

TARİHİ YAPILARIN DEPREM DAVRANIYININ İYİLE TIRILMESİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

C.Dönmez¹ ve M.A. Erberik²

¹ Doçent, İnşaat Müh. Bölümü, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir

² Profesör, İnşaat Müh. Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

Email: cemalettindonmez@iyte.edu.tr

ÖZET:

Ülkemizin büyük kısmının yüksek talepli deprem bölgeleri içinde yer alması ve son yıllarda hız almış olan restorasyon ve iyileştirme çalışmaları sebebiyle tarihi yapıların deprem davranışının iyileştirilmesi önemli bir konudur. Tarihi yapıların restorasyonu büyük bilgi ve emek isteyen bir çalışması olup, yapılması gereken çalışmanın içine deprem dayanımının incelenmesi dahil olduğunda yapılacak olan çalışması çok daha kapsamlı bir hale gelmektedir. Bu konuda başarılı örnekler olmakla beraber bu bildiride tarihi yapıların restorasyon ve deprem davranışını iyileştirilmesi çalışmaları yapılırken dikkat edilmesi gereken konulara vurgu yapılacak ve uygulamada görülen aksaklıklara değinilecektir. Bu bağlamda örnek bir restorasyon ve iyileştirme çalışması olarak Urla-İzmir'de gerçekleştirilmiş 19. yüzyılda yapılmış bir yapıdaki süreç, özellikle karar alma mekanizmaları açısından, detaylı olarak irdelenecektir. Söz konusu yapı yarı gömülü bir bodrum üzeri iki kattan oluşmakta ve moloz taş, ahşap ve bacadı kaplama duvarlar eklinde üç farklı tekniği bünyesinde barındırmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER : Tarihi Yapılar, Yıma Yapı, Deprem Davranışı, Güçlendirme, Ahşap

1. GİRİŞ

Tarihi değerlere sahip yapıların bir yandan yapısal sağlamlık ve bütünlüğünün korunup, diğer yandan asıl kullanım amacı doğrultusunda veya güncel bir kullanım amacı sağlanarak, kullanıcılara erişilebilir hale getirilmesi yapıların sağlamlıklı bir şekilde varlığını sürdürmesi bakımından vazgeçilmez öneme sahiptir. Söz konusu çalışmalar yapılırken yapının mimari miras değerlerinde mümkün olan en az değişikliğe sebep olacak yol ve yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Bu sebeplerle yurdumuzdaki tarihsel zenginlik, tarihi yapıların restorasyonu konusunda ülkemizde yapı teknik konularında çalışan uzmanlara büyük yükümlülükler vermekte ve fırsatlar sunmaktadır.

Bu bildiride tarihi yapıların restorasyonu konusunda önemli ayaklardan biri olan yapıların taşıyıcı sistemlerinin yeterliliğinin kontrolü ve/veya gerekiyorsa yeterliliğinin sağlanması konusu tartışılacaktır. Tarihi bir yapının taşıyıcı sisteminin yeterliliğinin sağlanması malzeme, eleman ve sistem boyutunda tespit ve müdahaleler gerektirebilmektedir. Müdahalelerde prensip olarak mevcut sistemin asıl malzeme seçimi, geometrisi ve oranlarına sadık kalınması gerekmektedir. Uygulamalarda tipik olarak mevcut yapı malzemesi bütünlüğünü kaybetmeye başlamışsa, özellikle kaybetmiş bölgelerin alınıp yerlerine uygun malzeme konulması, veya eleman boyutunda bir çözümlenme varsa elemanın tamamının güncellenmesi yollarına gidilebilmektedir. Böylesi uygulamalarda yapı orijinal haline getirilse bile bazı yükler altında yetersiz kalabilmekte ve yapısal yeterliliği sağlamak için yapısal elemanlara ve/veya sisteme müdahale ihtiyacı doğabilmektedir. Düşey yükler altındaki yetersizlikler çoğu zaman eleman bazında tespit ve müdahaleler, yapının kullanım amacında değişiklikler ve/veya kullanım sınırlamaları ile bertaraf edilebilirken talebin değitirilemediği yüklerde özellikle deprem talepleri altında yapısal sisteme müdahaleler gerekli olabilmektedir.

Tarihi yapıların mimari miras değerlerinin korunabilmesi birincil öneme sahip olduğundan yapısal sistemlerde modern deprem yönetmeliklerine uyma zorunluluğu yoktur. Diğer taraftan modern yönetmelikler depreme karşı tasarımda mevcut bilgi düzeyini yansıttığından söz konusu taleplerin sağlanabilmesi kamu güvenliğini koruma ve tarihi yapılar özelinde yapının varlığını sürdürebilmesi açısından büyük öneme sahiptir. Bu sebeple tarihi yapıların deprem talepleri altındaki davranış ve yeterlilik konularına önem verilmesi gerekmektedir.

Ülkemizdeki uygulamalarda, günümüze kadar ayrıntılı olarak malzeme ve eleman bazında müdahaleler ile sistemi orjinal yapısal tasarımına yaklaştırma çabası gözlenmektedir (Kahraman ve diğ., 2009, Kaplan ve diğ., 2009). Yapısal sisteme müdahale tarihi diğer bakımından her zaman mümkün olmamakla beraber mevcut sistemin depremde nasıl davranacağı ve kapasitesinin ortaya konulması, hem yapılabilecek müdahale konusunda yol gösterici olarak, hemde restorasyon sonrası yapının durumunu ortaya koyarak teknik arayışların devam etmesi ya da kullanım sınırlamaları koyulabilmesi anlamında önem arz etmektedir.

2. TARİHİ YAPILARIN DEPREM DAVRANIYININ İYİLEŞTİRİLMESİ

Her türlü onarım ve güçlendirme çalışmasının sıradan mühendislik uygulamalarının ötesine geçerek çok sağlam bir yapı davranış bilgisini gerektirdiği tartışılmaz bir gerçektir. Tarihi yapıların yapı teknikleri ve malzeme özellikleri, yıllar içinde birikmiş hasarlar ve dinamik davranış düzünüldüğünde deprem taleplerini de içeren bir onarım ve güçlendirme çalışmasının karmaşık ve ihtiyaç duyduğu uzmanlık seviyesi anlaşılabilir. Ayrıca tarihsel yapıların dönemler ve malzemeler itibarıyla gösterdiği deyimlenlik göz önüne alındığında her bir yapı tipi için ayrı uzmanlık bilgisi gerektiği gerçeği ortaya çıkmaktadır.

Tarihi yapılar tipik olarak modern yapılardaki moment çerçevelerine ve bunun getirdiği sürekliliğe sahip olmadıklarından deprem talepleri altında yüksek miktarda doğrusal olmayan davranış gösterirler. Mevcut hesaplama ve modelleme olanakları ile bu yapıların davranışını ortaya koyma denemelerinin doğrudan başarı olma kapasiteleri düşüktür. Ancak gözlemlere dayanan davranış bilgisini vasıtasıyla bu yapılar ile ilgili hesaplamaları tasarıma yarayacak şekilde anlamlandırmak mümkün olabilmektedir. Bu sebeple tarihi yapılarda yapısal sisteme deprem yeterliliğini artırma yolunda yapılacak herhangi bir müdahalenin, söz konusu yapı tipinin depremlerde nasıl davranış gösterdiği bilgisine ihtiyaç vardır.

Tarihi bir yapıda depreme karşı davranışın tespiti ve iyileştirilmesi konusuna nasıl yaklaşılabileceği gerektiğine örnek olarak inanan bir çalışmada sunulmuştur. Yukarıda değinildiği üzere farklı yapı tipleri için farklı davranış bilgilerine ve iyileştirme tekniklerine ihtiyaç olmakla beraber sunulan örnekte böylesi bir çalışmanın ana safhaları olan mevcut fiziksel durum tespiti, mevcut durum analizi, davranışın tanımlanması, yeterliliğin irdelenmesi, mimari miras değerlerine en az etki ile neler yapılabileceğine karar verilmesi ve uygulama detaylarının çıkarılması mevcuttur. Burada unutulmaması gereken husus, amacın yapının tamamıyla depreme karşı yeterli hale getirilmesinden çok minimal müdahale ile maksimum direnç elde edilmesi çalışmasına gidilmesi gerekliliğidir. Son tahlilde yapıya ne ölçüde direnç kazanılması gerektiği her bir proje özelinde yapının tarihsel önemine ve yeni kullanım amacına uygun olarak restorasyon ekibi tarafından kararlaştırılmalıdır.

3. ÖRNEK ÇALIŞMA: ZMR URLA'DAKİ ESKİ TEKEL BİNASI

Tarihi yapıların deprem davranışının iyileştirilmesi ile ilgili örnek bir çalışma, İzmir Urla'daki tarihi Arditi Kökü için gerçekleştirilmiştir. Urla kent belleğinde "Eski Tekel Binası" olarak yer etmiş olan bu yapı, 19. yüzyılın ikinci yarısında konut olarak inşa edilmiş ve uzun yıllar bu şekilde kullanılmıştır. 1930'lu yıllardan sonra bir süre hükümet konağı ve kısa bir süre de adliye binası olarak kullanıldıktan sonra 1950'lerde Tekel Binası olarak hizmet vermeye başlamıştır.

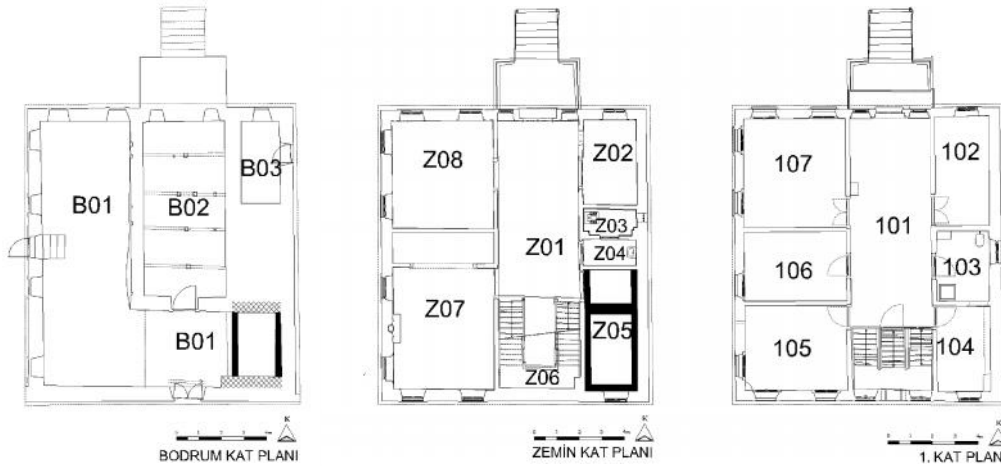
Söz konusu tarihi bina, kısmi gömülü bodrum üzeri iki katlı olmak üzere kabaca kare plana sahip bir yapıdır (ekil 1). Taşlı sistem moloz taş duvar, ahşap karkaslı taş duvar ve bacadı duvar olmak üzere üç ayrı tekniğin birleşiminden oluşmaktadır. Taş duvarlar ayrıntılı olarak karbonat oranı yüksek killi kireç taşından

örülmü tür. Moloz ta duvarlar bodrum duvarlarının tamamını, ah ap karkaslı ta duvarlar zemin ve birinci katta çevre duvarların tamamı ile zemin kat iç duvarların bir kısmını, ba dadi duvarlar ise zemin kat iç duvarların bir kısmı ile birinci kat iç duvarlarının tamamını oluşturmaktadır. Dö emelerin tamamı ah ap karkastır. Yapı kiremit kaplı oturtma/asma bir çatı ile örtülmü tür.



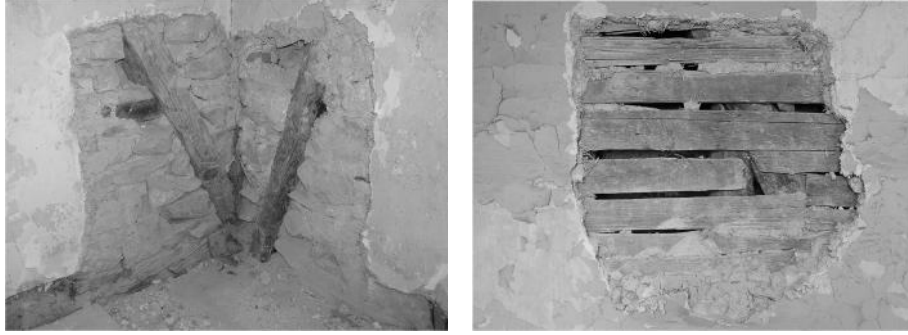
ekil 1. Çalı mada incelenen tarihi bina: Eski Tekel Binası (Arditi Kö kü)

ncelenen binaya ait bodrum, zemin ve birinci kat planları ekil 2’de yer almaktadır. Bodrum kat, bahçe kotundan kabaca bir metre aşağıdadır. Bodrum duvarları dışında kuzey-güney yönünde uzanan iki adet iç duvar daha mevcuttur. Söz konusu duvarlar zemin katta giriş holünü çevreleyen duvarların aksında oturmaktadır. Sıvasız olan bodrum kat duvarlarını oluşturan malzemeler kireç harç balayıcılı moloz taştır. Duvar içinde birinci hattı zemine yakın, ikinci hattı pencere üstü olan iki sıra ah ap hatlı mevcuttur. Bodrum katın duvarı kalınlıkları de iken olup 57-65 cm arasındadır. Söz konusu yapıda mütemadi temel olarak tanımlanabilecek temel duvarları kullanılmı tür. Temel duvarları altında herhangi bir pabuç gözlemlenmemi tür.



ekil 2. ncelenen tarihi binaya ait bodrum, zemin ve birinci kat planları

Bahçe kotundan 1.3 m yukarıda olan zemin kata yapının kuzeyindeki merdiven vasıtasıyla ula ılmaktadır. Kat yüksekliği dö eme üstünden dö eme üstüne 4.5 metredir. Zemin katta üç farklı duvar tipi tespit edilmi tür. Tüm duvarlar birle ik sistemle in edilmi tür. Dı duvarların dı yüzünde moloz ta örtü, iç yüzünde ise dı taki moloz ta ın uzantısının ah ap karkasın içine örülmesi ile dolgulu ah ap karkas yapı mevcuttur. Bir cins hımı olan bu “bile ik” sistemde ah ap karkas aksı duvar aksına oturmamaktadır. ç duvarların ah ap karkas arası moloz ta dolgulu tipik hımı sistem ile ah ap karkas üzeri çıtalarla kaplı ba dadi sistemden olu tu u gözlenmi tür (ekil 3). Zemin katın dı duvar kalınlıkları 47-56 cm arasında de i mektedir. ç ta duvarlar ve ba dadi duvarlar 18-20 cm kalınlı ındadır.



ekil 3. ncelenmekte olan binanın hımı ve ba dadi benzeri tekniklerle örülmü dı ve iç yı ma duvarları

Birinci kat dö eme seviyesi bahçe kotundan 5.80 m yukarıda olup kat yüksekli i 3.80 m'dir. Zemin katın dı duvarlarını olu turan birle ik sistem birinci katın dı duvarlarında da tekrarlanmı tır. Bu kattaki dı duvar kalınlı ı yine de i mekte olup 40-45 cm arasındadır. Birinci kat iç duvarları ise dolgusuz ah ap karkas (ba dadi) tekni i ile in a edilmi tir. Tavanındaki açıklıktan yapılan gözlemlerde üst örtünün ah ap oturtma-asma çatı oldu u belirlenmi tir. Ayrıca tavan dö emesinin alt kat dö emelerine benzer ekilde ah ap karkas oldu u tespit edilmi tir. Yapıda tüm dö emelerde ah ap kiri leme sistemi vardır. Bu sistem bodrum kat tavanında açık bırakılmı , zemin ve birinci katlarda ise her iki yüzeyinden farklı malzemelerle kaplanarak kapatılmı tır.

Binanın özgün yapısal sistemine ek olarak zemin katta Z03, Z04 ve Z05 kodlu mekanlar ile birinci katta ise 103 ve 104 kodlu mekanlar betonarme çerçeve içine alınmı tır. Bu çerçeveyi ta ıyabilmek için bodrum katta B01 kodlu mekanın güneyine, sokaktan giri alan kapının do usundaki duvarın önüne çimento harçlı yı ma moloz ta duvar örülmü tür. Aynı mekanın do u duvarı çimento harçla yeniden örülmü , B02 mekanının do usunda kalan mekanın önü de çimento harçlı moloz ta duvar ile kapatılmı ve bu duvarlar üzerine betonarme kiri ler getirilmı tir.

3.1. Söz Konusu Binanın Yer Aldı ı Bölgenin Depremselli i

De i ik fay sistemlerinin etkiledi i Ege Bölgesindeki sismik aktivite eski zamanlardan beri oldukça yo undur. Urla bölgesi de bu aktiviteden do al olarak etkilenmi tir. Tarihsel depremlere göz atıldı ında bilinen depremler arasında Urla'yı en çok etkileyen depremin 3-5 Temmuz 1778 tarihinde meydana gelmi oldu u görülür (Ambraseys ve Finkel, 2006). Bu tarihten sonra da bölgeyi etkileyen pek çok deprem olmu tur, ancak yakın tarihte Urla'yı do rudan etkileyen depremler 10 Nisan 2003 ve 17-20 Ekim 2005 tarihleri arasında meydana gelmi olan bir seri yer sarsıntısıdır. Urla-Sı acık Körfezi'nde meydana gelmi olan bu depremler eski adıyla Afet leri Genel Müdürlü ü Deprem Ara tırma Dairesi Ba kanlı ı tarafından i letilmekte olan Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt ebekesi tarafından kaydedilmı olup 10 Nisan 2003 tarihindeki $M_w = 5.7$ (0:40 GMT), 17 Ekim 2005 tarihindeki $M_w = 5.0$ (05:45 GMT), $M_w = 5.8$ (09:46 GMT) ve $M_w = 5.5$ (09:55 GMT), 20 Ekim 2005 tarihindeki ise $M_w = 5.9$ büyüklü ündedir.

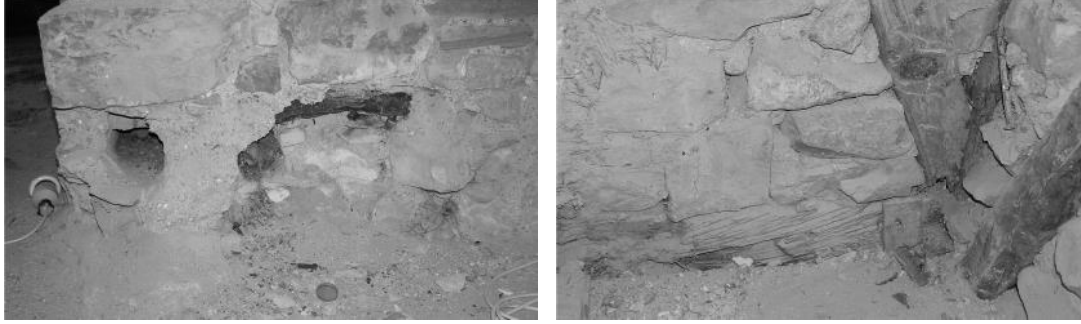
10 Nisan 2003'deki deprem Urla'da yıkım yapmayıp bazı evlerde çatlaklara sebep olmu (Emre v.d., 2005), 17-20 Ekim depremleri sırasında ise Urla merkezde ve ilçelerinde hasara yol açmı tır. (Denizlio lu v.d., 2006). Bu çalı mada incelenmekte olan tarihi yı ma binanın adı geçen depremler esnasında gösterdi i davranı la ilgili herhangi bir veri mevcut de ildir. Ancak sahada yapılan gözlemler sonucu varılankanı, binanın bu depremleri önemli bir hasar görmeden atlattı olması yönündedir.

3.2. Söz Konusu Binada Tespit Edilen Yapısal Sorunlar

Söz konusu yapının mevcut durumunu incelemek üzere bir saha çalı ması yapılmı tır. Bu çalı ma sonucu elde edilen bulgular bu bölümde verilmektedir.

Bodrum kat yı ma duvarlarında üst sıradaki hatılların bütünlü ünü korudu u, ancak zemine yakın olan hatılların tamamen eridi i görülmü tür (ekil 4.a). Buna ek olarak duvarlarda yer yer derz bo almaları, ayrılmalar ve

çatlaklar oldu unu gözlenmi tir. Çatlaklar a ırlıklı olarak dikey yönde olması zemindeki oturma kaynaklı olduklarına i aret etmektedir. Dö eme ah aplarında, özellikle ızgarada bol miktarda böcek delikleri ve yumu amı bölgeler mevcuttur.



ekil 4. ncelenmekte olan binada tespit edilen sorunlar: a) bodrum kat duvar içi hatıllarının erimesi, b) ah ap hatıl ve karkas elemanların nem ve böcek aktivitesi sebebi ile yer yer bütünlü ünü kaybetmesi

Zemin kat duvarları içerisinde yer alan ah ap hatıl ve karkas elemanların nem ve böcek aktivitesi sebebi ile yer yer bütünlü ünü kaybetti i tespit edilmi tir (ekil 4.b). Dı duvarlarda bazı bölgelerin ta ıyıcı kapasitesinin mevcut çatlaklar ve uzun süredir i ledi i dü ünülen nem sebebi ile çözülme halinde oldu u görülmü tür (ekil 5.a). Yapının kuzey-batı kö esinde mevcut çatlaklardan duvar içine su sızdı ı ve bozulmalar yarattı ı tespit edilmi tir. Tüm bunlara ek olarak bazı iç duvarlarda yagın kesme çatlakları da mevcuttur (ekil 5.b).



ekil 5. ncelenmekte olan binada a) dı , b) iç duvarlarda tespit edilen çatlaklar ve bozulmalar

Yapının genelinde, pencere ve kapı bo lukları üzerinden geçen duvar parçalarının duvarın gerisiyle irtibatlandı ı bölgelerde düzenli çatlaklar mevcuttur. Çatlaklar dı cephede de kendini göstermektedir. Söz konusu çatlakların dö eme diyaframlarının düzlemleri içinde yeterli rijitli e ve ayrıca duvarla irtibatlarında yeterli ba lantılara sahip olmamasından kaynaklandı ına kanaat getirilmi tir. Böylece hem duvarların düzlem dı ı destekleri zayıflamakta, hem de deprem hareketi sırasında duvarlar rijitliklerine göre de il yapıdaki kütle da ılımına göre yük almak durumunda kalmaktadırlar. Yapıda ayrıca iç duvarlar ile dı duvarların birle ti i hatlar boyunca ayrılmalar tespit edilmi tir. Bu ayrılmalar dö emelere benzer ekilde iç-dı duvar birle imlerinin, duvarlar ile bir arada kutu gibi çalı ması açısından yetersiz oldu una i aret etmektedir.

Yapıda gözlemlenen en belirgin yapısal sorun, merdiven altındaki dö emenin çökmek üzere olmasıdır. Çökmeyi engellemek için dö eme kiri lerinin altına iki adet destek dikmesi yerle tirilmi durumdadır. Ancak Z06 mekanında çökme yönünde 15 cm kadar bir sehim vardır ve bu sehime ba lı olarak merdivende hasar olu mu tur. Yapının her iki kat holünde de güney-kuzey do rultusunda 10-12 cm kadar sehim tespit edilmi tir.

Birinci kat holünün tavanında da aynı yönde sehim vardır. Çıplak gözle de algılanan bu sehimler, yapının kuzey kısmında zeminde çökme olduğu düşünülmektedir.

Yapının çatısı ile ilgili olarak, 103 kodlu odanın hemen üzerinde çatı örtüsü açıldıktan ve yağmur suları doğrudan yapı içine girdiğinden bu bölgede çatı yapısal sistemini oluşturan ahşap elemanlar büyük oranda çürümüştür.

3.3. Söz Konusu Binada Mevcut Deprem Güvenliği ile İlgili Değerlendirme

İncelenen tarihi yapının deprem güvenliği ile ilgili değerlendirme, mevcut deprem yönetmeliğindeki kurallar dikkate alınarak yapılmıştır. Tabii ki yıllar önce yapılmış bir binanın mevcut yönetmelikle bire bir uyumlu olması beklenmemektedir, ancak en azından depreme dayanıklı yapı davranışına ait bazı kurallara uyup uymadığını görmek, binanın olası bir deprem sırasındaki davranış hakkında bilgi verebilir.

Binanın kuzey-güney doğrultusundaki (hesaplamalarda x-doğrultusu olarak kabul edilecektir) cephe uzunluğu 13 metre, doğu-batı doğrultusundaki (hesaplamalarda y-doğrultusu olarak kabul edilecektir) cephe uzunluğu ise 12 metredir. Basit bir yaklaşımla, yapının tipik kat ağırlığı 10 kN/m^2 olarak, çatı ağırlığı ise 5 kN/m^2 olarak alınırsa bina toplam ağırlığı 3900 kN olarak hesaplanır. Hesaplamalar sırasında söz konusu binanın dikey ve yatay yükler altındaki dayanımının dı cephede yer alan taşıyıcı duvarlarla sağlandığı kabul edilmiştir. Bu tutucu bir yaklaşımdır, ancak bu duvarın malzeme seçimleri, narinlikleri ve kısmen bulunan süreksizlikler sebebiyle rijitliklerinin dı duvarlara göre daha düşük olacaktır.

Mevcut deprem yönetmeliğinin Bölüm 5.4'te taşıyıcı duvarlarla ilgili bazı konstrüktif kurallar yer almaktadır. Bu kurallar içerisinde en çok öne çıkan madde, bir doğrultudaki taşıyıcı duvarların toplam uzunluğu ile ilgili olanıdır (madde 5.4.4). Bu maddeye göre planda birbirine dik doğrultuların her biri boyunca uzanan taşıyıcı duvarların, pencere ve kapı boşlukları sayılmaksızın toplam uzunluğunun brüt kat alanına (konsol döşeme alanları dındaki alan) oranı 0.21 m/m^2 'den daha az olamaz. Burada I parametresi bina önem katsayısı olup incelenen bina için $I=1$ kabul edilebilir. Söz konusu binanın zemin katında sadece cephe duvarları göz önüne alındığında bu oran x- ve y-doğrultusunda sırası ile 0.14 m/m^2 ve 0.07 m/m^2 olarak hesaplanmaktadır. Bu değerler (özellikle y-doğrultusunda) olması gereken değerden (0.20 m/m^2) oldukça düşüktür. Ancak mevcut yönetmeliğimizde yer alan bu ölçütün en önemli eksikliği duvar kalınlığını dikkate almamasıdır. Halbuki söz konusu binada taşıyıcı olarak yapılmış olan cephe duvarları oldukça kalındır. Bu sebepten dolayı daha nesnel bir karşılaştırma yapmak için Eurocode 8'de (CEN, 2003) "basit taşıyıcı yapılar" tanımı altında yer alan toplam duvar kesit alanının brüt kat alanına oranı parametresi de göz önüne alınmıştır. Buna göre ölçüt, efektif yer ivmesi $0.3g$ değerinden yüksek olan bölgelerde bu oranın %6'dan büyük olmasıdır. Söz konusu binada bu parametre kullanılarak hesap yapıldığında x-doğrultusundaki oranın %6.3, y-doğrultusundaki oranın ise %2.9 mertebesinde olduğu ortaya çıkmıştır. Bu hesaba göre binanın y-doğrultusundaki duvar miktarı limit değerinin altında kalmaktadır.

Mevcut deprem yönetmeliğinin taşıyıcı yapılar ile ilgili bölümünde yer alan diğer konstrüktif kuralların bazıları, iki boşluk arasında ya da boşluk ile köşe arasında kalan taşıyıcı duvarların uzunluğu ile ilgilidir (bakınız yönetmelik madde 5.4.4). Bu kuralların bir kısmı söz konusu yapının dı cephede duvarlarında ihlal edilmektedir, ancak duvarların kalınlığı düşünülürse bu ihlallerin çok kritik olmadığı söylenebilir.

Dı cephede duvarlarının mesnetlenmemiş boyları mevcut yönetmelikte yer alan limit değerlerin altındadır. Bu durum, duvarlarda düzlem dı davranışın kritik olma ihtimalini azaltmaktadır. Öte yandan cephe duvarlarının birbirleriyle, iç duvarlarla ve ahşap döşemeyle olan bağlantılarında yer yer zayıflıklar olduğu gözlemlenmiştir. Bu ise tam tersi düzlem dı hareketi tetikleyebilecek bir durumdur.

Binanın taşıyıcı duvarlarındaki dikey gerilmeler, mevcut deprem yönetmeliğinin madde 5.3.1'de verilmiş olan kurallar dahilinde en kritik kat olduğu düşünülen zemin kat için incelenmiştir. Hesap yapılırken sadece binayı çevreleyen taşıyıcı duvarların etkisi göz önüne alınmıştır. Diğer duvarlar hesaba katılmamıştır. Bu değerlendirme göre

pencere ve kapı boşlukları düldükten sonra x-do rultusunda toplam duvar enkesit alanı 8.8 m², y-do rultusunda toplam duvar enkesit alanı ise 4.8 m²'dir. Hesap yapılan kesit üzerindeki bina a ırlı nın aynı kattaki toplam duvar kesit alanına bölünmesi ile duvarlara gelen ortalama basınç gerilmesi 0.28 MPa olarak hesaplanmıştır. Aynı kattaki duvarlarda izin verilen basınç emniyet gerilmesi yönetmelikte yer alan bilgiler 11'inde hesaplanmıştır. Yönetmelik Tablo 5.3'e göre incelenen binada kullanılmı olan ta malzemesinin basınç emniyet gerilmesi 0.3 MPa olarak kabul edilmiştir. Bu de erin duvar narinlik oranına (duvar yüksekli inin duvar kalınlı na oranı) göre azaltılması gerekmektedir. Buna göre azaltılmı basınç emniyet gerilmesi 0.27 MPa olarak hesaplanmıştır. Yapı güvenli i için emniyet gerilmesinin, yükten kaynaklanan ortalama duvar basınç gerilmesinden fazla olması gerekmektedir. ncelenen binada yapılan kar ıla tırmaya göre (0.27 MPa < 0.28 MPa) bu ko ul ucu ucuna sa lanmamaktadır. Ayrıca unutulmamalıdır ki, bu hesapta binanın iç kısmında yer alan duvarların katkısı göz ardı edilmiştir. Bu elemanların etkisi de hesaba katılırsa dü ey gerilme analizinin daha da olumlu sonuçlar verece i a ikârdır.

Binanın yı ma duvarlarındaki kayma gerilmeleri en zayıf bölge oldu u dü ünülen zemin kat cephe duvarları damlalık seviyesi için incelenmiştir. Tasarım depremi (tekrarlıma süresi 475 yıl olan, bir ba ka deyi le 50 yılda %10 a ılma olasılı ı olan deprem) için duvarlara etkiyen kayma gerilmelerinin elde edilmesi için öncelikle taban kesme kuvvetinin (V_b) mevcut yönetmelikte yer alan denklem kullanılarak hesaplanması gerekmektedir.

$$V_b = \frac{W A_o I S (T_1)}{R_a (T_1)} \quad (1)$$

Birinci derece deprem bölgesinde (A_o=0.4) konut amaçlı (I=1) kullanılan bir yı ma bina (S(T₁)=2.5, R_a(T₁)=2.0) için taban kesme kuvveti yaklaşık olarak 1625 kN olarak hesaplanmıştır. Bir sonraki a ma, bu e de er yatay kuvveti kritik katın ta ıyıcı duvarlarına da ıtmaktır. Binanın dö emesinin yatay deprem kuvvetini duvar elemanlarına göreceli rijitlikleri oranında da ıtabilecek düzlem-içi rijitli e sahip oldu u varsayımı yapıldı ında her iki do rultudaki duvarların düzlem-içi kayma rijitliklerinin (k_{xi}, k_{yi}) hesaplanması gerekmektedir. ncelenen binanın zemin katındaki cephe duvar elemanlarının düzlem-içi kesme rijitli i hesaplandıktan sonra kritik kata ait kütle merkezi (G) ve rijitlik merkezi (C) belirlenmiştir. Yapının güney-batı kö esi duvar aks kesimi referans alınarak yapılan hesaplamalar sonucu rijitlik merkezinin koordinatları x_c=7.0 m ve y_c=5.6 m, kütle merkezinin koordinatları ise x_G=5.9 m ve y_G=6.5 m olarak hesaplanmıştır. Bu durumda iki merkezin koordinatları arasında önemli bir fark oldu u ortaya çıkmaktadır. Kritik katta kütle merkezi ile rijitlik merkezinin farklı noktalarda olması, bu kattaki yı ma duvarlara burulmadan dolayı ek kesme kuvvetleri gelece ini göstermektedir. Bu hesaba binanın bir kö esinde sonradan in a edilmi olan betonarme çerçeve sistemi dahil edilmemi tir. Yapısal sistemdeki bu farklılık binanın plandaki düzensizli ini daha da arttıran bir unsurdur.

Duvarlara gelen kesme kuvvetleri (V_{xi}, V_{yi}), kat kesme kuvveti yanında kat burulma momenti de (M_T) göz önüne alınarak binanın birbirine dik her iki eksenine do rultusunda ve her iki yönde a a ıdaki denklemler kullanılarak hesaplanmıştır. Denklem 2'de yer alan "J" parametresi burulma momenti olup her iki yöndeki atalet momentlerinin toplamıdır (Denklem 3).

$$V_{xi} = \frac{k_{xi}}{\sum_i k_{xi}} V_{bx} + \frac{M_T}{J} k_{xi} y_i \quad (2.a)$$

$$V_{yi} = \frac{k_{yi}}{\sum_i k_{yi}} V_{by} + \frac{M_T}{J} k_{yi} x_i \quad (2.b)$$

$$J = \sum (k_{xi} y_i^2 + k_{yi} x_i^2) \quad (3)$$

Ta ıyıcı duvarların kayma gerilmesinin hesaplanmasında taban kesme kuvvetlerinin farklı do rultuda etkidi i dört de i ik durum göz önüne alınmı tır. 2007 Deprem Yönetmeli i uyarınca, ta ıyıcı sisteme ayrı ayrı etki ettirilen x ve y do rultularındaki depremlerin ortak etkisi altında ta ıyıcı sistem elemanlarının asal eksen do rultularındaki iç kuvvetler, en elveri siz sonucu verecek ekilde elde edilmi tir. Kat burulma momentinin her yüklem kombinasyonunda hesaplanması için taban kesme kuvvetinin etkidi i do rultu dikkate alınarak a a ıdaki denklem kullanılmaktadır.

$$M_T = V_{bx} y_{CG} - V_{by} x_{CG} \quad (4)$$

Bu denklemde yer alan x_{CG} ve y_{CG} parametreleri kütle ve rijitlik merkezlerinin x ve y koordinatları arasındaki farktır. Son a amada her bir duvar için kesme gerilmeleri, Denklem 2'den elde edilen kesme kuvvetlerinin duvar kesit alanına bölünmesi ile elde edilmi tir. Bu hesaplama sonucunda elde edilen kesme gerilmesi de erleri, incelenen binada en elveri siz yüklem kombinasyonu için x-do rultusundaki duvarlarda 0.10-0.19 MPa seviyesinde iken, y-do rultusundaki duvarlarda 0.26-0.31 MPa mertebesindedir. Bu de erlerin yüksek olup olmadı nı anlamak için kesme dayanımı ile kar ıla tırılması gerekmektedir. Mevcut yönetmelik Bölüm 5.3'de verilen denkleme göre duvar kayma emniyet gerilmesi (τ_{em}) a a ıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\tau_{em} = \tau_o + \mu \sigma \quad (5)$$

Bu denklemde τ_o duvar çatlama emniyet gerilmesi olup, yönetmelik Tablo 5.5'e göre ta duvarlar için 0.1 MPa olarak alınır. Di er parametrelerden μ sürtünme katsayısı (0.5 olarak alınır) ve σ ise dü ey gerilmeyi (ortalama 0.21 MPa) temsil etmektedirler. Buna göre kayma emniyet gerilmesi 0.20 MPa olarak hesaplanmı tır. Görüldü ü üzere, x-do rultusundaki duvarlarda gerilme bu de erin altında iken y-do rultusundaki duvarlarda ise oldukça üstündedir.

Elde edilen tüm sonuçlar ı ı nda incelenen binanın deprem güvenli i ile ilgili genel de erlendirme a a ıdaki maddelerde sıralanmı tır:

- Tasarım depremi altında binanın yatay yük kapasitesinin yetersiz oldu u ortaya çıkmaktadır. Daha sık olan depremi (tekrarlama süresi 72 yıl olan, bir ba ka deyi le 50 yılda %50 a ılma olasılı ı olan deprem) göz önüne alınarak hesaplar tekrarlandı nda (bu durumda deprem yükleri %50 azaltılmı tır) yukarıda hesaplanmı olan kayma gerilmeleri x-do rultusundaki 0.10 MPa, y-do rultusunda ise 0.15 MPa seviyelerine dü mekte, bir ba ka deyi le kapasiteyi ancak sa lamaktadır.
- Yapı analizinde dö emenin kendi düzleminde rijit diyafram gibi çalı tı ı ve yatay yükleri ta ıyıcı duvarlara rijitlikleri ile orantılı olarak da ıttı ı varsayımı yapılmı tır. Ancak yapılan gözlemler binadaki mevcut ah ap dö emelerin bu denli rijit olmadı ı kanaati yaratmaktadır.
- Yapılan gözlemler mevcut duvarların içerisinde bulunan ah ap karkasın küf ve/veya böcek aktivitesi ile yer yer bozunuma u radı nı göstermektedir. Duvarların yapısal fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için yapısı bozulmu ah ap elemanların de i tirilmesi gerekmektedir.
- Son olarak, yı ma binaların en önemli üstünlüklerinin yükler altında kutu davranı ı göstermek oldu u göz önüne alınarak duvar-duvar ve duvar-dö eme ba lantılarının bu davranı a uygun hareket etmesi gerekmektedir. ncelenen binada bu ba lantıların yeterli olmadı ı tespit edilmi tir. Bu durum mevcut binanın arzu edilen yı ma yapı davranı nı sergilemesini zorla tırmaktadır.

3.4. Söz Konusu Binanın Deprem Davranı nın yile tirilmesi ile İgili Olarak Alınan Kararlar

Bir önceki bölümde belirtilen gözleme ve hesaba dayalı yapısal yetersizliklerin giderilmesi amacıyla a a ıda sıralanan iyile tirme/güçlendirmelerin yapılmasına karar verilmi tir.

- Bodrum ta duvarlarında neredeyse zemin kotunda tamamen çürümü hatıllar hariç ta duvarlarda yapılacak bütün iyile tirmelerde hidrolik kireç harcı kullanılması öngörölmü tür.

- Duvar ve döşemelerde bulunan yapısal özelliğini kaybetmiş ahşap karkasın yenilenmesi amacıyla binadaki ahşap duvarlarda deşecek ahşap karkasın uygulamaya başlamasında belirlenerek deşitilmesi gerekmektedir.
- Döşemelerin düzlem içi rijit hale getirilmesi amacıyla döşeme karkaslarının çürümüş kısımların tespit edilerek yenilenmesi ve döşemeler mevcut hallerinde yatay yükler altında fonksiyonlarını yerine getiremediğinden döşeme rijitliklerini artırılmasına karar verilmiştir. Dış duvar döşeme ve iç duvar döşeme birleşim bağlantı detaylarında iyileştirme detayları getirilmiştir, döşeme kaplamalarının duvarlara birleştiği bölgelerde yeterli bağlantıyı sağlayabilmek için yastık kirişleri oluşturulmuştur, alt katı kontrplak üst kat masif ahşap kaplama olmak üzere iki kat kaplama yapılmıştır ve kaplamaların döşeme karkaslarına bağlantı detayları sağlanmıştır.
- Döşeme-duvar bağlantılarının kutu davranışını sağlayacak şekilde iyileştirilmesi amacıyla söz konusu birleşim bölgelerinde gözlenen ayrılmaları sınırlayacak bir biçimde dış duvarlarda belirli aralıklarla bağlantılar, iç duvarlarda ise duvarları geçip döşemeler arası irtibat sağlayan ahşap elemanlar detaylandırılmıştır. Oluşturulan bağlantılar sayesinde dış duvarların düzlem dışı hareketleri sınırlandırılmış ve duvar kuvvetli yönünde döşemeden yük aktarımını sağlamıştır. İç duvar döşeme bağlantılarında ise duvarlar tarafından yırtılan döşeme diyaframlarının bir arada çalışabilmesine olanak sağlanmıştır.
- Yapıya sonradan eklendiği belli olan betonarme çerçeve hem asıl yapıya tezat teşkil etmekte hem de bulunduğu yer itibarıyla yapının rijitlik merkezine kaymasına yol açarak ciddi burulma kuvvetlerinin oluşmasına sebep olmaktadır. Bu sebeplerle kaldırılmasına karar verilmiştir.
- Mevcut gözlemler yapıda bazı duvar bölümlerinin yıkılıp tekrar örülmesinin daha sağlıklı olacaktır yönündedir. Örnek olarak çatlak boyutları ve duvar kalınlığındaki kaçıklık sebebiyle yapının kuzey batı köşesinde bir bölümün yıkılıp tekrar örülmesine karar verilmiştir. Diğer bölgelerde yeniden örüm kararlarına yapıdaki çatlakların duvardaki taşıma sırayet edip etmediğine göre karar verilmesi planlanmıştır. Yapısal çatlaklar bulunan fakat yıkılıp tekrar örülmeye ihtiyaç olmayan bölgelerde hidrolik kireç ile enjeksiyon uygulamasından yararlanarak duvarların yapısal fonksiyonlarının tekrar kazanılmasının sağlanmasına karar verilmiştir.
- Yapılan hesaplar yapının doğu-batı yönünde deprem yükleri altında yetersiz olduğunu ortaya koymaktadır. Bu sebeple bu yönün güçlendirilmesi yerinde olacaktır. Bu amaca uygun hatlar yapının batı tarafında yapıdaki şekilde gösterildiği üzere Z7 ve Z8 nolu odaları ayıran duvarda ve Z3 ve Z4 nolu odaların kuzey ve güney yüzlerindeki duvarlarda mevcuttur. Z7 ve Z8 nolu odaları ayıran hatta bodrum katta yeni moloz taşı duvar, zemin katta mevcut bağlantı duvara paralel bir karkas eklenip taşı dolgu yapılması vasıtasıyla bir duvar, birinci katta ise mevcut bağlantı duvara paralel bir ahşap karkas eklenerek güçlendirilmiştir ahşap karkas duvar oluşturulması yoluna gidilmiştir. Bodrumda ayrıca Z4 odasının güneyinde yeni bir moloz taşı duvar oluşturulması planlanmıştır. Ayrıca zemin katta Z3 ve Z4 nolu odaların kuzey ve güney yüzlerindeki duvar hatlarında bulunan bağlantı duvarlarının genişletilmesi düşünülmüştür. Bu duvarlar birinci kata devam ettirilmemiştir (bakınız ekil 6).



ekil 6. iyileştirme yapılan doğu-batı yönündeki yeni taşıyıcı duvarlar: solda bodrum, sağda zemin kat

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ülkemizdeki tarihi zenginlik ve yüksek sismik aktivite tarihi yapıların deprem güvenli inin sağlanması konusunda yapı tekniği uzmanlarına büyük yükümlülükler yüklemekte ve fırsatlar sunmaktadır. Konu karmaşık ve itibarıyla standart mühendislik uygulamalarının ötesinde olup incelenen yapı tipi özelinde malzeme ve davranış bilgisi gerektirmektedir. Tarihi yapılarda öncelik mimari miras değerlerin korunmasında olması sebebiyle deprem yeterliliği geri planda kalabilmektedir. Yönetmeliklerinde izin verdiği bu durum deprem yeterliliği konusunda yapıda yapılabileceklerin önüne geçmemelidir. Güncel deprem talebi hedeflerine ulaşmak ilke olarak ortaya konulmasada, yapıların performanslarının artırılması yönünde mimari miras değerlere en az etkiyi yapacak müdahaleleri planlamaktan kaçınılmamalıdır.

Bildiride örnek olarak sunulan geç 19. yüzyıl moloz taşıma-ahap karkas melez üç katlı bir konut binasında deprem yeterliliğinin incelenmesi, karar mekanizmaları ve kararlar konusunda detaylar sunulmuş, süreç anlatılmıştır. Yapının davranış tanımlandıktan sonra zaafiyet sebepleri ortaya konmuş ve nasıl giderilebileceği konusunda alternatifler üretilip, tarihi dokuya en az etkiyi yapacak müdahale ekli tanımlanmıştır. Karar mekanizmasının ana sürücülerinden birisi yapının bir yönde kuvvetli diğer yönde zayıf olduğu undan hareketle yapısal sisteme müdahale kararının verilmesidir. Müdahale sonrası yapı güncel deprem taleplerini karşılamamakla beraber toplamda deprem direncini iki katı civarında arttırmıştır.

KAYNAKLAR

Ambraseys, N.N. ve Finkel, C.F. (2006). Türkiye’de ve Komşu Bölgelerde Sismik Etkinlikler: Bir Tarihsel İnceleme 1500-1800. TÜB-TAK Yayınları, Akademik Dizi, Sistem Ofset, Ankara.

Bayındırlık ve Şehircilik Bakanlığı (2007). Deprem Bölgesinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Afet İleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

CEN - European Committee for Standardization (2003). Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance, Part 1, prEN 1998-1. Brussels, Belgium.

Denizlioğlu, A.Z., Özmen, Ö.T., Kuru, T., Çolakoğlu, Z., Apak, A., Karaca, S., Şahin, C., Yağar, A. ve Tengilimoğlu, E. (2006). 17 – 20 Ekim 2005, Urla-Sıracık Körfezi Depremleri Kuvvetli Yer Hareketi Ölçümleri Kayıtları Özelliklerinin İncelenmesi. Teknik Rapor, Afet İleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Emre, Ö., Özalp, S., Doğan, A., Özaksoy, V., Yıldırım, C., ve Göktaş, F. (2005). İzmir yakın çevresinin diri fayları ve deprem potansiyelleri. M.T.A. Rapor No:10754, Ankara.

Kahraman S., Özçelik Ö., Mısırlıoğlu S., ve Girgin S.C., “İzmir Eski Gömrük (Balık Hali- Konak Pier) Binasının Güçlendirilmesi”, Uluslararası Katılımlı Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu-2, Diyarbakır, 2009, s.567-579.

Kaplan Ç. D., Murtezaoğlu F., Pekoğlu B., “Tire Tahtakale Hamamı Yapısal Onarım Sorunları ve Güçlendirme Uygulamaları”, Uluslararası Katılımlı Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu-2, Diyarbakır, 2009, s.323-334.