

ESKİ EHİR Lİ BİNA ENVANTERİNİN YAPISAL KUSURLAR VE DÜZENSİZLİKLER BAKIMINDAN İRDELENMESİ

O. Kaplan¹, Y. Güney², A.E. Cengiz³, Y. Özçelikörs⁴ ve A. Topçu⁴

¹ Ara tırma Görevlisi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi, Eski ehir

² Profesör, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi, Eski ehir

³ n aat Yük. Mühendisi, Ba ak Konut A. ., Eski ehir

⁴ Profesör, n aat Mühendisli i Bölümü, Eski ehir Osmangazi Üniversitesi, Eski ehir

Email: onur_kaplan@anadolu.edu.tr

ÖZET:

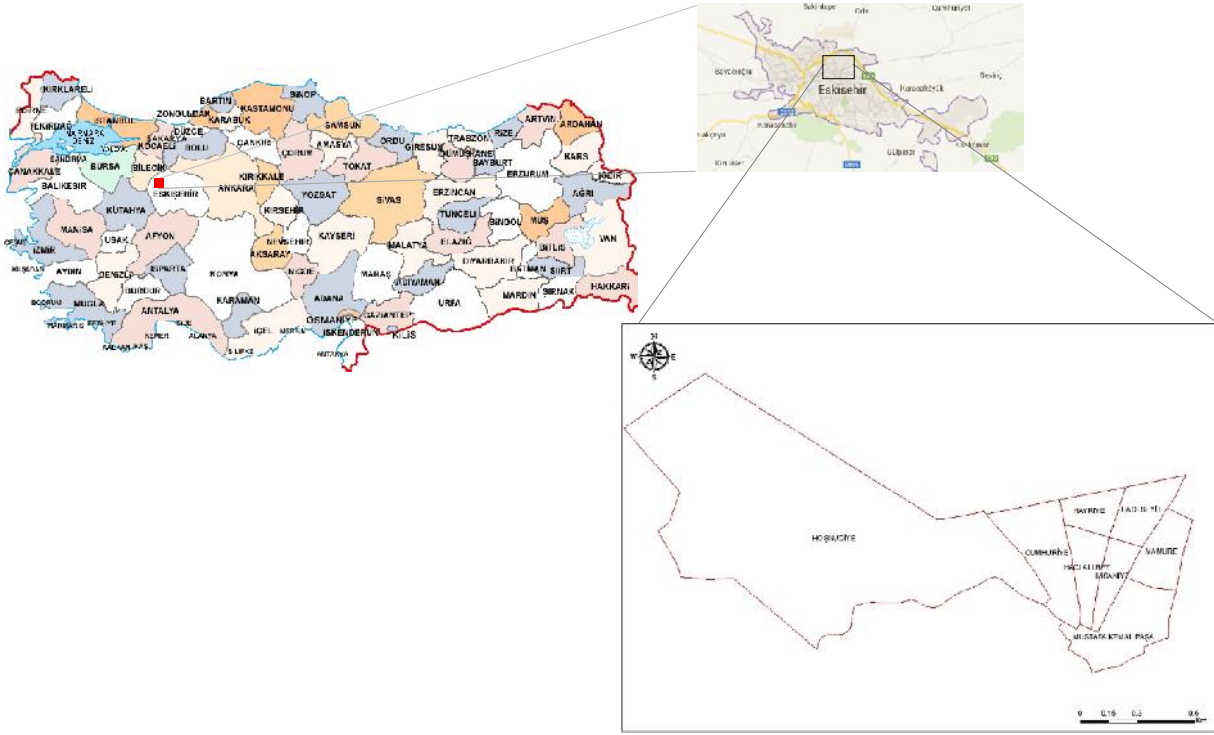
Eski ehir kent merkezinde bulunan binaların deprem performanslarının belirlenmesi ve binalar ile ilgili önemli verilerin kayıt altına alınması amacıyla bina envanteri çalı ması gerçekleştirilmiştir. Çalı ma 8 mahalleyi kapsayan bir pilot bölgede yürütülmü tür. Konut tipi betonarme binalar irdelenmiştir. Binalarda bulunan yapısal kusurlar ve düzensizlikler Anadolu Üniversitesi Hızlı De erlendirme Yöntemi (AURAP) kullanılarak belirlenmiştir. Bu çalı ma kapsamında irdelenen binalarda; güçlü kiri -zayıf kolon problemi, kö e kolon problemi, çerçeve süreksizli i gibi yapısal kusurlar ile Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 1997 (TDY-1997)'de tanımlanan düzensizliklerin varlı ı araştırılmıştır. ncelenen binaların %9'unda güçlü kiri -zayıf kolon problemi, %41'inde çerçeve süreksizli i problemi, %11'inde A1 düzensizli i, %30'unda B1 ve/veya B2 düzensizli i bulundu u belirlenmiştir. Ayrıca binaların %90'ında deprem derzinin bulunmadı ı görülmü tür.

ANAHTAR KEL MELELER: Deprem, Bina Envanteri, Düzensizlikler, Hızlı De erlendirme Yöntemleri, AURAP,

1.GİRİŞ

Türkiye, üç büyük fay ku a nı içine alan bir co rafyaya sahiptir. Bu fay ku akları: Kuzey Anadolu Fay Ku a 1, Do u Anadolu Fay Ku a 1 ve Batı Anadolu Fay Ku a 1'dir. Jeolojik olu umun henüz tamamlanmamı olması nedeniyle Türkiye'de deprem felaketinin ya anma olasılı ı oldukça yüksektir. Nitekim 17 A ustos 1999 zmit Depremi (Mw=7.4) Türkiye'de deprem riskinin ne derece büyük oldu unu gözler önüne sermiştir. Bu deprem, resmi kayıtlara göre 17000'den fazla ki inin hayatını kaybetmesine ve yaklaşık 20 milyar dolarlık ekonomik kayba neden olmuştur [1]. Merkez ilçesi 2.deprem bölgesinde yer alan Eski ehir ilinde, 20.02.1956 tarihinde Mw=6.4 büyüklü ünde bir deprem meydana gelmiştir [2]. Eski ehir ovası, alüvyal zemin özelli ine sahiptir. Ayrıca yer altı su seviyesi yüksektir. Bu durum, zeminde sıvılaşma, taşıma gücü kaybı ve büyütme etkisi gibi riskleri beraberinde getirmektedir. Bütün bunlar olası bir depremde kentin büyük yara alabilece inin i aretleridir.

Çalı manın amacı, Eski ehir'deki mevcut bina stokunun genel durumunu ortaya koymaktır. Gerçekleştirilen bina envanter çalı ması ile kentteki binaların olası bir depreme kar ı hali hazırdaki durumu irdelenmiştir. Bu do rultuda; zemini alüvyon, binaların ve nüfusun yo un oldu u, kentin en hızlı geli im gösteren bölgesi olan Tepeba ı Belediyesi'ne ba lı sekiz mahalle pilot bölge olarak seçilmiştir. ekil 1'de görülmekte olan bu mahallelerde bulunan konut tipi betonarme binalarda incelemeler yapılmıştır. Ta ıyıcı sistemi yı ma veya çelik olan binalar, çalı ma kapsamı dı nda tutulmuştur.



ekil 1. Çalı ma alanı

1.1. Bina Envanteri Çalı masının A amaları

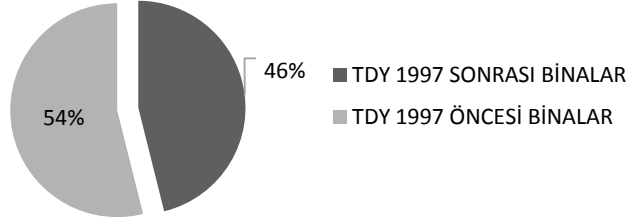
Çalı mada TDY-1997 esas alınımı olup yönetmelikte tanımlanan düzensizlikler ve kısa kolon problemi, güçlü kiri - zayıf kolon, kö e kolon, yetersiz deprem derzi, çerçeve süreksizliği gibi kusurlar göz önünde bulundurulmu tur. TDY-1997'nin esas alınması, pilot bölgedeki binaların genelde eski olmasından ve TDY-1997'nin bir dönüm noktası olarak kabul edilmesinden kaynaklanmaktadır. Binalarda bulunan yapısal kusurlar ve düzensizlikler; Anadolu Üniversitesi Hızlı De erlendirme Yöntemi (AURAP) kullanılarak belirlenmiştir. AURAP yöntemi, Hızlı Durum Tespit Yöntemi (DURTES) [3] yönteminin temelleri üzerinde kurulmu ve geliştirilmiştir. Çalı ma iki a amada gerçekleştirilmiştir. İlk a amada pilot bölge kapsamındaki binaların mimari ve statik-betonarme projeleri Eski ehir Tepeba ı Belediyesi'nden temin edilerek incelenmiştir. İkinci a amada pilot bölge içerisinde bulunan binalara gidilerek konut olarak kullanılmayan bodrum katlarında incelemelerde bulunulmu tur. Yerinde incelemeler için ortalama 25-30 dakika ayrılarak hızlı bir de erlendirme yöntemi benimsenmiştir. Proje ve bina inceleme çalı maları e zamanlı olarak yürütülmü tür.

1.2. Verilerin De erlendirilmesi

Çalı ma alanındaki betonarme binaların tamamı incelenememiştir. Bu durumun nedeni, bina sahiplerinin bazılarının, ara tırma ekibinin binalara girerek veri toplamasına izin vermemesidir. Ayrıca bazı binaların projeleri de Tepeba ı Belediyesi ar ivinde bulunamamıştır. AURAP yönteminin uygulanabilmesi için irdelenecek olan binanın projesinin bulunması bir zorunluluk de ildir ve bina sahiplerinden izin alınarak girilebilen 709 adet binada gerekli incelemeler yapılmıştır. Ancak bu çalı mada; hem projesi bulunan hem de binaya girilerek inceleme yapılabilen 310 adet binaya ait veriler de erlendirilmiştir.

1.3 İncelenen Binaların Yapım Yıllarına Göre Dağılımı

ekil 2'de 1997 yılından önce ve sonra inşa edilen bina sayıları görülmektedir. Buna göre; binaların yaklaşık üçte birinin TDY-1997 esaslarına uygun yapılmış olması gerektiği, diğerlerinin ise TDY-1997 koşullarını sağlamadığı sonucu çıkarılabilir. Ancak 1997 sonrası inşa edilen bazı binalarda da kusur ve düzensizlikler belirlenmiştir.



ekil 2. TDY 1997 öncesi ve sonrasında yapılan binaların dağılımı

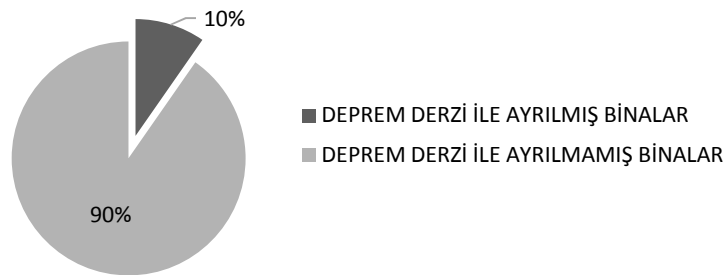
2. YAPISAL KUSURLAR

2.1. Komşu binalarla deprem derzi yetersizliği

Deprem derzi, komşu iki bina arasında deprem hasarlarını önlemek amacıyla bırakılmaktadır. Amaç; binaların olası bir depremde çarpışarak deprem yüklerini birbirlerine aktarmasına engel olmak, birbirlerinden bağımsız hareket etmelerine olanak sağlamaktır. Binalarda bırakılacak en az deprem derzi miktarı TDY-1997'de şu şekilde ifade edilmiştir:

“Bırakılacak minimum derz boşluğu, 6m yüksekliğe kadar en az 30 mm olacak ve bu değer 6m'den sonraki her 3 m'lik yükseklik için en az 10 mm eklenecektir” [4].

ekil 3'te deprem derzi yetersizliği belirlenen bina yüzdeleri görülmektedir. Buna göre; binaların yaklaşık %90'ında derz uygulanmadığı saptanmıştır. Bu durum olası bir deprem esnasında binaların çarpışarak hasar görmelerine neden olacaktır. ekil 4'te deprem derzi yetersizliklerine ait iki örnek verilmiştir.



ekil 3. Deprem derzi yetersizliği belirlenen bina yüzdeleri



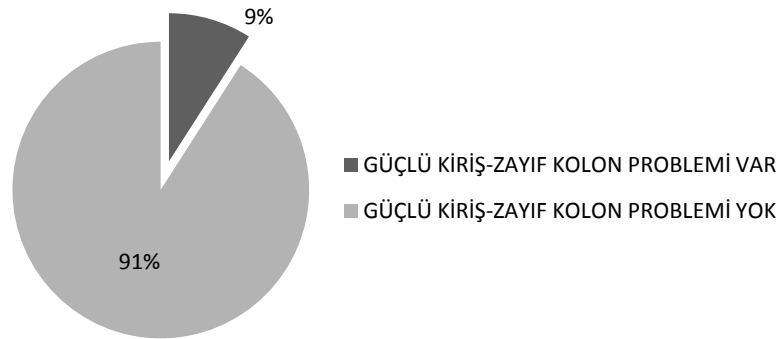
ekil 4. Yetersiz derz örnekleri [5]

2.2. Güçlü Kiri -Zayıf Kolon Problemi

Depremde plastik mafsalların kolonlarda deşil, kirişlerde oluşması istenir. Özellikle bazı eski binalarda kirişler kolonlara nazaran daha büyük kesitli ve daha kuvvetli donatılmışlardır. Bu problem, kolonların büyük kesme kuvvetlerine maruz kalarak hasar görmesine ve binanın göçmesine neden olmaktadır. ekil 5'te güçlü kiriş-zayıf kolon problemine bir örnek görülmektedir. Güçlü kiriş-zayıf kolon problemine rastlanan bina yüzdeleri ekil 6'da görülmektedir. Olası bir depremde bu binalar, kolonlardaki mafsalla mafsalla nedeniyle ağır hasar görecektir.



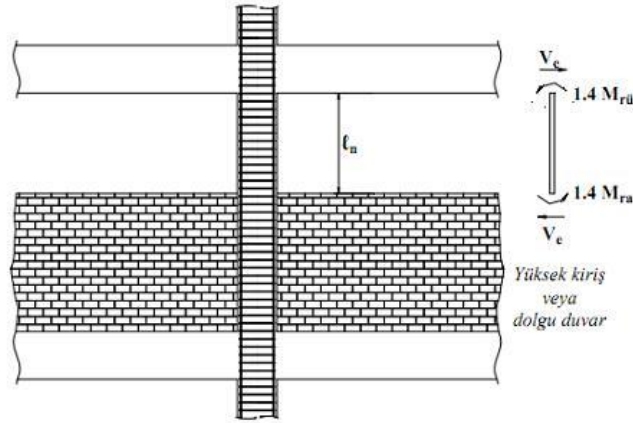
ekil 5. Güçlü kiriş-zayıf kolon problemi [6]



ekil 6. Güçlü kiriş-zayıf kolon problemine rastlanan bina yüzdeleri

2.3. Kısa Kolon Problemi

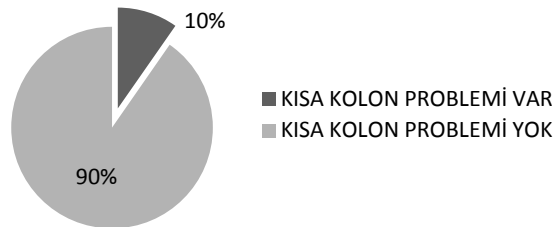
Dolgu duvarların kiriş veya döşeme altına kadar örülmemesi ve kolon yüzünden kolon yüzüne bant pencerelerin bulunması kısa kolon oluşumuna yol açmaktadır (ekil 7). Ayrıca tesisat katı, asma kat, merdiven ara sahanlıkları, yüksek kiriş, guseli kiriş ya da kolonlar, kat ara kirişleri ve kademeli temeller de bu probleme neden olmaktadır [6]. Kısa kolonlar, diğer kolonlara göre daha rijit davranmakta ve büyük kesme kuvvetlerine maruz kalmaktadır. Bu durum kolonda kesme çatlaklarına ve ağırlı hasara neden olmaktadır. 1 Mayıs 2003 Bingöl Depremi'nde bu problem nedeniyle hasar gören binalara rastlanmıştır [7]. Ekil 8'de kısa kolon problemi, ekil 9'da ise kısa kolon problemine rastlanan bina yüzdeleri görülmektedir. Bu problemin varlığı durumunda, kısa kolonların kat yüksekliği ince-sık etriye ile sarılması gerekmektedir [4].



ekil 7. TDY-1997'de kısa kolon gösterimi [4]



ekil 8. Kısa kolon problemi [5]



ekil 9. Kısa kolon problemine rastlanan bina yüzdeleri

2.4. Kö e kolon problemi

Çıkmalı binalarda kö edeki kolonu kom u kolonlara ba layan kiri lerin yapılmaması, kö e kolon problemine yol açmaktadır. Bu problem genellikle salonun kö ede oldu u binalarda, mimarın veya bina sahibinin salon tavanında sarkan kiri istememesi sonucu olmaktadır [6]. Kö e kolon problemi sadece dü ey yükler altında bile binanın yıkılmasına neden olabilmektedir. Eski ehir’de 1985 yılında Çavdar Apartmanı bu problem nedeniyle yıkılmış tır (ekil 10.a). 2004 yılında Konya’da yıkılan Zümrüt apartmanında da kö e kolon problemi oldu u bilinmektedir (ekil 10.b). Kö e kolon problemi deprem yüklerinin di er kolonlara aktarımının zorlaşmasına, yatay yüklerin etkisiyle kö e kolon uçlarının mafsalla masına neden olmaktadır. Dü ey yükler altında ya da deprem yüklerinin etkisiyle kö e kolonların hasar görmesi tüm ta ıycı sistemi etkileyecektir. ekil 11’de kö e kolon problemine ait bir örnek, ekil 12’de ise bu probleme rastlanan bina yüzdeleri görülmektedir.



(a)

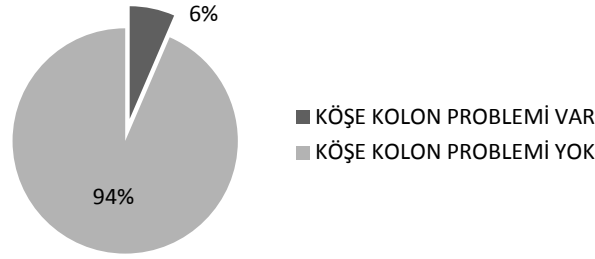


(b)

ekil 10. (a) Kö e kolon nedeniyle yıkılan Çavdar Apartmanı [6], (b) Kö e kolon nedeniyle yıkılan Zümrüt Apartmanı [6]



ekil 11. Kö e kolon problemi [6]



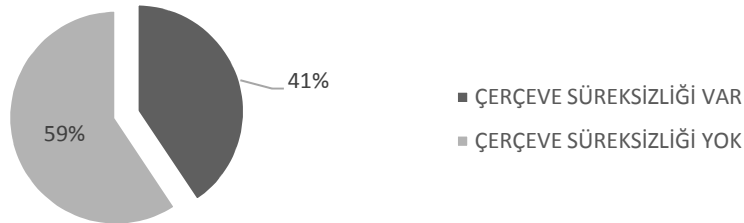
ekil 12. Köşe kolon problemine rastlanan bina yüzdeleri

2.5. Çerçeve Süreksizliği Problemi

Çıkmalı binalarda, iç hacimlerde kiriş istenmemesi nedeniyle kirişin kolon aksları dışında yapılması, çerçeve süreksizliği problemine neden olmaktadır. Ayrıca belediye imar yönetmeliklerinin izin verdiği cephe serbestisini kullanarak alan kazanmak isteyen mimarların dış cephe duvarlarını kolonların dışında çizmesi ve bu tasarıma uyan mühendislerin kirişleri kolonlara yapısal olarak oturtması da bu probleme neden olmaktadır [6]. Kolonlardan bağımsız kirişler, kolon ve kiriş akslarının çakışmaması sonucu binada dış merkezli ve neden olmaktadır. Yapısal kirişler yüklerin aktarımını zorla tutarak çerçeve davranışını ortadan kaldırmaktadır. ekil 13'de çerçeve süreksizliği problemleri, ekil 14'de ise bu probleme rastlanan bina yüzdeleri görülmektedir.



ekil 13. Çerçeve süreksizliği problemleri [6]



ekil 14. Kolon aksı dışında kiriş problemine rastlanan bina yüzdeleri

3. DÜZENSİZLİKLER

Bu bölümde TDY 1997 'de tanımlanan düzensizlikler irdelenmiştir. Ülkemizde altı yerli, üstü daire tipi yapılaşma nedeniyle en yaygın olarak karşılaşılan ve önemli hasarlara ve yıkıma neden olan B1 ve B2 düzensizliklerine detaylı yer verilmiştir, TDY 1997 de tanımladığı düzensizlikler açısından irdelenecek ise Tablo 1'de gösterilmiştir.

3.1. Zayıf Kat (B1) ve Yumuşak Kat (B2) Düzensizlikleri

Binaların zemin katlarının diğeri olarak kullanılması durumunda bu katlarda cepheler cam yapılarak dolgu duvar örülmez. Bu durumda bina giriş katları, yanal ötelenmeler açısından diğer katlara nazaran önemli ölçüde zayıf davranır. TDY-1997’de B1 Düzensizliği ü ekilde tanımlanmaktadır:

“Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanı’nın, bir üst kattaki etkili kesme alanı’na oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı K_{ci} ’nin 0,80’den küçük olması durumu” [4].

Duvarsız giriş katları diğer katlarından daha yüksek olan binalarda giriş kat ötelenmesi diğer katlara nazaran daha fazladır. Bu durum, yanal yüklerin etkisiyle giriş katlarının aırı ötelenmesi sonucu binaların hasar görmesine ve yıkılmasına neden olmaktadır. TDY-1997’de Yumuşak Kat Düzensizliği ü ekilde tanımlanmaktadır:

“Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i’inci kattaki ortalama görel kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama görel kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı K_{ki} ’nin 1.5’ten fazla olması durumu [$K_{ki} = (i)_{ort} / (i+1)_{ort} > 1.5$] Görel kat ötelemelerinin hesabı, \pm %5 ek dı merkezlik etkileri de gözönüne alınarak yapılacaktır” [4].

ekil 15’de B1 ve B2 Düzensizliği nedeniyle hasar görmü bina örnekleri görülmektedir. Zayıf ve yumuşak kat düzensizlikleri, olası bir depremde üst katlar hasar görmese dahi aırı yanal ötelenmeler sonucu binaların yıkılmasına neden olmaktadır. Bu durumun önlenmesi için taşıyıcı sistemde perde elemanlar tercih edilmeli ve perdeler bina cephelerine yerleştirilerek bina rijitliğinin artırılması hedeflenmelidir. Ayrıca giriş katlar, diğer katlardan daha yüksek in a edilmemelidir. B1 veya B2 düzensizliklerinden herhangi birinin ya da ikisinin birlikte belirlendiği bina yüzdeleri ekil 16’da görülmektedir. Bu düzensizliklerin belirlenmesinde herhangi bir hesap yapılmamış olup gözlem yoluyla düzensizliklerin varlığına karar verilmiştir.

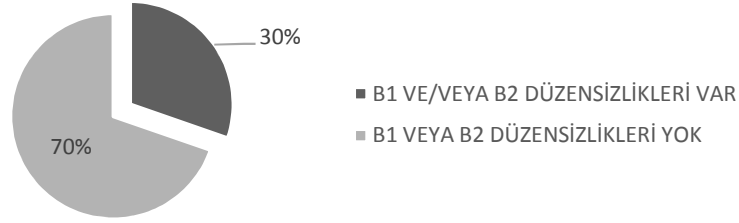


(a)



(b)

ekil 15. (a) B1 Düzensizliği nedeniyle hasar görmü bir bina [8], (b) B2 Düzensizliği nedeniyle hasar görmü bir bina [6]



ekil 16. B1 ve/veya B2 Düzensizliğine rastlanan bina yüzdeleri

3.2 Diğer Düzensizlikler

TDY 1997’de tanımlı diğer düzensizlikler açısından irdeleme Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. TDY 1997’de Tanımlı Diğer Düzensizliklerin Yüzdeleri

Düzensizlikler	Var (%)	Yok (%)
A1 Düzensizliği	11	89
A2 I. Düzensizliği	12	88
A2 II. Düzensizliği	7	93
A2 III. Düzensizliği	3	97
A3 Düzensizliği	22	78
A4 Düzensizliği	86	14
B3 Düzensizliği	-	-

4. SONUÇLAR

Çalışmada, Türkiye’nin deprem yönünden riskli kentlerinden biri olan Eskişehir’de gerçekleştirilen bina envanter çalışması kapsamında yapılan bina incelemeleri sonucunda belirlenen kusur ve düzensizlikler irdelenmiştir. Sonuç olarak binaların %9’unda güçlü kiriş-zayıf kolon problemi, %41’inde çerçeve süreksizliği problemi, %86’sında A4, %30’unda B1 ve B2 düzensizlikleri belirlenmiştir. Ayrıca binaların %90’ında deprem derzinin olmadığı görülmüştür.

TE EKÜR

Bu çalışmada, Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyonu tarafından 080240 No’lu Bilimsel Araştırma Projesi olarak desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Sezen, H., Whittaker, A.S., Elwood, K.J. and Mosalam, K.M., Performance of reinforced concrete buildings during the August 17 1999 Kocaeli, Turkey earthquake, and seismic design and construction practice in Turkey. *Engineering Structures* 25, pp. 103-114, 2003.

[2] <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/mudim/il.asp> (2015)

3. Türkiye Deprem Mühendisli i ve Sismoloji Konferansı
14-16 Ekim 2015 – DEÜ – ZM R



- [3] Temür, R., “Hızlı Durum Tespit (DURTES) Yöntemi ve Bilgisayar Programının Geli tirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, stanbul Üniversitesi n aat Mühendisli i Bölümü, stanbul.,2006
- [4] Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık Bakanlığı 1,1997
- [5] Anadolu Üniversitesi Bina Envanter Çalı ması Foto raf Ar ivi, 2009-2010.
- [6] Topçu, A., Betonarme 2 sunu ders notları, Eski ehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, n aat Mühendisli i Bölümü, Eski ehir, 2015.
http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/index_dosyalar/Betonarme2.htm
- [7] Do angün, A., Performance of reinforced concrete buildings during the May 1, 2003 Bingöl Earthquake in Turkey, *Engineering Structures* 26, 841-856, 2004
- [8] Tezcan, S.S., vd., Zayıf kat-Yumu ak kat düzensizli i, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisli i Konferansı*, stanbul, 2007.