BİNA MALİYET ORANI VE BİNA GÜÇLENDİRME MALİYETİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER ARASINDAKİ İLİŞKİ[1]

Züleyha YILMAZ[*]

Fikret ÇANKAYA[**]

Aykut KARAKA[***]

ÖZ

Türkiye deprem açısından hayli riskli bir ülke olup, özellikle 1999 Kocaeli ve Düzce Depremlerindeki ağır kayıplar ülkenin deprem karşısında hazırlıksız olduğunu göstermiştir. 2007 Deprem Yönetmeliği ile binaların sahip olmaları gereken asgari koşullar yenilenmiştir. Yönetmeliğe göre, yeni yapılacak bütün binaların bu koşulları sağlayacak şekilde projelendirilmesi, eski binaların ise bunları sağlayacak hale getirilmesi zorunludur. Böylece güçlendirme konusu gündeme gelmiştir. Araştırmanın amacı, bina güçlendirme maliyetini etkileyen faktörlerin tespit edilmesi ve bu faktörlerin bina maliyet oranı üzerindeki etkisinin ölçülmesidir. 385 Anket verisi, SPSS.20 programı kullanılarak faktör ve regresyon analizleriyle değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda binanın kalitesi, konumu ve yaşının bina maliyet oranı üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Anahtar Kavramlar: Bina Güçlendirme Maliyeti, İnşaat Maliyeti, Regresyon Analizi.

RELATIONSHIP BETWEEN BUILDING COST RATIO AND FACTORS AFFECTING BUILDING REINFORCEMENT COST

ABSTRACT

Turkey is a very risky country in terms of earthquake, especially experienced severe losses in the 1999 Kocaeli and Düzce earthquakes shows that Turkey was unprepared for earthquake. The minimum conditions for a building have been regulated by the 2007 Earthquake Regulation. According to the Regulation, all new buildings must design to fulfill these conditions and existing buildings must provide them. Therefore, reinforcement issue has come to the agenda. The objectives of this research are to examine factors that affect the reinforcement cost and to measure effects of them on building cost ratio. The data set consist of 385 questionnaires was analyzed by factor and regression analysis by using SPSS.20 statistical packet program. As a result of the research, it is seen that the effects of the quality, location and age of a building are effective on the building cost ratio.

Keywords: Building Reinforcement Cost, Construction Cost, Regression Analysis.

---

[1] Bu makale "Güçlendirme/Yıkım-Yapım Kararının Belirlenmesine Yönelik Bir Model Önerisi" adlı doktora tezinden uyarlanmıştır.

[*] Dr. Öğr. Üyesi, Ordu Üniversitesi, Ünye İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü.

[**] Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü.

[***] Dr. Öğr. Üyesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü.

Makalenin kabul tarihi: Temmuz 2017.

GİRİŞ

Bir binanın performansı, iklim koşulları veya binanın yapısal özelliklerinden kaynaklanan nedenlerle zamanla azalmaktadır. Binanın performans düzeyi kabul edilebilir minimum düzeye düştüğünde bina sahibi iki seçenek ile karşı karşıya kalmaktadır. Birinci seçenek; güçlendirme, iyileştirme, vb. gibi bina performansını istenilen düzeye getirebilecek uygulamalardır. İkinci seçenek ise, binanın tamamen yıkılması ve istenen performans düzeyini sağlayacak yeni bir binanın yapılmasıdır (Kusar vd., 2013: 652). Ancak genel olarak güçlendirme veya onarım gibi uygulamaların, binanın yıkılıp yeniden yapılmasına nazaran daha az çevre kirliliğine neden olması (Dong vd., 2005: 1052), çoğunlukla daha ekonomik olması (Egbelakin vd., 2014: 460), özellikle tarihi değere sahip binalarda yıkımın mümkün olmaması ve güçlendirmenin zorunlu olması (Bruce vd., 2015: 151), vb. gibi nedenlerle daha çok tercih edilebilir olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, binanın yaşam döngüsü maliyetleri, daha ucuz enerji kullanımı, bina sahibinin beklentilerinin karşılanması, vb. gibi nedenlerle binanın yıkılarak yeniden yapılması tercih edilebilmektedir.

Bir binanın ilk kez inşa edilmesi ile karşılaştırıldığında, onarımı veya güçlendirilmesi o bina ile ilgili halihazırda varolan sınırlamalar nedeniyle zorlaşmaktadır (Cha vd., 2012: 294). Ancak özellikle deprem bölgelerindeki binaların sismik güçlendirmelerinin yapılması, herhangi bir sınırlama dikkate alınmaksızın zorunlu görülmektedir. Şiddetli bir depremle karşı karşıya kalınması durumunda, rutin yaşamı ve ekonomiyi aksatan altyapı ve yapı hasarlarının gerçekleşmesi ve daha önemlisi pek çok kişinin hayatının tehlikeye girmesi söz konusu olabilmektedir. Örneğin; 1995 yılında Japonya'da meydana gelen Hnashin depreminin ülkeye maliyeti 110 milyar $ olmuş ve bu tutar ülkenin Gayri Safi Yurtiçi Hasılasının (GSYH) %2,3'üne karşılık gelmiştir. Aynı şekilde 1994 yılında Kaliforniya'da gerçekleşen Northridge depreminde ortaya çıkan dolaylı ve dolaysız maliyetlerin toplamı 20 milyar $ olarak hesaplanmış ve bu tutarın Kaliforniya Eyaleti'nin o yılki GSYH'sının %2,4'üne karşılık geldiği tespit edilmiştir (Nuti, Vanzi, 2003: 701-702). Öte yandan, binanın yıkılıp yeniden yapılması durumunda harcanacak kaynakların elde edilmesi ve bu faaliyetler sırasında çevreye verilecek zararın maliyeti ile, güçlendirme maliyeti ve güçlendirmenin çevreye vereceği zararın maliyeti karşılaştırıldığında, binayı güçlendirmek için yapılan faaliyetlerin binanın yıkılıp yeniden yapılmasına göre daha ekolojik ve düşük maliyetli olacağı bir gerçektir.

Örneklerden de anlaşılacağı üzere deprem, bölge ve ülke ekonomisi üzerinde büyük zararlara neden olabilmekte ve bu zararlara karşı önceden alınan önlemlerin genellikle yetersiz olduğu görülmektedir. Bu nedenle güçlendirme faaliyetlerinin önemi daha belirgin bir şekilde görülmekte, yapıların hasar görebilirliğinin azaltılması ile hem can kaybı hem de ekonomik kayıpların önüne geçilebilmektedir. Bina güçlendirme faaliyetlerinde temel hedef; en uygun ve en iyi teknik yöntemler kullanılarak binanın deprem güvenliğinin artırılması ve bu faaliyetler sırasında zaman, maliyet ve bina sakinlerini minimum düzeyde rahatsız etme kriterlerine dikkat edilmesidir (Tüzün vd., 2009a: 3).

Deprem riskinin yüksek olduğu ülkelerde güçlendirme konusuna daha çok dikkat ve önem verilmesi, güçlendirmenin uygulanabilir olması gereklidir. Deprem bölgelerindeki dayanıksız ve riskli binalar, ortalama şiddetteki bir depremde dayanabileceği en yüksek deprem performansını aşacak ve büyük ihtimalle çökerek bina sakinlerinin ölümüne veya yaralanmalarına neden olacak, hatta bitişikteki ya da yanındaki binalarda da zarara yol açacaktır (Egbelakin, 2014: 449). Bu tipteki binalarda hem can kaybı ve ekonomik kayıpları, hem de sismik riski azaltmak için güçlendirme yapılması gerekmektedir.

Türkiye'nin deprem açısından riskli bir ülke oluşu ve son yıllarda yaşanan deprem vakaları sonucu karşılaşılan ekonomik ve sosyal kayıplar, binaların güçlendirilmesi konusuna daha fazla önem verilmesi gerektiğini göstermiştir. Bu bağlamda, 2007 Yılında yayımlanan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007 Deprem Yönetmeliği) ile yeni yapılacak binalarda Yönetmelik'te belirtilen koşulların dikkate alınması, halihazırda varolan binaların ise Yönetmelik'teki koşullara uygun hale getirilmesi zorunlu kılınmış, bu şekilde özellikle güçlendirme uygulamaları teşvik edilmiştir.

Bir binanın yıkılıp yeniden yapılmasına ya da güçlendirilmesine karar verilirken fiili uygulamalarda "güçlendirme maliyeti/(yıkım+yapım maliyeti)" oranının (bina maliyet oranı) dikkate alındığı tespit edilmiştir. Ancak bina maliyet oranına ilişkin yapılan incelemelerde bu oranın hangi faktörlerden etkilendiği veya oran düzeyinin ne olması gerektiğine dair resmi bir kaynağa rastlanmamıştır.

Sonuç olarak araştırma süresince yapılan literatür taramaları göz önünde bulundurulduğunda ve fiili uygulamalardaki durum incelendiğinde, hem yapı sahipleri hem de bina güçlendirme projesini yürütecek uygulayıcılar için bina güçlendirme konusunda rehberlik sağlayacak yeterli sayıda ve kapsamda yayın olmadığı görülmüştür. Araştırmanın temel amacı bir binanın güçlendirme maliyetini etkileyen faktörlerin neler olduğunun belirlenmesi ve bu faktörlerin güçlendirme maliyeti ve bina maliyet oranı üzerindeki etkisinin ölçülebilmesidir. Bu araştırmanın, hem uygulayıcılara rehberlik sağlayacak bir bilgi kaynağı sunulması, hem de literatürde bu anlamda görülen boşluğun doldurulması için katkıda bulunulması açısından oldukça önemli olduğu düşünülmektedir. Türkiye'nin deprem açısından riskli bir ülke olması, yaşanan deprem vakalarında ortaya çıkan ağır kayıplar ve 2007 Deprem Yönetmeliği ile getirilen zorunluluklar da dikkate alındığında, bina güçlendirme konusu ile ilgili yapılacak her tür akademik çalışmanın büyük önem arz ettiği aşikardır.

Araştırmanın amacı doğrultusunda, öncelikle güçlendirme kavramına kısaca değinilmiş, ardından Türkiye'de deprem olgusu incelenmiş ve son olarak bina güçlendirme faaliyetinin uygulayıcıları konumunda olan inşaat mühendislerinden anket yoluyla elde edilen veriler üzerinden çeşitli analizler yapılmıştır. Veri analizi sonucu elde edilen bulguların değerlendirilmesinin ardından, araştırmanın sonuç bölümünde önerilerde bulunulmuştur.

I. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu başlık altında kavramsal olarak binalarda güçlendirme olgusu ve Türkiye'deki deprem gerçeğine değinilmiştir.

A. YAPI GÜÇLENDİRME KAVRAMI

Güçlendirme kavramı, Türkiye'de özellikle 1999 yılında yaşanan depremlerden sonra önem kazanmış ve olası bir İstanbul veya Marmara depremi için özellikle bu bölgede önlem alınması amacıyla binaların güçlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Güçlendirme, bir binanın kolon, giriş, perde, birleşim bölgeleri gibi taşıyıcı sistem elemanlarının desteklenmesi olarak tanımlanmaktadır. Güçlendirme işlemi yapılmadan önce binanın depreme dayanıklılığının güncel yönetmeliklere uygun olarak değerlendirilmesi ve güçlendirme projesinin boyutlarının belirlenmesi gerekmektedir (Tüzün vd., 2009a: 4). Bir binanın deprem karşısında göstereceği davranış; binanın ağırlığı, taşıyıcı elamanların konumu ve boyutları, zemin tipi, yapı-zemin etkileşimi, vb. gibi yapısal özelliklerin yanı sıra mimari tasarımından da etkilenmektedir (Altun vd., 2003: 1). Bu nedenle güçlendirmesi yapılacak binanın güçlendirme faaliyetine başlanmadan önce ayrıntılı olarak incelenmesi ve gerekli ön hazırlıkların yapılması, güçlendirmenin başarılı olması için büyük önem taşımaktadır.

Bina güçlendirmeye ilişkin aşamalar; güçlendirme kararının verilmesi, güçlendirme faaliyetine başlanmadan önce güçlendirme ile ilgili hukuksal işlemlerin tamamlanması, deprem güvenliğinin belirlenmesi, binaya ait genel bilgilerin edinilmesi ve saha incelemelerinin yapılması, güçlendirme projesinin hazırlanması, güçlendirme projesinin uygulanması ve son olarak geri kazanılabilecek malzemelerin ve kırılan duvar, döşeme, vb. gibi molozların nakliyesinden oluşmaktadır (Tüzün vd., 2009b: 35-36; Aydınoğlu vd., 2009: 91). Güçlendirme faaliyeti; kolonların ve kirişlerin sarılması, kolonların eğilme kapasitelerinin arttırılması, dolgu duvarların güçlendirilmesi, pencere, kapı ve dolap boşluklarının kapatılması ile duvarın kesme kapasitesinin arttırılması, düz yüzeyli betonarme kalıbının yapılması ve betonun atılması, filiz ekimi, hazır beton dökülmesi, kirişlerin güçlendirilmesi, kireç-çimento karışımı harçla düz sıva yapılması, astar çekimi ve boya yapımı, iç mekânlardaki döşeme kaplaması, sıhhi tesisatın yenilenmesi, elektrik tesisatının yenilenmesi, vb. gibi çok sayıda faaliyetten oluşmaktadır (Aydınoğlu vd., 2009: 104).

Güçlendirme sırasında yapılacak faaliyetler ve dolayısıyla bu faaliyetlere bağlı olarak güçlendirme maliyetleri, güçlendirmenin yöntemine göre farklılık gösterebilmektedir. Uygulamada yaygın olarak kullanılan güçlendirme yöntemleri; kiriş ve kolonlar gibi yapı elemanlarının güçlendirmesi (dıştan etriye ekleme, çelik levha yapıştırma, lifli polimer sargı, mantolama, betonarme sargı, çelik sargı, vb.), sistem güçlendirmesi olarak dolgu duvarların güçlendirilmesi (hasır çelik donatılı özel sıva, lifli polimer sargı, prefabrike beton panel) ve betonarme taşıyıcı sistemlerin güçlendirilmesi (çerçeve düzlemi içinde betonarme perde eklenmesi, çerçeve düzlemine bitişik betonarme perde eklenmesi) ve yığma yapıların güçlendirilmesi olarak sıralanabilir (Tüzün vd,, 2009a: 4).

Bütün bunlara ek olarak, gelişen teknoloji ile birlikte son yıllarda yapı güçlendirmede yalıtım sistemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Yalıtım sistemleri, binanın yatay yük taşıyıcı sistemine gelen deprem kuvvetlerini azaltabilen ve binanın temel üstü seviyesine yerleştirilen sistemlerdir. Bir diğer yeni güçlendirme yöntemi ise deprem sırasında yapıyı etkileyen kuvvetlerin yaratacağı

enerjinin önceden belirlenen noktalarda sönümlenmesini sağlayan özel üretilmiş araçların kullanılmasıdır (Tüzün vd,, 2009a: 16). Naja ve Baytiyeh (2014) farklı yapı güçlendirme yöntemlerinin, metrekare başına ortalama güçlendirme maliyetlerini ve en önemli avantaj ve dezavantajlarını Tablo 1'de kısaca özetlemişlerdir.

Tablo 1: Farklı Yapı Güçlendirme Yöntemlerine Göre Ortalama Maliyetler

Güçlendirme Yöntemi	Maliyet / m^2 ($)	Açıklama
Çelik çapraz takviye	81	En düşük maliyetli yöntemdir. Bina, uygulama sürecinde kullanılmaya devam edilebilir.
Kolonların genişletilmesi	103	Mimari açıdan görünümü hoş değildir ve uygulama sürecinde binanın kullanımını engeller.
Perde duvar	123	Maliyet açısından avantajlıdır, ancak uygulama sürecinde binanın kullanımını engeller.
Çelik mantolama	154	Pahalı bir yöntemdir. Estetik açıdan avantajlıdır, ancak uygulama sürecinde binanın kullanımını engeller.
Kolonların lifli polimer sargı ile sarılması	196	En pahalı ve estetik olarak en çok tercih edilen yöntemdir. Uygulama sürecinde binanın kullanımını engellemez.

Kaynak: Naja, Baytiyeh, 2014: 163.

Tablo 1'de görüldüğü gibi bir binanın güçlendirilmesinde kolonların lifli polimer sargı ile sarılması en maliyetli güçlendirme yöntemi iken, çelik çapraz takviye işlemi en ucuz yöntemdir. Güçlendirme faaliyetleri özellikle deprem bölgelerinde bulunan binalar düşünüldüğünde, binanın yapısal özellikleri ve bulunduğu konumun niteliği gibi pek çok değişkene bağlı olarak oldukça yüksek maliyetlere katlanılmasını gerektirebilmektedir. Ancak, olası bir deprem senaryosu karşısında ortaya çıkabilecek can kayıpları ve depremin ülke ekonomisinde neden olacağı zarar dikkate alındığında, "önlemin tedavi etmekten daha iyi olduğu" gerçeği akıllara gelmekte ve bina güçlendirmenin önemi bir kez daha kavranmaktadır (Nuti, Vanzi, 2003: 702).

B. TÜRKİYE'DE DEPREMLER VE BİNA GÜÇLENDİRME İHTİYACI

Türkiye Kuzey ve Doğu Anadolu Fay Hattı olmak üzere iki ayrı fay hattı üzerinde yer almakta ve birinci dereceden beşinci dereceye kadar beş farklı deprem bölgesine ayrılmaktadır (Tüzün vd., 2009b: 8). Aktif faylar üzerinde yer alan Türkiye'nin tarihinde çok sayıda ve büyüklükte deprem vakası bulunmasına rağmen, deprem olgusu özellikle 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi ile önem kazanmış, bu nedenle 2007 Deprem Yönetmeliği ile binaların bulundurmaları gereken asgari nitelikler tekrar gözden geçirilmiştir.

17 Ağustos 1999 Kocaeli (Gölcük) ve 12 Kasım 1999 Düzce Depremleri sonucu ortaya çıkan bina kayıplarının tutarı yaklaşık 5 milyar $, endüstriyel kuruluş ve KOBİ'lere ait bina kayıplarının tutarı ise sırasıyla 2 milyar $ ve 1 milyar $ olarak raporlanmıştır. Depremlerin Türkiye sosyo-ekonomisi üzerindeki dolaylı etkileri yaklaşık 16 milyar $ olarak tahmin edilmekte ve bu da Türkiye GSYH'sının yaklaşık %7'sine karşılık gelmektedir (Erdik, 2001: 149). Bir diğer çalışmaya göre ise, bu depremlerin ülke ekonomisine verdiği fiziksel, sosyal ve ekonomik zararlar 20 milyar $ olarak hesaplanmıştır (Boylu, 2005: 1). Depremlerde %70'i orta ve hafif, %25'i ağır hasar görmüş ve %5'i tamamen yıkılmış olmak üzere yaklaşık 52.000 bina hasar görmüştür. Hasarlı binaların %45'i ise kullanılamaz duruma gelmiştir (Tüzün vd., 2009b: 13). Bu depremlerde yaklaşık 16.400 bina çökmüş veya ağır hasar görmüştür. Bu da 93.000 konut ve 15.000 küçük işletme binasına karşılık gelmektedir. Diğer taraftan 220.000 konut ve 21.000 küçük işletme binası depremlerde hafif/orta düzeyde hasara uğramıştır. Bu iki depremde hayatını kaybedenlerin sayısı 18.373 olarak raporlanırken, 48.901 kişi yaralanmış ve yaralananların %40'ı kalıcı olarak engelli hale gelmiştir. Depremler sonucu evlerini kaybeden ya da terketmek zorunda kalanların sayısı toplamda 600.000 kişi olarak tespit edilmiştir (Erdik, 2001: 165).

Sismik ölçümlerde, Türkiye'nin deprem açısından dünyadaki en aktif ülkelerden biri olduğu görülmektedir. Türkiye'nin en kalabalık ve nüfus açısından en yoğun şehri olan İstanbul'un, gelecek 20 yıl içinde Marmara Denizi'nde % 35-70 olasılıkla gerçekleşmesi muhtemel en fazla 7 büyüklüğündeki bir depremden etkileneceği tahmin edilmektedir (Karaman, Erden, 2014: 688). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yapılan açıklamada Türkiye'de yaklaşık 7 milyon binanın depreme karşı dayanıksız olduğu, 14 milyon konutun %15-20'sinin deprem dayanıklılığının yetersiz olduğu ve bu binaların 1975 yılı öncesinde inşa edildiği belirtilmektedir. Ayrıca, Türkiye'de afet riskleri yönünden incelenmesi gereken 14 milyon konutun dönüşüm maliyetinin 500 milyar TL olacağı tahmin edilmektedir. Sadece Bursa'da 2012 yılı rakamlarına göre yaklaşık 700 bin konuttan 200-250 bininin güçlendirilmesi gerekli görülmekte, özellikle İstanbul, Kocaeli, Bursa ve İzmir gibi nüfus yoğunluğu fazla ve birinci derece deprem bölgesinde yer alan illerde bulunan binaların ise deprem davranışları açısından değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

Benzer şekilde bir başka çalışmada, İstanbul'da yaklaşık 800 bin bina bulunduğu ve bu binaların %5'inin yani yaklaşık 35-40 bininin olası bir deprem sonucunda tamamıyle çökeceğini, yaklaşık 70 bininin geniş çaplı hasar alacağını, 200 bininin ise hafif düzeyde hasar göreceği öngörülmüştür. Ayrıca, hafif ve orta hasarlı binalar da dikkate alındığında, toplam maddi zararın yaklaşık 11 milyar $'ı bulacağı ve yaklaşık 500 bin hanehalkının deprem sonrası barınma ihtiyacının ortaya çıkacağı tahmin edilmektedir (Erdik, Durukal, 2008: 182). Aynı senaryoya göre sadece binalardan kaynaklanan ekonomik zarar 10 milyar $ ve toplam zarar 40 milyar $ olarak hesaplanmakta ve bu tutarın Türkiye GSYH'sının %20'sine karşılık geldiği ifade edilmektedir (Erdik, 2005: 54).

Türkiye'de 1980-2010 yılları arasında inşa edilen yapıların %88,80'i konutlardan oluşmaktadır (Sancak, Karaman, 2015: 12). Nüfus ve Vatandaşlık İşleri

Genel Müdürlüğü (NVİGM) tarafından belirli periyotlarla hazırlanan istatistiklere göre, 2008 yılı itibariyle Türkiye'deki toplam konut sayısı 15.514.953 iken bu sayının 01.03.2013 tarihi itibariyle %4,71'lik artış göstererek 16.245.901'e yükseldiği görülmektedir. Konut sayısı açısından en fazla bina stoğuna sahip bölge Marmara Bölgesi olup, 2013 yılında bölgedeki konut sayısı 3.274.023 olarak tespit edilmiştir (Milliyet, 2008, t.y.). Bu durumda olası bir depremde çok daha fazla sayıda yapının zarar görmesi ihtimali ortaya çıkmakta, bu nedenle özellikle yapı güçlendirme çalışmalarına hız ve önem verilmesi gerektiğine inanılmaktadır.

2007 Yılı Mart ayında yürürlüğe giren "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" ile, yönetmeliğin Resmi Gazete'de yayımlanmasından sonra yapılacak yeni binaların depreme dayanıklı olarak yapılması öngörülmüştür. Yönetmeliğin temel amacı, yeni binaların yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının hafif şiddetteki bir deprem karşısında hasar görmemesinin sağlanması, orta şiddetteki bir depremde binanın en fazla onarılabilir düzeyde hasar görmesi ve şiddetli depremlerde ise can kaybının önlenmesi ve binanın kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır. Bu tarihten önce yapılmış binalar için ise Yönetmelikte belirlenen yöntemler ışığında değerlendirme yapılması ve gerekirse Yönetmelikte yeralan hesap kuralları ve ilkeler doğrultusunda güçlendirme yapılması öngörülmüştür (Tüzün vd., 2009a: 2; Deprem Yönetmeliği, 2007: Md.1.2.1.).

2007 Deprem Yönetmeliği'ne bağlı olarak Türkiye'de pek çok yapının güçlendirilmesi gerekmektedir. Güçlendirme kararının verilebilmesi için ise güçlendirme maliyetleri ve bu maliyetleri etkileyen faktörlerin neler olduğunun bilinmesi gerekir. Araştırma sırasında yapılan literatür çalışmalarında bu faktörlerden bazılarının tespit edildiği, ancak bazı faktörlerle ilgili araştırma yapılmadığı görülmüştür. Dolayısıyla bu araştırma ile literatüre bu anlamda katkıda bulunulması ve bulguların uygulayıcıların kullanımına sunulması, araştırmanın gerekliliğini ve özgünlüğünü ortaya koymaktadır.

II. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürde binaların güçlendirilmesi ile ilgili teknik konularda yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Ancak araştırmanın literatür özetinde bu çalışmalardan daha ziyade güçlendirme konusunun maliyetler açısından değerlendirildiği çalışmalar incelenmiştir.

Uluslararası düzeyde Williams ve diğerleri (2009) tarafından yapılan araştırmada, bir yapının depreme karşı dayanıklılığının en uygun maliyetlerle arttırılması ve ekonomik analizine yönelik incelemelerde bulunulmuştur. Araştırmada, Memphis ve San Francisco'da bulunan birbirine benzer iki ayrı binanın sismik risklere karşı yapısal güçlendirmesi ve güçlendirmenin beklenen ekonomik faydaları incelemişlerdir. Araştırma sonucunda, yüksek ihtimalle pek çok durum için San Francisco'da bulunan bir binanın sismik güçlendirmesinin yapılabilmesi için, Memphis'te bulunan bir binadan daha çok finansman ihtiyacı olacağı tespit edilmiştir.

Başka bir araştırmada Ray-Chaudhuri ve Shinozuka (2010), bir hastane binasını incelemiş ve hastane, itfaiye, vb. gibi önem katsayısı yüksek binaların, deprem gibi doğal afetler karşısında sadece kolon, kiriş, vb. gibi yapısal elemanlar açısından değil, diğer elemanlar açısından da işlevselliğini korumaları için en uygun maliyetle dayanıklılığının nasıl sağlanabileceğini incelemişlerdir. Benzer bir araştırmada Kusar ve diğerleri (2013), net bugünkü değer yöntemini kullanarak özellikle maliyetler ve yapı bütünlüğü açısından çeşitli güçlendirme yöntemi senaryolarından hangisinin daha uygun olduğunu incelemişlerdir.

Güçlendirme konusu ile ilgili literatürde en fazla rastlanan araştırma konularından biri de yenileme, güçlendirme, uyarlanabilir yeniden kullanım, vb. gibi yöntemler kullanılarak yapının geliştirilmesi kararının verilmesiyle ilgili konulardır. Buna göre, yapılan uluslararası bir araştırmada Nuti ve Vanzi (2003), güçlendirme yapmak mı yapmamak mı sorusunu İtalya'daki bir anayol köprüsünü ve bir hastaneyi inceleyerek cevaplamaya çalışmışlardır. Güçlendirme maliyetlerine katlanıp katlanılmaması sorusuna ise, güçlendirme yapılması ve yapılmaması halinde olası bir deprem sonrası yapıyla ilgili ortaya çıkacak maliyetleri hesaplayarak ve karşılaştırma yaparak karar vermişlerdir. Diğer bir çalışmada Bullen ve Love (2010), Avustralya'nın Perth şehrinde bir binanın uyarlanabilir yeniden kullanımı veya yıkımı kararını etkileyen faktörleri derinlemesine mülakat yöntemi ile tespit etmişlerdir. Araştırmada yapılan literatür özetlerinde genel olarak binanın onarımının, yıkımdan daha düşük maliyetli olduğu tespit edilmiştir.

Benzer bir araştırma Egbelakin ve diğerleri tarafından 2014 yılında Yeni Zelanda'da yapılmıştır. Yazarlar, deprem bölgesinde bulunan binalarla ilgili sismik riski azaltma kararının verilmesi konusunda vaka analizleri yapmışlar ve mülakat yöntemi ile bu bölgelerde yaşayan bina sahibi veya ilgili taraflardan veri elde etmişlerdir. Araştırma sonucunda, katılımcının karakteristik özellikleri, yapı güçlendirme maliyetleri, yüksek sigorta primleri ve vergi avantajları ve yapının pazar koşulları gibi faktörlerin güçlendirme kararının verilmesinde etkili olduğu görülmüştür. Bir başka araştırma Bruce ve diğerleri (2015) tarafından Avustralya'da yapılmış ve yine mülakat yöntemi ile güçlendirme kararının verilmesinde etkili olan faktörler araştırılmıştır. Araştırma sonucunda en etkili faktörün enerji etkinliğinin arttırılması olduğu, bunu devlet teşviklerinin ve mevzuatta bulunan zorunlulukların takip ettiği tespit edilmiştir.

Uluslararası literatürde okul binaları gibi kamu binalarının güçlendirilmesi konusunda yapılan araştırmalardan birinde Nakano (2004), 1995 Kobe depremi sonrası zarar gören okulların maddi zararlarını, okulların hasar görebilirliğini etkileyen faktörleri, güçlendirme için verilen devlet teşviklerini ve çeşitli güçlendirme uygulamalarını incelemiştir. Diğer bir araştırma Tayvan'ın Taipei şehrinde yapılmış ve 16 adet okul binasının güçlendirilmesi, ekonomik ve ekolojik etkiler yönünden incelenmiştir. Araştırmada her iki yönden de güçlendirmenin pozitif geri ödeme süresine sahip olduğu tespit edilmiştir (Chiu vd., 2013: 112).

Benzer bir araştırma Naja ve Baytiyeh (2014) tarafından yapılmış ve yazarlar Lübnan'daki okul binalarının güçlendirilmesi gerekliliği üzerinde durmuşlardır. Araştırma sonucunda depremin açacağı sosyal yaralar da dikkate alındığında, dep-

rem öncesi okul binalarının güçlendirilmesinin her açıdan çok daha avantajlı olduğu görülmüştür. Yine başka bir araştırmada İran'da deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde yer alan 158 okulun sismik güçlendirme projeleri analiz edilmiş ve güçlendirme maliyetini hesaplamak için çoklu regresyon analizi kullanılmıştır. Araştırma sırasında kurulan modele göre, güçlendirme maliyeti ile en çok ilişkili olan değişken binanın toplam alanıdır. Bunu takip eden diğer değişkenler ise; binanın oda sayısı, ağırlığı, sismik durumu, zemin tipi, bina planındaki değişiklik ve binanın yapısal özellikleridir (Jafarzadeh vd., 2014: 3-4).

Türkiye'de yapı güçlendirme konusunda yapılan araştırmalardan birinde Yanmaz ve Luş (2005), Kadıköy'de bulunan örnek bir binanın olası bir deprem karşısında ortaya çıkacak hasar düzeyini tespit etmiş, ardından buna yönelik güçlendirme projesi hazırlayarak fayda/maliyet analizi yapmışlardır. Bir diğer araştırmada Özkan ve Muratoğlu (2005), diğer tüm koşullar aynı kalmakla birlikte sadece deprem bölgesinin farklılaşmasının bina maliyetine etkisini incelemiştir. Araştırma sonucunda bir paket programı yardımıyla simüle edilen binanın farklı deprem bölgelerindeki güçlendirme maliyetleri regresyon analizi ile karşılaştırılmış ve deprem bölgesi ile güçlendirme maliyeti arasında bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Buna göre, 1. derece deprem bölgesinde yapı güçlendirme maliyeti daha fazla iken, 4. derece deprem bölgesinde daha düşüktür.

Benzer bir araştırma Severcan ve diğerleri tarafından (2007) yapılmış ve yazarlar çalışmalarında 12 katlı bir binanın deprem güvenilirliğinin sağlanmasında kullanılabilecek güçlendirme yöntemlerini ve bunların maliyetlerini karşılaştırmışlardır. Araştırma sonucunda, kolonların güçlendirilmesinde beton mantolama tekniğinin, kirişlerin güçlendirilmesinde ise fiber karbon uygulamalarının daha düşük maliyetli olduğu tespit edilmiştir. Başka bir araştırmada Altun ve diğerleri (2003), 1999 Kocaeli Depremi'nde hasar görmüş bir yapının güçlendirilmesini yapmış ve araştırmada özellikle bina beton basınç dayanımı, zemin özellikleri, donatı durumu gibi faktörleri ayrıntılı olarak incelemişlerdir. Okul binaları gibi kamu binalarının güçlendirilmesi maliyetleri ile bina yapı özelliklerinin incelendiği ulusal araştırmalara Sayar ve diğerleri (2013) tarafından yapılan araştırma örnek olarak gösterilebilir. Yazarlar araştırmalarında 294 adet okul ve idare binasının güçlendirme maliyeti ile binaların yapı özellikleri arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak ortaya koymaya çalışmışlardır.

Ulusal bazda binaların güçlendirilmesi ile ilgili yapılan çeşitli tez çalışmalarından birinde Boylu (2005), İzmir'de bulunan betonarme yapıların sismik güçlendirmelerinin fayda/maliyet analizini çıkarmıştır. Bir başka araştırmada Bilen (2010), bir sitenin bir bloğu üzerinde güçlendirme uygulaması yapmış ve bu blogun sıfırdan yapılmasının maliyeti ile güçlendirme maliyetini karşılaştırmıştır. Uygulama sonucunda bu oran %13 olarak hesaplanmış ve güçlendirme faaliyetinin ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır.

Literatür özeti bölümünde bina güçlendirme maliyeti ve bu maliyeti etkileyen faktörlerin neler olduğu konusunu inceleyen araştırmalar incelenmiştir. Bu araştırmalardan yola çıkılarak bina güçlendirme maliyetini etkileyen faktörler derlenmiş ve bu faktörlerin genel olarak kat sayısı (veya yapı yüksekliği), binanın

bulunduğu bölgenin deprem sınıfı, binanın toplam alanı (m^2), zemin tipi, bina yaşı, vb. olduğu görülmüştür.

Ancak, bu araştırmalarda binanın deprem hasar düzeyi ve bina statiği gibi faktörlerle ilgili inceleme yapılmadığı tespit edilmiştir. Literatürdeki araştırmalardan farklı olarak bu araştırmada eksik görülen bu faktörler de konuya dâhil edilmiş ve bina güçlendirme maliyetini etkileyen faktörler daha kapsamlı olarak analiz edilmiştir. Ayrıca bu araştırmada literatürdeki çoğu araştırmadan farklı ve ulusal bazda yapılmış araştırmalarda henüz uygulanmamış bir yöntem olarak bina güçlendirme maliyetini etkileyen faktörlerin tespiti, genelleme yapılabilmesi için anket yöntemi ile yapılmış ve inşaat mühendisleri ve uygulayıcıların konu hakkındaki görüşleri edinilmiştir.

III. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Araştırmanın veri seti anket yöntemi ile oluşturulmuştur. Ancak literatürde bu konuda uygulanmış standart bir ölçeğe rastlanmadığı için, yeni bir anket ölçeği geliştirilmiştir. Yapılan literatür taraması sonucu bina güçlendirme maliyeti ile ilgili görülen faktörler biraraya getirilerek bir anket formu oluşturulmuş ve bu faktörler araştırmanın değişkenleri olarak kabul edilmiştir. Ankette kullanılan değişkenler ve bu değişkenlerin belirlendiği ilgili literatür çalışmaları Tablo 2'de listelenmiştir.

Tablo 2: Anketin Oluşturulmasında Yararlanılan Çalışmalar

Değişkenler	Kaynaklar
Kat sayısı (yapı yüksekliği)	Çıracı, 1996; Emsley vd., 2002; Lowe vd. 2006; Yaman, Taş, 2007; Severcan vd., 2007; Wang vd., 2012.
Binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı	Özkan, Muratoğlu 2005; Dorum vd., 2006; Severcan vd., 2007; Wang vd., 2012; Jafarzadeh vd., 2014.
Konum (ana cadde üzeri, şehir merkezi, kırsal alan, vb.)	Emsley vd., 2002; Lowe vd., 2006; Chang, 2012; Kusar vd., 2013; Cheng, 2014.
Bina beton basınç dayanımı (MPa)	Severcan vd., 2007; Wang vd., 2012; Sayar vd., 2013.
Önem katsayısı	Severcan vd., 2007; Williams vd., 2009.
Donatı çeliği sınıfı	Severcan vd., 2007.
Binanın deprem hasar düzeyi	-----
Bina statiği	-----
Binanın toplam alanı (m^2)	Çıracı, 1996; Emsley vd., 2002; Lowe vd. 2006; Yaman, Taş, 2007; Severcan vd., 2007; Sönmez, 2008; Wang vd., 2012.
Binanın yapı tipi	Wang vd., 2012; Cheng, 2014.
Binanın yaşı	Bender, 1979; Nuti, Vanzi, 2003; Kusar vd. 2013; Sayar vd., 2013; Jafarzadeh vd., 2014; Bruce vd., 2015.
Zemin tipi	Çıracı, 1996; Altun vd., 2003; Dorum vd., 2006; Severcan vd., 2007; Chang, 2012; Wang vd., 2012; Jafarzadeh vd., 2014.
Binanın kalitesi	Bender, 1979; Emsley vd., 2002; Lowe vd., 2006; Chang, 2012; Cheng, 2014.

Değişkenlerin tespiti ve anket formunun oluşturulmasının ardından, anket formu pilot çalışma olarak 5 akademisyen, 5 mimar ve 5 inşaat mühendisine uygulanmış ve yapı güçlendirme konusunda bilgi ve deneyim sahibi olan farklı uygulama alanlarından 15 kişinin görüşleri alınarak ölçek tekrar düzenlenmiştir. Sonuç olarak anket formu, inşaat mühendislerinin demografik özelliklerini öğrenmeye yönelik 4 soru, bina maliyet oranına dair 1 soru ve üç ayrı ölçek halinde; güçlendirmeyi tercih etme nedenlerine dair 9 ifade, güçlendirme maliyetini etkileyen değişkenlere dair 13 ifade ve güçlendirme maliyeti kalemlerine dair 5 ifadeden oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Katılımcılardan, ankette yöneltilen ifadelere "1 - en az önemli" ve "5 - en çok önemli" olacak şekilde cevap vermeleri istenmiştir.

Tesadüfi örnekleme yöntemi ile seçilmiş deprem riski bulunan bazı illerdeki Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB) İnşaat Mühendisleri Odası Şubeleri araştırma kapsamına alınmıştır. Buna göre, çalışmanın evrenini, deprem riski bulunan bölgelerde faaliyetlerini sürdürmekte olan, güçlendirme konusunda tecrübeli inşaat mühendisleri ve yine aynı bölgelerde bulunan üniversitelerdeki inşaat mühendisliği bölümü yapı alanında uzman akademisyenler oluşturmaktadır. Anketin uygulanacağı İnşaat Mühendisleri Odası Şubeleri 1. derecede deprem bölgesinde bulunan iller öncelikli tutularak seçilmiştir.

Türkiye'de 2014 yılı verilerine göre, TMMOB İnşaat mühendisleri odalarına kayıtlı inşaat mühendisi sayısı 95.209'dur. Bu araştırmada örneklem dahilinde İstanbul, Bursa, Kocaeli, Sakarya, İzmir ve Samsun İnşaat Mühendisleri Odası Şubeleri'ne kayıtlı inşaat mühendislerine ulaşılmıştır. Tablo 3'te örneklemde yer alan Şubelere bağlı iller ve kayıtlı üye sayılarına yer verilmiştir.

Tablo 3: Anketin Uygulandığı Şubeler ve Kayıtlı İnşaat Mühendisi Sayıları

İnşaat Mühendisleri Odası Şubesi	Bölge	Odaya Bağlı Olan Diğer İller	Üye İnşaat Mühendisi Sayısı	Anketi Dönüş Sayısı
İstanbul	Marmara	Kırklareli, Edirne	25.171	263
Bursa	Marmara	Bilecik, Kütahya, Yalova	3.454	25
Kocaeli	Marmara	-	1.950	1
Sakarya	Marmara	-	919	5
İzmir	Ege	-	7.288	89
Samsun	Karadeniz ve İç Anadolu	Amasya, Ordu, Sinop, Tokat, Yozgat	2.307	14
Toplam			**41.089**	**397**

Tablo 3'te belirtildiği üzere toplamda 397 katılımcıdan geri anket formunu yanıtlamış, ancak anket formundaki bazı ifadeleri eksik yanıtlayan katılımcılar örneklemden çıkarıldıktan sonra geriye kalan 385 anket araştırmanın veri setini oluşturmuştur. Araştırmanın örneklemi olan 385 anketin örnek büyüklüğünün %5 anlamlılık ve örnekleme hatası düzeyinde yeterli olduğu sonucuna varılmıştır (Baş, Akturan, 2013: 40). Anket formunu yanıtlayanların büyük çoğunluğunun

Marmara Bölgesi'nde faaliyet gösteren inşaat mühendisi ve akademisyenlerden oluştuğu görülmüştür. Bu sonuç, bu bölgedeki kayıtlı üye sayısının diğer bölgelere göre çok daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

IV. VERİLERİN ANALİZİ VE BULGULAR

Araştırmanın veri analizi kısmında ilk olarak tanımlayıcı istatistiklere yer verilmiş, ardından veriler faktör analizine tabi tutularak, elde edilen faktörlerin bina maliyet oranı üzerindeki etkisi çoklu doğrusal regresyon analizi ile tahmin edilmiştir. Analizler sonucu elde edilen bulgular aşağıdaki başlıklarda sunulmuştur.

A. TANIMLAYICI İSTATİSTİKLER

Tanımlayıcı istatistikler ile inşaat mühendislerine ait tecrübe, meslek, kurum ve şehir bilgilerine dair ortalamalar, frekans ve yüzdeler incelenmiştir. Tablo 4'e göre anketi yanıtlayanların 27'si inşaat mühendisi/akademisyen ve 358'i inşaat mühendisidir. Katılımcılardan %24,90'ı 11-20 yıl arası deneyime sahip bulunmaktadır. Katılımcıların %76,10'u özel şirketlerde çalışmaktadır. Katılımcıların görevlerini sürdürdükleri şehirler sırasıyla; %67,50'si İstanbul, %21,30'u İzmir, %6,20'si Bursa, %3,60'ı Samsun, %1'i Sakarya ve %0,30'u Kocaeli'dir. Özellikle 1999 Kocaeli Depremi'nin yaşandığı Kocaeli'den daha fazla katılımcıya ulaşabilmek için TMMOB Kocaeli İnşaat Mühendisleri Odası ile çok sayıda görüşme yapılmış ancak 1 kişiden geri dönüş sağlanabilmiştir.

Tablo 4: Katımcıların Demografik Özelliklerine Göre Frekans Dağılımları

Tecrübe (Yıl)	Frekans	%	Meslek	Frekans	%
1-5	95	24,70	İnşaat Mühendisi	358	93,00
6-10	87	22,60	İnşaat Mühendisi / Akademisyen	27	7,00
11-20	96	24,90	Toplam	385	100,00
21-30	44	11,40	**Şehir**	**Frekans**	**%**
31 ve üstü	63	16,40	İstanbul	260	67,50
Kurum	**Frekans**	**%**	İzmir	82	21,30
Üniversite	27	7,00	Bursa	24	6,20
Özel Şirket	293	76,10	Sakarya	4	1,00
Kamu	40	10,40	Samsun	14	3,60
Gayrimenkul Değerleme Şirketi	2	0,50	Kocaeli	1	0,30
Yapı Denetim	23	6,00	**Toplam**	**385**	**100,00**

İnşaat mühendislerine bir binanın yıkılarak yeniden yapılmasında kullanılan bina maliyet oranının kaç olması halinde binayı yıkıp yeniden yapmayı tercih edecekleri sorulmuş ve verilen yanıtlar Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5: Bina Maliyet Oranı Frekans Sonuçları

Bina Maliyet Oranı	Frekans	%
%1 ile %20 arasında	24	6,23
%21 ile %39 arasında	69	17,92
%40	98	25,45
%41 ile %50 arasında	90	23,38
%51 ile %70 arasında	88	22,86
%71 ile %100 arasında	16	4,16
Toplam	**385**	**100,00**

Tablo 5'te inşaat mühendislerinin kaçının T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından tavsiye edilen %40'lık oranı belirttiklerinin net bir şekilde görülebilmesi için sınıflandırmada %40 seçeneği tek başına verilmiştir. Tablo 5'te görüldüğü gibi katılımcıların %25,45'inin yanıtının bina maliyet oranı için Bakanlık tarafından tavsiye edilen %40 oranı ile örtüştüğü görülmüştür. Diğer taraftan katılımcıların toplamda %24,15'i bu oranın %40'tan düşük hesaplanması halinde de binayı yıkıp yeniden yapma kararı alabileceklerini ifade ederken, yine katılımcıların toplamda %50,40'ı bu oran ancak %40'ın üzerinde olursa yıkıp yeniden yapma kararı alabileceklerini ifade etmişlerdir. Bütün katılımcıların bu soruya vermiş oldukları yanıtların ortalaması ise %45,75 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 6: Bina Güçlendirme Nedenlerinin Tanımlayıcı İstatistik Sonuçları (n=385)

Binayı Güçlendirme Nedenleri	Ort.	Standart Sapma	Ağırlık (%)
Binanın hukuksal açından (tarihi bina olması, imar problemi, sit alanı, vs.) yıkılıp yeniden yapıma elverişli olmaması	**4,37**	1,004	13,62
Deprem performans düzeylerinin sağlanması	**4,12**	1,045	12,78
Binanın yasal zorunluluklar açısından yeterli olması (minimum beton dayanımı, kolon/kiriş boyutları, donatı yeterliliği, bina statiği, vb.)	**3,93**	1,079	12,13
Yıkıp yeniden yapma maliyetinin güçlendirme maliyetine oranla çok yüksek olması	**3,78**	1,236	11,64
Bina yıkılıp yeniden yapıldığında kat sayısı kaybına uğramamak	**3,56**	1,292	10,89
Binanın hafif / orta hasarlı olması	**3,55**	1,025	10,98
Bina sahibinin kişisel durumu ve tercihleri (ekonomik güç, vb.)	**3,35**	1,204	10,31
Yeni bina yapımı için alınacak yasal izinlerin yüksek maliyetli olması	**3,03**	1,303	9,15
Binanın bitişik nizam olması	**2,94**	1,324	8,57

Tablo 6'da inşaat mühendislerinin bir binayı yıkıp yeniden yapmak yerine, güçlendirmeyi tercih etme nedenlerini önem derecesine göre sıralamaları istenmiştir. En önemli 3 neden olarak; hukuksal açıdan binanın yıkılıp yeniden yapmaya elverişli olmaması (ortalama=4,37 / standart sapma=1,004 / ağırlık=%13,62), deprem performans düzeylerinin yeterli olması (ortalama=4,12 / standart sapma=1,045 / ağırlık=%12,78) ve binanın yasal zorunlulukları karşılıyor olması (ortalama=3,93 / standart sapma=1,079 / ağırlık=%12,13) sıralanmış, en az önemli neden ise binanın bitişik nizam olması (ortalama=2,94 / standart sapma=1,324 / ağırlık=%8,57) olarak belirtilmiştir. Tarihi nitelik taşıyan bir binanın yıkılıp yeniden yapılması söz konusu değildir. Aynı şekilde binanın bulunduğu arsa ile ilgili hukuksal sorunlar varsa, bina sahibi sahip olduğu yasal haklarını kaybetmemek için maliyet her ne olursa olsun yıkım yerine güçlendirmeyi tercih etmektedir. Diğer taraftan, inşaat mühendisleri ile yapılan ön görüşmelerde bitişik nizam olan binalarda yıkımın pek elverişli olmadığı ve bu nedenle çok fazla tercih edilmediği ifade edilmiş, ancak anketlerden elde edilen sonuçlarda bu değişkenin güçlendirme kararı üzerinde beklendiği düzeyde etkili olmadığı görülmüştür.

Tablo 7'de inşaat mühendislerine, bir binanın güçlendirme maliyetlerini etkileyen faktörlerin toplam güçlendirme maliyeti içerisindeki önem derecesi sorulmuş ve en önemli üç faktörün; binanın deprem hasar düzeyi (ortalama=4,54 / standart sapma=0,739 / ağırlık=%8,94), bina statiği (ortalama=4,38 / standart sapma=0,858 / ağırlık=%8,61) ve binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı (ortalama=4,28 / standart sapma=0,958 / ağırlık=%8,36) olarak sıralandığı görülmüştür. Diğer taraftan inşaat mühendislerine göre toplam güçlendirme maliyeti üzerinde en az etkili değişken ise binanın konumudur (ortalama=3,14 / standart sapma=1,224 / ağırlık=%6,15). Verilen yanıtlarda görüldüğü üzere, güçlendirme maliyeti genel olarak deprem olgusu ve deprem güvenliğine yönelik değişkenlerden oldukça etkilenmektedir.

Tablo 7: Güçlendirme Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistik Sonuçları (n = 385)

İfadeler	Ort.	Standart Sapma	Ağırlık %
Binanın deprem hasar düzeyi (ağır, orta, hafif)	**4,54**	0,739	8,94
Bina statiği	**4,38**	0,858	8,61
Binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı	**4,28**	0,958	8,36
Kat sayısı	**4,18**	1,026	8,19
Bina beton basınç dayanımı	**4,14**	1,063	8,07
Zemin tipi	**4,05**	1,037	7,91
Binanın yapısı (yığma, betonarme, çelik, vs.)	**4,03**	1,047	7,86
Önem katsayısı	**3,95**	1,075	7,69
Donatı çeliği sınıfı	**3,92**	1,089	7,61
Binanın yaşı	**3,83**	1,094	7,51
Binanın toplam alanı (m^2)	**3,62**	1,243	7,05
Binanın kalitesi (lüks, I. sınıf, II. sınıf, vs.)	**3,17**	1,290	6,23
Konum (ana cadde üzeri, şehir merkezi, ilçe, kırsal alan, vs.)	**3,14**	1,224	6,15

Tablo 7'ye göre ağır hasarlı olan bir binanın normal şartlar altında yıkılması tercih edilir. Ancak, bu binanın yıkılmayıp güçlendirildiği varsayıldığında güçlendirme maliyetlerinin hafif hasarlı bir binaya göre çok daha yüksek olması beklenir. Deprem riski bulunan bir bölgede yapılan güçlendirme projesinde yine binanın statik açıdan depreme dayanıklı olması için daha fazla çaba harcanması ve dolayısıyla daha yüksek maliyete katlanılması gereklidir. Diğer taraftan elde edilen bulgularda binanın yaşı, toplam alanı (m^2), kalitesi ve konumu gibi binanın fiziksel özelliklerinin güçlendirme maliyeti üzerinde beklenenden daha az etkiye sahip olduğu görülmüştür. Özellikle bina alanının güçlendirme maliyeti üzerinde önemli bir etkisi olması beklenmekte iken, tanımlayıcı istatistik analizi sonucu elde edilen bulgularda bu tür güçlü bir etkiye rastlanmamıştır.

Tablo 8: Güçlendirme Maliyeti Kalemlerinin Toplam Maliyet İçindeki Ağırlıkları

Bina Güçlendirme Maliyeti Kalemleri	Ağırlık %	Std. Sapma
Yapısal güçlendirme maliyeti	25,19	6,227
Mimari güçlendirme maliyeti	20,26	4,389
Elektrik ve mekanik güçlendirme maliyeti	18,64	4,421
İdari maliyetler (proje hazırlama, planlama, yürütme, vs.)	18,06	4,199
Yasal izin maliyetleri	17,85	4,587
Toplam	**100,00**	

Tablo 8'de inşaat mühendislerinin görüşlerine göre bina güçlendirme maliyetinin alt maliyet kalemlerinin toplam güçlendirme maliyeti içindeki ağırlıklarına yer verilmiştir. Buna göre, toplam güçlendirme maliyeti içinde en yüksek ağırlığa sahip maliyet kalemi yapısal güçlendirme maliyeti (%25,19) iken, en düşük maliyet kalemi yasal izin maliyetleridir (%17,85). Ancak ağırlıklar incelendiğinde yasal izin maliyetlerinin, elektrik ve mekanik güçlendirme maliyeti ve idari maliyetlere oldukça yakın ağırlıkta olduğu görülmüştür.

B. GÜVENİRLİK VE FAKTÖR ANALİZİ

Araştırmada bir binanın güçlendirme maliyetini etkileyen değişkenlerin yer aldığı anket ölçeğinin yapı geçerliliğini test etmek için faktör analizi ile KMO ve Barlett testleri yapılmıştır. Analiz sonucu elde edilen ilk bulgular KMO değeri için 0,860 ve Barlett Testi 1645,518 (p=0,000 < 0,05) şeklinde olup örneklem büyüklüğünün yeterli ve ölçekteki sorular arası korelasyonun yüksek olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, ters görüntü korelasyon matrisinin diyagonal değerlerinin bütün değişkenler için 0,500'ün üzerinde olduğu ve elde edilen 3 faktör ile toplam varyansın %57,718'inin açıklandığı görülmüştür. Ancak ortak varyans değerlerine bakıldığında bazı değişkenlerin analizden çıkarılması ve analizin yinelenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. İlk olarak 0,400'lük ortak varyans değerine sahip olması gerekçesi ile "zemin tipi" değişkeni ölçekten çıkarılmış ve faktör analizi tekrarlanmıştır.

Yapılan ikinci faktör analizinde, KMO değeri 0,852 ve Barlett Testi 1478,279 (p=0,000 < 0,05) olarak hesaplanmıştır. Ortak varyans değerlerine bakıldığında bütün değişkenler için bu değerin 0,500'ün üzerinde olduğu görülmüştür. Ayrıca güvenirlik analizi sonucu her üç faktöre ait Cronbach Alfa katsayılarının kabul edilebilir düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Analizlerden elde edilen sonuçlar Tablo 9'da sunulmuştur.

Tablo 9: Güçlendirme Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Güvenirlik ve Faktör Analizi Sonuçları

Faktörler	Faktör Yükleri	Özdeğer	% Açıklanan Varyans	α
F-1: Binanın Deprem Özellikleri		4,310	31,114	0,856
● Donatı çeliği sınıfı (donatı tipi)	0,818			
● Bina beton basınç dayanımı	0,794			
● Önem katsayısı	0,755			
● Bina statiği	0,755			
● Binanın deprem hasar düzeyi (ağır, orta, hafif)	0,699			
● Binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı	0,607			
F-2: Binanın Yapısal Özellikleri				
● Binanın kalitesi (lüks, I. sınıf, II. sınıf, vs.)	0,783	1,795	15,174	0,533
● Konum (ana cadde üzeri, şehir merkezi, ilçe, kırsal alan, vs.)	0,694			
● Binanın yaşı	0,544			
F-3: Binanın Fiziksel Özellikleri				
● Kat sayısı	0,783	1,057	13,390	0,651
● Binanın toplam alanı (m²)	0,651			
● Binanın yapısı (yığma, betonarme, çelik, prefabrik)	0,447			
KMO: 0,852 Barlett Testi: 1478,28 ve Anlamlılık Düzeyi (p) =0,000				

Tablo 9'da görüldüğü üzere birinci faktör olan binanın deprem özellikleri faktörü; donatı çeliği sınıfı, beton basınç dayanımı, önem katsayısı, bina statiği, binanın deprem hasar düzeyi ve binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı değişkenlerinden oluşmakta ve toplam varyansın %31,11'ini açıklamaktadır. İkinci faktör olan binanın yapısal özellikleri faktörü; binanın kalitesi, konumu ve yaşı değişkenlerinden oluşmakta ve toplam varyansın %15,17'sini açıklamaktadır. Üçüncü faktör olan binanın fiziksel özellikleri faktörü ise binanın kat sayısı, toplam alanı (m^2) ve yapısı değişkenlerinden oluşmakta ve toplam varyansın %13,39'unu açıklamaktadır. Her üç faktör toplam varyansın %59,678'ini açıklamaktadır.

C. ÇOKLU DOĞRUSAL REGRESYON ANALİZİ

Araştırmanın bu bölümünde faktör analizi sonucu edilen güçlendirme maliyetini etkileyen faktörlerin, bina maliyet oranı üzerinde bir etkisi olup olmadığı çoklu doğrusal regresyon analizi ile incelenmiştir. Faktör analizi ile Tablo 2'de sunulan değişkenler içinden anlamlı bulunanlar "Binanın Deprem Özellikleri", "Binanın Yapısal Özellikleri" ve "Binanın Fiziksel Özellikleri" faktörleri adları altında gruplandırılmıştır. Analiz sonucu elde edilen bu faktörler modelde bağımsız değişken, bina maliyet oranı ise bağımlı değişken olarak kabul edilmiştir. Sonuç olarak güçlendirme maliyetini etkileyen faktörlerin bina maliyet oranına etkisi ile ilgili araştırmanın hipotezleri, diğer değişkenler sabitken aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

- **Hipotez 1:** Bina maliyet oranını binanın deprem özellikleri etkilemektedir.
- **Hipotez 2:** Bina maliyet oranını binanın yapısal özellikleri etkilemektedir.
- **Hipotez 3:** Bina maliyet oranını binanın fiziksel özellikleri etkilemektedir.

Öncelikle çoklu doğrusal regresyon modeli varsayımlarının karşılanıp karşılanmadığı incelenmiştir. Bu varsayımlar; normallik, sabit varyans, otokorelasyon sorununun olmaması ve bağımsız değişkenler arasında yüksek çoklu doğrusal bağlantı sorununun olmaması şeklinde sıralanmaktadır. Bu varsayımlardan verilerin normal dağılımı varsayımı ile yüksek çoklu doğrusal bağlantı sorunu, analizde faktör skorları kullanıldığından karşılanmıştır. Çoklu doğrusal regresyon analizi için bir diğer varsayım olan sabit varyans varsayımı, Glejser (Glejser, 1969) testi ile incelenmiş ve değişkenlerin tümünde t değerine ait anlamlılık seviyeleri 0,05'ten büyük olduğu için modelde değişen varyans sorunu olmadığı görülmüştür.

Tablo 10'da düzeltilmiş R^2 değerinin 0,096 olduğu ve modelin zayıf bir şekilde bağımlı değişkendeki değişimin yalnız %9,60'ını açıkladığı görülmüştür. F testi sonucu ise modelin katsayılarının 0,05 hata payı ile topluca anlamlı olduğunu göstermiştir.

Tablo 10: Bina Maliyet Oranına Bina Güçlendirme Maliyetini Etkileyen Faktörlerin Etkisi

Bağımsız Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	t	Anlamlılık Düzeyi
Sabit Terim	40,326	0,461	87,439	0,000
Binanın Deprem Özellikleri	-0,892	0,462	-1,933	**0,054**
Binanın Yapısal Özellikleri	2,796	0,462	6,054	**0,000**
Binanın Fiziksel Özellikleri	-0,153	0,462	-0,330	0,741
Düzeltilmiş R^2=0,096 F=13,500 ve Anlamlılık Düzeyi=0,000				

Modeldeki her bir bağımsız değişkenin anlamlılığına t istatistik değerlerine bakılarak karar verilmiştir. Tablo 10'a göre 0,05 anlamlılık seviyesinde güçlendirmeye ait bina deprem ve yapısal özellikleri bağımsız değişkenlerinin bina maliyet oranı üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülürken, güçlendirmeye ait bina fiziksel özellikleri bağımsız değişkeninin ise istatistiksel açıdan önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlardan hareketle "Hipotez 1: Bina maliyet oranını binanın deprem özellikleri etkilemektedir" ve "Hipotez 2: Bina maliyet oranını binanın yapısal özellikleri etkilemektedir" hipotezleri kabul edilirken, "Hipotez 3: Bina maliyet oranını binanın fiziksel özellikleri etkilemektedir" hipotezi reddedilmiştir.

Tablo 10 bağımsız değişkenler özelinde incelendiğinde, binanın deprem özelliklerindeki 1 birimlik artışın bina maliyet oranında 0,892'lik azalışa neden olacağı görülmüştür. Bina deprem özelliklerinin; donatı çeliği sınıfı, beton basınç dayanımı ve bina statiği gibi değişkenleri ifade ettiği düşünüldüğünde, bu değişkenlerdeki artış binanın daha sağlam olduğu anlamına geleceğinden daha düşük güçlendirme maliyetine katlanılması olağandır. Güçlendirme maliyetindeki azalışın ise bina maliyet oranını azaltması beklenmektedir. Benzer şekilde binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı arttığında, yani 1. derece deprem bölgesinden 5. derece deprem bölgesine doğru gidildiğinde deprem riski azalacak, dolayısıyla yine daha az güçlendirme maliyetine katlanılması gerekecektir. Araştırmada elde edilen bu bulgu, Özkan ve Muratoğlu (2005) tarafından elde edilen bulgu ile örtüşmektedir. Deprem özellikleri içerisinde yer alan önem katsayısı ve binanın deprem hasar düzeyi açısından durum incelendiğinde, önem katsayısı arttığında veya binanın deprem hasar düzeyi arttığında binanın güçlendirilmesi yerine yıkılarak yeniden yapılması söz konusu olacak, dolayısıyla güçlendirme maliyeti gerçekleşmeyecektir. Sonuç itibariyle binanın deprem özellikleri arttığında bina maliyet oranının azalması uygulama açısından anlamlı bulunmuştur.

Tablo 10'a göre binanın yapısal özelliklerindeki 1 birimlik artış, bina maliyet oranında 2,796'lık artışa neden olacaktır. Binanın yapısal özelliklerinin; binanın kalitesi, konumu ve yaşı olduğu dikkate alındığında bina kalitesindeki artışın güçlendirme maliyetini arttıracağı açıktır. Bina konumu açısından durum değerlendirildiğinde bina şehir merkezine ne kadar yakınsa işgaliye vb. gibi yasal izin maliyetleri ve sonuçta güçlendirme maliyeti artacaktır. Benzer şekilde bina yaşı arttığında, yani daha eski bir binanın güçlendirilmesi söz konusu olduğunda, güçlendirme maliyetinin artması uygulama ile örtüşmektedir.

Tablo 10'da binanın fiziksel özellikleri için modelin anlamlı olmadığı görülmüştür. Bina fiziksel özelliklerini oluşturan bina kat sayısı ve toplam alanı (m^2) hem bina güçlendirme maliyetini hem de binayı yıkıp yeniden yapma maliyetini, dolayısıyla bina maliyet oranının hem payını hem de paydasını etkilemektedir. Bu nedenle bu değişkendeki artış veya azalışın bina maliyet oranında istatistiksel olarak anlamlı bir etki göstermemesi olağan kabul edilmiştir.

SONUÇ

Türkiye'nin deprem açısından riskli bir ülke oluşu ve yaşanan depremler sonucu ortaya çıkan ekonomik ve sosyal kayıplar yasal düzlemde de etkisini göstermiş ve 2007 yılında depreme karşı alınacak önlemlerin arttırılması amacıyla yeni bir yönetmelik yayınlanmıştır. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik ile 2007 yılından sonra yapılacak binaların taşıması gereken asgari nitelikler belirlenmiş, bu tarihten önce yapılmış binaların ise bu nitelikleri taşıyacak hale getirilmesi zorunlu tutulmuştur. Bu zorunlulukların karşılanabilmesi sırasında binaların güçlendirmesi konusu gündeme gelmiştir. Bu araştırmada bir binanın güçlendirilmesi konusu maliyetler yönü ile incelenmiş, ardından faktör analizi ile güçlendirme maliyetini etkileyen faktörler tespit edilmiştir. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından belirlenen bina maliyet oranı (bina güçlendirme maliyeti/(bina yıkım maliyeti + bina yeniden yapım maliyeti)), yine araştırma kapsamında ele alınmış ve bu oran ile güçlendirme maliyetini etkileyen faktörler arasındaki ilişki çoklu doğrusal regresyon analizi ile incelenmiştir.

Araştırma sırasında yapılan tanımlayıcı istatistik analizi bulguları, inşaat mühendislerinin bir binayı yıkıp yeniden yapmak yerine güçlendirmeyi tercih etmelerindeki en önemli nedenler olarak; binanın hukuksal açından (tarihi bina olması, imar problemi, sit alanı, vs.) yıkılıp yeniden yapıma elverişli olmaması, deprem performans düzeylerinin sağlanması ve binanın yasal zorunluluklar açısından yeterli olması (minimum beton dayanımı, kolon/kiriş boyutları, donatı yeterliliği, bina statiği) vb. gibi özellikleri dikkate aldıklarını göstermiştir. Bu bulgular uygulamada, özellikle depreme ilişkin özelliklerin bina güçlendirmeyi tercih etmedeki en önemli nedenler olduğuna işaret etmektedir.

Araştırmada bina güçlendirme maliyetini etkileyen değişkenlerin tanımlayıcı istatistik analizi bulguları, inşaat mühendislerinin verdiği yanıtların ağırlıkları açısından değerlendirildiğinde, binanın deprem hasar düzeyi (ağır, orta, hafif), bina statiği ve binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfının, bina güçlendirme maliyeti üzerindeki en etkili değişkenler olduğu, binanın konumu değişkeninin ise (ana cadde üzeri, şehir merkezi, ilçe, kırsal alan, vs.) en az etkili değişken olduğu görülmüştür.

Araştırmada yapılan faktör analizi ile inşaat mühendislerinin görüşlerine göre güçlendirme maliyetini etkileyen faktörler; deprem özellikleri (donatı çeliği sınıfı, beton basınç dayanımı, önem katsayısı, bina statiği, binanın deprem hasar düzeyi, binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı), binanın yapısal özellikleri (binanın kalitesi, konumu, yaşı) ve binanın fiziksel özellikleri (binanın kat sayısı, toplam alanı, bina yapısı) olarak gruplandırılmıştır. Bu gruplardan yola çıkılarak yapılan regresyon analizi sonucunda, istatistiksel açıdan bina maliyet oranı üzerinde binanın deprem ve yapısal özelliklerinin etkili olduğu, binanın fiziksel

özelliklerinin ise etkili olmadığı görülmüştür. Ancak modelin bütünü itibariyle bu etkinin anlamlılık düzeyi zayıf seviyededir.

Araştırma sonucunda, güçlendirme faaliyetlerinde binaların depreme karşı dayanıklılığı, herhangi bir deprem olayı karşısında tahmin edilen bina davranışının ne olacağı, binanın can güvenliği performans düzeyini karşılayıp karşılayamayacağı gibi soruların inşaat mühendislerinin güçlendirmeye bakış açısını şekillendirdiği görülmüştür. Maliyetler açısından olaya bakıldığında ise özellikle binanın deprem özellikleri başta olmak üzere, binanın yapısal ve fiziksel özelliklerinin de güçlendirme maliyeti üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, beklenmeyen şekilde yasal izin maliyetlerinin güçlendirme maliyeti içindeki ağırlığının oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Mevcut binaların 2007 Deprem Yönetmeliği'nde yer alan asgari koşulları karşılama zorunluluğu dikkate alındığında, devlet tarafından bu maliyetlerin azaltılarak güçlendirmenin teşvik edilmesi bu araştırmanın bir önerisi olarak ileri sürülebilir.

İnşaatlarda güçlendirme faaliyeti konusu ile ilgili ileride yapılacak çalışmalara öncelikle teknik konular başta olmak üzere her tür konuda ihtiyaç olduğu görülmüştür. Türkiye önümüzdeki yıllarda gerçekleşmesi muhtemel olan Marmara Depremi için önlemlerini ivedilikle almalıdır. Bu önlemlerin alınabilmesi için ise gerek teknik gerekse maliyetler anlamında rehberliğe ihtiyaç duyulacaktır. Literatürde olası bir Marmara depreminin ekonomik ve sosyal boyutuna dair çalışmalara rastlanmış ve ileride yapılacak çalışmalarda sadece Marmara Bölgesi için değil, deprem riskinin bulunduğu her bölge için bu tür çalışmalar yapılmasının elzem olduğu görülmüştür.

Bina güçlendirme maliyetinin incelendiği araştırmalar açısından literatürün oldukça eksik olduğu görülmüştür. Yapı sahipleri, müteahhitler, inşaat mühendisleri ve pek çok diğer bilgi kullanıcısının bir binanın güçlendirilmesi projesine ait maliyetleri en doğru şekilde proje öncesinde tahmin edebilmesi, bu tür projelerin teşvik edilebilmesi için gereklidir. Bu araştırma ile inşaat mühendislerinin görüşleri esas alınarak bina güçlendirme maliyetini etkileyen faktörlerin neler olabileceği incelenmiştir. İleride yapılacak benzer çalışmalarda değişken sayısı arttırılabilir.

Ayrıca, güçlendirme maliyetinin proje öncesi doğru şekilde hesaplanabildiği bir hesaplama aracı oluşturulabilir. Bina güçlendirme maliyetinin proje öncesinde doğru bir şekilde hesaplanabildiği varsayılırsa, güçlendirme maliyetini azaltıcı faaliyetlerin neler olabileceği bir başka çalışmanın konusunu oluşturabilir. Burada vurgulanmaya çalışılan maliyet azaltıcı unsur, güçlendirme tekniklerindeki çeşitlilik ve yeniliklerin arttırılması şeklinde teknik yollarla gerçekleştirilebileceği gibi, geri kazanımın teşviki, ikinci el piyasaların canlandırılması yoluyla da olabilir. Dahası tam zamanında üretim-tedarik, yalın maliyetleme, hedef maliyetleme, faaliyet tabanlı maliyetleme gibi modern maliyet tekniklerinin bina güçlendirme projelerinde uygulanmasına yönelik hususlar yeni araştırmaların konusunu oluşturabilir.

KAYNAKÇA

ALTUN, Fatih; H. Bekir KARA; Erdal UNCUOĞLU and Okan KARAHAN; (2003), "Earthquake Damages in Reinforced-Concrete Structures and Retrofitting Work on A6 Storey Building", **Gazi University Journal of Science**, 16(2), pp.309-318.

AYDINOĞLU, Nuray M; Zekai CELEP; Erkan ÖZER ve Haluk SUCUOĞLU; (2009), **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar ve Örnekler Kitabı,** Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

BAŞ, Türker ve Ulun AKTURAN; (2013), **Nitel Araştırma Yöntemleri**, Ankara: Seçkin Yayıncılık.

BİLEN, Sadık; (2010), "2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Bir Güçlendirme Uygulaması", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

BOYLU, Mert; (2005), "A Benefit/Cost Analysis For The Seismic Rehabilitation of Existing Reinforced Concrete Buildings in İzmir", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir: Graduate School of Engineering and Sciences of İzmir Institute of Technology.

BRUCE, Toby; Jian ZUO; Raufdeen RAMEEZDEEN and Stephen PULLEN; (2015), "Factors Influencing the Retrofitting of Existing Office Buildings Using Adelaide, South Australia as a Case Study", **Structural Survey**, 33(2), pp.150-166.

BULLEN, Peter A. and Peter E.D. LOVE; (2010), "The Rhetoric of Adaptive Reuse or Reality of Demolition: Views from the Field", **Cities**, (27), pp. 215-224.

CHA, Hee Sung; Ki Hyun KIM and Chan Kyu KIM; (2012), "Case Study on Selective Demolition Method for Refurbishing Deteriorated Residential Apartments", **Journal of Construction, Engineering& Management**, 138 (2), pp. 294-303.

CHANG, Caroline T.W.; (2012), "The Principal Factors Affecting Construction Project Overhead Expenses: An Exploratory Factor Analysis Approach", **Construction Management & Economics**, 30 (10), pp. 903-914.

CHENG, Ying-Mei; (2014), "An Exploratoin into Cost-Influencing Factors on Construction Projects", **International Journal of Project Management**, 32, pp. 850-860.

CHIU, Chien-Kuo; M.R. CHEN and C.H. CHIU; (2013), "Financial and Environmental Payback Periods of Seismic Retrofit Investments for Reinforced Concrete Buildings Estimated Using a Novel Method", **Journal of Architectural Engineering**, 19 (2), pp.112-118.

ÇIRACI, Murat; (1996), **Konutlarda Maliyet Tahmini İçin Bir Model**, Ankara: T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Konut Araştırmaları Dizisi, No: 6.

Deprem Bölgelerinde Yapilacak Binalar Hakkinda Yönetmelik, (06.03.2007 tarih, 26454 sayılı, **T.C. Resmi Gazete**).

DONG, Bonnie; Christopher KENNEDY and Kim PRESSNAIL; (2005), "Comparing Life Cycle Implications of Building Retrofit and Replacement Options", **Canadian Journal of Civil Engineering,** 32 (6), pp.1051-1063.

DORUM, Atilla; Ömer ÖZKAN ve Mürsel ERDAL; (2006), "Farklı Deprem Bölgeleri ve Farklı Zemin Sınıflarının Kaba Yapı Maliyetine Etkisi", **Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergisi**, 5 (1), ss.1-9.

EGBELAKIN, Temitope; Suzanne WILKINSON and Jason INGHAM; (2014), "Economic Impediments to Successful Seismic Retrofitting Decisions", **Structural Survey**, 32 (5), pp. 449-466.

EMSLEY, Margaret W.; David J. LOWE; A. Roy DUFF; Anthony HARDING and Adam HICKSON; (2002), "Data Modelling and the Application of a Neural Network Approach to the Prediction of Total Construction Costs", **Construction Management & Economics,** 20, pp. 465-472.

ERDİK, Mustafa; (2001), "Report on 1999 Kocaeli and Duzce (Turkey) Earthquakes", in Fabio CASCIATI ve Georges MAGONETTE (Ed.), **Structural Control for Civil and Infrastructure Engineering**, Singapore: World Scientific Publishing, pp.149-186.

ERDİK, Mustafa; (2005), "İstanbul Deprem Senaryoları", **3. İstanbul ve Deprem Sempozyumu Bildiriler Kitabı**, 9-10 Haziran, İstanbul: Maya Basın Yayın, ss. 53-57.

ERDİK, M., Eser DURUKAL; (2008), "Earsthquake Risk and Its Mitigation in Istanbul", **Nat Hazards**, 44, pp.181-197.

GLEJSER, Herbert; (1969), "A New Test for Heteroscedasticity", **Journal of the American Statistical Association**, 64, pp. 316-323.

JAFARZADEH, Reza; Suzanne WILKINSON; Vicente GONZALEZ, Jason INGHAM and G. AMIRI; (2014), "Predicting Seismic Retrofit Construction Cost for Buildings with Framed Structures Using Multilinear Regression Analysis", **Journal of Construction Engineering & Management,** 140 (3), pp. 1-9.

KARAMAN, Hikmet ve Turan ERDEN; (2014), "Net Earthquake Hazard and Elements at Risk (NEaR) Map Creation for City of Istanbul via Spatial Multi-Criteria Decision Analysis", **Nat Hazards**, 73, pp. 685-709.

KUSAR, Matej; Maruska KOVAC and Jana SELIH; (2013), "Selection of Efficient Retrofit Scenarios for Public Buildings", **Procedia Engineering**, 57, pp. 651-656.

LOWE, David J.; Margaret W. EMSLEY and Anthony HARDING; (2006), "Predicting Construction Cost Using Multiple Regression Techniques", **Journal of Construction Engineering & Management**, 132 (11), pp. 750-758.

NAJA, Mohamad K.. and Hoda BAYTIYEH; (2014), "Towards Safer Public School Buildings in Lebanon: An Advocacy for Seismic Retrofitting Initiative", **International Journal of Disaster Risk Reduction**, 8, pp.158-165.

NAKANO, Yoshiaki; (2004), "Seismic Rehabilitation of School Buildings in Japan", **Journal of Japan Association for Earthquake Engineering,** 4(3), pp. 218-229.

NUTI, Camillo and Ivo VANZI; (2003), "To Retrofit or Not to Retrofit?", **Engineering Structures**, 25 (6), pp. 701-711.

ÖZKAN, Ömer ve Özgür MURATOĞLU; (2005), "Deprem Bölgelerinin Bina Maliyetlerine Etkisi", **Deprem Sempozyumu**, 23-25 Mart Kocaeli: ss.647-649, İnternet Adresi: http://kocaeli2007.kocaeli.edu.tr/kocaeli 2005/deprem_sempozyumu_kocaeli_2005/4_yapi_ve_yerlesimler/d_22_ depreme_dayanikli_yapi_tasarimi/deprem_bolgelerinin_bina_maliyetine _etkisi.pdf, Erişim Tarihi: 24.02.2015.

RAY-CHAUDHURI, Samit and Masanobu SHINOZUKA; (2010), "Enhancement of Seismic Sustainability of Critical Facilities through System Analysis", **Probabilistic Engineering Mechanics**, 25 (2), pp. 235-244.

SANCAK, Ercan ve Cem S. KARAMAN; (2015), "İnşaat Ekonomisi: Sektörün Yapısı ve Piyasalar", iç. Ercan SANCAK ve Cem S. KARAMAN (Ed.), **İnşaat Ekonomisi,** Yayın No: 021, Ankara: Turgut Özal Üniversitesi Yayınları, ss. 9-20.

SAYAR, A.C.; İ.H. BAŞEĞMEZ; S. YILDIRIM ve Y.İ. TONGUÇ; (2013) "Güçlendirilen Yapılarda Yapı Özellikleri - Maliyet İlişkileri Üzerine İstatistiksel Bir Çalışma", **2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı**, Hatay: 25-27 Eylül, ss. 1-7, İnternet Adresi: http://www.tdmd.org.tr/TR/Genel/pdf/TDMSK103.pdf, Erişim Tarihi: 24.02.2015.

SEVERCAN, Metin Hakan; Soner KÖSE ve İbrahim Özgür DENEME; (2007), "Deterministik Yaklaşım ile Yapı Deprem Güvenilirliğinin Belirlenmesi ve Güçlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması", **Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi**, 22 (1), ss. 217-232.

TEKELİ-YEŞİL, Sıdıka; Necati DEDEOĞLU; Charlotte Braun FAHRLAENDER and Marcel TANNER; (2011), "Earthquake Awareness and Perception of Risk among the Residents of Istanbul", **Nat Hazards,** 59, pp. 427-446.

TÜZÜN, Cüneyt; Ufuk HANCILAR; Murat Ergenekon SELÇUK ve Mustafa ERDIK (2009a), **Depreme Karşı Yapısal Güçlendirme,** İstanbul: İSMEP İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi, İnternet Adresi: http://www.guvenliyasam.org/wp-content/ uploads /2016/ 02/Depreme-Karsi-Yapisal-Guclendirme.pdf, Erişim Tarihi: 20.11.2014.

TÜZÜN, Cüneyt; Ufuk HANCILAR; Murat Ergenekon SELÇUK ve Mustafa ERDIK; (2009b), Depreme Karşı Yapısal Güçlendirme, İstanbul: İSMEP İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi, İnternet Adresi: http://www.guvenliyasam.org/wp-content /uploads /2016/02/Depreme-Karsi-Yapisal-Risklerin-Azaltilmasi.pdf, Erişim Tarihi: 20.11.2014.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı; (2012), "Kentsel Dönüşüm Yasası Olarak Bilinen Afet Riskli Alanların Kentsel Dönüşümü Yasası", İnternet Adresi: http://www.csb.gov.tr/gm/altyapi/index.php?Sayfa=haberdetay& Id=854, Erişim Tarihi: 25.05.2014.

Milliyet; (2008), "Türkiye'de Kaç Konut Var", İnternet Adresi: https://www.milliyetemlak.com/dergi/turkiyede-kac-konut-var/, Erişim Tarihi: 20.11.2014.

WANG, Wei-Chih; Shih-Hsu WANG; Yu-Kun TSUI and Ching-Hsiang HSU; (2012), "A Factor-Based Probabilistic Cost Model to Support Bid-price Estimation", **Expert Systems with Applications**, 39, pp. 5358-5366.

WILLIAMS, Ryan J.; Paolo GARDONI and Joseph M. BRACCI; (2009), "Decision Analysis for Seismic Retrofit of Structures", **Structural Safety**, 31(2), pp. 188-196.

YAMAN, Hakan ve Elçin TAŞ; (2007), "A Building Cost Estimation Model Based on Functional Elements", **ITU AZ**, 4(1), pp. 73-87.

YANMAZ, Özlem ve Hilmi LUŞ; (2005), "Yapı Güçlendirme Yöntemlerinin Fayda-Maliyet Analizi", **İMO Teknik Dergi**, 233, ss. 3497-3522.