HATAY HÜKÜMET KONAĞININ DEPREM YÜKLERİ ETKİSİNDE DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

İ. Kılıç[1], H. Coşkun[2] ve H. Uslu[3]

[1] *İnşaat Mühendisi, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Hatay*
[2] *Yardımcı Doçent Doktor, İnşaat Müh. Bölümü, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay*
[3] *İnşaat Mühendisi, Sigma Yapı Test Laboratuvarı Müh. Müş. Ltd. Şti,, Hatay*
Email: ilhankagankilic@gmail.com

ÖZET:

Türkiye'de tarihi ve kültürel değeri yüksek birçok yapı bulunmaktadır. Geçmiş toplumlar tarafından inşa edilen bu yapılar farklı zaman ve kültürlerin birikim ve tekniklerini yansıtmaları bakımından büyük önem taşımaktadırlar. Günümüz teknolojisi ile inşa edilen betonarme ve çelik yapıların mekanik davranışlarını gelişmiş sayısal yöntemlerle ayrıntılı olarak ortaya koymak mümkündür. Ancak tarihi yığma kâgir yapıların içerdiği süreksizliklerden dolayı özelliklerinin farklı yönlerde değişiklik göstermesi ve malzeme kalitesinin değişebilmesi nedeniyle yapısal davranışlarının yorumlanmasında güçlükle karşılaşılabilmektedir. Bu çalışma ile öncelikle Hatay Hükümet Konağının tasarım ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında yapının bulunduğu bölge depremsel açıdan incelenmiş, yapının maruz kalabileceği deprem büyüklükleri belirlenmiş ve Hatay Hükümet Konağı'nın yapısal olarak geometrik modeli oluşturulmuştur. Yapı için gerçek malzeme özellikleri kullanılarak, sonlu elemanlar yöntemi ile çözümleme yapılmıştır. Yapının sonlu elemanlar yöntemi ile analizinde yığma yapıların Avrupa kodu 6 ya göre kapsamlı tasarımı için geliştirilmiş olan FEDRA adlı yazılım kullanılmıştır. Elde edilen veriler, bu binanın deprem başta olmak üzere değişik servis yükleri altında daha uzun yıllar ayakta kalabilmesi için nelere dikkat edilmesi konusuna ışık tutacaktır.

ANAHTAR KELİMELER: Yığma yapı, sonlu elemanlar yöntemi, tarihi yapı, güçlendirme.

1. YAPISAL ANALİZ METODOLOJİSİ

1.1. Yığma Yapılar

Yığma yapılar insanlık tarihinin ilk dönemlerinden beri çeşitli kullanım amaçları doğrultusunda inşa edilmiştir. Taşıyıcı iskelet sistemi olmayan, taşıyıcı yapı elemanları doğal taş, kumtaşı, tuğla, vb. bloklarla ile düzenlenmiş, duvarlardaki her bloğun üzerine gelen düşey yükü alt elemana aktardığı yapılardır. Yapı elemanlarının sünekliği az gevrek malzemeler olduğundan, çekme dayanımları basınç dayanımına göre çok düşüktür. Ağır olmaları ve deprem yüklerini altında şekil değiştirecek sünekliğe çok fazla sahip olmadıklarından depreme karşı hassas yapılardır (Bayülke, 2001; Cornell, 1968). Yapı stoku içindeki oranı değerlendirildiğinde, özellikle kırsal kesimde tercih edilen, pek çoğu mühendislik hizmeti almamış bu yapıların ülkemizin çok büyük kısmı her an doğal afet riski altında bulunduğundan ciddi riskler barındırmaktadır.

1.2. Sonlu Elemanlar Yöntemi

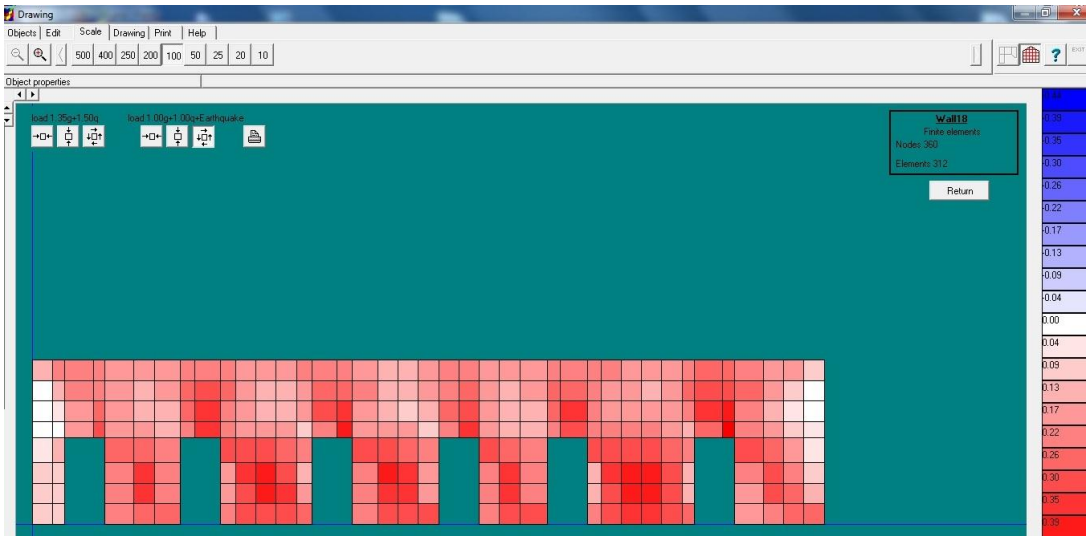
Sonlu elemanlar metodu; karmaşık olan problemlerin daha basit alt problemlere ayrılarak her birinin kendi içinde çözülmesiyle tam çözümün bulunduğu bir çözüm şeklidir. Sonlu eleman probleminin çözümünde ilk adım eleman tipinin belirlenmesi ve çözüm bölgesinin elemanlara ayrılmasıdır. Çözüm bölgesinin geometrik yapısı belirlenerek bu geometrik yapıya en uygun gelecek elemanlar seçilmelidir. Seçilen elemanların çözüm bölgesini

temsil etme oranında, elde edilecek neticeler gerçek çözüme yaklaşmış olacaktır (Akan ve Özen, 2005; Anselmi *ve ark.*, 2004; Nath, 1993; Topçu ve Taşgetiren, 1998; Yılmaz, 2006). Çözüm yöntemindeki adımlar şunlardır:

a) Cismin sonlu elemanlara bölünmesi,
b) Enterpolasyon fonksiyonlarının seçimi,
c) Eleman direngenlik matrisinin teşkili,
d) Sistem direngenlik matrisinin hesaplanması,
e) Sisteme etki eden kuvvetlerin bulunması,
f) Sınır şartlarının belirlenmesi,
g) Sistem denklemlerinin çözümü

1.3. Kullanılan Analiz Programı

Yapının analizinde FEDRA (2008) adlı yazılım kullanılmıştır. Sonlu elemanlar analizi ile sismik kuvvetleri dağıtmak üzere yatay duvar rijitliği ve duvarlarda gerilmeler hesaplanır. Sismik yükler, eşdeğer statik yatay yüklere dönüştürülür ve yük transferlerini otomatik yapar, sonlu eleman ağ örgülere etkitir. Her duvar için sonlu elemanlar analizi yapılarak örgü model üzerindeki gerilmeler bulunur (Şekil 1). Bu gerilmeler, Avrupa kodu 6 ya göre dayanım tahkiklerinde kullanılır (EuroCode 6, 2005).



Şekil 1. Duvarda Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Gerilmelerin Bulunması

2. HATAY HÜKÜMET KONAĞI

2.1. Yapı Mimari Bilgileri

Hatay'ın sembolik yapılarından birisi olmakla birlikte aynı zamanda çok kültürlü bölgenin mevcut kültürel zenginliğini mimari anlamda yansıtması açısından da önemli bir yapıdır. Bina, tipik Akdeniz mimarisi özelliklerini taşımaktadır. Yapının taşıyıcı sistemini; kaba yonu, moloz taş beden duvarları ve avlu etrafında iç çekirdeği oluşturan betonarme kolonlar oluşturmaktadır.

Yapı 740,00 m^2 kat alanına sahip zemin kat ve 1 adet aynı alana sahip normal kattan oluşmaktadır (Şekil 2). Zemin katın kat yüksekliği 5,12 m ve normal katın kat yüksekliği 4,75 m'dir. Yapının dış duvarlarının tamamı ile iç kısımdaki ana duvarlar doğal taştan, diğer iç bölme duvarları ise yatay delikli tuğladan imal edilmiştir.

Yapıda duvar altı temel kullanılmış, döşeme kirişli plak olarak imal edilmiştir. Ahşap oturtma çatı ve üzerinde marsilya tipi kiremit kullanılmıştır. Yapı genelinde döşeme kaplaması karo mozaikten imal edilmiş durumdadır.

Şekil 2. Hükümet Konağı Zemin ve Normal Kat Mimari Planları

2.2. Yapı Tarihçesi

Hatay Valiliği olarak kullanılan bu binanın inşasına 1927 yılında başlanmış ve 1928 yılında tamamlanmıştır. Binanın mimari projesinin Halep'li ve Beyrut'lu mühendisler tarafından çizildiği, uygulamasının ise yerli ustalar tarafından yapıldığı bilinmektedir. Yapının ihtiyacı olan mali kaynak, zamanın İskenderun Sancağı İdari Meclisi tarafından karşılanmıştır.

2 Eylül 1938 tarihinde kurulan Hatay Devleti'nin siyasi ömrü 10 ay 21 gün olmuştur. Hatay Millet Meclisi 2,3,6 Eylül 1938 tarihlerinde olmak üzere 3 toplantısını halen Köprübaşı mevkiinde bulunan Millet Meclisi binasında yapmıştır. Hatay Devleti'nin 2, 3, 6 Eylül 1938'deki bu 3 günün haricindeki siyasi ömrünün tamamında da bu bina hem Cumhurbaşkanlığı'na, hem Başbakanlığa, hem de Hatay Devleti Millet Meclisi'ne ev sahipliği yapmıştır.

29 Haziran 1939 tarihinde 40 milletvekilinden oluşan Hatay Devleti Millet Meclisi, Türkiye Cumhuriyeti Devleti'ne katılma kararını oy birliği ile bu binada almıştır. Bu nedenle binanın Hatay'ın ve Türkiye'nin yakın siyasi tarihinde anı değeri taşıyan özel bir önemi vardır.

2009 yılı sonlarında başlayan röleve, restitüsyon ve restorasyon projeleri 2010 yılında tamamlanmış ve hemen arkasından restorasyon uygulamasına başlanmıştır. Yapı, özgün haline sadık kalınarak onarılmış ve 2011 yılında Hatay Valiliği olarak yeniden hizmete açılmıştır (Şekil 3).

Şekil 3. Hükümet Konağı Ön Görünüş

3. HATAY İLİNİN DEPREMSEL İNCELEMESİ

3.1. Fay Zonları ve Etkileşimleri

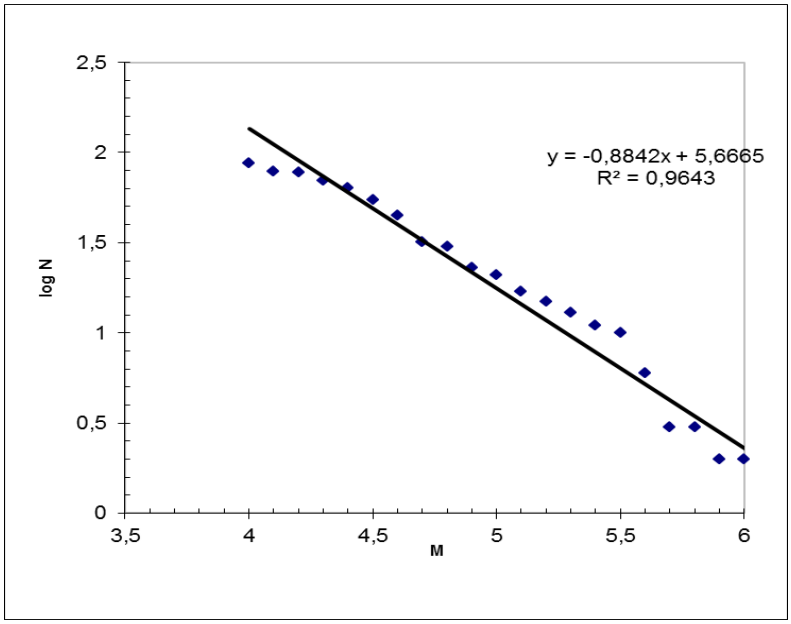
Antakya ve yakın çevresi morfotektonik açıdan Avrasya, Arabistan ve Afrika levhalarının göreceli hareketlerinin etkilerini yansıtır. Arap ve Afrika levhaları zayıf dirençli (akışkan) üst astenosfer üzerinde, mantodaki konveksiyonel akıntıların etkisiyle kuzeye doğru hareket etmektedirler. Bölgedeki depremlerin kayma vektörleri, fay sistemleri, okyanussal yayılmaya dayanan global kinematik modeller, Arap levhasının kuzey-kuzeybatı yönünde Avrasya'ya doğru yılda ortalama 25 mm'lik bir hızla hareket ettiğini gösterir. Afrika levhası ise Avrasya ile ilişkili olarak kuzeye doğru yılda yaklaşık 10 mm hızla hareket etmektedir (Irmak ve Özer, 1999).

Anadolu Plakasında depremlerin oluşumu Afrika ve Arabistan plakalarının davranışı ile yakından ilişkilidir. Afrika Plakası sınırdaşı Arabistan plakasından uzaklaşmaktadır. Bu uzaklaşma sonucunda Arabistan Plakası kuzey yönde kayar ve Anadolu plakasını kuzey-kuzeybatı yönde iter. Bu itmenin ve sıkıştırmanın etkisi ile Anadolu Plakasında depremler meydana gelir. Ölü Deniz Fay Zonu Antakya yakınlarında ülke sınırları içine girmekte, Asi Nehri boyunca devam ederek Amik Ovasına uzanarak Doğu Anadolu Fay Zonu ile birleşmektedir. Birçok fay hattının etkisi altında bulunan bölge karmaşık özellikler taşımaktadır.

3.2. Hatay İli ve Çevresi Probabilistik Sismik Tehlike Analizi

Hatay ili için, yaklaşık 300 km çaplı bir bölgede 1915-2003 yılları arasında gözlenen depremlere göre Kandilli Rasathanesinde kayıtlı, büyüklüğü 4 ten büyük olan 87 deprem incelenmiş, bu verilere göre Gutenberg- Richter yöntemiyle probabilistik sismik tehlike analizi çıkarılmıştır (Boğaziçi Üniversitesi, 2011). Çalışmanın sonucunda bölgede son yüzyıllık kayıtlara göre meydana gelebilecek en büyük depremin Ms=6.4 olması beklenmektedir. Yine her 50 yılda bir 6.06 büyüklüğünde deprem beklenmektedir. Aletsel kayıtla tespit edilmiş depremlerin sadece son yüzyılı kapsaması nedeniyle, tarihsel depremlerin oluşum periyotları tam olarak kestirilememektedir. Bu nedenle çalışma sonucu bulunan 6.4 değeri sadece her yüzyılda bir meydana gelecek maksimum deprem değeridir. Yine Hatay ili ve çevresinde her yıl 4.14 büyüklüğünde deprem olması beklenmektedir. Deprem verilerindeki tüm büyüklükler yüzey dalgası manyitüdü (Ms) cinsinden olduğu için manyitüdler için bir düzeltme yapılmamıştır. Depremler belirli zaman aralıkları bölünerek, bu aralığın başlangıç tarihinden son tarihe

kadar olan deprem sayıları ortalama manyitüde göre sayılır. Veriler, yatay eksende manyitüd M, düşey eksende logaritma N (kümülatif oran) değerlerine karşılık gelen grafik oluşturulur ve en küçük kareler yöntemi kullanılarak verileri temsil eden doğru geçirilir (Şekil 4).



Şekil 4. Yüzey dalgası manyitüdü logaritma N (kümülatif oran) grafiği

$$\log N = a - bM \qquad (1)$$

olmak üzere grafikten elde edilen katsayılar a = 5.666 ve b = 0.884 olarak bulunur

Elde edilen sonuçlar,

1) T2 = 100 yıl içinde meydana gelebilecek maksimum olası manyitüd,
N = 1 olmak üzere,
log N = a – bM ➔ Mmaks = a / b = 5.666 / 0.884= 6.40

2) T1 = 50 yıllık bir periyotta maksimum olası manyitüd değeri,
Mmaks = [a + log (T1 / T2)] / b = [5.666 + log (50 / 100)] / 0.884 = 6.06

3) T1 = 25 yıllık bir periyotta maksimum olası manyitüd değeri,
N1 = 1 olmak üzere,
Mmaks = [a + log (T1 / T2)] / b = [5.666+ log (25/100)] / 0.884 = 5.73

4) Her yıl meydana gelen ortalama manyitüd değeri,
T1 = 1 olmak üzere,
Mm = (a – log T2) / b = (5.666 – log100) / 0.884= 4.14 olarak bulunur.

4. HATAY HÜKÜMET KONAĞININ DEPREMSEL DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

4.1. Yapının Malzeme Özellikleri

Taşıyıcı duvarları oluşturan malzemenin karakteristik özelliklerinin tayini için binadan duvar malzemesini oluşturan taş, tuğla ve beton elemanların laboratuvar ortamında karakteristik özellikleri saptanmış (Tablo 1) ve taşıyıcı duvarların karakteristik özellikleri belirlenmiştir (Tablo 2) ve diğer analiz parametreleri (Tablo 3) ile birlikte yapı analizi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Malzeme karakteristik özellikleri

MALZEME	KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLER
Mevcut Beton	Ortalama Basınç Dayanımı: 13.71 N/mm^2
	Beton Karakteristik Dayanımı: 11.71 N/mm^2
Yatay Delikli Tuğla	Basınç Dayanımı: 6 N/mm^2
Taş (Temel Numunesi)	Basınç Dayanımı: 34 N/mm^2
Taş (Duvardan Alınan Numune)	Basınç Dayanımı: 23 N/mm^2
Mevcut Duvar Harcı	Basınç Dayanımı: 2.00 N/mm^2

Tablo 2. Taşıyıcı duvar karakteristik özellikleri

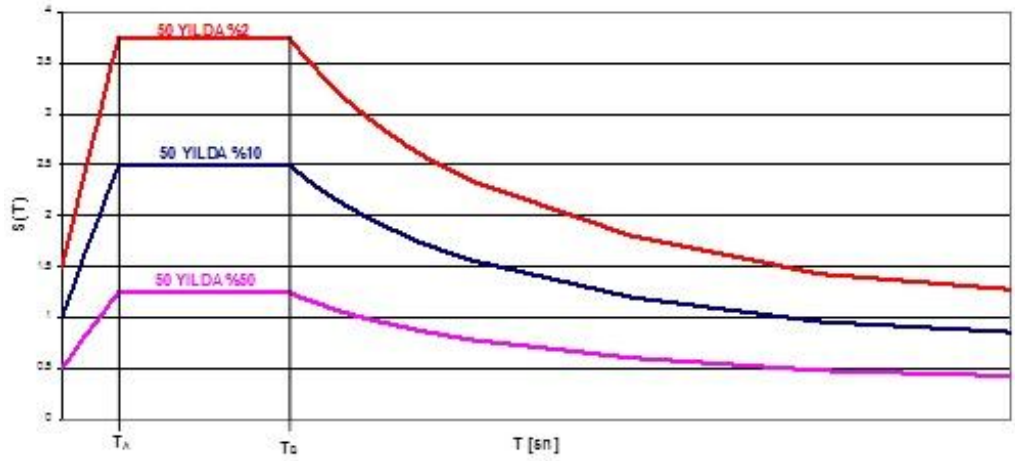
DUVAR ADI	BASINÇ DAYANIMI σ_{em} (N/mm^2)	KESME DAYANIMI τ_{em} (N/mm^2)	ELASTİSİTE MODÜLÜ E (GPa)
Taş Duvar (0,55 m)	3.02	0.10	3.02
Tuğla duvar (0,23 m)	1.32	0.10	1.32

Tablo 3. Analiz parametreleri

Etkin Yer İvmesi Katsayısı (Ao)	0.40
Taban Kesme Kuvveti Katsayısı	1.0
Hareketli Yük Katılım Katsayısı	0.6
Yerel Zemin Sınıfı	Z 3
Binaya Etkiyen Spektral İvme, S(T_1)	2.5
Zemin Emniyet Gerilmesi (σ_{Zem})	0.15 MPa
Zemin Düşey Yatak Katsayısı (Kv)	3000 Ton/m^3
Mevcut Bina Bilgi Düzeyi Katsayısı	0.90

4.2. Yapının Deprem Performansının Belirlenmesi

Yapının deprem güvenliği tespitinde Mart 2007'de yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğin (DBYBHY-2007) "Bölüm 7-Mevcut Yapıların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi" bölümünde yer alan analiz yöntemleri kullanılmıştır. yapıların temsil ettiği sosyal değer ve olası bir depremden sonra hemen kullanılması gerekliliği göz önüne alınarak, hem (DBYBHY-2007)' Tablo 7.7'de öngörülen aşılma olasılığı "50 yılda % 2" olan depremin ivme spektrumuna ve "can güvenliği" performans düzeyi gereklerine göre hem de aşılma olasılığı "50 yılda %10" olan depremin ivme spektrumuna ve "hemen kullanım" performans düzeyi gereklerine göre değerlendirilmiştir. Buna göre; "Can Güvenliği" ya da "Hemen Kullanım" performans düzeylerinden her ikisini birden sağlayan binaların taşıyıcı sistemlerinin güçlendirilmesine gerek yoktur. Ancak söz konusu performans düzeylerinden herhangi birini sağlamayan binaların güçlendirilmeleri gerekmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. DBYBHY-2007 ivme spektrumları

5. SONUÇLAR

Yapılan probabilistik sismik tehlike analizi son yüzyılda aletsel kayıtla tespit edilmiş depremlere göre yapıldığından tarihsel depremlerin oluşum periyotları tam olarak kestirilememektedir. Kayıtlara göre bölgede meydana gelebilecek en büyük depremin Ms=6.4 olması beklenmektedir. Yine her 50 yılda bir 6.06 büyüklüğünde deprem beklenmektedir. Bu nedenle çalışma sonucu bulunan Ms=6.4 değeri sadece her yüzyılda bir meydana gelecek maksimum deprem değeridir. Yine ilimiz ve çevresinde her yıl 4.14 büyüklüğünde deprem olması beklenmektedir. Sonuç olarak bölge deprem açısından sürekli bir risk taşımaktadır.

Yapı yürürlükteki Deprem Yönetmeliğine göre incelendiğinde; yapının bazı iç duvarlarının düşey sürekliliği ve maksimum kat yüksekliği açısından uygun olmadığı görülmektedir. Ayrıca lento kullanılmış olmasına karşın yatay ve düşey hatılların bulunmaması, 7,30 m olan mesnetlenmemiş duvar uzunluğu ve *x* yönünde 25,90 m, *y* yönünde 26,80 m olan duvar boyları da yönetmeliğe uygun değildir. 55 cm olan taş duvar kalınlığı ve 23 cm olan tuğla duvar kalınlığı, taşıyıcı duvar malzemeleri, basınç dayanımları, harç malzemeleri açısından incelendiğinde yönetmeliğe uygun olduğu görülmektedir.

Yapının FEDRA Yığma Yapı Analiz Programı desteğiyle analiz edilmesi neticesinde taşıyıcı duvarlarında olası deprem etkileri altında oluşacak etkiler belirlenmiş, duvarlarda oluşan gerilmeler ile tasarım gerilmeleri incelenmiştir. Duvar narinlik oranlarının <27 kontrolü yapılmış ve tüm duvarların bu oranı sağladığı

görülmüştür. Yine duvarların 1.00G+1.00Q+DEPREM yüklemesinde kesme dayanım kapasitesinin doğrulanması sonucu zemin katta bulunan 40 adet duvardan 29 adedinin taşıma gücü kapasitesinin yeterli olmadığı, normal katta bulunan 41 adet duvardan 20 adedinin taşıma gücü kapasitesinin yeterli olmadığı belirlenmiştir.

Mevcut yapının analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ile yapıların aşılma olasılığı 50 yılda % 2 olan deprem için "Can Güvenliği" performans düzeyini ve 50 yılda %10 olan deprem için "Hemen Kullanım" performans düzeyini sağlamadığı, yapının yatay yük taşıma kapasitesinin yeterli olmadığı ve bunun iyileştirilmesinin gerektiği tespit edilmiştir. Yapının tasarımsal eksiklerinin ortadan kaldırılabilmesi için öncelikle duvarlardaki düşey süreksizlikler giderilmeli, ayrıca duvarların yatak yük taşıma kapasitesinin arttırılması ve süneklik kazanması için FRP ve çelik gibi deformasyon kabiliyeti yüksek malzemeler ile takviye edilmesi gerekmektedir. Kamu binası olması nedeniyle olası bir afet sonrasında hemen kullanılması gereken yapı, tarihsel ve mimari dokusuna zarar verilmeden uygun güçlendirme yöntemi belirlenerek deprem riskine karşı güvenli hale getirilmelidir.

KAYNAKLAR

Akan, A. E., Özen, Ö. (2005). Bursa Yeşil Türbe'nin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Deprem Analizi, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli.

Anselmi, C.A., De Rosa, E., Fino, L. (2004). Limit Analysis of Masonry Structures. *IV Simposio di Structural Analysis of Historical Constructions*, Padova, Italy, 1, 545-550.

Bayülke, N. (2001). Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı. İzmir İMO, 3.s., İzmir.

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. (2011). Bütünleştirilmiş Homojen Türkiye Deprem Katalogu, İstanbul.

Cornell, C. A. (1968). Engineering Seismic Risk Analysis, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 58 (6), pp. 1583-1606.

DBYBHY. (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı.

EUROCODE-6 (2005). Design of Masonry Structures.

FEDRA (2008). Finite Element Analysis Program, Norway.

Irmak, T.S.; Özer, M.F. (1999). 23Şubat 1995 Kıbrıs Depremi Kaynak Mekanizması. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, *Deprem Araştırma Bülteni*, 80, 109-134.

Nath, B. (Çev. Günay, D.) (1993). Mühendisler için Sonlu Elemanlar Metodunun Temelleri, Sakarya Üniversitesi Matbaası, Adapazarı.

Topçu, M., Taşgetiren, S. (1998). Mühendisler için Sonlu Elemanlar Metodu, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Matbaası, Denizli.

Yılmaz, P. (2006). Tarihi Yapıların Modellenmesi ve Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Sakarya Üniversitesi, Adapazarı.