YANAL YÜKLER ALTINDA ÇELİK YÜKSEK BİNALARDA ÇOKLU DIŞTAN DESTEK SİSTEMLERİN (OUTRIGGER) ETKİSİ

İlhan Emre İnam
181412105

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yapı-Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Deprem Mühendisliği Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Seyit Çeribaşı

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Enstitüsü
Haziran, 2020

YANAL YÜKLER ALTINDA ÇELİK YÜKSEK BİNALARDA ÇOKLU DIŞTAN DESTEK SİSTEMLERİN (OUTRIGGER) ETKİSİ

İlhan Emre İnam
181412105
Orcid: 0000-0002-7200-7709

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Yapı-Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Deprem Mühendisliği Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Seyit Çeribaşı

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Enstitüsü
Haziran, 2020



JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

maltepe üniversitesi	LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI	Doküman No	FR-178
		İlk Yayın Tarihi	01.03.2018
		Revizyon Tarihi	23.01.2020
		Revizyon No	01
		Sayfa	1

18 / 06 / 2020

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bulguların sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilmeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; çalışmanın Maltepe Üniversitesinde kullanılan "bilimsel intihal tespit programı" ile tarandığını ve öngörülen standartları karşıladığını beyan ederim.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

İlhan Emre İnam

Hazırlayan: Enstitü Sekreterliği	Onaylayan: Kalite Yönetim Koordinatörlüğü

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında, ülkemize göre yurt dışında daha yaygın kullanılan, yüksek bina yapı sistemlerinden birisi olan Dıştan Destek Sistemlerin (Outrigger) deprem ve rüzgar yüklemeleri altında etkinliği incelenmiştir. Çalışmada çelik binalar için tekli ve özellikle çoklu Dıştan Destek Sistemlerin (Outrigger) en uygun konumu araştırılmıştır.

Lisanüstü eğitim sürecimde desteklerini, zamanını ve yönlendirmelerini hiç esirgemeyen Hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Seyit Çeribaşı'na sevgi ve saygılarımla teşekkür ederim.

Tez çalışması süreçlerimde bilgisi ve ayırdığı zamanı için değerli meslektaşım İnşaat Y. Müh./Dr. Rasim Hatipoğlu'na teşekkürü bir borç bilirim. Son olarak her zaman yanımda olan eşim Özen İnam'a, kızlarım İpek İnam'a ve Elif Ece İnam'a teşekkürlerimi sunarım.

İlhan Emre İnam

Haziran 2020

ÖZ

YANAL YÜKLER ALTINDA ÇELİK YÜKSEK BİNALARDA ÇOKLU DIŞTAN DESTEK SİSTEMLERİN (OUTRIGGER) ETKİSİ

İlhan Emre İnam
Yüksek Lisans Tezi
Yapı-Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Deprem Mühendisliği Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Seyit Çeribaşı
Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2020

Bu tez çalışması altı ana bölüm altında yapılmıştır. Birinci bölümde yüksek binalar hakkında genel bilgiler verilmiştir. Yüksek binaların tarihi süreçleri anlatılmış, yüksek binalarda kullanılan taşıyıcı sistemler hakkında açıklamalarda bulunulmuştur. İkinci bölümde dıştan destek sistemli (outrigger) yüksek binalar için literatürde yapılmış olan çalışmalar ele alınmıştır. Özellikle dıştan destek sisteminin konumu ve adedine yönelik yapılan araştırmalar özetlenmiştir. Üçüncü bölümde dıştan destek sistemi (DDS) hakkında detaylı bilgilere yer verilmiştir. Yakın geçmişte DDS uygulanmış nitelikli yüksek binalar özetlenmiştir. Dördüncü bölümde 40 katlı 160m yüksekliğindeki örnek bir yüksek bina ETABS ile analiz edilmiştir. Bina TS EN 1991-1-4'e göre hem rüzgar yükleri için hem de TBDY-2018'e göre deprem yükleri için incelenmiştir. Deprem etkilerini incelemek için zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılmıştır. Geçmişte gerçekleşmiş olan onbir adet deprem ivme kaydı PEER veritabanından seçilmiştir. Seçilen her bir ivme kaydının ölçeklenmemiş ham halleri alınmış ve *SeismoMatch* yazılımı ile ölçeklendirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ölçeklendirme işleminde hedef tasarım spektrumu olarak TBDY-2018 uyarınca DD-2 tasarım spektrumu kullanılmıştır. İlk aşamada bir konumda DDS'ye sahip yüksek bina için DDS her kata sırayla konmuş ve ETABS analiz modelleri oluşturulmuştur. Araştırılan yüksek bina kırk katlı olduğu için toplamda kırk farklı ETABS analiz modeli elde edilmiştir. İkinci aşamada iki konumda DDS olması durumu için, DDS'nin farklı konumlarda bulunabileceği tüm kombinasyonlar dikkate alınmıştır. İncelenen yüksek bina kırk kata sahip olduğu ve DDS'nin iki farklı konumda olabileceği tüm durumlar dikkate alındığında toplamda 780 adet farklı ETABS analiz modeli ortaya çıkmıştır. İki DDS'li bina için tüm deprem kayıtları yerine sadece *Düzce* deprem kaydı için sonuçlar incelenmiştir. Beşinci bölümde her farklı analiz durumu için elde edilen bulgular (tepe noktası yatay yerdeğiştirmesi ve bina toplam yatay taban reaksiyonu) grafik olarak sunulmuştur. Altıncı bölümde çalışmada elde edilen tüm sonuçlar sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Çelik yapı, Yüksek bina, Dıştan destek sistemi, Outrigger, Zaman Tanım alanında hesap.

ABSTRACT

EFFECT OF OUTRIGGER SYSTEMS ON STEEL HIGH-RISE BUILDINGS SUBJECTED TO LATERAL LOADS

İlhan Emre İnam
Master Thesis
Department of Structures and Earthquake Engineering
Structures and Earthquake Engineering Programme
Thesis Advisor: Asst. Prof. Seyit Çeribaşı
Maltepe University Graduate School, 2020

This study was carried out under six main chapters. In the first chapter, general information about tall buildings is given. The historical processes of tall buildings are explained and statements are made about the carrier systems used in tall buildings. In the second chapter, studies conducted in the literature for outrigger tall buildings with outrigger are discussed. Researches especially on the location and number of outriggers are summarized. In the third chapter, detailed information about outrigger is given. Iconic tall buildings with outrigger have been summarized in the recent past in the world. In the fourth chapter, a sample 40-storey 160meter high-rise building was analyzed with ETABS software. The building has been examined for both wind loads and earthquake loads. Time history analysis method was used to examine the effects of earthquakes. Eleven real earthquake records in the past were selected from the PEER database. The unscaled raw state of each selected acceleration record was taken and scaling was performed with SeismoMatch software. In the scaling process, DD-2 design spectrum was used as target design spectrum in accordance with the TBDY-2018. In the first stage, for the tall building with outrigger in one position, outrigger was put in order on each floor and ETABS analysis models were created. Forty different ETABS analysis models were obtained in total, since the investigated tall building was forty floors. In the second stage, in case of outrigger in two positions, all combinations in which outriggers can be located in different positions are taken into consideration. Considering all the cases where the high-rise building has forty floors and the outriggers can be in two different locations, 780 different ETABS analysis models have been created in total. For the building with outriggers in two locations, only the results for Düzce earthquake record were examined instead of all earthquake records. In the fifth chapter, the results obtained for each different analysis case (max. horizontal displacement at top and building total horizontal base reaction) are presented graphically. In the sixth chapter, all the results obtained in the study are presented.

Keywords: Steel structure, Tall building, Outrigger, Time history analysis

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI ii
ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI iii
TEŞEKKÜR iv
ÖZ v
ABSTRACT vi
İÇİNDEKİLER vii
TABLOLAR LİSTESİ ix
ŞEKİLLER LİSTESİ x
KISALTMALAR xiii
SEMBOLLER LİSTESİ xiv
ÖZGEÇMİŞ xvi
BÖLÜM 1. GİRİŞ 1
1.1 Yüksek Binalarda Kullanılan Taşıyıcı Sistem Çeşitleri 3
1.1.1 Çaprazlı Sistemler 5
1.1.2 Rijit Moment Çerçeveli Sitemler 6
1.1.3 Perde Duvarlı Sistemler 7
1.1.4 Çerçeveli Tüp Sistemler 8
1.1.5 Askı Yapılı Sistemler 9
1.1.6 Uzay Kafes Sistemler 9
1.1.7 Dıştan Destek Sistemler (Outrigger) 10
1.1.8 Melez Sistemler 10
1.2 Amaç 11
BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 12
BÖLÜM 3. DIŞTAN DESTEK SİSTEMİ (OUTRIGGER) 22
3.1 Dıştan Destek Sistemli Binaların Tarihçesi 25
3.2 Dıştan Destek Sistemlerin Avantajları 26
3.3 Dıştan Destek Sistemlerin Dezavantajları 27
3.4 Dıştan Destek Sistemlerin Analizi 28
3.5 Yakın Geçmişte Uygulanmış DDS'li Yüksek Binalar 32
3.5.1 Eurasia Tower 32
3.5.2 Taipei 101 33
3.5.3 Shanghai Tower 34
3.5.4 Jin Mao Tower 36
3.5.5 Allianz Tower 37
BÖLÜM 4. SAYISAL İNCELEME 39
4.1 Yapı ve Taşıyıcı Sistem Özellikleri 39
4.2 Öz Ağırlık ve Hareketli Yüklerin Hesabı 44
4.3 Rüzgar Yüklerinin Hesabı 44
4.4 Deprem Etkileri 50
4.4.1 Deprem Yer Hareketi Düzeyleri 52
4.4.1.1 Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 1 (DD-1) 52
4.4.1.2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 2 (DD-2) 52
4.4.1.3 Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 3 (DD-3) 52
4.4.1.4 Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 4 (DD-4) 52
4.4.2 Deprem Etkilerinin İncelenmesi 53
4.4.3 İvme Kayıtlarının Belirlenmesi ve Ölçeklendirilmesi 54

BÖLÜM 5. BULGULAR 64
5.1 Sadece Bir Katta DDS Olması 64
5.1.1 Rüzgar Yük Durumu İçin Bulgular 64
5.1.2 Deprem Yük Durumu İçin Bulgular 65
5.2 İki Farklı Katta DDS Olması 75
5.2.1 Rüzgar Yük Durumu İçin Bulgular 75
5.2.2 Deprem Yük Durumu İçin Bulgular 78
BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 86
EKLER 88
KAYNAKLAR 98

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2-1 DDS topolojisi için özet tablo [20] 21
Tablo 4-1 Kullanılan kesit isimleri 43
Tablo 4-2 Arazi kategorileri ve parametreleri 45
Tablo 4-3 Dikdörtgen kesitli binalar için basınç katsayıları 47
Tablo 4-4 Kullanlan kuvvetli yer hareketi kayıtları 56
Tablo 5-1 Tek DDS olması durumunda en uygun konumlar 74
Tablo 5-2 İki DDS olması durumunda en uygun konumlar 85

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Yüksek binaların kullanım amaçları [2] 2
Şekil 1.2 1930 yılına kadar Amerikan yüksek binaların gelişimi [1] 3
Şekil 1.3 Yapı sistemlerinin karşılaştırılması [3]'den değiştirilerek düzenlenmiştir 4
Şekil 1.4 Yapısal sistemlerin sınıflandırılması [4] 5
Şekil 1.5 Merkezi çaprazlı çelik sistemler [5] 6
Şekil 1.6 Dış merkez çaprazlı çelik sistemler [5] 6
Şekil 1.7 Yatay kuvvet etkisindeki rijit moment çerçeveli sistemin 7
Şekil 1.8 Perde duvar sistemli bir bina 7
Şekil 1.9 Çerçeveli tüp sistem, (a) Perspektif (b) Tabandaki transfer kirişi (c) Tabanda kolonların toplanması 8
Şekil 1.10 Askı yapılı bir bina 9
Şekil 1.11 Bank of China Building, Hong Kong [6] 10
Şekil 1.12 Melez yapı sistemi 11
Şekil 2.1 DDS en uygun konumu [11] 14
Şekil 2.2 Betonarme perde çekirdekli iki DDS 'li bina kesiti [14] 15
Şekil 2.3 İkinci DDS 'inin konumuna göre en üst katta oluşan yatay ötelenme [15] 16
Şekil 2.4 En uygun DDS konumu [18] 18
Şekil 2.5 DDS genel görünümü ve birleşim detayı 19
Şekil 2.6 DDS'inin betonarme çekirdeğe bağlantı detayları 19
Şekil 2.7 İki farklı DDS topolojisi 20
Şekil 2.8 Topoloji A için kesit görünüş [20] 21
Şekil 3.1 Tek DDS kano [21] 22
Şekil 3.2 İki taraflı DDS kano [22] 22
Şekil 3.3 DDS çeşitleri [3] 23
Şekil 3.4 Çekirdek ve DDS etkileşimleri [3]'den değiştirilerek düzenlenmiştir 23
Şekil 3.5 Bina dış cephe aksında teşkil edilmiş kemer makas sistemi 24
Şekil 3.6 Kemer makas sistemi 24
Şekil 3.7 Place Victoria Tower [25] 25
Şekil 3.8 140 William Street [26] 26
Şekil 3.9 U.S. Bank Center [27] 26
Şekil 3.10 (a) İki DDS'li yapı, (b) Dıştaki moment diagramı, (c) M_1 diagramı, (d) M_2 diagramı, (e) Çekirdekteki bileşke moment diagramı [1]'den değiştirilerek düzenlenmiştir 28
Şekil 3.11 Eurasia Tower, Moskova 33
Şekil 3.12 Taipei 101, Taipei [30], [31] 34
Şekil 3.13 Shanghai Tower, Shanghai [32] 35
Şekil 3.14 Shanghai Tower süper kolon sistemi ve DDS detayı [33] 36
Şekil 3.15 Shanghai Tower DDS konumları [33] 36
Şekil 3.16 Jin Mao Tower, Shanghai [34], [35] 37
Şekil 3.17 Allianz Tower taşıyıcı sistemler ve DDS detayları [36] 38
Şekil 3.18 Allianz Tower, İstanbul [37] 38
Şekil 4.1 Yapısal sistemlerin şematik gösterimi 39
Şekil 4.2 Kompozit döşeme tipik kesit görünüşü 40
Şekil 4.3 Tipik kat planı 41
Şekil 4.4 Kesit görünüşler 42
Şekil 4.5 X doğrultusu basınç katsayıları bölgeleri 48
Şekil 4.6 Y doğrultusu basınç katsayıları bölgeleri 48

Şekil 4.7 X doğrultusu için tüm bina yüzeylerine etkiyen rüzgar yükleri 49
Şekil 4.8 Y doğrultusu için tüm bina yüzeylerine etkiyen rüzgar yükleri 50
Şekil 4.9 Elastik Tasarım Spektrumu DD-2 53
Şekil 4.10 EQ-01 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği 57
Şekil 4.11 EQ-02 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği 57
Şekil 4.12 EQ-03 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği 58
Şekil 4.13 EQ-04 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği 58
Şekil 4.14 EQ-05 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği 59
Şekil 4.15 EQ-06 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği 59
Şekil 4.16 EQ-07 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği 60
Şekil 4.17 EQ-08 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği 60
Şekil 4.18 EQ-09 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği 61
Şekil 4.19 EQ-10 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği 61
Şekil 4.20 EQ-11 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği 62
Şekil 4.21 Deprem kayıtları için orjinal spektrum eğrileri 62
Şekil 4.22 Ölçeklendirilmiş spektrum eğrileri 63
Şekil 5.1 Bir katta DDS olması durumu için tepe yerdeğiştirmesi 64
Şekil 5.2 Bir katta DDS olması durumunda göreli kat ötelenmelerinin kat yüksekliğine oranı, WX. 65
Şekil 5.3 EQ-01 için tepe yerdeğiştirmesi 66
Şekil 5.4 EQ-02 için tepe yerdeğiştirmesi 66
Şekil 5.5 EQ-03 için tepe yerdeğiştirmesi 66
Şekil 5.6 EQ-04 için tepe yerdeğiştirmesi 67
Şekil 5.7 EQ-05 için tepe yerdeğiştirmesi 67
Şekil 5.8 EQ-06 için tepe yerdeğiştirmesi 67
Şekil 5.9 EQ-07 için tepe yerdeğiştirmesi 68
Şekil 5.10 EQ-08 için tepe yerdeğiştirmesi 68
Şekil 5.11 EQ-09 için tepe yerdeğiştirmesi 68
Şekil 5.12 EQ-10 için tepe yerdeğiştirmesi 69
Şekil 5.13 EQ-11 için tepe yerdeğiştirmesi 69
Şekil 5.14 EQ-01 için taban reaksiyonu 70
Şekil 5.15 EQ-02 için taban reaksiyonu 70
Şekil 5.16 EQ-03 için taban reaksiyonu 70
Şekil 5.17 EQ-04 için taban reaksiyonu 71
Şekil 5.18 EQ-05 için taban reaksiyonu 71
Şekil 5.19 EQ-06 için taban reaksiyonu 71
Şekil 5.20 EQ-07 için taban reaksiyonu 72
Şekil 5.21 EQ-08 için taban reaksiyonu 72
Şekil 5.22 EQ-09 için taban reaksiyonu 72
Şekil 5.23 EQ-10 için taban reaksiyonu 73
Şekil 5.24 EQ-11 için taban reaksiyonu 73
Şekil 5.25 Bir katta DDS olması durumunda göreli kat ötelenmelerinin kat yüksekliğine oranı, EQ-01. 75
Şekil 5.26 WX yük durumunda tepe yerdeğiştimesi 76
Şekil 5.27 WX yük durumunda en uygun konumlar 77
Şekil 5.28 WX yüklemesinde birinci DDS değişken ikinci DDS 40. katta sabit 78
Şekil 5.29 Doğrusal olmayan statik analiz veri girişi ekranı 79
Şekil 5.30 Doğrusal olmayan zaman tanım alanında hesap için veri girişi ekranı 80

Şekil 5.31 EQ-01 yük durumunda tepe yerdeğiştirmesi 81
Şekil 5.32 EQ-01 yük durumunda en uygun konumlar 82
Şekil 5.33 EQ-01 yüklemesinde birinci DDS değişken ikinci DDS 40. katta sabit 83
Şekil 5.34 Taban reaksiyonuna göre en uygun konum 84

KISALTMALAR

AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
BRB	: Buckling Restrained Braced
CTBUH	: Council on Tall Buildings and Urban Habitat
DD-1	: 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-2	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3	: 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-4	: 50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DDS	: Dıştan Destek Sistemi (Outrigger)
ETABS	: Extended Three-dimensional Analysis of Building System
EQ-01	: 1999 Düzce depreminin Lamont362 istasyonuna ait kuvvetli yer hareketi ivme kaydı
EQ-02	: 1999 Düzce depreminin Lamont1061 istasyonuna ait kuvvetli yer hareketi ivme kaydı
EQ-03	: 1980 Irpina depreminin Bisaccia istasyonuna ait kuvvetli yer hareketi ivme kaydı
EQ-04	: 1980 Irpina depreminin Calitri istasyonuna ait kuvvetli yer hareketi ivme kaydı
EQ-05	: 1999 Kocaeli depreminin Arçelik istasyonuna ait kuvvetli yer hareketi ivme kaydı
EQ-06	: 1999 Kocaeli depreminin Düzce istasyonuna ait kuvvetli yer hareketi ivme kaydı
EQ-07	: 1999 Kocaeli depreminin Gebze istasyonuna ait kuvvetli yer hareketi ivme kaydı
EQ-08	: 1992 Landers depreminin Joshua Tree istasyonuna ait kuvvetli yer hareketi ivme kaydı
EQ-09	: 1992 Landers depreminin Morongo Valley Fire istasyonuna ait kuvvetli yer hareketi ivme kaydı
EQ-10	: 1971 San Fernando depreminin Castaic istasyonuna ait kuvvetli yer hareketi ivme kaydı
EQ-11	: 1971 San Fernando depreminin Lake Hughes istasyonuna ait kuvvetli yer hareketi ivme kaydı
KM	: Kemer Makas (Belt truss)
MIDAS	: Yapısal Analiz Programı
PEER	: Pacific Earthquake Engineering Research Center
SeismoMatch	: Deprem ivme kayıtlarını ölçeklendirme yazılımı
TBDY-2018	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018
ZC	: Yerel zemin sınıfı tipi

SEMBOLLER LİSTESİ

c_0 : Orografi katsayısı
c_{dir} : Yön faktörü
c_r : Pürüzlülük katsayısı
c_{pe} : Basınç katsayısı
c_{season} : Mevsimsel faktör
d/2 : Çekirdek merkezinden dış kolona mesafe
EI : Perde çekirdek eğilme rijitliği
$(EI)_o$: DDS'nin eğilme rijitliği
$(EA)_c$: Kolon eksenel rijitliği
H : Bina yüksekiği
hr : Trapez sac hadve kalınlığı
hs : Kesme kaması uzunluğu
I_v : Türbülans hassaslığı
k_r : Arazi katsayısı
M_1 : 1. DDS'nin çekirdekte oluşturduğu eğilme momenti
M_2 : 2. DDS'nin çekirdekte oluşturduğu eğilme momenti
M_i : 2. DDS'nin çekirdekte oluşturduğu eğilme momenti
PGA : En büyük yer ivmesi
PGV : En büyük yer hızı
q_p : Maksimum rüzgar basıncı
S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
$S_{ae}(T)$: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi [g]
S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
sr : Hadve aralığı
S_s : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
T : Doğal titreşim periyodu [s]
T_A : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_B : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
tc : Döşeme kalınlığı
T_L : Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]
$V_{b,0}$: Rüzgar hızının temel değeri
V_b : Esas rüzgar hızı,
v_m : Ortalama rüzgar hızı
w : Düzgün yayılı yük
wrt : Üst hadve genişliği
wrb : Alt hadve genişliği

$\mathbf{x_1}$	: Birinci DDS'nin bina tepesine mesafesi
$\mathbf{x_2}$	: İkinci DDS'nin bina tepesine mesafesi
$\boldsymbol{z_0}$	: Pürüzlülük uzunluğu
$\boldsymbol{z_{min}}$	: Minimum yükseklik
$\boldsymbol{\theta_1}$	: Birinci DDS dönme açısı
$\boldsymbol{\theta_2}$	: İkinci DDS dönme açısı
$\boldsymbol{\Delta_0}$	: Yatay yerdeğiştirme

ÖZGEÇMİŞ

İlhan Emre İnam

Yapı Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Eğitim

Derece	*Yıl*	*Üniversite, Enstitü, Anabilim/Anasanat Dalı*
Y.Ls.	2020	Maltepe Üniversitesi, Lisansüstü Enstitüsü Yapı Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı
Ls.	2003	İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İş/İstihdam

Yıl	*Görev*
2011 -	Mühendislik Danışmanı, EIP Proje&Mühendislik
2006 - 11	Poje Mühendisi, Çimtaş A.Ş.
2003 - 06	Teknik Ofis Mühendisi, Mitaş A.Ş.

Mesleki Birlik/Dernek Üyelikleri

Yıl	*Kurum*
2003 - Üye:	TMMOB/İnşaat Mühendisleri odası

Kişisel Bilgiler

Doğum yeri ve yılı : Mersin, 1980 Cinsiyet: E
Yabancı diller : İngilizce (çok iyi)
e-posta : ieinam@gmail.com

BÖLÜM 1. GİRİŞ

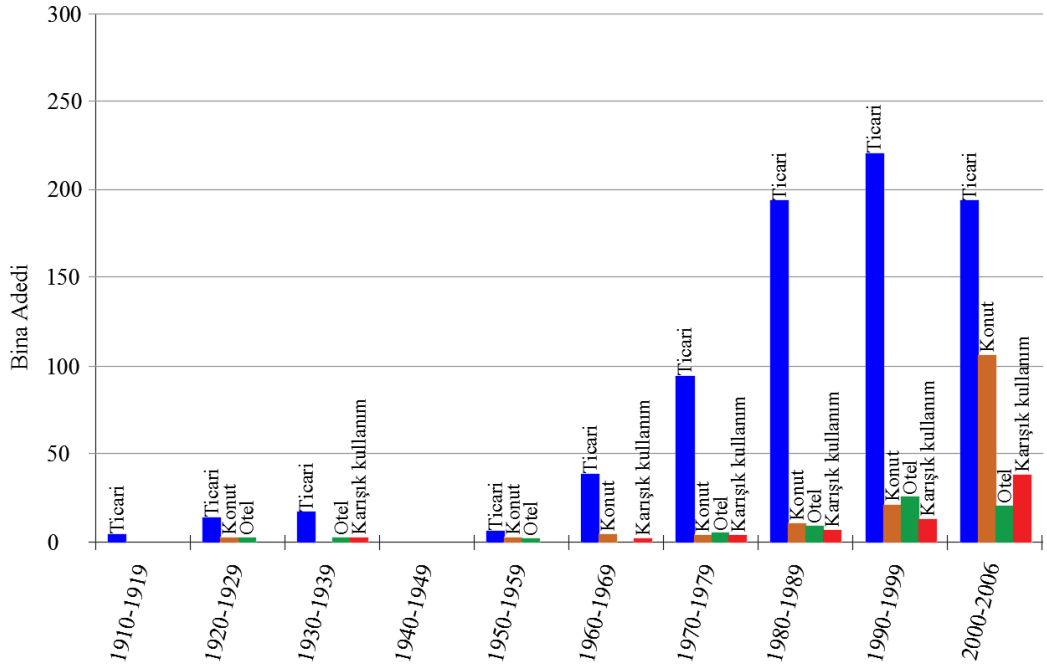
Yüksek kuleler ve binalar medeniyetin başlangıcında savunma ve müteakiben dini amaçlar için yapılmıştı. 1880'lerde başlayan modern yüksek bina inşaatlarındaki büyüme ise büyük ölçüde ticari, prestij ve konut amaçlı olmuştur. Yüksek ticari binalar, öncelikle ticari faaliyetlerin birbirine yakın olması talebine cevaben ortaya çıkmıştır. Netice olarak şehir merkezine olan talepte de artış olmuştur. Ayrıca, bazı yüksek binalar sembol binalar olarak nitelendirildikleri için, şehir merkezlerinde prestij sembolleri olarak yüksek ticari yapılar sıklıkla geliştirilmiş ve günümüzde de geliştirilmeye devam edilmektedir. Yüksek binaların artışına bir diğer neden olarak, iş dünyasının ve turistlerin hareket kabiliyetlerinin ve ulaşım imkanlarının artmasıyla birlikte, şehir merkezindeki otel konaklamalarına daha fazla ihtiyaç duyulması da gösterilebilir [1].

Mir ve diğ. [2] yaptıkları çalışmaya göre yüksek binalar genellikle ticari ofis binaları olarak kullanılmaktadır. Diğer kullanım amaçları, örneğin konut, otel veya karma kullanım, amacıyla inşa edilen yüksek binaların 1910 ile 2006 yılları arasındaki gelişimi Şekil1.1'de gösterildiği gibidir.

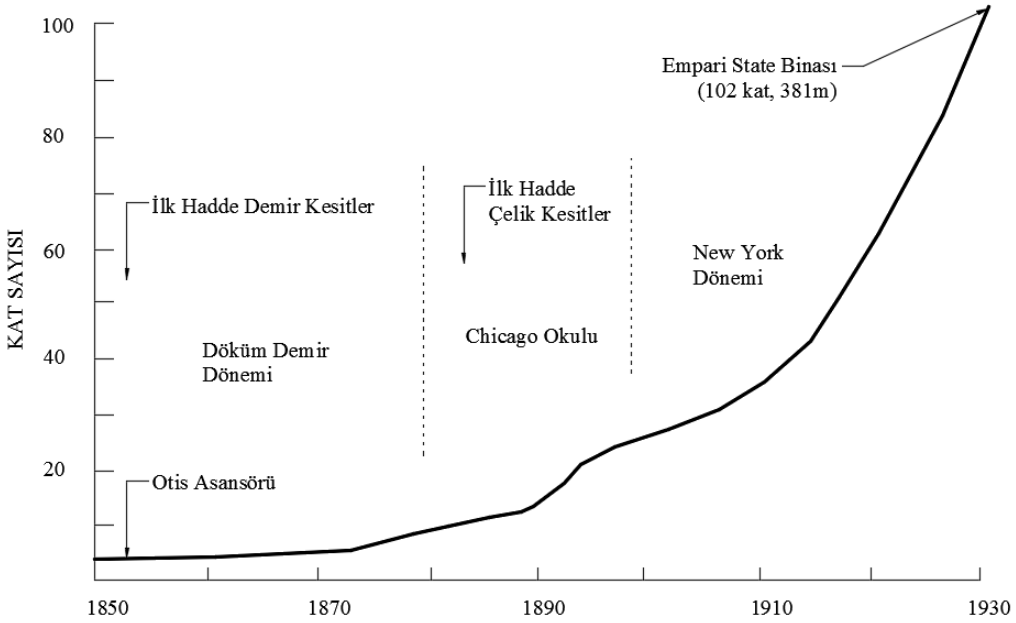
Yüksek binaların yapılabilirliği mevcut malzemelere, inşaat teknolojisinin seviyesine ve binanın kullanımı için gerekli hizmetlerin geliştirilmesine bağlı olmuştur. Daha yüksek mukavemetli ve yapısal olarak daha verimli malzemelerin geliştirilmesi, işlenmiş demirdeki, daha sonra yapısal çelikteki gelişmeler ve asansör teknolojisindeki ilerlemeler yüksek katlı binaların artmasına büyük katkılar sağlamıştır. Her ne kadar asansör teknolojisindeki gelişmeler daha önce olsa bile, yüksek binalardaki potansiyeli, 1870 yılında New York şehrinde inşa edilen *Equitable Life Insurance* binasında anlaşılmıştır. Böylece ilk defa, üst katlar da alt katları kiralamak kadar cazip hale gelmiştir. Sonuç olarak daha yüksek binaların yapılmasını finansal olarak uygun kılmıştır. 1931 yılında inşası tamamlanan 102 katlı 381m yüksekliğindeki çelik konstrüksiyon *Empire State Building* ile yüksek binalar bu süreçte doruğa ulaşmıştır (Şekil 1.2) [1].

1930'lu yıllarda yaşanan ekonomik buhran döneminde yüksek binaların gelişimleri sekteye uğramıştır. Bu duraklama dönemi II. Dünya Savaşından birkaç yıl sonrasına kadar sürmüştür. Bu dönemden sonra, yükseklikte önemli artışlar sağlanması

yerine, yeni teknolojik gelişmeler yeni yapısal sistemler, iyileştirilmiş malzeme özellikleri ile daha iyi tasarım ve yapım ve montaj teknikleri ortaya çıkmıştır. Bu nedenle ta ki 1973 yılına gelinene kadar *Empire State Binası*'nın yüksekliğini geçen herhangi bir bina inşa edilmemiştir. 1973 yılında New York şehrindeki *Dünya Ticaret Merkezi (World Trade Center)* 110 kat ve 412m yüksekliğe ve hemen akabinde 1974 yılın Chicago şehrinde inşa edilen *Sears Tower* 442m yüksekliğe ulaşarak, yaklaşık 42 sene sonra *Empire State Binası*'nın yüksekliğini aşan binalar olmuşlardır.



Şekil 1.1 Yüksek binaların kullanım amaçları [2]

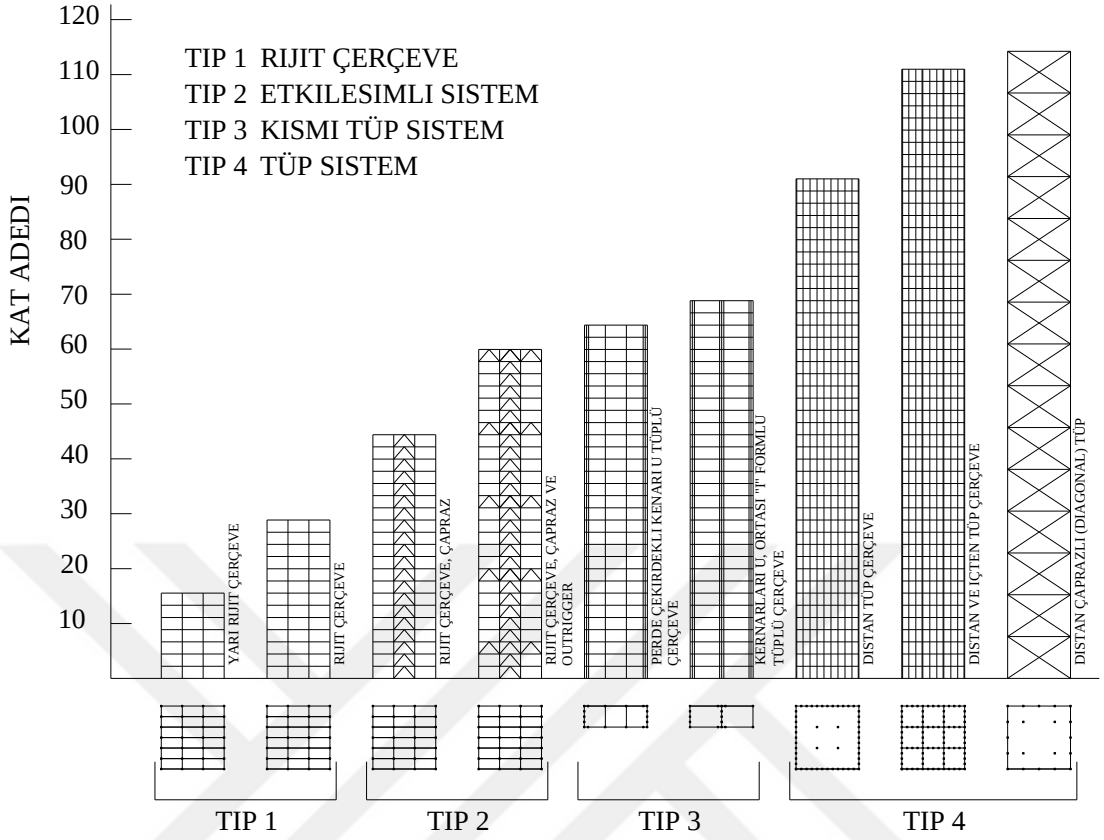


Şekil 1.2 1930 yılına kadar Amerikan yüksek binaların gelişimi [1]

Bu tez çalışmasında yüksek binalarda kullanılan yanal yük taşıyıcı sistemlerinden birisi olan Dıştan Destek Sistemi (Outrigger) ele alınacaktır. Söz konusu taşıyıcı sistemin isimlendirilmesi için TBDY-2018 bilgilendirme eki madde 13A.1.17'de kullanıldığı gibi ilk bölümlerde *Dıştan Destek Sistem (outrigger)* şeklinde kullanılmıştır. İlerleyen bölümlerde ise kısaltma olarak *DDS* şeklide kullanılmıştır. Her ne kadar bu tez çalışmasının ana konusu dıştan destek sistemli (DDS'li) çelik binalar olsa da, yüksek binalarda kullanılan diğer temel taşıyıcı sistemler hakkında da bilgiler verilmiştir.

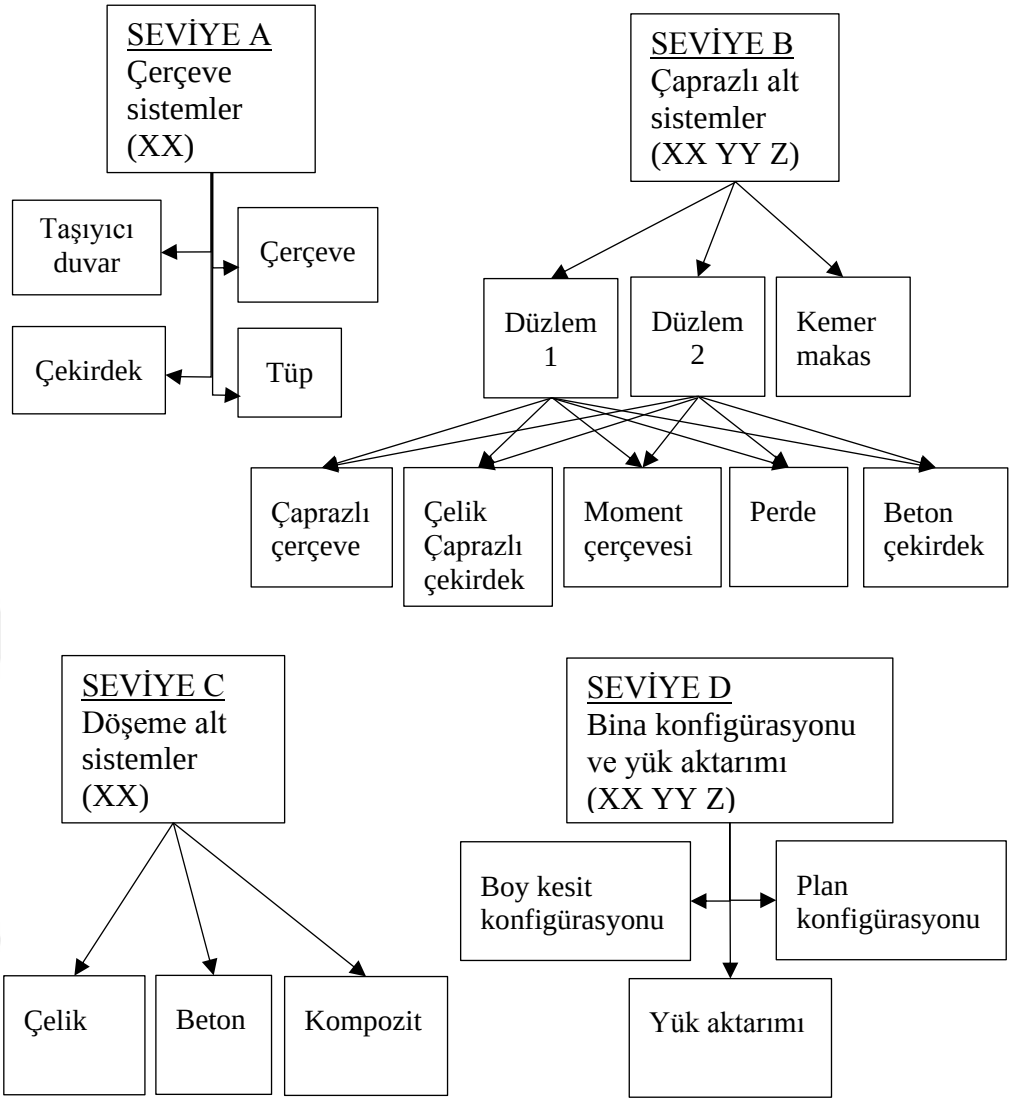
1.1 Yüksek Binalarda Kullanılan Taşıyıcı Sistem Çeşitleri

Geçmişten günümüze yüksek binalarda kullanılan yapı sistemleri sınıflandırılırken en önemli ve belirleyici etmen yanal yüklere karşı göstereceği direnç olmuştur. 1984 yılında CBTUH, yüksek binaların yapısal sistemlerine göre sınıflandırılması için titiz bir metodoloji geliştirmeye çalıştı. Sınıflandırma şeması çerçeve sistem odaklı dört tip seviyesine göre belirlenmiştir (**Şekil 1.3**).



Şekil 1.3 Yapı sistemlerinin karşılaştırılması [3]'den değiştirilerek düzenlenmiştir

Yukarıda bahsedilen bu dört tipi kendi içinde daha alt gruplara ve sistemlere ayırmak mümkündür (**Şekil 1.4**). Herhangi bir kataloglama şeması, yanal yük direncine öncelikli olarak odaklanmasıyla birlikte, yüksek binalarda kullanılan alt sistemlerin yük taşıma fonksiyonu nadiren bağımsızdır. Yüksek binalarda düşey yük taşıyıcı sistemi ve yanal yük taşıyıcı sistemi birlikte kullanmak etkili bir çözüm olmaktadır. Tüm yapıda *döşeme sistemlerinin* ve *yanal yük taşıyıcı sistemlerinin* iyi bir yapısal muhakemeyle kullanılması çok önemli olmasına rağmen, genellikle *döşeme sistemleri* ve *yanal yük taşıyıcı sistemleri* kısmi olarak bağımsız olarak düşünmek mümkündür.



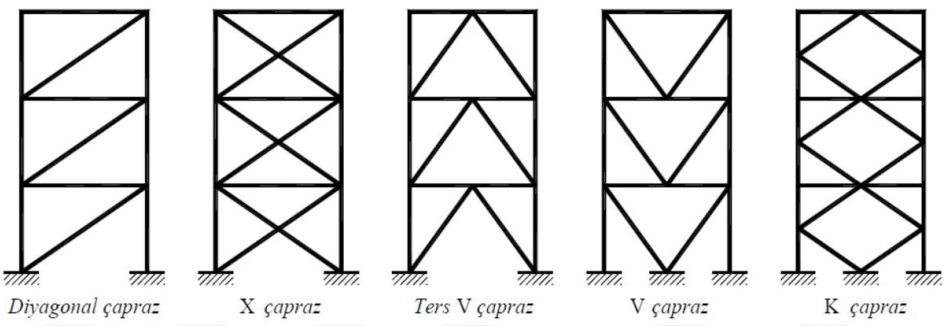
Şekil 1.4 Yapısal sistemlerin sınıflandırılması [4]

Bu çalışmada döşemelerde kullanılan sistemlere değinilmemiştir. Çalışmada DDS detaylı bir şekilde ele alınacağından ve DDS'nin de etkili bir yanal yük taşıyıcı sistemlerinden birisi olması nedeniyle, yanal yük taşıyıcı sistemlere yer verilecektir. Bu sistemler sırasıyla aşağıdaki alt başlıklar altında ele alınmıştır.

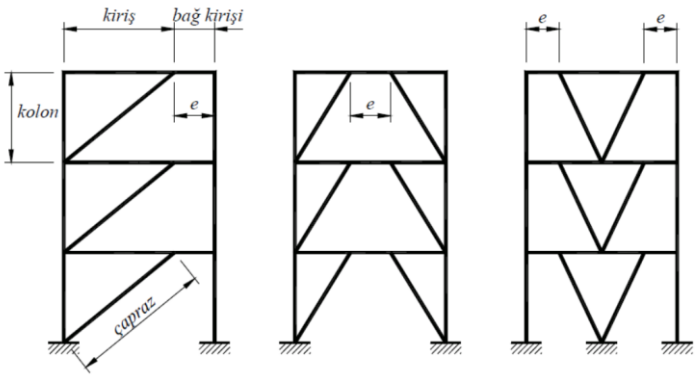
1.1.1 Çaprazlı Sistemler

En sık kullanılan taşıyıcı sistemlerdendir. Genellikle çelik taşıyıcı sistemli binalarda, rüzgar ve deprem etkileri nedeniyle oluşan, yatay kuvvetleri taşırlar. Bu tür sistemlerde yük aktarımı elemanların eğilme mukavemetleri yanında genellikle çapraz

çubuk elemanların eksenel kuvvet dayanımıyla sağlanmaktadır. Tasarımda ve yapısal analizlerde çubuk elemanların uç noktaları genellikle moment aktarmayacak şekilde sadece eksenel ve kesme kuvvetlerini aktaracak şekilde idealize edilirler. Çaprazlı sistemler yatay kuvvetlere karşı en etkili ve ekonomik metot olarak düşünülebilir. Bu sistemlerde çapraz elemanların uç noktaları genellikle kolon veya kiriş elemanlara bağlanmaktadır. Bu çapraz elemanlar tüm katlarda kolon veya kirişlere bağlanarak teşkil edildiklerinde bir bakıma bütün binanın düşey yönde konsol bir makas olarak davrandığı düşünülebilir. Çapraz elemanların düğüm noktalarında herhangi bir dış merkezlik verilmeden (Şekil 1.5) veya düğüm noktalarında bir miktar dış merkezlik verilerek teşkil edilirler (Şekil 1.6) [5].



Şekil 1.5 Merkezi çaprazlı çelik sistemler [5]

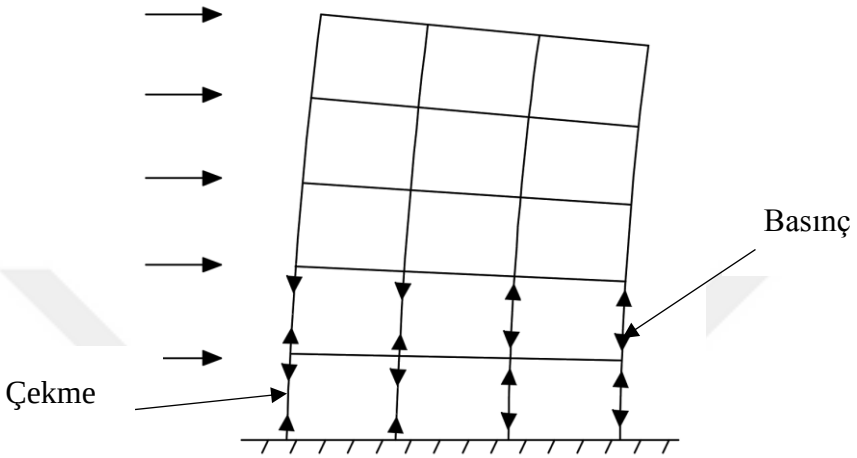


Şekil 1.6 Dış merkez çaprazlı çelik sistemler [5]

1.1.2 Rijit Moment Çerçeveli Sitemler

Yüksek binalarda kullanılan rijit moment çerçeveli sistemlerde sadece kolon ve kiriş elemanları kullanılır. Kolon ve kirişlerin birleştiği düğüm noktaları, binanın her iki doğrultusunda da, eğilme momentini aktaracak şekilde tasarlanırlar. Genellikle 25 kat

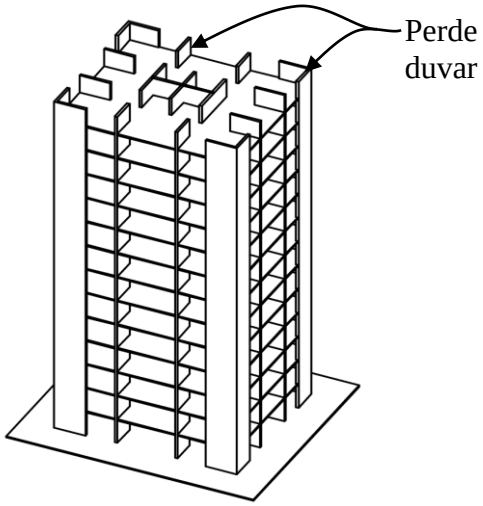
yüksekliğe kadar olan binalarda kullanılır. 25 kattan yüksek binalarda merkezi bir perde duvar veya çaprazlı çelik sistemler ile kullanılması daha uygun olur. Böylece yatay ötelenmeleri kontrol altında tutmak daha ekonomik olacaktır. Binaya etkiyen yatay kuvvetler binanın bir tarafındaki kolonlarda çekme kuvvetleri oluştururken binanın karşı tarafındaki kolonlarında ise basınç tesirleri oluşturur (Şekil 1.7).



Şekil 1.7 Yatay kuvvet etkisindeki rijit moment çerçeveli sistemin

1.1.3 Perde Duvarlı Sistemler

Perde duvarlı sistemlerde yatay yük taşıma direnci tamamen perde duvarlar tarafından sağlanmaktadır. Bu duvarlar yapısal taşıyıcılık görevinin yanında, servis çekirdeğinin, merdiven sisteminin veya odalar arasındaki bölme duvarın bir parçası olarak da kullanılırlar (Şekil 1.8).

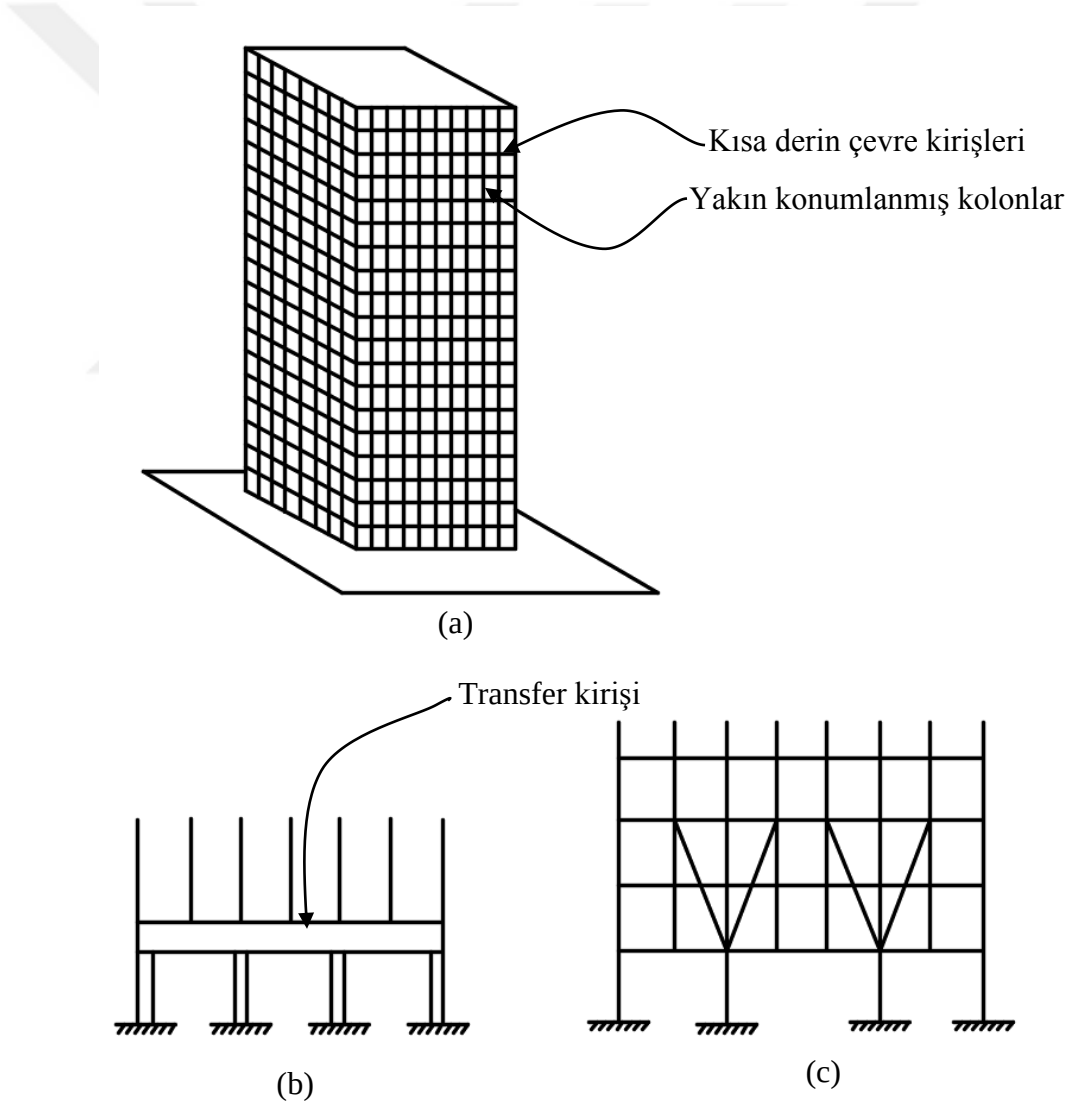


Şekil 1.8 Perde duvar sistemli bir bina

1.1.4 Çerçeveli Tüp Sistemler

Çerçeveli tüp sistemli bir bina dört dış cephesinde birine yakın olarak konumlandırılmış kolonlardan oluşturulur. Esas yatay yük taşıyan elemanlar binanın dışındaki bu kolonlardır. Böylece bina cephe düzlemlerinde mümkün olduğunca rijitlik sağlanarak bina bu dört cephe düzlemiyle sanki bir tüp gibi bir kutu kesitmiş gibi davranır. Cephedeki bu kolonlar her kat sevisinde birbirlerine kısa ve derin kirişler ile bağlanır (Şekil 1.9).

Çerçeveli tüp sistemli binalarda binanın orta bölgelerinde mümkün olduğunca az kolon yerleştirilir. Böylece mimari anlamda daha esnek ve özgür seçenekler ortaya çıkar.

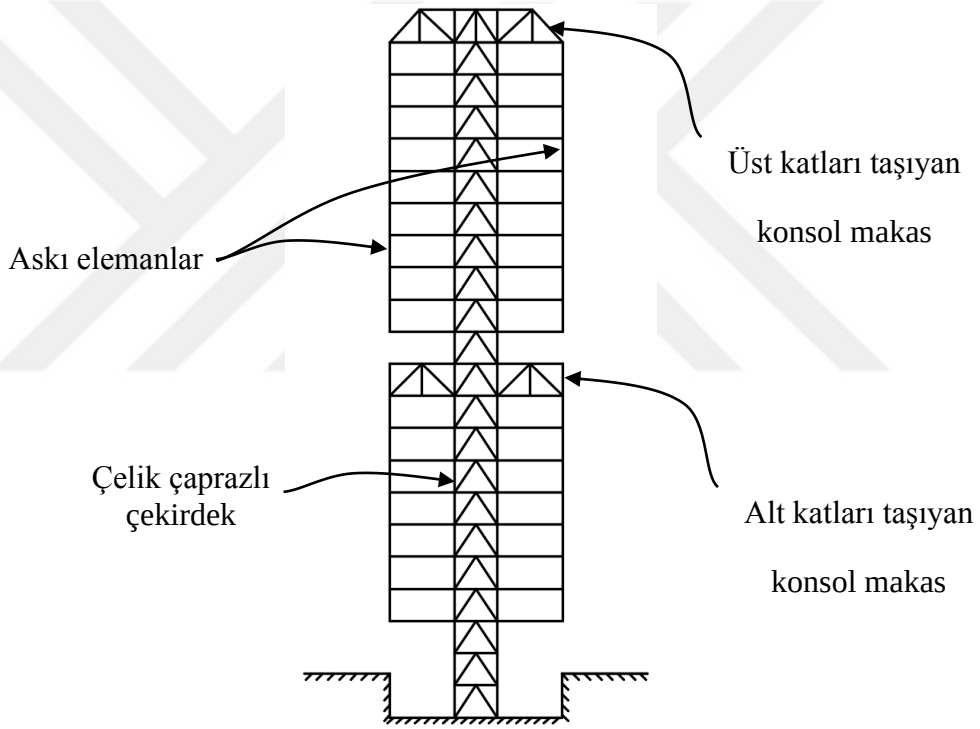


Şekil 1.9 Çerçeveli tüp sistem, (a) Perspektif (b) Tabandaki transfer kirişi (c) Tabanda kolonların toplanması

1.1.5 Askı Yapılı Sistemler

Bu tür binalar genellikle bir merkezi çekirdek sistem ve binanın en tepesinde teşkil edilen bir konsol makas ile oluşturulurlar. Bazı durumlarda ikinci bir konsol makas sistemi Şekil 1.10 ‘de görüldüğü gibi binanın orta yükseklik sevişesinde de olabilir. Kat döşemeleri, çelik halat, kablo veya plaka v.b. askı elemanları ile en tepedeki konsol makas sistemine asılarak teşkil edilirler.

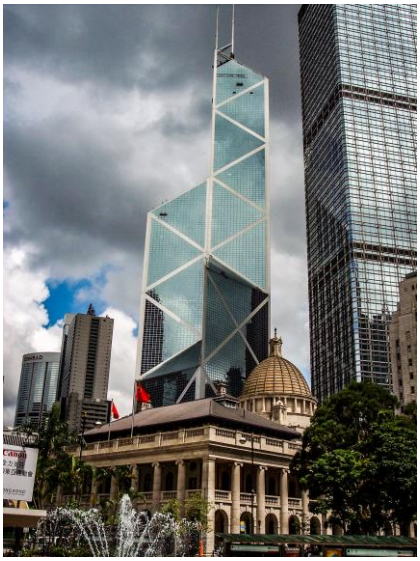
Askı yapılarda düşey yük akışı önce binanın en tepesindeki konsol makasa oradan da merkez çekirdek sisteme geçer. Yani yük akışı dolaylı bir yol ile çekirdeğe ve ardından da temele iletildiği için askı yapılarda bu durum bir dezavantaj olarak görülebilir.



Şekil 1.10 Askı yapılı bir bina

1.1.6 Uzay Kafes Sistemler

Uzay kafes sistemlerde taşıyıcı elemanlar üç boyutlu olarak teşkil edilirler. Böylece taşıyıcı elemanlar hem düşey yükleri hem de yatay yükleri taşımış olurlar. Sonuç olarak taşıma gücü yüksek daha hafif binalar elde edilebilir. Bu tür binalar için verilebilecek en önemli örnek Şekil 1.11 ‘da gösterilen Hong Kong Bank of China Binasıdır [6].



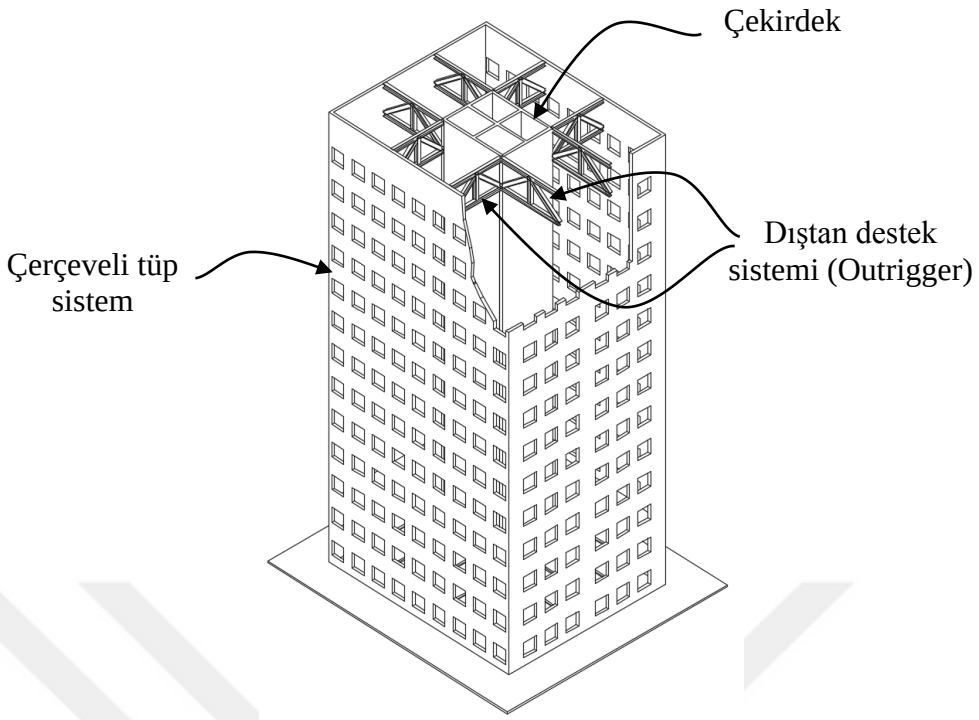
Şekil 1.11 Bank of China Building, Hong Kong [6]

1.1.7 Dıştan Destek Sistemler (Outrigger)

Bu tez çalışmasında Dıştan Destek Sistemler (DDS) üzerinde durulacaktır. DDS için detaylı anlatım ve açıklamalar bölüm BÖLÜM 3'de verilmiştir.

1.1.8 Melez Sistemler

Yüksek yapıların inşa edilmeye başlandığı ilk dönemlerde, binalar tek bir sistem ile oluşturulup, yapısal tasarım ve hesaplamalar el hesabı ile yapılmaktaydı. Fakat daha sonra bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ile daha karmaşık ve birden fazla yapı sisteminden oluşan binaların çözümlenmesi kolaylaşmıştır. Melez (Hybrid) yapı sistemleri yukarıda bahsedilen temel yapı sistemlerinin iki veya daha fazlasının beraber kullanıldığı sistemlerdir (Şekil 1.12).



Şekil 1.12 Melez yapı sistemi

1.2 Amaç

Bu tez çalışması çelik taşıyıcı sisteme sahip bir yüksek binada, tekli ve çoklu Dıştan Destekli Sistemlerin (DDS) en uygun konumlarının belirlenmesi için yapılmıştır. İlk aşamada sadece bir konumda DDS kullanılması durumunda en uygun konum araştırılmıştır. Aynı kesit özelliklerine sahip DDS her kata sırayla yerleştirilmiş ve yanal yükler etkisinde elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. İkinci aşamada iki farklı konumda DDS olması durumu için tüm kombinasyonlar dikkate alınarak sonuçlar elde edilmiştir. Yanal yük olarak hem rüzgar yükü hem de deprem yükleri kullanılmıştır. Deprem etkilerini belirlemek için gerçekleşmiş deprem kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılmıştır. En uygun konum iki kriter bakımından belirlenmiştir: İlk kriter bina tepe yatay ötelenmesi, ikinci kriter ise bina toplam taban yatay reaksiyonudur.

Dünyada çok fazla örneği olan, fakat ülkemizde çok az sayıda uygulaması olan DDS'li yüksek binaların temel davranış prensiplerinin anlaşılması ve bu alanda çalışma yapacak olan araştırmacılara örnek olması hedeflenmiştir.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Taranath [7] tek bir konumda dıştan destek sisteminin (DDS) yüksek binalarda kullanılması durumunda, bina yüksekliği H olarak kabul edildiğinde en uygun konumun 0.545H yüksekliğinde olacağını göstermiştir.

McNabb ve diğ. [8] tek bir konumda dıştan DDS kullanılması durumu için Taranath'ı doğrulamışlardır. İki farklı konumda dıştan DDS kullanılması durumunda en uygun konum olarak 0.687H ve 0.315H yüksekliğinde olacağını göstermişleridir.

Stafford ve diğ. [9] problemin çözümünü basitleştirmek adına DDS'yi eğilme rijitlikli olarak kabul etmişlerdir. Diğer taraftan DDS'nin kendi elastikiyetinin bina yatay yer değiştirmesine ve merkezdeki çekirdekte oluşan moment tesirlerine etkisi olacaktır.

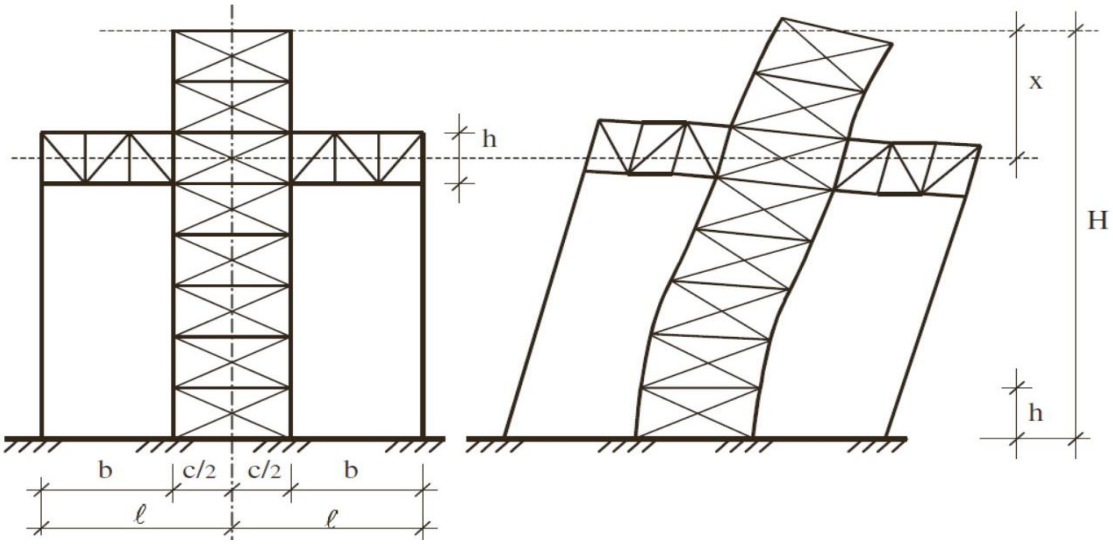
Hoenderkamp ve Snijder [10] yaptıkları çalışma ile yatay yükler etkisindeki yüksek binaların ön tasarımı için, DDS'nin binaların cephesine konumlandırıldığı durum (Façade outrigger braced frame) için basitleştirilmiş bir analiz yöntemi sunmuşlardır. Geleneksel durumda, DDS binanın merkezinde bulunan betonarme perde çekirdek veya çelik çaprazlı çekirdeğe bağlanmaktadır. Cephe dıştan destek sistemlerde (Façade outrigger braced frame) ise DDS çekirdeğe doğru değil de binanın dış cephesindeki kolon kiriş konstrüksiyonuna paralel olarak konumlandırılmaktadır. DDS'nin bina cephesinde teşkil edilmesinin faydalarından bir tanesi cephe kolonlarının da DDS'nin bir elemanı olarak, binanın yatay yük taşıma kapasine katkıda bulunmalarıdır. Bir diğer faydası ise mimari hacim kullanımı bakımında kat planlarını dik doğrultuda bölen bir DDS'nin olmayışıdır.

Hoenderkamp ve Snijder'ın ulaştıkları sonuçlar şöyledir:

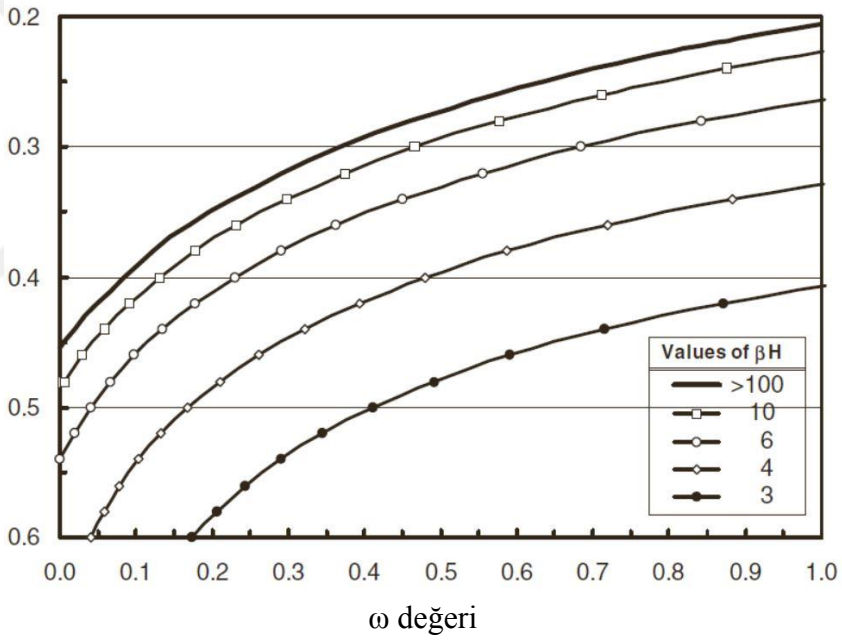
- Yatay yük etkisindeki yüksek binalarda geleneksel DDS (outrigger) davranışı ile bina cephesine konumlandırılmış DDS davranışı paralellik göstermektedir.
- Üç farklı konumda DDS kullanılması durumunda, DDS'nin kendi rijitliği de dikkate alınır ise, en uygun konumlar sırasıyla binanın en üst katı, tam orta katı ve 0.742H seviyesi olarak ortaya çıkmaktadır.

- Cephe dıştan destek sisteminin davranışını tek bir boyutsuz parametre ω ile göstermek mümkündür.
- Daha önce yapılan çalışmalardaki [9] diyagramlar düzenleme yapılmadan cephe dıştan destek sistemlerinde de kullanılabilir.
- Cephe dıştan destek sisteminin en uygun konumu, bu sistemin kendi elastikiyeti ile çok ilgilidir.
- Cephe dıştan destek sisteminin eğilme momenti ve kesme kuvveti davranışının, binanın yatay yer değiştirme miktarına ve merkezdeki çekirdeğin eğilme momentine etkisi vardır.
- Cephe dıştan destek sisteminin ön tasarımı sırasında cephe dıştan destek sisteminin eğilme ve kayma rijitliğinin etkisi ihmal edilmemelidir.
- Cephe dıştan destek sistemi kullanılan binalardaki, cephe kolonları için (sistemin bir parçası olarak katkıda bulundukları için) tek bir eksenel rijitlik parametresi kullanılabilir [10].

Hoendarkamp ve diğ. [11] 2002 yılında yaptığı bir diğer çalışma ile bir adet DDS kullanılması durumunda en uygun konum için basitleştirilmiş grafiksel bir yöntem geliştirmişlerdir. Şekil 2.1'deki grafikte yatay eksendeki değerler boyutsuz ω parametresini, düşey eksen ise en uygun konum oranını (x/H) göstermektedir. Hangi eğrinin kullanılacağını belirlemek için merkez çelik çapraz sisteminin ve DDS'nin (outrigger) rijitlik ve racking kayma rijitlik bilgileri belirlenmelidir. Çalışmada örnek olarak incelenen 29 katlı 87m yüksekliğindeki bir bina için en uygun DDS konumunun 0.673H yüksekliğinde olacağı sonucuna varılmıştır.



Şekil 1.1 Çelik çaprazlı çekirdek sistem ve DDS [11]



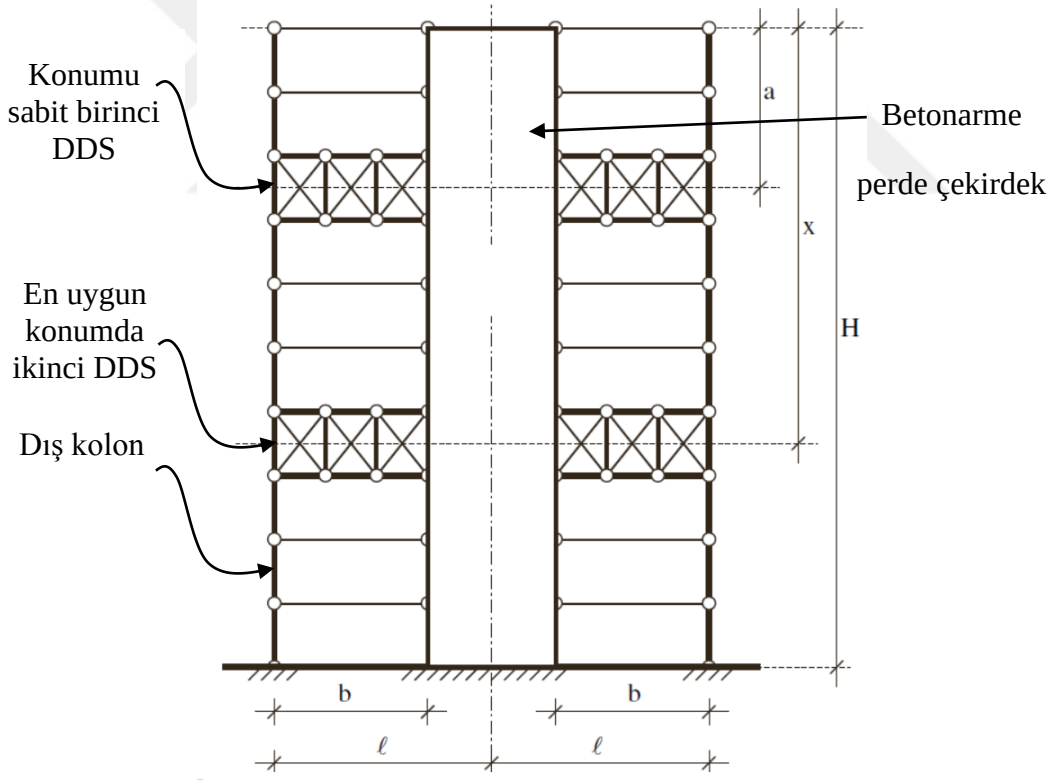
Şekil 2.1 DDS en uygun konumu [11]

Hoenderkamp ve diğ. [12] ayrı bir araştırma ile DDS 'yi binanın dış cephe çerçevelerinde konumlandığı durum için analiz etmişlerdir. DDS cephe çerçevelerinde yerleştirildiğinde merkezdeki çelik çaprazlı çekirdek sistemi ile yük transferi, katın rijit diyafram özelliği ile sağlandığı kabul edilmiştir. Bu metot ile 5 farklı rirjitlik parametresi hesaplanarak en uygun DDS konumu için grafiksel bir yöntem sunulmuştur. Çalışmada sistem esnek kabul edilip 87m yüksekliğindeki 29 katlı bina (önceki araştırmada

kullandıkları aynı bina) için en uygun DDS konumunun 0.742H yüksekliğinde olacağı elde edilmiştir.

Hoenderkamp ve diğ. [13] merkezi çekirdeğin betonarme perde ile teşkil edildiği, DDS'ye sahip olan yüksek binalar için DDS konumunu incelenmişlerdir. Daha önceki çalışmalarda olduğu gibi 87m yüksekliğindeki 29 katlı bina örnek olarak incelenmiş ve en uygun DDS konumunun 0.673H yüksekliğinde olacağı elde edilmiştir

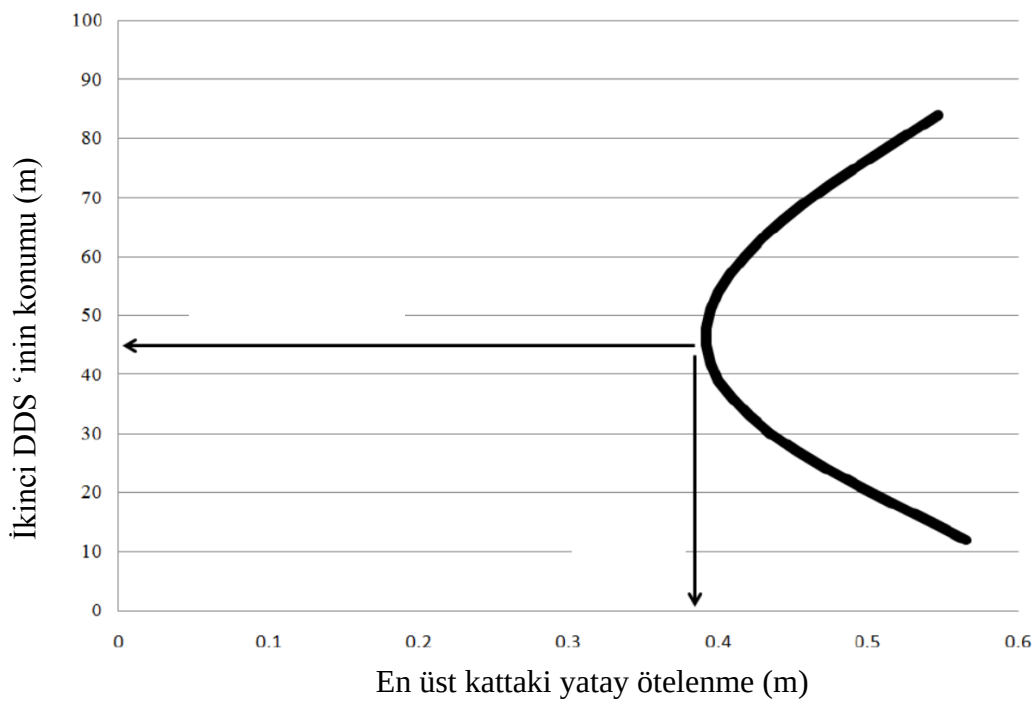
Hoenderkamp [14] iki farklı konumda DDS olduğu durumlar için en uygun konumu araştırmıştır. Şekil 2.2 'de görüldüğü gibi üst kotta bulunan DDS konumu sabit tutulmuş ve alt kotta konumlanan DDS için en uygun konum araştırılmıştır. Örnek olarak 87m yükseklikli 29 katlı bir bina incelenmiştir. Birinci DDS en üst katta sabit tutlarak ikinci DDS 'inin konumu en uygun olarak onbeşinci katta elde edilmiştir. Yani sabit olmayan ikici DDS'nin 0.483H yüksekliğinde olacağı elde edilmiştir.



Şekil 2.2 Betonarme perde çekirdekli iki DDS 'li bina kesiti [14]

Gerasimidis [15] yanal yük olarak sadece rüzgar yükünü dikkate almış ve en uygun ikinci DDS konumunu araştırmıştır. Rüzgar yükünü düzgün yayılı yük olarak binaya etkitmiştir. İdealize ettiği bilgisayar analiz modelini iki boyutlu olarak kurmuş,

merkezde betonarme perde çekirdek, dış kolonlar ve aynı kesit ve geometrik özelliklere sahip DDS‘yi dikkate almıştır. Başka bir deyişle DDS’lerin eşit rijitliklere sahip olduğunu kabul etmiştir. Kat kirişlerini analiz modeline dahil etmeyerek, bu kirişlerin binanın yatay stabilitesine olan katkılarını ihmal etmiştir. Düşey yük olarak hareketli yükleri dikkate almamış olup, sadece sabit yükleri düşey yük olarak yapıya etkitmiştir. Ele aldığı bina 90m yüksekliğinde ve 24 m genişliğindedir. Birinci DDS’yi binanın en üst katına yerleştirmiş ve ikinci DDS için tüm katlarda olduğu durumlar için sonuçları değerlendirmiştir. Diğer sonuçları dikkate almayıp (örneğin çekirdekte oluşan moment, dış kolonlarda oluşan tesirler v.b.) sadece binanın en tepe noktasındaki yatay ötelenmeyi dikkate alarak bir değerlendirme yapmıştır. Şekil 2.3 ‘de görüldüğü gibi en üst katta en az yatay ötelenme olduğunda, ikinci DDS‘nin konumunu 45m (0.50H) yükseklikte elde etmiştir. Diğer taraftan çekirdek perde taban momentinin en az olduğu değer için ikinci DDS‘nin konumunu 25m (0.277H) olarak elde etmiştir. Eğer ikinci DDS 21m yükseklikte konumlanırsa, birinci ve ikinci DDS‘lerde ortaya çıkan momentlerin mutlak değerce eşit olarak ortaya çıktıklarını elde etmiştir.



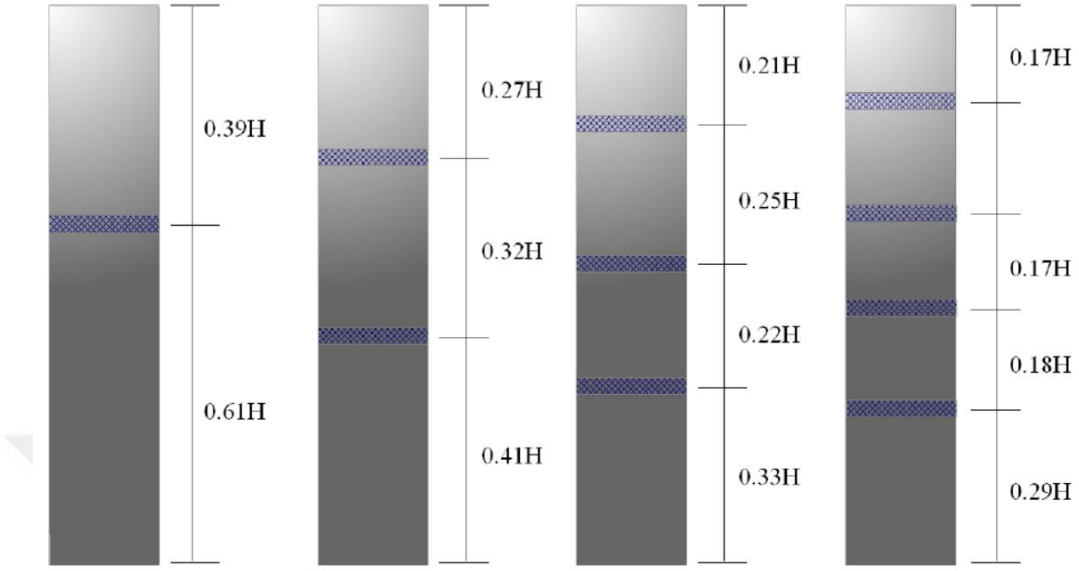
Şekil 2.3 İkinci DDS ‘inin konumuna göre en üst katta oluşan yatay ötelenme [15]

Lee ve diğ. [16] planda sekizgen şekle sahip, perde duvarlı DDS'li bir yüksek binayı irdelemişlerdir. Yazarlar çalışmalarında ortalama rijitliği ve binanın global davranışını tanımlamak için basitleştirilmiş bir metot geliştirmişlerdir. Binanın yaptığı deplasmanı baz alarak kendi geliştirdikleri yöntem ile yapısal analiz programı MIDAS ile uyumlu sonuçlar elde etmişlerdir. Yüksek binaların ön tasarım süreçlerinde bu metodun kullanılması uygun olabilir.

Pudjisuryadi ve diğ. [17] betonarme perde çekirdekli kemer makaslı sitemi olan 60 katlı yüksek bir binanın elastik ötesi davranışını ve yapısal sistemin sünekliğini incelemişlerdir. Elestik ötesi davranışı değerlendirmek için statik doğrusal olmayan artımsal itme analizi (push over) ve dinamik doğrusal olmayan zaman tanım aralığında analiz yöntemlerini kullanmışlardır. Plastik mafsallar kemer makasın üst konumunda olan kirişlerde ortaya çıkmıştır. Diğer taraftan plastik mafsallar kemer makasın alt konumunda bulunan kolonlarda da ortaya çıkmıştır. Çekirdek perde de ise plastik mafsallar alt kot seviyelerinde ortaya çıkmıştır.

Park ve diğ. [18] bir adetten başlayıp dört adet farklı konumda DDS kullanılması durumları için bir optimizasyon çalışması gerçekleştirmişlerdir. Analiz ettikleri örnek bina 100 katlı, 400m yüksekliğinde, planda 50x50m boyutunda, bina narinlik oranı (yükseklik/genişlik) 8 'dir. Merkezde betonarme perde çekirdek ve DDS'ler iki kat yüksekliğinde olacak şekilde betonarme perde olarak teşkil edilmiştir. Dış kolonlar da betonarmedir. Şekil 2.4 'da görüldüğü gibi bir adet DDS için en uygun konumu 0.61H, iki adet DDS için en uygun konumları 0.41H ve 0.73H, üç adet DDS kullanılması durumunda en uygun konumları 0.33H, 0.55H, 0.80H, son olarak dört adet DDS

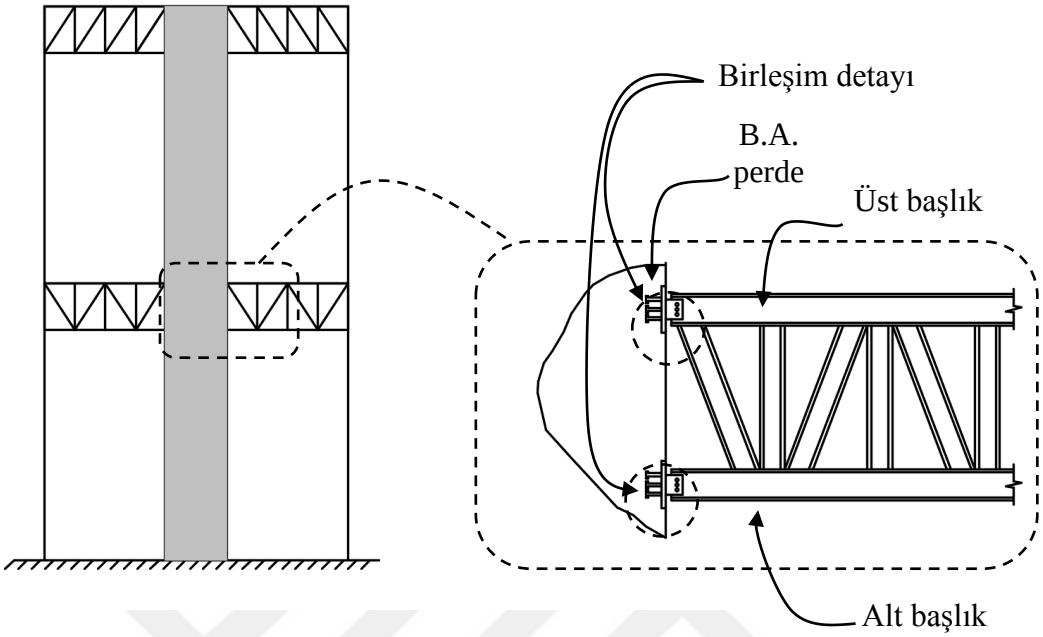
kullanılması durumunda ise en uygun konumları 0.29H, 0.47H, 0.64H ve 0.84H olarak elde etmişlerdir.



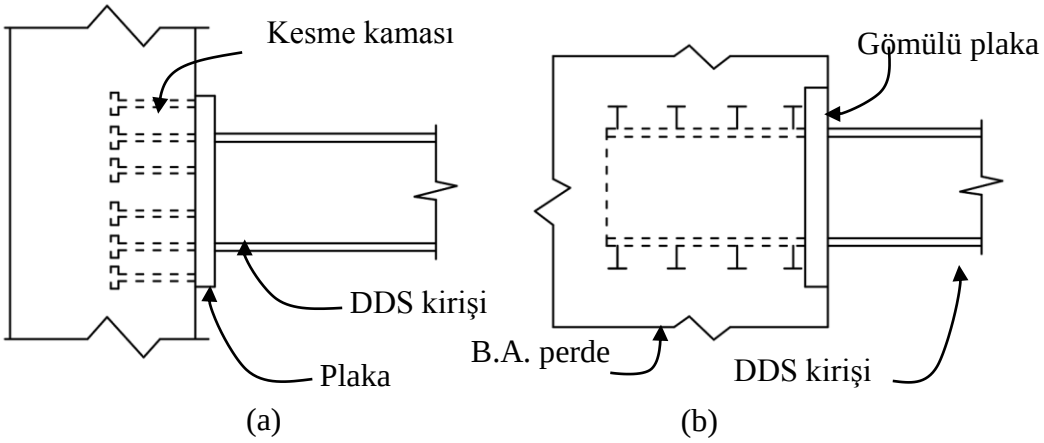
Şekil 2.4 En uygun DDS konumu [18]

DDS'nin betonarme perde çekirdek sisteme bağlantısı için genel olarak iki farklı tip birleşim detayı kullanılmaktadır. Birinci tip ile (Şekil 2.6 a) kesme kamaları doğrudan gömülü plakalara kaynatılmaktadır. Şekil 2.6 b 'de gösterilen ikinci tipte ise kesme kamaları betonun içinde gömülü bir kiriş elemana kaynatılarak yük transferi sağlanmaktadır. Netice olarak DDS'li ve betonarme perde çekirdeği olan bir yüksek

binanın performansı doğrudan DDS'nin betonarme perde çekirdek ile olan bağlantı detayının performansına bağlıdır [19].



Şekil 2.5 DDS genel görünümü ve birleşim detayı



Şekil 2.6 DDS'inin betonarme çekirdeğe bağlantı detayları

Yüksek binalarda kullanılan, bölüm 1.1'de bahsedilen, taşıyıcı sistemler yapının rijitliğini ve yanal yük taşıma kapasitesini arttırmak için ortaya çıkmıştır. Bu taşıyıcı sistemler içinde dıştan destek sistemi (DDS) planda düzgün oturuma sahip ve narin binalar için yapısal anlamda önemli avantajlar sağlamaktadır. Geçmişte yapılan araştırmalar yoğunluklu olarak DDS'nin konumu ve kaç adet kullanılması gerektiğini incelemiştir. Diğer taraftan yapı mühendisliği açısından DDS için belirlenen en uygun konum, ticari ve mimari alan kullanımı açısından en uygun konum olmayabilir. Bu

nedenle DDS'nin konumu sınırlanarak genellikle ticari getirisi daha az olan katlarda konumlanmaktadır (örneğin mekanik katlar veya sığınak katları gibi). Bu sınırlandırma nedeniyle DDS topolojisi optimum tasarım için önem kazanmaktadır. Şekil 2.7'de iki farklı DDS topolojisi örnek olarak gösterilmiştir.

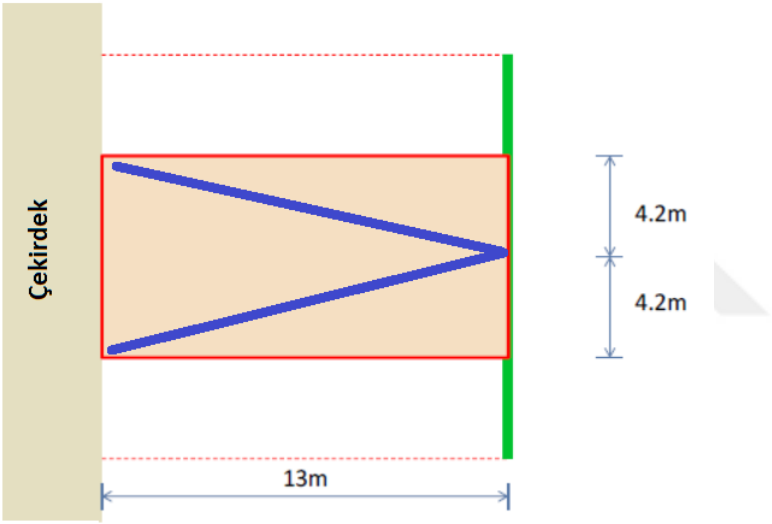


Şekil 2.7 İki farklı DDS topolojisi

Ho [20] tarafından yapılan topoloji çalışmasında Tablo 2-1'de belirtildiği gibi dört farklı tip incelenmiştir. Topoloji A ">" işareti şeklindedir. Topoloji B topoloji A ile benzer olmakla beraber sadece alt başlık elemanı kat döşemesi ile aynı seviyede olacak şekilde yatay teşkil edilmiştir. Topoloji C ve D de benzerlik göstermektedir. Tek fark topoloji D için düşey eleman kullanılmamıştır. Her farklı topolojiye sahip DDS için geçilen açıklık ve yükseklik sabit tutulmuştur. DDS'lerin uzunluğu çekirdekten dış cephe kolonlarına kadardır, yani 13m'dir. Kat yüksekliği 4.2m'dir ve DDS'ler iki katı geçecek şekilde teşkil edilmişlerdir. Örnek olarak Şekil 2.8'de toploloji A yerleşimi görünmektedir. Bahsedilen her dört farklı durum için sistemlerin ucuna düşey yönde yük etkitilmiştir. Ve oluşan deplasmanlar ve dayanımlar incelenmiştir. Sonuç olarak Topoloji A'nın en iyi seçenek olduğu değerlendirilmiştir.

Tablo 2-1 DDS topolojisi için özet tablo [20]

Topoloji				
	A	B	C	D
Malzeme	1.00	1.04	1.80	1.49
Rijitlik	√√	√	√√√√	√√√
Dayanım	√√√√	√√√	√	√√



Şekil 2.8 Topoloji A için kesit görünüş [20]

BÖLÜM 3. DIŞTAN DESTEK SİSTEMİ (OUTRIGGER)

Dıştan destek sistemi (DDS) yüksek binaların yatay ötelenmelerini sınırlandırmak, eğilme rijitlik ve kapasitelerini arttırmak için tasarlanan, binanın bir katında veya birden fazla katında teşkil edilen, rijit yapı sistemidir. DDS binanın merkezindeki çekirdek sistem ile bina dış yüzeyindeki kolonlara bağlanır. Yüksek binalarda ve dar oturum alanına sahip binalarda yaklaşık son yarım yüzyıldır kullanılmaktadır. Fakat tasarım prensibi neredeyse bin yıldan beridir bilinmektedir. En eski dıştan destek sistemi kanoya bağlanan yatay bir kiriş ile yapılmıştır. Polinezyalılar tarafından kullanılan bu sistem ile okyanuslarda kanoların sabitliği ve devrilme kapasitesi arttırılarak alabora olması önlenmiştir. Örneğin Şekil 3.1'de, kanoya tek taraftan, Şekil 3.2 ise iki taraftan bağlanan DDS görülmektedir.



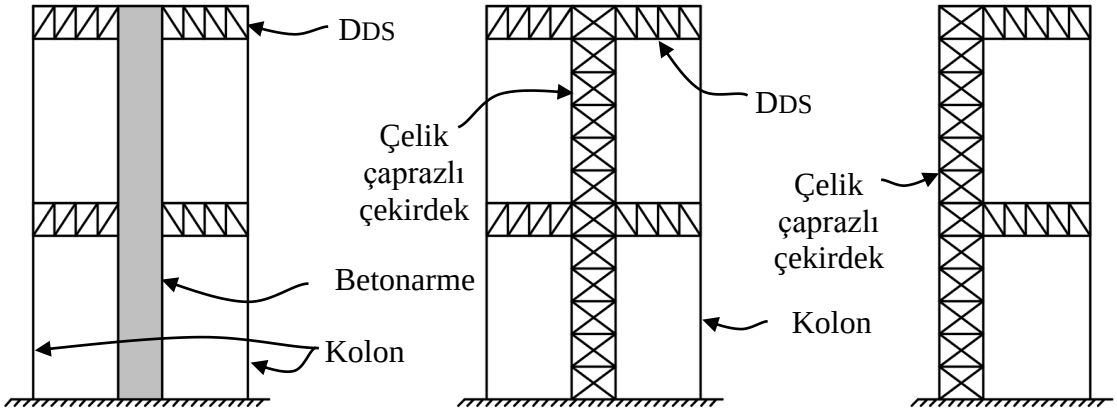
Şekil 3.1 Tek DDS kano [21]



Şekil 3.2 İki taraflı DDS kano [22]

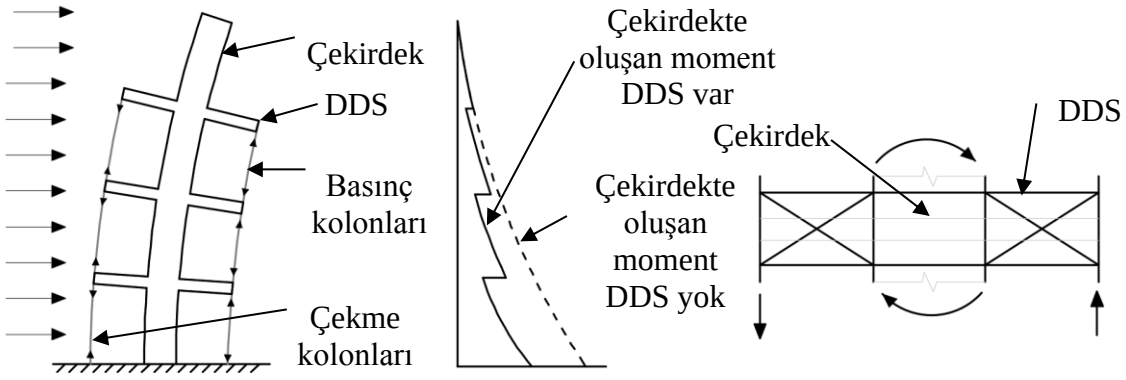
Dar bir kano büyük bir dalga geldiğinde alabora olabilir. Fakat küçük kesitli bir DDS kullanıldığında ve bu DDS'nin sağladığı kaldıraç etkisi nedeniyle kanonun alabora olması devrilmesi engellenmiş olmaktadır. Başka bir deyişle devrilme dayanımı arttırılmış olmaktadır. Aynı prensiple binalarda kullanılan DDS 'ler de binaların devrilme ve eğilme kapasitelerini arttırmaktadır. DDS kullanılan binalarda en tepedeki yatay yer değiştirme, kat ötelenmesi ve bina periyodu oldukça azalabilmektedir. Yüksek binalarda merkezde bir çekirdek ve bu çekirdekten bina dış cephesindeki kolonlara bağlanarak DDS teşkil edilir (Şekil 3.3 a ve b). Ya da çekirdek sistem planda merkezde değil de binanın kenarında da konumlanabilir (Şekil 3.3 c). Böyle bir durumda DDS kenardaki çekirdek ile karşı taraftaki dış kolonlara bağlanarak oluşturulur [3].

Deprem etkilerinin fazla olduğu bölgelerde binanın simetrik olarak tasarlanmasının bir avantaj yaratacağı aşikardır. Bu nedenle çekirdeğin planda kenarda konumlandığı tasarımların deprem etkilerinin fazla olduğu bölgelerde kullanılması uygun olmayabilir.



Şekil 3.3 DDS çeşitleri [3]

DDS (Outrigger) davranışı şöyle açıklanabilir: DDS bina dış cephesindeki kolonları çekirdeğe bağlayan rijit bir kol olarak davranır. Merkezdeki çekirdek eğilmeye çalıştığında DDS katındaki çekirdek bölgesinde oluşan eğilme etkisi binanın karşılıklı dış yüzeylerinde bulunan kolonlarında çekme ve basınç kuvvet çiftlerini oluşturur (Şekil 3.4 a, b ve c). Sonuç olarak DDS'nin bulunduğu katlarda çekirdekte oluşan moment değerleri azalış gösterir [23] [24].



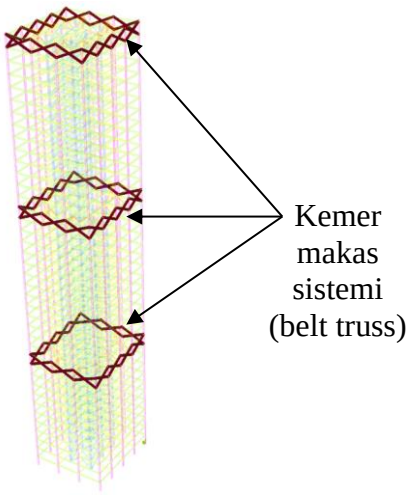
Şekil 3.4 Çekirdek ve DDS etkileşimleri [3]'den değiştirilerek düzenlenmiştir

DDS ile beraber DDS'nin bulunduğu katta, bina dış cephesinde çepeçevre kemer makas sistemler de (Belt truss) kullanılabilmektedir. Örneğin Şekil 3.5'de bina dış cephe aksına hadde H profillerden teşkil edilmiş kemer makas sistemi görünmektedir.



Şekil 3.5 Bina dış cephe aksında teşkil edilmiş kemer makas sistemi

Kemer makas sistemlerin kullanılmasıyla sistem her ne kadar bir miktar daha karmaşık hale gelse bile, bu sistemin kullanılması binanın dönme ve burulma rijitliğine olumlu katkıları olmaktadır. Bir diğer olumlu katkısı ise; DDS'nin bağlandığı kolonlara doğrudan düşey yük aktarımını sağladığı için, kolonlarda oluşan çekme kuvvetleri daha az miktarda ortaya çıkmaktadır. Böylece kolon ek birleşim detaylarında kullanılan bileşenlerin miktarı, örneğin cıvata, kaynak, ek plakası v.b. azalabilmektedir. Ayrıca bina dışında teşkil edilen bu çepeçevre kemer makas sistemler bir nevi deprem tesirlerine karşı koyan sistemler olarak da davranış göstereceklerdir. Örneğin Şekil 3.6 'de binanın üç farklı kat seviyesinde teşkil edilen çepeçevre kemer makas sistemi (belt truss) görülmektedir.



Şekil 3.6 Kemer makas sistemi

3.1 Dıştan Destek Sistemli Binaların Tarihçesi

Yukarıda da belirtildiği gibi DDS yaklaşık olarak son elli yıldan beridir yüksek binalarda kullanılmasına rağmen, farklı iş kollarında yapısal bir sistem olarak kullanılması çok daha eskilere gitmektedir. Yelkenli gemi endüstrisinde, özellikle yelkenli gemilerin rüzgara karşı dirençlerini arttırmak için, çok daha eski yıllardan beridir kullanılmaktadır.

DDS kullanılan en eski yüksek binaya örnek olarak *Place Victoria Tower* verilebilir (Şekil 3.7). *Place Victoria Tower* Kanada'nın Montreal şehrinde 1965 yılında tamamlanmıştır. 47 kata sahip 190m yüksekliğindeki bu yüksek bina DDS kullanılan ilk betonarme yüksek binadır [25].



Şekil 3.7 Place Victoria Tower [25]

Yapısal çelik kesitler ile çekirdek sistemin beraber kullanıldığı ilk binalara örnek olarak *140 William Street* (Şekil 3.8) ve *U.S. Bank Center* (Şekil 3.9) binaları verilebilir. 41 katlı 152m yüksekliğindeki *140 William Street* binası Melbourne'de 1972 yılında tamamlanmıştır. 42 katlı 183m yüksekliğindeki *U.S. Bank Center* ise Milwaukii 'de 1974

yılında tamamlanmıştır. Her iki yüksek binada da en alt, orta ve en üst katta olmak üzere, üç farklı katta DDS ve kemer makas sistemi bulunmaktadır [26], [27].



Şekil 3.8 140 William Street [26]



Şekil 3.9 U.S. Bank Center [27]

3.2 Dıştan Destek Sistemlerin Avantajları

DDS'li bir yüksek binada çekirdekte oluşan moment tesiri azalmaktadır. Böylece binanın en üst kat seviyesinde oluşan yatay yer değiştirme de azalmaktadır. DDS'li bir yüksek bina ile DDS'siz bir binada çekirdekte oluşan moment değerleri karşılaştırıldığında DDS'li binanın çekirdeğinde oluşan moment değerleri %40 mertebelerine kadar azalabilmektedir [28].

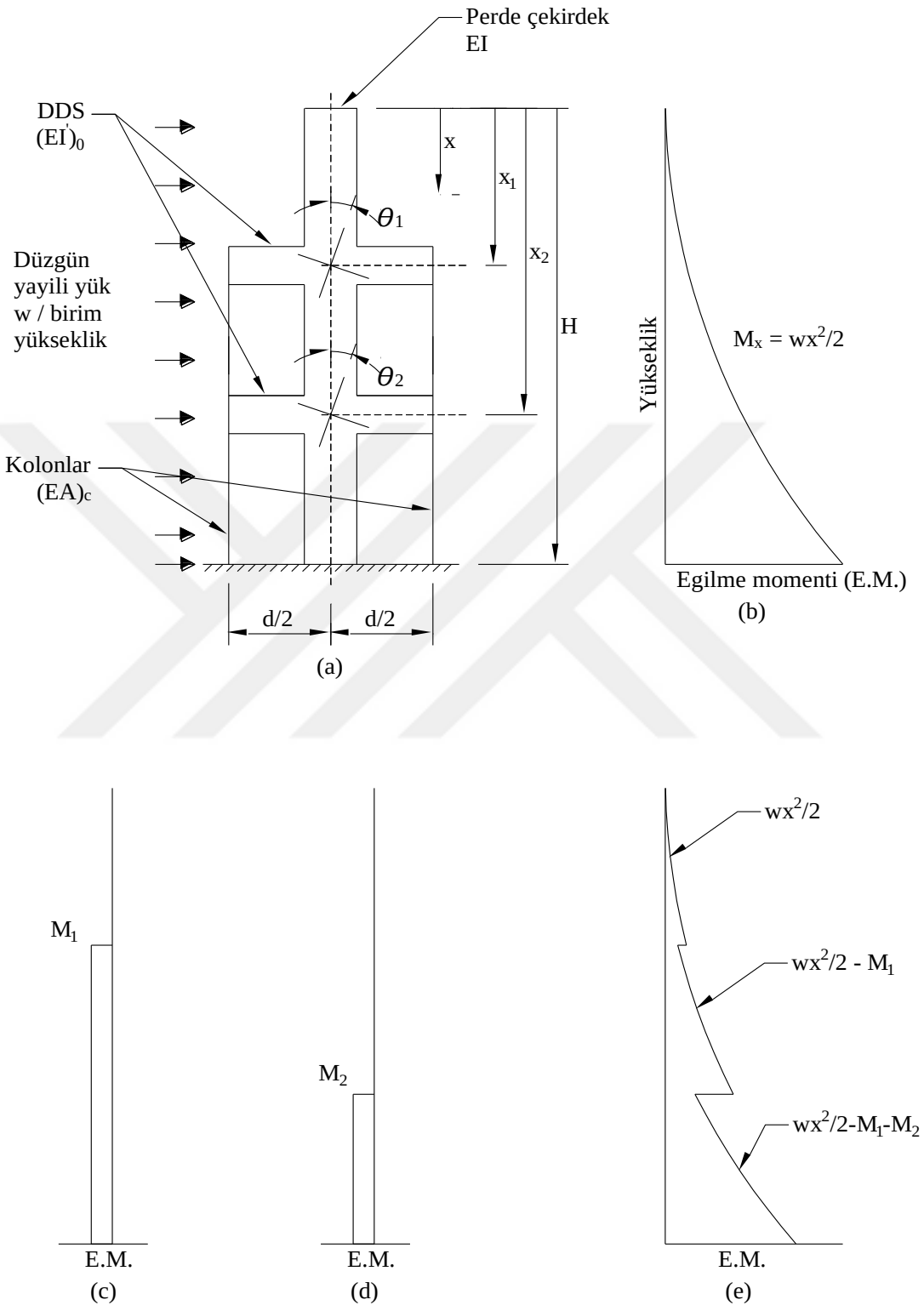
DDS'li bir binada temelde oluşan tesirler düzgün yayılım gösterir. Ayrıca temelde oluşan çekme tesirlerinde önemli ölçüde azalma olacağından temel maliyetleri de azalmış olacaktır. Binanın genel burulma rijitliğine olumlu katı sağlar. DDS'li ve çepeçevre kemer makas sistemli bir yüksek bina sadece çekirdekten oluşan bir yüksek binaya göre daha fazla burulma rijitliğine sahiptir. Birçok bina tasarımında, özellikle kare oturum formuna sahip binalarda DDS iç bölgelerdeki kolonlara bağlanarak beraber çalışırlar. Böylece bu iç kolonlar da binanın bir nevi yatay stabilite elemanı gibi görev aldıkları için riijit çerçeveli sistemlere göre daha ekonomik binalar ortaya çıkacaktır.

Binanın ani göçme dayanımına (Progressive collapse) olumlu katkı sağlar. Ani kapasite kayıplarının olduğu elemanlar veya birleşim detaylarında DDS alternatif bir yük akış yolu sağlayacağından, ani göçmeler önlenebilir. Örneğin dış çevre kolonları kemer makas sistemi ile bağlanan DDS'li bir binada, o kattaki bir kolonun kopması durumunda, o akstaki kolonlar üst kattaki zarar görmeyen kolonlara ve oradan da DDS'ye asılacağından, binanın ani göçmesi önlenmiş olacaktır [3].

3.3 Dıştan Destek Sistemlerin Dezavantajları

Bu durum bu katların mimari ve ticari açıdan etkili kullanılmamasına neden olabilir. Diğer taraftan bu problem mekanik tesisat katlarının DDS'nin olduğu bu katlara konumlandırılmasıyla aşılabilir. İkinci dezavantaj olarak montaj veya inşaat işçiliğinin geleneksel bir binaya göre daha zor olmasıdır [4].

3.4 Dıştan Destek Sistemlerin Analizi



Şekil 3.10 (a) İki DDS'li yapı, (b) Dıştaki moment diagramı, (c) M_1 diagramı, (d) M_2 diagramı, (e) Çekirdekteki bileşke moment diagramı [1]'den değiştirilerek düzenlenmiştir

Kullanılacak olan analiz yönteminde aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

- Bina lineer elastiktir.
- Kolonlar sadece eksenel yüklere maruzdurlar.
- DDS çekirdeğe, çekirdek de temele rijit olarak bağlıdır.
- Çekirdeğin kolonların ve DDS'nin kesit özellikleri tüm yükseklik boyunca aynıdır.

Analiz yönteminin açıklanmasında gerekli olan tüm adımlara basit bir şekilde sahip olması nedeniyle iki DDS'li bir analiz modeli kullanılacaktır. Analiz modeli **Şekil 3.10** a'da gösterildiği gibi düzgün yayılı yanal yüke maruz bırakılmıştır. Çekirdekte oluşan eğilme moment diagramı DDS seviyelerinde moment değerlerinin düşmesi neticesinde **Şekil 3.10** e'de göründüğü gibi ortaya çıkmaktadır. DDS seviyelerinde momentler kademeli olarak düşüş göstermektedir. Moment alanı yöntemine göre **Şekil 3.10** a'da görünen çekirdekte oluşan dönme açıları aşağıdaki formülere göre hesaplanacaktır [1];

$$\theta_1 = \frac{1}{EI}\int_{x_1}^{x_2}\left(\frac{wx^2}{2} - M_1\right)dx + \frac{1}{EI}\int_{x_2}^{H}\left(\frac{wx^2}{2} - M_1 - M_2\right)dx \tag{3.1}$$

$$\theta_2 = \frac{1}{EI}\int_{x_2}^{H}\left(\frac{wx^2}{2} - M_1 - M_2\right)dx \tag{3.2}$$

EI ve *H* sırasıyla çekirdeğin rijitliği ve yüksekliğidir. *w* düzgün yayılı yatay yükü, x_1 ve x_2 birinci ve ikinci DDS'nin tepe noktasından mesafelerini, M_1 ve M_2 ise çekirdekte oluşan moment değerlerini göstermektedir. Yukarıdaki ifadelerle elde edilen her bir dönme açısı iki farklı bileşkeden oluşmaktadır. Bunlardan birincisi kolonun eksenel deformasyonu nedeniyle ikincisi ise kolonlarda oluşan kuvvetler nedeniyle DDS'nin dış tarafında oluşan eğilme nedeniyledir.

Birinci ve ikinci seviyelerdeki DDS'lerin iç taraflarında oluşan dönmeler aşağıdaki gibi ifade edilecektir;

$$\theta_1 = \frac{2M_1(H-x_1)}{d^2(EA)_c} + \frac{2M_2(H-x_2)}{d^2(EA)_c} + \frac{M_1 d}{12(EA)_0} \tag{3.3}$$

$$\theta_2 = \frac{2(M_1+M_2)(H-x_2)}{d^2(EA)_c} + \frac{M_2 d}{12(EA)_0} \tag{3.4}$$

Dönme açıları ifadeleri eşitliklerde yerlerine yazılırsa;

$$\frac{1}{EI}\int_{x_1}^{x_2}\left(\frac{wx^2}{2} - M_1\right)dx + \frac{1}{EI}\int_{x_2}^{H}\left(\frac{wx^2}{2} - M_1 - M_2\right)dx = \frac{2M_1(H-x_1)}{d^2(EA)_c} + \frac{2M_2(H-x_2)}{d^2(EA)_c} + \frac{M_1 d}{12(EA)_0} \tag{3.5}$$

$$\frac{1}{EI}\int_{x_2}^{H}\left(\frac{wx^2}{2} - M_1 - M_2\right)dx = \frac{2(M_1+M_2)(H-x_2)}{d^2(EA)_c} + \frac{M_2 d}{12(EA)_0} \tag{3.6}$$

Denklem 3.5 ve 3.6 yeniden düzenlenirse;

$$M_1[S_1 + S(H-x_1)] + M_2 S(H-x_2) = \frac{w}{6EI}(H^3 - x_1^3) \tag{3.7}$$

$$M_1 S[(H-x_2)] + M_2[S_1 + S(H-x_2)] = \frac{w}{6EI}(H^3 - x_2^3) \tag{3.8}$$

Burada *S* ve *S1* aşağıdaki gibidir;

$$S = \frac{1}{EI} + \frac{2}{d^2(EA)_c} \tag{3.9}$$

$$S_1 = \frac{w}{6EI}(H^3 - x_2^3) \tag{3.10}$$

Yukarıdaki eşitliklerden yararlanılarak M_1 ve M_2 moment değerleri aşağıdaki gibi elde edilirler;

$$M_1 = \frac{w}{6EI}\left[\frac{S_1(H^3 - x_1^3) + S(H - x_2)(x_2^3 - x_1^3)}{S_1^2 + S_1 S(2H - x_1 - x_2) + S^2(H - x_2) - (x_2 - x_1)}\right] \tag{3.11}$$

$$M_2 = \frac{w}{6EI}\left[\frac{S_1(H^3 - x_2^3) + S[(H - x_1)(H^3 - x_2^3) - (H - x_2)(H^3 - x_1^3)]}{S_1^2 + S_1 S(2H - x_1 - x_2) + S^2(H - x_2) - (x_2 - x_1)}\right] \tag{3.12}$$

Bu iki denklemin çözümünden çekirdekte oluşan moment aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$M_x = \frac{wx^2}{2} - M_1 - M_2 \tag{3.13}$$

Tepe noktası deplasmanı moment-alan yöntemi kullanılarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$\Delta_0 = \frac{wH^4}{8EI} - \frac{1}{2EI}[M_1(H^2 - x_1^2) + M_2(H^2 - x_2^2)] \tag{3.14}$$

Yukarıda açıklanan analiz yöntemi iki DDS'li bir bina için gösterilmiştir. Benzer yöntem ikiden daha çok veya daha az DDS'li yapılar için de genel bir çözüm olarak kullanılabilir. Bunun için düzgün yayılı yanal yüke maruz yapının tabanında oluşan momenti matriks formunda ifade edilebilir [1]:

$$\begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ : \\ M_i \\ : \\ M_n \end{bmatrix} = \frac{w}{6EI} \cdot$$

$$\begin{bmatrix} S_1 + S(X - X_1) & S(H - X_2) & .. & S(H - X_i) & .. & S(H - X_n) \\ S(H - X_2) & S_1 + S(H - X_2) & .. & S(H - X_i) & .. & S(H - X_n) \\ : & : & : & : & : & : \\ S(H - X_i) & S(H - X_i) & .. & S_1 + S(H - X_i) & .. & S(H - X_n) \\ : & : & : & : & : & : \\ S(H - X_n) & S(H - X_n) & .. & S(H - X_n) & .. & S_1 + S(H - X_n) \end{bmatrix}^{-1} \quad (3.15)$$

$$\cdot \begin{bmatrix} H^3 - X_1^3 \\ H^3 - X_2^3 \\ : \\ H^3 - X_i^3 \\ : \\ H^3 - X_n^3 \end{bmatrix}$$

j'inci DDS ile j+1'inci DDS arasında çekirdekte oluşan moment bir genel ifade ile aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$M_x = \frac{wx^2}{2} - \sum_{i=1}^{j} M_i \quad (3.16)$$

Yatay deplasmanın genel ifadesi ise denklem 3.15'den M_1'den M_n'ye kadar olan momentlerin çıkarılmasıyla şu şekilde ifade edilebilir:

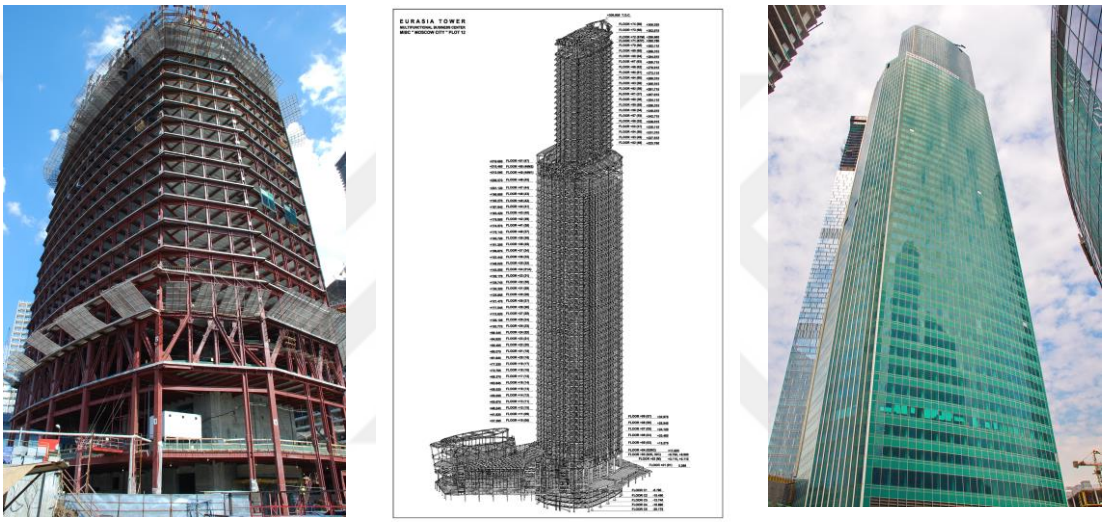
$$\Delta_0 = \frac{wH^4}{8EI} - \frac{1}{2EI} \sum_{i=1}^{j} M_i \, (H^2 - x_i^2) \quad (3.17)$$

3.5 Yakın Geçmişte Uygulanmış DDS'li Yüksek Binalar

3.5.1 Eurasia Tower

Moskova şehrinde bulunan *Eurasia Tower* 2015 yılında tamamlanmıştır (Şekil 3.11). Zemin üstünde 72 katı zemin altında 5 katı bulunan binanın yüksekliği 307 m'dir. Merkezdeki çekirdek betonarme kompozit perdelerden teşkil edilmiştir. Binada, 2. katta ve 46. katta olmak üzere toplam iki farklı konumda DDS bulunmaktadır. Çevre kolonlarında, ana kirişlerde, tali kirişlerde ve DDS'de yapısal çelik Amerikan profilleri kullanılmıştır.

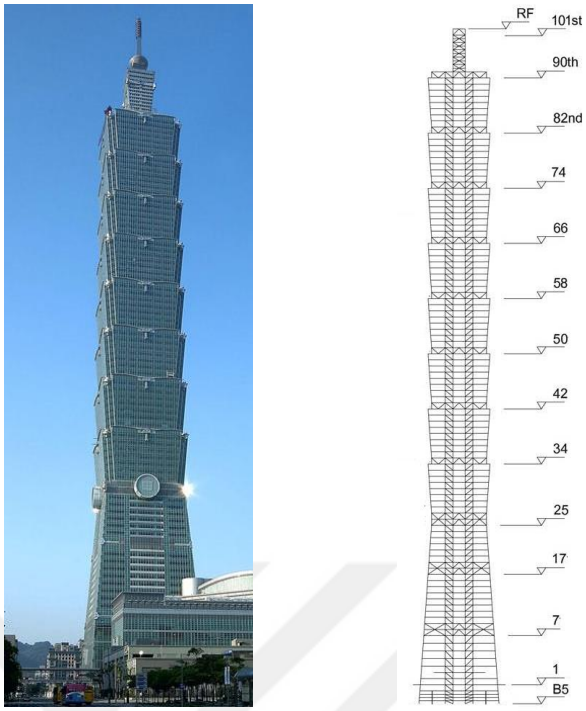
2019 yılı verilerine göre Rusya ve Avrupa'nın en yüksek 6. binasıdır. Dünyanın ise en yüksek 133. binasıdır [29].



Şekil 3.11 Eurasia Tower, Moskova

3.5.2 Taipei 101

Zemin altında 5 kata zemin üstünde 101 kata sahip *Taipei 101* binasının yüksekliği 508 m'dir. Toplam 11 farklı konumda DDS'ye sahiptir. 2019 yılı verilerine göre Çin'in en uzun 6. binasıdır. Dünyada en yüksek binalar içinde ise 10. sıradadır. Taipei şehrinde bulunan bina 2004 yılında tamamlanmıştır. *Taipei 101* salınım kontrolü için 728 ton ağırlığında TMD (Tunned Mass Damper) sönümleyiciye sahiptir [30].



Şekil 3.12 Taipei 101, Taipei [30], [31]

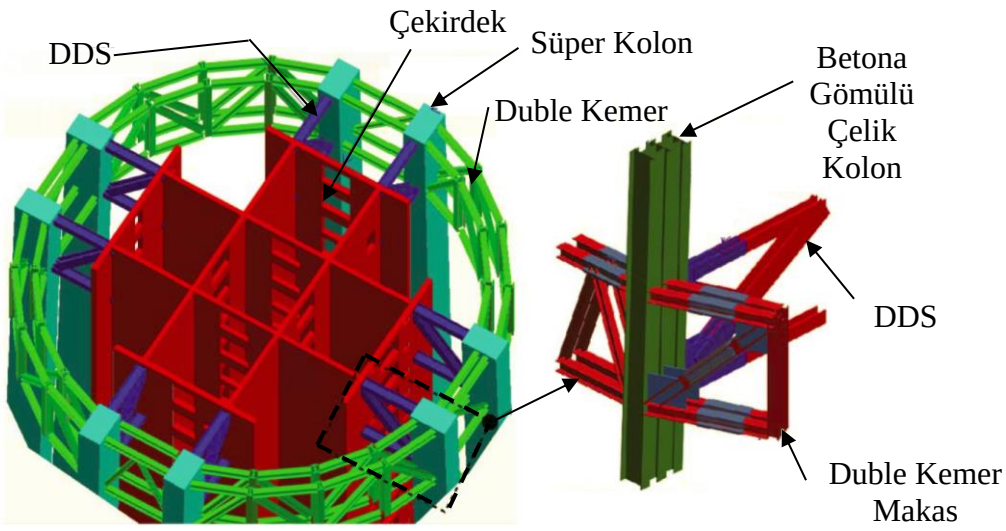
3.5.3 Shanghai Tower

2019 bilgilerine göre dünyanın en yüksek 2. binasıdır. Dönerek hareket eden sarmal dış cephe formu modern Çin'in dinamik yapısını sembolize etmektedir. Diğer taraftan bu sarmal dış cephe formu sadece benzersiz bir görünüm oluşturmasının yanında, rüzgar etkileri için önemli bir maliyet azalmasını da sağlamıştır. *Shanghai Tower* bir prestij binası olmasının yanı sıra, karma kullanımlı yüksek bir kule olması nedeniyle sürdürülebilir yaşam imkanları sağlamaktadır. Yani düşey bir şehir olarak adlandırılabilecek bu yüksek binada restoranlar, alış-veriş merkezleri, oteller bir arada yer almaktadır [32].

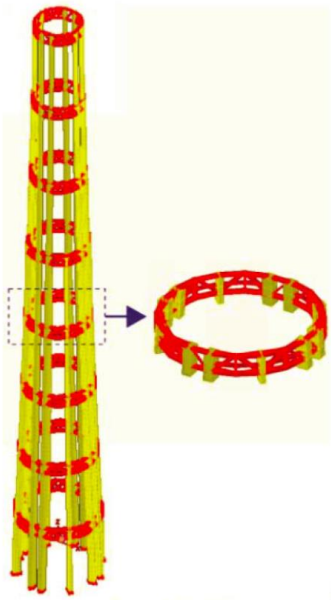


Şekil 3.13 Shanghai Tower, Shanghai [32]

Shanghai Tower'ın yapımına 2009 yılında başlanmış ve 2014 yılında tamamlandığında Çin'in en yüksek binası, dünyanın ise en yüksek ikinci binasıdır. 128 kata sahip olan binanın yüksekliği 632m'dir. Şekil 3.14'de görüldüğü gibi bina çekirdeği betonarme perdelerden teşkil edilmiş, DDS ve kemer makas sistemi yapısal çelik kesitlerden oluşturulmuştur. Süper kolonlar ise beton içine gömülü profiller konularak, yani kompozit kolon elemanları olarak teşkil edilmişlerdir. Şekil 3.15'de görüldüğü gibi toplam sekiz farklı konumda DDS kullanılmıştır [33].



Şekil 3.14 Shanghai Tower süper kolon sistemi ve DDS detayı [33]



Şekil 3.15 Shanghai Tower DDS konumları [33]

3.5.4 Jin Mao Tower

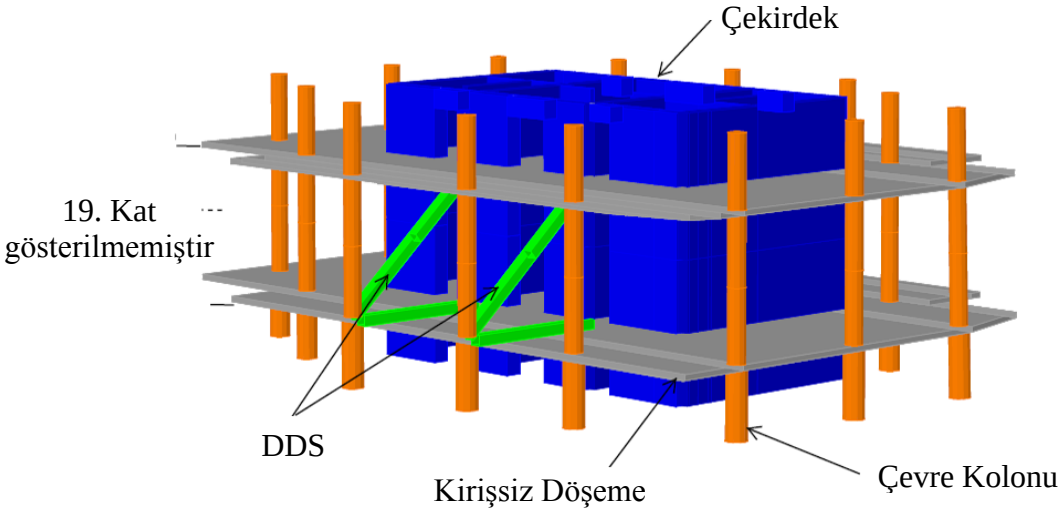
Çin'in Shanghai şehrinde bulunan *Jin Mao Tower* 88 katlı 421m yüksekliğindedir. Yapımına 1994 yılında başlanmış ve 1999 yılında tamamlanmıştır. Dünyanın en yüksek 28. binasıdır. Taşıyıcı elemanları yapısal çeliğin ve betonarmenin birlikte kullanılmasıyla, kompozit elemanlar olarak, oluşturulmuştur. Merkezdeki çekirdek betonarme perdelerden teşkil edilmiştir. Dış cephedeki mega kolonlar merkezdeki çekirdeğe DDS ile bağlanmıştır. DDS iki kat seviyesi geçecek şekilde üç farklı konumda teşkil edilmiştir. Bu üç konum için kat numaraları; 24 & 26, 51 & 53, ve 85 & 87 'dir [34], [35].



Şekil 3.16 Jin Mao Tower, Shanghai [34], [35]

3.5.5 Allianz Tower

2012 yılında yapımına başlanan *Allianz Tower* 2015 yılında tamamlanmıştır. İstanbul'da bulunan bina zemin üstünde 40 kata zemin altında 4 kata sahiptir ve yüksekliği 185.5 m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan binada *Performansa Dayalı Tasarım* yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 3.17 Allianz Tower taşıyıcı sistemler ve DDS detayları [36]

Türkiye'de DDS uygulanan ilk yüksek binadır. DDS iki kat yüksekliğinde BRB (Buckling Restraint Bracing) diagonal elemanlardan oluşturulmuştur. Şekil 3.17'da gösterildiği gibi DDS 18. katın dış cephe kenarlarından başlayarak ve 20. katta çekirdeğe birleşen RBR elemanlarından oluşmaktadır [37], [38], [39].



Şekil 3.18 Allianz Tower, İstanbul [37]

BÖLÜM 4. SAYISAL İNCELEME

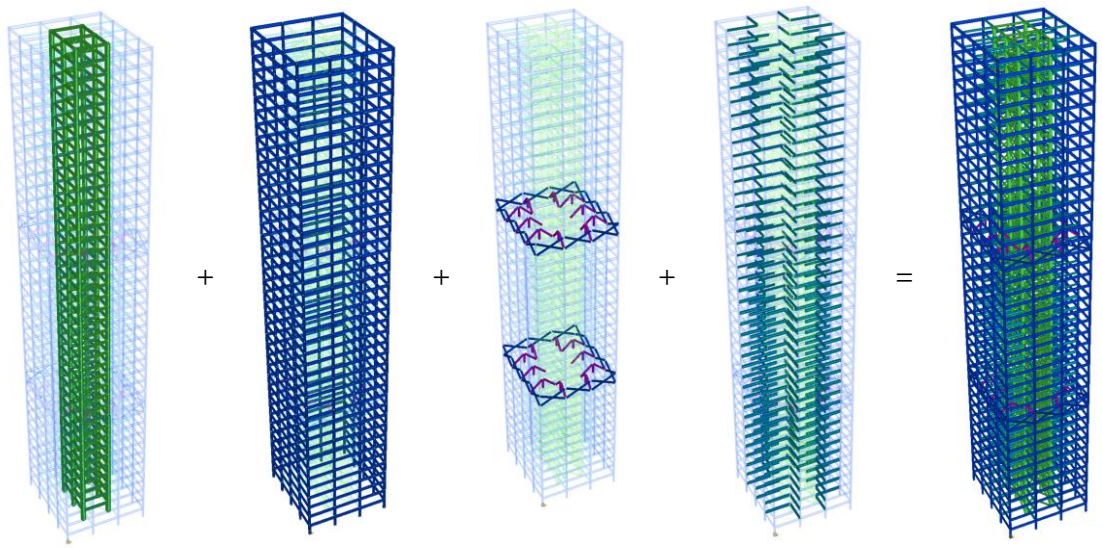
Bu bölümde incelenen yüksek bina için *U.S. Bank Center* isimli binadan esinlenilmiştir. 1973 yılında yapımı tamamlanan, *U.S. Bank Center* DDS'li ilk yüksek binalardan birisi olarak sayılmaktadır.

4.1 Yapı ve Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Bu tez kapsamında incelenecek olan yüksek bina, çelik taşıyıcı sisteme sahip, 40 katlı toplam 160m yüksekliğindedir. Planda 27m x 30m oturum alanına sahiptir. Ele alınan yüksek binayı oluşturan sistemler;

- Çekirdek
- Çevre kolon ve kirişler
- DDS ve kemer makas
- Ana kirişler
- Tali kirişler (gizlenmiştir)

olarak isimlendirilmiştir (Şekil 4.1). Merkezdeki çekirdek, çelik V çapraz sistemi ile teşkil edilmiştir.



Şekil 4.1 Yapısal sistemlerin şematik gösterimi

TS EN 1993-1-1 [40] ve TS EN 10025-2 [41] ile uyumlu olarak tüm çelik malzeme kalitesi S355 olarak seçilmiştir. Döşemeler rijit diyafram olarak tanımlanmış ve kompozit döşeme olarak teşkil edilmiştir. Katlarda kullanılan kompozit döşemeye ait bilgiler Şekil 4.2 ve aşağıda belirtildiği gibidir:

Döşeme kalınlığı, tc : 87.5 mm

Trapez sac hadve kalınlığı, hr : 75 mm

Üst hadve genişliği, wrt : 175 mm

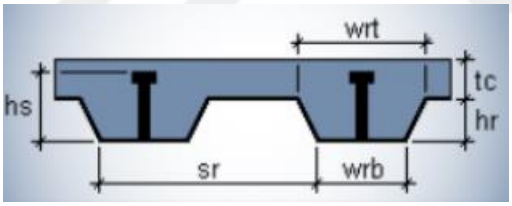
Alt hadve genişliği, wrb : 125 mm

Hadve aralığı, sr : 300 mm

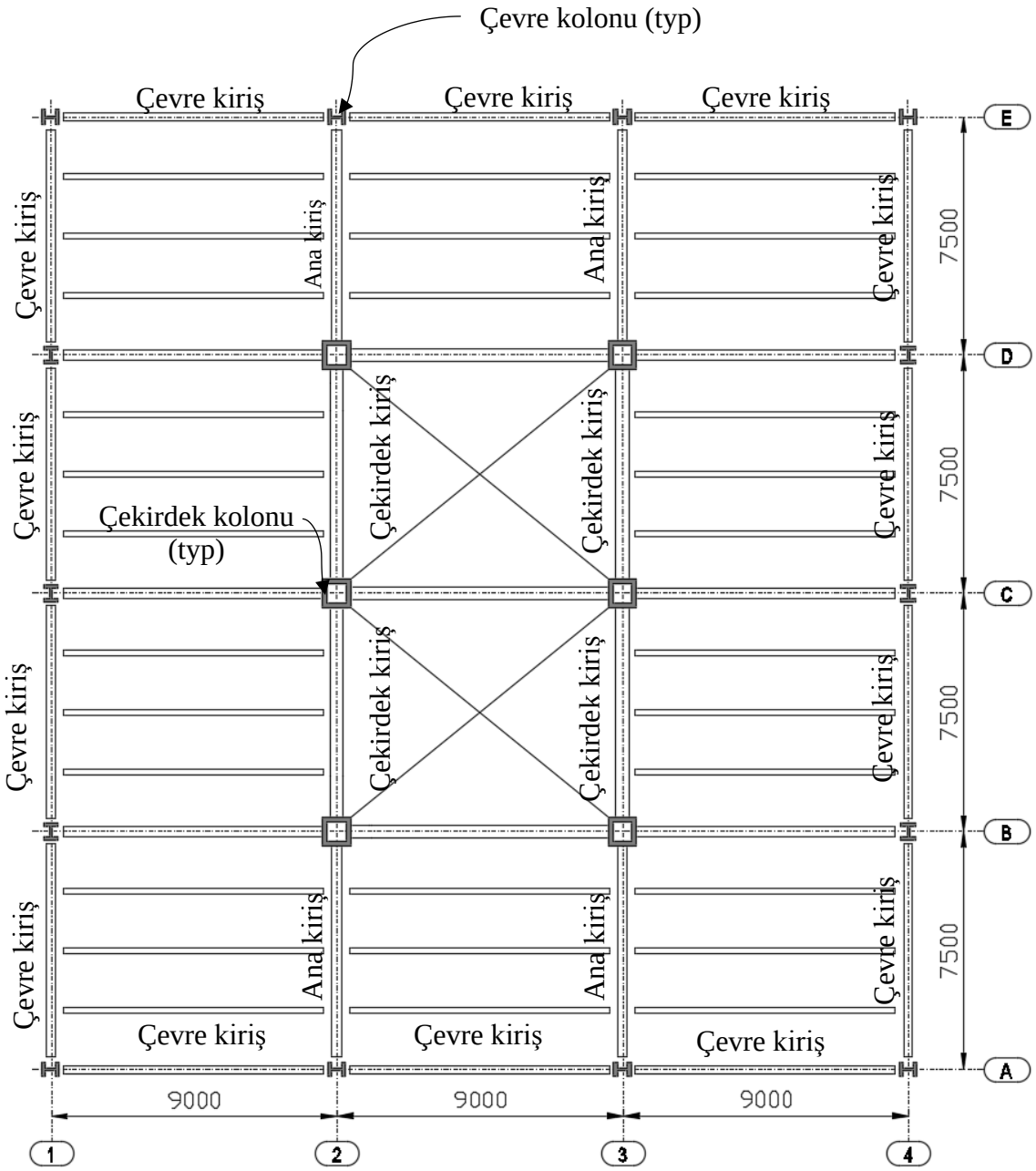
Trapez sac kalınlığı : 1 mm

Kesme kaması çapı : 19 mm

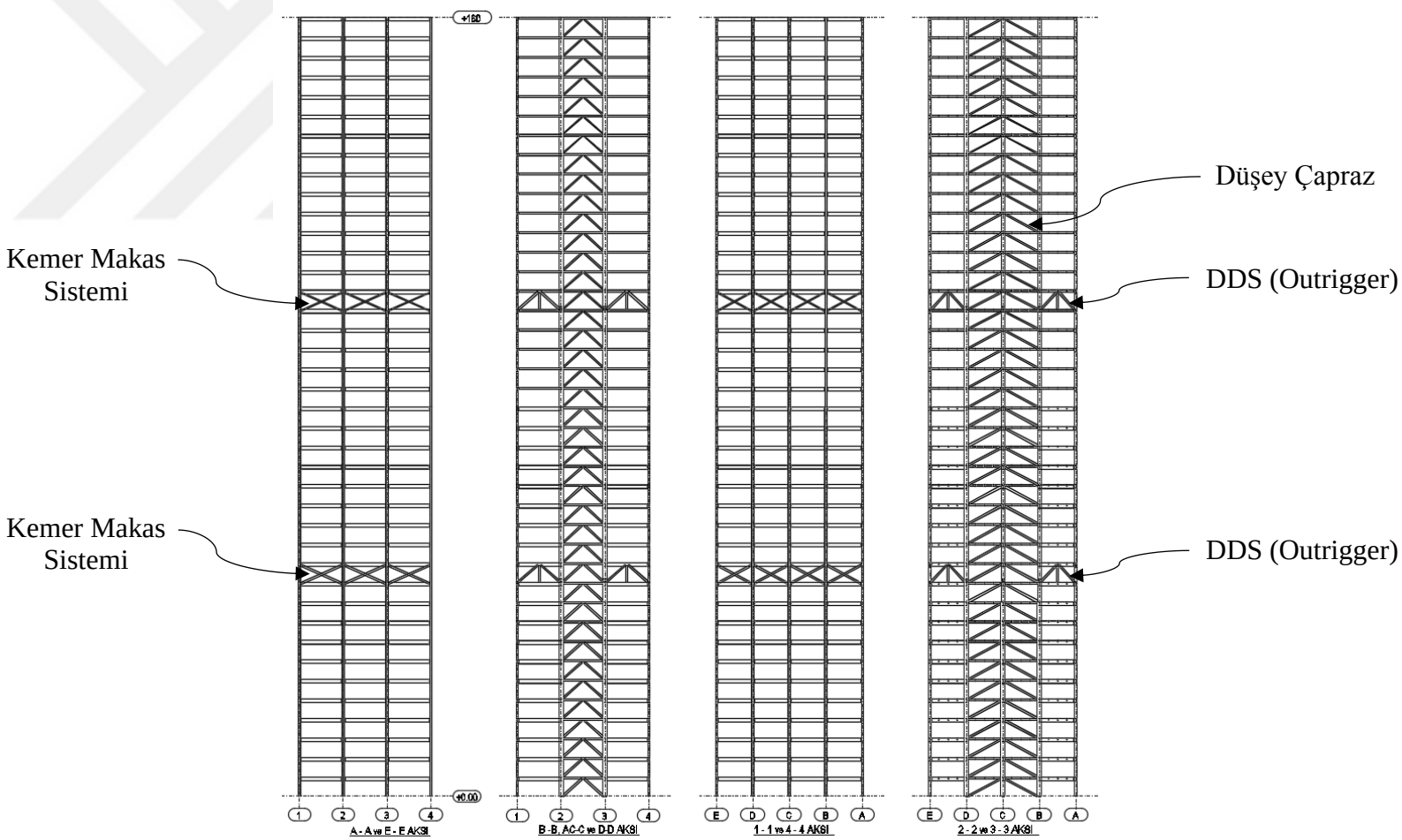
Kesme kaması uzunluğu, hs : 150 mm



Şekil 4.2 Kompozit döşeme tipik kesit görünüşü



Şekil 4.3 Tipik kat planı



Şekil 4.4 Kesit görünüşler

Tipik kat planı ve kesit görünüşleri Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Bu şekillerde görülen DDS ve kemer makas sisteminin konumu göstermelik olarak belirtilmiştir. Her farklı ETABS analiz modeli için DDS ve kemer makas sisteminin konuma farklı katlara kaydırılmıştır. Binada kullanılan kesit isimleri ve kat bilgileri özet olarak Tablo 4-1'de gösterilmiştir. Çekirdek kolonlar plakadan yapma kare kutu kesit olarak teşkil edilmiştir. Kutu kesit isimlendirilmesindeki görülen ilk sayısal değer karenin boyutlarını ikinci değer ise et kalınlığını belirtmektedir. Diğer kesitler standart Avrupa profilleridir. Kemer makas sistemine ait tüm kesitler *HD310*313* hadde profildir. DDS için kullanılan tüm kesitler *HD400*314* hadde profildir.

Tablo 4-1 Kullanılan kesit isimleri

Eleman Tipi	Kat 0~10	Kat 11~20	Kat 21~30	Kat 31~40
Çekirdek kolon	KUTU900*150	KUTU800*100	KUTU800*75	KUTU800*50
Çevre kolon	HD400*990	HD400*990	HD400*678	HD400*678
Çekirdek kiriş	HD400*314	HD400*314	HD400*314	HD400*314
Çevre kiriş	IPE750*195	IPE750*195	IPE750*195	IPE750*195
Ana kiriş	HEM800	HEM800	HEM400	HEM400
Tali kiriş	IPE360	IPE360	IPE360	IPE360
Düşey çapraz	HD400*314	HD360*196	HD320*158	HD260*115

4.2 Öz Ağırlık ve Hareketli Yüklerin Hesabı

Binaya etkiyen öz ağırlık ve hareketli yükler düzgün yayılı yük olarak tüm kat döşemelerine etkitilmiştir. Öz ağırlıklar malzeme birim ağırlıkları kullanılarak ETABS tarafından otomatik olarak hesaplanmaktadır.

Çelik malzeme birim ağırlığı : 78.5 kN/m^3

Betonarme birim ağırlığı : 25 kN/m^3

İlave ağırlık olarak döşeme üstü kaplama yükü dikkate alınmış ve tüm kat döşemelerine 3 kN/m^2 düzgün yayılı yük olarak etkitilmiştir. Aynı şekilde hareketli yük tüm kat döşemelerine 3.5 kN/m^2 olarak etkitilmiştir.

4.3 Rüzgar Yüklerinin Hesabı

Rüzgar yükleri TS EN 1991-1-4 [42] şartnamesine göre belirlenecektir. Rüzgar hızının temel değeri $V_{b,0}$ = 28 m/sn (100 km/sa) alınmıştır.

Esas rüzgar hızı,

$$V_b = c_{dir}\, c_{season}\, V_{b,0} \tag{4.1}$$

Doğrultu katsayısı, c_{dir} ve mevsim katsayısı, c_{season} değerleri 1.0 alındığında, esas rüzgar hızı $V_b = c_{dir}\, c_{season}\, V_{b,0}$ = 28m/sn olarak elde edilir.

İncelenen yüksek binanın inşa edileceği arazi sınıfı II olarak seçilmiştir ve arazi parametreleri

Tablo 4-2'den [42] aşağıdaki gibi seçilmiştir.

z_0 = 0.05 m

z_{min} = 2 m

Tablo 4-2 Arazi kategorileri ve parametreleri

Arazi kategorisi		z_0 m	z_{min} m
0	Açık deniz etkisine maruz deniz veya kıyı alanı	0.003	1
I	Göller yada ihmal edilebilecek seviyede bitki örtüsü olan ve engebeli olmayan düz ve yatay alan	0.01	1
II	Çayır gibi az bitki örtüsü olan ve aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan engellere (ağaçlar, binalar) sahip alan	0.05	2
III	Düzgün yayılı şekilde bir bitki örtüsüne veya binalara veya aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan engellere sahip alan (kasabalar, yörekent, ormanlık alan gibi) alanlarının bulunduğu bölgeler	0.3	5
IV	Yüzeyinin en az %15'i, yükseklik ortalaması 15 m'yi aşan binalarla kaplı alan	1.0	10

$$k_r = 0.19\left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0.07} = 0.19\left(\frac{0.05}{0.05}\right)^{0.07} = 0.19 \tag{4.2}$$

$$c_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0.19 \ln\left(\frac{160}{0.05}\right) = 1.533 \tag{4.3}$$

Orografi katsayısı $c_0(z)$, tavsiye edilen değer olarak 1.0 alınarak ortalama rüzgar hızı $v_m(z)$ ve rüzgar basıncı $q_p(z)$ aşağıdaki gibi hesaplanmışlardır.

$$v_m(z) = c_r(z)c_0(z)V_b = 1.533 \times 1 \times 28 = 42.93 m/sn \tag{4.4}$$

$$I_v(z) = \frac{k_\iota}{c_0(z) \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1.0}{1.0 \ln\left(\frac{160}{0.05}\right)} = 0.124 \tag{4.5}$$

$$q_p(z) = [1 + 7I_v(z)]\frac{1}{2}\rho v_m^2(z) \quad (4.6)$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \times 0.124]\frac{1}{2} \times 1.25 \times 42.93^2 \times 10^{-3} = 2.152kN/m^2$$

Bina x doğrultusu için b *=30m* ve y doğrultusu için *b=27m'*dir. He iki doğrultu için de *z=b* yükseklikleri için rüzgar basınç değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

x doğrultusu, *z=b=30m* için:

$$c_r(z = 30m) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0.19 \ln\left(\frac{30}{0.05}\right) = 1.215$$

$$v_m(z = 30m) = c_r(z)c_0(z)V_b = 1.215 \times 1 \times 28 = 34.02m/sn$$

$$I_v(z = 30m) = \frac{k_ı}{c_0(z)\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1.0}{1.0 \ln\left(\frac{30}{0.05}\right)} = 0.156$$

$$q_p(z = 30m) = [1 + 7I_v(z)]\frac{1}{2}\rho v_m^2(z)$$

$$q_p(z = 30m) = [1 + 7 \times 0.156]\frac{1}{2} \times 1.25 \times 34.02^2 \times 10^{-3} = 1.513kN/m^2$$

y doğrultusu, *z=b=27m* için:

$$c_r(z = 27m) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0.19 \ln\left(\frac{27}{0.05}\right) = 1.195$$

$$v_m(z = 27m) = c_r(z)c_0(z)V_b = 1.195 \times 1 \times 28 = 33.46m/sn$$

$$I_v(z = 27m) = \frac{k_\iota}{c_0(z)\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1.0}{1.0\ln\left(\frac{27}{0.05}\right)} = 0.159$$

$$q_p(z = 27m) = [1 + 7I_v(z)]\frac{1}{2}\rho v_m^2(z)$$

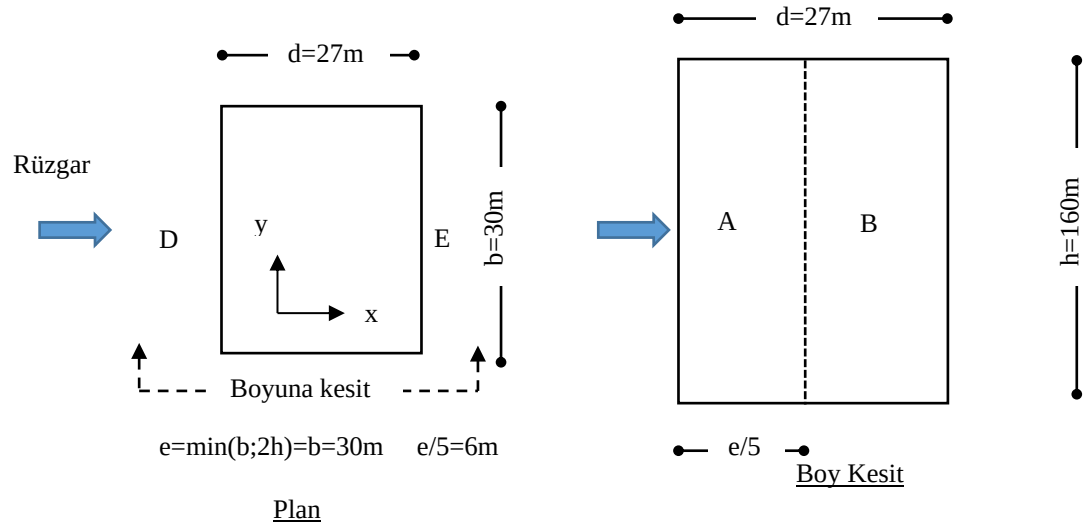
$$q_p(z = 27m) = [1 + 7 \times 0.159]\frac{1}{2} \times 1.25 \times 33.46^2 \times 10^{-3} = 1.478kN/m^2$$

Bulunan basınç değerleri

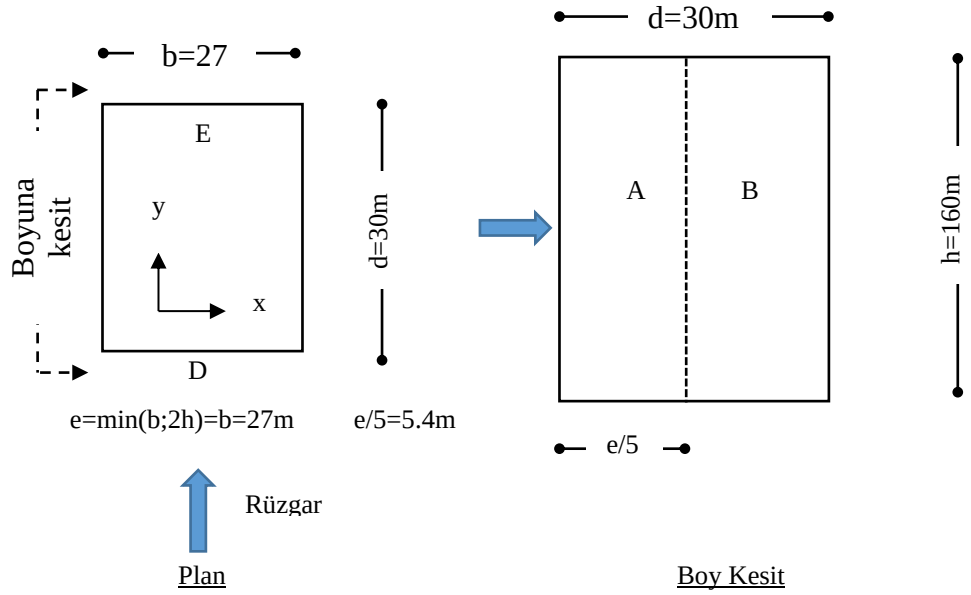
Tablo 4-3'de belirtilen basınç katsayıları ile çarpılarak, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 'de gösterilen bina dış yüzey bölgelerine düzgün yayılı yük olarak etkitilmiştir. X doğrultusundaki düzgün yayılı yükler Şekil 4.7'de, Y doğrultusunda düzgün yayılı yükler Şekil 4.8'de gösterilmiştir.

Tablo 4-3 Dikdörtgen kesitli binalar için basınç katsayıları

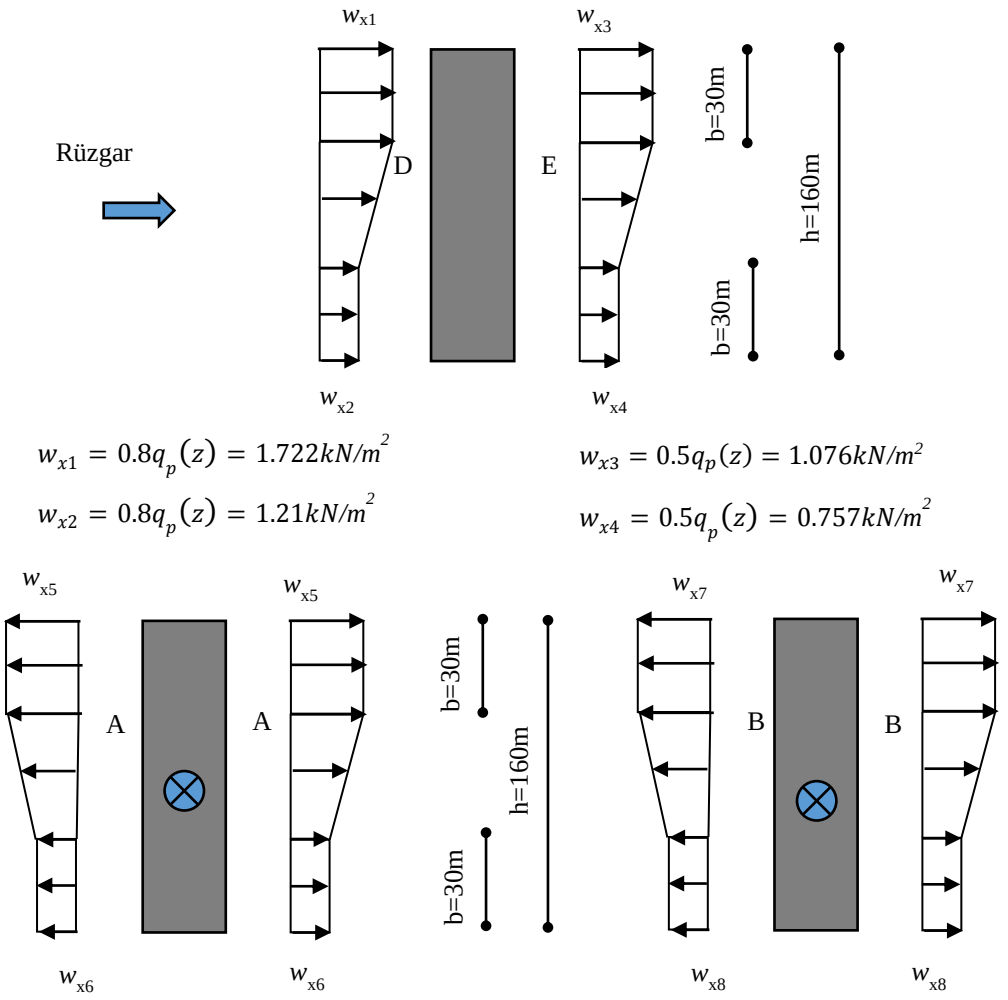
Bölge	A (yan yüz)	B (yan yüz)	C (yan yüz)	D (ön yüz)	E (arka yüz)
c_{pe}	-1.2	-0.8	-0.5	+0.8	-0.7



Şekil 4.5 X doğrultusu basınç katsayıları bölgeleri



Şekil 4.6 Y doğrultusu basınç katsayıları bölgeleri



$w_{x1} = 0.8q_p(z) = 1.722kN/m^2$

$w_{x2} = 0.8q_p(z) = 1.21kN/m^2$

$w_{x3} = 0.5q_p(z) = 1.076kN/m^2$

$w_{x4} = 0.5q_p(z) = 0.757kN/m^2$

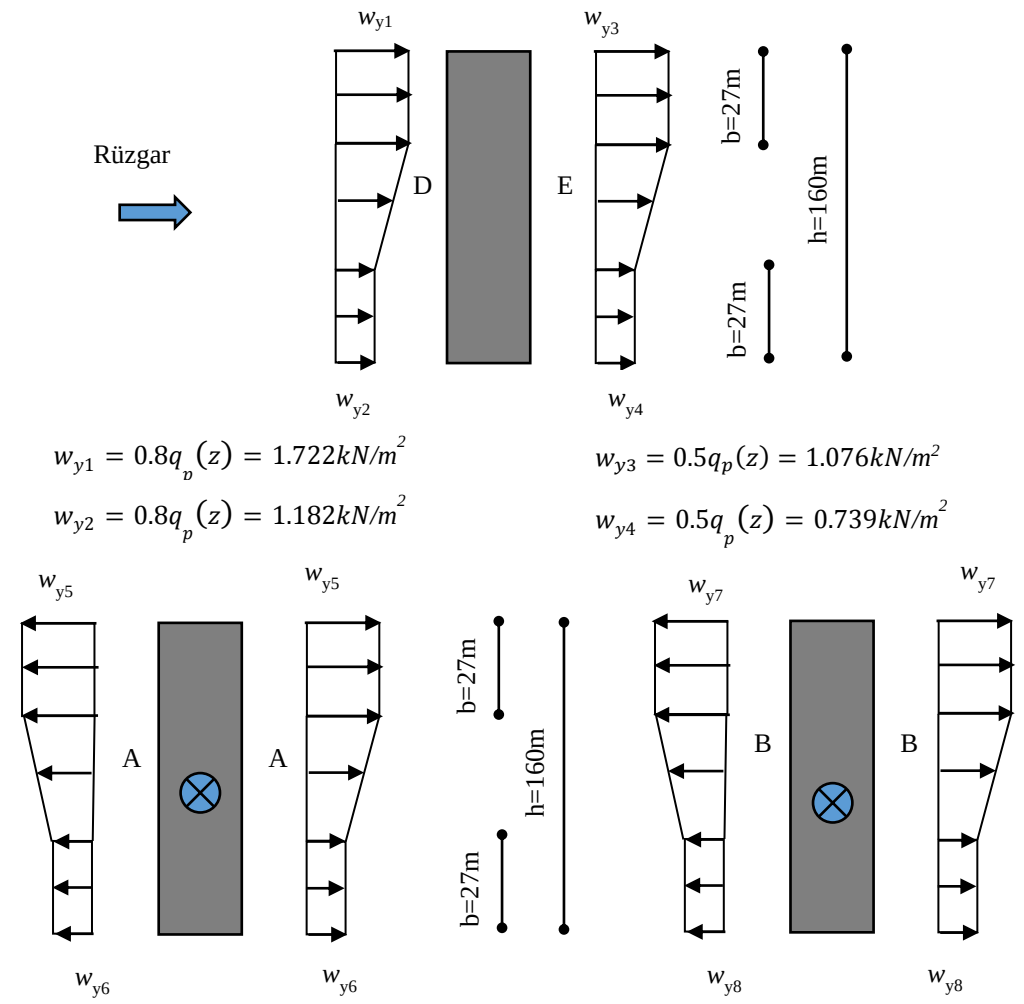
$w_{x5} = 1.2q_p(z) = 2.582kN/m^2$

$w_{x6} = 1.2q_p(z) = 1.815kN/m^2$

$w_{x7} = 0.8q_p(z) = 1.722kN/m^2$

$w_{x8} = 0.8q_p(z) = 1.21kN/m^2$

Şekil 4.7 X doğrultusu için tüm bina yüzeylerine etkiyen rüzgar yükleri



$w_{y1} = 0.8q_v(z) = 1.722kN/m^2$

$w_{y2} = 0.8q_p(z) = 1.182kN/m^2$

$w_{y3} = 0.5q_p(z) = 1.076kN/m^2$

$w_{y4} = 0.5q_p(z) = 0.739kN/m^2$

$w_{y5} = 1.2q_p(z) = 2.582kN/m^2$

$w_{y6} = 1.2q_p(z) = 1.774kN/m^2$

$w_{y7} = 0.8q_v(z) = 1.722kN/m^2$

$w_{y8} = 0.8q_p(z) = 1.182kN/m^2$

Şekil 4.8 Y doğrultusu için tüm bina yüzeylerine etkiyen rüzgar yükleri

4.4 Deprem Etkileri

Ele alınan bina için zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılarak deprem etkileri incelenecektir. Bunun için hedef tasarım spektrumu olarak TBDY-2018 ‘de tariflenen deprem yer hareketi düzeylerinden DD-2 kullanılacaktır. Diğer deprem yer hareketi düzeyleri için de kısa açıklamalarda bulunulmuştur.

Deprem etkileri için rüzgar etkilerinde olduğu gibi hem sadece bir konumda DDS’ye sahip hem de iki farklı konumda DDS’ye sahip bina için araştırma yapılmıştır.

Bir konumda DDS'ye sahip yüksek bina için DDS her kata sırayla konmuş ve ETABS analiz modelleri çalıştırılmıştır. Araştırılan yüksek bina 40 katlı olduğu için toplamda 40 farklı ETABS analiz modeli oluşturulmuştur. İncelenen 11 farklı deprem kaydı için sonuçlar elde edilmiş ve incelenmiştir.

Diğer taraftan iki konumda DDS'ye sahip bina için, DDS'nin farklı konumlarda bulunabileceği tüm kombinasyonlar dikkate alınarak, ETABS analiz modelleri oluşturulmuş ve çalıştırılmıştır. İncelenen yüksek bina daha önce de bahsedildiği gibi 40 katlı ve DDS'nin iki farklı konumda olabileceği tüm durumlar dikkate alındığında toplamda 780 adet farklı ETABS analiz modeli ortaya çıkmıştır. İki DDS'li bina için tüm deprem kayıtları yerine sadece EQ-01 isimli olarak tanımlanan (Tablo 4-4) Düzce deprem kaydı için sonuçlar incelenmiştir.

Her ne kadar bu çalışmada TBDY-2018'in zaman tanım alanında deprem hesabında uyulması gereken tüm şartlara sağlanmayacaksa da, yine de şartnameye göre uyulması gereken koşullar aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır;

- Seçilecek deprem kaydı takımlarının sayısı en az onbir olmalıdır. Aynı depremden en fazla üç kayıt seçilebilir.
- Birbirine dik yatay iki doğrultudaki ivme kayıtları binanın doğu-batı ve kuzey-güney doğrultularında aynı anda birlikte etkitilmelidir. Daha sonra bu ivme kayıtlarının eksenleri 90^o döndürülerek hesap tekrarlanmalıdır. Yani toplamda 22 adet yük durumu (Load Case) için hesaplama yapılmalıdır.
- Davranış büyüklükleri (depremin etkisi altında iç kuvvetler, yerdeğiştirme ve göreli kat ötelenmeleri v.b.) gerçekleştirilen en az 2 x 11 = 22 hesabın her birinde elde edilen sonuçların en büyük mutlak değerinin ortalaması olarak bulunacaktır.
- Kuvvetli yer hareketi genlikleri ölçeklendirilirken, bir veya iki boyutlu hesap için seçilen tüm deprem kayıtlarına ait spektrumların ortalamasının $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin hedef tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinden küçük olmayacaktır.
- Üç boyutlu hesap için ölçeklendirmede ise, her bir kuvvetli yer hareketi takımı kaydının iki yatay bileşenine ait spektrumların kareleri toplamının kare kökü alınarak bileşke yatay spektrum elde edilecektir. Seçilen tüm deprem kayıtlarına

ait spektrumların ortalamasının $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin hedef tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerine oranının 1.3'ten daha az olmasına müsaade edilmeyecektir.

T_p : Binanın hakim doğal titreşim periyodu [s]

- Her iki yatay doğrultudaki aynı deprem kaydı aynı ölçek katsayıları ile ölçeklendirilecektir.

4.4.1 Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

TBDY-2018'e göre dört farklı deprem yer hareketi düzeyi söz konusudur.

4.4.1.1 Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 1 (DD-1)

Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma ihtimalinin %2 ve tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini belirtmektedir. Bu deprem yer hareketi, göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

4.4.1.2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 2 (DD-2)

Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma ihtimalinin %10 tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini belirtmektedir. Bu deprem yer hareketi, *standart tasarım deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

4.4.1.3 Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 3 (DD-3)

Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma ihtimalinin %50 ve tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini belirtmektedir.

4.4.1.4 Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 4 (DD-4)

Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma ihtimalinin %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 sene olduğu çok sık deprem yer hareketini belirtmektedir. Bu deprem yer hareketi, *servis deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

4.4.2 Deprem Etkilerinin İncelenmesi

Deprem etkileri için TBDY-2018'e göre deprem yer hareketi düzeyi DD-2 kullanılmıştır. DD-2 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan (tekrarlanma periyodu 475 yıl) deprem yer hareketi düzeyini tanımlamaktadır [5]. AFAD Türkiye deprem tehlike haritaları interaktif web uygulaması aracılığıyla Şekil 4.9'de belirtilen elastik tasarım spektrumu kullanılmıştır. Bu tasarım spektrumu için kullanıcı girdileri aşağıda belirtildiği gibidir;

Deprem Yer Hareketi Düzeyi : DD-2

Yerel Zemin sınıfı : ZC

Enlem : 40.94301°

Boylam : 29.123442°

Bu kullanıcı girdilerine göre elde edilen çıktılar aşağıdaki gibidir;

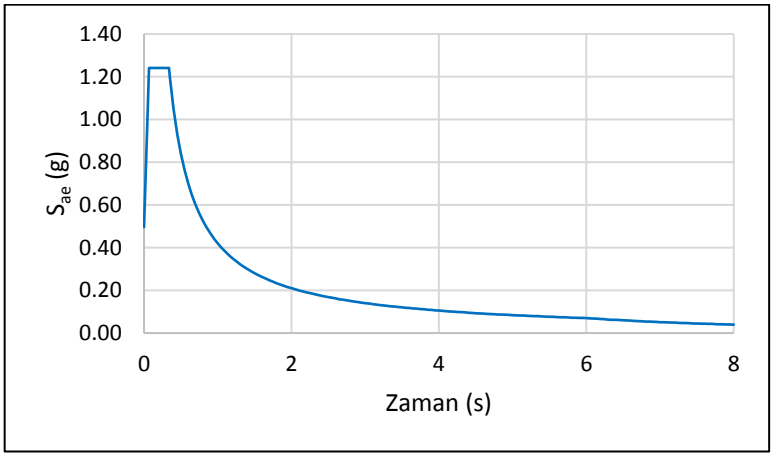
S_s = 1.034 S_1 = 0.28 PGA = 0.427 PGV = 25.916

S_s : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]



Şekil 4.9 Elastik Tasarım Spektrumu DD-2

Tasarım spektral ivme katsayıları:

$S_{DS} = S_S F_S$ (4.7)

$S_{D1} = S_1 F_1$ (4.8)

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6\frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \qquad (0 \leq T \leq T_A) \tag{4.9}$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \qquad T_A \leq T \leq T_B \tag{4.10}$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \qquad T_B \leq T \leq T_L \tag{4.11}$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \qquad T_L \leq T \tag{4.12}$$

$$T_A = 0.2\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \tag{4.13}$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \tag{4.14}$$

T_A = 0.068 s T_B = 0.338 s T_L = 6 s

4.4.3 İvme Kayıtlarının Belirlenmesi ve Ölçeklendirilmesi

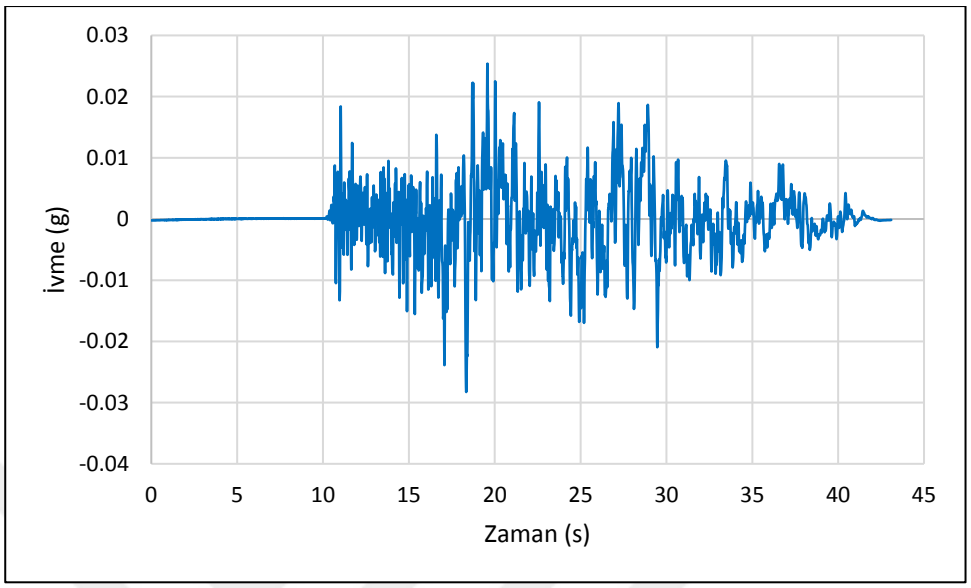
Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap metodu kullanılırken kuvvetli yer hareketi ivme kayıtları kullanılmalıdır. Bu kayıtlar yapay olarak üretilebilir, benzeştirilmiş kayıtlar kullanılabilir ya da gerçekleşmiş depremlerin deprem esnasında kaydedilen ivme kayıtları kullanılabilir. Bu çalışmada daha önce gerçekleşmiş olan depremlere ait kayıtlar kullanılmıştır. Bunun için *Pasific Earthquake Engineering Research Center* (PEER) veri tabanından onbir adet kuvvetli yer hareketi kaydı

seçilmiştir. Bu kayıtların bazı özellikleri ve hangi depremlere ait oldukları Tablo 4-4‘de gösterilmiştir. İvme kayıtlarının sadece yatay yöndeki iki bileşeni aynı anda kullanılmış, düşey bileşenler kullanılmamıştır. *Düzce* depreminden iki kayıt, *Irpina* depreminden iki kayıt, *Kocaeli* depreminden üç kayıt, *Landers* depreminden iki kayıt ve son olarak *San Fernando* depreminden iki kayıt ölçeklenmemiş ham halleri alınmış ve *SeismoMatch* yazılımı ile ölçeklendirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ölçeklendirme işleminde hedef tasarım spektrumu olarak Şekil 4.9 ‘deki DD-2 tasarım spektrumu kullanılmıştır.

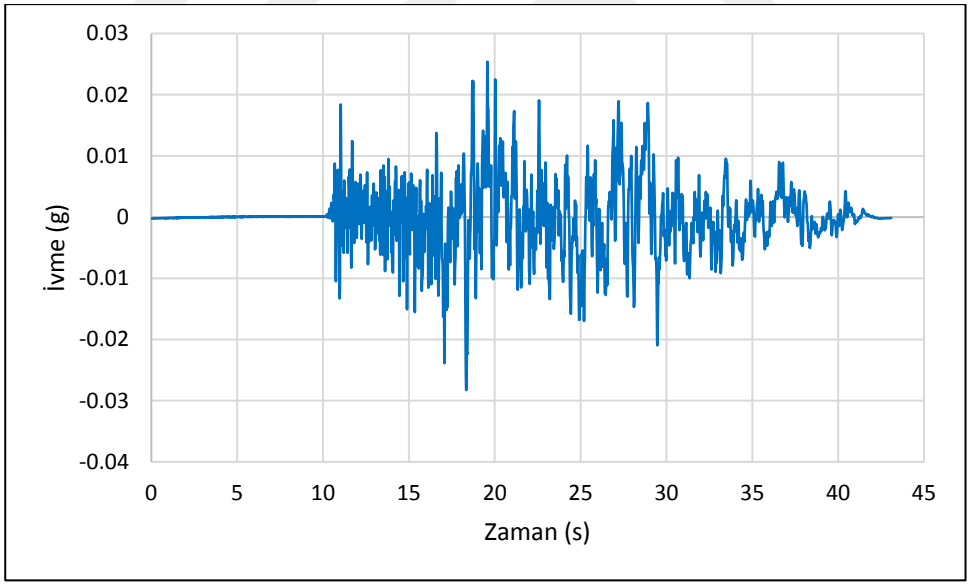
Tablo 4-4 Kullanlan kuvvetli yer hareketi kayıtları

Deprem	Yıl	Büyüklük	Mekanizma	Kayıt No.	İstasyon	PEER dosya ismi
Düzce	1999	7.14	Yanal atım	EQ-01	Lamont362	RSN1616_DUZCE_362-E.at2 RSN1616_DUZCE_362-N.at2
				EQ-02	Lamont1061	RSN1614_DUZCE_1061-E.at2 RSN1614_DUZCE_1061-N.at2
Irpina /İtalya	1980	6.9	Eğim atım	EQ-03	Bisaccia	RSN286_ITALY_A-BIS000.at2 RSN286_ITALY_A-BIS270.at2
				EQ-04	Calitri	RSN289_ITALY_A-CTR000.at2 RSN289_ITALY_A-CTR270.at2
Kocaeli	1999	7.51	Yanal atım	EQ-05	Arçelik	RSN1148_KOCAELI_ARE000.at2 RSN1148_KOCAELI_ARE090.at2
				EQ-06	Düzce	RSN1158_KOCAELI_DZC180.at2 RSN1158_KOCAELI_DZC270.at2
				EQ-07	Gebze	RSN1161_KOCAELI_GBZ000.at2 RSN1161_KOCAELI_GBZ270.at2
Landers	1992	7.28	Yanal atım	EQ-08	Joshua Tree	RSN864_LANDERS_JOS000.at2 RSN864_LANDERS_JOS090.at2
				EQ-09	Morongo Valley Fire	RSN881_LANDERS_MVH045.at2 RSN881_LANDERS_MVH135.at2
San Fernando	1971	6.61	Eğim atım ters	EQ-10	Castaic	RSN57_SFERN_ORR021.at2 RSN57_SFERN_ORR291.at2
				EQ-11	Lake Hughes	RSN70_SFERN_L01021.at2 RSN70_SFERN_L01111.at2

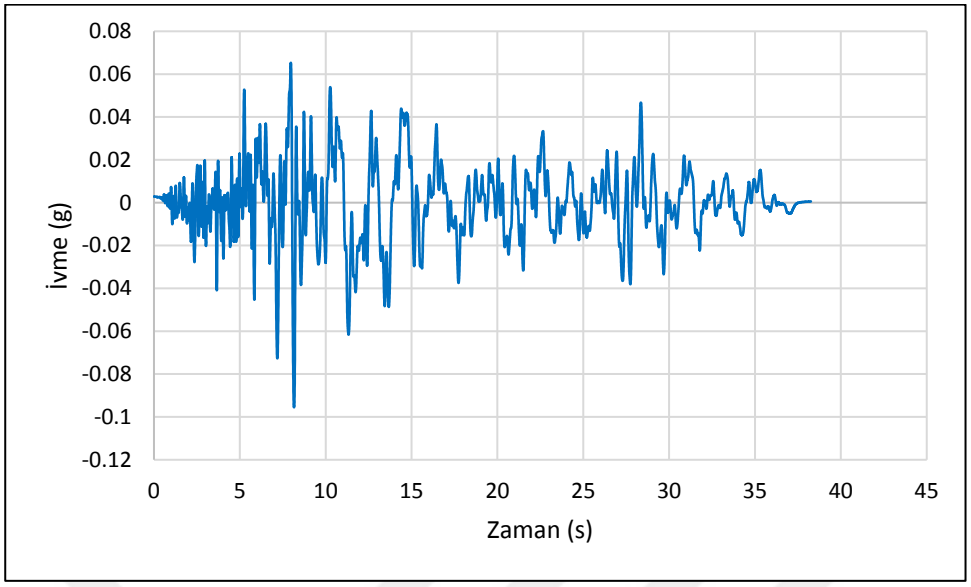
Aşağıda (Şekil 4.10'dan Şekil 4.20 arası) PEER veri tabanından elde edilen deprem kayıtlarının orijinal hallerinin ivme-zaman grafikleri gösterilmiştir.



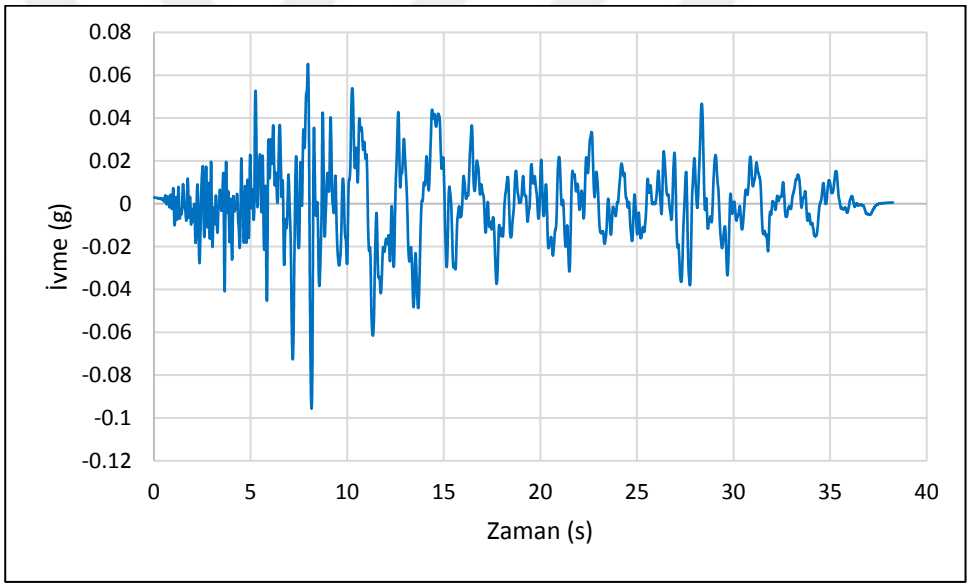
Şekil 4.10 EQ-01 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği



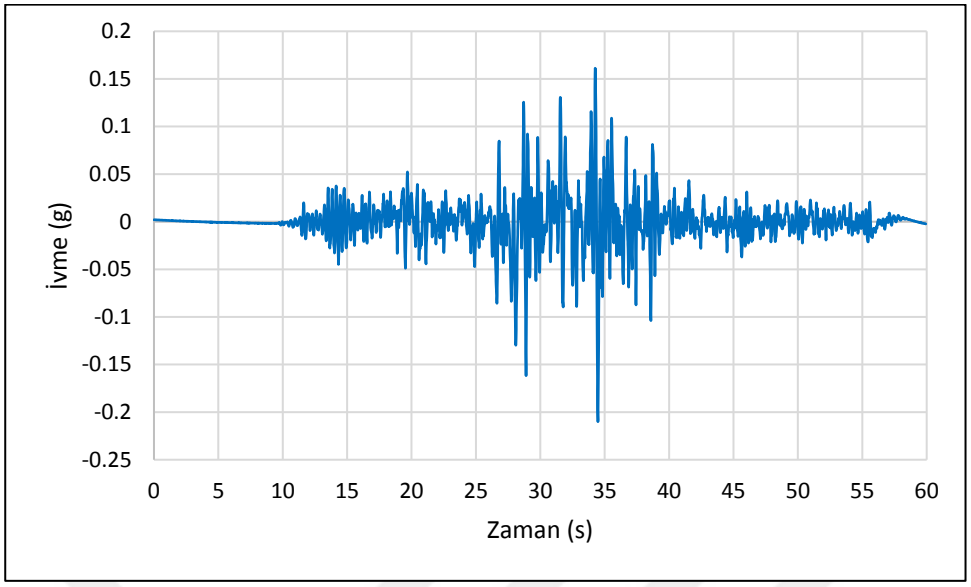
Şekil 4.11 EQ-02 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği



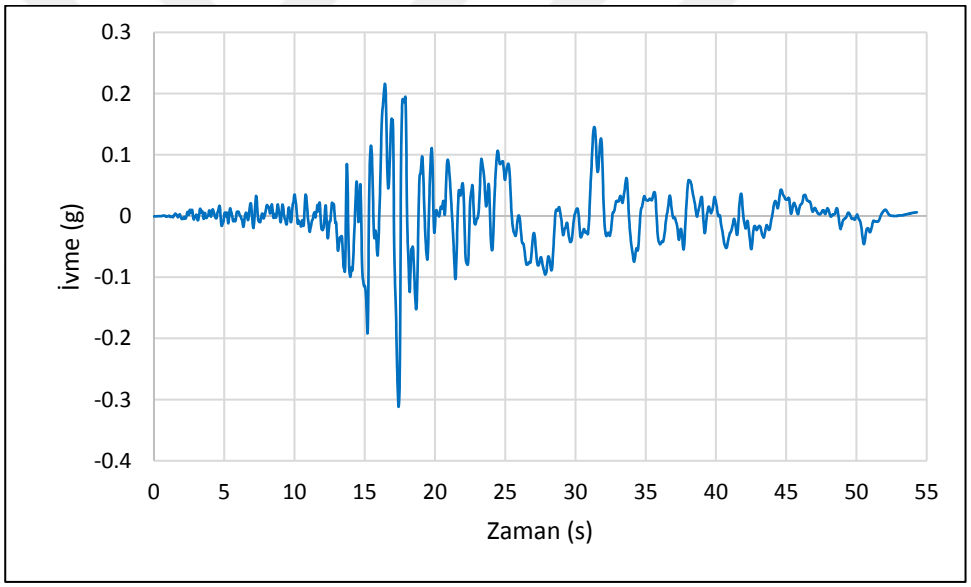
Şekil 4.12 EQ-03 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği



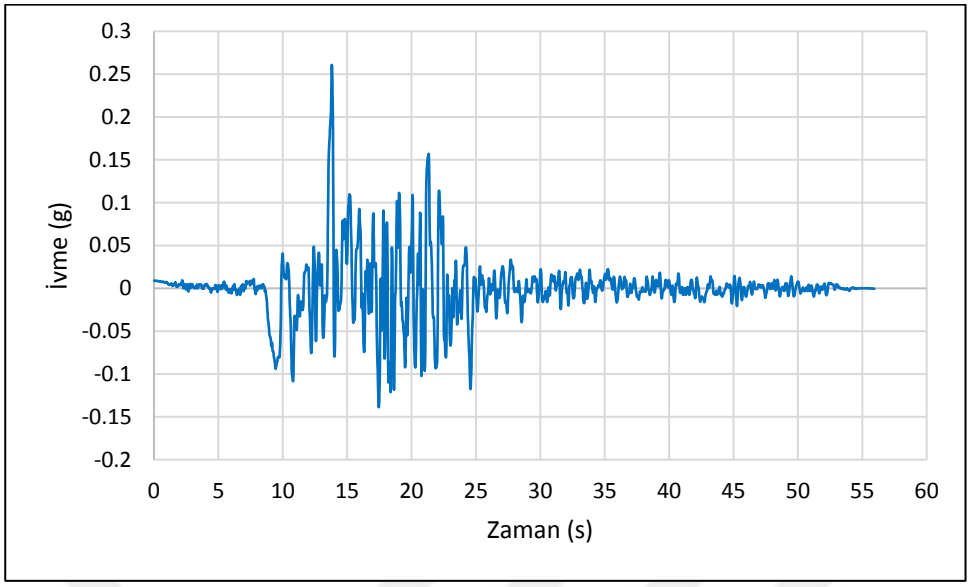
Şekil 4.13 EQ-04 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği



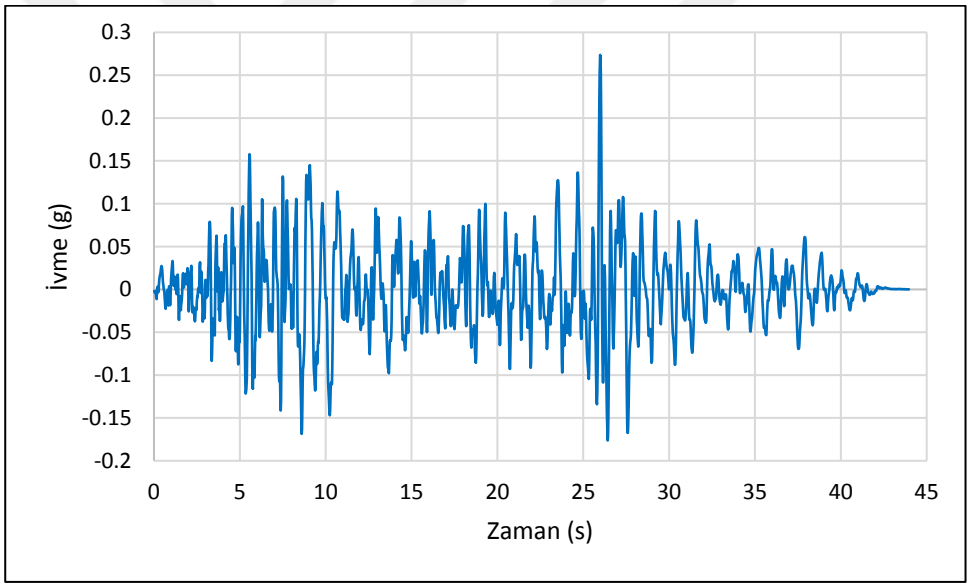
Şekil 4.14 EQ-05 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği



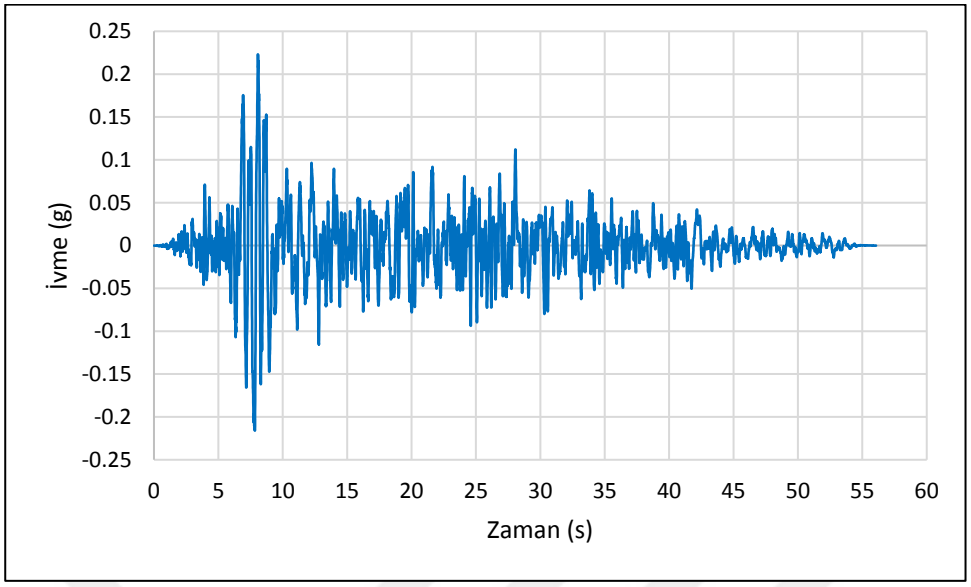
Şekil 4.15 EQ-06 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği



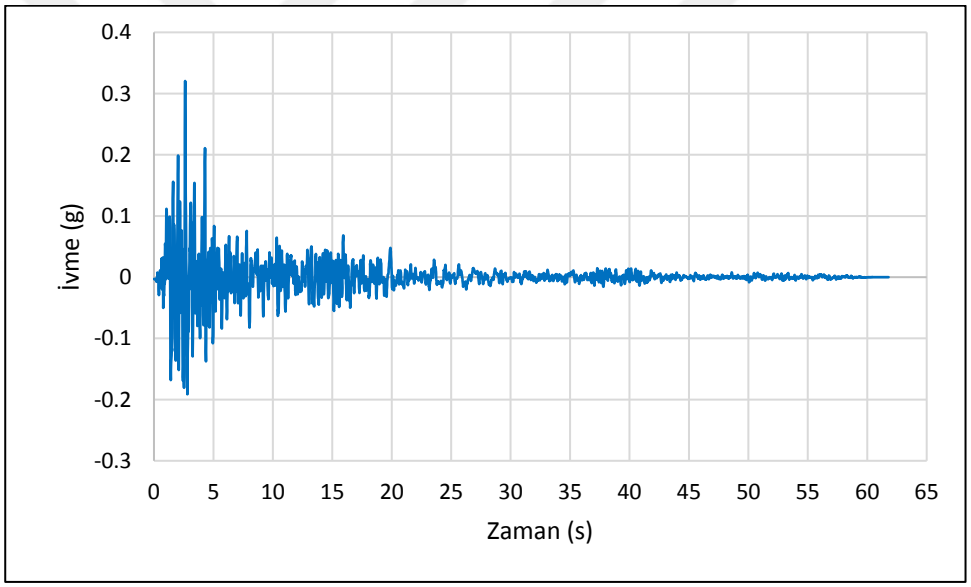
Şekil 4.16 EQ-07 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği



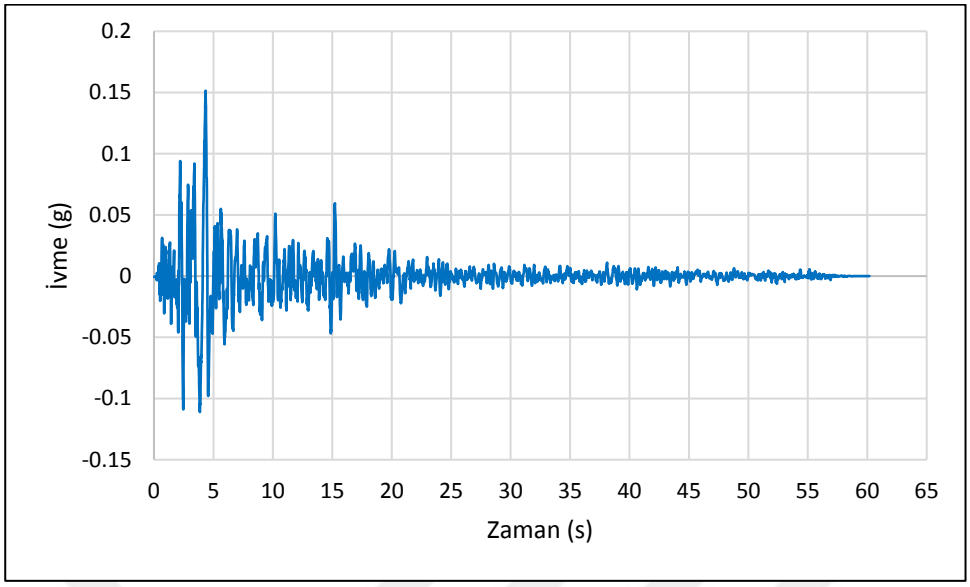
Şekil 4.17 EQ-08 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği



Şekil 4.18 EQ-09 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği

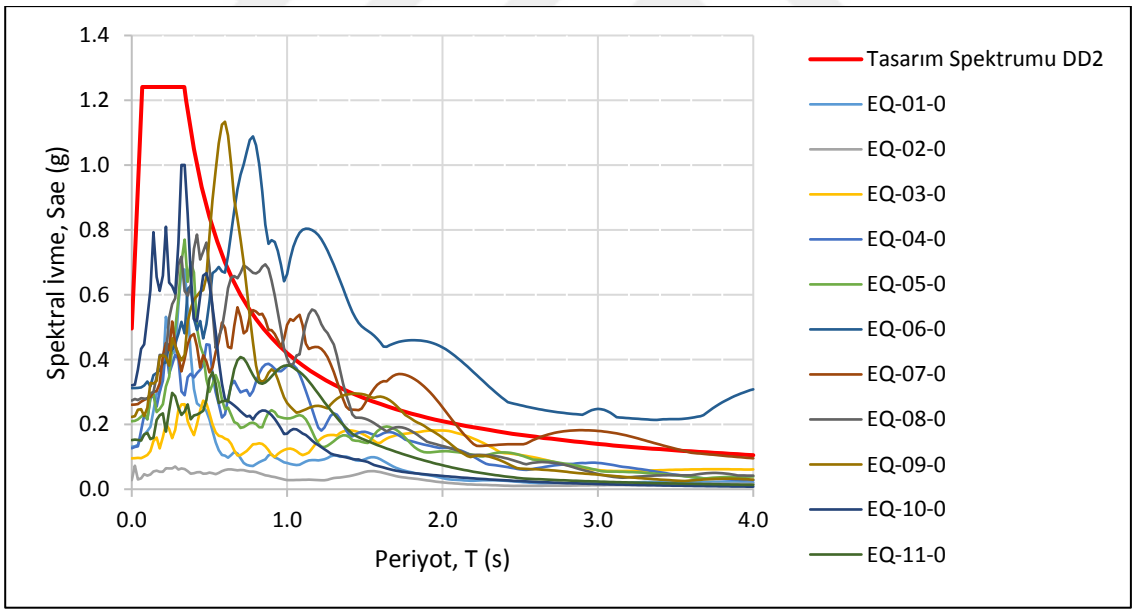


Şekil 4.19 EQ-10 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği



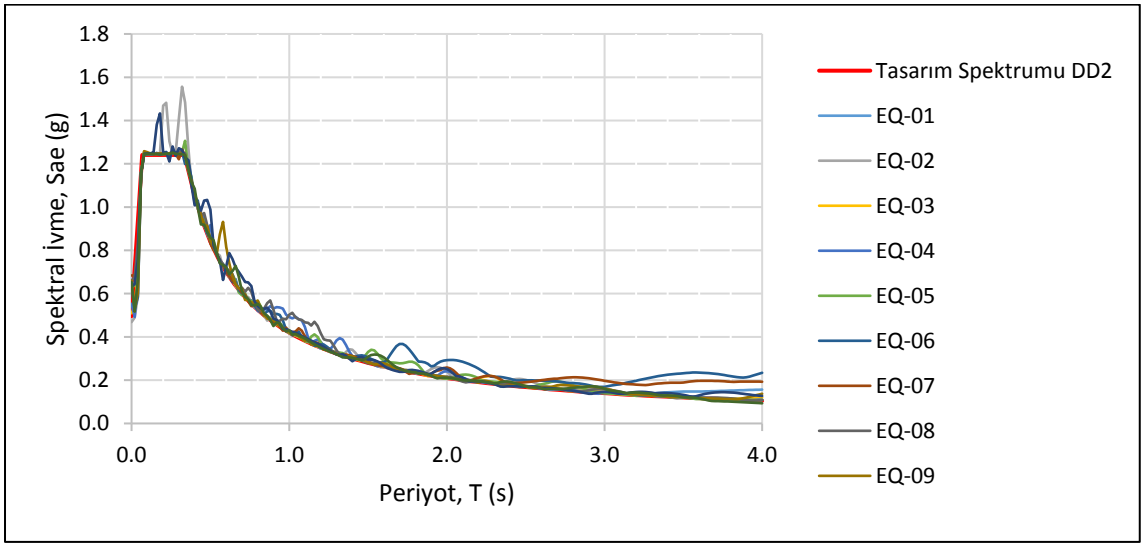
Şekil 4.20 EQ-11 isimli deprem kaydına ait ivme-zaman grafiği

Ölçeklendirme işlemi yapılmadan önce deprem kayıtlarının orjinal spektral ivme-periyot grafikleri Şekil 4.21'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.21 Deprem kayıtları için orjinal spektrum eğrileri

Ölçeklendirme işlemi için *SeismoMatch* yazılımı kullanılmıştır. Hedef tasarım spektrumu olarak TBDY-2018 DD-2 tasarım spektrumu seçilmiştir. Ölçeklendirme işlemi yapıldıktan sonra deprem kayıtlarının spektrum eğrileri ve tasarım spektrum eğrisi Şekil 4.22'de gösterilmiştir.



Şekil 4.22 Ölçeklendirilmiş spektrum eğrileri

BÖLÜM 5. BULGULAR

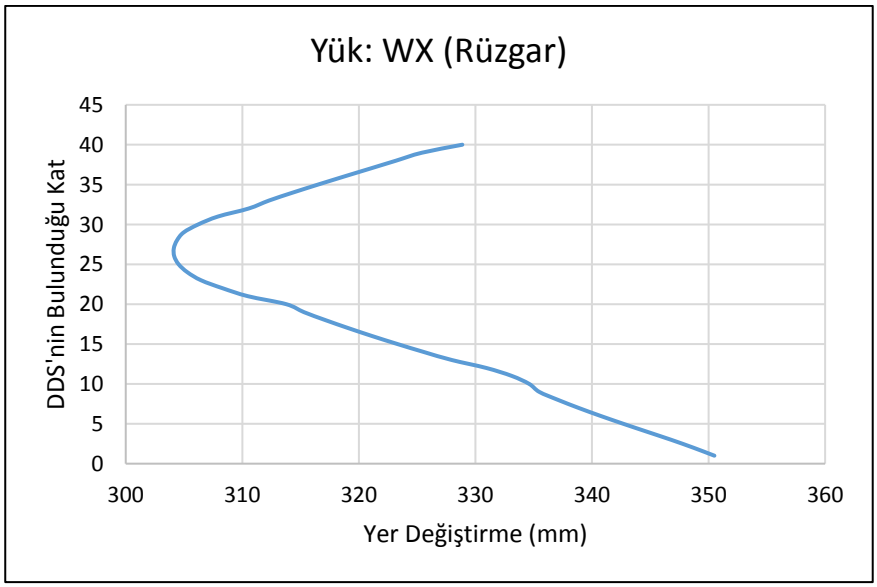
İncelenen yüksek bina sadece bir katta DDS olması ve iki farklı katta DDS olması durumları için iki aşamada incelenmiştir.

5.1 Sadece Bir Katta DDS Olması

DDS sırayla birinci kattan başlanarak tüm katlara konmuş ve oluşan her bir ETABS modeli farklı olarak kaydedilmiştir. Yani toplamda kırk adet farklı ETABS analiz modeli elde edilmiştir. Her bir ETABS modeli için bölüm 4.3'de hesaplanan WX yük durumu (rüzgar yükü x yönü bileşeni) lineer statik yük tipi olarak tanımlanmıştır. Yukarıda bahsedilen onbir adet deprem kaydı zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz olarak tanımlanmıştır.

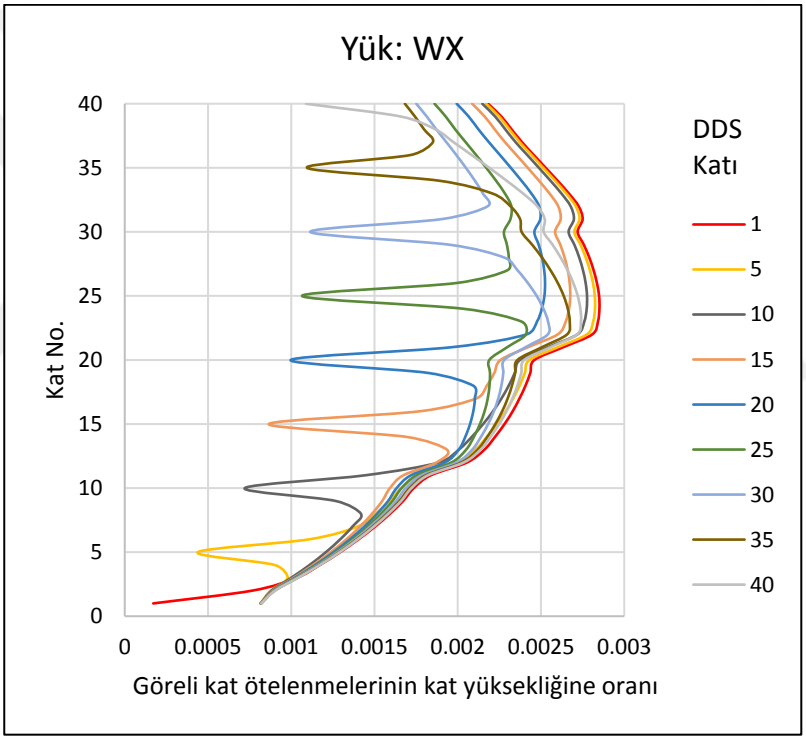
5.1.1 Rüzgar Yük Durumu İçin Bulgular

DDS'nin 27. katta olduğu modele kadar yatay yerdeğiştirmenin kademeli olarak azaldığı görülmüştür. WX rüzgar yükü durumunda en az tepe yatay yerdeğiştirmesi, DDS 27. katta olduğunda elde edilmiştir (Şekil 5.1). Başka bir anlatımla bina toplam yüksekliğini H olarak kabul edersek, en uygun konum 0.675H olarak elde edilmiştir.



Şekil 5.1 Bir katta DDS olması durumu için tepe yerdeğiştirmesi

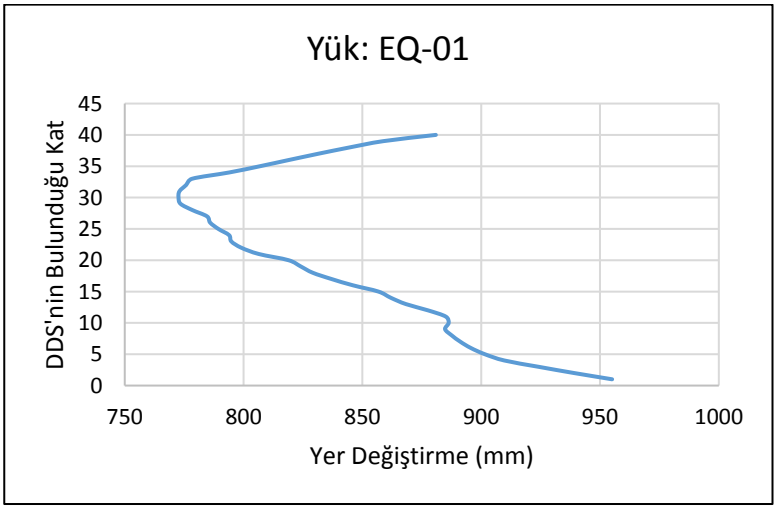
Rüzgar yüklemesinde göreli kat ötelenmeleri DDS'nin her bir farklı katta olması durumları için incelenmiştir. Fakat daha rafine grafik görüntüsü elde etmek maksadıyla, grafikte beş katta bir model sonuçları sunulmuştur. Tüm katlara ait sonuçlar ekler kısmında verilmiştir. DDS'nin konumlandığı katta göreli kat ötelenmesi en az değerde olmaktadır. Ayrıca DDS'nin konumu üst katlara doğru kaydıkça, DDS'nin daha alt katlarda olduğu durumlara göre diğer katlardaki kat ötelenmeleri de azalmaktadır. Örneğin DDS'nin beşinci kata konumlandığı modelde en büyük göreli kat ötelenmesi 24. katta çıkmaktadır. DDS'nin onuncu katta konumlandığı model için 24. katta okunan göreli kat ötelenmesi DDS'nin beşinci katta olduğu modelden daha az olmaktadır (Şekil 5.2).



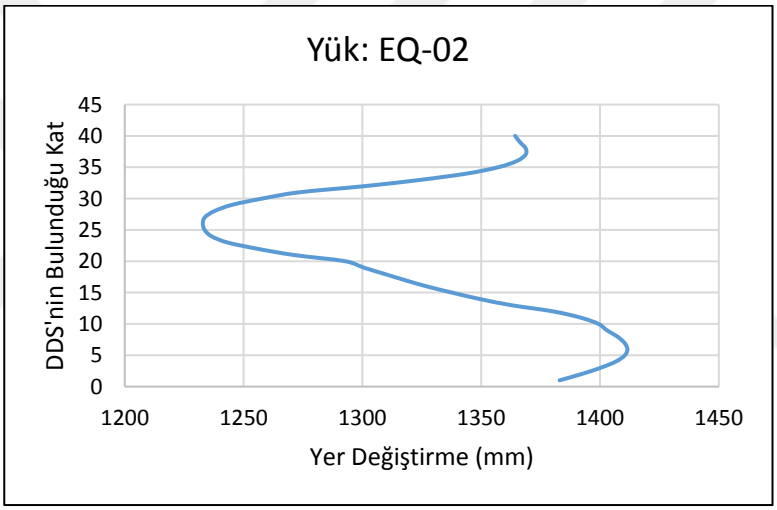
Şekil 5.2 Bir katta DDS olması durumunda göreli kat ötelenmelerinin kat yüksekliğine oranı, WX.

5.1.2 Deprem Yük Durumu İçin Bulgular

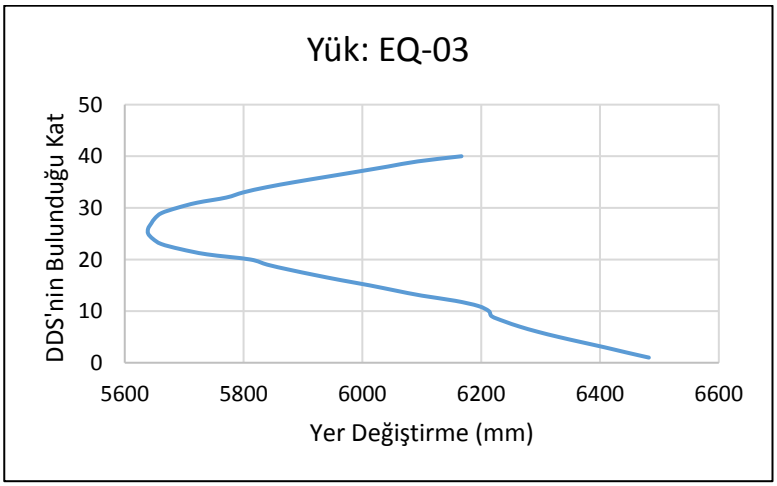
Her bir deprem kaydı için yerdeğiştirme grafikleri Şekil 5.3 ile Şekil 5.13 arasında gösterilmiştir.



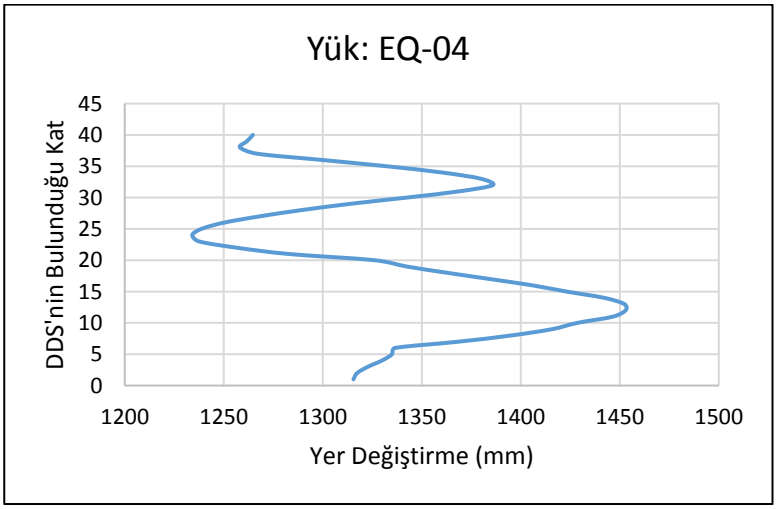
Şekil 5.3 EQ-01 için tepe yerdeğiştirmesi



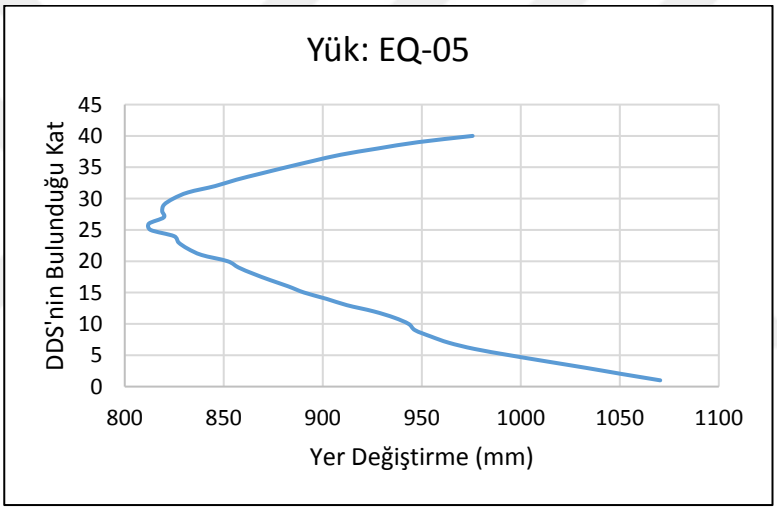
Şekil 5.4 EQ-02 için tepe yerdeğiştirmesi



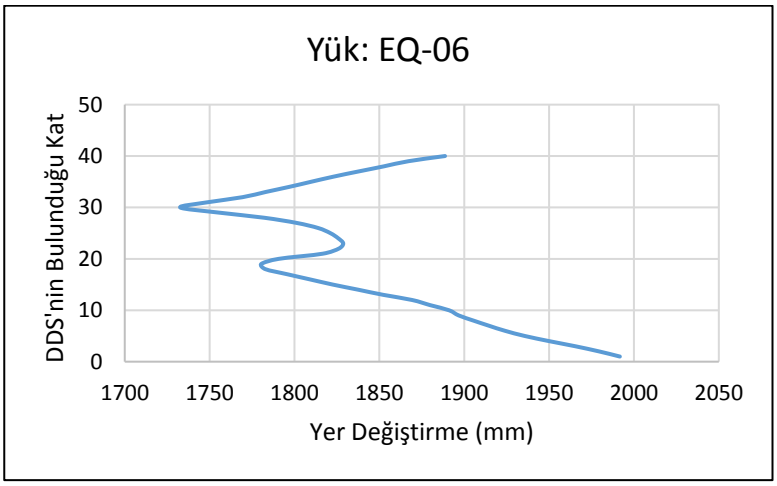
Şekil 5.5 EQ-03 için tepe yerdeğiştirmesi



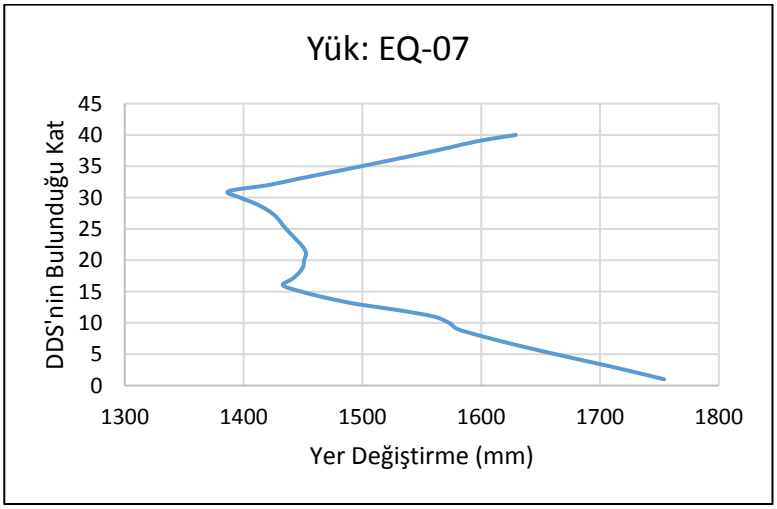
Şekil 5.6 EQ-04 için tepe yerdeğiştirmesi



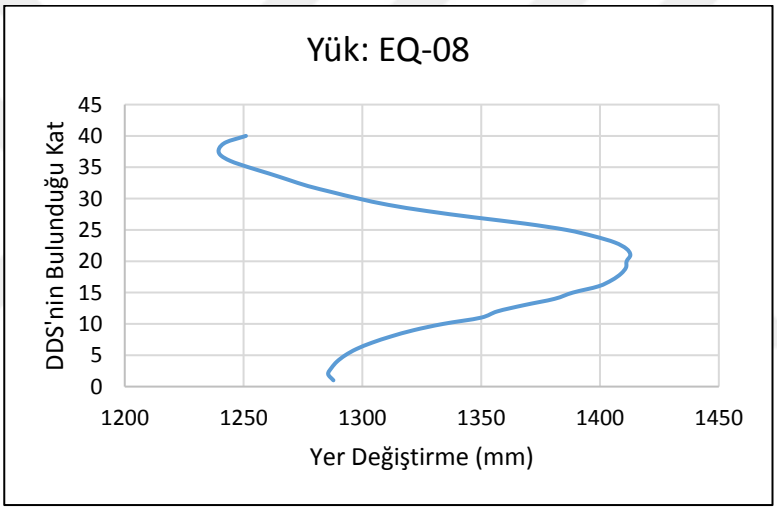
Şekil 5.7 EQ-05 için tepe yerdeğiştirmesi



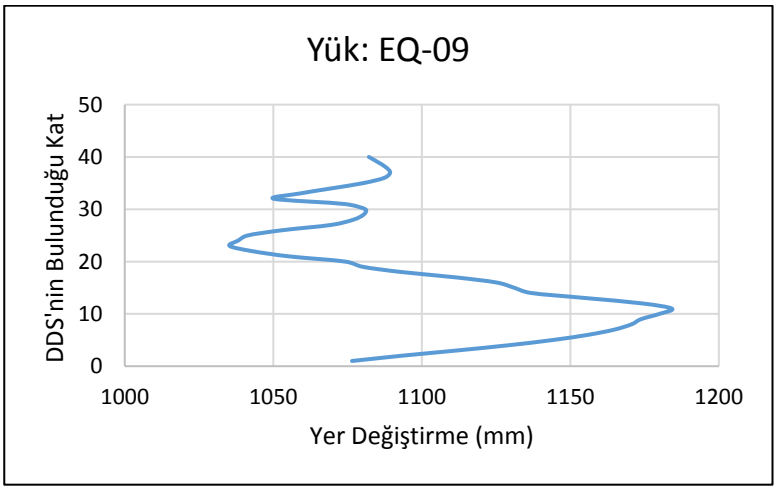
Şekil 5.8 EQ-06 için tepe yerdeğiştirmesi



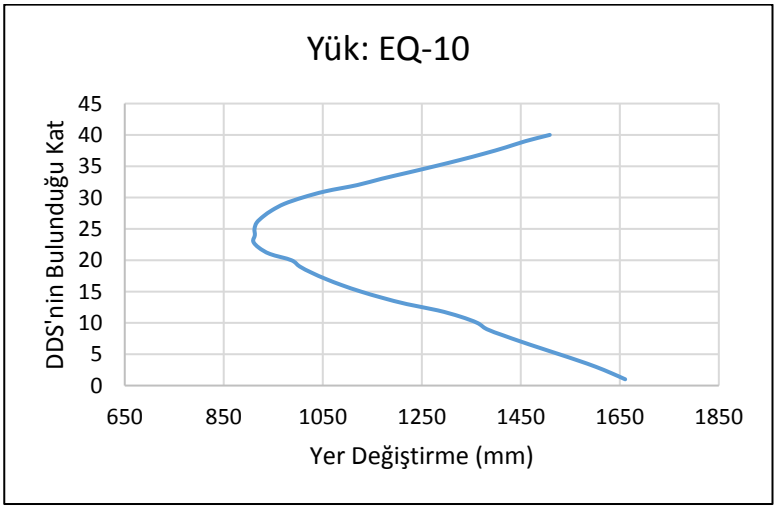
Şekil 5.9 EQ-07 için tepe yerdeğiştirmesi



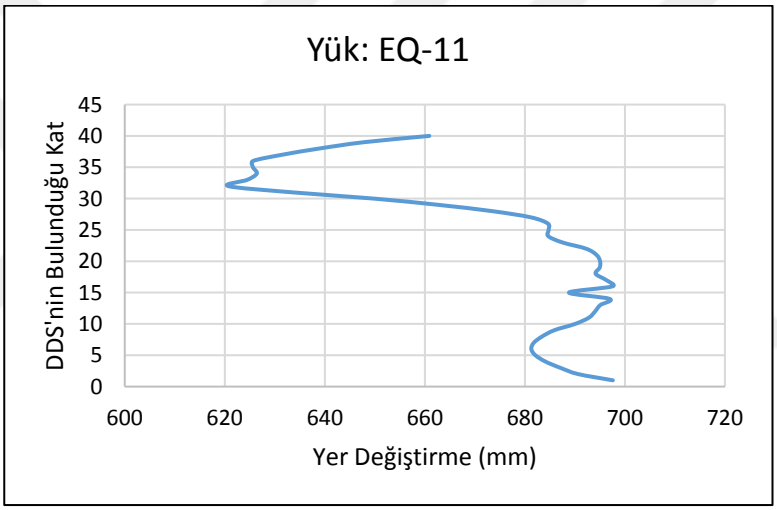
Şekil 5.10 EQ-08 için tepe yerdeğiştirmesi



Şekil 5.11 EQ-09 için tepe yerdeğiştirmesi

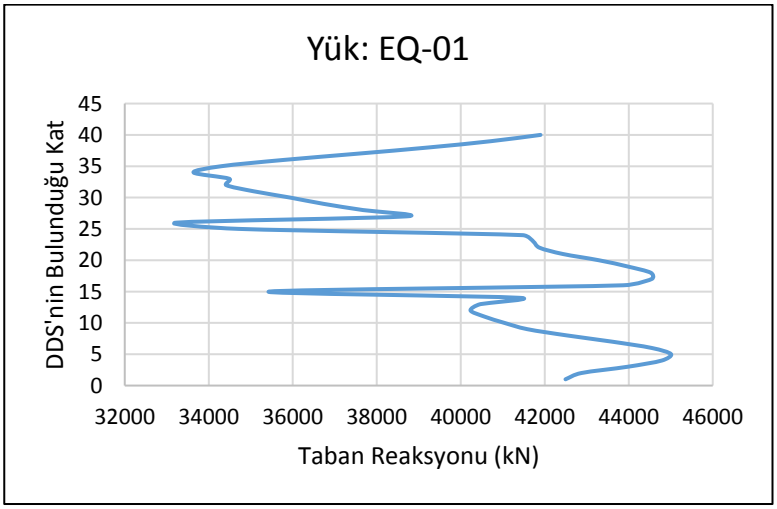


Şekil 5.12 EQ-10 için tepe yerdeğiştirmesi

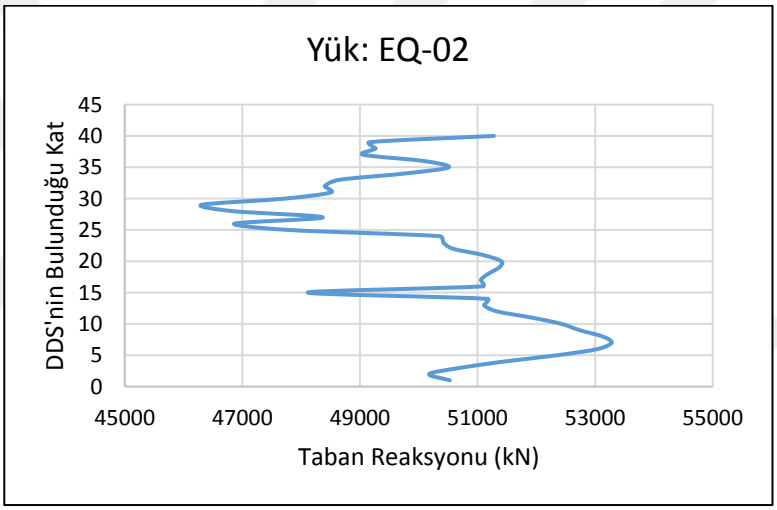


Şekil 5.13 EQ-11 için tepe yerdeğiştirmesi

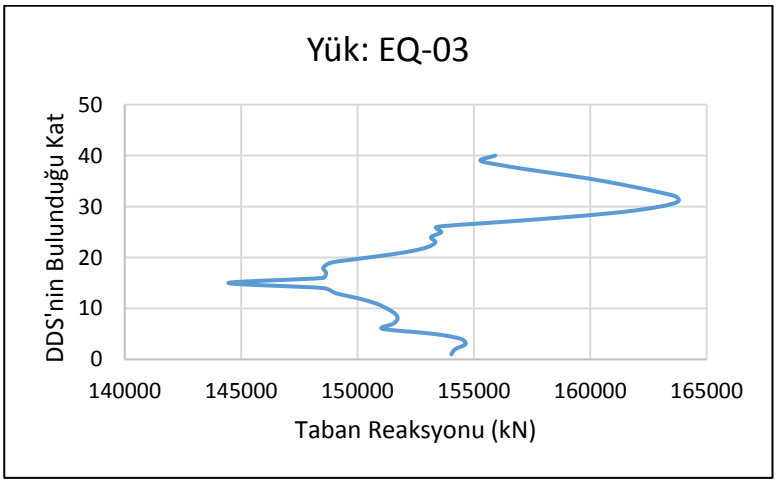
Yerdeğiştirme grafiklerinden sonra her bir kayıt için taban reaksiyonu grafikleri Şekil 5.14 - Şekil 5.24 arasında gösterilmiştir.



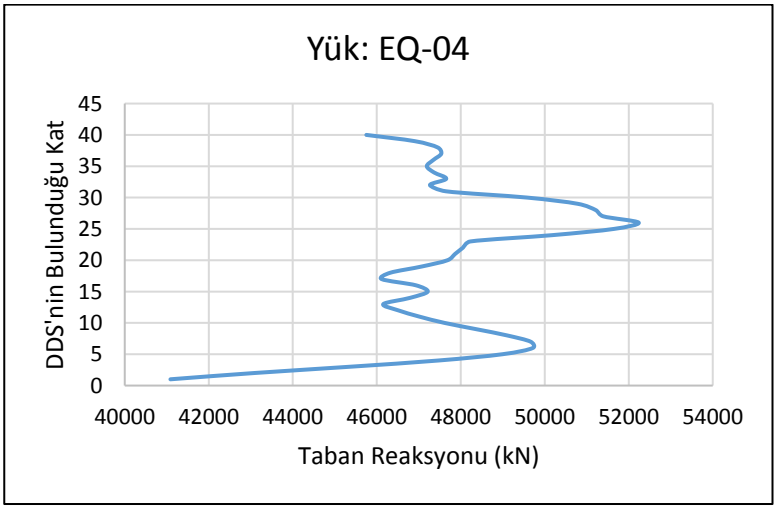
Şekil 5.14 EQ-01 için taban reaksiyonu



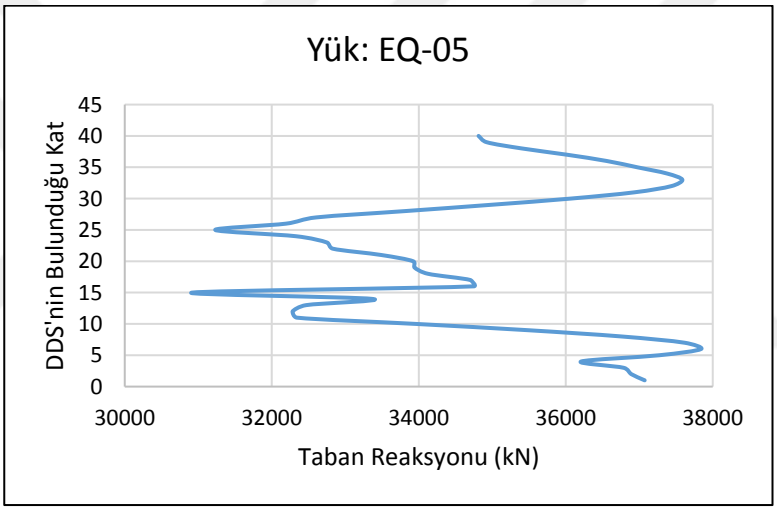
Şekil 5.15 EQ-02 için taban reaksiyonu



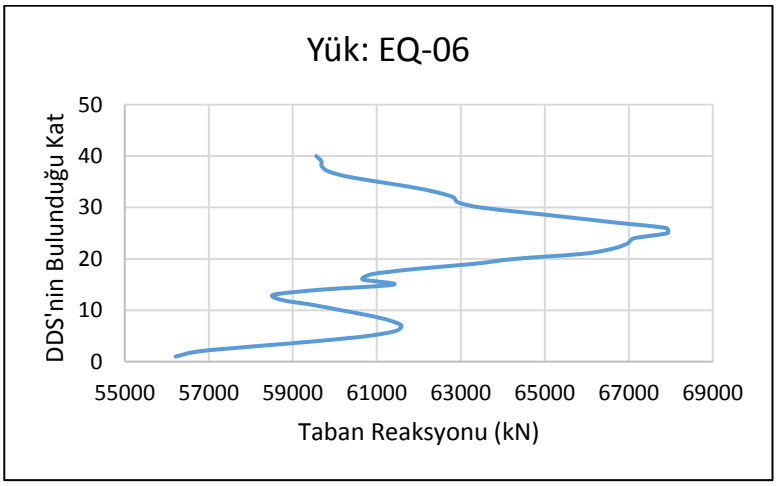
Şekil 5.16 EQ-03 için taban reaksiyonu



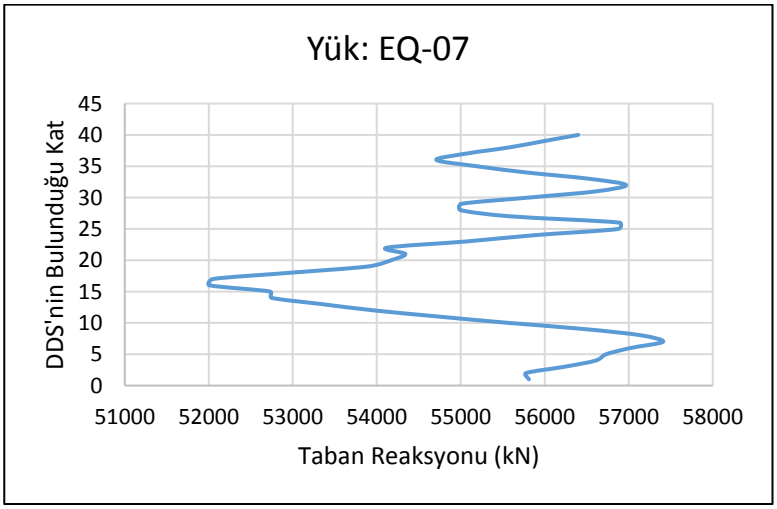
Şekil 5.17 EQ-04 için taban reaksiyonu



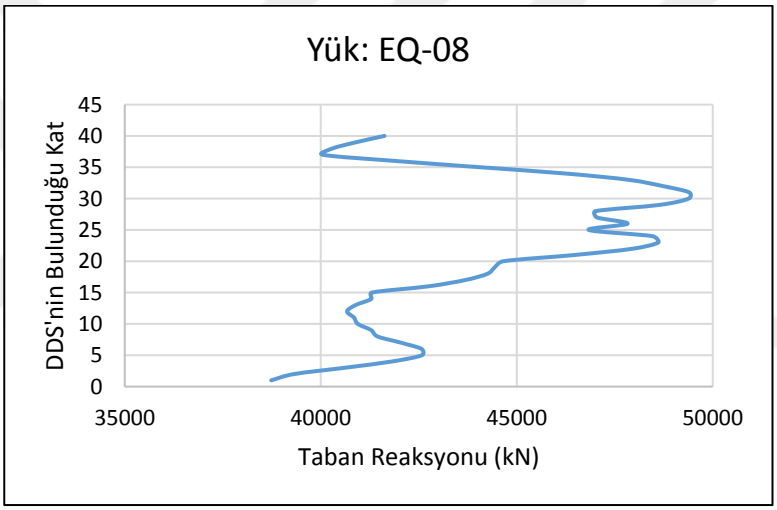
Şekil 5.18 EQ-05 için taban reaksiyonu



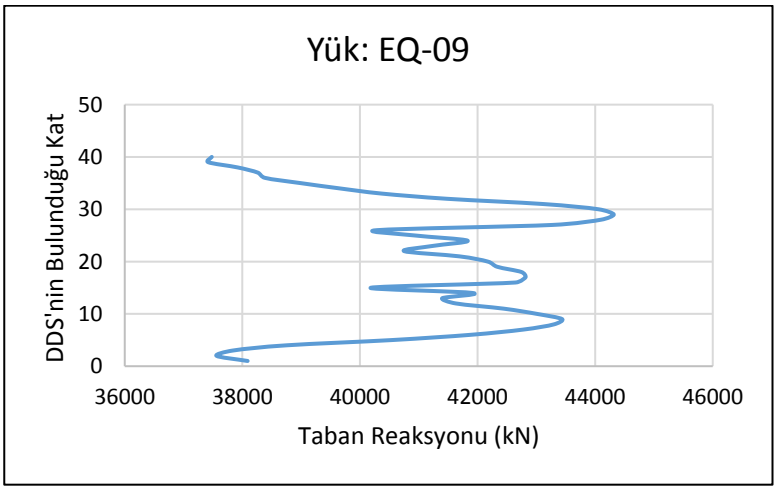
Şekil 5.19 EQ-06 için taban reaksiyonu



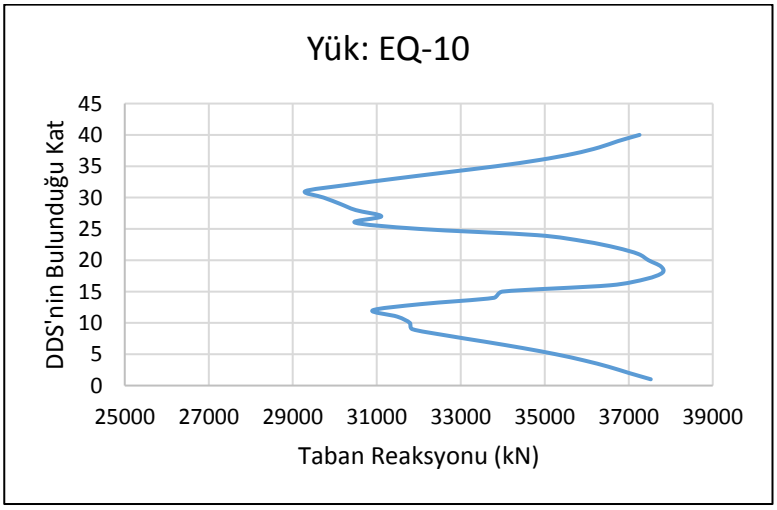
Şekil 5.20 EQ-07 için taban reaksiyonu



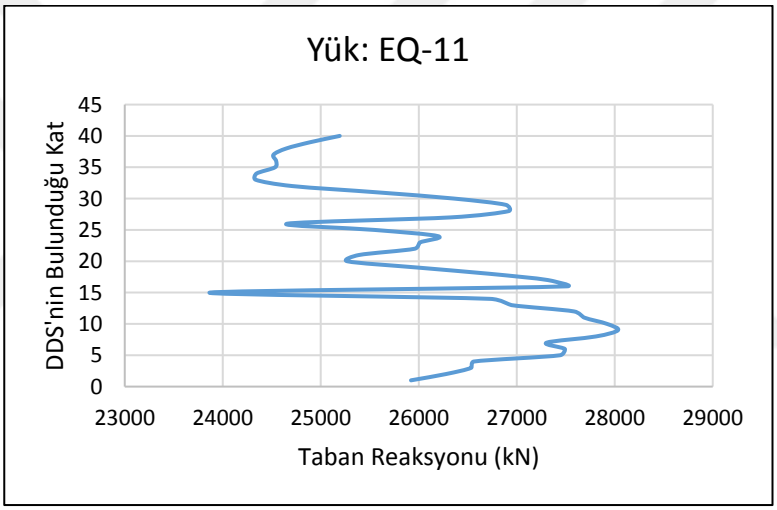
Şekil 5.21 EQ-08 için taban reaksiyonu



Şekil 5.22 EQ-09 için taban reaksiyonu



Şekil 5.23 EQ-10 için taban reaksiyonu



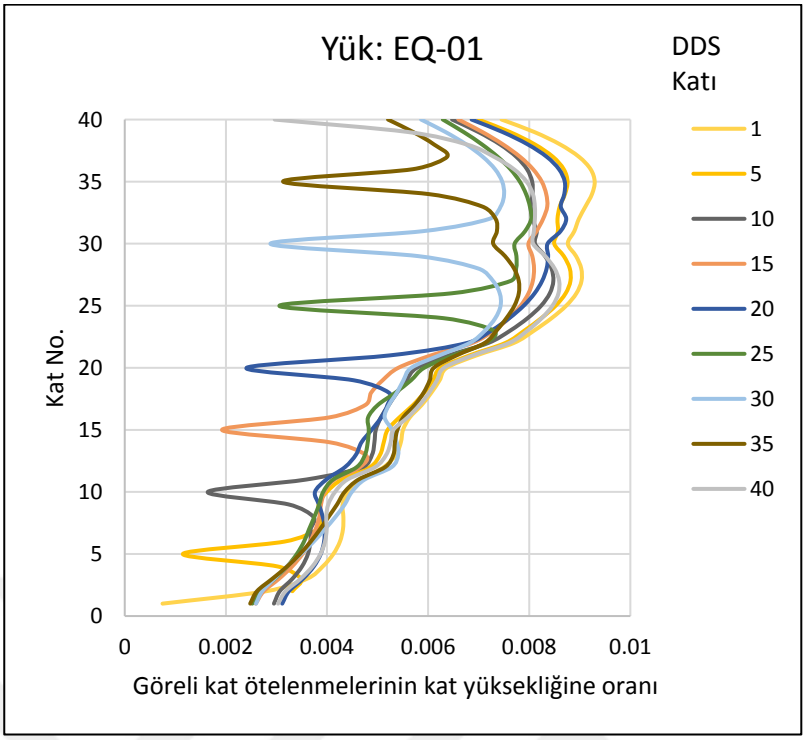
Şekil 5.24 EQ-11 için taban reaksiyonu

Yukarıdaki grafiklerde sunulan en uygun DDS konumları aşağıda Tablo 5-1'de özet olarak gösterilmiştir. En uygun konumlar hem tepe yerdeğiştirmesi hem de taban reaksiyonlarının en az olduğu durumlar için belirtilmiştir. Bina toplam yüksekliği H olarak kabul edilip, en uygun konum H'ın katı olarak gösterilmiştir.

Tablo 5-1 Tek DDS olması durumunda en uygun konumlar

Deprem	Büyüklük	Mekanizma	Kayıt No.	Tepe Yer değiştirme	Taban Reaksiyonu
Düzce	7.14	Yanal atım	EQ-01	0.72H	0.65H
			EQ-02	0.60H	0.72H
Irpina /İtalya	6.9	Eğim atım	EQ-03	0.62H	0.38H
			EQ-04	0.60H	0.02H
Kocaeli	7.51	Yanal atım	EQ-05	0.65H	0.38H
			EQ-06	0.75H	0.02H
			EQ-07	0.78H	0.40H
Landers	7.28	Yanal atım	EQ-08	0.95H	0.02H
			EQ-09	0.58H	0.98H
San Fernando	6.61	Eğim atım ters	EQ-10	0.58H	0.78H
			EQ-11	0.80H	0.38H

EQ-01 yük durumu için göreli kat ötelenmeleri DDS'nin her bir farklı katta olması durumları için incelenmiştir. Fakat daha rafine grafik görüntüsü elde etmek maksadıyla, grafikte beş katta bir model sonuçları sunulmuştur. Tüm katlara ait sonuçlar ekler kısmında verilmiştir. WX rüzgar yük durumunda olduğu gibi DDS'nin konumlandığı katta göreli kat ötelenmesi en az değerde olmaktadır.



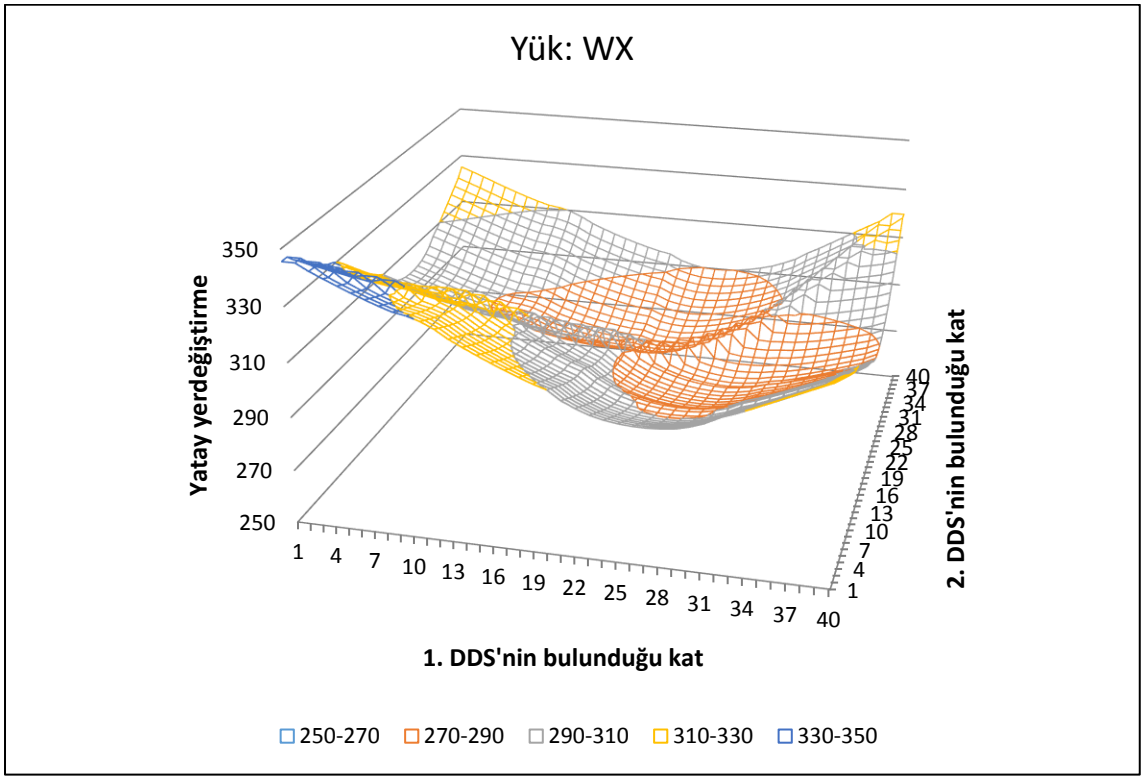
Şekil 5.25 Bir katta DDS olması durumunda göreli kat ötelenmelerinin kat yüksekliğine oranı, EQ-01.

5.2 İki Farklı Katta DDS Olması

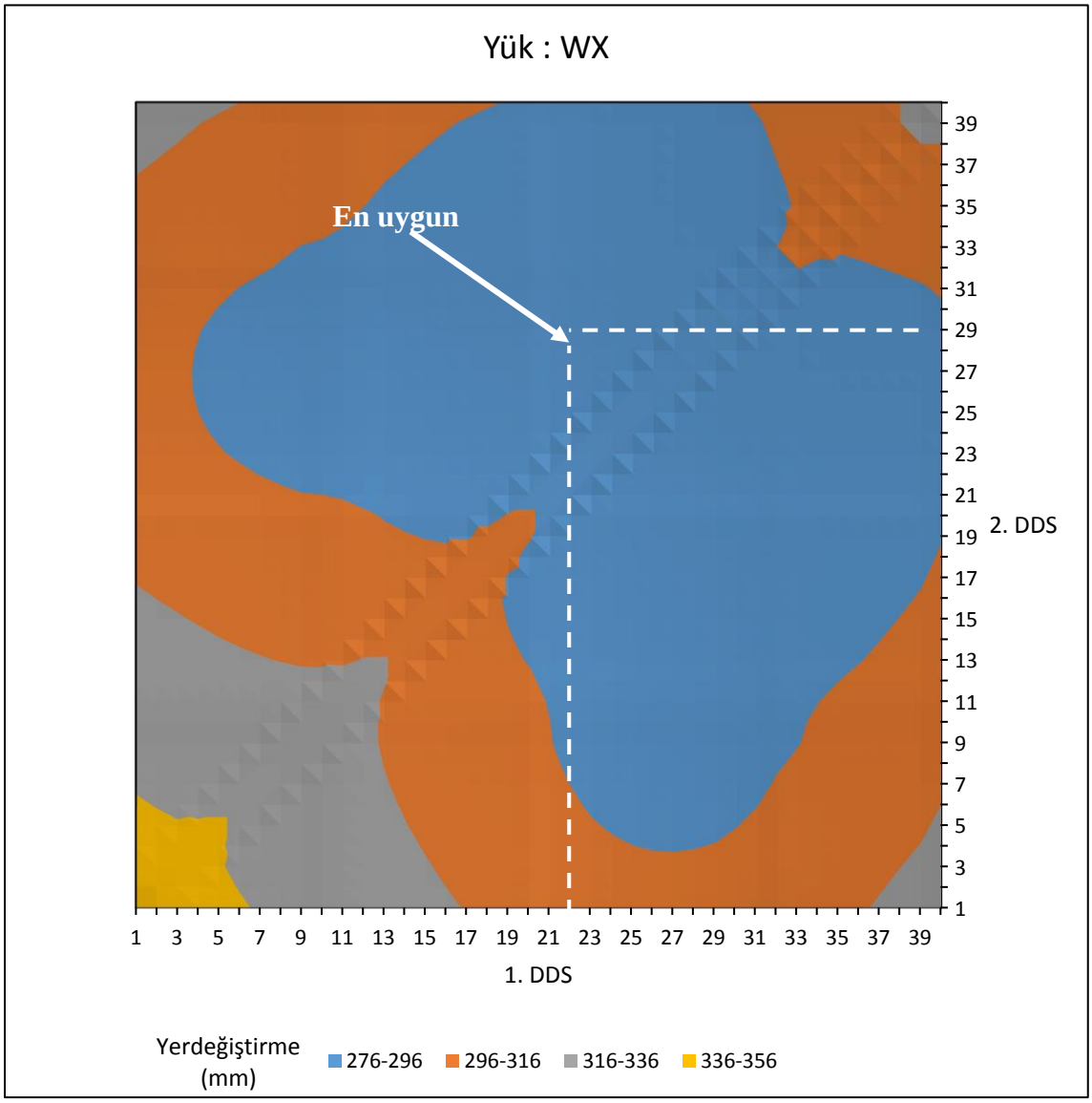
Yük durumlarından sadece rüzgar X doğrultusu (WX) ve *Düzce* depremi *Lamont362* istasyonuna ait ivme kaydı (EQ-01) kullanılmıştır. Diğer deprem kayıtları analiz edilmemiştir. İki DDS'nin faklı katlarda bulunabileceği tüm durumlar dikkate alınmış ve ayrı ayrı ETABS analiz modelleri oluşturulmuştur. İncelenen yüksek bina kırk katlı olduğu için toplamda oluşan ETABS modeli 780 adettir. Bu sayıda modelin elle manuel olarak oluşturulması, analiz edilmesi ve sonuçların kayda geçilmesi oldukça uzun zaman olacaktır. Bu nedenle süreleri azaltmak için *Excel VBA* ile bir kod yazılarak, modellerin oluşturulması, analiz edilmesi ve sonuçların excel tablolara yazılması otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Bilgisayarda ETABS model işlemleri *Excel VBA* kodu kullanılarak toplamda yaklaşık on saat sürmüştür.

5.2.1 Rüzgar Yük Durumu İçin Bulgular

Bölüm 4.3'de hesaplanan rüzgar yükü X bileşeni TS EN 1991-1-4 şartnamesindeki kurallara uyularak binaya etkitilmiştir. Bina tepe yerdeğiştirmesi için elde edilen değerler grafik olarak aşağıda Şekil 5.26 ve Şekil 5.27'da sunulmuştur. En uygun konum birinci DDS'nin 22. katta ikinci DDS'nin 29. katta olduğu durumda elde edilmiştir. Yani DDS konumları 0.55H ve 0.725H olarak belirlenmiştir.

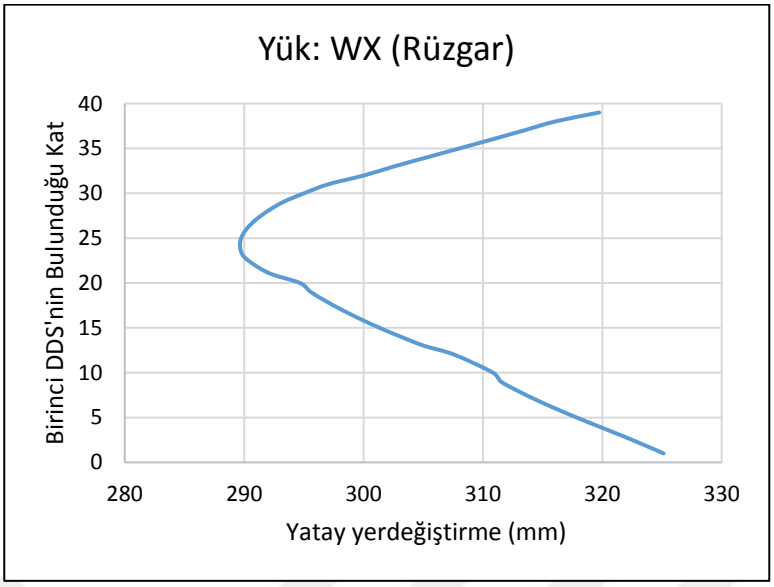


Şekil 5.26 WX yük durumunda tepe yerdeğiştimesi



Şekil 5.27 WX yük durumunda en uygun konumlar

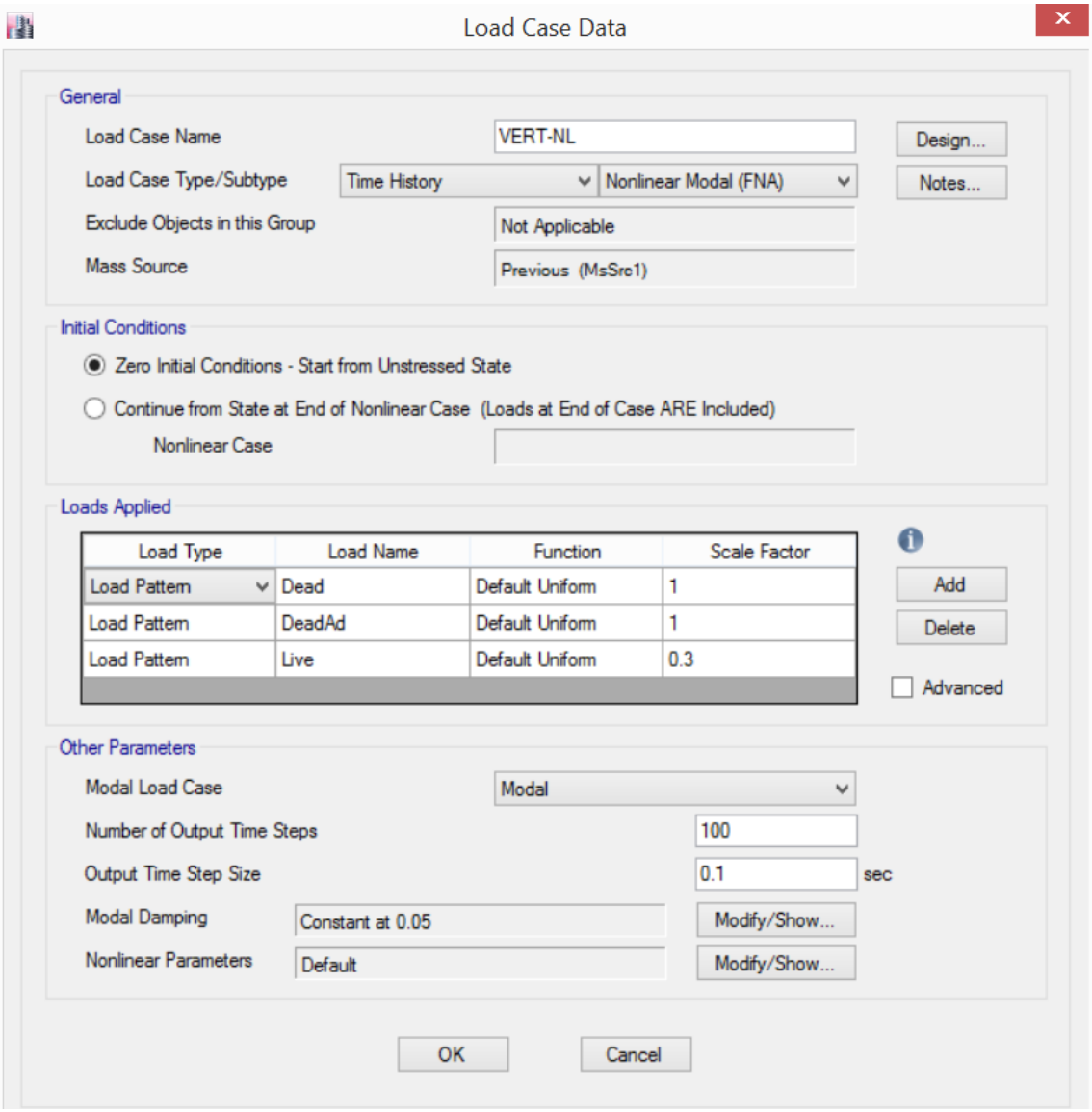
İkinci DDS binanın en üst katında sabit tutularak birinci DDS'nin en uygun konumu 24. kat, yani 0.60H, olarak ortaya çıkmıştır (Şekil 5.28). Bu sonuç Gerasimidis'in [15] betonarme çekirdeğe sahip çelik 30 katlı bina için önerdiği 0.50H konumu ile tam aynı olmasa da uyumlu olduğu yorumu yapılmıştır.



Şekil 5.28 WX yüklemesinde birinci DDS değişken ikinci DDS 40. katta sabit

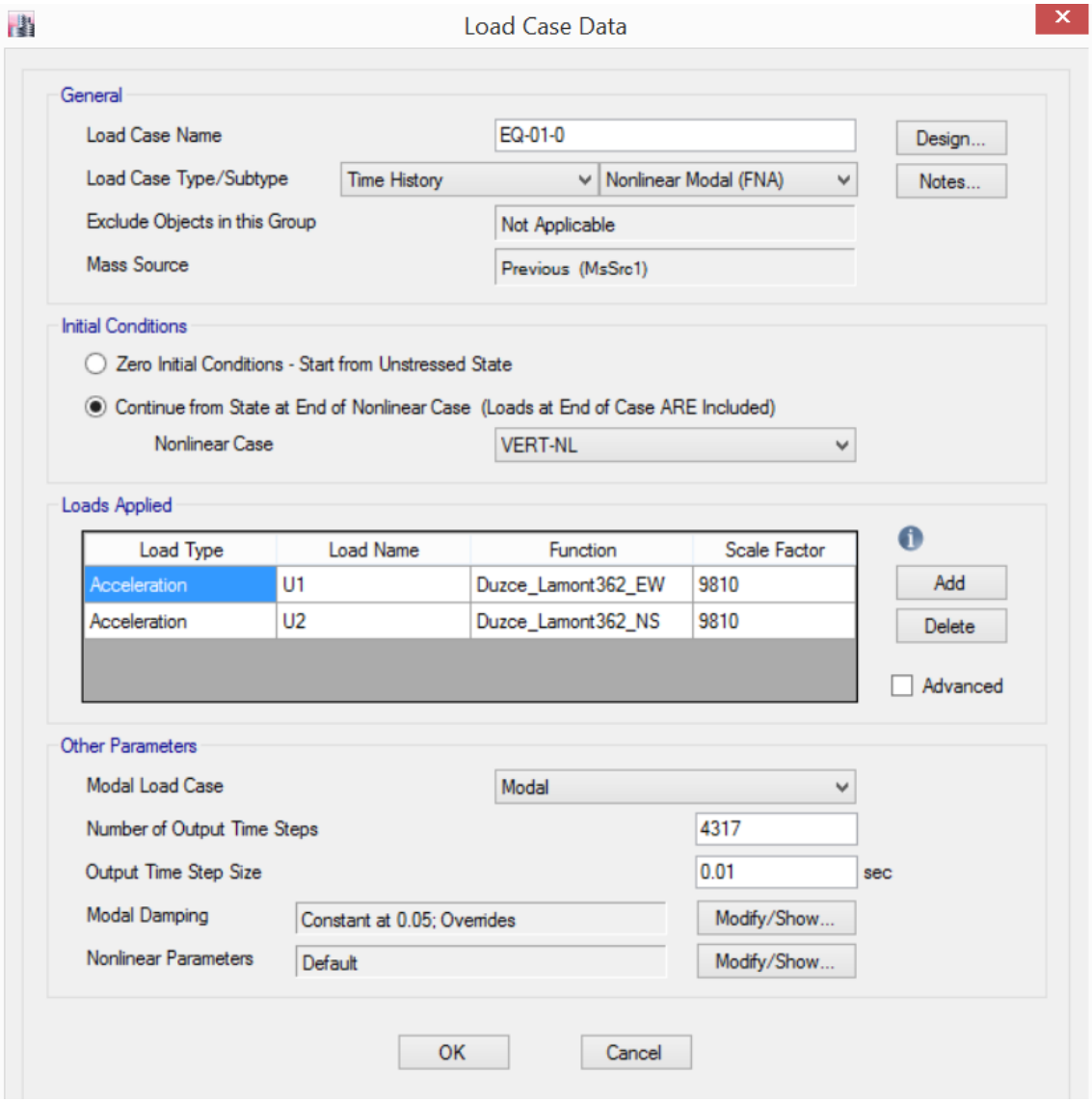
5.2.2 Deprem Yük Durumu İçin Bulgular

Daha önce de bahsedildiği gibi depremli durumda iki farklı konumda DDS en uygun konumunun incelenmesinde sadece bir depreme ait olan ivme kaydı (*Düzce* 1999 depremi) kullanılmıştır. Bu deprem kaydı analiz modeline *EQ-01* isimli zaman tanım alanında deprem yer hareketi olarak tanımlanmıştır. DDS'lerin farklı katlarda olabileceği tüm durumlar için ETABS analiz modelleri oluşturulmuştur. Analizler neticesinde bina tepe noktasının yatay yer değiştirme değerleri ve bina taban reaksiyonları elde edilmiştir. ETABS analiz modelinde zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz için deprem yer hareketi veri girişleri Şekil 5.29 ve Şekil 5.30'da gösterilmiştir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz öncesi bina için tanımlanan kütlelerle uyumlu düşey yüklerin dikkate alındığı doğrusal olmayan analiz gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.29).



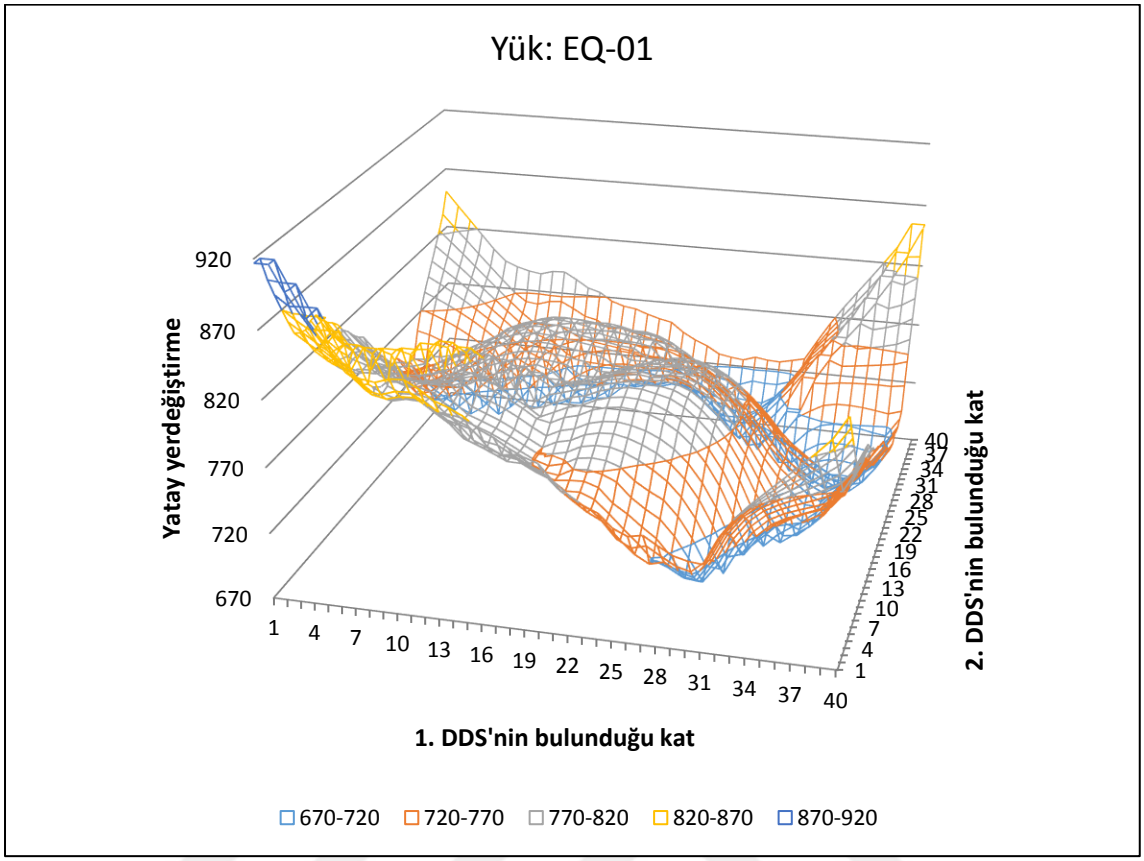
Şekil 5.29 Doğrusal olmayan statik analiz veri girişi ekranı

Bu analizin sonuçları Şekil 5.30'da gösterildiği gibi zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz için başlangıç koşulu olarak tanımlanmıştır. Düzce depremi Lamont 362 istasyonuna ait kuzey-güney ve doğu-batı ivme kaydı bileşenleri aynı anda "U1" ve "U2" yönlerinde etkitilmiştir.

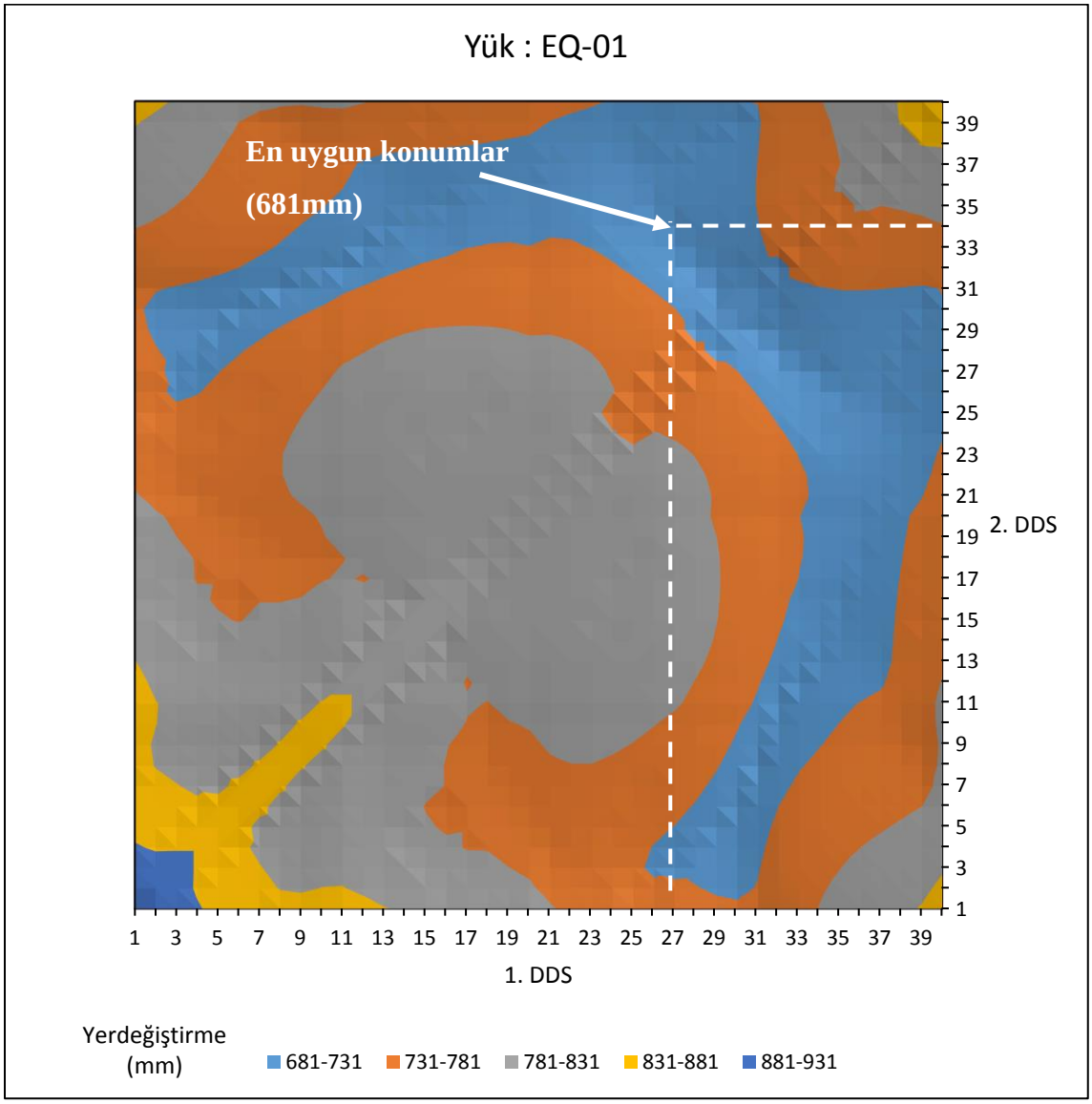


Şekil 5.30 Doğrusal olmayan zaman tanım alanında hesap için veri girişi ekranı

Elde edilen tepe yatay yer değiştirmesi sonuçları Şekil 5.31 ve Şekil 5.32'de sunulmuştur. EQ-01 deprem yük durumunda tepe yatay yer değişmesi bakımından en uygun konumlar 27. kat (0.67H) ve 34. kat (0.85H) olarak ortaya çıkmıştır. DDS'le 27. ve 34. katlara yerleştirildiklerinde en az yatay yer değiştirme değeri olarak 681mm elde edilmiştir.

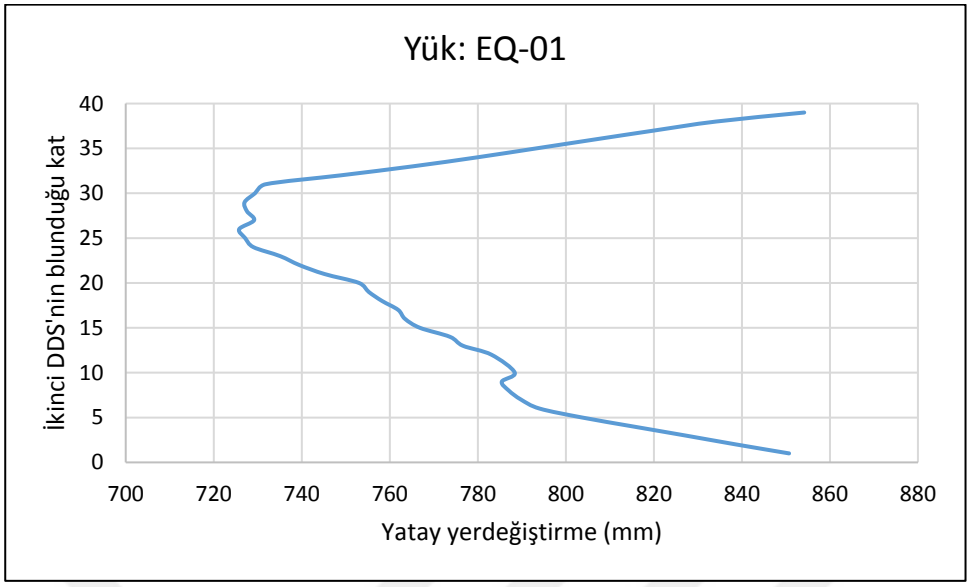


Şekil 5.31 EQ-01 yük durumunda tepe yerdeğiştirmesi



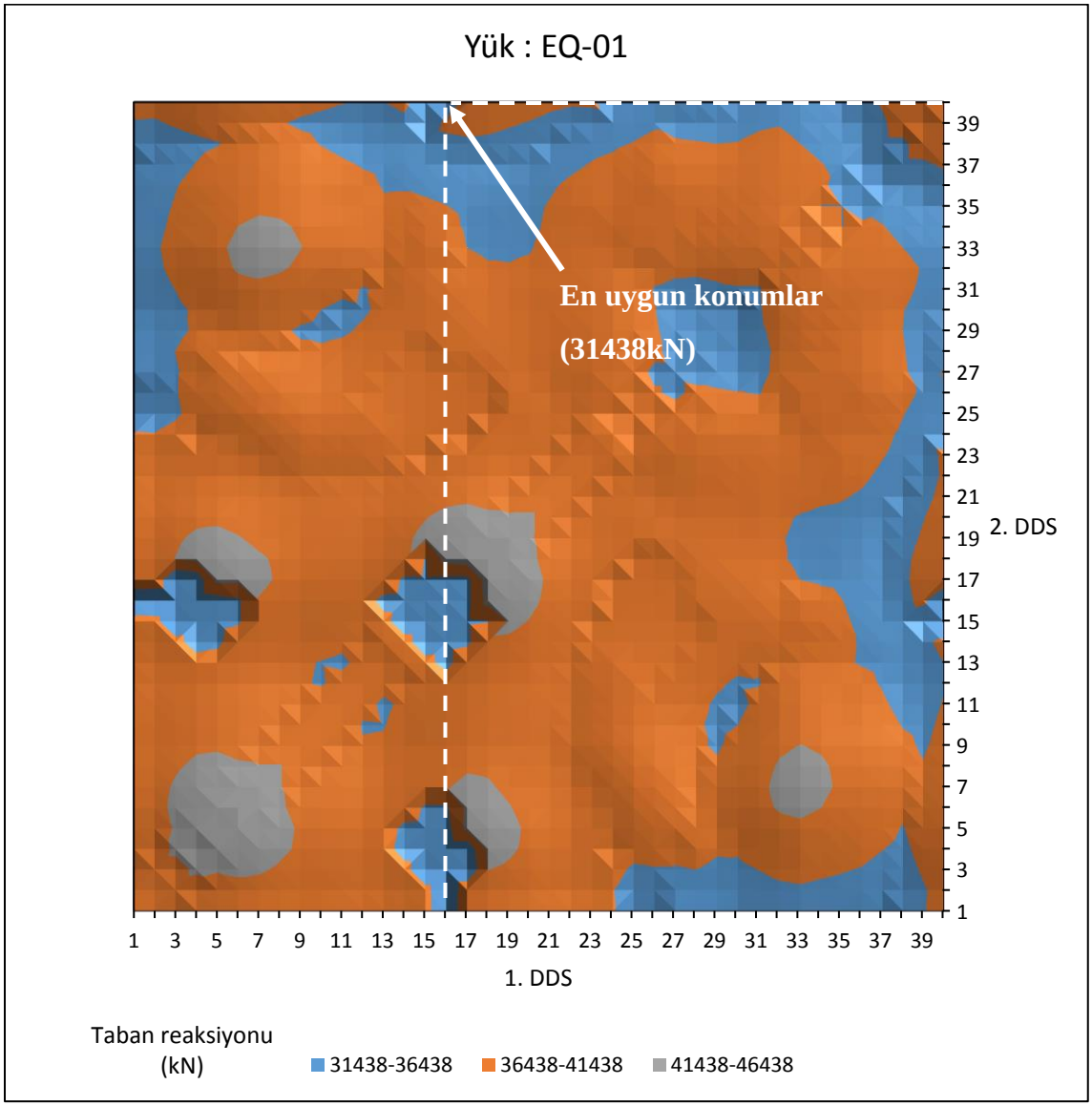
Şekil 5.32 EQ-01 yük durumunda en uygun konumlar

WX yüklemesindeki benzer inceleme EQ-01 yüklemesi için de yapılmıştır. İkinci DDS binanın en üst katında sabit tutularak birinci DDS'nin en uygun konumu 26. kat, yani 0.65H, olarak ortaya çıkmıştır (Şekil 5.33). Bu sonuç Gerasimidis'in [15] betonarme çekirdeğe sahip çelik taşıyıcı elemanlardan teşkil edilen 30 katlı bina için önerdiği 0.50H konumu ile uyumlu çıkması bakımından anlamlıdır.



Şekil 5.33 EQ-01 yüklemesinde birinci DDS değişken ikinci DDS 40. katta sabit

Son olarak bina taban mesnet toplam reaksiyonları elde edilmiş ve incelenmiştir. Şekil 5.34'de gösterildiği gibi en uygun konumlar birinci DDS 16. katta (0.40H) iken ikinci DDS'nin 40. katta (1.00H) olduğu durumda elde edilmiştir.



Şekil 5.34 Taban reaksiyonuna göre en uygun konum

Hem tepe ötelenmesi hem de taban reaksiyonu bakımından en uygun konumlar Tablo 5-2'de özet olarak gösterilmiştir.

Tablo 5-2 İki DDS olması durumunda en uygun konumlar

Deprem	Büyüklük	Kayıt No.	DDS Konumu	Tepe Yer değişrime	Taban Reaksiyonu
Düzce	7.14	EQ-01	Alt DDS	0.67H	0.40H
			Üst DDS	0.85H	1.00H

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

DDS yüksek binaların yatay ötelenmelerini sınırlandırmak, eğilme rijitlik ve kapasitelerini arttırmak için tasarlanan, binanın bir katında veya birden fazla katında teşkil edilen, etkili bir yapı sistemidir. Yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda DDS'nin bina üzerinde hangi kata yerleştirileceği sorusuna cevap aranmıştır. Bu çalışma kapsamında yüksek binalarda kullanılan yapı sistemlerinden biri olan *Dıştan Destek Sistemlerin* (Outrigger) düşey ve yatay yükler (rüzgar ve deprem) etkileri altında en uygun konumları araştırılmıştır. İlk aşamada tek DDS'ye sahip bina incelenmiştir. Hem rüzgar yükü etkileri altında hem de deprem yükleri etkleri altında en uygun konum araştırılmıştır. Ardından iki farklı konumda DDS olması durumunda en uygun DDS konumları araştırılmıştır. En uygun konumlar hem tepe yerdeğiştirmesi bakımından hem de bina toplam yatay taban reaksiyonu açısından belirlenmiştir.

Sadece bir katta DDS kullanılması durumunda:

- Tepe yatay yerdeğiştirmesi bakımından, rüzgar yüklemesinde en uygun DDS konumu 0.675H olarak elde edilmiştir.
- Rüzgar yüklemesinde DDS'nin konumu üst katlara doğru kaydıkça, DDS'nin daha alt katlarda konumlandığı durumlara göre diğer katlardaki kat ötelenmeleri azalmaktadır.
- EQ-01, EQ-03, EQ-05 ve EQ-10 deprem kayıtları için tepe yatay yer değiştirme grafiklerinin desenleri benzerlik göstermektedir. Ayrıca bu dört kayda ait yer değiştirme sonuçlarının grafik desenleri rüzgar yüklemesine ait grafik deseni ile de benzerlik göstermektedir.
- Tepe yatay yerdeğiştirmesi bakımından, incelenen tüm deprem kayıtları için elde edilen en uygun DDS konumları 0.60H ile 0.95H aralığında değişmektedir. Ortalaması 0.693H olarak ortaya çıkmaktadır.
- Bina taban yatay reaksiyonu bakımından, incelenen tüm deprem kayıtları için elde edilen en uygun DDS konumları 0.02H ile 0.98H aralığında değişmektedir. Ortalaması 0.43H olarak ortaya çıkmaktadır.

İki farklı katta DDS kullanılması durumunda:

- Tepe yatay yerdeğiştirmesi bakımından, rüzgar yüklemesinde en uygun DDS konumları 0.67H ve 0.725H olarak ortaya çıkmıştır.
- Tepe yatay yerdeğiştirmesi bakımından, rüzgar yüklemesi için ikinci DDS binanın en üst katında sabit tutularak birinci DDS'nin en uygun konumu 24. kat, yani 0.60H, olarak elde edilmiştir. Bu sonuç Gerasimidis'in [15] betonarme çekirdeğe sahip çelik 30 katlı bina için elde ettiği 0.50H konumu ile tam aynı olmasa da benzerlik gösterdiği yorumunda bulunulmuştur.
- Tepe yatay yerdeğiştirmesi bakımından, EQ-01 deprem kaydı için en uygun DDS konumları 0.67H ve 0.85H olarak ortaya çıkmıştır.
- Bina taban yatay reaksiyonu bakımından, EQ-01 deprem kaydı için en uygun DDS konumları 0.40H ve 1.00H olarak ortaya çıkmıştır.
- Tepe yatay yerdeğiştirmesi bakımından, EQ-01 deprem kaydı için ikinci DDS binanın en üst katında sabit tutularak birinci DDS'nin en uygun konumu 26. kat, yani 0.65H, olarak elde edilmiştir. Bu sonuç Gerasimidis'in [15] betonarme çekirdeğe sahip çelik 30 katlı bina için elde ettiği 0.50H konumu ile tam aynı olmasa da benzerlik gösterdiği yorumunda bulunulmuştur.

İleride yapılacak olan çalışmalarda, DDS konumunun etkilerinin yanında DDS toplojisinin de etkilerinin araştırılması ve hem topoloji etkisinin hem de DDS konumunun performansa dayalı tasarım yaklaşımıyla ele alınması faydalı olabilir.

EKLER

EK A: Tepe yerdeğiştirme değerleri tabloları

EK B: Göreli kat ötelenmeleri grafikleri

EK D: Otomatik ETABS model işlemleri için Visual Basic program kodu

EK A:

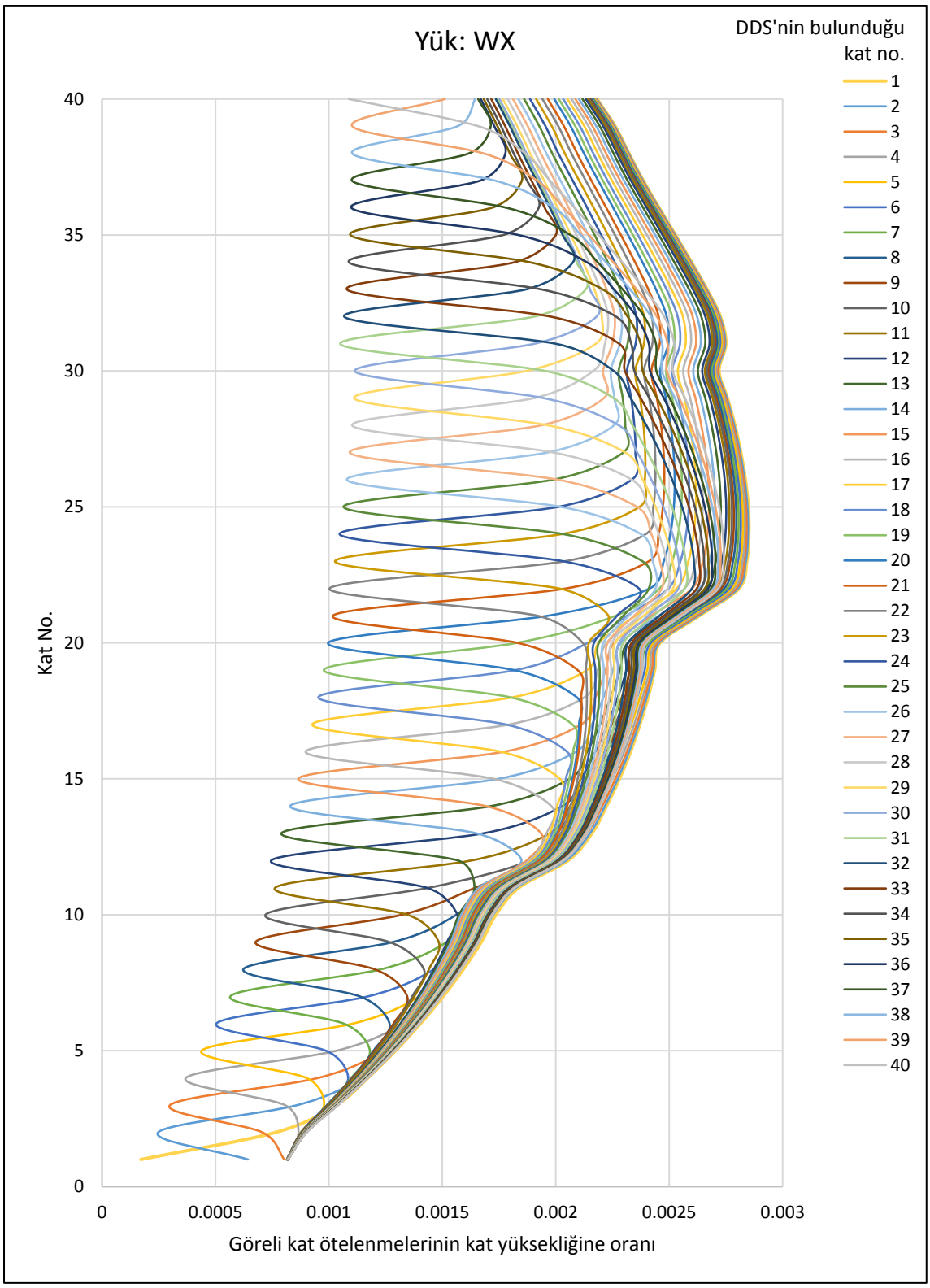
Tablo A.1 WX yüklemesi iki farklı konumda DDS olması durumunda tepe yerdeğiştirme değerleri (mm)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	346	346	343	341	339	337	335	333	332	331	329	327	324	322	320	317	315	313	312	310	307	305	303	302	301	300	300	301	301	302	304	307	309	311	313	315	317	319	322	325
2	346	346	343	340	338	336	334	332	330	330	328	326	323	320	318	316	314	312	310	309	305	303	301	300	299	299	299	299	300	301	303	305	307	309	311	313	315	318	320	323
3	343	343	343	340	337	335	333	331	329	328	327	324	321	319	317	315	312	310	309	307	304	302	300	298	298	297	297	297	298	299	301	303	305	307	309	312	314	316	318	322
4	341	340	340	340	337	334	331	330	328	327	325	323	320	318	315	313	311	309	307	305	302	300	298	297	296	296	296	296	296	297	299	302	303	305	307	310	312	314	316	320
5	339	338	337	337	337	334	331	329	327	326	324	322	319	316	314	312	310	308	306	304	301	298	297	295	294	294	294	294	295	296	297	300	302	304	306	308	310	312	314	318
6	337	336	335	334	334	334	332	328	326	325	323	321	318	315	313	310	308	306	304	303	299	297	295	294	293	293	292	293	293	294	296	298	300	302	304	306	308	311	313	316
7	335	334	333	331	331	332	332	329	325	324	322	320	317	314	312	309	307	305	303	302	298	296	294	293	292	291	291	291	292	293	294	297	298	300	302	305	307	309	311	314
8	333	332	331	330	329	328	329	329	327	324	322	319	316	313	311	308	306	304	302	300	297	295	293	291	291	290	290	290	290	292	293	295	297	299	301	303	305	307	310	313
9	332	330	329	328	327	326	325	327	327	325	321	318	315	313	310	308	305	303	301	300	296	294	292	291	290	289	289	289	289	290	292	294	296	298	300	302	304	306	308	312
10	331	330	328	327	326	325	324	324	325	325	323	318	315	312	310	308	305	303	301	299	296	294	292	290	289	289	288	289	289	290	291	294	295	297	299	301	303	305	308	311
11	329	328	327	325	324	323	322	322	321	323	323	320	315	312	309	307	305	302	300	299	295	293	291	289	288	288	288	288	288	289	290	293	294	296	298	300	302	304	306	310
12	327	326	324	323	322	321	320	319	318	318	320	320	317	311	308	306	303	301	299	297	294	291	289	288	287	286	286	286	286	287	289	291	292	294	296	298	300	302	304	308
13	324	323	321	320	319	318	317	316	315	315	315	317	317	313	307	304	302	299	297	296	292	290	287	286	285	284	284	284	284	285	286	289	290	292	294	296	298	300	302	305
14	322	320	319	318	316	315	314	313	313	312	312	311	313	313	310	303	301	299	296	295	291	289	286	285	284	283	283	283	283	284	285	287	288	290	292	294	296	298	300	303
15	320	318	317	315	314	313	312	311	310	310	309	308	307	310	310	307	300	298	296	294	290	288	285	284	283	282	282	281	282	282	284	286	287	289	290	292	294	296	298	301
16	317	316	315	313	312	310	309	308	308	308	307	306	304	303	307	307	304	298	295	293	290	287	285	283	282	281	281	280	281	281	282	284	286	287	289	291	293	295	297	300
17	315	314	312	311	310	308	307	306	305	305	305	303	302	301	300	304	304	301	295	293	289	287	284	283	281	280	280	280	280	280	281	283	284	286	288	290	291	293	295	298
18	313	312	310	309	308	306	305	304	303	303	302	301	299	299	298	298	301	301	299	293	289	286	284	282	281	280	279	279	279	280	281	282	283	285	287	288	290	292	294	297
19	312	310	309	307	306	304	303	302	301	301	300	299	297	296	296	295	295	299	299	297	289	286	284	282	281	280	279	279	279	279	280	282	283	284	286	287	289	291	293	296
20	310	309	307	305	304	303	302	300	300	299	299	297	296	295	294	293	293	293	297	297	294	286	284	282	281	280	279	278	278	279	280	281	282	284	285	287	288	290	292	295
21	307	305	304	302	301	299	298	297	296	296	295	294	292	291	290	290	289	289	289	294	294	290	283	281	280	278	278	277	277	277	278	279	280	282	283	285	286	288	290	292
22	305	303	302	300	298	297	296	295	294	294	293	291	290	289	288	287	287	286	286	286	290	290	288	281	279	278	277	277	276	277	277	279	279	281	282	283	285	287	288	291
23	303	301	300	298	297	295	294	293	292	292	291	289	287	286	285	285	284	284	284	284	283	288	288	287	280	278	278	277	277	277	277	278	279	280	281	283	284	286	287	290
24	302	300	298	297	295	294	293	291	291	290	289	288	286	285	284	283	283	282	282	282	281	281	287	287	286	280	278	278	277	277	278	279	279	280	282	283	284	286	287	290
25	301	299	298	296	294	293	292	291	290	289	288	287	285	284	283	282	281	281	281	281	280	279	280	286	286	285	280	279	278	278	279	279	280	281	282	283	285	286	287	290
26	300	299	297	296	294	293	291	290	289	289	288	286	284	283	282	281	280	280	280	280	278	278	278	280	285	285	286	280	280	280	280	280	281	282	283	284	285	287	288	290
27	300	299	297	296	294	292	291	290	289	288	288	286	284	283	282	281	280	279	279	279	278	277	278	278	280	286	286	286	281	281	281	282	282	283	284	285	286	288	289	291
28	301	299	297	296	294	293	291	290	289	289	288	286	284	283	281	280	280	279	279	278	277	277	277	278	279	280	286	286	287	283	283	283	284	284	285	286	287	289	290	292
29	301	300	298	296	295	293	292	290	289	289	288	286	284	283	282	281	280	279	279	278	277	276	277	277	278	280	281	287	287	289	285	285	285	286	287	288	289	290	291	293
30	302	301	299	297	296	294	293	292	290	290	289	287	285	284	282	281	280	280	279	279	277	277	277	277	278	280	281	283	289	289	291	287	287	288	289	290	291	292	293	295
31	304	303	301	299	297	296	294	293	292	291	290	289	286	285	284	282	281	281	280	280	278	277	277	278	279	280	281	283	285	291	291	293	290	290	291	292	293	294	295	297
32	307	305	303	302	300	298	297	295	294	294	293	291	289	287	286	284	283	282	282	281	279	279	278	279	279	280	282	283	285	287	293	293	296	294	294	295	296	297	298	300
33	309	307	305	303	302	300	298	297	296	295	294	292	290	288	287	286	284	283	283	282	280	279	279	279	280	281	282	284	285	287	290	296	296	299	297	298	299	300	301	303
34	311	309	307	305	304	302	300	299	298	297	296	294	292	290	289	287	286	285	284	284	282	281	280	280	281	282	283	284	286	288	290	294	299	299	303	301	302	303	304	305
35	313	311	309	307	306	304	302	301	300	299	298	296	294	292	290	289	288	287	286	285	283	282	281	282	282	283	284	285	287	289	291	294	297	303	303	306	305	305	306	308
36	315	313	312	310	308	306	305	303	302	301	300	298	296	294	292	291	290	288	287	287	285	283	283	283	283	284	285	286	288	290	292	295	298	301	306	306	309	308	309	311
37	317	315	314	312	310	308	307	305	304	303	302	300	298	296	294	293	291	290	289	288	286	285	284	284	285	285	286	287	289	291	293	296	299	302	305	309	309	313	312	313
38	319	318	316	314	312	311	309	307	306	305	304	302	300	298	296	295	293	292	291	290	288	287	286	286	286	287	288	289	290	292	294	297	300	303	305	308	313	313	316	316
39	322	320	318	316	314	313	311	310	308	308	306	304	302	300	298	297	295	294	293	292	290	288	287	287	287	288	289	290	291	293	295	298	301	304	306	309	312	316	316	320
40	325	323	322	320	318	316	314	313	312	311	310	308	305	303	301	300	298	297	296	295	292	291	290	290	290	290	291	292	293	295	297	300	303	305	308	311	313	316	320	320

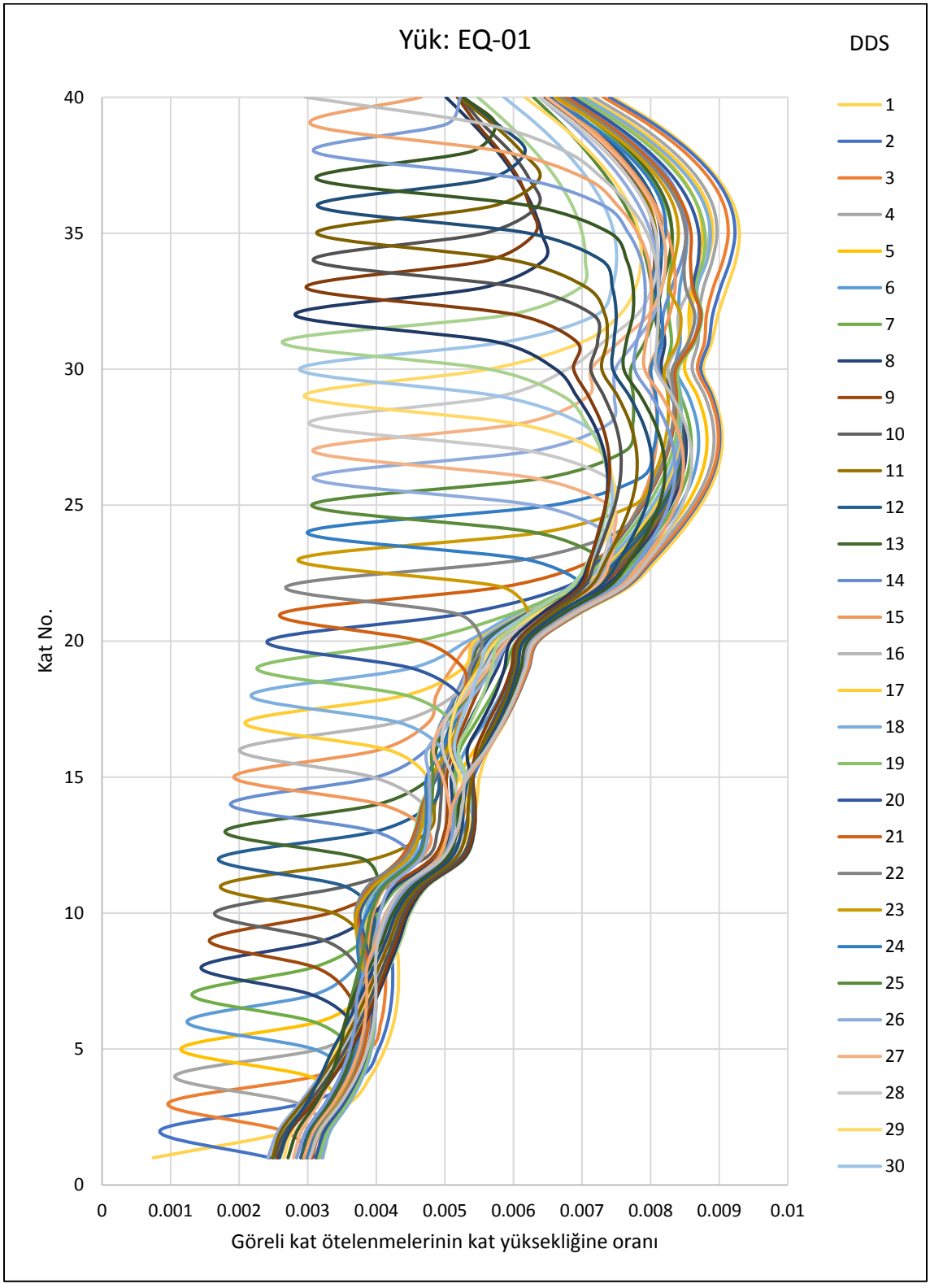
Tablo A.2 EQ-01 yüklemesi için iki farklı konumda DDS olması durumunda tepe yerdeğiştirme değerleri (mm)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	917	917	899	884	871	858	846	842	841	844	845	839	832	828	823	815	810	804	799	795	783	775	768	764	754	749	751	745	739	736	735	756	771	782	793	803	813	823	834	851
2	917	917	897	877	864	851	839	830	828	831	832	826	819	816	812	802	800	794	789	784	774	766	759	754	742	736	739	733	727	724	733	754	768	778	787	796	805	813	823	839
3	899	897	897	878	857	844	832	823	821	824	824	818	811	808	798	793	789	787	781	777	767	760	756	747	736	727	721	723	717	715	729	750	763	773	781	789	796	804	813	827
4	884	877	878	878	858	838	825	818	816	818	817	810	803	793	789	785	780	780	774	770	763	763	759	749	739	730	719	715	709	708	724	745	758	768	775	781	787	794	802	815
5	871	864	857	858	858	846	822	816	813	815	813	805	798	788	783	779	780	774	769	765	766	767	763	753	746	738	730	718	703	702	718	739	753	762	768	773	779	785	791	804
6	858	851	844	838	846	846	840	818	813	814	812	802	795	791	780	775	776	771	766	764	770	771	769	764	754	746	740	728	713	696	711	731	746	755	761	765	770	775	781	794
7	846	839	832	825	822	840	840	837	815	814	812	801	793	790	785	780	775	769	766	769	774	775	774	771	762	755	750	739	723	703	702	723	738	747	753	757	761	766	771	790
8	842	830	823	818	816	818	837	837	834	817	813	802	794	790	785	780	775	769	771	773	778	780	780	777	773	767	759	749	734	714	694	714	729	739	745	749	753	757	763	787
9	841	828	821	816	813	813	815	834	834	835	816	804	795	791	787	782	776	770	775	778	783	786	786	784	780	775	768	758	743	725	702	705	720	731	737	741	745	749	762	785
10	844	831	824	818	815	814	814	817	835	835	834	809	801	797	792	786	780	775	780	782	788	790	791	789	786	782	775	765	752	734	712	700	715	725	732	737	741	748	765	788
11	845	832	824	817	813	812	812	813	816	834	834	827	805	800	795	789	783	780	786	788	794	796	798	797	795	790	784	775	762	746	725	699	709	720	727	732	737	749	766	789
12	839	826	818	810	805	802	801	802	804	809	827	827	819	799	793	787	780	785	789	792	797	800	801	801	799	794	789	780	768	753	734	709	699	709	716	722	728	744	761	783
13	832	819	811	803	798	795	793	794	795	801	805	819	819	813	792	781	784	789	793	795	800	803	805	804	802	799	794	786	775	761	743	721	703	698	706	713	724	739	755	777
14	828	816	808	793	788	791	790	790	791	797	800	799	813	813	805	782	789	791	795	797	801	803	805	804	804	802	797	789	779	766	749	729	713	698	700	710	723	737	753	774
15	823	812	798	789	783	780	785	785	787	792	795	793	792	805	805	797	790	795	795	797	800	803	801	803	804	803	798	791	782	769	754	735	717	703	700	710	722	736	746	767
16	815	802	793	785	779	775	780	780	782	786	789	787	781	782	797	797	789	792	794	796	799	801	803	802	803	802	798	792	783	771	757	740	722	710	701	710	722	734	747	763
17	810	800	789	780	780	776	775	775	776	780	783	780	784	789	790	789	789	784	792	794	797	800	801	799	801	800	797	792	783	772	759	743	730	719	710	710	721	732	745	762
18	804	794	787	780	774	771	769	769	770	775	780	785	789	791	795	792	784	784	785	793	796	798	799	800	798	798	797	791	783	772	759	745	732	723	715	709	720	731	742	758
19	799	789	781	774	769	766	766	771	775	780	786	789	793	795	795	794	792	785	785	786	794	796	797	798	799	799	796	790	781	771	758	744	733	724	717	712	718	729	740	755
20	795	784	777	770	765	764	769	773	778	782	788	792	795	797	797	796	794	793	786	786	788	795	796	796	797	796	793	787	779	768	756	742	731	723	717	712	716	727	738	753
21	783	774	767	763	766	770	774	778	783	788	794	797	800	801	800	799	797	796	794	788	788	789	795	795	796	796	793	787	779	769	758	744	734	727	720	715	714	720	730	745
22	775	766	760	763	767	771	775	780	786	790	796	800	803	803	803	801	800	798	796	795	789	789	788	793	794	794	790	785	777	767	756	743	734	726	719	713	711	714	725	739
23	768	759	756	759	763	769	774	780	786	791	798	801	805	805	801	803	801	799	797	796	795	788	788	783	788	788	786	780	773	763	753	740	730	722	714	708	706	709	720	735
24	764	754	747	749	753	764	771	777	784	789	797	801	804	804	803	802	799	800	798	796	795	793	783	783	773	782	779	774	766	757	747	734	723	711	704	699	697	700	713	729
25	754	742	736	739	746	754	762	773	780	786	795	799	802	804	804	803	801	798	799	797	796	794	788	773	773	765	772	766	760	750	739	725	711	702	695	690	687	696	710	727
26	749	736	727	730	738	746	755	767	775	782	790	794	799	802	803	802	800	798	799	796	796	794	788	782	765	765	753	759	752	742	729	714	699	690	683	686	687	700	708	726
27	751	739	721	719	730	740	750	759	768	775	784	789	794	797	798	798	797	797	796	793	793	790	786	779	772	753	753	739	742	731	717	701	688	681	690	691	690	698	712	729
28	745	733	723	715	718	728	739	749	758	765	775	780	786	789	791	792	792	791	790	787	787	785	780	774	766	759	739	739	720	718	704	685	688	695	698	698	697	698	711	728
29	739	727	717	709	703	713	723	734	743	752	762	768	775	779	782	783	783	783	781	779	779	777	773	766	760	752	742	720	720	704	687	688	699	706	708	708	706	704	711	727
30	736	724	715	708	702	696	703	714	725	734	746	753	761	766	769	771	772	772	771	768	769	767	763	757	750	742	731	718	704	704	703	699	711	717	720	719	718	716	714	729
31	735	733	729	724	718	711	702	694	702	712	725	734	743	749	754	757	759	759	758	756	758	756	753	747	739	729	717	704	687	703	703	718	724	730	732	732	732	730	729	732
32	756	754	750	745	739	731	723	714	705	700	699	709	721	729	735	740	743	745	744	742	744	743	740	734	725	714	701	685	688	699	718	718	744	744	746	747	747	748	747	749
33	771	768	763	758	753	746	738	729	720	715	709	699	703	713	717	722	730	732	733	731	734	734	730	723	711	699	688	688	699	711	724	744	744	760	756	757	759	760	762	765
34	782	778	773	768	762	755	747	739	731	725	720	709	698	698	703	710	719	723	724	723	727	726	722	711	702	690	681	695	706	717	730	744	760	760	773	768	770	772	775	780
35	793	787	781	775	768	761	753	745	737	732	727	716	706	700	700	701	710	715	717	717	720	719	714	704	695	683	690	698	708	720	732	746	756	773	773	786	781	784	787	793
36	803	796	789	781	773	765	757	749	741	737	732	722	713	710	710	710	710	709	712	712	715	713	708	699	690	686	691	698	708	719	732	747	757	768	786	786	800	796	800	807
37	813	805	796	787	779	770	761	753	745	741	737	728	724	723	722	722	721	720	718	716	714	711	706	697	687	687	690	697	706	718	732	747	759	770	781	800	800	816	813	820
38	823	813	804	794	785	775	766	757	749	748	749	744	739	737	736	734	732	731	729	727	720	714	709	700	696	700	698	698	704	716	730	748	760	772	784	796	816	816	833	834
39	834	823	813	802	791	781	771	763	762	765	766	761	755	753	746	747	745	742	740	738	730	725	720	713	710	708	712	711	711	714	729	747	762	775	787	800	813	833	833	854
40	851	839	827	815	804	794	790	787	785	788	789	783	777	774	767	763	762	758	755	753	745	739	735	729	727	726	729	728	727	729	732	749	765	780	793	807	820	834	854	854

EK B:



Şekil B.1 Bir katta DDS olması durumunda göreli kat ötelenmelerinin kat yüksekliğine oranı, WX



Şekil B.2 Bir katta DDS olması durumunda göreli kat ötelenmelerinin kat yüksekliğine oranı, EQ-01

EK C:

```
Dim AttachToInstance As Boolean
Dim myHelper As cHelper
Dim myETABSObject As cOAPI
Dim mySapModel As ETABS2016.cSapModel
Sub Kopyala(kaynak_grup_ismi As String, kat_offset As Double)
  ret = mySapModel.SelectObj.Group(kaynak_grup_ismi)
              Dim adet As Long
              Dim tip() As Long
              Dim isim() As String
Dim sPoint1 As String
Dim sPoint2 As String
Dim x1 As Double, y1 As Double, z1 As Double
Dim x2 As Double, y2 As Double, z2 As Double
Dim PropName As String 'section property name
Dim SAuto As String
Dim ii() As Boolean 'end releases for i
Dim jj() As Boolean ' end releases for j
Dim StartValue() As Double
Dim EndValue() As Double
  ret = mySapModel.SelectObj.GetSelected(adet, tip, isim)
 Dim newlyAddedFrameName As String
  For i = 0 To adet - 1
   'Cells(i, 1).Value = 100
  ' If tip(i) = 2 Then ' 2== frame obj
    'get current frame coordinates
    ret = mySapModel.FrameObj.GetPoints(isim(i), sPoint1, sPoint2)
    ret = mySapModel.PointObj.GetCoordCartesian(sPoint1, x1, y1, z1)
    ret = mySapModel.PointObj.GetCoordCartesian(sPoint2, x2, y2, z2)
  'set new elevation
   z1 = z1 + kat_offset
   z2 = z2 + kat_offset
    'get frame section property
     ret = mySapModel.FrameObj.GetSection(isim(i), PropName, SAuto)
    'create frame obj
    ret = mySapModel.FrameObj.AddByCoord(x1, y1, z1, x2, y2, z2, newlyAddedFrameName, PropName)
    'Set end releases
    ret = mySapModel.FrameObj.GetReleases(isim(i), ii, jj, StartValue, EndValue)
    ret = mySapModel.FrameObj.SetReleases(newlyAddedFrameName, ii, jj, StartValue, EndValue)
'End If
  Next i
  ret = mySapModel.SelectObj.ClearSelection
End Sub
Sub Sil(silinecek_grup_ismi As String)
   ret = mySapModel.FrameObj.Delete(silinecek_grup_ismi, eItemType_Group)
End Sub
Sub YeniModelOlustur(kaynak_model_path, hedef_model_path, out_rigger_1_kat As Long, out_rigger_2_kat As Long)
  '----------------------YENI MODEL OLUSTUR ------------------------
   'fiziksel olarak kopyala
   Set fs = CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
   fs.CopyFile kaynak_model_path, hedef_model_path
   'kopyalananý aç
   ret = mySapModel.File.OpenFile(hedef_model_path)
   If out_rigger_1_kat > 2 Then
      Kopyala "KAT2", 4000 * (out_rigger_1_kat - 2)
   End If
   If out_rigger_2_kat > 2 Then
      Kopyala "KAT2", 4000 * (out_rigger_2_kat - 2)
   End If
   If Not (out_rigger_1_kat = 2 Or out_rigger_2_kat = 2) Then
   Sil "KAT2"
   End If
   If Not (out_rigger_1_kat = 1 Or out_rigger_2_kat = 1) Then
    Sil "KAT1"
   End If
   '----------------------ANALIZ ET ------------------------
   ret = mySapModel.Analyze.RunAnalysis
  '----------------------RUZGAR ------------------------
   'RAPOR AL
```

```
'deselect all cases and combos
 ret = mySapModel.Results.Setup.DeselectAllCasesAndCombosForOutput()
'set case selected for output
ret = mySapModel.Results.Setup.SetCaseSelectedForOutput("WX+")
'TOP DISPLACEMENT
'get joint displacements
Dim NumberResults As Long
Dim Obj() As String
Dim Elm() As String
Dim LoadCase() As String
Dim StepType() As String
Dim StepNum() As Double
Dim U1() As Double
Dim U2() As Double
Dim U3() As Double
Dim R1() As Double
Dim R2() As Double
Dim R3() As Double
'TOP FLOOR HORZ. DISP
ret = mySapModel.Results.JointDispl("7", eItemTypeElm.eItemTypeElm_Element, NumberResults, Obj, Elm, LoadCase, StepType, StepNum, U1, U2, U3, R1, R2, R3)
Set resultSheet = Worksheets("TOP_DISP")
'check
If NumberResults > 0 Then
    resultSheet.Cells((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat, 1).Value = out_rigger_1_kat
    resultSheet.Cells((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat, 2).Value = out_rigger_2_kat
    resultSheet.Cells((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat, 4).Value = U1(0)
    resultSheet.Cells((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat, 5).Value = U2(0)
    resultSheet.Cells((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat, 6).Value = U3(0)
    resultSheet.Cells((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat, 7).Value = R1(0)
    resultSheet.Cells((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat, 8).Value = R2(0)
    resultSheet.Cells((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat, 9).Value = R3(0)
Else: ret = -1
End If
'BASE REACT.
  Dim Fx() As Double
  Dim Fy() As Double
  Dim Fz() As Double
  Dim Mx() As Double
  Dim My() As Double
  Dim Mz() As Double
  Dim gx As Double
  Dim gy As Double
  Dim gz As Double
  Dim XCentroidForFx() As Double
  Dim YCentroidForFx() As Double
  Dim ZCentroidForFx() As Double
  Dim XCentroidForFy() As Double
  Dim YCentroidForFy() As Double
  Dim ZCentroidForFy() As Double
  Dim XCentroidForFz() As Double
  Dim YCentroidForFz() As Double
  Dim ZCentroidForFz() As Double
ret = mySapModel.Results.BaseReactWithCentroid(NumberResults, LoadCase, StepType, StepNum, Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz, gx, gy, gz, XCentroidForFx, YCentroidForFx, ZCentroidForFx, XCentroidForFy, YCentroidForFy, ZCentroidForFy, XCentroidForFz, YCentroidForFz, ZCentroidForFz)
 Set resultSheet = Worksheets("BASE_REACT")
'check
'mevcutta kN-mm biriminde geliyor.
If NumberResults > 0 Then
  ' For Counter = 1 To NumberResults
    resultSheet.Cells((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat, 1).Value = out_rigger_1_kat
    resultSheet.Cells((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat, 2).Value = out_rigger_2_kat
    resultSheet.Cells((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat, 4).Value = Fx(0) 'kN
    resultSheet.Cells((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat, 5).Value = Fy(0)
    resultSheet.Cells((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat, 6).Value = Fz(0)
    resultSheet.Cells((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat, 7).Value = Mx(0) / 1000 'kN-mm -> kNm
    resultSheet.Cells((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat, 8).Value = My(0) / 1000
    resultSheet.Cells((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat, 9).Value = Mz(0) / 1000
  '  Next Counter
Else: ret = -1
```

```
End If
'STORY DRIFT
Dim Story() As String
Dim Label() As String
Dim Drift() As Double
Dim X() As Double
Dim Y() As Double
Dim Z() As Double
Dim Direction() As String
 ret = mySapModel.Results.StoryDrifts(NumberResults, Story, LoadCase, StepType, StepNum, Direction, Drift, Label,
X, Y, Z)
 Set resultSheet = Worksheets("STORY_DRIFT")
'check
'mevcutta kN-mm biriminde geliyor.
If NumberResults > 0 Then
   For Counter = 0 To NumberResults - 1
      resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 1).Value = out_rigger_1_kat
      resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 2).Value = out_rigger_2_kat
     ' resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 4).Value = NumberResults
      resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 5).Value = Story(Counter)
      resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 6).Value = LoadCase(Counter)
      resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 7).Value = Direction(Counter)
      resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 8).Value = Drift(Counter)
      resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 9).Value = Label(Counter)
      resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 10).Value = X(Counter)
      resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 11).Value = Y(Counter)
      resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 12).Value = Z(Counter)
   Next Counter
Else: ret = -1
End If
'----------DEPREM----------
'deselect all cases and combos
 ret = mySapModel.Results.Setup.DeselectAllCasesAndCombosForOutput()
'set case selected for output
 ret = mySapModel.Results.Setup.SetCaseSelectedForOutput("EQ-01-0")
'TOP DISP. FOR EQ.
'TOP FLOOR HORZ. DISP
 ret = mySapModel.Results.JointDispl("7", eItemTypeElm.eItemTypeElm_Element, NumberResults, Obj, Elm,
LoadCase, StepType, StepNum, U1, U2, U3, R1, R2, R3)
 Set resultSheet = Worksheets("TOP_DISP_EQ")
 If NumberResults > 0 Then
   For Counter = 0 To NumberResults - 1
      resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 2 + Counter, 1).Value = out_rigger_1_kat
      resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 2 + Counter, 2).Value = out_rigger_2_kat
       resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 2 + Counter, 3).Value = StepType(Counter)
      resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 2 + Counter, 4).Value = U1(Counter)
      resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 2 + Counter, 5).Value = U2(Counter)
      resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 2 + Counter, 6).Value = U3(Counter)
      resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 2 + Counter, 7).Value = R1(Counter)
      resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 2 + Counter, 8).Value = R2(Counter)
      resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 2 + Counter, 9).Value = R3(Counter)
   Next Counter
Else: ret = -1
End If
' BASE REACTION FOR EQ
 ret = mySapModel.Results.BaseReactWithCentroid(NumberResults, LoadCase, StepType, StepNum, Fx, Fy, Fz, Mx,
My, Mz, gx, gy, gz, XCentroidForFx, YCentroidForFx, ZCentroidForFx, XCentroidForFy, YCentroidForFy, ZCentroidForFy,
XCentroidForFz, YCentroidForFz, ZCentroidForFz)
 Set resultSheet = Worksheets("BASE_REACT_EQ")
'check
'mevcutta kN-mm biriminde geliyor.
If NumberResults > 0 Then
   For Counter = 0 To NumberResults - 1
 resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 2 + Counter, 1).Value = out_rigger_1_kat
 resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 2 + Counter, 2).Value = out_rigger_2_kat
resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 2 + Counter, 3).Value = StepType(Counter)
resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 2 + Counter, 4).Value = Fx(Counter) 'kN
resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 2 + Counter, 5).Value = Fy(Counter)
resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 2 + Counter, 6).Value = Fz(Counter)
resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 2 + Counter, 7).Value = Mx(Counter) / 1000 'kN-mm
-> kNm
```

```
                resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 2 + Counter, 8).Value = My(Counter) / 1000
                resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 41 + out_rigger_2_kat) * 2 + Counter, 9).Value = Mz(Counter) / 1000
              Next Counter
            Else: ret = -1
            End If
            'STORY DRIFT FOR EQ.
             ret = mySapModel.Results.StoryDrifts(NumberResults, Story, LoadCase, StepType, StepNum, Direction, Drift, Label,
X, Y, Z)
             Set resultSheet = Worksheets("STORY_DRIFT_EQ")
            'check
            'mevcutta kN-mm biriminde geliyor.
            If NumberResults > 0 Then
              For Counter = 0 To NumberResults - 1
                resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 161 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 1).Value = out_rigger_1_kat
                resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 161 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 2).Value = out_rigger_2_kat
                 resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 161 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 3).Value = StepType(Counter)
               '   resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 161 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 4).Value = NumberResults
                resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 161 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 5).Value = Story(Counter)
                resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 161 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 6).Value = LoadCase(Counter)
                resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 161 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 7).Value = Direction(Counter)
                resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 161 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 8).Value = Drift(Counter)
                resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 161 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 9).Value = Label(Counter)
                resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 161 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 10).Value = X(Counter)
                resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 161 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 11).Value = Y(Counter)
                resultSheet.Cells(((out_rigger_1_kat - 1) * 161 + out_rigger_2_kat) * 41 + Counter, 12).Value = Z(Counter)
              Next Counter
            Else: ret = -1
            End If
            'KAYDET
           ' ret = mySapModel.File.Save(hedef_model_path)
          End Sub
          Sub Main()
            Dim rng As Range
            Set rng = Application.InputBox("Select a range", "Obtain Range Object", Type:=8)
          "-.bundan sonrasý sap için
           'set the following flag to True to attach to an existing instance of the program
           'otherwise a new instance of the program will be started
           AttachToInstance = False
           'set the following flag to True to manually specify the path to ETABS.exe
           'this allows for a connection to a version of ETABS other than the latest installation
           'otherwise the latest installed version of ETABS will be launched
           Dim SpecifyPath As Boolean
           SpecifyPath = False
           'if the above flag is set to True, specify the path to ETABS below
           Dim ProgramPath As String
           'ProgramPath = "C:\Program Files (x86)\Computers and Structures\ETABS 2016\ETABS.exe"
           'full path to the model
           'set it to the desired path of your model
           Dim ModelDirectory As String
           ModelDirectory = "C:\calisma-etabs"
           If Len(Dir(ModelDirectory, vbDirectory)) = 0 Then
             MkDir ModelDirectory
           End If
           Dim ModelName As String
           ModelName = "orjmodel" & Application.PathSeparator & "2DDS-K_01_02.edb"
           Dim ModelPath As String 'Orjinal Olan
           ModelPath = ModelDirectory & Application.PathSeparator & ModelName
           Dim TargetPath As String
                    'create API helper object
           Set myHelper = New Helper
                    'dimension the ETABS Object as cOAPI type
           Set myETABSObject = Nothing
           'use ret to check return values of API calls
           Dim ret As Long
           If AttachToInstance Then
             'attach to a running instance of ETABS
             'get the active ETABS object
             Set myETABSObject = GetObject(, "CSI.ETABS.API.ETABSObject")
           Else
             If SpecifyPath Then
               'create an instance of the ETABS object from the specified path
```

```
    Set myETABSObject = myHelper.CreateObject(ProgramPath)
   Else
    'create an instance of the ETABS object from the latest installed ETABS
    Set myETABSObject = myHelper.CreateObjectProgID("CSI.ETABS.API.ETABSObject")
   End If
   'start ETABS application
   myETABSObject.ApplicationStart
  End If
            'get a reference to cSapModel to access all OAPI classes and functions
  Set mySapModel = myETABSObject.SapModel
  'initialize model
  ret = mySapModel.InitializeNewModel() 'units.
  'create steel deck template model
' ret = mySapModel.File.NewSteelDeck(4, 12, 12, 4, 4, 24, 24)
  ret = mySapModel.File.NewBlank
 Dim kati As Long
  Dim katj As Long
   For Each r In rng.Rows
    kati = r.Cells(1).Value
    katj = r.Cells(2).Value
 TargetPath = ModelDirectory & Application.PathSeparator & "models" & Application.PathSeparator & "2DDS_KK_" &
kati & "_" & katj & ".EDB"
    YeniModelOlustur ModelPath, TargetPath, kati, katj
   Next
  'run analysis
' ret = mySapModel.Analyze.RunAnalysis
  'close ETABS
  myETABSObject.ApplicationExit (False)
  'clean up variables
  Set mySapModel = Nothing
  Set myETABSObject = Nothing
 Set myHelper = Nothing
  If ret = 0 Then
   MsgBox "API script completed successfully."
  Else
   MsgBox "API script FAILED to complete."
  End If
  Exit Sub
 ErrHandler:
   MsgBox "Cannot run API script: " & Err.Description
 End Sub
```

KAYNAKLAR

[1] B. S. Smith ve A. Coull, Tall Building Structures: Analysis and Design, Montreal,Glasgow: John Wiley & Sons Inc., 1991.

[2] M. A. Mir ve S. M. Kyoung, «Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects,» *Architectural Science Review, 50:3,* pp. 205-223, 2007.

[3] H. S. Choi, G. Ho, L. Joseph ve N. Mathias, Outrigger Design for High-Rise Buildings 2nd Edition: An Output for the CTBUH Outrigger Working Group, Chicago: Council on Tall Building and Urban Habitat, 2017.

[4] I. D. Bennets, J. Burns, B. Cavill, P. H. Dayawansa, E. Fikuzawa, M. B. Kilmister, R. M. Kowalczyk ve O. Martin, Structural Sysstems for Tall Buildings, New York: Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 1995.

[5] TBDY, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2018.

[6] Cotten. [Çevrimiçi]. Available: https://unsplash.com/photos/Hs_Lr93scYg.

[7] B. S. Taranath, «Optimum Belt Truss Location for High-Rise Structures. Structural Engineer, 53(8),» pp. 18-21, 1975.

[8] J. W. McNabb ve B. B. Muvdi, «Drifht Redection Factors for Belt High-Rise Structures,» *Engineering Journal, AISC, 3rd Quarter,* 1975.

[9] S. B. Stafford ve I. Salim, «Parameter Study of Outrigger-Braced Tall Building Structures,» *Journal of the Structural Division, ASCE 107(ST10),* pp. 2001-2013, 1981.

[10] J. C. D. Hoenderkamp ve H. H. Snijder, «Simplified Analysis Of Façde Rigger Braced High-Rise Structures,» *The Structural Design of Tall Buildings, 9,* pp. 309-3019, 2000.

[11] J. C. D. Hoendarkamp ve M. C. M. Bakker, «Analysis Of High-Rise Braced Frames With Outriggers,» *The Structural Design of Tall and Special Buildings, 12,* pp. 335-350, 2002.

[12] J. C. D. Hoenderkamp ve H. H. Snijder, «Preliminary Analysis of High-Rise Braced Frames with Facade Riggers,» *Journal of Structural Engineering, 129(5),* pp. 640-647, 2003.

[13] J. C. D. Hoenderkamp, «Shear wall with outrigger trusses on wall and column foundations.,» *The structural design of tall and special buildings, 13(1),* pp. 73-87, 2004.

[14] J. C. D. Hoenderkamp, «Second outrigger at optimum location on high-rise shear wall,» *The structural design of tall and special buildings, 17(3),* pp. 619-634, 2008.

[15] S. Gerasimidis, E. Efthymiou ve C. C. Baniotopoulos, «Optimum Outrigger Locations of High-Rise Steel Buildings for Wind Loading,» Florence, Italy, 2009.

[16] J. Lee, D. Park, K. Lee ve N. Ahn, «Geometric nonlinear analysis of tall building structures with outriggers,» *Structural Design of Tall and Special Buildings,* cilt 22, pp. 454-471, 2013.

[17] P. Pudjisuryadi, B. Lumantarna, H. Tandya ve I. Loka, «Ductulity of a 60-story shearwall frame-belt truss (virtual outrigger) building,» *Civil Engineering Dimension,* cilt 14 No.1, pp. 19-15, 2012.

[18] H. S. Park, E. Lee, S. W. Choi, B. K. Oh, T. Cho ve Y. Kim, «Genetic-algorithm-based minimum weight design of an outrigger system for high-rise buildings,» *Engineering Structures,* cilt 117, pp. 496-505, 2016.

[19] B. M. Shahrooz, J. T. Deason ve G. Tunc, «Outrigger Beam–Wall Connections. I: Component Testing and Development of Design Model,» *JOURNAL OF STRUCTURAL ENGINEERING,* pp. 253-261, 2004.

[20] G. W. Ho, «Outrigger Topology and Behaviour,» *Advanced Steel Construction,* cilt 12, pp. 83-93, 2016.

[21] Teinesavaii, 2009. [Çevrimiçi]. Available: http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvRmlsZTpWYSUyN2FfY2Fub2UsX01hdGF2YWlfdmlsbGFnZSxfU2F2YWlpLF9TYW1vYV9NUy5KUEcjZmlsZWxpbmtz.

[22] Rizky. [Çevrimiçi]. Available: https://unsplash.com/photos/pspfe3uQzqQ.

[23] B. S. Taranath, Steel, concrete, and composite design of tall buildings, New York: McGraw-Hill, 1998.

[24] R. S. Nair, «Belt trusses and basements as" virtual" outriggers for tall buildings,» *Engineering Journal-American Institute of Steel Construction, 35,* pp. 140-146., 1998.

[25] Palce Victoria Tower bilgilerinin alındığı web adresi, https://www.skyscrapercenter.com/building/tour-de-la-bourse/1974, 18 Şubat 2020.

[26] 140 William Street bilgilerinin alındığı web adresi, https://www.skyscrapercenter.com/building/140-william-street/3833, 20 Şubat 2020.

[27] U.S. Bank Center bilgilerinin alındığı web adresi, http://www.skyscrapercenter.com/building/us-bank-center/2189, 20 Şubat 2020.

[28] A. Lame, *Optimization of Outrigger Structures,* Massachusetts Institute of Technology, 2008.

[29] Eurasia Tower bilgilerinin alındığı web adresi, https://www.skyscrapercenter.com/building/eurasia-tower/485, 18 Şubat 2020.

[30] Taipei 101 bilgilerinin alındığı web adresi, https://www.skyscrapercenter.com/building/taipei-101/117, 18 Şubat 2020.

[31] H. Fan, O. S. Li, A. Y. Tuan ve L. Xu, «Seismic analysis of the world's tallest building,» *Journal of Constructional Steel Research,* cilt 65, pp. 1206-1215, 2009.

[32] Shanghai Tower bilgilerinin alındığı web adresi, https://www.skyscrapercenter.com/building/shanghai-tower/56, 21 Şubat 2020.

[33] J. Xia, D. Poon ve D. Mass, «Case Study: Shanghai Tower,» *CTBUH Research Paper,* cilt II, pp. 12-18, 2010.

[34] M. Sarkisian, N. Mathias ve E. Long, «Jin Mao Tower's Influence on China's new Innovative Tall Building,» %1 içinde *2006 international seminer of design and construction technologies of super high-rise building*, Shanghai, Council on Tall Building and Urban Habitat, 2006.

[35] Jin Mao Tower bilgilerinin alındığı web adresi, https://www.skyscrapercenter.com/building/jin-mao-tower/189, 25 Şubat 2020.

[36] Allianz Tower bilgilerinin alındığı web adresi, http://architecturestorage.blogspot.com/2016/02/renaissance-tower.html, 01 Mart 2020.

[37] Allianz Tower bilgilerinin alındığı web adresi, https://www.skyscrapercenter.com/building/allianz-tower/11601, 05 Mart 2020.

[38] Allianz Tower bilgilerinin alındığı web adresi, https://www.ekoyapidergisi.org/957-ilklerin-uygulandigi-platin-sertifikali-kule.html, 05 Mart 2020.

[39] Allianz Tower bilgilerinin alındığı web adresi, https://www.de-simone.com/projects/project/renaissance-tower/, 05 Mart 2020.

[40] TS EN 1933-1-1, Çelik yapıların tasarımı - Bölüm 1-1: Genel kurallar ve binalara uygulanacak kurallar (Eurocode 3), Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, 2014.

[41] TS EN 10025-2, Sıcak haddelenmiş yapı çelikleri - Bölüm-2:Alaşımsız yapı çeliklerininteknik teslim şartları, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, 2019.

[42] TS EN 1991-1-1-4, Yapılar üzerindeki etkiler-Bölüm 1-4: Genel etkiler - Rüzgar etkileri (Eurocode 1), Ankara: Türk Standardları Enstitüsü, 2007.