

## Çelik Takviyeli Elastomerik İzolatör Numune Üretimi

Özlem Çavdar<sup>1\*</sup>, Zeynep Yıldız<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane Üniversitesi, Türkiye  
<sup>2</sup>İnşaat Mühendisliği/ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gümüşhane Üniversitesi, Türkiye

\*(zeyy.yildiz@gmail.com)

(Geliş Tarihi: 03 Aralık 2023, Kabul Tarihi: 11 Aralık 2023)

(2nd International Conference on Frontiers in Academic Research ICFAR 2023, December 4-5, 2023)

**ATIF/REFERENCE:** Çavdar, Ö. & Yıldız, Z. (2023). Çelik Takviyeli Elastomerik İzolatör Numune Üretimi. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(11), 108-112.

**Özet** –Sismik izolasyon tekniğinde amaç zeminden yapıya aktarılan deprem kuvvetlerini azaltmak için zemin ile yapının tabanı arasına enerji sönmüleyici elemanlar yerleştirmektir. Sismik izolatörler, deprem sırasında binaların maruz kaldığı yüksek titreşimleri azaltmada yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, sismik izolasyon tekniğinin ana felsefesi ve kullanımda olan en geleneksel elastomerik izolatör türü olan çelik takviyeli elastomerik izolatörlerden kısaca bahsedilmiştir. Daha sonra deneysel olarak çelik takviyeli elastomerik izolatör numune üretimi gerçekleştirilmiştir. İzolatör numunesi için kullanılan malzemelere ve aşamalara yer verilmiştir. Son olarak da elde edilen izolatör numunesine basınç testi uygulanmış ve yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler** –Deprem, Çelik Levha, Elastomerik İzolatör, Kauçuk Levha, Basınç Deneyi

### I. GİRİŞ

Zamanı tahmin edilemeyen doğal bir felaket olan deprem, yer kabuğu içinde oluşan kırılmalar ve çatlamlar sebebiyle meydana gelen titreşimlerin dalgalar halinde yayılıp yer yüzeyini sarsma olayıdır [1]. Dünya nüfusunun çoğunluğu deprem coğrafyasında yaşamakta olup her yıl can ve mal kaybının gerçekleştiği birçok deprem meydana gelmektedir. Deprem geçmişte, günümüzde ve hatta gelecekte insanoğlu için en büyük doğal afetlerden biri olmuş ve olmaya devam edecektir[2]. Meydana gelen depremler sonucu oluşan kayıplar insanlar üzerinde sosyal ve ekonomik açıdan olumsuz etkiler bırakmaktadır. Oluşan bu olumsuzlukların ve can kayıplarının önlenmesi ve azaltılması için depreme karşı dayanıklı binaların yapımında yeni bir alternatif olarak sismik izolatörler kullanılmaktadır [3].

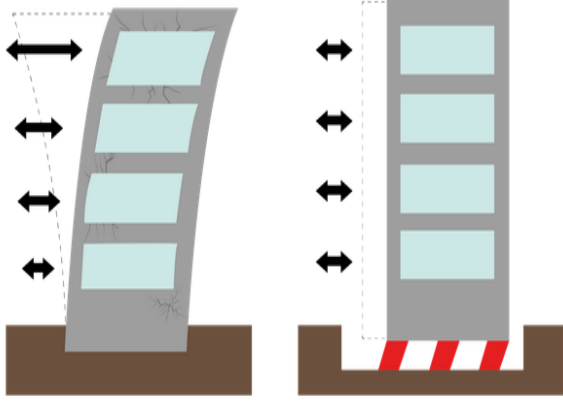
Sismik izolasyon, yapıların ve yapı taşıyıcı elemanlarının deprem etkilerine karşı

korunmasında kendini ispatlamış en etkin yöntemlerden biridir. Deprem kuvvetlerini karşılayacak yapının dayanımını arttırmak yerine yapıya gelen deprem kuvvetlerini azaltmak prensibine dayanmaktadır. [4]. Sismik izolasyon yöntemi; zemin ile yapı arasındaki etkileşimi azaltmakta ve yapının tabanında düşeyde rijit fakat yatayda esnek, belirli ölçülerde yer değiştirme yapabilen donanımlar yerleştirmek suretiyle üst yapıyı yer hareketinden ayırma işlemidir [5].

Sismik izolatörler, yapıya gelen yükleri ve dolayısıyla oluşan kaymaları azalttığı için depremin ekonomik ve sosyal etkilerini azaltır. Yapısal sistemlere kontrol sistemlerinin uygulanması, insan yaşamının korunmasında, orta ve sık depremler nedeniyle hasarın ve yüksek onarım maliyetlerinin azaltılmasında daha güvenli yapılar elde etmeyi başarıyla sağlayabilir. İzole bir yapıyı geleneksel bir yapıdan ayıran temel avantaj, uygulama anında değil, deprem sonrasında fark

edilmesi ve yapının çalışmaya devam edebilmesidir [6].

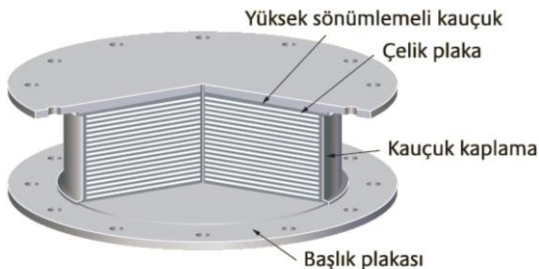
Şekil 1, sabit tabanlı yapı ile sismik izolasyonlu yapı davranışının bir şemasını göstermektedir. Yalıtılmış yapı için, üst yapının deformasyonu tamamen izolasyon seviyesinde tutarak neredeyse rijit kaldığı görülmektedir.



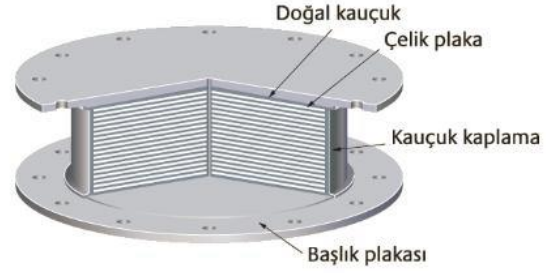
(a) (b)

Şekil 1. Sismik hareket sırasında yapının davranışı (a) sabit tabanlı yapı (b) sismik izolatörlü yapı

Sismik izolasyon için en yaygın izolatör türü elastomerik izolatörlerdir. Elastomerik izolatörleri, esnek bir elastomer malzemeden ve uygun bir takviyeden oluşan alternatif katmanlar oluşturur [7]. Kullanılan en yaygın elastomerik izolatör tipi, çelik takviyeli elastomerik izolatörler (SREI)'dir [8]. SREI'lar çelik plakalara yapıştırılmış ince kauçuk levhalardan oluşur. Bu tür izolatörler, yerçekimi yüklemesini sürdürmek için yeterli dikey sağlamlık sağlarken, izole bir binanın temel frekansını çoğu depremin baskın frekans aralığından uzağa kaydırmak için yatay esnekliğe imkan sağlamaktadır [9]. Standart bir elastomer yalıtım sistemini oluşturan birimler sırasıyla Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir.

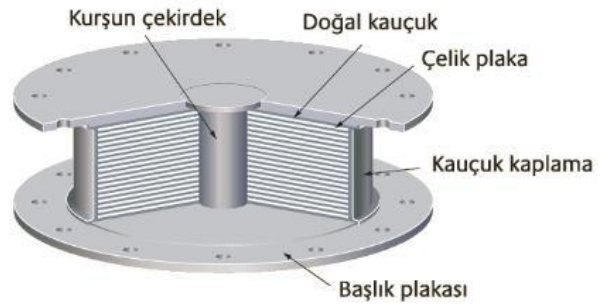


Şekil 2. HDR-Yüksek Sönümlü Kauçuk Mesnet



Şekil 3. NRB-Doğal Kauçuklu Elastomer Mesnet

Elastomer mesnetler yapısal olarak %2-3 arası bir viskoz sönüme sahiptir. Etkili bir taban yalıtımı sisteminde viskoz ve çevrimsel sönümün beraber oluşması ile enerji tüketimi etkili biçimde ortaya çıkmaktadır. Mesnetlerde yüksek sönümlü kauçuk kullanıldığında, enerji tüketimi deprem yükündeki çevrimsel davranıştan ortaya çıkar.



Şekil 4. LRB-Kurşun Çekirdekli Elastomer Mesnet

Şekil 4'te görüldüğü gibi, mesnedin ortasında bulunan silindirik boşluğa kurşun yerleştirilmesi ile LRB (Lead Rubber Bearing) elde edilir. Doğrusal davranış büyük şekil değiştirmelerde de devam eder, bunun sebebi kauçuğun düşük kayma rijitliğidir. Buna karşılık, orta kısımdaki kurşun 8-10 MPa gibi düşük bir gerilmeye akma durumuna gelir ve plastik olarak şekil değiştirmeye başlar. Sistemin enerji tüketme mekanizması, kauçuğun sönümü ve büyük oranda levhaların ortasındaki kurşunun sönümü ile oluşmaktadır. Kurşunda plastik davranış etkili olduğu için, çevrimsel davranış neticesinde sönüm ortaya çıkar. Deplasmana bağlı olarak meydana gelen, eşdeğer sönüm %15-%35 arasında bir değer alabilmektedir [10].

Sismik izolatörler, çeşitli yapıların sismik tepkilerini ve tehlikelerin etkisini etkili bir şekilde

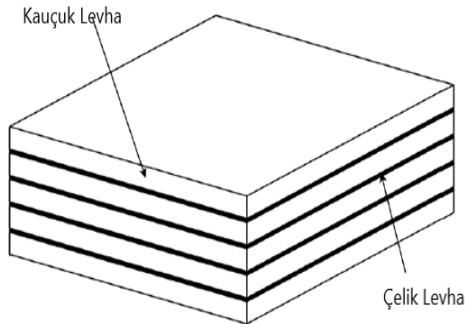
azaltan sismik hafifletme alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, sismik izolatörün dezavantajı yüksek maliyetidir ve az gelişmiş bölgelerde uygulanması ve tanıtılması daha zordur. Bu nedenle, düşük maliyetli bir sismik izolatör geliştirmek pratik öneme sahiptir [11]. Yüksek maliyetleri ve ağırlıkları nedeniyle, SREI' lar tipik olarak afet sonrası hizmet kesintilerini önlemek için itfaiye istasyonları veya hastaneler gibi kritik altyapılara kurulur.

Bu çalışmada, laboratuvar ortamında deneysel olarak çelik takviyeli elastomerik izolatör numune üretimi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra aksenal basınç yükü etkisi altında basınç dayanımı testi uygulanmış, izolatör numunesini oluşturan çelik ve kauçuk levhalardaki davranışlar gözlemlenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

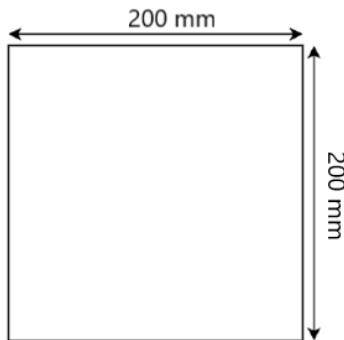
### A. Materyal

Her bir çelik plaka kalınlığı  $t_s = 2$  mm, kauçuk tabaka kalınlığı ise  $t = 6$  mm olarak seçilmiştir. Elastomerik izolatör tasarımının geometrik detayları Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 5. İzometrik Görünüş

İzolatör numunesi 200 mm\*200 mm kare taban olacak şekilde oluşturulmuştur.



Şekil 6. Üst Görünüş



Şekil 7. Yandan Görünüş

Tablo 1, bu çalışmada tasarlanan elastomerik izolatörü (SREI) geometrik detaylarını tablo halinde vermektedir.

Tablo 1. SREI tasarımının geometrik özelliklerinin ayrıntıları

En × Boy (mm × mm)	$t_k$ (mm)	$t_ç$ (mm)	$n_k$ -	$n_ç$ -	$T_k$ (mm)	$T_ç$ (mm)
200 × 200	6	2	11	12	66	24

$t_e$  = Tek bir elastomer tabakasının kalınlığı

$n_e$  = Elastomer katman sayısı

$T_k$  = Toplam elastomerik yükseklik

$t_ç$  = Her bir çelik takviye tabakasının kalınlığı

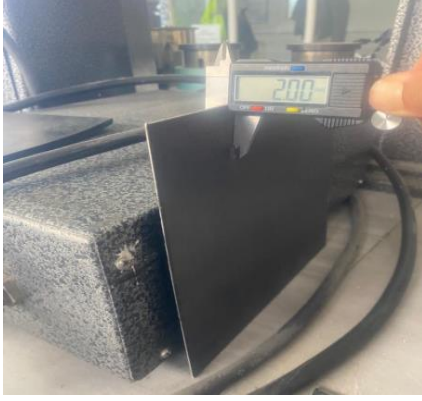
$n_ç$  = Çelik takviye katmanlarının sayısı

$T_ç$  = Toplam çelik takviye yüksekliği

### B. Yöntem

Deneysel test sürecinin 3 temel aşamadan oluşması planlanmaktadır. Bunlar, kullanılacak malzemelerin temini (1), çelik takviyeli elastomerik izolatörlerin imalat süreci (2), ve son olarak numuneler üzerinde yapılacak olan basınç testidir (3).

- Çelik takviyeli elastomerik izolatör numunesini için gerekli çelik levha katmanları istenilen ebatlarda kestirilmiş ve temin edilmiştir.



Şekil 8. Çelik Levha



Şekil 11. İzolatör Numunesi

- Elastomerik katman için kauçuk levhalar hazırlanmıştır.



Şekil 9. Kauçuk Levhaların Kesilmesi

- Çelik ve kauçuk levhaların yapıştırılacak yüzeylerine yapıştırıcı uygulanmıştır.



Şekil 10. Katmanların Yapıştırılması

- Katmanlar daha sonra üst üste istiflenip basınç uygulanmıştır.

- Basınç dayanımı testi yapılarak izolatör numunesi düşey yüke maruz bırakılmıştır.



Şekil 12. Basınç Dayanım Testi

## II. BULGULAR VE TARTIŞMA

İzolatör numunesine uygulanan basınç yükü altında kauçuk levhaların çelik levhalar arasından bir miktar çıktığı gözlemlenmiştir. Çelik ve kauçuk levhalar arasındaki yapışma bazı kısımlarda etkinliğini yitirmiştir. Bu ayrışma istenilen bir sonuç olmayıp levhalar arasında farklı yapıştırma teknikleri kullanılmalıdır.

Eksenel basınç yükü etkisi altında basınç dayanımı testi yapılmıştır. Basınç dayanım testinde çelik takviyeli elastomerik izolatör numunesine uygulanan maksimum yük 802,9 kN' dir. Numunenin kesit alanı 40000 mm<sup>2</sup>' dir. Bu doğrultuda basınç dayanımı ise 20,07 MPa bulunmuştur.

## III. SONUÇLAR

Bu çalışmada, laboratuvar ortamında çelik takviyeli elastomerik izolatör numune üretimi gerçekleştirilmiş ve daha sonra eksenel basınç yükü etkisi altında basınç dayanımı testi uygulanmıştır. Sonuç olarak:

- Eksenel basınç yükü etkisi altında basınç dayanımı testi uygulanmış, kauçuk levhalarda sıvılaşma meydana geldiği ve katmanların birbirini bıraktığı gözlemlenmiştir. Bunu önlemek için katmanlar arasında bağlayıcı olarak sıcak ve soğuk vulkanize yapıştırıcılar kullanılmalıdır.
- Depremin etkisini elde etmek için yanal kuvvet uygulayan daha teknik bir test düzeneği ile üretilen prototip sismik izolatör numunelerine daha detaylı testler yapılmalıdır.

Bu çalışmanın ilerleyen süreçlerinde ekonomik ve erişilebilirlik noktasındaki dezavantajları ortadan kaldırmak için sismik izolatörde kullanılmak üzere çeşitli avantajlara sahip (elyaf takviyeli malzemelerin düşük yoğunluklu ve hafif olması, poliüretanın yüksek basınç sertliği ve yüksek aşınma performansı vs.) farklı türde elastomerik yastık tabakaları ve takviye tabakaları kullanılması düşünülmektedir. Bu doğrultuda, elastomerik yastık tabaka olarak eski lastiklerden üretilen farklı sertliklerdeki kauçuk levhalar, poliüretan ve silikon levhalar kullanılacaktır. Takviye tabakası olarak ise çelik plakalar, karbon levha, fiberglas levha ve poliamid levhalar kullanılacaktır. Farklı tür güçlendirici ve yastık tabakalar kullanılarak üretilen sismik izolatör numunelerine basınç, kesme ve tekrarlı ya da sismik yük etkilerine maruz bırakılarak dinamik ve mekanik özelliklerinin deneysel olarak incelenmesi amaçlanmaktadır. Böylece sismik izolatörlerin enerji dağıtma kapasitesini iyileştirmek, yeni bir düşük maliyetli sismik izolatör türlerini geliştirmek hedeflenmektedir. Bu sismik izolatör teknolojisinin uygulanmasını kolaylaştıracak ve kullanımını yaygınlaştıracaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] H. A. Türk, "Çok Katlı Betonarme Yapılarda Farklı Sismik İzolatör Sistemlerin ve Kat Adetinin Deprem Davranışına Etkisi" Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, (2019).
- [2] H. Topaloğlu, "Taban ve Orta Kat Sismik İzolasyonu Uygulanmış Yapılarda Yapı-Zemin Etkileşiminin İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, (2022).
- [3] E. Bakkaloğlu, "Hastane Binalarında Sismik İzolasyon Sistemlerinin Kullanım Kararının Bina Üretim Sürecine Etkileri" Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, (2018).
- [4] Ş. Kurt, "Bir Veri Merkezi Yapısının Farklı Sismik Yalıtım Birimleri Kullanılarak TBDY-2018 Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi ve Sonuçlarının Karşılaştırılması" Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, (2022).
- [5] Ö. Kan, K. Kaymaz, B. Zengin, M. Özcan, "Türkiye'deki Depreme Dayanıklı Yapıların Sismik İzolasyon Tiplerinin İncelenmesi", *Bilim ve Gençlik Dergisi*, Cilt:5, Sayı:1, Munzur Üniversitesi, (2017).
- [6] A.R. Ortiz, L.F. Ortega, M.Z. Herazo, P. Thomson, J. Marulanda, "Performance of Prototype Seismic Isolators Reinforced With Fiber and A Recycled Rubber Tire Matrix" *Engineering Structures*, Volume 278, 115422, 1 March 2023.
- [7] A. F. M. Amin, S. Wiraguna, A. Bhuiyan and Y. Okui, "Hyperelasticity model for finite element analysis of natural and high damping rubbers in compression and shear", *Journal of Engineering Mechanics*, 132(1), 54–64, (2006).
- [8] J. M. K. Farzad Naeim, "Design of seismic isolated structures: From theory to practice", *Earthquake Spectra* (2000).
- [9] B. Y. Moon, G. J. Kang, B. S. Kang, J. M. Kelly, "Design and manufacturing of fiber reinforced elastomeric isolator for seismic isolation", *Journal of Materials Processing Technology*, 130(131): 145–150, (2002).
- [10] H. Atay, "Sismik Yalıtımlı Çelik Binanın Birleşim Bölgesi Davranışlarının Deprem Yükleri Etkisi Altında İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Yozgat Bozok Üniversitesi, (2021).
- [11] M. Wang and G. Zhang, "A Low-Cost Isolator Of Scrap Tire Pads In Rural Construction: Evaluation Of The Mechanical Properties And Numerical Assessment Of The Response Control Effects", *Journal of Building Engineering*, volume 67, 105996, 15 May 2023.