

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TBDY 2018'E GÖRE TASARLANAN BİR VERİ MERKEZİNİN
DEPREM GÜVENLİĞİNİN İRDELENMESİ



FİKRİ ORKUN ORAKÇI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

GEBZE
2023

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TBDY 2018'E GÖRE TASARLANAN BİR
VERİ MERKEZİNİN DEPREM
GÜVENLİĞİNİN İRDELENMESİ

FİKRİ ORKUN ORAKÇI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ AHMET ANIL DİNDAR

GEBZE

2023

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**EXAMINATION OF EARTHQUAKE
SAFETY OF A DATA CENTER DESIGNED
ACCORDING TO TBDY 2018**

FİKRİ ORKUN ORAKÇI
**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
EARTHQUAKE AND STRUCTURAL
ENGINEERING PROGRAM**

THESIS SUPERVISOR
ASSIST. PROF. DR. AHMET ANIL DİNDAR

GEBZE

2023



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 30/01/2023 tarih ve 2023/07 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 10/02/2023 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Fikri Orkun ORAKÇI'nın tez çalışması İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Deprem ve Yapı Mühendisliği Programında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Anıl Dindar

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi Ülgen Mert Tuğsal

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi Ziya Müderrisoğlu

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

ÖZET

Türkiye'nin yüzölçümü olarak yüzde 92'si nüfus yoğunluğu olarak yüzde 95'i deprem kuşağında yaşamaktadır. Geçmişten bugüne yüksek oranda can ve mal kaybına sebep olan depremlere sebep olmuş ve önümüzdeki yıllarda da bu potansiyele sahip fay hatlarının bulunduğu aşikardır.

Depremler sonrası hayat akışının devamı için kritik öneme sahip konut, sanayi, hastane, okul, bilgi iletişim, veri merkezi gibi yapılarda ve barındırdığı yapısal olmayan elemanlarda ciddi hasarlar meydana gelmiştir. Bu sebeple yapısal olmayan elemanlar ile birlikte depremin etkilerinden tümüyle koruma sağlamak büyük önem arz eder. Büyük bir deprem sonrasında özellikle veri merkezi yapıları gibi bilgi iletişimi teknolojilerinin sürdürülebilirliği ve kritik önemi açısından yüksek öneme sahiptir ve içerisinde barındırdığı ekipmanların maliyetinin yapı maliyetinin çok üzerinde olduğu bilinmektedir.

Sunulan bu tez çalışması kapsamında, Kocaeli'nin Gebze ilçesinde bir veri merkezi olarak sismik izolasyon kullanılmadan TBDY 2018'e göre ankastre temelli olarak tasarlanıp inşa edilmiş ve yapının bodrum katının olmaması sebebi ile sonrasında sismik izolatör birimleri ile bir güçlendirmenin mümkün olmadığı bu yapıda bulunan, ivme ve deplasman yönünden hassas server cihazlarının üzerine konumlandırıldığı elektrik ve mekanik tesisat alt yapısını muhafaza eden literatürde yükseltilmiş döşeme olarak geçen döşeme sistemlerinin bu server cihazlarının deprem performansına etkisi incelenecektir. Hesaplamalar veri merkezi yapılarında yaygın olarak kullanılan yükseltilmiş üç farklı tip olan ekstra ağır seviye, ağır seviye ve orta seviye yükseltilmiş döşeme üzerine ankastre bağlı server dolapları yapının yer aldığı lokasyonun depremselliğine göre ölçeklenen 11 adet deprem ivme kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında analiz ile yapılmış ve her iki hesap modeli üzerinden server cihazı dolabına gelen ivme ve deplasman değerleri karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Veri Merkezi Yapıları, Yükseltilmiş Döşeme, Server Dolaplarının Deprem Performansı, Yapısal Olmayan Elemanların Deprem Performansı, Veri Merkezi Katman Sınıflandırması, Veri Merkezi Yapılarının Depremselliği.

SUMMARY

92 percent of Turkey's surface area and 95 percent of its population density live in the earthquake zone. It has been caused by earthquakes that caused high loss of life and property from the past to the present and it is obvious that there are fault lines with this potential in the coming years.

After the earthquakes, serious damages occurred in buildings such as housing, industry, hospital, school, information communication and data center and the non-structural elements they contain. After a major earthquake, it is of high importance in terms of the sustainability and critical importance of information communication technologies, especially data center structures, and it is known that the cost of the equipment it contains is much higher than the cost of the building.

Within the scope of this thesis study presented, as a data center in Gebze district of Kocaeli, without using seismic isolation. In this study, the effect of the floor systems, which are called raised floors in the literature, which preserves the electrical and mechanical installation infrastructure on which the server devices sensitive to displacement and displacement are positioned, on the earthquake performance of these server devices will be examined. Calculations were made by analysis in the time domain using 11 earthquake acceleration records scaled. Three different types of raised, extra heavy level, heavy level and medium level, which are commonly used in data center structures. The acceleration and displacement values coming to the server device cabinet were compared over the calculation model.

Key Words: Data Center Structures, Raised Floor, Earthquake Performance of Server Cabinets, Earthquake Performance of Non-Structural Elements, Data Center Layer Classification, Seismicity of Data Center Structures.

TEŞEKKÜR

En başta, yüksek lisans eğitimim esnasında yetenek ve ilgi alanım doğrultusunda destek ve önerilerini esirgemeyerek tez çalışmamın konseptini oluşturmamda ve her aşamasında sunduğu kıymetli katkılarından dolayı danışmanım sayın Dr. Ahmet Anıl DİNDAR'a tez çalışması kapsamında bilgi ve tecrübeleri ile çok değerli katkılarda bulunan sayın Dr. Cüneyt TÜZÜN ve Dr. Bahadır Şadan'a teşekkürlerimi sunarım. Bilgisiyle çok değerli katkılarda bulunan doktora adayı arkadaşım Mohammad Jaradat'a teşekkürlerimi sunarım. Bu yolda bana desteklerini esirgemeyen ve her anlamda arkamda duran çok kıymetli anne ve babama en içten teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	ix
SUMMARY	x
TEŞEKKÜR	xi
İÇİNDEKİLER	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
TABLOLAR DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Çalışmanın Kapsamı	1
1.3. Tezin Düzeni	2
2. VERİ MERKEZİNİ BARINDIRAN YAPILAR	3
2.1. Veri Merkezi Yapıları	3
2.2. Veri Merkezi Ana Bileşenleri	4
2.3. Veri Merkezi Tasarım Kavramları	6
2.3.1. Veri Merkezi Tasarımında Uluslararası Standartlar	7
2.4. Veri Merkezi Yapıları Katman Sistemi ve Sismik Tasarımı	7
2.4.1. Veri Merkezi Katman Düzeyleri	8
2.4.2. Veri Merkezi Sismik Güvenliği	10
2.4.3. Sismik Yalıtım Birimleri	10
2.4.4. Doğal Kauçuk İzolatör (NRB)	11
2.4.5. Yüksek Sönümlü Kauçuk İzolatörler (HDR)	11
2.4.6. Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörler (LRB)	12
2.4.7. Sürtünmeli Sarkaç Tipi İzolatör (FPS)	12
2.4.8. Ball in Cone İzolatör (BNC)	12
2.4.9. Veri Merkezi Sismik Tasarım Yaklaşımları	14
3. YAPISAL OLMAYAN ELEMANLAR VE YÜKSELTİLMİŞ DÖŞEME SİSTEMLERİ	17
3.1. Yapısal Olmayan Elemanlar	17

3.2. Yapısal Olmayan Elemanların Önemi ve Olası Deprem Hasarı	18
3.3. Yapısal Olmayan Elemanların Deprem Güvenliği ve Önlemler	21
3.4. Veri Merkezi Yapılarında Yapısal Olmayan Elemanlar ve Yükseltilmiş Döşeme Sistemleri	23
3.4.1. Yükseltilmiş Döşeme Tipleri	25
3.4.2. Yükseltilmiş Döşemelerin Yapısal Özellikleri	27
3.4.3. Yükseltilmiş Döşemeler ve İlgili Yönetmelikler	29
4. SAYISAL ÇALIŞMALAR	32
4.1. Veri Merkezi Yapısı Hesap Modeli	32
4.2. Yükseltilmiş Döşeme ve Server Cihazları Hesap Modelleri Özellikleri	34
4.3. Deprem Verileri	36
4.3.1. Tasarım Spektrumunun Oluşturulması	36
4.3.2. Deprem Kayıtları ve Ölçeklenmesi	38
4.3.3. Veri Merkezi Yapısı Modal Analizi ve TBDY 2018 Kontrolleri	39
4.4. Yapısal Olmayan Elemanlar ile Birlikte Hesap Modelleri	42
4.5. Zaman Tanım Alanında Analiz	45
4.6. Hesap Modelleri Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	47
5. SONUÇ VE YORUMLAR	59
 KAYNAKLAR	 61
ÖZGEÇMİŞ	63

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Açıklamalar

Kisaltmalar

DD-2	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlama periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Sae (T)	: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi [g]
SD1	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
SDS	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
T	: Doğal titreşim periyodu
TA	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
TB	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
TD	: Deprem yalıtımlı binanın tasarım yer değiştirmesi seviyesinde etkin
Tp x	: (X) deprem doğrultusunda binanın hâkim doğal titreşim periyodu [s]
TpA	: Amprik olarak hesaplanan hâkim doğal titreşim periyodu
BNC	: Ball in Cone İzolatör
TBDY-2018	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018
UBC	: Uniform Building Code

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Douglas County, Ga'daki Google veri merkezi yapısı.	3
2.2: Türkcell Gebze Veri Merkezi Yapısı Gebze Kocaeli Türkiye.	4
2.3: Tipik Veri Merkezi bileşenleri şeması.	5
2.4: Konvansiyonel ve sismik izolatörlü yapı.	11
2.5: Kauçuk izolatör.	11
2.6: Yüksek sönümlü kauçuk izolatör.	11
2.7: Kurşun çekirdekli kauçuk izolatör.	12
2.8: Sürtünmeli sarkaç tipi izolatör.	12
2.9: Ball in cone izolatör (BNC).	13
2.10: Ball in cone izolatör geometrisi (BNC).	14
2.11: Modüler Ball in cone izolatör (BNC).	14
3.1: Yapısal ve yapısal olmayan elemanların şematik gösterimi.	17
3.2: Yapısal olmayan asma tavan hasarı.	18
3.3: Yapısal olmayan asma tavan mekanik sistem hasarı.	19
3.4: Yapısal ve yapısal olmayan elemanların inşaat maliyetindeki oranı.	20
3.5: Farklı türdeki binaların yapısal ve yapısal olmayan maliyet değerlendirmesi.	21
3.6: Mekanik tesisat sismik askılama sistemi.	22
3.7: Çatı parapet duvarı destek elemanı.	22
3.8: Yanal ötelenmesi sınırlandırılmış raf sistemi.	23
3.9: Veri merkezi server dolapları.	24
3.10: Tipik bir yükseltilmiş döşeme sistemi.	24
3.11: Tipik bir yükseltilmiş döşeme sistemi.	25
3.12: Lamine kaplı yükseltilmiş döşeme sistem.	25
3.13: Çelik yükseltilmiş döşeme kaplaması.	26
3.14: Çelik ve çimento kompoziti ile yükseltilmiş döşeme kaplaması.	26
3.15: Kalsiyum sülfat çekirdekli yükseltilmiş döşeme panel.	26
3.16: Alüminyum yükseltilmiş döşeme sistemi.	27
3.17: Pedestal (yükseltilmiş döşeme ayakları).	27
3.18: Stringer (yükseltilmiş döşeme kirişi).	28

3.19:	Yükseltilmiş döşeme sistemi.	28
3.20:	Yükseltilmiş döşeme noktasal yükleme durumu.	30
3.21:	Yükseltilmiş döşeme düzgün yayılı yükleme durumu.	30
3.22:	Yükseltilmiş döşeme dört noktasal yükleme durumu.	30
4.1:	Veri merkezi yapısı kalıp planı.	32
4.2:	Veri merkezi yapısı üç boyutlu hesap modeli.	33
4.3:	Ekstra Ağır seviye yükseltilmiş döşeme ve server kabini modellemesi.	35
4.4:	Ağır seviye yükseltilmiş döşeme ve server kabini modellemesi.	35
4.5:	Orta seviye yükseltilmiş döşeme ve server kabini modellemesi.	36
4.6:	Türkiye deprem tehlike haritası.	37
4.7:	Lokasyon bazlı bilgi girişi.	37
4.8:	Yatay elastik tasarım spektrumu.	38
4.9:	Yatay tasarım spektrumuna göre ölçeklenmiş deprem kayıtları.	39
4.10:	Modal analize esas yapı modeli.	39
4.11:	Yapının 1. mod şekli.	40
4.12:	Yapının 2. mod şekli.	41
4.13:	Yükseltilmiş döşeme kullanılmayan hesap modeli.	42
4.14:	Ekstra ağır yükseltilmiş bulunan hesap modeli.	43
4.15:	Ağır tipte yükseltilmiş döşeme bulunan hesap modeli.	43
4.16:	Orta seviye yükseltilmiş döşeme bulunan hesap modeli.	44
4.17:	Ekstra ağır seviye yükseltilmiş döşeme perdeli hesap modeli.	44
4.18:	Ağır seviye yükseltilmiş döşeme perdeli sistem hesap modeli.	45
4.19:	Orta seviye yükseltilmiş döşeme perdeli sistem hesap modeli.	45
4.20:	Analiz öncesi deprem kayıtlarının tanıtılması.	46
4.21:	E1X depremi fonksiyon grafiği.	46
4.22:	Analiz öncesi deprem kayıtlarının tanıtılması.	47
4.23:	Server dolabı maksimum ortalama tepe ivmesi x yönü.	49
4.24:	Server dolabı minimum ortalama tepe ivmesi x yönü.	49
4.25:	Server dolabı maksimum ortalama tepe mutlak ivmesi x yönü.	49
4.26:	Server dolabı minimum ortalama tepe mutlak ivmesi x yönü.	50
4.27:	Server dolabı maksimum ortalama tepe deplasmanı x yönü.	50
4.28:	Server dolabı üst ve alt deplasman farkı x yönü.	50
4.29:	Server dolabı maksimum ortalama tepe ivmesi y yönü.	51
4.30:	Server dolabı minimum ortalama tepe ivmesi y yönü.	51

4.31:	Server dolabı maksimum ortalama tepe mutlak ivmesi y yönü.	51
4.32:	Server dolabı minimum ortalama tepe mutlak ivmesi y yönü.	52
4.33:	Server dolabı maksimum ortalama tepe deplasmanı y yönü.	52
4.34:	Server dolabı üst ve alt deplasman farkı y yönü.	52
4.35:	Server dolabı maksimum ortalama tepe ivmesi x yönü.	54
4.36:	Server dolabı minimum ortalama tepe ivmesi x yönü.	54
4.37:	Server dolabı maksimum ortalama tepe mutlak ivmesi x yönü.	55
4.38:	Server dolabı minimum ortalama tepe mutlak ivmesi x yönü.	55
4.39:	Server dolabı maksimum ortalama tepe deplasmanı x yönü.	55
4.40:	Server dolabı üst ve alt deplasman farkı x yönü.	56
4.41:	Server dolabı maksimum ortalama tepe ivmesi y yönü.	56
4.42:	Server dolabı minimum ortalama tepe ivmesi y yönü.	56
4.43:	Server dolabı maksimum ortalama tepe mutlak ivmesi y yönü.	57
4.44:	Server dolabı minimum ortalama tepe mutlak ivmesi y yönü.	57
4.45:	Server dolabı minimum ortalama tepe deplasmanı y yönü.	58
4.46:	Server dolabı üst ve alt deplasman farkı y yönü.	58

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
3.1: Yapısal olmayan elemanların hassasiyet kategorisi.	20
3.2: PSA MOB PF2/SPU performans şartnamesine göre yükseltilmiş döşeme yük ve kullanım alanları.	31
4.1: A525 galvaniz çelik malzeme özellikleri.	34
4.2: Yükseltilmiş döşeme geometrik ve malzeme özellikleri.	34
4.3: Server kabin özellikleri.	35
4.4: Standart yatay elastik tasarım spektrum verileri.	37
4.5: Deprem ivme kayıtları.	38
4.6: Yapının modal analiz sonuçları.	40
4.7: Göreli ötelenme kontrolleri.	42
4.8: Perde kolon ve yükseltilmiş döşemesiz hesap analiz verileri.	47
4.9: Perdesiz üç tip yükseltilmiş döşemeli model ortalama sonuçları.	48
4.10: Perdeli üç tip yükseltilmiş döşemeli model ortalama sonuçları.	53

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu tez kapsamında TBDY 2018'e göre tasarlanmış betonarme taşıyıcı sisteme ve ankastre temelli bir veri merkezi yapısının ivme ve deplasman açısından hassas veri merkezi cihazlarını barındıran server dolaplarının ankastre olarak üç farklı (ekstra ağır, ağır ve orta seviye) yükseltilmiş döşemelere oturduğu ve yükseltilmiş döşeme kullanılmadığı ve bu iki hesap modelinin yapının perdeli ve perdesiz olma durumları üzerinden farklı olası yapı modellerinin server cihazları açısından deprem performansı, uygulanabilirlik ve maliyet yönlerinden karşılaştırılmasını amaçlar.

Veri merkezi yapılarında sistemin işleyişini eksiksiz ve sürdürülebilir şekilde sağlamaya büyük katkıda bulunan ve bilgi işlem ekipmanlarının özellikle elektrik ve iletişim altyapısını muhafaza etmek için yükseltilmiş döşemeler sıklıkla kullanılmaktadır ve server cihazlarını barındıran dolaplar bu yükseltilmiş döşeme sistemlerinin üzerine yerleştirilir. Bu tez çalışması kapsamında üç farklı yükseltilmiş döşeme sistemine ve üzerinde server cihazlarının bulunduğu veri merkezi yapısı modeli ve aynı zamanda yapının perdeli hesap modeli üzerinden zaman tanım alanında analiz ile yükseltilmiş döşemelerin deprem performansı ve özellikle bu sistemlerin üzerinde bulunan server cihazlarının ivme ve deplasman verilerini nasıl etkilediğini farklı hesap modeli senaryolarının karşılaştırılması ve araştırılması amaçlanmıştır. Böylece deprem mühendisliği perspektifinde bu döşeme sistemlerinin gelişimine bilimsel bir katkıda bulunulması önemli görülmüştür.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Çalışmaya konu olan veri merkezi yapısında öncelikle yükseltilmiş döşeme olmayan server cihazlarının direkt olarak yapının betonarme döşemesine ankastre olarak oturduğu hesap modeli üzerinden analizler yapılmış ardından üç farklı yükseltilmiş döşeme sistemi olan ağır, ekstra ağır ve orta seviye yükseltilmiş döşemeler üzerine ankastre olarak yerleştirilmiş server cihazları ve bu iki hesap modelinde yapının perde kolon barındırması durumu on bir çift ölçeklenmiş gerçek

deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal analizi yapılmış ve server dolaplarının tepe noktalarında oluşan ortalama ivme ve deplasman değerleri belirlenmiştir. Böylelikle yükseltilmiş döşemeler üzerine yerleştirilmiş server cihazı dolaplarının deprem performansına etkisi tezin kapsamını oluşturmuştur.

1.3. Tezin Düzeni

Bu tezin birinci bölümünde tezin amacını kapsamını ve tanıtımı verilmiştir. İkinci bölümde veri merkezi tipi yapıların tanımı, sınıflandırılması ve içerdiği bileşenlere kapsamlı bir şekilde değinilmiş ve sunulmuştur. Üçüncü bölümde ise yapısal olmayan elemanların deprem performansı ve veri merkezi yapılarında kullanılan yükseltilmiş döşemeler verilmiştir. Dördüncü bölümde veri merkezi yapısı yükseltilmiş döşemeler ile birlikte modellenmiş hesap modeli üzerinden server cihazlarının deprem performansları zaman tanım alanında doğrusal analiz ile incelenmiş olup sonuçlar verilmiştir. Tezin beşinci ve son bölümünde ise bu hesap sonuçları veri merkezi server cihazlarının deprem performansları göz önüne alınarak yükseltilmiş döşemelerin bu deprem performansına olan etkileri incelenin optimum döşemenin belirlenmesi amacı ile irdelemeler yapılmış akabinde server cihazlarının deprem performanslarının iyileştirilmesine yönelik öneriler getirilmiştir.

2. VERİ MERKEZİNİ BARINDIRAN YAPILAR

2.1. Veri Merkezi Yapıları

Veri merkezi yapıları kurumsal hizmet verdikleri müşterilerine barındırdıkları gelişmiş bilgi işlem ve bilgi işlem altyapıları ile kesintisiz çözümler sunar. Bu kritik misyon ile veri merkezleri bir anlamda kurumsal bilgi işlem operasyonlarının yürütüldüğü teknolojik bir merkezdir. Veri merkezi yapılarında bilgi işlem operasyonlarının sürdürülebilir ve kesintisiz olarak sağlanması için barındırdığı server cihazları için soğutma, güç ve veri güvenliği sistemleri düşünüldüğünde tüm bu bileşenler için ayrıntılı ve özenle tasarlanmış alanlar gereklidir. Bir veri merkezi iletişim operatörleri, bankalar, internet sağlayıcıları gibi kurumsal yapılar için büyük önem arzeder. Günümüzde Google, Microsoft gibi büyük teknoloji firmalarının ise tamamen kendi ihtiyaçları göz önüne alınarak tasarlanmış büyük veri merkezi yapıları vardır ve bu alanda yaptıkları yatırımlar her geçen gün artmaktadır [1].



Şekil 2.1: Douglas County, Ga'daki Google veri merkezi yapısı.

Bir veri merkezi yapısı tasarlanırken şirketin ihtiyaç duyduğu bilgi işlem kapasitesi ve ileriye dönük gelişebilecek tüm ihtiyaçları ve yatırımları göz önüne alınarak elektrik, mekanik, yapısal ve mimari disiplinlerin tam koordine çalışması

ortaya çıkacak veri merkezi yapısı ve inşaası için kritik öneme sahiptir. Ülkemizde bulunan başlıca büyük veri merkezleri aşağıdaki gibidir [2];

- AFAD-TAVEMT.C Başbakanlık AFAD, Ankara, Türkiye
- Akbank Veri Merkezi, Faz 1 Akbank T.A.ř., Kocaeli, Türkiye
- Anadolu Bilişim Veri Merkezi İştambul Türkiye
- ALASTYR DCALASTYR A.S., İşmir, Türkiye
- BBB Veri Merkezi Bursa Büyükşehir Belediyesi, Bursa, Türkiye
- Dora Telekomunikasyon Hizmetleri Dorabase, İştambul Türkiye
- Gebze Veri Merkezi, Modül 1A TURKCELL, Gebze, Türkiye
- Gebze Veri Merkezi, Modül 2 TURKCELL, Kocaeli, Türkiye

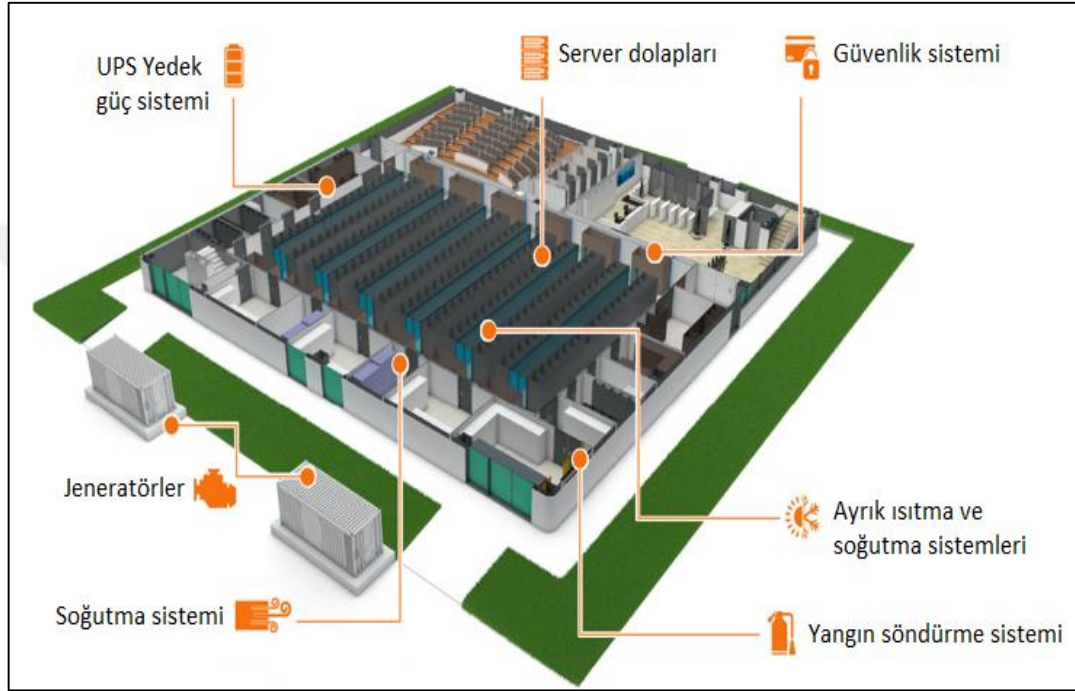


şekil 2.2: Türkcell Gebze Veri Merkezi Yapısı Gebze Kocaeli Türkiye.

2.2. Veri Merkezi Ana Bileşenleri

Bir veri merkezi yapısını oluşturan iki temel bileşen vardır bu bileşenler daha sonra kendi içlerinde alt birimler ile ifade edilebilirler. Birinci temel bileşen tesisin kendisidir ve bu veri merkezi binasını ifade eder. Yapısal bileşenlerden oluşur ve bunlara ek olarak mimari bileşenlerle birlikte yapıyı oluşturur. Buna ek olarak ikinci

temel bileşen ise veri merkezi yapısının içerisinde yer alan ve yapının esas amacı olan bilgi teknolojisi alt yapısıdır bunlar server cihazları ısıtma ve özellikle veri merkezi yapıları için kritik olan özel soğutma sistemleri, yapı ile tam uyumlu elektrik ve mekanik tesisatlardır. Tüm bu bileşenlerin yapı ile bir uyum içerisinde olması sürdürülebilir ve operasyonelliğini koruyan bir veri merkezi için çok önemlidir. Veri merkezi yapısı oluşturan kavramları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür [1].



Şekil 2.3: Tipik Veri Merkezi bileşenleri şeması.

Yukarıda bahsi geçen veri merkezini oluşturan tüm bileşenleri içerisinde barındıran ve özellikle deprem başta olmak üzere yıkıcı doğa olaylarından koruyan ve fiziksel etkilerden yalıtılmış ihtiyaca göre dizayn edilmiş kullanışlı ve güvenli bir kapalı alan sağlayan fiziksel yapıdır. Bu yapılar tasarlanırken mutlaka aşağıda verilen diğer maddeler göz önüne alınmalıdır. Veri merkezinin sunacağı hizmetin kapasitesi ve ilerde doğabilecek ihtiyaçlar da göz önüne alınarak mimari aşamada oluşturulacak alanın boyutu ve alt bölümlerin tasarımını ifade eder.

Veri merkezi yapılarının server cihazları ve bilgi işlem hizmeti için gereksinim duyduğu alt yapı için genellikle 100 megavat mertebelerinde bir güce ihtiyaç duymaktadır. Aynı zamanda bu güç kaynağının yedek sistemler ile birlikte kesintisiz sunulması bilgi işlem operasyonları için süreklilik sağlar. Günümüzde bu güç

kaynaklarının uygulama maliyetlerinin makul olması hatta yenilenebilir olması önemli hale gelmiştir.

Çok yoğun bilgi işlem kapasitesine sahip olan veri merkezi yapılarında bulunan server cihazları gibi bileşenler çalışmalarına devam ederken kullandıkları güç sonucunda ortaya ısı açığa çıkar bu kapsamda hem elektronik cihazların ısınısını sağlıklı bir seviyede tutmak hem de yapı içerisinde temiz bir hava sirkülasyonu sağlayabilmek için özel tasarlanmış soğutma sistemleri kullanılır. Veri merkezlerinin işlediği bilgi hacmi ve hizmet verdiği önemli kurumsal yapılar göz önüne alınınca hem tesisin hemde verilerin güvenliğinin sağlanması çok kritik bir konudur.

Gelişmiş kamera sistemleri ile tam zamanlı bir izleme ve yine verilerin güvenliği için yedekleme herhangi bir yangına karşı yangın söndürme sistemleri gibi tüm güvenlik önlemleri titizlikle dizayn edilmiş olmalıdır. Isıtma, soğutma nem oranı cihazların önemli parametreleri, verilerin sürekli olarak ikincil bir sistemde yedeklenmesi ve tüm bunların gerçek zamanlı kontrolü gibi konular veri merkezi yapısı yönetim sistemi kapsamındadır [1].

2.3. Veri Merkezi Tasarım Kavramları

Bir veri merkezinin işlevselliğinin tasarımında baz alınan tek bir standart veya kıstas yoktur. Bunun yanında ilerleyen bölümlerde veri merkezlerinin katman sistemlerine göre sınıflandırılmasında barındırması gereken bazı gereklilikler ayrıca verilecektir. Her veri merkezi sunacağı hizmetin kapasitesini göz önüne alarak mevcut veri merkezi standartlarını ve bu standartların bazı bölümlerini referans alabilmektedir. Veri merkezleri kendi ihtiyaçları ve sunacakları hizmet düşünülünce tasarımsal olarak özgün yapılar olsa da ve aşağıda özetlenmiş bazı temel faktörleri tasarım süreçlerinde barındırırlar [1].

- Kavramsal tasarım
- İhtiyaca yönelik alan planlaması
- Veri merkezi yapısının yapısal mühendislik gereksinimleri

Bu madde hem bu teze konu olması sebebiyle hem de veri merkezi yapısının ve içerisindeki bileşenlerin özellikle deprem etkilerine karşı olan güvenliği açısından

büyük önem arz eder. Büyük bir deprem ve sonrasında yapının ve içerisindeki hassas cihazların işlevini sürdürebilmeleri tamamen veri merkezi yapısının deprem mühendisliği hizmeti almasına bağlıdır.

- Mekanik, Elektrik, Sıhhi tesisat sistemlerinin tasarımı
- Bakım onarım
- Merkezin operasyonelliği açısından iş akışı ve sürdürülebilirliği

2.3.1. Veri Merkezi Tasarımında Uluslararası Standartlar

Veri merkezi yapıları tasarım süreçlerinde sürdürülebilirliği ve etkinliğini üst seviyelere çıkarmak amacıyla yararlanılan bazı standartlar mevcuttur bunların bazıları aşağıda verilmiştir. Uptime Institute Tier Standard veri merkezlerinin planlanması, yapımı ve sonrasında işletmeye alınması ile ilgili konularda dört katman sistemi ile güvenilirliği gibi konuları ifade eder. ANSI/TIA 942-B veri merkezi yapılarının olası bir yangın etkisinden korunması, server cihazları gibi bileşenlerin rutin bakım ihtiyaçlarının yapılması ve yine tesis yapısının inşası ve sonrasında işletmeye alınması konularına odaklanır. EN 50600 Series veri merkezi altyapısını oluşturan sisemlerin ağ ve kablo bileşenlerinin mühendislik tasarımını yönelik bir standarttır, aynı zamanda yedekleme konularında da bilgiler vermektedir.

ASHRAE. The ASHRAE guidelines veri merkezi yapılarında bulunan iklimlendirmenin sağlanmasına yönelik soğutma, ısıtma, havalandırma ve bunlarla ilişkili bölümlerin hem dizaynı hemde yapım aşamasına odaklanan bilgiler içerir [1].

THE ANSI/TIA-942 STANDARD veri merkezleri için çok kritik öneme sahip merkez binasının yapılacağı konumu yapının mimari unsurlarının projelendirilmesini, yapısal tasarımı için bazı faydalı kavramları ve yapının fiziksel açıdan güvenilir olmasının yanı sıra yangına karşı olan güvenlik önlemleri ve elektro mekanik altyapısı ve telekomünikasyon sistemlerinin alt yapısı gibi önemli unsurları kapsar [3].

2.4. Veri Merkezi Yapıları Katman Sistemi ve Sismik Tasarımı

Veri merkezleri kendi içerisinde bir endüstridir ve son çeyrek yüz yılda birçok teknolojik gelişmeye uğramışlardır. Bu gelişmelerin en önemlilerinden birisi de veri

merkezi katman performans standartlarıdır. Bu katman standartları Uptime Institute tarafından oluşturulmuştur ve veri merkezlerinin sürdürmesi gereken işlemler için gereken yapısal ve barındırdığı tüm altyapı unsurlarını açıklar ve bunların sonucunda bu sınıflama ile veri merkezlerinin performanslarının ortaya konmasını sağlar.

Bir anlamda bu sınıflama sistemi veri merkezlerinin tasarımında yol haritası sunar. İlgili katman seviyeleri 1 den 4 e kadardır ve her bir katmanın gerekliliği açıkça tanımlanmıştır. Burada katman I en düşük seviye iken katman 4 en yüksek seviyeyi ifade etmektedir [4]. Ülkemizden örnek vermek gerekcek olursa Türkcell Gebze Veri Merkezi katman 3 sertifikasyonuna sahiptir. Katman standardizasyonunun gelişiminin temel unsuru bir veri merkezinin operasyonelliğinin ve sürdürülebilirliğinin sağlanması aşamasında önemli olan risklerin tespit edilmesidir.

Bu risklerin en başında olası kesintilerden kaynaklı iş gücü dolayısı ile veri işleme gücü kaybıdır. Bu anlamda veri merkezi yapılarının altyapı sistemlerinin performansının yanında özellikle bu teze konu olan deprem performanslarının operasyonel seviyeyi destekleyecek şekilde kusursuz olması büyük önem arz eder. Bilgi işlem süreçlerinin kesintiye uğramasında bazı temel sebepler aşağıdaki gibidir ve buna ek olarak veri merkezinin planlanacağı bölgenin depremselliği büyük önem arz eder [4].

- Afetler (Deprem, Kasırga, Sel)
- Güç kaynağı kayıpları (Elektrik kesintileri ve güç kaynağı arızaları)
- Cihaz ve Ekipman Arızaları

2.4.1. Veri Merkezi Katman Düzeyleri

Veri merkezi katman sınıflaması dört adet düzeyden oluşur her bir katman aynı zamanda bir alt katmanın yeterliliklerini sağlamaktadır ve her bir katman seviyesinin gereklilikleri farklılık gösterebilir [4]. Katman 1 küçük işletmelerin kendi ihtiyaçları doğrultusunda oluşturulan bilgi işlem merkezlerinde kullanılır. Bilgi işlem süreçleri için ayrılmış özel alanlara sahiptirler. UPS güç kaynaklarına sahiptirler ve olası elektrik kesintileri için jeneratörler mevcuttur. Ayrıca sistemlerin soğutulması için sistemlerde mevcuttur. Fakat belli periyotlarda bilgi işlem sistemleri cihazlarının bakım onarımları yapılırken bu veri merkezleri hizmet sağlayamaz [4].

Katman 2 standardına sahip veri merkezleri bakım onarım süreçlerinde operasyonelliğin kesintiye uğramaması konusunda daha fazla seçenek sunmaktadır. Özellikle veri yedekleme, güç ve soğutma sistemleri çok daha etkili ve yedekli sistemler olarak dizayn edilmektedir. Bünyelerinde motor jeneratörleri, enerji depolama sistemleri, ısı reddetme ekipmanları ve yakıt depolama birimlerini barındırırlar. Bu gereklilikler göz önüne alınınca internet tabanlı hizmetler veren şirketler için uygun olabilir [4].

Katman 3'ün en önemli ve etkin özelliği bu standarda sahip bir veri merkezinin bir bölümünde meydana gelebilecek olası bir arıza bütünsel işlevselliği etkilemez. Veri merkezinde yapılacak periyodik bakım faaliyetleri için veri merkezinin kapatılması gerekmemektedir. Bunun yanı sıra bu katman seviyesi bilgi işlem sistemlerinin tamamen yedekli olarak çalışmasına olanak sağlar ve Katman 1 ve Katman 2 seviyelerinin gerekliliklerini de tümüyle kapsar [4]. Katman 4 bir veri merkezi işlem sürecinde hata toleransı kapasitesini maksimize etmeye yönelik yeterlilikler katar.

Tüm soğutma ve güç kaynakları tamamen çift yedeklidir. Öngörülemeyen arıza ve iş gücü kaybını en aza indirecek şekilde yedek sistemler mevcuttur. Bu katman seviyesine sahip veri merkezleri arasında yüksek kullanım gereksinimleri olan bankalar ve borsa merkezleri örnek gösterilebilir [4].

Aşağıda her bir katman düzeyi için etkin işleyiş süresi ve yıl bazında tahmini kesinti süreleri özetlenmiştir [5].

- Katman 1
Planlanan çalışma oranı 99.67% ve yılda 28.8 saat kesinti
- Katman 2
Planlanan çalışma oranı 99.74% ve yılda 22 saat kesinti
- Katman 3
Planlanan çalışma oranı 99.98% ve yılda 1.6 saat kesinti
- Katman 4
Planlanan çalışma oranı 99.99% ve yılda 26.3 dakika kesinti

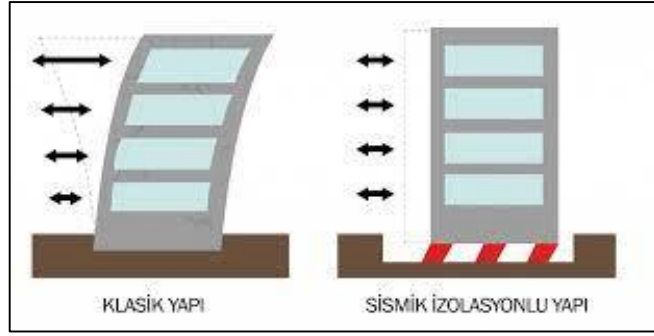
2.4.2. Veri Merkezi Sismik Güvenliği

Veri merkezi yapıları içlerinde gelişmiş bilgi teknolojileri ekipmanlarını barındırırlar bu ekipmanlar kesintisiz veri işleme süreci açısından çok kritik olup büyük bir deremde olası hasar sonucu ciddi maddi ve bilgi işleme sürekliliği kaybına uğrayabilir. Bu nedenle veri merkezi katman sisteminin de bir gerekliliği olarak tam hem yapısal hem de server kabinleri gibi yapısal olmayan fakat maliyeti yapı maliyetinin çok üzerinde sistemler göz önüne alındığında tam bir sismik koruma ciddi öneme sahiptir.

Tamda bu noktada sismik izolasyon teknolojisi devreye girmektedir. Birçok veri merkezi yapısı projelendirme aşamasında sismik izolasyon birimleri ile deprem yalıtımını öngörür. Sismik izolasyon teknolojisi sayesinde yapının periyodu uzar ve yapıya gelen deprem kuvvetleri azaltılarak yapı ve içerisindeki önemli yapısal olmayan bileşenler deprem etkisinden ciddi anlamda korunmuş olur. Sismik izolasyon teknolojisinin bir diğer ve en önemli avantajı ise büyük bir deprem sonrası yapı operasyonelliği koruyabilmektedir. İşte tam bu noktada veri merkezi yapıları için hayati önem taşıyan operasyonellik kavramı ortaya çıkar.

2.4.3. Sismik Yalıtım Birimleri

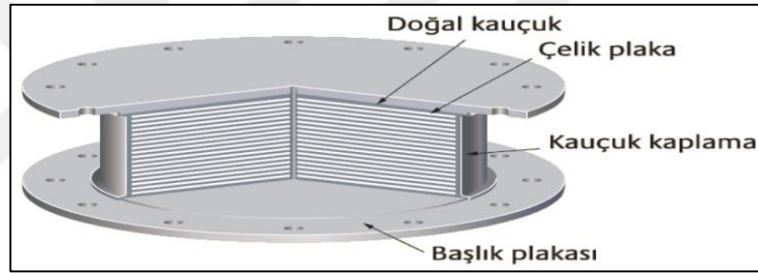
Sismik izolasyon teknolojisinin temel hedefi yapının periyodunu uzatarak yapıya etkiyen deprem kuvvetlerinin azaltılmasıdır. Sismik izolatör birimleri yapının temel seviyesinde pedestal adı verilen nisbeten büyük kesitli kolonlar üzerine yerleştirilir ve bu birimlerin üzerinde yapının kolonları üst katlara kadar devam eder. Yapıda bu birimler ile periyot uzar ve görelî ötelenmeler, kat kesme kuvvetleri oldukça düşer. Konvansiyonel temel sistemine sabit bir yapının deprem davranışının aksine sismik yalıtımlı bir yapıda izolatör birimleri üzerindeki katlar rijit kütle davranışı sergiler ve buda ivme ve deplasmanları önemli ölçüde azaltır. Bu izolatör birimleri sıklıkla yeni tasarlanan veri merkezi yapıları, hastane ve önemli endüstriyel tesis yapılarında deprem etkilerini sınırlamak ve tam bir sismik koruma sağlanması amacıyla kullanılırlar.



Şekil 2.4: Konvansiyonel ve sismik izolatörlü yapı.

2.4.4. Doğal Kauçuk İzolatör (NRB)

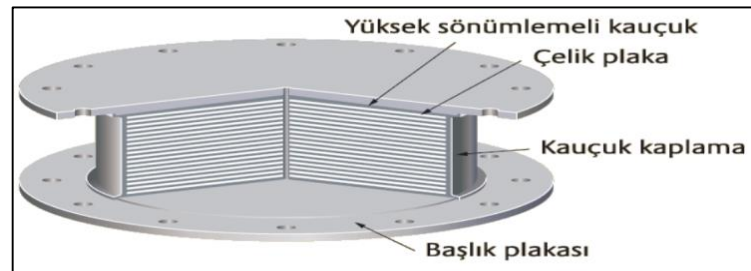
Doğal kauçuktan elastomerik katmanlardan imal edilmiştir. Katmanlar arasında çelik şimler kullanılmıştır. Elastomerik katmanlar yanal bir esneklik sağlar [6].



Şekil 2.5: Kauçuk izolatör.

2.4.5. Yüksek Sönümlü Kauçuk İzolatörler (HDR)

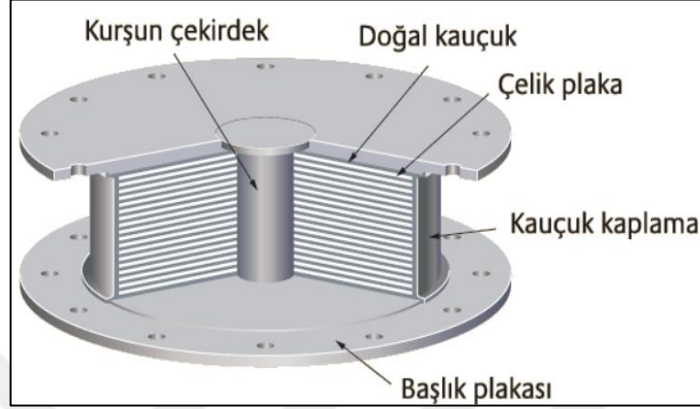
Doğal kauçuk malzemeden imal edilen elastomer ve çelik tabakaların birbirine vulkanize edilmesiyle meydana gelen bu izolatörler aynı zamanda yüksek sönüm kapasitesine sahiptir [6].



Şekil 2.6: Yüksek sönümlü kauçuk izolatör.

2.4.6. Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörler (LRB)

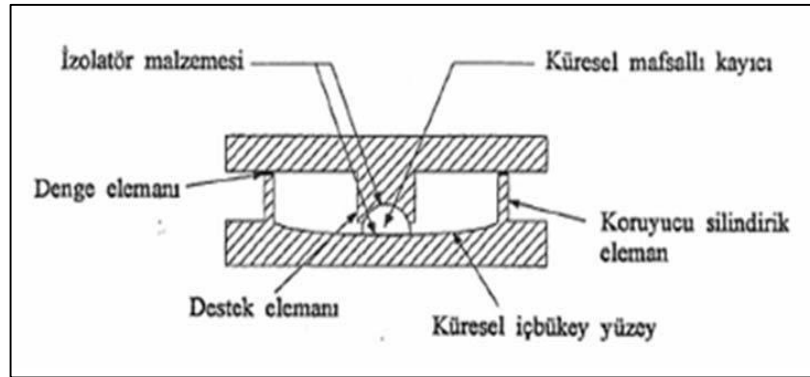
NRB izolatöre ile benzer olup merkezinde bir kurşun çekirdek barındırır. Kurşun çekirdek izolatöre %15 ile %30 arasında ekstra sönümleme kapasitesi kazandırır [6].



Şekil 2.7: Kurşun çekirdekli kauçuk izolatör.

2.4.7. Sürtünmeli Sarkaç Tipi İzolatör (FPS)

Çalışma prensibi paslanmaz çelik ve teflon yüzey arası sürtünmeye dayanır iki konkav yüzey arasında bir pak bulunur [6].



Şekil 2.8: Sürtünmeli sarkaç tipi izolatör.

2.4.8. Ball in Cone İzolatör (BNC)

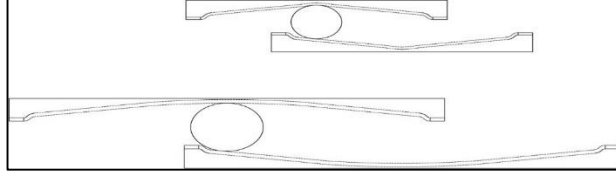
Ball in Cone izolatörler iki konkav yüzey arasında bir çelik bilyeden oluşan yapısal izolatörlere kıyasla eksenel yükün çok daha az olduğu ivme ve deplasman

açısından hassas veri merkezi server dolapları ve müzelerde bulunan eserlerin altına yerleştirilmesiyle kullanım alanı bulurlar. Bu izolatörler düşük maliyetli izolatrlerdir ve ihtiyaa göre birkaçının birleştirilmiş versiyonu küme halinde hassas ekipmanların altında kullanılabilir. Sürtünmeli sarkaa tipi izolatörlere benzer bir aaışma prensibi vardır sistem deprem sırasında oluşan yanal kuvvetleri geometrisi ve yeniden merkezlenmesi ile karşılar. Fakat sürtünmeli sarkaa tipi izolatrlerden en temel farkı yüzey sürtünmesinin yok denecek kadar az olmasıdır [7].



şekil 2.9: Ball in cone izolatör (BNC).

Bu izolatörler ihtiyaa göre farklı boyutlarda retilbilirler ve hem deprem performansı hem de uygulanabilirliği gözönüne alınınca tabandan yapısal sismik izolatrle tasarlanmamış veya sonrasında güçlendirme ile sismik izolatörlü hale getirilemeyen özellikle veri merkezi tipi yapılarda bulunan ivme ve deplasmana karşı hassas cihazlarda oldukaa etkilidir. Bu konuda yapılmış bazı deneysel aaışmalarda nu durumu nümerik olarak aaıkaa göstermiştir. Sistemin modüler olarak retilbilmesi, ihtiyaç duyulan sönümleme ve yatay rijitlik ihtiyaını farklı yük kapasiteleriyle karşılayabilmesi gibi avantajları gözönüne alınınca veri merkezlerinde kullanımı uygundur [8].



Şekil 2.10: Ball in cone izolatör geometrisi (BNC).

İhtiyaç halinde modüler bir platform olarak üretilip kullanılabilen ball in cone izolatör örneği aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.11: Modüler Ball in cone izolatör (BNC).

2.4.9. Veri Merkezi Sismik Tasarım Yaklaşımları

Katman sisteminde bir veri merkezinin tüm yapısal ve yapısal olmayan ve elektrik mekanik sistemlerinin tam bir uyum içerisinde sürdürülebilir ve operasyonelliğin kesintiye uğramadan çalışmaya devam etmesine değinilmiştir. Bu kritik nokta deprem mühendisliği perspektifinde ele alındığında iki önemli sonuç ortaya çıkar tasarım depreminde hem yapı belli bir dayanımda ve süneklikte yanıt vermeli stabilitesini bütünlüğünü korumalı hem de veri merkezi yapısının server cihazları gibi ivme ve deplasman açısından hassas olan elektronik bileşenleri için operasyonel seviyede kalacak şekilde bir sismik koruma sağlanmalıdır.

Bunun için iki durum söz konusudur. Birincisi yapının temel seviyesinden itibaren sismik izolatör birimleri ile tasarlanmış ve inşaa edilmiş olması veya

sonrasında yapı belirli koşulları karşılıyor ise deprem yalıtımlı hale getirilecek şekilde bir güçlendirme yapılabilir.

İkinci yaklaşım ise eğer yapı sismik izolatör birimleri ile tasarlanmamış ve sonrasında bodrum katının olmayışı ve benzeri yapısal durumlardan dolayı deprem yalıtımı güçlendirmesi yapılamıyor fakat yapı tasarım depreminde operasyonel seviyeyi sağlıyor ise bu durumda yapı içersindeki server cihazları gibi önemli yapısal bileşenlerin altına bir önceki kısımda bahsi geçen Ball in cone tipte sismik izolatörler yerleştirilerek sismik koruma sağlanabilir. Katman standartlarını sunan TIA-942-A da yapının fiziksel olarak dış etkilere veri merkezinin operasyonelliğini koruyabilecek şekilde dayanım göstermesi gerektiği ifade edilmiştir fakat bu gerekliliğin karşılanması için bir sismik tasarım felsefesini ayrıntılı olarak ortaya koymamıştır [9].

Katman sisteminde yapısal anlamda aşağıdaki gibi bilgiler sunulmuştur. Katman 1 doğal bir afet karşısında veri merkezinin işleyişini aksatacak olası durumlar için koruma gerekliliği bulunmamaktadır [9].

Katman 2 bu seviyede olabilecek deprem gibi bir doğa olayında veri merkezi minimum korumaya sahiptir [9]. Katman 3 seviyesi diğer iki seviyenin aksine hem deprem gibi afet durumların etkilerine hemde kasıtlı veya kasıt olmaksızın oluşabilecek ve merkezin çalışmasını kesintiye uğratabilecek tüm durumlarda etkin bir koruma gerekliliği ister [9]. Katman 4 katman 3'e göre oluşabilecek tüm doğal afetleri her ayrıntısına kadar dikkate alır çoğu zaman belki de işletme ömrü boyunca ihtiyaç duyulmayacak ekstra önlemleri gerekli kılabilir. Olası bir terör saldırısı gibi durumlara karşıda koruma gereklilikleri dikkate alır ve tesisin bütün bileşenleri üzerinde kapsamlı bir kontrol mekanizması öngörür [9].

Ayrıca ANSI/TIA-942, (Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers. 2017, Telecommunication Industry Association: Arlington, VA.) yönetmeliğinde veri merkezlerinin her bir katman standardına denk düşen bazı yapısal ve sismik tasarım esaslarına değinilmiştir. Bu kıstaslar göz önüne alınınca veri merkezi katmanı dolayısı ile standardı arttıkça deprem tasarımına esas olan yapı önem katsayısı artmaktadır, 1 ve 2. katman seviyesinde deprem sonrası yapının operasyonel performans seviyesinde kalması gerekliliği yoktur fakat katman 3 ve 4 de 50 yılda aşılma olasılığı %10 tasarım depremi için yapının operasyonel kalması gerekliliği vardır.

Telekomünikasyon ekipmanları server dolap ve kabinlerinin 1. katman seviyesinde sabitleme gerekliliği verilmemişken katman II de sadece tabandan fakat

katman 3 ve 4 de tamamen yanal ötelenmesi önlenmiş şekilde desteklenmesi gerektiği belirtilmiştir. Yine dikkat edileceği üzere katman I ve II seviyelerinde sismik izolasyon veya enerji sönümleyici cihaz kullanımı gerekliliği olmadığı yönüyle katman 3 ve 4 seviyelerinde bunun IBC (International Building Code) doğrultusunda sismik izolatör birimleriyle veya enerji sönümleyiciler ile sağlanması gerekli kılınmıştır [9].

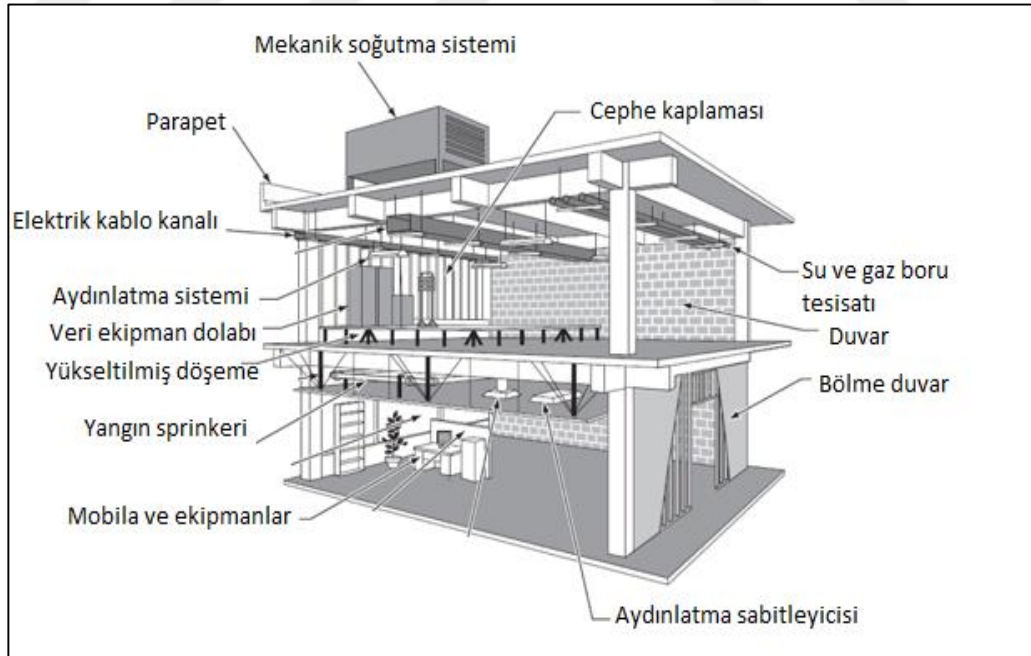
Katman sisteminin sunduğu gereklilikler veri merkezi tipi yapıların sismik tasarımı için genel bir çerçeve sunsa da kapsamlı değildir ve özellikle içerisinde barındırdığı elektrik mekanik ve server cihazı gibi hassas cihazların bir deprem sırasında çalışmasına devam edebilmesi için maksimum ivme eşiği gibi bilgiler sunmamaktadır.

Genel çerçevede katman sistemi yapının deprem performansı için sistemin en zayıf noktasının yapının kendisinin olmamasını gerekli kılar fakat bunun için deprem yönetmelikleri gibi detaylı tasarım felsefesi ve yönergeleri sunmaz. Tüm bunlar göz önüne alındığında yapının ve içerisinde bulunan tüm yapısal olmayan bileşenlerle birlikte katman 3 ve katman 4 seviyelerinde kesintisiz kullanım yani operasyonel performans seviyesini karşılaması gereklidir ayrıca bilişim sistemleri uzmanlarının önerdiği server cihazları gibi ekipmanların her iki yönde 0.20g ivme kriterlerinin karşılanması göz önüne alınca bu gereklilik (B. Erkus¹, S. S. Polat² and H. Darama³) ilgili makalelerinde değindiği gibi tam bir sismik koruma ile yapının tabandan sismik izolatörlü tasarlanması ile mümkündür [9].

3. YAPISAL OLMAYAN ELEMANLAR VE YÜKSELTİLMİŞ DÖŞEME SİSTEMLERİ

3.1. Yapısal Olmayan Elemanlar

Bir yapıda temel, kolon, kiriş, döşeme, çatı gibi yük taşıyan elemanlar yapısal eleman olarak sınıflandırılmaktadır. Bu elemanlarda depremlerde oluşabilecek elastik ötesi hasarlar sonrasında ciddi ve can ve mal kayıplarına varan ve geri dönüşü mümkün olmayan sonuçlar doğurabilir. Bu elemanlar haricinde taşıyıcı sistemi oluşturmayan yapı içerisindeki yapısal olmayan bileşenlerdir. Bu yapısal olmayan bileşenler yapının sürdürülebilirliği, fonksiyonelliği açısından çok büyük öneme sahip olabilirler. Örneğin hastanelerde yer alan kritik sağlık ekipmanları, hemen hemen tüm yapılarda bulunan mekanik tesisat ve elektrik tesisatı bileşenleri, mobilyalar, eşyalar ve özellikle bu tez çalışmasına konu olan veri merkezi yapılarında bulunan server cihazları gibi. Bir veri merkezini düşünürsek içerisinde bilgi işlem sürekliliği için kritik öneme sahip server cihazlarının maliyeti çoğu zaman yapı maliyetinin çok üzerindedir.



Şekil 3.1: Yapısal ve yapısal olmayan elemanların şematik gösterimi.

İki ana kategoride yapısal olmayan elemanlar şu şekildedir [10];

- Yapısal Olmayan Mimari Bileşenler
 - Asma tavan
 - Tuğla veya panel duvarlar
 - Kapı ve Pencereleler
 - Cephe Kaplamaları
 - Tüm beyaz eşya, mobilya ve tefrişatlar
- Mekanik ve Elektrik Yapısal Olmayan Bileşenler
 - Mekanik ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri
 - Yangın söndürme tesisatı
 - Asansörler

3.2. Yapısal Olmayan Elemanların Önemi ve Olası Deprem Hasarı

Yoğun nüfus potansiyeline sahip bölgelerde meydana gelen depremlerde ve özellikle ülkemizdeki gibi nüfusun büyük bir bölümünün aktif fay hatları üzerinde olduğu bölgelerde bu zamana kadar meydana gelmiş depremlerde yüksek oranda maddi hasar ve can kayıpları meydana gelmiştir. Deprem karşısında yapının hasar almasının yanında yapı içerisinde bulunan eşyalar, elektrik mekanik tesisat ve hastane, veri merkezi gibi içerisinde bulunan ekipmanların çoğu zaman yapı maliyetinin çok üzerinde olan yapılarda yapısal olmayan hasarlar hem yaralanmalara ve bu hasarın maliyeti çok yüksek mertebelere ulaşmaktadır. Örneğin ülkemizde 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen depremde yapısal olmayan elemanlardan ötürü %3 oranında can kaybı ve %50 mertebelerinde yaralanmalar olmuştur.



Şekil 3.2: Yapısal olmayan asma tavan hasarı.



Şekil 3.3: Yapısal olmayan asma tavan mekanik sistem hasarı.

Yapısal olmayan elemanların deprem sonrası hasarlarından kaynaklı ekonomik kayıplar ciddi anlamda yüksek olabilir. 1994 Northridge depremin toplam hasar 18.5 milyar \$ olmuştur ve bu maddi yıkımın %50 si yapısal olmayan elemanların hasarından kaynaklıydı [10]. Geçmişte yaşanan bu depremler ve ortaya çıkardıkları can ve mal kayıpları sonuçları irdelendiğinde günümüzde yapısal olmayan elemanların sismik performansı çok daha önemli bir hale gelmiştir. Çünkü bu yapısal olmayan eleman hasarları bulunduğu yapının işlevselliğini önemli ölçüde bitirebilir. Bir veri merkezini ele alırsak içerisinde bilgi işlem operasyonlarının devamı açısından kritik server cihazlarının deprem sonrası olası hasarında veri merkezi yapısı işlevini kaybedebilir aynı durum hastane, okul, endüstriyel tesisler ve konutlar içinde geçerlidir. Yapısal olmayan elemanlar temelde üç parametreye duyarlıdır bunlar;

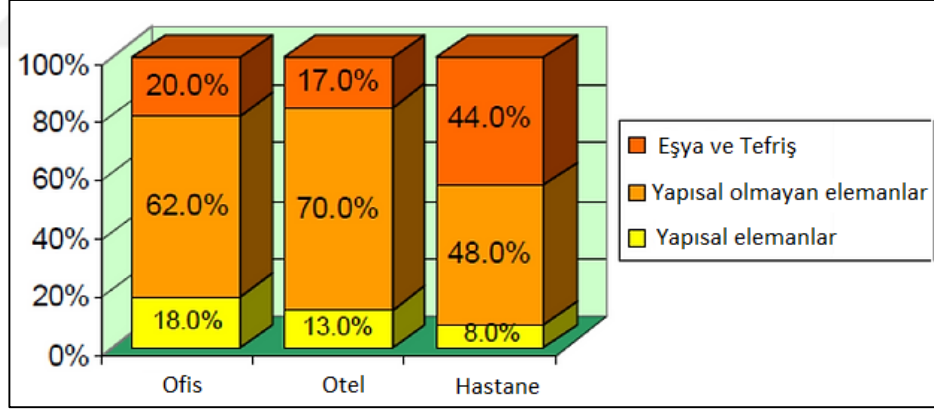
- Deplasmana duyarlı ekipmanlar
- İvmeye duyarlı ekipmanlar
- Hem deplasman hem de ivmeye karşı duyarlı ekipmanlar

Örneğin bir veri merkezi server cihazı özellikle ivmeye karşı duyarlıdır ve tabii ki belli bir deplasman sonrası yine işlevselliği bozulabilir. Aşağıdaki tabloda yapısal olmayan bazı bileşenlerin deplasmana ve ivmeye karşı olan hassasiyetleri kategorize edilmiştir [10].

Tablo 3.1: Yapısal olmayan elemanların hassasiyet kategorisi.

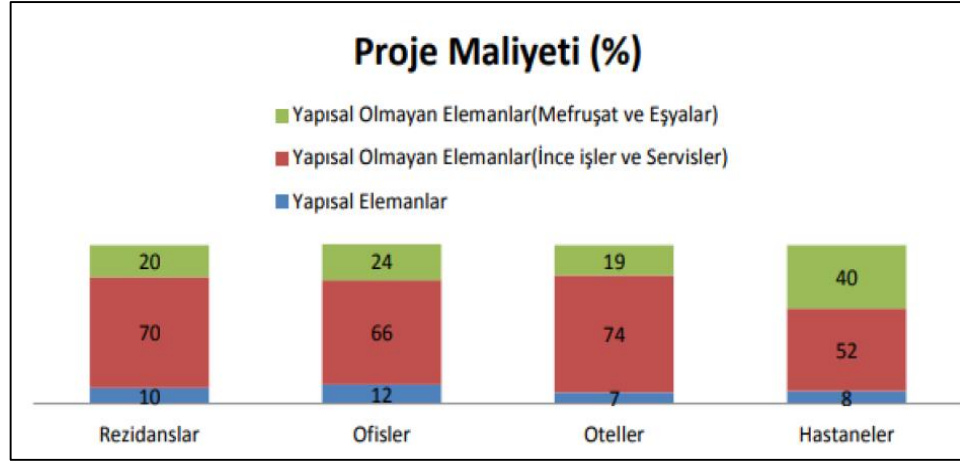
Eleman Türü	Açıklaması	Deplasmana Hassas	İvmeye Hassas
MİMARİ	Taşıyıcı olmayan duvar ve paneller	✓	
	Dış cephe kaplamaları	✓	
	Raf ve Dolaplar		✓
	Erişim Platformları (Yükseltilmiş Döşemeler)		✓
MEKANİK ELEKTRİK	Sıhhi tesisat sistemleri		✓
	Depolama tankları		✓
	Asansörler		✓
	Elektrik tesisatı		✓
	Aydınlatma sistemleri		✓
DİĞER EKİPMANLAR	Kitaplıklar		✓
	Bilgisayar ve Ekipmanları		✓
	Beyaz eşyalar		✓
	Sanat eserleri		✓
	Ofis ekipmanları		✓

Bir yapının yapısal ve yapısal olmayan bileşenlerin tümü göz önüne alınarak toplam yatırım maliyeti aşağıdaki gibidir [11].



Şekil 3.4: Yapısal ve yapısal olmayan elemanların inşaat maliyetindeki oranı.

Bir yapıda yapısal olmayan bileşenlerin maliyetleri her bir yapıda oldukça farklılık göstermesinin yanı sıra özellikle veri merkezi yapılarında ve diğer sanayi yapılarında bu diğerlerine kıyasla daha yüksektir. Aşağıdaki şekilde yapısal olmayan bileşenlerin bir yapının proje maliyetindeki oranlar verilmiştir [12].



Şekil 3.5: Farklı türdeki binaların yapısal ve yapısal olmayan maliyet değerlendirmesi.

3.3. Yapısal Olmayan Elemanların Deprem Güvenliği ve Önlemler

Bir deprem etkisi altındaki yapıya her yönden yoğun sismik kuvvetler etkir ve bu etki neticesinde yapısal olmayan elemanların devrilmesi veya yer değiştirmesi gibi olası durumlar gerçekleşebilir. Bu istenmeyen durumlar neticesinde yapısal olmayan elemanın kaybı ve insanlar ile etkileşimi sebebiyle yaralanmalar ve ne yazık ki can kayıpları meydana gelebilmektedir. Bu nedenle yapısal olmayan elemanlar deprem öncesi hem tasarım hem de uygulama esnasında birtakım önlemler alınması zaruridir [13]. Deprem öncesinde elemanlar konumlandırılırken olası bir depremde devrilmesi durumunda hem kaçış yollarını kapatmayacak hem de zarar vermeyecek şekilde konumlandırmak, yapısal olmayan elemanların konumlandırıldıkları bölgede deprem esnasında yapı ile bir bütün olarak çalışması için sabitleme elemanlarının kullanılması düşünülebilir. Tesisat sistemini oluşturan bütün bileşenlerin bağlantılarında esnek birleşim detayları kullanımı çok önemlidir ve özellikle deprem kuvvetini karşılayacak şekilde tasarlanmış olmalıdırlar ve elektrik ve mekanik tesisatlar için geliştirilmiş sismik askılama sistemleri kullanımı yaygınlaşmalıdır bu sistemler tesisatların deprem performansını oldukça artıran sistemlerdir.



Şekil 3.6: Mekanik tesisat sismik askılama sistemi.

Duvar elemanlarında meydana gelebilecek olası bir hasarı önlemek amacı ile bazı kaplama veya destek profilleri kullanılabilir [13].



Şekil 3.7: Çatı parapet duvarı destek elemanı.

Sanayi tipi yapılarda bulunan elemanlar döşemelere sismik kuvvetleri karşılayabilecek yeterlilikte tasarlanmış bağlantı elemanları ile sabitlenmelidir. Ayrıca raf kullanımlarında yanal ötelenmeler sınırlandıracak şekilde çapraz elemanlarla güçlendirilmiş profil sistemler kullanılmalıdır [13].



Şekil 3.8: Yanal ötelenmesi sınırlandırılmış raf sistemi.

3.4. Veri Merkezi Yapılarında Yapısal Olmayan Elemanlar ve Yükseltilmiş Döşeme Sistemleri

Bir veri merkezi yapısında bina haricinde yapısal olmayan elektro mekanik ve mimari bileşenler anlamında birçok yapısal olmayan unsur vardır. Bunlar mekanik sistemler, havalandırma sistemleri, ısıtma iklimlendirme, soğutma sistemleri, güç ve yedek güç sistemleri, elektrik sistemleri ve bilgi işlem operasyonları için kritik öneme sahip bilgisayarlar ve server cihazlarıdır. Server cihazları bir veri merkezindeki bilgi işlem süreçlerini devam ettiren sistemlerdir. Bu server cihazları aynı zamanda sunucu ağ aygıtları, kablolar ve diğer bilgi işlem ekipmanları ile birlikte server rack ismiyle ifade edilen server dolaplarında birlikte yer alır. Bu dolapları tüm bu ekipmanları barındırmak için tasarlanmış çelik bir çerçevedir.



Şekil 3.9: Veri merkezi server dolapları.

Bu server cihazları özellikle ivmeye ve deplasmana karşı hassas cihazlardır net bir sınırlayıcı yönetmelik olmamakla birlikte bilgi işlem uzmanlarının ortak görüşüne göre her iki doğrultuda 0.20 g mertebesinde fazla bir ivmeye dayanması istenir [9].

Veri merkezi yapısının kesintisiz hizmet verebilmeleri için tesis yapısının deprem performansının operasyonel olmasının yanında içerisinde bulunan tüm yapısal olmayan bileşenlerinde deprem performansları ayrı ayrı irdelenmelidir. Bu teze konu olan yükseltilmiş döşeme sistemleri veri merkezi yapılarında sıkça kullanılır ana döşeme ile arasında kalan boşluktan elektrik, mekanik tesisat ve bil işlem süreçleri için kullanılan birçok ağ ve kablolar geçer.

Aslında her katta ilgili elektrik ve mekanik alt yapıyı muhafaza eden ikincil bir döşeme sistemleridir. Yükseltilmiş döşemelerin üzerine ise server cihazlarını muhafaza eden server dolapları yerleştirilir. Server dolapları gerekli durumda çalışanlar tarafından kontrol ve müdahale gereksinimleri için arasında koridorlar oluşturulacak şekilde kümeler halinde konumlandırılırlar.



Şekil 3.10: Tipik bir yükseltilmiş döşeme sistemi.



Şekil 3.11: Tipik bir yükseltilmiş döşeme sistemi.

3.4.1. Yükseltilmiş Döşeme Tipleri

Yükseltilmiş döşemelerin kaplama malzemesi çeşitli varyasyonlarda olabilir bunlar ahşap, seramik, doğal taş, mermer, granit veya kompozit malzemeler olabilmektedir. Burada önemli bir detay vardır, veri merkezi, ekipman odaları, telekom odalarında antistatik kaplama gereklidir. Bu sebeple antistatik kaplama ile lamine edilmiş aşağıdaki gibi yükseltilmiş döşeme kaplamaları kullanılmaktadır [14].

- Statik dağıtıcı, Statik İletken PVC Vinil
- Antistatik Yüksek Basıncılı Laminat (HPL)
- Antistatik Kauçuk



Şekil 3.12: Lamine kaplı yükseltilmiş döşeme sistem.

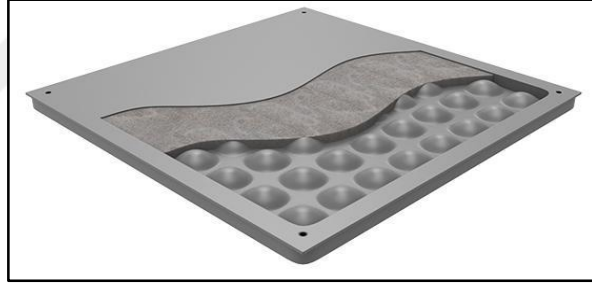
Uygulama alanına göre veri merkezleri, ekipman odaları, hastaneler, laboratuvarlar da kullanılan farklı kaplama malzemesine ve yüksekliğe yükseltilmiş

döşemelerin varyasyonları farklılık gösterebilir. Genellikle 60 x 60 cm boyutlarında üretilirler. Yükseltilmiş döşemeler tipik olarak beş farklı başlıkta açıklanabilir [14]. Bütünüyle çelik paneller veri merkezleri, telekomünikasyon alanları ve yapısı itibarıyla önemli endüstriyel tesis ve ekipman odaları için uygundur.



Şekil 3.13: Çelik yükseltilmiş döşeme kaplaması.

Çelik ve çimento kompoziti Oldukça yaygın bir kullanıma sahip olan bu varyasyonun çekirdek malzemesi hafif betondur üstü ve altı ise çelik saclardan imal edilmiştir. Bu malzeme kompozisyonu ani çökmeleri önlediği için daha güvenlidir.



Şekil 3.14: Çelik ve çimento kompoziti ile yükseltilmiş döşeme kaplaması.

Kalsiyum Sülfat Çekirdekli Paneller ile yükseltilmiş döşemenin özellikle akustik ve yangın dayanımı oldukça yüksektir. Bu ihtiyaçların kritik olduğu bölgelerde kullanımı daha uygundur.



Şekil 3.15: Kalsiyum sülfat çekirdekli yükseltilmiş döşeme panel.

Alüminyum yükseltilmiş döşeme ise daha çok medikal, eczacılık, laboratuvarlarda kullanım alanına sahiptirler.



Şekil 3.16: Alüminyum yükseltilmiş döşeme sistemi.

3.4.2. Yükseltilmiş Döşemelerin Yapısal Özellikleri

Yükseltilmiş döşeme sistemleri bir önceki kısımda anlatıldığı gibi çeşitli kaplama malzemelerinden üretilmektedir. Bunun yanı sıra bu döşemeler pedestal adı verilen yapı döşemesine dübel ve vidalar ile sabitlenen çelik tüp kesitte ayaklardan ve bu ayakları bir çerçeve davranışı oluşturacak şekilde dört taraftan bağlayan kiriş benzeri stringer elemanlar vardır. Pedestal kesitleri çeşitli et kalınlıklarında boru kesit olurken stringerler ise kutu kesit profillerdir. Hem pedestal hemde stringer elemanlar galvaniz çelik malzemeden üretilirler. Pedestal elemanlar kullanım ihtiyacına göre 80 mm ile 1200 mm arasında değişebilmektedir ve böylelikle yükseltilmiş döşeme boyutunu direk olarak etkilemektedir [14].



Şekil 3.17: Pedestal (yükseltilmiş döşeme ayakları).

Stringer elemanlar ise çerçeve davranışı oluşturacak şekilde yine galvanizli çelik malzemeden üretilen kutu kesitli elemanlardır. Stringer elemanlar genellikle 32mm derinliğe, 21mm genişliğe ve 1.2 mm et kalınlığına sahip elemanlardır [15].



Şekil 3.18: Stringer (yükseltilmiş döşeme kirişi).

Tüm elemanları ile tam ve bağlantıları rijit şekilde tamamlanmış yükseltilmiş döşemenin kullanıma hazır hali aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.19: Yükseltilmiş döşeme sistemi.

Ayrıca yükseltilmiş döşemelerin bazı tiplerine göre tasarım düzgün yayılı yük ve panel ağırlıkları farklılık gösterebilir. Bunlar genellikle panelleri sınıflandırmak için kullanılan tasarım parametreleridir ve aşağıdaki gibi üç ana gruba ayrılmıştır [16].

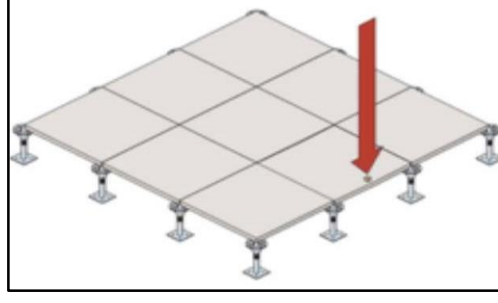
Orta seviye yükseltilmiş döşeme sisteminde düzgün yayılı yük 12 kN/m² dir ve panel ağırlığı ise 9.5 kg dır. Ağır seviye yükseltilmiş döşeme sisteminde düzgün yayılı yük 20 kN/m² dir ve panel ağırlığı ise 10.5 kg dır.

Eksenel taşıma kapasitesinin kabin tiplerine göre daha fazla ihtiyaç duyulduğu durumlarda kullanılmaktadır. Ekstra ağır seviye yükseltilmiş döşeme sisteminde düzgün yayılı yük 30 Kn/m² dir ve panel ağırlığı ise 11.5 kg dır. Yine ihtiyaca yönelik eksenel taşıma kapasitesi üzerindeki tasarım düzgün yayılı yükün diğer iki varyasyona kıyasla daha fazla olduğu bir yükseltilmiş döşeme tipidir. İhtiyaca yönelik olarak bu döşemelerin tasarım yayılı yükleri yapısal malzeme ve kesitleri, altından geçecek elektrik ve mekanik tesisat anlamında ise döşeme yüksekliği pedestal boyu değiştirilerek sağlanabilmektedir.

3.4.3. Yükseltilmiş Döşemeler ve İlgili Yönetmelikler

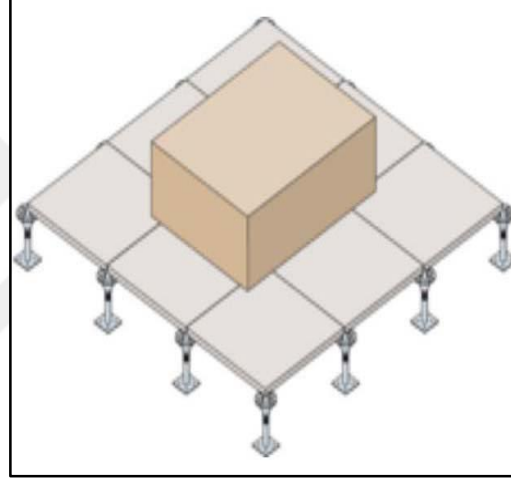
Veri merkezleri ve endüstriyel tesislerin bünyesinde kullanılacak yükseltilmiş döşemelerin performans standartlarını kapsayan bazı yönetmelikler mevcuttur. Birleşik krallıkta bulunan Acces Flooring Association (Erişim, yükseltilmiş döşeme birliği) bu performans standartlarının uygulanmasında ve tasarımcıların doğru ürünleri yönetmelikler çerçevesinde doğru bir şekilde seçmelerine yardımcı olmaktadır [17].

PSA MOB PF2/SPU Performans şartnamesi Birleşik Krallık şartnamesi olup yükseltilmiş döşemelerin yükler altındaki performansının yanı sıra bu sistemlerin önerilen servis süresi ve uygulama, montaj notlarını da içermektedir. Şartnamede yükseltilmiş döşemeleri hafif, orta, ağır ve ekstra ağır olarak sınıflandırır [17]. BS EN 12825:2001 şartnamesi hem birleşik krallıkta hem de Avrupa da yaygın olarak kullanılan bir yönetmeliktir. Esasen bu sistemlerin test kriterlerini ve gerekli tüm kalite parametrelerini kapsayan bir kalite güvence standardıdır [17]. Yukarıdaki yönetmeliklerin kapsamı göz önüne alınınca PSA MOB PF2/SPU Performans şartnamesi yükseltilmiş döşeme sistemleri için daha kapsamlı tasarım parametreleri sunmaktadır. Yükseltilmiş döşemeler taşıyıcılık kapasitelerine göre üçe ayrılmaktadır bunlar; Eğer üzerindeki yük tekil bir noktada konsantre olarak taşınacaksa noktasal yükleme.



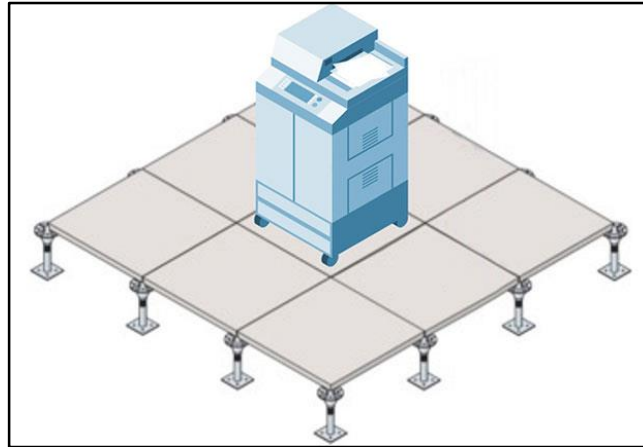
Şekil 3.20: Yükseltilmiş döşeme noktasal yükleme durumu.

Üzerindeki yükün düzgün yayılı yük olması durumu ki bu yükleme server cihazların yükünü temsilen ideal bir tasarım parametresidir.



Şekil 3.21: Yükseltilmiş döşeme düzgün yayılı yükleme durumu.

Son olarak üçüncü yükleme durumu ise dört noktadan tekil yükleme durumudur.



Şekil 3.22: Yükseltilmiş döşeme dört noktasal yükleme durumu.

PSA MOB PF2/SPU Performans şartnamesinin farklı klasmanlardaki yükseltilmiş döşemeler için sunduğu bazı performans kriterleri arasında yükleme durumları ise aşağıdaki tabloda özetlenmiştir [17].

Tablo 3.2: PSA MOB PF2/SPU performans şartnamesine göre yükseltilmiş döşeme yük ve kullanım alanları.

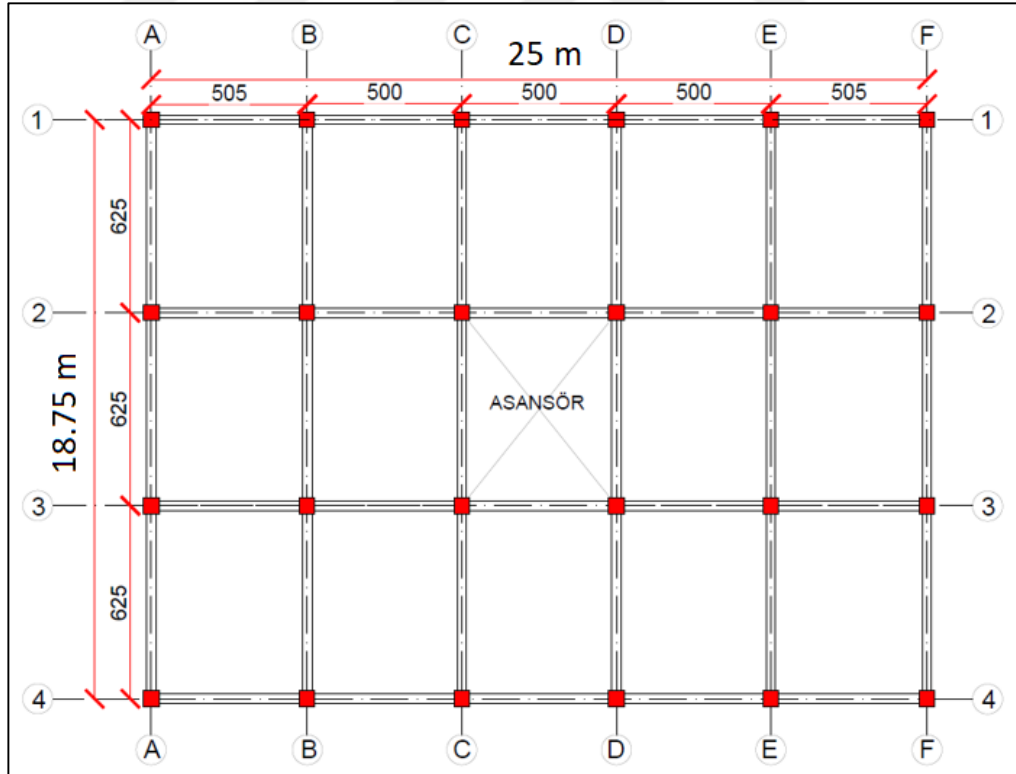
PSA MOB PF2/SPU Performans şartnamesi			
DÖŞEME SINIFI	Düzgün Yayılı Yük (Kn/m ²)	Noktasal Yük Kn (25mmx 25mm)	Önerilen Kullanım Alanları
EKSTRA AĞIR	12 Kn/ m ² den az olmamalı	4.5 Kn/ m ² den az olmamalı	Bilgisayar, server odaları ve ağır ekipmanların olduğu bölümler
AĞIR	12 Kn/ m ² den az olmamalı	4.5 Kn/ m ² den az olmamalı	Bilgisayar, server odaları ve ağır ekipmanların olduğu bölümler
ORTA	8 Kn/ m ² den az olmamalı	3 Kn/ m ² den az olmamalı	Ağır ekipmanların genel ofis ortamında kullanımında
HAFİF	6.7 Kn/ m ² den az olmamalı	1.5 Kn/ m ² den az olmamalı	Düşük yoğunluklu küçük ofislerde ve limitli dolulukta kabin altlarında

Yukarıdaki tabloda görüleceği üzere bu şartname yükseltilmiş döşemelerin kullanım alanlarına göre bir sınıflandırma yapmış ve yük değerlerine bir alt limit koymuştur. Fakat deprem performansını etkileyecek ivme ve deplasman sınırları ile ilgili gerekliliklere değinmemiştir. Özellikle ekstra ağır ve ağır klasmanındaki yükseltilmiş döşemeler bu teze konu olan veri merkezi tipi yapıların server bölümlerinde kullanılabilir. Fakat bu standartlar yükseltilmiş döşemelerin deprem etkisi altında dinamik performansına yönelik kapsamlı bir bilgi sunmaz bir sonraki bölümde bu tezin ana inceleme konusunu oluşturan bu durum sayısal bir örnek ile ele alınacaktır.

4. SAYISAL ÇALIŞMALAR

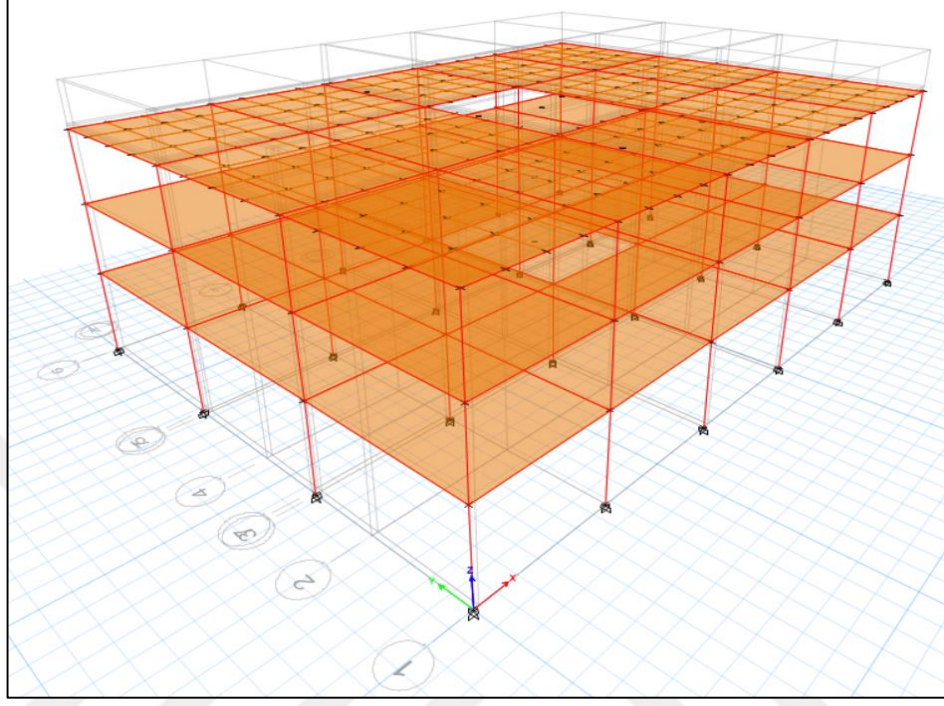
4.1. Veri Merkezi Yapısı Hesap Modeli

Bu bölümde yapılacak olan sayısal çalışmaya konu olan veri merkezi yapısı hesap modeli kolon, kiriş ve döşeme elemanlardan oluşan üç katlı betonarme çerçeve sisteme sahip bir yapıdır. Yapı veri merkezi olarak kullanılması düşüncesiyle mevcut bir yapı olarak düşünülmüştür. Yapının toplam yüksekliği 9.5 metre olup ilk katın yüksekliği 3.5 metredir ve 2. Ve 3. Katın yüksekliği ise 3 metredir. Veri merkezi yapısı Y yönünde 3 açıklığa X yönünde ise 5 adet açıklığa sahiptir. Yapının oturum alanı 470,625 m² dir. Bu veri merkezi yapısı daha sonra yükseltilmiş döşeme üzeri server cihazı dolapları ile birlikte ve taşıyıcı sistemi perdeli ve perdesiz olmak üzere farklı hesap modeli varyasyonları ile modellenmiş ve bu bölümde detayları verilecektir. Veri merkezi kalıp planı aşağıdaki gibidir ve ölçüler cm dir.



Şekil 4.1: Veri merkezi yapısı kalıp planı.

Ayrıca sayısal analiz ve hesaplarda veri merkezi yapısı üç boyutlu analitik modeli Etabs programında gerçekleştirilmiştir ve yapının üç boyutlu hesap modelinin genel görünümü aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.2: Veri merkezi yapısı üç boyutlu hesap modeli.

Veri merkezi yapısının betonarme elemanlarının malzemesi ve kesit bilgilerini içeren yapısal özellikleri aşağıdaki gibidir;

- Beton sınıfı C35/45 ve Donatı Çeliği sınıfı B420C dir.
- Tüm kolon boyutları 50 cm x 50 cm dir.
- Tüm döşeme kalınlıkları 20 cm dir.
- Tüm kiriş boyutları 30 cm x 60 cm dir.

Betonarme veri merkezi yapısının sabit ve hareketli yükleri ise aşağıdaki gibidir;

- Son kat için düzgün yayılı sabit yük 2 kN/m² ve hareketli yük 1 kN/m² dir.
- Diğer katlar için düzgün yayılı sabit yük 3.5 kN/m² ve hareketli yük 2 kN/m² dir.

4.2. Yükseltilmiş Döşeme ve Server Cihazları Hesap Modelleri Özellikleri

Veri merkezi yapısının farklı hesap modellerinde yapı ile bütünleşik olarak modellenmiş günümüzde aktif olarak veri merkezlerinde üreticiler tarafından üretilen ve uygulanan üç farklı yükseltilmiş döşeme vardır bunlar orta, ağır ve ekstra ağır yükseltilmiş döşemelerdir. Ayrıca bu üç farklı özellikte yükseltilmiş döşeme üzerine yine sektörde kullanılan server cihazlarını muhafaza eden server kabinleri modellenmiştir. Yükseltilmiş döşemeler bağlantı elemanları ile yapı ana döşemesine ankastre olarak monte edilmiştir. Yükseltilmiş döşeme üzerine server dolapları ise yine devrilmeye karşı güvenli olacak şekilde ankastre olarak bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Yükseltilmiş döşeme pedestal, stringer ve bağlantı elemanlarının malzemesi galvaniz ASTM A525 galvanizli çeliktir. Bu malzemenin özellikleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 4.1: A525 galvaniz çelik malzeme özellikleri.

ASTM A525 Galvaniz Çelik				
Birim Hacim Ağı	Elastisite Modülü (Mpa)	Bulk Modülü (Mpa)	Poissons Oranı	Shear Modülü (Mpa)
7.953.786	200000	160000	0.29	80000

Hesap modellerinde kullanılan üç farklı yükseltilmiş döşemelere ait taşıyıcı sistem geometrisi, malzeme özellikleri ve tasarım yükleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 4.2: Yükseltilmiş döşeme geometrik ve malzeme özellikleri.

Yükseltilmiş Döşeme Geometrik ve Malzeme Özellikleri								
	Döşeme Boyutları (En, boy, kalınlık) (mm)	Pedestal Yükekliliği (mm)	Stringer (En, boy, et kalınlığı) (mm)	Taşıyıcı Eleman Malzemesi(Pedestal, Stringer)	Pedestal	Döşeme Panel Ağırlıkları (kg)	Döşeme Panel Birim Hacim Ağırlığı (kn/m ³)	Tasarım Düzgün Yayılı Yükü (kn/m ²)
ORTA	600 x 600 x 30	500	32 x 21 1.2	Galvaniz Çelik	Dış çap 28 mm	9.5	8.63	12
AĞIR	600 x 600 x 30	450	32 x 21 1.2	Galvaniz Çelik	Et kalınlığı 1.5 mm	10.5	9.35	20
EKSTRA AĞIR	600 x 600 x 30	300	32 x 21 1.2	Galvaniz Çelik		11.5	10.45	30

Görüleceği üzere üç tip yükseltilmiş döşemenin tasarım yükü seçilirken bir önceki bölümde Tablo 4.2 de verilen PSA MOB PF2/SPU Performans Şartnamesindeki kriterler fazlasıyla sağlanmıştır. Hesap modelinin olabildiğince gerçeğe uygun çıkması amacı ile bu üç farklı tip yükseltilmiş döşeme özellikleri

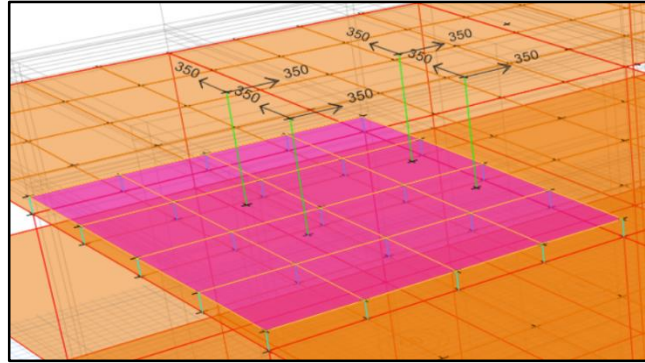
seçilirken üreticiler tarafından bir fiil uygulamalarda kullanılan sistemler titizlikle dikkate alınmıştır [16].

Yükseltilmiş döşemelerin üzerine yerleştirilmiş server dolapları içlerinde barındırdığı server cihazlarının kapasitesine göre değişkenlik göstermektedir yine de uygulamada sıklıkla kullanılan bir server kabini seçilmiştir ve özellikleri ise aşağıdaki gibidir [18].

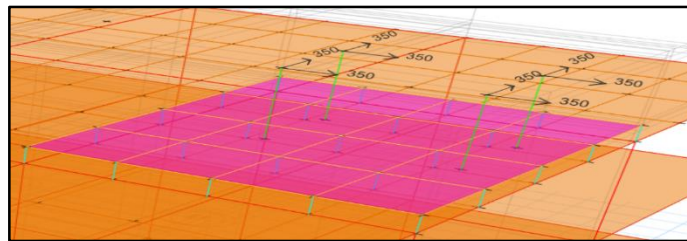
Tablo 4.3: Server kabin özellikleri.

Server Kabini Ölçüleri	
Yükseklik (cm)	185
Genişlik (cm)	61
Derinlik (cm)	93
Kabin Boş Ağırlığı (kg)	159
Ekipmanlar ile Toplam Ağırlık (kg)	350
Periyot (s)	0.011

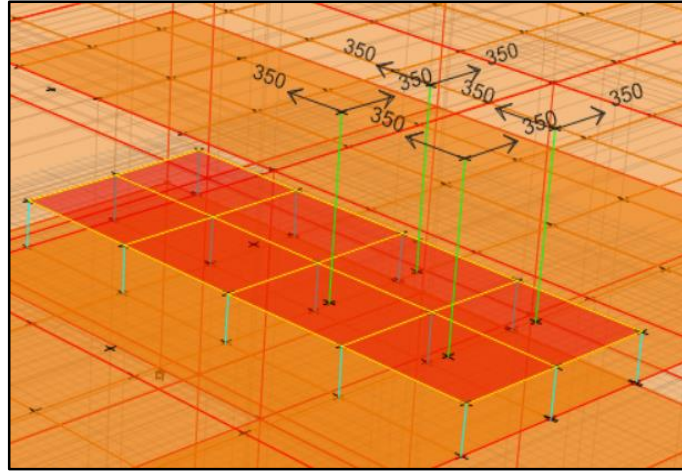
Yükseltilmiş döşemelerin veri merkezi yapısı ile bütünleşik ve üzerlerine konumlandırılmış server cihazları ile birlikte modellenmesi aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.3: Ekstra Ağır seviye yükseltilmiş döşeme ve server kabini modellemesi.



Şekil 4.4: Ağır seviye yükseltilmiş döşeme ve server kabini modellemesi.



Şekil 4.5: Orta seviye yükseltilmiş döşeme ve server kabini modellemesi.

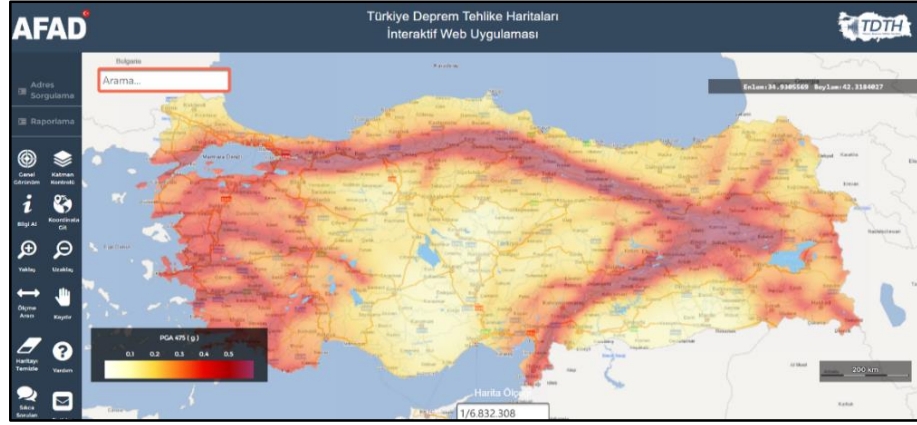
Yükseltilmiş döşemelerin üzerindeki server cihazları tezin üçüncü bölümünde değinildiği gibi deplasmana ve özellikle ivmeye hassas cihazlar oldukları için bilinçli olarak analizlerde maksimum etkileri gözlemlemek için yapının son katına yerleştirilmiştir. Üç farklı yükseltilmiş döşeme sistemi ise yine yapının üst katında farklı noktalara konumlandırılmıştır. Bu bölümün devam eden kısımlarında yükseltilmiş döşemelerin üzerlerinde konumlandırılan server cihazı dolaplarının deprem performansına etkisi yapının perdeli olup olmaması durumu da göz önüne alınarak farklı hesap modelleri analizleri ile verilecektir.

4.3. Deprem Verileri

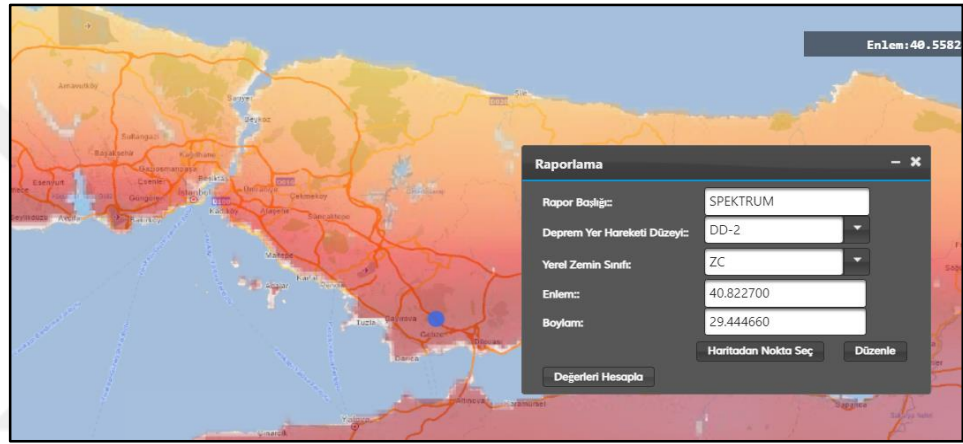
Mevcut veri merkezi yapısı Kocaeli ili Gebze ilçesinde düşünülmüştür. Zemin sınıfı ZC olarak baz alınmış ve yapının bulunduğu lokasyonun koordinatları 40.822700 ° enlem ve 29.444660 ° boylamdır.

4.3.1. Tasarım Spektrumunun Oluşturulması

Analizlerde kullanılacak deprem kayıtlarının ölçeklenmesi için öncelikle deprem yer hareketi spektrumu belirlenmiştir DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde kısa periyot harita spektral katsayısı S_s ve 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı olan S_1 değerleri Türkiye Deprem Tehlike Haritası web uygulaması üzerinden tespit edilmiştir [19].



Şekil 4.6: Türkiye deprem tehlike haritası.



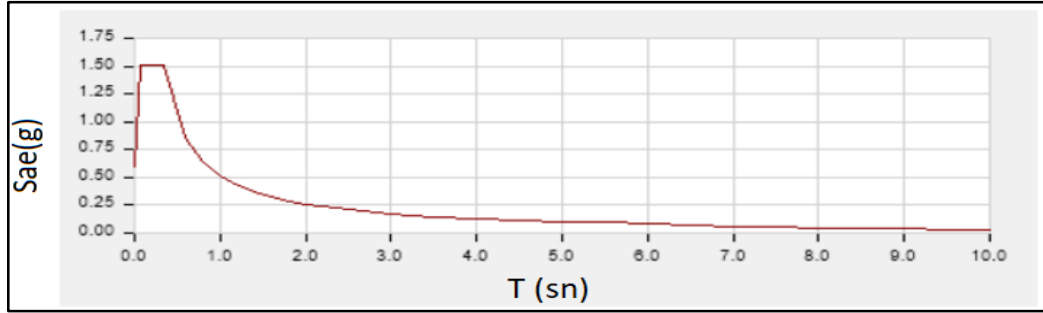
Şekil 4.7: Lokasyon bazlı bilgi girişi.

Deprem tehlike haritası zemin sınıfı ve yapı koordinatları kullanılarak yerel zemin etki katsayıları F_s , F_1 , SDS ve $SD1$ değerleri doğrultusunda %5 sönüm oranında standart yatay elastik tasarım spektrumu elde edilmiş (Şekil 4.8) ve standart yatay elastik tasarım spektrumu için köşe periyot değerleri T_A ve T_B değerleri hesaplanmıştır. Tüm bu veriler aşağıdaki (Tablo 4.4)' de özetlenmiş olarak sunulmuştur.

Tablo 4.4: Standart yatay elastik tasarım spektrum verileri.

	S_s	F_s	$S1$	$F1$	SDS	$SD1$	T_A	T_B	PGA	PGV
DD-2 Deprem Yer Hareketi	1.255	1.200	0.344	1.500	1.506	0.516	0.069	0.343	0.515	35.394

Yatay elastik tasarım spektrum grafiği aşağıdaki gibi elde edilmiştir.



Şekil 4.8: Yatay elastik tasarım spektrumu.

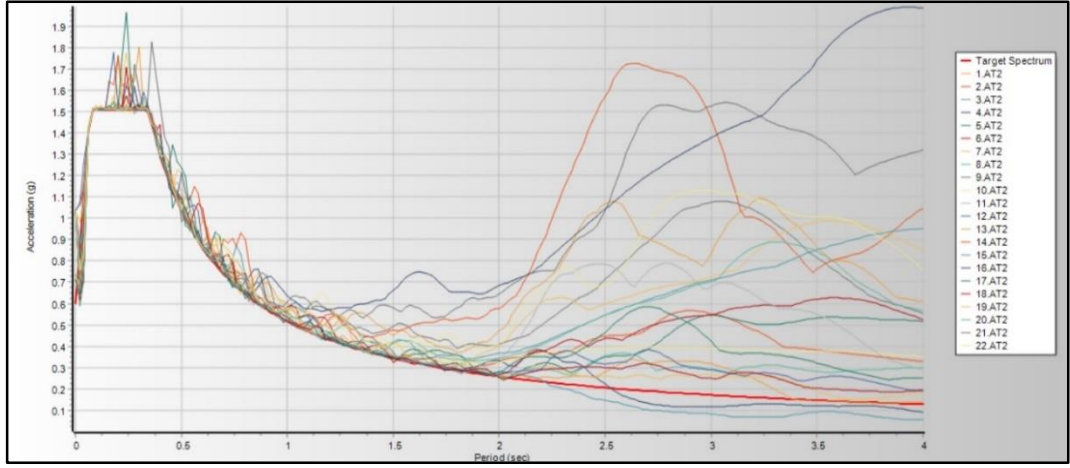
4.3.2. Deprem Kayıtları ve Ölçeklenmesi

Yapılacak olan zaman tanım alanında analiz için her iki doğrultuda x ve y olmak üzere 22 adet deprem ivme kayıtları seçilmiştir seçilen kayıtlar Tablo 4.5 de özetlenmiştir.

Tablo 4.5: Deprem ivme kayıtları.

Kayıt No	Deprem	PGA max (g)	Etkin Periyot (s)
1	1-ELC180	0.281	24.19
2	1-ELC270	0.211	24.12
3	C050S5	0.444	6.69
4	C05355	0.368	7.79
5	A-ESO090	0.312	10.405
6	A-ESO180	0.33	8.26
7	H-CHI012	0.27	20.56
8	H-CHI282	0.254	24.75
9	WSM090	0.377	6.865
10	WSM180	0.499	6.205
11	G04270	0.224	13.08
12	G04360	0.349	12.5
13	B-WSM090	0.173	22.565
14	B-WSM180	0.211	19.52
15	ERZ-EW	0.496	7.43
16	ERZ-NS	0.387	8.675
17	SHI000	0.225	11.03
18	SHI090	0.233	12.55
19	36531-93	0.238	13.595
20	36531003	0.29	12.67
21	PRPCS	0.223	21.325
22	PRPCW	0.198	21.78

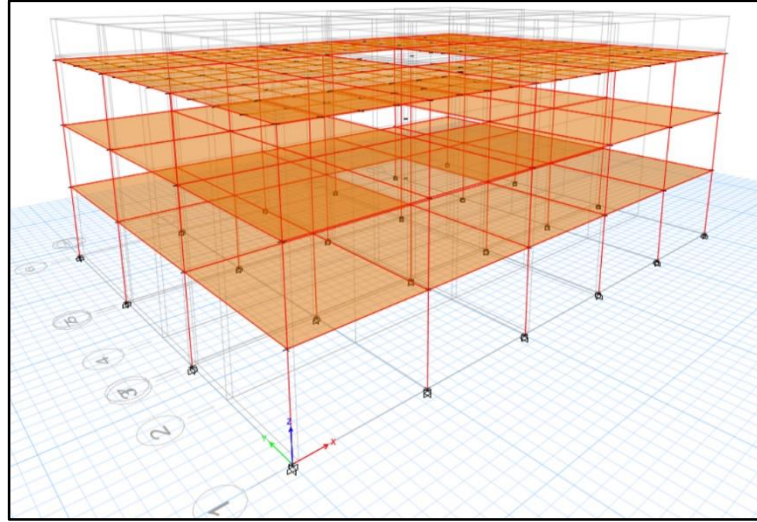
Seçilen deprem ivme kayıtları SeismoMatch yazılımı ile DD-2 tasarım hedef spektrumu ile uyumlu olacak şekilde %5 sönüm oranına göre ölçeklendirilmiştir.



Şekil 4.9: Yatay tasarım spektrumuna göre ölçeklenmiş deprem kayıtları.

4.3.3. Veri Merkezi Yapısı Modal Analizi ve TBDY 2018 Kontrolleri

Yapının öncelikle üzerinde yükseltilmiş döşeme ve server cihazları bulunmayan hesap modeli TBDY-2018 yönetmeliğine göre modal analiz ile periyot değeri, periyot değerinin kontrolü, titreşim modları ve hâkim titreşim moduna göre kütle katılım oranları, göreceli ötelenme kontrolleri ve gerekli düzensizlik kontrolleri yapılmıştır. Yapının modal analize esas üç boyutlu görünümü aşağıdaki gibidir [20].



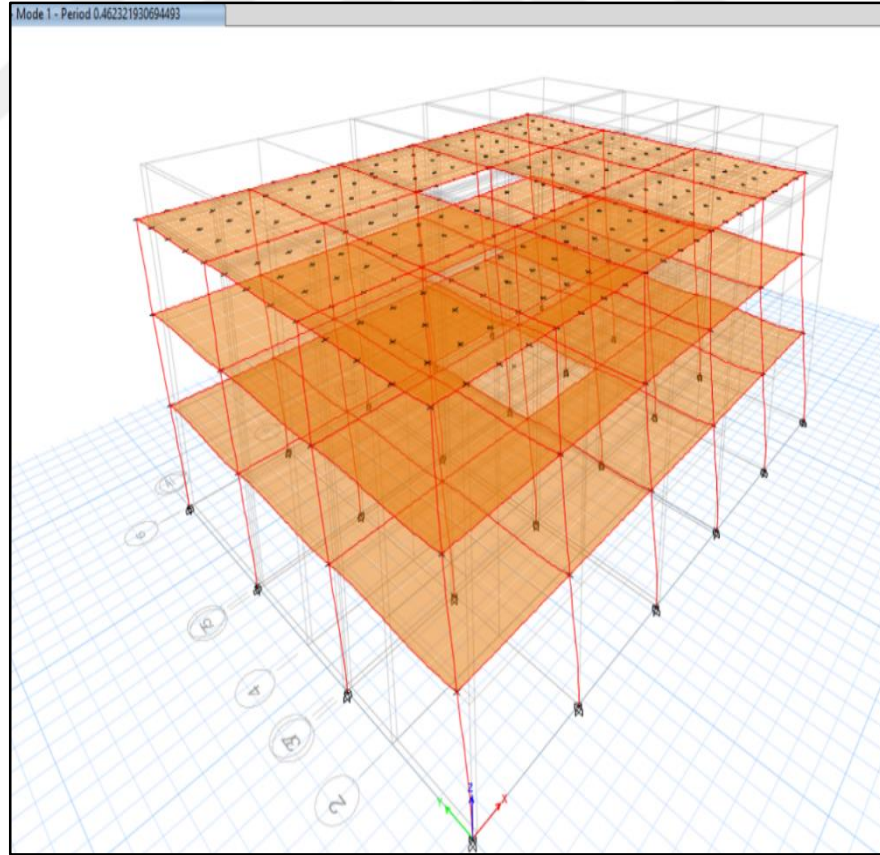
Şekil 4.10: Modal analize esas yapı modeli.

Yapının modal analizi sonucunda oluşan değerler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

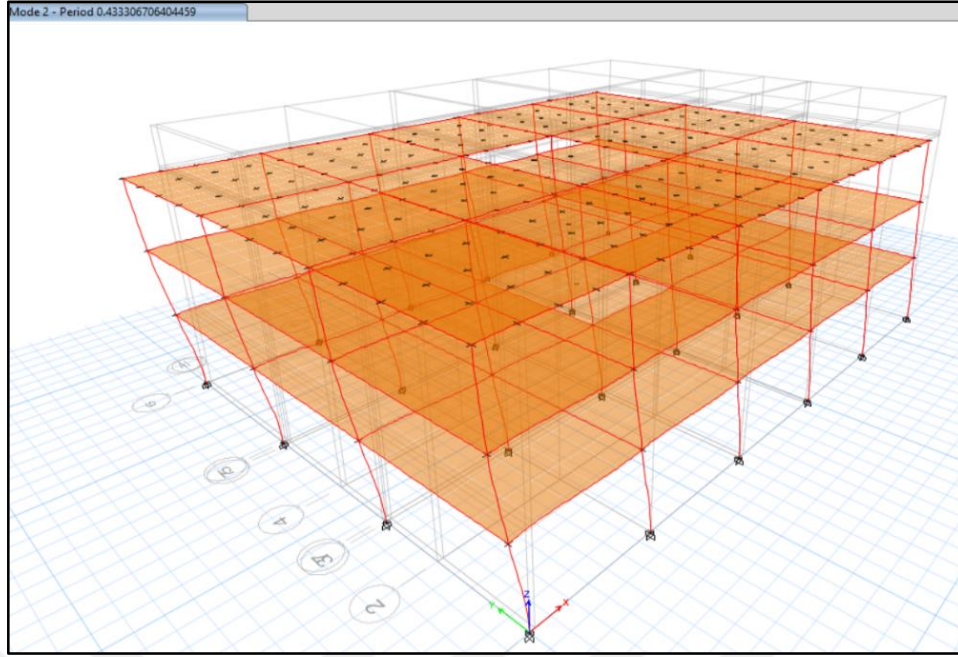
Tablo 4.6: Yapının modal analiz sonuçları.

Analiz	Mod Sayısı	Periyot	X yönü	Y yönü	X Yönü Toplam	Y Yönü Toplam
Modal	1	0.466	0.00	0.89	0.00	0.89
Modal	2	0.437	0.90	0.00	0.90	0.89
Modal	3	0.387	0.00	0.00	0.90	0.89
Modal	4	0.143	0.00	0.09	0.90	0.98
Modal	5	0.137	0.08	0.00	0.99	0.98
Modal	6	0.119	0.00	0.00	0.99	0.98
Modal	7	0.082	0.00	0.02	0.99	1.00
Modal	8	0.08	0.01	0.00	1.00	1.00
Modal	9	0.071	0.00	0.00	1.00	1.00
Modal	10	0.069	0.00	0.00	1.00	1.00
Modal	11	0.069	0.00	0.00	1.00	1.00
Modal	12	0.065	0.00	0.00	1.00	1.00

Modal analiz sonuçlarını özetleyen tablodan anlaşılacağı gibi yapının X yönü periyodu 0.437 saniye Y yönü periyodu ise 0.466 saniye dir. Ayrıca TBDY-2018 Bölüm 4 uyarınca modal etkin kütlelerin toplamı hem X hem de Y yönleri için %95 olmalıdır bu koşul sağlanmıştır ve X yönünde %99 Y yönünde ise %100 dür [20].



Şekil 4.11: Yapının 1. mod şekli.



Şekil 4.12: Yapının 2. mod şekli.

TBDY-2018 Bölüm 4 4.7.3.2 uyarınca hesaplanmış olan hâkim doğal titreşim periyodu T_{px} değerinin deprem hesabında göz önüne alınacak en büyük değer olan T_{pA} değerinin 1.4 katından büyük olmaması gerekmektedir [20]. T_{pA} değeri denklem 4.27 ile aşağıdaki gibi hesaplanmıştır [20].

$$T_{pa} = C_t H_N^{3/4} \quad (4.1)$$

Burada yapı perdesiz olduğu için C_t değeri 0.1 alınır. H_N yapı yükseliği ise 11.35 m dir. Buradan T_{pA} değeri 0.432 s dir . Mevcut periyor değeri $0.437 < 1.4 \times 0.432 = 0.604$ olduğu için bu koşul sağlanmıştır. TBDY 2018 Bölüm 4'ee göre görelî kat ötelenmesi hesabı yapılmış ve yönetmelik 4.9.1.3 (b) uyarınca denklem 4.34b ye göre sağlanmış ve aşağıdaki tabloda verilmiştir [20].

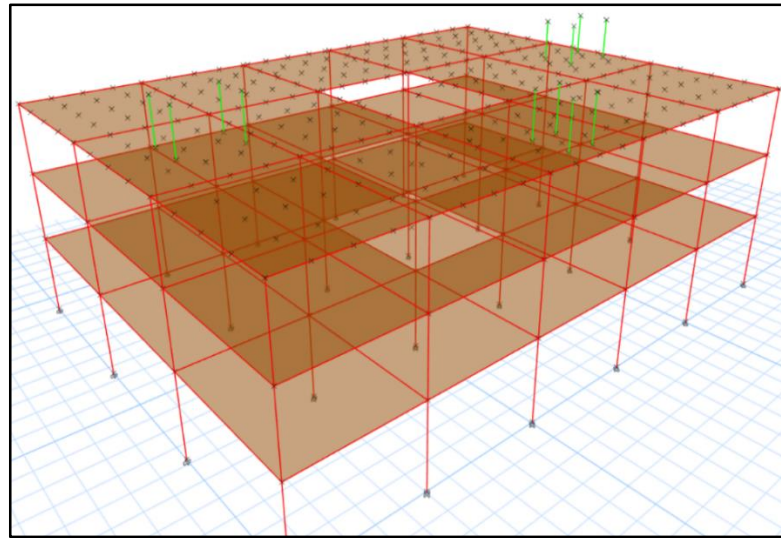
$$\lambda \frac{\delta_{imax}^{(x)}}{h_i} \leq 0.016k \quad (4.2)$$

Tablo 4.7: Görelî ötelenme kontrolleri.

KAT	YÜKSEKLİK (mm)	DEPLASMAN X (mm)	DEPLASMAN Y (mm)	$\Delta_i^{(X)} = u_i^{(X)} - u_{i-1}^{(X)}$		$\delta_i^{(X)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(X)}$		$\lambda \frac{\delta_{i, \max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.016 \kappa$
				Delta X (mm)	Delta Y (mm)	GÖRELİ ÖTELENME X (mm)	GÖRELİ ÖTELENME Y (mm)	LİMİT (mm)
1	3500	3.792	3.294	3.79	3.29	20.22	17.57	56
2	3000	7.037	6.359	3.24	3.06	17.31	16.35	48
3	3000	8.702	8.028	1.66	1.67	8.88	8.90	48

4.4. Yapısal Olmayan Elemanlar ile Birlikte Hesap Modelleri

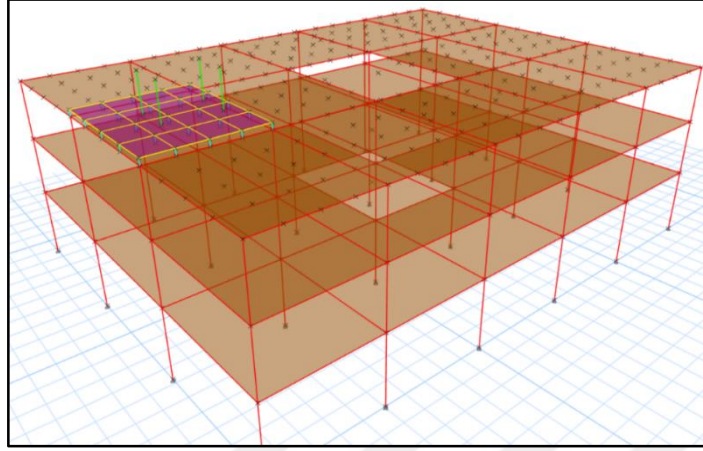
Veri merkezi yapısının yükseltilmiş döşeme olmaksızın server dolaplarının döşemeye ankastre olarak konumlandırıldığı ve üç farklı orta, ağır ve ekstra ağır yükseltilmiş döşeme bulunduran ve üzerinde server cihazlarının olduğu, son olarak üç farklı yükseltilmiş döşeme tipine sahip yapının taşıyıcı sistemine yapının dört köşesine 150 cm x 25 cm boyutlarında perde eleman dahil edilmiş toplamda yedi farklı hesap modeli vardır. Yapının yükseltilmiş döşeme olmayan ve server dolaplarının direk olarak döşemeye ankastre olarak konumlandırıldığı hesap modeli.



Şekil 4.13: Yükseltilmiş döşeme kullanılmayan hesap modeli.

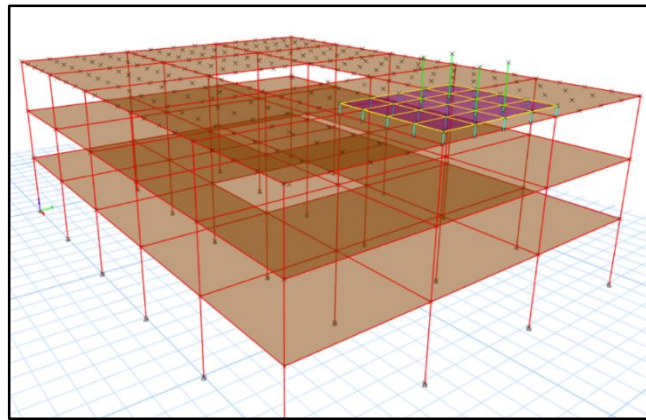
Analizlerde yükseltilmiş döşeme olmaksızın ivme ve deplasman yönünden maksimum etkileri görmek adına veri merkezinin en üst katına yerleştirilmiş server dolapları olan hesap modelidir. Bu hesap modeli yükseltilmiş döşeme kullanılmaması durumunda oluşacak deprem performansı verilerini elde etmek için oluşturulmuştur.

Ekstra ağır yükseltilmiş döşeme tipine sahip ve üzerinde server dolapları olan hesap modeli.



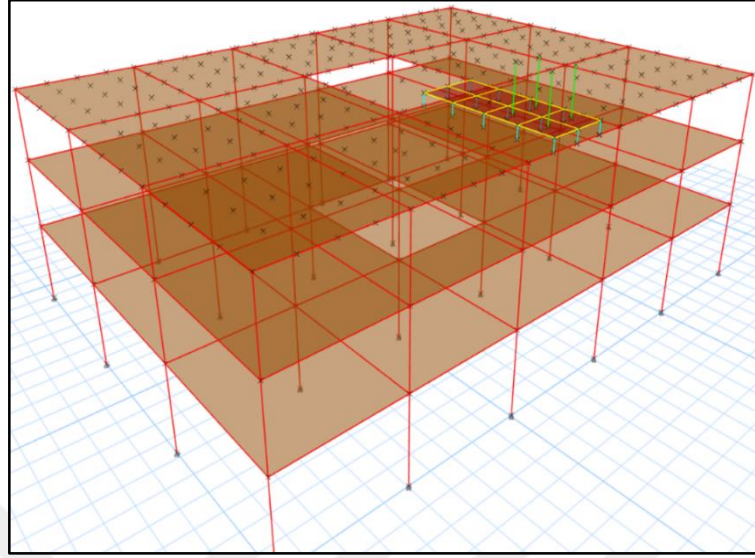
Şekil 4.14: Ekstra ağır yükseltilmiş bulunan hesap modeli.

Yapının ana döşemesinin üstüne konumlandırılmış ekstra ağır yükseltilmiş döşeme sistemi ve üzerinde server dolaplarının yer aldığı hesap modelidir. Ekstra ağır yükseltilmiş döşemenin tüm geometrik ve malzeme özellikleri bir önceki kısımda (Tablo 4.2) de detaylı olarak verilmiştir. Bu hesap modelinde amaçlanan gerçek deprem kayıtları altında yapılacak dinamik analiz ile bu tipte yükseltilmiş bir döşemenin üzerindeki server dolabının deprem parametrelerine ve dolayısı ile deprem performansına olan etkisini gözlemlemektir. Ağır seviye yükseltilmiş döşeme olarak uygulamada da yaygın olarak kullanılan yükseltilmiş döşeme tipini içeren hesap modeli.



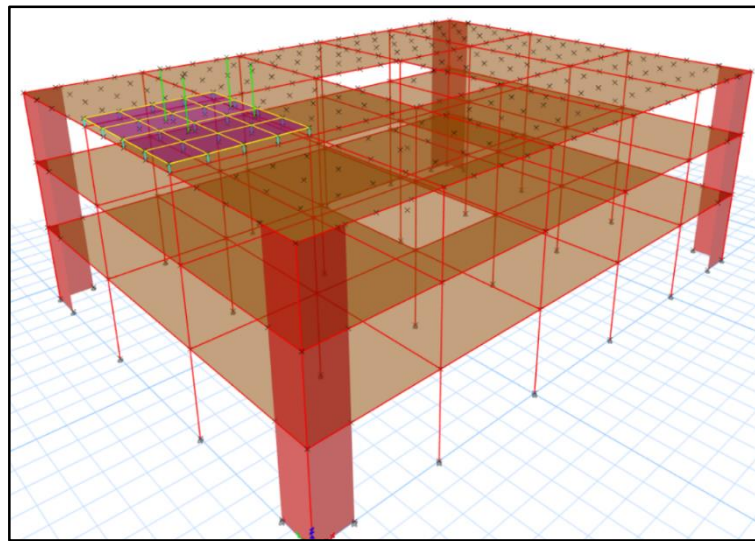
Şekil 4.15: Ağır tipte yükseltilmiş döşeme bulunan hesap modeli.

Orta seviye yükseltilmiş döşeme bulunduran hesap modeli aşağıdaki gibidir.

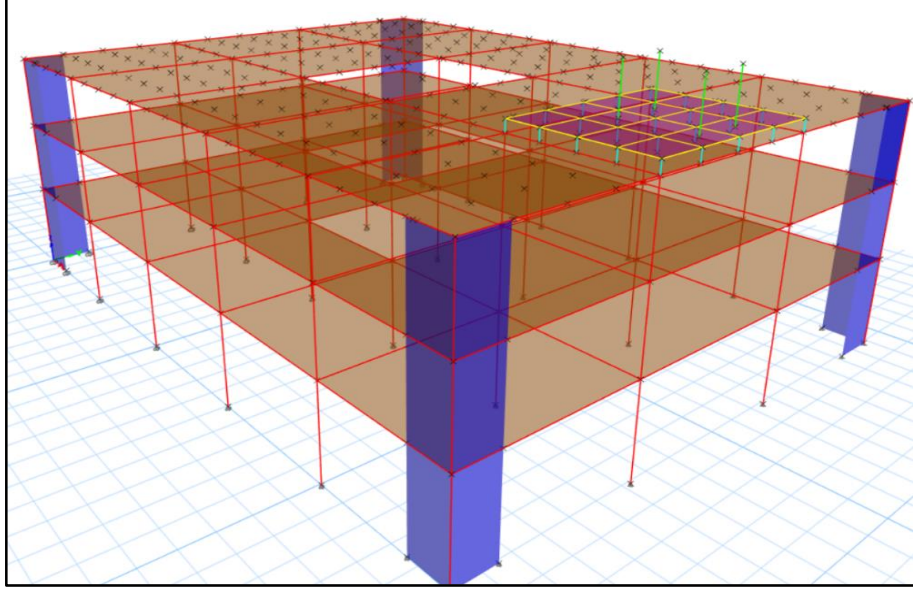


Şekil 4.16: Orta seviye yükseltilmiş döşeme bulunan hesap modeli.

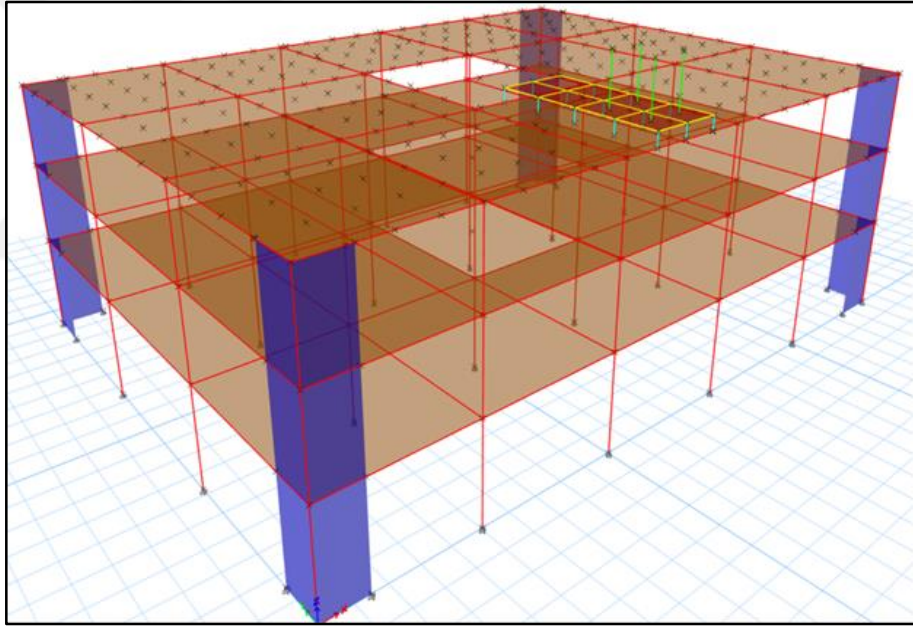
Bu üç farklı yükseltilmiş döşeme bulunduran hesap modeli veri merkezi yapısının server dolaplarının deprem performansını nasıl etkilediğini görmek adına birde taşıyıcı sistemi dört köşede ve her iki yönde 25cm x 150cm ebatlarda perde elemanlar yerleştirilerek üç farklı hesap modeli daha oluşturulmuştur. Perde elemanlar tüm katlar boyunca devam etmektedir. Bu hesap modelleri sırası ile aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



Şekil 4.17: Ekstra ağır seviye yükseltilmiş döşeme perdeli hesap modeli.



Şekil 4.18: Ağır seviye yükseltilmiş döşeme perdeli sistem hesap modeli.

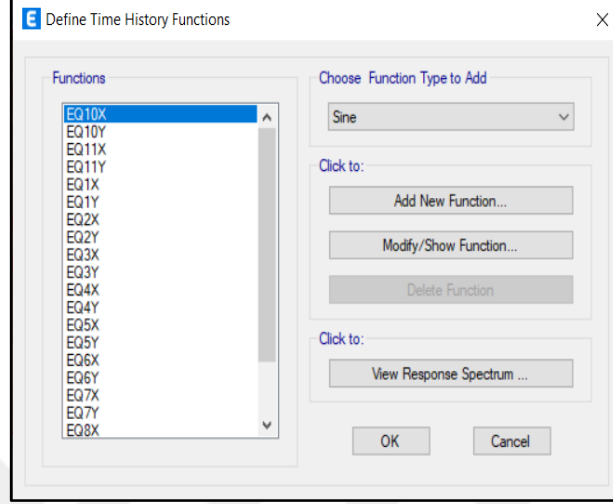


Şekil 4.19: Orta seviye yükseltilmiş döşeme perdeli sistem hesap modeli.

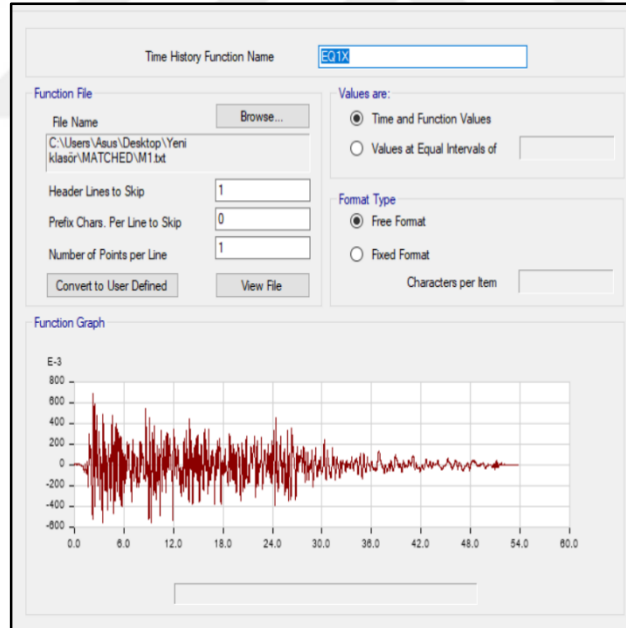
4.5. Zaman Tanım Alanında Analiz

Oluşan yedi farklı hesap modeli için önceki bölümlerde anlatıldığı şekilde seçilmiş ve yapının bulunduğu konuma ve zemin tipine göre elde edilen tasarım spektrumuna göre ölçeklenmiş deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal analiz yöntemi kullanılmıştır. Analiz sonuçlarının doğruluğundan bir kayıp yaşamamak için yükseltilmiş döşemelerde dahil olmak üzere tüm döşemelere rijit

diyafram atanmıştır. Ardından ölçeklenmiş x ve y yönleri de dahil olmak üzere 22 adet deprem ivme kayıtları sisteme tanımlanmıştır. Her iki doğrultuda deprem kayıtlarının ölçek katsayısı girilmiş ve tüm deprem kayıtları aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.



Şekil 4.20: Analiz öncesi deprem kayıtlarının tanıtılması.



Şekil 4.21: E1X depremi fonksiyon grafiği.

General

Load Case Name: E1X

Load Case Type/Subtype: Time History (Linear Modal)

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	EQ1X	9810

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Time History Motion Type: Transient

Number of Output Time Steps: 5370

Output Time Step Size: 0.01 sec

Modal Damping: Constant at 0.05

OK Cancel

Şekil 4.22: Analiz öncesi deprem kayıtlarının tanıtılması.

Deprem kayıtları tanıtılmış yedi farklı hesap modeli için zaman tanım alanında doğrusal analizler gerçekleştirilmiştir.

4.6. Hesap Modelleri Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Yapılan analizler sonucunda tüm hesap modellerinde server dolabının tepe noktasından 22 deprem kaydı için maksimum ve minimum ivme değerleri, maksimum ve minimum mutlak ivme değerleri, tepe deplasmanları ve yükseltilmiş döşeme içeren hesap modellerinde server dolabının alt noktasında okunmuş ve bu verilerin her iki deprem yönü için ortalama değerleri hem tablo hem de grafik olarak aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Tablo 4.8: Perde kolon ve yükseltilmiş döşemesiz hesap analiz verileri.

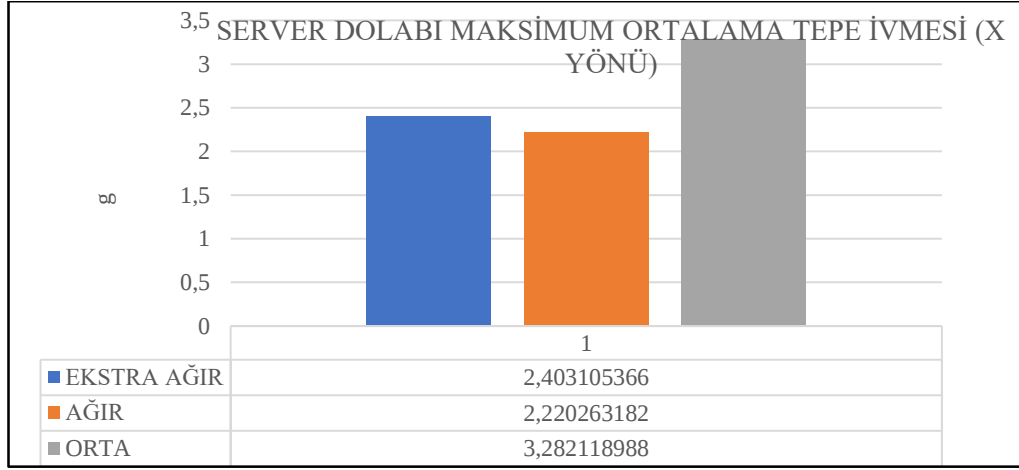
PERDE VE YÜKSELTİLMİŞ DÖŞEME İÇERMEYEN YAPI			
X YÖNÜ		Y YÖNÜ	
İVME (g)	1.93	İVME (g)	1.74
MUTLAK İVME (g)	1.75	MUTLAK İVME (g)	1.60
TEPE DEPLASMANI (mm)	73.74	TEPE DEPLASMANI (mm)	74.73

Taşıyıcı sisteminde perde bulunmayan yükseltilmiş üç farklı döşeme tipi bulunan hesap modelinin analiz sonuçları ise aşağıdaki gibidir.

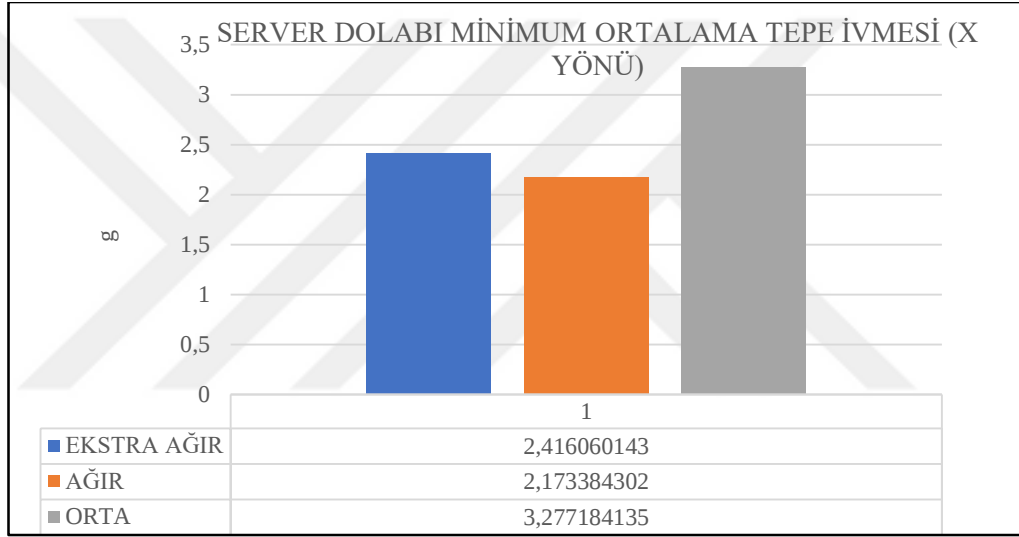
Tablo 4.9: Perdesiz üç tip yükseltilmiş döşemeli model ortalama sonuçları.

PERDESİZ YÜKSELTİLMİŞ DÖŞEMELİ YAPI			
EKSTRA AĞIR SEVİYE Y.D ÜZERİ SERVER CİHAZI			
X YÖNÜ		Y YÖNÜ	
İVME (g)	2.98	İVME (g)	2.80
MUTLAK İVME (g)	2.77	MUTLAK İVME (g)	2.62
TEPE DEPLASMANI (mm)	141.49	TEPE DEPLASMANI (mm)	121.29
TEPE VE ALT DEPLASMAN FARKI (mm)	17.66	TEPE VE ALT DEPLASMAN FARKI (mm)	13.06
AĞIR SEVİYE Y.D ÜZERİ SERVER CİHAZI			
X YÖNÜ		Y YÖNÜ	
İVME (g)	2.22	İVME (g)	1.84
MUTLAK İVME (g)	2.03	MUTLAK İVME (g)	1.63
TEPE DEPLASMANI (mm)	174.49	TEPE DEPLASMANI (mm)	131.40
TEPE VE ALT DEPLASMAN FARKI (mm)	23.01	TEPE VE ALT DEPLASMAN FARKI (mm)	14.87
ORTA SEVİYE Y.D ÜZERİ SERVER CİHAZI			
X YÖNÜ		Y YÖNÜ	
İVME (g)	3.28	İVME (g)	3.65
MUTLAK İVME (g)	3.32	MUTLAK İVME (g)	3.70
TEPE DEPLASMANI (mm)	223.24	TEPE DEPLASMANI (mm)	188.53
TEPE VE ALT DEPLASMAN FARKI (mm)	27.67	TEPE VE ALT DEPLASMAN FARKI (mm)	32.91

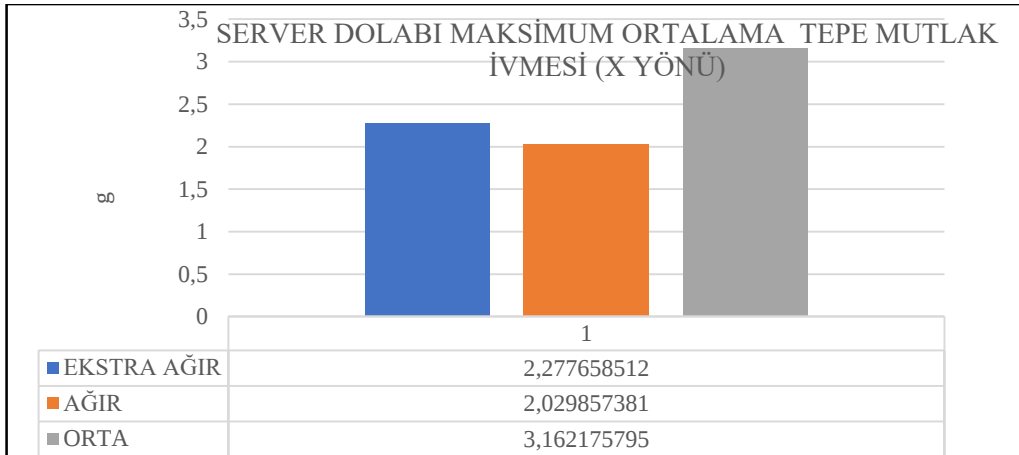
Sonuçlar irdelendiğinde ilk göze çarpan sisteme server cihazlarının üzerine konumlanacağı yükseltilmiş döşeme eklendiğinde her üç hesap modelinde de server dolabının tepe noktası maksimum ve minimum ivme, mutlak ivme ve deplasman değerlerindeki artıştır. Bu artan kütle ile beklenen bir durumdur. Ayrıca x ve y yönlerinde üç farklı yükseltilmiş döşeme üzerine oturan server cihazı dolaplarının performansları karşılaştırıldığında ağır seviye yükseltilmiş döşeme üzerine oturan server dolabı ivme yönünden ekstra ağır ve orta seviye sistemlere göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Deplasman açısından ekstra ağır sisteme oturan server dolabı daha düşük mertebelerde olsa da server dolaplarının ve içerisindeki cihazların özellikle ivmeye hassas oluşu sebebiyle totalde ağır seviye sisteme konumlanan server cihazının deprem performansı görece daha iyidir ev ağır seviye yükseltilmiş döşeme sisteminin daha optimum olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Yukarıda verilen tablodaki veriler karşılaştırma kolaylığı için grafik hale getirilmiş ve aşağıda sunulmuştur.



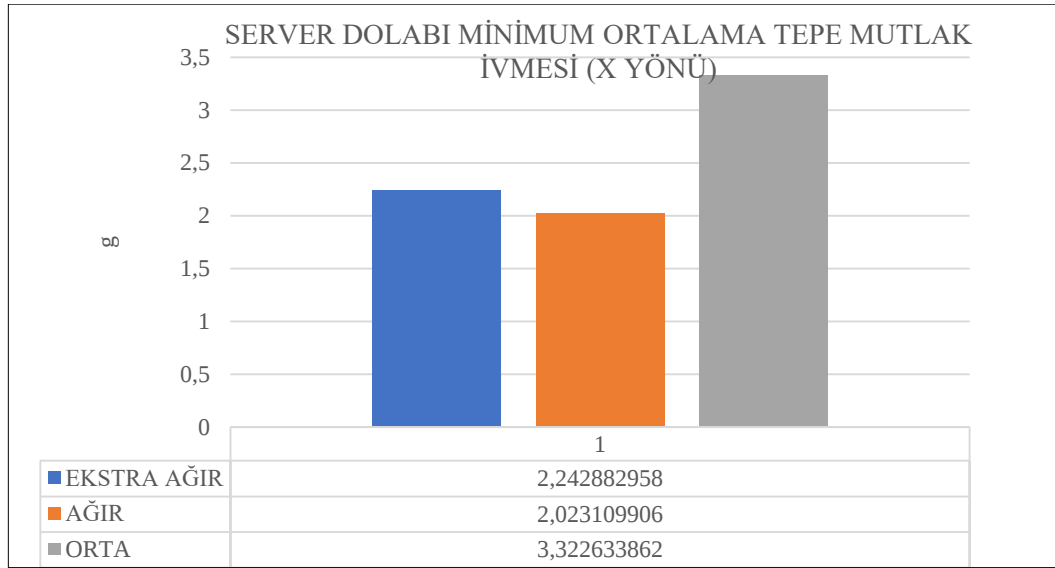
Şekil 4.23: Server dolabı maksimum ortalama tepe ivmesi x yönü.



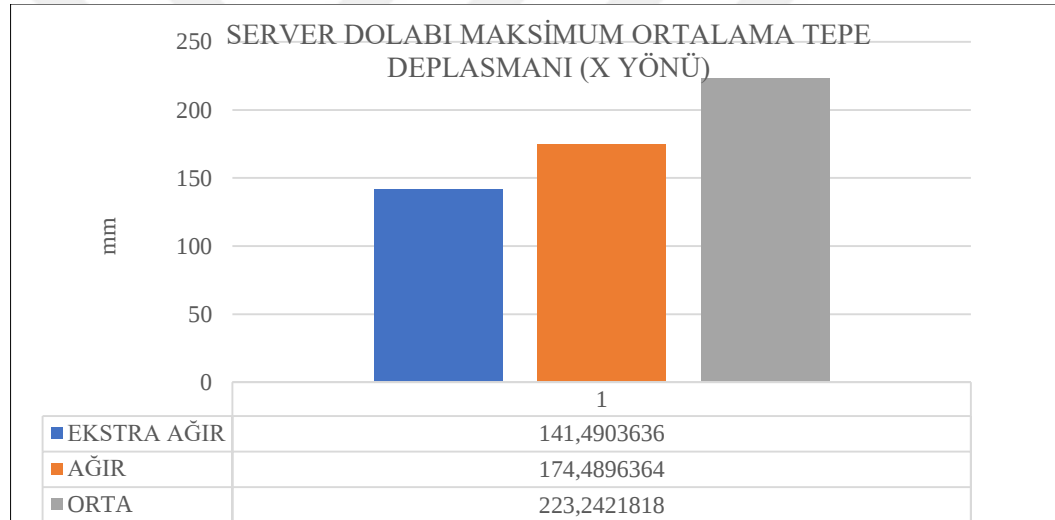
Şekil 4.24: Server dolabı minimum ortalama tepe ivmesi x yönü.



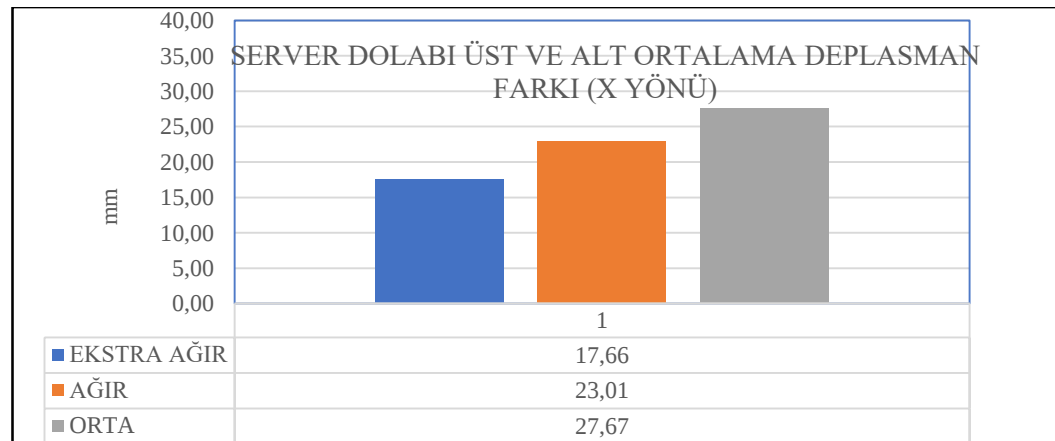
Şekil 4.25: Server dolabı maksimum ortalama tepe mutlak ivmesi x yönü.



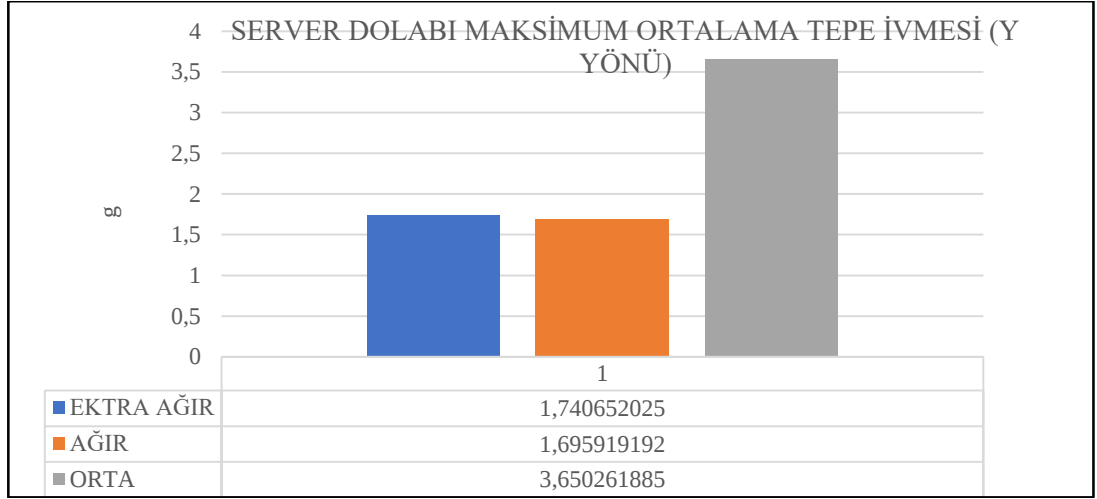
Şekil 4.26: Server dolabı minimum ortalama tepe mutlak ivmesi x yönü.



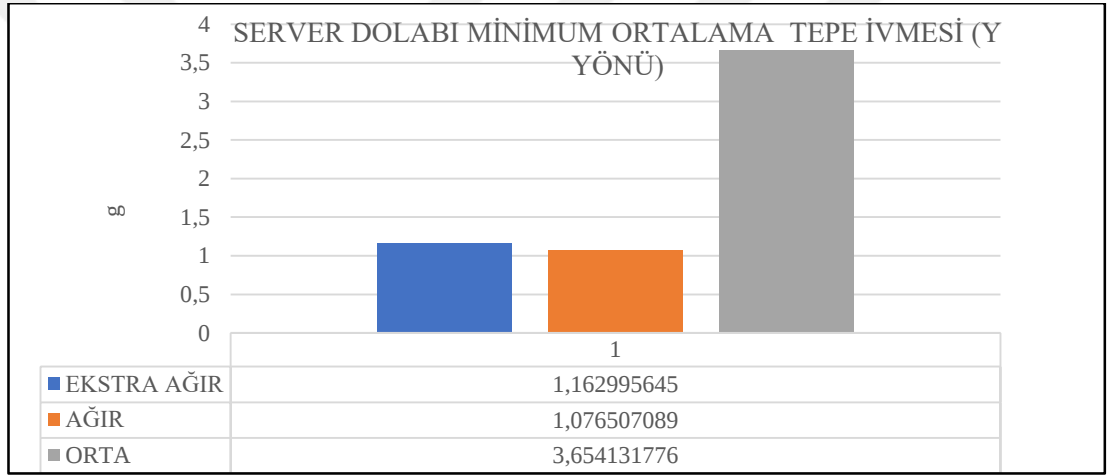
Şekil 4.27: Server dolabı maksimum ortalama tepe deplasmanı x yönü.



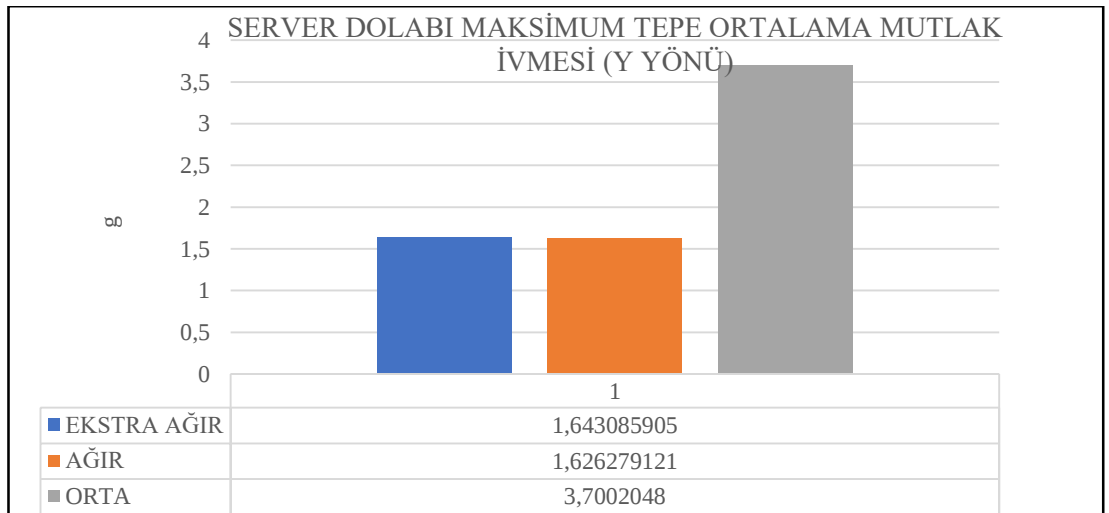
Şekil 4.28: Server dolabı üst ve alt deplasman farkı x yönü.



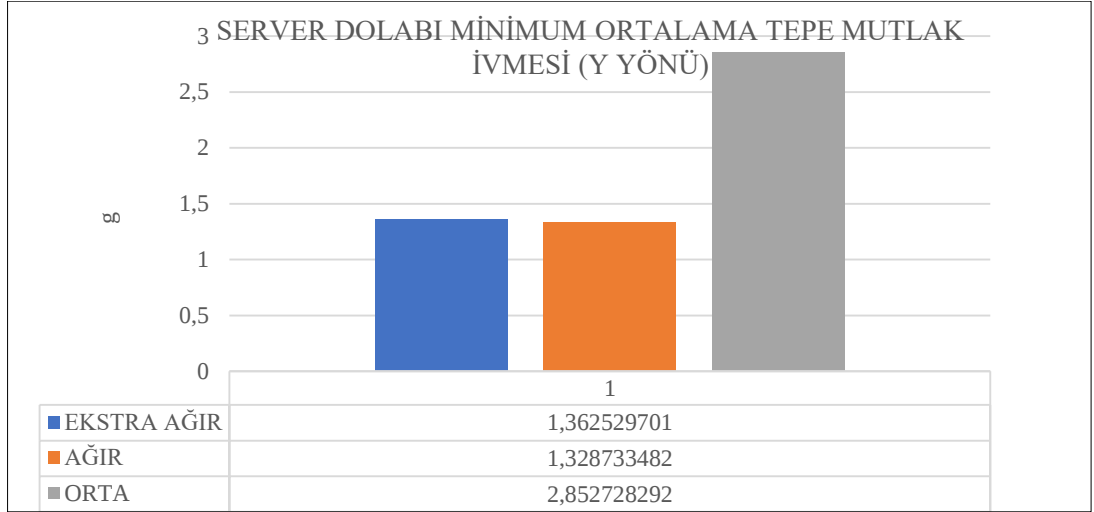
Şekil 4.29: Server dolabı maksimum ortalama tepe ivmesi y yönü.



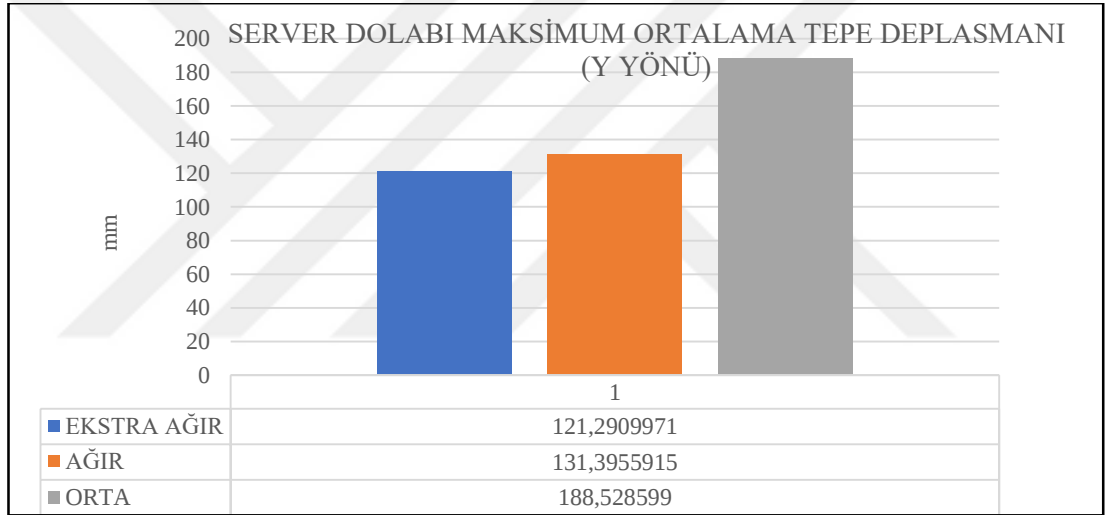
Şekil 4.30: Server dolabı minimum ortalama tepe ivmesi y yönü.



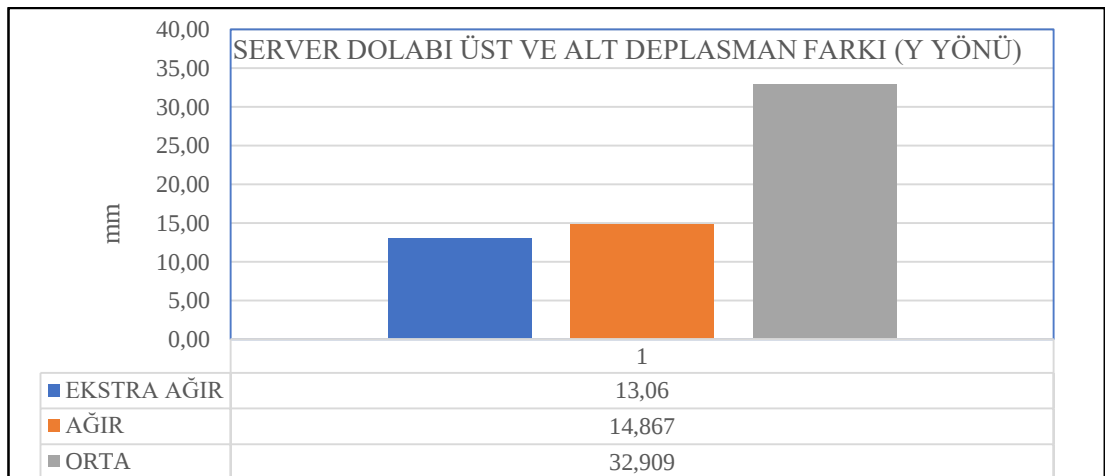
Şekil 4.31: Server dolabı maksimum ortalama tepe mutlak ivmesi y yönü.



Şekil 4.32: Server dolabı minimum ortalama tepe mutlak ivmesi y yönü.



Şekil 4.33: Server dolabı maksimum ortalama tepe deplasmanı y yönü.



Şekil 4.34: Server dolabı üst ve alt deplasman farkı y yönü.

Bu üç sistemin server dolaplarının deprem performansına etkisinin araştırılmasında taşıyıcı sistemde bir güçlendirme durumunda eklenecek perde elemanların etkisini görmek amacı ile yükseltilmiş döşeme hesap modellerini barındıran yapı taşıyıcı sistemine 25 cm x 150 cm ebatlarında her köşeye ve her iki yönde perde kolonlar eklenmiş ve analiz sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

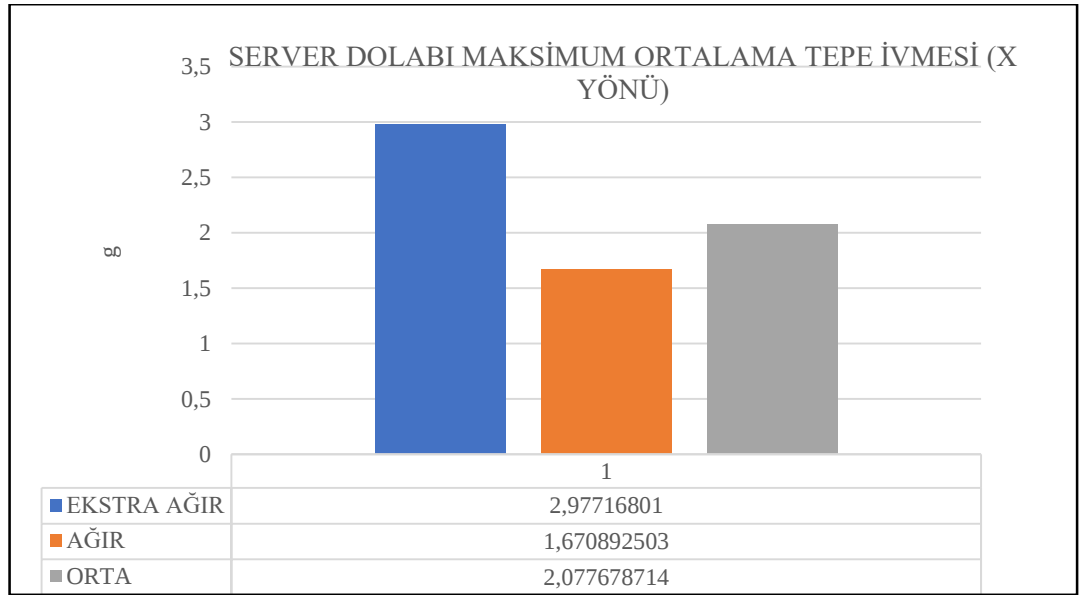
Tablo 4.10: Perdeli üç tip yükseltilmiş döşemeli model ortalama sonuçları.

PERDELİ YÜKSELTİLMİŞ DÖŞEMELİ YAPI			
EKSTRA AĞIR SEVİYE Y.D ÜZERİ SERVER CİHAZI			
X YÖNÜ		Y YÖNÜ	
İVME (g)	2.42	İVME (g)	1.74
MUTLAK İVME (g)	2.28	MUTLAK İVME (g)	1.64
TEPE DEPLASMANI (mm)	92.02	TEPE DEPLASMANI (mm)	96.09
TEPE VE ALT DEPLASMAN FARKI (mm)	20.38	TEPE VE ALT DEPLASMAN FARKI (mm)	22.68
AĞIR SEVİYE Y.D ÜZERİ SERVER CİHAZI			
X YÖNÜ		Y YÖNÜ	
İVME (g)	1.67	İVME (g)	1.58
MUTLAK İVME (g)	1.55	MUTLAK İVME (g)	1.44
TEPE DEPLASMANI (mm)	105.13	TEPE DEPLASMANI (mm)	110.96
TEPE VE ALT DEPLASMAN FARKI (mm)	11.90	TEPE VE ALT DEPLASMAN FARKI (mm)	12.63
ORTA SEVİYE Y.D ÜZERİ SERVER CİHAZI			
X YÖNÜ		Y YÖNÜ	
İVME (g)	2.08	İVME (g)	2.07
MUTLAK İVME (g)	1.95	MUTLAK İVME (g)	1.90
TEPE DEPLASMANI (mm)	107.55	TEPE DEPLASMANI (mm)	107.32
TEPE VE ALT DEPLASMAN FARKI (mm)	16.79	TEPE VE ALT DEPLASMAN FARKI (mm)	17.28

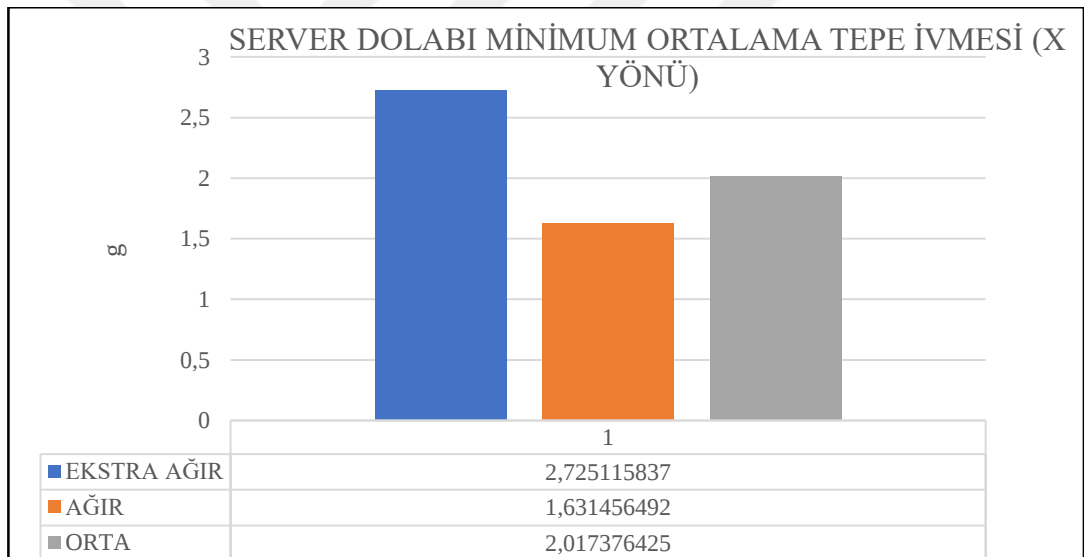
Sisteme perde eklediği durumda yine x ve y yönlerinde beklenildiği gibi server dolaplarının ivme, mutlak ivme ve deplasman değerlerinin perdesiz sisteme göre daha düşük sonuçlar vermiştir. Ayrıca server dolaplarının yerleştirildiği yükseltilmiş döşemelerin server dolabının deprem performansına olan etkisi x ve y yönlerinde karşılaştırıldığında ağır seviye yükseltilmiş döşeme üzerine konumlandırılan server dolabı ortalama ivme değerleri yine ekstra ağır ve orta seviye yükseltilmiş döşemeler üzerine yerleştirilmiş server dolaplarına göre daha düşük mertebelerdedir.

Deplasman açısından perdesiz sistemde olduğu gibi en düşük sonucu ekstra ağır sistem verse de ağır seviye yükseltilmiş döşeme deplasmanı ile arasında düşük bir fark bulunmaktadır ve özellikle ivmeye karşı hassas cihazlar barındıran server dolabı için optimum sistem ağır seviye yükseltilmiş döşeme olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

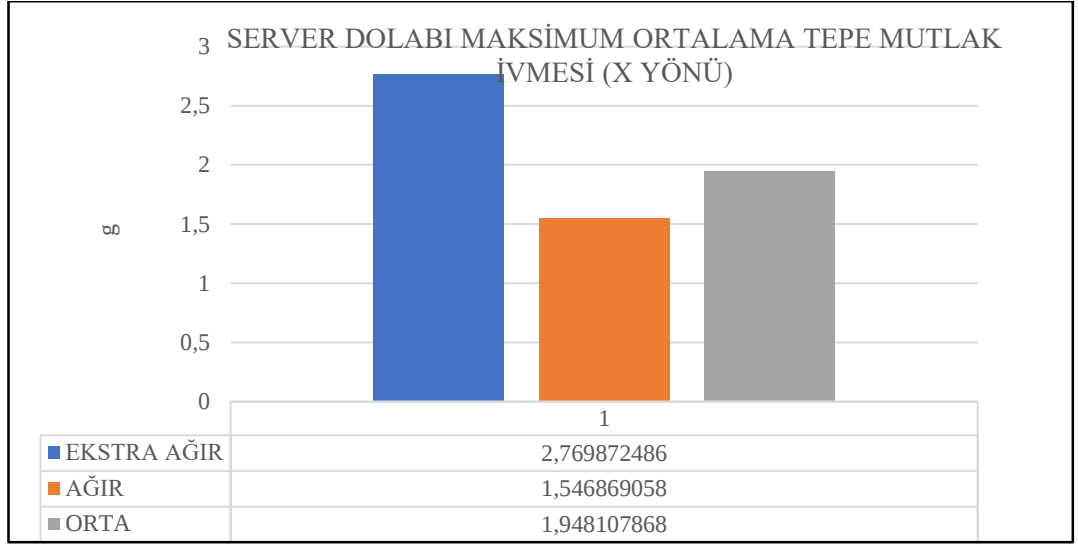
Perdeli sistemin tablo olarak verilmiş dinamik sonuçları kıyaslama kolaylığı açısından bir sonraki sayfada grafik olarak verilmiştir.



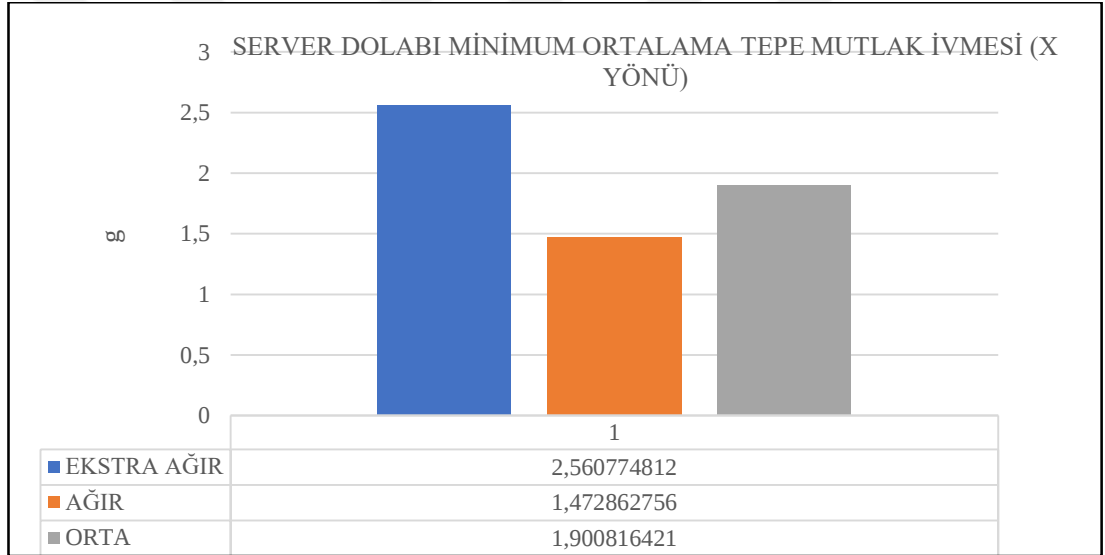
Şekil 4.35: Server dolabı maksimum ortalama tepe ivmesi x yönü.



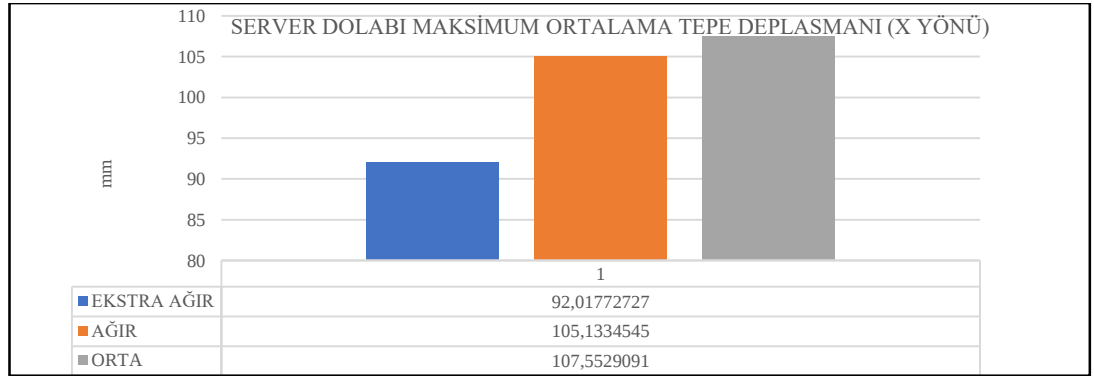
Şekil 4.36: Server dolabı minimum ortalama tepe ivmesi x yönü.



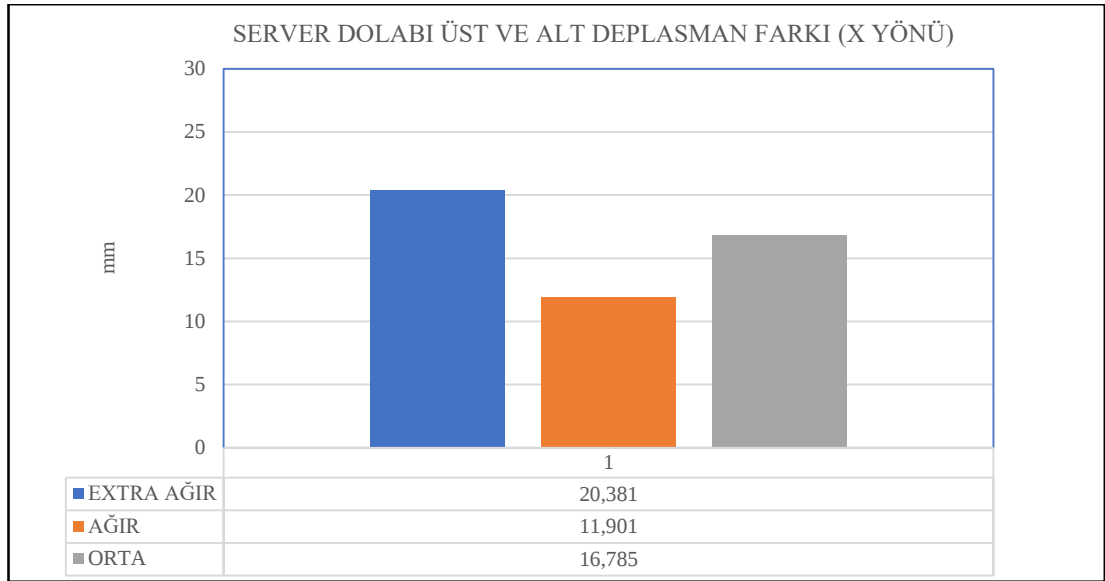
Şekil 4.37: Server dolabı maksimum ortalama tepe mutlak ivmesi x yönü.



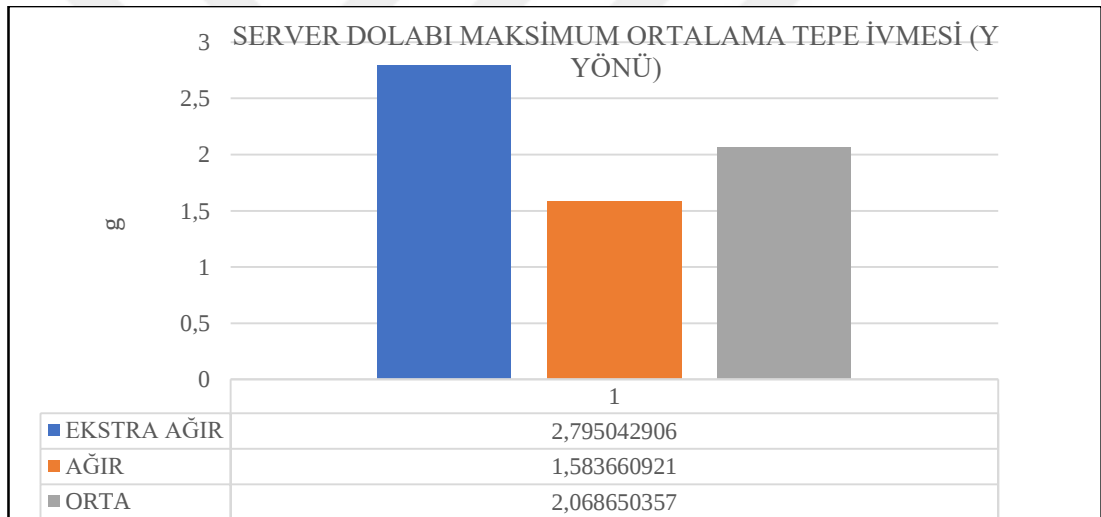
Şekil 4.38: Server dolabı minimum ortalama tepe mutlak ivmesi x yönü.



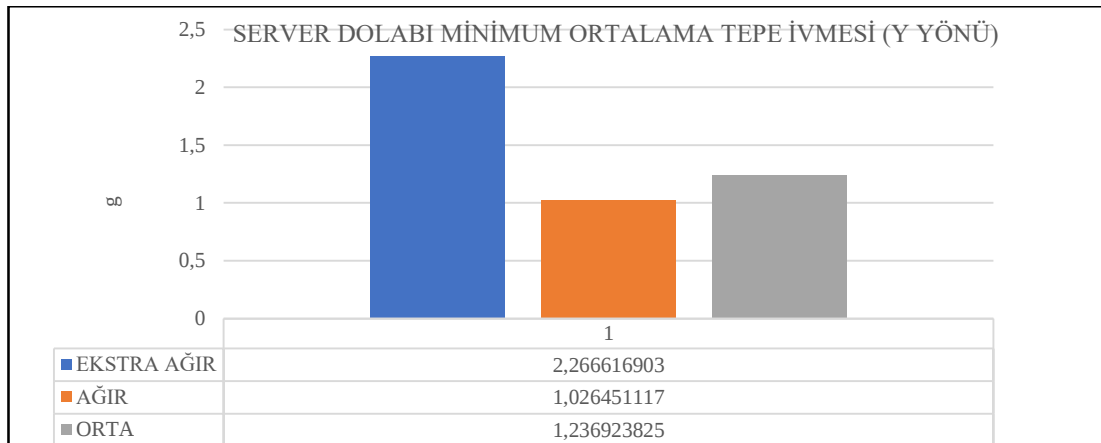
Şekil 4.39: Server dolabı maksimum ortalama tepe deplasmanı x yönü.



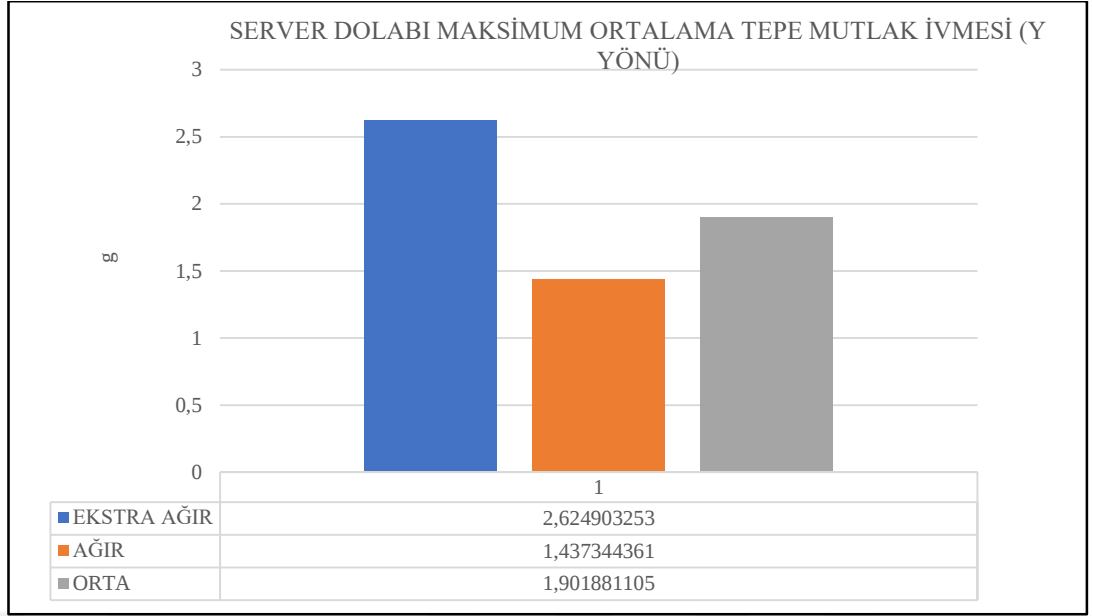
Şekil 4.40: Server dolabı üst ve alt deplasman farkı x yönü.



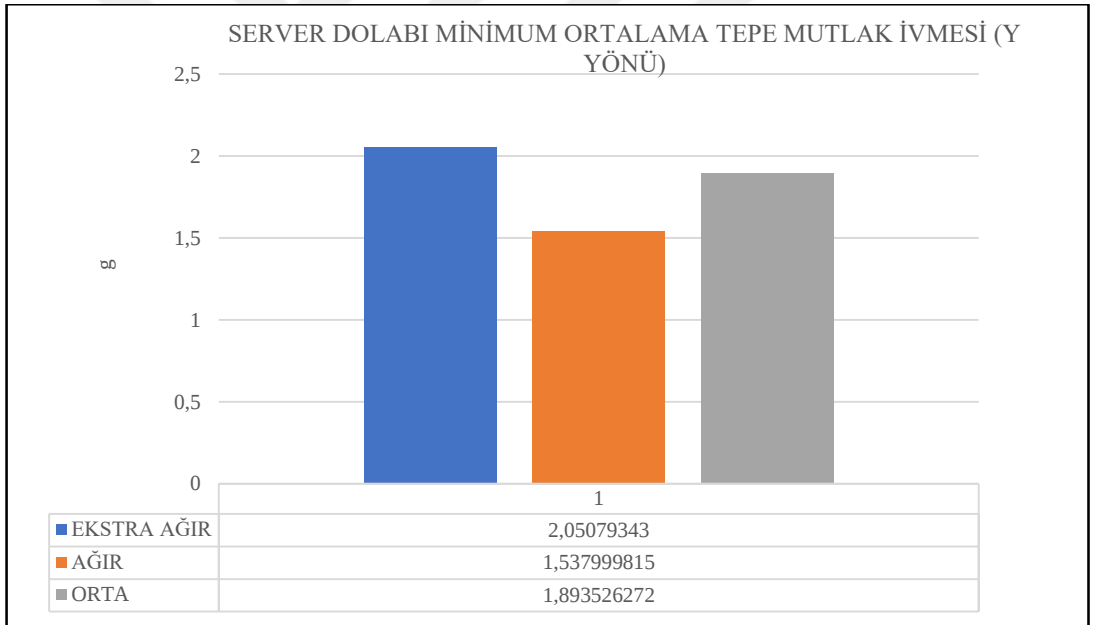
Şekil 4.41: Server dolabı maksimum ortalama tepe ivmesi y yönü.



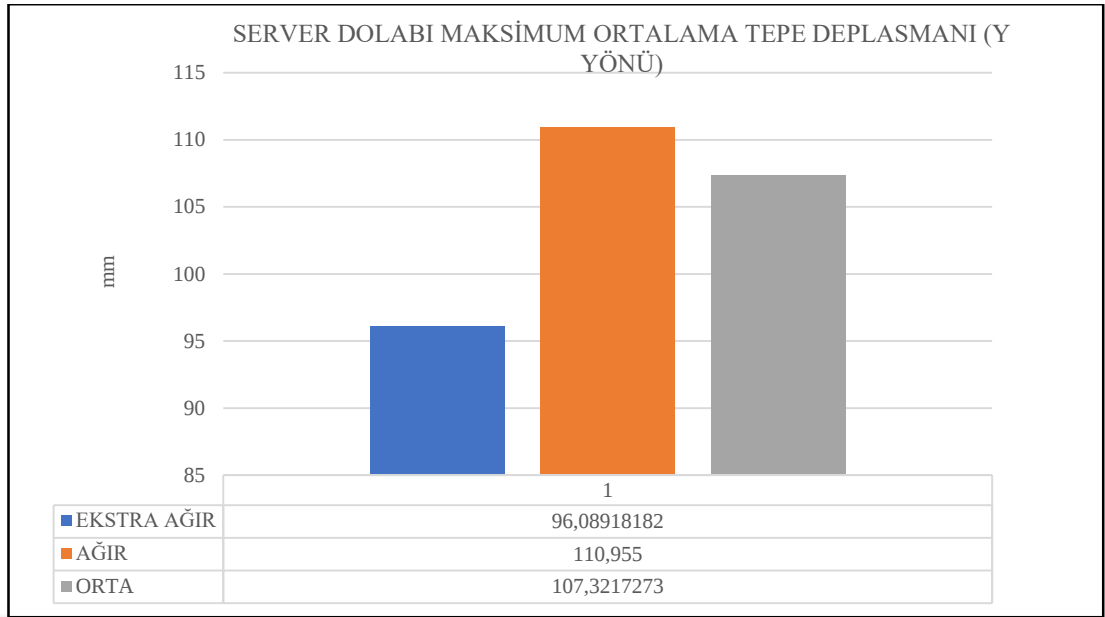
Şekil 4.42: Server dolabı minimum ortalama tepe ivmesi y yönü.



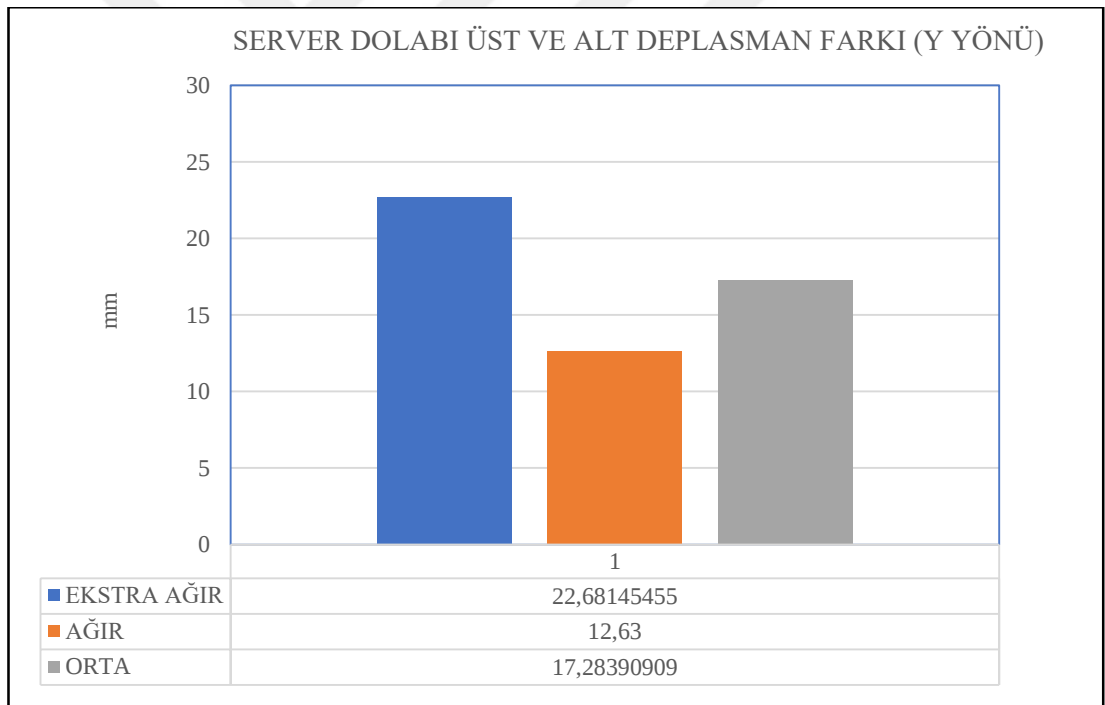
Şekil 4.43: Server dolabı maksimum ortalama tepe mutlak ivmesi y yönü.



Şekil 4.44: Server dolabı minimum ortalama tepe mutlak ivmesi y yönü.



Şekil 4.45: Server dolabı minimum ortalama tepe deplasmanı y yönü.



Şekil 4.46: Server dolabı üst ve alt deplasman farkı y yönü.

5. SONUÇ VE YORUMLAR

Bu tez çalışmasında özellikle yapısal elemanların deprem performansının irdelenmesi amacı ile bir ankastre temelli bir veri merkezi yapısında bulunan ve bu yapılarda uygulamada sıklıkla kullanılan ilgili yönetmelikler uyarınca tasarlanmış yükseklik ve malzemesi farklı üç tip (Ekstra ağır, Ağır ve Orta seviye) yükseltilmiş döşemenin üzerinde yer alan ivmeye karşı oldukça hassas server cihazlarını muhafaza eden server dolaplarının deprem performansı farklı hesap modeli varyasyonları ile incelenmiştir.

Birbirinden tasarım yükü ve yükseklikleri açısından farklı üç tip yükseltilmiş döşemenin taşıdıkları server cihazı dolaplarının deprem performansını nasıl etkilediğini irdelemek bu tezin ana konusunu oluşturmak ile birlikte özellikle bu tip döşeme sistemlerinin gelecekteki tasarım sürecine ve mevcut şartnamelerin gelişimine deprem mühendisliği perspektifi ile faydalı olacağı düşünülmüştür. Yapılan sayısal karşılaştırmalar neticesinde uygulamada ağır seviye yükseltilmiş döşeme olarak tabir edilen sistemin üzerinde bulunan server dolaplarının ivme ve mutlak ivme değerleri kıyaslanan ekstra ağır seviye yükseltilmiş döşeme ve orta seviye yükseltilmiş döşemeye kıyasla daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Ortaya çıkan bu durumum üç yükseltilmiş döşemenin de taşıdığı server dolaplarının aynı boyut ve ağırlıkta olduğu, göz önüne alınınca tamamen yükseltilmiş döşemenin yüksekliği ve üzerindeki tasarım kaplama yükü ile ilintilidir. Ağır seviye yükseltilmiş döşeme sisteminin taşıdığı server dolabının deplasman performansı ise bu değer daha düşük çıktığı ekstra ağır sistemin üzerindeki server dolabında oluşan deplasman değerine yakındır. Fakat ekstra ağır sistemin ivme değeri daha yüksek olduğu için bu noktada server dolaplarının cihazlar sebebi ile ivmeye hassasiyetin önemi düşünülünce ağır seviye yükseltilmiş döşeme sisteminin daha optimum olduğu sonucuna varılabilir. Yüksekliği diğer iki sistemden daha fazla olan orta seviye yükseltilmiş döşemenin ivme ve deplasman değerleri diğer iki döşemeden çok daha fazla çıkmıştır.

Hesap modellerine veri merkezi yapısının taşıyıcı sistemine perde kolonlar eklendiğinde ise beklendiği üzere özellikle optimum performansı sergileyen ağır seviye yükseltilmiş döşeme üzerindeki server dolabında ivme, mutlak ivme ve deplasmanlarda düşüş gözlemlenmiştir.

Tüm bu sonuçlar ışığında ortaya çıkan sonuç yükseltilmiş döşemelerin tasarım yükü ve yüksekliği ve ayrıca yapının perdeli olup olmaması durumu taşıdıkları server dolaplarının deprem performansını direk etkilemektedir. Bu anlamda yükseltilmiş döşemelerin deprem performansı yükseltilmiş döşemelerin geometrik ve malzeme parametrelerin optimizasyonu ile daha üst seviyelere çıkarılması mümkündür.

Bu tez kapsamında irdelenen unsurlar göstermiştir ki Katman 3 ve 4 veri merkezi sınıflandırma sistemi hem yapının hem de yapısal olmayan elemanların deprem performansının operasyonel seviyede olması gerektiğini söyler. Bu açıdan server dolapları gibi yapısal olmayan elemanların ivme ve deplasman değerleri çok daha fazla düşürülmek istenildiğinde bunun için özel tasarlanmış BNC (Ball in Cone) tip izolatör sistemlerinin kullanımı oldukça etkili olacaktır.



KAYNAKLAR

- [1] Web 1, (2023), <https://www.Techtarget.Com/Searchdatacenter/How-To-Design-And-Build-A-Data-Center>, (Erişim Tarihi: 01/01/2023).
- [2] Web 2, (2023), <https://Datacentercatalog.Com/Turkey>, (Erişim Tarihi: 02/01/2023).
- [3] Web 3, (2023), www.tiaonline.org, (Erişim Tarihi: 04/01/2023).
- [4] Rafter E. P., Cxap P. E., (2007), “The Data Center Tier Performance Standards and Their Importance to The Owner’s Project Requirements”, National Conference on Building Commissioning, 4, Chicago, 2-4 Mayıs.
- [5] Web 4, (2023), <https://www.Hpe.Com/Us/En/What-Is/Data-Center-Tiers.Html>, (Erişim Tarihi: 06/01/2023).
- [6] Kamrava A., (2014) “Seismic Isolators and Their Types” An International Research Journal of Environmental Science, 10, 27-32.
- [7] Degenkolb W., (2016), “ISO Base Technical Manuel Revision 1”, Technologies Report No: B6439012.00, Degenkolb Engineers, Valencia, California.
- [8] Guerreiro L., Azevedo J. Muhr A., (2007), “Seismic Tests and Numerical Modeling of a Rolling Ball Isolation System”, Journal of Earthquake Engineering, 11 (1), 49-66.
- [9] Erkus B., Polat S. S., Darama H., (2018), “Seismic Design of Data Centers for Tier III and Tier IV Resilience: Basis of Design”, Eleventh U.S. National Conference on Earthquake Engineering Integrating Science, Engineering & Policy, Los Angeles California, 28 Haziran.
- [10] D’Ayala D., Galasso C., Minas S., Novelli V., (2015), “Review of the Non-structural Considerations for Seismically Retrofitting Hospitals, Impact on Hospital Functionality, and Hospital Selection. Evidence on Demand, Department for International Development, United Kingdom.
- [11] Web 5, (2023), <https://www.Sensequake.Com/Blog-Non-Structural-Components>, (Erişim Tarihi: 09/01/2023).
- [12] İpek C., Kuzucuoğlu A. H., Kıstır M. R., (2015), “Yapısal Olmayan Sistemlerin Deprem Etkileri Açısından Değerlendirilmesi” IBEEES 2015, 197-206.
- [13] Büyükkaragöz A., Cantürk R., (2018), “Sanayi Yapılarındaki Yapısal Olmayan Elemanların Deprem Etkisi Altındaki Davranışı” Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 6 (2), 426-435.

- [14] Web 6, (2023), <https://Databuildtec.Com/Access-Flooring>, (Erişim Tarihi: 10/01/2023).
- [15] Web 7, (2023), <https://www.tateinc.com>, (Erişim Tarihi: 11/01/2023).
- [16] Web 8, (2023), <http://mufloor.com>, (Erişim Tarihi: 12/01/2023).
- [17] Web 9, (2023), <https://www.raisedfloor.co.uk/access-flooring-association/>, (Erişim Tarihi: 14/01/2023).
- [18] Web 10, (2023) <https://docs.oracle.com/cd/E19373-01/821-0135-11/821-0135-11.pdf>, (Erişim Tarihi: 13/01/2023).
- [19] Web 11, (2023), <https://Tdth.Afad.Gov.Tr/TDTH/Main.Xhtml>, (Erişim Tarihi: 12/01/2023).
- [20] AFAD, (2018), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.

ÖZGEÇMİŞ

Fikri Orkun ORAKÇI 2009 yılında başladığı Mersin Üniversitesi İnşaat Teknolojisi programını 2011 yılında başarıyla tamamlamasının ardından aktif olarak 2015 yılına kadar İnşaat Teknikeri olarak yurt dışı ve yurt içinde çeşitli firmalarda çalışmasının ardından başladığı Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünü 2019 yılında başarıyla tamamlayarak aynı yıl Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Deprem ve Yapı Mühendisliği programında yüksek lisans eğitimine başladı.

