

YAPISAL OLMAYAN SİSTEMLERİN DEPREM ETKİLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Cengiz İPEK¹, Alpaslan Hamdi KUZUCUOĞLU², Mehmet Rafet KISTIR³

¹Kocaeli Ticaret Odası 2. Meslek Grubu İnşaat Komitesi, Kocaeli, ipekceng@gmail.com,

²İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Sağ. Bil. Ens., İş Sağlığı ve Güv. Bl., İstanbul,
alpaslan.kuzucuoglu@yeniuyuzuil.edu.tr

³Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Burdur, rafetkistir@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada yapısal olmayan elemanların deprem etkisi altında incelenmesi yapılmıştır. Performansa dayalı deprem tasarımının geleneksel tasarımın yerini aldığı günümüzde, performansa dayalı tasarım açıklanmıştır. yapısal olmayan elemanlar 1927' den itibaren ifade edilmeye başlanmış (UBC, 1927) ve sonra yönetmenlikler oluşturulmuştur (FEMA E-74, 2011). Ancak söz konusu oluşturulan yönetmenlikler analitik ve deneysel sonuçlardan çok tamamen mühendislerin sezgisine ve geçmiş tecrübelerine dayanmaktadır. Bu makale sismik tasarım üzerine mevcut bilimsel çalışmaları ve yapısal olmayan elemanlar üzerine yapılan analizleri özetlemektedir Ayrıca yapısal olmayan elemanların çökmesi büyük felaketlere veya deprem sonrasında acil müdahaleyi engellemektedir. Yapısal olmayan elemanların yatırım maliyeti yapısal elemanların maliyetinden büyüktür. Özellikle yapı içindeki yapısal olmayan elemanların toplam maliyet içindeki payı %85-90 oranlarına vardığı gelişmiş ülkelerde deprem sırasında ve sonrasında hasar olmaması istenmektedir. Tarihi binalarda ki yapısal olmayan sistemler olarak kabul edilen miras ve zenginliklerin korunması ve deprem sonrasında işlevlerine devam etmeleri hayati önem arz ettiğinden yapısal olmayan elemanların tasarımları için yeni öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yapısal olmayan elemanlar, Deprem tasarımı, Sismik davranış, Performansa dayalı tasarım

EVALUATION OF NONSTRUCTURAL SYSTEMS IN TERMS OF EARTHQUAKE EFFECTS

ABSTRACT

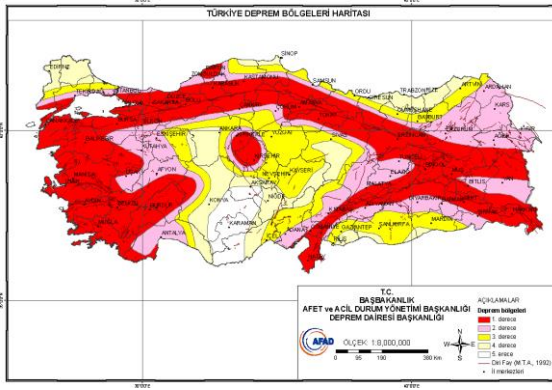
In this study nonstructure systems are investigated under earthquake effects. Nowadays, performance based seismic design more popular than classic design is summarised. Since 1927, provisions on nonstructural elements were included for the first time in an Appendix of the Uniform Building Code (UBC, 1927) and later the standards has been done (FEMA E-74, 2011). However, the available codes and guidelines are usually, for the most part, based on past experiences, engineering judgment and intuition, rather than on objective experimental and analytical results. This paper summarizes current knowledge on the seismic design and analysis of nonstructural building systems, Furthermore, the failure of nonstructural systems can become a safety hazard or can hamper the safe movement of occupants evacuating buildings, or of rescue workers entering buildings. The investment in nonstructural systems and building contents is far greater than that of structural systems. Especially in nonstructural systems of 85-90% share in the total cost in developed countries are required to avoid damage during and aftermath earthquake. Protection of heritage and wealth considered as nonstructural systems in historical buildings must continue to function in aftermath earthquake and new proposals for designing of nonstructural systems are presented.

Keywords: Nonstructural systems, Sismic design, Seismic response, Performance based design

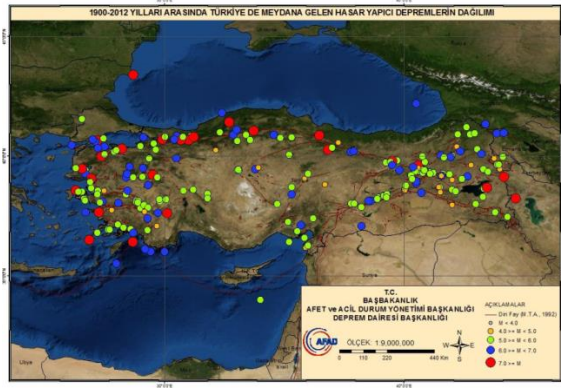
1. GİRİŞ

Depremler etkisi açısından insanlık tarihi boyunca en yıkıcı felaketleri meydana getirmiştir. Bunun sonucu can, mal ve sosyal hayatın yok olması gibi kayıp ve etkiler oluşmuştur. Felaket sonrasında ise kısmen ya da tamamen tahrip olan çevre koşullarında insanların hayatlarını devam ettirmesi zor olmakta ve bu durum sosyal-psikolojik çöküntü meydana getirmektedir. Afet sonrası yeniden toparlanma aşaması da (iyileştirme aşaması) uzun bir süreci alabilmektedir. Özellikle, ülkemiz açısından bir dönüm noktası olan 17 Ağustos 1999 tarihi, toplumsal olarak afetler karşısındaki yetersizliğimizi ve çaresizliğimizi ortaya koymuş olup, etkileri belki de tarih boyunca da unutulmayacaktır Boğaziçi Üniversitesi(AHEB, 2004). Türkiye’de 17 Ağustos 1999 depremi ardından deprem bilincini bütün toplumda yaygınlaşmış, kamu ve sivil toplum örgütleri toplumu afetlere karşı eğitmek amacıyla yeni çalışmalar başlatmışlardır (Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Arama Kurtarma Derneği (AKUT).

Türkiye topraklarının % 96’ sının (AFAD, 2015) ve nüfus çoğunluğunun etkin deprem kuşağında bulunması nedeniyle (Şekil 1) deprem konusunun çok ciddiye alınması gerektiği açıktır.



Şekil 1. Türkiye Deprem Haritası (AFAD, 2015).



Şekil 2. Türkiye’de 1900-2012 yılları arasında meydana gelen hasar yapıcı depremlerin dağılımı (AFAD, 2015).

Geçen yüzyıldan günümüze kadar ülkemizde büyüklüğü 4.5 ile 7.4 magnitüd arasında (Şekil 2) değişen 149-270 tane yıkıcı deprem meydana gelmiş; ardında 89.712 can kaybı ve yaklaşık 600 bin ağır hasarlı bina (AFAD, 2012) ve 100 milyar USD mal kaybı bırakmıştır Devlet Planlama Teşkilatı (DPT, 1999).

Bu sebeple orta ve büyük şiddetteki depremlerde yapılar, yapısal hasar olmadan deprem kuvvetlerine karşı direnç gösterebilmeli, büyük depremlerde ise göçmeden ayakta kalmalı ve can kaybının olmaması için tasarımlar geliştirilmektedir (1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ve 2007 TDY, Deprem Yönetmeliği) Bu nedenle, alt ve üst yapıların depreme dayanıklı olması için depreme dayanıklı performans yerine performansa dayalı tasarımın yapılması bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır.

2. YAPILARIN DEPREM TASARIMI VE ÖNEMİ

Geleneksel yapı tasarımında, deprem ve dinamik yüklerin direkt etkisi altında yapının tasarımı yapılmaktadır. Bu şekilde, yapı ya da yapı elemanlarının dinamik etkilere karşı korunması beklenmektedir. Yapının ve yapı elemanlarının ya tam sünek davranış ya da rijit bir davranış göstererek söz konusu etkileri güvenle taşıması beklenmektedir. Ancak günümüzde ideal bir sünek malzeme bulunmadığından, yapıların tam sünek davranış gösterecek şekilde inşa edilmesi veya ekonomik açıdan tam rijit bir davranış gösterecek şekilde inşa edilmesi mümkün olamamaktadır. Belirli rijitlik ve sünekliği gösteren yapılar; meydana gelebilecek deprem kuvvetlerine karşı koyamayıp yıkımları ve bunun doğal sonucu olmak üzere yapının kullanılamayacak vaziyete gelmesi söz

konusudur. Bu sebeple depremlere karşı yapıyı ve içindekileri koruyabilecek mühendislik çözümleri araştırılmış ilk olarak 1920’li yıllarda depreme dayanıklı klasik tasarıma bir alternatif olacak taban izolasyonu (sismik izolasyon) görüşü ortaya atılmıştır (Constantinou vd., 1998). Bu tasarım şeklinde deprem kuvvetlerinin çoğu temel ve üst yapı arasına konulan taban izolatörleri (Şekil 3,4 ve 5) ve sismik sönümleyiciler (Wolff vd., 2014:2014) tarafından karşılandığından üst yapı daha az sarsılarak güvenle işlevine devam edebilmektedir.



Şekil 3. Çin’de Xihoumen Köprüsünde Kullanılan Sönümleyici Uygulaması (Constantinou, 2013). Şekil 4. Viskoz Sönümleyici (Constantinou vd.,1998)

Yıkıcı özelliğinden dolayı 1989 Loma Preita, 1995 Kobe ve 1994 Northridge depremleri sonrası sismik koruyucu sistemlerin uygulanması bütün dünyada hızla yaygınlaşmıştır. Dünyada 5000’in üzerinde tarihi ve kritik binalarda kullanılmıştır (Wolff vd., 2014). Ülkemizde de sismik izolasyon ile Atatürk (1999) ve Sabiha Gökçen (2010) Havalimanları, Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi (2005), Erzurum Hastanesi (2007) gibi önemli yapılar sismik izolatörlerle inşa edilmiştir. İstanbul’daki bazı sismik izolatörlü hastanelerin inşaatı da halen devam etmektedir (Örn: Okmeydanı, Göztepe, Kocaeli ve Kartal Hastaneleri).



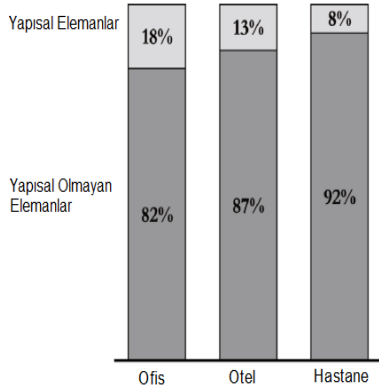
Şekil 5. Erzurum Hastanesinde Sismik İzolatör (LR) Uygulaması, 2007 (Constantinou, 2013)

3. YAPISAL OLMAYAN SİSTEMLERİNİN TASARIMININ ÖNEMİ

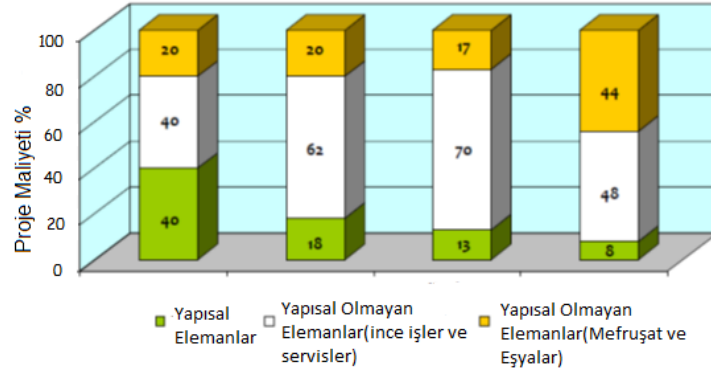
Hastaneler gibi kritik yapıların deprem sırasında ve sonrasında güvenle ayakta kalması ve işlevini devam ettirebilmesi önemli olduğundan, binanın yapısal elemanları ve içinde işlevsel olan yapısal olmayan elemanların da zarar görmeden çalışmaya devam etmeleri gerekmektedir. Ancak geçmişte 1989 Loma Prieta ve 1994 Northridge depremlerinde 10 büyük hastane yapısal olmayan elemanların neden olduğu hasarlardan dolayı

tahliye edilmiş ya da kapatılmak zorunda kalınmıştır. Yapısal olmayan yapı elemanlarının yapıya zarar vermesi nedeniyle 1994 yılından itibaren yapısal olmayan yapı elemanlarının tasarımı için ciddi çalışmalar başlatılmıştır. Applied Technology Code, ATC(1997a,b) kurumu ilk yönetmelikleri ve standartları yapmış, bunu takiben daha geniş yönetmelik ve standartlar International Building Code, IBC (2000) ve Federal Emergency Management Agency, FEMA (273:274: E-74, 2011) tarafından oluşturulmuştur.

1999 Kocaeli depremindeki yaralanmaların da %50 si ve ölümlerin %3'ü yapısal olmayan yapı elemanlarından kaynaklanmış, hayatta kalanların yaşadıkları maddi kayıpların %30'unu mobilya, beyaz eşya, elektronik cihazların ve diğer değerli eşyaların oluşturduğu kanaatine varılmıştır (Petal, 2003: Boğaziçi Üniversitesi, YOTA 2005: AHEB 2004).Yapısal olmayan elemanlar; maliyet açısından yapı içindeki oranlamada farklı tespitler bulunmasına rağmen özellikle kritik ve ticari yapılarda bu oranın yüksek olduğu gözlenmiştir. Yapısal olmayan elemanlar, deprem afeti sonrası oluşabilecek hasarların; %75-85 oranında (FEMA, 2011), % 85 oranında (Whittaker ve Soong, 2003); geçmiş depremlerde mal kaybının %70 (Ferner vd., 2014), %79 (Maragakis, 2008), %75 oranında (Charleson, 2008); gelişmiş ülkelerdeki depremlerde yapısal olmayan elemanların kaybının %50 (Bachman, 2004), ABD ve Japonya'da %85 oranında (Takahashi ve Shiohara, 2004), ABD'de %85 oranında (Miranda ve Taghavi, 2003) olabileceği tespit edilmiştir. Yapısal olmayan sistemlerin, yapının toplam maliyeti içindeki payı yüksek olduğundan maliyet açısından ilk analizleri (Şekil 6)' da (Miranda ve Taghavi, 2003), ABD deki Otel, Ofis ve Hastaneler için (Şekil 7)'de (Takahashi ve Shiohara, 2004) ise ABD ve Japonya'daki Oteller, Rezidanslar, Ofisler ve Hastaneler için yapılmıştır.

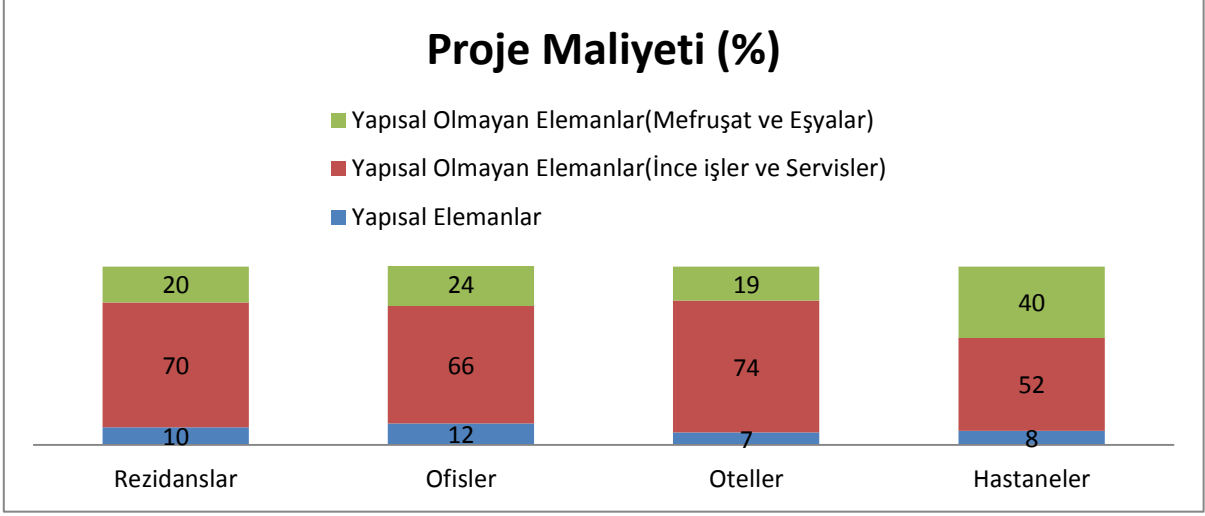


Şekil 6. ABD de yapısal olmayan sistemlerin bir projenin maliyeti içindeki yaklaşık oranları (Miranda ve Taghavi, 2003)



Şekil 7. ABD ve Japonya'da yapısal olmayan sistemlerin bir projenin maliyeti içindeki yaklaşık oranları (Takahashi ve Shiohara, 2004)

Şekil 6 ve 7 incelendiğinde; yapısal olmayan sistemlerin deprem etkisi altında işlevlerinin hayati önemi yanında; bir yapı projesinin toplam maliyeti içindeki payı yaklaşık %85-90 olmaktadır. Türkiye'deki yapısal olmayan sistemlerin bir proje maliyeti içindeki yaklaşık payı; binanın türüne ve amacına göre değişiklik göstermektedir. Bu konuda henüz çalışma olmamakla beraber, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın birim fiyatlandırma çalışmalarında; kaba ve ince inşaat maliyetleri, mekanik ve tesisat maliyetleri, elektrik tesisatı maliyetleri olarak üç grupta toplanmaktadır. Her yıl bu gruplara ait birim fiyatlar güncellenmektedir. Bina türüne, şekline ve amacına bağlı olarak değişen grup maliyetleri, kentlerin emlak değerlerine göre de değişiklik göstermektedir.



Şekil 8. Türkiye de yapısal olmayan sistemlerin bir projenin maliyeti içindeki yaklaşık oranları (İstanbul emlak değerleri esas alınmıştır, 2015).

Türkiye’de emlak değerlerinin en yüksek olduğu kentin İstanbul olması dikkate alındığında; Şekil 8. de tespit edilen sonuçların, yapısal olmayan sistemlerin oranları bakımından Şekil 6 ve 7’ deki değerlerden yüksek olduğunu gözlemlenmektedir. Bunun sebebi olarak; yapısal sistemler için harcanan malzeme ve işçilik fiyatları gelişmiş ülkeler ile kıyaslandığında, Türkiye’de daha düşük bedelli olmaktadır. Bu nedenle, yapısal olmayan sistemlerin toplam maliyetteki payı yüksek çıkmaktadır.

Bu amaçla ABD de SUNY Buffalo Üniversitesi’nde "Yapısal Olmayan Elemanlar" için bir Simülator (UB-NCS) kurulmuş ve bir çalışma ekibi oluşturulmuştur. Çalışmaların hedefleri olarak, çok amaçlı "Yapısal Olmayan Elemanların" deneylerinin yapılması ve bina ile etkileşimleri araştırılmaktadır (MCEER, 2012:2013).

4. PERFORMANSA DAYALI SİSMİK TASARIM

Performansa dayalı sismik tasarım; her yönüyle bir yapının geçmişte tecrübe edilmiş ve gelecekte oluşabilecek belirli ve belirsiz her potansiyel felaket durumunu bütün bilgileri kullanarak ve senaryoları da dikkate alarak gerçek davranışının ortaya konulmasıdır. Bu şekilde yapılacak bir değerlendirme ile yeni veya mevcut yapıların tasarımını gelecekte oluşabilecek her türlü deprem durumuna göre tespit etmektedir. Ayrıca bu yöntem yapı sahibi ile tasarımcılar arasında geniş ve çok seçenekli tasarım şeklinin seçilmesi için anlamlı bir köprü kurmaktadır.

Performansa dayalı deprem mühendisliği gelişim göstermiş ve kapsamı, detaylarda farklılık arz etmekle beraber aşağıdaki gibi ortaya konmuştur:

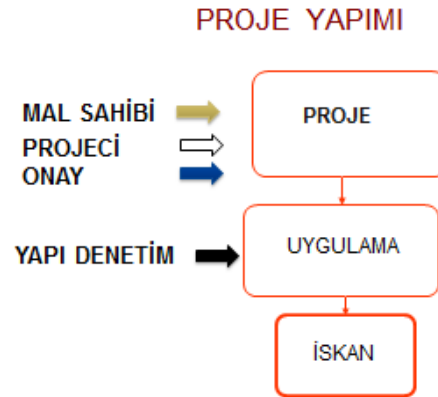
1. Deprem Tehlikesinin Tanımlanması: İncelenen veya inşa edilecek yapı ekonomik ömrü boyunca maruz kalabileceği deprem etkisi,
2. Performans Düzeylerinin Seçilmesi: Yapının ekonomik ömrü, kullanım amacı ve mal sahibinin isteği doğrultusunda belirlenecek,
3. Yapısal Analiz ve Tasarım: Performans hedeflerini sağlayacak elastik ötesi analiz yöntemleri,
4. Hasar Analizi ve Kayıp Tahmini: Öngörülen deprem tehlikesi altında oluşabilecek can ve mal kayıplarının tahmin edilmesi, hasar görülebilirlik analizi

5. Performans Düzeylerinin Seçilmesi: Yapının ekonomik ömrü, kullanım amacı ve mal sahibinin isteği doğrultusunda belirlenmelidir.

Şekil 9'da görüldüğü gibi Performansa dayalı sismik tasarımın her aşamada bütün bilgiler ışığında gelişmesi gerekmektedir (Hamburger, 1997).



Şekil 9. Performansa dayalı tasarımın akış şeması (Hamburger, 1997).



Şekil 10. Türkiye'de proje yapımı akış şeması (2015).

Türkiye'de bir proje mal sahibi ve projeci arasında kabul gördükten sonra onaylanıp uygulamaya geçilmektedir (Şekil 10). Proje yapımının (Türk Deprem Yönetmeliği (TDY), 2007) göre yapılmasına rağmen, uygulamada yapı denetim ve onaylarla birlikte sorunlar bulunmaktadır. Projenin profesyonel ve deneyimli mühendislerle yaptırılması ve bağımsız hakem tarafından kontrol edilmesi gerekmektedir.

5. TARİHİ BİNALARDA YAPISAL OLMAYAN SİSTEMLER

Pasif koruma olarak adlandırılan önleyici koruma tarihi eserlerdeki hasarın en aza indirilmesi ve hasarın önlenmesi için müdahale gerektirmeyen yani esere direkt olarak restorasyon gibi bir müdahalenin yapılmadığı, ancak yapısal olmayan risklere karşı önlemlerin alındığı, ortamın esere uygun iklim koşullarına göre tasarlanması, periyodik kontroller, personelin eğitimi vb. eylemleri kapsamaktadır. Tarihi yapıların bulunduğu bölgelerdeki tarihsel deprem kayıtları incelendiğinde, kaç yılda bir düşük, orta ya da yüksek şiddette bir depremden etkilendiği tespit edilmektedir. Bölgenin depremselliğine ilişkin jeofizik/jeolojik araştırmalar; bölgenin gelecekte/ yakın gelecekte hangi büyüklükteki bir depremden etkileneceği yönündeki öngörülerden hareketle özellikle sismik aktivitenin yoğun olduğu bölgelerdeki kültürel mirasa eserlere yönelik yapısal ve yapısal olmayan tedbirler alınmalıdır.

Şekil 11 ve 12'de görüldüğü gibi tarihi yapılar son depremlerde ağır hasar görmüş ve yeniden güçlendirilmiştir.

Ayasofya Müzesinde yürütülen bir çalışmada (Şekil 13); Boğaziçi ve Princeton Üniversiteleri tarafından Kültür Bakanlığı ve ABD Milli Bilim Vakfı'nın desteği ile yürütülmekte olan proje kapsamında Ayasofya Müze binasının yapısal sistemi, dinamik özellikleri ve deprem performansı incelenmiş olup, bu performans artırıcı tedbirler belirlenmiştir (Erdik vd., 1993).



Şekil 11. İtalya depreminde Santa Maria kilisesinin hasarı, 2009



Şekil 12. Loma Prieta depreminde hasar görmüş ve güçlendirilmiş mahkeme binası, 1989

Bu anlamda, yapılardaki sismik aktivitenin incelenmesine yönelik akselerometre faaliyetleri hem binaya ait sismik yapı sağlığının incelenmesi hem de eserin bulunduğu bölgenin sismik aktivitesinin izlenmesi açısından önemlidir. Tokyo Batı Sanatları Milli Müzesinin bahçesindeki Rodin heykeline "Taban İzolatör Sistemli Platform" yerleştirilmiştir. Bu platform küçük çaplı bir depremden büyük çaplı bir depreme kadar yatay deprem deplasmanlarını karşılayacak kapasitede inşa edilmiştir. Platformun üzerindeki kaideye heykel monte edilmiş, kaidenin arkasına da yapının merkezi denilen bir birim de yapılmıştır. Bu merkezde çeşitli kayıt sistemleri bulunmaktadır. Sismik aktiviteyi ölçen bu sistemler: akselerometre, deplasman ölçer, termoelektrik termometre, anemometre, GPS ve rüzgar yönü ölçer gibi cihaz ve sensörlerden oluşmaktadır. Bu birim sayesinde heykelin bulunduğu bölgenin sismik aktivitesi 24 saat real-time veri özelliği nedeniyle kayıt altına alınmaktadır (Kawaguchi, 2007). Yine Japon Araştırma grubu tarafından Ayasofya Müzesinin çatısına kurulan meteorolojik izleme sistemleriyle yapıya etki edebilecek olası meteorolojik koşullar (kar yükü, rüzgar şiddeti vb.) ile dış / iç ortam koşullarındaki yapısal ve yapısal olmayan malzemelerin tahrip olmasına yol açabilecek bağıl nem ve sıcaklık parametreleri izlenmektedir.

1989 Loma Prieta depreminin ardından 8 adet müzede 500.000 objeden 150 sinin hasara uğrayarak 10 milyon dolarlık bir kayıp olduğu San Francisco Asya Sanat Müzesinde (The Asian Art Museum of San Francisco)3 milyar USD' lik koleksiyondan 26 parçanın hasara görmesiyle 3 milyon dolarlık bir kaybın olduğu rapor edilmiştir (Fierro vd., 1995). Yapısal olmayan malzemelerin yapılan analizleri sonucunda depremlerde tarihi yapılarda objelerin düşmesi, tavan malzemelerinin düşmesi, genel risk faktörleri olarak değerlendirilmiştir (Kuzucuoğlu, 2008).

Ülkemizde bünyesinde kültürel mirası barındıran pek çok müze, kütüphane ve arşiv binası faaliyetlerini tarihi yapılarda sürdürmektedir. Bu binalar yapı malzemesi, yaş, yapısal sistem, işlevleri açısından tehlikeler arz etmekte ve önlem alınmadığı takdirde olası risklerle karşı karşıya bulunmaktadır. Cami, medrese, türbe, saray, kilise, han, hamam, konut gibi çok değişik fonksiyonlara sahip olarak inşa edilmiş bu yapıların yapısal inşa teknikleri de birbirinden farklıdır.

Son yıllarda kültür mirasına yönelik yürütülen ciddi restorasyon çalışmaları bulunmasına rağmen, binaların çoğu halen restorasyona ihtiyaç duymaktadır. Bu tür binalarda boru ve kablolama sistemleri genellikle duvar yüzeyine monte edildiğinden, gerek deprem gerekse yangın riski açısından tehdit oluşturmaktadır. Eski yapı stoku niteliğinde Cumhuriyet döneminde inşa edilmiş yapılar ise yine statik ve malzeme açısından güçlendirmeye ihtiyaç duymaktadır. (Kuzucuoğlu, 2014).



Şekil 13. Ayasofya Müzesinde kurulan izleme sistemleri: Meteorolojik izleme sensörleri (solda), Akselerometre (sağda) (Foto:A.Kuzucuoğlu arşivi).

Bu tür yapılarda olası bir sismik aktivite de hem yapısal hem de yapısal olmayan elemanlar ve doğal sonucu olarak koleksiyon kayıplarının olacağı değerlendirilmektedir.

Tarihi yapılardaki koleksiyonların muhafazası amacıyla bazı pratik çözümler uygulanmıştır. Örneğin 1994 Loma Prieta depreminin ardından Kaliforniya Kütüphane Birliği (California Library Association), ANSI/NISO Z39.73 kodlu bir kütüphane standardı ile, ANSI/NISO, 1994 kodlu bağımsız çelik kenetli kütüphane raf sistemi geliştirmiştir (FEMA, 2011).

Ancak çok kıymetli nesnelerin ve eşyaların sismik izolasyon ile korunabileceği seçeneği de vardır. Bu konuda analitik ve deneysel çalışmalar devam etmektedir (MCEER, 2012:2013). Bunlar sismik aktivitenin koleksiyonlar ve yapısal olmayan elemanlar üzerindeki titreşim etkisini sönmülecektir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1999 Kocaeli Depreminde İstanbul'daki pek çok tarihi eser ve müze de çeşitli hasarlar meydana gelmiştir. Deprem olmadan önce hazırlık döneminde alınacak basit ve maliyet açısından ucuz (low cost) önlemler eserlerin ağır hasarı ya da tamamen yok olmasıyla sonuçlanacak büyük kayıpları önleyecektir. Depreme yönelik yapılacak yapısal olmayan malzemeler için testler (malzeme testi, sarsma masası testi vb.) önem kazanmaktadır. Hem yapısal olmayan elemanlar hem de bu elemanlarla ilişkili koleksiyonlar (kırılğan koleksiyonlar, ayna, konsol, metal, taş objeler vb.) eserlerin de modelleri çıkartılarak sarsma masası deneylerine tabi tutulmalıdır. Böylece en uygun koruma koşulları belirlenecektir. Koleksiyonların sergilendiği dolaplar, aynalar sabitlendiğinde dolaplar düşmeyebilir ancak içindeki objeler hasar görebilir niteliktedir. Koleksiyonlara uygulanacak kaide ile objenin malzeme yapısı iyi analiz edilmesi gereklidir. Hiç bir sismik önlem alınmadan sergilenen ya da depolama alanlarında bulunan koleksiyonların olası bir depremde ağır hasar alacağı güçlü bir olasılıktır.

Kültürel mirasın bulunduğu müze, kütüphane ve arşiv yapılarının sergileme ve depolama alanlarındaki her türlü afete karşı düşük maliyetli modern tekniklerin kullanılması için gerekli uzman desteği konusunda değişik kurumlarla koordine sağlanmalıdır. Eser genelinde yapısal olmayan önlemler yapı, obje, ziyaretçi ve personel ölçeğinde alınmalıdır. Binanın olası bir kayma (deplasman) riskinin tespitine yönelik GPS sistemleri, sismik aktiviteye yönelik akselerometreler, meteorolojik koşullara yönelik hava koşulları izleme istasyonları vb. periyodik olarak ölçümler yapılmalıdır. Bu çalışmada;

- Türkiye'de yapısal olmayan elemanların yapı maliyeti içindeki payının diğer ülkelere nazaran daha büyük olduğu
- Yapısal olmayan elemanların standardının oluşturulması ve uygulamanın denetimle zorunlu hale getirilmesi

- Tarihi yapılardaki kültürel miras niteliğindeki nesne/kitap gibi koleksiyonların sergileme, okuma ve depolama mekanlarındaki dolaplarda sismik izolasyon ile korunması için deneysel çalışmaların yapılması konuları ağırlıklı olarak vurgulanmıştır.

Olası bir deprem afeti ve bu afetin ardından zincirleme gelişebilecek afet etkilerine yönelik yapısal olmayan elemanlar üzerinde deneysel çalışmalar sonucu en uygun tasarımlar elde edilip standartlar halinde yürürlüğe konulmalıdır.

KAYNAKLAR

- AFAD 2011 Depreme karşı Yapısal Olmayan Risklerin azaltılması T.C Başbakanlık www.afetacil.gov.tr
- AFAD 2012. Deprem Zararlarının Azaltılması Semineri, Türk Japon vakfı, ANKARA
- AHEB 2004. Hastaneler İçin Afete (Depreme) Hazırlıklı Olma Kılavuzu B.Ü Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Afete Hazırlık Eğitim Projesi kapsamında yayınlanan kitap www.koeri.boun.edu.tr
- Applied Technology Council, ATC (1997a), (1997b). NEHRP Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA 274), ATC -33, Redwood City, CA.
- Bachman, Robert E. 2004. The ATC 58 Project, Plan for Non-structural Components, *Performance-Based Seismic Design: Concepts and Implementation, Proceedings of the International Workshop, Bled, Slovenia, 28 June – 1 July 2004*, Peer Report 2004/05, Pacific Engineering Research Centre, University of California, 9 Berkeley, Berkeley, California
- Bachman R and Dowty S 2008. Is it a Nonstructural Component or a Nonbuilding Structure? *Structure Magazine*, July 2008, 4 pp.
- Charleson, A. 2008. Seismic Design for Architects: Outwitting the Quake: Architectural Press.
- Constantinou, M.C., and Soong, T.T., Dargush ,G.F., 1998. Passive Energy Dissipation Systems for Structural Design and Retrofit, Monograph Series, MCEER, in US, New York
- Constantinou, M.C., Whittaker S.A., and Velivasakis, E., 1999. Seismic evaluation and retrofit of the Atatürk international airport terminal building An overview, in *The Geometry of Normal Faults*, Spec. Publ Geol. Soc. Lond., 56, pp.
- Constantinou, M.C., 2013. History of Seismic Protective Systems, Invited Lecture at Kocaeli Chamber of Commerce, Kocaeli, Turkey, December
- Erdik, M., Durukal, E. 1993. Ayasofya'nın Deprem Davranışı, 2. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 10-13 Mart 1993, İstanbul, s.198-207
- FEMA E-74 2011. Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage—A Practical Guide Federal Emergency Management Agency Washington, D.C, USA
- Ferner H., Wemyss M., Baird A. and Beer A. 2014. Seismic performance of non-structural elements within buildings. 2014 NZSEE Conference
- Fierro E., Freeman S., Perry C., 1995. A Practical Guide, Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage, FEMA
- Hamburger, R, 1997. *An Overview of Performance Based Design*
- Historical UBC CD-ROM: The Early Years (1927-1964), Version 1.0, International Conference on Building Officials, Whittier, California, USA.
- Kawaguchi, K., 2007. Seismic Isolation and Sculptural Conservation, Uluslararası Müzelerin Depremden Korunması Konferansı, İstanbul.
- Kuzucuoğlu, A., 2008. Non-Structural Materials Related to Disaster Resistant Museums, The 14th World Conference on Earthquake Engineering- Pekin, China
- Kuzucuoğlu, A., 2014. Kültürel Miras Sektöründe Risk Transferi. Akademik Bakış Dergisi, Sayı: 44.
- Maragakis M. 2008. Seismic Response of Ceiling-Piping-Partition Nonstructural Systems International Symposium, USC – September 19, 2008
- MCEER-12-0006 2012. Bayesian Fragility for Nonstructural Systems, by C.H. Lee and M.D. Grigoriu, 9/12/12.

- MCEER-12-0007 2012. A Numerical Model for Capturing the In-Plane Seismic Response of Interior Metal Stud Partition Walls, by R.L. Wood and T.C. Hutchinson, 9/12/12.
- MCEER-12-0008 2012. Assessment of Floor Accelerations in Yielding Buildings, by J.D. Wieser, G. Pekcan, A.E. Zaghi, A.M.Itani and E. Maragakis, 10/5/12.
- MCEER-13-0001 2013. Experimental Seismic Study of Pressurized Fire Sprinkler Piping Systems by Y. Tian, A. Filiatrault and G. Mosqueda, 4/8/13.
- Miranda E and Taghavi S 2003. Estimation of Seismic Demands on Acceleration-sensitive Nonstructural Components in Critical Facilities, *Proceedings of the Seminar on Seismic Design, Performance, and Retrofit of Nonstructural Components in Critical Facilities*, ATC 29-2, Newport Beach, CA, 347-360.
- Miranda E, Mosqueda G, Retamales R and Pekcan G 2012. Performance of Nonstructural Components during the 27 February 2010 Chile Earthquake, *Earthquake Spectra*, 28(1): 453-471.
- Petal M, 2003. Causes of Deaths and Injuries in the August 17th, 1999 3.02 a.m. M=7.4 Kocaeli Earthquake, Research Report, Boğaziçi Üniversitesi, CENDIM, İstanbul, 2003.
- International building code, IBC 2000. International Code Council, USA.
- Takahashi, N., and Shiohara, H., 2004. Life cycle Economic Loss due Seismic Damage of Nonstructural Elements, *Proceeding of 13th World Conference on Earthquake Engineering*, Paper No.203, Vancouver, BC, Canada
- TDY, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
- Wolff, D.E., and Constantinou, M.C. 2004. Experimental study of Seismic isolation systems with emphasis on secondary system response and verification of accuracy of dynamic response history analysis, *Technical report MCEER -04-001 UB*, New York
- Wolff, E. D., Ipek, C., Constantinou M.C., Morillas L., 2014. Torsional response of seismically isolated structures revisited. *Engineering Structures* 59:462-468
- Wolff, E. D., Ipek C., Constantinou M.C., Tapan, M 2014. Effect of Viscous Damping Devices on The Response of Seismically Isolated Structures.. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*. doi: 10.1002/eqe.2464
- YOTA 2005. B.Ü Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Afete Hazırlık Eğitim Projesi kapsamında yayınlanan kitap YOTA www.koeri.boun.edu.tr