

TABAN İZOLASYONLU VE İZOLASYONSUZ YAPILARDA SİSMİK ENERJİNİN DAĞILIMI

Arcan YANIK* ,Ünal ALDEMİR* ve Mehmet BAKİOĞLU*

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Mekanik Anabilim Dalı, Maslak 34469 İstanbul.

ABSTRACT

In this study, the seismic energy distributions with the use of base isolations and mass dampers in structures, which are being used as control devices for earthquake resistant structures, is investigated and the effects to the structures while using this devices is also examined. The motions and energy equation of a twelve-story shear building that is subjected to synthetic, Erzincan (1992) and El Centro earthquakes is given by taking into account the base isolation, mass dampers and the internal damping. The non linear equation of the motion is solved by using Wilson-θ numerical method and as an example the solution of a twelve story shear building is given. The conclusions is given with hysterethic curves, the distribution of total kinetic energy, dissipative energy, straining energy and seismic energy of structure for three conditons which of them are the structure without base isolation , structure with base isolation and structure with base isolation and mass damper.

ÖZET

Bu çalışmada depreme dayanıklı bina tasarımında pasif kontrol elemanları olarak kullanılan taban izolasyonları ve kütle sönümleyicilerin yapılarda kullanılması durumunda bu elemanların yapı davranışına yapacağı etkiler ve yapıda meydana gelen sismik enerji dağılımları incelenmiştir. On iki katlı bir kayma binası sentetik, Erzincan(1992) ve El Centro (1940) olmak üzere üç adet depremin etkisinde incelenmiş olup bu binanın hareket ve enerji denklemleri taban izolasyonu, kütle sönümleyiciler ve iç sönüm hesaba katılarak verilmiştir. Hareketin doğrusal olmayan diferansiyel denklemi durum vektörü kullanılarak Wilson-θ yöntemi ile sayısal olarak çözülmüş ve örnek olarak oniki katlı bir kayma binasının çözümü yapılmıştır. Sonuçlar yapıda taban izolasyonu bulunmaması hali ile taban izolasyonlu ve taban izolasyonuna kütle sönümleyicisi eklenmiş haller için incelenmiştir. Bu üç durum için histeretik eğriler, yapıya giren toplam kinetik enerji, sönüm enerjisi, şekil değiştirme enerjisi ve deprem enerjisinin dağılımları verilmiştir. Ayrıca yapıya giren şekil değiştirme enerjilerinin kat bazında dağılımları da irdelenmiştir.

1. Giriş

Depremelerin yıkıcı etkilerinden yapıları koruyabilmek için ortaya çıkan depreme dayanıklı yapı tasarımı fikri yapı tarihi kadar eskidir. Geleneksel yapı tasarımı fikrinde amaç yapının şiddetli depremler etkisinde büyük dayanım kaybı yaşamaması ve şiddetli deprem kuvvetlerine dayanabilmesi veya bu kuvvetler etkisinde yapının tamamen göçmesinin önlenmesi ile can kaybının en aza indirilmesidir.

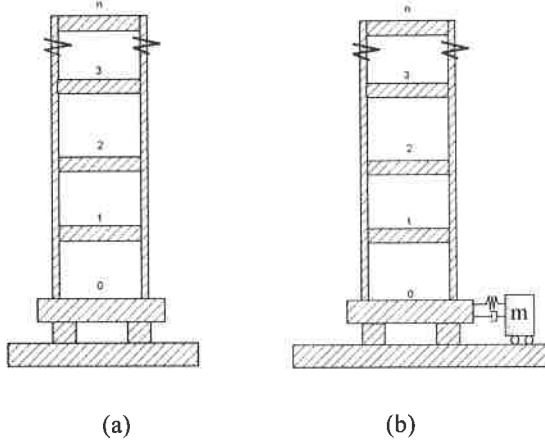
Günümüzde depreme dayanıklı yapı tasarımında kullanılan düşünceler iki grupta toplanabilir. Birinci grup düşünce yapıya özel bir form vererek depreme karşı dayanıklılığı sağlamak. Kolon rijidliklerinin azaltılması (esnek zemin kat), mafsallı kolonlar gibi. Burada amaç deprem esnasında ortaya çıkan sismik enerjinin belirli yapı elemanları tarafından absorbe edilmesi veya sisteme enerji girişinin azaltılmasıdır. İkinci grup düşünce ise yapıya ilave elemanlar konularak enerji tüketiminin bu elemanlar yardımı ile sağlanmasıdır. Yapının mevcut klasik tasarımına ek olarak, yapıya ilave elemanlar konularak deprem gibi dinamik etkilere karşı yapının daha iyi korunmasının sağlanmasına yapısal kontrol denmektedir. Genel anlamda yapısal kontrol pasif kontrol, yarı aktif kontrol, aktif kontrol ve pasif kontrol ile aktif kontrolün beraber kullanıldığı karma kontrol olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır. Pasif kontrolde kontrol kuvvetleri yapıya konulan elemanların kendi iç bünyeleri tarafından sağlanmaktadır yani elemanlar işlevlerini kendileri yaparlar, bir dış güç kaynağına gereksinim duymayan bu sistemler sismik enerjiyi kendi üzerlerine alırlar. Aktif kontrol de ise yapıya ilave olarak konulan elemanlar yapı hareketlerini sistemde hazır olarak bulundurulmuş enerjiyi kullanarak gelen etkiye göre sistemi kontrol ederler, aktif kontrol sistemlerinde kontrol kuvvetlerini üretebilmek için bir dış güç kaynağına ihtiyaç vardır. Yarı aktif kontrol sistemleri ise sönüm ve rijitlikleri deprem esnasında kontrol edilebilen sistemlerdir. Aktif kontrolde büyük enerji ihtiyacı bulunurken yarı aktif kontrol sistemlerinde küçük bataryalarla bile enerji ihtiyacı karşılanabilmektedir. Belirli kontrol algoritmalarına bağlı olarak elektrik veya manyetik alan şiddeti değiştirilerek yarı aktif sistemlerin mekanik özellikleri kontrol edilebilmektedir.

Taban izolasyonları ve kütle sönümleyicilerin yapılarda kullanım durumu Aldemir ve Bakioğlu [1] tarafından incelenmiş ve Erzincan depremine dayanamayan on katlı bir binanın bu elemanların kullanımı durumunda aynı depreme dayanıklı hale geldiği gösterilmiştir. Enerji tüketiminin, yapıya konan ilave elemanlar ile sağlanmasında tekniğin geldiği son durum ve uygulamadaki örnekleri T.T. Soong ve B.F. Spencer Jr. [2] tarafından incelenmiştir. Yapılarda taban izolasyonunun kullanım durumu ve geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar [3]-[4] ve [5] de yer almaktadır.

Bu çalışmada depreme dayanıklı bina tasarımında pasif kontrol elemanları olarak kullanılan taban izolasyonları ve kütle sönümleyicilerin yapılarda kullanılması durumunda yapıda meydana gelen sismik enerji dağılımları incelenmiştir. Çok katlı bir kayma binasının hareket ve enerji denklemleri taban izolasyonu, kütle sönümleyiciler ve iç sönüm hesaba katılarak verilmiştir. Hareketin doğrusal olmayan diferansiyel denklemi durum vektörü kullanılarak Wilson-θ yöntemi, ile sayısal olarak çözülmüş ve örnek olarak on iki katlı bir kayma binasının çözümü yapılmıştır.

2. Formülasyon ve Çözüm Yöntemi

İncelenen taban izolasyonlu ve kütle sönümleyicili n katlı kayma binası şematik olarak Şekil 1. de görülmektedir. Şekil 1-a da taban izolasyonlu bina, Şekil 1-b de ise taban izolasyonuna izolasyon seviyesinde kütle sönümleyici eklenmiş bina görülmektedir.



Şekil 1. N Katlı Kayma Binası

Sisteme $\ddot{X}_0(t)$ şeklinde yatay bir deprem ivmesi etkimesi halinde sistemin hareket denklemi matris formunda aşağıda verilmiştir.

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{Y}}(t) + \mathbf{F}_D(t) + \mathbf{F}_S(t) = -\mathbf{M} \mathbf{v} \ddot{X}_0(t) \quad (1)$$

Burada; $\mathbf{M}$, (SD,SD) boyutlu (SD=Serbestlik Derecesi) diyagonal kütle matrisi olup elemanları kat, taban izolasyonu ve sönümleyicinin kütleleridir. $\mathbf{Y}(t)$ vektörü, (SD) boyutlu davranış vektörü olup elemanları kütlelerin zemine göre rölatif yer değiştirmeleridir. $\mathbf{F}_D(t)$ ve $\mathbf{F}_S(t)$ vektörleri ise (SD) boyutlu olup sıra ile sönüm ve geri çağırıcı kuvvetlerdir. $\mathbf{v}$ ise elemanları 1 olan (SD) boyutlu bir vektördür.

Doğrusal viskoz sönüm ve doğrusal elastik geri çağırıcı kuvvet halinde $\mathbf{F}_D(t)$ ve $\mathbf{F}_S(t)$ vektörleri aşağıdaki şekilde yazılabilirler.

$$\mathbf{F}_D(t) = \mathbf{C}\dot{\mathbf{Y}}(t) \quad \mathbf{F}_S(t) = \mathbf{K}\mathbf{Y}(t) \quad (2)$$

Burada $\mathbf{C}$ ve $\mathbf{K}$ matrisleri, (SD,SD) boyutlu simetrik band matrisler olup sönüm ve rijitlik matrisleridir. (1) de verilen matris denklemi aşağıda (3) de verilen durum vektörü $\mathbf{Z}(t)$ kullanılarak sayısal olarak Wilson- θ yöntemi ile çözülebilir.

$$\mathbf{Z}(t) = [\mathbf{Y}(t), \dot{\mathbf{Y}}(t)]^T \quad (3)$$

2.1 Hareket Denkleminin Wilson- θ Yöntemi İle Genel Çözümü

Adım adım sayısal integrasyon çözümü için öncelikle (1) denklemindeki lineer olmayan terimler aşağıda verilen şekilde yaklaşık olarak yazılır.

$$\begin{aligned} \mathbf{F}_D(t) &= \mathbf{F}_D(t - \Delta t) + \mathbf{C}^*(t - \Delta t) [\dot{\mathbf{Y}}(t) - \dot{\mathbf{Y}}(t - \Delta t)] \\ \mathbf{F}_S(t) &= \mathbf{F}_S(t - \Delta t) + \mathbf{K}^*(t - \Delta t) [\mathbf{Y}(t) - \mathbf{Y}(t - \Delta t)] \end{aligned} \quad (4)$$

Burada $\mathbf{C}^*(t - \Delta t)$ ve $\mathbf{K}^*(t - \Delta t)$, $(t - \Delta t)$ zamanında hesaplanan (nxn) boyutlu matrislerdir.

$C^*(t - \Delta t)$ ve $K^*(t - \Delta t)$ matrislerinin (i,j.) elemanları aşağıda verilen şekilde gösterilir.

$$\begin{aligned} C_{ij}^*(t - \Delta t) &= \partial F_{Di}(t - \Delta t) / \partial \dot{y}_j(t - \Delta t) \\ K_{ij}^*(t - \Delta t) &= \partial F_{Si}(t - \Delta t) / \partial y_j(t - \Delta t) \end{aligned} \quad (5)$$

Burada $F_{Di}(t - \Delta t)$ ve $F_{Si}(t - \Delta t)$, $F_D(t - \Delta t)$ ve $F_S(t - \Delta t)$ nin i. elemanlarıdır, $\dot{y}_j(t - \Delta t)$ ve $y_j(t - \Delta t)$ ise $\dot{\mathbf{Y}}(t - \Delta t)$ ve $\mathbf{Y}(t - \Delta t)$ vektörlerinin j. elemanlarıdır. $C_{ij}^*(t - \Delta t)$ ve $K_{ij}^*(t - \Delta t)$ ise $(t - \Delta t)$ zamanındaki tanjant sönüm ve tanjant rijitlik olarak adlandırılır [6].

Bu işlemlerden sonra hareket denklemini matris formunda aşağıdaki şekilde yazabiliriz.

$$\begin{aligned} \mathbf{M}\ddot{\mathbf{Y}}(t) + \mathbf{F}_D(t - \Delta t) + \mathbf{C}^*(t - \Delta t)[\dot{\mathbf{Y}}(t) - \dot{\mathbf{Y}}(t - \Delta t)] \\ + \mathbf{F}_S(t - \Delta t) + \mathbf{K}^*(t - \Delta t)[\mathbf{Y}(t) - \mathbf{Y}(t - \Delta t)] = -\mathbf{M} \mathbf{v} \ddot{X}_0(t) \end{aligned} \quad (6)$$

Burada n tane doğrusal olmayan denklem vardır. Yukarıda verilen hareket denkleminin çözümleri Wilson- θ sayısal integrasyon metodu ve 2n boyutlu durum vektörü $\mathbf{Z}(t)$ kullanılarak çözülebilir [7].

$$\mathbf{Z}(t) = \begin{bmatrix} \mathbf{Y}(t) \\ \dot{\mathbf{Y}}(t) \end{bmatrix} \quad (7)$$

$\mathbf{Z}(t)$ durum vektörü $\mathbf{Z}(t - \Delta t)$ mukabele durum vektörü, $\mathbf{F}_D(t - \Delta t)$ nonlineer sönüm vektörü, $\mathbf{F}_S(t - \Delta t)$ nonlineer rijitlik vektörü, $\ddot{X}_0(t - \Delta t)$ deprem yer ivmesi, $\mathbf{U}(t - \Delta t)$ kontrol vektörü ve t anındaki $\mathbf{U}(t)$ kontrol vektörü ile $\ddot{X}_0(t)$ deprem yer ivmesi cinsinden ifade edilir.

$$\mathbf{Z}(t) = \mathbf{D}^*(t - \Delta t) + \mathbf{A}_1 \ddot{X}_0(t) + \mathbf{A}_2 \mathbf{U}(t) \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{D}^*(t - \Delta t) &= \mathbf{A}_3 \mathbf{Z}(t - \Delta t) + \mathbf{A}_4 [\mathbf{F}_D(t - \Delta t) + \mathbf{F}_S(t - \Delta t)] \\ &+ \mathbf{A}_5 \ddot{X}_0(t - \Delta t) + \mathbf{A}_6 \mathbf{U}(t - \Delta t) \end{aligned} \quad (9)$$

Yukarıda verilen (8) ve (9) eşitliğindeki $\mathbf{A}_j$, (j=1,2,3,...,6) terimleri aşağıdaki şekilde tanımlanan vektör ya da matrislerdir.

$$\begin{aligned} \mathbf{A}_1 &= \theta^{-2} \begin{bmatrix} \mathbf{T}_1 \\ \dots \\ \frac{3}{\Delta t} \mathbf{T}_1 \end{bmatrix}; \mathbf{A}_2 = \theta^{-2} \begin{bmatrix} \mathbf{T}_2 \\ \dots \\ \frac{3}{\Delta t} \mathbf{T}_2 \end{bmatrix}; \mathbf{A}_3 = \theta^{-2} \begin{bmatrix} \mathbf{I}_1 & \theta^{-2} \mathbf{E} \mathbf{T}_3 \\ \dots & \dots \\ 0 & \mathbf{I}_1 + \theta^{-2} \mathbf{E} \mathbf{T}_4 \end{bmatrix}; \mathbf{A}_4 = \theta^{-2} \begin{bmatrix} \mathbf{E} \mathbf{T}_5 \\ \dots \\ \mathbf{E} \mathbf{T}_6 \end{bmatrix} \\ \mathbf{A}_5 &= -\theta^{-2} \begin{bmatrix} \mathbf{E} \mathbf{T}_7 \\ \dots \\ \mathbf{E} \mathbf{T}_8 \end{bmatrix} \mathbf{M} \mathbf{v}; \mathbf{A}_6 = \theta^{-2} \begin{bmatrix} \mathbf{E} \mathbf{T}_7 \\ \dots \\ \mathbf{E} \mathbf{T}_8 \end{bmatrix} \mathbf{H} \end{aligned} \quad (10)$$

Bir önceki sayfada verilmiş olan (10) eşitliğindeki terimler ise

$\mathbf{I}_1 = (n \times n)$ birim matris, $\theta = 1.37$ 'den büyük seçilen Wilson- θ sabiti

$$\begin{aligned} \mathbf{T}_1 &= -\mathbf{E}\mathbf{M}\mathbf{v}, \quad \mathbf{T}_2 = \mathbf{E}\mathbf{H}, \quad \mathbf{T}_3 = (6/\Delta t)\mathbf{M} + 3\theta\mathbf{C}^* + \Delta t(\theta^2 - 1)\mathbf{K}^* \\ \mathbf{T}_4 &= -3\mathbf{K}^*, \quad \mathbf{T}_5 = -(3\mathbf{I}_1 + \mathbf{S}_1), \quad \mathbf{T}_6 = -(6/\Delta t)\mathbf{I}_1 - \mathbf{S}_2 \\ \mathbf{T}_7 &= 2\mathbf{I}_1 + \mathbf{S}_1, \quad \mathbf{T}_8 = (3/\Delta t)\mathbf{I}_1 + \mathbf{S}_2 \end{aligned} \quad (11)$$

$$\mathbf{E} = \left[\frac{6}{(\theta\Delta t)^2} \mathbf{M} + \frac{3}{\theta\Delta t} \mathbf{C}^* + \mathbf{K}^* \right]^{-1}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{S}_1 &= [\Delta t(1.5\theta - 1)\mathbf{C}^* + 0.5(\Delta t)^2(\theta^2 - \theta)\mathbf{K}^*] \mathbf{M}^{-1} \\ \mathbf{S}_2 &= [3(\theta - 1)\mathbf{C}^* + \Delta t\theta(\theta - 1.5)\mathbf{K}^*] \mathbf{M}^{-1} \end{aligned} \quad (12)$$

yukarıdaki gibi ifade edilebilir. Doğrusal viskoz sönüm halinde.

$$\mathbf{F}_D(t - \Delta t) = \mathbf{C}\dot{\mathbf{Y}}(t - \Delta t) \quad (13)$$

formülüyle ifade edilir. Burada $\mathbf{C}$ ($n \times n$) boyutlu sabit bir matris tir. Bu durumda (9) denklemi

$$\begin{aligned} \mathbf{D}^*(t - \Delta t) &= \mathbf{A}_7 \mathbf{Z}(t - \Delta t) + \mathbf{A}_4 \mathbf{F}_S(t - \Delta t) + \\ &\mathbf{A}_5 \ddot{\mathbf{X}}_0(t - \Delta t) + \mathbf{A}_6 \mathbf{U}(t - \Delta t) \end{aligned} \quad (14)$$

olarak elde edilir [5]. Burada,

$$\begin{aligned} \mathbf{A}_7 &= \begin{bmatrix} \mathbf{I}_1 & \theta^2 \mathbf{E} \mathbf{T}_9 \\ 0 & \mathbf{I}_1 + \theta^2 \mathbf{E} \mathbf{T}_{10} \end{bmatrix} \\ \mathbf{T}_9 &= (6/\Delta t)\mathbf{M} + [3(\theta - 1)\mathbf{I}_1 - \mathbf{S}_1]\mathbf{C} + \Delta t(\theta^2 - 1)\mathbf{K}^*(t - \Delta t) \\ \mathbf{T}_{10} &= -[(6/\Delta t)\mathbf{I}_1 + \mathbf{S}_2]\mathbf{C} - 3\mathbf{K}^*(t - \Delta t) \end{aligned} \quad (14)$$

yukarıdaki şekilde ifade edilirler. Görüldüğü gibi bütün $\mathbf{A}_j$ 'ler $(t - \Delta t)$ 'deki tesir katsayısı matrisleri $\mathbf{C}^*(t - \Delta t)$ ve $\mathbf{K}^*(t - \Delta t)$ 'nin fonksiyonlarıdır. Diğer bir ifadeyle bütün $\mathbf{A}_j$ vektör veya matrisleri $(t - \Delta t)$ de hesaplanmaktadır.

2.2 Enerji denklemlerinin elde edilmesi

Yukarıda, (1) nolu eşitlikte verilen sistemin hareket denklemi sol taraftan hız vektörünün transpozesi $\dot{\mathbf{Y}}(t)^T$ ile çarpılıp depremin başlangıç anından herhangi bir t anına kadar integre edilir ise aşağıdaki eşitlik bulunur.

$$\int_0^t \dot{\mathbf{Y}}(\tau)^T \mathbf{M} \ddot{\mathbf{Y}}(\tau) d\tau + \int_0^t \dot{\mathbf{Y}}(\tau)^T \mathbf{F}_D(\tau) d\tau + \int_0^t \dot{\mathbf{Y}}(\tau)^T \mathbf{F}_S(\tau) d\tau = - \int_0^t \dot{\mathbf{Y}}(\tau)^T \mathbf{M} \mathbf{v} \ddot{\mathbf{X}}_0 d\tau \quad (15)$$

Yukarıda verilen (15) eşitliğinde bulunan ilk terim sistemin toplam rölative kinetik enerjisi olup, integral sonucu ;

$$\int_0^t \dot{\mathbf{Y}}(\tau)^T \mathbf{M} \ddot{\mathbf{Y}} d\tau = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{Y}}(t)^T \mathbf{M} \dot{\mathbf{Y}}(t) \quad (16)$$

İkinci terim ise sistem tarafından iç sönüm olarak absorbe edilen enerjiyi göstermektedir. Bu enerji başka bir enerji formu olan ısı enerjisine dönüşmektedir. Üçüncü terim şekil değiştirme enerjisini göstermekte olup, doğrusal elastik sistemlerde;

$$\int_0^t \dot{Y}(\tau)^T F_s(\tau) d\tau = \int_0^t \dot{Y}(\tau)^T K Y(\tau) d\tau = \frac{1}{2} Y(t)^T K Y(t) \quad (17)$$

Dördüncü terim ise t anına kadar sisteme giren rölatif deprem enerjisini göstermektedir. Sistemin rölatif enerji dengesini belirleyen (15) eşitliği yardımı ile taban izolasyonunun, kütle sönümleyicilerinin veya her bir katın çeşitli şekilde absorbe ettiği enerjileri bulmak mümkündür.

3. Sayısal Örnek

Sayısal uygulama olarak sentetik, Erzincan (1992), El Centro depremlerinin etkisi altında on iki katlı bir kayma binasının çözümü yapılmıştır.

Hesaplarda kullanılan sentetik deprem;

$$\ddot{X}_0(t) = m(t) \ddot{X}(t) \quad (18)$$

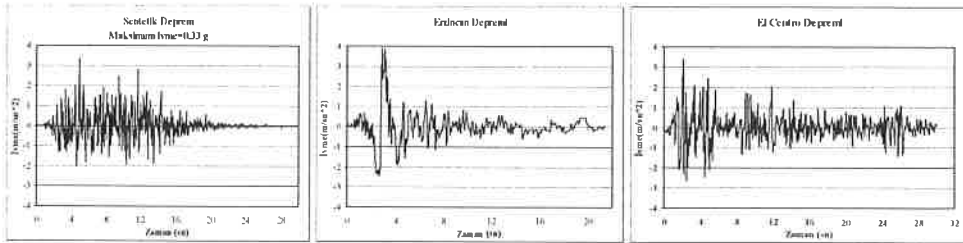
şeklinde olup burada $m(t)$ deterministik zarf fonksiyonu, $\ddot{X}(t)$ ise ortalaması sıfır ve spektral güç yoğunluğu $S(\omega)$ olan stasyonere rastgele bir işlemdir [8]. Hesaplarda spektral güç yoğunluğu olarak Kanai-Tajima tafarından verilen fonksiyon kullanılmıştır.

$$S(\omega) = \frac{1 + 4\xi_k^2(\omega/\omega_k)^2}{[1 - (\omega/\omega_k)^2]^2 + 4\xi_k^2(\omega/\omega_k)^2} S^2 \quad (19)$$

Burada ω_k, ξ_k ve S^2 sıra ile zeminin karakteristik frekansı, hakim sönüm katsayısı, zemin hareketinin şiddeti olup hesaplarda sıra ile 18.85 rd/sn, 0.65 ve 0.00465 m²/sn³/rd değerleri kullanılmıştır. $m(t)$ fonksiyonu ise;

$$\begin{aligned} m(t) &= 0, t < 0 ; m(t) = (t/t_1)^2, 0 \leq t \leq t_1 \\ m(t) &= 1, t_1 \leq t \leq t_2 ; m(t) = e^{-c(t-t_2)}, t_2 \leq t \end{aligned} \quad (20)$$

şeklinde alınmış olup hesaplarda $t_1=3$ sn, $t_2=13$ sn ve $c=0.26$ sn⁻¹ değerleri kullanılmıştır. Elde edilen sentetik deprem kaydı ile birlikte Erzincan ve El Centro deprem kayıtları Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. Deprem Kayıtları

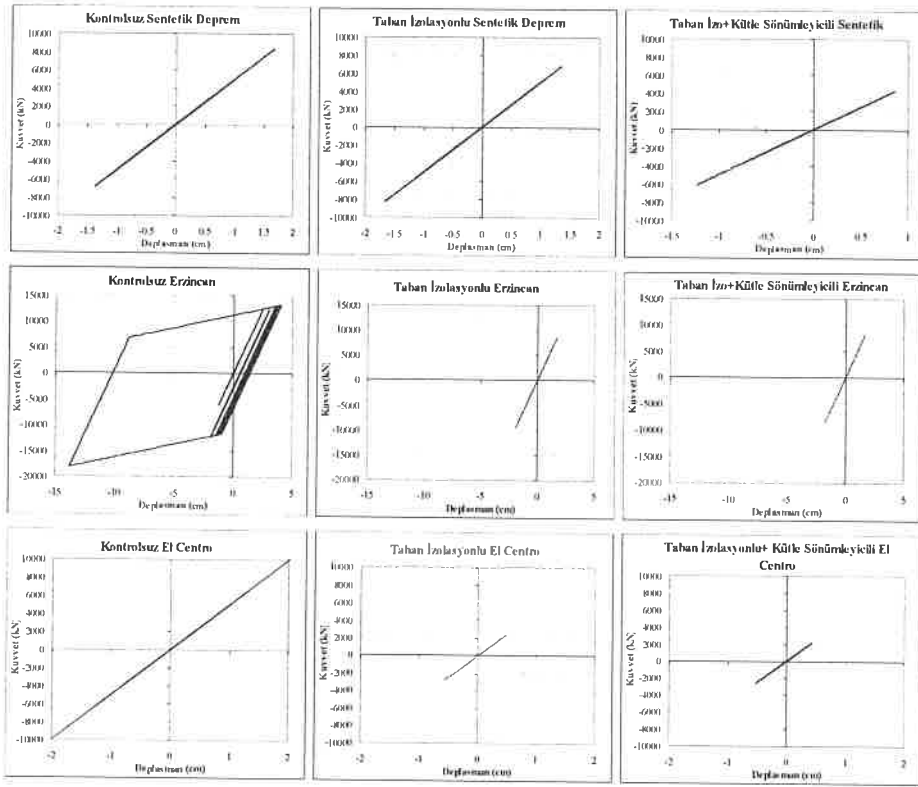
3.1 Bina ve ilave elemanların özellikleri

Binanın kat kütleleri eşit olarak her katta $m=500$ ton en üst katta ise 300 ton olarak alınmıştır. Her katta iç sönüm katsayısı $c=4952$ kN.sn/m alınmış olup bilineer elasto plastik kabul edilen

malzemede rijidlik akmadan önce $k_1=500000$ kN/m ve akmadan sonra $k_2=0,1 * k_1$ ve akma uzaması 2,5 cm olarak alınmıştır. Taban izolasyonu olarak seçilen elemanın kütlesi ise 500 ton, rijidliği 20000 kN/m ve iç sönüm katsayısı 605 kN.sn/m olarak alınmıştır. Taban izolasyonuna izolasyon seviyesinde bağlanan kütle sönümleyicisinin kütlesi ise 500 ton ve sönüm oranı %10 olarak alınmıştır.

3.2 Histeretik eğriler

Yapı; sentetik, Erzincan ve El Centro depremleri etkisinde incelenip 1. kata ait histeretik eğriler (yük-rölatif deplasman eğrileri) Şekil 3.'de verilmiştir. Grafikler yapının kontrolsüz durumu, taban izolasyonu durumu ve taban izolasyonuna izolasyon seviyesinde kütle sönümleyicisi eklenmiş durumu için verilmiştir.



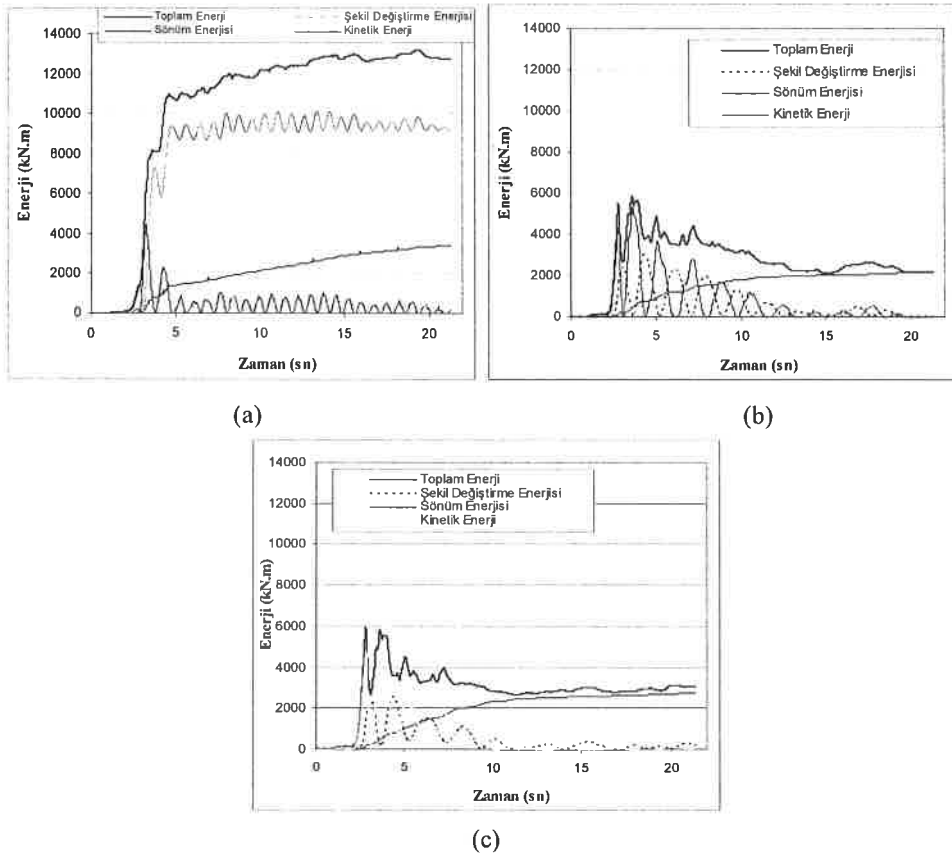
Şekil 3. Histeretik Eğriler

Histeretik eğriler incelendiğinde yapıya taban izolasyonu eklenmesi durumunda katlara gelen kuvvetlerin ve rölatif kat deplasmanlarının azaldığı ve Erzincan depremi etkisi altında kontrolsüz halde yapıda plastik davranışlar görülürken taban izolasyonu eklenmesi durumunda yapı davranışının elastik bölgede olduğu görülmektedir.

3.3 Yapıya giren enerjilerin dağılımları

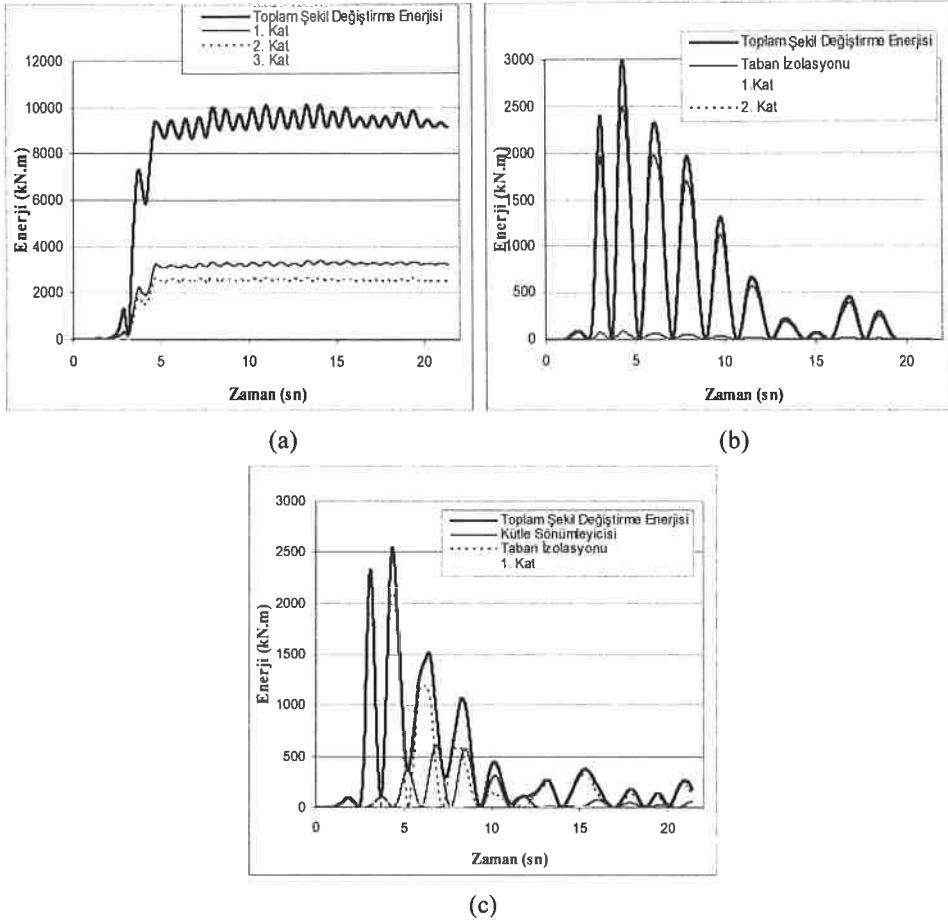
Yapısal kontrol altındaki yapılarda yapıya giren kinetik enerji, sönüm enerjisi ve şekildeğiştirme enerjisinin toplamının deprem ve kontrol enerjisinin toplamına eşit olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada gerçekleştirilen örnekte yapıya pasif kontrol uygulaması

yapıldığı için kontrol enerjisi sıfır olmaktadır. Yapıya giren toplam enerji dağılımları Erzincan depremi için kontrolsüz, taban izolasyonlu ve taban izolasyon ile beraber kütle sönümleyicili durum olmak üzere üç farklı durum için Şekil 4’de verilmiştir. Şekil (4-a) kontrolsüz durumu, (4-b) taban izolasyonlu durumu, (4-c) ise taban izolasyonuna kütle sönümleyici eklenmiş durumu temsil etmektedir. Şekil 4’de kontrolsüz durumda yapıya giren şekil değiştirme enerjisi temsil eden eğri incelendiğinde yapı davranışının plastik durumda olduğu anlaşılmaktadır. Şekil değiştirme eğrisinin 9000 ve 10000 kN.m lik enerji seviyelerinde salınım yaptığı görülmektedir, bu duruma yapıda oluşan plastijk şekil değiştirmeler neden olmaktadır. Yapıya taban izolasyonu eklenmesiyle şekil değiştirme enerjisinin azaldığı ve yapı davranışının elastik bölge içerisinde kaldığı eğrilerden çıkarılabilecek başka bir sonuçtur.



Şekil 4. Yapıya Giren Toplam Enerji Dağılımları

Erzincan depremi için şekil değiştirme enerjisinin katlara göre dağılımı ise Şekil 5. de verilmiştir. Şekil değiştirme enerjilerinin dağılımları da kontrolsüz, taban izolasyonlu ve taban izolasyonu ile beraber kütle sönümleyicili hal için sırası ile Şekil (5-a), (5-b) ve (5-c) gösterilmiştir.



Şekil 5. Şekil Değiştirme Enerjilerinin Katlara ve İlave Elemanlara Göre Dağılımı

Yukarıdaki eğriler incelendiğinde kontrolsüz durumda en büyük şekil değiştirme enerjisini birinci katın aldığı, yapıya taban izolasyonu eklenmesiyle beraber katlara gelen şekil değiştirme enerjilerinin azaldığı, şekil değiştirme enerjisinin büyük kısmının taban izolasyonu tarafından alındığı görülmektedir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Erzincan (1992) depremine dayanamayan oniki katlı bir binanın pasif kontrol elemanı olarak kullanılan taban izolasyonları ve kütle sönümleyiciler yardımı ile davranışının elastik sınırlar içerisinde kaldığı gösterilmiştir. Yapıya giren şekil değiştirme enerjilerinin taban izolasyonu ve taban izolasyonuna kütle sönümleyici eklenerek kullanımı durumunda kontrolsüz duruma göre belirgin şekilde azaldığı görülmüştür. Şekil değiştirme enerjilerinin katlara dağılımı incelendiğinde taban izolasyonunun en fazla şekil değiştirme enerjisine sahip olduğu en alt katlardan itibaren yukarı çıkıldıkça şekil değiştirme enerjisinin tüketiminin kat

bazında azaldığı görülmektedir. Taban izolasyonu eklenerek teşkil edilen sistemlerde yapıya giren şekil değiştirme enerjisinin belirgin şekilde azaldığı sonucu da elde edilmiştir .

Kaynaklar

- [1] Bakioğlu, M ve Aldemir, Ü. "Depreme Dayanıklı Bina Tasarımında Pasif Kontrol", 3. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı Bildiri Kitabı , İstanbul, s.65-74, 27-31 Mart 1995.
- [2] Soong, T.T. and Spencer Jr., B.F., "Supplemental Energy Dissipation:State-of-the-Art and State-of-the-Practice" Engineering Structures (24), pp. 243-259, 2002.
- [3] Constantinou M.C., Mokha A., Reinhorn A.M., "Teflon Bearing in Base Isolation II: Modeling", Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 116, pp 455-474, 1990.
- [4] Tsai, H.C., and Kelly, J.M. , "Seismic Response of the Superstructure and Attached Aquipment in a Base-Isolated building." Earthquake Engng. Struct. Dyn. , 18, pp. 551-564, 1989.
- [5] Yang, J.N. , Danielians, A. , Liu, S.C. , "Aseismic Hybrid Control Systems for Building Structures" Journal of Engineering Mechanics, ASCE , 117 , pp.836-853 , 1991.
- [6] Yang, J.N. , Danielians, A. , Liu, S.C., "Aseismic Hybrid Control of Nonlinear and Hysteretic Structures II", Journal of Engineering Mechanics, Vol.118, No.7, 1992.
- [7] Yang, J.N. , Long, F.X., Wong, D. , "Optimal Control of Nonlinear Structures", J. App. Mech., ASME, 55, pp. 931-938, 1988.
- [8] Shinozuka, M., Deodatis, G. "Simulation of Stochastic Processes by Spectral Representation", Applied Mechanics Review, ASME, Vol.44, (191-203), 1991.