

1. GİRİŞ

Yakın geçmişte ülkemizde meydana gelen depremler sonrasında yapılan yoğun incelemeler ve araştırmalar, deprem bölgelerinde inşa edilen binaların önemli bir bölümünün yeterli deprem güvenliğine sahip olmadıklarını ve bu yetersizliğin,

- a. Bilimsel esaslara ve yönetmeliklere uygun olmayan hatalı tasarımdan,
- b. Malzeme ve özellikle beton kalitesinin yeterli olmamasından,
- c. Projeye, yönetmeliklere ve temel mühendislik prensiplerine uygun olmayan kusurlu yapımdan kaynaklandığını göstermektedir.

Aktif bir deprem kuşağı üzerinde bulunan ülkemizde, olası yeni depremlerde de benzeri olumsuz sonuçların meydana gelmemesi için, çeşitli önlemlerin alınması kaçınılmaz olmaktadır.

Bu önlemler iki ana grupta toplanabilir:

- Yeni inşa edilecek olan yapıların tasarım ve yapım aşamalarında gerekli özeni göstererek yapıların bilimsel esaslara, mühendislik prensiplerine ve yönetmeliklere uygun olarak inşa edilmesinin sağlanması.
- Özellikle deprem riski yüksek olan bölgelerden ve bu bölgelerindeki kamu ve toplu konut binalarından başlayarak, mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve yeterli güvenliğe sahip olmayan yapıların güçlendirilmesi.

Geçtiğimiz yıllarda Konya ilindeki resmi binalarda Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı tarafından deprem güvenlikleri konusunda araştırmalar yapılmıştı. Ancak 2004 yılında meydana gelen Zümrüt Sitesi olayından sonra bu araştırmalar daha çok önem kazandı. Konya İli Milli Eğitim Müdürlüğü tarafından da il kapsamındaki okullarda incelemeler başlatıldı.

Bu çalışmada, Konya İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nün il genelinde yaptırmış olduğu 22 derslikli tip ilköğretim okullarından, Selçuklu İlçesi Şükriye Onsun İlköğretim Okulu binasının statik ve dinamik etkiler altında yapıya etki eden yükleri, yürürlükteki yönetmelikler çerçevesinde taşıma yeterliliğine sahip olup olmadığının bilgisayar programlarından yararlanmak suretiyle araştırılması ve olumsuz sonuç çıkması halinde, binayı güvenilir hale getirmek için uygun güçlendirme projesinin hazırlanması amaçlanmıştır.

Bu sonuçların elde edilebilmesi için, araştırma, ölçüm, deney ve gözleme dayalı işlemlerin tümü bina için gerçekleştirilmiş ve proje ile uygulamaların birbiriyle uyumlu olup olmadıkları, malzeme özelliklerinin projede öngörülen değerleri sağlayıp sağlamadığını ve zemin durumu için gerekli olan bilgiler kesin bir şekilde elde edilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Solak (1996) çalışmasında, 1 Ekim 1995 Dinar depremi sonrasında mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesini amaçlayarak Denizli ilindeki bazı kamu binalarını incelemiştir.

Gürgün (1998) çalışmasında, mevcut betonarme bir binanın güçlendirme öncesi ve sonrası deprem güvenliğinin belirlenmesini amaçlamış, bu amaçla 1995 Dinar depremini orta derece hasarla atlatılmış bir binanın güçlendirme öncesi ve sonrasındaki lineer olmayan davranışını incelemiş ve deprem güvenliğini belirlemiştir.

Atmaca (1994) çalışmasında, daha önceden yapılan mevcut binaların yeni gelişmelerle ortaya çıkan deprem yönetmeliği esaslarını ne derece sağladığını kontrol etmek amacıyla değişik üç yöntem kullanarak mevcut yapının muhtemel bir depremde sergileyeceği davranışın ayrıntılı bir çerçeve analizine girmeden tespitini amaçlamıştır.

Alemdar (1996) çalışmasında, mevcut betonarme yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesi amacıyla geliştirilen bir hesap yönteminin esasları açıklanmış, yöntemin gerçek ve örnek yapı sistemleri üzerindeki sayısal uygulamaları verilen sonuçları değerlendirmeyi amaçlamıştır.

Girgin (1996) çalışmasında, betonarme yapı sistemlerinde ikinci mertebeli limit yükün hesabı ve göçme güvenliğinin belirlenmesi için bir yük artımı yöntemi geliştirmiştir ve bununla ilgili bilgisayar programları hakkında bilgi vermiştir.

Ekiz (2003) tarafından sunulan tezde, Konya-Selçuklu Mehmet Akif Ersoy Lisesi Binası ve Meram Ticaret Meslek Lisesi ek binasının deprem güvenliklerinin araştırması yapılmıştır. Bu yapılan çalışmada, söz konusu yapıların mevcut mimari ve statik-betonarme projeleri incelenmiş, proje ile yerindeki uygulamaların birbirleri ile uyumlu olup olmadıkları kontrol edilmiştir. Ayrıca söz konusu binaların eleman boyutları, eğilme ve kayma donatıları tahkik edilmiştir.

Özdöner (2003) tarafından sunulan tezde, Konya'daki Numune Hastanesi A Blok, Tıp Fakültesi Acil Servis bölümü A-B Bloklarının deprem güvenliklerinin araştırması yapılmış ve gerekli öneriler sunulmuştur. Bu yapılan çalışmada, söz konusu yapıların mevcut mimari ve statik-betonarme projeleri incelenmiş, proje ile yerindeki uygulamaların birbirleri ile uyumlu olup olmadıkları kontrol edilmiştir. Ayrıca söz konusu binaların eleman boyutları, eğilme ve kayma donatıları kontrol edilmiştir.

Özmen (2004) yaptığı çalışmada, burulma düzensizliği katsayısının 2.00 üst sınırını aşması için gerekli olan koşulları, parametrik bir araştırma yöntemi ile incelemiştir. Bu amaçla perdeleri değişik konumlarda yerleştirilmiş 8 tipik yapı grubu seçilmiş ve bunların deprem yükleri altındaki davranışları incelenerek sonuçlar irdelenmiştir.

Batı (2005) yaptığı çalışmada, Konya Büyükşehir Belediyesine ait beş adet bloğun, 1998 yılında yürürlüğe giren Türk Deprem Yönetmeliği koşullarına göre deprem

güvenliklerini araştırmıştır. Sonuçta söz konusu binaların, yönetmeliğin öngördüğu güvenliği sağlamadığı anlaşılmış ve güçlendirilmeleri tavsiye edilmiştir.

Öztürk (2005) yaptığı çalışmada, 02.02.2004 tarihinde göçen, Konya ili Selçuklu ilçesindeki Zümrüt Sitesinin her iki yanında bulunan Yakut ve Safir sitelerinin, statik ve dinamik etkiler altındaki güvenliklerini araştırmıştır. Sonuç olarak her iki binadaki taşıyıcı sistem elemanları için olumsuz sonuçlar elde edildiğinden, binaları güvenli hale getirecek uygun güçlendirme projesi hazırlanarak detay ve uygulama aşamaları ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Mevcut Betonarme Yapılarda Güvenliğin Belirlenmesi

Yapıların ve yapı elemanlarının güvenliğinin belirlenmesi, yapıya ve yapı elemanına ne kadar yük geldiğinin ve yapının bu gelen yükün ne kadar üzerinde bir yük taşıyabileceğinin ortaya konulmasıdır. Yapı tasarımı sırasında yol gösterici yönetmelik ve standartlardan yararlanır; ancak mevcut bir yapının güvenlik raporunu hazırlayacak mühendis, bilgi ve deneyimiyle baş başadır.

Mevcut yapının statik hesap ve çizimleri çoğu zaman yoktur. Eğer varsa bile imalat sonrasındaki durumla karşılaştırma ve yeniden düzenleme zorunluluğu vardır. Bilgiler toplanıp değerlendirildikten sonra yapının yıkılması ya da takviyesi söz konusu olabilecek ve hangi güçlendirme sistemin uygulanacağına karar verilecektir.

Yapı güvenliğini belirlemede en önemli hesap yaklaşımı “ Taşıma gücü yöntemi ” dir. Çünkü herhangi bir yapı elemanının kırılması veya görevini yapamaz duruma gelmesi için gereken yükün, yani taşıma kapasitesinin hesaplanması gerekir.

3.1.1. Yapı güvenliği kavramı

Çağdaş yapı güvenliğinde iki sınır duruma göre yapı güvenliği sağlanabilir:

1. Taşıma gücü sınır durumu
2. Kullanılabilirlik sınır durumu

Başka bir ifadeyle, yapının en elverişsiz yüklemeler altında göçmemesi ve servis yükleri altında aşırı deformasyon, çatlama ve rahatsız edici titreşim oluşmadan hizmet vermesi istenir. Bu durum şu şekilde de ifade edilebilir:

DAYANIM > YÜK ETKİSİ

Burada dayanım, herhangi bir yapı elemanının eğilme ve burulma momenti, kesme ve eksenel yük taşıma gücü olabileceği gibi, bu zorlamalar altında oluşabilecek çatlama ve deformasyonların limit değerleri de olabilir. Yük etkisi ise, elemana gelen eğilme ve burulma momentleri, kesme kuvveti ve eksenel yükler ile, bu etkiler altında oluşan sehim ve çatlak miktarlarıdır. Dayanım ve yük etkisi aynı cinsten ifade edilmelidir. Yani eğer yük etkisi öngörülen yüklemeye altında belirli bir kesitte oluşan eğilme momenti ise, dayanımda o kesitin moment taşıma gücü olmalıdır (Ersoy, 2004).

Dayanım ile yük etkisi arasındaki oransal ilişki yapının güvenlik katsayısıdır.

$$Güvenlik = \frac{Dayanım}{Yük etkisi} > 1 \quad (3.1)$$

Bu katsayının birden büyük olması yani yapı için belirli bir güvenlik payının bulunması gerekir. Bu fazlalığın bulunması yapı elemanları için yapılan dayanım ve yük etkisi hesaplarında ortaya çıkan belirsizliklere karşı emniyet payı bulundurma amacına yöneliktir. Ayrıca malzeme özelliklerinde olabilecek zayıflama ve kötüleşmelerinde malzeme katsayılarıyla karşılanması gerekir. Yüklerde olabilecek artışlar ise, yükün doğru olarak tespit edilebilme olasılığına göre belirlenecek yük katsayıları kullanılarak, gerçekte gelenden daha büyük bir artırılmış yük kullanılıp göz önüne alınır.

3.1.2. Yapıyı oluşturan elemanların yapı güvenliğine katkıları

Betonarme yapı elemanlarının yapı güvenliği üzerindeki etkileri veya önemleri farklıdır. Yapı elemanlarının önemlerindeki bu farklılık Amerikan Beton Yönetmeliği'nde (ACI 318-83) verilen eleman katsayıları ile dikkate alınmaktadır. Bu katsayıların yüksek olduğu elemanlar daha az risk taşıyan elemanlar demektir. Bu katsayılar, elemanların hesaplanan yük taşıma kapasiteleri ile çarpılmakta olduğundan, katsayıların küçük olması ilgili elemanın daha büyük bir kapasitede hesaplanmasını gerektirmektedir. Bu yönetmeliğe göre eleman katsayıları şöyledir (ACI, 1995) :

- Basit eğilme : 0.90 (Kiriş)
- Eksenel çekme : 0.90 (Diyagonal eleman)
- Eksenel basınç : 0.70 (Etriyeli kolon)
- Eksenel basınç : 0.75 (Fretli kolon)
- Kesme ve burulma : 0.85
- Bileşik eğilme : 0.70 - 0.90

Görüldüğü gibi kolonların eleman katsayıları kirişlerin eleman katsayılarına göre önemli ölçüde küçüktür. Bu durum eksenel yük ve eğilme momenti ile zorlanan kolonların, yalnızca eğilme momentine maruz kirişlerden daha önemli olduğunu göstermektedir.

3.1.2.1. Döşemeler

Betonarme yapılarda döşemeler en güvenli yapı elemanlarıdır. Büyük şekil değiştirmeler yaparak büyük yükler taşıyabilirler. Plak döşemelerin, kendi ağırlıkları ve hesaplarda alınan hareketli yükün 4-5 katını, büyük sehim yaparak ve çatlayarak taşıyabildikleri deneylerle kanıtlanmıştır. Eğilme etkilerine karşı direnci yüksek olan plakların, özellikle kirişsiz döşemelerin, kesme kuvvetlerine karşı dirençleri azdır. Kirişsiz döşemede kolona aktarılacak kesme kuvveti kapasitesi çok hassastır. Bu kapasitenin aşılması plağın ani ve gevrek bir şekilde göçmesine neden olur (Bayülke, 2001).

3.1.2.2. Kirişler

Kirişler plak döşemeler kadar olmasa da güvenli yapı elemanlarıdır. Betonarmedeki “ uyum özelliği ” sayesinde aşırı zorlanan kirişler şekil değiştirmeler yaparak zorlamaları komşu elemanlara iletirler.

Kirişlerin donatıları genellikle, dengeli kırılma için gereken miktardan daha az olduğu için kırılma çekme donatısının akmaya başlamasıyla gerçekleşir. Bu kırılma çekme kırılmasıdır ve sünek özellik taşıdığı için zayıflama belirtileri göstererek önlem alınmasına fırsat verir. Kirişlerin onarım ve güçlendirilmesi mümkün ve nispeten kolonlara göre daha kolaydır.

3.1.2.3. Kolonlar

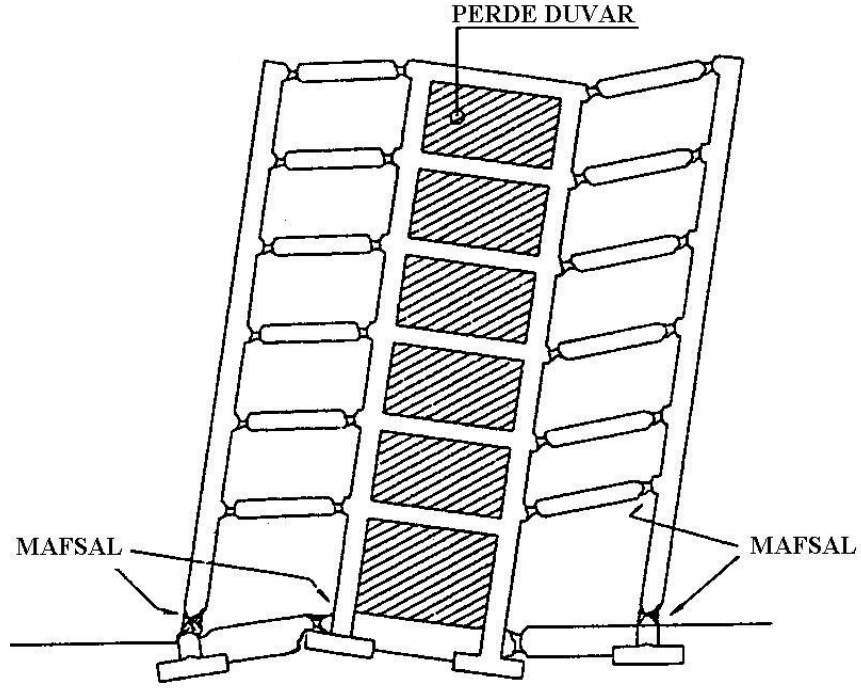
Kolonlar betonarme yapılarıdaki en kritik elemanlardan biridir. Normal kuvvet eğilme momentine göre daha hâkimdir. Kolonlardaki kırılmanın nasıl olacağını aksel yük düzeyi belirler. Bu yüzden yönetmelikte aksel yüke bir üst sınır konularak sünek davranış sağlanmaya çalışılmıştır. Deprem hareketinin her iki doğrultuda meydana gelebilmesi nedeniyle kolonlar her iki aksende simetrik olarak donatılırlar.

Kolonlarda göçme sırasında genellikle betonun davranışı etkili olur. Taşıma kapasitesi aşıldığında hasar aniden gelişebilmekte ve gevrek bir kırılma oluşabilmektedir. Çerçevesel yapılarda depremden meydana gelen eğilme momentleri doğrusal bir değişim göstererek, kolon uçlarını en fazla zorlar. Bu bölgelerde sünekliği artırmak için mutlaka etriye sıklaştırması yapılmalıdır.

3.1.2.4. Perdeler

Perdeler yüksek yapılarda yatay yüklerin karşılanmasında kullanılır. Plandaki yer ve biçimleri genellikle mimari kullanım amaçlarına bağlıdır. Yüksek binalarda yatay yer değiştirmeleri sınırlamaları önemli tercih sebebidir. Perdeler büyük depremlerde genellikle plastik şekil değiştirmelerle yatay kuvvetlerin dinamik etkisine karşı koyarlar. Tek başına bulunan bir perde betonarme konsol giriş gibi davranır. Dar kesit yanal burkulma kuşkusunu oluştursa da, kat döşemeleri yeterli yanal rijitliğe sahipse bu tehlike ortadan kalkar (Celep, Kumbasar, 2004).

Perdelerin yatay yükleri karşılaması için kat döşemelerine olan bağlantısına özen gösterilmeli ve mümkün olduğunca fazla düşey yük taşıtılması sağlanmalıdır. Bunun nedeni dar kesitte yanal burkulma oluşmasını önlemektir. Büyük yatay rijitliği sebebiyle depremden gelen yatay yüklerin önemli bir kısmını taşıyacak olan perdenin tabanında büyük eğilme momentleri oluşur. Bu nedenle perdenin temelinde dönme eğilimini azaltacak önlemler alınmalıdır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Perde temelinde dönme sonucu oluşan göçme mekanizması

3.1.2.5. Kolon – kiriş birleşim bölgeleri

Kiriş ve kolon davranışının istenen düzeyde olması için, birleşim bölgelerinde uygun şekilde etriye sıklaştırılmasının yapılmış olması gerekir. Deprem hasarlarının önemli bir bölümü birleşim bölgelerinde veya yakınında oluşmaktadır. Birleşim bölgelerindeki bir dayanım veya rijitlik kaybı, çerçevede büyük yanıl yer değiştirmelere ve ikinci mertebe etkilerinin doğmasına neden olabilmektedir.

Büyük bir deprem sırasında mafsallaşmanın kirişlerde ortaya çıkması ve deprem enerjisinin bu yolla yutulması istenir. Bu düşünce, kuvvetli kolon-zayıf kiriş ilkesi olarak ifade edilir. Bu durumda sistem, kirişlerde çok sayıda plastik mafsallaşmasından sonra çok daha sünek bir davranışla göçer veya büyük enerji yutarak depremi karşılar. Kuşkusuz buradaki ' zayıf ' kavramı görecelidir; zayıf denilen elemanda yönetmelikteki yükleme şekillerini güvenle karşılamalıdır. Yönetmelikte her kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentleri toplamının, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az % 20 daha fazla olması istenmektedir (T.D.Y. (1998)).

3.1.2.6. Temeller

Yapının bütünsel güvenliği açısından en önemli elemanlar temellerdir. Onarım ve güçlendirmeleri diğer yapı elemanlarına göre zor ve pahalıdır. Bu nedenle tasarım ve

yapım sırasında özel bir emek harcanması gerekir. Temeller oluşturulurken, zemin taşıma gücü ölçü alınarak güvenli bir zemin gerilmesinin aşılmasına özen gösterilmelidir. Zeminin taşıma gücü genelde üst yapıyı oluşturan malzemeninkinden daha düşük olduğundan, temelin zeminle temas eden yüzeyi yapının kolon, perde gibi taşıyıcı elemanlarına oranla daha büyük olmalıdır (Öztürk, 2005).

3.2. Mevcut Yapıların T.D.Y. (1998) (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1998)) Koşullarına Göre Değerlendirilmesi

Deprem yönetmeliğinin 1 Ocak 1998 tarihinde yürürlüğe girmesiyle, 22 yıldan uzun bir süre uygulanan 1975 tarihli T.D.Y.' nin kullanımı son bulmuştur. 1997 yönetmeliği, depreme dayanıklı yapı tasarımına yeni bir bakış açısı getirmiştir. Bu yeni tasarım felsefesi, T.D.Y. (1975)'e göre projelendirilmesi gerçekleştirilmiş olan yapıların, yeni yönetmelik karşısındaki durumlarının değerlendirilmesi düşüncesinin doğmasına neden olmuştur. Bu bölümde mevcut betonarme binaların depreme dayanıklılık konusunda, T.D.Y. (1975) ve T.D.Y. (1998) arasındaki farklara dikkat çekilerek, değerlendirilmesinin nasıl yapılacağı anlatılmaktadır.

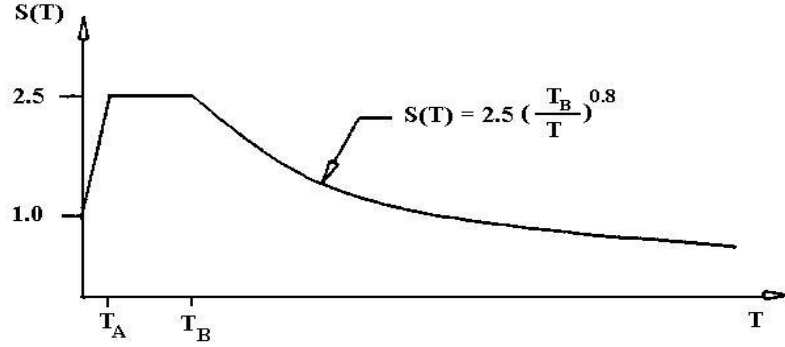
3.2.1. Depreme dayanıklı yapı tasarımı

Bilindiği gibi T.D.Y. (1975) yapay bir büyüklük olan “ Deprem katsayısı ” kavramına dayanmaktaydı. Dünyada son zamanlarda geliştirilen modern yönetmeliklerin ortak noktası ise, deprem etkisinin “ Doğrusal Elastik Tasarım Spektrumu ” ile ifade edilmesidir. Bu paralelde hazırlanan T.D.Y. (1998)' de, deprem etkisini belirleyen temel parametre, A_0 simgesi ile gösterilen ve deprem bölgesine göre farklı değerler alan etkin yer ivmesi katsayısıdır. Bu büyüklük, yönetmelikte tanımlanan bina önem katsayısının $I = 1$ değerini aldığı binalar için, elli yıllık süre içinde aşılma olasılığı % 10 olan depremi karakterize etmektedir.

Spektral ivme katsayısı, tasarım ivme spektrumu' nun yerçekimi ivmesine bölünmesine karşılık gelir ve;

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (3.2)$$

olarak formülize edilmiştir (T.D.Y.-1998). Formülde $S(T)$ olarak gösterilen spektrum katsayısı, T_A ve T_B olarak ifade edilen “Spektrum Karakteristik Periyotları”na bağlıdır (Şekil 3.2). Bu periyotlar ise, zemin gruplarına ve en üstteki zemin tabakası kalınlığına göre belirlenmektedir.



Şekil 3.2. Spektrum katsayısının periyoda göre değişimi

Yönetmelikte göz önüne alınacak tasarım deprem yükleri, yukarıda tanımlanan tasarım ivme spektrumuna göre belirlenen elastik deprem yüklerinin, $R_a(T)$ ile simgelenen “Deprem Yükü Azaltma Katsayısı”na bölünmesi ile elde edilen yükler olarak tanımlanmıştır. $R_a(T)$ katsayısı yönetmelikte, elastik davranışa karşılık gelen deprem yüklerinin, aktarılan enerjinin binada yutulması ve aynı zamanda betonarmenin uyum özelliği gibi nedenlerle mevcut olan, binanın yedek dayanım kapasitesinin varlığı sayesinde azaltıldığını vurgulamak amacıyla bu isimle adlandırılmıştır. $R_a(T)$ katsayısı yönetmelikte, “Süneklik Düzeyi Yüksek” ve “Süneklik Düzeyi Normal” olan taşıyıcı sistemler için tanımlanan “Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı” (R)’ye ve “Doğal Titreşim Periyodu” (T)’ye bağlı olarak ifade edilmiştir.

Yukarıda belirtildiği gibi, T.D.Y. (1975) yönetmeliğinden farklı olarak T.D.Y. (1998) yönetmeliğinde taşıyıcı sistemler, “Süneklik Düzeyi Yüksek” ve “Süneklik Düzeyi Normal” olan sistemler olarak sınıflandırılmışlardır. Çerçvelerden oluşan taşıyıcı sistemlerde, yüksek süneklik düzeyinin temel koşulu, kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşuludur. Bu koşul yönetmelikte, “Çerçvelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentleri toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentler toplamından en az % 20 daha büyük olacaktır.” ifadesi ile yer almaktadır (T.D.Y.-1998). Deprem sırasında plastik mafsalların kolonlarda değil kirişlerde oluşmasını, böylece hem kararlı bir enerji tüketimini hem de göçme veya kat göçmesi mekanizmalarını önlemeyi öngören bu koşul, tasarım depremi altında binada kontrol edilebilir hasarı kabul eden ve temel amaç olarak can kaybını önlemeyi hedefleyen, modern depreme dayanıklı tasarım felsefesinin açık bir ifadesidir (Öztürk, 2005).

3.2.2. Hesap yöntemlerine göre değerlendirme

T.D.Y. (1998), deprem analizine ilişkin olarak getirdiği kurallar açısından da eski yönetmeliğe göre önemli farklar içermektedir. T.D.Y. (1975)’de tek analiz yöntemi “Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi”dir. 1998 deprem yönetmeliğinde ise bu yöntem ek olarak, “Mod Birleştirme Yöntemi”ne ve “Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi”ne de yer verilmiştir.

Eşdeğer deprem yükü yöntemi, yapının sadece birinci serbestlik derecesini esas alan dinamik bir yöntem olarak kabul edilebilir. Mod birleştirme yöntemi ise, çok serbestlik

dereceli sistemlerin davranışını veren ifadelerin, her mod şekli için ayrı ayrı değerlendirilmesi olarak da görülebilir (Celep, Kumbasar, 2004).

Ayrıca özel durumlarda, bina ve bina türü yapıların doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan deprem hesabı, daha önce kaydedilen veya yapay yollarla üretilen benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılarak yapılabilir. Bu hesap yöntemine “ Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi ” denilmektedir.

Bunun dışında yeni yönetmelikte “ Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ” kullanımına bazı sınırlandırmalar getirilmiştir. Buna göre Konya’ da yüksekliği 75 m’ den az olan tüm binalarda bu yöntem kullanılabilir. Ancak 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde, yönetmelikte açıklanan bazı düzensizlik durumlarına sahip olan ve belli yüksekliği aşan binalarda bu yöntemin kullanılması yasaklanmıştır.

1998 deprem yönetmeliğinde deprem analizine ilişkin getirilen en önemli koşullardan biride, kullanılacak yöntemden bağımsız olarak üç boyutlu analiz yapılması zorunluluğudur. Böylece burulma etkilerinin göz önüne alınmasıyla simetrik binalarda bile iki boyutlu davranışın mümkün olmadığı vurgulanmıştır.

Kesit hesaplarında ise “ Emniyet Gerilmeleri Yöntemi ” terk edilmiş ve yeni yönetmelikte “ Taşıma Gücü Yöntemi ” nin kullanımı zorunlu hale getirilmiştir.

3.2.3. Malzeme dayanımlarına göre değerlendirme

Malzeme dayanımlarındaki yetersizlikler, yurdumuzda son yıllarda meydana gelen depremlerde ortaya çıkan hasarların oluşmasında büyük paya sahiptir. Bu nedenle 1998 deprem yönetmeliğinde beton ve çelik kalitesine ilişkin bazı koşullar yer almıştır.

1975 deprem yönetmeliğinde C14 sınıfı beton kullanımına izin verilirken, 1998 deprem yönetmeliğinde deprem bölgelerinde yapılacak betonarme yapılarda C16’ dan daha düşük kalitede beton kullanılması yasaklanmıştır. Ayrıca 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde bina önem katsayısı 1.5 ve 1.4 olan binalar ile taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi yüksek çerçevelerden oluşan binalarda C20’ den düşük kalitede beton kullanılmaması öngörülmüştür.

1998 deprem yönetmeliğine göre, betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında bazı özel haller dışında, S420’ den daha yüksek dayanımlı donatı çeliği kullanılmasına izin verilmemektedir. Ayrıca kullanılan donatının kopma birim uzaması da %10’ dan daha az olmalıdır.

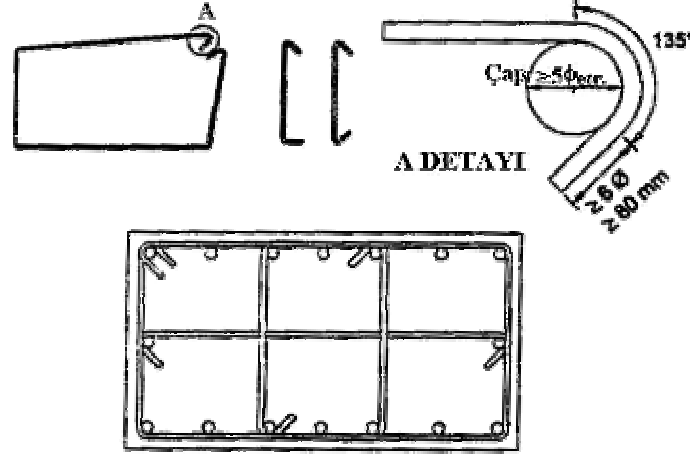
Yönetmelikten alınan yukarıdaki hususlara bakıldığında, beton dayanımını iyileştirici düzenlemelere önem verildiği ve deprem yüklerinin daha sünek yapı elemanlarınca karşılanmasını sağlamak için donatı çeliğinde sınırlamaya gidildiği anlaşılmaktadır.

3.2.4. Konstrüktif kurallar bakımından yapılan düzenlemeler

Yeni yönetmelik, yapıyı oluşturan elemanların en kesitleri, enine ve boyuna donatıları ile ilgili pek çok değişiklik öngörmektedir. Bunların en önemlileri şunlardır:

- Bütün betonarme sistemlerin kolonlarında, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde, perde uç bölgelerinde ve kiriş sarılma bölgelerinde “ Özel Deprem Etriyesi ” ve “

Özel Deprem Çirozu ” olarak adlandırılan enine donatıların kullanılması şart koşulmuştur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Kolonlarda kullanılması gereken deprem etriye ve çirozları

- Kolonlarda minimum en kesit alanı 75.000 mm² olarak belirlenmiştir. Böylece en küçük dikdörtgen kesitli kolon (25 cm x 50 cm) boyutlarına çıkarılmıştır. Minimum donatı oranı ise 0.01 olarak sabit kalmıştır. Ayrıca kolonun brüt en kesit alanının, Denklem (3.3)' deki koşulu sağlaması öngörülmüştür.

$$A_c \geq \frac{N_{d,max}}{(0,5 \cdot f_{ck})} \quad (3.3)$$

- Kirişlerin en kesit boyutlarına ilişkin önemli değişiklikler yapılmıştır. Yeni düzenlemeye göre kiriş gövde genişliği en az 25 cm olmalıdır. Kiriş gövde genişliği, kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliğinin toplamını geçmemeli, ayrıca kiriş yüksekliği, döşeme kalınlığının üç katından ve 30 cm' den az, serbest açıklığın ¼' ünden ve kiriş gövde genişliğinin 3.5 katından fazla olmamalıdır. Ayrıca kirişler için minimum donatı oranı TS500'e göre % 25 artırılmış ve Denklem (3.4)' de görüldüğü gibi olmuştur. Maksimum donatı oranı ise 0.02 olarak belirlenmiştir.

$$\rho_{min} = \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} \quad (3.4)$$

- Kolon ve kiriş birleşim bölgeleri için kuşatılmış ve kuşatılmamış birleşim kavramları getirilmiştir. Buna göre kuşatılmamış birleşimlerde kullanılacak enine donatı miktarı daha fazladır.
- Yeni düzenlemeye göre, perdelerin plandaki uzun kenarının kalınlığa oranı minimum yediye çıkarılmıştır. Ayrıca deprem yüklerinin tamamının bina yüksekliği boyunca perdeler tarafından taşındığı sistemlerde perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/20 sinden ve 15 cm' den az olmamalıdır. Diğer tür binalarda ise perde kalınlığının 20 cm' den ve kat yüksekliğinin 1/15 inden az olmamasına karar verilmiştir. Bunlara ek olarak “ Kritik Perde Yüksekliği ” kavramı getirilmiş ve perde uç bölgelerinin bu kritik yükseklik boyunca daha geniş tutulması sağlanmıştır.

3.2.5. Yapısal düzensizlikler açısından yapılan düzenlemeler

T.D.Y. (1975) 'de “ yapısal düzensizlik ” kavramı üzerinde çok az durulmuş, çeşitleri açıklanmamakla birlikte bu tür düzensizliklere sahip olan yapılarda kesit hesapları yapılırken bu düzensizliklerin göz önünde bulundurulması gerektiği vurgulanmıştır. T.D.Y. (1998) 'de ise, yapılarda deprem sırasında önemli hasarların oluşmasına neden olan çeşitli düzensizlik durumları daha detaylı incelenmiş ve bu konuyla ilgili önemli kısıtlamalar getirilmiştir.

Düzensiz yapılar, 1998 Deprem Yönetmeliğine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır:

- A. Planda Düzensizlik Durumları:
 - 1. A1 - Burulma Düzensizliği
 - 2. A2 - Döşeme Süreksizlikleri
 - 3. A3 - Planda Çıkıntılar Bulunması
 - 4. A4 - Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması
- B. Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları
 - 1. B1 - Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)
 - 2. B2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)
 - 3. B3 - Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği

3.2.5.1. Planda düzensizlik durumları

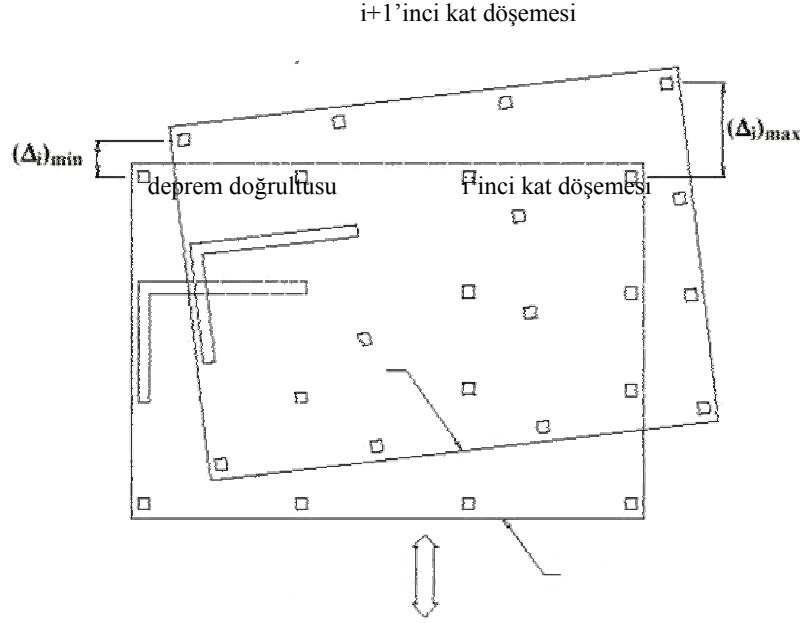
a. Burulma düzensizliği,

Yatay deprem kuvvetlerinin bileşkesi yapının kütle merkezinden geçmektedir. Yatay yük, taşıyıcı düşey elemanlarca, o elemanların yatay rijitlikleri ile orantılı olarak paylaşılıp temele aktarılır. Her elemanın aktarmakta olduğu kesme kuvvetlerinin bileşkesi kütle merkezinden geçiyorsa katlarda dönme olmaksızın sadece ötelenme yer değiştirmesi meydana gelir. Kesme kuvvetlerinin bileşkesi kütle merkezinden geçmiyorsa, katlarda ötelemenin yanında dönme hareketi de meydana gelir ve burulma etkisi ortaya çıkar.

T.D.Y. (1998) gereğince, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden burulma düzensizliği katsayısı 1.2' den büyük olmamalıdır (Şekil 3.4 , Denklem 3.5, Denklem 3.6).

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2 \quad (3.5)$$

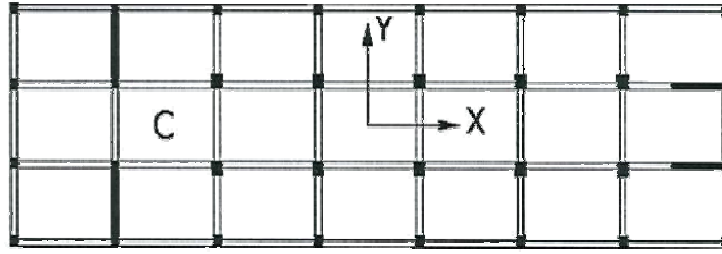
$$(\Delta_i)_{\text{ort}} = [(\Delta_i)_{\max} + (\Delta_i)_{\min}] / 2 \quad (3.6)$$



Şekil 3.4. Burulma Düzensizliği Durumu

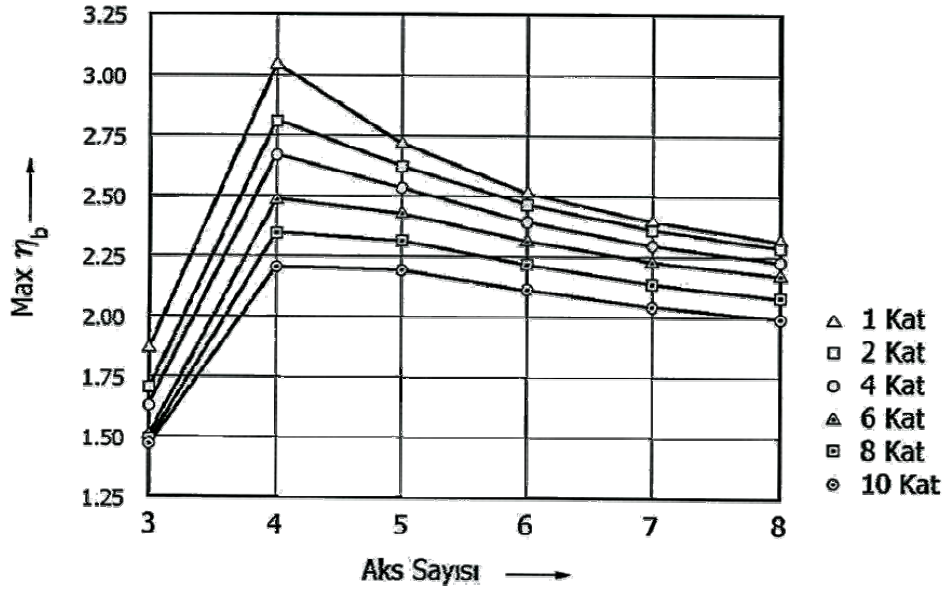
Şiddetli depremler altında, deprem dalgalarının binada yayılışı gayri simetrik olabileceği gibi, kolon uçlarında oluşabilecek mafsallar da aynı anda oluşmayabilir. Böylece kütle ve rijitlik merkezi çakışan binalarda da eksantrisiteler meydana gelir. Ayrıca planda simetrik olarak yerleştirilmeyen dolgu duvarların dahi burulma eksantrikliğini büyütebileceği belirtilmektedir. Bundan dolayı yönetmelikte (T.D.Y., (1998)), simetrik binalarda minimum % 5 eksantrisite kabul edilmesini, burulma düzensizliğine sahip binalarda ise eksantrisite miktarının, burulma düzensizliği katsayısının 1.2' ye bölünmesiyle elde edilen sayı oranında büyütülmesi öngörülmektedir.

Bir binanın burulmasına neden olan eksantriklik taşıyıcı sistem elemanlarının simetrik yerleştirilmemesinden kaynaklanabilir. Özmen (2004) tarafından, perdelerin plandaki konumlarının, perdelerle paralel aks sayılarının ve kat sayısının burulma düzensizliği katsayısı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Örnek olması amacıyla, çalışmada ele alınan ve C tipi yapı olarak tanımlanan 8 akslı yapının kalıp planı Şekil 3.4' de verilmiştir. Perde konumları aynı kalacak şekilde, yani iki perde sağ kenar aksta, diğer ikisi de en soldaki aksın yanındaki aksta bulunacak şekilde, aks ve kat sayıları değiştirilip deprem analizi yapılmış ve burulma düzensizliği katsayısının aks ve kat sayısına göre değişimi Şekil 3.5' deki gibi elde edilmiştir. Sonuçlardan görüleceği gibi minimum aks sayılı sistemler için katsayı düşük bir değer almakta, daha sonra maksimum bir değere ulaşarak aks sayısının artması ile azalmaktadır. Ayrıca kat sayısının azalmasının burulma düzensizliği katsayısını artırdığı görülmektedir. Az katlı yapılarda aşırı burulma düzensizliği oluşmasının nedeninin, perdelerin elverişsiz konumda bulunmalarından ve perde alanlarının az katlı yapılar için gerekli olan değerden daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 3.4. 8 akslı C tipi yapıların şematik kalıp planları

Yapıların depreme karşı davranışlarında perdelerin varlığının çok olumlu katkısı vardır. Ancak perdelerin hem olumsuz hem de aşırı oranda bulunmaları düzensizlik katsayısını artırmaktadır.



Şekil 3.5. C tipi yapılar için burulma düzensizliği katsayısının aks ve kat sayısına göre değişimi

b. Döşeme süreksizlikleri,

Döşeme süreksizlikleri herhangi bir kattaki döşemede;

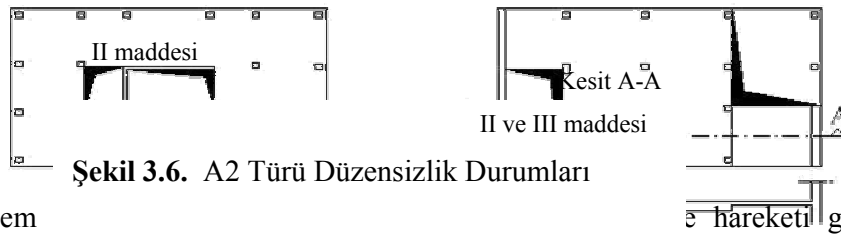
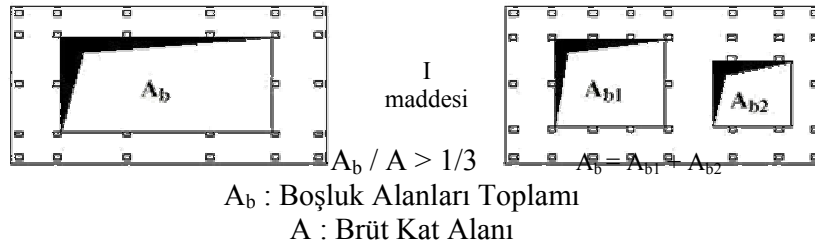
a. Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması,

b. Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarabilmesini güçleştiren, yerel döşeme boşluklarının bulunması,

c. Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumudur (T.D.Y. (1998)).

Deprem yükleri kata etkiğinde, bu yükleri düşey taşıyıcılara iletmede döşemelerin rolü büyüktür. Kirişli veya kirişsiz döşemelerde, mesnetlenme kenarlarında boşlukların bulunması, kuvvet iletimini zorlaştıracak ve gerilme yığılmalarına sebep olacaktır. Ayrıca

döşemenin kalınlığındaki ani değişiklikler de deprem kuvvetinin iletilmesinde gerilme yığılmalarına sebep olabilir.

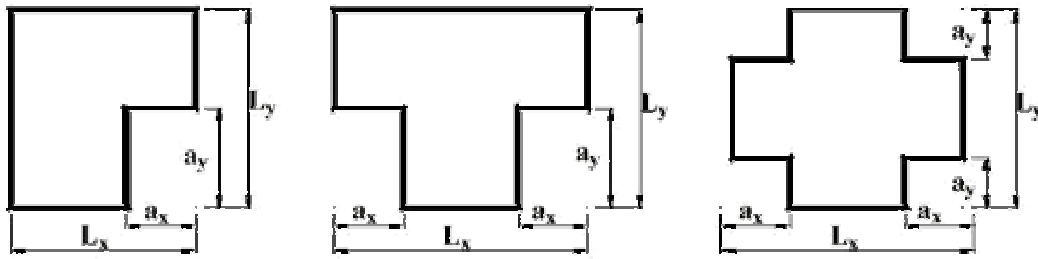


Şekil 3.6. A2 Türü Düzensizlik Durumları

Deprem ötelenir. Böylece tüm çerçevelerin eşit olarak ötelenmelerini sağlar. Bu hareketi yapan döşeme “Sonsuz Rijit Diyafram” şeklinde isimlendirilir. Ancak döşemede bu davranışa engel olacak boşluklar varsa veya döşeme kalınlıkları arasında ani değişimler oluyorsa döşemede “Esnek Diyafram Etkisi” görülür. Bu gibi durumlarda, her bir çerçevenin ötelenmesi değişik olur ve her bir çerçevede değişik ötelenmenin gerektirdiği farklı kesme kuvvetleri oluşur. Depreme dayanıklılık için, yapıda esnek diyafram bulunmamalıdır.

c. Planda çıkıntılar bulunması,

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların, birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının, aynı doğrultulardaki, toplam boyutunun %20’sinden daha büyük olması durumudur (T.D.Y. (1998)), (Şekil 3.7).

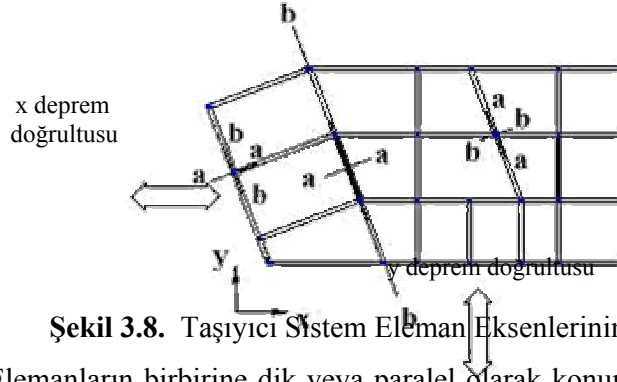


$a_x > 0.2L_x$, $a_y > 0.2L_y$
Şekil 3.7. A3 Türü Düzensizlik Durumu

L,T,U,H şekline sahip yapılarıdaki döşemeler için, deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcılara iletirken rijit diyafram kabulü yapmak her zaman doğru olmaz. Çünkü çıkıntı yapan kısımlarla, ana kısım birbirine göre rölatif yer değiştirme yapar. Planda çıkıntılar meydana getirmektense, çıkıntılı kısımları dilatasyonlarla ayırıp, yapıyı bloklaştırmak en uygun çözümdür.

d. Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması,

Düsey taşıyıcı sistem elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınan birbirine dik, yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumudur (T.D.Y. (1998)), (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Taşıyıcı Sistem Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması

Elemanların birbirine dik veya paralel olarak konumlandırıldığı binalarda, deprem yüklerinin iki asal doğrultuda, ayrı ayrı ve birbirinden bağımsız olarak etkidiği kabulü ile çözümleme yapılır. Çünkü planda taşıyıcı elemanlar sürekli olduğu için kesit tesirleri düzenli bir şekilde dağılmakta ve depremin asal eksenler dışında bir doğrultuda etkimesi ile oluşan ek zorlamalar yapı için tehlike oluşturmamaktadır. Bu düzensizlik durumunun bulunduğu yapılardaki elemanlarda iç kuvvetler hesaplanırken, x doğrultusunda etki edecek deprem nedeniyle elemanda oluşan iç kuvvet değerine, y doğrultusunda deprem olması halinde oluşacak iç kuvvet değerinin % 30' u eklenir. Aynı şekilde y doğrultusundaki deprem etkisine, x yönündeki etkinin % 30' u eklenir ve bulunan değerlerden elverişsiz olanı tasarımda dikkate alınır.

3.2.5.2. Düsey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat),

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki “etkili kesme alanı”nın, bir üst kattaki “etkili kesme alanı”na oranı olarak tanımlanan “Dayanım Düzensizliği Katsayısı” η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumudur (T.D.Y. (1998)).

$$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80 \quad (3.7)$$

Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:

$$\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15 * \Sigma A_k \quad (3.8)$$

Burada, ΣA_e , herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı, ΣA_w , herhangi bir katta, kolon en kesiti etkin gövde alanları A_w 'lerin toplamı, ΣA_g , herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanlarının toplamı, ΣA_k , herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamıdır.

Genellikle, betonarme bir yapının tasarımı yapılırken, dolgu duvarlarının yapıya sadece ölü yük olarak etki ettiği sanılarak hataya düşülür. Çerçeve boşluklarını dolduran duvarlar, deprem anında şekil değiştiren çerçeveye reaksiyonlar uygulayarak az da olsa deprem yükünün taşınmasına katkıda bulunur. Bu katkı, dolgu duvarın eğik asal çekme ve eğik asal basınç kuvvetlerine karşı mukavemetinin fazla olmayışı sebebiyle %15 mertebesindedir (Atımtay, 2000).

Bu tür düzensizlik olan yapılarda:

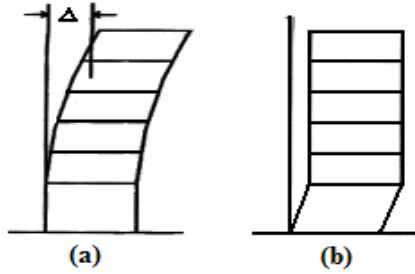
- $0.60 \leq (\eta_{ci})_{\min} \leq 0.80$ aralığında, yönetmelikte verilen Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R), $1.25 \cdot (\eta_{ci})_{\min}$ değeri ile çarpılarak, her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanır. $(R) \cdot 1.25 \cdot (\eta_{ci})_{\min}$ değerinin, taşıyıcı sistem davranış katsayısı olarak kullanılması, bu değeri düşürüp toplam deprem etkisini büyütecektir.
- Hiçbir zaman $\eta_{ci} < 0.60$ olmamalıdır. Aksi durumda, zayıf katın dayanımı ve rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanmalıdır.
- Zayıf kat düzensizliği bulunan binalarda ($0.60 \leq (\eta_{ci})_{\min} \leq 0.80$ iken), kolon sarılma bölgesine konulan enine donatı, kolon orta bölgesinde de aynen devam ettirilmelidir (T.D.Y. (1998)).

-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat),

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan "Rijitlik Düzensizliği Katsayısı" η_{ki} 'nin 1.5'tan fazla olması durumudur (T.D.Y. (1998)).

$$\eta_{ki} = (\Delta_i)_{\text{ort}} / (\Delta_{i+1})_{\text{ort}} > 1.5 \quad (3.9)$$

Deprem etkilerinin alt katlara doğru artması sebebiyle, taşıyıcı sistem rijitliğinin alt katlarda azaltılması deprem sırasında yapılarda Şekil 3.9 ' da görüldüğü şekilde hasarlar oluşmasına yol açmaktadır (Batı, 2004).



Şekil 3.9. (a) Elastik Davranış ve (b) Yumuşak Kat Davranışı

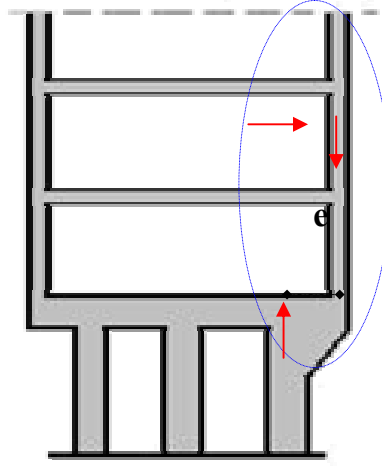
B2 türü ve A1 türü düzensizlik, deprem hesabında kullanılacak yöntemin seçiminde, etken olan düzensizlik türleridir. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerindeki, yüksekliği 25 ila 60 metre arasındaki yapılarda, eğer B2 türü düzensizlik varsa, dinamik hesap yapmak zorunludur (T.D.Y. (1998)). Yumuşak kat düzensizliği aşağıdaki sebeplerle de oluşabilir:

- Kolon boylarının bir katta (genellikle zemin katta) diğerlerine göre, daha fazla olmasıyla, söz konusu kattaki rijitlik daha az olurken, kolon uçlarında büyük dönmeler meydana gelir.
- Üst katlardaki kiriş-kolon-perde boyutları, daha büyük olduğunda üst katlar daha rijittir.

- Perde duvarlar üst katlarda mevcutken, zemin katta bu perdeler devam etmemekte, perdelerden gelen kesme kuvvetlerini kolonlar almaktadır.
- Yapıda zayıf kat düzensizliği mevcuttur.

- Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının, bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin, altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumudur (T.D.Y. (1998)), (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Kolonların Kiriş ve Guse Üzerine Oturtulması

1975 yönetmeliğinden farklı olarak yeni yönetmelikte, yapılarda bu tür düzensizlik oluşmasını engellemek için getirilen kısıtlamalar şunlardır:

- Bütün deprem bölgelerinde, kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez (T.D.Y. (1998)).
- Kolonun, iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda, bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılmalıdır.
- Üst kattaki perdelerin her iki ucundan, alttaki kolonlara oturtulması durumunda, bu kolonlarda düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 arttırılır. Bu tür bir düzensizliğin mevcut olduğu betonarme binalarda perdelerin oturduğu kolonlarda sarılma bölgesine konulan enine donatı, kolon orta bölgesinde de aynen devam ettirilir. Ayrıca bu durumda enine donatı, perde içine kenetlenme boyu kadar uzatılan kolon donatıları boyunca devam ettirilmelidir. Bu durumda, zemin katta etkili kesme alanı azaldığı için, zayıf kat düzensizliği oluşurken, zemin kat ötelenmesi, bir üst kattan fazla olduğu için, yumuşak kat düzensizliği meydana gelebilir.

3.3. Betonarme Yapılarda Oluşan Hasar Şekilleri

Betonarme yapılardaki hasarın belirtisi fazla sehim, çatlak ve bazen titreşimdir. Eğilme etkisindeki elemanlarda genellikle ilk aşamada aşırı sehim göze çarpar. Çatlak ise hızla girilen ikinci aşamadır. Bazen aşırı sehimden elemanın kendisinde çatlak oluşmaz fakat taşıdığı başka elemanlarda çatlak oluşur. Çatlak niteliği ile ilgili parametreler; çatlağın yeri, genişliği ve eski yada yeni oluşudur. Çatlağın olduğu yerde elastik olarak taşınabilenden daha büyük bir çekme kuvveti var demektir.

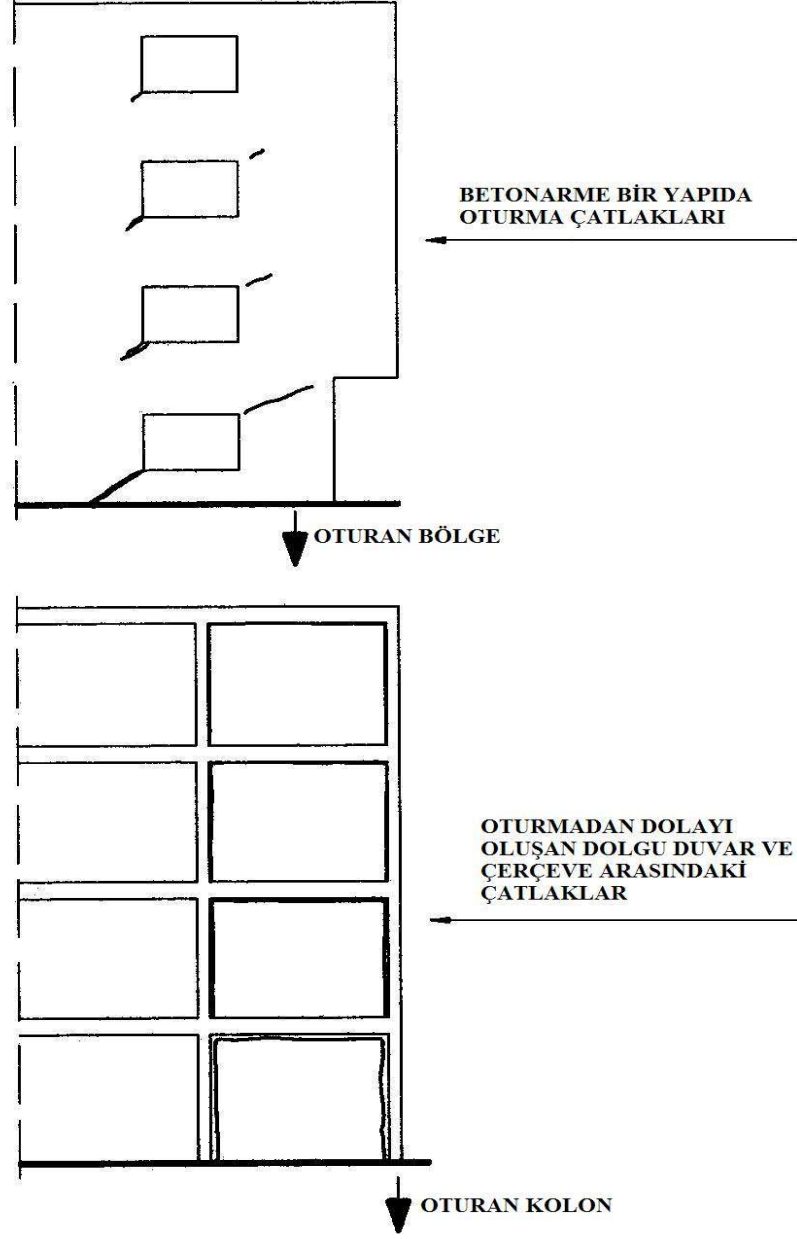
Betonarme taşıyıcı elemanlardaki çatlak, çekme kuvvetleri taşıyan donatının akma birim deformasyonunun üzerinde kalıcı deformasyon yaptığının ve uzadığının da bir göstergesidir. Çatlağın onarılmış olması ve onarımdan sonra yeniden açılması gibi belirtiler çatlağı yaratan etkinin sürdüğünü gösterir (Bayülke, 2001).

3.3.1. Taşıyıcı olmayan yapı elemanlarında görülen hasar şekilleri

Deprem etkisindeki Betonarme yapılarda hasar sıva çatlakları ile başlamaktadır. Eğer su ve elektrik tesisat boruları üzerindeki sıva tabakası ince ise çatlaklar buradan başlar. Ardından betonarme çerçeve ile dolgu duvarları arasındaki yüzeylerde sıva çatlakları oluşur. Yapıda hasar bu tür sıva çatlakları düzeyinde ise genellikle yapının taşıyıcı elemanlarında hasar bulunmaz.

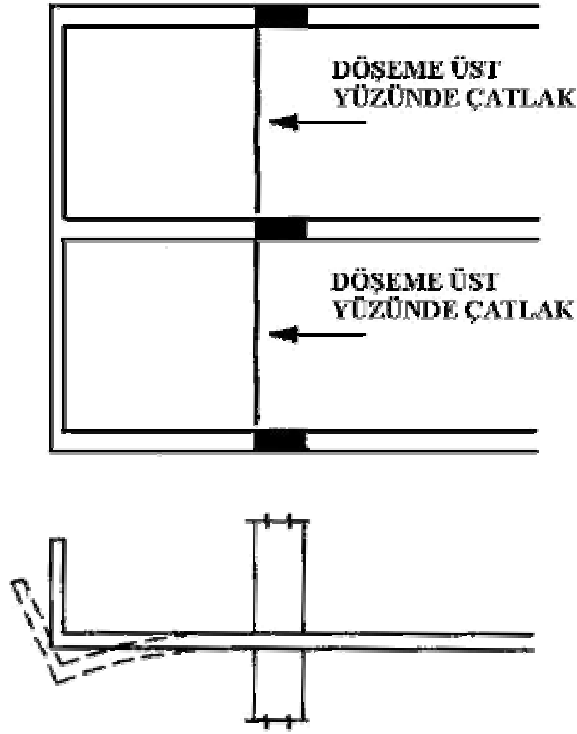
Şiddetli yüksek depremlerde ya da dolgu duvarın boşluklu beton briket gibi nispeten daha düşük dayanımlı malzemedan yapılmış olduğu yapılarda dolgu duvarda X biçiminde hasar başlar. Bu durumda çatlağın dolgu duvarın içinde de sürdüğü kesindir.

Duvarlardaki hasarın bir diğer nedeni temellerdeki oturmalar ve elemanlardaki sehimdir. Betonarme yapılarda temellerdeki aşırı oturmalarından dolayı, özellikle oturan çerçevelerin içinde yer alan dolgu duvarların dörtkenarında çerçeveden ayrışmalar olur ve pencere kenarlarında eğik çatlaklar oluşur. Yapıdaki oturmadan kaynaklanan bu tür hasarlar üst katlara gidildikçe azalır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Betonarme yapılardaki oturmalarından dolayı oluşan çatlaklar

Betonarme yapılarda en çok görülen hasar türlerinden biride, konsol çıkmalarının aşırı uç sehimleri sonucu dış cephe duvarlarında görülen çatlaklardır. Konsollardaki aşırı sehimler, bu konsolun ucuna oturan dış cephe duvarlarında pencerelerin alt yada üst seviyelerinde boydan boya uzanan çatlaklar oluştururken, yan duvarlarda da eğik çekme çatlakları meydana gelir. Bu tür hasarın daha kritik ileri aşamalarında konsol çıkmanın mesnedinde üst yüzeyde sürekli çatlak oluşur (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Konsoldaki aşırı sehim sonucu döşemede oluşan çatlaklar

3.3.2. Taşıyıcı yapı elemanlarında görülen hasar şekilleri

3.3.2.1. Döşemelerde oluşan hasar şekilleri

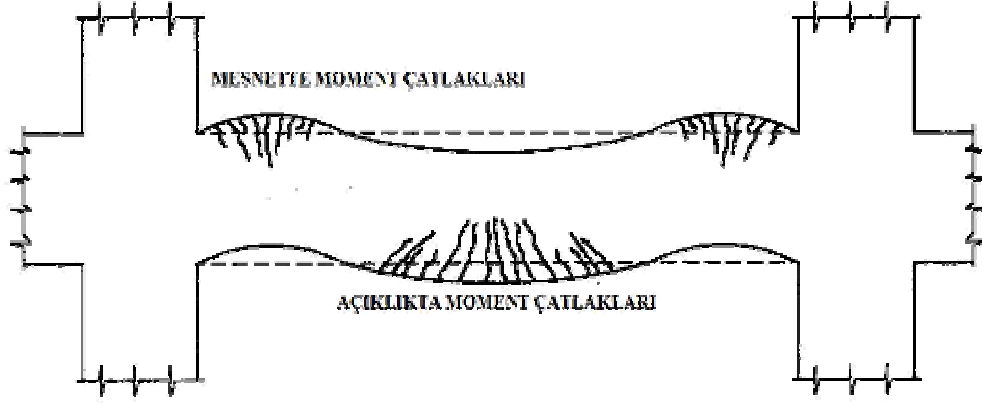
Betonarme elemanlardan olan döşemelerde gözlenen hasar çoğunlukla döşeme ortasında aşırı sehim ve döşemenin kenarlarında, kirişle birleştiği yerde, üst yüzeyde çatlak olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca döşemenin üzerinde dolaşırken aşırı titreşim yapması zayıflığının bir kanıtıdır. Bu belirtiler döşemenin açıklığına göre ince olması, betonun tam sertleşmeden yüklenmesi yani kalıpların erken sökülmesi veya döşeme beton dayanımının projede öngörülen dayanımdan düşük olması gibi sebeplerden kaynaklanabilir.

Depremlerde perde duvarlı yapılardaki döşeme hasarı, perdelerin yatay yükler altında dönmesi ile döşemeye ek momentlerin aktarılması sonucu oluşmaktadır.

Döşemelerde meydana gelebilecek hasarın nedenlerinden biride “zımbalama” dır. Kirişsiz döşemeli yapılarda döşemeden kolona kesme kuvveti aktaran alanın az oluşu sonucu son derece gevrek gelişen “ zımbalama kırılması ” oluşur. Döşemeler kolonların çevresinden kesilerek üst üste yığılırlar. Kesme kırılması başlangıcı, kolon çevresindeki döşemede örümcek ağı biçiminde çatlaklarla kendini belli eder (Bayülke, 2001).

3.3.2.2. Kirişlerde oluşan hasar şekilleri

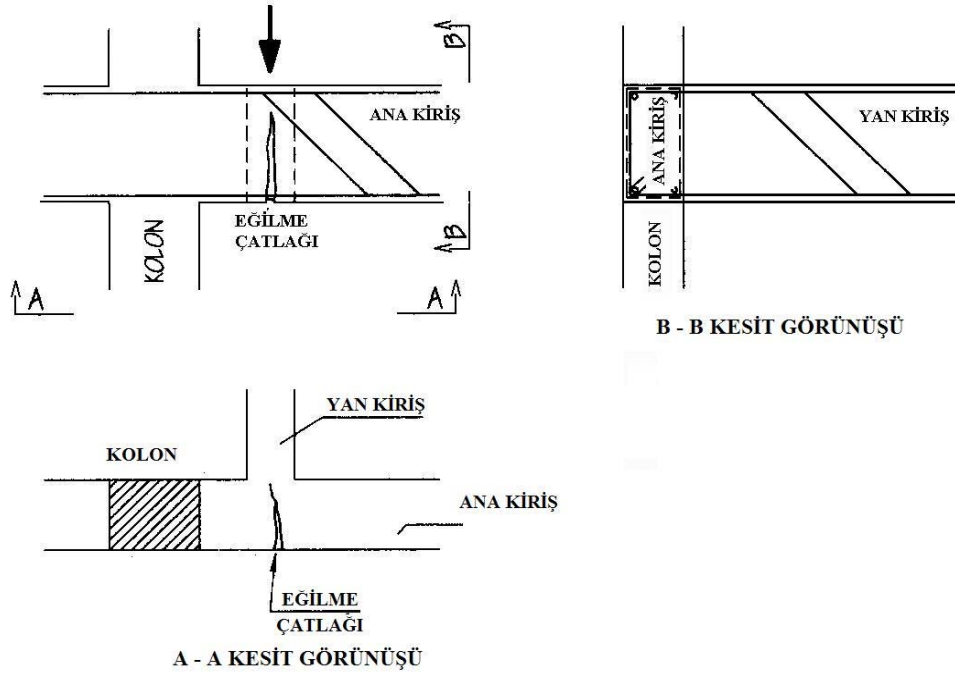
Betonarme kirişlerde düşey yüklerden dolayı en çok görülen hasar şekli, açıklıkta eğilme kırılmasıdır. Bu kırılma, kirişte boyuna donatının yetersiz miktarda oluşu sonucu kiriş ortasında çekme bölgesinde oluşan çatlakla kendini belli etmektedir (Şekil 3.13).



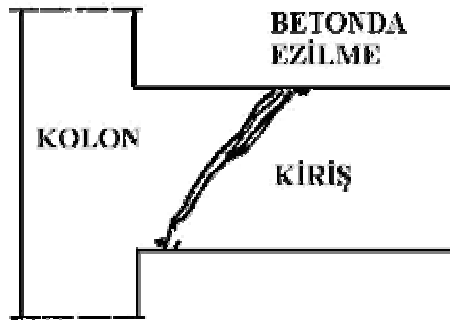
Şekil 3.13. Açıklıkta ve mesnette eğilme çatlakları

Şekil 3.14 ' de bir başka kirişin saplandığı yerde momentten dolayı betonda oluşan çatlak görülmektedir. Bu hasarın nedeni kirişin uç bölümüne yakın yere saplanan diğer kirişin mesnet reaksiyonunun ana kirişe tekil yük olarak etkimesi ve ana kirişte bu noktada önemli miktarda pozitif moment oluşmasıdır.

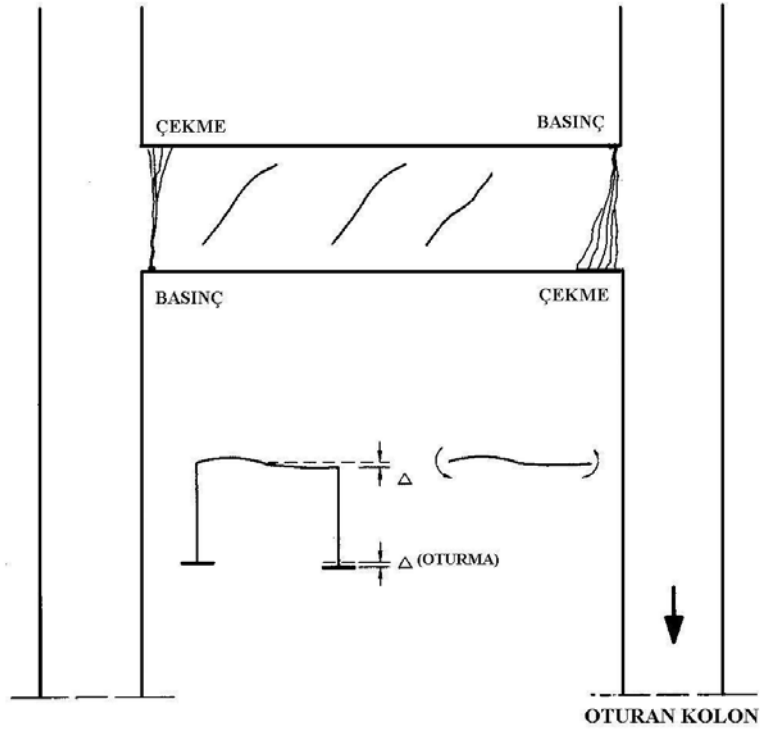
Kirişlerde tehlikeli olan ve gevrek bir kırılmaya yol açan hasar türlerinden biri de eğik çekme çatlaklarının oluşumudur. Bu çatlaklar kirişin kesme kuvveti taşıma gücünün yetersiz olduğunu gösterir. Şekil 3.15' de eğik çekme çatlaklarının görünüşü verilmektedir. Ayrıca kirişlerdeki bu tür çatlaklar kolonlardaki oturmalardan dolayı da oluşabilmektedir (Şekil 3.16).



Şekil 3.14. Saplanan kirişten dolayı ana kirişte oluşan çatlak



Şekil 3.15. Kirişte eğik çekme çatlakları



Şekil 3.16. Kolondaki oturma nedeniyle kirişte oluşan eğik çekme çatlakları

3.3.2.3. Kolonlarda oluşan hasar şekilleri

Çerçevesel betonarme yapılarda kolonlar kirişlerden daha zayıf yapıldıklarından ya da kirişlerin döşeme ile birlikte davranması sonucu tasarlanandan daha yüksek güçlü olması sonucu deprem sırasında çerçeve hasarı genellikle kolonlarda oluşmaktadır. Deprem enerjisi kolonun rijit ek yerinin mafsallı ek yerine dönüşmesi ile tüketilmektedir. Kolondaki mafsallaşma hasarının gelişiminde, önce kolonun bir yanında depremin etkime yönüne göre çekme çatlakları oluşurken, diğer yandaki betonda basınçtan dolayı ezilme görülür. Daha sonra deprem hareketindeki tersinmeden dolayı önce çekme çatlakları olan taraftaki betonda ezilme, bir önceki aşamada basınç hasarı olan yerde ise çekme etkisi ile ezilmiş beton dökülmektedir. Eğer kolon uçlarında etriye sıklaştırması yapılmamışsa betonun ezilme ve paralanması çekirdek betonuna da yayılmaktadır. Kolon betonunun ezilip parçalanması sonucunda kolon düşey yükleri taşıyamamakta, etriyeler açılmakta ve boyuna donatılar burkulmaya başlamaktadır. Bu davranışı önleyebilmek için etriye sıklaştırması yapılması çok önemlidir. Etriye sıklaştırması çatlakların daha geniş bir alanda daha küçük boyutta kalmasını sağlayacak ve donatıdaki pekleşme daha geniş bir bölgede gerçekleşecektir.

Kolonlarda meydana gelebilecek bir diğer hasar şekli kesme hasarıdır. Kolonun kesme kuvveti taşıma kapasitesinin az olması durumunda yaklaşık 45° eğimli kesme çatlakları oluşmaktadır. Ayrıca bu hasar, beton dayanımının iyi olmaması, enine

donatıların yeterli sıklıkta yerleştirilmemesi ve beton ile donatı arasında yeterli aderansın bulunmaması sonucunda ortaya çıkmaktadır.

Eğer kolonun aksenal yükü fazla veya beton dayanımı projesinde öngörülen dayanımdan daha düşük ise kolonda basınç hasarı meydana gelir. Basınç hasarı kolon boyuna donatısının akma gerilmesine ulaşmadan betonun ezilerek çatlaması biçiminde gelişir. Kolonun dış yüzünde oluşan düşey çatlaklardan sonra ilk belirtileri kolon boyuna donatısının dışarı doğru burkulmaya başlamasıdır.

Betonarme kolonlarda, çoğu zaman rastlanılan bir diğer hasar “ kısa kolon ” davranışı olarak adlandırılan bir tür kesme kırılması hasarıdır. Çeşitli nedenlerle (derin giriş, kalın döşeme) kolon boyunun projede öngörülenden daha kısa olması veya taşıyıcı olmayan elemanların kolonun yatay deformasyon yapmasını önlemesi sonucu kolon projede öngörülenden daha rijit olur ve beklenenden daha büyük bir kesme kuvveti ile zorlanır. Bu da kolonda kesme kırılması ile birlikte yapının göçmesine yol açar.

3.3.2.4. Perdelerde oluşan hasar şekilleri

Betonarme perdeli yapılarda, perde duvarlardaki hasar yapının kat sayısına göre değişmektedir. Birkaç katlı alçak yapılarda, gelen yatay yüklerden dolayı oluşan eğilme momentleri, perde duvarın moment taşıma kapasitesinden az olduğu için eğilme kırılması oluşmaz ve kesme çatlakları oluşur. Çatlaklar yatay ve düşey ile yaklaşık 45° açı yaparlar. Çok katlı perde duvarlı yapılarda ise zemin ve zemine yakın katlarda eğilme çatlakları oluşur. Uç elemanları kolonlar olan perdelerde ise elemanlarda oluşabilecek hasarlar, elemanların göreceli dayanımlarına göre değişmektedir. Eğer perdeler zayıf, kolonlar güçlü ise gövdede kesme kırılması oluşur. Eğer kolonlar zayıf ve etriye sıklaştırması yoksa kolonlarda perdenin dönmesi ile oluşan büyük basınç kuvvetleri boyuna donatıların burkulmasına ve betonun basınçtan ezilmesine neden olur. Eğer perde duvarlar yapı içinde simetrik bir şekilde yerleştirilmemişler ise, deprem sırasında yapının burulma etkisinde kalmasına yol açar.

3.3.2.5. Betonarme yapılarda korozyon hasarı ve onarımı

Beton elemanın çekme ve eğilme gerilmeleri karşısında çatlayıp kırılmasını önlemek amacıyla, çekme gerilmelerine maruz kalacak bölgelere yerleştirilen çelik donatılarda zamanla, klorürlerin betona nüfuz etmesi veya karbonatlaşmanın oluşmasıyla paslanmada denilen “korozyon” olayı meydana gelebilmektedir. Betonun içindeki çelik çubukların korozyonu iki sakıncalı durumun oluşmasına yol açmaktadır:

- Korozyona uğrayan donatının kesitinde küçülme olduğu için, belirli bir çekme yükü, daha küçük kesitli bir çubuk üzerine binmiş olmaktadır. Yani çelik çubuğun üzerindeki çekme gerilmesi artmış olmaktadır. Böylece çubuk, yük taşıyamaz bir duruma gelmekte ve betonda çatlamalar, kırılmalar oluşmaktadır .
- Tepkime sonucu ortaya çıkan korozyon ürünlerinin (pasın) hacmi, demirin hacminden 2.5 – 3 kat daha büyüktür. Bu ürünler çelik çubukların yüzeyine yerleştiği için, sertleşmiş betonun içerisinde büyük gerilmeler oluştururlar ve betonda çatlamalar, daha ileri aşamada ise betonda kabuk atma meydana gelir.

Betonun içerisindeki donatının korozyona uğramaması için geçirimsiz beton üretilmesi, beton yüzeyinin su geçirimsiz maddelerle kaplanması, beton üretiminde korozyon önleyici katkı maddeleri kullanılması ve donatının üzerindeki beton örtüsünün (pas payının) yeterli kalınlıkta olması gibi önlemler alınmalıdır. Daha öncede belirtildiği gibi korozyonun ileri durumlarında donatı kesiti küçülebilmekte ve elemanın taşıyıcılık güvenliği zayıflayabilmektedir. Bu durumda kolonlarda mantolama işlemi bir çözüm olabilir. Korozyona uğramış donatının ve kabuk atmış yüzeyin onarılmasında, işlemin özenle yapılması önemlidir. Sadece bir sıva ile geçiştirilmesi, korozyonun iç kısımda devam etmesine sebep olur. Donatıda çap küçülmesi devam ederken bir müddet sonra betonun kabuk atmasıyla hasar daha ağır bir şekilde ortaya çıkar. Onarım için; donatının korozyondan (pas) temizlenmesi, beton yüzeyinin temizlenerek hazırlanması ve tamir harcı gibi uygun onarım malzemesinin kullanılması gerekir.

3.4. Mevcut Betonarme Yapılarda Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi

Yapıların taşıyıcı sistemlerinin dış yükler ve özellikle deprem etkileri altındaki gerçek davranışlarını incelemek amacıyla bir takım kuramsal ve deneysel araştırmalar yürütülmektedir. Elde edilen sonuçlar ve bunların deprem ve betonarme hesap yönetmeliklerine aktarılması ile bir takım tasarım ilkeleri oluşturulmuştur. Bu ilkeler sayesinde deprem bölgelerinde yeni inşa edilecek olan yapıların yeterli bir güvenliğe sahip olacak şekilde tasarımı mümkün olabilmektedir.

Ülkemizde inşaat teknolojisi ve denetim mekanizması giderek gelişmektedir. İnşaat malzemesi üretiminde kalitenin artması, nitelikli malzeme kullanımının yaygınlaşması ve geçmiş depremlerden alınan derslerin uygulamaya aktarılması suretiyle, binaların projelerine ve temel mühendislik ilkelerine uygun olarak inşa edilmeleri olasılığı giderek artmaktadır.

Ancak sadece yeni inşa edilecek olan yapıların yeterli bir deprem güvenliğine sahip olacak şekilde tasarımının ve yapımının sağlanması, olası yeni depremlerde meydana gelebilecek can ve mal kaybının önlenmesi veya azaltılması için yeterli değildir. Bunun yanında, deprem bölgelerindeki mevcut yapıların deprem güvenliklerinin gerçekçi bir biçimde belirlenmesi ve yeterli güvenliğe olmayan yapıların rehabilitasyonu da oldukça önemlidir.

Bir grup analitik yöntemi, mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesinde halen kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde, mevcut yapının gerçek davranışını temsil eden bir taşıyıcı sistem hesap modeli oluşturulmakta ve hesap modelinin statik veya dinamik yöntemlerle analizi yapılarak deprem güvenliğini belirlenmektedir (Gürgün, 1998).

Binaların deprem etkisindeki davranışını değerlendirilerek, bu etkiye karşı hassas olanlar belirlenmesi ve ilgili tedbirlerin alınması deprem mühendisliğinin önemli bir konusudur. Deprem etkisinde insan hayatını tehlikeye düşürerek kabul edilemeyecek hasarın meydana gelebileceği durumlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Binanın tümünün göçmesi,
2. Binanın bir bölümünün tamamen göçmesi,

3. Binanın bir parçasının göçerek düşmesi,
4. Binanın giriş ve çıkışının kurtarma çalışmalarını engelleyecek şekilde kapanması.

Deprem afetinin kayıplarını şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Doğrudan kayıplar (Fiziki kayıplar),
2. Dolaylı etkilerden oluşan kayıplar (Bunlar can kaybı ve araçların hasarlarıdır),
3. Mevcut ekonomik planlanan yatırımların, afetin sonuçlarını karşılamamasından doğan kayıplar (Solak, 1996).

Deprem olan yörede yeni ve ani yatırımdan doğan yapay fiyat artışları bölge ve ülke nüfusunu ters etkilemektedir. Yetişmiş ve ekonomisi iyi durumda olan gruplar, yörelerden hızla uzaklaşmıştır.

3.4.1. Mevcut Betonarme Yapılarda Deprem Güvenliğinin Belirlenmesinde İzlenen Yol

Mevcut betonarme yapıların risk analizinin belirlenmesinde izlenmesi gereken yol şu ana adımlardan oluşmaktadır.

1. Yapıya ait belgelerin sağlanması ve değerlendirilmesi,
2. Mevcut yapı üzerinde incelemeler yapılması,
3. Taşıyıcı sistem hesap modelinin oluşturulması,
4. Yapının deprem güvenliğinin değerlendirilmesi,

3.4.1.1. Yapıya Ait Belgelerin Sağlanması ve Değerlendirilmesi

İlk olarak yapıya ait tüm belgeler toplanmalı ve değerlendirilmelidir. Bu belgelerin başlıcaları şunlardır.

1. Mimari ve statik projeler ile tesisat projelerinin yapının taşıyıcı sisteminin değerlendirilmesinde önemli bir yeri vardır. Statik projeler kapsamındaki statik ve

betonarme hesapların incelenmesi gerekmektedir. Çünkü bu hesaplardan yararlanarak, yapı sisteminin boyutlandırılmasında esas alınan yükler, deprem kuvvetleri ve diğer dış etkiler, yapı taşıyıcı sisteminin hesap modelinin oluşturulması, tasarımda yapılan varsayımlar ve idealleştirmeler, varsayılan hesap yöntemleri hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir.

2. Tasarımda esasa alınan standart ve yönetmelikler.

3. Yapının inşaatı sırasında yapılmış ise malzeme deneylerine ait raporlar.

Projede öngörülen malzeme karakteristiklerinin yapım sırasında hangi ölçüde gerçekleştirilebildiğini gösteren bu raporlardaki bilgilerden başlıcaları, beton çeliği test

sonuçları ile beton dökümü sırasında alınan örnekler üzerinde yapılan beton deneylerine ait sonuçlardır.

4. Eğer varsa, yapım sırasında tutulan ve proje ile inşaat arasındaki farklılıkları belirten kayıtlar. Bazı durumlarda ortaya çıkan çeşitli gereksinimler nedeniyle yapım projesi aynen uygulanmayabilir ve uygulama sırasında projede değişiklikler yapılmasına karar verilebilir. Bu değişiklikleri belgeleyen kayıtlar yapının mevcut durumunun belirlenmesine yardımcı olmaktadır.

5. Yapının kullanımı sırasında taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlar üzerinde yapılmış olan değişikliklere ilişkin kayıtlar. Yapının projesine uygun olarak inşa edilmesi halinde de, kullanım sırasında bazı değişiklikler yapılmış ve / veya çeşitli nedenlerle oluşan hasar ve bozulmalarının giderilmesi amacıyla onarım ve güçlendirme işlemleri uygulanmış olabilir. Yapının taşıyıcı sisteminin doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen bu değişikliklerin bilinmesi de, taşıyıcı sistem hesap modelinin gerçek yapı davranışına uygun olarak oluşturulması bakımından önemlidir.

Yapıya ait belgeler sırasıyla şu kaynaklardan sağlanabilir:

1. Yapının sahiplerinden,
2. Yapı projesini hazırlayan mimar ve mühendislerden,
3. Belediyeden veya İnşaat Mühendisleri ve Mimarlar Odalarından.

Kamu ve toplu konut binalarında yapıya ait bilgilerin tümünün veya büyük bir kısmının kolaylıkla sağlanabilmesine karşılık, bir çok hallerde, özellikle yapım tarihinin eski olduğu durumlarda bu belgelerin elde edilmesinde önemli güçlükler olduğu bilinmektedir.

Elde edilmesi gereken belgeler değerlendirilerek yapının taşıyıcı sistem geometrisi, en kesit ve malzeme karakteristikleri, düşey ve yatay işletme yükleri belirlemelidir. Ancak hesap modelinin kesinleşmesi için, bu bilgilerin mevcut yapı üzerinde yapılacak incelemeler yolu ile de kontrol edilmesi ve doğrulanması gerekmektedir.

Ayrıca, yapının taşıyıcı sistem hesap modelini doğrudan etkileyemeyen bazı unsurlar da vardır (örneğin, taşıyıcı olmayan yapı elemanlarının sistem davranışına katkısı gibi). Deprem güvenliğinin değerlendirilmesinde göz önüne alınması gereken bu etkenlerin de belirlenmeye çalışılması gerekmektedir. (Gürgün, 1998).

3.4.1.2. Mevcut Yapı Üzerindeki İncelemeler

Mevcut yapı üzerindeki incelemeler çeşitli amaçlarla yapılır.

1. Yapıya ait gerekli proje ve belgelerin mevcut olmaması veya yetersiz olması halinde, taşıyıcı sistem hesap modelini oluşturmak için gerekli olan bilgilerin elde edilmesi, yapı üzerinde gerçekleştirilen inceleme, ölçüm, deney ve gözlemler ile mümkün olabilmektedir. Böyle bir durumda aşağıdaki işlemlerin yapılması gerekmektedir.

a. Taşıyıcı Sistem Rölevesi

Yapıya ait statik – betonarme ve mimari projelerin olmaması durumunda yapının taşıyıcı sistemine ait gerekli temel ve kat kalıp planları ile sistem en kesitlerinin çizilmesine

yardımcı olmak üzere, sistem geometrisini, taşıyıcı elemanların konularını ve en kesit boyutlarını belirlemek amacıyla ölçümler yapılmalıdır.

b. Donatı Ölçümleri

Betonarme elemanlarındaki donatı miktarlarını saptamak amacıyla donatı ölçümleri yapılması gerekmektedir. Donatı detaylarının mevcut olması halinde, bu ölçümler az sayıdaki gelişigüzel noktalarda yapılarak, projede öngörülen donatının gerçekleşme oranı saptanır. Donatı detaylarının mevcut olmaması halinde ise, donatı ölçümlerinin daha geniş ölçüde ve ayrıntılı olarak yapılması gerekmektedir. Donatı ölçümleri genellikle tahribatsız yöntemlerle yapılır. Bununla beraber, belirli yerlerde beton pas payını kaldırmak suretiyle gerçekleştirilen tahribatlı deney yöntemi ile tahribatsız ölçüm sonuçlarının kontrol edilmesi yararlı olmaktadır.

c. Malzeme Deneyleri

Genellikle beton çekici gibi tahribatsız veya betondan karot numuneleri alınarak tahribatlı beton deneylerinden yararlanılarak beton sınıfı hakkında bilgi oluşturulmalıdır. Elde edilen sonuçların tümü birlikte değerlendirilerek beton sınıfı ve karakteristikleri belirlenmelidir. Beton sınıfı belirlenirken dikkate alınması gereken önemli bir husus, deneylerin mevcut yapı üzerinde gerçekleştirilmesi nedeniyle, bunların değerlendirilmesinde daha küçük güvenlik sayılarının kullanılabilmesidir.

Malzeme deneyleri kapsamında ayrıca, uygun yerlerden alınan beton çeliği örnekleri üzerinde deneyler yapılarak beton çeliği sınıfı ve karakteristikleri de belirlenmelidir.

d. Geoteknik İncelemeler

İnşaat alanında geoteknik incelemeler yapılarak zemin profili ve karakteristikleri belirlenmelidir.

e. Taşıyıcı Sistem Üzerindeki İncelemeler

Yapının taşıyıcı sistemi üzerindeki incelemeler ile, hesap modelini doğrudan etkileyen veya deprem güvenliğinin değerlendirilmesinde göz önünde tutulması gereken hususlar saptanmalıdır. Bunların bir bölümü aşağıda sıralanmıştır.

- * Plandaki veya düşey düzlenmedik düzensizlikler,
- * Yapı ile komşu yapılar arasındaki olası etkileşim,
- * Yapı taşıyıcı sisteminin süneklik düzeyini etkileyen hususlar,
- * Dolaylı kiriş-kolon mesnetlenmelerinin varlığı,
- * Yapı elemanlarında inşaattan sonra açılmış olan delikler ve boşluklar,
- * Daha güçlü kolon koşulunun gerçekleşme oranı,

* Yapının taşıyıcı sisteminden kaynaklanan veya dolgu duvarları nedeniyle meydana gelebilen kısa kolonlar.

Ayrıca bu incelemeler sırasında, yapıya her hangi bir onarım ve /veya güçlendirme işlemlerinin uygulanıp uygulanmadığı da araştırılmalıdır. Bu işlemlerin uygulandığı yapılarda, taşıyıcı sistemde meydana gelen değişiklikler özellikle belirtilmelidir.

f. Yapıya Etkiyen Yüklerin Belirlenmesi

Yapı yüklerinin tayin edilmesi için yapıdaki taşıyıcı olmayan yapı elemanları (döşeme kaplamaları, duvarlar) üzerinde yapılan ölçümlerin de dikkate alınması gerekmektedir.

Ayrıca yapının kullanım amaçlarına uygun olarak ilave olması gereken hareketli yükler de belirlenmelidir. Bu yüklerden, yapı taşıyıcı sistemi üzerindeki inceleme sonuçlarından ve ilgili yönetmeliklerden yararlanarak eşdeğer deprem kuvvetleri hesaplanır. Yapının analizinde hesaba katılması gereken diğer dış etkiler (sıcaklık değişmesi, mesnet çökmesi v.b.) de yine bu aşamada belirlenir.

g. Taşıyıcı Olmayan Yapı Elemanları Üzerindeki İncelemeler

Dolgu duvarlarının yerleri, boyutları, malzemesi, işçilik kalitesi, duvar boşluklarının yerleri ve boyutları genellikle bu incelemelerde belirlenir. Bu bilgiler taşıyıcı sistem hesap modelinin oluşturulmasında doğrudan doğruya esas alınır veya yapının deprem güvenliğinin değerlendirilmesi aşamasında dolaylı olarak dikkate alınmalıdır.

1. Yapıya ait belgelerin sağlanabilmesi ve bu belgelerin yeterli bilgi içermesi halinde ise, eldeki bilgilerin mevcut yapı ile uyumun kontrol edebilmek amacıyla bazı incelemeler yapılmalıdır. Bu incelemeler bir önceki bölümde anlatılan incelemelere benzer şekilde yapılmalıdır. Bu incelemeler sonucunda bazı farklılıklar saptanırsa, yapının mevcut durumun tanımlayabilmek için gerekli olan bilgiler yapılacak ek ölçümler, deneyler ve gözlemlerle elde edilir.

2. Yapıda, inşaat sırasında veya sonrasında bir takım hasar ve bozulmalar meydana gelmiş olabilmektedir. Yapının inşası sırasında yapı kusurları nedeniyle veya kullanım süresi içinde deprem, çevresel etkenler ve benzeri nedenlerle meydana gelen hasar ve bozulmaların saptanmalıdır. Bu amaçla bir takım incelemelerin yapılması da çok kere gerekli olabilir. Bu hasar ve bozulmaların başlıcaları,

- * Beton oluşan yapısal çatlaklar,
- * Betondaki boşluklar, dökülmeler ve diğer yüzeysel kusurlar,
- * Donatının korozyonu,
- * Sülfat veya asit etkisi ile oluşan beton bozuklukları,
- * Yapı elemanlarının aşırı şekilde değiştirmeleridir.

Yapı taşıyıcı sistemindeki hasar ve bozulmalar, hazırlanacak bir hasar rölevesine işlenmelidir. Hasar rölevesinde özellikle, çatlakların türleri, kalınlık, derinlik ve boyları belirtilmeli, gerekirse bu bilgiler fotoğraf ve video kayıtları ile belgelenmelidir. Bu hasar ve bozulmaların yapının deprem güvenliğine etkileri de ayrıca değerlendirilir (Gürğün, 1998).

3.4.1.3. Taşıyıcı sistem hesap modelinin oluşturulması

Yapıya ait belgelerden ve mevcut yapı üzerindeki incelemelerden bilgiler değerlendirilerek taşıyıcı sistem hesap modeli oluşturulur. Hesap modelinin en az şu bilgileri içermesi gerekir.

1. Taşıyıcı sistem geometrisi,
2. Yapı elemanlarının en kesit boyutları, donatı miktarları ve donatı yerleşim durumları,
3. Betonarme betonu ve beton çeliğinin mekanik özellikleri,

4. Düşey işletme yükleri ve deprem yükleri,

5. Zemin karakteristikleri.

Sistem hesabında uygulanması öngörülen hesap yönteminin içeriğine bağlı olarak, yapılan incelemelerde elde edilen yerlerin tümünün hesap modeline yansıtılması mümkün olmayabilir. Bu durumda, hesap modeli içinde yer almayan veriler ayrıca değerlendirilir.

3.4.1.4.Yapının deprem güvenliğinin değerlendirilmesi

Hesap modelinin analizi ile elde edilen sonuçlar değerlendirilerek yapının deprem güvenliği belirlenmelidir. Bu aşamada, taşıyıcı sistem modeli içinde yer almadığı halde yapının deprem güvenliğini etkileyebilen diğer faktörler de (örneğin, yapı elemanlarındaki hasarlar ve bozulmalar, taşıyıcı olmayan yapı elemanlarının sistem davranışına katkısı gibi) dikkate alınmalıdır.

Sistemin analizi sonucunda bulunan deprem güvenlik katsayısı, ilgili yönetmeliklerin öngördüğü yük ve malzeme güvenlik katsayıları ile karşılaştırılarak yapının deprem güvenliği değerlendirilir. Bu değerlendirmede, incelemenin mevcut yapıya ait gerçek verilere dayandığı kabul edilmeli ve buna bağlı olarak ta daha küçük güvenlik katsayıları esas alınmalıdır.

Yeterli deprem güvenliğine sahip olmayan yapılar, analiz sonuçlarından elde edilen veriler de hesaba katılarak, uygun şekilde güçlendirilmelidir. Güçlendirilen yapı sistemi lineer olmayan teoriye göre yeniden hesaplanarak, öngörülen deprem güvenliğinin sağlanıp sağlanmadığı irdelenmelidir.

3.5. Betonarme Yapılarda Güçlendirme

Bir yapının yük taşıma kapasitesini, rijitliğini, sünekliğini ve stabilitesini veya bunlardan bazılarını önceki veya mevcut durumunun üzerine çıkarmak amacıyla yapılan değişikliklere “ Güçlendirme ” denilmektedir. Betonarme taşıyıcı sistemlerin güçlendirilmesi için kullanılan yöntemler, hasar görmüş veya görmemiş binalarda pek fazla farklılık gerektirmemektedir. Bu çalışmada, henüz hasar görmemiş bina ele alındığından genellikle yapının taşıma kapasitesinin artırılması üzerinde durulacaktır.

Yapıların hasar görmeden önce güçlendirilmesi için öne sürülebilecek bazı temel gerekçeler vardır. Bunların başlıcaları şunlardır:

- Yapının kullanım amacının değişmesi nedeniyle daha büyük yüklemeler etkisinde kalması.
- Binaların eski yönetmeliklere göre yapılmasından dolayı, yeni yönetmelik şartları bakımından yetersiz kalması.
- Binaların gerek projelendirme gerekse inşa süreçlerinde yönetmeliklere uygun olarak yapılmadığının ortaya çıkması.

Betonarme yapılarda ihtiyaca göre değişik güçlendirme sistemleri uygulanabilmektedir. Ancak her sistemin uygulanmasında göz önüne alınması gereken bazı temel ilkeler vardır:

- **Yapının dinamik özelliklerinin iyileştirilmesi:** Yapıdaki hasar deprem yükü gibi yatay bir yük tesiri ile meydana geliyor ise, yapı doğal titreşim periyodu ve zemin hakim periyodu birbirine yakın demektir. Deprem sırasında rezonans oluşmaması için yapının dinamik özelliklerini değiştirecek önlemler alınmalıdır. Yapının sönüm oranının artırılması dinamik özellikleri iyileştiren önlemlerden biridir.
- **Yapının sünekliğinin artırılması:** Süneklik yapının enerji tüketme gücüdür. Betonarme yapılar kolon-kiriş birleşimleri yakınlarında hasar meydana gelip plastik mafsallar oluşmasıyla depremin enerjisini tüketme eğilimindedirler. Yapıyı rijitleştirici önlemler genellikle sünekliği artırmayan yöntemlerdir.
- **Yapının ağırlığının azaltılması:** Yapıdaki herhangi bir elemana ilave yük gelmemesine rağmen hasar meydana geliyorsa veya depremde yapıya gelecek kuvvet azaltılmak isteniyorsa yapıyı hafifletmek yoluna gidilebilir. Her zaman mümkün olmayacak bu yöntem değişik şekillerde uygulanabilir. İmkân varsa yapının üst katlarından bir veya birkaçı yıkılabilir. Ayrıca tuğla bölme duvarların yerine daha hafif alçı, gaz beton bölme duvarlar yapılabilir.
- **Yapının taşıma gücünün artırılması:** Taşıma gücünün artırılması, yapıya yatay veya düşey yükleri karşılamada faydalı olacak yeni elemanlar eklenmesiyle veya mevcut elemanların en kesitlerinin genişletilmesi ile yapılabilir.
- **Yapıdaki burulma etkilerinin azaltılması:** Yapının katlarındaki ağırlık ve rijitlik merkezlerinin birbirinden uzak olması, burulma etkisi nedeniyle birçok yapıda deprem sırasında hasara neden olmaktadır. Burulma sonucu yapı elemanlarına gelen yatay kuvvet artmaktadır. Bu nedenle güçlendirme sırasında yapıya ilave edilecek düşey taşıyıcı elemanlar için burulma etkisi göz önünde tutulmalıdır.

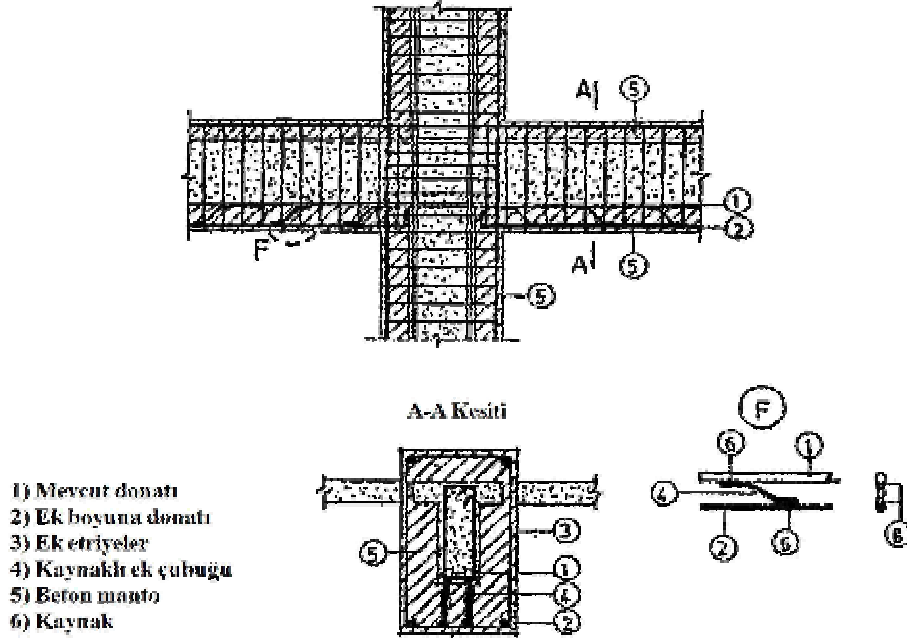
3.5.1. Güçlendirme yöntemleri

Betonarme yapılarda güçlendirme, mevcut elemanların en kesitlerinin genişletilmesi veya sisteme yeni elemanlar eklenmesiyle yapılır. Her iki sistemde de önemli olan eski ve yeni elemanların birlikte çalışması istenir.

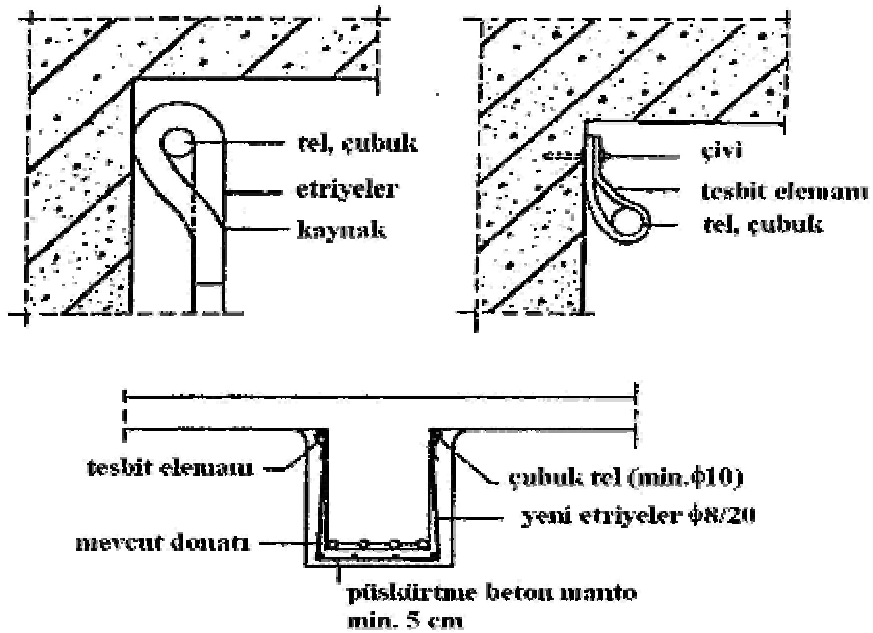
3.5.1.1. Kirişlerin güçlendirilmesi

Betonarme kirişlerin güçlendirilmesinin nedeni, moment taşıma kapasitesinin veya kesme kuvveti taşıma kapasitesinin artırılması gereğidir. Bu işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için malzeme olarak betonarme veya çelik kullanılabilir. Kirişler gerekli durumlarda dört veya üç tarafından beton manto giydirilerek güçlendirilebilir (Şekil 3.17 - Şekil 3.18).

Mevcut ve ilave betonun bütünleşmesini sağlamak amacıyla eski betondaki örtü tabakasının kaldırılması ve yüzeyin temizlenmesi gerekir. Yeni donatılar, döşemedeki deliklerden geçerek kirişi çevreleyen etriyelerle sarılmalıdır. Döşeme delikleri, kirişe beton dökülmesinde de işe yarayabilir.



Şekil 3.17. Kirişin dört yanından mantolanması

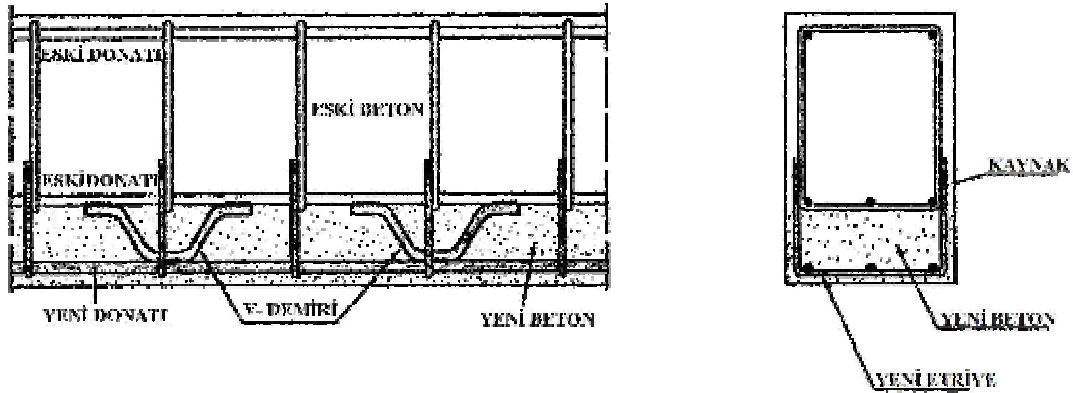


Şekil 3.18. Kirişin üç yanından mantolanması

Manto olarak yeni eklenecek beton kesitindeki çekme donatısının eski kesitle birlikte çalışabilmesi için, yeni donatı ile eski donatı arasında bir bağlantı olması gerekir. Bu bağlantı Z veya V bağlantısı adı verilen bir donatının kullanılması ile yapılabilmektedir. Böylece yeni eklenen donatıların beton en kesitinin alt veya üst yüzüne yakın bir yere yerleştirilmesiyle moment kolu dolayısıyla da moment taşıma kapasitesi artmaktadır.

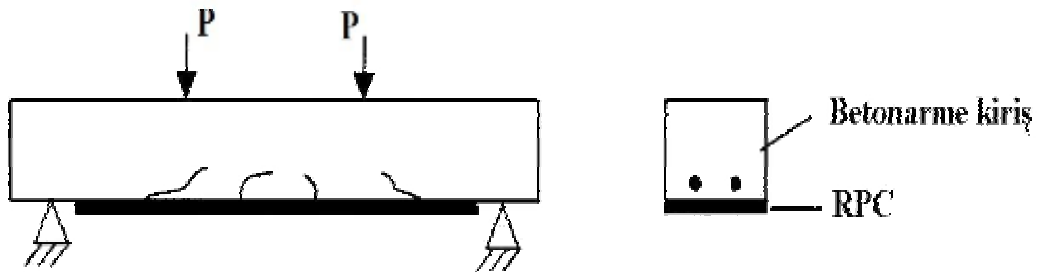
Kirişe ilave edilecek kesit genişletilmesi sadece kirişin alt yüzünde yapılacaksa, boyuna donatılar yerleştirilip eski kesitteki donatılarla V veya Z demirleri ile bağlantısı sağlandıktan sonra bu donatıların etriyelerle sarılması ve eski kesitteki etriyelere kaynakla bağlanması gerekir. Bu konuyla ilgili örnek bir detay Şekil 3.19’ da verilmiştir.

Kirişlerin güçlendirilmesinde kullanılan bir diğer malzemede çeliktir. İhtiyaca bağlı olarak kirişin alt veya yan yüzlerine yerleştirilen çelik levhalarla güçlendirme işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Eğer kirişin moment taşıma kapasitesi artırılmak isteniyorsa kirişin alt yüzüne epoksi reçinesi kullanılarak çelik levhalar yapıştırılabilir.



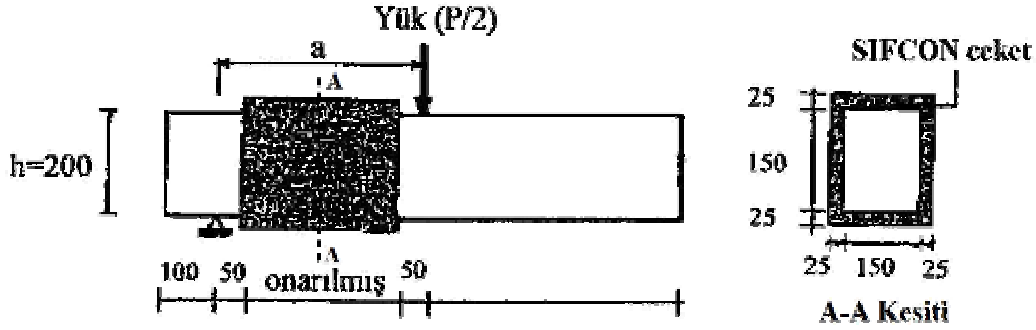
Şekil 3.19. V demirleri ile en kesit güçlendirmesi ve ek etriyelerin kaynakla bağlanması

Güçlendirmede kullanılan malzemelerden biride RPC (Reaktif Pudra Betonu)’ dır. Şekil 3.20’ de görüldüğü gibi eğilme etkisinde çatlamış betonarme bir kirişin güçlendirilmesi çelik plaka yerine RPC’ den yapılmış bir levha ile yapılabilmektedir. Kullanılan pudra betonunda 0.15 mm çapında olan ve hacimce % 6 yer kaplayan çelik teller kullanılmaktadır. Levhalar kirişe adesivlerle yapıştırılmakta ve kirişin taşıma kapasitesi tekrar yüksek dayanımlara çıkartılmaktadır.

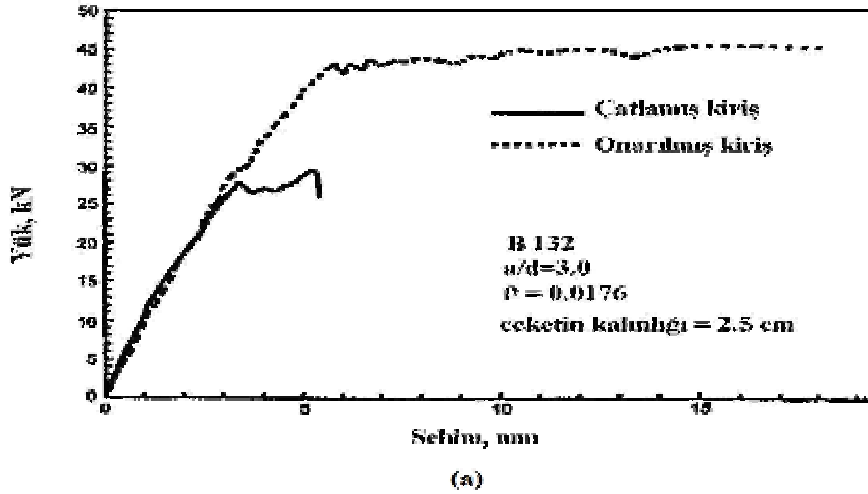


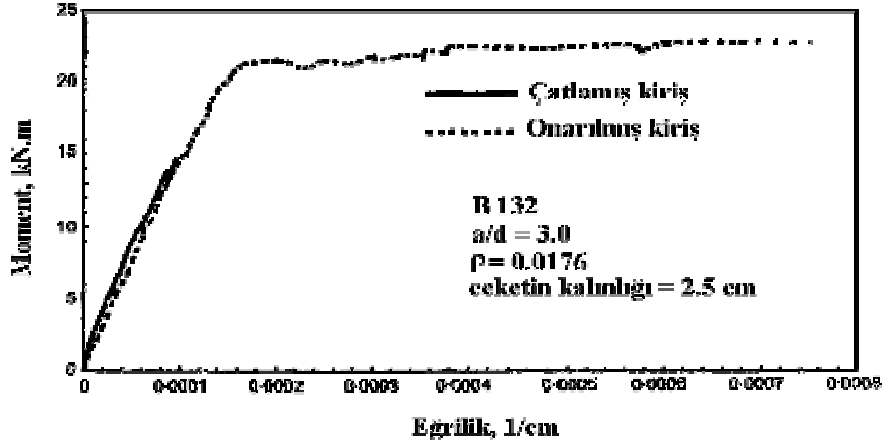
Şekil 3.20. Çatlamış betonarme kirişin Reaktif Pudra Betonuyla güçlendirilmesi

Kesme dayanımı yetersiz olan kirişlerin güçlendirilmesinde, SIFCON (yüksek oranda kısa kesilmiş çelik tel içeren çimento bulamacı) kullanılabilir. Hacmen % 8 kancalı uçlu çelik tel (çap: 0.50 mm, boy: 0.30 mm) içeren ve 1:3:2,6:0,55 (çimento, kırmataş, kırma kum, su) karışımına sahip SIFCON ile kesme kapasitesinin güçlendirilmesine ait bir örnek Şekil 3.21’de gösterilmektedir. Şekil 3.22’de ise yapılan güçlendirmenin yük-sehim ve moment-eğrilik davranışındaki etkisi grafik olarak gösterilmiştir (Öztürk, 2005).



Şekil 3.21. Kirişin kesme kapasitesinin artırılması için SIFCON ceket uygulaması (boyutlar: mm)



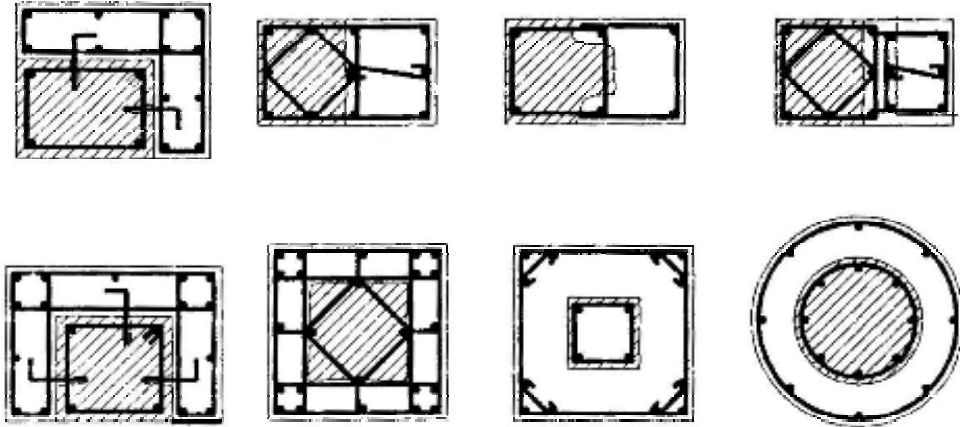


Şekil 3.22. Güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş kirişlerin tipik davranışı
(a) Yük – Sehim eğrisi, (b) Moment – Eğrilik eğrisi

3.5.1.2. Kolonların güçlendirilmesi

Kolonlarda güçlendirilme, aksenal yük, moment ve kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin artırılması ile yapılır. Bu işlem genellikle betonarme kesitin artırılması yoluyla yapılırken, kolonun çelik bir kafes içine alınarak dayanımın artırılması da tercih edilen diğer bir güçlendirme metodudur.

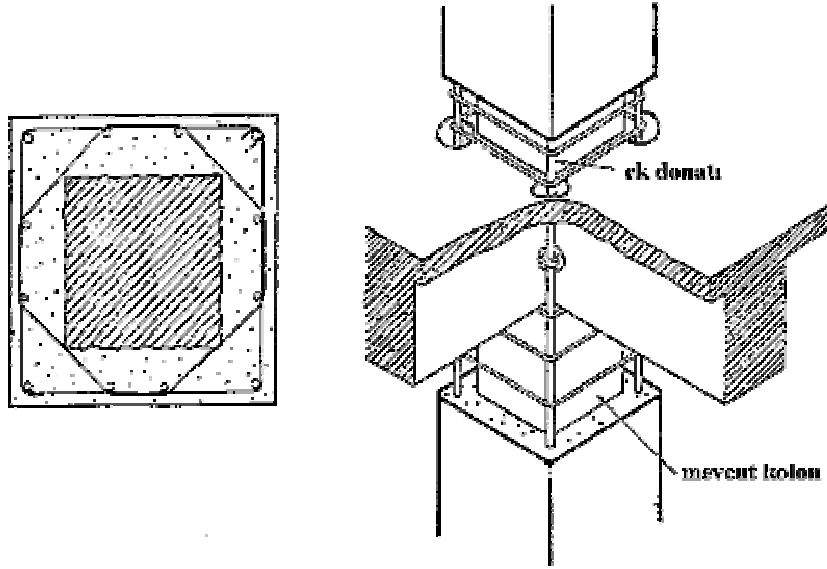
Kolonların taşıma gücünün artırılması için kullanılan en yaygın yöntem “Mantolama”dır (Şekil 3.23). Kolonun çevresinde kesitin artırılması esasına dayanan bu yöntemde önemli olan eski ve yeni betonun birlikte çalışmasıdır. Mantolamanın temel amacı, kolonun düşey yük taşıma kapasitesini artırarak düşey yüklere karşı daha emniyetli davranmasını sağlamaktır.



Şekil 3.23. Kolonun mantolama ile güçlendirilmesine değişik örnekler

Kolonlara eklenen manto kalınlığının, gerek betonlama sırasında boşluk kalmaması için, gerekse kolayca kalıp kurulabilmesi için 15 cm'den az olmaması tavsiye edilir.

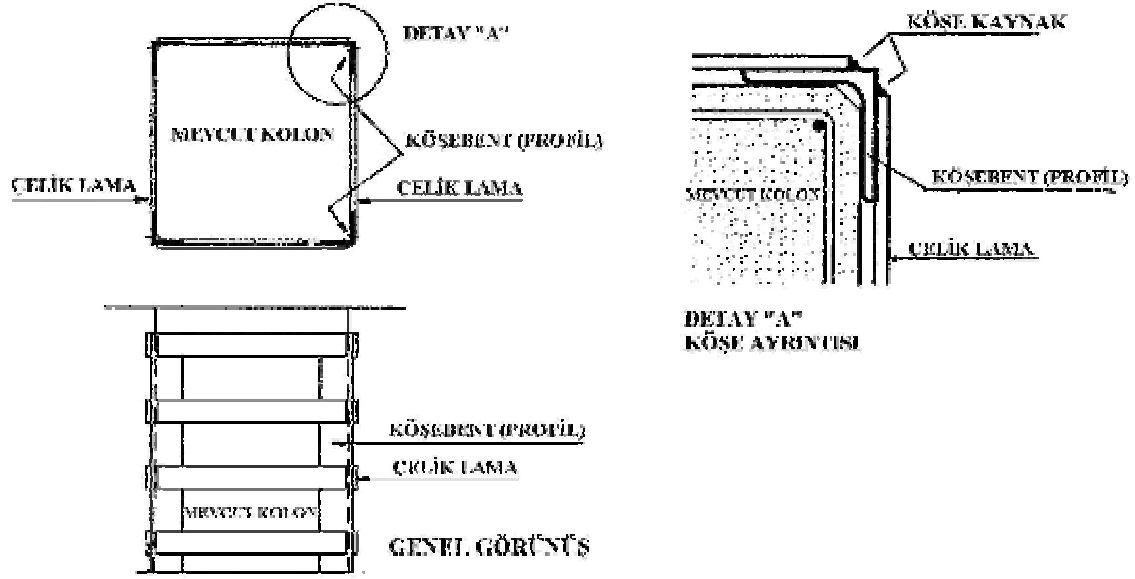
Mantolamadaki bir başka ayrıntı ise kolon boyuna donatılarının ankrajıdır. Bodrum katta mantolanan bölümün boyuna donatıları, temel pabucunda açılacak yuvalara epoksi enjeksiyonu ile yerleştirilmelidir. Mantolama işleminin üst katlarda da yapılması durumunda, döşemede açılacak deliklerden donatının devam ettirilmesi ve bu deliklerin beton dökümünde de kullanılması amacıyla yeterli genişlikte olması lazımdır (Şekil 3.24). Dört taraftan mantolamada kuvvet aktarımı için yüz pürüzlendirmesi yeterli olurken, bir, iki, ve üç taraflı mantolamada mevcut kolonun örtü tabakasının kaldırılması ve mevcut donatılarla yeni eklenen donatıların kaynaklı bir bağ elemanı ile bağlanması eski ve yeni donatının birlikte çalışmasını daha etkin hale getirmektedir.



Şekil 3.24. Mantolanan bir kolonda donatı sürekliliğinin sağlanması

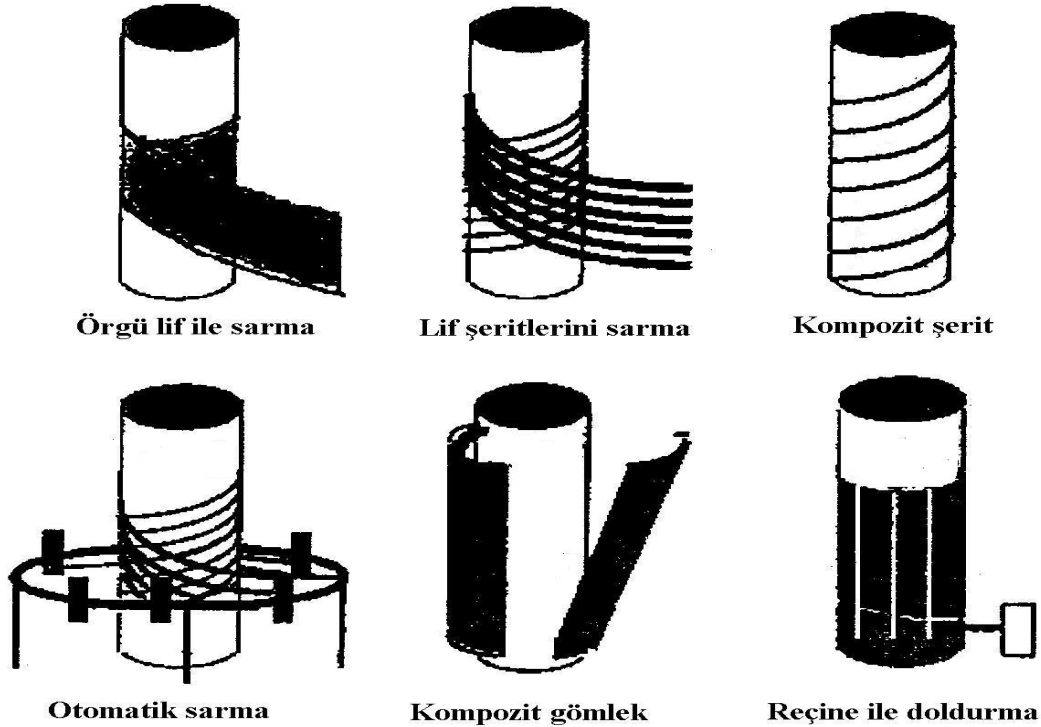
Kolonların mantolama ile güçlendirilmesinde eklenen kesit için boyuna donatı yüzdesinin %1'den az olamayacağı unutulmamalıdır. Kolonlar için yönetmelikte öngörülen konstrüktif kurallara manto kısmı içinde uyulmalıdır. Ayrıca moment taşıma gücünü artırmak için mantolama tercih edilmemeli, eklenecek perde duvarlarla kolona etkiyen momentin azaltılması yoluna gidilmelidir.

Kolonların güçlendirilmesinde diğer bir yöntem ise, kolonların çelik profillerle kafes içine alma yöntemidir. (Şekil 3.25). Bu yöntem ile kolonun moment ve aksel yük taşıma kapasitesinde büyük bir artış olmamaktadır. Ancak mevcut kolonun yönetmelikte istenen minimum donatı şartını sağlamaması ve yanal bir basınç uygulanarak sünekliğin artırılmak istenmesi durumlarında uygulanabilir. Ayrıca güçlendirme aşamasında binanın askıya alınması açısından da faydalı olmaktadır. Kolonun çevresine yapılacak çelik kafeste daha çok lama tercih edilir. Çelik kafes ile betonun birbirine çok iyi yapışması ve köşebentlerle lamaların birbirine iyi kaynaklanması gerekir. Kaynak genişliğinin ise minimum 3 mm olması önerilmektedir (Bayülke, 1995).



Şekil 3.25. Kolonların profillerle kafes içine alınması

Kolonların güçlendirilmesinde kullanılacak diğer bir yöntemde elemanın lif takviyeli polimerlerle sarılmasıdır. Duvar kâğıdını andıran elyaflar genellikle 0.5 m eninde rulolar halinde satılmaktadır. Yapı elemanları üzerine reçine sistemi ile uygulanan bu kompozitler çok yüksek çekme dayanımına sahiptirler. Kolonların kompozit malzeme ile sarılması sonucu basınç kuvvetleri altındaki elemanda bir tür fretaj etkisi oluşur. Bu nedenle bu malzeme kolon enine donatısı olarak kullanıma elverişlidir. Bu yöntem ile dairesel kolonların güçlendirilmesi başarı ile yapılmaktadır (Şekil 3.26).



Şekil 3.26. Kolonlarda kompozitlerle yapılan güçlendirme şekilleri

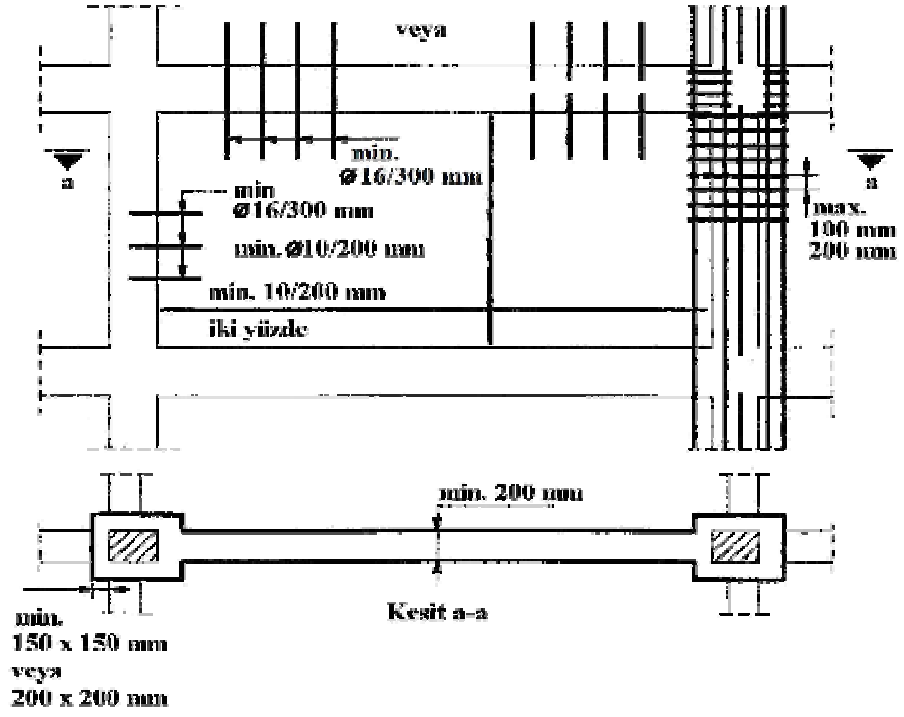
3.5.1.3. Perdelerle güçlendirme

Mevcut sistemin kapasite bakımından deprem güvenliği artırılırken, taşıyıcı sistemdeki yanal yer değiştirmeler de sınırlandırılır. Kolonların mantolanması ile kolon düşey yük taşıma gücü artırılırken, sağlanacak yatay yük taşıma gücü artışı azdır. Yatay yüklere karşı en etkili güçlendirme çerçeve boşluklarına rijit ve yüksek taşıma güçlü elemanlar konulmasıdır.

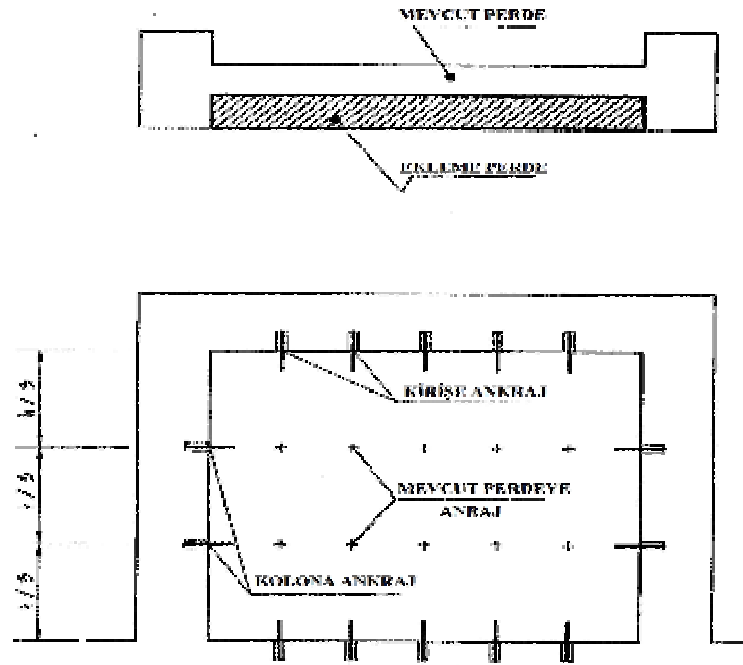
Mevcut taşıyıcı sistemle yeni perdeler arasındaki kuvvet geçişinin ve bütünleşmenin sağlanması için ara bölgelerin özenle ele alınması ve projelendirilmesi gerekir. Yatay donatılar kolon içinde ankre edilmiş filiz demirlerine bağlanırken, düşey donatılar kirişlerde açılan deliklerden geçirilerek perdenin yapı yüksekliği boyunca sürekliliği sağlanır. Güçlendirme perdesinin olabildiğince bütün katlarda boyu değiştirilerek de olsa devam ettirilmesi önerilmektedir. Perdenin herhangi bir katta kesilmesi, yapıda o katta gerilme yığılması ve ani rijitlik değişimi yaratabileceğinden kritik bir durum ortaya çıkarabilir. Perdeye gelecek eğilme momentinden dolayı uçlardaki kolonlarda büyük basınç ve çekme kuvvetleri oluşabilir. Eğer kolon boyuna donatıları yeterli şekillerde etriyelerle sarılmamış ise burkulmakta ve perdenin sağlaması gereken moment taşıma gücüne ulaşamamaktadır.

Eğer perdenin uçları komşu kolona dört kenardan mantolanarak bağlanmıyor ise, kolon ile perde arası bütünleşme komşu kolon yüzeylerine belirli aralıklarla yerleştirilecek bağ donatıları ile sağlanmalıdır (Şekil 3.27) (Öztürk, 2005).

Mevcut ince perde duvar yanına yeni bir perde eklenmesi perdelerle güçlendirmenin bir diğer yoldur. Perdelerin birlikte çalışması için eski perdenin yüzeyi pürüzlendirilerek gerekli donatı ankrajları yapılmaktadır (Şekil 3.28). Betonarme çerçevelerin bazı gözlerinin panellerle doldurulması ile elde edilen dolgulu çerçevelerin, binaların deprem davranışına önemli katkılar sağladığı açıktır. Ancak bu yöntemin uygulanmasındaki en büyük sorun güçlendirme yapılırken binanın kullanılmamasıdır.



Şekil 3.27. Aksenal perde durumunda donatı düzeni

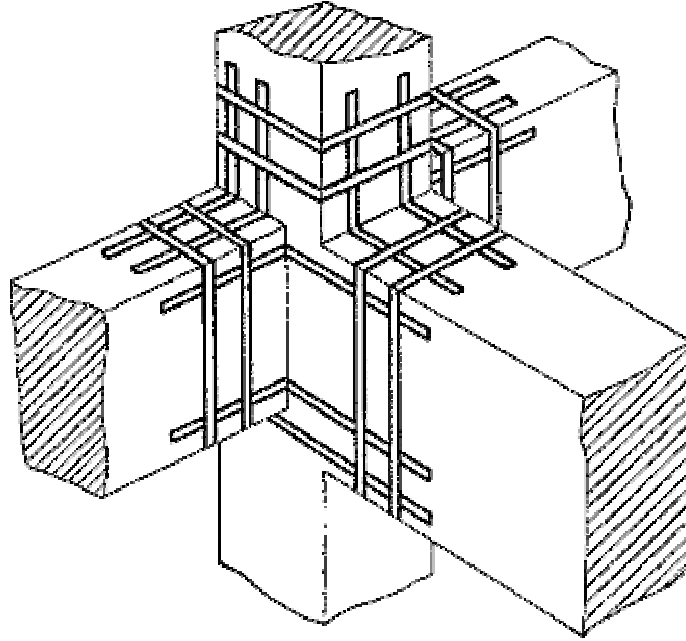


Şekil 3.28. Perde duvarın kalınlaştırılarak güçlendirilmesi

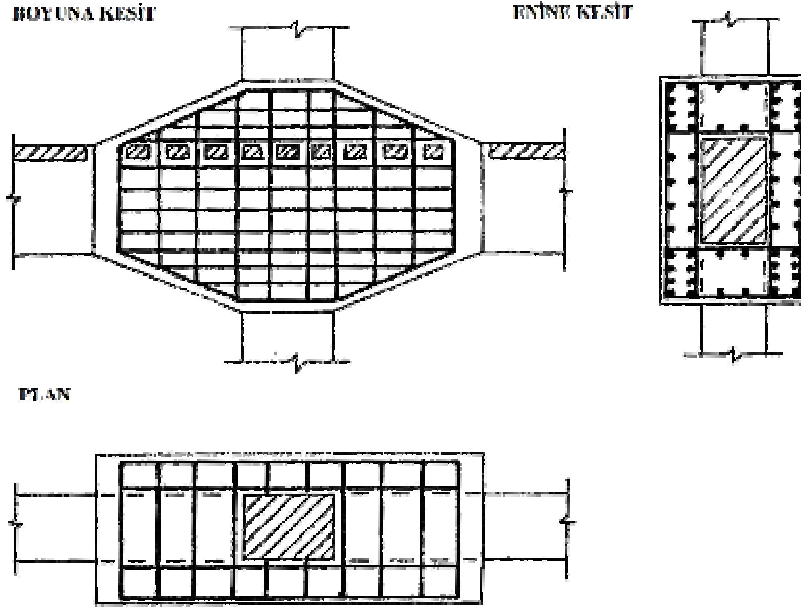
3.5.1.4. Birleşim yerlerinin güçlendirilmesi

Betonarme yapıların yatay yüklerde en çok hasar gören elemanı hiç kuşkusuz kiriş-kolon birleşim bölgeleridir. Taşıyıcı sistemin en çok zorlanan ve güçlendirmesi de en zor olan kısmını oluşturur. Deprem yükleri altında bu bölgede kesme kuvveti dayanımının ve donatı kenetlenmelerinin yeterli olmaması en çok rastlanan hasar nedenleridir. Ayrıca büyük zorlanmalarda, birleşim bölgesinde birleşen elemanlarda meydana gelen plastik mafsallar sonucu kaymalar ve geniş çatlaklar oluşabilir.

Bu kritik bölgeleri çelik lamalarla sarılarak veya mantolanarak güçlendirilebilir. Bu yöntemlere ilişkin detaylar Şekil 3.30 ve Şekil 3.31 'de verilmiştir.



Şekil 3.29. Kolon-kiriş birleşim bölgesinin lamalarla sarılarak güçlendirilmesi



Şekil 3.30. Kolon-kiriş birleşim bölgesinin mantolanarak güçlendirilmesi

3.5.1.5. Temellerin güçlendirilmesi

Betonarmenin diğer yapı elemanlarına göre daha pahalı ve zor elamlar temellerdir. Temel güçlendirmesi aşağıdaki durumlarda gerekli olabilir:

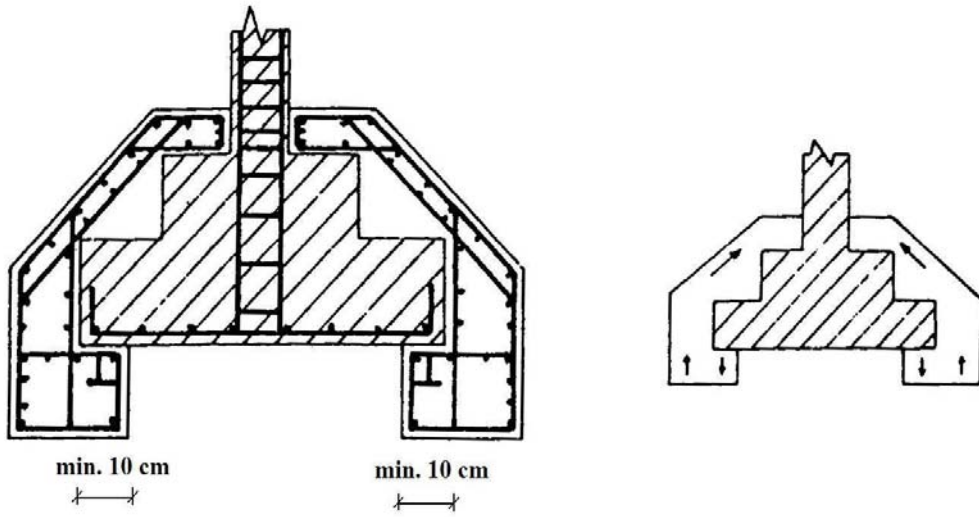
- Kötü zemin koşulları nedeniyle temelde büyük oturmalar
- Büyük deprem yüklerinden dolayı temel yapısında hasar
- Yönetmelik değişikliklerinden kaynaklanan yetersizlikler
- Yapının güçlendirilmesi için eklenen yeni elemanlar

Temelden üst yapıya aktarılabilecek tepkiyi eski temel vasıtasıyla iletebilmek için, temel pabucu çevresinde ek dişler oluşturulmuştur. Buna göre eklenen bölümün eski sömeline altına minimum 10 cm girmesi gerekmektedir (Şekil 3.31).

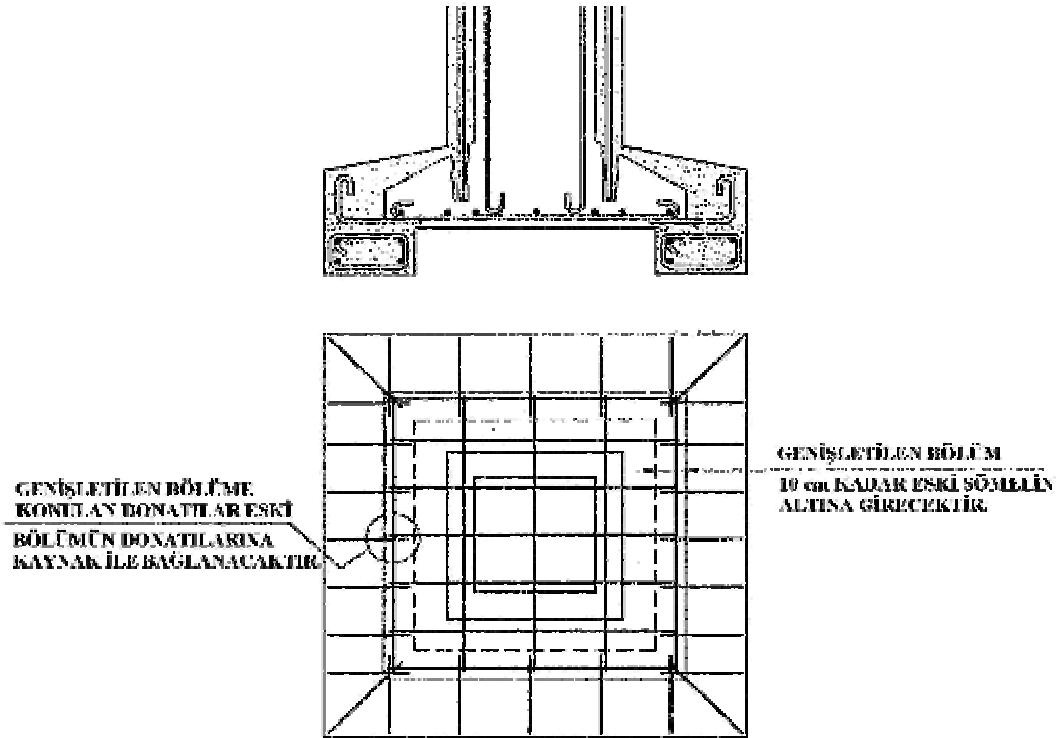
Mantolanarak en kesiti genişletilmiş bir kolonun temeli yeterli olmayabilir. Bu durumda mantolanan kolonun yeni donatıları eski temele ankrajlanabilir yada sömeline biraz genişletilerek yeni eklenen donatılar genişletilen bölgeye ankrajlanabilir. Genişletilen bölümün eski sömeline altına minimum 10 cm girmesi tavsiye edilir (Şekil 3.32) (Bayülke, 2001).

Şekil 3.33 ' de ise perde duvar eklenerek güçlendirilen bir yapıya eklenen temel gösterilmektedir. Perdeler büyük deprem kuvvetleri aldığından, buldukları bölgedeki tekil temeller ile birleştirilerek büyük bir perde temeli oluşturulmuştur. Burada önemli olan perde donatılarının temele kenetlenmesi ve ilave temellerin mevcutlarla birlikteliğinin

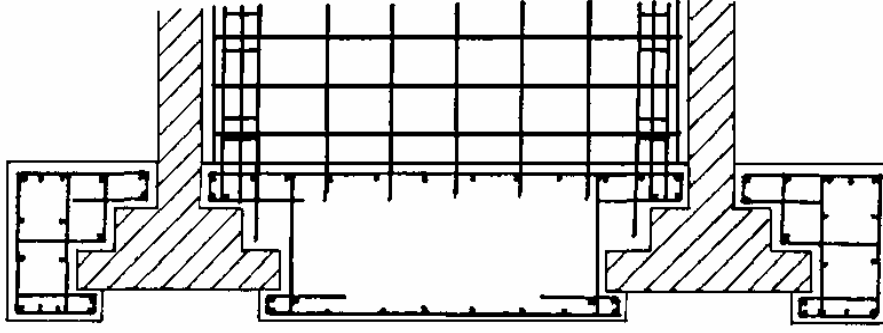
temin edilmesidir. Bu amaçla perde donatıları, temelde açılmış deliklere epoksi ile yerleştirilerek bağlantı sağlanabilir.



Şekil 3.31. Temelin oluşturulan dişler yardımıyla güçlendirilmesi



Şekil 3.32. Mantolanmış bir kolonun temel takviyesi



Şekil 3.33. Güçlendirme perdesi temeli

3.5.1.6. Çelik çaprazlarla güçlendirme

Betonarme elemanların mantolama ve perde duvar ilave edilerek güçlendirilmesine alternatif güçlendirme ise, betonarme perdeler yerine çelik çaprazlar kullanılarak güçlendirme yöntemidir. Bu durumda en basit uygulama kiriş-kolon düzlemine yerleştirilecek çaprazlar ve kolon ve kirişe bitişik konulacak çelik elemanlarla yapılabilir. Kolona ve kirişe bitişik olan çelik elemanlarla kuvvetin olabildiğince mevcut sistemden düzgün yayılı olarak alınması sağlanır. Ancak yinede, çaprazlar nedeniyle köşelerde büyük çekme ve basınç kuvvetleri oluşur. Özellikle beton kalitesinin düşük olması durumunda büyük köşe levhalarına ihtiyaç duyulabilir. Ayrıca kuvvetlerin kattan kata geçirilmesi için kolona bitişik düşey çelik elemanların katlar arası sürekliliği sağlanmalıdır.

Çelik çerçeveler yatay kuvvet taşıma gücü bakımından perde duvarlara göre hem daha güçsüzdürler hem de maliyetleri daha yüksektir. Ancak kısa sürede yapılmaları dolayısıyla ve deprem sonrasında yapıların hasarlı bölümlerinin acil olarak desteğe alınması durumunda tercih edilebilirler.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Bu çalışmada, beton basınç dayanımının tespit edilmesi için yapılan çalışmalar ile ilgili bilgilerin verilmesi, taşıyıcı sistem elemanlarındaki donatı durumunun belirlenmesi için yapılan çalışmalar ile ilgili bilgilerin verilmesi, binanın T.D.Y. (1998) koşullarına göre değerlendirilerek statik- betonarme hesapların yapılması, yapılan hesapların tablolar ve grafikler yardımıyla açıklanması, sistemdeki eksiklikleri giderecek güçlendirme işlemlerinin açıklanması ve ilgili detayların verilmesini içeren aşamalar takip edilmiştir.

4.1. şükriye Onsun İlkretim Okulu İçin Yapılan Röleve alışması

4.1.1. Yapının tanıtılması

Okul binası bodrum + zemin + 2 normal kattan ibarettir (Resim 4.1). Bodrumun bir bölümü kazan dairesi, bir bölümü spor salonu ve çok amaçlı salon ve arşivden oluşmaktadır. Zemin kat ve 2 normal katta toplam 22 derslik ve 3 idare kısmı olmak üzere 25 bağımsız bölüm bulunmaktadır. Brüt zemin kat alanı $39 \times 15.5 = 604,5 \text{ m}^2$, normal kat alanı da zemin kat alanı ile aynıdır. Normal katlardaki döşemelerin tamamı normal dşemedir.



Resim 4.1. Okul Binasına ait bir görüntü

4.1.2. Proje ile ilgili incelemeler

Konya İl Milli Eğitim Müdürlüğü Yapı İşleri Amirliği tarafından il kapsamında 22 derslikli tip proje olarak üretilmiş ve ihale usulü ile 1998–2000 yılları arasında yapılmış 44 tip okuldan birisi olan Şükriye Onsun İlköğretim Okul Binası'na ait onaylı betonarme proje hali hazırda olup statik hesapları bulunmamıştır. Betonarme projesinde, yapıda kullanılacak olan beton ve çelik malzemelerin ne olarak seçildiği belirtilmemiştir. Ayrıca yapı mahalline ait zemin emniyet gerilmesi ile ilgili bir deneysel rapor da bulunmamaktadır. Bu yüzden imalatla ilgili bilgiler inceleme sonucu belirlenecektir.

4.1.3. Yapı mahallindeki gözlemler

Yerinde yapılan teknik inceleme sonunda taşıyıcı elemanlarda çatlaklar tespit edilmiştir. Tüm katlarda giriş ve döşemelerde meydana gelen çatlaklar özellikle binanın 2. Kat ve 1.Kat'ında yoğunluk göstermektedir. Zemin katta duvarlarda da çatlaklar tespit edilmiştir.

Mevcut projede 3-4 aksı arasında dilatasyon derzi uygulandığı görülmüştür ancak yerinde dilatasyon derzinin uygulanmadığı ve projedeki iki kolon yerine tek kolon olarak uygulandığı görülmüştür. Diğer kolon ve kiriş boyutlarında da çok büyük bir fark olmamasına karşın farklı değerler tespit edilmiştir. Mevcut yapının bodrum katında muhtelif yerde kazı yapılması suretiyle temel boyutları tespit edilmiş ve projeye uygun olduğu görülmüştür (Resim 4.2).



Resim 4.2. Temelde yapılan kazıya ait bir görüntü

4.2. Zemin İnceleme Sonuçları

Milli Eğitim Müdürlüğü tarafından açılan ihale ile özel bir şirket tarafından zemin etüd raporu hazırlanmıştır. Yapılan araştırma sonucunda zemin emniyet gerilmesinin bina için 1.20 kg/cm^2 ve Zemin Yatak Katsayısı 1500 t/m^3 olarak saptanmıştır. Zemin grubu A ve Yerel zemin sınıfı Z1 olarak tespit edilmiştir. Spektrum Karakteristik Zemin Periyodu $T_a=0,10$ $T_b=0,30$ 'dur.

4.3. Mevcut Yapının Malzeme Özelliklerinin Kontrolü

4.3.1. Beton basınç dayanımının tespit edilmesi

Mevcut betonarme yapı elemanlarının güvenliğinin kontrol edilebilmesi için, eleman betonu basınç dayanımının mümkün olabildiğince doğru olarak belirlenmesi gerekir. Bu amaçla ülkemizde uygulanan yöntemler; “ Beton Test Çekici Yöntemi ”, “ Ultrasonik Yöntem ” ve “ Karot alma Yöntemi”dir.

Yapıdaki beton kalitesinin ne durumda olduğunu belirlemek ve betonun o haliyle yapı emniyetini sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek gibi çok küçük hataların bile büyük sorunlara yol açabileceği çalışmalarda, masraflı ve zahmetli bir yöntem olan, ancak kesin sonuç veren “Karot alma Yöntemi ” tercih edilmelidir. Bu nedenle Şükriye Onsun İlköğretim Okul binasının mevcut betonun basınç dayanımının belirlenmesi için de bu yöntem tercih edilmiştir.

4.3.1.1. Sertleşmiş betondan karot alınması ve beton basınç dayanımının karot numuneler üzerinden elde edilmesi

Yapıdaki betonun basınç dayanımının bulunabilmesi için oldukça yaygın olarak kullanılan bu yöntem, betondan kesilerek çıkartılan silindir şekilli numunelerin, üniform dağılımlı eksenel basınç yükü altında kırılmaları esasına dayanır. Bu numunelere “ karot ” adı verilmektedir.

Karot numuneler, “ karot alma aleti ” denilen bir aletle kesilip çıkarılmaktadır (Resim 4.3). Karot alma aletinde, kendi eksenini etrafında dönebilen içi boş silindir şeklindeki bir çelik kesici bulunmaktadır. Aletin çalıştırılmasıyla yüksek hızla dönmeye başlayan silindir kesicinin ucu, numune çıkartılmak istenen yüzeye dik olarak temas ettirilmekte ve kesici döndükçe betonun delinerek kesilmesi sağlanmaktadır. Delme işlemi sonunda karot alma aletinin kesicisi, içinde bulunan beton parçası ile birlikte dışarı çıkartılmaktadır.



Resim 4.3. Karot alma aleti

Karot numuneler üzerinden elde edilen basınç dayanımını etkileyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- **Karot numunesinin çapı:** Yapılan araştırmalara göre, her ne kadar aynı boy/çap oranına sahip numunelerden benzer ortalama basınç dayanımları elde edilse de, belirli bir çaptaki numuneler üzerinden tek tek elde edilen basınç dayanımı değerleri, numune çapı küçüldükçe ortalama değerden daha çok sapma göstermektedir. Bir başka deyişle 10 cm' den küçük numuneler kullanıldığı takdirde deneye tabi tutulacak numune sayısı çok olmalıdır. Birçok ülke yönetmeliğinde en ideal numune çapı 10 cm olarak belirtilmektedir.
- **Karot numunesinin boy/çap oranı:** Numunelerin boy/çap oranları ikiden bire doğru azaldıkça, elde edilen basınç dayanımı değeri daha yüksek olmaktadır. Bu nedenle, karot numunenin deneyi sonucunda elde edilen dayanım değerini belirli bir düzeltme faktörü ile çarparak, boy/çap = 2 oranındaki numunenin basınç dayanımına eşdeğer hale getirmek gerekmektedir.
- **Karot numune alınırken uygulanan delme işlemi yönü:** Yapılan araştırmalara göre dikey yönde (yukarıdan aşağıya doğru) alınan karotların ortalama basınç dayanımlarının, yatay yönde alınanların ortalama basınç dayanımlarından daha yüksek oldukları belirlenmiştir.
- **Karot numunede bulunabilecek demir donatı parçaları:** Yapılan deneysel araştırmalara göre, içerisinde demir bulunan numunelerin basınç dayanımlarının, demirsiz numunelerin basınç dayanımlarından daha az olduğu ve bu farkın % 13' e kadar çıkabileceği belirlenmiştir. Bu nedenle donatının yerini gösteren cihazlar kullanılarak beton karot numunesi alınacak yerde donatı bulunup bulunmadığı kontrol edilmeli ve donatı kesilmemelidir.
- **Karot numuneye yapılan başlık için kullanılan malzeme:** Deney için hazırlanan bütün karot numunelerinin alt ve üst yüzeylerinin, yük uygulandığında eksantriste

oluşmaması için çok düzgün olması gerekmektedir. Bu nedenle, numunelere deney öncesinde 5 mm kalınlığında kükürt-grafit tozundan veya düşük kıvamlı çimento hamurundan başlık yapılmaktadır. Yapılan araştırmalarda kullanılan malzeme yeterince yüksek dayanımda ise ve başlıklar düzgün yapılmış ise beton basınç dayanımının önemli ölçüde etkilenmediği sonucuna varılmıştır. Ancak başlık düzgün yapılmamış ise dayanımdaki azalma % 20' ye kadar çıkabilmektedir.

- **Karot numunenin ıslaklık durumu:** Islak durumdaki karot numunelerden elde edilen basınç dayanımı değerleri, kuru numunelerden elde edilen değerlere göre daha üniform olmaktadır. Ancak ACI standardına göre, yapıdaki beton hizmet ömrü süresi boyunca kuru ortama maruz kalacak ise, bu betondan alınan karot numunelerinin deney öncesinde su içerisinde bırakılmasına gerek yoktur.
- **Deney presinde uygulanan yükün hızı:** Deney presinde uygulanan yükün hızı 1.4 – 3.5 kgf/cm²/saniye olmalıdır (Öztürk, 2005).

4.3.1.2. Şükriye Onsun İlköğretim Okul binasının beton basınç dayanımının tespit edilmesi için yapılan çalışmalar

Şükriye Onsun İlköğretim Okul binasının beton basınç dayanımının tespit edilebilmesi için “ Karot Alma Yöntemi ” tercih edilmiştir.

Ülkemizde yürürlükte olan TS500–2000 ve ABD’ de rehber olarak kullanılan “ FEMA–273, 1997 ”, her kattan veya her 1000 m² ’den en az üç adet beton örneği alınmasını öngörmektedir. Bu nedenle, tüm katlardan 6 adet karot numunesi olmak üzere toplam 24 adet numune alınmıştır. Okul binası kullanımda olduğu için numune alınacak kolonlardan ikisi koridor tarafından ve bir tanesi sınıf içinden alınmıştır. Üç numune de döşemelerden alınmıştır.

20.01.2006 tarihinde okul binasının bodrum katından karot alma çalışmaları başlamış ve öncelikle koridor kısmında bulunan projede dilatasyon derzinin bulunması gereken akstaki kolonlardan numune alınmıştır (Resim 4.4).



Resim 4.4. Bodrum kat SB24 kolonundan karot alınması



Resim 4.5. Bodrum kat SB14 kolonundan karot alınması



Resim 4.6. Normal kat döşemesinden karot alınması

Çatı katı hariç diğer katlarda döşemelerde fayanslar yerinden çıkarılmış ve numune öyle alınmıştır(Resim 4.6). İki gün süren çalışma ile binadan toplam 24 adet karot numunesi alınmıştır.

Deneye hazır olan toplam 24 adet numune 24.01.2006 tarihinde Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarı'na getirilmiştir. 03.02.2006 tarihinde numuneler numaralandırılmış ve ardından numuneler 300 tonluk preste basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuşlardır (Resim 4.7 - Resim 4.8). Bölüm 4.4.1.1.' de önerilen koşula uyulmuş ve yük hızı $2 \text{ kgf/cm}^2/\text{saniye}$ olarak uygulanmıştır.



Resim 4.7. Beton basınç presi ve numunelerin deneye tabi tutulması



Resim 4.8. Bodrum kat kolonundan alınan numunenin deneye tabi tutulması

Numunelerin deneye tabi tutulmasından sonra her biri için sonuç çıktıları alınmış ve sonuçlar düzenlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.3' de gösterilmiştir. Tablolarda

yer alan son sütun, elde edilen dayanım değerlerinin boy/çap oranları dikkate alınarak düzeltilmiş hallerini içermektedir. Bu düzeltmeler, silindir karot numunelerinin basınç dayanımlarını, boy/çap=2 oranındaki numunenin basınç dayanımına eşdeğer hale getirmek için, Amerikan yönetmeliğinde verilen katsayılar kullanılarak yapılmıştır (ASTM C42, 1994). Bu yönetmelikte değişik boy/çap oranlarına ait katsayılar verilmiş, arada kalan değerlerin ise enterpolasyonla bulunmasına izin verilmiştir.

4.3.1.3. Karot numune sonuçlarının yürürlükteki yönetmelikler çerçevesinde değerlendirilmesi

Karot sonuçlarının değerlendirilmesi, TS 500/2000 yönetmeliğine göre, istatistiksel dağılım kurallarına bağlı olarak yapılmıştır. Öncelikle dayanımla yük etkisi arasındaki ilişkinin normal dağılıma uygun olduğu kabul edilmiştir. İstatistiksel kurallara göre karakteristik dayanım ile ortalama dayanım arasındaki ilişki Denklem (4.1)' de görüldüğü gibi olmaktadır.

$$f_{cm} = f_{ck} + u \cdot \bar{\sigma}_c \quad (4.1)$$

Denklemden f_{cm} , ortalama beton basınç dayanımını, f_{ck} , karakteristik beton basınç dayanımını, $\bar{\sigma}_c$, standart sapmayı, u ise dayanımın, istatistiksel dağılımdaki karakteristik değerlerden yüksek veya düşük çıkma olasılığına bağlı olarak verilen bir katsayıyı simgelemektedir. Standart sapma Denklem (4.2)' ye göre hesaplanmaktadır.

$$\sigma_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cm} - f_c)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (4.2)$$

Tablo 4.1 Karot numuneleri deney sonuçları

Karot No	Yeri	Çap	Boy	Kırıl.Yükü	Gerilme	Düzel.Sil.Ger.
		d	l	P _k	f _i = P _k / A	2,5*f _i /(1,5+d/l)/1,25
		cm	cm	N	N / mm ²	N / mm ²
1	Bodrum Kat S24	10	10	1581	20,13	16,104
2	Bodrum Kat S14	10	10	1639	20,87	16,696
3	Bodrum Kat S21	10	10	933	11,88	9,504
4	Bodrum Kat D08	10	10	1604	20,43	16,344
5	Bodrum Kat D16	10	10	1161	14,780	11,824
6	Bodrum Kat D25	10	10	1368	17,420	13,936
7	Zemin Kat S24	10	10	1042	13,260	10,608
8	Zemin Kat S14	10	10	832	10,590	8,472
9	Zemin Kat S19	10	10	1161	14,780	11,824
10	Zemin Kat D05	10	10	1018	12,970	10,376
11	Zemin Kat D14	10	10	1165	14,840	11,872
12	Zemin Kat D21	10	10	1254	15,970	12,776
13	1.Kat S24	10	10	543	6,911	5,5288
14	1.Kat S24	10	10	978	12,450	9,96
15	1.Kat S24	10	10	729	9,287	7,4296
16	1.Kat D09	10	10	457	5,814	4,6512
17	1.Kat D16	10	10	503	6,398	5,1184
18	1.Kat D26	10	10	675	8,599	6,8792
19	2.Kat S14	10	10	1082	13,780	11,024
20	2.Kat S28	10	10	1232	15,690	12,552
21	2.Kat S19	10	10	494	6,288	5,0304
22	2.Kat D07	10	10	558	7,110	5,688
23	2.Kat D08	10	10	552	7,022	5,6176
24	2.Kat D19	10	10	660	8,399	6,7192
				Ort.	12,320	9,86

Bu denklemde ise n numune sayısını, f_c ise her bir numuneden elde edilen dayanım değerini belirtmektedir. Ülkemizde TS 500/2000 'e göre dayanımın, istatistiksel dağılımdaki karakteristik değerlerden yüksek veya düşük çıkma olasılığı % 10 olarak alınmaktadır. Buna bağlı olarak 'u' değeri 1.28 olarak elde edilir. Sonuçta deneylerden elde edilen ortalama dayanım değerine bağlı olarak karakteristik dayanım Denklem (4.3)' teki gibi elde edilir.

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,28 \cdot \bar{\sigma}_c \quad (4.3)$$

Elde edilen karakteristik dayanım değeri, betonarme elemanlardan alınan numunelerden bulunduğu için, hesaplarda dikkate alınacak en yüksek değer olarak değerlendirilebilir. Yeniden çözüm için elde edilmesi gereken bu değerden başka TS 500/2000 ' de, betondaki yerel zayıflıkları ve düzensizlikleri minimuma indirmek için ayrıca iki koşul verilmiştir. Bunlardan birincisi, basınç dayanımı deneylerinden elde edilen ortalama dayanım değerinin, projede öngörülen karakteristik dayanım değerinden en az 1 N/mm² fazla olması koşuldur. İkincisi koşula göre ise, deneylerden elde edilen dayanım değeri sonuçlarından en küçüğü, en az projede öngörülen karakteristik dayanım değerinin 3 N/mm² eksiği kadar olmalıdır (Denklem (4.4)-Denklem (4.5)).

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 1 \quad (4.4)$$

$$f_{c,min.} \geq f_{ck} - 3 \quad (4.5)$$

Bazı ülkelerde geçerli standartlarda, betonun 28 günlük dayanımın değerini elde etmek için yaş katsayıları kullanılmaktadır. Buna göre beton zamanla dayanım kazanan bir malzeme olduğu için ne kadar yaşlı olursa uygulanan yaş katsayısı da o kadar fazla olmaktadır. Ancak ülkemizde bu sistem uygulanmamakta, karotlara ait bulunan basınç mukavemeti sonuçlarında, denenen betonun içinde bulunan yaş dikkate alınmaktadır.

Verilen bu bilgiler ışığında Şükriye Onsun İlköğretim Okul binası için deney sonuçları değerlendirilmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

$$f_{cm} = 12.32 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cm} = 9.86 \text{ N/mm}^2 \text{ (Düzeltilmiş)}$$

$$\bar{\sigma}_c = 3.15 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,28 \cdot \bar{\sigma}_c = \mathbf{5.828 \text{ N/mm}^2}$$

$$f_{cm} = 9.86 \text{ N/mm}^2 \geq 5.828 + 1 = 6.828 \text{ N/mm}^2 \text{ (UYGUN)}$$

$$f_{c,min.} = 4.65 \text{ N/mm}^2 \leq 5.828 - 3 = 2.828 \text{ N/mm}^2 \text{ (UYGUN DEĞİL)}$$

Görüldüğü gibi ortalama beton dayanımı projede öngörülen dayanımı sağlamasına rağmen, beton kalitesindeki düzensizlikler nedeniyle söz konusu binanın inşaat ruhsat tarihinde geçerli standartlarda bulunan minimum değerler sağlanamamaktadır. Koyu renkle belirtilen karakteristik dayanım değeri, hesaplarda dikkate alınacak en yüksek değer olarak değerlendirilebilir.

4.3.2. Yapı elemanlarında projede öngörülen donatı detaylarının kontrol edilmesi

Donatı sayısı ve çapı ile ilgili bilgiler kesit hesaplarına olanak tanır. Bu nedenle betonarme yapı elemanlarındaki donatının çapı, cinsi ve adedinin de yerinde belirlenmesi gerekir. Donatı detaylarının belirlenmesinde manyetik alan ilkesine göre çalışan cihazlar kullanılabilir.

Şükriye Onsun İlköğretim Okul Binası yapı elemanlarında bulunan donatıların kontrolü, günümüzde bu alandaki en gelişmiş cihazlardan biri olan Hilti Ferroskan FS10 donatı analiz cihazı kullanılarak yapılmıştır.

4.3.2.1. Hilti Ferroskan FS10 donatı analiz cihazının tanıtılması ve Şükriye Onsun İlköğretim Okul Binasında uygulanması

Ferroskan FS10 cihazı, monitör ve scanner (tarayıcı) olmak üzere iki ana parçadan oluşmaktadır (Resim 4.9). Tarayıcının oluşturduğu elektromanyetik dalga alanı beton içerisine etkimekte ve bu dalgalar manyetik iletken olan çelik donatı çubuklarının manyetik alan akış çizgilerinde bir yoğunlaşma meydana getirmektedir. Bu prensipten faydalanılarak donatı çubuklarının yerleri ve çapları tespit edilmektedir. Bu cihaz;

- Hasar görmüş veya görmemiş taşıyıcı betonarme elemanların güçlendirme işleminden önce mevcut donatıların tespitinde,
 - Donatıların projedeki değerlere uygun yerleştirilip yerleştirilmediğinin kontrol edilmesinde,
 - Mevcut binanın başka bir amaçla kullanılmak istendiği ancak binanın projesinin bulunmadığı durumlarda yapı elemanındaki donatıların kontrolünde,
 - Beton karot numunesi alınması sırasında kesici uçların donatıya zarar vermemesi için uygun yerin seçiminde,
- kullanılabilmektedir.

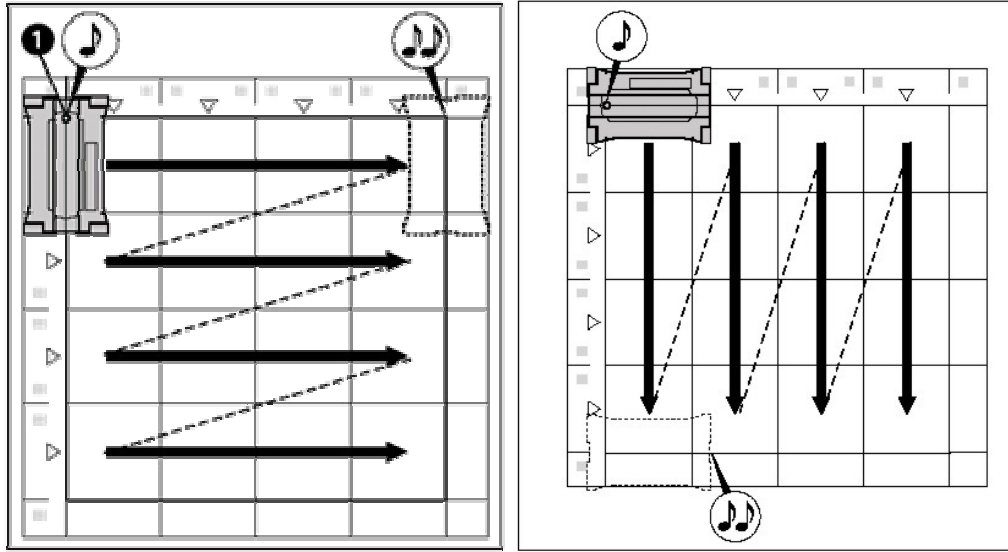


Resim 4.9. Hilti Ferrosan FS10 cihazının parçaları (soldaki monitör, sağdaki tarayıcı)

Çalışma sırasında bodrum kat-14, zemin kat -9, 1. normal kat-9 ve 2. normal kat-12 toplam 44 kolonda ölçüm yapılmıştır. Cihazın kolon ve kirişlerin taranması sırasında nasıl kullanıldığı aşağıda açıklanmıştır.

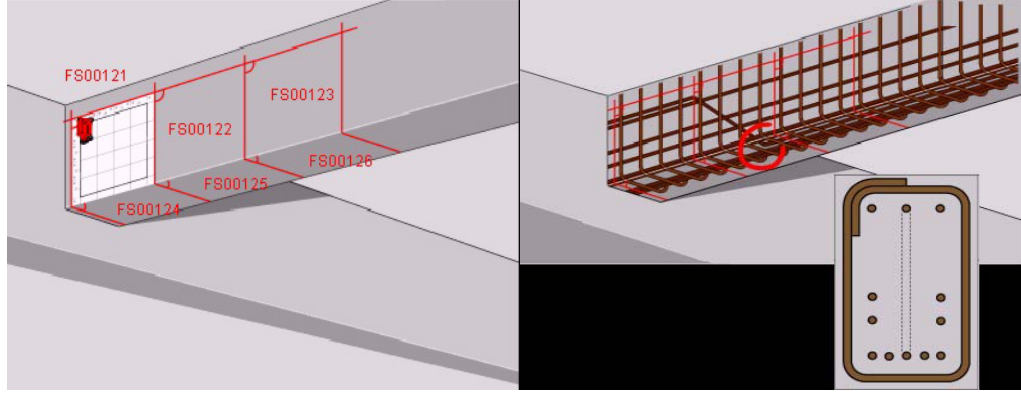
Cihazın 15 cm genişliğindeki tarayıcısıyla 60 cm uzunluğundaki bir alan kesintisiz olarak taranabilmektedir. Cihazla yatay ve düşey tarama yapabilmek için öncelikle yapı elemanının üzerine 60 x 60 cm² alanında olan ve cihaz genişliği olan 15 cm boyutunda karelere bölünmüş yardımcı bir plaka yapıştırılmaktadır. Yatay tarama yapabilmek için cihaz plakanın sol üst kısmına tutulmakta ve plakaya bastırılarak sağa doğru sürüklenmektedir. 60 cm' lik kısım bittiğinde cihaz sesli bir uyarı vermekte, böylece ilk 15 x 60 cm²'lik alanın taraması bitmektedir. Daha sonra alttaki 15 x 60 cm²'lik alana geçilmekte ve bu şekilde analize devam edilmektedir. Düşey tarama içinde yine cihaz plakanın sol üst kısmına tutulmakta ve yukarıdan aşağıya doğru sürüklenerek sırasıyla 15 x 60 cm² alanındaki kısımlar taranmaktadır.

Yatay taramalarla boyuna donatılar, düşey taramalarla ise enine donatılar tespit edilmektedir. Yatay ve düşey tarama aşamaları Şekil 4.1 'de gösterilmiştir.



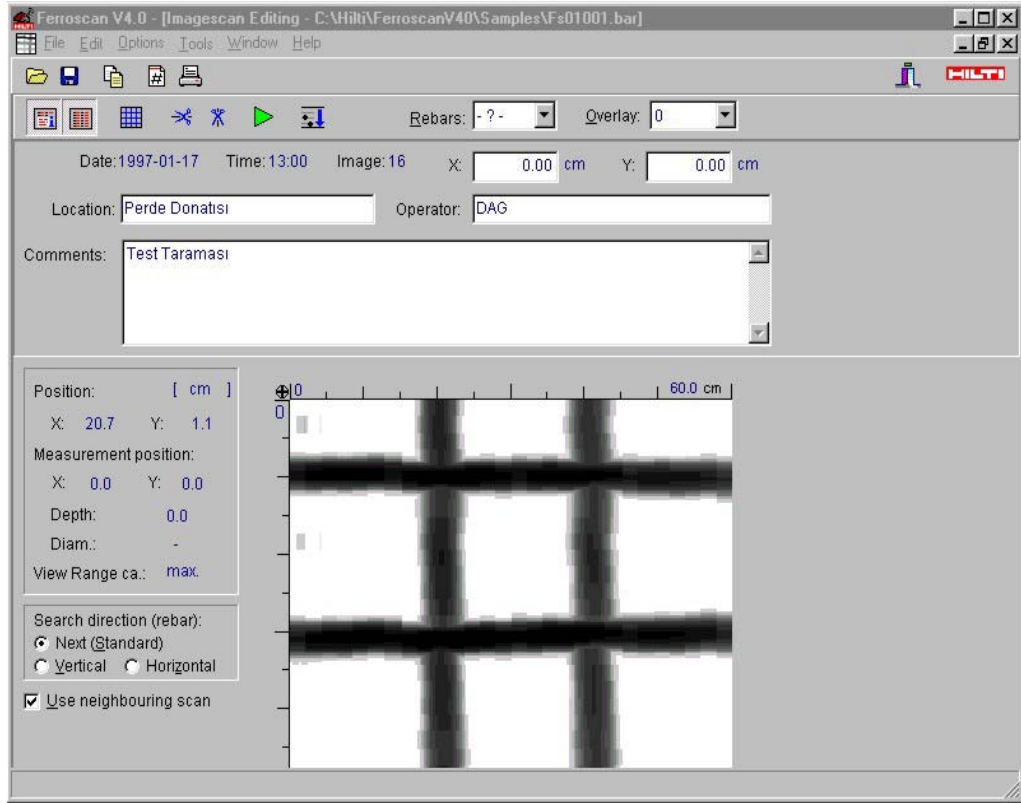
Şekil 4.1 Hilti Ferrosan FS10 cihazıyla yatay ve düşey tarama aşamaları

Kolonlarda tarama yapılırken cihazın kullanımı aynen Şekil 4.2 'de görüldüğü gibi olurken, bodrum ve zemin kattaki kirişlerde tarama yapılırken cihaz Şekil 4.1' da görüldüğü gibi uygulanmıştır. Resimden de görüldüğü gibi, plaka kirişin yan ve alt yüzlerine sıra ile yerleştirilerek analiz yapılmakta, böylece hem eğilme hem de kesme donatılarının çap, adet ve aralıkları tespit edilebilmektedir.



Resim 4.10. Cihazın kirişlere uygulanması

Tarama yapıldıktan sonra sonuçlar bilgisayar ortamına aktarılarak, cihazın kendi programında değerlendirilmektedir. Resim 4.11’ de yapılan bir perde taramasının bilgisayara aktarılması sırasında elde edilen görüntü verilmiştir. Ekrandaki dik siyah çizgiler boyuna donatıları, yatay siyah çizgiler ise enine donatıları göstermektedir.

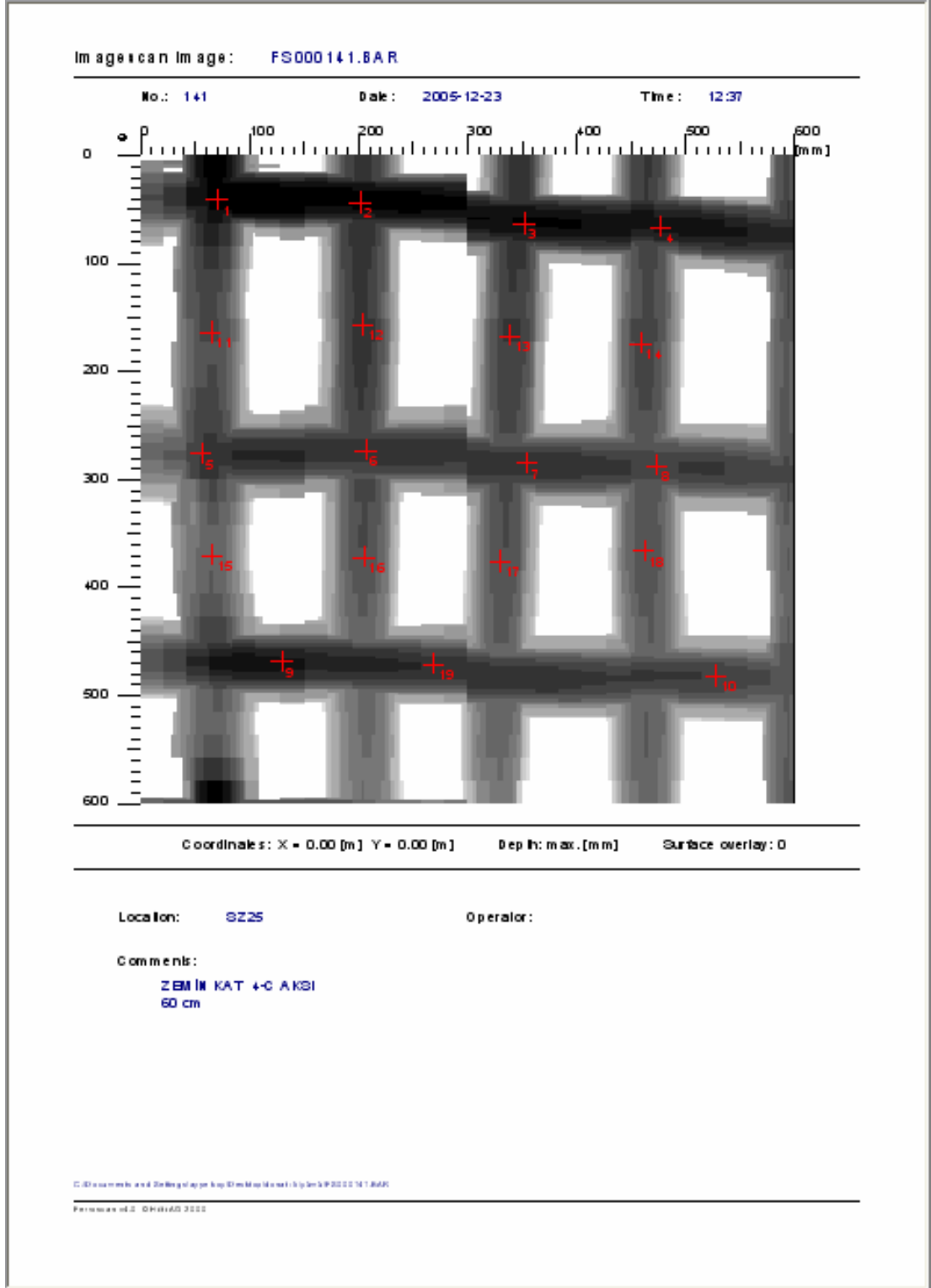


Resim 4.11. Yapılan bir perde ölçümünün bilgisayara aktarılması

4.3.2.2. Tarama sonuçlarının değerlendirilmesi

Tarama sonuçları bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra, Resim 4.12.' de görüldüğü gibi elde edilen sonuç ekranında boyuna ve enine donatı çizgileri üzerinde istenilen sayıda nokta belirlenmiş ve bu noktalarındaki donatı çapları, noktaların koordinatları gibi veriler, her iki binada yapılan toplam 57 adet tarama için bilgisayar çıktısı olarak alınmıştır. Örnek olması amacıyla zemin kat SZ25 kolonuna ait tarama sonucu Resim 4.12 ' de verilmiştir. Görüldüğü gibi sonuç iki kısımdan oluşmaktadır. İlk sayfada tarama yapılan alandan elde edilen donatı durumu görüntüsü ve bu görüntü üzerinde veri alınmak üzere bilgisayarda işaretlenen noktalar görünmektedir. İkinci sayfada ise bu noktaların bulunduğu donatılar için sonuçlar gösterilmiştir. Bu bölümde ' point ' sütunundaki sayılar veri alınan noktaları, ' x:[cm] ' ve ' y:[cm] ' sütunundaki sayılar ise bu noktaların koordinatlarını göstermektedir. ' Depth:[cm] ' kısmında pas payı kalınlıkları, 'Rebar' kısmında ise veri alınan noktalardaki donatı çapları bulunmaktadır. ' Orientation ' sütununda verinin boyuna veya enine donatılardan hangisine ait olduğu belirtilmektedir. Son sütun olan ' Valid ' kısmında ise verilerin geçerliliği gösterilmektedir. Donatı tespit cihazı ile yapılan taramaların sonuçları düzenlenmiş ve Tablo 4.2 ' de gösterilmiştir. Çizelgelerde tarama sonuçları ile birlikte karşılaştırma yapılabilmesi için projede öngörülen donatı miktarları da belirtilmiştir. Elde edilen tarama sonuçları şu şekilde özetlenebilir:

- Projede, bölüm 4.13.'de de belirtildiği gibi 3-4 aksının tek aks olarak uygulanması ve kolon sayısının bire düşürülmesinden dolayı bu akstaki 14 ve 25 no'lu kolonlarda donatı eksikliği, diğer kolonlarda ise donatıların projeye uygun olduğu tespit edilmiştir.
- Tarama sonuçları tüm kolonlarda $\phi 8$ etriye donatısı kullanılmış ve ara mesafe yaklaşık 20 cm olarak tespit edilmiştir



Resim 4.12.a. Analizde elde edilen tarama görüntüsü ve veri alınan noktalar

Image can Image: FS000141.BAR

Point:	x: [mm]	y: [mm]	Depth: [mm]	Rebar:	Orientation:	Valid
1	71	41	41	8 mm	Horizontal	Yes
2	202	44	45	8 mm	Horizontal	Yes
3	352	63	46	8 mm	Horizontal	Yes
4	477	66	48	8 mm	Horizontal	Yes
5	56	276	56	8 mm	Horizontal	Yes
6	207	273	53	8 mm	Horizontal	Yes
7	355	285	53	8 mm	Horizontal	Yes
8	474	287	60	12 mm	Horizontal	Yes
9	130	469	55	14 mm	Horizontal	Yes
10	528	482	58	10 mm	Horizontal	Yes
11	65	164	73	20 mm	Vertical	No
12	204	157	61	16 mm	Vertical	No
13	339	167	59	14 mm	Vertical	Yes
14	459	174	61	12 mm	Vertical	No
15	66	370	84	25 mm	Vertical	No
16	205	372	68	14 mm	Vertical	No
17	330	376	63	12 mm	Vertical	No
18	462	366	62	10 mm	Vertical	No
19	259	471	57	12 mm	Horizontal	Yes

Valid: - The return for the depth may be used only for orientation and NOT for measurement

C:\Documents and Settings\app\My Documents\141\FS000141.BAR

Periscope v2.0 © 2005-2008

Resim 4.12.b. Veri alınan noktalardan elde edilen sonuçlar

Tablo 4.2. Kolonlar için boyuna donatı tespit sonuçları

Bodrum kat S13 kolonu	Proje De.	8Ø14	Zemin kat S19 kolonu	Proje De.	8Ø14
	Ölçüm De.	8Ø14		Ölçüm De.	10Ø14
Bodrum kat S14 kolonu	Proje De.	Dil.10Ø14+8Ø14	Zemin kat S24 kolonu	Proje De.	8Ø14
	Ölçüm De.	10Ø14		Ölçüm De.	10Ø14
Bodrum kat S15 kolonu	Proje De.	8Ø14	Zemin kat S25 kolonu	Proje De.	Dil.8Ø14+8Ø14
	Ölçüm De.	8Ø14		Ölçüm De.	10Ø14
Bodrum kat S17 kolonu	Proje De.	8Ø14	Zemin kat S27 kolonu	Proje De.	8Ø14
	Ölçüm De.	8Ø14		Ölçüm De.	8Ø14
Bodrum kat S21 kolonu	Proje De.	12Ø14	Zemin kat S29 kolonu	Proje De.	8Ø14
	Ölçüm De.	12Ø14		Ölçüm De.	10Ø14
Bodrum kat S23 kolonu	Proje De.	8Ø14	1. kat S13 kolonu	Proje De.	8Ø14
	Ölçüm De.	10Ø14		Ölçüm De.	10Ø14
Bodrum kat S24 kolonu	Proje De.	8Ø14	1. kat S14 kolonu	Proje De.	Dil.10Ø14+8Ø14
	Ölçüm De.	10Ø14		Ölçüm De.	10Ø14
Bodrum kat S27 kolonu	Proje De.	8Ø14	1. kat S15 kolonu	Proje De.	8Ø14
	Ölçüm De.	8Ø14		Ölçüm De.	10Ø14
Bodrum kat S28 kolonu	Proje De.	8Ø14	1. kat S17 kolonu	Proje De.	8Ø14
	Ölçüm De.	8Ø14		Ölçüm De.	8Ø14
Bodrum kat S29 kolonu	Proje De.	8Ø14	1. kat S19 kolonu	Proje De.	8Ø14
	Ölçüm De.	8Ø14		Ölçüm De.	12Ø14
Bodrum kat S39 kolonu	Proje De.	8Ø14	1. kat S21 kolonu	Proje De.	8Ø14
	Ölçüm De.	8Ø14		Ölçüm De.	8Ø14
Perde SB23-SB34	Proje De.	Ø10/20	1. kat S26 kolonu	Proje De.	8Ø14
	Ölçüm De.	Ø10/20		Ölçüm De.	10Ø14
Perde SB39-SB40	Proje De.	Ø10/20	1. kat S28 kolonu	Proje De.	8Ø14
	Ölçüm De.	Ø10/20		Ölçüm De.	10Ø14
Perde SB40-SB41	Proje De.	Ø10/20	1. kat S30 kolonu	Proje De.	8Ø14
	Ölçüm De.	Ø10/20		Ölçüm De.	10Ø14
Zemin kat S13 kolonu	Proje De.	8Ø14	2. kat S04 kolonu	Proje De.	8Ø14
	Ölçüm De.	10Ø14		Ölçüm De.	10Ø14
Zemin kat S14 kolonu	Proje De.	Dil.10Ø14+8Ø14	2. kat S06 kolonu	Proje De.	8Ø14
	Ölçüm De.	10Ø14		Ölçüm De.	10Ø14
Zemin kat S15 kolonu	Proje De.	8Ø14	2. kat S08 kolonu	Proje De.	8Ø14
	Ölçüm De.	10Ø14		Ölçüm De.	10Ø14
Zemin kat S17 kolonu	Proje De.	8Ø14	2. kat S13 kolonu	Proje De.	8Ø14
	Ölçüm De.	10Ø14		Ölçüm De.	10Ø14

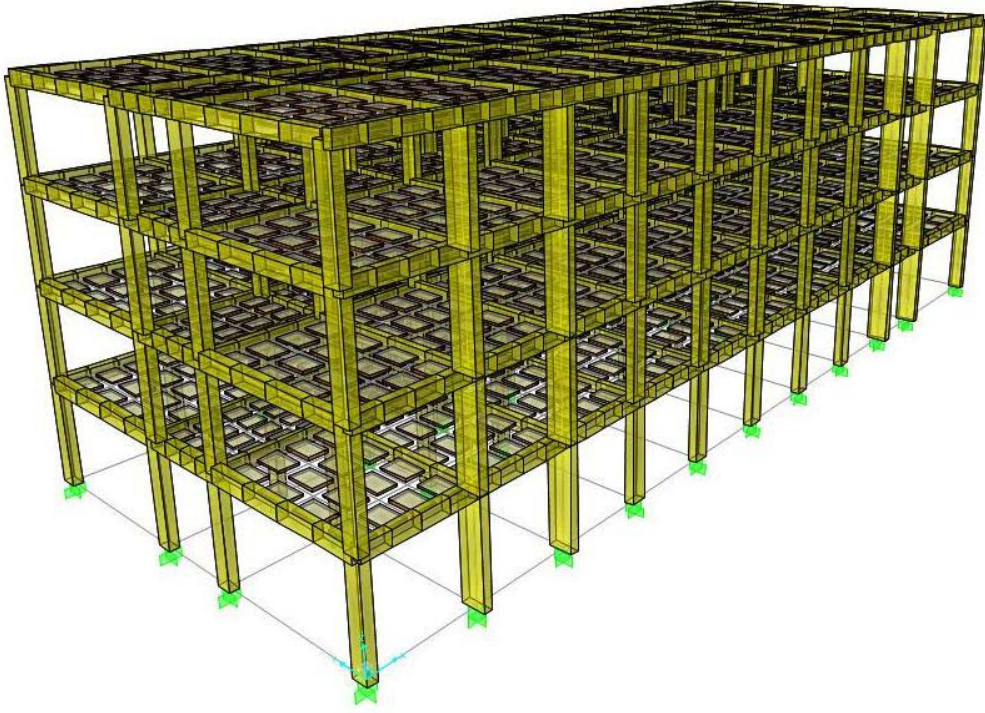
4.4. Binanın T.D.Y. (1998) Koşulları Esas Alınarak Değerlendirilmesi

Mevcut taşıyıcı sistemin kusurlarının tespiti için, binanın T.D.Y. (1998) , Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları (TS500) ve Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri (TS498) yönetmelikleri esas alınarak, düşey yük ve deprem etkisi altında (1.4G+1.6Q) ve (G+Q±E_{x,y}) yüklemeleri altında çözümlenmesi yapılmıştır. Deprem hesaplarında “Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi” kullanılmış, bilgisayar ortamında yapılan hesaplarda ise SAP2000 ve STA4-CAD programlarından faydalanılmıştır. Her iki programda dikkate alınan hesap parametreleri Tablo 4.3 'de verilmiştir.

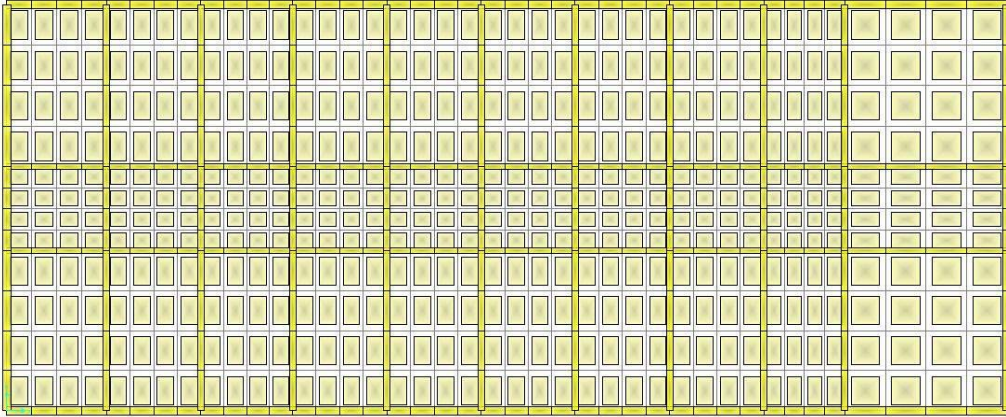
Tablo 4.3. Yapısal çözümlenmede dikkate alınan hesap parametreleri

Bina önem katsayısı : 1.4	Beton karakteristik dayanımı : 58.28 kg/cm ²
Çelik malzeme katsayısı : 1.15	Çelik sınıfı : S220 (BÇ I)
Beton malzeme katsayısı : 1.50	Zemin sınıfı : Z1
Zati yük faktörü : 1.40	Etkin yer ivmesi katsayısı : 0.1
Hareketli yük faktörü : 1.60	Bina taşıyıcı sistem davranış katsayısı : 4

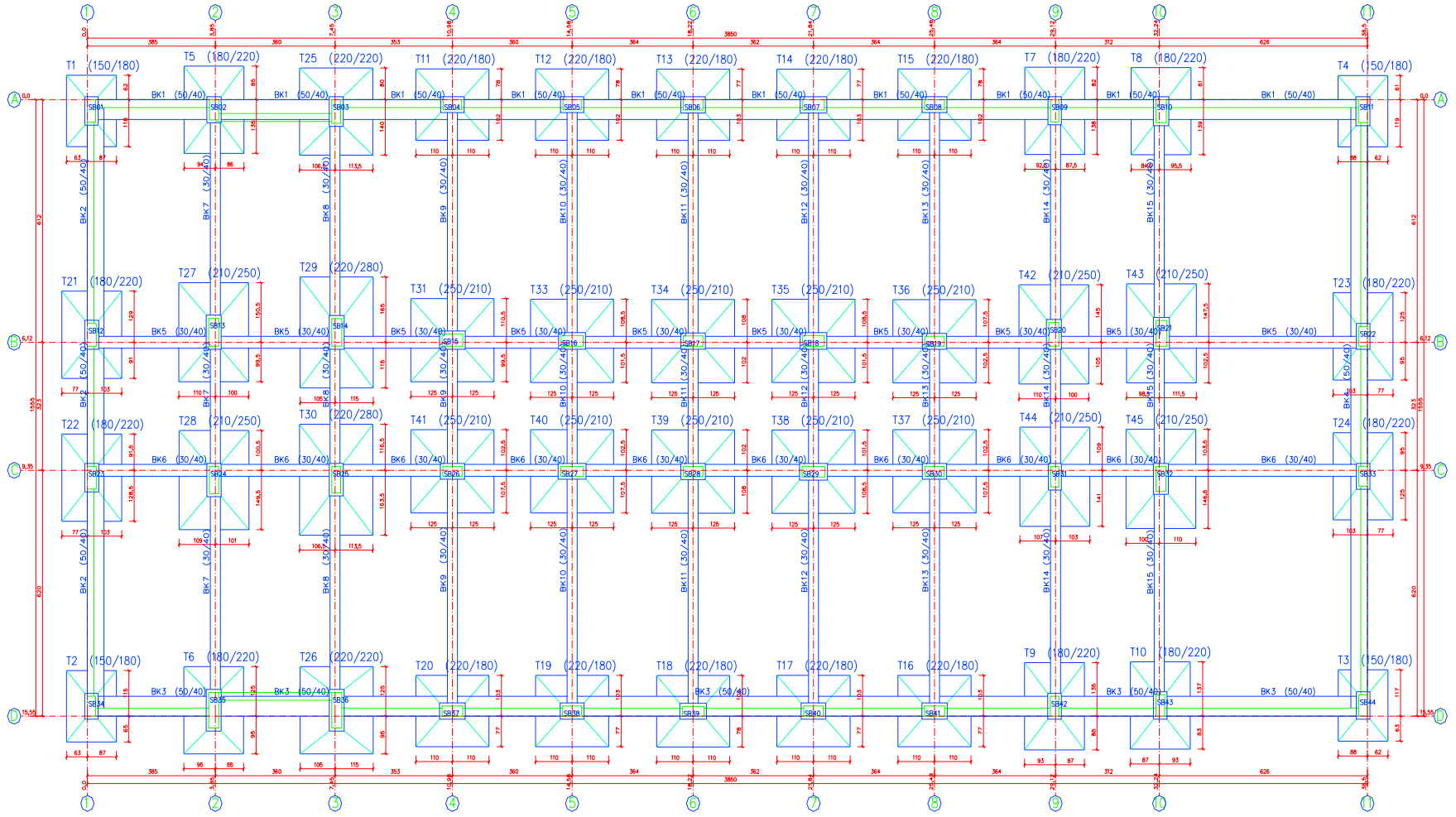
Binaların STA4-CAD programı ile çözümlenmesinde, öncelikle sistem modeli oluşturulmuştur. Ardından yapı elemanları üzerindeki yükler tanımlanmış, deprem bölgesi, bina önem katsayısı ve bina taşıyıcı sistem davranış katsayısı girilerek çözüm yaptırılmıştır. SAP2000 programında ise sistem modelini oluşturmak çok daha zor olmasına rağmen, binanın mevcut özellikleri çok daha iyi modellenebilmektedir. SAP2000 programında öncelikle sistem modeli, röleve çalışmasından elde edilen verilerde dikkate alınarak gerçek sistemle birebir uyumlu olarak oluşturulmuştur. Okul binasına ait zemin ve normal kat kalıp planları ve temel aplikasyon planı, sırasıyla Şekil 4.3 ~ Şekil 4.6 ' da, SAP2000 programında oluşturulan sisteme ait perspektif görünüşü ve normal kat kalıp planı Şekil 4.7 ve Şekil 4.8 'de verilmiştir. Yapıya etkiyen deprem yükleri “ Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ” kullanılarak hesaplanmış, kat ağırlıkları her katın merkezine etkittirilmiş ve T.D.Y. (1998) koşulları gereğince ek dışmerkezlik etkilerinin hesaba katılabilmesi amacı ile kaydırılmış kütle merkezlerine etki ettirilmiştir. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki boyutun (+% 5)'i ve (-%5)'i kadar kaydırılması ile elde edilen noktalardır. Son olarak yatay deprem yükleri altında kat döşemelerinin, kendi düzlemleri içinde rijit cisim olarak hareket ettiklerini belirtmek için her kat “ Rijit Diyafram ” olarak tanımlanarak analiz yaptırılmıştır.



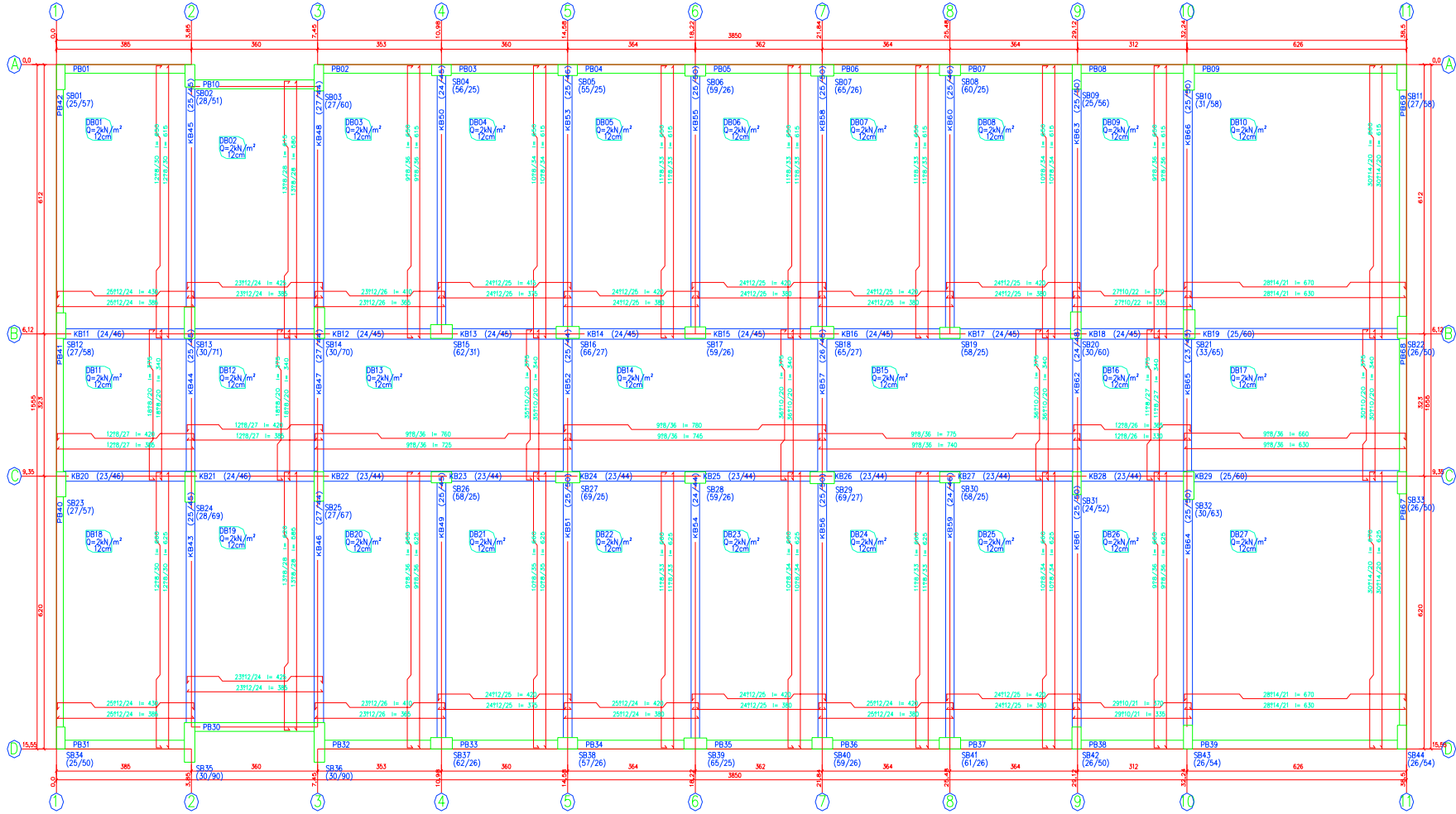
Şekil 4.6. Şükriye Onsun Okul Binasına ait perspektif (SAP 2000)



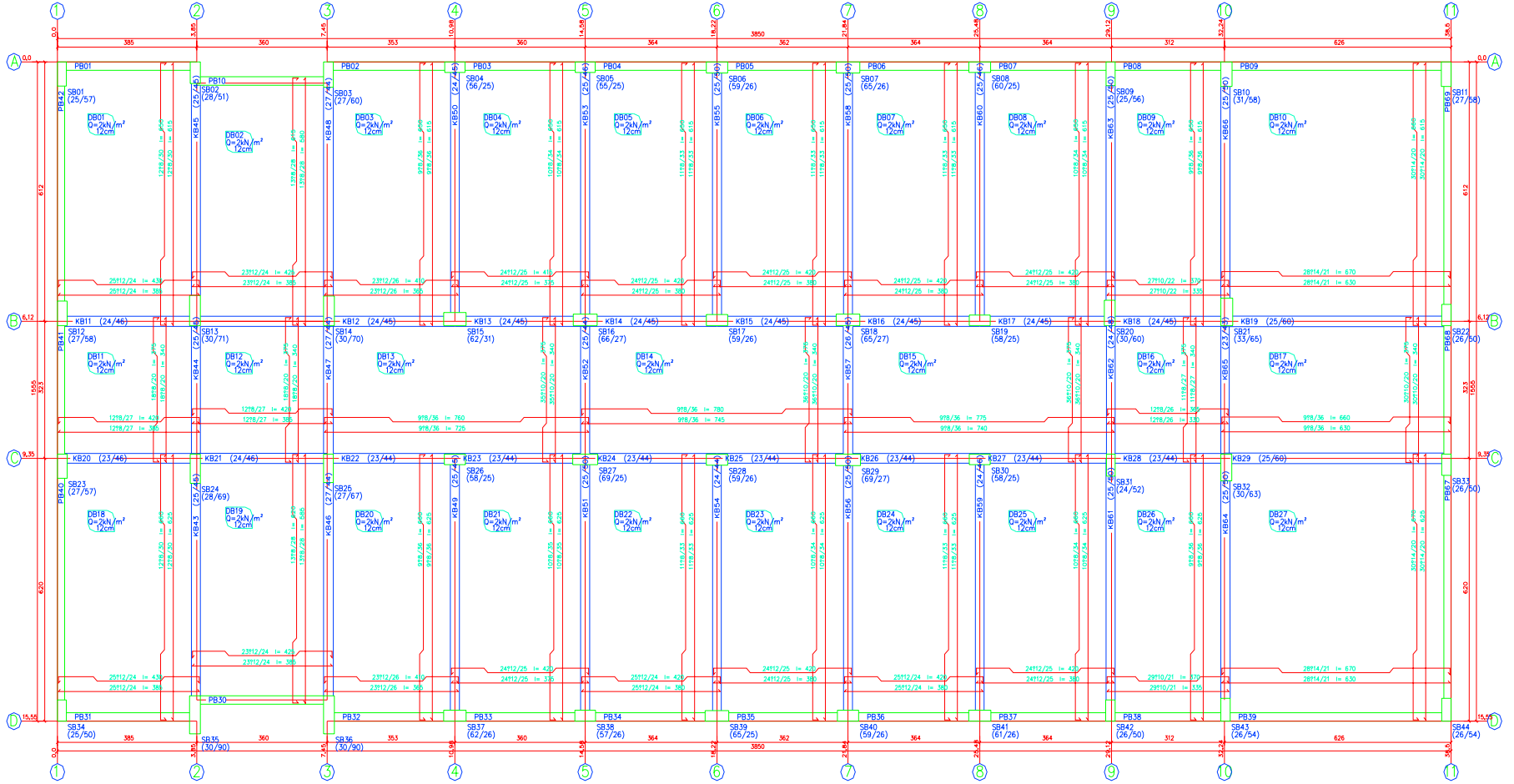
Şekil 4.7. Şükriye Onsun Okul Binasına ait normal kat planı (SAP 2000)



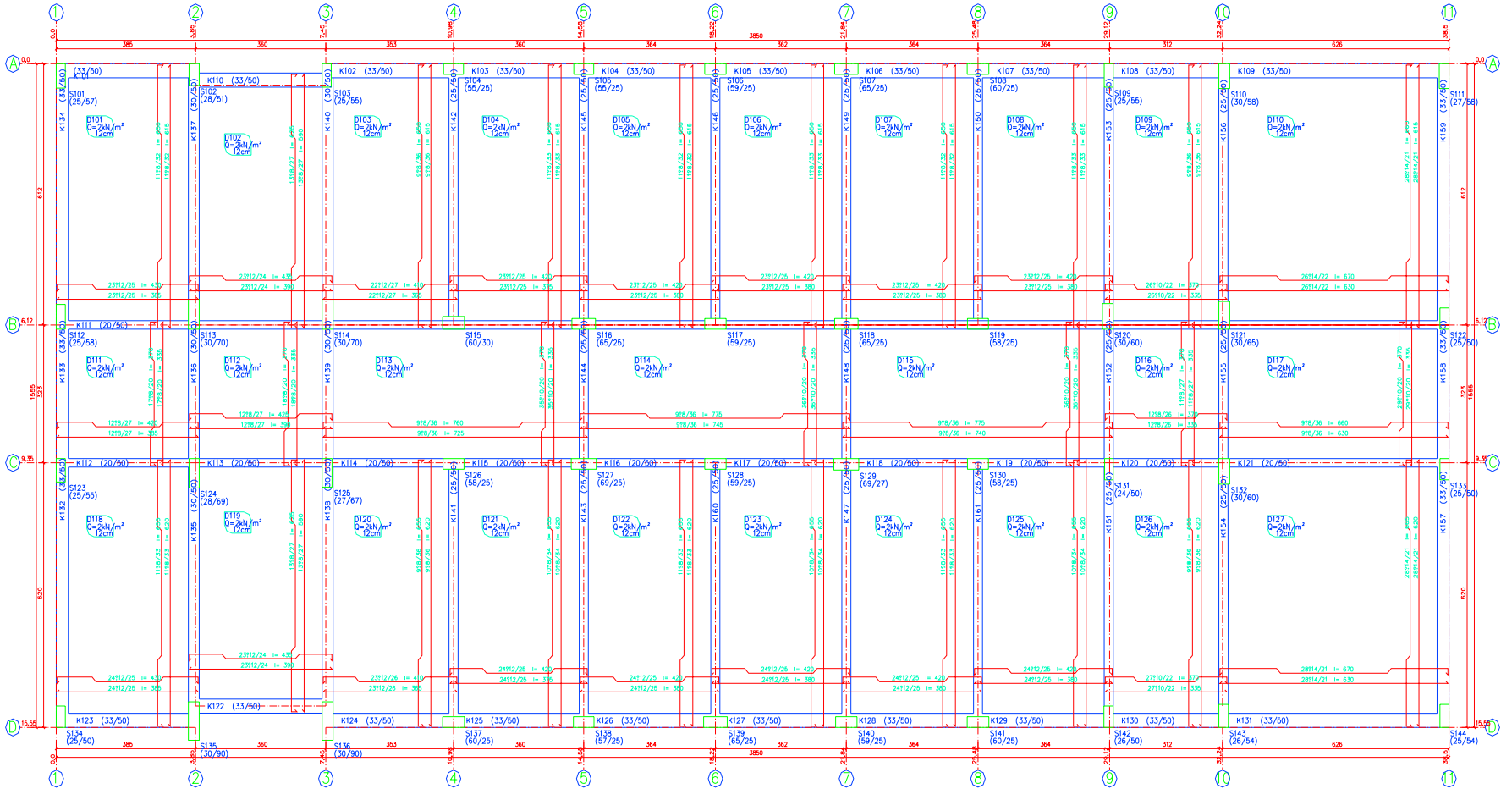
Şekil 4.2. Şükriye Onsun Okul Binası temel aplikasyon planı



Şekil 4.3. Şükrüye Onsun Okul Binası bodrum kat kalıp planı



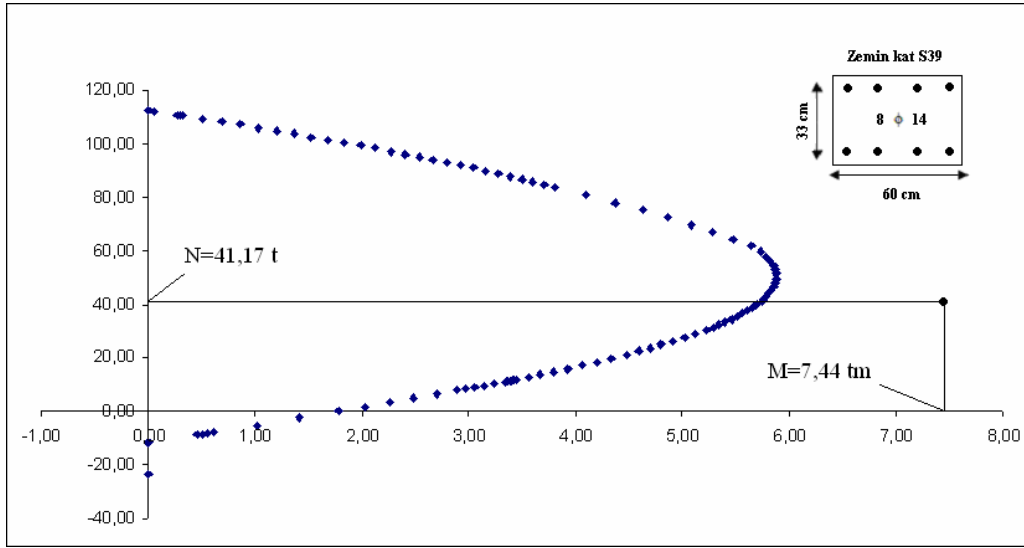
Şekil 4.4. Şukriye Onsun Okul Binası zemin kat kalıp planı



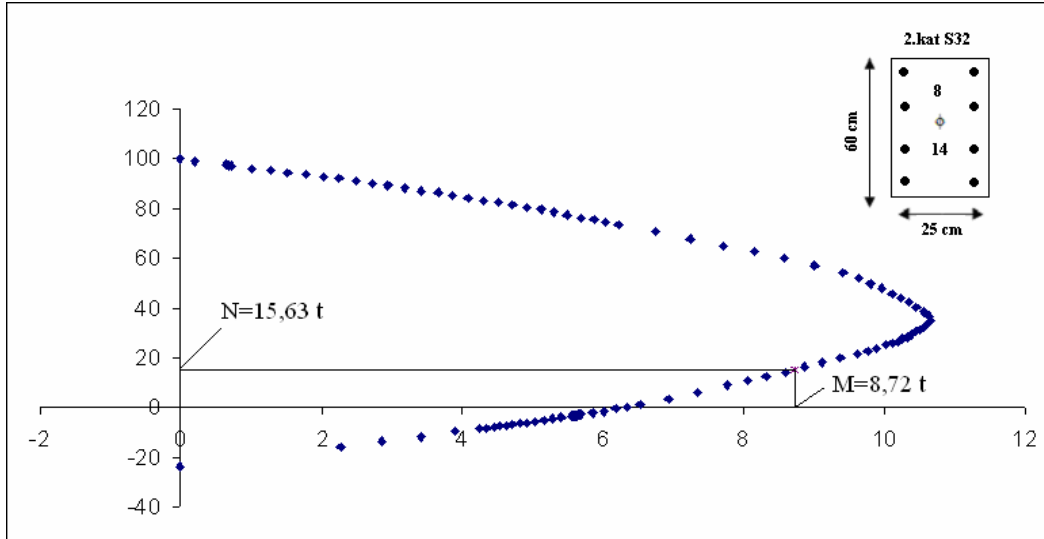
Şekil 4.5. Şükrüye Onsun Okul Binası normal kat kalıp planı

Elde edilen analiz sonuçları ışığında, yapıların planda ve düşey doğrultudaki düzensizlik durumları incelenmiş ve deplasman kontrolleri yapılmıştır. Deplasman kontrolleri Tablo 4.8.'de, düzensizlik durumları Tablo 4.9 'da gösterilmiştir.

Kolonlarda eğilme momenti kapasitelerinin bulunabilmesi için, tüm katlardaki kolonların malzeme katsayıları 1 alınarak karşılıklı etki diyagramları hazırlanmıştır. Daha sonra bu diyagramlarda, ilgili kolon için SAP2000 çözümünde G+Q yüklemesinden elde edilen eksenel yük değerine karşılık gelen moment kapasitesi bulunarak tahkikler yapılmıştır. Örnek olması amacıyla zemin kat S39 ve 2. kat S39 kolonlarına ait karşılıklı etki diyagramları Şekil 4.11 ve Şekil 4.12 'de gösterilmiştir. Grafikler üzerindeki N değeri SAP2000 çözümünde G+Q yüklemesinden elde edilen eksenel yük değeri, M_r ise karşılıklı etki diyagramında bu değere karşılık gelen moment kapasitesidir.



Şekil 4.8. Zemin kat S39 kolonuna ait karşılıklı etki diyagramı



Şekil 4.9. İkinci kat S32 kolonuna ait karşılıklı etki diyagramı

Tablo 4.4.a. Mevcut durum görelî kat ötelemesi kontrolü (X doğrultusu)

Kat	$(\Delta_i)_{\max}$	h_i	$(\Delta_i)_{\max} / h_i$	0.0035	0.02 / R	Sonuç
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	
Zemin	0,034	340	0.0001	0.0035	0.005	Yeterli
1	0,07	340	0,0002			Yeterli
2	0,1	340	0,0003			Yeterli

Tablo 4.4.b. Mevcut durum görelî kat ötelemesi kontrolü (Y doğrultusu)

Kat	$(\Delta_i)_{\max}$	h_i	$(\Delta_i)_{\max} / h_i$	0.0035	0.02 / R	Sonuç
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	
Zemin	0,024	340	0,00007	0.0035	0.005	Yeterli
1	0,042	340	0,00012			Yeterli
2	0,066	340	0.00019			Yeterli

Tablo 4.5. Mevcut durum düzensizlik kontrolleri

PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMU			
A1	Burulma Düzensizliği	$\eta_{bi} = 1,196 < 1.2$	YOK
A2	Döşeme Düzensizlikleri	$A_b / A \cong 0,1 < 1/3$	YOK
A3	Planda Çıkıntılarının Bulunması	$a_x = 0 < 0.2 L_x$ $a_y = 0 < 0.2 L_y$	YOK
A4	Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması	-	YOK
DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMU			
B1	Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)	$\eta_{ci} = 1 > 0.8$	YOK
B2	Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)	$\eta_{ki} = 1.5 > 1.5$	YOK
B3	Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği		YOK

Tablo 4.6. Şükriye Onsun İlköğretim binası S13 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S13 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1250		12,32	0,9	4000		43,55	1,08	31	28
Zemin	1250		12,32	0,9	3200		32,43	1,01	39	38
1	1250		12,32	0,9	2100		21,56	1,02	59	57
2	1250		12,32	0,9	1500		15,4	1,02	83	80

Tablo 4.7. Şükriye Onsun İlköğretim binası S14 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S14 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	4000		43,55	1,08	38	28
Zemin	1500		12,32	0,82	3150		32,43	1,02	48	38
1	1500		12,32	0,82	2100		21,56	1,02	71	57
2	1500		12,32	0,82	1500		15,4	1,02	Yeterli	80

Tablo 4.8. Şükriye Onsun İlköğretim binası S16 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S16 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	4200		42,61	1,01	36	29
Zemin	1500		12,32	0,82	3300		33,37	1,01	45	37
1	1500		12,32	0,82	2400		24,63	1,02	63	50
2	1500		12,32	0,82	1500		15,4	1,02	Yeterli	80

Tablo 4.9. Şükriye Onsun İlköğretim binası S18 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S18 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	4200		44,24	1,05	36	28
Zemin	1500		12,32	0,82	3300		33,37	1,01	45	37
1	1500		12,32	0,82	2400		24,63	1,02	63	50
2	1500		12,32	0,82	1500		15,4	1,02	Yeterli	80

Tablo 4.10. Şükriye Onsun İlköğretim binası S20 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S20 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	3850		39,53	1,02	39	31
Zemin	1500		12,32	0,82	3000		32,43	1,08	50	38
1	1500		12,32	0,82	2100		21,56	1,02	71	57
2	1500		12,32	0,82	1500		15,4	1,02	Yeterli	80

Tablo 4.11. Şükriye Onsun İlköğretim binası S21 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S21 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	4400		44,24	1,00	34	28
Zemin	1500		12,32	0,82	3150		32,43	1,02	48	38
1	1500		12,32	0,82	2100		21,56	1,02	71	57
2	1500		12,32	0,82	1500		18,48	1,20	Yeterli	67

Tablo 4.12. Şükriye Onsun İlköğretim binası S24 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S24 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	4000		43,55	1,08	38	28
Zemin	1500		12,32	0,82	3000		32,43	1,08	50	38
1	1500		12,32	0,82	2100		21,56	1,02	71	57
2	1500		12,32	0,82	1500		15,4	1,02	Yeterli	80

Tablo 4.13. Şükriye Onsun İlköğretim binası S25 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S25 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	4000		43,55	1,08	38	28
Zemin	1500		12,32	0,82	2700		29,35	1,08	56	42
1	1500		12,32	0,82	1800		18,48	1,02	83	66
2	1500		12,32	0,82	1500		15,4	1,02	Yeterli	80

Tablo 4.14. Şükriye Onsun İlköğretim binası S26 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S26 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	3600		36,45	1,01	42	34
Zemin	1500		12,32	0,82	2700		29,35	1,08	56	42
1	1500		12,32	0,82	1800		18,48	1,02	83	67
2	1500		12,32	0,82	1500		18,48	1,20	Yeterli	67

Tablo 4.15. Şükriye Onsun İlköğretim binası S28 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S28 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	3900		39,53	1,02	38	31
Zemin	1500		12,32	0,82	3000		32,43	1,08	50	38
1	1500		12,32	0,82	2100		21,56	1,02	71	57
2	1500		12,32	0,82	1750		18,48	1,05	88	67

Tablo 4.16. Şükriye Onsun İlköğretim binası S30 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S30 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	3600		39,53	1,08	42	31
Zemin	1500		12,32	0,82	2700		29,35	1,08	56	42
1	1500		12,32	0,82	1800		18,48	1,02	83	67
2	1500		12,32	0,82	1500		18,48	1,20	Yeterli	67

Tablo 4.17. Şükriye Onsun İlköğretim binası S32 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S32 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	5200		52,29	1,00	29	24
Zemin	1500		12,32	0,82	4000		43,55	1,08	38	29
1	1500		12,32	0,82	2700		29,35	1,08	56	42
2	1500		12,32	0,82	1500		15,4	1,02	Yeterli	80

Tablo 4.18. Şükriye Onsun İlköğretim binası S23 kolonu için karşılaştırma (Talep/Kapasite oranları)

S23 KOLONU												
Kat	N (ton)	N_r (ton)	M_x (t.m)	M_{rx} (t.m)	M_y (t.m)	M_{ry} (t.m)	V (ton)	V_r (ton)	N / N_r	M_x / M_{rx}	M_y / M_{ry}	V / V_r
Bodrum	58,26	90,85	4,62	6,30	10,46	11,40	5,64	26,00	0,64	0,73	0,92	0,22
Zemin	41,99	90,85	4,08	6,30	3,83	11,40	2,14	26,00	0,46	0,65	0,34	0,08
1	25,54	90,85	3,76	5,50	3,25	10,00	1,89	26,00	0,28	0,68	0,32	0,07
2	8,99	90,85	3,92	4,70	3,19	8,50	1,84	26,00	0,10	0,83	0,38	0,07

Tablo 4.19. Şükriye Onsun İlköğretim binası S28 kolonu için karşılaştırma (Talep/Kapasite oranları)

S28 KOLONU												
Kat	N (ton)	N_r (ton)	M_x (t.m)	M_{rx} (t.m)	M_y (t.m)	M_{ry} (t.m)	V (ton)	V_r (ton)	N / N_r	M_x / M_{rx}	M_y / M_{ry}	V / V_r
Bodrum	74,81	74,50	11,13	5,94	2,89	2,50	5,67	19,80	1,00	1,87	1,16	0,29
Zemin	54,15	74,50	3,43	8,60	2,76	3,60	1,37	19,80	0,73	0,40	0,77	0,07
1	33,57	74,50	0,47	9,20	2,43	3,20	0,19	19,80	0,45	0,05	0,76	0,01
2	13,00	74,50	0,06	8,10	2,45	3,80	0,02	19,80	0,17	0,01	0,65	0,00

Tablo 4.20. Şükriye Onsun İlköğretim binası S32 kolonu için karşılaştırma (Talep/Kapasite oranları)

S32 KOLONU												
Kat	N (ton)	N_r (ton)	M_x (t.m)	M_{rx} (t.m)	M_y (t.m)	M_{ry} (t.m)	V (ton)	V_r (ton)	N / N_r	M_x / M_{rx}	M_y / M_{ry}	V / V_r
Bodrum	102,22	74,50	2,57	3,56	10,60	1,96	5,89	19,80	1,37	0,72	5,41	0,30
Zemin	72,64	74,50	3,88	2,50	6,37	5,94	3,57	19,80	0,98	1,55	2,55	0,18
1	44,03	74,50	3,78	3,60	5,37	8,60	3,14	19,80	0,59	1,05	1,49	0,16
2	15,63	74,50	3,54	3,40	5,32	8,10	3,09	19,80	0,21	1,04	1,56	0,16

Tablo 4.21. Şükriye Onsun İlköğretim binası S39 kolonu için karşılaştırma (Talep/Kapasite oranları)

S39 KOLONU												
Kat	N (ton)	N_r (ton)	M_x (t.m)	M_{rx} (t.m)	M_y (t.m)	M_{ry} (t.m)	V (ton)	V_r (ton)	N / N_r	M_x / M_{rx}	M_y / M_{ry}	V / V_r
Bodrum	57,74	90,85	15,01	11,58	4,98	6,37	7,68	26,00	0,64	1,30	0,78	0,30
Zemin	41,99	90,85	4,39	11,58	7,34	6,37	1,76	26,00	0,46	0,38	1,15	0,07
1	26,16	90,85	0,56	9,83	6,32	5,41	0,23	26,00	0,29	0,06	1,17	0,01
2	10,24	90,85	0,11	8,01	7,65	4,41	0,05	26,00	0,11	0,01	1,73	0,00

Tablo 4.6. Şükriye Onsun İlköğretim binası S13 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S13 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1250		12,32	0,9	4000		43,55	1,08	31	28
Zemin	1250		12,32	0,9	3200		32,43	1,01	39	38
1	1250		12,32	0,9	2100		21,56	1,02	59	57
2	1250		12,32	0,9	1500		15,4	1,02	83	80

Tablo 4.7. Şükriye Onsun İlköğretim binası S14 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S14 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	4000		43,55	1,08	38	28
Zemin	1500		12,32	0,82	3150		32,43	1,02	48	38
1	1500		12,32	0,82	2100		21,56	1,02	71	57
2	1500		12,32	0,82	1500		15,4	1,02	Yeterli	80

Tablo 4.8. Şükriye Onsun İlköğretim binası S16 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S16 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	4200		42,61	1,01	36	29
Zemin	1500		12,32	0,82	3300		33,37	1,01	45	37
1	1500		12,32	0,82	2400		24,63	1,02	63	50
2	1500		12,32	0,82	1500		15,4	1,02	Yeterli	80

Tablo 4.9. Şükriye Onsun İlköğretim binası S18 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S18 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	4200		44,24	1,05	36	28
Zemin	1500		12,32	0,82	3300		33,37	1,01	45	37
1	1500		12,32	0,82	2400		24,63	1,02	63	50
2	1500		12,32	0,82	1500		15,4	1,02	Yeterli	80

Tablo 4.10. Şükriye Onsun İlköğretim binası S20 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S20 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	3850		39,53	1,02	39	31
Zemin	1500		12,32	0,82	3000		32,43	1,08	50	38
1	1500		12,32	0,82	2100		21,56	1,02	71	57
2	1500		12,32	0,82	1500		15,4	1,02	Yeterli	80

Tablo 4.11. Şükriye Onsun İlköğretim binası S21 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S21 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	4400		44,24	1,00	34	28
Zemin	1500		12,32	0,82	3150		32,43	1,02	48	38
1	1500		12,32	0,82	2100		21,56	1,02	71	57
2	1500		12,32	0,82	1500		18,48	1,20	Yeterli	67

Tablo 4.12. Şükriye Onsun İlköğretim binası S24 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S24 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	4000		43,55	1,08	38	28
Zemin	1500		12,32	0,82	3000		32,43	1,08	50	38
1	1500		12,32	0,82	2100		21,56	1,02	71	57
2	1500		12,32	0,82	1500		15,4	1,02	Yeterli	80

Tablo 4.13. Şükriye Onsun İlköğretim binası S25 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S25 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	4000		43,55	1,08	38	28
Zemin	1500		12,32	0,82	2700		29,35	1,08	56	42
1	1500		12,32	0,82	1800		18,48	1,02	83	66
2	1500		12,32	0,82	1500		15,4	1,02	Yeterli	80

Tablo 4.14. Şükriye Onsun İlköğretim binası S26 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S26 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	3600		36,45	1,01	42	34
Zemin	1500		12,32	0,82	2700		29,35	1,08	56	42
1	1500		12,32	0,82	1800		18,48	1,02	83	67
2	1500		12,32	0,82	1500		18,48	1,20	Yeterli	67

Tablo 4.15. Şükriye Onsun İlköğretim binası S28 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S28 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	3900		39,53	1,02	38	31
Zemin	1500		12,32	0,82	3000		32,43	1,08	50	38
1	1500		12,32	0,82	2100		21,56	1,02	71	57
2	1500		12,32	0,82	1750		18,48	1,05	88	67

Tablo 4.16. Şükriye Onsun İlköğretim binası S30 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S30 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	3600		39,53	1,08	42	31
Zemin	1500		12,32	0,82	2700		29,35	1,08	56	42
1	1500		12,32	0,82	1800		18,48	1,02	83	67
2	1500		12,32	0,82	1500		18,48	1,20	Yeterli	67

Tablo 4.17. Şükriye Onsun İlköğretim binası S32 kolonu için karşılaştırma (Boyutlar ve boyuna donatı)

S32 KOLONU										
KAT	Mevcut Proje Değerleri				Bulunan Hesap Değerleri				Mevcut Durumun Yeterliliği	
	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Kesit (cm²)	Alanı	Donatı alanı (cm²)	Donatı oranı%	Boyutlar %	Donatı %
Bodrum	1500		12,32	0,82	5200		52,29	1,00	29	24
Zemin	1500		12,32	0,82	4000		43,55	1,08	38	29
1	1500		12,32	0,82	2700		29,35	1,08	56	42
2	1500		12,32	0,82	1500		15,4	1,02	Yeterli	80

Tablo 4.18. Şükriye Onsun İlköğretim binası S23 kolonu için karşılaştırma (Talep/Kapasite oranları)

S23 KOLONU												
Kat	N (ton)	N_r (ton)	M_x (t.m)	M_{rx} (t.m)	M_y (t.m)	M_{ry} (t.m)	V (ton)	V_r (ton)	N / N_r	M_x / M_{rx}	M_y / M_{ry}	V / V_r
Bodrum	58,26	90,85	4,62	6,30	10,46	11,40	5,64	26,00	0,64	0,73	0,92	0,22
Zemin	41,99	90,85	4,08	6,30	3,83	11,40	2,14	26,00	0,46	0,65	0,34	0,08
1	25,54	90,85	3,76	5,50	3,25	10,00	1,89	26,00	0,28	0,68	0,32	0,07
2	8,99	90,85	3,92	4,70	3,19	8,50	1,84	26,00	0,10	0,83	0,38	0,07

Tablo 4.19. Şükriye Onsun İlköğretim binası S28 kolonu için karşılaştırma (Talep/Kapasite oranları)

S28 KOLONU												
Kat	N (ton)	N_r (ton)	M_x (t.m)	M_{rx} (t.m)	M_y (t.m)	M_{ry} (t.m)	V (ton)	V_r (ton)	N / N_r	M_x / M_{rx}	M_y / M_{ry}	V / V_r
Bodrum	74,81	74,50	11,13	5,94	2,89	2,50	5,67	19,80	1,00	1,87	1,16	0,29
Zemin	54,15	74,50	3,43	8,60	2,76	3,60	1,37	19,80	0,73	0,40	0,77	0,07
1	33,57	74,50	0,47	9,20	2,43	3,20	0,19	19,80	0,45	0,05	0,76	0,01
2	13,00	74,50	0,06	8,10	2,45	3,80	0,02	19,80	0,17	0,01	0,65	0,00

Tablo 4.20. Şükriye Onsun İlköğretim binası S32 kolonu için karşılaştırma (Talep/Kapasite oranları)

S32 KOLONU												
Kat	N (ton)	N_r (ton)	M_x (t.m)	M_{rx} (t.m)	M_y (t.m)	M_{ry} (t.m)	V (ton)	V_r (ton)	N / N_r	M_x / M_{rx}	M_y / M_{ry}	V / V_r
Bodrum	102,22	74,50	2,57	3,56	10,60	1,96	5,89	19,80	1,37	0,72	5,41	0,30
Zemin	72,64	74,50	3,88	2,50	6,37	5,94	3,57	19,80	0,98	1,55	2,55	0,18
1	44,03	74,50	3,78	3,60	5,37	8,60	3,14	19,80	0,59	1,05	1,49	0,16
2	15,63	74,50	3,54	3,40	5,32	8,10	3,09	19,80	0,21	1,04	1,56	0,16

Tablo 4.21. Şükriye Onsun İlköğretim binası S39 kolonu için karşılaştırma (Talep/Kapasite oranları)

S39 KOLONU												
Kat	N (ton)	N_r (ton)	M_x (t.m)	M_{rx} (t.m)	M_y (t.m)	M_{ry} (t.m)	V (ton)	V_r (ton)	N / N_r	M_x / M_{rx}	M_y / M_{ry}	V / V_r
Bodrum	57,74	90,85	15,01	11,58	4,98	6,37	7,68	26,00	0,64	1,30	0,78	0,30
Zemin	41,99	90,85	4,39	11,58	7,34	6,37	1,76	26,00	0,46	0,38	1,15	0,07
1	26,16	90,85	0,56	9,83	6,32	5,41	0,23	26,00	0,29	0,06	1,17	0,01
2	10,24	90,85	0,11	8,01	7,65	4,41	0,05	26,00	0,11	0,01	1,73	0,00

4.5. Yapılan Hesapların Değerlendirilmesi

Okul binasının kolonlar için yapılan güvenlik tahkiklerinde her bir eleman, yönetmeliklerde belirtilen yükleme durumlarına göre, yapısal çözümlenmeden elde edilen kesit tesirleri ve elemanın taşıma gücü dikkate alınarak güvenli olup olmadığı değerlendirilmiştir. Sonuçlar bir önceki bölümde verilen tablolarda görülmektedir. Yapılan tahkiklerde kolonların eksenel yük taşıma güçleri denklem (4.9) , kesme etkisi altındaki taşıma güçleri ise T.D.Y. (1998) koşulları dikkate alınarak denklem (4.10)' da verilen formül yardımıyla hesaplanmıştır. Moment kapasiteleri ise Bölüm 4.4.' de belirtildiği gibi hazırlanan karşılıklı etki diyagramları yardımıyla belirlenmiştir.

$$N_r = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot A_c + A_{st} \cdot f_{yk} \quad (4.9)$$

$$V_r = 0.22 \cdot A_w \cdot f_{ck} \quad (4.10)$$

Kirişler için yapılan hesaplamalarda sorun bulunmadığı, boyutlarının ve donatılarının yeterli olduğu görülmektedir.

Temeller için yapılan hesaplamalarda ise seçilen tekil temel sisteminin yetersiz olduğu ve güçlendirilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak bina da, taşıma kapasitesinin ilgili tablolarda (Tablo.4.6 - Tablo.4.21) görüldüğü gibi yetersiz olduğu ve sistemde bulunan kolonların yetersizliklerini ortadan kaldıracak şekilde mantolama ve perde ilavesi kullanılarak güçlendirilme yapılması gerekmektedir.

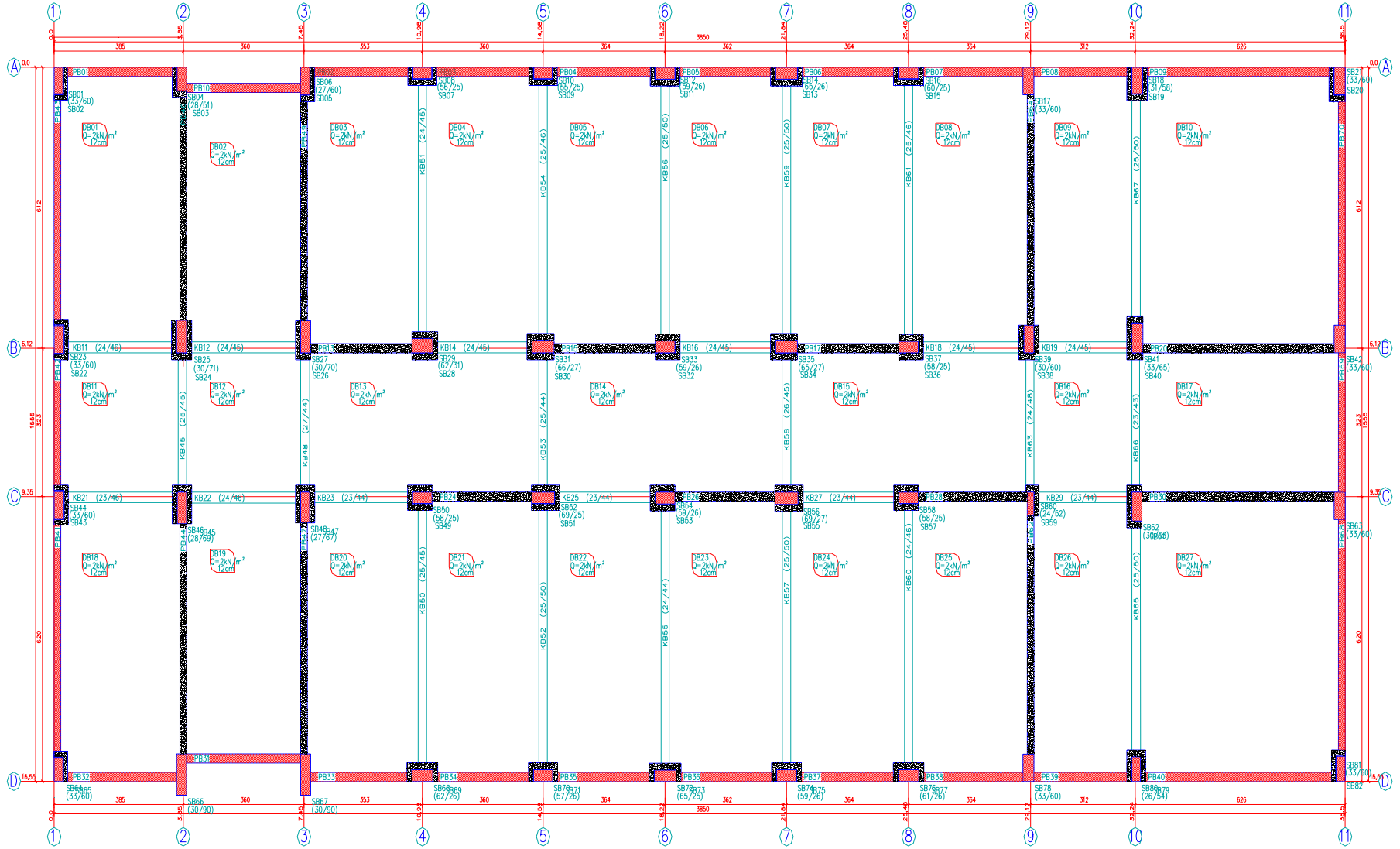
4.6.Mevcut Binanın Güçlendirilmesi

4.6.1. Güçlendirme projesinin oluşturulması

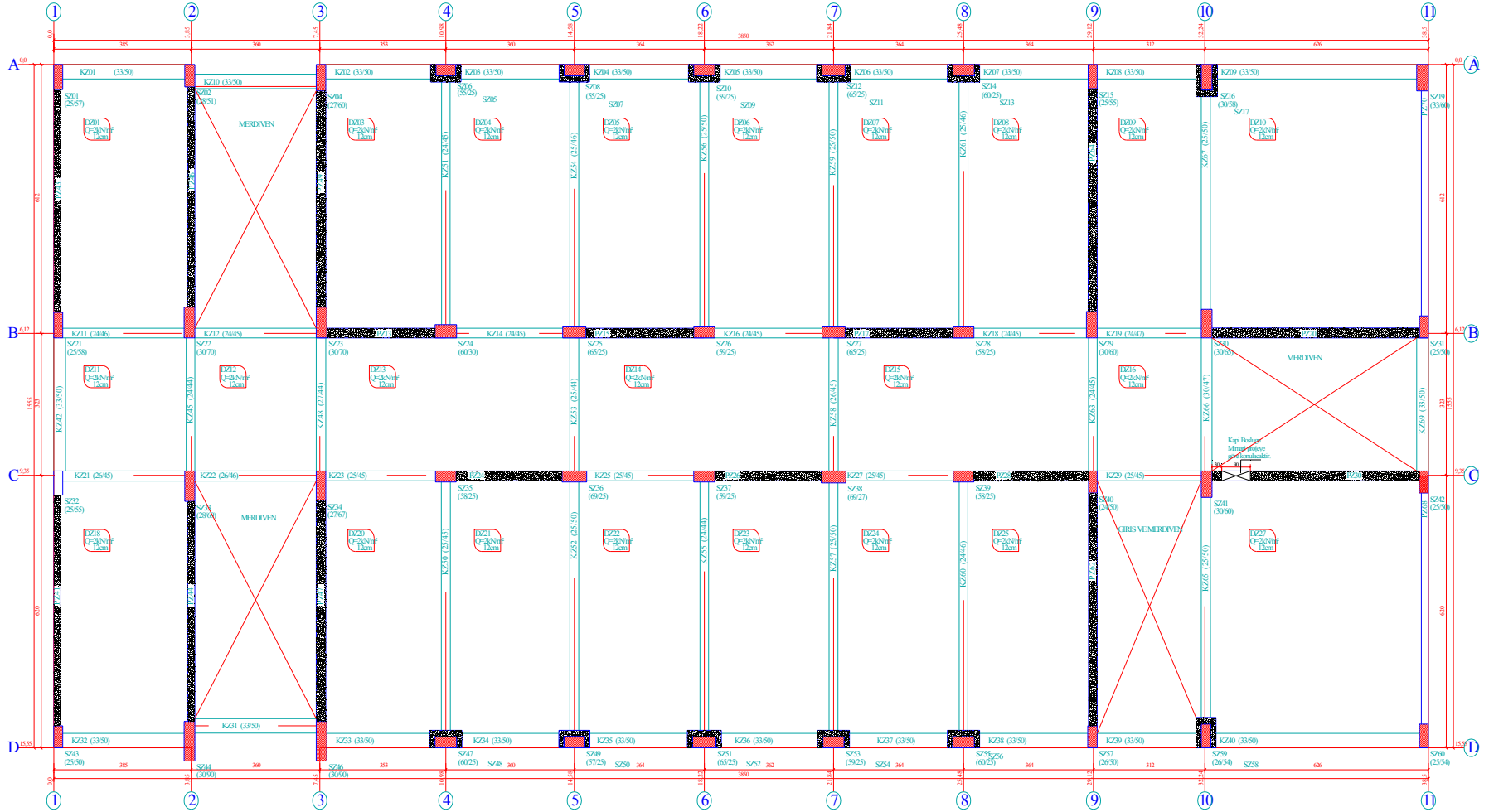
Güçlendirme sistemi oluşturulurken okul binası olduğu için fazla hasara neden olmaması için özen gösterilmiştir. Sistemde, kolonlarda görülen yetersizlik perde ve mantolama ile çözülmüştür. Yatay rijitlik denilince ilk akla gelen ve deprem etkilerini en etkili karşılayan yapı elemanı perdedir. Binada yeni perde oluşturabilecek en uygun mekan, merdivenin ve kapı bulunmayan dolgu duvarların bulunduğu kısımdır. Binada düşey ve yatay doğrultuda, orijine göre simetrik olacak ve burulma etkileri doğurmayacak şekilde dolgu duvarların kaldırılarak betonarme perde ilavesi yapılmıştır. Kenar akslardan, A-A ve D-D 'de simetrik olarak bulunan kolonlara da mantolama yöntemi ile takviye yapılmıştır.

Temelde ise 30 cm radye temel ilavesiyle güçlendirme yapılmıştır.

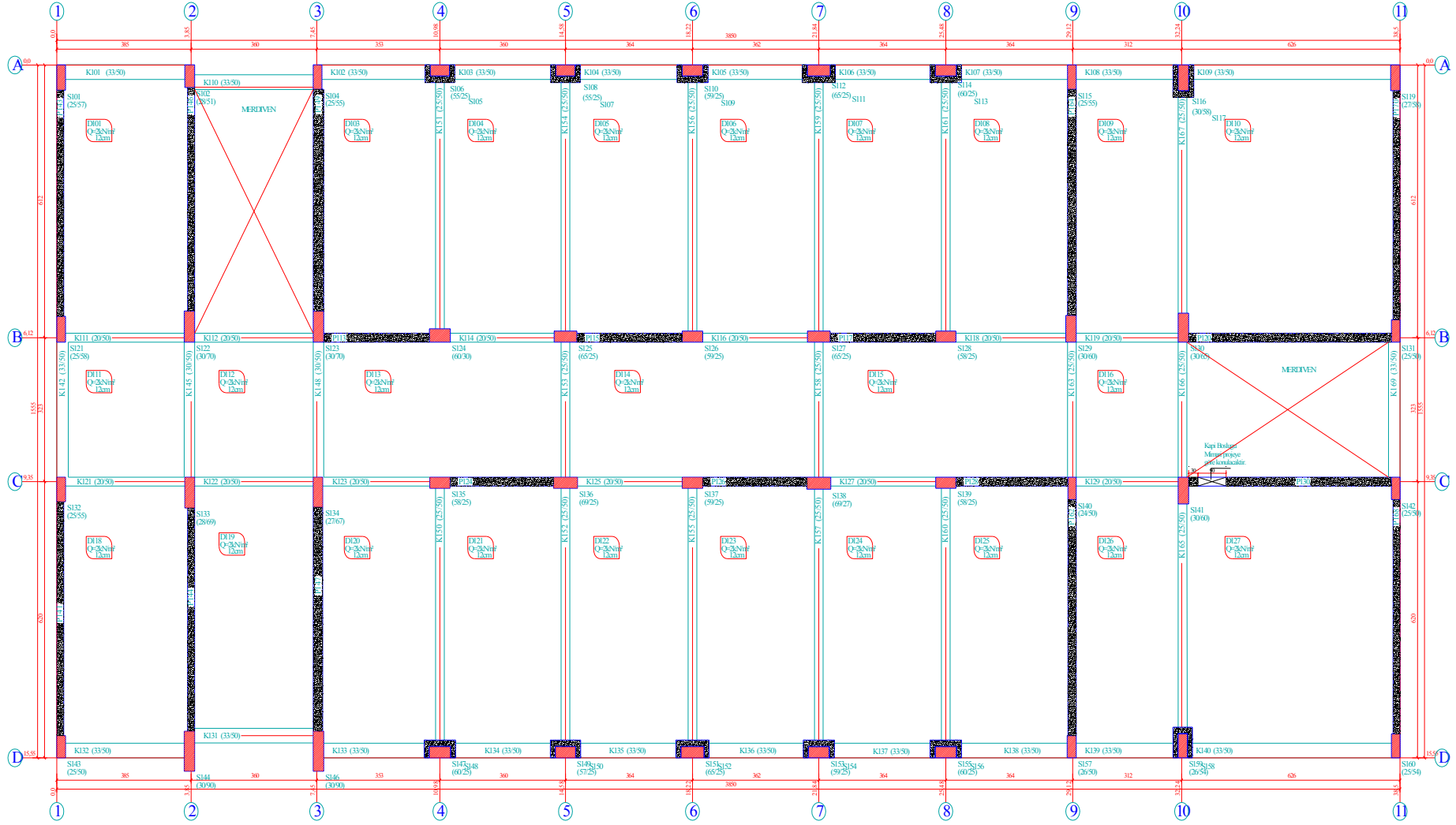
Güçlendirme projesine ait detaylar Şekil 4.10 - Şekil 4.20 arasında gösterilmiştir.



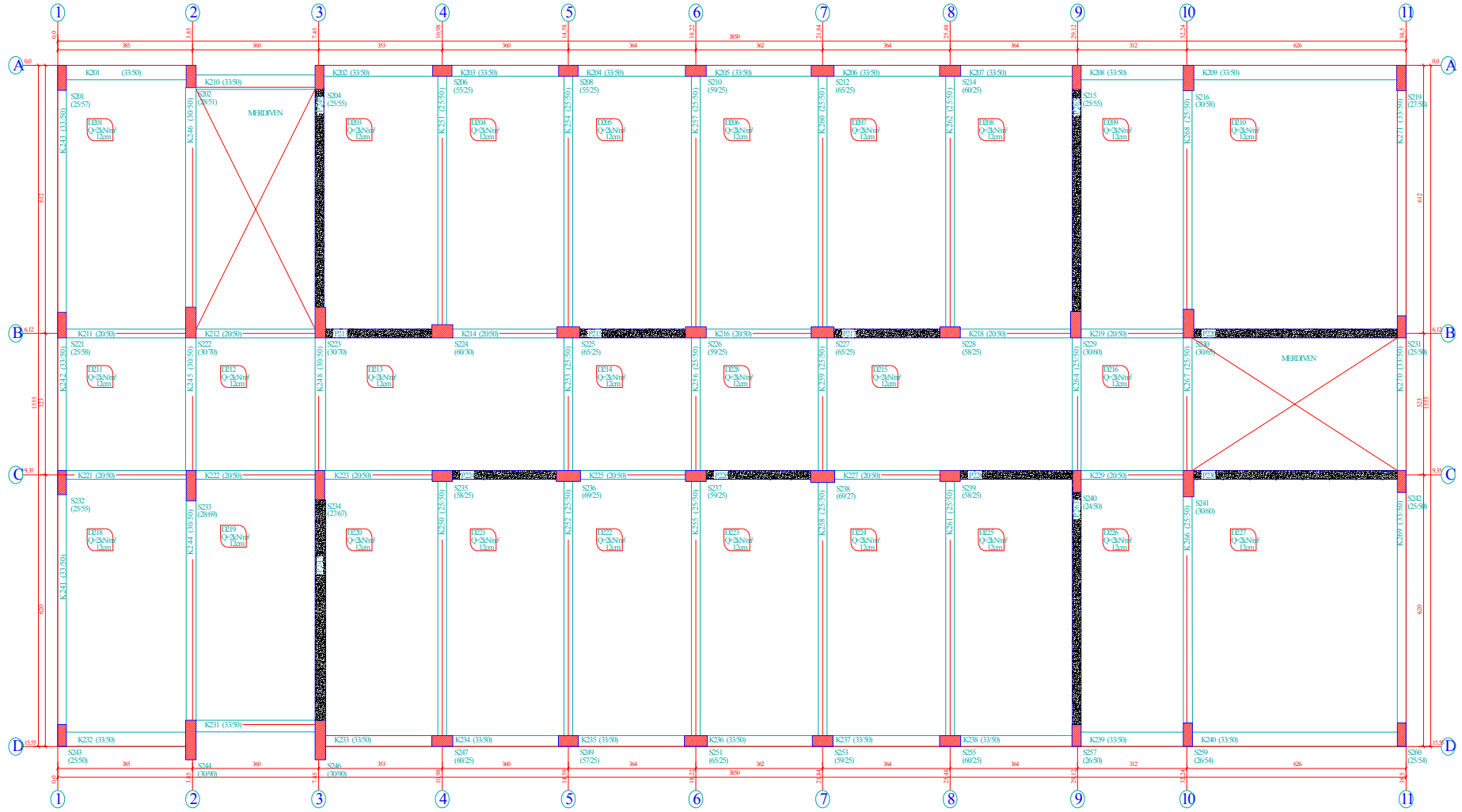
Şekil.4.10. Şükriye Onsun Okul Binasına ait bodrum kat takviye planı



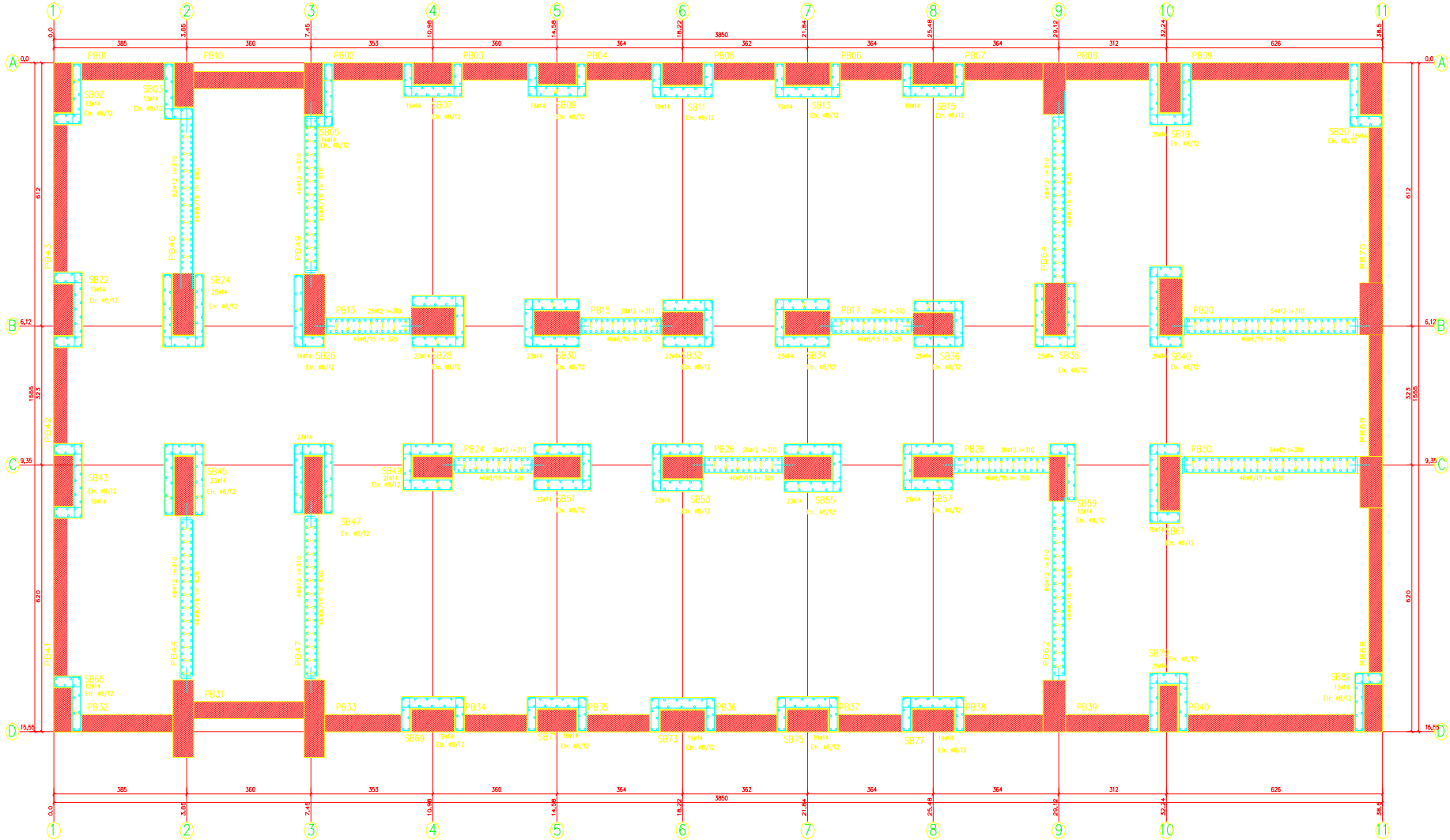
Şekil.4.11. Şukriye Onsun Okul Binasına ait zemin kat takviye planı



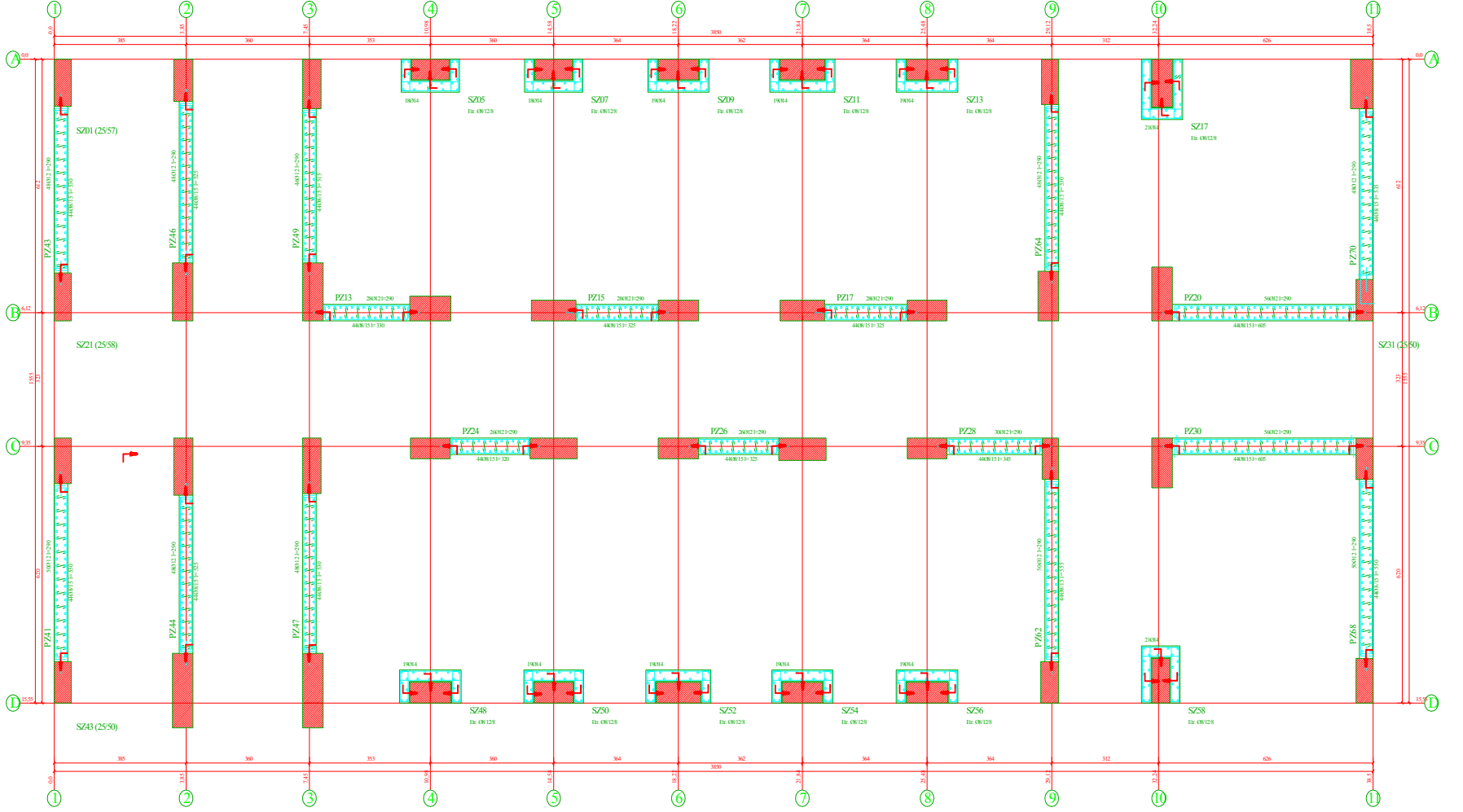
Şekil.4.12. Şükriye Onsun Okul Binasına ait birinci normal kat takviye planı



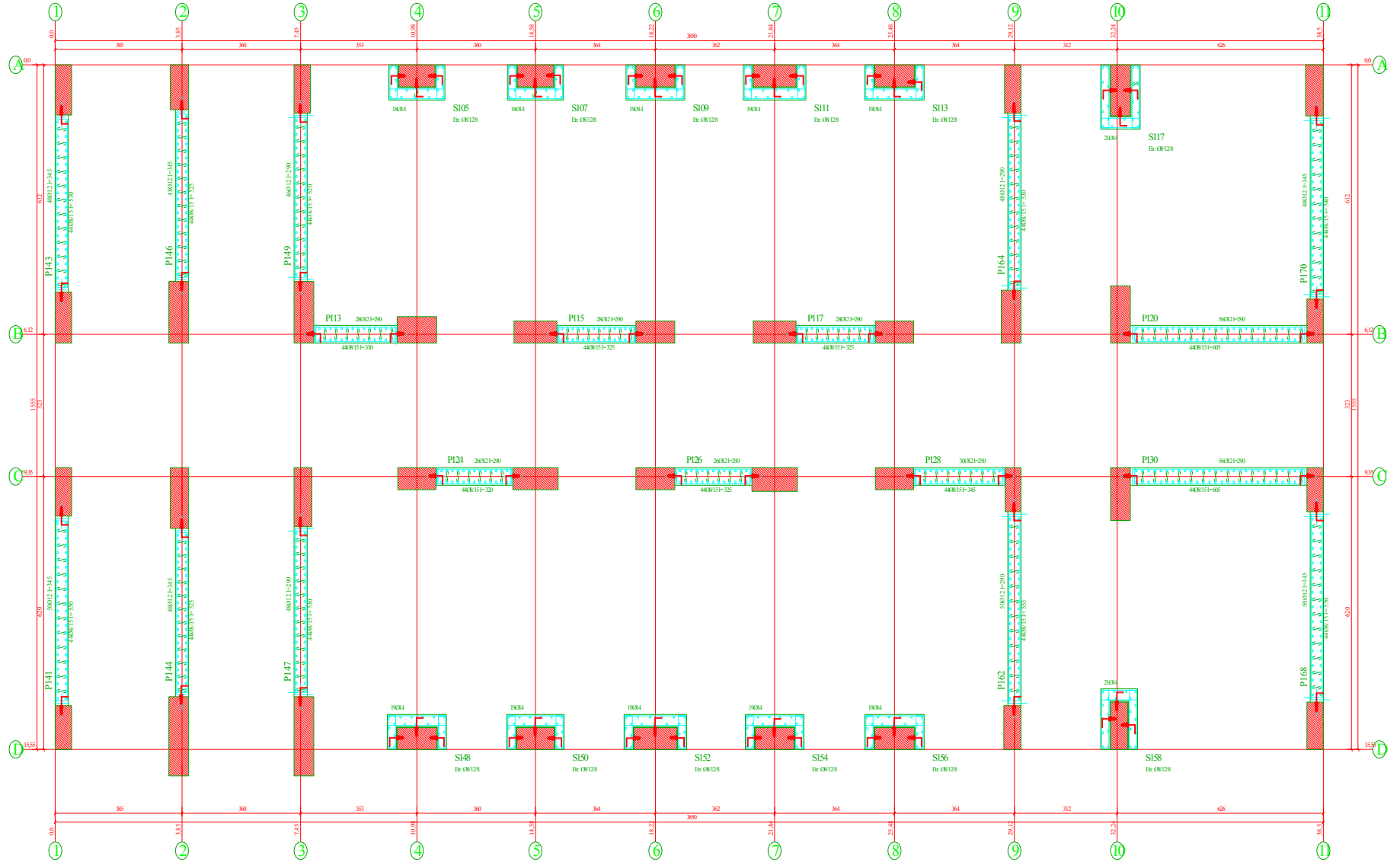
Şekil.4.13. Şükrüye Onsun Okul Binasına ait ikinci normal kat takviye planı



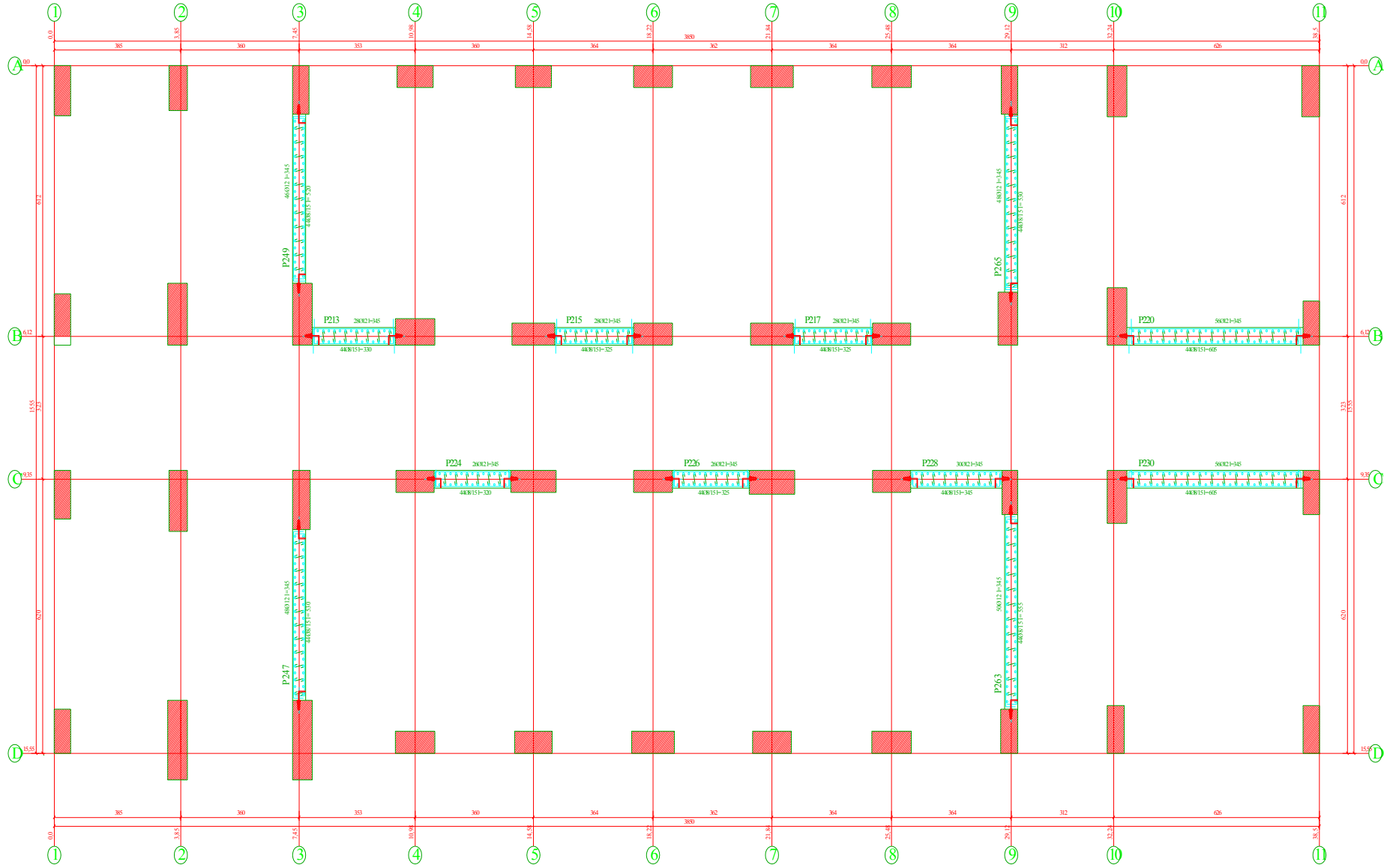
Şekil.4.14. Şukriye Onsun Okul Binasına ait bodrum kat takviye kolon aplikasyon planı



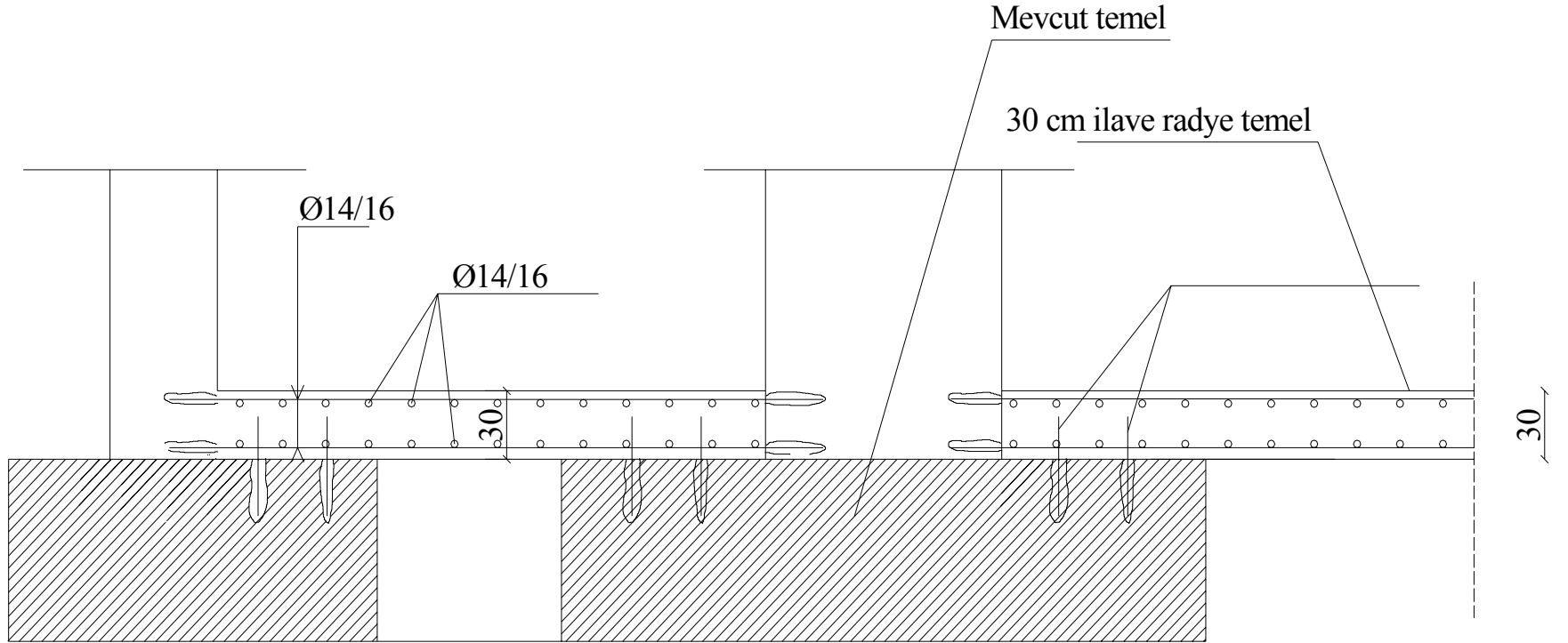
Şekil.4.15. Şükrîye Onsun Okul Binasına ait zemin kat takviye kolon aplikasyon planı



Şekil.4.16. Şükriye Onsun Okul Binasına ait birinci normal kat takviye kolon aplikasyon planı

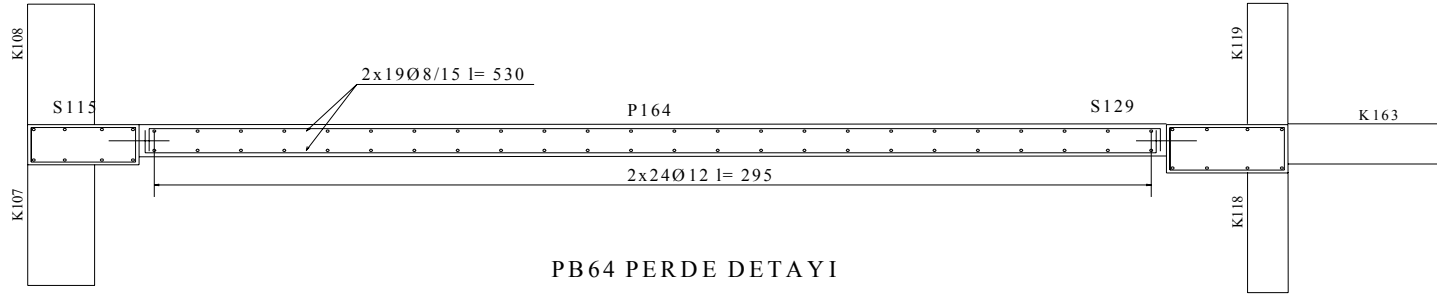


Şekil.4.17. Şükrîye Onsun Okul Binasına ait ikinci normal kat takviye kolon aplikasyon planı



YENİ TEMEL-ESKİ TEMEL BİRLİŞİM DETAYI Ö:1/25

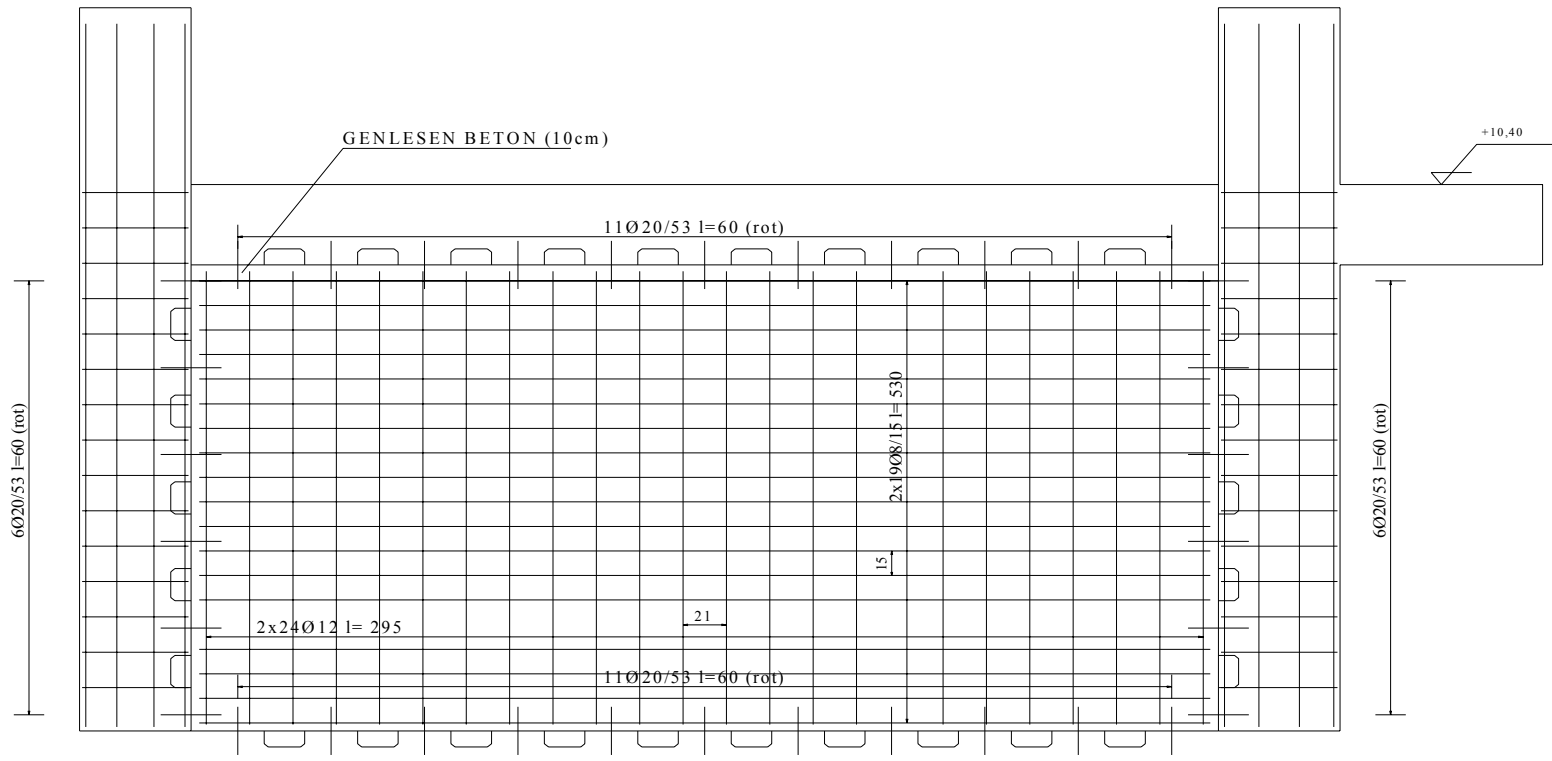
Şekil.4.18. Yeni temel-eski temel birleşim detayı



PB64 PERDE DETAYI

S115

PB46,PB44,PB47,PZ43,PZ46,PZ64,PZ70,PZ44,PZ47,P144,P146,
P164,P170,P143,P147,P247,P265,



Şekil.4.19. Perde düşey açılımı detayı

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Büyük çoğunluğu deprem bölgesinde bulunan ülkemizin birçok vilayetinde ve özellikle Konya'da, deprem hesabı yapılmadan inşa edilmiş birçok binanın, günümüzde yürürlükte olan yönetmelik koşullarına göre değerlendirme yapıldığında taşıma kapasitelerinin yetersiz olduğu gözlemlenmiştir.

1999 Marmara depreminden sonra özellikle 02.02.2004 tarihinde göçen Zümrüt apartmanından sonra Konya'daki birçok kamuya ait ve özel yapıların yürürlükte olan yönetmeliklere göre kontrollerinin yapılması için çalışmalar başlatılmıştır.

Bu çalışmada, Konya İli Selçuklu İlçesi Şükriye Onsun İlköğretim Okulu binasının statik ve dinamik etkiler altında yapıya etki eden yükleri, yürürlükteki yönetmelikler çerçevesinde taşıma yeterliliğine sahip olup olmadığının bilgisayar programlarından yararlanmak suretiyle araştırılması ve olumsuz sonuç çıkması halinde, binayı güvenilir hale getirmek için uygun güçlendirme projesinin hazırlanması amaçlanmıştır.

Genel olarak konu ile ilgili araştırmaların en zor yönünün, mevcut yapının gerçek taşıma kapasitesini belirlemek olduğu söylenebilir. Eğer incelenen bina kayda değer bir deprem geçirmişse, elemanların ve düğüm noktalarının rijitliğinde önemli azalmalar meydana gelmiş olabilir. Bu çalışma kapsamında incelenen binanın, deprem yönünden ülkemizin en az riskli şehirlerinden biri olan Konya'da bulunması ve önemli bir depreme maruz kalmaması bu konuda önemli bir avantajdır.

Yapılan araştırma ve incelemelerin sonucunda, Şükriye Onsun İlköğretim Okulu binasının deprem etkisi bir yana kendi ağırlığını dahi taşımakta zorlandığı açık bir şekilde ortaya konulmuştur. Bu nedenle binanın güçlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Sadece Konya'da değil, tüm Türkiye'de 1998 tarihinden önce ve hazır beton kullanılmadan inşa edilmiş yapıların birçoğunda aynı yetersizliklerin bulunabileceği düşünülürse, bu binaların yıkılıp yeniden inşa edilmesinin makul bir çözüm olmadığı açıktır. Bu nedenle, binanın güvenli hale getirilmesi kadar, ülkemizin kısıtlı imkânlarını da israf etmeyecek şekilde, uygulanabilir bir çözümün ortaya konulmasına özen gösterilmiştir.

Hesaplarda dikkate alınan yüklere karşı koyacak olan, hesaplanan yapı değil, inşa edilen mevcut yapıdır. Bu nedenle, binanın özellikleri, projeyle imalat arasındaki farklar detaylı bir röleve çalışmasıyla belirlenmelidir. Ayrıca güçlendirmede kullanılan malzemelerin kaliteli olması kadar, yüksek nitelikli işçilik ve çok sıkı bir denetimin olması gerekmektedir. Örneğin güçlendirme işlemlerinde kullanılan betonun ve donatının, projede öngörülen dayanımları sağlayıp sağlamadığı periyodik olarak kontrol edilmelidir. Şükriye Onsun İlköğretim Okulu binasında, bahsedilen bu koşullara uyulmuş ve binaların mevcut özelliklerinin belirlenmesi için detaylı bir röleve çalışması yapılmıştır.

Şükriye Onsun İlköğretim Okulu binasının güçlendirme projesi hazırlanırken, ekonomik olmasına, mevcut binanın mimari fonksiyonlarını bozmamasına ve kolay uygulanabilir olmasına özen gösterilmiştir. Mevcut yapının güçlendirilmesinde bazı kolonların düşey yük güvenliğini sağlamak amacıyla mantolanması yeterli görülmüş, ancak bu uygulamanın yeterli deprem güvenliğini sağlamadığından, mantolamanın yanında perde ilavesi ile güçlendirme tercih edilmiştir.

Binanın mevcut malzeme özelliklerini kontrol ederken, hasarlı bir yöntem olan ancak güvenilir sonuç veren “Karot alma yöntemi” tercih edilebilir. Karotlar mümkün olduğunca perde ve döşemelerden alınmalı, kiriş ve kolonlardan karot alınmasından kaçınılmalıdır. Şükriye Onsun İlköğretim Okulu binasında perde olmadığından yalnızca kolonlar ve döşemelerden karot numunesi alınmış ve ardışık katlarda aynı elemanlardan numune alınmamasına özen gösterilmiştir.

Yapılan çalışmada güçlendirme sisteminin, yapının mevcut taşıyıcı sistem özellikleriyle ne derece bütünleşeceği de göz önünde tutulmuştur. Örneğin yapılan deneysel araştırmalarda, hasarsız kolonun mantolanması ile elde edilen elemanın tüm kesit (manto dahil) için hesaplanan dayanımının %10 azaltılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada ise, güçlendirmede işçiliğin öneminin büyük olması ve yapılabilecek olası hatalar nedeniyle emniyetli yönde kalınarak dayanımlar %20 azaltılmıştır. Güçlendirme yöntemleri seçilirken, taşıyıcı sistem elemanlarındaki yetersizliklerin giderilmesinin yanında, sistemde ek burulma etkileri doğurmayacak ve rijitliği artıracak önlemler alınmasına özen gösterilmiştir.

Yapılması düşünölen önemli değişikliklerden biri de, bu çalışmada yapıldığı gibi “Talep/Kapasite” oranlarına bağlı olarak taşıyıcı sistem elemanlarındaki hasar sınırlarının belirlenmesidir. Bu açıdan bakıldığında, çalışmada ele alınan metodun gerçeğe yakın sonuç verdiği aşıkârdır.

Günümüzde çeşitli eğitim ve meslek kuruluşlarında, güçlendirme yönetmeliği hazırlık çalışmaları mevcuttur. Ancak her binanın farklı tipte ve farklı malzeme kalitelerde olması, binalara özel özömler geliştirilmesini gerektirebilir. Bu nedenle hazırlanacak yönetmelik kurallarının genel olması gerekmektedir. İlk görüşte ayrıntıya inecek, sınırlayıcı bir çalışmanın faydalı olabileceği düşünölse de, mühendisin konuya farklı bakış açısı getirmesini önleyeceği unutulmamalıdır. Henüz kesin olmamakla birlikte yeni yönetmelikte, güvenlik incelemesi sırasında taşıyıcı sistemdeki belirsizliklerin göz önüne alınması ve yapıdan derlenen verilerin kapsamına göre belirlenecek bilgi düzeyi katsayıları ile hesap yöntemlerine yansıtılması düşünölmektedir. Ülkemizde mevcut birçok yapının statik projelerinin mevcut olmadığı, mevcut olsa dahi projelere kısmen uyulduğu düşünöürse, getirilmesi muhtemel bu koşulun ne kadar gerekli olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca yönetmelikte performans seviyesi kavramının getirilmesi düşünölmekte ve mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde çeşitli performans seviyelerinin hedef alınması planlanmaktadır.

Ülkemizde güçlendirme konusunda yetişmiş eleman ihtiyacı, diğer ölkelere göre çok daha fazla olduğu bir gerçektir. Ancak bu konuda yeterli bilgi ve tecrübesi olmayan kişilerinde, serbestçe proje hazırlayıp güçlendirme yapabilmesinin büyük bir handikap olduğu açıktır. Bu alışmaların, Konya’daki yapı önem katsayısı büyük (sağlık, okul, güvenlik yapıları vs.) betonarme binalardan başlanarak güvenlik tahkiklerinin yapılması, eğer gerekiyorsa güçlendirme projelerinin hazırlanarak acilen imalatlarının yapılması için çalışmaların başlatılması gerekmektedir.

Tez araştırma aşamasında, yayınlanan ve çalışmaları devam eden ancak yürürlüğe girmediği için 2007 deprem yönetmeliği 06–03–2007 tarihinde 26454 sayılı resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren (TDY–2007) yeni deprem yönetmeliğinde Bölüm-7’de betonarme yapılarda güçlendirme konusu kapsamlı olarak ele alınmıştır.

6. KAYNAKLAR

A.B.Y.Y.H.Y., 1998, “ Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ”, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

ACI, 1995 “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-95) and Commentary (ACI 318R-95), American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich.,”

Alemdar, S.A., (1996) “Mevcut Betonarme Yapıların Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesi Yapı Sistemlerinin Hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Atmaca, İ., (1994) “Mevcut Betonarme Binaların Deprem Etkisindeki Davranışının Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ASTM C42, 1994, “ Standart Test Method For Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete ”, Annual Book of ASTM Standarts.

Atımtay, E., 2000, “Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (Betonarme Yapılar) - Cilt I,II ”, Bizim Büro Basımevi Yayın Dağıtım Tic., Ankara.

Batı, İ.A., 2005, “ Konya Büyükşehir Belediyesi Binalarının Deprem Güvenliğinin Araştırılması ”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Bayülke, N., 2001, “ Depremlerde Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi ”, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

Celep, Z., Kumbasar, N., 2004, “ Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı ”, Sema Matbaacılık, İstanbul.

Çöğürçü, T.M., (2003) Konya'daki Bazı Haberleşme Binalarının Deprem Güvenliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya

Ekiz, M., (2003) Konya'daki Bazı Eğitim Binalarının Deprem Güvenliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya

Ecemiş, A.S., 2000, “ Hasar Görmüş Betonarme Kirişlerin Epoksi ile Çelik Levha Yapıştırılarak Güçlendirilmesi Üzerine Deneysel Bir İnceleme ”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Ersoy, U., Özcebe, G., 2004, “ Betonarme: Temel İlkeler, TS-500-2000 ve Türk Deprem Yönetmeliğine (1998) Göre Hesap ”, Evrim Yayınevi, İstanbul.

FEMA-273, 1997, “ NEHRP Guidelines For The Seismic Rehabilitation Of Buildings ”, Federal Emergency Management Agency, Washington.

Girgin, K. (1996) “Betonarme Yapı Sistemlerinde İkinci Mertebe Limit Yükün Ve Göçme Güvenliğinin Belirlenmesi İçin Bir Yük Artımı Yöntemi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Gümüş, A.H. (2000) “1975 Deprem Yönetmeliğine Göre Boyutlandırılmış Ve Donatılmış Model Bir Binanın 1997 Deprem Yönetmeliği Koşullarında İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Gürgün, M., (1998) “Mevcut Betonarme Bir Binanın Güçlendirme Öncesi Ve Sonrası Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Karaduman, M., Kaltakçı, M.Y., Umucalılar, A., 1998, “ S.S. Kabataş Yapı Kooperatifi Onarım ve Güçlendirme Projesi Raporu ”, Konya.

Özdöner, N., 2003, “ Konya’daki Bazı Hastane Binalarının Deprem Güvenliklerinin Araştırılması ”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Özer, E.,Orakdöğen, E.,Pala, S., (1997) “Yeni Deprem Yönetmeliği Ve Uygulama Sorunları Sempozyumu Bildiriler Kitabı”, 40-57, İzmir.

Özer, E.,Orakdöğen, E.,Pala, S.,Karadaş, M. (1993) “ Mevcut Betonarme Binaların Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesi”, 2. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 469-480.

Solak, A. (1996) “Mevcut Binaların Deprem Açısından İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Özmen, G., 2004, “ Çok Katlı Yapılarda Aşırı Burulma Düzensizliği ”, İMO Teknik Dergi, 3131-3144, Yazı 210, İstanbul.

Özmen, G., Orakdöğen, E., Darılmaz, K., 2002, “ Örneklerle SAP 2000 ”, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Öztürk, M., 2005, “Yakut Ve Safir Sitelerinin Güvenlik Tahkiklerinin Yapılması Ve Güçlendirme Projesinin Hazırlanması ”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

TS-498, 1987, “ Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri ”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS-500, 2000, “ Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları ”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Yeşilyurt, M.A., 2001, “ Betonarme Kirişlerin Dıştan Yapıştırılan L Biçimli Çelik Levhalarla Kesmeye Karşı Güçlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.