

established in
2016



MAS JOURNAL of Applied Sciences

ISSN 2757-5675

DOI: <http://dx.doi.org/10.52520/masjaps.77>

Araştırma Makalesi

Mevcut Betonarme Bir Tribünün Tbdy 2019' A Göre Performansının Değerlendirilmesi

Mehmet Fatih ALTAN¹, Osman KAYA^{1*}, İsmail Çağatay TURNA¹

¹İstanbul Aydın Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

*Sorumlu yazar: osmankaya1@stu.aydin.edu.tr

Geliş Tarihi: 26.02.2021

Kabul Tarihi: 28.03.2021

Özet

Betonarme yapı tasarımında dikkat edilmesi gereken husus yapının kullanım amacıdır. İnsanların kısa süreli zaman geçirdiği ancak yoğun olarak kullandığı yerlerde büyük bir risk bulundurmaktadır. Tribün gibi önemli yapılar, TBDY 2019'a göre betonarme ve çelik yapıların hesap ve yapım kurallarına göre tasarlanır. Ancak Türkiye'de bu yönetmelik yeni eklenmiş ve bir önceki hesap yöntemleri değişmiş, yeni yönetmelikle birlikte doğrusal olmayan davranışı plastik mafsallarda davranış sayesinde kontrol altına almak için üzerine yoğunlaşmış ve kapasite tasarım ilkesini benimsemiştir. Yapılar zaman içerisinde yatac ve düşey yüklere maruz kalmaktadır. Tekrarlı yüklere maruz kalan bir yapıda enerjini birçoğu yapı elemanlarında oluşacak plastik mafsallarda tüketilmektedir. Bu yükler altında yapıda zorlanan kesitlerin birbirlerine aktarımındaki dağılım değişmektedir. Yapmış olduğumuz çalışmada yönetmeliğe uygun tasarlanan tribünün belirlenen bina performans düzeyi, giriş hasar bölgeleri, depremler ve depremsiz durum altında kolonların aksel kapasitesi belirlenmiştir. Daha sonra bu talep büyüklükleri, şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirilmesi yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Tribün, Kapasite Tasarım, Plastik Mafsallarda, Doğrusal Olmayan Davranış

Evaluation of The Performance of An Existing Reinforced Concrete Grandstand According To Tbdy 2019

Abstract

The point to be considered in reinforced concrete building design is the purpose of use of the building. There is a significant risk in places where people spend a short time but use them heavily. Essential structures such as grandstands are designed according to the calculation and construction rules of reinforced concrete and steel structures according to TBDY 2019. However, in Turkey, this regulation has been newly added, and the previous calculation methods have changed; the new regulation has focused on the non-linear behavior through plastic hinge behavior and adopted the capacity design principle. Structures are exposed to horizontal and vertical loads over time. Most of the energy in a structure exposed to repetitive loads is consumed in the plastic hinges formed in the building elements. The distribution in the transfer of the sections forced in the structure under these loads changes. In our study, the determined building performance level of the tribune designed by the regulation, the damaged beam areas, and the axial capacity of the columns under seismic and non-earthquake conditions was determined. Then, these demand magnitudes will be compared with strain and internal force capacities, and structural performance evaluation will be made at the cross-section and building level.

Keywords: Grandstand, Capacity Design, Plastic Hinge, Nonlinear Behavior

GİRİŞ

Türkiye, aktif fay zonları ve sismoteknik özellikleri nedeniyle her zaman büyük depremlere bağlı doğal afet tehlikeleri ile karşı karşıya bulunan yani bir deprem ülkesidir. Meydana gelen bu doğal afetler neticesinde büyük ölçüde, can kayıpları, yaralanmalar ve mal kayıpları ile karşılaşmıştır. 17 Ağustos 1999'da meydana gelen 7.4 büyüklüğünde Kocaeli, 12 Kasım 1999 tarihinde meydana gelen 7.2 büyüklüğündeki Düzce depremi ile ülkemizde doğal afet tehlikesini ve buna bağlı olarak risklerin önemi gündeme gelerek adeta bir milat niteliğinde olmuştur (TDM, 2020). Ülkece, özellikle yakın zamanda yaşamış olduğumuz Erzincan

depremi (1992) (Ülker, 1992), Adana depremi (1998) (Aydan, 1999), Van depremi (2011) (Ergüven, 2011), Elazığ depremi (2020) (Şahin, 2020), İzmir depremi (2020) (Balas, 2020) sonrasında yapılarda meydana gelen hasarlar, can kayıpları, taşıyıcı sistem tasarım hataları vb. sebeplerden ötürü Yönetmeliklerin tam anlamıyla öğrenilmesi ve uygun bir tasarım/uygulama yapılmasının elzem olduğu anlaşılmaktadır.

Kuzey Anadolu Fay Hattı, Marmara Bölgesinden üç fay koluna ayrılmaktadır. Tablo-1' de görüldüğü üzere bu fay hattı ülkemizde yüksek bir deprem etkisine (Magnitude) ve tehlikeye sebebiyet vermektedir (Utkucu, 2011).

Tablo 1. Marmara Bölgesinde 1860'den 2000 kadar meydana gelmiş büyüklüğü $M \geq 6.0$ olan depremler (Utkucu, 2011)

No	Tarih	Enlem	Boylam	M_S	Yer
38	21.08.1859	40.3	26.1	6.8	Saros
39	22.08.1860	40.5	26.0	6.1	Saros
40	19.04.1878	40.7	30.2	6.0	Sapanca
41	09.02.1893	40.5	26.2	6.9	Saros
42	10.07.1894	40.7	29.6	7.3	İzmit
43	09.08.1912	40.7	27.2	7.4	Ganos
44	18.03.1953	40.1	27.4	7.1	Gönen
45	26.05.1957	40.7	31.0	7.1	Abant
46	06.10.1964	40.1	28.2	6.8	Manyas
47	22.07.1967	40.7	30.7	7.2	Mudurnu
48	17.08.1999	40.7	29.9	7.4	İzmit

Yerin hareket etmesi ile oluşan deprem, heyelan ya da büyük yıkıcı dalgalar (tsunami) oluşturması gibi nadir durumlarda insan hayatını tehdit eden bir doğa olayıdır. Deprem tehlikesi olarak adlandırılan sorunun kaynağı her ne kadar deprem olsa da asıl sorunun kendisi depremin etkisi altında yapıların davranışlarıdır. Genel olarak deprem yönetmeliklerinin temel ilkesi meydana gelen hafif şiddetteki depremlerde

binalardaki yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal yada yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde olması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacıyla yapıda oluşabilecek kalıcı yapısal hasarların sınırlandırılmasıdır. Düşey ve yatak yükler etkisi altında yapı elemanlarının ve birleşim bölgelerinin boyutlandırılması ve

detaylandırılmasındaki amaç, yapı için öngörülen etkiler altında yeterli dayanım, rijitlik ve sünekliğin sağlanarak yönetmelikle sınırlandırılan yapısal performans ve yer değiştirme sınır koşullarının yerine getirilmesidir (Darılmaz, 2019).

Doğrusal olmayan davranışta, elasto-plastik çözüm ve değerlendirme için malzeme ve kesit parametrelerinin daha gerçekçi elde edilebilen yeni yapıların tasarımı için kullanılması kabul gören bir yaklaşımdır. Mevcut binanın deprem güvenliğinin belirlenmesinde şu üç adım sıralanabilir.

- Kapasitenin belirlenmesi: Mevcut binanın taşıyıcı sistem elemanlarının geometrik ve mekanik özelliklerinin belirlenerek deprem etkisi altında elemanların kesit kapasitelerinin hesabı,
- Talebin belirlenmesi: Göz önüne alınacak deprem etkisinin seçilerek deprem etkisi altında ortaya çıkabilecek kesit etkileri, şekil değiştirme ve yer değiştirmelerin bulunması,
- Karşılaştırma ve sonuç: Kesit ve elemanlarda bulunan kapasite ve talebin karşılaştırılarak yönetmelikle belirlenen sınırlar çerçevesinde taşıyıcı sistemin performansının belirlenmesidir (Celep, 2017).

Literatürde; mevcut binaların performans düzeylerinin belirlenmesi amacıyla, DBYBHY-2007 ve TBDY-2019' göre birçok çalışma yapılmış olup, bunlardan bazıları özetle aşağıda verilmiştir.

T.KAP, E. ÖZGAN, M. UZUNOĞLU yapmış oldukları çalışmada, Zemin + 3 normal kattan oluşan 1999 Marmara ve Düzce depremlerinden etkilenmiş ve taşıma gücü yüksek bir zeminde inşa edilmiş bir okul binasını, TBDY 2019' da belirtilen şartlar göz önüne alarak deprem performans analizini yapmışlardır.

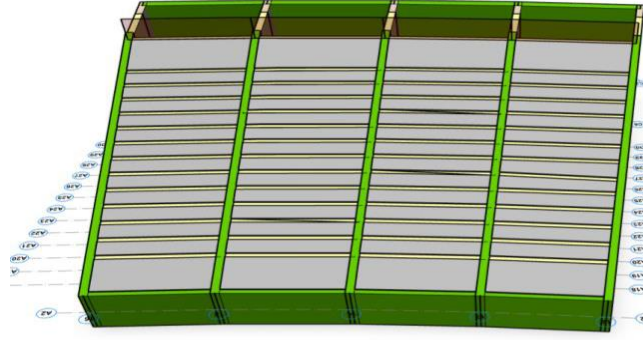
MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmamız kapsamında betonarme bir tribün taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin tespiti, deprem performanslarının tespiti ve

değerlendirilmesinde eleman detay ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisi ve malzeme özellikleri detaylı olarak ele alınmıştır.

Yapının inceleme çalışmaları sırasında, 1 Ocak 2018'da yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2019) Betonarme yapılar için "Bölüm 15- Deprem Etkisi Altında Mevcut Bina Sistemlerinin Değerlendirmesi ve Güçlendirme Tasarımı İçin Özel Kurallar" bölümünde yer alan özellikler kullanılmış olup, deprem performans tespiti kapsamında sırasıyla aşağıdaki hususlar dikkate alınarak çalışmalar yapılmıştır.

- Yapının mevcut statik ve mimari projelerinin yerinde uygunluğunun tespit edilmesi,
- Mevcut durumun statik analiz programına aktarılması (Prota Structure 2019) [14],
- Düşey taşıyıcı elemanlardan karot numunesi alınması, alınan beton karot örneklerinin lisanslı bir laboratuvarında beton dayanım testlerinin gerçekleştirilmesi,
- Taşıyıcı sistem elemanlarından donatı tespiti için yeterli sayıda tahribatlı/sıyırma ve tahribatsız/röntgen yapılarak yapı elemanlarında yaklaşık donatı oranlarının tespit edilmesi,
- Mevcutta bulunan Zemin Etüd raporuna göre statik programa aktarılacak zemin parametrelerinin belirlenmesi,
- Yapıda gözlemsel hasar tespiti yapılması, geçmiş depremler vb. nedenler ile meydana gelen yapısal hasarların tespit edilerek röleve projesinde gösterilmesi,
- Güncel deprem tehlike haritalarından alınan bilgiler doğrultusunda deprem yüklerine ait parametrelerin tespiti ve program aktarılması,
- Yapının 3D modellenerek Deprem Performans analizlerinin TBDY 2019'un 15. Bölümündeki analiz şartlarına göre analiz yapılması,
- Mevcut duruma ait performans değerlendirme raporlarının oluşturularak değerlendirilmesi çalışmalarını kapsamaktadır.



Şekil 1. 4 akslı Tribün Yapısı 3D Görseli

BULGULAR

Yapı, 4 adet dilatasyonla birbirinden ayrılan 5 adet kısımdan oluşmaktadır. Yapı zemin kattan oluşmakta olup, tribün altlarında odalar yer almaktadır. Betonarme perde taşıyıcı sistemli tribün, ayırık nizam olarak kullanılmakta ve taşıyıcı sistem üzerinde yapılan gözlemsel incelemeler neticesinde yapısal bir hasara rastlanmamıştır.

Taşıyıcı eleman özellikleri

Yapıdaki kolon ebatları genel olarak 30x150 cm, 30x100 cm ebatlarında olup, TBDY 2019 7.3.1. maddesinde “Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonların Enkesit Koşulları” başlığı altında ‘Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük enkesit boyutu 300 mm’den ve dairesel kolonların çapı 350 mm’den küçük olmayacaktır.” hükmü yer almaktadır. Kolonlar için istenen minimum 300 mm koşulunu sağladığı görülmüştür. Yapıdaki kirişlerin ebatlarının genel olarak 25/65 cm ve 30/200 ebatlarında olup, TBDY-2019 yönetmeliğinin 7.4.1 maddesi “Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişlerin Enkesit Koşulları” başlığı altında ‘(a) Kiriş gövde genişliği en az 250 mm olacaktır. Kiriş gövde genişliği, kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun veya perdenin kirişe dik genişliğinin toplamını geçmeyecektir. (b) Kiriş yüksekliği, döşeme kalınlığının 3 katından ve 300 mm’den daha az olmayacaktır...” hükmü yer almaktadır. Kirişler için istenen minimum 250 mm koşulunu sağladığı görülmüştür.

Hasar tespitleri

Taşıyıcı sistem genelinde gözlemsel yapılan incelemeler neticesinde taşıyıcı sistem elamanlarında yapısal bir hasara rastlanılmamıştır.

Beton değerlerinin tespiti

Tribün binası olarak kullanılan yapı; betonarme perde taşıyıcı sistemli, tek blokluk, ayırık nizam, kirişli plak döşemeli, binanın iç duvarları tuğla duvar olduğu, dış cephe duvarlarının tuğla duvar olduğu görülmüştür. Binanın statik projelerinin mevcut olması ve yerinde yapılan röleve incelemelerinde binanın röleve projelerinin hazırlanması da dikkate alınarak, deprem performans hesabında TBDY 2019 Madde 15.2.5.’de tanımlanan “kapsamlı bilgi düzeyi” için öngörülen esaslar uygulanmıştır. Karot almaya elverişli olan yapı elemanlarından, yönetmelik koşullarına uygun olarak karot numuneleri alınmış olup; alınan numuneler “TS EN 12504-1” de belirtilen koşullara göre Çevre Şehircilik Bakanlığınca onaylı laboratuvarında test edilerek beton dayanımı belirlenmiştir.

Beton numunelerinin test edilmesi sonucunda ortaya çıkan sonuçlar üzerinde değerlendirme yapılmış ve TBDY 2019’ da “Örnek sayısı üçten fazla ise örneklerden elde edilen (ortalama eksi standart sapma) değeri ile (0.85 çarpı ortalama) değeri arasından büyük olanı mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Gruptaki numune sonuçlarının değerlendirilmesinde, en düşük tek değer, geriye kalan diğer

sonuçların ortalamasının %75’inden daha düşük ise bu numune değerlendirmeye alınmaz.” bahsedildiği üzere yapılan bu hesaplar sonucunda mevcut beton ortalama **basınç dayanımı: 17.29 MPa, Elastisite Modülü E=27513 Mpa** olarak belirlenerek, hesaplarda bu değer kullanılmıştır.

TBDY 2019 7.2.5.1 maddesinde belirtilen rapora konu yapının beton basınç dayanımının 17.29 MPa (C17.29) < 25 Mpa (C25) olması sebebiyle minimum dayanım şartını sağlamadığı tespit edilmiştir.

Donatı çeliği tespiti

Mevcut donatı çeliği aralığı ve yerleşimi, tahribatlı (kırım) ve tahribatsız yöntem(donatı röntgen cihazı) kullanılarak tespit edilmiştir. Yapının kolonlarında yapılan tahribatlı sıyırma ile kolonların düşey donatı sınıfının nervürlü donatı (S420) olduğu tespit edilmiştir. Taşıyıcı elemanlarda kullanılan donatının nervürlü donatı olması sebebiyle; kullanılan donatı

sınıfının da yönetmeliğin 7.2.5.3.(b) maddesine uygun donatı sınıfında olduğu tespit edilmiştir.

Korozyon tespitleri

Korozyon etkisi, mevcut yapılar için çok önemli yapısal problemler arasında yer almaktadır. Bu nedenle, korozyon gözlemlerinin özenle yapılması gerekmektedir. Ayrıca, korozyona uğramış bir yapı elemanı dikkatle ele alınmalı ve değerlendirilmelidir. Tarafımızca

gözlemsel ve tahribatlı sıyırma ile yapılan kolonlardaki donatıların incelenmesi neticesinde; yapısal hasara neden olabilecek donatı korozyonlarının mevcut olmadığı tespit edilmiştir.

Yapının zemin özellikleri ve yapı temel bilgileri

Mevcut zemin etüd raporundaki parametreler esas alınarak Türkiye Deprem Haritaları veri tabanından alınan sonuçlar aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 2. Zemin Parametreleri TBDY 2019’ a göre Elde Edilen Sonuçlar Tablosu

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2
Zemin Sınıfı	ZD
Ss	1.239
S1	0.331
Bina Kullanım Sınıfı	2
Deprem Tasarım Sınıfı	1
Bina Yükseklik Sınıfı	8
Temel Taşıma Gücü Dayanımı	15.0 t/m2
Düşey Yatak Katsayısı	1800 t/m3

Yapının koordinatlarına göre deprem tehlike haritası

TBDY 2019 2.1.2–2.2 maddelerinde ‘tanımlanan dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için deprem verileri, 22/01/2018 tarih ve 2018/11275 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe konulan Türkiye Deprem Tehlike Haritaları ile tanımlanmıştır. Bu haritalara <https://tdth.afad.gov.tr/> adresli internet sitesinden erişilebilir.’ ifade edilmekte olup, AFAD tarafından tanımlanan veriler ile ‘Türkiye Deprem Tehlike Haritaları’ nda tespit edilen koordinatlar ve zemin sınıfı verileri ışığında binanın deprem performans analizinde kullanılacak spektrum değerleri seçilmiştir.

Performans Analizi

İncelemesi yapılan mevcut tribün yapısının, TBDY 2019’da tanımlanan DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketi gereklerine göre yapılmıştır.

Mevcut binanın deprem ön performansının belirlenmesi için TBDY 2019 Bölüm 15.6 da verilen “Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri” kullanılmıştır.

Yapı analizinde ve deprem performansının değerlendirilmesinde “ProtaStructure” (2019) isimli yapısal analiz ve tasarım programı kullanılmıştır.

Mevcut yapının bilgi düzeyi katsayısı Tablo.6’ da belirtildiği şekliyle 1.00 olarak alınmış, malzeme dayanımları bu katsayı ile azaltılarak hesaplanmıştır.

Çatlamış kesite ait etkin kesit eğilme rijitlikleri TBDY 2019 Bölüm 15.4.13’e göre analiz sırasında program tarafından hesaplanacaktır.

Mevcut yapı analizleri sırasında; TBDY 2019 15.4.2 – Deprem etkisinin tanımında, 2.2’ye göre belirlenen deprem yer hareketi düzeyleri için 2.3.4 veya 2.4.1’de verilen yatay elastik tasarım spektrumu kullanılacaktır. Deprem hesabında 3.1.2’de tanımlanan Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır ($I=1.0$). Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Deprem Hesabında; Mevcut veya

güçlendirilmiş binaların deprem etkisi altında yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme hesapları için kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme ve plastik dönme talepleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet taleplerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu talep büyüklükleri, şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirilmesi yapılacaktır.

TBDY 2019’ a göre Binanın kullanım sınıfı Tablo.3’ de gösterildiği şekliyle spor tesisleri için alınması gereken “BKS=2” olarak belirlenmiştir.

Tablo 3. Bina Kullanım Sınıfı ve Bina Önem Katsayıları

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı
BKS □□1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS □□2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS □□3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

AFAD veritabanında ilgili konuma göre alınan veriler sonucunda elde edilen S_{DS} değerinin 0.75 değerinden büyük olması

sebebiyle Tablo 5’de görüldüğü şekliyle “Deprem Tasarım sınıfı =1” olarak seçilmiştir.

Tablo 4. Deprem Düzeyleri için Spektral İvme ve Zemin Etki Faktörleri

Deprem	Ss	S1	Fs	F1	SDs	SD1	Ta	Tb	TL
DD1	1.896	0.532	1.000	1.768	1.896	0.941	0.10	0.50	6.00
DD2	1.239	0.331	1.004	1.969	1.244	0.652	0.10	0.52	6.00
DD3	0.418	0.112	1.466	2.376	0.613	0.266	0.09	0.43	6.00

Tablo 5. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS 001	BKS 002, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS 004a	DTS 004
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS 003a	DTS 003
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS 002a	DTS 002
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS 001a	DTS 001

TBDY 2019’ da sırasıyla ilgili tablolardan belirlenen Deprem Tasarım Sınıfı ve bina yükseklik aralıklarına göre Tablo.6 ‘ da

gösterildiği şekliyle “BYS=8” olarak seçilmiştir.

Tablo 6. Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS 001, 1a, 2, 2a	DTS 003, 3a	DTS 004, 4a
BYS 0001	$H_N \leq 70$	$H_N \leq 91$	$H_N \leq 105$
BYS 0002	$56 \leq H_N \leq 70$	$70 \leq H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS 0003	$42 \leq H_N \leq 56$	$56 \leq H_N \leq 70$	$56 \leq H_N \leq 91$
BYS 0004	$28 \leq H_N \leq 42$	$42 \leq H_N \leq 56$	
BYS 0005	$17.5 \leq H_N \leq 28$		$28 \leq H_N \leq 42$
BYS 0006	$10.5 \leq H_N \leq 17.5$		$17.5 \leq H_N \leq 28$
BYS 0007	$7 \leq H_N \leq 10.5$		$10.5 \leq H_N \leq 17.5$
BYS 0008	$H_N \leq 7$		$H_N \leq 10.5$

TBDY 2019 Bilgi Düzeyleri başlıklı 15.2.2. maddesinde “Binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre, her bina türü için bilgi düzeyi ve buna bağlı olarak 15.2.12’de belirtilen bilgi düzeyi katsayıları tanımlanacaktır. Bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı ve kapsamlı olarak

sınıflandırılacaktır. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacaktır.” Belirtildiği şekliyle Tablo.7’ de gösterildiği gibi taşıyıcı eleman kapasitelerinde kullanılmak üzere **kapsamlı** bilgi düzeyi seçilerek katsayı “1” olarak belirlenmiştir.

Tablo 7. Binalar İçin Bilgi Düzeyi Katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Kapsamlı	1.00

TBDY 2019 Mevcut veya Güçlendirilecek Binalarda Hedeflenen Deprem Performansı başlıklı 15.8.1. maddesinde “Mevcut veya

güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem yer hareketi düzeyleri ve

bu deprem yer hareketi düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Tablo 3.4’de verilmiştir.” belirlendiği şekliyle söz konusu tablo aşağıda Tablo.8’ de gösterilmektedir.

Mevcut binalarda **DTS=1** olarak seçilen yapılarda istenilen normal performans hedefinin minimum **DD-2** Deprem Yer Hareketi düzeyine göre **Kontrollü Hasar** Seviyesi olması gerektiği belirtilmektedir.

Tablo 8. Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Yeni Yapılacak veya Mevcut Binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları

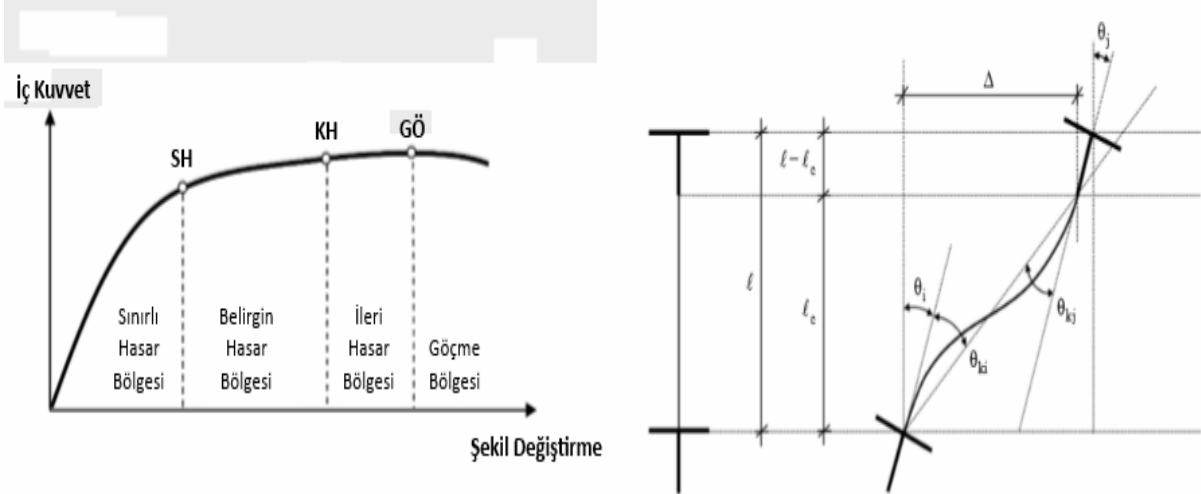
Deprem Yer H. Düzeyi	DTS □□1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS □□1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	—	—
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

TBDY 2019’ da da belirtildiği şekliyle yapı elemanlarında hasar sınırları, hasar

bölgeleri ve dönme sınır değerlerine ait formüller Şekil.2’ de gösterilmektedir.

$$\theta_{ki} = \frac{\Delta}{\ell_c} - \theta_i, \quad \theta_{ki} = \theta_{yi} + \theta_{pi}, \quad \theta_{yi} = \frac{M_{yi} \ell_c}{3EI} \left[1 - \frac{M_{yi}}{2M_{yi}} \right], \quad \theta_{yi} = \frac{M_{yi} \ell_c}{3EI} \left[1 - \frac{M_{yi}}{2M_{yi}} \right], \quad \theta_y = \frac{M_y \ell_2}{3EI}$$

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_1} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right], \quad \theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(GÖ)}, \quad \theta_p^{(SH)} = 0$$



Şekil 2. Kesit Hasar Bölgeleri ve Dönme Değerleri Hesabı

SONUÇ ve TARTIŞMA

Mevcut yapı, TBDY 2019’de öngörülen aşılma olasılığı “50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen

tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketi ivme spektrumuna göre analiz edilerek, yönetmelikçe istenen minimum performans

düzeyine göre değerlendirilmiştir. Mevcut Binanın Performans Düzeyine ait sonuçlarının değerlendirilmesi ile elde edilen özet sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- 0° ve 90° yönü deprem yüklemesi altında yapının düşey elemanlarında hedeflenen performans düzeyinin sağlandığı, yapının kirişlerinde hedeflenen performans düzeyinin sağlandığı görülmüştür. Bu yönde kolon ve kirişlerde oluşan etkiler ve eleman kapasiteleri ile bina performans kontrolü tablosu sırasıyla 4, 5, ve 7 akslı tribün için aşağıda gösterilmiştir.
- Yapıda düzensizlik kontrolleri yapılmış sadece A1 burulma düzensizliği çıkmıştır.
- Kolon Eksenel Kapasite Tablo 15’ te görüleceği üzere depresiz durumda eksenel kapasitesi yetersiz elemanların olmadığı görülmektedir. “Depresiz

Kombinasyonlar sonucunda elde edilen en büyük eksenel yük / Betonarme Yönetmeliğince izin verilen limit eksenel yük (0.6FckAc) ; Ng/ Ng-lim < 1.00 olması gerekmektedir.”

- 4 akslı, 5 akslı ve 7 akslı tribün bloklarından oluşan yapının mevcut halinin “TBDY 2019” “Bölüm 15-Deprem Etkisi Altında Mevcut Bina Sistemlerinin Değerlendirmesi ve Güçlendirme Tasarımı İçin Özel Kurallar” bölümünde yer alan; “DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketi gereklerine göre” Performans Hedeflerinin Sağlandığı görülmüştür.

Dört Akslı Tribüne Ait Performans Analizi Sonuçları

Tablo 9. Özet Raporu Tablosu (Yön: 0°)

Kat	Eleman	Eleman				Eleman Kesme				
		Toplam	Sınırlı	Belirgin	İleri	Göçme	Sınırlı	Belirgin	İleri	Göçme
1	KolonlarKirişler	10 42	7 1	3 41	0 0	0 0	0.2097	0.0000	0.0000	0.0000

Sınırlı Hasar Bölgesindeki Kiriş Yüzdesi: %2.4 - Sınırlı Hasar Bölgesindeki Düşey Elemanların Yüzdesi: %70
Belirgin Hasar Bölgesindeki Kiriş Yüzdesi: %97.6 - Belirgin Hasar Bölgesindeki Düşey Elemanların Yüzdesi: %30
İleri Hasar Bölgesindeki Kiriş Yüzdesi: %0 - İleri Hasar Bölgesindeki Düşey Elemanların Yüzdesi: %0

Alt ve Üst kesitlerinin İkisinde Birden Belirgin Hasar Sınırı Aşılmış Düşey Elemanların Toplam Kesme Kuvvetine Katkısı: %0 < %30 ✓
En Kritik Kat: 1
Belirlenen Bina Performans Düzeyi: Göçme Performans Hedefi Kontrollü hasarı Sağlıyor

Tablo 10. Özet Raporu Tablosu (Yön: 90°)

Kat	Eleman	Eleman				Eleman Kesme				
		Toplam	Sınırlı	Belirgin	İleri Hasar	Göçme	Sınırlı	Belirgin	İleri	Göçme
1	Kolonlar: Kirişler:	8 4	5 0	3 4	0 0	0 0	0.0631	0.9369	0.0000	0.0000

Sınırlı Hasar Bölgesindeki Kiriş Yüzdesi: %0 - Sınırlı Hasar Bölgesindeki Düşey Elemanların Yüzdesi: %62.5 Belirgin Hasar Bölgesindeki Kiriş Yüzdesi: %100 - Belirgin Hasar Bölgesindeki Düşey Elemanların Yüzdesi: %37.5 İleri Hasar Bölgesindeki Kiriş Yüzdesi: %0 < %35 ✓
İleri Hasar Bölgesindeki Düşey Elemanların Toplam Kesme Kuvvetine Katkısı: %0 < %40 ✓

Alt ve Üst kesitlerinin İkisinde Birden Belirgin Hasar Sınırı Aşılmış Düşey Elemanların Toplam Kesme Kuvvetine Katkısı: %0 < %30 ✓
En Kritik Kat: 1
Belirlenen Bina Performans Düzeyi: Kontrollü Hasar Performans Hedefi Kontrollü hasarı Sağlıyor

Akşlı Tribün İçin Deprem Performans Değerlendirme Özeti;

Yön: 0°

Tablo 11. Özet Raporu Tablosu (Yön: 0°)

Kat		Toplam	Eleman				Eleman Kesme			
			Sınırlı	Belirgin	İleri Hasar	Göçme	Sınırlı	Belirgin	İleri	Göçme
1	Kolonlar:	9	9	0	0	0	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Kirişler:	56	56	0	0	0				

Sınırlı Hasar Bölgesindeki Kiriş Yüzdesi:
%100-Sınırlı Hasar Bölgesindeki Düşey
Elemanların Yüzdesi: %100 Belirgin Hasar
Bölgesindeki Kiriş Yüzdesi: %0 < %20 ✓

En Kritik Kat: 1 Belirlenen Bina Performans
Düzeyi: Sınırlı Hasar
Performans Hedefi Kontrollü hasarı
Sağlıyor

Tablo 12. Özet Raporu Tablosu (Yön: 90°)

Kat		Toplam	Eleman				Eleman Kesme Kuvvetleri Oranı			
			Sınırlı	Belirgin	İleri Hasar	Göçme	Sınırlı	Belirgin	İleri	Göçme
1	Kolonlar:	10	10	0	0	0	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Kirişler:	5	5	0	0	0				

Sınırlı Hasar Bölgesindeki Kiriş Yüzdesi:
%100 - Sınırlı Hasar Bölgesindeki Düşey
Elemanların Yüzdesi: %100 Belirgin Hasar
Bölgesindeki Kiriş Yüzdesi: %0 < %20 ✓

En Kritik Kat: 1 Belirlenen Bina Performans
Düzeyi: Sınırlı Hasar
Performans Hedefi Sağlıyor

Akşlı Tribün İçin Deprem Performans Değerlendirme Özeti;**Tablo 13. Özet Raporu Tablosu (Yön: 0°)**

Kat		Toplam	Eleman				Eleman Kesme Kuvvetleri Oranı			
			Sınırlı	Belirgin	İleri Hasar	Göçme	Sınırlı	Belirgin	İleri	Göçme
1	Kolonlar:	13	13	0	0	0	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Kirişler:	84	2	82	0	0				

Sınırlı Hasar Bölgesindeki Kiriş Yüzdesi:
%2.4 - Sınırlı Hasar Bölgesindeki Düşey
Elemanların Yüzdesi: %100 Belirgin Hasar
Bölgesindeki Kiriş Yüzdesi: %97.6 -
Belirgin Hasar Bölgesindeki Düşey
Elemanların Yüzdesi: %0 İleri Hasar
Bölgesindeki Kiriş Yüzdesi: %0 < %35 ✓
İleri Hasar Bölgesindeki Düşey Elemanların
Toplam Kesme Kuvvetine Katkısı: %0 <
%40 ✓

Alt ve Üst kesitlerinin İkisinde Birden
Belirgin Hasar Sınırı Aşılımış Düşey
Elemanların Toplam Kesme Kuvvetine
Katkısı: %0 < %30 ✓
En Kritik Kat: 1
Belirlenen Bina Performans Düzeyi:
Kontrollü Hasar
Performans Hedefi Kontrollü hasarı
Sağlıyor

Tablo 14. Özet Raporu Tablosu (Yön: 90°)

Kat		Toplam	Eleman				Eleman Kesme			
			Sınırlı	Belirgin	İleri Hasar	Göçme	Sınırlı	Belirgin	İleri	Göçme
1	Kolonlar:	14	9	5	0	0	0.9589	0.0411	0.0000	0.0000
	Kirişler:	7	0	7	0	0				

Sınırlı Hasar Bölgesindeki Kiriş Yüzdesi:
%0 - Sınırlı Hasar Bölgesindeki Düşey
Elemanların Yüzdesi: %64.3 Belirgin
Hasar Bölgesindeki Kiriş Yüzdesi: %100 -
Belirgin Hasar Bölgesindeki Düşey

Elemanların Yüzdesi: %35.7 İleri Hasar
Bölgesindeki Kiriş Yüzdesi: %0 - İleri
Hasar Bölgesindeki Düşey Elemanların
Yüzdesi: %0
Alt ve Üst kesitlerinin İkisinde Birden

Belirgin Hasar Sınırı Aşılmış Düşey Elemanların Toplam Kesme Kuvvetine Katkısı: %0 < %30 ✓

En Kritik Kat: 1

Belirlenen Bina Performans Düzeyi: Göçme Performans Hedefleri Kontrollü hasarı Sağlıyor ✓

Kolon Eksenel Kapasite Kontrolü

Ng: Depremsiz Kombinasyonlar sonucunda elde edilen en büyük eksenel yük Ng-Lim: Betonarme Yönetmeliğince izin verilen

limit eksenel yük (0.6 Fck Ac)

Nd: Depremlı Kombinasyonlar sonucunda elde edilen en büyük eksenel yük

Nd-Lim: Deprem Yönetmeliğince izin verilen limit eksenel yük (Kolonlar: 0.4 Fck Ac, Perdeler: 0.35 Fck Ac)

Buarada yapılan kolon kapasite kontrolü aslında yapının sadece düşey yükleri altında zaman içerisinde kolonlarda görülen kapasite çalışma ilkesinin kontrolü için yapılan bir kontoldür

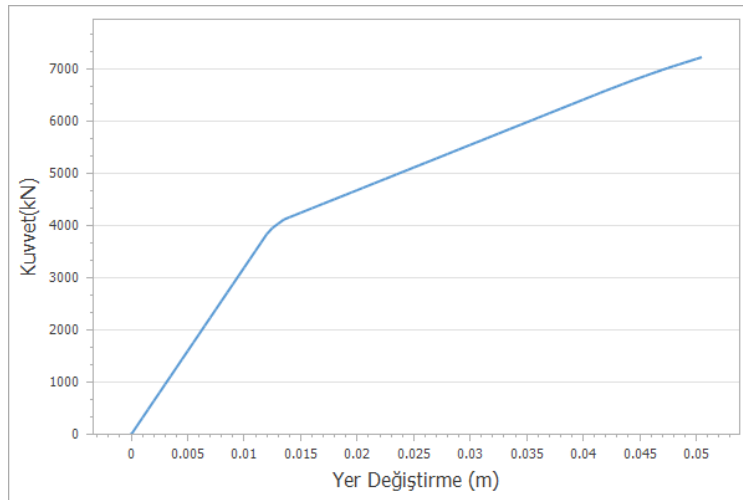
Tablo 15. Kolon Eksenel Kapasite Kontrolü

Eleman	Kat	b		Ac (m ²)	Ng	Ng-Lim (t)	Ng /	Nd	Nd-Lim (t)	Nd /	NÇekme (t)
		1	2								
S1	1	30	150	0.4500	12.891	466.83	0.02	14.788	311.22	0.04	1.33
S2	1	30	150	0.4500	14.247	466.83	0.03	12.543	311.22	0.04	-
S3	1	30	150	0.4500	14.146	466.83	0.03	12.361	311.22	0.04	-
S4	1	30	150	0.4500	12.777	466.83	0.02	14.922	311.22	0.04	1.63
P1	1	1700	30	5.1000	198.503	5290.72	0.03	254.838	3086.25	0.08	58.32
P2	1	1700	30	5.1000	292.353	5290.74	0.05	235.150	3086.26	0.07	-
P3	1	1700	30	5.1001	285.683	5290.85	0.05	235.439	3086.33	0.07	-
P4	1	1700	30	5.1000	194.074	5290.74	0.03	250.405	3086.26	0.08	59.92
P5	1	474	30	1.4220	51.761	1475.16	0.03	216.871	860.51	0.25	167.26
P6	1	459.8	30	1.3793	50.613	1430.86	0.03	49.618	834.67	0.05	0.94
P7	1	435.4	30	1.3062	47.347	1355.05	0.03	204.289	790.44	0.25	158.98
P8	1	532	50	2.6600	62.572	2759.45	0.02	77.755	1609.68	0.04	30.37
P9	1	519.3	50	2.5967	58.190	2693.85	0.02	49.294	1571.41	0.03	7.45
P11	1	508.6	50	2.5429	59.944	2637.98	0.02	72.673	1538.82	0.04	27.20

Maksimum Performans Hedefi: Kontrollü Hasar - Deprem Düzeyi: DD2 Değerlendirme Raporu

Betonarme tribünde 103 nolu düğüm noktasında 0° yönünde kontrollü hasar

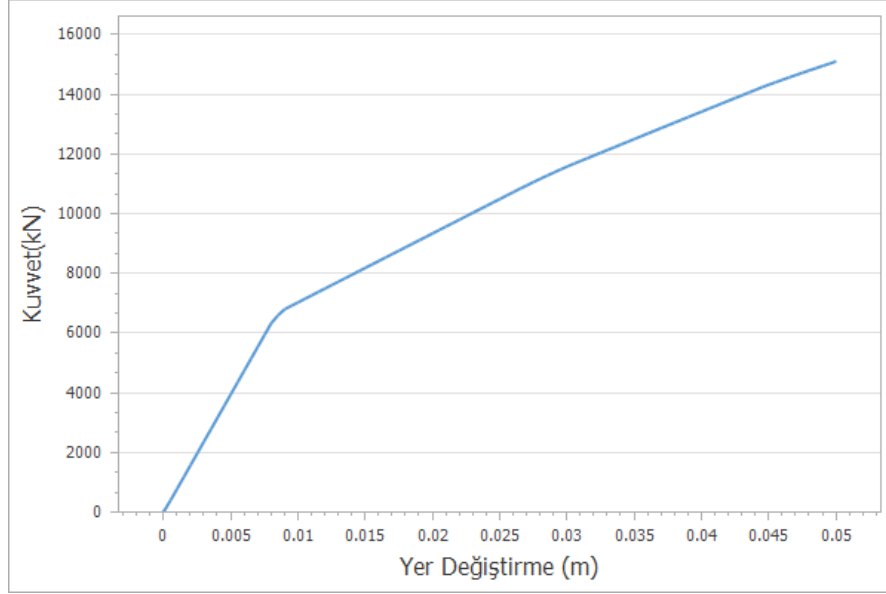
bölgesinde kalması için hedef yer değiştirmesi 0.05 m dir. Gerekli olan performans hedefini sağlayarak güvenli tarafta kalınmıştır. İtme analizi grafiği Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Artımsal İtme Eğrisi

Betonarme tribünde 103 nolu düğüm noktasında 90° yönünde kontrollü hasar bölgesinde kalması için hedef yer değiştirmesi 0.05 m dir. Gerekli olan

performans hedefini sağlayarak güvenli tarafta kalınmıştır. İtme analizi grafiği Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Artımsal itme eğrisi

İdeal performans hedefi için tribünün sınırlı hasar bölgesinde kalması için 0° yönünde hedef yer değiştirmesi 0.0039m olarak hesaplanmıştır. Elastik sınırlar içerisinde kalarak akma seviyesine ulaşmamıştır. Yapılan analiz sonucunda 90° yönünde hedef yerdeğiştirme değeri 0.005m olarak bulunmuş ve sınırlı hasar bölgesinde kalmıştır. Yapıda esnek derz bulunmamasına rağmen yapının görelî ötelemede kurtarmasının nedeni yapıda bulunan kolon ve kirişlerin kesitlerinin büyük olması, kesme kontrolü ve güçlü kolon şartını yerine getirmesinden dolayıdır. Yapılan analiz sonucunda 0° ve 90° yönünde burulma düzensizliği rastlanmıştır. Burulma düzensizliğine sebebiyet veren etken kolonların atalet momentidir. Yapıdaki yük akışı yukarıdan aşağı doğru olduğundan dolayı böyle yapılarda arka kolonların y yönündeki boyutu x yönündeki boyundan fazla olması gerektiği

düşünölmektedir. Yapılan analizler sırasında kolonu kuşatmayan kirişlerin kolona aktardığı yük ve atalet azaltmasından dolayı kolonlarda basınç kuvveti etkin olmamıştır. Ancak kolonlar simetrik kesit olarak tasarlanmış olsaydı sadece basınç kuvveti etkili olacak ve kolonlar eğilmede çok zorlanacaktı. Yönetmelięimiz mevcut bina değerlendirmesinde akma sınırındaki dönme açısını ifade ederken, eğilmeden kaynaklı dönmeleri azaltarak bir formölasyon geliştirmiştir. Bunun sonucunda betonarme tribünün zaman içerisindeki kayma açısını ve donatı kaymasını eklemeyerek yapının doğrusal olmayan şekil değiştirme sınırını hesaba katmamıştır. Bu nedenle insanların yoğun olarak kullandığı yapılarda elastik kontrol yapmak yerine nonlinear analiz yapılmasının daha gerçekçi sonuçlar vereceği düşünölmektedir.

KAYNAKLAR

- 2019, Prota Structure User Guide. Prota Şirketler Grubu.
- Can, E., Balas, E. Ö. 2020. Seferihisar Açıkları (İzmir) Depremi Ön Değerlendirme Raporu. Ankara: Gazi Üniversitesi (Deprem Mühendisliği Uygulama ve Araştırma Merkezi).
- Celep, Z. 2017. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme. İstanbul: Beta Yayınevi.
- Darılmaz, K. 2019. Depreme Dayanıklı Yapıların Tasarımına Giriş. İstanbul, Birsen Yayın.
- Derneği, T.D. 2020. Tbm Deprem Komisyonuna Gönderilen Açıklama Metni. Ankara: TDMD Yönetim Kurulu.
- E. Ergüven,, Z.C. (23 October 2011). M7.2 Based - Van Earthquake Report. İstanbul: ITU Institute of Earthquake Engineering and Disaster Management.
- Enstitüsü, T.S. TS EN 12504-1 (Beton - Yapıda Beton Deneyleri Bölüm 1- Karot Numuneler - Karot Alma, Muayene Ve Basınç Dayanımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü.
- Murat Utkucu, E. B. 2011. A Discussion on the Seismicity and Seismic Hazard of the Marmara Region (NW Turkey). Ankara: Bulletin of the Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University Yerbilimleri, 32 (3): 187-212.
- Ö. Aydan, R.U. 1999. To have the investigation of Kocaeli earthquake of August 17, 1999, İstanbul: Turkey Earthquake Foundation.
- Şahin H., A.K. 2020. Mw 6.8 Sivrice/Elazığ Depremi Elazığ Bölgesi Yapısal Hasarlar İnceleme ve Analiz Raporu. Elazığ: Yapı ve Beton Uygulama ve Araştırma Merkezi, Fırat Üniversitesi.
- Tuncay KA, E. Ö. (Bilim ve Teknoloji Dergisi). Betonarme Bir Okul Binasının 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi. Düzce Üniversitesi.
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. (2019).
- Ülker, R. 1992. 13 Mart 1992 Erzincan depremi hakkında rapor. İstanbul: ITU Yapı ve Deprem Uygulama Araştırma Merkezi.
- Ülker, R. (1998). 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan depremi hakkında rapor. İstanbul: İTÜ Yapı ve Deprem Uygulama Araştırma Merkezi.
- Yönetmelik, D. B. (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. İstanbul: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.