

Makalenin Geliş Tarihi : 03.07.2009
Makalenin Kabul Tarihi : 19.01.2010

ADAS ELEMANI KULLANILARAK ÇELİK YAPILARDA DEPREM ETKİLERİNİN AZALTILMASI

Ayten GÜNAYDIN¹, Hasan GÖNEN²

ÖZET : Deprem yükleri altında yapıların yanıl deplasmanlarının kontrol edilmesi, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların hasara uğramaması, çalışma ve yaşama konforunun sağlanması açısından önemlidir. Pasif enerji sönümleyen (PES) araçlar, yapıya ilave sönüm ve rijitlik sağlayarak dinamik yüklerin yapıya uyguladığı enerjinin büyük bir kısmını sönümleyen ve yapısal hasarları azaltan kontrol mekanizmalarından biridir. Bu çalışmada PES araçlarından biri olan ADAS (Added Damping And Stiffness) elemanı kullanılarak çelik yapıların dinamik davranışı incelenmiştir. 7, 10 ve 15 katlı çelik çerçeveler iki farklı deprem ivme kaydı kullanılarak analiz edilmiştir. ADAS elemanı kullanılan çerçevelerin, en üst kat deplasmanları ve taban kesme kuvvetleri ADAS elemanı kullanılmayan çerçevelere göre azalmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER : ADAS elemanı, Deprem enerjisi, Çelik yapı, Pasif kontrol sistemleri.

DISSIPATION OF EARTHQUAKE EFFECTS IN STEEL STRUCTURES BY USING ADAS ELEMENT

ABSTRACT : Lateral displacement control of structures and preventing the damage of structural and non-structural elements are important for working and living comfort. Passive energy dissipation (PED) devices, which dissipate the energy applied by seismic loads and reduce the structural damages due to giving additional damping and stiffness to the structures, are one of the control mechanisms. In this study seismic response of the structures are investigated by using ADAS (Added Damping And Stiffness) element which is one of the PED devices. 7, 10 and 15 stories steel frames are analyzed for two different earthquake acceleration records. Top story displacements and base shear forces of frames used ADAS element have decreased compared to those of frames that are not used ADAS element.

KEYWORDS : ADAS element, Earthquake energy, Steel structure, Passive control systems.

^{1,2} Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Meşelik Kampüsü ESKİŞEHİR

I. GİRİŞ

Klasik yapılarda deprem enerjisinin yapının taşıyıcı sistem elemanları tarafından sönmülmesi sonucu bu elemanlarda elastik olmayan deformasyonlar meydana gelir. Bu deformasyonlar genellikle kiriş-kolon birleşim bölgelerinde yoğunlaştığı için önemli yapısal hasarlara neden olur. Bu nedenle, yapıların deprem performansını iyileştirmek ve yapı elemanlarının elastik olmayan deformasyonlarını önlemek için çeşitli kontrol elemanları geliştirilmiştir. Bu elemanlar ile yapıya gelen sismik enerjinin büyük kısmı sönmülenererek, taşıyıcı sistem elemanlarına gelen enerjinin ve yapısal hasarların azaltılması amaçlanmıştır [1]. Farklı tiplerde araçlar kullanılarak oluşturulan kontrol sistemleri; pasif, aktif ve yarı aktif kontrol sistemleri olarak sınıflandırılır. Pasif kontrol sistemleri, taban izolasyon sistemleri (kauçuk, kurşun çekirdekli kauçuk ve kayıcı izolatörler) ve pasif enerji sönmülleyen sistemler (metal, viskoelastik, viskoz akışkan, ayarlı kütle, ayarlı sıvı ve sürtünme sönmülleyiciler) olmak üzere iki gruba ayrılır. Aktif-yarı aktif kontrol sistemleri ise aktif kuşaklama sistemleri, aktif kütle sönmülleyicileri, değişken rijitlik veya sönmül veren sistemler ve akıllı malzemelerdir. [2]. PES sistemlerinde, yapıya yerleştirilen çeşitli elemanlar yapının histeretik sönmül enerjisini arttırarak taşıyıcı olan yapı elemanlarının enerji harcama talebini azaltır [3].

Metallerin plastik deformasyon yapabilme özelliğini kullanarak deprem enerjisini harcamak amacıyla geliştirilen metalik pasif enerji sönmülleyiciler, çeşitli şekillerdeki çelik plakaların bir araya getirilmesiyle oluşturulur. Bu araçlar genellikle sünekliği, şekil değiştirme ve enerji yutma özelliği yüksek olan yumuşak çelik malzemeden üretilir. Metalik PES sistemlerin kullanılması fikri kavramsal ve deneysel olarak Kelly ve diğ. [4] ve Skinner ve diğ. [5]'nin çalışmaları ile başlamıştır. Özdemir [6] bu elemanların matematiksel modellenmesi için ilk önemli çalışmayı yapmıştır. Çalışmasında kuvvet deplasman ilişkilerinde uygun formlar geliştirmek için elastoplastik ve viskoplastik ana teorileri ile benzerliği kullanmıştır [7]. Bergman ve Goel [8] X-şekilli plaka sönmülleyicilerin, Whittaker ve diğ. [9] ise ilave sönmül ve rijitlik (Added Damping And Stiffness- ADAS) elemanlarının yapı sistemlerine yerleştirildikten sonraki davranışlarını deneysel olarak incelemiştir. Tena-Colunga [10] çalışmasında mekaniğin temel prensiplerini ve deplasman metodunu kullanarak ADAS aracının rijitlik matrisini, yük-deformasyon eğrisini ve eleman kapasitelerini belirlemek için yeni bir metod önermiştir.

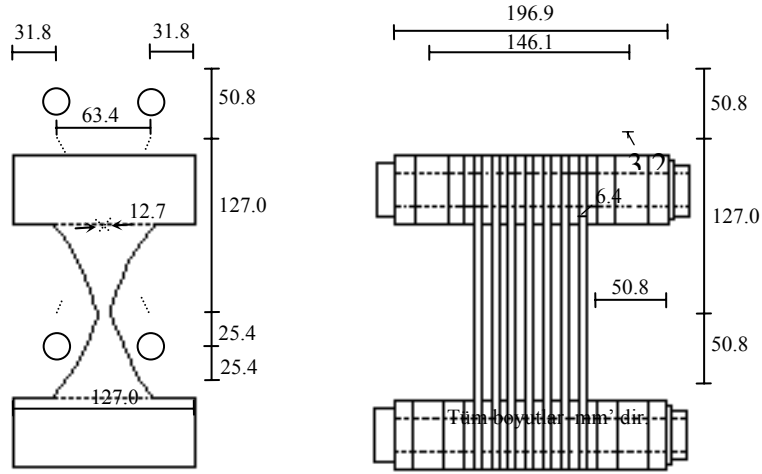
ADAS elemanları çeşitli binalarda uygulanmıştır. 1970 yılında Mexico’da, inşa edilen 13 katlı betonarme Izazaga #38-40 binası bu elemanlar kullanılarak güçlendirilen binalardan biridir. Bina 1985 yılındaki Mexico depreminde orta derecede hasar gördüğü için güçlendirilmiş fakat 1986 ve 1989 depremlerinde tekrar hasar gördüğü için ikinci güçlendirme için pasif kontrol sistemi seçilmiştir. Yapı dış çerçeve kirişlerine yerleştirilen 250 adet ADAS aracı ile güçlendirilmiştir. ADAS elemanlarının yerleştirilmesiyle, binanın dayanım, rijitlik ve enerji sönümleyebilme özellikleri arttığı için rölatif kat deplasmanlarında yaklaşık %40 azalma görülmüştür [11]. ADAS elemanı ile güçlendirilen diğer bina 1970 yılında inşa edilen, 1985 Mexico depreminde hasar gördüğü için 1990 yılında güçlendirilen 6 katlı hastane binasıdır. Güçlendirme çalışmalarında, toplam 90 ADAS aracı dıştan bağ elemanlarıyla binaya yerleştirilmiştir. ADAS ve bağ elemanlarının kullanılmasıyla binadaki taban kesme kuvveti %50 oranında azalmıştır [11]. Betonarme olarak 1967 yılında inşa edilen ve 1989 Loma-Prieta depreminde hasar gören San Francisco’daki Wells Fargo Bank Binası da ADAS elemanları kullanılarak güçlendirilmiştir. ADAS elemanlı ve elemansız bina için hesaplanan kat deplasmanları ve kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında, ADAS elemanlı binanın sonuçları orijinal binaya göre oldukça azalmıştır [12].

ADAS araçları hem mevcut hem de yeni yapılacak çelik veya betonarme binaların sismik davranışını iyileştirmek için kullanılabilir. Bunların binalar kullanılırken de uygulanabilmesi diğer bir avantajıdır. Bu çalışmada 2 farklı deprem etkisinde 3 farklı çelik çerçevenin ADAS elemanları kullanılmadan ve ADAS elemanları kullanılarak çözümleri yapılmıştır. Her bir çerçeve için elde edilen davranış zarfları analiz edilmiştir.

II. ADAS ELEMANININ ÖZELLİKLERİ

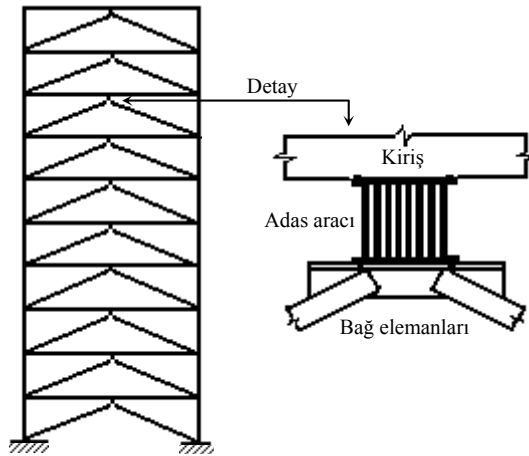
II.1. ADAS Aracı

Metalik plak sönümleyicilerden biri olan ADAS aracı, yumuşak çelik plakaların şekil değiştirme ve enerji yutma özellikleri kullanılarak, deprem sırasında yapıya gelen enerjinin sönümlenmesi için tasarlanmıştır [9]. Tipik bir ADAS aracı Şekil 1’de gösterilmiştir [9]. ADAS aracı X şeklindeki metal plakaların her iki ucundan ankastre mesnet durumunu sağlayacak şekilde cıvata ile birbirine bağlanması ile oluşur.



Şekil 1. ADAS aracı [9].

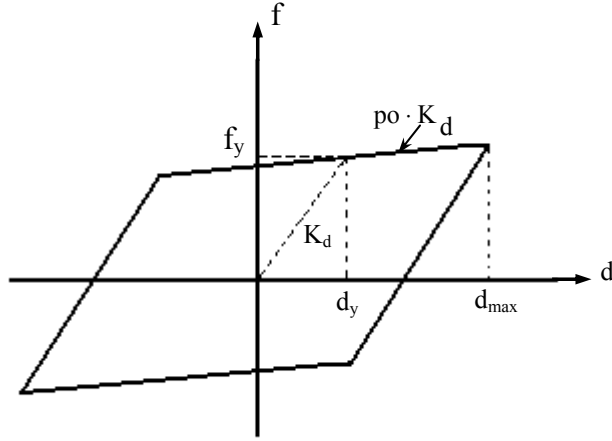
Şekil 2'den görüldüğü gibi ADAS aracı diyagonal bağ elemanları ile çerçeve kirişine bağlanır [13]. ADAS aracı ve bu aracı destekleyen diyagonal bağ elemanları ADAS elemanı olarak adlandırılır. Yanal yüklerden oluşan rölatif kat ötelenmesi aracın üst kısmının alt kısmına göre yatayda hareketine neden olur. Araç dayanım ve rijitliğini kaybetmeden büyük miktarda plastik deformasyon yapabilir. Bu elemanlar yeni yapıların tasarımında kullanılabileceği gibi mevcut yapıların depreme karşı güçlendirilmesinde de kullanılabilir [1].



Şekil 2. ADAS elemanlı çerçeve.

II.2. ADAS Aracının Davranışı

Tekrarlanan yükler altında, ADAS aracı tarafından harcanan enerji miktarı; akma kuvveti (f_y), akma deplasmanı (d_y) ve süneklik oranı ($\mu = d_{\max}/d_y$)'na bağlıdır. İdealize edilmiş ADAS aracı yük-deplasman eğrisi Şekil 3'te verilmiştir. Aracın başlangıç rijitliği, $K_d = f_y/d_y$ 'dir.



Şekil 3. ADAS aracının yük deformasyon eğrisi.

ADAS elemanlı bir yapının davranışında etkili olan parametreler; araç akma kuvveti, akma deplasmanı, pekleşme oranı (p_o), araç başlangıç rijitliğinin (K_d) bağ elemanının yatay rijitliğine (K_b) oranı, ADAS elemanının yatay rijitliğinin (K_{bd}) araç yerinde yok iken yapının kat rijitliğine (K_s) oranıdır. Deprem özelliklerine göre bu parametrelerin uygun olarak seçilmesi yapının performansı açısından önemlidir.

ADAS elemanın yatay rijitliği, bağ elemanlarının yatay rijitliğinin ve aracın başlangıç rijitliğinin bir fonksiyonudur ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$K_{bd} = \frac{K_b K_d}{K_b + K_d} \quad (1)$$

veya

$$K_{bd} = \frac{K_d}{1 + \left[\frac{1}{K_b/K_d} \right]} \quad (2)$$

ADAS elemanın yatay rijitliğinin yapının kat rijitliğine (ADAS elemansız) oranı Denklem (3)'te verilmiştir.

$$SR = \frac{K_{bd}}{K_s} \quad (3)$$

ADAS elemanı parametrelerinin arasındaki ilişki Denklem (4)'te ifade edilmiştir.

$$f_y = SR \cdot K_s \left[1 + \frac{1}{\left(\frac{K_b}{K_d} \right)} \right] d_y \quad (4)$$

K_b / K_d oranının maksimum ve minimum değerleri gözönüne alınarak yapının davranışına etkisi görülebilir. Eğer K_b çok büyük seçilirse, araç deplasmanı rölatif kat deplasmanına eşit ve enerji harcanması maksimum olacaktır. Eğer K_b çok küçük (≈ 0) seçilirse araç deplasman yapmayacağı için enerji harcanmaz. K_b / K_d oranının büyük seçilmesi ekonomik olmaz. Ancak ADAS araçlarının daha önce akması için bağ elemanları yeterli rijitliğe sahip olmalıdır. ADAS elemanının tasarımı için K_b / K_d oranının yaklaşık 2 olarak seçilmesi uygundur [1].

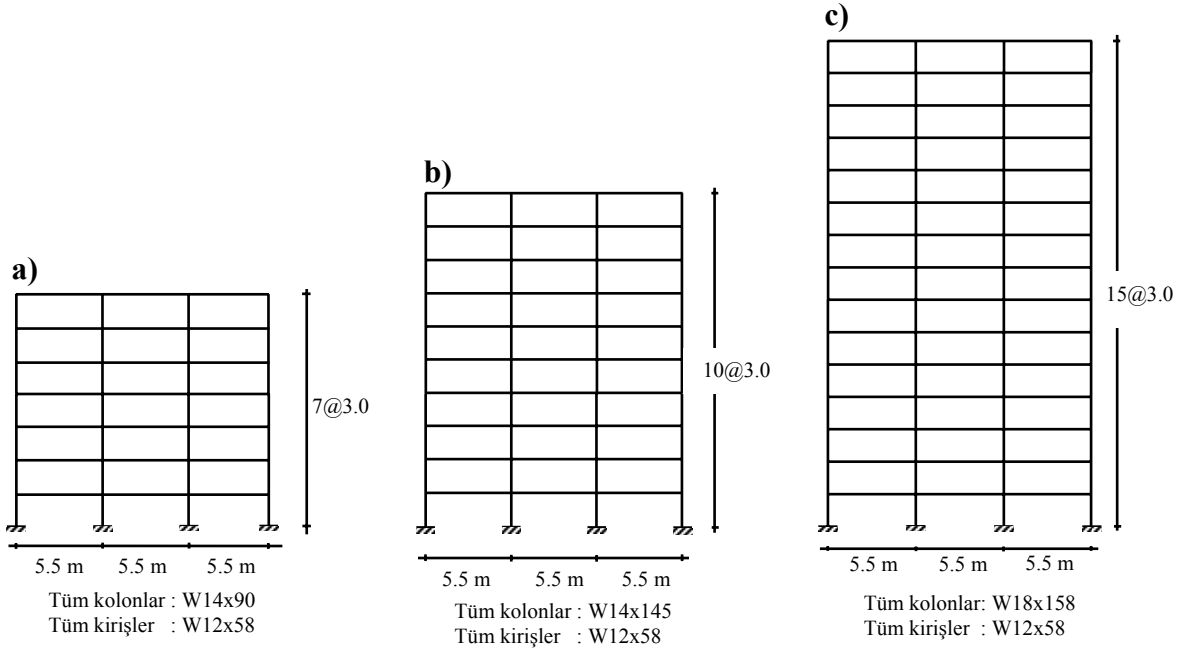
Denklem 3'te verilen SR oranı arttıkça yapının deprem performansı artar. Bu nedenle büyük SR değerlerinin seçilmesi uygun gözükmemektedir. Fakat uygulamada SR'nin 3 veya 4'ten büyük değerlerini sağlamak zordur. $SR \geq 2$ değerleri elemanların etkili çalışması için uygundur.

ADAS aracının performansını arttırmak için araç akma deplasmanının ve akma kuvvetinin uygun değerlerde seçilmesi önemlidir. ADAS aracının enerji harcama özelliğini etkili şekilde kullanmak için küçük akma deplasmanlarına sahip olması istenir. Fakat şiddetli deprem hareketlerine karşı aşırı araç sünekliğini sınırlamak için akma deplasmanının yeterince büyük olması gerekir [1].

III. ANALİTİK ÇALIŞMA

III.1. Çerçeve Özellikleri

ADAS elemanlı ve ADAS elemansız çelik çerçevelerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan davranışlarını incelemek için 7, 10 ve 15 katlı çerçeveler kullanılmıştır. ADAS elemansız çerçevelerin tasarımı TS 498 [14] ve TS 648 [15]'e göre yapılmıştır. Tüm çerçevelerin kat yüksekliği 3m, kat açıklığı 5,5m seçilmiştir. Çelik çerçeve elemanlarının akma dayanımı 235000 kN/m^2 ve elastisite modülü $2.06182 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$ alınmıştır. Etabs 6,23 [16] ile hesaplanan birinci doğal titreşim periyotları (T_1) 7, 10 ve 15 katlı çerçeveler için sırasıyla 0,91, 1,25 ve 1,83'tür. Kullanılan çerçevelerin boyutları ve kesit özellikleri Şekil 3'te verilmiştir.



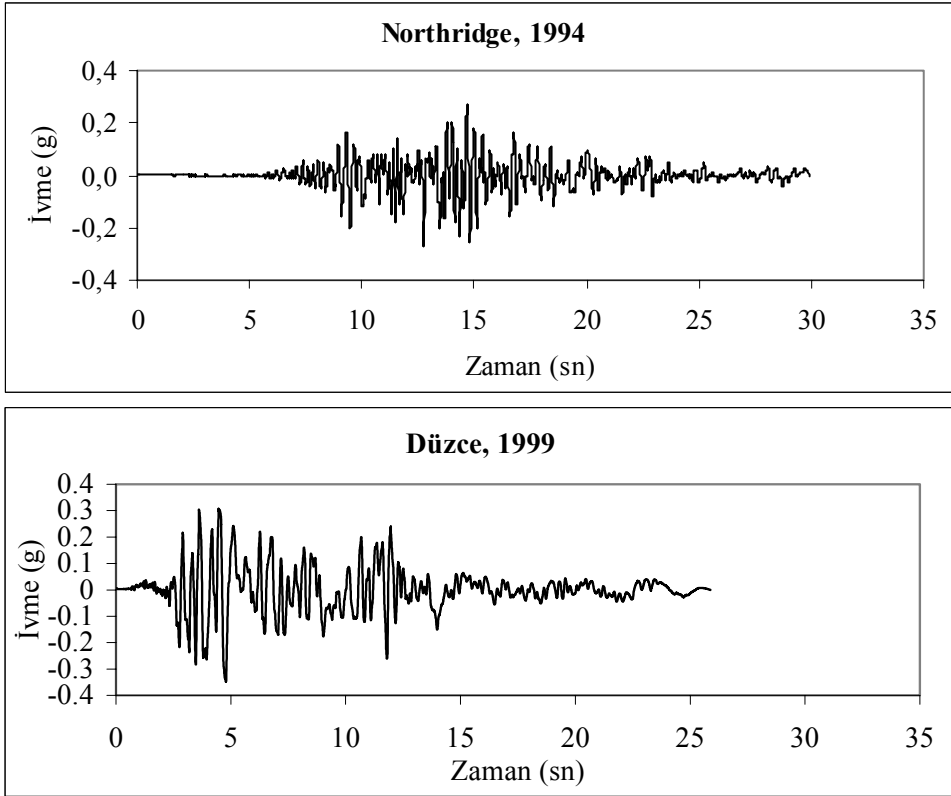
Şekil 4. a, b, 10 ve c. 15 katlı çerçeve boyutları ve kesit özellikleri.

III.2. Deprem Özellikleri

Farklı deprem kayıtları farklı frekans ve enerjiye sahiptir. Yapıların davranışları, pik ivmeleri aynı bile olsa farklı depremler için önemli şekilde değişebilir. Bu çalışmada iki farklı deprem kaydı kullanılmıştır. Bu depremlerin özellikleri Çizelge 1'de ivme kayıtları ise Şekil 5'te verilmiştir.

Çizelge 1. Depremler ve özellikleri

Deprem	Büyüklik	İstasyon	Mak. İvme (cm/sn/sn)	Site jeolojisi
Northridge, 1994	6,7	Los Angeles	266,8	Derin alüvyon
Düzce, 1999	7,1	Düzce	341,4	Alüvyon

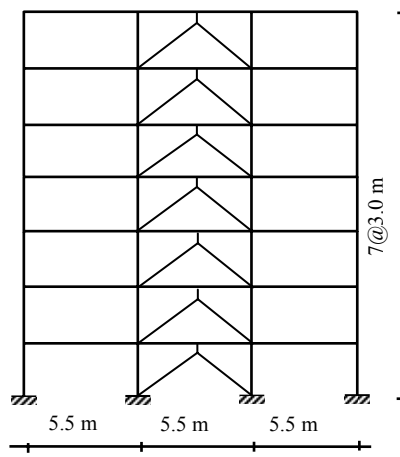


Şekil 5. Deprem ivme kayıtları (Northridge, 1994 ($a_g=0,272$ g);

Düzce 1999 ($a_g=0,348$ g)) [17].

IV. ADAS ELEMANLI ÇERÇEVELERİN ÇÖZÜMLERİ

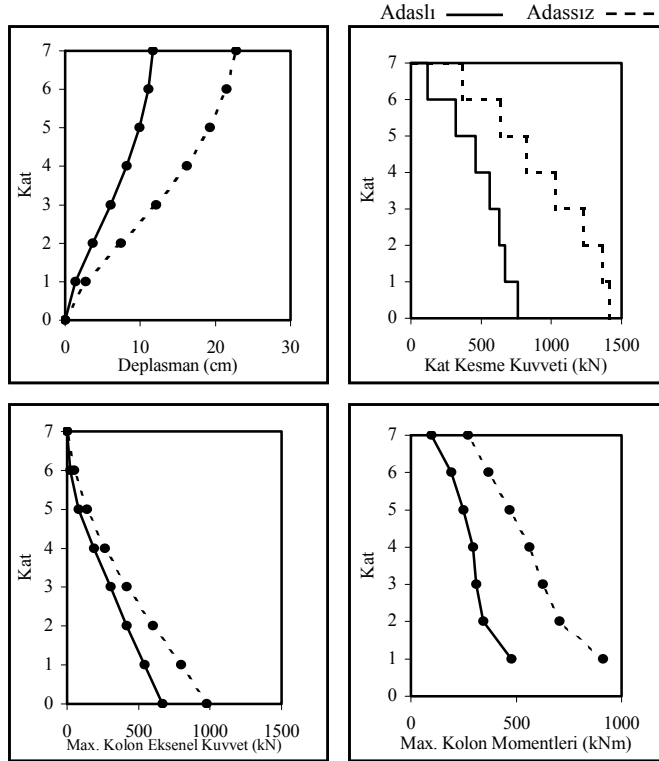
Tüm ADAS elemanlı ve ADAS elemansız çerçevelerin zaman-tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizi ETABS yapısal analiz programı kullanılarak yapılmıştır. ADAS araçları her kat seviyesinde diyagonal bağ elemanları ile çerçevenin orta açıklığına yerleştirilmiştir. Örnek gösterim için ADAS elemanı yerleştirilmiş 7 katlı çerçeve Şekil 6'da verilmiştir.



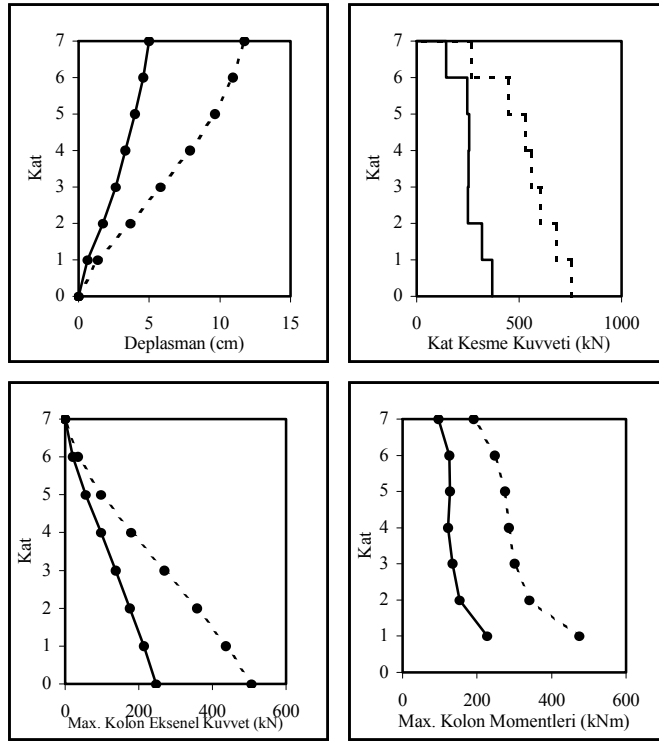
Şekil 6. ADAS elemanı yerleştirilmiş 7 katlı çerçeve.

Çözümler sırasında pekleşme oranı 0.05, akma noktasındaki eğrinin şeklini belirleyen N ve BETA parametreleri sırasıyla 2 ve 0.5 alınmıştır. ADAS aracı rijitliği (K_d) 7, 10 ve 15 katlı çerçeveler için 73323, 79047 ve 83088 kN/m; tüm çerçeveler için ADAS elemanı yatay rijitliğinin kat rijitliğine oranı (SR) 2 ve bağ elemanı yatay rijitliğinin ADAS aracı başlangıç rijitliğine oranı (K_b/K_d) 2 olarak kullanılmıştır. Bağ elemanlarının kesit alanları 31.7, 34.2, ve 35.9 cm²'dir. 7, 10 ve 15 katlı çerçevelerin ağırlıkları 1890, 2700 ve 4050 kN olarak hesaplanmıştır. Çerçevelerin maksimum enerji harcamasını sağlayan akma kuvveti (f_y) değerleri her çerçeve ve deprem için belirlenmiştir. Düzce (1999) deprem kaydı kullanılarak yapılan çözümde akma kuvvetleri 7 katlı çerçeve için 200 kN, 10 ve 15 katlı çerçevelerde ise 120 kN bulunmuştur. Northridge (1994) depremi için ise 7, 10 ve 15 katlı çerçevelerdeki f_y değerleri 75, 65 ve 50 kN olarak hesaplanmıştır [1].

ADAS elemanlarının kat deplasmanlarına, kat kesme kuvvetlerine, kolon aksel kuvvetine ve kolon momentlerine etkisini incelemek için 7, 10 ve 15 katlı çerçevelerin, Düzce (1999) ve Northridge (1994) depremleri kullanılarak elde edilen davranış zarfları sonuçları Şekil 7-12'de verilmiştir. Şekil 7 ve 8'de görüldüğü gibi, 7 katlı çerçevede ADAS elemanı kullanıldığında en üst kat deplasmanı Düzce (1999) depreminde %48, Northridge (1994) depreminde %58 azalmıştır. Her iki deprem kaydı kullanılarak elde edilen taban kesme kuvvetlerinde ise ADAS elemanı kullanıldığında %46 (Düzce), %51 (Northridge) azalma sağlanmıştır. 1 kat kolonlarının, maksimum kolon aksel kuvvetleri ve momentleri Düzce (1999) deprem kaydı kullanılarak elde edilen çözümde 976.52 kN'dan 666.73 kN'a ve 911.35 kNm'den 476.38 kNm'ye azalmıştır.



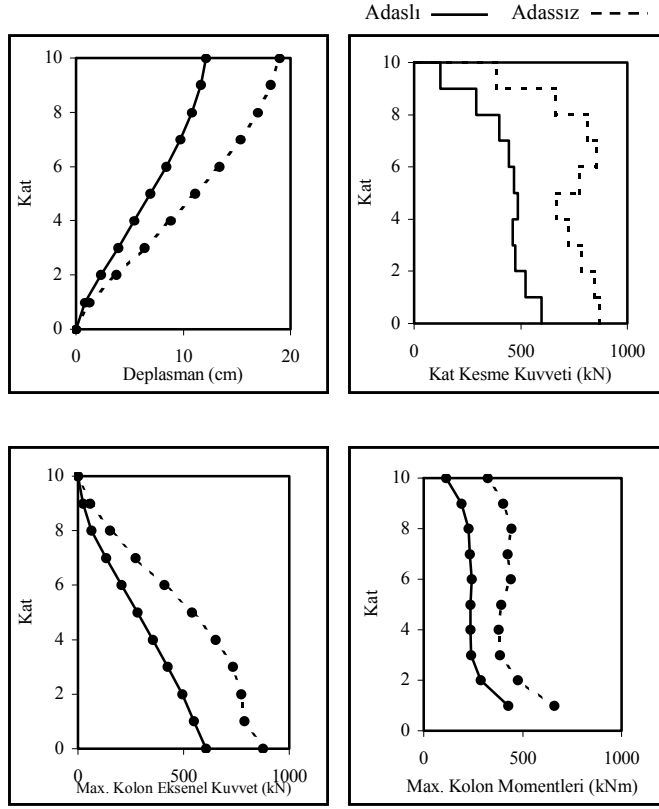
Şekil 7. Düzce (1999) depremi için 7 katlı çerçevenin davranış zarfları.



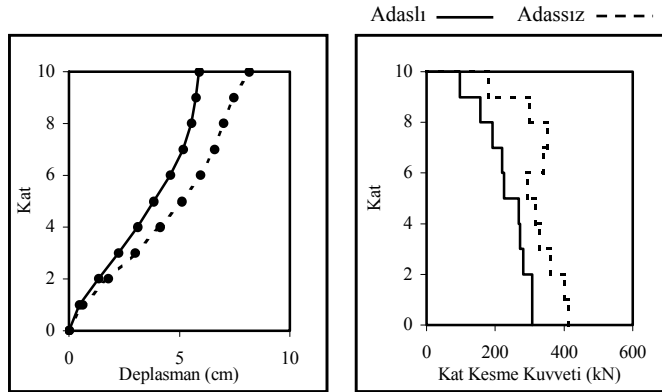
Şekil 8. Northridge (1994) depremi için 7 katlı çerçevenin davranış zarfları

Şekil 8’de verilen Northridge (1994) depremi için yapılan çözümde ise maksimum kolon eksenel kuvveti 506.54 kN’dan 247.02 kN’a ve maksimum kolon momenti 474.47 kNm’den 227.05 kNm’ye düşmüştür.

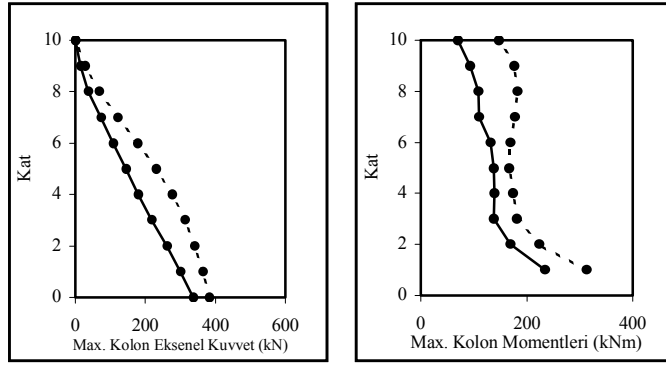
10 katlı çerçevenin iki ayrı deprem için bulunan davranış zarfları Şekil 9 ve 10’da çizilmiştir. Bu çerçevenin en üst kat deplasman değerleri Düzce depremi için %36 ve Northridge (1994) depremi için %28; taban kesme kuvvetleri ise bu depremler için sırasıyla % 31 ve %25 oranında azalmıştır. ADAS elemanının maksimum kolon eksenel kuvveti ve momentine etkisi incelendiğinde Düzce depreminde eksenel kuvvetin 876,58 kN’dan 607,26 kN’a; momentin ise 658,59 kNm’den 427,41 kNm’ye azaldığı görülmüştür. Şekil 10’da gösterilen Northridge (1994) deprem kaydına göre hesaplanan kolon eksenel kuvvetinin ve momentinin değerleri ADAS elemanı kullanılmadan 382,34 kN ve 312,64 kNm iken, ADAS elemanı kullanıldığında 336,94 kN ve 234,02 kNm olmuştur.



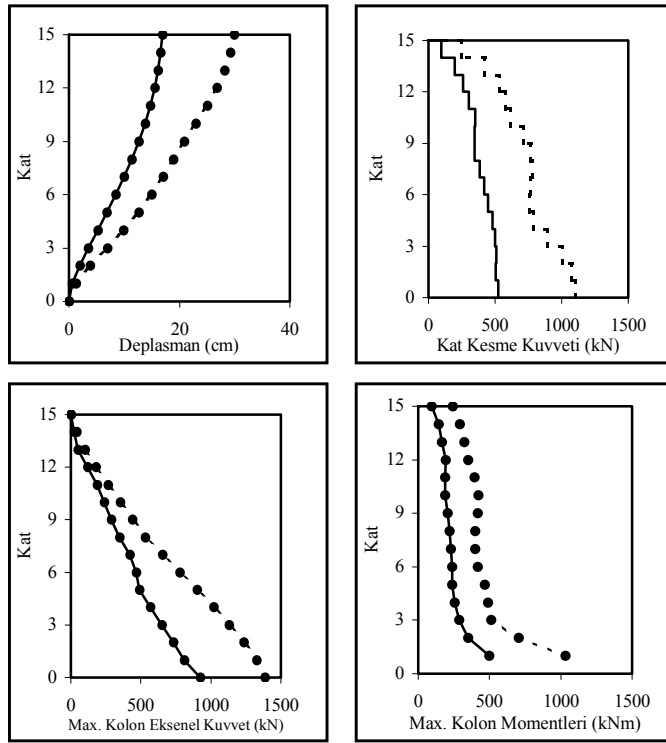
Şekil 9. Düzce (1999) depremi için 10 katlı çerçevenin davranış zarfları.



Şekil 10. Northridge (1994) depremi için 10 katlı çerçevenin davranış zarfları.



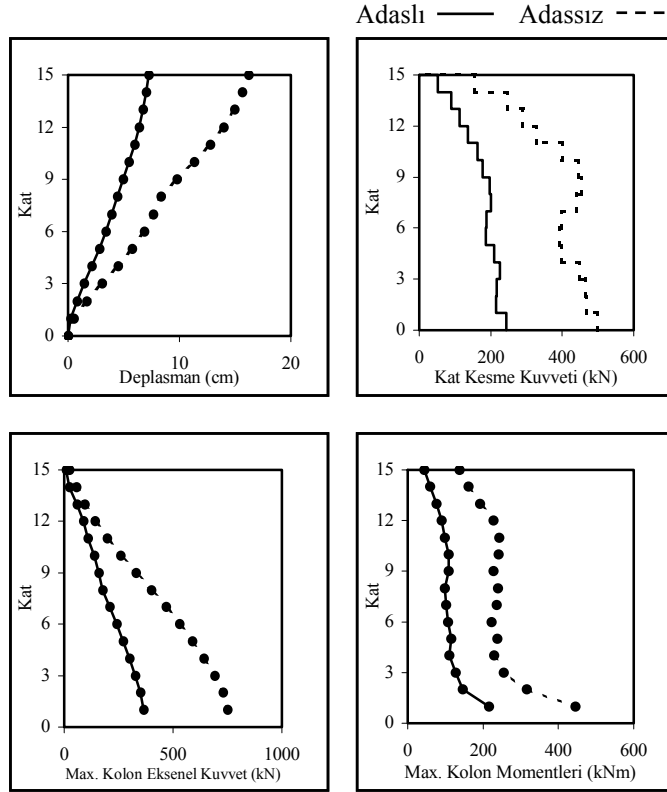
Şekil 10(Devamı). Northridge (1994) depremi için 10 katlı çerçevenin davranış zarfları.



Şekil 11. Düzce (1999) depremi için 15 katlı çerçevenin davranış zarfları.

Şekil 11 ve 12’de verilen 15 katlı çerçeve için Düzce (1999) ve Northridge (1994) depremleri kullanılarak elde edilen davranış zarfları değerlendirildiğinde en üst kat deplasman değerleri %43 ve %55 oranında azalmıştır. Bu çerçevenin taban kesme kuvveti ise ADAS elemansız çerçevelerden elde edilen değerlere göre Düzce depreminde %53, Northridge depreminde ise

%51 azalmıştır. Düzce depremi için ADAS'sız ve ADAS'lı çerçevelerin kolon aksel kuvveti ve momentleri; 1387,67-924,33 kN ve 1032,36-497,58 kNm olarak elde edilmiştir.



Şekil 12. Northridge (1994) depremi için 15 katlı çerçevenin davranış zarfları.

V. SONUÇLAR

Bu çalışmada ADAS elemanlarının çelik çerçevelerin davranışına etkisi analitik olarak incelenmiştir. Çözümlerde 7, 10 ve 15 katlı çerçeveler kullanılmıştır. Bu çerçevelerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi, Düzce (1999) ve Northridge (1994) depremlerinin ivme kayıtları kullanılarak yapılmıştır. ADAS araçları 3 açıklıklı bu çerçevelerin orta açıklığına bağ elemanları kullanılarak yerleştirilmiştir. Tüm katlarda aynı özelliklere sahip araç ve bağ elemanı kullanılmıştır.

ADAS elemanının çerçevenin deprem davranışına etkisini incelemek amacıyla, her bir çerçeve hem ADAS elemanı kullanılmadan hem de kullanılarak çözülmüştür. Kat deplasmanları, taban

kesme kuvvetleri, maksimum kolon eksenel kuvvetleri ve momentleri kullanılarak ADAS'lı ve ADAS'sız durum değerlendirilmiştir. ADAS elemanının kullanılmasıyla kat deplasman değerlerinde azalma olmuştur. Depremlerin farklı frekans değerlerine sahip olması nedeniyle ADAS elemanlarının çerçeve davranışına etkisi aynı oranda olmamıştır. Bu elemanların taban kesme kuvveti, kolon eksenel kuvveti ve momentinin de azalmasında etkili olduğu görülmüştür.

VI. KAYNAKLAR

- [1] A. Günaydın, "Çelik Yapıların Yanal Ötelenmelerinin Pasif Kontrol Metotları", Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 133 s., 2004.
- [2] T.T. Soong, and B.F. Spencer Jr, "Supplemental Energy Dissipation: State-of-the-Art and State-of-the-Practice", *Engineering Structures*, Vol. 24, pp. 243-259, 2002.
- [3] I.D. Aiken, D.K. Nims, A.S. Whittaker, and J.M. Kelly, "Testing of Passive Energy Dissipation Systems", *Earthquake Spectra*, Vol. 9, No.3, pp.335-370, 1993.
- [4] J.M. Kelly, R.I. Skinner, and A.J. Heine, "Mechanisms of Energy Absorption in Special Devices for Use in Earthquake Resistant Structures," *Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering*, Vol. 5, pp.63-88, 1972.
- [5] R.I. Skinner, J.M. Kelly, and A.J. Heine, "Hysteresis Dampers for Earthquake-Resistant Structures", *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 3, pp. 287-296, 1975.
- [6] H. Özdemir, "Nonlinear Transient Dynamic Analysis of Yielding Structures", Ph.D. Dissertation, University of California, Berkeley, CA, USA, 1976.
- [7] M.C. Constantinou, T.T. Soong and G.F. Dargush, "Passive Energy Dissipation Systems for Structural Design and Retrofit", Multidisciplinary Centre for Earthquake Engineering Research, 1998.
- [8] D.M. Bergman, and S.C. Goel, "Evaluation of Cyclic Testing of Steel-Plate Devices for Added Damping and Stiffness, Technical Report UMCE 87-10, The University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA, 1987.

- [9] A.S. Whittaker, V.V. Bertero, C.L. Thompson and L.J. Alonso, “Seismic Testing of Steel Plate Energy Dissipation Devices”, *Earthquake Spectra*, Vol. 7, No. 4, pp.563-606, 1991,
- [10] A. Tena-Collunga, “Mathematical Modelling of the ADAS Energy Dissipation Devices”, *Engineering Structures*, Vol. 19, No.10, pp. 811-821, 1997.
- [11] E. Martinez-Romero, “Experiences on the use of Supplementary energy Dissipators on Building Structures”, *Earthquake Spectra*, Vol. 9, No.3, pp.581-626, 1993.
- [12] C.L. Perry, E.A. Fierro, H. Sedarat, and R.E. Scholl, “Seismic Upgrade in San Francisco using Energy Dissipation Devices”, *Earthquake Spectra*, Vol. 9, No.3, pp.559-579, 1993.
- [13] C. Xia and R.D. Hanson, ”Influence of ADAS Element Parameters on Building Seismic Response”, *Journal of Structural Engineering*, Vol. 118, No:7, pp.1903-1918, 1992.
- [14] TS 498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, TSE, Ankara, 1987.
- [15] TS 648, Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, TSE, Ankara, 1980.
- [16] ETABS (Version 6.23), Three Dimensional Analysis of Building Systems, Computers and Structures Inc., Berkeley.
- [17] COSMOS, The Consortium of Organizations for Strong Motion Observation Systems, (<http://www.cosmos-eq.org>), 2004.