

MEVCUT BETONARME YAPILARIN ÇELİK MALZEME İLE GÜÇLENDİRİLME YÖNTEMLERİ

Filiz PİROĞLU(*), Erdoğan UZGİDER(**)

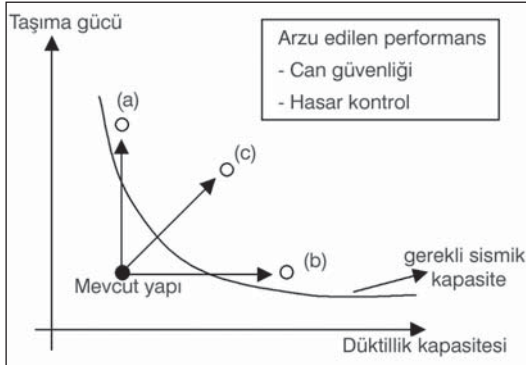
GİRİŞ

ABD ve Japonya'da 1994 yılında meydana gelen Northridge ve 1995 yılında meydana gelen Kobe depremlerinden sonra, mevcut betonarme binaların betonarme perde ilavesi ile güçlendirilmesinin yanında çelik perdeler de aynı amaçla kullanılmaya başlanmıştır.

Sismik kapasitesi zayıf yapıların güçlendirilmesinde aşağıda verilen üç konseptin önemle altı çizilmektedir:

- Yapının tümsel, özellikle yatay yük taşıma gücünün artırılması.
- Düktillik kapasitesinin artırılması.
- (a) ile (b) maddelerinin kombinasyonu.

Bu üç konsept, aşağıdaki şekilde şematik olarak ifade edilmektedir.



Şekil - Sismik Güçlendirmenin Temel Konsepti

- konseptinde: Özellikle yatay yük taşıma kapasitesini yapının orijinal kapasitesinin üstüne çıkarılır. Bu durumda yapının sismik cevabı, deformasyon yapabilme kapasitesinin altında oluşur.
- konseptinde: Yapıya mevcut olandan daha çok düktillik kapasitesi kazandırılır.
- konseptinde: Yapıya hem yanal rijitlik ve hem de düktillik kapasitesi birlikte kazandırılır.

(* Doç. Dr., (** Prof. Dr.,
İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, İstanbul

Betonarme perde duvar kullanılarak güçlendirilen yapılar (c) konseptinde, ancak (a) konseptine daha yakın iken, çelik perdeler kullanılarak güçlendirilen yapılar (c) konseptinde ancak (b) konseptine daha yakındırlar. Yani yapıya kazandırılan düktillik daha fazladır.

Northridge ve Kobe depremini izleyen yıllarda hem ABD ve hem de Japonya'da sismik güçlendirme yapılacak yapı sayısının çokluğu, bu nedenle de çok çeşitli yapı tipi ve mimarisi ile karşılaşılmasına neden olmuştur. Bu nedenle, bazı hallerde; aşağıda verilen koşullardan biri veya birden fazlası, uygulanacak güçlendirme tekniğinin belirlenmesinde etkili olmuş ve betonarme perde uygulamak suretiyle güçlendirme teknikleri yetersiz kalmıştır. Bu koşullar şöyle sıralanabilir:

- Uygulama sırasında ihtiyaç duyulacak çalışma alanı ve uygulama süresi konusunda uygulanan kısıtlamalar.
- Çalışma sırasında yaratılan gürültü, titreşim ve toz.
- Mimari ve/veya taşıyıcı sistem tasarımının korunması.
- Yapısal performans kadar, fonksiyonel performansın da gözönünde tutulması.
- Yapının uygulama sırasındaki kullanılabilirliği.

Bu nedenlerle, her iki ülkedeki bilim adamları ve mühendisler, çok çeşitli, yeni ancak güvenli ve etkin güçlendirme teknikleri geliştirme faaliyeti içine girmişlerdir. Bu amaçla, geliştirilen sismik izolatör, enerji yutucu sistemler ve aktif kontrol sistemleri uygulamaları gibi tekniklerin yanında, çelik malzeme ile uygulanan ve yukarıda zikredilen koşulların hemen hemen hepsine uyan güçlendirme teknikleri de geliştirmişlerdir.

Çelik malzeme kullanılarak gerçekleştirilen güçlendirme tekniklerini aşağıda verildiği gibi sınıflandırmak mümkündür.

- Harici çelik güçlendirme sistemleri
- Dahili çelik güçlendirme sistemleri

1. HARİCİ ÇELİK GÜÇLENDİRME SİSTEMLERİ

Yetersiz lateral rijitliğe sahip betonarme binaların, çelik güçlendirme sistemleri kullanılarak yeterli hale getirilmesi oldukça etkili çözümlere imkan vermiştir. Bu konuda oldukça çok başarılı uygulamalar vardır. Bu bölümde bunlara ait tipik örnekler verilecektir. Takviye yöntemi; yapının tümsel dinamik cevabı, yapı-zemin karşılıklı etkileşimi ve bölgedeki deprem etkisinin özellikleri göz önüne alınarak belirlenmelidir. Harici güçlendirme tekniklerinde bütün uygulama çalışmaları bina dışında yapılacağından, yapıyı kullananların günlük hayatı çok az etkilenmektedir, uygulama hızla gerçekleştirilebilir. Güçlendirme nedeniyle yaşanan hacimlerde alan kaybı, mimari fonksiyon bozuklukları ve onarım maliyetleri minimum seviyededir. Bu nedenle, birçok halde harici çelik güçlendirme sistemlerinin, diğer güçlendirme sistemlerine göre göz ardı edilemeyecek ekonomik ve fonksiyonel avantajları vardır. Ayrıca, bu güçlendirme sisteminin, betonarme perde uygulaması gibi diğer dahili güçlendirme sistemlerine bir diğer üstünlüğü, yapının kütlesini diğerlerine göre çok daha az miktarda arttırmasıdır. Bunun sonucu olarak yapı üzerine gelen deprem yükleri diğer takviye tekniklerinden daha az olacak, temellerin takviye maliyetleri daha düşük olacaktır.

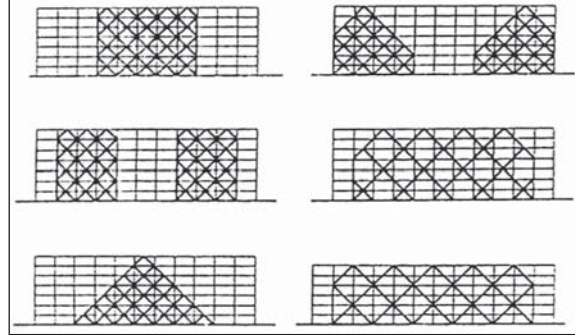
Bazı hallerde harici çelik güçlendirme sistemleri bina estetiğine olumsuz etkisi olacağı gerekçesiyle tercih dışı bırakılmıştır. Ancak, bazı uygulamalarda, güçlendirme sisteminin elemanları iyi bir mimari çalışma sonucu bina estetiğine pozitif katkıda bulunan elemanlar haline getirilebildiği görülmüştür.

1.1. Harici Çelik Güçlendirilmiş Sistemlerin Düzenlenmesi

Harici güçlendirme sistemlerinin düzenlenmesinde, yapı üzerindeki kuvvet akışına güçlendirme etkisi önemle göz önünde tutulmalıdır. Yapısal açıdan, çerçevenin mümkün olduğu kadar çok gözünü güçlendirmek, böylece de rijitlik artırımını sistem üzerine üniform şekilde yaymak arzu edilen bir husustur. Ancak, maliyet ve fonksiyonel yönden güçlendirilebilecek göz sayısı sınırlıdır. Genelde yapılarda üç boyutlu çerçeve sistemleri, düzlem paralel çerçeve sistemlerden oluşmaktadır. Sadece çevre çerçevelerin güçlendirilmesinin daha önce de sözü edildiği gibi birçok avantajının olması yanısıra, yapının deprem etkisi altındaki burulma davranışına da pozitif katkısı vardır.

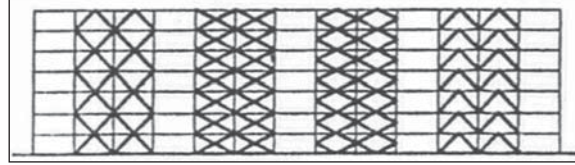
Sadece çevre çerçevelerin güçlendirilmesi halinde, döşeme sisteminin kendi düzlemindeki kayma ve eğilme kapasitelerinin yeterli olup olmadığı araştırılmalıdır. Bazı hallerde döşeme sistemini bu amaçla güçlendirmek gerekebilir. Bir çok katlı, çok gözlü

düzlem çerçeve halinde, güçlendirme sisteminin düzenlenmesinde oldukça çok seçenek vardır. Bu durum Şekil 1 de gösterilmiştir.



Şekil 1

Güçlendirme geometrisi X formu dışında, Şekil 2' de görüldüğü gibi baklava şeklinde, K şeklinde seçilebilir.



Şekil 2

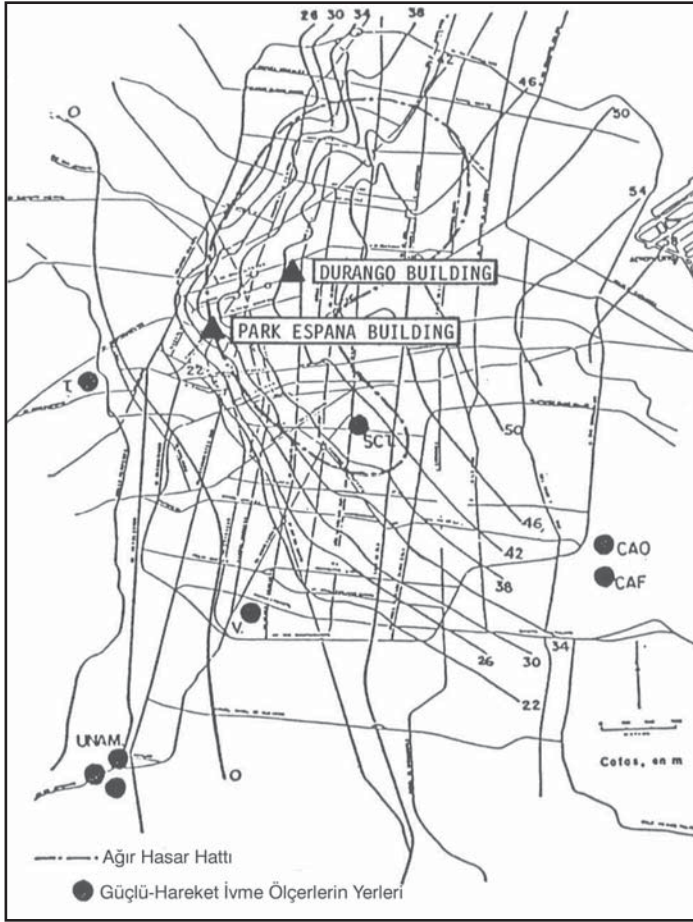
Harici çelik güçlendirme sistemlerinde çevre düzlemsel çerçevelere uygulanan bu güçlendirme sisteminin düğüm noktaları, döşeme hizasında döşeme hizasına bağlanmalıdır. Bu amaçla Şekil 1 ve 2' de görülen güçlendirme sistemlerinin düğüm noktaları hizasında bir [veya I profili döşeme kenarına uygun sayıda dübelle uygun uzunlukta bağlanmalıdır. Daha sonra güçlendirme sisteminin düğüm noktası bu profil üzerinde oluşturulur. Bu şekilde, döşeme sisteminin, çevre düzlemsel çerçevelere uygulanan güçlendirme sistemine yük aktarması mümkün olacaktır.

1.2. Uygulama Örnekleri

Bu güçlendirme sistemine göre rapor edilmiş birçok uygulama mevcuttur. Bu uygulamalarda harici çelik güçlendirme sistemi uygulamasının diğer alternatif güçlendirme sistemlerine göre daha ekonomik ve fonksiyonel olduğu saptanmıştır.

Ancak ülkemizdeki uygulamalar büyük çoğunlukta betonarme perde uygulaması şeklinde olduğundan, harici çelik güçlendirme sisteminin daha fonksiyonel olmasına karşılık ekonomikliği konusunda yeterli veri üretilememiştir.

Harici çelik güçlendirme sistemi uygulamasına ait rapor edilmiş önemli iki uygulama seçilerek burada örnek olarak verilecektir.



Şekil 3



Şekil 4

Bu uygulamaların ilkinde Mexico City'nin yumuşak zemin bölgesinde (Şekil 3).

1972 senesinde 12 katlı olarak, planda 11.90m x 20.90 m boyutlarında, temel seviyesinden 36.40 m yüksekliğinde (Penthouse hesaba katılmamıştır) betonarme karkas olarak inşaa edilmiştir (Şekil 4).

Yapının projesi üzerinde yapılan incelemeler, projelendirmede göz önüne alınan betonun basınç mukavemetinin 245 kg/cm² olduğunu, donatısının ise 4.14 kg/cm² değerinde akma sınır gerilmesine sahip olduğunu göstermiştir. Yapıya ait tipik bir döşeme planı Şekil 5'te, cephede yer alan 5 numaralı çerçevenin güçlendirilmesinden önce görünüşü ise Şekil 6'da görülmektedir.

Orijinal sistemde yana yükler, 1, 2, 3, 4, 5 numaralı çerçevelerle dar cephe doğrultusunda, A ve C çerçeveleriyle ise uzun cephe doğrultusunda yer alan betonarme çerçeveler ile taşınmaktadır. 1 ve 5 çerçevelerinde çerçeve girişleri Şekil 6'da görüldüğü gibi 1.35 m yüksekliğinde derin girişlerdir.

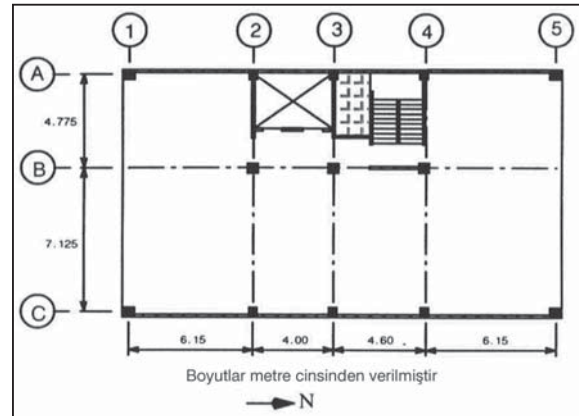
Yapının 1, 5 ve 2, 3, 4 akslarına ait kolon boyutları Şekil 7'de görülmektedir.

Yapının 2, 3 ve 4 numaralı çerçevelerinin görünüşü ise Şekil 8'de görülmektedir.

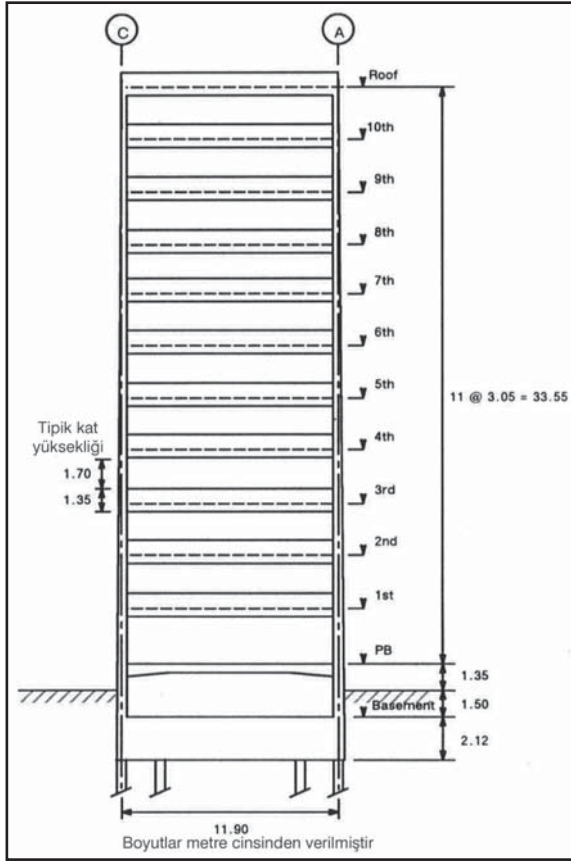
Durango binasına ait döşeme planı Şekil 9'da görülmektedir. Bu döşeme sistemi 30 x 10 boyutlarında nervürlerle güçlendirilmiş 5 cm kalınlığında döşeme plağından oluşmaktadır.

A ve C akslarında boyuna istikamette çerçeve boşlukları tuğla duvarla örülmüştür.

Durango binasının temeli Şekil 10'da görüldüğü gibi radye temele sahiptir.

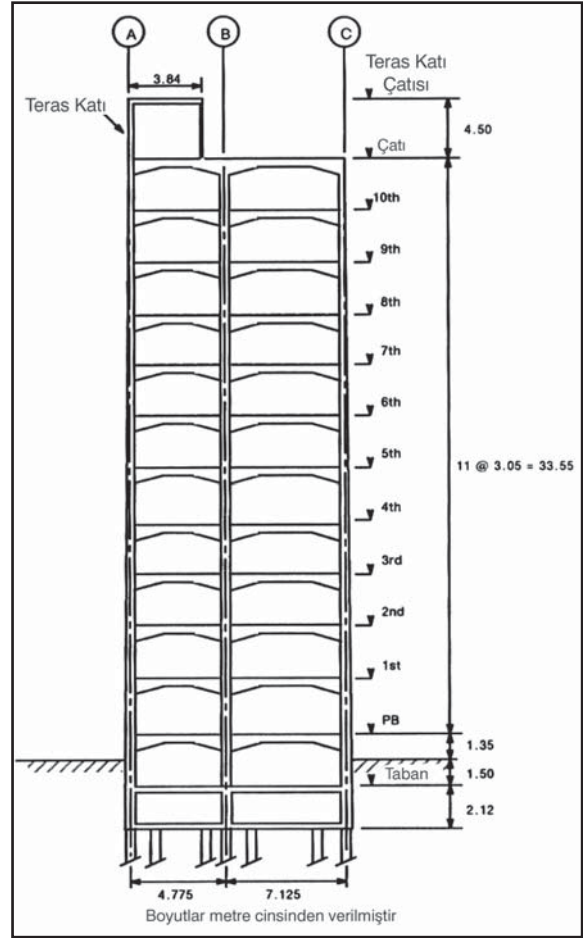


Şekil 5

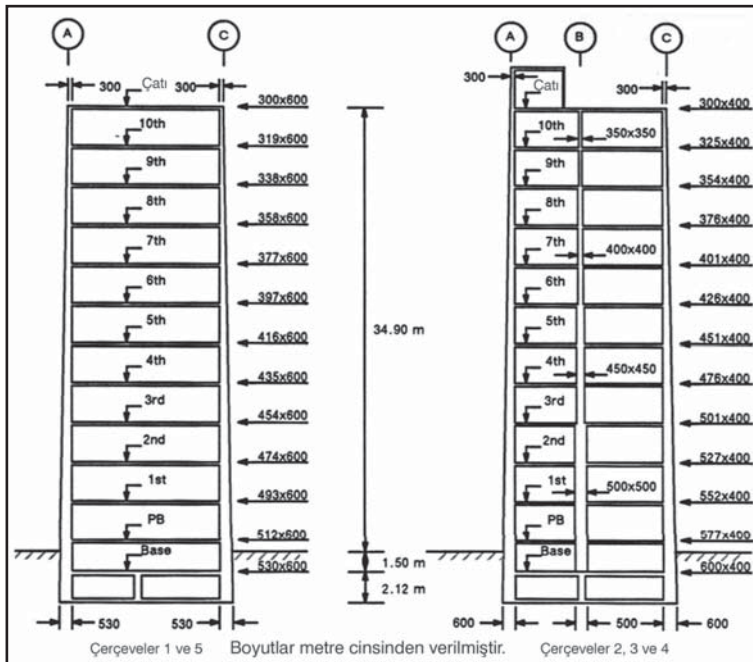


Şekil 6

42 adet 450 mm çapında 25 m uzunluğunda yüzer kazık radye temeli taşımaktadır. Yapılmış olan Geoteknik etüdler Durango binasının 41.5 m kalın-



Şekil 8



Şekil 7

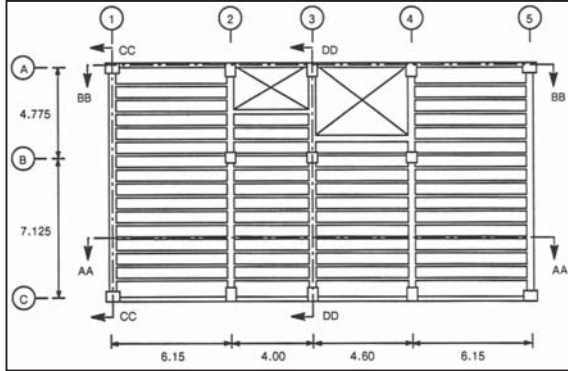
lığında yumuşak kil tabakaları üzerine oturduğunu göstermektedir.

Durango binası 14 Mart 1979 tarihinde Mexico City'de meydana gelen orta şiddeteki ($M_s=7.6$) depremde ciddi hasar görmüştür. Durango binası daha çok enine doğrultuda meydana gelen sarsıntı nedeniyle 1, 2 ve 3 üncü katlarda hasar görmüştür. (Şekil 11).

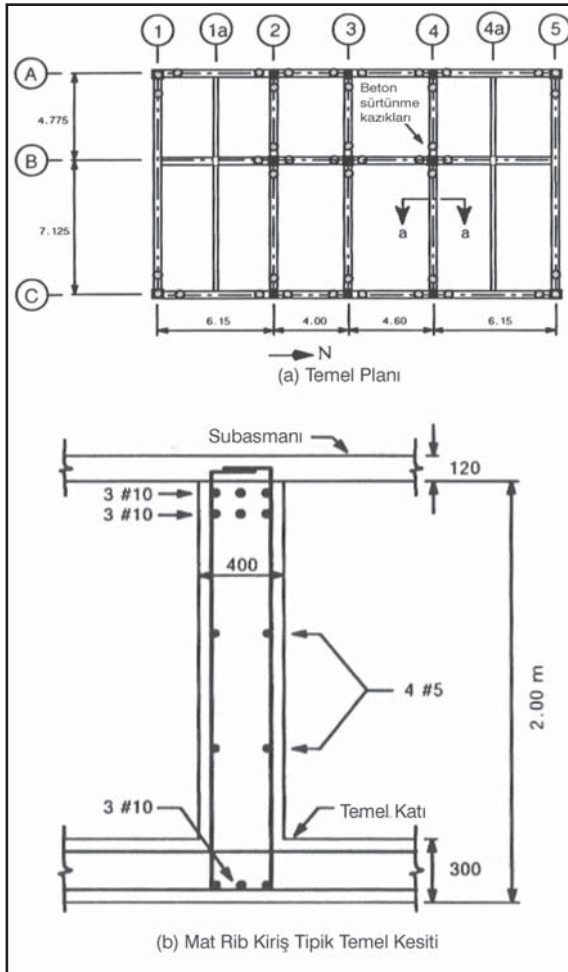
1979 depremini takiben Mexico City de faaliyet gösteren bir mühendislik firması ve National Autonomous University of Mexico da görevli bir profesör bu binanın takviye işi ile görevlendirilmiştir. Diğer alternatifler arasında en ekonomik ve fonksiyonel olanı yapıya dar istikamette çelik güçlendirme sistemi uzun cephede ise 1, 2 ve 4, 5 aksları arasındaki tuğla duvarların üzerine 60 mm kalınlığında hasır çelikli

betonarme bir güçlendirme uygulamasıdır. Bu güçlendirme prosedürü uygulanmadan önce mevcut çatlak kiriş ve kolonlar epoxy enjekte edilerek suretiyle tamir edilmiştir. 1 ve 5 numaralı çerçevelerin PB, 1, 2 ve 3 numaralı katlarına ait kolonlar 14 mm kalınlığında A36 (st37) çeliği levhelerde dört tarafından rötresiz harç ve dübelle takviye edilmiştir.

Bu işlemin sonunda düşünülen takviye sistemi



Şekil 9



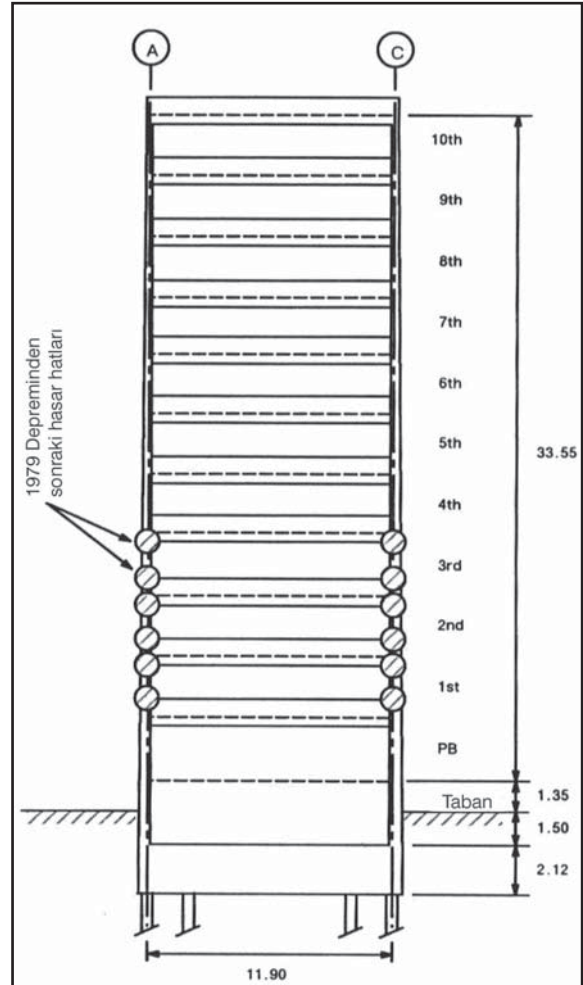
Şekil 10

uygulanmıştır. Burada takviye sisteminin bütün detayları verilmeyecektir. Ancak Şekil 12'de Durango binasında uygulanan takviye elemanlarını gösteren döşeme planı verilmiştir, Şekil 13'te ise bu binaya ait temel planı, temele yapılan güçlendirme elemanlarını göstermek için verilmiştir. Özellikle harici çelik çelik güçlendirme sisteminin temelleri çelik kazıklarlarla güçlendirilmiştir.

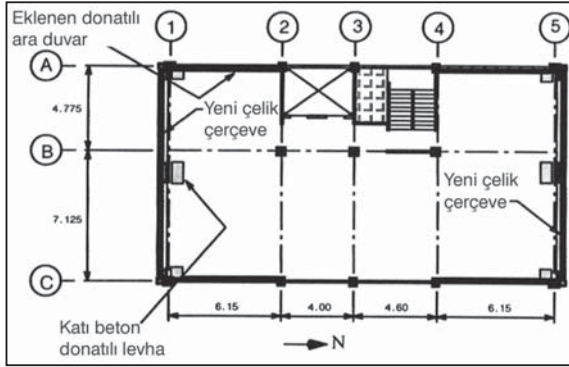
Ayrıca şekil 14'te durango binasının dar cephesine uygulanmış olan yeni çelik güçlendirme sistemi birleşim detayları dışında tanımlanmıştır.

1. katın üstünde kullanılan diyagonal elemanları ağız ağıza boy levhaları ile birleştirilmiş C8 x 11.5 (inch) A36 (st. 37) iki adet U profildir. Bunlar kolonlara çapraz kesim noktalarında döşemeye özel detaylarla birleştirilmiştir.

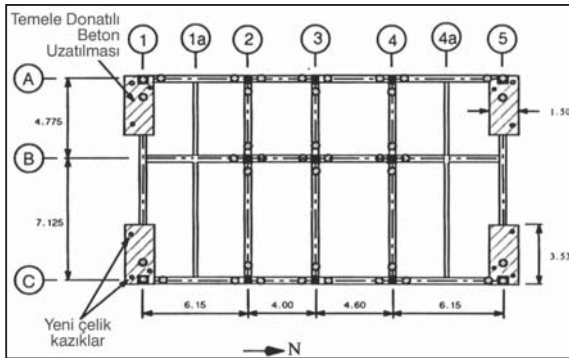
Deprem etkisindeki yüksek devirme momenti nedeniyle nedeniyken uygulanan çelik güçlendirme sistem, mevcut takviye edilmiş betonarme kolonlara ek olarak çelik sandık kesitli kolonların kullanımını da gerektirmiştir.



Şekil 11



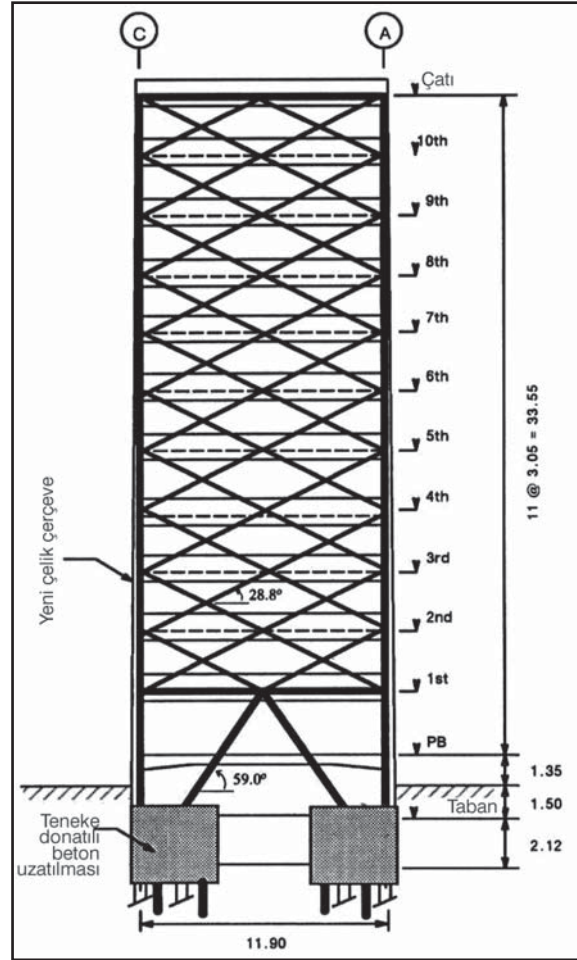
Şekil 12



Şekil 13

Uzun cephelerde yapıyı güçlendirmek için 1-2 ve 4-5 eksenleri arasında kalan A ve C akslarındaki çerçeve gözlerindeki mevcut tuğla dolgu duvarı üzerine hasır çelik tatbik edilerek üzerlerine 60 mm kalınlığında beton tatbik edilmiştir. (Şekil 15, 16).

Bu güçlendirme projesi binayı kullananlara minimum rahatsızlık verilerek 10 ayda tamamlanmıştır. Maliyet yapının yerine aynı fonksiyondaki yenisinin yapıma maliyetinin yaklaşık %20'sidir. Durango Binasının takviyeden önce ve takviyeden hemen sonra, serbest titreşim frekansı, modal sönüm faktörü, mod şekilleri gibi dinamik parametrelerinin hem takviye için yapılan analizlerde kullanılan yapı modelinin kalibrasyonu için ve hem de bu dinamik parametreleri yapılan güçlendirmenin nasıl etkilediğini görmek için, serbest titreşim testleri yapılmıştır. Bu amaçla, yapının önceden belirlenen katlarına her katta belirli sayıda ivme ölçer yerleştirilerek, bu ivme ölçerlerin çevreden gelen ve yapıyı titreştiren etkiler altında ölçtüğü ivmeler kaydedilir. Daha sonra toplanan ivme kayıtları işlenerek yapıya ait dinamik parametreler saptanır. Bu şekilde yapılmış testler olan testler, dar istikamette binanın takviyeden önceki ölçülen 1. mod frekansı 0.535Hz iken, takviyeden sonra bu frekansın 0.875 Hz'e çıktığını göstermiştir. Bu frekans değerinden açıkça görülmüştür ki yapının dar istikametteki rişitliği güçlendirme ile iki kat artırılmıştır. Durango binası 19

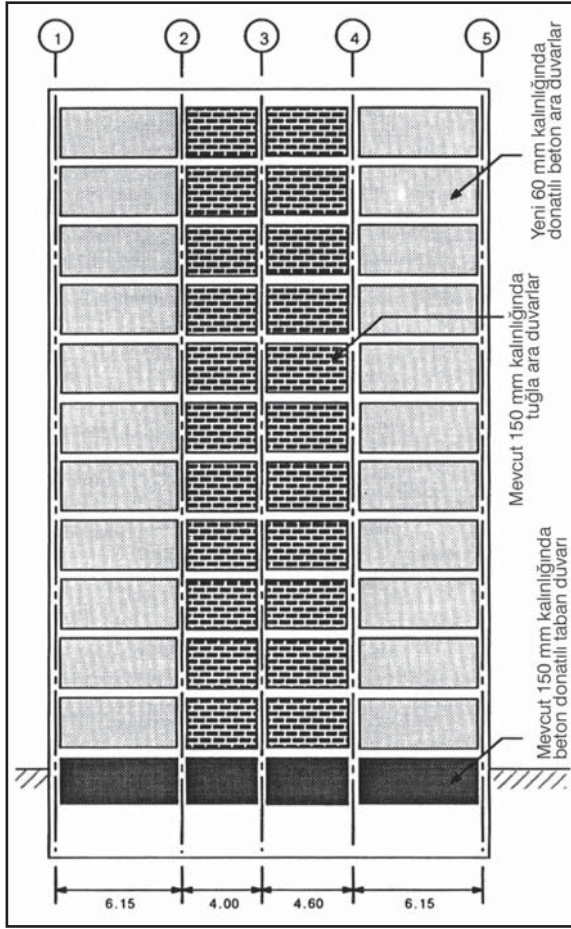


Şekil 14

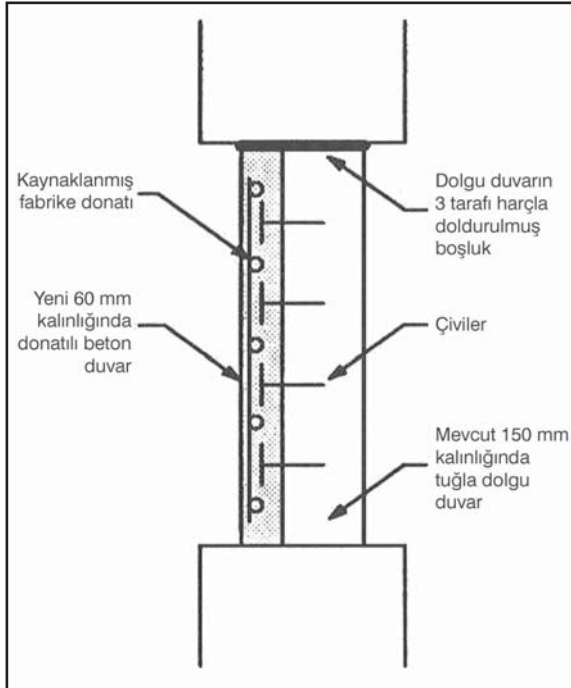
Eylül 1985 te Mexico City'de meydana gelen ikinci depremde ($M_s=8.1$) görülebilir herhangi bir yapısal hasara uğramamıştır. Ancak yeni betonarme dolgu duvar takviyelerinde çok küçük çatlaklar oluşmuştur. Güçlendirilmiş Durango binasının bu etkileyici deprem dayanımı sürpriz olmuştur. Çünkü bu defaki deprem ilkinden çok daha şiddetli olup, Durango Binası merkez, yüz metrelik yarıçaplı daire içinde kalan yapıların bir çoğu yıkılmıştır. Bu binanın yıkılmayışi önemli idi, çünkü, bina poliklinik binası olarak birçok doktor tarafından kullanılmaktaydı.

İkinci olarak seçilen uygulama da ele alınan yapı Salt Lake City, Utah ta yer almakta olup, 1960 ların başında 8 katlı olarak inşa edilmiş betonarme Wallance F. Bennett Federal Binasıdır. (Şekil 17a).

Bu bina inşa tarihinden bu yana sismik dayanımlı yapı standartlarına giren yeni koşulların hiçbirine uymamaktadır. Dolayısıyla magnitudü büyük bir depreme karşı koyma kapasitesinden yoksundur. Böyle bir deprem, yapının yakınında bulunan Wasatch Fayı tarafından her an üretilebilir. Bu nedenle, Bennett Binasının deprem etkisine karşı



Şekil 15



Şekil 16



Şekil 17a



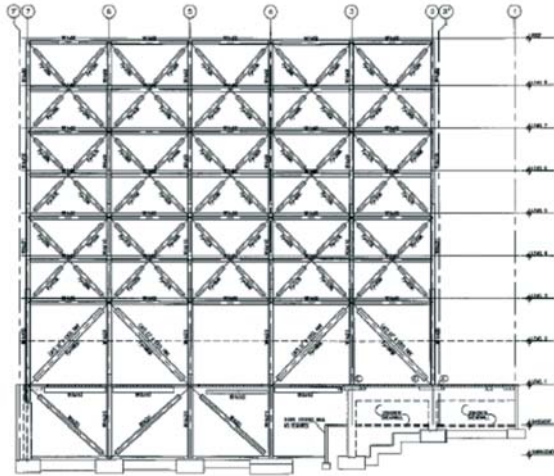
Şekil 17b

güçlendirilmesi birinci derece önem taşımaktaydı. Projenin bütçesi, binayı kullanan 550 kişinin geçici olarak başka bir binaya yerleştirilmesine imkan vermiyordu. Bu nedenle, seçilecek güçlendirme yönteminin, güçlendirme işlemleri sırasında binayı kullanacak olan 550 kişiye minimum rahatsızlık verecek türde olmasını gerektiriyordu. Bu nedenle, sismik güçlendirme sistemi olarak, yine Harici Çelik Güçlendirme Sistemi seçilmiştir. Bu sistemde, binanın dış yüzeylerine çelik çaprazlı güçlendirme sistemleri konularak yapının yatay yük taşıma kapasitesini sismik açıdan yeterli seviyeye çıkarmak hedeflenmektedir (Şekil 17b). Seçilen sismik güçlendirme sistemi, döşeme seviyesinde bina dış yüzüne birleştiren düşey ve yatay geniş başlıklı I profiller ile bunların düğüm noktaları arasında birleştiren Burkulması tutulmuş diyagonal elemanlardan oluşmaktadır (Şekil 18).

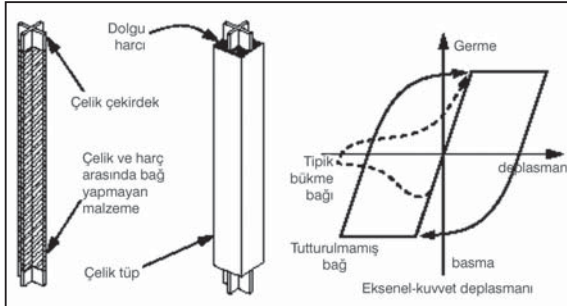
1.3. Burkulması Tutulmuş Elemanlar

Test sonuçları göstermiştir ki Nippon Steel tarafından üretilen burkulması tutulmuş diyagonal elemanlar yüksek kapasitede düktil davranışa sahip olup, hem çekmede ve hem de basınçta büyük bir plastik deformasyon yapma kabiliyetine sahiptir.

Burkulması tutulmuş elemanlar, içine yerleştirildikleri çelik borular ve boruları dolduran beton malzeme ile burkulmaya karşı tutulurlar. Bu tutulma



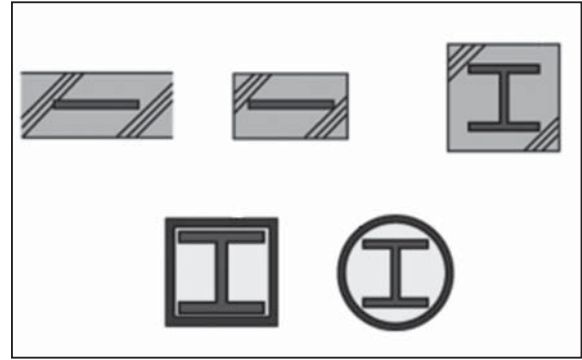
Şekil 18



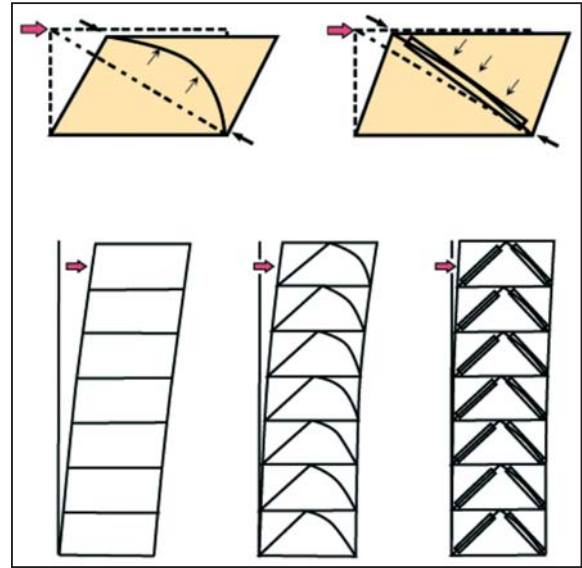
Şekil 19

sirasında, burkulması tutulmuş elemanla beton dolgu arasında oluşabilecek sürtünme mukavemeti tamamen elimine edilmektedir. Bu şekilde, Burkulması Tutulmuş elemanlar aksenal bir yükte yüklendiğinde sadece kendi yük alacak, fakat beton dolgu ve çelik boruya bu yükten herhangi bir bölümünü aktarmayacaktır. Sürtünme mukavemetini elimine etmek için, çelik çekirdek malzemesi ile beton dolgu arasındaki relatif hareket serbestisini sağlayan ince bir tabakanın çelik çekirdek malzemesi üzerine uygulanması gerekir (Şekil 19).

Bu şekilde, Burkulması Tutulmuş elemanların Şekil 19'da görüldüğü gibi hem çekmede ve hem de basınçta aksenal yük taşıma kapasiteleri birbirine eşit hale gelir.



Şekil 20



Şekil 21

Burkulması tutulmuş elemanların çeşitli enkesit formunda olanları vardır (Şekil 20).

Burkulması Tutulmuş elemanların güçlendirme güçlendirme diyagonal olarak kullanılması ile oluşturulmuş taşıyıcı sistemlerin deprem etkisi altındaki performansı Şekil 21'de gösterilmiştir.

Wallace F. Bennett Federal binasının sismik güçlendirme işlemi 14 ayda bitirilmiştir. Toplam maliyet yaklaşık olarak aynı fonksiyondaki bir binanın yeniden inşaa maliyetinin %30'udur.

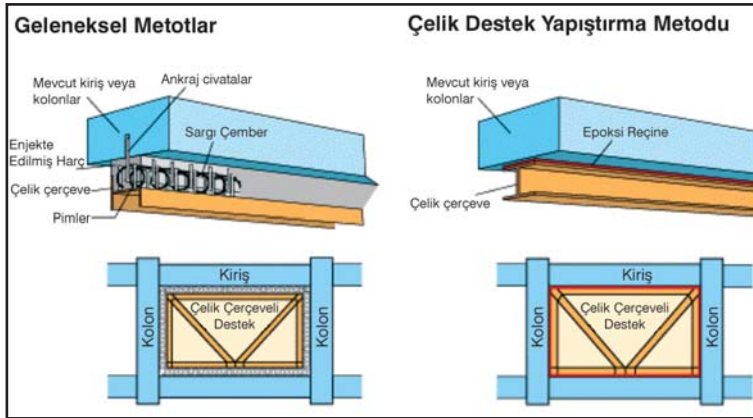
2. DAHİLİ ÇELİK GÜÇLENDİRME SİSTEMLERİ

2.1 Kafes Kiriş Şeklindeki Perdeler

Bu güçlendirme sisteminin sismik güçlendirmedeki ana fonksiyonu betonarme perdelerle aynıdır (Şekil 22). Bunlar da mevcut betonarme yapıya önemli oranda yanal rijitlik kazandırarak deprem etkisine karşı güçlendirir. Ancak gerek yapıya uygulanışında kullanılan yöntemlerin farkı, gerek kullanılan malzemenin mukavemet / ağırlık oranının büyüklüğü ve gerekse çelik perde sistemlerinin prefabrik özelliği, bunların alışlagelmiş betonarme perde



Şekil 22



Şekil 23

Tablo 1

Parça	Metod	Geleneksel Metod	Çelik Destek Yapıştırma Metodu
Bağ Dayanımı		• Ankraj civata veya pimler	• Beton dayanımı
İşlem Süresi		Δ Harcin kürlenmesi	• Epoksi reçine enjekte edilmesi
Gürültü / Titreşim		Δ Ankraj civataların değilinin açılması	⊗ Epoksi reçine ile aderans
Maliyet		•	• Benzer veya daha ucuz geleneksel metodlar

⊗ İyi • Sorunsuz Δ Kötü

Tablo 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Yapıştırma Metodu		Demir destek kurulumu				Epoksi reçine enjeksiyonu				Kürleme				
Geleneksel Metod	Ses Yalıtımı (*)	Çelik desteklerin kurulumu			(*) Ankraj civataların çakılması		Donatı kalıpları		Harcın enjekte edilmesi		Kürleme (**)			(**)
		Titreşim Yalıtımı												

uygulanmasına karşı üstünlüklere sahip olmasına neden olmuştur:

- Bu yöntemin uygulanması daha az gürültü, toz ve titreşim oluşturur. Bu nedenle yapının kullanımını sırasında uygulanması mümkündür.
- Uygulama için gereken süre ve gereken çalışma alanı betonarme perde uygulamasına göre oldukça düşüktür.
- Güçlendirme hafif malzeme ile yapılması nedeniyle ağır kaldırma makinalarına ihtiyaç duyulmaz, bu nedenle de binayı kullanmakta olanlara büyük sıkıntı vermez.
- Uygulama sırasında mevcut yapının mimari detaylarına çok az hasar verildiğinden, bu hasarın ortadan kaldırılmasının maliyeti diğerlerine göre çok azdır.

Bu perdelerin mevcut betonarme kolon ve kirişlere bağlantısı iki şekilde olur:

i. Dübel, spiral donatı ve rötresiz harç kullanılarak

ii. Epoxy-resin kullanılarak

Bu iki yöntemin şematik tanımı Şekil 23' te verilmiştir.

Her iki bağlantı tekniğinin birbirine göre mukayesesi Tablo 1 ve Tablo 2 de verilmiştir.

Bu mukayeseden anlaşılmaktadır ki Epoxy-resin kullanmak, hem uygulama hızı ve hem de çevreye verilen rahatsızlık bakımında en uygundur. Bu güçlendirme sisteminin performansı laboratuvar testleri ile sınınanmıştır (Şekil 24)

Şekil 24'den de görülmektedir ki, bu güçlendirme sistemi ile mevcut betonarme taşıyıcı sistemin yatay yük taşıma kapasitesi üç misli artırılmıştır. Şekil 25'de ise bitirilmiş bir işin görünüşü verilmiştir.

2.2. Dolu gövdeli Takviyeli Perdeler

Dolu gövdeli takviyeli perdelerin sismik güçlendirmedeki ana fonksiyonu, betonarme perdeler ve kafes kiriş şeklindeki perdeler ile aynıdır. Bunlar da, mevcut betonarme yapının kolon ve kirişleri arasında kafes kiriş şeklindeki perdelerde de olduğu gibi, istenildiğinde pencere, istenildiğinde kapı boşluğu içerecek şekilde uygulanabilir (Şekil 26).



Şekil 24



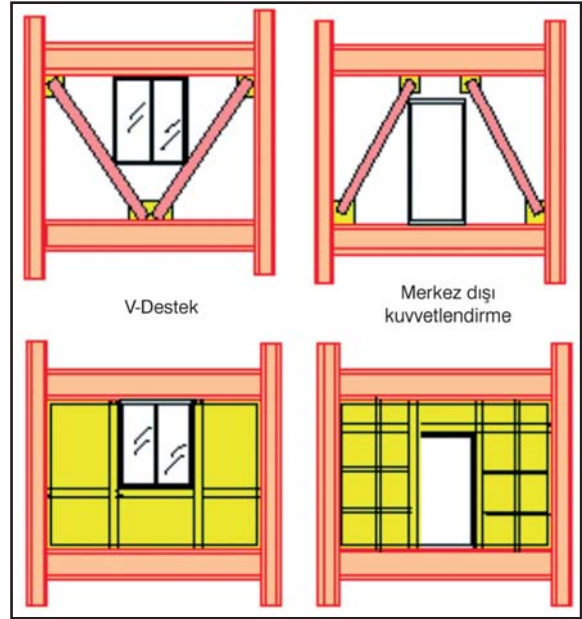
Şekil 25

Bunlar da mevcut betonarme kolon ve kirişlere, kafes kiriş şeklindeki perdelerde olduğu gibi;

- i. Dübel, spiral donatı ve rötresiz harç kullanılarak,
- ii. Epoxy-resin kullanılarak birleştirilir (Şekil 27)

Her iki birleşim tekniğinin birbirine göre mukayesesi için Tablo 1 ve Tablo 2’de verilenler bu hal için de geçerlidir.

Bu perde tekniğinde, perdenin yerine montajını kolaylaştırmak ve ağır ağır kaldırma ekipmanlarına ihtiyaç duymamak için, perdeyi Şekil 28b de görüldüğü gibi, birbirine yüksek mukavemetli bulonlarla birleştirilen hafif bloklar halinde atölyede imal



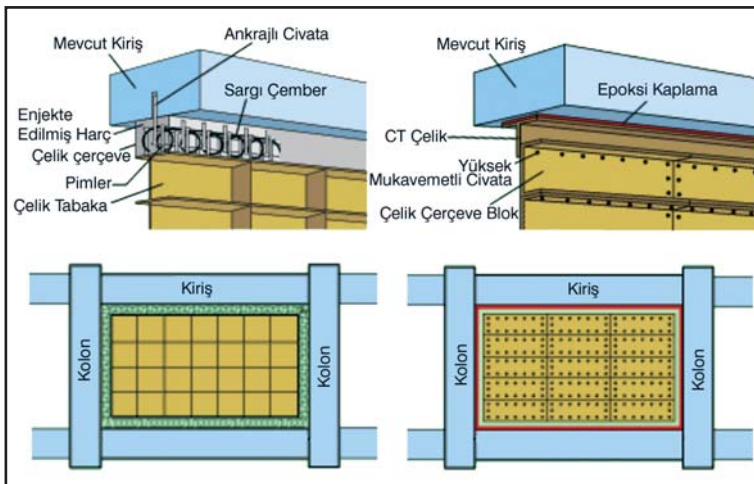
Şekil 26



Şekil 28

ederek yerinde monte etmek mümkündür. Epoxy-resin yapıştırıcı da kullanıldığında bu uygulama; minimum çevre rahatsızlığı, minimum mimari ve detay ve eleman hasarı, minimum uygulama süresi, minimum gürültü ve toz ile 7 günlük bir süre kullanılarak orta büyüklükte bir yapı için gerçekleştirilebilir. Bu perde sistemleri için yapılan laboratuvar testleri bunların da mevcut betonarme taşıyıcı sistemlerin yatay yük taşıma kapasitesini 3 misli arttırdığı görülmüştür (Şekil 28).

Dahili çelik güçlendirme sistemleri için ABD ve Japonya da çok çeşitli uygulamalar yapılmış ve o ülkedeki şartlar altında bu sistemler uygun bulunarak seçilmiştir.



Şekil 27