

Kentsel Dönüşüm Uygulanmış 5 Katlı İki Yapı Örneğinin Deneysel Verileri Kullanılarak Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri İle Güçlendirme Sonuçlarının İrdelenmesi

Mustafa OLBAK, Sepanta NAIMİ

Özet

Bu çalışmada, mevcut eski binalarda saha çalışmaları sonucu kentsel dönüşüm kanunu ile riskli yapı tespitlerinde kullanılmak üzere yapılan donatı tespitleri ve malzeme değerlerinin deneysel verileri kullanılmıştır. Kullanım türü konut olan beş katlı iki bina üzerinde elde edilen deneysel veriler kullanılarak Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007(DBYBHY2007)' e göre doğrusal olmayan hesap yöntemleri uygulanarak güçlendirme uygulanmıştır. Güçlendirme Sta4Cad programı kullanılarak yapılmış olup elde edilen deneysel değerlerin ve zemin parametrelerinin programa girilmesi ile analizler gerçekleştirilmiştir. Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi(aedyy) ve artımsal mod birleştirme yöntemi(amby) kılınılarak mevcut binaların performans seviyeleri can güvenliği performans seviyesini sağlayacak değerlere çıkarılmıştır. 1 ve 2 numaralı bina ayrı ayrı sadece mantolama ve perde duvar uygulanarak güçlendirilmiştir. Binaların mantolama ve perde duvar uygulanmış analiz sonuçları kendi aralarında karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Kentsel Dönüşüm, Güçlendirme, Sta4Cad, Doğrusal Olmayan Yapı Analizi, Deprem Yönetmeliği.*

Abstract

This study at existing old buildings has been done with field work in urban renewal law. Results of this field work, values of reinforcements and materials have been used at analysis. This experimental data has been used at two buildings, which have five floors and are used as dwellings. According to the 2007 Turkish Seismic Code, nonlinear calculation methods have been applied and these buildings have been reinforced. Reinforcements have been made with the Sta4Cad programme, and experimental data has been gathered. This data and ground parameter analysis has been done using incremental the equivalent seismic load method and the incremental mode superposition method, which are types of nonlinear safety. The first and second buildings have been reinforced with only jacketing and shearwall added separately. Analysis results of these jacketed and shearwalled have been compared to each other.

Keywords: *Urban Renewal, Reinforcement, Sta4Cad, Nonlinear Structural Analysis, Seismic Code.*

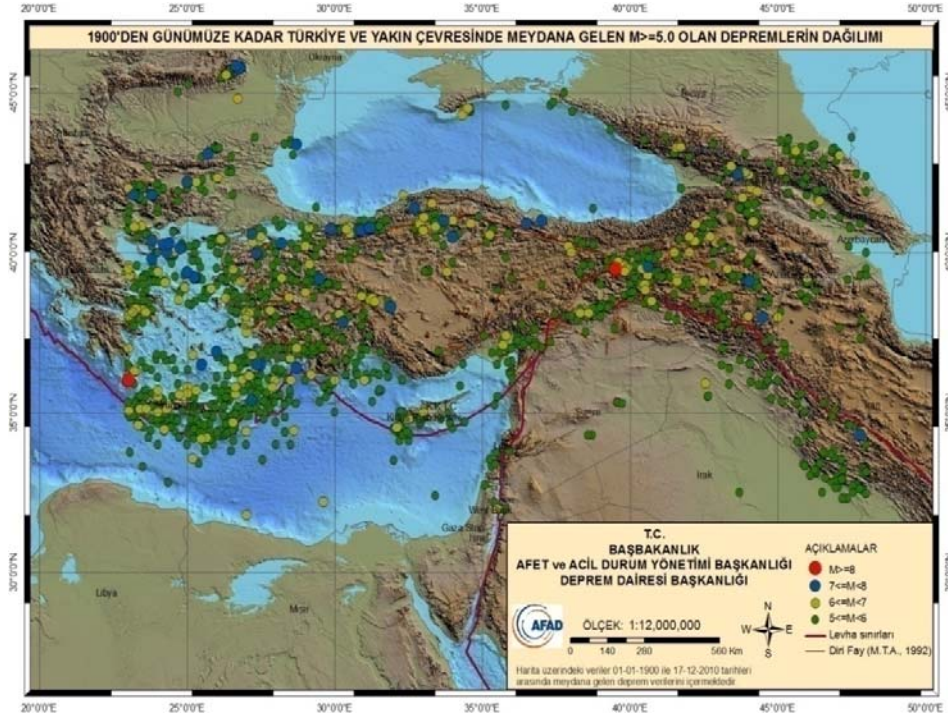
1. Giriş

Tarih boyunca doğal afetler ağır hasarlar, can ve mal kayıplarına yol açmıştır. Telifisinin ve yaralarının sarılması en zor olan doğal afetlerin başında ise depremler gelmektedir. Deprem tehlikesi ise hasar ve can kaybına yol açabilecek büyüklükte bir depremden kaynaklanan yer hareketinin belli bir yerde belli bir zaman periyodu içerisinde belirlenmesi olarak tanımlanmaktadır [1]. Ülkemiz coğrafi konumu sebebi ile deprem kuşağında kalmakta olup ağır ve yıkıcı depremler sürekli yaşanmış ve yaşanması da sürekli ihtimaller arasındadır [2]. Ülkemiz deprem kuşağında olmasına rağmen mevcut eski binalardan elde edilen veriler ve yapılan tespitler sonucu son yıllara kadar çok da ileri bir seviyede olduğumuz söylenemez. Türkiye’de depremlerin meydana getirmiş olduğu can kayıpları ve hasarlar ise Çizelge 1’ de özetlenmekte olup Türkiye ve yakın çevresinde meydana gelmiş olan depremler Şekil 1’ de gösterilmektedir.

Çizelge 1 : Türkiye’ de meydana gelmiş olan yıkıcı depremler [2]

YER	YIL	BÜYÜKLÜK	KAYIP (Kişi Sayısı)	HASARLI BİNA SAYISI
Malazgirt(MUŞ)	29.04.1903	6,7	600	450
Mürefte(TEKİRDAĞ)	09.08.1912	7,3	216	5540
Türkiye-İran Sınırı(HAKKARİ)	07.05.1930	7,2	2514	-
Erzincan	27.12.1939	7,9	32968	116720
Erbaa(TOKAT)	20.12.1942	7,1	3000	32000
Ladik (SAMSUN)	27.11.1943	7,2	4000	40000
Gerede-Çerkeş(BOLU)	01.02.1944	7,2	3959	20865
Yenice(ÇANAKKALE)	18.03.1953	7,2	265	6750
Varto(MUŞ)	19.08.1966	6,9	2396	20007
Gediz(KÜTAHYA)	28.03.1970	7,2	1086	19291
Lice(DİYARBAKIR)	06.09.1975	6,6	2385	8149
Muradiye(VAN)	24.11.1976	7,5	3840	9232
Erzurum/Kars	30.10.1983	6,9	1155	3242
Erzincan	13.03.1992	6,8	653	8057
Dinar(AFYON)	01.10.1995	6,1	90	14156
Ceyhan(ADANA)	27.06.1998	6,2	146	31463
Gölcük(KOCAELİ)	17.08.1999	7,8	17480	73342
Düzce	12.11.1999	7,5	763	35519
Çay- Sultandağı(AFYON)	03.02.2002	6,4	44	622
Bingöl	01.05.2003	6,4	176	6000
Van	23.10.2011	7,2	644	17005

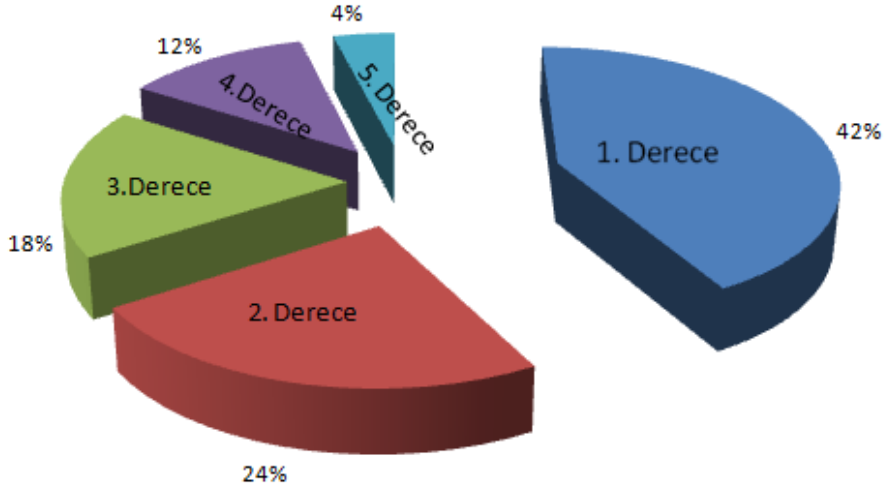
Kentsel Dönüşüm Uygulanmış 5 Katlı İki Yapı Örneğinin Deneysel Verileri Kullanılarak Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri İle Güçlendirme Sonuçlarının İrdelenmesi



Şekil 1 : Türkiye ve yakın çevresinde meydana gelmiş depremler

Yapılan araştırmalar sonucunda ülkemizdeki deprem bölgelerinin toplam yüzölçümümüz üzerindeki yüzde olarak dağılımı Şekil 2 ' de gösterilmektedir.

Yüzölçümü Dağılımı Deprem Bölgelerine Göre



Şekil 2 : Deprem bölgelerinin ülkemizdeki dağılımı

Bu çalışmada kentsel dönüşüm kapsamında riskli olarak onaylanarak yıkılması planlanan yapılardan elde edilen veriler ile iki adet 5 katlı bina seçilmiş, bu binalardan her birine sadece perde duvar takviyesi ve sadece kolonlara mantolama uygulanması işlemi sonucu can güvenliği performans seviyelerine ulaşılacak şekilde güçlendirme uygulanmıştır. Yapılan analizler doğrusal olmayan hesap yöntemleri yapılmış olup bir yapının sadece mantolama veya sadece perde duvar takviyesi ile güçlendirilmesi sonucu analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Yapıya güçlendirme olarak sadece perde takviyesi veya sadece kolonlarına mantolama uygulanmasının hangisinin statik açıdan ve ekonomiklik sağlayabileceği sonuçlarına ulaşılmıştır.

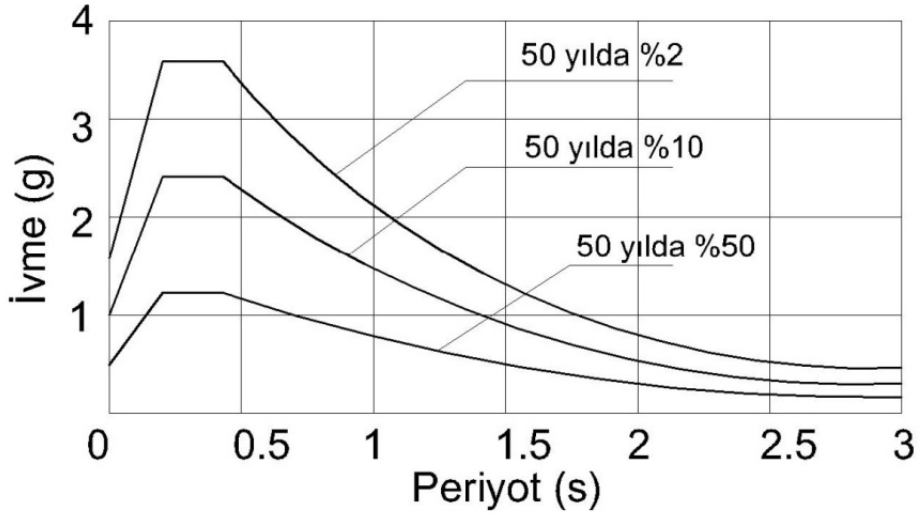
2. METODOLOJİ

Mevcut eski veya malzeme ve uygulama aşamasında uygun olmayan yöntemler ile imal edilmiş yeni yapıların depreme karşı güvenliğinin yetersiz olduğu durumlarda, yapının eleman ve sistem düzeyinde

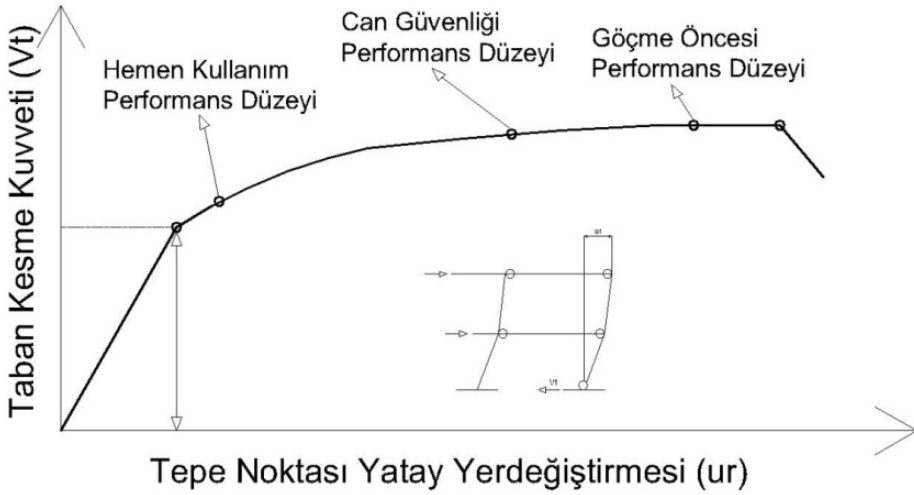
performansının iyileştirilmesi olarak yapılan mühendislik çalışmaları güçlendirme olarak tarif edilebilir. Herhangi bir yapının güçlendirilmeye ihtiyaç duyulması birkaç sebepten kaynaklanabilir. Bu sebeplerden bazıları ise; deprem kuşağında yer alan ülkemizde yıllar boyu depremlerin meydana gelmiş olması, mevcut yapıların deprem görmüş olma ihtimalinin çok fazla olduğunun bilinmesi ve bu depremler sonucu hasar seviyelerinin deprem güvenliği açısından yapı için ne durumda olduğunun öğrenilmek istenilmesi ile depremlerde hasar gören yapıların deprem güvenliğinin arttırılmak istenmesidir [3].

Bina performansı kavramı hemen hemen DBYBHY2007'nin çıkması ile karşımıza çıkmıştır. Deprem performans kavramı, deprem kuvvetleri karşısında taşıyıcı sistemde oluşabilecek hasarların sistemin hangi kısımlarında ve ne seviyede olduğunun derecesine bağlı yapı güvenliği olarak tarif edilebilmektedir.

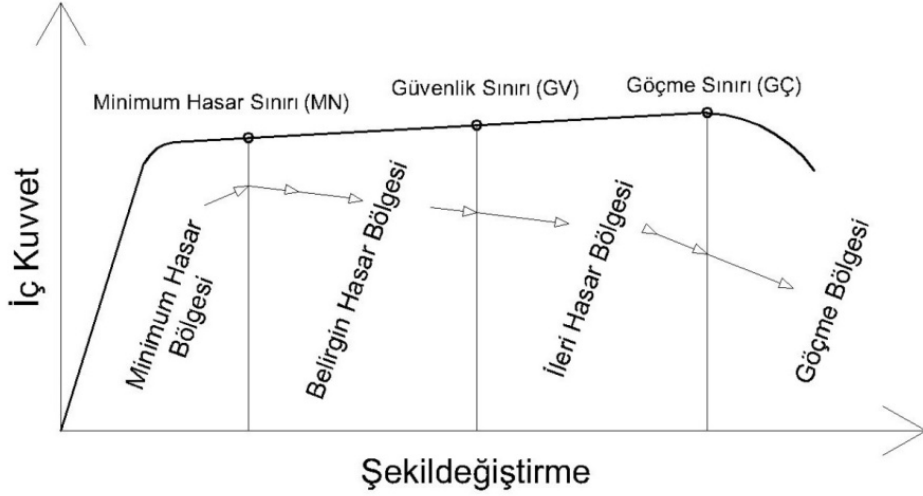
DBYBHY2007'nin 8. kısmında yapının kullanım türüne göre hangi performans seviyesinde olması gerektiği çizelge halinde anlatılmış ve yeni yapılacak binalarda kullanılan ivme spektrumu değerine göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem hareketi hesaplara katılmakta olmasına karşılık bu bölümün bu kısmında iki farklı deprem hareketi daha tanımlanmıştır. Eklenen bu iki farklı deprem hareketi ise 50 yılda aşılma olasılığı %2 ve %50 olan deprem hareketleri olarak tanımlanmış olup farklı aşılma olasılıkları Şekil 3'te gösterilmektedir. Bina düzeyinde hasar seviyeleri Şekil 4 ve kesit düzeyindeki hasar sınırları da Şekil 5'teki gibi DBYBHY2007'de gösterilmiştir. Deprem hareketlerinin tanımlanması ise elli yıllık bir zaman diliminde aşılma olasılıkları ile yaklaşık olarak aynı depremlerin oluşumları arasındaki zaman aralığı olarak ifade edilmektedir [4].



Şekil 3 : Farklı deprem aşılma olasılıkları için spektrum eğrileri



Şekil 4 : Binaların performans düzeyleri



Şekil 5 : Kesitlerdeki hasar düzeyler

2.1. Süneklik Kavramı

Süneklik, taşıyıcı sistemdeki bir elemanın, kesitinin veya bir taşıyıcı sistemin, dış yüklerde ciddi bir değişme olmaksızın, elastik ötesi şekil değiştirme yapabilme, dolayısıyla yer değiştirme yapma yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Sayısal olarak tarif edilecek olursa, güç tükenme durumundaki yer değiştirmenin, elastik sınır durumundaki şekil değiştirmeye oranı olarak $\mu = \delta_u / \delta_y$ şeklinde tarif edilebilmektedir. Süneklik kavramı başka bir tarif ile güç tükenmesinin meydana geldiği esnada elastik olmayan büyük yer değiştirme ya da şekil değiştirmelerin oluşması şeklinde tanımlanabilmektedir.

2.2. Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemi

DBYBHY2007(7.bölüm)' de, yapıların deprem performanslarının belirlenmesine yönelik doğrusal olmayan elastik hesap yöntemleri artımsal eşdeğer deprem yükü, artımsal mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemleri olmak üzere üç alt başlıkta yer almaktadır. Pushover olarak bilinen statik itme analizi yapıların performans seviyesinin belirlenmesi amacı ile kullanılan ve bilimsel çalışmalar sonucu dünyada kabul görmüş doğrusal olmayan bir statik analiz yöntemidir.

Yapıların deprem sonrası hasar miktarının tahmini için kullanılan bu yöntem ile yapı elemanlarındaki kuvvet dağılımları ve yapının genel olarak davranışının tespiti mümkün olabilmektedir. Genel hatları ile itme analizi tariflenecek olursa, belirlenen bir yatay yük dağılımına göre bu yüklerin yapı sistemine adım adım artırılarak etki ettirilmesi ile yapının stabilitesinin bozulduğu veya daha önceden hesaplanmış olan bir yatay yer değiştirme miktarı olarak tanımlanmış sınır değere ulaşması kabulüne dayanmaktadır. Bu yöntemde her yükleme adımında yapı elemanlarındaki iç kuvvetler, yer değiştirmeler ve plastik şekil değiştirme miktarları hesap edilerek, yapının her itme adımında bulunan taban kesme kuvveti ve tepe yerdeğiştirmesinin doğrusal olmayan değişiminin gösterildiği kapasite eğrisi (statik itme eğrisi) belirlenir [5].

Artımsal itme analizinde kullanılacak hesapların tabanını oluşturan yöntemler ise artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi (AEDYY) ve artımsal mod birleştirme yöntemidir (AMBY).

3. YAPILAN SAHA ÇALIŞMALARI

Mevcut yapılardaki donatı tespiti ve malzeme özelliklerinin belirlenebilmesi için binalarda bir takım saha çalışmaları yapılmaktadır. Bu saha çalışmaları içerisinde donatı tespiti için tahribatlı (sıyırma) ve tahribatsız (tarama, röntgen) yöntemler uygulanmaktadır. Mevcut beton dayanımının tespiti amacı ile de tahribatsız (test çekici) yöntemlerin yardımıyla tahribatlı (beton numune alma) yöntemler sonucu alınan numunelerden elde edilen basma deneyi sonuçlarındaki değerler kullanılmaktadır. Yapılan saha çalışmalarının fotoğraflarından bazıları aşağıda gösterilmiştir. Ayrıca bu tip çalışmalarla ilgili literatürde birçok çalışma yapılmıştır [6, 7].



Şekil 6 : Test çekici uygulamaları ve karot numune alma işlemi



Şekil 7 : Tahribatlı(sıyırma) ve tahribatsız(röntgen) yöntem ile donatı tespiti işlemi

4. ANALİZLER

4.1. Analizlerde Kullanılan Hesap Tabloları ve Performans Hesapları
Yapılan saha çalışmaları sonucu (1) nolu binanın mevcut beton dayanımı 5 Mpa ve elastisite modülü 21267 Mpa, (2) nolu binanın mevcut beton dayanımı 8 Mpa ve elastisite modülü 23192 Mpa olarak hesaplara katılmıştır. Donatı hesap tabloları (1) nolu binanın çizelge 2 ile (2) nolu binanın donatı hesap tabloları ise çizelge 3 ile gösterilmiş ve hesaplara bu şekilde katılmıştır.

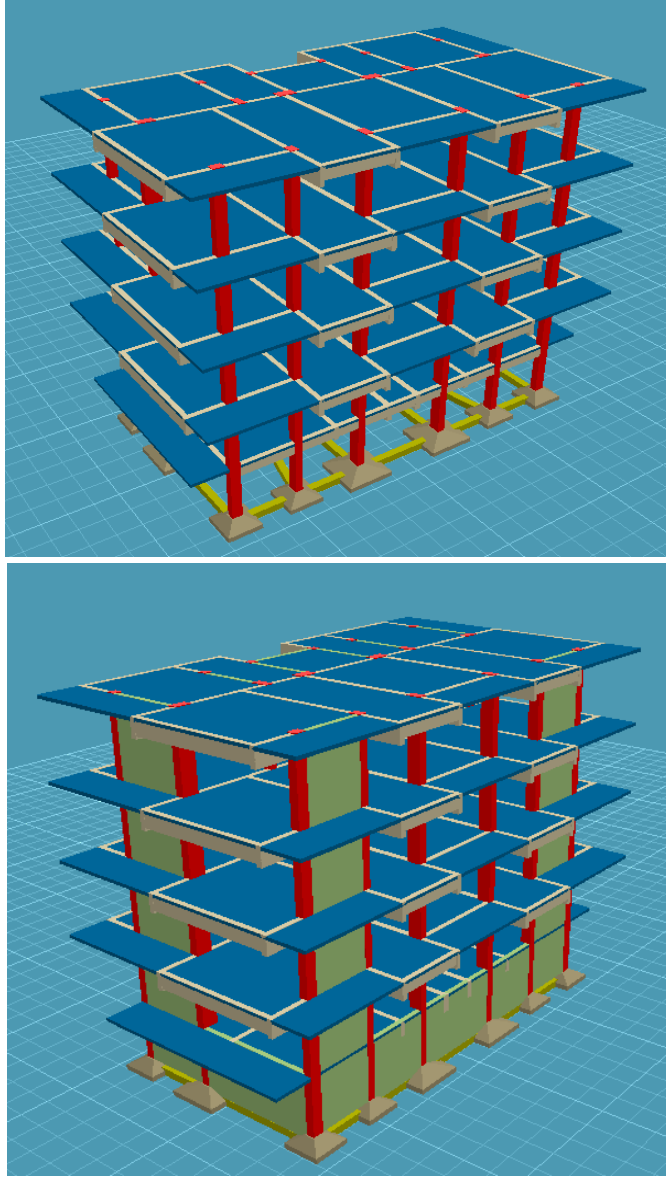
Çizelge 2 : (1) Nolu binanın donatı hesap tablosu

Yapılan İşlem	Kolon Adı	Kesit (cm)	Mevcut Donatı Adedi ve Çapı	Projedeki Donatı Adedi ve Çapı	Etriye Çapı ve Aralığı	Donatı Gerçekleşme Oranı
Sıyırma	SZ04	30X30	4 ϕ 14	6 ϕ 16	ϕ 6/24	0,509
	SZ03	30X30	4 ϕ 14	6 ϕ 16	ϕ 6/24	
	SZ02	30X30	4 ϕ 14	6 ϕ 16	ϕ 6/23	
Röntgen	SZ01	30X30	4 ϕ 14	6 ϕ 16	ϕ 6/24	
	SZ13	40X30	4 ϕ 14	6 ϕ 16	ϕ 6/20	
	SZ06	30X30	4 ϕ 14	6 ϕ 16	ϕ 6/27	
Kolon Adı	Kesit (cm)	Proje Donatısı	Donatı Gerçekleşme Oranı Uygulandıktan Sonra Adet ve Çap			
SZ05	30X30	6 ϕ 16	4 ϕ 14			
SZ07	60X30	10 ϕ 16	12 ϕ 14			
SZ08	30X60	10 ϕ 16	12 ϕ 14			
SZ09	70X40	14 ϕ 16	8 ϕ 14			
SZ10	70X40	14 ϕ 16	8 ϕ 14			
SZ11	30X60	10 ϕ 16	12 ϕ 14			
SZ12	60X30	10 ϕ 16	12 ϕ 14			
SZ14	30X40	6 ϕ 16	4 ϕ 14			
SZ15	30X50	8 ϕ 16	4 ϕ 14			
SZ16	30X50	8 ϕ 16	4 ϕ 14			
SZ17	30X40	6 ϕ 16	4 ϕ 14			
SZ18	40X30	6 ϕ 16	4 ϕ 14			

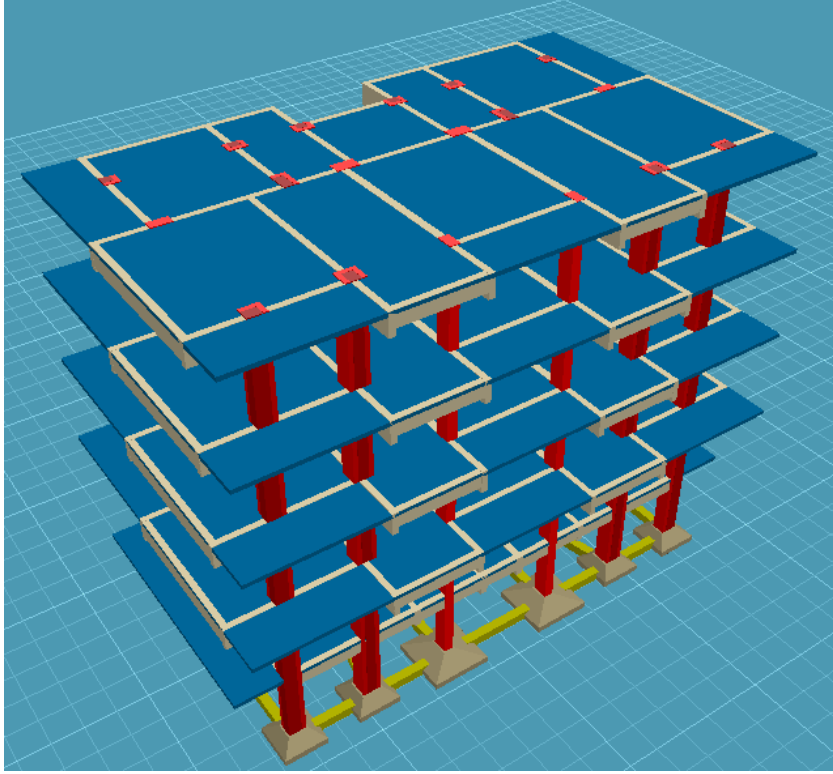
Çizelge 3 : (2) Nolu binanın donatı hesap tablosu

Yapılan İşlem	Kolon Adı	Kesit (cm)	Mevcut Donatı Adedi ve Çapı	Projedeki Donatı Adedi ve Çapı	Etriye Çapı ve Aralığı	Donatı Gerçekleşme Oranı
Sıyırma	SZ09	25X50	6 ϕ 14	8 ϕ 16	ϕ 8/25	0,603
	SZ15	25X50	6 ϕ 14	8 ϕ 14	ϕ 8/25	
	SZ17	25X50	6 ϕ 14	8 ϕ 14	ϕ 8/25	
Röntgen	SZ08	25X50	4 ϕ 14	8 ϕ 16	ϕ 8/25	
	SZ14	25X50	4 ϕ 14	8 ϕ 14	ϕ 8/25	
	SZ16	25X50	6 ϕ 14	8 ϕ 14	ϕ 8/25	
Kolon Adı	Kesit (cm)	Proje Donatısı	Donatı Gerçekleşme Oranı Uygulandıktan Sonra Adet ve Çap			
SZ01	25X50	8 ϕ 14	4 ϕ 14			
SZ02	30X50	8 ϕ 16	6 ϕ 14			
SZ03	25X50	8 ϕ 14	4 ϕ 14			
SZ04	30X50	8 ϕ 16	6 ϕ 14			
SZ05	25X50	8 ϕ 14	4 ϕ 14			
SZ06	25X50	8 ϕ 14	4 ϕ 14			
SZ07	50X30	8 ϕ 16	6 ϕ 14			
SZ10	50X25	8 ϕ 14	4 ϕ 14			
SZ11	30X50	8 ϕ 16	6 ϕ 14			
SZ12	25X50	8 ϕ 14	4 ϕ 14			
SZ13	25X50	8 ϕ 14	4 ϕ 14			

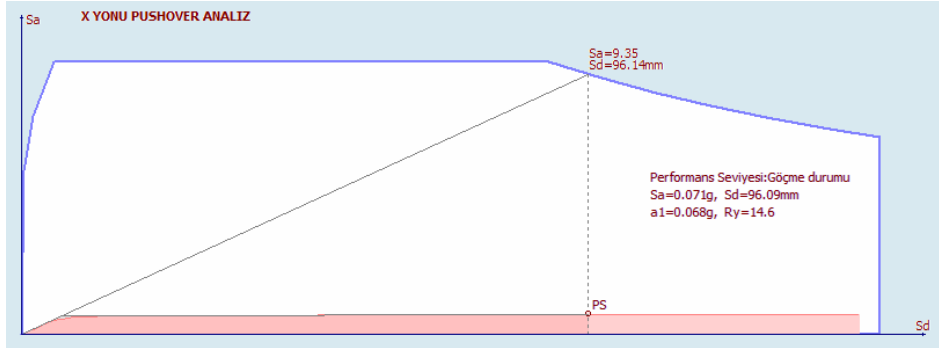
4.1.1. (1) Numaralı binanın mevcut durumdaki, perde duvar takviyeli ve mantolama uygulanmış haldeki performans değerlerinin bulunması



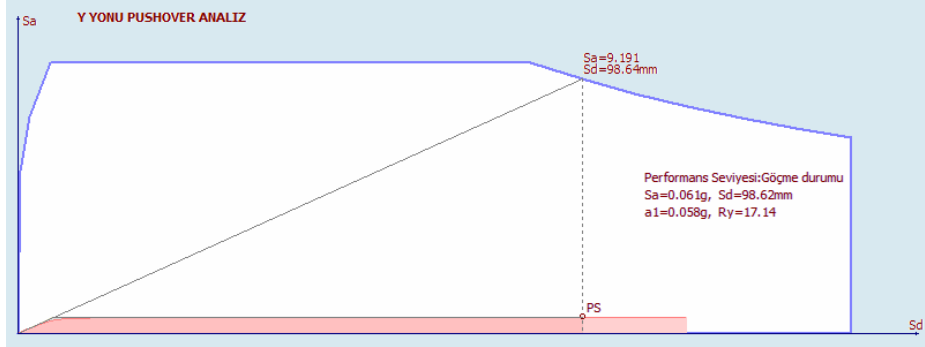
Şekil 8 : (1) Nolu binanın mevcut durum ve perde duvar ile güçlendirilmiş 3 boyutlu modellemesi



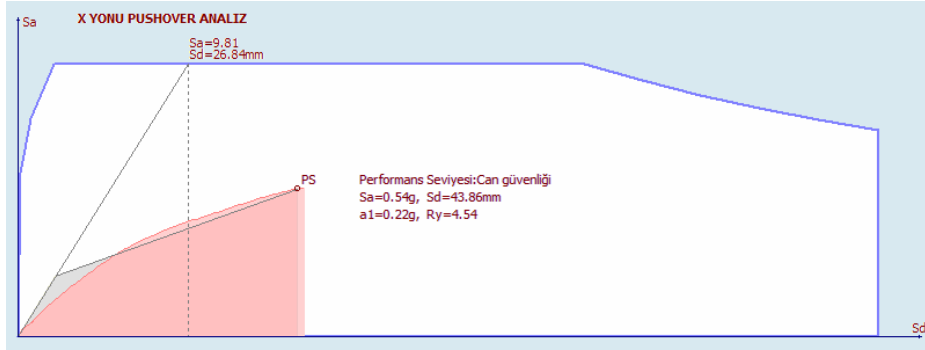
Şekil 9 : (1) Nolu binanın mantolama ile güçlendirilmiş 3 boyutlu modellemesi



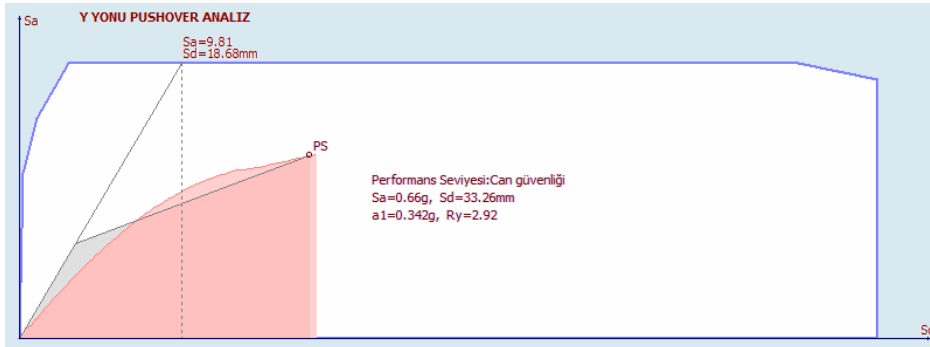
Şekil 10 : Mevcut performans seviyesi (x yönü)



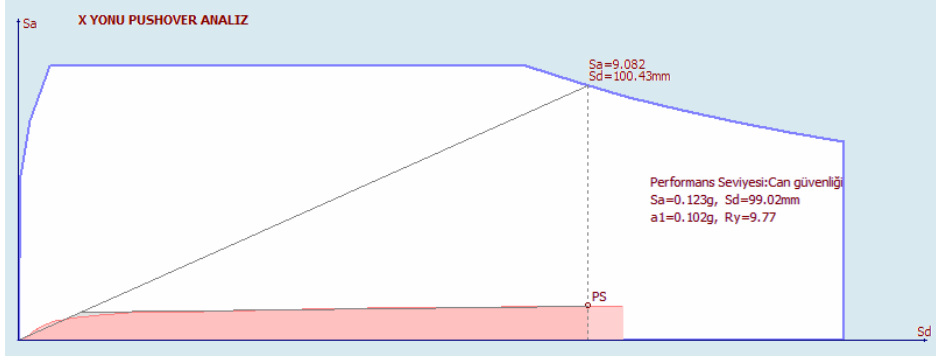
Şekil 11 : Mevcut performans seviyesi (y yönü)



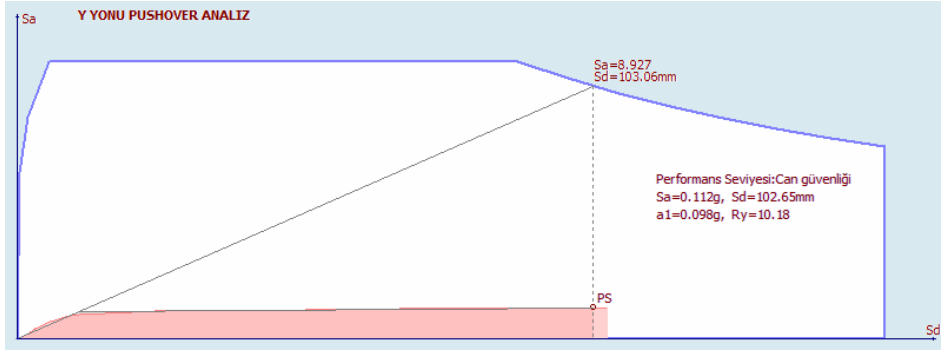
Şekil 12 : Perde duvar ile güçlendirilmiş performans seviyesi (x yönü)



Şekil 13 : Perde duvar ile güçlendirilmiş performans seviyesi (y yönü)

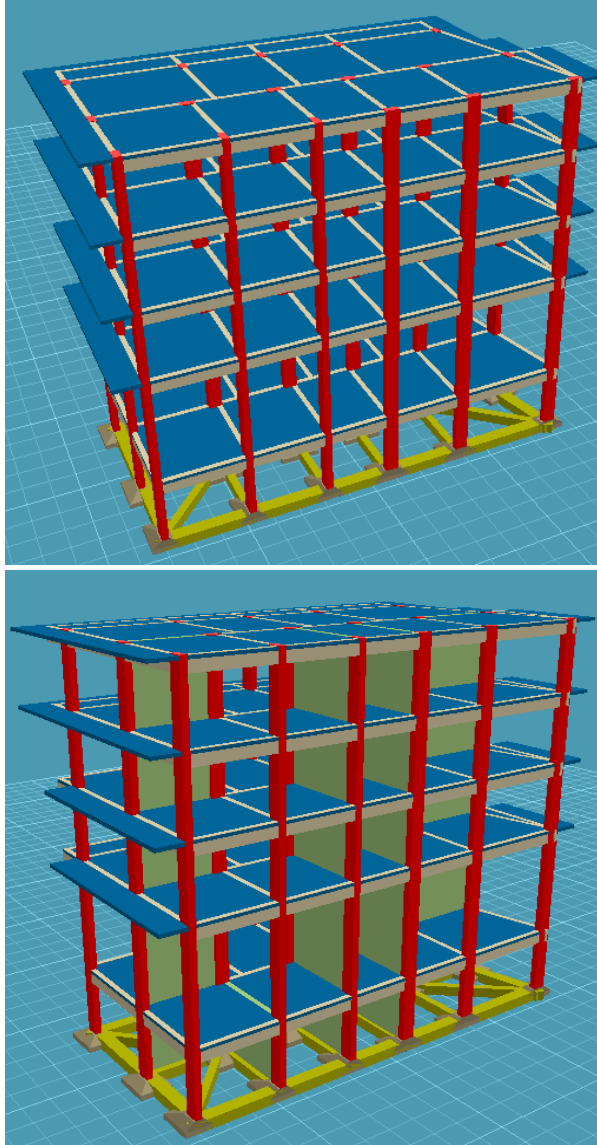


Şekil 14 : Mantolama ile güçlendirilmiş performans seviyesi (x yönü)

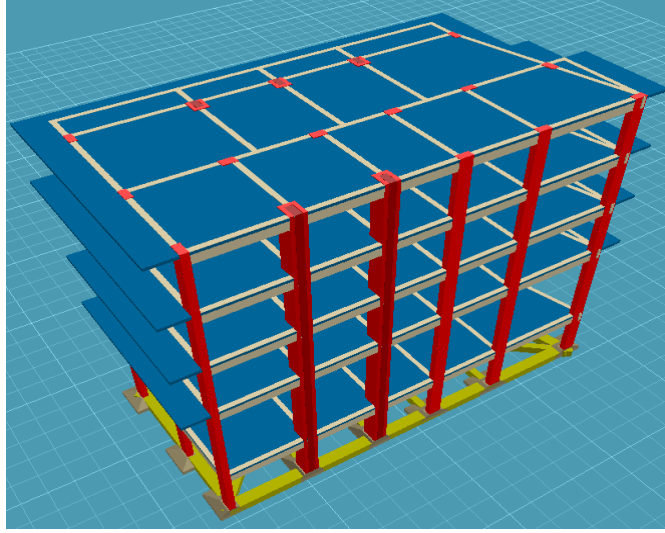


Şekil 15 : Mantolama ile güçlendirilmiş performans seviyesi (y yönü)

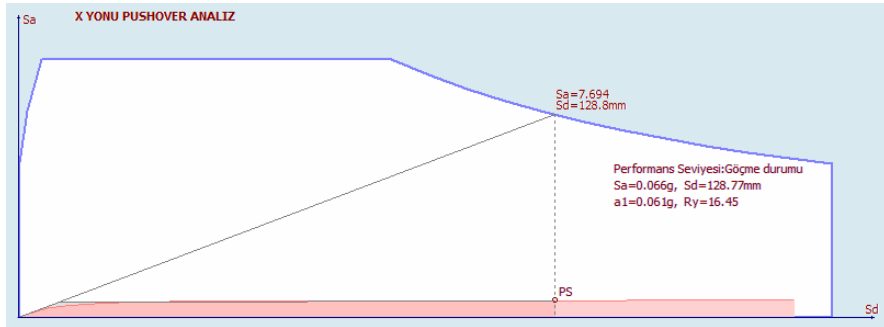
4.1.2. (2) Numaralı binanın mevcut durumdaki, perde duvar takviyeli ve mantolama uygulanmış haldeki performans değerlerinin bulunması



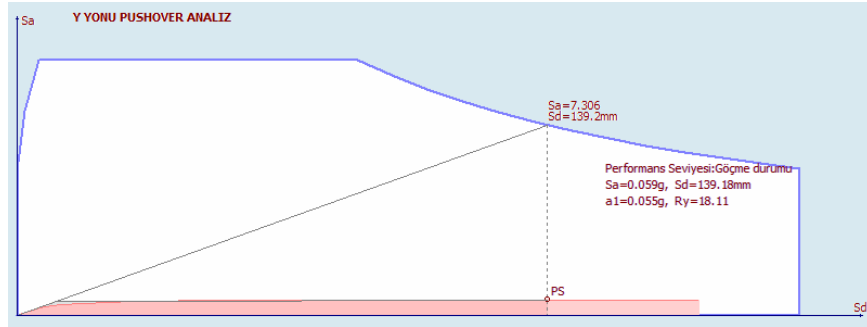
Şekil 16 : (2) Nolu binanın mevcut durum ve perde duvar ile güçlendirilmiş 3 boyutlu modellemesi



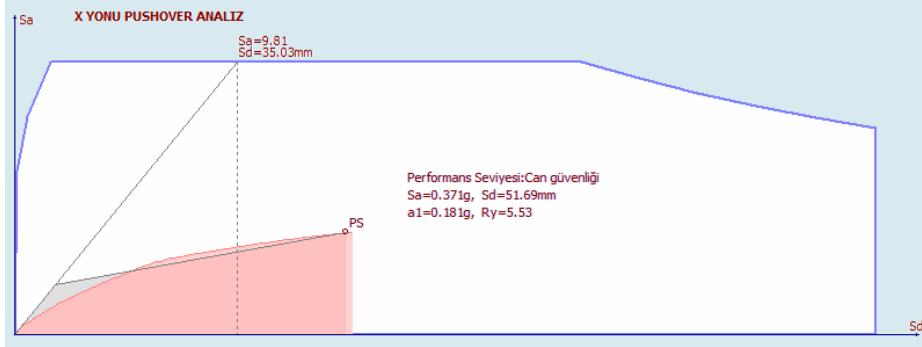
Şekil 17 : (2) Nolu binanın mantolama ile güçlendirilmiş 3 boyutlu modellemesi



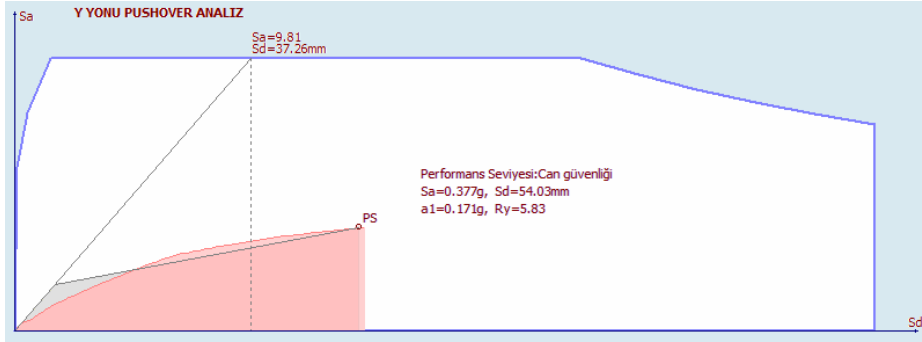
Şekil 18 : Mevcut performans seviyesi (x yönü)



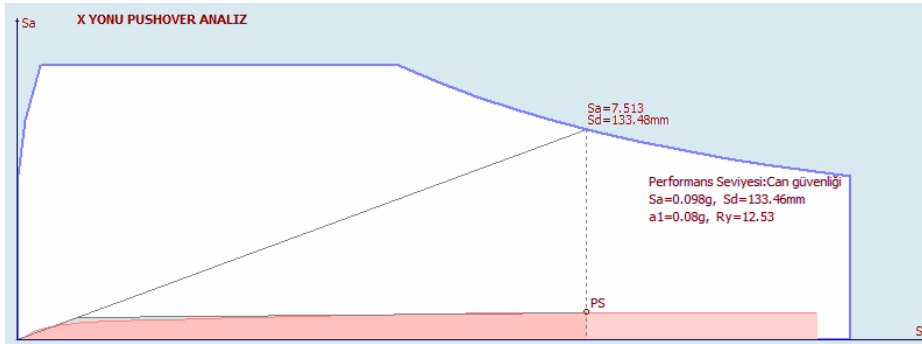
Şekil 19 : Mevcut performans seviyesi (y yönü)



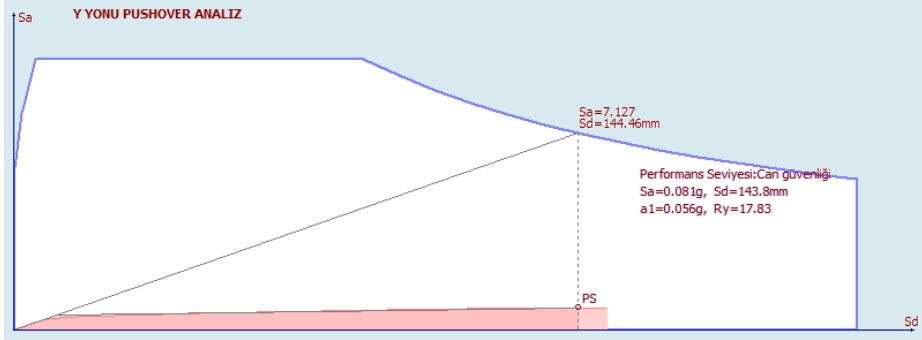
Şekil 20 : Perde duvar ile güçlendirilmiş performans seviyesi (x yönü)



Şekil 21 : Perde duvar ile güçlendirilmiş performans seviyesi (y yönü)



Şekil 22 : Mantolama ile güçlendirilmiş performans seviyesi (x yönü)



Şekil 23 : Mantolama ile güçlendirilmiş performans seviyesi (y yönü)

5. SONUÇ

Perde duvar ile yapılan analizlerde mantolama ile yapılan analizlere göre can güvenliği performans seviyesine daha kolay ulaşıldığı görülmüştür. Binalara yapılacak olan güçlendirme projelerinde mimari sebeplerden dolayı zorunlu kalınmadıkça perde duvar takviyesinin sadece mantolama uygulanarak yapılan binalardakine kıyasla daha iyi performans seviyelerine ulaşıldığı sonuçlarına varılmıştır. Her binanın yıkılmasına gerek kalmadan da güçlendirilebileceği, zaman kaybedilmeden daha ekonomik ve hızlı bir şekilde güçlendirme uygulanıp, estetik açıdan binaların cephelerinde de güzelleştirmeler yapılarak güzel yapılar oluşturulabileceği sonuçlarına ulaşılmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Yalçın, Ö., Gülen, L., & Utkucu, M. 2013, 'Türkiye ve yakın çevresinin aktif fayları veri bankası ve deprem tehlikesinin araştırılması', *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, no.34(3), ss.133-160.
- [2] Özmen, B. & Nurlu, M. 1999, 'Deprem bölgeleri haritası ile ilgili bazı bilgiler', *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Haber Bülteni*, no.99/2-3, ss.32-35.
- [3] Uçar, T., Ghafourzadeh, T., & Ertutar, Y., 2014, 'Çerçeve Düzlemi İçinde Eklenen Perdelerin Betonarme Binaların Yapısal

- Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi', *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, no.1, ss.56-68.
- [4] Kutanis, M. 2007, 'Yapı ve Deprem Mühendisliğinde Performans Yaklaşımı-2', *İnşaat Mühendisleri Odası Sakarya Bülteni*, no.4, Adapazarı, Türkiye.
- [5] Çağlar N., Öztürk H., & Akkaya A. 2014, 'TDY2007' ye Göre Tasarlanmış Betonarme Bir Yapının Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Yöntemleri İle İncelenmesi', Alındığı Tarih: 10.03.2015, Adres:
<http://www.isites.info/pastconferences/isites2014/isites2014/papers/A1-ISITES2014ID343.pdf>
- [6] Celikag, M., & Naimi, S. 2011, 'Building Construction in North Cyprus: Problems and Alternatives Solutions', *Procedia Engineering*, no.14, pp.2269-2275.
- [7] Celikag, M., & Naimi, S. 2010, 'Problems of Reinforced Concrete Buildings Construction In North Cyprus', *12Th International Conference On Inspection Appraisal Repairs And Maintenance Of Structures*, Yantai, Peoples R China, 04/2010.
- [8] Sta4-Cad, V13.1, Structural Analysis for Computer Aided Design.