

**ÖZET****ASMA KÖPRÜ AYAKLARINA UYGULANMAK ÜZERE BİR SİSMİK İZOLASYON SİSTEMİ**

5

Buluş, kuleleri kıyı bölgelerde konumlanan asma köprülerde, köprü ayaklarına uygulanmak üzere; derin deniz tabanlarında konumlanan; betonarme keson (5), bahsedilen betonarme kesonun (5) oturduğu ve bir çakıl yatakta konumlanan bir keson alt levha (4), bahsedilen alt levha (4) altında oluşturulmuş temas (sürtünme yüzeyi)(1), bahsedilen sürtünme yüzeyi (1) ile keson alt levhaya (4) sabitlenen; deniz tabanına(6) dikey saplanmış çelik kazıklar (3) içeren bir sismik izolasyon sistemi (A) ile ilgilidir.

10

Şekil-1

**İSTEMLER**

1. Buluş, kuleleri derin deniz tabanında konumlanan asma köprülerde, köprü ayaklarına uygulanmak üzere bir sismik izolasyon sistemi (A) olup, su altında konumlanan;  
5 betonarme keson (5),  
bahsedilen betonarme kesonun (5) oturduğu ve bir çakıl yatakta konumlanan bir keson alt levha (4),  
bahsedilen alt levha (4) altında oluşturulmuş temas (sürtünme yüzeyi)(1),  
bahsedilen sürtünme yüzeyi (1) ile keson alt levhaya (4) sabitlenen; deniz  
10 tabanına (6) dikey saplanmış çelik kazıklar (3),  
içermesiyle karakterize edilmektedir.
2. İstem 1'e uygun bir sistem (A) olup, temas (sürtünme) yüzeyi (1) sürtünme açısı değerinin; 35-45 derece arasında (sürtünme katsayısı 0,6-0,7 arası) olması ile  
15 karakterize edilmektedir.
3. İstem 1 ve 2'ye uygun bir sistem (A) olup, toplam yer değiştirmenin boyuna 0,87 m., yatay yönde de 0,40 m. olduğunda, maksimum kalıcı yer değiştirme için optimum seviye, boyuna doğrultuda maksimum 0.28 m. ve yatay yönde de  
20 0,12 m. olarak ayarlanması ile karakterize edilmektedir.
4. İstem' e uygun sistem (A), bahsedilen betonarme kesonunun (5) iç kısımlarının boşluk (11) içermesi ile karakterize edilmektedir.

## Tarifname

# ASMA KÖPRÜ AYAKLARINA UYGULANMAK ÜZERE BİR SİSMİK İZOLASYON SİSTEMİ

### Teknik Alan

- 5 Buluş, sismik izolasyon zemin iyileştirme sistemi ile ilgilidir.

Buluş özellikle, kuleleri derin deniz tabanlarında konumlanan asma köprülerde sismik izolasyon sistemi ile ilgilidir.

### Tekniğin Bilinen Durumu

- 10 Günümüzde sismik izolasyon; depreme dayanma kapasitesini arttırmak yerine deprem hasar potansiyelini düşürmek, yapıya gelen sismik enerjiyi yapıların doğal titreşim periyodunu uzatarak azaltma esasına dayanır. Bu teknolojinin doğru uygulamaları büyük depremler sırasında bile yapıların elastik davranmasını sağlar.

- Yunanistan'daki Rio-Antirion köprüsünde, kule tabanında benzer bir izolasyon sistemi kullanılmaktadır. Buluşumuz ile arasındaki ana fark, köprü karakteridir. Rio-Antrion köprüsü eğik-askılı bir köprüdür. Güçlü yer hareketleri altında kuleler, zemin üzerinde ankstre mesnetli bir kolon gibi titreşirler. Kuleler ve köprü tabliyesi, kulelerde köprü tabliyesinin mesnetlenme durumu gereği aralarında belirgin bir bağıl hareket olmaksızın birlikte titreşirler. (Söz konusu tabliye, tabliye ve kule arasındaki sadece küçük bir bağıl harekete izin veren mesnetlerle kuleye bağlanmıştır.) Söz konusu köprü, köprü ayaklarındaki tabliyeyi destekleyen mesnetlerce çok az bir bağıl harekete izin verildiği için bir bütün olarak hareket edecektir veya salınacaktır.

- Mevcut teknikte yer alan, "JP20060015267" numaralı buluş, asma köprü ana kulelerinde taban izolasyon sismik tepki kontrol cihazı ile ilgilidir. Bu nihayi olarak orijinal pozisyona göre kalıcı yer değiştirmelere yol açabilecek, zemin üzerinde sismik enerjiyi sönmüleyen ve dağıtan bir sürtünme yüzeyi içeren yatay hareket sınırlayıcı ile ilgilidir.

Söz konusu kalıcı yer değiştirme değeri, köprünün yapısal bütünlüğünü riske etmeyecek şekilde dikkatlice ayarlanır.

### **Buluşun Amacı**

- 5 Tekniğin bilinen durumunda yer alan dezavantajları ortadan kaldırmak üzere buluşun bir amacı, Sismik izolasyon yönteminde amaç zemin ile yapının tabanı arasında esnek enerji sönmeyici elemanlar yerleştirilerek zeminden yapıya aktarılan deprem kuvvetlerinin azaltılmasıdır. Özellikle buluş konusu asma köprülerin sismik dizaynını gerektiren sismik kuvvetlerin, zeminden yapıya aktarılan kinetik enerji miktarının
- 10 azaltılması sayesinde, aşağı çekilmesidir.

Buluşun bir uygulamasında;

- Osman Gazi Köprüsünün tipi, asma köprüdür ve kule üzerinde askı sisteminin ana kablosu tarafından oluşturulan çok sert bir elastoplastik mesnet ve kule ile tabliye arasında herhangi bir düşey hareket sınırlayıcı bir mekanizma olmamasından dolayı,
- 15 ağır sismik olaylar sırasında köprü tabliyesi ve kuleleri arasında büyük ölçekli bağıl yer değiştirmeler oluşur. Söz konusu köprünün davranışı kule temelini zemin üzerindeki boyuna ve yatay doğrultudaki hareketi ve zemindeki elastoplastik şekil değiştirmeler için genel olarak ana kablo ve bu kablocu mesnetlenmiş kulenin üstü tarafından yönetilir. Bu nedenle, kule, zemin ve kablonun etkileşimi, ağır sismik
- 20 olaylar için dikkatlice hesaplanmalıdır. Örneğin, kalıcı yer değiştirme (kule ve ankrajın bağıl yer değişimi), kulenin kendisinin ve ana kablonun yapısal kapasitesinde önemli bir etkiye neden olabilir. Ana kablonun detaylı performans kontrolü sonrası asma köprünün kulesinde sismik izolasyon sistemi oluşturulabilir. Böylece, köprü ana kablo ve kulelerinin boyutlarında (en kesit) kayda değer bir azalma gerçekleşir.

- 25 Yukarıdaki avantajları sağlamak üzere buluş, kuleleri derin deniz tabanlarında konumlanan asma köprülerde, köprü ayaklarına uygulanmak üzere; sualtında konumlanan; betonarme keson, betonarme kesonun oturduğu ve bir çakıl yatakta konumlanan bir keson alt levhası, bahsedilen alt levha altında oluşturulmuş temas (sürtünme yüzeyi), sürtünme yüzeyi ile keson alt levhaya sabitlenen; deniz tabanına
- 30 dikey saplanmış çelik kazıklar içeren bir sismik izolasyon sistemidir.

### Şekillerin Açıklaması

Şekil 1 izolasyon sistemi ve bileşenlerinin genel görünümüdür,

Şekil 2 bir çelik kazık bileşenin temas yüzeyi detayı görünümüdür,

5 Şekil 3 çakıl yatak (gerekli kazı alanı) görünümüdür,

Şekil 4 çelik kazıkların detay görünümüdür,

Şekil 5 keson alt levha ve güçlendirilmiş beton kesonun detay görünümüdür,

Şekil 6 izolasyon sisteminin genel bir modellemesidir,

Şekil 7 çakıl yatağını temsil eden yatay yaya ait tipik histerik davranış görünümüdür,

10 Şekil 8 referans bir tüm köprü modeli ve zemindeki tepki (köprü doğrultusu yönünde) görünümüdür,

### Referans Numaralarının Açıklaması

| Ref. No. | Ref. Açıklaması                |
|----------|--------------------------------|
| A        | İzolasyon sistemi              |
| 1        | Temas (sürtünme) yüzeyi        |
| 2        | Çakıl katman                   |
| 3        | Çelik (fore) kazık             |
| 4        | Keson alt levha                |
| 5        | Güçlendirilmiş betonarme keson |
| 6        | Deniz tabanı                   |
| 7        | Doğrusal yay                   |
| 8        | Doğrusal olmayan yay           |
| 9        | Çakıl yayı                     |
| 10       | Toprak yayı                    |
| 11       | Boşluk                         |

|    |                    |
|----|--------------------|
| 12 | toprak sönümleyici |
| 13 | çakıl sönümleyici  |

### Buluşun Detaylı Açıklaması

Buluş konusu sismik izolasyon sistemi (A); su altında konumlanan; betonarme keson (5), bahsedilen betonarme kesonun (5) oturduğu ve bir çakıl yatakta konumlanan bir keson alt levha (4), bahsedilen alt levha (4) altında oluşturulmuş temas (sürtünme yüzeyi)(1), bahsedilen sürtünme yüzeyi (1) ile keson alt levhaya (4) sabitlenen; deniz tabanına (6) dikey saplanmış çelik kazıklar (3) içermektedir.

Buluş konusu sistem (A), aşağıdaki bileşenleri içermektedir;

1. Zemin güçlendirme; sıvılaşmaya karşın güvenlik faktörünü artırma sağlamaktadır. Derin çimento karışımı, taş kolon, boru şeklinde çelik kazık veya betonarme fore kazık (3) formunda olabilir.
2. Çakıl katman (2); bir keson alt levhası (4) altında kayması için bir sürtünme sağlamaktadır. Taban izolasyon etkisi, keson alt levhası (4) ve çakıl katman (2) arasındaki temas yüzeyinde (1) yer alan temas (sürtünme) yüzeyi (1) sürtünme açısı değerine bağlıdır. Söz konusu materyal, amaçlanan sürtünme açısının sağlanması için uygun materyallerden seçilmiştir.  
Söz konusu güçlendirilmiş zemin, çakıl katman (2) vasıtasıyla keson alt levhasından (4) ayrıştırılmıştır. Keson alt levhasının (4); çelik kazıklar (3), taş kolon v.s. gibi toprağa ait herhangi bir bileşen ile teması yoktur. Bir deprem (AASHTO tarafından tanımlanan Çökmeye İzin Verilmeyen Performans Kriteri Depremleri) anında kuleler, sismik kuvvetlerin izolasyonuna ilave olarak deniz tabanında (6) serbest kayma hareketi yaparlar.
3. Betonarme keson (5); betonarme kesonun (5) rijit bir şekilde üzerine oturan alt levhası (4), sürtünme yüzeyi (1) olarak formlanır. Söz konusu beton levhanın (4) bitiş yüzeyi, çakıl katman (2) ile amaçlanan sürtünme açısını sağlayacak materyalden seçilmiştir. Şekil 5'te, betonarme kesonun (5) iç kısımlarının boşluk (11) içerdiği görülmektedir. Bu sayede, betonarme kesonun (5) daha hafif hale gelmesi sağlanarak azalan kütlede dolayı deprem sırasında

oluşacak eylemsizlik kuvvetleri küçültülür. Böylece yapıya gelecek sismik zorlama azalmış olur.

Yukarıdaki bileşenler şekil 1'de gösterilmektedir. Söz konusu bileşenlere ait detay ise şekil 2, 3, 4 ve 5'te verilmektedir.

5 Sayısal hesaplamalar için sistem modelleme;

Keson levha (4) üzerindeki gerilme ve hareketler, zemin ve çakıl katmanının (2) yayılmış yaylar (9, 10) gibi modellendiği sayısal model şeklinde hesaplanır. Zemin ve çakıl yatağın (2) dikey hareketi, doğrusal kuvvet-yer değiştirme ilişkili yaylar (7) vasıtasıyla temsil edilir. Diğer taraftan yatay hareket; histerik kuvvet-yer değiştirme ilişkili yaylar (8) vasıtasıyla temsil edilir (şekil 6).

Şekil 6'da modellemenin şematik gösterimi yer almaktadır. Bu model, taban izolasyon sistemi hesabına dikkate alınarak düşünülebilir bir asma köprünün tüm yapı FEM modelinin bir parçası gibi kullanılabilir. Şekil 6'da bu model tipinde, bir çakıl yayının (9) içerdiği doğrusal yay (7) ve doğrusal olmayan yay (8) ile; zemin yayının (10) içerdiği doğrusal yay (7) ve doğrusal olmayan yay (8) görülmektedir.

#### *Yay parametrelerinin tayini*

Doğrusal yay sabitleri ve histerik davranışın parametreleri, çakıl yatak (2) ve zeminin sırasıyla katı sonlu elemanlarla modellendiği FEM model kullanılarak elde edilir. Zemini temsil eden katı elemanların malzeme özellikleri, geoteknik ve geofiziksel arazi etüt sonuçları kullanılarak tayin edilir. Diğer taraftan çakıl yatağı (2) temsil eden elementler sürtünme açısı kabulüne dayalı olarak belirlenir. 35-45 derece arasındaki sürtünme açısı (sürtünme katsayısı 0,6-0,7 arası), kolay ulaşılabilir bir üst güvenlik sınırı olarak optimum taban izolasyon etkisini verir. Elastoplastik statik itme analizleri, farklı seviyelerdeki kuvvet yer değiştirme ilişkisini elde etmek üzere ilgili FEM modeller ile yapılır.

Dikey yöndeki statik itme analiz sonuçları kullanılarak, dikey yer değiştirme ve kuvvet arasındaki ilişki bu doğrultudaki hareketi ayarlamak üzere yay (7) sabitlerinedönüştürülür. Yatay doğrultu için, bu yöndeki hareketi sınırlayan yay (8) yatay yöndeki statik itme analiz sonuçları kullanılarak yatay kuvvet talebiyle yer değiştirme arasındaki histerik ilişki cinsinden tanımlanır. Şekil 7'de, zemindeki

seçili bir noktada yayın (8) yatay yöndeki histerik bir referans davranışı gösterilmektedir.

5 Söz konusu histerik davranış sistemi etkili bir şekilde sönümler. Histerik kuvvet yer değiştirme ilişkisi üzerinde ilişkinin plastik bölgeye dönüştüğü nokta, elastik sigortanın kopması olarak tanımlanır, böylece kalıcı yer değiştirmeye sebebiyet verilmiş olur.

Tüm Yapı Yapısal Analizi:

10 Tüm yapı yapısal analizi, sismik davranışın elde edilmesi için, söz konusu taban izolasyon modellemesiyle modellenen zemin ve kulenin etkileşim halinde olduğu FEM modelince gerçekleştirilir. Şekil 8'de, bu şekilde teşkil edilmiş tabliye ve kulenin çubuk sonlu elemanlarca modellendiği referans bir tüm yapı modeli gösterilmektedir. Söz konusu model, yapısal sismik davranışın hesaplanması için, çeşitli yer hareketlerine ait kayıtlar ile harekete geçirilir.

15 Şekil 8'de aynı zamanda, kalıcı yer değiştirmelerin demonstre edildiği temel seviyedeki sismik davranış gösterilmektedir. Söz konusu kalıcı yer değiştirme seviyesi, bir asma köprü için zararlı olmayacak değerler dahilinde ayarlanır. Toplam yer değiştirmenin boyuna doğrultuda (köprü doğrultusu) 0,87 m., yatay yönde(köprü doğrultusuna dik) 0,40 m. olduğunda, maksimum kalıcı yer değiştirme için optimum seviye, boyuna yönde maksimum 0.28 m. ve yatay yönde 20 de 0,12 m. olarak ayarlanmıştır.

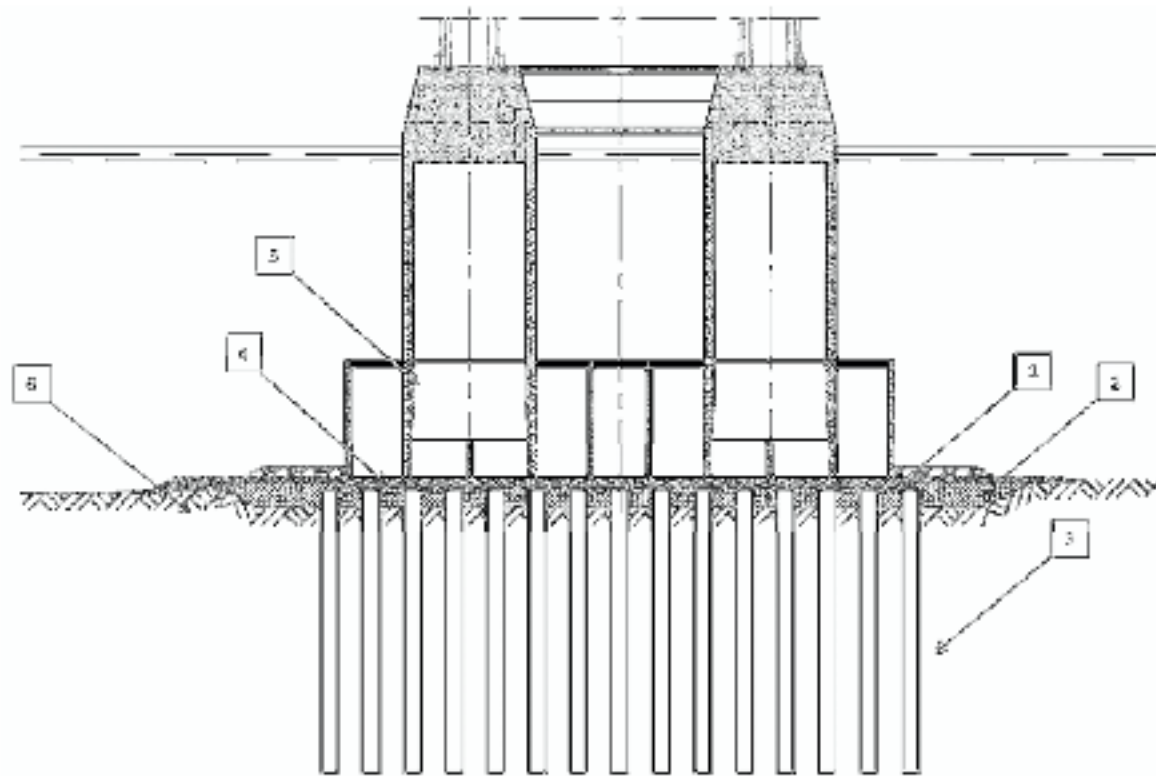
**A**

Figure 1

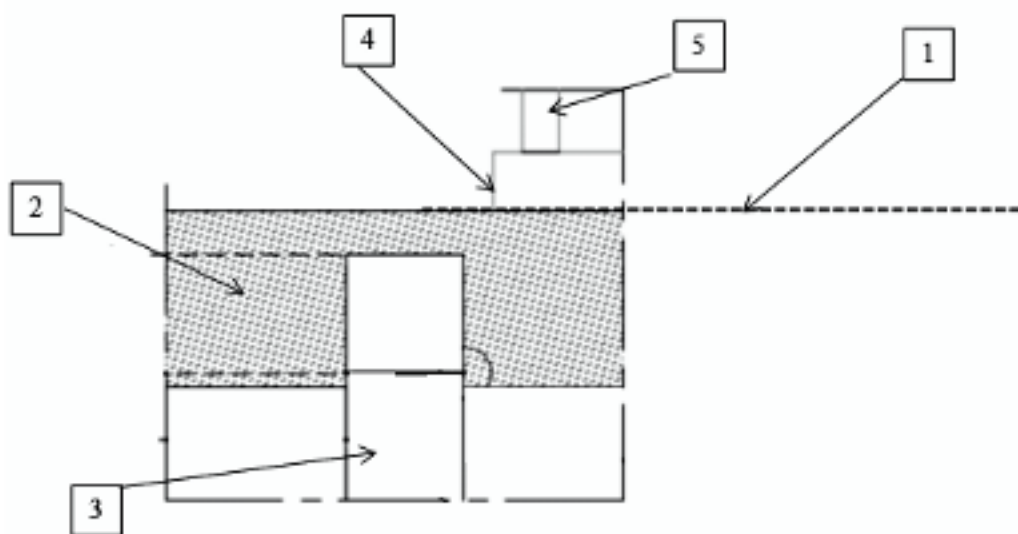


Figure 2

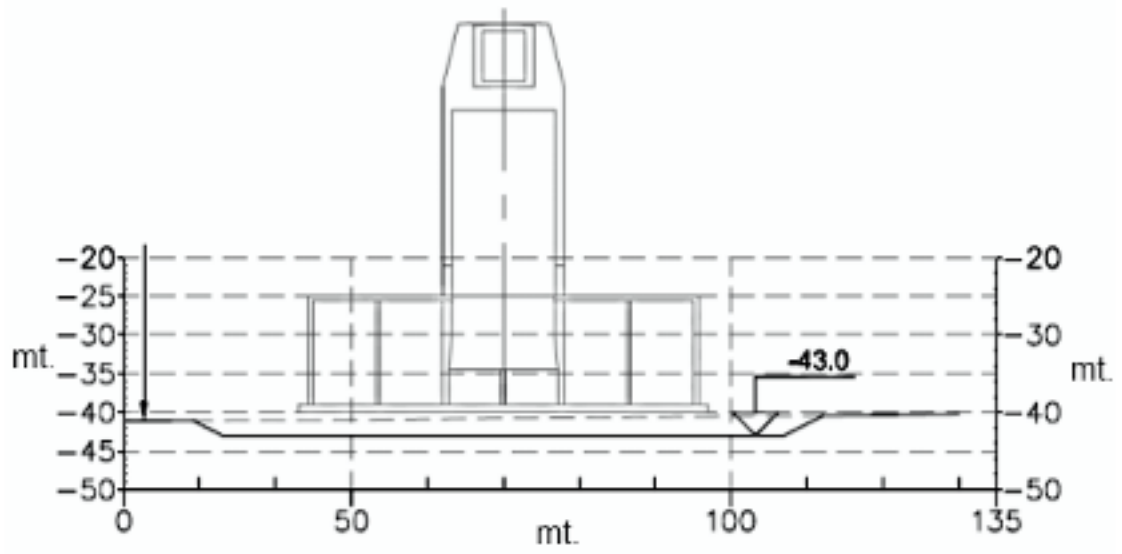
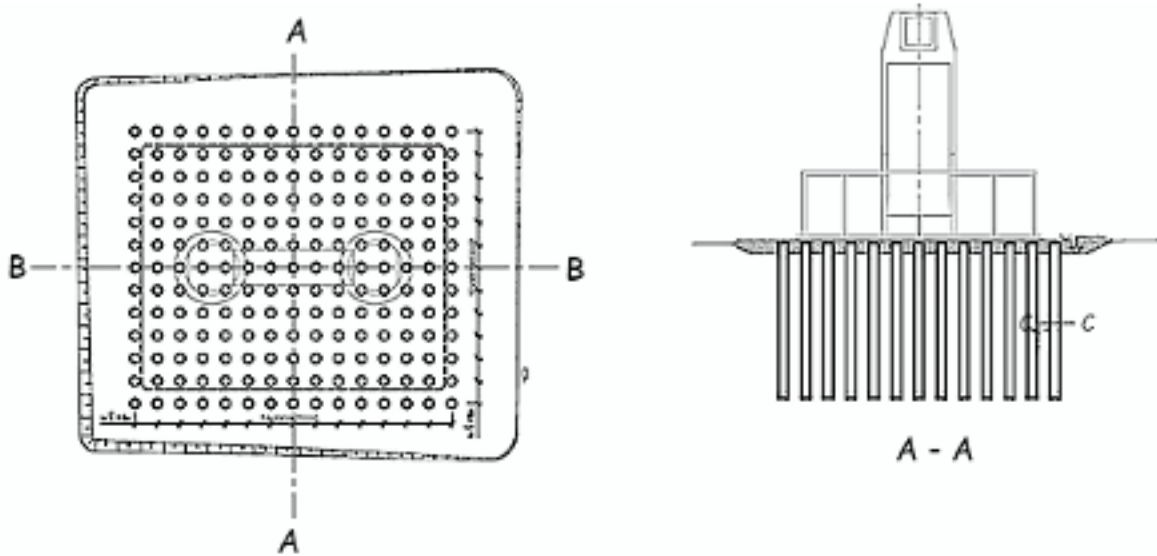


Figure 3



C - C

Figure 4

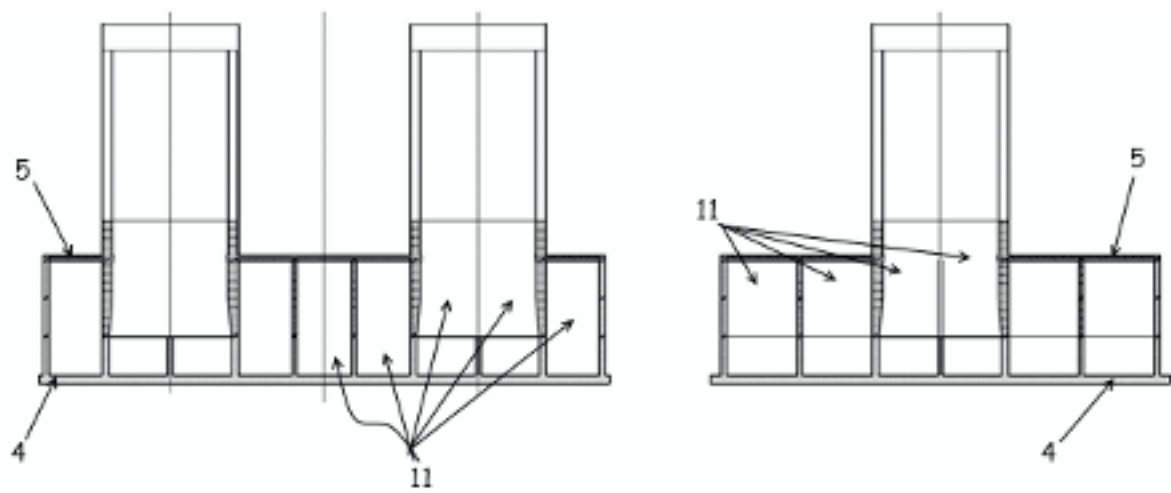


Figure 5

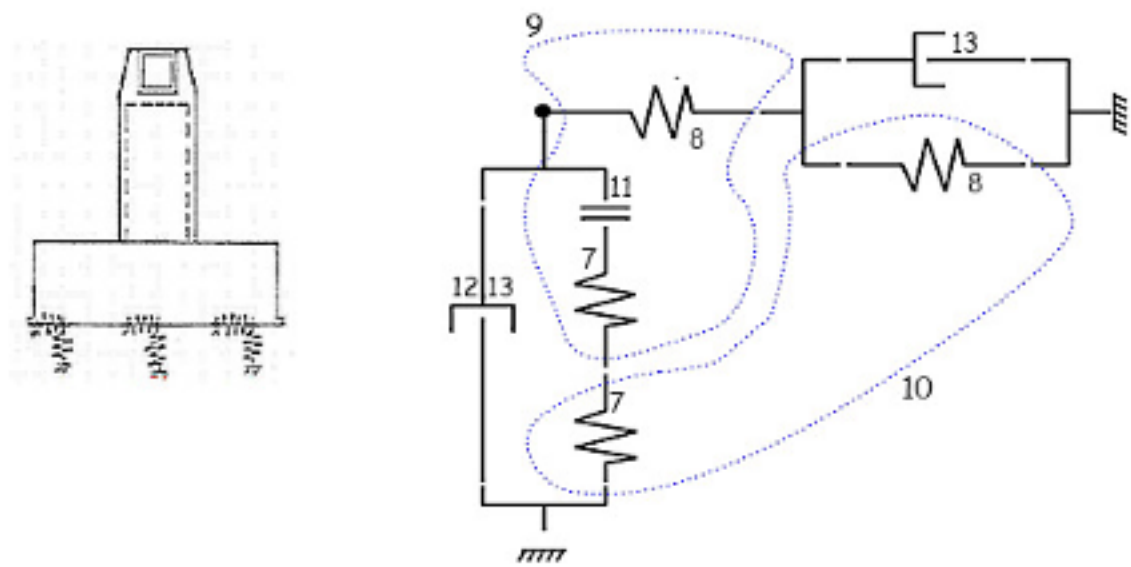


Figure 6

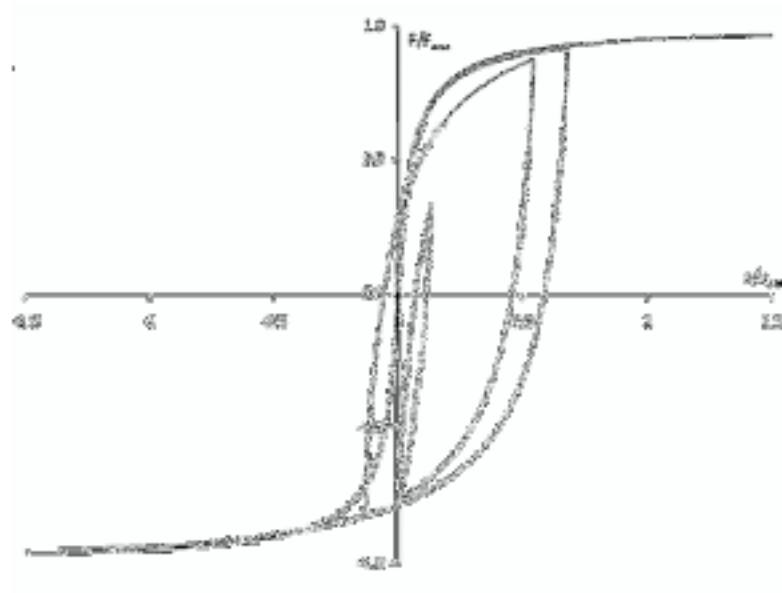


Figure 7

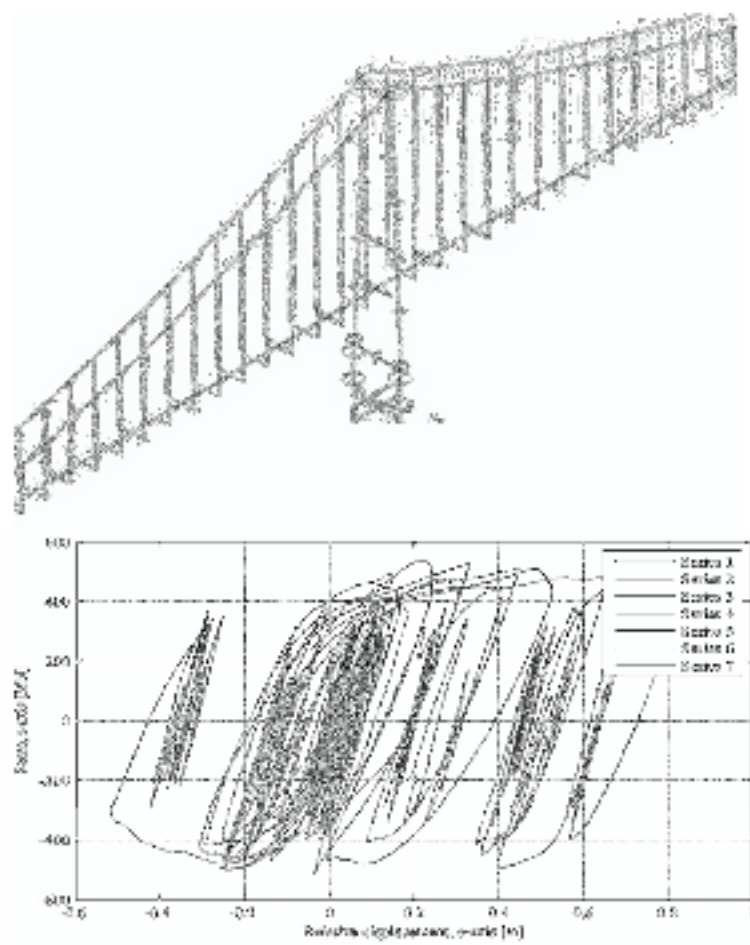


Figure 8