

## ATÖLYE BİNALARININ DEPREM PERFORMANSINI ETKİLEYEN BAZI PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

<sup>1,\*</sup>Abdullah Gündoğay ve <sup>1</sup>Hamide Tekeli

<sup>1</sup>Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, TÜRKİYE

### Özet

Mevcut betonarme binaların deprem güvenliğinin incelenmesi öncelikli konulardan biridir. Kamu binalarının öncelikli olarak ele alınması deprem esnasındaki can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada, atölye binalarının deprem güvenliği üzerinde beton dayanımı, donatı dayanımı, sargılama durumu gibi parametrelerin etkinliği incelenmiştir. Isparta ilinde bulunan 17 adet betonarme atölye binasının performansı, “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılarak belirlenmiştir. Çözümlenmeler, mevcut atölye binalarının her iki deprem doğrultusu (x ve y), dört farklı malzeme sınıfı ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 ve %10 olan depremler için yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan, deprem güvenliğini etkileyen en önemli parametrenin donatı dayanımı olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Atölye binası, betonarme, deprem güvenliği, doğrusal olmayan yöntem, malzeme sınıfı

## INVESTIGATION OF SOME PARAMETERS AFFECTING EARTHQUAKE PERFORMANCE OF WORKSHOP BUILDINGS

### Abstract

The investigation of seismic safety of existing reinforced concrete buildings is one of the priority issues. Taking into account as priority of public buildings is important in terms of minimizing the loss of life and property during the earthquake. In this study, the effects of parameters such as concrete strength, reinforcement strength, and confinement condition on seismic safety of building were investigated. The seismic performances of 17 reinforced concrete workshop buildings located in the Isparta city were determined by using "Incremental Equivalent Earthquake Load Method". Analysis were carried out for both directions (x and y) of the buildings, four different material classes and probability of exceeding %2 and %10 in 50 years of earthquake. It is shown from the obtained results that the most important parameter affecting the seismic safety is the reinforcement strength.

**Keywords:** Workshop buildings, reinforced concrete, seismic safety, nonlinear method, material classification

### 1. Giriş

Bugüne kadar yurdumuzda yaşanan depremler, maddi ve manevi zararlara, çok sayıda can ve mal kayıplarına yol açmıştır [1-3]. Depremlerde ortaya çıkan zarar ve kayıpların en aza indirilebilmesi için mevcut binaların deprem güvenliğinin değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde kullanılacak yöntemler, 2007 yılında yayımlanan “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” (DBYBHY)’te [4] doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemler olmak üzere tanımlanmıştır.

\*Corresponding author: Abdullah Gündoğay Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Suleyman Demirel University, 32260, Isparta TURKEY. E-mail address: [abdullahgundogay@sdu.edu.tr](mailto:abdullahgundogay@sdu.edu.tr), Phone: +90246 211 1198

Deprem güvenliği incelenecek binaların sayısının çok olması, mevcut binaların deprem güvenliğine etki eden parametrelerin belirlenmesinin ve buna bağlı olarak güvenlik incelemesinde kullanılacak ön değerlendirme parametrelerinin belirlenmesini öncelikli hale getirmektedir. Bu amaçla literatürde yapılan bazı çalışmalar mevcuttur. Örneğin, İnel ve arkadaşları [5] tarafından yapılan çalışmada, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'nın okul ve hastane binalarında yaygın olarak kullandığı tip projeler dikkate alınarak, uygulamada karşılaşılabilecek beton basınç dayanımları ve etriye aralıkları için doğrusal olmayan modelleme teknikleri kullanılmıştır. Deprem davranışının perdeler tarafından belirlendiği binalarda, beton sınıfı ve etriye aralığı parametrelerinin binanın deplasman kapasitesi üzerinde etkisinin sınırlı olduğu görülmüştür. Benzer incelemeler İnel ve arkadaşları [6] tarafından da yapılmıştır. Türker [7] tarafından yapılan çalışmada, farklı deprem düzeyleri için Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi sonuçları karşılaştırılarak sargılama durumunun yöntemler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sargılama durumunun iki yöntemde de kesit hasar düzeyleri üzerinde oldukça etkili olduğu görülmüştür. Tekeli ve arkadaşları [8] tarafından yapılan çalışmada, betonarme binaların taşıyıcı sistem elemanlarındaki sargı donatısının bina performansına etkisi, doğrusal elastik değerlendirme yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, taşıyıcı sistem elemanlarındaki etki/kapasite oranlarının sargı etkisiyle fazla değişmediği görülmüştür. Kontaş ve Fahjan [9] tarafından yapılan çalışmada, mevcut betonarme binalarda beton dayanımının bina performansına katkısı incelenmiştir. Beton sınıfının C5'ten C15'e yükselmesiyle binada %70 performans artışı olduğu görülmüştür. Ancak C15'ten sonra beton sınıfının performansa katkısının azaldığı vurgulanmıştır. Dinçer ve Mert [10] yaptıkları çalışmada, mevcut bir okul binası üzerinde beton ve donatı dayanımının performans değerlendirmesi üzerindeki etkilerini araştırmıştır.

Kamu yapılarının öncelikli olarak deprem güvenliği incelenmesi gereken binalar olması nedeniyle deprem güvenliğine etki eden parametrelerin belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu nedenle yapılan çalışmada, beton dayanımı, donatı dayanımı, taşıyıcı sistem elemanlarının mesnet bölgelerinde etriye sıklaştırmasının yapılıp yapılmaması durumu gibi parametrelerin mevcut atölye binalarının deprem güvenliğinin belirlenmesi üzerindeki etkinliği incelenmiştir.

## 2. Binaların Deprem Güvenliği

DBYBHY [4]'te mevcut binaların deprem performansının doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinden en az biri kullanılarak belirlenmesini önermektedir. Bu çalışmada atölye binalarının deprem performansı doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri arasından "Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" kullanılarak yapılmıştır. Bu yöntemde, taşıyıcı elemanların uç bölgelerine plastik mafsalları tanımlanarak doğrusal olmayan davranış modellenir. Hedef yerdeğiştirme istem seviyesindeki eleman kesitlerine ait beton ve donatı şekil değiştirme değerleri yönetmelikte tanımlanan sınır değerlerle kıyaslanarak elemanların hasar seviyelerine karar verilir. DBYBHY [4]'te tanımlanan beton ve donatı çeliğinin birim şekil değiştirmelerinde izin verilen üst sınırlar, Denklem (1), (2) ve (3)'te verilmiştir.

$$(\mathcal{E}_{cu})_{MN} = 0.0035 ; (\mathcal{E}_s)_{MN} = 0.010 \quad (1)$$

$$(\mathcal{E}_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01 (\rho_s/\rho_{sm}) \leq 0.0135 ; (\mathcal{E}_s)_{GV} = 0.040 \quad (2)$$

$$(\mathcal{E}_{cg})_{GC} = 0.0040 + 0.014 (\rho_s/\rho_{sm}) \leq 0.018 ; (\mathcal{E}_s)_{GC} = 0.060 \quad (3)$$

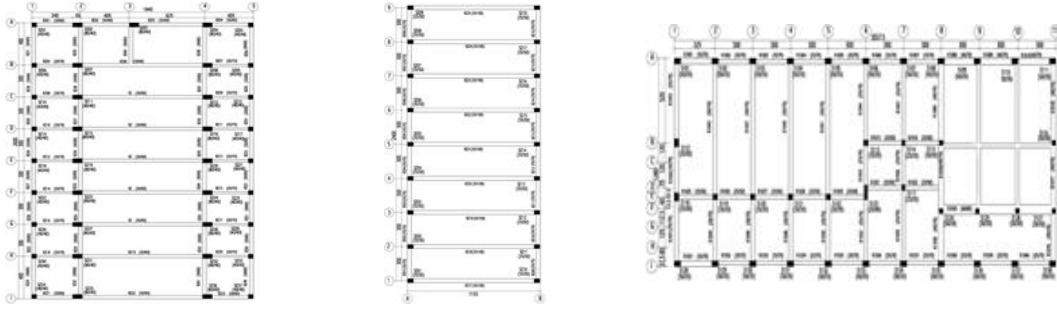
Burada MN minimum hasar sınırını, GV güvenlik hasar sınırını, GÇ göçme hasar sınırını,  $\epsilon_{cu}$  kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirme oranını,  $\epsilon_{cg}$  etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirme oranını,  $\epsilon_s$  donatı çeliği birim şekildeğiştirme oranını,  $\rho_s$  kesitte mevcut olan,  $\rho_{sm}$  ise kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranını göstermektedir. Binanın performans seviyesi, hedef yerdeğiştirme istem seviyesindeki taşıyıcı sistem elemanlarında ortaya çıkan hasar dağılımına göre belirlenir. Bina performansı, DBYBHY [4]'te, Hemen Kullanım (HK), Can Güvenliği (CG), Göçme Öncesi (GÖ) ve Göçme Durumu (GD) olmak üzere dört farklı seviyede tanımlanmıştır. Atölye binaları, okul binalarına ait tesisler olduğundan hedef performans seviyesi, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için “Hemen Kullanım”, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem için ise “Can Güvenliği” olarak seçilmiştir. Performans seviyesine bağlı olarak sunulan koşullar Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Performans seviyesi koşulları

Performans Seviyesi	Koşullar
Hemen Kullanım (HK)	<i>Her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir. Diğer taşıyıcı elemanların tamamı Minimum Hasar Bölgesi'nde olmalıdır.</i>
Can Güvenliği (CG)	<i>Her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %30'u İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir. İleri hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta bu oran en fazla %40 olabilir. Diğer taşıyıcı elemanların tamamı Minimum Hasar Bölgesi'nde veya Belirgin Hasar Bölgesi'nde olmalıdır. Ancak, Herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.</i>
Göçme Öncesi (GÖ)	<i>Kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir. Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir.. Ancak, Herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.</i>
Göçme Durumu (GD)	<i>Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.</i>

### 3. Mevcut Atölye Binalarının Tanıtılması

Çalışma kapsamında Isparta ilinde, 1. derece deprem bölgesi ve Z4 yerel zemin sınıfında bulunan 17 adet mevcut betonarme atölye binasının deprem güvenliği incelemesi yapılmıştır. Farklı kat adedine sahip binalardan bazılarında ait kalıp planları Şekil 1’de verilmiştir. Tüm binalar SAP 2000 [11] programı yardımıyla modellenmiştir. Doğrusal olmayan çözümler için, kiriş elemanlara  $M_3$ , kolon elemanlara ise  $PM_2M_3$  mafsali atanmıştır. Plastik mafsali özellikleri BESAM [12] programı yardımıyla tanımlanmıştır. İncelenen atölye binalarına ait taşıyıcı sistem bilgileri Tablo 2’de verilmiştir.



(a) Bir katlı (17 nolu model) (b) İki katlı (14 nolu model) (c) Üç katlı (12 nolu model)  
**Şekil 1.** Farklı kat adedine sahip bazı binalara ait kalıp planları

**Tablo 2.** Atölye binalarına ait bazı yapısal parametreler

Bina No	Kat Adedi	$h_i$ (m)	$\sum A_{kat}$ (m <sup>2</sup> )	$W_{bina}$ (kN)	$\sum A_x$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_y$ (m <sup>2</sup> )	$\sum I_x$ (m <sup>4</sup> )	$\sum I_y$ (m <sup>4</sup> )
1	1	3.80	878	9254	1.53	3.07	0.0951	0.0240
2	1	3.80	697	7248	1.40	2.80	0.0875	0.0254
3	1	2.90	184	2387	0.80	1.60	0.0500	0.0180
4	1	2.90	184	2387	0.80	1.60	0.0500	0.0180
5	1	3.90	265	2952	1.40	1.40	0.0645	0.0645
6	1	3.90	265	2952	1.40	1.40	0.0645	0.0645
7	1	6.00	252	3714	2.88	2.16	0.0912	0.1272
8	3	3.00	1496	20575	4.78	3.86	0.1464	0.2516
9	3	3.00	1957	22901	4.08	2.78	0.0700	0.1348
10	3	3.00	1957	22901	4.08	2.78	0.0700	0.1348
11	2	3.85	919	11416	4.80	2.40	0.0843	0.1287
12	3	2.80	1166	16300	3.39	2.36	0.0739	0.0962
13	1	3.90	281	3718	1.05	2.10	0.0656	0.0322
14	2	3.85	562	7436	2.10	1.05	0.0322	0.0656
15	1	4.00	112	1681	0.77	1.41	0.0269	0.0157
16	1	4.00	320	4308	2.33	1.17	0.0357	0.0729
17	1	3.90	478	6414	5.49	3.47	0.1195	0.3627

Burada  $h_i$ , kat yüksekliğini;  $A_{kat}$ , toplam kat alanını;  $W_{bina}$ , bina ağırlığını;  $A_x$  ve  $A_y$ , ilgili doğrultulardaki kattaki tüm düşey taşıyıcı sistem elemanlarının toplam alanını;  $I_x$  ve  $I_y$ , ilgili doğrultulardaki kattaki tüm düşey taşıyıcı sistem elemanlarına ait toplam atalet momentini temsil etmektedir. Burada, düşey taşıyıcı elemanlara ait toplam kesit alanları hesaplanırken, kolonun etkili yönünün dikkate alınabilmesi için Yakut [13] tarafından önerilen yaklaşım kullanılmıştır. Bu yöntemde kolonun yerleşim doğrultusuna göre kolon alanı belli bir  $c$  katsayısı ile çarpılarak bu etki dikkate alınabilmektedir. Bu katsayının, deprem hesap doğrultusu kolonun uzun kenarı ile aynı doğrultuda ise 0.67; kısa kenarı ile aynı doğrultuda ise 0.33; kare kolon ise 0.5 olarak kullanılması önerilmektedir.

Farklı kat planı, kat alanı ve kat adedine sahip mevcut atölye binalarının deprem güvenliğine etki eden parametrelerin belirlenmesi amacıyla beton dayanımı, donatı dayanımı, taşıyıcı sistem elemanlarının mesnetlerinde sargılama durumu gibi parametreler değiştirilerek güvenlik incelemeleri tekrarlanmıştır. Binaların deprem güvenliği DBYBHY [4] esasları ile uyumlu olarak

doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinden “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılarak belirlenmiştir. Çözümlemeler binaların her iki doğrultusunda (x ve y), dört farklı malzeme sınıfı (Tablo 3) ve iki farklı deprem düzeyi (50 yılda aşılma olasılığı %2 ve %10 olan depremler) için yapılmıştır.

**Tablo 3.** Malzeme sınıfları

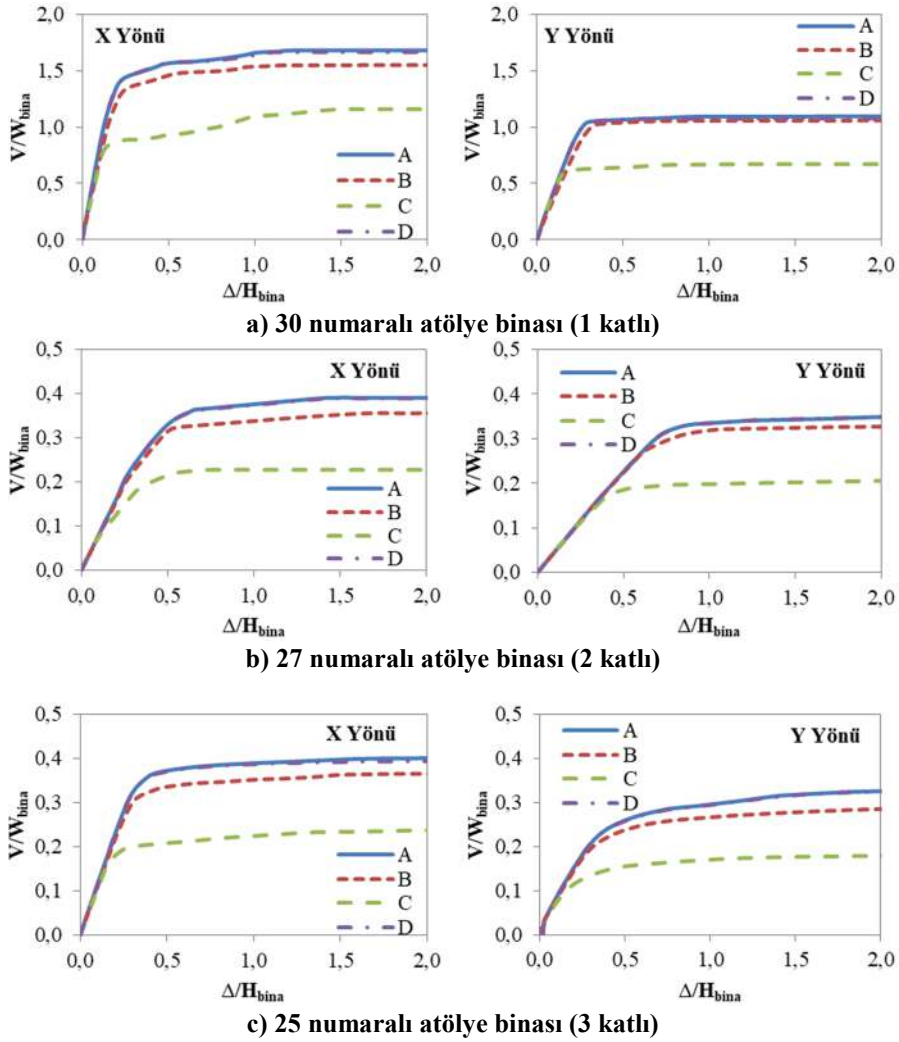
Malzeme Sınıfı	Beton Dayanımı (MPa)	Donatı Dayanımı (MPa)	Sargılama Durumu
A	20	420	Ø8/100
B	10	420	Ø8/100
C	20	220	Ø8/100
D	20	420	Ø8/300

Burada A malzeme sınıfı, beton ve donatı dayanımı açısından binada proje dayanımının sağlandığı ve taşıyıcı sistem elemanlarının mesnet bölgelerinde etriye sıklaştırmasının yapıldığı duruma karşılık gelmektedir. Diğer tüm malzeme sınıflarında; beton dayanımı, donatı dayanımı ve sargılama durumunun bina performansına etkisinin incelenmesi için tek bir parametrede zayıflığın bulunduğu öngörülmüştür. Bu amaçla B malzeme sınıfında sadece beton dayanımı, C malzeme sınıfında ise sadece donatı dayanımı düşük olarak dikkate alınmıştır. D malzeme sınıfı sadece taşıyıcı sistem mesnet bölgelerinde etriye sıklaştırmasının uygulanmadığı durumu yansıtmaktadır. B, C ve D malzeme sınıflarındaki diğer parametreler proje dayanım değerlerini temsil etmektedir.

#### 4. Atölye Binalarının Deprem Güvenliğinin İncelenmesi

Binaların deprem güvenliği incelemesinde, öncelikle binalara ait artımsal itme analizi ile kapasite eğrileri belirlenir. Elde edilen kapasite eğrilerine ait düşey eksen bina ağırlığına ( $W_{bina}$ ), yatay eksen ise bina yüksekliğine ( $H_{bina}$ ) oranlanarak ifadeler boyutsuzlaştırılmıştır. Şekil 1’de kalıp planları sunulan atölye binalarına ait boyutsuzlaştırılmış kapasite eğrileri Şekil 2’de verilmiştir.

Kapasite eğrileri incelendiğinde taban kesme kuvvetinin bina ağırlığına oranının ( $V/W_{bina}$ ) en büyük değerinin, malzeme kalitesi en iyi olan A sınıfında, en küçük değerinin ise donatı dayanımının zayıf olduğu C malzeme sınıfında ortaya çıktığı görülmüştür. Dolayısıyla binanın kesme kuvveti taşıma kapasitesi açısından en etkin parametrenin donatı sınıfı olduğu söylenebilir. Beton ve donatı dayanım değerleri aynı olan A ve D malzeme sınıflarının eğrileri yaklaşık olarak üst üste elde edilmiştir. Bu sonuç, etriye aralığının yük taşıma kapasitesinde etkin bir parametre olmadığını göstermektedir. Beton sınıfının etkisi ise düşük seviyelerde kalmaktadır.



Şekil 2. Farklı kat adedine sahip bazı binalara ait kapasite eğrileri

Mevcut atölye binalarının her iki deprem doğrultusu için çatı katı hedef yerdeğiştirme istem değerlerine karşılık gelen kesme dayanımı ( $V_{hedef}$ ) değerleri ve bu değerlerin bina ağırlığına oranları ( $V_{hedef}/W_{bina}$ ) HK performans düzeyi için Tablo 4’te, CG performans düzeyi için ise Tablo 5’te verilmiştir. Elde edilen sonuçlardan, beton dayanımının düşük olması ve etriye sıklaştırmasının yapılmaması durumlarının  $V_{hedef}/W_{bina}$  oranına fazla yansımadığı, ancak donatı dayanımının düşük olması durumunda, bu oranın önemli mertebelerde azaldığı görülmektedir. Hedef yerdeğiştirme istem seviyesindeki binanın kesme kapasitesinin belirlenmesinde en etkili parametre donatı sınıfı olarak karşımıza çıkmaktadır.

**Tablo 4.** Atölye binalarının HK performans düzeyine ait  $V_{\text{hedef}}$  değerleri ve  $V_{\text{hedef}}/W_{\text{bina}}$  oranları

Bina No	$V_{\text{hedef}}^x$ (kN)				$V_{\text{hedef}}^y$ (kN)				$V_{\text{hedef}}^x/W_{\text{bina}}$				$V_{\text{hedef}}^y/W_{\text{bina}}$			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1	2246	1991	1489	2145	4333	3842	3169	4266	0.24	0.22	0.16	0.23	0.47	0.42	0.34	0.46
2	3074	2813	1937	2994	4370	3932	2902	4348	0.42	0.39	0.27	0.41	0.60	0.54	0.40	0.60
3	1216	1193	810	810	1649	1588	968	968	0.51	0.50	0.34	0.34	0.69	0.67	0.41	0.41
4	1216	1193	810	810	1649	1588	968	968	0.51	0.50	0.34	0.34	0.69	0.67	0.41	0.41
5	1767	1579	1425	1767	1340	1247	769	1340	0.60	0.53	0.48	0.60	0.45	0.42	0.26	0.45
6	1767	1579	1425	1767	1340	1247	769	1340	0.60	0.53	0.48	0.60	0.45	0.42	0.26	0.45
7	2070	1933	1309	2052	1411	1384	946	1414	0.56	0.52	0.35	0.55	0.38	0.37	0.25	0.38
8	8099	7410	4957	8038	6726	6391	4043	6705	0.39	0.36	0.24	0.39	0.33	0.31	0.20	0.33
9	6195	5770	4328	6111	5069	4714	3305	4914	0.27	0.25	0.19	0.27	0.22	0.21	0.14	0.21
10	6195	5770	4328	6111	5069	4714	3305	4914	0.27	0.25	0.19	0.27	0.22	0.21	0.14	0.21
11	4453	4098	2884	4414	3195	3053	1965	3163	0.39	0.36	0.25	0.39	0.28	0.27	0.17	0.28
12	6400	5804	3631	6353	5286	4614	2905	5220	0.39	0.36	0.22	0.39	0.32	0.28	0.18	0.32
13	2508	2503	1465	2479	2921	2657	1721	2906	0.67	0.67	0.39	0.67	0.79	0.71	0.46	0.78
14	2904	2640	1692	2893	2631	2443	1570	2642	0.39	0.35	0.23	0.39	0.35	0.33	0.21	0.36
15	865	848	583	863	1111	1065	668	1109	0.51	0.50	0.35	0.51	0.66	0.63	0.40	0.66
16	2711	2443	1679	2699	2272	2236	1683	2271	0.63	0.57	0.39	0.63	0.53	0.52	0.39	0.53
17	5734	5469	3468	5724	4185	4106	2605	4185	0.89	0.85	0.54	0.89	0.65	0.64	0.41	0.65
Ort.	3495	3237	2248	3414	3209	2989	2015	3098	0.49	0.45	0.32	0.46	0.48	0.45	0.30	0.44

**Tablo 5.** Atölye binalarının CG performans düzeyine ait  $V_{\text{hedef}}$  değerleri ve  $V_{\text{hedef}}/W_{\text{bina}}$  oranları

Bina No	$V_{\text{hedef}}^x$ (kN)				$V_{\text{hedef}}^y$ (kN)				$V_{\text{hedef}}^x/W_{\text{bina}}$				$V_{\text{hedef}}^y/W_{\text{bina}}$			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1	2284	1996	1504	2148	4904	3942	3696	4267	0.25	0.22	0.16	0.23	0.53	0.43	0.40	0.46
2	3335	3140	2199	3257	4646	4289	3087	4628	0.46	0.43	0.30	0.45	0.64	0.59	0.43	0.64
3	1354	1329	1041	1041	1649	1588	968	968	0.57	0.56	0.44	0.44	0.69	0.67	0.41	0.41
4	1354	1329	1041	1041	1649	1588	968	968	0.57	0.56	0.44	0.44	0.69	0.67	0.41	0.41
5	2128	1907	1605	2065	1340	1247	769	1340	0.72	0.65	0.54	0.70	0.45	0.42	0.26	0.45
6	2128	1907	1605	2065	1340	1247	769	1340	0.72	0.65	0.54	0.70	0.45	0.42	0.26	0.45
7	2245	2123	1405	2193	1411	1516	1031	1423	0.60	0.57	0.38	0.59	0.38	0.41	0.28	0.38
8	8408	7645	5151	8292	6898	6547	4099	6827	0.41	0.37	0.25	0.40	0.34	0.32	0.20	0.33
9	6792	6275	4757	6073	5480	5135	3415	5461	0.30	0.27	0.21	0.27	0.24	0.22	0.15	0.24
10	6792	6275	4757	6073	5480	5135	3415	5461	0.30	0.27	0.21	0.27	0.24	0.22	0.15	0.24
11	4803	4406	3035	4759	3255	3178	2056	3175	0.42	0.39	0.27	0.42	0.29	0.28	0.18	0.28
12	6519	5976	3868	6425	5452	4796	2997	5547	0.40	0.37	0.24	0.39	0.33	0.29	0.18	0.34
13	2739	2974	1691	2791	2921	2657	1721	2906	0.74	0.80	0.45	0.75	0.79	0.71	0.46	0.78
14	2904	2646	1692	2894	2711	2494	1606	2739	0.39	0.36	0.23	0.39	0.36	0.34	0.22	0.37
15	997	959	639	974	1113	1067	675	1111	0.59	0.57	0.38	0.58	0.66	0.63	0.40	0.66
16	2712	2443	1679	2700	2730	2720	2115	2731	0.63	0.57	0.39	0.63	0.63	0.63	0.49	0.63
17	6178	5832	4064	6169	4433	4220	2608	4461	0.96	0.91	0.63	0.96	0.69	0.66	0.41	0.70
Ort.	3745	3480	2455	3586	3377	3139	2117	3256	0.53	0.50	0.36	0.51	0.49	0.47	0.31	0.46

Atölye binalarının her iki doğrultusu için yapılan çözümlerler sonucunda en alt katında bulunan düşey taşıyıcı elemanlarının hasar seviyelerine göre elde edilen kesme kuvveti değerleri, o kattaki toplam kesme kuvvetine oranlanmıştır. Elde edilen sonuçlar binanın sadece x doğrultusu için sunulmuştur. HK hedef performans düzeyi için elde edilen değerler Tablo 6'da, CG performans düzeyi için elde edilen değerler ise Tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo 6.** HK performans düzeyi için düşey taşıyıcı elemanlarda oluşan kesme kuvveti hasar yüzdeleri (X Yönü)

Bina No	MH				BH				İH				GB			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
2	0	0	0	0	0	0	0	0	74	17	32	0	26	83	68	100
3	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	100	87	100	97	0	13	0	3	0	0	0	0
6	0	0	0	0	100	87	100	97	0	13	0	3	0	0	0	0
7	0	0	0	0	100	100	60	100	0	0	0	0	0	0	41	0
8	22	2	17	20	78	76	84	31	0	29	0	31	0	0	0	24
9	0	0	0	0	17	5	34	2	30	1	37	3	60	93	38	96
10	0	0	0	0	17	5	34	2	30	1	37	3	60	93	38	96
11	0	0	0	0	94	5	100	4	6	74	0	65	0	22	0	31
12	0	0	0	0	80	13	4	10	15	26	10	1	5	62	86	89
13	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	100	0	100	0	0	58	0	0	0	65	0	100
15	19	19	0	23	67	60	75	68	15	21	25	10	0	0	0	0
16	0	0	0	0	100	100	100	80	0	0	0	40	0	0	0	0
17	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tablo 7.** CG performans düzeyi için düşey taşıyıcı elemanlarda oluşan kesme kuvveti hasar yüzdeleri (X Yönü)

Bina No	MH				BH				İH				GB			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
3	0	0	0	0	0	0	0	0	100	50	100	100	0	50	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	100	50	100	100	0	50	0	0
5	0	0	0	0	8	0	85	0	80	0	15	3	12	100	0	97
6	0	0	0	0	8	0	85	0	80	0	15	3	12	100	0	97
7	0	0	0	0	100	49	91	54	0	35	10	24	0	18	0	24
8	0	0	0	0	94	22	52	23	13	15	40	11	12	63	0	67
9	0	0	0	0	0	0	0	0	12	3	20	0	88	97	80	100
10	0	0	0	0	0	0	0	0	12	3	20	0	88	97	80	100
11	0	0	0	0	52	0	0	0	36	3	81	0	19	98	12	100
12	0	0	0	0	7	2	0	2	15	0	2	2	79	98	98	96
13	0	0	0	0	45	8	0	9	55	45	100	0	0	47	0	91
14	0	0	0	0	12	0	0	0	93	0	56	0	0	100	65	100
15	0	0	0	0	41	41	5	40	33	23	66	35	27	36	31	25
16	0	0	0	0	100	0	73	0	0	12	77	0	0	93	0	100
17	1	0	0	0	99	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0

Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, taşıyıcı sistem elemanlarındaki en düşük hasar, malzeme kalitesi en iyi olan A malzeme sınıfında meydana gelmiştir. Mevcut atölye binalarının performans seviyesinin belirlenmesi için DELOP [14] programından yararlanılmıştır. Mevcut atölye binalarının deprem güvenliği kontrolünde, depremin 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için HK ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem için ise CG hedef performans düzeyini sağlaması gerekir. Yapılan analizler sonucunda atölye binalarının her iki doğrultusu için elde edilen performans sonuçları Tablo 8’de verilmiştir.



**Tablo 8.** Atölye binalarının her iki doğrultusu için performans sonuçları

Bina No	X Yönü								Y Yönü							
	HK				CG				HK				CG			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
2	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
3	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	CG	CG	CG	CG	CG	GÖ	CG	CG
4	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	CG	CG	CG	CG	CG	GÖ	CG	CG
5	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
6	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
7	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
8	CG	CG	CG	GD	CG	GD	GD	GD	CG	GD	CG	GD	GD	GD	GD	GD
9	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
10	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
11	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
12	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
13	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	CG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
14	CG	GD	CG	GD	GÖ	GD	GD	GD	CG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
15	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
16	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
17	HK	HK	HK	HK	CG	CG	CG	CG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD

## 5. Sonuçlar

Çalışma kapsamında, Isparta ilinde bulunan 17 adet betonarme atölye binasının, “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılarak performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda atölye binalarının deprem güvenliğine etki eden beton dayanımı, donatı dayanımı, taşıyıcı sistem elemanlarının mesnet bölgelerinde etriye sıklaştırmasının yapıp yapılmaması durumu gibi parametrelerin deprem güvenliğinin belirlenmesi üzerindeki etkinliği incelenmiştir.

Kapasite eğrileri incelendiğinde taban kesme kuvvetinin bina ağırlığına oranının ( $V/W_{bina}$ ) en büyük değerinin, malzeme kalitesi en iyi olan A sınıfında, en küçük değerinin ise donatı dayanımının zayıf olduğu C malzeme sınıfında ortaya çıktığı görülmüştür. Dolayısıyla binanın kesme kuvveti taşıma kapasitesi açısından en etkin parametrenin donatı dayanımı olduğu söylenebilir. Beton ve donatı dayanım değerleri aynı olan A ve D malzeme sınıflarının eğrileri yaklaşık olarak üst üste elde edilmiştir. Bu sonuç, etriye aralığının yük taşıma kapasitesinde etkin bir parametre olmadığını göstermektedir. Beton sınıfının etkisi ise düşük seviyelerde kalmaktadır.

$V_{hedef}/W_{bina}$  oranlarının ortalama değerleri; A (en iyi), B (sadece beton dayanımının düşük olduğu) ve D (sadece etriye sıklaştırması yapılmayan) malzeme sınıfları için yaklaşık olarak %45-50 mertebelerinde ve birbirine oldukça yakın olarak elde edilmiştir. Donatı dayanımının düşük olduğu C malzeme sınıfında ise bu değer yaklaşık olarak %30-35 mertebelerinde elde edilmiştir. Buradan, beton dayanımının düşük olması ve etriye sıklaştırmasının yapılmaması durumlarının  $V_{hedef}/W_{bina}$  oranına olan etkisinin fazla yansımadağı, ancak donatı dayanımının düşük olmasında bu oranın önemli mertebelerde azaldığı görülmektedir. Hedef yerdeğiştirme istem seviyesindeki

binanın kesme kapasitesinin belirlenmesindeki en etkili parametre donatı dayanımı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Mevcut binaların deprem güvenliğinin bulunduğu, ancak her iki hedef performans seviyesinin binanın her iki yönü için sağlanması durumunda söylenebilir. Bir çözümlemede bile performans hedefinin sağlanmaması durumunda binanın depreme karşı “güvensiz” olduğu anlaşılır. Yapılan çözümler sonucunda, mevcut atölye binalarının dört farklı malzeme sınıfında hiçbir binada deprem güvenliğinin sağlanmadığı görülmüştür. Burada dikkat çeken husus, tek katlı atölye binalarında bile, beton dayanımının 20 MPa, donatı dayanımının 420 MPa olması ve taşıyıcı sistem elemanlarının mesnet bölgelerinde etriye sıklaştırılması yapılması durumundaki (A malzeme sınıfı) çözümlerinde de hedeflenen performans seviyesinin sağlanmamasıdır.

### Kaynaklar

- [1] Celep Z. Bingöl yatılı bölge ilköğretim okulunun deprem güvenliği. Beton 2004 Kongresi 2004.
- [2] Bilgin H, İnel M, Özmen HB. Kamu yapılarının deprem kapasitelerinin değerlendirilmesi. Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu 2006; 237-246.
- [3] Demir, F, Erkan KT, Dilmaç H, Tekeli H. Mevcut betonarme binaların doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri ile incelenmesi üzerine bir değerlendirme. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 2013.
- [4] DBYBHY, Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2007.
- [5] İnel M, Bilgin H, Özmen HB. Mevcut kamu yapılarının performans değerlendirmesi. Türkiye Mühendislik Haberleri 2006; 64-71.
- [6] İnel M, Bilgin H ve Özmen HB. Okul binalarının yeni deprem yönetmeliğine göre değerlendirilmesi. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı 2007; 257-267.
- [7] Türker K. Türkiye deprem yönetmeliğindeki statik esaslı performans belirleme yöntemlerinin karşılaştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2012; 13(2); 23-36.
- [8] Tekeli H, Dilmaç H, Erkan KT, Demir F, Güler K. Sargı donatısının binaların deprem performansına etkisi. İnşaat Mühendisliğinde 100.Yıl Teknik Kongresi 2012.
- [9] Konaş AK, Fahjan YM. 2013. Türkiye'deki orta katlı binaların bina performansına etki eden parametreler. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 2013.
- [10] Dinçer F, Mert N. Betonarme okul Binasının TDY 2007'ye göre nonlineer statik analizi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2012; 18(1); 1-9.
- [11] SAP 2000 v14.0.0. Structural analysis program. Computers and Structures Inc, 2011.
- [12] BESAM, Betonarme elemanlarda sargı ve modelleme. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu 111M119 2013.
- [13] Yakut A. Preliminary seismic performance assessment procedure for existing RC buildings. Engineering Structures 2004; 26(10); 1447-1461.
- [14] DELOP, Doğrusal elastik olmayan analiz programı. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu 111M119 2013.