

## MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEPREM GÜVENLİKLERİNİN ARTIRILMASI

**G. ÖZCEBE, U. ERSOY, T.TANKUT, U. AKYÜZ,**

**E.ERDURAN, S.KESKİN, C. MERTOL**

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,  
Ankara 06531, Türkiye*

### ÖZET

Bildiride mevcut binaların, boşaltılmadan ve içindekiler rahatsız edilmeden güçlendirilmesini sağlayacak ekonomik bir yöntemin ODTÜ’de gerçekleştirilen deneysel çalışmalarla oluşturulduğu anlatılmaktadır. Geliştirilen yöntem sayesinde boşluklu tuğla dolgulu çerçevelerin dayanımı iki katı aşan oranlarda artırılmıştır. Güçlendirilmiş dolgu duvarlı çerçeveler referans elemanı ile karşılaştırıldıklarında daha kararlı yük çevirimleri sergilediği görülmüş, gerek dayanımın gerekse rijitliğin erken yük çevrimlerinde tükenmesinin önüne geçirmiştir. Güçlendirilmiş olan elemanlar daha fazla enerji tüketebilmişlerdir.

### Giriş

Ülkemizdeki betonarme yapılar genellikle yeterli yanal dayanım ve rijitliğe sahip olmayan, donatı detayları deprem davranışı açısından yetersiz, beton dayanımları düşük çerçevelerden oluşmaktadır. Bunun yanında bu yapılarda yumuşak kat, kısa kolon, kuvvetli kiriş zayıf kolon gibi sistem yetersizliklerinin de bulunması, deprem güvenlikleri yeterli olmayan büyük bir yapı stokunu gündeme getirmektedir. Bu zayıflıklara sahip yapıların kuvvetli bir depremde sağlıklı bir davranış sergilemesini beklemek mümkün değildir. Bu nedenle, bir öncelik sırası belirlenerek, mevcut yapı stokunun deprem güvenliğinin artırılması gerekmektedir.

Güçlendirilmesi gereken bina sayısı gözönüne alındığında, bu binaların hepsinin deprem sonrası kullanılabilirliğini koruyacak şekilde güçlendirilmelerinin ekonomik olarak mümkün olmadığı görülmektedir. Diğer taraftan, can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi için bu binaların büyük bir depremde göçmelerinin engellenmesi de gerekmektedir.

ODTÜ Yapı Mekaniği Laboratuvarı’nda 1969’dan bu yana sürdürülen araştırmalar<sup>(1, 2, 3, 4, 5, 6)</sup> betonarme çerçevelerin bazı gözlerinin betonarme panellerle doldurulması ile oluşturulan dolgulu çerçevelerin, tıpkı betonarme perde duvar gibi davranarak binanın yatay yük dayanımını ve rijitliğini önemli oranda artırdığını göstermiştir. Bu araştırmalar, ODTÜ tarafından “Sistem İyileştirmesi” adı verilen onarım/güçlendirme yönteminin temelini oluşturmuştur. Sistem iyileştirilmesinde yeni bir yatay yük taşıma sistemi oluşturulmakta ve mevcut çerçeveler, salt düşey yük taşıyan sistemler olarak düşünülmektedir. Böylece hem yanal dayanım ve yanal rijitlik istenilen düzeye getirilmekte, hem de deprem açısından birçok sakınca içeren zayıf çerçevelerin yatay yükten alacakları pay en aza indirilmektedir.

Sözü edilen "Dolgu Çerçeve" yöntemi, birçok zayıflık ve kusur içeren ülkemiz binalarının onarım ve güçlendirilmesi için en pratik, en güvenilir ve en ekonomik çözüm olarak kabul edilmektedir. Bu yöntem Erzincan (1992), Dinar (1995) ve Ceyhan (1998) depremlerinde hasar gören çok sayıda binaya uygulanmıştır <sup>(6)</sup>.

Oldukça iyi incelenmiş ve geliştirilmiş olan "Betonarme Dolgu Çerçeve" yönteminin, hasar görmüş ve boşaltılmış binalar için uygun bir yöntem olmasına karşın, kullanımda olan binalara uygulanmasında bazı sorunlar vardır. Bu çözüm ve yöntemin diğer birçok çözüm ve yöntem gibi en büyük sakıncası, onarılacak/güçlendirilecek binanın boşaltılmasının zorunlu olmasıdır. Bu nedenle, "Betonarme Dolgu Çerçeve" yöntemini halen kullanımda olan binaların, özellikle konut ve/vaya ofis olarak kullanılanlarının güçlendirilmesinde uygulamak hemen hemen imkansızdır. Zira bu tip binaların güçlendirilme işleminin uygulanabilmesi için boşaltılması genellikle mümkün olamamaktadır.

Bu nedenle, kullanımda olan binaların güçlendirilebilmesi için binanın boşaltılmasını gerektirmeyen, hızlı ve binanın kullanımını aksatmadan uygulanabilen, ekonomik yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Geçmişte yapılan çalışmalar, yanal ötelenmeler belirli düzeyi geçmediği sürece, boşluklu tuğla duvarların betonarme çerçevelerin hem yanal rijitliğini hem de dayanımını önemli oranda artırdığını göstermektedir <sup>(3)</sup>. Ne var ki, yanal ötelenler belirli bir düzeyi aştığında söz konusu duvarlar ezilerek devre dışı kalmakta ve betonarme çerçevenin davranışına tüm deprem süresince katkıda bulunamamaktadır. Eğer boşluklu tuğla duvarların deprem sırasında ezilerek devre dışı kalmaları engellenebilirse, yapının göçme olasılığının önemli ölçüde azalacağı açıktır. Bunun sağlanması ancak mevcut yapıdaki tuğla duvarların tümünün veya bir kısmının güçlendirilmesi ile mümkündür.

Mevcut delikli tuğla dolgu duvarların güçlendirilip, perde duvar gibi davranmasını sağlayabilmek için akla öncelikli olarak iki ayrı yöntem gelmektedir.

1. Karbon lifi içeren tabakalarla (CFRP) güçlendirme.
2. Çerçeve elemanlarına ve birbirlerine özel bağlantılarla tutturulan önüretimli ince betonarme plakalarla güçlendirme.

Akla gelen seçenekler arasında karbon lifli kompozit (CFRP) kullanılarak yapılacak olan tuğla duvar güçlendirmesi öne çıkmaktadır. Zira bu malzeme hem çok yüksek çekme dayanımına sahiptir, hem de çok hafiftir. Ayrıca kolay uygulanabilir olması, tuğla duvar güçlendirmesinde CFRP kullanımını oldukça çekici kılmaktadır.

Bu konunun araştırılması amacıyla ODTÜ Yapı Mekaniği Laboratuvarı'nda deneysel bir çalışma başlatılmıştır. Bu çalışma kapsamında, ülkemizde sıklıkla görülen zayıflıkları içeren 1/3 ölçekli, iki katlı, tek açıklıklı altı adet çerçeve üretilmiş, çerçeve gözleri 1/3 ölçekli delikli tuğla duvar ile kapatılmış, ülkemizdeki genel uygulamaya uygun olarak duvarların her iki yüzü de sıvanmıştır. Bu şekilde üretilen deney elemanları, daha sonra değişik CFRP örtü uygulamaları ile güçlendirildikten sonra denenmiştir.

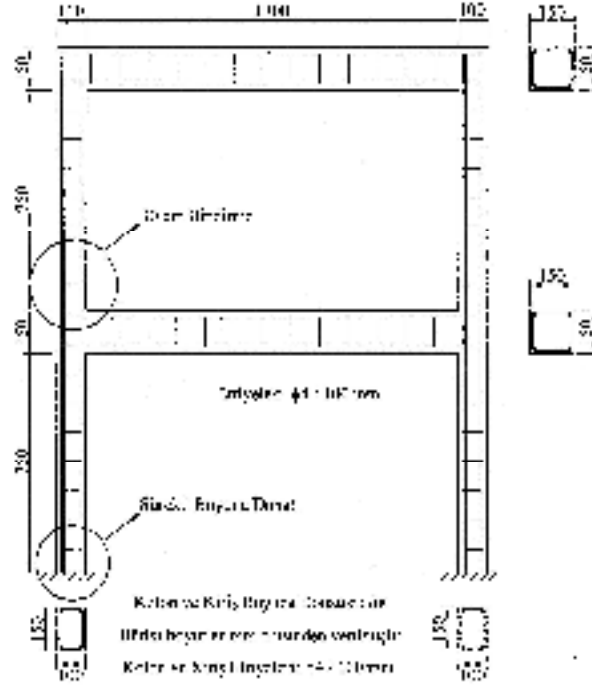
Bu bildiriye, ODTÜ'de yapılmış olan deneysel bir araştırmanın detayları sunulmakta ve ulaşılan sonuçlar, mevcut yapıların deprem güvenliklerinin artırılması açısından irdelenmektedir.

## DENEYSEL ÇALIŞMA

### Deney Elemanları:

Bu çalışma çerçevesinde altı adet boşluklu tuğla duvar dolgulu betonarme çerçeve test edilmiştir. Deney elemanları, uygulamada sıkça görülen, yetersiz sargı donatısı, yetersiz donatı detaylandırması, düşük beton dayanımı gibi zayıflıkları içerecek biçimde tasarlanmıştır. Tüm deney elemanlarının betonarme çerçevelerindeki malzeme özellikleri ve donatı detayları aynıdır. Çerçevelerin dökümü ve deneyler, eleman yatay konumdayken yapılmıştır. İki katlı tek açıklıklı betonarme çerçeve davranışının elde edilebilmesi için birbirine, görece rijit bir temel kirişiyle bağlı, iki adet çerçeve üretilmiştir. Böylece gerçekte olduğu gibi birinci kat kolon uçlarındaki dönmeler engellenmeye çalışılmıştır. Ancak, deney sırasında elemanın simetrik kalması her zaman mümkün olamamaktadır. Bu nedenle temel düzeyinde meydana gelen dönmeler ölçülmüş ve hesaplarda kullanılmıştır. Üretilen betonarme çerçevelerin boyutları ve donatı detayı, Şekil 1’de gösterilmiştir.

Betonarme çerçevelerin üretimi ve kürü tamamlandıktan sonra boşluklu tuğla duvarlar örülmüştür. Duvarların örülmesi, eleman düşey durumdayken yapılmıştır. Gerçek davranışın yansıtılabilmesi için ikiz çerçevelerden ilkinin duvarı örüldükten sonra deney elemanı ters çevirilmiş ve diğer çerçevenin duvarı örülmüştür. Son olarak, boşluklu tuğla duvarlar uygulamada yapıldığı gibi sıvanmıştır. Üretilen çerçevelerin özellikleri Tablo 1 de özetlenmiştir.



Şekil 1 Deney elemanlarının boyutları ve donatı detayları

Aynı özelliklerde üretilen altı çerçevelerden ilki, iki yüzü sıvalı, tuğla duvar dolgulu çerçeve olarak imal edilmiştir. Referans elemanı olarak kullanılacak olan bu çerçeve, hiçbir güçlendirme yapılmadan denenmiştir.

Geriye kalan beş dolgulu çerçeve, çeşitli CFRP ve özel ankraj detayları uygulanarak güçlendirilmiştir. İkinci deney elemanı referans elemanı gibi üretildikten sonra, tuğla duvarların her iki yüzü, birbirine dik iki kat CFRP örtü ile tamamen kaplanmıştır. Bu uygulama sırasında tuğla duvarların üzerindeki sıva kaldırılmamıştır. CFRP uygulaması yalnızca tuğla duvarlarla sınırlı tutulmuş, betonarme elemanlara CFRP uygulanmamıştır. Ayrıca, bu elemanda herhangi bir özel ankraj

kullanılmamıştır. Deney sırasında uygulanan CFRP elemanın yüzeyinden kolayca ayrılmıştır. Bu nedenle dayanım ve rijitlik açısından önemli bir iyileşme sağlanamamıştır.

Üçüncü deney elemanının sadece bir yüzü (dış cepheyi temsil eden), hem betonarme elemanları hem de tuğla duvarları içerecek şekilde, iki kat CFRP ile kaplanmıştır. Bu elemanın CFRP örtüsü, gene CFRP kullanılarak geliştirilen özel ankrajlar ile çeşitli noktalardan betonarme elemanlara çivileme yöntemiyle de tuturulmuştur. Fakat uygulanan ankraj metodunun ve miktarının yeterli olmadığı deney sırasında açıkça görülmüştür.

Hem ikinci, hem de üçüncü deneylerde göçme, birinci kattaki kolon-kiriş bağlantısının kırılması sonucu olmuştur. Göçme mekanizmasının zemin kat yerine birinci katta oluşması, bu kattaki bindirmeli eklerde sorunlar olduğunu göstermiştir. Her ne kadar bindirme boyları yeterliyse de ( $\geq 40\phi$ ) sargı donatısı yetersizliğinden ötürü bu bölgede yerel bazı zayıflık oluşmuştur. Bu nedenle, dördüncü deney elemanının CFRP ve ankraj detaylandırması ikinci ve üçüncü deney sonuçları gözönüne alınarak yapılmıştır. Bu elemanın her iki yüzünde iki kat CFRP ile kaplanmıştır. Üçüncü deney elemanından farklı olarak, bindirmeli ek bölgelerinin sargılanması için birinci kat kolonlarının alt 350 mm'lik bölümleri, iki yönlü (birbirine dik iki kat) CFRP ile sarılmıştır. Üçüncü deneyde kullanılan ankrajlar geliştirilmiş ve sayıları artırılmıştır. Bu güçlendirme sonucunda, elemanın hem kapasitesi hem de davranışı oldukça etkili bir biçimde iyileştirilmiştir. Fakat bu elemanın güçlendirilmesinde kullanılan CFRP miktarı ekonomik olmaktan çok uzaktır. Ayrıca deney sırasında yapılan gözlemler sonucunda, uygulanan CFRP donatının, çaprazlar şeklinde çalıştığı ve çaprazlar dışında kalan bölgenin katkısının oldukça sınırlı olduğu anlaşılmıştır.

Son deney elemanının tasarımında, beşinci elemanda kullanılan CFRP detayı tekrarlanmıştır. İki eleman arasındaki tek fark, bu elemanın zemin kat kolonlarının alt uçlarının sarılmış olmasıdır. Burada amaç plastik mafsallaşmayı geciktirerek elemanın daha fazla yük taşıyıp taşıyamayacağını araştırılmasıdır.

## **Deney Düzeneği ve Deney Yöntemi**

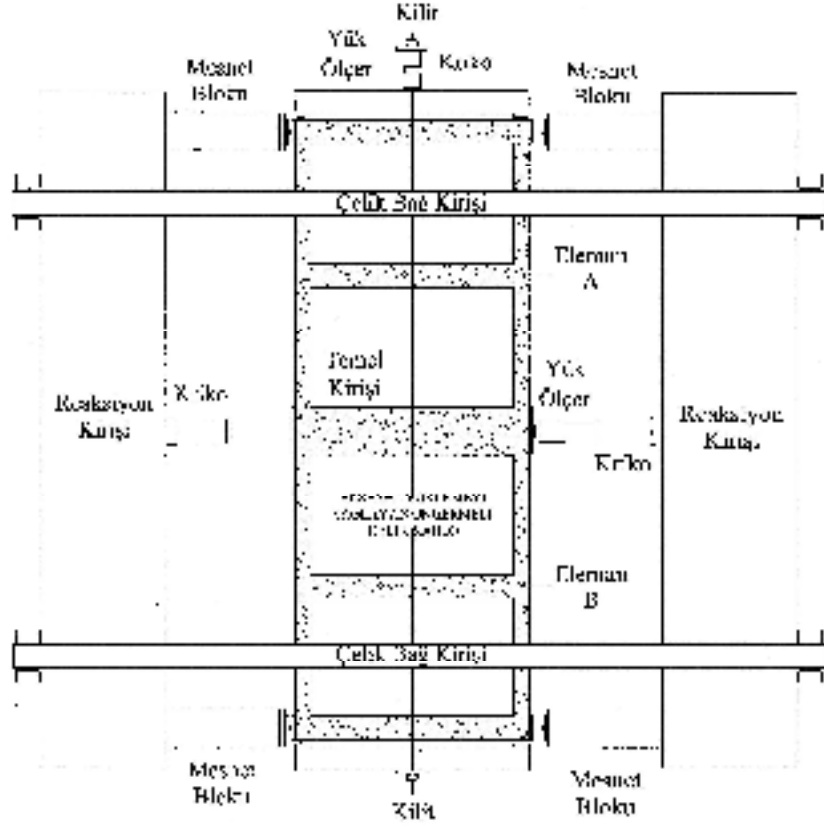
Test edilen iki katlı tek açıklıklı çerçevelerin gerçeğe uygun davranış göstermesi için sadece deney elemanlarının değil, aynı zamanda deney düzeneğinde simetrik olması gerekmektedir. Bu amaçla Şekil 2'de gösterilen düzenek hazırlanmıştır. ODTU'de 1985 yılından bu yana kullanılmakta olan bu deney düzeneği, iki adet betonarme reaksiyon kirişi, iki adet çelik bağ kirişi, yükleme ekipmanı ve ölçüm aletlerinden oluşmaktadır. Gerçek davranışın yansıtılabilmesi için öngermeli kablo vasıtasıyla kolonlara dengeli durumun yüzde 50'sine karşılık gelen eksenel yük uygulanmıştır. Sözü geçen öngörme kuvveti, krikoyardımla basit menetli bir çelik kirişin ortasına uygulanmıştır. Çelik kirişin mesnet reaksiyonları her bir kolonun üzerine uygulanan eksenel kuvveti vermektedir.

Deneyler sırasında gerek uygulanan yükün, gerekse deplasmanların ölçülmesi elektronik cihazlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yük okumaları, elektronik yük hücresi ile gerçekleştirilmiştir. Deplasmanların ölçülmesi için elektronik LVDT'ler ve elektronik komparatörler kullanılmıştır. Deney süresince bu aletlerden gelen sinyaller bilgisayar destekli veri toplama sistemi aracılığı ile otomatik olarak kaydedilmiştir. Ölçüm sisteminde kullanılan cihazların yerleri Şekil 3'te gösterilmektedir.

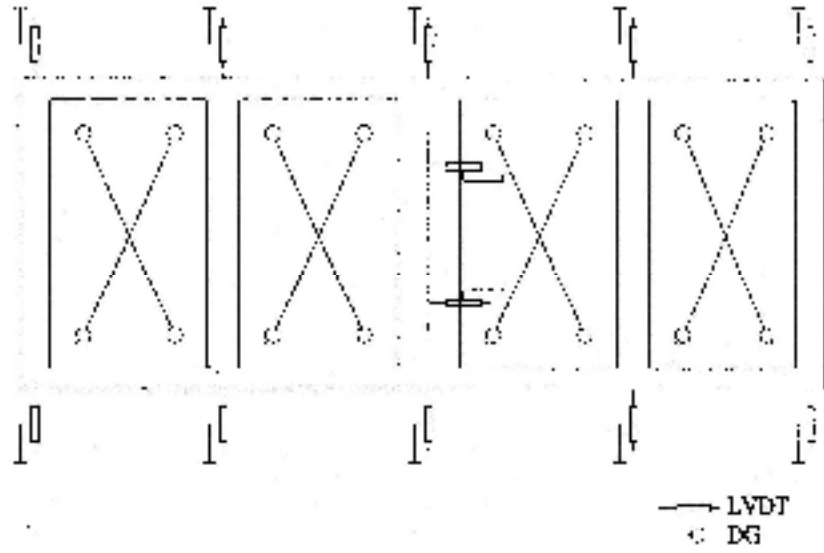
Tüm deneylere, kolonlara eksenel yük uygulayarak başlanılmıştır. Deney elemanlara depremi benzeştiren tersinir tekrarlanır yatay yük ikinci kat düzeyinde uygulanmıştır. Elemanlara uygulanan yatay yük geçmişi aynı tutulmuştur. Bu şekilde deney sonuçlarının sağlıklı bir şekilde karşılaştırmalarının yapılması mümkün olmuştur.

**Tablo 1** Deney elemanlarının özellikleri

|   |                      | ELEMEN ADI |      |                 |                    |                    |                    |                    |
|---|----------------------|------------|------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|   |                      | SP1        | SP2  | SP3             | SP4                | SP5                | SP6                |                    |
| Boyuna Donatı Çeliği                    | Akma Dayanımı (MPa)  | 388        | 388  | 388             | 388                | 388                | 388                |                    |
|   | Çekme Dayanımı (MPa) | 532        | 532  | 532             | 532                | 532                | 532                |                    |
|   | Çap (mm)             | 8          | 8    | 8               | 8                  | 8                  | 8                  |                    |
| Etriye Çeliği                           | Akma Dayanımı (MPa)  | 279        | 279  | 279             | 279                | 279                | 279                |                    |
|   | Çekme Dayanımı (MPa) | 398        | 398  | 398             | 398                | 398                | 398                |                    |
|   | Çap (mm)             | 4          | 4    | 4               | 4                  | 4                  | 4                  |                    |
| Boyuna Donatı Sayısı                    | Kolon ve Kirişler    | 4          | 4    | 4               | 4                  | 4                  | 4                  |                    |
|   | Temel Kirişi         | 6          | 6    | 6               | 6                  | 6                  | 6                  |                    |
| Etriye Detayları (Kolon ve Kiriş)       | Etriye Aralığı (mm)  | 100        | 100  | 100             | 100                | 100                | 100                |                    |
|   | Kanca Ucu Açısı (°)  | 90         | 90   | 90              | 90                 | 90                 | 90                 |                    |
| Etriye Detayları (Temel Kirişi)         | Etriye Aralığı (mm)  | 50         | 50   | 50              | 50                 | 50                 | 50                 |                    |
|   | Kanca Ucu Açısı (°)  | 135        | 135  | 135             | 135                | 135                | 135                |                    |
| Çerçeve Betonunun Basınç Dayanımı (MPa) |                      | 19.5       | 15.3 | 12.9            | 17.4               | 12.0               | 14.7               |                    |
| Sıva ve Harcın Basınç Dayanımı (MPa)    |                      | 4.3        | 4.3  | 3.1             | 2.9                | 4.1                | 4.2                |                    |
| Boşluklu Tuğla Duvar                    |                      | Var        | Var  | Var             | Var                | Var                | Var                |                    |
| CFRP                                    | Duvar                | Uygulama   | Yok  | Dış Yüzde       | İç ve Dış Yüzlerde | İç ve Dış Yüzlerde | İç ve Dış Yüzlerde | İç ve Dış Yüzlerde |
|   |                      | Türü       | -    | Çift Yönlü Örtü | Çift Yönlü Örtü    | Çift Yönlü Örtü    | Tek Yönlü Şerit    | Tek Yönlü Şerit    |
|   |                      | Ankraj     | -    | -               | Yapıldı            | Yapıldı            | Yapıldı            | Yapıldı            |
|   | Çerçeve              | Uygulama   | Yok  | Yok             | Dış Yüzde          | Dış Yüzde          | Dış Yüzde          | Dış Yüzde          |
|   |                      | Türü       | -    | -               | Örtü               | Örtü               | Şerit              | Şerit              |
|   |                      | Ankraj     | -    | -               | Yapıldı            | Yapıldı            | Yapıldı            | Yapıldı            |



Şekil 2 Deney düzeneği



Şekil 3 Deplasman ölçüm düzeneği

## DENEY SONUÇLARI

### Genel

Bu çalışmada, CFRP ile güçlendirilmiş boşluklu tuğla duvar dolgulu betonarme çerçevelerin tersinir yükler altındaki davranışını incelemeyi amaçlanmıştır. Bunun için altı adet, farklı detaylarla güçlendirilmiş, tek açıklıklı, iki katlı, 1/3 ölçekli çerçeve test edilmiştir. Bu testler sonucunda elde edilen yatay yük-tepe deplasmanı eğrileri Sekil 4 de özetlenmiştir.

### Deney Elemanlarının Davranışı:

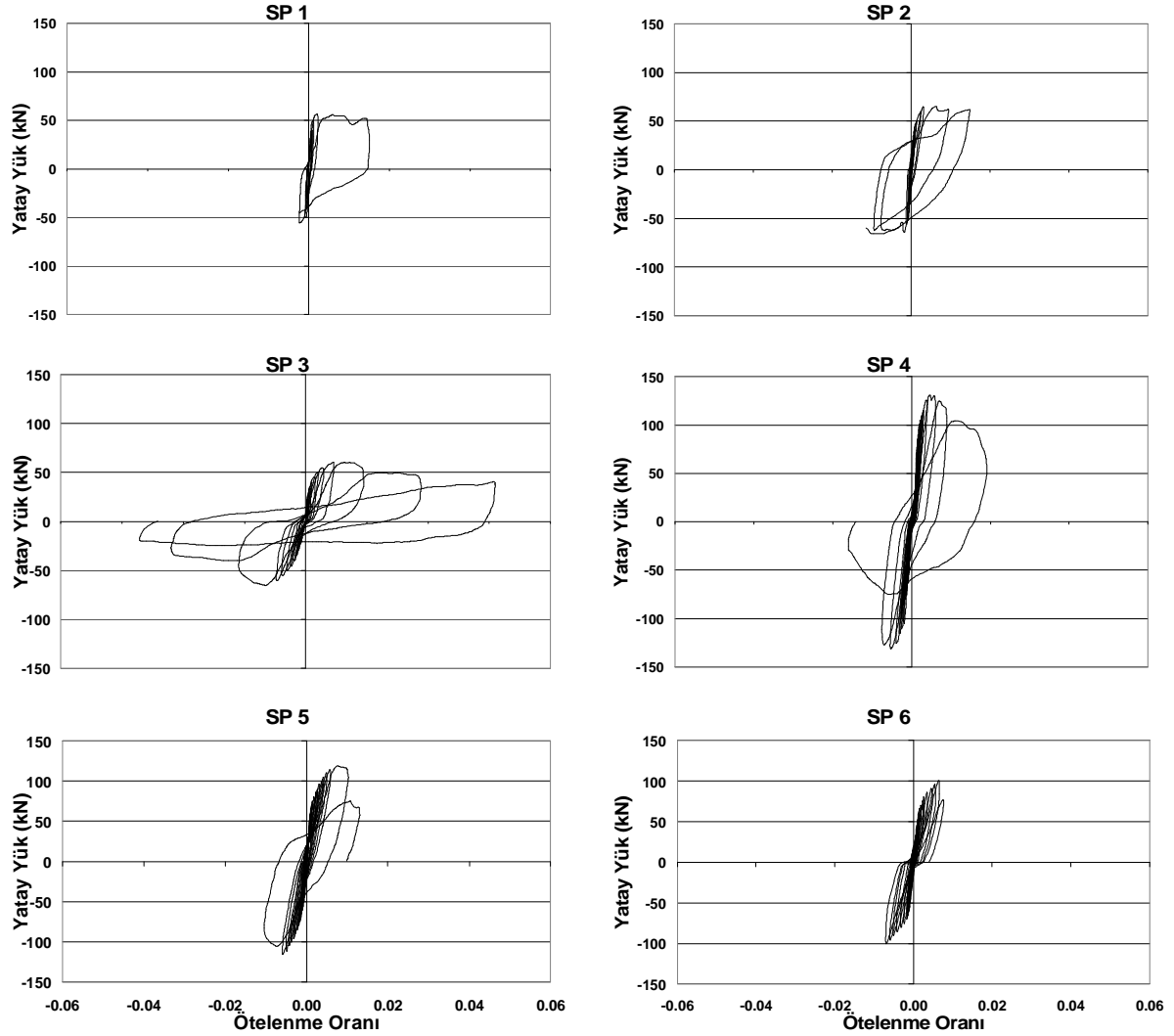
Referans elemanı olarak adlandırılan birinci deney elemanı, beklenen zayıf çerçeve davranışını sergilemiş ve hem dayanımının hemde sünekliğinin oldukça düşük olduğu görülmüştür.

CFRP donatının betonarme çerçeveye herhangi bir şekilde ankrajının yapılmadığı ve CFRP uygulamasının yalnızca boşluklu tuğla duvarla sınırlı tutulduğu ikinci eleman, dayanım bakımından bir gelişme gösteremese de birinci elemana göre daha fazla elastik olmayan deplasman yapabilmiş (~20 mm, ötelenme oranı ~0.01) ve bu deplasman düzeyinde iki adet kararlı yük çevirimi sergilemiştir. Bir başka deyişle, bu elemanın süneklik düzeyi, referans çerçeveye göre daha fazladır.

CFRP uygulamasının dış yüzden yapıldığı ve CFRP'nin çerçeve elemanlarına ankre edildiği üçüncü deney elemanı olan SP-3, dayanım açısından diğer iki elemana göre daha üstün bir davranış sergilememiştir. Bu eleman, her ne kadar yüzde üç ötelenme oranına ulaşabildiyse de, yüzde bir ötelenme oranından sonra önemli rijitlik azalımı göstermiştir. Genel olarak SP-2 ve SP-3'ün yük-deplasman eğrileri incelendiğinde, deprem güvenliği açısından her iki elemanın davranışlarının yetersiz olduğu söylenebilir.

Dördüncü elemanın imalatında da kullanılan CFRP miktarı ekonomik limitlerin dışındadır. Bu eleman deneyinde, CFRP ile ulaşılabilecek en uç nokta belirlenmeye çalışılmıştır. Hatırlanacağı gibi bu elemanın yapımında, hem iç hem de dış cepheler CFRP ile kaplanmış, CFRP hem çerçeveye hem de dolgu duvara CFRP ankrajlar kullanılarak sabitlenmiştir. Deney sonuçları dayanım ve rijitlik açısından irdelendiğinde, SP-4'ün dayanımının referans elemanın dayanımının 2.4 katı olduğu görülmektedir. Bu dayanım artışı boş çerçeve dayanımının (dolgu duvarsız) 6-7 katına karşılık gelmektedir. Bunun yanında, elemanın rijitliği referans elemanın rijitliğine çok yakındır. Ancak eleman davranışı oldukça gevrek. İleri yük çevirimlerinde, CFRP'nin betonarme çerçeveden ayrılması üzerine elemanın gücü tükenmiştir. SP-4'ün davranışı, dayanım artışı ve katlar arası ötelenmenin kontrolü açısından irdelendiğinde, CFRP kullanılarak yeterli deprem güvenliği sağlanabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Beşinci ve altıncı deneylerde SP-4'ün yapımında kullanılan CFRP miktarının ekonomik limitlere çekilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, çapraz CFRP şerit uygulamasına gidilmiş ve eleman güçlendirilmesinde kullanılan CFRP miktarı SP-4'ün yapılında kullanılanın yaklaşık olarak beşte birine indirilmiştir. SP-5 yük taşıma kapasitesi ve süneklik açısından oldukça iyi bir davranış sergilemiştir ve zemin kat kolonlarının alt uçlarında plastik mafsalların oluşması üzerine CFRP'nin çerçeve ile bağı kopmuş, bunun sonucunda elemanın yük taşıma kapasitesinde ve rijitliğinde büyük düşüşler gözlenmiştir.



**Şekil 4** Deney elemanlarının yük deplasman eğrileri

Altıncı deneyde SP-5'ten farklı olarak zemin kat kolonlarının alt uçlarında, plastik mafsal oluşması beklenen yöreler CFRP ile sarılarak kuşaklanmıştır. Burada amaç, plastik mafsal bölgesindeki ayrışmayı geciktirmenin eleman davranışını nasıl etkileyeceğini görmektir. SP-6'nın davranışı SP-5'e genelde çok benzemektedir. Zemin kat kolonlarının alt uçlarında yapılan sargılama bu bölgelerdeki mafsal oluşmasını engellemiştir. Ancak SP-6 yüklemenin ileri aşamasında birinci kat kolon kiriş bölgelerinde kesme kırılması sonucu çok gevrek göçme sergilemiştir. SP-5'te ile karşılaştırıldığında SP-6'nın davranışında bir iyileşme sağlanamamış, aksine göçme mekanizması açısından kötüye gidiş olmuştur.

Şekil 4'de tüm elemanlar için yük-deplasman zarf eğrilerinin karşılaştırılması verilmektedir. Buradan da görüleceği gibi çerçeveye bağlantısı olmayan ve CFRP örtü ile güçlendirilen deney elemanı, gerek dayanım, gerekse yanal rijitlik açısından yetersiz bir davranış göstermektedir. Buna karşılık, duvara yapıştırılan CFRP'nin çerçeveye de bağlanması (özel ankraj), hem dayanımı, hem de yanal rijitliği önemli ölçüde artırmıştır. Doğal olarak şerit CFRP uygulaması, örtü türü CFRP uygulamasından çok daha ekonomiktir. Bu nedenle SP-4, SP-5 ve SP-6 olarak tanımlanan deney elemanlarından herbiri ayrı ayrı başarılı olmalarına karşın, şerit CFRP'nin kullanıldığı son iki eleman, uygulama açısından çok daha çekicidir.



Yukarıda sözü edilen başarılı CFRP güçlendirmesinde baş rolü, geliştirilen özel ankrajlar oynamıştır. Bu özel ankrajlar, Kanada'nın Ottawa Üniversitesi İnşaat Mühendiliği Bölümü'nde Prof. Murat Saatçioğlu tarafından yapılan bir dolgu duvar güçlendirmesi çalışmasında kullanılan ankrajlardan esinlenerek geliştirilmiştir. Görüldüğü gibi, deneylerin erken aşamasında bile binaları boşaltmadan, oturanları rahatsız etmeden güçlendirme yapmaya olanak sağlayan pratik ve ekonomik bir yöntem geliştirilmiştir.

## SONUÇ

Bildiride mevcut binaların, boşaltılmadan ve içindekiler rahatsız edilmeden güçlendirilmesini sağlayacak ekonomik bir yöntemin ODTÜ'de gerçekleştirilen deneysel çalışmalarla oluşturulduğu anlatılmaktadır. Geliştirilen yöntem sayesinde boşluklu tuğla dolgulu çerçevelerin dayanımı iki katı aşan oranlarda artırılmıştır. Güçlendirilmiş dolgu duvarlı çerçeveler referans elemanı ile karşılaştırıldıklarında daha kararlı yük çevrimleri sergilediği görülmüş, gerek dayanımın, gerekse rijitliğin erken yük çevrimlerinde tükenmesinin önüne geçirmiştir. Güçlendirilmiş olan elemanlar daha fazla enerji tüketebilmişlerdir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma NATO Sfp977231 ve TÜBİTAK İÇTAG I-574 numaralı projeler kapsamında gerçekleştirilmiştir. Her iki kuruluşa da teşekkürlerimizi sunarız.

## REFERANSLAR

1. Ersoy, U., and Uzsoy, Ş., "The Behavior and Strength of Infilled Frames", Report No. MAG-205 TÜBİTAK, Ankara
2. Altın, S., "Strengthening of Reinforced Concrete Frames with Reinforced Concrete Infills", Ph. D. Thesis, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, February 1990
3. Marjani, F., "Behavior of Brick Infilled Reinforced Concrete Frames under Reversed Cyclic Loading", Ph. D. Thesis, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, September 1997
4. Gürses, H., "Repairing of Reinforced Concrete Frames with Reinforced Concrete Infills", M. S. Thesis, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, September 1999
5. Sonuvar, M. O., "Hysteretic Response of Reinforced Concrete Frames Repaired by Means of Reinforced Concrete Infills", Ph. D. Thesis, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, June 2001
6. Canbay, E., "Contribution of RC Infills to the Seismic Behavior of Structural Systems", Ph. D. Thesis, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, December 2001