

ÇERÇEVE+PERDE TÜRÜ BETONARME BİNALARIN PERİYOD HESAPLARININ TBDY-2019 YÖNETMELİĞİNE GÖRE AMPİRİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Ceyhun AKSOYLU * 
Musa Hakan ARSLAN * 

Alınma: 07.08.2019 ; düzeltme: 03.11.2019 ; kabul: 19.11.2019

Öz: Betonarme yapıların hesap ve tasarımına yönelik TBDY-2019 yönetmeliği ile kapsamlı değişiklikler yapılmıştır. 2019 Ocak ayında yürürlüğe giren yeni deprem yönetmeliği ile beraber artık yeni yapılacak yapıların tasarımlarında bu yönetmeliğin kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Yeni yönetmelikle beraber yapılan değişikliklerden biri de yapıların doğal titreşim periyodunun hesabı ile ilgilidir. TBDY-2019 yönetmeliği ile belirli şartlar altında ampirik bir formülün kullanılabilmesi önerilmektedir. TDY-2007 yönetmeliğinde olmayan bu yeni formül ($T=C_t \cdot H_N^{3/4}$) artık yönetmelikte istenilen şartların sağlanması durumunda Rayleigh periyod hesabı yerine kullanılabilir. Yapıların deprem yükü hesabında oldukça önemli olan yapı periyodu için önerilen bu formülün uygulanabilir olup olmadığına yönelik incelemelerin yapılması önemlidir. Bunun için bu çalışmada yönetmelikte verilen ampirik formül ile Rayleigh periyod formülü analitik olarak karşılaştırılmıştır. ETABS yapı analiz programı kullanılarak yapılan bu karşılaştırmada 2-5 katlı betonarme çerçeve+perde tipi konut ve okul binası farklı zemin sınıflarına göre dikkate alınmıştır. Yapılan analizlerde konut ve okul yapısı için ZA zemin sınıfında Rayleigh periyodundan bulunan taban kesme kuvveti, ampirik formülden bulunan taban kesme kuvvetinden BYS7’de yaklaşık olarak %20-%25 daha fazla iken, BYS8’de %8.5 daha fazla çıkmaktadır. BYS6 için karşılaştırıldığında ampirik formülden bulunan taban kesme kuvveti, Rayleigh’ den bulunan taban kesme kuvvetinden kat yüksekliğinin artmasına bağlı olarak %7-%19 arasında artış göstermektedir. Bu durumda yönetmeliğin emniyetli tarafta kalma düşüncesiyle önermiş olduğu ampirik formül yalnızca BYS6 durumu için Rayleigh den daha yüksek taban kesme kuvveti verdiği görülmektedir. Dolayısıyla BYS6, BYS7 ve BYS8 için önerilen ampirik formülün yeniden değerlendirilmesi ve farklı yapı modelleri üzerinden analizlerin yapılarak geniş kapsamlı bir değerlendirmenin gerekliliği önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme bina, ETABS, Periyod, TBDY-2019.

Empirical Evaluation of Periodic Calculations for Frame+Shear Wall Type of Reinforced Concrete Buildings According to TEC-2019 Standard

Abstract: Comprehensive changes have been made through TEC-2019 standard for the calculation and design of reinforced concrete structures. With the new earthquake standard that came into force in January 2019, it is now compulsory to use this standard in the design of new buildings. One of the changes made with the new standard is related to calculation of the natural vibration period of the buildings. An empirical formula is suggested to be applied for TEC-2019 under certain conditions. This new formula ($T=C_t \cdot H_N^{3/4}$), which is not in the TEC-2007 standard, can now be used instead of Rayleigh period calculation if the requirements are met in the standard. It is important to examine whether the proposed formula is applicable or not for the building period, which is very significant in the earthquake

* Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ardıçlı Mahallesi Rauf Orbay Caddesi Alaaddin Keykubat Yerleşkesi, 42250, Selçuklu/Konya
İletişim Yazarı: Dr. Ceyhun AKSOYLU (caksoyulu@ktun.edu.tr)

load calculation of the buildings. In this study, empirical formula and Rayleigh period formula given in the standard are analytically compared. In this comparison made by using ETABS building analysis program, 2-5 storey reinforced concrete frame + shear wall type dwelling and school building were taken into consideration according to different soil classes. In the analyzes, the base shear force in the ZA soil class for dwelling and school building for Rayleigh period is approximately 20-25% higher than that of the empirical formula in BY5, and 8.5% higher in BY6. Compared to BY5, the base shear force from the empirical formula shows a rise between 7% and 19% of the base shear force from Rayleigh with respect to the increase of storey height. In this case and for safety condition it is recognized that empirical formula give higher base shear force than Rayleigh only for the case of BY5. Therefore, it is suggested that the empirical formula proposed for BY5, BY6 and BY7 should be re-evaluated and analyzed through different building models then a comprehensive assessment could be applied.

Keywords: Reinforced concrete building, ETABS, period, TEC-2019

1. GİRİŞ

Günümüzde yaygın olarak kullanılan paket programlar sayesinde projelerin yapımı oldukça hızlı ve pratik olmaktadır. Teknolojinin bu imkânlarını kullanarak özellikle Türkiye gibi deprem kuşağında bulunan ülkelerde (Arslan, 2010; Arslan ve Korkmaz, 2007; Erdik, 2001; Sezen ve Whittaker, 2006; Sezen ve Whittaker, 2003; Doğangün, 2004; Arslan ve diğ., 2013; Korkmaz, 2013; Ozturk, 2013) deprem etkilerini göz önünde bulundurarak depreme dayanıklı betonarme yapıların tasarımı daha da önemli hale gelmektedir. Deprem etkilerinin yapıya daha doğru aktarımının gerçekleştirilmesi amacıyla 18.03.2018 tarihinde Türkiye Binaları Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2019) resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiş, 01.01.2019 tarihinde ise kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Yürürlüğe girme tarihinden bu yana TBDY-2019'un içeriğine yönelik akademik çalışmalar daha çok yeni ve sınırlı sayıdadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde daha çok bir önceki deprem yönetmeliği ile karşılaştırma şeklinde olduğu görülmektedir (Erdem ve Bikçe, 2017; Keskin ve Bozdoğan, 2018; Özkat ve Kuruşcu, 2019; Nemutlu ve Sarı, 2018; Tunç ve Tanfener, 2016; Koçer ve diğ., 2018; Öztürk, 2018, Şahin ve diğ., 2018). TBDY-2019 yönetmeliği incelendiğinde daha önce yayımlanan yönetmeliklere nazaran oldukça kapsamlı değişikliklerin olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan bu değişikliklerin özellikle yapılara gelen deprem yükü hesabındaki önemi bir hayli fazladır. Çünkü değişen parametre ve kabullere göre bina tasarımında dikkate alınacak deprem yükü değişmektedir. Özellikle yeni yönetmelikle beraber hayatımıza giren çatlama kesit rijitlik değerleri yapı tasarımında dikkate alınacaktır. Doğal olarak yeni deprem yönetmeliği ile gelen bu revizyonların modellemeler yapılarak karşılaştırılması gerekli ve bir o kadar önemlidir. Bunlardan bir tanesi de yapı periyodunun doğru bir şekilde hesap edilmesidir. Bilindiği üzere rijitlik ile periyod arasında bir ters oran vardır. Bundan dolayı rijitlik değişimine bağlı olarak deprem yükü hesabında önemli bir parametre olan doğal titreşim periyodunun doğru tespit edilmesi en önemli aşamadır. Mevcut ticari paket programlar bu hesabı bünyelerinde bulunan ilgili yönetmelik formüllerini kullanarak kolaylıkla yapabilmektedir. Ancak paket programların binaya gelen deprem yükü hesabında dikkate aldıkları periyod formülleri genellikle yönetmeliklerde tanımlanan iki farklı periyoddan biri olmaktadır. Bunlar hemen hemen tüm yapı ve deprem yönetmeliklerinde verilen yaklaşık (ampirik) formüller ile Rayleigh periyod formülleridir. Paket programlar bu iki yaklaşımdan birini dikkate alarak yapıya gelen deprem yükünü hesap etmektedir. Burada önemli olan nokta paket programın kabul etmiş olduğu periyod değerinin ne derece kabul edilebilir ve ekonomik çözüme yönelik olduğudur. Ayrıca yönetmelik tarafından önerilen yaklaşımların kabul edilebilirlik düzeyinin tartışılması da önemlidir. Çünkü yapılan incelemeler hesaplarda dikkate alınan kütle ve rijitlik değerlerinin yapı içerisindeki dağılımlarının kabul edilenden oldukça farklı olduğunu göstermektedir (Crowley ve Pinho, 2004; Crowley ve Pinho, 2006; Kose, 2009). Dolayısıyla periyod hesabında kullanılan bu iki parametrenin doğru tespit edilmesi ancak kapsamlı deneysel ve analitik çalışmalar yapılarak mümkün olabilmektedir.

Diğer taraftan farklı ülkelerin deprem yönetmelikleri incelendiğinde önerilen periyod hesaplarının aynı teorik alt yapıya bağlı olarak çıkarılmış olduğu ancak parametrik değişkenlere bağlı kılınarak farklı sonuçların çıktığı görülmektedir (EAK, 2000; NBCC, 2005; EC8, 2004; ICPSRDB, 2007; Indian-Code, 2002; SI-413, 2009; TDY, 2007; UBC, 1997; ABYYHY, 1998; Aksoylu ve Arslan, 2019). Dolayısıyla aynı yapının farklı yönetmeliklere göre analizleri sonucunda binaya gelen deprem kuvvetleri ve buna bağlı olarak oluşacak olan deplasmanlar farklı olmaktadır. Genellikle yönetmeliklerin basit ampirik formüller önererek basitleştirme yapması kabul edilebilir bir durum olsa da ampirik formüller oluşturulurken bir çok parametreyi içinde barındırması gerektiği de tartışmaya açıktır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında elastik ötesi şekil değiştirmeler meydana geleceğinden ve şiddetli depremlerde büyük yer değiştirmelerin oluşması kaçınılmaz olacağından tasarım aşamasında özen gösterilmelidir. Yatay ötelenme rijitliği az özellikle çerçevesel bir yapı deprem etkisi altında büyük deplasmanlar yapmaktadır (Paulay ve Priestley, 1992). Bu deplasmanları sınırlandırmak amacıyla sistemin çerçeve sistem yerine betonarme çerçeve+perde şeklinde tasarlanması yanal ötelenmeleri azaltacağı gibi sistemin daha sünek bir halde çalışmasını da sağlamaktadır. Ayrıca literatürde yapılan araştırmalar doğrultusunda, perdeli binaların depreme karşı olan direncinin çerçevesel sistemlere göre daha iyi olduğu ve daha az hasar aldığı ifade edilmektedir (Öztürk, 2005). Özellikle kat yüksekliğinin artmasına bağlı olarak yüksek rijitlikleri sayesinde betonarme perdelerin kullanımı daha da önemli hale gelmektedir. Bunun anlamı perdelerin şekil değiştirmesinde eğilme momentlerinin etkili olmasıdır. Perde duvarların yatay yükler altında eğilme kirişi gibi, betonarme çerçevelerinde kayma kirişi davranışı gösterdikleri bilinmektedir. Perdeli sistemlerde katlar arası en büyük deplasman üst katlarda oluşurken, çerçevesel bir sistemde yatay deplasmanlar kat rijitliğine bağlı olarak kesme kuvvetinin en yüksek olduğu alt katlarda meydana gelmektedir. Bu tür çerçeve+perde tipi karma sistemlerde yapının üst kısmında yer alan perdelerin eğilmesi çerçeveler tarafından, çerçevelerin alt katlarda kesilmeye çalışması perdeler tarafından engellenmektedir (Celep ve Kumbasar, 2001). Ayrıca yapıda burulma düzensizliği olmaması için perdelerin ideal şekilde düzenlenmesi de oldukça önem arz etmektedir. Burulma rijitliğine sahip olması için perdelerin yapının çevresine her iki yönde olacak şekilde dağıtılması gerekmektedir.

Deprem mühendisliği ve sismik tasarım açısından yapıya gelen deprem yükünün belirlenmesinde zemin sınıfı(ZA, ZB, ZC, ZD, ZE, ZF), tasarım spektral ivme katsayıları (S_{DS} ve S_{D1}) ve bina önem katsayısı(I) gibi değişkenler önemlidir. Yerel zemin sınıfları büyük depremlerden gelen sismik dalgaların hasar olasılığının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Yapılan araştırmalar neticesinde Loma Prieta (1989), Northridge (1994), Kobe (1995) gibi meydana gelen birçok büyük deprem sonucunda deprem yönetmelikleri yerel zemin koşullarının büyük öneme sahip olduğunu kabul etmiştir (Azimi ve diğ., 2019). TBDY-2019 ile beraber artık zemin sınıfları ile zemin grupları tek bir tablo altında birleştirilerek ZA'dan ZF'ye doğru sıralanmaktadır. Burada ZA en iyi zemin sınıfı ZE en kötü zemin sınıfını, ZF ise sahaya özel zemin davranış analizi yapılarak tespit edilmesi gerekli zemin sınıfını temsil etmektedir.

Bu çalışmada farklı kat yüksekliğine sahip ve farklı zemin sınıfında olan betonarme perdeli çerçevesel konut ve okul binasının periyodlarının hesabında TBDY-2019'da önerilen periyod formülleri hesap edilerek karşılaştırılmıştır. Çalışmanın temel amacı, TBDY-2019'da belirli şartların sağlanması durumunda kullanılması önerilen ampirik yaklaşımın Rayleigh periyoduna göre değişimini incelemektir. Bu bağlamda yapılan karşılaştırmaların daha kolay yorumlanabilmesi için bünyesinde herhangi bir düzensizlik bulunmayan 2, 3, 4 ve 5 katlı betonarme bina üzerinden analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan karşılaştırmalarda İstanbul/Kartal ve İstanbul/Bakırköy'de bulunan bir adet konut ve okul binasının ZA zemin sınıfında karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca İstanbul/Kartal'daki konut yapısının dört farklı zemin sınıfında(ZA, ZC, ZD ve ZE) ve dört farklı yükseklik için karşılaştırmaları yapılmıştır. ZB sınıfı ve ZF zemin sınıfına göre değerlendirmeler çalışma kapsamı dışında tutulmuştur. Tüm binalar ETABS yapı analiz programında modellenmek suretiyle karşılaştırılmıştır.

2. TBDY-2019'A GÖRE EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ İLE DOĞRUSAL DEPREM HESABI

Mod birleştirme yönteminin (MBY) basitleştirilmiş hali olarak nitelendirilebilecek olan eşdeğer deprem yükü yöntemi (EDYY) (Özmen, 2008), deprem yükü hesabında yapının 1.mod periyod değerlerinin dikkate alındığı yöntemdir. Bilindiğı üzere deprem kuvvetleri diğer yükler gibi (rüzgâr yükü, hareketli yük vb.) dışarıdan etkiyen yükler olmayıp, yapının kendi oluşturduğı atalet kuvvetlerini temsil etmektedir. Eşdeğer deprem yükü (EDY) denilen bu kuvvetlerde, yapının kendi oluşturduğı bu atalet kuvvetlerinin eř değeri olarak ifade edilmektedir. Hesap kolaylığı açısından deprem yükleri her katın kütle merkezine etkiyen eşdeğer statik yükler olarak gösterilerek idealize edilmektedir. Bununla beraber yapıların sürekli titreşim halinde olduğı ve bu titreşimlerin yapının kütlesi ve fiziksel özelliklerine bağlı olup, dışarıdan etkiyen yüklerden bağımsız olduğı bilinmektedir. Yapıların her moda karşılık bir periyod değerlerinin olduğı ve 1. Mod periyod değerinin de yapının en büyük periyod değeri olduğı kabul edilir. Bu ilk mod değerinde yapının tüm kütlesinin periyod hesabına dâhil edildiğı kabul edilmektedir. Böyle bir durum mümkün olmamakla beraber hesaplarda kolaylık olması açısından bu kabul yapılmaktadır. TBDY-2019'da ise bu durum MBY'de artık en az %95 olarak önerilmektedir. EDYY'nin, birbirine dik (X) ve (Y) deprem doğrultularında binaya etkiyen depremler için ayrı ayrı uygulanması gerektiğinden bahsedilmektedir. Ayrıca BYS>6 ve BYS>5 olan tüm binalarda ve BYS>4 ve BYS>5 olan ama burulma düzensizliğı ve B2 düzensizliğinin sağlandığı binalarda EDY yöntemi uygulanabilir. BYS değeri ise Deprem tasarım sınıfı (DTS) faktörüne bağlanmıştır. Deprem etkisi altında tasarımda binalar yükseklikleri bakımından sekiz Bina Yükseklik Sınıfına (BYS) ayrılmıştır. BYS değeri belirlenirken toplam bina yüksekliğı (H_N) ve deprem tasarım sınıfı (DTS) kavramlarına ihtiyaç duyulmaktadır. BYS1, DTS'ye bağlı olarak en az 70m yüksekliğe sahip binaları temsil ederken, BYS8 en fazla 7m yüksekliğe kadar olan binaları ifade etmektedir. Bina Kullanım Sınıfları (BKS), DTS'lerin belirlenmesine esas olmak üzere BKS değerleri, binaların kullanım amaçlarına göre TBDY-2019'da tanımlanmaktadır. Yapının önem sırasına göre BKS1>BKS2>BKS3 şeklinde sıralanan yapı türleri BKS değerlerine bağlı olarak verilen Bina Önem Katsayıları sırasıyla 1.5, 1.2 ve 1 olarak dikkate alınmaktadır. Bina kullanım sınıfları (BKS) ve DD2 yer hareket düzeyi için TBDY-2019'da tanımlanan kısa periyod tasarım spektral ivme katsayısına (S_{DS}) bağlı olarak, deprem etkisi altında tasarımda esas alınacak DTS değerleri verilmektedir. S_{DS} değerinin 0.33 değeri ile 0.75 değeri arasında kalan durumuna göre DTS değeri tespit edilmektedir.

Yönetmelikteki EDYY şartının sağlanması durumunda göz önüne alınan (X) deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen toplam EDY (taban kesme kuvveti), Denklem 1'e göre hesap edilmektedir.

$$V_{TE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0,04 m_t I S_{DS} g \quad (1)$$

Burada $S_{aR}(T_p^{(X)})$, göz önüne alınan (X) deprem doğrultusunda hesaplanan binanın hâkim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X)}$ göz önüne alınarak hesaplanan "Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesini" göstermektedir. S_{DS} ise kısa periyod için TBDY-2019'da tanımlanan tasarım spektral ivme katsayısıdır.

TBDY-2019'da yapının doğal titreşim periyodu hesabında, bina türü, dolgu duvar varlığı, zemin sınıfı ve diğer birçok parametreden bağımsız olarak iki formülün kullanılabileceğı belirtilmektedir. Bunlar belirli şartların sağlanması durumunda önerilen ampirik ve her zaman ve her şartta kullanılabilecek olan Rayleigh formülüdür. TBDY-2019'da EDYY'nin uygulandığı tüm binalarda Denklem 2'de yer alan ve göz önüne alınan (X) deprem doğrultusunda binanın hâkim doğal titreşim periyodunu ifade eden $T_p^{(X)}$, daha kesin bir hesap yapılmadıkaça kullanılabileceğı belirtilmiştir.

$$T_p^{(X)} = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^{(X)2}}{\sum_{i=1}^N F_{fi}^{(X)} d_{fi}^{(X)}} \right)^{1/2} \quad (2)$$

TBDY-2019'da binanın Rayleigh'den bulunan $T_p^{(X)}$ periyodu, deprem hesabında dikkate alınacak en büyük değerinin Denklem 3'de verilen ampirik T_{pA} periyodunun 1.4 katından daha fazla alınmayacağı belirtilmektedir. Bu durum daha çok yüksek katlı yapı tasarımında karşımıza çıkmaktadır.

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4} \quad (3)$$

Denklem 4 ile önerilen ampirik periyodun kullanılabilmesi için belirli şartların sağlanması gerekmektedir. TBDY-2019'da DTS = 1, 1a, 2, 2a ve BYS ≥ 6 olan binalarda ve DTS = 3, 3a, 4, 4a olan tüm binalarda hâkim doğal titreşim periyodunun, doğrudan T_{pA} periyodu olarak alınabileceği belirtilmektedir ($T_p^{(X)} \cong T_{pA}$). Denklem 4'de verilen C_t katsayısı için taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0.1$, çelik çerçevelerden veya çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0.08$, diğer tüm binalarda $C_t = 0.07$ alınacağı ifade edilmektedir. Ayrıca deprem etkilerinin tamamının betonarme perdeler tarafından karşılandığı tünel kalıp binalarda C_t katsayısının Denklem 4 kullanılarak hesap edileceği belirtilmiştir. Buradaki A_t , eşdeğer alanına yönelik hesap TBDY-2019'da verilmektedir.

$$C_t = \frac{0,1}{\sqrt{A_t}} \leq 0,07 \quad (4)$$

2.1. TBDY-2019'a Göre EDYY'ye Ait Hesap Aşamaları

TBDY-2019'a göre EDYY'ye ait hesap aşamaları aşağıda özetlenmiştir:

1. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları(TDTH) interaktif web uygulamasında binanın konumu, Deprem yer hareket düzeyi (DD2) ve Yerel zemin sınıfları tanımlanarak rapor oluşturulur.

2. Rapordan alınan S_{DS} , kısa periyod bölgesi için tasarım spektral ivme katsayısı, S_{D1} : 1.0 saniye periyod için tasarım spektral ivme katsayısını ifade etmektedir.

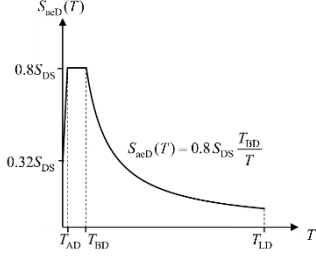
3. Raporda T_A ve T_B değerleri, S_{DS} ve S_{D1} 'e göre Denklem 5 kullanılarak hesap edilmektedir.

$$T_A = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (5)$$

4. Yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yer çekimi ivmesi (g) cinsinden Denklem 6 yardımıyla hesaplanmaktadır. Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu $T_L = 6$ sn alınacağı TBDY-2019'da belirtilmiştir.

5. TBDY-2019'da bina kullanım sınıfına (BKS) bağlı olarak bina önem katsayısı (I) konutlarda 1, okullarda 1.5 olarak seçilirken, deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme

perdelerle karşılandığı binalar için bina yükseklik sınıfı (BYS≥2)'ye karşılık taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R=7), dayanım fazlalığı katsayısı (D=2.5) seçilmiştir.



$$\begin{aligned}
 S_{ae}(T) &= \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} & (0 \leq T \leq T_A) \\
 S_{ae}(T) &= S_{DS} & (T_A \leq T \leq T_B) \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & (T_B \leq T \leq T_L) \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}T_L}{T^2} & (T_L \leq T)
 \end{aligned} \tag{6}$$

6. Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$ 'nin hesabında ise Denklem 7 kullanılmaktadır

$$\begin{aligned}
 R_a(T) &= \frac{R}{I} & (T > T_B) \\
 R_a(T) &= D + \left(\frac{R}{I} - D\right) * \frac{T}{T_B} & (T \leq T_B)
 \end{aligned} \tag{7}$$

7. Azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{aR}(T)$, Denklem 8'de verilmektedir.

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \tag{8}$$

8. Son olarak "Toplam EDY" (taban kesme kuvveti) $V_{tE}^{(X)}$, Denklem 9 ile belirlenmektedir.

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0,04 m_t I S_{DS} g \tag{9}$$

2.2. Göreli Kat Ötelemesi Hesabı

TBDY-2019'da etkin göreli kat ötelemesinin belirlenmesinde dolgu duvarın çerçeveye bitişik imal edilmesi durumunda Denklem 10 veya derzli olması durumunda Denklem 11'deki formüllerle hesap edilmektedir. Bu denklemlerde kat yüksekliği " h_i ", x doğrultusunda binanın i'nci katının etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri, " $\delta_{i,max}$ ", DD3 depremine göre hesaplanan elastik tasarım spektral ivmesinin $S_{ac}(T)_{DD3}$, DD2 depremine göre hesaplanan elastik tasarım spektral ivmesine $S_{ac}(T)_{DD2}$ oranı λ olarak ifade edilmektedir. Ayrıca aşağıdaki denklemlerde yer alan " κ " katsayısı betonarme binalarda $\kappa=1$, çelik binalarda ise $\kappa=0.5$ alınacağı belirtilmektedir. Etkin göreli kat ötelemelerinin azaltılmış deprem yüklerine göre belirlenen göreli kat ötelemelerine (Δ_i^X) göre hesabı Denklem 12'de verilmektedir.

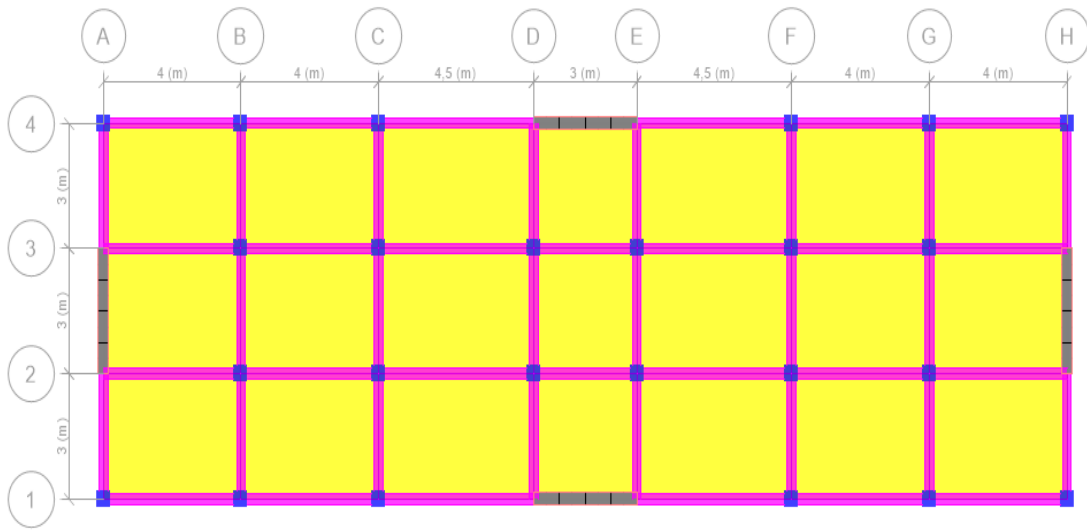
$$\lambda * \frac{\delta_{i,max}^x}{h_i} \leq 0,008 * \kappa \quad (10)$$

$$\lambda * \frac{\delta_{i,max}^x}{h_i} \leq 0,016 * \kappa \quad (11)$$

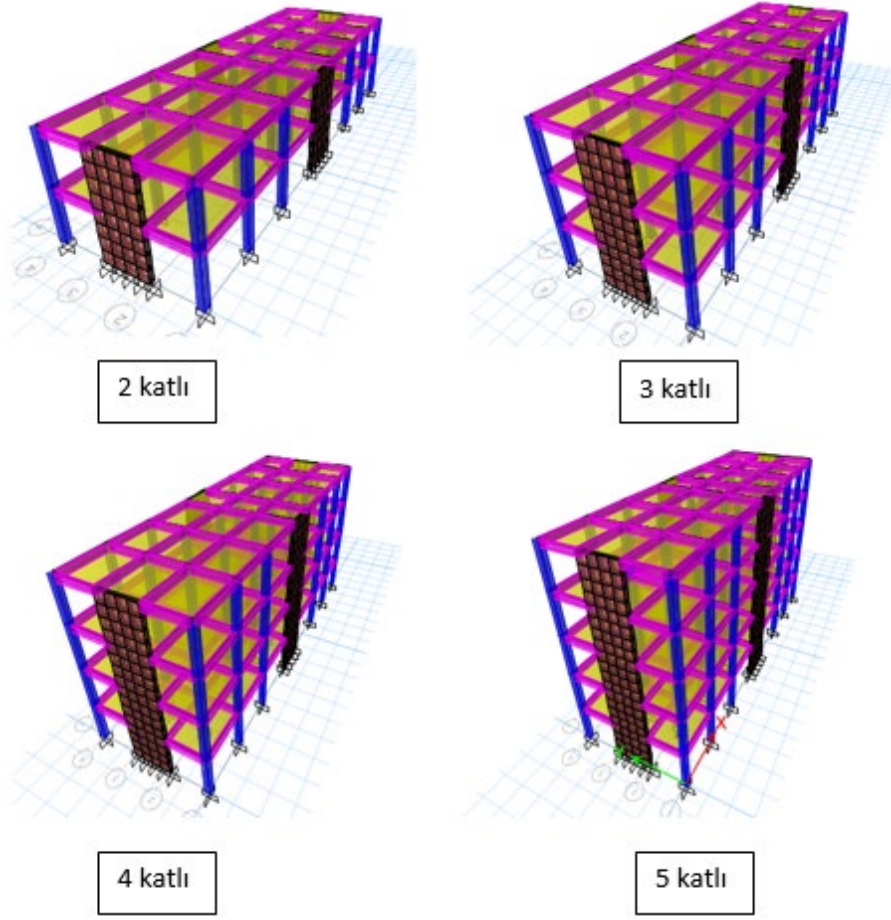
$$\delta_i^{(x)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(x)} \quad (12)$$

3. ANALİTİK ÇALIŞMA

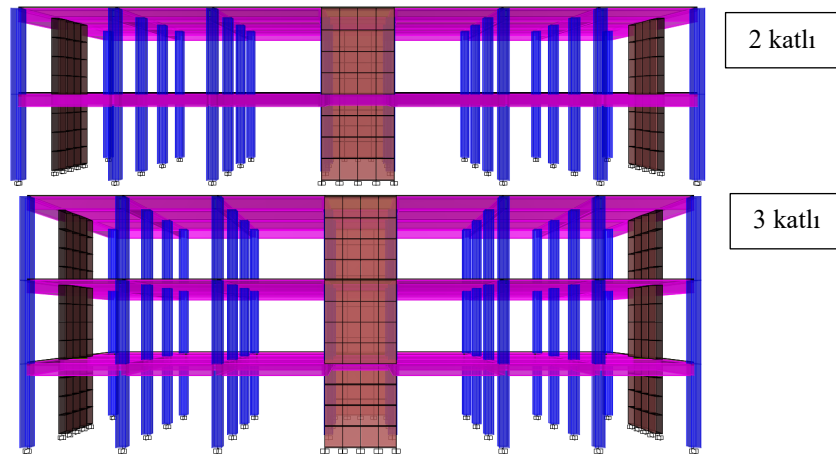
Bu çalışmada İstanbul'un Kartal ve Bakırköy ilçelerinde yapılması düşünülen 2, 3, 4 ve 5 katlı betonarme çerçeve+perde konut ve okul binası TBDY-2019 yönetmeliğine göre EDY analizi yapılarak karşılaştırılmıştır. Kartal ve Bakırköy bölgesi İstanbul'da deprem yer hareketi açısından aynı fay hattı üzerinde bulunan önemli bir bölgedir. Toplam bina yükseklikleri seçilirken TBDY-2019 için EDY yönteminin uygulanabileceği yükseklik sınırları karşılaştırma yapabilmek adına baz alınmıştır. ETABS yapı analiz programında tasarlanan modelde BYS6, BYS7 ve BYS8 olacak şekilde kat yükseklikleri 3.5 metre seçilmiştir. Planda her iki yöndeki uzunluklar sırasıyla 28m x 9m olup binanın kat planı 252 m²'den oluşmaktadır. Bununla beraber taşıyıcı sistemde kullanılan kesitler her katta sabit olacak şekilde kolonlar için 300x300mm, perdeler için 250x3000mm, kirişler için 250x500mm ve döşeme için 120mm olarak seçilmiştir. Temel ankastre olarak modellenmiş ve yapı geometrisi belirlenmiş olan sistemde C25 sınıfı beton kullanılmıştır. Binanın taşıyıcı sistemi, deprem yüklerinin süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz perdeler tarafından taşındığı sistem olarak dikkate alınmış olup taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) 7, dayanım fazlalığı katsayısı (D) ise 2.5 olarak dikkate alınmıştır. Binaların oturduğu zeminler TBDY-2019 için Kartal'da ZA, ZC, ZD ve ZE olarak kabul edilmişken, Bakırköy için yalnızca ZA zemin durumuna göre analizler gerçekleştirilmiştir. Binanın deprem hesabı EDY yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Her katta dikkate alınan duvarlar TBDY-2019'da verilen alternatiflerden biri olan çerçeveye derzli yerleşim şekliyle dikkate alınmıştır. Bunun anlamı taşıyıcı sistemdeki duvarlar yalnızca ölü yük olarak dikkate alınmış, rijitliğe katkısı olmadığı kabul edilerek modellenmiştir. Ayrıca kat planında düzenli bir taşıyıcı eleman yerleşimi yapılarak düzensizliklerin etkisi göz önünde bulundurulmamıştır. Şekil 1 ve Şekil 2'de konut ve okul binasına ait modellerin kat planı ve üç boyutlu görünümü verilmiştir.

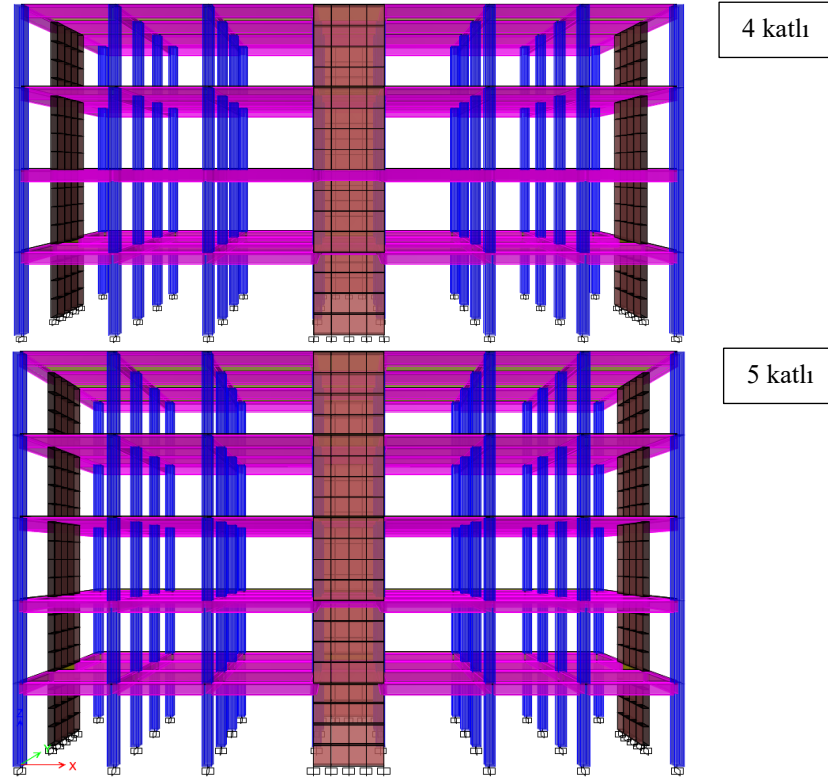


Şekil 1:
ETABS yapı modeli kat kalıp planı



Şekil 2:
Modellerin 3 boyutlu görünümü





Şekil 2:(devamı)
Modellerin 3 boyutlu görünümü

Yapılan modellemede kiriş ve kolonlar çubuk sonlu eleman, perde ve döşemeler ise kabuk (shell) eleman olarak modellenmiştir. Döşemeler her katta rijit diyafram olarak modellenmiş, sönüm oranı %5 olarak hesaplara katılmıştır. Taşıyıcı sistem elemanların etkin kesit rijitlik çarpanları çatlamış kesit atalet momentleri, kolonlarda 0.70, kirişlerde 0.35 ve perdelerde düzlem içi 0.50 ve düzlem dışı 0.25 olarak dikkate alınmıştır. Ayrıca çatı kat ağırlığının hesabında kar yüklerinin %30'u göz önüne alınmıştır. İstanbul/Kartal ve İstanbul/Bakırköy için modellemelerde dikkate alınan diğer parametreler Tablo 1'de verilmiştir.

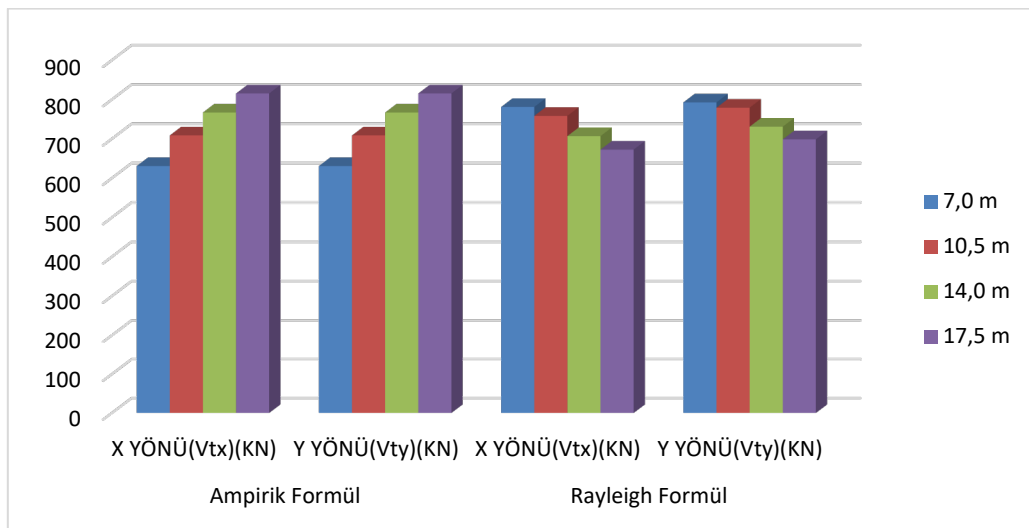
Tablo 1'deki ilgili bilgiler ışığında zemin sınıfları ZA, bina kullanım sınıfları BKS=1 ve BKS=3, bina yükseklik sınıfı BYS6, BYS7 ve BYS-8 (yükseklikleri 17.5 m, 14 m, 10,5 m ve 7 m) olan binanın hakim doğal titreşim periyodunun belirlenmesinde ampirik ve Rayleigh formülleri kullanılarak çözülen Bakırköy ve Kartal ilçelerine ait analiz sonuçları grafik olarak Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir.

Tablo 1. Hesap Parametreleri

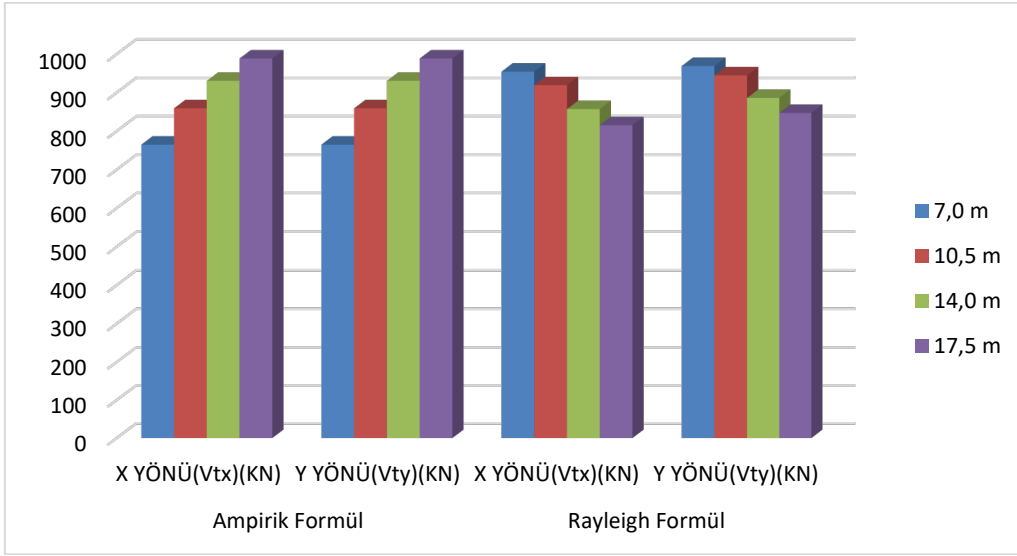
Konum	İstanbul/Kartal	İstanbul /Bakırköy
Yerel Zemin Sınıfı	ZA (Sağlam sert kaya) ZC (Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış çok çatlaklı zayıf kayalar) ZD (Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları) ZE (Gevşek kum, çakıl veya yumuşak-katı kil tabakaları)	ZA (Sağlam sert kaya)
Deprem Yer Hareketi	DD-2 (50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareket düzeyi)	DD-2
Deprem Tasarım	DTS1, DTS 1a	DTS1, DTS 1a

Sımfı		
BYS	BYS8 ($H_N=7,0$ m) BYS 7 ($H_N=10,5$ m) BYS 6 ($H_N=14$ m) BYS 6 ($H_N=17,5$ m)	BYS8 BYS 7 BYS 6
BKS	BKS 3 (Konut tipi yapılar için $I=1$) BKS 1 (Okul tipi yapılar için $I=1.5$)	BKS 3 BKS 1
Enlem	40.906682°	40.972465
Boylam	29.219208°	28.821948
Ss	1.024	1.266
S ₁	0.283	0.343
PGA	0.421	0.520
PGV	25.426	32.003

Tüm modeller üzerinden yapılan analizlerin grafik olarak verilen sonuçlarına göre HN7 ve HN10,5 (BYS-7 ve BYS-8) olan modellerde ampirik formülden, HN14 ve HN17,5 (BYS-6) olan modellerde ise Rayleigh formülünden bulunan taban kesme kuvveti daha düşük sonuç vermiştir. TBDY-2019 yönetmeliği BYS6, BYS7 ve BYS8 için ampirik formülün rayleigh formülü yerine kullanılmasını önermektedir. Ancak görüldüğü üzere BYS7 ve BYS8 için ampirik formülün kullanılması durumunda binaya gelen deprem yükü daha düşük seviyede dikkate alınmış olacak ve yönetmeliğin önerisinin yeniden değerlendirilmesine yol açacaktır. BYS6 için ise ampirik formülden bulunan taban kesme kuvveti Rayleigh'den bulunandan daha yüksek olduğundan yönetmelik önerisinin kabul edilebilir olduğu söylenebilir.

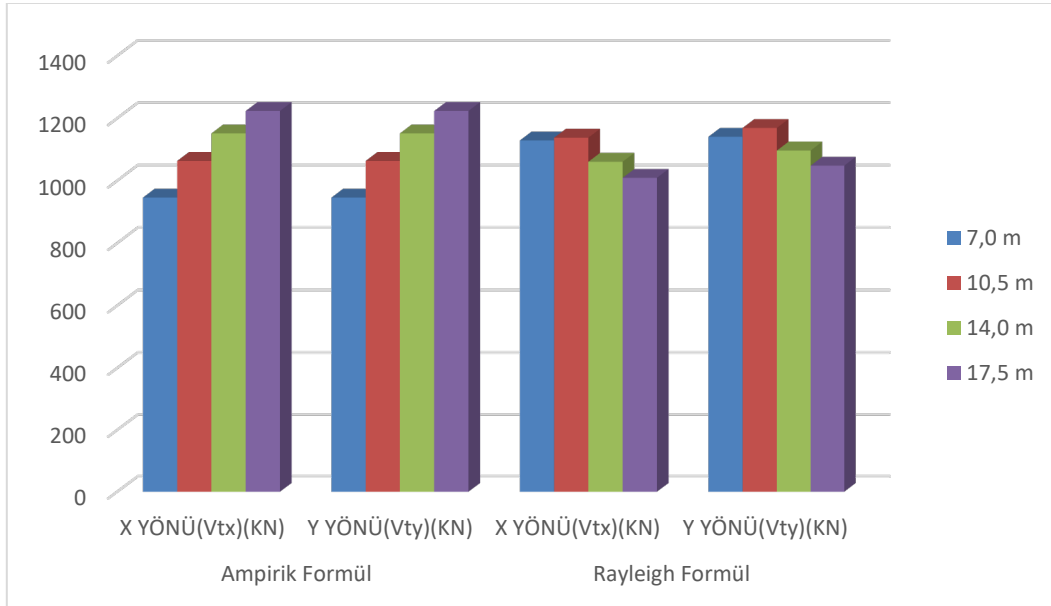


Şekil 3:
İstanbul/Kartal (BKS 3, ZA, BYS 6, 7, 8) taban kesme kuvvetleri



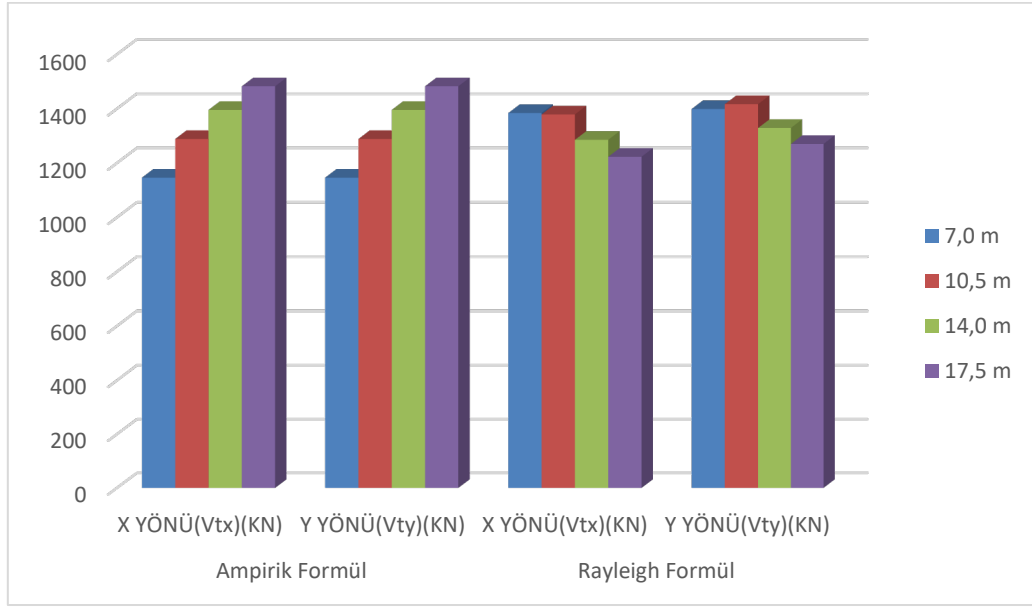
Şekil 4:

İstanbul/Bakırköy (BKS 3, ZA, BYS 6, 7, 8) karşılaştırmalı taban kesme kuvvetleri



Şekil 5:

İstanbul/Kartal (BKS 1, ZA, BYS 6, 7, 8) taban kesme kuvvetleri



Şekil 6:
İstanbul/Bakırköy (BKS 1, ZA, BYS 6, 7, 8) taban kesme kuvvetleri

İstanbul/Kartal'daki konut yapısının dört farklı zemin sınıfında ve dört farklı yükseklik için periyod değerleri Tablo 2'de, taban kesme kuvvetleri ise Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 2. Farklı kat yüksekliklerine göre bina periyodları

H_N (m)	T_{PA} (x-y yönü)	$T_{Rayleigh}$ (x yönü)	$T_{Rayleigh}$ (y yönü)
7	0,301	0,225sn	0,219sn
10.5	0,408	0,382sn	0,371sn
14	0,507	0,550sn	0,532sn
17.5	0,598	0,726sn	0,699sn

Tablo 3. Farklı kat yüksekliklerine ve zemin sınıflarına göre analiz sonuçları

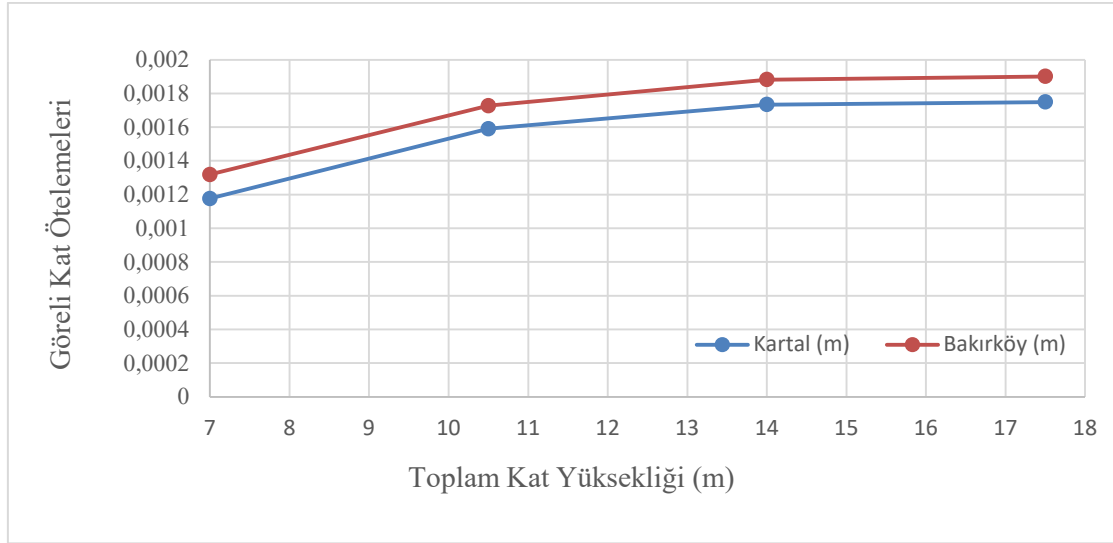
ZEMİN SINIFI	H_N (m)	T_{PA_X} Yönü (Vtx) (KN)	T_{PA_Y} Yönü (Vty) (KN)	$T_{Rayleigh_X}$ Yönü (Vtx) (KN)	$T_{Rayleigh_Y}$ Yönü (Vty) (KN)
ZA	7	630,9	630,9	781,1	792,8
ZA	10,5	708,8	708,8	758,4	779,3
ZA	14	767,1	767,1	707,1	731,0
ZA	17,5	815,5	815,5	672,7	698,7
ZC	7	1123,3	1123,3	1329,7	1347,7
ZC	10,5	1329,1	1329,1	1422,1	1461,2
ZC	14	1439,4	1439,4	1325,8	1370,7
ZC	17,5	1529,1	1529,1	1261,4	1310,1
ZD	7	1278,8	1278,8	1469,7	1486,0
ZD	10,5	1647,7	1647,7	1713,6	1740,2
ZD	14	1939,6	1939,6	1797,9	1858,7
ZD	17,5	2073,4	2073,4	1710,5	1776,5
ZE	7	1498,8	1498,8	1679,1	1694,0

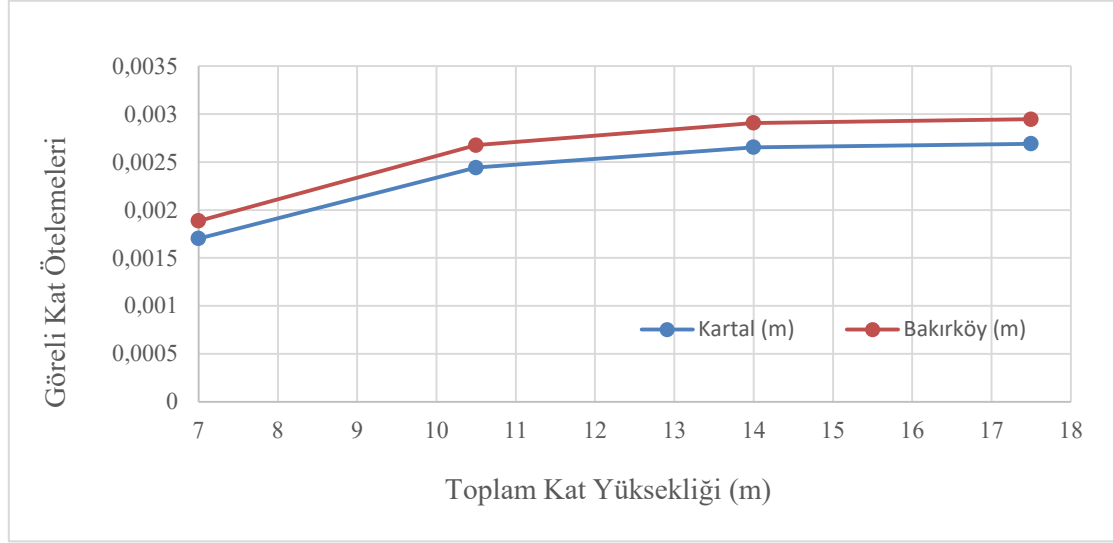
ZE	10,5	1984,5	1984,5	2051,51	2078,2
ZE	14	2380,6	2380,6	2273,0	2316,5
ZE	17,5	2716,1	2716,1	2412,2	2471,0

Deprem dayanımı sağlam bir bina tasarımı için yeterli dayanım, yeterli rijitlik ve yeterli süneklik olmak zorundadır. İstanbul/Kartal ve İstanbul/Bakırköy için ZA zemin sınıfında konut ve okul yapıları için görel kat ötelemeleri Tablo 4’de ve Şekil 7’de verilmiştir. Tablodan ve şekilden görüldüğü üzere tüm yükseklik sınıflarında bina yeterli rijitliğe sahiptir.

Tablo 4. Kartal ve Bakırköy ilçeleri için maksimum görel kat ötelemesi analiz sonuçları

Maksimum Görel Kat Ötelemeleri				Oran
HN (m)	BKS	Kartal (m)	Bakırköy (m)	0.016*κ
7	3	0,00117	0,00131	< 0,016
10,5	3	0,00158	0,00172	< 0,016
14	3	0,00173	0,00188	< 0,016
17,5	3	0,00174	0,00190	< 0,016
7	1	0,00170	0,00188	< 0,016
10,5	1	0,00244	0,00267	< 0,016
14	1	0,00265	0,00290	< 0,016
17,5	1	0,00269	0,00294	< 0,016





Şekil 7:
Görelü kat ötelemelerinin kat yüksekliğine bağlı olarak değişimi (BKS 3 ve BKS 1)

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada periyod hesabı için TBDY-2019’da verilen ampirik ve Rayleigh formülleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalarda İstanbul/Kartal bölgesindeki konut yapısı için BYS6, BYS7, BYS8 için ZA, ZC, ZD ve ZE için karşılaştırmalar yapılmıştır. Bununla beraber aynı bölge için aynı yükseklikler dikkate alınarak bir okul binası yalnızca ZA zemin sınıfı için değerlendirilmiştir. Ayrıca İstanbul/Bakırköy için yalnızca ZA zemin sınıfı dikkate alınarak aynı yükseklik sınıfları için bir adet konut ve bir adet okul binası analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- İstanbul/Kartal’daki ve İstanbul/Bakırköy’deki **konut binası** için ZA zemin sınıfı, BYS7 ve BYS8 yükseklik sınıflarında Rayleigh formülü kullanılarak elde edilen taban kesme kuvvetleri, ampirik formüle göre hesaplanan taban kesme kuvvetinden X ve Y yönü için yaklaşık olarak %24-%26(BYS7) ve %7.0-%9.9(BYS8) oranında daha fazla çıkmaktadır. TBDY-2019’da Rayleigh yerine ampirik formül bu yükseklik sınıfı için kullanılabilirliği önerilmektedir. Ancak görüldüğü üzere ampirik formülün kullanılması durumunda daha düşük bir deprem kuvveti yapıya geliyor varsayımı yapılmaktadır. Yönetmeliğin bu yükseklik sınıfı için önerisi tartışılmalıdır.
- Her iki ilçe içinde BYS6($H_N=14m$) ve BYS6($H_N=17.5m$) yükseklik sınıflarına bakıldığında, ampirik formüle göre hesaplanan taban kesme kuvvetleri, Rayleigh formülü kullanılarak elde edilen taban kesme kuvvetlerinden X ve Y yönü için yaklaşık olarak %8.4-%4.9($H_N=14m$) ve %21.2-%16.7($H_N=17.5m$) oranında daha fazla çıkmaktadır. Bina yüksekliğinin artması farkın artmasına yol açmıştır. Ancak TBDY-2019 yönetmeliği bu yükseklik sınıflarında güvenli bölgede kalmaktadır. Bu yükseklik sınıfı için önerilen ampirik formülün kabul edilebilir olduğu söylenebilir.
- İstanbul/Kartal’daki ve İstanbul/Bakırköy’deki **okul binası** için ZA zemin sınıfı, BYS7 ve BYS8 yükseklik sınıflarında Rayleigh formülü kullanılarak elde edilen taban kesme kuvvetleri, ampirik formüle göre hesaplanan taban kesme kuvvetinden X ve Y yönü için yaklaşık olarak %19.36-%20.6(BYS7) ve %7.0-%9.9(BYS8) oranında daha fazla çıkmaktadır. Aynı bölgede yapılan konut binası ile karşılaştırıldığında BYS7 için taban kesme kuvvetinde %19.3-%20.7 oranında azalış meydana gelirken, BYS8 için taban kesme

kuvvetleri arasındaki oran aynı çıkmıştır. TBDY-2019'da önerilen ampirik formülün kullanılması durumunda yine daha düşük bir deprem kuvveti yapıya geliyor varsayımı yapılmaktadır. Yönetmeliğin bu yükseklik sınıfı için önerisi tartışmaya açıktır.

- Her iki ilçe içinde BYS6($H_N=14m$) ve BYS6($H_N=17.5m$) yükseklik sınıflarına bakıldığında, ampirik formüle göre hesaplanan taban kesme kuvvetleri, Rayleigh formülü kullanılarak elde edilen taban kesme kuvvetlerinden X ve Y yönü için yaklaşık olarak %8.4-%4.9($H_N=14m$) ve %21.2-%16.7($H_N=17.5m$) oranında daha fazla çıkmaktadır. Aynı bölgede yapılan konut binası ile karşılaştırıldığında taban kesme kuvveti artış oranları aynı çıkmıştır. Yüksekliğin artması aradaki oranında artmasına yol açmıştır. Yapılması düşünülen bir okul binası içinde TBDY-2019 yönetmeliği bu yükseklik sınıflarında güvenli bölgede kalmaktadır. Bu yükseklik sınıfı için önerilen ampirik formülün kabul edilebilir olduğu söylenebilir.
- İstanbul/Kartal'daki **konut binası** için ZA, ZC, ZD ve ZE zemin sınıfında ampirik ve Rayleigh periyodlarında BYS8'den BYS6'ya doğru gidildikçe kat ağırlığının artmasına bağlı olarak her iki yöndeki taban kesme kuvvetleri artmaktadır. Zemin kötüleştikçe taban kesme kuvvetlerindeki artış daha fazla olmaktadır.
- İstanbul/Kartal'daki **konut binası** için tüm zemin sınıflarında BYS8 ve BYS7 için Rayleigh'den bulunan taban kesme kuvveti, ampirik olarak hesap edilen taban kesme kuvvetinden daha fazladır. Oysa TBDY-2019 bu yükseklik sınıfları için ampirik formülün kullanılabilmesini önermektedir.
- Benzer şekilde İstanbul/Kartal'daki **konut binasında** tüm zemin sınıflarında BYS6 için ampirik formülden bulunan taban kesme kuvvetleri, Rayleigh'den hesaplanan taban kesme kuvvetlerinden daha fazladır. Bu durum yönetmelikte önerilen ampirik formülün emniyetli olarak kullanılabilmesine işaret etmektedir. Dolayısıyla yönetmelikte önerilen BYS8, BYS7 ve BYS6 yükseklik sınıflarının yeniden gözden geçirilmesi tartışılmalıdır.
- Yönetmelikte önerilen ampirik formül yalnızca kat yüksekliğine ve C_t katsayısına bağlı kılınmıştır. Dolayısıyla projenin plandaki uzunlukları, dolgu duvar varlığı, sistemin rijitliği dikkate alınmadığından her iki yön içinde çıkan periyod değerleri aynı olmaktadır. Ancak Rayleigh periyod formülünde ilgili tablolardan da görüldüğü üzere periyodun değişimine bağlı olarak taban kesme kuvvetleri de değişmektedir.
- İstanbul/Kartal ve İstanbul Bakırköy'deki **konut ve okul yapısı** için ZA'da her bir yükseklik sınıfı için yapılan görelî kat öteleme karşılaştırmalarında BKS=1 için maksimum görelî kat öteleme değerleri, BKS=3 için hesaplanan görelî kat ötelemelerinden daha fazla olduğu görülmektedir. Taban kesme kuvvetinin değeri arttıkça doğal olarak maksimum görelî kat öteleme değeri arttığı anlaşılmaktadır.
- Yapılan tüm analizlerde dolgu duvarın çerçeve sisteme derzli olarak imal edildiği varsayımı yapılmıştır. Analizi yapılan tüm yapıların bu şartlar altında yeterli rijitliğe sahip olduğu görelî kat öteleme tablosundan anlaşılmaktadır. Bununla beraber duvarların bitişik yapılması durumunda yapı rijitliğinin artacağı deplasmanların ve dolayısıyla periyodunda azalacağı aşikârdır. Bu durumda yapıya gelecek olan deprem kuvveti de değişecektir.
- BKS=3 ve BKS=1 için hesaplanan değerlerde ise Bakırköy ilçesinin maksimum görelî kat öteleme değeri, Kartal ilçesindeki değerlerden daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni Bakırköy'ün, Kartal'a göre depremsellik olarak daha yoğun bir bölge olmasından kaynaklanmaktadır.
- Bu durumda yönetmeliğin emniyetli tarafta kalma düşüncesiyle önermiş olduğu ampirik formül **yalnızca BYS6 durumu için** Rayleigh den daha yüksek taban kesme kuvveti verdiği görülmektedir.
- Bu çalışmada baz alınan ve yönetmelikle verilen ampirik bağıntıların hızlı bir hesap gerektiren durumlarda kullanılacağı, kesin hesap yapılması gereken durumlarda sonlu eleman programlarıyla mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılan analizlerden elde edilen periyod değerlerinin doğru değerler olduğu aşikârdır.

- Çalışmada planda ve düşeyde düzensizliği olmayan bir bina üzerinden analizler gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle elde edilen sonuçlar bu plan tipi ile sınırlıdır. Ayrıca makalede gerçek bir mimari proje üzerinden modelleme yapılmamıştır. Bu nedenle bahsedildiği gibi 4 ve üzeri kat sayısına sahip binalarda zorunlu olarak yapılması gereken asansör ve onun taşıyıcı elemanları bu model üzerinde düşünülmemiştir. Asansör genellikle merdiven boşluğu ile beraber düşünölüp çekirdek bir perde sisteminin içinde çözölmektedir. Bu durum model çalışmasında perdelerin dağılımının 4. Kattan sonra değişmesine neden olacaktır. Bu durumda teorik olarak karşılaştırma yapmaya izin vermeyecektir.

Sonuç olarak yapılan çalışma TBDY-2019'da verilen ampirik yöntem üzerine bir yorumlama niteliği taşımaktadır. TBDY-2019'da belli şartların sağlanması durumunda kullanılması uygun olarak belirtilen ampirik formölün, periyod hesaplarının mümkün olduğunca basitleştirilmesi amacıyla verildiği anlaşılmaktadır. Ancak basit ampirik yaklaşımların önerilmesi yapılar üzerindeki tasarım depremlerinin çok farklı seviyede olmasına yol açmaktadır. Dolayısıyla önerilen ampirik denklemin yalnızca C_t ve H_N 'e bağlı kılınmayıp, yapının x ve y yönündeki atalet durumu, yapı kütlesi, eğilme rijitliği (EI), tuğla duvar varlığı gibi parametrelerin de göz önüne alındığı bir periyod formölünün önerilmesi daha iyi olabilir.

KAYNAKLAR

1. Arslan, M.H. (2010) An evaluation of effective design parameters on earthquake performance of RC buildings using neural networks, *Engineering Structures*, 32(7), 1888-98. doi:<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2010.03.010>.
2. Arslan, M.H. and Korkmaz, H.H. (2007) What is to be learned from damage and failure of reinforced concrete structures during recent earthquakes in Turkey?, *Engineering Failure Analysis*, 14(1), 1-22. doi:<https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2006.01.003>.
3. Erdik, M. (2001) Report on 1999 Kocaeli and Düzce (Turkey) earthquakes, *Structural Control for Civil and Infrastructure Engineering*, 149-186.
4. Sezen, H. and Whittaker, A.S. (2006) Seismic performance of industrial facilities affected by the 1999 Turkey earthquake, *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 20(1), 28-36. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3828\(2006\)20:1\(28\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3828(2006)20:1(28)).
5. Sezen, H. Whittaker, A.S. Elwood, K.J. Mosalam, K.M. (2003) Performance of reinforced concrete buildings during the August 17, 1999 Kocaeli, Turkey earthquake, and seismic design and construction practise in Turkey, *Engineering Structures*, 25(1), 103-14. doi:[https://doi.org/10.1016/S0141-0296\(02\)00121-9](https://doi.org/10.1016/S0141-0296(02)00121-9).
6. Doğangün, A. (2004) Performance of reinforced concrete buildings during the May 1, 2003 Bingöl Earthquake in Turkey, *Engineering Structures*, 26(6), 841-56. doi:<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2004.02.005>.
7. Arslan M.H. Olgun M, Köroğlu M, Erkan I, Köken A, Tan O. (2013) 19 May 2011 Kütahya-Simav earthquake and evaluation of existing sample RC buildings according to the TEC-2007 criteria, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(2):505-22. doi:<https://doi.org/10.5194/nhess-13-505-2013>.
8. Korkmaz S.Z. (2013) Observations on Van earthquake and structural failures, *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 29(1):04014033. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.0000456](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000456)
9. Murat O. (2013) Field reconnaissance of the October 23, 2011, Van, Turkey, earthquake: Lessons from structural damages. *Journal of Performance of Constructed Facilities*. 2013; 29(5):04014125. doi:[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.0000532](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000532).

10. TBDY, (2019). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar. Ankara.
11. Erdem, M.M. ve Bikçe, M. (2017) Maksimum Azaltılmış Görelî Kat Ötelemelerinin Güncel (DBYBHY2007) ve Yeni Yönetmelik Taslağına (TBDY2016) Göre Mukayesesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(2), 253-62. doi:<https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.358430>.
12. Keskin, E. ve Bozdoğan, K.B. (2018) 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Kırklareli İli Özelinde Değerlendirilmesi, *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*. 4(1), 74-90. doi:<https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.358430>.
13. Özkat, S. ve Kuruşcu, A.O. (2019) Deprem Bölgelerinde yapılacak Yığma Yapıların Tasarımı Hakkında 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması, 4. *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi*, Yalova. 117-129.
14. Nemutlu, Ö.F. and Sarı, A. (2018) Comparison of Turkish Earthquake Code in 2007 With Turkish Earthquake Code in 2018, *International Engineering and Natural Sciences Conference (IENSC 2018)*, Diyarbakır. 568-76.
15. Tunç, DG. ve Tanfener, T. (2016) 2007 ve 2016 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerinin Örneklerle Mukayesesi, *Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi Teknik Tasarım, Güvenlik ve Erişilebilirlik*, Ankara.1-13.
16. Koçer, M. Nakipoglu, A. Öztürk, B. Al-hagri, MG. Arslan, MH. (2018) Deprem Kuvvetine Esas Spektral İvme Değerlerinin TBDY2018 ve TDY 2007'ye Göre Karşılaştırılması, *Selçuk-Teknik Dergisi*, 17(2), 43-58.
17. Öztürk, M. (2018) Türkiye bina deprem yönetmeliğı ve Türkiye deprem tehlike haritası ile ilgili İç Anadolu Bölgesi bazında bir değerlendirme, *Selçuk-Teknik Dergisi*, 17(2), 31-42.
18. Crowley, H. and Pinho, R. (2004) Period-height relationship for existing European reinforced concrete buildings, *Journal of Earthquake Engineering*, 8(spec01), 93-119. doi:<https://doi.org/10.1142/S1363246904001663>.
19. Crowley, H. and Pinho, R. (2006) Simplified equations for estimating the period of vibration of existing buildings, *First European conference on earthquake engineering and seismology*, Geneva, Switzerland, 1-10.
20. Kose, M.M. (2009) Parameters affecting the fundamental period of RC buildings with infill walls, *Engineering Structures*, 31(1), 93-102. doi:<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2008.07.017>.
21. EAK, (2000). Greek code for Seismic Resistant Structures Organization for Earthquake Resistant Planning and Protection, Ministry of Environment Planning and Public Works, Greece (OASP).
22. NBCC, (2005). National Building Code of Canada, Canada.
23. EC8, (2004). Design of structures for earthquake resistance - Part 1 : General rules, seismic actions and rules for buildings.
24. ICPSRDB, (2007). Iranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Buildings. BHRC Publication, BHRC Publication, Iranian.
25. Indian-Code, (2002). Criteria for Earthquake Resistant Design of Structures. Design of Structures, Indian.
26. SI-413, (2009). Design Provisions for Earthquake Resistance of Structures. The Standart Institution of Israel, Israel.

27. TDY, (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Ankara.
28. UBC, (1997). Structural Design Requirements Earthquake Design.
29. ABYYHY. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara. 1998:37.
30. Aksoylu, C. Arslan, M.H. (2019) Çerçeve Türü Betonarme Binaların Periyod Hesaplarının Farklı Ampirik Bağıntılara Göre İrdelenmesi, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 569-81. doi:<https://doi.org/10.17798/bitlisfen.476312>.
31. Paulay, T. and Priestley, M.N. (1992) *Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings*, Academic Press, Wiley New York.
32. Öztürk, T. (2005) Betonarme binalarda deprem perdelerinin yerleşimi ve tasarımı. *İMO ilkbahar-yaz dönemi meslekiçi eğitim kursları, İstanbul*.
33. Celep, Z. ve Kumbasar N. (2001) *Betonarme Yapılar*, İhlas Matbaacılık, Ankara.
34. Azimi, P. Hatice, G. Alhan, C. (2019) Zemin Büyütme Katsayılarının Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Sismik Performans Potansiyeline ve Maliyetine Etkileri, *Teknik Dergi*, 30(1), 8803-34. doi:<https://doi.org/10.18400/tekderg.308431>.
35. Özmen İ.G. (2008) Mod Birleştirme Yöntemi Sonuçlarının Eşdeğer Deprem Yüklerine Dönüştürülmesi, *Teknik Dergi*, 19(94):4509-20.
36. Şahin, A, Aksoylu, C, Arslan, M.H (2018) Comparative Analysis of Earthquake Loads on Reinforced Concrete Structures Using TSEC-2018 and TEC-2007, *13th International Congress on Advances in Civil Engineering*, Çeşme-İzmir, 18-19.