

Perde Duvar ile Güçlendirilen Betonarme Çerçevenin ANSYS ve STA4-CAD Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Mustafa SIVRİ¹, Adnan KUYUCULAR², İlyas Devran ÇELİK³

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Teknolojisi, Isparta

² Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Denizli

³ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Bölümü, Isparta

Özet - Sonradan yapıya eklenen dolgu duvarları (güçlendirme perdeleri), betonarme yapının deprem dayanımını önemli oranda (ve pratik – hesaplı bir şekilde) artırmaktadır. Nitekim mevcut zayıf bir yapının deprem dayanımını artırmanın, günümüzdeki en etkin ve yaygın yöntemi de, yine perdelemedir. Bu yüzden, en yeni deneysel ve teorik araştırmanın pek çoğu, bu perdeleme konusuna odaklanmıştır.

Bu çalışmada, kısmi betonarme perde ilavesiyle betonarme çerçevelerin, yatay yüklemeye altındaki doğrusal olmayan davranışı, sonlu eleman metodunu kullanan ANSYS ve STA4-CAD programı ile incelenmiştir. İki katlı ve iki açıklıklı zayıf bir çerçevenin (hem perdesiz ve hem de perde duvar ile güçlendirilmiş halinin) doğrusal elastik olmayan analizleri, hem ANSYS ve hem de STA4-CAD ile yapılmıştır. Bulunan bu dört adet çıktı da, birbiri ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kısmi betonarme perde, güçlendirme, doğrusal olmayan sonlu eleman analizi, ANSYS

Comparison of ANSYS and STA4-CAD Analysis Results of Reinforced Concrete Frames with Shear Wall

Abstract - Later added infill walls of the structure (reinforcement shear walls) increases the earthquake resistance of reinforced concrete structure significantly (and practical – low cost). Indeed, at present the most effective and common method to increase the existing poor earthquake resistance of a structure is to infill reinforcement shear walls. Therefore, many of the latest experimental and theoretical researchs focused on the shear walls.

In this study, non-linear behaviors under lateral loading of reinforced concrete frames, which reinforced with the addition of partially reinforced concrete shear walls (also lab tested) were analyzed by ANSYS program which uses finite elements method. A weak two - storey and two - spans of the frame (bare frame and strengthened with infill walls structure) inelastic analysis made with ANSYS and STA4-CAD programs. These obtained four results compared with each other.

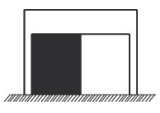
Key Words: Partial reinforced shear wall, strengthened, nonlinear finite element analysis, ANSYS

1. Giriş

Tamamına yakını önemli bir deprem riski taşıyan ülkemizde, betonarme binaların çok büyük bir kısmı, dayanım, rijitlik ve süneklik açısından yetersizdir. Bu yapılar için bir yandan dayanımın artırılması, öte yandan da görece yanıl otelenmenin (yer değiştirme talebinin) azaltılması gerekir. Bu devasa acil onarım – güçlendirme işinin ekonomik değeri, gerekliliği açıktır.

Betonarme yapıların güçlendirilmesi için birçok teknik geliştirilmiş olup bu yöntemler uygulanmaktadır. Yapıda rijitlik sorunu varsa ve güçlendirilecek eleman sayısı çok fazla ise, yapıya betonarme perdeler ekleyerek güçlendirmek ve yanıl rijitliğini artırmak, pratik bir yöntemdir.

Mimari ve üretim yönünden, yapıya betonarme perdelerin eklenmesi, bazı durumlarda önemli sorunlar yaratabilir. Böyle bir durumda, var olan çerçevelere perde işlevi görece betonarme dolgu duvarları eklemekte bir çözümdür. Bu ara çözüm (yöntem) de, gerçekçi ve ekonomik bir yaklaşımdır. Nitekim bu güçlendirme tekniği ülkemizde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü yapı taşıyıcı sistemine sonradan eklenen betonarme dolgu duvarları, yapının deprem performansını artırdığı geçmişte yapılan araştırmalarla ortaya konulmuştur ((Ersoy, (2002), Fukuyama ve Sugano (2000), Beassason ve Sigfusson (2001), Altun ve ark., (2003), Anıl ve Altın (2006), Anıl ve Belgin (2007), Kaltakçı ve Yavuz (2006), Kaltakçı ve Yılmaz (2006), Kara ve Altın (2006)). Yerinde

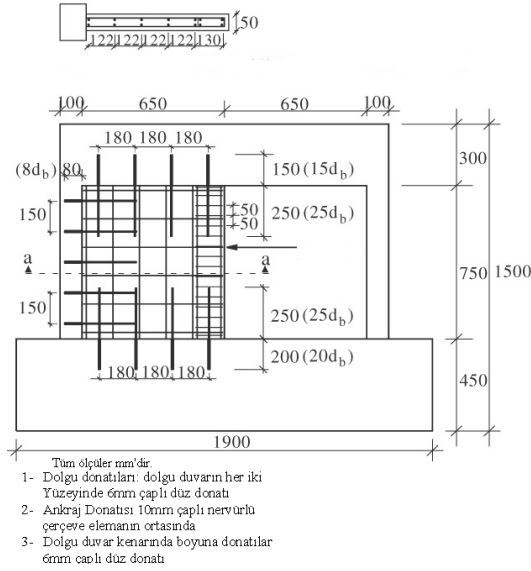
3		65 0	75 0	0. 87	24.3	22.5
---	---	---------	---------	----------	------	------

Çizelge 2.2. Dolgu elemanın donatıları ve ankraj donatısı (Anıl ve Altın, 2006).

Deney No	Dolgu Duvar Adet - Donatı çapı/Mesafe (mm)		Ankraj Donatı çapı/Mesafe (mm)	
	Yatay	Düşey	Yatay	Düşey
1	–	–	–	–
2	6 – 6/140	2 – 6/65	10/150	10/130
3	6 – 6/140	5 – 6/122	10/150	10/173

Ankraj donatıları eleman yüzeyinin ortasına tek sıra olarak yerleştirilmiştir.

Anıl ve Altın (2006), çerçeve ve dolgu duvarın birlikte çalışmasını sağlamak amacıyla çerçeve eleman üzerine açılan deliklere epoksi yardımıyla ankraj çubukları monte etmişlerdir. Ankraj çubukları 10 mm çaplı nervürlü donatıdır. Ankraj çubuklarının ve betonarme dolgu duvar donatıları Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2. Betonarme dolgu duvar ve ankraj donatıları (Anıl ve Altın, 2006).

ANSYS sonlu elemanlar programı ile betonarme elemanların davranışları farklı araştırmacılar tarafından kullanılmıştır (Barbosa ve Riberio (1998), Dede ve Dere (2006), Sivri vd. (2011)). Ayrıca programda beton için tanımlanan Solid65 elemanı ile çatlak haritaları görülebilmektedir.

Anıl ve Altın (2006), bütün deney elemanlarında betonarme dolgu duvar yüksekliği $h_w=750$ mm ve kalınlığı $b_w=50$ mm olarak almışlardır. Deneysel çalışmada, dolgu duvar uzunluğunu çerçeve açıklığının %25 ve %50’si olarak belirlemişlerdir. Deneyde kullanılan çerçeve ve dolgu duvar beton dayanımı yaklaşık 23 MPa’dır. Beton malzeme doğrusal olmayan davranışı Ansys programında Sheikh ve Üzümeri (1982) beton davranış modeli kullanılarak modellenmiştir. Donatı çubukları Biliner olarak programa tanımlanmıştır. Donatı özellikleri Çizelge 2.3’de verilmiştir.

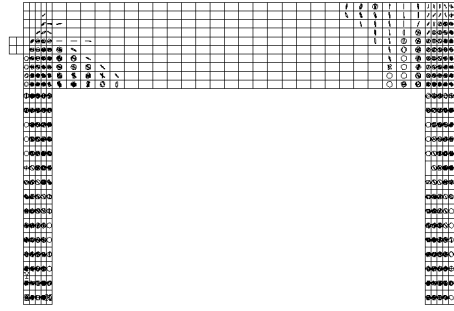
Çizelge 2.3. Donatı çubuklarının özellikleri (Anıl ve Altın, 2006).

Donatı Çapı (mm)	f_y (MPa)	f_{su} (MPa)	Tip
4	326	708	Düz
6	427	489	Düz
8	592	964	Nevürlü
10	475	689	Nevürlü
16	425	683	Nevürlü

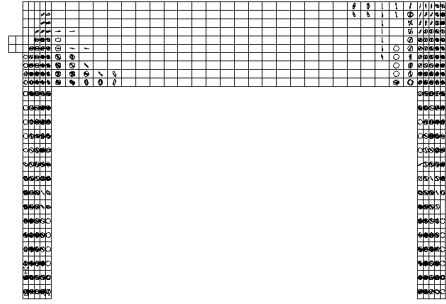
Anıl ve Altın (2006) deneylerini yaptıkları tek katlı tek açıklıklı kısmi betonarme perde ile güçlendirilmiş betonarme çerçeve sistemin sonlu elemanlar modeli ANSYS programında oluşturulmuş ve doğrusal olmayan analizi yapılmıştır. ANSYS programında beton malzeme için özel olarak verilen Solid65 elemanı kullanılmıştır. Çelik donatılar Solid65 sonlu eleman içerisinde hacim yüzdesi olarak yayılı olarak (Smaered) tanımlanabildiği gibi çubuk eleman (Link8) ile de modellenebilmektedir. Güçlendirilmemiş çerçevede açık çatlak kesme kuvveti taşıma katsayısının (Open Shear Transfer Coef.) 0.2 değeri için, Model1link8-02 modelinde yer değiştirme 20.1 mm değerine kadar analiz yapılmıştır. Açık çatlak kesme kuvveti taşıma katsayısının 0.5 alındığı Model1link8-05 modelinde ise, tepe yer değiştirme değeri 18.7 mm değerine ulaştığında, yakınsama probleminden dolayı analiz durmuştur. Model1link8-02, Model1link8-05 ve Model1-smrd modellerinin analizi sonucunda elde edilen çatlak haritaları Şekil 2.3’de, x yönü yer değiştirmeleri, Şekil 2.4’de verilmiştir.

Açıklığın %25’i genişliğinde perde duvar ile güçlendirilen betonarme çerçeve Model2-link8 ve Model2-smrd modelleri ANSYS analizleri yapılmıştır. Model2-link8 modelinde tepe yer değiştirmesi 21.1 mm değerine kadar analiz yapılabilmektedir. Model2-smrd modelinde tepe yer değiştirmesi 3.2 mm değerinde yakınsama hatalarından dolayı analize devam edilememiştir. Model2 çatlak haritası Şekil 2.5’te ve taban kesme

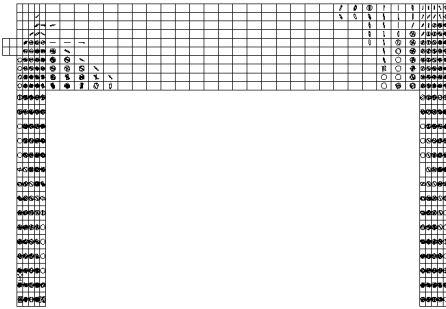
kuvveti- tepe yer değıştirmesi grafiği Şekil 2.6'da verilmiştir.



a). Model1link8-02 çatlak haritası (U=17.1 mm)

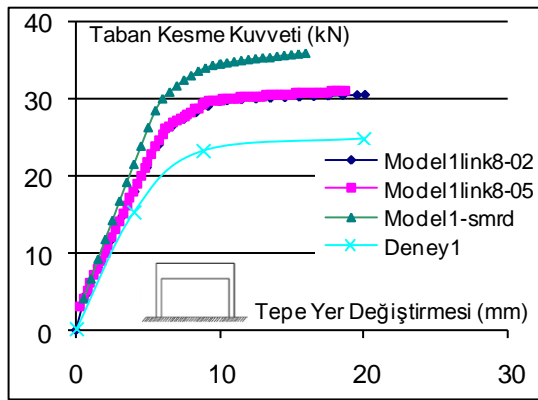


b). Model1link8-05 çatlak haritası (U=20.1 mm)

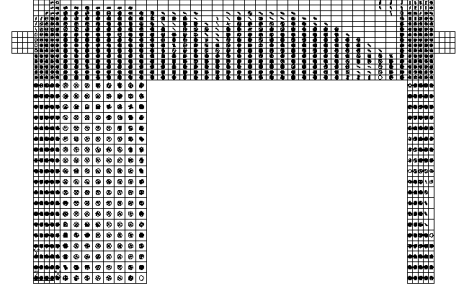


c). Model1link8-05 çatlak haritası (U=18.7 mm)

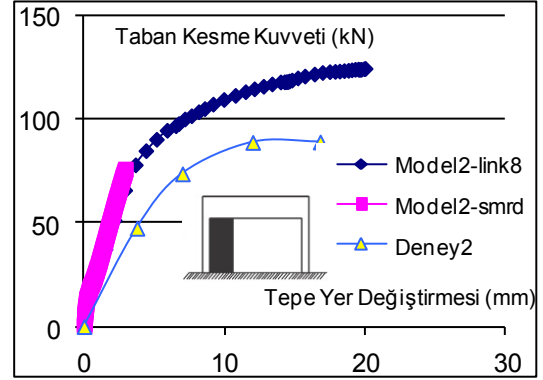
Şekil 2.3 ANSYS Model1 çatlak haritaları



Şekil 2.4. Betonarme çerçeve taban kesme kuvveti – tepe yer değıştirmesi

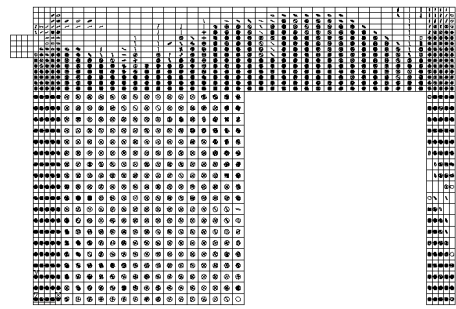


Şekil 2.5. Model3-link8 modeli çatlak haritası (U=21.2 mm)

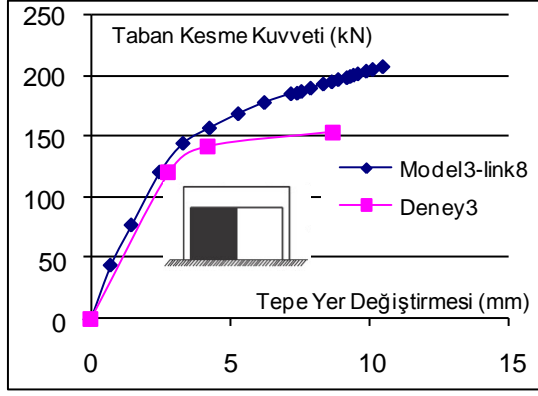


Şekil 2.6. Model2-link8 ve Model2-smrd taban kesme kuvveti – tepe yer değıştirmesi

Açıklığın %50'si genişliğinde perde duvar ile güçlendirilen betonarme çerçeve Model3-link8 modeli tepe yer değıştirmesinin 11.6 mm değerine kadar elde edilmiş fakat Model3 analiz sonucu yeterli bir nihai yer değıştirme seviyesine kadar elde edilememiştir. Model3-link8 analizinden elde edilen çatlak haritası Şekil 2.7'de ve taban kesme kuvveti- tepe yer değıştirmesi grafiği de Şekil 2.8'de verilmiştir.



Şekil 2.7. Model4-link8 modeli çatlak dağılımı (U=11.6 mm)



Şekil 2.8. model4-link8 taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirmesi

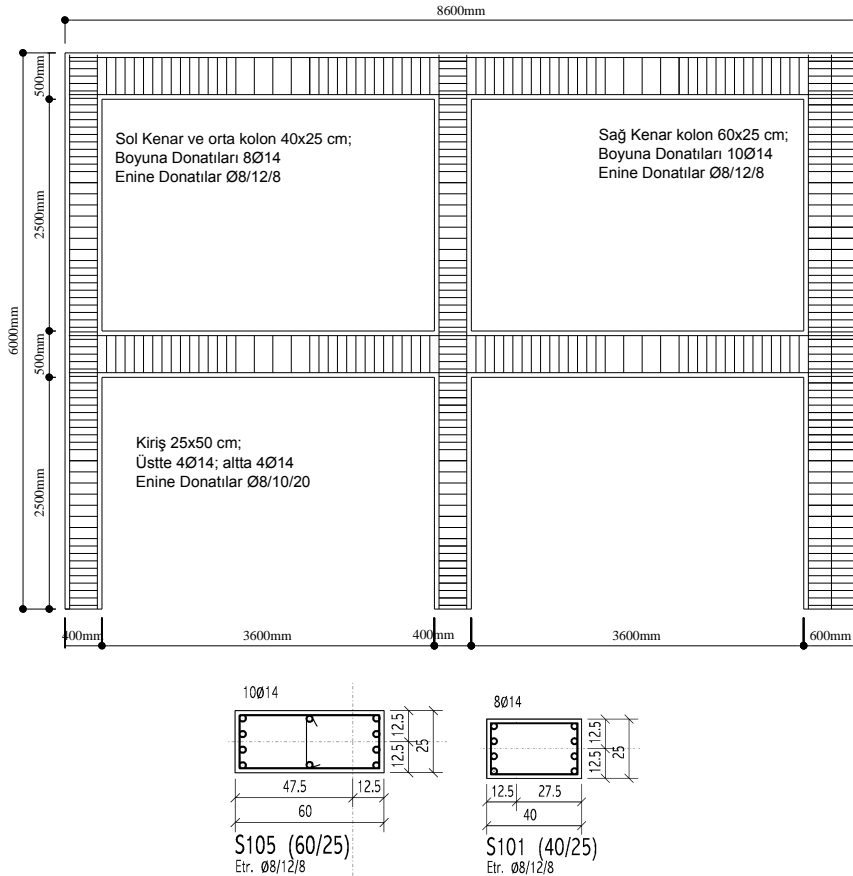
3. Betonarme Perde İle Güçlendirilmiş İki Katlı İki Açıklıklı Betonarme Çerçeve Geometrisi, ANSYS ve STA4-CAD Sonlu eleman Analiz Sonuçları

ANSYS ve STA4-CAD çözüm sonuçlarını karşılaştırmak için, iki katlı iki açıklıklı perdeli ve perdesiz iki betonarme çerçeve de ayrıca incelenmiştir. STA4-CAD programında DBYBHY (2007)'ye göre, kirişlerin genişliği, en az 25 cm olmak zorundadır. Deneysel elemanları ise, 1/3 ölçekli

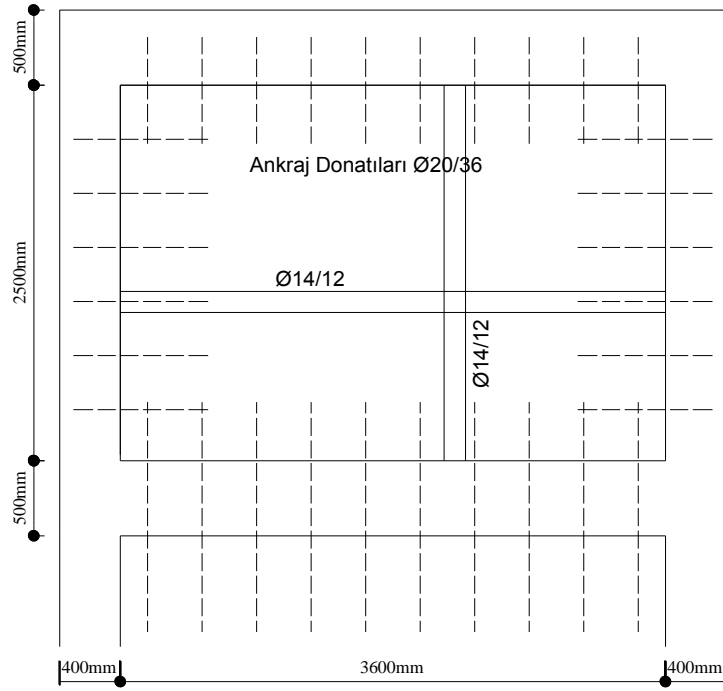
imal edilmekte ve böylece denenmektedir. Bu yüzden STA4-CAD ortamındaki bu çubuk elamanlı

3D sistem modeli, 1'e 1 olarak (fakat 3D sonlu elemanlar ile) ANSYS'de ayrıca modellenmiştir. İki katlı (iki kat döşemeli), enine iki açıklıklı ve boyuna tek açıklıklı 3D bir model daha elde edilmiştir. ABYYHY (1975)'e göre kolon ve kiriş donatıları belirlenmiştir. Elde edilen kolon ve kiriş donatılarına göre tekil tepe yatay yükü, sadece ikinci (üst) kat seviyesinden etkilerek taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirmesi ilişkisi elde edilmiştir. Çerçeve sistem geometrisi Şekil 3.1'de verilmiştir.

Çerçevadaki beton dayanımı 16 MPa, eski düz donatının akma dayanımı 220 MPa olarak seçilmiştir. İki katta da her iki açıklığı dolduran güçlendirme perdeleri ise, kolondan kolondır. Perde kalınlığı 25 cm ve genişliği 360 cm'dir. Perde beton dayanımı 25 MPa ve nervürlü donatının akma dayanımı, $f_{yd} = 420 \text{ MPa}$ kabul edilmiştir. Perdenin iki yüzündeki düşey ve yatay Ø20 ankrajların tümü 360 mm aralıklara sahiptir. Bu güçlendirme perdesinin donatı detayları, Şekil 3.2'deki gibidir.



Şekil 3.1. Betonarme çerçeve geometrisi ve donatı detayı

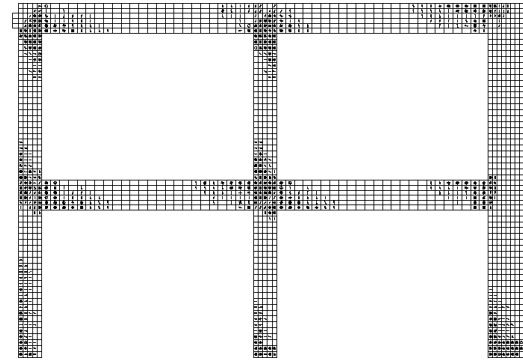


Şekil 3.2. Betonarme perde donatı detayları

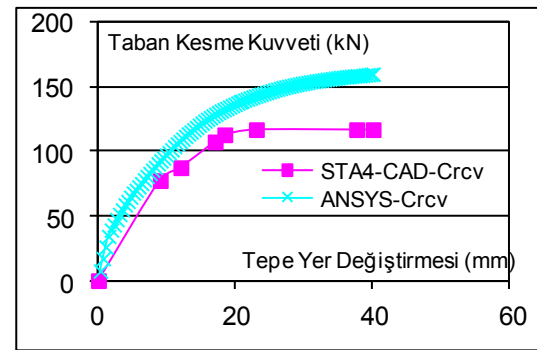
Şekil 3.1’de verilen iki katlı iki açıklıklı perdesiz çerçevenin ve Şekil 3.2’deki perdeli çerçevenin doğrusal olmayan analizi, hem ANSYS ve hem de STA4-CAD ile yapılmıştır. Önce STA4-CAD paket programıyla, bu iki (perdesiz ve perdeli) sistemin betonarme donatı detayları belirlenmiştir. Daha sonra, bu donatı detaylarına göre iki sistemin ANSYS modeli (Crcv) hazırlanmıştır. Betonarme perde eklenmiş (Perdeli) ve eklenmemiş (Crcv) halindeki bu iki sisteme ait STA4-CAD ve ANSYS modelleri (toplam 4 model) ile doğrusal olmayan analize geçilmiştir.

STA4-CAD programında yapı elemanlarının ağırlığından hesaplanan düşey yükler ANSYS programına 1. yükleme olarak girilmiştir. Artan tekil yük, üst kat seviyesinde ve yatay uygulanmaktadır. Güçlendirme perdeli çerçevenin ANSYS analizi, tepe yer değiştirmesi 12 mm’ye vardığı bir safhada, ANSYS analizi tıkanmaktadır (yakınsama problemi).

Betonarme çerçeve sistemin ANSYS programından elde edilen çatlak haritası Şekil 3.3’te verilmiştir. STA4-CAD ve ANSYS analizleri taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirmesi grafiği de Şekil 3.4’ görülmektedir.

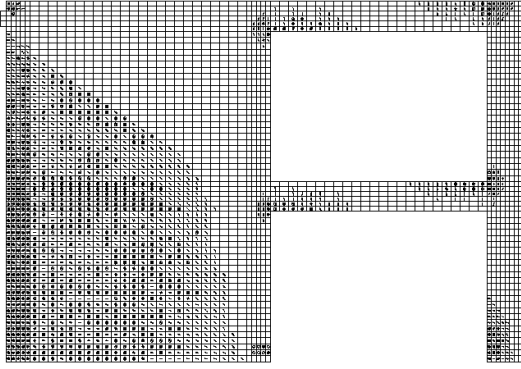


Şekil 3.3. Crcv modeli çatlak dağılımı (U=45 mm)

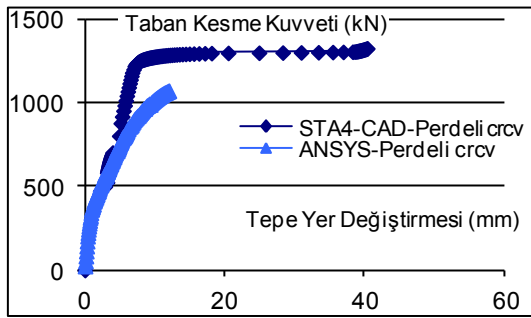


Şekil 3.4. Betonarme çerçeve için taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirmesi

Betonarme çerçeve sistemin sol açıklığının betonarme perde ile tamamen doldurularak güçlendirildiği perdeli sistemin ANSYS programından elde edilen çatlak haritası Şekil 3.5’te verilmiştir. STA4-CAD ve ANSYS analizleri taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirmesi grafiği de Şekil 3.6’ görülmektedir.



Şekil 3.5. Perdeli crcv modeli çatlak dağılımı
($U=12.8$ mm)



Şekil 3.6. Perde duvar ile güçlendirilmiş çerçeve
taban kesme kuvveti - tepe yer değiştirmesi

Bu iki sistem, malzeme davranışı açısından, doğrusal olmadığı için, taban kesme kuvveti - tepe yer değiştirme grafiği gerçekte eğriseldir (paraboliktir). Fakat bu iki sistemin STA4-CAD çözümleri, daha ziyade iki - üç doğrusal bir davranışı yansıtmaktadır. Bu durumun, iki doğrultulu (elasto plastik) noktasal plastik mafsallı kabulünden kaynaklandığı bellidir (bu durumda STA4-CAD, 3D sonlu eleman analizi yapmamaktadır). Bu 3D sonlu eleman analizi, perde elemanları için çok daha gereklidir. Nitekim perdeli sistemin STA4-CAD sonuçları, gerçek durumdan çok daha farklıdır. Fakat bunun fazla bir önemi yoktur. Çünkü, gündelik - sıradan işlerin yapıldığı bu tasarım yazılımlarının 2D perde modelleri (ve elastik çözüm sonuçları) bile birbirini tutmamaktadır (Kuyucular ve Kandak, 2008).

4. SONUÇ

Bu çalışma, perde eklenerek güçlendirilmiş sismik dayanımı zayıf betonarme çerçeveler için yapılan bazı deneylerin verileri, doğrusal olmayan ayrık analiz (sonlu elemanlar yöntemi) sonuçları ile sorgulanmıştır (ve tekrar elde edilmiştir).

ANSYS modelinde yükleme sırasında oluşan çatlaklar, yazılım çıktısı olarak (ve grafikler halinde) elde edilmektedir. İncelenen sistemlere ait her bir sonlu eleman modelinde, gözle görülemez

derecede ince olan pek çok çatlak bulunmaktadır. Bu çatlakların da çizilmesi halinde, çatlak sayısı çok fazla olmaktadır. Ne yazık ki, ANSYS yazılımı, çatlak genişlikleri hakkında hiç bir bilgi verememektedir. ANSYS analizi sonucu çokça (ve yaygın) çatlak görülen yerler ile, deneylerde oluşan çatlak konumları genelde uyumludur. Ancak çatlaklı betonarme sistemin tersinir yük altındaki bir çatlak dağılımı ANSYS ile bulunamamaktadır.

ANSYS analizinden ve deneylerden elde edilen, yük - tepe yer değiştirmesi ilişkileri, birbirleriyle karşılaştırılmış ve eğilmeye çalışan çerçeve ve kısmi betonarme perde sistemlerde çözüm sonuçlarının deneylere yakın olduğu görülmektedir. Kesme davranışı gösteren perde güçlendirme sistemlerinde (perde yükseklığı/perde genişliği oranı ikiye yakın) ANSYS sonuçları deney sonuçlarından daha yüksek hesaplanmakta ve plastik davranış yakınsama hatalarından dolayı çoğu zaman elde edilememektedir. Donatının Smaered olarak tanımlandığı modeller, donatının Link8 olarak tanımlandığı modellere göre, yük taşıma kapasitesini, daha yüksek vermektedir.

Betonarme yapıların doğrusal olmayan tasarımı - projelendirilmesi için kullanılan yazılımların hemen hepsi, betonarme perdeleri, çubuk elemanlar olarak (ve kabaca) modellemektedir. Perdeleri sonlu elemanlar şeklinde, 2D veya 3D sonlu elemanlar ile modellediğinde ise, ancak doğrusal analiz yapmaktadır. Özellikle perdeli ve düzensiz yapılar için, bu lisanslı paket yazılımların sonuçları (doğrusal analiz halinde bile), birbirini hiç tutmamaktadır.

Bu çalışma kapsamında, perdeli - çerçevesel betonarme sistemler için, ANSYS ile yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar ve öneriler, şöylece özetlenebilir:

- Donatıların Smaered (yayıllı) olarak tanımlandığı modellerde donatı, hacim içerisindeki oranı ve doğrultusuna bağlı olarak tanımlanmaktadır. İki etriye arasında kalan beton sargı bölgesi (çekirdek - göbek) dışında kalmaktadır. Smaered modelinde hacim içerisinde yayılı olarak tanımlanan donatı, özellikle kaymaya çalışan 2D elemanlarda (küt perdelerde), daha büyük yük taşıma kapasitesi vermektedir.
- Donatıların doğrusal Link8 (çubuk) olarak tanımlandığı modellerde, eleman sayısı, çok daha fazla olmaktadır. Dolayısıyla analiz süresi de artmaktadır.
- Smaered modellerinde donatının Solid65 eleman içerisinde yayılı olması, çatlaklı veya ezilen betonun dağılmasını engellediğinden ötürü, çözümlerde yakınsama problemi ile daha az

karşılaşmaktadır. Böyle yayılı donatı kabulü ile bulunan çözümlerde, ulaşılabilen tepe yer değiştirmesi değerleri, daha büyüktür.

- Link8 modellerinde, plastik davranış bölgesinin çatlama ve ezilmesinden ötürü, kabuk betonu gerilmeleri sıfırlanmakta (veya sıfıra yakın olmakta) ve bu yüzden, düğüm noktası ötelenmeleri de çok büyük çıkmaktadır (ve sonsuza gitmektedir). Yine bu yüzden programda yakınsama olmamaktadır (ve çözüm durmaktadır). Çözüm parametreleri değiştirilerek, analiz bazen biraz daha sürdürülebilir. Fakat bu zorlama çözüm, zaman kaybına neden olmaktadır.

- 3D betonarme gerçek sistemler için, ANSYS (ve benzeri yazılımlar) ile böyle doğrusal olmayan bir çözümün bulunması, çok uzun sürmekte ve yakınsama hatalarıyla karşılaşıldığından bazen gerçek çözüme ulaşamamaktadır

Bir perde duvar eklenmiş ve eklenmemiş 2D (iki katlı iki açıklı) betonarme çerçevelerin ANSYS modellerinin doğrusal olmayan analizi yapılmıştır. Sistem, malzeme davranışı açısından, doğrusal olmadığı için, taban kesme kuvveti - tepe yer değiştirme grafiği hep eğriseldir (paraboliktir). Aynı iki sistem, ayrıca STA4-CAD ile de incelenmiştir. Doğrusal olmayan analizi, STA4-CAD noktasal plastik mafsallı çubuk elemanlı modeller üzerinden yapmaktadır (3D sonlu eleman modeli kurmamaktadır). Ayrıca, gündelik - sıradan işlerin yapıldığı bu tasarım yazılımlarının elastik çözüm sonuçları bile birbirini tutmamaktadır.

5. KAYNAKLAR

[1] ABYYHY, 1975, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

[2] ABYYHY, 1998, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

[3] Anıl, Ö., Altın, S., 2006. An experimental study on reinforced concrete partialy infilled frames. *Engineering Structures*, 29(2007) 449-460.

[4] Anıl, Ö., Belgin, M.Ç., 2007. Monotonik yükleme altındaki dikdörtgen kesitli betonarme kirişlerin sonlu elemanlar yöntemi ile doğrusal olmayan analizi. *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, Cilt 22, No:1.

[5] ANSYS R11.0. Swanson Analyses System. 2007.

[6] Altun F., Kara H.B., Uncuoğlu E., Karahan., Betonarme Yapılarda Deprem Hasarları ve 6 Katlı Bir Yapının Güçlendirme Çalışmaları, *Gazi Üniv. Fen Bilimleri Dergisi*, 16-2, 309-318, 2003

[7] Barbosa, A.F., Ribeiro, G.O., 1998. Analysis of reinforced concrete structures using ANSYS nonlinear concrete model. *Computational Mechanics*, Cimne, Barcelona, Spain.

[8] Bessason, B., Sigfusson, T., 2001, "Capacity and Earthquake Response Analysis of RC-Shear Walls", *Nordic Concrete Research*, The Nordic Concrete Federation, Publication no.27,2001 (2), 1-14

[9] DBYBHY, 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

[10] Dede, F.T., Dere Y., 2006. Betonarme yapı elemanlarının ANSYS ile sonlu eleman modeli ve doğrusal olmayan analizi. *Yedinci Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi*,

[11] Ersoy, U., Özcebe, G., 2001. Betonarme, Evrim Yayınevi, İstanbul.

[12] Ersoy, U., 2002, "Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesinde ODTÜ Yaklaşımı Deneysel Araştırmalar ve Uygulama", Prof.Dr. Kemal Özden'i Anma Semineri, İstanbul, Türkiye, s.1-25.

[13] Fukuyama, H., Sugano, S., 2000, "Japanese Seismic Rehabilitation of Concrete Buildings After the Hyogoken-Nanbu Earthquake", *Cement and Concrete Composites*, Volume: 22, pp. 59-79.

[14] Kaltakçı, M.Y., Yavuz, G., 2006. Kısmi betonarme perde duvar ile güçlendirilmiş betonarme çerçevelerin depremi benzeştiren yatay yük etkisindeki davranışı. *Yedinci Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi*.

[15] Kaltakçı, M.Y., Yılmaz, Ü.S., Arslan H., 2006. Kapasitesi düşük olan betonarme çerçevelerin dış perde duvar uygulaması ile güçlendirilmesi. *Yedinci Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi*.

[16] Kara, M.E., Altın, S., 2006. Behavior of reinforced concrete frames with reinforced concrete partial infills. *ACI Structurel Journal*, 103-S72

[17] Kuyucular, A., Kandak Ö. Ö., 2008. Statik – betonarme tasarım için Türkiye’de kullanılan ticari paket yazılımların farklı sonuçları. *Akademik Bilişim Sempozyumu, Çanakkale 18 Mart Üniversitesi*, Syf: 641-654

[18] Sheikh, S.A., Üzümeri, S.M., 1982. Analytical model for concrete confinement in tied columns. ASCE Journal of the Structural Division, V. 108, No. 12, 2703-2722.

[19] Sivri, M., Yavuz, G., Kaltakçı, M.Y., Kuyucular, A., 2011. Kısmi betonarme perde ile güçlendirilmiş betonarme çerçeve sistemlerin nonlineer sonlu eleman analizi. Yedinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul

[20] TS500, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.