



Erciş kültür merkezi binasının sahada gözlenen ve 2007 deprem yönetmeliği'ne göre hesaplanan deprem performanslarının karşılaştırılması

Recep Ali Dedecan^{1*}, Mustafa Kutanis²

¹*Yüksek Lisans Öğrencisi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya*

²*İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye*

21.01.2013 Geliş/Received, 07.02.2013 Kabul/Accepted

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, mevcut bir yapının deprem performansını saha gözlemlerine ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik esaslarına göre hesaplayarak karşılaştırılmasının yapılmasıdır. Bu bağlamda 23 Ekim 2011 Van depremini geçirmiş, Yönetmelik kriterlerine uygun 3 katlı bir bina incelenmiştir. Binanın zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesaplarında, depremde kaydedilen ivme kaydını Yönetmelik'te verilen spektrum'a benzeştirilerek elde edilen kayıt kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, Yönetmelikte verilen zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan yöntemin gerçeğe yakın sonuçlar verdiği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Performans Değerlendirmesi, Statik İtme Analizi, Doğrusal Elastik Yöntem, Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi, Deprem Yönetmeliği

Comparison of seismic performance of Erciş cultural center building with observed and calculated by turkish earthquake code-2007

ABSTRACT

The goal of this paper is to review the validity of seismic assessment procedure given in the Turkish Earthquake Code by comparing the assessment results with cultural center building at Erciş with 3 stories, where the 2011 Van earthquake occurred. In order to compare the results of different analysis techniques, for an identical earthquake, the ground motion used in analysis was characterized by equivalent elastic earthquake spectra, which were developed from available time history at the nearest construction site. It was found that nonlinear time history analysis calculated the best estimation of the damage observed in the site.

Keywords: Performance Assessments, Linear Elastic Analysis, Nonlinear Static Procedures, Nonlinear Time History Analysis, Earthquake Codes

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde, deprem etkisindeki yapılarda yapısal hasarın, öngörülen yapı elemanlarının şekildeğiştirme kapasitelerinin aşılması ile gerçekleştiği bilinmektedir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-07) 'nin [1] 7nci Bölümü'nde ise "Performansa Dayalı Değerlendirme" veya deplasmanların esas olarak alındığı hesap tarzı benimsenmiştir. Performansa dayalı değerlendirmede, mevcut bir binanın öngörülen bir deprem zorlaması sırasında ne yapacağı tahmin edilmesi söz konusu olabilmekte; binanın ne kadar yerdeğiştirme yapacağı ve bu yerdeğiştirmeler altında, hangi yapı elemanlarında ne tür hasarların oluşacağı, hasar dağılımının nasıl olacağı ve yapının muhtemel göçme mekanizmaları hakkında bilgi sahibi olmak mümkündür. Bu durum mevcut bir binanın deprem öncesinde veya sonrasındaki güvenliğini gerçekçi olarak belirlenmesine olanak tanımaktadır.

Performansa dayalı değerlendirme yöntemleri ilk olarak Türkiye'de "Yönetmelik" haline getirilmiştir [DBYBHY-07]. Amerika Birleşik Devletleri'nde (SEOAC, [2]; ATC-40, [3]; FEMA 356, [4]) ve Avrupa'da (EC8), [5]) konuyla ilgili çalışmalar yapıldığı halde, bu çalışmalar tavsiye niteliğinde kalmış, "Yönetmelik" haline getirilmemiştir. Bunda en önemli etken, yeterli saha verileriyle bu çalışmaların kalibre edilmemiş olmalarıdır. Konuyla ilgili olarak, TÜBİTAK tarafından desteklenerek yapılan 108M303 nolu araştırma projesinde de, yöntemlerin saha verileriyle kalibre edilmesi gereği ortaya çıkmıştır [6].

Bu çalışmanın amacı, "yaygın olarak kullanılan yöntemler kullanılarak, 23 Ekim Van Depremi'nden bir gün önce seçilen bir binada muhtemel deprem performansı hesaplanabilir miydi?" sorusuna cevap aramaktır.



Şekil 1. İncelenen binanın konumu (39.0288°K, 43.3649°D) (Location of the examined building).

Türkiye'nin Doğu'sunda 23 Ekim 2011 tarihinde yerel saat 13.41 itibarıyla, Van il merkezi (43.20°E, 38.28°N) ile Erciş ilçe merkezini (43.30°E, 38.49°N) etkileyen

Van-Tabanlı Köyü merkezli $M_w=7.2$ [7] aletsel büyüklüğe sahip şiddetli bir deprem meydana gelmiş ve ağır kayıplara neden olmuştur. Bu deprem, incelenen yapıların %24.52'sinde ileri derecede hasarına veya göçmesine, %7.11'inde belirgin hasara neden olurken %68.37'sine de minimum hasar veya hasarsız olarak etki etmiştir. Çalışma kapsamında incelenen Van ili Erciş Kültür Merkezi binası, Van depremini geçirmiş, Bina Hasar Değerlendirme esasları ile incelenmiş, gözlemler neticesinde, yapı taşıyıcı sistemini hasar almadığı, yapının Hemen Kullanım performans düzeyinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1, Şekil 2).

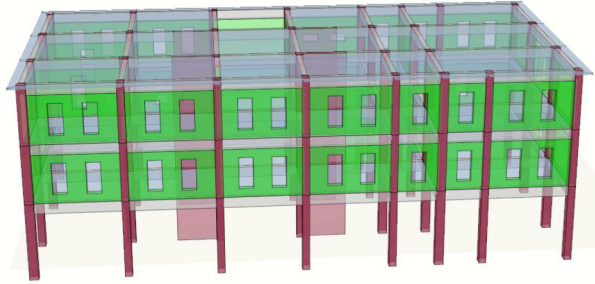


Şekil 2. İncelenen binanın mevcut durumu. (Current situation of the examined building)

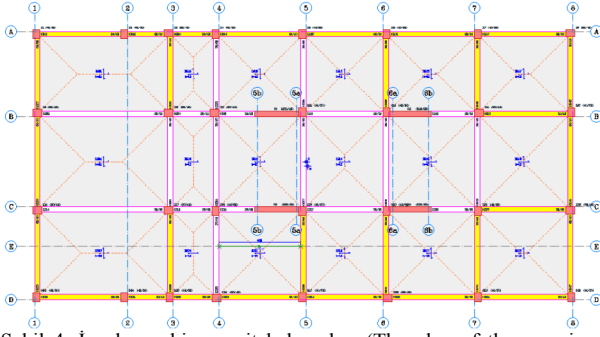
Binada detaylı hasar incelemesi yapılmış, statik rölemleri çıkartılmış, malzeme dayanımlarını belirlemek amacıyla karot numeleri alınarak laboratuvarında testleri gerçekleştirilmiştir. Zemin etüt çalışmaları ile elde edilen verilerden, zemin sınıfı Z3 olarak belirlenmiştir. Bu çalışmalara paralel olarak binanın sonlu eleman modeli oluşturulmuş, yapı analizleri ile mevcut durum değerlendirmesi yapılmıştır. Yapılan analizlerde Türk Deprem Yönetmeliği'nin sunduğu mevcut bina değerlendirme esasları kullanılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında bina, 3 boyutlu modeli oluşturulup (Şekil 3, Şekil 4) Probina Orion [8] bilgisayar yazılımı kullanılarak Doğrusal Elastik ve Doğrusal Olmayan Elastik Yöntemleri ile analiz edilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında olası tüm deprem hareketi değişimini dikkate almak amacı ile Erciş Kültür Merkezi binasına zaman tanım alanında "Artımsal Dinamik Analiz (IDA)" yöntemi [9] uygulanmıştır. Yöntemin uygulanmasında SeismoStruct [10] bilgisayar yazılımı kullanılmış, 3 boyutlu modellenmesi (Şekil 5) yapılmış, bahsi geçen yöntem uygulanmıştır. Artımsal Dinamik Analiz (IDA) sonuçları statik itme eğrileri ile karşılaştırılarak, statik itme eğrileri doğrulanmıştır. SeismoStruct yazılımında, ayrıca, benzeştirilmiş Van deprem kayıtları kullanılarak yapılan zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analizler sonucu,

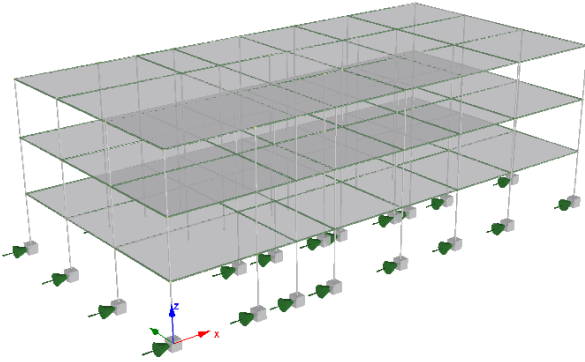
yapının her iki doğrultusu için performans düzeyleri hesaplanmıştır. Belirlenen performans düzeyleri binanın gözlenen performans düzeyi ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 3. İncelenen binanın Probina bilgisayar yazılımı ile matematik modeli. (Mathematical model of the examined building by Probina computer software)



Şekil 4. İncelenen binaya ait kalıp planı. (The plan of the examined building)



Şekil 5. İncelenen binanın SeismoStruct bilgisayar yazılımı ile matematik modeli. (Mathematical model of the examined building by SeismoStruct computer software)

2. YÖNTEM (METHOD)

Türkiye Deprem Yönetmeliği'nin ilk 6 Bölümü yapı sistemlerinin deprem performanslarının belirlenmesinde önceki yönetmeliklerde de olduğu gibi "Dayanıma Göre Tasarım" yaklaşımını benimsemektedir [11]. Bu nedenle, ilk plastik kesitin oluşumunu takip eden süreçte yapıda değişik dinamik karakteristikler, burada, göz önüne alınmamaktadır. Son bölüm olan 7inci Bölüm 'de

ise "Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme" ilkesi esas alınmıştır. Buradaki amaç, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekildeğiştirme istemleri ile yönetmelikle tanımlanmış gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet kapasiteleri karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesinin yapılmasıdır [12].

Öngörülen Doğrusal olan yöntemde taşıyıcı sistem çözümü doğrusal ise de, sistemin elastik ötesi davranışı $r = Etki / Kapasite$ katsayısı ile göz önüne alınmaktadır. Çözümün doğrusal olması büyük bir kolaylık getirmekte ve mevcut bilgisayar çözümlene programlarının kullanılmasını mümkün kılmaktadır [12]. Buna karşılık doğrusal olmayan değerlendirme yöntemi elastik ötesi davranışı daha gerçekçi biçimde ele almakta ise de iki bakımdan zorluk ortaya çıkmaktadır. Bunlardan birinci zorluk taşıyıcı sisteme ait daha çok parametreye ihtiyaç duyulmasıdır. Bu özellikle mevcut binalar için bazen aşılması çok zor olan büyük belirsizlikler ortaya çıkarmaktadır. İkinci zorluk ise, mevcut doğrusal çözüm programlarının kullanılamaması ve çok daha ayrıntılı çözüm tekniklerini içeren programlara ihtiyaç duyulmasıdır.

Yeni yapı tasarımında taşıyıcı sistemin elastik ötesi davranışı tek bir R_a deprem yükü azaltma katsayısı ile göz önüne alınmaktadır. Doğrusal değerlendirme yöntemi bu kavramın genişletilmesi olup, öngörülen bir R_a deprem yükü azaltma katsayısı kullanılarak incelemek yerine, mevcut binada öngörülen deprem etkisi altında talep edilen r değerini hesaplanarak bunun sağlanma ve oluşacak hasarın kabul edilme imkânının bulunup bulunmadığı araştırılmaktadır.

Yerdeğiştirme ve şekildeğiştirme esaslı değerlendirmenin göz önüne alındığı doğrusal olmayan yöntemde ise, belirli bir yatay deprem yükü dağılımı için binadaki yerdeğiştirme istemine ulaşıldığında, binanın beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir.

2.1. Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi ile Bina Değerlendirmesi (Building Assessment with Linear Elastic Account Method)

Türk Deprem Yönetmeliği Bölüm 7.5'de tarif edilen Doğrusal Elastik Yöntem, bina değerlendirmesinde doğrusal olmayan analiz yapmadan da bina değerlendirmesi yapmayı geçerli kılar.

Yöntem, temel olarak betonarme elemanları sünek ve gevrek olarak iki gruba ayırır. Bu yaklaşımda süneklik ve gevreklik kavramı, elemanların kesme kuvveti kapasitesinin, elemanın eğilme kapasitesine ulaştığında

elemanda meydana gelecek kesme talebinden düşük veya yüksek olmasına bağlı olarak yapılmaktadır. Elastik analizde, verilen deprem yükü azaltma katsayısının $R_a=1$ değeri için hesaplanan iç kuvvetler ile yapı elemanlarının artık kapasite arasındaki etki / kapasite (r) oranlarının hesaplanması ve bu değerlerin ilgili sınır değerler ile karşılaştırılması suretiyle yapı elemanlarının kesit hasar bölgeleri belirlenir, bunlardan yararlanılarak bina düzeyinde performans değerlendirilmesi yapılır.

2.2. Doğrusal Olmayan Elastik Yöntem ile Bina Değerlendirmesi (Building Assessment with Nonlinear Elastic Account Method)

DBYBHY-2007'de üç farklı doğrusal olmayan hesap yöntemi vardır; i) Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, ii) Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi, iii) Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi'dir. İlk iki yöntem statik itme analizi olarak, üçüncü yöntem ise dinamik hesap analizi olarak gerçekleştirilir.

2.2.1 Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (Incremental Equivalent Seismic Load Method)

İtme analizin 1nci mod şeklini takip eden bir kuvvet takımı ile gerçekleştirildiği itme analizidir. Burada yüklerin birbirleri arasındaki oran analizin sonuna kadar sabit kalmaktadır. Analiz sonucunda elde edilen kapasite eğrisi, spektral ivme-spektral deplasman şeklinde gösterilen tasarımı spektrumu ile karşılaştırılır ve hedef deplasman tayin edilir.

2.2.2. Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi (Incremental Mode Superposition Method)

Mod Birleştirme Yöntemi'nin adım adım ve doğrusal olmayan bir sistemde gerçekleştirilmesidir. Yöntemde ardışık iki plastik oluşumu kesit oluşumu arasındaki her bir itme adımında "adım adım doğrusal elastik" davranış esas alınır. Modal ölçeklendirme ile monotonik olarak arttırılan modal yerdeğiştirmeler göz önüne alınarak, her adımda mod birleştirme kuralları uygulanır. Analiz sonucunda da plastik kesit belirlenir, yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme, iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli değerler elde edilir.

2.3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi (Time History Analysis)

Zaman tanım alanında hesap yönteminde, deprem ivmesinin zamanla değişimi olarak tanımlanan sismik hareketin binaya doğrudan etkiletilerek her bir zaman artımında değişen iç kuvvet ve yerdeğiştirmeler bulunur. Bu yöntem yer kayıtları ile detaylı yapı modeli

içerdiğinden ötürü, sonuçlar diğer metotlara oranla daha az hatayla bulunur.

3. SAYISAL ÇALIŞMALAR (NUMERICAL STUDY)

3.1. İncelenen Yapı Sistemi (Researched Building System)

Konumu Şekil 1'de verilen bina, 1 zemin kat ve 2 normal katlardan oluşmaktadır. Binanın oturma alanı $457m^2$ 'dir. Binanın zemin katı ve normal katları 3.4m kat yüksekliğine sahiptir. Bina her iki doğrultuda yaklaşık simetrik, burulma rijitliği zayıf, kütle ve rijitlik merkezi çakışıktır (Şekil 3). Binaya ait malzeme mekanik özellikleri, karot numune test sonuçları ile beton basınç dayanımı 8 MPa, çelik akma dayanımı 220 MPa'dır.

Tablo 1. İncelenen binaya ait özet bilgiler tablosu. (Table summaries of the investigated building)

Kat Bilgisi	1 Zemin + 2 Normal Kat
Bodrum Kat Çevre Perde Durumu	Yok
Taşıyıcı Sistem Türü	Betonarme Perdeli Çerçeve
Kısa Kolon Durumu	Yok
Yumuşak/Zayıf Kat Durumu	Yok
Yapıda Ağır Kapalı Çıkma Durumu	Yok
Zemin Kat Kolon Sayısı	30
Zemin Kat Perde Sayısı	4
Zemin Kat Kiriş Sayısı	47
Zemin Özellikleri	Yerel Zemin Sınıfı: Z3 Köşe Periyodu, T_a : 0.15 S Köşe Periyodu, T_b : 0.60 S
Temel Sistemi	Kirişsiz Radye, Döşeme Kalınlığı 100cm
Beton basınç mukavemeti, MPa	8.90
Donatı Sınıfı	BÇ I (S220)
Deprem Bölgesi	1.Derece
Yapı Önem Katsayısı	1.0

Binanın mevcut durumu Şekil 2.'de gösterildiği üzere, yapı taşıyıcı sisteminde ve taşıyıcı olmayan duvarlarda herhangi bir hasara rastlanmamış, zemin hareketleri görülmemiştir. Statik ve mimari projesi paftalarının olmaması nedeniyle bilgi düzeyi "Orta Bilgi Düzeyi" olarak seçilmiştir. Tablo 1.'de yer alan bilgiler doğrultusunda TS-500 [13], TS-498 [14] ve DBYBHY-07 [1] yönetmeliklerinin tasarım esasları göre göz önünde bulundurularak binanın sonlu eleman modeli, Probina [8] bilgisayar yazılımı (Şekil 3, Şekil 4) ve

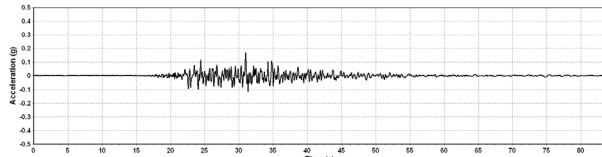
SeismoStruct [10] bilgisayar yazılımı ile (Şekil 5) oluşturulmuştur.

3.2 Analizlerde Esas Alınan Deprem Yükleri (Underlying the analysis Seismic Loads)

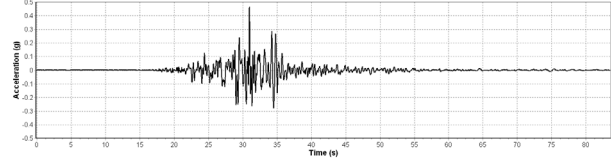
Doğrusal Elastik ve Doğrusal Olmayan Elastik Yöntemlerle binanın analizlerinde esas alınan deprem düzeyi Yönetmelik Bölüm 2.2.4'te açıklandığı üzere, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan şiddetli depremlerdir. Deprem etkisi tanımlanırken doğrusal elastik ($R=1$) ivme spektrumu kullanılmıştır. Bina önem katsayısı $I=1.0$ alınmıştır. Etkin Yer İvmesi Katsayısı 1inci derece deprem bölgeleri için yönetmelikte verilen değeri 0.4 olan katsayısı kullanılmıştır. Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri dikkate alınmıştır. Doğrusal olmayan analizlerde yığılı plastik mafsal modeli esas alınmıştır. Binaya ayrıca ek dışmerkezlik uygulanmamıştır. Analiz kapsamında bina performansı için hedeflenen performans düzeyleri "Can Güvenliği" olarak belirlenmiştir.

Binanın, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Olmayan ve Artımsal Dinamik Analiz yöntemlerinde kullanılmak üzere, Van ili Muradiye ilçesinde alınan DB (Şekil 6) ve KG (Şekil 8) yönlü ivme kayıtları kullanılmıştır. Doğrusal olmayan analizlerin gerçekleştirilmesinde her bir yer hareketi için, ilgili binanın hâkim moduna karşı gelen spektral ivme değeri 0.05g değerinden 1.00g değerine kadar 0.15g'lik adımlar halinde arttırılmıştır.

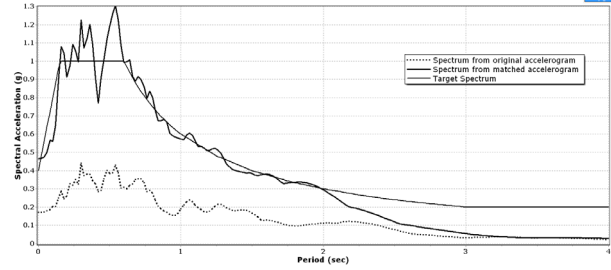
Statik itme analizi ile uyumlu olması için Muradiye kaydı DBYYHY-07 'de Z3 tipi zeminler için benzeştirilmiştir (Şekil 6, Şekil 7). Bu benzeştirmeler neticesinde hazırlanan spektral ivme grafikleri ve DBYYHY-07'de tanımlanan elastik tasarım spektrumu (Şekil 6c, Şekil 7c) 10'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



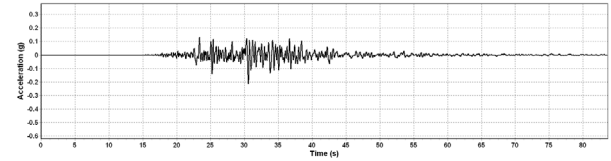
Şekil 6a. 23 Ekim 2011 Van Depremi, Muradiye istasyonu Doğu-Batı (DB) ivme kaydı. (October 23, 2011 Van Earthquake, Muradiye station, East-West (EW) acceleration record.)



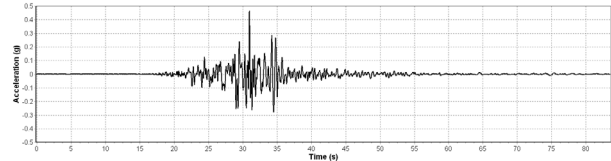
Şekil 6a. 23 Ekim 2011 Van Depremi, Muradiye istasyonu Doğu-Batı (DB) benzeştirilmiş ivme kaydı. (October 23, 2011 Van Earthquake, Muradiye station, East-West (EW) simulated acceleration records.)



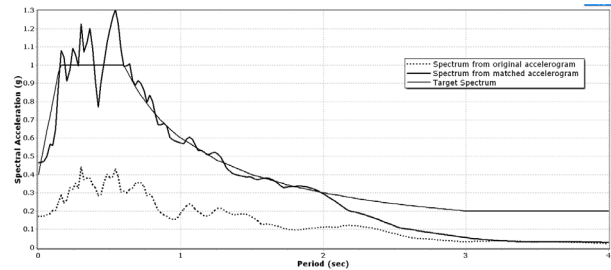
Şekil 6c. 23 Ekim 2011 Van Depremi, Muradiye istasyonu Doğu-Batı (DB) kaydı orijinal ve benzeştirilmiş spektrumlar. (October 23, 2011 Van Earthquake, Muradiye station, East-West (EW) and simulated spectra of the original recording.)



Şekil 7a. 23 Ekim 2011 Van Depremi, Muradiye istasyonu Kuzey-Güney (KG) kaydı.



Şekil 7a. 23 Ekim 2011 Van Depremi, Muradiye istasyonu Kuzey-Güney (KG) benzeştirilmiş kaydı. (October 23, 2011 Van Earthquake, Muradiye station in North-South (NS) record.)



Şekil 7c 23 Ekim 2011 Van Depremi, Muradiye istasyonu Kuzey-Güney (KG) kaydı orijinal ve benzeştirilmiş spektrumlar. (October 23, 2011 Van Earthquake, Muradiye station in North-South (NS) record the original and simulated spectra.)

4. ANALİZ SONUÇLARI (ANALYSIS RESULTS)

İncelenen yapının, her bir asal doğrultu için, ayrı ayrı statik itme analizi yapılmıştır. Yapıya ait x- doğrultusu

serbest titreşim periyodu 0.276s, y- doğrultusu serbest titreşim periyodu ise 0.441s olarak hesaplanmıştır. Efektif modal kütle katılım oranı %83.826 'dır (Tablo 2) . Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi ile yapılan analizler sonucu DBYYHY-07 Bölüm 7.5 ve 7.6'da tanımlanan eleman hasar durumlarına göre bina; x-yönünde göçme, y-yönünde göçmenin önlenmesi olarak yapısal performans göstermiştir. Bina performans kontrolleri Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 2. İncelenen binanın mevcut durum dinamik analiz sonuçları. (The results of the dynamic analysis of the current situation in the investigated building)

ETKİN KÜTLE ORANI (%)				
MOD	PERİYOD	X-YÖN	Y-YÖN	Z-DÖN
1	0.44	0	83.83	2.44
2	0.40	0.08	2.50	83.84
3	0.28	79.93	0	0.03
4	0.14	0	10.47	0.41
5	0.13	0	0.28	10.43
6	0.08	0	2.90	0

Tablo 3a. Doğrusal Elastik Mod Birleştirme Yöntemi 'ne göre x-yönü bina performans kontroller. (Linear Elastic Modal Analysis According to the x-direction controls building energy performance)

BINA PERFORMANS KONTROLÜ: (Yon: 0.00 derece)

Bina Performans Düzeyi: CAN GÜVENLİĞİ (GV)
Bu yapı 'Can Güvenliği Performans' durumu için kontrol edilmektedir.
- Kirişlerin her katta en fazla %30'unun sınırlı hasarlı durumda olması gereklidir.
- Kolonların ve perdelerin her katta en fazla %20'sinin sınırlı hasarlı durumda olması gereklidir.
Beton: C8 - Çelik: S220

Kat	Eleman	Toplam Elm Adedi	Saglamayan Elm Adedi	Saglamayan Elm Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	34	4	11.76	947.997	653.729	68.96	> 20.00 I < 30.00
	Kirisler:	26	6	23.08				
2	Kolonlar:	34	2	5.88	809.077	32.856	4.06	> 20.00 I < 30.00
	Kirisler:	26	7	26.92				
3	Kolonlar:	34	2	5.88	482.143	31.594	6.55	< 40.00 < 30.00
	Kirisler:	26	4	15.38				

Dikkat: Bu yapıdaki düşey elemanlar 'Can Güvenliği Performans' düzeyini sağlamamaktadır.

Bu yapıdaki kirisler 'Can Güvenliği Performans' düzeyini sağlamaktadır.

Dikkat: Yapıdaki tüm gevrek elemanlar (varsa) güçlendirilmelidir.

Tablo 3b. Doğrusal Elastik Mod Birleştirme Yöntemi 'ne göre y-yönü bina performans kontroller (Linear Elastic Modal Analysis according to the y-direction controls building energy performance)

BINA PERFORMANS KONTROLÜ: (Yon: 90.00 derece)

Bina Performans Düzeyi: CAN GÜVENLİĞİ (GV)
Bu yapı 'Can Güvenliği Performans' durumu için kontrol edilmektedir.
- Kirişlerin her katta en fazla %30'unun sınırlı hasarlı durumda olması gereklidir.
- Kolonların ve perdelerin her katta en fazla %20'sinin sınırlı hasarlı durumda olması gereklidir.
Beton: C8 - Çelik: S220

Kat	Eleman	Toplam Elm Adedi	Saglamayan Elm Adedi	Saglamayan Elm Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	34	20	58.82	995.381	691.134	69.43	> 20.00 I > 30.00 I
	Kirisler:	21	21	100.00				
2	Kolonlar:	34	5	14.71	821.183	172.296	20.98	> 20.00 I > 30.00 I
	Kirisler:	21	21	100.00				
3	Kolonlar:	34	0	0.00	456.806	0.000	0.00	< 40.00 < 30.00
	Kirisler:	21	2	9.52				

Dikkat: Bu yapıdaki düşey elemanlar 'Can Güvenliği Performans' düzeyini sağlamamaktadır.

Dikkat: Bu yapıdaki kirisler 'Can Güvenliği Performans' düzeyini sağlamamaktadır.

Dikkat: Yapıdaki tüm gevrek elemanlar (varsa) güçlendirilmelidir.

Tablo 4a. Doğrusal Elastik Olmayan Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi 'ne göre x-yönü bina performans kontrolleri. (Non-Linear Elastic Incremental Mode Superposition Method according to the building performance controls the x-direction.)

BINA PERFORMANS KONTROLÜ: (Yon: 0.00 derece)

Bina Performans Düzeyi: GOCMENİN ÖNLENMESİ (GC)
Bu yapı 'Göçmenin Önlenmesi Performans' durumu için kontrol edilmektedir.
- Kirişlerin her katta en fazla %20'sinin ileri hasarlı durumda olması gereklidir.
- Kolonların ve perdelerin her katta en fazla %20'sinin ileri hasarlı durumda olması gereklidir.
Beton: C8 - Çelik: S220

Kat	Eleman	Toplam Elm Adedi	Saglamayan Elm Adedi	Saglamayan Elm Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	34	4	11.76	665.520	476.905	71.66	> 0.00 I < 20.00
	Kirisler:	47	0	0.00				
2	Kolonlar:	34	3	8.82	456.319	252.615	55.36	> 0.00 I < 20.00
	Kirisler:	47	0	0.00				
3	Kolonlar:	34	1	2.94	252.408	12.216	4.66	> 0.00 I < 20.00
	Kirisler:	47	0	0.00				

Dikkat: Bu yapıdaki düşey elemanlar 'Göçmenin Önlenmesi Performans' düzeyini sağlamamaktadır.

Bu yapıdaki kirisler 'Göçmenin Önlenmesi Performans' düzeyini sağlamaktadır.

Dikkat: Yapıdaki tüm gevrek elemanlar (varsa) güçlendirilmelidir.

Tablo 4b. Doğrusal Elastik Olmayan Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi 'ne göre y-yönü bina performans kontrolleri. (Non-Linear Elastic Incremental Mode Superposition Method according to the y-direction controls building energy performance.)

BINA PERFORMANS KONTROLÜ: (Yon: 90.00 derece)

Bina Performans Düzeyi: GOCMENİN ÖNLENMESİ (GC)
Bu yapı 'Göçmenin Önlenmesi Performans' durumu için kontrol edilmektedir.
- Kirişlerin her katta en fazla %20'sinin ileri hasarlı durumda olması gereklidir.
- Kolonların ve perdelerin her katta en fazla %20'sinin ileri hasarlı durumda olması gereklidir.
Beton: C8 - Çelik: S220

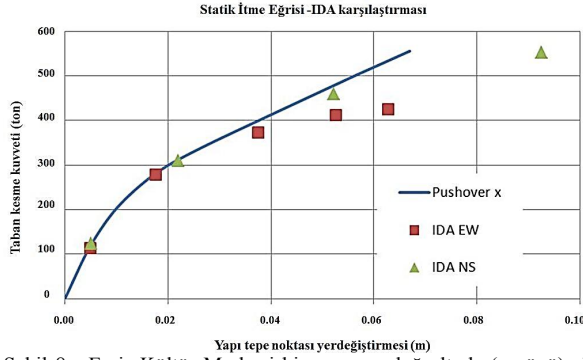
Kat	Eleman	Toplam Elm Adedi	Saglamayan Elm Adedi	Saglamayan Elm Yuzdesi	V-toplam (t)	V-Saglmyn (t)	Saglamayan V Yuzdesi	Limit
1	Kolonlar:	34	9	26.47	340.300	141.667	41.63	> 0.00 I < 20.00
	Kirisler:	47	0	0.00				
2	Kolonlar:	34	1	2.94	277.449	16.420	5.92	> 0.00 I < 20.00
	Kirisler:	47	0	0.00				
3	Kolonlar:	34	0	0.00	170.493	0.000	0.00	< 40.00 < 20.00
	Kirisler:	47	0	0.00				

Dikkat: Bu yapıdaki düşey elemanlar 'Göçmenin Önlenmesi Performans' düzeyini sağlamamaktadır.

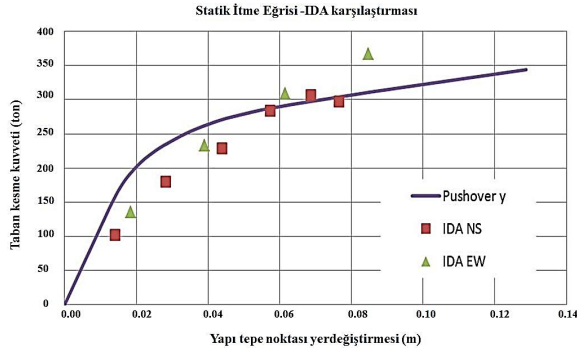
Bu yapıdaki kirisler 'Göçmenin Önlenmesi Performans' düzeyini sağlamaktadır.

Dikkat: Yapıdaki tüm gevrek elemanlar (varsa) güçlendirilmelidir.

Erciş Kültür Merkezi binasının Doğrusal Olmayan Artımsal Mod Birleştirme yöntemi ile elde edilen statik itme (pushover) eğrileri, kullanılan matematik modellerin doğrulanması amacıyla, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Olmayan Artımsal Dinamik Analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçların statik itme eğrileri ile uyumlu olduğu gözlenmiştir (Şekil 8).

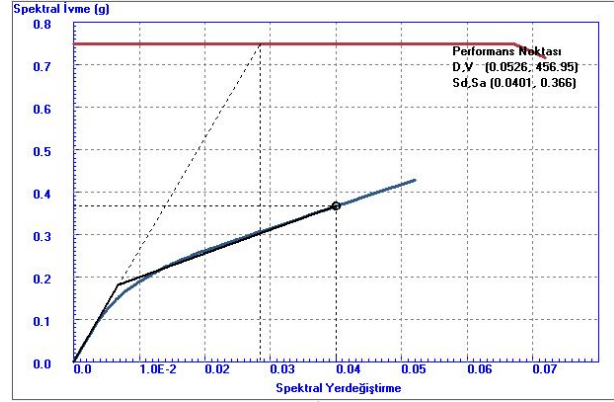


Şekil 8a. Erciş Kültür Merkezi binası uzun doğrultuda (x-yönü) elde edilen statik itme eğrisinin (Pushover x), 23 Ekim 2011 Van depremi Muradiye istasyonu benzeştirilmiş DB (IDA EW) ve KG (IDA NS) ivme kayıtları ile hesaplanan Artımsal Dinamik Analiz sonuçları ile karşılaştırılması. (Cultural Center building in Ercis long direction (x-direction) obtained from the pushover curve (pushover x), 23 October 2011 earthquake in Van Muradiye station simulated DB (IDA EW) and KG (IDA NS) records the acceleration calculated by comparison with the results of Incremental Dynamic Analysis .)

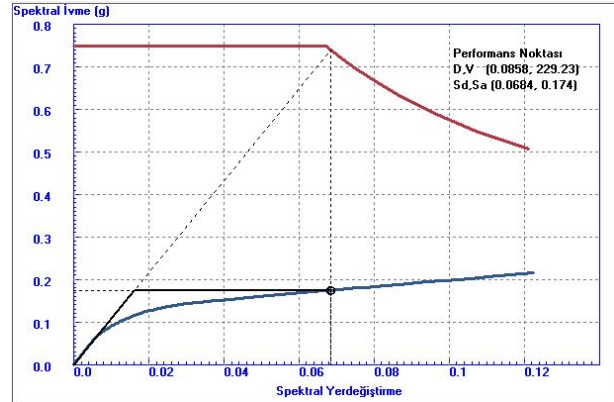


Şekil 8b. Erciş Kültür Merkezi binası kısa doğrultuda (y-yönü) elde edilen statik itme eğrisinin (Pushover y), 23 Ekim 2011 Van depremi Muradiye istasyonu benzeştirilmiş DB (IDA EW) ve KG (IDA NS) ivme kayıtları ile hesaplanan Artımsal Dinamik Analiz sonuçları ile karşılaştırılması. (Cultural Center building in Ercis short direction (y-direction) obtained from the pushover curve (pushover y), 23 October 2011 earthquake in Van Muradiye station simulated DB (IDA EW) and KG (IDA NS) records the acceleration calculated by comparison with the results of Incremental Dynamic Analysis .)

Doğrusal Olmayan Elastik Yöntem ile analiz sonucu elde edilen kapasite eğrisi, modal kapasite diyagramına dönüştürülerek şartname ile verilen talep spektrumu kullanılarak her iki doğrultuda hedef deplasmanlar hesaplanmıştır (Şekil 9). “Can Güvenliği” hedef performansı alınarak yapılan analizde; x-yönü için deplasmanlar 0.0526m iken y-yönü içinse 0.0858m olarak elde edilmiştir (Tablo 5). Fakat bu yöntemle elde edilen sonuçlar, binanın “Can Güvenliği” performans düzeyini sağlamadığı göstermiştir (Tablo 5, Tablo 6).



Şekil 9a. Binaın x-yönü Artımsal İtme Yöntemi 'ne göre performans noktası. (Push the x-direction incremental building method according to the performance point)

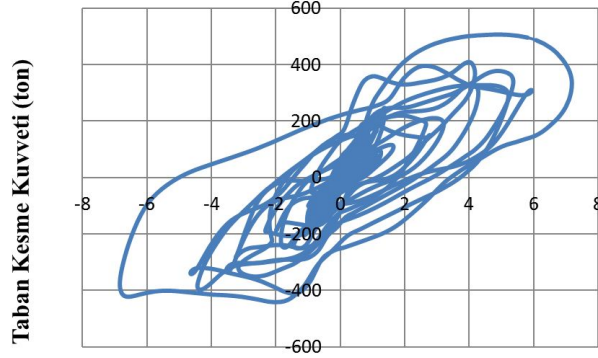


Şekil 9b. Binaın y-yönü Artımsal İtme Yöntemi 'ne göre performans noktası. (Y-direction Thrust incremental building method according to the performance point.)

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan analizlerde SeismoStruct [10] programı kullanılmıştır. Bu yazılım, Seismosoft (www.seismosoft.com) firması tarafından geliştirilen ve internet üzerinden ücretsiz olarak dağıtılan akademik bir programdır. Programda, plastisitenin eleman boyunca yayılı olduğu kabulü ve yığılı plastik mafsallara göre çalışabilmektedir. Ayrıca program kapsamında geometrik nonlineerite de dikkate alınabilmektedir. Program ile özdeğer analizi, statik yük analizi, itme analizi, deplasman kontrollü adaptif itme analizi ve zaman tanım alanında analizler yapmak mümkündür.

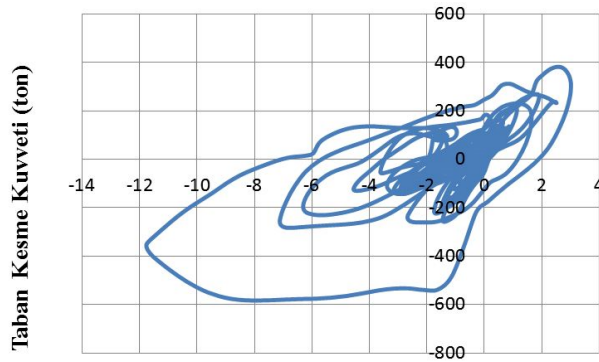
Bu çalışma kapsamında, DBYBHY-07' de yaygın olarak kullanılan doğrusal elastik ve artımsal mod birleştirme yöntemleri ile birlikte, 23 Ekim Van depreminde Van Muradiye istasyonunda kaydedilen deprem kaydı, Yönetmelikte verilen Z3 spektrumu ile benzeştirilerek elde edilen deprem izleme kayıtları ile bir çalışma yapılmıştır. Benzeştirilmiş Muradiye deprem kayıtları, inceleme kapsamındaki Erciş Kültür Merkezi binasına her iki doğrultuda da uygulanmıştır. DBYBHY-07

Bölüm 7.6.9’da verilen betonarme elemanların kesit birim şekildeğiştirme kapasiteleri esas alınarak yapılan analiz sonuçlarına göre bina Hemen Kullanım performans düzeyinde kalmıştır (Şekil 10).



Tepe yerdeğiştirme (cm)

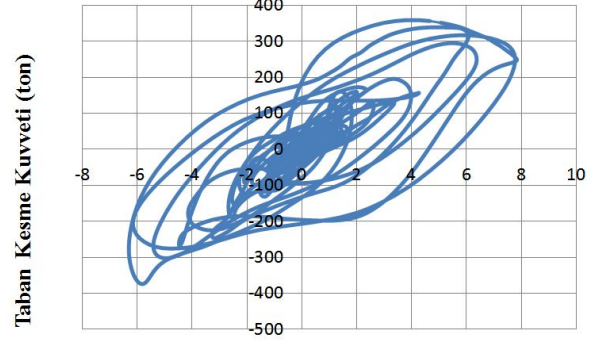
Şekil 10a. 23 Ekim 2011 Van depremi Muradiye istasyonu benzeştirilmiş DB ivme kaydı ile elde edilen Erciş Kültür Merkezi Binası’na ait x-yönü (uzun doğrultu) yerdeğiştirme –taban kesme kuvveti grafiği (maksimum yerdeğiştirme 7.18cm, maksimum taban kesme kuvveti 506ton). (October 23, 2011 Van earthquake Muradiye station simulated acceleration records obtained by DB Hall Cultural Center of Ercis x-direction (long direction) displacement-base shear curve (7.18cm maximum displacement, the maximum base shear 506ton).)



Tepe yerdeğiştirme (cm)

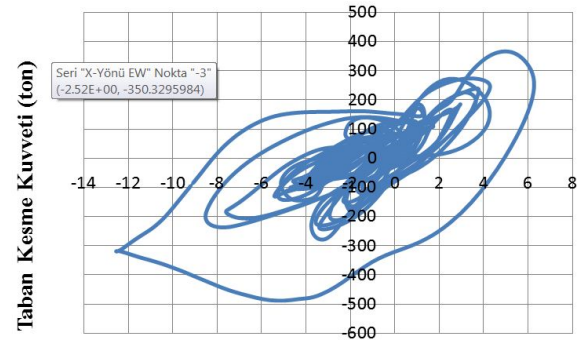
Şekil 10b. 23 Ekim 2011 Van depremi Muradiye istasyonu benzeştirilmiş KG ivme kaydı ile elde edilen Erciş Kültür Merkezi Binası’na ait x-yönü (uzun doğrultu) yerdeğiştirme –taban kesme kuvveti grafiği (maksimum yerdeğiştirme -11.76cm, maksimum taban kesme kuvveti -583ton). (October 23, 2011 Van earthquake Muradiye station simulated acceleration records obtained by KG Ercis Cultural Center Building, the x-direction (long direction) displacement-base shear curve (maximum displacement-11.76cm, the maximum base shear-583ton).)

Erciş kültür merkezi binasının sahada gözlenen ve 2007 deprem yönetmeliği’ne göre hesaplanan deprem performanslarının karşılaştırılması



Tepe yerdeğiştirme (cm)

Şekil 10c. 23 Ekim 2011 Van depremi Muradiye istasyonu benzeştirilmiş DB ivme kaydı ile elde edilen Erciş Kültür Merkezi Binası’na ait y-yönü (kısa doğrultu) yerdeğiştirme –taban kesme kuvveti grafiği (maksimum yerdeğiştirme +7.84cm, maksimum taban kesme kuvveti -374ton). (October 23, 2011 Van earthquake Muradiye station simulated acceleration records obtained by DB Hall Cultural Center of Ercis y-direction (short direction) displacement-base shear curve (+7.84 cm maximum displacement, the maximum base shear 374ton).)



Tepe yerdeğiştirme (cm)

Şekil 10d. 23 Ekim 2011 Van depremi Muradiye istasyonu benzeştirilmiş KG ivme kaydı ile elde edilen Erciş Kültür Merkezi Binası’na ait y-yönü (kısa doğrultu) yerdeğiştirme –taban kesme kuvveti grafiği (maksimum yerdeğiştirme -12.55cm, maksimum taban kesme kuvveti -488ton). (October 23, 2011 Van earthquake Muradiye station simulated acceleration records obtained by KG Hall Cultural Center of Ercis y-direction (short direction) displacement-base shear curve (maximum displacement-12.55cm, the maximum base shear-488ton).)

Tablo 5. İncelen binanın taban kesme kuvvetleri ve deprem istemleri. (Seismic base shear forces and prompts tapering building.)

Doğrultu	Artımsal İtme Çok Modlu		Zaman Tanım Alanı (Max. değerler)	
	u (m)	V (t)	u (m)	V (t)
X-Doğrultusu	0.053	456.95	11.76	583
Y-Doğrultusu	0.085	229.23	12.55	488

Tablo 6. İncelen binanın taban kesme kuvvetleri ve deprem istemleri. (Seismic base shear forces and prompts tapering building.)

Performans	Yapısal Performans	
	x-yönü	y-yönü
Hesaplama		
Yöntemi		
Doğrusal	Sağlamıyor,	Sağlamıyor,
Elastik Mod	Göçme	Göçme
Birleştirme		
Artımsal İtme	Sağlamıyor,	Sağlamıyor,
Çok Modlu	Göçme	Göçme
Zaman Tanım	Sağlıyor,	Sağlıyor,
Alanında	HK	HK
Hesap		
Gözlenen	Hasarsız	
Deprem		
Performansı		

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Bu çalışmada 23 Ekim 2011 Van depremini geçiren Erciş Kültür Merkezi binası incelenmiştir. Binanın sahada gösterdiği deprem performansının belirlenip, DBYBHY-07'de verilen hesap yöntemleri ile bulunan yapı performansları karşılaştırılmıştır.

İncelenen binanın DBYBHY-07 Bölüm 7'de öngörülen yöntemlerle mevcut bina değerlendirmesi yapılmıştır. Erciş Kültür Merkezi binası, mühendislik pratiğinde yaygın olarak kullanılan Doğrusal Elastik Yöntem ve Artımsal İtme (Pushover) analizleri ile performans değerlendirmesi veya tahmini yapıldığında, binanın 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan tasarım depremi altında Göçme Durumu'nda olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Binanın, Yönetmelikte önerilen, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile analiz edildiğinde ise, binada deprem sonrası belirlenen Hemen Kullanım performans düzeyi hesaplanmıştır (Tablo 6).

Yönetmelikte verilen Doğrusal Elastik Yöntem'de "kuvvetlerin yeniden dağılımı"nın ihmal edilişi, teorik altyapısı bulunmayan ve doğrulanmayan artık moment kapasitesi kavramının kullanılışı, etki kapasite oranlarının belirlenmesinde çok muhafazakâr davranılması gibi eksikliklerinin bulunmasından dolayı uyumlu sonuçların çıkması beklenmemiştir.

Artımsal İtme (Pushover) analizlerinde ise, statik itme eğrileri, Artımsal Dinamik Analizi ile elde edilen sonuçlarla uyumlu olmasının yanında, hesaplanan deprem talepleri çok düşük olduğundan binada gözlenen ve Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile hesaplanan performans düzeyi yakalanamamıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYYHY). 2007.
- [2] SEAOC [1995] Vision 2000 — Performance based seismic engineering of buildings. Structural Engineers. Association of California, Sacramento, California, USA.
- [3] ATC-40, "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings", Applied Technology Council, Paio Alto, California, 1996.
- [4] FEMA – Federal Emergency Management Agency [2000]. Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings (FEMA 356), Washington D.C.
- [5] European Standard EN 1998-3:2005 Eurocode 8, "Design of Structures for Earthquake Resistance- Part 3: Assessment and Retrofitting of Buildings", Comite Europeen de Normalisation, Brusells, 2005.
- [6] Kutaniş, M., Beyen, K., Bal, İ.E., "Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme Yöntemlerinin Deprem Sonrası Türkiye'de Gözlenen Yapı Performansları ile Karşılaştırılarak Geliştirilmesi", TÜBİTAK Proje No. 108M303. Eylül 2011. Sakarya.
- [7] 23 Ekim 2011 Van Depremi (Mw= 7.2) Değerlendirme Raporu", Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/Depremler/onemliler/23Ekim2011_VanDepremiDuyuru_vt08112011.pdf
- [8] Probina Orion, PROTA YAZILIM Bilişim ve Mühendislik, Ankara, (2010).
- [9] Vamvatsikos, D., and C. A. Cornell, (2005) Direct Estimation of Seismic Demand and Capacity of Multidegree-of-Freedom Systems through Incremental Dynamic Analysis of Single Degree of Freedom Aproximation, ASCE Journal of Structural Engineering, Vol.131, No.4, pp. 589-599.
- [10] SeismoSoft, SeismoStruct, "A Computer Program for Static and Dynamic Nonlinear Analysis of Framed Structures", (online), <http://www.seismosoft.com.>, 2009.
- [11] Kutaniş, M., "Statik İtme Analizi Yöntemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi" *Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, YOGS-2006 Bildiriler Kitabı 7-8 Aralık 2006*, PAÜ, Denizli.
- [12] Aydınoğlu, M.N., An Incremental Response Spectrum Analysis Procedure Based on Inelastic Spectral Deformation for Multi-Mode Seismic

- Evaluation, Bulletin of Earthquake Engineering,
Vol. 1, No. 1, (2003). Pp. 3-36.
- [13] TS 500, "Betonarme Yapıların Hesap Ve Yapım Kuralları" Şubat 2000, Türk Standartları Enstitüsü, Necatibey Caddesi No.112 Bakanlıklar/ANKARA
- [14] TS 498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Kasım 1997, Türk Standartları Enstitüsü, Necatibey Caddesi No.112, Bakanlıklar/ANKARA