Harput Ulu Camisinin Deprem Güvenilirliğinin Belirlenmesi

Harun TANYILDIZI
Fırat Üniversitesi T.E.F Yapı Eğitimi Bölümü, Elazığ
ve Erkut SAYIN
Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Müh. Bölümü, Elazığ

ÖZ: Kültürümüzün önemli bir parçası olan tarihi yapılar, doğal afetlerden (deprem, kasırga, sel vb.) zarar görebilmektedirler. Yüzyıllardır ayakta duran bu yapıların en iyi şekilde korunması gerekmektedir. Tarihi yapıların depreme karşı ne kadar güvenli ve dayanıklı olduğunu anlayabilmek için, yapının deprem güvenilirliğinin belirlenmesi gerekir. Bu çalışmada, Harput'ta bulunan Ulu cami seçilmiştir. Anadolu'daki en eski ve en önemli yapılardan birisi olan bu cami Artuklu hükümdarı Fahreddin Karaaslan tarafından H.551(M.1156–1157) yılında yaptırılmış olup yaklaşık 1250 m^2 dir. Bu nedenle, bu tarihi yapının depreme karşı davranışı ve güvenilirliğinin araştırılıp, gelecekte olabilecek deprem sonrasındaki hasarları belirlenmelidir. Bu çalışma sonucunda Harput'ta bulunan Ulu caminin deprem güvenilirliği belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Harput Ulu cami, Deprem güvenilirliği*

1 GİRİŞ

Kültür mirasımızın en önemli parçalarından olan tarihi yapıların korunması gerekir. Taş ve tuğla malzeme kullanılarak yığma yapı tekniğine göre inşa edilmiş tarihi yapıların taşıyıcı sistemi kubbe, kemer, tonoz ve masif duvarlardan meydana gelir. Bu elemanlar aynı zamanda yapının genel biçimini belirler. Birçok tarihi zenginliği içinde bulunduran bu yapılar genellikle aktif faylar üzerinde bulunmaktadırlar. Bu sebeple ülkemizde tarihi yapıların yok olmasına sebep olan en önemli faktörlerden biri depremlerdir. Depremler, geçmişten günümüze kadar, yapıları yıkan, insanlara zarar veren felaketlerin en tehlikelisi olmuştur. Bu sebeple ülkemizdeki tarihi yapıların depreme karşı korunması büyük önem kazanmaktadır. Yığma, taş veya tuğladan yapılmış bir tarihi yapının depreme karşı ne kadar güvenli olduğunu öğrenmek için deprem güvenirliliği belirlenmelidir. Ancak tarihi yapıların günümüzdeki yapılardan farklı olan özellikleri yapısal analizi güçleştirmektedir. Taş, tuğla ve harçtan oluşan yapı elemanlarının değişik fiziksel ve mekanik özellikler göstermesi analiz sırasında gerçek malzeme özelliklerinin tanımlanmasını zorlaştırmaktadır [1].

Bu çalışmada, tarihi yapılardan biri olan ve Harput'ta bulunan Ulu cami incelenmiştir. Harput'ta Artuklu Hükümdarı Fahrettin Karaaslan tarafından H.551 (M.1156-1157) yılında yaptırılan cami, Anadolu'daki en önemli yapılardan birisidir. Cami; dikdörtgen planlı olup, minaresinin eğri durumda olması nedeniyle büyük ilgi görmektedir. Son cemaat yeri, iç avlu ve iç cami olmak üzere üç bölümden oluşmuştur. Caminin iç duvarları kemerlerle birbirine bağlanmıştır. Halk arasında eğri minareli cami olarak da bilinmektedir. Cami halen ibadete açıktır.

2 YAPIYI ETKİLEYEN RİSK UNSURLARI

Kültürel bir miras olan tarihi yapının korunmasından, restorasyonundan ya da tarihi yapıya müdahale yapılmadan önce yapı hakkındaki tüm bilgilerin edinilmesi gerekmektedir. Yüzyıllardır yangınlar, depremler ve doğal afetler gören bu yapıların yük taşıma mekanizmasını bilmek, yapıda kullanılan malzemelerin mukavemet ve karakteristiklerini anlamak ve bu anlamda tarihi yapıya müdahale etmek gerekmektedir [2]. Ancak yapının çok eski olması ve kaç defa onarım gördüğünün tam olarak bilinememesi nedeniyle yapının ve kullanılan yapı malzemesinin mukavemeti hakkında kesin bir söz söylemek mümkün değildir.

Şiddetli bir depremde beklenen bina davranışı yapısal unsurlara ve üzerine yerleşilen arazinin jeolojik karakterine göre değişecektir.

2.1 Jeolojik *Unsurlar*

Risk değerlendirmesi yapılırken, bölgenin deprem bölgesi derecesi, aktif faylarla olan konum ilişkisi, jeolojik katmanların yeraltındaki dizilişleri ve özellikleri, yeraltı suları, zeminin deprem davranışına ilişkin genel veriler başvurulması gereken kaynaklardır [3].

Elazığ ve bölgesi 2. derece deprem bölgesi sınırları içerisindedir. Bölgenin özellikle Harput ve Harput'un doğu-güneydoğu çevresinde yüzeyleyen en üst seviyeleri oluşturan Meastrihtiyen yaşlı Harami Formasyonu tabanda kımızı-kahverengi kötü tabakalanmalı konglomera-kumtaşı birimi ile başlamakta, üstte ise bol kırıklı ve çatlaklı rekristalize kireçtaşları ile son bulmaktadır. Ancak Yedigöz çevresinde ise Harami Formasyonu, alttaki Elazığ Magmatikleri'ne ait bazalt, bazaltik yastık lavlar ile yine bu birime ait dasitleri açısal uyumsuzlukla örtmektedir.

2.2 *Yapısal Unsurlar*

Deprem riski bulunan bölgelerdeki binaların mimari düzensizlikleri, planda düzensizlikler ve düşey doğrultuda düzensizlikler olmak üzere iki başlık altında incelenebilir. Son yıllarda oluşan depremlerin neden olduğu hasarların en önemli sebeplerinden biri bina geometrisinin deprem dikkate alınmadan yanlış seçilmiş olmasıdır. Burada geometri, hem yapının mimari tasarımında oluşan genel biçimi hem de seçilen taşıyıcı sistemi içermektedir [4]. Depreme dayanıklı bina tasarımında basitlik ve simetri temel ilkelerdir. Simetri yalnız planda şekilsel olarak değil, taşıyıcı sistemdeki ayrıntılarla da sağlanmalıdır. Dinamik etkilere maruz kalan bir yapı, rijitlik merkezi çevresinde dönme eğilimine girer ve yapıda burulma meydana gelir.

Yığma yapılar, deprem ve düşey yükleri taşıyıcı duvarlarla karşılar. Bu tür yapılarda taşıyıcı duvarlardan başka, ince bölme duvarları da bulunabilir. Bunlar kuvvetleri karşılamadaki katkıları küçük olduğu için ihmal edilirler.

Yığma duvarlar özellikle çekme gerilmelerine karşı zayıftırlar. Genellikle yığma yapılarda kullanılan duvar malzemesinin çekme dayanımı ve harcın kayma dayanımı düşüktür. Bu tür yapılarda en önemli hasar nedeni, deprem etkisiyle duvarlarda oluşan kayma gerilmeleri dolayısıyla çekme gerilmelerinin meydana getirdiği çatlaklardır. Bunun yanında yığma yapılar ağır ve rijit olup, büyük deprem kuvvetinin oluşmasına sebep olurlar. Yığma yapının çekme ve basınç altındaki sünek olmayan davranışı, yapının önemli bir plastik şekil değiştirme göstermeden ani göçmesine sebep olur. Duvarlar arası bağlantı gibi, çatı bağlantısının zayıf olması, yapının zayıf bir bölgeden başlayan hasarın kolayca yayılmasına ve yıkımın meydana gelmesine sebep olabilir. Büyük pencere ve kapı boşlukları ve planda duvar düzeninin simetriden ayrılması, ilave gerilme yığılmalarına dolayısıyla hasarın artmasına sebep olur.

Hasar seviyesinin belirlenmesi için, önce genel bir inceleme yapılır, binanın yük taşıma sistemi ve hasarı tespit edilir. Bu inceleme formunda, kat adedi, yığma duvarların türü ve kalınlığı, işçilik durumu ve binadaki merdiven ve çatı türü belirlenir. Bu incelemede özellikle yığma duvarların plandaki düzeni, düşeyde süreklilik durumu, yapıdaki geometrik düzensizlik kayıt edilmelidir. Yığma binada depremden oluşan çatlak ve hasar yanında, zamanla meydana gelen hasarın, yükün iletilmesinde ve taşınmasındaki eksikliklerin belirlenmesi de önemlidir [5].

3 HARPUT ULU CAMİSİNİN DEPREM GÜVENİLİRLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Bu çalışmada, Harput'ta bulunan Ulu caminin deprem güvenirliliği belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için, Malatya Vakıflar Bölge Müdürlüğünden yapı ile ilgili röleveler temin edilmiştir. Röleveler üzerindeki uzunluklar yerinde tekrar ölçülmüştür. Harput Ulu camisinin dıştan ve içten görünümü Şekil 1 ve Şekil 2' de görülmektedir.



Şekil 1. Harput Ulu camisinin dıştan görünümü



Şekil 2. Harput Ulu camisinin içten görünümü

Deprem hareketinin iki doğrultuda bulunması nedeniyle, yığma yapıda taşıyıcı duvarlar, duvar düzleminde ve düzlem dışında zorlamalara maruzdurlar. Düşey yükler yapının ağırlığı ve yatay yükler deprem kuvvetleri, atalet kuvvetleri nedeniyle ortaya çıkar. Yatay kuvvetlere tepki olarak duvar düzleminde ve duvarın kendi atalet kuvvetinden doğan kuvvetlerden de duvar düzlemine dik etkiler meydana gelir. Yığma yapıdaki ve elemanlardaki düzensizlik ile işçilikteki kusurlarının hesap modelinde gözönüne alınması oldukça zordur. Deprem güvenliği hesaplarında, ayrıntı derecesine bağlı olarak üç seviyede inceleme yapılması mümkündür.

Birinci çözümleme seviyesinde yatay deprem kuvveti yönetmelikte öngörüldüğü gibi hesaplanır ve katlara dağıtılır. Bu hesapta bulunan kayma gerilmeleri gözönüne alınarak müsaade edilen sınır gerilme ile karşılaştırılarak, katın deprem güvenliğine karar verilir. Daha ayrıntılı incelemede duvarların pencere ve kapı boşlukları olan ve olmayan parçaları ayrı ayrı hesaba katılarak paylaşım sağlanır. Kayma şekil değiştirmesi yanında eğilme momentinin katkısı da hesaba katılır. Tüm sistemin üç boyutlu levha sonlu elemanlarla modellenmesi üçüncü inceleme seviyesini oluşturur. Bu seviyede statik olduğu gibi deprem kaydı kullanılarak dinamik bir inceleme de yapılabilir.

Bu çalışmada, ölçümler tamamlandıktan sonra birinci inceleme seviyesine göre deprem güvenirliliği araştırılmıştır. Kat kesme kuvvetleri deprem doğrultusundaki duvar alanları ile orantılı olarak paylaştırılıp, kayma gerilmeleri hesaplanmıştır. Kat kesme kuvvetleri ve kayma gerilmeleri hesaplanırken (1) denklemi kullanılmıştır. Burada tuğla veya taş duvarlar için τ_{ult} = 150 kPa değeri kullanılmıştır [5]. Bulunan τ_x ve τ_x değerleri τ_{ult} ile karşılaştırılır. Yapılan kıyaslamada, bulunan kayma gerilmeleri izin verilen değeri geçmiyorsa, binanın yeterli deprem güvenliğinin olduğuna karar verilir.

$$F_i = V_t \frac{w_i h_i}{\sum_{j=1}^{N} w_j h_j} \qquad \tau_x = \frac{V_i}{A_{ix}} \qquad \tau_y = \frac{V_i}{A_{iy}} \qquad (1)$$

Denklemlerde;
V_t = Toplam taban kesme kuvveti,
w_i = Kat ağırlığı,
h_i = Katın zeminden yüksekliği,
F_i = Kat kuvveti,
V_i = Kat kesme kuvveti,
τ_x = x yönündeki kayma gerilmesi,
τ_y = y yönündeki kayma gerilmesi,
A_{ix} = x doğrultusundaki toplam duvar alanı,
A_{iy} = y doğrultusundaki toplam duvar alanıdır.

Burada taban kesme kuvveti 19324 kN olarak bulunmuştur. Yapılan hesaplamalarda kar yükü hesaba dahil edilmiştir. Röleve yardımıyla, x doğrultusundaki toplam duvar alanı 230 m^2, y doğrultusundaki toplam duvar alanı 237.7 m^2 olarak hesaplanmıştır. Hesaplan τ_x ve τ_y kayma gerilmeleri sırasıyla 84 kPa ve 81.3 kPa olarak bulunmuştur. Kayma gerilmeleri müsaade edilen τ_{ult} değerinden küçük olduğu için birinci çözümleme seviyesine göre, yapının depreme karşı dayanımının iyi olduğu sonucu çıkarılabilir.

4 SONUÇ

Tarihi yapılar bir toplum için kültürel miras olarak kabul edilmektedir. Bu yapılar, ülkemizde depremlerden zarar görebilmektedirler. Tarihi yapıların depremlere karşı ne kadar güvenli ve dayanıklı olduğunu anlayabilmek için, yapının deprem güvenirliliğinin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, Harput'ta bulunan tarihi Ulu cami seçilmiş ve yapı ile ilgili röleveler Malatya Vakıflar Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Röleveler ve yerinde incelemeler yapılmıştır. Yapının birinci çözümleme seviyesine göre depreme karşı güvenirliliğinin belirlenmesi için x ve y yönünde kayma gerilmeleri hesaplanmıştır. Bulunan bu değerler τ_{ult}= 150 kPa dan küçük olduğu için, Harput Ulu camisinin depreme karşı güvenilir olduğu sonucuna varılabilir.

5 TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, röleveleri temim ettiğimiz Malatya Vakıflar Bölge Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

6 KAYNAKLAR

[1] Ünay, A.İ. 2002. *Tarihi Yapıların Depreme Dayanımı,* O.D.T.Ü Mimarlık Fakültesi, Ankara.
[2] Akan, A.E., Özen, Ö. *Bursa Yeşil Türbe'nin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Deprem Analizi*. *Deprem Sempozyumu*, 23–25 Mart 2005. Kocaeli.
[3] Balyemez. S., Berköz. L. 2005. *Hasar Görebilirlik ve Kentsel Deprem Davranışı.* Itü Dergisi/a, cilt:4 (1): 3-14.
[4] Ersoy, U., Ersoy, A.A. 1992. *Binaların Deprem Dayanımında Mimarinin Önemi*. Yapı Dergisi, 125, 58–69.
[5] Celep, Z., Kumbasar N. 2004. *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, İstanbul.
[6] *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*, 1998. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.