 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, iki doğrultuda çalışan çelik çerçeve sistem olarak düzenlenmiştir. Radyal bir geometriye sahip olan yapı, 64 m x 55 m boyutlarında, 19 m yüksekliğindedir. Dış cephesi alüminyum ve cam panellerle uygulanmıştır. Dolu-boş şeklinde düzenlenen paneller içeriye giren ışık miktarını düzenlemektedir.
---	--

¹ Bu çizelge Kaynak [55] ve [154] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

² Bu çizelge Kaynak [55] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

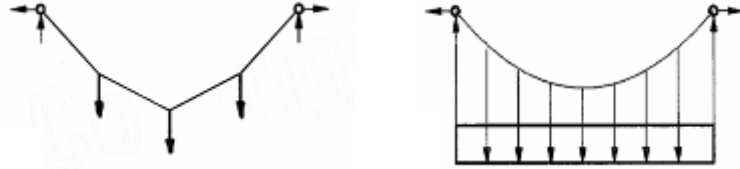
Çizelge 3.31 Olympic Velodrome 2012¹

	Yapım Yılı: 2011 Mimar: Hopkins Architects. Yer: Londra, İngiltere. Yapı Hakkında: 250m açıklığındaki yapı Olimpik ve Paralimpik kapalı bisiklet etkinlikleri için tasarlanmıştır. Çatıda düzenlenen ışıklıklar ile gün ışığından yararlanılmakta, cephede düzenlenen boşluklarla da havalandırma sağlanmaktadır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, hiperbolik paraboloid şeklindeki çelik çerçeveden oluşmaktadır. 13000 m² lik alana sahip olan çatı örtüsü, yapıyı çevreleyen kavisli çelik çerçeve arasındaki çift kabloların gerilmesiyle oluşturulmuştur.
--	---

¹ Bu çizelge Kaynak [12, 16, 268] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

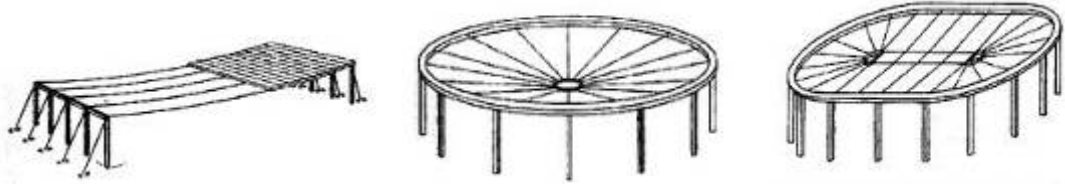
3.6 Kablolu Sistemler

Geometrik açıdan zincir eğriliği, kemerlerde olduğu gibi kablolu sistemin de çıkış noktasını oluşturmaktadır. İki ucundan mesnetlenen bir ip kendi ağırlığı sebebiyle sarkarak zincir eğrisi denilen geometriyi oluşturur (Şekil 3.167). Bu durumda sarkan ipte sadece çekme gerilmesi söz konusudur.



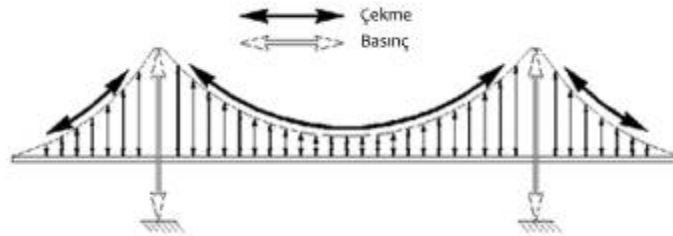
Şekil 3.167 Kablo eğrisi yük dağılımı [115]

Çok sayıda kablonun çeşitli geometrilerde bir araya getirilip (Şekil 3.168) düğüm noktalarıyla birleştirilerek tek ve çift eğrilikli ayırık yüzeyler oluşturduğu, çekmeye çalışan taşıyıcı sistemler kablolu sistemler olarak anılır [115].



Şekil 3.168 Dikdörtgen, yuvarlak ve elips planlı kablolu sistemler [269]

Sistemin hafifliği, kabloların yüksek dayanımları, çekmeye çalışan elemanlarda burkulma sorununun olmaması ve bu nedenle malzemenin el verdiği kadar ince yapılabilmesi sistemin avantajlı özellikleridir. Yapısal anlamda kablo, eğilme rijitliği ve basınç dayanımı yok denecek kadar az, esnek-bükülebilir, tek boyutlu bir taşıyıcı öğeyi ifade etmektedir (Şekil 3.169) [270].



Şekil 3.169 Kablolu sistemlerde gerilme ve basınç [271]

Kablolar, yaygın olarak geniş açıklıkları geçmek üzere çatı sistemlerinde, örneğin 365 m açıklığın geçildiği Millennium Dome (Şekil 3.170), cam cephelerin taşıyıcı sistemlerinde (Şekil 3.171), saçaklar (Şekil 3.172), atrium çatılar, merdivenler, yaya yollarında vb. uygulama çeşitliliği fazla olarak kullanılır.



Şekil 3.170 Millennium Dome, Londra, İngiltere (2000) [272], [273]



Şekil 3.171 Louvre Museum, Paris, Fransa [3], [11]



Şekil 3.172 Bracken House, Londra, İngiltere (1991) [2]

Kabloların, basit sistem kurgusu ve farklı formları elde etme kolaylığı, geniş açıklıkları geçme imkanı, kolay uygulanma, esneklik gibi avantajlarına karşılık; çekme kuvvetine karşı ağır temel ihtiyacı, ters yönde rüzgara karşı da stabilitenin sağlanma gerekliliği

mevcuttur. Konser salonu, stadyum gibi geniş açıklık gereken mekanlarda kablolu sistemlerin kullanılması, görsel anlamda seyirciler için daha az engel oluşturur, bu duruma tensegrity sistem ile inşa edilen, 255 m açıklık ve 82.5 m yüksekliğe sahip Georgia Dome (Şekil 3.173) örnek gösterilebilir.



Şekil 3.173 Georgia Dome, Atlanta, A.B.D (1989) [274], [275]

Çekmeye çalışan taşıyıcı elemanlarda gerilmeler, enkesite eşit ve düzgün şekilde yayılır. Kablodaki çekme kuvveti; kablo açıklığı (L) ve sarkma miktarından (H) etkilenir. Sarkma arttıkça mesnetteki yatay tepki kuvveti küçülür, buna bağlı olarak da kablodaki çekme kuvveti azalır.

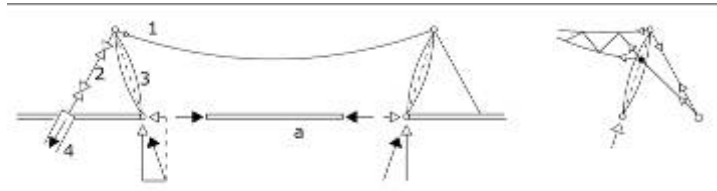
Kablolu sistemlerde kablonun taşıma gücü açısından kablo açıklığı (L) ve sarkma miktarından (H) olmak üzere optimal sarkma miktarı şöyledir [121]:

- Tekil yük için $H=L/2$
- Üniform yayılı yük için $H=3L/10$
- Zincir eğrisi durumu $H=L/3$

3.6.1 Kablolu Sistemlerin Birleşim Biçimleri

Kablolar, taşıyıcı basınç elemanının (ayak) durumu ve kablonun mesnete birleşme biçimlerine göre şu şekilde değerlendirilir:

1- Kablo, ayağa oradan da eşit açı ile mesnete kadar uzandığında, ayak sadece eksenel yükleri taşır. Birleşim biçimi, bu tez kapsamında tekrar çizilen Şekil 3.174'te gösterilmiştir.



Şekil 3.174 Destek elemanına bağlanan ve mesnetlenen kablo [227]

330 mx220 m açıklığın geçildiği, 41 m yüksekliğinde ayaklara sahip National Stadium (Şekil 3.175); en yükseği 75 m olan ayaklara sahip Manchester Stadium (Şekil 3.176), bu tip birleşim biçimine örnek gösterilebilir.

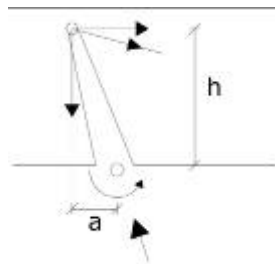


Şekil 3.175 National Stadium, Warsaw, Polonya (2011) [3], [276], [277]



Şekil 3.176 Manchester Stadium, Manchester, İngiltere (2002) [12], [28], [278]

2- Kablo, taşıyıcı basınç elemanında (ayak) son buluyorsa, oluşan eğilme momentine karşı mesnet, ankastre ve ayak geriye doğru eğik uygulanmalıdır. Zemine doğru artan momente bağlı olarak ayak kesiti arttırılır, kablo kuvvetinin düşey bileşeni eğiklik nedeni ile ters moment yaratarak mesnet momentini azaltır (Şekil 3.177).



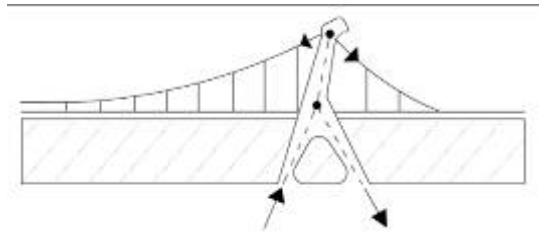
Şekil 3.177 Destek elemanı ile sonlanan kablo [227]

140 m yüksekliğe sahip köprü ayağı ve ayakta son bulan kablolar ile oluşturulmuş Alamillo Bridge (Şekil 3.178) örnek olarak verilebilir.



Şekil 3.178 Alamillo Bridge, Andalusia, İspanya (1992) [279], [280]

3- 1 durumuna benzer, ancak ayağa üç ve daha fazla kablo birleşir Birleşim biçimi, bu tez kapsamında tekrar çizilen Şekil 3.179'da gösterilmiştir.



Şekil 3.179 Üç ve daha fazla kablonun birleştiği ayak [227]

163 m açıklığının, 45 m yüksekliğindeki betonarme ayaklara birleşen kablolar ile geçildiği Burgo Paper Mill (Şekil 3.180) bu birleşim biçimine örnek gösterilebilir.

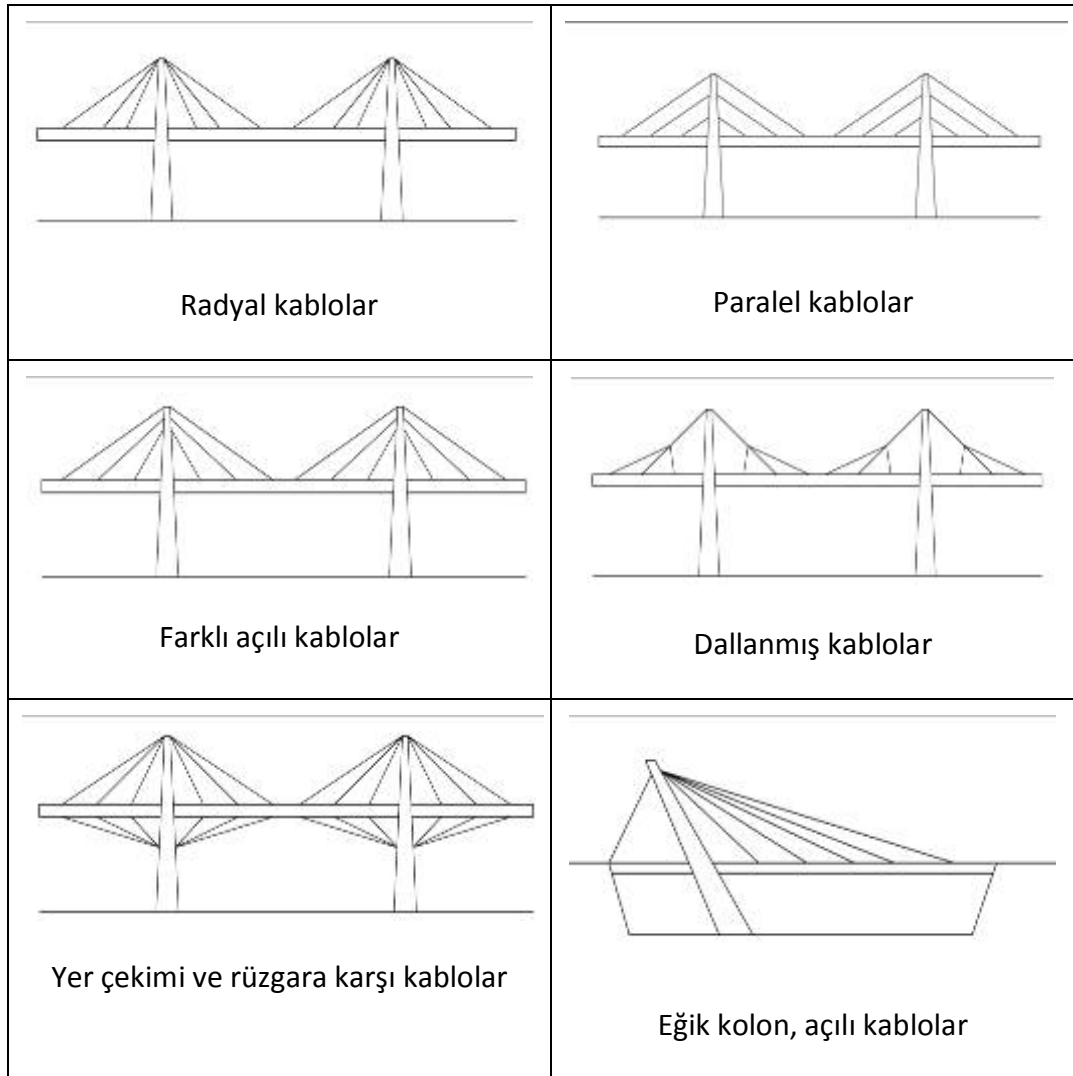


Şekil 3.180 Burgo Paper Mill, Lombardy, İtalya (1963) [121], [224]

Kablolu sistemler, sistem tarafından taşınan yatay taşıyıcı elemanlara ve kabloları taşıyan ayaklara bağlanma biçimlerine göre sınıflandırılmaktadır (Şekil 3.181) [115].

- **Radyal kablolar:** Ayak tepe noktasına aynı noktadan birleşen kablolar, farklı açılarla yatay taşıyıcı elemana bağlanır.
- **Paralel kablolar:** Ayak tepe noktasından itibaren aşağı doğru eşit mesafede yerleştirilen kablolar, paralel biçimde ve eşit açı ile dağılarak yatay taşıyıcı elemana birleştirilir.

- **Farklı açılı kablolar:** Ayak tepe noktasından itibaren aşağı doğru eşit mesafede yerleştirilen kablolar, farklı açılar ile yatay taşıyıcı elemana birleştirilir.
- **Dallanmış kablolar:** Kablo, ayaktan aşağı doğru dallara ayrılarak yataş taşıyıcı elemana birleştirilir.
- **Yerçekimi ve rüzgara karşı kablolar:** Radyal kablolu sistemlerin rüzgara karşı dayanıklı olabilmesi için, kabloların üstten yatay taşıyıcı elemanına birleştiği kesitler alttan da kablolarla simetrik biçimde birleştirilir.
- **Eğik kolon:** Farklı açılarla gelen kabloların ayağa birleştiği yerde kablolar ayaktan sonra tek kablo ile devam edecek ya da kablolar ayakta son buluyorsa, eğik kolon uygulanır.



Şekil 3.181 Kablolu sistem tipleri [115]

Oxford Ice Rink paralel kabloları (Şekil 3.182); 343m yükseklik ve 342m açıklığa sahip 7 ayaklı Le Viaduc de Millau farklı açılı kabloları (Şekil 3.183) örnek olarak gösterilebilir.

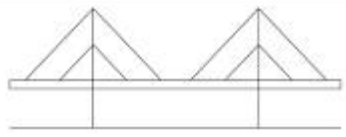
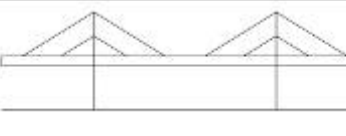
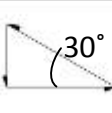


Şekil 3.182 Oxford Ice Rink, Oxford, İngiltere (1984) ve Exhibition Center, Tianjin, Çin (2008) [281], [282]



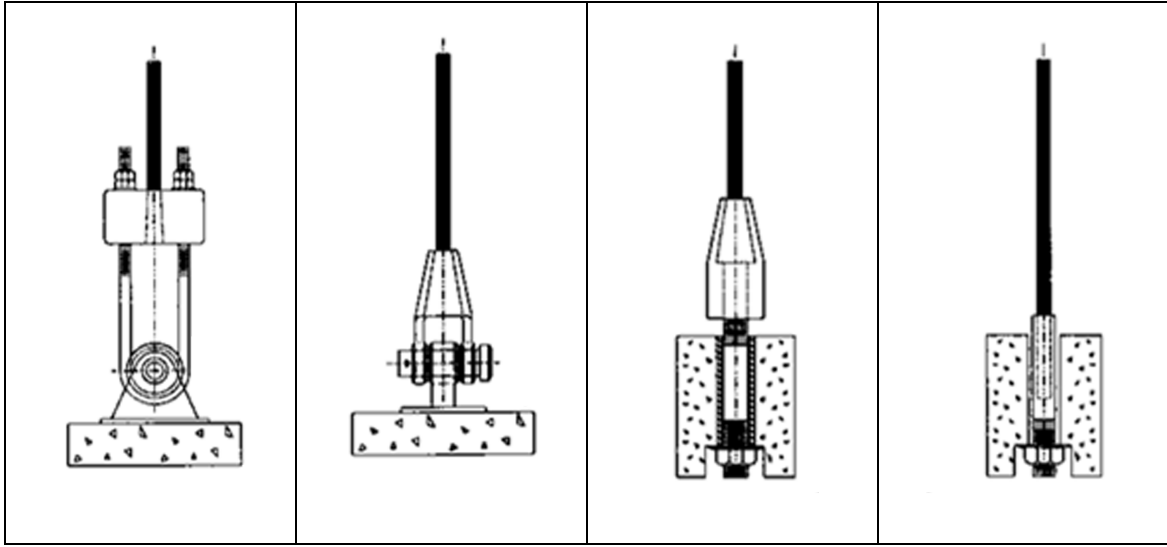
Şekil 3.183 Le Viaduc de Millau, Millau, Fransa (2004) [134]

Kablonun ayağa birleşme açısı, kabloları oluşturulan eksenel kuvveti belirler. Yük altında, askı olarak kullanılan kablonun ayağa birleşme açısı arttıkça kablodaki gerilme miktarı azalır. Ayak ve kablo arasındaki açı 30° olduğunda optimum kablo gerilmesi elde edilir (Şekil 3.184) [115].

		> 30° birleşim, düşük kablo gerilmesi, ayakta yüksek basınç etkisi
		= 30° birleşim, optimum kablo gerilmesi ve ayakta basınç etkisi
		< 30° birleşim, yüksek kablo gerilmesi, ayakta düşük basınç etkisi

Şekil 3.184 Askı kablo gerilme incelemesi [115]

Kablolu sistem ankraj detayları Şekil 3.185'te, kablolu sistem bağlantı detayları ise Şekil 3.186'da gösterilmiştir.



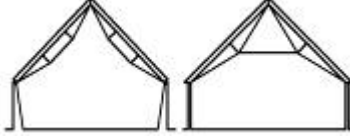
Şekil 3.185 Ankraj detayları [115]



Şekil 3.186 Kablolu sistem bağlantı detayları [11], [140], [283], [284], [285], [286]

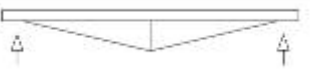
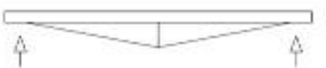
3.6.2 Kablo Kirişli Çatı Sistemleri

Stabilite elemanları ile kabloların bağlanma biçimlerine göre düzenlenen kablo kirişli çatı sistem türleri Şekil 3.187'de gösterilmiştir.

 İkiz Dikme (L/3)	 Tek Dikme (L/2)
 Yanal stabilite sağlayan sistem	 Dönme engelleyen sistem
 Merkezi itkiyi engelleyen sürekli kiriş	 Yanal itkiyi engelleyen kafes sistem

Şekil 3.187 Kablolu sistem türleri [115]

Kablolar, sistemde askı elemanı biçiminde kullanımının dışında sarkan düşey bir taşıyıcı elemana bağlanıp gergi elemanı olarak da çalışabilmektedir. Kablonun bağlandığı çubuğun derinlik oranı azaldıkça kabloda oluşan gerilme miktarı artar. Açıklık/derinlik $(L/d)=10$ olduğunda sistemde optimum kablo gerilmesi elde edilir (Şekil 3.188- 190).

		$L/d < 10$, düşük kablo gerilmesi
		$L/d=10$ Optimum kablo gerilmesi
		$L/d > 10$, yüksek kablo gerilmesi

Şekil 3.188 Gergi kabloda gerilme incelemesi [115]



Şekil 3.189 Wolfgang meyer sportanlage stadium, Hamburg, Almanya (1994) [287]



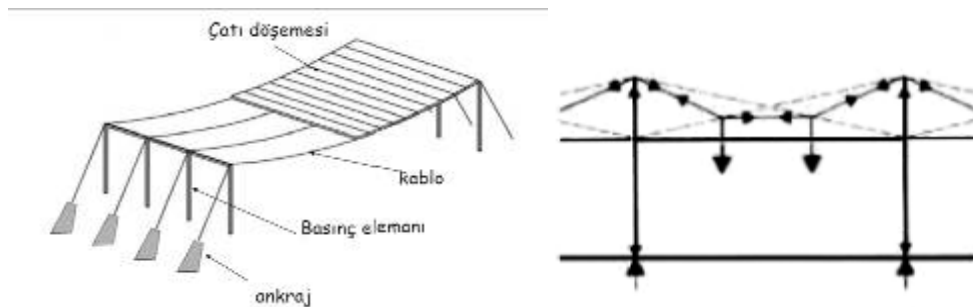
Şekil 3.190 HSH Nordbank Arena, Hamburg, Almanya (1998) [288], [289]

Kablo kirişli çatı sistemleri,

- Paralel kablo kirişli çatı,
- Radyal kablo kirişli çatı olmak üzere iki tür uygulamaya sahiptir.

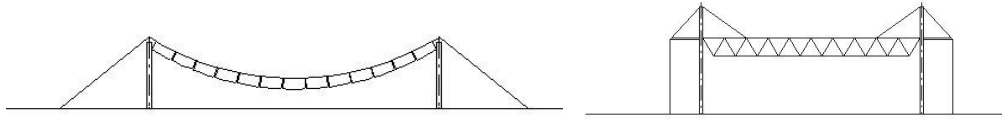
3.6.2.1 Paralel Kablo Kirişli Çatı Sistemleri

Kablolar tek tabaka halinde, birbirine paralel sıralandıklarında tek eğrilikli (negatif eğrilikli) yüzeyler elde edilir. Bu ayırık, yüzeyler montaj sonrası çatı plakları döşendikten sonra sabitleşir (Şekil3.191).



Şekil 3.191 Paralel kablo kirişli çatı sistemleri eleman ve çalışma prensibi [227], [271]

Kabloların basıklık oranı arttıkça sistemde oluşan çekme kuvveti azalır ve bu sistem ile 30-60 m açıklık geçilebilmektedir (Şekil 3.192) [46].



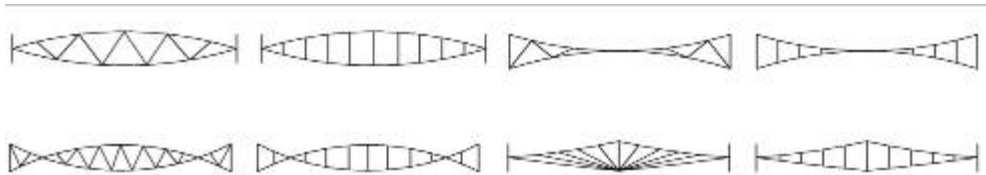
Şekil 3.192 Tek eğrilikli ve tek tabakalı kablo kirişli çatı sistemleri [93]

Eğrilikleri birbirine göre ters kablolar, düşey düzlemde tek eğrilik oluşturacak şekilde çift tabakalı olarak belirli aralıklarla düzenlenebilir. Sistem, taşıyıcı kablo, stabilite kablosu ile kablolar arasındaki dikmelerden oluşur (Şekil 3.193). Tek tabakalı kablo kirişli sistemlerde rüzgar nedeniyle ilave ağırlığa ihtiyaç varken, çift tabakalı olanlarda böyle bir sorun yoktur.



Şekil 3.193 Tek eğrilikli ve çift tabakalı kablo kirişli çatı sistemleri [115]

Tek eğrilikli çift tabakalı kablo kirişli çatı sistemlerinde taşıyıcı kablo (sarkan), stabilite kablosu (duran) olmak üzere iki çeşit kablo vardır. Yüklerin yerçekimi doğrultusunda olduğu varsayıldığında, sarkan kablolar yükleri taşır, stabilite kablosu ise taşıyıcı kabloları ön gerilme sağlar. Ters eğrilikli kablo çifti birbirine çekme veya basınç ögeleri ile bağlanır. Stabilite kablosu taşıyıcı kabloya göre altta yer alıyor ise ara elemanlarda basınç (Şekil 3.194 ve 3.195), tersi durumunda çekme oluşur. Basınç kuvveti söz konusu olduğunda taşıyıcı kablo ve stabilite kablosu arasındaki elemanların rijit çubuklar olması gereklidir. Tek eğrilikli çift tabakalı sistemlerle oluşturulan kablo sistemler 45 - 90 m arası açıklık geçebilmektedir [46].



Şekil 3.194 Tek eğrilikli ve çift tabakalı kablo kirişli sistem tipleri [115]



Şekil 3.195 Tek eğrilikli ve çift tabakalı kablo kirişli çatı sistem örnekleri [11], [118]

Law Courts (Şekil 3.196) ve JFK Terminal 1 (Şekil 3.197) tek eğrilikli çift tabakalı kablo kirişli çatı sistemlerine örnek gösterilebilir.



Şekil 3.196 Law Courts, Bordeaux, Fransa (1998) [2], [290]

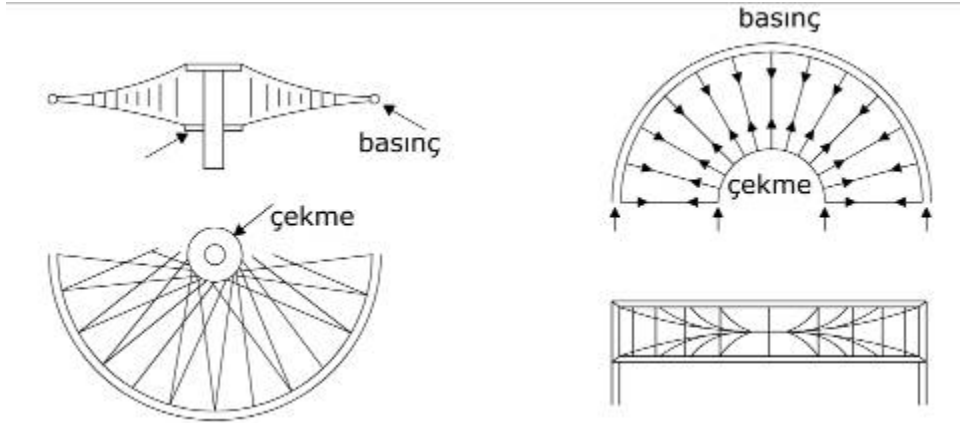


Şekil 3.197 JFK Terminal 1, New York, A.B.D (1963) [291], [292]

3.6.2.2 Radyal Kablo Kirişli Çatı Sistemleri

Sistem, daire ya da elips planlı hacimleri geçmek üzere, daire alanın çevresinde basınç çemberi olarak çalışan çelik veya betonarme bir taşıyıcı, merkezde yer alan bir çekme çemberi ve çemberler arasındaki radyal yönde kablolardan oluşmaktadır. Radyal yönde tek tabakalı kablo kirişler ile çapı 90 m kadar dairesel açıklıklar geçilebilmektedir [271].

Radyal kablo kirişli çift tabakalı çatı sistemleri tek tabakalı olanlara kıyasla özellikle rügara karşı daha stabildir, çapı 150 m'ye kadar dairesel açıklıklar geçilebilmektedir (Şekil 3.198).



Şekil 3.198 Çift eğrilikli ve çift tabakalı kablo sistemlerde çalışma prensibi [271]

130 m çapındaki Madison Square Garden (Şekil 3.199), 225 m x 300 m elips biçiminde plana sahip Kiev Olympic Stadium (Şekil 3.200) radyal tek tabakalı kablo kirişli çatı sistemlerine örnek gösterilebilir.



Şekil 3.199 Madison Square Garden, New York, A.B.D (1879) [154]



Şekil 3.200 Kiev Olympic Stadium, Kiev, Ukrayna (2011) [287], [293]

73 m çapındaki Utica Auditorium (Şekil 3.201) ve 135 m çapındaki Sazka Arena (Şekil 3.202) çift tabakalı kablolu çatı sistemlere tipik bir örnek olarak verilebilir.



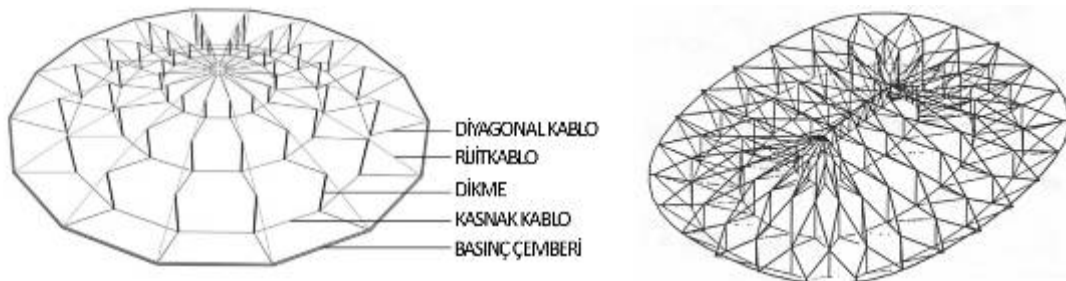
Şekil 3.201 Utica Auditorium, New York, A.B.D (1960) [294], [295]



Şekil 3.202 Sazka Arena, Prague, Çek Cumhuriyeti (2004) [65]

3.6.3 Kablolu Sistem Kubbeler

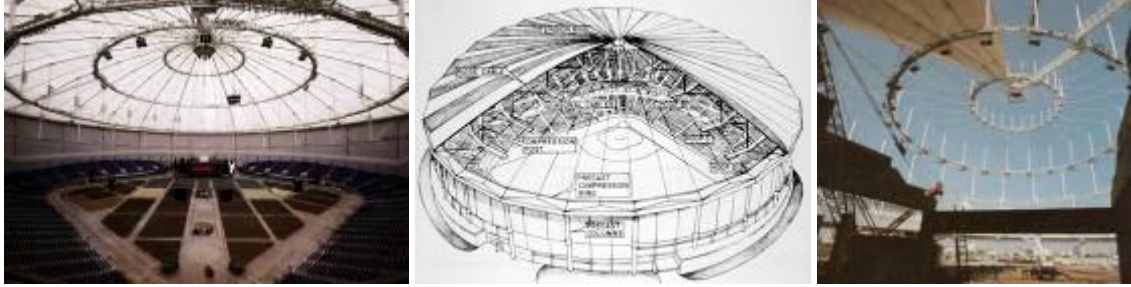
Dairesel veya elips planlı açıklıkları geçmek üzere düzenlenen ve tavana doğru, forma uygun biçimde kademelendirilmiş kasnak çemberler arasında bulunan dikme, dikmeler arasındaki diyagonal kablo ve çekme çemberi ile basınç çemberi arasında bulunan rijit kablolar ile oluşturulmuş taşıyıcı sistem türü kablolu sistem kubbeler olarak anılır (Şekil 3.203) [296].



Şekil 3.203 Kablolu sistem kubbeler [297]

Kablolardaki basıklık oranı arttıkça merkezdeki çekme çemberinde meydana gelen gerilmeleri azaltmak için kabloları ön gerilme verilmelidir. Bu bağlamda 210 m

apındaki Florida Suncoast Dome (Şekil 3.204), 120 m açıklığın geçildiği Seoul Olympic Arena (Şekil 3.205), 82 m açıklığa sahip Taoyuan County Stadium (Şekil 3.206) rnek gösterilebilir.



Şekil 3.204 Florida Suncoast Dome, Florida, A.B.D (1958) [249], [298]



Şekil 3.205 Seoul Olympic Arena, Seoul, Güney Kore (1988) [13], [249]



Şekil 3.206 Taoyuan County Stadium, Tayvan (1993) [154]

3.6.4 Kablo Askılı Sistemler

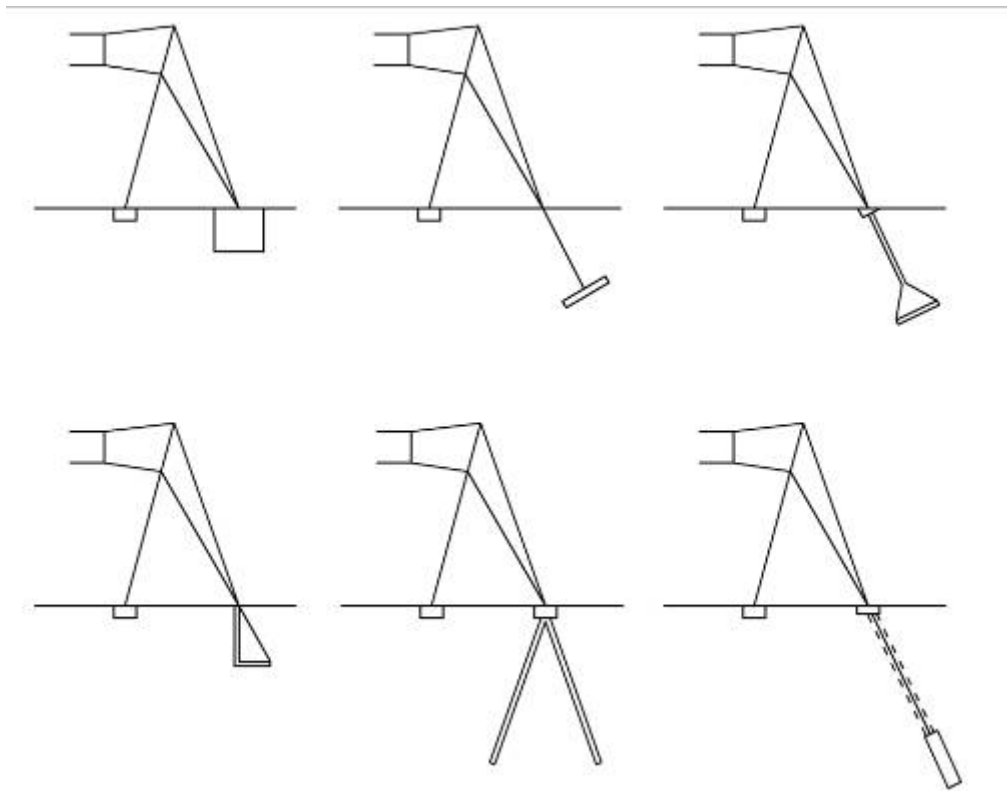
Kablo askılı sistemler,

- Kablo askılı çatı sistemler,
- Düşey taşıyıcıya bağlı kablo askılı sistemler olmak üzere iki tür uygulama vardır.

3.6.4.1 Kablo Askılı Çatı Sistemleri

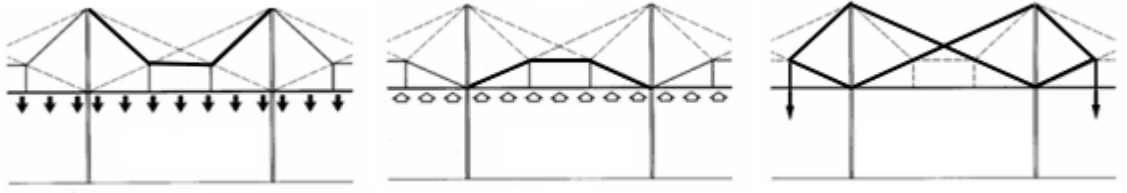
Çok sayıda kablonun, çeşitli geometrilere sahip stadyum, hangar, havalimanı, terminal, fabrika vb. işlevli geniş açıklıklı yapılarda çatı örtüsünü ara mesnetsiz ve ankastre olarak taşımak üzere bir araya getirilip düşey bir taşıyıcıya bağlandığı sistemlerdir [269].

İstenilen formlarda tasarıma olanak sağlayan, hafif ve ekonomik niteliklere sahip kablo askılı çatı sistemlerinde özellikle rüzgar ve asimetrik yüklere karşı düzenlenecek mesnet biçimleri ile önlem alınmalıdır. Bu tez kapsamında tekrar çizilen mesnet biçimleri Şekil 3.207’de gösterilmiştir.



Şekil 3.207 Kablo askılı çatı sistemleri mesnet biçimleri [269]

Kablo askılı çatı sistemlerinde taşıyıcı sistem, ters eğrilikli iki kablo, kablolar arasındaki ayaklar ve stabilite kablosundan oluşmaktadır. Sistemin yatay etkilere ya da rüzgar yüküne karşı dayanıklı olması açısından, ara elemanlar diyagonal biçimde kullanılmaktadır. Yerçekiminden oluşan yükler için 1. durumdaki gibi taşıyıcı kablo, rüzgar yükü için 2. durumdaki gibi stabilite kablosu, sistemin kararlı davranış göstermesi için de 3. durumdaki gibi elemanların bağlantılı olması gerekmektedir (Şekil 3.208).



(1)

(2)

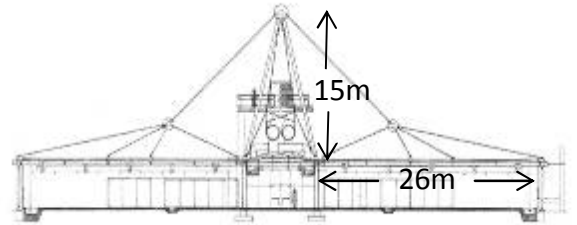
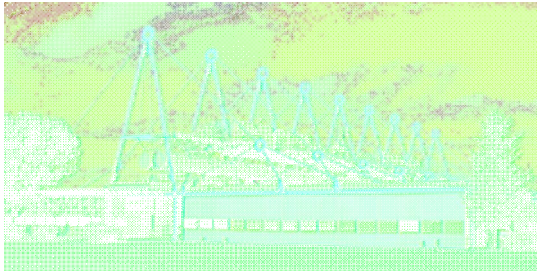
(3)

Şekil 3.208 Kablo askılı çatı sistemlerinde yük dağılımı [271]

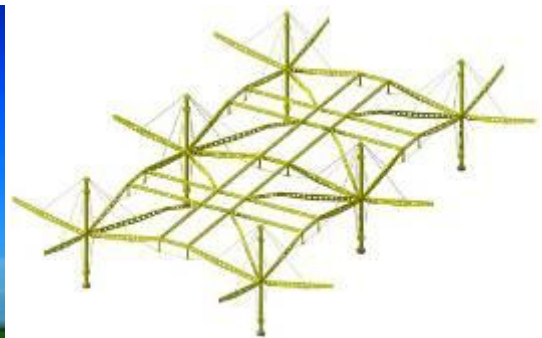
80 m x 50 m boyutlarındaki TWA Maintenance Hangar (Şekil 3.209); 15 m yüksekliğindeki kolonun 26 m açıklık geçtiği Patscentre (Şekil 3.210), Renault Sales Headquarters (Şekil 3.211) kablo askılı çatı sistemlerine örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 3.209 TWA Maintenance Hangar, Pennsylvania, A.B.D (1955) [299]



Şekil 3.210 Patscentre, Princeton, New Jersey, A.B.D (1985) [300]



Şekil 3.211 Renault Sales Headquarters, Swindon, İngiltere (1983) [281], [301]

3.6.4.2 Düşey Taşıyıcıya Bağlı Kablo Askılı Sistemler

Açıklığın geçilmesi amacıyla kurulan taşıyıcı sistemlerde kablolar ana taşıyıcı eleman olarak görev alırken, kablo askı sistemlerde kablo, ana taşıyıcı bir elemana bağlanarak askı ya da gergi elemanı biçiminde çalışır. Ankraj noktaları ya çekme kuvvetini temele ileten gergi kabloları ile birleştirilir ya da basınç kuvvetlerini zemine aktaran ayaklar ile mesnetlendirilir [303].

340 m açıklığın geçildiği Moses Mabhida Stadium (Şekil 3.212), The Railway Station (Şekil 3.213a), Huanglong Sports Center (Şekil 3.213b), kabloların bağlandığı kemer ile 305 m açıklık geçen Athens Olympic Stadium (Şekil 3.214) ve 103 m x 175 m eliptik plana sahip Montreal Olympic Stadium (Şekil 3.215), 37 m açıklığın geçildiği Zhivopisny Bridge (Şekil 3.216), 13 m yüksekliğindeki 6 adet kolon ile 803 m uzunluğunda kurulan Riga South Bridge (Şekil 3.217) düşey taşıyıcıya bağlı kablo askılı sistemlere örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 3.212 Moses Mabhida Stadium, Durban, Güney Afrika (2009) [16]



(a)

(b)

Şekil 3.213 The Railway Station, Nanjing, Çin (1968) ve Huanglong Sports Center, Hangzhou, Çin (2000) [154], [302]



Şekil 3.214 Athens Olympic Stadium, Atina, Yunanistan (1982) [304], [305]



Şekil 3.215 Montreal Olympic Stadium, Quebec, Kanada (1976) [3], [306]



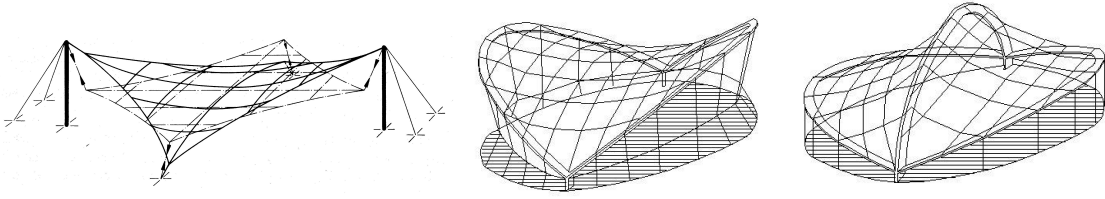
Şekil 3.216 Zhivopisny Bridge, Moscow, Rusya (2007) [307]



Şekil 3.217 Riga South Bridge, Riga, Letonya (2005) [154], [308]

3.6.6 Kablo Ağı Sistemler

Bir yüzey üzerinde kesişen çizgilerden oluşan geometrik düzen ‘ağ’ olarak tanımlanır. Bu yaklaşımla birbirini kesen kabloların meydana getirdiği taşıyıcı sistemler de kablo ağlarını oluşturmaktadır (Şekil 3.218). Bir başka deyişle, kablo ağları, bir düzlem içerisinde yer alan, birbirini kesen ters eğrilikli taşıyıcı kablo ve stabilite kablosu ve kabloların herhangi bir sebeple yer değiştirmesini önlemek amacıyla kesişme noktalarındaki bağlantı elemanları ile oluşturulur. Basıklık oranı taşıyıcı kablolarda $1/12$ - $1/15$, stabilite kablolarında ise $1/25$ – $1/75$ arasındadır[46].



Şekil 3.218 Kablo ağı sistem tipleri [93], [271]

Kablo ağı olarak tasarlanan taşıyıcı sistemlerle istenilen formda açıklık geçmek mümkündür ve sistemde kenar elemanlar, betonarme perde, kemer ve/veya kafes sistem olarak düzenlenebilir. Kablo ağlarında basıklık oranı azaldıkça, yatay ve düşey yer değiştirme miktarı ve sıcaklıktan etkilenme oranı artar [46].

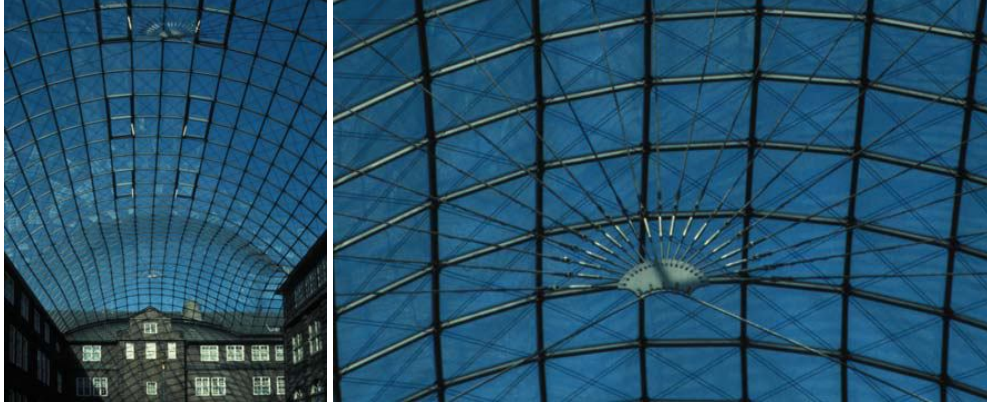
92 m x 97 m boyutlarındaki J. S. Dorton Arena (Şekil 3.219); 30 m yüksekliğe sahip ve 62 m açıklık geçen kemerler arasında gerilen kablolar ile oluşturulmuş Aviary (Şekil 3.220), ve Hamburg Museum Courtyard (Şekil 3.221) kablo ağı sistemlere örnek gösterilebilir.



Şekil 3.219 J. S. Dorton Arena, Raleigh, North Carolina, A.B.D (1952) [298]



Şekil 3.220 Aviary, Hong Kong, Çin (1987) [309]



Şekil 3.221 Hamburg Museum Courtyard, Hamburg, Almanya (1989) [2]

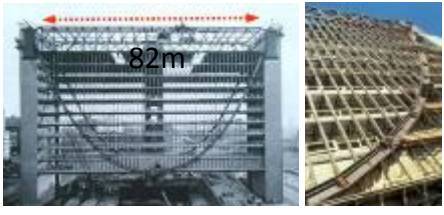
3.6.7 Kablolu Sistemler ve Yapı İncelemeleri

Çelik kablolu sistemler kullanılarak oluşturulmuş yapı örneklerinden,

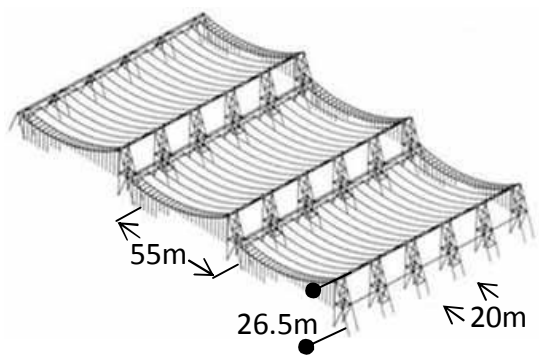
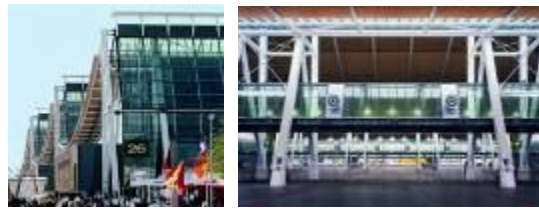
- Marquette Plaza (Çizelge 3.32),
- Exhibit Hall 26 Hanover (Çizelge 3.33),
- Dulles Havalimanı (Çizelge 3.34),
- La Plata Stadium (Çizelge 3.35),
- Wembley Stadium (Çizelge 3.36),
- Olympic Stadium Münih (Çizelge 3.37),
- Inmos Microprocessor Factory (Çizelge 3.38)

bu tez kapsamında incelenmiştir.

Çizelge 3.32 Marquette Plaza¹

 	Yapım Yılı: 1997 Mimar: Gunnar Birkerts Yer: Minnesota, A.B.D. Yapı Hakkında: 10 katlı bina, banka olarak tasarlanmıştır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir [99]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: Taşıyıcı sistem, 82 m açıklığı geçen kablonun yapının iki tarafındaki betonarme kolonlara bağlanıp yapının son katında ~8 m kesitli kafes kirişe bağlanması ile oluşturulmuştur. Yapının son katındaki kirişten, kolonlar arasında yer alan kabloya bağlanan askılar ~1.5 m aralıklarla yerleştirilmiştir.
---	--

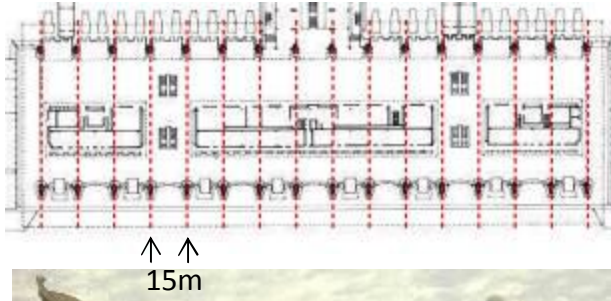
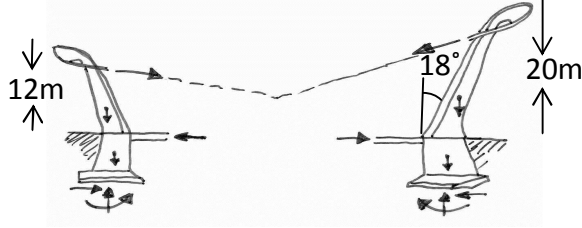
Çizelge 3.33 Exhibit Hall 26 Hanover²

  	Yapım Yılı: 1996 Mimar: Herzog + Partner Yer: Hanover, Almanya. Yapı Hakkında: 115 m x 220 m boyutlarındaki yapı, uluslararası fuarlar için sergi salonu olarak tasarlanmıştır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir [99]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: 55 m açıklık geçen yapının taşıyıcı sistemi, 26.5 m yüksekliğinde çok parçalı basınç çubuklarından oluşan dikey taşıyıcılar arasındaki tek eğrilikli ve tek tabakalı kablolu sistemden oluşmaktadır. Açıklık doğrultusunda düzenlenen 3 cm çapındaki çelik kablolar yapının uzunluğu doğrultusunda 40 cm aralıklarla yerleştirilmiştir. Sistemin rüzgar yükünden etkilenmemesi için kablolar ahşap paneller ile ağırlık asılmıştır.
--	---

¹ Bu çizelge Kaynak [310] ve [311] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

² Bu çizelge Kaynak [312] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.34 Dulles Havalimanı¹



Yapım Yılı: 1962

Mimar: Eero Saarinen

Yer: Virginia, A.B.D.

Yapı Hakkında: Dik-dörtgen formlu 42 m açıklık 240 m aralıklı yapı, havalimanı binası olarak tasarlanmıştır.

Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 0–20 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur)

Yapısal Bilgiler: Tek tabakalı ve tek eğrilikli kablo kirişli sistemdir. Kablolar ile 42 m açıklık geçilmiştir ve mekandaki en düşük yükseklik 10 metredir. 2.5 cm çaplı kablolar, öngerilme kazandırılmış üç metre enindeki prefabrike hafif beton çatı plaklarını taşımaktadır. Ayaklar, 15 m aralıklar ile zemine ankastre olarak yerleştirilmiştir. Sistemde oluşan eğilme momentini karşılamak için, eğik olarak (18°) uygulanmış ve mesnete yaklaştıkça enkesit büyütülmüştür. Karşılıklı yükseklikleri 20 m ve 12 m' dir.

¹ Bu çizelge Kaynak [121] ve [313] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.35 La Plata Stadium¹

	Yapım Yılı: 2011 Mimar: Roberto Ferreira Yer: Buenos Aires, Arjantin.
	Yapı Hakkında: 250 m x 150 m boyutlarındaki elips biçimli yapı, stadyum olarak tasarlanmıştır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 0–20 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur)
	Yapısal Bilgiler: İki daire planının kesişimi ile kurgulanan geometriye sahip yapıda çift kubbeli olarak uygulanan taşıyıcı sistem, yapının geometrisine uygun olarak düzenlenen uzay kafes kiriş ve bu sınırlar içerisinde yer alan kablo sistem kubbe ile oluşturulmuştur.
	Kablolu sistem kubbeler, yine yapının geometrisine uygun biçimde ve 3 farklı kademede bulunan kasnak çemberler arasında yerleştirilen dikeyler ve diyagonal kablolar ile kubbenin tepe noktası ve basınç çemberi arasındaki rijit kablolardan oluşmaktadır.

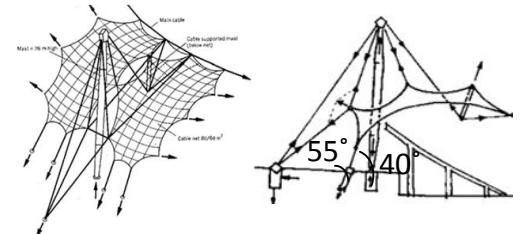
¹ Bu çizelge Kaynak [96] ve [314] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.36 Wembley Stadium¹

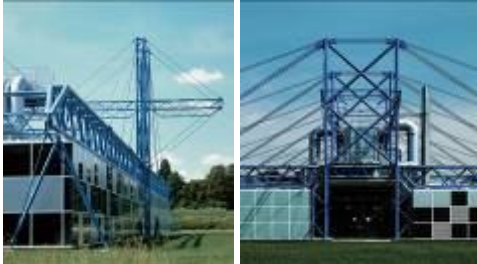
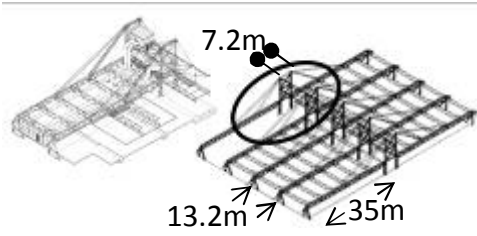
   	Yapım Yılı: 2007 Mimar: Foster & Partners Yer: Londra, İngiltere. Yapı Hakkında: 280 m x 250 m boyutlarındaki yapı, stadyum olarak tasarlanmıştır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: Yapıda çatı örtüsünü oluşturan tüm taşıyıcı sistem elemanları, 7.4 m çapında, 133 m yüksekliğindeki 316 m açıklık geçen kafes gövdeli kemer ve bu kemere bağlanan kablolar tarafından taşınmaktadır. 35 m temel derinliğine sahip iki mafsallı kafes gövdeli kemer, 41 adet çelik halka ve bu halkalar etrafında spiral bağlanan 13 boru kesitli profil ile oluşturulmuştur, kablolar da halka ve profillerin kesiştiği kısımlara bağlanmıştır.
--	---

¹ Bu çizelge Kaynak [3] ve [315–317] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.37 Olympic Stadium Münih¹

  	Yapım Yılı: 1972 Mimar: Guenter Behnisch Yer: Münih, Almanya. Yapı Hakkında: 250 m açıklık ve 260 m aralık ile yaz oyunları için olimpik stadyum olarak tasarlanmıştır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 40–80 cm/sn² 'dir [99]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: Sistem, çelik kablolar kullanılarak örümcek ağı biçiminde kurgulanan 75x75cm'lik ızgara sisteme sahip kablo ağlarından oluşmaktadır. Sistemde kullanılan içbükey kablolar yerçekimine karşı, konveks kablolar ise rüzgar yüküne karşı düzenlenmiştir. Kolondan mesnete bağlanan kablo 55°, kablo ağından bağlanan 40° açıya sahiptir.
--	---

Çizelge 3.38 Inmos Microprocessor Factory²

  	Yapım Yılı: 1982 Mimar: Rogers Stirk Harbour + Partners Yer: Newport, İngiltere. Yapı Hakkında: 105 m x 86 m açıklığındaki yapı, fabrika binası olarak tasarlanmıştır. Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir [59]. (pratik olarak sismik aktivite yoktur) Yapısal Bilgiler: Sistem, uzay kafes kiriş, kafes gövdeli kolon ve kablolardan oluşmuştur. 35 m açıklığın geçildiği kafes kirişler 13.2 m aralıklar ile yerleştirilmiştir. Çaprazlarla oluşturulmuş 7.2 m genişliğinde ve ~20 m yüksekliğindeki kolonlar farklı noktalardan kirişlere kablolar ile bağlanmıştır.
---	---

¹ Bu çizelge Kaynak [3] ve [115] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

² Bu çizelge Kaynak [107] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

GÜNCEL ÇELİK YAPI SİSTEMLERİ ÖRNEK İNCELEMELERİ

Tez kapsamında, çelik taşıyıcı sistem türlerinin çalışma prensipleri ve tasarım esaslarının incelenerek, seçilen bazı uygulamalar bazında oluşturulan bilgilendirme föyleri ile irdelenmesinin ardından, bu bölümde, yapıların taşıyıcı sistem türünün formu etkileyici kılacak biçimde seçimi, konsept aşamasından inşaat aşamasına varan süreçte incelenecektir. Mimari form ve taşıyıcı sistem ilişkisinin ayrılmaz bir bütün olduğu, etkileyici formların, taşıyıcı sistem ile malzemenin davranışı ve sınırları kavranmış olarak yaratıcı çözüm arayışları ile gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu bağlamda,

- Madrid Barajas Havalimanı
- Pompidou Centre
- HSBC Bank
- Sainsbury Centre
- Stansted Havalimanı
- Palacio de Congresos Oviedo
- Swiss Re Tower
- Kauffman Center

yapıları incelenmiştir. Bu yapıların 3 boyutlu modellemeleri bu tez kapsamında gerçekleştirilmiştir.

4.1 Madrid Barajas Havalimanı

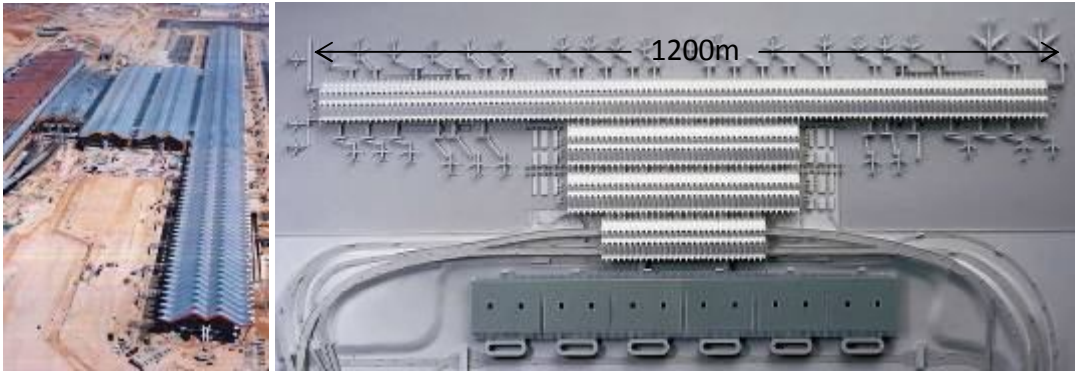
Yer: Madrid, İspanya.

Yapım Yılı: 1996–2005.

Mimar: Rogers Stirk Harbour + Partners

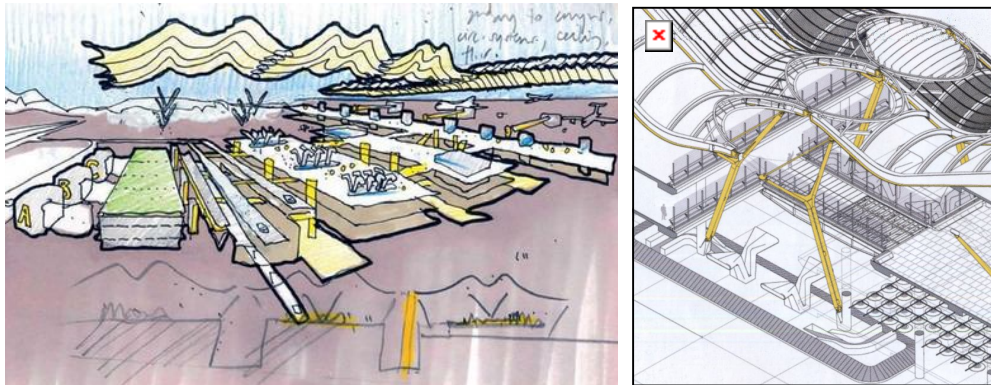
Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi $20\text{--}40\text{ cm/sn}^2$ 'dir (pratik olarak sismik aktivite yoktur) [59].

Yapı Hakkında: Doğrusal bir plan şemasına sahip yapı, taşıyıcı sistem planlaması ve mekansal algı bakımından aynı biçimdedir. Yapının her bölümü 72 m açıklığındadır, boyuna olarak ise bir bölümü 1200 m, iki bölümü 380 m ve bir bölümü de 270 m olmak üzere 3 farklı ölçüye sahiptir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Vaziyet planı [107], [318]

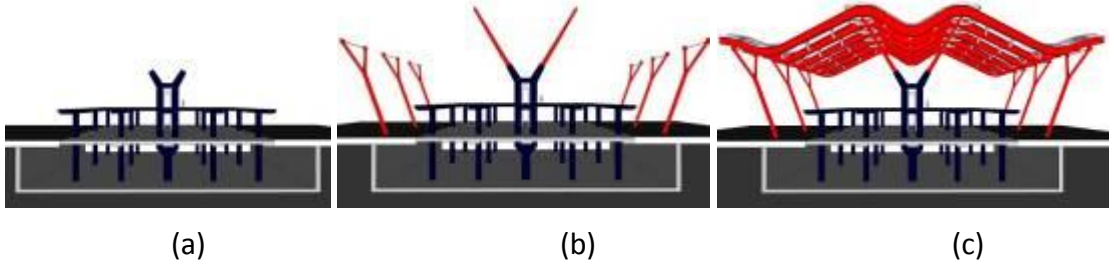
Yapının lineer şeması sayesinde kolay algılanabilen alanlar oluşturulmuştur ve zemin üstünde üç kat, bodrumda üç kat olmak üzere toplamda 6 kat mevcuttur. Çatı sistemi, dalga formunda eğrisel kirişlerden oluşmaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Tasarım [318]

Yapısal Bilgiler:

Taşıyıcı sistem, tek doğrultuda düzenlenmiş çerçeve sistemden oluşmaktadır. Sistem, bodrum katlardan betonarme olarak başlar (Şekil 4.3a), üst katlarda betonarme gövde üzerinde ağaç kolon formulu çelik taşıyıcı olarak devam eder (Şekil 4.3b) ve tekrarlı çelik kirişlerin oluşturduğu çatı ile sonlanır (Şekil 4.3c). Bu çalışma kapsamında çizilen taşıyıcı sistem aşamaları Şekil 4.3'te, uygulama aşamaları Şekil 4.4'te gösterilmiştir.

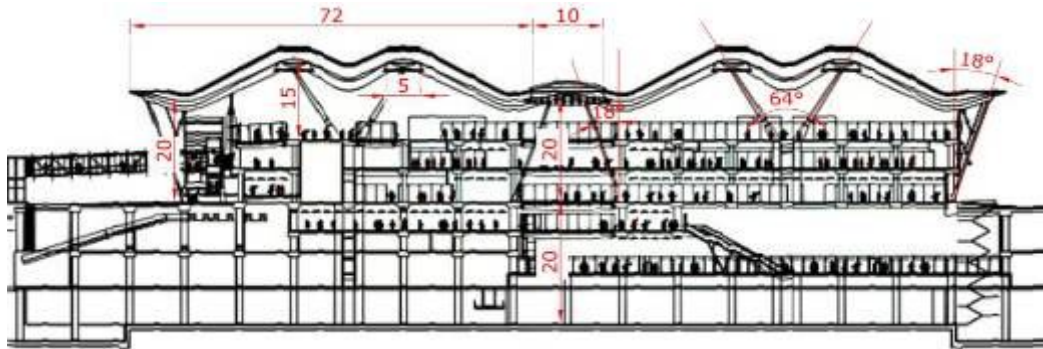


Şekil 4.3 Taşıyıcı sistem aşamaları (Tez kapsamında 3d modelleme)



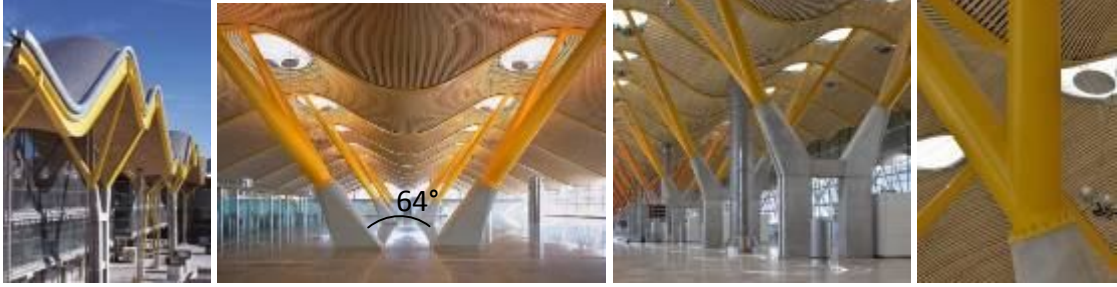
Şekil 4.4 Taşıyıcı sistem uygulama aşamaları [107]

Çatı formunu elde edebilmek için 72 m açıklığında, 9 m aralıklar ile yerleştirilen; simetrik biçimli ve eğrisel formda; özel üretim prefabrike I profil çelik kirişler kullanılmıştır. Kolonlar yapı boyunca 18 m aralıklar ile yerleştirilmiştir. Eğrisel biçimli çatının tepe noktasında 5 m, kütle birleşimlerinde ise 10m çapında dairesel ışıklıklar kullanılmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Sistem kesiti [107]

Eğrisel formlu kirişin oluşturduğu açıklık, orta kısımda ayaklar üzerinde 64° açı ile yerleştirilen V biçiminde (Şekil 4.6); kenarlarda, dışa doğru 18° açı ile yerleştirilen Y biçiminde ağaç formlu çelik kolonlarla taşınmaktadır (Şekil 4.7).



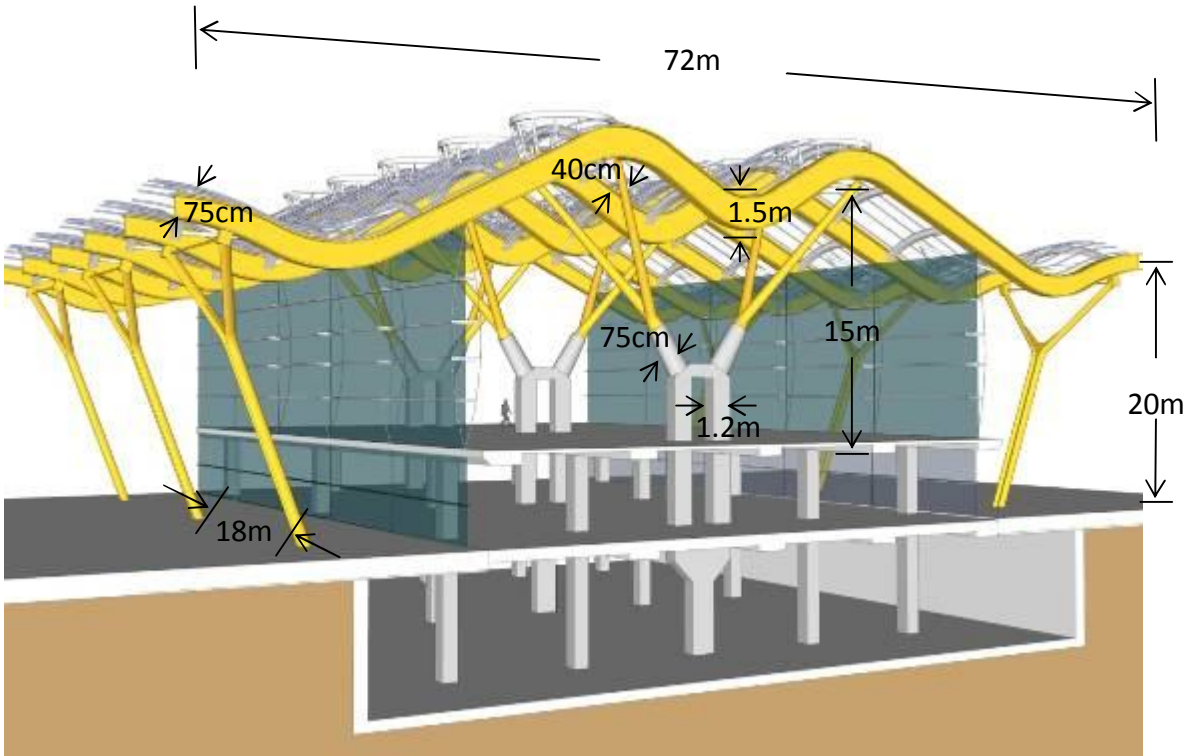
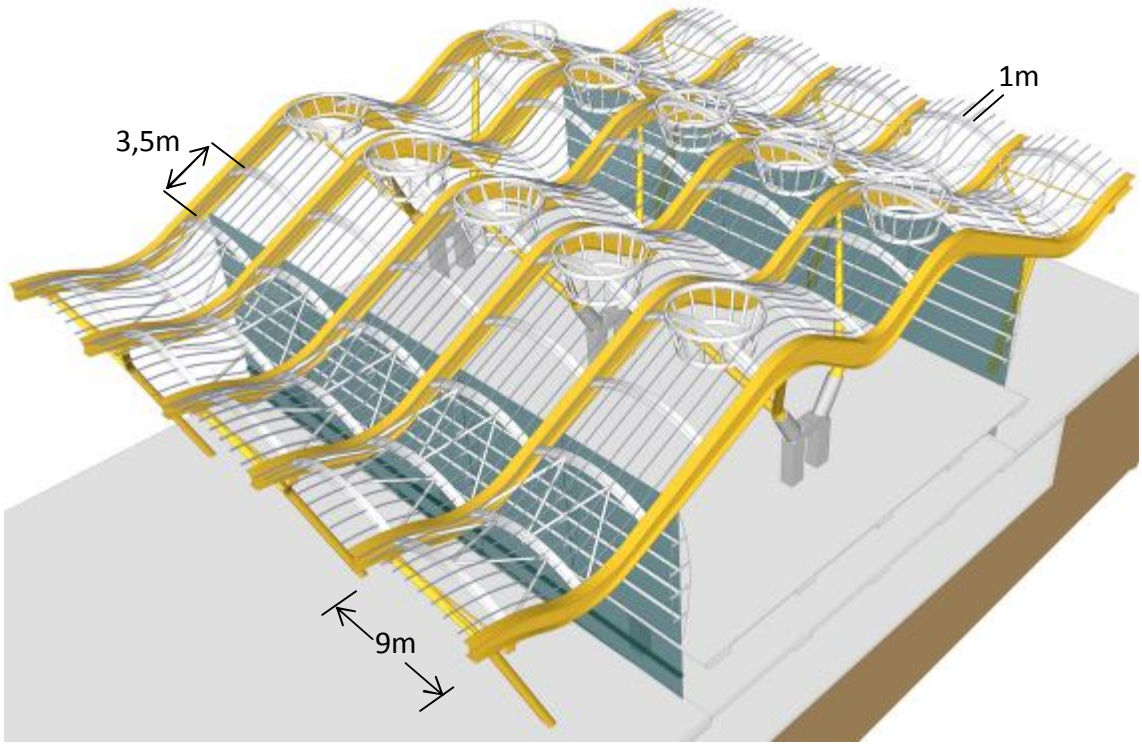
Şekil 4.6 V kolon detayları [107]



Şekil 4.7 Y kolon detayları [28], [107]

Tek doğrultuda düzenlenmiş çerçeve sistemde dik yönde stabiliteyi sağlamak için, 3.5 m aralık ile kemer formunda aşık elemanlar ve çatı stabilite çaprazları kullanılmıştır. Ayrıca çatı örtüsü için, yapının açıklığı doğrultusunda 1 m aralıklarla tali kirişler düzenlenmiştir. I profil tipi çelik kirişler S420 sınıfında, yapının merkezinde yer alan V kolonlara birleşen çelik konik biçimli dallar ise S355 çelik sınıfından üretilmiştir.

Bu tez kapsamında çizilen Madrid Barajas Havalimanı modellemeleri Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Madrid Barajas Havalimanı (Tez kapsamında 3d modelleme)

4.2 Pompidou Centre

Yer: Paris, Fransa.

Yapım Yılı: 1971–1977.

Mimar: Renzo Piano ve Richard Rogers

Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi $20\text{--}40\text{ cm/sn}^2$ 'dir (pratik olarak sismik aktivite yoktur) [59].

Yapı Hakkında: Yapının dikdörtgen bir formu vardır. Şehir merkezinde kamunun kullanması için büyük bir açık alan oluşturma fikri projenin ana temalarından birisini oluşturmaktadır, kültürel etkinliklerin gerçekleştirilmesi ve boş zamanların değerlendirilmesi amaçları için tasarlanmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Vaziyet planı [107]

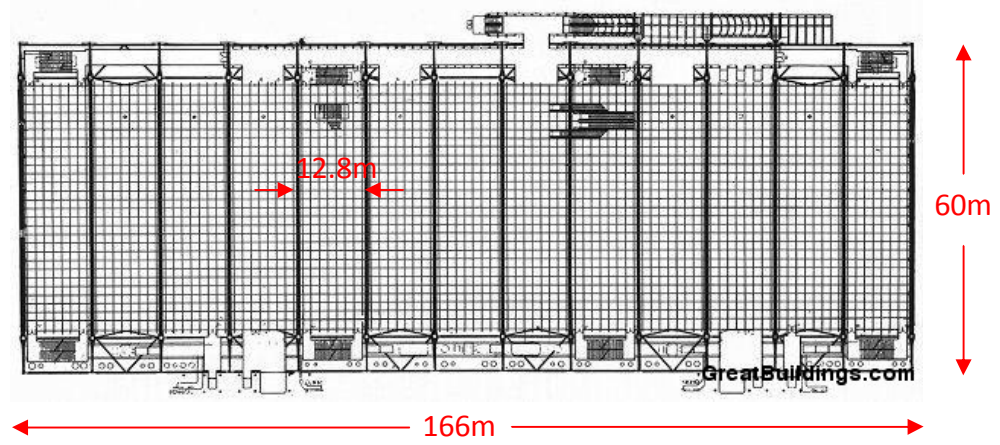
100.000 m² gibi devasa bir alana kurulan kamu yapısı, ön üretimli elemanlar ile inşa edilmiştir (Şekil 4.10). Tesisat borularının cephede yer aldığı yapı, dinamik bir makine olarak nitelendirilerek tasarlanmıştır. Elektrik için sarı, akışkanlar için yeşil, hava için mavi, asansör ve yangın söndürücüler için kırmızı borular kullanılmıştır.



Şekil 4.10 Montaj aşamasından görüntüler [107]

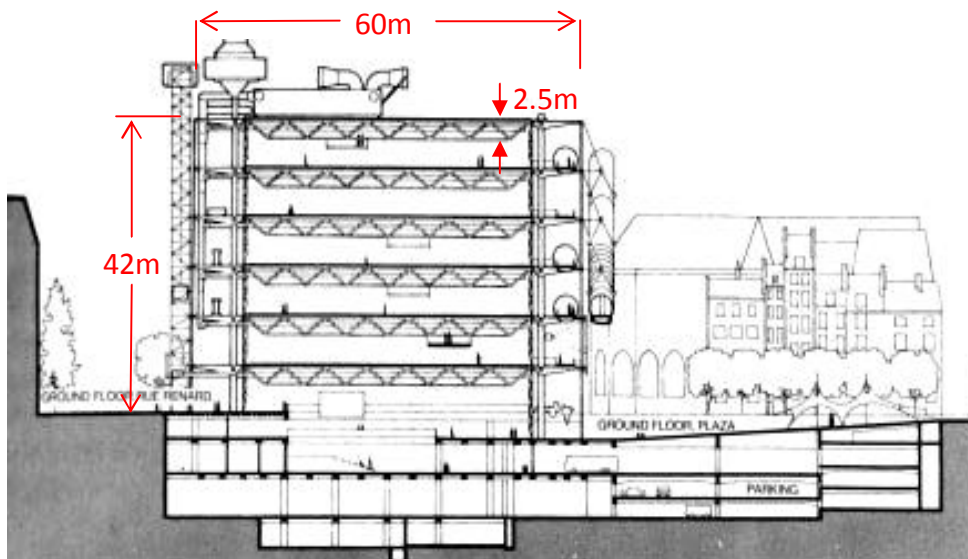
Yapısal Bilgiler:

Yapının taşıyıcı sistemi betonarme döşemeler, çelik kolonlar ve düzlem kafes kirişlerden oluşmaktadır. 166 m x 60 m boyutlarında ve 42 m yüksekliğindeki yapı 6 katlıdır (Şekil 4.11). Yapının taşıyıcı sistem elemanları, duvarları ve döşemeleri de dahil olmak üzere, gerektiğinde sökülüp takılabilen ön üretimli elemanlardan oluşmaktadır.



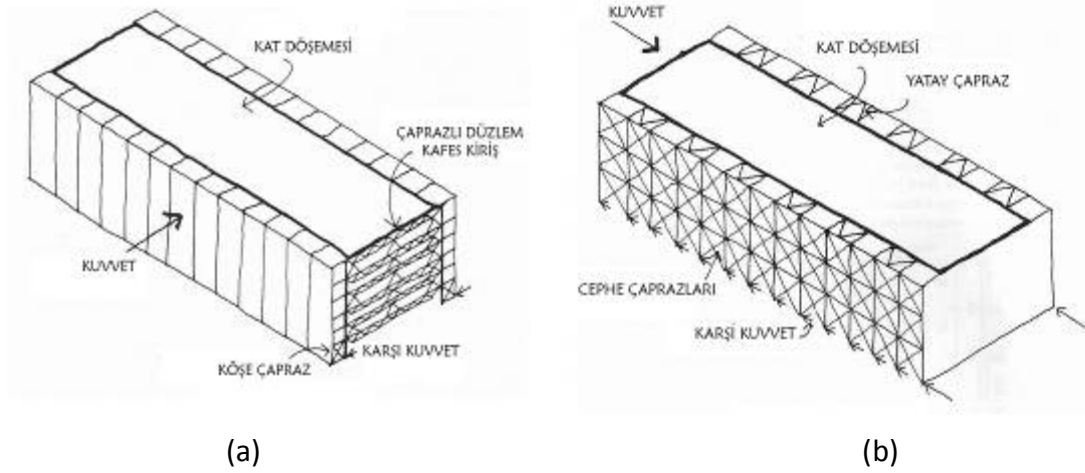
Şekil 4.11 Plan [319]

Yapının 60 m'lik açıklığı, 42 m'lik yükseklik boyunca 2.5 m derinliği olan kafes kirişlerle geçilmiştir (Şekil 4.11, 4.12). Tek doğrultudaki kafes kirişli çerçeve düzenlemesi, yapının boyuna doğrultusunda 12.8 m aralıklarla tekrarlanmaktadır (Şekil 4.11). Her bir kafes kiriş 48 m açıklık geçerek 40 cm çaplı kolonlara mesnetlenmektedir. Geriye kalan 12 m için yapının iki tarafında 6 m'lik ilave kafes sistem oluşturulmuştur.



Şekil 4.12 Yapı kesiti [319]

Yatay kuvvetlere karşı stabilite için kat döşemelerinin haricinde, kısa kenar doğrultusundaki düzlem kafes kirişler ve cephede kafes kirişler arasında stabilite çaprazları da kullanılmıştır (Şekil 4.13a); uzun kenar doğrultusunda ise cephe stabilite çaprazları ve yapının son katında yatay çaprazlar uygulanmıştır (Şekil 4.13b).



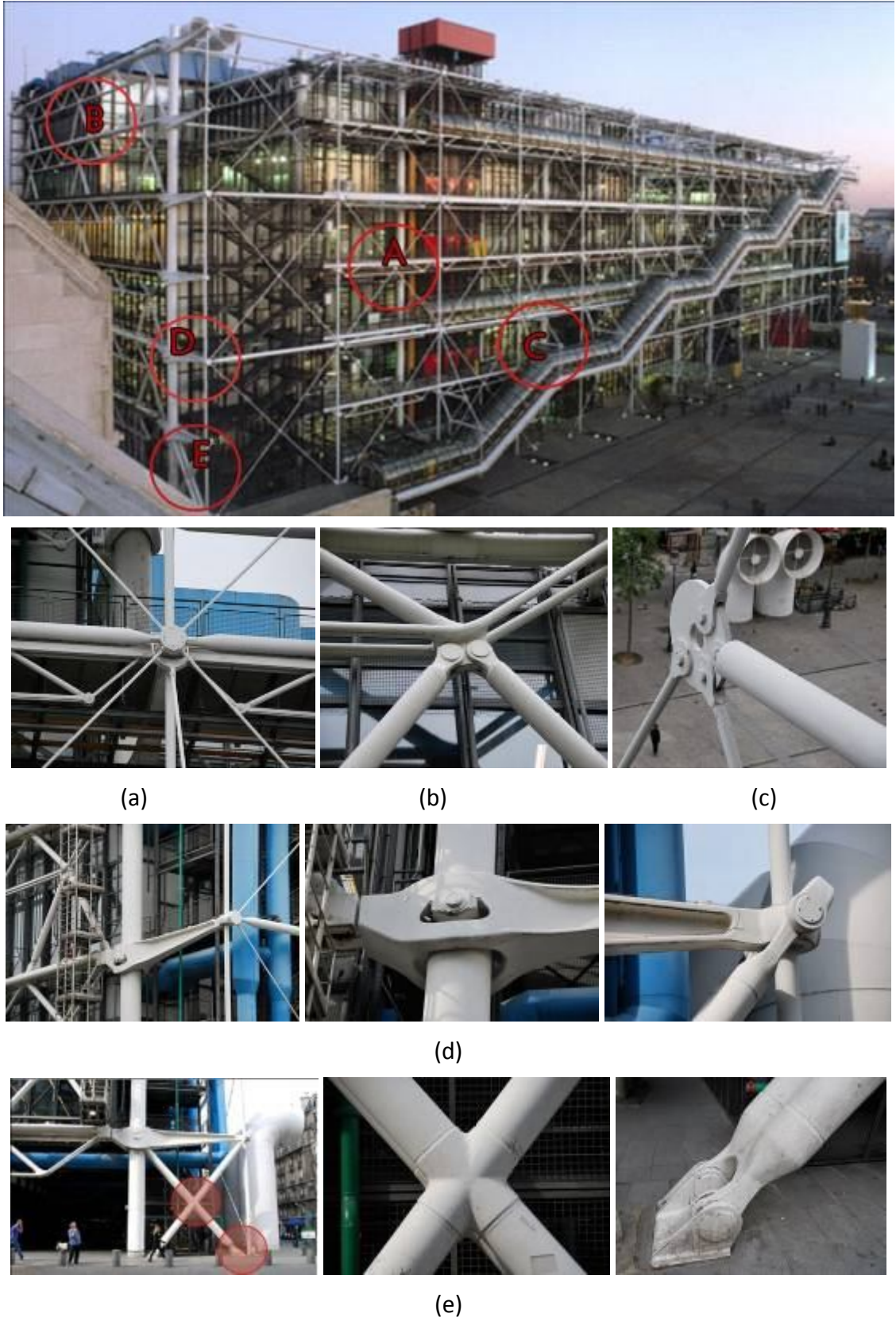
Şekil 4.13 Taşıyıcı sistem analizi [320]

Yapı cephesi boyunca uygulanan; 12.8 m x 14 m (iki kat) ölçülerinde oluşturulan ve arasında çapraz gergi elemanlar bulunan çelik çerçeveler yapının 166 m'lik iki cephesi boyunca uygulanmıştır. Düzlem kafes kirişlerin her kat seviyesinde ters V biçimli çaprazlarla 3 noktadan birleştirilmesiyle elde edilen taşıyıcı düzlem de yapının diğer iki cephesini oluşturmaktadır (Şekil 4.14).



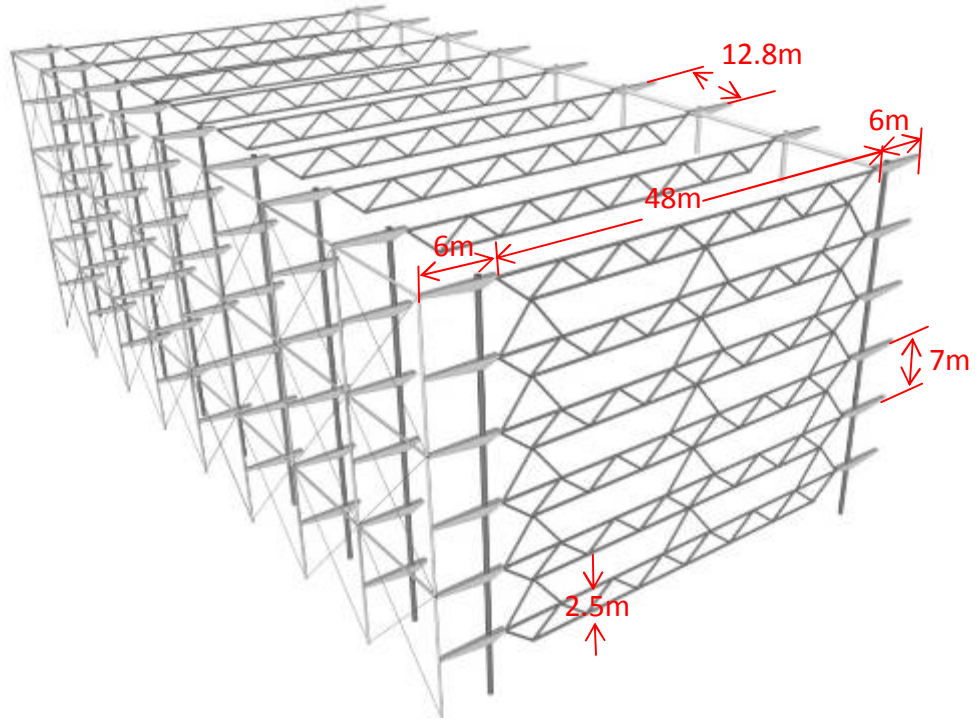
Şekil 4.14 Pompidou Centre [321], [322]

Pompidou Center taşıyıcı sistem detayları Şekil 4.15’de gösterilmiştir.

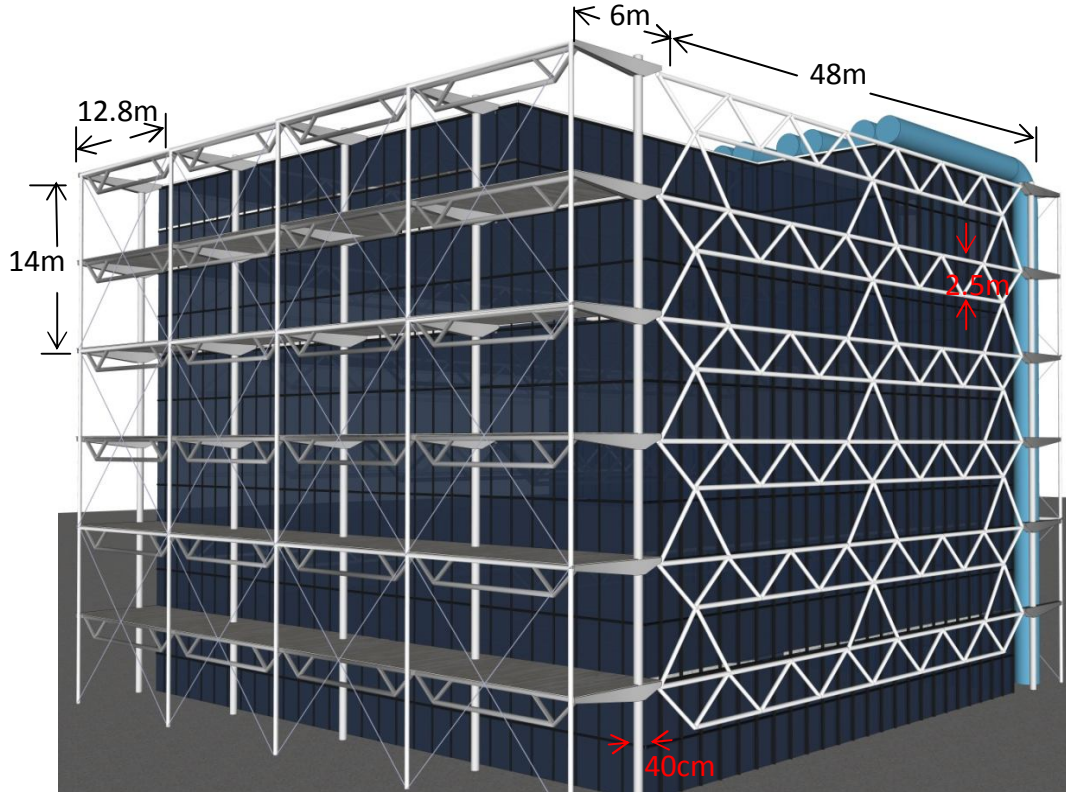


Şekil 4.15 Detaylar [281], [324]

Bu tez kapsamında çizilen Pompidou Center modellemeleri Şekil 4.16 ve 4.17’de gösterilmiştir.



Şekil 4.16 Taşıyıcı sistem (Tez kapsamında 3d modelleme)



Şekil 4.17 Pompidou Centre (Tez kapsamında 3d modelleme)

4.3. HSBC Bank

Yer: Hong Kong, Çin.

Yapım Yılı: 1979–1986.

Mimar: Norman Foster & Partners

Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir (pratik olarak sismik aktivite yoktur) [59].

Yapı Hakkında: Banka ve ofis binası olarak tasarlanan, 55x70 m boyutlarında ve 180 m yüksekliğindeki yapı, 3 bodrum kat ve zemin üstünde 44 kattan oluşmaktadır, 90 000 m² lik alana sahiptir (Şekil 4.18).



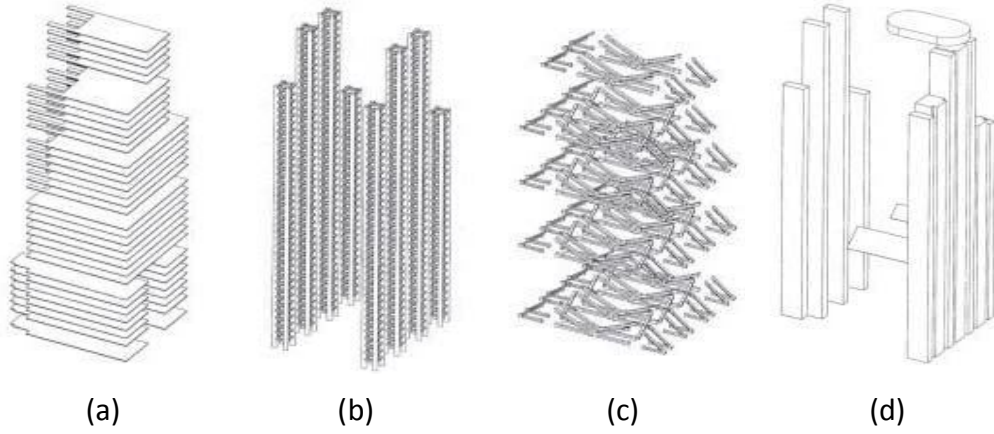
Şekil 4.18 HSBC Bank [324], [325]

Yapı tasarlanırken, geniş açıklıklar ve aydınlık ortamlara sahip mekanlar oluşturmak amaçlanmıştır. Bu nedenle yapının düşey taşıyıcı elemanları, tüm dikey sirkülasyon öğeleri ve servis şaftları yapının dış yüzeyinde düzenlenmiştir. Çekirdekler doğu- batı doğrultusunda yerleştirilmiştir ve binanın formu üst katlara doğru azalmaktadır.

Yapısal Bilgiler:

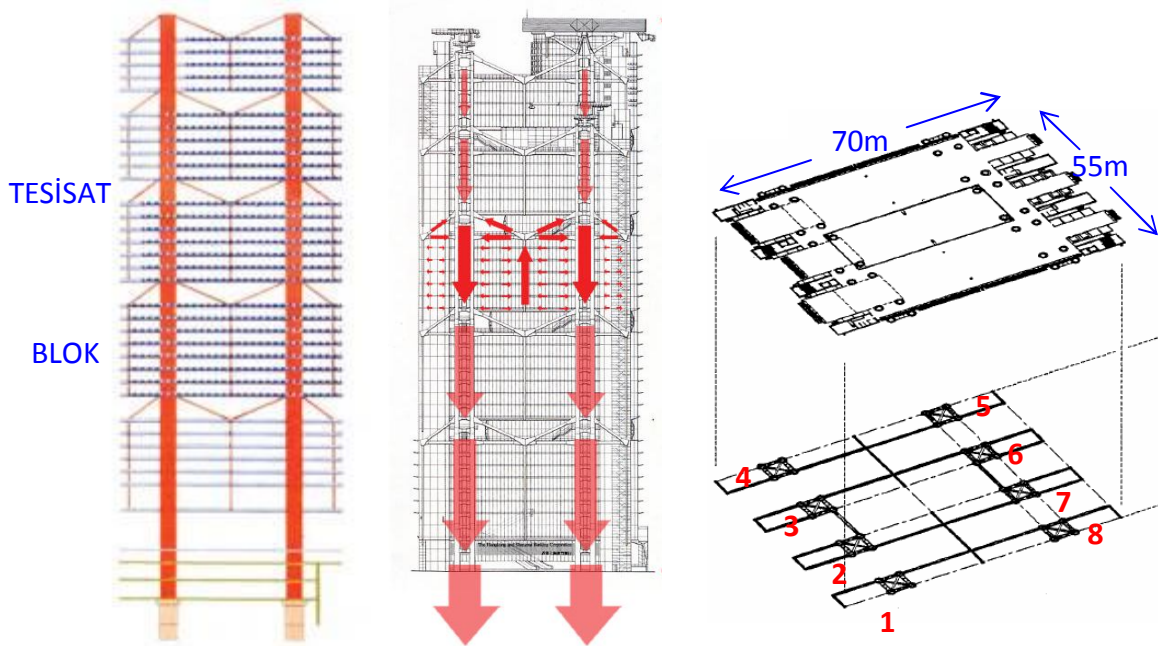
HSBC Bank'ta taşıyıcı sistem, I profiller ile oluşturulmuş döşeme-kiriş sistemi (Şekil 4.19a), boru kesitli profiller ile oluşturulan çok parçalı basınç çubukları (Şekil 4.19b), kat

döşemelerinin taşındığı askı elemanlar (Şekil 4.19c) ve sirkülasyon öğeleri ile servis şaftlarını oluşturan betonarme birimler (Şekil 4.19d) ile oluşturulmuştur.



Şekil 4.19 Taşıyıcı sistem elemanları [326]

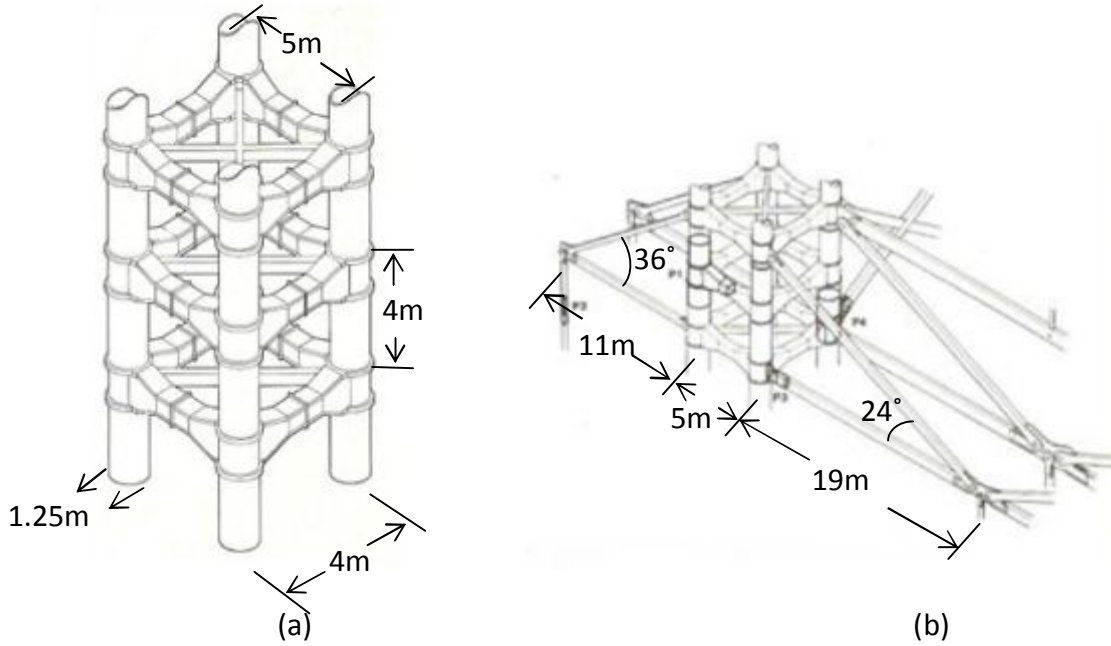
Taşıyıcı sistemin çalışma prensibi, tesisat katları ile ayrılmış blokların tüm kat döşemelerinin çok parçalı basınç çubuklarına yapının merkezinden asılan ve kenarlarından konsol bağlanan askı elemanlar ile taşınması ile oluşturulmuştur (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 Taşıyıcı sistemin çalışma prensibi ve kat planları [6], [324]

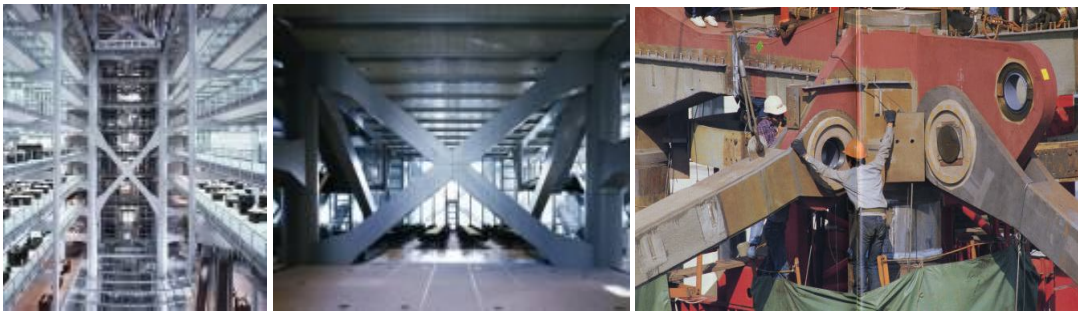
Çok parçalı basınç çubuğu; 1.4 m çapındaki 4 adet boru profilin aralarında, 55 m açıklık doğrultusunda 4 m, 70 m doğrultusunda 5 m mesafe kalacak şekilde, düşeyde 4 m aralıklarla (her kat seviyesinde) yatay elemanlar ile birleştirilmesi ile oluşmaktadır (Şekil

4.21a). Yapıda yer alan çok parçalı basınç çubukları 55 m açıklık doğrultusunda 13 m aralıklar ile düzenlenmiştir. Cephede kullanılan taşıyıcı sistemin özelliği, kablo askılı bir sistemin çalışma prensibiyle benzerlik göstermesidir. Çok parçalı basınç kolonuna, 19 m'lik döşemeler, yatay ile 24° açı yapan askı elemanları ile, 11 m'lik döşemeler ise 36° açı yapan askı elemanları ile birleşmektedir (Şekil 4.21b).



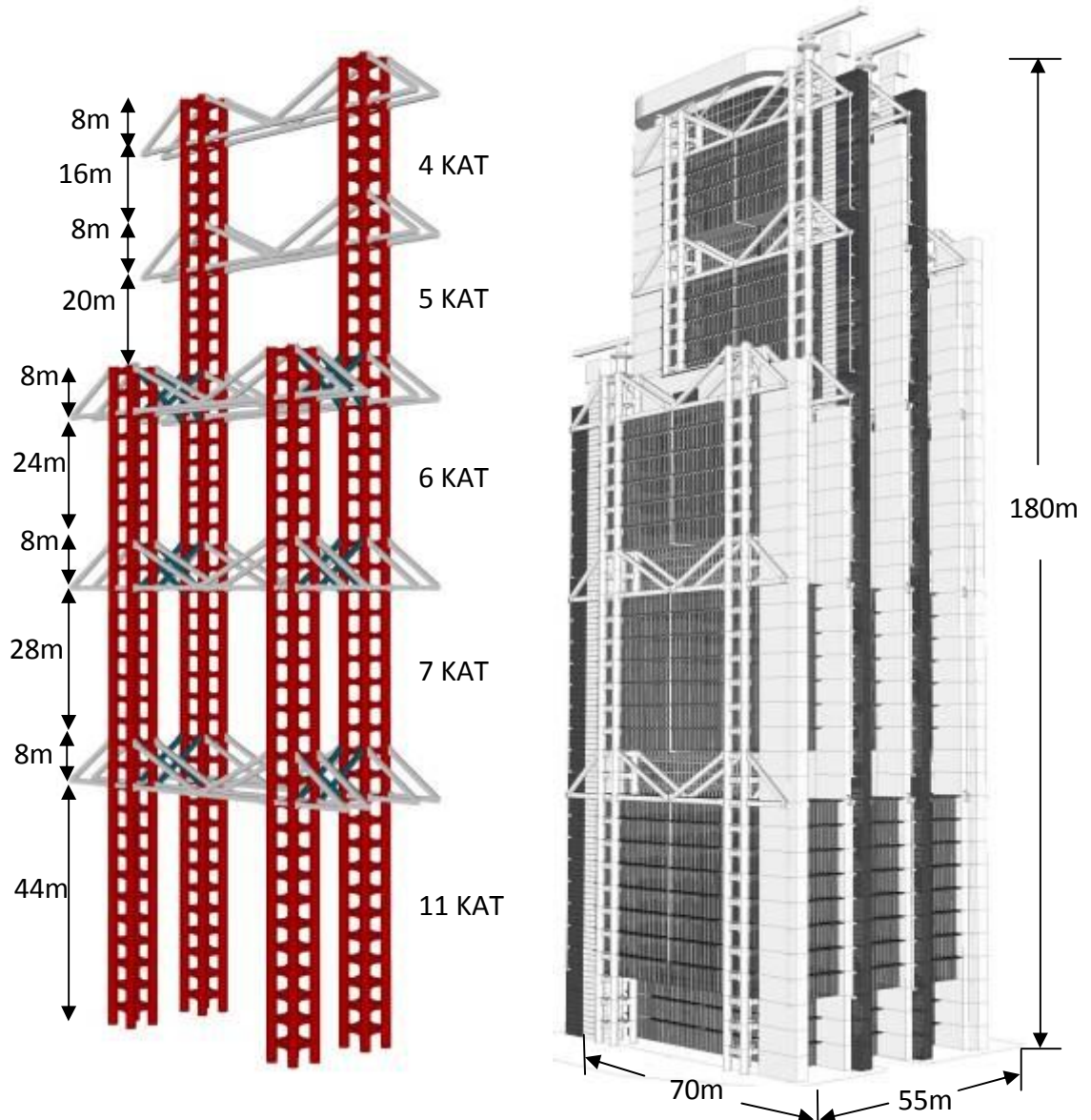
Şekil 4.21 Çok parçalı basınç çubuğu ve cephedeki askılar [327]

55 m açıklık doğrultusunda yerleştirilen çok parçalı basınç çubukları arasında, yanal stabiliteyi sağlamak amacıyla atriumda 12 m (üç kat), cephede ve tesisat katlarında 8 m (iki kat) yüksekliğinde çapraz elemanlar kullanılmıştır (Şekil 4.22).

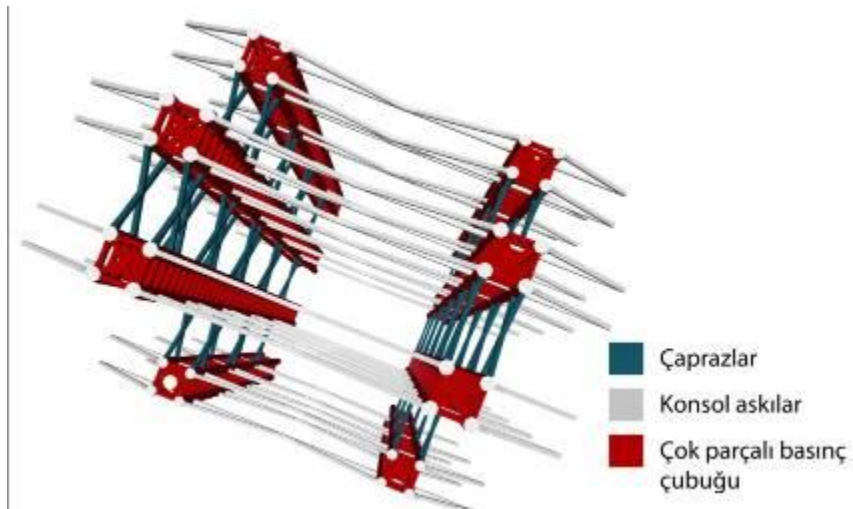


Şekil 4.22 Atrium ve tesisat katı [324], [328], [329]

Bu tez kapsamında çizilen HSBC Bank modellemeleri Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'te gösterilmiştir.



Şekil 4.23 HSBC Bank (Tez kapsamında 3d modelleme)



Şekil 4.24 HSBC Bank taşıyıcı sistem elemanları (Tez kapsamında 3d modelleme)

4.4 Sainsbury Centre

Yer: Norwich, İngiltere.

Yapım Yılı: 1974- 1978.

Mimar: Foster and Partners

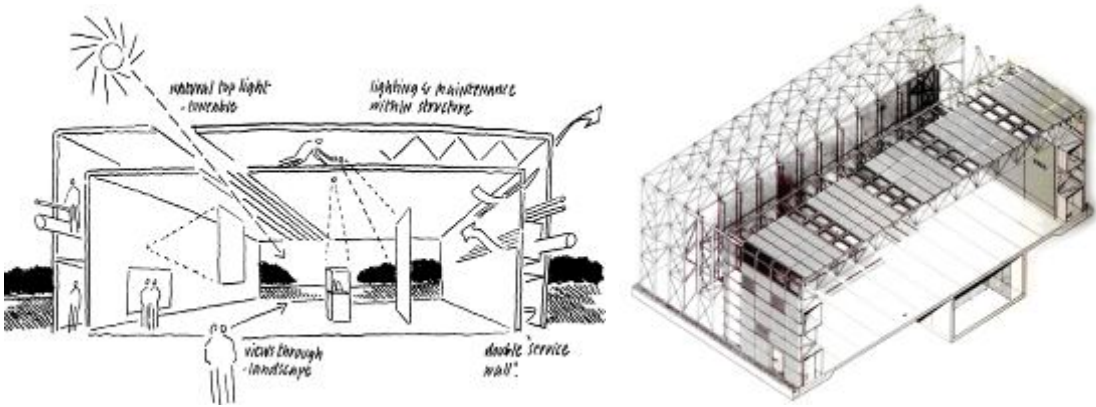
Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir (pratik olarak sismik aktivite yoktur) [59].

Yapı Hakkında: Sainsbury Görsel Sanatlar Merkezi, lineer bir plan şemasına sahiptir. Kırsal bir noktada konumlandırılan yapı, East Anglia Üniversitesi kampus içerisinde müze olarak inşa edilmiştir (Şekil 4.25).



Şekil 4.25 Sainsbury Centre [3], [285], [330]

1978'de tek bölümden oluşan müze binası 1988'de yapıya bodrum katta zeminin doğal konturu kullanılarak hilal biçiminde, koridorların üst kısımda cam kaplama sayesinde gün ışığı ile aydınlatıldığı konaklama birimi eklenmiştir. 1991 yılında eğitim ve stüdyo birimleri yapının doğusuna eklenmiştir ve böylece tek çatı altında farklı işlevlerin yer aldığı bir kompleks oluşmuştur.

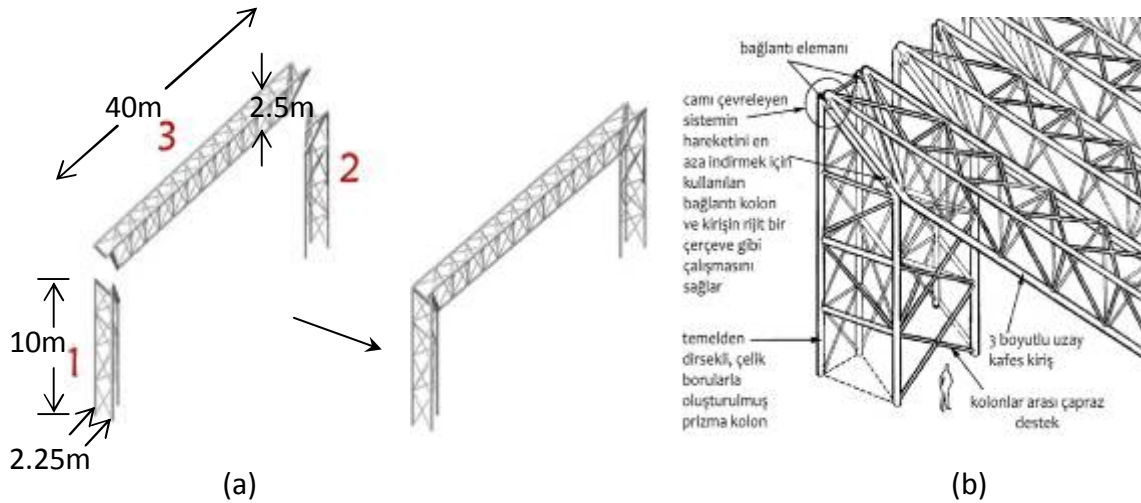


Şekil 4.26 Tasarım [331], [332]

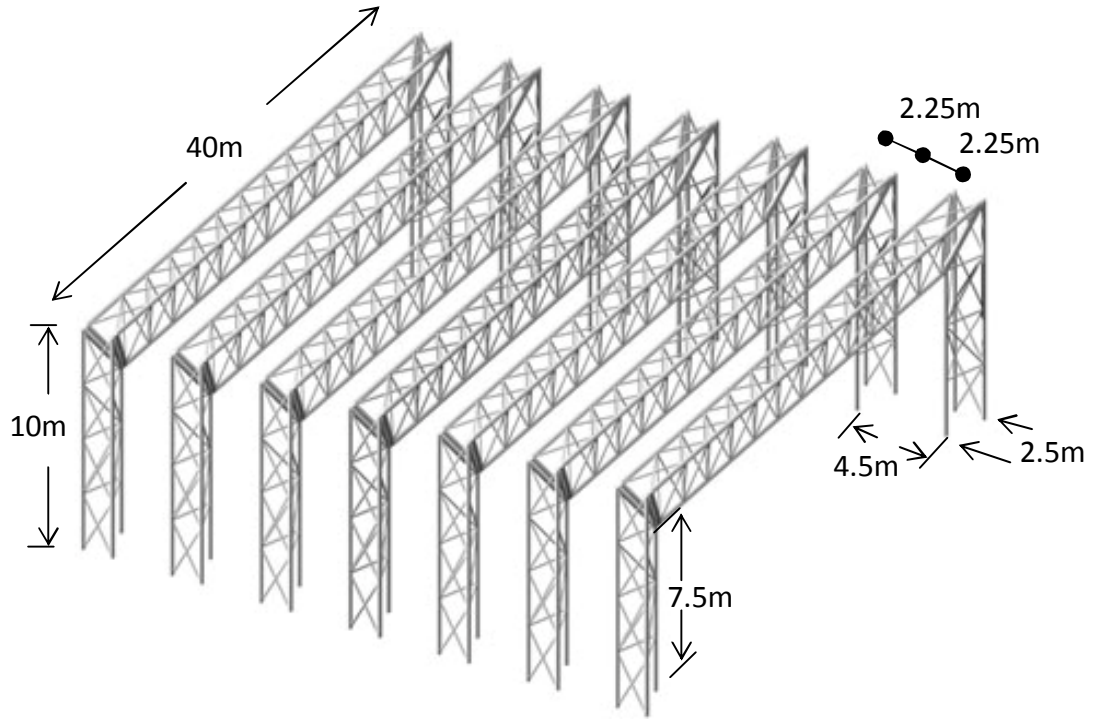
Tercih edilen taşıyıcı sistem türü, yapının tasarımında etkili rol oynamıştır. Gerektiğinde yapının büyütülebilmesi, tavandaki ışıklıklar ile iç mekana uygun ayarda gün ışığı aydınlatmasının sağlanması, müzedeki nesnelerin yapay ışıklandırması için gereken aydınlatmaların tavana gizlenmesi, çift servis duvarı ile tesisat borularının duvara gizlenmesi, arada düşey taşıyıcı olmadığı için sergilenen nesneler için net bir görüş açısının oluşması, müzenin dolaşım akışını kesmemesi ve manzarayı kapatmaması gibi avantajlar söz konusudur (Şekil 4.26).

Yapısal Bilgiler:

Taşıyıcı sistem, tek doğrultuda düzenlenmiş uzay kafes çerçeve sistemlerden oluşmaktadır. Her bir çerçeve; yüksekliği 10 m, enkesiti 2.25 m olan uzay kafes kolonlar ile kesit yüksekliği 2.5 m, enkesiti 2.25 m, açıklığı 40 m olan uzay kafes kirişin birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. (Şekil 4.27a). Çerçeveler 4.5 m'lik aralık ile yerleştirilmiş, iç ve dış çeperlerinden stabilite çaprazları ile birleştirilmiştir (Şekil 4.27b, 4.28).

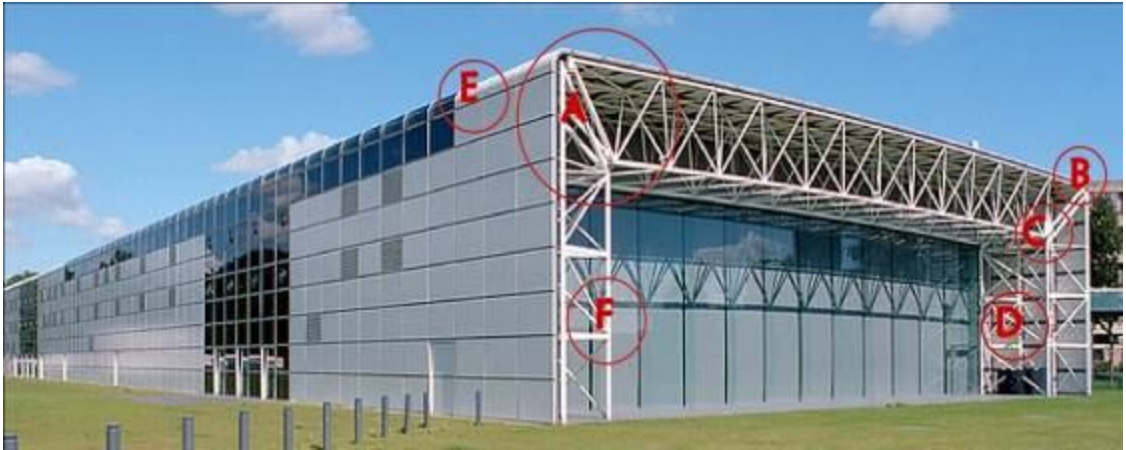


Şekil 4.27 Uzay kafes çerçeve birimi [281], [333]



Şekil 4.28 Taşıyıcı sistem iskeleti [281]

Kafes alt ve üst başlıkları 20 cm çapında, çapraz elemanlar ise 10 cm çapında çelik boru profilleri ile oluşturulmuştur. Uygulamada her parçanın fabrikada üretilip montajının yerinde yapıldığı modüler bir sistem söz konusudur (Şekil 4.29).



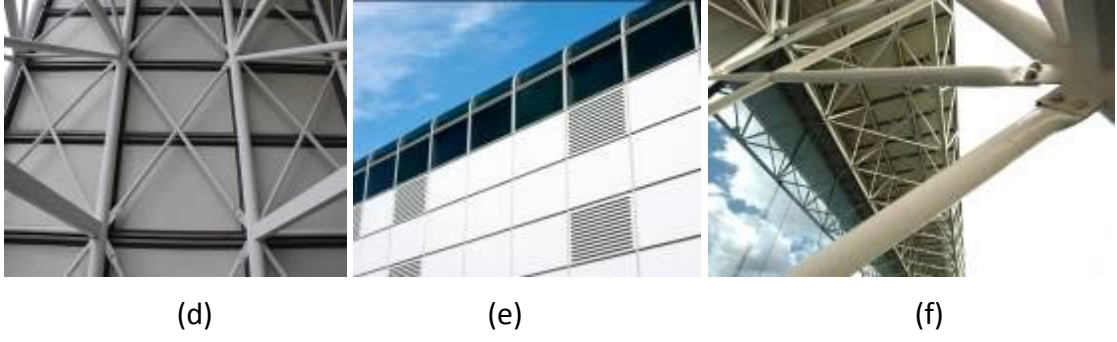
(a)



(b)

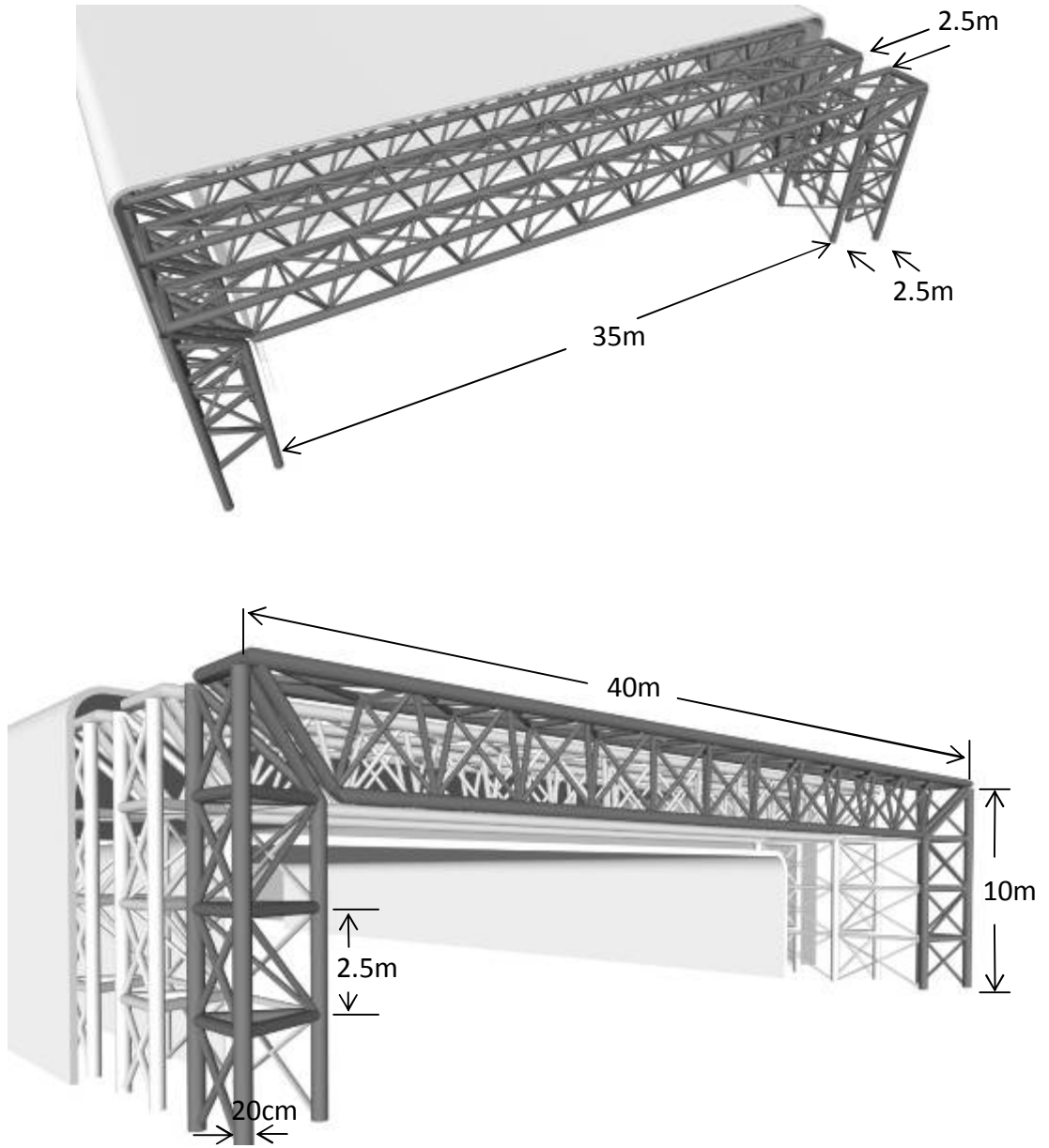


(c)



Şekil 4.29 Sainsbury Centre detaylar [11], [281], [330], [334]

Bu tez kapsamında çizilen Sainsbury Görsel Sanatlar Merkezi modellemeleri Şekil 4.30'da gösterilmiştir.



Şekil 4.30 Sainsbury Centre (Tez kapsamında 3d modelleme)

4.5 Stansted Havalimanı

Yer: London, İngiltere.

Yapım Yılı: 1987- 1991.

Mimar: Foster and Partners

Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 40–80 cm/sn² 'dir (sismik aktivite düzeyi düşüktür) [59].

Yapı Hakkında: Havalimanı yapısı, 198 m x 162 m boyutlarında dikdörtgen bir plan şemasına sahiptir (Şekil 4.31).



Şekil 4.31 Vaziyet planı [90]

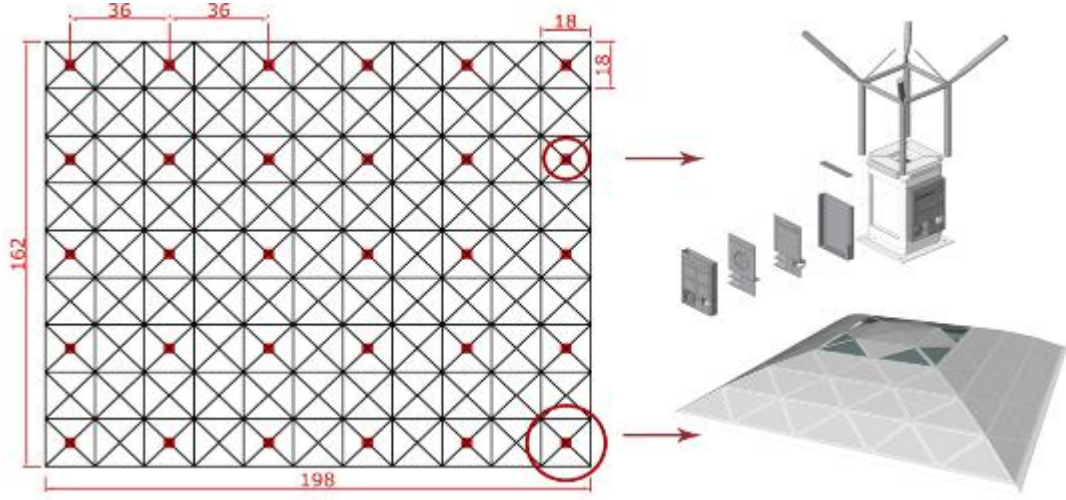
Yapı, taşıyıcı sistem için oluşturulan birimlerin tekrarlı kullanılması baz alınarak geniş ve kolay algılanabilir mekanlar oluşturmak üzere tasarlanmıştır. Yapının tüm sistem dağıtım ihtiyaçları; ısklandırma, havalandırma, iletişim gibi borular ve kanalların gerektiği servis elemanları yapısal olarak düzenlenen ağaç kolonun gövdesi içerisine yerleştirilen hacimlerde çözülmüştür ve böylece alanda tamamen hareket serbestliği sağlanmıştır (Şekil 4.32). Kurulan bu sistemin ihtiyaç durumunda mekanik bakımı, bodrum katlara kadar uzanan kolon gövdesi içindeki spiral merdivenlerle çözülmüştür.



Şekil 4.32 Tasarım [12], [83]

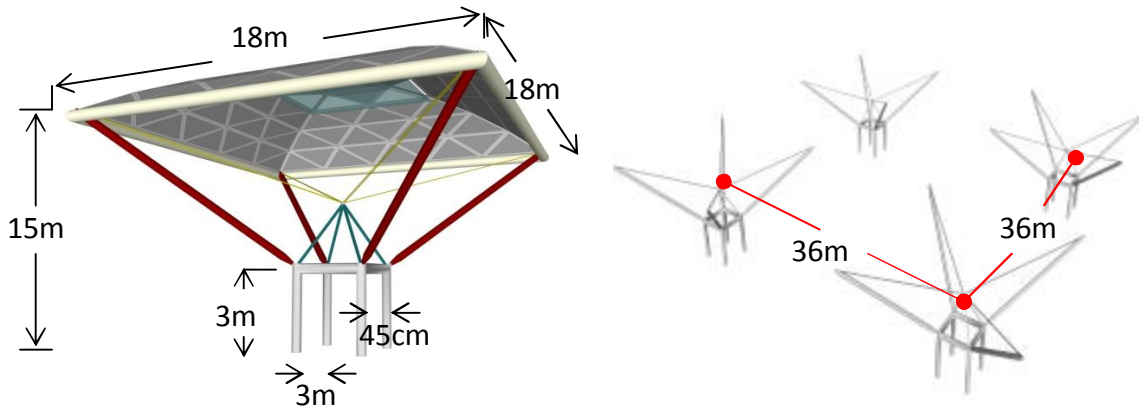
Yapısal Bilgiler:

Yapının taşıyıcı sistemi ağaç kolon biçimindeki çok parçalı basınç çubukları ve tek tabakalı uzay kafes sistemle uygulanmış çatı örtüsünden oluşmaktadır. 198 m x 162 m boyutlarındaki havalimanı yapısında plan düzleminde 18 m x 18 m ölçülerinde birimlere sahip ızgaralar oluşturulmuştur. Bu çalışma kapsamında çizilen taşıyıcı sistem iskeleti Şekil 4.33'te gösterilmiştir.



Şekil 4.33 Taşıyıcı sistem iskeleti [328]

Her birimin çatı örtüsü, kubbe biçimlidir ve tek tabakalı uzay kafes sistemle çözülmüştür. Yapı, 36 m aralıklar ile yerleştirilen, 15 m yüksekliği olan ağaç gövdeli kolonlar tarafından taşınmaktadır. 45 cm çaplı 4 adet çelik kolonun, 3 m mesafe ile kare biçim oluşturacak şekilde yerleştirilmesi ve yatay elemanlarla birleştirilmesi ile ağaç kolon gövdesi oluşur. Bu tez kapsamında çizilen ağaç kolon birimi ve birimlerin yerleşimi Şekil 4.34'te gösterilmiştir.

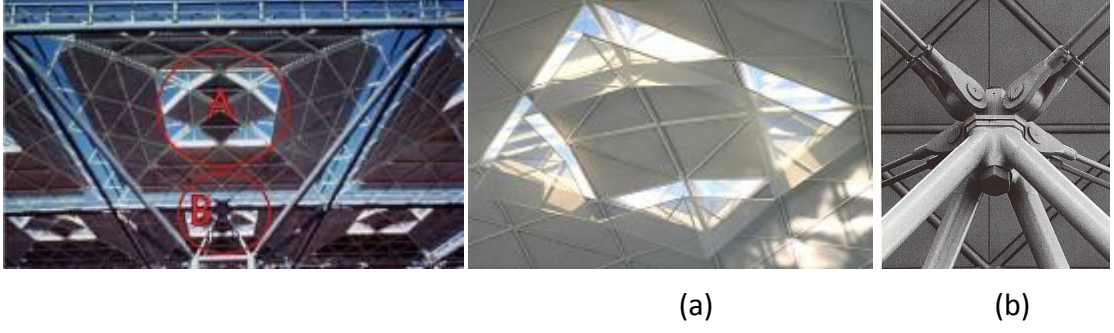


Şekil 4.34 Taşıyıcı sistem birimi ve birimlerin yerleşimi (Tez kapsamında 3d modelleme)

Taşıyıcı sistem elemanları parçalar halinde fabrikada üretilmiş ve yerinde montajı yapılmıştır. Ön üretimin tercih edilmesi, hava şartlarından bağımsız olarak, üretim ve montajın eş zamanlı devam etmesini sağlamıştır (Şekil 4.36).

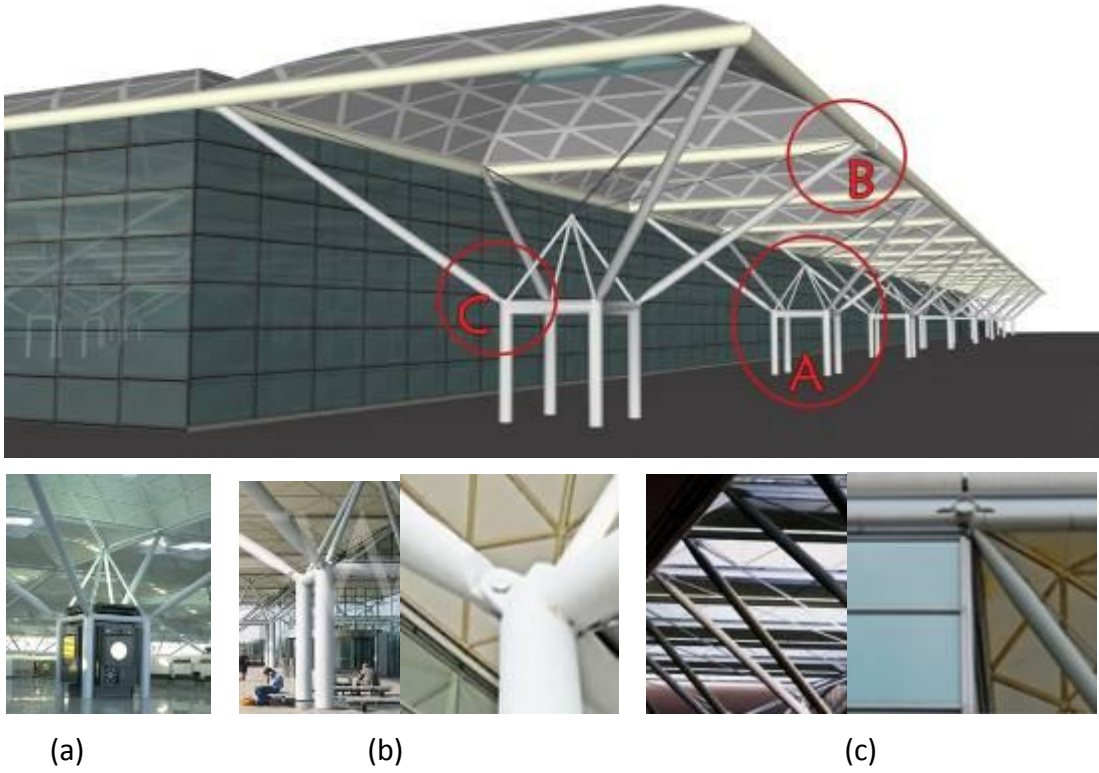


144



Şekil 4.37 Çatı örtüsü detayı [35], [56], [155]

Stansted Havalimanı modellemesi ve detayları Şekil 4.38’de gösterilmiştir.



Şekil 4.38 Stansted Havalimanı (Tez kapsamında 3d modelleme) ve detayları [335], [336], [337]

4.6 Palacio De Congresos Oviedo

Yer: Oviedo, İspanya.

Yapım Yılı: 2003- 2011.

Mimar: Santiago Calatrava

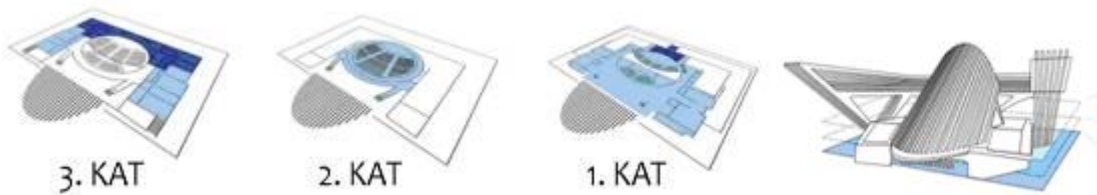
Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 40–80 cm/sn² 'dir (sismik aktivite düzeyi düşüktür) [59].

Yapı Hakkında: Üç katlı yapı, sergi salonu ve kongre merkezi olarak uygulanmıştır. U formuna sahip yapı toplamda 15.000 m² lik alanı kapsamaktadır (Şekil 4.39).



Şekil 4.39 Palacio de Congresos Oviedo [338], [339]

Hareketli çelik elemanlar ve cam ile uygulanan kubbe, mekan içerisinde gün ışığından fazlaca yararlanmayı sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Kamuya çok amaçlı hizmet vermek için tasarlanan yapı, bulunduğu yerleşim yerinde hitap edeceği nüfusun yeterli kentsel boşluğa sahip olabilmesi için yerden yükseltilerek uygulanmıştır (Şekil 4.40).



Şekil 4.40 Kat planları ve perspektif [340]

3 farklı hizmet katından oluşan yapıda, alışveriş merkezi 1. kat bölümünde, sergi ve konferans amaçlı kullanılan ana mekan 2. kat bölümünde, 3 kattan oluşan ofis ve otel bölümleri ise yerden yükseltilmiş olan 3. kat bölümünde bulunmaktadır.

Yapısal Bilgiler:

Palacio de Congresos, İspanya'nın Oviedo kenti içerisinde daha önce stadyum olan yapının yıkılmasıyla elde edilen alana bölüm bölüm inşa edilmiştir. Öncelikle, ~30 m yüksekliğindeki 3 adet V şeklindeki mega kolon, yapının sınırlarını oluşturan U formulu planı oluşturacak şekilde düzenlenmiştir (Şekil 4.41). Mega kolonlar, 6 adet 70 cm kalınlığında, V şeklinde üretilen çelik prefabrike profillerin 2 m'lik aralıklarla yerleştirilmesi ve birleştirilmesi ile elde edilmiştir (Şekil 4.42).



Şekil 4.41 V Kolonların yerleşimi [341]



Şekil 4.42 V Kolon birimleri [154]

Otel kısmının ve ofis birimlerinin bulunduğu U formundaki kat planı, kenarlarda yer alan 2 adet 155m, ortada yer alan 1 adet 135m uzunluğundaki 12m yükseklik ve 12m açıklığa sahip birimlerin biraraya getirilmesiyle oluşturulmuştur (Şekil 4.43).



Şekil 4.43 Otel katları [154]

Zeminden koparılarak uygulanan kütlenin her bölümü, V şeklindeki mega kolonlar arasında bulunan asansörlerle doğrudan zemine bağlanmaktadır.

Yapının sınırlarını tanımlayan U formundaki yükseltilmiş birimler tamamlandıktan sonra yapının merkezinde yer alan, sergi ve kongre işlevleri için ana bölümü oluşturan mekan inşasına başlanmıştır (Şekil 4.44). Salon 55 m çaplı dairesel bir alandır ve 45m yüksekliğindedir. Salonu örten kubbe, eliptik formlu 1 m en ve 2 m kesit yüksekliğine sahip eğrisel çelik profillerin 2 m'lik akslarla yerleştirilmesiyle oluşturulmuştur (Şekil 4.45).



Şekil 4.44 Sergi ve kongre salonunun inşası [154]



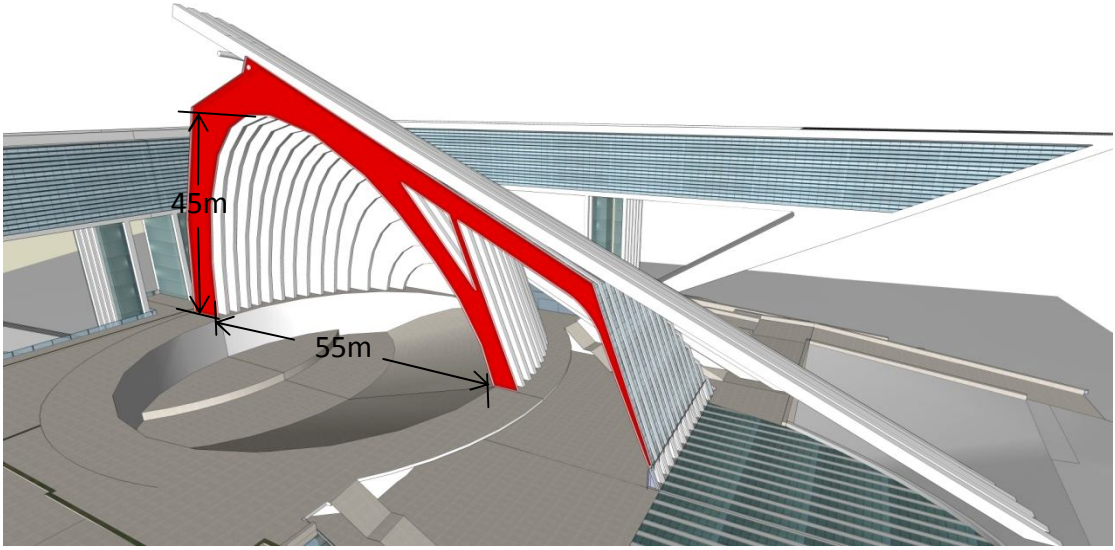
Şekil 4.45 Sergi ve kongre salonu [11]

Yapıya ait çeşitli detaylar Şekil 4.46'da gösterilmiştir.

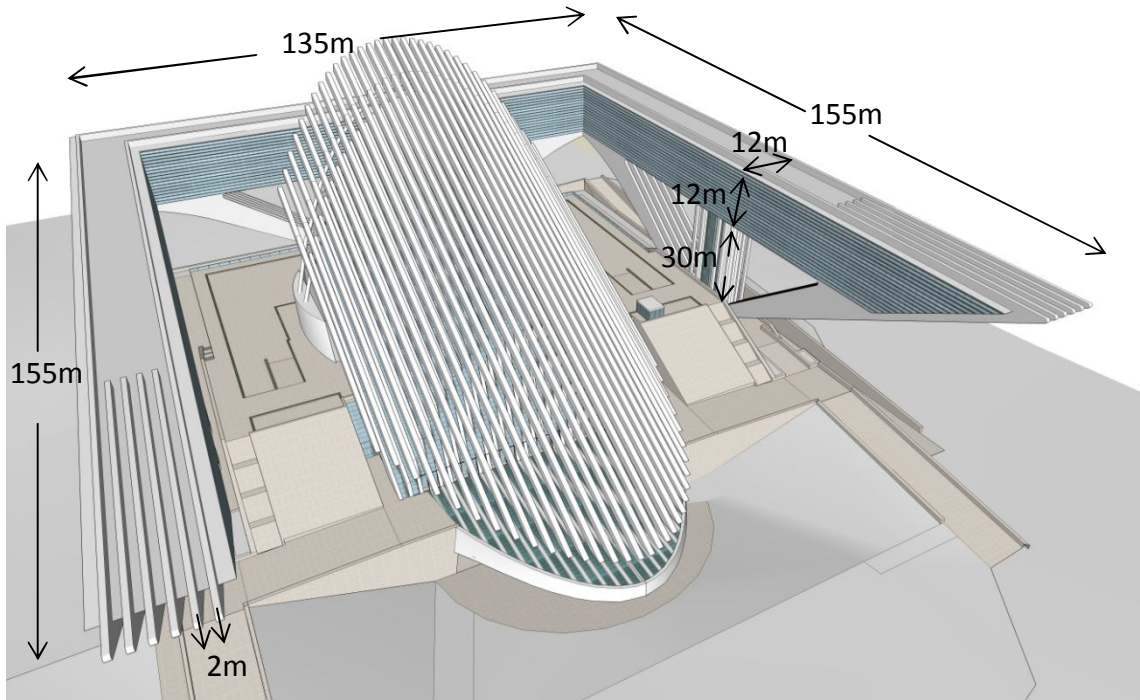


Şekil 4.46 Mesnet, kubbe, V kolon bağlantı detayları [11], [342]

Bu tez kapsamında çizilen Palacio de Congressos Oviedo modelleri Şekil 4.47 ve Şekil 4.48’de gösterilmiştir.



Şekil 4.47 Kesit (Tez kapsamında 3d modelleme)



Şekil 4.48 Palacio de Congressos Oviedo (Tez kapsamında 3d modelleme)

4.7 Swiss Re Tower

Yer: İngiltere, Londra.

Yapım Yılı: 2001- 2004.

Mimar: Foster and Partners

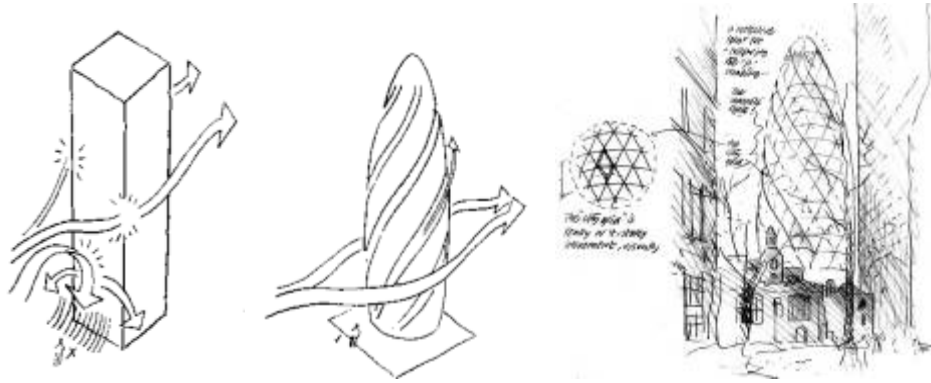
Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi 20–40 cm/sn² 'dir (pratik olarak sismik aktivite yoktur) [59].

Yapı Hakkında: 30 St Mary Axe olarak da isimlendirilen Swiss Re Tower, alt katlardan üst katlara doğru genişleyip tepe noktasına doğru tekrar daralarak koni biçimini alan bir forma sahiptir. En geniş kat planı 56 m, giriş kat planı 49 m çapında olan dairesel planlı ve 180 m yüksekliğindeki yapı 41 katlıdır (Şekil 4.49).



Şekil 4.49 Swiss Re Tower [17], [286]

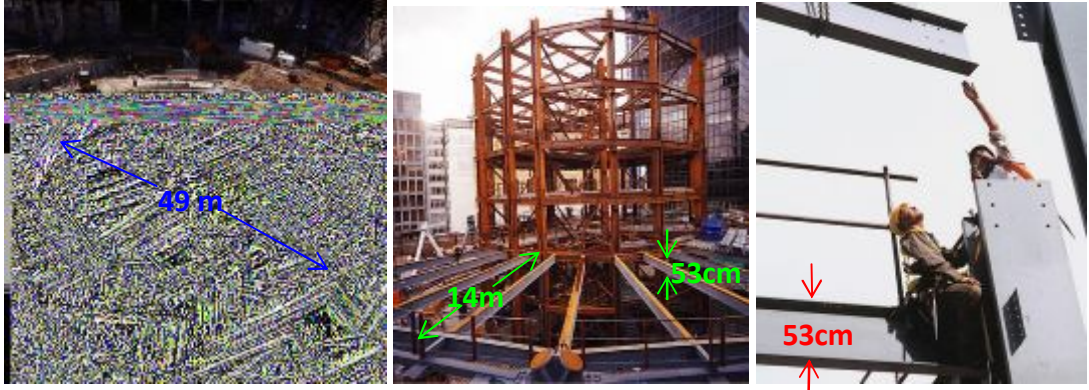
Yüksek katlı yapının formu, rüzgardan oluşacak basınç, çekme ve türbülans etkisini en aza indirmek amacıyla dairesel tercih edilmiştir (Şekil 4.50).



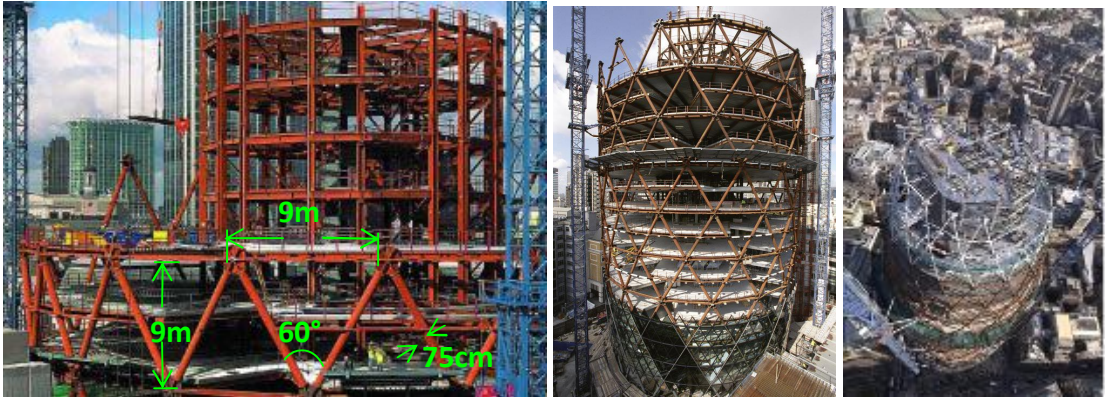
Şekil 4.50 Swiss Re Tower Tasarım [28]

Yapısal Bilgiler:

Yapının taşıyıcı sistemi, çelik kolon ve kirişlerden oluşan 30 m çapında merkezi bir çekirdek; çekirdek ile cephe arasında radyal düzenlenmiş I profil kirişler (Şekil 4.51) ve kompozit döşeme sistemi ile; yapının tüm katları boyunca devam eden üç d sahip tek tabakalı uzay kafes sistemden (diagrid sistem) oluşmaktadır (Şekil 4.52). Yapının 30 m yüksekliğindeki son bölümü ise lamella örgü biçiminde kubbe ile tamamlanmıştır (Şekil 4.53).



Şekil 4.51 Taşıyıcı sistem iskeleti [343]

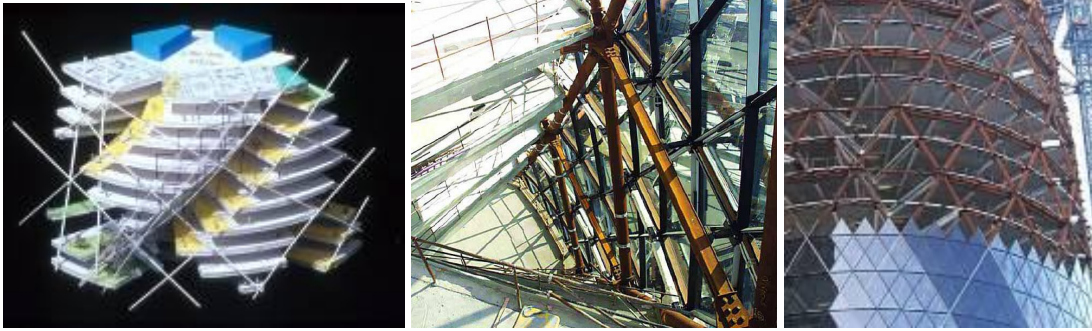


Şekil 4.52 Cephe taşıyıcı sistemi [28], [343]



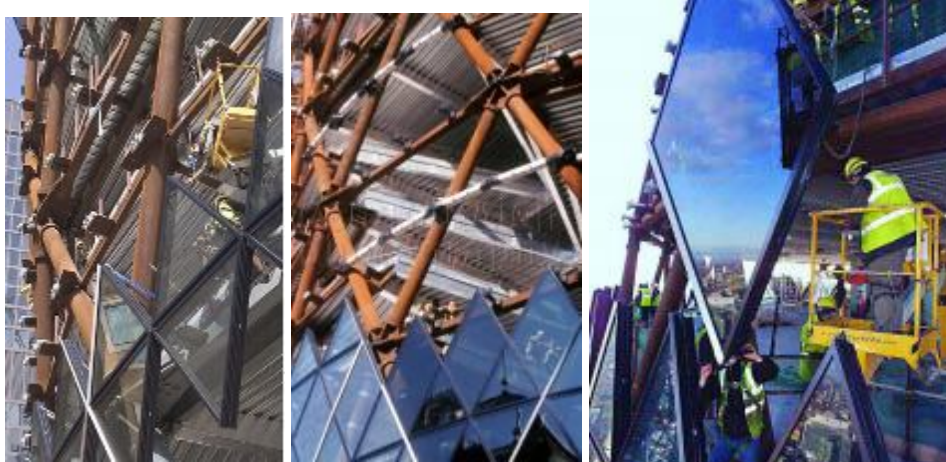
Şekil 4.53 Lamella kubbe [343]

Yapı, enerji tüketimini azaltmak için gün ışığından yararlanılacak biçimde tasarlanmıştır ve yapay ısıtma ve soğutma bağımlılığını minimize etmek ve havalandırmayı doğal yollarla sağlamak adına spiral ışık kuyuları kullanılmıştır. Her katta yapının merkezinden 10° açı ile döndürülerek yerleştirilen döşemelerde, cephedeki açıklığı 9 m olacak şekilde yırtıklar açılmıştır. Böylece elde edilen spiral ışık kuyuları ile havalandırma sağlanmıştır ve gün ışığından yararlanılmıştır (Şekil 4.54).



Şekil 4.54 Yapıda düzenlenen spiral havalandırma ve ışık kuyuları [17], [28]

Yapıya ait cephe sistemi ve uygulamaları Şekil 4.55, düğüm noktası detayları ise Şekil 4.56'da gösterilmiştir.



Şekil 4.55 Cephe sistemi ve uygulaması [17]



Şekil 4.56 Düğüm noktası detayı [17], [28]

4.8 Kauffman Center

Yer: Kansas City, Missouri, USA.

Yapım Yılı: 2006- 2011.

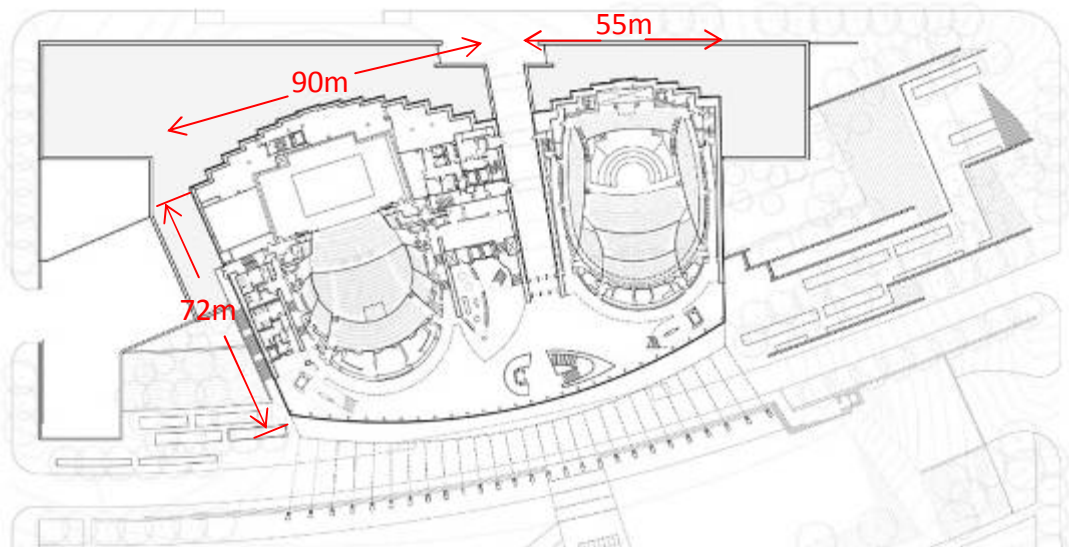
Mimar: Moshe Safdie and Partners

Sismik Aktivite: Maks. yer ivmesi $20-40 \text{ cm/sn}^2$ 'dir (pratik olarak sismik aktivite yoktur) [59].

Yapı Hakkında: Sanat merkezi olarak tasarlanan kültür yapısı, 33.000 m^2 lik alana sahiptir. Kütle, işlev olarak iki salon ile tamamen cam kaplı cepheye sahip ortak bir fuayeden oluşmaktadır ve $90 \text{ m} \times 72 \text{ m}$ ile $55 \text{ m} \times 72 \text{ m}$ boyutlarındaki iki farklı birimin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur (Şekil 4.57 ve 4.58).



Şekil 4.57 Vaziyet planı [344], [345]



Şekil 4.58 Plan şeması [346]

Yapısal Bilgiler:

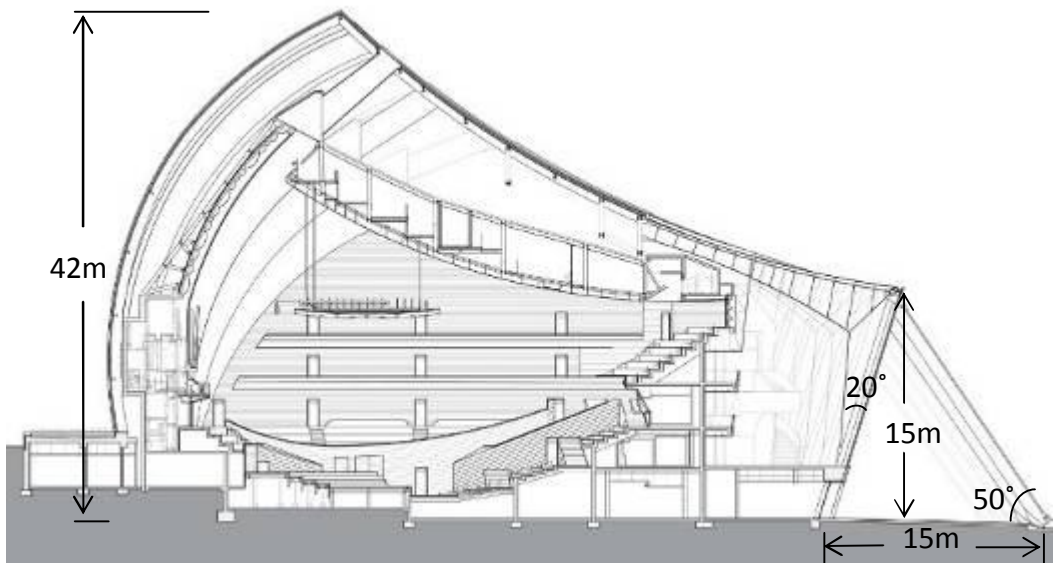
Yapının taşıyıcı sistemi, betonarme temel üzerine uygulanan düzlem kafes kemerler, eğik kolonlar ve kemerler ile kolonları bağlayan ardından zemine mesnetlenen kablolardan oluşmaktadır.

Yapıda kullanılan 13–30 m arasında değişen açıklıkları geçen 27 adet kemer 4 m'lik aralıklar ile yerleştirilmiştir ve en yüksek kemer 42 m yüksekliğindedir. Düzlem kafes kemer birimleri arasında yanal kuvvetlere karşı hem yatay hem de çapraz stabilite elemanları kullanılmıştır (Şekil 4.59).



Şekil 4.59 Taşıyıcı sistem birimleri (a) Kemer birimi (b) Tavan birimi [347]

Kemerleri desteklemek için, kemerlere benzer biçimde açılı (20°) yerleştirilen kolonlar 10 m yüksekliğindedir. Kablolar, kolonlardan betonarme temele 50° açı ile mesnetlenmektedir. (Şekil 4.60).



Şekil 4.60 Sistem kesiti [138]

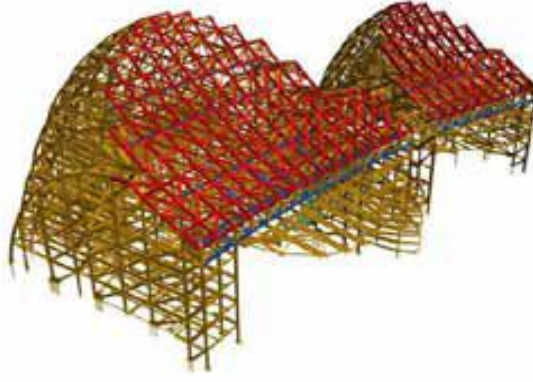
Taşıyıcı sistem uygulama aşamaları Şekil 4.61, fuaye bölümü kablolu sistem inşaat aşamaları Şekil 4.62, mimarlık ofisi tarafından tekla modelleme ile oluşturulmuş taşıyıcı sistem kurgusu Şekil 4.63'te gösterilmiştir.



Şekil 4.61 Taşıyıcı sistem uygulama aşamaları [348]

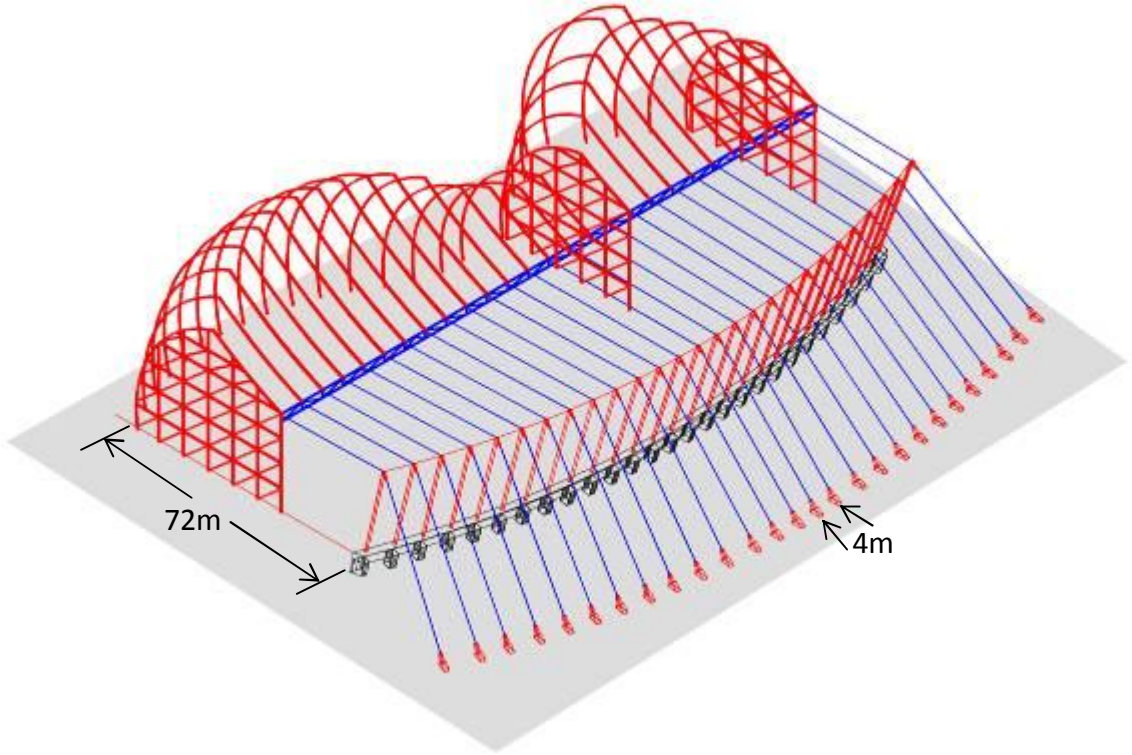


Şekil 4.62 Fuaye bölümü kablolu sistem inşaat aşamaları [349]



Şekil 4.63 Tekla modelleme [350]

Bu tez kapsamında çizilen yapının taşıyıcı sistem kurgusu Şekil 4.64'te gösterilmiştir.



Şekil 4.64 Taşıyıcı sistem (Tez kapsamında 3d modelleme)

TAŞIYICI SİSTEM GELİŞİM SÜRECİNİN ÖRNEKLER İLE KARŞILAŞTIRMALARI

20. yy'daki teknolojik gelişmelerin ardından çelik taşıyıcı sistem türleri, yapım teknolojileri ve dolayısı ile uygulamalarda da yeni açılımlara neden olmuştur. Bu bağlamda, taşıyıcı sistem türleri ve yapısal elemanların gelişim süreci Bölüm 3 başlığında incelenen kirişler, kolonlar, kemerler, çerçeve sistemler, uzay kafes sistemler ve kablolu sistemler ile uygulanmış örnekler üzerinden irdelenmiştir.

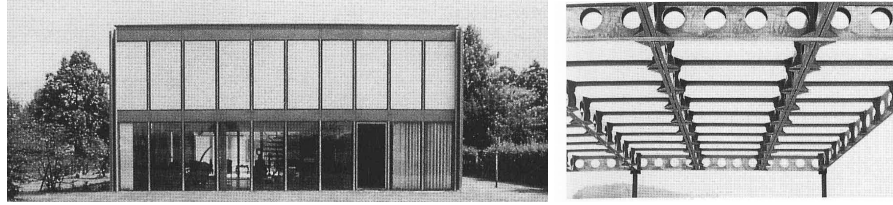
5.1 Kirişler-Örnek Yapı İncelemeleri

Düşey ve yatay yükleri, düşey taşıyıcı elemanlara aktaran kirişlerden dolu gövdeli I profil kirişler, 1947 yılındaki üretimlerinden bu yana özel üretimler dışında 10–15 m gibi standart açıklıklarda kullanılmaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 (a) I profil çelik (1947) ve (b) Schools of Geography and Engineering, Paris, Fransa (1996) [2], [352]

Gövdesi boşluklu (petek) kirişler, 1977 yılında uygulanan Wohnhaus (Şekil 5.2) örneğinde mekan içerisinde kullanılmakta iken 2005 yılında uygulanan O' Hare Airport, (Şekil 5.3) örneğinde havalimanı binasında önceki kullanım alanına göre farklı bir konseptte uygulanmıştır.



Şekil 5.2 Wohnhaus, Solothurn, İsviçre (1977) [155]



Şekil 5.3 O' Hare Airport, Chicago, A.B.D (2005) [353]

Vierendel kirişler, ilk kullanımlarında Overpass Footbridge (Şekil 5.4a) örneğinde olduğu gibi köprü, kiriş yapımlarında tercih edilmiş, daha sonra American Zinc Building (Şekil 5.4b) ve 36 m açıklığın geçildiği Olympic Park Rail Station (Şekil 5.5) örneğinde farklı biçimde kullanılmıştır.



(a)

(b)

Şekil 5.4 (a) Overpass footbridge, California, A.B.D ve (b) American Zinc Building, Missouri, A.B.D (1967) [36], [106]



Şekil 5.5 Olympic Park Rail Station, Sydney, Avustralya (2000) [38]

Düzlem kafes gövdeli kirişin gelişim süreci, mekan içerisinde sınırlı kullanımlar ile başlayıp yapıların ana taşıyıcı birimleri olarak uygulanması ile devam etmiştir. 1913 yılında uygulanan Armoury (Şekil 5.6a) ve 1976 yılında uygulanan, 2 x 4 m ızgara sistem oluşturacak şekilde kirişlerin kullanıldığı Hopkins House (Şekil 5.6b); 1986 yılında uygulanan ve 60 m açıklığın geçildiği Cité des Sciences et de l'Industrie (Şekil 5.7a) ile 2007 yılında uygulanan 220 m açıklığa sahip Parking Deck New Exhibition Centre (Şekil 5.7b) gelişim süreci ve kullanım alanı bakımından örnek gösterilebilir.

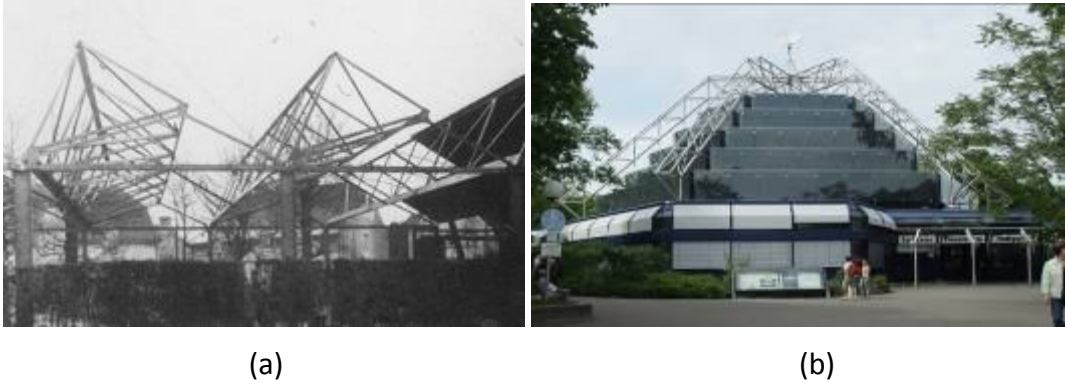


Şekil 5.6 Armoury, Belleville, Kanada (1913) ve (b) Hopkins House, Londra, İngiltere (1976) [354], [355]



Şekil 5.7 (a) Cité des Sciences et de l'Industrie, Paris, Fransa (1986) ve (b) Parking Deck New Exhibition Centre, Almanya (2007) [2], [67]

Uzay kafes kirişler, 1951 yılında uygulanan H.J.Spiwak, Factory (Şekil 5.8a), 1977 yılında uygulanan ve 12 m birim açıklığına sahip Planetarium (Şekil 5.8b); 2006 yılında uygulanan San Francisco International Airport (Şekil 5.9a) ve 2011 yılında uygulanan 60 m çapında açıklığın geçildiği London Olympic Stadium (Şekil 5.9b) örnekleri ile biçim olarak, kullanım alanı ve geçilen açıklık bakımından farklılaşması bakımından gelişim göstermiştir.



Şekil 5.8 (a) H.J.Spiwak Factory, Byfleet, Surrey, İngiltere (1951) ve (b) Planetarium, Stuttgart, Almanya (1977) [50], [249]



Şekil 5.9 San Francisco International Airport, A.B.D (2006) ve Olympic Stadium, Londra, İngiltere (2011) [54], [55]

5.2 Kolonlar-Örnek Yapı İncelemeleri

Dolu gövdeli kolonlar, çelik malzemenin yapıda taşıyıcı sistem birimleri olarak yer aldığı ilk dönemlerinde kirişlerde olduğu gibi açıklık ve yüksekliğin fazla olmadığı basit kullanım alanlarında uygulanmıştır (Şekil 5.10a). 2004 yılında uygulanan The Sharp Centre (Şekil 5.10b) örneğinde ise 26 m yüksekliğindeki kolonların, kent içinde boşluk hissi ile oluşturduğu farklılık ve yapıya estetik katması bakımından kullanım alanında değişim söz konusudur.



(a)

(b)

Şekil 5.10 (a) Kolon örneği (b) The Sharp Centre, Ontario, Kanada (2004) [83], [356]

Ağaç gövdeli kolonlar, 1998 yılında uygulanan 5 m yüksekliğinde gövde ile 10 m açıklığın geçildiği Orient Station (Şekil 5.11a) 45 m açıklığın geçildiği KPF Center (Şekil 5.11b) örneğinde olduğu gibi kullanılmıştır.



(a)

(b)

Şekil 5.11 (a) Orient Station, Lisboa, Portekiz (1998) [2] (b) KPF Center, NJ, A.B.D (2011) [87]

Çelik kolon türlerinden çok parçalı basınç çubuklarının geçmişten günümüze değişimini taşıyıcı sistemi oluştururken kullanılan elemanların hafiflemesi ve açıklığın artması bakımından değerlendirmek mümkündür. 1988 yılında uygulanan San Diego Convention Center (Şekil 5.12) örneğinde tüm elemanlar 60 cm eninedir ve kolonlar 20 m aralıklar ile düzenlenmiştir. 1991 yılında uygulanan Stansted Airport (Şekil 5.13) örneğinde gövde 50 cm eninde elemanlar ile oluşturulmuş, dallar arasında kablo çaprazlar kullanılmış ve kolonlar 36 m aralıklar ile yerleştirilmiştir.

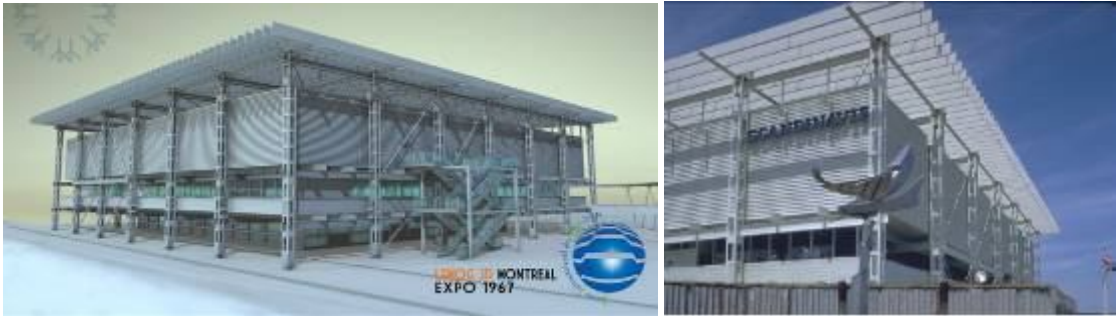


Şekil 5.12 San Diego Convention Center, California, A.B.D (1988) [358]



Şekil 5.13 Stansted Airport, Londra, İngiltere (1991) [12], [335]

Kafes gövdeli kolonlar, ilk kullanımlarına nazaran boyut olarak büyüme ve dolayısıyla daha büyük açıklıkları geçebilme bakımından gelişim göstermiştir. 1967 yılında uygulanan Scandinavia Pavilion (Şekil 5.14) örneğinde kafes gövdeli kolonlar 50 cm kare enkesitli ve 10 m yüksekliğindedir, 5 m aralıklar ile yerleştirilmiştir. 2012 yılında uygulanan Western Concourse (Şekil 5.15) örneğinde ise kolon 20 m yüksekliğindedir ve yapı 150 m açıklık geçmektedir.



Şekil 5.14 Scandinavia Pavilion, Quebec, Kanada (1967) [359], [360]



Şekil 5.15 Western Concourse, Londra, İngiltere (2012) [101]

5.3 Kemerler-Örnek Yapı İncelemeleri

Dolu gövdeli kemerler geçebildiği açıklık miktarı ve kullanım alanına göre gelişim göstermiştir. 1944 yılında uygulanan Johnson Wax Building (Şekil 5.16a) örneğinde 2.5 m açıklık, The Gateway Arch (Şekil 5.16b) 192 m açıklık, 2004 yılında uygulanan Sage Gateshead (Şekil 5.16c) örneğinde ise 50 m ve geçilmiştir.



(a)

(b)

(c)

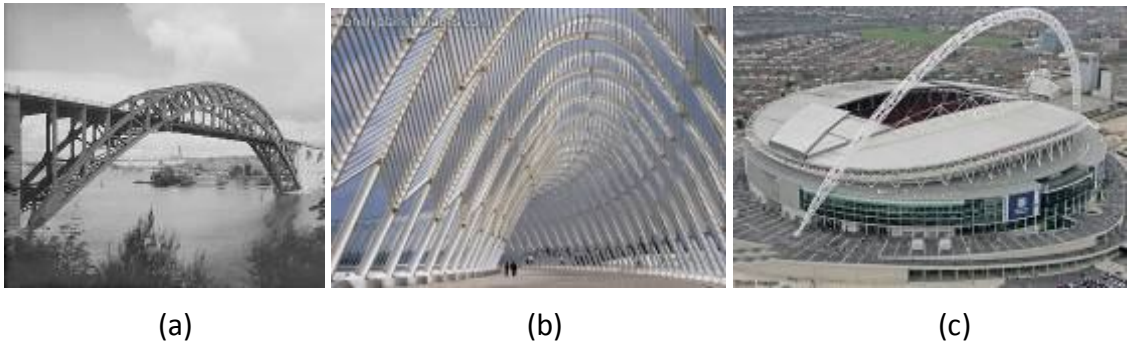
Şekil 5.16 (a) Johnson Wax Building,(1944) (b) The Gateway Arch, St Louis, A.B.D (1965) (c) Sage Gateshead, Gateshead Quays, İngiltere (2004) [3], [11]

Düzlem kafes gövdeli kemerler ilk kullanımlarında fabrika (Şekil 5.17a), hangar vb. mekan kullanımlarında yer alırken zaman içerisinde alışveriş merkezi (Şekil 5.17b), metro istasyonları, kültür merkezleri (Şekil 5.17c) gibi yapılarda kullanım alanı bulmuştur.



Şekil 5.17 (a) Galerie des Machines, Fransa (1889), (b) Victoria Building, Avustralya (2011), (c) Kaufmann Center, Missouri, A.B.D (2011) [10], [11], [122]

Uzay kafes kemerler, ilk olarak köprü yapımlarında yer almış, daha sonra farklı kullanım alanlarında yapısal eleman uygulaması bakımından gelişim göstermiştir. 1930 yılında uygulanan Arstabron (Şekil 5.18a) köprü örneği, 1986 yılında uygulanan 60 m açıklığa sahip L'Umbracle (Şekil 5.18b), 2007 yılında uygulanan 315 m açıklığa sahip Wembley Stadium (Şekil 5.18c) örnekleri kafes gövdeli kemerlerin gelişimi için örnek gösterilebilir.



Şekil 5.18 (a) Arstabron, Stockholm, İsveç (1930), (b) L'Umbracle, Valencia, İspanya (1986), (c) Wembley Stadium, Londra, İngiltere (2007) [3], [136], [361]

5.4 Çerçeve Sistemler-Örnek Yapı İncelemeleri

Çerçeve sistemler, taşıyıcı sistem tasarımında uygulama alanı bakımından gelişim göstermiştir. İlk kullanımlarında endüstri, hangar yapısı (Şekil 5.19) gibi alanlarda uygulama alanı bulurken, 1956 yılında uygulanan Crown Hall IIT (Şekil 5.20) örneğinde mimarlık koleji ve 2010 yılında uygulanan Roseisle Distillery (Şekil 5.21) örneğinde fabrika yapısı için taşıyıcı sistem olarak kullanılmıştır.



Şekil 5.19 Çerçeve sistem örnekleri [362], [363]



Şekil 5.20 Crown Hall IIT, Chicago, A.B.D (1956) [364], [365]



Şekil 5.21 Roseisle Distillery, İskoçya (2010) [28]

Tek doğrultuda düzenlenen kafes gövdeli çerçeve sistemlerden 1982 yılında uygulanan Patera Building (Şekil 5.22a) örneği sadece mekanı örtmek amacı ile düzenlenmiştir ve 12 m açıklık geçilmektedir. 2007 yılında uygulanan Old Trafford (Şekil 5.22b) örneğinde 61 m açıklığın geçildiği çerçeve birimler stadyum yapısında tek doğrultuda düzenlemiş uzay kafes gövdeli olarak gelişim göstermiştir.



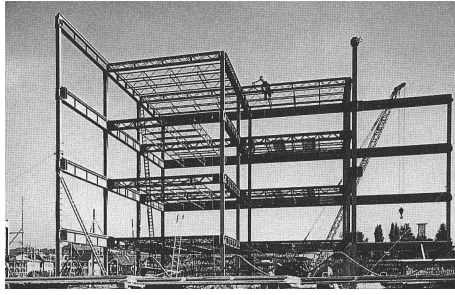
(a)



(b)

Şekil 5.22 Patera Building, Staffordshire, İngiltere (1982), Old Trafford, İngiltere (2007) [129], [366]

İki doğrultuda düzenlenen çerçeve sistemler, uygulama açısından klasik yapım yöntemleri ile uygulanan Kantonsschule Baden (Şekil 5.23a) dışında Maritime centre vellamo (Şekil 5.23b), Fiberline (Şekil 5.24), Crystal Hall Sports Concert Complex (Şekil 5.25) örneklerinde olduğu gibi farklı form ve açıklıklarda uygulanmaya başlanmıştır.



(a)

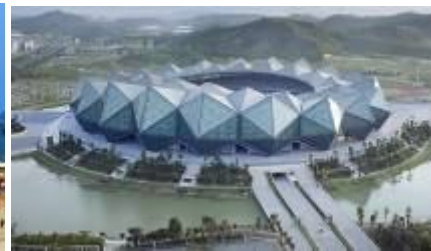


(b)

Şekil 5.23 (a) Kantonsschule Baden (1964) ve (b) Maritime Centre Vellamo, Finlandiya (2008) [155], [197]



Şekil 5.24 Fiberline, Middelfart, Danimarka (2007) [80]



Şekil 5.25 Crystal Hall Sports Concert Complex, Bakü, Azerbaycan (2012) [201], [202]

5.5 Uzay Kafes Sistemler-Örnek Yapı İncelemeleri

Tek tabakalı uzay kafes sistemler, 1965 yılında uygulanan 120 m çapındaki Houston Astrodome (Şekil 5.26a) ve 1971 yılında uygulanan 36 m çapındaki Ontario Place (Şekil 5.26b) örneklerinde olduğu gibi belirli geometrik formlar için uygulama alanı bulurken, 2008 yılında uygulanan Salvador Dali Museum (Şekil 5.27), 2010 yılında uygulanan UAE Pavillion (Şekil 5.28) örneklerinde tasarımcının yaratıcılığını desteklemek üzere istenilen form ve biçimlerde uygulanabilme özgürlüğünü tanımıştır.



Şekil 5.26 Houston Astrodome, Houston, Texas, A.B.D (1965), Ontario Place, Toronto, Ontario, Kanada (1971) [249], [259]



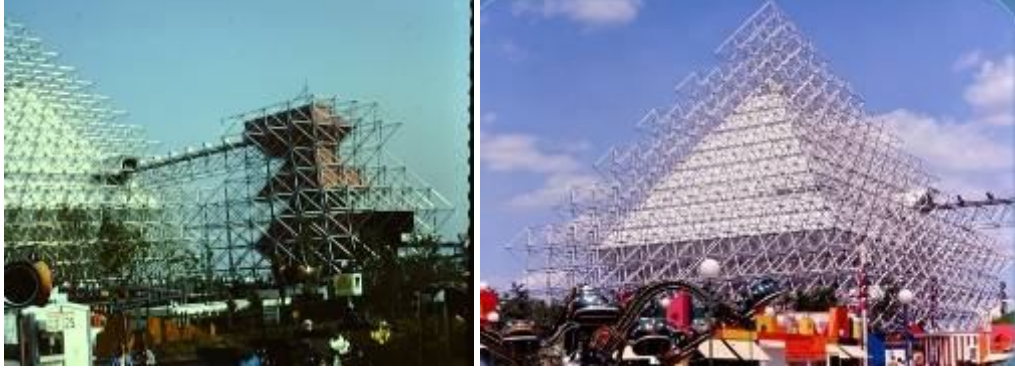
Şekil 5.27 Salvador Dali Museum, Florida, A.B.D (2008) [11], [212], [213]



Şekil 5.28 UAE Pavillion, Shanghai, Çin (2010) [55]

Çift tabakalı uzay kafes sistemler, 1967 yılında uygulanan Pyramid and Volcano (Şekil 5.29), Courtesy of Tomoe Corporation (Şekil 5.30a) ve 1969 yılında uygulanan Curriqan Exhibition Hall (Şekil 5.30b) örneklerinde olduğu gibi ilk etapta üçgen, dikdörtgen veya kare gibi geometrik formları örtmek amaçlı düzenlenmiştir. Zaman içerisinde tek tabakalı

sistemde olduğu gibi çift tabakalı uzay kafes sistemlerde de Harpa Concert Hall (Şekil 5.31) örneğinde olduğu gibi istenilen form ve biçimleri tasarlayıp uygulayabilme söz konusu olmuştur.



Şekil 5.29 Pyramid and Volcano, Montreal, Kanada (1967) [367], [368]



Şekil 5.30 Courtesy of Tomoe Corporation ve Currigan Exhibition Hall, Denver, CO, A.B.D (1969) [227], [230]



Şekil 5.31 Harpa Concert Hall, Reykjavík, İzlanda (2011) [6], [232], [233]

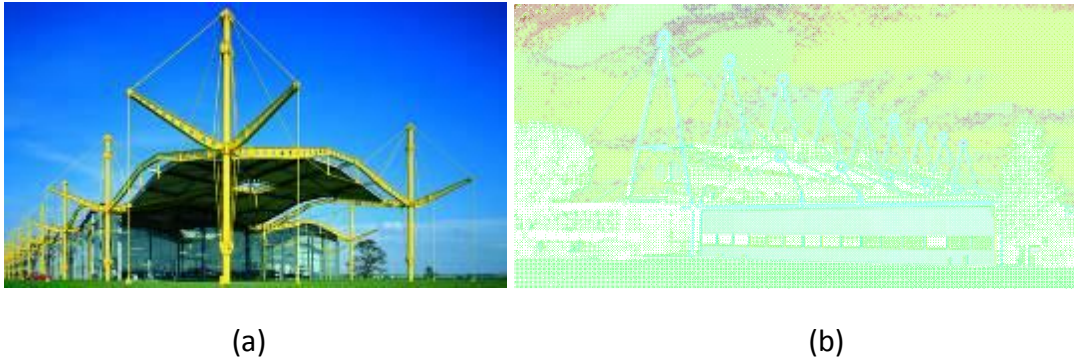
5.6 Kablolu Sistemler-Örnek Yapı İncelemeleri

Tarihsel süreci asma köprüler (Şekil 5.32a) ile başlayan kablolu sistemler, gergi amacıyla kullanılan taşıyıcı sistem birimleri olarak ortaya çıkmıştır. 1963 yılında asma köprü mantığıyla uygulanan Burgo Paper Mill (Şekil 5.32b) örnek gösterilebilir.



Şekil 5.32 (a) Pasco-Kennewick Bridge (b) Burgo Paper Mill, Mantova, Lombardy, İtalya (1963) [121], [369]

Kablolar, asma köprü kullanımlarının ardından taşıyıcı sistem elemanı olarak kablo askılı çatı sistemlerinde kullanılmaya başlanmıştır. 1984 yılında uygulanan Sales Headquarters (Şekil 5.33a) ve 1985 tarihli Patscentre (Şekil 5.33b) örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 5.33 Sales Headquarters, Swindon, İngiltere (1984) (b) Patscentre, Princeton, New Jersey, A.B.D (1985) [300], [301]

1998 yılında uygulanan Law Courts (Şekil 5.34a) ve 1994 tarihli Wolfgang meyer sportanlage stadium (Şekil 5.34b) örneklerinde kablo, yapısal anlamda düzenlenmiş ve kablo kirişli taşıyıcı sistem elemanı olarak kullanılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 5.34 (a) Law Courts, Bordeaux, Fransa (1998) (b) Wolfgang Meyer Sportanlage stadium, Hamburg, Almanya (1994) [2], [287]

Kablolu sistemin kafes gövdeli kolon, dolu gövdeli kemer vb. düşey taşıyıcı elemanlara bağlanması ile 365 m açıklığın geçildiği Millenium dome (Şekil 5.35a), kemer ile 340 m açıklığın geçildiği Moses Mabhida Stadium (Şekil 5.35b), 330 m x 220 m açıklığın geçildiği National Stadium (Şekil 5.35c) gibi geniş açıklıklı yapı tasarımları uygulanmıştır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 5.35 (a) Millennium Dome, Londra, İngiltere (2000) (b) Moses Mabhida Stadium, Durban, Güney Afrika (2009), (c) National Stadium, Warsaw, Polonya (2011) [16], [273], [277]

SONUÇ VE ÖNERİLER

17.yy'dan itibaren malzeme olarak var olan, ilk dönemlerde dökme demir, ikinci aşamada dövme demir ve ardından sanayileşme kavramı ile birlikte yapısal çelik olarak ön plana çıkmıştır. Taşıyıcı sistem malzemesi olarak çelik, hızla gelişen ve değişen üretim teknolojileri ile azalan maliyeti yanında, betonarmeye kıyasla üstün form oluşturma zenginliği ile günümüz yapılarında artık sıklıkla kullanılmaktadır.

Geniş bir yelpazedeki günümüzün modern yapı tasarımlarında çelik; sanayi, kültür, ulaşım, eğitim, spor gibi farklı yapı uygulamalarında yer almaktadır. Toplum ihtiyaçlarının yapılarda işlev, dayanıklılık, estetik, ekonomik ve sürdürülebilir tasarım açısından farklı tasarımlar ile hayata geçirilme çabaları ve yapı ile kente simge niteliği kazandırma isteği; yeni mimari arayışları, dolayısıyla taşıyıcı sistem tasarımında da yeni açılımları beraberinde getirmektedir. Örneğin, bilinen formların yenilikçi uygulamaları sözkonusudur. Estetik açıdan değerlendirilmeyen petek kirişlerin farklılık oluşturacak biçimde eğrisel uygulamaları ve Vierendeel kirişlerin metro istasyonu tasarımında ışıklık olacak biçimde yaratıcı kullanımı (O' Hare Airport, Olympic Park Rail Station); düzlem ve uzay kafes kirişlerin yapılarda yenilikçi uygulamaları (Parking Deck New Exhibition Centre, Londra Olympic Stadium); yapıya estetik nitelik kazandıracak şekilde yeni çok parçalı/ağaç kolonlarla geniş açıklıklar için estetik ve yüksek tavanlı mekan uygulamaları (The Sharp Centre, Orient Station, Western Concourse); dolu gövdeli ve düzlem kafes gövdeli kemer türlerinin kullanım alanlarının yaratıcı biçimde gelişmesi (Sage Gateshead, Kaufmann Center, Wembley Stadium); çerçeve sistemlerin fabrika, kültür, spor vb. yapılardaki yenilikçi uygulamaları (Roseisle Distillery, Old Trafford,

Maritime Centre Vellamo, Fiberline) bu yaratıcı uygulamalara örnek olarak verilebilir. Diğer taraftan tasarımcı açısından yaratıcılığa açık, heykelsi formları uygulayabilme, istenilen eğrilik, biçim ve kabuk türlerini elde etme amacı, özellikle tek tabakalı uzay kafes sistemlerin gelişimini sağlamıştır. Geniş açıklıkların yüzeysel taşıyıcı sistemler ile geçilmesinde önceleri betonarme kabuk, katlanmış plak uygulamaları yaygınken günümüzde tek tabakalı uzay kafes sistemlerin gelişmiş formları kullanılmaktadır. Tarihsel süreçte nervürlü kubbeden Schwedler kubbeye, oradan da jeodezik ve üç doğrultuda düzenlenmiş uzay kafes sistemlere geçiş, geniş açıklıklı yapılara estetik tasarım ve malzeme ekonomisi bağlamında önemli açılımlar getirmiştir (Houston Astrodome, Salvador Dali Museum, UAE Pavillion, Harpa Concert Hall).

Klasik yapım yöntemlerine oranla daha narin sistem oluşturma, uygulanan sistemin yapı toplam yükü bakımından ekonomik olması ve dolayısı ile elde edilen hafiflik olgusu, bazı yapım sistemlerinde gergi amaçlı kullanılması ile tasarımda farklılık oluşturmaları ve yarı açık mekanların elde edilmesi fikirleri kablolu sistemlerin gelişimini etkilemiştir. (Millennium Dome, Moses Mabhida Stadium).

Dünyada dayanıklılık, işlev, orjinal form, geniş açıklığın estetik, ekonomik ve şaşırtıcı formlarla geçilmesi, ülke ve kentlere simge kazandırma isteği ve sürdürülebilir tasarım ilkeleri ile birleşmektedir. Özellikle 2000'li yıllardan sonra dünya genelinde uygulanmış örnekler Türkiye olarak bu değişim ve gelişimin dışında kalamayacağımızı göstermektedir. Bu alanda yaratıcı mühendis ve mimarların estetik ama aynı zamanda depreme dayanıklı yapı tasarımlarına ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

-
- [1] Macdonald, A.J., (2001). Structure and Architecture, Second Edition, Architectural Press, Great Britain.
 - [2] Charleson, A.W., (2005). Structure as Architecture, First Published, Architectural Press, Italy.
 - [3] Çeşitli bilgilerin ve yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://en.wikipedia.org>, 12 Ekim 2011.
 - [4] Bursa Coşkunöz Eğitim Vakfı, Malzeme Bilgisi, <http://www.trder.org>, 20 Ekim 2012.
 - [5] Schierle, G.G., (2006). Architectural Structures, AISC data, Los Angeles.
 - [6] Top Box Design Sitesi, Mimari tasarım haberleri ve yapılar ile ilgili fotoğrafların bulunduğu web sitesi, <http://www.topboxdesign.com>, 10 Mart 2012.
 - [7] Bhavikatti, S.S., (2009). Design of Steel Structures, I.K International Publishing House Pvt. Ltd, New Delhi.
 - [8] Yemez, K., Çelik Yapılar I, İstanbul Üniversitesi, <http://www.scribd.com/doc/21804841/Celik-Yap%C4%B1lar-I-Ders-1-Giri%C5%9F>, 3 Kasım 2011.
 - [9] Özhendekçi, D., Çelik Yapıların Tarihçesi, <http://www.yildiz.edu.tr>, 3 Kasım 2011.
 - [10] Technische Universität Berlin Fakultät VI, Planen Bauen Umwelt <http://baugeschichte.a.tu-berlin.de>, 7 Ekim 2011.
 - [11] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi <http://www.flickr.com>, 10 Ekim 2012.
 - [12] Mimarlık ve çeşitli yapılarla ilgili fotoğrafların ve bilgilerin yer aldığı web sitesi, <http://www.e-architect.co.uk>, 9 Kasım 2011.
 - [13] Yapılar ile ilgili bilgilerin ve fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://thesocialperv.blogspot.com>, 4 Kasım 2012.
 - [14] Dervişoğlu, A.K., (2010). Dünya ve Türkiye Demir Çelik Sektörünün Değerlendirilmesi, Ankara.

- [15] Luru, C., Status and developing Trend of China's Steel structure Industry, <http://e-book.lib.sjtu.edu.cn/nascc2004/data/contents/PSSC%20PDF%20Files/StatusDevTrendinChin.pdf>, 12 Ekim 2011.
- [16] Çeşitli yapıların yer aldığı web sitesi, <http://www.designboom.com>, 27 Kasım 2011.
- [17] Constructalia Sitesi, The Steel Construction website, <http://www.constructalia.com>, 9 Temmuz 2012.
- [18] Arup Sitesi, Yapıları tasarlayan ve uygulayan firmanın resmi web sitesi, <http://www.arup.com>, 17 Mayıs 2012.
- [19] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.visitbritainsuperblog.com>, 27 Mart 2012.
- [20] Emirhan Demir Çelik Firması, <http://www.kutupprofil.net>, 22 Mayıs 2012.
- [21] Nucon Steel Firması, <http://www.nuconsteel.com>, 16 Nisan 2012.
- [22] Kassimali, A., (2009). Structural Analysis, Fourth Edition, Cengage Learning, USA.
- [23] Yuan, Y., Cui, J. ve Mang, H.A., (2009). Computational Structural Engineering, Springer Science + Business Media, New York.
- [24] Ghali, A. ve Neville, A.M., (1980). Structural Analysis, A Unified Classical and Matrix Approach, First Printing, The Tan Chiang Book Company, Taiwan.
- [25] Dem Yapı Firması, <http://demyapi.com>, 16 Nisan 2012.
- [26] Çeşitli yapılar ile ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.geograph.org.uk>, 13 Şubat 2012.
- [27] Çeşitli yapılar ile ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.publicdomainpictures.net>, 19 Mayıs 2012.
- [28] Arnewde.com Sitesi, Architecture Design Blog, <http://www.arnewde.com>, 11 Mayıs 2012.
- [29] İmtaş Şirketler Frubu, <http://immakmakina.com.tr>, 7 Şubat 2012.
- [30] Garrison, P., (2005). Basic Structures For Engineers & Architects, First published, Blackwell Publishing Ltd, Uk.
- [31] Duggal, S.K., (2009). Design of Steel Structures, Third Edition, The McGraw-Hill Companies, New Delhi.
- [32] Çeşitli yapılar ile ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://invisiblebordeaux.blogspot.com>, 26 Haziran 2012.
- [33] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi , <http://baoduo.en.made-in-china.com>, 13 Mayıs 2012.
- [34] Marks, R., (2004). General Structures 2 & Lateral Forces, Dearborn Financial Publishing, USA.

- [35] Tata Steel Firması, Yapılarla ilgili bilgilerin yer aldığı web sitesi, <http://www.tatasteelconstruction.com>, 14 Kasım 2011.
- [36] Yapı ile ilgili fotoğrafların bulunduğu web sitesi, <http://www.waymarking.com>, 18 Şubat 2012.
- [37] Yapı ile ilgili fotoğrafın yer aldığı web sitesi, Skyscraper, <http://pinnacleheight.blogspot.com>, 11 Kasım 2011.
- [38] Çeşitli yapılar ile ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.nileguide.com>, 18 Haziran 2012.
- [39] Underwood, R. ve Chiuini, M., (1998). Structural Design: A Practical Guide For Architects, John Wiley & Sons Inc, USA.
- [40] Allen, E. ve Iano, J., (2012). The Architect's Studio Companion, Rules of Thumb For Preliminary Design, Fift Edition, John Wiley & Sons Inc, Hoboken, New Jersey.
- [41] Kutanis, M., (2008). Yapı Statiği 1, Kafes Sistemler 1, Sakarya Üniversitesi, <http://www.projecelik.com/celik-dokuman/kafes-sistemler1.pdf>, 11 Şubat 2012.
- [42] Allen, E., Zalewski, W., (2010). Form and Forces, Designing efficient, Expressive Structures, John Wiley & Sons Inc, New Jersey.
- [43] Çeşitli projelerin yer aldığı web sitesi, <http://www.archdaily.com>, 21 Ekim 2011.
- [44] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://leolaksi.wordpress.com>, 27 Mayıs 2012.
- [45] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.dogalgazprojesi.com> 9 Ekim 2011.
- [46] Sungur, İ. İ., (2005). Taşıyıcı Sistemler ve Yapı Statiği, 1. Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [47] Parke, G. ve Disney, P., (2002). Space Structures 5, First Published, Thomas Telford Ltd, UK.
- [48] Geetta Industries Sitesi, <http://www.geetaind.com>, 3 Mart 2012.
- [49] Farkas, J. ve Jarmai, K., (1996). Tubular Structures VII, A. A. Balkerna Publishers, Netherlands.
- [50] Bustler Sitesi, Yapılarla ilgili bilgilerin yer aldığı web sitesi, <http://www.bustler.net>, 13 Şubat 2012.
- [51] Westlan Network Sitesi, Çeşitli yapılar ile ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.westland.net>, 8 Mart 2012.
- [52] Hangzhou Hanyu Grid Structure Firması, <http://hy-steelstructure.en.made-in-china.com>, 17 Ocak 2012.
- [53] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://wowturkey.com>, 3 Nisan 2012.
- [54] Skidmore, Owing & Merrill Firması, <http://www.som.com>, 19 Mayıs 2012.

- [55] Mimarlık haberleri, Yapılarla ilgili fotoğrafların ve bilgilerin yer aldığı web sitesi, <http://openbuildings.com>, 18 Mart 2012.
- [56] Yapılarla ilgili uygulama fotoğraflarının yer aldığı web sitesi, <http://viewpictures.co.uk>, 19 Mayıs 2012.
- [57] Yapılarla ilgili fotoğrafların ve bilgilerin yer aldığı web sitesi, <http://www.serfgreen.org>, 13 Kasım 2011.
- [58] Metal Construction News Sitesi, <http://www.metalconstructionnews.com>, 15 Temmuz 2012.
- [59] Seismic Hazard Maps of the World's Nations, <http://geology.about.com/od/seishazardmaps>, 20 Temmuz 2012.
- [60] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.songkick.com>, 13 Temmuz 2012.
- [61] Canary Wharf Group Firması, <http://www.canarywharf.com>, 11 Haziran 2012.
- [62] Maurer Söhne Group Firması, <http://www.maurer-soehne.com>, 16 Temmuz 2012.
- [63] Yapılarla ilgili çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.floornature.com>, 15 Mayıs 2012.
- [64] Yapılarla ilgili çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.dexigner.com>, 15 Mayıs 2012.
- [65] Çelik yapı uygulamaları ile ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.steelconstruct.com>, 16 Temmuz 2012.
- [66] Wulf Architektent Sitesi, Yapıları tasarlayan mimarlık ofisinin resmi web sitesi, <http://www.wulfarchitekten.com>, 17 Mayıs 2012.
- [67] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.american-architects.com>, 11 Haziran 2012.
- [68] Yapılarla ilgili çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://blog.travelpod.com>, 15 Nisan 2012.
- [69] Hanack und Partner mimarlık ofisinin resmi web sitesi, <http://www.hanackundpartner.de>, 4 Ağustos 2012.
- [70] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.allvoices.com>, 11 Temmuz 2012.
- [71] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.reisenews-online.de>, 15 Mart 2012.
- [72] Sai Ram, K.S., (2010). Design of Steel Structures, Dorling Kindersly Pvt Ltd, India.
- [73] Punmia, B.C., Jain, A.K. ve Jain, A.K., (1995). Comprehensive Design of Steel Structures, Sudha Offset Press, Delhi.
- [74] University of Lincoln, Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı resmi web sitesi <http://www.lincoln.ac.uk>, 15 Mayıs 2012.

- [75] Çeşitli yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://tripideas.org>, 9 Mart 2012.
- [76] Ambrose, J., (1997). Simplified Design of Steel Structures, Seventh Edition, John Wiley & Sons Inc, Canada.
- [77] Superstock Sitesi, Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.superstock.com>, 29 Temmuz 2012.
- [78] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.pinaytraveljunkie.com>, 18 Nisan 2012.
- [79] Expo 67 in Montreal, Yapı ile ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://expo67.ncf.ca>, 17 Mayıs 2012.
- [80] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://photolibrary.baa.com>, 16 Mart 2012.
- [81] Fleet Place House Sitesi, Yapı ile ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://fleetplacehouse.com>, 12 Haziran 2012.
- [82] U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Construction, <http://www.fhwa.dot.gov>, 7 Ekim 2011.
- [83] Galinsky Sitesi, Çeşitli projelerin yer aldığı web sitesi, <http://www.galinsky.com>, 17 Nisan 2012.
- [84] Çeşitli yapılar ile ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.vitruvio.ch>, 11 Haziran 2012.
- [85] University of Michigan, Bluelow, P. V., Following A Thread: A Tree Column For A Tree House, http://www-personal.umich.edu/~pvbuelow/publication/pdf/pvbuelow_IASS06_1.pdf, 17 Nisan 2012.
- [86] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://barrydahl.blogspot.com>, 9 Mart 2012
- [87] KPF Sitesi, Yapıları tasarlayan mimarlık ofisinin resmi web sitesi, <http://www.kpf.com>, 3 Mayıs 2012.
- [88] Philadelphia Speaks Sitesi, Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.philadelphiaspeaks.com>, 19 Haziran 2012.
- [89] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.yamahacommercialaudio.com>, 15 Mart 2012.
- [90] Saffron Walden Reporter 24 sitesi, Yapı ile ilgili fotoğrafın yer aldığı web sitesi, <http://www.saffronwaldenreporter.co.uk>, 11 Mart 2012.
- [91] NetIndian Sitesi, Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://netindian.in>, 9 Mart 2012.
- [92] Puthi, R. ve Herion, S., (2001). Tubular Structures IX, Swest & Zeitlinger B.V., Lisse, The Netherlands.

- [93] Fakulteta Za Gradbeništvo in Geodezijo resmi web sitesi, <http://www.fgg.uni-lj.si>, 10 Mart 2012.
- [94] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.pana-vision.org>, 26 Mart 2012.
- [95] Merz Kley Partner Firmasının resmi web sitesi, <http://www.mkp-ing.com>, 14 Mart 2012.
- [96] Yapı ile ilgili bilgilerin ve fotoğrafların bulunduğu web sitesi, <http://www.birdair.com>, 29 Temmuz 2012.
- [97] Tekstil Yapı Firması, Yapı ile ilgili fotoğrafın yer aldığı web sitesi, <http://www.tekstilyapi.com>, 11 Mart 2012.
- [98] English Language Centres Sitesi, Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.ecenglish.com>, 17 Mayıs 2012.
- [99] Quatron Steel Sitesi, <http://www.quatronsteel.com>, 5 Nisan 2012.
- [100] Peb Steel Sitesi, <http://www.pebsteel.com>, 5 Nisan 2012.
- [101] Dezeen Sitesi, Mimari yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.dezeen.com>, 18 Nisan 2012.
- [102] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.123rf.com>, 13 Temmuz 2012.
- [103] The China Guide Sitesi, Çeşitli yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.thechinaguide.com>, 18 Haziran 2012.
- [104] New Civil Engineer Sitesi, <http://www.nce.co.uk>, 27 Temmuz 2012.
- [105] Yiwu Qiagou Steel structure Firması, <http://yuanboit.en.made-in-china.com>, 18 Nisan 2012.
- [106] University Of California, Structural Engineering Slide Library, <http://nisee.berkeley.edu>, 18 Nisan 2012.
- [107] Yapıları tasarlayan mimarlık bürosunun resmi web sitesi, <http://www.richardrogers.co.uk>, 4 Temmuz 2012.
- [108] Mimeo Sitesi, Mi Modern Architecture, <http://www.mimeo.eu>, 19 Mayıs 2012.
- [109] ICT Centre Sintesi, Information & Communication Technologies, <http://research.ict.csiro.au>, 11 Temmuz 2012.
- [110] Gmp Architekten, Yapıların tasarımlarını gerçekleştiren mimarlık ofisinin resmi web sitesi, <http://www.gmp-architekten.com>, 19 Mart 2012.
- [111] Archistructura Sitesi, <http://www.archistructura.net>, 15 Nisan 2012.
- [112] KCAP Architects & Planners Sitesi, <http://www.kcap.eu>, 19 Haziran 2012.
- [113] Messe Stuttgart, Yapı ile ilgili fotoğrafların bulunduğu web sitesi, <http://www.messe-stuttgart.de>, 16 Temmuz 2012.
- [114] Yapılarla ilgili uygulama fotoğraflarının yer aldığı web sitesi, <http://www.allmarinhomes.com>, 22 Temmuz 2012.

- [115] University of Southern Celifornia, School of Architecture, Structures, <http://www-classes.usc.edu/architecture/structures>, 9 Temmuz 2012.
- [116] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.sofistik.com>, 8 Temmuz 2012.
- [117] Free-D.nl Sitesi, Yapılar ile ilgili bilgi ve fotoğrafların bulunduğu web sitesi, <http://free-d.nl>, 18 Temmuz 2012.
- [118] Yapı ile ilgili fotoğrafın bulunduğu web sitesi, <http://www.wirtschaftszeit.at>, 12 Haziran 2012.
- [119] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.zimbio.com/pictures>, 15 Mart 2012.
- [120] Hancock, G.J., Bradford, M.A., Wikinson, T.J., Uy, B. ve Rasmussen, K.J.R., (2003). Advances in Structures, Asscca'03, Swets&Zeitlinger Publishers, The Netherlands.
- [121] Türkçü, H.Ç., (2009). Çağdaş Taşıyıcı Sistemler, 2. Baskı, Birsen yayınevi, İstanbul.
- [122] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.redbubble.com>, 4 Ağustos 2012.
- [123] Sungur, İ.İ., (2005). Taşıyıcı Sistemler ve Yapı Statığı, 1. Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [124] Proske, D. ve Gelder, P.G., (2009). Safety of Historical Stone Arch Bridges, Springer- Verlag, Berlin.
- [125] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.hughpearman.com>, 7 Haziran 2012.
- [126] Çeşitli yapılarla ilgili fotoğrafların ve mimari projelerin yer aldığı web sitesi <http://www.forumcad.com>, 12 Kasım 2011.
- [127] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.freefoto.com>, 19 Mayıs 2012.
- [128] Sisgeo Sitesi, Geotechnical Instrumentation Manufacturing Company, <http://www.sisgeo.com>, 13 Mayıs 2012.
- [129] Archinform Sitesi, International Architecture Database, <http://eng.archinform.net>, 19 Temmuz 2012.
- [130] Choo, Y.S. ve Van Der Vegte, G.J., (1998). Tubular Structures VIII, A.A.Balkema Publisher, Rotterdam, Netherlands.
- [131] Encyclopedia Britannica, <http://www.britannica.com>, 19 Temmuz 2012.
- [132] The Scotland Guide Sitesi, <http://www.scotland-guide.co.uk>, 3 Haziran 2012.
- [133] Çeşitli yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.srsimages.co.uk>, 18 Mayıs 2012.
- [134] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.cbsnews.com>, 11 Nisan 2012.

- [135] IBI Group Sitesi, Mimari projelerin ve yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.ibigroup.com>, 8 Temmuz 2012.
- [136] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.itusozluk.com>, 18 Mayıs 2012.
- [138] İnhabitat Sitesi, Mimari uygulamaların yer aldığı web sitesi, <http://inhabitat.com>, 9 Mart 2012.
- [139] Beaches and Swimming Pools Leisure and Cultural Services Department, <http://www.lcsd.gov.hk>, 9 Mart 2012.
- [140] Stanley GMT Harware Firması, <http://www.gmt-tongfeng.com>, 19 Nisan 2012.
- [141] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.dicolor.cn>, 12 Şubat 2012.
- [142] Yapılarla ilgili fotoğrafların ve bilgilerin yer aldığı web sitesi, <http://www.tensileworld.com>, 11 Nisan 2012.
- [143] Conobbio Sitesi, Textile Structure, <http://canobbio.net>, 19 Haziran 2012.
- [144] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.rockingfacts.com>, 12 Şubat 2012.
- [145] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.tripadvisor.in>, 18 Temmuz 2012.
- [146] Eclatin Sitesi, Yapı ile ilgili bilgilerin yer aldığı web sitesi, <http://www.eclatin.ch>, 13 Ekim 2011.
- [147] Yapı ile ilgili fotoğrafın bulunduğu web sitesi, <http://yapi-teknolojileri.blogspot.com>, 8 Temmuz 2012.
- [148] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://eat-a-bug.blogspot.com>, 18 Nisan 2012.
- [149] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.architravel.com>, 17 Nisan 2012.
- [150] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://69hereweare.wordpress.com>, 18 Temmuz 2012.
- [151] Grimshaw Sitesi, Çeşitli yapıların yer aldığı web sitesi, <http://grimshaw-architects.com>, 13 Nisan 2012.
- [152] Kfm Technologies Sitesi, Yapılarla ilgili bilgilerin ve fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.kfmtechnologies.com>, 6 Mayıs 2012.
- [153] Yapı ile ilgili fotoğrafın bulunduğu web sitesi, <http://agustin-vis.blogspot.com>, 12 Haziran 2012.
- [154] SkyscraperCity Sitesi, Yapılarla ilgili fotoğrafların ve bilgilerin yer aldığı web sitesi, <http://www.skyscrapercity.com>, 25 Mart 2012.
- [155] Schulitz, H.C., Sobek, W. ve Habermann, K.J.,(1999). Stahlbau Atlas, DTP & Produktion, Germany.

- [156] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.travelvideo.tv>, 9 Temmuz 2012.
- [157] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://johnrpuzon.wordpress.com>, 9 Temmuz 2012.
- [158] Ian Ritchie Architects mimarlık ofisinin resmi web sitesi, <http://www.ianritchiearchitects.co.uk>, 8 Nisan 2012.
- [159] Qiang Li, G. ve Jun Li, J., (2007). Advanced Analysis and Design of Steel Frames, John Wiley & Sons Inc, England.
- [160] Blanc, A., McEvoy, M. ve Plank, R., (1993). Architecture and Construction In Steel, First Edition, E& FN Spon, London.
- [161] Ölçü Mühendislik Firması, Örnek 13: Bir Doğrultuda Süneklik Düzeyi Normal Çerçevelerden Diğer doğrultuda Süneklik Düzeyi Normal Merkezi Çelik Çaprazlı Perdelerden Oluşan Tek Katlı Çelik Endüstri Binası, <http://www.olcumuhendislik.com/Uploads/Document/c8689aea6dd98e9.pdf>, 16 Mart 2012.
- [162] Structure Sitesi, <http://www.structuremag.org>, 12 Mayıs 2012.
- [163] Macdonald, A., (2000). The Engineer's Contribution to Contemporary Architecture Anthony Hunt, First Published, Thomas Telford Ltd, London.
- [164] Solid Structures Sitesi, Çeşitli yapıların yer aldığı web sitesi, <http://www.solid-structures.com>, 12 Nisan 2012.
- [165] Hangzhou Nante Machinery Firması, <http://www.overhead-cranehoist.com>, 17 Nisan 2012.
- [166] Institute For Steel Development & Growth, <http://www.steel-insdag.org/NewWebsite/TeachingMaterial/chapter36.pdf>, 12 Ekim 2011.
- [167] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://eastvanderek.wordpress.com>, 28 Haziran 2012.
- [168] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.cgschmidt.com>, 19 Mayıs 2012.
- [169] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.pixelmap.com>, 4 Ağustos 2012.
- [170] World of Building Sitesi, <http://www.worldofbuildings.com>, 18 Haziran 2012.
- [171] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.sierraclubgreenhome.com>, 12 Mayıs 2012.
- [172] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://green.in.msn.com>, 13 Mart 2012.
- [173] Home Dsgn Sitesi, Çeşitli fotoğrafların bulunduğu web sitesi, <http://www.homedsgn.com>, 7 Temmuz 2012.
- [174] Maldon & District U3A Sitesi, <http://www.maldonu3a.co.uk>, 13 Mart 2012.

- [175] Structure Systems: Definition, Synopsis, Spans, http://www.probelog.com/texts/Engel_vector.pdf, 18 Kasım 2011.
- [176] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.systemx.fr>, 4 Ağustos 2012.
- [177] Price Tags Sitesi, <http://pricetags.wordpress.com>, 27 Nisan 2012.
- [178] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://buzzer.translink.ca>, 19 Mayıs 2012.
- [179] Panoramio Sitesi, Çeşitli yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.panoramio.com>, 25 Şubat 2012.
- [180] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.thailandmice.com>, 4 Ağustos 2012.
- [181] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.tica.or.th>, 25 Mayıs 2012.
- [182] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://adoragables.blogspot.com>, 17 Mayıs 2012.
- [183] The Telegraph Sitesi, Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.telegraph.co.uk>, 3 Haziran 2012.
- [184] Yapılarla ilgili çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.manchesterunitedhotels.com>, 13 Mayıs 2012.
- [185] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.shutterstock.com>, 19 Temmuz 2012.
- [186] Uygulanmış yapı örneklerinin yer aldığı web sitesi, <http://tnt-lightingdetectives.org/worldlighting>, 11 Nisan 2012.
- [187] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.die-neue-sammlung.de>, 13 Nisan 2012.
- [188] The University of Chicago Library Sitesi, <http://mansueto.lib.uchicago.edu>, 8 Mayıs 2012.
- [189] Large Domes Sitesi, <http://largedomes.com>, 19 Haziran 2012.
- [190] Maclaughlin, D.C. ve Estrada, H., (2009). Structural Steel Drafting & Design, Second Edition, Cengage Learning Inc, Canada.
- [191] Construction Field Sitesi, yapılarla ilgili fotoğrafların ve bilgilerin yer aldığı web sitesi, <http://constructionfield.net>, 22 Nisan 2012.
- [192] Çeşitli yapılarla ilgili fotoğrafların ve bilgilerin yer aldığı web sitesi, <http://forum.civilea.com>, 22 Nisan 2012.
- [193] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.ianosbackfill.com>, 12 Mayıs 2012.
- [194] Institute For Steel Development & Growth <http://www.steel-insdag.org>, 17 Mayıs 2012.

- [195] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://galleryspace.net>, 11 Haziran 2012.
- [196] Pottmann, H., Kilian, A. ve Hofer, M., (2008). Advances In Architectural Geometry, RFR and Wagner- Biro Stahlbau AG, 13-16 September, Austria.
- [197] Ecce Collection Sitesi, Mimari yapıların yer aldığı web sitesi, <http://www.creativebuilding.eu>, 4 Ağustos 2012.
- [198] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://hoklife.com>, 13 Mart 2012.
- [199] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://timvp.com/beijing.html>, 27 Nisan 2012.
- [200] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.mtent.com>, 27 Mayıs 2012.
- [201] İFM Firması, Internationale Freileitungsmontage, <http://www.ifm-as.com>, 13 Temmuz 2012.
- [202] Construction Portal Armenia Sitesi, <http://www.construction.am>, 13 Temmuz 2012.
- [203] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.ercos.com>, 7 Ağustos 2012.
- [204] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.shotsharing.com>, 7 Ağustos 2012.
- [205] Patterson, M., (2011). Structural Glass Facades and Enclosures, John Wiley & Sons Inc, New Jersey.
- [206] Kurrer, K.E., (2008). The History of The Theory of Structures From Arch Analysis to Computational Mechanics, Wissenchaften GmbH & Co., Germany.
- [207] Bangash, M.Y.H. ve Bangash, T., (2003). Elements of Spatial Structures, Analysis and Design, First Published, Thomas Telford Limited, London.
- [208] Orbay, A. ve Savaşır, K., (2004). TonoZ Biçimli Çift Katlı Uzak Kafes Sistemlerin - Çeşitli Kriterler Açısından- Etkinliğinin Karşılaştırılmasına Yönelik Bir Araştırma, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 6 (1) : 39 -49.
- [209] Shen, Z.Y., Li, G.Q. ve Chan, S.L., (2005). Advances in Steel Structures, Iass'05, Elsevier Ltd, London, UK.
- [210] Özbahar, E., (2007) Tek Eğrilikli Uzak Kafes Sistemlerin Optimum Dizaynı, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [211] Çeşitli yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://02mydafsoup-01.soup.io>, 5 Şubat 2012.
- [212] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://modern-buildings.blogspot.com>, 13 Şubat 2012.
- [213] Phaidon Sitesi, Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.phaidon.com>, 18 Mart 2012.
- [214] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.ukslc.org>, 9 Temmuz 2012.

- [215] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www standpointmag.co.uk>, 6 Mart 2012.
- [216] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://blogs.telegraph.co.uk>, 28 Mayıs 2012.
- [217] The Guardian Sitesi, <http://www.guardian.co.uk>, 26 Mart 2012.
- [218] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://photoblog.msnbc.msn.com>, 13 Nisan 2012.
- [219] Convention.net Sitesi, Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.conventions.net>, 23 Mart 2012.
- [220] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.picturesofengland.com>, 28 Mayıs 2012.
- [221] Skyscrapers of Beijing Sitesi, <http://skyscraperinfo.com>, 28 Mayıs 2012.
- [222] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://timgriffithphotographer.com>, 13 Temmuz 2012.
- [223] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://vincentloy.wordpress.com>, 18 Mayıs 2012.
- [224] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://es.urbarama.com>, 13 Nisan 2012.
- [225] Media Store House Sitesi, <http://www.mediastorehouse.com>, 5 Şubat 2012.
- [226] Chan, S.L. ve Teng, J.G., (1999). Advances in Steel Structures, Iclass'99, Elsevier Science Ltd, Kidlington, Oxford, UK.
- [227] University of Surrey, What is a Space Structure, <http://portal.surrey.ac.uk>, 7 Mart 2012.
- [228] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.metropolismag.com>, 5 Ağustos 2012.
- [229] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://pineridgeart.blogspot.com>, 13 Nisan 2012.
- [230] Colorado Preservation Firması, <http://coloradopreservation.org>, 9 Mart 2012.
- [231] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.lanik.com>, 5 Ağustos 2012.
- [232] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.pedrokok.com.br>, 27 Mayıs 2012.
- [233] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://art4logic.blogspot.com>, 27 Mayıs 2012.
- [234] Soykan, K., (2007). Çelik uzay kubbe sistemlerin ağırlıkça optimum dizaynı, Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [235] Glass Steel and Stone Sitesi, Global Architecture Encyclopedia, <http://www.glasssteelandstone.com>, 3 Mayıs 2012.

- [236] Mimarlık bilgileri, yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.domerama.com>, 3 Haziran 2012.
- [237] The World Architecture Map Sitesi, <http://www.worldarchitecturemap.org>, 22 Nisan 2012.
- [238] Soul of America Sitesi, Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.soulofamerica.com>, 19 Nisan 2012.
- [239] MacGinley, T.J., (1998). Steel Structures Practical Design Studies, Second Edition, E& FN Spon, New York.
- [240] Icosa Systems Sitesi, What is Icosahedron, <http://www.icosasystems.com.tr>, 18 Mayıs 2012.
- [241] Ramaswamy, G.S., Eekhout, M. ve Suresh, G.R., (2002). Analysis, Design and Construction of Steel Space Frames, Thomas Telford Publishing, London.
- [242] Lan, T.T., (2005). Space Frame Structure, CRC Press, Beijing, China.
- [243] Çeşitli yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://astro.academyofathens.gr>, 9 Haziran 2012.
- [244] Yapı ile ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.rodos-palace.com>, 25 Mayıs 2012.
- [245] Yapılarla ilgili fotoğrafların ve bilgilerin yer aldığı web sitesi, <http://www.taiyokogyo.co.jp>, 3 Haziran 2012.
- [246] Yapılarla ilgili teknik verilerin yer aldığı web sitesi, <http://en.structurae.de>, 8 Kasım 2011.
- [247] Pleated Structures Sitesi, <http://pleatedstructures.com>, 9 Haziran 2012.
- [248] KnowLa Sitesi, Encyclopedia of Louisiana, <http://www.knowla.org>, 28 Mayıs 2012.
- [249] Columbia University resmi web sitesi, <http://www.columbia.edu>, 28 Temmuz 2012.
- [250] Çeşitli yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.crawfishboxes.com>, 9 Haziran 2012.
- [251] The General Company Pavilion at the New York World's Fair, <http://www.nywf64.com/genele03.html>, 13 Haziran 2012
- [252] Çeşitli yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.worldsfairphotos.com>, 3 Haziran 2012.
- [253] Archiseek Sitesi, <http://archiseek.com>, 19 Mayıs 2012.
- [254] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://tutoringcentral.blogspot.com>, 8 Nisan 2012.
- [255] Mimari yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.takenaka.co.jp>, 16 Temmuz 2012.

- [256] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www3.surrey.ac.uk>, 4 Ağustos 2012.
- [257] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.joconl.com>, 4 Ağustos 2012.
- [258] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.theage.com.au>, 28 Mayıs 2012.
- [259] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.photojack.info>, 28 Mayıs 2012.
- [260] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.captmondo.com>, 28 Mayıs 2012.
- [261] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://civicscene.ca>, 28 Mayıs 2012.
- [262] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://trulytasty.wordpress.com>, 28 Mayıs 2012.
- [263] Chadwick Technology Group Sitesi, <http://www.chadwicktechnology.com.au>, 12 Mayıs 2012.
- [264] AuStadiums.com Sitesi, Stadyum yapılarının yer aldığı web sitesi, <http://www.austadiums.com>, 16 Mart 2012.
- [265] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://mesquitecondo.files.wordpress.com>, 4 Ağustos 2012.
- [266] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.steelguru.com>, 19 Mayıs 2012.
- [267] Çeşitli yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://architectoid.blogspot.com>, 17 Mart 2012.
- [268] Ice Virtual Library, Essential Engineering Knowledge, <http://www.icevirtuallibrary.com>, 16 Temmuz 2012.
- [269] Santoso, K., (2003). Wide- Span Cable Structures, University of California, Massachusetts Institute of Technology, Berkeley.
- [270] Choo, Y.S. ve Van Der Vegte, G.J., (1998). Tubular Structures VIII, A.A.Balkema Publisher, Rotterdam, Netherlands
- [271] Balıkesir Üniversitesi, Asma Sistemler (Kablolu Sistemler) <http://bauarchitecture.files.wordpress.com/2010/11/tst-15-asma-sistemler.pdf>, 17 Kasım 2011.
- [272] Oxford University Press Sitesi, <http://www.oup.co.uk>, 4 Nisan 2012.
- [273] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.consultants-online.com>, 13 Nisan 2012.
- [274] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.nflteamhistory.com>, 13 Mayıs 2012.
- [275] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.satellitesights.com>, 13 Mayıs 2012.

- [276] Uefa.com Sitesi, Stadyum yapıları ile ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.uefa.com>, 15 Nisan 2012.
- [277] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.dreamstime.com>, 17 Nisan 2012.
- [278] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.thesun.co.uk>, 17 Mayıs 2012.
- [279] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://abduzeedo.com>, 13 Mart 2012.
- [280] Architektenwerk Sitesi, <http://www.architectenwerk.nl>, 13 Mart 2012.
- [281] Waterloo Architecture, Çeşitli yapıların yer aldığı web sitesi, <http://www.architecture.uwaterloo.ca>, 15 Mart 2012.
- [282] Efficient.Ws Sitesi, Yapılarla ilgili fotoğrafların ve bilgilerin yer aldığı web sitesi, <http://www.efficient.ws>, 19 Nisan 2012.
- [283] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://oranges-world.com>, 11 Nisan 2012.
- [284] How Stuff Works Sitesi, Yapı ile ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://science.howstuffworks.com>, 13 Mart 2012.
- [285] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://commons.wikimedia.org>, 9 Mart 2012.
- [286] Construction Photography Sitesi, Mimari yapıların uygulama aşamaları ile ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.constructionphotography.com>, 9 Mayıs 2012.
- [287] Archi Expo Sitesi, The Virtual Architecture Exhibition, çeşitli yapılar ile ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.archiexpo.com>, 27 Mayıs 2012.
- [288] Modern Yapılar Sitesi, <http://www.modernyapilar.com>, 3 Temmuz 2012.
- [289] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.stadionwelt.de>, 3 Temmuz 2012.
- [290] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://laurenogara.blogspot.com>, 13 Mayıs 2012.
- [291] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://travelerstrails.com>, 30 Temmuz 2012.
- [292] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.f4aviation.co.uk30>, Temmuz 2012.
- [293] Yapı ile ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://uk.eurosport.yahoo.com>, 18 Şubat 2012.
- [294] Yapı ile ilgili bilgilerin ve fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.uticaod.com>, 23 Mart 2012.
- [295] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.uticaud.org>, 23 Mart 2012.

- [296] Parke, G. ve Disney, P., (2002).Space Structures 5, First Published, Thomas Telford Publishing, London.
- [297] Nenodovic, A., (2010). ‘Development, Characteristic and Comprative Structural Analysis of Tensegrity Type Cable Domes’, Spatium Intenational Review, 22: 56-66.
- [298] University of Campinas, Çeşitli projelerin ve bilgilerin yer aldığı web sitesi, <http://www.arcaro.org>, 13 Nisan 2012.
- [299] Yapılarla ilgili fotoğrafların bulubduğu web sitesi, <http://www.workshopoftheworld.com>, 12 Nisan 2012.
- [300] Yapıları tasarlayan mimarlık ofisinin resmi web sitesi, <http://www.rsh-p.com>, 13 Mart 2011.
- [301] Delft University of Technology resmi web sitesi, http://highrise.bk.tudelft.nl/pdf/analysis_Hong_Kong_bank.pdf, 17 Mart 2012.
- [302] Shangai Holgue Floor Firması, <http://en.holgue.com>, 13 Nisan 2012.
- [303] Uy, B., Tao, Z., Mashiri, F., Zhu, X., Mirza, O., ve Tan, E.L., (2010). Proceeding of the fourth International Conference on Steel & Composite Structures, Univesrity of Western Sydney, Research Publishing, Australia.
- [304] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.stadia.gr>, 17 Mayıs 2012.
- [305] Çeşitli bilgilerin yer aldığı web sitesi, <http://www.icis.com>, 13 Haziran 2012.
- [306] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.canadiandesignresource.ca>, 13 Nisan 2012.
- [307] Yapı ile ilgili fotoğrafların bulunduğu web sitesi, <http://bestbridge.net>, 30 Temmuz 2012.
- [308] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.pwpeics.se>, 29 Temmuz 2012.
- [309] Halvorsen Architects mimarlık ofisinin resmi web sitesi, <http://www.halvorsen-architects.co.uk>, 7 Mayıs 2012.
- [310] Leslie E. Robertson Associates Sitesi, <http://www.lera.com>, 2 Temmuz 2012.
- [311] University of Minnesota, Center For World Heritage Studies, <http://worldheritage-c.cdes.umn.edu>, 13 Temmuz 2012.
- [312] Green Design From Theory To Practice, <http://www.jersemar.org.il>, 13 Temmuz 2012.
- [313] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.metwashairports.com>, 13 Temmuz 2012.
- [314] Yapı ile ilgili fotoğrafların bulunduğu web sitesi, <http://www.footballzz.com>, 17 Temmuz 2012.
- [315] Stalbyggnadsinstitutet Sitesi, Wembley Stadium, http://www.sbi.se/uploaded/dokument/files/Wembley_Stadium.pdf, 24 Şubat 2012.

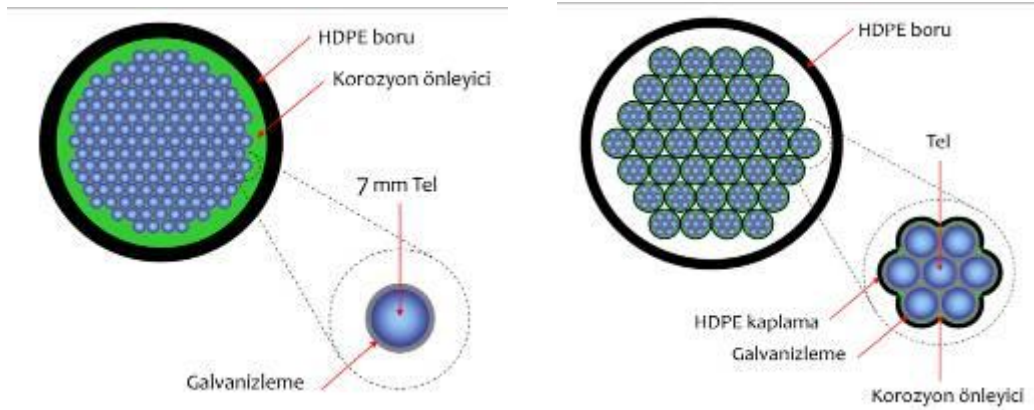
- [316] Honeywell.com Sitesi, Wembley Stadium Case Study, <https://buildingsolutions.honeywell.com/NR/rdonlyres/7B0049E2-4C04-4B2D-926C-01A983367074/116859/7b0049e24c044b2d926c01a983367074.pdf>, 19 Haziran 2012.
- [317] Yapı ile ilgili fotoğrafların bulunduğu web sitesi, <http://woondu.com>, 31 Temmuz 2012.
- [318] Snider, D., New Area Terminal, Barajas Airport, <https://rapidshare.com>, 9 Ekim 2012.
- [319] Great Buildings Collection, Çeşitli yapıların ve yapılarla ilgili bilgilerin yer aldığı web sitesi, <http://www.greatbuildings.com>, 3 Temmuz 2012.
- [320] Caprani, C., (2010). Preliminary Design of Building Structures, <http://www.colincaprani.com/files/notes/ProjectIII/Project%20III%20Notes%201011.pdf>, 13 Nisan 2012.
- [321] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.placesinparis.com>, 28 Temmuz 2012.
- [322] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://landscapeisalankari.blogspot.com>, 12 Temmuz 2012.
- [323] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.stageoftheheart.net>, 28 Temmuz 2012.
- [324] Bragadon, J., Wan Jo, K., Neelakantan, M. ve Thomas, P., (2003). Hong Kong Shanghai Bank Headquarters, http://faculty.arch.tamu.edu/anichols/index_files/courses/arch631/case/2003/hongkongBank.pdf, 17 Mart 2012.
- [325] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://architecture.about.com>, 27 Mayıs 2012.
- [326] Delft University of Technology resmi web sitesi, http://highrise.bk.tudelft.nl/pdf/analysis_Hong_Kong_bank.pdf, 17 Mart 2012.
- [327] Yapılarla ilgili bilgilerin yer aldığı web sitesi, <http://www.authorstream.com>, 18 Mart 2012.
- [328] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.airport-technology.com>, 28 Temmuz 2012.
- [329] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.allposters.com>, 30 Temmuz 2012.
- [330] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://maps.google.com>, 30 Temmuz 2012.
- [331] Deplazes, A. (2005). Constructing Architecture, Materials Processes Structures, Birkhauser, Darch Eth, Switzerland.
- [332] Yapıları tasarlayan mimarlık bürosunun resmi web sitesi, <http://www.fosterandpartners.com>, 13 Ekim 2011.

- [333] University of Maryland, Architecture Planning & Preservation, Overview of Structural Classification Systems and Example Structures, <http://arch.umd.edu/Tech/Tech II/Lectures/Tech II Overview of Structural Systems.pdf>, 2 Haziran 2012.
- [334] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://jasonbye.photoshelter.com>, 28 Temmuz 2012.
- [335] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.stortfordhistory.co.uk>, 16 Mart 2012.
- [336] Yapı ile ilgili fotoğrafların bulunduğu web sitesi, <http://www.airport-int.com>, 10 Mayıs 2012.
- [337] Archvision Sitesi, <http://stock.archivision.com>, 10 Mayıs 2012.
- [338] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://blog.darioalvarez.net>, 7 Mayıs 2012.
- [339] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.ayrehoteles.com>, 6 Mart 2012.
- [340] Asturias Paraiso Cultural Sitesi, Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.asturiasparaisocultural.org>, 7 Haziran 2012.
- [341] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.amecmaquinaria.com>, 30 Temmuz 2012.
- [342] Yapı ile ilgili fotoğrafların bulunduğu web sitesi, <http://oviedo.for91days.com>, 7 Haziran 2012.
- [343] 30 St Mary Axe Sitesi, Yapı ile ilgili uygulama fotoğraflarının yer aldığı web sitesi, <http://www.30stmaryaxe.com>, 7 Mayıs 2012.
- [344] Arcspace.com Sitesi, Çeşitli projelerin yer aldığı web sitesi, <http://www.arcspace.com>, 8 Temmuz 2012.
- [345] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.chadjacksonphotoblog.com>, 15 Mart 2012.
- [346] World Architect News Sitesi, <http://www.worldarchitectnews.com>, 17 Temmuz 2012.
- [347] Gehringer, M., (2010). A breathtaking Prelude, Kansas City's new performing arts center is a showcase of outstanding steel-framed structures, http://www.hirschfeld.com/sectors_structural_02_article01.pdf, 13 Mayıs 2012.
- [348] Behance.net Sitesi, Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.behance.net>, 17 Temmuz 2012.
- [349] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://blog.ericbowersphoto.com>, 15 Mart 2012.
- [350] Civil Construction and Engineering Sitesi, <http://civilconstructionandengineering.blogspot.com>, 13 Şubat 2012.

- [351] Steel Construction, Hirschfeld Industries, http://www.hirschfeld.com/docs/Hirschfeld_structural_brochure.pdf, 27 Haziran 2012.
- [352] Steel Warehouse Firması, <http://www.steelwarehouse.com>, 11 Temmuz 2012.
- [353] Yapılarla ilgili çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.thorntontomasetti.com>, 15 Nisan 2012.
- [354] Canada's Historic Places Sitesi, <http://www.historicplaces.ca>, 15 Nisan 2012.
- [355] Engineering Timelines Sitesi, Yapı ile ilgili bilgilerin yer aldığı web sitesi, <http://www.engineering-timelines.com>, 9 Haziran 2012.
- [356] Yapı ile ilgili fotoğrafın bulunduğu web sitesi, <http://www.coldsteels.com>, Haziran 2012.
- [357] Yapıları tasarlayan mimarlık bürosunun resmi web sitesi, <http://911research.wtc7.net>, 4 Temmuz 2012.
- [358] San Diego History Center Sitesi, Yapı ile ilgili fotoğrafların bulunduğu web sitesi, <http://www.sandiegohistory.org>, 9 Temmuz 2012.
- [359] The World's Fair Community Sitesi, <http://www.worldsfaircommunity.org>, 11 Nisan 2012.
- [360] University of Michigan, Library Digital Collections, <http://quod.lib.umich.edu>, 8 Temmuz 2012.
- [361] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.gettyimages.com>, 9 Temmuz 2012.
- [362] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.indiamart.com>, 9 Temmuz 2012.
- [363] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.edlconstruction.com>, 18 Nisan 2012.
- [364] Yapı ile ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.ochshorndesign.com>, 23 Haziran 2012.
- [365] Boston College resmi web sitesi, <http://www.bc.edu>, 12 Mayıs 2012.
- [366] Fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://www.nairaland.com>, 7 Ağustos 2012.
- [367] Çeşitli fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://picasaweb.google.com>, 7 Ağustos 2012.
- [368] Yapılarla ilgili uygulama fotoğraflarının yer aldığı web sitesi, <http://expo67.morenciel.com>, 22 Temmuz 2012.
- [369] Yapılarla ilgili fotoğrafların yer aldığı web sitesi, <http://columbiariverimages.com>, 13 Temmuz 2012.
- [370] Pocer, M., Cable Stayed Structures and Stay Cable Technology <http://www.contech.co.nz/uploaded/Marcel%20Poser%20-%20Cable%20Stayed%20Structures%20and%20Stay%20Cable%20Technology.pdf>, 9 Mart 2012.

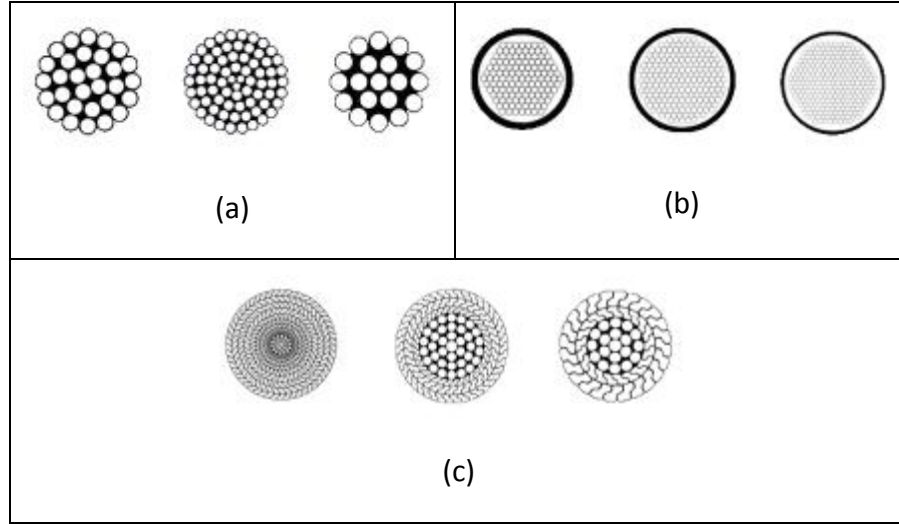
KABLO TAŞIMA GÜCÜ VE TEL GRUPLARI

Kabloların kopma gerilmeleri, yapı çeliğinin ~6 katına eşittir. Bu dayanımı elde etmek için sıcakta haddelenmiş yüksek karbonlu çelik kablolar öncelikle soğutulma işlemi tabi tutulur ve ardından çekme işlemi uygulanır. Çok defa tekrarlanan bu işlemler sonunda kabloların bünyesindeki kristaller çizgiselleşir ve tellerin çekme dayanımı artar. Bir sonraki adımda teller, korozyona karşı saf çinko (galvanizleme) ile kaplanır (Şekil Ek A.1).



Şekil Ek A.1 Kablo kesitleri [370]

Farklı alternatifler ile oluşturulan tel grupları Şekil Ek A.2'de gösterilmiştir. Farklı çaplarda ve sayıca farklı telin biraraya getirilip grup halinde kullanılması ile Şekil Ek A.2a, galvanizleme işlemlerine tabi tutulması ile elde edilmesi ile Şekil Ek A.2b ve en az 4 adet telin merkez oluşturması ve bu merkez etrafında farklı sayılarda tellerin helisel biçimde sarılması ile imal edilen kablo türü Şekil Ek A.2c'de gösterilmiştir.



Şekil Ek A.2 Tel Grupları [271]

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Fatma KILIÇ URFALI
Doğum Tarihi ve Yeri : 24.04.1986- Patnos
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : fatmakilicurfali@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Mimarlık	YTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Anabilim Dalı	2012
Lisans	Mimarlık	Erciyes Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü	2008
Lise	Sayısal	Naci Gökçe Lisesi (YDA)	2003

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2011	Bartın Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü	Mimar

2010	Kayseri Afm İnşaat	Mimar
2009	Erciyes Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi Giresun Sokak Sağıklaştırma	Mimar