

KESİT HASAR SINIRLARININ BELİRLENMESİNDE SARGILAMA DURUMUNUN ETKİSİ

Hakan ULUTAŞ¹, Hamide TEKELİ², Fuat DEMİR²

¹Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik –Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
hulutas@mehmetakif.edu.tr

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
hamidetekeli@gmail.com, fuaddemir@gmail.com

ÖZET

Birçok ülke yönetmeliğinde, mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi amacıyla bazı yöntemler önerilmiştir. Binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesindeki yöntemler hemen hemen aynı olmasına rağmen bu yöntemlerde uygulanan sınır değerler ülkeden ülkeye değişmektedir. Yöntemin önemli bir kısmını oluşturan bu sınırlar birçok parametreye göre belirlenmektedir. Bu çalışmada, literatürde bulunan bir kolon kesiti üzerinde, farklı ülke yönetmeliklerinde (FEMA ve Eurocode) verilen eleman hasar sınırlarının Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) 2007’de verilen hasar sınırlarıyla karşılaştırılması yapılmıştır. Çözümlenelerde kolon kesitine ait farklı normal kuvvet seviyeleri ve sargılama aralığı dikkate alınmış ve bu parametrelerin (DBYBHY) 2007’de verilen eleman hasar sınırlarına etkisi incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kesit hasar sınırları, Moment-Eğrilik, Sargı

CONFINEMENT EFFECT ON THE DETERMINING SEISMIC DAMAGE LEVEL

ABSTRACT

In many codes, a lot of methods were given to determine seismic safety of Reinforced Concrete (RC) buildings. It can be said that damage levels given by codes are different and varied from countries to countries though almost all methods are similar. It is known that many parameters effect damage levels and therefore these levels obtained by considering conditions of countries. In this study, column section given in the literature is analyzed and damage levels given by many codes are compared for different axial load levels. Damage levels given in Turkish Earthquake Code (TEC) are compared with levels given by FEMA and Eurocode for axial load levels and material.

Keywords: Damage levels, Moment –curvature, Confinement

1. GİRİŞ

2007 yılında yeni deprem yönetmeliğinin yürürlüğe girmesiyle birlikte, betonarme binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesinde performans esaslı yeni yaklaşımların kullanımı zorunlu hale gelmiş ve bu yöntemlerin kullanımı bugün oldukça yaygınlaşmıştır. “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik2007” (DBYBHY’2007)binaların deprem performansının değerlendirilmesi için, diğer birçok çağdaş ülke yönetmeliğinde olduğu gibi kuvvet esaslı ve şekil değiştirme esaslı yöntemlere yer verilmiştir. DBYBHY 2007’de kuvvet esaslı yöntemler “doğrusal elastik”, şekil değiştirme esaslı yöntemler ise “doğrusal elastik olmayan” yöntemler olarak adlandırılmaktadır.

Performans esaslı yaklaşımların en önemli aşamalarından birisi yapısal elemanlardaki hasar düzeylerinin belirlenmesidir. Bu nedenle hasarla doğrudan ilişkili olan şekil değiştirmeleri esas alan yöntemler, kuvvet esaslı

International Burdur Earthquake & Environment Symposium (IBEES2015)

Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu

7-9 May 2015, Mehmet Akif Ersoy University, Burdur-Türkiye

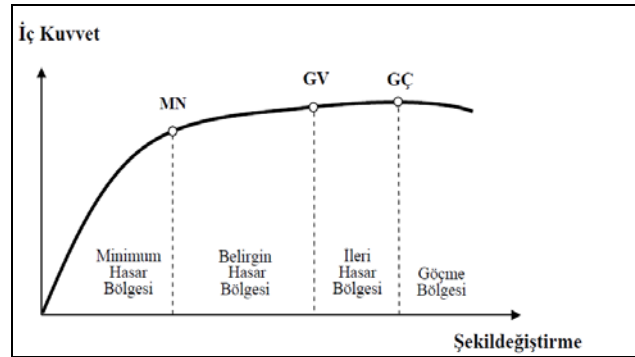
<http://ees2015.mehmetakif.edu.tr> – <http://ees2015.maku.edu.tr>

olanlara göre çok daha güvenilir sonuçlar vermektedir. Bununla birlikte hasarı belirlemek için esas alınan şekil değiştirme parametresi de büyük önem taşımaktadır. DBYBHY 2007’de yer alan doğrusal elastik olmayan yöntemlerde elemanlardaki hasar düzeyi beton ve donatı birim şekil değiştirme değerleri ile belirlenmektedir. DBYBHY 2007’de, beton ve donatı için verilen sınır birim şekil değiştirme değerlerinin, deprem etkileri altında elemanlarda oluşan birim şekil değiştirme talepleri ile karşılaştırılması suretiyle her tür (kiriş, kolon, perde) elemanda hasar düzeyinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca güçlendirilmiş yapısal elemanlar için de söz konusu yaklaşım kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, literatürde bulunan bir kolon kesiti üzerinde eleman hasar sınırlamaları ile ilgili incelemeler yapılmıştır. Öncelikle kolon kesitinin aksenal yük seviyesi sıfır olarak kabul edilmiş ve literatürde bulunan moment eğrilik sonuçları ile BESAM programından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Bu grafik üzerinde DBYBHY 2007, FEMA ve Eurocode 8 yönetmeliklerin deverilen hasar sınırları gösterilerek kıyaslamalar yapılmıştır. İkinci aşamada ise aynı kesit üzerinde farklı sargılama durumları ve farklı aksenal yük seviyeleri için BESAM programı yardımıyla moment eğrilik grafikleri elde edilmiştir. Grafikler üzerinde DBYBHY 2007’de verilen eleman hasar sınırları gösterilmiş ve eleman üzerindeki sargılama durumunun ve aksenal yük seviyesinin değişiminin hasar sınırları üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2.BİNALAR İÇİN PERFORMANS SEVİYELERİ

DBYBHY 2007’ de sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)’dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir. Kritik kesitlerinin hasarı MN’ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi’nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi’nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi’nde, GÇ’yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi’nde yer alırlar (Şekil 1).



Şekil.1 Kesit hasar sınırları (DBYBHY,2007)

DBYBHY2007’nin 7. Bölümünde plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekil değiştirme üst sınırları (kapasiteleri) aşağıda tanımlanmıştır:

(a) Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN) için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları:

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 ; (\epsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (1)$$

(b) Kesit Güvenlik Sınırı (GV) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 ; (\epsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (2)$$

(c) Kesit Göçme Sınırı (GÇ) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları:

$$(\epsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 ; (\epsilon_s)_{GC} = 0.060 \quad (3)$$

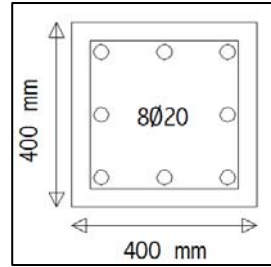
Burada ρ_s / ρ_{sm} kesitte bulunan ve bulunması gereken enine donatının oranıdır. Bu oran, örneğin sargı donatısının hiç olmadığı kesitlerde sıfır, sargı donatısının yeterli olduğu kesitlerde ise bir olarak alınmıştır.

3. FEMA VE EUROCODE YAKLAŞIMLARI

Son yıllarda meydana gelen depremler birçok ülke yönetmeliğinde verilen yöntem ve sınırlamaların düzenlenmesinde son derece etkili olmuştur. Bu çalışmalara paralel olarak Türkiye’de kullanılan deprem yönetmeliğinde de düzenlemeler yapılmıştır. Bu yönetmeliğin en önemli farklarında birisi de mevcut yapıların değerlendirilmesi bölümünün eklenmesidir. Mevcut binaların deprem güvenliğinin belirlenmesine yönelik yaklaşım ve kurallar DBYBHY 2007 ile birlikte Eurocode 8 (2005), ATC-40 (1996) ve FEMA 356 (1997) tarafından da tanımlanmıştır. 2007 yılında FEMA 356 tarafından verilen yöntemlerde çeşitli güncellemeler yapılmıştır (ASCE/SEI 41, 2007 ve Update to ASCE/SEI 41, 2007).

4. SAYISAL ÖRNEK

Bu çalışmada, ilk olarak literatürde (İlki,Celep2011) bulunan bir kolon kesitine (Şekil 2) ait moment eğrilik grafiği üzerinde incelemeler yapılmıştır. Bu kolon kesitine ait boyut ve malzeme özellikleri Tablo 1’ de verilmiştir.

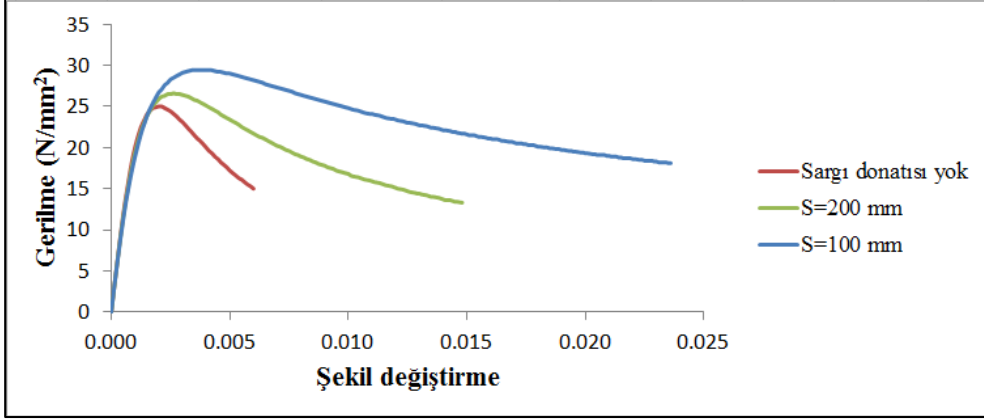


Şekil 2. Kolon kesiti

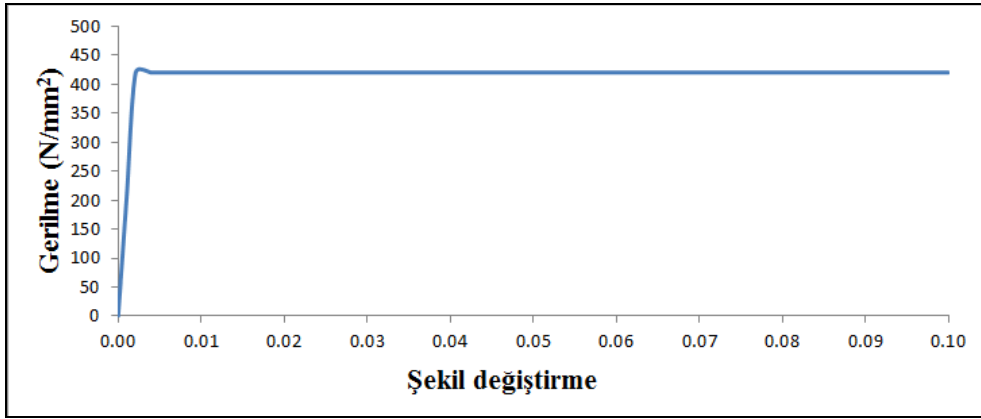
Tablo 1. Kolon kesit özellikleri

Beton sınıfı	Çelik sınıfı	b(mm)	h(mm)	Etriye çapı(mm)	Etriye aralığı(mm)	Boyuna donatı(mm ²)
25	420	400	400	8	∞/100/200	2512

Hesaplamalarda kullanılan betonun sargı durumuna göre gerilme şekil değiştirme diyagramları Şekil 3’te donatının gerilme şekil değiştirme diyagramı ise Şekil 4’te verilmiştir.

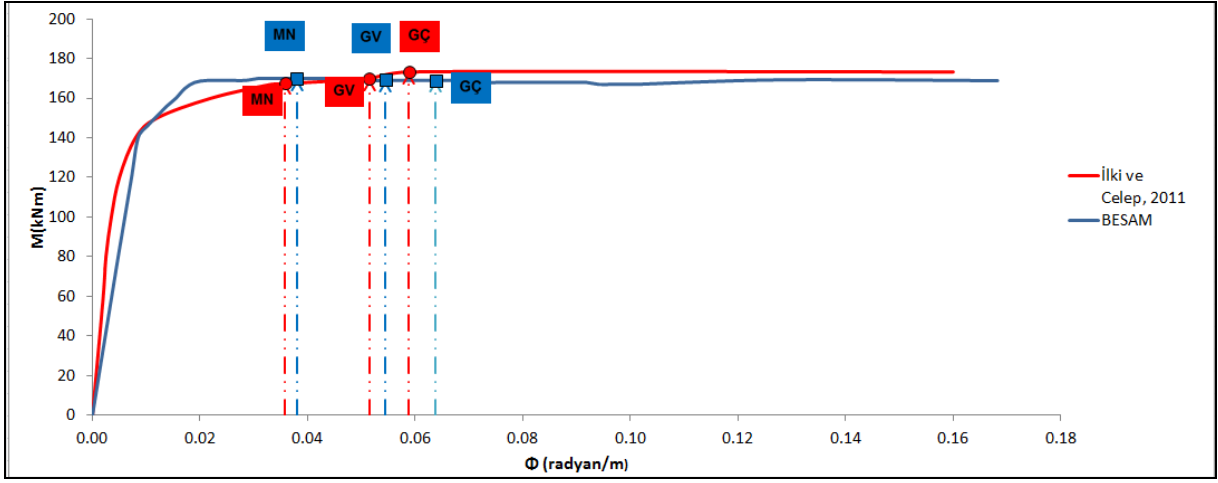


Şekil 3. Hesaplarda kullanılan beton modelinin sargı durumuna göre gerilme şekil değiştirme ilişkileri



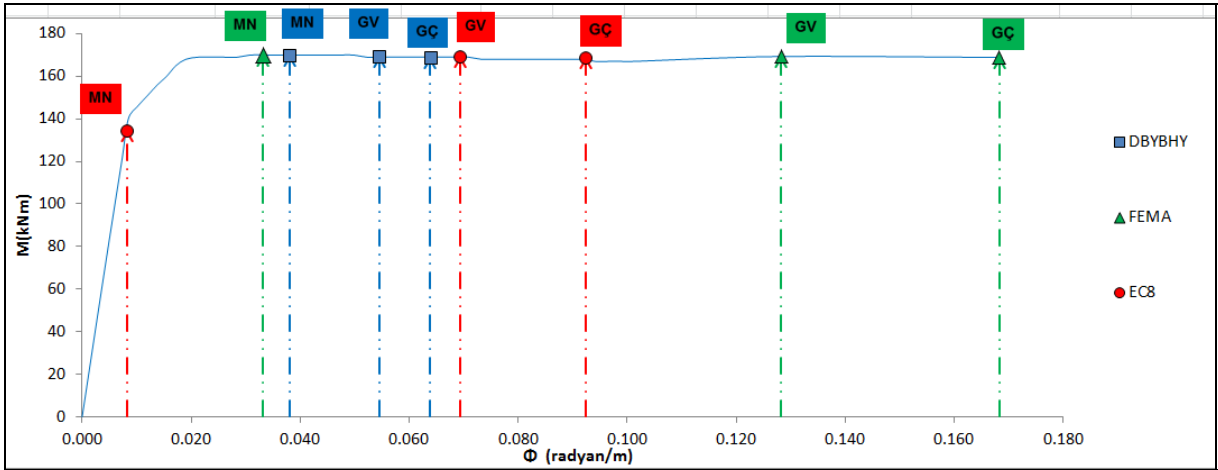
Şekil 4. Hesaplarda kullanılan donatının gerilme şekil değiştirme ilişkisi

Celep ve İlki (2011) tarafından incelenen kesite ait moment eğrilik sonucu ile **B**etonarme **E**lemanlarda **S**argı ve **M**odelleme (BESAM) programı kullanılarak elde edilen moment eğrilik sonuçları karşılaştırılmalı olarak Şekil 5'te verilmiştir. Bu çözümlerde kolon üzerindeki aksenal yük ihmal edilmiş ve aksenal yük seviyesi sıfır olarak dikkate alınmıştır. İlki ve Celep (2011) tarafından verilen ve BESAM programı ile elde edilen DBYBHY2007'egöre hasar sınır değerleri aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlardan BESAM programı sonuçlarının İlki ve Celep (2011) sonuçları ile oldukça uyumlu olduğu görülebilir.



Şekil 5. Moment eğrilik ve DBYBHY 2007'e göre belirlenen hasar sınırları

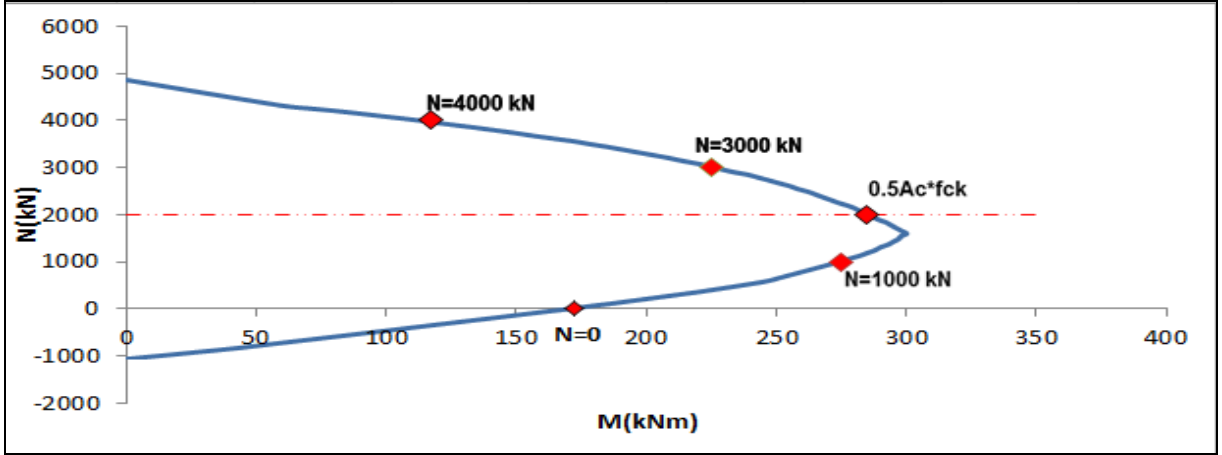
DBYBHY 2007'e göre elde edilen sınır değerler, aynı kesit ve malzeme özellikleri kullanılarak, FEMA ve Eurocode 8 yönetmeliklerinde verilen hasar sınırları ile Şekil 6'da karşılaştırılmıştır. Şekil 6 incelendiğinde yönetmelikler arasındaki farkın oldukça belirgin olduğu görülmektedir. DBYBHY 2007'de öngörülen sınırların FEMA ve EC8'de verilen sınırların çok daha gerisinde kaldığı görülmektedir.



Şekil 6. DBYBHY, FEMA ve Eurocode 8 yönetmeliklerine ait hasar sınırları değerlerinin kıyaslanması

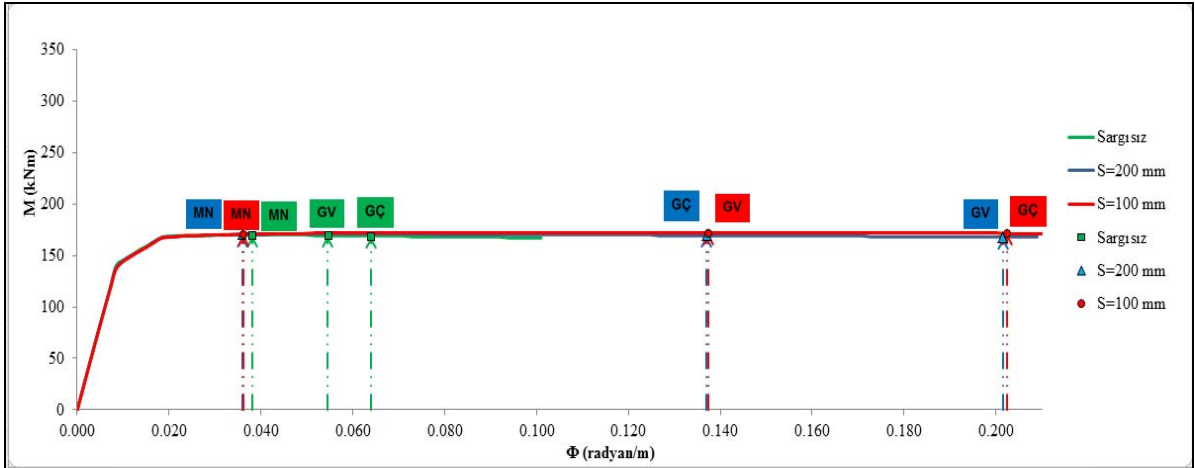
Yapılan çalışmada ikinci olarak, aynı kesit üzerinde farklı normal kuvvet seviyeleri (N/N_0) ve sargılama durumları için hesaplamalar BESAM programı kullanılarak yapılmış ve kesite ait moment eğrilik grafikleri elde edilmiştir. Bu grafikler üzerinde DBYBHY 2007'de verilen eleman hasar sınırlamaları gösterilerek, eksenel yük seviyesinin ve sargılama durumunun değişiminin bu sınırlamalar üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Yapılan çözümlerinde kesite ait eksenel yük seviyeleri (N/N_{0r}) 0, 0.22, 0.67, 0.90 olarak, sargılama durumu ise sargılama donatısının olmadığı, etriyenin $\emptyset 8/10$ ve $\emptyset 8/20$ olması durumları için dikkate alınmıştır. Hesap yapılan farklı eksenel yük seviyeleri, etkileşim diyagramı üzerinde işaretlenerek gösterilmiştir (Şekil 7).

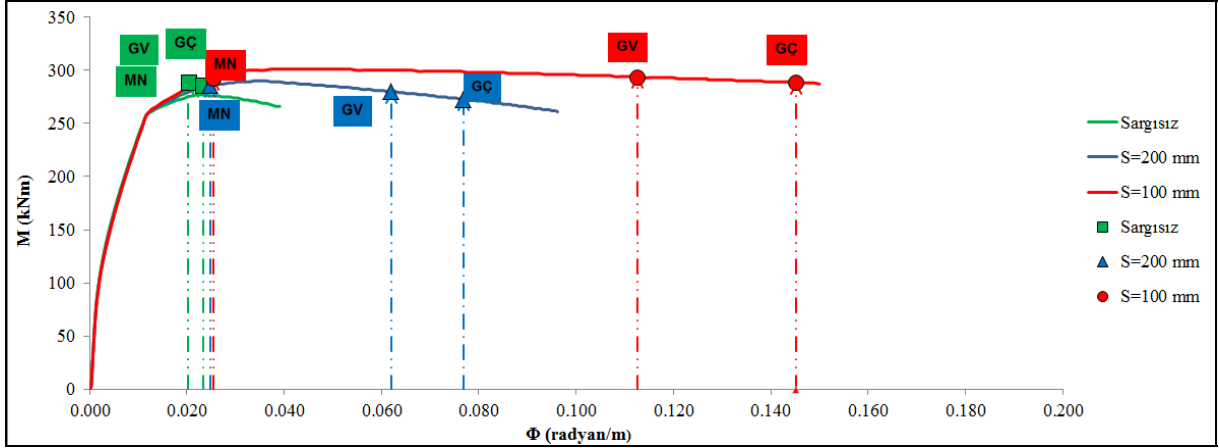


Şekil 7. Mevcut kesit için karşılıklı etki diyagramı ve seçilen eksenel yük değerleri

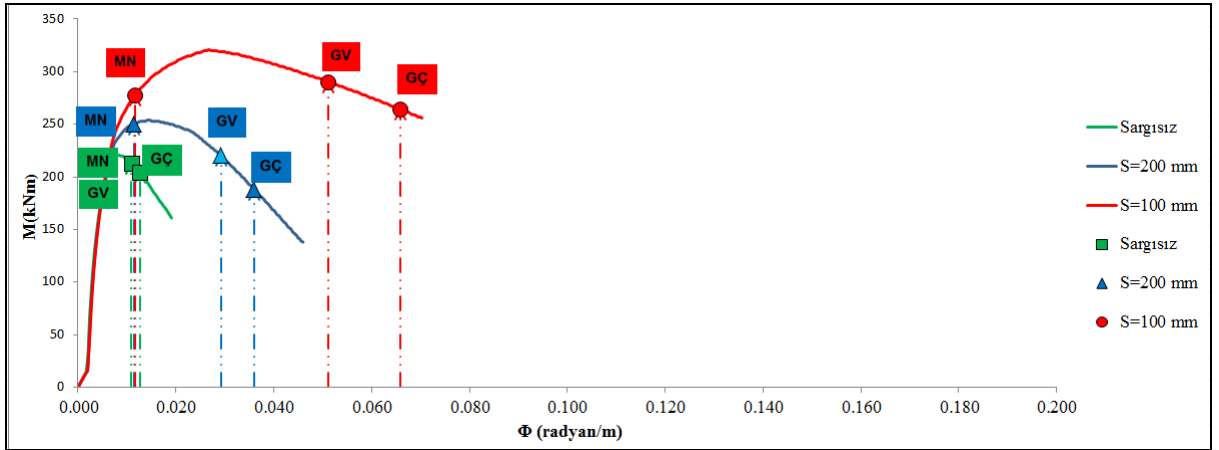
Yapılan çözümlerde elde edilen moment eğrilik grafikleri farklı sargılama durumları da dikkate alınarak, $N/N_{or}=0$ oranı için Şekil 8'de; $N/N_{or}=0.22$ oranı için Şekil 9'da; $N/N_0=0.67$ oranı için Şekil 10'da; $N/N_0=0.9$ oranı için Şekil 11'de verilmiştir.



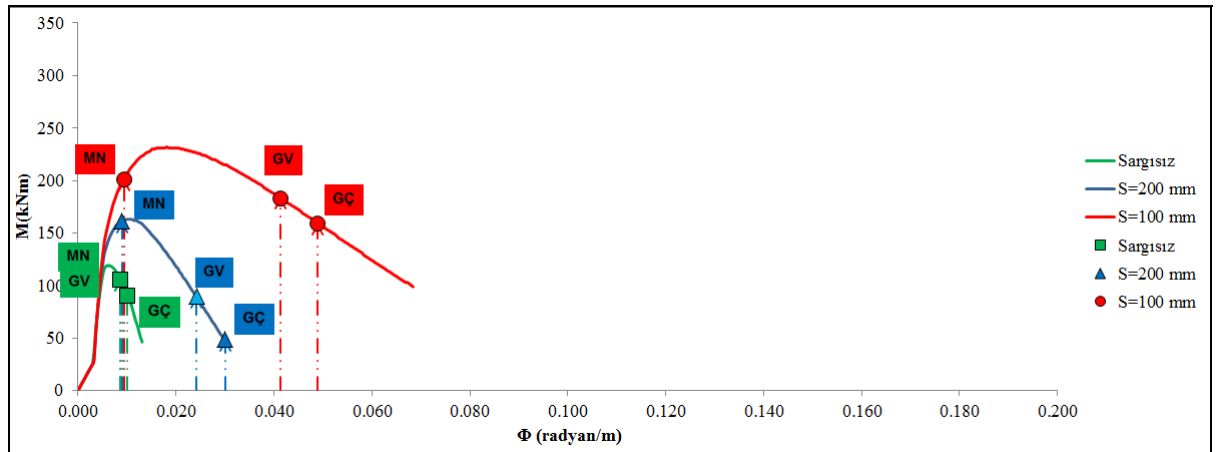
Şekil 8. $N/N_{or} = 0$ için ve farklı sargı miktarlarına göre moment- eğrilik ve hasar seviyeleri



Şekil9. $N/N_{or} = 0.22$ için ve farklı sargı miktarlarına göre moment- eğrilik ve hasar seviyeleri



Şekil 10. $N/N_{or} = 0.67$ için ve farklı sargı miktarlarına göre moment- eğrilik ve hasar seviyeleri



Şekil 11. $N/N_{or} = 0.9$ için ve farklı sargı miktarlarına göre moment- eğrilik ve hasar seviyeleri

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, literatürde bulunan bir kolon kesiti üzerinde, eleman hasar sınırlarının farklı ülke yönetmeliklerine göre (FEMA 356, Eurocode 8, DBYBHY 2007) karşılaştırılması yapılmıştır. Daha sonra çözümlenmelerde kolon kesitine ait farklı eksenel yük seviyeleri (0, 0.22, 0.67, 0.90) ve farklı sargılama durumları (sargılama donatısının olmadığı, etriyenin Ø8/10 ve Ø8/20 olması durumları) dikkate alınarak bu parametrelerin DBYBHY 2007’de verilen eleman hasar sınırı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlardan;

- DBYBHY 2007’e göre elde edilen sınır değerler, FEMA 356 ve Eurocode 8 yönetmeliklerinde verilen hasar sınırları ile karşılaştırıldığında, DBYBHY 2007’de öngörülen sınırların FEMA ve EC8’de verilen sınırların çok daha gerisinde kaldığı,
- Eksenel yük seviyesindeki artışın hem eleman sünekliğini hem de hasar sınırlamalarını önemli derecede azalttığı,
- Sargı donatısının dikkate alınmadığı tüm çözümlerde DBYBHY 2007’egöre belirlenen eleman hasar sınırlamalarının oldukça düşük mertebelerde kaldığı,
- Sargılamanın sık (Ø8/10) ve seyrek (Ø8/20) yapıldığı durumlarda DBYBHY 2007’egöre belirlenen eleman hasar sınırlamalarının eksenel yük seviyesinden oldukça etkilendiği,
- Eksenel yük seviyesinin düşük olduğu durumlarda sargılamanın sık ve seyrek yapılması durumunda elde edilen eleman hasar sınırlamalarının hemen hemen aynı seviyelerde olduğu,
- Ancak eksenel yük seviyesinin artışıyla, sargılamanın etkisinin daha belirgin olarak ortaya çıktığı, sargı aralığının artmasıyla eleman hasar sınırlamalarının önemli derecede azaldığı,
- Sargı miktarı arttıkça beklendiği gibi kesitin moment kapasitesi arttığı,
- Eksenel yük seviyesi arttıkça hasar sınırlarının küçüldüğü, bu yük seviyelerinde sargı miktarının daha da önem kazandığı ve yönetmeliğin öngördüğü sınırlamanın son derece etkili olduğu sonuçları çıkmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 111M119 no’lu proje ile desteklenmiştir. TÜBİTAK’a desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- ATC-40 1996. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Applied Technology Council, California.
- ASCE/SEI 41 2007. Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, American Society of Civil Engineers, Virginia.
- Aydemir, C., Kırçıl, M. S., Hancıoğlu, B., Zorbozan, M. 2011. Betonarme Yapıların Hasar Eğriliklerinin Belirlenmesi, İMO Teknik Dergi, 5613-5642, Yazı 361
- BESAM 2013, Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme Programı, Tübitak 111M119.
- DBYBHY 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- Demir, F., Tekeli, H., Güler, K., Celep, Z., 2013. Binaların Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesinde Kullanılabilecek Yeni Bir Yaklaşım. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Grubu, 135s. Proje No, 111M119.
- Eurocode 8 2005: Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 3: Assessment and Retrofitting of Buildings, European Committee for Standardization, Brussels
- FEMA356 1997. Prestandard and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- İlki, A., Celep, Z. 2011. Betonarme Yapıların Deprem Güvenliği. 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı. ODTÜ, Ankara
- SAP 2000, 2011. Computers and Structures, Inc., v.15.0.0, Structural Analysis Program, Berkeley, CA, USA.