



Earthquake Safety Analysis of an Existing Public Building

Hande Odaman Kaya ¹, Ebru Alakavuk ²

¹ Kayapim Architecture Engineering and Construction Company, Bayrakli 35535 Izmir, Türkiye
² Yasar University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, Bornova 35100 Izmir, Türkiye
ORCID: 0000-0002-4450-6922, 0000-0001-7482-8116

Keywords

Earthquake safety, reinforced concrete construction, strengthening, construction cost, Strengthening cost

Highlights

- * Performance analysis of an existing public building is carried out
- * Strengthening proposal is developed for the building
- * Strengthening and reconstruction possibilities are discussed through cost estimations

Aim

The study aims to provide data for the decision making on strengthening or demolishing an existing public building.

Location

Alsancak, Izmir, Türkiye

Methods

Non-linear analysis method is used.

Results

The existing public building performance is calculated as it is in the border of collapsing, and its strengthening or demolishing possibilities are considered and discussed.

Supporting Institutions

The authors declare that this study has used no support data from other institutions

Financial Disclosure: The authors declare that this study has received no financial support.

Peer-review

Externally peer-reviewed

Conflict of Interest: The author has no conflicts of interest to declare.

Manuscript

Research Article

Received: 17.09.2021

Revised: 17.02.2022

Accepted: 07.04.2022

Printed: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.995988



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Non-Commercial License

Corresponding Author

Hande Odaman Kaya
Email: hodamankaya@gmail.com

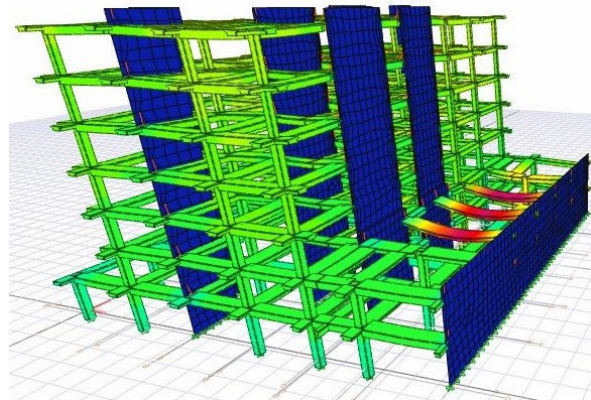


Figure
Performance analysis of an existing public building

How to cite:

Kaya H.O., Alakavuk H., 2022. Earthquake Safety Analysis of an Existing Public Building, Turk. J. Earthq. Res. 4(1), 61-72, <https://doi.org/10.46464/tdad.995988>



Mevcut Bir Kamu Binasının Deprem Güvenliğinin İncelenmesi

Hande Odaman Kaya¹, Ebru Alakavuk²

¹ Kayapim Mimarlık Mühendislik ve İnşaat Şti, Bayraklı 35535 İzmir

² Yaşar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Bornova 35100 İzmir
ORCID: 0002-4450-6922, 0000-0001-7482-8116

ÖZET

Deprem can kayıplarına neden olmadığı, binaların neden olduğu gerçeğiyle binalarda deprem güvenliğinin önemi daha net anlaşılabilir. Bu çalışmada İzmir ilinde bulunan Ege Gümrük İl Müdürlüğü Binası için yapılan deprem güvenliği incelemesi ele alınmıştır. Yapılan performans analiziyle binanın 'göçme' durumunda çıkması üzerine mevcut bina için geliştirilen güçlendirme önerisi ve binanın yıkılıp yerine yeni bina yapılma olasılıkları irdelenmiştir. Her iki durum için uygulama maliyeti hesaplanmıştır; Ege Gümrük Binasının güçlendirme maliyeti yeniden yapım maliyetinin %60'ı kadardır. Sonuçta binayı korumaya veya yıkıp yeniden inşa etmeye karar vermek için veri oluşturulmuştur.

Anahtar kelimeler

Deprem güvenliği, Betonarme yapı, Güçlendirme, Yapım maliyeti, Güçlendirme maliyeti

Öne Çıkanlar

- * Mevcut yapının deprem güvenliğinin performans analizi yöntemiyle incelenmesi.
- * Mevcut yapı için güçlendirme projesi geliştirilmesi.
- * Mevcut yapının güçlendirilmesi veya yıkılıp yeniden yapılması durumlarının karşılaştırılması.

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 17.09.2021
Düzeltilme: 17.02.2022
Kabul: 07.04.2022
Basım: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.995988

Sorumlu yazar

Hande Odaman Kaya
Eposta:
hodamankaya@gmail.com

Earthquake Safety Analysis of an Existing Public Building

Hande Odaman Kaya¹, Ebru Alakavuk²

¹ Kayapim Architecture Engineering and Construction Company, Bayraklı 35535 İzmir, Türkiye

² Yasar University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, Bornova 35100 İzmir, Türkiye
ORCID: 0002-4450-6922, 0000-0001-7482-8116

ABSTRACT

The importance of earthquake safety in buildings can be understood clearly with the fact that earthquakes don't cause loss of life, but buildings. This study, investigates earthquake safety of Aegean Customs Provincial Directorate Building located in İzmir Province. After performance analysis, strengthening proposal developed for the existing building and possibility of demolishing and constructing a new building were examined. The implementation cost for both cases was calculated as; strengthening cost of Aegean Customs Building is 60% of reconstruction cost. So, data is developed to make a decision for protecting the building or to demolish and rebuild it.

Keywords

Earthquake safety, Reinforced concrete construction, Strengthening, Construction cost, Strengthening cost

Highlights

- * Performance analysis of an existing public building is carried out.
- * Strengthening proposal is developed for the building.
- * Strengthening and reconstruction possibilities are discussed through cost estimations.

Manuscript

Research Article

Received: 17.09.2021
Revised: 17.02.2022
Accepted: 07.04.2022
Printed: 30.06.2022

DOI

10.46464/tdad.995988

Corresponding Author

Hande Odaman Kaya
Email:
hodamankaya@gmail.com

1. GİRİŞ

Türkiye'nin dünyadaki aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya Deprem Kuşağı üzerinde yer alması, ülkemiz için depremi kaçınılmaz kılar. Ülkemizde hızlı kentleşme sonucunda nüfusun çoğunluğu metropollerde yaşamaktadır ve sanayinin de merkezi olan metropoller büyük deprem tehdidi altındadır. Bu sebeple olası bir deprem durumunda ortaya çıkabilecek hasarların öngörülebilmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Yapıların maruz kalabileceği dış etkilerin en önemlilerinden biri olan depremin bir yapıya nasıl zarar vereceği önceden tam olarak bilinemez fakat yapıların içindekileri koruyabilecek kadar depreme dayanıklı olması beklenir. Deprem afeti nedeniyle meydana gelen toplumsal kayıplar, çok ciddi tedbirlerin alınması gerektiğini göstermektedir. Bu bağlamda deprem güvenliği konusu önem kazanmaktadır. Depremle ilgili bildiğimiz en önemli bilgi depremin kendisinin can kaybına sebep olmadığı, binaların sebep olduğudur. Bu da depreme dayanıklı yapılar yapmanın önemini ortaya koymaktadır. (Şengezer 1999, Hünük 2006, Küçük 2006)

Mevcut bir betonarme yapının maruz kalabileceği düşey yükler ve olası deprem yükleri altında göstereceği davranışın ve güvenlik durumunun öngörülebilmesi için olası yükler, yapının malzemeleri ve taşıyıcı sistem elemanlarına dair kabullerin yapılması, taşıyıcı sistemin çözümlenmesi ve güvenlik durumunun belirlenmesi gerekir (İlki ve Celep 2011). Mevcut bir binanın deprem güvenliği 3 adımda belirlenebilir;

1. İlk olarak deprem etkisine maruz kalacak olan binanın taşıyıcı sisteminin kapasitesi belirlenir. Bunun için sistem elemanlarının geometrik ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi gerekir.
2. Sonrasında olası bir depremin etkisiyle binada meydana gelebilecek olan kesit etkileri, şekil değişiklikleri ve yer değiştirmelerin hesaplanması gerekir.
3. Mevcut kapasite ve olası bir deprem etkisi altında binada oluşacak talebin karşılaştırılmasıyla oluşması beklenen hasar durumunun ortaya konması gerekir. Sonuç olarak da ortaya çıkacak hasar durumu deprem güvenliği açısından değerlendirilerek kara verilmesi gerekir (İlki ve Celep 2011).

Bir binanın deprem güvenliği açısından durumunun saptanabilmesi için yeterli veri olmalıdır. Bu veriler 2007 Deprem Yönetmeliğinin (DBYBHY 2007) yedinci bölümü çerçevesinde sunulan kriterlerin sağlanması açısından da gereklidir. Bu kriterler;

1. Bilgi düzeyinin belirlenmesi (sınırlı, orta veya kapsamlı),
2. Eleman kritik kesitlerinin dayanımlarının hesaplanması (eğilme, kesme),
3. Betonarme elemanların kırılma türlerinin belirlenmesi (sünek veya gevrek),
4. Eleman hasar sınırlarının belirlenmesinde gerekli olan eğilme ve sargı donatısı miktarlarının ve detaylarının belirlenmesi olarak sıralanmaktadır. (Sucuoğlu 2008)

Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey sabit ve hareketli yükler ile deprem kuvvetlerinin birleşik etkileri altında değerlendirilir. Yapının taşıyıcı sistemi, deprem enerjisini önemli düzeyde yutarak, bu sırada büyük yer değiştirmeler, büyük şekil değiştirme ve büyük çatlaklar oluşmaksızın, yüklerini temele emniyetle aktarabilmelidir. Yapının deprem etkisi altındaki davranışında yapı ağırlığı, taşıyıcı elemanların konumu, boyutları, zemin durumu gibi etkilerin yanı sıra mimari tasarımın da etkileri olmaktadır. Yapılarda burulma tesirlerinin oluşmaması için, planda yapı mümkün olduğunca simetrik yapılmalıdır (Gümrükçü 2002).

Binaların deprem performansından bahsederken belirli performans seviyeleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu performans seviyeleri, deprem etkisiyle binada oluşması öngörülen hasar miktarının sınır durumlarıdır. Bu seviyelerin temel belirleyicileri; binadaki taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarın miktarına, bu hasarın can güvenliği bakımından bir tehlike oluşturup oluşturulmamasına, deprem sonrasında binanın kullanılıp kullanılmamasına ve hasarın neden olduğu ekonomik kayıplara bağlı olarak belirlenir.

Bir yapının hasarının giderilmesi temel olarak iki düzeyde ele alınır. Yapı elemanı veya yapı hasar almadan önceki dayanımına eşdeğer bir duruma getiriliyorsa buna onarım denir. Yapı veya yapı elemanı hasar almadan önceki durumundan daha yüksek dayanımlı bir duruma getiriliyorsa da yapılan uygulama güçlendirme olarak tanımlanabilir (Demir 1999). Onarım ve/veya güçlendirme sürecinin işleyişi aşağıda maddeler halinde yer almaktadır:

- Yapının şimdiki halinin belirlenmesi,
- Onarım ve/veya güçlendirme gereklerinin belirtilmesi,
- Bir onarım ve/veya güçlendirme programı hazırlanması,
- Onarım ve takviyeden sonra yapıda temin edilmesi istenen hedef ve şartların belirlenmesi,
- Hatıra gelen ve önerilen onarım ve/veya güçlendirme sistemlerinin uygunluğunun ve uygunluk derecesinin belirtilmesi,
- Kalitenin tutturulabilmesi için iş mahallinde gözetim ve kontrolde bulunulması,
- Yapıların bir daha gözden geçirilmesi ve kontrolü aşamalarından oluşur (Celep ve Kumbasar 2000).

Bir yapıda onarım veya güçlendirme yapılacaksa öncelikle mevcut durum incelenerek oluşan hasarın tespiti ve değerlendirilmesi yapılmalıdır. Bunun için mimari röleve, taşıyıcı sistem rölevesi ve hasar rölevesi hazırlanmalıdır. Binanın beton kalitesi, donatı kalitesi ve düzeninin yanı sıra geoteknik bilgilerinin elde edilmesi gerekir.

Tüm bu veriler ışığında değerlendirilen mevcut binanın taşıyıcı sistemi için güçlendirilme çözümü yapılır. Elde edilen çözüm sonuçları esas alınarak, mevcut taşıyıcı sistemle, güçlendirme sistemi arasındaki kuvvet akışının sağlandığı gösterilmelidir. Perde uç donatılarının katlar arası sürekliliğinin sağlanması, deprem yüklerinin kat kirişlerinden perdelerle geçmesi ve kolonlarla perdenin bütünleşmesinin sağlanması gibi, (Öztürk ve diğ 2020).

Mevcut taşıyıcı sistemin deprem güvenliğini arttırmak ve sistemdeki yanal yer değiştirmeleri sınırlandırmak için dolgu duvarların taşıyıcı perdelerle çevrilmesi en çok uygulanan yöntemdir. Taşıyıcı sisteme eklenen perdelerin mevcut sistemle bir bütün olarak çalışması ve kuvvet geçişinin kesintiye uğramaması için oluşan ara bölgelerin detaylı projelerinin hazırlanması önemlidir. Sisteme eklenen yatay donatılar kolon içine ankrajlanan filiz demirlerine bağlanırken, düşey donatıların kirişlerde açılan deliklerden geçirilerek yapı yüksekliği boyunca devam etmesi beklenir. Güçlendirme perdelerinin her katta devamlılığı beklenirken boyutlarında değişiklik kabul edilebilmektedir. Eklenen perdelerin her katta devamlılığı önemlidir çünkü kesilmesi durumunda gerilme yığılması ve ani rijitlik değişimi yaratarak risk oluşturma olasılığı bulunur (TBDY 2018, ÇŞB 2018).

Bu çalışmada bir kamu binası olan Ege Gümrük Binası'nın depreme dayanımı üzerine yapılmış olan incelemeler anlatılmıştır. Bu amaçla yapılan performans analizi sonucu; bina performansı "göçme" olarak çıkmış ve önerilen güçlendirme uygulaması detaylı olarak anlatılmıştır. Güçlendirme uygulamasının maliyeti ve binanın yeniden inşa edilmesi durumunda ortaya çıkacak maliyet hesaplanmış ve karşılaştırması yapılmıştır.

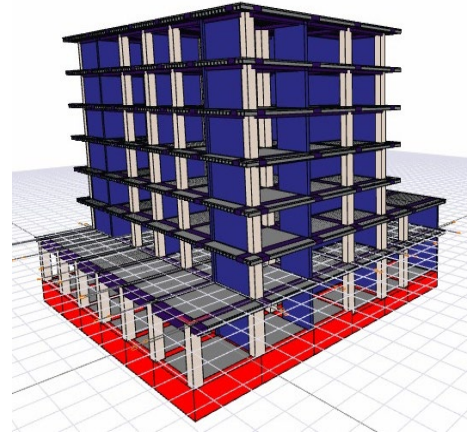
2. MEVCUT YAPI PERFORMANS ANALİZİ

Çalışmanın bu bölümü Ege Gümrük Binası'nın depreme karşı dayanıklı olup olmadığını Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018, ÇŞB 2020) esaslarına göre incelemeyi amaçlayan 'Performans Analizi'ni içermektedir. Performans Analizi yapısal sistemin tanımlanması ile başlayan bir süreçtir. Ege Gümrük Binası; zemin ve 6 normal kattan oluşan bir yapıdır. Zemin kat yüksekliği 4.30 m, normal katlar 3.35 m olup, toplam yapı yüksekliği 24.40 m'dir. Binanın taban alanının ölçüleri 35.15 x 35.80 m'dir. Zemin kat 1258 m², normal

katlar ise 750 m² olmak üzere toplam yapı alanı 6156 m²'dir. Binanın 1'inci ve 2'nci katlarında dilatasyon olduğu, 2.kat itibariyle de kitlenin küçülerek devam ettiği gözlemlenmiştir (Şekil 1a).



a)



b)

Şekil 1: Ege gümrük binası a) Mevcut bina, b) Mevcut bina taşıyıcı sistem modeli
Figure 1: Aegean customs building a) Existing building, b) Support system model of existing building

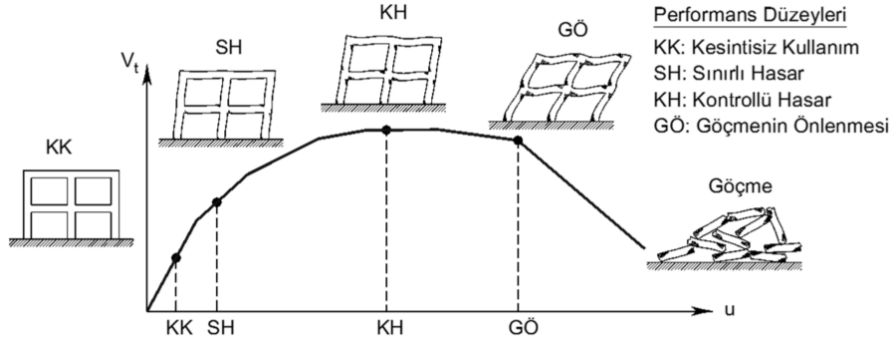
Öncelikle gözleme dayalı olarak mevcut yapı ve ruhsatlı proje karşılaştırılmış, mimari uygulamadaki değişiklikler işlenerek AutoCAD çizim ortamında mimari röleve çizimi hazırlanmıştır. Mimari röleve çizimi ile birlikte bina taşıyıcı sistemini oluşturan kolon, kiriş, döşeme ve temel bilgileri de AutoCAD çizim ortamında işlenerek statik röleve çizimleri hazırlanmıştır. Şekil 1b'de görülen taşıyıcı sistem modeli; yapının betonarme kalıp planları ve donatılarına ait verilerin ideCAD Statik programına aktarılmasıyla oluşturulmuştur.

Performans Analizi için zemin sınıfı ZE olarak alınarak, binaya güçlendirme yapılması durumunda zemin etüd çalışması yapılmasına karar verilmiştir. Ege Gümrük Binası bir kamu yapısı olarak, TBDY (2018)'de "Deprem sonrası hemen kullanılması gerekli binalar" olarak sınıflandığından bina önem katsayısı 1.5 alınmıştır. Binayı kullanan kurum tarafından 25.09.2018 tarihinde, binanın statik durumunu saptamak amacıyla bir dizi inceleme yaptırılmıştır. Bu incelemeler; binanın kolon, kiriş ve döşemelerinde uygulanan test çekici, karot, sıyırma ve tarama işlemlerini kapsamaktadır. Binanın güçlendirilmesine ya da yeniden yapılmasına karar vermek amacıyla yapılmış olan bu çalışmada da 2018 tarihinde yapılan incelemelerden edinilen raporlar kullanılmıştır.

Bu raporlarda yer alan, karot çalışmalarının sonucunda, bodrum kattan alınan 3 adet karot numunesinin beton dayanımı ortalama 25.30 N/mm²(MPa) ve zemin kattan alınan 3 adet karot numunesinin beton dayanımı 16.30 N/mm²(MPa) çıkmıştır. Sıyırma testi sonucunda, demirlerin nervürsüz olduğu anlaşılmıştır. Yapılan tarama (röntgen) sonucunda kalıp planları ve demirlerin proje ile uyumlu olduğu saptanmıştır. ideCAD programı kullanılarak oluşturulan modelde nervürsüz demir kullanımı ve etriye detayları tanımlanmış, yazılımın hesap raporu gerçek verilerle karşılıklı kontrol edilmiştir.

Performans analizi için kullanılan ideCAD Statik programı; yapıdaki taşıyıcı elemanların olası bir depremde alacağı hasar durumunu raporlamaktadır. Programda tanımlanan deprem hareketi sonucunda yatay ve düşey taşıyıcı elemanlarda oluşması öngörülen hasar seviyeleri yüzdelere göre bina performans düzeyleri Şekil 2'de verilmektedir. Yapının performans durumunun az hasar, belirgin hasar, ileri hasar ya da göçme olacağı tespit edilebilmektedir.

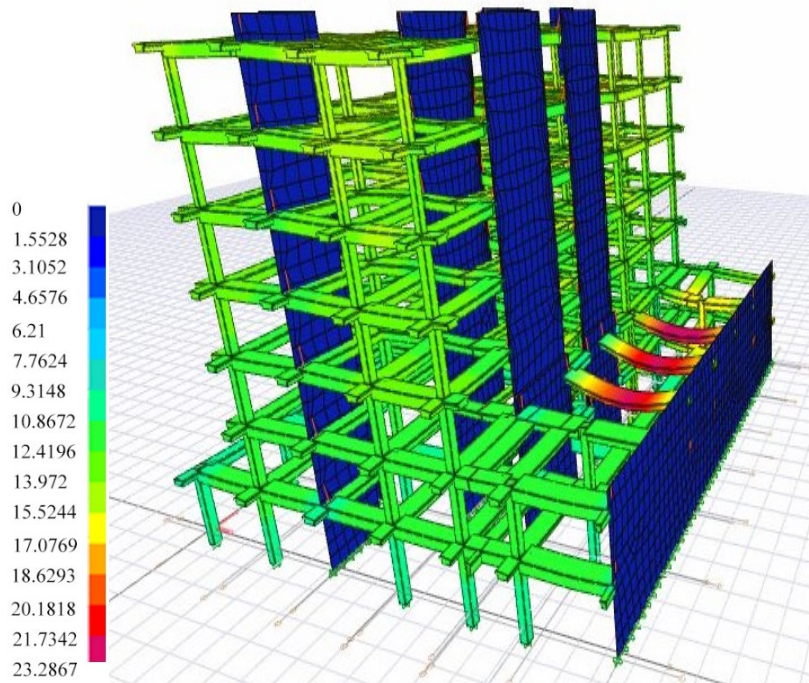
TBDY (2018) madde 3.5.1'e göre normal performans hedefi kontrollü hasar, tasarım yaklaşımının ise şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım olması gerekmektedir.



Şekil 2: Bina performans düzeyleri (TBDY 2018, bölüm 3.4)
Figure 2: Building performance levels (TBDY 2018, section 3.4)

Örnek binanın performans analizini yapmak için binaya ait laboratuvar sonuçları, kurumdan alınan projeler ve yerinde yapılan gözlemlerden edinilen veriler ideCAD Statik programına girilmiştir. Bina, TBDY (2018)'de belirtilen bölgesel deprem spektrumu değerleri referans alınarak deprem etkisine maruz bırakılmıştır.

Mevcut yapının performans analizi TBDY (2018)'de tanımlı; 'Doğrusal Hesap Yöntemleri'nden biri olan "Mod Birleştirme Yöntemi" kullanılarak yapılmıştır. Mevcut yapının gösterdiği davranış Şekil 3'teki üç boyutlu model üzerinden sunulmuştur. Deprem etkisi karşısında yapı elemanlarında meydana gelen deformasyon düzeylerine ait sayısal veriler (mm) mavi renkten kırmızı renge doğru yükselmektedir. Model üzerinden de okunabildiği gibi; yapının perdelerinde 0-1.5 mm aralığında, kolon-kiriş sisteminde 10-15 mm aralığında, dilatasyonun bittiği 1.kattaki 3 kirişte ise 20-23 mm aralığında deformasyon görülmektedir.

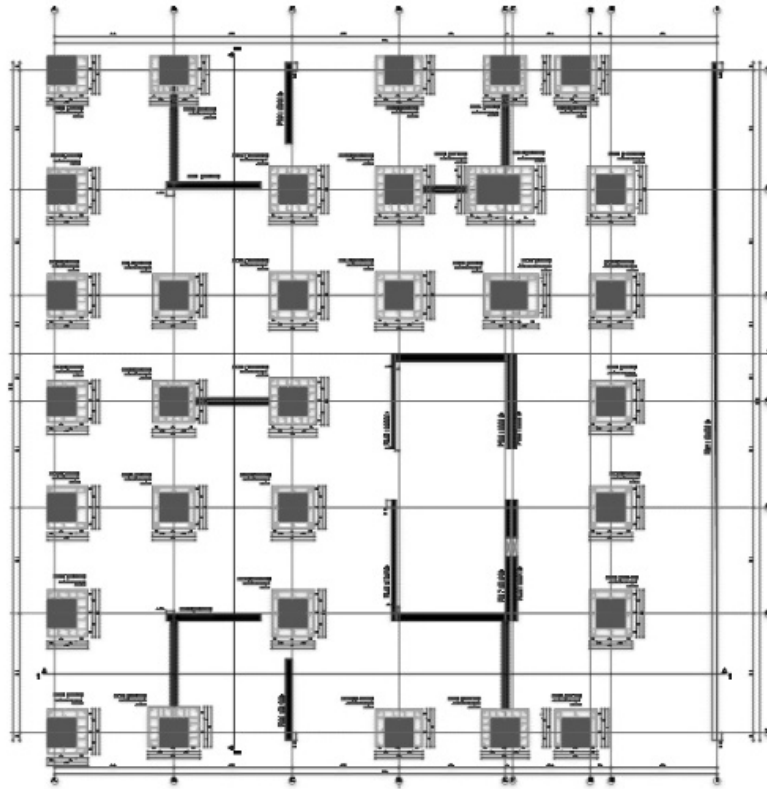


Şekil 3: Mevcut yapı performans analizi
Figure 3: Performance analysis of existing building

Yapılan performans analizi sonucunda mevcut yapının performans düzeyinin 'göçme' olduğu saptanmıştır. Olası bir depremde yapının 'kontrollü hasar' düzeyine ulaşip insan can güvenliğini sağlayacak bir duruma gelmesi için güçlendirme yapılması önerilmiştir.

3. GÜÇLENDİRME ÖNERİSİ

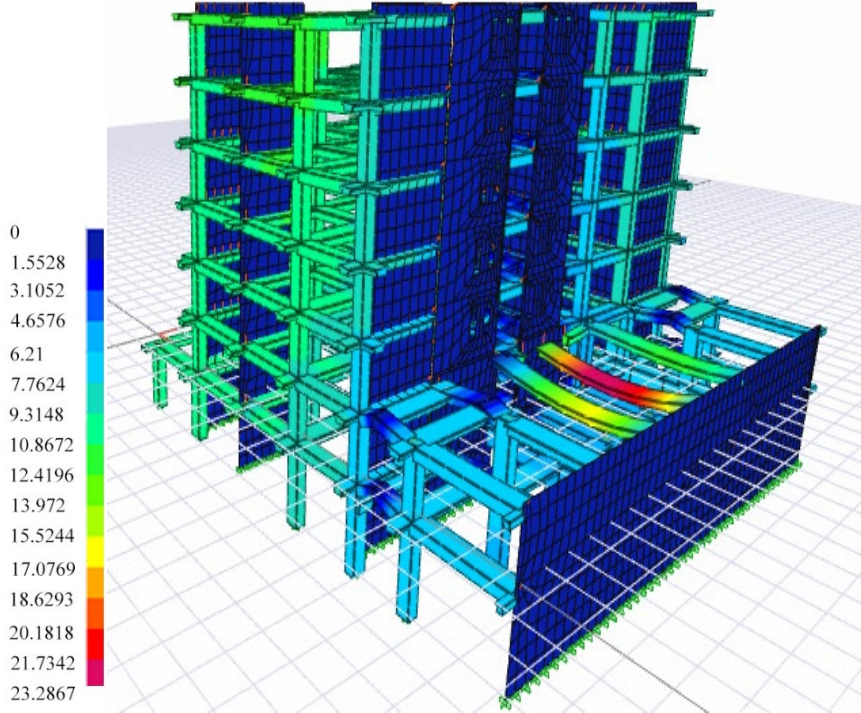
Hazırlanan güçlendirme projesinde; yapının tamamında X ve Y yönünde 4'er tane; toplamda 8 adet güçlendirme perde ilavesi ve tüm kolonlarda mantolama önerilmiştir. Mevcut yapıya ait olan sürekli temel tamamen açılarak epoksi uygulaması ile demir ilavesi yapılarak radye temel sistemine geçilmesi planlanmıştır. Şekil 4'te binanın zemin katına ait güçlendirilmiş taşıyıcı sistem planı verilmiştir. Burada da görüldüğü gibi mevcut kolonların etrafında bohçalama uygulaması vardır. Yapıdaki kolonların büyük çoğunluğu ileri hasar bölgesinde kaldığı için; yapının rijitlik ve kütle merkezi dikkate alınarak bohçalama tüm kolonlara önerilmiştir.



Şekil 4: Güçlendirilmiş yapı taşıyıcı sistem planı
Figure 4: Supporting system plan of reinforced building

Önerilen güçlendirme projesinin uygulanması durumunda yapının sergileyeceği performansı görmek için ideCAD ortamında 'Doğrusal Hesap Yöntemleri'nden biri olan 'Mod Birleştirme Yöntemi'yle analiz yapılmıştır.

Yapının, bölgesel deprem spektrumu değerlerine göre deprem etkisine maruz bırakıldığında gösterdiği davranış Şekil 5'teki üç boyutlu modelde sayısal verilerle (mm) sunulmaktadır. Güçlendirilmiş yapının perdelerinde 0-1.5 mm aralığında, kolon-kiriş sisteminde 4-10 mm aralığında, dilatasyonun bittiği 1.katta da yalnızca 1 kirişte 20-23 mm aralığında deformasyon görülmektedir.

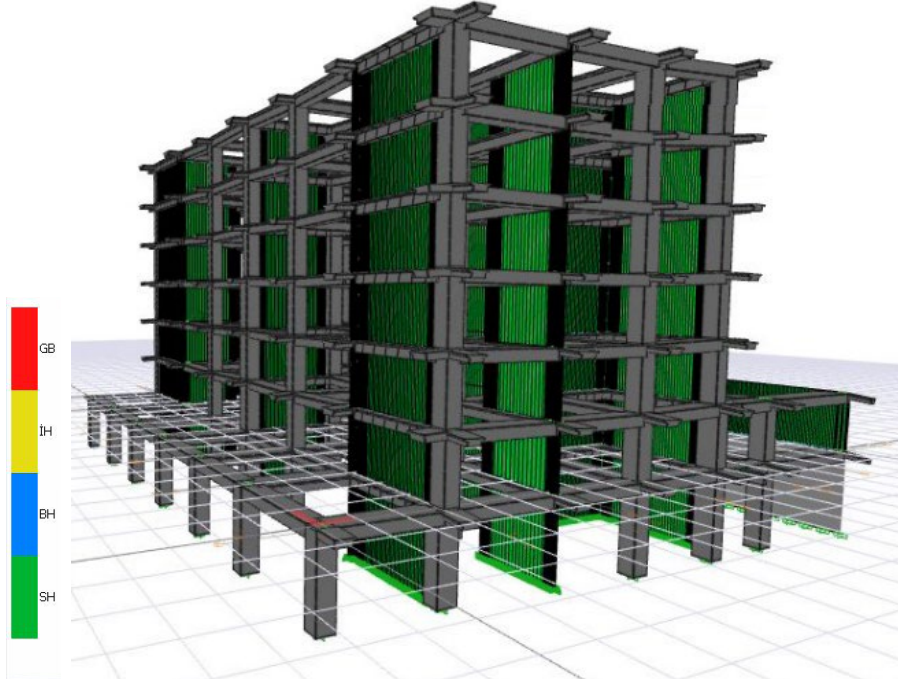


Şekil 5: Güçlendirilmiş yapı doğrusal performans analizi
Figure 5: Linear performance analysis of reinforced building

Bir yapının performans analizinde doğrusal hesap yöntemlerinin kullanımının kabul görmesi için yönetmeliğin 15.5.3.1 maddesinde 'Doğrusal Hesap Yöntemlerinin Uygulama Sınırları' aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Bina yükseklik sınıfının 5'den küçük olması ($BYS < 5$),
- Binada 3.7.2.4'de belirtilen B3 düzensizliğinin bulunması,
- Betonarme binalarda, binanın üst katı haricindeki herhangi bir katında, her bir deprem doğrultusu için düşey sünek elemanların (kolon, perde ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) ortalama EKO (Etki/kapasite oranı) değerinin deprem yönündeki kirişlerin ortalama EKO değerinden büyük olması,
- Binanın üst katı haricindeki herhangi bir katında, her bir deprem doğrultusu için düşey sünek elemanların (kolon, perde ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) kesme kuvveti ile ölçeklendirilmiş ortalama EKO değerinin 2'den büyük olması,
- Binanın üst katı haricindeki herhangi bir katında, her bir deprem doğrultusundaki sünek kirişlerin ortalama EKO değerinin 3.5'den büyük olması şeklindedir.

Doğrusal Hesap Yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre çalışmaya konu olan yapı (a) ve (b) şartlarını sağlıyor olsa da (c), (d) ve (e) şartları sağlanamamıştır. Bu nedenle ideCAD ortamında 'Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri'nden biri olan 'Çok Modlu İtme Yöntemi' kullanılarak analiz tekrarlanmıştır.



Şekil 6: Güçlendirilmiş yapı doğrusal olmayan performans analizi
Figure 6: Non-linear performance analysis of reinforced building

Yapılan çalışmanın sonucunda mevcut yapının ve güçlendirilmiş yapının simülasyon ortamında maruz kaldıkları eşdeğer deprem etkisine karşı gösterdikleri davranış incelenmiştir. Bu davranışın üç boyutlu model üzerinden okuması yapılarak, olası bir depremde mevcut yapı ve güçlendirilmiş yapıda oluşması beklenen deformasyon düzeyleri ortaya konmuştur. Mevcut yapının 'Doğrusal Hesaplama Yöntemi' kullanılarak elde edilen performans analizi sonuçları ve güçlendirme önerisi sonrası ortaya çıkan yapının 'Doğrusal Hesaplama Yöntemi' ve 'Doğrusal Olmayan Hesaplama Yöntemi' kullanılarak elde edilen performans analizi sonuçlarının değerlendirilmesi Tablo 1'de özet olarak verilmektedir.

Tablo 1'deki kriterlere bakıldığında; mevcut yapının 'Sınırlı Hasar' ve 'Kontrollü Hasar' düzeylerine erişemediği, 'Göçmenin Önlenmesi' düzeyi için dahi gerekli olan kriterlerden yalnızca birini sağladığı görülmektedir. Yapıda Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı, Belirgin ya da İleri Hasar Bölgesi'nde değildir ve Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvveti oranı %30'u aşarak %35.1 oranına ulaşmaktadır.

Önerilen güçlendirme projesi uygulanmış yapının 'Doğrusal Hesaplama Yöntemi' kullanılarak elde edilen performans analizi sonuçlarına bakıldığında ise olası bir deprem senaryosunda yapının 'Kontrollü Hasar' performans düzeyinde kalacağı görülmektedir. Fakat daha önce de belirtildiği gibi analiz TBDY (2018) madde 15.5.3.1 uyarınca "Doğrusal Olmayan Hesaplama Yöntemi" kullanılarak tekrarlanmıştır. Güçlendirme önerisi uygulanmış yapının; "Çok Modlu İtme Yöntemi" kullanılarak yapılan analiz sonucunda da "Kontrollü Hasar" performans düzeyinde kalacağı sonucuna varılmıştır.

Tablo 1: Yapı performans değerlendirmesi
Table 1: Building performance evaluation

Sınırlı hasar performans düzeyi değerlendirmesi:	Mevcut Yapı		Güçlendirilmiş Yapı (Doğrusal)		Güçlendirilmiş Yapı (Doğrusal Olmayan)	
	Sonuç	Kontrol	Sonuç	Kontrol	Sonuç	Kontrol
Kriter						
Herhangi bir katta kirişlerin en fazla %20'si Belirgin Hasar Bölgesine geçebilir.	100%	X	100%	X	71.1%	X
Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesinde olmalıdır.		X		X		X
Kontrollü hasar performans düzeyi değerlendirmesi:	Mevcut Yapı		Güçlendirilmiş Yapı (Doğrusal)		Güçlendirilmiş Yapı (Doğrusal Olmayan)	
Kriter	Sonuç	Kontrol	Sonuç	Kontrol	Sonuç	Kontrol
Herhangi bir katta kirişlerin en fazla %35'i İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir	0%	✓	0%	✓	0%	✓
İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların kesme kuvvetine katkısı %20'nin altında olmalıdır.	53.2%	X	0%	✓	0%	✓
En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların kesme kuvvetine katkısı %40'ın altında olmalıdır.	39.5%	✓	0%	✓	0%	✓
Belirgin Hasar Sınırı aşmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvveti oranı %30'u aşmamalıdır.	35.1%	X	0%	✓	0%	✓
Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı ya da Belirgin Hasar Bölgesi'nde olmalıdır.		X		✓		✓
Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi değerlendirmesi:	Mevcut Yapı		Güçlendirilmiş Yapı (Doğrusal)		Güçlendirilmiş Yapı (Doğrusal Olmayan)	
Kriter	Sonuç	Kontrol	Sonuç	Kontrol	Sonuç	Kontrol
Herhangi bir katta kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.	0%	✓	0%	✓	0%	✓
Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı, Belirgin ya da İleri Hasar Bölgesi'nde olmalıdır.		X		✓		✓
Belirgin Hasar Sınırı aşmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvveti oranı %30'u aşmamalıdır.	35.1%	X	0%	✓	0%	✓

4. YAPININ YENİDEN İNŞASI

Binanın güçlendirilmesi yanında yıkılıp baştan yapılma alternatifi de mevcuttur. Güçlendirme kararı verilmesi aşamasında, bu alternatifin de değerlendirilmesi gerekmektedir. Karşılaştırma yapılırken maliyet her ne kadar belirleyici bir unsur olsa da zaman da önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Binanın yıkılıp tekrar inşa edilmesi aşamalarında, binadaki faaliyetlerin başka bir yere taşınması gerekir. Fakat güçlendirme çalışmaları için bölgesel çalışmalar yapılabileceğinden tamamen taşınma söz konusu olmayabilir.

Güngör (2017) tarafından yapılan akademik araştırmalar doğrultusunda, bir binanın ekonomik ömrü 50 yıl kabul edilerek; 25 yıllık bir binada güçlendirme yapılırsa ortaya çıkacak maliyetin binanın yıkılıp yeniden yapılması durumunda ortaya çıkacak maliyete oranının %40 olduğu ifade edilmektedir. Bu maliyet oranı 40 yıllık bir bina için %25 iken 10 yıllık bir binada %67 olarak kabul edilmektedir. Bayülke (1984) tarafından yapılan çalışmada ise; 10 yıllık bir binada bu oran %45 ise yıkılmasının ekonomik olarak uygun olmadığı, 40 yıllık bir binada ise %25 olduğu takdirde bile ekonomik açıdan yıkılmasının uygun olduğu ifadelerine yer verilmektedir. Ayrıca bu değerlendirmelerin, binanın tüm özellikleri göz ardı edilip yalnızca ekonomik açıdan yapıldığı önemle vurgulanmaktadır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada İzmir İli'nde bulunan Ege Gümrük Binası için yapılmış olan performans analizi ve güçlendirme proje önerisi özetlenmiştir. Elde edilen performans analizi sonuçlarına göre Ege Gümrük Binası için güçlendirme önerisinin yansira, yapının yıkılarak yeniden inşa edilmesi alternatifini de sunulmuştur

Yeni bir yapı inşa edilmesi durumunda olacağı gibi; önerilen güçlendirme projesinin hayata geçirilmesi durumunda da yapı elemanlarının tamamının taşıma kapasitesi TBDY (2018)'e göre revize edilmiş olacaktır. Her iki durumda da tüm proje takımı hazırlanarak yapı tekrar ruhsatlandırılacaktır.

Öncelik olan can güvenliğinin iki durumda da sağlanabildiği göz önüne alındığında karar vermek adına maliyet kıyaslamasına gidilmiştir. Zemin üzerine 6 kattan oluşan 24.40 yüksekliğinde, toplam yapı alanı 6156m² olan 4A sınıfı bir yapının 2020 yılı yapı yaklaşık birim maliyet hesabına göre (ÇŞB 2020) inşaat maliyeti 9.541.800 TL ve güçlendirme maliyeti 5.764.909 TL'dir.

Bu hesaba göre güçlendirme maliyeti yeni yapı maliyetinin %60'ına denk gelmektedir. Bu bağlamda binanın güçlendirilmesi veya yıkılıp yeniden yapılması aşamalarında karar verme sürecinde maliyet-fayda analizinin yapılması doğru bir yaklaşım olacaktır.

KAYNAKLAR

Bayülke N., 1984. Depremlerde hasar gören yapıların onarımı ve güçlendirilmesi, T.M.M.O.B. İnşaat Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, 95 s.

Celep Z., Kumbasar N., 2000. Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı. İhlas Matbaacılık, İstanbul, 727 s.

ÇŞB, 2020. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2020 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ, *Resmî Gazete* 31064. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/03/20200310-7.htm>

DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Erişim adresi: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/03/20070306-3-1.pdf>

Demir H., 1999. Depremlerden hasar görmüş betonarme yapıların onarım ve güçlendirilmesi. Emlak Pazarlama Proje Yönetimi ve Servis A.Ş., İstanbul, 2. bs. 152 s.

Gümrükçü A., 2002. Depreme Dayanıklı Yüksek Yapı Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 238 s.

Güngör A., 2017. Güçlendirme Projelerinde Maliyet ve Kazanç İlkeleri. İzmir ve Deprem Konferansı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, 28-29 Eylül 2017
Erişim adresi: https://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/18036_13_38.pdf

Hünük T. N., 2006. Betonarme yapılarda depreme dayanıklılığı sağlayan mimari tasarım ölçütlerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 110 s.

İlki A., Celep Z., 2011. Betonarme yapıların deprem güvenliği, Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim 2011, ODTÜ, Ankara.
Erişim Adresi: http://www.tdmd.org.tr/TR/Genel/21.Oturum/Tema_A.Ilki.pdf

Küçük D., 2006. Deprem zararlarını azaltma çalışmalarında mimarlık eğitiminin yeri, Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 165 s.

Öztürk M., Sezer R., Köken A., 2020. Yapıların deprem güvenliği, güçlendirme ilkeleri ve 11 katli bir yapıda güçlendirme uygulaması. Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, 13s.

Erişim adresi:

<https://docplayer.biz.tr/4389742-Yapilarin-deprem-guvenligi-guclendirme-ilkeleri-ve-11-katli-bir-yapida-guclendirme-uygulamasi.html>

Sucuoğlu H., 2008. Mevcut Yapılarda Durum Saptaması, Bizim Büro Basımevi, Ankara.

Şengezer B.S., 1999. 13 Mart 1992 Erzincan depremi hasar analizi ve Türkiye’de deprem sorunu, Yıldız Teknik Üniversitesi Basın Yayın Merkezi, İstanbul, 412 s.

TBDY, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara

ARAŞTIRMA VERİSİ (*Research Data*)

Çalışma kapsamında farklı kurumlara ait veri kullanılmamıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI / İLİŞKİSİ (*Conflict of Interest / Relationship*)

Araştırma kapsamında herhangi bir kişiyle ve/veya kurumla çıkar çatışması/ilişkisi bulunmamaktadır.

YAZARLARIN KATKI ORANI BEYANI (*Author Contributions*)

- Çalışmanın tasarlanması (*Designing of the study*): H.O.K., E.A.
- Literatür araştırması (*Literature research*): E.A.
- Saha çalışması, veri temini/derleme (*Fieldwork, collection/compilation of data*): H.O.K., E.A.
- Verilerin işlenmesi/analiz edilmesi (*Processing/analysis of data*): H.O.K.
- Şekil/Tablo/Yazılım hazırlanması (*Preparation of figures/tables/software*): H.O.K.
- Bulguların yorumlanması (*Interpretation of findings*): H.O.K.
- Makale yazımı, düzenleme, kontrol (*Writing, editing and checking of manuscript*): H.O.K., E.A.