

GAZİ

JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES

Overturning Analysis of Household Goods During Earthquake

M. Ali Kalaylı^a, Orhan Doğan^b, Hale Nurefsan Koç^c

Submitted: 14.01.2023 Revised: 16.03.2023 Accepted: 12.04.2023 doi:10.30855/gmbd.0705059

ABSTRACT

Keywords: Non-structural elements in buildings, overturning investigation in buildings, slender structures in overturning, overturning analysis of items

^{a,*} Kırıkkale University,
Faculty of Engineering and
Architecture, Department of Civil
Engineering 71450 - Kırıkkale, Türkiye
Orcid: 0000-0003-2776-4740
e mail: malikalayli006@gmail.com

^b Kırıkkale University,
Faculty of Engineering and
Architecture, Department of Civil
Engineering 71450 - Kırıkkale, Türkiye
Orcid: 0000-0002-4942-1725
e mail: odogan67@hotmail.com

^c Middle East Technical University,
Faculty of Engineering and
Architecture, Department of Civil
Engineering 06800 - Ankara, Türkiye
Orcid: 0000-0001-6431-0700
e mail: halenurefsan@hotmail.com

*Corresponding author:
mehalkal@hotmail.com.tr

Anahtar Kelimeler: Binalarda yapısal olmayan elemanlar, binalarda devrilme tahkiki, devrilmede narin yapılar, eşya devrilme analizi

In Türkiye, many destructive earthquakes have occurred on the seismic zones (North Anatolian-Eastern Anatolian fault lines) up to now. Due to the repetition of these earthquakes in certain periods, necessary structural repair and strengthening should be made. While structural damage up to the collapse of buildings may occur in an earthquake, economical losses, serious injuries and even deaths occur as a result of damage to non-structural elements in buildings which is still standing on. In this study, overturning analyzes of slender items such as refrigerators, bookshelves, wardrobes, which have a height/width (H/B) ratio greater than 2.00 and may be at risk against overturning, were carried out for 40 different situations, taking into account 8 different earthquake peak ground acceleration (PGA) levels in between 0,1g-0,8g and 5 different soil classes in our country. In addition, to prevent the overturning of items, a simple approach is presented in order to raise awareness in determining the number of anchors, depending on load carrying capacity of anchor type and size to be used and also the type of wall material to be anchored.

Depremde Ev Eşyalarının Devrilme Analizi

ÖZ

Ülkemizde geçmişten bugüne kadar deprem kuşakları (Kuzey Anadolu-Doğu Anadolu Fay hatları) üzerinde birçok yıkıcı deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerin belli periyotlarda tekrar etmesinden dolayı gerekli yapısal onarım ve güçlendirme tedbirleri alınması gerekmektedir. Depremde binaların yıkılmasına kadar giden yapısal hasarlar meydana gelebilirken, yıkılmayan binalarda ise taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarlar sonucunda, eşyaların devrilmesi nedeniyle maddi kayıplar, ciddi yaralanmalar ve hatta ölümler meydana gelmektedir. Bu çalışmada, yükseklik/genişlik (H/B) oranı 2,00'den büyük olan ve devrilmeye karşı riskli olabilecek buzdolabı, kitaplık, gardırop gibi narin eşyaların ülkemizde meydana gelebilecek depremlere ait 0,1g-0,8g aralığındaki 8 farklı maksimum yer ivmesi ile 5 farklı zemin sınıfını dikkate alan 40 farklı durum için devrilme analizi yapılmıştır. Ayrıca, eşyaların devrilmemesi için, ankraj yapılacak duvar malzemesinin cinsine bağlı olarak, yapılması gereken ankraj tipine ve boyutlarına bağlı taşıma kapasitesi de dikkate alınarak ankraj adedini belirlemede farkındalık oluşturabilmek için basit bir yaklaşım sunulmuştur.

1. Giriş (Introduction)

Ülkemizde nüfusun tamamına yakını deprem bölgesinde yaşamaktadır ve depremler periyodik olarak devam etmektedir. Binalarda depreme bağlı hasarlar yapısal ve yapısal olmayan olmak üzere iki farklı şekilde meydana gelmektedir. Yapısal hasarlar büyük depremlerde taşıyıcı sistemde oluşurken, yapısal olmayan hasarların en küçük depremlerde bile olma ihtimali vardır. Çünkü, binalar bölgenin depremselliği ve zemin durumu dikkate alınarak her bölge için ayrı ayrı tasarlanırken, mimari olmayan elemanların tasarımında kullanılabilirlik ön planda tutulmaktadır. İnsanların bölgenin depremselliği ve binanın bulunduğu zemin durumunu bilmediğinden, depremde eşyaların devrilmemesi için nasıl ve ne kadar önlem alacağı konusunda bir açıklama bulunmadığından depremlerde, binalar hiç yapısal hasar görmese de bina içindeki çoğu eşya deprem etkisiyle devrilerek hasar görmektedir.

23.11.2022 tarihinde, Sarıdere-Gölyaka-Düzce (40.8175° K, 30.9868° D) merkez üssünde, yerel saat ile 04:08'de meydana gelen ve aletsel büyüklüğü $M_l=6.0$ ($M_w=6.0$) olan depremde [1], binalarda çok fazla yapısal hasarın meydana gelmediği, ancak evlerde bulunan eşyalarda maddi hasarların meydana geldiği [2] ve hatta eşyaların insanların üzerine düşerek insan canına zarar verdiği bilinmektedir. Örneğin, Şekil-1'de görüldüğü üzere, Düzce Üniversitesi Cahit Zarifoğlu KYK Erkek Yurdu'ndaki gardiropların devrilerek kaçış yollarını tıkadığı [3] görülmektedir.



Şekil 1. Düzce depreminde devrilen gardirop (Overturned cabinet in Düzce earthquake) [3]

Eşyaların devrilmesi ile ilgili olaylara dünya genelinde rastlanmaktadır. ABD'de 2015-2016 yılları arasında, dünyanın en büyük mobilya üreticisi olan IKEA mağazasının [4] ürettiği Malm serisi şifonyerin kolayca devrilmesi nedeniyle iki yaşından küçük üç çocuğun ölümüyle sonuçlanan kaza sonrası, mobilya firmasının 50 milyon dolar tazminat ödemiş; mağazanın sattığı 29 milyon eşyanın mağaza tarafından geri toplatılmış ve bu olaydan sonra mobilyaların sabitlenmesi için kullanılacak aparatlar ücretsiz verilmeye başlanmıştır.



Şekil 2. Şifonyerin devrilme şekli (Dresser overturn mechanism) [4]

Bu çalışmada eşyaların devrilmemesi için eşyanın sabitlenmesinde kullanılacak dübelin çapı ve adedi; eşyanın yükseklik/genişlik (H/B) oranına ve ağırlığına, binanın oturduğu zemin sınıfına, deprem bölgesindeki PGA'sına ve eşyanın sabitleneceği duvar malzemesinin cinsine göre belirlenmeye çalışılmıştır.

Literatürde konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, Büyükkaragöz ve Cantürk [5], sanayi yapılarındaki yapısal olmayan raf, cephe kaplama, yakıt tankı vb. elemanların deprem etkisi altındaki davranışını incelemiş ve bu elemanlarda deprem etkisinde oluşabilecek risklerden ve alınabilecek tedbirlerden bahsetmiştir. Alıcı [6], yapısal olmayan faktörlerden kaynaklı riskler ile deprem ve mobilya ilişkisini araştırmış ve deprem unsurunu dikkate alarak mobilya tasarım önerileri sunmuştur. Beşir ve Dereci [7], konutlarda bulunan yapısal olmayan elemanlardan duvar, tavan, pencere, aydınlatma elemanları ile mobilya ve ekipmanların oluşturabileceği risk ve hasarları tanımlayarak her bir elemana bağlı olarak değişkenlik gösteren önlemleri belirlemeye çalışmıştır.

Kalaycıoğlu ve diğ. [8], mobilyalarda uygulanacak standartlar hakkında yaptıkları çalışmada mobilyaların devrilmemesi için alınması gereken önlemleri belirlemiştir. Deprem faktörünün mobilya kullanımı üzerine etkisini araştıran Ulay ve diğ. [9], 2011 yılında Van depremini yaşayan Van ili TOKİ konutları sakinleri ile yapmış olduğu araştırmada, iç mekânlardaki mobilya kullanım tercihleri ve alınan tedbirleri incelemiş ve depremden sonra insanların evlerinde aldığı tedbirlerin yeterli düzeyde olmadığını görerek, insanların depreme karşı evlerinde aldığı önlemlerin arasında, mobilyaların sabitlenmesi, hafif malzeme kullanımı, mobilya ölçülerinde ve yerleşiminde, resim, tablo ve çerçeve gibi elemanlarda değişiklik yaparak önlem almaya çalıştığını görmüştür. Ayrıca, yapısal olmayan elemanlarla ilgili yapılan çalışmalar sınırlı sayıda olup [10-16], yapısal olmayan bina elemanlarının sismik hesabı ve yer değiştirmelerin sınırlandırılmasına ilişkin 2018 TDBY Bölüm-6 [17] kapsamında değerlendirmeye alınsa da eşya H/B oranına göre devrilme analizi ve eşyaların sabitlenme şekillerinin hangi malzeme türüne nasıl ve ne şekilde sabitleneceği ile ilgili bir hususa ayrıntılı olarak değinilmemiştir. Ek olarak, ev eşyalarının deprem etkisine, zemin cinsine, eşya H/B'sine ve deprem maksimum yer ivmesi (PGA)'sine bağlı olarak depremde devrilme analizine konu olan bir çalışmaya da rastlanılmamıştır.

2. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

Bu çalışmada öncelikle illerin en yüksek PGA değerleri Türkiye Deprem Tehlikeleri Haritası'ndan [18] alınarak Tablo-1 oluşturulmuştur. Tablo-1'den de anlaşılacağı üzere Ülkemiz nüfusunun büyük bölümünün riskli deprem fay hatlarına yakın yerlerde yaşadığı anlaşılmaktadır.

Tablo 1. İllere göre en yüksek PGA değerleri (g cinsinden) (The highest PGA values of cities) [18]

İL	PGA	İL	PGA	İL	PGA	İL	PGA	İL	PGA	İL	PGA
Karaman	0.1	Edirne	0.3	Ağrı	0.4	Afyon	0.5	Çanakkale	0.6	Tekirdağ	0.7
Mardin	0.1	Giresun	0.3	Antalya	0.4	Burdur	0.5	Denizli	0.6	Tunceli	0.7
Neşehir	0.1	Gümüşhane	0.3	Ardahan	0.4	Bursa	0.5	Düzce	0.6	Bingöl	0.8
Aksaray	0.1	Iğdır	0.3	Batman	0.4	Çorum	0.5	Erzurum	0.6	Erzincan	0.8
Kırkkale	0.2	Kayseri	0.3	Bilecik	0.4	Diyarbakır	0.5	Hatay	0.6	Muş	0.8
Kırşehir	0.2	Kırklareli	0.3	Bitlis	0.4	Hakkari	0.5	Karabük	0.6	Tokat	0.8
Mersin	0.2	Ordu	0.3	Çankırı	0.4	İstanbul	0.5	Maraş	0.6		
Niğde	0.2	Osmaniye	0.3	Eskişehir	0.4	İzmir	0.5	Yalova	0.6		
Şanlıurfa	0.2	Rize	0.3	Gaziantep	0.4	Manisa	0.5	Amasya	0.7		
Trabzon	0.2	Samsun	0.3	Isparta	0.4	Muğla	0.5	Bolu	0.7		
Adana	0.3	Siirt	0.3	Kars	0.4	Uşak	0.5	Elazığ	0.7		
Ankara	0.3	Sinop	0.3	Kilis	0.4	Van	0.5	Kastamonu	0.7		
Artvin	0.3	Sivas	0.3	Konya	0.4	Adıyaman	0.6	Kocaeli	0.7		
Bartın	0.3	Yozgat	0.3	Kütahya	0.4	Aydın	0.6	Malatya	0.7		
Bayburt	0.3	Zonguldak	0.3	Şırnak	0.4	Balıkesir	0.6	Sakarya	0.7		

Şekil 3'te görüldüğü üzere, depremde eşya üzerine gelen etki sonucunda direnen ve deviren kuvvetler meydana gelmektedir. Burada depremde eşyayı devirmeye çalışan yatay deprem kuvvetine karşı direnen kendi ağırlığına (W) ek olarak, eşyanın üstünden yapılacak ankraj kuvvetinin (F_{ankraj}) oluşturacağı direnç kuvveti ile eşyanın stabilitesi sağlanmak istenmektedir. Direnen momentlerin (M_{direnen}) toplamı Bağntı 1 ile hesaplanmıştır.

$$M_{\text{direnen}} = (W \cdot B/2) + (F_{\text{ankraj}} \cdot H) \quad (1)$$

En olumsuz koşullar göz önünde bulundurularak, güvenli tarafta kalmak adına, taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=1.00$, yapı önem katsayısı $I=1.00$ ve en olumsuz bina periyodu dikkate alınarak, kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (S_{DS}) ve kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (F_s) için, depremde eşyanın devrilmesine sebep olan yatay deprem kuvveti (F_{deprem}), $F_{\text{deprem}}=W \cdot S_{DS}$ denklemiyle belirlenmiş ve devrilme momenti (M_{deviren}) Bağntı-2 ile hesaplanmıştır.

$$M_{deviren} = W \cdot H \cdot SDS \quad (2)$$

Depremde eşyaların denge durumunda kalabilmesi için belirlenen sınır değer, denge limiti durumundaki Bağını 3 ile ifade edilmektedir.

$$M_{direnen} / M_{deviren} = 1.00 \quad (3)$$

Eşyaların devrilmemesi için seçilen güvenlik limiti ise, Bağını 4 ile temsil edilmekte ve düşey deprem etkisi, depremin tekrarlı dinamik etkileri ve yer değiştirmelerin sınırlandırılması da göz önüne alınarak güvenlik sayısı 1,50 alınmıştır.

$$M_{direnen} / M_{deviren} = 1.50 \quad (4)$$

Çalışmaya esas teşkil eden eşyalar olarak, her evde bulunan ve devrilme ihtimali yüksek olan buzdolabı, gardırop ve kitaplık seçilmiştir. Bu eşyaların boyutları standart olmadığından dolayı olabilecek eşya boyutları arasından en büyük H/B oranları seçilmiştir. Tablo-2'de buzdolabına, Tablo-3'te gardıroba, Tablo-4'te de kitaplığa ait boyut ve ağırlıklara ek olarak, zemin sınıfı ve deprem PGA'larına göre depremin S_{ps} 'si, deviren ve direnen momentler, denge limiti olan 1,00 ve devrilmeye karşı güvenlik limiti 1,50 için eşyaların sabitlenmesi için gerekli ankraj kuvvetleri ayrı ayrı verilmiştir

Tablo 2. Buzdolabı için devrilme hesabı (Refrigerator overturning calculation)

BUZDOLABI	Zemin Sınıfı	H (m)	B (m)	H/B	L (m)	m (kg)	S_{ps}	$M_{direnen}$ (kg.m)	$M_{deviren}$ (kg.m)	Limit Durumu (L.D.)	Güvenlik Sayısı (G.S.)	L.D.=1.00 için F_{ank} (kg)	G.S.=1.50 için F_{ank} (kg)
PGA=0.8g	ZA	2.13	0.76	2.8	1	200	1.586	76	337.82	1	1.5	122.92	202.22
	ZB	2.13	0.76	2.8	1	200	1.785	76	380.21	1	1.5	142.82	232.07
	ZC	2.13	0.76	2.8	1	200	2.380	76	506.94	1	1.5	202.32	321.32
	ZD	2.13	0.76	2.8	1	200	1.983	76	422.38	1	1.5	162.62	261.77
	ZE	2.13	0.76	2.8	1	200	1.586	76	337.82	1	1.5	122.92	202.22
PGA=0.7g	ZA	2.13	0.76	2.8	1	200	1.382	76	294.37	1	1.5	102.52	171.62
	ZB	2.13	0.76	2.8	1	200	1.554	76	331.00	1	1.5	119.72	197.42
	ZC	2.13	0.76	2.8	1	200	2.072	76	441.34	1	1.5	171.52	275.12
	ZD	2.13	0.76	2.8	1	200	1.727	76	367.85	1	1.5	137.02	223.37
	ZE	2.13	0.76	2.8	1	200	1.382	76	294.37	1	1.5	102.52	171.62
PGA=0.6g	ZA	2.13	0.76	2.8	1	200	1.170	76	249.21	1	1.5	81.32	139.82
	ZB	2.13	0.76	2.8	1	200	1.317	76	280.52	1	1.5	96.02	161.87
	ZC	2.13	0.76	2.8	1	200	1.756	76	374.03	1	1.5	139.92	227.72
	ZD	2.13	0.76	2.8	1	200	1.463	76	311.62	1	1.5	110.62	183.77
	ZE	2.13	0.76	2.8	1	200	1.192	76	253.90	1	1.5	83.52	143.12
PGA=0.5g	ZA	2.13	0.76	2.8	1	200	0.953	76	202.99	1	1.5	59.62	107.27
	ZB	2.13	0.76	2.8	1	200	1.072	76	228.34	1	1.5	71.52	125.12
	ZC	2.13	0.76	2.8	1	200	1.429	76	304.38	1	1.5	107.22	178.67
	ZD	2.13	0.76	2.8	1	200	1.219	76	259.65	1	1.5	86.22	147.17
	ZE	2.13	0.76	2.8	1	200	1.128	76	240.26	1	1.5	77.12	133.52
PGA=0.4g	ZA	2.13	0.76	2.8	1	200	0.768	76	163.58	1	1.5	41.12	79.52
	ZB	2.13	0.76	2.8	1	200	0.864	76	184.03	1	1.5	50.72	93.92
	ZC	2.13	0.76	2.8	1	200	1.152	76	245.38	1	1.5	79.52	137.12
	ZD	2.13	0.76	2.8	1	200	1.071	76	228.12	1	1.5	71.42	124.97
	ZE	2.13	0.76	2.8	1	200	1.087	76	231.53	1	1.5	73.02	127.37
PGA=0.3g	ZA	2.13	0.76	2.8	1	200	0.530	76	112.89	1	1.5	17.32	43.82
	ZB	2.13	0.76	2.8	1	200	0.596	76	126.95	1	1.5	23.92	53.72
	ZC	2.13	0.76	2.8	1	200	0.818	76	174.23	1	1.5	46.12	87.02
	ZD	2.13	0.76	2.8	1	200	0.841	76	179.13	1	1.5	48.42	90.47
	ZE	2.13	0.76	2.8	1	200	0.954	76	203.20	1	1.5	59.72	107.42
PGA=0.2g	ZA	2.13	0.76	2.8	1	200	0.377	76	80.30	1	1.5	2.02	20.87
	ZB	2.13	0.76	2.8	1	200	0.424	76	90.31	1	1.5	6.72	27.92
	ZC	2.13	0.76	2.8	1	200	0.612	76	130.36	1	1.5	25.52	56.12
	ZD	2.13	0.76	2.8	1	200	0.670	76	142.71	1	1.5	31.32	64.82
	ZE	2.13	0.76	2.8	1	200	0.839	76	178.71	1	1.5	48.22	90.17
PGA=0.1g	ZA	2.13	0.76	2.8	1	200	0.185	76	39.41	1	1.5	-17.18	-7.93
	ZB	2.13	0.76	2.8	1	200	0.208	76	44.30	1	1.5	-14.88	-4.48
	ZC	2.13	0.76	2.8	1	200	0.300	76	63.90	1	1.5	-5.68	9.32
	ZD	2.13	0.76	2.8	1	200	0.370	76	78.81	1	1.5	1.32	19.82
	ZE	2.13	0.76	2.8	1	200	0.554	76	118.00	1	1.5	19.72	47.42

Tablo 3. Gardirop için yapılan ankraj hesabı (Anchor calculation for cabinet)

GARDIROP	Zemin Sınıfı	H (m)	B (m)	H/B	L (m)	m (kg)	S _{DS}	M _n direne (kg.m)	M _{deviren} (kg.m)	Limit Durumu (L.D.)	Güvenlik Sayısı (G.S.)	L.D.=1.0 0 için F _{ank} (kg)	G.S.=1.5 0 için F _{ank} (kg)
PGA=0.8 g	ZA	2.3	0.55	4.2	1	400	1.586	110	729.56	1	1.5	269.37	427.97
	ZB	2.3	0.55	4.2	1	400	1.785	110	821.1	1	1.5	309.17	487.67
	ZC	2.3	0.55	4.2	1	400	2.380	110	1094.8	1	1.5	428.17	666.17
	ZD	2.3	0.55	4.2	1	400	1.983	110	912.18	1	1.5	348.77	547.07
	ZE	2.3	0.55	4.2	1	400	1.586	110	729.56	1	1.5	269.37	427.97
PGA=0.7 g	ZA	2.3	0.55	4.2	1	400	1.382	110	635.72	1	1.5	228.57	366.77
	ZB	2.3	0.55	4.2	1	400	1.554	110	714.84	1	1.5	262.97	418.37
	ZC	2.3	0.55	4.2	1	400	2.072	110	953.12	1	1.5	366.57	573.77
	ZD	2.3	0.55	4.2	1	400	1.727	110	794.42	1	1.5	297.57	470.27
	ZE	2.3	0.55	4.2	1	400	1.382	110	635.72	1	1.5	228.57	366.77
PGA=0.6 g	ZA	2.3	0.55	4.2	1	400	1.170	110	538.2	1	1.5	186.17	303.17
	ZB	2.3	0.55	4.2	1	400	1.317	110	605.82	1	1.5	215.57	347.27
	ZC	2.3	0.55	4.2	1	400	1.756	110	807.76	1	1.5	303.37	478.97
	ZD	2.3	0.55	4.2	1	400	1.463	110	672.98	1	1.5	244.77	391.07
	ZE	2.3	0.55	4.2	1	400	1.192	110	548.32	1	1.5	190.57	309.77
PGA=0.5 g	ZA	2.3	0.55	4.2	1	400	0.953	110	438.38	1	1.5	142.77	238.07
	ZB	2.3	0.55	4.2	1	400	1.072	110	493.12	1	1.5	166.57	273.77
	ZC	2.3	0.55	4.2	1	400	1.429	110	657.34	1	1.5	237.97	380.87
	ZD	2.3	0.55	4.2	1	400	1.219	110	560.74	1	1.5	195.97	317.87
	ZE	2.3	0.55	4.2	1	400	1.128	110	518.88	1	1.5	177.77	290.57
PGA=0.4 g	ZA	2.3	0.55	4.2	1	400	0.768	110	353.28	1	1.5	105.77	182.57
	ZB	2.3	0.55	4.2	1	400	0.864	110	397.44	1	1.5	124.97	211.37
	ZC	2.3	0.55	4.2	1	400	1.152	110	529.92	1	1.5	182.57	297.77
	ZD	2.3	0.55	4.2	1	400	1.071	110	492.66	1	1.5	166.37	273.47
	ZE	2.3	0.55	4.2	1	400	1.087	110	500.02	1	1.5	169.57	278.27
PGA=0.3 g	ZA	2.3	0.55	4.2	1	400	0.530	110	243.8	1	1.5	58.174	111.17
	ZB	2.3	0.55	4.2	1	400	0.596	110	274.16	1	1.5	71.374	130.97
	ZC	2.3	0.55	4.2	1	400	0.818	110	376.28	1	1.5	115.77	197.57
	ZD	2.3	0.55	4.2	1	400	0.841	110	386.86	1	1.5	120.37	204.47
	ZE	2.3	0.55	4.2	1	400	0.954	110	438.84	1	1.5	142.97	238.37
PGA=0.2 g	ZA	2.3	0.55	4.2	1	400	0.377	110	173.42	1	1.5	27.574	65.27
	ZB	2.3	0.55	4.2	1	400	0.424	110	195.04	1	1.5	36.974	79.37
	ZC	2.3	0.55	4.2	1	400	0.612	110	281.52	1	1.5	74.574	135.77
	ZD	2.3	0.55	4.2	1	400	0.670	110	308.2	1	1.5	86.174	153.17
	ZE	2.3	0.55	4.2	1	400	0.839	110	385.94	1	1.5	119.97	203.87
PGA=0.1 g	ZA	2.3	0.55	4.2	1	400	0.185	110	85.1	1	1.5	-	10.826
	ZB	2.3	0.55	4.2	1	400	0.208	110	95.68	1	1.5	-	14.57
	ZC	2.3	0.55	4.2	1	400	0.300	110	138	1	1.5	6.2261	42.17
	ZD	2.3	0.55	4.2	1	400	0.370	110	170.2	1	1.5	12.174	63.17
	ZE	2.3	0.55	4.2	1	400	0.554	110	254.84	1	1.5	26.174	118.37

Tablo 4. Kitaplık için yapılan ankraj hesabı (Anchor calculation for bookcase)

KİTAPLIK	Zemin Sınıfı	H (m)	B (m)	H/B	L (m)	m (kg)	S _{ds}	M _{direnen} (kg.m)	M _{deviren} (kg.m)	Limit Durumu (L.D.)	Güvenlik Sayısı (G.S.)	L.D.=1.00 için F _{ank} (kg)	G.S.=1.50 için F _{ank} (kg)
PGA=0.8g	ZA	2	0.3	6.7	1	300	1.586	45	475.8	1	1.5	215.4	334.35
	ZB	2	0.3	6.7	1	300	1.785	45	535.5	1	1.5	245.25	379.13
	ZC	2	0.3	6.7	1	300	2.380	45	714	1	1.5	334.5	513.00
	ZD	2	0.3	6.7	1	300	1.983	45	594.9	1	1.5	274.95	423.68
	ZE	2	0.3	6.7	1	300	1.586	45	475.8	1	1.5	215.4	334.35
PGA=0.7g	ZA	2	0.3	6.7	1	300	1.382	45	414.6	1	1.5	184.8	288.45
	ZB	2	0.3	6.7	1	300	1.554	45	466.2	1	1.5	210.6	327.15
	ZC	2	0.3	6.7	1	300	2.072	45	621.6	1	1.5	288.3	443.70
	ZD	2	0.3	6.7	1	300	1.727	45	518.1	1	1.5	236.55	366.08
	ZE	2	0.3	6.7	1	300	1.382	45	414.6	1	1.5	184.8	288.45
PGA=0.6g	ZA	2	0.3	6.7	1	300	1.170	45	351	1	1.5	153	240.75
	ZB	2	0.3	6.7	1	300	1.317	45	395.1	1	1.5	175.05	273.83
	ZC	2	0.3	6.7	1	300	1.756	45	526.8	1	1.5	240.9	372.60
	ZD	2	0.3	6.7	1	300	1.463	45	438.9	1	1.5	196.95	306.68
	ZE	2	0.3	6.7	1	300	1.192	45	357.6	1	1.5	156.3	245.70
PGA=0.5g	ZA	2	0.3	6.7	1	300	0.953	45	285.9	1	1.5	120.45	191.93
	ZB	2	0.3	6.7	1	300	1.072	45	321.6	1	1.5	138.3	219.70
	ZC	2	0.3	6.7	1	300	1.429	45	428.7	1	1.5	191.85	299.03
	ZD	2	0.3	6.7	1	300	1.219	45	365.7	1	1.5	160.35	251.78
	ZE	2	0.3	6.7	1	300	1.128	45	338.4	1	1.5	146.7	231.30
PGA=0.4g	ZA	2	0.3	6.7	1	300	0.768	45	230.4	1	1.5	92.7	150.30
	ZB	2	0.3	6.7	1	300	0.864	45	259.2	1	1.5	107.1	171.90
	ZC	2	0.3	6.7	1	300	1.152	45	345.6	1	1.5	150.3	236.70
	ZD	2	0.3	6.7	1	300	1.071	45	321.3	1	1.5	138.15	218.48
	ZE	2	0.3	6.7	1	300	1.087	45	326.1	1	1.5	140.55	222.08
PGA=0.3g	ZA	2	0.3	6.7	1	300	0.530	45	159	1	1.5	57	96.75
	ZB	2	0.3	6.7	1	300	0.596	45	178.8	1	1.5	66.9	111.60
	ZC	2	0.3	6.7	1	300	0.818	45	245.4	1	1.5	100.2	161.55
	ZD	2	0.3	6.7	1	300	0.841	45	252.3	1	1.5	103.65	166.73
	ZE	2	0.3	6.7	1	300	0.954	45	286.2	1	1.5	120.6	192.15
PGA=0.2g	ZA	2	0.3	6.7	1	300	0.377	45	113.1	1	1.5	34.05	62.33
	ZB	2	0.3	6.7	1	300	0.424	45	127.2	1	1.5	41.1	72.90
	ZC	2	0.3	6.7	1	300	0.612	45	183.6	1	1.5	69.3	115.20
	ZD	2	0.3	6.7	1	300	0.670	45	201	1	1.5	78	128.25
	ZE	2	0.3	6.7	1	300	0.839	45	251.7	1	1.5	103.35	166.28
PGA=0.1g	ZA	2	0.3	6.7	1	300	0.185	45	55.5	1	1.5	5.25	19.13
	ZB	2	0.3	6.7	1	300	0.208	45	62.4	1	1.5	8.7	24.30
	ZC	2	0.3	6.7	1	300	0.300	45	90	1	1.5	22.5	45.00
	ZD	2	0.3	6.7	1	300	0.370	45	111	1	1.5	33	60.75
	ZE	2	0.3	6.7	1	300	0.554	45	166.2	1	1.5	60.6	102.15

Tablo 2, 3 ve 4'ten de anlaşılacağı üzere deprem maksimum yer ivmelerine (PGA) ve zemin sınıflarına göre eşyaların sabitlenmesi için gereken ankraj kuvveti, denge limit değeri olan 1,00 için Bağıntı-5 ile gösterilmiştir.

$$F_{ankraj} / H = (M_{deviren} - M_{direnen}) \quad (5)$$

Eşyaların devrilmemesi için gereken ankraj kuvveti, güvenlik sınır değeri olan 1,50 için Bağıntı-6 ile gösterilmiştir.


$$F_{ankraj} / H = (1.50M_{deviren} - M_{direnen}) \quad (6)$$

Bu çalışma kapsamında eşyalar, dübel yardımıyla yapı elemanlarına sabitlenmektedir. Tablo 5 ve 6'da Fischer firmasına ait [19] iki farklı dübel çeşidinin farklı yapı elemanlarında taşıyabileceği maksimum ankraj kuvvetleri yer almaktadır. Dübel taşıma kapasitesi, eşyaların sabitleneceği malzemenin çeşidine göre farklılık göstermektedir. Ankraj adedi, sabitlemenin yapılacağı yapı malzemesi ve seçilen dübelin boyutuna göre değişmektedir. Dübel ebadı seçildikten sonra dübel sayısı Bağıntı-7 ile hesaplanabilmektedir.

$$n_{dübel} = F_{ankraj} / F_{dübel} \quad (7)$$

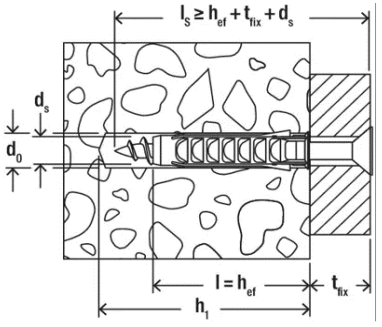
Tablo 3 ve 4'te hesaplanan ankraj kuvvetleri eşyaların 1,00 metretülü için yapılmıştır. Bu eşyaların devrilmemesi için gerekli olan toplam ankraj sayısı, eşyanın metre cinsinden uzunluğu ile hesaplanan ankraj sayısı çarpılarak bulunabilmektedir. Dinamik çarpma etkilerinden dolayı gerekli dübel sayısının 1 adet bulunması durumunda en az 2 adet dübel kullanılması önerilir. Ayrıca, dübeller eşit ve düzgün aralıklar ile eşya boyunca tepesinden sıralı bir şekilde duvara tutturulmalıdır.

Tablo 5. SX kodlu genişlemeli plastik dübel taşıma kapasiteleri (SX coded expansion plastic dowel carrying capacities) [19]


Genişlemeli Plastik Dübel SX											
Yükler											
Tek bir ankraj için önerilen en yüksek yükler 1).											
Verilen yükler, belirtilen çaptaki ağaç vidaları için geçerlidir.											
Model: Genişlemeli plastik dübel SX (4 yönlü genişlemeli)	Birim	SX 4 x 20	SX 5 x 25	SX 6 x 30	SX 8 x 40	SX 10 x 50	SX 10 x 80	SX 12 x 60	SX 14 x 70	SX 16 x 80	
Ahşap vida çapı (delme çapı)	[mm]	3	4	5	6	8	8	10	12	12	
Beton minimum kenar mesafesi c_{min} (min. delik derinliği)	[mm]	20	25	35	40	50	50	65	100	120	
İlgili ana malzemede önerilen yükler $F_{rec}^{2)}$											
Beton $\geq C20/25$	[kg]	16	30	65	70	120	120	170	200	260	
Masif tuğla (harman tuğlası) $\geq Mz 12$	[kg]	11	25	30	60	65	120	70	80	90	
Masif kum-kireç tuğlası (gri) $\geq KS 12$	[kg]	17	30	50	60	120	120	170	200	260	
Gazbeton $\geq AAC 2 (G2)$	[kg]	3	3	3	4	9	20	14	30	40	
Gazbeton $\geq AAC 4 (G4)$	[kg]	7	9	9	14	30	60	45	50	60	
Düşey delikli tuğla (kırmızı) $\geq Hlz 12 (r \geq 1.0 \text{ kg/dm}^3)$	[kg]	13	7	7	17	17	50	26	40	60	
Delikli kum-kireç tuğla $\geq KSL 12$	[kg]	15	17	30	35	30	80	35	30	40	
Alçı blok tuğla	[kg]	-	-	-	26	37	-	100	100	-	

1) Gerekli güvenlik faktörleri göz önünde bulundurulur.
2) Herhangi bir açıda çekme yükü, kesme yükü ve eğik yük için geçerlidir.

Tablo 6. SX kodlu genişlemeli plastik dübele ait parametrik özellikler (Parametric properties of SX coded expansion plastic dowel)

Özellikler			
Delme Çapı (mm)	d_0	4	
Min. Delik Derinliği (mm)	h_1	25	
Dübel Uzunluğu (mm)	l	20	
Ahşap ve Sunta Vidaları (mm)	d_s	2.0 - 3.0	

Tablo 7. SX kodlu genişlemeli plastik yeşil dübelin taşıma kapasiteleri (Carrying capacities of SX coded expansion plastic green dowel) [19]

Genişlemeli Plastik Dübel SX Yeşil						
Yükler						
Tek bir ankraj için önerilen en yüksek yükler 1)						
Verilen yükler, belirtilen çaptaki ağaç vidaları için geçerlidir.						
Model: Genişlemeli plastik dübel SX (4 yönlü genişlemeli)	Birim	SX 4 x 20	SX 5 x 25	SX 6 x 30	SX 8 x 40	SX 10 x 50
Ahşap vida çapı (delme çapı)	[mm]	4	5	6	8	10
Beton minimum kenar mesafesi c_{min} (min. Delik derinliği)	[mm]	25	35	40	50	65
İlgili ana malzemede önerilen yükler $F_{rec}^{2)}$						
Beton $\geq C20/25$	[kg]	30	65	70	120	170
Masif tuğla (harman tuğlası) $\geq Mz 12$	[kg]	25	30	60	65	70
Masif kum-kireç tuğlası (gri) $\geq KS 12$	[kg]	30	50	60	120	170
Gazbeton $\geq AAC 2 (G2)$	[kg]	3	3	4	9	14
Gazbeton $\geq AAC 4 (G4)$	[kg]	9	9	14	30	45
Düşey delikli tuğla (kırmızı) $\geq Hlz 12 (r \geq 1.0 \text{ kg/dm}^3)$	[kg]	7	7	17	17	26
Delikli kum-kireç tuğla $\geq KSL 12$	[kg]	17	30	35	30	35
Alçı blok tuğla	[kg]	-	-	26	37	100

1) Gerekli güvenlik faktörleri göz önünde bulundurulur.
2) Herhangi bir açıda çekme yükü, kesme yükü ve eğik yük için geçerlidir.

Tablo 8. SX kodlu genişmeli plastik yeşil dübele ait parametrik özellikler (Parametric properties of SX coded expansion plastic green dowel) [19]

Özellikler		
Delme Çapı (mm)	d_0	5
Min. Delik Derinliği (mm)	h_1	35
Dübel Uzunluğu (mm)	l	25
Ahşap ve Sunta Vidaları (mm)	d_s	3.0 - 4.0

3. Sonuçlar ve Tartışma (Results and Discussion)

Daha önce yapılan çalışmalarda, eşyaların sabitlenmesi gerektiği ile ilgili bilgilere rastlanılmasına rağmen, eşya ebadı ve kütlesi, zemin sınıfı, deprem ivmesi, dübel cinsi ve eşyanın sabitleneceği duvar malzemesi cinsine göre bir ayırım yapılarak birçok parametreyi inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışma, depremde binaların herhangi bir yapısal hasar almamasına rağmen, konutların içindeki eşyaların depremde yer değiştirerek ya da devrilerek zarar görmemesi için yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında depremlerde sıklıkla devrilerek can ve mal kaybına sebep olan ve bu çalışmaya esas teşkil eden üç çeşit ev eşyası seçilmiştir. 81 ilimizin, en yüksek deprem PGA değerlerine göre tablolaştırılmış ve her PGA değerinin deprem ivmesi olan SDS değeri ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıfları için belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan üç adet eşya için yapılan devrilme analizleri neticesinde, eşyaların devrilmemesi için gereken ankraj kuvvetleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu çalışma ile eşya sabitlemek için kullanılması gereken dübel sayısı, eşyaların sabitleneceği duvar malzemesinin cinsine bağlı olarak belirlenmiştir.

Bu çalışma ile ayrıca insanların yaşadıkları il ve eşya türüne göre hangi uzunlukta ve kaç adet dübel kullanarak eşyalarını sabitleyeceklerini kolaylıkla bulmaları hedeflenmiştir. Zemin sınıfının bilinmemesi durumunda ise en kötü zemin olan ZE zemin sınıfı alınabilir.

Sonuç olarak, depremde devrilme olayını engellemek amacı ile bir eşyayı sabitlemek için piyasada çok farklı standartlarda ankrajlama aparatlarının olduğu göz önüne alındığında, bu aparatların hangi duvar malzemesinde ne kadar yük taşıyabileceği bilinmediğinden bu çalışmanın en azından ev eşyalarını sabitlemek adına bir ölçüt oluşturacağı düşünülmektedir. Bu çalışma, bilinen bir dübel markasının sadece iki modeli için yapılmış olup, daha farklı marka ve modellerdeki ankraj aparatları için yapılarak araştırma genişletilebilir.

Kaynaklar (References)

- [1] Available: <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/23-kasim-2022-saridere-golyaka-duzce-depremi-mw6-0/>. [Accessed: Dece. 25, 2022].
- [2] Available: <https://duzcehurhaber.com/duzce-de-en-buyuk-hasar-dolaplarin-devrilmesi-ve-ev-esyalarinin-kirilmesi-ile-meydana-geldi-duzce-haberler/14839/>. [Accessed: Dece. 25, 2022].
- [3] Available: <https://www.aykiri.com.tr/duzce-deki-depremde-kyk-yurdundaki-dolaplar-devrildi/30271/>. [Accessed: Dece. 25, 2022].
- [4] Available: <https://financialpost.com/news/deadly-dressers-ikea-reaches-us50-million-settlement-over-malm-furniture-that-killed-3-toddlers>. [Accessed: Dece. 25, 2022].
- [5] A. Büyükkaragöz ve R. Cantürk, "Sanayi Yapılarındaki Yapısal Olmayan Elemanların Deprem Etkisi Altındaki Davranışı," *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, vol. 6, no. 2, pp. 426-435, 2018. doi:10.29109/http-gujsc-gazi-edu-tr.381946
- [6] M. Alıcı, "Deprem Unsuru Açısından Mobilya Kullanımının İncelenmesi," *Uluslararası Anadolu Sosyal Bilimler Dergisi*, vol. 3, no. 2, pp. 4-15, 2019.

- [7] Ş. E. Beşir ve Ş. Dereci, "Deprem Sırasında Konut İç Mekanlarında Yapısal Olmayan Elemanların Yarattığı Riskler ve Alınabilecek Önlemler," *International Social Mentality and Researcher Thinkers Journal*, vol. 7, no. 42, pp. 350-360, 2021. doi:10.31576/smryj.818
- [8] H. Kalaycıoğlu ve H. Aksu, U. Aras, "Mobilyalarda Uygulanan Standartlar (Emniyet, Mukavemet ve Güvenlik Gereklere)," *Selçuk Teknik Dergisi*, Özel Sayı-1, pp. 834-853, 2015.
- [9] G. Ulay ve M. S. Bekiroğlu, "Deprem Faktörünün Mobilya Kullanımı Üzerine Etkisinin İncelenmesi," *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 21, no. 1, pp. 43-54, 2016.
- [10] İ. Aktürk ve M. Albeni, "Doğal afetlerin ekonomik performans üzerine etkisi: 1999 yılında Türkiye' de meydana gelen depremler ve etkileri," *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, vol. 7, no. 1, pp. 1-18, 2002.
- [11] İSMEP, "İstanbul sismik riskin azaltılması ve acil durum hazırlık projesi, sanayi ve işyerleri için afet acil yardım planlama rehberi" İstanbul, 2009.
- [12] E. Kotil, F. Konur, H. Özgür, "The economic impact of gulf earthquake," in *International Kocaeli Earthquake Symposium*, Kocaeli, Türkiye, vol. 22, pp. 26, 2007.
- [13] FEMA 460, Seismic considerations for steel storage racks located in areas accessible to the public, "Department of Homeland Security", Washington, DC, 2006.
- [14] Y. Gümüş, "Geçmişten Geleceğe Türkiye'nin Sanayileşmesi," *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, vol. 603, pp. 113-118, 2015.
- [15] B. Öztürk, "Seismic behavior of two monumental buildings in historical Cappadocia region of Turkey," *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 15, pp. 3103-3123, 2017. doi:10.1007/s10518-016-0082-6
- [16] B. Öztürk, "Seismic drift response of building structures in seismically active and near-fault regions", Ph.D. dissertation, Purdue University, 2003.
- [17] TBDY-2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Resmi Gazete Mükerrer:30364, Ankara, Türkiye, Mart 2018.
- [18] Available: <http://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>. [Accessed: Janu. 6, 2022].
- [19] Available: <http://www.fischer.com.tr/tr-tr/products/standart-sabitlemeler/plastik-duebeller>. [Accessed: Janu. 6, 2022].

This is an open access article under the CC-BY license

