



# Farklı Dolgu Tipleri için Çerçevelerin İtme Analizi ile Kıyaslanması

İbrahim Baran Karasın<sup>1\*</sup>, Mehmet Emin Öncü<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-5990-1215), [barankarasin@gmail.com](mailto:barankarasin@gmail.com)

<sup>2</sup> Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6434-293X), [oncume@dicle.edu.tr](mailto:oncume@dicle.edu.tr)

(3rd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2022, July 20-23, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1144414)

**ATIF/REFERENCE:** Karasın İ. B. & Öncü ME. (2022). Farklı Dolgu Tipleri için Çerçevelerin İtme Analizi ile Kıyaslanması. *European Journal of Science and Technology*, (39), 91-96.

## Öz

Depreme dayanıklı yapı tasarımı, gerçekleşen yıkıcı depremler neticesinde önemini giderek artırmaktadır. Jeolojik hareketler sonucu gerçekleşen bir doğa olayı olan deprem, deprem etkisi altındaki yapıların davranışlarına göre doğal afete dönüşebilmektedir. Bu çalışmada, yapılar üzerindeki deprem etkisini azaltmak amacıyla güçlendirilmiş bir duvar modeli diğer çerçeve tipleri ile kıyaslanmıştır. Bu güçlendirilmiş duvar modeli ile yapının, perdeli sistemlere göre daha sünek, boş çerçeveli sistemlere göre ise daha rijit olması amaçlanmıştır. Performansa dayalı tasarım kapsamında güncel ve yaygın olarak kullanılmakta olan Statik İtme Analizi (Static Pushover Analysis) kullanılmıştır. Pushover analiz metodu detaylıca izah edilmiş olup tüm modellere uygulanmıştır. Analizler ile kıyaslama yapılabilmesi amacıyla tek katlı çerçeve modelleri; boş çerçeve, perdeli çerçeve ve güçlendirilmiş duvar modeli ile modellenen çerçeve kendi içinde 15x15 ve 20x20 (santimetre) olmak üzere iki farklı tipi olup, toplam 4 modeldir. Bu modeller süneklik ve rijitlik açılarından karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Performansa Dayalı Tasarım, Pushover Analiz, Çerçeve Modeli.

## Comparison of Frames with Pushover Analysis for Different Infill Types

### Abstract

Earthquake-resistant building design is becoming increasingly important as a result of destructive earthquakes. Earthquake, which is a natural event that occurs as a result of geological movements, can turn into a natural disaster according to the behavior of the structures under the influence of earthquakes. In this study, a reinforced wall model was compared with other frame types in order to reduce the earthquake effect on the structures. With this reinforced wall model, the building is intended to be more ductile than shear wall systems and more rigid than bare frame systems. Static Pushover Analysis, which is currently and widely used, was used within the scope of performance-based design. The pushover analysis method is explained in detail and applied to all models. Single-storey frame models in order to make comparisons with the analyzes; The frame modeled with bare frame, shear wall frame and reinforced wall model has two different types, 15x15 and 20x20 (in centimeters) , in total, 4 models. These models were compared and interpreted in terms of ductility and stiffness.

**Keywords:** Performance Based Design, Pushover Analysis, Framework Model.

## 1. Giriş

Özellikle son yıllarda dünyada yaşanan yıkıcı depremler ve bu depremlerde oluşan büyük çaplı can ve mal kayıpları deprem konusunda yapılan çalışmaları, araştırmaları ve deprem öncesi alınacak önlemlerin önemini gündeme getirmiştir. Bu bağlamda, güncel yapı stokunun büyük bir kısmını oluşturan betonarme yapıların direnç esaslı tasarımı oldukça önem kazanmıştır. Bu çalışmada betonarme yapıların depreme dayanıklı tasarımına katkıda bulunacak olan güçlendirilmiş bir duvar modeli önerilmeye çalışılacaktır. Betonarme binaların büyük bir kısmı bölme duvarlı çerçeve sistemlerden oluşmaktadır. Bu sebeple bu yapıların davranışlarının iyi araştırılması gerekmektedir. Kiriş ve kolonlardan oluşan çerçeve sistemlerde dolgu duvarların taşıyıcılık etkisi genellikle göz ardı edilmektedir. Fakat yapılan çalışmalarda dolgu duvarların yatay kuvvetler altında çerçevenin taşıma gücüne ve rijitliğine katkı sağladığı görülmektedir. Bu çalışmada yapılmak istenen farklı dolgulu tek açıklıklı tek katlı çerçevelerin tersinir tekrarlı yükler altındaki dinamik karakterlerinin belirlenmesi olacaktır. Bu dinamik karakterler yapının deprem performansının belirlenmesinde oldukça önemli roller taşımaktadırlar.

Dolgu duvar davranışında çerçevede duvarın rijitliği önemlidir. Çerçeve sistem içerisinde kullanılan dolgu duvarın homojen olmaması nedeniyle kullanılan dolgu duvar tiplerine ve yönlerine göre dolgu duvar elastisite modülü farklılıklar göstermektedir. Dolgu duvarın elastisite modülü malzemenin basınç dayanımına, yüksekliğine, harç tabakası basınç dayanımı ve yüksekliğine (sıvalı ya da sıvasız olması sıva kalınlığı) bağlı olarak değişmektedir. Dolgu duvarlar yatay kuvvetler altında basınç çubuğu etkisi oluşturmaktadırlar yapıda yük dağılımını etkileyerek yapıyı rahatlatmaktadırlar

Çalışmada; sık karşılaşılan boş çerçeve, delikli tuğlalı dolgulu ve güçlendirilmiş bir dolgu duvar kullanılacaktır. Betonarme çubuklarla güçlendirilmiş bir donatılı dolgu duvar modeli ile geleneksel çerçeve ve dolgu duvar sistemleri karşılaştırılacaktır.

Betonarme yapılarda düşük rijitliğe sahip taşıyıcı olmayan dolgu duvarlar statik tasarım esnasında göz ardı edilmektedir. Ancak yapılan çalışmalar dolgu duvarların yapının dinamik karakterlerine etki ettiğini göstermiştir. Dolgu duvar uygulamalarında ateş tuğlası, geleneksel tuğla, bims v.b faklı malzemeler kullanılmaktadır. Daha önce yapılan teorik ve deneysel çalışmalar dolgu duvar uygulamasının boş çerçeveye göre yapının yatay yük taşıma kapasitesine ve rijitliğine olumlu katkılarının olduğunu göstermektedir.

Literatürde konu ile ilgili çalışmamızda düşündüğümüz tek açıklıklı ve tek katlı örnekleri kullanılarak dolgulu (tuğla ve beton) çerçeve davranışı ile ilgili benzer çok sayıda çalışma mevcuttur. Bunların önemli bir kısmı 1/1 ölçek yerine laboratuvar koşullarında daha düşük ölçeklerde gerçekleştirilmiştir. Çeşitli tuğla tiplerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri ile ilgili yapılan çalışmalarda çerçeve sistemlerinden bağımsız olarak incelemeler yapılmıştır. Bununla birlikte çerçevesiz sistemlerde ise bu tür dolgu duvarların davranışı ile ilgili çok sayıda çalışma mevcuttur. [1],[2],[3],[4],[5]

Türkiye, deprem riski açısından dünyanın en önde gelen ülkelerinden biridir. Türkiye'nin yüz ölçümünün yaklaşık % 42'si birinci derece deprem bölgesi üzerindedir. Son yıllarda meydana gelen Erzincan (1992), Dinar (1995), Adana-Ceyhan (1998),

Kocaeli (1999), Bolu-Düzce (Kasım 1999), Afyon-Çay (2002) ve Van (2011) depremleri çok sayıda can kaybının ve maddi kayıpların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu nedenle betonarme binaların deprem güvenliğinin artırılması için alınabilecek her önlem büyük önem taşımaktadır.

Duvar inşası sırasında yapılan en yaygın işçilik hatalarından biri düşey derzlerin çakışmasıdır. Bu durum düşey yüklerin homojen bir biçimde yayılmasına engel olur ve duvar malzemesi arasında bağlantı yani kenetlenme olmayacağından duvarlar bloklar halinde yanlara açılabilir ve duvar yıkılabilir. Duvar inşasında hedeflenen kenetlenme seviyesi duvarın tamamının yekpare bir blok biçiminde davranmasıdır. Ayrışmalar veya dökülmeler kabul edilebilir değildir. [1]

Betonarme binalarda mimari amaçlarla oluşturulan dolgu duvarlar genellikle taşıyıcı olarak değerlendirilmediklerinden yapısal modellemelerde dikkate alınmazlar. Ancak, betonarme çerçevelerin dinamik özelliklerinde önemli değişime neden olan dolgu duvarların bina yatay ötelenme rijitliğini ve dayanımını önemli derecede artırdığı bilinmektedir. Dolayısıyla dolgu duvarların dayanımının artırılması betonarme binaların deprem güvenliğinin artırılmasında önemli bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun içinde dolgu duvarların depremdeki zayıflıklarının giderilmesi ve dayanımlarının artırılması gerekmektedir. Taşıyıcı olmayan bölme dolgu duvarlarda meydana gelen deprem hasarları genellikle düzlem içi ve düzlem dışı hasarlar olmak üzere iki grupta toplanabilir. Deprem yükü etkisine maruz duvarlarda meydana gelen düzlem içi hasarlar X şeklinde kesme hasarı ile ortaya çıkarken, düzlem dışı hasarlar duvarın dışa doğru devrilmesi olarak ortaya çıkmaktadır. (Şekil 1 ve Şekil 2). [6],[7]



Şekil 1. Tipik Duvar Hasarları [7]

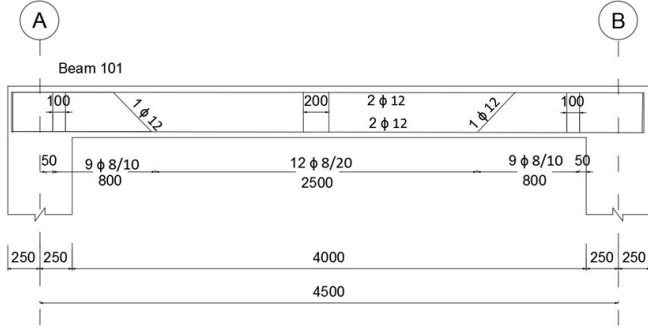


Şekil 2. Tipik Duvar Hasarları [6],[7]

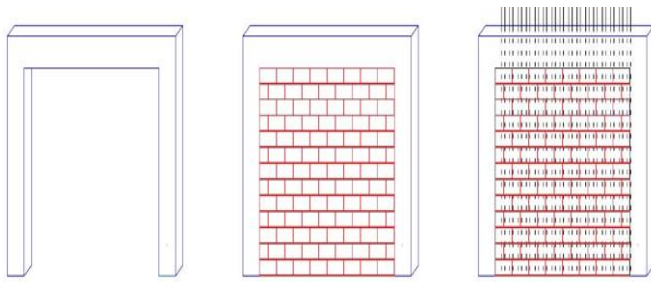
## 2. Materyal ve Metot

Tek katlı, çerçeve sistemler olarak; salt çerçeve, perdeli çerçeve, 15x15 koloncuk sistemli güçlendirilmiş çerçeve ve 20x20 koloncuk sistemli güçlendirilmiş çerçeve modellenmiştir. Ön görülen güçlendirilmiş duvar kesiti Şekil 3, ilgili duvarın çerçeve yerleşimi Şekil 4'te modellenmiştir. Burada tuğlaların

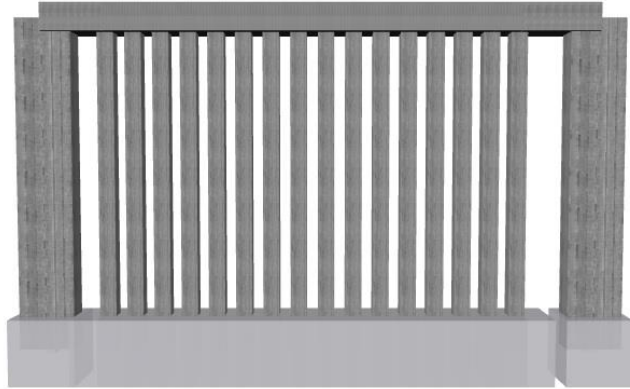
içinden geçirilen donatılar ile bir üst kata uzanan filizler görünmektedir. SeismoStruct [8] yazılım programında oluşturulan modeli ise şekil 5'teki gibi modellenmiştir.



Şekil 3. Çerçeve Kesiti



Şekil 4. Çerçeve Yerleşim Aşamaları

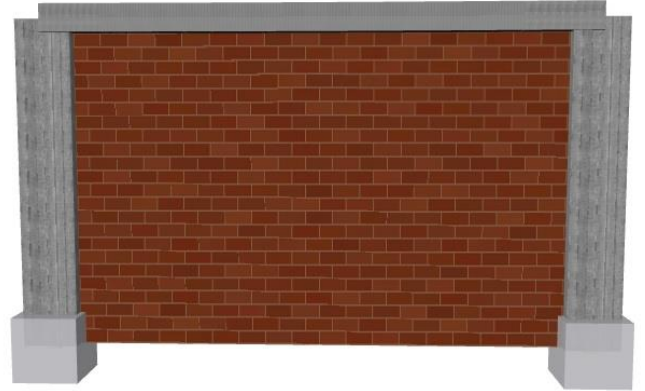


Şekil 5. Yazılım Programında Oluşturulan Model

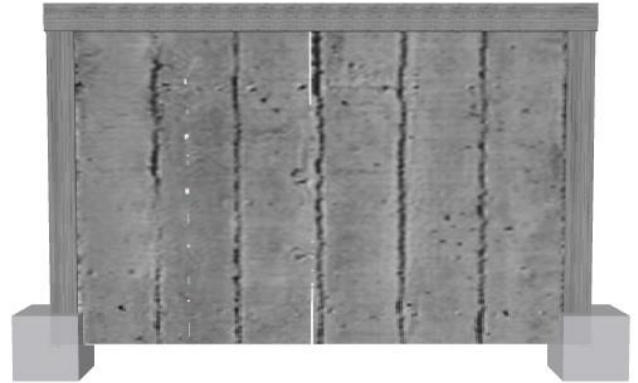
Karşılaştırmada kullanılacak olan modeller yine SeismoStruct yazılım programında modellenmiştir. Boş çerçeve modeli Şekil 6'da, delikli tuğlalı dolgu duvar Şekil 7'de, perdeli sistem ise Şekil 8'de gösterildiği gibidir.



Şekil 6. Boş Çerçeve Modeli



Şekil 7. Delikli Tuğlalı Dolgu Duvar Modeli



Şekil 8. Perdeli Çerçeve Modeli

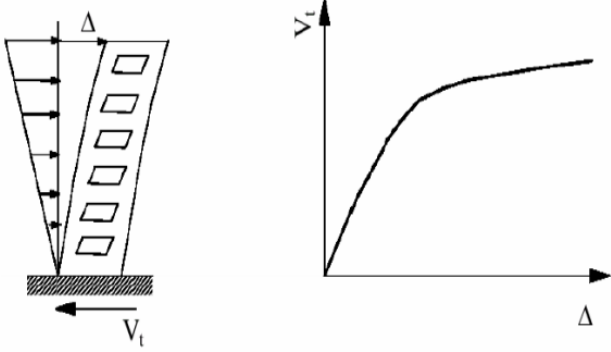
Oluşturulan tüm bu modeller için ayrı ayrı statik itme analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, bulgular başlığı altında toplanmış ve ifade edilmiştir.

## 2.1. Pushover Metodu

Yapıların sismik davranışlarının belirlenmesinde kullanılan ve doğrusal olmayan statik analiz metoduna Statik itme analizi (Pushover Analysis) denmektedir. Bu analiz metodu, evrensel olarak kabul gören, uygulanabilirlik bağlamında pratik bir metottur [9]. Bu analiz metodu sayesinde, taşıyıcı elemanlarının aldıkları hasarların ardından yapının kendi içindeki yük dağılımı

ve yapının davranışının nasıl değiştiği gibi birçok bilgiye ulaşılabilir [10].

Pushover analizde, yatay yüklerin sisteme etki ettirilmesi belli bir dağılım çerçevesinde yapılır ve bu yatay yüklerin yine önceden belirlenen adım sayısı ve eşik değerine kadar adım adım biçiminde artırılması analizin temel prensibidir. Burada adım sayısının önceden belirlenmesi sadece analiz sonuçlarının hassasiyetini etkilemektedir. Ancak belirlenmiş olan eşik değeri, yapının stabilitesinin bozulması veya önceden belirlenmiş olan tepe deplasman limitidir. [11] Pushover analizde; iç kuvvetler, yer değiştirmeler ve plastik şekil değiştirmeler analizin her adımında hesaplanır ve yapının kapasite eğrisi bu şekilde belirlenir (Şekil 1). Kapasite eğrisi, pushover analizinin her adımında hesaplanan taban kesme kuvveti ile tepe noktası yatay yer değiştirmesinin lineer olmayan değişimini göstermektedir [12].



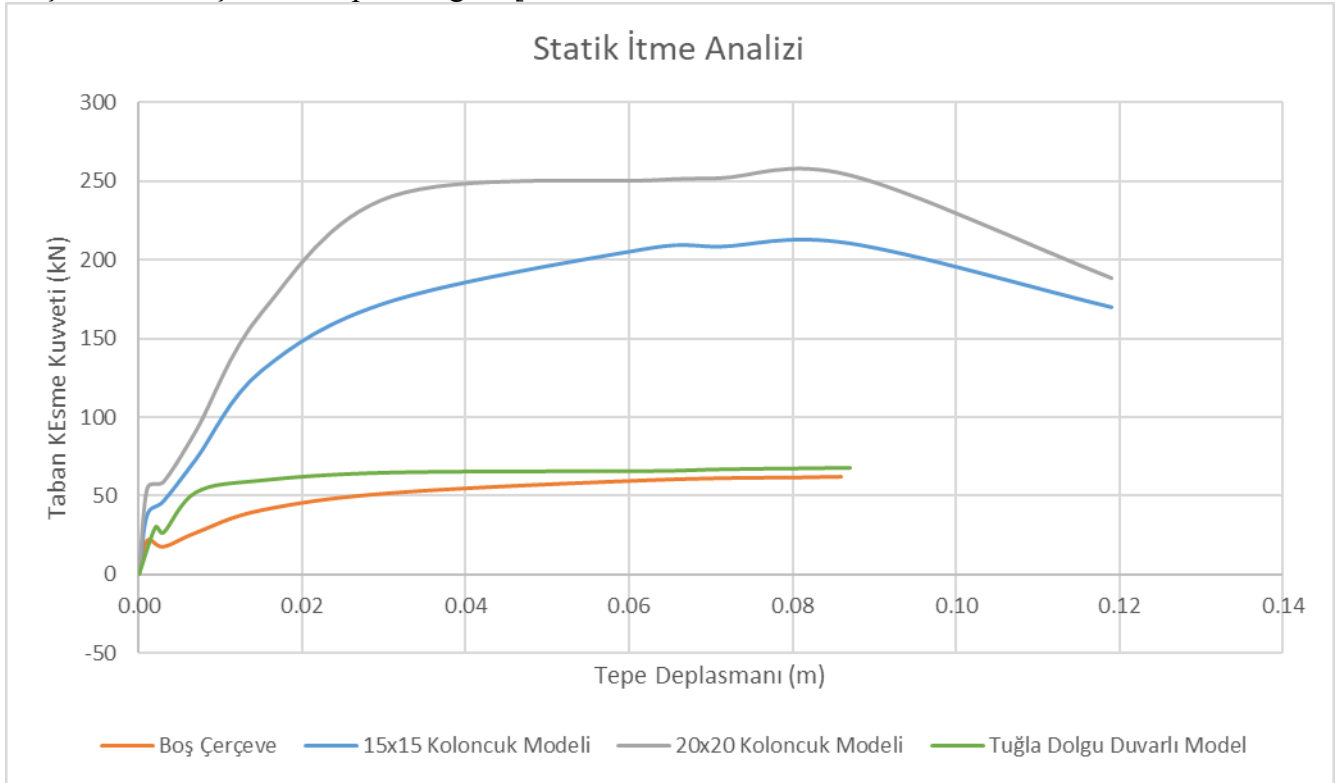
Şekil 9. İtme şekli ve kapasite eğrisi [12]

Yapıya yatay kuvvetlerin uygulanması için değişik yük biçimleri kullanılabilir. Pushover analiz yöntemin tanımlandığı ATC-40'ta, Pushover Analizinde kullanılmak üzere, yapı davranışına bağlı olarak önerilen itme biçimleri tanımlanmıştır [13]. Bu itme biçimlerinden biri yapıya etkiyecek olan yüklerin tamamının tepe düğüm noktalarına etki ettirilebilir veya eşdeğer deprem yükü hesaplamasından faydalanılarak her kat seviyesine ayrı ayrı deprem yükleri etki ettirilebilir.

Bunun yanı sıra, baskın modun birinci mod olduğu yapılarda, hakim mod şekli ile kat kütlelerinin çarpımının oranları olan yatay yüklerin kat seviyelerine etki ettirilmesi diğer bir itme biçimidir [4], [14].

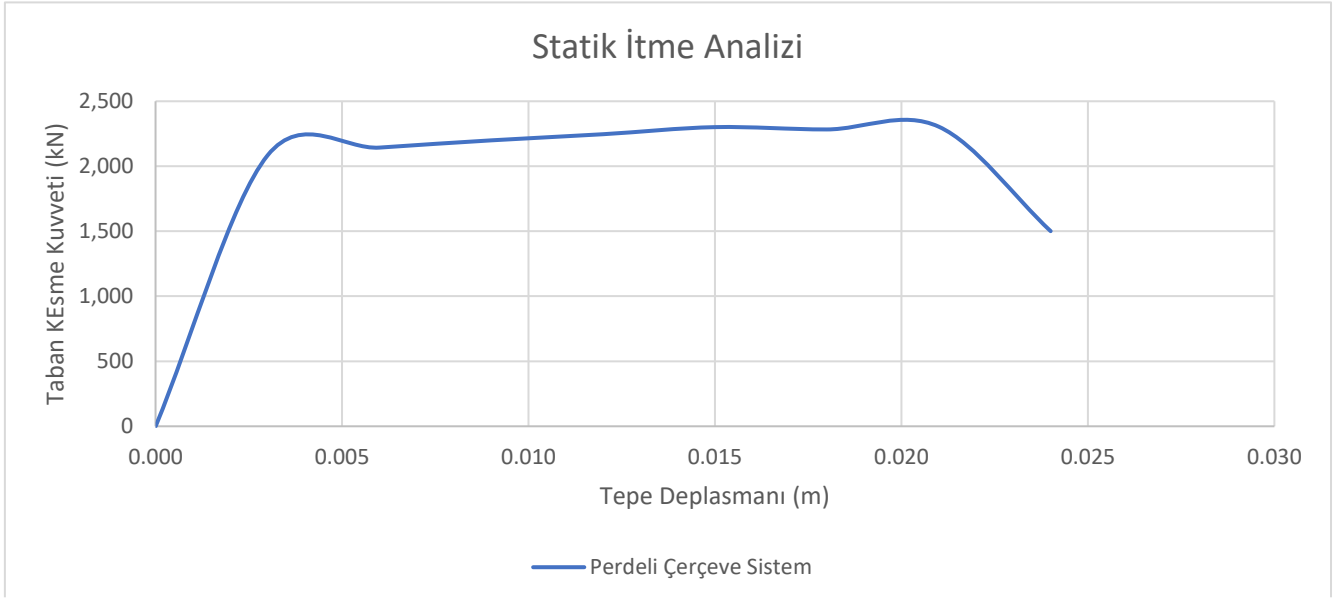
### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Önceki başlıklarda izah edilmiş olan modeller üzerinde statik itme analizi (Pushover Analysis) uygulanmıştır. Bu analizlerin sonuçları Şekil 10'da modellenen çerçevelerin statik itme eğrileri bir arada gösterilmiştir. Şekil 11'de ise Perdeli sisteme ait itme eğrisi gösterilmiştir. Tepe deplasmanı metre cinsinden olup taban kesme kuvveti ise Kilo Newton cinsinden ifade edilmiştir.



Şekil 10. Modellenen Çerçeve Sistemlerinin Statik İtme Eğrileri





Şekil 11. Perdeli Sistem Statik İtme Eğrisi

Perdeli çerçeve modellerinin depreme dayanıklı yapı tasarımında veya mevcut yapıların güçlendirilmesinde kullanılması oldukça yaygındır. Taşıyıcı sisteme kazandırdığı rijitlik sayesinde bu sistemin kullanımı oldukça yaygındır. Bu çalışmada perdeli sistemler kadar rijit olmayan ancak perdeli

#### 4. Sonuç

Çalışma ile güçlendirilmiş duvar modeli ile taşıyıcı eleman olarak kabul edilmeyen dolgu duvarlara taşıyıcılık özelliği kazandırılmıştır. Böylelikle binaların yatay yük taşıma kapasitesine katkı sağlayan bölme duvarlar inşa edilmiş olacaktır. Kazanılan bu kapasite beraberinde çok daha güçlü bir kenetlenme özelliği de sağlamış olacaktır. Sağlanan kenetlenme sayesinde duvarlarda yaygın olarak görülen kesme çatlaklarının önüne büyük ölçüde geçilmiş olacaktır.

Çalışmada elde edilen statik itme eğrileri perdeli çerçeve modellerinin oldukça rijit ve güvenilir olduğunu açıkça göstermiştir. Ancak, gerek maliyet gerek ise işçilik perspektifleri açısından binaların tüm çerçevelerinin veya bölme duvarlarının perde ile oluşturulması pratik olarak mümkün değildir. Hali hazırda böyle bir ihtiyacın olduğu şartlarda tünel kalıp sistemleri kullanılmaktadır. Öte yandan güçlendirilmiş duvar modelinin, standart boş çerçeveye kıyasla oldukça rijit ve bir o kadar da sünek davranış sergilediği açıkça görülmektedir. Perdeli çerçeve modeli ile güçlendirilmiş duvar modeli kıyaslandığında ise rijitlik açısından perdeli model lehine büyük bir fark olduğu açıktır ve bu durum halihazırda olması beklenen durumdur. Ancak süneklik ve dolayısıyla enerji yutma kapasitesi açısından güçlendirilmiş duvar modelinin önemli ölçüde bir performans sergilediği göz önünde bulundurulmalıdır.

#### Kaynakça

- [1] Işık, E., Aydın, M.C., Büyüksaraç A., Karasin, İ.B. "(2018). Earthquake Resistant Wall Material Production "Puzzle Bims". ICENS 2018. Kiev, Ukraine.
- [2] Aref, Amjad J., and Woo-Young Jung. (2003). "Energy-dissipating polymer matrix composite-infill wall system for

sistemlerden daha sünek olan, öte yandan boş çerçeve veya tuğlalı dolgu duvar çerçeve tiplerine kıyasla hem çok daha rijit hemde daha sünek bir model olarak güçlendirilmiş duvar modeli kullanılmıştır.

- seismic retrofitting." Journal of Structural Engineering 129.4: 440-448.
- [3] M. Baran (2005). "Precast concrete panel reinforced infill walls for seismic strengthening of reinforced concrete framed structures," Ph.D. - Doctoral Program, Middle East Technical University.
- [4] Crisafulli, Francisco J., and Athol J. Carr. (2007). "Proposed macro-model for the analysis of infilled frame structures." Bulletin of the New Zealand society for earthquake engineering. 69-77.
- [5] Crisafulli, Francisco J., Athol J. Carr, and Robert Park. (2000). "Capacity design of infilled frame structures." 12th world conference on earthquake engineering.
- [6] E. Işık, , M.H. Özlük, E. Demir, and H. Bilici. (2012). " 23.10.2011 Van Depreminin Adilcevaz ilçesindeki etkilerinin gözleme dayalı incelenmesi", Bitlis, Eren Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1(1), s.1-10.
- [7] E. Işık. (2014). "The effects of 23.10.2011 Van earthquake on near-field and damaged on structures", International Anatolia Academic Online Journal, ScientificScience, 2(2), 10-25.
- [8] Seisimosoft. (2020). "SeismoStruct 2020 – A computer program for static and dynamic nonlinear analysis of framed structures," Available at: <https://seisimosoft.com/>.
- [9] Lawson RS, Vance V, Krawinkler H . (1994) "Nonlinear static push-over analysis - why, when and how?", Proceedings of. 5th US Conference on Earthquake Engineering, Vol. 1, Chicago, IL., pp 283-292.
- [10]Krawinkler H, Seneviratna GDPK. (1998). "Pros and cons of a pushover analysis of seismic performance evaluation", Engineering Structures., 20, 4-6: 452-464.
- [11]Çağlar, N., Öztürk, H., Demir, A., Akkaya, A. (2014). "TDY2007'ye göre tasarlanmış betonarme bir yapının

- doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri ile incelenmesi.”  
ISITES. Karabük, Turkey.
- [12]Koçak İ. (2007). “Seçilen bir kamu binasının doğrusal ötesi davranışında beton dayanımı ve etriye aralığının etkisi.” Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi.
- [13]ATC-40. (1996). Applied Technology Council, “Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings”, Vol 1. Washington, DC. USA.
- [14]Uğurlu, M. A., Karaşin, A., Görgün, H., Gunaslan, E. (2017). “An analytic Study on a New Semi-Rigid Infilled Shear Wall. “Asem17, 9.