

DEPREME KARŞI YAPISAL RİSKLERİN AZALTILMASI ve YAPISAL GÜÇLENDİRME



T.C. BAŞBAKANLIK
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

“Bu kitap, **Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı ile**
İstanbul Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü ve
İl Özel İdaresi İstanbul Proje Koordinasyon Birimi işbirliğinde
“İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi (İSMEP) kapsamında bastırılmıştır.”

Şubat 2011, İstanbul

Copyright © 2011

Tüm hakları saklıdır.
Bu kitabın hiçbir bölümü ilgili kurumlar ve yayımcı kurumun yazılı izni olmadan elektronik, dijital veya mekanik yollarla çoğaltılıp dağıtılamaz.
Bu kitap kâr amaçlı kullanılamaz.



Hazırlayanlar

Dr. Müh. Cüneyt TÜZÜN (Boğaziçi Ün.)
Yük. Müh. Eren VURAN (Boğaziçi Ün.)

Editör

Prof. Dr. Mustafa ERDİK (Boğaziçi Ün.)

Redaksiyon

Esen ÖZEN

Kapak Tasarım

Begüm PEKTAŞ

Grafik Tasarım

Begüm PEKTAŞ

Grafik Uygulama

Serkan AYRAÇ

Proje Yönetimi

T.C. Başbakanlık

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

Başkan

Sn. Vali Mehmet ERSOY

Planlama ve Zarar Azaltma Dairesi Başkanı

Sn. Dr. Şenay ÖZDEN

Eğitim Çalışma Grubu Başkanı

Sn. Pınar ÖNALEMDAR

İstanbul İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü

Gökay Atilla BOSTAN

İstanbul Proje Koordinasyon Birimi (İPKB)

K. Gökhan ELGİN

Yalçın KAYA

Fikret AZILI

Proje Yürütücüsü ve Danışmanlık Hizmeti



Beyaz Gemi Eğitim ve Danışmanlık
www.beyazgemi.com.tr

ÖNSÖZ



Günümüzde, dünyada olduğu gibi ülkemizde de doğal afetlerin oluşum sıklığı giderek artmaktadır. Türkiye deprem başta olmak üzere, heyelan, sel, erozyon, kuraklık, kaya ve çığ düşmesi gibi doğal afetler ile karşı karşıyadır. Afetlerden korunmanın en etkili yolu ise toplum olarak hazırlıklı ve donanımlı olmaktan geçmektedir.

Bu anlamda, 1999 Gölcük ve Düzce depremlerinde yaşananların ülkemizde afete yönelik yaklaşımlarda bir dönüm noktası olduğunu söyleyebiliriz. Asrın felaketi olarak adlandırılan bu depremler sonrasında, yaşanan afetlerden alınan dersler ve uluslararası gelişmeler doğrultusunda afet yönetim politikaları yeniden ele alınmıştır. Afetler oluşmadan önce önlem alma faaliyetlerini içeren "risk azaltma" ve "hazırlıklı olma" çalışmaları afet yönetimi uygulamalarının en önemli bileşeni haline gelmiştir. Bugün ülkemizde, afetlere karşı dirençli bir toplum oluşturma yönünde uluslararası alanda da örnek gösterilen pek çok uygulamayı hayata geçirmiş bulunuyoruz.

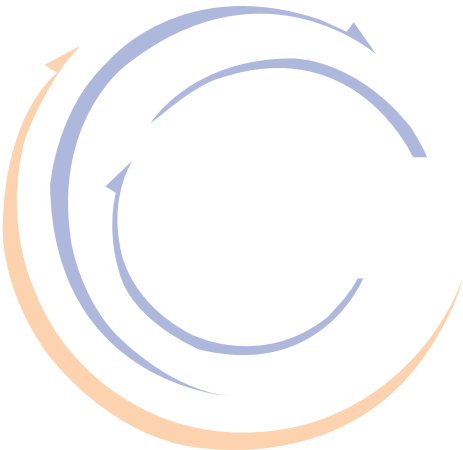
Afetlerin oluşumunu engellemek mümkün olmasa da afetlerin neden olabileceği zararları en aza indirmek hatta bazılarını ortadan kaldırmak mümkündür. Afetlerle iç içe yaşayan bir toplum olmanın bilinciyle, önlem alma ve zarar azaltma kültürünü toplum içinde geliştirmek, eğitim faaliyetlerini hızlandırmak ve bu çalışmaları toplumun her kesimine ulaştırmak başkanlığımızın öncelikli hedefleri arasındadır.

Afetlerin öncesi, afet anı ve sonrası için öğrenilmesi ve yapılması gereken temel bilgi ve uygulamalar vardır. Kamu kurum ve kuruluşlarının sürdürdüğü hazırlık çalışmalarının yanı sıra vatandaşlarımızın da afet bilinci kazanarak afetler yaşanmadan önce farklı tehlikelere karşı önlem alarak hazırlanması, güvenli bir yaşam için öncelikle kendisi ve yakın çevresi, sonra içinde yaşadığı toplum için sorumluluk alarak güvenli yaşam kültürünün oluşması ve yayılmasına destek olmaları önemlidir.

Güvenli yaşam, her türlü tehlikenin getireceği zararlardan korunarak yaşamaya çalışmaktır. Başkanlığımızca hazırlanan eğitim materyallerinin afetlerden korunabilmek için neleri bilmemiz ve uygulamamız gerektiği konusunda, İl Afet ve Acil Durum Müdürlüklerimizin öncülüğünde halkımız ve paydaş kurum ve kuruluşlarımız için önemli bir kaynak olması ümidiyle selam ve saygılarımı sunarım.

Mehmet Ersoy
Vali

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanı



AFET ve ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI'NI (AFAD) TANIYALIM



Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin hizmetlerin ülke düzeyinde etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi için gerekli önlemlerin alınması ve olayların meydana gelmesinden önce hazırlık ve zarar azaltma, olay sırasında yapılacak müdahale ve olay sonrasında gerçekleştirilecek iyileştirme çalışmalarını yürüten kurum ve kuruluşlar arasında koordinasyonun sağlanması ve bu konularda politikaların üretilmesi ve uygulanması amaçlarıyla 29 Mayıs 2009 tarihinde, 5902 sayılı yasa ile yapılandırılmış bir kurumdur.

Başkanlığımız ülkemizde sürdürülebilir, güvenli, afetlere hazır ve dirençli yaşam çevrelerinin oluşturulabilmesi için modern afet yönetiminin temel ilkeleri doğrultusunda yasal, idari, teknik ve sosyal çalışmaları bütüncül bir yapıda ele almakta ve uygulamaktadır.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, yerel yönetimler, kamu ve özel sektör, üniversiteler, sivil toplum kuruluşları ve gönüllüler gibi toplumun bütün kesimlerinin katılımlarını sağlayacak bir yönetim modeline sahiptir.

Başkanlığımız, afet yönetiminde uluslararası alanda da işbirliği ve destek programlarına katılmakta ve bu alanda saygın bir konumda bulunmaktadır.

Ülkemizdeki afet risklerinin azaltılması için yürütülen çalışmaların yanı sıra, afet bilinci ve afetlere hazırlığın bireylerin güvenli yaşam kültürünün bir parçası olması ve bu kültürün tüm toplumda yaygınlaştırılması, başkanlığımızın öncelikli hedefleri arasındadır.

HEDEFLERİMİZ

- Öncelikli politikaları belirlemek amacıyla "Ulusal Afet Yönetimi Strateji Planı"nın oluşturulmasını ve geliştirilmesini sağlamak,
- Çok paydaşlı faaliyetlerde görev alacak tarafları belirlemek ve bu plan doğrultusunda ülke genelinde yapılması gereken çalışmaları koordine etmek,
- Afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin ülke düzeyinde bilgi, gözlem, erken uyarı ve haberleşme sistemlerinin kurulması ve işletim standartlarının belirlenmesini sağlamak,
- Türkiye afet tehlike haritalarının hazırlanması, afet tehlikesi ve riskinin makro ve mikro ölçekte belirlenmesi ve geliştirilmesi için esasları belirlemek ve illeri teşvik etmek,
- Kentsel Risk Analizleri ve Sakınım Planları'nın tamamlanmasını sağlayan bir yapı meydana getirmek,
- Doğal afetlerle ilgili her tür verinin toplanıp, analiz ve sentezlerinin yapılması amacıyla, veri tabanı oluşturmak,
- Kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer tehdit ve tehlikeler ile diğer önemli kazalarda hızlı ve etkin müdahale için gerekli düzenlemeyi yapmak, can ve mal kaybını azaltmaya yönelik tedbirlerin alınmasını sağlamak,
- Yaygın eğitim, bilgilendirme ve bilinçlendirme programları ile "zarar azaltma kültürü"nü yaygınlaştırmak,
- Afet ve acil durumlarla ilgili olarak ülkemizin uluslararası kurum, kuruluş ve diğer ülkelerle işbirliğini ve etkinliğini artırmak,
- Afet ve acil durum hizmetlerinde görev almak isteyen gönüllü kurum/kuruluşlar ile bireyler için eğitim ve hizmet standartları ile akreditasyon esaslarını belirlemek ve denetlemek.

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ	1
YERYÜZÜNÜN TEKTONİK YAPISI	2
TEMEL DEPREM PARAMETRELERİ	5
DEPREM TEHLİKESİNİN TANIMLANMASI	7
YAPI TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ	8
YAPI ELEMANLARI VE ÖZELLİKLERİ	8
DEPREME DAYANIKLI YAPILARIN TEMEL ÖZELLİKLERİ	10
BETONARME BİNALAR	11
YIĞMA BİNALAR	19
YAPILARIN İNŞA SÜRECİ	22
ZORUNLU DEPREM SİGORTASI	23
MEVCUT YAPILARIN GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ	24
GÜÇLENDİRME NEDİR?	25
DEPREM GÜVENLİĞİNİN SAPTANMASI VE GÜÇLENDİRME GEREĞİ	25
GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ	27
DEPREME KARŞI GÜÇLENDİRMEDE YENİ TEKNOLOJİLER	38
GÜÇLENDİRME UYGULAMASINDA KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR	39
SIKÇA SORULAN SORULAR	40
KAYNAKLAR	42

GİRİŞ



Bu çalışmada barınma, eğitim, sağlık gibi değişik amaçlarla kullanılan binaların kuvvetli bir yer sarsıntısının etkisi altındaki davranışları incelenecektir. Söz konusu binaların göstereceği performans ve istenen performans düzeyiyle ilgili yetersizlikleri konusunda bilgi verilmesi ve toplumun bilinçlendirilmesi hedeflenmektedir.

Binayı ayakta tutan yapısal elemanların deprem etkilerine nasıl karşı koyabileceği, mühendislik tasarımı ve inşaat aşamasından başlayarak hizmet ömrü süresince hangi durum ve koşullarda, deprem güvenliği açısından ne tür zayıflık ve eksikliklerin oluşabileceği üzerinde durulacaktır.



Depreme dayanıklı tasarım ve yapım felsefesinin temellerini içeren bu dökümanda amaç, halkın bu konular hakkında bilgilendirilmesini sağlayarak, kullanılan binaların bu bilgiler ışığında değerlendirilmesini, bina üretiminin her aşamasında sorgulayıcı bir yaklaşımla daha nitelikli bina stokunun oluşması konusunda talep yaratılmasını sağlamaktır. Bu bilgilerin depreme dayanıklı yapı tasarımı ve mevcut binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi hususunda bir "reçete" olmadığına önemle üzerinde durmak gerekir. Bir binanın deprem dayanımı konusunda sadece gerekli profesyonel ve akademik birikimi taşıyan inşaat mühendislerinin belirleyici konumda olduğu unutulmamalıdır. Bir diğer deyişle, bu çalışmanın amacı sağlıklı insan ile hasta insan arasındaki gözle görülebilecek temel farklılıkların anlatılmasıdır. Hastalığın tetkik, teşhis ve tedavisi sadece bu konularda uzman doktorların yetkisi dahilindedir.

Metinde, teknik konular mümkün olduğunca basite indirgenerek halkın, diğer bir deyişle bina kullanıcılarının konunun önemini anlamaları ve hangi uygulamaları yapıp hangilerinden kaçınmaları gerektiği konusunda bilgilendirmeleri gözetilmiştir. Bu yolla, depreme dayanıklı binanın tasarım, yapım ve kullanım aşamasında sahip olması gereken özelliklerin bilinmesi, bu nitelikte bir binanın üretimi için, yapım sürecindeki tüm çalışanların sorgulanması sağlanarak daha iyi sonuçlar alınması amaçlanmaktadır.

Yukarıdaki konularda yol gösterici bilgiler verilerek, şehirlerde mevcut bina stokundan doğan riskin sınırlandırılması konusunda halkın desteğinin sağlanması beklenmektedir.

Bu destek uzun vadede kentlerin sağlıklı büyümesi ve kentsel dönüşüm projelerinin hayata geçirilmesine katkıda bulunacaktır. Mevcut riskin sonuçlarının ve neden olabileceği diğer sosyal ve ekonomik etkilerin ortaya konması, halkın bu konudaki duyarlılığının artmasını ve karar mekanizmalarının daha etkin ve hızlı önlemler olarak mevcut riski en aza indirmesini sağlayacaktır.

Ayrıca bu çalışma kapsamında depremde hasar görmüş ya da depremden önce taşıyıcı sisteminde yetersizlikler tespit edilen bir binada uygulanacak yapısal güçlendirme çalışmalarının amacı, güçlendirme yönteminin belirlenmesi ve seçilen yöntemin uygulanması konularında toplum bilincinin oluşturulması hedeflenmektedir.

Bir binanın deprem güvenliğinin hedeflenen düzeye yükseltilmesi amacıyla yapılan iyileştirme/güçlendirme uygulamalarının teknik boyutları mümkün olduğunca basitleştirilerek söz konusu uygulamanın neleri kapsadığı ve yararlarının ne olabileceği, bu aşamada karşılaşılabilecek sorunların neler olabileceği konularına değinilecektir. "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-DBYBHY, 2007" esas alınarak, ülkemizdeki mevcut bina stokunun büyük bölümünü oluşturan betonarme ve yığma binalarda uygulanan geleneksel güçlendirme yöntemleri ile depreme karşı yapısal güçlendirmede kullanılmaya başlanan yeni teknolojilerden söz edilecektir.

YERYÜZÜNÜN TEKTONİK YAPISI

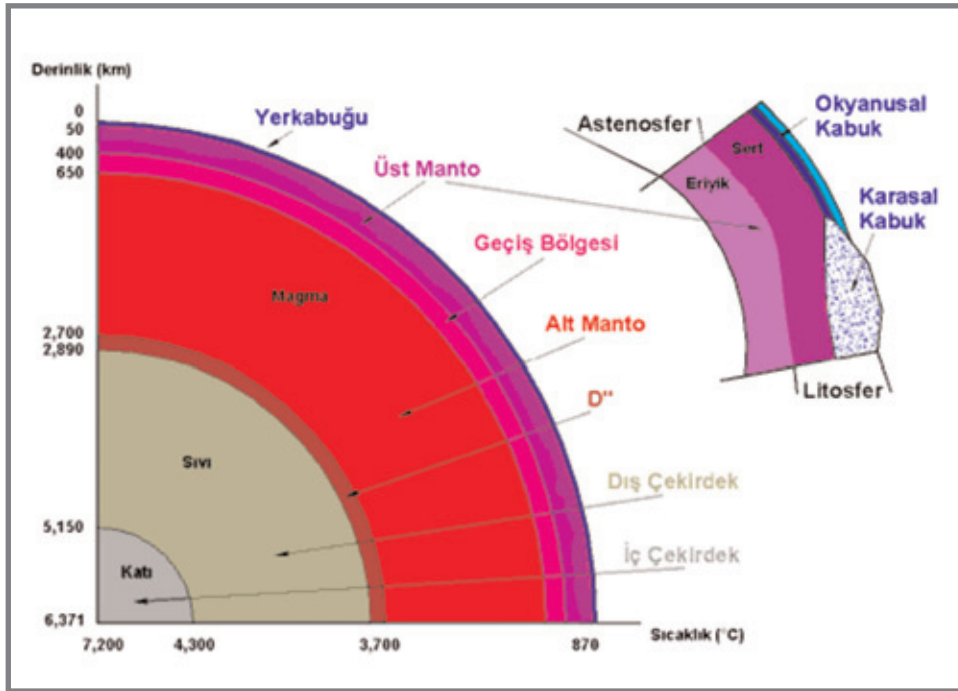


Depremi nasıl oluştuğunun, yeryüzündeki yapıları nasıl etkilediğinin ve özellikle 1999 depremleriyle hayatımıza giren temel terimlerin açıklanması, hayatımızın kaçınılmaz bir parçası olan bu doğa olayını daha iyi tanımamıza yardım edecektir. Özellikle bazı terimlerin yanlış kullanılması sonucu halkın yanlış bilgilenmesinin önüne geçmek, bu temel bilgilerin verilmesinin esas nedenidir.

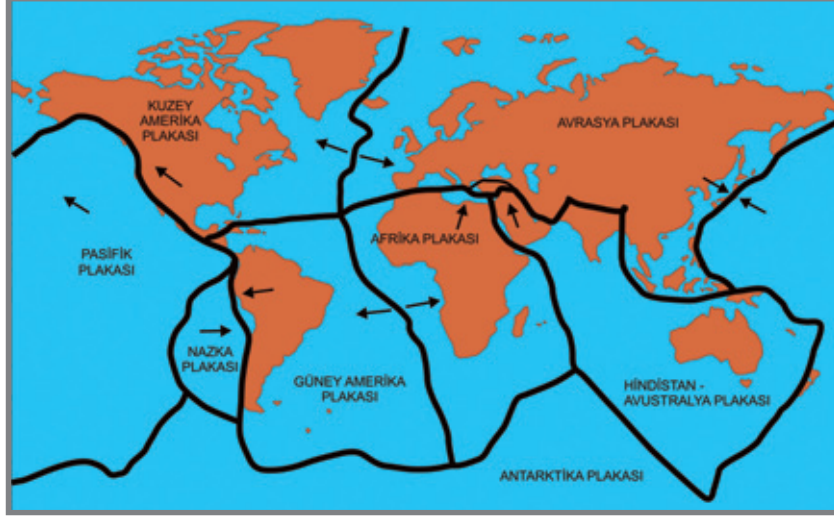
Dünyamız 200 milyon yıl önce "pangea" adlı tek bir kara parçası ve okyanustan oluşmaktaydı. 180 milyon yıl önce bu levha yerin merkezindeki sıcak magma tabakasından kaynaklanan etkilerle parçalara ayrılmaya, yükselip batmaya başladı. Bu parçalar halen hareketine devam etmektedir. Yerküreyi oluşturan levhaların birbirlerine göre hareketleri, tektonik plakalar teorisiyle açıklanmaktadır.

Levhaların birbirlerine göre hareketi sonucunda birbirlerine dokundukları noktalarda oluşan kırık bölgelere "fay" adı verilir. Faylarda zaman içinde söz konusu hareketin yarattığı bir enerji birikimi oluşur. Bu enerjinin belirli bir değere ulaştığı noktada aniden meydana gelen boşalma, yeryüzünde bir sarsıntıya yol açar. İşte bu olaylar zinciri sonucunda oluşan sarsıntıya deprem adı verilmektedir.

Bu anlattıklarımızı, bir tahta parçasını kırmaya çalışarak örnekleayebiliriz. Tahta, tatbik ettiğimiz kuvvete bir süre dayanacak, bir noktadan sonra ise çatırdayarak kırılacaktır. Bu kırılma yerinin fayları, kırılma nedeniyle açığa çıkan enerjinin ise depremi oluşturduğunu söyleyebiliriz. Plakalar hareketlerine devam ettiğinden, deprem her zaman meydana gelebilecek bir doğa olayıdır.



Şekil 1. Yerkürenin iç yapısını oluşturan katmanlar



Şekil 2. Yerkabuğunu oluşturan ana levhalar ve fay bölgeleri

Yerkabuğunda halen on kadar büyük ve çok sayıda da küçük levha vardır. Bu levhalar, üzerlerinde duran kıtalarla birlikte astenosfer üzerinde yüzmekte olup, insanların hissedemeyeceği bir hızla hareket eder.



Şekil 3. Anadolu levhasının konumu ve hareket doğrultuları



Şekil 4. Türkiye ana diri fay haritası

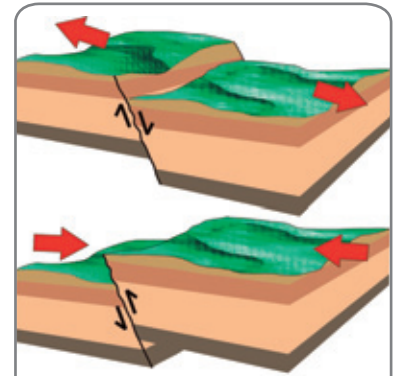
Depremlerin büyük çoğunluğu bunların birbirlerini zorladıkları levha sınırlarında dar kuşaklar üzerinde oluşmaktadır. Günümüzde bilinen belli başlı levhalar Pasifik, Afrika, Kuzey Amerika, Güney Amerika, Avrasya, Hindistan, Arabistan, Karayip, Kokos, Antarktika, Nazka, Fiji ve Filipinler levhalarıdır. Bunlar her yıl birbirlerine göre bir ile on santimetre arasında hareket etmektedir. Çok yavaş olduğu için insan gözüyle fark edilemeyecek bu hareketler günümüzde uydularla bağlantılı çalışan GPS (Coğrafi Konumlama Sistemi) cihazları yardımıyla hassas olarak ölçülebilmektedir.



Şekil 5. Doğrultulu atımlı fay

Yurdumuz Afrika, Avrasya ve Arabistan levhası arasında yer alan ve genel olarak batı-güneybatı yönünde bir hareket sergileyen Anadolu levhası üzerinde bulunmaktadır. Anadolu levhası ile Avrasya levhasını birbirinden ayıran kırık, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) olarak adlandırılmakta, Anadolu levhası ile Arap levhasının sınırını ise Doğu Anadolu Fayı (DAF) oluşturmaktadır.

Faylar genellikle hareket yönlerine göre adlandırılır. Daha çok yatay hareket sonucu meydana gelen faylara "doğrultu (yanal) atımlı fay" denir. Kuzey Anadolu Fayı da genelde bu özellikte hareket etmektedir.



Şekil 6. Normal ve ters faylanma

Yerkabuğunun yatay çekme kuvveti sonucu oluşan eğim atımlı fay "normal faylanma", basınç kuvveti sonucu oluşan eğim atımlı fay "ters faylanma" oluşturur. Hindistan'daki Himalaya Dağları'nın yükselmesi bu tarz faylanma sebebiyle olmaktadır.

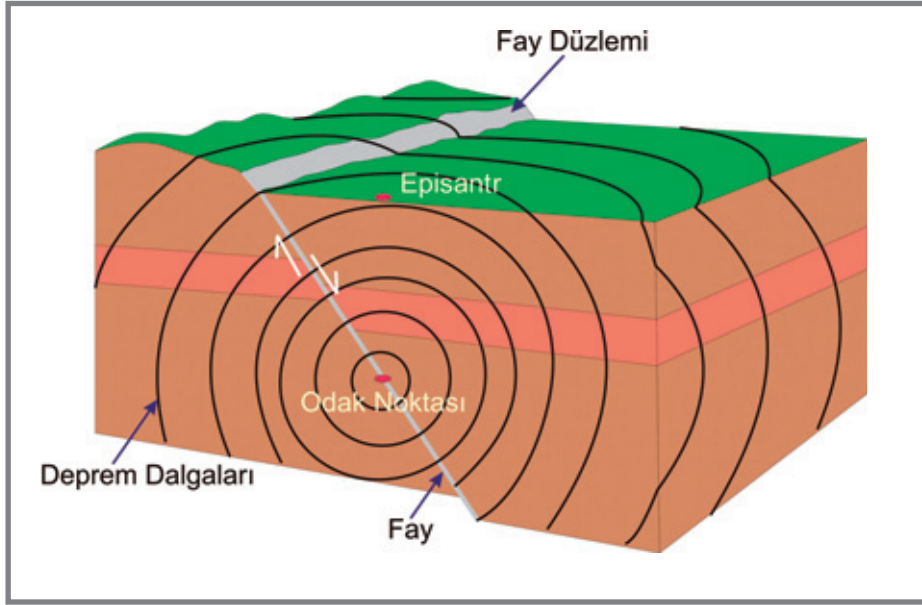
Normal faylanma arasındaki blokun çökmesi "graben" (çöküntü), iki ayrı normal faylanma arasında bir yükselti blokunun kalması ise "horst" (yükselti) olarak adlandırılır. Fayların çoğunda hem yatay, hem de düşey hareket bulunabilir.

TEMEL DEPREM PARAMETRELERİ



Deprem dalgaları, yerkabuğunun belirli bir derinliğindeki bir kırık bölgede (fayda) meydana gelen ani hareket sonucu oluşur. Her yönde yayılan bu dalgalar yeraltındaki birçok katmanda değişikliğe uğrayarak yeryüzüne ulaşır.

Yer hareketinin yeraltındaki başlangıç noktası "odak" olarak adlandırılır. Bu noktanın yeryüzündeki izdüşümüne ise "episantr" denir. Odak noktasından her doğrultuda çeşitli özelliklerde birçok dalga yayılmaya başlar.



Şekil 7. Temel deprem parametreleri

P Dalgaları		Love Dalgaları	
S Dalgaları		Rayleigh Dalgaları	

Şekil 8. Deprem dalgaları



Depremlerde söz konusu dalgaların yarattığı sarsıntı, fay bölgeleri üzerine yerleştirilmiş “sismograf” adı verilen aletlerle kaydedilir. Yer hareketinin değişik parametrelerine göre değişik ölçekler bulunmaktadır. Bunlar ölçüm aletinin özelliklerine ve yer hareketinin büyüklüğüne göre çeşitlilik gösterir. Depremin ölçülmesinde kullanılan temel birim “büyüklük”tür. Ölçülebilen parametreye göre çok çeşitli büyüklük tanımları mevcuttur. Bir büyüklük türü ile diğeri arasında karşılaştırma yapmak mümkün değildir.

Diğeri bir deprem ölçme parametresi olan “şiddet”, ölçüm aletlerinin bulunmadığı dönemlerde meydana gelen depremlerin birbirlerine göre ölçeklendirilmesinde yaygın kullanılır. “Büyüklük” yer hareketi parametrelerinin aletlerle ölçümüne dayanırken, “şiddet” depremin yeryüzündeki mühendislik yapılarına olan etkileri dikkate alınarak belirlenir. Bir deprem için yalnızca bir adet aletsel büyüklük hesaplanmakla birlikte, o depremde oluşan değişik bölgelerde yapıların hasar derecelerine göre farklı şiddet değerleri olacaktır. Dolayısıyla, halk arasında en büyük karışıklık ve yanlış anlaşılmalara yol açan “büyüklük” ve “şiddet” terimleri birbiriyle karıştırılmamalıdır. Depremin meydana geldiği bölgede yerleşim olmaması durumunda “şiddet” tanımlaması yapılamaz.

Üzerinde durulması gereken noktalardan biri, meydana gelen herhangi bir depremin etkisinin sarsıntının derinliğine, yeryüzüne ulaşmasına kadar geçtiği katmanların özelliklerine, faylanma türüne, yerleşim yerine uzaklığına ve elbette yapıların özelliklerine göre farklılık göstereceğidir. Bu unsurları göz önünde bulundurmadan, sadece büyüklüğünden yola çıkarak depremin yapılar üzerine etkisi konusunda bir yargıya varmak yanlış sonuçlara neden olabilir.

1999 Kocaeli Depremi’nde Bakırköy’de az hasar görülürken, faydan daha uzakta konumlanmasına karşın Avcılar bölgesinde hasar oranı daha fazla olmuştur. Türkiye’de meydana gelen depremlerin derinlikleri çok fazla olmayıp yüzeye yakın mesafelerde meydana gelmektedir. Diğeri taraftan deprem aktivitesinin çok olduğu bir ülke olan Japonya’da meydana gelen depremler ise yaklaşık aynı büyüklükte olmasına karşın yüzeyin oldukça fazla derinliklerinde meydana geldiği için deprem dalgaları yeryüzündeki yapılara ulaşınca kadar etkisini önemli ölçüde yitirmektedir.

Japonya’daki bu durumu doğadan bir olay ile benzerliğini kullanarak açıklamak gerekirse; durgun bir suya taş atıldığında oluşacak su dalgaları kaynaktan uzaklaştıkça azalacaktır, deprem dalgaları da benzer biçimde, fayda meydana gelen kırıktan yola çıkarak hem düşey, hem de yatay yönde yol alarak azalmaktadır.

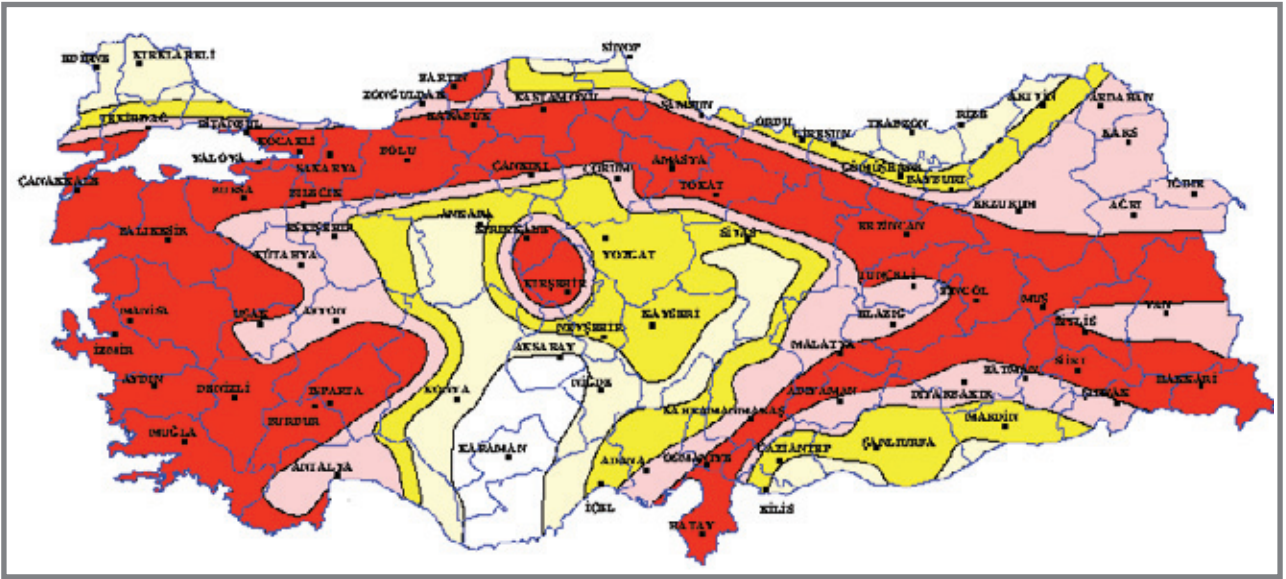
DEPREM TEHLİKESİNİN TANIMLANMASI



Yer hareketleri yapıları her doğrultuda sarsar. Yapıların depreme dayanıklı olarak tasarlanması aşamasında, yer hareketinin o bölgede ne kadar büyük olabileceğini gösteren, mevcut aktif fay bölgelerine göre belirlenmiş deprem bölgeleri haritaları kullanılmaktadır. Haritalar, bilinen fay bölgelerinin özelliklerinden yola çıkarak, söz konusu bölgeyi deprem riskinin en fazla olduğu alandan en az olduğu alana göre sıralar. Ancak geçmiş depremlerden elde edilen veriler ışığında hazırlanan bu haritaların her yeni deprem sonrasında, belirli zaman aralıklarında yenilenmesi gerekir.

Yurdumuz beş ana deprem bölgesine ayrılmış olup deprem riski beşinci bölgeden birinci bölgeye doğru artmaktadır. Deprem bölgeleri haritası yukarıdaki bölümlerde anlatılan diri fay haritasıyla karşılaştırıldığında, deprem riski en yüksek bölgeler olan ana fayların birinci derece deprem bölgesi şeklinde işaretlendiğine dikkat edilmelidir. Söz konusu harita depreme dayanıklı yapı tasarımı için uyulması gereken kuralları içeren "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007" de kullanılan haritadır. Mühendisler, herhangi bir binanın tasarımında deprem riskini belirlemek amacıyla bu haritayı esas almaktadır.

Örneğin, inşaat yapılacak alanın deprem özelliklerini belirlemek için deprem bölgeleri haritasına bakılır ve eğer birinci derece deprem bölgesinde ise, daha büyük deprem kuvvetine göre tasarımı yapılır. Dolayısıyla, farklı bölgelerde farklı deprem büyüklükleri görüldüğünden, beşinci ya da birinci derece deprem bölgesinde yer alması, bir binanın depreme karşı güvenliğini değiştirmeyecektir. İnşaat mühendisleri binaları, bulunduğu bölgenin deprem derecesine göre, depremin yaratacağı etkileri dikkate alarak tasarım yapar ve söz konusu tasarıma göre inşa eder.



Şekil 9. Türkiye deprem bölgeleri haritası

YAPI TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ



Yapı, belirli bir kullanım amacı için belirli bir taşıyıcı sistem ve belirli bir malzemeyle, sisteme etki edecek her türlü yük ve etkiye karşı koymak amacıyla yapılmış mühendislik ürünü olarak tanımlanabilir.

Yapılar, malzemelerine göre şöyle sınıflandırılabilir:

- Betonarme yapı
- Çelik yapı
- Ahşap yapı
- Taş yapı
- Kerpiç yapı

Yukarıda sıralanan yapı türlerinin sahip oldukları taşıyıcı sistem türleri ise şöyledir:

- Çerçeve sistem
- Perde sistem
- Perde-çerçeve sistem
- Yığma sistem
- Kâgir sistem
- Karma sistem

Türkiye'deki yapı stokunun önemli bir bölümünü yukarıda sıralanan yapı türlerinden "betonarme" ve "yığma" yapılar oluşturmaktadır. Bu nedenle bu tür yapıların özellikleri konusunda daha detaylı bilgi ilerleyen bölümlerde verilecektir.

YAPI ELEMANLARI VE ÖZELLİKLERİ

Yapıların işlevlerini güvenli bir şekilde yerine getirmeleri için öncelikle belirli bir dayanıma sahip olmaları gerekir; bu dayanımı sağlayan unsur ise taşıyıcı sistemdir. "Taşıyıcı sistem", bir yapının dış etkenlere güvenlik içinde karşı koyabilmesi için oluşturulan elemanların tümünü kapsar. Bu sistemi oluşturan her bir eleman "taşıyıcı", söz konusu elemanların dışındaki yapıyı oluşturan diğer tüm elemanlar ise "taşınan yapısal olmayan eleman" şeklinde adlandırılabilir. Elemanlarının taşıyıcı sisteme dahil olup olmadığı, yapının türüne ve tasarım mühendisinin yaklaşımına bağlıdır.

Betonarme yapılarda taşıyıcı sistemi "kolon", "perde", "kiriş" ve "temel" olarak adlandırılan yapı elemanları oluşturur (Zaman zaman farklı taşıyıcı sistemlere ait farklı taşıyıcı elemanlara da rastlanıyor olmakla birlikte, burada uygulamada en çok karşılaşılan taşıyıcı elemanlardan söz edilecektir).

Yığma yapılarda "dolgu duvar"lar taşıyıcı eleman olarak kabul edilir; bu elemanlar yapıldıkları malzemenin türüne göre çeşitlenir. Diğer yandan yapı içindeki bölümleri ayıran ve dış ortamdan yalıtımı sağlayan "tuğla duvarlar (bölme duvarlar)" ile üzerinde yürüdüğümüz ve yapı içindeki eşyaların üzerinde bulunduğu "döşeme" elemanları ise "taşıyıcı olmayan", diğer bir tanımla "taşınan" ya da "yapısal olmayan" elemanlardır.

Yapı Taşıyıcı Elemanları ve Sistemleri

Binanın türüne göre, taşıyıcı sistemi "kolon", "perde" "kiriş" ve "temel" ya da "yığma duvarlar" oluşturabilir. Bunlardan kolon, perde ve yığma duvarlar düşey, kirişler ise yatay elemanlardır. Yapılarda söz konusu taşıyıcılar birlikte kullanılarak çeşitli taşıyıcı sistemler oluşturulmaktadır.

Çerçeve sistem: Taşıyıcı elemanları kolon ve kirişlerden oluşan az katlı yapıların üretiminde kullanılan sistemdir.

Perde sistem: Taşıyıcı elemanları sadece perdelerden oluşan yüksek katlı yapıların üretiminde kullanılan sistemdir.

Perde-çerçeve sistem: Taşıyıcı elemanları kolon, kiriş ve perde elemanlardan oluşan yüksek katlı yapıların üretiminde kullanılan sistemdir.

Yığma duvarlı taşıyıcı sistem: Taşıyıcı elemanları sadece yığma duvarlardan oluşan az katlı yapıların üretiminde kullanılan taşıyıcı sistemdir.

Karma taşıyıcı sistem: Taşıyıcı eleman olarak yığma duvarlarla birlikte ahşap elemanların beraber kullanıldığı az katlı yapılarda uygulanan sistemdir.

Yapıya Etki Eden Yükler ve Yük Aktarma Sistemi

Bir yapıya yapım amacı doğrultusunda etki eden yükler etki doğrultularına göre iki, etki türlerine göre üç gruba ayrılabilir.

Etki doğrultularına göre yükler düşey ve yatay yüklerdir. Düşey yükler yerçekimi doğrultusunda, diğer bir deyişle yerin merkezine doğru, yatay yükler ise yapıya düşey yüklere dik doğrultuda etki eder.

Yükler etki türlerine göre ise zati, hareketli ve dış yükler olarak sınıflandırılır.

Zati yükler yapının türüne bağlı olarak değişen ve yapının kendisini oluşturan elemanların (kolon, kiriş, perde, döşeme, dolgu duvar, vb.) ağırlıklarından oluşur. Yerçekimi doğrultusunda etki eden bu yükler, kullanım amacına göre içine yerleştirilen eşyalar ve kullanıcılardan bağımsız olarak, yapının sadece kendi ağırlığından kaynaklanır ve dolayısıyla yapı servis ömrü boyunca bu yüklerin etkisi altındadır.

Hareketli yükler kullanım amacına göre yapının içinde belirli bir süre boyunca bulunan, değişik zamanlarda konumu ve miktarı değişen yüklerdir. İnsanların günün belirli saatlerinde yapının belirli bir bölümünde bulunmaları ve insan sayısının sürekli olarak değişmesi buna örnek gösterilebilir. Hareketli yükler yapının servis ömrü boyunca yapıya zaman zaman ve yerçekimi doğrultusunda etki eder.

Dış yükler ise yapının bulunduğu bölgenin özelliğine bağlı olarak sıklığı ve miktarı değişen yüklerdir. Yapıya yatay olarak etki eden deprem ve rüzgâr yükleri bunlara örnektir. Yapının bulunduğu bölgedeki deprem hareketi riskine ya da rüzgâr hızına bağlı olarak söz konusu yükler yapının servis ömrü boyunca az sayıda etki eder.



Şekil 10. Betonarme çerçeve taşıyıcı sistem



Şekil 11. Betonarme perde-çerçeve taşıyıcı sistem



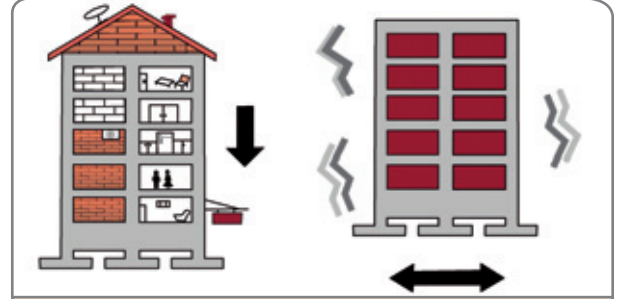
Şekil 12. Yığma duvarlı taşıyıcı sistem



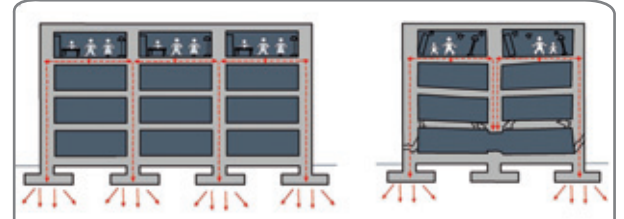
Şekil 13. Karma taşıyıcı sistem

Yapıların tasarlanması aşamasında yukarıda söz edilen düşey ve yatay kuvvetlerin tümünün aynı anda etkimesi durumu dikkate alınır ve hesaplamalar buna göre gerçekleştirilir. Yukarıda açıklanan tüm bu yüklerin güvenli taşınması ve zemine aktarılması için taşıyıcı elemanlar kullanılarak oluşturulan sisteme "yük aktarma sistemi" denir.

Sistemin oluşturulması mühendisin bilgi ve becerisine bağlıdır; bu aşamada dikkat edilecek en önemli husus ise, söz konusu sistemle yapıya etki eden yüklerin en kısa yoldan zemine aktarılmasının sağlanmasıdır. Kısacası, tasarım aşamasında yük aktarma sisteminin sürekliliği ve yükü en kısa zamanda temele aktarması esas alınmalıdır. Aşağıdaki şekillerde sürekli bir yük aktarma sistemi ile kesintiye uğratılmış bir yük aktarma sistemi karşılaştırılmaktadır. Kesintiye uğratılmış sistemde taşıyıcı elemanlara daha fazla yük etki edecek ve sorunlar oluşabilecektir.



Şekil 14. Yapıya etki eden düşey ve yatay kuvvetler



Şekil 15. Sürekli ve süreksiz yük aktarma sistemi

DEPREME DAYANIKLI YAPILARIN TEMEL ÖZELLİKLERİ

Depreme dayanıklı yapılarda taşıyıcı sistem ya da malzemeden bağımsız olarak bulunması gereken bazı temel özellikler vardır. Bunların yapının gerek tasarım, gerek üretim, gerekse kullanım aşamasında göz önünde bulundurulması ve korunması gerekir. Bir yapıda uyulması gereken üç temel kuraldan söz edilebilir: süreklilik, dengeli dağılım ve iyi bağlanmadır.

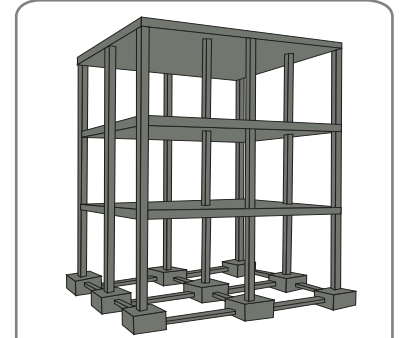
Süreklilik kuralıyla vurgulanmak istenen, yapının taşıyıcı sisteminde, diğer bir deyişle yük aktarma sisteminde bulunan elemanların yapı boyunca kesintiye uğramadan en üst noktadan en alt noktaya kadar devam etmesi, tüm katlardaki düşey taşıyıcıların alt katlarda da aynı hizada bulunmasıdır.

Dengeli dağılım kuralı, yapının taşıyıcı sistemini oluşturan elemanların planda mümkün olduğunca simetrik bir şekilde yerleştirilmesini ifade eder.

İyi bağlanma kuralı ise yapının taşıyıcı sistemini oluşturan düşey taşıyıcıların (kolon yada perde) yatay elemanlar (kiriş) tarafından her iki doğrultuda uygun şekilde birbirlerine bağlanmasının sağlanmasıdır.

Bu kuralların yanında, yapıların deprem davranışını etkileyen başka birçok etken bulunmaktadır. Söz konusu etkenler sonraki bölümlerde daha detaylı açıklanacaktır.

Burada vurgulanması gereken nokta, depreme dayanıklı yapı tasarımının birbirine bağlı bir kurallar zincirini içerdiği ve bu zincirin her bir halkasına gereken önemin gösterilmesi gerektiğidir. Aksi bir durumda zincir en zayıf halkasından koparak işlevini yitireceği ve diğer halkalar için yapılan çalışmaların, harcanan emeğin ve ekonomik yatırımın boşa gideceği açıktır. Ancak uzman bir mühendis ekibi tarafından söz konusu kurallara bağlı olarak diğer etkenlerin de doğru bir şekilde ele alınması sonucunda yapılacak tasarım, üretim ve bakım sonucunda depreme dayanıklı yapı elde edilecektir.



Şekil 16. Sürekli, dengeli dağıtılmış ve iyi bağlanmış betonarme çerçeve taşıyıcı sistem

BETONARME BİNALAR



Ülkemizdeki yapı stokunun büyük bir bölümünü betonarme binalar oluşturmaktadır. Beton içine belirli bir şekilde yerleştirilmiş donatı adı verilen inşaat çeliğiyle imal edilen elemanlar betonarme yapıyı meydana getirir.

Geçmiş depremler mevcut yapı stoku içindeki betonarme binaların olası bir deprem durumunda hasar görme riskinin yüksek olduğunu göstermiştir. Bunun başlıca nedenleri, binaların ehliyetsiz kişiler tarafından, kontrolsüz olarak, kötü malzemeyle imal edilmiş olması ve tasarımın doğru yapılmamasıdır. Daha önce de söz edildiği gibi, depreme dayanıklı yapı üretimi aşamasındaki halkalarda yaşanan sorunlar deprem sonrasında can ve mal kaybı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ülkemizde yaşanan, büyük can kayıplarına ve maddi kayıplara sebep olan 1999 Kocaeli ve Düzce Depremleri'nde yaklaşık 52.000 bina hasar görmüştür. Bunlardan %70'i orta ve hafif hasar, %25'i ağır hasar görmüş, %5'i yamyassı olacak şekilde yıkılmış, hasarlı binaların ise %45'i kullanılamaz hale gelmiştir.

Betonarme Bina Elemanları ve İşlevleri

Betonarme bir binadaki elemanlar daha önce de söz edildiği üzere "taşıyıcı eleman" ve "taşıyıcı olmayan eleman" olmak üzere ikiye ayrılabilir. Yapının sahip olduğu taşıyıcı sisteme bağlı olarak temeller, kolonlar, perdeler ve kirişler "taşıyıcı"; döşemeler, dolgu duvarlar ve çatılar ise "taşıyıcı olmayan" elemanlar olarak sınıflandırılabilir. Betonarme bir binada bulunan elemanlar şematik olarak gösterilmiştir (Şekil 17).

Taşıyıcı elemanlar ve özellikleri şöyle özetlenebilir:

- Temeller

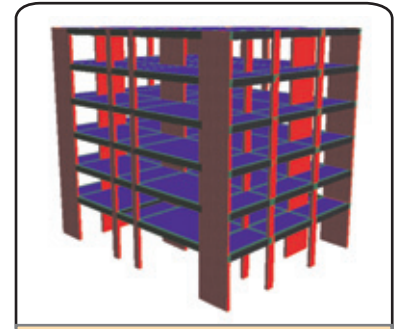
Binaların üzerine etki eden insan, eşya gibi düşey yükleri, deprem, rüzgâr gibi yatay yükleri düşey taşıyıcılar olan kolon ve perdelerden zemine güvenle ileten elemanlardır. Temeller, binaların oturdukları zeminde, binadan gelen yükleri zemine güvenle aktarabilmek için farklı büyüklükte inşa edilen yapısal elemanlardır. Uygulamada çok çeşitli temel türleri mevcuttur. Temel türünün belirlenmesinde yapının tipi, üzerinde bulunduğu zemin özellikleri ve yapıya etki eden yükler önemli rol oynar.

Genel olarak uygulanan temel sistemleri tekil temel, sürekli temel, radye temel ve kazıklı temel olarak sıralanabilir.

Tekil temeller, binanın az katlı ve binadan gelen yüklerin az olması durumunda, çok zayıf olmayan zeminlerde inşa edilir. Sürekli temeller, bina yüklerinin artması, zemin koşullarının ise biraz daha zayıf olması durumunda kullanılır. Radye temeller, zeminin daha elverişsiz ve/veya yüklerin çok büyük olduğu durumlarda binanın tümünün altına yapılan bir temel türüdür.

Kazıklı temeller ise radye temel sisteminin de yeterli olmadığı durumlarda radye temel altına, yapı yüklerinin daha derinlerde bulunan sağlam zemine aktarılması için oluşturulan temel türüdür.

- Kolonlar düşey taşıyıcı elemanlardır; az, orta ve yüksek katlı binalarda perdelerle birlikte düşey taşıyıcılar olarak kullanılırlar.
- Bir başka kolon çeşidi olan perdeler, genişliği eninden en az yedi katı olan düşey taşıyıcı elemanlardır. Deprem bölgelerinde inşa edilen yapılarda, özellikle yüksek katlı binalarda kullanılırlar.
- Kirişler, düşey taşıyıcılar olan kolon ve perdeleri yatayda her iki doğrultuda



Şekil 17. Betonarme bina elemanları şematik gösterimi



Şekil 18. Tekil temel ve sürekli temel örnekleri



Şekil 19. Radye temel örneği

birbirine bağlayan ve taşıyıcı sistemin bütünlüğünü sağlayan yatay taşıyıcılardır.

- Temeller giriş, kolon ve perdelerden gelen yükleri güvenli bir şekilde zemine aktaran ve yapının dış ortamla bağlantısını sağlayan elemanlardır.

Taşıyıcı olmayan elemanlar ve özellikleri de aşağıdaki gibidir:

- Döşemeler, girişlerle çevrili olan, yapının içindeki eşya ve insanlardan kaynaklanan yükleri girişlere aktaran, kalınlığı plan boyutlarına göre ince olan, bir başka deyişle bina içinde, üzerinde yürüdüğümüz elemanlardır.
- Dolgu duvarlar, yapının kullanım amacına göre belirlenen mekânları birbirinden ayırmaya yarayan, ısı ve ses yalıtımı işlevini yerine getiren, boşluklu tuğladan imal edilen elemanlardır.
- Çatılar ise yapının en üst seviyesinde, yağmur, kar, ısı gibi çevre şartlarından yalıtımı sağlamak amacıyla farklı malzemelerden ve çeşitli geometrik özelliklerde inşa edilmiş elemanlardır.



Şekil 20. Hatalı temel tasarımı olan bir yapının deprem davranışı

Betonarme Yapıların Deprem Davranışını Etkileyen Faktörler

Betonarme yapıların deprem sırasında güvenli davranması için daha önce sıralanan "süreklilik", "dengeli dağılım" ve "iyi bağlanma" şartları her durumda gereklidir. Söz konusu şartların eksikliği yapıların deprem davranışına olumsuz etki yaratacaktır. Bunların yanında gerek işlevsel zorunluluklar gerekse tasarım aşamasındaki hatalardan kaynaklanan bazı uygulamalar da yapıların deprem davranışını olumsuz yönde etkileyebilir. Bu uygulamalar sonucunda ortaya çıkan durumlar, bu durumlarda yaşanabilecek olumsuzluklar ve söz konusu olumsuzlukları gidermek için yapılması gerekenler bu bölümde açıklanmaktadır. Yapıların deprem davranışını etkileyen önemli faktörler şöyle sıralanabilir:

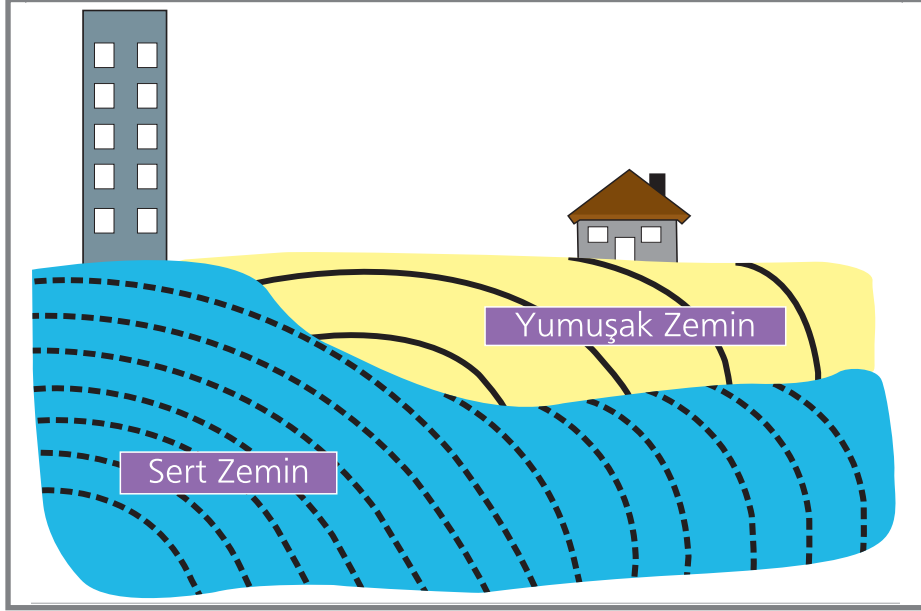
- Zemin durumu
- Yapı geometrisi
- Yumuşak kat
- Kısa kolon etkisi
- Bitişik bina durumu

Zemin Durumu

Zemin, yapıların dış ortama bağlanma koşullarını belirlemesi ve deprem dalgalarının yapıya aktarıldığı nokta olması açısından önemli bir unsurdur. Zemin özellikleri, tasarım aşamasında yapının temel türünün belirlenmesi açısından belirleyicidir.

Tasarımcı mühendisler zemin etütlerinden elde edilen bilgilere dayanarak, yapının zemin koşullarından nasıl etkileneceği konusunda hesaplamalar yapar. Bu noktada bölgeye ait jeolojik haritalar ve deprem riski haritaları tasarımcıya yol gösterir.

Deprem dalgaları, yeryüzündeki bir yapıya gelene kadar içinden geçtikleri zemin katmanlarında farklı davranışlar gösterirler. Deprem dalgaları içinden geçtikleri zemin tabakası yumuşak ise daha uzun dalgalar halinde sert bir zeminde ilerliyor ise daha kısa dalgalar halinde yayılırlar. Bu durum aşağıdaki şekilde açıklanmaya çalışılmıştır. Deprem dalgalarının yayılma şekli yapıya etkiyecek deprem yüklerinin değişmesine neden olacağı için bir yapının bulunduğu bölgedeki zemin özelliklerinin belirlenmesi gereklidir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta yapıların bulunduğu zemin özelliklerinin iyi belirlenmesi ve yapı tasarımının bu özellikler dikkate alınarak yapılmasıdır. Bu şekilde tasarlanan yapıların yumuşak yada sert zeminde bulunmaları birbirlerine göre deprem güvenliği açısından üstünlük sağlamamaktadır.

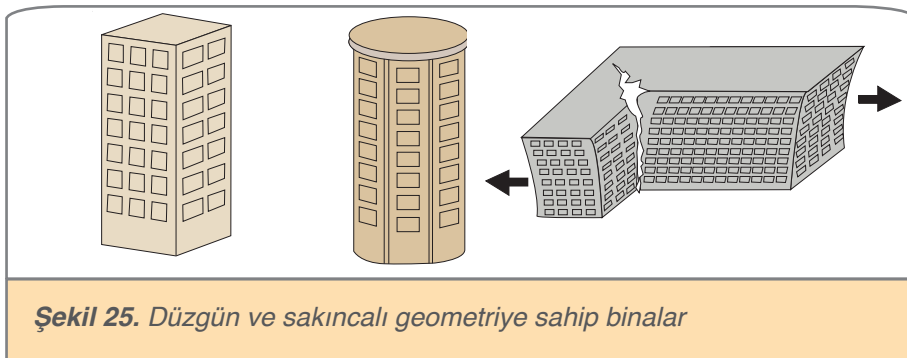


Şekil 21. Deprem dalgalarının farklı zeminlerde farklı davranışı

Yapının Geometrisi

Deprem etkisi altında yapının davranışını etkileyen önemli bir nokta ise yapının plandaki ve düşeydeki geometrisidir. Deprem yer hareketinin etkisi altında yapının davranış özelliklerini belirleyen etken yapının sahip olduğu geometridir. Yapının deprem sırasında daha iyi davranması için plan boyutlarının birbirine yakın olması ve mümkün olduğunca simetrik olması istenir. Planda kare, kareye yakın dikdörtgen ya da daire kesitli binaların deprem sırasında daha iyi davrandığı görülmüştür.

Plan geometrileri "L", "H" ya da "T" şeklinde olan binaların deprem sırasında köşe bölgelerinde meydana gelebilecek aşırı kuvvetler nedeni ile hasar görme olasılıkları yüksektir. Ancak uygulamada gerek imar durumundaki parsel boyutlarının düzgün bir geometriye sahip olmaması gerekse mimari düşüncelerden dolayı değişik ve olumsuz geometrilere sahip yapılar üretilmektedir. Bu durumlarda binaları çeşitli parçalara bölerek kare ve dikdörtgenlerden oluşan ayrı binalar haline getirmek iyi bir çözümdür. Ancak bu noktada dikkat edilmesi gereken husus, ayrımın yapıldığı bölgede deprem sırasında olabilecek çarpışmaların önlenmesi için gerekli boşluğun bırakılmasıdır. Bu boşlukların oluşturulduğu yerlere "dilatasyon derzi" denir.



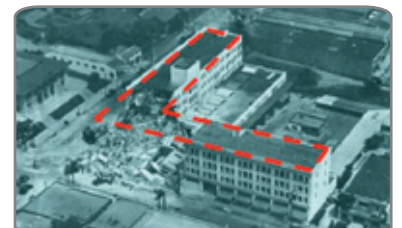
Şekil 25. Düzgün ve sakıncalı geometriye sahip binalar



Şekil 22. Zemin sıvılaşması sonucu meydana gelen bina hasarı



Şekil 23. Sıvılaşma sonucu meydana gelen zemin deformasyonu



Şekil 24. "L" şeklinde geometriye sahip binada meydana gelen hasar (1906 San Fransisco)

Yumuşak Kat

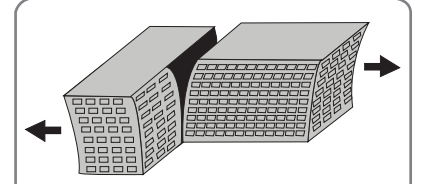
Yapıların taşıyıcı sistemine dahil olmayan, ancak deprem davranışında önemli rol oynayan dolgu duvarlar yapının içinde buldukları yere göre “yumuşak kat” adı verilen olaya neden olabilir. Yumuşak kat, yapı taşıyıcı sistemini oluşturan çerçeveler içinde bulunan dolgu duvarların kesintiye uğraması durumunda oluşur. Dolgu duvarların tüm bina boyunca her katta benzer konumda olması gerekir; aksi halde binanın yatay yük taşıma kapasitelerinde farklılıklar doğabilecektir. Örneğin ülkemizde de çok sık karşılaşılan, konut amaçlı binanın alt katlarının işyeri, diğer katların ise konut olarak kullanılması böyle bir sorunu doğurmaktadır.

Binadaki odaları ayırmak amacıyla iç ve dış duvar olarak inşa edilen dolgu duvarların malzemesi boşluklu tuğla, beton briket ve gazbetondur. Güncel uygulamalarda bu amaçla alçı panel kullanımları da yaygınlaşmaktadır. Dolgu duvarlar bölme görevi dışında, deprem sırasında kolon, perde duvar ve giriş sisteminin yatay yük taşımasına katkıda bulunup, bir çeşit perde yada kolon gibi davrandıklarından binanın farklı noktalarındaki rijitliğini etkiler. Rijitlik, bir cismin malzemesine ve geometrik özelliklerine göre sahip olduğu dayanım parametresidir. Deprem sırasında meydana gelen yatay yük sebebiyle, kolonlar eğilmek zorunda kalır. Dolgu duvarlar da onlara bağlı olduğundan aynı eğilme hareketini gösterir. Ancak, taşıma güçleri sınırlı olduğu için bir süre sonra ani bir kırılma sonucunda oluşan çapraz çatlaklarla dayanımlarını yitirirler.

İşyeri olarak kullanılacak mekânlarda, kolonlar arasındaki duvarlar geniş hacimler yaratmak için çıkarıldığında zemin kat kolonları serbest olarak duracaktır. Üst katlarda ise kolonların yanında dolgu duvarlar yer almakta, rijitlik artmaktadır. Bir deprem meydana geldiğinde, zemin kat kolonları üst kat kolonlarına göre daha fazla yatay hareket yapacak, bu da zemin kat kolonlarının daha fazla zorlanmasına yol açacaktır. Bu tip bölme duvarları alınmış katlar “yumuşak kat” olarak adlandırılır. Yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere, dolgu duvarlarının tüm katlarda eşit olması durumunda, deprem sırasında her kat eşit miktarda ötelenirken, alt katta dolgu duvar olmaması halinde en alt kat binanın yapacağı toplam yatay ötelenmenin tamamını yapmak zorunda kalabilecektir.

Dolgu duvarların yapıların deprem davranışına etkisi önemlidir. Yumuşak kat oluşumunu önlemek için alınacak önlemlerden biri, dolgu duvarların kolon ve girişlerle etkileşimini ortadan kaldırmak ve duvarların etrafına belirli bir kalınlıkta yumuşak malzeme yerleştirmektir. Böylece tüm katlardaki taşıyıcı elemanlar alt kattakine benzer biçimde dolgu duvar yokmuş gibi davranacak ve “yumuşak kat” oluşumu engellenmiş olacaktır.

Söz konusu durumu önlemek için yapılabilecek diğer bir uygulama ise dolgu duvarında daha yumuşak ve deprem sırasında hemen kırılacak bir malzeme kullanılmasıdır. Ancak bu durum beraberinde ses ve ısı izolasyonu problemi getireceğinden, uygulama sırasında başka çözümler düşünülmesi de gerekecektir.



Şekil 26. Dilatasyon ile ayrılmış binalar



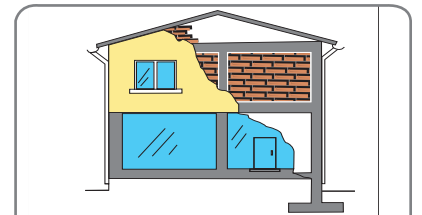
Şekil 27. Dolgu duvar süreksizliği durumunda yapının deprem davranışı



Şekil 28. Yumuşak kat oluşumu sonucu meydana gelen hasar, 1999 Kocaeli/İzmit



Şekil 29. Sıkça uygulanan giriş katında dolgu duvar bulunmayan konut



Şekil 30. Yumuşak kat oluşumunu önlemek için çözüm önerisi

Dolgu duvarlar kırılğan bir malzemeden üretildikleri için deprem sırasında parçalanarak devrilebilmekte, yaralanmalara ve hatta can kayıplarına neden olabilmektedir. Bu nedenle de üretim sırasında alınacak önlemler olası kayıpları engelleyecektir. Bu amaçla önerilebilecek çözümler, dolgu duvar ve taşıyıcı eleman bağlantılarının gerektiği şekilde yapılması ve dolgu duvarların, sıva yapılmadan önce "kümes teli" ile kaplanarak deprem sırasında hasar görseler bile dağılmalarının önüne geçilmesidir.

Son olarak, konutlarda yapılan yanlış bir uygulamanın üzerinde durmak gerekir. Konutları kullanan kişiler belirli bir süre sonra iç mekân kazanmak amacıyla bina içindeki dolgu duvarları kaldırmakta, bu durum yapıdaki dolgu duvar dağılımını hem değişimin yapıldığı katta, hem de yapı içinde değiştireceğinden deprem davranışını olumsuz etkilemektedir.

Bitişik Bina Durumu

Yapıların deprem davranışını sadece kendi özellikleri değil, yakınlarındaki binalar da belirler. Her bina deprem sırasında salınım yapacaktır. Önemli olan nokta, binanın kendi taşıyıcı sistemine, taşıyıcı sistemdeki elemanların planda yerleştirilme durumuna, kesit özelliklerine göre farklı bir salınım sergilemesidir. Bu yüzden, bitişik nizamda yapılmış binalarda çeşitli riskler ortaya çıkmakta, özellikle ülkemizdeki imar planlamasında parsellerin bitişik olarak imara açılması yapıların birbirlerine bitişik üretilmesini kaçınılmaz kılmaktadır.

Bu noktada bitişik binaların kat seviyelerinin aynı ya da farklı olması durumu ortaya çıkmaktadır. Kat seviyelerinin farklı olması halinde bir binanın döşemesi diğer bir binanın kolonunun ortasına karşılık geldiği için, binanın hasar alma olasılığı yüksektir. Diğer yandan, kat seviyeleri aynı olsa da farklı yükseklikteki binaların bitişik inşa edilmiş olması halinde farklı salınım şekillerinden ötürü hasar görme olasılığı vardır.

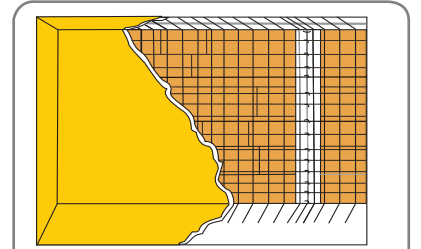
Bu durumun önüne geçmek için en kesin çözüm, imar planlarında parsellerin düzenlenmesinin değiştirilmesi ve bitişik bina yapımının önüne geçilmesidir. Ancak bu çözümün gerçekleşmesi hukuki ve ekonomik nedenlerden dolayı zordur. Diğer bir çözüm yöntemi yapıların tasarlanması sırasında mevcut binanın dikkate alınması, eğer bina yok ise deprem yönetmeliğinde önerilen her iki bina arasında bırakılması önerilen mesafelere uyulmasıdır. Deprem yönetmeliğine göre bu mesafe "Minimum derz boşluğu, 6 m yüksekliğe kadar en az 30 mm olacak ve bu değere 6 m'den sonraki her 3 m'lik yükseklik için en az 10 mm eklenecek" şeklindedir.

Kısa Kolon Oluşumu

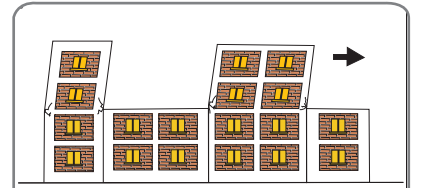
Taşıyıcı sistemin oluşturulması sonucunda kolonların boylarının deprem davranışı sırasında daha kısa olmasına "kısa kolon" oluşumu denir. Bunun temel nedenlerinden biri, kolonlardan bazılarının diğer kolonlardan farklı olarak yatay doğrultuda kat seviyelerden farklı bir yükseklikte tutulmuş olmasıdır. Diğer bir neden ise dolgu duvarların kolonun belirli bir yüksekliğe kadar devam etmesidir. Bu olayda kolonun davranışı diğer kolonlara göre daha kısa olduğundan, söz konusu kısa kolona daha fazla kuvvet etkimekte ve bunun sonucunda hasar meydana gelmektedir.



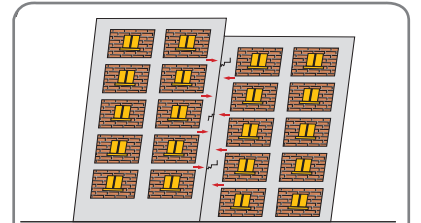
Şekil 31. Dolgu duvarlarda meydana gelen tipik hasar



Şekil 32. Dolgu duvarlar için önerilen çözüm



Şekil 33. Kat seviyeleri aynı olan bitişik binalar



Şekil 34. Kat seviyeleri farklı olan bitişik binalar



Şekil 35. Bitişik binaların etkileşimi sonucu oluşan hasar

Kısa kolon oluşumu yapılarda genellikle merdiven sahanlıklarında ve dolgu duvarlara bırakılan “bant pencere” boşlukları sonucunda meydana gelmektedir.

Kısa kolonun oluşumunun önlenmesi için yapılacak ilk uygulama, üretim sırasında dolgu duvarlar ile kolonlar arasında boşluk bırakmak ve böylece kolonların serbestçe hareketine izin vermektir. Diğer bir önlem ise, taşıyıcı sistem oluşturulması sırasında kısa kolon olarak davranabilecek kolonların önceden belirlenmesi ve gerekli boyut ve donatı yerleşiminin uygulanmasıdır.

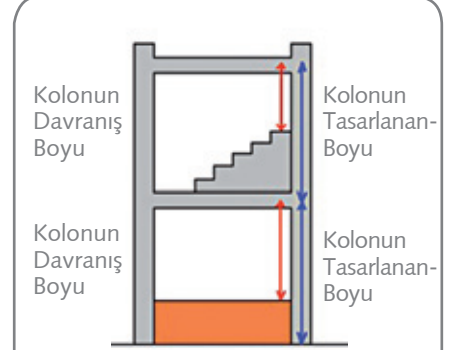
Genel bir değerlendirme olarak üzerinde önemle durulması gereken nokta, söz konusu sorunlara sahip binaların hepsinin hasar görmeyebileceğidir. Tasarım ve uygulamada yukarıda vurgulanan sorunların baştan öngörülmesi, depremde yapının hasar görmesini önleyecektir. Diğer bir deyişle, geometrisi bozuk, yumuşak katı bulunan, kısa kolon davranışı gösteren ve kötü bir zemin üzerine yapılacak bir bina tasarlanır ve üretilirken tüm bu unsurların getireceği olumsuz etkiler dikkate alındığında, yapının depremde hasar görme olasılığı düşecektir. Sonuç olarak uzman mühendislerin tasarlayıp ürettiği yapıların depremde iyi bir davranış göstermesi beklenir.

Betonarme Yapıların Doğru Malzemeye Üretimi

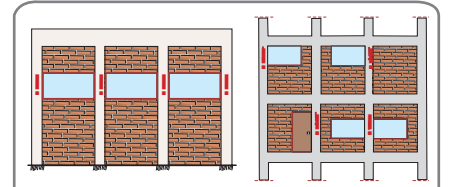
Yapıların tasarımı aşamasında bütün hesaplar ve işlemler kurallarına uygun olarak, uzman mühendisler tarafından gerçekleştirilse bile üretim aşamasında aynı hassasiyetin gösterilmemesi halinde yapının depreme dayanıklı olması mümkün değildir. Bu nedenle uygulama ve bakım aşaması da diğer aşamalar kadar önemlidir.

Betonarme, beton ile donatı adı verilen çelik malzemelerinin beraber kullanılmasıyla meydana gelir. Betonun oluşturan ise çimento, su ve “agrega” adı verilen çeşitli boyuttaki kum ve çakılın belirli bir oranda birleşmesidir. Donatı çeliği, içerdiği karbon oranlarına göre sınıflandırılan, fabrika ortamında üretilen bir malzemedir. Ülkemizde çimento, beton ve çelik donatı üretimini düzenleyen standartlar bulunmakta ve fabrika ortamında üretilen bu malzemenin kalitesi kontrol altında tutulmaktadır.

Geçmiş depremlerde elde edilen veriler ve diğer gözlemler mevcut yapılardaki beton kalitesinin standartların altında kaldığını göstermektedir. Mevcut bir binanın beton mukavemeti, binanın ekonomik ömrüne ve çevresel koşullara bağlı olarak bir miktar kayba uğrar. Ancak beton kalitesinin az olmasının temel nedeni bilinçsiz ve kontrolsüz üretilen yapılardır. Özellikle kendi imkânlarıyla bina inşa eden kişilerin kalitesiz ve kontrol edilmemiş malzemeler kullanması sonucunda, gerekli beton kalitesi sağlanamamakta ve yapı stoku deprem riski altında kalmaktadır. Son yıllarda gelişme gösteren hazır beton sektörüyle birlikte ülkemizde üretilen betonun kalitesi yükselmiş ve hazır beton kullanımını artmıştır. Deprem yönetmeliğinde, kullanılacak minimum beton dayanımının alabileceği en az değer 20 MPa=200 kg/cm² olarak belirlenmiştir. Bu değerden daha az dayanıma sahip beton kullanılmasına izin verilmemektedir.



Şekil 36. Kısa kolon oluşumunun şematik gösterimi



Şekil 37. Kısa kolon oluşumu örnekleri



Şekil 38. Kısa kolon hasarı



Şekil 39. Hazır beton santralinden gelen beton ile üretim

Kaliteli çimento ve agregadan doğru oranlarda ve doğru bir uygulamayla üretilmiş olsa bile, betonun gerçek dayanımını kazanana kadar yapılacak bakım çok önemlidir. Üretilen betonda dış ortamlardan ve kendi iç yapısından kaynaklanabilecek olumsuz etkileri ortadan kaldırmak gereklidir. Yeni dökülen betonun sağlıklı bir şekilde öngörülen dayanıma ulaşması için yapılması gereken bakım işlemleri "betonun kuru" olarak tanımlanır. Bu işlem imalatın yapıldığı ortam şartlarına göre değişiklik gösterir. Beton sertleşinceye kadar geçen zamanda çimentonun suyla karışmasından doğan kimyasal reaksiyonlar dış ortama ısı vermektedir. Açığa çıkan bu ısı nedeniyle su oranı azalacağından, kaybolacak bu suyun içeride kalabilmesi için betonun bu sürede nemli tutulması gereklidir. Aksi takdirde beton sertleşene kadar iç yapısı bozulacak ve "büzülme çatlakları" adı verilen çatlaklar oluşacak, "kür" yapılmayan beton istenilen dayanımı elde edemeyecektir. Bu nedenle, beton dayanımını kazanana kadar yapılacak bakım son derece önemlidir.

Bir başka konu ise betonun kalıp içerisine vibratör yardımıyla yerleştirilmesidir. Betonun donatıları iyice sarması ve içinde hava boşlukları kalmaması için, vibratör kullanılarak yaratılan titreşimle iyice yerleşmesi sağlanır. Vibratör kullanımı deprem yönetmeliğine de bir madde olarak eklenmiştir. Günümüzde beton içerisine özel kimyasal katkıları konularak kendinden yerleşen akışkan betonlar yapmak da mümkündür.

Donatı çeliği ülkemizde iki sınıfa ayrılır; bunlar "düz" ve "nervürlü" inşaat çeliğidir. Söz konusu çelikler dayanım ve geometri açısından birbirinden farklıdır. Nervürlü demirin dayanımı düz demirinkinden daha fazladır ve üzerinde betonla bağlantısının iyi olmasını sağlayacak çıkıntılar bulunmaktadır.

İyi bir beton ve inşaat çeliğiyle yapılacak betonarme elemanların imalatı konusunda da uyulması gereken kurallar söz konusudur. Betonarme bir yapıda taşıyıcı elemanların içinde bulunan donatıların konumları ve yerleşim şekilleri çok önemlidir ve belirli kurallara uyulmaması durumunda sorunlar meydana gelebilir.

Betonarme bir elemanda enine ve boyuna doğrultuda donatılar bulunur. Bunlardan uzun olarak yerleştirilen, yatay ve düşey olabilen demirlere "boyuna donatı", boyuna donatıların etrafını saran demirlere ise "enine donatı (etriye)" denir.

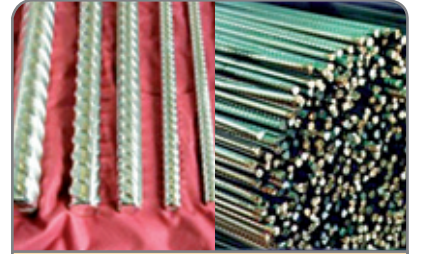
Boyuna ve enine donatılar özel işlevler üstlenir. Bunlardan "etriye" olarak adlandırdığımız enine donatı, boyuna donatıları sararak içeride kalan betonun deprem sırasında parçalanıp dağılmasını önler. Ancak bu işlevi yerine getirebilmeleri için etriyelerin belirli şekillerde üretilip belirli aralıklarla yerleştirilmesi gerekir.

Deprem yönetmeliğinde, kıvrım yerlerinde etriyelerin 135° kancaya sahip olmasının gerektiği bildirilir. Ayrıca etriye aralıkları, depremde en fazla zorlanan kolon ve kirişlerin birleşim bölgelerinde sıklaştırılmalıdır. Yapılması gereken bu sıklaştırma, yapının salınım yapma yeteneğini de artıran önemli bir unsurdur. Binalar deprem sırasında hem dayanıklı olacak, hem de salınım yaparak deprem kuvvetlerine karşı konacak biçimde tasarlanır.

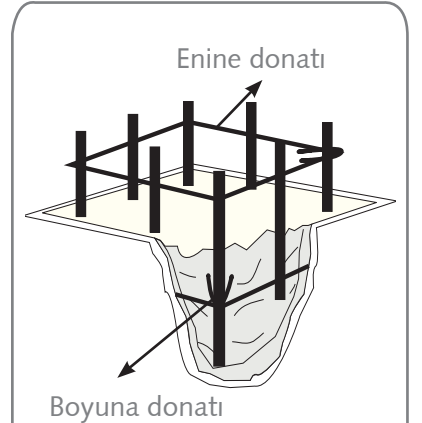
Yukarıda belirtildiği gibi, üretilmeyen etriyeleri içeren betonarme elemanları deprem sırasında ganca bölgelerinden açılır, içerideki beton dağılır ve büyük hasarlara neden olur.



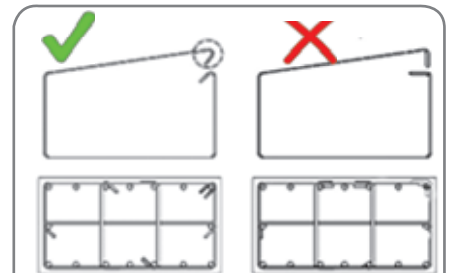
Şekil 40. Betonun nemli kumaşlar ile ıslak kalmasının sağlanması



Şekil 41. Nervürlü inşaat çeliği



Şekil 42. Betonarme elemanlardaki boyuna ve enine donatı



Şekil 43. Yanlış etriye (90° ganca) ve doğru etriye (135° ganca)

Ayrıca kolon ve kiriş gibi taşıyıcı elemanların içerisine konan donatıların korozyondan korunması için etriyeden sonra en az 2 cm pas payı bırakılması gerekir. Aksi takdirde donatılar hava şartlarına maruz kalarak korozyona uğrayacaktır.

Betonarme elemanların üretimi sırasında kullanılan inşaat çeliğinin sadece miktarına değil, doğru yerde doğru şekilde yerleştirilmiş olmasına da özen gösterilmelidir. Bu işlem de belirli bir uzmanlık ve deneyim gerektirir. Betonarme elemanların birkaç kişinin kendi imkânlarıyla belirli malzemeleri karıştırıp içine de demirlerin yerleştirildiği yapı elemanları olmadığı, daha önceki bölümlerde anlatılanlardan anlaşılmalıdır. Belirli bir tecrübe ve bilgiye sahip kişiler tarafından üretilen yapılar depreme dayanıklı özellikler edinebilir. Deprem gibi karmaşık bir doğa olayına karşı koyabilecek yapıların titiz ve hassas bir süreç sonucunda elde edilebileceği unutulmamalıdır.



Şekil 44. Enine donatısı yetersiz miktar ve aralıktaki kolon hasarı

Betonarme Yapıların Kullanım Sürecindeki Bakımı ve Korunması

Kullandığımız her eşya ve araçta olduğu gibi, hayatımızın büyük bir bölümünü geçirdiğimiz binaların da bakıma ihtiyacı vardır. Betonarme bir bina depreme dayanıklı olarak inşa edildikten sonra yapılacak bakım ve koruma işlemleri şöyle sıralanabilir:

Yapının geometrisinde değişiklik yapmamak: Yapılan yanlış uygulamalardan biri, yapıya kat eklemektir. Yapının tasarım aşamasında öngörülmüş kat sayısı değiştirilmemelidir. Betonarme elemanların tasarımı, projede öngörülmüş binanın deprem davranışına göre yapılmaktadır. Projede yer almamış yeni bir katın eklenmesi, bu deprem davranışını değiştireceği için mevcut betonarme elemanların tasarım değerlerini de değiştirecektir.

Yapının taşıyıcı elemanlarını değiştirmemek: Yapılan bir diğer yanlış, çeşitli nedenlerden dolayı kolon ve kirişlerin boyutlarını değiştirmek ve hatta bu elemanları kaldırmaktır.

Yapıların kullanım amacını değiştirmemek: Binalara gelecek deprem kuvveti belirlenirken, hesaplar kullanım amacına göre yapılmaktadır. Belirli bir amaç için inşa edilen yapının kullanım amacını değiştirmek ek yükler getirebilir; diğer yandan değiştirilen amaca göre tasarlanmış olmadığından depreme karşı dayanımı yetersiz olabilir. Günümüzde konut ve/veya işyeri olarak projelendirilmiş bazı binalar okul, hastane ya da katlı otoparka dönüştürülmektedir.

Yapılara ağır makine, su deposu ve malzeme eklememek: Tasarım aşamasında öngörülmemiş ağır bir makine ya da malzemenin daha sonra eklenmesi, yapının deprem davranışına olumsuz etkilerde bulunabilir.

Yapının su yalıtımını sağlamak: Yapıların gerek dış gerek içten gelen sudan yalıtımını sağlamak, betonarme elemanlardaki çeliğin paslanmasını ve korozyona uğramasını engelleyecek, betonarme taşıyıcı elemanlar dayanım kaybına uğramayacaktır. Korozyon, çeliğin nem ve havayla teması nedeniyle paslanması ve giderek kesit kaybına uğramasıdır. Korozyon neticesinde hesaplarda belirlenmiş gerekli donatı alanı azalacak, daha az çelik malzeme kalacaktır.

Yapının mevcut durumunu korumak: Depreme dayanıklı olarak üretilmiş bir yapının mevcut durumunun korunması için, kolon ve kirişlerinin kesilmemesi, dolgu duvarlarının kaldırılmaması gerekir. Benzer şekilde binaların tasarımının dışına çıkarak ek güvenlik amacıyla veya başka bir amaçla yeni elemanlar eklememek, yapının deprem dayanımını korumak adına doğru bir yaklaşımdır.



Şekil 45. Kat sayısı artırılmaya hazır bina



Şekil 46. Dış ortamdaki nemin betonarme elemanda yarattığı korozyon

YIĞMA BİNALAR

Ülkemizde özellikle kırsal kesimde yaygın olarak uygulanan yapı türlerinden biri de yığma binalardır. Bu tarz binaların ana taşıyıcı elemanları olan duvarlar çok çeşitli malzemelerden yapılabilmektedir. Kullanılan malzeme türleri genelde dolu tuğla, beton briket ve taştır. Oda ve iç mekânları ayırmak için kullanılan tuğla ve briketler boşlukludur. Yığma yapı türlerinin geçmiş depremlerde göstermiş oldukları performans iyi değildir. Bunun başlıca nedeni söz konusu yapıların mühendislik hizmeti görmeden, bölgedeki imkânlar dahilinde elde edilen kalitesiz malzemelerle ve depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkeleri dikkate alınmadan üretilmesidir. Ancak, mühendislik hizmeti görmüş yığma yapılarda deprem performansı açısından bir sorun görülmeyeceği unutulmamalıdır.

Yığma Binaların Elemanları ve İşlevleri

Yukarıda da söz edildiği üzere, yığma yapıların ana taşıyıcı elemanı duvarlardır. Ancak tüm duvarların yapının deprem davranışında bir bütün olarak davranmasını sağlayacak şekilde, duvarların üstlerinde ve içlerinde yer alan "hatıl" adlı elemanlar da yığma yapıda taşıyıcı sistemin bir parçasıdır. Hatıllar genellikle betonarme yapılır ve hem düşeyde hem de yatayda uygulanır. Ancak düşey hatıllar bir kolon ve yatay hatıllar da bir kiriş gibi taşıyıcı özelliğe sahip değildir. Bu elemanların başlıca görevi, taşıyıcı duvarları birbirine düşeyde ve yatayda bağlayarak bir bütünlük sağlamasıdır. Yatay hatıllar özellikle taşıyıcı duvarlarda açılan pencere ve kapı boşlukları üzerinde oluşturulur ve böylece taşıyıcı sistemin zayıfladığı bu bölgelerde dayanım sağlar. Yatay hatıllar ayrıca taşıyıcı duvarların en üstünden tüm duvarların birbirine bağlanmasını sağladığı için çok önemlidir. Düşey hatıllar ise belirli bir uzunluğu aşan taşıyıcı duvarlarda, duvarın uzunluğundan kaynaklanacak zayıflığı engellemek amacıyla belirli aralıklarla uygulanır.

Yığma Bina Davranışını Etkileyen Faktörler

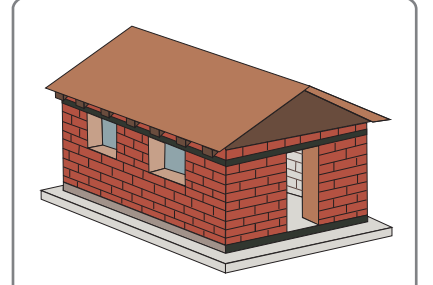
Yığma binaların da depremde güvenli davranması için daha önce sıralanan "süreklilik", "dengeli dağılım" ve "iyi bağlanma" her durumda gerekli şartlardır. Söz konusu şartların eksikliği durumunda bu yapıların depremde hasar görme olasılığı yüksektir. Her yapı türünde olduğu gibi binaların gerek fonksiyonel zorunluluklar, gerekse tasarımdan kaynaklanan hatalardan doğan bazı uygulamalar da yapıların deprem davranışını olumsuz yönde etkileyebilir. Söz konusu uygulamaların neler olabileceği, bu uygulamaların doğurabileceği sorunlar ve bu sorunların çözüm önerileri bu bölümde açıklanmaktadır.

Yığma yapıların deprem davranışını etkileyen önemli faktörler şöyle sıralanabilir:

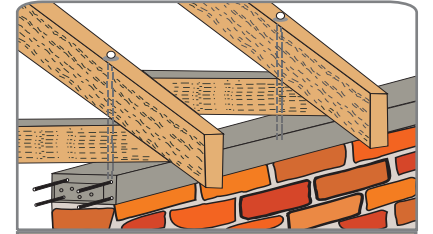
- Taşıyıcı duvarların plan yerleşimi ve bağlantıları
- Taşıyıcı duvarlardaki boşluk oranı
- Hatılların yerleşimi
- Kat adedi

Taşıyıcı Duvarların Plan Yerleşimi ve Bağlantıları

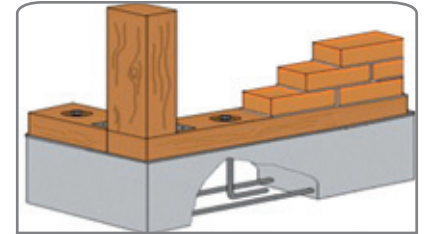
Daha önceki bölümlerde de söz edildiği gibi, her türlü yapıda taşıyıcı elemanların plandaki dağılımının mümkün olduğunca simetrik yerleştirilmesi deprem davranışı açısından olumlu bir etkidir. Yığma binalarda da aynı simetri yapının deprem anında benzer hareketle daha homojen davranmasını sağlayacak ve her iki ana doğrultuda daha dayanıklı bir yapı ortaya çıkacaktır.



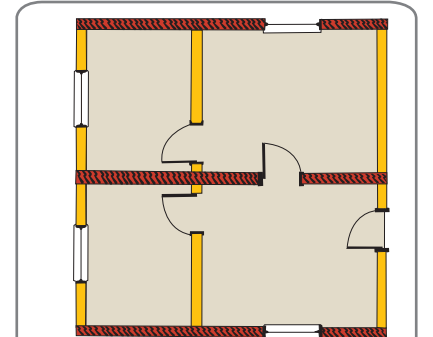
Şekil 47. Tipik bir yığma bina



Şekil 48. Yığma duvara çatı bağlantı detayı



Şekil 49. Yığma yapılarda temel bağlantı detayı



Şekil 50. Her iki doğrultuda mümkün olduğunca simetrik yerleştirilmiş taşıyıcı duvar örneği

Diğer yandan dik doğrultuda kesişen taşıyıcı duvarların birbirlerine iyi bağlanması da önemli bir noktadır. Bu noktalarda birbirlerine geçmeli, şaşırtmalı köşe taşları kullanılmalıdır. Ayrıca duvarlar her katta aynı yerde ve bina boyunca sürekli yer almalıdır. İki katlı bir yığma yapıda en az duvar kalınlığı ise 20 cm olmalıdır.

Boşluk Oranları

Yığma binalarda taşıyıcı duvarlarda yapının kullanım amacına yönelik açılacak pencere ve kapı boşlukları miktarının, yapının deprem dayanımına doğrudan etkisi vardır. Açılacak boşlukların miktarının belirli sınırları aşması durumunda zayıflayacak yapının depremde hasar görme olasılığı artacaktır. Bu nedenle, yığma yapılarda taşıyıcı duvarlarda açılacak boşlukların uzunlukları ve birbirlerine olan uzaklıkları deprem yönetmeliğinde getirilen değerlerle sınırlandırılmıştır. Ancak uygulamada bu sınırlar dikkate alınmamakta ve çoğu binada söz konusu boşluklar bilinçsizce büyütülmektedir. Herhangi bir taşıyıcı duvarın planda kendisine dik olarak saptanan taşıyıcı duvarların eksenleri arasında kalan desteklenmemiş bölge uzunluğunun birinci derece deprem bölgesinde en çok 5,5 m olacağı, deprem yönetmeliğinde belirtilmektedir. Ayrıca birinci derece deprem bölgelerinde bina köşelerinde kapı ile pencere arasındaki mesafe 1,5 m'den az olmamalıdır. Duvar içinde kapı ile pencere arasındaki bölge de en az 1 m genişliğinde olmalıdır.

Yatay ve Düşey Hatıllar

Yukarıda da söz edildiği üzere, hatıllar taşıyıcı duvarların zayıflık gösterdiği bölgeler olan kapı ve pencere boşluklarında ve birleşim bölgelerinde kullanılan, taşıyıcılık özelliği bulunmayan, fakat taşıyıcı sistemin bütünlük içinde davranmasına yardımcı olan betonarme elemanlardır. Ancak hiçbir zaman bir kolon ya da bir kiriş işlevi görmezler. Düşey hatıllar birbirine dik kesişen taşıyıcı duvarların köşelerinde ve belirli bir uzunluktan fazla olan taşıyıcı duvarlarda uygulanır; bu unsurlar betonarme olduklarından, boyuna donatı ve etriye donatılarından meydana gelir.

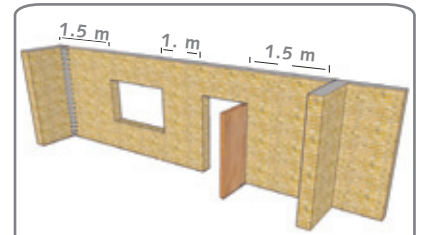
Yatay hatıllar ise kapı ve pencere boşluklarının üstünde, taşıyıcı duvarın kesintiye uğradığı bölgelerde kullanılır. Yatay hatıllar ayrıca en üst seviyede tüm taşıyıcı duvarları birbirine bağlayarak ve en alt seviyede temele bağlantıyı sağlayarak sistemin bir bütün halinde davranmasına yardımcı olur. Bazen duvarların yüksek olması durumunda da belirli bir seviyede duvar içinde, duvar genişliği boyunca ve tabandan en az 2 m yükseklikte hatıl oluşturularak duvarda bir bütünlük sağlanması yoluna gidilebilir. Düşey hatıllarla desteklenmiş en büyük duvar uzunluğu, bir yönde 16 m'yi, düşey hatılla desteklenmemiş azami duvar uzunluğu 4,5 m'yi geçmemelidir. Hatıllar içerisine boyuna donatı ve etriyeler konulmalıdır.

Kat Adedi

Uygulama esnasında yığma binalar için yönetmelikle sınırlanmış kat adedi aşılmaktadır. İnşa edildikleri malzemelerin dayanımlarının sınırlı olmasından ve deprem sırasında davranışlarının gevrek kırılmalara neden olmasından dolayı, yığma yapıların toplam kat adedi yönetmelikler tarafından sınırlandırılmıştır. Deprem yönetmeliğinde birinci derece deprem bölgesinde izin verilen kat adedi iki, ikinci ve üçüncü derece deprem bölgesinde izin verilen kat adedi ise üçtür. Ancak bu sınırlar çoğu zaman aşılmaktadır. Uygulamada yapılan bu değişiklik nedeniyle pek çok yığma bina hasar görebilmektedir.



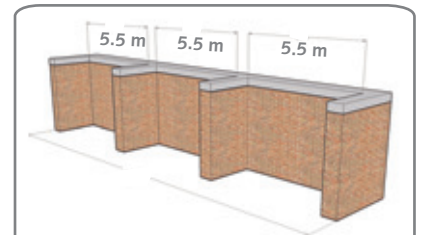
Şekil 51. Birbirine dik bağlanan taşıyıcı duvarların birleşimi



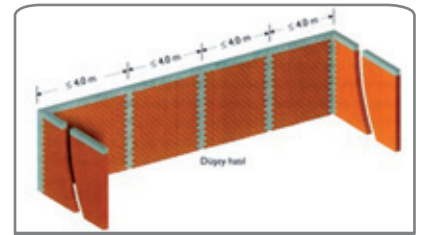
Şekil 52. Yığma binaların taşıyıcı duvarlarında açılacak boşlukların sınır değerleri



Şekil 53. Taşıyıcı duvarlarda sınırlanan değerden fazla açılan boşluklar



Şekil 54. Taşıyıcı duvar uzunluk sınırları ve yatay hatıl uygulaması



Şekil 55. Düşey hatıl uygulaması

Yığma Binaların Doğru Malzemeyle Üretimi

Betonarme binalarda olduğu gibi yığma binaların da depreme dayanıklı üretilmesi için gerekli kurallara uyulması durumunda bile, doğru malzeme ve üretim yapılmaması halinde yine depremde hasar gerçekleşecektir.

Bu nedenle yığma yapıların üretiminde dikkat edilecek en önemli nokta, duvar malzemesinin belirli bir kalitenin altında olmamasıdır. Yığma duvarların üretiminde dolu (veya sınırlı boşluklu) tuğla, beton briket ve taş kullanıldığından, belirli kontrollerden geçmiş, gerekli standartları sağlayan ve gerektiğinde malzeme testleriyle dayanımları tescil edilen malzemeler kullanılmalıdır.

Yığma binalarla ilgili dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta da malzemenin iyi bir bağlayıcıyla birbirine bağlanmasıdır. Bu da iyi bir harç kullanılması anlamına gelir. Uygulamada zaman zaman sadece alt ve üst bölgelere harç uygulandığı görülmektedir. Bundan farklı olarak harç sadece tuğlaların altına değil, yan yüzeylerine de uygulanmalıdır.

Bağlayıcı harcın da uygun karışımla elde edilmesi ve belirli bir su oranı taşıması gerekir. Söz konusu tuğlaların da doğru bir teknikte örülmesi, duvarların bir bütün olarak davranmasını sağlayacaktır. Tuğlaların düşeyde şaşırtmalı olarak örülmesine dikkat edilmelidir.

Bir diğer husus, taşıyıcı duvarların çatı ve temellere iyi bağlanmasıdır. Bu amaçla taşıyıcı duvarlarda uygulanan hatılardan çıkarılacak donatı filizleri ve bağlantı çubukları kullanılabilir.

Yığma Binaların Kullanım Sürecinde Bakımı ve Korunması

Betonarme binalarda olduğu gibi yığma binaların da bakıma ihtiyacı vardır. Depreme dayanıklı olarak üretilmiş yığma binalarda gerekli bakım ve koruma işlemleri şöyle sıralanabilir:

Yapının geometrisinde değişiklik yapmamak: Özellikle yığma binalarda taşıyıcı duvarların boyutları üzerinde değişiklik yapılması tehlikeli sonuçlara neden olabilir. Ek yapılması durumunda da bu işlem mevcut malzemenin aynısı ya da en yakınıyla gerçekleştirilmelidir.

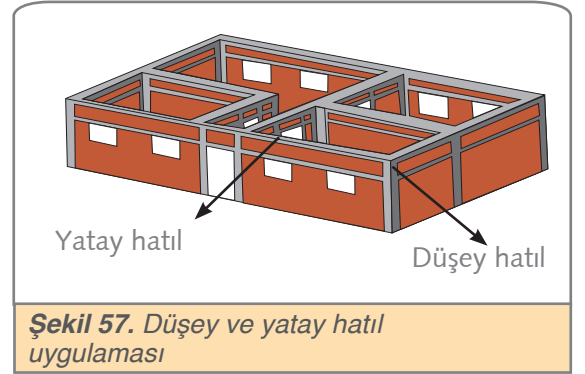
Yapının sudan yalıtımını sağlamak: Yığma yapıların malzemeleri suya hassas olduğundan, zaman içinde taşıyıcı elemanlar ile bağlayıcı harçta suyun ve nemin etkisini azaltıp yok etmek için iyi bir yalıtım yapmak gerekir. Ayrıca belirli bir zaman aralığında taşıyıcı duvarlar gözden geçirilmeli, gerekli olduğu takdirde malzemeler yenilenmelidir.

Yapının mevcut durumunu korumak: Depreme dayanıklı olarak üretilmiş bir yapıda mevcut durumu korumak, taşıyıcı duvar kaldırmamak ve boşlukların boyutlarını artırmamak yapının deprem dayanımını korumak açısından doğru bir yaklaşım olacaktır.

Bu bölümde bir yapının tasarımından ruhsatı alınana kadarki süreç, sorumlu kişiler ve kanuni yükümlülüklerden söz edilecektir.



Şekil 56. Düşey hatıl boşluğu



Şekil 57. Düşey ve yatay hatıl uygulaması



Şekil 58. Şaşırtmalı olarak örülmüş, düşeyde ve yatayda harç uygulanmış taşıyıcı duvar

YAPILARIN İNŞA SÜRECİ



Bir arsa sahibinin depreme dayanıklı yapı inşa etme süreci aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

- İmar durumuna göre mimari proje: Her türlü arsa üzerine inşa edilecek yapılarla ilgili olarak imar kanunlarıyla sınırlandırılmış kurallar vardır. Bunlar bölgeden bölgeye değişmekle birlikte, arsa üzerine bina inşa edilebilecek alan, yoldan uzaklık, bina yüksekliği, kat adedi gibi maddelerden oluşmaktadır. İmar durumuna göre bir mimar ihtiyaç doğrultusunda mimari proje hazırlar.
- Hazırlanan mimari projenin gerçekleştirilmesi için inşaat mühendisi tarafından statik ve dinamik hesapları yapılır. Bu aşamada mevcut parselde zemin etütleri gerçekleştirilerek zemin hakkında detaylı bilgiler belirlendikten sonra inşaat mühendisi tasarım aşamasına geçmektedir.
- Yapım sürecinin kontrolünün bağımsız yapı denetim firmaları tarafından gerçekleştirilmesi yasal zorunluluktur. Kullanılan malzemenin kalitesi, demir ve beton miktarının projeye uygunluğu gibi denetimleri yapmak için mal sahibinin yapı denetim firmasıyla sözleşme yapması gerekir.

Yapı denetim firması inşaatın her aşamasında kontrolleri yapmakla yükümlüdür; her kat yapımında beton numunelerini alıp test ettikten sonra, ödeme yapılabilmesi için belediyeye temasa geçer. Belediye yetkilileri, projeye uygunluğu kontrol ettikten sonra yapı denetim firmasının kontrol ücretinin ödenmesine izin verir, aksi takdirde yapı denetim firması hesaba yatan ödemeyi bankadan çekemeyecektir.

Yapım süresince belediyeden bazı izinlerin alınması gerekmektedir. İzin aşamaları şöyledir:

- İnşaata başlayabilmek için arsanın bulunduğu belediyeden inşaat ruhsatı alınır.
- İnşaata başlanıp temeller bittikten sonra, subasman kotuna gelindiğinde temel üstü ruhsatı alınır. Belediye yetkilileri tarafından binanın projede belirtilen büyüklük sınırlarında yapılıp yapılmadığı kontrol edildikten sonra diğer katların çıkabilmesi için temel üstü ruhsatı alınır.
- İnşaatın tamamlanmasının ardından, inşaat kullanımı için son bir izin daha alınması gerekir. Yapı kullanım iznini "iskân ruhsatı" belirler. Yapı denetim firmasının son kontrollerinden sonra bina sahibi ve mimarın ortak dilekçesiyle belediyeye iskân izni için başvurulur. Belediye yetkilileri son kontrolleri yaptıktan sonra, binanın ve su- elektrik gibi hizmetlerin kullanılmasına imkân tanyacak olan iskân iznini vermektedir.

Binaların Kullanım Süreci

Binalarda yapılacak tadilatlarda da tadilat projesi hazırlanarak belediyeden izin alınması gerekmektedir. Bilinçsiz yapılan bir tadilat bina güvenliğini tehdit edeceğinden, izinsiz tadilat yapılamaz.

Binanın kullanım amacının değiştirilmesi (örneğin konut olan bir yapının hastaneye dönüştürülmesi), balkonların içeri katılması gibi büyük tadilatlarda ilgili merciden izin alınması gerekmektedir.

Tarihi yapıların tadilatlarında ise belediye izninden sonra Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'ndan izin alınması, kültürel ve tarihi mekânlara yapılabilecek bilinçsiz uygulamaların önlenmesi açısından önemlidir.



Şekil 59. *Kötü örülmüş, düşeyde harç uygulanmamış taşıyıcı duvar*



Şekil 60. *İyi bir yığma duvar üretim örneği*



Şekil 61. *Taşıyıcı duvarın zaman içinde nemle bozulması*

ZORUNLU DEPREM SİGORTASI



Türkiye nüfusunun %98'i deprem bölgelerinde yer almaktadır. 1999 Kocaeli Depremi'nden sonra 27 Aralık 1999 tarihinde çıkarılan 587 Sayılı Zorunlu Deprem Sigortası'na Dair Kanun Hükmünde Kararname ile Doğal Afet Sigortaları Kurumu kurulmuştur. DASK, olası bir deprem sonucunda belediye sınırları içinde bulunan konutların sahiplerine, uğrayacakları maddi zararları telafi etmek üzere somut bir sigorta güvencesi sağlamaktadır. Bu kararnameyle deprem sigortası zorunlu kılınmıştır.

Sigorta primleri sigorta şirketleri aracılığıyla Doğal Afet Sigortaları Kurumu'na aktarılır. Sigortalanabilecek yapılar ise tapuya kayıtlı, ruhsatı olan binalar ile bu binaların içindeki bağımsız daire ve işyerleridir.

Yaşam alanı olarak inşa edilmiş binalarda bulunan işyerleri için sigorta zorunluysen, sadece işyeri olarak yapılmış binalar zorunlu sigorta kapsamında değildir. Sigorta, deprem nedeniyle yapıda gerçekleşecek hasarlara yöneliktir. Burada sigorta teminat bedeli, yalnızca binanın yeniden yapım maliyetine karşılık gelecektir; bu bedel çeşitli yapım tarzlarına göre metrekare yapım maliyetine denk düşmektedir (Daha fazla bilgi www.dask.gov.tr adresinden alınabilir).



MEVCUT YAPILARIN GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ



Binaların depreme karşı güvenliğine yönelik aşamaların birçok adımdan oluştuğu göz önüne alındığında, bu konuda oldukça detaylı araştırmalar yapılması gerektiği açıkça görülür. Bu amaçla, ülkemizde yürürlükte olan deprem yönetmeliğine “Mevcut Yapıların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi ve Güçlendirme” başlıklı yeni bir bölüm eklenmiştir. Söz konusu bölüm, yönetmeliğin diğer bölümlerinde yapılan değişiklikleri de içine alacak yeni bir yönetmelik olarak 2007 yılı Mart ayında uygulamaya girmiştir. Yeni yönetmelikte özellikle mevcut yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi için yapılması gereken işlemler ve hesaplamalar ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Bu haliyle yönetmelik, özellikle 1999 depremlerinden sonra uygulanmaya başlayan deprem güvenlik tespiti ve güçlendirme çalışmalarının belirli kurallara bağlanarak kontrol edilmesini sağlaması açısından çok önemlidir.

Bina güvenliğinin ve binaların depreme karşı performansının belirlenmesi, 2007 yılı Mart ayında yürürlüğe giren “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” çerçevesinde yapılır. Bu tarihten önce yapılan güçlendirme değerlendirme çalışmaları konusunda geçerli bir yönetmelik olmadığı için deneyimli mühendisler tarafından farklı çözümler uygulanmaktaydı.

Binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi için yapılması gereken ana işlemler aşağıda özetlenmiştir.

- Öncelikle binaların deprem güvenliğini belirleyecek uzmanlara danışılmalıdır. Bunlar üniversitelerin inşaat mühendisliği bölümleri, inşaat mühendisleri odaları ve Bayındırlık Bakanlığı sertifikalarına sahip inşaat mühendisleridir.
- Bina güvenliğinin belirlenmesinin ilk adımı, binanın projesine göre yapılıp yapılmadığının yerinde tespit edilmesidir. Taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların boyutları ve yerleşimleri projeye kontrol edildikten sonra, farklılıklar dikkate alınarak yapının mevcut durumunun projesi hazırlanır.
- Kullanılan malzemelerin projede öngörülen dayanıma sahip olup olmadığının incelenmesi için binanın belirli noktalarından alınan beton ve demir örnekleri laboratuvarlarda test edilir. Böylece mevcut malzeme kalitesi ve özellikleri belirlenmiş olur.
- Belirlenen geometri, taşıyıcı sistem ve malzeme kalitesinden yola çıkılarak, “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007” de belirtilen kurallar çerçevesinde hesaplamalar yapılır.

Tüm bilgiler ışığında elde edilen sonuçlar yine aynı yönetmelikte verilen kriterler doğrultusunda değerlendirilerek yapının deprem güvenliği konusunda bir karara varılır ve sonuçta gerek duyulması durumunda yapı uygun bir yöntem ile güçlendirilir. İleriki bölümlerde söz konusu güçlendirme uygulamasının teknik, ekonomik ve hukuksal açıdan değerlendirmelerini içeren bilgiler sunulmuştur.



GÜÇLENDİRME NEDİR ?



Güçlendirme, binaların deprem güvenliğini artırmak için yapılan mühendislik uygulamalarıdır. Bu işlemler bazen binanın tümüne, bazen de sadece taşıyıcı sistem elemanlarının bir bölümüne uygulanır. Binanın güçlendirilmesi iki nedenle gerekebilir. Bunlardan birincisi, gerçekleşmiş bir depremden kaynaklanan bir hasardan dolayı güvenliğin artırılmasına ihtiyaç duyulmasıdır. İkincisi ise, herhangi bir hasar bulunmadığı halde, binanın depreme karşı yeterince güvenli olmadığı tespit edilmesidir. Her iki durumda da, binanın deprem güvenliğinin hedeflenen düzeye yükseltilmesi için yapısal güçlendirmeye başvurulacaktır.

DEPREM GÜVENLİĞİNİN SAPTANMASI VE GÜÇLENDİRME GEREĞİ

“Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”, Mart 2007 itibariyle Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik, yeni yapılacak binalarda depreme dayanıklılığı esas alacak bir tasarım yapılmasını öngörür. Bu tasarımın ana ilkesi, yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının hafif şiddetteki depremlerde hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacıyla kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır. Burada sözü edilen “şiddetli deprem”i tanımlamak için, elli yıl içerisinde %10 olasılıkla aşılması beklenen yer hareketi seçilir. Binanın böyle bir depremde can kaybına yol açmayacak ölçüde bir hasar görmesi makul karşılanabilir.

Yeni yapılacak binalar dışında, var olanların deprem etkisi karşısındaki performansları da deprem yönetmeliğinin konularından biridir; yapıların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesinde uygulanacak hesap yöntemleri ve ilkeleri burada tanımlanmıştır. Binanın deprem performansı, gerçekleşen deprem etkisi altında oluşması beklenen hasarla ilişkilidir. Bu performans düzeyleri en düşük seviyeden başlayarak artan hasar durumlarına göre şöyle sıralanabilir:

- Hemen kullanım
- Can güvenliği
- Göçmenin önlenmesi
- Göçme durumu

Farklı olasılıklarla aşılması beklenen deprem yer hareketleri (örneğin elli yıl içerisinde %50, %10 veya %2 olasılıkla), bir başka deyişle daha az şiddetliden daha yüksek şiddetliye doğru nitelenebilecek depremler karşısında bina için hedeflenen minimum performans düzeyi de o binanın kullanım amacı ve türüne göre farklılık göstermektedir. Örneğin, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu okul, yatakhane, yurt, kışla gibi mekânlar için elli yıl içerisinde %10 olasılıkla meydana gelmesi beklenen deprem etkilerine karşı “hemen kullanım” a izin verecek minimum hasar seviyesi hedeflenir. Aynı deprem etkileri altında konut, işyeri, otel gibi binalar için ise “can güvenliği”ni esas alan orta hasar seviyesi hedeflenmektedir.

Depreme dayanıklı tasarlanmış bir binanın olası şiddetli bir depremde taşıyıcı olan ya da olmayan elemanlarında hasar beklenir. Depreme dayanıklı tasarım ilkelerine uyulmadan inşa edilmiş binalarda ise genellikle daha ağır hasarlar gerçekleşmesi kaçınılmazdır. Bu durum, güçlendirme gereğini doğurur. Öte yandan proje ve



yapım hatası nedeniyle güçlendirilmesi gereken yapılar da vardır. Bazen mimari nedenlerle ve kullanım ihtiyaçlarıyla binanın taşıyıcı sistemi değiştirilir; bu durumda güçlendirme gereği ortaya çıkabilir. Güncel deprem şartnamelerine uyum sağlanması ve/veya değişen deprem beklentileri nedeniyle de mevcut binaların güçlendirilmesi gerekebilir. Bunlar dışındaki nedenlerden bazıları ise, binanın konumu, işlevi veya tarihi önemidir.

Güçlendirmede maliyet de belirleyici unsurlardan biridir. Bu işlemin yapılabilmesi için, güçlendirme maliyetinin binanın yıkım ve yeniden yapım maliyetine oranı kabul edilebilir düzeyde olmalıdır.

Güçlendirmenin amacı, binanın deprem güvenliğini, en uygun teknik yöntemlerle, en kısa zamanda ve bina sakinlerine en az zorluk çıkararak, istenen düzeye eriştirmektir.

Güçlendirme kararının teknik olduğu kadar sosyal, ekonomik ve hukuki boyutları da vardır. Bu nedenle, bölgedeki yetkililer deprem etkisi altında risk taşıyan binalara yapılacak müdahaleye karar verirken, bütün bu boyutları dikkate almalıdır. Bu noktada verilen kararın bir ölçüde öznel olacağı da unutulmamalıdır.

Depreme karşı güçlendirme kararı verilirken, yerinde yapılan incelemeler ve testler önemlidir. Elde edilen bilgiler ışığında ve önerilen hesap yöntemleriyle binanın deprem güvenliği saptanır. Mevcut durumun istenen performans düzeyinin altında kalması durumunda, güçlendirmeye başvurulur.

Bir binanın hedeflenen performans düzeyine erişmesi için şu işlemlere başvurulur:

- Deprem etkisinde, önemli hasara neden olacak kusurların giderilmesi
- Deprem güvenliğini artırmaya yönelik yeni elemanlar eklenmesi
- Yapının ağırlığının azaltılması
- Yapı elemanları arasındaki kuvvet aktarımında sürekliliğin sağlanması

GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ



Güçlendirme yöntemleri eleman güçlendirmesi ve sistem güçlendirmesi olmak üzere ikiye ayrılır.

Güçlendirme kolon, kiriş, perde, ve bu elemanlar arasındaki birleşim bölgeleri gibi binanın mevcut taşıyıcı sistem elemanlarına uygulanır. Bazı durumlarda ise yeni taşıyıcı elemanlar eklenerek sistem güçlendirilir. Binada sadece bazı elemanlar deprem etkisine karşı dayanıksız olup, diğerleri yönetmelik koşullarına uygunsuz ve bina yeterli yanal dayanım ve şekil değiştirme kapasitesine sahipse eleman bazında güçlendirme yeterli olabilir. Bu durumda sadece, yeterince dayanıklı olmadığı saptanan elemanlar güçlendirilecektir. Öte yandan, binanın taşıyıcı sisteminde çok sayıda kusurlu eleman varsa, bina yeterli yanal dayanıma sahip değilse ve/veya yumuşak kat, zayıf kat, kısa kolon gibi önemli sistem zayıflıkları mevcutsa, daha bütünsel bir sistem iyileştirilmesi yapılarak bina depreme karşı güçlendirilmelidir.

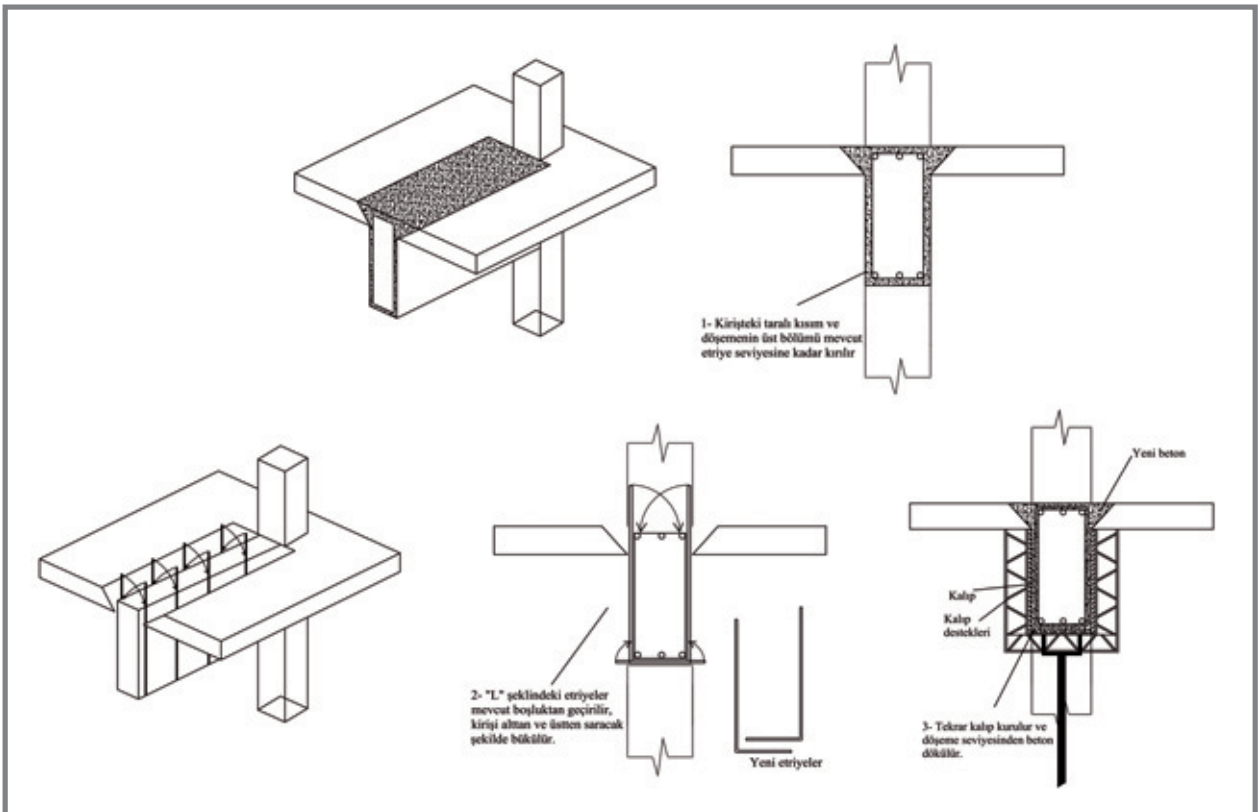
ELEMAN GÜÇLENDİRMESİ

Binanın kolon, kiriş, perde, birleşim bölgesi gibi elemanlarında dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerini artırmaya yönelik işlemler "eleman güçlendirmesi" olarak tanımlanır.

Kirişlerin Güçlendirilmesi

Betonarme kirişler, taşıma gücünün ve/veya süneklik kapasitesinin artırılması amacıyla, dıştan etriye, çelik plakalar veya çelik profiller eklenmesi, lifli polimerle sarılması ve tam veya kısmi mantolama yoluyla güçlendirilebilir.

Dıştan etriye ekleme: Kiriş mesnet bölgelerinde gerekli sayıda etriye donatıları (kiriş çevresinden saran demirler) kirişin iki yüzüne dıştan eklenerek kesme dayanımı artırılabilir (Şekil 62). Öncelikle kirişin etriye eklenecek bölümü mevcut etriye seviyesine kadar kırılır (paspayı bölgesi). Aynı şekilde döşeme üstü de eski etriye seviyesine kadar açılır. Kirişin altından yerleştirilen etriye donatıları, üstteki döşemede açılan deliklerden geçirilerek döşeme üst yüzeyinde açılan bölümün içine bükülür. Ardından etriye eklenen bölümün çevresine mevcut kiriş yüzeyi ile aynı hizada kalıp kurulur ve boşluklar döşeme hizasından betonla doldurulur.



Şekil 62. Kirişe dıştan etriye eklemesi

Çelik levha veya çelik profil takviyesi: Kirişler, alt ve yan yüzlerine çelik levhalar veya çelik profiller eklenerek güçlendirilebilir (Şekil 63). Çelik levha veya profiller ile takviye edilecek bölgeye belirli genişlikte delikler açılır. Ardından çelik levha veya profiller bu deliklere özel ankraj elemanları ile yaklaştırılıp, boşluklar epoksi ile doldurulur ve mevcut kiriş elemanı ile beraber çalışması sağlanır.



Şekil 64. Çelik profiller ile kiriş güçlendirmesi

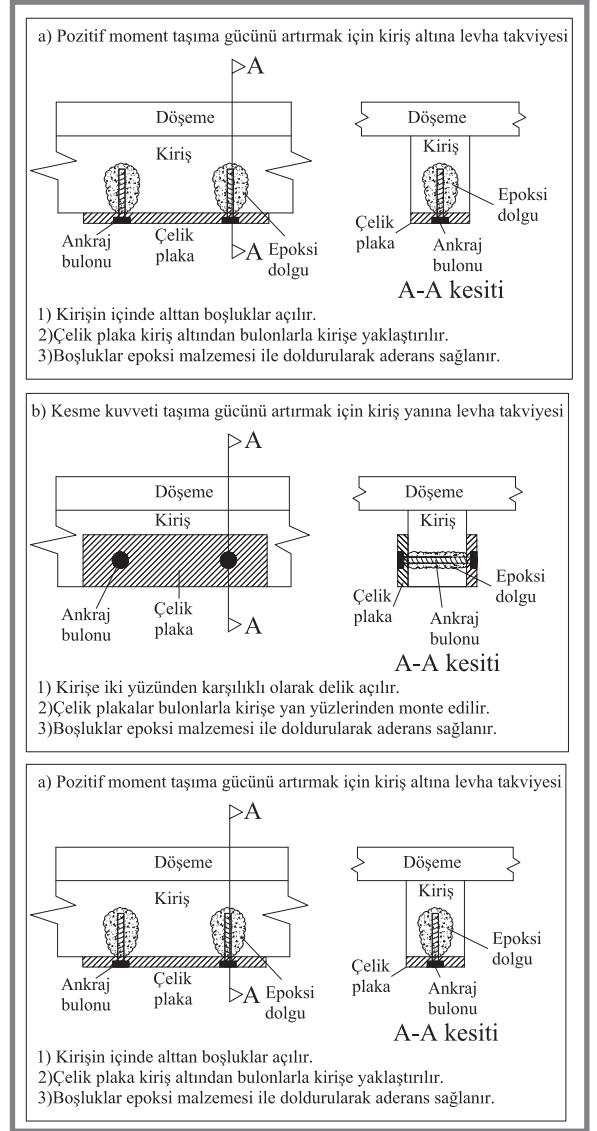
Lifli polimer sargı: Lifli polimerle sarılarak güçlendirilen kirişlerde tüm kiriş çevresinin sarılması istenen dayanım artırımı ve sünek davranış yeteneği sağlanabilir. Tüm kiriş çevresinin sarılması yerine şeritler halinde lifli polimer uygulamasında bu şeritlerin aralıkları ve bindirme boyları yönetmelikte verilen değerlere uygun olmalıdır.



Şekil 65. Çelik levhalar ile kiriş güçlendirmesi-2



Şekil 66. Lifli polimer sargılar ile kiriş güçlendirmesi



Şekil 63. Çelik levhalar ile kiriş güçlendirmesi-1

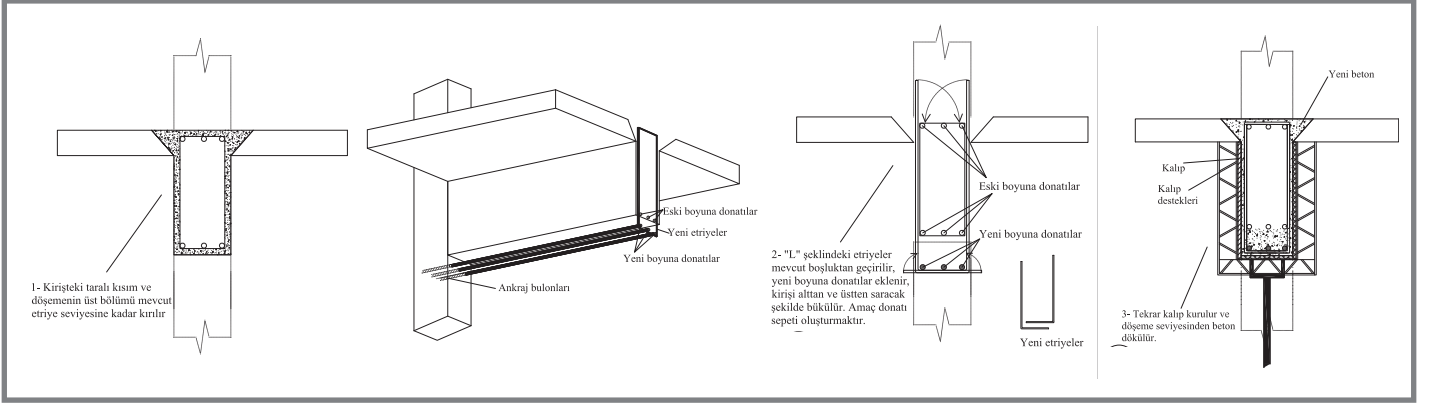
Ayrıca lifli polimer sargı ve çelik levha takviyesinin beraber uygulandığı örnekler de mevcuttur.



Şekil 67. Lifli polimer sargı ile çelik plakaların birlikte kullanılması



Mantolama: Kirişler mantolama yöntemiyle de güçlendirilebilir. Bu uygulamada ilave boyuna donatılar ve etriyeler konularak kiriş betonarme bir mantoyla sarılır (Şekil 68). Manto yapılırken yeni yerleştirilen manto donatısıyla mevcut boyuna donatı arasında bir bağ sağlanmalıdır. Bu bağ, boyuna donatılara kaynaklanan U ve Z çubuklarıyla sağlanabilir veya kolon yüzeyine eklenecek ankraj bulonlarıyla yeni boyuna donatılar kolonlara bağlanabilir.



Şekil 68. Kirişlerin mantolama yöntemiyle güçlendirilmesi



Şekil 69. Kirişin altına donatı eklenmesi



Şekil 70. Kiriş-kolon mantolama uygulaması



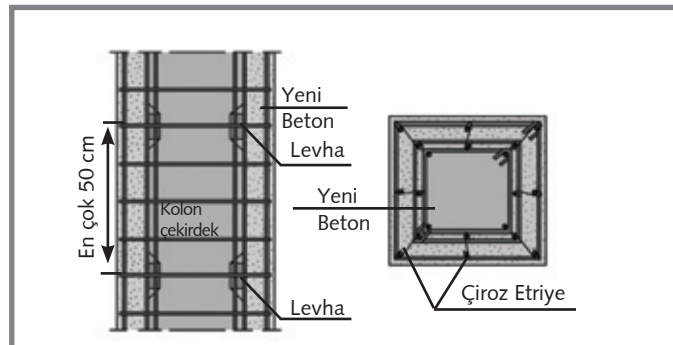
Şekil 71. Ankraj bulonları

Unutulmamalıdır ki, depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkelerine göre kolon-kiriş birleşim bölgelerinde, kolonlar daima kirişlerden güçlü olmalıdır. Bu nedenle kirişlerin güçlendirilmesi söz konusu olduğunda, kolonların da güçlendirilmesi gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır.

Kolonların Güçlendirilmesi

Betonarme kolonlar sünekliklerinin veya taşıma güçlerinin artırılması amacıyla betonarme mantolama yoluyla, çelik sargı veya lifli polimer sargıyla güçlendirilebilir.

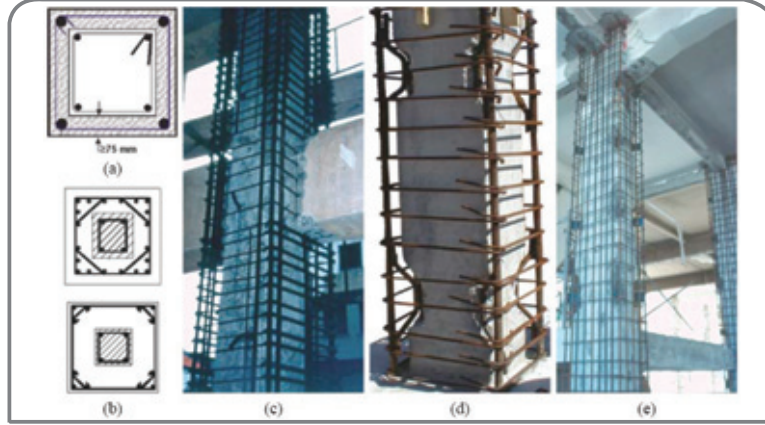
Betonarme mantolama: Betonarme mantolama, kirişlerde olduğu gibi, kolonun etrafında yeni boyuna ve enine donatılar ile kalınlığı en az 7,5 cm olmak üzere yeni bir betonarme tabaka oluşturulması işlemidir (Şekil 72).



Şekil 72. Betonarme kolon mantolama örneği

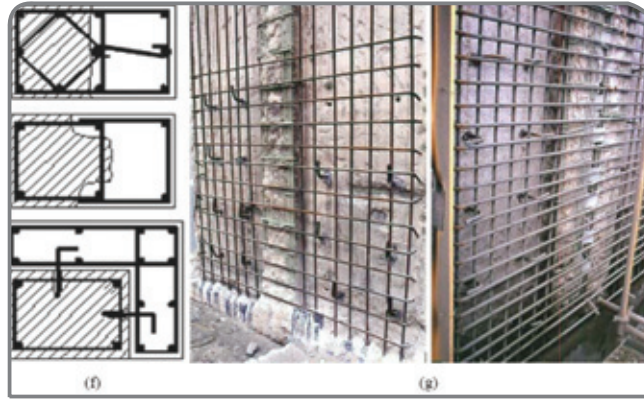


Betonarme mantolama temelden itibaren başlar ve üst kat döşemesinin altında sona erer. Bu uygulamada eski ve yeni betonun kaynaştırılması ve yeni konulan boyuna donatılarla eski donatılar arasında sağlıklı bir bağlantı yapılması önemlidir.



Şekil 73. Kolon mantolama örnekleri-1

a-Temel yöntem , **b**-İlave donatılar köşelerde toplanmış ve çirozlarla bağlanmış, **c**-donatılar köşelerde toplanmış ve ilave donatılar mevcut kolona ankraj donatılarıyla bağlanmış, **d**-Yeni ve eski köşe donatılar "U" donatılarla kaynaklanmış, **e**-Yeni ve eski köşe donatılar çelik plaklarla kaynaklanmış.



Şekil 74. Kolon mantolama örnekleri-2

f- bir veya iki taraflı mantolama uygulaması, **g**- çevre duvarların dış yüzünden iki yönlü donatılarla kesitin genişletilmesi.

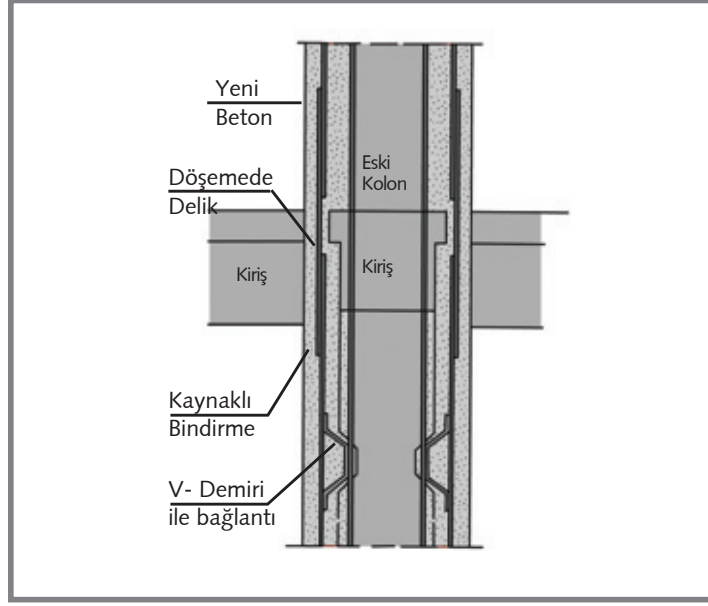


Şekil 75. Kolon mantolama örnekleri-3

Mevcut kolonun pas payı sıyrılmalı, varsa hasarlı bölümler etriyeler ve boyuna donatılarla belirlenen kolon çekirdek bölümüne kadar kazınmalı, mevcut beton basınçlı suyla yıkanarak toz ve gevşek malzemeden temizlendikten

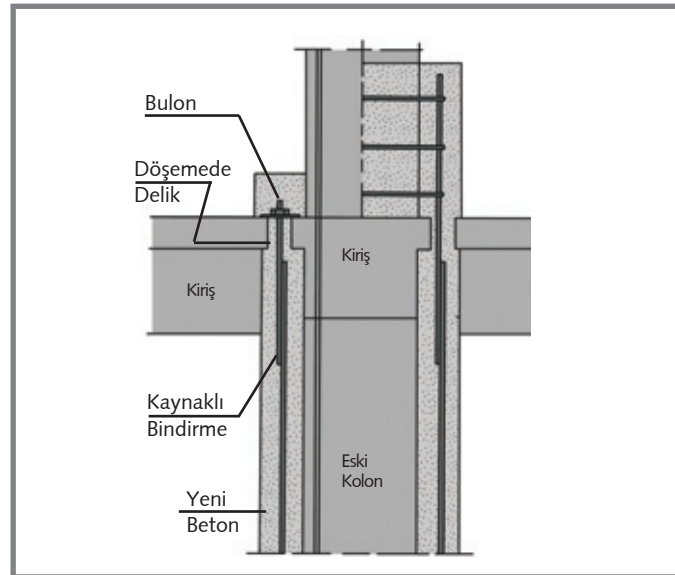


sonra beton yüzeyleri örselenerek mantolama uygulamasına başlanmalıdır. Yeni eklenen boyuna donatılar bodrum katta temel pabucunda açılacak yuvalara özel harçlı olarak yerleştirilebilir. Mantolama işleminin üst katlarda da devam etmesi durumunda donatılar kat düzeyini geçerken kullanılan bindirme ayrıntıları Şekil 76'da görülebilir.



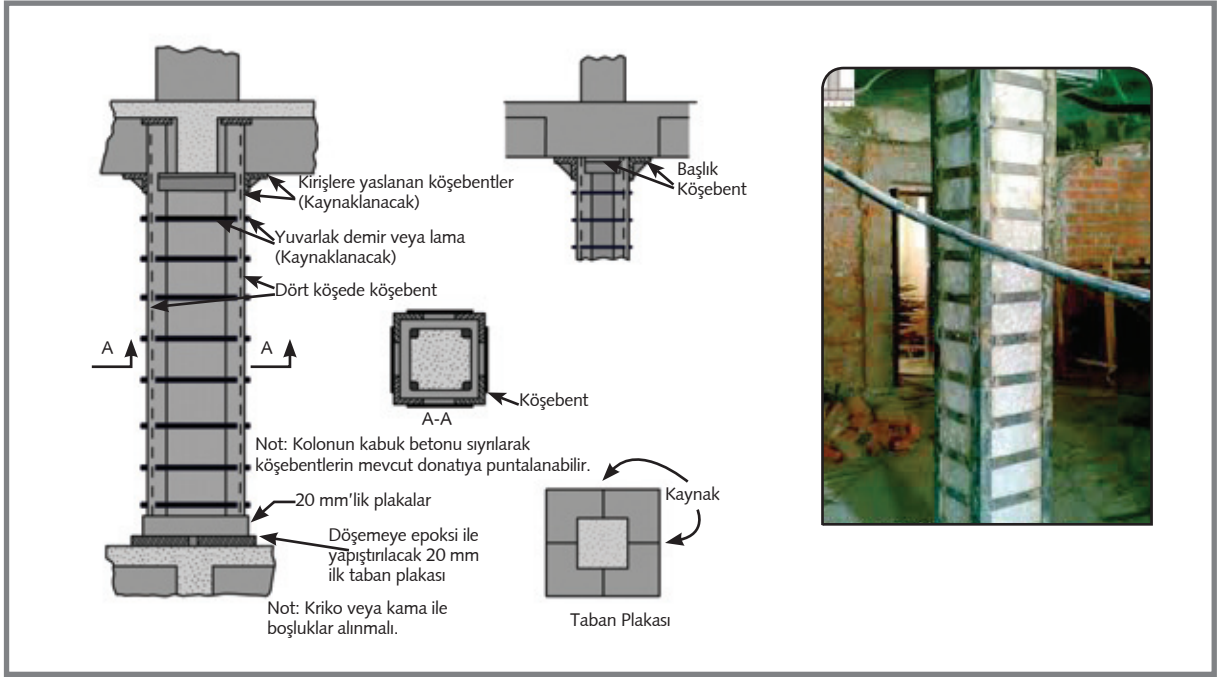
Şekil 76. Yeni eklenen boyuna donatıların düzenlenmesi.

Mantolama üst katta devam etmiyorsa kolon boyuna donatılarının üst uçlarının ankrajlanmasında Şekil 77'de gösterilen yöntem uygulanabilir. Öte yandan, yeni eklenen enine donatıların bağlanması ve beton ile boyuna donatıları sıkıca sarması gerekir. Bu sebeple, yeni konulan enine donatılar kolonun tüm yüksekliği boyunca demir çapı ve yerleştirme sıklığı açısından Deprem Yönetmeliği'nde verilen minimum koşulları sağlamalıdır. Ayrıca kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kirişler delinerek veya kirişlere ankraj konularak gerekli enine donatı sağlanmalıdır.

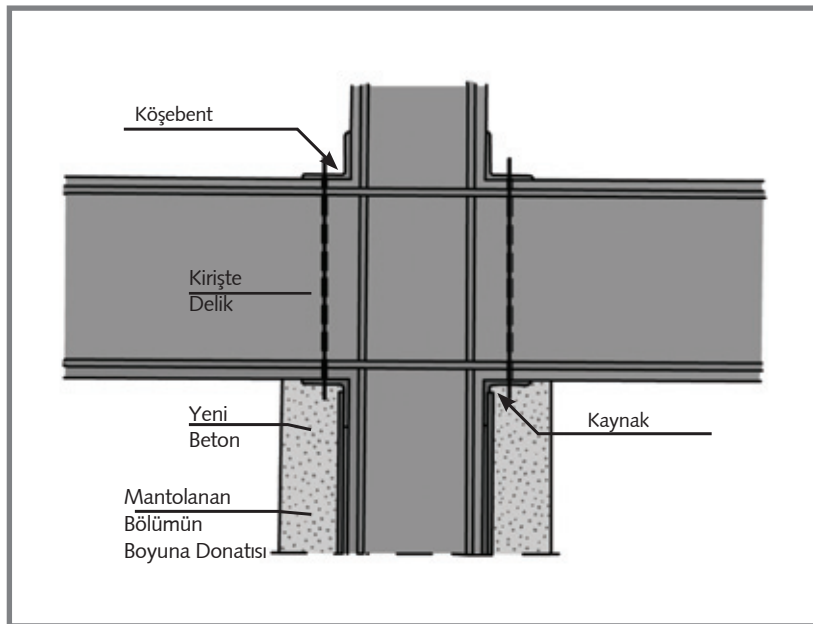


Şekil 77. Yeni eklenen boyuna donatıların ankrajlanması.

Çelik sargı: Betonarme dikdörtgen kolonlar köşelerine boyuna çelik köşebent yerleştirilerek ve bu köşebentlerin belirli aralıklarla düzenlenen yatay plakalarla kaynaklanmasıyla güçlendirilebilir (Şekil 78). Bu uygulamada köşebentler ile betonarme yüzeyler arasında boşluk kalmamalı ve yatay plakalar dört yüzeyde sürekli olmalıdır. Çelik köşebentler alt ve üst döşemeler arasında sürekli olmalı, döşemelere başlık plakaları ve bulonla ankrajlanmalıdır (Şekil 79). Yatay plakaların kalınlığı, genişliği ve aralığı ile yapılacak bulonlu bağlantıların detayları Deprem Yönetmeliği'nde verilen koşulları sağlamalıdır.



Şekil 78. Kolonun çelik sargıyla güçlendirilmesi



Şekil 79. Çelik köşebentlerin ankrajlanması



Lifli polimer sargı: Lifli polimer tabakası kolonların çevresine, lifler enine donatılara paralel olacak şekilde sarılarak ve yapıştırılarak sargılama sağlanır. Bu uygulamayla betonarme kolonların süneklik kapasitesi ve dayanımlarının artırılmasıyla boyuna donatı bindirme boyunun yetersiz olduğu durumlarda donatı kenetleme dayanımının artımı sağlanabilir.

Lifli polimer ile kolonun tüm çevresi sarılmalı ve sargı sonunda yapılacak bindirme ve kolon köşe geçişleri için Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen koşullara uyulmalıdır.



Şekil 80. Kolonda lifli polimer uygulaması



Şekil 81. Kiriş-kolon birleşim bölgesinde lifli polimer uygulaması

SİSTEM GÜÇLENDİRMESİ

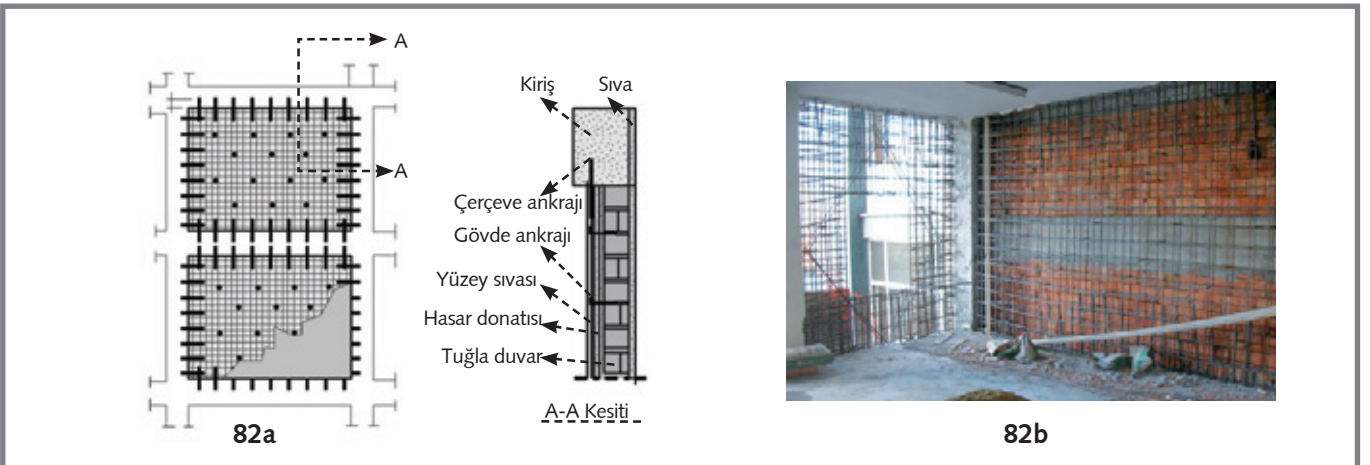
Binanın taşıyıcı sisteminin dayanım ve şekil değiştirme kapasitesinin artırılması ve iç kuvvetlerin dağılımında sürekliliği sağlamak amacıyla binaya yeni elemanlar eklenmesi "sistem güçlendirmesi" olarak tanımlanır.

Dolgu Duvarların Güçlendirilmesi

Dolgu duvarların güçlendirilmesi bodrum hariç en fazla üç katlı binalarda, temel üstünden yukarıya kadar üst üste süreklilik gösteren betonarme çerçeve içindeki dolgu duvarlara uygulanabilir. Güçlendirme hasır çelik donatıyla, lifli polimerle veya prefabrike betonarme panellerle yapılabilir.

Hasır çelik donatı: Şekil 82'de gösterildiği gibi, dolgu duvarlar hasır çelik donatıyla güçlendirilebilir. Uygulamada kullanılacak olan özel sıva tabakasının karışımı, kalınlığı, hasır donatının aralıkları, malzeme özellikleri ve yapılacak uygulamanın tasarımıyla ilgili hesap ve kontroller Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen şartları sağlamalıdır.

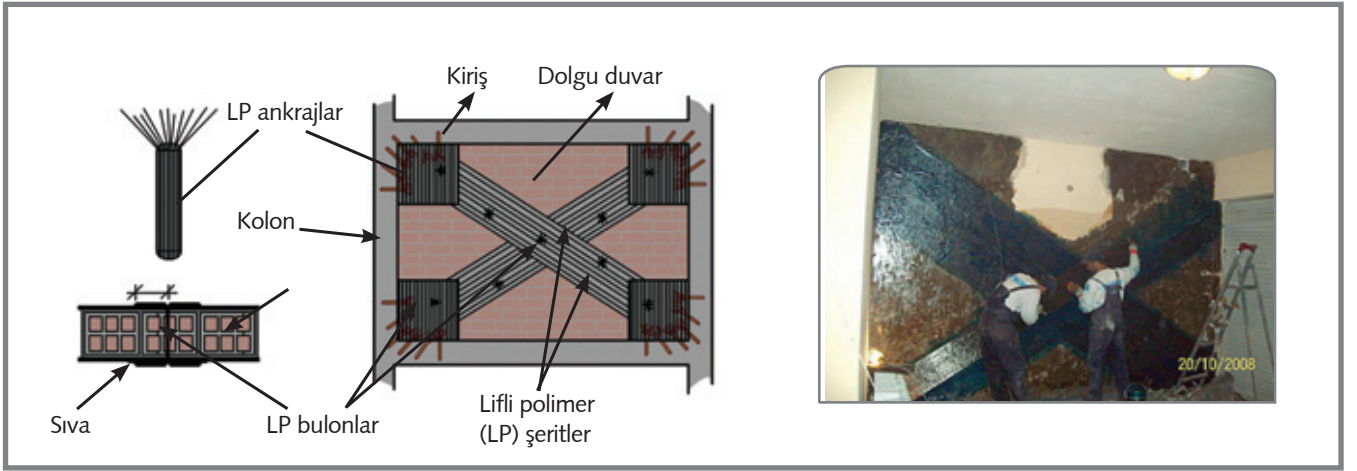
Öte yandan, güçlendirilen dolgu duvarlarda oluşan kuvvetlerin zemine güvenle aktarılması için gerekli olan temel düzenlemesi de yapılmalıdır.



Şekil 82a. Dolgu duvarın hasır çelik donatılı özel sıvayla güçlendirilmesi

Şekil 82b. Uygulama örneği (İSMEP arşivinden alınmıştır.)

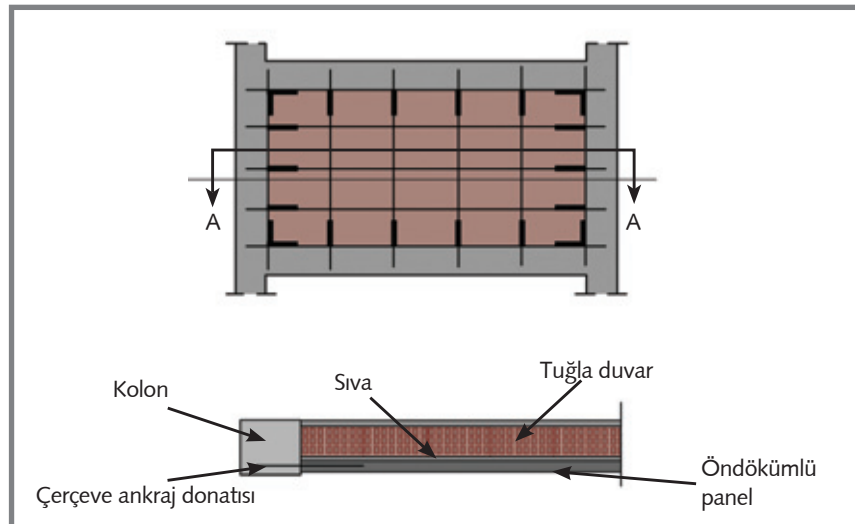
Lifli polimer: Köşegen lifli polimer uygulaması, uzunluğunun yüksekliğine oranı 0.5 ile 2 arasında olan duvarlara Şekil 83'te gösterildiği gibi yapılabilir. Lifli polimerlerin malzeme özellikleri, kalınlıkları, genişlikleri ve yapılacak uygulamanın tasarımıyla ilgili hesap ve kontroller Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen koşulları sağlamalıdır. Köşeden köşeye uygulanan lifli polimer şeritlerinin dolgu duvara ankrasmanları epoksi kullanılarak sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Güçlendirilen dolgu duvarlarında oluşan kuvvetlerin zemine güvenle aktarılması için gerekli olan temel düzenlemesi de yapılmalıdır.



Şekil 83. Dolgu duvarın lifli polimer bantlarla güçlendirilmesi

Prefabrike betonarme panel: Dolgu duvarların öndökümlü (prefabrike) panellerle güçlendirilmesinde, öndökümlü paneller mutlaka çerçeve içinde kalacak şekilde ve tam ortalanarak yerleştirilmeli, çerçeveye yük aktarımı sağlanması için ankrajlar düzenlenmelidir (Şekil 84).

Bu tür güçlendirme, uzunluğunun yüksekliğine oranı 0.5 ile 2 arasında olan duvarlara uygulanabilir. Öndökümlü beton paneller epoksi esaslı bir yapıştırıcıyla duvara tutturulmalı, panellerin malzeme özelliği, kalınlığı, üretimi ve yapılacak uygulamanın tasarımıyla ilgili hesap ve kontroller Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen koşulları sağlamalıdır.



Şekil 84. Dolgu duvarın prefabrike beton panellerle güçlendirilmesi

Taşıyıcı Sistemlerin Betonarme Perdeler ile Güçlendirilmesi

Dayanımı ve yanal rijitliği yetersiz olan betonarme taşıyıcı sistemler betonarme perdeler ile güçlendirilebilir. Burada amaç, yapıya daha çok yatay yük taşıyacak elemanlar konmasıdır. Betonarme perdeler mevcut çerçeve düzlemi içinde düzenlenebilir.



Şekil 85. Çerçeve düzlemi içinde betonarme perde eklenmesi



Şekil 86. Temelden başlayarak taşıyıcı sisteme betonarme perde eklenmesi

Bu uygulamada betonarme perdelerin herhangi bir katta kesilmesi binanın o katında gerilme birikimi ve deprem davranışının ani değişimine sebep olacağından, eklenen betonarme perdelerin binanın temelinden başlayarak en üst kata kadar aralıksız devam etmesi gerekir.

Dikkat edilmesi gereken diğer önemli nokta, betonarme perdelerin bitişik oldukları çerçeveye ankraj çubuklarıyla bağlanarak birlikte çalışmalarının sağlanmasıdır. Yeni konulan betonarme perdelerin altına, sistemde oluşan kuvvetlerin güvenle aktarılacağı temeller oluşturulmalıdır. Ankraj çubuklarının ve betonarme perde temellerinin tasarımı Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen kurallara göre yapılacaktır.

Çerçeve düzlemi içinde çelik çaprazlar eklenmesi:

Taşıyıcı çerçeveler aralarına çelik çaprazlar eklenerek güçlendirilebilirler. Kiriş-kolon birleşim bölgelerine ankre edilen çelik levhalar arasında kullanım alanının durumuna göre "V" veya "X" şeklinde çelik profiller eklenebilir.



Şekil 87. Taşıyıcı çerçevelerin çelik çaprazlarla güçlendirilmesi eklenmesi

YIĞMA BİNALARIN GÜÇLENDİRMESİ

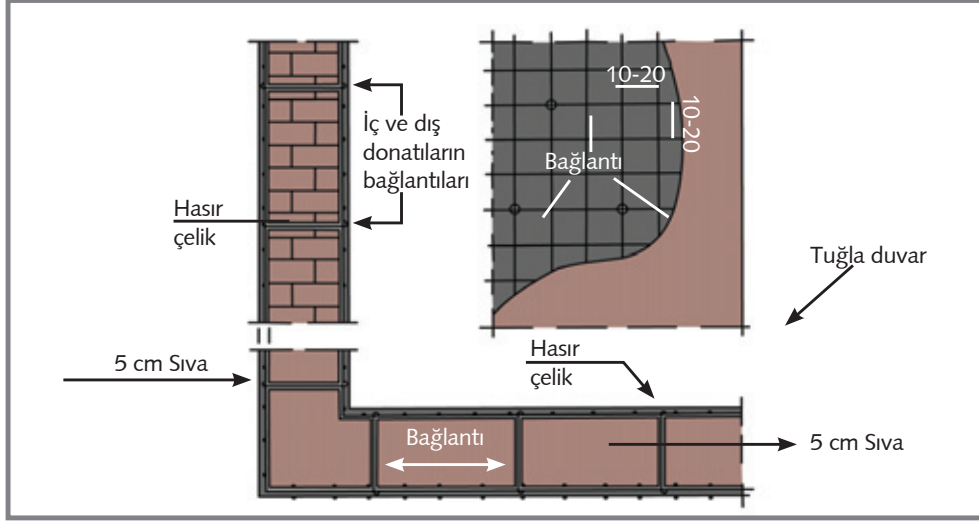
Yığma binalarda hemen tüm duvarlar taşıyıcı olduğu için, güçlendirme tümüyle duvarların yatay ve düşey yük taşıma kapasitelerinin artırılmasıyla sağlanmaktadır.

Yığma duvarlar, dolgu duvarlara benzer şekilde duvarın iç ve dış yüzlerine çelik hasır donatısı konulup üzerine özel sıva püskürtülmesi yöntemiyle güçlendirilebilir.

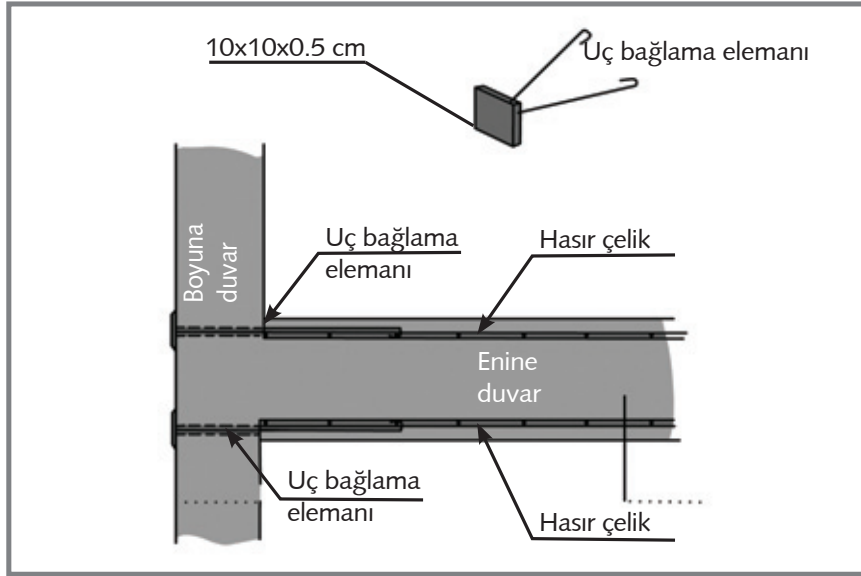
Duvarda belli aralıklarla delikler açılarak iç ve dış yüzdeki donatıların birbirine bağlanması gerekir (Şekil 89-90). Ayrıca lifli polimer uygulaması yığma duvarlar için de mümkündür.



Şekil 88. Yığma duvara hasır çelik donatı uygulaması



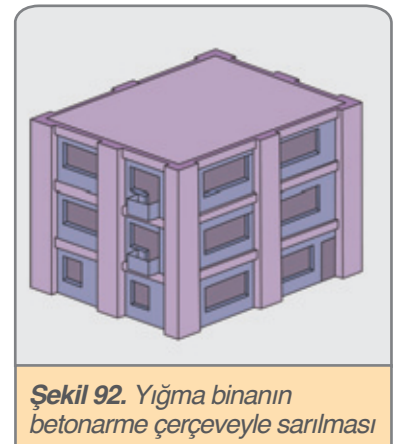
Şekil 89. Yığma duvarların hasır çelik donatılı betonla güçlendirilmesi



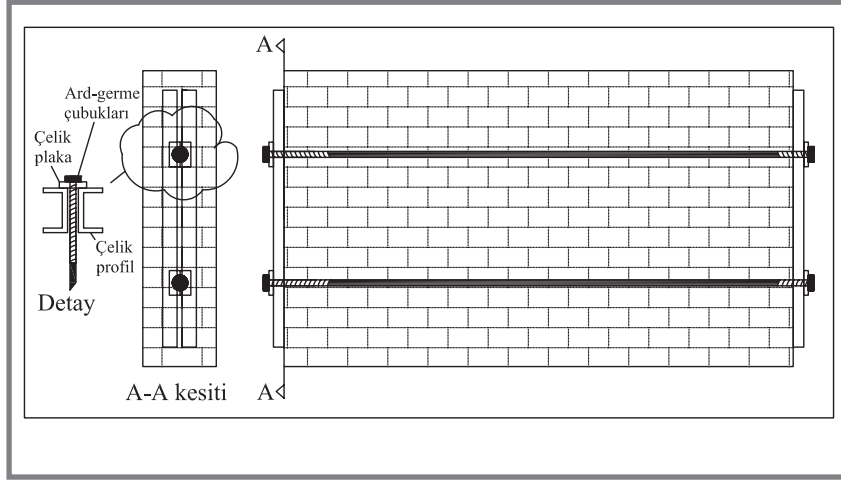
Şekil 90. Hasır çelik donatının duvara bağlanması

Yığma bina duvarları yüksek çekme dayanımına sahip ard-germeli çelik çubuklar ile üzerlerinde basınç oluşturmak yoluyla güçlendirilebilir (Şekil 91). Kalın duvarlarda kullanılacak bu yöntemde duvarların içinden düşey veya yatay delikler delinir ve ard-germe çubukları bu deliklerden geçirilerek duvarın bir ucunda kenetlenir. Sonrasında ard-germe uygulanarak duvarın diğer ucunda sıkıştırılır. Duvar malzemesinin bu basınca dayanabilmesi için kenetlenme yapılan yüzeylerde çelik profil ve çelik levhalar kullanılması gerekir. Düşey uygulama yönteminde kenetlenmeyi sağlamak için, temel alt seviyesine inilir, açılan boşluk zemin iyileştirmede kullanılan ard-germe yönteminde olduğu gibi çimento dozu yüksek beton ile ve basınçla doldurulur.

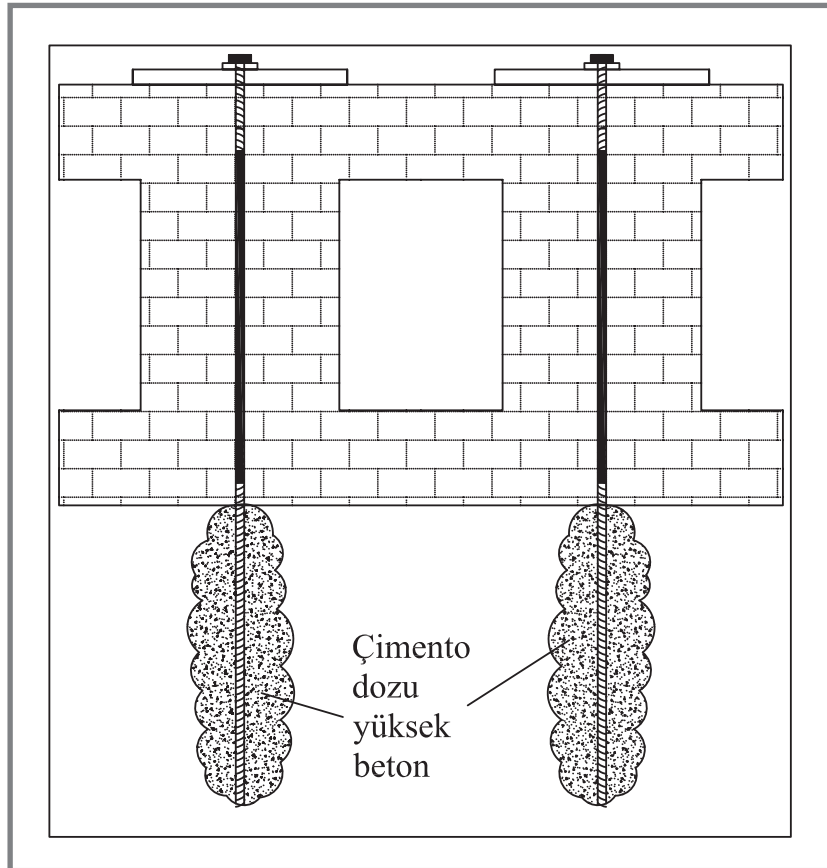
Yığma binaların tümüyle dıştan güçlendirilmesi de mümkündür. Yanda gösterildiği gibi, yığma bina dıştan bir betonarme çerçeve içine de alınabilir. Bu çerçeve sistemin binaya bir depremden gelebilecek yatay kuvvetlerin tümüne yakın bir bölümünü güvenle taşıyabilecek biçimde boyutlandırılması ve temellerin de bu koşula göre tasarlanması gerekmektedir.



Şekil 92. Yığma binanın betonarme çerçeveyle sarılması



Şekil 91a. Yığma duvarlarda yatay ard-germe uygulaması

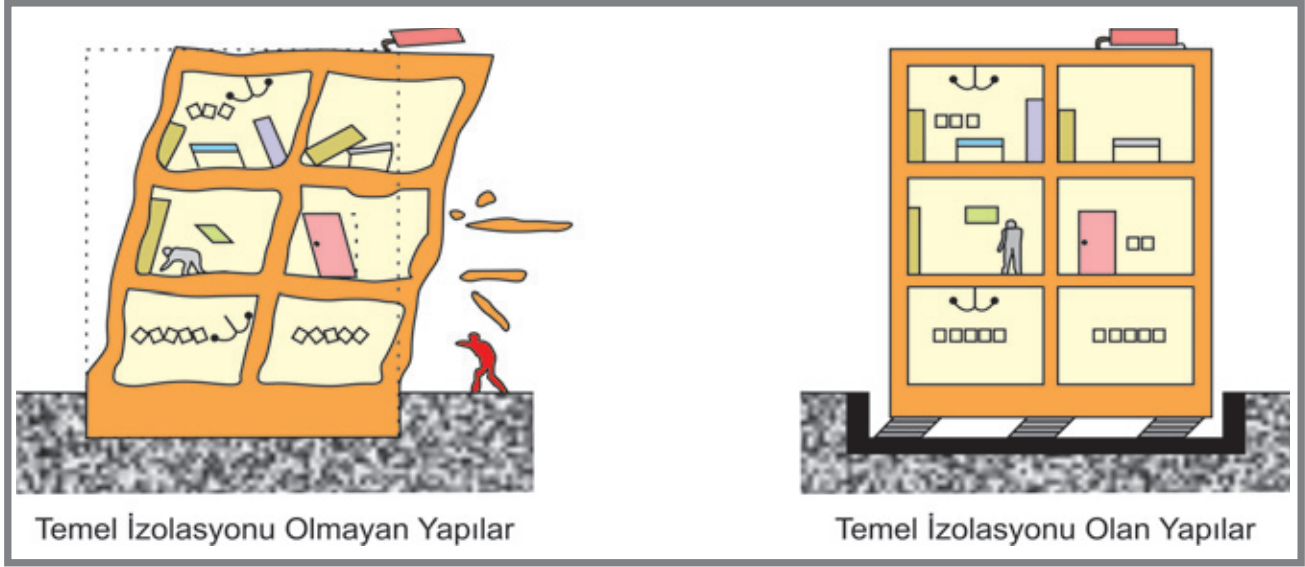


Şekil 91b. Yığma duvarlarda düşey ard-germe uygulaması

DEPREME KARŞI GÜÇLENDİRMEDE YENİ TEKNOLOJİLER



Binalara deprem sırasında etkiyen yüklerin azaltılması bir başka güçlendirme yöntemidir. Son yıllarda gelişen teknolojiye paralel olarak üretilen bazı araçlar, deprem sırasında meydana gelen titreşimleri sönmüleyerek binaların depremden daha az etkilenmesini sağlamaktadır. Genel olarak "yalıtım sistemi" şeklinde adlandırılan bu araçlar binanın temel üstü seviyesine yerleştirilerek üst yapıya deprem etkilerinin azaltılarak aktarılmasını sağlar (Şekil 93).



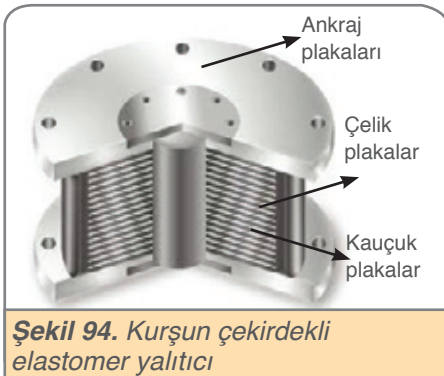
Şekil 93. Yalıtım sistemi uygulanmış bina davranışı

Yalıtım sistemleri son yıllarda ülkemizde de kullanılmaya başlanan teknolojiler arasındadır. Yalıtım sistemleri farklı geometride ve farklı malzemelerden yapılabilmektedir. Sistemin tasarımı, yani geometrisi ve malzemesi, binanın türü, büyüklüğü ve binaya etkimesi beklenen deprem kuvvetleri göz önünde bulundurularak yapılır.

Uygulamada en çok kullanılan yalıtıcı birimler, elastomer yalıtıcılar (kurşun çekirdekli, yalın, yüksek sönmümlü), düz ve eğimli yüzeyli sürtünmeli yalıtıcılar (düzlem veya küresel yüzeyli, tek veya çift taraflı kızaklı), bilya yataklı yalıtıcılar (bilyalı konik, dağınık bilyalı, çapraz doğrusal bilya yataklı) ve yay-söndürücü sistemleri (helis çelik yay, viskoz söndürücüler) olarak sıralanabilir.

Yalıtım sistemlerinin yanında, özel üretilmiş araçlar yardımıyla da binaların deprem tehlikesi azaltılmaktadır. Bunlar deprem sırasında yapıya etkiyen kuvvetlerin yaratacağı enerjinin önceden belirlenen noktalarda sönmülmesini amaçlar.

Söz konusu araçların yapının belirli noktalarına belirli şekillerde yerleştirilmesiyle, depremde meydana gelen etkilerin o noktalarda karşılanması sağlanır. Böylece yapının diğer elemanlarına deprem etkilerinin iletilmesi engellenmiş olur. Bu araçlardan bazıları hidrolik sönmüleyiciler içeren ve özel olarak tasarlanıp üretilmiş çelik çaprazlardır.



Şekil 94. Kurşun çekirdekli elastomer yalıtıcı



Şekil 95. Elastomer yalıtıcı uygulama örneği



Şekil 96. Eğimli yüzeyli sürtünmeli yalıtıcı uygulama



Şekil 97. Çelik çapraz uygulaması

GÜÇLENDİRME UYGULAMASINDA KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR

Bir binanın güçlendirilmesi aşamasında temelde teknik, hukuki ve ekonomik problemlerle karşılaşılmaktadır. Teknik problemler, tasarım aşamasında yetişmiş ve tecrübeli teknik elemanların yetersizliği, önerilen güçlendirme yönteminin uygulamasında yeterli düzeyde işgücünün olmayışı, seçilen güçlendirme yönteminde kullanılacak malzeme ve ekipmanın yetersizliği şeklinde sıralanabilir. Mevcut ekonomik kaynaklar da seçilen güçlendirme yönteminde ve diğer aşamaların gelişmesinde doğrudan etkilidir. Diğer yandan teknik ve ekonomik şartların sağlanması durumunda bile söz konusu binanın konumu, kullanım amacı ve hak sahiplerinin etkileri, güçlendirme uygulamalarının şekillenmesine, hatta gerçekleştirilmesine yol açabilir.

SIKÇA SORULAN SORULAR



Yapımında çok fazla demir kullanılmış olması, yaşadığımız binanın sağlam olduğunu gösterir mi?

Betonarme yapıların taşıyıcı elemanlarında (kolon, kiriş) demirin fazla miktarda kullanılmasından çok, yeterli miktarda ve doğru şekilde kullanılması önemlidir. Fazla miktarda demir, olması gereken yerde ve şekilde yerleştirilmediği takdirde deprem davranışı açısından yararlı değildir.

Yığma binaların depreme karşı güvenliği betonarme binalarinkinden daha mı azdır?

Hiçbir yapı türünün depreme karşı güvenliği diğer yapı türlerinininkinden üstün değildir. Gerekli kurallara uyulması durumunda her bir yapı türü depreme dayanıklıdır.

Radye temele sahip bir binada oturmak deprem güvenliği açısından en iyi seçim midir?

Önemli olan, temellerin üzerinde bulunan binanın türüne ve zemin özelliklerine uygun yapılmasıdır; bu durumda temel tiplerinin birbirlerine göre üstünlükleri söz konusu değildir.

Yumuşak zeminde yer alan binada oturmaktayım; depremde binam ağır hasar görecektir mi?

Temellerinin yapı ve zemin özellikleri dikkate alınarak yapılması durumunda, yumuşak zemine oturan binaların hasar görme olasılıkları düşüktür.

Çokkatlı binaların depremde daha fazla hasar görme tehlikesi var mıdır?

Yapıların kat sayılarının deprem güvenliğiyle ilgisi yoktur; kurallara uyulmadan inşa edilmiş yapıların kat sayıları ne olursa olsun hasar görme olasılıkları yüksektir.

Evimizdeki bazı duvarları yıkıp yer kazanmak deprem güvenliği açısından sorun yaratır mı?

Yapıların orjinal tasarımlarını çeşitli nedenlerle değiştirmek, deprem davranışlarını olumsuz yönde etkileyeceğinden uzak durulması gereken bir uygulamadır.

Yaşadığımız binada deprem güvenliğini olumsuz yönde etkileyecek uygulamalar mevcut. Bu duruma açıklık kazandırmak için ne yapmalıyım?

Deprem güvenliğine olumsuz yönde etki edecek bir uygulamanın varlığı tespit edildiğinde yapılması gereken ilk iş, binanın yetkin bir inşaat mühendisi tarafından incelenmesini sağlamaktır.

Binamızın kullanım amacını değiştirmek deprem açısından herhangi bir sorun yaratır mı?

Binaların yapım amaçları dışında kullanılması, gerek yapıya etki eden yükler, gerekse deprem sırasında yapıdan beklenen davranışın değişmesine yol açarak, deprem güvenliği açısından olumsuz bir durum yaratacaktır.



SIKÇA SORULAN SORULAR



Yaşadığım binada eski deprem yönetmeliğine göre yapılmış olması binanın ağır hasar göreceğini gösterir mi?

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de deprem yönetmelikleri gelişen ve değişen bilgi birikimi ve deneyimine paralel olarak güncellenmektedir. Depreme dayanıklı yapı tasarımında, binanın beklenen deprem etkileri altında öngörülen düzeyde performans göstermesi hedeflenmektedir. Önceki yönetmeliklere göre tasarlanmış bir binada hiç hasar oluşmayabileceği gibi, çeşitli düzeylerde hasar oluşumu da beklenebilir.

Binamızın depreme dayanıklı olarak tasarlandığı söyleniyor. Bu, bir depremde binamızda hiç hasar olmayacağı anlamına mı gelir?

Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen ilkelere göre tasarlanmış bir binada şiddetli bir deprem etkisi altında can kaybına yol açmayacak derecede hasar beklenebilir.

Evimin depreme dayanıklı olup olmadığını nasıl anlarım? Bu konuda en doğru yardımı kimden alabilirim?

Bir binanın deprem etkileri altında göstereceği performans, bu konuda uzman inşaat veya deprem mühendisi kontrolünde gerçekleştirilecek detaylı analizler sonucunda belirlenebilir. Bu işlemler, yerinde görsel, inceleme, malzeme testleri ve sonrasında binanın matematiksel modelinin oluşturulmasına dayanır.

Binamızı depreme karşı güçlendirdikten sonra, büyük bir depremde binada hiç hasar olmamasını bekleyebilir miyim?

Depreme dayanıklı yapı tasarımına benzer şekilde, bir binanın depreme karşı güçlendirilmesinden sonra da can kaybına sebebiyet vermeyecek derecede hasar beklenebilir. Öte yandan, depremden sonra binanın kullanım performans düzeyi minimum hasar hedeflenerek güçlendirilebilir. Ancak bu durumda artan maliyet ve önerilecek güçlendirme çözümünün teknik açıdan uygulanabilirliği göz önünde bulundurulmalıdır.

Yapılan çalışmalar sonucunda, beklenen büyük depremde İstanbul'da kaç binanın yıkılacağını, kaç tanesinin hasar göreceğini gazetelerden okuyorum. Bunlar biliniyorsa, binalar neden tek tek açıklanmıyor?

Söz konusu çalışmalar İstanbul'daki genel bina envanterini değerlendirmeye yönelik ve olası bir depremde ortaya çıkacak hasarın boyutları hakkında ilgili kurum ve kuruluşları bilgilendirme amaçlıdır. Bu çalışmalarda tüm binalar tek tek, detaylı bir şekilde deprem performanslarını belirlemeye yönelik olarak analiz edilmemiştir.

KAYNAKLAR



Bayülke, N., Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, 1995.

Betonarme Binaların Onarım ve Güçlendirilmesi (kurs notları), TÜBİTAK, İMO, 1999.

B. Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Afete Hazırlık Eğitim Birimi, Depreme Karşı Yapısal Bilinç El Kitabı, 2005.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, 2007.

Depreme Dayanıklı Binalar İçin Yapı Ustalarına Temel Bilgiler, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, 2000.

Deprem Yalıtımı Şartnamesi (Deprem İzolasyon Derneği adına hazırlanmış taslak şartname), Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 2008.

"Earthquake Tips, Learning Earthquake Design and Construction", Building Material and Technology Promotion Council, Ministry of Urban Development & Poverty Ellevation, Government of India, New Delhi, 2005.

Erdik, M., Tüzün, C., Hancılar, U., Selçuk, M. E., Depreme Karşı Yapısal Güçlendirme, İSMEP, İstanbul, 2009.

Erdik, M., Tüzün, C., Hancılar, U., Selçuk, M. E., Depreme Karşı Yapısal Risklerin Azaltılması, İSMEP, İstanbul, 2009.

Erdik, M., Report on 1999 Kocaeli and Düzce (Turkey) Earthquakes, Department of Earthquake Engineering, İstanbul, 2000.

Fardis, M. N., Seismic Design, Assessment and Retrofitting of Concrete Buildings, Springer, 2009.

T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, www.afetacil.gov.tr



NOTLAR



A series of horizontal dashed lines spanning the width of the page, intended for writing notes.

NOTLAR



A series of horizontal dashed lines spanning the width of the page, intended for writing notes.



T.C. BAŞBAKANLIK
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
www.afetacil.gov.tr