

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HASTANE BİNALARINDA SİSMİK İZOLASYON SİSTEMLERİNİN
KULLANIM KARARININ BİNA ÜRETİM SÜRECİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elif BAKKALOĞLU

Mimarlık Anabilim Dalı

Proje ve Yapım Yönetim Programı

HAZİRAN 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HASTANE BİNALARINDA SİSMİK İZOLASYON SİSTEMLERİNİN
KULLANIM KARARININ BİNA ÜRETİM SÜRECİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Elif BAKKALOĞLU
(502151406)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Proje ve Yapım Yönetim Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Elçin Filiz TAŞ

HAZİRAN 2018

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502151406 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Elif BAKKALOĞLU, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “HASTANE BİNALARINDA SİSMİK İZOLASYON SİSTEMLERİNİN KULLANIM KARARININ BİNA ÜRETİM SÜRECİNE ETKİLERİ”başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Elçin Filiz TAŞ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Elçin Filiz TAŞ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Halet Almila BÜYÜKTAŞKIN
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. H. Atilla DİKBAŞ
Medipol Üniversitesi

Teslim Tarihi : 02.06.2018
Savunma Tarihi : 07.06.2018





Canım aileme ve hocama,



ÖNSÖZ

Yüksek lisans çalışmam boyunca bilgilerini benden esirgemeyen; önerileri, bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren ve ihtiyacım olan her türlü olanağı bana sağlayan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Elçin Filiz TAŞ'a şükranlarımı sunarım. Çalışmam sırasındaki katkılarından dolayı beni yönlendiren ve ilgili adreslere ulaşmasını sağlayan Kürşat AKTAŞ, Ozan PINAR, Dr. Bahadır ŞAHAN, Korhan KESKİNOĞLU, Eyüp ŞENER, Burak TÜRKDÖNMEZ, Büşra KARASAKALOĞLU'na gönülden teşekkür ederim. Uzun bir süreci kapsayan eğitim hayatımda maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve her türlü konuda hep yanımda olan canım aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran 2018

Elif Bakkaloğlu
(Mimar)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xvii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1.Tezin Amacı	4
1.2.Tezin Kapsamı.....	5
1.3.Tezin Yöntemi.....	6
2. DEPREMLER VE NEDEN OLDUĞU KAYIPLAR.....	7
2.1 Dünya’da Depremler ve Depremlerin Neden Olduğu Kayıplar.....	7
2.2 Türkiye’de Depremler ve Depremlerin Neden Olduğu Kayıplar.....	9
2.3 Dünya’da Deprem Riskini Belirleme ve Afet Hazırlık Çalışmaları	13
2.4 Türkiye’de Deprem Riskini Belirleme ve Afet Hazırlık Çalışmaları.....	17
2.5 Hastane Binalarında Depreme Karşı Önlem Almanın Önemi	20
3. SİSMİK KONTROL YÖNTEMLERİ	23
3.1 Aktif Kontrol Yöntemleri.....	24
3.1.1 Aktif rijitlik değiştirebilen sistemler (AVS)	26
3.1.2 Aktif kütle sönümleyici sistemler	27
3.2 Pasif Kontrol Yöntemleri	29
3.2.1 Pasif enerji sönümleyici sistemler.....	30
3.2.1.1 Eğilmeli metal sönümleyiciler	31
3.2.1.2 Sürtünmeli sönümleyiciler	33
3.2.1.3 Viskoelastik sönümleyiciler	34
3.2.1.4 Viskoz sönümleyiciler.....	36
3.2.1.5 Ayarlı kütle sönümleyiciler (tmd-tuned mass damper).....	37
3.2.1.6 Ayarlı sıvı sönümleyiciler (TLD-Tuned Liquid Damper)	38
3.2.2 Sismik (Taban) izolasyon sistemleri	38
3.2.2.1 Kauçuk esaslı (Elastomerik) sistemler	43
3.2.2.1.1 Düşük sönümlü doğal ve sentetik kauçuk mesnetler (LDRB)....	45
3.2.2.1.2 Yüksek sönümlü doğal kauçuk mesnetler (HDNR).....	47
3.2.2.1.3 Kurşun çekirdekli doğal kauçuk mesnetler (LRB)	48
3.2.2.2 Kauçuk – kayıcı karma sistemler	49
3.2.2.2.1 Electricite-de-France sistemi (EDF)	49
3.2.2.2.2 EERC bileşik sistemi	50
3.2.2.3 Yay tipi sistemler	50

3.2.2.4 Kayıcı sistemler.....	50
3.2.2.4.1 Esnek sürtünmeli taban izolasyonu (R-FBI)	51
3.2.2.4.2 Sürtünmeli sarkaç sistemler (FPS)	52
3.3 Sismik Kontrol Yöntemlerine İlişkin Genel Değerlendirme.....	54
4. SİSMİK İZOLASYON SİSTEMLERİNİN UYGULAMALARI	55
4.1 Dünya'daki Sismik İzolasyon Sistemleri Uygulamaları	55
4.1.1 Yeni Zelanda	55
4.1.2 ABD	56
4.1.3 İtalya.....	64
4.1.4 Japonya.....	65
4.1.5 Çin	66
4.1.6 Ermenistan.....	67
4.2 Türkiye'de Sismik İzolasyon Sistemleri Uygulamaları	68
4.2.1 Atatürk Uluslararası Havalimanı Terminali	69
4.2.2 Moda Gurup Apartmanı	71
4.2.3 Isparta Şehir Hastanesi	71
4.2.4 Manisa Şehir Hastanesi	72
4.2.5 Eskişehir Şehir Hastanesi	73
4.2.6 Türkiye'de Yapılan Diğer Çalışmalar	74
4.3 Dünya'da ve Türkiye'deki Sismik İzolasyon Uygulamaları Hakkında Genel Değerlendirme	76
5. BİNALARDA SİSMİK İZOLASYON SİSTEMİ KULLANIM KARARININ BİNA ÜRETİM SÜRECİNE ETKİLERİ	77
5.1 Bina Üretim Süreci ve Sismik İzolatör Kullanım Kararının İlişkisi	78
5.1.1 Sismik izolatör kullanım kararının 'Girişim&Fizibilite' aşamasına etkisi	79
5.1.2 Sismik izolatör kullanım kararının 'Planlama' aşamasına etkisi	81
5.1.3 Sismik izolatör kullanım kararının 'Tasarım' aşamasına etkisi	83
5.1.3.1 Ön tasarım	84
5.1.3.2 Mimari tasarım	85
5.1.3.3 Yapısal tasarım.....	85
5.1.3.3.1 Sismik izolatör seçimi ve özelliklerinin belirlenmesi	86
5.1.3.4 Tasarım aşamasında uyulması gereken yönetmelikler	89
5.1.4 Sismik izolatör kullanım kararının 'Uygulama' aşamasına etkisi	95
5.1.5 Sismik izolatör kullanım kararının 'Kullanım' aşamasına etkisi	96
6. HASTANELERDE SİSMİK İZOLASYON ÖRNEKLERİ KAPSAMINDA SİSMİK İZOLATÖR KULLANIM KARARININ BİNA ÜRETİM SÜRECİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ.....	99
6.1 Çalışmanın Amacı	99
6.2 Çalışmanın Kapsamı.....	100
6.3 Çalışmanın Yöntemi:.....	100
6.4 Sismik İzolatör Kullanılan Hastane Örnekleri	101
6.4.1 Okmeydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi	101
6.4.2 Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi	108
6.4.3 İkitelli Entegre Sağlık Tesisi	110
6.4.4 Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi.....	113
6.4.5 Marmara Üniversitesi Başbüyük Araştırma Hastanesi Güçlendirme Projesi.....	116
7. DEĞERLENDİRME.....	123
7.1 Girişim.....	123
7.2 Planlama	123

7.3 Tasarım.....	124
7.4 Yapım.....	125
7.5 Kullanım.....	126
8. SONUÇ.....	129
KAYNAKLAR	135
ÖZGEÇMİŞ.....	139





KISALTMALAR

AR-GE	: Araştırma ve Geliştirme
ASSISSi	: Anti-Seismic Systems International Society
AVS	: Aktif Rijitlik Değiştirebilen Sistemler
DB	: Dünya Bankası
DİD	: Deprem İzolasyon Derneği
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
EERC	: Eartquake Engineering Research Center
ENR	: Enginering News Record
FEMA	: The Federal Emergency Management
FPS	: Sürtünmeli Sarkaç Sistemleri
HDNR	: Yüksek Sönümlü Doğal Kauçuk Mesnetler
HFSSA	: Hospital Facilities Seismic Safety Act
İSG	: İş Sağlığı ve Güvenliği
LDRB	: Düşük Sönümlü Doğal ve Sentetik Kauçuk Mesnetler
LRB	: Kurşun Çekirdekli Doğal Kauçuk Mesnetler
NEHRP	: National Eathquake Hazards Reduction Program
NIED	: National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience
R-FBI	: Esnek Sürtünmeli Taban İzolasyonu
TDV	: Türkiye Deprem Vakfı
TLD	: Ayarlı Sıvı Sönümleyiciler
TMD	: Ayarlı Kütle Sönümleyiciler
TÜSİAD	: Türkiye Sanayi ve İş Adamları Derneği



SEMBOLLER

m² : Uzunluk Birimi

MPa : Basınç Birimi





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2. 1: Ülkemizde 1980-2014 yılları arasında meydana gelen depremler ve hasar boyutu.	11
Çizelge 2. 2: Marmara Depreminin Maliyetleri (Milyar Dolar(\$))	12





ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1: Beş yıllık periyoda dünya genelinde büyüklüğü 4'ün üzerinde olan depremlerin coğrafi dağılımı.....	7
Şekil 2. 2: Türkiye deprem haritası.....	10
Şekil 3. 1: Sismik kontrol yöntemlerinin sınıflandırması.....	24
Şekil 3. 2: Aktif kontrol yöntemlerinin çalışma prensibi.	25
Şekil 3. 3: En üst katta AMD bulunan Applause Kulesi, Japonya.	26
Şekil 3. 4: Aktif kontrolün şematik diyagramı.	27
Şekil 3. 5: Aktif kütle sönümleyici sistemin şematik şekli.....	28
Şekil 3. 6: Aktif kütle sönümleyici sistem uygulaması.	28
Şekil 3. 7: Aktif Kütle Sönümleyicilerin yerleştirildiği Kyobashi Seiwa Binası (Tokyo, Japonya)(Soydemir, 2008).	29
Şekil 3. 8: Eğilmeli metal sönümleyici çalışması ve uygulama örneği.	31
Şekil 3. 9: Üçgen veya X biçimli metal sönümleyici.	32
Şekil 3. 10: Sönümleyicilerin katlara yerleşimi.....	32
Şekil 3. 11:Sürtünmeli sönümleyici yerleşimi.....	33
Şekil 3. 12: Sürtünmeli sönümleyici X tipi yerleşimi.	34
Şekil 3. 13: Viskoelastik sönümleyici örneği.	35
Şekil 3. 14: Viskoelastik sönümleyiciler için örnek yapılar.	35
Şekil 3. 15: Viskoz sönümleyici detay ve uygulama örneği.....	36
Şekil 3. 16: Ayarlı kütle sönümleyici mekanik modeli.	37
Şekil 3. 17: Ayarlı kütle sönümleyici tipleri.....	38
Şekil 3. 18: Kayma modeli.	39
Şekil 3. 19: Sismik yalıtımlı yapı ile normal yapının karşılaştırması.....	39
Şekil 3. 20: Sismik izolatörlerin binada konumlandırılması.	40
Şekil 3. 21: Düşük sönümlü ve yüksek sönümlü kauçuk izolatör.	46
Şekil 3. 22: Yüksek sönümlü kauçuk mesnetler.....	47
Şekil 3. 23: Kurşun çekirdekli kauçukizolatörün yapısı.....	48
Şekil 3. 24: Sürtünmeli taban izolatörü örneği.	51
Şekil 3. 25: Esnek sürtünmeli taban izolatörü örneği.	52
Şekil 3. 26: Sürtünmeli sarkaç izolatör örneği.....	53
Şekil 4. 1: William Clayton binası fotoğrafı (a), Kurşun kauçuk mesnet fotoğrafı (b).	56
Şekil 4. 2: Te Papa Müzesi.	56
Şekil 4. 3: USC Hastanesi, Los Angeles (a), USC hastanesinde sismik izolatör yerleşimi (b).	58
Şekil 4. 4: Hayward Belediye Binası (a), Sürtünme sarkaç sistem (FPS) (b).	59
Şekil 4. 5: Our Lady of Angels Katedrali.	59
Şekil 4. 6: San Fransisko uluslararası hava limanı.	60
Şekil 4. 7: Havalimanı sürtünmeli sarkaç izolatör.....	60
Şekil 4. 8: Seahawks Stadyumu, Washington.	61
Şekil 4. 9: Seahawks Stadyumu yan görünümü.....	61

Şekil 4. 10: De young müzesi temel planında izolatör yerleşimi.	62
Şekil 4. 11: De young müzesi.	62
Şekil 4. 12: FCLJC'nin önden görünüşü.	63
Şekil 4. 13: FCLJC'nin kesiti.	63
Şekil 4. 14: Yüksek sönümleyici kauçuk mesnet ile temel inşaatı, 1998.	64
Şekil 4. 15: Telekom İtalya binaları.	64
Şekil 4. 16: Posta ve Telekomünikasyon Bakanlığı bilgisayar merkezi.	65
Şekil 4. 17: Temel planında izolatör ve sönümleyicilerin yerleşimi.	66
Şekil 4. 18: Sismik temel izolasyonu uygulanan konut binalarından örnekler.	66
Şekil 4. 19: Shan Tou şehir müzesi.	67
Şekil 4. 20: Hamamdaki sismik izolatör sistemi.	67
Şekil 4. 21: Atatürk Havalimanı Uluslararası terminali.	70
Şekil 4. 22: Atatürk Havalimanı çatısında kullanılan sürtünmeli sarkaç mesnet detayı.	70
Şekil 4. 23: Moda Gurup Apartmanı ön görünüşü (a), Moda Gurup Apartmanı çevresindeki kot farkı (b).	71
Şekil 4. 24: Isparta Şehir Hastanesinin genel görünüş.	72
Şekil 4. 25: Manisa Şehir Hastanesi genel görünüş.	72
Şekil 4. 26: Sismik izolatörlerin tek döşeme üzerinde bulunması.	73
Şekil 4. 27: Eskişehir Şehir Hastanesi genel görünüş.	73
Şekil 5. 1: Bina ÜretimSistem Aşamaları (Tuna, 2011'den uyarlama).	77
Şekil 5. 2: Model A yaklaşımı.	82
Şekil 5. 3: Model B yaklaşımı.	83
Şekil 5. 4: TBDY'deki düzensizlik tanımları.	90
Şekil 5. 5: Planda düzensizlik durumları.	91
Şekil 5. 6: Düşeyde düzensizlik durumları.	91
Şekil 6. 1: Hastanenin eski durumu.	102
Şekil 6. 2: Hastanenin 1. Fazı.	102
Şekil 6. 3: Hastanenin son durumu.	103
Şekil 6. 4: Bina yerleşimi.	104
Şekil 6. 5: Bina kesiti.	104
Şekil 6. 6: Katlar arası çekilmeler (döşeme düzensizlikleri).	105
Şekil 6. 7: Bina çevresindeki hendek ve cephedeki yırtık.	106
Şekil 6. 8: Bina cephesindeki sismik boşluğa ait kapatma detayı önerisi.	106
Şekil 6. 9: İzolatör katına inen asansör zemin birleşim detayı.	107
Şekil 6. 10: Bina girişindeki sismik köprü detayı.	107
Şekil 6. 11: Bina yerleşimi.	108
Şekil 6. 12: Kullanılan izolatör tipi 3'lü sürtünmeli sarkaç sistem ve montajı.	109
Şekil 6. 13: Bina formu sade, dikdörtgen formdadır.	112
Şekil 6. 14: Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi bina yerleşimi.	114
Şekil 6. 15: Kartal EAH bina formu simetriktr.	114
Şekil 6. 16: İzolatörlerin yerleşimi.	117
Şekil 6. 17: Plan yerleşimi.	118
Şekil 6. 18: Kurşun çekirdekli kauçuk izolatör.	118
Şekil 6. 19: Ntm tipi düşük sürtünmeli kayıcı izolatör.	119
Şekil 6. 20: İzolatör kapatılması detayı.	119
Şekil 6. 21: Bina cephesindeki sismik boşluğun kapatılması detayı.	120

HASTANE BİNALARINDA SİSMİK İZOLASYON SİSTEMLERİNİN KULLANIM KARARININ BİNA ÜRETİM SÜRECİNE ETKİLERİ

ÖZET

Dünya’da depremlerden yıkılan binaların neden olduğu kayıplar gün geçtikçe artmaktayken ekonomik kayıpların ve evsiz kalan insanların yanısıra can kayıpları her geçen gün artmaktadır. Bilindiği üzere ülkemizin de büyük bir kısmı deprem bölgesindedir ve önemli ticaret ağları ve finans merkezleri bu deprem bölgelerinde yer almaktadır.

Dünya genelinde deprem yüzünden ölen insanların sayısı gün geçtikçe artmaktayken 1.derece fay hattı üzerinde olan ülkemizde de depreme karşı alınan önlemler hızla gelişmektedir.

Kalkınma ve gelişme politikası olarak birçok bölge kendi projesini geliştirirken bütün binalarda depreme karşı önlemler alınması hedeflenmektedir. Özellikle depremlerde kesintisiz hizmet vermesi gereken kamu binalarında sismik yalıtım ayrı bir önem kazanmaktadır.

Örneğin İstanbul’da afet hazırlık projesi kapsamında hastane gibi birçok kamu binası depreme karşı yalıtımlı hale getirilmektedir.

Bu bağlamda çalışmada öncelikle depremde yıkılan binaların neden olduğu kayıpları azaltmak için alınan bölgesel önlemler incelenmiş olup sismik izolasyonun gerekliliği ve türleri incelenmiştir. Özellikle hastane binalarında sismik izolatör kullanımı barındırdığı pahalı ekipmanlar ve sunduğu hizmetin deprem anında da devam etmesi için ayrı bir önem taşımaktadır. Çalışmada daha sonra sismik izolasyon yöntemlerinin Dünya’da ve Türkiye’deki örnekleri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Depreme karşı hazırlanan stratejiler yönetmeliklerle de desteklenmekte, 2013 yılında yayınlanan genelge ile 100 yataklı ve üzeri hastanelerde sismik izolatör kullanımı zorunlu hale getirilmektedir.

Sismik izolatör bugün için Dünya’da gelinen noktada en iyi deprem yalıtım performansı gösteren sistem olarak kabul edilmektedir. Ancak sismik izolatör kullanım kararının verilmesi bina üretim sürecinin alt evreleri olan girişim/ tasarım /ihale / yapım/ kullanım evrelerinde alınan kararlarla yakından ilgilidir.

Bu çalışmada, sismik izolatör kullanım kararı verilen hastaneprojelerinde sismik izolatör kullanım kararının verilmesinin bina üretim sürecinin alt evrelerine olan etkisi, izlenmesi gereken adımlar, bu süreçlerde karşılaşılan problemler ve bu problemlerin çözümüne ilişkin alınması gereken önerilerinin ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bu çalışma söz konusu hedefe İstanbul’da sismik izolatör kullanılarak yapımı tamamlanmış/tamamlanmakta olan 5 adet büyük ölçekli hastane binasının bina üretim süreçleri incelenerek ve uzmanlarından görüş alınarak ulaşılabacaktır.



IN THE HOSPITAL PROJECTS SEISMIC ISOLATOR USE, THE IMPACT OF THE DECISION TO USE SEISMIC ISOLATORS ON THE BUILDING PRODUCTION PROCESS

SUMMARY

While the buildings destroyed due to earthquakes in the world are increasing day by day, with the economic losses and people who are left homeless with life losses are increasing day by day. As it is known, our country is also in the earthquake region and important trade nets and financial centers are located in these earthquake regions.

While the number of people die because of the earthquake hazard, are getting increase day by day, each country is taking precautions to decrease earthquake damages. Especially in Turkey, the seismic precautions to be taken at the buildings gain importance because of being in first degree fault line.

As a growth and development strategy many of district are improving their own emergency preparedness project, like in İstanbul. The use of seismic isolation plays an important role in the buildings needed to provide uninterrupted service, especially in hospitals. In Istanbul, many public buildings such as hospitals are made insulated against depression.

In Turkey, Strategies and regulations are being developed to ensure that major public buildings like that hospitals are not affected by the earthquake. For example, with the general instruction of Turkey Republic (2013) using seismic isolator is made obligatory in hospitals which have more than 100 beds.

In this context, firstly, the regional measures taken to reduce the losses caused by earthquake-prone buildings have been examined and the necessity and types of seismic isolation have been investigated. In particular, the use of seismic isolators in hospital buildings is of special importance for expensive equipment and service provided during the earthquake. In this study, the seismic isolation in the world and after examining the samples are compared in Turkey.

Seismic isolators are accepted as the system showing best earthquake isolation performance at the point reached today in the world. However, deciding of using seismic isolation in a building is closely related with sub-phases of building construction which are enterprise / design / contract /construction / usage.

There is a difference between taking the seismic isolator decision to use the building production process in the intervention phase or later in the use phase, and the building production process is affected by this decision difference.

In this study, In the hospital projects in which seismic isolator use decision, the impact of the decision to use seismic isolators on the sub-phases of the building production process, the problems encountered in this process and suggestions for solutions to these problems.

In this study, the aim will be reached by reviewing the building production processes of 5 large scale hospital buildings completed / completed using seismic isolators in Istanbul and by consulting experts working in these projects.

Seismic isolators should be used and disseminated not only in hospital buildings but also in all other important buildings. But nowadays seismic isolators use studies in Turkey are usually about to the hospital buildings therefore; this study is about the building of the hospital building.

Despite the fact that the use of seismic isolators in our country is becoming more widespread lately than other countries, today our country has reached to the point where the biggest seismic isolator building of our country, especially the health sector and construction sector, is made.

The impact of building seismic isolator use decision on the building production process during the intervention phase and during the use phase was evaluated within the scope of hospital samples.

As a result, the issues to be considered in the seismic isolator building process are listed step by step in terms of creating a guiding resource for the architecture. Seismic isolator use is listed in sub-sections entrepreneur / planning / design / construction / use phases in terms of creating a guiding resource to be considered in the building production process. Finally, seismic isolators are listed step by step in terms of establishing a guiding resource for the building process.

1. GİRİŞ

Her geçen gün Dünya'nın çeşitli yerlerinde birçok insan depreme dayanıksız yapılar nedeniyle hayatını kaybetmektedir. Deprem sonucunda ortaya çıkan kayıplar insanlar üzerinde ciddi sosyal, ekonomik ve kültürel açıdan olumsuz etkiler bırakmaktadır. Ancak doğru yapılaşmayla bunun önüne geçilebileceği gibi önce deprem, depremin etkileri ve depreme karşı alınması gereken önlemler doğru tanımlanmalıdır.

Şekil 2.2'de de görüldüğü üzere Deprem Bölgeleri Haritasına göre Türkiye büyük çoğunluğu deprem bölgesinde olan bir ülkedir. Bu nedenle bu tez çalışmasında depremden yıkılan binaların sebep olduğu can kayıplarını azalması için depreme karşı dayanıklı binaların yapımında sismik izolaötr kullanım kararının bina üretim sürecine etkilerinin tespit edilmesi hedeflenmiştir.

Tezin ilk bölümünde problemin tespiti çalışmanın amacı kapsamı ve yöntemi açıklanmıştır.

İkinci bölümünde ise Türkiye gibi deprem kuşağında olan ülkelerin depremlerde gördükleri zararlar araştırılmış, bina yıkımından ötürü gerçekleşen kayıplar tespit edilmiştir. Daha sonra bu kayıpların azatılması için ülkelerin uyguladığı politikaları ve geliştirdikleri stratejiler örneklerle açıklanmıştır.

Türkiye'deki geçmişte yaşanan depremler ve neden oldukları kayıplar belirlendikten sonra son yıllarda depreme karşı alınan önlemler ve izlenen politikalar ve geliştirilen stratejiler araştırılmış ilgili konu Türkiye özelinde değerlendirilmiştir.

Bu doğrultuda depremde yıkılan binalardan kaynaklanan maddi kayıpların yanısıra can kayıpları Türkiye ve Dünya genelinde incelenmiş, ardından Deprem bölgelerinde bulunan ülkelerin stratejik geliştirme ve sismik riskin azaltılması önlemleri sıralanmıştır. Bu bağlamda Türkiye'de hazırlanan İSMEP projesi açıklanmış bu kapsamda değerlendirilen hastaneler bu çalışma kapsamında diğer bölümlerde incelenmiştir.

Üçüncü bölümde ise mimari tasarımı önemli ölçüde etkilediği bilinen yapısal tasarımın kısıtladığı düşünülen statik tasarımın inşaat teknolojisindeki gelişmelerle

nasıl etkilendiği, mimari tasarımı nasıl etkilediği alternatif deprem yalıtım sistemlerinin karşılaştırılmasıyla ortaya konulmaktadır. Gelişen bu sistemler avantajları ve dezavantajları ile açıklanarak, bunların bina üretim sürecini nasıl etkilediği araştırılmıştır.

Dördüncü bölümde ise sismik izolatör uygulamalarının depremm bölgesinde bulunan ülkeler üzerinden Dünya'daki örnekleri incelenmiştir.

Beşinci bölümde ise sismik izolatör kullanım kararının bina üretim sürecini nasıl etkilediği ve alt aşamaları olan girişim&fizibilite, planlama, tasarım, yapım ve kullanım evrelerinde dikkat edilmesi gereken hususlar araştırılmıştır.

Bir binanın depreme karşı dayanımını artırmak için inşaat teknolojileri içindeki en yeni ve etkili gelişme Dünya'da uygulaması yaygın olan ancak Türkiye'de uygulaması yaygın olmayan çok da bilinmeyen binalarda sismik izolatör uygulamasıdır. Sismik izolatör teknolojisi ile binanın üst yapısı ve temeli, tabana yerleştirilen kayıcı ve esnek sistemlerle birbirinden ayrılması sağlanır. Bu çalışmada Türkiye'de son yıllarda uygulanması yönetmeliklerle de belirtilen binaların kullanımında özellikle hastaneler gibi önemli kamu binalarında kullanımı istenen sismik izolatörler incelenmiştir.

Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda Türkiye'de binalarda sismik izolatörlerin sismik performans etkisi inşaat mühendisleri tarafından yapısal tasarıma etkisi açısından detaylıca araştırılmıştır. Ancak bu çalışmalarda sismik izolatör kullanım kararının mimari tasarıma ve bina üretim sürecine etkisi incelenecektir.

Bu tez kapsamında depremden kaynaklı bina yıkımlarını önlemek amacıyla yönetmeliklerin zorunlu tuttuğu sismik izolatör sistemlerinin uygulama kararı verilmesinde bina üretim sistemine olan etkilerin incelenene bina üretim sürecini etkilememesi için alınması gereken kararlar, önlemler ortaya konulacaktır.

Dünyadaki deprem bölgelerinde uygulamaları çokça görülen sismik izolasyon sistemlerinin başta kamu binaları olmak üzere insan yoğunluğunun fazla olduğu özellikle hastane binalarında kullanıldığı ön plana çıkmaktadır. Yine dünyadaki örnekler incelendiğinde sismik izolasyon sistemleri yeni yapılan bir binaya uygulandığı gibi kullanımına devam edilen yapıyı tamamlanmış binalarda da güçlendirme amaçlı kullanılabilir. Ancak bina üretim sürecine etkileri süre ve maliyet açısından olumsuz olmaktadır.

Bina için sağlanması gereken en önemli hususun can güvenliği olduğu bilinmektedir. Her ne kadar konu yapı mühendisleri sorumluluğunda olsa da mimar-mühendis işbirliği ile daha estetik ve depreme dayanıklı binalar inşa etmede mimarlar da önemli rol oynamaktadır. İtalyan mimar-mühendis Nervi'nin (Atımtay, 2000) 'Güzel olan bina emniyetlidir.'sözünden yola çıkılarak deprenselliği yüksek ülkelerde faaliyet gösteren mimarların depreme dayanıklı bina üretimi ile ilgili problemleri ve alınacak kararların bina üretim sürecine nasıl etkilediğini ve maliyetini bilmeleri gerekmektedir.

Sismik taban izolasyonu uygulaması ile proje maliyetinin artacağı açıktır. Ancak binanın işlevini devam ettirmesi, sonrasında yaşanacak can kaybı ve yeniden inşa maliyeti düşünöldüğünde bu maliyet artışı önemsiz kalacaktır. Bu nedenle sismik izolatör kullanımı bina üretim sürecini doğrudan ilgilendirmektedir. Bununla birlikte Türkiye Deprem İzolasyon Derneği, mimari tasarım konusunun çok önemli olduğunu, Sağlık Bakanlığının 1. ve 2. deprem bölgelerinde sismik izolasyonu şart koşmasıyla bu işin nasıl yapılacağının iyi irdelenmesi gerektiğini belirtmektedir.

Çalışma kapsamında Türkiye'deki örnekler de incelenmiş olup depremden sonra hemen kullanılması vazgeçilmez olan hastane binaları üzerinde yoğunlaşmıştır. Türkiye'deki sismik izolasyon sisteminin kullanılmadığı örnekler incelendiğinde veri merkezleri, depo, kongre merkezleri gibi farklı işlevlere sahip binalara rastlansa da esas olarak Sağlık Bakanlığının hastanelerde sismik izolasyon kullanımını zorunlu hael getirilmesiyleön plana çıkmıştır. Günümüzde Türkiye'ye sismik izolasyon uygulamaları her ne kadar geç başlansa daSağlık Bakanlığının sismik izolasyon sistemini şart koşmasıyla sismik izolatörlerinin bina üretim sürecine dahil olması hız kazanmıştır. Hatta bugün geldiğimiz noktada Dünya'nın en büyük sismik izolatörlü binası İkitelli Entegre Sağlık Tesisinin yapımı ile Türkiye'de başlanmıştır. Bu ve bunun gibi diğer hastanelerde kullanımı ile Türkiye bugün sismik izolatörlü bina uygulamasında öncü ülkeler arasında yer almaktadır.

Altıncı bölümde yapımına devam eden veya tamamlanmış sismik izolatör kullanılan hastane binalarının bina üretim sürecine olan etkileri ve alınması gereken önlemler irdelenmiştir. Sismik izolatör kullanım kararının verilmesinde etkili olan nedenler ve proje alt aşamaları olan girişim, tasarım, planlama, yapım ve kullanım aşamalarına etkileri incelenecektir.

Yedinci bölümde çalışmaya katılan hastane binaları incelenmiş olup buralardan elde edilen bulgular bina üretim süreci alt aşamaları kapsamında değerlendirilmiştir.

Sekizinci bölümde ise sismik izolatör kullanım kararının bina üretim sürecinin ülkemizdeki durumu ve daha olumlu gelişmeler sağlayabilmek adına yapılan ulusal sektörel ve firmasal öneriler değerlendirilmiştir.

1.1. Tezin Amacı

Bilindiği üzere ülkemiz depremselliği yüksek olan bir ülkedir ve Dünya'nın birçok yerinde olduğu gibi ülkemizde de depremde yıkılan binalar sebebiyle can ve mal kayıpları yaşanmaktadır. Ancak depremde yıkılan binaların ve bundan dolayı meydana gelen can ve ekonomik kayıpların önüne geçmek için kullanılan alternatif sismik kontrol yöntemlerinin arasında en elverişli yöntem olan sismik (taban) izolasyon yöntemlerinin kullanılması çok önemlidir.

Özellikle depremde hemen ayakta kalması gereken hastane binalarında kullanımı hayati önem taşıdığından Sağlık Bakanlığının da yayınladığı genelgeyle hastane binalarında sismik izolatör kullanım kararı günümüzde daha fazla önem kazanmıştır.

Bu çalışmada hastane projeleri üzerine yoğunlaşılmasının sebebi kullanım amacı, aynı anda pek çok kullanıcıyı barındırması, ve ileri teknoloji gerektirmesi gibi konular incelendiğinde hastane projelerinin proje yönetim süreci yüksek performans gerektirmektedir. Bu bağlamda hastane binalarının zarar görmeden içindeki ekipmanlarla birlikte yüksek ölçekli depremlerden bile etkilenmeden deprem sonrasında hemen kullanıma alınması sağlanmalıdır.

Sismik izolasyon sistemi kullanım kararının bina üretim sürecinin başında alınması süreci kısaltacağından süre ve maliyet açısından kazanç sağlanmasını dolayısıyla daha etkin bir bina üretim süreci geçirilmesini sağlayacaktır. Bu nedenle sismik izolatör kullanım kararının bina üretim sürecini nasıl etkileyeceği bu tez çalışması kapsamında araştırılmıştır.

Sağlık Bakanlığı, ulusal ve uluslar arası yönetmelikler incelendikten sonra bunların bina üretim sürecine etkileri de irdelenmiştir.

Türkiye’de Sağlık Bakanlığı genelgesiyle yapımına başanan veya güçlendirilen projelerin süreçleri, proje özellikleri formları, işlevleri, strüktürleri ve estetiği

incelenmiş, bina üretim alt aşamalarında karşılaşılan problemlerin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Uniform Building Code (1997) ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007) standartları Türkiye’de bu projelerin yapılmasında kullanılan en yaygın yöntemdir. Sismik izolasyon uygulamaları dünya çapında çeşitli yönetmeliklerle açıklanmış, Türkiye’de de yeni deprem yönetmeliğinde sismik izolasyona yer verilmiştir. Ayrıca Sağlık Bakanlığının yayınladığı genelgeyle sismik izolatör kullanımını zorunlu kılmaktadır.

Türkiye’de sismik izolatörlerin kullanımı yönetmelik ve şartnamelerle de desteklenmekte 2013 yılında yayınlanan ‘Sağlıkta Dönüşüm Projesi Kapsamında Yapılacak Sağlık Tesisleri İçin Proje Aşamasında Uyulması Gereken Hususlar’ konulu genelgede bulunan ‘1. ve 2. deprem bölgelerinde 100 yatak ve üzeri hastanelerin taşıyıcı sistemleri sismik izolatörlü olarak projelendirilecektir. ‘maddesi uyarınca ile 100 yataklı ve üzeri hastanelerde sismik izolatör kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Bu doğrultuda bina üretiminde sismik izolatör kullanım kararının verilmesi bina üretim süreciyle ve alt aşamalarıyla (girişim, tasarım, ihale, yapım, kullanım) doğrudan ilişkilidir. Bu çalışmada bina üretim süreci evrelerinde binalarda sismik izolatör kullanım kararının proje sürecine etkilerinin araştırılması, bu alt aşamalarda karşılaşılan problemlerin tespiti ve bu problemlere çözüm önerilerinin sunulması hedeflenmiştir. Temel amaç ise depremden kaynaklı kayıpların azaltılması için planlanan izolatörlü bina üretiminde bina üretim sürecinin daha sağlıklı ilerlemesini sağlamak için çözüm önerileri sunulmasıdır.

1.2. Tezin Kapsamı

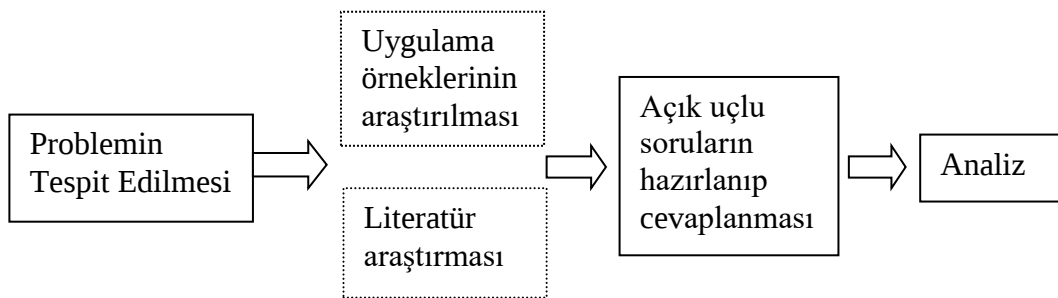
Tezin kapsamında Dünya’da ve Türkiye’de yaşanan kayıpları önlemek amaçlı değerlendirilen sismik kontrol yöntemlerinden en elverişli sistem olan sismik izolasyon sistemi ve bu sistemin bina üretim sisteminin literatürdeki yeri incelenmiş olup bina üretim sürecine etkileri tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında önce literatür araştırması yapılmış olup alternatif sismik kontrol yöntemleri incelenmiştir. Sonrasında bu sistemlerden günümüzde en yayginkullanılan sistem olan sismik izolsyon sistemlerinin bina üretim sistemine etkileri incelenip uygulama örnekleriyle karşılaştırma yapılmıştır. Sismik izolatör kullanım kararının bşna üretim sürecinin girişim aşamasında ve kullanım aşamasında

alınmasıyla ortaya çıkan farklılıklar, bu farklılıkların süre ve maliyete etkisi araştırılmıştır. Sonuçta da daha etkin bir bina üretim süreci için çözüm önerileri sunulmuştur.

1.3. Tezin Yöntemi

Tezin başında depremde yıkılan binaların neden olduğu kayıplar literatürde araştırılarak problem tespit edilmiştir. Depremde yıkılan binaların neden olduğu kayıpları önlemek amacıyla alınan stratejik önlemler kapsamında geliştirilen projeler (İSMEP) ve teknolojik yenilikler (sismik kontrol yöntemleri) araştırılmıştır. Sismik kontrol yöntemleri arasında günümüzde en yaygın yöntem olan sismik izolasyon yöntemi ve bu yöntemin bina üretim sistemine etkisi uygulama örnekleri, genelge ve yönetmelikler ışığında literatür araştırması yapılmıştır. Bu literatür araştırmasında elde edilen bilgiler doğrultusunda hazırlanan sorular bina üretim aşamalarına göre gruplandırılmıştır. Sorular yapımı tamamlanan ve tamamlanmakta olan 5 hastane projesi kapsamında bu projelerin bina üretim sürecinde karar verici pozisyonlarda bulunan kişilere uygulanmıştır. Görüşmeler yüzyüze açık uçlu sorularla yarı yönlendirilmiş görüşme şeklinde gerçekleştirilmiş olup, görüşmeler ses kaydına alınmış sonrasında da detaylı şekilde dinlenmiş çözümlenmiş, anlaşılamayan hususlarda uzmanlarla tekrar iletişime geçilerek sorulara açıklıkla cevap aranmıştır. Bu sayede aşağıdaki şekilde de görüldüğü üzere sismik izolatör kullanım kararının bina üretim sürecine etkisi analiz edilmiştir.



Şekil 1.1: Tezin yöntemi.

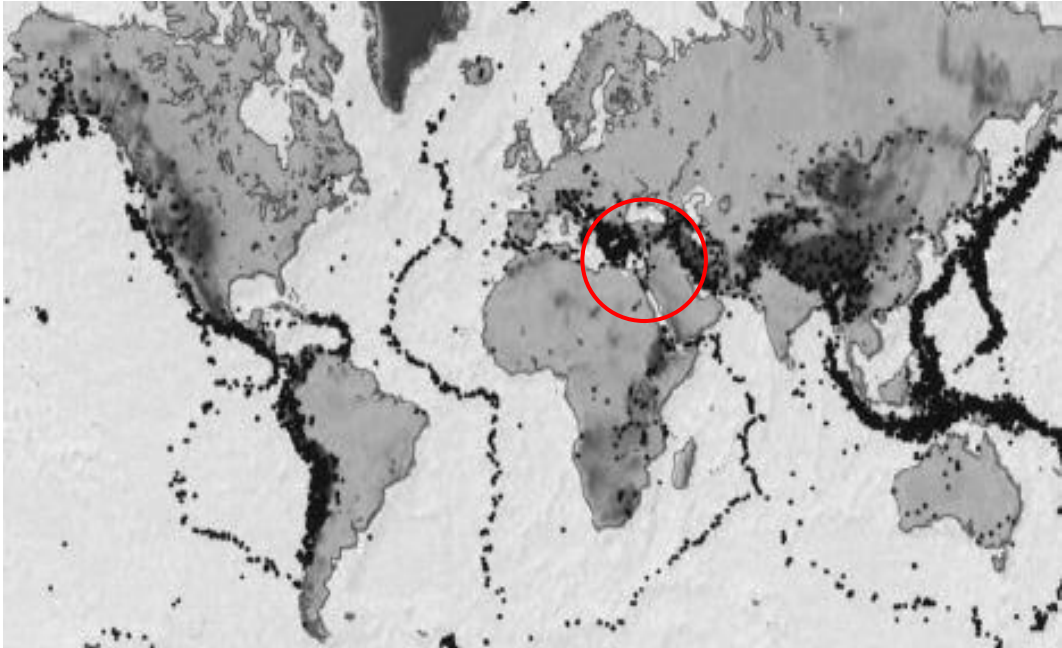
2. DEPREMLER VE NEDEN OLDUĞU KAYIPLAR

Doğal afetler arasında depremler zemin tektoniği çalışmalarıyla anlaşılmaya çalışılan dünyamız aktivitelerinin doğal bir parçasıdır. Depremler zemindeki kabuksal bozulmalar, göçmeler, tsunami ve tsunamiden kaynaklı yangınlar gibi büyük yıkımlara ve bozulmalara sebebiyet vermektedirler.

2.1 Dünya’da Depremler ve Depremlerin Neden Olduğu Kayıplar

Dünya’da her yıl yaklaşık olarak; büyüklüğü 6’nın üzerinde 200, 7’nin üzerinde 20, 8’in üzerinde 1 deprem meydana gelmektedir. Dünya genelinde büyüklüğü 4’nde üzeride olan depremin bulunduğu yere göre dağılımı da şekil 2.1’de gösterilmiştir (Charleson, 2008).

Yine şekil 2.1’de görüleceği üzere koyu renkli bölgeler depremin en yoğun yaşandığı bölgelerdir. Bu şekile göre de Türkiye büyük bir bölümü deprem riski altında olan bir ülkedir.



şekil 2. 1: Beş yıllık periyoda dünya genelinde büyüklüğü 4’n üzerinde olan depremlerin coğrafi dağılımı.

Dünya'nın farklı yerlerinde son 100 yılda meydana gelen birçok depremde farklı ülkelerden yüz binlerce kişi hayatını kaybetmiş, yüz binlerce insan da evsiz kalmıştır.

ABD Jeolojik Araştırmalar Merkezinde yayınlanan rapora göre geçtiğimiz yüzyıldaki en büyük 10 deprem Güney Amerika ve Asya-Pasifik ülkelerinde yaşanmıştır.

- Güney Amerika: Dünya'da bugüne kadarki kayıtlara geçen en büyük depremin Şili'de 22 Mayıs 1960'ta gerçekleşmiştir. Büyüklüğü 9,5 olan bu deprem etkisini bin kilometrelik alanda hissedilmiştir. Depremden ötürü 1.655 kişi yaşamını yitirirken, binlerce kişi yaralanmış, milyonlarca insan evleri yıkılmıştır. Depremin neden olduğu maddi kayıp ise 550 milyon dolardır (\$). Yine bu deprem sonucu oluşan tsunami 10 bin kilometrelik alanı etkisi altına alarak Hawaii, Japonya ve Filipinlere de zarar vermiştir. Dev dalgalar sebebiyle Hawaii'de 61, Japonya'da 138, Filipinler'de 32 kişi hayatını kaybetmiştir.
- Endonezya: Endonezya'da meydana gelen bugüne kadarki en uzun süreli deprem Sumatra'da 26 Aralık 2004'te meydana gelmiştir. En uzun süreli deprem yaklaşık 10 dk sürmüştür. Depremin oluşturduğu dev dalgalar 14 ülkeyi etkilerken, 230 bin kişi yaşamını yitirmiş, deprem ve tsunami sebebiyle 1 milyar 700 milyon insanın evi yıkılmıştır.
- Japonya: 11 Mart 2011 yılında en çok deprem olan ülkelerden biri Japonya'daki Tohoku meydana gelen ve ülkenin kayıtlara geçen en büyük depremi olarak bildirilmiştir. 9 şiddetindeki bu deprem nedeniyle 19.000 kişi yaşamını yitirmiş, Fukuşima nükleer santralinde sızıntı meydana gelmiş, nükleer reaktörlerin ağır hasar almasıyla yayılan sızıntıya engel olunamamıştır (Url-1).

Sadece bina yıkımından dolayı gerçekleşen kayıp 83 ila 151 milyar € arasındadır (Kazama & Noda, 2012).

Japonya'nın Kobe depremi olarak geçen 17 Ocak 1995'te Anşin Adaları yakınlarında meydana gelen 7.4 büyüklüğündeki deprem Japonya'daki binaların sismik izolasyonu için bir dönüm noktası olmuştur. Teknolojinin yenilgisi olarak nitelendirilen bu depremde 20 sn içerisinde 5.500 ölü, 35 bin yaralı, 180 bin kullanılamaz/yıkılmış ev hasara uğramakla birlikte 300.000 kişi evsiz kalmıştır.

Ancak bu deprem Japonya tarihinde binaların depreme karşı korunmasıyla ilgili bir dönüm noktası olmuştur. Kobe depreminden önce sadece 15 yapı sismik izolasyon kullanımı onayı almışken, 1997 yılından sonra Kobe’de İçişleri Bakanlığından onay alınan bina sayısı 393 olmuştur. Bunların; 228’i konut, 84’ü ofis, 31’i hastane, 22’si de resmi binalar ve bir kısmı da güçlendirme uygulanan binalardır.

Sismik izolasyon yöntemlerin binalarda kullanımı ile 22 Kasım 2016’da 5 yıl önce 19bin kişinin hayatını kaybettiği 9 büyüklüğündeki depremde sonra aynı bölgede meydana gelen 7.2 büyüklüğündeki depremde can kaybı yaşanmamış, 17 kişi hafif yaralanmıştır.

Japonya’da gelişen inşaat teknolojisi sayesinde yıkılan bina sayısının az olması dolayısı ile ölen insan sayısının az olması ve ülke ekonomisine getirdiği kazanç sismik koruma yöntemlerinin önemini açıkça ortaya koymuştur. (Fujia, 1997)

Bu bağlamda bilindiği üzere ülkemizin de büyük bir kısmı deprem bölgesindedir ve tüm deprem bölgelerindeki ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de geçmişte depremde ötürü çeşitli can ve mal kayıpları ve ülke ekonomisine etkisi meydana gelmiştir.

2.2 Türkiye’de Depremler ve Depremlerin Neden Olduğu Kayıplar

Bilindiği üzere ülkemizin de büyük bir kısmı deprem bölgesindedir ve önemli ticaret ağları finans merkezleri bu deprem bölgelerinde yer almaktadır.

En son 1996 yılında hazırlanan Türkiye deprem tehlike haritası güncellenerek 18 Mart 2018 tarihinde yayınlanmıştır. Şekil 2.2’de görüldüğu üzere yayınlanan haritaya göre nüfusumuzun %27’si en tehlikeli olarak tanımlanan bölgede yaşarken, binaların da %26’sı en tehlikeli alanda yer almaktadır.

Deprem bölgeleri haritası incelendiğinde yurdumuzun %92’sinin, nüfusumuzun %95’inin, sanayi merkezlerinin %95’inin ve barajlarımızın %93’ünün deprem bölgesinde olduğu belirtilmektedir.



Dünya'nın aktif deprem kuşaklarından Alp-Himalaya kuşağında bulunan ülkelerden Türkiye'mizde de bugüne kadar yıkıcı depremler yaşanmış, büyük kayıplar meydana gelmiştir.

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi sonuçlarına göre Türkiye’de 1900-2004 yılları arasında can ve mal kaybına neden olmuş 90 deprem bulunmaktadır. Bunlardan en büyüğü 1939’da Erzincan’da 7,8 büyüklüğünde meydana geldi ve bu deprem 12 bin binanın hasar görmesine, 33 bin kişinin de ölümüne sebep olmuştur.

Ülkemizde 1980 ile 2014 yılları arasında ölüm, yaralanma ve mal kayıplarına neden olan otuz dokuz farklı deprem yaşanmış, Çizelge 2.1’de de görüldüğü üzere 11 depremde can, mal ve ekonomik kayıpları olmuştur. Bu depremlerin neden olduğu toplam kayıp ise 24 milyon 534 bin \$’dır (Şahin & Kılınc, 2016).

Çizelge 2. 1: Ülkemizde 1980-2014 yılları arasında meydana gelen depremler ve hasar boyutu.

Tarih	Bölge	Toplam Ölçüm	Toplam Etkilenen	Ekonomik Kayıp Amerikan Doları (\$)
30.10.1983	Kars	1346	834.137	25.000
13.03.1992	Erzincan	653	348.850	750.000
01.10.1995	Dinar/Evcinler	94	160.240	205.800
14.08.1996	Çorum/Amasya	-	26.006	30.000
28.06.1998	Adana Ceyhan Hatay	145	1.589.600	550.000
17.08.1999	İzmit/ Kocaeli/ Yalova/ Gölcük / Zonguldak/ Sakarya/ Tekirdağ / İstanbul/ Bursa/ Eskişehir/ Bolu	17.127	1.358.953	20.000.000
12.11.1999	Düzce/ Bolu/Kaynaşlı	845	224.948	1.000.000
03.02.2002	Bolvadin (Afyon)	42	252.327	95.000
01.05.2003	Bingöl/Çeltiksuyu/ Sancak/ Gökdere/Gözeler	177	290.520	135.000
19.05.2011	Simav (Kütahya)	-	10.121	244.000
23.10.2011	Van/Bitlis/Hakkari	604	32.938	1.500.000

- 1999 Marmara (Gölcük) Depremi

1939 Erzincan Depreminden sonra son yüz yılda gerçekleşen yıkıcı deprem ise 1999'da meydana gelen 7,6 şiddetindeki Marmara (Gölcük) depremidir. İstanbul, Yalova, Kocaeli, Sakarya'da da hissedilen deprem ile 17binden fazla insanın yaşamını yitirmiş, 500binden fazla kişinin evsiz kalmıştır. Türkiye Deprem Vakfı Raporu'na göre bu deprem aynı zamanda 66.441 konutun ve 10.901 işyerinin ağır hasara, 67.242 konutun ve 9.927 işyerinin orta hasara, 80.160 konutun ve 9.712 iş yerinin hafif hasara uğramasına neden olmuştur.

Konut ve iş yerlerinin yanı sıra Sanayi Tarım Eğitim Sağlık gibi alanlara ait binalarda da hasar görülmüştür. Yine bu depremde çok sayıda hastane ve sağlık

kurumu zarar görmüş 17 adet hastane binası, 7 adet sağlık ocağı hasara uğramıştır. Depremi neden olduğu ekonomik kayıp ise 20milyon doları (\$) bulmuştur. DPT, TÜSİAD ve Dünya Bankası tarafından Marmara Depremi'nin mali sonuçları raporlarda belirtilmiş birbirine yakın sonuçlar verilmiştir. Bu bağlamda Depremi toplam maliyeti TÜSİAD'a göre 17 milyar dolar (\$), DPT'ye göre 15-19 milyar dolar (\$), Dünya Bankası verilerine göre de 12-17 milyar dolardır (\$).

TÜSİAD, DPT ve Dünya Bankası tarafından hazırlanan çeşitli çalışmalarda Marmara Depremi'nin ekonomik sonuçlarına dair birbirine yakın rakamlar verilmektedir. Örneğin toplam maliyet TÜSİAD'a göre 17 milyar dolar (\$), DPT'ye göre 15-19 milyar dolar, Dünya Bankası'na göre 12-17 milyar dolardır (\$). Bu verilere ilişkin ayrıntılı rakamlar aşağıdaki tabloda görülmektedir. Çizelge 2.2'de ekonomik kayıpların en büyük bölümünü (%77'sini) konut, binalarda özellikle kamu binalarında, şirket ve alt yapı gibi inşai unsurlar kapsamaktadır. Bu bağlamda depreme dayanıklı bina üretim sürecinin gerçekleştirilmesiyle sadece maliyetler değil ayrıca can kaybında önüne geçilebileceği ve bu kayıpların azaltılabileceği, deprem sonrası verilmesi gereken ancak verilemeyen acil ve zorunlu hizmetlerin (sağlık hizmetleri gibi) aksamaması ile ilgili bilgi literatürde ortaya konmuştur.

Çizelge 2. 2: Marmara Depremi'nin Maliyetleri (Milyar Dolar(\$))

MALİYETLER	TÜSİAD	DPT	DB
Doğrudan Maliyetler	10	6,6-10,6	3,1-6,5
<i>Konutlar</i>	4	3,5-5	1,1-3
<i>Şirketler</i>	4,5	2,5-4,5	1,1-2,6
<i>Altyapı</i>	1,5	0,5-1	0,9
Dolaylı Maliyetler	2,8	2-2,5	1,8-2,6
Katma Değer Kaybı	2	2-2,5	1,2-2
Acil Yardım Harcamaları	0,8	-	0,6
Toplam Hasar Kaybı (Yuvarlatılmış)	13	9-13	5-9
İkincil Etkiler			
Genel Değer Kaybı	2	-	3
Mali Maliyetler	2	5,9	3,6-4,6

Kaynak: OECD, Economic Effects of the 1999 Turkish Earthquakes: An Interim Report, Economics Department Working Papers No. 247, 2000, p.37.

2.3 Dünya’da Deprem Riskini Belirleme ve Afet Hazırlık Çalışmaları

Depremler ülkelerin can ve mal kayıplarına uğramalarına neden olmaktadır. Bunları azaltmak için de çeşitli önlemler alması gerekmektedir. Dünya’da birçok ülke depreme karşı önlem almak için kalkınma ve geliştirme stratejileri oluşturmaktadır. Bu konuda Amerika İtalya ve Japonya örnekleri bu kapsamda geniş ve verimli önlemler aldıkları bilindiği için ayrıntılı olarak incelenecek, diğer ülkelerden kısaca bahsedilecektir.

Balamir’in (2006) de belirttiği üzere: Yeni Zelanda’da 2002 yılında Sivil Savunma Yasası ile, risk yönetimi, sismik riskin tespit edilmesi ve önlenmesi, maliyet-etkin risk azaltma yöntemleri konularında düzenlemeler yapılmıştır. Güney Afrika’da 2002 yılında yürürlüğe giren Afetler Yasası, yerel ve merkezi yönetimin oluşturacağı afet yönetimi çerçevesini tanımlamaktadır.

İngiltere her seviyede afete karşı direnç geliştirme, riski azaltma ve toplumsal güçlenme hakkındaki çalışmalarını 2004 yılında kabul edilen Sivil Sakınım Yasası ile açıklamıştır.

Yunanistan Sivil Korunma ismiyle 2003 yılında bakanlar arası iletişim müstearlığı planlanmakta, risk azaltımı için bütçe oluşturulmakta, kentsel tehlike haritaları, ulusal risk haritaları konularına açıklık getirilmektedir.

Avustralya ise 2002 yılında yayınlanan raporla 5 yıllık reform paketi planlamakta bu program için 45 milyon\$ harcamaktadır.

- ABD

NEHRP (National Earthquake Hazards Reduction Program) isimli Ulusal Deprem Tehlikelerini Azaltma Programı depremin neden olduğu insan yaşamı ve binalar üzerindeki riskin azaltılmasını amaçlamaktadır. Bu bağlamda başta FEMA (The Federal Emergency Management) kurumu ile birlikte daha birçok farklı kurumla iş birliği içinde olan program farklı kurumların güçlerini bir araya getirmektedir.

Bu programın uzun dönem hedefleri aşağıda sıralandığı gibidir;

-deprem kayıplarını azaltma politikalarını hızla hayata geçirmek,

-tehlike tanımlamaları ve risk belirleme yöntemlerini ve bu yöntemleri kullanmayı geliştirmek,

- depremlerin ve etkilerinin anlaşılmasını sağlamak için farkındalık çalışmaları yapmak,

Amerika’da meydana gelen ekonomik kayıpların %87’si Kalifornia’da gerçekleştiği için NEHRP programı kapsamında Kalifornia Deprem Kayıplarını Azaltma Planı gerçekleştirilmiş olup plan doğrultusunda belirlenen kamu okulları ve hastaneler için bazı yapılaşma koşulları belirtilmiştir.

Okullar için yapılaşma koşulları;1933 California –Long Beach depreminde 70 okul binası yıkılmış, 120’si ağır olmakla birlikte, 420 okul hasar görmüştür. Bu depremden sonra asgari yapılaşma standardı getiren bir kanun çıkarılmıştır.1976 yılında da bu kanundan önce yapılan okullar kullanım dışı bırakılmış veya kanuna uygun şekilde güçlendirilmiştir.

Hastane Sismik Güvenlik Yasası (Hospital Facilities Seismic Safety Act, HFSSA)1971 California-San Fernando depreminde dört büyük hastane kompleksinin ağır hasar görmesi neticesinde 1973 yılında çıkarılan yasa ile hastane binalarına yapım kriterleri getirilmiştir.Yasaya göre; sağlıklı insanlara oranla kendini koruma yeteneği daha az olan hasta insanların bulunduğu ve afet sonrası görevlerini kesintisiz devam ettirmesi gereken hastaneler, depreme ve fırtınaya karşı dayanıklı olacak şekilde tasarlanmalı ve inşa edilmelidir. 475 kampüste 2500 binayı kapsayan tüm hastane yapılarının yasanın asgari koşullarını sağlaması istenmiştir.

Ayrıca Berkeleyde’de ‘Sismik Güçlendirme Teşvik Programı’ (ABAG Seismic Retrofit Incentive Program) kapsamında; zayıf konutların ve yığma binaların güçlendirilmesinde ruhsat harcı alınmaması, %1,5 olan alım satım vergisinin 1/3 oranına kadar olan kısmının binada güçlendirme yapılması karşılığında satış işlemlerinde alınmaması gibi destekleri de olmuştur (Balyemez, 2004).Tüm bu çalışmalar kapsamında iyileştirme çalışmaları ile önlemler alınmış ve Kaliforniya eyaletinin depreme hazır olması amaçlanmıştır.

Son olarak FEMA, NEHRP, ABAG gibi deprem ile ilgili çok fazla sayıda kurum, kuruluş ve programlar olduğu için afet anında birimler arası hiyerarşiye dikkat edilmesi, iyi iletişim kurulabilmesi hayati önem taşımaktadır.

- İtalya

İtalya gibi deprem yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde sismik riski azaltmak için tüm binalar depreme karşı dayanıklı yapılması hedeflenmektedir. Özellikle 2002 Molise depreminden sonra İtalya’da birçok kamu binasının depreme karşı dayanıksız olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda İtalya hükümeti Kaliforniya’daki Hastane Sismik Güvenlik Yasasını örnek alacak şekilde 2003’te çıkardığı yönetmelikle kamu binalarının yeniden yapı veya güçlendirilmesiyle ilgili kararlar almıştır. Bu yasa bağlamında; mevcut sismik kapasitenin analiz edilmesi, güçlendirme girişimin maliyet tahmininin yapılması, önceliklerin belirlenmesi, zaman risk eğrisinin oluşturulması planlanmıştır.

Yöntem olarak da;

- İncelenecek binaların ana tipolojik verilerinin envanteri,
- Veri tabanında bulunan binaların sismik risk seviyesinin analizi (statik zafiyet ve yerel tehlikenin birleşmesi),
- Sismik güçlendirme faaliyetlerinin maliyet tahmininin yapılması,
- Müdahale önceliklerini belirlemek için kriterlerin tanımlanması,
- Farklı güçlendirme stratejilerini temel alan zaman-risk eğrilerinin oluşturulması,
- Verici ve nihai risk azatılımı açısından optimal müdaale stratejisinin seçilmesi belirtilmiştir.

Bu binaların çoğunluğunu ise hastane ve okul gibi yıkılması durumunda dramatik sonuçlar ortaya çıkaracak önemli kamu binaları oluşturmaktadır. Bu nedenle en kritik ve güçlendirme ihtiyacı olan binalar tespit edilip depreme karşı güçlendirilmiş veya yeniden yapılmıştır.

Bu binaların başında afet anında ve sonrasında önemli rol oynayan hastane binaları gelmektedir. Bu prosedür deprem riskinin en fazla olduğu bölge olan Basilicata bölgesinde 12 hastane kompleksinde 69 hastane binasına uygulanmıştır (Masi A, G. Santarsiero&L. Chiauzzi, 2014).

- Japonya

Japonya felaketlerin en çok yaşandığı ülkelerin başında gelmekte, yalnızca depremle değil tsunami sel gibi diğer yıkıcı doğa olaylarıyla baş etmektedir. Bu nedenle Afet

yönetimi Japonya’da bütünsel olarak ele alınıp bütün birimlerin iletişiminin sağlanması büyük önem arz etmektedir.

Deprem afetiyle ilgili kurumlar Amerika’daki kadar çok ve karışık olmamakla birlikte bunun nedeni afet anında tek kaynaktan güvenilir haber alınmasının amaçlanmasıdır. Yerel yönetim sisteminde de deprem riskinin azaltılmasıyla ilgili çalışmalara destek verme konusunda NIED (National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience) Japonya’da büyük bir önem taşımaktadır. Bu bağlamda NIED çalışmalarının da kapsandığı Japonya depreme dayanıklı bina tasarımında çeşitli standartlar ve yönetmelikler çıkarılmıştır.

Japonya’daki afet yönetiminde sistemin ana hatları 3 maddeyle açıklanmıştır:

- Afet önleme yasası
- Büyük ölçekli depremlere karşı önlemler yasası,
- Özel mali önlemler yasası (depreme karşı oluşturulan projeler için)

Afet Önleme Temel Yasası, afete karşı önlemleri geliştirmek, uygulamak ve afet zamanı oluşan karışıklığı organize etmek için 1961’de çıkarılmıştır.

Afet önleme temel planı afet sonrası iyileştirme yerine afet öncesi önlem almayı temel almaktadır. Bu yasa kapsamında Afet Önleme Temel Planı hazırlanmaktadır. Yasa aynı zamanda hükümet kapsamında afet araştırmaları, organizasyon kurulması ve afet sonrası yeniden inşa çalışmalarını göz önünde bulundurmaktadır.

Yasanın ardından insan kaybı kademeli olarak azalma gerçekleşmesi, uygulanan politikalarındaki kapsamlı ve uzun vadeli çalışmaların birleştiğinde ne kadar başarılı olabildiğini kanıtlamaktadır. Ancak Kobe depremi sonrası edinilen deneyimler yine de yasa da bazı değişikliklere gidilmesi gerektiği göstermektedir (JICA, 2002).

1978’de yürürlüğe giren Büyük Ölçekli Depremlere Karşı Tedbirler Kanunu ile gerekli önlemlerin alınması, ve riskin minimize edilmesi amaçlanmıştır ve bu kanun 1985, 1990 ve 2000 yıllarında revize edilmiştir. Afet Önleme Temel Yasasına göre Afet Önleme Konseyleri kurulmuştur ve bu konseyler Operasyon Afet Planlarını hazırlamıştır (Şengezer, 2002). Afet Önleme Temel Planı Afet Önleme Temel Yasasına uygun olarak 1963 yılında yürürlüğe konmuş, planda her türlü afet ile ilgili çalışmaya yer verilmekle birlikte öncelik depreme verilmiştir. Tüm bu bağlamda afet

öncesi tedbirler; acil durumdaki önlemler, afet sonrası iyileştirme olmak üzere 3 başlık altında toplanmıştır.

Bu kapsamda örnek bir uygulama olarak yerel ve merkezi yönetimlerin katkısıyla bir Tokyo kentinde bir mahalle riski azaltma amacıyla yenilenmiştir. Tamamen devlet katkısıyla yenilenen pilot bölgede vatandaşlar projeye tam olarak katılım sağlamış, proje sırasında evleri yıkılıp yeniden yapılması için geçici mahalle evleri inşa edilmiştir. Yenileme kapsamında konutlar yeniden inşa edilmiş yollar genişletilmiştir. Proje alanındaki evlerin %75'i eski olmakla birlikte zemini de sağlam olmayan evler Tokyo'daki en riskli alanda yer almaktadır. Ancak mahalle ölçeğindeki bu yenileme Türkiye'ye göre refah düzeyi ve yaşam kalitesi daha iyi olan, daha geniş finansal kaynaklara sahip bir yönetim tarafından gerçekleştirilmiştir (Kalkan 2003).

Bu doğrultuda görüldüğü üzere her ne kadar Amerika ve Japonya ülkelerinin ikisinde de depreme karşı önlemler alınsa da önlemler arasında farklılıklar bulunmaktadır. Amerika kamu binaları odaklı çalışmalar doğrultusunda ilerlerken, Japonya konut binaları üzerinde yoğunlaşarak ilerlemektedir. Yani her ülke kendi koşulları ve önceliklerine göre önlem almaktadır.

2.4 Türkiye'de Deprem Riskini Belirleme ve Afet Hazırlık Çalışmaları

Türkiye bilindiği üzere bulunduğu coğrafi konum dolayısıyla bir çok afetle karşı karşıya kalan bir ülkedir, ancak bu karşılaşılan afetlerden en önemlisi yarattığı hasar nedeniyle depremdir. Türkiye depremde meydana gelen insan kayıplarında dünyada üçüncü, etkilenen insan açısından dünyada sekizinci sıradadır. Ortalama büyüklüğü 5-6 arasında her yıl en az bir deprem yaşanmaktadır. Bu tehlikeyle karşı karşıya olan ülkemizde meydana gelen maddi manevi kayıplar konusunun nasıl titizlikle çalışılması gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır.

- Doğal afetlere ilişkin politikalar

Ülkemizde ilk defa 1939 Erzincan Depremi sonrası gündeme gelmeye başlayan devlet politikaları 1959 yılında çıkarılan 7269 sayılı 'Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun' ile ilk çalışmalar yapılmıştır. 1988 "Afetlere İlişkin Acil Yardım Teşkilatı ve Planlama

Esaslarına Dair Yönetmelik’’ ile afetzedelere hızlı yardım gönderilmesinin yasal olarak planlaması ile çalışmalar devam etmiştir.

- AFAD

Ülkemizde bu konuda dönüm noktası ise 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi olmuştur. Büyük kayıplara neden olan bu deprem önlemlerinin bir kez daha kontrolden geçirilmesi konusunda acı bir tecrübe olmuştur. Koordinasyon içinde bulunması gereken kurum ve kuruluşların afetle ilgili yetki ve sorumluluklarının tanımlanması gerekmiştir. Bu doğrultuda İç işleri Bakanlığına bağlı Sivil Savunma Genel Müdürlüğü, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü ve Başbakanlığa bağlı Türkiye Acil Durum Yönetimi Genel Müdürlüğü kapatılarak 2009 yılında çıkarılan 5902 sayılı yasa ile Afet ve Acil Durum(AFAD) Yönetimi Başkanlığı olarak tek çatı altında toplanmıştır. Bu çerçevede ülkemizde yeni bir afet yönetim modeli geliştirilmiş olup, bu modelle öncelik Kriz Yönetimi’nden Risk Yönetimi’ne geçmiştir.

Günümüzde bu model ‘Bütünleşik Afet Yönetim Sistemi’ olarak adlandırılmakta, zararı minimize etmek için risk ve tehlikelerin önceden tahmin edilip zararı en aza indirecek gerekli önlemlerin alınmasının tespit edilmesini ve kriz anında etkili koordinasyon ve müdahaleyle iyileşme sürecinin hızlandırılması amaçlanmaktadır (Url-1). Bu bağlamda AFAD ile iş birliğinde olan ve İstanbul’da kurulan bir diğer kuruluş da İPKB (İstanbul Proje Koordinasyon Birimi) olarak hizmet vermektedir.

- İPKB

Çalışmalarına 2016 Şubat ayında başlayan İstanbul Valiliği’ne bağlı olarak kurulan İPKB depremle ilgili sismik riskin azaltılması için önlem alma projeleri geliştirmekte, İstanbul’daki bu projeleri uluslararası standartlara uygun şekilde gerçekleştirmektedir(Url-2).İPKB’nin yürüttüğü sismik risk azaltma projesi olan ‘İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi’ (İSMEP) ülkemizde uygulanan ilk sismik risk azaltma projesi olmaktadır ve yaptığı uygulamada daha çok İstanbul il sınırları içinde kalmaktadır.

- İSMEP

T.C Hazine Müsteşarlığı’nın proje sahibi olduğu uygulayıcı kurum olarak da İPKB’nin önderliğinde gerçekleşen İSMEP’in proje süresi 2006-2021 yılları arası olarak belirlenmiştir. Projenin fon kaynakları

-Dünya Bankası

-Avrupa Yatırım Bankası

-İslam Kalkınma Bankası

-Alman Kalkınma Bankası'dır.

İSMEP kapsamında 1258 öncelikli kamu binası güçlendirilmiş veya yeniden yapılmıştır. 2016'da güçlendirilen veya yenden yapılan okul sayısı 944'e ulaşmıştır.

Güçlendirilen veya yeniden yapılan binaların en önemlileri arasında okullar ve hastaneler gelmektedir (Url-3). Hastane binaları, depreme karşı dayanıklı bina tasarımı ve yapımıyla ilgili birçok yönetmelik ve genelgeyle desteklenmektedir. Bu bağlamda 2019 yılında yürürlüğe girecek olan Deprem Yönetmeliği ile binaların depreme karşı daha dayanıklı yapılması hedeflenmektedir.

Dünya'nın birçok ülkesinde olduğu gibi Türkiye'de de birçok afet hazırlık projesi hazırlanmaktadır. Başta AFAD olmak üzere bir çok kurum ve kuruluş afet senaryoları oluşturmakta ve bunlara önlemler almaktadır. Özellikle deprem sonrası yıkılması kaotik durum oluşturabilecek kamu binaları bu bağlamda değerlendirilmektedir. İstanbul Sismik Riski Azaltma Projesi (İSMEP) kapsamında okul ve hastane gibi bir çok kamu bina güçlendirilmekte veya yeniden yapılmaktadır. İSMEP ile ele alınan kamu binalarının başında hastaneler gelmektedir(Url-3).

Bu kapsamda İstanbul'da

-Okmeydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi

-Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi

-Kartal Dr. Lütfi Kırdar Eğitim Araştırma Hastanesi

-Ümraniye Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi

yıkılıp yeniden yapılmıştır.

Bu hastanelerin hepsinde LEED Gold sertifikası alınmış olup Okmeydanı, Göztepe ve Kartal Hastanelerinde sismik izolator uygulaması yapılmıştır.

Ayrıca Marmara Üniversitesi Başbüyük Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde de güçlendirme çalışması yapılmış olup yine sismik izolatorler kullanılmıştır.

2.5 Hastane Binalarında Depreme Karşı Önlem Almanın Önemi

Depremden sonra ilk kullanılacak binalardan biri olan hastane binalarında sismik riskin azaltılması göz önünde bulundurulması gereken en önemli hususlardan biridir.

Deprem sonrasında hastane binalarının kullanılamaması, toplumsal sağlık açığının artması anlamına gelmektedir. Bu nedenle hastane binalarının afet esnasında da sonrasında da kesintisiz hizmet vermesi gerekmektedir.

Depremde hastane binalarının yıkılmasıyla can ve mal kayıpları yaşanacak, deprem sonrasında alınması gereken sağlık hizmetinde aksamalar meydana gelecektir. Bu sebeple deprem anında kesintisiz hizmet vermesi gereken hastane binalarında ancak sismik önlemlerin alınmasıyla can ve mal kayıplarını önüne geçilebilmektedir.

2013 yılında Sağlık Bakanlığının yayınladığı Genelgeyle 100 yataklı ve üzeri hastanelerde depreme karşı yalıtımın zorunlu hale getirilmesiyle bu depremde yıkılan hastane binalarının neden olduğu kayıpların önüne geçilmesi planlanmaktadır.

Prof.Dr. Mustafa Erdik içindeki ekipman ve malzemelerin maliyeti çok yüksek olan hastane binalarında sismik izolasyonun ayrı bir önem kazandığını ifade etmiştir (Deprem İzolasyon Derneği, 2017). Ayrıca ülkemizde 70 civarında olan yalıtımlı bina sayısının büyük çoğunluğunu her birinde yaklaşık 500-2000 izolatör kullanılan hastane kompleksleri oluşturmaktadır.

Yapısal olmayan elemanlar; olarak değerlendirilen ekipman ve malzemelerin korunmasıyla ilgili risk değerlendirmesi yapıldığında ise yaşam kayıpları, mal kayıpları ve işlev kaybının yaşandığı gözlemlenmektedir.

Yaşam güvenliği konusunda;

- Kitaplık gibi ekipmanların düşmesi bir hastayı yaralayabilmektedir.
- Yerinden çıkan bir ekipman birine zarar verebilmektedir.
- Birinin yaşam destek ünitesinin çalışmasını kesintiye uğrayabilmektedir.
- Hastanın sağlığına zarar verilebilmektedir.
- Ameliyathane ve acil, yoğun bakım odaları gibi kritik öneme sahip bakım odalarında hizmet kesintiye uğrayabilmektedir.
- Hastanın tahliyesi gerekebilmektedir.

Eşya kayıpları;

-Ekipmanlar, ince işler imalatları, dış cephe kaplamasından kaynaklanan kayıplar olarak değerlendirilmektedir.

İşlev kayıpları;

-Depremden sonra ekipmanlar zarar görüp işlevin aksamasına neden olmaktadır.

Yapısal olmayan elemanlardan dolayı hem pahalı hem de insan sağlığını etkileyen unsurlar hastane binalarında sismik önlem almanın önemini daha da artırmaktadır (FEMA, 2010).

Veysel Doğan sismik izolasyonun depremden hemen sonra da işlevsel olduğunu Van depremi örneğinde açıklamıştır. Van depreminde hastanenin yıkılmamasına karşın içindeki cihazların hasar görmesi nedeniyle hastanenin çalışamadığı gözlemlenmiştir. Sismik izolasyon deprem şiddetini 10 kat azalttığı için binadakilerin depremi çok hafif hissettiğini ve bu teknolojinin hastane okul gibi binalarda mutlaka kullanılması gerektiğini ifade eden Doğan maliyetin yeni yapılan binalarda %3-10 arasında artırdığını mevcut binalarda ise biraz daha fazla artırdığını eklemiştir (Deprem İzolasyon Derneği, 2017).

Yalnızca hastane binalarında değil tüm büyük ölçekli ve önemli binalarda depreme karşı önlem alınması gerekirken günümüzde hastanelerde yapılan deprem önleme çalışmalarını hız kazanmıştır.



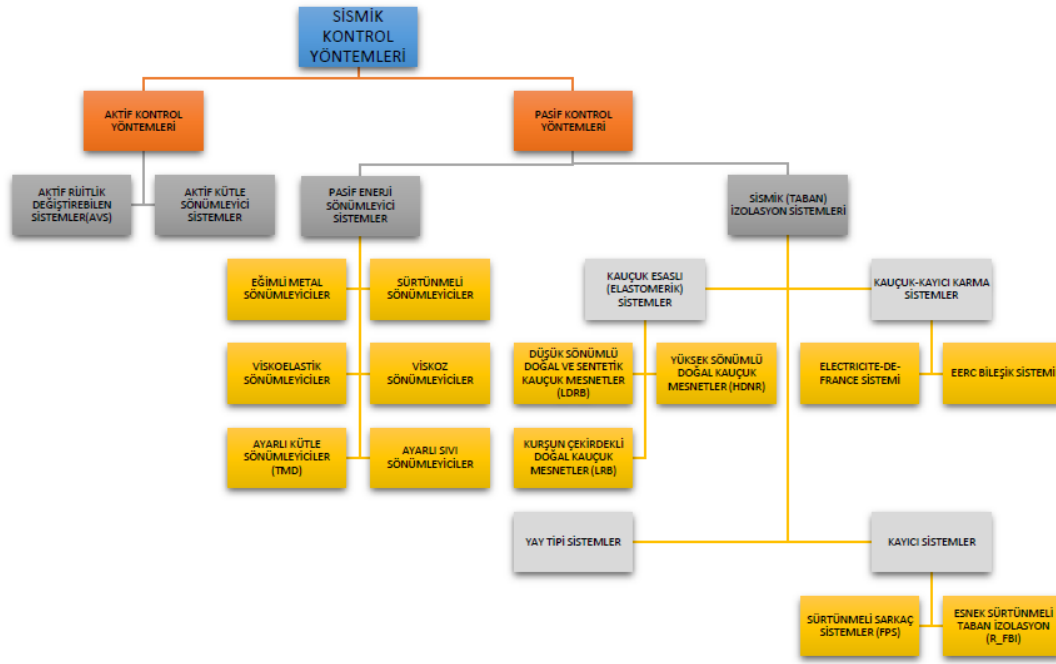
3. SİSMİK KONTROL YÖNTEMLERİ

Geleneksel yöntemlerle inşa edilen yapılar depreme kendi başlarına karşı koymaktadırlar ve deprem sırasında binaların statik gereksinimler artmakta binanın fonksiyonelliği de azalmaktadır. Yapıya etkiyen deprem kaynaklı etkileri o anda ölçüp karşı kuvvetler uygulayan veya kendi içinde sönümleyen ileri teknolojiye sahip malzeme ve sistemlere yapısal kontrol sistemleri adı verilmektedir. Binalarda yapısal kontrol kullanımı binanın fonksiyonelliğini artırmakta ve fazladan yapısal gereksinimlerin önüne geçmektedir. Sismik yükler için yapısal kontrol hızla genişleyen bir alandır ve bu sistemler kontrol sistemleri ailesi olarak da bilinir.

Şekil 3.1 'de görüldüğü gibi deprem koruma sistemleri, aktif ve pasif sistemleri kapsamaktadır. Hibrit sistemler ise aktif ve pasif sistemlerin beraber kullanımıyla meydana gelmesine karşın elverişli ve efektif bir yöntem olmadığından yaygınlaşmamıştır (Gökhan, 2009). Bu nedenle bu çalışmada deprem koruma sistemleri aktif ve pasif olarak iki alt başlıkta incelenecektir.

Yapısal kontrol sistemleri, deprem enerjisini kendi başına tüketebilmeyi temel alan geleneksel tasarım yöntemlerine alternatif oluşturmaktadır. Birçok uygulamada, büyük depremlerde yapısal kontrol ekonomik olarak uygulanmaktadır. Yapısal kontrol metodolojisi birçok modern ve şimdi şart olan sismik tasarım yönetmeliklerinde performansa dayalı tasarım kriterlerinin geleneksel yöntemlerden daha kolay karşılanmasına izin vermektedir. Mevcut bina yenilenmesine yönelik uygulamalar tarihi yapıların da iyileştirilmesinde oldukça cazip hale gelmiştir (Buckle, 2000). Yönetmelik ve genelgelerle de zorunlu hale getirilen sismik koruma yöntemleri güngeçtikçe yaygınlaşmakta ve yapılan bilimsel çalışmalarla çeşitlenmektedir.

Yukarıda da belirtildiği üzere gelişen sismik kontrol yöntemleri aktif kontrol yöntemleri ve pasif kontrol yöntemleri olmak üzere iki başlık altında incelenecektir.



Şekil 3. 1: Sismik kontrol yöntemlerinin sınıflandırması.

3.1 Aktif Kontrol Yöntemleri

Bu sistem strüktürün ivmesini, yer değiştirmesini veya hızını kontrol etmektedir. Aktif kontrol sistemleri bilgisayarlar, çalıştırıcılar ve başlatıcılar gibi elektronik cihazların birleştirilmesiyle oluşur. Aktif kontrol sistemlerinin çalışma mekanizması, dışarıdan sürekli elektrik gibi bir enerji sağlamaya dayanmaktadır. Bu yüzden bu sistemleri kurmanın maliyeti yüksektir. Aktif kontrol sistemlerinde strüktürel yerleşim: zemin hareketinin sıklığından bağımsızdır. Sistem, zemin hareketinin sıklığına göre sertliğini veya hareket miktarını değiştirmektedir. Bu nedenle, gelecekteki depremin belirsizliği veya öngörülemezliği gibi faktörler, aktif kontrol sistemlerinin kullanıldığı tasarımlarda önemli değildir (Torunbalcı, 2004).

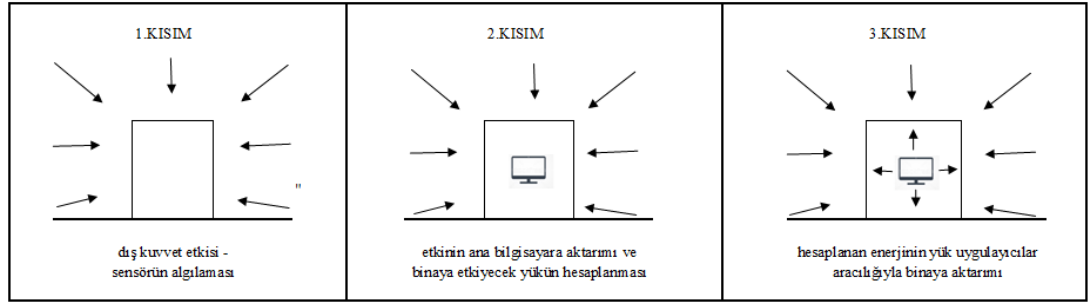
Aktif kontrol yöntemlerinin çalışma prensibi; çalışma mekanizması Şekil 3.2 belirtildiği üzere üç kısımdan oluşmaktadır.

Birinci kısım gelen dış etkileri alıp hız ve yer değiştirmeleri değerlendiren sensörlerden oluşur. Bu sensörler optik, mekanik veya kimyasal olabilir.

İkinci kısım ise ölçümleri değerlendiren ve kontrol algoritmasına göre uygulanması gereken kuvveti hesaplayan elektronik cihazları içerir. Bu cihazların başında bilgisayarlar gelir.

Üçüncü kısımda ise hesaplanan kontrol yüklerini yapıya uygulayan yük uygulayıcılar vardır. Aktif kontrol elemanları sürekli dışardan enerji kaynağına ihtiyaç duyar.

Genel olarak yukarıda anlatıldığı üzere aktif kontrol yöntemleri yapıya gelen ivmeleri azaltarak yer değiştirmelerini minimuma indirmeyi ve yapı güvenliğini sağlamayı amaçlamaktadır. Bunun yanı sıra pasif kontrol yöntemlerinden farklı olarak aktif kontrol yöntemlerinde gelen ivmelere karşı koyan kontrol elemanlar için sürekli yedek enerji bulundurulması önerilmektedir.



Şekil 3. 2: Aktif kontrol yöntemlerinin çalışma prensibi.

Avantajlar;

- Teknolojik gelişmeler doğrultusunda sistemin değiştirilmesi mümkündür.
- Hem finansal hem de teknik olarak geniş kullanım alanı daha efektif çözümler sağlar.

Dezavantajlar;

- Aktif kontrol yöntemlerinin sürekli hazır enerjiye ihtiyaç duyması aktif kontrol yöntemlerinin en büyük dezavantajıdır. Çünkü sismik hareket olmasa bile sistemin güvenliği için enerji bulundurulması gerekmektedir. Ayrıca depremin şiddeti ve yapının yüksekliği arttıkça gelen etkiye karşı koymak için kontrol elemanlarına gereken enerji miktarı artar ve bu da stabilite ve enerji bakımından istenmeyen bir durumdur.

- Güvenlik açısından aktif kontrol yöntemlerinin yüksek katlı yapılarda ve büyük ölçekli sismik hareketlere karşı kullanılmasının önerilmemesi ayrı bir dezavantajdır. Buna karşın yine bazı yüksek katlı binalarda örnekleri mevcuttur(Şekil 3.3).
- Bunlara ek olarak gelen titreşimleri algılayıp kontrol için gerekli gücü hesaplayıp gerekli enerjiyi üretebilecek çok gelişmiş cihazlara ihtiyaç duyulması üçüncü bir dezavantaj olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 3. 3: En üst katta AMD bulunan Applause Kulesi, Japonya.

Yukarıda belirtilen nedenler doğrultusunda aktif sistemler orta büyüklükteki binaların orta büyüklükteki sistemlere karşı korunmasında etkilidir. Bu nedenle çok yüksek katlı ve büyük ölçekli depremlerin yaşanabileceği yerlerde kullanılmaması gerekmektedir.

Aktif kontrol sistemlerinin iki ana uygulama şekli vardır:

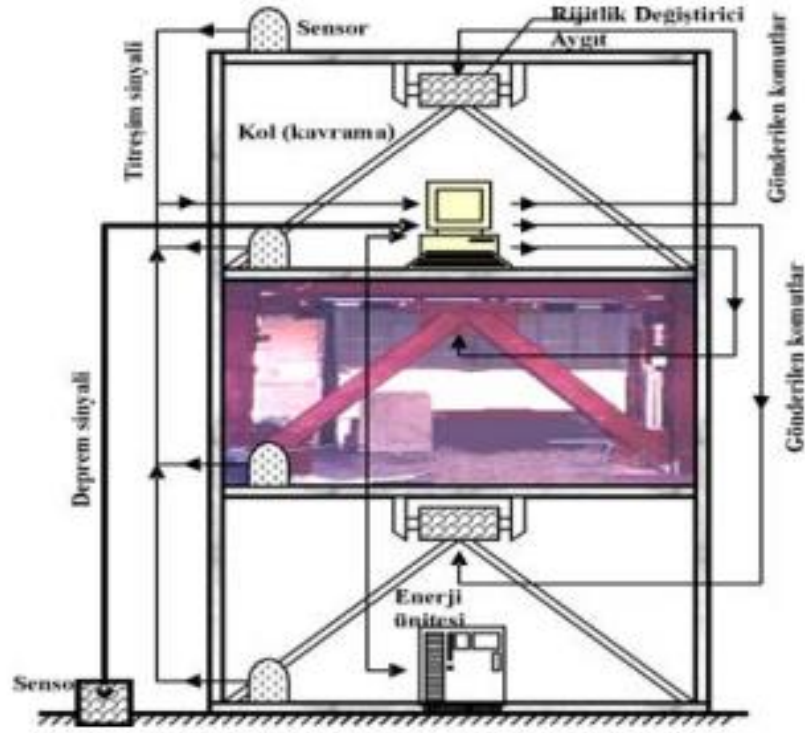
- Aktif rijitlik değiştirebilen sistemler (AVS)
- Aktif kütle sönümleyici sistemler

3.1.1 Aktif rijitlik değiştirebilen sistemler (AVS)

Aktif rijitlik değiştirebilen sistemler (AVS) literatürde aktif kütle damperi olarak da geçmektedir. Bu sistemde bir motor kontrol gücü oluşturularak, yanal kuvvetlerden etkilenen yapının ivme, yer değiştirme ve hızları bilgisayar sistemleri tarafından kontrol edilmektedir(Şekil 3.4). Yüksek binalarda uygulanabilen bu sistemlerde AVS

her kata yerleştirilmektedir. Bu sayede karmaşık salınımlar da kolaylıkla kontrol edilebilmektedir. Bu sistem ilk defa 1990 yılında Nishi-Chofu’da Rahmen denilen çelik çerçeve sistemi ile inşa edilen bir yapıda kullanılmıştır. Sistem rijitlik değiştirdiği için brace denilen göğüslemelerle desteklenmiştir. Bunun yanısıra yapıda hidrolik aletler kollar arasına ve kat kirişlerine paralel olarak yerleştirilmiştir.

Sistemde deprem hareketi algılandığı andan itibaren kontrol bilgisayarı gerekli dönüştürmeleri yapıp açık ve kapalı durumunda olmalarına bağlı olarak kolların etkinliğini değiştiren talimatlar göndermektedir. Bunun sonucunda da yapının eski durumuna gelmesi amaçlanmaktadır. Söz konusu süreç saniyenin 5/100’ünden kısa bir süre içerisinde gerçekleşmektedir.

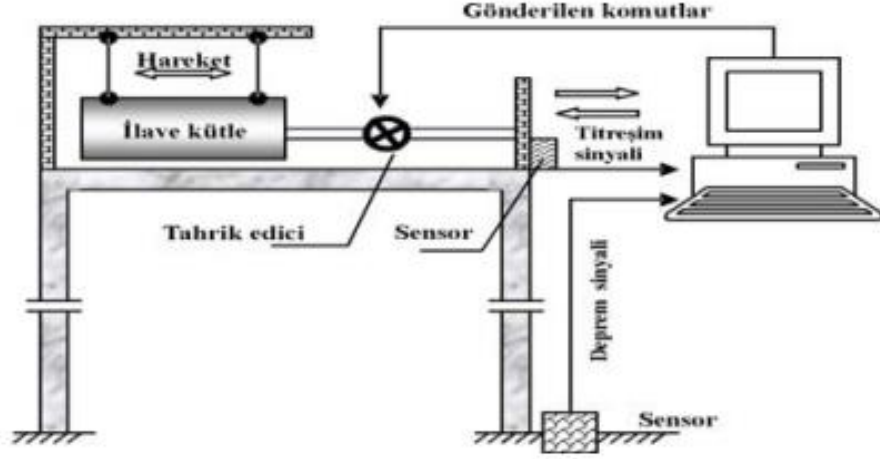


Şekil 3. 4: Aktif kontrolün şematik diyagramı.

3.1.2 Aktif kütle sönümleyici sistemler

Diğer bir adı ‘Aktif Değişken Sertliği’ olan bu sistemde bina içine kütleler yerleştirilip hareket ettirilerek rüzgâr ve depremlerin sebep olduğu titreşimlere karşı önlem alınır. Bu sistemde bina bir tarafa giderken kütle diğer tarafa gideceğinden bina hareketi engellenmiş olur. Güçlü yer hareketi durumunda kullanmak için geliştirilmiştir. Bu sistem Japonya’daki Kajima isimli inşaat şirketi tarafından geliştirilmiş olup, yüksek katlı yapılarda ileri düzeyde gelişmiş bilgisayar sistemleri

ile depreme karşı korunmada önemli bir rol oynamaktadır. Süper strüktür ve mega strüktürlerde, rüzgârın etkisine maruz kalan dar yapılarda bu sistem tercih edilmektedir.



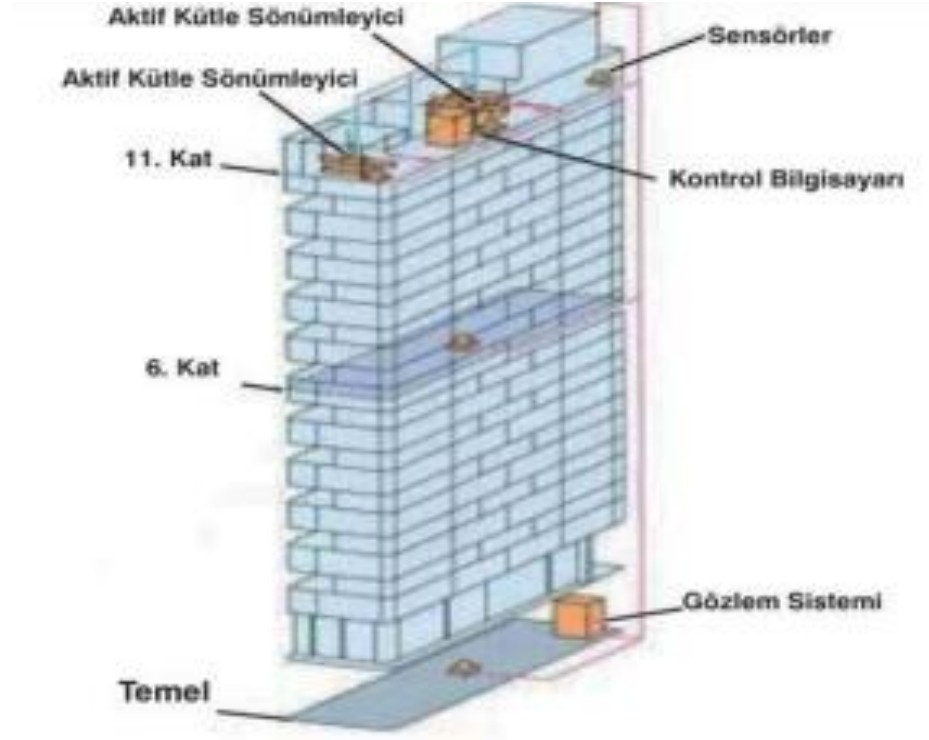
Şekil 3. 5: Aktif kütle sönümleyici sistemin şematik şekli.

Şekil 3.5’te de gösterildiği üzere bu sistemle zeminde, ara katta ve çatı katlarında bulunan titreşimlere duyarlı sensörlerle yapı bünyesindeki ve zemindeki titreşimler kontrol bilgisayarına gönderilmektedir. Kontrol bilgisayarına gelen titreşim bilgilerini inceleyip analiz ederek gerekli gücü hesaplayıp tahrik edicilere kontrol gücü üretmek üzere sinyal gönderir. Tahrik ediciler gelen bilgi doğrultusunda ilave kütleyi harekete geçirir.



Şekil 3. 6: Aktif kütle sönümleyici sistem uygulaması.

Aktif kütle sönümleyici sistemler ilk olarak KyobashiSeiwa Binasında kullanılmıştır(Şekil 3.6 ve Şekil 3.7). Japonya’da aktif kontrol sisteminin kullanıldığı birçok bina bulunmaktadır. Bunların en önemli örneklerinden birisi de Applause kulesidir. Çünkü mevcut helikopter pisti bu binada aktif kütle sistemi olarak kullanılmıştır. Yeni kontrol algoritmalarıyla ilgili çalışmalar da devam etmektedir.



Şekil 3. 7: Aktif Kütle Sönümleyicilerin yerleştirildiği Kyobashi Seiwa Binası (Tokyo, Japonya)(Soydemir, 2008).

3.2 Pasif Kontrol Yöntemleri

1909 Ağustos’unda İngiliz tıp doktoru J.A. Calentarients tarafından İngiliz patent bürosuna başvurulmuş ve “Depremde yapının kaymasına izin verilmesi durumunda yapıya gelen etkilerin azaltılabileceği” fikrini önerilmiştir. Bu başvuruda yağlanmış ve sabitlenmemiş birleşim noktalarıyla depremden gelen yüklerin binaya etkisinin minimuma indirilebileceğinden ve sismolojinin babası olarak adlandırılacak olan Milne’in diğer çalışmalarından bahsedilmektedir. Tokyo Üniversitesi’nde izole edilmiş bina örnekleri oluşturulup deneyler yapıldıktan sonra günümüzde çok çeşitli sismik yalıtım yöntemleri geliştirilmiştir (Naeim, Kelly, 1999).

Pasif kontrol yöntemleri, yapıyı dış etkilere karşı tepkisinde azalma meydana getirmek suretiyle, yapının dayanma kapasitesinin artmasını sağlamaktadır. Uygulama aşamasında hesabı kolay ve maliyeti düşük olması gibi avantajların yanında çalışırken dışardan hiçbir enerjiye ihtiyaç duymamaktadırlar.

Dışarıdan bir güç kaynağına ihtiyaç duymamaları sebebiyle deprem esnasında oluşabilecek güç kesintisinden etkilenmemektedirler. Ayrıca dış enerji vermediği için yapıda stabilite sorununa da neden olmazlar.

Pasif kontrol yöntemleri; sismik yalıtım sistemleri arasında donanım, uygulama, tasarım yönetmelikleri ve güçlendirme kılavuzlarındaki gelişmelerle günümüzün en gelişmiş üyesidir. Pasif kontrol yöntemi uygulanmış yapılar incelenirse Japonya, Çin gibi deprem felaketinin sık yaşandığı bölgelerde ve ABD, Rusya gibi gelişmiş ülkelerde sıklıkla tercih edildiği görülmektedir. Ancak yakın zamanda bulunan teknik açıdan karmaşık uygulamalarla birlikte giderek artan farklı pasif enerji cihazları sayesinde bu alanda sürekli bir büyüme olmaktadır (Buckle, 2000).

Pasif kontrol yöntemlerinde prensip; enerji korunumu sağlanarak, elastik sınır içinde depolanan enerjiyi arttırmak yerine; enerjiyi kendi üzerlerine alarak sönümlenen enerji miktarını arttırmaktır. Diğer bir yöntem ise sönümlenen enerji girdilerine müdahale etmek yerine sismik titreşimlerin yol açtığı deprem enerjisi azaltarak yapıya iletmektir. Bu yaklaşımlar pasif kontrol sistemlerinin temelini oluşturmaktadır.

Pasif kontrol yöntemleri malzeme özellikleri ve çalışma şekillerine göre pasif enerji sönümleyici sistemler ve sismik (taban) izolasyon sistemleri şeklinde iki ana başlık altında incelenmektedir.

3.2.1 Pasif enerji sönümleyici sistemler

Pasif enerji sönümleyici sistemler mekanik aygıtlar olup yapıya etki eden kuvvetli rüzgâr, deprem gibi dış yüklerin etkilerini ve yerdeğiştirmelerini azaltmak için geliştirilmişlerdir. Enerjiyi iki şekilde sönümleyebilirler. Birincisi; viskoelastik katı ve sıvıların deforme olmasıyla metallerin faz değiştirmesiyle, metallerin eğilmesiyle veya metallerin faz değiştirmesiyle olabilir. İkincisi; sarkaç ekleyerek sarkacın dinamik sönümleyici gibi davranmasıyla olabilir. Pasif enerji sönümleyicili sistemler rijitlik ve dayanımı artırıcı özellikteki malzemelerden oluştuğundan yeni

yapılacak binalarda kullanılabildiği gibi eski ve hasarlı yapılarda da iyileştirme amaçlı kullanılabilir.

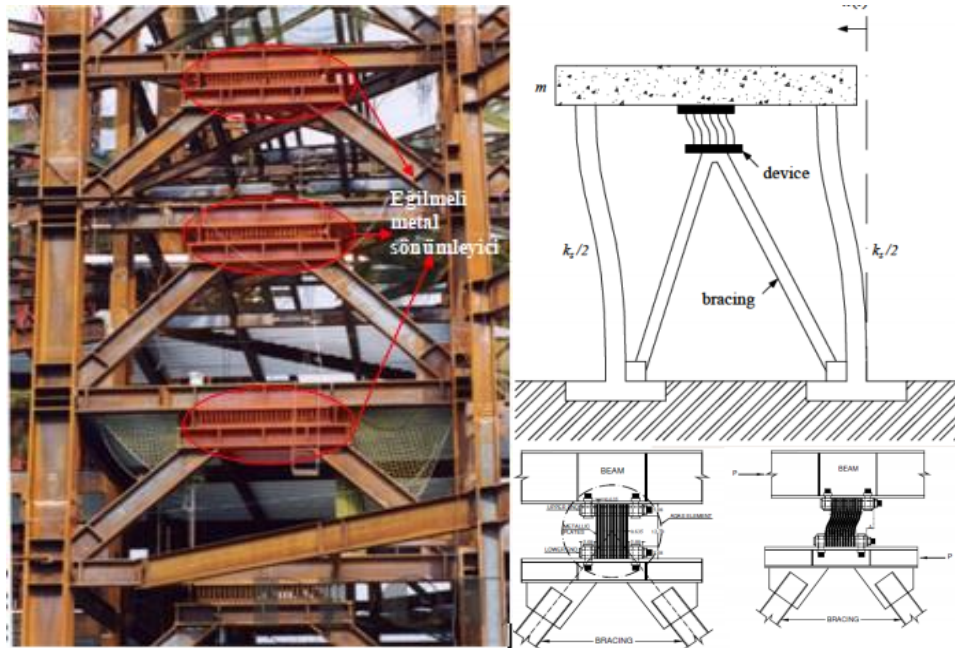
Genellikle bu sistemler temelde temel sönümleyicisi olarak ya da katlar arasında çapraz köşegen parçaları olarak bulunur. Katların birbirinden farklı yer değiştirmesiyle ve ortaya çıkan enerjiyi çaprazların sönümlenmesiyle deprem etkisi de azaltılmış olur.

Pasif enerji sönümleyiciler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- Eğilmeli Metal Sönümleyiciler
- Sürtünmeli Sönümleyiciler
- Viskoelastik Sönümleyiciler
- Viskoz Sönümleyiciler
- Ayarlı Kütle Sönümleyiciler (TMD)
- Ayarlı Sıvı Sönümleyiciler (TLD)

3.2.1.1 Eğilmeli metal sönümleyiciler

Bu sistemler literatürde histerik sönümleyici tiplerinden biri olarak da geçmektedir. Belirli parçaların enerjiyi sönümlenmesiyle binanın zarar görmesi engellenmektedir.



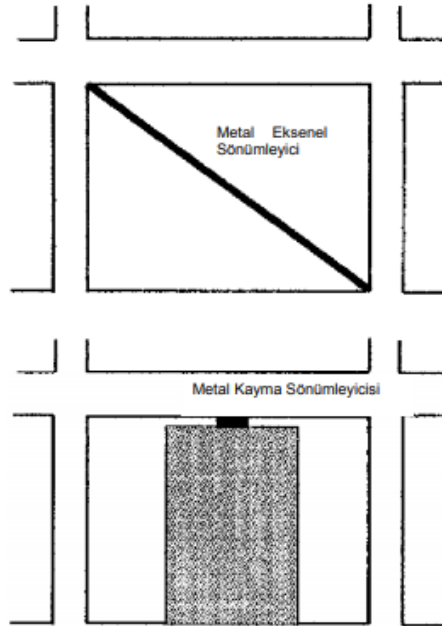
Şekil 3. 8: Eğilmeli metal sönümleyici çalışması ve uygulama örneği.

Şekil 3.8’de görüldüğü üzere her kata yerleştirilen şekil değiştiren parçalar değiştirilebilmekte veya yenilenebilmektedir. Şekil 3.9’da da görüldüğü üzere metal sönümleyiciler üçgen olabildiği gibi X şeklinde de olabilmektedir.



Şekil 3. 9: Üçgen veya X biçimli metal sönümleyici.

Sönümleyicilerin katlar arasındaki yerleşimi yapılırken sönümleyicinin nasıl çalıştığına dikkat edilmektedir. Şekil 3.10’da da görüldüğü üzere aksel metal sönümleyiciler katlar arasına çapraz bağlanarak yerleştirilirken, kesme ve eğilmeye çalışılan sönümleyiciler duvarın üst noktasıyla üst katın kirişinin alt noktası arasına yerleştirilmektedir (Polat, 2003).



Şekil 3. 10: Sönümleyicilerin katlara yerleşimi.

Sistemin avantajı ise, uzun süreli güvenilirlik, çevresel sıcaklık değişimine karşı dayanım ve mühendisler tarafından iyi bilinmesidir. Dezavantajları ise sönümleyicilerin depremde zarar görmesidir (Dicleli, 2013).

3.2.1.2 Sürtünmeli sönümleyiciler

Sürtünmeli sönümleyici tipler bir diğer histeretik sönümleyici tip olarak literatürde yer almaktadır. Araçlar yapıya eklenen parçalar sayesinde kinetik enerjiyi ısı enerjisine çevirir. Bu parçalar yapıdaki kuşaklamalar(çoğunlukla katlar) arasına yerleştirilen enerji yutuculardır. Enerjinin yapı içinde dağılması sayesinde sönüm kapasitesinde önemli artış sağlanır.

İzolatörlerde ise malzeme olarak çelik üstüne çelik veya pirinç ya da paslanmaz çelik üzerine bronz kullanılabilir (Şekil 3.11). Kullanılan malzemenin cinsi korozyonla(oksitlenme veya aşınma) bağlantılı olduğundan izolatörün kullanım ömrünü etkiler. Bu sönümleyiciler rüzgâr yükleri altında orta şiddetli depremlere karşı elverişlidir.



Şekil 3. 11:Sürtünmeli sönümleyici yerleşimi.

Sistemin avantajları;

- Yüksek enerji sönümleme kapasitesi,
- Çevresel ısı değişimine karşı dirençli olmasıdır.

Dezavantajları ise;

- Kayma yüzeyinin zamanla özelliğinin değişmesi beklenebilir.
- Sönümleyicideki ani kayma binada titreşime sebep olabilir.
- Merkezleme etkisi olmadığından binada kalıcı deplasmana sebep olabilir (Dicleli,2013).

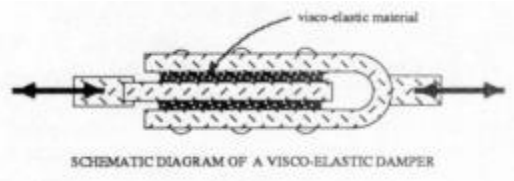
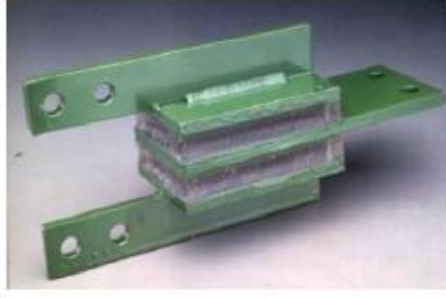
Yapılarda genellikle Şekil 3.12’de görüldüğü gibi çapraz kuşaklar şeklinde bina çevresine X tipi yerleşimi de gözlenebilir.



Şekil 3. 12: Sürtünmeli sönümleyici X tipi yerleşimi.

3.2.1.3 Viskoelastik sönümleyiciler

Viskoelastik malzemeler sıvıların akma ve katıların elastik olma özelliğini gösterir. Viskoelastik sönümleyiciler hıza bağlı sönümleyici tipidir. Enerji aygıtta kullanılan malzemenin viskozitesiyle (akmazlığıyla) sönümlenir. Sönümleyicilerde malzeme olarak çoğunlukla karbon polimerleri gibi katı malzemeler tercih edilir. Bu sönümleyiciler viskoelastik katı malzeme davranışına yani, şekil değiştirmenin zamana göre değişim oranına bağlı sönümleyicilerdir (Şekil 3.13).



Şekil 3. 13: Viskoelastik sönümleyici örneği.

Avantajları;

- Deplasmanlarda aktifleşmektedir.
- Yapısal modellemesi kolaydır.
- Merkezleme etkisine sahiptir.

Dezavantajları;

- Deplasman kapasiteleri azdır.
- Çevresel koşullardan etkilenmektedirler.
- Viskoelastik malzeme yerinden sıyrılabilir veya ayrılabilir.

İki dış plaka arasında bulunan merkezi plakalar arasında viskoelastik malzeme bulunmaktadır. Bu viskoelastik tabakaların kayma deformasyonu ile sismik enerji sönümlenir. En meşhur örneği Dünya Ticaret Merkezi ikiz kuleleri olmakla birlikte bu binada 10000 adet sönümleyici kullanılmıştır. Bu örneğe ek olarak Columbia Sea First, Tayvan'ın Taipei şehrinde Chien-Tan demiryolu istasyonu çatısında ve two Union Square'de de viskoelastik sönümleyiciler rüzgârın etkisini azaltmak için tercih edilmiştir (Şekil 3.14). Bu sistem hem deprem hem de rüzgâra karşı etkiyi azaltmak için kullanılır.

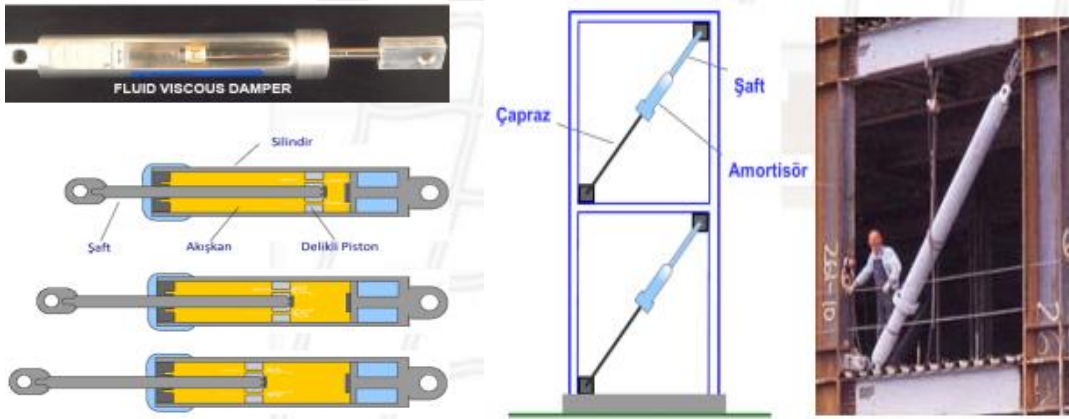


Şekil 3. 14: Viskoelastik sönümleyiciler için örnek yapılar.

3.2.1.4 Viskoz sönümleyiciler

Diğer birhıza bağlı sönümleyici tipidir. 1992’de Constantinou tarafından geliştirilmiştir. İlave sönümleyiciler, yaklaşık %30 kritik sönümleme sağlayabilir ve kullanıldığı kattaki yapı ivmesi ile katlar arası öteleme yaklaşık %50 azalır. Sönümleyicide sıvı olarak yüksek viskoziteye sahip yanmaz, zehirsiz, stabil ve uzun ömürlü silikon yağı kullanılır.

Şekil 3.15’te de görüldüğü üzere uygulamalara bağlı olarak farklılıklar görülse de genel mantık olarak içi özel sıvı ile doldurulmuş bir silindir ile ona bağlı bir piston vardır. Piston kafanın bir tarafından diğer bir tarafa geçerken oluşan sıvı akışı sayesinde sönümleme sağlanmış olur. Bu pistonun içindeki sıvının bir taraftan diğer tarafa dar ağızdan geçerken zorlanmasını esas alan bu sistemde hıza bağlı sönüm oluşur. Ayrıca viskoz sönümleyiciler uzun zamandır uzay çalışmaları, askeri alanlarda ve otomotiv sektöründe kullanılmaktadır. Günümüzde de yapı uygulamalarında kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.



Şekil 3. 15: Viskoz sönümleyici detay ve uygulama örneği.

Avantajları;

- Düşük deplasmanlarda aktifleşmektedir.
- Yapısal modellemesi kolaydır.
- Performansı askeri uygulamalarda test edilmiştir.

Dezavantajları ise;

- Periyodik kontrol gerektirmektedir.
- Damperden sıvı sızabilir.
- Genelde maliyeti diğer uygulamalara göre daha yüksektir (Dicleli, 2013).

3.2.1.5 Ayarlı kütle sönümleyiciler (tmd-tuned mass damper)

Bu tip sönümleyiciler dinamik titreşimli sistemlerdendir. Ayarlı Kütle Sönümleyiciler (Tuned Mass Damper), bir kütle bir yay ve bir sönümden oluşan ve yapıya etkiyen dinamik etkileri azaltmak için yapıya ilave edilen bir sistemdir (Şekil 3.17).



Şekil 3. 16: Ayarlı kütle sönümleyici mekanik modeli.

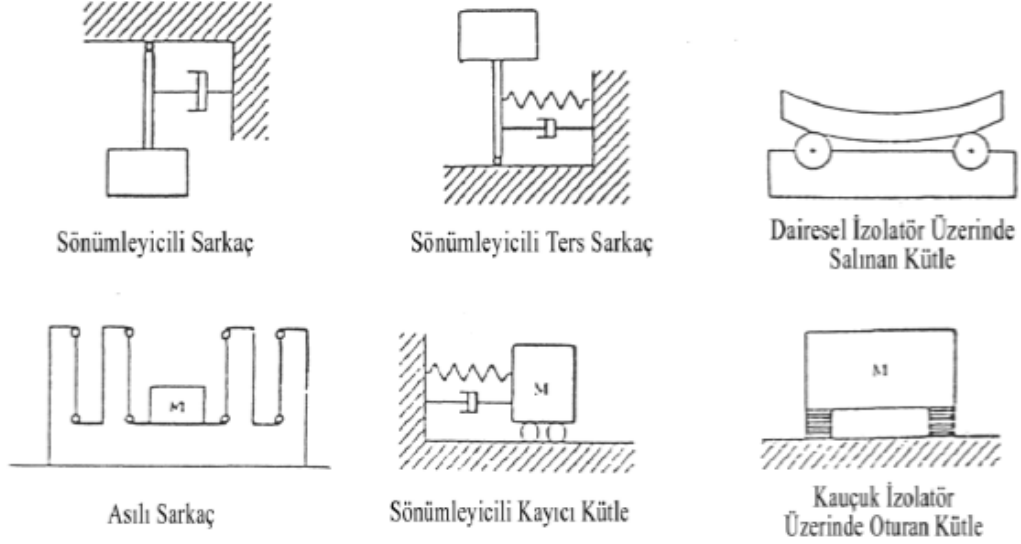
Yine Şekil 3.16'daki gibi yapının çatısına bina ağırlığının %1'i kadar bir kütle konmaktadır. Sönümleyicinin çalışma sistemi yapının belirli bir titreşim moduna alınmasıyla ve bu moddaki titreşimin bir kısmının sönümleyici sayesinde azaltılıp binaya etkisinin daha az aktarılması olarak açıklanmaktadır. Bu tip sistemler yapının dinamik davranışını istenen şekilde değiştirerek deprem etkisini azaltmayı hedefler.

Ayarlı kütleli sönümleyiciler sıklıkla aşağıdaki dört farklı etki altında kalan yapılarda kullanılır.

- Yüksek genlikli rüzgâr kuvvetleri etkisi altında kalan uzun free-standing yapılarda (Köprüler, pylonlar, bacalar, TV kuleleri, vb.)
- Araç ve yaya titreşimi etkisi altında kalan yapılarda (Ufak köprüler, yaya köprüleri, tribünler, vb.)
- Makine titreşimlerinin etkili olduğu yapılarda
- Deprem etkisi altındaki yapılarda

Bu tip sistemler bina frekansına uygun bir hareket oluşturup sürtünmeyi artırarak yay ve sürtünme elemanlarıyla uyumlu ikinci bir ağırlık bulundurmaktadır. Rüzgara karşı etkisi kanıtlanmış olup depreme olan etkisi de deneysel çalışmalarla araştırılmaktadır. Dünyadaki diğer uygulamaları ise Avusturalya'daki Center Point gökdeleni, USA'da Citicorp Center, Boston'da John Hancock gökdeleni, Japonya'da

Chiba Port gökdeleni, Dubai’de Burj Al Arab Oteli’dir. Ayrıca bu sistem gökdelenlerde kullanıldığı gibi köprülerde de yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3. 17: Ayarlı kütle sönümleyici tipleri.

3.2.1.6 Ayarlı sıvı sönümleyiciler (TLD-Tuned Liquid Damper)

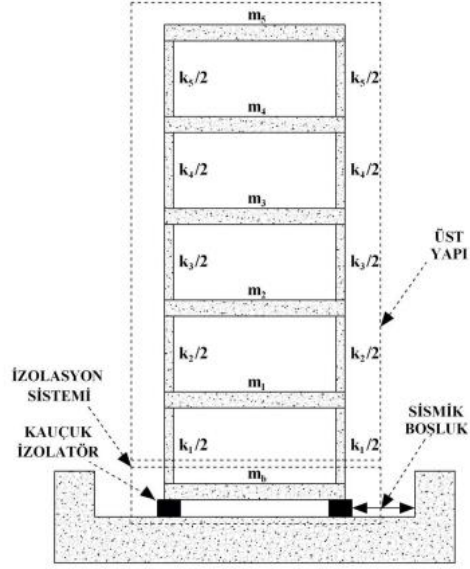
Ayarlı sıvı sönümleyiciler (TLD-Tuned Liquid Damper) de sistemler arasında yer alır. Bu tip enerji sönümleyici sistemler sıvıların viskoz hareketinden ve sıvıdaki dalga kırılmalarından faydalanır. Sönümleyicilerin yapısı ise sıg yapı tabakalarını tutan tank veya tanklardan oluşur. Bu sistem Nagasaki Airport Tower’da kullanılmıştır (Özpalanlar,2004).

3.2.2 Sismik (Taban) izolasyon sistemleri

Sismik (taban) izolasyon sistemleri pasif sistemlerin bir diğer çeşididir. Sismik izolasyon sistemleri esas olarak deprem felaketinin yapıya yatayda vermiş olduğu zararı en aza indirmek için tasarlanmıştır. Sismik izolasyon basitçe, binanın ve temelin deprem etkisini azaltmak için birbirinden koparıldığı ve araya izolatör yerleştirilen bir sismik izolasyon sistemidir (Şekil 3.19).

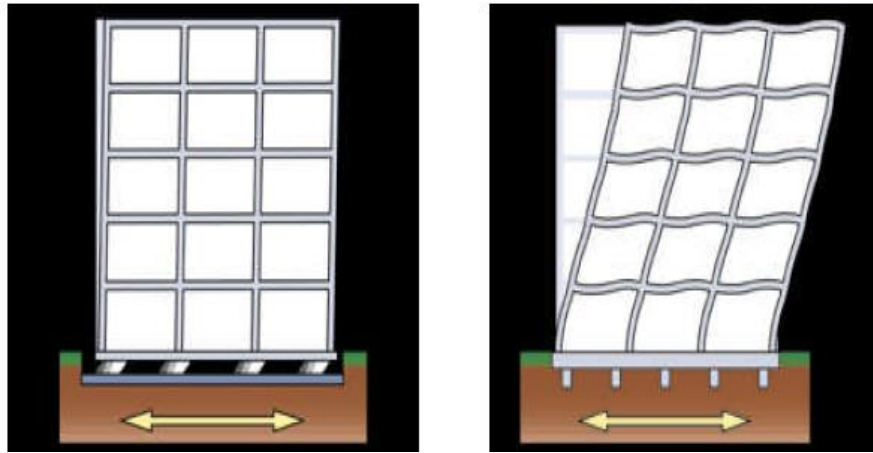
Şekil 3.18’de görüldüğü gibi normal bir binadaki katlar arası deplasmanı oldukça fazlayken sismik izolasyonlu yapıda ana bina ve temel arasında hareket boşluğu olduğundan üst yapı daha az hareket eder veya hareket etmez.

Sismik izolasyonda amaç, yapının sismik bir hareket karşısında karşılaşacağı etkileri azaltmasıdır. Bu bağlamda sismik izolasyonlu bir yapıda üst yapı bir blok halinde hareket ederken yerdeğiştirmenin büyük bir kısmı izolasyon sisteminde meydana gelir (Naeim ve Kelly, 1999).



Şekil 3. 18: Kayma modeli.

Sismik izolasyon sistemleri binaya yerleştirildiğinde yatay ivmenin azaltılması için üst yapıyı temelden ayırarak zeminin hareketine izin verir. Sismik izolasyon sistemlerinin kullanıldığı yapının periyodu artarken frekansı azalmaktadır. Periyodun artmasıyla yatay deplasmanlar büyümekte ve büyük bir bölümü izoalatörlere iletilmektedir.

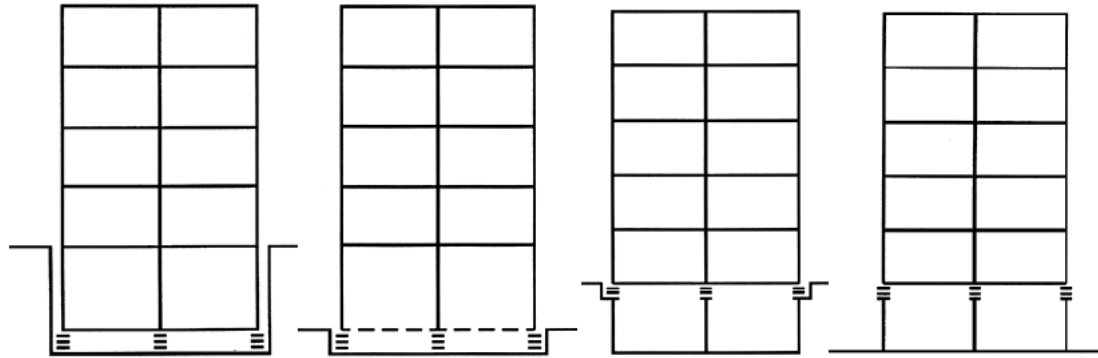


Şekil 3. 19: Sismik yalıtımlı yapı ile normal yapının karşılaştırması.

Bu sayede binada küçük yatay deplasmanlar oluşurken sismik izolasyonda ise büyük yatay deplasmanlar oluşur. Sistemde izolatörlerin bulunduğu kısımda ise enerjinin sönümü sağlanır. Binada yatay deplasmanlar küçük kaldığı için deprem esnasında bina rijit bir davranış gösterir ve buna göre planlanırlar. Bu planlama doğrultusunda rijitlik sayesinde sismik izolasyonlu binada yer değiştirmelerin büyük bir kısmı izolasyon katı düzeyinde meydana gelmektedir.

Binalarda sismik izolasyonun uygulanabilmesi için bir takım şartların yerine getirilmesi gerekmektedir. Bu parametreler, binanın etrafında izolatörlerin yer değiştirme mesafesi bırakılması ve binanın hareketi sırasında tesisat bağlantılarının zarar görmemesidir. Bu nedenle bina inşaa edilirken yeterli deplasmanın olması ve tesisat malzemelerinin esnek olması gerekmektedir.

İzolatörler binada avantajları ve dezavantajlarına göre farklı yerlerde uygulanmaktadır. Şekil 3.20’de görüldüğü gibi temellerin üst kotu, bodrum kat seviyesi, kolonların ortasına veya üstüne, 1.kat seviyesinde kolonların altına veya üstü gibi yerler izolatörün konulacağı yerlerdir.



Şekil 3. 20: Sismik izolatörlerin binada konumlandırılması.

Genelde sismik izolatörler temel seviyesinde kullanılmakta olup binanın yüksekliği, bulunduğu arazinin şartları ve diğer özelliklerine bağlı olarak ara katlarda da kullanılabilir. Yaygın olarak temel yalıtımı adıyla bahsi geçen bu sistem çatılarda da kullanılabilir. Çatıda da kullanılabilen sistemler mevcuttur. Çatıda kullanım örneklerinin temelde kullanıma oranla az olduğunu belirtmek gerekmektedir.

Sismik izolasyonun tarihi 1800’lü yılların sonlarına dayanmaktadır. İlk olarak Tokyo Üniversitesi’nde (Japonya) 25 cm çapındaki çelik bilyaların kullanımıyla bir izolasyon sistemi tasarlanmıştır. Tasarımı yapan Sismolog Dr. John Milne sistemin

orta seviyedeki depremlerdeki performansını kanıtlamıştır (Tezcan ve Cimilli, 2002). Bu sistemin sonrasında Amerika (Komodromos, 2000), İngiltere (Naeim ve Kelly, 1999) ve İtalya (Augenti ve Serino, 1989) gibi ülkelerde benzer çalışmalar bildirilmiştir. Sismik izolasyon tekniğinin modern anlamda kullanımına 1969 yılında Yugoslavya’da üç katlı bir okulda rastlanmıştır (Tezcan ve Cimilli, 2002).

Günümüzde birçok farklı ülkede sismik taban izolasyonlu binalar inşaa edilmiş olup, bu konudaki çalışmalar devam etmektedir. Ülkemizde ise çeşitli üniversitelerin yürütmüş olduğu çalışmalara karşın profesyonel anlamdaki uygulamalar yeterince yaygın hale gelmemiştir (Pınarbaşı ve Akyüz, 2005). Konuyla ilgili Dünya’ndan ve Türkiye’den örnekler bir sonraki bölümde geniş olarak değerlendirilmiştir.

Sismik izolasyon sisteminin avantajları:

- Ekonomik maliyet

Sismik izolasyon için maliyet hesabı yapılırken bina yükünün izolatöre aktarımı parametre olarak değerlendirilir. Fiyatlandırma birimi olarak maliyet / alan hesabı kullanılır. Genelde maksimum sismik izolatör maliyeti yüksek deprem riski taşıyan, yüksek hareketli yükler altında bulunan ve hastane, okul gibi az katlı binalarda oluşur.

Sismik izolasyonlu bina maliyeti yaklaşık olarak hesaplanacak olursa; izolatörler için yapılması gereken ilave bodrum kat hesaba katılmalıdır. Temel kazısı normalden daha derin olmalı ve bina çevresinde istinat duvarı binaya ek maliyet getirir. Ayrıca, izolatör bağlantıları için temel girişleri yapımı ve bağlantılarının yapılması da ilave maliyetlerden bir diğeridir.

Asansör ve merdivenlerin yatay hareketi engellemeyecek şekilde organize edilmesi ve deplasman (binanın depredeki yer değiştirme) mesafesinin ayarlanması da mevcut binalarda olmayıp sismik izolatörlü binalarda olan hususlardır. Bütün bu hususlar ilave maliyet getirip toplam bina maliyetinin %2-%4 arasında artışına sebep olurlar (Türker, 2005).

Yine bina çevresinde kullanılan temel sisteminin değişmesi de maliyeti artıran bir diğer önemli husustur. Ayrıca sismik izolatörlü binada maliyeti artıran husus

yalnızca sismik izolatör olmayıp sismik izoltörlü binada sismik izoltörlerin gerektirdiği sismik köprüler, taşıyıcı olmayan elemanların sismik koruması gibi diğer birçok ilave imalat bina maliyetini oldukça artırmaktadır.

- Güvenlik ve depremden sonra kullanılabilirlik

Depreme dayanıklı binalarda normalde deprem sonrası hasara izin verilir. Ancak sismik izolasyon yönetmeliğinde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda katlar arasında bir hasar meydana gelmediğinden kullanımı engelleyecek bir hasar veya bozulma meydana gelmez. Deprem sonrası bina güçlendirme bakım ve onarıma ihtiyaç duymadığından ekonomik anlamda da fayda sağlar.

- Tasarım

Depreme dayanıklı binaların yapısal tasarımı maksimum deprem güçlerine göre hesaplanırken, sismik izolatörlü binada birçok parametre göz ardı edildiğinden basit matematiksel yöntemlerle süreç daha da kolaylaşır ancak statik anlamda yapısal tasarım süreci uzayacağından maliyet yine de artabilir.

Mimari tasarım açısından da sismik izolatör temel üst kotunda kullanıldığında ilave bodrum kat gerekmektedir. Bu gereksinim beraberinde bina çevresindeki boşluk ihtiyacını getirecektir ve binanın çevresindeki iksa sisteminde forekazık, toprakarme gibi ilave imalatlar ortaya çıkacaktır. Ayrıca sismik izolatörlü binada bina çevresindeki iksa boşluğu ile binaya girişler sismik köprüler ile sağlanması gerekmektedir.

Asma tavan ve elektromekanik imalatlardaki sismik bağlantı detayları da yine mimari tasarım sürecinde göz önünde bulundurulması gereken hususlardandır. Bu nedenle sismik izolatörlü bir binada tasarım süreci normal bir bina tasarımından daha uzun sürmektedir.

- Taşıyıcı olmayan elemanların güvenilirliği

Normal bir binada büyük depremlerde bina taşıyıcı elemanları zarar görmese bile taşıyıcı olmayan elemanlar yaşayanlara zarar verebilir. Buna karşın sismik izolatörlü

bir binada deprem etkisi üst katlara çok az miktarda iletildiği için taşıyıcı olmayan elemanlar da kullanıcıya zarar vermez.

Sismik izolasyon çeşitleri:

Sismik izolasyon sisteminde kullanılan izolatör malzemelerin tipleri, şekilleri, kullanıldıkları yer, büyüklükleri ve yapıldıkları malzeme bakımından sınıflandırılırlar.

Sismik(Taban) İzolasyon Sistemleri:

- Kauçuk esaslı (Elastomerik) sistemler
 - Düşük sönümlü doğal ve sentetik kauçuk mesnetler (LDRB)
 - Yüksek sönümlü doğal kauçuk mesnetler (HDNR)
 - Kurşun çekirdekli doğal kauçuk mesnetler (LRB)
- Kauçuk – Kayıcı Karma Sistemler
 - Electricite-de-France sistemi (EDF)
 - EERC bileşik sistemi
- Yay tipi sistemler
- Kayıcı sistemler
 - Esnek sürtünmeli taban izolasyonu (R-FBI)
 - Sürtünmeli sarkaç sistemler (FPS)

3.2.2.1 Kauçuk esaslı (Elastomerik) sistemler

Kauçuk esaslı (elastomerik) sistemler en yaygın olarak kullanılan taban izolasyon sistemlerinden biridir. Bu sistemler 8 ila 20 mm kalınlığındaki kauçuk malzemenin (doğal veya sentetik malzemeden yapılmış, şekli bozulduğunda tekrar ilk haline dönebilen esnek bir ürün) kullanılarak ince kauçuk tabakaları arasına 2 ila 3 mm

kalınlığındaki çelik levhaların konulmasıyla oluşturulmaktadır. Çelik levhalar sayesinde mesnedin düşey yük kapasitesi artar ve bu sayede sistem düşey yönde son derece rijit iken yatay yönde, istenmeyen salınımları önleyerek istenilen esnekliği sağlar (Celepve Kumbasar, 2004; Kelly, 1997).

Elastomer mesnetlerin düşey rijitliği mesnedin şekline bağlıdır ve şekil faktörü göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmalıdır (Aydın, 2004). Bodrum katı olmayan binalarda kauçuk izolatörler temel üstündeki temel kütlesi ile temel kütlenin altında bulunan rijit platform arasına yerleştirilmekte ve üst yapı izolatörler üzerine inşa edilmektedir.

Bodrum katı olan binalarda ise bodrum kat ile zemin kat arasında bir kat oluşturularak, izolatörler bodrum kat kolon ve perdelerinin alt, orta ve üst kesitlerine yerleştirilebilir. Bu sistemler yerleştirilirken kolonlar yerine daha çok bodrum katların tercih edilmesinin asıl sebebi yangın önlemi alınmasına gerek kalmamasıdır. Ancak izolatörler kolonlarda bulunursa sismik izolatörler içi mutlaka yangınsan korunma önlemlerinin alınması gerekmektedir. Bu sistemin en önemli avantajı uzun kullanım süresine sahip olmasıdır.

Binada kullanılacak olan kauçuk malzeme özellikleri frekans ve sıcaklığa bağlı olarak farklılık göstermektedir. Dolayısıyla kullanılacak olan kauçuk malzeme izolatör uygulama koşulları altında test edilmeli ve en optimum sönüm ve rijitlik tercih edilmelidir. Sismik izolatörlerin özellikleri zamanla çevrenin etkileri ile değişebilmektedir. Bu nedenle sismik izolatör kullanımında güneş ışınları, nem, ozon, hidrolik yağlar ve uzun süreli basıncın yüksek ve düşük sıcaklıktaki olumsuz etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Elastomer sistemler; üretimleri kolay olup hareketli parça içermemektedir. Kötü çevre koşullarından kolay etkilenmediklerinden dolayı kullanım ömürleri uzun ve tamir gereksinimleri azdır (Komodromos, 2000). Diğer bir avantajı ise malzemeye istenilen şeklin verilebilmesidir. Metalle aderansının güçlü olması ise makine ya da temele montaj yapılırken kolaylık sağlamaktadır. Yapılan bazı sismik izolatörlerde elastomer malzemeler yerine şişe mantarı, keçe ya da kauçuk köpük, fiberglas içeren malzemeler de sismik izolasyonda kullanılmaktadır. Ancak bu malzemelerin mekanik özelliklerinin iyi bilinmemesi problem oluşturmaktadır.

Elastomerik izolatörlü sistemlerde, izolatörlerin düşey yüklere taşıyıcı görevi yapmamaları durumu meydana gelirse, sistemlerde düşeyde taşıyıcı görevi üstlenecek başka mekanizmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sistemler “back-up system” olarak yer almaktadır. Ayrıca bu tip mesnetlerin burkulma ihtimali taşıması dar ve yüksek binalarda tasarımında dikkat edilmesi gereken bir noktadır. Bu nedenle dar ve yüksek binalarda kullanım alanı azdır. Elastomerik izolatörlü sistemler; düşük sönümlü doğal ve sentetik kauçuk mesnetler (LDRB), yüksek sönümlü doğal kauçuk mesnetler (HDNR), kurşun çekirdekli doğal kauçuk mesnetler (LRB) olarak üç grup altında toplanmaktadır.

Dezavantajları; yangın önlemi gerektirmekte ve malzemelerinin mekanik özellikleri tam bilinmemektedir. Avantajları ise elastomerik sistemler uzun kullanım süresine sahiptirler. Parçaların üretimi kolaydır. Toz, su gibi kötü çevre koşullarından kolay etkilenmemektedirler. Montajları kolay yapılmaktadır.

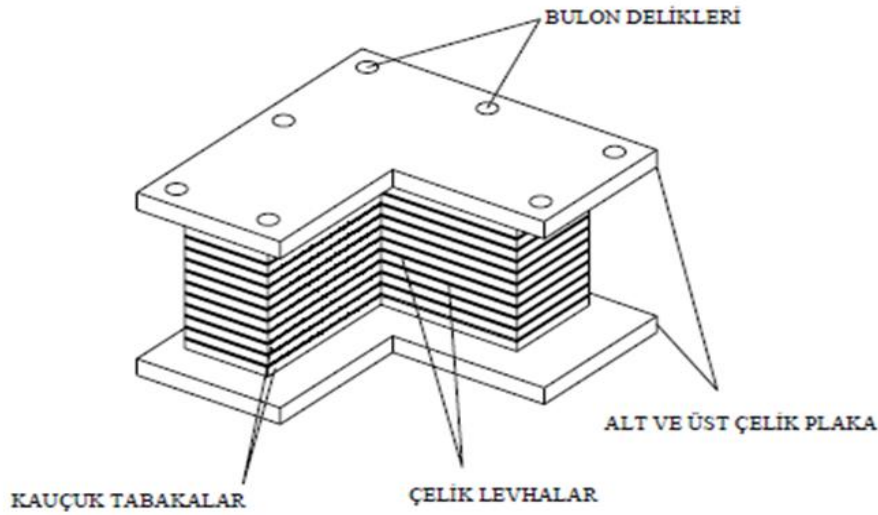
3.2.2.1.1 Düşük sönümlü doğal ve sentetik kauçuk mesnetler (LDRB)

Düşük sönümlü doğal ve sentetik kauçuk mesnetler (Low Damping Rubber Bearings) taban izolasyonunda kullanılan bilinen en eski elastomerik mesnetli sistemdir. İlk uygulanan sismik izolatör sistemi olan düşük sönümlü kauçuk mesnetler sıcaklıktan ve zamandan etkilenmemeleri sebebiyle uzun kullanım kapasitesine sahiptirler. Ayrıca düşük sönümlü kauçuk mesnetler, kolay imal edilmeleri ve modellenmeleri açısından oldukça avantajlıdır (Naeim ve Kelly, 1999; Kösedag, 2002).

Düşük sönümlü doğal ve sentetik kauçuk izolatörlerin en yaygın kullanımı Japonya'dadır. Japonya'da kullanılan elastomer malzemeler, genellikle doğal kauçuktan üretilmektedir. Ancak elastomer mesnetlerin; sönümleri genellikle %5'den düşük olan yatay yer değiştirmedeki büyük şekil değiştirmelerinden dolayı taşıyabileceği düşey yük miktarı azalır. Dezavantaj olarak görülen bu sebepten dolayı deprem şiddetinin çok yüksek olduğu yerlerde kullanılmaları tavsiye edilmemektedir. Bu tür bölgelerdeki binaların izolasyon sistemlerinde ek sönüm aletleri (viskoz sönümleyiciler, çelik çubuklar, sürtünmeli aletler vb) kullanılmasıyla bu sorunun önüne geçilmektedir (Çağlar, 2002).

Genel olarak düşük sönümlü doğal ve sentetik kauçuk mesnetlerin kauçuk ve çelik plakaların biraraya gelmesiyle oluşmaktadır. Mekanik yapısı ve çalışma sistemi incelenecek olursa; izolatörün altında ve üstünde iki adet kalın çelikten uç levhası destek tabakası bulunur. Bu iki levha arasında da birçok ince çelikten ara levhalar vardır.

Kauçuk malzeme bir seferde bir kalıp içinde belli bir basınç ve sıcaklık uygulanarak alt ve üst uçta bulunan çelik levhalara bağlanmıştır (Şekil 3.21). Sistemde yer alan çelik levhalar kauçuk malzemenin yanal deformasyonunu önleyerek düşeyde yüksek rijitlik sağlamaktadır. Yatayda ise rijitlik sağlamamaktadır. Ancak kauçuk tabakanın şişmesini ve kabarmasını önler. Yatay rijitlik ise kauçuk tabakaların kalınlığı ve sayısı ile belirlenmektedir.



Şekil 3. 21: Düşük sönümlü ve yüksek sönümlü kauçuk izolatör.

Sistemde tabaka kalınlığı sabit tutulup, kauçuk tabaka sayısı değiştirilerek istenilen rijitlik sağlanmaktadır. İzolatörlerin yüksekliğinin artması mekanizmada burkulmaya yol açtığından, yükseklik çapın yarısıyla sınırlandırılmıştır.

Bu sistemlerin avantajları aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- Sismik izolatörlerin üretimi ve imalatı kolaydır.
- Statik açıdan yapısal hesaplaması kolay yapılır.
- Mekanik özellikleri sıcaklıktan etkilenmez.

Dezavantajı; genellikle bütünleyici olarak bir sönümleyici sisteme ihtiyaç duyulmasıdır.

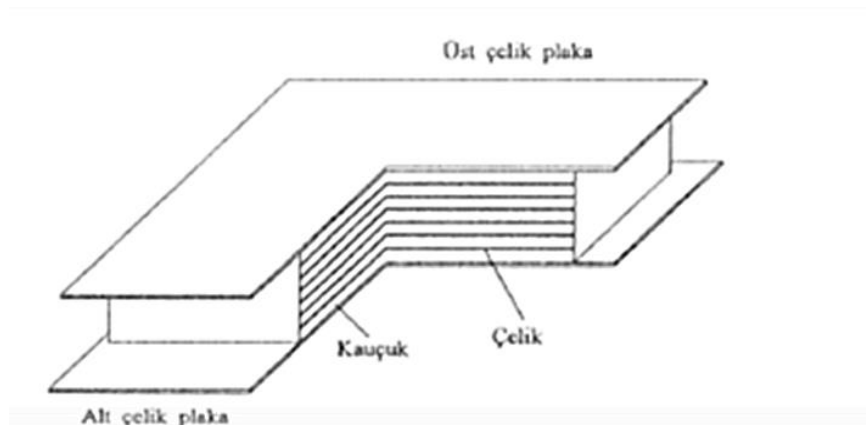
3.2.2.1.2 Yüksek sönümlü doğal kauçuk mesnetler (HDNR)

Yüksek sönümlü doğal kauçuk mesnetler (High Damping Natural Rubber), doğal kauçuktan yapılmakta olup yeterli miktarda sönüm içermeleri sayesinde ek sönümleyicilere ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır. Bu mesnetler 1982 yılında İngiltere’de Malezya Kauçuk Üreticileri Birliği (Malaysian Rubber Producers’ Research Association (MRPA)) kurumu tarafından geliştirilmiştir (Kösedağ, 2002).

Geliştirilen bu mesnetlerin sönüm miktarı; aşırı saf karbon blok, yağlar, reçineler gibipatentli katkı maddeleri eklenilmesiyle artırılmaktadır. Diğer elastomer mesnetler %2 civarında sönüme sahipken, yüksek sönümlü kauçuk mesnetlerdeki kayma şekil değiştirmelerin %100’ün üstüne çıktığında, ilave edilen karbon blokların ve yağ, reçine gibi malzemelerin etkisiyle sönüm oranı %12 civarına çıkmaktadır (Celep ve Kumbasar, 2004).

Şekil 3.22’de görüldüğü gibi bu tip izolatörler üst ve alttaki geniş iki plaka arasında bulunan kauçuk ve çelik plakalardan oluşur.

Yüksek sönümlü kauçuk izolatörlerin çelik ve kauçuk plaka sayısı izolatörün performansına etki eden parametrelerdir.



Şekil 3. 22: Yüksek sönümlü kauçuk mesnetler.

Sistemin avantajları;

- İzolatörlerin (LDRB sisteme oranla) daha yüksek sönüme sahip olması
- Çevredeki titreşim problemlerinin azaltılması ve ortadan kaldırmasıdır. Bu sebeple yüksek frekanslı, trafik veya yeraltı demir yollarında ve metrolarda titreşimleri filtre etmek için kullanılmaktadırlar.

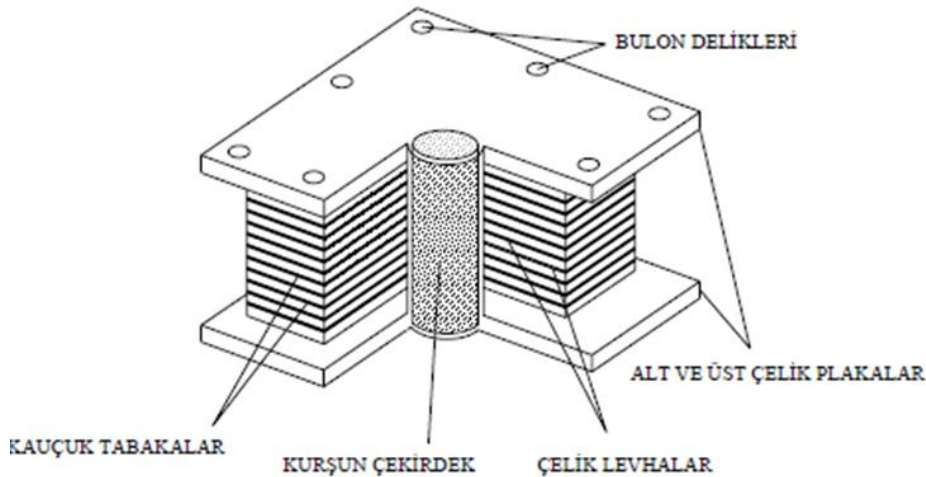
Sistemin dezavantajları;

- Mesnetlerin binayı rüzgâr yüklerinin yol açabileceği yapısal risklerden koruyamamasıdır.
- Sistemin özelliklerinin sıcaklıktan etkilenmesi ve montaj işçiliğinin yüksek maliyet gerektirmesi yaygın olarak kullanılmasına engel olmuştur.

3.2.2.1.3 Kurşun çekirdekli doğal kauçuk mesnetler (LRB)

Kurşun çekirdekli doğal kauçuk mesnetler (Lead Plug Rubber Bearings) Yeni Zelanda mesnedi olarakta adlandırılırlar. Bunun sebebi ilk olarak 1970’li yıllarda Yeni Zelanda’da üretilmiş olmasıdır.

Şekil 3.23’te de görüldüğü gibi kurşun çekirdekli kauçuk mesnetlerin model yapısı; diğer mesnetlerdeki gibi kauçuk tabakalar arasına çelik levhaların yerleştirilmesiyle benzerlik gösterirken mesnedin ortasına bir veya daha fazla kurşun çekirdek yerleştirilmesiyle diğerlerinden farklılık göstermektedir.



Şekil 3. 23: Kurşun çekirdekli kauçukizolatörün yapısı.

İzolatörün içindeki çelik levhalar, kurşun çekirdeği kayma sırasında şekil değiştirmeye zorlayarak, 10 Mpa gibi düşük bir basınç değerinde civarındaki bir kesme gerilmesinde fiziksel olarak şekil değiştirmesine yol açmaktadır. Kurşun

çekirdek, mesnede bir başlangıç rijitliği kazandırarak izolatörde enerji dağıtımını sağlamaktadır. Bu tip mesnetlerde kurşun plastik davranış göstererek sistemin davranışını histeretik sönümleyici aletlere benzetmektedir (Skinner et al, 1975; Nagarajaiah et al, 1991a; Nagarajaiah et al, 1991b). Bu tip mesnetlerde sistemin, yapmış olduğu yer değiştirmeden dolayı sönüm %15 ile 35 arasında olabilmektedir (Celep ve Kumbasar, 2004; Komodromos, 2000).

Kurşun çekirdekli izolatörlerin dezavantajı; güçlü deprem felaketleri esnasında kurşun çekirdeğin zarar görmesi ve zarar görüp görmediğinin belirlenememesidir. Ancak bazı şiddetli depremlerde iyi performans göstermiş olması bu olasılığı zayıflatmaktadır. İzolatörün montajı sırasında ise kurşun çekirdeğin mesnetortasındaki delikten bir miktar büyük yapılarak deliğe zorlanarak yerleştirilmesi de dikkat edilmesi gereken bir husustur. Avantajları ise yatak kapasitesinin geniş olması, yatakların (kurşun çekirdek, elastomerik vb.) istenildiği gibi tasarlanabilmesidir (Özdaş, 2008).

3.2.2.2 Kauçuk – kayıcı karma sistemler

Kauçuk kayıcı karma sistemler Electricite-de-France sistemi (EDF) ve EERC bileşik sistemi olmak üzere 2'ye ayrılır.

3.2.2.2.1 Electricite-de-France sistemi (EDF)

Bu sistem adını 1970'lerde nükleer santrallerde kullanılmak için gelişmesine destek veren Fransız Elektrik Kurumu (Electricite-de-France)'ndan alır. İlgili Kurum içinde deprem güvenliği sağlanması gereken nükleer elektrik santrali geliştirdiğinden deprem izolasyonunu da sağlaması gerekiyordu. Ayrıca santrallerin deprem riski daha yüksek yerlere de yerleştirilmesi ihtimali olduğundan binanın sahip olduğu sınır yalıtım değerlerini korumaya özen gösterilmekteydi.

Fransız Elektrik Sistemi kayıcı sistemlerin elastomerik sistemlerle beraber çalışmasından oluşur. Ayrıca sistem plaka plaka birleştirilen neopren mesnetlerle, paslanmaz çelik alaşımının kombinasyonundan oluşur. Neopren tabakalar sürtünme yüzeyini oluştururken elastomerik mesnetlerin üzerine yerleştirilir. Sistem temel olarak deprem bölgelerinde bulunan nükleer santrallerde kullanılmak üzere Fransa'da bulunmuştur ancak Dünya'da yalnızca bir kere Afrika Cumhuriyeti'nin Koeberg şehrindeki nükleer elektrik santralinde uygulanmıştır.

Sistemin dezavantajları;

- Tabakaların yer değiştirme potansiyellerinin çok az olmaktadır.
- Sistemde mesnetin merkeze gelmesini sağlayan bir mekanizma yoktur.
- Bu sistemdeki parçalar daha ileriki bir zamanda değiştirilememesi olarak belirtilebilir.

3.2.2.2 EERC bileşik sistemi

Kauçuk esaslı ve kayıcı sistelerin birleştirilmesiyle oluşturulan bir diğer sistemdir. EERC (Eartquake Engineering Research Center-California Üniversitesi) desteğiyle ortaya çıkmıştır. Binanın iç kolonlarının teflon mesnetler üzerinde kayması sağlanırken dış kolonlarda düşük sönümlü kauçuk mesnetler yardımıyla burulma önlenir. Teflon mesnetler enerjiyi sürtünme yoluyla sönümlerken yüksek dayanıma sahip elastomerik izolatörler yeniden merkezlenmeyi sağlar.

3.2.2.3 Yay tipi sistemler

Yatay yönde gelen etkiyi azaltmak için kayıcı ve kauçuk sistemler kullanılabilirken düşey yönde gelen etki de sınırlandırılmak istendiğinde sarmal yaylardan oluşan yay tipi sistemler kullanılabilir.

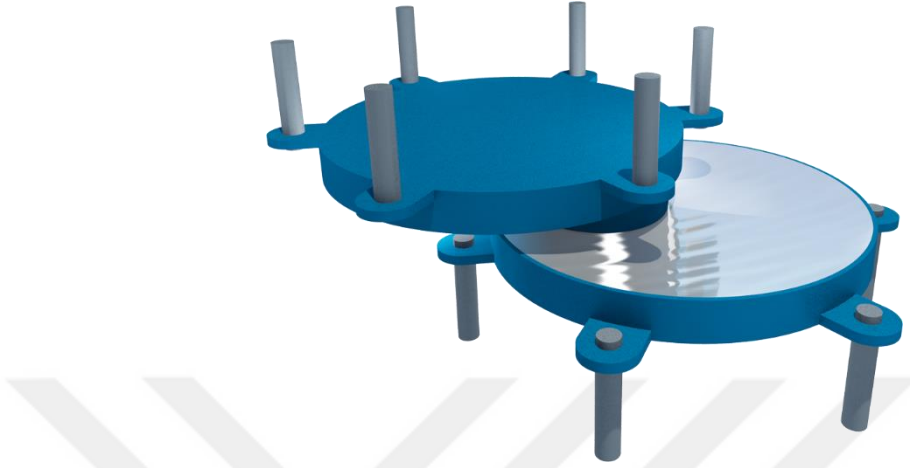
Bu sistemler genelde titreşimi önlemek için kullanıldığından daha çok enerji santralleri ve fabrikalar gibi büyük makinaların olduğu yerlerde kullanılır.

3.2.2.4 Kayıcı sistemler

Kayıcı sistemlerin Çin ve Hindistan'da meydana gelen büyük ölçekli depremlerden sonra ankastre binalarda görülen yıkımlara nazaran aynı kat ve boyutlardaki yığma binaların yıkılmadan temelleri üzerinde kaymasının tespitinin sonucudur. Çin ve Hindistan gibi ülkelerde fark edilmesine rağmen ilk olarak 1900'lü yılların başında İngiltere'de tasarlanmıştır. Sistemlerin çalışma prensibi temel ve üst yapı arasında oluşan yatay hareket serbest bırakılmasıdır. Böylelikle, sürtünme katsayısı mümkün olduğunca azaltılarak izolasyon ara yüzünde kesme kuvveti geçişi sınırlandırılmış olmaktadır.

Şekil 3.24'te de görüldüğü gibi kayma tipi izolatörler için tasarımda kayma yüzeylerinde pek çok farklı malzeme kullanılarak veya farklı yüzeysel geometriler oluşturularak (düz, konikal, eğrisel) farklı çeşitler geliştirilmiştir. Bu çeşitlilik sürtünme özelliği ve sarkaç davranışından kaynaklanmaktadır. Kullanılan bu

malzemelerden en sık karşılaşılan paslanmaz çelik üzerine kaplanan “politetrafloraetilen” (PTFE) veya teflondur. Elastomere göre teflon yüzeyler daha fazla normal gerilme taşıyabilmektedirler.

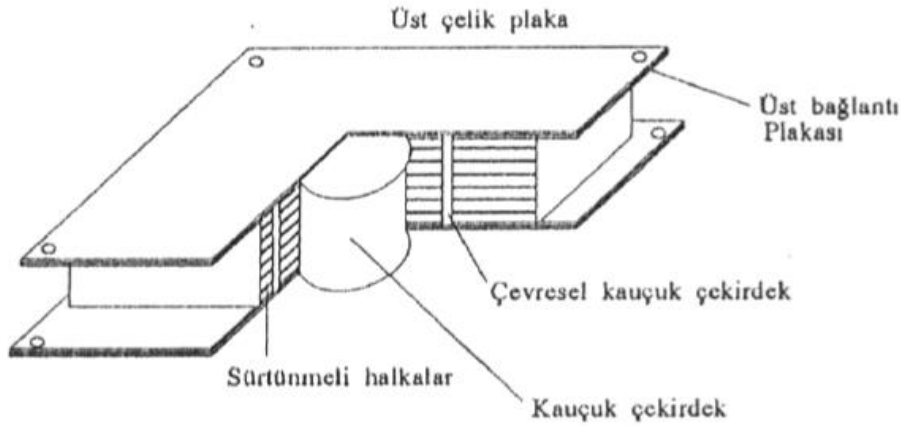


Şekil 3. 24: Sürtünmeli taban izolatörü örneği.

Bu sistemde sürtünme karakteristikleri; sıcaklık, ara yüzey hareketi hızı, aşınma derecesi ve yüzey temizliği gibi faktörlerden etkilenmektedir. Bu mesnetler şiddetli depremlerin etkilerini azaltmak için oldukça etkin sistemlerdir. Bu sistemlerin en önemli örneği “Earthquake Strong Motion Observatory” için inşa edilen Pekin’deki yurt binasıdır. Bu binanın zemin katında duvarlar ile temel arasına yerleştirilmiş özel bir kum tabakası kullanılarak kayma yüzeyi oluşturulmuştur. Kayıcı sistemler çok sayıda alt çeşidi var olup her gün bir yenisi eklenmektedir (Komodromos, 2000).

3.2.2.4.1 Esnek sürtünmeli taban izolasyonu (R-FBI)

Esnek sürtünmeli taban izolasyonu (Resilient-Friction Base Isolation), kayıcı mesnetli sistemlerin denge durumuna geri dönmesini sağlayacak kuvveti içermediklerinden dolayı geliştirilmiştir. Esnek sürtünmeli taban izolasyonunun mekanizması incelendiğinde birbirleriyle sürtünmeli olarak temas eden teflon kaplama eşit merkezli daire şeklindeki plakalar, izolatörün orta kısmında bir çelik çubuk ve bu çubuk çevresinde merkezi bir kauçuk çekirdeğin bir araya gelmesiyle oluşmuştur. Kauçuk kılıf, mesnedi çevresel dış etkilerden (toz paslanma vb.) korunurken halkaların aşınmasını da önlemektedir (Şekil 3.25).



Şekil 3. 25: Esnek sürtünmeli taban izolatörü örneği.

Yüksek kayma hızlarında yüksek sürtünme katsayısı problemini ortadan kaldırmak için paslanmaz çelik üzerinde teflon tercih edilmekle beraber, tek bir izolatör içinde birden fazla kayıcı ara yüzey kullanılmaktadır. Böylece sürtünme katsayısı düşürülerek her yüzdeki hız değeri düşürülmektedir.

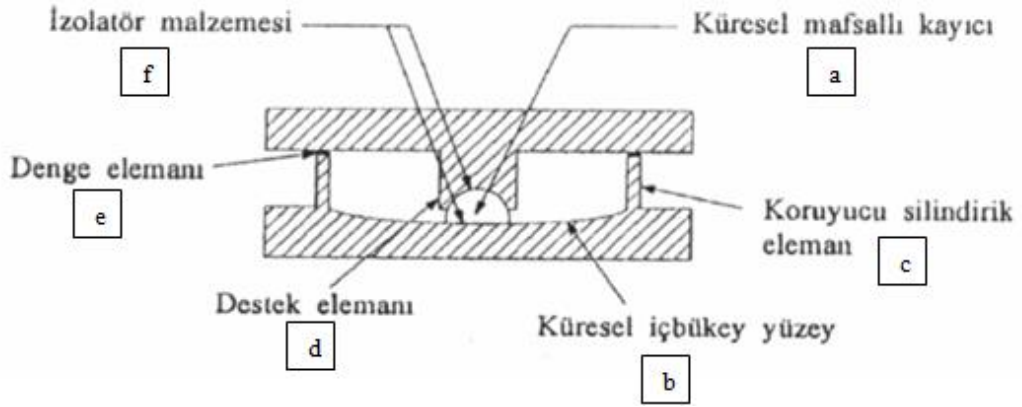
Merkez noktadaki kauçuk çekirdek ise düşey bir yük taşımazken yer değiştirme ve hızın, mesnet yüksekliği boyunca eşit olarak bölünmesini sağlar.

Esnek sürtünmeli sistemde rijitlik merkezi kütle merkezi ile çakıştığından simetrik olmayan binalarda kolaylıkla kullanılır.

3.2.2.4.2 Sürtünmeli sarkaç sistemler (FPS)

Sürtünmeli sarkaç sistemlerde (Friction Pendulum System) sürtünme ve sarkaç hareketi sistemin çalışmasında rol oynamaktadır. Sürtünmeli sarkaç sistemlerde mesnetler çeliktir.

Şekil 3.26'da gösterildiği üzere; mafsallı kayıcıların(a) bir kenarı, az sürtünmeli bir kompozitle kaplanırken diğer kenarı paslanmaz çelik ile kaplanmaktadır. Ardından mafsal(a) düşük sürtünmeli kompozit malzemeden yapılmış küresel bir oyuk(b) içerisine yerleştirilir. Yüksek yükleme kapasitesine sahip, düşük sürtünmeli, paslanmaz çelik bu mafsal(a) oyuk içinde kayma hareketi sağlamaktadır. Bu hareket deprem sırasında sürtünmeli sarkaç mesnet sisteminde, mafsal kayıcı içbükey yüzey üzerinde kayarak kütlenin yükselmesine neden olmaktadır. Böylelikle kinetik enerji potansiyel enerjiye dönüştürülür ve enerji gerekli oranda yutulur.



Şekil 3. 26: Sürtünmeli sarkaç izolatör örneği.

Sismik izolasyon sonuçlarında istenilen değerler elde edilirken geometri ve ağırlıktan faydalanılmaktadır. Bunun nedeni bina ağırlık merkeziyle, yatakların rijitlik merkezinin çakışmasının sağlanmasıdır. Bu prensip mesnetin yer aldığı binanın burulma hareketini önler. Bu sistemde yer alan koruyucu silindir(c), yatay yer değiştirmelerin önlenmesinde ve iç ekipmanların çevresel kirlilikten korunmasını sağlamaktadır. Koruyucu silindir(c) tarafından sağlanan yer değiştirme sınırlandırması, deprem ve hesap yükleri arasında büyük miktarda fark olması halinde, hayati derecede önemli bir koruma sağlamaktadır. Sürtünmeli sarkaç sistemler elastomerik sistemlerdeki söz konusu avantajlara sahip olmakla kalmayıp dezavantajlarının hiç birisini barındırmamaktadır. Sürtünmeli sarkaç izolatörlerin avantajları;

- Kompakt bir yapıya sahip olduğundan montajı kolaydır.
- Atmosferik şartlardan ve çevre koşullarından olumsuz etkilenmez ve çok uzun ömürlüdür.
- Yangına karşı dayanıklıdır. İlave tedbir alınması gerekmez.
- Öngörülen deprem şiddetinden daha büyük bir deprem ile karşılaşılması durumunda bile izolatör parçalanmayıp görevine devam edebilir.
- Binadaki ısı genleşmelere imkan sağlar. Basit sarkaç prensibiyle çalıştığından statik ve dinamik modellemesi kolaydır.
- Zamana bağlı teknik özellikleri değişmez, bakım gerektirmez.

Boyutları diğer alternatiflere göre daha küçük olduğundan daha az bir hacim kaplar ve binadaki mimariyi etkilemez.

3.3 Sismik Kontrol Yöntemlerine İlişkin Genel Değerlendirme

Günümüzde depreme karşı yalıtım gerkeen binalarda kullanılan bir çok sistem olmasına karşın bunlar aktif ve pasif kontrol sistemleri olmak üzere iki başlık altında değerlendirilebilir. Aktif kontrol sistemleriyle ilgili kısımda da anlatıldığı üzere aktif kontrol sistemleri sürekli enerji bulundurması gereken sistemler olduğu için örnekleri bulunmasına rağmen günümüzde çok tercih edilmemektedir. Aktif sistemlere oranla daha çok gelişen ve yaygınlaşan sistemler olan pasif kontrol sistemleri de kendi aralarında bir çok alt başlığa ayrılmıştır.

Pasif kontrol sistemlerinden enerji sönümleyiciler sismik izolatör sistemlerine oranla daha az deplasman kapasitesini sağladığından ve dezavantajları sismik yalıtım sistemlerine göre çok olduğundan yaygınlaşamamıştır. Enerji sönümleyiciler daha çok rüzgar etkisini azaltmak için kullanıldığından depreme karşı etkileri sismik(taban) izolasyon sistemlerine göre daha azdır. Sismik(taban) izolasyon sistemleri de kendi içinde 4 başlığa ayrılmakta olup bu tipler arasında en yaygın kullanılan sistemler kauçuk esaslı (elasometik sistemler) ve kayıcı sistemlerdir.

Bu sismik izolatör tiplerinden hangisinin daha uygun olduğu binanın özellikleri, binanın bulunduğu çevre koşulları ve gereken deplasman kapasitesi doğrultusunda belirlenir. Bu bağlamda kauçuk esaslı(elastmerik) sistemler sıcaklıktan etkilendiği için bu tip izolatörlerin çok sıcak ve çok soğuk bölgelerde kullanımı tercih edilmemektedir. Aynı şekilde kauçuk esaslı (elastomerik) sistemler, suya karşı sürtünmeli sarkaç sistemlere göre daha dayanıklı iken, sürtünmeli sarkaç sistem sıcaklıktan etkilenmediği ve montaj maliyeti düşük olduğu için daha çok tercih edilmektedir.

Bu bağlamda kauçuk esaslı(elastomerik) sistemlerin hertürlü avantajını sürtünmeli sarkaç sistemler de sağlarken hiç bir avantajını barındırmaması sürtünmeli sarkaç sistemlerin daha çok tercih edilmesini ve yaygınlaşmasını sağlamaktadır. Yapılmış veya yapılmakta olan örneklere bakıldığında ülkemizde en yaygın kullanılan Sismik kontrol sistemleri Sürtünmeli Sarkaç Sistemler(FPS)'dir. Bu bağlamda bir sonraki bölümde Dünya'da ve ülkemizde sismik kontrol sistemlerinden sismik izolasyon sistemleri uygulanan bina örnekleri incelenecektir.

4. SİSMİK İZOLASYON SİSTEMLERİNİN UYGULAMALARI

Sismik izolasyon sistemleri yukarıda da bahsedildiği üzere son dönemde daha yaygın kullanılan bir sistem olup ilerleyen teknolojiyle gün geçtikçe kullanım alanı daha da yaygınlaşmaktadır.

4.1 Dünya'daki Sismik İzolasyon Sistemleri Uygulamaları

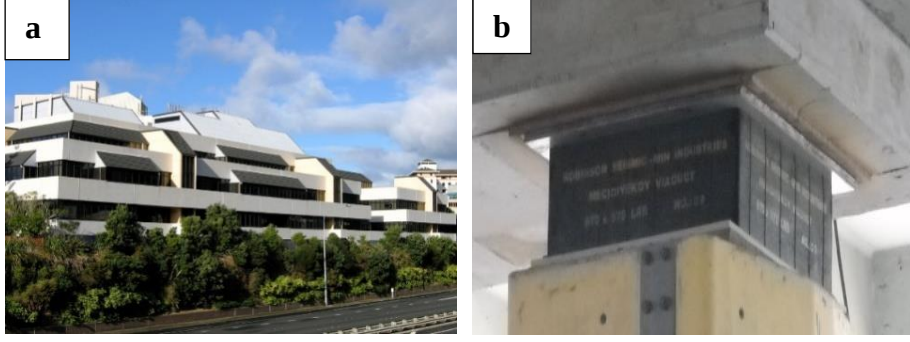
Sismik izolasyon sistemlerinin Dünya'da birçok örneği olup bu örnekler çoğunlukla Deprem bölgesinde olan ülkelerde görülmektedir. Bu sistemler daha çok Yeni Zelanda, ABD, İtalya, Japonya, Çin, Ermenistan gibi deprem bölgelerinde olan ülkelerde hava limanı, kongre merkezleri, müze, veri merkezi, milli savunma, kamu binalarında özellikle de hastanelerde görülmektedir.

4.1.1 Yeni Zelanda

Yeni Zelanda'da sismik izolasyon çalışmaları Material Science ve Engineering Seismology gruplarının birleşmesiyle 1968 yılında başlamıştır. Çalışmalar deneysel teorik ve uygulama olarak 3 başlıkta yapılmış olup bu sayede çok çeşitli pasif titreşim kontrol mekanizmaları bulunmuştur. Bu mekanizmaların tasarımı uygulaması ve ihracı yine Yeni Zelanda da gerçekleşmiştir.

- Müze, Wellington

Dünya'da kauçuk mesnet ile izole edilen ve depreme karşı yalıtılmış ilk bina 1981'de Wellington'da yapımı biten Mimar William Clayton binasıdır (Resimx). Binada 80 adet kauçuk mesnet kullanılmış olup Şekil 4.1'de de görüldüğü üzere yatay yönde 150 mm yerdeğiştirme yapacak şekilde planlanmıştır.



Şekil 4. 1: William Clayton binası fotoğrafı (a), Kurşun kauçuk mesnet fotoğrafı (b).

- Müze-2, Wellington

Yeni Zelanda'daki bir diğer sismik izolasyonlu bina ise Te Papa Müzesidir (Şekil 4.2). İnşaat alanı 35000m², bina yüksekliği 23m olan müze 5 katlı betonarme yapıya sahiptir. Müzede 142 adet kurşun çekirdekli mesnet ile perde duvarların altına yerleştirilen teflon kayıcı mesnetler kullanılmıştır.



Şekil 4. 2: Te Papa Müzesi.

4.1.2 ABD

Amerika'daki sismik izolasyonlu bina uygulamaları daha çok Kaliforniya yoğunlaşmakta olup, Utah, Oregon, Washington, Nevada ve Tennessee eyaletlerinde de bulunmaktadır.

Sivil Savunma, İşletme ve Kamu Binaları ve Kontrol Binaları

- Trafik Yönetim Merkezi, Kearny Mesa, Kaliforniya

İki katlı olan bina üst yapısı çelik olarak planlanmış olup binada 40 adet 600mm çaplı kauçuk mesnet kullanılmıştır. Maksimum izolatör yer değiştirmesi 254 mm'dir. Bina Uniform Building Code yönetmeliğine göre değil performans esaslı planlanmıştır. Bir yapının performansı demek, daha önce belirlenen deprem riskleri altında yapının ne düzeyde hasar göreceği ve bu hasarın yapının güvenliğini ve kullanımını hangi düzeyde etkileyeceğini daha gerçekçi olasılıklarla tahmin etmektir (Sucuoğlu, 2015).

- Acil İletişim Merkezi, San Diego

İki katlı acil iletişim merkezi çelik bir strüktüre sahip olup 3500 m² toplam kat alanına sahiptir. 700mm çapında 432 mm yüksekliğinde kauçuk mesnetlerden 27 adet kullanılmıştır.

Bin aplanı oldukça düzensiz olup yatay yükler köşe kolonlara aktaracak şekilde yerleştirilmiştir. 420 mm planlanan yer değiştirme testler sonucu 610mm olarak bulunmuştur.

Sismik izolasyon yapılan diğer binalar;

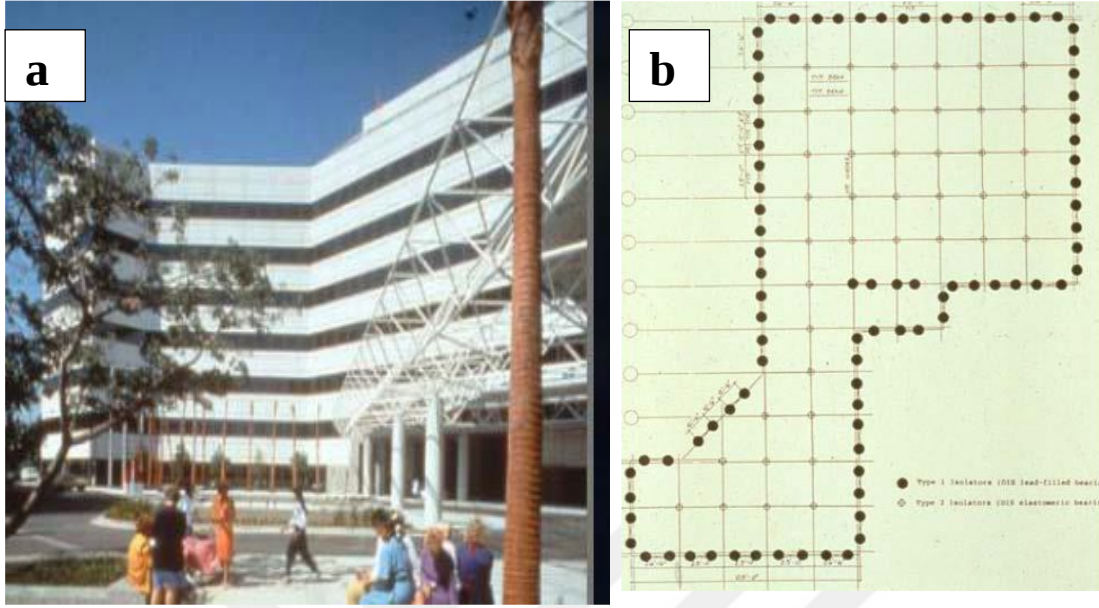
- Acil İletişim Merkezi, San Francisco
- Washington State Acil Operasyon Merkezi, Camp Murray
- Long Beach Acil Servis Merkezi
- Kamu Güvenlik Binası, Berkeley
- Oto Bölge Merkezi, Memphis

Sağlık Kurumları

- USC Hastanesi, Los Angeles

Dünya'nın ilk sismik izolatörlü hastanesi olan USC Hastanesi alanında ilk olması ve geçirdiği depremden hasar almaması açısından önemlidir. 17 Ocak 1994 yılında Norridge depreminde 9 hastane tamamen veya kısmen boşaltılmışken Los Angeles'ta bulunan 1991 yılında inşaatı tamamlanan USC hastanesi Şekil 4.3'te de

görüldüğü gibi hasar görmemiştir. 8 katlı, 316000m² kat alanına sahip ve 293 yatak kapasiteli hastanede çelik çerçeve taşıyıcı sistem kullanılmıştır.



Şekil 4. 3: USC Hastanesi, Los Angeles (a), USC hastanesinde sismik izolatör yerleşimi (b).

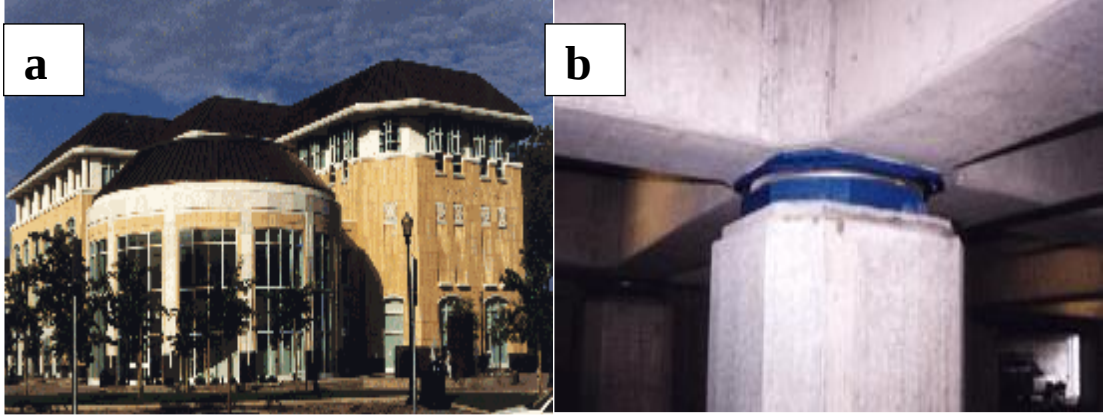
Sismik izolasyon kullanılan diğer hastane örnekleri;

- Willowbrook'taki M.L. King,
- Los Angeles'taki Jr-Drew Diagnostics Travma Merkezi
- Colton'da Sen Bernardino Tıp Merkezi'dir.

Belediye Binaları

- Hayward Belediye Binası

Aftif bir fay hattı yakınında bulunan ve önemli bir devlet binası olan Hayward Belediye binası güçlü depremlerde zarar görmeyecek şekilde planlanmıştır. 1998 yılında yapımı tamamlanan 9290 m² kat alanı olan 4 katlı binada 53 sürtümelili sarkaç (FPS) ve 15 viskoz sönümleyici kullanılarak Hayward fayında meydana gelecek güçlü depremlere karşı korunması amaçlanmıştır. Sismik izolatörlerin yatay hareketi için her yönde 61 cm boşluk(moat) bırakılmıştır. Şekil 4.4'te de görüldüğü üzere sismik izolatörler bodrum kat kolonlarının üzerine yerleştirilmiştir.



Şekil 4. 4: Hayward Belediye Binası (a), Sürtünme sarkaç sistem (FPS) (b).

Dini yapılar:

- Our Lady of Angels Katedrali, Los Angeles

Katedral betonarme inşa edilmiş olup 5 katlıdır. Şekil4.5’te görülen ve kat alanı 18116 m² olan katedralde 200 adet yüksek sönümleyikauçuk mesnet ile düz kayıcı mesnetler kullanılmıştır.



Şekil 4. 5: Our Lady of Angels Katedrali.

Diğer kamu binaları:

- San Fransisko uluslararası havaalanı terminali

Bu binada yapısal olarak geniş açıklıklar geçilmektedir. Şekil 4.6 ve 4.7’de görüldüğü üzere bina bünyesinde 24 m yüksekliğinde kolonlar, 21 metre uzunluğunda çatı kirişlerine ve cephe pencerelerini barındırmaktadır.

267 adet srtnmel sarkacın bulunduğu binanın 8 büyüklüğündeki depremde bile zarar görmemesi planlanıyor.



Şekil 4. 6: San Fransisko uluslararası hava limanı.



Şekil 4. 7: Havalimanı sürtünmeli sarkaç izolatör.

- Seahawks Stadyumu, Washington

2002 yılında inşaatı biten stadyum 7000 koltuk kapasiteli olup geniş kiriş açıklıklarına sahiptir. Çatı kafes kirişlerinde oluşabilecek zararı engellemek için sürtünmeli sarkaç mesnetler (FPS) kullanılmıştır. Bu mesnetler 4 köşede çatı destek kulesinin üstüne yerleştirilmiştir. Bu sayede çatı kafesinin uzun yönde sismik ve ısısal hareketleri için hareketi sağlanmıştır (Şekil 4.8 ve Şekil 4.9).



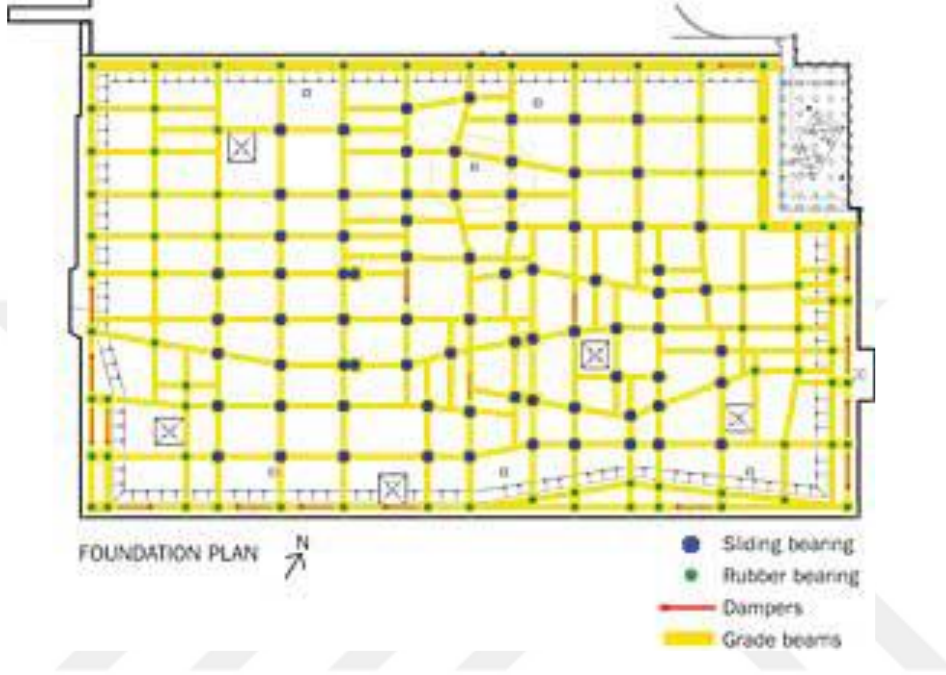
Şekil 4. 8: Seahawks Stadyumu, Washington.



Şekil 4. 9: Seahawks Stadyumu yan görünümü.

- De young müzesi, San Fransisko

Müze bir elin parmakları şeklinde tasarlanmış olup, bina boyutları 128x23m'dir. 3 katlı bir yapı sistemini bulunduran binada 76 adet yüksek sönümlü doğal kauçuk mesnet (HDNR), 76 adet kayıcı mesnet ve 26 adet de viskoz sönümleyici kullanılmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4. 10: De young müzesi temel planında izolatör yerleşimi.

Bina tasarımında avlu ve teraslar planlanıldığından bina formu toğografya ile bütünleşen estetik bir yapıya sahiptir (Şekil 4.11). Sergi salonlarının bulunduğu bölge 3 katlı olup izolatörlüdür. Buna karşın kule kısmı 9 katlı olup ankastre temellidir. Bu bağlamda izolatör kullanımı sismik emniyetin yanısıra mimari özgürlük de sağlamıştır.



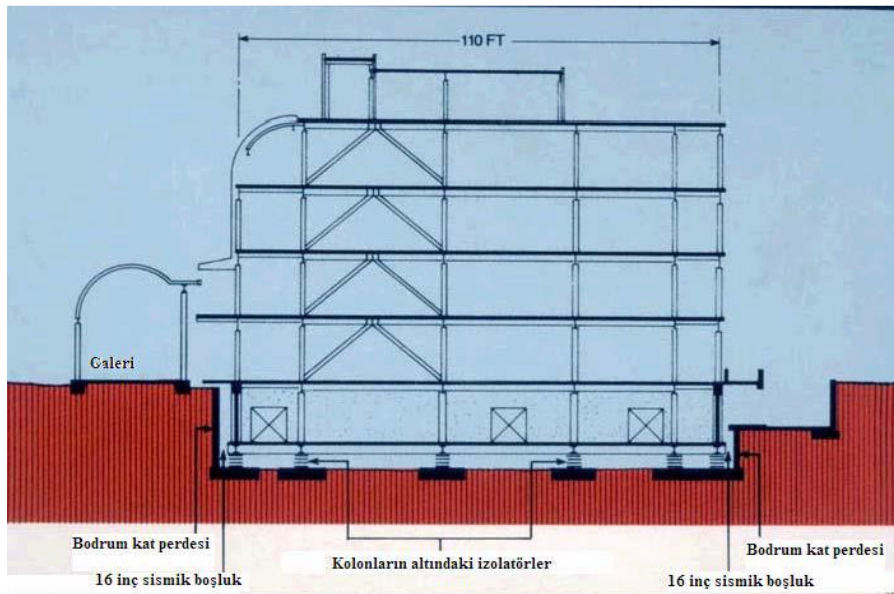
Şekil 4. 11: De young müzesi.

- Foothill Communities adliye binası, California

Yapımı 1985'te biten adliye binası ABD'nin ilk sismik(temel) izolasyonlu binasıdır. Foothill communities Law and Justice Center(FCLJCN), 98 adet yüksek sönümlü doğal kauçuk mesnetler(HDNR) kullanılmıştır (Şekil 4.12 ve Şekil 4.13). Dört katlı adliye, 15.794 m'lik alana yerleşmiş olup 8,3 büyüklüğündeki depreme bile dayanabilecek şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 4. 12: FCLJC'nin önden görünüşü.



Şekil 4. 13: FCLJC'nin kesiti.

4.1.3 İtalya

- Basilicata Üniversitesi, Basilicata

Üniversitenin 4 binasında sismik izolatör kullanılmış olup 5 ve 6 katlı binalardan oluşan binalardan A binaya 89 adet, B ve E binalarında 132 adet yüksek sönümleyici kauçuk mesnet (HDNR) kullanılmıştır (Şekil 4.14).



Şekil 4. 14: Yüksek sönümleyici kauçuk mesnet ile temel inşaatı, 1998.

- Telekom Merkezi, Akona

5 binadan oluşan telekom merkezi, 4-7 katlı binalardan oluşmaktadır. Maksimum bina yüksekliği 25 m olan bina grubunda her bina sismik izolatörlüdür. Bu binalarda toplam 297 yüksek sönümleyicili kauçuk mesnet (HDNR) kullanılarak binaların 140mm deplasman yapabilmesi sağlanmıştır.

Telekom mekezinde bulunan binaların dikdörtgen ve kemerli olacak şekilde birbirinden farklı formlarda tasarlanmıştır.



Şekil 4. 15: Telekom İtalya binaları.

4.1.4 Japonya

1980-1981 yıllarında araştırmalar başlamasında rağmen çok fazla sismik izolatörlü bina inşa edilmemiştir. 1986 yılından itibaren sismik izolatörlü binalar yapılsa da sayıları yeterli değildir. 1994 yılında çoğunluğu Tokyo’da olan 80 bina varken en büyük depremlerden biri olan Kobe depremi sonrası bir yıl içinde izolatörlü bina yapımı hızlanmış 207’e ulaşmıştır. Kobe depremi esnasında şehirde bulunan iki sismik izolatörlü binanın (Computer Cente of Ministry of Post and Telecommunications ve bir inşaat şirketine ait laboratuvar binası) ikisi de zarar görmemiş, yüksek performans sergilemişlerdir.

Deprem öncesindeki sismik izolasyon uygulamaları laboratuvar, ofis ve bilgisayar merkezleri iken deprem sonrası uygulamalarda kamu binalarına öncelik verilmiştir.

- Posta ve Telekomünikasyon Bakanlığı Bilgisayar Merkezi

Şekil 4.16’da görüldüğü üzere Bilgisayar Merkezi, altı katlı olup betonarme sistemle yapılmıştır.



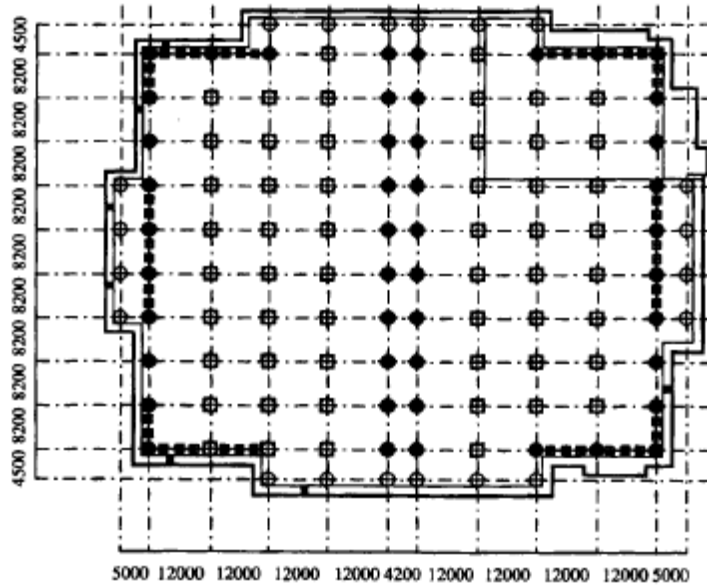
Şekil 4. 16: Posta ve Telekomünikasyon Bakanlığı bilgisayar merkezi.

Bilgisayar Merkezinde iki metre çapında kurşun kauçuk mesnetten(LRB) 54 tane, bir metre çapında düşük sönümlü doğal kauçuk mesnetten(LDRB)’den 20 tane, eğilmeli metal sönümleyicilerden 44 tane kullanılmıştır.

Bina 1995 Hykogen Nanbu depremini atlatmış ve hasar almamıştır.

4.1.5 Çin

2005 yılına kadar çoğu konut binaları olmak üzere 490 adet bina sismik izolatörlü yapılmıştır, bu binlaarın 270'i yığma binalardır. Ayrıca sismik izolasyon teknolojisi köprü ve viyadüklerde de kullanılmıştır (Şekil 4.17 ve Şekil 4.18).



Şekil 4. 17: Temel planında izolatör ve sönümleyicilerin yerleşimi.



Şekil 4. 18: Sismik temel izolasyonu uygulanan konut binalarından örnekler.

- Shan Tou Şehir Müzesi

Betonarme sistemde yapılan bina 13 katlı olup müzeye ait kat alanı 28.000 m²'dir. Binada kauçuk mesnetler kullanılmış olup bodrum kat olmadığı için izolatörler zemin katta kolonların üstüne yerleştirilmiştir. Üst yapı bu şekilde tekrar planlanınca

kolon kesitleri küçülmüştür. Normal bina yapımına göre maliyet %2 artmış ancak güvenlik seviyesi 4 kat artmıştır (Şekil 4.19).



Şekil 4. 19: Shan Tou şehir müzesi.

4.1.6 Ermenistan

Spitak'ta 1988 yılında meydana gelen depremde binaların sismik güvenliğine daha çok önem verilmiştir. 1993 yılında sismik izolasyon çalışmalarına hız verilen Ermenistan'da sismik izolasyonla ilgili binaların deprem güvenliği ön plana alınmıştır. 1994'ten beri sismik izolasyon konusunda oldukça ilerde olan Ermenistan'da 21 adet sismik izolatörlü bina inşa edilmiştir. İlk başta deneme amaçlı hamam yapısında kullanılan mesnetler yerel üretimlidir (Şekil 4.20).



Şekil 4. 20: Hamamdaki sismik izolatör sistemi.

Üretimin farklı yapılarda da kullanılmasıyla evrilmesi sonucu teknolojisini geliştiren Ermenistan kendi sismik izolatörlerini üretmekte hatta Suriye'deki köprü ve viyadükler için de ihraç etmektedir.

4.2 Türkiye’de Sismik İzolasyon Sistemleri Uygulamaları

Dünya’da sismik izolasyon yapılmış bina sayısı günden güne artarken 2007 itibariyle sismik izolasyonlu bina sayısı 5000 civarındadır. 2005 yılında Japonya’da 2700, Çin’de 490, ABD’de 100, İtalya’da 31, Tayvan’da 24, Ermenistan’da 19 ve Yeni Zelanda’da 11 sismik izolasyonlu bina mevcuttur. Dünya’da bu kadar yaygınlaşan sistemin Türkiye’deki örnekleri aynı tarihlerde iki elin parmaklarını geçmemiş olup, son zamanda yapılan yatırımlar ile bugün ülkemizde 70 civarında sismik izolasyonlu bina örneği bulunmaktadır. Dünya’nın en büyük sismik izolasyonlu binası olan İkitelli Entegre Sağlık Tesisinin de Türkiye’de yapılmakta olduğu göz önünde bulundurulduğunda Türkiye’nin sismik izolasyonlu yapılara gün geçtikçe daha çok önem verdiği görülmektedir.

Türkiye’deki örnekler aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

Hastaneler;

-Adana Şehir Hastanesi

-Okmeydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi

-Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi

-Kartal Prof. Dr. Lütü Kırdar Hastanesi

-İkitelli Entegre Sağlık Tesis

-Kocaeli Devlet Hastanesi

-Gemlik Devlet Hastanesi

-Manisa Şehir Hastanesi

-Erzurum Devlet Hastanesi

-Isparta Şehir Hastanesi

-Eskişehir Şehir Hastanesi

-İzmir Bayraklı Entegre Sağlık Tesisi

-Milas Devlet Hastanesi

-Van Sağlık Kampüsü

-Marmara Başbüyük Hastanesi

Veri Merkezi-Kongreler;

-Ayazağa Kültür ve Kongre Merkezi

-Ankara Söğütözü Kongre ve Ticaret Merkezi

-Turkcell Gebze Data Merkezi

-TEB (Türkiye Ekonomi Bankası) Genel Müdürlüğü

Depo;

-Egegaz Çandarlı LNG depolama Tankı

-Gübretaş Yarımcı Amonyak Tankı

Havalimanı;

-Atatürk Hava Limanı Terminal Binası

-Antalya Havalimanı Terminal Binası

-Sabiha Gökçen Havalimanı

4.2.1 Atatürk Uluslararası Havalimanı Terminali

Büyük bir yapı olan Atatürk uluslararası havalimanı terminali İstanbul'da olup maliyeti 300 milyon dolardır. 235 000 m² alana sahip olan havalimanı 225x250m boyutlarında olup şekil 4.21'de de görüldüğü üzere piramit şeklinde uzay kafes çatısı ve çatısında da üçgen pencereleri bulunmaktadır. Bina Kocaeli depremi sırasında hasar gördüğünden çatıya sürülmeli sarkaç sistemler (FPS) ile sismik izolasyon sağlanmıştır. Güçlendirmenin temelde yapılmamasının nedeni yapılan ekonomik analiz çalışmaları sonucunda inşaatın ileri bir düzeyde olduğundan çok yüksek

maliyete neden olacağıdır. Bu nedenle binanın çatısı 140 adet sürtünmeli sarkaç sistem ile güçlendirilmiş olup depreme karşı sismik yalıtım sağlanmıştır.



şekil 4. 21: Atatürk Havalimanı Uluslararası terminali.



şekil 4. 22: Atatürk Havalimanı çatısında kullanılan sürtünmeli sarkaç mesnet detayı.

4.2.2 Moda Gurup Apartmanı

Kentsel dönüşüm kapsamında güçlendirilen ve İstanbul Kadıköy’de bulunan Gurup apartmanı 11 katlıdır. Binanın yeniden yapılması durumunda 2 kat kaybedileceğinden güçlendirme kararı alınmıştır. Deprem yalıtımı yapılacak güçlendirme sayesinde herhangi bir kat kaybı olmadan ve kat malikleri evlerini boşaltmadan oturmaya devam edebileceklerdir. Bina da birçok güçlendirme projesinde tercih edildiği üzere kauçuk izolatör kullanılmış olup sayıları 33 adettir. İzolatörler kolonların kesilmesi suretiyle aynı marmara hastanesinde olduğu gibi binaya monte edilmiştir.



Şekil 4. 23: Moda Gurup Apartmanı ön görünüşü (a), Moda Gurup Apartmanı çevresindeki kot farkı (b).

4.2.3 Isparta Şehir Hastanesi

ENR(Engineering News-Record) kayıtlarına göre Dünya’daki en büyük 10 sismik yalıtımlı bina arasında 4. Olanı Isparta Şehir Hastanesi’dir. Hastane binası deprem riski taşıyan şehirlerden biri olan Isparta’da 755 yatak kapasiteli hastane depreme karşı dayanıklı olacak şekilde sağlık bakanlığı yönetmeliği doğrultusunda sismik izolatörlü yapılmıştır. Şekil 4.24’te de görüldüğü üzere yatak kapasitesiyle Türkiye’niin en büyük 3 hastanesinden biri olan hastanekapalı alanı 178,143 m²’dir. İkinci bir temel imalatının kaybindan kaçınmak için izolatörler birinci bodrum

katının tavanına yerleştirilmiş olup ilgili kat otopark olarak kullanılmıştır. Bina Şekil 4.24'te de görüldüğü üzere ortadaki dikdörtgen formun çevresinde birbirinin simetriği olan iki adet T şeklindeki bloklardan oluşmaktadır.



Şekil 4. 24: Isparta Şehir Hastanesinin genel görünüş.

Sismik izolatörler 2'li sarkaç sistem olarak belirlenmiş olup 6tip izolatör kullanılmıştır. Maksimum deplasman kapasitesi 750mm olarak belirlenmiştir.

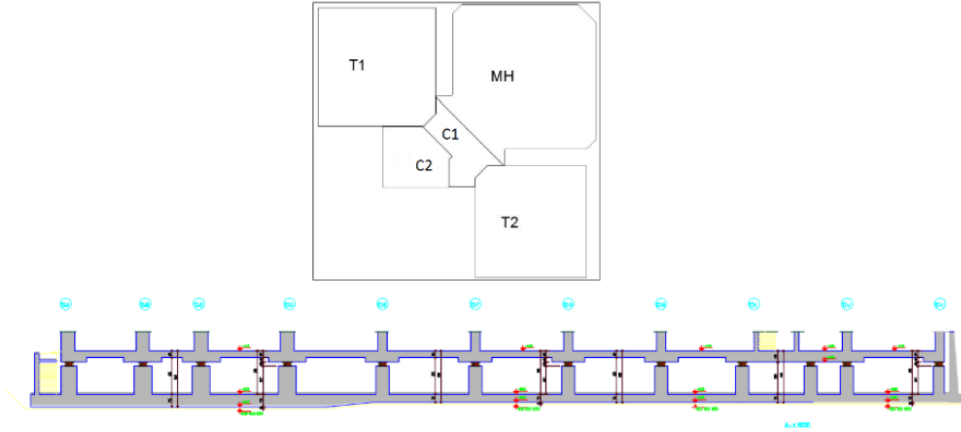
4.2.4 Manisa Şehir Hastanesi

Manisa Ege Bölgesinde bulunan deprem riski yüksek şehirlerden biridir. Manisa şehir hastanesi kamu özel işbirliğiyle yapılan bir hastane olup 2018 yılı içerisinde hizmete görmesi beklenmektedir. 558 yatak kapasiteli sağlık kompleksi kapalı inşaat alanı 179,000m²'dir. Manisa hastanesi kurşun çekirdekli kauçuk mesnet kullanılan hastanelerden birisidir. Isparta şehir hastanesindeki gibi 1.bodrum tavanına konan izolatörler ısparta şehir hastanesinden farklı olarak 600mm kalınlığında monoblok olarak tasarlanmıştır. İzolatörün üstündeki süperstrüktür 5 farklı yükseklikteki binadan oluşmuştur. Bu binalar genişlemeyi önlemek için 150mm genişliğindeki dilatasyonlarla birbirinden ayrılmıştır.



Şekil 4. 25: Manisa Şehir Hastanesi genel görünüş.

Şekil 4.26’da sismik yalıtımlı T1, T2,C1,C2, ve MH binalarının tek döşeme üzerinde bulunması açıkça gösterilmiştir.



Şekil 4. 26: Sismik izolatörlerin tek döşeme üzerinde bulunması.

Bu binada kurşun çekirdekli kauçuk mesnet kullanılmasının nedeni düşeydeki oturma farklılıklarının bu tip izolatör tarafından daha kolay tolare edilebilmesidir. Bu tip izolatörün seçilmesinin bir diğer nedeni ise plan düzeleminde boyutlarının 3’lü sarkaç sisteme göre daha küçük olmasıdır.

4.2.5 Eskişehir Şehir Hastanesi

Sağlık Bakanlığı genelgesince yapımına devam edilen hastane ikinci derece deprem bölgesi üzerinde bulunmaktadır. 1081 yatak kapasiteli hastane 330,000 m² alana sahiptir. Şekil 4.27’de 3boyutlu model görseli bulunmaktadır. Bina yerleşimi bakımından Isparta Hastanesiyle benzerlik gösteren Eskişehir Şehir Hastanesi farklı yüksekliklerdeki binalardan oluşmaktadır. Manisa hastanesindeki gibi izolatör katının otopark olarak kullanılmasına rağmen izolatörün altında ve üstündeki kirişler çerçeve sistem olarak tasarlanmıştır. Eskişehir şehir hastanesinde 973 adet 3’lü sarkaç sistem kullanılmakta olup deplasman kapasitesi 430mm’dir. Ayrıca maksimum izolatör boyutu iki yönde de 1210 mm’dir.



Şekil 4. 27: Eskişehir Şehir Hastanesi genel görünüş.

4.2.6 Türkiye’de Yapılan Diğer Çalışmalar

Deprem izolasyonu adına Türkiye’de yapılan çalışmalar son zamanlarda ortaya çıkmış olup bu çalışmalara örnek olarak, deprem izolasyon derneğinin kurulması, yeni deprem yönetmeliğinin hazırlanması, afet yönetim merkezinin kurulması ve konuyla ilgili çeşitli çalıştay ve sempozyumların yapılması belirtilmektedir.

- Deprem İzolasyon Derneği

2006 yılında kurulan Deprem İzolasyon Derneği başta can kayıpları olmak üzere maddi manevi kayıpları azaltan sismik izolasyon teknolojilerinin doğru şekilde kullanılmasını, aynı zamanda konuyla ilgili farkındalığın oluşmasını amaçlamaktadır. DİD ulusal ve uluslararası üyelere sahip olup ASSiSi (Anti-Seismic Systems International Society) derneğinin bir üyesidir.10.Dünya Sismik İzolasyon, Enerji Sönümleme ve Yapıların Aktif Titreşim Kontrolü Konferansı gibi çeşitli sempozyum ve konferanslara öncülük etmektedir.

- Yeni Deprem Yönetmeliği:

2007 deprem yönetmeliğinde kapsam dışında bırakılan sismik izolatörlü bina taşıyıcı sistemi yeni deprem yönetmeliği ile çalışma kapsamına alınmıştır. Yeni deprem yönetmeliği ile ilgili kısımlar bölüm 5’te daha detaylı incelenmiştir.

- Sağlık Bakanlığı 2018 Genelgesi:

Bu genelge kapsamında 1. Ve 2. Derece deprem bölgelerinde inşa edilecek olan 100 yataklı ve üzeri hastane binalarında sismik yalıtımlı olması gerektiği belirtilmiştir.

Yine bu genelgeye göre Proje yüklenicisi ve Uygulama Yapım Yüklenicisi bu asgari standart kapsamından sorumludur.

Bu Genelge’de belirtilmeyen hususlarda ise Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği hükümlerine başvurulacaktır.

- İTÜ Afet Yönetimi Merkezi

İstanbul Teknik Üniversitesi Afet Yönetim Merkezi 2001 yılında uluslararası çalışmalarda bulunmak ve danışmanlık hizmeti vermek amacıyla kurulmuş olup, kamu özel ve halk için eğitimler vermek üzere hizmet göstermeye devam etmektedir. Afet Yönetim Merkezi İstanbul ve çevresindeki muhtemel bir afete karşı komşu ülkelerle çalışmalar yürütmeyi amaçlamaktadır.

İTÜ Afet Yönetim Merkezi başta T.C İçişleri Bakanlığı, belediyeler başta olmak üzere birçok projede yer almaktadır.

Bunların yanısıra Afet Zirvesi gibi çeşitli konferans ve sempozyumlar organize etmektedir.

- İTÜ Yapı Deprem Mühendisliği Laboratuvarı

Yapı Deprem Laboratuvarı sismik izolasyon çalışmalarında kuvvet ve yerdeğiştirme kontrollü çeşitli deneylerin yapılabileceği özelliktedir.

25.0m x 18.7m x 1.20m boyutlarında öngerilmeli yükleme döşemesi, 15 tonluk gezer vinç ve 1800 m² toplam alan ile deney düzeneği kurma ve hazırlama, yazılım ve donanım olanağı sağlamaktadır.

Bu sayede araştırmacılar çalışmalarını güvenli bir şekilde gerçekleştirebilmektedirler.

- Sismolab

Mayıs 2014'te kurulan ve uluslararası proje ve yapım danışmanlığı ve AR-GE firması olup, çeşitli ulusal ve uluslararası projelerin çözümlerine katkı sağlamıştır.

ODTÜ teknokent'te yer alan sismolab yapı tasarım kontrolü, köprü danışmanlığı, ulaştırma yapıları, yüksek katlı binaların tasarım kontrolü, depreme dayanıklı tasarım gibi birçok konuda faaliyet göstermekte projeci ve uygulamacı firmalara yol göstermektedir.

- Yerli İzolatör Üretimi

Ülkemizde Sismik izolatörlerin yerli üretimine de başlanmış olmakta ve yurt dışına ihracatı hedeflenmektedir. Küresel yüzeyli sarkaç tipi sürtünmeli çelik izolatör tasarım, üretim, montaj ve servis hizmetlerinin yanısıra AR-GE mühendislik ve patent çalışmalarına da devam edilmektedir. 2016 yılında üretimine başlanan yerli sismik izolatör imalatı ile dışa bağımlılık yüksek oranda azaltılmıştır.

- Sismik Damper Buluşu

ODTÜ Mühendislik Bilimleri öğretim üyesi olan Prof. Dr. Murat Dicleli'nin Sismik Damper buluşu ülkemizde ticari ürün haline gelen ilk araştırma olmuştur. Konuyla ilgili lisans anlaşması yabancı bir firmayla yapılmış olup sismik damperin avantajları aşağıda sıralanmıştır.

-Damperin performansı çevre ve dış etkilere bağlı değildir.

-Damperin depremden sonra tekrar işlev görür hale gelmesi için enerji emici silindirlerin değiştirilmesi yeterli olup her depremden değiştirilmesi gerekmemektedir.

-Piyasadaki damperlere kıyasla daha büyük kuvvet ve deplasman kapasitesine sahiptir.

Özet olarak, Türkiye’de deprem izolasyonu ve sismik kontrol yöntemleri ile ilgili yapılan çalışmalar göz önüne alındığında ülkemizin sismik kontrol yöntemleri konusunda hızla geliştiği ancak daha çok alınması gereken yol olduğu gözlemlenmektedir.

4.3 Dünya’da ve Türkiye’deki Sismik İzolasyon Uygulamaları Hakkında Genel Değerlendirme

Genel olarak bakıldığında Dünya’daki ve Türkiye’deki uygulamalar arasında benzerlikler olduğu gibi farklılıklar da bulunmaktadır. Gün geçtikçe yaygınlaşan sistem ülkemize diğer deprem ülkelerine göre daha geç gelmesine rağmen son zamanda yapılan çalışmalarla aradaki açığın kapandığı gözlemlenmektedir. Uygulama tekniği bakımından bir Dünya ve Türkiye’deki uygulamalar arasında farklılık görülmemekle birlikte Amerika’da daha çok savunma binalarında kullanılan bu sistemin Japonya gibi ülkelerde daha çok konut gibi özel binalarda kullanıldığı Türkiye’de ise daha çok hastane binlerinde kullanıldığı gözlemlenmiştir.

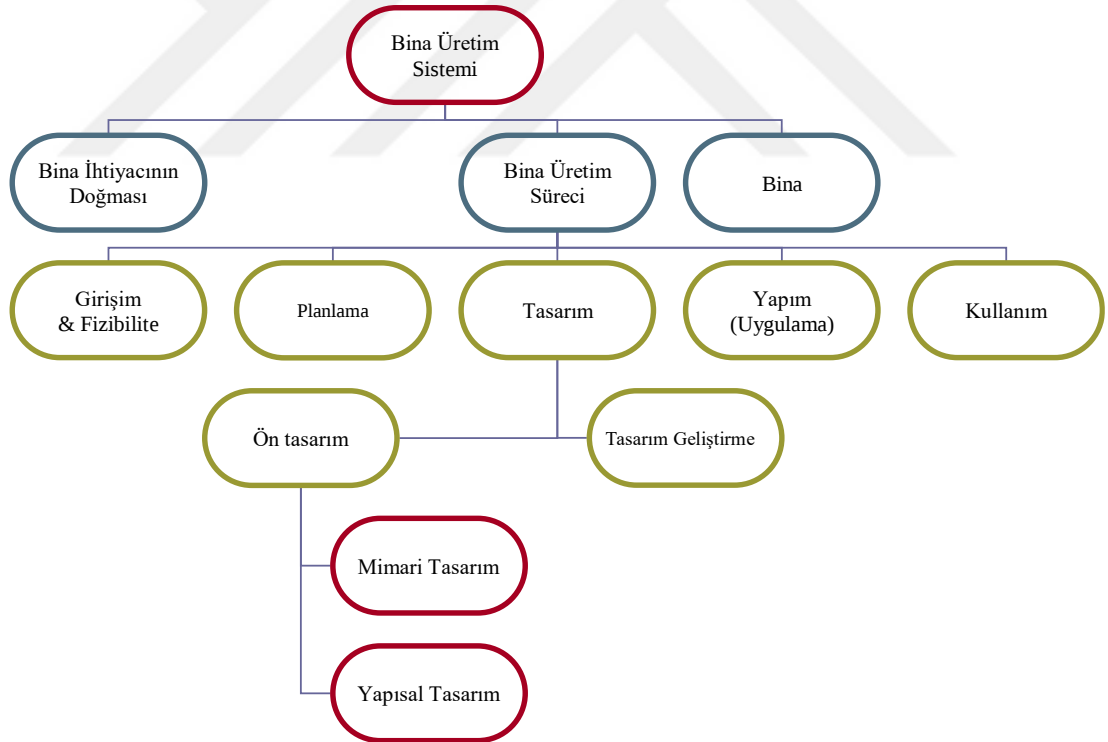
Özet olarak Türkiye’deki çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda;

- Sismik izolasyon bilgisi gittikçe artmakta ve proje paydaşları sismik izolatör kullanılan bina üretimi ile ilgili tecrübe kazanmaktadır,
- Benzer projelerde sismik izolasyon tasarım kriterleri göz ardı edildiğinde farklı uygulamalarla karşılaşılabilir.
- Türkiye gibi deprem kuşağında olan ülkelerde sismik izolasyon bilgi ve deneyimlerin artırılmasıyla projeye ve alana özgü uygulamalar daha da gelişebilir.
- Dünya’da oldukça yaygın kullanılan sismik izolatör kullanımı Türkiye’de de son zamanda yaygınlaşmakta olup çoğunlukla hastane binalarında tercih edilmektedir.

Bu bağlamda Dünya’daki ve Türkiye’deki uygulamalar karşılaştırıldığında ülkemizde yeni yeni gelişmekte olan sistemin Dünya’da 90’lı yıllardan beri kullanıldığı görülmektedir. Bu açıdan bakıldığında ülkemize yeni gelen bu sismik izolasyon sisteminin son dönemlerde hızla artan sismik izolatörlü bina üretimi ile bu açığın kapatılmasının hedeflenmekte olduğu gözlemlenmiştir.

5. BİNALARDA SİSMİK İZOLASYON SİSTEMİ KULLANIM KARARININ BİNA ÜRETİM SÜRECİNE ETKİLERİ

Bina üretim sistemi bina ihtiyacının doğması, ardından bina üretim sisteminin gerçekleşmesi ve binanın meydana gelmesiyle üç ana evreden oluşmaktadır (Şekil 5.1). Bina üretim süreci girişim & fizibilite, planlama, tasarım, yapım (uygulama) ve kullanım olmak üzere beş ana alt başlıktan meydana gelmektedir. Binalarda sismik izolasyon sistemlerinin kullanım kararı için bu beş alt başlık büyük önem taşımaktadır. Özellikle sismik izolatörlerin mimari açıdan değerlendirilmesinin yapıldığı bu çalışmada tasarım alt başlığı mimari tasarım ve yapısal tasarım olarak incelenmiştir.



Şekil 5. 1: Bina ÜretimSistem Aşamları (Tuna, 2011’den uyarlama).

5.1 Bina Üretim Süreci ve Sismik İzolatör Kullanım Kararının İlişkisi

Bina üretim sistemi planlanan yapıyı meydana getirmek amacıyla farklı kaynakların alt amaç ve eylemlerle planlanıp bir süreç içinde koordine edilmesiyle tedarik ve kullanım metodlarını barındıran sistemdir.

Şekil 5.1’de görüldüğü üzere tasarım aşaması da kendi içinde ön tasarım kesin tasarım ve uygulama projesi olarak üçe ayrılmaktadır. Sismik izolatör kullanım kararı da bu süreçleri girişim aşamasından kullanım evresinin sonuna kadar etkilemekte olduğundan bu süreçlerde alınan kararlar sismik izolatör kullanım kararıyla doğrudan ilişkilidir. Sismik izolatör kullanım kararının sürecin girişim ve fizibilite aşamasında verilmesi bina üretim sürecinde alınan kararları etkilemektedir. Bu kararın sürecin ilerleyen aşamalarda alınmasına oranla maliyete ilişkin faktörler daha az etkilenecektir. Sismik izolatör kullanılacak bir binada tasarım her yönüyle etkilenirken yapım aşaması da bu doğrultuda farklılaşmaktadır. Sismik izolatörlerin bakım ve onarımının yapılması zorunlu olduğundan kullanım aşamasında da bina üretim sürecinin ilk aşamalarından itibaren dikkate alınmalıdır.

Bu bölümde sismik izolatör kullanım kararının bina üretim sisteminin alt aşamalarına etkileri incelenmektedir.

Şekil 5.1’de de görüldüğü üzere, ihtiyacın ortaya çıkmasıyla başlayan bina üretim sürecinin aşamaları birbirinden kesin çizgilerle ayrılamadığı gibi, bir aşama diğerine kaynaklık etmekte, genellikle geri bildirim yoluyla bir önceki aşamada alınan karar, kontrol edilerek amaca en uygun yöntem haline getirilen bir oluşumu içermektedir.

Bu doğrultuda bina üretim sistemi her bina için aynı sanılmasına karşın hem çevresel koşullar hem de içsel etmenler her proje için üretim sürecinin farklı olmasına neden olmaktadır. Sismik izolatör kullanım kararı da tüm bu aşamalarda alınan kararları farklı açılardan etkiler.

Bir bina üretim sürecinin amaca cevap verebilmek adına başarılı olabilmesi için mevcut kaynakların, iyi bir koordinasyonla biraraya getirilmesi, işlerin yürütülmesi ve denetlenmesi, bu işlerin ‘maliyet, süre, kalite’ kararları doğrultusunda değerlendirilmesi gereklidir. Tüm alt süreçlerin iyi bir şekilde planlanması, koordine edilmesi, uygulanmasının ardından denetlenmesi gerekmektedir. Normalde bir binada %2 ila %4 arasında maliyet artışına sebep olması planlanan sismik izolatör

kullanım kararı sürecin ilerleyen aşamalarında alınırsa %10 kadar maliyet artışına neden olabilir. Bu durumun olmaması, ancak sismik izolatör kullanılacak binalarda normal binalardan farklı olarak hangi aşamalarda hangi kararların verilmesinin gerekli olduğunun iyi bilinmesiyle mümkündür. Sismik izolatör kullanım kararının alınmasının bina üretim sürecini nasıl etkileyeceği aşağıda başlıklarda detaylı olarak incelenmiştir.

5.1.1 Sismik izolatör kullanım kararının ‘Girişim&Fizibilite’ aşamasına etkisi

Bina üretim sürecinde girişim, değişen insan ihtiyaçlarına uygun yapı eksikliğinin fark edilmesiyle ortaya çıkar. Aynı bağlamda deprem bölgesinde yapılacak bir hastane binasının deprem anında ayakta kalması bir gereksinimdir. Depreme dayanıklı hastane binalarının eksikliğinin farkına varılmasıyla deprem bölgesinde yapılacak hastane binalarında sismik izolatör kullanım kararının verilmesi insan ihtiyaçlarına uygun yapı eksikliğinin tespit edilmesine bir örnek teşkil etmektedir.

Fizibilite çalışması yapılırken arsanın durumu, yapımda kullanılabilirliği gibi özellikleri incelenir.

İşgücü ekipman ve malzeme gibi fiziksel kaynakların yanı sıra finansman yeterliliği gibi etkenlerin de olduğu bir proje sürecine giriş aşamasıdır. Ayrıca bu kısımda arsanın yapımda kullanılmasıyla edilecek karın planlanması, arsanın yatırım ve cevaba ihtiyaç verebilme potansiyeli ile verim elde edilebilecek pozisyonda olup olmadığının kararı verilmektedir. Bunlara ilaveten yapının yer alacağı arsanın yapı izni, maksimum inşaat alanı gibi konuların da netleştirilmiş olması gerekmektedir. İlk maliyet tahmini bu süreçte yapılır. Sismik izolatörlü binada taşıyıcı sisteminin maliyeti az da olsa azalmaktadır. Buna karşılık toplam bina maliyeti sismik izolatör maliyeti gibi sismik izolatöre bağlı gereksinim olan diğer ilave imalatlarla artmaktadır. Artan maliyetine rağmen yüksek bir performans hedeflendiğinde sadece sismik izolatörlü yapılar deprem izolatörü kullanılan bina yönetmeliklerini sağlayabilir. Büyük bir deprem olduğunda ise sismik izolatörlü bir bina az bir zarar görürken sonuçta yaşam döngüsü maliyeti (life-cycle cost) azalır. Depremden sonra yıkılan veya zarar gören bir binanın tekrar yapılması maliyeti iki katına çıkarırken depremden sonra kullanıma ara verilmeden hizmete devam eden binada yaşam döngüsü maliyeti depremden etkilenmeyeceği için daha az olmaktadır. Tüm değişken

faktörler göz önünde bulundurulduğunda ise sismik izolatör kullanılacak binaların uygun maliyetli olması daha avantajlı olmaktadır.

Girişim evresinde projenin amacı belirlenirken, maliyet ve süre tahmini yapılır, organizasyon şeması oluşturulur. Ancak sismik izolatör kullanım kararının girişim aşamasında belirlenmesi projenin süre-maliyet ve kalitesini etkileyen en önemli etkidir. Girişim aşamasında alınan sismik izolatör kullanım kararı yapısal ve mimari tasarımların, planlamanın ve diğer unsurların da değişmesine neden olduğundan, daha sonra alınacak kararlar bu aşamaların revizyonu ciddi değişikliklere dolayısıyla süre, maliyet ve kalite kaybına sebep olacaktır. Bu nedenle sismik izolatör kullanım kararı bina üretim sürecinin en başında alınmalıdır.

Ayrıca girişim aşamasında deprem bölgesinde bulunan bir yapının depreme yalıtımlı olarak (sismik izolatörlü) yapılması da bir ihtiyaç olarak ele alınmalıdır. Bu ihtiyaca uygun proje amacı belirlenirken tüm dünyada yönetmelik ve genelgeler de süreçte etkili olduğu gibi Türkiye’de de sismik izolatörlerin kullanımı yönetmelik ve şartnamelerle desteklenmektedir.2012 yılından beri bu doğrultuda ‘Sağlıkta Dönüşüm Projesi Kapsamında Yapılacak Sağlık Tesisleri İçin Proje Aşamasında Uyulması Gereken Hususlar “konulu ve 2012/6 sayılı genelgede bulunan “1. ve 2. deprem bölgelerinde 100 yatak ve üzeri hastanelerin taşıyıcı sistemleri sismik izolatörlü olarak projelendirilecektir.” maddesi ile 100 yataklı ve üzeri hastanelerde sismik izolatör kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Bu bağlamda artık 100 yataklı ve üzeri hastaneler sismik izolatörlü yapılmak zorundadır.

Bina üretim sürecinin ileriki bir aşamasında alınan sismik izolatör kullanım kararı ile tüm aşamalar etkilenecek, tahmin edilemeyecek zararlar (süre ve maliyeti artması, tasarımın, uygulamanın değişmesi) ortaya çıkacaktır. Her ne kadar mevcut binalarda sismik izolasyon sistemlerinin uygulaması (güçlendirme) örnekleri görülse de, örnekler incelendiğinde güçlendirme örneklerinin binanın yeniden yapımından daha zor ve maliyetli olduğu bilinmektedir. Bu bağlamda bina tasarlanırken sismik izolatörlü bina tasarım kriterleri göz önüne alınmadığından mevcut bir binaya göre bir yapısal ve mimari tasarım yapılması bina üretim sürecinin uzamasına ve maliyetinin artmasına neden olmaktadır.

Örneğin Türkiye’de yakın zamanlarda gerçekleştirilen bir hastane projesinin tamamlanma maliyeti 688 milyon TL iken, benzer büyüklükte bir hastane binasının

güçlendirmesi maliyeti 68 milyon TL'dir. Bu bağlamda eski bir binanın güçlendirmesi yeni yapılacak bir binanın maliyetinin %10' unu oluşturmaktadır. Binanın güçlendirilmesi ile %10 oranında olan maliyet artışı, hastanenin yeniden yapılması durumunda doğru bir tasarımla %4 oranında tutulabilirdi. Buna karşılık depremde bir hastanenin yıkılıp yeniden yapılmasının 1,5 milyar TL'ye mal olduğu düşünülürse bu yatırımlar ekonomik açıdan da oldukça önemlidir. Deprem anında insanların sağlık hizmeti alamaması, yaşanılacak kaos ile birlikte düşünüldüğünde hastane binalarında sismik izolatör kullanımı zorunlu bir ihtiyaç olmaktadır.

Özet olarak sismik izolasyon sistemlerinin kullanım kararı Girişim&Fizibilite aşamasını aşağıda sıralandığı şekillerde etkilemektedir;

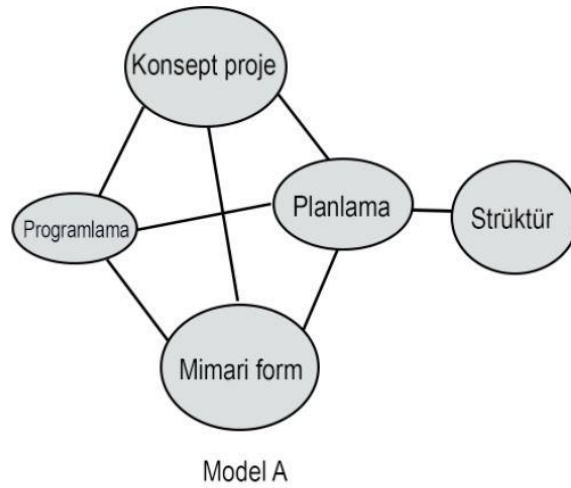
- Sismik izolasyon sistemlerinin kullanım kararı bina üretim sürecinin tüm aşamalarıyla doğrudan etkilidir. Girişim&Fizibilite aşamasında alınan bir karar sonraki tüm aşamaları etkileyeceğinden, bu aşamada sismik izolatör kullanım kararının alınması sürecin verimliliği açısından önemlidir.
- 2013 Sağlık Bakanlığı Genelgesi uyarınca 100 yataklı ve üzeri hastaneler sismik izolatörlü yapılmak zorundadır. Dolayısı ile son yıllarda yapılan hastane binalarında sismik izolasyon kullanılmaktadır ve ilerleyen yıllarda bu durum giderek artacaktır. Bina üretim sürecinde sonradan alınan sismik izolatör kullanım kararı bina maliyetini ve süresini artırmaktadır. Bu nedenle yapılacak olan binaların daha kısa sürede ve daha az maliyetle tamamlanmaları için sismik izolatör kullanım kararı girişim aşamasında alınmalıdır.
- Özellikle hastane gibi insan yoğunluğunun fazla olduğu ve deprem anında kesintisiz hizmet vermesi gereken binalarda sismik izolatör kullanımı zorunlu bir ihtiyaçtır.

5.1.2 Sismik izolatör kullanım kararının 'Planlama' aşamasına etkisi

Planlama tasarım sürecinin ilk aşamasıdır. Planlama aşamasında konsept proje hazırlanırken pozitif bir yaklaşımla karşılanan sismik izolatör kullanım kararı mimari alternatif çözümleri zenginleştirmektedir. Bunun nedeni sismik izolatör kullanım kararının bina formunu, yerleşimini etkilemesidir (kolon kesitleri küçülürken mimara daha geniş bir kullanım alanı sağlanmaktadır, bina çevresinde açılan hendekle alt katların ışık alması sağlanmaktadır.). Ancak yapısal tasarım alternatiflerinin sürece daha geç dahil edilmesi sonradan mimarın yapısal gereksinimlerle daha çok meşgul

olmasını gerektirmektedir. Statik bilgi donanımıyla mimar sismik yapının fırsatları ve kısıtlamalarını keşfedebilir. Zamanında ve pozitif yaklaşım izlenmediğinde mimari tasarımda sismik izolotörlü bir yapının beklenmedik etkilerinden kaynaklanan yeniden yapılan işlerle karşılaşılabilir. Sismik izolasyon sistemlerinin ülkemizde yeni bir teknoloji olmasıyla iş tam anlamıyla bilinmemekte dolayısıyla planlama aşamasında hatalar ve eksikliklerle karşılaşmaktadır. Planlama aşamasında karşılaşılan hata ve eksikliklere örnek olarak iksa sistemi örnek verilebilir. Planlama aşamasında bina çevresinde oluşturulan hendeğin iksa sistemi çivili zemin olarak tasarlanmış olup yapım aşamasında uygun olmadığı fark edildiğinden forekazık iksa sistemi yapım aşamasında yeniden tasarlanabilmektedir.

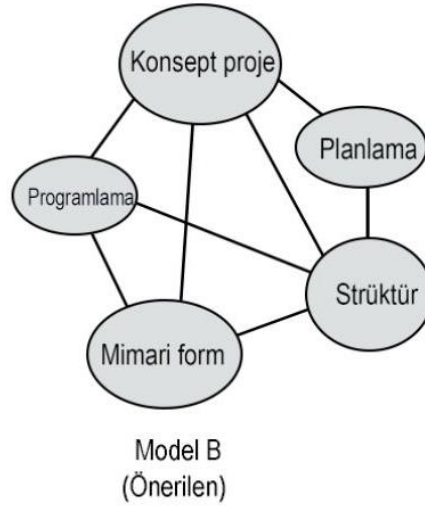
Diğer bir örnek ise sismik izolatör üzerindeki tabliyenin ikinci bir temel olarak ele alınması ve normal döşeme değil temel kalitesindeki bir beton olarak dökülmesi gereksinimidir. Bu ve bunun gibi bilgilerin daha sonra anlaşılması sismik izolatör kullanılan binada yeniden yapılan işler kapsamında zarar yol açabilmektedir.



Şekil 5. 2: Model A yaklaşımı.

Mimari ve yapısal tasarım arasındaki uyumsuz yaklaşım Şekil 5.2’de anlatılmaktadır. Günümüz mimarlık pratiğinde yaygın olan model A’da tasarım sürecinin sonunda mimari tasarım ve form konusunda strüktürün sürecin dışında bırakıldığı bir tasarım süreci tanımlanmaktadır. Yapısal tasarımın sürece geç dahil edilmesi hem ekonomik açıdan hem de mimari fikirlerden taviz verilmesi açısından daha maliyetli olabilir. Bu bağlamda planlama aşamasında mimari ve yapısal tasarımın uyumsuzluğu veya yapısal tasarımın sürece daha geç dahil edilmesi planlama aşamasını olumsuz yönde etkilemektedir. Önerilen yaklaşım olan model B’de ise yapısal ve mimari tasarım

planlamanın geliştirilmesinde bu iki disiplin sıkı sıkıya bütünleştirilmektedir. Mimari ve yapısal tasarımın uyumlu olmasıyla planlama aşaması başarıyla yürütülmekte, yapım aşamasında meydana gelebilecek problemlerin de önüne geçilmektedir. Bu bağlamda planlama aşamasında başarı özellikle sismik izolatör kullanılacak binalarda mimari ve statik tasarımın bütünleşmesine bağlıdır.



Şekil 5. 3: Model B yaklaşımı.

Şekil 5.3'teki Model B'deki tasarım yaklaşımı, mimarların binalarında en uygun estetik değeri elde etmelerini sağladığı gibi maliyet etkin ve planlama dostu yapısal çözümlere de kavuşmasını sağlamaktadır. Tüm bu sebeplerden ötürü özellikle sismik izolatörlü bina tasarımlarında ve planlamasında statik ve mimari disiplinler sürecin en başından beri iş birliğinde çalışmalıdır. Bu şekilde yapısal tasarımın mimarinin zenginleşmesine katkıda bulunduğu bir çok örnek bulunmaktadır.

Planlama aşamasında bir diğer göz önünde bulundurulması gereken husus imalatlardır. Sismik izolatörün gerektirdiği sismik izolatör montajı, bina çevresindeki hendek ve bina girişindeki sismik köprüler, ilave bodrum kat imalatı gibi hususların göz önünde bulundurulup iş programına dahil edilmesi gerekmektedir. Planlama aşamasında sismik izolatör kullanım kararının neden olduğu ilave imalatlar dikkate alınıp planlama buna göre yapılmalıdır.

5.1.3 Sismik izolatör kullanım kararının ‘Tasarım’ aşamasına etkisi

Tasarım aşamasında binaya ve arsaya ilişkin tüm gerekli önbilgiler incelenerek proje amacı belirlendikten sonra çevre kısıtlamaları ve yönetmelikler doğrultusunda

ihtiyacı giderecek olan bina organizasyonu şekillenmeye başlar. Sismik izolatör kullanılmayan binadan farklı olarak sismik izolatör ve onunla ilgili gereksinimlerin bu aşamada ele alınması gerekmektedir.

Sismik izolatör kullanım kararı sonrasında binanın boyutsal özellikleri, yerleşimi ve kullanımı çeşitli şekillerde etkilenmektedir. Binanın 4 cephesinin açık olması, bitişik nizam olmaması, izolatör bodrum katında olduğunda bina çevresinde hendek yapılması bu tür etkilere örnek verilebilir.

Sismik izolatörlü bir bina tasarımında tasarım süreci mimari ve yapısal tasarım olarak iki başlık altında değerlendirilmektedir. Buna karşın yapısal tasarımın altında izolatör özelliklerinin belirlenmesi de süreçte önemli bir rol oynamaktadır.

5.1.3.1 Ön tasarım

Sismik izolatör kullanım kararı girişim & fizibilite aşamasında verildikten sonra ön tasarım aşamasında kullanılacak sismik izolasyonun ve binanın formunu, kat düzenini, yapısal tasarımı ve mimariyi nasıl etkileyeceği incelenmektedir. Bunlara ilişkin alternatif öneriler de yine ön tasarım aşamasında araştırılır.

Tasarım yapılırken ön tasarım evresine de başlanır. Kullanılacak sismik izolasyonun bina formunu, kat düzenini yapısal tasarımını nasıl etkileyeceği ve bunlara ilişkin alternatif öneriler ön tasarım aşamasında araştırılır.

Öncelikle ön tasarımda işgücü ekipman ve malzeme gereksinimi ve yine maliyete göre yapının taşıyıcı strüktür sistemi bu aşamada belirlenir. Ön Tasarım aşamasıyla geri besleme yöntemiyle revize olduğu gibi yapım aşamasında karşılaşılan problemlerle revize olmaktadır.

Tasarım aşamasında planlama sonucu verilen kararlar ve ihtiyaç programı doğrultusunda yoğun bir problem çözme süreci vardır; bu süreçte yapının form ve fonksiyon bağlantıları, strüktürel, elektrik ve mekanik planlama çözülür. Problem çözmenin yoğun olarak yer aldığı bu süreç; ön tasarım, tasarım, tasarımın geliştirilmesi ve bu sürecin çıktıları olan uygulama öncesi hazırlık alt aşamalarından oluşur.

Ön tasarım aşamasında tasarım ekibi tarafından ihtiyaca yönelik alternatifli avan projeler hazırlanır.

5.1.3.2 Mimari tasarım

Sismik izolatörlü bir binada ön tasarım aşamasında ele alınması gereken husus bina formunun sade ve simetrik olmasıdır.

Bu alternatifler mal sahibi veya müteahhit firmaya sunularak ihtiyaca en çok cevap veren, maliyet, üretim süresi, çeşitli ekonomik ve sosyal kriterler göz önüne alındığında ideal çözüm yöntemi sunan proje seçilmektedir.

Özet olarak mimari tasarım açısından dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda sıralanmıştır;

- Bina formu; kare ve dikdörtgen gibi düze ve sade formlarda ve / veya simetrik olmalıdır.
- Binanın kullanımı; sismik izolatörlerin binanın neresinde konumlandırılacağına (bodrum kat veya çatı katı) yeni imalatlar yapımı (ilave bodrum kat gereksinimi, sismik köprüler, bina çevresindeki toprakarme, iksa sistemi gibi) söz konusu olabilir. Tasarım aşamasında bunlar göz önünde bulundurulmalıdır. Asansör ve merdivenlerin yatay hareketi engellemeyecek şekilde tasarlanması gerekmektedir.
İzolatörlerin bulunduğu katta üst yapıyı temelden ayıran ve cephe boyunca devam eden bir yırtık oluşturulmalıdır. Asma tavan için sismik önlemler alınmalıdır. Genel olarak taşıyıcı olmayan elemanların güvenliği sağlanmalıdır.
- Binanın yerleşimi; bina çevresinde deplasmanı sağlayacak boşluk olması gerekmektedir. Bu nedenle sismik izolatör kullanılacak bina bitişik nizam değil 4 tarafı açık bir bina olmalıdır.
- Elektrik ve mekanik disiplinler için; tesisat malzemelerinin esnek olması gerekmektedir. Topografyadan binaya girişte elektromekanik tesisatların depreme karşı sismik önleminin alınması gerekmektedir.

5.1.3.3 Yapısal tasarım

Sismik izolatör kullanım kararı verilen binada mimari ön tasarım yapıldıktan sonra yapısal ön tasarımda dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda sıralanmıştır;

- Sismik izolatörü binada perde ihtiyacı minimumda olduğundan asansör kovalarının çelik olması tavsiye edilmektedir.
- Kolon kesitlerinin normal binadan daha ince yapılması önerilmektedir.

- İzolatör üstündeki döşemenin temel kalitesinde dökülmesi gerekmektedir.
- Dilatasyon gereksinimi azalmaktadır.
- Tüm bunların yanısıra gerekli yönetmelik ve şartnamelere uyulmalıdır.

Bu bağlamda sismik izolatör kullanılacak binada sismik izolatör özellikleri belirlenirken dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda sıralanmıştır;

- Sismik tehlike analizi yapılmalıdır.
- İzolasyon ara yüzü belirlenmelidir.
- Bina için statik hesap (sismik ağırlık) hesaplanmalıdır.
- İstenen performans hedefleri doğrultusunda performans hesabı yapılmalıdır.
- İzolatör tasarımında proje müellifi tarafından izolatör özelliklerinin uygunluğunun teyidi için (zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz) yapılmalıdır.
- Prototip üretimi ve testleri yapılmalıdır.
- Seri üretim ve testleri yapılmalıdır.

5.1.3.3.1 Sismik izolatör seçimi ve özelliklerinin belirlenmesi

Binanın mimari ve yapısal tasarımının ardından sismik izolatörün tipinin boyutlarının belirlenmesi gerekmektedir. Sismik izolatör özelliklerinin belirlenmesi için gerekli unsurlar;

- a. Sismik tehlike analizi
- b. Performans hedefinin belirlenmesi
- c. İzolasyon sistemi ön tasarımı ve yapısal tasarım
- d. İzolatör alımı için teknik şartname oluşturulması
- e. Üretici seçimi ve nihai izolatör özelliklerinin belirlenmesi
- f. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz
- g. Prototip ve üretim testleri
- h. Revizyonlar ve sahada montaj şeklinde sıralanabilir.

a. Sismik tehlike analizi

Sismik tehlike analizi zeminin ve binanın depremde maruz kalacağı şartların hesaplanmasında gerekli olan değişkenlerin (ivme, hız, deplasman) hesaplanmasını amaçlar.

b. Performans hedefinin belirlenmesi

Sismik izolatörlü binalarda performans hedefinin belirlenmesi gerekmektedir. Deprem anında binanın depreme karşı nasıl tepki vereceği hedefi önceden belirtilmelidir.

Bina performans düzeyleri;

- Kesintisiz kullanım
- Sınırlı hasar
- Kontrollü hasar ve onarılma süreci
- Göçmenin önlenmesi gibi başlıklardan oluşmaktadır.

Hastane binaları depremden hemen sonra kullanılması gereken binalar olduğu için kesintisiz kullanım sağlamalıdır. Bu kesintisiz kullanım performans hedefinin de bu aşamada belirlenmesi gerekmektedir. Sismik izolatörlü binalarda performans temelli tasarım uygulanmalıdır.

c. İzolasyon sistemi ön tasarımı ve yapısal tasarım

Sismik izolasyon sisteminin ön tasarımına başlanıldığı aşamada önceki projelerden veya üretici firmalardan edinilen izolatörlerin tasarım değişkenleri yardımıyla sistemdeki maksimum yer değiştirme çeşitli kontrol büyüklüklerinin maksimum değerleri (kayma şekil değiştirmesi), izolatörlerin stabilitesi ve izolatörde oluşabilecek çekme kuvvetleri gibi özellikler incelenmektedir.

d. İzolatör alımı için teknik şartname oluşturulması

Binada kullanılacak sismik izolatörlerin sahip olması gereken temel özellikler belirlendikten sonra sismik izolatör üreticisinin belirlenmesi için teknik şartname oluşturulmaktadır.

e. Üretici seçimi ve nihai izolatör özelliklerinin belirlenmesi

Sismik izolatör üreticilerinden tekliflerin toplanması ve aralarından en uygun üreticinin seçilmesi bu aşamada yapılmaktadır. Daha sonra izolatör tipi seçilmekte ve izolatör özellikleri netleştirilmektedir.

f. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz

Bu analiz yöntemiyle bir binanın depremde görebileceği hasar analiz binanın depremde nasıl performans göstereceği değerlendirilir.

g. Prototip ve üretim testleri

Ön tasarım aşamasından sonra boyutları belirlenen sismik izolatörlerin prototip üretimi yapılmakta ve yönetmeliklere uygun testlerden geçirilmektedir. Test sonuçları doğrultusunda ön tasarımın değiştirilip değiştirilmeyeceği netleşmektedir.

h. Revizyonlar ve sahada montaj

Üretim testleri sonucunda revizyon gerekiyorsa yapılmalıdır. Testler başarılı geçinceye kadar bu işlem tekrarlanmaktadır. Sonuç olumlu olduğunda ise sahada montajı uygulama aşamasında yapılır.

Genel olarak bu süreçler tüm sismik izolatörlü binaların sismik izolatör projelendirme sürecinde gerçekleşse de projenin kamu veya özel sektör projesi olmasına göre farklılık gösterebilmektedir. İzolatörlü bir bina örneğinde genel tasarım sürecinde izolatör tipi ve üreticisi en son belirlenirken, izolatör tipi belli olan izolatör tasarım sürecinde farklı firmalardan teklif alınıp değerlendirme yapılabilmektedir. Aynı zamanda izolatör üreticisi belli izolatör tasarım sürecinde üretici firma belirlendikten sonra izolatör tipine karar verilebilmektedir.

Sismik izolatör kullanım kararı alınan bir binada yapısal tasarım süreci 3 şekilde gerçekleştirilir.

Genel izolatör özelliklerini belirleme (generic design) süreci:

Bu tip süreç genellikle kamu ihalelerinde kullanılmaktadır. Sismik izolatör gereksinimleri ihale sürecinden önce belirlenmektedir, ancak sismik izolatör tipi ve üreticisi yapım aşamasında belli olmaktadır.

-İzolatör tipi ve tasarımı belli izolatör özelliklerini belirleme süreci:

Bu tip süreç kamu ihalesi veya özel sektör ihalelerinde kullanılmaktadır. İzolatör tipi ve özellikleri bellidir. Farklı firmalardan teklif alınıp ideal yüklenici belirlenmektedir.

-İzolatör üreticisi belli izolatör özelliklerini belirleme süreci:

Özel sektör projelerinde kullanılan bu tip süreçte izolatör üreticisi sürecin başında belli olmaktadır ancak izolatör tipi ve özellikleri sonradan belirlenmektedir.

5.1.3.4 Tasarım aşamasında uyulması gereken yönetmelikler

Depreme dayanıklı bina tasarım sürecinde mühendislik ve mimarlık disiplinleri tasarımlarını yaparken yönetmelikler çerçevesinde yapmalıdır.

Depreme dayanıklı yapıların tasarımında dikkate alınan yönetmelik ve standartlar;

TBDY, ENV 1998 Eurocode 8, ASCE 7-10 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, AASHTO Guide Specifications For Seismic Isolation Design ve UBC-97 Uniform Building Code sıralanabilir.

- TBDY

2007'den bugüne yürürlükte olan 'Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007) madde 1.1.6'da sismik izolatör kullanılacak binaların yönetmelik kapsamının dışında olduğu açıkça belirtilmiştir. 2016 Haziran ayında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği taslağı yayınlanmış, ilgili yönetmeliğin 2018 yılında yürürlüğe girmesi beklenmektedir.

Eski yönetmelikte bulunmayan izolatörlü bina sistemlerinin tasarımı, yüksek bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımı, ahşap taşıyıcı sistemlerinin tasarımı ve ön üretimli bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımı, yeni taslak yönetmeliğe ilave edilmiştir.

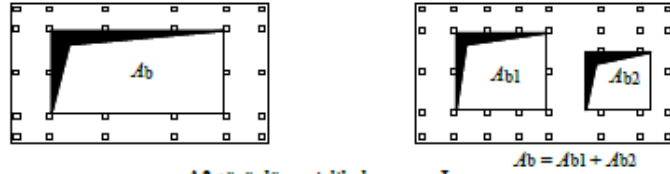
Depreme dayanıklı bina tasarımı yapılırken öncelikle 2019 yılında yürürlüğe girmesi planlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne bakılmaktadır. Yeterli gelmediği takdirde başta EUROCODE olmak üzere diğer uluslararası yönetmeliklere başvurulur. Eski Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde sismik izolatörlere hiç yer verilmezken yeni deprem yönetmeliği taslağında bina performans düzeyleri tanımlanıp sismik izolatörlerle ilgili bilgilere geniş yer verilmiştir.

Yeni taslak yönetmeliğe göre;

Bina taşıyıcı sistemi düzenlenirken, yapısal tasarımda binanın sade ve basit olmalı, yapısal tasarımda bina düzenli ve simetrik olarak düzenlenmelidir. Yapısal tasarımda fazla-bağılılık özelliği sağlanmalıdır (bu bağlamda yapısal derzlerden kaçınılmalı ancak sıcaklık değişmesi ve rötre etkileri için bina uzunluklarına dikkat edilmelidir). Yapısal tasarımda binanın yeterli dayanım, rijitliği ve yeterli sünekliği sağlanmalıdır. Katlar arası çekilmelerde yeterli döşeme rijitliği ve dayanımı sağlanmalıdır. Ayrıca aşağıda görüldüğü üzere bina düzensizliklerinden kaçınılmalıdır.

A – PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
A1 – Burulma Düzensizliği: Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden <i>Burulma Düzensizliği Katsayısı</i> η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumu (Şekil 3.1). $[\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2]$. <i>Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak, 4.7'ye göre yapılacaktır.</i>	3.7.2.1
A2 – Döşeme Süreksizlikleri: Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 3.2); I – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu	3.7.2.2
A3 – Planda Çıkıntılar Bulunması: Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu (Şekil 3.3).	3.7.2.2
B – DÜŞEYDE DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat): Betonaarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki <i>toplam etkili kesme alanı</i> 'nın, bir üst kattaki <i>toplam etkili kesme alanı</i> 'na oranı olarak tanımlanan <i>Dayanım Düzensizliği Katsayısı</i> η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumu. $[\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80]$ <i>Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:</i> $\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k$ (Simgeler için Bkz. 7.0)	3.7.2.3
B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan <i>Rijitlik Düzensizliği Katsayısı</i> η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumu. $[\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} > 2.0]$ <i>Görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak 4.7'ye göre yapılacaktır.</i>	3.7.2.1
B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak girişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin alta kolonlara oturtulması durumu (Şekil 3.4).	3.7.2.4

Şekil 5. 4: TBDY'deki düzensizlik tanımları.

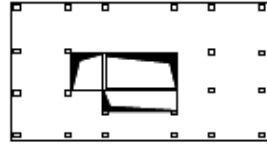


A2 türü düzensizlik durumu – I

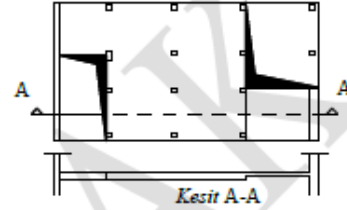
$$A_b / A > 1/3$$

A_b : Boşluk alanları toplamı

A : Brüt kat alanı

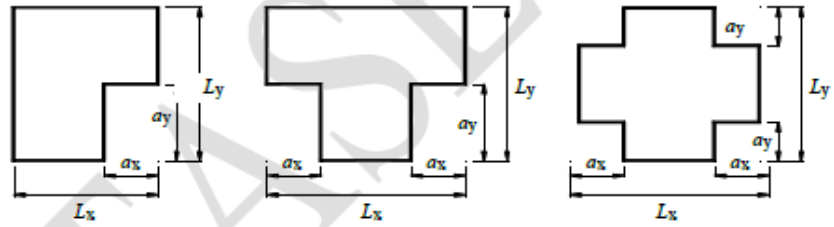


A2 türü düzensizlik durumu – II



A2 türü düzensizlik durumu – II ve III

Şekil 3.2

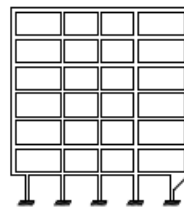


A3 türü düzensizlik durumu:

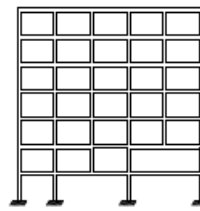
$$a_x > 0.2 L_x \text{ ve aynı zamanda } a_y > 0.2 L_y$$

Şekil 3.3

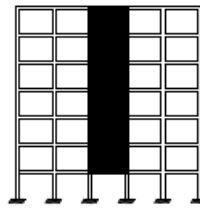
Şekil 5. 5: Planda düzensizlik durumları.



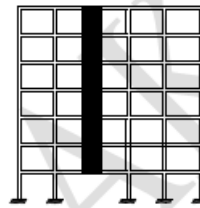
Bkz. 3.7.2.4 (a)



Bkz. 3.7.2.4 (b)



Bkz. 3.7.2.4 (c)



Bkz. 3.7.2.4 (d)

Şekil 3.4

Şekil 5. 6: Düşeyde düzensizlik durumları.

- EUROCODE 8

EUROCODE 8, Günümüzde dünyada en yaygın kullanılan yönetmeliktir. Ulusal yönetmelikler yeterli gelmediği takdirde EUROCODE yönetmeliğine başvurulmaktadır.

Eurocode yönetmeliğinde tasarım aşamasında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Konsept Tasarım Esasları; yönetmeliğin ‘Bölüm 4 Bina Tasarımı’ kısmında konsept tasarım temel esaslarından bahsedilmektedir.

Konsept tasarım (avan proje)’da yapısal sadelik, uniform (düzenli, tekdüzelik, aynı şekilde tekrarlanma), simetri, çift yönlü mukavemet, rijitlik ve yeterli temel sağlanmalıdır.

Konsept tasarımda belirtildiği üzere binanın düzenli olması gerekmektedir. Bina düzenli olarak değerlendirilmesi için Eurocode’da bahsedilen aşağıdaki kriterlerin sağlanması gerekmektedir.

Plan düzlemindeki düzensizlik durumlarından kaçınmak için bina yerleşimi açısından yatay rijitlik ve kütle yerleşimi sağlanması için bina X ve Y doğrultularında simetrik yapılmalıdır. Planda girinti yapan bölümlerin toplamı bina toplam alanının %5’inden az olmalıdır. Planda L, C,H,I,X gibi karmaşık formlara sahip yapıların rijitliği ayrıntılı incelenmelidir ve planda binanın uzun kenarının kısa kenarının uzunluğuna oranı 4’ten az olmalıdır.

Tüm yapısal elemanların temel seviyesinden çatı seviyesine kadar devam etmesi gerekmektedir. Aşağıdan yukarı doğru çıkıldığında kat ve kütle rijitliğinde azalmalar olabilir. Ani çekilmelerden kaçınılmalıdır. Çerçeve sistemlerde komşu katların yüksekliği birbirine yakın olmalıdır. Binada kat çekilmesi varsa, toplam çekme miktarı binanın plandaki boyutunun %20 ‘sini geçmemelidir. Bir binada kat çekilmesi bina boyunun %15’ini aşacaksa çekilme miktarı plan boyutunun %20’sini aşmamalıdır. Kat çekilmesi temelden itibaren bina yüksekliğinin %15’ini geçmeyecek ve sabit olarak devam edecekse çekilme miktarı plan boyutunun %50’sini geçmemelidir. Binada simetrik olmayan kat çekilmesi varsa hesaplanan en büyük çekme zemin kattaki plan boyutunun %30’undan az olmalıdır. İki kat arasındaki çekilme miktarı alt kattaki boyutun %10’unun altında olmalıdır (Karasu, 2015).

Yapısal elemanların yanısıra yapısal olmayan elemanların da sismik önlemlerinin alınması ve bunların tasarım aşamasından başlayan bir süreçle göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Yapısal olmayan elemanların esas olarak ele alınması gereken aşama uygulama aşaması olmakla birlikte tasarım aşamasında da bu gereksinimlerin bilinmesi gerekmektedir. Yapısal olmayan elemanlar için alınan sismik önlemler bir sonraki aşama olan ‘uygulama’ aşamasında daha detaylı incelenmiştir.

Özet olarak, sismik izolatörlü binada normal binadan farklı olarak mimari, statik ve elektromekanik disiplinlerce çözülmesi gereken detaylar ortaya çıkmaktadır.

Normal binadan farklı olarak sismik izolatörlü bina, yönetmeliklere uygun olarak kare ve dikdörtgen formlarda ve simetrik olmalı düşeyde ve yatayda fazla farklılaşma göstermemelidir.

Tasarım geliştirme sürecinde alternatif projeler arasından seçilen proje için uygulamaya yönelik projenin üretimine ait alt bileşenler belirlenmekte ve detaylar çözülmektedir. Disiplinler arası iletişimi sağlayan proje yöneticisi için bu süreç büyük önem taşımaktadır. Bunun nedeni, strüktürel veya mekanik gereksinimlerden ötürü mimari revizyon olabileceği gibi, planlanan yapının maliyet ve yapım süresinin aşılması durumunda proje yöneticisinin müdahalesiyle yeni çözümler hemen üretilip bu süreç kısaltılabilmesi ve yanlış üretimin önüne geçilmesi olmaktadır. Bu sürecin başarılı olabilmesi için; yapının özelliklerine ait kararlar, maliyet, süre ve kalite kriterleri netleştikten sonra, özellikle teknolojik yönü ağır basan ya da ön üretime dayalı bir sistemle oluşturulacak ise; bileşenlere ait siparişlerin verilmesi, yüklenicinin belirlenmesi ve kesin iş programının yapılması gerekmektedir.

Bu süreçte gerekli şartnameler, iş programları oluşturulurken bir yandan da nihai tasarımla maliyet kesinleşmekte ve yasal izinler alınarak uygulamaya hazırlık yapılmaktadır.

Özet olarak; sismik izolatör kullanım kararının en çok dikkate alınması gereken aşama tasarım aşamasıdır. Gerek ön tasarım gerekse tasarım geliştirme aşamalarının mimari ve yapısal tasarım evrelerinde dikkat edilmesi gereken birçok husus vardır.

Sismik izolatör kullanılacak binanın mimari tasarımında etkilenen özellikler;

- Bina Formu; bina formu sade ve simetrik olmalıdır.

- Bina yerleşimi; bina hareketini sağlaması için binanın çevresinin en az deplasman kadar boş olması gerekmektedir. Bu nedenle bitişik nizam binalarda tavsiye edilmez. Bina bodrum katta ise bina çevresinde hendek olması gerekmektedir.
- Bina kullanımı; bina girişlerinde sismik köprüler gerekmektedir. Yangın merdiveni ve asansörlerde sismik detaylar oluşmaktadır. Taşıyıcı olmayan elemanlar için sismik önlem alınmalıdır. Elektromekanik gereksinimler için de sismik detaylar çözülmelidir. Asma tavanda sismik detaylar çözülmelidir.

Sismik izolatör kullanılacak binanın yapısal tasarımında etkilenen özellikler;

Sismik tehlike analizi yapılmalıdır. Statik hesap yapılmalıdır. Performans hedefleri belirlenip o doğrultuda hesaplar yapılmalıdır. İzolatör özellikleri belirlenip gerekli analiz ve testler yapılmalıdır. İzolatör üstü döşemenin temel kalitesinde dökülmesi gerekmektedir. Bina çevresinde cephede bina deplasmanı için sismik boşluk olması gerekmektedir. Dilatasyon gereksinimi azalmaktadır. Bina kolon kesitleri azalmaktadır.

Sismik izolatör tipi ve özelliklerinin belirlenmesi üreticinin belli olması, izolatör tipinin belli olması, genel tasarımın belli olması gibi farklı şekillerde gerçekleşebilirken bu süreç projenin kamu veya özel sektör projesi olmasına göre farklılık göstermektedir.

Ayrıca tasarım yapılırken başta DBYBDH, EUROCODE ve ASCE-I olmak üzere ulusal ve uluslararası yönetmeliklere uyulması gerekmektedir. Yönetmeliklerin hemen hepsinde benzer noktalara değinilirken bu yönetmeliklerde genel olarak belirlenen tasarım esaslarında; bina formunun sade, düzenli ve rijit olması, binanın plan ve kesit düzleminde düzensizlik bulunmaması ve binanın düzenli kabul edilmesini sağlamak için de plan ve kesit düzleminde çekilmeleri belirli oranda tutulması amaçlanmıştır.

Bu bağlamda tüm bu kriterler ve esaslar göz önüne alındığında tasarım aşaması sismik izolatör kullanım kararı ile doğrudan ilişkilidir. Sismik izolatör kullanılacak binanın mimari ve yapısal tasarımında dikkate alınması gereken birçok kriter vardır. Bu kriterler doğrultusunda tasarım yapıldığında uygulama da hızlı bir şekilde ilerleyebilecek böylece başarılı bir bina üretim sistemi gerçekleştirilmesi planlanmış olacaktır.

5.1.4 Sismik izolatör kullanım kararının ‘Uygulama’ aşamasına etkisi

Uygulama aşaması binanın fiziksel olarak imal edildiği aşamadır. Bu aşamanın başarısı, tasarım ve planlama aşamasının organizasyonunun ve alınan kararların doğru olmasıyla il doğrudan ilişkilidir. Uygulama aşamasında mimari ve yapısal tasarım sonucu önerilen yapım tekniği ve fiziksel kaynakların yüklenici tarafından tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bunun nedeni, ilerde olması beklenen olumsuz bir durumun süre ve maliyeti olumsuz etkilemesinin yanında, sağlık ve güvenlik yönünden de zaafiyet oluşturabilmesidir.

Ancak sismik izolatör ile ilgili öneriler detaylı araştırma ve test süreçlerinden geçtiğinden ve yüklenicinin konuyla ilgili yeterli bilgisi olmadığından deprem mühendisleri tarafından gözden geçirilmektedir.

Uygulama aşaması asıl olarak yapı üretimin gerçekleştirilmesi aşaması iken aynı zamanda sürecin yönetsel izlenmesi, denetlenmesi ve sorunlara çözüm bulma sürecidir. Belirli aralıklarla yapılan saha kontroller doğrultusunda işin; işgücü, malzeme-ekipman kaynaklarından veya finansman sıkıntısından doğan sorunların aşılması için programlama aşamasına ya da malzeme ve detay uyumsuzluklarını gidermek için tasarım aşamasına geri dönmekte, bu sorunların aşılması için önceden alınan kararlar tekrar kontrol edilmektedir.

Denetim bu süreçte planlanan süre ve maliyet sınırları içinde kalınmasının kontrolü açısından hayati bir önem taşır.

Sismik izolatörlü binanı yapım aşamasında yapım aşamasında geçerli yönetmelik ve standartlara uyulmalıdır.

Tasrım aşamasında da bahsedildiği üzere uygulama aşamasında ele alınması gereken en önemli hususlardan biri yapısal olmayan elemanların sismik önlemlerinin alınmasıdır.

Yapısal olmayan elemanlar bağlamında;

-Mimari elemanlar; cephe kaplaması ve camları, süslemeleri (konsol kanopi, saçaklar), asma tavanları(aydınlatma, pendant), iç bölme duvarları ve merdivenleri, raflar, dolaplar

- Mekanik bileşen ve sistem; havalandırma ekipmanlarını, kanallarını, asansörleri, pompaları ve acil durum jeneratörleri
- Elektrik bileşenler; trafo, elektrik panosu, motor kontrol merkezleri, aydınlatma ve elektrik tavaları
- Yangın koruma sistemleri; boru ve tankları,
- Kanal sistemleri ve bileşenleri ise borulama, sabitleme ve ekipmanları içermektedir (FEMA,2010).

Bu kapsamda Hastanelerde sismik riskin azaltılmasıyla ilgili olarak Amerikan Acil Durum Yönetim Kurumunun (FEMA) yayınladığı kaynaklar aşağıda belirtilmiştir;

FEMA412: Mekanik Ekipmanların Kurulumlarının Sismik Kısıtlamaları

FEMA 413: Elektrik Ekipmanların Kurulumlarının Sismik Kısıtlamaları

FEMA 414: Kanal ve Boru Kurulumlarının Sismik Kısıtlamaları

Bu tip mimari elektrik ve mekanik ekipmanların depremde korunması adına deprem anında zarar görmeyecek şekilde sismik önlemlerinin alınması gerekmektedir.

5.1.5 Sismik izolatör kullanım kararının ‘Kullanım’ aşamasına etkisi

Yapı yaşam döngüsünün en büyük kısmını alan bu süreçte; büyük bir kısmı uygulama sürecinde gerçekleşmek kaydıyla üretim yavaş ve aralıklarla da olsa devam etmektedir. Diğer bir deyişle, gerçek anlamda fiziksel üretim uygulama aşamasında gerçekleşse de gerekli tadilat ve bakımlar bina üretim sürecinin kullanım aşamasındaki karşılığı olarak ele alınmaktadır. Kullanıcının gereksinimleri doğrultusunda ve kullanım sonucu meydana gelen arıza, farklılaşma ve eklemeler meydana gelmektedir (Karabulut, 2007).

Sismik izolatörlü binanın kullanım aşamasında sismik izolatörlerin bakım ve onarımı göz önünde bulundurulmalıdır. Garanti süresi değişiklik göstermekle birlikte sismik izolatörlerin genelde 5 yıllık garanti süresi olmaktadır. Daha sonrasında 3 yılda bir düzenli kontrol gerektirmektedir. İstenirse detaylı test için numune alınıp detaylı kontrol yapılabilir.

Bu bağlamda kullanım aşamasında sismik izolatörlerin binanın işlevini koruması açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle sismik izolatörlerin bakım onarım ve kontrolleri aksatılmadan yapılmalı, kullanıcı tarafından bu süreç takip edilmelidir.

Özet olarak bina üretim sisteminin evreleri ve alt aşamaları sismik izolatör kullanım kararı ile doğrudan ilişkilidir. Bu bölümde bu alt aşamalarda dikkat edilmesi gereken hususlar değerlendirilmiştir.

Girişim fizibilite aşamasında diğer aşamalar etkileneceğinden ve süre maliyet açısından en uygun kararın alınması açısından sismik izolatör kullanım kararının bu aşamada belirlenmesinin öneminden bahsedilmiştir.

Planlama aşamasında ise sismik izolatör kullanım kararı alındıktan sonra karşılaşılabilecek farklılıkların öngörülüp planlama aşamasında hesaba katılmasının ve mimar- mühendis iş birliğinin bina üretim sistemini nasıl etkileyeceğinin açıklanmıştır.

Tasarım aşamasında ise mimari ve yapısal tasarımın ön tasarım ve tasarım geliştirme alt aşamalarına olan etkileri incelenmiş olup uyulması gereken yönetmeliklerdeki esaslar ortaya konulmuştur. Yine tasarım aşamasında sismik izolatörün tipinin ve özelliklerinin nasıl belirlendiği de detaylı olarak açıklanmıştır.

Yapım aşamasında uyulması gereken hususlar değerlendirilmiş olup tasarım aşamasındaki kararların gözden geçirilmesinin önemi vurgulanmıştır.

Kullanım aşamasında ise sismik izolatörlerin bakım ve onarımlarının önemi üzerinde durulmuştur.

Bir sonraki bölümde ise sismik izolatör kullanım kararının bina üretim süreci aşamaları ile ilişkisi Türkiye’de yapılan hastane uygulamaları örneğinde incelenecek, literatürdeki etkilerle karşılaştırması yapılacaktır.



6. HASTANELERDE SİSMİK İZOLASYON ÖRNEKLERİ KAPSAMINDA SİSMİK İZOLATÖR KULLANIM KARARININ BİNA ÜRETİM SÜRECİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Türkiye’de sismik izolatör kullanılan bina sayısı gün geçtikçe artmaktayken 2017 yılında sismik izolatör kullanılmış/kullanılmakta olan bina sayısı 103’e ulaşmıştır. Büyük depremlerden sonra hastanelerin işlevselliğini ve maliyetli medikal ekipmanlarının işlevselliğinin korunması hayati önem taşımaktadır.

6.1 Çalışmanın Amacı

Ülkemizde yeni olan sismik izolatör kullanımının özellikle depremde sonra ayakta kalması ve kesintisiz kullanılması gereken hastane binalarında kullanım kararının bina üretim sürecinin ilk evrelerinde alınmasıyla bina üretim sürecinin kısaltılacağı ve daha etkin geçeceği, maliyetin düşürüleceği araştırılmıştır. Sismik izolatör kullanım kararı bina üretim sürecinin en başında alınırsa tasarım, yapım gibi onu etkileyen faktörler belirlenir ve bu faktörlere karşı önlemler süreci ilk başından itibaren alınmaya başlanır. Maliyet ve sürenin kısaltılacağı dolayısıyla daha başarılı bir projeler gerçekleştirileceği gerekçesiyle sismik izolatör kullanım kararının bina üretim sürecini nasıl etkileyeceği bu tez çalışması kapsamında araştırılması amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda Sağlık Bakanlığı’nın yayınladığı genelge ve uyulması gereken ulusal ve uluslararası yönetmeliklere bağlı olarak sismik izolatör kullanım kararının bina üretim sürecinin aşamalarının nasıl etkilendiği, bina üretim sürecinde rol alanların sürecin bütün aşamalarında sismik izolatör kullanım kararını nasıl ele alındığının (sürecin girişim aşamasında bu kararın alınmasıyla yapım bittikten sonra alınmasının yol açtığı problemlerin) tespit edilmesi amacıyla şu anda sismik izolatör kullanılan hastane binalarının bu bakış açısıyla incelenmesine gerek duyulmuştur.

Günümüzde İstanbul’da yapımı tamamlanmış/tamamlanmakta olan 5 hastane projesi bu bakış açısıyla incelenecektir. Sismik izolatör kullanım kararı 5 hastane projesinden 4’ünde girişim&fizibilite başında alınmış, 1’inde ise kullanım

aşamasında (yapım bittikten sonra) alınmıştır. Bu bağlamda sismik izolatör kullanım kararında rol alanların aldıkları kararların nasıl değiştiği de açıklanacaktır.

6.2 Çalışmanın Kapsamı

Sismik izolatör kullanım kararının bina üretim süreci ve alt aşamalarına olan etkileri Türkiye’deki 5 farklı hastane projesi kapsamında incelenmiştir. 5 hastane projesinin 4’ü yeniden yapım projesi olmakla birlikte 1’i güçlendirme projesidir. Çalışma kapsamında ele alınan hastanelerin biri Dünya’nın en büyük sismik izolatörlü binası olma özelliği taşımaktadır. Bu bağlamda farklı ölçeklerde ve büyüklüklerde hastaneler ele alınmış olup sismik izolatör kullanım kararının sürecin başında girişim & fizibilite aşamasında alınmasıyla kullanım aşamasında alınmasındaki farklılığın oluşturduğu etkileri incelenecektir.

6.3 Çalışmanın Yöntemi:

Çalışmada problem tespit edilirken sismik izolatör kullanım kararının mimari ve yapısal unsurları nasıl etkilediğine dair bir literatür çalışması yapılmıştır. Bu bağlamda yapılan literatür çalışmasına, Türkiye Sağlık Bakanlığı’nın getirdiği genelgeye ve ulusal-uluslararası yönetmeliklere bağlı olarak mimari ve yapısal unsurların nasıl değiştiği incelenmiş, sismik izolatör kullanım kararında bina üretim sürecinin nasıl değerlendirildiğini incelemek için 44 soruluk soru grubu oluşturulmuştur.

Bu sorular 3 grupta toplanmış olup, birinci grupta demografik sorularla(6) anket uygulanan kişiler hakkında bilgi edinilmesi amaçlanmıştır. İkinci grupta projesel sorular(34) ile sismik izolatör kullanım kararının bina üretim sürecinin girişim planlama tasarım yapım ve kullanım aşamalarına etkisinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu aşamaların incelenmesi için projesel sorular Girişim& fizibilite aşamasıyla ilgili 5 soruda projenin kullanım amacı ve izolatörün kullanım kararının alınması süreci sorulmuştur. Planlama-Tasarım aşamaları ile ilgili toplam 9 soruda tasarım prensip kararları, planlamaya ve iş programına etkisi incelenmiştir. Uygulama aşaması ile ilgili 9 soruda uygulama esnasında dikkat edilmesi gereken hususların bu aşamada nasıl çözümlendiği irdelenmiştir. Kullanım aşamasıyla ilgili 2 soruda sismik izolatörlerin bakım, onarım ve garanti süreleri ile ilgili konuların

netleştirilmesi hedeflenmiştir. Üçüncü grup olan mülakat sorularında ise sismik izolatör kullanım kararı verilen binaların üretim süreçlerinde karşılaşılan sorunların tespiti ve çözüm önerileri sunulmasına ilişkin katılımcılara 4 soru sorulmuştur.

Toplam 44 sorunun 6'sı demografik, 34'ü projesel sorular olup, 4 tanesi mülakat sorularıdır.

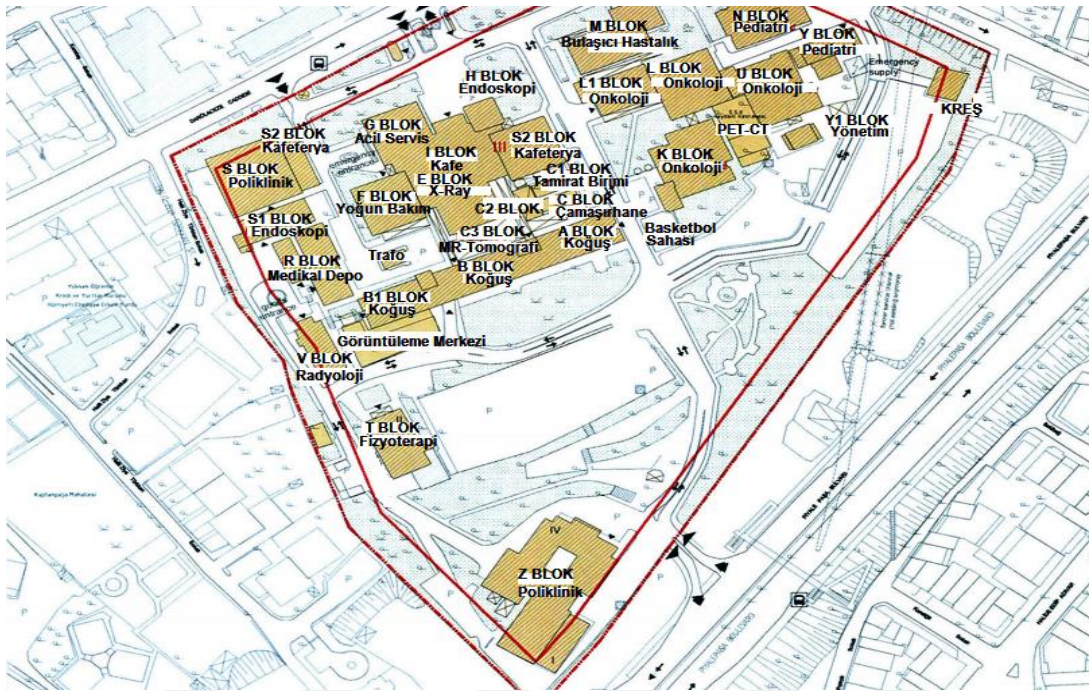
Çalışma yapılırken konuyla ilgili sismik izolatör kullanım kararında etkili olan mal sahibi temsilcileri ve tasarım yapım aşamasında rol alan aktörlerle konunun dağılmasını önlemek adına ucu açık yarı yapılandırılmış görüşme yöntemiyle yüzyüze görüşülmüştür. Bina üretim sürecinin sismik izolasyon kullanım kararında rol alan ve uygulanmasının gerekli olduğunu düşünen kişiler görev aldıkları projelerde, teknik ofis mühendisleri, müdürleri ve dizayn ofis müdürü, proje müdürü veya deprem mühendisi ünvanlarıyla üst düzey karar verici olarak rol almaktadırlar. Yüzyüze yapılan görüşmeler ses kaydına alınmış, daha sonra ses kayıtları çözümlenmiş, hatta çözümlenirken net olmayan hususlar için geri dönülmüş ve tekrar görüşülmüş sorulara açıklıkla cevap aranmıştır. Görev aldıkları projelerde sismik izolatör kullanım kararının bina üretim sürecini nasıl etkilediği uzmanlardan alınan görüş tarafından ortaya konulmuştur.

6.4 Sismik İzolatör Kullanılan Hastane Örnekleri

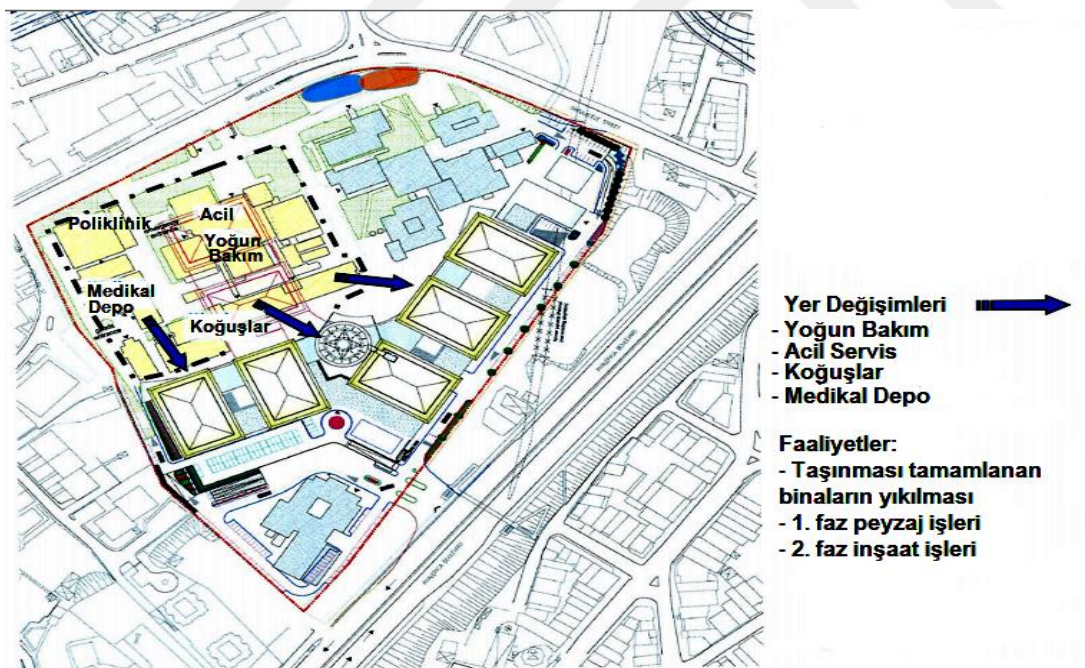
Sağlık Bakanlığının sismik izolatör kullanımını zorunlu tutmasıyla yapılan sismik izolatörlü hastane binaları gün geçtikçe artmaktadır. Çalışmanın bu kısmında sismik izolatör kullanım kararının hastane binaları örneğinde bina üretim sisteminin alt aşamalarına etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda İstanbul'da Okmeydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İkitelli Entegre Sağlık Tesisi, Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi ve Marmara Üniversitesi Başbüyük Eğitim ve Araştırma Hastanesi olmak üzere beş hastane örneği üzerinde durulmuştur.

6.4.1 Okmeydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi

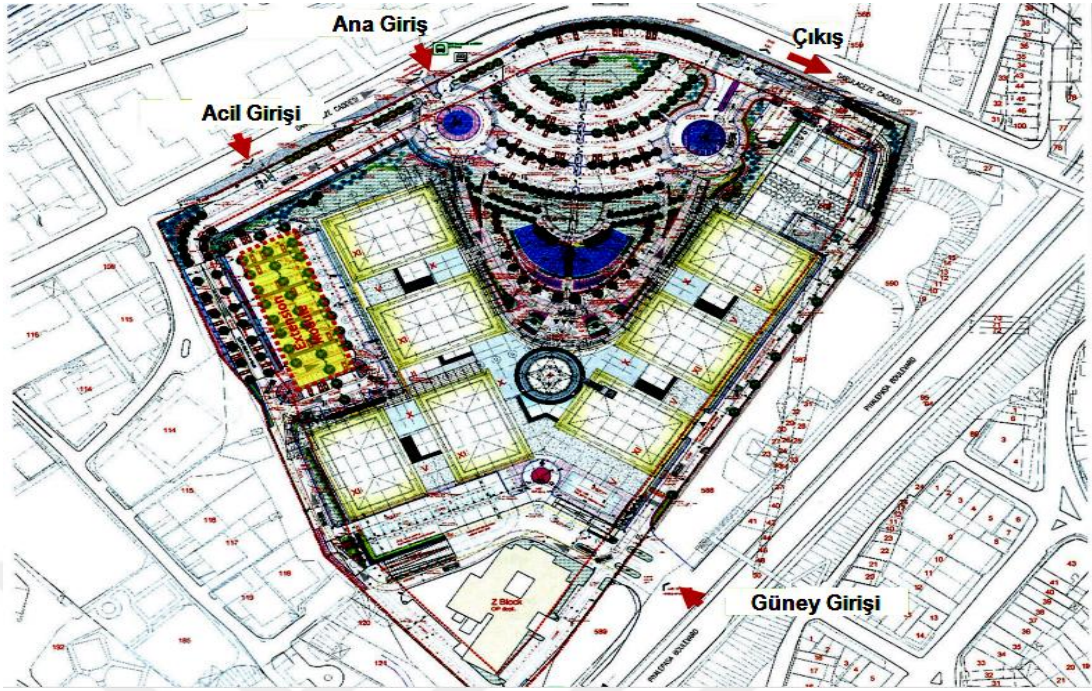
İSMEP kapsamında sismik riskin azaltılması amacıyla 2013 yılında yapımına başlanan hastanenin yapımına halen devam edilmektedir. Bina yapım projesi iki aşamalı olarak planlanmıştır (Şekil 6.1). Mevcut hastane arazinin boş kısmından inşaaata başlanmış böylece hizmete ara verilmeden yeni hastanenin inşaatının bitirilmesi planlanmıştır.



Şekil 6. 1: Hastanenin eski durumu.



Şekil 6. 2: Hastanenin 1. Fazı.



Şekil 6. 3: Hastanenin son durumu.

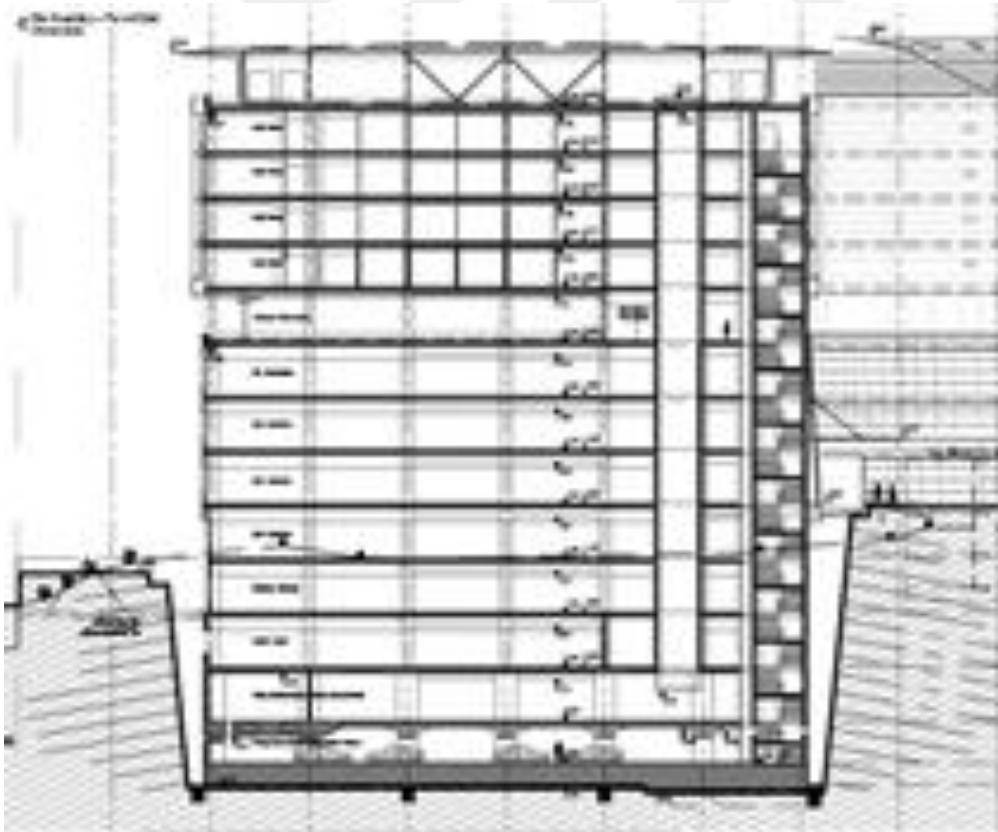
Mevcuttaki boş arazide yapılan ilk faz binası bittikten sonra eski hastanenin 1.fazdaki binaya taşınması, ardından da eski hastane binasının yıkılıp 2.fazın inşaatına başlanması hedeflenmiştir (Şekil 6.2). Eskiden 753 yataklı olan hastanenin 1000 yataklı olarak kapasitesini artırması ve yıllık 1 milyon 500bin ayakta hastaya 50 bin yatan hastaya hizmet vermesi planlanmaktadır (Şekil 6.3).

250.400m² kapalı inşaat alanına sahip olan hastanede 506 adet 3'lü sürtünmeli sarkaç sistem kullanılmıştır.

Sismik izolatör kullanım kararı girişim aşamasında alınan bu projede tasarım da bu bağlamda yapılmıştır. İzolatörler bodrum 3 katında bulunmaktadır. İzolatörler için yapılan ilave bodrum katın otopark olarak kullanılması planlanmaktadır.



Şekil 6. 4: Bina yerleşimi.



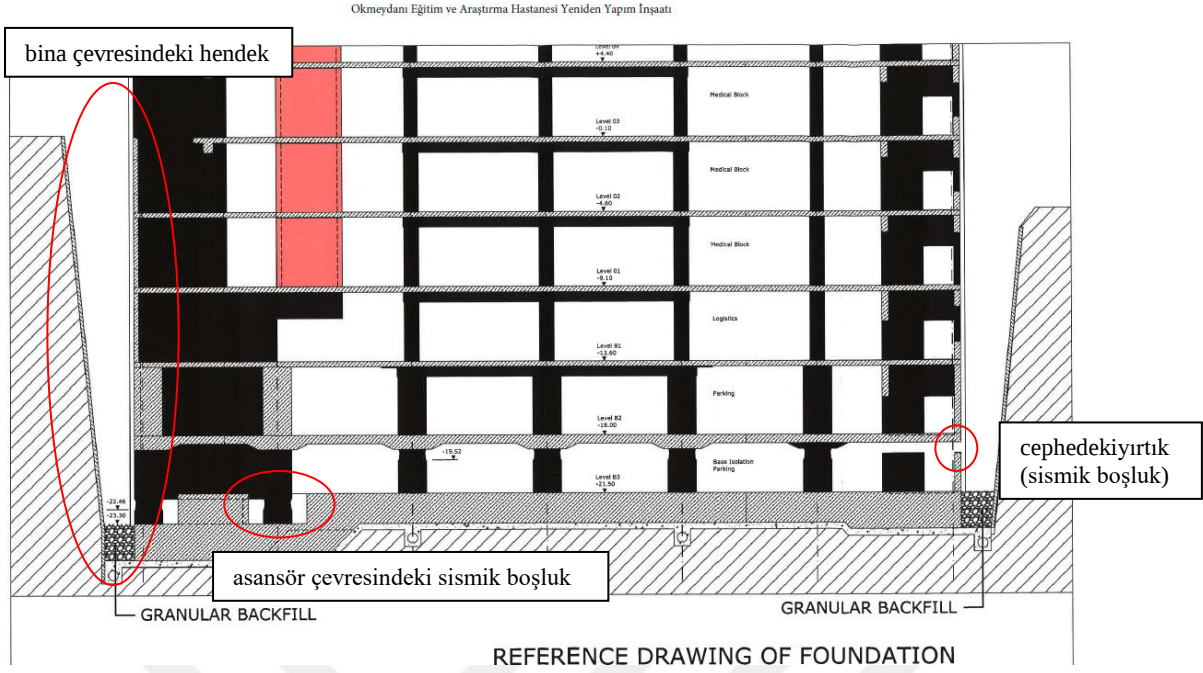
Şekil 6. 5: Bina kesiti.



Şekil 6. 6: Katlar arası çekilmeler (döşeme düzensizlikleri).

Tasarım aşamasında normal binadan farklı olarak mimari ve yapısal gereksinimler düşünülmüş tasarım buna göre planlanmıştır. Sismik izolatör kullanım kararı ile tasarım aşamasında karşılaşılan farklılıklar şöyle sıralanabilmektedir.

- Bina yerleşimi 4 tarafı açık olacak şekilde yapılmıştır. (Şekil 6.3)
- Bina formu x şeklinde olup tekrarlanan tekdüz bir yapıya sahiptir. (Şekil 6.3)
- Bina planında ve görünüşünde çekilmeler belli oranlarda bırakılmış olup belirgin bir yapı düzensizliği bulunmamaktadır. (Şekil 6.4)
- İzolatör yerleşimi bodrum 3 katında bulunması nedeniyle bina çevresinde deplasman için hendek oluşturulmuştur.
- Şekil 6.7'de görüldüğü üzere bina hendeğinin çevresinde iksa sistemi çivili beton olarak planlanmıştır ancak hendek duvarının yüksekliği 15m civarında olduğundan ve yapım aşamasında gereksinimi karşılamadığından fore kazık sistemi olarak değiştirilmiştir.
- Şekil 6.7'de görüldüğü üzere bina cephesinde sismik izolatör için bina deplasmanını sağlayacak bir yırtık bırakılmıştır.

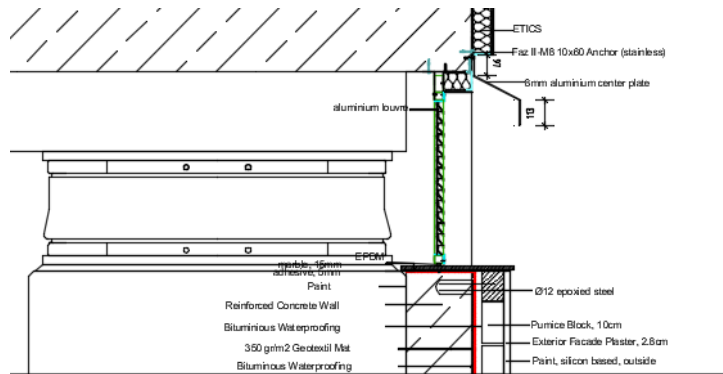


Şekil 6. 7: Bina çevresindeki hendek ve cephedeki yırtık.

Okmeydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde sismik izolatör kullanım kararı ile yapım aşamasında karşılaşılan farklılıklar değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

- Sismik izolatör tipi yapım aşamasında netleştirilmiştir. 3'lü sarkaç sistem; montajı kolay olduğundan, deprem anında sarkaç hareketi yaparak kesintisiz hizmet sağladığından ve ekonomik olması nedeniyle tercih edilmiştir.
- Binada dilatasyon bulunmakta olup genişliği 50 cm'dir.

Sismik izolatör kullanım kararının gerektirdiği mimari detaylar sıralanacak olursa; bina cephesindeki yırtığın nasıl kapatılması gerektiğiyle ilgili çeşitli detay önerileri sunulmaktadır (Şekil 6.8).

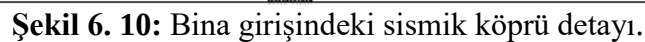


Şekil 6. 8: Bina cephesindeki sismik boşluğa ait kapatma detayı önerisi.

This diagram shows a cross-section of the bridge deck at the column location. Key features include:

- Column C 366**: Located on the left side of the section.
- Axis of Rotation**: Indicated by a vertical dashed line through the center of the column.
- Moveable Steel Sheet**: Two sheets are shown, one on each side of the column, labeled "moveable steel sheet 4450x3170x40mm".
- Swelling Mortar Bed**: A layer between the steel sheet and the concrete deck.
- Joint s. notes**: Notes indicating joint locations and dimensions.
- SSL -12.50**: Several points along the top surface of the deck.
- TE -13.46**: A point on the bottom reinforcement bar.
- SSL -14.30**: A point on the bottom surface of the deck.
- B 03**: A label for the rightmost moveable steel sheet, also noted as "moveable steel sheet 3200x1870x40mm".

Şekil 6.10 'da görüldüğü gibi bina girişlerinde yine sismik köprü detayları belirtilmiştir.



- Asma tavanlarda sismik önlem alınması planlanmaktadır.
- Mekanik elektrik tesisatlarda esnek birleşim detayları uygulanarak sismik yalıtım sağlanmaktadır.

107

6.4.2 Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi

İSMEP kapsamında 2014 yılında yapımına başlanan Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi yeniden yapım inşaatı projesi halen devam etmektedir. Şekil 6.11'deki gibi 257.696m² inşaat alanı olan proje de 3'lü sarkaç sistem (FPS) kullanılmıştır. Sistemde kullanılan 503 adet izolatör bodrum katı kolonlarının üstüne yerleştirilmiştir.



Şekil 6. 11: Bina yerleşimi.

Hastanenin sismik izolatör kullanım kararı girişim aşamasında alınmıştır. Sismik izolatör kullanım kararının girişim aşamasında alınmış olmasıyla birlikte, izolatörlerin üretimi, test edilmesi ve prototip izolatörlerin değerlendirilmesinin yol açacağı bina üretim sürecinin uzaması ve ilave maliyetlerin oluşması gibi problemler önlenmektedir. Bu sebeple girişim aşamasında alınan kararlar bu tür problemlerin önüne geçilmiştir. Girişim aşamasında bu kararın alınmaması durumunda izolatörlerin üretiminin test edilmesi ve prototip izolatörlerin değerlendirilmesi birçok aksaklığa yol açacaktır.

Tasarım aşamasında; sismik izolatör kullanılmayan hastane binasından farklı olarak, tasarımda oluşturulması gereken detaylar, ilave süre ve ilave maliyet gereksinimi bulunmaktadır. Sismik izolatörlü bina üretim sürecinde değerlendirilen unsurların önemi aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- Deprem izolasyonlu yapı projeleri için tasarım, gözetim ve kontrol hizmeti verecek bilgi ve deneyime sahip uzmanlar yetiştirilmeli
- Yeni yönetmelikle birlikte bu konuda profesyonel eğitimler yaygınlaştırılmalı

- Daha ekonomik ve efektif mimari planlar ortaya konulmalı
- Tüm sismik izolasyonlu yapıların envanteri çıkarılmalı ve yerinde kontrol edilerek sertifikalandırılmalı
- Üretim prototip testlerini yapmak için yeterli kapasiteye sahip bağımsız laboratuvarlar kurulmalı ve işletilmeli
- Farkındalık çalışmaları yapılmalı

Sismik izolatör kullanım kararı verilen binada sismik izolatörler deprem esnasında yüksek yerdeğiştirmeler gerçekleştiğinden yerdeğiştirmeleri engellemeyecek detaylar oluşturulmaktadır. Bu nedenle binalar da sismik izolatör tipi belirlenirken binanın üzerine oturduğu zemin tipi, yapının fonksiyonu ve tasarım gerekliliklerine dikkat edilmesi gerekmektedir.



şekil 6. 12: Kullanılan izolatör tipi 3'li sirtünmeli sarkaç sistem ve montajı.

Bu hastanede sismik izolatörlerin bulunduğu katın otopark olarak kullanılması planlanmıştır. şekil 6.12'de de görüldüğü üzere 3'li sarkaç sistem kullanılan bu projede bu tipin seçilmesinin nedenleri; sismik izolatörlerin montajının kolay olması, uzun ömürlü olması, az hacim kaplaması, statik ve dinamik modelleme kolaylığıdır. Ayrıca 3'li sarkaç sistemde yangın dayanımı olduğu için ayrı bir yangın dayanımı gerekmemektedir.

Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi yeniden yapım inşaatında sismik izolatör kullanımı için yapılan tasarıma göre;

Bina hendek duvarının yüksekliği 14m civarındadır. Binanın hendek yapısı kalıcı zemin çivili iksa duvarı olarak inşa edilmiştir. Bina ile zemin arasındaki mesafe yaklaşık 2,8 m'dir. Duvar ile yapı arasındaki boşluğun sismik köprülerle kapatılması planlanmıştır. Bu köprülerin uzunluğu toplamda 304m'dir. Hendek duvarının yüzey bitişi püskürtme beton ile yapılmıştır. Sismik dilatasyon mesafesi 340mm'dir. Asansör detayları sismik köprü detayı ile çözülmektedir. Yangın merdivenindeki ve asansördeki yırtık detayı çözülmelidir. İzolatörlerin bakım onarımında firma ile görüşülmelidir.

Hastanenin sismik izolatör kullanım kararı ile yapım aşaması incelediğinde proje özelinde şartnamelerdeki tutarsızlıklar ve aynı zamanda yönetmelikler ile uyumsuzluklar bulunmaktadır. Yüklenici firma yapım aşamasındaki şartname ve eksiklikleri ortadan kaldıracak önerileri işveren ile paylaşıp mutabık kalarak projeye devam etmektedir.

İnşaat mühendisliğinde ülkemizde verilen akademik eğitimin yalnızca teorik bilgileri içermesi uygulama aşamasında mühendislerin donanımının eksikliğine yol açtığı düşünülmektedir. Akademik eğitimde teorik ders ağırlığının düşürülerek, pratik konular ve insan psikolojisi/zaman yönetimi konusunda derslerin verilmesinin uygulama aşamasında başarıyı artıracığı düşünülmektedir.

Projede sismik izolatör kullanılan süreçte karşılaşılan spesifik bir zorluk olmamasıyla birlikte izolatör tedarikçisinin ve uygulama yapan alt yüklenici firma seçiminin doğru yapılmasıyla izolatörsüz yapıya kıyasla ilave bir zorluk olmayacağı düşünülmektedir. Hastanenin kullanım aşamasına geçmemiş olması nedeniyle sismik izolatörler için gerekli bakım ve kontrollerinin nasıl yapılacağı ile ilgili detaylar henüz belirlenmemiştir.

6.4.3 İkitelli Entegre Sağlık Tesisi

İstanbul İkitelli Şehir Hastanesi Projesi, Sağlık Bakanlığının Kamu özel iş birliği ile yapmış olduğu Türkiye'nin en büyük 3. sağlık yatırım projesidir. Projenin yalnızca İstanbul'a değil çevre illere de hizmet vermesi amaçlanmaktadır.

İkitelli Şehir Hastanesi, toplamda 2682 yatak kapasiteli olup bunların 2354'ü farklı fonksiyonlu hastaneler bulunduran ana hastane binasında, 200 yatak fizik tedavi ve rehabilitasyon hastanesi binasında ve 128 yatak psikiyatri hastanesi binasındadır.

Ana bina ortak bir çekirdek yapıya sahip olup 6 adet bloktan meydana gelmektedir.
Ana hastane binasında şu hastaneler bulunmaktadır.

469 yatak kapasiteli, Genel Hastane,
327 yatak kapasiteli Kalp ve Damar Hastalıkları Hastanesi,
311 yatak kapasiteli Ortopedi ve Nöroloji Hastanesi,
521 yatak kapasiteli Çocuk Hastanesi,
359 yatak kapasiteli Kadın Hastanesi,
367 yatak kapasiteli Onkoloji Hastanesi,
128 yatak kapasiteli Psikiyatri Hastanesi,
200 yatak kapasiteli Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi

Yaklaşık 1.000.000 m2 kapalı inşaat alanına sahip İstanbul İkitelli Şehir Hastanesi ana hastane binasına yerleştirilecek olan ve 2071 sismik izolatörle, 'Dünya'nın En Büyük Sismik İzolatörlü Binası' ünvanına sahip olması planlanmaktadır.

Dünyanın en ileri teknolojisine sahip deprem izolatörleri sayesinde, muhtemel bir deprem esnasında bile operasyonel faaliyetlerine kesintisiz olarak devam edecektir.

Girişim aşamasında; sismik izolatör kullanım kararı alınmış olup, sismik izolatör kullanım kararının girişim aşamasında alınmasıyla deprem sonrasında binanın hizmetine ara vermeden kesintisiz kullanım sağlamaktadır.

Bununla birlikte üst yapı maliyetini (beton, demir vb.) azaltılmasına katkı sağlamaktadır.

Planlama aşamasında dikkat edilmesi gereken husus; izolatörün mesnetleneceği pedestal ve ters pedestal betonarme imalatları ile birlikte izolatör montajı için yerinde bırakılacak yapı elemanlarının tespiti süreci iş programına ilave edilmesidir.



Şekil 6. 13: Bina formu sade, dikdörtgen formdadır.

Tasarım aşamasında ise daha çok yapısal tasarımla ilgili olarak; binada çekirdek perde sistem kullanılmalıdır, Şekil 6.13'te de görüldüğü gibi bina şeklinde; düzgün (kare, dikdörtgen gibi) formlar kullanılmaya özen gösterilmelidir. Projelendirme sürecinde kabul edilen hesap esasları ile uygulanmış olan izolatörün benzer yapı davranışını sağlayacak uyumundan emin olunmalıdır. Temin edilen izolatörler için gerekli deneyler yapılmalıdır.

İkitelli Entegre Sağlık Tesisinde yapılacak olan binaların yapısal tasarımında; yapının rijitliğini azaltmak suretiyle periyodunu uzatarak daha az deprem hareketinden uzaklaştırılmaktadır. Kat ivmeleri düşürülerek hassas ekipmanlara ve/veya bina içeriğine etkiyen kuvvetlerin azaltılması sağlanır. Bunlarla birlikte yapısal tasarımın sonucunda kesitler küçültülerek üst yapıda ekonomi sağlanmış, mimari estetik ve yapının fonksiyonelliğinde artış sağlanmıştır.

Hastane binalarında sismik izolatör tipi olarak 3'lü sarkaç sistemin kullanılmasının amacı ileri teknolojiyle beraber efektif olmasıdır. Sismik izolatörler bodrum 3 katına (temel üstü) kotuna monte edilmiş olup bina da 3 bodrum kata ilave izolatör bodrum katı bulunmaktadır. Bina çevresindeki hendek duvarının yüksekliği 10m ila 20m arasında değişmektedir.

Bina çevresindeki iksa sisteminde ise toprakarme sistem kullanılmıştır. Bina duvarı ile bina arasındaki deplasman mesafesi 70cm'dir. Hendek duvarı ile bina arasındaki mesafe zemin kat döşemesinden konsol çıkılarak boşluğun kapatılması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Ancak konsolun toprak ile bağlantısı konusunda çalışmalar

devam etmektedir. (sismik köprülerin tüm bina çevresinde kullanabileceği gibi farklı katlanabilen sistemler de binayı çevreleyebilir.) Hendek duvarının bitişi toprakarme sistemi kapatan betonarme plakalarla sağlanacaktır.

Binadan çıkan elektromekanik gereksinimlerin esnek bağlantıları henüz planlama aşamasındadır. Binada dilatasyon bulunmamaktadır. İzolatör katına asansör ve yangın merdiveni inmediği için sismik detaylar bulunmamaktadır.

Kullanım aşamasında izolatör bakımlarının düzenli yapılması planlanmaktadır. Ayrıca deprem sonrasında da sismik izolatörlerin zarar görüp görmediğine dair gerekli kontrollerinin yapılması gerekmektedir.

Deprem yönetmeliği ile ilgili olarak; yeni taslak yönetmelik yeterli, kapsamlı bilgiler mevcuttur. Buna ilaveten uluslararası yönetmeliklere de bakılmaktadır. Bu tesis inşaatı için alanında uzman ve yeteri kadar donanımlı mimar ve mühendisler çalıştırılarak, istenilen düzeyde personel bulunabilmektedir.

Sismik izolatör kullanılan binanın üretim sürecinde karşılaşılan zorluklardan en önemlisi yönetmelik eksikliği olarak görülmekteyken yeni taslak yönetmelikle bu problemin önüne geçilmiştir. Tasarım sorumluluğu sınırları, bilgi eksikliği ve üniversite onayları da bu süreci zorlaştıran unsurlar olarak sıralanabilir.

Bu zorlukların aşılmasına ilişkin öneri sıralaması da aşağıdaki gibidir:

- 1) Yeni yönetmelikle birlikte bu konuda profesyonel eğitimler yaygınlaştırılmalı
- 2) Deprem izolasyonlu yapı projeleri için tasarım, gözetim ve kontrol hizmeti verecek bilgi ve deneyime sahip uzmanlar yetiştirilmeli
- 3) Üretim prototip testlerini yapmak için yeterli kapasiteye sahip bağımsız laboratuvarlar kurulmalı ve işletilmeli
- 4) Farkındalık çalışmaları yapılmalı
- 5) Tüm sismik izolasyonlu yapıların envanteri çıkarılmalı ve yerinde kontrol edilerek sertifikalandırılmalı
- 6) Daha ekonomik ve efektif mimari planlar ortaya konulmalı

6.4.4 Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi

İSMEP projesi kapsamında ‘Kalyon İnşaat-Kartal Dr. Lütü Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yeniden Yapım İş’i olarak Temmuz 2018’de açılması planlanan

hastane 920 yatak kapasitelidir. Şekil 6.14'te görülen hastane binasının kapalı inşaat alanı 323.000m2 olup inşaatta 855 adet sismik izolatör kullanılmaktadır.



Şekil 6. 14: Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi bina yerleşimi.

Girişim&fizibilite aşamasında sismik izolatör kullanılması kararı alınan projede bu kararın bine üretim sürecine etkisi tasarım aşamasında performans kriterlerinin belirlenip, yapım aşamasında sismik izolatör tipinin belirlenebilmesi dolayısıyla süre ve maliyetin azalması şeklinde olmuştur.

Planlama aşamasında çok fazla bir etkisi olduğu düşünülmemekle birlikte iş programında da büyük bir farklılık bulunmamaktadır.



Şekil 6. 15: Kartal EAH bina formu simetrikidir.

Tasarım aşamasında mimarının çok etkilenmediği düşünülmemesine karşın, mimari formun Şekil 6.15'te görüldüğü üzere simetrik olması, temel üstüne yerleştirilen izolatörler için ilave bodrum kat imalatı ve bu katta yapılması planlanan yangın söndürme sistemi, bina çevresindeki hendeği kapatmak için iksa duvarının üzerindeki çitlerin yükseltilmesi gibi detaylar projede çözülmüş olup asma tavan gibi taşıyıcı olmayan unsurlarda da sismik önlem alınmıştır. Ayrıca hendek duvarının yüzey bitişinin betonarme yüzey olarak bırakılması planlanmaktadır.

Yine bina girişlerinde sismik köprü önlemi alınmış olup 500m uzunluğunda binanın büyük bir kısmını çevreleyen sismik köprü planlanmıştır. Sismik izolatör tipinin belirlenmesiyle ilgili olarak, kamu ihalelerinde tedarikçi yönlendirmesi yapılamayacağından, tasarım aşamasında belirtilen performans kriterleri doğrultusunda yapım aşamasında izolatör tipi belirlenmektedir. İdeal olan yöntem ise izolatör tipinin tasarım aşamasında belirlenmesi ve bu doğrultuda üst yapının yapısal ve yapısal olmayan gereksinimlerinin netleştirilmesidir. Bu sayede yapım aşamasındaki belirsizlikler ve onay sürecindeki zorluklar aşılmış olacaktır.

Yapım aşamasında ise asansör ve yangın merdiveni izolatör katına inmediği için böyle detaylar çözülmemiştir. Buna karşın elektromekanik tesisatlarda ve asma tavan gibi taşıyıcı olmaya elemanlarda sismik önlem alınmış. Mekanik borularda kullanılan v-fleks esnek malzemesi ile binadan çıkan mekanik tesisatların zeminle birleşiminin çözülmesi bu detaylara bir örnek teşkil etmektedir.

Buna ilave bir yanı sabit bir yanı hareketli asma tavan detayları da yine sismik izolatörlü binada yapım aşamasında alınması gereken önlemlerden biri olmaktadır. Hastanenin kullanım aşamasında sismik izolatörlerin bakım ve onarımı ile ilgili bilgileri mevcut değildir.

Sismik izolatör kullanım kararı verilen bina üretim sürecinde yönetmelik ve şartnameler konusunda;

Elektromekanik şartnameler yeterince donanımlı olmakla birlikte, şartnameler daha da geliştirilebilir.

Yönetmelikler de yeterince donanımlıdır. Yeni deprem yönetmeliğinde performans hedefleri (kesintisiz kullanım, hemen kullanım ...) ve izolatörlerden bahsedilmiştir. Bu sayede yeni taslak deprem yönetmeliği de yeterli olmaktadır.

Mimar ve mühendislerin donanımlı olması hakkında; bütün mimar ve mühendislerin bu konu ile ilgili donanımlı olması beklenmemektedir. Sismik izolatörlü yapılar konusunda donanımlı personel sayısı yok denecek kadar az olmasıyla birlikte izolatörlü yapılar arttıkça deneyimli mühendisler sayısı da artacaktır.

Sismik izolatör kullanılan süreçte yaşanan zorlukların en önemlisi; yasa ve yönetmeliklerde yapım aşamasında deprem olursa ne olacağının cevabının olmamasıdır. Yine İSG (iş sağlığı ve güvenliği) önlemleri konusunda bir açık bulunmaktadır (kalıcı iksadaki yapım aşamasında vinç ve bina bağlantısı gibi).

Sismik izolatör teknolojisi Dünya’da ve Türkiye’de yeni olduğu için süreçler ham, standartlar ve yönetmelikler eksik ancak taslak deprem yönetmeliğinin yürürlüğe girmesiyle performans kriterleri ve izolatör tipleri konusundaki açıkların büyük ölçüde kapatılması planlanmaktadır.

Bu zorlukların aşılmasına ilişkin öneri sıralaması da aşağıdaki gibidir:

- 1) Farkındalık çalışmaları yapılmalı
- 2) Yeni yönetmelikle birlikte bu konuda profesyonel eğitimler yaygınlaştırılmalı
- 3) Üretim prototip testlerini yapmak için yeterli kapasiteye sahip bağımsız laboratuvarlar kurulmalı ve işletilmeli
- 4) Deprem izolasyonlu yapı projeleri için tasarım, gözetim ve kontrol hizmeti verecek bilgi ve deneyime sahip uzmanlar yetiştirilmeli
- 5) Tüm sismik izolasyonlu yapıların envanteri çıkarılmalı ve yerinde kontrol edilerek sertifikalandırılmalı
- 6) Daha ekonomik ve efektif mimari planlar ortaya konulmalı

6.4.5 Marmara Üniversitesi Başbüyük Araştırma Hastanesi Güçlendirme Projesi

İSMEP kapsamında güçlendirilmesi planlanan hastane projesi için 2012 yılında çalışmalara başlanmış olup proje tamamlanmıştır. Toplam inşaat alanı 112.440m² olan binanın yapım tarihi 1999 olmakla birlikte bina 2002 yılında bir geleneksel anlamda bir güçlendirme geçirmiştir. 17 bloktan oluşan hastane kapasitesi 750 yataktır.

Çalışma kapsamında ele alınan bu hastane projesinin diğer hastane binalarından farkı bina üretim sürecinin kullanım aşamasında sismik izolatör kullanım kararının alınmasıdır.

Girişim sürecinde sismik izolatör kullanım kararı alınmamış olup, bu karar kullanım aşamasında yani inşaatından yaklaşık 10 yıl sonra alınmıştır.

Bu bağlamda sorular güçlendirme projesi kapsamında değerlendirilmiştir. Hastanenin planlama aşamasında projeyi limitleyen konular bulunmaktadır. Bu kısıtlamalar hastanenin yeniden yapım inşaatı olmayıp mevcutta bir bina olduğu içinkarşıımıza çıkan sorunlardır. Hastanenin mevcut binası üzerinde yapılmayan çalışılan proje de deplasman mesafesi sınırlanmakta, kolon kesitleri değiştirilememektedir.

Güçlendirme projesinde 362 adet kurşun çekirdekli, 326 adet ntm tipi kayıcı izolatör kullanılmıştır. Şekil 6.16'da da görüldüğü üzere bu izolatörlerin 688'i zemin kat seviyesinde bulunmaktadır. Geri kalan 154 izolatör temel üst kotunda (yangın merdiveni ve asansör kuyularının altında) bulunmaktadır.



Şekil 6. 16: İzolatörlerin yerleşimi.

Hastanenin arazisi içerisinde bulunan 16 binanın kat yükseklikleri ve bodrum kat sayılarında farklılıklar bulunmaktadır(Şekil 6.17).Binaların geneline bakıldığında 2 bina 2 katlı, 4 bina 8 kat+2 bodrumlu, 9 bina 2 kat+2 bodrumlu olarak yapılmıştır. Bodrum kat sayıları ve yerleştikleri kotlardaki farklılık sebebiyle izolatörün yerleştiği seviye her binada farklı kata denk gelmektedir.

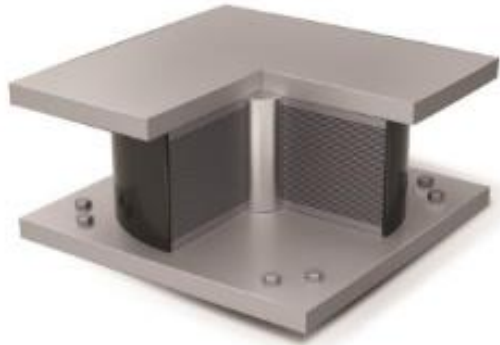


- | | |
|--|--|
| ■ 3 Bodrum + Zemin + 9 Normal K. | ■ 2 Bodrum+ Zemin + 2 Normal K. |
| ■ Zemin + 1 Normal K. | ■ 2 Bodrum + Zemin + 9 Normal K. |
| ■ 2 Bodrum+ Zemin + 1 Normal K. | ■ 2 Bodrum + Zemin + 10 Normal K. |

Şekil 6. 17: Plan yerleşimi.

Sismik izolatörlerin yerleştiği kat ana binadaki doktor odalarının bulunduğu 1. bodrum olmakla birlikte sismik izolatör yerleşimi her binanın farklı katındadır. Ancak yatayda aynı hizada yerleştirilen izolatörlerin sadece asansör ve yangın merdivenine denk gelen kısımlarında izolatörler temel üst kotuna yerleştirilmiştir.

Binada iki çeşit sismik izolatör kullanılmış olup bunlar LRB kurşun çekirdekli kauçuk ve düşük sürtünmeli kayıcı izolatörlerdir(Şekil 6.18). Bu tip izolatörlerin kullanılmasının en temel sebebi LRB izolatörün binadaki oturma farkını(her izolatörün farklı yük almasını) tolare etmesi sebebiyle eski binalarda daha kullanışlı olmasının yanısıra hem ekonomik olması hem de güçlendirme projesi için daha uygun olmasıdır.



Şekil 6. 18: Kurşun çekirdekli kauçuk izolatör.



Şekil 6. 19: Ntm tipi düşük sürtünmeli kayıcı izolatör.

Sismik izolatörlerin yangından korunma önlemi için sağlanması gereken 120 dk yangın dayanımı 2 kat yangına dayanıklı alçıpan levhalardan oluşan kapamalarla sağlanmıştır. Bu sayede izolatörlerin çevresindeki bu kapama deprem esnasında kırılacak ancak izolatörleri yangından koruyacaktır.

Binların yapısal tasarımında dikkat edilen diğer unsurlardan biri de hendek duvarıdır. Hendek duvarlarının yüksekliği ortalama 3m olmakla birlikte hendek duvarının bulunduğu kısımda demir ızgara ile ilgili boşluk kapatılmıştır. Hendek duvarı ile yapı arasındaki mesafe ortalama 1m olup deplasman mesafesi kadardır. Hendek duvarı ile bina arasındaki boşluk sismik köprülerle kapatılmış olup hendek duvarının yüzey bitişi beton olarak bırakılacaktır. Elektromekanik gereksinimler için esnek bağlantılar tasarlanmış olup gerekli sismik önlemler alınmıştır. Eskiden binada mevcut olan 5 cm genişliğindeki dilatasyon güçlendirme esnasında döşemenin dikilmesi ile kaldırılmıştır. Yangın merdiveni dışarı yerleştirildiğinden sismik bir detay gerekmemiştir. Sismik izolatör ile üzerindeki yırtık derzin kapatılması detayı Şekil 6.16'da görüldüğü gibidir. Yine cephe çevresinde düşeyde bulunan sismik boşluk da Şekil 6.17'de görüldüğü gibi üst yapıya monte kutu profillerle oluşturulan strüktürün levhalarla kapatılması şeklinde çözülmüştür.



Şekil 6. 20: İzolatör kapatılması detayı.



Şekil 6. 21: Bina cephesindeki sismik boşluğun kapatılması detayı.

Kullanım aşamasında değerlendirildiğinde sismik izolatörlerin garanti süresinin 3-5 yıl olduğu belirlenmiştir. Kullanım esnasında sismik izolatörlerin bakım onarımı ile ilgili olarak her sene görsel kontrol yapılmalıdır. Bu görsel kontrol esnasında sismik izolatörlerin korozyon kontrolü yapılmakta, dış koruyucusu kontrol edilmekte ve paslanma olma durumu incelenmektedir. Talep edildiği takdirde 5 yılda bir sertlik kontrolü yapılabilir.

Sismik izolatörlü bina üretim sürecinde karşılaşılan yönetmelik var şartnamelerle ilgili açıklar son taslak yönetmelikle büyük anlamda kapatılmıştır. Ancak bu projede de sismik izolatörlü bina üretim sürecinde görev alacak donanımlı mimar ve mühendislerin sayısının yetersiz olduğu karşımıza çıkmaktadır. Bu da Türkiye’de statik tasarım yapacak firmanın yok denecek kadar az olmasına neden olmaktadır.

Sismik izolatörlü bina üretim sürecinde karşılaşılan en büyük zorluk kontrol mekanizmasının olmamasıdır. Depremde sonra sismik izolatörlü binaların da (düzgün olmayan uygulamalarının) yıkılması beklenmektedir. Bunun sebebi denetleme mekanizmasının olmamasından kaynaklanan doğru olmayan uygulamalardır. Bu nedenle sismik izolatör kullanılan binalardaki uygulamaları bir kurum veya kuruluş tarafından kontrol edilmelidir.

Bu zorlukların aşılmasına ilişkin öneri sıralaması da aşağıdaki gibidir:

- 1) Daha ekonomik ve efektif mimari planlar ortaya konulmalı
- 2) Yeni yönetmelikle birlikte bu konuda profesyonel eğitimler yaygınlaştırılmalı
- 3) Deprem izolasyonlu yapı projeleri için tasarım, gözetim ve kontrol hizmeti verecek bilgi ve deneyime sahip uzmanlar yetiştirilmeli

- 4) Tüm sismik izolasyonlu yapıların envanteri çıkarılmalı ve yerinde kontrol edilerek sertifikalandırılmalı
- 5) Farkındalık çalışmaları yapılmalı
- 6) Üretim prototip testlerini yapmak için yeterli kapasiteye sahip bağımsız laboratuvarlar kurulmalı ve işletilmeli





7. DEĞERLENDİRME

Çalışma kapsamında ele alınan sismik izolatör kullanım kararı verilen 5 hastane projesinin bina üretim süreçleri değerlendirildiğinde, sismik izolatör kullanım kararının sürecin en başında alınmasıyla kullanım aşamasında alınması arasında farklılıklar tespit edilmiş olup, bina üretim sürecini etkileyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

7.1 Girişim

Sismik izolatör kullanımı girişim aşamasında yönetmeliklerce zorunlu kılındığı için tercihe bağlı bırakılmamıştır. Anket uygulanan uzmanlarca görüşüldüğü üzere 2013'ten sonra yapılan 4 hastane binasında da sismik izolatör kullanım kararı tasarım aşamasından önce alınmıştır. 1 projede yapımı tamamlanmış ve kullanılmakta olan hastane projesinde güçlendirme amaçlı kullanılmıştır.

7.2 Planlama

Görüşülen hastane projelerinden 4'ünde planlamanın etkilendiği belirtilmiş olup genel fikir sismik izolatör kullanım kararı sebebiyle ortaya çıkan ilave imalatların bu aşamada öngörülmesi gerektiği yönündedir. Dolayısıyla sismik izolatör kullanım kararının planlama aşamasını sismik izolatör kullanım kararının binanın mimari ve yapısal tasarımını etkileyecek unsurlarının öngürölüp planlaması şeklinde etkiler. İncelenen projelerde planlama aşamasının doğru bir şekilde ilerlemesi için de mimar ve mühendislerin iş birliği içinde çalışmasıyla bu ilave imalatlar iş programına katılmıştır. Bunun sebebi sismik izolatör kullanımı sadece başlı başına bir imalat olmamasıdır. Sismik izolatör kullanım kararının gerektirdiği diğer mimari-statik ve elektromekanik imalatlar bu aşamalarda öngörülmüş bu sayede proje süresi bütün projelerde doğru tahmin edilmeye çalışılmıştır.

7.3 Tasarım

Sismik izolatör kullanım kararının en çok etkili olduğu bina üretim süreci tasarım aşamasıdır. Sismik izolatör kullanım kararı alınan bir binada gerek statik tasarım gerekse mimari tasarım olsun bir bütün olarak binanın formunu yerleşimini etkilendiğinden ve bina üretim sürecinin süre ve maliyet açısından en büyük paydaşlarından biri olduğundan tasarım aşaması girişim aşamasında sismik izolatör kullanım kararı alınan projede de önemli rol oynamıştır.

Sismik izolatör kullanım kararının mimari tasarıma etkisi aşağıdaki gibidir.

- Sismik izolatör kullanılan hastane projelerinde de bina formu uniform, simetrik ve düz (kare, dikdörtgen planlı) olarak seçilmiştir. Marmara Üni. Başbüyük Hastanesi güçlendirme projesi olduğu için tasarım aşamasında sismik izolatörlü bina tasarımına dikkat edilmemekle birlikte bina formuna genel olarak bakıldığında kareye yakın bir form olduğu belirtilmektedir. Çalışmaya katılan diğer inşaat projeleri incelendiğinde İkitelli hastane planının dikdörtgen formlu olduğu, diğer hastane binalarının kare formlu olmasada simetrik formlarda olduğu gözlemlenmiştir.
- İzolatörün kullanıldığı kat kararına göre ilave bodrum kat gerekebilir ve önerilmektedir. Çalışmaya katılan hastane projelerinde de görüldüğü gibi her projede izolatörler temel üstü kotunda ilave bir bodrum katla tasarlanmıştır. Ancak sadece güçlendirme projesi olan Marmara Üni. Başbüyük Hastanesinde farklı bodrum kat sayıları belirtilmiş ve izolatörler bodrum katına yerleştirilmiştir. Bunun nedeni de yanyana bulunan bitişik binaların topografyadan dolayı farklı sayıda bodrum katlarının bulunmasıdır.
- İzolatör için yangın dayanımı ihtiyacı gerekebilir. Kullanılan izolatör tipi ve binada yerleştirilen katın kullanımına göre değişmektedir. Çalışmaya katılan projelerde sismik izolatörlerin yerleştirildiği kat kullanılmıyorsa izolatörler için yangın dayanımı alınmamakla birlikte ilgili katta yangın söndürme sistemi planlanmaktadır. Şayet ilgili kat kullanılıyor ise kattaki mevcut yangın söndürme sisteminin yanısıra sismik izolatörler için ayrıca bir koruyucu önlem alınması planlanmaktadır. Yapımı tamamlanan Marmara Başbüyük Hastanesinde bu

önlem sismik izolatörlerin 120dk yangına dayanıklı alçıpan levhalarla kapatılmasıyla alınmıştır.

Statik tasarım:

- Çalışmaya katılan güçlendirme projesi hariç diğer 4 hastane projesinde kolon kesitlerinin normal binaya oranla daha küçük olduğu ifade edilmiştir ancak güçlendirme projesinde tasarım esnasında sismik izolatör etkisi hesaba katılmadığı için bina kolonları izolatörsüz bina boyutunda kalmıştır. Bu nedenle sismik izolatör kullanım kararının sürecin başında alınmasıyla kolon imalatından kaynaklı (demir beton vb.) maliyet düşürülmüş olacaktır.
- Perde ihtiyacı minimumdardır. Asansör kovaları çelik olabilir. Ancak çalışmaya katılan hastane projeleri incelendiğinde geleneksel anlayış olan perde kullanımının terkedilemediği yine de büyük oranda azaltıldığı görülmüştür.
- Sismik izolatör özellikleri belirlenirken sismik tehlike analizi yapılması, performans hedefleri doğrultusunda performans hesabı yapılması, doğrusal olmayan analiz, prototip üretimi ve testleri 5 hastane projesinde de yapılmıştır.
- Dilatasyon sadece Okmeydanı ve Göztepe Hastanelerinde bulunmakla birlikte diğer hastanelerde yapılmamış, güçlendirme projesi olan başbüyük hastanesinde de mevcuttaki dilatasyon döşemenin dikilmesiyle kaldırılmıştır.

7.4 Yapım

Sismik izolatör kullanım kararının en çok etkilediği bina üretim süreçlerinden bir diğeri yapım aşamasıdır. Bunun nedeni çözülmesi gereken ilave sismik detayların (bina cephesindeki yırtık, bina çevresindeki hendeğin kapatılması, izolatörlerin kapatılması vb.) bulunmasıdır.

Mimari tasarım aşamasında gözardı edilen birleşim detayları sismik önlemlerin alınması gerektiği hususu yapım aşamasında karşılaşılan en büyük problemlerden biridir.

Gerek bina çevresinde bırakılan boşluk, gerekse bina girişlerinde olan detayların yanı sıra asansör ve yangın merdivenleriyle ilgili başka birleşim detayları da ortaya çıkabilmektedir.

Bunlara ilave incelenen hastane örneklerinde her hastanede farklı detaylarla karşılaşılmış olup sismik detaylar gereken kısımlar aşağıda sıralanmıştır.

- Bina çevresindeki deplasman mesafesini sağlayan hendek gereksinimi
- Hendeğin etrefindeki iksa sistemi (1 hastanede forekazık, 1 hastanede toprakarme (reinforced earth) sistem ve 3 hastanede de çivili beton ankraj sistem kullanılmıştır.)
- Asansör ve basınçlandırılmış yangın merdivenlerindeki sismik detaylar (Okmeydanı ve Göztepe)
- Bina girişlerindeki sismik köprüler (5 hastanede de kullanılmıştır.)
- Elektromekanik tesisatların sismik önlemleri (5 hastane projesinde ele alınmıştır.)
- Alt yapı tesisatlarının binaya girişindeki esnek bağlantıları (5 hastane projesinde de bulunmaktadır.)
- İzolatör katına inen asansör çevresindeki sismik köprü detayları (Okmeydanı, Göztepe ve Başibüyük)
- İzolatör katına inen basınçlandırılmış yangın merdiveni ve asansörlerin çevresindeki sismik yırtıkta alınması gereken sızdırmazlık önlemi (okmeydanı ve göztepe)
- Asma tavan ve taşıyıcı olmayan unsurlarda alınması gereken önlemler (4 hastanede de değerlendirilmiş olup güçlendirme projesi olan başibüyük hastanesinde asma tavanlarda bir değişiklik yapılmamıştır.)

7.5 Kullanım

Periyodik bakım gerektiren izolatörlerle ilgili ayrı bir bakım ve onarım sözleşmesi üretici firmayla yapılmaktadır. Henüz uzun süre kullanılan bir hastane olmadığı için bu konu hakkında çok da detaylı bir bilgiye rastlanamamıştır.

Ancak izolatör üretici firmayla yapılan görüşmede başibüyük hastanesindeki sismik izolatörlerin garanti süresinin yaklaşık 3-5 yıl olduğu kullanım aşamasında da görsel kontrollerin yapılacağı (korozyon kontrolü, dış koruyucusunun kontrolü vb.) ifade edilmiş olup talep edildiği takdirde sertlik kontrolü yapılabileceği ifade edilmiştir.

Genel olarak projeler incelendiğinde bu sektörde tecrübesi olan firmaların uygulama projesini çizdiği projede karşılaşılan problemlerin en aza indirildiği ancak yinede dikkat edilmesi gereken birçok ilave detayı olduğu gözlemlenmiştir (İkitelli Entegre Sağlık Kampüsü). Buna karşılık bulunduğu merkezi konum sebebiyle yerleşimi etkilenen Okmeydanı ve Göztepe hastanelerinin de farklı sismik detaylar bulundurması farklı çözüm önerilerinin bulunması anlamına gelmektedir. Güçlendirme çalışması olarak kullanım aşamasında sismik izolatör kullanım kararı alınan Marmara Hastanesi inşaatında bina üretim süreci süre ve maliyet açısından artış göstermiş olup, ileri teknoloji kullanımı açısından diğer hastanelerin önüne geçmektedir. Yapımı tamamlanmış tamamlanmakta olan projelerde sismik izolatör

Genel olarak sismik izolatörlü bir bina üretim süreci incelenecek olursa en önemli husus tasarım evresindeki statik-mimari disiplinlerin işbirliği ve yapım aşamasındaki tasarımın uygulanabilirliğidir. Kısacası sismik izolatörlü bir binayı normal binadan ayıran hususlar iyi öğrenildiğinde ve çözüldüğünde bina üretim süreci daha iyi yönetilebilecek ve depreme dayanıklı binalar daha kısa sürede, daha düşük maliyette ve daha iyi bir kalitede üretilbilecektir.



8. SONUÇ

Bu tez çalışmasında depreme dayanıklı bina inşaa edebilmek için Dünya’da son yıllarda yapılarda yaygın olarak kullanılmaya başlanan sismik izolatörlerin kullanım kararının bina üretim sürecine etkisi araştırılmıştır. Böylece sismik izolatör kullanım kararının bina üretim sürecine getirebileceği yeni bakış açıları ortaya konmuştur.

Dünya’da ve Türkiye’de meydana gelen deprem felaketinde depreme dayanıksız binaların yıkılmasının yol açtığı başta can kayıpları ve ekonomik kayıpların büyüklüğü vurgulanmıştır. Deprem bölgesinde olan diğer ülkelerde bu depremden yıkılan binaların sebep olduğu kayıpları önlemek için alınan stratejik çalışmalar incelenmiştir.

Bu bağlamda Türkiye’nin de depremsel bir ülke olması ve sismik riskin azaltılması için binaların depreme karşı dayanıklı yapılması vazgeçilmez bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Türkiye depremselliği yüksek bir ülke olduğundan yıkılan binaların sebep olduğu kayıpları önlemek için (İSMEP gibi) sismik riskin azaltılması projesi ve bu proje kapsamında yeniden yapılan hastane projeleri bu tez çalışması kapsamında incelenmiştir.

Ayrıca günümüz teknolojisiyle binaların depreme karşı dayanıklı bina yapımında bir çok yöntem geliştirilmesinin yanısıra tez kapsamında bahsedilen alternatif sismik kontrol yöntemleri arasında günümüzde en elverişli ve yaygın olan yöntem; pasif sistemlerden sismik izolatörlerin kullanımınıdır. Bu bağlamda Dünya’da deprem bölgesi olan ülkelerde ve Türkiye’de sismik izolatör kullanılan bina örnekleri incelenmiştir.

Yine bu çalışmada hastane binalarının depremden sonra ayakta kalmasının gerekliliği (kesintisiz kullanım gerektirmesi) ve hastane binasının depremdeki yıkımında karşılaşılan maliyetin, en önemlisi can kayıplarının önlenmesi için hastane binalarındaki sismik izolatör kullanımının önemi ve gerekliliği vurgulanmıştır.

2013 yılında Sağlık Bakanlığı Genelgesiyle 100 yataklı ve üzeri hastanelerde sismik izolatör kullanımının zorunlu hale getirilmiş olup bu süreçte sismik izolatörlü

hastane yapımının hız kazandığı ve sayılarının arttığı gözlemlenmiştir. Bu genelgelerin yanısıra ulusal ve uluslar arası yönetmeliklerin de bina üretim sürecini nasıl etkilediği yine bu çalışma kapsamında ele alınmıştır.

Sadece hastane binalarında değil tüm diğer önemli ve büyük ölçekli binalarda sismik izolatör kullanılmalı ve yaygınlaştırılmalıdır. Ancak günümüzde sismik izolatör kullanım örnekleri genellikle hastane binaları olduğundan çalışma kapsamında hastane binaları ele alınmıştır.

Çalışmada incelenen hastane binalarında sismik izolatör kullanımının bina üretim sürecine etkileri incelenmiş olup çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda sıralanmıştır.

1)Girişim aşamasında dikkat edilmesi gereken hususlar;

-Sismik izolatör kullanım kararı bina üretim sürecinin en başında yani girişim ve fizibilite aşamasında verilmelidir.

-Sismik izolatör kullanım kararının bina üretim sürecinin girişim aşamasında verilmesiyle, bu kararın kullanım aşamasında verilemesine göre süre ve maliyetten kazanç sağlanmış olur.

2)Tasarım aşamasında dikkat edilmesi gereken hususlar;

-Sismik izolatör kullanımı binanın yerleşimini, formunu, maliyetini, süresini, yapısal olmayan elemanların sabitlenmesini etkilemektedir.

- Bina formu sade ve rijit olmalıdır.
- 4 cephesi açık olmalıdır.
- Bina üretim süresi normal binadan biraz daha uzundur.
- Yapısal olmayan elemanlar (Medikal ekipmanlar, elektromekanik ve mimari bileşenler) için sismik önlem alınmalıdır.

-Sismik izolatör kullanım kararı tasarımı aşağıdaki açılardan etkilemektedir.

- Kolon kesitleri narinleşmektedir. Bu sayede imalat kolaylaştırılmakta ve tasarım fonksiyonelliği artırılmaktadır.
- Ortaya çıkan normal binadan farklı olan detaylar imalatı zorlaştırmaktadır.
- Yerdeğiştirmeleri engellemeyecek detayların oluşturulması gerekmektedir.

3) Uygulama aşamasında dikkat edilecek hususlar;

-Kullanılacak izolatör tipi belirlenirken;

- Efektif, olması ve ileri teknoloji olmasına dikkat edilmelidir.
- Bulunulan ortamın özelliklerine (sıcaklık farkının fazla olup olmadığına) ve binanın yüksekliğine dikkat edilmelidir.
- Yapının üzerine oturduğu Zemin özelliklerineve tsarım gerekliliklerine dikkat edilmelidir.
- Teknik bilgilere, işveren talebine, deplasman sınırlamasının sağlanması ve ekonomik olmasına dikkat edilmelidir.

-Sismik izolatörler genelde temel üstü kotunda veya 1. bodrum katın tavanında kullanılmaktadır.

-bina çevresindeki hendek duvarı ile yapı arasındaki boşluk binadan konsol çıkılarak kapatılabilirken sismik köprülerle de bu detay çözülebilmektedir.

-Hendek duvarının yüzeyi püskürtme betonla veya toprakarme (reinforced earth) ile yapılabilir.

-Sismik izolasyonlu binalarda dilatasyon önerilmemekte dilatasyona gerek duyulmamaktadır. Ancak sismik izolatörlü binalarda da dilatasyona rastalanabilmekte, bu dilatasyonlarda farklı sismik detaylar çözülmektedir.

-Taşıyıcı olmayan elemanlarda (asma tavan, elektromekanik tesisatlarda, medical ekipman ve cihazlarda) sismik önlem alınmalıdır.

4)Kullanım aşamasında dikkat edilecek hususlar;

-kullanım aşamasında sismik izolatörlerin bakım ve kontrolü yapılmalıdır.

Sismik izolatör kullanım kararı bina üretim sürecinin girişim aşamasında alınması daha çok tercih edilmelidir. Bina üretim sürecinin kullanım aşamasında sismik izolatör kullanım kararı alınması durumunda üst yapı maliyeti artacak ve süre uzayacağından bina üretim sürecinin verimi azalacaktır. Bu nedenle daha etkin bir bina üretim süreci için sismik izolatör kullanım kararı girişim&fizibilite aşamasında alınmalıdır.

Planlama aşamasında dikkat edilmesi gereken husus sismik izolatör kullanım kararının gerektirdiği ilave imalatların iyi bilinip öngörülmesi ve iş programına dahil edilmesidir. Planlama aşamasında yine mimar ve mühendisin bir bütünlük içinde çalışması sismik izolatörlü bina tasarımının sağlayacağı avantajların farkına varılmasını dolayısıyla daha iyi bir bina üretim sürecinin gerçekleşmesini sağlayacaktır.

Sismik izolatörlerin yurtdışında üretilen özel üretim bir imalat olduğu düşünülürse en iyi yöntem stok yapılmadan montajının yapılmasıdır bunun içi de planlamanın doğru yapılması gerekmektedir. Bu sayede süreden ve maliyetten kazanç sağlanabilir.

Tasarım aşamasında en iyi yöntem projeden projeye değişmekle birlikte genelde sade düzgün (kare, dikdörtgen) bir bina formunun tercih edilmesidir. İzolatörlerin yerleştirileceği seviye belirlenirken ilave bir izolatör katı yapılması daha iyi olur. Kullanılan alandaki sismik izolatörler ilave sismik ve yangın detaylarıyla yapım aşamasını daha da zorlaştırmaktadır.

Bu nedenle tasarım aşamasında sismik izolatörlerin kullanılmayan ilave bodrum kata yerleştirilmeleri yapım ve kullanım aşaması açısından daha faydalı olacaktır.

İzolatör tipi seçilirken de binanın bulunduğu koşullar dikkate alınmalıdır. Güçlendirme projelerinde kurşun çekirdekli kauçuk izolatör tercih edilmeli, yeni yapılan projelerde ise 3'lü sarkaç sistem kullanılmalıdır.

Yapım aşamasında dikkat edilmesi gereken husus izolatörden kaynaklı ilave imalatların ve detayların iyi çözümlenmesidir. Sismik izolatör kullanım kararından sonra sismik köprüler, bina çevresindeki yırtıkların kapatılması detayları mümkünse tasarım aşamasında çözülmelidir. Ayrıca bina çevresindeki hendeğin yapısı iyi analiz edilmeli gerekiyorsa çivili ankraj sistem yerine forekazık gereksinimi tasarım aşamasında belirtilmelidir.

Kullanım aşamasında sismik izolatörlerin görsel kontrolleri düzenli olarak yapılmalı, özellikle deprem sonrasında sismik izolatörlerin zarar görüp görmediğinin incelendiği detaylı kontroller yapılmalıdır.

Ayrıca Türkiye'de geline durumda 100 yataklı ve üzeri hastane binalarında sismik izolatör kullanımının zorunlu hale getirilmesiyle deprem hastanelerinin hızla yaygınlaşması, ve Dünyanın en büyük sismik izolatörlü binasının İstanbul'daki İkitelli Entegre Sağlık Kampüsü olması olumlu gelişmelerdir.

Ancak daha iyi bir seviyeye gelebilmek için ulusal düzeyde, sektörel düzeyde ve firmasal düzeyde yapılması gereken çalışmalar bulunmaktadır.

Ulusal düzeyde;

- Taslak deprem yönetmeliği bir an önce yürürlüğe koyulmalıdır.
- Sismik izolatör kullanımına uygun olmayan uygulamaların önlenmesi için sismik izolatör kullanılan binaların yapımı kontrol eden bağımsız bir kurum kurulmalıdır.
- Yeni yönetmeliklerle birlikte bu konuda profesyonel eğitimler gerçekleştirilmelidir.
- Yine konuyla ilgili farkındalık çalışmaları yapılmalı ve mimar/mühendislerin konuyla ilgili bilgi sahibi olması sağlanmalıdır. Eğitim programlarında konuyla ilgili dersler konulmalıdır.
- Deprem izolasyonlu bina projeleri için tasarım gözetim ve kontrol hizmeti verecek bilgi ve deneyime sahip uzmanlar yetiştirilmelidir.

Sektörel düzeyde;

- Sismik izolatör firmalar bilinçlendirilmeli
- Tüm sismik izolasyonlu yapıların envanteri çıkarılmalı ve yerinde kontrol edilerek sertifikalandırılmalıdır.
- Daha ekonomik ve efektif mimari planlar ortaya konulmalıdır.
- Üretim ve prototip testlerini yapmak için yeterli kapasiteye sahip bağımsız laboratuvarlar kurulmalı ve işletilmelidir.
- Sismik izolatör uygulamalarıyla ilgili firmalara bilgi verilmeli, tanıtımlar yapılmalı, konferanslar düzenlenmelidir.
- Mimarlar ve Mühendisler Odaları konuyla ilgili eğitimler veren programlar hazırlamalıdır.

Firma düzeyinde;

- İnşaat firmaları çalışan mimar ve mühendislerini konuyla ilgili eğitmeli, bilgi eksikliğinin önüne geçmelidir.
- Sismik izolatör firmaları hangi tip izolatörlerin nerelerde nasıl kullanılacağına ilişkin eğitimler verecek çalışmalar ve sertifika programları düzenlemelidir.



KAYNAKLAR

- Atımtay, E.** (2000) “Betonarme Sistemlerin Tasarımı (Cilt 1)”, Bizim Biro Basım Evi, Ankara, 10-40.
- Aydın, M. R.** (2007). Çubuk sistemlerin eğilme ve burulma burkulması için rijitlik matrisi hesabi ve kemerlere uygulama. *Anadolu University Journal of Sciences & Technology*, 8(2).
- Balamir, M.** (2006). Seismic mitigation efforts in Istanbul: ISMEP projects short of mitigation planning. In DPRI-IIASA meeting, Istanbul.
- Balyemez, S.** (2003). *Kentsel planlama ve tasarım değişkenlerinin deprem olgusu açısından irdelenmesi ve kentsel deprem davranışı* (Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Balkaya, C., & Kalkan, E.** (2003). Estimation of fundamental periods of shear-wall dominant building structures. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 32(7), 985-998.
- Buckle, I.** (2000). Passive Control of Structures for Seismic Loads [online]. Available at: www.citeseerx.ist.psu.edu [erişim tarihi: 10 Ekim 2017].
- Celep, Z. ve Kumbasar, N.** (2004). *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, İstanbul, Kişisel Yayınlar.
- Charleson, A.** (2008). *Seismic Design for Architects: Outwitting the Quake*, Oxford, Elsevier.
- Çağlar, M.C.** (2002). *Yapılarda taban izolasyonu sistemleri* (Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çelik, O. C., Sucuoğlu, H., & Akyüz, U.** (2015). Forced vibration testing and finite element modeling of a nine-story reinforced concrete flat plate-wall building. *Earthquake Spectra*, 31(2), 1069-1081.
- Deprem İzolasyon Derneği.** (2017). 10. Yıl almanak.
- Dicleli, M., & Milani, A. S.** (2015). MARTI and MRSD: newly developed isolation-damping devices with adaptive hardening for seismic protection of structures. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering*, 9(6), 702-706.
- Doğru, A.** (2014). *Hastane binasının sismik izolatörlerle depreme dayanıklı tasarımı* (Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ekermen, K.** (2016). Haber-Sismik İzolasyonda Yeni Dönem Konferansı, İstanbul.
- Erdik, M.** (2007). Binalarda Deprem Yalıtımı ve Ülkemizdeki Uygulamalar, 6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İTÜ, İstanbul, 16-20 Ekim.

FEMA. (2010). The Federal Emergency Management. Earthquake-Resistant Design Concepts. An Introduction to the NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures.

Fujita, T. (1997) Demonstration of Effectiveness of Seismic İsolation in the Hanshin-Awaji Earthquake and Progress of Application of Base- Isolated Buildings, INCEDE report, Tokyo, Japan.

Gökhan, E. (2009). *Betonarme yapılarda izolatör kullanımının taşıyıcı sistem davranışına etkileri* (Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Guisasola, A. (2012). How Base Isolation Benefits the Architectural Design of Hospital Buildings [online]. Available at: www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/WCEE2012_3322.pdf [erişim tarihi 11 Ekim 2017]

Gündoğdu, Z. Haber-Sismik İzolasyonda Yeni Dönem Konferansı, İstanbul.

JICA. (2002). Kenya Planning and Evaluation Department. A country profile on Environment.

Kazama, M. & Noda, T. (2012). Damage statistics (Summary of the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake damage). *Soils and Foundations*, 52(5), 780-792.

Kelly, J. M. & Naeim, F. (1999) *Design of Seismic Isolated Structures from theory to practice*, John A. Martin and Associates, Inc., University of California.

Komodromos, P. (2000). *Seismic Isolation for Earthquake Resistant Structures*, UK, WIT Press.

Kösedağ, S. B. (2002). *Yapılarda sismik izolasyon* (Yüksek lisans tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Masi, A., Santarsiero, G., & Chiauuzi, L. (2014). Development of a seismic risk mitigation methodology for public buildings applied to the hospitals of Basilicata region (Southern Italy). *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 65, 30-42.

Naeim, F. & Kelly, J. (1999). *Design of Seismic Isolated Structures-From Theory to Practice*, New York, John Wiley.

OECD. (2000). Economic Effects of the 1999 Turkish Earthquakes: An Interim Report, Economics Department Working Papers No. 247, p.37.

Özpalanlar, C. G. (2005). *Depreme dayanıklı yapı tasarımında sismik izolasyon ve enerji sönümleyici sistemler* (Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Pınarbaşı, S., & Akyüz, U. (2005). Sismik izolasyon ve elastomerik yastık deneyleri, *İMO Teknik Dergi*, 237, 3581-3598.

Siirt Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi. (2016). *İktisadi Yenilik Dergisi*, Cilt: 4, Sayı: 1, Temmuz.

Skinner, R. I., Robinson, W. H., & McVery, G. H. (1993) *An Introduction To Seismic Isolation*, UK., Wiley.

Soydemir, M. (2008). *Lineer izleme probleminin deprem etkisindeki yapılara uygulanması* (Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Şahin, İ., & Kılınç, T. (2016). Türkiye’de 1980-2014 Yılları Arasında Görülen Depremlerin Ekonomik Etkileri. *Siirt Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisadi Yenilik Dergisi*, 4(1), 35-37.

Tezcan, S. and Cimilli, S. (2002). *Seismic Base Isolation*, İstanbul, Bogazici University.

Torunbalci, N. (2004). Seismic Isolation And Energy Dissipating Systems In Earthquake Resistant Design [online]. Available at: www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/13_3273.pdf [erişim tarihi:12 Ekim 2017].

Türker, K. (2005). *Yapıların deprem davranışının belirlenmesi için çok modlu uyarlamalı yük artımı yöntemi* (Doktora tezi), Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

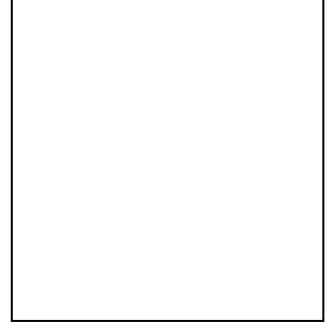
Url-1 <<https://www.afad.gov.tr/tr/2211/AFAD-Hakkinda>>, erişim tarihi 01.07.2018.

Url-2 <<https://www.ipkb.gov.tr/tr/#biz-kimiz>>, erişim tarihi 01.07.2018.

Url-3 <<https://www.ipkb.gov.tr/tr/ismep>>, erişim tarihi 01.07.2018.



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Elif Bakkaloğlu
Doğum Tarihi ve Yeri : 1992, İstanbul
E-posta : elifbakkaloglu61@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
- **Yükseklisans** : 2018, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Mimarlık Anabilim Dalı, Proje ve Yapım Yönetimi Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2015- devam ediyor, TAŞYAPI Taah. San. ve Tic. Ltd. Şti., Mimar.