

BÖLÜM 7 – MEVCUT BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ

7.0. SİMGELER

Bu bölümde aşağıdaki simgelerin kullanıldığı boyutlu ifadelerde, kuvvetler *Newton* [N], uzunluklar *milimetre* [mm] ve gerilmeler *MegaPascal* [MPa] = [N/mm²] birimindedir.

| | | |
|----------------|---|---|
| A_c | = | Kolon veya perdenin brüt kesit alanı |
| $a_1^{(i)}$ | = | (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme |
| b | = | Çelik sargıda yatay plakaların genişliği |
| b_w | = | Kirişin gövde genişliği |
| d | = | Kirişin ve kolonun faydalı yüksekliği |
| $d_1^{(i)}$ | = | (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yerdeğiştirme |
| $d_1^{(p)}$ | = | Birinci moda ait modal yerdeğiştirme istemi |
| $(EI)_e$ | = | Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği |
| $(EI)_o$ | = | Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği |
| f_{cm} | = | 7.2'ye göre tanımlanan mevcut beton dayanımı |
| f_{ctm} | = | 7.2'ye göre tanımlanan mevcut betonun çekme dayanımı |
| f_{yw} | = | Çelik sargıda çeliğin akma dayanımı |
| H_w | = | Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği |
| h | = | Çalışan doğrultudaki kesit boyutu |
| h_{duvar} | = | Dolgu duvarının yüksekliği |
| h_{ji} | = | i'inci katta j'inci kolon veya perdenin kat yüksekliği |
| h_k | = | Kolon boyu |
| L_p | = | Plastik mafsalsal boyu |
| ℓ_{duvar} | = | Dolgu duvarının uzunluğu |
| ℓ_w | = | Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu |
| M_{x1} | = | x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hakim) moda ait etkin kütle |
| N_D | = | Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan aksenal kuvvet |
| N_K | = | 7.2'ye göre tanımlanan mevcut malzeme dayanımları ile hesaplanan moment kapasitesine karşı gelen aksenal kuvvet (Bkz. Bilgilendirme Eki 7A) |

| | |
|-----------------|--|
| R_a | = Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı |
| r | = Etki/kapasite oranı |
| r_s | = Etki/kapasite oranının sınır değeri |
| s | = Çelik sargıda yatay plakaların aralığı |
| S_{di1} | = Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yerdeğıştirme |
| t_j | = Çelik sargıda yatay plakaların kalınlığı |
| $u_{xN1}^{(i)}$ | = Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğıştirme |
| $u_{xN1}^{(p)}$ | = Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda tepe yerdeğıştirme istemi |
| V_e | = Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti |
| V_j | = Çelik sargı ile sağlanan ek kesme dayanımı |
| V_r | = Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı |
| $V_{x1}^{(i)}$ | = x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda (hakim moda) ait taban kesme kuvveti |
| ϵ_{cg} | = Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değıştirmesi |
| ϵ_{cu} | = Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değıştirmesi |
| ϵ_s | = Donatı çeliğı birim şekil değıştirmesi |
| ϕ_p | = Plastik eğrilik istemi |
| ϕ_t | = Toplam eğrilik istemi |
| ϕ_y | = Eşdeğer akma eğriliğı |
| Φ_{xN1} | = Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliğı |
| Γ_{x1} | = x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı |
| η_{bi} | = i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliğı Katsayısı |
| λ | = Eşdeğer Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı |
| θ_p | = Plastik dönme istemi |
| ρ | = Çekme donatısı oranı |
| ρ_b | = Dengeli donatı oranı |
| ρ_s | = Kesitte mevcut bulunan ve 3.2.8'e göre “ <i>özel deprem etriyeleri ve çirozları</i> ” olarak düzenlenmiş enine donatının hacımsal oranı |
| ρ_{sm} | = 3.3.4 , 3.4.4 veya 3.6.5.2'ye göre kesitte bulunması gereken enine donatının hacımsal oranı |
| ρ' | = Basınç donatısı oranı |
| w_f | = Lifli polimer şeritinin genişliğı |

7.1. KAPSAM

7.1.1 – Deprem bölgelerinde bulunan mevcut ve güçlendirilecek tüm binaların ve bina türü yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları, güçlendirme kararlarında esas alınacak ilkeler ve güçlendirilmesine karar verilen binaların güçlendirme tasarımı ilkeleri bu bölümde tanımlanmıştır.

7.1.2 – Bu kısımda verilen hesap yöntemleri ve değerlendirme esasları çelik ve yığma yapılar için geçerli değildir. Ancak mevcut çelik ve yığma binaların bilgileri bu bölüme göre toplanacaktır. Mevcut ve güçlendirilen çelik binaların hesabı ve değerlendirilmesi **Bölüm 2** ve **Bölüm 4**'de yeni yapılacak yapılar için tanımlanan esaslar çerçevesinde yapılacaktır. Mevcut ve güçlendirilen yığma binaların hesabı ve değerlendirilmesi ise **Bölüm 5**'deki esaslar çerçevesinde yapılacaktır.

7.1.3 – Mevcut prefabrike betonarme binalar, yeni yapılar için **Bölüm 2** ve **Bölüm 3**'de verilen kurallara göre değerlendirilebilir veya bu binaların performanslarının belirlenmesinde **7.6** kullanılabilir. Ancak birleşim bölgelerinin değerlendirilmesinde **3.12**'deki kurallar geçerli olacaktır.

7.1.4 – Bu bölümde verilen kurallar, **2.12**'de belirtilen bina türünde olmayan yapılar için geçerli değildir. Ayrıca tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapıların ve anıtların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi bu Yönetmelik kapsamı dışındadır.

7.1.5 – Binada hasara neden olan bir deprem sonrasında hasarlı binanın deprem performansı bu bölümde verilen yöntemlerle belirlenemez.

7.1.6 – Binada hasara neden olan bir deprem sonrasında hasarlı binanın güçlendirilmesi ve daha sonra güçlendirilmiş binanın deprem performansının belirlenmesi için bu bölümde verilen esaslar uygulanacaktır. Hasarlı binanın güçlendirilmesinde mevcut elemanların dayanım ve rijitliklerinin hangi ölçüde göz önüne alınacağına projeden sorumlu inşaat mühendisi karar verecektir.

7.2. BİNALARDAN BİLGİ TOPLANMASI

7.2.1. Binalardan Toplanacak Bilginin Kapsamı

7.2.1.1 – Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilecektir.

7.2.1.2 – Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler, yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin saptanması, varsa mevcut hasarın ve evvelce yapılmış olan değişiklik ve/veya onarımların belirlenmesi, eleman boyutlarının ölçülmesi, malzeme özelliklerinin saptanması, sahada derlenen tüm bu bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür.

7.2.1.3 – Binalardan bilgi toplanması kapsamında tanımlanan inceleme, veri toplama, derleme, değerlendirme, malzeme örneği alma ve deney yapma işlemleri inşaat mühendislerinin sorumluluğu altında yapılacaktır.

7.2.2. Bilgi Düzeyleri

Binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre, her bina türü için bilgi düzeyi ve buna bağlı olarak **7.2.16**'da belirtilen bilgi düzeyi katsayıları tanımlanacaktır. Bilgi düzeyleri sırasıyla *sınırlı*, *orta* ve *kapsamlı* olarak sınıflandırılacaktır. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacaktır.

7.2.2.1 – *Sınırlı bilgi düzeyi*'nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir. Sınırlı bilgi düzeyi **Tablo 7.7**'de tanımlanan “*Deprem Sonrası Hemen Kullanımı Gereken Binalar*” ile “*İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar*” için uygulanamaz.

7.2.2.2 – *Orta bilgi düzeyi*'nde eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer mevcut ise sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri doğrulanır.

7.2.2.3 – *Kapsamlı bilgi düzeyi*'nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla yeterli düzeyde ölçümler yapılır.

7.2.3. Mevcut Malzeme Dayanımı

Taşıyıcı elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacak malzeme dayanımları Yönetmeliğin bu bölümünde *mevcut malzeme dayanımı* olarak tanımlanır.

7.2.4. Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

7.2.4.1 – *Bina Geometrisi*: Saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölevesi çıkarılacaktır. Mimari projeler mevcut ise, röleve çalışmalarına yardımcı olarak kullanılır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, eksen açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir ve binanın hesap modelinin oluşturulması için yeterli olmalıdır. Temel sistemi bina içinde veya

dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir.

7.2.4.2 – Eleman Detayları: Betonarme projeler veya uygulama çizimleri mevcut değildir. Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır. Bu varsayımın doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az birer adet olmak üzere perde ve kolonların %10'unun ve kirişlerin %5'inin pas payları sıyrılarak donatı ve donatı bindirme boyu tespiti yapılacaktır. Sıyırma işlemi kolonların ve kirişlerin uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümde yapılmalı, ancak donatı bindirme boyunun tespiti amacıyla en az üç kolonda bindirme bölgelerinde yapılmalıdır. Sıyrılan yüzeyler daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılacaktır. Ayrıca pas payısızrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Donatı tespiti yapılan betonarme kolon ve kirişlerde bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden *donatı gerçekleşme katsayısı* kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

7.2.4.3 – Malzeme Özellikleri: Her katta kolonlardan veya perdelerden TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde en az iki adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılacak ve örneklerden elde edilen en düşük basınç dayanımı *mevcut beton dayanımı* olarak alınacaktır. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik akma dayanımı *mevcut çelik dayanımı* olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

7.2.5. Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi

7.2.5.1 – Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projesine uygunluğu kontrol edilir. Proje yoksa, saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölevesi çıkarılacaktır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.

7.2.5.2 – Eleman Detayları: Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değil ise **7.2.4.2'**deki koşullar geçerlidir, ancak pas payları sıyrılarak donatı kontrolü yapılacak perde, kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az ikişer adet olmak üzere o kattaki toplam kolon sayısının %20'sinden ve kiriş sayısının %10'undan az olmayacaktır. Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut ise donatı kontrolü için **7.2.4.2'**de belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payısırıılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatıtespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden *donatı gerçekleştirme katsayısı* kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

7.2.5.3 – Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 400 m²'den bir adet beton örneği (karot) TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri *mevcut beton dayanımı* olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik dayanımı eleman kapasite hesaplarında *mevcut çelik dayanımı* olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

7.2.6. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

7.2.6.1 – Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcuttur. Binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projelere uygunluğu kontrol edilir. Projeler ölçümler ile önemli farklılıklar gösteriyor ise proje yok sayılacak ve bina orta bilgi düzeyine uygun olarak incelenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Komşu binalarla ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanmasıiçin gerekli ayrıntıları içermelidir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.

7.2.6.2 – Eleman Detayları: Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için **7.2.5.2'**de belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların

% 20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden *donatı gerçekleştirme katsayısı* kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

7.2.6.3 – Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 200 m²'den bir adet beton örneği (karot) TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında, örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri *mevcut beton dayanımı* olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sınırlanmış yüzeylerde yapılan inceleme ile tespit edilecek, her sınıftaki çelik için (S220, S420, vb.) birer adet örnek alınarak deney yapılacak, çeliğin akma ve kopma dayanımları ve şekil değiştirme özellikleri belirlenerek projeye uygunluğu saptanacaktır. Projesine uygun ise, eleman kapasite hesaplarında projede kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı *mevcut çelik dayanımı* olarak alınacaktır. Uygun değil ise, en az üç adet örnek daha alınarak deney yapılacak, elde edilen en elverişsiz değer eleman kapasite hesaplarında *mevcut çelik dayanımı* olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

7.2.7. Çelik Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

Çelik binalarda sınırlı bilgi düzeyi geçerli değildir.

7.2.8. Çelik Binalarda Orta Bilgi Düzeyi

7.2.8.1 – Bina Geometrisi: 7.2.5.1'de verilen koşullar aynen geçerlidir. Sadece *betonarme*'nin yerini *çelik* alacaktır.

7.2.8.2 – Eleman Detayları: Çelik projeleri veya imalat çizimleri mevcut değil ise, her kattaki çelik veya diğer tür elemanların (kolon, kiriş, birleşim, çapraz, döşeme) tümünün boyut kontrolü yapılacak, kaynak özellikleri ve birleşim detayları ayrıntılı olarak çıkartılacaktır. Uygulama projeleri veya imalat çizimleri mevcut ise, yukarıda belirtilen elemanların %20'sinin hassas boyut kontrolü yapılacaktır.

7.2.8.3 – Malzeme Özellikleri: Çelik projeleri mevcut değil ise, her çelik yapı elemanı türünden bir örnek kesilerek deney yapılacak, dayanım ve şekil değiştirme özellikleri belirlenecektir. Aynı şekilde binadan bir kaynak örneği kesilerek çıkartılacak ve deney yapılacaktır. Çıkartılan örneklerin yerleri doldurularak onarılacaktır. Bulonlu birleşimler için ise bir civata örneği alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında, deneylerden elde edilen ortalama dayanımlar *mevcut çelik dayanımı* olarak alınacaktır. Çelik projeleri mevcut ise, projede öngörülen karakteristik dayanımlar *mevcut çelik dayanımı* olarak alınacaktır.

7.2.9. Çelik Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

7.2.9.1 – Bina Geometrisi: 7.2.6.1’de verilen koşullar aynen geçerlidir. Sadece *betonarme*’nin yerini *çelik* alacaktır.

7.2.9.2 – Eleman Detayları: Binanın çelik detay projeleri mevcuttur. Projelerde belirtilen eleman boyutları ve birleşim detayları, binadaki her eleman ve birleşim türünün toplam sayısının en az %20’sinde kontrol edilerek doğrulanacaktır.

7.2.9.3 – Malzeme Özellikleri: Projede belirtilen çelik sınıfı, en az bir çelik elemandan örnek kesilerek ve deney yapılarak kontrol edilecektir. Aynı şekilde projede bulunan bir kaynaklı birleşimden örnek kesilerek çıkartılacak ve deney yapılarak dayanımının projeye uygunluğu kontrol edilecektir. Çıkartılan örneklerin yerleri doldurularak onarılacaktır. Bulonlu birleşimler için ise bir civata örneği alınarak deney yapılacaktır. Eğer proje ile uygunluk doğrulanırsa, eleman kapasitelerinin hesaplanmasında projede öngörülen karakteristik dayanımlar *mevcut çelik dayanımı* olarak alınacaktır. Eğer proje ile uygunluk sağlanamazsa, en az üçer adet örnek ve kaynak örneği alınarak deney yapılacak, elde edilen en elverişsiz değerler eleman kapasite hesaplarında *mevcut çelik dayanımı* olarak alınacaktır.

7.2.10. Prefabrike Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

Prefabrike binalar için sınırlı bilgi düzeyi geçerli değildir.

7.2.11. Prefabrike Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi

Bina geometrisi için 7.2.5.1’deki koşullar geçerlidir. Sadece *betonarme*’nin yerini *prefabrike betonarme* alacaktır. Eleman detayları için 7.2.8.2’deki koşullar geçerlidir, ancak bu maddedeki *çelik* yerine *prefabrike betonarme* kullanılacaktır. Malzeme özelliklerinin tespitinde 7.2.5.3’deki koşullar geçerli olmakla birlikte, beton için alınacak malzeme örneği sayısı her katta toplam üçten az olmamak ve tüm binada toplam 9’dan az olmamak koşuluyla yarıya indirilecektir.

7.2.12. Prefabrike Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

Bina geometrisi için 7.2.6.1’de verilen koşullar geçerlidir. Eleman detayları için 7.2.9.2’de verilen koşullar geçerlidir. Sadece ilgili maddelerde *çelik* yerine *prefabrike betonarme* kullanılacaktır. Beton basınç dayanımı için her 500 m² alandan en az bir adet örnek (karot) alınarak deney yapılacaktır. Binadan alınan toplam karot sayısı en az 9 olacaktır. Elemanların kapasite hesaplarında, deneylerden elde edilen ortalama beton basınç dayanımı ile projede belirtilen beton basınç dayanımından küçük olanı *mevcut beton dayanımı* olarak alınacaktır. Elemanların kapasite hesabında kullanılacak donatı dayanımları, projede belirtilen çelik sınıfının karakteristik dayanımları olacaktır.

7.2.13. Yığma Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

7.2.13.1 – Bina Geometrisi: Mimari projeler mevcut ise, binada yapılacak görsel inceleme ile mevcut geometrinin projeye uygunluğu tespit edilecektir. Mimari proje yoksa binanın sistem rölevesi çıkarılacaktır. Elde edilen bilgiler yığma duvarların her kattaki yerini, uzunluklarını, kalınlıklarını, boşluklarını ve kat yüksekliklerini içermelidir. Temel sistemi bina dışından açılacak bir inceleme çukuru ile gözlenecek ve belirlenecektir.

7.2.13.2 – Detaylar: Çatının ve döşemenin türü, duvarlarla bağlantı şekilleri, hatıl ve lentoların durumu görsel olarak tespit edilecektir.

7.2.13.3 – Malzeme Özellikleri: Duvar malzemelerinin türü, duvar yüzeyinin bir bölümünün sıvası kaldırılarak gözle tespit edilecektir. Bina dayanımı hesaplarında, **Bölüm 5**’de her duvar türü için verilen duvar kesme dayanımları esas alınacaktır.

7.2.14. Yığma Binalarda Orta Bilgi Düzeyi

Sınırlı bilgi düzeyine ek olarak duvar bağlantıları ve duvarların stabilitesi tahrik edilecektir.

7.2.15. Yığma Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

Orta bilgi düzeyine ek olarak duvar malzemesi özelliklerinin belirlenmesi için binadan en az 3 adet duvar parçası örneği alınacak ve **Bölüm 5**’e göre yapılacak hesaplarda bu örneklerin deneylerinden elde edilecek ortalama özellikler kullanılacaktır.

7.2.16. Bilgi Düzeyi Katsayıları

(a) İncelenen binalardan edinilen bilgi düzeylerine göre, eleman kapasitelerine uygulanacak *Bilgi Düzeyi Katsayıları* **Tablo 7.1**’de verilmektedir.

7.3.3. Kesit ve Eleman Hasarlarının Tanımlanması

7.5 veya 7.6'da tanımlanan yöntemlerle hesaplanan iç kuvvetlerin ve/veya şekil değiştirmelerin, 7.3.1'deki kesit hasar sınırlarına karşı gelmek üzere tanımlanan sayısal değerler ile karşılaştırılması sonucunda, kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilecektir. Eleman hasarı, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenecektir.

7.4. DEPREM HESABINA İLİŞKİN GENEL İLKE VE KURALLAR

7.4.1 – Yönetmeliğin bu bölümüne göre deprem hesabının amacı, mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlemektir. Bu amaçla 7.5'de tanımlanan *doğrusal elastik* veya 7.6'da tanımlanan *doğrusal elastik olmayan* hesap yöntemleri kullanılabilir. Ancak, teorik olarak farklı yaklaşımları esas alan bu yöntemlerle yapılacak performans değerlendirmelerinin birebir aynı sonucu vermesi beklenmemelidir. Aşağıda tanımlanan genel ilke ve kurallar her iki türdeki yöntemler için de geçerlidir.

7.4.2 – Deprem etkisinin tanımında, 2.4'de verilen elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde 7.8'e göre yapılan değişiklikler gözönüne alınacaktır. Deprem hesabında 2.4.2'de tanımlanan Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır ($I = 1.0$).

7.4.3 – Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Hareketli düşey yükler, 7.4.7'ye göre deprem hesabında gözönüne alınan kütleler ile uyumlu olacak şekilde tanımlanacaktır.

7.4.4 – Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir.

7.4.5 – Deprem hesabında kullanılacak zemin parametreleri **Bölüm 6**'ya göre belirlenecektir.

7.4.6 – Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekil değiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanacaktır.

7.4.7 – Deprem hesabında göz önüne alınacak kat ağırlıkları 2.7.1.2'ye göre hesaplanacak, kat kütleleri kat ağırlıkları ile uyumlu olarak tanımlanacaktır.

7.4.8 – Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri gözönüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dışmerkezlik uygulanmayacaktır.

7.4.9 – Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre **7.2**'de tanımlanan *bilgi düzeyi katsayıları* aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılacaktır.

7.4.10 – **3.3.8**'e göre kısa kolon olarak tanımlanan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.

7.4.11 – Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanmasına ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir:

- (a) Analizde beton ve donatı çeliğinin **7.2**'de tanımlanan bilgi düzeyine göre belirlenen *mevcut dayanımları* esas alınacaktır.
- (b) Betonun maksimum basınç birim şekil değiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekil değiştirmesi ise 0.01 alınabilir.
- (c) Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemli diyagramlar olarak modellenenabilir.

7.4.12 – Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak gözönüne alınabilir.

7.4.13 – Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait *etkin eğilme rijitlikleri* $(EI)_e$ kullanılacaktır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılacaktır:

(a) Kirişlerde: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$

(b) Kolon ve perdelerde,

$$N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10 \text{ olması durumunda: } (EI)_e = 0.40 (EI)_o$$

$$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40 \text{ olması durumunda: } (EI)_e = 0.80 (EI)_o$$

Eksenel basınç kuvveti N_D 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin gözönüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_o$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabıyla belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılacaktır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.

7.4.14 – Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılabilir.

7.4.15 – Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatının akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliği oranında azaltılabilir.

7.4.16 –Zemindeki şekil değiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılacaktır.

7.4.17 – **Bölüm 2'**de modelleme ile ilgili olarak verilen diğer esaslar geçerlidir.

7.5. DEPREMDE BİNA PERFORMANSININ DOĞRUSAL ELASTİK HESAP YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ

7.5.1. Hesap Yöntemleri

Binaların deprem performanslarının belirlenmesi için kullanılacak doğrusal elastik hesap yöntemleri, **2.7** ve **2.8'**de tanımlanmış olan hesap yöntemleridir. Bu yöntemlerle ilgili olarak aşağıda belirtilen ek kurallar uygulanacaktır.

7.5.1.1 – Eşdeğer deprem yükü yöntemi, bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8'i aşmayan, ayrıca ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ olan binalara uygulanacaktır. Toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) **Denk.(2.4)**'e göre hesabında $R_a = 1$ alınacak ve denklemin sağ tarafı λ katsayısı ile çarpılacaktır. λ katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 alınacaktır.

7.5.1.2 – Mod Birleştirme Yöntemi ile hesapta **Denk.(2.13)**'de $R_a = 1$ alınacaktır. Uygulanan deprem doğrultusu ve yönü ile uyumlu eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında, bu doğrultuda hakim olan modda elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınacaktır.

7.5.2. Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi

7.5.2.1 – Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile betonarme sünek elemanların hasar düzeylerinin belirlenmesinde kiriş, kolon ve perde elemanlarının ve güçlendirilmiş dolgu duvarı kesitlerinin *etki/kapasite oranları* (r) olarak ifade edilen sayısal değerler kullanılacaktır.

7.5.2.2 – Betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise “*sünek*”, kesme ise “*gevrek*” olarak sınıflanırlar.

(a) Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_c 'nin, **7.2'**de tanımlanan bilgi düzeyi ile uyumlu *mevcut malzeme dayanımı* değerleri kullanılarak TS-500'e göre hesaplanan kesme kapasitesinin V_r 'yi aşmaması gereklidir. V_c 'nin hesabı kolonlar için **3.3.7'**ye, kirişler için **3.4.5'**e ve perdeler için **3.6.6'**ya göre yapılacak, ancak **Denk.(3.16)**'da $\beta_v = 1$ alınacaktır. Kolon, kiriş ve perdelerde V_c 'nin hesabında pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılacaktır. Düşey yükler ile birlikte $R_a = 1$

alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin V_c 'den küçük olması durumunda ise, V_c yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır.

- (b) Yukarıda verilen süneklik koşullarını sağlamayan betonarme elemanlar, *gevrek olarak hasar gören elemanlar* olarak tanımlanacaktır.”

7.5.2.3 – Sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında $R_a = 1$ alınarak hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Etki/kapasite oranının hesabında, uygulanan deprem kuvvetinin yönü dikkate alınacaktır.

- (a) Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır. Kiriş mesnetlerinde düşey yükler altında hesaplanan moment etkisi, yeniden dağılım ilkesine göre en fazla %15 oranında azaltılabilir.
- (b) Kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranları, **Bilgilendirme Eki 7A**'da açıklandığı üzere hesaplanabilir.
- (c) Sarılma bölgesindeki enine donatı koşulları bakımından **3.3.4**'ü sağlayan betonarme kolonlar, **3.4.4**'ü sağlayan betonarme kirişler ve uç bölgelerinde **3.6.5.2**'yi sağlayan betonarme perdeler “*sargılanmış*”, sağlamayanlar ise “*sargılanmamış*” eleman sayılır. “*Sargılanmış*” sayılan elemanlarda sargı donatılarının **3.2.8**'e göre “*özel deprem etriyeleri ve çirozları*” olarak düzenlenmiş olması ve donatı aralıklarının yukarıda belirtilen maddelerde tanımlanan koşullara uyması zorunludur.

7.5.2.4 – $H_w / \ell_w \leq 2.0$ koşulunu sağlayan betonarme perdelerin ve güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında hesaplanan kesme kuvvetinin kesme kuvveti dayanımına oranıdır. Köşegen çubuklar ile modellenen güçlendirilmiş dolgu duvarlarında oluşan kesme kuvvetleri, çubuğun aksel kuvvetinin yatay bileşeni olarak gözönüne alınacaktır. Güçlendirilmiş dolgu duvarlarının kesme kuvveti dayanımının hesabı **Bilgilendirme Eki 7F**'de verilmiştir.

7.5.2.5 – Hesaplanan kiriş, kolon ve perde kesitlerinin ve güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranları (r), **Tablo 7.2-7.5**'de verilen sınır değerler (r_s) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Tablolardaki ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanacaktır.

- (a) Ancak $H_w / \ell_w \leq 2.0$ koşulunu sağlayan betonarme perdelerde, **Tablo 7.4**'de verilen (r_s) sınır değerleri $[(1 + H_w / \ell_w) / 3] \geq 0.5$ katsayısı ile çarpılarak küçültülecektir.
- (b) Betonarme binalardaki güçlendirilmiş dolgu duvarlarının hasar bölgelerinin belirlenmesinde ayrıca **Tablo 7.5**'de verilen görel kat öteleme oranı sınırları

gözönüne alınacaktır. Göreli kat ötelemesi oranı, ilgili katta hesaplanan en büyük göreli kat ötelemesinin kat yüksekliğine bölünmesi ile elde edilecektir.

TABLO 7.2 – BETONARME KİRİŞLER İÇİN HASAR SINIRLARINI TANIMLAYAN ETKİ/KAPASİTE ORANLARI (r_s)

| Sünek Kirişler | | | Hasar Sınırı | | |
|-----------------------------|-----------|-----------------------------------|--------------|-----|----|
| $\frac{\rho-\rho'}{\rho_b}$ | Sargılama | $\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}^{(1)}$ | MN | GV | GÇ |
| ≤ 0.0 | Var | ≤ 0.65 | 3 | 7 | 10 |
| ≤ 0.0 | Var | ≥ 1.30 | 2.5 | 5 | 8 |
| ≥ 0.5 | Var | ≤ 0.65 | 3 | 5 | 7 |
| ≥ 0.5 | Var | ≥ 1.30 | 2.5 | 4 | 5 |
| ≤ 0.0 | Yok | ≤ 0.65 | 2.5 | 4 | 6 |
| ≤ 0.0 | Yok | ≥ 1.30 | 2 | 3 | 5 |
| ≥ 0.5 | Yok | ≤ 0.65 | 2 | 3 | 5 |
| ≥ 0.5 | Yok | ≥ 1.30 | 1.5 | 2.5 | 4 |

⁽¹⁾ V_e kesme kuvveti depremin yönü ile uyumlu olarak 7.5.2.2 (a)'ya göre hesaplanacaktır.

TABLO 7.3 – BETONARME KOLONLAR İÇİN HASAR SINIRLARINI TANIMLAYAN ETKİ/KAPASİTE ORANLARI (r_s)

| Sünek Kirişler | | | Hasar Sınırı | | |
|--------------------------|-----------|-----------------------------------|--------------|-----|-----|
| $\frac{N_k}{A_c f_{cm}}$ | Sargılama | $\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}^{(2)}$ | MN | GV | GÇ |
| ≤ 0.1 | Var | ≤ 0.65 | 3 | 6 | 8 |
| ≤ 0.1 | Var | ≥ 1.30 | 2.5 | 5 | 6 |
| ≥ 0.4 ve ≤ 0.7 | Var | ≤ 0.65 | 2 | 4 | 6 |
| ≥ 0.4 ve ≤ 0.7 | Var | ≥ 1.30 | 1.5 | 2.5 | 3.5 |
| ≤ 0.1 | Yok | ≤ 0.65 | 2 | 3.5 | 5 |
| ≤ 0.1 | Yok | ≥ 1.30 | 1.5 | 2.5 | 3.5 |
| ≥ 0.4 ve ≤ 0.7 | Yok | ≤ 0.65 | 1.5 | 2 | 3 |
| ≥ 0.4 ve ≤ 0.7 | Yok | ≥ 1.30 | 1 | 1.5 | 2 |
| ≥ 0.7 | - | - | 1 | 1 | 1 |

⁽¹⁾ N_k eksenel kuvveti **Bilgilendirme Eki 7A**'ya göre hesaplanabilir.

⁽²⁾ V_e kesme kuvveti depremin yönü ile uyumlu olarak 7.5.2.2 (a)'ya göre hesaplanacaktır.

TABLO 7.4 – BETONARME PERDELER İÇİN HASAR SINIRLARINI TANIMLAYAN ETKİ/KAPASİTE ORANLARI (r_s)

| Sünek Perdeler | Hasar Sınırı | | |
|-------------------------------|--------------|----|----|
| | MN | GV | GÇ |
| Perde Uç Bölgesinde Sargılama | | | |
| Var | 3 | 6 | 8 |
| Yok | 2 | 4 | 6 |

TABLO 7.5 – GÜÇLENDİRİLMİŞ DOLGU DUVARLAR İÇİN HASAR SINIRLARINI TANIMLAYAN ETKİ/KAPASİTE ORANLARI (r_s) VE GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ ORANLARI

| ℓ duvar / h duvar oranı aralığı 0.5 - 2.0 | Hasar Sınırı | | |
|--|--------------|--------|----|
| | MN | GV | GÇ |
| Etki/Kapasite Oranı (r_s) | 1 | 2 | - |
| Görelî Kat Ötelemesi Oranı | 0.0015 | 0.0035 | - |

7.5.2.6 – Betonarme kolon-kiriş birleşimlerinde tüm sınır durumları için birleşime etki eden ve **Denk.(3.11)**'den hesaplanacak kesme kuvvetlerinin **3.5.2.2**'de verilen kesme dayanımlarını aşmaması gerekir. Ancak **Denk.(3.11)**'de V_{kol} yerine **3.3.7**'ye göre pekleşmeyi gözönüne almadan hesaplanan V_c kullanılacak, **Denk.(3.12)** veya **Denk.(3.13)**'deki dayanım hesabında ise f_{cd} yerine **7.2**'de tanımlanan bilgi düzeyine göre belirlenen *mevcut beton dayanımı* kullanılacaktır. Birleşim kesme kuvvetinin kesme dayanımını aşması durumunda, kolon-kiriş birleşim bölgesi *gevrek olarak hasar gören eleman* olarak tanımlanacaktır.

7.5.3. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda, **7.5.2.5**'te yapılan karşılaştırmalara ek olarak, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin görelî kat ötelemeleri, **Tablo 7.6**'da verilen sınır değerler ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Bu karşılaştırmanın daha elverişsiz sonuçlar vermesi durumunda, o katta ilgili kolon veya perdenin alt ve üst kesitlerinde **7.5.2.5**'e göre yapılan hasar değerlendirmeleri gözönüne alınmayacaktır. **Tablo 7.6**'da δ_{ji} i'inci katta j'inci kolon veya perdenin alt ve üst uçları arasında yer değiştirme farkı olarak hesaplanan görelî kat ötelemesini, h_{ji} ise ilgili elemanın yüksekliğini göstermektedir.

TABLO 7.6 – GÖRELİ KAT ÖTELEMESİ SINIRLARI

| Görelî Kat Ötelemesi Oranı | Hasar Sınırı | | |
|----------------------------|--------------|------|------|
| | MN | GV | GÇ |
| δ_{ji} / h_{ji} | 0.01 | 0.03 | 0.04 |

7.6. DEPREMDE BİNA PERFORMANSININ DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN YÖNTEMLER İLE BELİRLENMESİ

7.6.1. Tanım

Deprem etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu istem büyüklükleri, bu bölümde tanımlanmış bulunan şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirilmesi yapılacaktır.

7.6.2. Kapsam

Bu Yönetmelik kapsamında yer alan doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri, *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi*, *Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi*'dir. İlk iki yöntem, bu Yönetmelikte doğrusal olmayan deprem performansının belirlenmesi ve güçlendirme hesapları için temel alınan *Artımsal İtme Analizi*'nde kullanılacak olan yöntemlerdir.

7.6.3. Artımsal İtme Analizi ile Performans Değerlendirmesinde İzlenecek Yol

Artımsal İtme Analizi kullanılarak yapılacak doğrusal elastik olmayan performans değerlendirmesinde izlenecek adımlar aşağıda özetlenmiştir.

- (a) 7.4'de tanımlanan genel ilke ve kurallara ek olarak, taşıyıcı sistem elemanlarında doğrusal olmayan davranışın idealleştirilmesi ve analiz modelinin oluşturulması için 7.6.4'de tanımlanan kurallara uyulacaktır.
- (b) Artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu düşey yüklerin gözönüne alındığıbir doğrusal olmayan statik analiz yapılacaktır. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınacaktır.
- (c) Artımsal itme analizinin 7.6.5'de tanımlanan *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ile yapılması durumunda, koordinatları “*modal yerdeğiştirme-modal ivme*” olarak tanımlanan birinci (hakim) moda ait “*modal kapasite diyagramı*” elde edilecektir. Bu diyagram ile birlikte, 2.4'de tanımlanan elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde 7.8'de yapılan değişiklikler gözönüne alınarak, birinci (hakim) moda ait *modal yerdeğiştirme istemi* belirlenecektir. Son aşamada, modal yerdeğiştirme istemine karşı gelen yerdeğiştirme, plastik şekil değiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanacaktır.

- (d) Artımsal itme analizinin 7.6.6’da tanımlanan *Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi* ile yapılması durumunda, gözönüne alınan bütün modlara ait “*modal kapasite diyagramları*” ile birlikte modal yerdeğiştirme istemleri de elde edilecek, bunlara bağlı olarak taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekil değıştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanacaktır.
- (e) Plastikleşen (sünek) kesitlerde hesaplanmış bulunan plastik dönme istemlerinden plastik eğrilik istemleri ve 7.6.8’e göre toplam eğrilik istemleri elde edilecektir. Daha sonra bunlara bağlı olarak betonarme kesitlerde betonda ve donatı çeliğinde meydana gelen birim şekil değıştirme istemleri hesaplanacaktır. Bu istem değeri, kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları için 7.6.9’da tanımlanan ilgili birim şekil değıştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit düzeyinde sünek davranışa ilişkin performans değeri değerlendirilmesi yapılacaktır. Ayrıca, güçlendirilen dolgu duvarlarında görece kat ötelemeleri cinsinden hesaplanan şekil değıştirme istemleri, 7.6.10’da tanımlanan şekil değıştirme kapasiteleri ile karşılaştırılacaktır. Analiz sonucunda elde edilen kesme kuvveti istemleri ise, 7.6.11’de tanımlanan kapasitelerle karşılaştırılarak kesit düzeyinde gevrek davranışa ilişkin performans değeri değerlendirilmesi yapılacaktır.

7.6.4. Doğrusal Elastik Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi

7.6.4.1 – Malzeme bakımından doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için, literatürde geçerliliği kanıtlanmış modeller kullanılabilir. Ancak, mühendislik uygulamalarındaki yaygınlığı ve pratikliği nedeni ile aşağıdaki kısımlarda doğrusal elastik olmayan analiz için *yığılı plastik davranış modeli* esas alınmıştır. Basit eğilme durumunda *plastik mafsallı hipotezi*’ne karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değıştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. *Plastik mafsallı boyu* olarak adlandırılan *plastik şekil değıştirme bölgesi*’nin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)’nin yarısına eşit alınacaktır ($L_p = 0.5 h$). $H_w / \ell_w \leq 2.0$ olan perdelerde, eğilme etkisi altında plastik şekil değıştirmeler gözönüne alınmayacaktır.

7.6.4.2 – Sadece aksel kuvvet altında plastik şekil değıştirme yapan elemanların plastik şekil değıştirme bölgelerinin uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit alınacaktır.

7.6.4.3 – Yığılı plastik şekil değıştirmeyi temsil eden *plastik kesit*’in, teorik olarak 7.6.4.1’de tanımlanan plastik şekil değıştirme bölgesinin tam ortasına yerleştirilmesi gerekir. Ancak pratik uygulamalarda aşağıda belirtilen yaklaşık idealleştirmelere izin verilebilir:

- (a) Kolon ve kirişlerde plastik kesitler, kolon-kiriş birleşim bölgesinin hemen dışına, diğer deyişle kolon veya kirişlerin net açıklıklarının uçlarına konulabilir. Ancak, düşey yüklerin etkisinden ötürü kiriş açıklıklarında da plastik mafsalların oluşabileceği gözönüne alınmalıdır.
- (b) Betonarme perdelerde, plastik kesitlerin her katta perde kesiminin alt ucuna konulmasına izin verilebilir. U, T, L veya kutu kesitli perdeler, bütün kolları birlikte çalışan tek perde olarak idealleştirilmelidir. Binaların bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunması durumunda, bu perdelerden üst katlara doğru devam eden perdelerin plastik kesitleri bodrum üstünden başlamak üzere konulmalıdır.

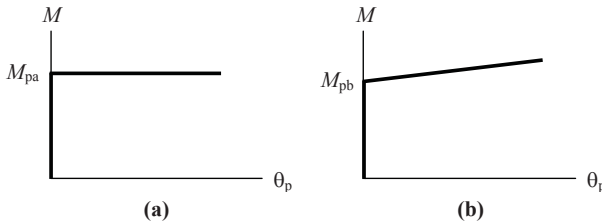
7.6.4.4 – Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisinde plastikleşen betonarme kesitlerin akma yüzeyleri olarak **7.4.11**'de tanımlanan koşullara göre belirlenen etkileşim diyagramları kullanılacaktır. Akma yüzeyleri, **7.4.11(c)**'ye göre uygun biçimde doğrusallaştırılarak iki boyutlu davranış durumunda *akma çizgileri*, üç boyutlu davranış durumunda ise *akma düzlemleri* olarak modellenebilir.

7.6.4.5 – İtme analizi modelinde kullanılacak plastik kesitlerin iç kuvvet-plastik şekil değiştirme bağıntıları ile ilgili olarak aşağıdaki paragraflar dikkate alınacaktır:

- (a) İç kuvvet-plastik şekil değiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentin artışı) yaklaşık olarak terk edilebilir (**Şekil 7.2a**).

Bu durumda, bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında, iç kuvvetlerin akma yüzeyinin üzerinde kalması koşulu ile plastik şekil değiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu gözönüne alınacaktır.

- (b) Pekleşme etkisinin gözönüne alınması durumunda (**Şekil 7.2b**), bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında iç kuvvetlerin ve plastik şekil değiştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanacaktır.



Şekil 7.2

7.6.4.6 – 7.10.4'e göre güçlendirilen herhangi bir dolgu duvarı, **Bilgilendirme Eki 7F**'de tanımlandığı üzere kendisini çevreleyen kolon ve kirişlerle birlikte iki ucu mafsallı köşegen eşdeğer basınç ve/veya çekme çubuğu olarak **7.6.4.2'**ye göre idealleştirilecektir. İtme analizinde elasto-plastik (pekleşmesiz) bir eleman olarak modellenecek olan eşdeğer çubuğun başlangıçtaki doğrusal elastik davranışına ilişkin eksenel rijitliği ile eksenel akma dayanımı **Bilgilendirme Eki 7F**'e göre belirlenecektir. Duvar için tanımlanan kesme dayanımı, köşegen eşdeğer basınç çubuğunun eksenel akma dayanımının yatay bileşenidir. Gereği durumunda, köşegen eşdeğer çekme çubuğunun akma dayanımı **Denk.(7F.6)**'den alınacaktır.

7.6.5. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi

7.6.5.1 – Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında *doğrusal olmayan itme analizi*'nin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli (*kümülatif*) değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanacaktır.

7.6.5.2 – Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin kullanılabilmesi için, binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dışmerkezlik gözönüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur.

7.6.5.3 – Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yüğü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde *sabit* kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analiz başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanacaktır. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hakim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme gözönüne alınacaktır.

7.6.5.4 – 7.6.5.3'de tanımlanan sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile, koordinatları *“tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti”* olan *itme eğrisi* elde

edilecektir. Tepe yerdeğiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, gözönüne alınan x deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin x deprem doğrultusundaki toplamıdır. İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile, koordinatları “*modal yerdeğiştirme – modal ivme*” olan *modal kapasite diyagramı* aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

- (a) (i)'inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal ivme $a_1^{(i)}$ aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (7.1)$$

- (b) (i)'inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal yer değiştirme $d_1^{(i)}$ 'nin hesabı için ise, aşağıdaki bağıntıdan yararlanılabilir:

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (7.2)$$

Birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal katkı çarpanı Γ_{x1} , **Bölüm 2**'de **Denk.(2.15)** ile verilen ve x deprem doğrultusunda taşıyıcı sistemin başlangıç adımıdaki doğrusal elastik davranışı için tanımlanan L_{x1} ve M_1 'den yararlanılarak aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (7.3)$$

7.6.5.5 – 7.6.5.3'e alternatif olarak, artımsal itme analizi sırasında eşdeğer deprem yükü dağılımı, her bir itme adımında öncekilere göre *değişken* olarak gözönüne alınabilir. Bu durumda yük dağılımı, her bir itme adımı öncesinde taşıyıcı sistemde oluşmuş bulunan tüm plastik kesitler gözönüne alınarak hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) titreşim mod şeklinin genliği ile ilgili kütle nin çarpımından elde edilen değerle orantılı olarak tanımlanacaktır. Kat döşmeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hakim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri **7.6.5.3**'deki gibi tanımlanacaktır.

7.6.5.6 – İtme analizi sonucunda **7.6.5.4**'e göre elde edilen modal kapasite diyagramı ile birlikte, **2.4**'de tanımlanan elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde **7.8**'e göre yapılan değişiklikler gözönüne alınarak, birinci (hakim) moda ait maksimum modal yerdeğiştirme, diğer deyişle *modal yerdeğiştirme*

istemi hesaplanacaktır. Tanım olarak modal yerdeğiştirme istemi, $d_1^{(p)}$, *doğrusal olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme* S_{di1} 'e eşittir:

$$d_1^{(p)} = S_{di1} \quad (7.4)$$

Doğrusal olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme S_{di1} 'in belirlenmesine ilişkin işlemler **Bilgilendirme Eki 7C**'de verilmiştir.

7.6.5.7 – Son itme adımı $i = p$ için **Denk.(7.4)**'e göre belirlenen modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$ 'nin **Denk.(7.2)**'de yerine konulması ile, x deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi istemi $d_1^{(p)}$ elde edilecektir:

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (7.5)$$

Buna karşı gelen diğer tüm istem büyüklükleri (yerdeğiştirme, şekil değiştirme ve i kuvvet istemleri) mevcut itme analizi dosyasından elde edilecek veya tepe yerdeğiştirmesi istemine ulaşıncaya kadar yapılacak yeni bir itme analizi ile hesaplanacaktır.

7.6.6. Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile İtme Analizi

Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi'nin amacı, taşıyıcı sistemin davranışını temsil eden yeteri sayıda doğđal titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde monotonik olarak adım adım arttırılan ve birbirleri ile uygun biçimde ölçeklendirilen modal yerdeğiştirmeler veya onlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak *Mod Birleştirme Yöntemi*'nin artımsal olarak uygulanmasıdır. Ardışık iki plastik kesit oluşumu arasındaki her bir itme adımında, taşıyıcı sistemde “*adım adım doğrusal elastik*” davranışın esas alındığı bu tür bir itme analizi yöntemi, **Bilgilendirme Eki 7D**'de açıklanmıştır.

7.6.7. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi

7.6.7.1 – *Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi*'nin amacı, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış gözönüne alınarak sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesidir. Analiz sırasında her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır.

7.6.7.2 – Zaman tanım alanında yapılacak analizde kullanılacak *yapay, kaydedilmiş* veya *benzeştirilmiş* yer hareketleri **2.9.1** ve **2.9.2**'ye göre belirlenecek ve analizde **2.9.3** gözönüne alınacaktır.

7.6.8. Birim şekil Değiştirme İstemlerinin Belirlenmesi

7.6.8.1 – **7.6.5** veya **7.6.6**'ya göre yapılan itme analizi veya zaman tanım alanında **7.6.7**'ye göre yapılan hesap sonucunda çıkış bilgisi olarak herhangi bir kesitte elde

Gözönüne alınan enine donatıların **3.2.8'**e göre “*özel deprem etriyeleri ve çirozları*” olarak düzenlenmiş olması zorunludur.

7.6.10. Güçlendirilen Dolgu Duvarlarının Şekil Değiştirme Kapasiteleri

7.10.4 ve **Bilgilendirme Eki 7F'**e göre güçlendirilen dolgu duvarlarının, kendilerini çevreleyen kolon ve kirişlerle birlikte **7.6.4.6'**ya göre modellenerek yapılan itme analizi sonucunda elde edilen görelî kat ötelemeleri için izin verilen sınır değerler (kapasiteler) **Tablo 7.5'**in ikinci satırında tanımlanmıştır.

7.6.11. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Kesme Kuvveti Kapasiteleri

7.6.11.1 – Kolon-kiriş birleşim bölgeleri dışında tüm betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının gevrek kırılma kontrollerinde kullanılacak kesme kuvveti dayanımları TS-500'e göre belirlenecektir. Kesme kuvveti dayanımı hesabında, **7.2'**de belirlenen bilgi düzeylerine göre tanımlanan *mevcut dayanım* değerleri kullanılacaktır. Kesme kuvveti dayanımının kesme kuvveti isteminden daha küçük olduğu elemanlar, *gevrek olarak hasar gören elemanlar* olarak tanımlanacaktır.

7.6.11.2 – Betonarme kolon-kiriş birleşimleri için **Denk.(3.11)**'den hesaplanacak kesme kuvveti isteminin **3.5.2.2'**de verilen kesme dayanımını aşmaması gerekir. Ancak **Denk.(3.11)**'de V_{kol} yerine doğrusal olmayan analizde ilgili kolon için hesaplanan kesme kuvveti istemi kullanılacak, **Denk.(3.12)** veya **Denk.(3.13)**'deki dayanım hesabında ise f_{cd} yerine **7.2'**de tanımlanan bilgi düzeyine göre belirlenen *mevcut beton dayanımı* esas alınacaktır. Kesme kuvveti isteminin kesme dayanımını aşması durumunda, kolon-kiriş birleşim bölgesi *gevrek olarak hasar gören eleman* olarak tanımlanacaktır.

7.7. BİNA DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

7.7.1. Betonarme Binaların Deprem Performansı

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. **7.5** ve **7.6'**da tanımlanan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir. Binaların deprem performansının belirlenmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir. Burada verilen kurallar betonarme ve prefabrik betonarme binalar için geçerlidir. Yığma binalarda uygulanacak kurallar **7.7.6'**da verilmiştir.

7.7.2. Hemen Kullanım Performans Düzeyi

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u *Belirgin Hasar Bölgesi*'ne geçebilir, ancak diğer

taşıyıcı elemanlarının tümü *Minimum Hasar Bölgesi*'ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, bu durumdaki binaların *Hemen Kullanım Performans Düzeyi*'nde olduğu kabul edilir.

7.7.3. Can Güvenliği Performans Düzeyi

Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'nde olduğu kabul edilir:

- (a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadar *İleri Hasar Bölgesi*'ne geçebilir.
- (b) *İleri Hasar Bölgesi*'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta *İleri Hasar Bölgesi*'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.
- (c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü *Minimum Hasar Bölgesi* veya *Belirgin Hasar Bölgesi*'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden *Minimum Hasar Sınırı* aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden **Denk.(3.3)**'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

7.7.4. Göçme Öncesi Performans Düzeyi

Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların *Göçme Bölgesi*'nde olduğunun gözönüne alınması kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların *Göçme Öncesi Performans Düzeyi*'nde olduğu kabul edilir:

- (a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si *Göçme Bölgesi*'ne geçebilir.
- (b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü *Minimum Hasar Bölgesi*, *Belirgin Hasar Bölgesi* veya *İleri Hasar Bölgesi*'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden *Minimum Hasar Sınırı* aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst

düğüm noktalarının ikisinde birden **Denk.(3.3)**'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

(c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

7.7.5. Göçme Durumu

Bina *Göçme Öncesi Performans Düzeyi*'ni sağlayamıyorsa *Göçme Durumu*'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

7.7.6. Yığma Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi

Yığma binaların performans düzeyine, **7.2**'ye göre yapılan inceleme ve **Bölüm 5**'e göre yapılan hesap sonucunda karar verilecektir. Eğer yığma binanın her iki doğrultudaki tüm duvarlarının kesme dayanımı uygulanan deprem etkileri altında oluşan kesme kuvvetlerini karşılamaya yeterli ise, binanın *Hemen Kullanım Performans Düzeyi*'ni sağladığı sonucuna varılır. Herhangi bir katta uygulanan deprem doğrultusunda bu koşulu sağlamayan duvarların kat kesme kuvvetine katkısı %20'nin altında ise binanın *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ni sağladığı kabul edilecektir. Sadece yetersiz olan duvarların en az **7F.2**'de belirtildiği düzeyde güçlendirilmesi gerekir. Bu durumların dışında binanın *Göçme Durumu*'nda olduğu kabul edilir.

7.8. BİNALAR İÇİN HEDEFLENEN PERFORMANS DÜZEYLERİ

7.8.1. Yeni yapılacak binalar için **2.4**'de tanımlanan ivme spektrumu, **1.2.2**'ye göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremi esas almaktadır. Bu deprem düzeyine ek olarak, mevcut binaların değerlendirilmesinde ve güçlendirme tasarımında kullanılmak üzere ayrıca aşağıda belirtilen iki farklı deprem düzeyi tanımlanmıştır:

- (a) 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları, **2.4**'de tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınacaktır.
- (b) 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları ise **2.4**'de tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık 1.5 katı olarak kabul edilmiştir.

7.8.2. Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri **Tablo 7.7**'de verilmiştir.

TABLO 7.7 – FARKLI DEPREM DÜZEYLERİNDE BİNALAR İÇİN ÖNGÖRÜLEN MİNİMUM PERFORMANS HEDEFLERİ

| <i>Binanın Kullanım Amacive Türü</i> | <i>Deprem Aşılma Olasılığı</i> | | |
|--|--------------------------------|-------------------------|------------------------|
| | <i>50 yılda %50</i> | <i>50 yılda %10</i> | <i>50 yılda %2</i> |
| Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb. | - | HK | CG |
| İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb. | - | HK | CG |
| İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri | HK | CG | - |
| Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar | - | HK | GÖ |
| Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.) | - | CG | - |

HK: Hemen Kullanım; **CG:** Can Güvenliği; **GÖ:** Göçme Öncesi (Bkz. 7.7)

7.9. BİNALARIN GÜÇLENDİRİLMESİ

Binaların güçlendirilmesi, deprem hasarlarına neden olacak kusurlarının giderilmesi, deprem güvenliğini arttırmaya yönelik olarak yeni elemanlar eklenmesi, kütle azaltılması, mevcut elemanlarının deprem davranışlarının geliştirilmesi, kuvvet aktarımında sürekliliğin sağlanması türündeki işlemleri içerir.

7.9.1. Güçlendirilen Binaların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi

Güçlendirilen binaların ve elemanlarının deprem güvenliklerinin hesaplanmasında, mevcut binalar için bu bölümde verilen hesap yöntemleri ve değerlendirme esasları kullanılacaktır.

7.9.2. Binalara Eklenecek Elemanların Tasarımı

Güçlendirme amacıyla binalara eklenecek yeni elemanların tasarımında, bu bölümde verilen özel kurallarla birlikte **Bölüm 3** ve/veya **Bölüm 4**'e ve ayrıca yürürlükte olan diğer standart ve yönetmeliklere uyulacaktır.

7.9.3. Güçlendirme Türleri

Güçlendirme uygulamaları, her taşıyıcı sistem türü için eleman ve bina sistemi düzeyinde olmak üzere iki farklı kapsamda değerlendirilecektir.

7.9.3.1 – Binanın kolon, giriş, perde, birleşim bölgesi gibi deprem yüklerini karşılayan elemanlarında dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerinin artırılmasına yönelik olarak uygulanan işlemler, *eleman güçlendirmesi* olarak tanımlanır.

7.9.3.2 – Binanın taşıyıcı sisteminin dayanım ve şekil değiştirme kapasitesinin artırılması ve iç kuvvetlerin dağılımında sürekliliğin sağlanması, binaya yeni elemanlar eklenmesi, birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi, deprem etkilerinin azaltılması amacıyla binanın kütesinin azaltılması işlemleri *sistem güçlendirmesi* olarak tanımlanır.

7.10. BETONARME BİNALARIN GÜÇLENDİRİLMESİ

Bu bölümde verilen eleman ve sistem güçlendirme yöntemleri uygulamada sıkça kullanılan teknikleri kapsamaktadır. Ancak burada kapsanmayan güçlendirme türleri, bu bölümün genel yaklaşımına ve ilkelerine uymak koşuluyla uygulanabilir.

7.10.1. Kolonların Sarılması

Kolonların sünekliliğini arttırmaya yönelik olarak kesme ve basınç dayanımlarının artırılması, bindirmeli eklerin zayıflıklarının giderilmesi için aşağıda verilen yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemler ile kolonların eğilme kapasitesi arttırılmaz.

7.10.1.1 – *Betonarme Sargı*: Mevcut kolonun pas payı sıyrılarak veya yüzeyleri örselenerek uygulanacaktır. Betonarme sargı gerek yatay, gerekse düşey donatının yerleştirilmesi, beton dökülmesi ve minimum pas payının sağlanması için yeterli kalınlıkta olmalıdır. En az sargı kalınlığı 100 mm'dir. Betonarme sargı alt kat döşemesinin üstünde başlar ve üst kat döşemesinin altında sona erer. Eksenel basınç dayanımının artırılması amacı ile yapılan sargıda, sargı betonu içindeki enine donatı için kolonun tüm yüksekliği boyunca **3.3.4.2**'de verilen kurallar uygulanacaktır. Sarılmış kolonun kesme ve basınç dayanımlarının hesabında, sarılmış brüt kesit boyutları ile manto betonunun tasarım dayanımı kullanılacak, ancak elde edilen dayanımlar 0.9 ile çarpılarak azaltılacaktır.

7.10.1.2 – Çelik Sargı: Çelik sargı dikdörtgen betonarme kolonların köşelerine dört adet boyuna köşebent yerleştirilmesi ve köşebentlerin belirli aralıklarla düzenlenen yatay plakalarla kaynaklanması ile oluşturulur. Köşebentler ile betonarme yüzeyler arasında boşluk kalmamalıdır. Yatay plakalar dört yüzeyde sürekli olmalıdır. Çelik sargının kolon eksenel yük kapasitesini arttırması için korniyerlerin alt ve üst döşemeler arasında sürekli olması (boşlukların alınması) ve döşemelere başlık plakaları ile basınç aktarması aktarımının sağlandığı hesapla gösterilmelidir. Gerekirse köşebentlere ön yükleme yapılarak mevcut betonarme kolon kesitinin düşey yüklerden kaynaklanan eksenel basınç yükü azaltılabilir. Çelik sargı ile sağlanacak ek kesme dayanımı **Denk.(7.11)** ile hesaplanacaktır.

$$V_j = \frac{t_j b d}{s} f_{yw} \quad (7.11)$$

Denk.(7.11)'de t_j , b , ve s yatay plakaların kalınlığı, genişliği ve aralığı, d ise kesitin faydalı yüksekliğidir. Çelik sargı ile bindirmeli eklerin zayıflıklarının giderilmesi için sargı boyunun bindirme bölgesi boyundan en az %50 uzun olması ve çelik sargının donatı bindirme bölgesinde kolonun karşılıklı yüzlerinde düzenlenen en az 16 mm çapında iki sıra bulonlu ankrajla sıkıştırılması gereklidir. Bindirme ekinin kolonun alt ucunda yapılmış olması durumunda en az iki sıra bulonlu ankraj alt döşemenin sırasıyla 250 ve 500 mm üzerinde yapılacaktır.

7.10.1.3 – Lifli Polimer (LP) Sargı: LP tabakasının kolonların çevresine, lifler enine donatılara paralel olacak şekilde, sarılması ve yapıştırılması ile sargılama sağlanır. LP sargısı ile betonarme kolonların süneklik kapasitesi, kesme ve basınç dayanımları ile boyuna donatı bindirme boyunun yetersiz olduğu durumlarda donatı kenetlenme dayanımı arttırılır. LP sargılama ile yapılan güçlendirmelerde tam sargı (tüm kesit çevresinin sarılması) yöntemi kullanılmalı ve sargı sonunda en az 200 mm bindirme yapılmalıdır. LP sargısı dikdörtgen kolonlarda kolon köşelerinin en az 30 mm yarıçapında yuvarlatılması ile uygulanır. LP uygulaması üretici firma tarafından önerilen yöntem uygun olarak gerçekleştirilmelidir. LP ile sargılanan kolonlarda elde edilen kesme, eksenel basınç ve kenetlenme dayanımlarının artışı ile süneklik artışının hesap yöntemleri **Bilgilendirme Eki 7E**'de verilmektedir.

7.10.2. Kolonların Eğilme Kapasitesinin Arttırılması

Kolonların eğilme kapasitesini arttırmak için kolon kesitleri büyütülebilir. Bu işlem aynı zamanda kolonun kesme ve basınç kuvveti kapasitelerini de arttırır. Büyütülen kolona eklenen boyuna donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanacaktır. Boyuna donatılar kat döşemelerinde açılan deliklerden geçirilecektir. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kirişler delinerek veya kirişlere ankraj yapılarak gerekli enine donatı konulacaktır. Kolonun büyütülen kesiti **3.3.4**'e göre enine donatı ile sarılacaktır.

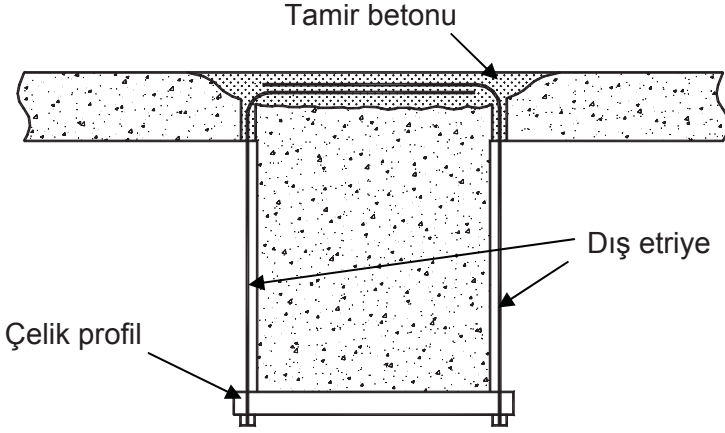
Büyütülen kolon kesitinin pas payı, eklenen düşey ve yatay donatıyı örtmek için yeterli kalınlıkta olacaktır. Yeni ve eski betonun aderansının sağlanması için mevcut kolonun yüzeyindeki sıva tabakası sıyrılacak ve beton yüzeyleri pürüzlendirilecektir. Büyütülmüş kolon kesitinin eğilme, kesme, basınç dayanımının ve eğilme rijitliğinin hesabında brüt kesit boyutları ve eklenen kesit betonunun tasarım özellikleri esas alınacak, ancak elde edilen rijitlik ve dayanımlar 0.9 ile çarpılarak azaltılacaktır.

7.10.3. Kirişlerin Sarılması

Betonarme kirişlerin sarılmasının amacı, kirişlerin kesme dayanımlarının ve bazı durumlarda süneklik kapasitelerinin artırılmasıdır. Aşağıda verilen yöntemler ile kirişlerin eğilme kapasitesi arttırılamaz.

7.10.3.1 – Dıştan Etriye Ekleme: Kesme dayanımı yetersiz olan kiriş mesnet bölgele-
rinde gerekli sayıda etriye çubuğu kirişin iki yüzüne **Şekil 7.3**'de gösterildiği gibi dış-
tan eklenecektir. Kiriş altına yerleştirilen bir çelik profile bulonla bağlanan çubuklar,
üstteki döşemede açılan deliklerden geçirilerek döşeme üst yüzeyinde açılan yuvanın
içine bükülerek yerleştirilecektir. Daha sonra betonda açılan boşluklar beton ile dol-
durulacaktır. Bu yöntem aynı esaslarla farklı detaylar kullanılarak da uygulanabilir.
Kirişlerin dıştan eklenen etriyeler ile arttırılan kesme dayanımı TS-500'e göre hesap-
lanacaktır. Dıştan eklenen etriyelerin sargılama etkisi yoktur, kiriş kesitinin sünekli-
ğini arttırmaz. Bu uygulamada profil ve bulonlar dış etkilere karşı korunmalıdır.

7.10.3.2 – Lifli Polimer (LP) ile Sarma: LP sargılama ile kiriş sünekliğinin ve
kesme dayanımının arttırılmasında tam sargı (tüm kesit çevresinin sarılması)
yöntemi kullanılmalıdır. LP ile güçlendirilen kiriş kesme dayanımı **Bilgilendirme**
Eki 7E'de verilen **Denk.(7E.1)**'e göre hesaplanabilir. Süreksiz (şeritler halinde) LP
kullanılması durumunda LP şeritlerin aralıkları ($w_f + d/4$) değerini geçmemelidir.
LP sargısı kirişlerde köşelerin en az 30 mm yarıçapında yuvarlatılması ile
uygulanacaktır. LP ile yapılan sargılamalarda sargı sonunda en az 200 mm bindirme
yapılmalıdır. LP uygulaması üretici firma tarafından önerilen yönetime uygun olarak
gerçekleştirilmelidir.



Şekil 7.3

7.10.4. Dolgu Duvarlarının Güçlendirilmesi

Bodrum hariç en fazla üç katlı binalarda uygulanmak üzere, temel üstünden yukarıya kadar üst üste süreklilik gösteren betonarme çerçeve içindeki dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme dayanımı, **Bilgilendirme Eki 7F**'de tanımlanan güçlendirme yöntemleri ile artırılabilir.

7.10.5. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Yerinde Dökme Betonarme Perdeler ile Güçlendirilmesi

Yanal rijitliği ve dayanımı yetersiz olan betonarme taşıyıcı sistemler, yerinde dökme betonarme perdelerle güçlendirilebilir. Betonarme perdeler mevcut çerçeve düzlemi içinde veya çerçeve düzlemine bitişik olarak düzenlenebilir.

7.10.5.1 – Çerçeve Düzlemi İçinde Betonarme Perde Eklenmesi: Betonarme sisteme eklenecek perdeler çerçeve aksının içinde düzenlenecek, temelden başlayarak perde üst kotuna kadar sürekli olacaktır. Bu amaçla, perde uç bölgesindeki boyuna donatıların ve gereği durumunda perde gövdesindeki boyuna donatıların perde yüksekliği boyunca sürekliliği sağlanacaktır. Perdeler, içinde buldukları çerçeveye ankraj çubukları ile bağlanarak birlikte çalışmaları sağlanacaktır. Ankraj çubukları, mevcut çerçeve elemanları ile eklenen betonarme perde elemanı arasındaki arayüzlerde deprem kuvvetleri altında oluşan kayma gerilmelerini karşılamak için yeterli dayanıma sahip olacaklardır. Arayüzlerdeki kayma gerilmelerinin çerçeve elemanları boyunca dağılımı bilinen mekanik prensiplerine uygun olarak hesaplanacaktır. Ankraj çubuklarının tasarımında TS-500'deki sürtünme kesmesi esasları kullanılacaktır. En küçük ankraj çubuğu çapı 16 mm, en az ankraj derinliği

çubuk çapının on katı ve en geniş çubuk aralığı 40 cm olmalıdır. Perde ucunda mevcut kolon bulunmaması durumunda 3.6.5'e göre perde uç bölgesi oluşturulacaktır. Perde ucunda mevcut kolon bulunması durumunda mevcut kolondan uç bölgesi olarak yararlanılabilir. Gerekli durumlarda mevcut kolon 7.10.2'ye göre büyütülerek veya mevcut kolona bitişik perde içinde gizli kolon düzenlenerek perde uç bölgesi oluşturulacaktır. Her iki durumda da perde uç bölgesine eklenecek düşey donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanacaktır. Perdenin altına 6.3.1'de verilen esaslar uyarınca temel yapılacaktır. Perde temeli, perde tabanında oluşan iç kuvvetleri temel zeminine güvenle aktaracak şekilde boyutlandırılacaktır.

Perde temelinde oluşabilecek dış merkezliği azaltmak amacıyla perde temeli komşu kolonları içerecek şekilde genişletilerek mevcut kolonların aksenal basınç kuvvetlerinden yararlanılabilir. Perde temelinin mevcut temel sistemi ile birlikte çalışması için gerekli önlemler alınacaktır.

7.10.5.2 – Çerçeve Düzlemine Bitişik Betonarme Perde Eklenmesi: Betonarme sisteme eklenecek perdeler dış çerçeve aksının dışında, çerçeveye bitişik olarak düzenlenecek, temelden başlayarak perde üst kotuna kadar sürekli olacaktır. Perdeler bitişik oldukları çerçeveye ankraj çubukları ile bağlanarak birlikte çalışmaları sağlanacaktır. Ankraj çubukları, mevcut çerçeve elemanları ile sisteme eklenen dışmerkezli perde elemanı arasındaki arayüzlerde deprem kuvvetleri altında oluşan kayma gerilmelerini karşılamak için yeterli dayanıma sahip olacaklardır. Ankraj çubuklarının tasarımında 7.10.5.1'de verilen esaslara uyulacaktır.

Perde ucunda mevcut kolon bulunmaması durumunda 3.6.5'e göre perde uç bölgesi oluşturulacaktır. Perde ucunda mevcut kolon bulunması durumunda mevcut kolondan uç bölgesi olarak yararlanılabilir. Gerekli durumlarda mevcut kolon 7.10.2'ye göre büyütülerek perde uç bölgesi oluşturulacaktır. Perdenin altına 6.3.1'de verilen esaslar uyarınca temel yapılacaktır. Perde temeli, perde tabanında oluşan iç kuvvetleri temel zeminine güvenle aktaracak şekilde boyutlandırılacaktır. Perde temelinde oluşabilecek dış merkezliği azaltmak amacıyla perde temeli komşu kolonları içerecek şekilde genişletilerek mevcut kolonların aksenal basınç kuvvetlerinden yararlanılabilir. Perde temelinin mevcut temel sistemi ile birlikte çalışması için gerekli önlemler alınacaktır.

7.10.6. Betonarme Sisteme Yeni Çerçeveler Eklenmesi

Betonarme sistemin dışına yeni çerçeveler eklenerek yatay kuvvetlerin paylaşımı sağlanabilir. Sisteme eklenecek çerçevelerin temelleri mevcut binanın temelleri ile birlikte düzenlenecektir. Yeni çerçevelerin mevcut binanın taşıyıcı sistemi ile birlikte çalışması için bu çerçeveler mevcut binanın döşemelerine gerekli yük aktarımını sağlayacak şekilde bağlanacaktır.

7.10.7. Betonarme Sistemin Kütlesinin Azaltılması

Kütle azaltılması bir yapı güçlendirme yöntemi değildir. Ancak yapıya etki eden düşey yüklerin ve deprem kuvvetlerinin azalan kütle ile orantılı olarak azalacak olması yapı güvenliğini arttıracaktır. Azaltılacak veya kaldırılacak kütle ne kadar yapı üst kotlarına yakın ise, deprem güvenliğini arttırmadaki etkinliği de o kadar fazla olacaktır. En etkili kütle azaltılması türleri binanın üst katının veya katlarının iptal edilerek kaldırılması, mevcut çatının hafif bir çatı ile değiştirilmesi, çatıda bulunan su deposu vb tesisat ağırlıklarının zemine indirilmesi, ağır balkonların, parapetlerin, bölme duvarların, cephe kaplamalarının daha hafif elemanlar ile değiştirilmesidir.