

İstinat Duvarlarına Etki Eden Statik ve Dinamik Toprak Basınç Kuvvetlerinin TDY-2007 ve TBDY-2018 Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması

*¹Yusuf Ziya Yüksel ve ¹Şeref Doğuşcan Akbaş

¹Bursa Teknik Üniversitesi, Yıldırım/Bursa, 16330 Türkiye

Özet

İstinat duvarları farklı kotlarda bulunan doğal veya dolgu zeminlerin yanal etkilerinden dolayı oluşan göçmesini engellemek amacıyla kullanılan yapılardır. İstinat duvarları toprak basınç kuvvetleri, duvar ağırlığı, sürşarj yükü, sismik yükler gibi farklı yüklere maruz kalırlar. Bu çalışmada bir konsol istinat duvarına etki eden toprak basınç yükleri DBYBHY ile TBDY yönetmeliklerine hesaplanmış ve her iki yönetmeliğe göre elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır. Sürşarj yükü ile birlikte dinamik durumlarda toprak basınç kuvvetleri DBYBHY ile TBDY yönetmeliklerine göre elde edilmiş, farklı geometrik, yük, zemin ve dinamik parametrelere göre sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmada, her iki yönetmeliğe göre istinat duvarının güvenlik tahkikleri yapılmış ve etraflıca parametrik çalışmalar ile eski ve yeni yönetmeliklerdeki farklar sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: İstinat duvarları, Dinamik yükler, Toprak Basınç Yükleri,

1. Giriş

İstinat duvarları kayma ihtimali olan zeminlerin göçmesini engellemek, farklı kotlardaki doğal veya dolgu zeminlerin tabi şev açısından daha dik durmasını sağlamak amacıyla inşa edilen dayanma rijit yapılarıdır. İstinat duvarları toprak statik ve dinamik basınç kuvvetleri, duvarın kendi ağırlığı, sürşarj yükü, deprem yükleri gibi farklı yüklere maruz kalırlar. Deprem etkisi altında, bu yüklerin her birinin ayrı ayrı değerlendirilip, incelenmesi önem arz etmektedir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin (TBDY) Türkiye deprem haritasının (<https://tdth.afad.gov.tr>) değişmesiyle birlikte dinamik hesaplarda Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007 (DBYBHY)'ye göre önemli değişiklikler olmuştur.

Literatürde istinat duvarların (DBYBHY) ile (TBDY) yönetmeliklerine göre yapılan kıyaslama çalışmalarında, Özberk ve Kahyaoğlu [1] farklı yüksekliklere sahip betonarme konsol istinat duvarlarının analizini gerçekleştirmiş, eski ve yeni deprem yönetmeliğine göre statik basınç katsayılarını incelemişlerdir. Gürsoy [2] İstinat duvarlarına etkileyen aktif zemin etkilerinin Eurocode-8 ve Türkiye Deprem Yönetmeliğine (DBYBHY) göre karşılaştırmasını yapmıştır.

* Corresponding author: Adres: ¹Bursa Teknik Üniversitesi-YıldırımBursa, 16330 Türkiye. E-mail address: yuksel_yusuf@hotmail.com

Tablo 1. Modellenen İstinat Duvarı Geometrisinin Parametrik Gösterimi

Duvar yüksekliği (m)	H	6
Perde Üst Kalınlığı (m)	b ₁	0.7
Taban Genişliği (m)	B	4.5
Ön Ampatman (m)	b ₂	1
Perde Dip kalınlığı (m)	b ₃	1.4
Temel Kalınlığı (m)	h ₁	1
Arka Ampatman (m)	b ₄	2.1

Tablo 2. Zemin Bilgileri

Açıklama	Simge	Değer
Zemin birim hacim ağırlığı	γ (kN/m ³)	19
İçsel sürtünme açısı	ϕ	35
Kohezyon	c	0
Zemin ile duvar arasındaki sürtünme açısı	δ_d	0
Duvar arkasındaki zemin yüzeyinin yataya göre eğimi	β	0
Duvarın yataya göre (duvar önündeki yataydan duvar arkasına doğru) ölçülen açı	ψ	90
Taban zemini sürtünme açısı	μ	0.55
İstinat duvarı malzemesi birim hacim ağırlığı	γ_b (kN/m ³)	25

2. Analiz ve Sayısal Sonuçlar

Sayısal örneklerde, konsol bir istinat duvarın DBYBHY ile TBDY yönetmeliklerine göre elde edilen toprak basınç yükleri elde edilmiş ve kıyaslanmıştır. TBDY'ne göre seçilen noktalar Bursa şehir merkezine ait farklı yerlerde alınmıştır. TBDY'ne göre Bursa şehir merkezinde seçilen noktalar sırasıyla, Bursa Yıldırım/Mimarsinan ve Nilüfer/Özlüce bölgelerinden alınmıştır. (Şekiller 3 ve 4). DBYBHY'ye göre Bursa 1. derece deprem bölgesi olarak alınmıştır.

Seçilen 1. nokta olan Bursa Yıldırım/Mimar Sinan bölgesinde, deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar, üniversite, AFAD binası, hastane vb. yapılar bulunduğu için Yapı Önem katsayısı $I=1.5$, Etkin yer ivmesi $A_0=0.4$ seçilmiştir. TBDY'ne göre deprem yer hareketi düzeyi DD1 olarak alınmıştır(Şekil 3).

Seçilen 2. nokta olan Bursa Nilüfer/Özlüce bölgesinde, konutlar, işyerleri, oteller, otopark, vb. yapılar bulunduğu için Yapı Önem katsayısı $I=1$, Etkin yer ivmesi $A_0=0.4$ seçilmiştir. TBDY'ne göre deprem yer hareketi düzeyi DD2 olarak alınmıştır(Şekil 4).

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	BURSA YILDIRIM MİMAR SİNAN	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-1	50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZA	Sağlam, sert kayalar
Enlem:	40.186279°	
Boylam	29.129215°	



Şekil 3. Seçilen 1. nokta olan Bursa Yıldırım/Mimar Sinan bölgesine ait bir noktanın Türkiye Deprem Tehlike Haritası özet raporu.

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	BURSA NİLÜFER ÖZLÜCE	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZA	Sağlam, sert kayalar
Enlem:	40.224841°	
Boylam	28.908409°	



Şekil 4. Seçilen 2. nokta olan Bursa Nilüfer/Özlüce bölgesine ait bir noktanın Türkiye Deprem Tehlike Haritası özet raporu.

Seçilen 1. nokta (Bursa Yıldırım/Mimarsinan) ait kısa periyot tasarım spektral ivme katsayıları Tablo 3'deki gibidir.

Tablo 3. 1. Noktadaki Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
S_{DS}	1.304	1.467	1.956	1.63	1.304

Seçilen 2. nokta (Bursa Nilüfer/Özlüce) ait kısa periyot tasarım spektral ivme katsayıları Tablo 13'deki gibidir.

Tablo 4. 2. Noktadaki Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
S_{DS}	0.774	0.871	1.162	1.077	1.09

Tablo 5 ve 6 da sırasıyla 1. ve 2. noktaya ait TBDY ve DBYBHY'ne göre yatay ve düşey statik-eşdeğer deprem katsayısı elde edilmiş ve kıyaslanmıştır.

Tablo 5. 1. Noktadaki Yatay ve Düşey Statik- Eşdeğer Deprem Katsayısı

Yönetmelik	K_h	K_v
DBYBHY	0.2	0.133
TBDY DD1-ZA- $S_{DS} = 1.304$	0.348	0.174
TBDY DD1-ZB- $S_{DS} = 1.467$	0.391	0.196
TBDY DD1-ZC- $S_{DS} = 1.956$	0.522	0.261
TBDY DD1-ZD- $S_{DS} = 1.63$	0.435	0.217
TBDY DD1-ZE- $S_{DS} = 1.304$	0.348	0.174

Tablo 6. 2. Noktadaki Yatay ve Düşey Statik- Eşdeğer Deprem Katsayısı

Yönetmelik	K_h	K_v
DBYBHY	0.16	0.107
TBDY DD2-ZA- $S_{DS} = 0.774$	0.206	0.103
TBDY DD2-ZB- $S_{DS} = 0.871$	0.232	0.116
TBDY DD2-ZC- $S_{DS} = 1.162$	0.310	0.155
TBDY DD2-ZD- $S_{DS} = 1.077$	0.287	0.144
TBDY DD2-ZE- $S_{DS} = 1.09$	0.291	0.145

Tablo 7 ve 8 de sırasıyla seçilen 1. ve 2. noktalara ait deprem durumunda ortaya çıkan toplam toprak basınç yükleri farklı duvar yüksekliği ile farklı sürşarj yük değerlerine göre elde edilmiş ve sunulmuştur.

Tablo 7. 1. Noktadaki Duvara Etkiyen Toplam Toprak Basıncı Yükü (kN/m)

	Sürşarj q (kN/m ²)	DBYBHY	TBDY DD1	TBDY DD1	TBDY DD1	TBDY DD1	TBDY DD1
			-ZA- $S_{DS} = 1.304$	-ZB- $S_{DS} = 1.467$	-ZC- $S_{DS} = 1.956$	-ZD- $S_{DS} = 1.63$	-ZE- $S_{DS} = 1.304$
Duvar $H = 3$ (m)	$q = 0$	55.74	57.63	67.33	152.97	80.28	57.63
	$q = 5$	62.18	68.31	79.79	181.30	95.15	68.31
	$q = 10$	68.61	78.98	92.26	209.63	110.01	78.98
	$q = 20$	81.48	100.33	117.20	266.28	139.75	100.33
	$q = 30$	94.34	121.67	142.13	322.94	169.48	121.67
	$q = 50$	120.08	164.36	192.00	436.25	228.95	164.36
Duvar $H = 6$ (m)	$q = 0$	191.47	230.54	269.30	611.89	321.12	230.54
	$q = 5$	204.34	251.88	294.24	668.54	350.85	251.88
	$q = 10$	217.21	273.23	319.17	725.20	380.59	273.23
	$q = 20$	242.95	315.92	369.04	838.51	440.05	315.92
	$q = 30$	268.68	358.61	418.91	951.82	499.52	358.61
	$q = 50$	320.15	401.30	468.78	1065.10	558.99	401.30
Duvar $H = 9$ (m)	$q = 0$	396.69	1464.03	1669.36	2467.95	1902.36	1464.03
	$q = 5$	415.99	1554.40	1772.41	2620.29	2019.79	1554.40
	$q = 10$	435.29	1644.78	1875.46	2772.63	2137.22	1644.78
	$q = 20$	473.9	1825.52	2081.55	3077.32	2372.08	1825.52
	$q = 30$	512.5	2006.26	2287.65	3382.00	2606.94	2006.26
	$q = 50$	589.71	2187.01	2493.74	3686.69	2841.80	2187.01

Tablo 8. 2. Noktadaki Duvara Etkiyen Toplam Toprak Basıncı Yükü (kN/m)

	Sürşarj q (kN/m ²)	DBYBHY	TBDY DD2	TBDY DD2	TBDY DD2	TBDY DD2	TBDY DD2
			-ZA- $S_{DS} = 0.774$	-ZB- $S_{DS} = 0.871$	-ZC- $S_{DS} = 1.162$	-ZD- $S_{DS} = 1.077$	-ZE- $S_{DS} = 1.09$
Duvar $H = 3$ (m)	$q = 0$	55.74	37.42	40.26	50.88	47.40	47.91
	$q = 5$	62.18	44.34	47.72	60.31	56.18	56.78
	$q = 10$	68.61	51.27	55.17	69.73	64.96	65.65
	$q = 20$	81.48	65.13	70.09	88.58	82.51	83.40
	$q = 30$	94.34	78.99	88.00	107.42	100.07	101.14
	$q = 50$	120.08	92.84	99.91	126.27	117.62	118.89
Duvar $H = 6$ (m)	$q = 0$	191.47	149.66	161.05	191.64	189.60	191.64
	$q = 5$	204.34	163.52	175.96	222.38	207.15	209.38
	$q = 10$	217.21	177.37	190.87	241.23	224.71	227.13
	$q = 20$	242.95	205.09	220.70	278.92	259.82	262.61
	$q = 30$	268.68	232.80	250.52	316.61	294.93	298.10
	$q = 50$	320.15	260.52	280.35	354.30	330.04	333.59
Duvar $H = 9$ (m)	$q = 0$	396.69	535.26	626.75	1305.02	1006.84	1067.34
	$q = 5$	415.99	568.30	665.44	1385.58	1068.99	113.23
	$q = 10$	435.29	601.34	704.13	1466.13	1131.14	1199.11
	$q = 20$	473.9	667.42	781.50	1627.25	1255.44	1330.88
	$q = 30$	512.5	733.50	858.88	1788.36	1379.75	1462.65
	$q = 50$	589.71	799.58	936.25	1949.47	1504.05	1594.43

3. Değerlendirme ve Sonuçlar

Sayısal sonuçlarda deprem etkisi altında Bursa şehri için önemli olabilecek iki nokta belirlenmiştir. Birinci nokta olarak hastane, üniversite ve AFAD gibi, yapıları içeren Yıldırım Mimar Sinan üzerinde bir nokta belirlenmiştir. İkinci nokta olarak Bursa ilinin yeni yerleşim yerlerinin yapıldığı, yüksek binaları içeren Nilüfer Özlüce üzerinde bir nokta belirlenmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde, TBDY'ye göre yatay ve düşey statik eşdeğer deprem katsayısı karşılaştırıldığında, en yüksek değer Mimar Sinan bölgesi üzerindeki bir noktada çıkmıştır. Duvara etkiyen toplam basınç yükü, en yüksek ZC zemin sınıfında çıkmıştır.

Özellikle Mimar Sinan bölgesi üzerindeki noktada ZC zemin sınıfına göre duvara etkiyen toplam basınç yükü DBYBHY'ye göre elde edilen sonuçtan 3 kat daha büyük çıkmıştır.

Sürşarj yükünün artışı incelendiğinde, sürşarj yükünün önemli olduğu Mimar Sinan bölgesi üzerindeki bir noktada, duvara etkiyen toplam basınç yükünde ciddi bir artışa neden olmuştur. Duvar yüksekliği arttıkça, duvara etkiyen toplam basınç yükü artmaktadır. Artışlar incelendiğinde eski deprem yönetmeliğinde H=3, 6, 9 metre için, 2 kat kadar artış olurken, yeni deprem yönetmeliğinde 4 kata yakın artış gözlenmiştir.

Duvara etkiyen toplam basınç yükü eski deprem yönetmeliğinde seçilen farklı bölgelerdeki noktalarda aynı sonuçları vermiştir. Yeni deprem yönetmeliğinde ise kısa periyot tasarım spektral ivme katsayılarına ve zemin sınıflarına bağlı olarak ciddi oranda değişmiştir.

Kaynaklar

- [1] Özberk L, Kahyaoğlu MR. Dayanma yapılarının DBYBHY ve TBDY göre analiz sonuçlarının karşılaştırılması ve tespitler. Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği 17. Ulusal Konferansı 2018.
- [2] Gürsoy Ş. İstinat Duvarlarına Etkiyen Aktif Zemin Etkilerinin Eurocode-8 ve Türkiye Deprem Yönetmeliğine göre Karşılaştırılması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C. Tasarım Ve Teknoloji; 2013; 1(4):153-160.
- [3] DBYBHY (2007) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Ankara.
- [4] TBDY (2018) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar