



XVIII. ULUSAL MEKANİK KONGRESİ
26 - 30 Ağustos 2013, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa

FARKLI PERİYOTLU BİTİŞİK YAPILAR İÇİN OPTİMUM KÜTLE SÖNÜMLEYİCİSİ TASARIMI

Sinan Melih Nigdeli¹, Gebrail Bekdaş²

İstanbul Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 34320 Avcılar/İstanbul/Türkiye

ÖZET

Bitişik yapıların bir birleri ile çarpışması sonucunda oluşan tepki kuvvetleri yapıların hasar görmesine veya göçmesine neden olmaktadır. Bu durumların oluşmaması için yapıların aralarında uygun derz boşluğu bırakılmalıdır, fakat uygulamada bu boşluk yeteri kadar bırakılmamaktadır. Sorun içeren bitişik yapıların, birbirlerine göre göreceli ötelenmeleri pasif kütle sönümleyicileri ile engellenebilir. Bu durumda kütle sönümleyicilerinin özellikleri bitişik yapılar için özelleştirilmiş bir yöntem ile optimize edilmelidir. Bu çalışmada, armoni araştırma algoritmasına göre hazırlanan yöntem ile, bitişik yapıların her ikisinin de üstünde bulunan kütle sönümleyicilerinin optimum değerleri aranmaktadır. Sayısal uygulamada farklı periyotlu bitişik yapılar ele alınmıştır. Sonuç olarak, optimum kütle sönümleyicileri gerekli olan derz aralığının azalmasında etkilidir.

Anahtar kelimeler: *Bitişik yapılar, Kütle sönümleyicileri, Optimizasyon, Armoni araştırma algoritması, Sismik etkiler, Yapısal kontrol.*

GİRİŞ

Titreşim periyotları farklılık gösteren bitişik yapılar, depremler esnasında birbirleri ile çarpışabilir. Çarpışma esnasında ortaya çıkan tepki kuvvetleri, yapıların hasar görmesine veya göçmesine neden olabilir. Bu durumun engellenmesi için aralarındaki derz boşluğu uygun olarak bırakılması gerekmektedir.

Deprem etkileri önceden tam olarak bilinmediğinden, hesapta ve uygulamada dikkate alınmayan unsurlardan dolayı bazı yapılarda derz boşluğu uygulamada yeteri kadar bırakılmamaktadır. Bu durumdaki bitişik yapıların yanal yer değiştirmeleri optimum olarak ayarlanmış kütle sönümleyicileri ile azaltılabilir. Optimizasyon işleminde iki yapının da birlikte ele alınarak göreceli ötelemelerin azaltılmasıyla, derz boşluğu en az miktarda olmasını sağlayacak kütle sönümleyici özellikleri bulunabilir.

Bu çalışmada, armoni araştırma algoritması kullanılarak bitişik yapıların her ikisinin de üstünde bulunan kütle sönümleyicilerinin optimum değerleri bulunmuştur. Sayısal uygulamada değişik periyotlu tek serbestlik dereceli yapılar incelenmiştir.

¹ melihnig@istanbul.edu.tr

² bekdas@istanbul.edu.tr

Kütle sönümleyicileri, çeşitli mekanik sistemlerde kullanılan titreşimleri absorbe eden pasif kontrol cihazlarıdır. Kütle, frekans ve sönüm oranı gibi özelliklerinin kontrol edilen sistemin ve dış etkinin özelliklerine göre optimum ayarlanmasıyla titreşimleri en iyi şekilde sönümleyebilirler. Literatürde, belirlenmiş bir yapı/sönümleyici kütle oranı için belirlenmiş frekans ve sönüm oranı bağıntıları elde edilmiş olsa da [1-4], ana sistemin sönüm oranını ve depremin dadasının değişken frekanslarını ele alan nümerik metotlar ile daha etkin sonuçlar elde edilmektedir.

İnşaat mühendisliği yapılarında, rüzgâr, deprem ve trafik etkilerinde oluşan titreşimlerin azaltılmasında kütle sönümleyicileri kullanılmaktadır. Citigroup Centre (New York), Trump World Tower (New York), Taipei 101 (Taipei), Berlin TV Tower (Berlin) ve LAX Theme Building (Los Angeles) kütle sönümleyici içeren yapılara örnek olarak gösterilebilir.

Yapılar için optimum kütle sönümleyicilerinin belirlenmesinde çeşitli metasezgisel metotlar kullanılmıştır. Bunlara örnek olarak genetik algoritma [5-6], biyotik algoritma [7], parçacık sürü optimizasyonu [4, 8] ve armoni araştırma yöntemi [9-12] gösterilebilir.

METOT VE OPTİMİZASYON

Metasezgisel algoritmalar, çeşitli doğa olaylarından esinlenerek geliştirilmiş optimizasyon yöntemleridir. Bu çalışmada kullanılan armoni araştırma yöntemi, bir müzisyenin dinleyicilerin beğenisini kazanmak için yaptığı işlemlerden ilham alan bir metasezgisel algoritmadır [13].

Armoni araştırma algoritması, müzisyenin üç olası seçeneğinden etkilenmiştir. Bunlar favori bir müziğin bir kısmını çalmak, favori müziğe benzer bir şeyler çalmak ve yeni veya rasgele notalar çalmaktır [14].

Optimizasyon işlemi için armoni araştırma yöntemini uygulayan ve optimizasyonun her iterasyonunda yapının dinamik analizini yapan bir bilgisayar programı kodu oluşturulmuştur. Optimizasyon işlemi altı adımda açıklanabilir.

i. Yapıların kütle, rijitlik ve sönüm özellikleri, istenilen maksimum deprem derzi aralığı, armoni araştırma algoritması parametreleri, optimizasyonda kullanılacak deprem kayıtları ve kütle sönümleyicilerin özellikleri için önerilen sınırlar girilmelidir. Kütle sönümleyiciler için önerilen sınırlar yapının fizikler koşulları ve ekonomik koşullar dikkate alınarak belirlenmelidir.

ii. Kütle sönümleyici içermeyen bitişik yapıların dinamik analizi birinci adımda girilen deprem kayıtları altında yapılır.

iii. Bu adımda, armoni belleği kapasitesi (HMS) kadar armoni vektörü içeren başlangıç armoni matrisi oluşturulur. Armoni vektörlerinin içinde rasgele olarak belirlenmiş olan kütle sönümleyici özellikleri bulunmaktadır. Bu özellikler her iki yapının üstünde bulunan kütle sönümleyicilerinin kütlesi, periyodu ve sönüm oranıdır. Oluşturulan vektörlerdeki kütle sönümleyici özellikleri kullanılarak, her değer için yapıların analizinde elde edilen maksimum yer değiştirmeleri ve ivme transfer fonksiyonları ayrı bir vektörde depolanmaktadır.

iv. Başlangıç armoni matrisi oluşturulduktan sonra, durdurma kriterleri kontrol edilir. Bu çalışmada iki durdurma kriteri kullanılmıştır. Bitişik yapıların yer değiştirmelerinin farkının (yapıların göreceli ötelenmesi) maksimum değeri istenen derz miktarını geçmemelidir. Ayrıca, kütle sönümleyicili yapının ivme transfer fonksiyonunun maksimum değeri kontrolsüz yapının maksimum değerini geçmemelidir.

v. Eğer durdurma kriteri sağlanmamış ise, yeni bir armoni vektörü oluşturulur. Bu vektörün oluşumunda armoni araştırma algoritmasının özel kuralları uygulanır. Yeni vektör, kullanıcı tarafından limitleri belirlenmiş olan tüm çözüm alanı kullanılarak oluşturulacağı gibi, armoni belleğindeki mevcut değerlerin bir miktar etrafındaki değerlerden da oluşturulabilir. Mevcut değerlerin etrafından rasgele sayı tanımlamanın olasılığı armoni belleği dikkate alma oranıdır (HMCR). Armoni araştırma algoritmasının parametrelerinden ton ayarlama oranı (PAR) ise, yeni oluşum mevcut vektörlerden yapıldığında kullanılacak çözüm alanını belirlemektedir. Ton ayarlama oranı, küçültülmüş ve genel çözüm alanının birbirlerine oranıdır. Armoni araştırma algoritması bu kuralları sayesinde bölgesel optimum sonuçlara takılmamakta ve hızlı sonuç vermektedir. Bu çalışmada, klasik armoni araştırma algoritmasından farklı olarak bir parametre daha kullanılmaktadır. Yeni armoni vektörünün oluşturulacağı mevcut vektör rasgele olarak seçilmektedir. En iyi mevcut vektöre ayrı bir seçilme olasılığı tanımlanmıştır. Bu parametreye en iyi vektörün dikkate alma oranı (BHMCR) denilebilir. En iyi ve en kötü vektör göreceli öteleme değerlerine göre seçilir.

vi. Yeni oluşturan vektörün sonucu, mevcut vektörlerden en kötü sonuçlu olandan daha iyi ise birbirleri ile yer değiştirirler. Dördüncü adımda tanımlanan durdurma kriteri sağlanana kadar beşinci ve altıncı adım iteratif olarak devam eder. Eğer, kullanıcı tarafından belirlenen minimum ve maksimum limitler içerisinde istenilen derz aralığı sağlanamıyor ise, belli bir iterasyondan sonra bu değer otomatik olarak artırılır. İstenilen derz aralığı sıfır olarak girilse bile, mümkün olan minimum derz aralığı için optimum kütle sönümleyici özellikleri bulunabilmektedir.

SAYISAL UYGULAMA

Sayısal olarak 0.5 s, 1 s, 1.5 s ve 2 s periyotlu (T) bitişik yapıların birbirleri ile kombinasyonları için her iki yapı için optimum kütle sönümleyici özellikleri elde edilmiş ve derz miktarını düşürmesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. İncelenen yapıların sönüm oranı % 5 olarak kabul edilmiştir.

Optimizasyon işlemi esnasında altı farklı deprem kaydı kullanılmıştır. Cape Mendocino (PET090), Kobe (KJM000), Erzincan (ERZ-NS), Northridge (RRS228), Northridge (SYL360) ve Loma Prieta (LGP000) deprem kayıtları kullanılmıştır. Çok sayıda deprem kaydının kullanılması ile genel bir optimum çözüm aranmıştır.

Tablo 1 Optimizasyon ve analiz sonuçları.

1. YAPI				2. YAPI					
T (s)	μ	T_d (s)	ξ_d	T (s)	μ	T_d (s)	ξ_d	x (m)	x_d (m)
0.5	3.1370	0.4875	0.1381	1	1.9756	0.8878	0.1244	0.4884	0.3912
0.5	4.4607	0.5707	0.1907	1.5	4.8868	1.7611	0.1881	0.6207	0.5265
0.5	2.4075	0.5252	0.1131	2	2.5020	1.7992	0.1200	0.6409	0.4928
1	4.2324	1.0064	0.1213	1.5	1.6543	1.5655	0.1407	0.8913	0.5274
1	4.0096	1.0499	0.1997	2	2.9246	1.9247	0.0607	0.9303	0.7308
1.5	4.3174	1.5181	0.1836	2	3.1132	1.9558	0.1200	0.8185	0.4019

Armoni araştırma algoritması parametreleri olan HMS, HMCR, BHMCR ve PAR, sırasıyla 5, 0.5, 0.5 ve 0.2 alınmıştır. Kütle sönümleyicilerin periyodunun (T_d) minimum ve maksimum limitleri sırasıyla üzerinde bulunduğu yapının periyodunun 0.8 ve 1.2 katı olacak şekilde alınmıştır. Kütle sönümleyicinin ağırlığının binanın ağırlığına oranı olan kütle oranı (μ) %1 ve %5 arasında aranmıştır. Kütle sönümleyicisinin sönüm oranı (ξ_d) ise %5 ile %20 arasında taranmıştır.

Tablo 1’de çeşitli periyotlu yapı kombinasyonları için elde edilmiş olan optimum kütle sönümleyici değerleri ve yapıların maksimum göreceli ötelenmeleri kütle sönümleyicili (x_d) ve kütle sönümleyicisiz (x) yapılar için verilmiştir.

SONUÇLAR

Bitişik yapıların periyotları birbirine yakın olduğunda, periyotları 1 s ve üzerinde olan bitişik yapılarda kütle sönümleyicileri, göreceli ötelenmenin azalmasında oldukça etkili olmaktadır. 1 s - 1.5 s ve 1.5 s - 2 s periyotlu yapı kombinasyonlarında sırasıyla göreceli ötelenme %41 ve %51 azalmaktadır. Diğer bitişik yapı kombinasyonlarında ise bu değer %15 ve %23 arasındadır.

Çalışma kapsamında önerilen metot bitişik yapılar için en uygun kütle sönümleyici değerlerinin bulunmasında etkilidir. Uygulamada yeterince deprem derzi bulunmayan mevcut yapılar için kütle sönümleyicilerinin kullanımının oldukça etkin bir yöntem olduğu analiz sonuçlarından görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Den Hartog, J. P., "Mechanical Vibrations", McGraw-Hill, 1947.
- [2] Warburton, G.B., "Optimum Absorber Parameters for Various Combinations of Response and Excitation Parameters", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 10, 381-401, 1982.
- [3] Sadek, F., Mohraz, B., Taylor, A.W. and Chung, R.M., "A Method of Estimating the Parameters of Tuned Mass Dampers for Seismic Applications", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 26, 617-635, 1997.
- [4] Leung, A.Y.T. and Zhang, H., "Particle Swarm Optimization of Tuned Mass Dampers", Engineering Structures, 31, 715-728, 2009.
- [5] Hadi, M.N.S. and Arfiadi, Y., "Optimum Design of Absorber for MDOF Structures", Journal of Structural Engineering-ASCE, 124, 1272-1280, 1998.
- [6] Marano, G.C., Greco, R. and Chiaia, B., "A Comparison between Different Optimization Criteria for Tuned Mass Dampers Design", Journal of Sound and Vibration, 329, 4880-4890, 2010.
- [7] Steinbuch, R., "Bionic Optimization of the Earthquake Resistance of High Buildings by Tuned Mass Dampers", Journal of Bionic Engineering, 8, 335-344, 2011.
- [8] Leung, A.Y.T, Zhang, H., Cheng C.C. and Lee Y.Y., "Particle Swarm Optimization of TMD by Non-stationary Base Excitation during Earthquake", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 37, 1223-1246, 2008.
- [9] Bekdaş, G., Nigdeli, S.M., "Estimating Optimum Parameters of Tuned Mass Dampers using Harmony Search", Engineering Structures, 33, 2716-2723, 2011.

- [10] Bekdaş, G. and Nigdeli, S.M., "Optimization of Tuned Mass Damper with Harmony Search", In *Metaheuristic Applications in Structures and Infrastructures*, Edited by Amir Hossein Gandomi, Xin-She Yang, Amir Hossein Alavi, Siamak Talatahari, Elsevier, 2013.
- [11] Bekdaş, G. and Nigdeli, S.M., "Mass Ratio Factor for Optimum Tuned Mass Damper Strategies", *International Journal of Mechanical Sciences*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2013.03.014>, 2013.
- [12] Nigdeli, S.M. and Bekdaş, G., "Optimum Tuned Mass Damper Design for Preventing Brittle Fracture of RC Buildings", *Smart Structures and Systems*, 11, 2013.
- [13] Geem, Z.W., Kim, J.H. and Loganathan, G.V., "A New Heuristic Optimization Algorithm: Harmony Search", *Simulation*, 76, 60-68, 2001.
- [14] Yang, X-S., "Engineering Optimization: An Introduction with Metaheuristic Applications", Wiley, 2010.