

DÜZCEDEKİ BAZI KAMU VE ÖZEL BİNALARIN 1999 DÜZCE DEPREMİNDEKİ SİSMİK PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

S. Bayılı, H. A. Peköz ve H. Sucuoğlu

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Ankara, 06531 TÜRKİYE

Özet: 12 Kasım Düzce depremini yaşamış 3 okul ve bir konut binasının 2 ve 3 boyutlu analitik modelleri kuvvet ve deplasman esaslı yöntemler uygulanarak incelenmiştir. Çalışmanın amacı bu yöntemlerin hangisinin mevcut hasarı tahminde daha başarılı olduğunu göstermek ve binaların sergiledikleri yüksek deprem performansının nedenleri bulmaktır. Yapıların 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik [1] (ABYYHY)'teki sınır değerlere uygunluğu ve eşdeğer statik deprem yükü analizi ile kapasite düzeyleri incelenmiştir. Beklenen performans düzeyleri ise deplasman-esaslı yöntemler olan zaman boyutunda davranış analizi, deplasman katsayıları metodu ile hesaplanmıştır. İncelenen binalarda, yöntemlerin verdiği sonuçlar ile mevcut hasar durumu ve beklenen performans düzeyleri kıyaslanmıştır. Yapıların sergiledikleri sismik performansların nedeni olan yapısal özellikler tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sismik performans, elastik ötesi itme analizi, zaman boyutunda davranış analizi, deplasman katsayısı metodu, plastik dönme

Abstract: Three school buildings having 3, 4 and 5 storied applications of a typical school project and a 5 storied sample residential building in Düzce, which have survived the 12 November 1999 Düzce Earthquake, are investigated by various methods. 3-D models are used for equivalent static earthquake load approach. 2-D models are utilized in non-linear methods, which consist of pushover and response history analyses. Structural performances are assessed using member demand-capacity ratios and rotational acceptability checks, in accordance with ATC-40 [2], FEMA-273 [3] and FEMA-356 [4] documents. The buildings are also checked for compatibility with the requirements of the 1998 Turkish Earthquake Code [1]. Applicability of displacement based procedures, mentioned above, are investigated with regard to the observed damage and performances in the buildings during the Düzce Earthquake. Possible reasons for the high performances of these buildings are determined.

Giriş

Yapıların olası kuvvetli depremler sırasında sergileyecekleri davranış, yer hareketinde, malzeme özelliklerinde, yapısal davranışta ve zemin koşullarındaki

belirsizlikler nedeniyle önceden kesin olarak kestirilemez. Ancak yapılacak mantıklı ve gerçekçi varsayımları ve uygun analiz metotlarının yapının gerçek davranışını tahmin etmedeki önemi açıktır. Bu nedenle deprem mühendisliğinde bu tür varsayımlara dayanan, basit ama etkili analiz yöntemleri geliştirilmeye çalışılmıştır.

Deplasman-esaslı yöntemlerin yapısal deprem davranışını tahmin etmede kuvvet-esaslı yöntemlere göre daha üstün olduğunun bilinmesine rağmen, başlangıçta kuvvet-esaslı yöntemler uygulanmıştır. Bunun temel nedenleri bu yöntemlerin uygulamadaki kolaylığı ve gerektirdiği hesap miktarının mevcut şartlarda karşılanabilmesidir. Son yıllarda bilgisayar teknolojisi ve dolayısıyla hesaplama kapasitesindeki gelişmelerin de etkisiyle, deplasman-esaslı metotlar yaygınlaşmaya başlamıştır. Dolayısıyla, her iki metodun uygulamada gerektirdiği çaba günümüz şartlarında mühendislerce karşılanabilmektedir. Uygulamadaki bu kolaylık, mühendisleri hangi yöntemin ne tür binalarda daha doğru ve etkili sonuçlar verebileceği sorusunu yanıtlamaya yöneltmiştir.

Bu çalışmada yapısal davranışların belirlenebilmesi için kuvvet-esaslı yöntem olarak ABYYHY [1] hükümleri baz alınmıştır. Bu tür yöntemlerdeki temel prensip, yapısal elemanları üzerlerine gelecek tahmini tasarım kuvvetlerini ve deformasyonlarını karşılayabilecek kapasiteye sahip olacak şekilde boyutlandırmak ve detaylandırmaktır. Deplasman-esaslı yöntemler arasından ise yaygın olarak kullanılan deplasman katsayıları yöntemlerinin sonuçları, zaman boyutunda davranış analizinin sonuçları ile karşılaştırmalı olarak elastik ötesi yöntemlerle bulunan kapasite eğrileri üzerinde değerlendirilmiştir. Sonuçlar, incelenen yapıların mevcut hasar durumları ile karşılaştırılmış ve metotların yapısal özelliklere bağlı olarak kullanılabilirliği tartışılmıştır.

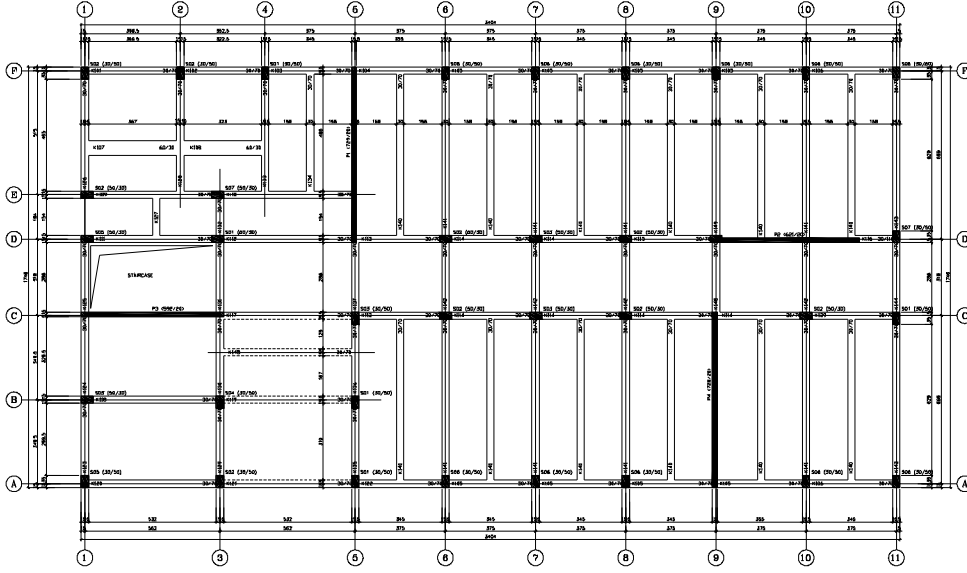
1. İncelenen Yapılar

1.1 Seçilen Okul Binalarının Yapısal Özellikleri

İncelenen okul binaları Milli Eğitim Bakanlığı'nın 10415 Numaralı tip okul projesinin 3, 4 ve 5 katlı olarak inşa edilmiş uygulamalarıdır. Yapıların kat planları aynı olup, yaklaşık kat alanı $35 \times 17 \text{ m}^2$ 'dir. Örnek kat planı Şekil 1'de verilmiştir. Genel olarak düzenli ve sürekli taşıyıcı çerçeve sistemine sahip olan bu yapıların balkon vb. çıkmaları yoktur. Binalardan alınan beton çekici okumalarında beton dayanımı ortalama 15 MPa olarak bulunmuş, gözlemler sonucunda da boyuna ve enine donatı olarak St-I sınıfı donatı çeliği kullanıldığı tespit edilmiştir. Döşeme kalınlığı projede 10 cm'dir. Dış çerçevelerde bulunan dolgu duvarların kalınlığı 28 cm iken iç akslardaki duvarlar 19 cm kalınlığa sahiptir ve bina yüksekliği boyunca bu duvarlar devamlıdır. Dolgu duvar malzemesi olarak boşluklu fabrika tuğlası kullanılmıştır.

Her katta $300 \times 500 \text{ mm}^2$ kesit alanına sahip olan 34 kolon mevcuttur. Bu kolonlar çoğunlukla güçlü eksenleri binanın kısa yönünde olacak şekilde yerleştirilmiştir. Buna ek olarak, binaların kısa yönünde $200 \times 7290 \text{ mm}^2$ kesit alanına sahip olan iki adet perde mevcuttur. Benzer şekilde, binanın uzun yönündeki diğer iki perde $200 \times 5290 \text{ mm}^2$ ve $200 \times 6210 \text{ mm}^2$ kesit alanına sahiptir. Kirişler ise kat planında $600 \times 300 \text{ mm}^2$ ve $200 \times 1100 \text{ mm}^2$ kesit alanına sahip toplam 3 adet haricinde $300 \times 700 \text{ mm}^2$ kesit alanına sahiptir. Kısaca bina planında uzun yönde yaklaşık 2.43 m^2 , kısa yönde ise yaklaşık 2.92 m^2 perde duvar mevcuttur. Bu kesit boyutları bina

yükseklüğince aynıdır, ancak detaylandırmada bazı değişiklikler yapılmıştır. Düşey taşıyıcı elemanların donatı düzenleri 5 katlı binada 2. katta, 3 ve 4 katlı binalarda ise 1.katta değişmiştir. Kirişlerin donatı düzenleri ise 5 katlı binada 4.katta ve diğer binalarda ise 3.katta değişmiştir. Bu yapılar tekil bina oldukları için deprem esnasında herhangi bir çekişleme etkisine maruz kalmamışlardır. Kolon uçlarında donatı aralığı 5cm'dir, ancak sıklaştırma bölgesi boyu öngörülen değerden daha azdır. Kirişler de ise genel olarak sıklaştırma yapılmamıştır. Toplam kolonların yaklaşık olarak %85'i minimum donatı oranını sağlayamamaktadır. Ancak perdelerdeki donatı oranları, öngörülen değerlerden daha fazladır. Yapılan incelemeler sonucunda yapıda kuvvetli kolon-zayıf kiriş koşulunun çoğu birleşim bölgesinde sağlanmadığı görülmüştür.



Şekil 1 İncelenen Okul Binası Tipik Kat Planı

1.2 Gözlenen Hasar

12 Kasım 1999 Düzce depreminden sonra sahada yapılan incelemelerde binaların hasar durumları incelenmiş ve hasarın genel olarak 5 katlı binada yoğunlaştığı görülmüştür. 3 katlı okul binasında herhangi bir hasara rastlanmamıştır. 4 katlı binada ise sadece perdeler güçlü yönde saplanan kirişlerde kılcal eğilme çatlakları vardır. 4 normal kat ve bir bodrum katından oluşan 5 katlı binada ise bodrum katında uzun yöndeki dış çerçevelerde bulunan kolonlarda kısa kolon etkisi nedeniyle çok ağır kesme çatlakları gözlemlenmiştir. Buna ek olarak perdeler güçlü yönde saplanan kirişlerde eğilme çatlakları bulunmuştur. Bodrum kattaki birkaç çerçeve ile dolgu duvar malzemesi arasında görülen çatlaklar haricinde yapının geri kalan kısmında başka yapısal hasara rastlanmamıştır.

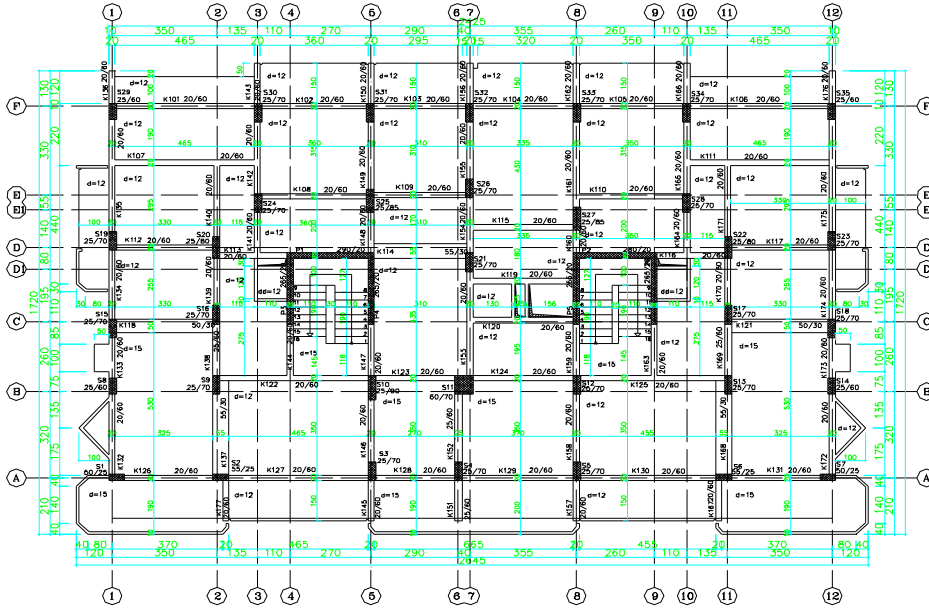
1.3 Seçilen Konut Binasının Yapısal Özellikleri

Seçilmiş olan bina taşıyıcı sistemi betonarme çerçeveler ve betonarme perdelerden oluşan 5 katlı betonarme bir binadır. Binanın plandaki boyutları yaklaşık olarak $17 \times 25 \text{ m}^2$ 'dir. Örnek kat planı Şekil 2'de verilmiştir. Planda kısa yönde simetrik olan bina bu yönde düzenli ve sürekli çerçeve sistemine sahiptir. Binanın uzun yönünde ise betonarme perdelerin de dahil olduğu çerçevelerin haricinde sürekli çerçeve

bulunmamaktadır. Yapının tüm katları oturma amaçlı kullanıldığı için kat mimarileri birbirine çok yakındır.

Yapının projesi üzerinde malzeme özelliklerine rastlanmamıştır. Binadan alınan numuneler beton dayanımının 12 MPa civarında olduğunu göstermektedir. Yapılan beton çekici testleri sonucunda da beton dayanımının yaklaşık olarak 14 MPa olduğu görülmüştür. Analizlerde karakteristik beton dayanımı 12 MPa olarak alınmıştır. Donatı olarak St-I sınıfı çelik kullanılmıştır. Döşeme kalınlığı yapı genelinde 12 cm'dir, bazı çıkmalarda ise 15 cm'dir. Dolgu duvar kalınlıkları dış cephelerde 20 cm olmakla beraber, iç çerçevelerde 10 cm, 15 cm ve 20 cm olarak farklılıklar göstermektedir.

Binada tüm katlar boyunca devam eden 35 adet kolun ve 2 adet U-şekilli perde duvar mevcuttur. Kolonlar güçlü eksenleri binanın kısa yönüne gelecek şekilde yerleştirilmişlerdir ve boyutları üst katlarda azaltılmıştır. En küçük kolon 250×500 mm² alana sahiptir. Betonarme perdeler güçlü eksenleri binanın uzun yönünde olacak şekilde yerleştirilmiştir. Perde duvarların kalınlıkları 20 cm'dir ve dış uzunlukları uzun yönde 2900 mm ve 2800 mm, kısa yönde 2650 mm olarak tasarlanmışlardır. Plandaki toplam perde duvar alanı 3.1 m²'dir. Kirişler ise plan genelinde 200×600 mm² kesit alanına sahiptir. Kolon donatı oranları %0.7 ile %1.6 arasındadır. Perdelerde ise donatı oranları öngörülen sınırdan fazladır. Yapı elemanlarında donatı sıklaştırması uygulanmamıştır.



Şekil 2 İncelenen Konut Binası Tipik Kat Planı

1.4 Gözlenen Hasar

12 Kasım 1999 Düzce depreminden sonra binada yapılan incelemelerde yapıda bulunan U-şekilli iki perde duvar üzerinde her iki yönde kesme ve eğilme çatlakları görülmüştür. Kolonlar arasında kısa kolon etkisine maruz kalmış bir tanesi haricinde hasar görülmemiştir. Az sayıda kirişte ise ağırlıklı olarak eğilme çatlakları gözlemlenmiş, birkaç tanesinde kesme çatlaklarına rastlanmıştır. Binanın uzun yönü boyunca devam eden uzun çıkmalardan taşıdığı dolgu duvarlarda ise düşey hareketten kaynaklanan yatay çatlaklar mevcuttur.

2. Kuvvet-Esaslı Yöntemler

2.1 1998 ABYYHY [1] Genel Hükümleri

Deprem yönetmeliklerinin amacı, tasarım sırasında binaların belirli bir alt sınırdaki sünellik ve dayanıma sahip olmalarını sağlamak ve dolayısıyla tasarım depremlerinde can ve mal kaybını en aza indirmektir. 1998 yılında yürürlüğe giren deprem yönetmeliği de bir önceki 1975 yönetmeliğinde yer almayan depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda büyük yenilikler getirmiştir. Buna göre yapılar, hafif şiddetli depremlerde yapısal olan ya da olmayan elemanlarda hasar görmeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Orta şiddetli depremlerde ise yapısal olmayan hasar gözlemlenebilir. Ancak şiddetli depremlerde yapısal göçme olmamak şartıyla, bir miktar yapısal hasar normal karşılanmalıdır. Bu koşulların sağlanabilmesi için yönetmelikte yapısal elemanların boyutlarında ve detaylandırılmalarında bazı alt ve/veya üst sınırlar belirtilmiştir. Bu sınırlamaların genel olarak yapının sünelliğini önemli ölçüde etkilediği açıktır.

2.2 1998 ABYYHY [1] Tasarım Yükleri Altında Yapısal Analiz

Yapıların tasarımında kullanılan eşdeğer deprem yükleri, elastik tasarım kuvvetlerin yapının sünelliğine bağlı olarak taşıyıcı sistem davranış katsayısı oranında azaltılmasıyla elde edilir. İncelenen binaların mevcut durumları ve bölüm 2.1'den elde edilen sonuçlar dikkate alındığında bu azaltma katsayısı, $R=4$ olarak alınmıştır. Bu oranda azaltılmış eşdeğer yanal kuvvetler 3 boyutlu yapısal modellere uygulanmış ve oluşan tasarım kuvvetleri bulunmuştur. Bu kuvvetlere karşılık gelen kapasiteler her eleman için hesaplanmış ve etki-kapasite oranları bulunmuştur. Bu oranlar elemanların deprem yönetmeliğinde tarif edilen yükler altında elastik davranmaları halinde ne kadar zorlanacaklarının göstergesidir.

3. Deplasman-Esaslı Yöntemler

3.1 Elastik Ötesi İtme Analizi

Binaların taban kesme kuvveti tepe deplasmanı eğrileri (kapasite eğrileri) yapının 2 boyutlu modeline kat seviyelerinde artan yanal yükler uygulanarak elde edilmiştir. Yük artırımı deplasman kontrollü olarak yapılmıştır. Yükleme şekli olarak ise yapıların birinci doğal titreşim şekilleri esas alınmıştır [2]. Kapasite eğrileri sayesinde yapının elastik ötesi davranışı hakkında önemli bilgiler edinilebilir. Bunların içinde dayanım azalması, elastik ve elastik ötesi rijitlik, elastik davranış sınırı gibi yapısal özellikler vardır. 2 boyutlu modelde kullanılacak çerçevelerin seçimi, 3 boyutlu modelin yanal yük analizinden elde edilen taban kesme kuvvetleri göz önünde bulundurularak yapılmıştır. 3 boyutlu modelin 2 boyuta indirgenmesinde seçilen çerçevelerin, tüm yapının yanal kuvvetler doğrultusundaki dayanım ve rijitliğini aynı oranda temsil ediyor olmasına dikkat edilmiştir.

Şekil 3-10'da, incelenen yapıların kısa ve uzun yönlerindeki kapasite eğrileri ile 1975 ve 1998 yönetmeliklerinin öngördüğü taban kesme kuvveti alt sınırları gösterilmiştir. Deplasman ve kuvvet-esaslı metotların sonuçları da bu eğriler üzerine işlenmiştir. Burada;

GA:Yapıların genel akma sınırını,

HD:Yapıların tasarım ve Düzce spectrumları altında kullanım amaçlarına karşılık gelen ve deplasman katsayıları yöntemiyle bulunan tepe deplasman değerleri,
ZBDA:Zaman boyutunda deplasman analizinden bulunan maksimum tepe deplasmanını,
PN: Kapasite spektrum metoduyla bulunan performans noktasını gösterir.

3.2 Zaman Boyutunda Davranış Analizi

Bölüm 3.1’de oluşturulan 2 boyutlu elastik ötesi modellere 12 Kasım 1999 Düzce kuvvetli yer hareketi uygulanmıştır. Düzce Meteoroloji İstasyonu’nda kaydedilen bu yer hareketinin kuzey-güney ve doğu-batı bileşenleri yapıların kısa ve uzun yönleriyle çakışacak şekilde vektörel olarak yeniden düzenlenmiştir. Yer hareketinin yapılarda oluşturduğu görece kat ötelenmelerinin yanısıra en büyük tepe deplasmanı ve taban kesme kuvveti bulunmuş ve kapasite eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Görülen en büyük tepe deplasmanı sırasında elemanların uçlarında oluşan plastik mafsallık mekanizmaları incelenerek yapıda olası kolon ya da kiriş göçme mekanizmalarının baskınlığı araştırılmıştır.

3.3 Deplasman Katsayıları Yöntemi

Sözkonusu yöntem, yapının tasarım depremindeki spektral deplasmanı FEMA-273 [3]’te öngörülen yapısal özelliklere bağlı katsayılarla çarparak muhtemel elastik ötesi davranışın sergileyeceği gerçek tepe deplasmanını hesaplamayı amaçlar. Buna göre, tepe deplasmanı aşağıdaki Formül (3.1) kullanılarak bulunabilir. Bu yöntemden bulunan deplasman değerleri, kapasite eğrisi üzerine işaretlenmiştir.

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} \quad (3.1)$$

Bu formülde yer alan katsayıların tanımı ve hesaplanması FEMA-273 [3]’te bina özelliklerine göre tarif edilmiştir.

3.4 Plastik Dönme Miktarı Kontrolü

Sismik hareketin yapıda yol açacağı elastik ötesi davranış, bazı elemanlarda moment kapasitesinin aşımı sonucunda plastik mafsallar oluşumuna neden olur. Oluşan elastik ötesi dönme miktarları da yapıların sismik performansını belirler. Başka bir deyişle, farklı sismik performans seviyeleri için dönme miktarlarının belirli sınırlar içinde kalması gerekmektedir. Bu çalışmada zaman boyutunda davranış analizi sonucunda elde edilen en büyük tepe deplasman değeri, elastik ötesi itme analizinde aynı tepe deplasmanında elemanlarda oluşan plastik dönme miktarlarını bulmak için kullanılmıştır. Bulunan dönme miktarları, binaların kullanım amaçlarına göre FEMA-356 [4]’de öngörülen maksimum değerlerle kıyaslanmıştır.

4. Sonuçlar ve Değerlendirmeler

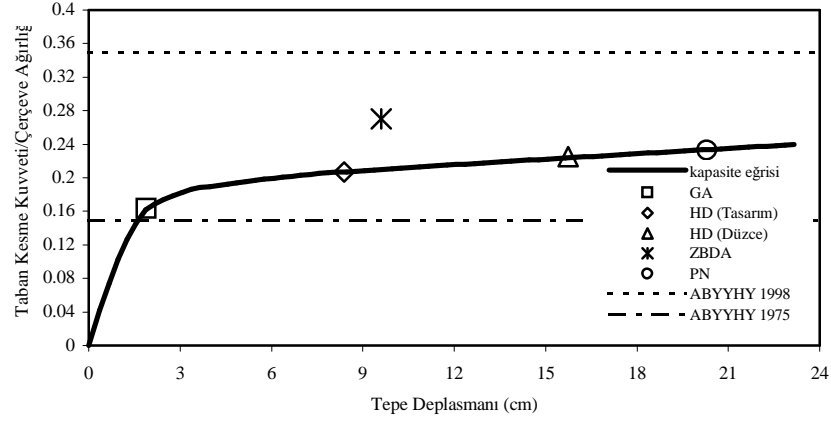
Okul binalarında kolon uçlarında minimum sıkılaştırma bölgesi uzunluğu ve kolon orta bölgelerinde minimum etriye aralığı koşulları sağlanmamaktadır. Bunun yanında kolonların büyük çoğunluğunda boyuna donatı oranı öngörülen alt sınırdan azdır. Kirişlerde ise mesnetlerde genel olarak basınç ve çekme donatıları yönetmeliğe

göre yetersizdir. Hiçbir kirişin sıklaştırma bölgesinde yeterli oranda etriye aralığı yoktur. Betonarme duvarlarda duvar kalınlığı ve donatı aralıkları yetersizdir. Yönetmelikte yer alan diğer koşullar ise yapı genelinde genellikle sağlanmaktadır. Konut binasının kolonlarında uç ve ort bölgelerdeki etriye aralığı yönetmelikteki alt değerden daha büyüktür. Sıklaştırma bölgesi ise yapı elemanlarında mevcut değildir. Kirişlerin mevcut kesit alanları ve minimum mesnet basınç donatısı oranları yetersizdir. Perdeler ise yönetmeliğin tüm koşullarını yerine getirmektedir. Ancak yapılar ABYYHY [1] süneklik koşullarının bazılarını yerine getirmemelerine rağmen 12 Kasım 1999 Düzce depreminde yüksek performans sergilemişlerdir. Okul binalarının taşıyıcı çerçeveleri düzenli ve devamlıdır, kirişleri de kolonlarıyla merkezi olarak birleşmektedir. Ayrıca perde duvar donatı oranları yönetmelik alt sınırından fazladır. Konut binasında ise kolonların kirişlerden güçlü olması koşulu yapı genelinde sağlanmaktadır. Düz donatı çeliği kullanılmış olmasına rağmen yönetmelikte öngörülen değerlerin iki katından fazla kenetlenme boyu kullanılmıştır. İncelenen binaların sergiledikleri yüksek deprem performansının nedeninin, yukarıda özetlenen yapısal özellikler ve mevcut perde duvarların deprem davranışına yaptığı katkılar olduğu düşünülmektedir.

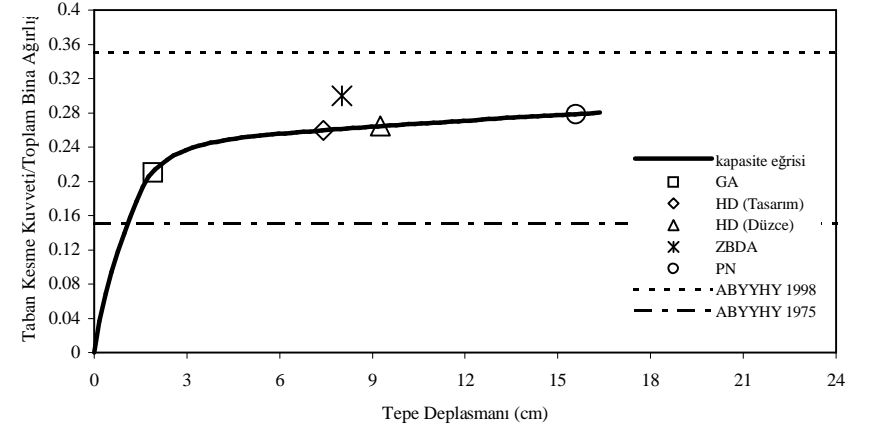
Yapılan statik eşdeğer yüklemeler sonucunda, 4 ve 5 katlı okul binalarında ve konut binasının perde duvarlarında yönetmelik yükleri altında eğilme ve kesme kapasitelerinin aşıldığı görülmüştür. Aşılan değerler, konut binasında 2, 4 katlı okul binasında 1.4 ve 5 katlıda ise 1.6 kat civarındadır. 3 katlı okul binasının ise bu yükler altında elastik sınırlar dahilinde davrandığı bulunmuştur. Bu oranlar ile binaların yönetmeliğe göre sahip olduğu taban kesme kapasite oranları birbirleriyle orantılıdır.

Okul binalarında kolon mekanizması, konut binasında ise kiriş mekanizması ağırlıklı bir davranış sergilendiği görülmüştür. Okul binalarının kullanım amacına göre IO, konutun ise LS performans seviyesini sağlaması gerekmektedir. Deplasman esaslı yöntemlerde bulunan plastik mafsallardaki dönme miktarları FEMA-356 [4]'da bu performans seviyeleri için öngörülen sınır değerler civarındadır. Dolayısıyla incelenen binaların tahmin edilen performans seviyeleri, mevcut hasar durumlarına yakındır. 5 katlı okul binasında bulunan kısa kolon hasarları ise zaman boyutunda davranış analizi ve elastik analiz sonuçlarıyla doğrulanmaktadır. Konut binasında görülen perde duvar ve kiriş hasarları ve kolonların hasarsız olma durumları elastik analiz sonuçlarıyla bağdaşmaktadır. Elastik ötesi analizin yapıda tahmin ettiği hasar, yapı genelinde daha düşük seviyede gözlemlenmiştir. Yapılan analizlerde göz önüne alınmayan zemin-yapı etkileşiminin ve dinamik analizde %5 olarak kabul edilen sönümlenme oranının rolü olduğu tahmin edilmektedir.

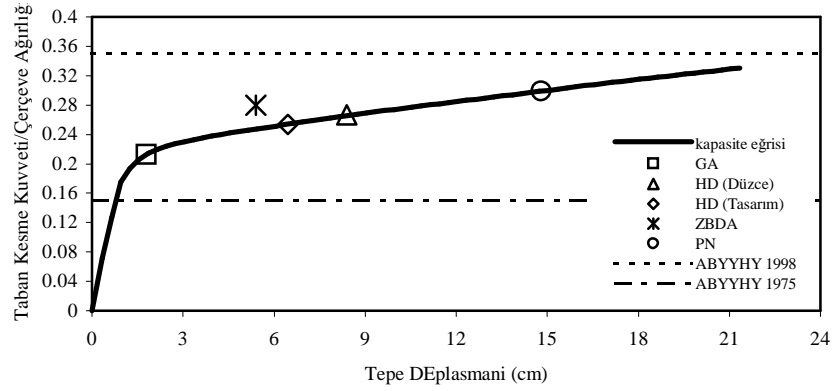
Deplasman katsayıları yönteminde 3 katlı okul binasının uzun yönü hariç olmak üzere Düzce depremi spektrumu kullanılarak bulunan en büyük tepe deplasmanı, ABYYHY [1]'deki tasarım spektumu kullanılarak hesaplanan değerden tüm binalarda daha büyüktür. Okul binalarında (3 katlı binanın uzun yönü hariç) Düzce kaydı altındaki dinamik analizin deplasman sonuçları ise deplasman katsayıları yönteminin tasarım spektrumu altındaki sonuçlarına yakındır. Uygulanan yöntemlerin hepsi okul binalarında IO seviyesine göre öngörülen katlararası ötelenme sınırından daha küçük sonuçlar vermiştir. Konut binasında ise Düzce depremi spektrumu kullanılarak bu yöntemle hesaplanan tepe deplasman değerleri Düzce kaydı altında dinamik analizden bulunan değerden daha küçük bulunmuştur, ancak her iki sonucun birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir.



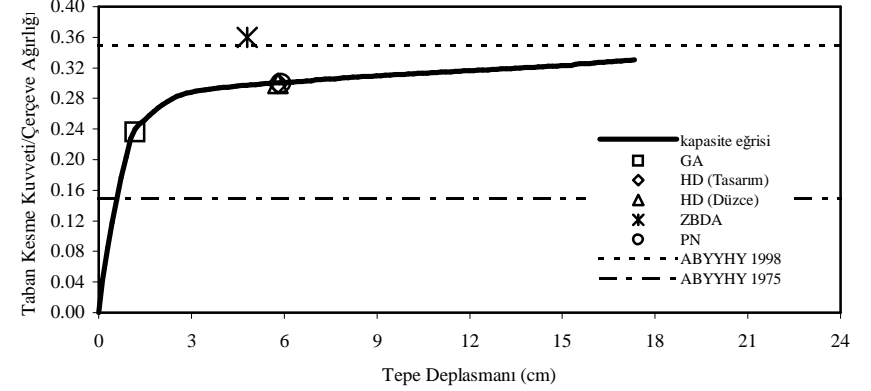
Şekil 3 5 katlı okul binasının uzun yöndeki kapasite eğrisi



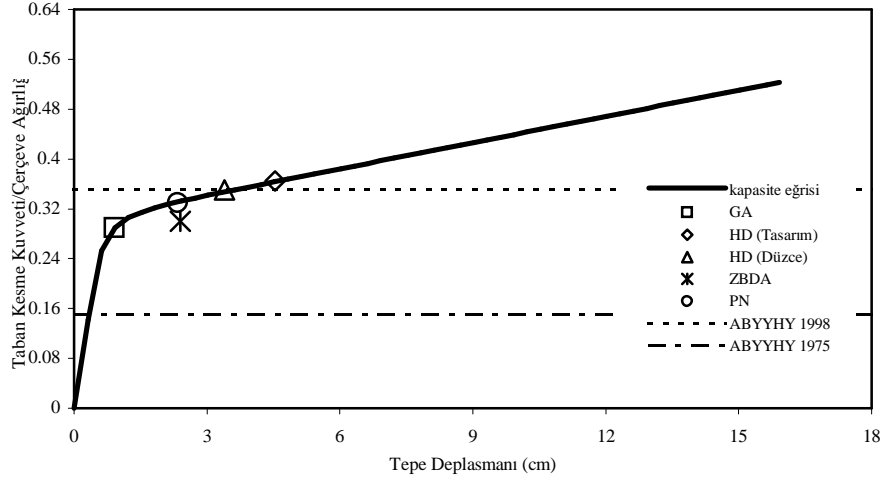
Şekil 4 5 katlı okul binasının kısa yöndeki kapasite eğrisi



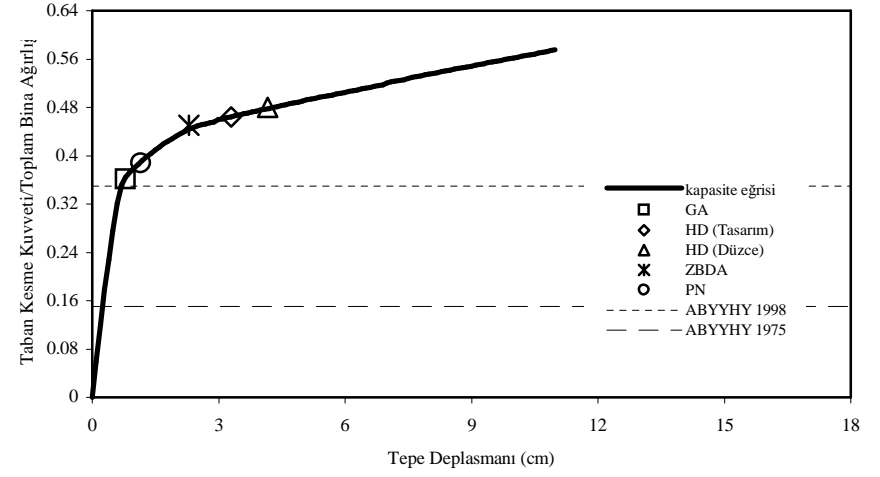
Şekil 5 4 katlı okul binasının uzun yöndeki kapasite eğrisi



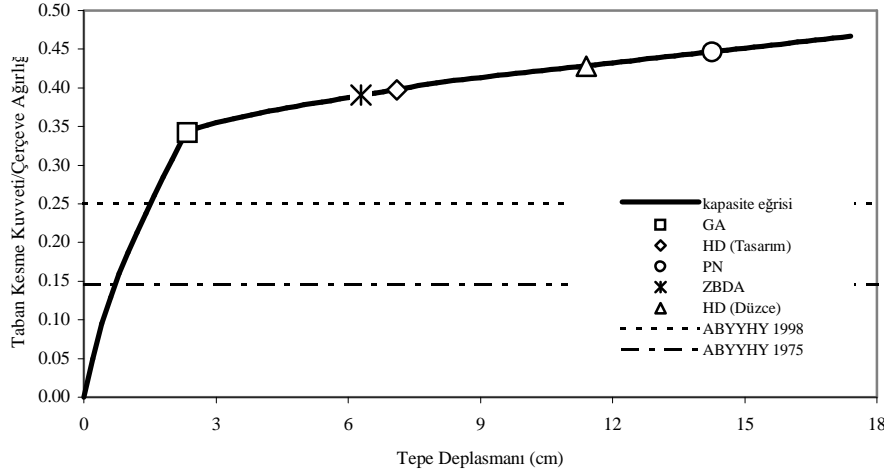
Şekil 6 4 katlı okul binasının kısa yöndeki kapasite eğrisi



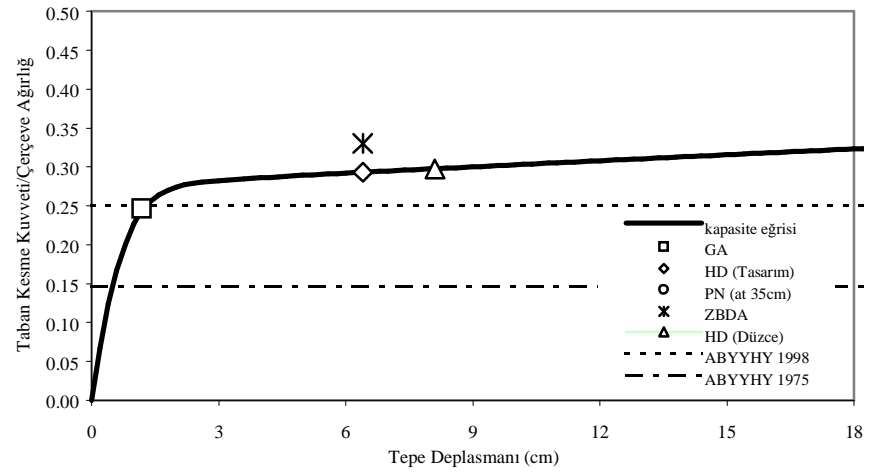
Şekil 7 3 katlı okul binasının uzun yöndeki kapasite eğrisi



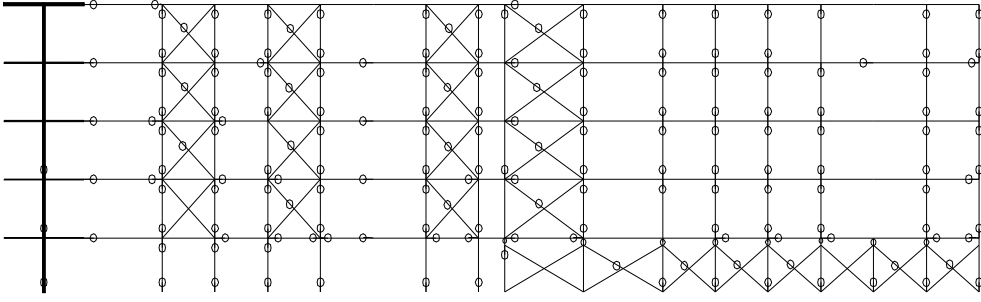
Şekil 8 3 katlı okul binasının kısa yöndeki kapasite eğrisi



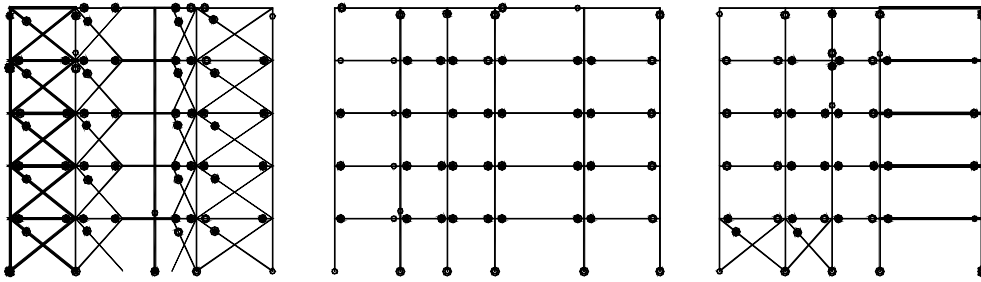
Şekil 9 Konut binasının uzun yöndeki kapasite eğrisi



Şekil 10 Konut binasının kısa yöndeki kapasite eğrisi



Şekil 11 5 katlı okul binasının zaman boyutunda davranış analizinden elde edilen en büyük tepe deplasmanındaki plastik mafsall oluşumları (uzun yönde)



Şekil 12 Konut binasının zaman boyutunda davranış analizinden elde edilen en büyük tepe deplasmanındaki plastik mafsall oluşumları (kısa yönde)

Kaynaklar

1. Yönetmelik: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1998, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, Türkiye.
2. Applied Technology Council, ATC-40, 1996, 'Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume 1-2, Redwood City, California.
3. Federal Emergency Management Agency (FEMA), 1997, 'NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA 273.
4. Federal Emergency Management Agency (FEMA), 2000, 'Prestandard and Commentary for the Rehabilitation of Buildings, FEMA 356.