

BETONARME PREFABRİKE SANAYİ YAPILARININ ENERJİ SÖNÜMLEYİCİ DAMPERLER İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

A. Ekinci¹, D. Arslan¹, F.Sütcü² ve Y. Z. Gündoğdu¹

¹ İnşaat Yük. Müh, Miyamoto International, İstanbul

² Yrd. Doç. Dr. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Email: istanbul@miyamotointernational.com

ÖZET:

Bu çalışmada ülkemizdeki sanayi yapılarının büyük bir kısmını temsil eden, çok açıklıklı betonarme prefabrike yapıların yenilikçi yöntemler ile güçlendirilmesi amacıyla yapılan fizibilite çalışması hakkında bilgi verilmektedir. Yapılan çalışmada, konvansiyonel güçlendirme yöntemlerinin sebep olacağı imalat zorlukları, alan kaybı yaşanması ve iş kesintisi durumları göz önüne alınarak enerji sönümleyicilerle güçlendirme yapılması önerilmektedir. Ülkemizdeki mevcut deprem yönetmeliği kapsamında enerji sönümleyiciler ile güçlendirme yöntemleri konusunda bilgi bulunmaması nedeniyle Amerikan yönetmelikleri olan ASCE 41-13 ve FEMA 356 ile Japonya'daki güncel yönetmelikler olan SSDERCS 2001 ve Japan Society of Seismic Isolation (JSSI Manual) yönetmelikleri incelenmiştir. Deprem sonrası sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla hedeflenen performans, hesap depreminde (50 yılda aşılma olasılığı %10 ve tekrarlanma periyodu 475 yıl) Can Güvenliği, en büyük depreminde (50 yılda aşılma olasılığı %2 ve tekrarlanma periyodu 2475 yıl) Göçmenin Önlenmesi olarak belirlenmiştir. Güçlendirme hesapları iki aşamalı olarak ele alınmıştır. İlk aşamada dikkate alınan depremler için ivme ve deplasman spektrumları oluşturularak elastik ön tasarım yapılmıştır. Ön tasarım sayesinde hedeflenen performans için gerekli olan ilave sönüm miktarı ve buna bağlı sönümleyici adedi belirlenmiştir. İkinci aşamada, sahaya özel sismik tehlike analizi yapılarak sahaya özgü tepki spektrumu belirlenmiş ve dinamik analizler için hedef spektruma uyumlu deprem kayıtları seçilmiştir. Hazırlanan ivme kayıtlarıyla doğrusal olmayan zaman-tanım alanında analizler yapılarak ilk aşamada bulunan sonuçlar teyit edilmiştir. Analiz sonuçları, enerji sönümleyiciler kullanılarak yapılan güçlendirme sonucunda sahada betonarme imalatı olmaksızın hedeflenen güçlendirmenin yapılabildiğini ve güçlendirme uygulaması sırasında sanayi yapısında üretim yapılan bölümlerde en az iş kesintisi ile yapının deprem performansının hedeflenen performans seviyesine çıkarılabileceğini göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Betonarme Prefabrike, Sanayi Yapıları, Depreme karşı Güçlendirme, Enerji Sönümleyici, Zaman-Tanım Alanında Analiz

ENERGY DISSIPATING DAMPERS FOR RETROFITTING OF INDUSTRIAL PREFABRIC CONCRETE STRUCTURES

ABSTRACT:

This article presents a feasibility study about using energy dissipating devices for retrofitting of an industrial prefabricated concrete structure in Turkey. The main purpose of using this method is to decrease the construction time, prevent business interruption and probable changes to architecture which are usually caused by conventional retrofitting methods. Since there is no specification on design of seismic dampers in Turkey; international counterparts such as ASCE 41-13 (American Society of Civil Engineers), FEMA 356 (Federal Emergency Management Agency), BRI-2001 (Building Research

Institute-Japan) and JSSI Manual (Japan Society of Seismic Isolation) are examined. The target performance levels are “Life Safety” for the “Design Based Earthquake” (10% probability of exceedance, 475 years return period) and “Collapse Prevention” for the “Maximum Considered Earthquake” (2% probability of exceedance, 2475 years return period). A two-phased approach has been considered for the retrofit design. In the first phase, preliminary elastic design was carried out by using displacement and acceleration spectra for the specified earthquakes. In the second phase, site-specific spectrum has been determined by probabilistic seismic hazard analysis. Moreover, strong ground motions have been selected to match target spectrum for dynamic analyses. Results of the preliminary retrofit design phase has been verified by performing nonlinear time-history analyses. Analysis results shows that, by using viscous dampers to retrofit industrial prefabricated concrete structures, it is possible to obtain the target structural performance levels with minimum business interruption and associated economic loss.

KEY WORDS: Prefabricated Reinforced Concrete, Industrial Structures, Seismic, Retrofitting, Viscous Damper, Friction damper, Time History Analysis

1. GİRİŞ

Türkiye’de endüstriyel yapıların taşıyıcı sistemlerinde prefabrike betonarme elemanlar sıkça kullanılmaktadır. Taşıyıcı elemanların fabrika ortamında yapılması beton kalitesi açısından yerinde dökülmesine göre daha yüksek kalitede imalata olanak tanımakta olup, imalat hızı (sahada yalnızca montaj yapılması) nedeniyle de tercih edilmektedir.

Prefabrike taşıyıcı sistemlerde kolonlar genellikle tekil temellere soketlenerek mesnetlenmektedir. Kolonlar arasında teşkil edilen kiriş ya da düzlem makas elemanlar ile çerçeve sistemi oluşturulmaktadır. Kirişlerin prefabrik olmasına alternatif olarak çelik elemanlarla düzlem çelik makaslar da kullanılmaktadır. Prefabrik sanayi yapılarında çoğunlukla kiriş ve makas elemanlarının kolonlara mafsallı olarak mesnetlenmesi sonucunda, yatay yükler konsol çalışan kolonlar ile zemine aktarılmaktadır. Bu konsol kolonların yatay yüklere maruz kaldığı durumlarda ise temele yakın bölümlerde, kesitte plastikleşme ve kapasite aşımı olduğu daha önce yaşanan depremlerde gözlenmiştir.

Yıkılan ya da hasar alan sanayi yapılarının can kaybı, iş kesintisi ve buna bağlı olarak pazar kayıplarına neden olması sebebiyle bu yapıların deprem performansının hasar limitlerinin üzerinde olacak şekilde tasarlanması ya da güçlendirilmesi gerektiği açıktır. Mevcut yapılarda konvansiyonel yöntemler ile güçlendirme safhasında ise iş kesintisi, iş durdurma ve kullanım alanı kayıplarına yol açmayan alternatif güçlendirme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, yenilikçi güçlendirme yöntemlerden biri olan enerji sönümleyiciler kullanılarak hem güçlendirme safhasında iş kesintisini en aza indirmek hem de deprem sonrası yapı ve can güvenliği sağlanarak pazar kayıplarını önlemek mümkün olmaktadır.

Sismik sönümleyiciler yapısal sistemlerde birçok alanda kullanılmaktadır. Örnek olarak sönümleyiciler titreşimlerin sönümlenebilmesine olanak vermesi nedeniyle, büyük açıklıklı köprülerde, rüzgar etkilerinin büyük olduğu bölgelerdeki yüksek yapılarda yatay salınımın düşürülmesi ve gerekli kullanım konforunun sağlanması amacıyla kullanılmaktadır. Orta ve yüksek binalarda deprem nedeniyle oluşan yatay deplasmanların düşürülmesi de sismik sönümleyicilerle mümkündür. Dünyada yeni yapılarda olduğu kadar bu yaklaşımla sismik güçlendirmesi yapılan birçok örnek uygulama da mevcuttur.

Bu çalışmada, üretim yapan bir sanayi tesisinin yenilikçi bir yöntem olan sismik sönümleyicilerle güçlendirilmesi konusu incelenmiştir. Örnek yapıda 3 vardiya ile 24 saat üretim yapılması ve her vardiyada yaklaşık 1.000 kişinin çalışması nedeniyle konvansiyonel güçlendirmenin mümkün olmadığı görülmüş ve yenilikçi bir yöntem olan

sismik sönümleyiciler ile güçlendirme yöntemi önerilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında mevcut yapı için doğrusal olmayan itme analizi yapılarak mevcut performans seviyesi belirlenmiştir. İkinci aşamada, Sahaya Özel Sismik Tehlike Analizi çalışması sonucu iki yönde toplamda 14 deprem kaydı kullanarak güçlendirilmiş yapı için doğrusal olmayan zaman-tanım alanında analizler yapılarak ilave sönüm miktarı elde edilmiştir. Son bölümde ise güçlendirilmiş yapıda kullanılacak sönümleyicilerin davranışları incelenmiş ve kapasiteleri belirlenmiştir. Önerilen yöntem ile yapılan güçlendirmede, sahada betonarme imalat yapılmadan en az iş kesintisi ile güçlendirme çalışması yapılmıştır.

2. MEVCUT YAPININ PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

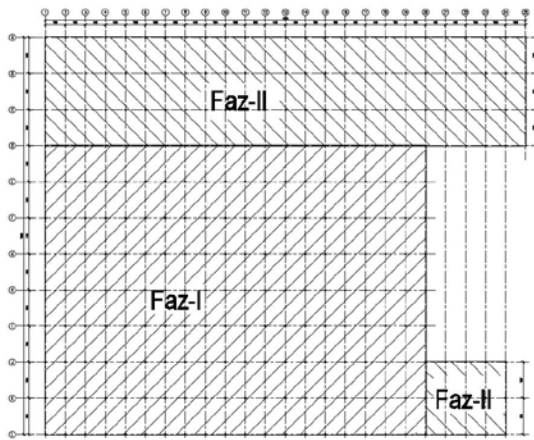
Çalışma konusu sanayi yapısı, 9 m yüksekliğinde kolonları üstten mafsallı prefabrike makaslı bir taşıyıcı sisteme sahip olup farklı zamanlarda inşa edilmiş iki fazdan/bölümden oluşmaktadır. Bölümler arasında dilatasyon olmayıp, prefabrike makaslar ve kolonlar doğrudan ilave edilmiş ve süreklilik sağlanmıştır.

2.1 Taşıyıcı Sistem Geometrik Detayları

Çalışma konusu sanayi yapısının taşıyıcı sistem detayları sahada yürütülen rölöve çalışması ve mevcut projeleri incelenerek belirlenmiştir ve elde edilen özet veriler Tablo 1 ve Şekil 1 de gösterilmektedir.

Tablo 1. Fazlara göre taşıyıcı sistem detayları

Yapı	Kolon Kesitleri	Çatı Taşıyıcıları	Aks Sayısı		Aks Açıklıkları (m)	
			Kısa Yön (X)	Uzun Yön (Y)	Kısa Yön (X)	Uzun Yön (Y)
Faz-I	60x60 cm Kare Kesit	Prefabrike Makas	8	20	18	10
Faz-II	50x50 cm Kare Kesit	Prefabrike Makas	3	25	18	10



Şekil 1. Sanayi yapısı inşaat fazları (a) ve kolon-makas birleşimi (b)

2.2 Malzeme Sınıfının Belirlenmesi

Sanayi yapısı taşıyıcı elemanlarına ait yapısal malzeme sınıfları tahribatlı ve tahribatsız malzeme testleri ile belirlenmiştir. Test sonuçlarının özeti Tablo 2’de sunulmaktadır.

Tablo 2. Yapısal malzeme sınıfları özet tablosu

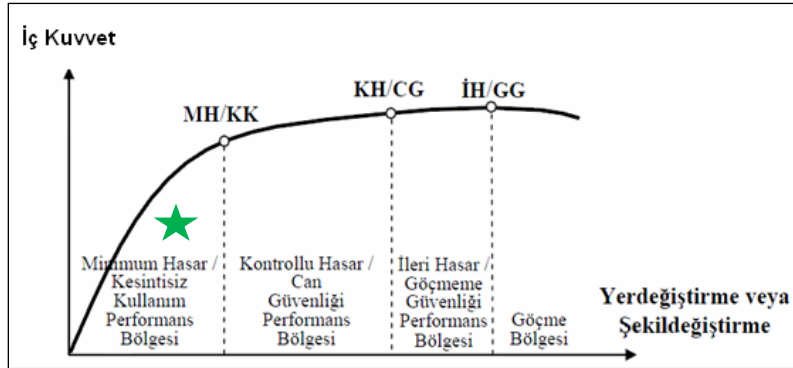
Yapı	Kolon Kesitleri						Sargı
------	-----------------	--	--	--	--	--	-------

		Beton Dayanımı (MPa)	Eğilme Donatısı Oranı	Eğilme Donatısı Sınıfı	Kesme Donatısı	Kesme Donatısı Sınıfı	
Faz-I	60x60 cm Kare Kesit	25	2.03%	S420a	Ø8/20	S220a	Yetersiz
Faz-II	50x50 cm Kare Kesit	25	2.50%	S420a	Ø8/20	S220a	Yetersiz

2.3 Depremsellik Bilgileri ve Performans Hedefi

Sanayi yapısı, Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY-2007)'ne göre 1. Derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. Yapının bulunduğu zemin sınıfı daha önce hazırlanan zemin etüt raporunda Z3 olarak belirtilmiştir.

DBYBHY-2007'ye göre, fabrika türü yapılar için en az "Can Güvenliği" performans seviyesi hedeflenmektedir. Ancak, bu çalışmada iş sürdürülebilirliğinin sağlanması için "Kesintisiz Kullanım" performansı hedeflenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Hedeflenen performans düzeyi

2.4 Sahaya Özgü Sismik Tehlike Raporu

Hazırlanan "Sahaya Özgü Sismik Tehlike Raporu"nda gösterilen deprem spektrumu Şekil 3'te gösterilmiştir ve ilgili parametreler aşağıda verilmiştir.

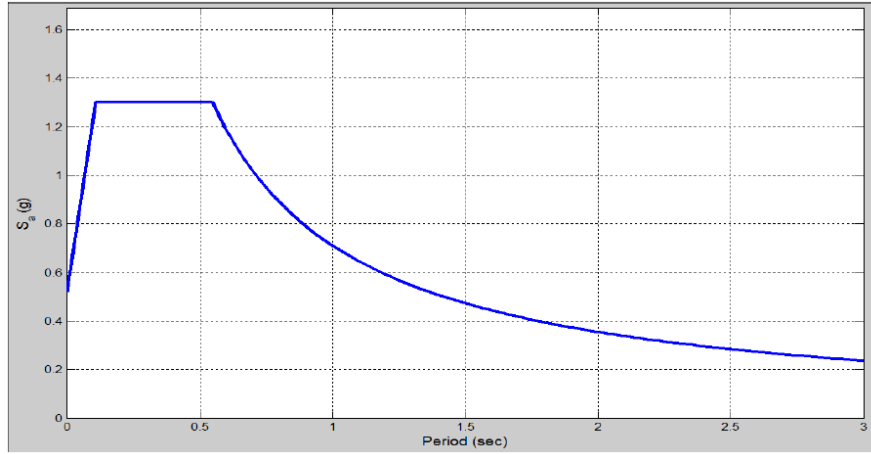
50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için Elastik Deprem Spektrumu – T= 475 yıl

Zemin Sınıfı: Z3 Sınıfı

TA = 0.15sn, TB= 0.60sn

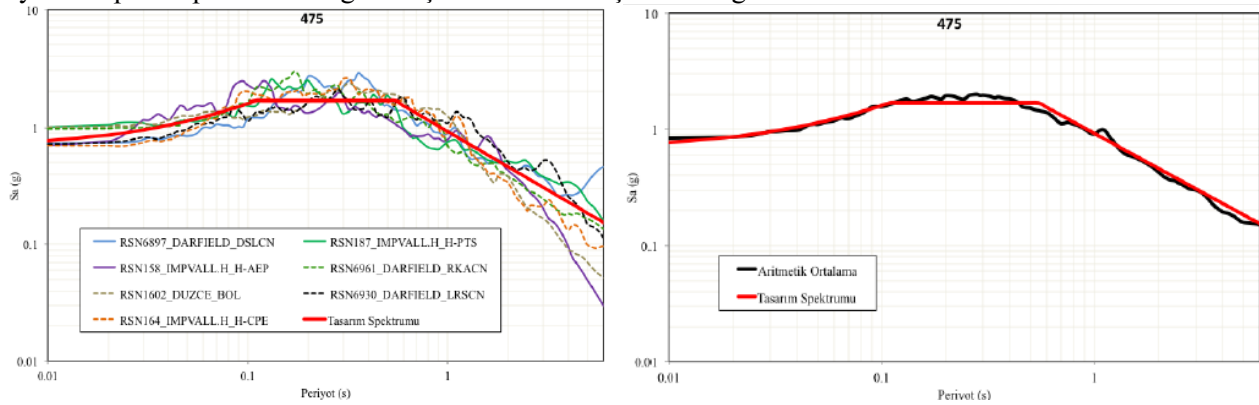
Deprem Bölgesi: 1. Derece deprem bölgesi

A₀ = 0.52 g, I= 1, R= 1 (Elastik Deprem Spektrumu)



Şekil 3. Birinci bölge Z3 zemin 475 yıl periyotlu yatay ivme spektrumu

Çalışma konusu sanayi yapısının ön değerlendirmesi için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler yürütülmüştür. Bu analizlerde kullanılan 7 deprem kaydının sahaya özel sismik tehlike raporundaki 475 yıl periyotlu deprem spektrumuna göre ölçeklendirilmesi Şekil 4'te gösterilmektedir.



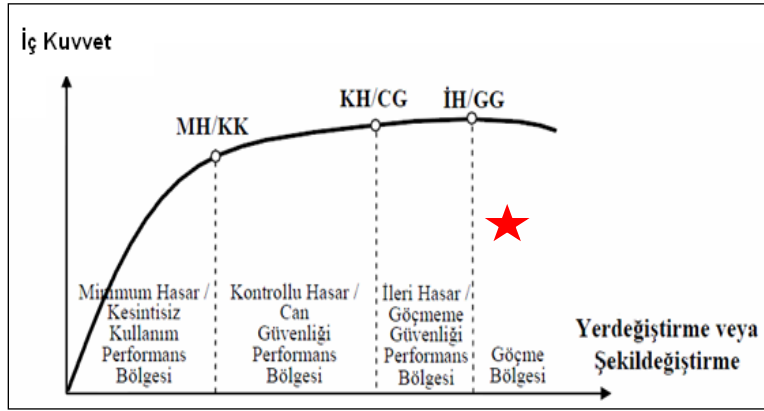
Şekil 4. Sahaya özel kayıtların tasarım spektrumu ile eşleştirilmesi

2.5 Yapının Mevcut Durumundaki Performans Seviyesi

Mevcut yapının deprem performansının, zaman-tanım alanında yapılan analizler sonucunda Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre "Göçme Bölgesi"nde olduğu görülmüştür. Tablo 3'te tüm yapı kolonlarında oluşan hasar durumları özetlenmiştir. Yapının performans seviyesi ise Şekil 5'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Mevcut durum hasar seviyesi özet durumu

KISA YÖN KOLON SAYISI 272 100%	UZUN YÖN KOLON SAYISI 272 100%
GÖÇME BÖLGESİ 253 93%	GÖÇME BÖLGESİ 221 81%
İLERİ HASAR BÖLGESİ 12 4%	İLERİ HASAR BÖLGESİ 42 15%
BELİRGİN HASAR BÖLGESİ 7 3%	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ 9 3%
MİNİMUM HASAR BÖLGESİ 0 0%	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ 0 0%
Göçme Performans Durumu	Göçme Performans Durumu



Şekil 5. Mevcut durum performansı

Yapının “Can Güvenliği” performansını sağlayamamasının başlıca nedenleri şunlardır:

1. Kolon donatılarının “sargısız” olması,
2. Kolon en kesit boyutlarının yetersiz olması,
3. Beton kalitesinin yetersiz olması,
4. Ağır çatı kaplaması (Betonarme pi plak tipi kaplama)

Güçlendirme amaçlı çözüm yöntemi araştırması sırasında fabrika yönetimi ile yapılan görüşmelerde, daha önce çatı kaplamasının kaldırılarak hafif çatı kaplamasıyla değiştirilmek istendiği ancak uygulama zorlukları ve iş kesintisi yaratması sebebiyle bu uygulamadan vazgeçildiği belirtilmiştir. Bu sebeple, yapılacak çözüm önerisinde çatı kaplamasının daha hafif bir alternatif ile değiştirilmesi yöntemi göz önüne alınmamıştır.

3. SİSMİK ENERJİ SÖNÜMLEYİCİLER İLE GÜÇLENDİRME

Fizibilite çalışması sırasında viskoz ve sürtünmeli (lineer-sürtünme) sönümleyicilerle çeşitli analizler yapılarak sonuçları irdelenmiştir. Enerji sönümleyicilerle güçlendirme uygulaması yapıda minimum iş kesintisine olanak sağlaması nedeniyle payanda tipi (bkz. Şekil 8–9) çapraz sönümleyiciler ile güçlendirme konfigürasyonu planlanmıştır. Lokasyon olarak tepe bağlantı noktasına yakın noktaların seçilmesine rağmen kolon elemanlarının davranışından dolayı sönümleyicilerdeki uzama/kısalma (Stroke) değeri küçük olacaktır.

Enerji sönümleyiciler Sap2000 yapısal analiz yazılımında Maxwell yayı (Viskoz) ve Plastik Wen yayı (Sürtünmeli) esas alınarak nonlineer olarak modellenmiştir.

Viskoz sönümleyiciler ile yapılacak analizler için fizibilite çalışmasına başlarken ilk aşamada tüm akslardaki kolonlarda enerji sönümleyici yerleştirileceği kabulü yapılmıştır. İlave edilen sönümleyiciler sayesinde ulaşılan ek sönüm değeri FEMA 274’te verilen Denklem 1 ile hesaplanmıştır.

$$\beta_{eff} = \frac{\frac{W_{DE}}{m} + 4q(A_y D - D_y A)}{2\pi A D} \quad (1)$$

Denklem 1’de W_{DE} enerji sönümleyici tarafından sönmölenen enerji, m efektif kütle, A , A_y , D , D_y bilineer kapasite diyagramı köşe değerleridir. Hesaplanan sönüm oranına göre davranış spektrumunda yapılan azaltma FEMA 440’da verilen Denklem 2 ve Denklem 3 ile hesaplanmıştır.

$$B = \frac{4}{5,6 - \ln \beta_{eff}} \quad (2)$$

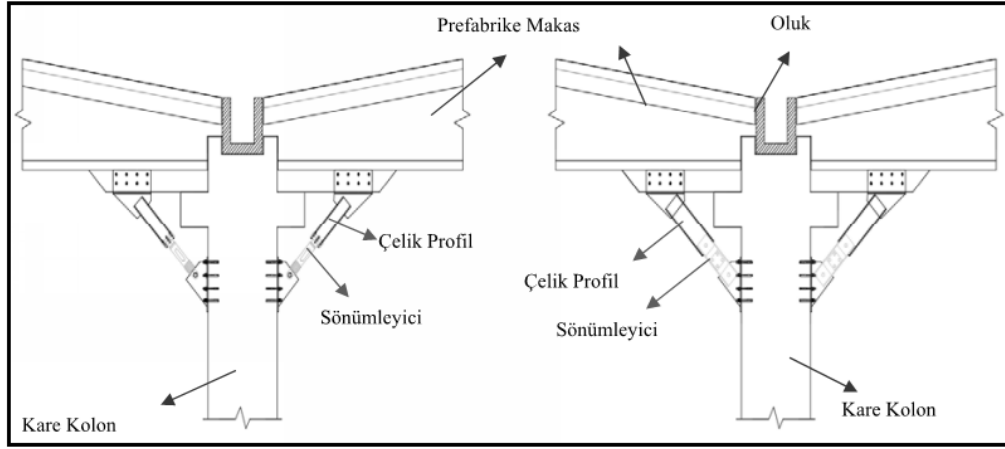
$$(S_a)_\beta = \frac{(S_a)_0}{B(\beta_{eff})} \quad (3)$$

Denklem 2’de B spektrum azaltma katsayısı, Denklem 3’de $(S_a)_0$ %5 sönümlü davranış spektrumu ivme değeridir. Sürtünmeli sönümleyicinin kullanıldığı çalışmada sönümleyiciler sayesinde ulaşılan ek sönüm değeri FEMA 274’te verilen Denklem 4 ile hesaplanmıştır.

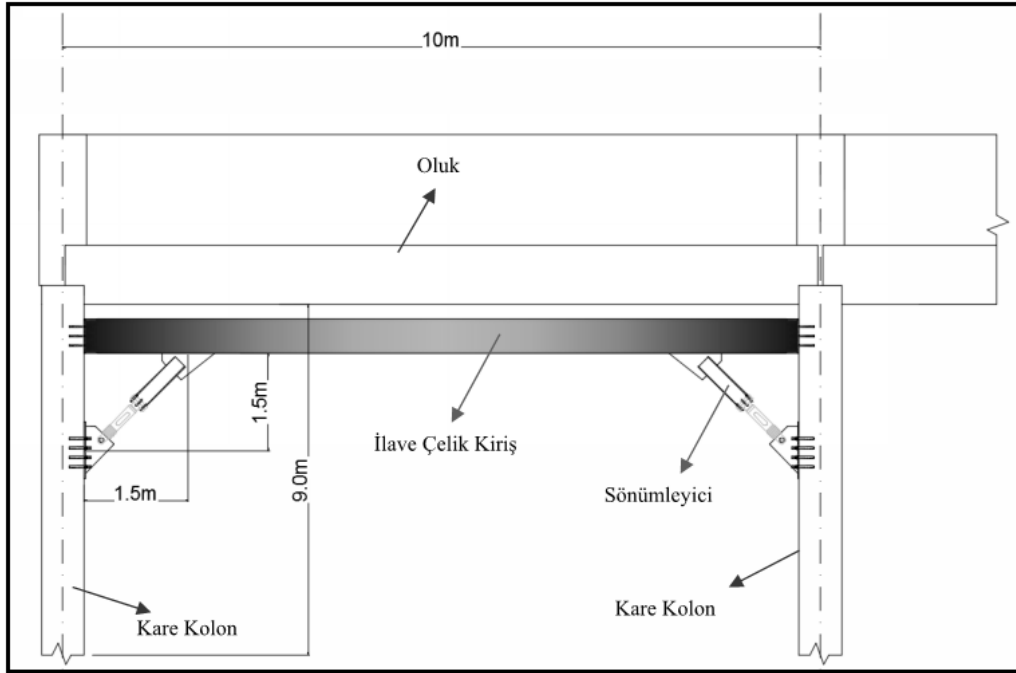
$$\beta_{eff} = \beta + \frac{\sum_i W_j}{4\pi W_k} \quad (4)$$

Denklem 4’te β çerçevenin içsel sönümü, W_j enerji sönümleyicinin 1 çevrimde sönmölediği enerji, W_k ise çerçevenin elastik enerjisi olup FEMA 274’de verilen Denklem 5 ile hesaplanmıştır.

$$W_k = \frac{1}{2} \sum_i F_i \delta_i \quad (5)$$



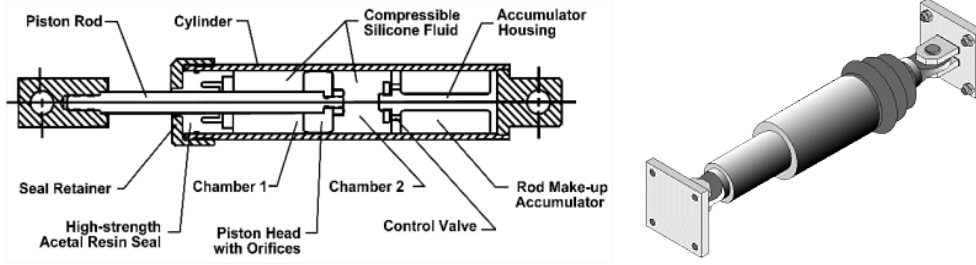
Şekil 8. Yapı kısa doğrultusu önerilen viskoz sönümleyici yerleşimi



Şekil 9. Yapı uzun doğrultusu önerilen viskoz sönümleyici yerleşimi

3.1 Viskoz Tip Sönümleyiciler

Viskoz tip sönümleyiciler, viskoz bir akışkanın bir hazneden başka bir hazneye geçerken oluşturduğu viskoz sürtünme ile deprem enerjisinin sönümlenmesi esasına göre çalışır. Bu tip sönümleyicilerde yağ veya silikon bazlı akışkanlar kullanılabilir ve sönümlenen enerji ısıya dönüşür.



Şekil 6. Tipik viskoz sönümleyici detayı

3.2 Lineer Tip Sürtünmeli Sönümleyiciler

Lineer tip sürtünmeli sönümleyiciler, metal plakaların birbirleri ile özel bir sürtünmeli yüzey üzerinde temas ettirilerek bulonlar ile birleştirilmesi şeklinde teşkil edilirler. Bu tip sönümleyiciler, belirli bir yüke ulaştıktan sonra sürtünme eşiği aşılarak çalışmaya başlarlar.



Şekil 7. Tipik lineer sürtünmeli sönümleyici detayı

3.3 Analiz Özet Sonuçları

Viskoz ve Sürtünmeli tip sönümleyici ilavesi ile yapılan analiz sonuçları aşağıdaki tablolar ile ayrı ayrı özetlenmiştir.

Viskoz tip sönümleyici analizlerinde, yapıya kısa yönde 329 viskoz sönümleyici ilavesi, uzun yönde de 389 viskoz sönümleyici ilavesi yapılmıştır. Bu durumda, kısa yöndeki mevcut kolon yüzlerinin %68'ine (329/486*), uzun yönde ise %67' sine (329/486*) müdahale edilmiştir. Analizler sonucunda, Tablo 4'te gösterildiği gibi, toplamda 5 kolonun ileri hasar bölgesinde, 288 kolonun belirgin hasar bölgesinde kalan kolonların ise minimum hasar sınırının altında kaldığı görülmüştür. Bu haliyle yapıda "Can Güvenliği" performans düzeyi sağlanamamıştır.

* : Sönümleyici ilavesi yapılabilecek toplam kolon yüzü sayısı

Tablo 4. Viskoz sönümleyici ile güçlendirilmiş durum hasar seviyeleri özeti

KISA YÖN KOLON SAYISI	272	100%	UZUN YÖN KOLON SAYISI	272	100%
GÖÇME BÖLGESİ	0	0%	GÖÇME BÖLGESİ	0	0%
İLERİ HASAR BÖLGESİ	0	0%	İLERİ HASAR BÖLGESİ	5	2%
BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	180	66%	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	108	40%
MİNİMUM HASAR BÖLGESİ	92	34%	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ	159	58%
Can Güvenliği Performans Durumu			Can Güvenliği Performans Durumu		

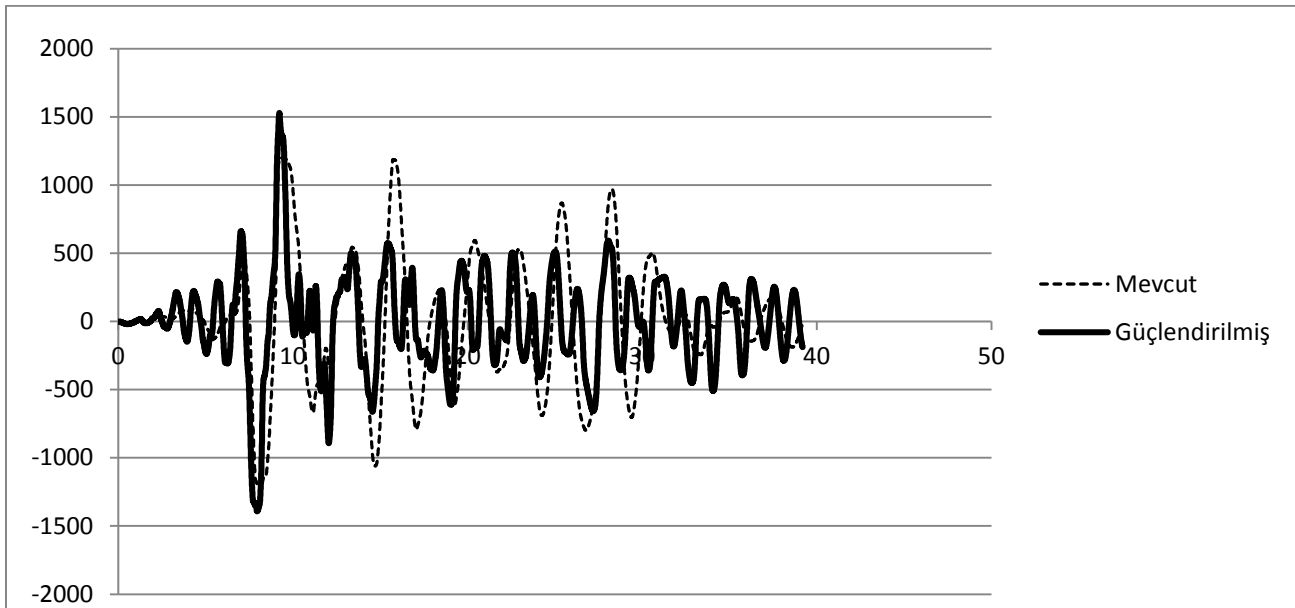
Sürtünmeli tip sönümleyici analizlerinde, yapıya kısa yönde 322 viskoz sönümleyici ilavesi, uzun yönde de 360 viskoz sönümleyici ilavesi yapılmıştır. Bu durumda, kısa yönde mevcut kolon yüzlerinin %66'sına (322/486*), uzun yönde ise %74'üne (360/486*) müdahale edilmiştir. Analizler sonucunda, Tablo 5'te gösterildiği gibi, ileri hasar ya da belirgin hasar bölgesinde kalan kolon olmadığı ve tüm kolonların minimum hasar sınırının altında kaldığı görülmüştür. Bu haliyle yapı "Can Güvenliği" performans düzeyindedir.

* : Sönümleyici ilavesi yapılabilecek toplam kolon yüzü sayısı

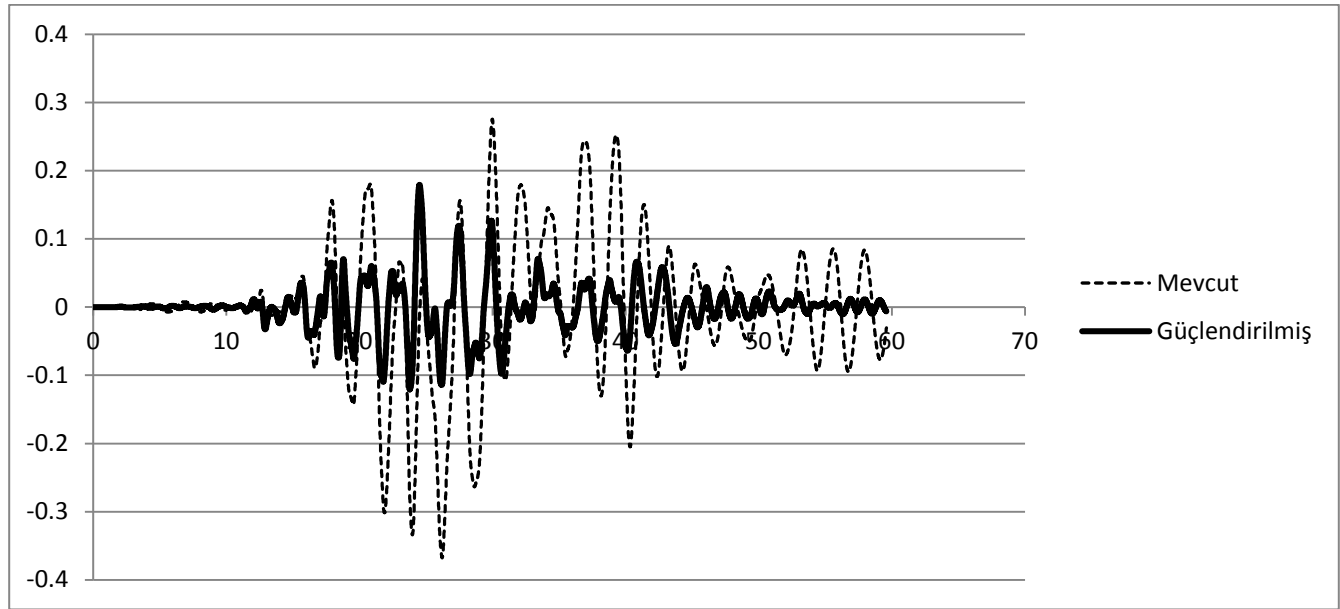
Tablo 5. Lineer sürtünmeli sönümleyici ile güçlendirilmiş durum hasar seviyeleri özeti

KISA YÖN KOLON SAYISI	272	100%	UZUN YÖN KOLON SAYISI	272	100%
GÖÇME BÖLGESİ	0	0%	GÖÇME BÖLGESİ	0	0%
İLERİ HASAR BÖLGESİ	0	0%	İLERİ HASAR BÖLGESİ	0	0%
BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	0	0%	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	0	0%
MİNİMUM HASAR BÖLGESİ	272	100%	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ	272	100%
Can Güvenliği Performans Durumu			Can Güvenliği Performans Durumu		

Analizin bir sonraki aşamasında yapının mevcut ve sürtünme esaslı sönümleyiciler ile güçlendirilmiş durumları, yapıya etkileyen taban kesme kuvveti ve çatı deplasmanı gözetilerek karşılaştırılmış ve sonuçlar en olumsuz deprem kaydı için Şekil 8'de ve Şekil 9'da verilmiştir. Verilen grafikten de görülebileceği üzere, yapıya etkileyen taban kesme kuvvetinde gözle görülür bir azalma olmazken çatı deplasmanının güçlendirilmiş durumda %55~60 mertebesinde azaldığı görülmüştür. Sürtünme esaslı sönümleyiciler yapıya sönüm ile birlikte rijitlikte ilave etmektedir. İlave sönüm nedeniyle yapısal tepkiler azalsa bile artan rijitliğin etkisiyle taban kesme kuvvetinde büyük azalmalar beklenmemektedir. Çatı deplasmanı ise hem sönüm hem de rijitlikteki artışlar nedeniyle önemli oranda azalmakta ve yapısal elemanların beklenen hasar seviyeleri oldukça küçülmektedir.



Şekil 8. Lineer sürtünmeli sönümleyici güçlendirmesi, taban kesme kuvveti karşılaştırılması



Şekil 9. Lineer sürtünmeli sönümleyici güçlendirmesi çatı deplasmanı karşılaştırması

4. SONUÇ

Bu çalışmada viskoz ve sürtünme esaslı sismik sönümleyicilerle sanayi tipi bir yapının yapısal güçlendirme fizibilite çalışması sunulmaktadır. Çalışma konusu sanayi yapısının kısa ve uzun doğrultuları için sönümleyici tipi ve adetine göre iki alternatifli (viskoz ve sürtünmeli tip) güçlendirme analizleri yürütülmüştür. Yürütülen çalışmada, Sahaya Özgü Sismik Tehlike Raporu'nda belirtilen tasarım depremi ile uyumlu yedi adet deprem kaydı kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılmıştır.

İlk aşamada, her iki doğrultuda tüm kolon yüzlerinde (486 adet) sönümleyici yerleştirilebileceği kabulü yapılarak hesaplar tamamlanmıştır. Yapılan bu kabul ile yapının mevcut performansının “Can Güvenliği” performans seviyesine yükseltilebileceği görülmüştür. İkinci aşamada, saha çalışması yapılarak kolon yüzlerine teşkil edilebilecek sönümleyici sayıları belirlenmiştir. Viskoz sönümleyicilerin dâhil edildiği üçüncü aşamadaki çözümlerde ise, kısa yönde kolon yüzlerinin %66'sında, uzun yönde ise %74'ünde teşkil edilmesine rağmen analiz sonuçlarına göre “Can Güvenliği” performans düzeyinin yakalanamadığı görülmüştür. Sürtünme esaslı sönümleyici kullanılması durumunda ise kısa yönde kolon yüzlerinin %66'sında, uzun yönde ise %74'ünde sönümleyici kullanarak analizler tekrar gerçekleştirilmiş ve “Can Güvenliği” performans seviyesinin yakalandığı görülmüştür. Analizler sonucunda her biri 75 kN kapasiteli sürtünmeli sönümleyicilerin kullanılmasının çalışma konusu yapının deprem davranışı, ekonomi ve iş sürdürülebilirliği gibi önemli parametreler bakımından daha uygun olacağı görülmüştür.

Çalışmanın ilk aşamasında sönümleyiciler ile güçlendirme sonrası “Kesintisiz Kullanım” performans seviyesi hedeflenmiş olsa da yapılan analizler sonucu yapı mevcut durumundan “Can Güvenliği” performans seviyesine yükseltilmiştir. Yapının kullanım şartları nedeni ile daha yüksek performans seviyeleri için yeterince sönümleyici ilavesinin yapılamamaktadır. Yürütülen fizibilite çalışması sonucunda, sönümleyici tipi seçiminin yapının taşıyıcı sistemine, bölgenin depremselliğine, yük ve kullanım yoğunluğuna göre farklılıklar gösterebileceği anlaşılmıştır. Yapısal elemanlara müdahale etmeden Can Güvenliği performans seviyesinin yakalanması son derece olumlu bir sonuç olarak değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

ASCE 41-13, (2013). Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA.

DBYBHY-2007 (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.

FEMA 440 (2005). Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, Federal Emergency Management Agency, Washington, USA.

FEMA 356-2000, (2000). Prestandart and Commentary For The Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington, USA.

JSSI Manual, (2003). Design and Construction Manual for Passively Controlled Buildings, Japan Society of Seismic Isolation, Tokyo, Japan.

SSDERCS 2001,(2001). Standard for Seismic Diagnosis of Existing Reinforced Concrete Structures, The Japan Building Disaster Prevention Association.