

Betonarme bir okul binasında güçlendirme ilkelerinin 2007 ve 2019 Türk deprem yönetmeliklerine göre karşılaştırılması

Comparison of strengthening principles in the reinforced concrete a school building according to 2007 and 2019 Turkish earthquake regulations

Mustafa Esat COŞKUN¹ , Şenol GÜRİSOY^{*2} , Zehra Şule GARİP² 

¹Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği ABD, 78050, Karabük

²Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 78050, Karabük

• Geliş tarihi / Received: 04.09.2022

• Kabul tarihi / Accepted: 30.11.2022

Öz

Türkiye depremsellik açısından çok hareketli bir bölgede bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle yerleşim yerlerinin birçoğunun içinden ya da çok yakınından aktif faylar geçmektedir. Bunlara bağlı olarak oluşan yıkıcı depremler, depreme dayanıklı yapı tasarımının önemini açıkça ortaya koymaktadır. Oluşan depremler sonucu hasar gören binaların fazlalığı ve yapısal elemanlarda oluşan hasar binalardaki tasarım ve uygulama hatalarıyla ilgili önemli bilgiler vermektedir. Bu bilgi birikimi sayesinde yapıların nasıl güçlendirilmesi gerektiği hakkında da bilgilerimiz artmakta yeni yapılacak yapılarında daha sağlıklı nasıl tasarlanabileceğini öğrenmekteyiz. Böylelikle, sıklıkla yeni deprem yönetmelikleri de yayımlanmaktadır. Bu bilgiler ışığında denebilir ki; zamanında depremlere karşı dayanıklı olarak tasarlanan yapılar daha güncel deprem yönetmeliği koşullarını sağlayamamaktadır. Bu hususta mevcut yapıların statik açıdan uygunluğunu kontrol etmemizi ve gerekli durumlarda güçlendirmemizi gerektirmektedir. Bu makalede Karabük ilinde bulunan ve 2002 yılında yapılan betonarme bir okul binasının mevcut ve güçlendirilmiş durumlarının Sta4-Cad programıyla yapısal analizleri yapılmış ve DBYBHY ve TBDY yönetmeliklerine göre performans sonuçları karşılaştırılmıştır. Yapısal çözümlenmelerden elde edilen sonuçlar eski deprem yönetmeliklerine göre tasarlanan betonarme binaların 2019 Türkiye Deprem Yönetmeliğine göre güçlendirilmesinin önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca betonarme binalara güçlendirme kararı verilirken; binanın yaşının, kaba inşaat maliyetinin toplam güçlendirme maliyetine oranının, yapı yaklaşık maliyeti oranının ve güçlendirme maliyetlerinin birlikte değerlendirilerek dikkate alınması daha uygun olacaktır.

Anahtar kelimeler: Betonarme yapılar, Güçlendirme, Onarım-güçlendirme, Performans analizi.

Abstract

Turkey is located on one of the most seismically active regions in the world. In other words, most of its population centers are surrounded by many of the active faults if not lay on at least one of these active faults. The devastating earthquakes occurred in the past along these faults, reveal the importance of earthquake resistant design. The high number of the damaged buildings and the types of damages to structural members provide crucial information about the faults in design and the construction of buildings. Thanks to the accumulated knowledge, we know how to strengthen the existing buildings and more importantly learn how to design far healthier buildings in terms of earthquake performance. Thus, new earthquake codes are introduced frequently. In the light of these facts, it could be said that the old structures that are designed to be resistant to earthquakes may not meet the new earthquake regulation conditions. In this respect, it is vital to check existing buildings' structural compatibility with the new codes and strengthen them when necessary. In this article, structural analysis of a sample building which was located in Karabuk province and designed in 2002, was performed and the same building was subjected to strengthening procedures until it complied with the new code requirements. Sta4CAD is used as analysis program and the earthquake performance of the original and strengthened building was compared. The results of the study proved the importance of strengthening the existing buildings according to the 2019 Turkish Earthquake Code. In addition, while deciding to strengthen reinforced concrete buildings, it would be more appropriate to consider the age of the building, the ratio of the rough construction cost to the total strengthening cost, the approximate cost of the building and the strengthening costs together.

Keywords: Reinforced concrete structures, Strengthening, Repair and retrofit, Performance analysis.

* Şenol GÜRİSOY; sgursoy@karabuk.edu.tr

1. Giriş

1. Introduction

Türkiye’de sıklıkla yaşadığımız doğal afetlerin başında depremler gelmektedir. Meydana gelen depremlerde yapılarda önemli hasarlar oluşturmakta ya da bu hasarlar sonucu yapılar göçmektedir. Türkiye’de günümüze kadar yaşamış olduğumuz bazı depremlerde; 1939’da 7.9 ve 1992’de 6.8 büyüklüğündeki Erzincan, 1999’da 7.8 büyüklüğündeki Kocaeli, yine 1999’da 7.5 büyüklüğündeki Düzce, 2011’de 7.2 büyüklüğündeki Van, 2020’de 6.8 büyüklüğündeki Elazığ ve son olarak 30 Ekim 2020’de 6.6 büyüklüğündeki İzmir depremleri sonucu, maalesef binlerce insanımız hayatını kaybetmiş ve birçok yapı göçmüştür. Oluşan söz konusu depremlerin hasarları incelendiğinde hasar gören ve/veya yıkılan yapıların tasarım, inşa ve kullanım aşamalarında gerekli özenin gösterilmediği görülmektedir (Scawthorn vd., 2000; Adalier & Aydingun, 2001; Sezen vd., 2003; Spence vd., 2003; Doğangün, 2004; Kaplan vd., 2004; Arslan & Korkmaz, 2007; Celep vd., 2011; Yön vd., 2013). Bu husus depreme dayanıklı yapı tasarımının önemini açıkça ortaya koymaktadır. Bu amaçla bazı araştırmacılar betonarme yapıların depremlere dayanıklı olarak tasarlanmaları için çalışmalar yapmışlardır (Gürsoy, 2013; Çavdar & Sunca, 2014; Gürsoy, 2014; İnan vd., 2014; Gürsoy vd., 2015; Çağlar vd., 2016; Aksoylu & Arslan, 2019a; Aksoylu & Arslan, 2019b; Aksoylu vd., 2020; Özbayrak & Altun, 2020; Aksoylu & Arslan, 2021; Gürsoy & Çavuşoğlu, 2021; Garip & Eren, 2022; İnan Günaydın, 2022; Yel vd., 2022).

Meydana gelen depremlerde bazı yapılarda oluşan hasarların kabul edilebilir düzeyde kaldığı görülürken, bazılarında ise *Can Güvenliği* (CG) sınırını aştığı görülmektedir. Bunlardan kabul edilebilir düzeyde olan yapılardaki hasarlar basit onarım ve/veya güçlendirme işlemleriyle ortadan kaldırılmaktadır. Ancak CG sınırını aşan yapıları yıkıp yeniden yapmak ve güçlendirme (takviye) yaparak istenilen performans seviyesini yeniden sağlamak gibi iki seçenek bulunmaktadır. Bu seçeneklerden hangisinin uygulanacağına da güçlendirme maliyeti kavramıyla karar verilmektedir. Diğer bir ifadeyle fayda-maliyet analizi kavramıyla bina yaşına bağlı olarak söz konusu binanın yaklaşık maliyeti hesaplanmakta ve elde edilen değerler güçlendirme maliyetiyle kıyaslanmaktadır. Bu amaçla bazı araştırmacılar betonarme yapıların onarım ve güçlendirilmesiyle ilgili ve bazı araştırmacılar da uygulanacak güçlendirme işleminin söz konusu yapının davranışına etkisini belirlemeye yönelik çalışmalar yapmışlardır (Kalkan vd., 2013; Baran vd., 2014; Aksoylu & Sezer, 2018; Aksoylu & Kara 2019; Aksoylu & Kara, 2020; Baran, 2020; Coşkun, 2022).

Bu makalede örnek olarak seçilen bir okul binası 2007 Türkiye Deprem Yönetmeliğinin 7. bölümünde ve 2019 Türkiye Deprem Yönetmeliğinin 15. Bölümünde verilen *Mevcut Yapıların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi* başlığındaki tasarım ilkelerine göre modellenerek karşılaştırılmalı olarak incelenmektedir. Bu amaçla Karabük ilinde bulunan Milli Eğitim Müdürlüğüne bağlı seçilen okul binası 2007 ve 2019 Türkiye Deprem Yönetmeliklerine göre Sta4-Cad (Sta4-Cad, 2021) programıyla modellenerek kapsamlı ve sınırlı bilgi düzeylerine göre yapısal çözümlenmeleri gerçekleştirilmekte ve performans değerlendirmesi yapılmaktadır. Söz konusu okul binasının gerçekleştirilen yapısal çözümlenmeler ve performans değerlendirmelerinden elde edilen bulgular karşılaştırılmalı olarak irdelenerek bazı sonuçlar ve öneriler sunulmaktadır.

2. Mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi ile ilgili bazı bilgiler

2. Some information on evaluation and retrofitting of existing buildings

Bu başlık altında Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelikte (DBYBHY) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY) verilen tasarım ilkeleri ile ilgili bazı bilgiler verilerek söz konusu tasarım ilkeleri birbirleriyle karşılaştırılmaktadır (DBYBHY, 2007; TBDY, 2019).

2.1. Binalardan bilgi toplanması

2.1. Gathering information from buildings

Binalardan bilgi toplanması DBYBHY ve TBDY’de belirtilen bilgi düzeyleri dikkate alınarak yapılmaktadır. Söz konusu okul binasında yapılacak olan çalışmalarda, kapsamlı bilgi düzeyinde belirtilen hususlar dikkate alınmıştır. Ayrıca örnek olarak seçilen Misakı Milli okul binasında yapılacak olan deneysel işlemler TBDY’de verilen koşullara göre yapılmıştır. Bu makalede dikkate alınan DBYBHY ve TBDY arasındaki farklılıklar Tablo 1’de verilmektedir. Bu tablodan kapsamlı bilgi düzeyi için belirtilen kurallar incelendiğinde, bu bilgi düzeyinin iki seçeneğe ayrıldığı görülmektedir. Buna göre uygulama projesinin olup olmaması durumları için farklı deney sayıları olduğu görülmektedir. Bu tablodan uygulama projesinin olması durumunda; DBYBHY’e

göre yapısal elemanlarda kullanılacak tahribatlı yöntem miktarının daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Benzer şekilde tahribatsız yöntem için her iki deprem yönetmeliğinde de perde duvar ve kolonlarda eşit miktarda röntgen çalışması yapılması gerekirken kirişler için DBYBHY’de daha fazla miktarda donatı tespitinin yapılması gerektiği belirtilmektedir. Uygulama projesinin olmaması durumunda ise, tahribatlı yöntemin yapısal elemanlarda uygulanma miktarının ve tahribatsız yöntemle ise kirişlerde donatıların tespit edilmesinin DBYBHY’de daha fazla olduğu buna karşın tahribatsız yöntemle düşey taşıyıcı elemanlarda donatıların belirlenmesinin DBYBHY’de daha az olduğu görülmektedir. Karot işlemleri bakımından bina genelinde alınacak toplam karot sayısı her iki yönetmelikte de değişmezken, TBDY’de belirtilen her katta alınacak karot sayıları daha az olmaktadır. Özet olarak iki yönetmeliği deney sayıları açısından karşılaştırmak gerekirse, DBYBHY’in tahribatlı yöntemlerle donatı tespitine ağırlık verdiği buna karşın TBDY’nin ise tahribatsız yöntemle donatı tespitine yoğunlaştığı görülmektedir.

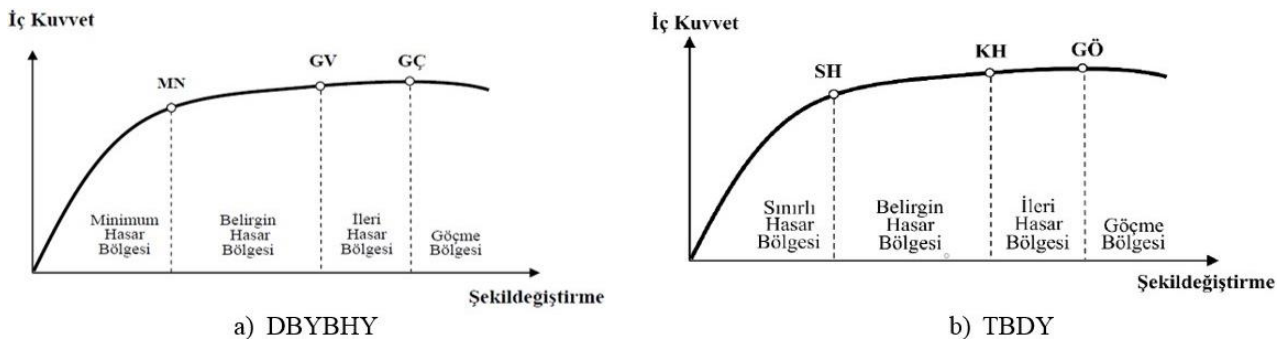
Tablo 1. DBYBHY ve TBDY yönetmeliklerine göre kapsamlı bilgi düzeylerinin karşılaştırılması
Table 1. Comparison of comprehensive knowledge levels according to DBYBHY and TBDY regulations

	DBYBHY		TBDY		
	Projesi varsa	Projesi yoksa	Projesi varsa	Projesi yoksa	
Sıyırma İşlemi (Tahribatlı Yöntem)	Kolon	En az 1 adet Her kattaki kolonların %10’u	En az 2 adet Her kattaki kolonların %20’si	En az 1 adet Her kattaki kolonların %5’i	En az 2 adet Her kattaki kolonların %10’u
	Perde Duvar	En az 1 adet Her kattaki perde duvarların %10’u	En az 2 adet Her kattaki perde duvarların %20’si	En az 1 adet Her kattaki perde duvarların %5’i	En az 2 adet Her kattaki perde duvarların %10’u
	Kiriş	En az 1 adet Her kattaki kirişlerin %5’i	En az 2 adet Her kattaki kirişlerin %10’u	1 adet	1 adet
Röntgen (Tahribatsız Yöntem)	Kolon	Sıyrılmayan kolonların %20’si	Sıyrılmayan kolonların %20’si	Sıyrılmayan kolonların %20’si	Sıyrılmayan kolonların %30’u
	Perde Duvar	Sıyrılmayan perde duvarların %20’si	Sıyrılmayan perde duvarların %20’si	Sıyrılmayan perde duvarların %20’si	Sıyrılmayan perde duvarların %30’u
	Kiriş	Sıyrılmayan kirişlerin %20’si	Sıyrılmayan kirişlerin %20’si	Sıyrılmayan kirişlerin %10’u	Sıyrılmayan kirişlerin %15’i
Karot İşlemi	Her katta en az 3, toplamda en az 9 adet ve her 200 m ² ’de 1 adet alınması gerektiği		Zemin katta en az 3, diğer katlarda en az 2, toplamda da en az 9 adet ve her 400 m ² ’de 1 adet alınması gerektiği		

2.2. Yapısal elemanlarda hasar sınırları ve bölgeleri

2.2. Damage limits and zones in structural members

DBYBHY’de MN’ye kadar olan bölge *Minimum Hasar Bölgesi*, MN ile GV arasındaki bölge *Belirgin Hasar Bölgesi*, GV ile GÇ arasındaki bölge *İleri Hasar Bölgesi* ve GÇ’den sonraki bölge ise *Göçme Bölgesi* olarak, TBDY’de ise SH’ye kadar olan bölge *Sınırlı Hasar Bölgesi*, SH ile KH arasındaki bölge *Belirgin Hasar Bölgesi*, KH ile GÖ arasındaki bölge *İleri Hasar Bölgesi* ve GÖ’den sonraki bölge *Göçme Bölgesi* olarak tanımlanmıştır (bkz. Şekil 1).



Şekil 1. DBYBHY ve TBDY’ye göre tanımlanan kesit hasar bölgeleri (DBYBHY, 2007; TBDY, 2019)
Figure 1. Section damage zones defined according to DBYBHY and TBDY (DBYBHY, 2007; TBDY, 2019)

2.3. Performans hesabında kullanılacak analiz yöntemleri

2.3. Analysis methods to be used in performance calculation

DBYBHY ve TBDY’de bina performansının belirlenmesi için üç analiz yöntemi verilmektedir (bkz. Tablo 2). DBYBHY’ye göre artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle bina performans analizinin yapılabilmesi için binanın kat sayısının bodrum kat hariç 8’den az olması, burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ olması ve 1. doğal titreşim periyodu dikkate alınarak hesaplanan etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranının (kütle katılım oranı) x ve y doğrultularında 0.7’den fazla olması gerekmektedir. Ayrıca DBYBHY’ye göre diğer analiz yöntemleri her türlü binalarda uygulanabilmektedir. TBDY’de ise tek modlu itme yönteminin uygulanma koşulları DBYBHY’de verilen artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle benzerlik göstermekte ancak TBDY’de yeni kavramların bulunması nedeniyle bu koşulların ifadesinde bazı farklılıklar vardır. Buna göre tek modlu itme yöntemlerinin uygulanabilmesi için $BYS \geq 5$, $\eta_{bi} < 1.4$ ve kütle katılım oranının en az 0.7 olması gerekmektedir. Ayrıca çok modlu itme yöntemi $BYS \geq 2$ olan binalarda uygulanabilirken, zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi tüm binalarda kullanılabilir.

Tablo 2. TBDY ve DBYBHY yönetmeliklerine göre analiz yöntemleri
Table 2. Analysis methods according to TBDY and DBYBHY regulations

Performans Analizinde Kullanılacak Analiz Yöntemleri	
DBYBHY	TBDY
Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi	Tek modlu itme yöntemi
Artımsal mod birleştirme yöntemi	Çok modlu itme yöntemi
Zaman tanım alanında hesap yöntemi	Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

2.4. DBYBHY ve TBDY’ye göre mevcut binalar için performans hedefleri

2.4. Performance targets for existing buildings according to DBYBHY and TBDY

Mevcut binaların performans hedeflerinin belirlenebilmesi için DBYBHY ve TBDY’de deprem aşılma olasılıklarına bağlı olarak sağlanması gereken hasar sınırları sırasıyla Tablo 3 ve Tablo 4’te verilmektedir. Bu çizelgelerden DBYBHY’de binanın kullanım amacı ve türüne göre hedef performans seviyesi belirlenirken, TBDY’de ise deprem tasarım sınıfına bağlı olarak hedef performans seviyesinin belirlendiği görülmektedir.

Tablo 3. DBYBHY göre farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri
Table 3. The minimum performance targets foreseen for buildings at different seismic levels to DBYBHY

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, afet yönetim merkezleri vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, cezaevleri, müzeler vb.	-	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	-
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı maddelerin bulunduğu binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları	-	CG	-

CG: Can Güvenliği, HK: Hemen Kullanım ve GÖ: Göçme Önlenmesi

Tablo 4. TBDY’ye mevcut binalar için performans hedefleri ve tasarım yaklaşımları

Table 4. Performance targets and design approaches for existing buildings to TBDY

Deprem Düzeyi	DTS=1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS=1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	-	-	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	-	-
DD-1	-	-	KH	ŞGDT

KH: Kontrollü Hasar, SH: Sınırlı Hasar ve ŞGDT: Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım

3. Misakı Milli ilkokulundan bilgi toplanması

3. Gathering information from Misaki Milli primary school

Bu makalede Karabük ili Safranbolu ilçesinde bulunan Misakı Milli ilköğretim okulu incelenmiştir. Söz konusu okul binasının ekonomik ömrünü tamamlamamış olması sayısal örnek olarak seçilmesinde etkili olmuştur. Bu amaçla seçilen okul binalarının önce Sta4-CAD programıyla DBYBHY ve TBDY'e göre performans analizleri yapılarak elde edilen bulgular karşılaştırılmış, daha sonra söz konusu yönetmeliklere göre güçlendirme projeleri hazırlanarak tasarım kuralları çerçevesinde maliyetleri değerlendirilmiştir.

Misakı Milli ilkokul binasının yapım yılı 2002'dir. Söz konusu okul binasının taşıyıcı sistemi, 3 katlı betonarme çerçeve ve duvar sistemden oluşmaktadır. Buna göre bodrum, zemin ve 1. normal kattan oluşan okul binası toplam 1792.99 m²'dir. Misakı Milli ilkokulunun bodrum katı 4.1 m, zemin katı ve 1. normal katı 3.2 m yüksekliğindedir. Ayrıca söz konusu okul binası 1.4 m gömülü olarak inşa edilmiştir. Okul binasının statik ve mimari projesi bulunmadığından röleve çalışması yapılarak projeleri hazırlanmıştır (Coşkun, 2022). Hazırlanan röleve projelerine göre taşıyıcı elemanların yerleri tespit edilerek gerekli deneysel çalışmalar yapılmıştır. Söz konusu deneysel çalışmaların adetleri TBDY'de verilen kapsamlı bilgi düzeyine göre belirlenmiştir. Misakı Milli ilkokulunun daha önceden her katından 3'er adet karot örneği alınmıştır. Ancak mevcut beton basınç dayanımının daha sağlıklı olarak değerlendirilebilmesi için her katından ek olarak 1'er adet daha karot örneği alınmıştır (bkz. Tablo 5). Bu tablo incelendiğinde her kat için ayrı beton basınç dayanımı değerleri elde edildiği görülmektedir. Bu tablodan bodrum ve 1.katın en düşük değerlerinde sapma olurken, zemin katta en düşük değer dikkate alınması gerektiği tespit edilmiştir. Elde edilen *Ortalama-Standart sapma* ve *Ortalama*0.85* değerlerinden büyük olan değer mevcut beton basınç dayanımı değeri olacağı kabul edildiğinde; bodrum katta 17 MPa, zemin katta 22 MPa ve 1.katta 19 MPa'lık beton basınç dayanımı değerlerinin kullanılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca Misakı Milli okul binasında donatıları tespit etmek için sıyırma ve röntgen işlemleri TBDY'de belirtilen koşullara göre yapılmıştır. Misakı Milli okulunun statik rölevesi dikkate alındığında 36 adet kolon ve 6 adet perde duvarın bulunduğu görülmektedir. TBDY'de verilen koşullar gereği kolon ve perde duvarların, en az 1 tanesinde sıyırma yapmak koşuluyla, %5'inde sıyırma yapılmalıdır. Buna göre okul binasının kolonlarında minimum 2 adet ve perde duvarlarında ise 1 adet sıyırma işlemi yapılmıştır. Diğer taraftan kirişler hakkında bilgi edinmek amacıyla her katta minimum 1 adet sıyırma işlemi yapılmalıdır. Röntgen işlemi için sıyırma yapılmayan kolonlar ve perde duvarların da minimum %20'sinde donatı tespiti yapılması gerekmektedir (bkz. Tablo 6 ve Tablo 7). Ayrıca Misakı Milli okulunun temel sisteminin belirlenmesi için muayene çukuru açılmış ve 40 cm kalınlığında kirişsiz radye temel olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5. Misakı Milli ilkokulunun mevcut karot sonuçları ve ortalama basınç değerleri

Table 5. The current drilling core results and average compression values of Misakı Milli primary school

Katlar	Karotlar	Basınç Dayanımı (MPa)	En düşük değerlerin değerlendirilmesi	Standart Sapma (SS)	Ortalama SS	Ort.*0.85	
Bodrum kat	Önceden alınan karot sonuçları	1	19.62	20.02*0.75=15.015>9.15 9.15 MPa dikkate alınmayacaktır.	7.137	12.883	17.017
		2	13.09				
		3	9.15				
	Güncel karot sonucu	1	27.35				
Zemin kat	Önceden alınan karot sonuçları	1	34.75	28.073*0.75=21.055<21.2 21.2 MPa dikkate alınacaktır.	6.077	20.278	22.401
		2	26.80				
		3	22.67				
	Güncel karot sonucu	1	21.2				
1. Kat	Önceden alınan karot sonuçları	1	26.14	22.35*0.75=16.76>15.89 15.89 MPa dikkate alınmayacaktır.	3.49	18.86	19
		2	21.65				
		3	15.89				
	Güncel karot sonucu	1	19.26				

Tablo 6. Misakı Milli ilkokulunun hasarsız donatı tespit raporu
Table 6. The undamaged rebar detection report of Misakı Milli primary school

Katlar	Yapılan İşlem	Yapısal Elemanlar	Boyutlar (cm)	Donatı Adedi		Boyuna Donatı	Yatay/Enine Donatı
				Uzun Kenarda	Kısa Kenarda		
Bodrum Kat	Röntgen 1	Kolon	30x90	8	3	18Ø16	Ø8/13
	Röntgen 2	Kolon	30x90	9	2	18Ø16	Ø8/13
	Röntgen 3	Kolon	30x90	6	2	12Ø16	Ø8/12
	Röntgen 4	Kolon	30x90	5	2	10Ø16	Ø8/12
	Röntgen 5	Kolon	30x90	7	3	16Ø16	Ø8/15
	Röntgen 6	Kolon	30x90	8	2	16Ø16	Ø8/12
	Röntgen 7	Kolon	90x30	9	3	20Ø16	Ø8/15
	Röntgen 8	Kolon	30x90	8	3	18Ø16	Ø8/15
	Röntgen 9	Kolon	90x30	9	3	20Ø16	Ø8/15
	Röntgen 10	Kolon	90x30	9	3	20Ø16	Ø8/19
	Röntgen 11	Perde duvar	100x100	-	-	Ø16/27	Ø8/15
	Röntgen 12	Perde duvar	100x100	-	-	Ø16/14	Ø8/16
	Röntgen 13	Perde duvar	100x100	-	-	Ø16/12	Ø8/20
	Röntgen 14	Perde duvar	100x100	-	-	Ø16/19	Ø8/20
Zemin Kat	Röntgen 15	Kolon	30x90	7	2	14Ø16	Ø8/15
	Röntgen 16	Kolon	30x90	8	3	18Ø16	Ø8/13
	Röntgen 17	Kolon	30x90	8	4	20Ø16	Ø8/12
	Röntgen 18	Kolon	30x90	11	3	24Ø16	Ø8/10
	Röntgen 19	Kolon	30x90	11	4	26Ø16	Ø8/11
	Röntgen 20	Kolon	30x90	7	2	14Ø16	Ø8/12
	Röntgen 21	Kolon	90x30	6	3	14Ø16	Ø8/13
	Röntgen 22	Kolon	30x90	9	4	22Ø16	Ø8/13
	Röntgen 23	Kolon	90x30	8	2	16Ø16	Ø8/13
	Röntgen 24	Kolon	90x30	7	3	16Ø16	Ø8/13
	Röntgen 25	Perde duvar	100x100	-	-	Ø16/22	Ø8/19
	Röntgen 26	Perde duvar	100x100	-	-	Ø16/14	Ø8/12
	Röntgen 27	Perde duvar	100x100	-	-	Ø16/23	Ø8/28
	Röntgen 28	Perde duvar	100x100	-	-	Ø16/11	Ø8/18
	Röntgen 29	Kiriş altı	30x100	-	-	3Ø12	Ø8/13
1. Kat	Röntgen 30	Kolon	30x90	9	3	20Ø16	Ø8/13
	Röntgen 31	Kolon	30x90	8	2	16Ø16	Ø8/12
	Röntgen 32	Kolon	30x90	8	2	16Ø16	Ø8/15
	Röntgen 33	Kolon	30x90	10	2	20Ø16	Ø8/14
	Röntgen 34	Kolon	30x90	9	2	18Ø16	Ø8/14
	Röntgen 35	Kolon	30x90	11	2	22Ø16	Ø8/16
	Röntgen 36	Kolon	90x30	8	2	16Ø16	Ø8/17
	Röntgen 37	Kolon	30x90	9	2	18Ø16	Ø8/19
	Röntgen 38	Kolon	90x30	9	2	18Ø16	Ø8/21
	Röntgen 39	Kolon	90x30	7	3	16Ø16	Ø8/19
	Röntgen 40	Perde duvar	100x100	-	-	Ø16/14	Ø8/21
	Röntgen 41	Perde duvar	100x100	-	-	Ø16/17	Ø8/22
	Röntgen 42	Perde duvar	100x100	-	-	Ø16/13	Ø8/20
	Röntgen 43	Perde duvar	100x100	-	-	Ø16/22	Ø8/14
	Röntgen 44	Kiriş altı	30x100	-	-	3Ø12	Ø8/12

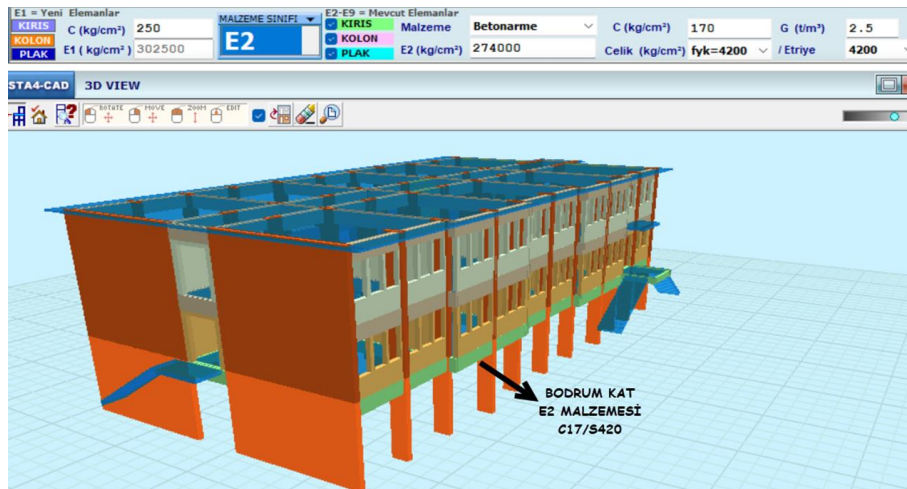
Tablo 7. Misakı Milli ilkokulu hasarlı donatı tespit raporu**Table 7.** Misakı Milli primary school damaged rebar detection report

Katlar	Yapılan İşlem	Yapısal Elemanlar	Boyutlar (cm)	Donatı Adedi		Boyuna/Asal Donatı	Yatay/Enine Donatı
				Uzun Kenarda	Kısa Kenarda		
Bodrum Kat	Sıyırma 1	Perde duvar	30x735	-	-	Ø16/14	Ø8/16
	Sıyırma 2	Perde duvar	30x735	-	-	Ø16/27	Ø8/15
	Sıyırma 3	Perde duvar	420x30	-	-	Ø16/19	Ø8/20
	Sıyırma 4	Perde duvar	420x30	-	-	Ø16/15	Ø8/21
	Sıyırma 5	Kolon	90x30	6	2	12Ø16	Ø8/16
	Sıyırma 6	Kolon	90x30	6	4	16Ø16	Ø8/16
	Sıyırma 7	Perde duvar	410x30	-	-	Ø14/20	Ø8/20
Zemin Kat	Sıyırma 8	Kolon	90x30	8	4	20Ø16	Ø8/12
	Sıyırma 9	Kiriş Altı	30x100	-	-	3Ø12	Ø8/15
	Sıyırma 10	Perde duvar	410x30	-	-	Ø12/20	Ø8/20
	Sıyırma 11	Kiriş Altı	30x100	-	-	3Ø12	Ø8/15
	Sıyırma 12	Kolon	30x90	6	4	16Ø16	Ø8/12
	Sıyırma 13	Kolon	30x90	8	4	20Ø16	Ø8/14
1. Kat	Sıyırma 14	Kolon	90x30	7	3	16Ø16	Ø8/10
	Sıyırma 15	Kolon	90x30	9	2	18Ø16	Ø8/11
	Sıyırma 16	Perde duvar	420x30	-	-	Ø12/20	Ø8/20
	Sıyırma 17	Perde duvar	410x30	-	-	Ø12/20	Ø8/20
	Sıyırma 18	Kiriş Altı	30x100	-	-	3Ø12	Ø8/10

4. Misakı Milli ilkokulunun modellenmesi ve yapısal çözümlerinin yapılması

4. Modelling and structural analyses of Misakı Milli primary school

Röleve çalışmaları tamamlanan Misakı Milli ilkokulunun Sta4-Cad programıyla laboratuvar çalışmalarından elde edilen değerler ve bugün yürürlükteki yönetmelikler de (TS498, 1997; TS500, 2000) dikkate alınarak yapısal modeli oluşturulmuştur. Ancak sıyırma ve röntgen işlemleri binaların taşıyıcı sistemleri hakkında bir bilgi verse de betonarme projesi olmayan binalarda tam anlamıyla yeterli bilgiye sahip olunamamaktadır. Örneğin kolon-kiriş birleşim bölgelerinde ve döşemelerde mevcut donatılar tespit edilememektedir. Bu nedenle Misakı Milli ilkokulunun performans analizi yapılmadan önce yapım yılı da dikkate alınarak deprensiz analizi yapılmıştır. Burada performans analizi yapılırken söz konusu binanın temelini performans etkisi olmadığını belirtmek uygun olacaktır. Ancak güçlendirme projesinin hazırlanması durumunda, bina temeli de modellenerek güçlendirilmiş binanın temele olan etkisinin dikkate alınması gerekmektedir. Böylece oluşan kesit tesirlerine göre okul binasının temeli de güçlendirmelidir. Deprensiz durum için tüm binanın yeni malzemeye (E1) ve mevcut malzemenin (E2~E9) sınıflarına göre yapısal çözümlenmesi yapılarak buna göre donatı ataması yapılabilmektedir. Bu makalede mevcut taşıyıcı sistem elemanlarına E2~E4 malzeme bilgileri girilerek yapısal çözümlenmeler yapılmıştır (bkz. Şekil 2 ve Tablo 8).



Şekil 2. Misakı Milli ilkokulunun bodrum katında E2 malzeme sınıfı bilgi girişi

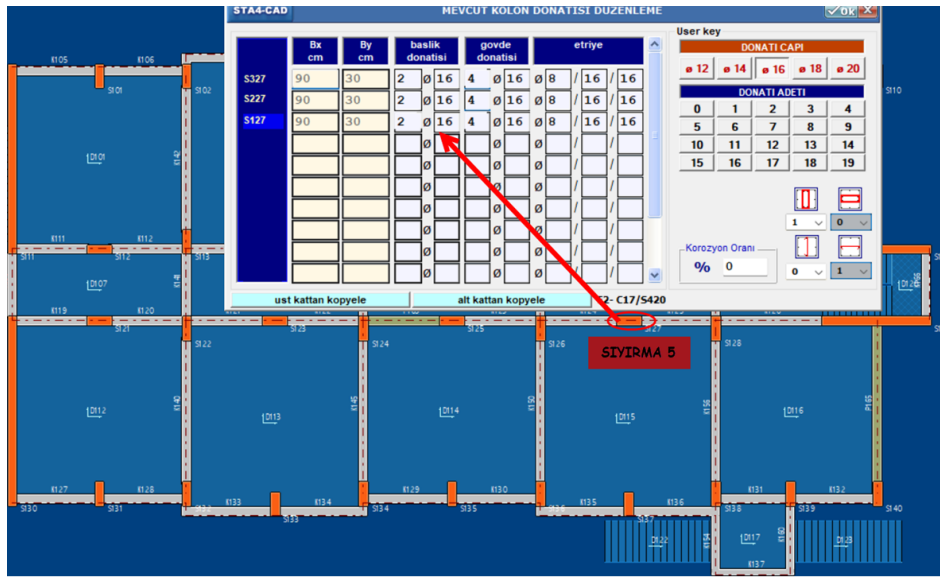
Figure 2. E2 material class information entry in the basement of Misakı Milli primary school

Tablo 8. Misakı Milli ilkokulunun yapısal çözümlerinde kullanılan malzeme özellikleri**Table 8.** Material properties used in structural analyses of Misakı Milli primary school

Malzeme Özellikleri	Beton Sınıfı	Çelik Sınıfı		
Yeni Güçlendirme Elemanları	E1	C25	B420C	
Bodrum kat	E2	C17	S420	
Mevcut Yapısal Elemanların	Zemin kat	E3	C22	S420
	1. Kat	E4	C19	S420

Burada Misakı Milli ilkokulunun taşıyıcı elemanlarına E2~E9 malzeme sınıfı atamaları yapıldıktan sonra sadece düşey yüklere göre lineer analiz yapılacağından **Yapı Performansı Projesi** kısmının seçili olmaması gerektiğini belirtmek uygun olacaktır.

Depremsiz çözümü yapılan okul binasının donatı aktarımını yapmak için yapı donatı düzenleme sekmesinden **E2~E9 Mevcut Eleman Donatısına, Analiz Sonucundaki Donatıları Kopyala** ile depremsiz yapısal çözümler sonucunda hesaplanan donatılar atanmaktadır. Donatı atamaları donatı gerçekleşme katsayısı %85 alınarak yapılmıştır. Bu katsayı güvenli bölgede kalmak amacıyla kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır. Yerinde donatıları tespit edilerek işaretlenen yapısal elemanların donatı bilgileri hazırlanan raporlar doğrultusunda Sta4-Cad programında atanmıştır (bkz. Şekil 3).

**Şekil 3.** Sıyırma işlemi bilgilerinin yapısal elemanlara girilmesi**Figure 3.** Entering structural members of stripping process information

4.1. Kapsamlı bilgi düzeyine göre performans analizlerinin yapılması

4.1. Performing performance analyses according to comprehensive knowledge level

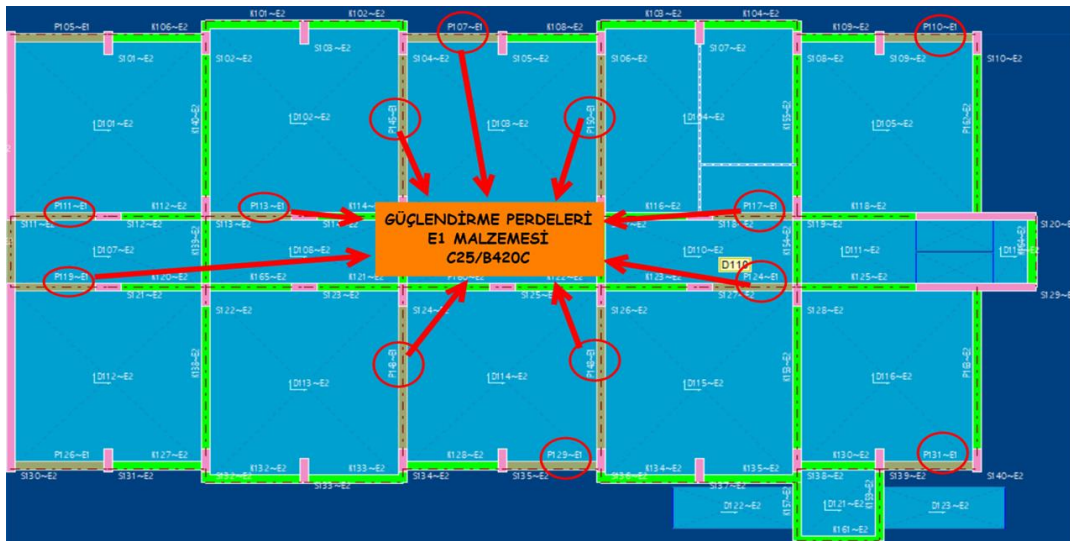
Donatı bilgi girişi yapılan Misakı Milli okul binasının DBYBHY ve TBDY’de verilen kapsamlı bilgi düzeyine göre performans analizleri yapılmıştır. Söz konusu okul binasının DBYBHY’e göre performans analizinin yapılabilmesi için Tablo 3’ün dikkate alınması gerekmektedir. Buna göre Misakı Milli okul binasının DBYBHY’e göre yapılan performans analizlerinden CG ve HK performans seviyelerini sağlamadığı görülmektedir. Misakı Milli okul binasının Tablo 4 ve Tablo 9’da verilen tasarım parametreleri dikkate alınarak TBDY’ye göre gerçekleştirilen performans analizlerinden DD1 deprem düzeyinde hedef performans seviyesinin (KH) sağlanamadığı, buna karşın DD3 deprem düzeyinde ise hedef performans seviyesinin (SH) sağlandığı görülmektedir (bkz. Tablo 10). TBDY’ye göre her iki deprem düzeyinde de performans hedefinin sağlanması gerektiğinden güçlendirme projesinin hazırlanması gerekmektedir.

Tablo 9. Misakı Milli ilkokulunun yapısal çözümlenelerde kullanılan deprem parametreleri
Table 9. Earthquake parameters used in structural analyses of Misakı Milli primary school

Deprem Parametreleri (İleri performans hedefi koşulları dikkate alınacaktır)				
Bina Önem Katsayısı (I)	Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	S_{DS}	Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)
1.5	1	0.85	1a	7

Burada DBYBHY'e göre performans analizleri yapılırken bina önem katsayısının deprem aşılma olasılıklarına göre dikkate alındığını dolayısıyla spektrum ivmelerinin buna bağlı olarak ölçeklendirildiğini ve TBDY'e göre yapılan analizlerde okul binasının bina önem katsayısının $I=1$ alındığını belirtmek yararlı olacaktır.

Misakı Milli okul binasında güçlendirme yöntemi olarak mevcut taşıyıcı sisteme perde duvarların ilave edilmesi tercih edilmiştir (bkz. Şekil 4). Perde duvarlar ilave edilirken, mimari gereksinimler de göz önüne alınarak, burulma düzensizliğinin oluşmamasına dikkat edilmiştir. Güçlendirilmiş Misakı Milli okul binasının DBYBHY ve TBDY'de belirtilen kapsamlı bilgi düzeylerine göre performans analizleri yapılmıştır. Performans analizlerinden, güçlendirilmiş okul binasının DBYBHY'e göre CG deprem düzeyinde hedef performans seviyesinin sağlanamadığı buna karşın HK deprem düzeyinde hedef performans seviyesinin sağlandığı ve TBDY'ye göre ise hem DD1 deprem düzeyinde hem de DD3 deprem düzeyinde hedef performans seviyelerinin sağlandığı görülmektedir (bkz. Tablo 10). Ayrıca Tablo 10'dan güçlendirilmiş okul binasındaki spektral yerdeğiştirme değerlerinin söz konusu okul binasının mevcut durumuna göre önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. Diğer taraftan güçlendirilmiş okul binasındaki performans seviyesindeki spektral yerdeğiştirme değerleri müsaade edilen spektral yerdeğiştirme değerlerinden daha küçük olarak elde edilmiştir.



Şekil 4. Misakı Milli ilkokulunun güçlendirilmesi amacıyla ilave edilen perde duvarların yerleri
Figure 4. The locations of the shear walls added to strengthen the Misakı Milli primary school

Tablo 10. Misakı Milli ilkokulunun mevcut ve güçlendirilmiş durumları için kapsamlı bilgi düzeylerine göre elde edilen performans seviyeleri, spektral ivme ve yerdeğiştirme değerleri
Table 10. Performance levels, spectral acceleration and displacement values obtained according to comprehensive knowledge levels for the current and strengthened status of Misakı Milli primary school

Deprem Düzeyleri	Yapı Durumu	Performans Seviyesi Değerleri				Performans Hedefi Değerleri				Performans Seviyesi	Performans Hedefi	
		X doğrultusu		Y doğrultusu		X doğrultusu		Y doğrultusu				
		S_a	S_d	S_a	S_d	S_a	S_d	S_a	S_d			
CG	Mevcut durum	6.05	8.88	17.15	4.22	14.72	4.42	14.72	1.61	Göçme durumu	Can Güvenliği	X
	Güçlendirilmiş durum	14.54	1.71	15.02	0.84	14.72	1.73	12.45	0.70	Hemen kullanım	Can Güvenliği	X

Tablo 10. Misakı Milli ilkokulunun mevcut ve güçlendirilmiş durumları için kapsamlı bilgi düzeylerine göre elde edilen performans seviyeleri, spektral ivme ve yerdeğiştirme değerleri (Devam)

Table 10. Performance levels, spectral acceleration and displacement values obtained according to comprehensive knowledge levels for the current and strengthened status of Misakı Milli primary school (Continuing)

Deprem Düzeyleri	Yapı Durumu	Performans Seviyesi Değerleri				Performans Hedefi Değerleri				Performans Seviyesi	Performans Hedefi	
		X doğrultusu		Y doğrultusu		X doğrultusu		Y doğrultusu				
		S _a	S _d	S _a	S _d	S _a	S _d	S _a	S _d			
HK	Mevcut durum	5.59	5.20	13.85	2.83	9.81	2.95	9.81	1.07	Göçme durumu	Hemen Kullanım	X
	Güçlendirilmiş durum	9.79	1.15	10.28	0.58	9.81	1.15	8.30	0.47	Hemen kullanım	Hemen Kullanım	✓
DD1	Mevcut durum	5.40	3.90	11.64	1.93	13.80	3.16	13.80	0.98	Göçme durumu	Kontrollü Hasar	X
	Güçlendirilmiş durum	13.80	1.18	13.80	0.51	11.63	1.17	11.90	0.54	Sınırlı hasar	Kontrollü Hasar	✓
DD3	Mevcut durum	3.19	0.88	3.63	0.27	3.85	0.88	3.85	0.27	Sınırlı hasar	Sınırlı Hasar	✓
	Güçlendirilmiş durum	3.85	0.33	3.85	0.14	4.66	0.41	3.83	0.14	Sınırlı hasar	Sınırlı Hasar	✓

S_a: Spektral ivme (cm/s²) S_d: Spektal yerdeğiştirme (cm)

4.2. Sınırlı bilgi düzeyine göre performans analizlerinin yapılması

4.2. Performing performance analyses according to limited knowledge level

Bu başlık altında Misakı Milli ilkokulunun sınırlı bilgi düzeyine göre performans analizleri yapılarak kapsamlı bilgi düzeyinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmaktadır. Misakı Milli ilkokulu mevcut durumunun, sınırlı bilgi düzeyi dikkate alınarak, DBYBHY ve TBDY'e göre gerçekleştirilen performans analizleri sonuçlarının kapsamlı bilgi düzeyi için elde edilenlerle aynı olduğu görülmektedir. Ancak yapısal sistemde oluşan spektral ivme ve yerdeğiştirme değerlerinde farklılıklar oluşmaktadır (bkz. Tablo 10 ve Tablo 11). Elde edilen bu sonuçlardan her iki yönetmeliğe göre gerekli performans hedefleri sağlanamadığından güçlendirme projesinin hazırlanması gerekmektedir.

Güçlendirilmiş Misakı Milli okul binasının sınırlı bilgi düzeyine göre yapılan performans analizlerinden hem DBYBHY hem de TBDY'de belirtilen performans hedeflerini sağladıkları görülmektedir (bkz. Tablo 11). Ancak söz konusu yönetmeliklere göre performans hedefinin sağlanmasıyla birlikte yapısal elemanlarda gevreklik olup olmadığının da kontrol edilmesi gerekmektedir. Ayrıca Tablo 11'den güçlendirilmiş okul binasındaki spektral yerdeğiştirme değerlerinin mevcut durumuna göre önemli ölçüde azaldığı ve performans seviyesindeki spektral yerdeğiştirme değerlerinin müsaade edilen spektral yerdeğiştirme değerlerinden daha küçük olduğu görülmektedir.

Tablo 11. Misakı Milli ilkokulunun mevcut ve güçlendirilmiş durumları için sınırlı bilgi düzeylerine göre elde edilen performans seviyeleri, spektral ivme ve yerdeğiştirme değerleri

Table 11. Performance levels, spectral acceleration and displacement values obtained according to limited knowledge levels for the current and strengthened status of Misakı Milli primary school

Deprem Düzeyleri	Yapı Durumu	Performans Seviyesi Değerleri				Performans Hedefi Değerleri				Performans Seviyesi	Performans Hedefi	
		X doğrultusu		Y doğrultusu		X doğrultusu		Y doğrultusu				
		S _a	S _d	S _a	S _d	S _a	S _d	S _a	S _d			
CG	Mevcut durum	5.87	8.99	16.92	4.10	14.72	4.42	14.72	1.63	Göçme durumu	Can Güvenliği	X
	Güçlendirilmiş durum	14.61	1.70	12.30	0.69	14.72	1.71	12.45	0.70	Hemen kullanım	Can Güvenliği	X
HK	Mevcut durum	5.74	5.22	14.50	2.80	9.81	2.95	9.81	1.09	Göçme durumu	Hemen Kullanım	X
	Güçlendirilmiş durum	9.79	1.14	8.23	4.60	9.81	1.14	8.30	4.64	Hemen kullanım	Hemen Kullanım	✓
DD1	Mevcut durum	5.44	3.92	12.48	2.05	13.80	3.16	13.80	0.99	Göçme durumu	Kontrollü Hasar	X
	Güçlendirilmiş durum	11.80	1.17	11.20	0.54	13.80	1.17	13.80	0.51	Sınırlı hasar	Kontrollü Hasar	✓
DD3	Mevcut durum	3.01	0.874	3.60	0.275	3.85	0.88	3.85	0.277	Sınırlı hasar	Sınırlı Hasar	✓
	Güçlendirilmiş durum	4.20	0.36	3.82	0.142	3.85	0.33	3.85	0.143	Sınırlı hasar	Sınırlı Hasar	✓

S_a: Spektral ivme (cm/s²) S_d: Spektal yerdeğiştirme (cm)

5. Bulgular ve değerlendirmeler

5. Findings and evaluations

DBYBHY'e göre Misakı Milli okul binasının kapsamlı ve sınırlı bilgi düzeylerinde güçlendirilmiş durumu için yapılan performans analizlerinden CG ve HK performans düzeylerinin sağladığı görülmektedir. Söz konusu hedef performans seviyesinin elde edilmesinde yapısal elemanlarda oluşan hasar oranları sırasıyla Tablo 12 ve Tablo 13'te verilmektedir. Bu tablolardan kapsamlı bilgi düzeyine göre yapılan yapısal çözümlemede CG düzeyinde 17 adet ve HK deprem düzeyinde ise 9 adet gevrek yapısal elemanın olduğu görülmektedir. Sınırlı bilgi düzeyine göre yapılan yapısal çözümlerden ise CG deprem düzeyinde 27 adet ve HK deprem düzeyinde 26 adet gevrek yapısal eleman oluşmaktadır. Her iki performans hedefi değerlendirildiğinde tüm yapısal elemanların MN hasar bölgesinde olduğu dolayısıyla okul binasında tüm yapısal elemanların yeterli olduğu görülmüştür.

Tablo 12. DBYBHY'e göre CG / HK performans deprem düzeylerinde kiriş hasar ve kolon kesme kuvveti yüzdeleri

Table 12. Percentages of beam damage and column shear force at CG / HK performance earthquake levels according to DBYBHY

Kat No	Kiriş hasar yüzdeleri																Kolon kesme kuvveti yüzdeleri																											
	-X				+X				-Y				+Y				-X				+X				-Y				+Y															
	MN	BH	İH	GB	MN	BH	İH	GB	MN	BH	İH	GB	MN	BH	İH	GB	MN	BH	İH	GB	MN	BH	İH	GB	MN	BH	İH	GB	MN	BH	İH	GB	MN	BH	İH	GB								
3	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
2	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
1	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
Maks	100																100																											

MN: Minimum Hasar, BH: Belirgin Hasar, İH: İleri Hasar ve GB: Göçme Bölgesi

Tablo 13. DBYBHY'e göre CG / HK performans deprem düzeylerinde alt ve üst kesitlerinde MN bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti yüzdeleri

Table 13. Shear force percentages of columns exceeding the MN region in their lower and upper sections at CG / HK performance earthquake levels according to DBYBHY

Kat No	-X		+X		-Y		+Y	
	MN	BH+İH+GB	MN	BH+İH+GB	MN	BH+İH+GB	MN	BH+İH+GB
3	100	0	100	0	100	0	100	0
2	100	0	100	0	100	0	100	0
1	100	0	100	0	100	0	100	0
Maks	100		100		100		100	

Misakı Milli ilkokulunun güçlendirilmiş durumu kapsamlı ve sınırlı bilgi düzeyi için TBDY'e göre de analiz edilmiştir. Buna göre yapısal elemanlarda oluşan hasar oranları Tablo 14 ve Tablo 15'te verilmektedir. Bu tablodan da tüm yapısal elemanların SH bölgesinde olduğu ve hedef performans seviyesini sağladığı görülmektedir. Ancak gevrek elemanların güçlendirilmesi açısından kapsamlı ve sınırlı bilgi düzeylerinde farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Kapsamlı bilgi düzeyi için DD1 ve DD3 depremlerinde gevrek elemanlar bulunmazken, sınırlı bilgi düzeyinde ise sadece DD1 depreminde 9 adet gevrek yapısal eleman oluşmaktadır.

Tablo 14. TBDY'e göre DD1 ve DD3 deprem düzeylerinde kiriş hasar ve kolon kesme kuvveti yüzdeleri

Table 14. Percentages of beam damage and column shear force at DD1 and DD3 earthquake levels according to TBDY

Kat No	Kiriş hasar yüzdeleri																Kolon kesme kuvveti yüzdeleri																											
	-X				+X				-Y				+Y				-X				+X				-Y				+Y															
	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB	SH	BH	İH	GB								
3	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
2	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
1	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
Maks	100																100																											

SH: Sınırlı Hasar, BH: Belirgin Hasar, İH: İleri Hasar ve GB: Göçme Bölgesi

Tablo 15. TBDY’ e göre DD1 ve DD3 deprem düzeylerinde alt ve üst kesitlerinde BH bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti yüzdeleri

Table 15. Shear force percentages of columns exceeding the BH region in their lower and upper sections at DD1 and DD3 performance earthquake levels according to TBDY

Kat No	-X		+X		-Y		+Y	
	SH + BH	İH + GB	SH + BH	İH + GB	SH + BH	İH + GB	SH + BH	İH + GB
3	100	0	100	0	100	0	100	0
2	100	0	100	0	100	0	100	0
1	100	0	100	0	100	0	100	0
Maks	100							

Kapsamlı bilgi düzeyi için yapılan yapısal analizler sonucunda Misakı Milli ilkokulunun mevcut ve güçlendirilmiş durumları elde edilen taban kesme kuvveti değerleri ve perde duvarların taşıma oranları Tablo 16’da ve sınırlı bilgi düzeyi için ise Tablo 17’de verilmektedir. Bu tablolardan hem DBYBHY hem de TBDY’ e göre güçlendirilmiş durum için taban kesme kuvveti ve taban momenti değerlerinin daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca güçlendirilmiş durum için perde duvarların taşıma oranları da x ve y doğrultularında artmaktadır. Diğer taraftan mevcut ve güçlendirilmiş durum için sınırlı bilgi düzeyinden elde edilen perde duvar taşıma oranlarında ve taban kesme kuvvetlerinde kapsamlı bilgi düzeyine göre x doğrultusunda azalma olduğu görülmektedir.

Tablo 16. DBYBHY’ e göre kapsamlı ve sınırlı bilgi düzeylerinde Misakı Milli ilkokulu mevcut ve güçlendirilmiş durumları için taban kesme kuvveti oranları

Table 16. Base shear force ratios for existing and strengthened situations of Misakı Milli primary school at the comprehensive and limited levels of knowledge according to DBYBHY

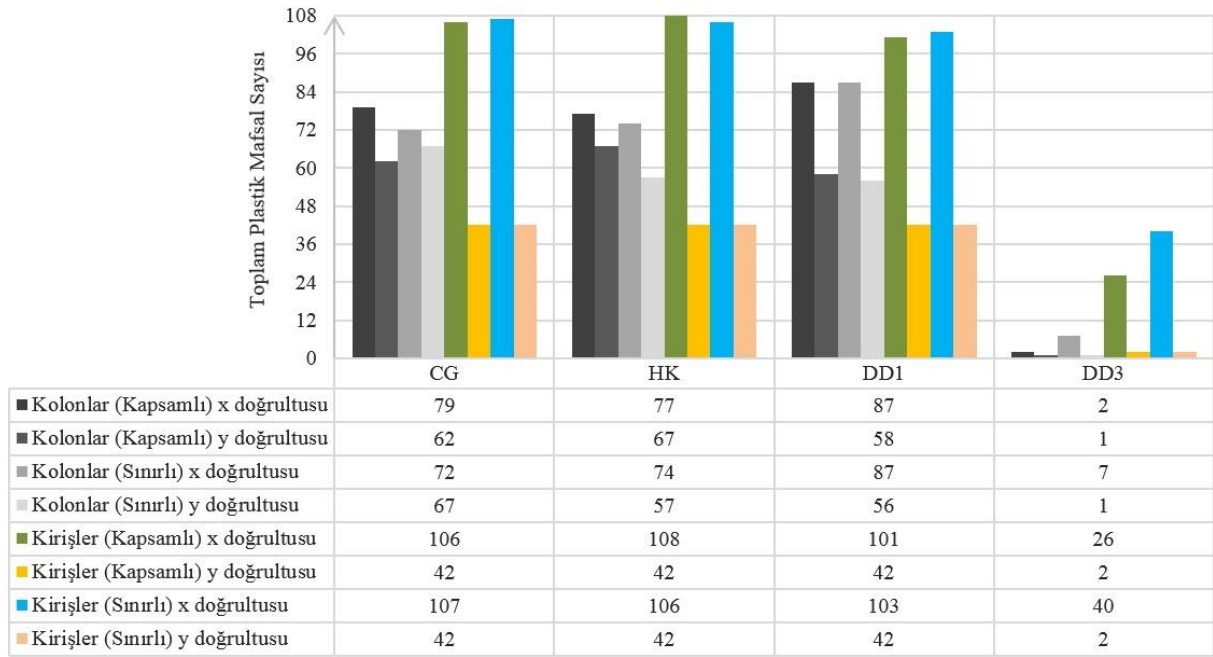
Deprem Düzeyi	Bina Durumu	Kapsamlı Bilgi Düzeyi						Sınırlı Bilgi Düzeyi					
		X Doğrultusu			Y Doğrultusu			X Doğrultusu			Y Doğrultusu		
		Taban Yığışımli	Perde taşıma	oranları (%)	Taban Yığışımli	Perde taşıma	oranları (%)	Taban Yığışımli	Perde taşıma	oranları (%)	Taban Yığışımli	Perde taşıma	oranları (%)
CG	Mevcut durum	694.1	850.2	82	747.7	850.2	88	218.2	849.91	26	753.7	849.9	89
	Güçlendirilmiş	701.2	958.2	73	788	819.4	96	702.1	957.80	73	784.2	818.4	96
HK	Mevcut durum	462.7	566.8	82	498.5	566.8	88	145.5	566.61	26	502.4	566.6	89
	Güçlendirilmiş	467.4	638.8	73	525.4	546.3	96	468.1	638.50	73	522.8	545.6	99

Tablo 17. TBDY’ e göre kapsamlı ve sınırlı bilgi düzeylerinde Misakı Milli ilkokulu mevcut ve güçlendirilmiş durumları için taban moment oranları

Table 17. Base moment ratios for existing and strengthened situations of Misakı Milli primary school at the comprehensive and limited levels of knowledge according to TBDY

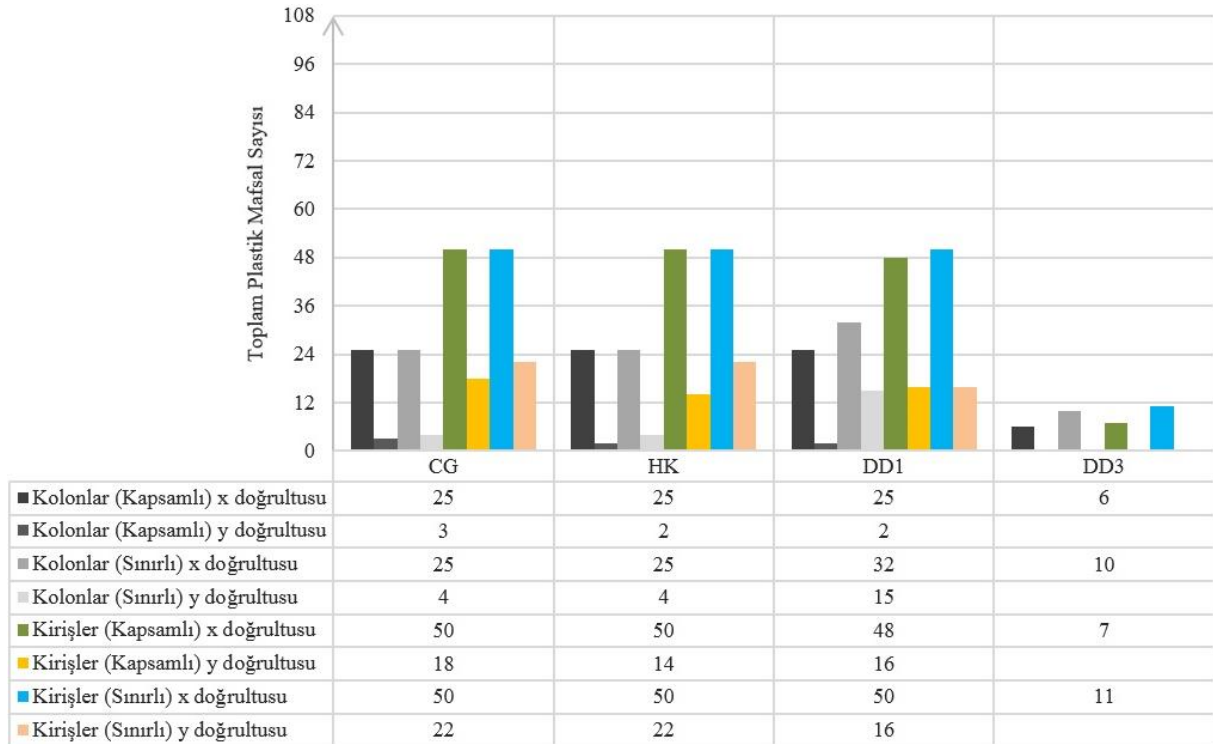
Deprem Düzeyi	Bina Durumu	Kapsamlı Bilgi Düzeyi						Sınırlı Bilgi Düzeyi					
		X Doğrultusu			Y Doğrultusu			X Doğrultusu			Y Doğrultusu		
		Taban Yığışımli	Perde taşıma	oranları (%)	Taban Yığışımli	Perde taşıma	oranları (%)	Taban Yığışımli	Perde taşıma	oranları (%)	Taban Yığışımli	Perde taşıma	oranları (%)
DD1	Mevcut durum	3552.8	7084.29	50	4921.9	7084.29	69	1107.6	7082.16	16	4938.6	7082.16	70
	Güçlendirilmiş	6077.1	8002.23	76	9563.7	9563.65	100	6040.5	8000.10	75	8000.1	8000.10	100
DD3	Mevcut durum	992.1	1978.24	50	1374.4	1978.24	69	309.3	1977.65	16	1379	1977.65	70
	Güçlendirilmiş	1970.1	2242.79	88	2679.6	2679.62	100	1686.8	2233.98	75	2233.9	2233.90	100

Misakı Milli ilkokulunun mevcut ve güçlendirilmiş durumunun kapsamlı ve sınırlı bilgi düzeyleri için DBYBHY ve TBDY’ e göre gerçekleştirilen performans analizlerinden söz konusu yönetmeliklerde önerilen deprem seviyelerine göre kolonlarda ve kirişlerde oluşan toplam plastik mafsalları sırasıyla Şekil 5 ve Şekil 6’da verilmektedir. Bu şekillerden söz konusu okul binasının güçlendirilmiş durumunda oluşan plastik mafsalları sayılarının mevcut durumuna göre önemli ölçüde azalma olduğu görülmektedir. Ayrıca sınırlı bilgi düzeyi için kolon ve kirişlerde oluşan toplam plastik mafsalları sayısında kapsamlı bilgi düzeyine göre genel olarak artış olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5. Misakı Milli ilkokulu mevcut durumunun x ve y deprem doğrultularında plastikleşen yapısal eleman sayıları

Figure 5. Number of structural elements plasticized in x and y earthquake directions of the current situation of Misakı Milli primary school



Şekil 6. Misakı Milli ilkokulunun güçlendirilmiş durumunun x ve y deprem doğrultularında plastikleşen yapısal eleman sayıları

Figure 6. Number of structural elements plasticized in x and y earthquake directions of the strengthened situation of Misakı Milli primary school

Misakı Milli ilkokulu mevcut ve güçlendirilmiş durumlarının, kapsamlı ve sınırlı bilgi düzeyleri dikkate alınarak, gerçekleştirilen yapısal çözümlenmeleri sonucu oluşan gevrek yapısal elemanlar Tablo 18'de verilmektedir. Bu tablodan sınırlı bilgi düzeyine, DD3 deprem düzeyi hariç diğer deprem düzeyleri, göre yapılan performans analizlerinden daha fazla gevrek yapısal elemanların oluştuğu görülmektedir. Yapısal

elemanlarda ortaya çıkan gevrek elemanlar taşıyıcı sisteme eklenen güçlendirme perde duvarlarında oluşabildiği gibi mevcut yapısal elemanlarda da oluşabilmektedir. Yeni eklenen güçlendirme elemanlarında gevreklik durumu yatay donatı aralıkları sıklaştırılarak ortadan kaldırılabilirken mevcut taşıyıcı elemanlarda ise lokal onarım ya da taşıyıcı sisteme yeni güçlendirme elemanları eklenerek ortadan kaldırılabilir. Bunlar dikkate alındığında sınırlı bilgi düzeyine göre yapılacak olan güçlendirme ve onarım maliyetinin daha fazla olacağı ortaya çıkmaktadır.

Tablo 18. Güçlendirilmiş okul binasında bilgi düzeylerine göre gevrek eleman sayıları

Table 18. The number of brittle elements as to their knowledge levels in the strengthened school building

Deprem Düzeyleri	Gevrek Eleman Sayıları	
	Kapsamlı Bilgi Düzeyi	Sınırlı Bilgi Düzeyi
CG	17	27
HK	9	26
DD1	-	9
DD3	-	-

Misakı Milli ilkokulunun TBDY'e göre hazırlanan güçlendirme projesinin güçlendirme maliyetinin hesabı OSKA programı yardımıyla yapılmıştır (OSKA, 2022). Söz konusu okul binasının metraj ve yaklaşık maliyet hesabında 2021 yılı birim fiyatları kullanılmıştır. Misakı Milli ilkokulunun kaba inşaat güçlendirme maliyeti, yapı yaklaşık maliyeti vb. hesaplar Tablo 19'da verilmektedir. Ayrıca söz konusu okul binasının yapım yılına göre bina maliyet oranı (Mutlu, 2015) belirlenerek yapı yaklaşık maliyetinin de bu oran ile çarpılması gerekmektedir (bkz. Tablo 20). Sonuç olarak Misakı Milli ilkokulu güçlendirme maliyeti, yapı yaklaşık maliyeti ile kıyaslandığında güçlendirme maliyetinin daha düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 19. TBDY'e göre Misakı Milli ilkokulu kaba inşaat güçlendirme maliyeti

Table 19. Misakı Millil Primary school rough construction strengthened cost according to TBDY

Misakı Milli İlkokulu Maliyet Hesabı (2021)	Güçlendirme Maliyeti / Yaklaşık Maliyet	Fayda – Maliyet Analizi
Toplam Alan (m ²)	1793	
Yaklaşık Maliyet (₺)	2438480	
Maliyet Oranı (%)	49	%39
YM*MO (₺)	1194855.2	
Güçlendirme Maliyeti (₺)	969568.74	Güçlendirme Maliyeti daha az hesaplanmıştır.

Tablo 20. Misakı Milli ilkokulunun bina yaşı-maliyet oranı ilişkisi

Table 20. Age-cost ratio relationship of Misakı Milli primary school

Binanın Yaşı	Maliyet Oranı (%)
50	0
40	16
30	32
25	40
20	48
10	64
5	72
1	78

6. Sonuçlar ve öneriler

6. Conclusions and recommendations

Misakı Milli ilkokulunun mevcut ve güçlendirilmiş durumunun DBYBHY ve TBDY yönetmeliklerine göre gerçekleştirilen performans analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 21'de verilmektedir.

Tablo 21. Misakı Milli ilkokulu mevcut ve güçlendirilmiş durumları için performans analizi sonuçları
Table 21. Performance analysis results for Misakı Milli primary school current and strengthened situations

Analiz Türü	Deprem Düzeyi	Hesap Yöntemi	Hedef Performans	Sonuç Performans			Açıklama	
				Mevcut Durum	Güçlendirilmiş Durum	Mevcut Durum	Güçlendirilmiş Durum	
İtme analizi	DBYBHY I=1,5	Çok modlu	CG	Göçme durumu	HK	Hedef performans sağlanamamıştır	Hedef performans sağlanmıştır (Gevrek elemanlar bulunmaktadır)	
İtme analizi	DBYBHY I=1	Çok modlu	HK	Göçme durumu	HK	Hedef performans sağlanamamıştır	Hedef performans sağlanmıştır (Gevrek elemanlar bulunmaktadır)	
İtme analizi	TBDY DD1	Tek modlu	KH	Göçme durumu	SH	Hedef performans sağlanamamıştır	Hedef performans sağlanmıştır	
İtme analizi	TBDY DD3	Tek modlu	SH	SH	SH	Hedef performans sağlanmıştır	Hedef performans sağlanmıştır	

Bu tablodan;

- Misakı Milli ilkokulunun mevcut durumu için DBYBHY'e göre CG deprem düzeyine göre gerçekleştirilen yapısal çözümlerden hedef performans seviyesinin sağlanamadığı ve HK deprem düzeyine göre gerçekleştirilen yapısal çözümlerden de *Göçme Durumu* performans sonucu elde edildiği görülmektedir. Elde edilen bu sonuç DBYBHY'e göre Misakı Milli ilkokulunun güçlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.
- Misakı Milli ilkokulunun mevcut durumu için TBDY'e göre DD1 depremine göre gerçekleştirilen yapısal çözümlerden *Göçme Durumu* performans sonucu elde edildiği ve DD3 depremine göre ise SH performans seviyesi elde edildiği dolayısıyla DD3 deprem düzeyi için hedef performansın sağlandığı görülmektedir. Ancak DD1 deprem düzeyinde hedef performans seviyesi sağlanamadığından TBDY'e göre Misakı Milli ilkokulunun güçlendirilmesi gerekmektedir.
- Misakı Milli ilkokulunun güçlendirilmiş durumunun DBYBHY'e göre gerçekleştirilen yapısal çözümlerden dikkate alınan her iki deprem düzeyi için de hedef performans seviyelerinin sağlandığı ancak CG seviyesinde 17 adet ve HK seviyesinde ise 9 adet gevrek yapısal eleman bulunduğu dolayısıyla bunların güçlendirilerek sünek davranış sağlanması gerektiği görülmektedir.
- Güçlendirilmiş Misakı Milli ilkokulunun TBDY'ye göre gerçekleştirilen yapısal çözümlerden DD1 ve DD3 deprem düzeyleri için hedef performans seviyelerinin sağlandığı görülmektedir.

Bu tablodan elde edilen sonuçlara ek olarak yapısal sistem davranışı her iki yönetmeliğe göre değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmektedir.

Misakı Milli ilkokuluna x ve y doğrultularında güçlendirme amacıyla perde duvarlar ilave edildiğinden her iki doğrultuda da perde duvarların kesme kuvvetini taşıma oranları büyük bir artış görülmektedir.

Güçlendirilmiş Misakı Milli ilkokulunun bu çalışmada dikkate alınan deprem düzeyleri için plastik mafsallı oluşan yapısal elemanlarının sayısı mevcut duruma göre azalmaktadır. Bu durum taşıyıcı sisteme etkileyen deprem kuvvetlerinin büyük bir kısmının güçlendirme amacıyla ilave edilen perde duvarları tarafından karşılanarak mevcut yapısal elemanların daha az zorlanması olarak açıklanabilmektedir.

Misakı Milli ilkokulunun güçlendirme maliyeti 969568.74 ₺ olarak hesaplanmaktadır. Ayrıca Misakı Milli ilkokulunun %49'luk yapı yaklaşık maliyeti 1194855.2 ₺ olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak Misakı Milli ilkokulu için güçlendirme tercihi rasyonel bir seçim olmaktadır.

Misakı Milli ilkokulu güçlendirilmiş durumu için hem DBYBHY hem de TBDY'ye göre hedef performans seviyesi sağlanmakta, ancak DBYBHY'e göre söz konusu okul binasında gevrek yapısal elemanlar bulunmaktadır. Elde edilen bu sonuç Misakı Milli ilkokulunun DBYBHY'e göre güçlendirme maliyetinin TBDY'ye göre daha fazla olduğu ortaya koymaktadır.

Yapısal çözümlerden DBYBHY'den elde edilen sonuçların TBDY'e göre elde edilenlerden daha ağır olduğu görülmektedir. Bu durum DBYBHY'deki 50 yılda aşılma olasılığı %2 ve %10 olan deprem düzeyleri olduğu buna karşın TBDY'de ise 50 yılda aşılma olasılığı %2 ve %50 olan düzeylerinden olduğu dolayısıyla TBDY'de dikkate alınan deprem düzeylerinden birinin daha az şiddete sahip olması ile açıklanabilir. Ayrıca DBYBHY'de CG depremi için bina önem katsayısı (I) 1.5 alınırken TBDY'de CG

depreminin eşdeğeri olan DD1 depremi için I=1 olarak alınmaktadır. Bu nedenle CG deprem düzeyinde deprem kuvvetleri yapısal sisteme 1.5 kat daha fazla etki etmektedir.

DBYBHY ve TBDY kıyaslandığında; DBYBHY’de farklı deprem bölgeleri bulunurken buna bağlı olan etkin ivme katsayısı (A_0) söz konusu bölgede her yerde eşit olarak alınmaktadır. TBDY’de ise deprem bölgeleri yerine yapının bulunduğu yer için zemin sınıflarına bağlı olarak spektral ivme değerleri elde edilmektedir. Bu husus taşıyıcı sisteme etki eden deprem kuvvetlerini etkilemekte dolayısıyla elde edilen sonuçlarda farklılıklar oluşturmaktadır.

Yapısal çözümlenmelerden elde edilen bulgular TBDY’nin DBYBHY’e göre daha kapsamlı, daha ekonomik ve daha gerçekçi sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır. Çünkü TBDY’de malzeme dayanımları (beton ve donatı) gerçeğe daha yakın olarak dikkate alınabilmektedir. Yazarlar betonarme binaların güçlendirilmesinde 2019 Türkiye Deprem Yönetmeliğinin (TBDY) daha rasyonel olacağını önermektedirler.

Yazar katkısı

Author contribution

Bu makale Prof. Dr. Şenol GÜRSOY’un danışmalığında Mustafa Esat COŞKUN’un “*Betonarme Okul Binalarında Güçlendirme İlkelerinin 2007 ve 2019 Türk Deprem Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması*” başlıklı Yüksek Lisans tezinin bir parçasıdır. Araştırmacılarından Dr. Öğr. Üyesi Zehra Şule GARİP, Mustafa Esat COŞKUN’un yüksek lisans tez savunmasının jüri üyesidir ve söz konusu tezin gelişmesinde, bu makalenin yazımı ve denetlenmesinde katkıda bulunmuştur.

Etik beyanı

Declaration of ethical code

Bu makalenin yazarları, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve / veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan etmektedir.

Çıkar çatışması beyanı

Conflicts of interest

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

References

- Adalier, K., & Aydingun, O. (2001), Structural engineering aspects of the June 27, 1998 Adana-Ceyhan (Turkey) earthquake”, *Engineering Structures*, 23(4), 343-355 [https://doi.org/10.1016/S0141-0296\(00\)00046-8](https://doi.org/10.1016/S0141-0296(00)00046-8)
- Aksoylu, C., & Arslan, M. H. (2019a). Çerçeve türü betonarme binaların periyod hesaplarının farklı ampirik bağıntılara göre irdelenmesi, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 569-581. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.476312>
- Aksoylu, C., & Arslan, M. H. (2019b). Çerçeve + perde türü betonarme binaların periyod hesaplarının TBDY-2019 yönetmeliğine göre ampirik olarak değerlendirilmesi, *Uludağ University Journal of the Faculty of Engineering*, 24(3), 365-382. <https://doi.org/10.17482/uumfd.603437>
- Aksoylu, C., & Arslan, M. H. (2021). 2007 ve 2019 Deprem yönetmeliklerinde betonarme binalar için yer alan farklı deprem kuvveti hesaplama yöntemlerinin karşılaştırılması olarak irdelenmesi, *International Journal of Engineering Research and Development*, 13(2), 359-374. <https://doi.org/10.29137/umagd.844186>
- Aksoylu, C., & Kara, N. (2019). Güçlendirme tekniği olarak yeni nesil ön üretimli beton panel uygulamasının araştırılması, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 346-361. <https://doi.org/10.15317/Scitech.2019.204>
- Aksoylu, C., & Kara, N. (2020). Strengthening of RC frames by using high strength diagonal precast panels, *Journal of Building Engineering*, 31, 101338. <https://doi.org/10.1016/j.jobte.2020.101338>

- Aksoylu, C. & Sezer, R. (2018). Investigation of precast new diagonal concrete panels in strengthened the infilled reinforced concrete frames, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(1), 236-246. <https://doi.org/10.1007/s12205-017-1290-6>
- Aksoylu, C., Mobark, A., Hakan Arslan, M., & Erkan, İ. H. (2020). A comparative study on ASCE 7-16, TBEC-2018 and TEC-2007 for reinforced concrete buildings. *Revista de la construcción*, 19(2), 282-305. <https://doi.org/10.7764/RDLC.19.2.282>
- Arslan, M. H., & 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, 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2006.01.003>
- Baran, M. (2021). Comparison of seismic performances of reinforced concrete frames strengthened by different techniques, *Latin American Journal of Solids and Structures*, 18(2), 1-22. <https://doi.org/10.1590/1679-78256340>
- Baran, M., Aktaş, M., & Aykaç, S. (2014). Sıvanmış tuğla dolgu duvarların şerit beton/betonarme panellerle güçlendirilmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(1), 23-33. <https://doi.org/10.17341/gummfd.43725>
- Celep, Z., Erken, A., Taşkın, B., & İlki, A. (2011). Failures of masonry and concrete buildings during the March 8, 2010 Kovancılar and Palu (Elazığ) earthquakes in Turkey, *Engineering Failure Analysis*, v 18, 868-889. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2010.11.001>
- Coşkun, M.E. (2022). *Betonarme okul binalarında güçlendirme ilkelerinin 2007 ve 2019 Türk deprem yönetmeliklerine göre karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük.
- Çağlar, N., Garip, Z.Ş., & Ala, N.T. (2016). Investigation of the contribution of soil conditions to damage and failure of RC structures in Adapazarı, *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 4(2), 1-12. <https://doi.org/10.21541/apjes/68853>
- Çavdar, Ö., & Sunca, F. (2014). 1 Mayıs 2003 Bingöl depreminde yıkılmış betonarme üç katlı bir okul binasının statik ve dinamik analizi, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (GÜFBED)*, 4(1): 36-45. <https://doi.org/10.17714/gufbed.2014.04.003>
- DBYBHY (2007). *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- Doğangün, A. (2004). Performance of reinforced concrete buildings during the May 1, 2003 Bingöl earthquake in Turkey, *Engineering Structures*, 26, 841-856. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2004.02.005>
- Garip, Z.Ş., & Eren, E., (2022). Perde duvarlı ve çerçevesiz betonarme binalarda deprem tasarım sınıflarının bina maliyetine etkisi, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10(2), 700-715. <https://doi.org/10.29130/dubited.937668>
- Gürsoy, Ş., (2013). Farklı rijitleştirici elemanlara sahip binaların depreme göre maliyetlerinin karşılaştırılması, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 28(3), 533-544. <https://doi.org/>
- Gürsoy, Ş., (2014). Comparative investigation of the costs and performances of torsional irregularity structures under seismic loading according to TEC, *Computers and Concrete*, 14(4), 405-417. <https://doi.org/10.12989/cac.2014.14.4.405>
- Gürsoy, Ş., & Çavuşoğlu, A. (2021). Examination of the effects on earthquake behavior and rough construction costs of short column situation occurring in reinforced concrete buildings, *Earthquakes and Structures*, 20(3), 309-323. <https://doi.org/10.12989/eas.2021.20.3.309>
- Gürsoy, Ş., Öz, R., & Baş, S., (2015). Investigation of the effect of weak-story on earthquake behavior and rough construction costs of RC buildings, *Computers and Concrete*, 16 (1), 141-161. <https://doi.org/10.12989/cac.2015.16.1.141>
- İnan, T., Korkmaz, K., & Gagatay, I.H. (2014), The effect of architectural form on the earthquake behavior of symmetric RC frame systems, *Computers and Concrete*, 13(2), 271-290. <http://dx.doi.org/10.12989/cac.2014.13.2.271>

- İnan Günaydın, T., (2022), Türk bina deprem yönetmeliği'ne göre yapı düzensizliklerinin analizi, *EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*, 6(21), 204-201. <https://dx.doi.org/10.38063/ejons.605>
- Kalkan, İ., Aykaç, B., Baran, M., Babayani, R., & Aykaç, S. (2013). Delikli çelik levhalarla güçlendirilmiş dolgu duvarların deprem davranışı, *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 5. Çelik Yapılar Sempozyumu*, 13-15 Kasım, İstanbul, Türkiye.
- Kaplan, H., Yılmaz, S., Binici, H., Yazar, E., & Cetinkaya, N. (2004), May 1, 2003 Turkey-Bingöl earthquake: damage in reinforced concrete structures” *Engineering Failure Analysis*, 11(3), 279-291. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2003.08.00>
- Mutlu, A.H. (2015). Mevcut yapıların güçlendirilmesi ya da yıkılmasına karar verilmesi aşamasında göz önüne alınması gereken kriterler, 3. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, 14-16 Ekim İzmir.
- OSKA, (2022). Oska bilgisayar sistemleri yazılım, donanım sanayi ve ticaret Ltd. Şti., www.oska.com.tr
- Özbayrak, A., & Altun, F. (2020). Torsional effect of relation between mass and stiffness center locations and diaphragm characteristics in RC structures, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18(4), 1755-1775. <https://doi.org/10.1007/s10518-019-00744-8>
- Scawthorn, C., & Johnson, G.S. (2000), Preliminary report Kocaeli (Izmit) earthquake of 17 August 1999, *Engineering Structures*, 22(7), 727-745. [https://doi.org/10.1016/S0141-0296\(99\)00106-6](https://doi.org/10.1016/S0141-0296(99)00106-6)
- 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, 103-114. [https://doi.org/10.1016/S0141-0296\(02\)00121-9](https://doi.org/10.1016/S0141-0296(02)00121-9)
- Spence, R., Bommer, J., Del Re, D., Bird, J., Aydınoglu, N. & Tabuchi, S. (2003), Comparing loss estimation with observed damage: a study of the 1999 Kocaeli earthquake in Turkey”, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 1(1), 83-113. <https://doi.org/10.1023/A:1024857427292>
- Sta4-CAD (2021). Structural analysis for computer aided design ”, ver.14.1. www.sta.com.tr
- TBDY (2019). *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 30364 Sayılı Resmi Gazete.
- TS-498 (1997). *Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TS-500 2000. *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Yel, N. S., Arslan, M. H., Aksoylu, C., Erkan, İ. H., Arslan, H. D., & Işık, E. (2022). Investigation of the earthquake performance adequacy of low-rise RC structures designed according to the simplified design rules in TBEC-2019, *Buildings*, 12(10), 1722. <https://doi.org/10.3390/buildings12101722>
- Yön, B., Sayın, E., & Köksal, T.S. (2013), Seismic response of buildings during the May 19, 2011 Simav, Turkey earthquake, *Earthquakes and Structures*, 5(3), 343-357. <https://doi.org/10.12989/eas.2013.5.3.343>