

Bilyeli Kauçuk Mesnetin Değişik Sıcaklıklardaki, Düşük Yükleme Hızları ve Sünme Altındaki Davranışının Belirlenmesi

Proje No: 109M323

Yrd. Doç. Dr. Alp CANER
İnşaat Yüksek Müh. Cenan ÖZKAYA
İnşaat & Endüstri Müh. Serkan ERDAL

TEMMUZ 2010
ANKARA

ÖNSÖZ

109M323 numaralı Bilyeli Kauçuk Mesnetin Değişik Sıcaklıklardaki Düşük Yükleme Hızları ve Sünme Altındaki Davranışının Belirlenmesi adlı proje TÜBİTAK Mühendislik Araştırma Grubu tarafından desteklenmiştir. Proje bir Hızlı Destek projesi olup bir yıl sürmüştür.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ	iii
TABLO LİSTESİ	iv
SEMBOL LİSTESİ	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
3. GEREÇ VE YÖNTEM	4
3.1. Genel	4
3.2. Test Gereci	4
3.3. Veri Toplama Sistemi	6
3.4. Elastomerik Mesnet	6
3.5. Diğer Malzemeler	9
3.6. Test Yöntemi	9
4. BULGULAR	12
5. TARTIŞMA/SONUÇ	18
KAYNAKLAR	19
EKLER	20
EK-A (Testler)	20
EK-B (Test Programı)	21
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU	

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No:

Şekil 1,1. Türkiye'nin deprem bölgelerine göre yüz ölçümü ve nüfus dağılımı	1
Şekil 3,1. Test Gerecinin Genel Görünüşü	5
Şekil 3,2. Veri Toplama Sistemi	6
Şekil 3,3. A Tipi Mesnetin Cepheden Görünüşü	7
Şekil 3,4. A Tipi Mesnetin A-A Kesitinin Plan Görünüşü	7
Şekil 3,5. B Tipi Mesnetin Cepheden Görünüşü.....	8
Şekil 3,6. B Tipi Mesnetin A-A Kesitinin Plan Görünüşü	8
Şekil 3,7. Yalıtım Kemerini	9
Şekil 3,8. Yalıtılmamış mesnedin yüzeyden irtibatlaşmış ısı çifti ile görünüşü.....	10
Şekil 3,9. Yalıtılmış mesnedin yüzeyden irtibatlaşmış ısı çifti ile görünüşü.....	10
Şekil 3,10. Yalıtılmış mesnetlerin yalıtılmamış mesnetlerle yüzeyde yapılan okumalarının karşılaştırılması	11
Şekil 3,11. -30C° de buzdolabından çıkarılan mesnedin farklı derinliklerdeki sıcaklığının zamanla değişimi.....	11
Şekil 3,12. -30C° de buzdolabından çıkarılan yalıtım kemeri takılmış mesnedin farklı derinliklerdeki sıcaklığının zamanla değişimi	12
Şekil 4,1. A ve B mesnetlerinin dolu ve boş farklı üç sıcaklıktaki sönümleme yüzdelerinin karşılaştırılması	13
Şekil 4,2. σ vs β_{eq} – AE	14
Şekil 4,3. σ vs β_{eq} – AF	14
Şekil 4,4. σ vs β_{eq} – BE	15
Şekil 4,5. σ vs β_{eq} – BF.....	15
Şekil 4,6. σ vs EDC – AE	16
Şekil 4,7. σ vs EDC – AF	16
Şekil 4,8. σ vs EDC – BE	17
Şekil 4,9. σ vs EDC – BF	17

TABLO LİSTESİ

Sayfa No:

Tablo 1,1. Kuzey Anadolu Fay Hattı Yakınında Yer Alan Bazı İllerdeki Ölçülen En Düşük Sıcaklıklar	2
Tablo A,1. Elastomerik mesnet testleri ve kodlaması	20
Tablo B,1. Test Programı	21

SEMBOL LİSTESİ

A_E	A tipi mesnet içi boş
A_F	A tipi mesnet içi 1.65mm'lik çelik bilye ile dolu
B_E	B tipi mesnet içi boş
B_F	B tipi mesnet içi 1.65mm'lik çelik bilye ile dolu
D	Mesnet çapı
d	Mesnet yuvası çapı
EDC	Çevrim başına dağıtılan enerji
T	Sıcaklık değeri
β_{eq}	Eşlenik sönümlleme oranı
σ	Eksenel gerilme (Mesnedin yuva çapı da dahil tüm alanı için)

ÖZET

Sismik yalıtım sistemleri; köprü ayakları, havaalanları, hastaneler gibi yapılarda ve çok sayıdaki diğer yapılarda, tehlikeli depremlerin yıkıcı etkilerini önlemek veya azaltmak için ülkemizde birçok önemli yapıda kullanılmıştır. Çok soğuk kışlara veya günlük sıcaklık değişikliklerinin fazla olduğu yerlerde inşa edilen yapılarda bulunan kauçuk esaslı sismik yalıtıcıların davranışları zorlu çevre koşullarına göre değişebilmektedir. Düşük sıcaklıklarda kauçuğun sertleştiği ve yapılara aktarılan yükü arttıran yüksek rijitliğe neden olduğu çeşitli kereler analitik ve deneysel olarak gözlenmiştir. Bu nedenle onların farklı yük ve sıcaklık altındaki davranışlarının deneysel olarak da iyi anlaşılmasında fayda vardır.

Bu araştırma son yapılan deneysel çalışmanın (bilyeli kauçuk mesnet adıyla anılan yeni geliştirilen sismik yalıtıcı) bir tamamlayıcısıdır. Yeni geliştirilen bilyeli kauçuk mesnetlerin üretilme kolaylığına ek olarak maliyet ve enerji dağıtma kapasiteleri gibi avantajlı tarafları vardır. Ancak onların düşük sıcaklıklardaki ve düşük hızlardaki davranışları henüz detaylı bir şekilde araştırılmamıştır. Farklı sıcaklık değerlerinde aksenal yük, basınç yükü ve yanal yer değiştirmeye maruz kalan bilyeli kauçuk mesnetlerin davranışı incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda bilyeli kauçuk mesnetlerin soğuk iklim şartlarında ve sünmeden dolayı oluşabilecek olası ağır yer değiştirme davranışı hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: sismik yalıtıcı, kauçuk, mesnet, sıcaklı

ABSTRACT

Seismic isolation systems are used in structures like viaducts, airports, hospitals and numerous other structures for preventing or diminishing destructive effects of hazardous earthquakes. Structures constructed in places having extremely cold winters or drastic daily temperature differences have formidable environmental conditions for elastomer based seismic isolators. It is well known from analytical and experimental studies that rubber stiffen at low temperatures and cause higher rigidity which increase the load effects transmitted to structure. Therefore, their behaviors under different load and weather conditions must be well understood.

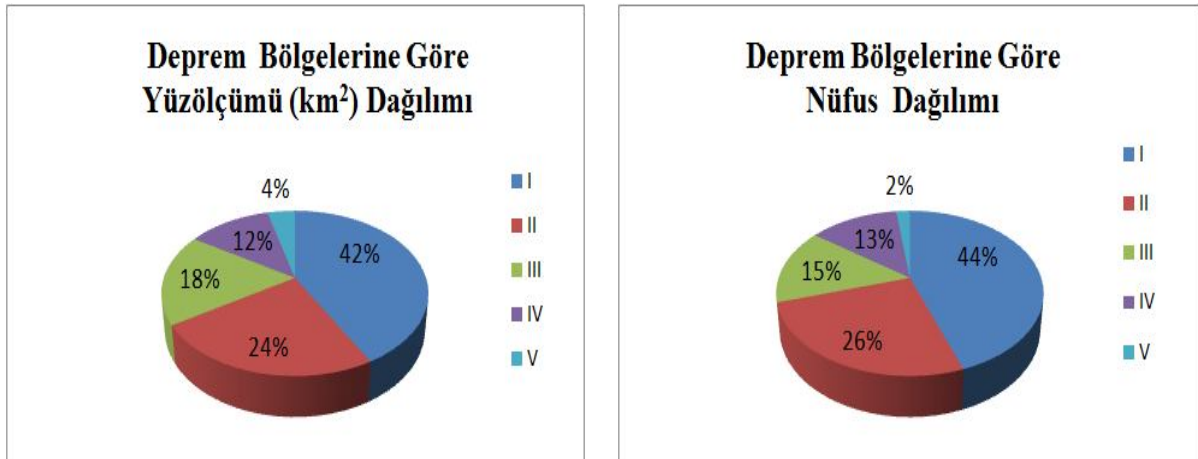
This research is a complementary of recent experimental study (newly developed seismic isolator called ball rubber bearing). Ball rubber bearings are newly developed seismic isolators and have advantageous sides like manufacturing convenience in addition to their costs and energy dissipation capacities. However, their behaviors at low temperatures have not been examined yet. Behaviors of ball rubber bearings exposed to different temperatures in presence of axial load, compressive load and lateral displacement are examined. In this study, information on structural response of ball rubber bearings at cold climate and creep conditions is established.

Keywords: seismic isolator, rubber, bearing, temperature

1. GİRİŞ

Yapılar tasarlanırken depreme karşı direnci genellikle yüksek süneklik veya yüksek dayanımla sağlanır. Göreli kat ötelenmeleri ve zeminden yapının üst katlarına aktarılan kat ivmeleri yapıda kalıcı hasarlara neden olabilmektedir. Göreli kat ötelenmeleri yapının rijitliği artırılarak azaltılabilir. Kat ivmelerinin azaltılması ise yapının sünekliğinin artırılması ile mümkündür. Ancak süneklik artışı kat ötelenmelerinde artışa neden olabilmektedir. Sismik yalıtım yönteminde göreli kat ötelenmeleri ve kat ivmelerinin aynı anda azaltılması mümkün olmaktadır.

Yüzyıla yakın bir geçmişi olan sismik yalıtım sistemi, Amerika, Avrupa, Çin, Japonya, Yeni Zelanda gibi ülkelerde farklı tip yapılar üzerinde uygulama alanı bulmuştur. Bu ülkelerdeki üreticiler Türkiye, İran ve Hindistan gibi deprem potansiyeli yüksek olan ülkeleri kendileri için yeni bir pazar olarak görmektedirler. Türkiye toprakları ve nüfusunun büyük bir oranı her an deprem olma tehlikesi ile karşı karşıyadır. Şekil 1,1'den de görüleceği gibi topraklarının ve nüfusunun yarıya yakını I. derece deprem bölgesinde yaşamaktadır.



Şekil 1,1: Türkiye'nin deprem bölgelerine yüz ölçümü ve nüfus dağılımı

Ülkemizin bu durumu göz önüne alınarak deprem güçlendirme ve sismik yalıtım çalışmalarına verilen önem giderek artmaktadır. Yapılan uygulamalarda çoğunlukla ithal malzemeler kullanılmaktadır. Ülkemizin öz kaynaklarının korunmasını sağlamak amacıyla ekonomik ve pratik şekilde üretilebilecek yeni teknoloji yerli bir sismik yalıtım sistemi üretilmiş ve testleri yapılmaya başlanmıştır.

Kuzey Anadolu Fay hattı Türkiye de sismik aktivitesi en yüksek bölgelerden birisidir. Bu fay alanı boyunca belirli yerlere inşa edilecek yapılar zorlu iklim koşullarına sahip olacaktır. Bu fay hattında bulunan illerden bazılarında kış aylarında son 40 sene içindeki en düşük gözlemlenen sıcaklıklar Tablo 1,1'de verilmiştir. Yeni üretilen yerli sismik yalıtım sisteminin düşük sıcaklıklar altında olası bir deprem esnasındaki performansını anlamak için düşük sıcaklık testleri yapılmıştır. Amacımız yeni geliştirilen sistemin düşük sıcaklıklar altındaki davranışını ortaya koyarak tasarımda mühendislere yardımcı olabilmektir.

İl	En Düşük Sıcaklık °C		
	Aralık	Ocak	Şubat
Adapazarı	-6.8	-8.2	-10.0
Amasya	-12.7	-17.2	-20.4
Bolu	-22.8	-18.8	-22.0
Erzincan	-25.0	-24.4	-25.2
İzmit	-4.5	-6.0	-8.3
Tokat	-21.0	-19.8	-22.1

Kaynak: www.meteor.gov.tr (9.Temmuz.2010)

Tablo 1,1: Kuzey Anadolu Fay Hattı Yakınında Yer Alan Bazı İllerdeki Ölçülen En Düşük Sıcaklıklar

2. GENEL BİLGİLER

Depremden korunma amacıyla veya zarar verici etkilerini minimize etmek amacıyla uygulanan sismik veya taban yalıtımı kavramı 100 yıldan daha eski görünmektedir. Sismik yalıtım geleneksel dayanım esaslı tasarımla kıyaslandığında henüz yaygın olarak uygulanan bir alternatif değildir (Buckle&Mayes, 1990). Ancak gelişen yöntemin zemin kazandığı artarak kanıtlanmaktadır. Yazarlar A.B.D, Çin, Fransa, İtalya, Sovyetler Birliği, Yeni Zelanda ve Yunanistan' da yapılan uygulamalardan örnekler vermiştir. Gerçek depremler sonunda bu yapıların performans sonuçları verilmiştir ve uygulamada başarısızlıkla sonuçlanan örneğe rastlanmamıştır.

(Roeder&Stanton, 1983)'de elastomerik mesnetlerdeki malzeme davranışını ve mesnetler üzerindeki teorik ve deneysel araştırmaları özetlenmektedir. Farklı göçme modları ve ana tasarım metotları tanımlanmış ve karşılaştırılmıştır. Yazarlar çelişkili konunun daha iyi anlaşılması için aşağıdaki konuların araştırılmasını önermektedirler.

1- Göçmeyi önlemek için tutarlı kıstaslar ile birlikte elastomerik mesnetlerin göçme modlarının (özellikle yorulma) daha iyi çözümlenmesi.

2- Birleşik yüklemelerin ve dönüşlerin mesnetler üzerinde etkilerinin ve bu anlayışın geliştirilmiş tasarım yönetmeliği içine aktarımının daha iyi anlaşılması.

3- Malzeme davranışının düşük sıcaklık rijitliği üzerine ilişkilerinin vurgulanmasıyla ile birlikte daha iyi anlaşılması.

Elastomerlerin çok düşük sıcaklıklarda önemli ölçüde sertleşebileceği iyi bilinmektedir. Düşük sıcaklıklar elastomerin şekil değiştirme ve hareket kabiliyetini önemli ölçüde etkilemekte yapı ve mesnet için ciddi sorunlara yol açmaktadır. (Roeder&Stanton, 1990) düşük sıcaklık sertleşmesini ölçen bir deneysel program tanımlanmıştır. Deneyler sonucunda rijitlik artışının elastomer bileşiğine bağlı olduğunu gözlemlenmiştir. Düşük sıcaklıklara maruz kalınan yerlere inşa edilecek yapılarda kullanılacak mesnetlerde uygun elastomer bileşiğini sağlamak için bir tasarım prosedürü önerilmiştir. Anlık termal rijitlik artışı oda

sıcaklığındaki rijitliğin 50 katı oranında ve hızlı gerçekleşmiştir. İkinci derece geçiş sıcaklığı neoprene bileşiği için -40 C° (-40F°) ve -50 C° (-58F°) arasında, doğal kauçuk bileşiği için ise -50 C° (-58F°) den daha küçüktür. Bu da gösteriyor ki doğal kauçuk, çok soğuk iklimler için daha uygun bir elastomerik mesnet bileşiğidir. Düşük sıcaklık kristalleşme sertliği artışları oda sıcaklığı sertliğinden sıklıkla 15 kat daha fazladır. En büyük kristalleşme sertliği artışı -30 C° ile -35 C° (-22F° ile -31F°) sıcaklıkları arasında not edilmiştir. Düşük kristalleşme sıcaklıkları genellikle kristalleşme sıcaklığının başlamasında daha uzun bir gecikme ile sonuçlanır fakat kristalleşme başladıktan sonra daha hızlı kristalleşme ve rijitlikte daha büyük artışlar not edilmelidir. Kristalleşme rijitliği, kristalleşme aralığındaki sıcaklıkta toplam maruz kalma süresine ve elastomerin mevcut sıcaklığına bağlıdır. Gerilme gevşemesi düşük sıcaklıktaki elastomer içindeki kuvvetlerde önemli azalmalara neden olur. Azalmalar genellikle % 40-60 'a varan oranlarda not edilmiştir ve azalmalar birkaç saat içerisinde tamamlanmıştır.

(Yakut&Yura, 2002) yaptıkları 500 test sonucunda düşük sıcaklıklardaki elastomerik mesnetlerin kayma rijitliklerindeki artışı elastomer bileşiğine, sıcaklığa ve zamanın bir fonksiyonuna bağlı olarak değiştiğini rapor etmişlerdir. Bunun yanı sıra yükleme hızı, birim şekil değiştirme miktarı, sürtünme katsayısı ve sıcaklık geçmişinin mesnet kapasitesine etki eden önemli faktörler olduğunu belirtmişlerdir. Düşük sıcaklıklar altındaki sünme davranışının oda sıcaklığındaki sünmeden önemli ölçüde farklı olduğu fakat toplam performans üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı gözlemişlerdir. Çevrimsel basınç kuvveti ve çevrimsel kayma birim şekil değiştirmesinin, zamana bağlı rijitlik olarak adlandırılan kristalleşme üzerinde önemli etkileri olmadıklarını belirtmişlerdir.

Elastomerik bir mesnedin değişik yükler altındaki davranışını belirleyen temel faktörlerden malzeme ve geometrik özelliklerdir. (Pınarbaşı&Akyüz, 2005) yaptıkları deneylerde farklı tip ve ebattaki mesnetlerin değişik yüklemelerdeki davranışlarının birbirinden oldukça farklı olduğu gözlemiştir. Yazarlara göre bir elastomerik mesnedin deneylerinden elde edilecek sonuçlar bütün malzeme ve geometrik özellikleri aynı olmadığı müddetçe (benzer olsa bile) asla başka bir elastomerik mesnedin davranışının tahmininde kullanılmamalı, bu mesnedin davranışı doğrudan doğruya o yastığa yapılacak deneylerle belirlenmelidir. Pınarbaşı ve Akyüz yaptıkları düşük sıcaklık kayma deneylerinde, düşük sıcaklıklarda mesnetlerin rijitliklerinin arttığını, rijitliklerindeki artış miktarının ise malzeme özelliklerine bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Yazarlar doğal kauçuğun düşük sıcaklıklardaki değişime sentetik kauçuğa kıyasla daha dirençli olduğunu söylemektedirler. Yaptıkları deneyler sonucunda soğuk iklimli bölgelerde inşa edilecek yapılarda kullanılacak elastomerik mesnetlerin düşük sıcaklıklardaki davranışları, mesnetler yapının altına yerleştirilmeden önce mutlaka deneysel olarak belirlenmesi ve bu şekilde üst yapının tasarımında kullanılan parametrelerin doğruluğu ispatlanması sonucuna varmışlardır. Deney mesnetlerine uygulanan deneylerde mesnetlerdeki gerilmenin sadece kayma deneylerinde değil basınç deneylerinde de sabit deformasyon altında oldukça önemli oranlarda azaldığı gözlenmiştir. Elastomerik mesnetlerde gerilme gevşemesi diye adlandırılan bu davranışın da mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Oda sıcaklığında kayma deneylerinde, büyük deformasyon seviyelerine ulaşılan yük döngülerinin, mesnetlerin düşük deformasyon seviyelerindeki davranışlarını etkiledikleri gözlenmiştir. Yazarlar Mullin etkisinin göz önüne alınarak önyükleme yapmanın bu davranış değişikliğini azaltacağını öngörmektedirler. Yapılan basınçta göçme deneylerinde, mesnetlerin ortalarındaki çelik plakalar aktıktan sonra bile yük taşımaya devam ettiği görülmüş, plaka ancak akma yükünün yaklaşık üç katı değere ulaştığı zaman koptuğu gözlenmiştir. Böylesi bir yükleme sonrası bile yükün kaldırılmasıyla mesnetlerin neredeyse yükleme öncesi kalınlıklarına dönmüş olduğu gözlenmiştir. Pınarbaşı ve Akyüz böylesine elastik davranan

çelik plakalarla güçlendirilmiş elastomerik bir mesnedin düşey yükler altındaki davranışı yatay yükler altındaki davranışından oldukça farklı olduğu sonucuna varmışlardır.

(Yakut&Yura, 2002)'ye göre AASHTO M251 düşük sıcaklıklardaki tam ölçekli kesme deneyinin performans sınırlarını gerçekçi bulunmamakta ve elenmesi gerektiği düşünülmektedir. Yük-deplasman davranışının doğrusal olmayan doğasından ötürü ASTM D4013 testini elastomerik mesnetler için uygun bulmamaktadırlar. Yazarlar sıcaklık değişimine bağlı olarak kayma rijitliğindeki artışı anlık termal rijitlik olarak adlandırır ve mesnet sıcaklığı ortam sıcaklığına eriştikten sonra ölçülür. Diğer yandan zamana bağlı rijitlik artışı kristalleşme olarak adlandırılır. Mevcut olan test kriteri ($G_C / G_R \leq 4$) anlık ve kristalleşme sertliği için aynıdır. Yazarlar elastomerik mesnetlerin düşük sıcaklıklardaki özelliklerini tanımlayan AASHTO prosedürlerinin aşırı muhafazakâr olduğu sonucuna varmışlardır.

(Özden&Türer, 2005) hurda araba lastiklerini kullanarak ucuz sismik yalıtıcı üretmeyi araştırmışlardır. Yazarlar 1950 den beri otomobil lastiklerinin içindeki çelik hasırın lastikle birbirine çeşitli şekillerde pişirilmesi (vulkanizasyon) yoluyla üretildiklerini not etmişlerdir. Yazarlara göre lastiklerin içindeki çelik hasır, elastomer menşeli sismik yalıtıcılardaki çelik plaka veya fiberlere benzer bir etki yaratmaktadır. Atık lastik mesnetlerinin yatay rijitliğinin katman sayısı ile doğru orantılı olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca atık lastik mesnetler arasında herhangi bir kimyasal bağlayıcı olmamasına rağmen yeterli eksenel yükler altında yapılan testler sonucunda atık lastik mesnetlerin bütünlüğünü bozmadan koruduğu gözlemlenmiştir. Özden ve Türer atık lastik mesnetlerinin, geleneksel elastomer menşeli sismik zemin yalıtıcılarına düşük maliyetli bir alternatif olarak kullanılabilirliklerini önermişlerdir. Kullanım alanı olarak düşük yoğunluklu trafik akımı taşıyacak kırsal alandaki köprü mesnetlerinin ve yığma yapıların sismik yalıtımı olarak öngörülmektedir.

AASHTO Sismik İzolasyon Şartnamesine [1] göre sünme durumunda test hızının 0.0076cm/dak olması tavsiye edilmektedir. Bu hız altında en az üç çevrimsel hareket yapılması gerektiği belirtilmiştir. AASHTO Köprü şartnamesinde [2] soğuk iklim şartlarında içinde test sıcaklıklarının nasıl seçileceği Amerika Birleşik Devletleri için bölgesel olarak sınıflandırılmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

3.1: Genel

Bu bölümde test donanımı, veri elde etme sistemi, elastomerik mesnetler ve diğer malzemeler özellikleri yer almaktadır.

3.2: Test Gereci

Sismik yalıtım sistemleri için kullanılan test makinesi Ortadoğu Teknik Üniversitesi Yapı Mekaniği Laboratuvarında bulunmaktadır. Test donanımının genel görünüşü Şekil 3,1'de verilmektedir. Bu makine ile tersinir çevrimsel yüklemeler altında istenilen gerilme değerlerini sağlayacak eksenel yükler çift halinde yerleştirilmiş elastomerik mesnetlere uygulanmaktadır. Test makinesinin zemine herhangi bir bağlantısı yoktur.



Şekil 3,1: Test Gerecinin Genel Görünüşü

Makinenin düşey yük kapasitesi 3000 kN ve yatay yük kapasitesi 500 kN dur. Her iki yöndeki hidrolik silindireler 300 barlık basınca dayanıklıdır. Düşey doğrultuda çalışma mesafesi 150 mm yatay doğrultuda ise 350 mm ile sınırlıdır.

Yatay doğrultudaki yük hücresinin kapasitesi 300 kN dur. Doğrusal değişken deplasman dönüştürücüsünün çalışma mesafesi 300 mm dir.

Düşey doğrultudaki tüm testlerde, uygulanan aksenal yük seviyesini elde etmek için load-cell'den faydalanılmıştır. Makinenin otomatik modu çalışmadığı için yapılan tüm testler manüel olarak gerçekleştirilmiştir. Yatay ve düşey yükler manüel olarak bir joystick aracılığıyla uygulanmıştır.

Bu test donanımında iki mesnette aynı anda test edilmelidir. Yatay yük, itme ve çekme plakasının merkezine uygulandığından ve bu plaka da test donanımının yatay doğrultuda hareket edebilen tek parçası olması dolayısıyla iki mesnet simetrik olarak test edilmelidir. Bu makine ile 36cm çapına kadar olan kadar olan mesnetlerin testi mümkündür.

3.3: Veri Toplama Sistemi

Veri toplama sisteminin görünümü Şekil 3,2’de görülmektedir. Vishay Micro Measurement tarafından üretilen sistem 6000-Model 6100 Tarayıcı diye adlandırılan veri toplama sisteminden faydalanılmıştır. Faydalanılan sistemin örnek oranı tek bir kanal için saniyede 10000 örnektir. Sistem 6000, -10 C° ile +50 C° arasında çalışmaktadır. Model 6100 tarayıcısı 20 taneye kadar fişli giriş kartına izin verir.



Şekil 3,2: Veri Toplama Sistemi

3.4: Elastomerik Mesnet

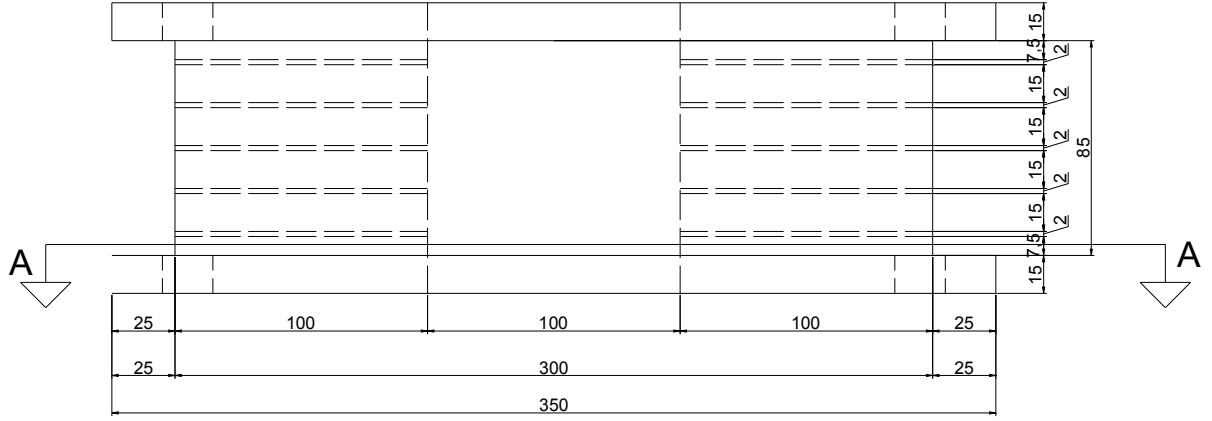
Bu çalışmada kullanılan elastomerik mesnetler ince çelik plakaların ve kauçuk katmanların basınç ve sıcaklık altında vulkanizasyonu ile üretilmiştir. Kayma modülü ve dolayısıyla kauçuğun kayma rijitliği Shore sertliği kullanılarak açıklanmıştır. İzolasyon mesnetlerinde kullanılan kauçuk bileşiği 37 ile 60 arasında değişen bir sertliğe sahiptir. Başka bir deyişle elastomer mesnetlerdeki kauçuğun kayma modülü 0,4MPa ile 1,0MPa arasında değişmektedir. Bununla beraber, daha düşük kayma modülüne sahip kauçuk bileşikleri isteğe bağlı olarak üretilebilmektedir.

Elastomerik mesnetlerde kullanılan kauçuk doğal kauçuk veya neoprene veya bunların karışımıdır. Neoprene doğal kauçuğa kıyasla aşınmaya, ısıya ve alev karşı daha dayanıklıdır. Dahası, neoprene ayrıca doğal kauçukla kıyaslandığında düşük su buharı ve hava geçirgenliğine sahiptir. Çoğunlukla, elastomerik mesnetlerdeki kauçuk 55 ile 60 arasında değişen bir sertliğe sahiptir ve 55 sertliğindeki kauçuğun kayma modülü 0.81MPa ve 60 sertliğindeki kauçuğunki ise 1.06MPa’dır.

Testlerde iki farklı tip elastomerik mesnet kullanılmıştır. Tip A mesnetlerinin boyutları Şekil 3,3 ve Şekil 3,4, Tip B diye adlandırdığımız mesnetlerin boyutları da Şekil 3,5 ve Şekil 3,6’ da verilmiştir.

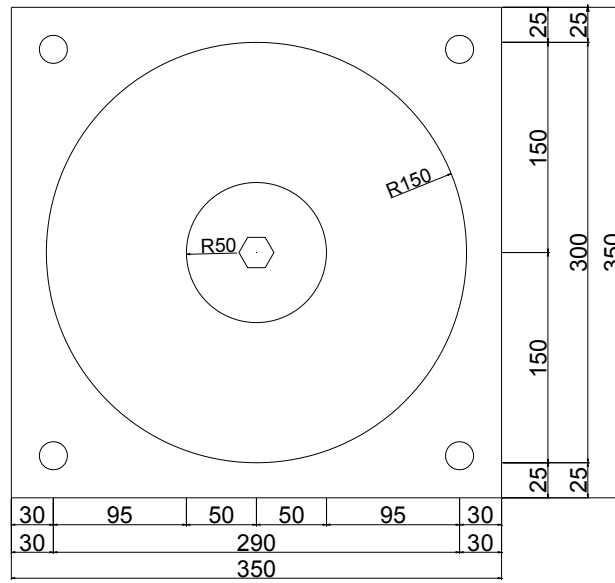
Tip A:

$D = 300\text{mm}$ $d = 100\text{mm}$ $D/d = 3$



A TİPİ MESNET

Şekil 3,3: A Tipi Mesnedin Cepheden Görünüşü

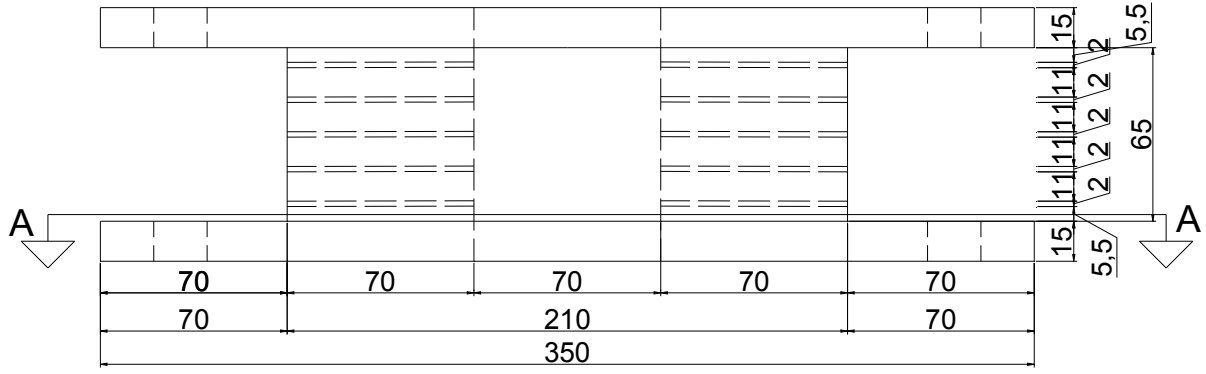


A TİPİ MESNEDİN A-A KESİTİ

Şekil 3,4: A Tipi Mesnedin A-A Kesitinin Plan Görünüşü

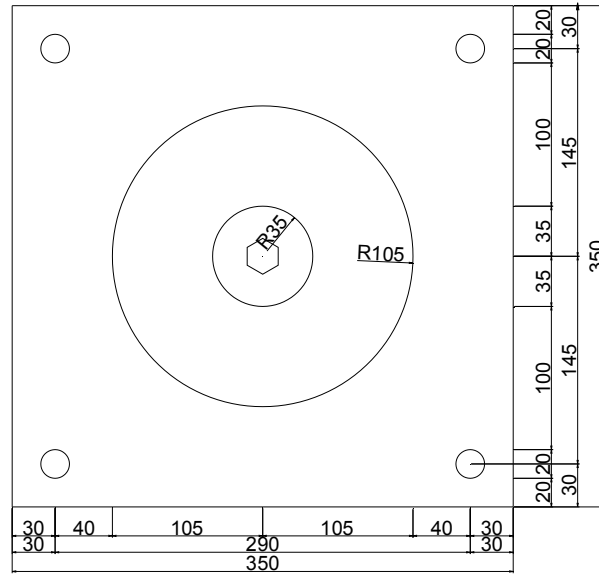
Tip B:

$D = 210 \text{ mm}$ $d = 70 \text{ mm}$



B TİPİ MESNET

Şekil 3,5: B Tipi Mesnedin Cepheden Görünüşü



B TİPİ MESNEDİN A-A KESİTİ

Şekil 3,6: B Tipi Mesnedin A-A Kesitinin Plan Görünüşü

3.5: Diğer Malzemeler

Düşük sıcaklıklarda yapılan testlerde elastomerik mesnetlerin istenilen sıcaklığı koruması için yalıtım kemeri adını verdiğimiz malzeme kullanılmıştır. İki tane balonlu naylonun arasına bir adet elyaf gelecek şekilde istenilen boyutlarda malzemeler kesilerek bir kemer gibi kauçuğun etrafına giydirilmiştir. Yalıtım kemeri Şekil 3,7’de gösterilmiştir. Testlerde kauçuk içindeki sıcaklığı ölçmek için enda pt100 ep0630 marka J tipi termokupl kullanılmıştır. Kullanılan J tipi termokupl -200 C° ile + 1350 C° arasında çalışma sıcaklığına ve 55µV/C° hassasiyete sahiptir.



Şekil 3,7: Yalıtım Kemer

3.6 Test Yöntemi

Testlerde şekil faktörleri aynı olan farklı boyutlardaki mesnetler, farklı sıcaklık aralıklarında ve her bir sıcaklık aralığı için tanımlanan gerilme seviyelerinde test edilmiştir.

Mesnet Tipleri: Tüm mesnet tipleri için D/d oranı 3 olarak seçilmiştir.

Tip A: D = 300mm d = 100mm

Tip B: D = 210mm d= 70mm

Sıcaklık Aralıkları: T₁, T₂ ve T₃ olarak adlandırılan üç farklı sıcaklık aralığı tanımlanmıştır.

T₁: 20 C°

T₂: -18 C°

T₃: -35 C°

Gerilme Seviyeleri: Kauçuk rijitliği sıcaklıkla değişim gösterdiğinden her bir sıcaklık aralığı için farklı gerilme seviyeleri belirlenmiştir.

T₁ → σ₁: 0MPa, σ₂: 1.5MPa, σ₃: 3.0MPa

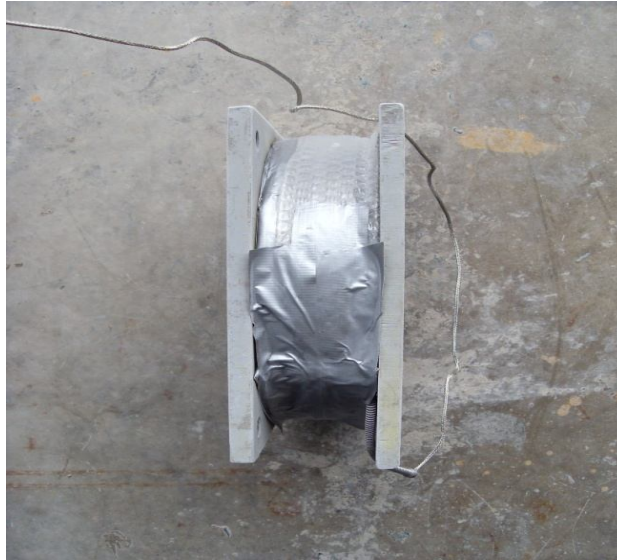
T₂ → σ₁: 0MPa, σ₂: 1.5MPa, σ₃: 3.0MPa, σ₄: 4.5MPa

T₃ → σ₁: 0MPa, σ₂: 1.5MPa, σ₃: 3.0MPa, σ₄: 4.5MPa, σ₅: 6.0MPa

Testler yapılırken derin dondurucudan çıkarılan mesnetlerin istenilen sıcaklıklarda tutulması için yalıtım kemeri adını verdiğimiz malzeme kullanılmıştır. İki tane balonlu naylonun arasına bir adet elyaf gelecek şekilde istenilen boyutlarda malzemeler kesilerek bir kemer gibi kauçuğun etrafına giydirilmiştir. Öncelikle kauçuğun $-30C^{\circ}$ deki buzdolabından çıkarıldığında yalıtılmış ve yalıtılmamış halinin ne kadar sürede sıcaklığını yitirdiği incelenmiştir. Bunun için öncelikle mesnedin dış yüzeyinin çevresel etkilere maruz kalacağı düşünülerek Şekil 3,8'de yalıtılmamış ve Şekil 3,9'da görülen yalıtılmış halleri için sıcaklık okumaları yapılmıştır.

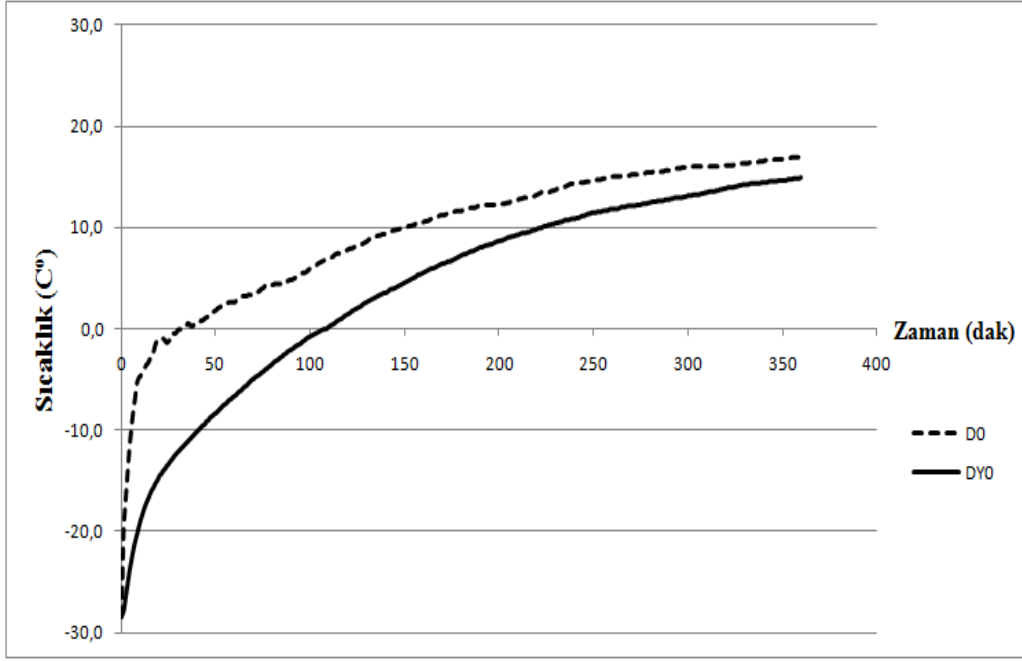


Şekil 3,8: Yalıtılmamış mesnedin yüzeyden irtibatlaşmış ısı çifti ile görünüşü



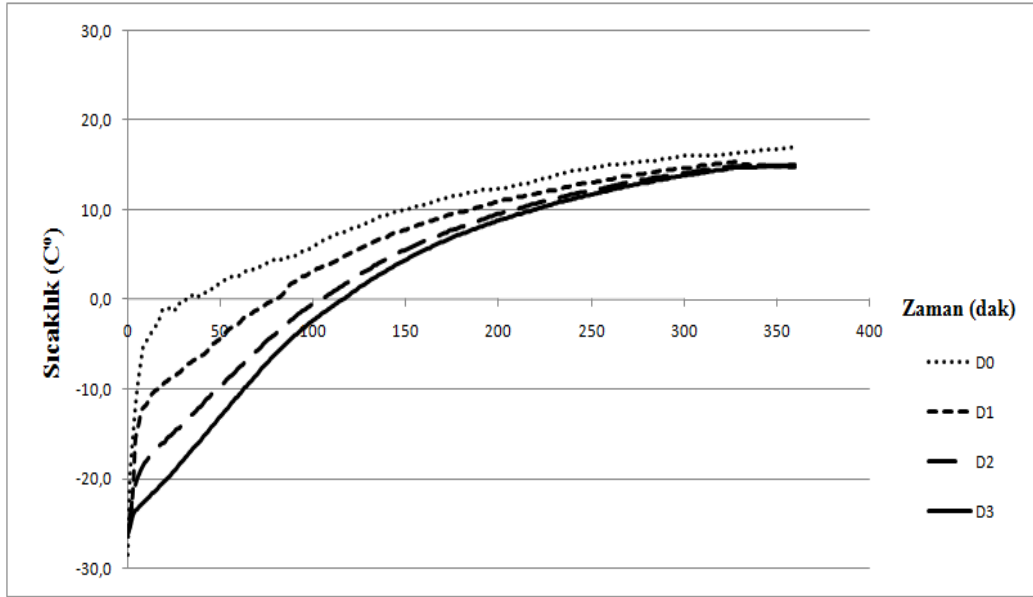
Şekil 3,9: Yalıtılmış mesnedin yüzeyden irtibatlaşmış ısı çifti ile görünüşü

$-30C^{\circ}$ de buzdolabında 1 gün bekletilen yalıtılmamış bir mesnedin 6 saat sonunda oda sıcaklığına geldiği görülmüştür. Tasarlamış olduğumuz yalıtım kemerinin etkinliğini görmek için yalıtılmış mesnet de aynı koşullarda teste tabi tutulmuştur. Şekil 3,10'dan görüleceği gibi 1 saat sonunda yalıtılmamış mesnedin sıcaklığı $2,6C^{\circ}$ ye gelirken yalıtılmış mesnedin sıcaklığı ise $-6,6C^{\circ}$ ye erişmiştir.

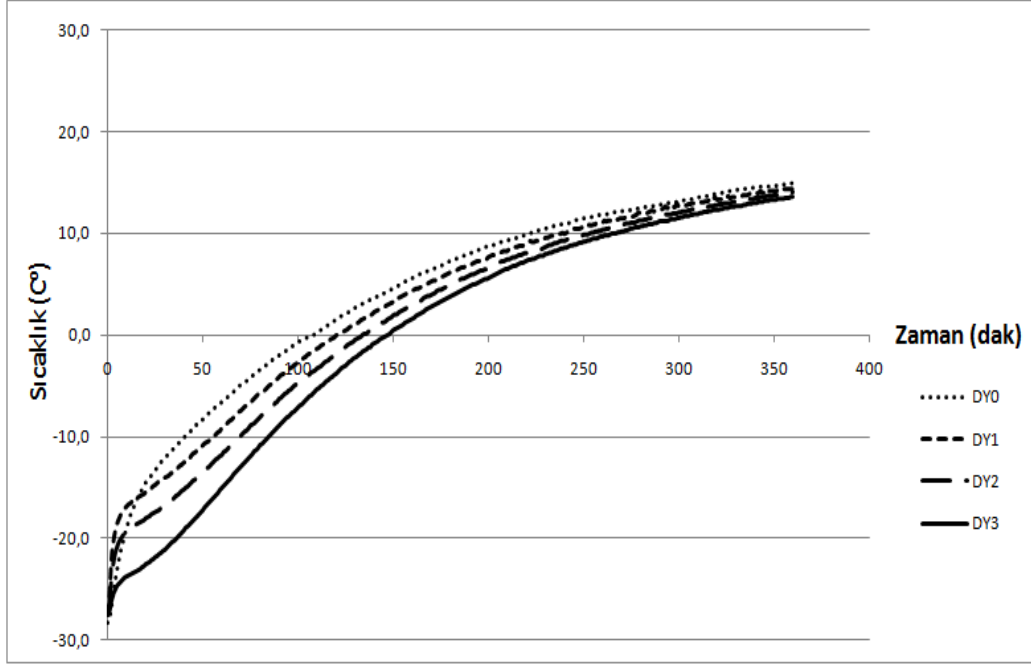


Şekil 3,10: Yalıtılmış mesnetlerin yalıtılmamış mesnetlerle yüzeyde yapılan okumalarının karşılaştırılması

Mesnedin sadece dış yüzeyinden yapılan okumalar (D0) yeterli görülmemektedir aynı mesnet -30°C de 1 gün bekletilerek 2,5cm (D1), 5,5cm (D2) ve 8,5cm (D3) merkeze giden derinliklerinde yerleştirilen ısı çiftleri vasıtasıyla 6 saat boyunca sıcaklığın zamanla değişimi gözlenmiştir. Şekil 3,11'de görüldüğü gibi artan derinliklerde sıcaklık zamanla daha yavaş düşüş göstermektedir.



Şekil 3,11: -30°C de buzdolabından çıkarılan mesnedin farklı derinliklerdeki sıcaklığının zamanla değişimi



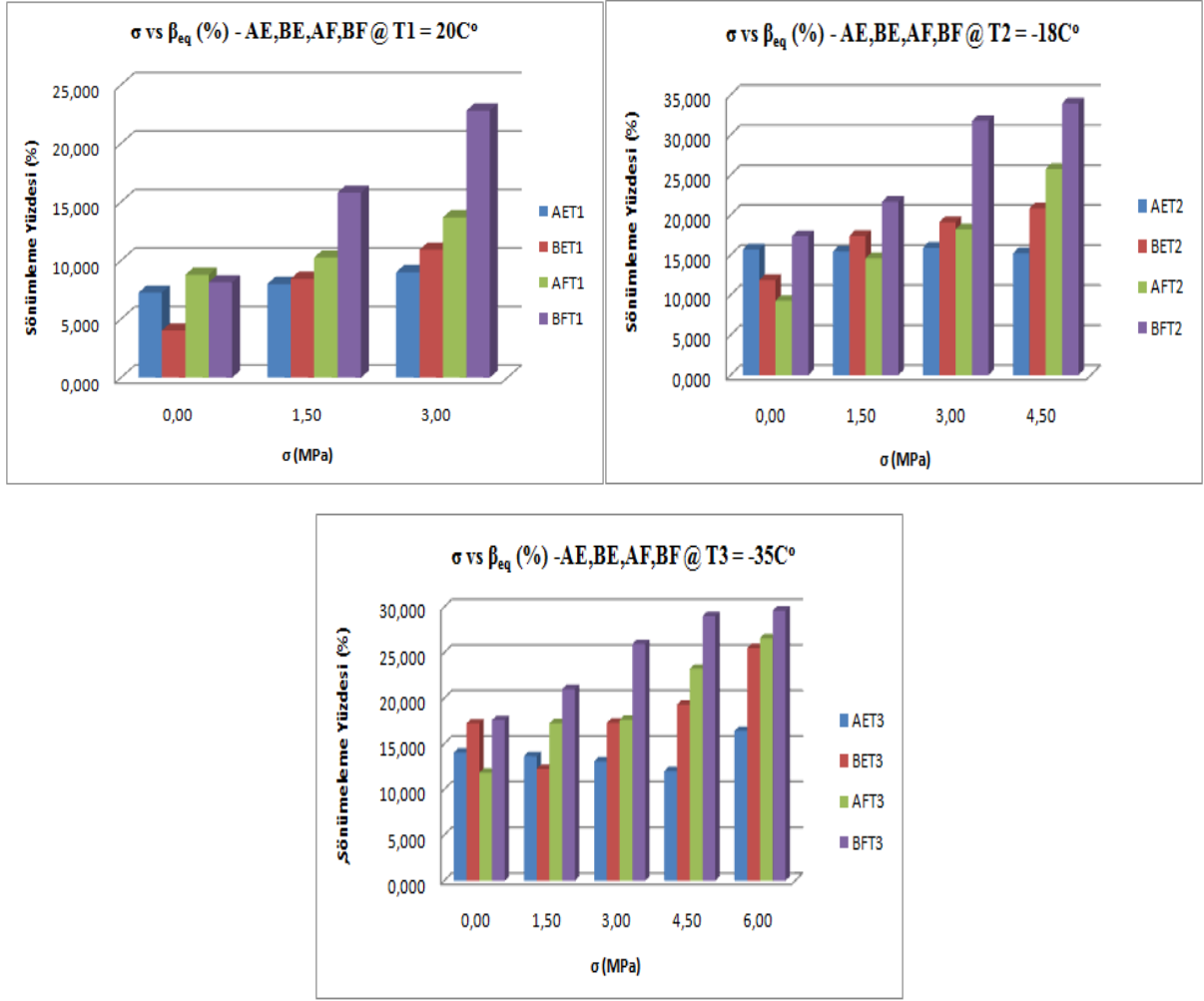
Şekil 3.12: -30C° de buzdolabından çıkarılan yalıtım kemeri takılmış mesnedin farklı derinliklerdeki sıcaklığının zamanla değişimi

Yalıtım kemerinin etkisini anlamak için aynı mesnet yalıtım kemeri takılarak -30C° de 1 gün bekletildikten sonra 6 saat süre ile sıcaklığın değişim gözlemlenmiştir. Şekil 3.12'de görüldüğü gibi derinlik arttıkça daha geç ısınma gözlemlenirken yalıtım kemeri takılmamış mesnede oranla ısıyı tutma açısından avantajı gözle görülür düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

İki farklı mesnet tipi, üç farklı sıcaklık aralığında içlerinin boş ve dolu olması durumuna göre test edilmiştir. Toplam kırk sekiz test yapılmıştır. Testler ve kodlama Tablo A,1'de verilmiştir. Aynı zamanda test hızları servis durumunda ağır hızlarda sünme gibi davranışları yakalayabilmek için ortalama 0.0076cm/dak hızının altında tutulmuştur. Testler yapılırken test makinesinin boş beklememesi için Tablo B.1'de verilen test programı uygulanmıştır.

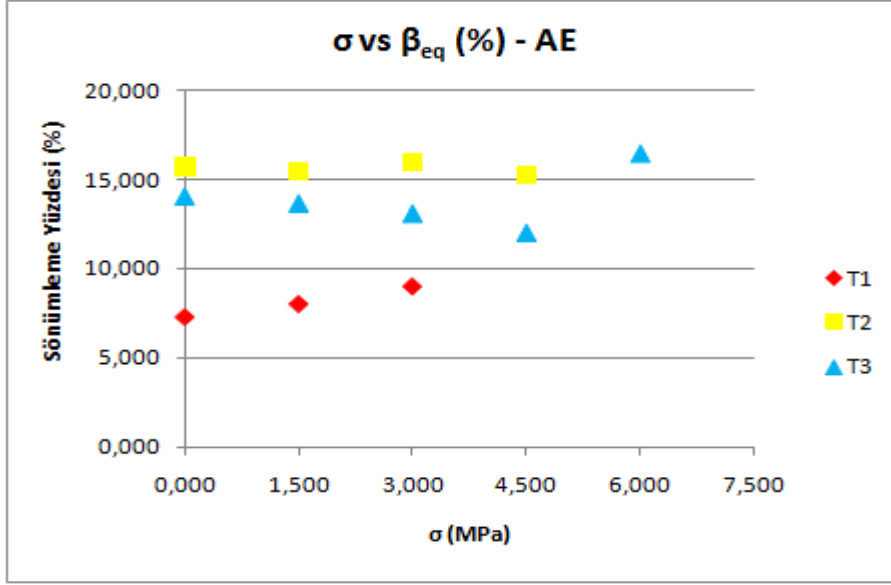
4. BULGULAR

Düşük sıcaklıkta A ve B tipi mesnetler için testler yapılmıştır. Test programında şimdiye kadar 48 test yapılmıştır. Farklı sıcaklık, gerilme ve mesnet yuvasının boş ve dolu olması durumuna göre mesnetler üçlü çevrimsel yükler altında test edilmiştir. A ve B tipi mesnetler aynı şekil faktörüne sahiptir. Mesnetlerin yüke maruz kalan alanları oranı en küçük alana sahip olan B tipi mesnetlerin alanına bölünerek normalize edildiğinde B= 1,0 ve A=2,0 dır.



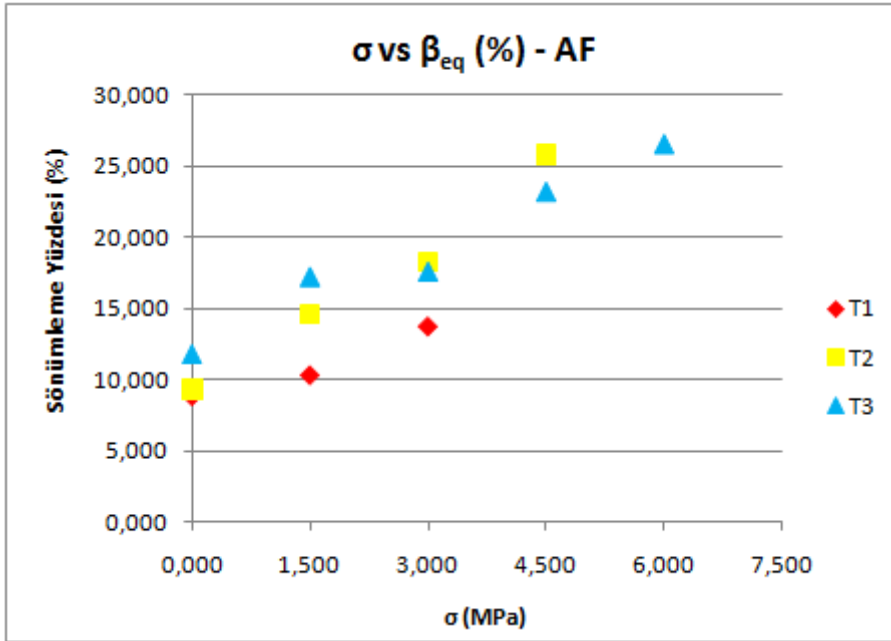
Şekil 4,1: A ve B tipi mesnetlerin dolu ve boş, farklı üç sıcaklıktaki sönümlenme yüzdelерinin karşılaştırılması

A tipi mesnetlerin yarısı kadar alana sahip olan B tipi mesnetlerin A tipi mesnetlere oranla hayli yüksek sönümlenme yüzdesine sahip oldukları gözlenmiştir. Hemen her bir mesnet tipi için düşük sıcaklıklar oda sıcaklığından daha yüksek sönümlenmeye sahiptir. Aynı zamanda artan aksenal gerilmelerin genellikle yüksek sönümlenmeye sonuçlandırdığı görülmüştür. Şekil 4,1'de karşılaştırmalı sonuçlar verilmektedir.

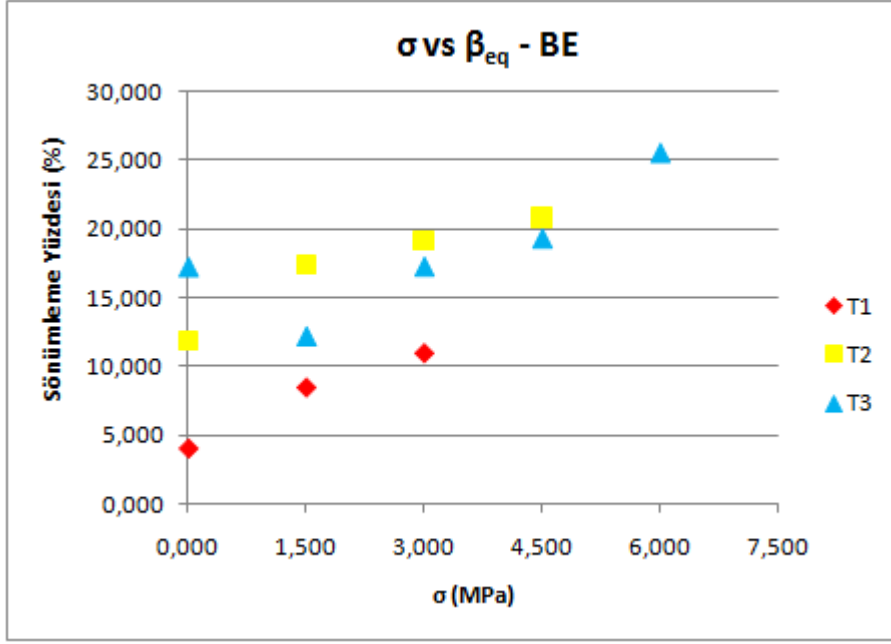


Şekil 4,2: σ vs β_{eq} – AE

A tipi yuvası boş olan mesnetlerde en yüksek sönümlenme -35 C° de yapılan testlerde 6,0 MPa aksenal basınç altında %16.42 olarak gözlenmiştir. A tipi yuvası 1.65 mm lik bilyelerle dolu mesnetler için en yüksek sönümlenme -35 C° de yapılan testlerde 6,0 MPa aksenal basınç altında %26.59 olarak hesaplanmıştır.

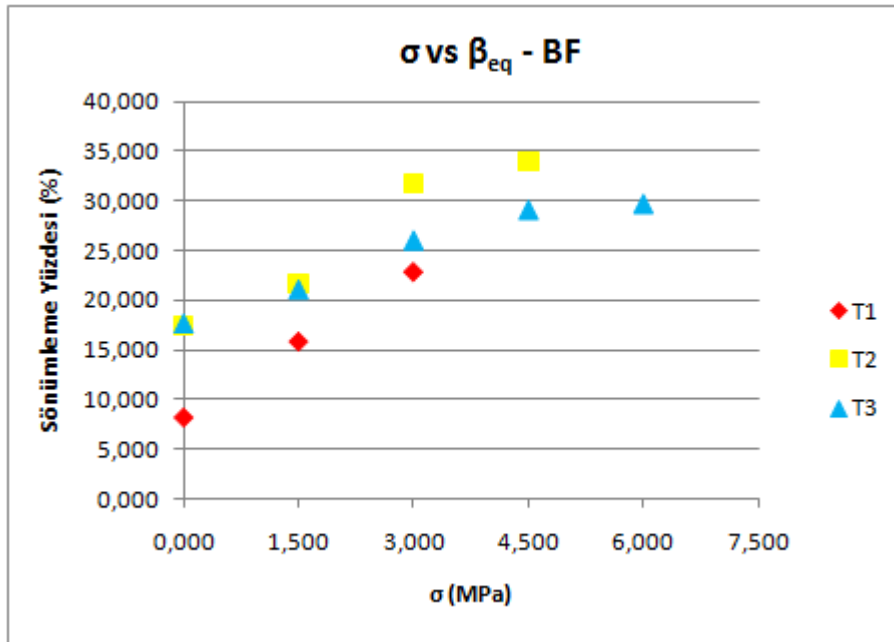


Şekil 4. 3: σ vs β_{eq} – AF



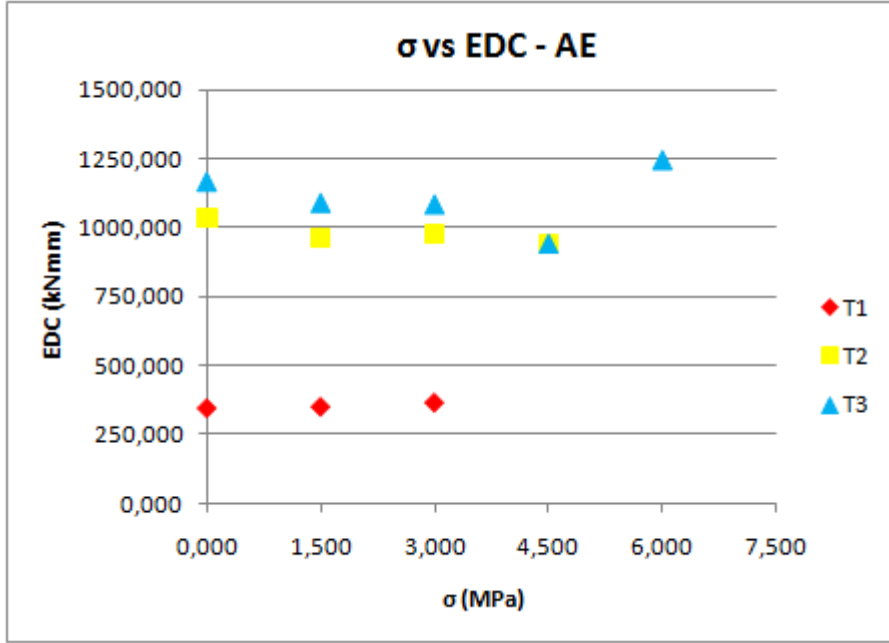
Şekil 4,4: σ vs β_{eq} – BE

B tipi yuvası boş olan mesnetlerde en yüksek sönümlenme -35 C° de yapılan testlerde 6,0 MPa aksenal basınç altında %25.50 olarak gözlenmiştir. B tipi yuvası 1.65 mm lik bilyelerle dolu mesnetler için en yüksek sönümlenme -18 C° de yapılan testlerde 6,0 MPa aksenal basınç altında %33.95 olarak hesaplanmıştır.



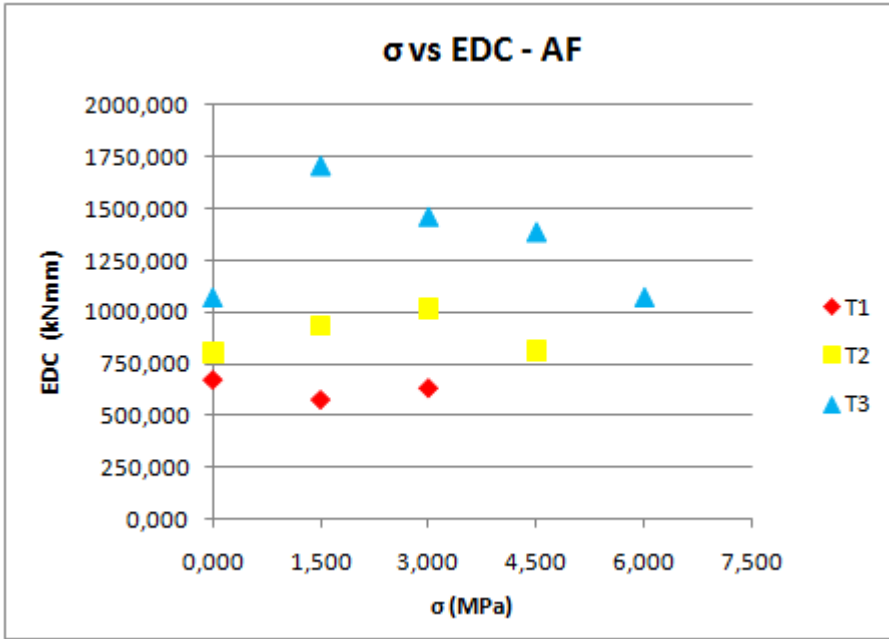
Şekil 4,5: σ vs β_{eq} – BF

A ve B tipi olan mesnetler için yapılan testlerde içi 1.65mm lik bilyelerle dolu olan mesnetler boş olan mesnetlere göre daha yüksek sönümlenmeye sahiptir. Şekil 4,2'den Şekil 4,5'e kadar olan şekillerden görülmektedir.

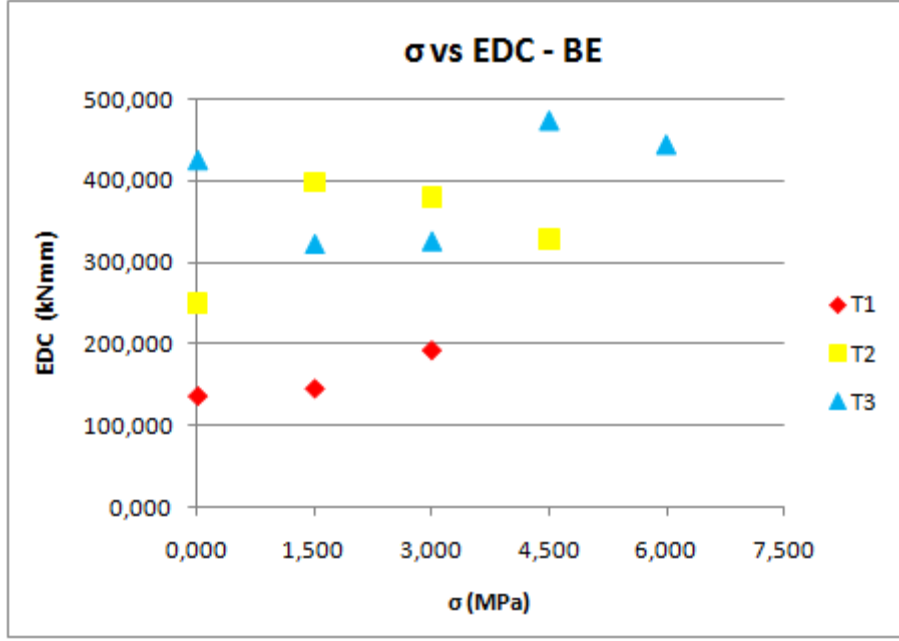


Şekil 4,6: σ vs EDC – AE

Şekil 4,6 ve Şekil 4,7'den de görüleceği gibi A tipi mesnetler düşük sıcaklıklar altında daha yüksek çevrim başına dağıtılan enerjiye sahiptirler. Yuvası dolu olan mesnetler 1750.000 kNmm e kadar çevrim başı dağıtılan enerjiye sahipken yuvası boş olan mesnetler 1250.000 kNmm ye kadar çevrim başı dağıtılan enerjiye sahiptir.

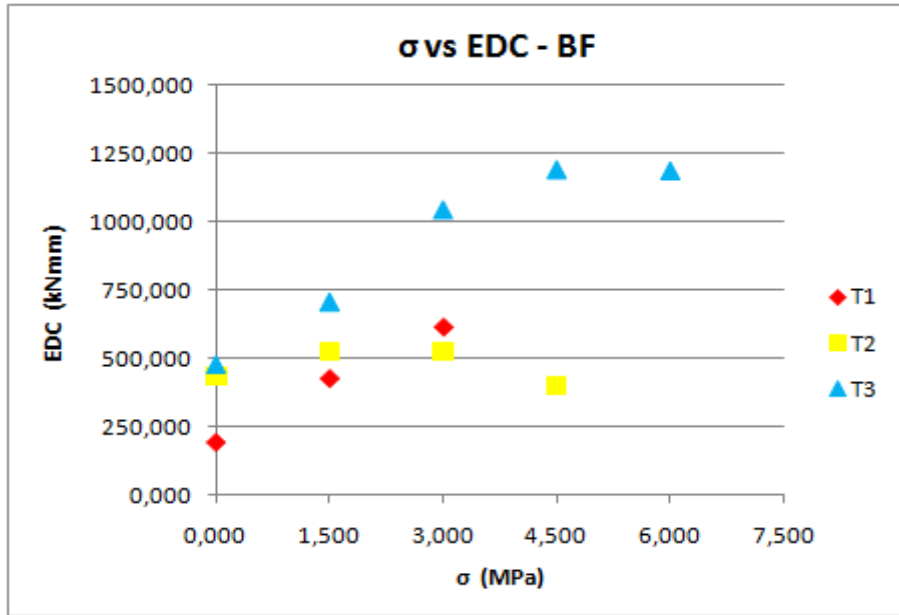


Şekil 4,7: σ vs EDC - AF



Şekil 4,8: σ vs EDC – BE

Şekil 4,8 ve Şekil 4,9'dan da görüleceği gibi B tipi mesnetler için elde edilen çevrim başına dağıtılan enerji A tipi mesnetlere oranla daha düşük olduğu gözlenmiştir. Yuvası boş olan mesnetler 500.000 kNmm e kadar çevrim başı dağıtılan enerjiye sahipken yuvası dolu olan mesnetler 1250.000 kNmm ye kadar çevrim başı dağıtılan enerjiye sahiptir.



Şekil 4,9: σ vs EDC – BF

Çevrimsel yükler altında kauçuğun enerji sönümlerken ne kadar ısındığını tespit edebilmek için bir adet dondurulmuş kauçuk mesnet içinde ısı ölçümleri alınmıştır. Derin dondurucudan çıktıktan sonra ortalama -28.2°C olan kauçuk için sıcaklığı 26 dakika sonra test başladığında -17.5°C olarak tespit edilmiştir. Sekiz döngü sonunda yapılan ısı ölçümlerinde bilyelerin sürtünmesinden dolayı meydana gelen az bir değerde olması beklenen ısı artırımından kauçuğun etkilenmediği gözlenmiş ve test sonunda ortalama kauçuk ısı -17.5°C olarak ölçülmüştür.

5. TARTIŞMA/SONUÇ

Bu çalışma kapsamında yeni üretilen bilyeli kauçuk mesnetlerin farklı sıcaklık seviyelerinde gösterdikleri davranışlar incelenmiştir. Yapılan testler sonucunda;

Bilyeli kauçuk mesnet testleri sonucunda sismik yalıtım performansı uluslararası standartlara göre başarılı bulunmuş ve düşük sıcaklık ve sünme gibi davranışları test edebilmek için ağır hızlarda yapılan testlerde diğer ürünlere benzer davrandığı gözlenmiştir. Kauçuk esaslı mesnedin için bilye ile doldurulduğunda sönümleme yüzdeleri için boş durumda olanın yaklaşık olarak iki katına çıkmıştır.

Genellikle, bilyeli kauçuk mesnedin düşük sıcaklıkta oda sıcaklığında bulunduğu durumdan daha fazla enerji sönümlendiği gözlenmiştir.

Aynı şekil faktörüne sahip büyük boyutlu bilyeli mesnedin küçük boyutlu bilyeli mesnede göre daha az düşük sıcaklıklarda ve düşük hızlarda daha az sönümleme yaptığı gözlenmiştir. Minimum hedef tasarım aksenal basınç mertebesi olan $3,5\text{ MPa}$ da büyük mesnet yaklaşık %18 ve küçük mesnet ise yaklaşık %31 civarında eşlenik sönümleme yapabilmektedir.

Sismik yalıtıcıların bazı tiplerinde enerji sönümlemesi sırasında yüksek ısılar çıkabilmektedir. Bunun aksine geliştirilen mesnet için enerji sönümlemesi sırasında kauçuk yuvasında ortaya çıkan ısı yüksek miktarda olmamaktadır. Aynı zamanda yapılan ısı ölçümleri neticesinde kauçuk içinde çevrimsel yüklemeler sırasında ısı değişimi gözlenmemiştir.

REFERANSLAR

[1] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Guide Specifications for Seismic Isolation Design, 1999.

[2] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Load Resistant Factor Design (LFRD) Bridge Design Specifications, 3rd Edition, 2005.

[3] Buckle, I.G., Mayes, R.L., Seismic Isolation: History, Application and Performance-A World View, Earthquake Spectra, Vol.6, No.2, pp. 161-201, (1990).

[4] Özden, B., Türer, A., Ucuz Araba Lastiği Yastığı (ALY) Kullanarak Sismik İzolasyon, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Artırılması Çalıştayı, Ankara-Türkiye, (2005), pp

[5] Pınarbaşı, S., Akyüz, U., Sismik İzolasyon ve Elastomerik Yastık Deneyleri, IMO Teknik Dergi, Yazı 237, 3581-3598, (2005)

[6] Roeder, C.W., Stanton, J.F., Elastomeric Bearings: State of the Art, Journal of Structural Engineering, Vol.109, No.12, 2853-2871, (1983).

[7] Roeder, C.W., Stanton, J.F., Feller, T., "Low-Temperature Performance of Elastomeric Bearings" Journal of Cold Regions Engineering, Vol. 4, No.3, 113-132, (1990).

[8] Yakut, A., Yura, J.A., Evaluation of Low-Temperature Test Methods for Elastomeric Bridge Bearings, Journal of Bridge Engineering, Vol. 7, No.1, pp. 50-56, (2002).

[9] Yakut, A., Yura, J.A., Parameters Influencing Performance of Elastomeric Bearings at Low Temperatures, Journal of Structural Engineering, Vol.128, No.8, pp. 986-994, (2002).

EKLER

EK-A

TESTLER

Test No	Test Adı	Test No	Test Adı
1	$A_E-T_1-\sigma_1$	31	$A_F-T_2-\sigma_4$
2	$A_E-T_1-\sigma_2$	32	$A_F-T_3-\sigma_1$
3	$A_E-T_1-\sigma_3$	33	$A_F-T_3-\sigma_2$
4	$A_E-T_2-\sigma_1$	34	$A_F-T_3-\sigma_3$
5	$A_E-T_2-\sigma_2$	35	$A_F-T_3-\sigma_4$
6	$A_E-T_2-\sigma_3$	36	$A_F-T_3-\sigma_5$
7	$A_E-T_2-\sigma_4$	37	$B_F-T_1-\sigma_1$
8	$A_E-T_3-\sigma_1$	38	$B_F-T_1-\sigma_2$
9	$A_E-T_3-\sigma_2$	39	$B_F-T_1-\sigma_3$
10	$A_E-T_3-\sigma_3$	40	$B_F-T_2-\sigma_1$
11	$A_E-T_3-\sigma_4$	41	$B_F-T_2-\sigma_2$
12	$A_E-T_3-\sigma_5$	42	$B_F-T_2-\sigma_3$
13	$B_E-T_1-\sigma_1$	43	$B_F-T_2-\sigma_4$
14	$B_E-T_1-\sigma_2$	44	$B_F-T_3-\sigma_1$
15	$B_E-T_1-\sigma_3$	45	$B_F-T_3-\sigma_2$
16	$B_E-T_2-\sigma_1$	46	$B_F-T_3-\sigma_3$
17	$B_E-T_2-\sigma_2$	47	$B_F-T_3-\sigma_4$
18	$B_E-T_2-\sigma_3$	48	$B_F-T_3-\sigma_5$
19	$B_E-T_2-\sigma_4$		
20	$B_E-T_3-\sigma_1$		
21	$B_E-T_3-\sigma_2$		
22	$B_E-T_3-\sigma_3$		
23	$B_E-T_3-\sigma_4$		
24	$B_E-T_3-\sigma_5$		
25	$A_F-T_1-\sigma_1$		
26	$A_F-T_1-\sigma_2$		
27	$A_F-T_1-\sigma_3$		
28	$A_F-T_2-\sigma_1$		
29	$A_F-T_2-\sigma_2$		
30	$A_F-T_2-\sigma_3$		

Tablo A.1. Elastomerik mesnet testleri ve kodlaması

EK-B

TEST PROGRAMI

Gün	Test Tipi	Buzdolabı
1	$A_E - T_1 - \sigma_1$ $A_E - T_1 - \sigma_2$ $A_E - T_1 - \sigma_3$	
2	$B_E - T_1 - \sigma_1$ $B_E - T_1 - \sigma_2$ $B_E - T_1 - \sigma_3$	$A_E - T_2 - \sigma_1$ $A_E - T_2 - \sigma_2$ $A_E - T_2 - \sigma_3$ $A_E - T_2 - \sigma_4$
3	$A_E - T_2 - \sigma_1$ $A_E - T_2 - \sigma_2$ $A_E - T_2 - \sigma_3$ $A_E - T_2 - \sigma_4$	$B_E - T_2 - \sigma_1$ $B_E - T_2 - \sigma_2$ $B_E - T_2 - \sigma_3$ $B_E - T_2 - \sigma_4$
4	$B_E - T_2 - \sigma_1$ $B_E - T_2 - \sigma_2$ $B_E - T_2 - \sigma_3$ $B_E - T_2 - \sigma_4$	$A_E - T_3 - \sigma_1$ $A_E - T_3 - \sigma_2$ $A_E - T_3 - \sigma_3$ $A_E - T_3 - \sigma_4$ $A_E - T_3 - \sigma_5$
5	$A_E - T_3 - \sigma_1$ $A_E - T_3 - \sigma_2$ $A_E - T_3 - \sigma_3$ $A_E - T_3 - \sigma_4$ $A_E - T_3 - \sigma_5$	$B_E - T_3 - \sigma_1$ $B_E - T_3 - \sigma_2$ $B_E - T_3 - \sigma_3$ $B_E - T_3 - \sigma_4$ $B_E - T_3 - \sigma_5$
6	$B_E - T_3 - \sigma_1$ $B_E - T_3 - \sigma_2$ $B_E - T_3 - \sigma_3$ $B_E - T_3 - \sigma_4$ $B_E - T_3 - \sigma_5$	$A_F - T_1 - \sigma_1$ $A_F - T_1 - \sigma_2$ $A_F - T_1 - \sigma_3$
7	$A_F - T_1 - \sigma_1$ $A_F - T_1 - \sigma_2$ $A_F - T_1 - \sigma_3$	$B_F - T_1 - \sigma_1$ $B_F - T_1 - \sigma_2$ $B_F - T_1 - \sigma_3$
8	$B_F - T_1 - \sigma_1$ $B_F - T_1 - \sigma_2$ $B_F - T_1 - \sigma_3$	$A_F - T_2 - \sigma_1$ $A_F - T_2 - \sigma_2$ $A_F - T_2 - \sigma_3$ $A_F - T_2 - \sigma_4$

Gün	Test Tipi	Buzdolabı
9	$A_F - T_2 - \sigma_1$ $A_F - T_2 - \sigma_2$ $A_F - T_2 - \sigma_3$ $A_F - T_2 - \sigma_4$	$B_F - T_2 - \sigma_1$ $B_F - T_2 - \sigma_2$ $B_F - T_2 - \sigma_3$ $B_F - T_2 - \sigma_4$
10	$B_F - T_2 - \sigma_1$ $B_F - T_2 - \sigma_2$ $B_F - T_2 - \sigma_3$ $B_F - T_2 - \sigma_4$	$A_F - T_3 - \sigma_1$ $A_F - T_3 - \sigma_2$ $A_F - T_3 - \sigma_3$ $A_F - T_3 - \sigma_4$ $A_F - T_3 - \sigma_5$
11	$A_F - T_3 - \sigma_1$ $A_F - T_3 - \sigma_2$ $A_F - T_3 - \sigma_3$ $A_F - T_3 - \sigma_4$ $A_F - T_3 - \sigma_5$	$B_F - T_3 - \sigma_1$ $B_F - T_3 - \sigma_2$ $B_F - T_3 - \sigma_3$ $B_F - T_3 - \sigma_4$ $B_F - T_3 - \sigma_5$
12	$B_F - T_3 - \sigma_1$ $B_F - T_3 - \sigma_2$ $B_F - T_3 - \sigma_3$ $B_F - T_3 - \sigma_4$ $B_F - T_3 - \sigma_5$	

Tablo B,1: Test Programı

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje No: 109M323
Proje Başlığı: Bilyeli Kauçuk Mesnetin Değişik Sıcaklıklardaki Düşük Yükleme Hızları ve Sünme Altındaki Davranışının Belirlenmesi
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Yrd. Doç. Dr. Alp CANER, İnşaat Yüksek Müh. Cenan ÖZKAYA, İnşaat&Endüstri Müh. Serkan ERDAL
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnönü Bulvarı Ankara
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: -
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 01.08.2009 – 01.08.2010
Öz (en çok 70 kelime) Bu proje kapsamında yerli üretim bir sismik izolatör olan bilyeli kauçuk mesnetlerin farklı sıcaklıklar altındaki davranışları incelenmiştir. Farklı tip mesnetlerin, yuvalarının boş ve dolu olması durumuna göre, farklı sıcaklıklarda ve gerilme seviyelerinde testleri yapılmıştır. Yapılan testler sonucunda düşük sıcaklıklar altında mesnetlerin başarılı bir şekilde enerji sönmüledikleri gözlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: sismik yalıtıcı, kauçuk, mesnet, sıcaklık
109M323 numaralı Bilyeli Kauçuk Mesnetin Değişik Sıcaklıklardaki Düşük Yükleme Hızları ve Sünme Altındaki Davranışının Belirlenmesi adlı projenin ilk aşaması olan 107M537 numaralı projede patent başvurusu yapılmıştır.
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu mu? Evet <input type="checkbox"/> Gerekli Değil <input checked="" type="checkbox"/>
Fikri Ürün Bildirim Formu'nun tesliminden sonra 3 ay içerisinde patent başvurusu yapılmalıdır.
Projeden Yapılan Yayınlar: CANER A., ÖZKAYA C., ERDAL S., Yeni Teknoloji Yerli Üretim Bir Sismik İzolasyon Bilyeli Kauçuk Mesnet, Yapı Dünyası, Haziran, 2010.