Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi
Nigde Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences

ISSN: 2564-6605

Araştırma / Research

YAPISAL TASARIM BAĞLAMINDA 2007 VE 2019 DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI, NİĞDE ÖRNEĞİ

Hakan KARACA[1,*], S. Merve ORAL[2], Merve ERBİL[3]

[1,2] *Nigde Omer Halisdemir University, Mimarlık Bölümü, 51240, Nigde, Turkey*
[3] *Niğde Belediyesi, 51100, Niğde Türkiye*

ÖZET

01.01.2019 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2019) ile mevzuatımız halihazırda Dünyada kullanımda olan benzerleri ile daha uyumlu hale getirilmiş olup, yapıların deprem etkileri altındaki davranışlarını daha gerçekçi bir yaklaşımla modellemede akademik bilgi ile uygulama arasındaki farkı giderme amacıyla yenilikçi bir yaklaşımla hazırlanmıştır. Bu yeni yaklaşımların yapı tasarımına olan etkisini incelemek ve daha iyi anlaşılmasını sağlamak üzere, Niğde İl Merkezinde; TBDY-2019'a göre tasarlanan 5 adet binanın, 2007 tarihli Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'e (TDY-2007) göre çözümlemeleri gerçekleştirilerek kullanılan malzeme miktarı ve performansları açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca, mimarileri aynı kalmak üzere, TDY-2007'ye göre uyarlanan yapıların, kullanılan malzeme miktarlarının ve performanslarının değişimi izlenmiştir. Böylelikle, yönetmeliklerin yapı tasarımına olan etkisi, mimarisi aynı yapılarda kullanılan malzeme miktarlarının, malzeme verimliliğinin ve yapısal performanslarının karşılaştırılması ile irdelenmiş, maliyetlere de yansıması kaçınılmaz olan farklılıklar derlenmiştir. Çalışma sonunda, malzemenin verimli kullanımı açısından dayanım sınırlarına göre yapılan boyutlandırma sonrasında, yeni yönetmeliğe göre tasarlanacak bir yapı da daha fazla beton kullanılması gerekeceği, ancak donatı miktarın da genelde azalma eğilimi olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Deprem yönetmeliği, Dayanıma göre tasarım, Tasarım ivme spektrumu, Yapı maliyeti

COMPARISON OF 2007 AND 2019 TURKISH EARTHQUAKE CODES IN TERMS OF DESIGN OF STRUCTURES, A CASE STUDY IN NIGDE

ABSTRACT

By the new Turkish Earthquake Code, 2019 (TEC-2019) which went into effect on 01.01.2019, the differences between the Turkish earthquake codes and similar codes enforced in many other countries are diminished. The new code is prepared with a new approach that aimed minimizing the academic knowledge and the practice by introducing a more realistic modeling techniques. In order to investigate the effects of the these new approaches and better understanding of the code updates about the design of structures, structures that were designed by TEC-2019 were analyzed and monitored for their performance by using previous Turkish Earthquake Code, 2007 (TEC-2007). Thensame structures were modified structurally according to TEC-2007 and analyzed for evaluation purposes.Accordingly, the influences of the codes over the design of structures are monitored through the comparison of the amount of materials used, the material efficiency which indeed is directly reflected to the overall cost and the lateral performances of the architecturally same but structurally different buildings. At the end of the study, it isconcluded that, the new structures designed according to the new code would require more concrete whereas lesser reinforcement would be sufficient..

Keywords: Earthquake code, Strength design, Design acceleration spectrum, Building cost

1. GİRİŞ

TBDY–2019 [1] yönetmeliği yapılan yeni düzenlemelerin, TDY-2007'yi [2] yalın bırakacak kadar kapsamlı ve detaylı olması açısından dikkat çekicidir. Zemin büyütme katsayılarının ilk defa uygulanacak olmasının yanı sıra, sismik tehlike haritasının değiştirilerek [3], yenilenme periyotlarına bağlı olarak dört sınıfta değerlendirilen tasarım depremleri kavramının kullanılması ve performansa dayalı tasarım yaklaşımının kısmen kullanılacak olması hem malzeme hem de boyutlandırma da getirilen yenilikler ile öteleme ve yer değiştirme kısıtları, yapı tasarımı yaklaşımının değişmesine ve hatta bazı yapı çeşitlerinin de daha çok veya az tercih edilmesine neden olabilir [4]. Ancak yapılan önemli değişikliklere rağmen, şurası bir gerçek ki,

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: hakan.karaca@ohu.edu.tr
Geliş / Recieved: 30.12.2019 Kabul / Accepted: 09.06.2020 doi: 10.28948/ngumuh.667365

özellikle deprem tehlikesinin daha az olduğu bölgelerde, yapıların büyük bir kısmında TDY-2007'de ana tasarım yaklaşımı olarak kullanılan Dayanıma Göre Tasarım (DGT) esasları çerçevesinde yaklaşımın egemen olacağı açıktır. Hele konutların tasarımında, sadece DGT yaklaşımına göre tasarım yapılacak olması, 2007 ve 2019 yönetmeliklerinde tanımlanan DGT esasları arasında ki farkların önemle ele alınmasını gerektirmektedir.

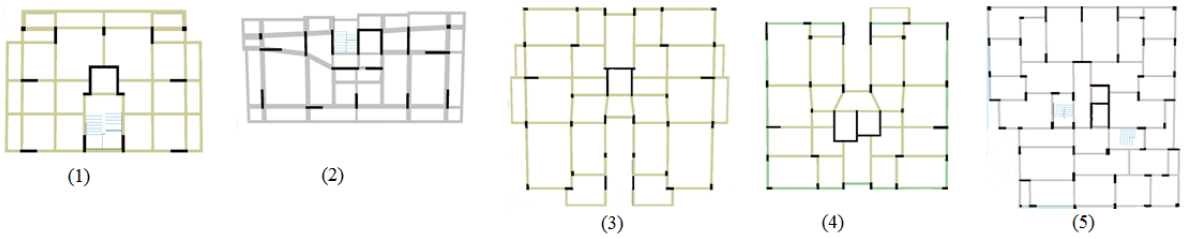
Literatür taraması yapıldığında, TBDY-2019 ve TDY-2007 yönetmeliklerinin tasarım ivme değerleri, etkin kesit rijitlikleri, zemin parametreleri açısından irdelendiği ve bu bağlamda yapıların performanslarının karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği bir çok çalışmanın mevcut olduğu görülmüştür [5-17]. Konunun yeni olması nedeniyle çalışmaların büyük bölümü bildiri seviyesinde olmakla birlikte, makalelerde mevcut olup çalışma kapsamında değerlendirilmiştir.

Çalışmada, bu iki yönetmelik arasında ki farklılıkların irdelenmesi amacıyla, derlenen yapıların her iki yönetmeliğe göre tasarımı yapılmış ve özellikle sismik tehlike yaklaşımı ve DGT esasları arasındaki farkların yapı tasarımına etkisi incelenmiştir. Bu bağlamda, Niğde İlinde TBDY-2019 yönetmeliğine göre tasarlanmış beş adet yapının öncelikli olarak tasarımında kullanılan malzeme miktarını en aza indirebilmek için sınır durumlarına göre yeniden boyutlandırma gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, aynı yapılar TDY-2007'ye göre çözümlenmiş ve en son adım olarak TDY-2007'ye göre uyarlanarak mimarisi değiştirilmeden yeniden çözümlemesi yapılmıştır.

Çalışmanın en önemli katkısı, yeni yönetmelikle birlikte değişen ölçüt ve kısıtların yapıların tasarımına olan etkisini göstermek olmuştur. Çalışma kapsamında, özellikle DGT yaklaşımı bağlamında yönetmeliklerin yapı tasarımına olan etkisi görselleştirilmiş olup, ayrıca hangi değişikliğin kullanılan malzeme miktarına ve yapıların yanal performansına olan etkisinin boyutları irdelenmiş ve yapıların bahsi geçen değişikliklere karşı duyarlılıkları araştırılmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada Niğde İl merkezinde sıklıkla görülmeye başlanan yüksek yapılar ile orta yükseklikteki yapılardan 5 tanesi karşılaştırma amaçlı olarak çözümlenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında TBDY-2019 uyarınca tasarlanan yapıların öncelikle TDY-2007'ye göre çözümlemeleri yapılmış ve kullanılan donatı miktarları karşılaştırılarak malzeme verimliliği ile ilgili bilgiler edinilmiştir. Daha sonra TDY-2007 uyarınca gerekli değişiklikler yapılarak aynı şartnameye göre tekrar çözümlenen yapıların performansı ve kullanılan malzeme miktarları ile ilgili veriler elde edilmiştir. Yapısal çözümleme programı olarak STA4CAD v14 [18] kullanılmış, programın hem TDY–2007 hem de TBDY-2019'a göre de çözümlemeye olanak vermesi sayesinde istenilen işlemler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Çalışma Kapsamında Değerlendirilen Yapıların Kat Planları

Karşılaştırma amaçlı olarak derlenen yapıların geometrik verileri ve toplam ağırlıkları Tablo 1'de verilmiştir. En az 8 kat ve en fazla 18 kat olarak tasarlanan yapıların alanları ve yüksekliklerine göre ağırlık dağılımları da aynı tabloda verilmiştir. Bütün yapılarda C25/30 betonu ile B420C donatısı kullanılmış ve bu malzeme uyumunun sayesinde de karşılaştırma yapmak daha kolay olmuştur. Yapılar çalışma kapsamında değerlendirmeye tabi tutulmadan önce boyutları açısından değerlendirilmiş ve bütün yapıların düşey elemanları olabildiğince sınır durumlara göre uyarlanarak boyut değişikliği gerçekleştirilmiştir. Bu değişiklikler yapılırken kapasite tasarımı ilkelerinin yanısıra, güçlü kolon-zayıf kiriş, göreli çerçeve rijitlikleri, kuşatılmış kolon kısıtı ve kiriş-kolon sürekliliği gibi ölçütler de gözönüne alınmıştır. Böylelikle, tasarımcının inisiyatifi ile gereğinden bir miktar da olsa daha güçlü tasarlanan düşey yapı elemanları optimize edilerek, oluşturulan fazla kapasitenin çalışma sonucunu etkilememesi bağlamında gerekli uyarlamalar gerçekleştirilmiştir.

Yapısal uyarlamalardan en önemlisi, eş zemin sınıfları için ön bir kabul yapmak yerine, her bir yapının ada ve parsel bazında derlenen zemin etüt raporları tek tek incelenmiş ve etüt sonucunda belirlenen zemin parametreleri, TDY–2007 kapsamında değerlendirilerek, TDY-2007'ye göre zemin sınıfları ve zemin emniyet gerilmeleri belirlenmiştir. TBDY-2019'a göre tasarlanan yapıların zemin sınıfları ZC ile ZE arasında değişirken, zemin taşıma gücü tasarım gerilme değerleri de 15.0 t/m^2 ile 93 t/m^2 arasında değişim göstermektedir. Çalışmanın kapsamında olmaması nedeniyle temel tasarımı değerlendirme dışı tutulmuş ve yapıların tamamı radye temel olarak tasarlanan temel üzerine oturtularak çözümlemeler gerçekleştirilmiştir.

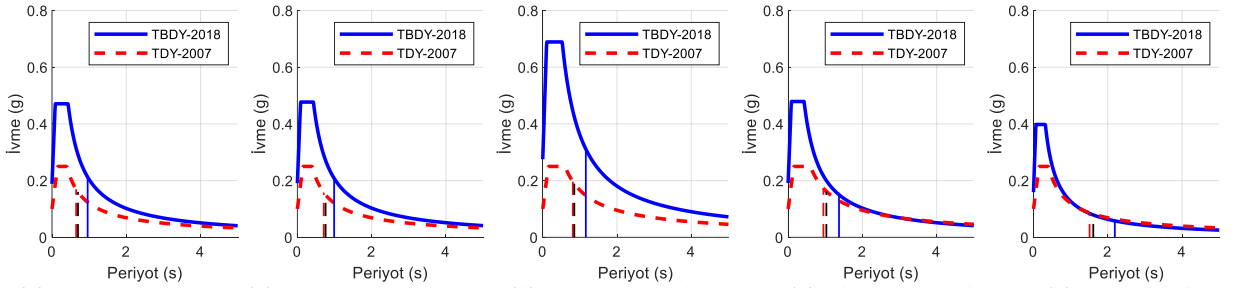
Tablo 1. Çalışma Kapsamında Değerlendirilen Yapıların Temel Verileri

Yapı No	1	2	3	4	5
Kat Sayısı	8	8	10	13	18
Toplam Yükseklik	25.40	24.50	31.30	39.30	54.29
Toplam Kat Alanı	1546.8	1760	3367	4460	9800
Zemin Sınıfı (TDY-2007)	Z2	Z2	Z3	Z3	Z2
Zemin Sınıfı (TBDY-2019)	ZD	ZD	ZE	ZD	ZC

**TBDY-2019'a göre Yapılan Çözümleme Sonucunda Elde Edilen Değerler*

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Yapılara etki ettirilecek deprem yüklerinin belirlenmesi için, tasarım ivme değerlerinin elde edilmesi ve yapıya etki ettirilecek yatay kuvvetlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda TDY-2007 deprem bölgeleri haritası ile TBDY-2019 ile kullanılmaya başlanan yeni sismik tehlike haritaları kullanılarak, tasarım spektrum ivme eğrileri elde edilmiştir (Şekil 2).



(1) 8-Kat, ZD,Z2 (2) 8-Kat, ZD-Z2 (3) 10-Kat,ZE,Z3 (4) 13-Kat,ZD,Z3 (5) 18-Kat,ZC,Z2

Şekil 2. Çalışma Kapsamında Değerlendirilen Yapılar için Geçerli Tasarım İvme Eğrileri ve Hakim Salınım Periyotları (TDY–2007 ve TBDY–2019)

Şekilde gösterildiği üzere, TDY-2007'de zemin sınıflarının tasarım ivme spektrumuna olan etkisi, TBDY-2019'a göre kısıtlıdır. Şöyle ki TDY-2007'de maksimum tasarım ivmesi bütün zeminler için aynı olup, yapıların ana salınım periyodunun belirli bir değerden az olması durumunda da, bütün yapılar bütün zemin koşulları için aynı tasarım ivmesi ile yüklenir.

Tablo 2. Yapıların Hâkim Salınım Periyotlarında ve Tasarım İvmelerindeki Değişim

	Salınım Periyodu (s)						Tasarım Spektrum İvmesi (g)					
	T_x			T_y			S_{ax}			S_{ay}		
	2019	2007	2007*	2019	2007	2007*	2019	2007	2007*	2019	2007	2007*
1	0.96	0.65	0.70	0.87	0.62	0.66	0.213	0.170	0.160	0.235	0.176	0.168
2	0.99	0.71	0.76	0.84	0.68	0.72	0.208	0.158	0.150	0.245	0.164	0.156
3	1.16	0.81	0.85	1.04	0.71	0.74	0.311	0.197	0.189	0.347	0.219	0.211
4	1.37	0.95	1.03	1.40	0.97	1.01	0.151	0.173	0.162	0.147	0.170	0.165
5	2.19	1.51	1.61	1.98	1.36	1.41	0.058	0.086	0.082	0.064	0.094	0.091

Şekil 2'den ve Tablo 2'den de izlenebileceği üzere, TBDY-2019'a göre harita spektral ivme katsayılarının aynı olduğu beş yapıda da, spektral ivme değerlerinin hem zemin koşulları ve hem de yapının ana salınım periyoduna göre değişiklik gösterdiği anlaşılmaktadır. Şekilden de anlaşıldığı gibi bütün yapılar için oluşturulan spektrum eğrileri karşılaştırıldığında, TBDY-2019'a göre yapılan analiz sonucunda elde edilen değerlerin hemen hemen bütün periyotlar için yüksek olduğu görülmüştür. Burada, şunu da belirtmek gerekir ki, yapıların ana salınım modu kütle katılım oranlarının minimum %69 seviyelerinde olduğu göz önüne alınırsa, yapılara etkiyen yüklerin ve dolaylı olarak da yapı performansının değerlendirilmesi bağlamında, öncelikle ana salınım periyotlarının karşılaştırılarak değerlendirilmesi temelsiz değildir.

Ayrıca, tablo 2'den de anlaşıldığı üzere, TBDY-2019 kapsamında tasarlanan her bir yapı için her iki yönde de olmak üzere elde edilen hakim mod salınım periyotlarının, TDY-2007 kapsamında yapılan değerlendirmelerde kısalacağı açıktır. Bu kısalma, ortalama %42 civarında gerçekleşmiş, böylelikle etkin kesit rijitlik katsayıları ile azaltılan yapı rijitliğinin yapı salınım periyoduna ve dolayısıyla da yapılara etki ettirilecek tasarım ivmelerine etkisi de gözler önüne serilmiştir. Buna ek olarak, TDY-2007'nin minimum kolon boyutlarıyla ilgili olan kısıtlarına ve dayanım sınırına göre uyarlanan yapıların periyotlarında bir miktar

uzama meydana gelse de, uyarlanan yapıların periyotlarının da TBDY-2019'a göre tasarlanan yapıların salınım periyotlarına göre %34 daha kısa olduğu belirtilmelidir. Diğer çalışmalarda da özellikle Keskin vd.'de [12] elde edilen sonuçlar daha yakın olmakla birlikte, bu değerler Öztürk vd.'de [15] ve Başaran'da [10] %50'den daha büyüktür. Aslında perde ve kolonların oranları ve konumları itibariyle de değişken olabilecek bu oranın, kesin bir değer olmamakla birlikte yapısal açıdan etkileri kestirilebilir. Ana salınım periyotlarına denk gelen tasarım ivme değerleri incelendiğinde ise, hem Tablo 2'den hem de Şekil 2'den rahatlıkla anlaşılacağı üzere, yeni yönetmelikle birlikte Niğde İl merkezinde zayıf zeminler üzerine yapılacak yapıların çok yüksek ivme değerleriyle tasarımlarının gerçekleştirilmek zorunda kalacağı anlaşılmaktadır [6].

TBDY-2019'da tanımlanan zemin büyütme katsayılarının ZA ve ZB hariç diğer zemin koşullarında tasarlanacak yapılar için tasarım ivmelerinde artışa neden olacağı ve özellikle zayıf zeminlerde çok daha büyük tasarım ivmeleri ile tasarım yapılması gerektiği açıktır. Bu artışın yeni yapıların tasarımına doğrudan etki edeceği ve hatta konut maliyetleri açısından düşünüldüğünde de zayıf zeminler için tasarlanan yapıların daha güçlü yapılması gerekeceği göz önüne alınarak zemin zayıfladıkça konutların da maliyetinin TDY-2007 kapsamında gerçekleşecek olası artışlardan çok daha fazla olacağı öngörülebilir.

Tablo 3. Şartnameler Arası Değerlendirilen Yapılarda Periyot Daralmaları ve Zemin Sınıfları Değerlendirmeleri Sonucunda Meydana Gelen Donatı Değişimleri (Temel Üstü)

	Yapı No		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
	Kat Sayısı		8	8	10	13	18
2019	Beton		428	487,5	900,2	1245,1	2721,2
	Donatı Ağırlığı (t)	ϕ8-ϕ12	34,5	51,9	60,8	92,2	183,3
		ϕ14-ϕ50	8,3	10,1	28,3	35,7	99,9
		Toplam	**42,8**	**62,0**	**89,1**	**127,9**	**283,2**
2007 - MODİF	Beton (m^3)		405,1	456,8	872,1	1181,6	2596,4
	Donatı Ağırlığı (t)	ϕ8-ϕ12	34,5	51,9	64,3	89,5	188,2
		ϕ14-ϕ50	7,7	10,5	28,3	34,3	97,9
		Toplam	**42,2**	**62,4**	**92,6**	**133,8**	**286,1**
2007	Beton (m^3)		428,0	487,7	900,0	1245,6	2721,2
	Donatı Ağırlığı (t)	ϕ8-ϕ12	36,6	52,2	65,1	92,7	187,1
		ϕ14-ϕ50	12,2	11,1	30,3	38,8	108,9
		Toplam	**48,8**	**63,3**	**95,4**	**131,5**	**296,0**

Bu bağlamda, TBDY-2019'a göre tasarlanmış yapıyı TDY–2007 koşullarına göre değerlendirmek için, yapının hiçbir kesitinde değişiklik yapılmaksızın, sadece zemin koşullarının değerlendirilerek TDY–2007 tasarım ivme spektrumu ivmeleri elde edilmiş ve yapıya etki ettirilmiştir. Tablo 3'den de izlenebileceği üzere, aynı boyutlara sahip yapının donatı oranlarına bakıldığında, bütün yapılar için önemli oranda artışlar olduğu görülmektedir. Yapıya etki ettirilen ivme değerlerinin değişimi ile paralellik olmadığı anlaşılan bu durumun, yapı elemanlarının rijitliklerinin şartnamelere göre farklı kabul edilmesiyle oluştuğu anlaşılmaktadır. TDY-2007'ye göre çatlamamış kesit rijitliklerinin yüksek olması, daha fazla yükün eleman tarafından yüklenilmesine neden olmakla birlikte, donatı oranlarının da artışına neden olmaktadır.

Malzeme miktarlarındaki değişimin izlenmesine ek olarak, yönetmeliklerin yapı performansına olan etkisini irdelemek amacıyla en üst kat ötelemeleri derlenmiştir. Tablo 4'te sunulan öteleme miktarları incelendiğinde, TBDY-2019'a göre tasarlanan yapıların ötelemelerinin çok daa yüksek olduğu anlaşılır. TBDY-2019'a göre çözümlenen yapıların en üst kat ötelemeleri aynı yapıların TDY-2007'ye göre çözümlenmesinden elde edilen ötelemelere göre ortalama 2.82 kat (σ=0.63) daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca, TDY-2007'ye göre uyarlanan yapıların ötelemeleri de asıl haliyle TDY-2007'ye göre çözümlenen yapıların ötelemelerine göre 1.06 kat (σ=0.02) daha fazla olduğu görülmüştür. Bu değerlerin Keskin vd. [12] ve Tunç ve Tanfener [16] ile karşılaştırılması aslında zemin ve sismik tehlike gibi koşulların aynı olmaması nedeniyle verimli olmayabilir, ancak etkin kesit rijitliklerinin tanımlanması birçok koşulda ötelemelerde artışa neden olmaktadır. Bu bağlamda değerlendirmek gerekirse, TBDY-2019'un TDY-2007'e göre 2.82 kat daha fazla ötelemeye neden olmasının, hem de tasarım ivmeleri ile ilgili kesin bir artış ya da azalış eğilimi bulunmamasına rağmen böyle bir durumun oluşmasının; sadece ve sadece kesit rijitliklerinin etkin kesit rijitliği katsayıları ile çarpılarak (TBDY–2019, Tablo 4) perdeler için %50 (eşdeğer çubuk) ve çerçeve kolonları için ise %30 azaltılması nedeniyle oluştuğu çıkarımı yapılabilir.

Bir başka yönden değerlendirildiğinde, TDY-2007'de maksimum çatı ötelemesinin yüksekliğe oranı 0.020 ile sınırlandırılmışken, TBDY-2019'da maksimum göreli kat ötelemeleri kısıtlarından yapılan çıkarıma göre bu oran betonarme ve dolgu duvarları derzle ayrılmış yapılar için 0.016/λ olarak belirlenmiştir. λ katsayısının da deprem düzeylerine göre etkiyen tasarım ivmeleri arasındaki oran olarak yaklaşık 1.5 civarında olacağı tahmin edilirse, maksimum çatı ötelemesinin yeni yönetmelikle yaklaşık olarak yarı yarıya azaltıldığı anlaşılır. Kolon boyutlarındaki artışın TDY-2007'ye göre tasarlanan yapılara göre rijitliği artıracağı bariz olmakla birlikte, yapıların genel olarak TDY-2007'ye göre tasarlanan yapılardan daha rijit olması gerektiği açıktır. Her ne kadar elde edilen öteleme değerleri sınırlar içerisinde kalsa da, Tablo 4'teki sonuçlar da bu çıkarımı

destekler nitelikte olup, yeni yönetmelikte şekil değiştirme ölçütlerinin daha ön plana çıkarıldığı gerçektir. TDY-2007'nin ise şekil değiştirme bağlamında daha toleranslı olup hem bu bağlamda hem de genel anlamda TBDY-2019'a göre dayanım kısıtlarına uyum açısından daha muhafazakâr olduğu da belirtilmelidir.

Tablo 4. Yapıların Performansı, Deprem Etkisiyle Çatı Katı Yanal Ötelemesi (mm)

Yapı No		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Kat Sayısı		**8**	**8**	**10**	**13**	**18**
R*		**5,60**	**5,00**	**6,00**	**7,00**	**7,00**
Zemin		ZD,Z2	ZD,Z2	ZE,Z3	ZD,Z3	ZC,Z2
2019		18,26	23,28	30,48	17,80	32,25
2007 – MODİF	**x**	7,31	8,31	9,70	10,79	12,60
2007		6,75	7,86	9,25	10,00	11,68
2018		12,25	20,77	27,90	20,60	27,45
2007 - MODIF	**y**	5,05	7,70	8,26	10,68	11,18
2007		4,77	7,14	8,09	10,33	10,81

** çalışılan yapıların R katsayıları her iki yönetmelik için aynıdır*

Ayrıca, TBDY–2019 kapsamında değerlendirilen yapıların kendi aralarındaki dikkat çekici derecede değişken ötelemelerinin, zemin koşulları ve R katsayıları bağlamında beklenebilir olduğu belirtilmelidir. TDY-2007'ye göre çözümlenen yapılarda zemin ve R katsayısı hassasiyetinin aynı derecede olmadığı da göz önüne alınarak, TBDY-2019'un özellikle zemin sınıfı hassasiyeti vurgulanmalıdır.

4. SONUÇ

Çalışmada, yönetmeliklerin yapı tasarımına olan etkilerinin anlaşılabilmesi amacıyla iki aşamalı bir yöntem benimsenmiş, ilk aşamada TBDY-2019'a göre tasarlanan yapıların, elemanlarının ve taşıyıcı sisteminin hiç değiştirilmeden TDY-2007'ye göre çözümlemesi yapılmıştır. Bu yaklaşımla, TDY–2007 kapsamında değerlendirilen yapıda taşıyıcı sistem değiştirilmeden yapılan çözümlemede yapıya etki edecek yüklerin değişmesinden dolayı sadece donatının değişeceği açıktır. Böylelikle, özellikle yük taşıyıcı ϕ14-ϕ50 aralığındaki donatıların değişimi izlenmiş ve malzeme verimliliği ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, TDY-2007'ye göre yapılan analizde aynı kesitlerde donatının arttığı gözlemlenmiş, bu durumun nedeni olarak, enkesit rijitlikleri azaltılmadan yapılan çözümlemeye göre daha fazla yüklenen kesitlerin daha fazla donatılandırılması olduğu anlaşılmıştır. Aynı yapıların TDY–2007 kapsamında değerlendirilerek yeniden boyutlandırılması sonrasında bile kullanılan beton miktarındaki belirgin azalmaya rağmen donatılarda meydana gelen göreceli azalma yapının donatı miktarını, TBDY–2019 seviyesine indirememiştir. Bu durum sadece deprem hesabı için kullanılan etkin kesit rijitliklerinin küçültülmesinin, kesitlerin tasarımında ve donatılandırmasında ne kadar etkili olduğunun da bir göstergesidir.

Çalışmanın beklenen sonuçlarından biri olarak, yeni yönetmelikle birlikte yapılarda belirgin periyot uzamalarının gerçekleşeceği görülmüştür. Ancak, etkin kesit rijitliklerinin azaltılmasına paralel olarak meydana gelen bu uzama nedeniyle yapılara etki ettirilecek yükler bakımından kestirim yapabilmenin olanaklı olmadığı da görülmüştür. Şöyle ki, hem sismik tehlike haritasında hem de zemin parametrelerin de gerçekleştirilen değişikliklerin periyot uzamalarından dolayı tasarım ivmesinin artacağı yada artıp artmayacağının kestirilemez olduğu daha iyi anlaşılmaktadır. Bu durum karşısında tasarım ivmelerinde artış ya da azalış meydana gelip gelmeyeceği sadece istatistiksel olarak değerlendirilebilir ve yapı bazında değerlendirmeler yapılması daha anlamlı olacaktır.

Kat ötelemeleri açısından incelendiğinde de etkin kesit rijitliklerinin azaltılmasının yapının ötelemelerini çok fazla etkilediği de anlaşılmıştır. TDY-2007'ye göre neredeyse 3 kata varan öteleme miktarı sınırlar içerisinde kalmakla birlikte dikkat çekicidir. Şöyle ki, TDY-2007'ye göre uyarlanan taşıyıcı sistemle bile çok az ötelenen yapının, TDY-2007 kapsamında izin verilen sınırlara çok uzak olduğu, bununda dayanıma göre gerçekleştirilen tasarımın halihazırdaki öteleme sınır durumlarına uymakta hiç zorlanmayacağı anlaşılmaktadır. Bu durum, TBDY-2019 tasarım yaklaşımında değiştirilmiş ve öteleme sınırlarının, dayanım sınırlarına göre tasarlanan yapılar için daha anlamlı olduğu anlaşılmıştır.

Sonuçta, çalışmanın da gösterdiği gibi, TBDY-2019'un zorunlu kıldığı yapıların tasarımına en önemli derecede etki edecek yeniliklerden bir tanesi, sismik tehlike haritasının güncellenmesi ise diğeri de zemin etkisinin tasarım ivme değerlerine olan etkisinin tanımlanarak tasarım denklemlerine sokulmasıdır. Amacı, zayıf zeminlerde yapıların maruz kaldığı büyük deprem yüklemelerini doğru modellemek olan yeni yaklaşım, özellikle şehirleşmesinin zayıf zeminler üzerinden sürdüren birçok kentimizin yeniden şekillenmesi için belki de başat bir rol oynayacaktır. Bu bağlamda yönetmeliklerin zemin parametrelerinde ve DGT yaklaşımlarındaki farklılıklar nedeniyle meydana gelen farkların daha detaylıca anlaşılması için, daha fazla örnekler daha kapsamlı davranış analizleri ve maliyet çalışmalarına gerek vardır.

KAYNAKLAR

[1] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*, Ankara, 2019
[2] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*, Ankara, 2007
[3] AFAD Deprem Daire Başkanlığı, "*Türkiye Deprem Tehlike Haritasının Güncellenmesi*", , –Ankara, 2018
[4] Prof. Erdem Canbay ile kişisel görüşme(Şubat 2019)
[5] K.B. Afacan ve E. Güler, "Yeni Deprem Yönetmeliği Performansının Zemin Büyütme Analizi ile Belirlenmesi", *5. International Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, Ankara, Turkey, 8-11 October 2019,
[6] V.H. Akansel, B.F. Soysal, K. Kadaş ve P. Gülkan, "An evaluation of the 2019 seismic hazard map of Turkey on the basis of spectrum intensity", *5th International Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, Ankara, Turkey, October 8-11, 2019,.
[7] M.M. Erdem ve M. Bikçe, "Maksimum Azaltılmış Göreli Kat Ötelemelerinin Güncel (DBYBHY2007) ve Yeni Yönetmelik Taslağına (TBDY2016) Göre Mukayesesi", *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 32, Sayı 2, s. 253-262, 2017.
[8] K. Kadaş, B.F. Soysal, V.H. Akansel, L. Mazılıgüney ve A. Yakut, "Comparison of 2007 and 2019 Seismic Hazard Maps Based on Spectrum Intensities and Corresponding Engineering Demands - A Case Study with RC School Buildings in Istanbul", *5th International Conference on Earthquake Engineering and Seismology*,Ankara, Turkey, 8-11 October 2019,
[9] M.K. Koçkar, H. Akgün, " Comparison of 2007 and 2018 Turkish Building Code of Site Classification Procedure for Seismic Design Based on Seismic Site Characterization Studies, A Case Study for Ankara", *5th International Conference on Earthquake Engineering and Seismology*,Ankara, Turkey, 8-11 October 2019
[10] V. Başaran, "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine (TBDY2019) Göre Afyonkarahisar İçin Deprem Yüklerinin Değerlendirilmesi", *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Sayı 18, s. 1028-1035, 2018
[11] G. Burnazoğlu, N. Mert ve H. Kasap, "Betonarme Yapısal Perde Yeri Seçiminin Yapısal Davranışa Etkisinin TBDY2018 ve BDYBHY 2007 Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması", *3rd International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management*, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Turkey, 23-27 Oct 2019
[12] E. Keskin ve K.B. Bozdoğan, "2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Kırklareli İli Özelinde Değerlendirilmesi", *Kırklareli University Journal of Engineering and Science*, Cilt 4, Sayı 1, s. 74-90, 2018
[13] A. Demir ve A.H. Kayhan, "Deprem Yönetmeliği 2007 ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ile Uyumlu Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması", *4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Eskişehir, Turkey, 2017.
[14] M. Koçer,A. Nakipoğlu., B. Öztürk, M.G. Al-Hagri, M.H. Arslan, Deprem Kuvvetine Esas Spektral İvme Değerlerinin TBDY2018 ve TDY2007'ye göre Karşılaştırılması, *Selçuk Teknik Dergisi*, Cilt 17, Sayı 2,s. 43-58, 2018
[15] H. Öztürk, A. Demir, G. Dok, H. Güç, "Betonarme Kolonların Etkin Kesit Rijitlikleri Üzerine Yönetmeliklerin Yaklaşımı", *4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Eskişehir, Turkey, 2017
[16] P. Gülkan, A. Koçyiğit, M.S. Yücemen, V. Doyuran ve N. Başöz, "En son verilere göre hazırlanan Türkiye deprem bölgeleri haritası", ODTÜ, Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, Rapor No: 93-01, Ankara, Türkiye, Ocak 1993
[17] G. Tunç ve T. Tanfener, "2007 ve 2016 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerinin Örneklerle Mukayesesi", *3.Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi Teknik Tasarım, Güvenlik ve Erişebilirlik*, TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi, Ankara, Turkey, 2016.
[18] Sta4CAD v.14 . [CD-ROM] İstanbul,Turkiye: STA Bilg. Müh. Müş. Ltd. Şti., 2019