

Tarihi Tokat Yazmacılar Han'ın Depreme Karşı Güçlendirilmesi

Şevket Özden

Okan Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul
Tel: (532) 744 39 21
sevketozen@yahoo.com

Onur Ertas

OTS İnşaat Mühendislik Mim. Dan. Ltd. Şti, İstanbul
Tel: (216) 450 47 30
ertas@otsinsaat.com.tr

Özlem İmren

ACIBADEM Restorasyon Mim. İnş. Tic. Ltd. Şti,
Tel: (216) 450 47 30
imren@acibademrestorasyon.com

Mert Hacıemiroğlu

OTS İnşaat Mühendislik Mim. Dan. Ltd. Şti, İstanbul
Tel: (216) 450 47 30
haciemiroglu@otsinsaat.com.tr

Özet

Tarihi yığma yapıların güçlendirme projeleri yapılırken tasarımı etkileyen en büyük etken deprem yükleridir. Bu yüklerin oluşturabileceği hasarların yapı üzerindeki yerleri kurulan analitik model vasıtası ile belirlenebilir. Yığma yapıların depreme karşı zafiyeti nedeniyle duvarlarda oluşan çekme gerilmelerini karşılayacak yapı elemanlarına ihtiyacı vardır. Tarihi yığma yapıların ömürleri düşünüldüğünde bu çekme elemanları yapı içerisinde işlevini kaybetmiş ya da hiç eklenmemiş olabilirler, bunun sonucu olarak da yapı hasar görmüş olabilir. Bu bildiride; Yazmacılar Han'ın zafiyet ve ihtiyaçlarına uygun olarak geliştirilen güçlendirme prensipleri anlatılmaktadır. Güçlendirme prensipleri projelendirilirken temel amaç yapının tarihi dokusuna uygun ve yapıya en az müdahale oluşturan bununla birlikte deprem esnasında duvarlarda oluşacak düzlem içi ve düzlem dışı gerilmeleri karşılayabilecek yapı elemanlarının yapıya entegrasyonunu sağlamak olmuştur. Bu yapının güçlendirmesi kapsamında cephe duvarlarındaki deformasyonu sınırlamak için çelik lamalar, tonozlardaki ve duvardaki gerilmeleri düzgün bir şekilde dağıtarak genliklerini azaltmak için karbon lifli kumaş, ahşap katın yüklerinin alt kata doğru aktarılabilmesi için çelik makas, duvar içindeki kapı kemerlerinde oluşabilecek yeni çatlakları sınırlamak için çelik kasnak gibi metotlar seçilmiştir. Bu müdahaleler neticesinde elde edilen kazanımlar irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tarihi Yığma Yapı, Güçlendirme, Duvar Gerilmesi, Karbon Lifli Polimer

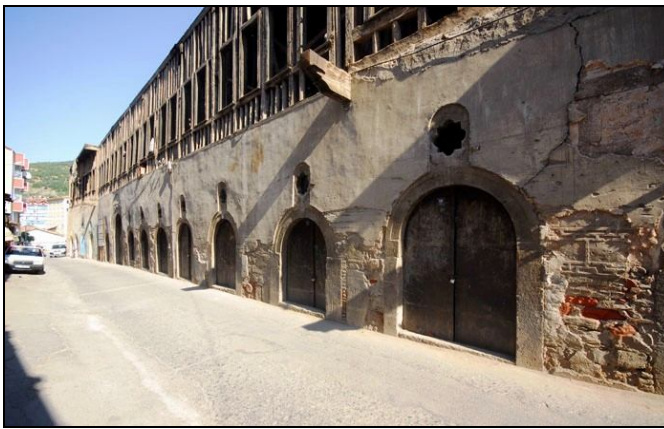
Giriş

Bu bildiride, Tokat İli Merkez İlçesi'nde yer alan Selçuklu dönemi eseri olan ve son restorasyonu 1882 yılında yapıldığı düşünülen bir Yazmacılar han yapısının restorasyon projesi kapsamında statik projesinin hazırlanması özetlenmiştir. Yapının öncelikle taşıyıcı sistem rölövesi hazırlanmış ve hasar tespiti yapılmıştır. Yapı iki kattan oluşmaktadır. Alt kat kalın taş duvarlardan oluşmakta, üst katı ise ahşap karkas yapı elemanlarından oluşmaktadır. Alt kattaki tüm mahallerin tavanları tonozlardan oluşturulmuştur. Yapının geçirmiş olduğu yangın neticesinde ahşap taşıyıcı sistem ağır hasar almıştır.

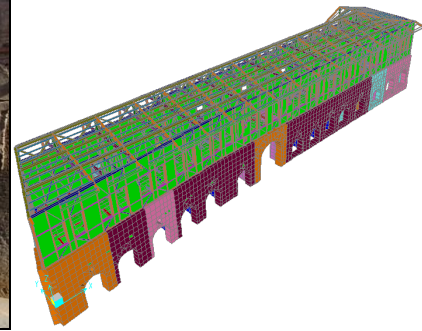
Güçlendirme prensipleri projelendirilirken temel amaç yapının tarihi dokusuna uygun ve yapıya en az müdahale oluşturacak bununla birlikte deprem esnasında duvarlarda oluşacak gerilmeleri karşılayabilecek yapı elemanlarının yapıya entegrasyonunu sağlamak olmuştur. Bu yapının güçlendirmesi kapsamında ön ve arka cephedeki duvarların çelik kasnaklar ile güçlendirmesi ve karşılıklı olarak bir birine çelik gergi milleri ile bağlanmasının yanı sıra, tonozlarda ve duvarlarda oluşan gerilmeleri düzgün bir şekilde dağıtarak genliklerini azaltmak için karbon lifli polimer kumaş, duvar içindeki kapı boşlukları üzerinde oluşabilecek çatlakları sınırlamak için çelik kasnak kullanımı, yapı taş duvarlarının dayanımlarını arttırmak için puzolan takviyeli hidrolik kireç esaslı enjeksiyon uygulaması gibi metotlar seçilmiştir. Bu müdahaleler neticesinde elde edilen kazanımlar irdelenmiştir.

Yapı Tanımı

Yapının öncelikle taşıyıcı sistem rölövesi hazırlanmış ve hasar tespiti yapılmıştır. Yapı, zemin ve bir normal kattan oluşmaktadır. Yapının taşıyıcı sistemi yığmadır. Duvarlar taş, tonozlar ise pişmiş kil tabletlerden oluşmaktadır. Oda tonozları beşik tonoz formundadır. Zemin kattaki dış beden duvarları 60-70 cm, iç avluya bakan duvarlar 85-120 cm iç bölme duvarları 60-80 cm kalınlığında, tonoz kalınlıkları ise 35-40 cm boyutlarındadır. Normal kata çıkıldığında yapının tamamı ahşaptır, ancak ahşap yapı geçirdiği yangın ve mikroorganizma hasarlarından dolayı kullanılabilir durumda değildir. Yapının oturum alanı 424 m² 'dir. Toplam kapalı alan ise 848m² 'dir.(Şekil 1)



(a)



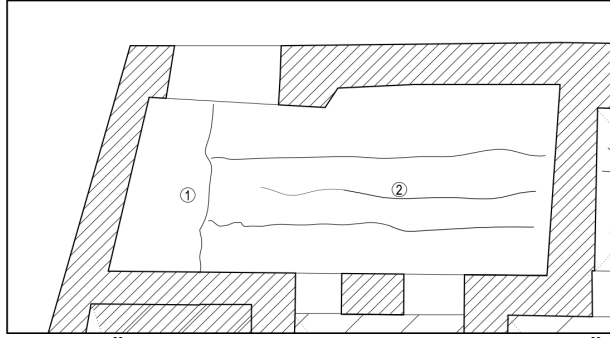
(b)

Şekil 1 (a) Yapı Görseli (b)Yapının Üç Boyutlu Analitik Modeli.

Yapı Hasarları

Beşik Tonoz Hasarları

Oda tavanlarını oluşturan tonozlar beşik tonoz formundadır. Tonozların derzlerinde büyük ölçüde boşalmalar gözlenmiştir. Bunun nedeninin çatıdaki izolasyon probleminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tonozlardaki hasarlar incelendiğinde, oda tonozlarının büyük bir kısmında çatlak genişlikleri ve sayıları değişmekle birlikte hasarlar gözlenmiştir (Şekil 2). Tespit edilen çatlaklar, hazırlanan hasar rölövesine işlenmiştir. Aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi, tonozdaki ağırlıklı çatlaklar tonozun ortasındadır ve çatlakların yönleri tonozun uzun aksı yönünde ve tonoz boyunca devam etmektedir (Şekil 3).



Şekil 2 Tonoz Üzerinde Tespit Edilen Çatlak Hasar Örnekleri



(a)

(b)

Şekil 3 Tonoz Üzerinde Tespit Edilen Çatlak Hasarı Fotoğrafları

(a) 1 nolu çatlak (b) 2 nolu çatlak

Duvar Hasarları

Özellikle ön cephe duvarlarında düşey yüklerin deprem yükleri ile birleşmesinden dolayı duvarın düzlem dışına doğru yarılarak yatması (Şekil 4.a) yanında düzlem içi hareketlerin göstergesi olan cephe çatlakları da (Şekil 4.b) mevcuttur.



(a)



(b)

Şekil 4 Cephe Duvarlardaki Çatlak Hasarı Fotoğrafları

(a) Cephe duvarı iç kesit (b) Cephe duvarı dış görünüş

Orta duvarda kapı ve pencere boşlukları arasında kalan duvar parçalarında düşey yük kaynaklı düşey çatlaklar ve deprem etkisini gösteren çatlaklar mevcuttur (Şekil 5).



(a)



(b)



(c)

Şekil 5 Duvarlardaki Çatlak Hasarı Fotoğrafları

(a) Kapı Yanı (b) Pencere Yanı (c) Kapı Üstü

Ahşap Hasarları

Mevcut ahşap yapı elemanları yangın ve böceklenme sebebiyle büyük ölçüde taşıyıcılığını kaybettiği düşünülmüştür. Aşağıdaki birkaç fotoğrafta bu durum anlaşılmaktadır. (Şekil 6)



(a)



(b)

Şekil 6 Ahşap Yapıda ki Hasar Fotoğrafları (a) DışCephe (b) Dış Cephe

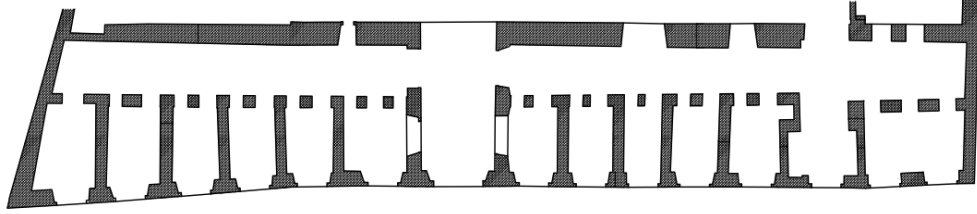
Proje Ve Hesapları

Söz konusu yapı analizlerinde işverenin talebi ile kullanım fonksiyonu olarak işyeri veya otel tanımlaması yapılmıştır. Bu nedenle yapının deprem yükü hesabında servis depremi dikkate alınabilir ($I=1.0$). Yapının taşıyıcı sistemi yığma olduğu için, düşey yük dengesinin çok iyi kurgulanması gerekmektedir. Çünkü düşey yüklerin harç ara yüzeyinde oluşturduğu eksenel yük aynı zamanda sürtünme sayesinde kayma dayanımına pozitif yönde etkilemektedir. Ancak eksenel yükün denge düzeylerini aşması durumunda, yapıda eksenel yük fazlalığından dolayı düşey yönlü çatlaklar görülebilir. Ayrıca eksenel yükün çok yüksek seviyelerde olması da duvarlarda kesme güvenliğinin azalmasına sebep olacaktır.

Yığma yapıların güçlendirme projeleri hazırlanırken mutlaka üç boyutlu analitik model kurmak gerekir. Doğru kabuller ve şartlarla oluşturulacak matematiksel model, yapı üzerinde oluşan ve kapasiteyi aşan zorların yerlerini ve değerlerini doğru bir şekilde irdeleme imkanı sunar. Mevcut yapı SAP2000 V14.2.2 paket programı kullanılarak üç boyutlu olarak modellenmiştir. Modelleme esnasında kabuk elemanlar kullanılmış, her bir duvar kalınlığı ayrı ayrı olarak tanımlanmıştır. Yapısal analizde yığma binaların taşıyıcı sistem davranış katsayısı olarak $R=2$ olarak belirlenmiş ve spektrum katsayısı 2.5 alınarak deprem yüklerinin bina duvarlarında oluşturduğu zorlar hesaplanmıştır.

Malzeme özellikleri TDY 2007’de tariflendiği şekilde alınmıştır. Yapı önem katsayısı (I) 1.0 alınmış olup deprem yükü olarak 50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan tasarım depremi kullanılmıştır. Yapının asıl kütlelerini duvarlar oluşturduğu için, kabuk model olarak tanımlanan duvarlar sonlu eleman analizi için yaklaşık 0.5 x 0.5 m karelajlara bölünmüş ve kütleler her bir düğüm noktasına ayrı ayrı tanımlanmıştır. Böylelikle, kütle kat seviyesinde tanımlanmayarak daha gerçekçi bir yaklaşımda bulunulmuş olup diğer durumda ortaya çıkabilecek olan gerçek olmayan yüksek gerilme değerlerinin elde edilmesinden kaçınılmıştır. Buna ek olarak, kat döşemeleri rijit diyafram olarak

tanımlanmamıştır. Zemin kat döşemeleri mevcut yapıda tonoz, birinci normal kat döşemeleri ise ahşap döşeme olarak imal edilmiştir. Olası bir depremde duvarların dışı doğru hareketlenmesinde duvarların açılmasını tutma gibi bir fonksiyonları bulunmamaktadır. Özetle, bir deprem anında sistemde diyafram olmamasından dolayı duvarların birbirleri ile yük paylaşımı gibi bir özelliği dikkate alınmamıştır. Yapıda 1. normal kattaki ahşap elemanların tasarımı kurulan analitik modeldeki zorlara ve mevcut yönetmeliklerdeki kısıtlamaları dikkate alarak yapılmıştır. Tokat Yazmacılar Han'ın zemin kat planı Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7 Zemin Kat Planı

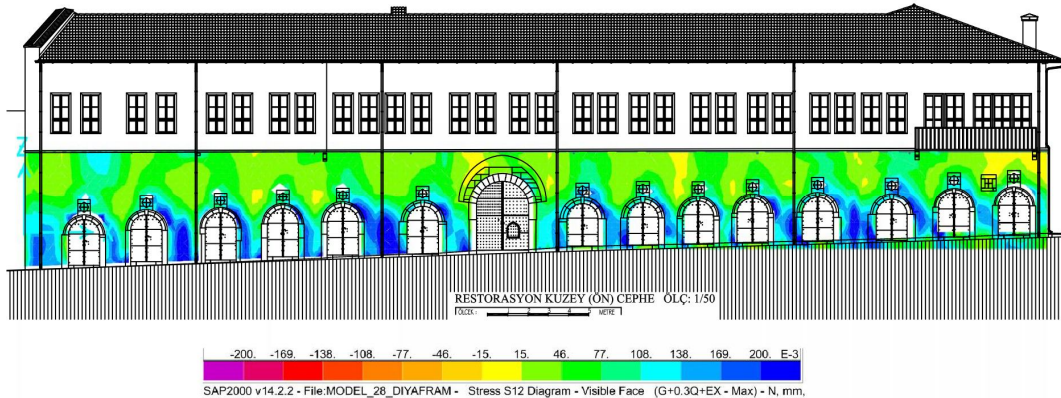
Duvar Gerilme Diyagramları

Aşağıdaki diyagramlarda yapı üzerindeki dolgunun alınması neticesinde ön cephe duvarlarındaki aksenal kuvvetin etkisi görülmektedir. Kapı boşlukları arasında kalan duvar parçaları üzerinde oluşan stres dağılımları aşağıdaki gibidir (Şekil 8). Deprem etkisinde duvardaki kayma gerilmeleri dağılımı ise Şekil 9'da verilmiştir.



-200. -169. -138. -108. -77. -46. -15. 15. 46. 77. 108. 138. 169. 200. E-3
SAP2000 v14.2.2 - File:MODEL_28_DIYAFRAM - Stress S22 Diagram - Visible Face (G+Q) - N, mm, C Units

Şekil 8 Ön Cephe Düşey Gerilme Diyagramı (S22) G+Q

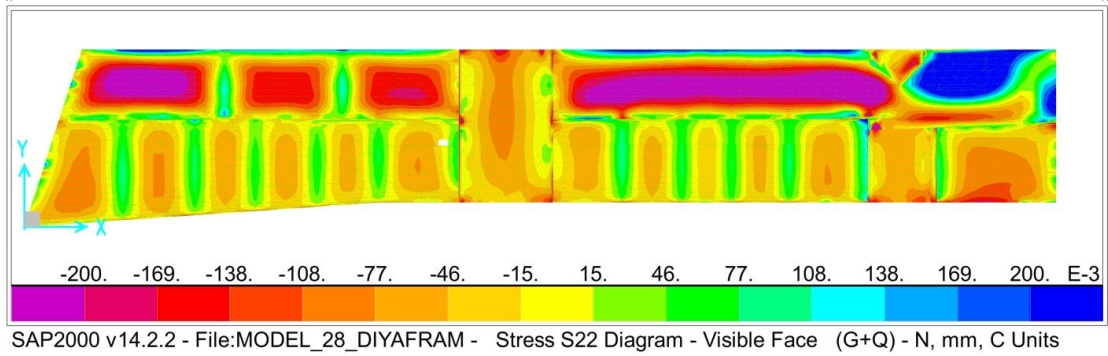


-200. -169. -138. -108. -77. -46. -15. 15. 46. 77. 108. 138. 169. 200. E-3
SAP2000 v14.2.2 - File:MODEL_28_DIYAFRAM - Stress S12 Diagram - Visible Face (G+0.3Q+EX - Max) - N, mm,

Şekil 9 Ön Cephe Kayma Gerilme Diyagramı (S12) G+0.3Q+Ex

Tonoz Gerilmeleri Diyagramları

Yapılan analizlerin sonucunda, düşey yükler altında zemin kat oda tonozun da asal çekme gerilmeleri 0.45 N/mm^2 değerlerine ulaşmaktadır. Bu değerler izin verilen $0.15\text{-}0.20 \text{ N/mm}^2$ değerlerinin oldukça üzerindedir. Aşağıdaki analiz sonucunda da görüleceği gibi, koyu renkli olan yerler izin verilen değerleri aşan bölgeleri başka bir deyişle hasar beklenen alanları göstermektedir (Şekil 10). Bu açıdan yapısal hasarlar tekrar incelendiğinde, hasar yerleri ile analizde bulunan bölgeler örtüşmektedir.



Şekil 10 Tonoz Üzerindeki Çekme Kuvveti Diyagramı

Güçlendirme

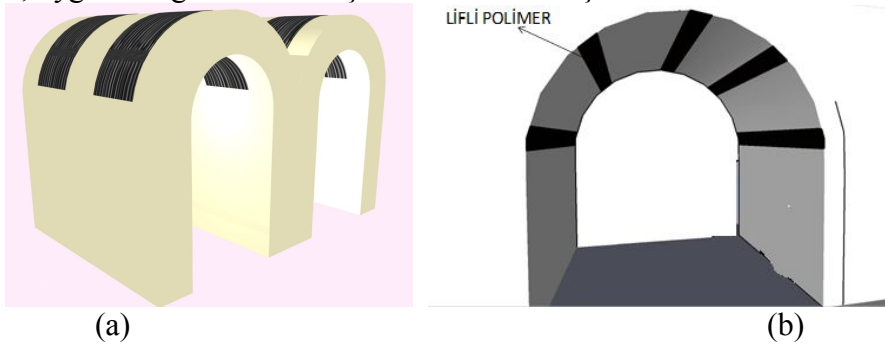
Yığma yapı duvarları üzerinde yapılan araştırmalar özellikle taş duvarların kayma kapasitelerinin oldukça düşük olduğunu göstermiştir (Chiostrini S, Galano L and Vignoli A. 2000). Günümüzde yapıların güçlendirmesinde yeni teknikler kullanılmaya başlanmıştır. Polimer malzemeler bu yeni metotların başında gelmektedir. Uygulama kolaylığı ve yapı kullanım alanını olumsuz etkilememesi nedeniyle büyük avantaj sağlamaktadır (Crocì, G. and Viskovic A.). Yazmacılar Han yapısının güçlendirmesinde birçok metot kullanılmıştır. Ancak yapının genelinde lifli polimerle güçlendirme yöntemleri sık kullanılmıştır. Yapının kullanımına en az zarar veren bu sistem sargılanmış olan duvar parçalarının ileri hasar seviyelerinde dahi dağılmadan enerji yutmaya devam etmesini sağladığı için deprem karşısında yapının deprem sönümleme kapasitesini de önemli ölçüde arttırmaktadır. Yapılan deneysel çalışmalarda yığma duvarlarda ki çatlak oluşumu ve diyagonal çekme göçmesi ile derz boyunca kayma göçmesini önlediğini gözlenmiştir (Marcari G, Manfredi G, Prota A. And Pecce M, 2006) (Faella C, Martinelli E, Nigro E. and Paciello S, 2004) (Vandergrift J, Gergely J. and Young D.) (Nagy T, Stoian V, Dan D, Diaconu D and Daescu C.2006). Lifli polimer malzemelerin epoksi yerine harçla uygulandığı çalışmalarda elde edilen sonuçlar tatmin edici olmuştur. Epoksinin geri döndürülmesinin zor ve maliyetli oluşu yığma yapılar için lifli polimerlerin harç ile uygulanması yöntemi iyi bir alternatif çözüm olmuştur. Tuğla duvar üzerine uygulanan ince bir sıva katmanı belli bir miktarda enerji tüketimini arttırmaktadır. Ancak karbon lifli tekstil ve harçla iki yüzünden yapılan müdahale bu artışı dikkat çekici seviyeye getirebilmiştir (İspir M, Bal İ, İlki A, Mezrea P. ve Yılmaz İ.). Tonozların lifli polimer ile güçlendirilmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda yük taşıma kapasitesinin arttığı görülmüştür (Creazza G and Matteazzi R, 2001). Güçlendirme projesinde kullanılan lifli polimer malzeme örnekleri Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 11 (a) Cam Fiber Hasır Örneği (b) Karbon Lifli Polimer Kumaş Örneği

Tonoz Güçlendirme

Oda tonozlarında sadece enjeksiyon ve lokal dikişin yeterli olmayacağı öngörülmüştür. Bu tür bir uygulama kısa bir süre sonra çatlağın sadece ötelenmesine sebep olacaktır. Bu bölgelere yapılacak güçlendirme yöntemi puzzolonik takviyeli hidrolik kireç esaslı enjeksiyon ile birlikte lifli polimer uygulamasıdır. Çatlakların formları incelendiğinde tonozlar genelde formlarına paralel dilim dilim ayrılmış durumdadır. Çatlak genişliği ve sayısı değişken olmakla beraber tüm oda tonozlarında bu durum mevcuttur. Aşağıdaki görselde görüldüğü gibi, lifli polimer uygulaması tonoz doğrultusu boyunca olmalıdır. Böylelikle çatlaklar olsa bile, tonoz entegrasyonu bozulmamış olmaktadır. Lifli polimerin ilk seviyesi tonozun başlangıç seviyesi olarak alınmalıdır. Bu bölge aynı zamanda genelde duvardaki boşluktaki çatlağın ilerlemeye başladığı kritik alanı da oluşturmaktadır. Oda tonozlarında yapılacak uygulama prosedürü ise aşağıdaki gibi düşünülebilir. Lifli polimer ile tonoz güçlendirmeleri tasarımında, hasarın nedeni, formasyonu ve lokasyonu büyük önem arz etmektedir. Eğer uygulama yapılacak yüzeyde süreklilik sağlanabilecek ve lifli polimerin çalışma prensibi doğrultusunda bir davranış olacak ise tercih edilmelidir. Bu sebeple kubbeler başta olmak üzere tonoz ve kemerler lifli polimerin rahatlıkla kullanılabileceği alanlardır. Bütün dükkanlarda tonozların üstü ve altına 300g/m^2 lifli polimer tek yönlü kumaş, statik projesinde verilen katman adetince yerleştirilecektir. Böylece dükkan tonozlarında açılma ve çatlak oluşması engellenmiş olacaktır. Tonozun altından ve üstünden uygulanan lifli polimer kumaşın tonoz ile tam entegrasyonunu sağlamak amacıyla, yine lifli polimer kumaş ile oluşturulan ankrajlar kullanılmıştır. Bu ankrajların yapılacağı yerlerde lifli polimere dik yönde “patch”ler (yama’lar) kullanılmıştır. Karbon lifli polimer malzeme parametreleri Tablo 1’de, uygulama görselleri ise Şeki 12’de verilmiştir.



Şekil 12 Kemerlerin Lifli Polimer Kumaş Detayı
(a) Tonoz Üstü (b) Tonoz Altı

Tablo 1 Karbon Lifli Polimer Kumaş Parametreleri.

Mevcut Duvar Çatlama Emniyet Gerilmesi	0.15	N/mm ²
E _f Karbon Lifli Polimer Elastisite Modülü	230,000	N/mm ²
ε _f Karbon Lifli Polimer Etkin Birim Uzama	0.004	mm/mm
t Karbon Lifli Polimer Hesap Kalınlığı	0.166	mm
n Karbon Lifli Polimer Katman Adeti	2	Adet

Oda Ara Duvarlarının Güçlendirilmesi

Duvarlardaki çatlaklara öncelikle Puzolonik takviyeli Hidrolik Kireç esaslı esaslı enjeksiyon harcı basılmıştır. Bunlara ek olarak, uygulama projesinde gösterilen yerlere lifli polimer uygulaması yapılmıştır. Uygulanan cam fiber'in mekanik özellikleri Tablo 2'de, kullanıldığı duvarlar üzerindeki kesme kapasitesi artışı Tablo 3'de, tamir harcı parametreleri Tablo 4'de, müdahale sonrasında duvar elastisite modülü değişimi ise Tablo 5'de verilmiştir. Uygulama detayı Şekil 13'de verilmiştir.

Tablo 2 Duvarlara Uygulanan Cam Fiber Malzeme Parametreleri.

Yüzey yoğunluğu	220	g/m ²
Elastisite modülü	65	GPa
Kopma Uzaması	2.50%	
Her iki yöndeki hesap kalınlığı	0.048	mm
Karakteristik Çekme Dayanımı	1300	MPa

Tablo 3 Duvarlarda İki Yüzden Tek Katman Cam Fiberle Elde Edilen Kapasite Artışı

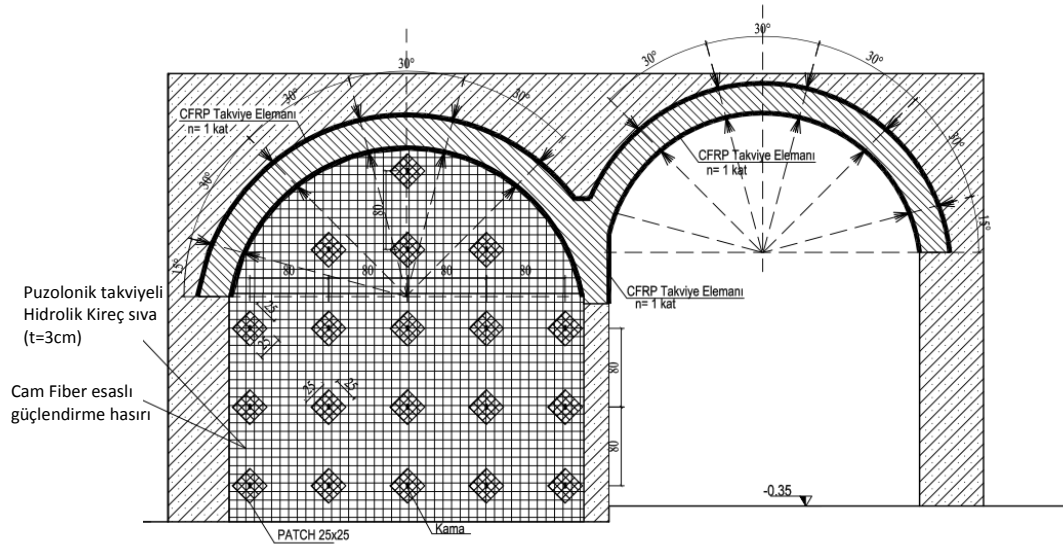
Kat No	Yeni Duvar Kalınlığı	Tamir Harcı Kalınlığı	Mevcut Duvar Kalınlığı	Mevcut Duvar Kayma Kap. Katkısı	Tamir Harcı Kayma Kap. Katkısı	Cam Fiber Kayma Kap. Katkısı	Nihai Kayma Kap.	Oransal Olarak Kap. Artışı
#	cm	cm	cm	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	
Zemin K.	56	6	50	75.00	54.22	24.96	154.18	2.1
Zemin K.	61	6	55	82.50	54.22	24.96	161.68	2.0
Zemin K.	66	6	60	90.00	54.22	24.96	169.18	1.9
Zemin K.	71	6	65	97.50	54.22	24.96	176.68	1.8
Zemin K.	81	6	75	112.50	54.22	24.96	191.68	1.7
Zemin K.	86	6	80	120.00	54.22	24.96	199.18	1.7

Tablo 4 Mevcut Duvar ve Tamir Harcı Elastisite Modülü Değerleri

Mevcut Duvar Elastisite Modülü	640	N/mm ²
Puzolonik katkılı Hidrolik Kireç esaslı sıva Harcı Elastisite Mod.	16000	N/mm ²

Tablo 5 Tamir Harcı Uygulanan Duvarlarda Yeni Elastisite Modülü Değerleri

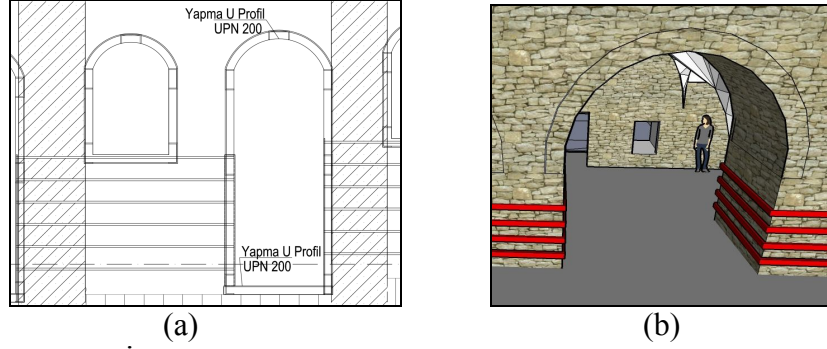
Kat No #	Yeni Duvar Kalınlığı cm	Tamir Harcı Kalınlığı mm	Mevcut Duvar Kalınlığı mm	Yeni Duvar Elastisite Modülü N/mm2
Zemin	56	60	500	2286
Zemin	61	60	550	2151
Zemin	66	60	600	2036
Zemin	71	60	650	1938
Zemin	81	60	750	1778
Zemin	86	60	800	1712



Şekil 13 Ara Duvarlarda Güçlendirme Detayı

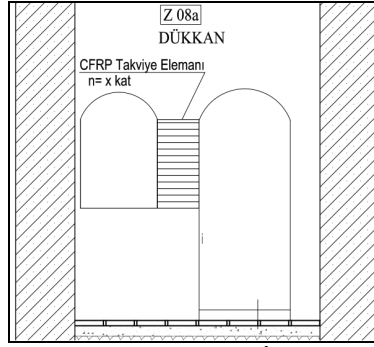
Orta Duvarın Güçlendirilmesi

Yazmacılar Han'ın orta duvarlarında, özellikle mahaller arası geçiş için açılan kapı boşlukları ile pencereler arasında olan duvar parçalarında önemli ve ileri derecede çatlaklar tespit edilmiştir. Bu geçişlerin bir kısmı sonradan kapatılmış olsa bile sonradan kapatılan alan ile eski duvar arasında herhangi bir entegrasyonun olmaması dolayısıyla duvar parçalarında hasar olduğu görülmüştür. Bu hasarlar özellikle düşey yükün fazlalığı dolayısıyla oluşan ve düşey yönlü olup bir yarılmayı ifade eden çatlaklar ile, sismik aktivite kaynaklı olup duvar parçası üzerinde yaklaşık 45 derece eğimle izlenen kesme çatlaklarıdır. Orta duvarlarda restorasyon projesi kapsamında açılacak pencere ve kapı boşluklarının duvar üzerinde oluşturduğu süreksizliği engellemek ve duvar üzerindeki eksenel kuvvet nedeniyle duvarlarda oluşabilecek düşey çatlakları engellemek amacıyla kapı pencere boşlukları arasında aşağıdaki şekildeki ve sargılamayı ön plana çıkaran bir müdahale yapılmıştır. Çelik lamalar ve çelik millerle duvar köşelerine konulacak L profiller ile duvar parçasının sarılması sağlanmıştır. (Şekil 14)



Şekil 14 Çelik Plaka İle Sargılanan Bir Duvar Parçasına Ait Temsili Görsel Verilmiştir.
(a) Kesit Görünüşü (b) 3 Boyutlu Görünüş

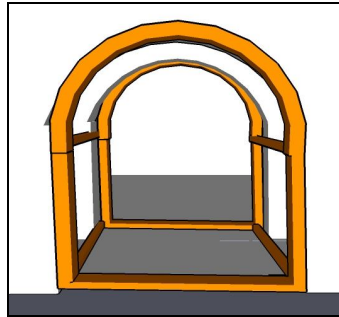
Bunlara ek olarak kısa duvar parçalarında karbon lifli polimer ile duvar parçaları sarılmıştır, böylelikle olası bir yatay yük etkisinde duvarların kesme kapasiteleri artırılmış olmuştur.(Şekil 15)



Şekil 15 Karbon Lifli Kumaş İle Duvar Sarılması

Dış Cephe Duvarlarının Güçlendirilmesi

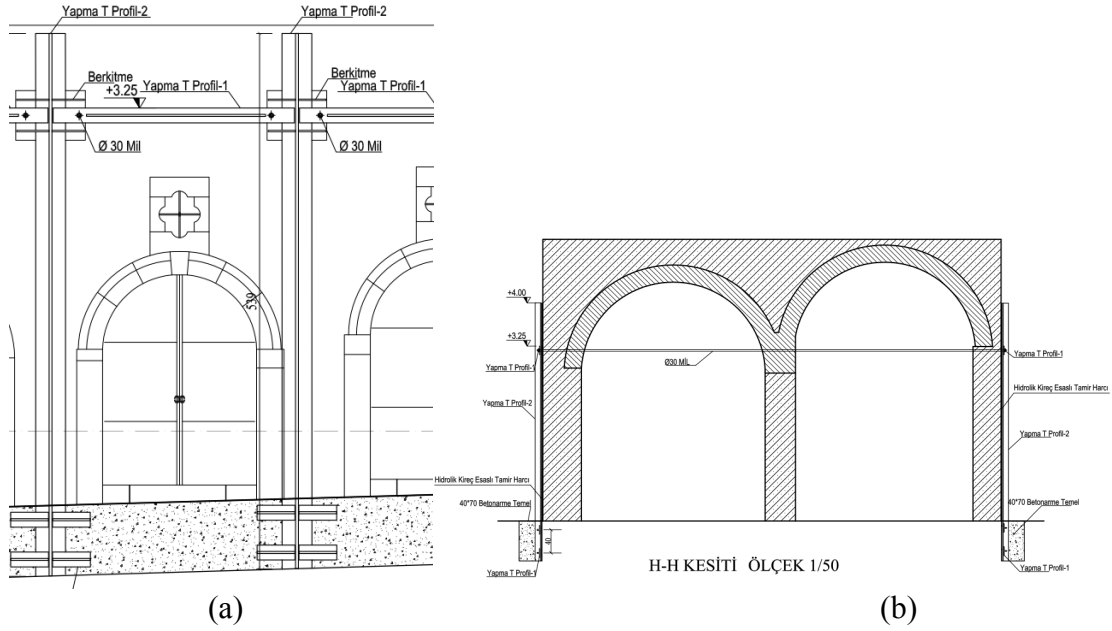
Dış cephe duvarlarının güçlendirilmesi kapsamında kapı boşluklarının içerisinde dönülecek yapma U profiller statik projede detaylandırılmıştır. Aşağıda temsili bir görsel verilmiştir (Şekil 16). Çelik kasnaklar yerleştirilmeden önce mutlaka çelik kasnak profillerinin oturacağı veya yaslanacağı yerler düzeltilmeli, çelik kasnak yerleştirildikten sonrada arkasına puzzolon takviyeli hidrolik kireç esaslı tarihi yapı enjeksiyon harcı basılmalıdır.



Şekil 16 Duvar Boşlukları için Çelik Kasnak Örnek Detayı

Bununla birlikte dış duvarlar üzerinde duvarların en alt kotundan en üst noktasına kadar UPN profiller yerleştirilmiş bu yerleştirilen UPN profiller yatayda ihtiyaç duyulan

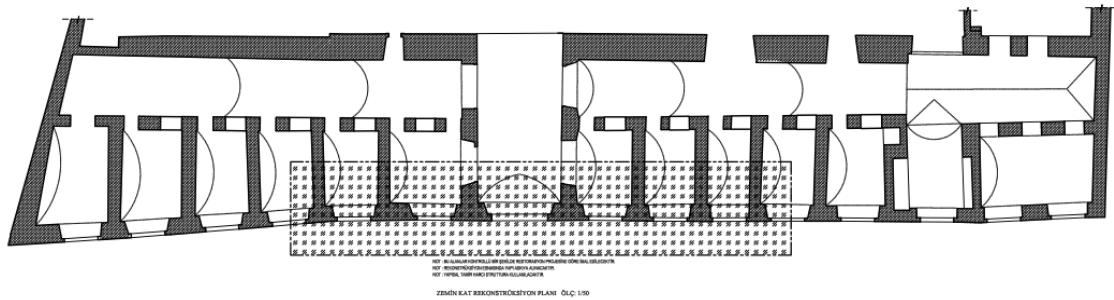
kotlarda desteklenmiş ve yapının kısa doğrultusunda iki farklı kotta geçirilen miller yardımıyla duvarlara sabitlenmiştir. UPN profillerin aşağıda yeni yapılacak sürekli bir temele ankre olması istenmiştir. Bu temel yol cephesinde ve avlu cephesinde duvar önlerinde sürekli olarak düşünülmüştür (Şekil 17). Bu sayede Cephe duvarlarının düzlem dışı hareketlerinin kısıtlanmasına çalışılmıştır. Dış duvarlarda projelendirilen ve cam lifli polimer hasırın yine hidrolik kireç harcı ile uygulanması da UPN profiller arasında kalan duvar parçalarının düzlem dışı hareketinin engellenmesi için tasarlanmıştır.



(a) (b)
Şekil 17 Dış Cephe Duvarlarında Yapılacak Müdahale
(a) Cephe Görünüşü (b) Yapının Kısa Doğrultusunda Mil ve Temel Görseli

Rekonstrüksiyon Yapılacak Kısım

Dış cephe duvarında alınan deformasyon (Caddeye doğru duvarın yatması) ölçümleri (Şekil 18) yapının özellikle ön cephesinde bulunan bir kısım duvar alanının onarım ve/veya güçlendirme müdahalesi sonrasında dahi kullanılmasında sakınca oluşturduğunu göstermektedir ve bu bölüm aşağıda işaretlenmiştir (Şekil 18). Bu sebeple yapının bu kısmına denk gelen tonozlar ve duvarlarla birlikte rekonstrüksiyon olarak yeniden yapılması uygun bulunmuştur.



Şekil 18 Rekonstrüksiyon Yapılan Kısım

Sonuç

İyileştirme projesi hazırlanırken yapıda oluşmuş ve oluşabilecek hasarlar, yapının zafiyetleri ve yeni yapılacak imalatlar birlikte düşünülerek onarım müdahaleleri felsefesi oluşturulmuş ve bu doğrultuda statik detay projeleri üretilmiştir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 (DBYBHY-2007)'e göre tarihi eserler bu yönetmeliğin kapsamı dışındadır. Restorasyon projesi de dikkate alınarak hazırlanan statik müdahale projesinde, yapılan müdahaleler ile yapının düşey ve yatay yük taşıma kapasiteleri mümkün olduğunca iyileştirilmeye çalışılmıştır. Ancak yapılan onarım ve iyileştirme müdahaleleri ile DBYBHY-2007'e göre deprem performans hedeflerine ulaşılmış olmayacaktır.

Yapının iyileştirilip deprem yüklerine karşı mevcut kapasitenin artırılması amacıyla yapının zemin katlarında çeşitli müdahaleler yapılmıştır. Yapılan müdahaleler seçilirken yapının mevcut zafiyetleri göz önünde tutulmuş ve buna bağlı olarak iyileştirme adımları belirlenmiştir.

İç ve dış duvarlara yapılacak müdahale ile duvar rijitlikleri artırılmış ve yapıya etkiyebilecek yatay yüklerin hali hazırdaki durumdan daha fazlasının taşınması sağlanmıştır. Dış duvarların dış yüzünden ve iç duvarların her iki yüzünden uygulanacak ince bir tamir harcı katmanı ve cam elyaf (lifli polimer) hasır müdahalesi ile duvarlarda minimum müdahale ile oluşabilecek çatlaklar engellenmeye çalışılmıştır. Bu müdahale duvarlarda yatay yükler etkisinde oluşabilecek bir ayrılma hareketini duvara homojen olarak dağıtabilmek ve hali hazırda var olan çatlakların onarılması amacıyla yapılmıştır.

Yığma katta taş duvar parçaları karbon lifli polimer kumaş sarılarak olası bir yatay yük etkisinde taş duvarın dağılması engellenmek istenmiştir. Zemin katta oluşabilecek bir duvar hasarını minimize etmek için tüm duvarlara enjeksiyon uygulaması yapılmıştır. Böylelikle taş duvarların çatlama emniyet gerilmesi bir miktar artırılmıştır. Ön ve arka cephe duvarları önüne sürekli temel sistemi oluşturularak duvarların düzlem dışı hareketlerinin engellenmesi hedeflenmiştir.

Yapının zemin katında tüm mahaller beşik tonoz ile kapalıdır. Restorasyon projesi kapsamında tonoz üzerindeki toprak yükleri yapı sistemini hafifletmek ve gereksiz tonoz yüklemesini azaltmak için kaldırılmıştır. Mevcut halinde ahşap yapının döşemeleri tonozlar üzerinden de destek almaktadır. Bu durum yeni tasarımda değiştirilmiştir, böylece tonozların üzerine ek yük gelmesi engellenmiştir. Ahşap yapı döşeme kirişleri duvardan duvara basmaktadır. Ortadaki uzun duvar üzerine çelik makastan bir sistem yapılarak döşeme kirişleri bu makas üzerine de oturtulmuştur.

Yapının iç cephe ve dış cephe duvarlarında bulunan kapı ve pencere boşluklarında, projede belirtilen yerlerde çelik kasnaklar kullanılmıştır. UPN profillerden imal edilen bu kasnaklar duvar üzerindeki gerilmeleri azaltmak amacı ile düşey yüklere karşı koyması için yerleştirilmiştir. Bununla birlikte eni ve boyu küçük ama yüksekliği büyük olan narin yığma duvar parçalarının gevrek hareketini engellemek amacıyla duvarlara, zemin kat tavan ve tabanından geçirilerek dört kenarlı kasnak formu oluşturulmuştur. Boşluklar hidrolik kireç esaslı tamir harcı ile doldurularak yapı ile UPN çerçeve sisteminin entegrasyonu sağlanmıştır. Bu sayede, zaten boşluk/duvar oranının fazla olduğu duvarların yatay yükler altındaki zafiyeti azaltılmış olacaktır.

Kaynaklar

ACI 549, 2013. Guide to Design and Construction of Externally Bonded Fabric-Reinforced Cementitious Matrix(FRCM) Systems for Repair and Strengthening Concrete and Msonry Structures American Concrete Institute.

Chiostrini S, Galano L and Vignoli A.(2000) On The Determination of Strenght of Ancient Masonry Walls via Experimental Test.

Creazza G and Matteazzi R. (2001) Analnsis of Masonry Structures Reinforced by FRP IUAV-Department of Architectural Construction, Venice, Italy

Croci, G. and Viskovic A. New Technologies to Protect Hictoric Buildingd from Seismic Risk. Fac. of Engineerinig, via Eudossiana, 18, Rome, Italy.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007) Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.

Faella C, Martinelli E, Nigro E. and Paciello S.(2004) Tuff Masonry Walls Strengthened With a New Kind of C-FRP Sheet: Experimental Test And Analysis 13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada.

Hancılar U, Durukal E. and Erdik M. (2008) Seismic Assessment and Rehabilitation of A Historical Unreinforced Masonry (URM) Building in Istanbul. Bogazici University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Department of Earthquake Engineering, Istanbul, Turkey.

İspir M, Bal İ, İlki A, Mezrea P. ve Yılmaz İ. Tarihi Tuğla Duvarların Tekstil Donatı Harç ile Güçlendirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi & Deprem Müh. ve Afet Yön. Enstitüsü.

Marcari G, Manfredi G, Prota A. And Pecce M.(2006) In-plane Shear Performance of Mansonry Panels Strengthened wirh FRP Department of Structural Analysis and Design, University of Naples Federico II, Italy.

Nagy T, Stoian V, Dan D, Diaconu D and Daescu C. (2006) In Plane Shear Retrofit of Mansonry Walls with Fibre Reinforced Polymer Composites Experimental Investigations Buletinul Institutiei Politehnic Dın Iași.

Vandergrift J, Gergely J. and Young D. CFRP Retrofit of Masonry Walls Charlotte, NC.