İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜŞEY DOĞRULTUDA SÜREKSİZLİK ve ÇERÇEVE SÜREKSİZLİĞİ İÇEREN BİNALARIN DEPREM PERFORMANS ANALİZLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rüçhan YAYLALI

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜŞEY DOĞRULTUDA SÜREKSİZLİK ve ÇERÇEVE SÜREKSİZLİĞİ İÇEREN BİNALARIN DEPREM PERFORMANS ANALİZLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rüçhan YAYLALI
501001101

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gülten GÜLAY

HAZİRAN 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501001101 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Rüçhan YAYLALI**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"DÜŞEY DOĞRULTUDA SÜREKSİZLİK ve ÇERÇEVE SÜREKSİZLİĞİ İÇEREN BİNALARIN DEPREM PERFORMANS ANALİZLERİ"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Gülten GÜLAY** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Zekai CELEP** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Bilge DORAN .....
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Mayıs 2012**
Savunma Tarihi : **08 Haziran 2012**

Babama, anneme ve kızkardeşime,

ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisanas aşamasında, destek ve güvenini her zaman hissetiğim ve emeğini benden hiç esirgemeyen çok değerli hocam Prof. Dr. Gülten Gülay'a en derin saygı ve teşekkürlerimi sunarım.
Ayrıca canım babam Mustafa Rıfkı Yaylalı, canım annem Mübeccel Yaylalı, canım kızkardeşim Betül Yaylalı, değerli amcalarım Prof. Dr. Muammer Yaylalı ve Ali Enver Yaylalı'ya da, tezin teslimi süresince gösterdikleri destekten dolayı teşekkürlerimi sunarım, iyi ki varsınız.

Haziran 2012

Rüçhan YAYLALI
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xi**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xv**
KISALTMALAR ..... **xix**
SEMBOL LİSTESİ ..... **xxi**
ÖZET ..... **xxv**
SUMMARY ..... **xxvii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Tezin Amacı 2
2. TÜRKİYE DEPREM YÖNETMELİKLERİ **3**
2.1 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik - 1975 4
2.2 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik - 1998 5
2.3 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik – 2007 7
2.3.1 Mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi – bölüm 7 11
2.4 Türkiye Deprem Yönetmelikleri ile İlgili Literatür Taraması 17
3. DÜZENSİZ BİNALAR **19**
3.1 Giriş 19
3.2 Düzensiz Binalar ile İlgili Literatür Taraması 23
4. SAYISAL ÖRNEKLER **27**
4.1 B1 Binası Performans Analizi 31
4.1.1 Binaya etkiyen sabit ve hareketli yüklerin hesabı 33
4.1.2 Taşıyıcı elemanların çatlamış eğilme rijitlikleri hesabı 38
4.1.3 B1 binasının bilgisayar ortamında çözümlenmesi 38
4.1.4 Deprem hesabı 43
4.1.5 Kiriş kapasite oranlarının belirlenmesi 49
4.1.6 Kolon kapasite oranlarının belirlenmesi 67
4.1.7 Birleşim bölgeleri kontrolü 91
4.1.8 Göreli kat ötelemelerinin kontrolü 99
4.1.9 Bina deprem performansının belirlenmesi 101
4.2 B2 Binası Performans Analizi 104
4.2.1 Binaya etkiyen sabit ve hareketli yüklerin hesabı 106
4.2.2 Taşıyıcı elemanların çatlamış eğilme rijitlikleri hesabı 107
4.2.3 B2 binasının bilgisayar ortamında çözümlenmesi 108
4.2.4 Deprem hesabı 109
4.2.5 Kiriş kapasite oranlarının belirlenmesi 112
4.2.6 Kolon kapasite oranlarının belirlenmesi 115
4.2.7 Birleşim bölgeleri kontrolü 120
4.2.8 Göreli kat ötelemelerinin kontrolü 122
4.2.9 Bina deprem performansının belirlenmesi 124
4.3 B3 Binası Performans Analizi 130

4.3.1 Binaya etkiyen sabit ve hareketli yüklerin hesabı 132
4.3.2 Taşıyıcı elemanların çatlamış eğilme rijitlikleri hesabı 133
4.3.3 B3 binasının bilgisayar ortamında çözümlenmesi 134
4.3.4 Deprem hesabı 136
4.3.5 Kiriş kapasite oranlarının belirlenmesi 138
4.3.6 Kolon kapasite oranlarının belirlenmesi 142
4.3.7 Birleşim bölgeleri kontrolü 147
4.3.8 Göreli kat ötelemelerinin kontrolü 149
4.3.9 Bina deprem performansının belirlenmesi 151
4.4 B4 Binası Performans Analizi 156
4.4.1 Binaya etkiyen sabit ve hareketli yüklerin hesabı 158
4.4.2 Taşıyıcı elemanların çatlamış eğilme rijitlikleri hesabı 159
4.4.3 B4 binasının bilgisayar ortamında çözümlenmesi 160
4.4.4 Deprem hesabı 162
4.4.5 Kiriş kapasite oranlarının belirlenmesi 164
4.4.6 Kolon kapasite oranlarının belirlenmesi 167
4.4.7 Birleşim bölgeleri kontrolü 172
4.4.8 Göreli kat ötelemelerinin kontrolü 175
4.4.9 Bina deprem performansının belirlenmesi 176
5. DEĞERLENDİRMELER 185
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 193
KAYNAKLAR 197
ÖZGEÇMİŞ 199

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Betonarme kirişler, kolonlar ve perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s).... 8
Çizelge 2.2 : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R). 9
Çizelge 2.3 : Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri - (TDY-07, Tablo7.7). 16
Çizelge 3.1 : Planda düzensizlik durumları - (TDY-07, Tablo.2.1). 20
Çizelge 3.2 : Düşey doğrultuda düzensizlik durumları - (TDY-07, Tablo.2.1). 21
Çizelge 4.1 : B1, B2, B3, B4 binaları kolon donatı miktarları. 29
Çizelge 4.2 : B1 binası beşinci kat kolonları yük dağılımı. 34
Çizelge 4.3 : B1 binası dördüncü kat kolonları yük dağılımı. 34
Çizelge 4.4 : B1 binası üçüncü kat kolonları yük dağılımı. 35
Çizelge 4.5 : B1 binası ikinci kat kolonları yük dağılımı. 36
Çizelge 4.6 : B1 binası birinci kat kolonları yük dağılımı. 36
Çizelge 4.7 : B1 binası etkili tabla genişlikleri. 40
Çizelge 4.8 : Döşemeden gelen üçgen yayılı yükler. 41
Çizelge 4.9 : Kirişten gelen yayılı yükler. 41
Çizelge 4.10 : Binalar için bilgi düzeyi katsayıları. 44
Çizelge 4.11 : Hareketli yük katılım katsayısı (n). 45
Çizelge 4.12 : Spektrum karakteristik periyotları (T_A, T_B). 46
Çizelge 4.13 : B1 binası, (±X) yönü, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri. 48
Çizelge 4.14 : K101 kirişi donatı tablosu. 50
Çizelge 4.15 : Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s) - (TDY-07, Tablo7.2). 58
Çizelge 4.16 : B1 binası, K101 kirişi, (+X) yönü deprem, (i ucu) hasar sınırları. 62
Çizelge 4.17 : B1 binası, K101 kirişi, (+X) yönü deprem, (j ucu) hasar sınırları. 62
Çizelge 4.18 : B1 binası, K101 kirişi, (-X) yönü deprem, (i ucu) hasar sınırları. 62
Çizelge 4.19 : B1 binası, K101 kirişi, (-X) yönü deprem, (j ucu) hasar sınırları. 63
Çizelge 4.20 : B1 binası (+X) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i - j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu. 64
Çizelge 4.21 : B1 binası (-X) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu. 65
Çizelge 4.22 : S101 kolonu karşılıklı etkileşim diyagramı 'N' ve 'M' değerleri. 71
Çizelge 4.23 : Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s) (TDY-07, Tablo7.3). 80
Çizelge 4.24 : B1 binası, S101 kolonu, (+X) yönü deprem, (i ucu) hasar sınırları. 82
Çizelge 4.25 : B1 binası, S101 kolonu, (+X) yönü deprem, (j ucu) hasar sınırları. 82
Çizelge 4.26 : B1 binası, S101 kolonu, (-X) yönü deprem durumu, (i ucu) hasar sınırları birinci enterpolasyon. 83
Çizelge 4.27 : B1 binası, S101 kolonu, (-X) yönü deprem durumu, (i ucu) hasar sınırları ikinci enterpolasyon. 83

Çizelge 4.28 : B1 binası, S101 kolonu, (-X) yönü deprem durumu, (j ucu) hasar sınırları ikinci enterpolasyon. 84
Çizelge 4.29 : B1 binası (+X) yönü deprem, birinci kat kolonları, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu. 84
Çizelge 4.30 : B1 binası (-X) yönü deprem, birinci kat kolonları, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu. 86
Çizelge 4.31 : B1 binası (+X) yönü deprem, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) etki- kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu. 88
Çizelge 4.32 : B1 binası (-X) yönü deprem, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu. 89
Çizelge 4.33 : B1 binası (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri kırılma türü kontrol çizelgesi. 95
Çizelge 4.34 : B1 binası (-X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri kırılma türü kontrol çizelgesi. 95
Çizelge 4.35 : B1 binası, (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon - kiriş birleşim bölgeleri 'kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu' kontrol çizelgesi. 98
Çizelge 4.36 : B1 binası, (-X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon - kiriş birleşim bölgeleri 'kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu' kontrol çizelgesi. 99
Çizelge 4.37 : Göreli kat ötelemesi sınırları - (TDY-07, Tablo7.6). 100
Çizelge 4.38 : B1 binası, göreli kat öteleme değerleri. 100
Çizelge 4.39 : B1 binası, (+X) yönü deprem, birinci kat can güvenliği performans hedefi. 103
Çizelge 4.40 : B2 binası birinci kat kolonları yük dağılımı. 107
Çizelge 4.41 : B2 binası kolon çatlamış eğilme rijitlikleri. 107
Çizelge 4.42 : B2 binası (±X) yönü, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri. 111
Çizelge 4.43 : B2 binası (±Y) yönü, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri. 111
Çizelge 4.44 : B2 binası (+X) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu. 112
Çizelge 4.45 : B2 binası (+Y) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu. 114
Çizelge 4.46 : B2 binası (+X) yönü deprem, birinci kat kolonları, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu. 116
Çizelge 4.47 : B2 binası (+Y) yönü deprem, birinci kat kolonları, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu. 118
Çizelge 4.48 : B2 binası (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri kırılma türü kontrol çizelgesi. 120
Çizelge 4.49 : B2 binası, (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri 'kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu' kontrol çizelgesi. 120
Çizelge 4.50 : B2 binası (+Y) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri kırılma türü kontrol çizelgesi. 121
Çizelge 4.51 : B2 binası, (+Y) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon - kiriş birleşim bölgeleri 'kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu' kontrol çizelgesi. 122
Çizelge 4.52 : B2 binası (+X) yönü deprem göreli kat öteleme değerleri. 122
Çizelge 4.53 : B2 binası (+Y) yönü deprem göreli kat öteleme değerleri. 123
Çizelge 4.54 : B2 binası, (+X) yönü deprem, birinci kat göçme öncesi performans hedefi. 126

Çizelge 4.55 : B2 binası, (+Y) yönü deprem, birinci kat can güvenliği performans hedefi. 129
Çizelge 4.56 : B3 binası birinci kat kolonları yük dağılımı. 133
Çizelge 4.57 : B3 binası kolon çatlamış eğilme rijitlikleri. 133
Çizelge 4.58 : B3 binası (±X) yönü, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri. 137
Çizelge 4.59 : B3 binası (±Y) yönü, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri. 137
Çizelge 4.60 : B3 binası (+X) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu. 139
Çizelge 4.61 : B3 binası (+Y) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu. 140
Çizelge 4.62 : B3 binası (+X) yönü deprem, birinci kat kolonları, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu. 143
Çizelge 4.63 : B3 binası (+Y) yönü deprem, birinci kat kolonları, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu. 145
Çizelge 4.64 : B3 binası (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri kırılma türü kontrol çizelgesi. 147
Çizelge 4.65 : B3 binası, (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri ‘kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu’ kontrol çizelgesi. 147
Çizelge 4.66 : B3 binası (+Y) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri kırılma türü kontrol çizelgesi. 148
Çizelge 4.67 : B3 binası, (+Y) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri ‘kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu’ kontrol çizelgesi. 149
Çizelge 4.68 : B3 binası (+X) yönü deprem göreli kat öteleme değerleri. 149
Çizelge 4.69 : B3 binası (+Y) yönü deprem göreli kat öteleme değerleri. 150
Çizelge 4.70 : B3 binası, (+X) yönü deprem, birinci kat göçme öncesi performans hedefi. 153
Çizelge 4.71 : B3 binası, (+Y) yönü deprem, birinci kat can güvenliği performans hedefi. 155
Çizelge 4.72 : B4 binası birinci kat kolonları yük dağılımı. 159
Çizelge 4.73 : B4 binası kolon çatlamış eğilme rijitlikleri. 159
Çizelge 4.74 : B4 binası (±X) yönü, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri. 163
Çizelge 4.75 : B4 binası (±Y) yönü, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri. 163
Çizelge 4.76 : B4 binası (+X) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu. 164
Çizelge 4.77 : B4 binası (+Y) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu. 166
Çizelge 4.78 : B4 binası (+X) yönü deprem, birinci kat kolonları, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu. 167
Çizelge 4.79 : B4 binası (+Y) yönü deprem, birinci kat kolonları, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu. 170
Çizelge 4.80 : B4 binası (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri kırılma türü kontrol çizelgesi. 172
Çizelge 4.81 : B4 binası, (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon - kiriş birleşim bölgeleri ‘kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu’ kontrol çizelgesi. 172
Çizelge 4.82 : B4 binası (+Y) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri kırılma türü kontrol çizelgesi. 173

Çizelge 4.83 : B4 binası, (+Y) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon - kiriş birleşim bölgeleri 'kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu' kontrol çizelgesi. 174
Çizelge 4.84 : B4 binası (+X) yönü deprem göreli kat öteleme değerleri. 175
Çizelge 4.85 : B4 binası (+Y) yönü deprem göreli kat öteleme değerleri. 175
Çizelge 4.86 : B4 binası, (+X) yönü deprem, birinci kat can güvenliği performans hedefi. 178
Çizelge 4.87 : B4 binası, (+X) yönü deprem, birinci kat göçme öncesi performans hedefi. 179
Çizelge 4.88 : B4 binası, (+Y) yönü deprem, birinci kat can güvenliği performans hedefi. 182
Çizelge 4.89 : B4 binası, (+Y) yönü deprem, birinci kat göçme öncesi performans hedefi. 183
Çizelge 5.1 : B1, B2, B3 ve B4 binaları ağırlıkları. 185
Çizelge 5.2 : B1, B2, B3 ve B4 binaları (+X) yönü deprem kuvvetleri, periyotları, göreli kat ötelemeleri ve hasar durumları. 186
Çizelge 5.3 : B1, B2, B3 ve B4 binaları (+X) yönü deprem, kiriş hasar durumlarının karşılaştırması. 186
Çizelge 5.4 : B1, B2, B3 ve B4 binaları (+X) yönü deprem, kolon hasar durumlarının karşılaştırması. 186
Çizelge 5.5 : B1, B2, B3 ve B4 binaları (+X) yönü deprem, birleşim bölgeleri sünek kırılma ve kolonların kirişlerden güçlü olma tahkiklerinin karşılaştırması. 186
Çizelge 5.6 : B1, B2, B3 ve B4 binaları (+Y) yönü deprem kuvvetleri, periyotları, göreli kat ötelemeleri ve hasar durumları. 190
Çizelge 5.7 : B1, B2, B3 ve B4 binaları (+Y) yönü deprem, kiriş hasar durumlarının karşılaştırması. 190
Çizelge 5.8 : B1, B2, B3 ve B4 binaları (+Y) yönü deprem, kolon hasar durumlarının karşılaştırması. 190
Çizelge 5.9 : B1, B2, B3 ve B4 binaları (+Y) yönü deprem, birleşim bölgeleri sünek kırılma ve kolonların kirişlerden güçlü olma tahkikleri karşılaştırması. 190

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Doğrusal elastik hesap yöntemi akış diyagramı. 12
Şekil 2.2 : Doğrusal olmayan hesap yöntemi akış diyagramı. 13
Şekil 3.1 : A1 – burulma düzensizliği - (TDY-07, Şekil 2.1). 22
Şekil 3.2 : A2 – döşeme süreksizliği - (TDY-07, Şekil 2.2). 22
Şekil 3.3 : A3 – planda çıkıntılar bulunması - (TDY-07, Şekil 2.3). 22
Şekil 3.4 : B3 - taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği - (TDY-07, Şekil 2.3). 23
Şekil 4.1 : Bina modelleri. 27
Şekil 4.2 : B1 binası +3.00 kotu kalıp planı. 31
Şekil 4.3 : B1 binası 1-1 boyuna kesiti. 32
Şekil 4.4 : B1 binası 2-2 boyuna kesiti. 33
Şekil 4.5 : B1 binası SAP2000 modeli. 39
Şekil 4.6 : B1 binası döşeme yük dağılımı. 40
Şekil 4.7 : B1 binası kiriş yayılı yük şematik gösterimi. 41
Şekil 4.8 : B1 binası süperpoze yük şematik gösterimi. 42
Şekil 4.9 : B1 binası SAP 2000 C aksı (G) yüklemesi yük dağılımı. 42
Şekil 4.10 : B1 binası SAP2000 mesnet reaksiyonları. 43
Şekil 4.11 : Yerel zemin sınıfı Z3 için spektrum eğrisi. 46
Şekil 4.12 : B1 binası SAP2000 bina birinci doğal titreşim periyodu. 47
Şekil 4.13 : B1 binası, SAP2000 katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri. 48
Şekil 4.14 : Kiriş kesme güvenliği tahkiki. 50
Şekil 4.15 : Kiriş çekme ve basınç bölgeleri. 51
Şekil 4.16 : Kiriş kapasite momenti. 51
Şekil 4.17 : B1 binası K101 kirişi mesnet reaksiyonları. 55
Şekil 4.18 : (±X) yönlerindeki deprem durumunda kiriş çalışma şekli. 57
Şekil 4.19 : Kiriş kesiti dengeli durumu. 60
Şekil 4.20 : Kesit hasar bölgeleri. 61
Şekil 4.21 : B1 binası (+X) yönü deprem durumu, +3.00 kotu kirişleri, (i - j ucu) kiriş hasar durum grafiği. 65
Şekil 4.22 : B1 binası (-X) yönü deprem durumu, +3.00 kotu kirişleri, (i - j ucu) kiriş hasar durum grafiği. 66
Şekil 4.23 : (±X) deprem durumu birleşim bölgesi çalışma şekli (TDY-07, 3.3.5). 68
Şekil 4.24 : S101, S105, S121, S125, S107, S108, S109, S112, S113, S114, S117, S118, S119 kolonları donatı yerleşimi. 69
Şekil 4.25 : S102, S103, S104, S106, S110, S111, S115, S116, S120, S122, S123, S124 kolonları donatı yerleşimi. 69
Şekil 4.26 : Dikdörtgen kolon analizi ile 'kolon karşılıklı etkileşim diyagramı' çizimi. 71
Şekil 4.27 : S101 ve benzer kolonların karşılıklı etkileşim diyagramı. 72
Şekil 4.28 : S102 ve benzer kolonların karşılıklı etkileşim diyagramı. 73

Şekil 4.29 : Moment – eksenel kuvvet etkileşim diyagramı ile moment ve normal kuvvet kapasitelerinin belirlenmesi (TDY-07, Bilgilendirme Eki 7.A). 74
Şekil 4.30 : S101 kolonu (+X) yönü deprem durumu kolon kapasite hesabı. 76
Şekil 4.31 : S101 kolonu (-X) yönü deprem durumu kolon kapasite hesabı. 76
Şekil 4.32 : B1 binası (+X) yönü deprem durumu, birinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği. 85
Şekil 4.33 : B1 binası (-X) yönü deprem durumu, birinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği. 87
Şekil 4.34 : B1 binası (+X) yönü deprem durumu, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon kasar durum grafiği. 89
Şekil 4.35 : B1 binası (-X) yönü deprem durumu, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği. 90
Şekil 4.36 : B1 binası, S107 kolonu (+3.00) kotu birleşim bölgesi. 93
Şekil 4.37 : B1 binası, S107 kolonu (+3.00) kotu kolon-kiriş birleşim bölgesi. 96
Şekil 4.38 : B1 binası (+X) yönü deprem eleman hasar durumu. 101
Şekil 4.39 : B2 binası +3.00 kotu kalıp planı. 104
Şekil 4.40 : B2 binası 1-1 boyuna kesiti. 105
Şekil 4.41 : B2 binası 2-2 boyuna kesiti. 106
Şekil 4.42 : B2 binası SAP2000 modeli. 108
Şekil 4.43 : B2 binası SAP2000 mesnet reaksiyonları. 109
Şekil 4.44 : B2 binası SAP2000 (X) ve (Y) yönü bina doğal titreşim periyotları. .. 110
Şekil 4.45 : B2 binası, SAP2000 katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri. 111
Şekil 4.46 : B2 binası (+X) yönü deprem durumu, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) kiriş hasar durum grafiği. 113
Şekil 4.47 : B2 binası (+Y) yönü deprem durumu, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) kiriş hasar durum grafiği. 115
Şekil 4.48 : B2 binası (+X) yönü deprem durumu, birinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği. 117
Şekil 4.49 : B2 binası (+X) yönü deprem durumu, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği. 117
Şekil 4.50 : B2 binası (+Y) yönü deprem durumu, birinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği. 119
Şekil 4.51 : B2 binası (+Y) yönü deprem durumu, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği. 119
Şekil 4.52 : B2 binası (+X) yönü deprem eleman hasar durumu. 124
Şekil 4.53 : B2 binası (+Y) yönü deprem eleman hasar durumu. 127
Şekil 4.54 : B3 binası +3.00 kotu kalıp planı. 130
Şekil 4.55 : B3 binası 1-1 boyuna kesiti. 131
Şekil 4.56 : B3 binası 2-2 boyuna kesiti. 132
Şekil 4.57 : Guseli kolon modellemesi. 134
Şekil 4.58 : B3 binası SAP2000 modeli. 135
Şekil 4.59 : B3 binası SAP2000 mesnet reaksiyonları. 136
Şekil 4.60 : B3 binası SAP2000 (X) ve (Y) yönü bina doğal titreşim periyotları. .. 137
Şekil 4.61 : B3 binası, SAP2000 katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri. 138
Şekil 4.62 : B3 binası (+X) yönü deprem durumu, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) kiriş hasar durum grafiği. 140
Şekil 4.63 : B3 binası (+Y) yönü deprem durumu, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) kiriş hasar durum grafiği. 142
Şekil 4.64 : B3 binası (+X) yönü deprem durumu, birinci kat kolonları, (i - j ucu) kolon hasar durum grafiği. 144

Şekil 4.65 : B3 binası (+X) yönü deprem durumu, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği. 144
Şekil 4.66 : B3 binası (+Y) yönü deprem durumu, birinci kat kolonları, (i - j ucu) kolon hasar durum grafiği. 146
Şekil 4.67 : B3 binası (+Y) yönü deprem durumu, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği. 146
Şekil 4.68 : B3 binası (+X) yönü deprem eleman hasar durumu. 151
Şekil 4.69 : B3 binası (+Y) yönü deprem eleman hasar durumu. 154
Şekil 4.70 : B4 binası +3.00 kotu kalıp planı. 156
Şekil 4.71 : B4 binası 1-1 boyuna kesiti. 157
Şekil 4.72 : B4 binası 2-2 boyuna kesiti. 158
Şekil 4.73 : B4 binası SAP2000 modeli. 160
Şekil 4.74 : B4 binası, çerçeve süreksizliği olan döşemeler yük dağılımı.. 161
Şekil 4.75 : B4 binası SAP2000 mesnet reaksiyonları. 161
Şekil 4.76 : B4 binası SAP2000 (X) ve (Y) yönü bina doğal titreşim periyotları... 162
Şekil 4.77 : B4 binası, SAP2000 katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri. 163
Şekil 4.78 : B4 binası (+X) yönü deprem durumu, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) kiriş hasar durum grafiği. 165
Şekil 4.79 : B4 binası (+Y) yönü deprem durumu, +3.00 kotu kirişleri, (i - j ucu) kiriş hasar durum grafiği. 167
Şekil 4.80 : B4 binası (+X) yönü deprem durumu, birinci kat kolonları, (i - j ucu) kolon hasar durum grafiği. 169
Şekil 4.81 : B4 binası (+X) yönü deprem durumu, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği. 169
Şekil 4.82 : B4 binası (+Y) yönü deprem durumu, birinci kat kolonları, (i - j ucu) kolon hasar durum grafiği. 171
Şekil 4.83 : B4 binası (+Y) yönü deprem durumu, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği. 171
Şekil 4.84 : B4 binası (+X) yönü deprem eleman hasar durumu. 176
Şekil 4.85 : B4 binası (+Y) yönü deprem eleman hasar durumu. 180
Şekil 5.1 : B1, B2, B3 ve B4 binaları, (+X) yönü deprem, birinci kat planları, eleman hasar durum karşılaştırması. 187
Şekil 5.2 : B1, B2, B3 ve B4 binaları, (+Y) yönü deprem, birinci kat planları, eleman hasar durum karşılaştırması. 191
Şekil 6.1 : Düşey doğrultuda süreksizlik taşıyan ve çıkmaların bulunduğu yapılar için şematik güçlendirme önerisi. 195

KISALTMALAR

CG	**:** Can Güvenliği
GÇ	**:** Göçme Sınırı
GÖ	**:** Göçme Öncesi
GV	**:** Güvenlik Sınırı
HK	**:** Hemen Kullanım
MN	**:** Minimum Hasar Sınırı
TDY-07	**:** Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik - 2007
TDY-98	**:** Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik - 1998
TDY-75	**:** Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik - 1975

SEMBOL LİSTESİ

a : Eşdeğer dikdörtgen basınç bloku derinliği
A_0 : Etkin yer ivme katsayısı
A_C : Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
A_s : Boyuna donatı kesit alanı
A_{s1} : Kolon-kiriş düğüm noktasının bir tarafında, kirişin negatif momentini karşılamak için üste konulan çekme donatısının toplam alanı
A_{s2} : Kolon-kiriş düğüm noktasının A_{s1}'e gore öbür tarafında, kirişin pozitif momentini karşılamak için alta konulan çekme donatısının toplam alanı
A_{sw} : Kesme donatısı toplam kesit alanı
$A(T)$: Spektral ivme katsayısı
b : Kiriş etkin tabla genişliği
Kolon kesit boyutu
b_j : Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, birleşim bölgesine saplanan kirişin kolonla aynı genişlikte olması veya kolonun her iki yanından da taşması durumunda kolon genişliği, aksi durumda kirişin düşey orta ekseninden itibaren kolon kenarlarına olan uzaklıklardan küçük olanının iki katı (Kiriş genişliği ile birleşimin derinliğinin toplamını aşamaz)
b_w : Kirişin gövde genişliği
D : Yatay yükler doğrultusuna paralel doğrultudaki bina genişliği
d : Kirişin ve kolonun faydalı yüksekliği
d' : Basınç donatısı merkezinden ölçülen beton örtüsü
E_c : Beton elastisite modülü
E_s : Donatı çeliği elastisite modülü
$(EI)_0$: Çatlamış kesite ait eğilme rijitliği
$(EI)_e$: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
F : Dış Kuvvet
f_{cd} : Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{cm} : Mevcut betonun basınç dayanımı
f_{ctm} : Mevcut betonun çekme dayanımı
F_i : Eşdeğer deprem yükü yönteminde i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
f_{yk} : Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
f_{ym} : Mevcut boyuna donatının akma dayanımı
f_{ywm} : Mevcut enine donatı çeliğinin akma dayanımı
G : Sabit yükler
H : Binanın temel üst kotundan ölçülen yüksekliği
h : Kolonun gözönüne alınan deprem doğrultusundaki enkesit boyutu
H_i : Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği
h_{ji} : i'inci katta j'inci kolon veya perdenin yüksekliği

k_1 : Eşdeğer dikdörtgen basınç bloku derinlik katsayısı
I : Yapı önem katsayısı
l : Hesap açıklığı
l_n : Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı
l_p : Kirişin iki moment sıfır noktası arasında kalan uzunluğu
M_A : Artık moment kapasitesi
M_a : Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment
M_D : Düşey yüklerden oluşan moment
M_E : Deprem yükleri altında oluşan moment
M_K : Mevcut malzeme dayanımlarına göre hesaplanan moment kapasitesi
M_{ra} : Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin alt ucunda f_{cm} ve f_{ym}'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti
M_{ri} : Kirişin sol ucu i'deki kolon veya perde yüzünden f_{cm} ve f_{ym}'ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti
M_{rj} : Kirişin sağ ucu j'deki kolon veya perde yüzünden f_{cm} ve f_{ym}'ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti
$M_{rü}$: Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin üst ucunda f_{cm} ve f_{ym}'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti
$M_ü$: Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment
N : Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı
n : Hareketli yük katılım katsayısı
N_A : Artık moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet
N_D : Düşey yüklerden oluşan eksenel kuvvet
N_E : Deprem yükleri altında oluşan eksenel kuvvet
N_G : Sabit yükler altında kolon veya perdede oluşan eksenel kuvvet
N_K : Mevcut malzeme dayanımları ile hesaplanan moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet
N_Q : Hareketli yükler altında kolon veya perdede oluşan eksenel kuvvet
R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
r : Etki / kapasite oranı
R_a : Deprem yükü azaltma katsayısı
r_s : Etki / kapasite oranının sınır değeri
s : Etriye aralığı
S(T) : Spektrum katsayısı
T : Bina doğal titreşim periyodu
T_A,T_B : Spektrum karekteristik periyotları
V_c : Betonun kesme dayanımına katkısı
V_{cr} : Kesitin kesmede çatlama dayanımı
V_{dy} : Kirişin herhangi bir kesitinde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti
V_e : Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
V_{kol} : Düğüm noktasının üstünde ve altında TDY-07 Bölüm 7'ye göre hesaplanan kolon kesme kuvvetlerinin küçük olanı
V_r : Kolon, kiriş veya perdekesitinin kesme dayanımı
V_t : Eşdeğer deprem yükü yönteminde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)

$\mathbf{V_{ws}}$: Kesme donatısının kesme dayanımına katkısı
Z3 : Yerel zemin sınıfı - 3
Q : Hareketli yükler
W : Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
$\mathbf{W_{B1}}$: B1binasının düşey ve hareketli yükler altında bulunan toplam ağırlığı
$\mathbf{W_{B2}}$: B2binasının düşey ve hareketli yükler altında bulunan toplam ağırlığı
$\mathbf{W_{B3}}$: B3binasının düşey ve hareketli yükler altında bulunan toplam ağırlığı
$\mathbf{W_{B4}}$: B4binasının düşey ve hareketli yükler altında bulunan toplam ağırlığı
$\mathbf{W_G}$: Binanın düşey yükler altında bulunan toplam ağırlığı
$\mathbf{w_i}$: Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
$\mathbf{W_Q}$: Binanın hareketli yükler altında bulunan toplam ağırlığı
$\mathbf{\Delta F_N}$: Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
$\boldsymbol{\eta_{bi}}$: Burulma düzensizliği katsayısı
$\boldsymbol{\eta_{ci}}$: Dayanım düzensizliği katsayısı
Ø : Donatı çapı
$\boldsymbol{\rho}$: Çekme donatısı oranı
$\boldsymbol{\rho'}$: Basınç donatısı oranı
$\boldsymbol{\rho_b}$: Dengeli donatı oranı
$\boldsymbol{\beta_v}$: Perdede kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı
$\boldsymbol{\lambda}$: Eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı
$\boldsymbol{\varepsilon_{cu}}$: Beton ezilme birim kısalması
$\boldsymbol{\varepsilon_s}$: Donatı birim şekil değiştirmesi
$\boldsymbol{\gamma_{mc}}$: Beton için malzeme katsayısı
$\boldsymbol{\gamma_{ms}}$: Donatı için malzeme katsayısı
$\boldsymbol{\delta_{ji}}$: i'inci katta j'inci kolon veya perdenin alt ve üst uçları arasında yerdeğiştirme farkı olarak hesaplanan göreli kat ötelemesi

DÜŞEY DOĞRULTUDA SÜREKSİZLİK ve ÇERÇEVE SÜREKSİZLİĞİ İÇEREN BİNALARIN DEPREM PERFORMANS ANALİZLERİ

ÖZET

Özellikle mimari nedenlerle çıkmalı betonarme binalarda giriş kat kolonlarının üst katlarda konsola oturtulması ve/veya çerçeve kirişlerinin dış akslara kaydırılması 1998 Deprem Yönetmeliği öncesi bölgemizde yaygın olarak uygulanmaktaydı. Düşey doğrultuda süreksizlik ve/veya çerçeve süreksizliği olarak tanımlanan bu tür uygulamalara 1998 yılında yürürlüğe giren deprem yönetmeliği ve günümüzde geçerli olan 2007 Deprem Yönetmelikleri'nde izin verilmemektedir.

Bu düzensizlikleri içeren mevcut yapıların deprem performanslarının değerlendirilmesi amacıyla tez çalışmasında önce, bu tür binaların uygulamaları, bu konuda daha önce yapılan bilimsel yayınlar, bu yapıların bilgisayar ortamında 3 boyutlu modellenmesi konuları araştırılmıştır. Sayısal çözümleme olarak, 1975 Yönetmeliği koşullarına göre boyutlandırılmış ve can güvenliği performans düzeyini sağlayan iki doğrultuda simetrik 5 katlı düzenli bir bina seçilmiş (B1binası), sonra da bu yapıdan türetilen ve düzensizlik içeren 3 ayrı yapı ele alınarak, bilgisayar ortamında modellenmiş ve ayrı ayrı 2007 Deprem Yönetmeliği 7. Bölümünde önerilen doğrusal elastik yöntem yardımıyla performans analizleri yapılmıştır.

Tez çalışmasının birinci bölümünde, giriş, tezin amacı ve kapsamı açıklanmıştır.

İkinci bölümde, bugüne kadar uygulanan Türkiye Deprem Yönetmelikleri tanımlanarak, TDY-75, TDY-98 ve TDY-07'ye değinilmiş, TDY-07 Bölüm-7 'Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi' konusu ayrıca incelenmiş ve yönetmeliklerle ilgili literatür taraması yapılmıştır.

Üçüncü bölümde, TDY-07'de belirtilen düzensiz binalar tanımlanmış ve düzensiz binalarla ilgili literatür taraması yapılmıştır.

Sayısal incelemeler kapsamındaki dördüncü bölümde, öncelikle düzensizlik içermeyen ve iki doğrultuda simetrik referans 'B1Binası' nın bazı kolon donatıları arttırılarak 2007 Deprem Yönetmeliği Bölüm - 7 'Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi' şartlarına göre, 'Can Güvenliği' performans düzeyini sağladığı gösterilmiştir. Daha sonra bu binadan türetilen, (X) yönünde düşey doğrultuda süreksizlik taşıyan konsol model 'B2 Binası', (X) yönünde düşey doğrultuda süreksizlik taşıyan guseli model 'B3 Binası' ve (Y) yönünde çerçeve süreksizliği taşıyan saçak model 'B4 Binası' oluşturulmuştur.

Bu dört bina için de, binaya etkiyen sabit ve hareketli yüklerin hesabı, taşıyıcı elemanların çatlamış kesit eğilme rijitlikleri, SAP 2000-V10 ile performans analizleri, deprem hesabı, kiriş ve kolon kapasite oranlarının belirlenmesi, birleşim bölgeleri kontrolü ve göreli kat ötelemeleri kontrolleri yapılarak, doğrusal elastik yöntemlerden 'Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi' kullanılarak deprem performans analizleri yapılmış ve performans düzeyleri bulunmuştur. B1 Binası için yapılan hesaplar, mevcut binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi hesap sürecini göstermesi açısından referans olması da amaçlanarak, adım adım ve yönetmelik koşullarının hepsinin irdelenmesi yoluyla detaylı olarak açıklanmıştır.

Beşinci bölümde, düşey süreksizlik taşıyan B2 ve B3 Binaları ile çerçeve süreksizliği taşıyan B4 Binası için hesaplanan sonuçlar, düzensizlik taşımayan ve Can Güvenliği performans düzeyini sağlayan B1 Binası ile karşılaştırılarak, düşey ve çerçeve süreksizliğinin, bina deprem performansı analiz sonuçlarına etkisi değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır.

(X) yönü deprem durumu incelendiğinde, B1 Binası, 'Can Güvenliği' performans düzeyinde hesaplanırken, (X) doğrultusunda düşey süreksizlik taşıyan B2 ve B3 Binalarının ve (X) doğrultusunda süreksizlik taşımayan fakat saçak kirişlerden oluşan B4 Binası' performans düzeyinin 'Göçme Durumu' olduğu görülmüştür. Ayrıca, B2 ve B3 Binalarının, konsol kiriş ve guseli kolon üzerine düşey süreksizlik taşımaları hallerinde oluşan, taşıyıcı elemanların hasar durumlarındaki farklılıklar da irdelenmiştir.

(Y) yönü deprem durumu incelendiğinde ise, B1 Binası, 'Can Güvenliği' performans düzeyinde bulunurken, (Y) doğrultusunda düzensizlik taşımayan B2 ve B3 Binaları da 'Can Güvenliği' performans düzeyinde hesaplanmış fakat (Y) doğrultusunda çerçeve süreksizliği taşıyan B4 Binasının 'Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, düşey süreksizlik ve çerçeve süreksizliği durumlarının, yapı deprem performans analiz sonuçlarını negatif yönde etkilediği ve deprem performanslarını önemli ölçüde düşürdüğü gösterilmiştir.

Son olarak bu tür düzensizlik taşıyan mevcut yapılar için, deprem durumunda olası muhtemel hasarların en aza indirilebilmesi amacıyla nasıl güçlendirilebilecekleri konusunda da öneriler sunulmuştur.

EARTHQUAKE PERFORMANCE ANALYSIS OF RC BUILDINGS HAVING VERTICAL DISCONTINUITY AND FRAME DISCONTINUITY IRREGULARITIES

SUMMARY

Especially because of architectural reasons, establishment of first floor columns on to the upper floors overhanged beams and/or shifting of frame beams to perimeter axis at the projected floor applications are common practice in our region before the issue of Turkish Earthquake Code in 1998. These type of applications defined as vertical discontinuity and frame discontinuity are not allowed anymore with the Turkish Earthquake Code published in 1998 and todays existing Turkish Eartquake Code published in 2007.

Before the computational applications ot the thesis, the research work was performed regarding to similar applications of these type of irregular structures around the previous research publications with regards to this subject and the 3D computer modelling of these type of structures with the aim of evaluation of earthquake performance analysis of existing reinforced concrete buildings which contain above mentioned irregularities. For the numerical applications, first, a five storey B1 Building, that is symmetric in both directions, designed and dimensioned as a reinforced concrete frame structure, without any irregularity is selected as standart reference building. Then, three additional case study buildings which were produced from B1 Building having different irregularities along the vertical direction and / or frame discontinuity were selected to investigate their seismic performances. The 3D modelling of these buildings by SAP 2000-V10 computer analysis programs were performed and the earthquake performance analysis of each one of them have been calculated by using linear elastic methods suggested in Turkish Earthquake Code 2007, Section – 7 'Seismic Performance Evaluation and Retrofitting of Existing Buildings'.

The summary, purpose and scope of the thesis were presented in the first chapter of the thesis which consists of five chapters.

In the second chapter, the history of the Earthquake Regulations that have been implemented in Turkey until today were described while it was focused on TDY(Turkish Earthquake Code)-75, TDY-98 and TDY-07 and TDY-07 Section – 7 'Seismic Performance Evaluation and Retrofitting of Existing Buildings' was investigated separately and some literature survey with regard to the seismic regulations was also made.

In the third chapter, the irregular structures mentioned in TDY-07 were defined and literature survey with regard to the irregular structures was presented.

As a case study for numerical solutions in the fourth chapter, first it was shown that, the reference 'B1 Building' which was calculated and dimensioned according to TDY-75, not having any discontinuity and symmetric in both directions achieved to reach 'Life Safety' performance level according to the provisions of Section 7- 'Seismic Performance Evaluation and Retrofitting of Existing Buildings' under the provisions of the 'Regulation on the Building to be Constructed on Seismic Zones - 2007' by increasing some column reinforcements. Then console model 'B2 Building' carrying discontinuity on the vertical direction of the (X) axis, hunched model 'B3 Building' carrying discontinuity on the vertical direction of the (X) axis and eaves model 'B4 Building' carrying frame discontinuity on the (Y) direction which were produced from 'B1 Building' were generated without changing the dimensions of the original standart building B1.

The calculation of dead loads and live loads affecting the considered buildings, cracked cross-sectional areas and bending stiffness of the elements, seismic analysis with SAP 2000-V10, earthquake load calculations, determination of the capacity ratios of the beams and columns, checking the beam-column connection points and relative storey displacement controls were performed and the earthquake performance analysis have been performed by using 'Equivalent Earthquake Load Method' from among the linear elastic methods for each one of the above mentioned four buildings. The calculations made for B1 building were aimed to be a reference for showing the calculation process of the earthquake performance analysis application and explained in detail by emphasizing all limits of the code step by step.

In the fifth section, the numerical results obtained for B2 and B3 Buildings which have vertical discontinuity and B4 Building which has frame discontinuity were compared with B1 Building which did not carry any discontinuity and provided 'Life Safety' performance level thus, the effects of vertical discontinuity and frame discontinuity on the results of the building earthquake performance analysis were evaluated and compared.

When (X) direction earthquake status was examined, while the B1 Building was found to be at 'Life Safety' performance level, it was seen that B2 and B3 Buildings which carried vertical discontinuity on (X) direction and B4 Building which didn't carry any discontinuity on (X) direction but was composed of eaves beams exhibit 'Collapse Situation' performance level. Furthermore, the earthquake performance differences in the bearing elements (beams and columns) which occur in case that B2 and B3 Buildings that carry vertical discontinuity on overhanged beam and hunched beam were also examined.

When (Y) direction earthquake status was examined, while B1 Building was calculated at 'Life Safety' level, B2 and B3 buildings which did not carry any discontinuity on (Y) direction were also calculated at 'Life Safety' level, but it was determined that B4 Building which carried frame discontinuity on (Y) direction was found at 'Pre-Collapse Performance Level'.

By comparing the computed solutions and building performance results, it was shown that vertical discontinuity and frame discontinuity circumstances affected the building earthquake performance analysis results negatively and decreased the building's capacity and lowered the eartquake performance level seriously. Thus, the provisions prohibiting the application of these type of irregularities in the new seismic code is considered as quite well-judged decision.

Some suggestions are also presented to minimize the possible damages in case of an earthquake by retrofitting the bearing systems of B2, B3 and B4 Buildings which carried above mentioned discontinuity.

1. GİRİŞ

Depremin tam olarak ne zaman gerçekleşeceği hakkında net bilgimiz olmasa da, deprem bölgesinde bulunan ülkemizde, geçmişte yaşadığımız depremler de gözönüne alındığında, yakın veya uzak zamanda depremlerin gerçekleşeceği muhakkaktır.

Deprem etkisinin, yapıların tasarım aşamasında gerçeğe en yakın şekilde öngörülebilmesi amacıyla, Türkiye Deprem Yönetmelikleri, yeni depremler sonucu edinilen tecrübe ve bilgilerle birlikte değişmekte ve gelişmektedir. Bu sayede, TDY-98 ve TDY-07'ye göre tasarlanan yapıların, deprem etkileri karşısında güvenli boyutlandırılma kriterine ulaşarak daha dirençli hareket etmeleri sağlanmış, yapıların gevrek değil de sünek davranış göstererek, hasar görse bile, göçme durumu gerçekleşmeden insanların can güvenliğinin sağlanması amaç edinilmiştir.

Fakat bu durumda, TDY-98'den önce tasarlanıp inşa edilen ve ülkemizdeki yapıların büyük çoğunluğunu temsil eden binalarda, deprem durumunda binanın nasıl performans göstereceği ve oluşacak hasarın nasıl önleneceği soruları karşımıza çıkmaktadır.

Bu sebeple, TDY-07 Bölüm-7 kapsamında, 'Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi' konusu, yönetmeliğimize bir düzen ve kural çerçevesinde kapsamlı olarak eklenmiştir. Mevcut binaların deprem performansının yönetmelik şartlarına göre incelenerek, deprem durumunda oluşması muhtemel can ve mal kayıplarının, değerlendirme sonuçlarına göre alınacak önlemler neticesinde en aza indirilmesi amaçlanmıştır.

TDY-98 öncesi tasarlanan binaların, deprem karşısında dirençli hareket edemeyecek olması riskine ek olarak, bu yapılarda günümüz yönetmeliklerinde izin verilmeyen veya kısıtlanan, fakat ülkemizdeki birçok yapıda arsa yetersizliği, bina kullanım alanını arttırmak ve eski cumbalı bina mimari anlayışının da etkileriyle karşımıza çıkan düşey süreksizlik ve çerçeve süreksizliği düzensizlik durumlarının bulunması, bu düzensiz yapıların deprem durumunda taşıdıkları hasar riskini daha da arttırmaktadır.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amaçlarından birincisi, TDY-07 Bölüm-7 ‘Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi’ kapsamında, uygulama kolaylığı ve bilinilirliği sebebiyle, doğrusal elastik yöntemlerden ‘Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi’ kullanılarak, TDY-75’e göre boyutlandırılmış betonarme yapılarda deprem performans analizleri hesap yöntemini adım adım göstermek olmuştur. Sayısal uygulaması yapılan dört binadan, TDY-75’ e göre boyutlandırılmış, düzensizlik taşımayan, iki doğrultuda simetrik beş katlı betonarme standart model ‘B1 Binası’ için, performans analizi hesapları, yönetmelik şartları ve hesap yöntemleri çerçevesinde, hesap sırasına göre detaylı olarak tanımlanmış ve incelenmiştir.

Bu sayede, uygulamaya yönelik, hesap yöntem ve detaylarının adım adım anlatıldığı referans çalışma olması amaçlanmıştır.

İkinci amaç, B1 Binası’ndan türetilen, (X) yönünde düşey doğrultuda süreksizlik taşıyan beş katlı betonarme konsol model B2 Binası ve guseli model B3 Binası ile (Y) yönünde çerçeve süreksizliği taşıyan beş katlı betonarme saçak model B4 Binaları’nın deprem performans analizleri yapılarak, düşey süreksizlik ve çerçeve süreksizliği durumlarının deprem performansına ve hasar durumuna etkisini incelemek, düzensizlik durumu taşımayan referans B1 Binası ile karşılaştırmak ve değerlendirmek olmuştur.

Bu çerçevede, düşey süreksizlik ve çerçeve süreksizliği durumlarının, TDY-07’ye göre hesaplanan yapı deprem performans analiz sonuçlarına negatif yöndeki etkisinin vurgulanması amaçlanmıştır.

Ayrıca, deprem durumunda düşey süreksizlik ve çerçeve süreksizliği taşıyan betonarme yapıların deprem davranışları sonucunda hasarın en aza indirgenmesi için, bu tür taşıyıcı sistemlerin nasıl güçlendirilmesi gerektiği konusunda öneri verilmesi de amaçlanmıştır.

2. TÜRKİYE DEPREM YÖNETMELİKLERİ

T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı verilerine ve Alyamaç, K. Ve Erdoğan, A. 'Geçmişten Günümüze Afet Yönetmelikleri ve Uygulamada Karşılaşılan Tasarım Hataları' çalışmasına göre, Türkiye'de, aşağıda tanımlanan Deprem Yönetmelikleri uygulanmıştır.

- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına İlişkin Yönetmelik - *2007* (3 Mayıs 2007 gün ve 26511 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir.)
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik - *2007* (TDY-07) (6 Mart 2006 / 26100 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlanmış, 1 sene sonra yürürlüğe girmiştir.)
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik – *1998* (TDY-98) (İlk Yayın Tarihi : 2.9.1997, 23098 mükerrer sayılı Resmi Gazete, Yürürlüge Giriş Tarihi : 1.1.*1998*, Değişiklik Tarihi : 2.7.1998 23390 sayılı Resmi Gazete)
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik – *1975* (TDY-75) (9 Haziran 1975 gün ve 15260 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlanmıştır.)
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik - *1968*
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik - *1962*
- Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik - *1953*
- Türkiye Yer Sarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği – *1949*
- Zelzele Mıntıkaları Muvakkat Yapı Talimatnamesi – *1944*
- Zelzele Mıntıkalarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi - *1940*

Aşağıdaki paragraflarda, son üç deprem yönetmeliği içerikler açısından genel olarak açıklanmıştır.

2.1 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik - 1975

Üç ana kısımdan oluşan TDY-75'de, birinci kısım genel kurallar, ikinci kısım su baskını ve yangın afetinden korunma, üçüncü kısım ise depram afetinden korunma ana başlıkları altında toplanmıştır.

Betonarme yapılar başlığı altında, temeller, kolonlar, perdeler, döşemeler ve kirişlerle ilgili, genellikle konstrüktif kuralların belirtildiği özet bölümler bulunmaktadır. Betonarme yapıların ardından çelik yapılar ve ahşap yapılarla ilgili çok özet genel konstrüktif kurallardan sonra, yığma kargir yapılar, yarım kargir yapılar ve kerpiç yapılar, genel ve konstrüktif kuralları içerecek şekilde anlatılmıştır.

Üçüncü kısım onüçüncü bölümde, depreme dayanıklı yapılar için hesap ilkeleri tanımlanmıştır. Burada verilen hesap yöntemi, günümüz yönetmeliği Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'ni andırmakla beraber aynı değildir ve farklılık taşımaktadır. Örneğin bina yükseklik sınırı 75 metredir ve 75 metrenin üstündeki yapılar için dinamik hesap yolu yapılması gerektiği ifade edilmiş fakat detay verilmemiştir. Fakat TDY-75 deprem yükü hesap yönteminin, günümüzde kullandığımız Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin temelini oluşturduğu fikri oluşmaktadır.

TDY-75 bina doğal titreşim boyut denklemi de ilgi çekicidir. Bina geometrik özellikleri olan

H = Binanın temel üst kotundan ölçülen yüksekliği (m),

D = Yatay yükler doğrultusuna paralel doğrultudaki bina genişliği (m),

N = Bina temel düzeyi üstündeki kat adedi,

parametrelerine bağlı olarak,

$$T = 0.09\, H / \sqrt{D} \qquad \textbf{(2.1)}$$

$$T = (0.07 \approx 0.1)\, N \qquad \textbf{(2.2)}$$

denklemlerinden bulunan T değerinin elverişsiz olanı saniye cinsinden yapının birinci normal moduna ait doğal periyot olarak tanımlanmıştır.

Günümüz TDY-07 yönetmeliği ise, kütle ve fiktif yüklere göre hesaplanan yerdeğiştirmeler üzerinden bina doğal titreşim periyotunu hesaplamaktadır.

Spektrum katsayısı, deprem bölge katsayısı, yapı önem katsayısı, hareketli yük katsayısı, yatay yükün yükseklik boyunca dağıtılması, yapının en üst kat düzeyine uygulanacak münferit kuvvet tanımları TDY-07 ile birebir aynı olmasa da TDY-75'de tanımlanmıştır. Ayrıca ±5 ek dışmerkezlik, burulma momenti kapsamında gözönüne alınmıştır.

TDY-75 yönetmeliğinde, mevcut binaların değerlendirilmesi konusuna değinilmemiştir. Düzensiz yapılarla ilgili olarak ise; sadece taşıyıcı sistemleri döşeme ya da kirişler ile düşey kolonlardan oluşan, kolon ve perdeleri sürekli olarak temele kadar inen yapılar düzenli olarak tanımlanmış, bunun dışındaki ve rijitlik ya da kütle yayılışı bakımından süreksizlikler ya da düzensiz yığılmalar gösteren yapılar da düzensiz olarak tanımlanmıştır. Etriye sıklaştırılması konusu, birleşim bölgesi detayı resmi verilerek açıklanmıştır.

Günümüz yönetmelikleri ile karşılaştırdığımızda deprem yüklerinin gerçeğe yakın tahkiki, tasarım kuralları, kesme kuvveti tahkiki, birleşim bölgelerinde kolonların kirişlerden güçlü olma koşulu, temel zemini ve temel tasarım kuralları gibi ana konularda gerekli ayrıntıların olmadığı ve genel kuralları içeren bir yönetmelik olduğu söylenilebilir.

Bu ana sebeplerden dolayı, TDY-75'e göre tasarımı yapılmış mevcut binaların TDY-07 'Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi' kapsamında incelenmesi daha da önem taşımaktadır.

2.2 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik - 1998

TDY-75'de olduğu gibi, üç ana kısımdan oluşan TDY-98'de, birinci kısım genel kurallar, ikinci kısım su baskını ve yangın afetinden korunma, üçüncü kısım ise deprem afetinden korunma ana başlıkları altında toplanmıştır.

Düzensiz binaların detaylı olarak tanımlandığı TDY-98'de, düzensiz binalarla ilgili kısıtlamalar da getirilmiştir.

Bina cinsine göre tüm bina için kabul edilen Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) değeri TDY-98'de ilk defa tanımlanmış ve süneklik düzeyi normal ve yüksek olan sistemler için listelenmiştir. TDY-98'de kullanılan 'R', tüm yapıyı temsil eden ve deprem kuvvetinin, süneklik düzeyi ve periyot ile ilişkili olarak azaltılmasını sağlayan bir katsayı olarak karşımıza çıkmıştır.

TDY-98'de;

- Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi
- Mod Birleştirme Yöntemi
- Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

olmak üzere, üç farklı yöntem ile deprem hesabı yapılabileceği belirtilmektedir.

Depreme dayanıklı tasarım kuralları kapsamında, betonarme elemanların boyutlandırılması ve donatı hesaplarında, TS500'de verilen 'Taşıma Gücü Yöntemi'nin kullanılması zorunlu kılınmıştır.

'Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması' şartı, TDY-98 kapsamında ilk kez tanımlanmıştır.

Kiriş, kolon ve perdeler için tanımlanan konstrüktif kurallar, kesme güvenliği, kuşatılmış bölge tahkikleri detaylı olarak tanımlanmıştır.

Betonarme uygulama projesi detay çizimlerine ilişkin kurallar da TDY-98 kapsamında belirlenmiştir.

Çelik, ahşap, yığma kargir ve kerpiç binalar için depreme dayanıklı tasarım kuralları TDY-75'e göre detaylandırılarak tanımlanmıştır.

Temel zemini ve temeller için, zemin grupları, zemin sınıfları, kazıklı temeller, bağ kiriş konstrüktif kuralları, istinat yapıları depreme dayanıklı tasarım kuralları ayrıntılı olarak belirtilmiştir.

TDY-75'den yirmi üç yıl sonra yayınlanan TDY-98, depreme dayanıklı binalar için hesap kuralları kapsamında betonarme, çelik, ahşap, yığma kargir, kerpiç binalar, temel zemini ve temeller ana konularında gerekli detaya sahiptir ve mevcut binaların değerlendirilmesi konusu haricinde, günümüz yönetmeliği TDY-07 maddelerinin çoğunun temelini oluşturan bir yapıdadır.

2.3 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik – 2007

Toplam yedi bölümden oluşan TDY-07'de;

Bölüm 1 – Genel Hükümler

Bölüm 2 – Depreme Dayanıklı Binalar için Hesap Kuralları

Bölüm 3 – Betonarme Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları

Bölüm 4 - Çelik Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları

Bölüm 5 - Yığma Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları

Bölüm 6 – Temel Zemini ve Temeller İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları

Bölüm 7 – Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi

ana başlıklarından oluşmaktadır.

TDY-07'de, Bölüm 7 - Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi kapsamında, 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 ilk kez tanımlanmıştır.

İlerleyen bölümlerde detaylı olarak değinilecek olan, deprem yükleri altında oluşan momentin veya deprem yükleri altında oluşan eksenel kuvvetin, artık moment kapasitesi veya artık moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvete bölünmesiyle elde edilen Etki Kapasite Oranı (r), Etki Kapasite Oranının Sınır Değerleri (r_s) ile karşılaştırılarak, kiriş, kolon ya da perde elemanı uç kesitlerinin hasar sınırının belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Burada tanımlanan artık moment kapasitesi ise, mevcut malzeme dayanımlarına göre hesaplanan kesit eğilme moment kapasitesinden, düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkı, yani depremde oluşacak eğilme momentine karşı gelmeye çalışacak kalan eğilme momenti değeri olarak ifade edilmektedir.

Deprem esnasında, taşıyıcı elemanların açıklıklarından ziyade uç kesitlerinde zorlanmalar oluşacağı için, taşıyıcı elemanların uç kesitlerinden yola çıkarak, önce kiriş, kolon veya perde elemanının hasar durumunun, ardından kat hasar durumunun ve sonuç olarak da yapı performans durumunun, tümevarım yöntemi ile belirlenmesi amaçlanmaktadır.

TDY-07'ye göre, betonarme kiriş, kolon ve perdeler için tanımlanan Etki Kapasite Oranının Sınır Değerleri (r_s), aşağıda Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Betonarme kirişler, kolonlar ve perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s).

Sünek Kirişler			**Hasar Sınırı**		
$(\rho - \rho')/\rho_b$	**Sargılama**	$V_e/(b_w d f_{ctm})$	**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

Sünek Kolonlar			**Hasar Sınırı**		
$N_K/(A_c f_{cm})$	**Sargılama**	$V_e/(b_w d f_{ctm})$	**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

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

TDY-98'de, yeni binaların tasarımı kapsamında tüm yapı sistemi için tek bir değer olarak tanımlanan 'Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı' (R) değeri ise, TDY-07'de, bazı değişiklikler içererek, süneklik düzeyi normal ve süneklik düzeyi yüksek olan sistemler için aşağıda Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R).

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4	7
(1.3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6
(1.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	4	7
(2) PREFABRİKE BETONARME BİNALAR		
(2.1) Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çerçevelerle taşındığı binalar	3	7
(2.2) Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar	—	3
(2.3) Deprem yüklerinin tamamının prefabrike veya yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı, çerçeve bağlantıları mafsallı olan prefabrike binalar	—	5
(2.4) Deprem yüklerinin, bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen prefabrike çerçeveler ile yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	3	6
(3) ÇELİK BİNALAR		
(3.1) Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çerçevelerle taşındığı binalar	5	8
(3.2) Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar	—	4
(3.3) Deprem yüklerinin tamamının çaprazlı perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından taşındığı binalar		
(a) Çaprazların merkezi olması durumu	4	5
(b) Çaprazların dışmerkez olması durumu	—	7
(c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu	4	6
(3.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile birlikte çaprazlı çelik perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar		
(a) Çaprazların merkezi olması durumu	5	6
(b) Çaprazların dışmerkez olması durumu	—	8
(c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu	4	7

Celep, Z., 'Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme' adlı kitabında, 'Etki Kapasite Oranı' (r) ve 'Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı' (R) arasındaki ilişkiye aşağıdaki şekilde değinmiştir;

Bilindiği gibi, yeni tasarımda bina önem katsayısı 1 olan yapılarda deprem etkisinde Can Güvenliği Performans Düzeyi hedeflenir ve süneklik düzeyi yüksek çerçeve türü yapılarda R = 8 ve $R_a \approx R = 8$ kabul edilir. Gerçekte de 'Betonarme Kirişler için Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranı r_s', kesme kuvvetinin düşük değerleri ve sargılamanın olduğu durumda kirişler için Güvenlik Sınırı için verilen $r_s = 7$ değerinin belirli yaklaşımla $R_a = 8$ ile uyuştuğu görülebilir. İşte bu benzeşime dayanarak doğrusal elastik değerlendirme yöntemi, yeni binaların tasarımında kullanılan yöntemin genişletilmişi olarak görülebilir (Celep, Z. 2008).

Yeni binalarda tüm taşıyıcı sistem için öngörülen tek bir R_a Deprem Yükü Azaltma Katsayısı mevcutken, mevcut binada taşıyıcı eleman kesiti esasına bağlı olarak r = Etki / Kapasite biçiminde hesaplanmakta ve öngörülen sınır değerleri ile karşılaştırılmaktadır. Bunun en önemli sebebi, mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının sahip olduğu süneklik düzeyi farklılığıdır. Yeni binalarda süneklik düzeyinin bütün elemanlarda tasarımda uygun şartları sağlayarak belirli bir seviyeye getirilmesi mümkünken, mevcut binada mevcut süneklik seviyesinin dikkate alınması gerekir. Doğrusal elastik olan yöntemde taşıyıcı sistem çözümü doğrusal ise de, sistemin elastik ötesi davranışı r = Etki / Kapasite Katsayısı ile gözönüne alınmaktadır. Deprem yükleri altındaki çözümün doğrusal olması büyük bir kolaylık getirmekte ve mevcut bilgisayar çözümleme programlarının kullanılmasını mümkün kılmaktadır (Celep, Z. 2008).

Dolayısıyla, yeni binaların tasarımı kapsamında tüm yapı için tek bir değer olan (R) ile, mevcut binaların değerlendirilmesi kapsamında yapıyı oluşturan her bir taşıyıcı eleman için tanımlanan (r) katsayılarının, birbirleri ile aynı olmasalar da, benzerlik içerdiklerini söyleyebiliriz.

TDY-07'nin getirmiş olduğu en büyük yenilik, önceki yönetmeliklerde çok yüzeysel tanımlanmış ve son yaşanan depremlerde oluşan hasarların fazlasıyla hissedildiği ülkemizde, 'Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi' konusunun yönetmelik kapsamında bir düzen ve kurala oturtulması olmuştur.

2.3.1 Mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi – bölüm 7

Bu çalışmanın ilerleyen sayısal bölümlerinde, özellikle TDY-75' e göre boyutlandırılmış, düzensizlik taşımayan, iki doğrultuda simetrik beş katlı betonarme standart model B1 Binası'nın doğrusal elastik hesap yöntemlerinden 'Eşdeğer Deprem Yükü' yöntemi kullanılarak deprem performansı analizi aşamasında, TDY-07 Bölüm-7 şartlarının tanımlanacak ve hesabının adım adım uygulanacak olması sebebiyle, bu bölümde 'Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi' ile ilgili TDY-07 maddeleri detaylı olarak anlatılmamıştır.

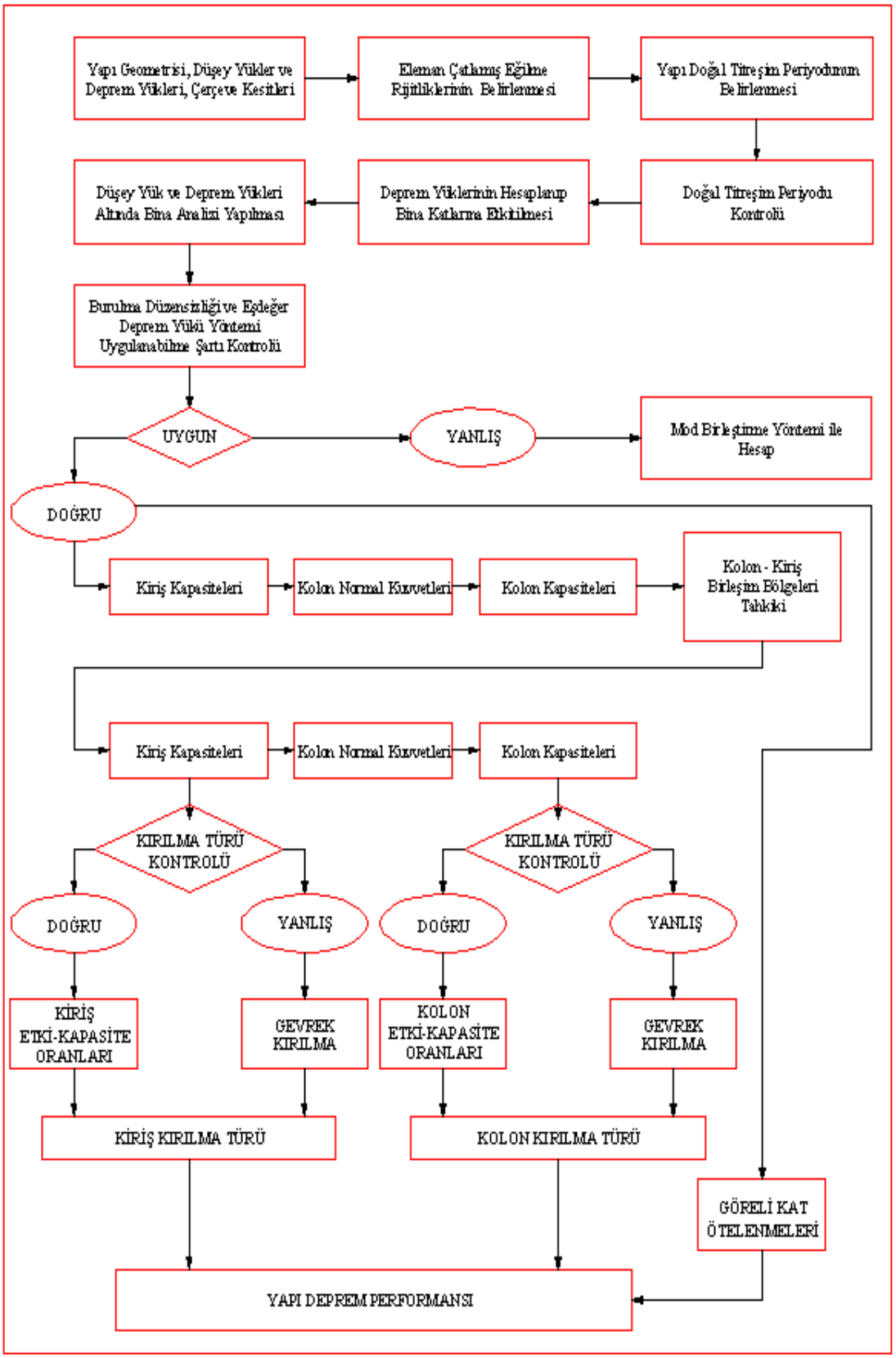
Fakat mevcut binaların değerlendirilmesi hesap yol ve adımları ile ilgili özet bilgi aşağıda verilmiştir:

TDY-07, Bölüm 7'ye göre, depremde bina performansı;

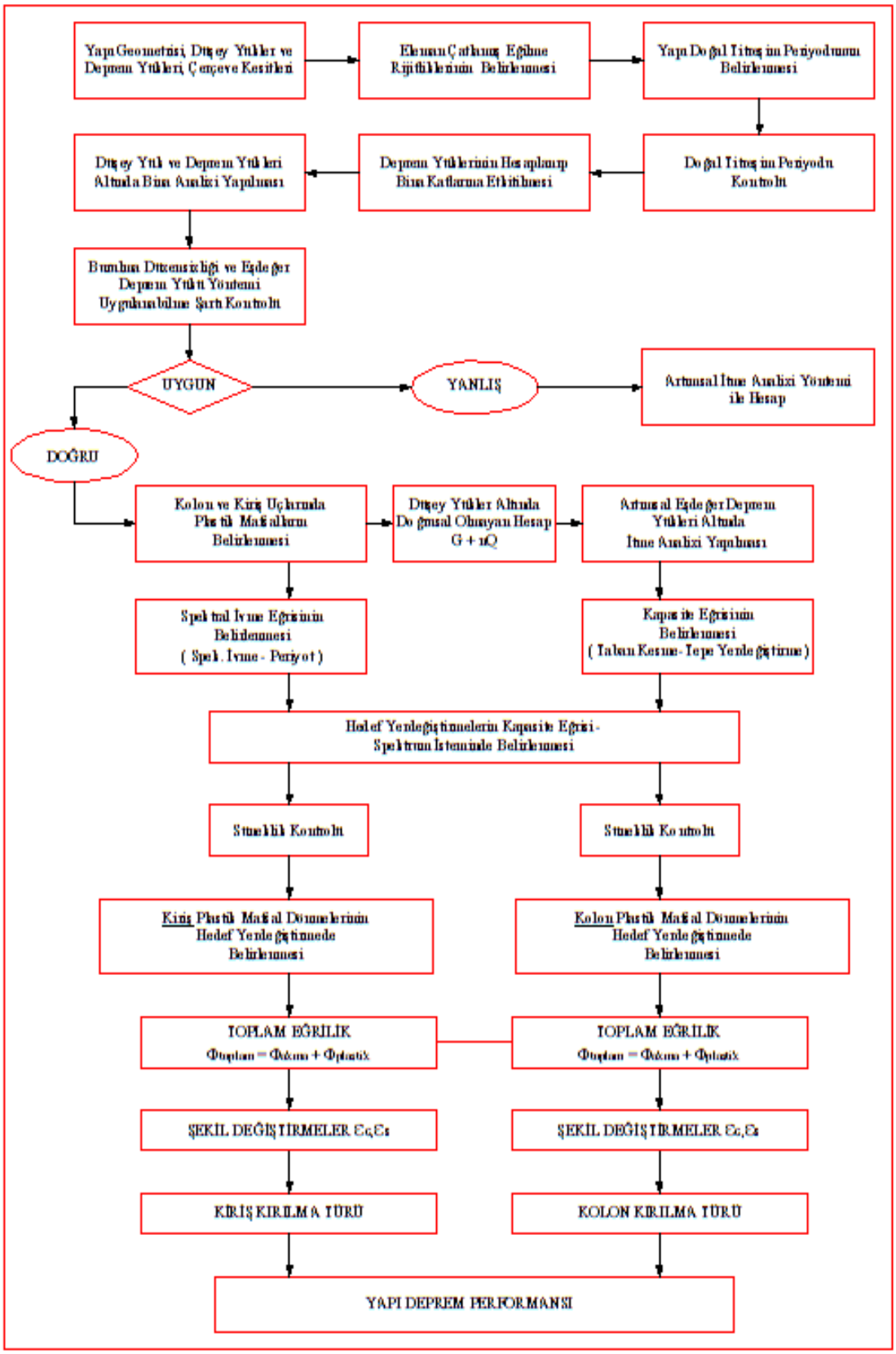
- Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri
    - Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi
    - Mod Birleştirme Yöntemi
- Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri
    - Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi
    - Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi
    - Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri

olarak tanımlanmıştır. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü ve Artımsal Mod Birleştirme Yöntemleri, TDY-07'de doğrusal olmayan deprem performansının belirlenmesi ve güçlendirilme hesapları için temel alınan Artımsal İtme Analizi'nde kullanılacak olan yöntemlerdir.

Toprak, E.'nin 2008 yılında yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında, aşağıdaki Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'de verilen 'Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi' ve 'Doğrusal Olmayan Elastik Hesap Yöntemi' akış diyagramları, deprem bina performansı hesap sıralamasını ve sürecini özetlemektedir.



Şekil 2.1 : Doğrusal elastik hesap yöntemi akış diyagramı.



Şekil 2.2 : Doğrusal olmayan hesap yöntemi akış diyagramı.

‘Bina Deprem Performansının Belirlenmesi’ konusu, TDY-07, 7.7’ye göre aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır;

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. TDY-07, 7.5 ve TDY-07, 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 prefabrike betonarme binalar için geçerlidir. Yığma binalarda uygulanacak kurallar TDY-07, 7.7.6’da verilmiştir (TDY-07, 7.7.1).

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 elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi’ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmesi ile, bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi’nde olduğu kabul edilir (TDY-07, 7.7.2).

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 kadarı 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 (TDY-07, Denk.3.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler) (TDY-07, 7.7.3).

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 kattak tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden (TDY-07, Denk. 3.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

(c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır (TDY-07, 7.7.4).

Göçme Durumu

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyosa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır (TDY-07, 7.7.5).

Bina deprem performansının belirlenmesinin tanımlanmasından sonra ise, TDY-07, 7.8'de, 'Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri' konusu açıklanmıştır;

Yeni yapılacak binalar için TDY-07, 2.4'de tanımlanan ivme spektrumu, TDY-07, 1.2.2'ye göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremi esas almaktadır. Bu deprem düzeyine ek olarak, mevcut binaların değerlendirilmesinde ve güçlendirilme tasarımında kullanılmak üzere ayrıca aşağıda belirtilen iki farklı deprem düzeyi tanımlanmıştır:

(a) 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrum ordinatları, TDY-07, 2.4'de tanımlanan spektrum ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınacaktır.

(b) *50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrum ordinatları ise TDY-07, 2.4'de tanımlanan spektrum ordinatlarının yaklaşık 1.5 katı olarak kabul edilmiştir (TDY-07, 7.8.1).*

Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri (TDY-07, Tablo7.7)'de verilmiştir (TDY-07, 7.8.2).

Çizelge 2.3 : Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri - (TDY-07, Tablo7.7).

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	**Depremin Aşılma Olasılığı**		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
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**	—

2.4 Türkiye Deprem Yönetmelikleri ile İlgili Literatür Taraması

TDY-98 ve TDY-07'yi karşılaştıran ve inceleyen akademik çalışmaların bazılarına aşağıda özet olarak değinilmiştir:

Taşan, Z.'nin 2012 yılında yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında, düzensizlik ve deprem kontrolleri yapılarak, 'Mod Birleştirme Yöntemi' ile çözüm yapılan betonarme dört farklı sayısal örneğin, TDY-98 ve TDY-07 şartlarına göre karşılaştırması yapılmış, göreli kat ötelemesi, ikinci mertebe etkileri karşılaştırılmış, düzensizlik tanımlarının bazılarının yönetmeliklere göre fark gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Orhan, İ.'in 2010 yılında yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında, çelik binalara ilişkin TDY-07'de getirilen yeni hükümler, oluşturulan örnek model üzerinden irdelenmiş ve TDY-07'nin, TDY-98'e göre, çelik yapıların tasarım ve incelenmesine ilişkin getirdiği yeniliklerin, çelik yapıların depreme karşı olan dayanımını önemli düzeyde arttırdığı sonucuna varılmıştır.

Yavuzarslan, T.'nin 2007 yılında yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında, TDY-98 ve TDY-07'nin çelik yapılar ile ilgili içerdikleri kavram ve kurallar arasındaki temel benzerlik ve farklılıklar incelenmiş ve karşılaştırılmış, tek katı çelik endüstriyel yapı boyutlandırması TDY-07'ye göre hesaplanmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

TDY-07'den önce, özellikle de TDY-75'e göre boyutlandırılmış yapıların TDY-07'ye göre performans analizini inceleyen akademik çalışmaların bazılarına da aşağıda değinilmiştir:

Şahin, Ö.'nün 2009 yılında yaptığı yüksek lisans çalışmasında, 1999 Marmara Depremi'nde hasar görmemiş, orta hasarlı ve göçmüş üç referans binanın, doğrusal elastik analiz yöntemlerinden 'Eşdeğer Deprem Yöntemi' ve 'Mod Birleştirme Yöntemi' ile ve doğrusal elastik olmayan 'Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü' ile performans analizleri yapılmış, ayrıca bilgi düzeylerinin bina performans analizine etkisi incelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarında, doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemler ile yapılan performans analizlerinin, üç farklı yapı için de birbiri ile uyumlu değerler verdiği sonucuna ulaşılmış, bina bilgi düzeylerinin performans analizine katkısının incelendiği göçmenin gerçekleştiği yapıda ise, bilgi düzeyinin performans analizini etkilemediği sonucuna varılmıştır.

Aktekin, B.'nin 2009 yılında yaptığı yüksek lisans çalışmasında, Girgin, K'nın 1996 yılında yapmış olduğu doktora tezi çalışmasında kullanılan model referans alınarak, TDY-75'e göre doğru hesaplanmış bir sistemin, TDY-07 – 'Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi' esasları çerçevesinde, 'Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'ne göre deprem performansı analizi sonucu, bazı katlarda çok sayıda kolon kesitinin 'Göçme Bölgesi'nde bulunduğu ve yapı sisteminin 'Göçme Öncesi Performans Hedefi'ni sağlamayıp 'Göçme Durumu'nda olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çoban, M.'nin 2007 yılında yaptığı yüksek lisans çalışmasında, TDY-75 ve TDY-07'nin çerçeveli ve perdeli çerçeveli, süneklik düzeyi normal ve yüksek, toplam altı adet betonarme bina için iki yönetmeliğe göre yapılan hesap sonucu, eşdeğer deprem yükleri, kolon momentleri, donatı artış oranları incelenmiş, iki yönetmelik şartları karşılaştırılarak farklar belirtilmiş ve TDY-07'nin TDY-75'e göre her bakımdan oldukça güvenli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

TDY-07 kapsamında 'Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi' konusunun şartname kapsamına alınarak öneminin resmiyet kazanması, bu konuda daha farklı ve alternatif deprem performansı analiz yöntemlerinin araştırılıp incelenmesinin de önünü açmıştır.

Karasu, C.'nin 2007 yılında yaptığı yüksek lisans çalışmasında, TDY-07'ye göre doğrusal elastik yöntemler ile çözümü yapılan dört ayrı gerçek betonarme yapının deprem performansı analiz sonuçları, 'P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi' ile tekrarlanmış ve çıkan sonuçların birbiri ile uyuştuğu gösterilmiştir.

3. DÜZENSİZ BİNALAR

3.1 Giriş

Projelendirme ve boyutlandırma aşamasında, her ne kadar düzensiz binalardan kaçınılmaya çalışılsa da, gerek sınırlı inşaat alanı, gerek yapının kullanım alanını arttırma çabaları, gerekse de eski cumbalı bina mimari anlayışı etkisiyle, düşey doğrultuda ve planda düzensiz binalar, uygulamada sıkça karşımıza çıkmaktadır.

TDY-98 ve TDY-07 kapsamında, düzensiz binalarla ilgili belirli kısıtlamalar getirilmiş olsa da, Türkiye'de özellikle TDY-98'in yayınlanmasından önce tasarlanan ve inşa edilen binalarda, ağırlıklı olarak konsola oturan kolonlar içeren düşey eleman süreksizliği ya da planda çıkıntılar bulunması durumlarını taşıyan birçok binayı, günlük hayatımızda sık sık görebiliriz. Bu sebeplerle, TDY-07'nin bu tip yapılara ciddi kısıtlamalar getirdiği, fakat bu kısıtlamalardan önce inşa edilen mevcut düzensiz binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi konusu, olası yaşanacak deprem durumunda gerçekleşecek hasarı azaltabilmek adına çok büyük önem taşımaktadır.

'Düzensiz Binalar' konusu, TDY-07, 2.3'e göre aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır;

Düzensiz Binaların Tanımı

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binalar'ın tanımlaması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar (TDY-07, Tablo 2.1)'de, bunlarla ilgili koşullar ise TDY-07, 2.3.2'de verilmiştir (TDY-07, 2.3.1).

Düzensiz Binalara İlişkin Koşullar

(TDY-07, Tablo 2.1)'de tanımlanan düzensizlik durumlarına ilişkin koşullar aşağıda belirtilmiştir (TDY-07, 2.3.2):

A1 ve B2 türü düzensizlikler, TDY-07, 2.6'da belirtildiği üzere, deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizliklerdir (TDY-07, 2.3.2.1).

A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanacaktır (TDY-07, 2.3.2.2).

B1 türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda, gözönüne alınan i'inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, η_{ci}'nin hesabında dolgu duvarları gözönüne alınmayacaktır. $0.60 \leq (\eta_{ci})_{min} < 0.80$ aralığında (TDY-07, Tablo 2.5)'te verilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı, 1.25 $(\eta_{ci})_{min}$ değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanacaktır. Ancak hiçbir zaman $\eta_{ci} < 0.60$ olmayacaktır. Aksi durumda, zayıf katın dayanımı ve rijitliği arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır (TDY-07, 2.3.2.3).

Çizelge 3.1 : Planda düzensizlik durumları - (TDY-07, Tablo.2.1).

A – PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	**İlgili Maddeler**
A1 – Burulma Düzensizliği: Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranını ifade eden *Burulma Düzensizliği Katsayısı* η_{bi}'nin 1.2'den büyük olması durumu (TDY-07, Şekil 2.1). $[\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2]$ *Göreli kat ötelemelerinin hesabı, ± %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak, TDY-07, 2.7'ye göre yapılacaktır.*	TDY-07, 2.3.2.1
A2 – Döşeme Düzensizliği: Herhangi bir kattaki döşemede (TDY-07, Şekil 2.2.); I – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu	TDY-07, 2.3.2.2
A3 – Planda Çıkıntılar Bulunması: Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu (TDY-07, Şekil 2.3).	TDY-07, 2.3.2.2

B3 türü düzensizliğin bulunduğu binalara ilişkin koşullar, bütün deprem bölgelerinde uygulanmak üzere, aşağıda belirtilmiştir:

(a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

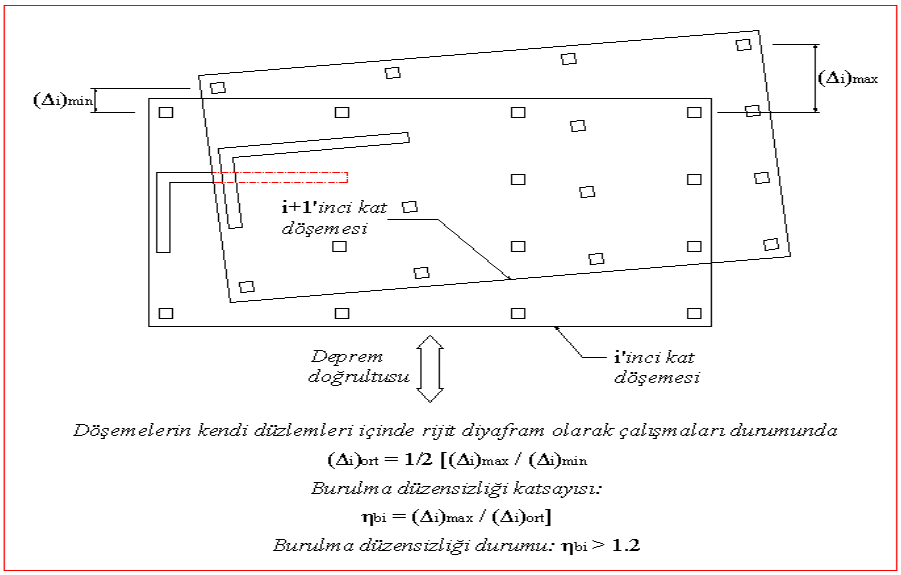
(b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılacaktır.

(c) Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

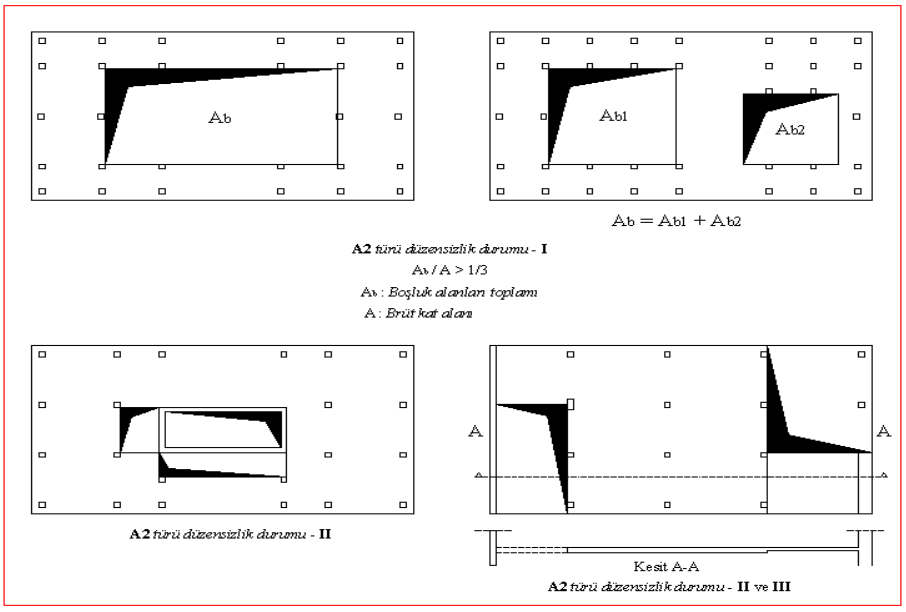
(d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez (TDY-07, 2.3.2.4).

Çizelge 3.2 : Düşey doğrultuda düzensizlik durumları - (TDY-07, Tablo.2.1).

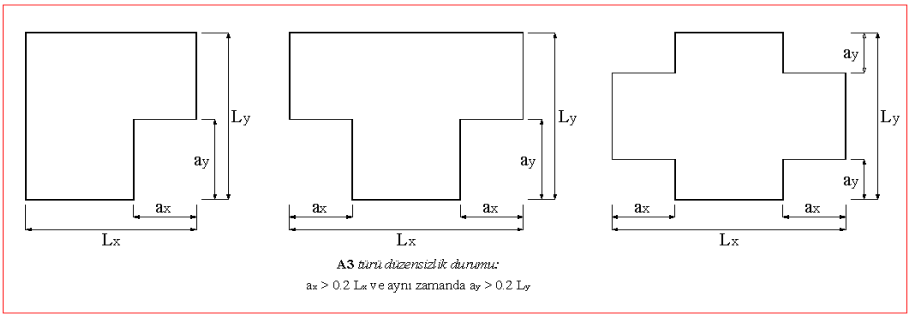
B – DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	**İlgili Maddeler**
<u>B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) :</u> Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki *etkili kesme alanı*'nın, bir üst kattaki *etkili kesme alanı*'na oranı olarak tanımlanan *Dayanım Düzensizliği Katsayısı* η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumu. $[\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80]$ *Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:* $\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k$ (Simgeler için Bkz. TDY-07, 3.0)	TDY-07, 2.3.2.3
<u>B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) :</u> Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan *Rijitlik Düzensizliği Katsayısı* η_{ki}'nin 2.0'den fazla olması durumu. $[\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0]$ *Göreli kat ötelemelerinin hesabı, ± %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak, TDY-07, 2.7'ye göre yapılacaktır.*	TDY-07, 2.3.2.1
<u>B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği:</u> Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu (TDY-07, Şekil 2.4).	TDY-07, 2.3.2.4



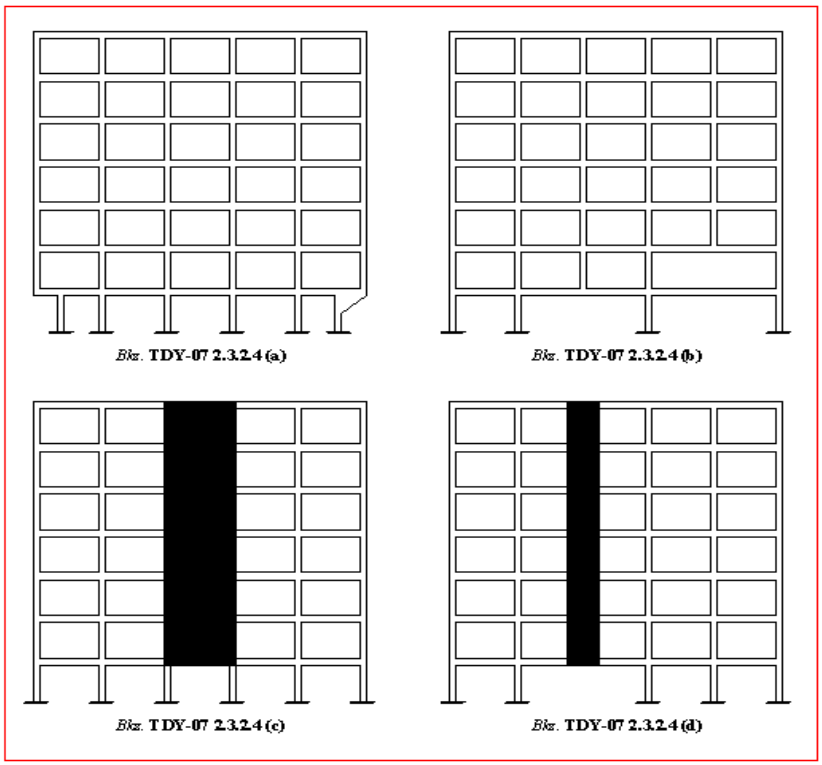
Şekil 3.1 : A1 – burulma düzensizliği - (TDY-07, Şekil 2.1).



Şekil 3.2 : A2 – döşeme süreksizliği - (TDY-07, Şekil 2.2).



Şekil 3.3 : A3 – planda çıkıntılar bulunması - (TDY-07, Şekil 2.3).



Şekil 3.4 : B3 - taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği - (TDY-07, Şekil 2.3).

3.2 Düzensiz Binalar ile İlgili Literatür Taraması

TDY-98 ve TDY-07'de, düzensiz binaların net olarak tanımlanması ve kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiç birzaman müsaade edilmemesi gibi kesin kısıtlamaların getirilmesi sonucu, 1998 sonrası bu konularda yapılan akademik çalışmaların sayısı oldukça kısıtlıdır.

Yakın dönemde, düzensiz binaları inceleyen akademik çalışmaların bazıları aşağıda özetlenmiştir:

Aykaç, S., vd.nin 2011 yılında yayınlanan çalışmalarında, zemin kattan sonra kat alanını büyütmek amacıyla yapının bir kısmının konsol kirişler üzerine oturduğu, Ankara'nın 6 farklı semtindeki 400 civarında konsol çıkmalı bina incelenmiş, bunların %58'inin en alt kat konsol kirişleri üzerinde bulunan dolgu duvarlarında çatlaklar tespit edilmiştir. Bu çatlakların nedeni, laboratuvar ortamında 1/3 ölçekle hazırlanan düzenekle deneysel olarak incelenmiştir. Düşey yükler için yapılan bu

çalışma sonucunda, düşey düzlemdeki komşu iki konsol kiriş arasında %25 civarında yük artımı olduğu ve bu yük artımının, kendi yükünü aktaracak bir duvarı olmayan, sadece en alttaki konsolda gerçekleştiği sonucuna ulaşılmıştır.

Kurt, C.'nin 2010 yılında yapmış olduğu yüksek lisans tezinde, çerçeveli ve perdeli çerçeveli binalarda, planda A1 türü düzensizlik içeren beş katlı betonarme yapının taşıyıcı elemanlarının yerleri değiştirilerek yapının geometrisinin değiştirilmesi veya rijitlik dağılımının değiştirilerek eksantirisite ile burulma düzensizlikleri oluşturulması durumları, yapının onbir farklı formu için incelenmiştir. Düzenli formda yapılar tasarlamanın, boyutlandırma ve kullanılan malzeme kadar önemli bir faktör olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bal, İ. vd.'nin 2010'da yayınlanan kitap bölümünde, betonarme mevcut binaların deprem durumundaki davranışlarını etkileyen beton kalitesi, korozyon etkisi, kısa kolon ve düşey süreksizlik olmak üzere dört ana parametrenin yapının yatay yük taşıma kapasitesini nasıl değiştirdiği incelenmiştir. Bu bağlamda biri referans, birisi 1999 depreminde yıkılmış ikisi de gerçek binalar olmak üzere toplam üç sayısal örnek yapı üzerinde elastik olmayan hesap yöntemleri ile yapılan analizler sonucunda yapının toplam kesme dayanımı, enerji yutma kapasitesindeki azalma, vs. gibi büyüklükler cinsinden karşılaştırmalar yapılarak performans kaybı sayısal faktörler şeklinde hesaplanarak, özellikle P25 öndeğerlendirme metodunda kullanılan katsayılara ulaşılması amaçlanmıştır.

Doğan, M., vd.'nin 2007 yılında yayınlanan, Eskişehir'deki konsol binalardaki deprem etkisi ile ilgili çalışmalarında, son yönetmelik düzenlemelerinden sonra azalmasına karşın hala mevcut olan konsol ve çıkmalı yapılar incelenmiş, konsol boyu artışının ve konsola oturan duvar yükünün eksantrisiteye etkisine değinilmiş, varolan konsol boyutlarının 1.00 metreyi aşmamasının tercih edilmesi gerektiği belirtilip, deprem davranışını olumsuz etkilemesi açısından hiç uygulanmaması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Bal, E., vd'nin 2006'da yayınlanan, çevre çerçeve kiriş süreksizliğinin yapı deprem davranışı üzerindeki etkilerinin, oniki örnek bina üzerinde araştırıldığı çalışmalarında, kolon – döşeme birleşimlerinin güvenliğinin tahkik edilmesi tavsiye edilip, mevcut binalarda çevre çerçeve kirişi eksikliğinin 1998 yılı öncesi ve sonrası yönetmeliklere göre tasarlanan binalarda bina dayanımını %50'ye varan düzeyde

azalttığı belirtilmiştir. Yapı sünekliliği konusunda ise, çevre çerçevelere eklenen kirişler, eski örnek binalarda kuvvetli kolon-zayıf kiriş şeklinde bir kapasite tasarımına uyulmadığından önemli süneklik düşüşlerine neden olurken, yeni binalarda ise, binanın mevcut kirişlerinin kolonlardan daha zayıf olması gerektiğinden, çevre çerçeve kirişlerinin yapı sünekliğini çok fazla değiştirmediği vurgulanmıştır.

Özmen, G. vd.nin 2002 yılında yayınlanan, burulma düzensizliği taşıyan çok katlı yapıların deprem yükleri altındaki davranışlarının incelendiği çalışmada, burulma düzensizliği taşıyan yapıların düzenli yapılara göre deprem durumunda daha fazla etkilenecekleri belirtilip, iç kuvvetlerdeki artışları incelemek amacıyla, ±%5 eksantrisite yerine arttırılmış eksantrisite değerleri kullanılmıştır. Beş adet on katlı perdeli çerçeveli örnek binalarda yapılan sayısal incelemelerde, burulma düzensizliği sebebiyle yapıların esnek bölgelerindeki en kritik kiriş ve kolonlarda oluşan iç kuvvet artışlarının %10 mertebelerinde olduğu belirlenmiştir. Bu tarz tehlikeli burulma düzensizliği durumları için, şartnamelerde daha ciddi sınırların getirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Tezcan, S., vd'nin 2001 yılında yayınlanan inceleme çalışmalarında, cephe kolonları konsollara oturan çıkmalı binalar incelenmiş ve konsolların onarım ve güçlendirmeye muhtaç olması halinde, karbon elyaflı kompozit laminatlarla, beş katlı bir çıkmalı binada, geleneksel betonarme perde ve dış nervür kullanmadan, ileri teknoloji ürünleri ile, çıkmadaki konsol kirişin güçlendirilmesini sağlamanın mümkün olduğu sonucuna varılmıştır.

Çelik, C. vd.nin (t.y.) 1998 yönetmeliği yayınlanmadan önce hazırlanan çalışmalarında, konsol ucuna oturan kolonlu düzensiz yapılarda deprem davranışı ve yapı maliyeti yönünden uygun olmayan sonuçların doğduğu belirtilmiş, bu tür yapıların deprem yükleri altındaki olumsuz davranışları da gözönüne alınarak, imar planları hazırlanırken binalara zemin kat üstünde verilen çıkma yapma izninin yapı ve şehircilik açısında getirdikleri ve götürdüklerinin yeniden değerlendirilmesi önerilmiştir.

Özmen, G. vd.nin 1997 yılında yayınlanan çalışmalarında, dünya deprem yönetmeliklerinin hemen tümünde deprem yüklerinin 'Eşdeğer Deprem Yükleri' ile temsil edildiği fakat bu kabulün her tür yapı için güvenilir olmadığı varsayımı ile

çeşitli türden düzensizlikleri olan yapılar için ‘Dinamik Hesap’ zorunluluğunun öngörüldüğü vurgulanmıştır. Bu bağlamda, planda ve düşey doğrultuda çeşitli yapısal düzensizlikler ele alınarak parametrik bir test düzeni uygulanmış ve elde

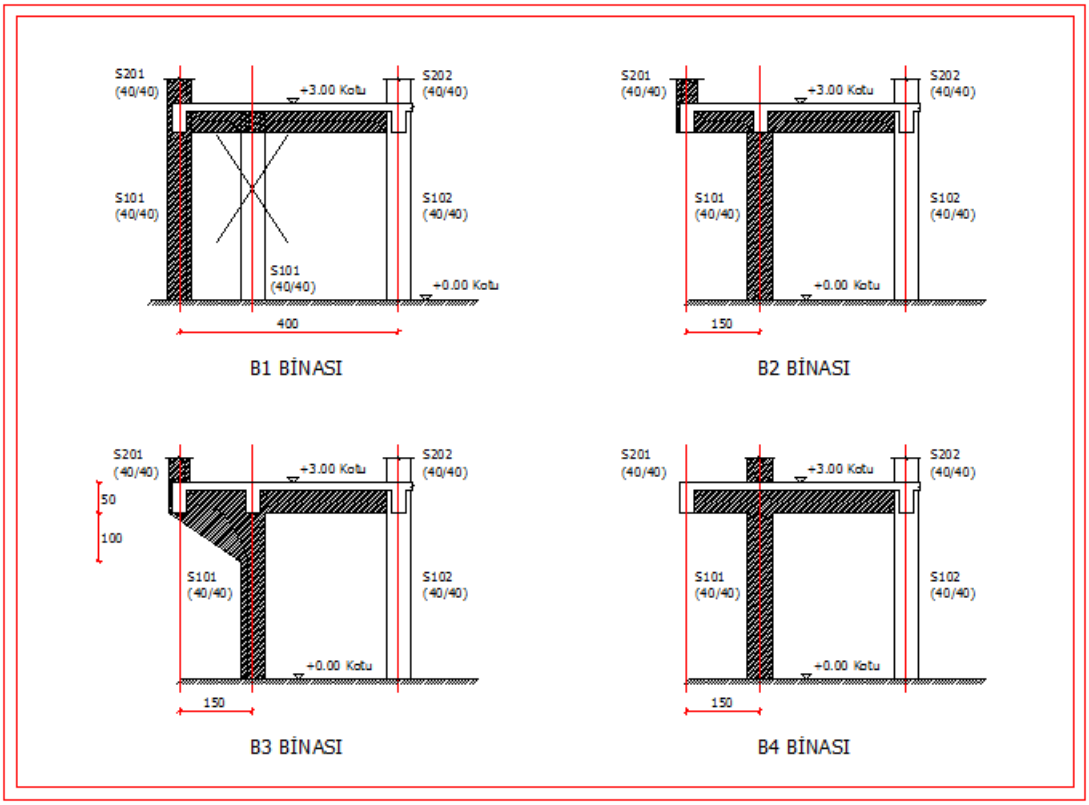
edilen sonuçlar düzenli yapılarınkilerle karşılaştırılarak irdelenmiştir. Çeşitli düzensizlik durumlarının incelenmesi sonunda, hemen tüm düzensizlik durumları için, ‘Dinamik Hesap’ yaptırımının gerçekçi olmadığı, bazı düzensizlik durumlarında hiçbir yaptırıma gerek bulunmadığı, bazı durumlarda da tasarım büyüklüklerinin arttırılmasının daha gerçekçi olacağı sonuçlarına varılmıştır.

Özşahin, T.’nin 1995 yılında yapmış olduğu yüksek lisans tezinde, çok katlı binalarda deprem yükleri altındaki çıkma etkileri, çıkma uzunluğu, bina yüksekliği ve dolgu duvarlarının etkisine bağlı olarak yerdeğiştirmeler, periyotlar, burulma momentleri, eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri karşılaştırılmış ve çıkma durumunun negatif etkileri gösterilmiştir.

Güler, K.’nın 1995 yılında yayınlanan çalışmasında, kenar kolonları kısa konsollora oturan, taşıyıcı sisteminde düzensizlik taşıyan iki katlı betonarme yapının, Erzincan 1992 depreminin spektrum eğrileri kullanılarak, bilgisayar programı ile yapılan çözümü sonucu, düşey süreksizlik içeren bu sistemlerden kaçınılması belirtilip, guseli kolonlar kadar, kısa konsola bitişik olan ve bina içerisine devam eden iç kirişlerdeki olumsuz etkilere dikkat çekilmiş ve bu iç kirişlerin tasarımına özen gösterilmesi, uygun boyutun ve donatının hesaplanması gerektiği bildirilmiştir.

4. SAYISAL ÖRNEKLER

Standart yapının (B1) Şekil 4.1'de görülen üç farklı düzensizlik durumu için (B2, B3, B4), TDY-07'de önerilen doğrusal elastik yöntem kullanılarak performans düzeyleri hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.1 : Bina modelleri.

İncelenen dört farklı model için de bina toplam ağırlıklarının (W_G+W_Q), konsol ve guselerden dolayı oluşan ufak farklar dışında hemen hemen aynı mertebelerde oldukları kabul edilmiştir.

B1 Binası – Standart – Düzenli : W_{B1} = 15,409.44 kN

B2 Binası – Konsol - Düşey Süreksizlik : W_{B2} = 15,527.22 kN

B3 Binası – Guseli – Düşey Süreksizlik : W_{B3} = 15,602.22 kN

B4 Binası – Saçak – Çerçeve Süreksizliği : W_{B4} = 15,444.44 kN

Bina ağırlıklarının hemen hemen eşit olması, yaklaşık aynı deprem yükleri oluşturacağından, standart (B1), konsol (B2), guseli (B3) ve saçak (B4) durumlarının birbirleri ile karşılaştırılabilmesi açısından da önemlidir.

Tez çalışmasında sayısal çözümlemeler için Şekil 4.2 de kat planı, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'de kesitleri verilen Standart Model – B1 Binası olarak, 'Mevcut Betonarme Yapıların İtme Analizi İle Hesabı Ve Japon Sismik İndis Yöntemi İle Karşılaştırılması (Veli Başaran – 2006) konulu yüksek lisans tezi 3.2 Örnek 1b' de tanımlanan ve 1975 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre deprem hesabı gözönüne alınarak projelendirilen, boyutlandırılan ve donatıları hesaplanan, iki doğrultuda simetrik beş katlı betonarme yapı seçilmiştir.

Verilen referans çalışmada daha önceden yapı elemanlarının boyutlandırılmış olması, özellikle donatı miktarlarının hesaplanmış olması ve binanın simetrik olması sebebiyle bu model seçilmiştir. B1 Binasının iki doğrultuda da simetrik olması, B2, B3 ve B4 durumlarında oluşacak sonuçların karşılaştırılabilmesi açısından da kolaylık sağlayacaktır.

B1, B2, B3 ve B4 Binalarının yapısal özellikleri aşağıda verilmiştir;

Kat Sayısı	: 5
Bina Türü	: Konut
Taşıyıcı Sistem Türü	: Betonarme Çerçeveli Sistem
Deprem Katsayısı (A_0) ($C_0 = 0.1$)	: 0.40
Yapı Önem Katsayısı (I)	: 1
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Beton Sınıfı	: BS16
Çelik Akma Gerilmesi	: 2,200 kg/cm^2
Kat Yüksekliği	: 3.00 m

Döşemeler tüm katlarda 12 cm kalınlığındadır. 1., 2., 3. ve 4. katlarda 4.70 kN/m^2 sabit yük, 2.00 kN/m^2 hareketli yük, 5. katta katlarda 4.49 kN/m^2 sabit yük, 1.5 kN/m^2 hareketli yük dikkate alınmıştır (Veli Başaran – 2006 konulu yüksek lisans tezi 3.2, Örnek 1b).

Kiriş boyutları tüm katlarda 25 cm genişliğinde, 50 cm yüksekliğindedir. 1., 2., 3. ve 4. katlarda dış akslarda 10.00 kN/m, iç akslarda 8.00 kN/m kiriş ve duvar yükü, 5. katta ise tüm kirişlerde 3.10 kN/m kiriş yükü dikkate alınmıştır. Kolon boyutları tüm katlarda 40cmx40cm dir.

Kiriş donatı detayları, Veli Başaran – 2006 konulu yüksek lisans tezi, Çizelge 3.11, Örnek 1.b'ye ait 'Kiriş Donatı Tablosu'ndan alınmıştır. Fakat sadece (X) yönündeki, K106 kirişi sağ üst donatısı, 13.16 cm^2 olarak belirtilmesine rağmen, gerek devam eden K107 kirişinde 13.76 cm^2, gerek (Y) yönündeki simetrik K114 kirişinde 13.76 cm^2 olması sebebiyle, sistemin (X) yönünde tam simetrik olabilmesi açısından, 13.16 cm^2 yerine 13.76 cm^2 olarak kabul edilmiş ve bu şekilde hesaplara devam edilmiştir. Kolon donatı detayları da;

S101, S105, S121, S125 için 2x5Ø14 + 2x3Ø14

Diğer tüm kolonlar için 2x4Ø14 + 2x2Ø14

olarak alınmıştır. Bu şekilde yapılan hesaplar sonucu, TDY-07, (7.7.3) – Can Güvenliği Performans Düzeyi Hesabı, (b) maddesinde belirtilen, "*İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, herbir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır*" şartı, 'İleri Hasar Bölgesi'nde bulunan 9 adet kolonun etki-kapasite oranları, sınır değerlere çok yakın çıkmış olsa da sağlanamamıştır.

Bu tez çalışmasına referans olacak B1 Binasının performans düzeyinin 'Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamış olması istendiğinden, İleri Hasar Düzeyi'nde kalan kolonların (S107, S108, S109, S112, S113, S114, S117, S118, S119) donatı miktarları da, S101 kolonunda kullanılan donatılarla eşit alınarak 'Can Güvenliği Performans Düzeyi' sağlanmıştır.

Dolayısıyla, B1, B2, B3 ve B4 Binaları kolon donatıları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : B1, B2, B3, B4 binaları kolon donatı miktarları.

Kolon	Donatı
S101,S105, S121, S125, S107, S108, S109 S112, S113, S114, S117, S118, S119	2x5Ø14 + 2x3Ø14
S102, S103, S104, S106, S110, S111, S115 S116, S120, S122, S123, S124	2x4Ø14 + 2x2Ø14

B1, B2, B3 ve B4 Binalarının dördü için de aynı olan aşağıdaki kabuller, binaların performans analizi bölümlerinde tekrar tanımlanmayacaktır.

1 - Çatlamış eğilme rijitliği hesabında, TDY-07, 7.4.13'de açıkça belirtildiği üzere, *'deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yükler'* yani $N_{(G+0.3xQ)}$ gözönüne alınmıştır.

2 - Hesap sonucu elde edilen $(EI)_e$ değerleri, SAP2000-V10 analiz programında her farklı taşıyıcı için ayrı rijitlik tanımlanması gerektiğinden, rijitlik çeşiti fazlalığını ortadan kaldırabilmek adına, 0.40 EI_0, 0.45 EI_0, 0.50 EI_0, 0.55 EI_0, 0.60 EI_0 ve 0.65 EI_0 değerlerine yuvarlatılarak, kolonlar için toplamda altı farklı EI değeri tanımlanmıştır.

3 – Mevcut bina bilgi düzeyleri, bina geometrisi, eleman detayları ve malzeme özellikleri açısından kapsamlı olarak düşünülmüş ve Bilgi Düzeyi Katsayısı = 1.00 alınmıştır.

4 - Binalar konut olarak tanımlandığından hareketli yük katılım katsayısı (n) = 0.30 olarak kullanılmıştır.

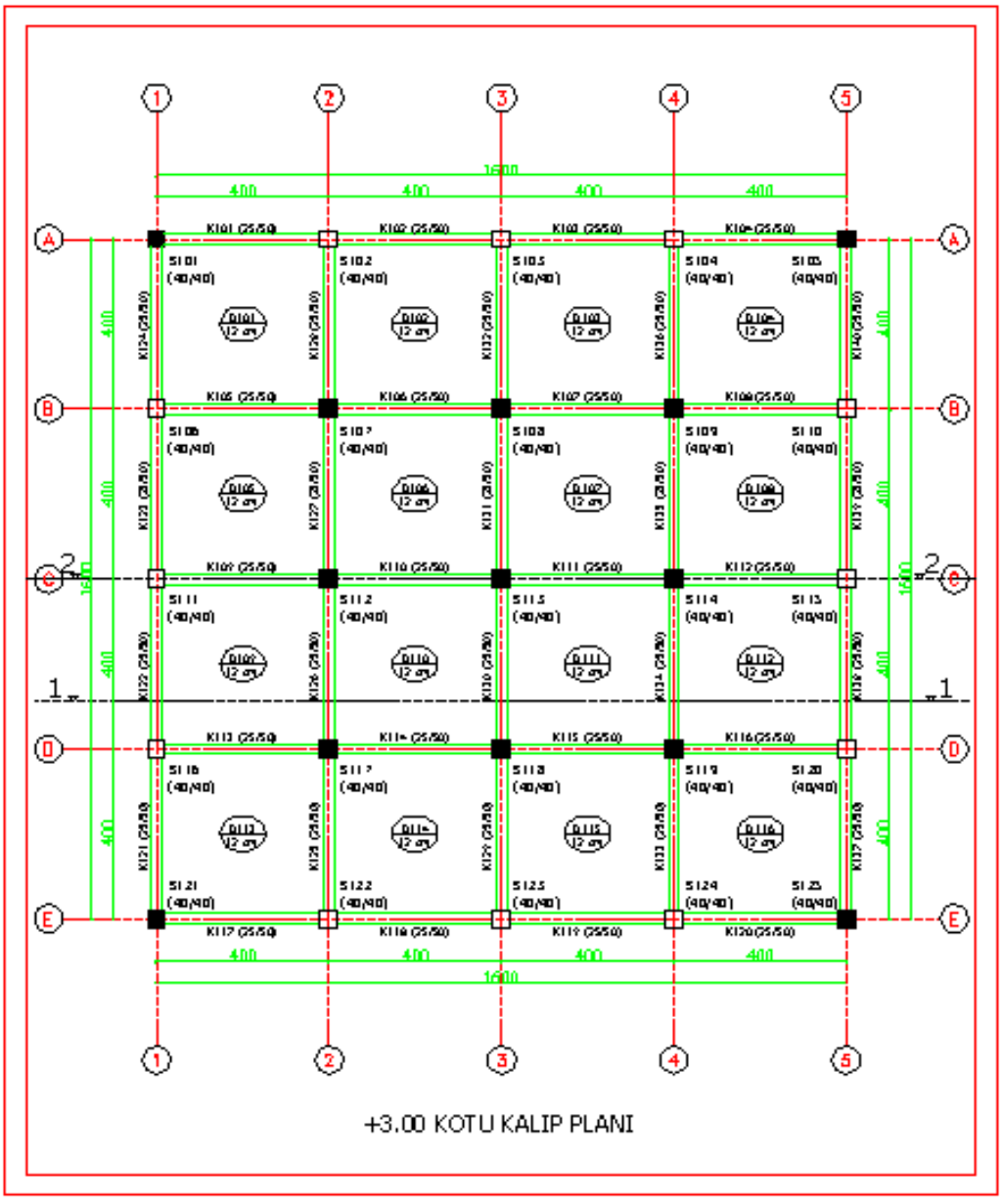
5 - Bina performans değerlendirmesine esas olacak deprem, 50 yıllık süre içinde aşılma olasılığı %10 olan şiddetli depreme karşı gelecek şekilde düşünüldüğünden, TDY-07, 7.4.2'de belirtildiği gibi, deprem etkisi tanımında, TDY-07, 2.4'de verilen elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılmıştır. Deprem hesabında, TDY-07, 2.4.2'de tanımlanan Bina Önem Katsayısı da kullanılmamıştır (I=1.0).

6 - TDY-07, 7.4.4'de belirtildiği gibi, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri, binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde (±X ve ±Y) ayrı ayrı etki ettirilmiştir.

7 - B1, B2, B3 ve B4 Binaları, gerek (X) gerekse de (Y) yönünde kendi içlerinde simetrik özelliklere sahip olduğundan, kiriş ve kolon performans analizleri bölümlerinde, (-X) yönü ve (-Y) yönü için bulunan sonuç ve grafikler, tekrar verilmemiştir.

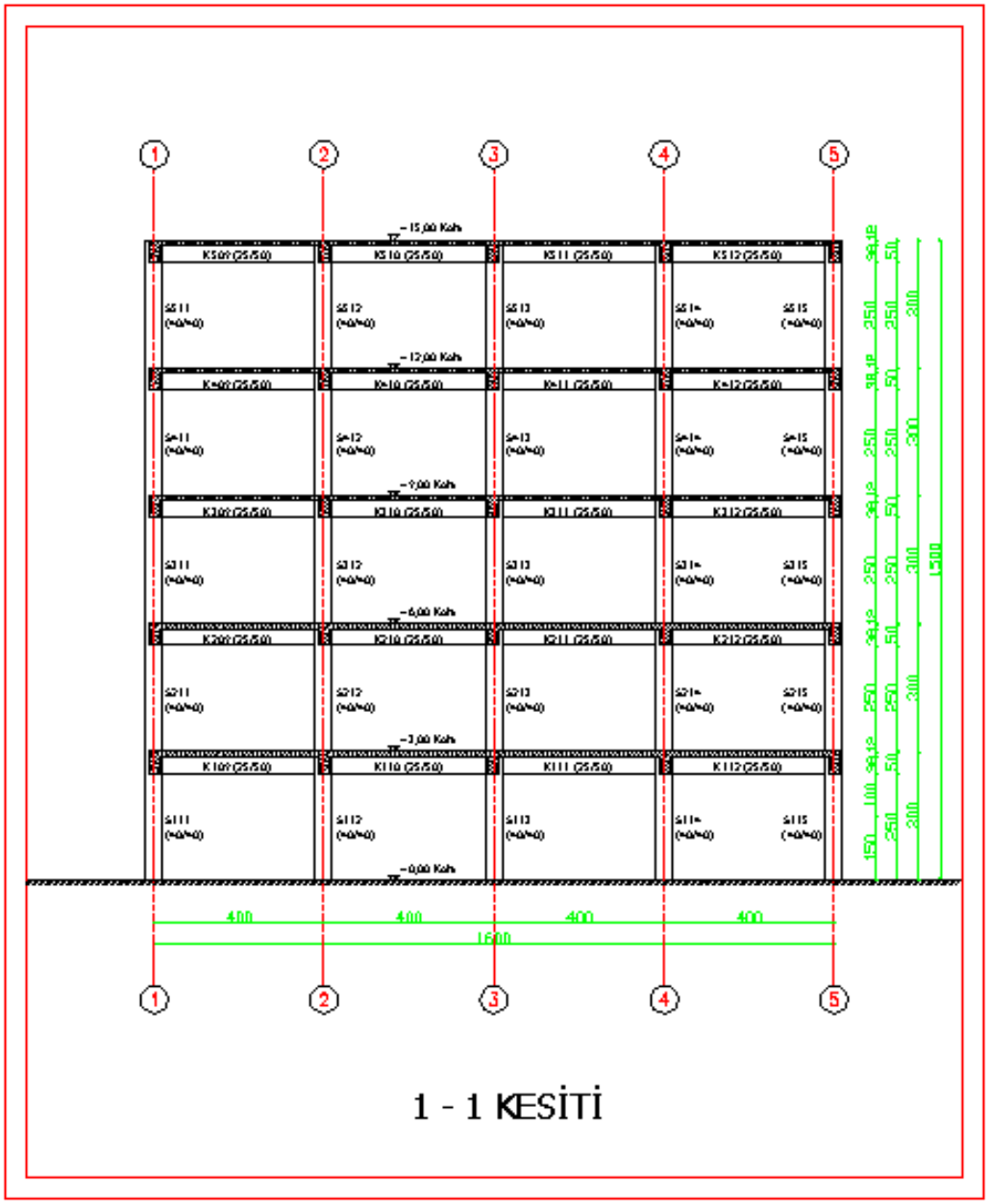
4.1 B1 Binası Performans Analizi

B1 Binası Şekil 4.1'de +3.00 kotu kalıp planında gösterildiği gibi, planda her iki doğrultuda da 4.00 m açıklıklı beşer akstan oluşan, herhangi bir düzensizlik içermeyen, iki doğrultuda simetrik, beş katlı betonarme bir yapıdır.

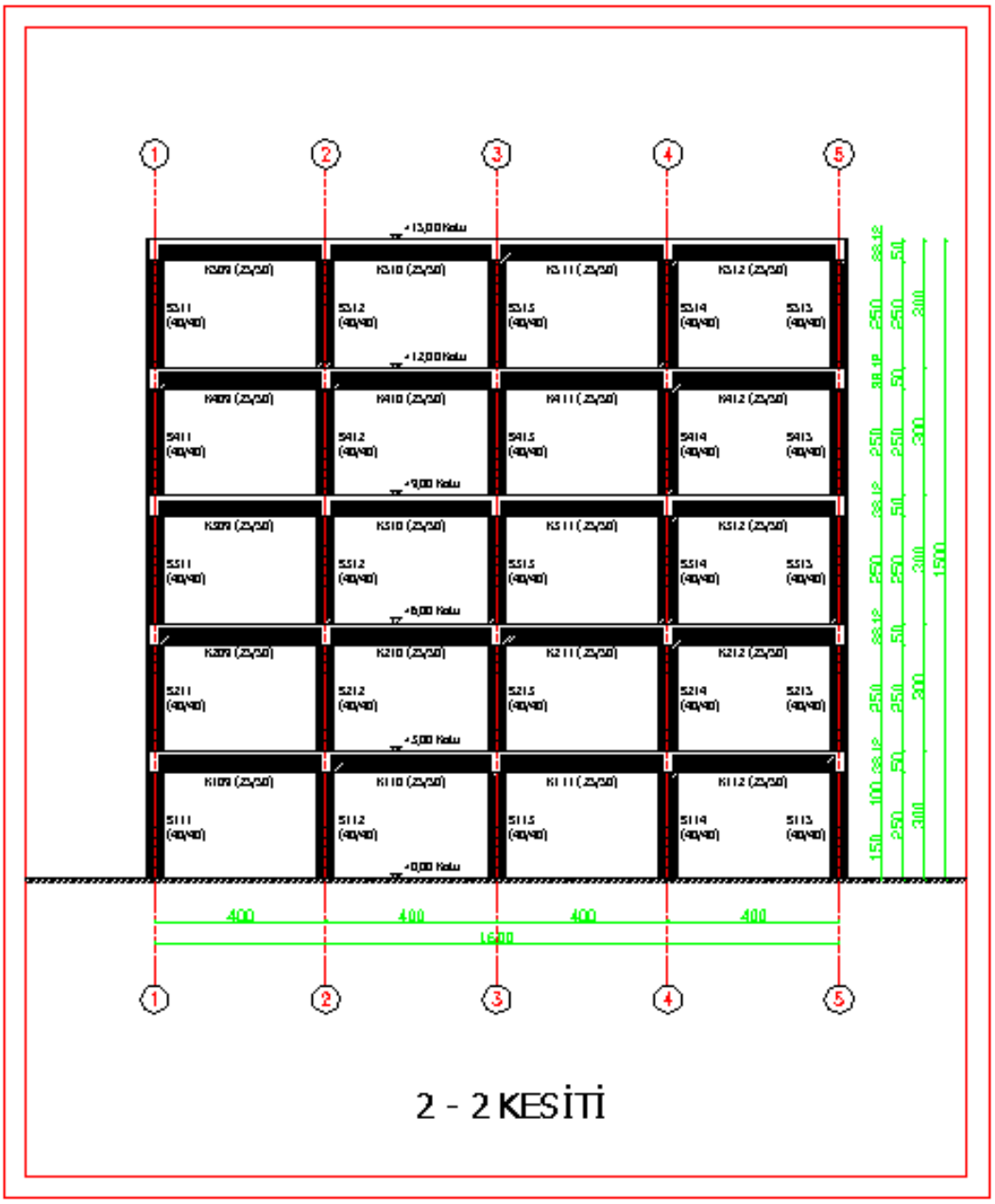


Şekil 4.2 : B1 binası +3.00 kotu kalıp planı.

Her bir katının yüksekliği 3.00 m olan B1 Binası toplam 15 m yüksekliğindedir. (X) doğrultusundaki (1- 1) ve (2-2) boyuna kesitleri de, aşağıda Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3 : B1 binası 1-1 boyuna kesiti.



Şekil 4.4 : B1 binası 2-2 boyuna kesiti.

4.1.1 Binaya etkiyen sabit ve hareketli yüklerin hesabı

B1 Standart Binası kat kütleleri, hesap yoluyla aşağıdaki şekilde belirlenmiştir. Tüm katlar için N_G, N_Q, taşıyıcı elemanların çatlamış eğilme rijitliği EI değerleri, Çizelge 4.2 – 4.3 – 4.4 – 4.5 ve 4.6 da görülmektedir.

Çizelge 4.2 : B1 binası beşinci kat kolonları yük dağılımı.

	N_G	N_Q	$N_{(G+0.3xQ)}$	A_C	f_{cm}	$N_{D/}$ $(A_C x f_{cm})$	$N_{D/}(A_C x f_{cm}) \leq 0.10$ $\rightarrow (EI)_e = 0.40(EI)_0$ $N_D/(A_C x f_{cm}) \geq 0.40$ $\rightarrow (EI)_e = 0.80(EI)_0$	
	kN	**kN**	**kN**	**m^2**	**kN/m^2**		**Hesap**	**Seçilen**
S501	41.12	6.00	42.92	0.16	16,000	0.02	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S502	64.66	12.00	68.26	0.16	16,000	0.03	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S503	64.66	12.00	68.26	0.16	16,000	0.03	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S504	64.66	12.00	68.26	0.16	16,000	0.03	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S505	41.12	6.00	42.92	0.16	16,000	0.02	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S506	64.66	12.00	68.26	0.16	16,000	0.03	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S507	106.16	24.00	113.36	0.16	16,000	0.05	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S508	106.16	24.00	113.36	0.16	16,000	0.05	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S509	106.16	24.00	113.36	0.16	16,000	0.05	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S510	64.66	12.00	68.26	0.16	16,000	0.03	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S511	64.66	12.00	68.26	0.16	16,000	0.03	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S512	106.16	24.00	113.36	0.16	16,000	0.05	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S513	106.16	24.00	113.36	0.16	16,000	0.05	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S514	106.16	24.00	113.36	0.16	16,000	0.05	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S515	64.66	12.00	68.26	0.16	16,000	0.03	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S516	64.66	12.00	68.26	0.16	16,000	0.03	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S517	106.16	24.00	113.36	0.16	16,000	0.05	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S518	106.16	24.00	113.36	0.16	16,000	0.05	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S519	106.16	24.00	113.36	0.16	16,000	0.05	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S520	64.66	12.00	68.26	0.16	16,000	0.03	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S521	41.12	6.00	42.92	0.16	16,000	0.02	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S522	64.66	12.00	68.26	0.16	16,000	0.03	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S523	64.66	12.00	68.26	0.16	16,000	0.03	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S524	64.66	12.00	68.26	0.16	16,000	0.03	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S525	41.12	6.00	42.92	0.16	16,000	0.02	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
	1,895.84	**384.00**	**2,011.04**					

Çizelge 4.3 : B1 binası dördüncü kat kolonları yük dağılımı.

	N_G	N_Q	$N_{(G+0.3xQ)}$	A_C	f_{cm}	$N_{D/}$ $(A_C x f_{cm})$	$N_{D/}(A_C x f_{cm}) \leq 0.10$ $\rightarrow (EI)_e = 0.40(EI)_0$ $N_D/(A_C x f_{cm}) \geq 0.40$ $\rightarrow (EI)_e = 0.80(EI)_0$	
	kN	**kN**	**kN**	**m^2**	**kN/m^2**		**Hesap**	**Seçilen**
S401	107.92	14.00	112.12	0.16	16,000	0.04	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S402	164.66	28.00	173.06	0.16	16,000	0.07	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S403	164.66	28.00	173.06	0.16	16,000	0.07	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S404	164.66	28.00	173.06	0.16	16,000	0.07	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S405	107.92	14.00	112.12	0.16	16,000	0.04	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S406	164.66	28.00	173.06	0.16	16,000	0.07	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S407	250.96	56.00	267.76	0.16	16,000	0.11	0.41 EI_0	**0.45 EI_0**
S408	250.96	56.00	267.76	0.16	16,000	0.11	0.41 EI_0	**0.45 EI_0**
S409	250.96	56.00	267.76	0.16	16,000	0.11	0.41 EI_0	**0.45 EI_0**
S410	164.66	28.00	173.06	0.16	16,000	0.07	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S411	164.66	28.00	173.06	0.16	16,000	0.07	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S412	250.96	56.00	267.76	0.16	16,000	0.11	0.41 EI_0	**0.45 EI_0**
S413	250.96	56.00	267.76	0.16	16,000	0.11	0.41 EI_0	**0.45 EI_0**
S414	250.96	56.00	267.76	0.16	16,000	0.11	0.41 EI_0	**0.45 EI_0**
S415	164.66	28.00	173.06	0.16	16,000	0.07	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S416	164.66	28.00	173.06	0.16	16,000	0.07	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**

Çizelge 4.3 (devam) : B1 binası dördüncü kat kolonları yük dağılımı.

	N_G	N_Q	$N_{(G+0.3xQ)}$	A_C	f_{cm}	$N_{D/}$ $(A_C x f_{cm})$	$N_D/(A_C x f_{cm}) \leq 0.10$ $\rightarrow (EI)_e = 0.40(EI)_0$ $N_D/(A_C x f_{cm}) \geq 0.40$ $\rightarrow (EI)_e = 0.80(EI)_0$	
	kN	**kN**	**kN**	**m^2**	**kN/m^2**		**Hesap**	**Seçilen**
S417	250.96	56.00	267.76	0.16	16,000	0.11	0.41 EI_0	**0.45 EI_0**
S418	250.96	56.00	267.76	0.16	16,000	0.11	0.41 EI_0	**0.45 EI_0**
S419	250.96	56.00	267.76	0.16	16,000	0.11	0.41 EI_0	**0.45 EI_0**
S420	164.66	28.00	173.06	0.16	16,000	0.07	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S421	107.92	14.00	112.12	0.16	16,000	0.04	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S422	164.66	28.00	173.06	0.16	16,000	0.07	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S423	164.66	28.00	173.06	0.16	16,000	0.07	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S424	164.66	28.00	173.06	0.16	16,000	0.07	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S425	107.92	14.00	112.12	0.16	16,000	0.04	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
	4,666.24	**896.00**	**4,935.04**					

Çizelge 4.4 : B1 binası üçüncü kat kolonları yük dağılımı.

	N_G	N_Q	$N_{(G+0.3xQ)}$	A_C	f_{cm}	$N_{D/}$ $(A_C x f_{cm})$	$N_D/(A_C x f_{cm}) \leq 0.10$ $\rightarrow (EI)_e = 0.40(EI)_0$ $N_D/(A_C x f_{cm}) \geq 0.40$ $\rightarrow (EI)_e = 0.80(EI)_0$	
	kN	**kN**	**kN**	**m^2**	**kN/m^2**		**Hesap**	**kN**
S301	174.72	22.00	181.32	0.16	16,000	0.07	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S302	264.66	44.00	277.86	0.16	16,000	0.11	0.42 EI_0	**0.45 EI_0**
S303	264.66	44.00	277.86	0.16	16,000	0.11	0.42 EI_0	**0.45 EI_0**
S304	264.66	44.00	277.86	0.16	16,000	0.11	0.42 EI_0	**0.45 EI_0**
S305	174.72	22.00	181.32	0.16	16,000	0.07	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S306	264.66	44.00	277.86	0.16	16,000	0.11	0.42 EI_0	**0.45 EI_0**
S307	395.76	88.00	422.16	0.16	16,000	0.17	0.49 EI_0	**0.50 EI_0**
S308	395.76	88.00	422.16	0.16	16,000	0.17	0.49 EI_0	**0.50 EI_0**
S309	395.76	88.00	422.16	0.16	16,000	0.17	0.49 EI_0	**0.50 EI_0**
S310	264.66	44.00	277.86	0.16	16,000	0.11	0.42 EI_0	**0.45 EI_0**
S311	264.66	44.00	277.86	0.16	16,000	0.11	0.42 EI_0	**0.45 EI_0**
S312	395.76	88.00	422.16	0.16	16,000	0.17	0.49 EI_0	**0.50 EI_0**
S313	395.76	88.00	422.16	0.16	16,000	0.17	0.49 EI_0	**0.50 EI_0**
S314	395.76	88.00	422.16	0.16	16,000	0.17	0.49 EI_0	**0.50 EI_0**
S315	264.66	44.00	277.86	0.16	16,000	0.11	0.42 EI_0	**0.45 EI_0**
S316	264.66	44.00	277.86	0.16	16,000	0.11	0.42 EI_0	**0.45 EI_0**
S317	395.76	88.00	422.16	0.16	16,000	0.17	0.49 EI_0	**0.50 EI_0**
S318	395.76	88.00	422.16	0.16	16,000	0.17	0.49 EI_0	**0.50 EI_0**
S319	395.76	88.00	422.16	0.16	16,000	0.17	0.49 EI_0	**0.50 EI_0**
S320	264.66	44.00	277.86	0.16	16,000	0.11	0.42 EI_0	**0.45 EI_0**
S321	174.72	22.00	181.32	0.16	16,000	0.07	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S322	264.66	44.00	277.86	0.16	16,000	0.11	0.42 EI_0	**0.45 EI_0**
S323	264.66	44.00	277.86	0.16	16,000	0.11	0.42 EI_0	**0.45 EI_0**
S324	264.66	44.00	277.86	0.16	16,000	0.11	0.42 EI_0	**0.45 EI_0**
S325	174.72	22.00	181.32	0.16	16,000	0.07	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
	7,436.64	**1,408.00**	**7,859.04**					

Çizelge 4.5 : B1 binası ikinci kat kolonları yük dağılımı.

	N_G	N_Q	$N_{(G+0.3xQ)}$	A_C	f_{cm}	$N_{D/}$ $(A_C x f_{cm})$	$N_{D/}(A_C x f_{cm}) \leq 0.10$ $\rightarrow (EI)_e = 0.40(EI)_0$ $N_D/(A_C x f_{cm}) \geq 0.40$ $\rightarrow (EI)_e = 0.80(EI)_0$	
	kN	**kN**	**kN**	**m^2**	**kN/m^2**		**Hesap**	**kN**
S201	241.52	30.00	250.52	0.16	16,000	0.10	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S202	364.66	60.00	382.66	0.16	16,000	0.15	0.47 EI_0	**0.50 EI_0**
S203	364.66	60.00	382.66	0.16	16,000	0.15	0.47 EI_0	**0.50 EI_0**
S204	364.66	60.00	382.66	0.16	16,000	0.15	0.47 EI_0	**0.50 EI_0**
S205	241.52	30.00	250.52	0.16	16,000	0.10	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S206	364.66	60.00	382.66	0.16	16,000	0.15	0.47 EI_0	**0.50 EI_0**
S207	540.56	120.00	576.56	0.16	16,000	0.23	0.57 EI_0	**0.60 EI_0**
S208	540.56	120.00	576.56	0.16	16,000	0.23	0.57 EI_0	**0.60 EI_0**
S209	540.56	120.00	576.56	0.16	16,000	0.23	0.57 EI_0	**0.60 EI_0**
S210	364.66	60.00	382.66	0.16	16,000	0.15	0.47 EI_0	**0.50 EI_0**
S211	364.66	60.00	382.66	0.16	16,000	0.15	0.47 EI_0	**0.50 EI_0**
S212	540.56	120.00	576.56	0.16	16,000	0.23	0.57 EI_0	**0.60 EI_0**
S213	540.56	120.00	576.56	0.16	16,000	0.23	0.57 EI_0	**0.60 EI_0**
S214	540.56	120.00	576.56	0.16	16,000	0.23	0.57 EI_0	**0.60 EI_0**
S215	364.66	60.00	382.66	0.16	16,000	0.15	0.47 EI_0	**0.50 EI_0**
S216	364.66	60.00	382.66	0.16	16,000	0.15	0.47 EI_0	**0.50 EI_0**
S217	540.56	120.00	576.56	0.16	16,000	0.23	0.57 EI_0	**0.60 EI_0**
S218	540.56	120.00	576.56	0.16	16,000	0.23	0.57 EI_0	**0.60 EI_0**
S219	540.56	120.00	576.56	0.16	16,000	0.23	0.57 EI_0	**0.60 EI_0**
S220	364.66	60.00	382.66	0.16	16,000	0.15	0.47 EI_0	**0.50 EI_0**
S221	241.52	30.00	250.52	0.16	16,000	0.10	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
S222	364.66	60.00	382.66	0.16	16,000	0.15	0.47 EI_0	**0.50 EI_0**
S223	364.66	60.00	382.66	0.16	16,000	0.15	0.47 EI_0	**0.50 EI_0**
S224	364.66	60.00	382.66	0.16	16,000	0.15	0.47 EI_0	**0.50 EI_0**
S225	241.52	30.00	250.52	0.16	16,000	0.10	0.40 EI_0	**0.40 EI_0**
	10,207.04	**1,920.00**	**10,783.04**					

Çizelge 4.6 : B1 binası birinci kat kolonları yük dağılımı.

	N_G	N_Q	$N_{(G+0.3xQ)}$	A_C	f_{cm}	$N_{D/}$ $(A_C x f_{cm})$	$N_{D/}(A_C x f_{cm}) \leq 0.10$ $\rightarrow (EI)_e = 0.40(EI)_0$ $N_D/(A_C x f_{cm}) \geq 0.40$ $\rightarrow (EI)_e = 0.80(EI)_0$	
	kN	**kN**	**kN**	**m^2**	**kN/m^2**		**Hesap**	**Seçilen**
S101	308.32	38.00	319.72	0.16	16,000	0.13	0.44 EI_0	**0.45 EI_0**
S102	464.66	76.00	487.46	0.16	16,000	0.19	0.53 EI_0	**0.55 EI_0**
S103	464.66	76.00	487.46	0.16	16,000	0.19	0.53 EI_0	**0.55 EI_0**
S104	464.66	76.00	487.46	0.16	16,000	0.19	0.53 EI_0	**0.55 EI_0**
S105	308.32	38.00	319.72	0.16	16,000	0.13	0.44 EI_0	**0.45 EI_0**
S106	464.66	76.00	487.46	0.16	16,000	0.19	0.53 EI_0	**0.55 EI_0**
S107	685.36	152.00	730.96	0.16	16,000	0.29	0.65 EI_0	**0.65 EI_0**
S108	685.36	152.00	730.96	0.16	16,000	0.29	0.65 EI_0	**0.65 EI_0**
S109	685.36	152.00	730.96	0.16	16,000	0.29	0.65 EI_0	**0.65 EI_0**
S110	464.66	76.00	487.46	0.16	16,000	0.19	0.53 EI_0	**0.55 EI_0**
S111	464.66	76.00	487.46	0.16	16,000	0.19	0.53 EI_0	**0.55 EI_0**
S112	685.36	152.00	730.96	0.16	16,000	0.29	0.65 EI_0	**0.65 EI_0**
S113	685.36	152.00	730.96	0.16	16,000	0.29	0.65 EI_0	**0.65 EI_0**
S114	685.36	152.00	730.96	0.16	16,000	0.29	0.65 EI_0	**0.65 EI_0**
S115	464.66	76.00	487.46	0.16	16,000	0.19	0.53 EI_0	**0.55 EI_0**
S116	464.66	76.00	487.46	0.16	16,000	0.19	0.53 EI_0	**0.55 EI_0**

Çizelge 4.6 (devam) : B1 binası birinci kat kolonları yük dağılımı.

	N_G	N_Q	$N_{(G+0.3xQ)}$	A_C	f_{cm}	$N_{D/}$ $(A_C x f_{cm})$	$N_{D/}(A_C x f_{cm}) \leq 0.10$ $\rightarrow (EI)_e = 0.40(EI)_0$ $N_D/(A_C x f_{cm}) \geq 0.40$ $\rightarrow (EI)_e = 0.80(EI)_0$	
	kN	**kN**	**kN**	**m^2**	**kN/m^2**		**Hesap**	**Seçilen**
S117	685.36	152.00	730.96	0.16	16,000	0.29	0.65 EI_0	**0.65 EI_0**
S118	685.36	152.00	730.96	0.16	16,000	0.29	0.65 EI_0	**0.65 EI_0**
S119	685.36	152.00	730.96	0.16	16,000	0.29	0.65 EI_0	**0.65 EI_0**
S120	464.66	76.00	487.46	0.16	16,000	0.19	0.53 EI_0	**0.55 EI_0**
S121	308.32	38.00	319.72	0.16	16,000	0.13	0.44 EI_0	**0.45 EI_0**
S122	464.66	76.00	487.46	0.16	16,000	0.19	0.53 EI_0	**0.55 EI_0**
S123	464.66	76.00	487.46	0.16	16,000	0.19	0.53 EI_0	**0.55 EI_0**
S124	464.66	76.00	487.46	0.16	16,000	0.19	0.53 EI_0	**0.55 EI_0**
S125	308.32	38.00	319.72	0.16	16,000	0.13	0.44 EI_0	**0.45 EI_0**
	12,977.44	**2,432.00**	**13,707.04**					

B1 binası ağırlığı, sabit ve hareketli yüklerden meydana gelen düşey mesnet reaksiyonlarının toplamı olarak aşağıdaki denkleme göre hesaplanacaktır.

$$W_{B1} = (W_G + W_Q)_{B1} \qquad \textbf{(4.1)}$$

Görüldüğü gibi, B1 binası toplam ağırlığı;

$W_{B1} = (W_G + W_Q)_{B1} = 12{,}977.44 + 2{,}432.00 = 15{,}409.44$ kN

olarak hesaplanmıştır.

Binaya etkiyen ağırlıklar hesabında, bina gerçek ağırlığı ve SAP2000-V10 analiz programı sonucu hesaplanan ağırlıklar arasında bazı farklar oluşabilmektedir. Analiz programı, yapı elemanlarını çubuk olarak algılamaktadır. Bu sebeple, kolon-kiriş ve kiriş-döşeme gibi yapı elemanları birleşim bölgelerinde, mükerrer ağırlık hesaplamaları oluşabilir. Bu birleşim bölgelerinde oluşan mükerrer etki, çok büyük oranda olmasa da, analiz programı ile hesaplanan etkilerin, binanın gerçek ağırlığından biraz fazla alınmasına sebep olmaktadır.

Kabul edilebilir orandaki (% 7-8 mertebesinde) bu fazla yükler, güvenlik açısından da bizi emniyetli tarafta bıraktığından, standart (B1), konsol (B2), guseli (B3) ve saçak (B4) modeller için, analiz programı sonucu hesaplanan değerler dikkate alınmış ve karşılaştırmalar da buna göre yapılmıştır.

Tüm sayısal örneklerde aynı kabule dayalı hesap yapıldığından, karşılaştırma sonuçları açısından herhangi bir sorun da sözkonusu olmamıştır.

4.1.2 Taşıyıcı elemanların çatlamış eğilme rijitlikleri hesabı

Çatlamış eğilme rijitliği hesabı, TDY-07, Bölüm 7 – Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi – 7.4.13 maddesinde, aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

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:

$(EI)_e = 0.40\ (EI)_0$

(b) Kolon ve perdelerde:

$N_D/(A_c f_{cm}) \leq 0.10$ *olması durumunda:* $(EI)_e = 0.40\ (EI)_0$

$N_D/(A_c f_{cm}) \geq 0.40$ *olması durumunda:* $(EI)_e = 0.80\ (EI)_0$

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 çatlamış kesitlere ait $(EI)_0$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir (TDY-07, 7.4.13).

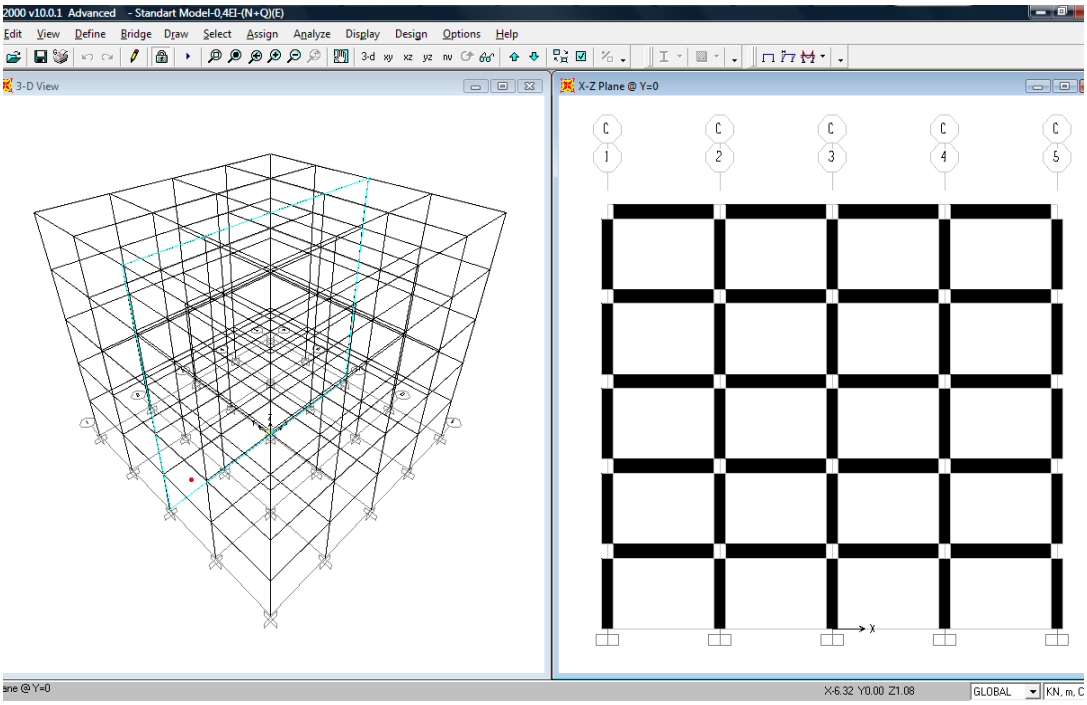
B1 Binası tüm kat kolonları için 'Çatlamış Eğilme Rijitlikleri', Çizelge 4.2 – 4.3 – 4.4 – 4.5 ve 4.6'da görülmektedir.

Tüm kirişler için çatlamış eğilme rijitliği, $0.40\ (EI)_0$ olacaktır.

B1 Binasına etkiyen sabit ve hareketli yükler belirlenip, taşıyıcı elemanların çatlamış eğilme rijitlikleri de hesaplandıktan sonra, B1 Binası performans analizleri hesabına geçilebilir.

4.1.3 B1 binasının bilgisayar ortamında çözümlenmesi

B1 Binası, SAP2000-V10 analiz programı kullanılarak ve TDY-07'de belirtildiği gibi, aşağıdaki şartlar çerçevesinde çözülmüştür. Hesap detaylarına, çalışmanın sonunda bulunan hesap CD'sinden ulaşılabilir.



Şekil 4.5 : B1 binası SAP2000 modeli.

TDY-07, (7.4.8)'de belirtildiği gibi, katlar yatay düzlemde rijit diyafram olarak tanımlanmıştır.

TDY-07, (7.4.11(a))'da belirtildiği gibi, beton ve donatı çeliği için malzeme mevcut dayanımları esas alınmıştır.

TDY-07, (7.4.12)'de belirtildiği gibi, birleşim bölgeleri, sonsuz rijit uç bölgeleri olarak gözönüne alınmıştır.

TDY-07, (7.4.13)'de belirtildiği gibi, eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ kullanılmıştır. Kolon ve kirişler için hesaplanan $(EI)_e$ değerleri Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

SAP2000-V10 programında, 'Insertion Point' komutundan yararlanılarak, kirişlerin üst kotu, döşeme üst kotu ile aynı seviyeye getirilmiştir. Bu sayede, kolon temiz açıklıklarının, gerçek değerleri vermesi de sağlanmıştır.

Betonarme kirişler, tam tablalı ve yarım tablalı olarak tanımlanmıştır.

TS-500 – Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (6.3.6) – Etkili Tabla Genişliği bölümünde tanımlandığı üzere;

Simetrik kesitlerde (T Kesit)

$$b = b_w + 0.2\, l_p \quad \textbf{(4.2)}$$

Simetrik olmayan kesitlerde (L Kesit, vb)

$$b = b_1 + 0.1\, l_p \quad \textbf{(4.3)}$$

Kirişin iki moment sıfır noktası arasında kalan uzunluğu ise, sürekli kiriş kenar açıklık, sürekli kiriş iç açıklık ve konsol kiriş için sırasıyla;

$$l_p = 0.8\, x\, l \quad \textbf{(4.4)}$$

$$l_p = 0.6\, x\, l \quad \textbf{(4.5)}$$

$$l_p = 1.5\, x\, l \quad \textbf{(4.6)}$$

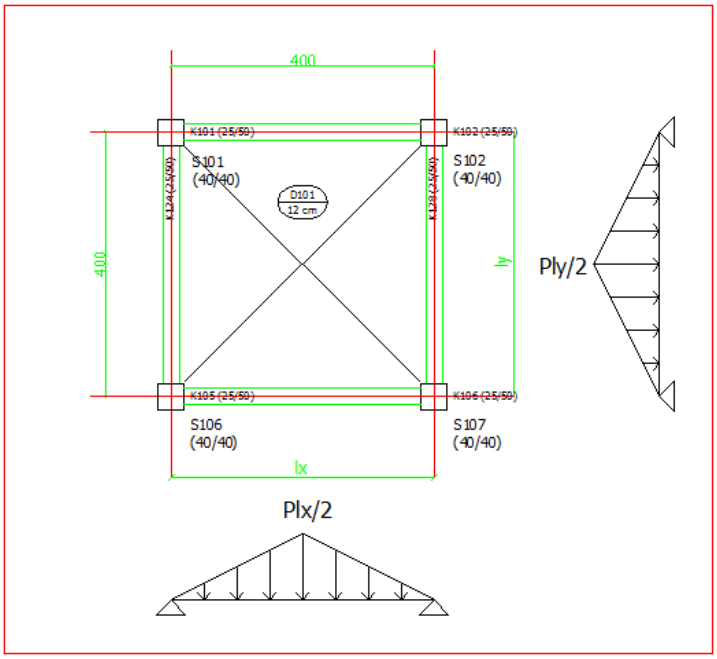
denklemlerine göre belirlenecektir. 'l', hesap açıklığını temsil etmektedir. Buna göre;

Çizelge 4.7 : B1 binası etkili tabla genişlikleri.

Kirişler	b
Tam Tablalı Kenar Kirişler	0.89
Tam Tablalı Açıklık Kirişleri	0.73
Yarım Tablalı Kenar Kirişler	0.57
Yarım Tablalı Açıklık Kirişleri	0.49

olarak hesaplanmıştır.

Döşeme yükleri kirişlere, hem sabit hem de hareketli yükler için, B1 Binası tüm döşemeleri kare olduğundan üçgen yük olarak aktarılmıştır.



Şekil 4.6 : B1 binası döşeme yük dağılımı.

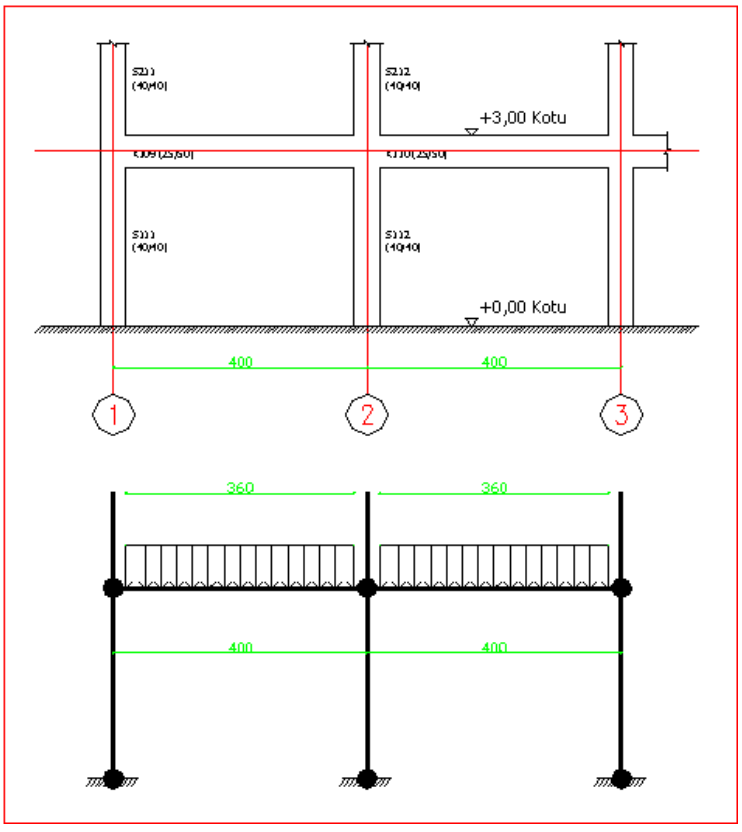
Çizelge 4.8 : Döşemeden gelen üçgen yayılı yükler.

1., 2., 3. ve 4. Katlarda	Döşemeden Gelen Üçgen Yayılı Yük
G = 4.70 kN/m^2	9.40 kN/m
Q = 2.00 kN/m^2	4.00 kN/m
Çatı Katında	**Döşemeden Gelen Üçgen Yayılı Yük**
G = 4.49 kN/m^2	8.98 kN/m
Q = 1.50 kN/m^2	3.00 kN/m

Kiriş yükleri, duvar ağırlıklarını da içerecek şekilde, yayılı yük olarak fakat kiriş temiz açıklığı boyunca etkitilmiştir.

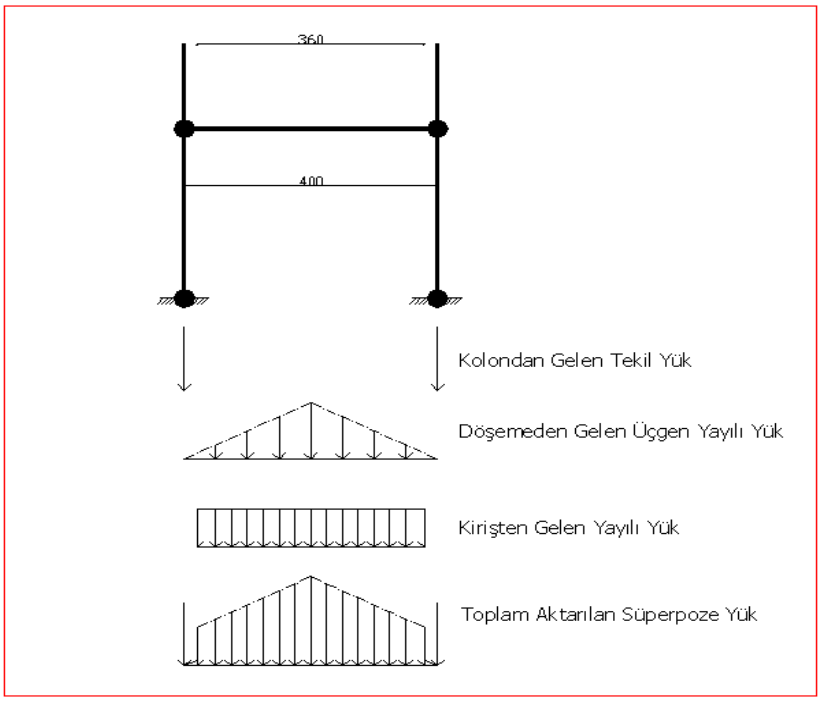
Çizelge 4.9 : Kirişten gelen yayılı yükler.

1., 2., 3. ve 4. Katlarda	Kirişten Gelen Yayılı Yük
Dış Akslarda	10.00 kN/m
İç Akslarda	8.00 kN/m
Çatı Katında	**Kirişten Gelen Yayılı Yük**
Tüm Kirişlerde	3.10 kN/m

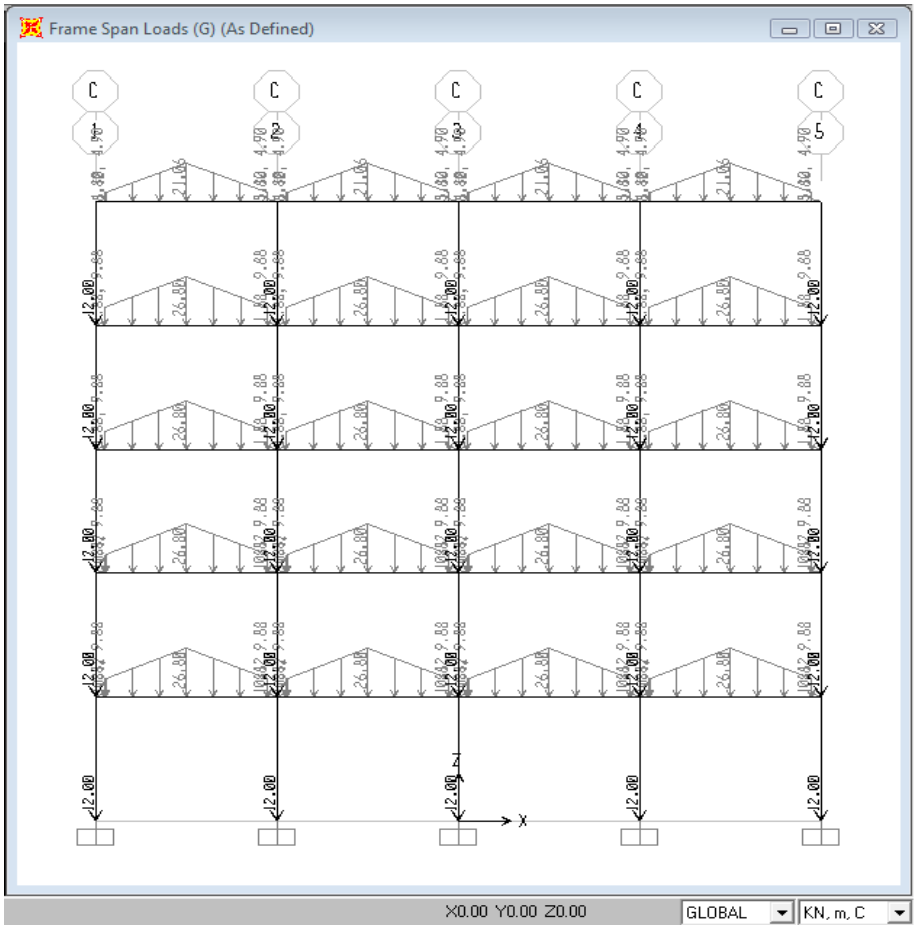


Şekil 4.7 : B1 binası kiriş yayılı yük şematik gösterimi.

Kolon kendi ağırlıkları ise, her kolonun alt ucundaki düğüm noktasına tekil yük olarak etkitilmiştir.



Şekil 4.8 : B1 binası süperpoze yük şematik gösterimi.



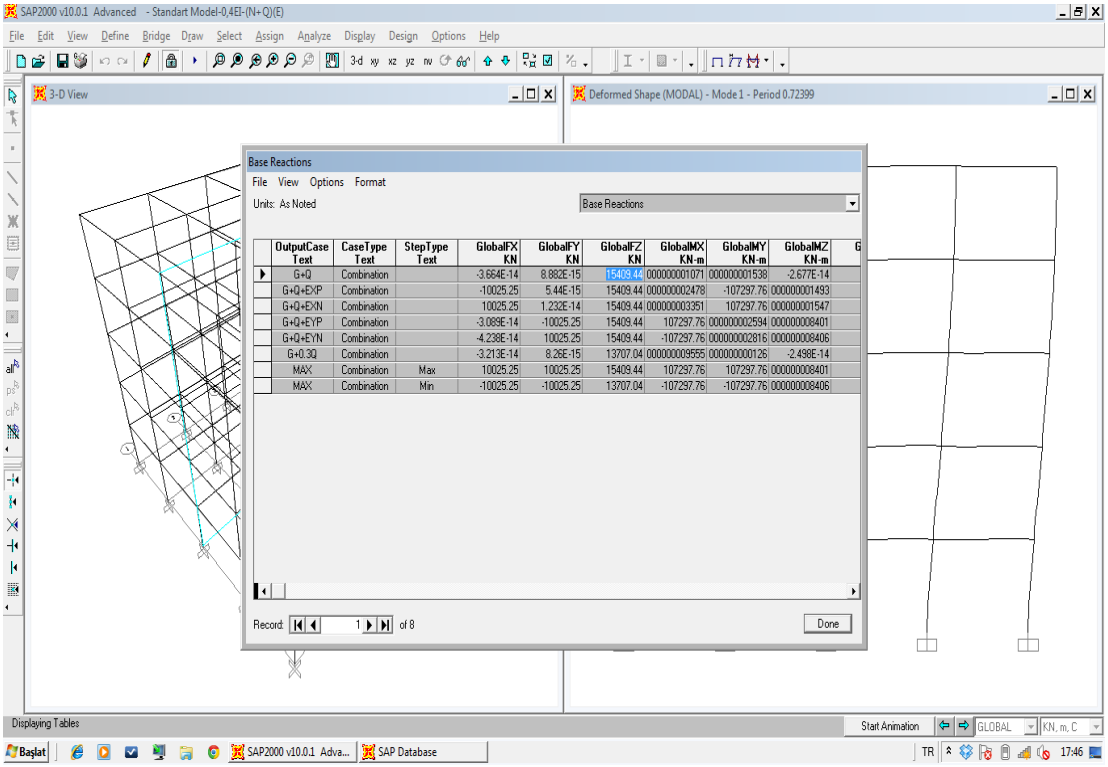
Şekil 4.9 : B1 binası SAP 2000 C aksı (G) yüklemesi yük dağılımı.

B1 Binası için düşey doğrultudaki bina toplam yüklerine aşağıda Şekil 4.10'da gösterilen, SAP2000-V10 programı 'Base Reactions' sekmesinden de ulaşılabilir. Buna göre toplam bina ağırlığı, (-Z) doğrultusunda, analiz sonrası sabit ve hareketli yüklerden meydana gelen düşey mesnet reaksiyonlarının toplamı olarak;

$(W_G)_{B1}$ = 12,977.44 kN

$(W_Q)_{B1}$ = 2,432.00 kN

$(W_G+W_Q)_{B1}$ = 15,409.44 kN şeklinde bulunabilecektir.



OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m
G+Q	Combination		-3.664E-14	8.882E-15	15409.44	000000001071	000000001538	-2.677E-14
G+Q+EXP	Combination		-10025.25	5.44E-15	15409.44	000000002478	-107297.76	000000001493
G+Q+EXN	Combination		10025.25	1.232E-14	15409.44	000000003351	107297.76	000000001547
G+Q+EYP	Combination		-3.089E-14	-10025.25	15409.44	107297.76	000000002594	000000008401
G+Q+EYN	Combination		-4.238E-14	10025.25	15409.44	-107297.76	000000002816	000000008406
G+0.3Q	Combination		-3.213E-14	8.26E-15	13707.04	000000009555	000000000126	-2.498E-14
MAX	Combination	Max	10025.25	10025.25	15409.44	107297.76	107297.76	000000008401
MAX	Combination	Min	-10025.25	-10025.25	13707.04	-107297.76	-107297.76	000000008406

Şekil 4.10 : B1 binası SAP2000 mesnet reaksiyonları.

4.1.4 Deprem hesabı

Binaların deprem performansının, doğrusal elastik hesap yöntemleri ile belirlenebilmesi için, TDY-07, 7.5.1'de iki farklı yöntem önerilmektedir. Öncelikle hesap yöntemi belirlenecektir.

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin kullanılabilmesi için, TDY-07, (7.4) – Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar gözönüne alınarak, TDY-07, (7.5.1.1) şartlarının yerine gelmesi gerekir. Buna göre;

- Bodrum üzeri toplam yükseklik 25 m.yi geçmemeli,

- Toplam kat sayısı 8'i aşmamalı,

- Ek dışmerkezlilik gözönüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı η_{bi}<1.4 olmalıdır.

B1 Binası için yukarıdaki şartları irdelersek;

Bodrum Üzeri Toplam Yükseklik 15 m < 25 m

Toplam Kat Sayısı 5 adet < 8 adet

η_{bi} ,Burulma Düzensizliği Katsayısı 1.0 < 1.4

B1 Binası, x ve y eksenlerine göre simetrik olduğundan burulma düzensizliği katsayısı 1.0 dır.

Yukarıdaki şartlar sağlandığı için, doğrusal elastik hesap yöntemlerinden 'Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi' kullanılabilir.

TDY-07, (7.4.9)'da belirtildiği gibi, mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan toplanan verilerin kapsamına göre TDY-07, (7.2)'de tanımlanan bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemine yansıtılmıştır. B1 Binası 'Bilgi Düzeyi Katsayısı' = 1.00 alınmıştır.

Çizelge 4.10 : Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

TDY-07, (7.4.3)'de belirtildiği gibi, binanın deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilmiştir. Hareketli düşey yükler, deprem hesabında gözönüne alınan kütleler ile uyumlu olacak şekilde tanımlanmıştır.

TDY-07, (7.4.7)'de belirtildiği gibi, deprem hesabında gözönüne alınan kat ağırlıkları, TDY-07, (2.7.1.2)'ye göre hesaplanmış, kat kütleleri, kat ağırlıkları ile uyumlu olarak tanımlanmıştır.

$$W = \sum w_i \quad \textbf{(4.7)}$$

$$w_i = g_i + nq_i \quad \textbf{(4.8)}$$

Çizelge 4.11 : Hareketli yük katılım katsayısı (n).

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antre, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanto, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.30

B1 Binası, konut olarak tanımlandığından;

'Hareketli Yük Katılım Katsayısı' (n) = 0.30 olarak kullanılacaktır. Buna göre;

$w_i = g_i + 0.30q_i$

$W_{5.Kat}$ = 2,011.04 kN

$W_{4.Kat}$ = 2,924.00 kN

$W_{3.Kat}$ = 2,924.00 kN

$W_{2.Kat}$ = 2,924.00 kN

$W_{1.Kat}$ = 2,924.00 kN

W_{Toplam} = *13,707.04 kN*

TDY-07, (2.4.3.)'e göre, 'Spektrum Katsayısı', S(T), yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T'ye bağlı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır.

$$S(T) = 1 + 1.5\,(T / T_A) \qquad (0 \le T \le T_A) \quad \textbf{(4.9)}$$

$$S(T) = 2.5 \qquad (0 \le T \le T_A) \quad \textbf{(4.10)}$$

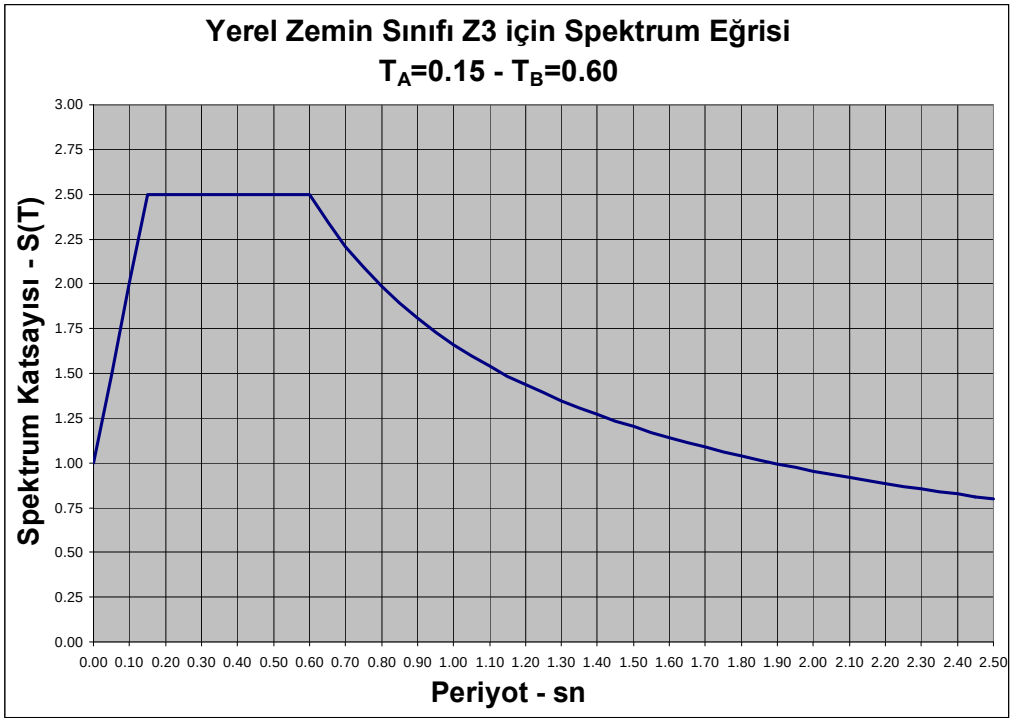
$$S(T) = 2.5\,(T_B / T)^{0.8} \qquad (T_B < T) \quad \textbf{(4.11)}$$

Yukarıdaki denklemlerdeki 'Spektrum Karakteristik Periyotları', T_A ve T_B, TDY-07, Bölüm 6'da tanımlanan 'Yerel Zemin Sınıfları'na bağlı olarak aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.12 : Spektrum karakteristik periyotları (T_A, T_B).

TDY-07 Tablo 6.2'ye Göre Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

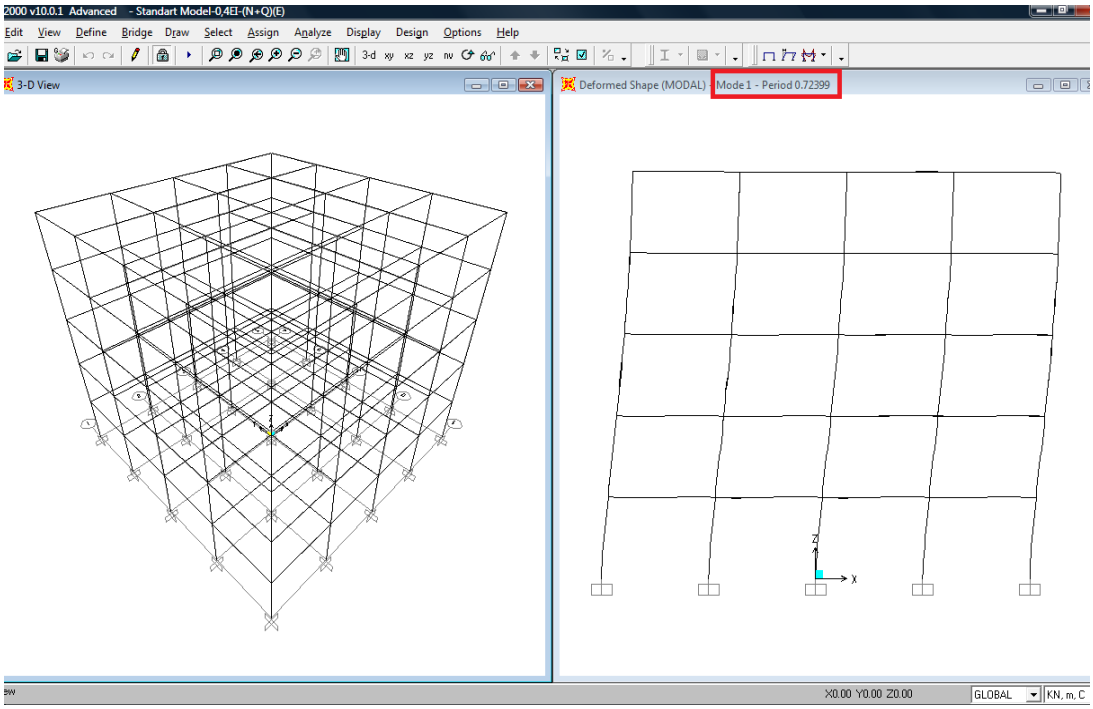
B1 Binası Zemin Sınıfı Z3 olduğundan, 'Spektrum Karakteristik Periyotları', T_A=0.15 ve T_B = 0.60 olarak alınacaktır. Buna göre, B1 Binası için kullanılacak 'Tasarım Spektrumu' aşağıda Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11 : Yerel zemin sınıfı Z3 için spektrum eğrisi.

SAP 2000-V10 programı ile hesap sonucu binanın birinci doğal titreşim periyodu; iki doğrultudaki simetri sebebiyle, hem (X) hem de (Y) doğrultuları için;

$T_x = T_y = 0.723995$ sn. olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 : B1 binası SAP2000 bina birinci doğal titreşim periyodu.

T = 0.723995 sn için 'Spektrum Katsayısı' S(T) = 2.151 hesaplanmıştır.

'Etkin Yer İvme Katsayısı' A_0 = 0.40 ve (I=1) için, TDY-07, (2.4.)' e göre;

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad \textbf{(4.12)}$$

$A(T) = A_0 I S(T) = 0.40 \times 1 \times 2.151 = 0.8605$

'Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi' hesabında, TDY-07, (7.5.1.1.)'de belirtildiği gibi, toplam eşdeğer deprem yükünün TDY-07, 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. B1 Binası için λ katsayısı 0.85 dir. Bu şartlar altında, eşdeğer deprem yükü aşağıdaki şekilde hesaplanmış ve Çizelge 4.13'de verilmiştir.

$$V_t = W A(T) \lambda / R \quad \textbf{(4.13)}$$

$V_t = W A(T) \lambda / R = 13{,}707.04 \times 0.8605 \times 0.85 / 1 = 10{,}025.25$ kN

TDY-07, (2.7.1.1)'e göre, Denklem (4.14)'de verilen koşul kontol edilecek olursa;

$$V_t \geq 0.10 A_0 I W \quad \textbf{(4.14)}$$

$V_t = 10{,}025.25$ kN $\geq 0.10 \times 0.4 \times 1 \times 13{,}707.04 = 548.28$ kN

Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri, TDY-07, (2.7.2.) ye göre;

$$V_t = \Delta F_N + \sum F_i \qquad \textbf{(4.15)}$$

$$\Delta F_N = 0.0075\, N\, V_t \qquad \textbf{(4.16)}$$

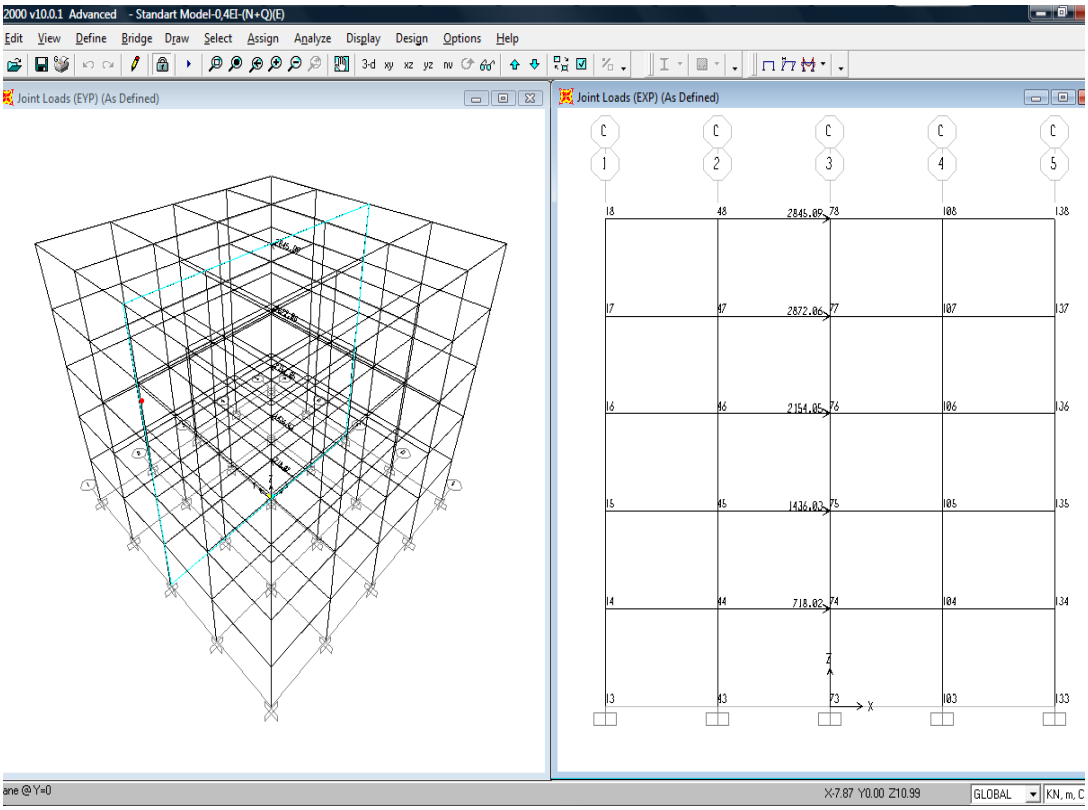
$$F_i = (V_t - \Delta F_N)\,(w_i H_i) \,/\, (\sum w_j H_j) \qquad \textbf{(4.17)}$$

olacak şekilde; Çizelge 4.13'de hesaplanmıştır.

Çizelge 4.13 : B1 binası, (±X) yönü, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri.

Kat	w_i	H_i	w_iH_i	F_i	ΔF_N	$F_i+\Delta F_N$
5	2,011.04	15	30,165.60	2,469.15	375.95	2,845.09
4	2,924.00	12	35,088.00	2,872.06		2,872.06
3	2,924.00	9	26,316.00	2,154.05		2,154.05
2	2,924.00	6	17,544.00	1,436.03		1,436.03
1	2,924.00	3	8,772.00	718.02		718.02
	13,707.04		**117,885.60**	**9,649.30**	**375.95**	**10,025.25**

Eşdeğer deprem yükleri, SAP2000-V10 programında, (±X) ve (±Y) doğrultularında, ek dış merkezlilik dikkate alınmadan, kat ağırlık merkezlerine tekil kuvvetler olarak atanmıştır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 : B1 binası, SAP2000 katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri.

4.1.5 Kiriş kapasite oranlarının belirlenmesi

Eleman hasar sınırlarının değerlendirilebilmesi için öncelikle kırılma türünün belirlenmesi gerekir.

Bir taşıyıcı elemanın kırılma türünün nasıl belirleneceği, TDY-07, 7.5.2.2 (a) ve (b) maddelerinde, aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_e'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_e'nin hesabı kolonlar için 3.3.7'ye, kirişler için 3.4.5'e ve perdeler için 3.6.6'ya gore yapılacak, ancak Denk.(3.16)'da β_v=1 alınacaktır. Kolon, kiriş ve perdelerde, V_e'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_e'den küçük olması durumunda ise, V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır (TDY-07, 7.5.2.2(a)).

Yukarıda verilen süneklik koşullarını sağlamayan betonarme elemanlar, gevrek olarak hasar gören elemanlar olarak tanımlanacaktır (TDY-07, 7.5.2.2(b)).

Bu tanıma göre;

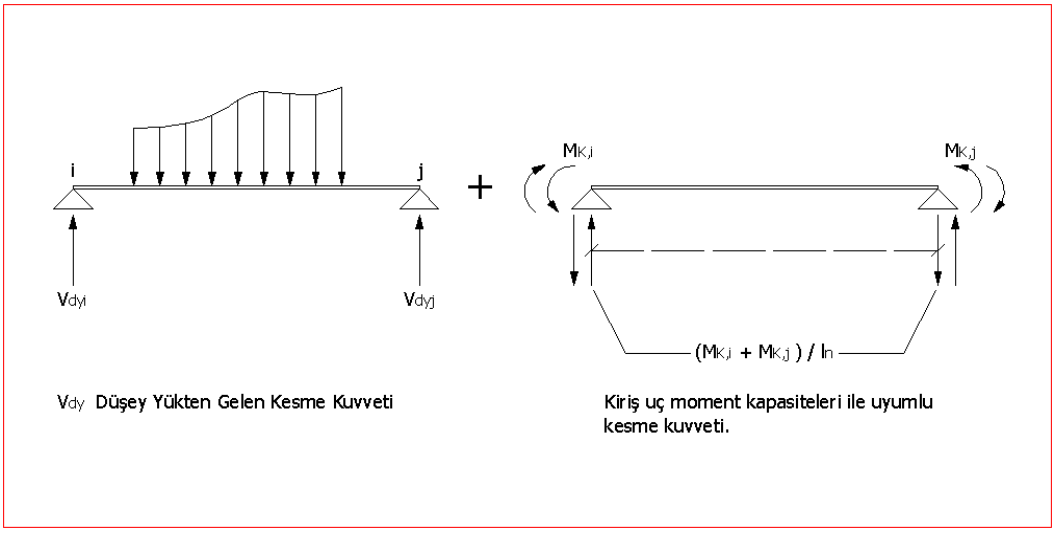
$V_e < V_r$ olması durumunda, eleman kırılma türü 'SÜNEK' olarak belirlenir ve performans değerlendirmesi hesaplarına devam edilir.

$V_e > V_r$ olması durumunda ise, eleman kırılma türü 'GEVREK' olarak belirlenir ve performans değerlendirme hesabı yapılmadan, TDY-07, 7.5.2.2(b) 'ye göre, *gevrek olarak hasar gören eleman* olarak tanımlanır.

Örnek teşkil etmesi açısından, B1 Binası K101 kirişi kapasite oran hesap detayları, aşağıda adım adım gösterilecektir:

TDY-07, (7.5.2.2.(a)) maddesinde belirtildiği gibi, kirişler için TDY-07, (3.4.5.)'e göre, mevcut malzeme dayanımları kullanılarak ve V_e'nin hesabında, pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılarak kiriş kesme güvenliği tahkiki yapılacaktır.

Buradaki amaç, kirişin eğilme etkisi altında sınır değerlerine ulaştığında, kesme güvenliğinin varolduğunun, yani gevrek kırılma yerine sünek davranış gösterip göstermeyeceğinin tahkikidir.



Şekil 4.14 : Kiriş kesme güvenliği tahkiki.

$$V_e = V_{dy} \pm (M_{K,i} + M_{K,j} / l_n) \qquad \textbf{(4.18)}$$

Bu bölümde örnek olması amacıyla 'K101' kirişi örnek kiriş olarak seçilmiş ve hesap detayları aşağıdaki paragraflarda verilmiştir:

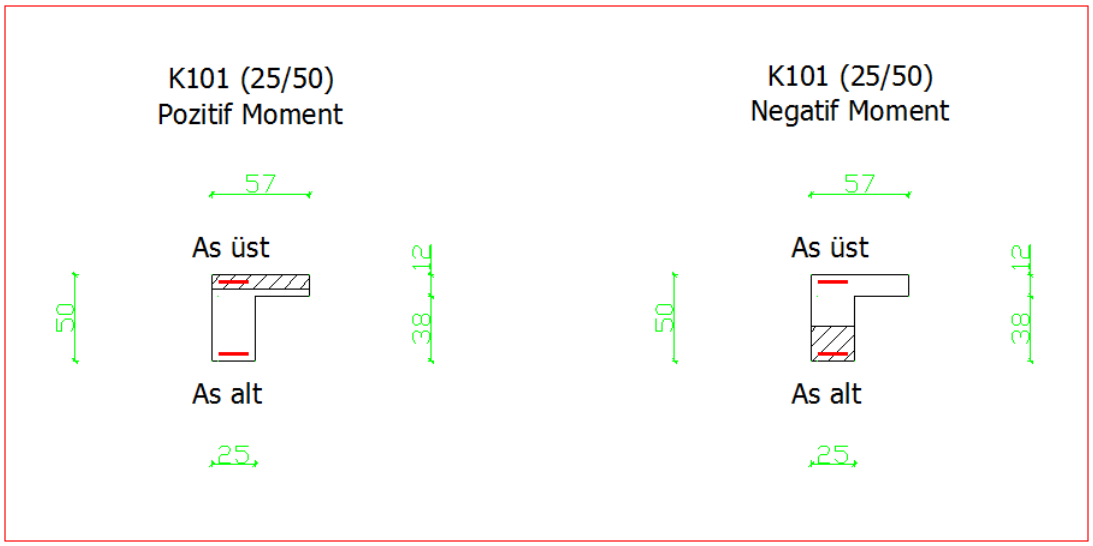
K101 Kirişi'ne ait donatı miktarları, Veli Başaran – 2006 yüksek lisans tezi Çizelge : 3.20'den alınmıştır. Fakat enine donatılarla ilgili bir bilgi olmadığından, enine donatı olarak minimum donatı kullanılmış olduğu kabulüyle, tüm kiriş ve kolonlarda, TS 500, (8.1.5.1) – Minimum Kesme Donatısı;

$$(A_{sw} / s) \geq 0.3 \, (f_{ctm} / f_{ywm}) \, b_w \qquad \textbf{(4.19)}$$

şartına göre (A_{sw} / s) hesaplanmıştır.

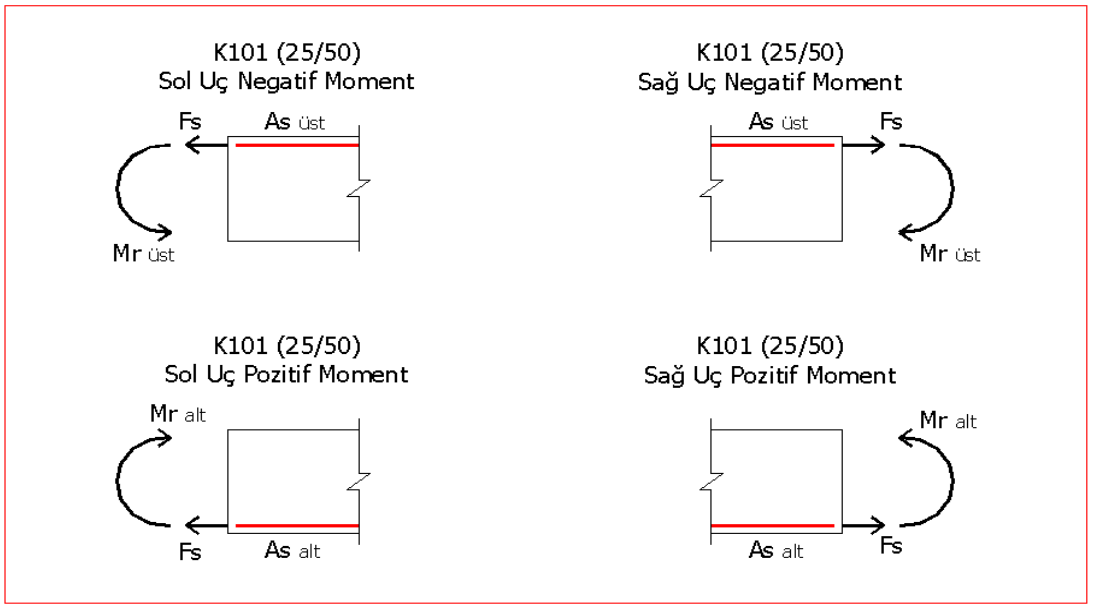
Çizelge 4.14 : K101 kirişi donatı tablosu.

Sol Üst (mm^2)	Sol Alt (mm^2)	Sağ Üst (mm^2)	Sağ Alt (mm^2)
1,492	1,030	1,316	829



Şekil 4.15 : Kiriş çekme ve basınç bölgeleri.

Kiriş kapasite momentleri hesaplanırken, l_n = 3.60 m, $b_{Negatif\ Moment}$ = 250 mm, $b_{Pozitif\ Moment}$ = 570 mm, d' = 30 mm, d = 470 mm, f_{cm} = 16 MPa, f_{ym} = 220 MPa, f_{ctm} = 1.4 MPa, f_{ywm} = 220 MPa olarak alınmıştır.



Şekil 4.16 : Kiriş kapasite momenti.

Sol Uç - $Mr_{üst}$

$0.85\ f_{cm}\ b_{Negatif\ Moment}\ a = A_s\ f_{ym}$

$a = A_s\ f_{ym} / (\ 0.85\ f_{cm}\ b_{Negatif\ Moment})$

$a = 1{,}492x220/(0.85x16x250)$

$a = 96.54$ mm

$M_r = A_s\ f_{ym}\ (\ d - a/2\ )$

$M_r = 1{,}492x220x(470-96.54/2)/10^6$

$M_{rüst} = 138.43$ kNm

Sağ Uç - $Mr_{üst}$

$0.85\ f_{cm}\ b_{Negatif\ Moment}\ a = A_s\ f_{ym}$

$a = A_s\ f_{ym} /(\ 0.85 f_{cm}\ b_{Negatif\ Moment}\ )$

$a = 1{,}316x220/(0.85x16x250)$

$a = 85.15$ mm

$M_r = A_s\ f_{ym}\ (\ d - a/2\ )$

$M_r=1{,}316x220x(470-85.15/2)/10^6$

$M_{rüst} = 123.75$ kNm

Sol Uç - Mr_{alt}

$0.85\ f_{cm}\ b_{Pozitif\ Moment}\ a = A_s\ f_{ym}$

$a = A_s\ f_{ym} /(\ 0.85\ f_{cm}\ b_{Pozitif\ Moment}\ )$

$a = 1{,}030x220/(0.85x16x570)$

$a = 29.23$ mm

$M_r = A_s\ f_{ym}\ (\ d - a/2\ )$

$M_r = 1{,}030x220x(470-29.23/2)/10^6$

$M_{ralt} = 103.19$ kNm

Sağ Uç - Mr_{alt}

$0.85\ f_{cm}\ b_{Pozitif\ Moment}\ a = A_s\ f_{ym}$

$a = A_s\ f_{ym} /(\ 0.85\ f_{cm}\ b_{Pozitif\ Moment}\ )$

$a = 829x220/(0.85x16x570)$

$a = 23.53$ mm

$M_r = A_s\ f_{ym}\ (\ d - a/2\ )$

$M_r=829x220x(470-23.53/2)/10^6$

$M_{ralt} = 83.57$ kNm

V_e'nin hesabında, $(\ M_{K,i} + M_{K,j} / l_n\ )$'i daha büyük yapacak pozitif ve negatif moment çifti seçilecektir.

$(\ 123.75 + 103.19\ ) > (\ 138.43 + 83.57\ )$ olduğundan, i ucu pozitif momenti ile j ucu negatif momenti toplamı daha kritik V_e değeri verdiğinden bu iki değer alınarak V_e hesaplanmıştır.

Kirişin herhangi bir kesitinde, düşey yüklerden (G+Q) oluşan basit kiriş kesme kuvveti, V_{dy} 'nin hesabı için, K101 kirişine etkiyen düşey yükler;

Kirişten gelen sabit yük ve duvar yükü, G	36.00 kN
Döşemeden gelen sabit yük, G	18.80 kN
Döşemeden gelen hareketli yük, Q	8.00 kN
	$\sum 62.80\ kN$

Buna göre, K101 kirişi düşey yüklerden (G+Q) oluşan basit kiriş kesme kuvveti

$V_{dy} = 31.4\ kN$

$V_e = V_{dy} \pm (M_{K,i} + M_{K,j} / l_n)$

$V_e = 31.4 + (123.75 + 103.19) /3.60$

$V_e = 94.44\ kN$

TDY-07, (7.5.2.2.)'ye göre, düşey yükler ile birlikte R_a=1 alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin V_e'den küçük olması durumunda ise, V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır.

Düşey yükler ile birlikte R_a=1 alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvveti;

$V_{i\ (G+Q+Ex)}$ = 284.37 kN > V_e = 94.44 kN

$V_{j\ (G+Q+Ex)}$ = 346.90 kN > V_e = 94.44 kN

TDY-07, (3.4.5.2.)'ye göre;

$$V_e \leq V_r \qquad \textbf{(4.20)}$$

Kiriş kesme kapasitesi de, TS500 – (8.1.4.)'e göre;

$$V_r = V_c + V_{ws} \qquad \textbf{(4.21)}$$

$$V_c = 0.8\ V_{cr} \qquad \textbf{(4.22)}$$

$$V_{cr} = 0.65\ f_{ctm} b_w d \qquad \textbf{(4.23)}$$

$V_c = 0.52\ f_{ctm} b_w d = (0.52 \times 1.4 \times 250 \times 470) / 10^3 = 85.54\ kN$

$$V_{ws} = (A_{sw} / s)\ f_{ywm}\ d \qquad \textbf{(4.24)}$$

Tüm kiriş ve kolonlarda, TS 500 (8.1.5.1.) – Minimum Kesme Donatısı ;

$(A_{sw} / s) \geq 0.3\ (f_{ctm} / f_{ywm})\ b_w$

şartına göre (A_{sw} / s) hesap edilmiştir.

$(A_{sw} / s) = 0.3 \text{ x } (1.4 / 220) \text{ x } 250 = 0.4773$

$V_{ws} = (A_{sw} / s) f_{ywm} d = (0.4773) \text{ x } 220 \text{ x } 470 / 10^3 = \textit{49.35 kN}$

$V_r = V_c + V_{ws} = 85.54 + 49.35 = \textit{134.89 kN} > V_e = 94.44 \text{ kN}$

TDY-07, (3.4.5.2.)'ye göre;

$$V_e \leq 0.22 b_w d f_{cm} \qquad \textbf{(4.25)}$$

$V_e \leq 0.22 b_w d f_{cm} \leq (0.22 \text{ x } 250 \text{ x } 470 \text{ x } 16) / 10^3) = 413.6 \text{ kN} > V_e = 94.44 \text{ kN}$

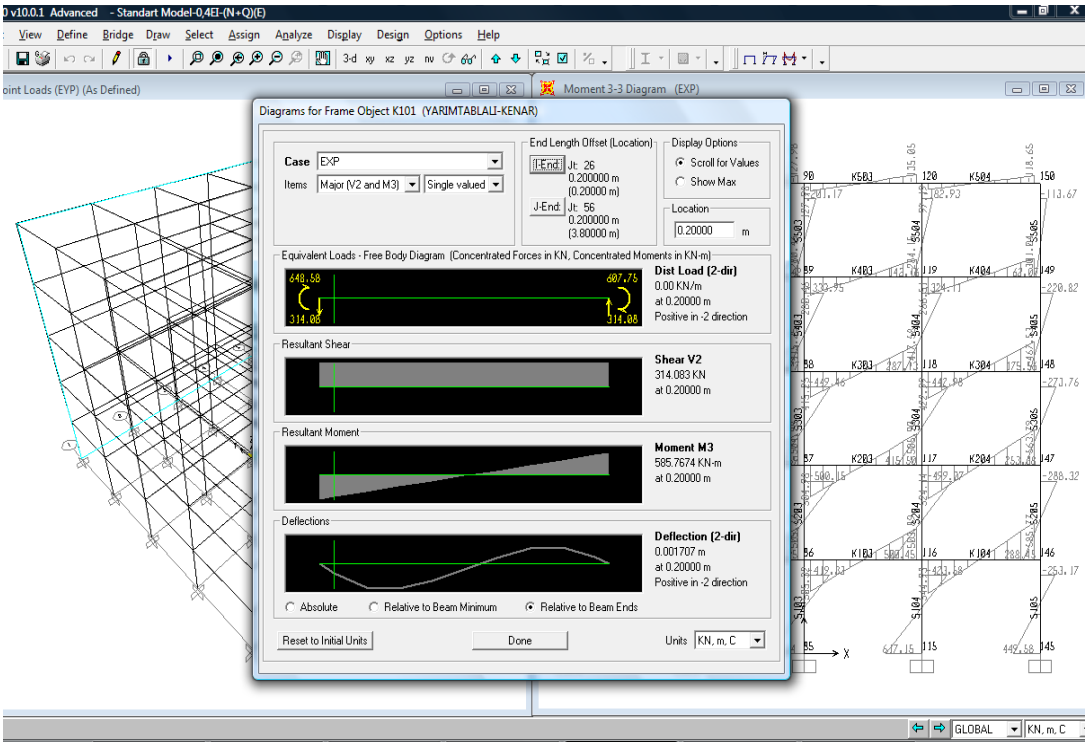
Yukarıdaki paragraflardan anlaşılacağı üzere, TDY-07 ve TS 500'de tanımlanan bütün şartlar sağlandığı için, K101 kirişi kırılma türü *'SÜNEK'* olarak tanımlanabilir. Kiriş kırılma türünün 'Sünek' olarak belirlenmesinden sonra, TDY-07, 7.5.2.3'de tanımlanan ve aşağıda verilen esaslar doğrultusunda Etki/kapasite oranlarının hesabına geçilebilir:

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 (TDY-07, 7.5.2.3).

(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 (TDY-07, 7.5.2.3 (a)).

Bu esaslar doğrultusunda, B1 Binası K101 kirişi etki / kapasite oranlarının hesapları aşağıda açıklandığı şekilde yapılacaktır:

K101 kirişi (i) ve (j) uçları için, deprem etkisi altında, R_a=1 alınarak hesaplanan kesit momentlerine (M_E), SAP2000-V10 programı çözüm sonuçlarından ulaşılabilir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 : B1 binası K101 kirişi mesnet reaksiyonları.

(+) X Yönü Deprem için;

$M_{E,i}$ = *585.77* kNm (Mesnet Yüzü)

$M_{E,j}$ = - *544.93* kNm (Mesnet Yüzü)

(-) X Yönü Deprem için;

$M_{E,i}$ = - *585.77* kNm (Mesnet Yüzü)

$M_{E,j}$ = *544.93* kNm (Mesnet Yüzü)

'Artık Moment Kapasitesi'ni (M_A) bulabilmek için ise, 'Düşey Yüklemeler Altında Meydana Gelen Momentler (M_D) ve 'Kesitin Eğilme Momenti Kapasiteleri'(M_r) değerleri hesaplanmalıdır.

'M_D' düşey yüklemeler altında meydana gelen momentlerin hesabında, TDY-07, '*düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisi*' tanımını kullanmıştır. Burada düşey yük olarak (G+Q) yüklemesi düşünülebileceği gibi, (G+nQ) yüklemesi de düşünülebilir. TDY-07 bu konuda net olarak açıklamada bulunmamıştır. Fakat bu çalışmada deprem durumunda mevcut binanın performansı değerlendirildiği için, deprem durumunda oluşacak deprem kuvvetini hesaplarken, bina kütlesi olarak (G+nQ) hesabından yola çıkılmaktadır. Yani deprem anında, hareketli yükün Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n) oranında binaya etkidiği varsayımı ile binanın kütlesinin (G+nQ)/g olduğu kabulünden yola çıkarak deprem kuvveti hesaplanmıştır.

Dolayısıyla, deprem anında oluşacak düşey yüklerin de aynı kabul çerçevesinde (G+nQ) olarak hesaplanması, hesap ve kabuller arasında herhangi bir tutarsızlık oluşmasını da engellemektedir. Aksi (G+Q) yüklemesi alınmış olsa idi, bu sefer deprem kuvveti (G+nQ)'ya göre hesaplandığı için iki kabul arasında tutarsızlık olmuş olacaktı. Aydınoğlu,N., vd. ('2009 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar ve Örnekler Kitabı') nda da aynı şekilde düşey yükler altında kesitte hesaplanan etkiler için (G+nQ) yüklemesi kabul edilerek hesap yapılmıştır. Sonuç olarak bu çalışmada, 'M_D' Düşey Yüklemeler Altında Meydana Gelen Momentlerin hesabında (G+nQ) = (G+0.3Q) yüklemesi değerleri kullanılmıştır.

'M_D', (G+0.3Q) 'Düşey Yüklemeler Altında Meydana Gelen Momentleri'ne de, SAP2000-V10 programı çözüm sonuçlarından ulaşılabilir;

(+) X Yönü Deprem için;

$M_{D,i}$ = - 14.27 kNm (Mesnet Yüzü)

$M_{D,j}$ = - 19.57 kNm (Mesnet Yüzü)

(-) X Yönü Deprem için;

$M_{D,i}$ = - 14.27 kNm (Mesnet Yüzü)

$M_{D,j}$ = - 19.57 kNm (Mesnet Yüzü)

'Kesitin Eğilme Momenti Kapasiteleri'(M_r) de, daha önce yukarıda, (i) ve (j) uçları, üst ve alt için ayrı ayrı hesaplanmıştı:

(+) X Yönü Deprem için;

$M_{r,i}$ üst = - 138.43 kNm

$M_{r,i}$ alt = 103.19 kNm

$M_{r,j}$ üst = - 123.75 kNm

$M_{r,j}$ alt = 83.57 kNm

(-) X Yönü Deprem için;

$M_{r,i}$ üst = - 138.43 kNm

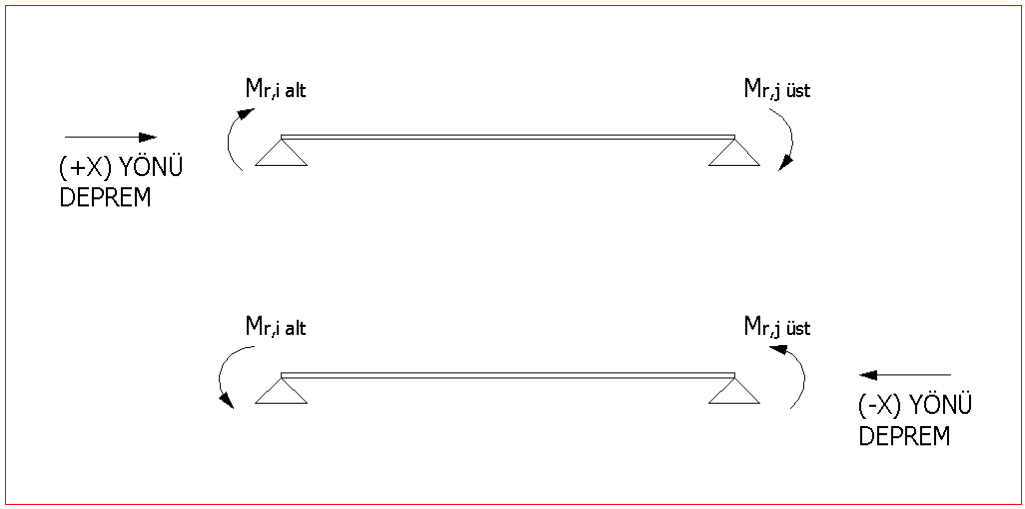
$M_{r,i}$ alt = 103.19 kNm

$M_{r,j}$ üst = - 123.75 kNm

$M_{r,j}$ alt = 83.57 kNm

(+X) yönündeki deprem durumunda kirişin çalışma şekli, Şekil 4.18 de belirtildiği gibi olduğundan, (+X) yönü deprem için, kapasite momentleri olarak $M_{r,i}$ alt ve $M_{r,j}$ üst değerleri kullanılacaktır.

(-X) yönündeki deprem durumunda ise, kiriş çalışma şekli tam tersi olacaktır. Bu sebeple de, (-X) yönü deprem için, kapasite momentleri olarak $M_{r,i}$ üst ve $M_{r,j}$ alt değerleri kullanılacaktır.



Şekil 4.18 : (±X) yönlerindeki deprem durumunda kiriş çalışma şekli.

Artık Moment kapasitesi, yukarıda bulunan kapasite momentlerinden düşey yükleme altında oluşan momentlerin farkı alınarak kolaylıkla bulunabilir:

$$M_A = M_r - M_D \qquad \textbf{(4.26)}$$

(+) X Yönü Deprem için;

$M_{A,i} = M_{r,i}$ alt - $M_{D,i}$ = 103.19 - (-14.27) = *117.46 kNm*

$M_{A,j} = M_{r,j}$ üst - $M_{D,j}$ = (-123.75) - (-19.57) = *- 104.18 kNm*

(-) X Yönü Deprem için;

$M_{A,i} = M_{r,i}$ üst - $M_{D,i}$ = (-138.43) - (-14.27) = *- 124.16 kNm*

$M_{A,j} = M_{r,j}$ alt - $M_{D,j}$ = (83.57) - (-19.57) = *103.14 kNm*

Deprem etkisi altındaki moment değerlerinin, artık moment kapasitelerine bölünmesiyle de, kiriş etki/kapasite oranları hesaplanacaktır. Buna göre, K101 kirişi etki/kapasite oranları;

$$r = M_E / M_A \qquad \textbf{(4.27)}$$

(+) X Yönü Deprem için;

$r_i = M_{E,i} / M_{A,i}$ = (585.77) / (119.15) = 4.99

$r_j = M_{E,j} / M_{A,j}$ = (- 544.93) / (- 102.19) = 5.23

(-) X Yönü Deprem için;

$r_i = M_{E,i} / M_{A,i} = (- 585.77) / (- 122.47) \quad = 4.72$

$r_j = M_{E,j} / M_{A,j} = (544.93) / (105.13) \quad = 5.28$

olarak belirlenmiştir.

TDY-07, 7.5.2.5'de belirtildiği gibi, hesaplanan kiriş etki/kapasite oranları (*r*), Tablo 7.2'de verilen sınır değerler (r_s) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Tablolarda, ara değerler için enterpolasyon uygulanacaktır.

Çizelge 4.15 : Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s) - (TDY-07, Tablo7.2).

Sünek Kirişler			**Hasar Sınırı**		
$(\rho - \rho')/\rho_b$	**Sargılama**	**$V_e/(b_w d f_{ctm})$ (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.

Sargılama ile ilgili koşul, TDY – 07, 7.5.2.3 (c) bendinde aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

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 (TDY-07, 7.5.2.3 (c)).

Her nekadar 'TDY-07, 3.4.4 'Enine Donatı Koşulları'nda belirtildiği gibi açık olarak tanımlanmamış olsa da, sarılma bölgesi etriye sıklaştırılması ile ilgili *TDY-75, Bölüm 6.6.5, Şekil 6.1 ve Şekil 6.5*'de şartlar bulunması ve bu tez çalışmasına referans olacak B1 Binasının performans düzeyinin 'Can Güvenliği Performans Düzeyi' ni sağlamış olması istendiğinden, B1 Binası kiriş ve kolon elemanları uçlarında, *"sargılama var"* kabulü yapılmış ve hesaplara bu kabule göre devam edilmiştir.

Çizelge 4.15'de, üçüncü kolonda verilen 'Kiriş boyutsuz kesme kuvveti düzeyi' parametresi K101 kirişi için Denklem (4.28) ile hesaplanacaktır.

$$V_e / (b_w\, d\, f_{ctm}) \qquad \textbf{(4.28)}$$

V_e hesabında, Bölüm 4.1.5'in başında da gösterildiği gibi, (+X) ve (-X) yönü deprem durumu için, en elverişsiz değeri veren V_e değeri esas alınmıştır.

$V_{e(+x)}$ = 31.4 + (123.75 + 103.19) /3.60 = 94.44 kN (+X) Yönü Deprem Durumu

$V_{e(-x)}$ = 31.4 + (138.43 + 83.57) /3.60 = 93.07 kN (-X) Yönü Deprem Durumu

$V_{e(+x)}$ = 94.44 kN > $V_{e(-x)}$ = 93.07 kN olduğundan, V_e= 94.44 kN olarak alınacaktır. K101 kirişi için;

$V_e / (b_w\, d\, f_{ctm})$ = (94.44x1,000) / (250 x 470 x 1.4) = *0.57 < 0.65*

Son olarak, Çizelge 4.15'de, birinci kolonda verilen 'Çekme, Basınç ve Dengeli Donatı Oranları' ile hesaplanacak Denklem (4.29), K101 kirişi için aşağıdaki şekilde belirlenecektir (Şekil 4.19).

$$(\rho - \rho') / \rho_b \qquad \textbf{(4.29)}$$

$$\rho = A_{sçekme} / b_w\, d \qquad \textbf{(4.30)}$$

$$\rho' = A_{sbasınç} / b_w\, d \qquad \textbf{(4.31)}$$

$$\rho_b = 0.85\, k_1\, k_x\, f_{cm} / f_{ym} \qquad \textbf{(4.32)}$$

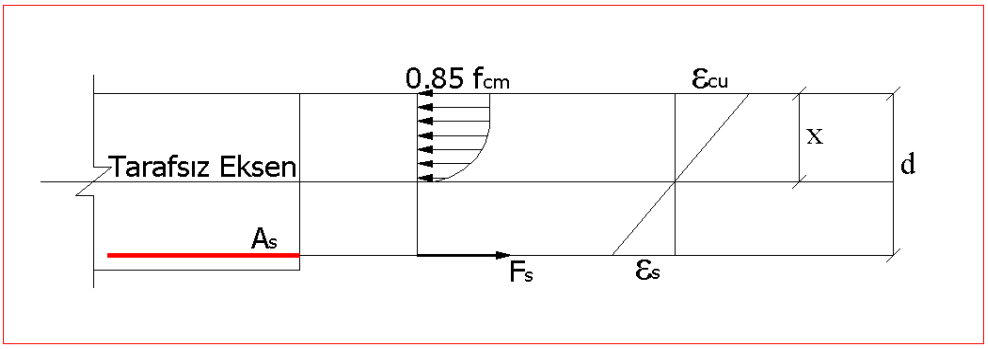
k_1 = 0.85 (TS500 - Madde 7.1 - Çizelge7.1 - Beton Sınıflarına Göre k_1 Değerleri - C16 Sınıfı Beton için)

$$k_x = x / d = \varepsilon_{cu} / (\varepsilon_{cu} + \varepsilon_s) \qquad \textbf{(4.33)}$$

ε_{cu} = 0.003 (TS 500 – Madde 7.1)

$$\varepsilon_s = f_{ym} / E_s \qquad \textbf{(4.34)}$$

ε_s = f_{ym} / E_s = 220 / 200,000 = 0.0011



Şekil 4.19 : Kiriş kesiti dengeli durumu.

k_x $= x / d = \varepsilon_{cu}/(\varepsilon_{cu}+\varepsilon_s) = (0.003) / (0.003 + 0.0011) = 0.7317$

ρ_b $= 0.85\ k_1\ k_x\ f_{cm} / f_{ym} = 0.85 \times 0.85 \times 0.7317 \times 16 / 220 = 0.0384$

(+X) Yönü deprem için, sol mesnette (i ucunda) çekme donatısı, altta bulunan donatı, basınç donatısı ise üstte olan donatı olacaktır.

(+X) Yönü Deprem için;

(i Ucu)

ρ $= A_{sçekme} / b_w\ d = (1,030) / (250 \times 470)$ $= 0.00877$

ρ' $= A_{sbasınç} / b_w\ d = (1,492) / (250 \times 470)$ $= 0.01270$

$(\rho - \rho') / \rho_b$ $= (0.00877 – 0.01270) / 0.0384$ $= - 0.102$

(j Ucu)

ρ $= A_{sçekme} / b_w\ d = (1,316) / (250 \times 470)$ $= 0.01120$

ρ' $= A_{sbasınç} / b_w\ d = (829) / (250 \times 470)$ $= 0.00706$

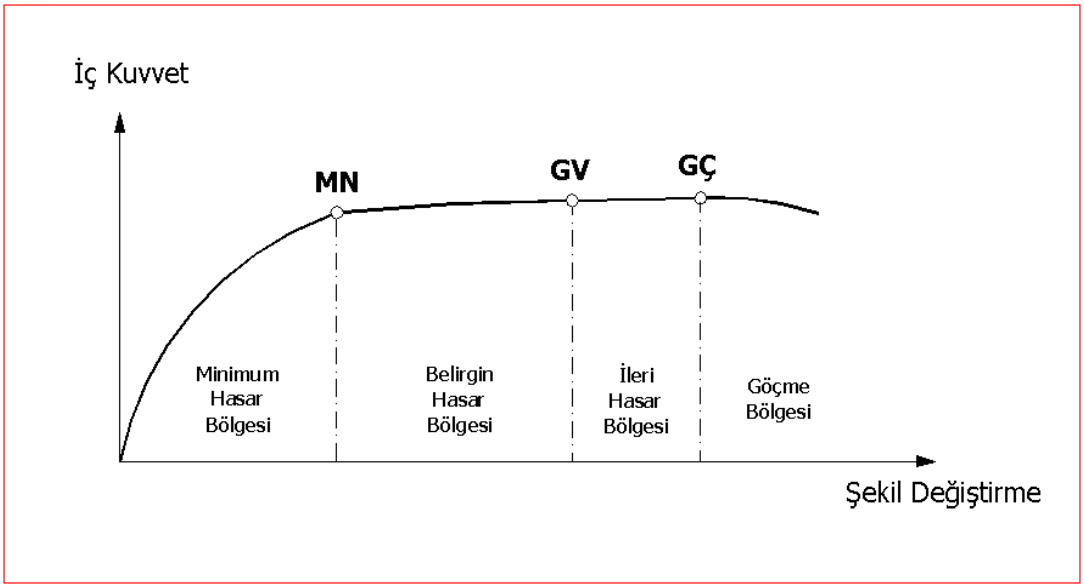
$(\rho - \rho') / \rho_b$ $= (0.01120 – 0.00706) / 0.0384$ $= 0.108$

Etki/Kapasite Oranları Sınır Değerleri (r_s) için gerekli tüm parametreler hesaplandığından, bundan sonra eleman hasar bölgesi tanımlanması aşamasına geçilebilir.

Yapı elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri, TDY-07 - 7.3 Bölümü'nde, aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır: Bunlar Minimum Hasar Sınırı(MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımın güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir (TDY – 07, 7.3.1. Kesit Hasar Sınırları) (Şekil 4.20).

Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ile GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (TDY – 07, 7.3.2. Kesit Hasar Bölgeleri) (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 : Kesit hasar bölgeleri.

7.5 veya 7.6'da tanımlanan yöntemlerle hesaplanan iç kuvvetlerin ve/veya şekildeğiştirmelerin, 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 (TDY – 07, 7.3.3 Kesit ve Eleman Hasarlarının Tanımlanması).

K101 kirişi (+X) yönü deprem durumu için, TDY-07, 7.3.1'de tanımlanan MN, GV, GÇ hasar sınırları ilerleyen paragraflarda belirlenmiştir.

K101 Kirişi, (+X) Yönü Deprem Durumu, (i ucu, Çizelge 4.16)

$V_e / (b_w\, d\, f_{ctm})$ = 0.57 $\leq$ 0.65

$((\rho - \rho') / \rho_b)_i$ = - 0.102 $\leq$ 0.00

Sargılama VAR

Çizelge 4.16 : B1 binası, K101 kirişi, (+X) yönü deprem, (i ucu) hasar sınırları.

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$(\rho - \rho')/\rho_b$	**Sargılama**	**$V_e/(b_w d f_{ctm})$**	**MN**	**GV**	**GÇ**
$\leq$ 0.0	Var	$\leq$ 0.65	3	7	10
- 0.102	Var	0.57	3	7	10

K101 Kirişi, (+X) Yönü Deprem Durumu, (j ucu, Çizelge 4.17)

$V_e / (b_w\, d\, f_{ctm})$ = 0.57 $\leq$ 0.65

$((\rho - \rho') / \rho_b)_j$ = 0.00 < 0.108 < 0.50

Sargılama VAR

Çizelge 4.17 : B1 binası, K101 kirişi, (+X) yönü deprem, (j ucu) hasar sınırları.

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$(\rho - \rho')/\rho_b$	**Sargılama**	**$V_e/(b_w d f_{ctm})$**	**MN**	**GV**	**GÇ**
$\leq$ 0.0	Var	$\leq$ 0.65	3	7	10
0.108	Var	0.57	3	6.57	9.35
$\geq$ 0.5	Var	$\leq$ 0.65	3	5	7

K101 Kirişi, (-X) Yönü Deprem Durumu, (i ucu, Çizelge 4.18)

$V_e / (b_w\, d\, f_{ctm})$ = 0.57 $\leq$ 0.65

$((\rho - \rho') / \rho_b)_j$ = 0.00 < 0.102 < 0.50, Sargılama VAR

Çizelge 4.18 : B1 binası, K101 kirişi, (-X) yönü deprem, (i ucu) hasar sınırları.

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$(\rho - \rho')/\rho_b$	**Sargılama**	**$V_e/(b_w d f_{ctm})$**	**MN**	**GV**	**GÇ**
$\leq$ 0.0	Var	$\leq$ 0.65	3	7	10
0.102	Var	0.57	3	6.59	9.39
$\geq$ 0.5	Var	$\leq$ 0.65	3	5	7

K101 Kirişi, (-X) Yönü Deprem Durumu, (j ucu, Çizelge 4.19)

$V_e / (b_w\, d\, f_{ctm})$ = 0.57 ≤ 0.65

$((\rho - \rho') / \rho_b)_i$ = - 0.108 ≤ 0.00

Sargılama VAR

Çizelge 4.19 : B1 binası, K101 kirişi, (-X) yönü deprem, (j ucu) hasar sınırları.

Sünek Kirişler			**Hasar Sınırı**		
$(\rho - \rho')/\rho_b$	**Sargılama**	**$V_e/(b_w d f_{ctm})$**	**MN**	**GV**	**GÇ**
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
- 0.108	Var	0.57	3	7	10

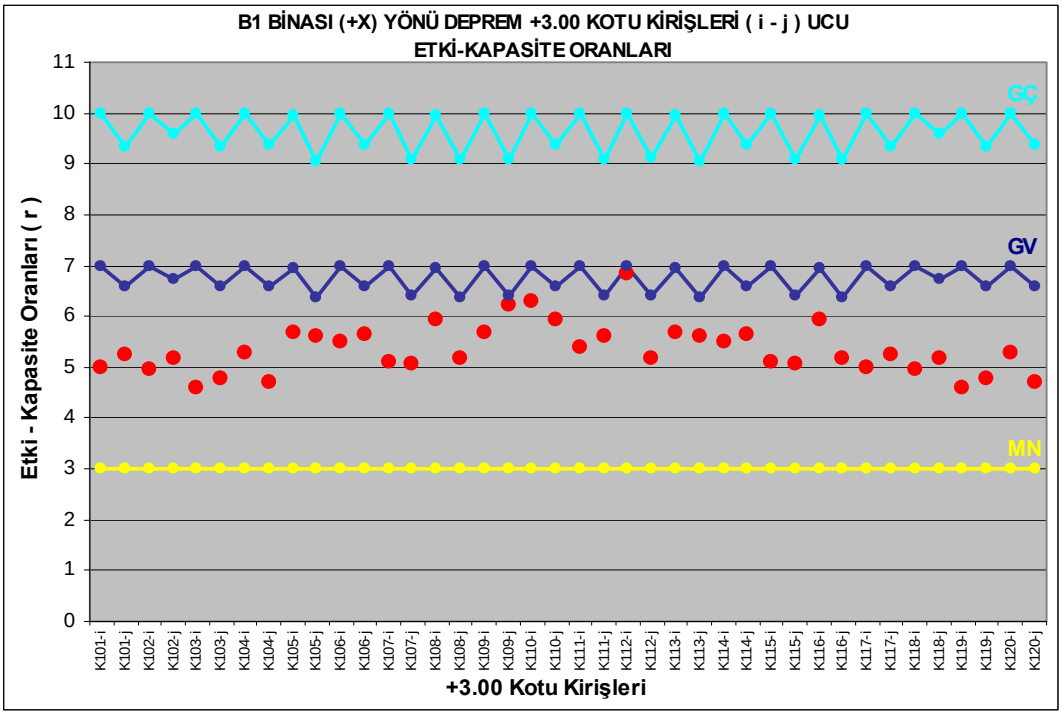
Yukarıdaki örnekte de görüldüğü gibi, $V_e/(b_w d f_{ctm}) \leq 0.65$ sağlanmış, fakat $(\rho - \rho')/\rho_b$, sınır değerler olan 0.00 ve 0.50 arasında kaldığı için, K101 Kirişi, (+X) ve (-X) Yönü Deprem Durumları için, (i) ve (j) ucu Hasar Sınırları hesabında, tablo ara değerlerine, bir yönde doğrusal enterpolasyon yapılarak ulaşılmıştır.

Diğer kirişler için yapılan hesaplarda (örneğin K105 Kirişi), hem $(\rho - \rho')/\rho_b$, sınır değerler olan 0.00 ve 0.50 arasında kalmış, hem de $V_e/(b_w d f_{ctm})$, sınır değerler olan 0.65 ve 1.30 arasında kalmıştır. Bu durumda, önce $V_e/(b_w d f_{ctm})$ nin değerine göre yeni Hasar Sınır değerleri belirlenmiş, daha sonra da bu yeni üst veya alt sınırlara göre $(\rho - \rho')/ \rho_b$, için doğrusal enterpolasyon yapılarak hasar sınırları bulunmuştur. Yani önce birinci değişken sabit tutularak ara hasar sınırları bulunmuş, sonra bu ara değerlere göre ikinci kere doğrusal enterpolasyon yapılmıştır.

B1 Binası'nın diğer kirişleri için yapılan hesaplar sonucu, (+X) Yönü Deprem Durumu için, +3.00 Kotu Kirişleri, (i ucu) ve (j ucu) için , etki-kapasite oranları, hasar sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumları hesaplanmış ve Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.20 : B1 binası (+X) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i - j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kirişler	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
K101-i	4.99	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K101-j	5.23	3.00	6.57	9.35	Belirgin Hasar	
K102-i	4.96	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K102-j	5.19	3.00	6.73	9.59	Belirgin Hasar	
K103-i	4.60	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K103-j	4.78	3.00	6.57	9.35	Belirgin Hasar	
K104-i	5.28	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K104-j	4.72	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K105-i	5.69	2.99	6.96	9.96	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K105-j	5.61	2.99	6.35	9.04	Belirgin Hasar	
K106-i	5.48	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K106-j	5.66	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K107-i	5.11	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K107-j	5.06	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K108-i	5.95	2.99	6.96	9.96	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K108-j	5.18	2.99	6.38	9.08	Belirgin Hasar	
K109-i	5.69	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K109-j	6.24	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K110-i	6.30	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K110-j	5.94	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K111-i	5.38	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K111-j	5.62	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K112-i	6.84	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K112-j	5.18	3.00	6.41	9.12	Belirgin Hasar	
K113-i	5.69	2.99	6.96	9.96	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K113-j	5.61	2.99	6.35	9.04	Belirgin Hasar	
K114-i	5.48	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K114-j	5.66	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K115-i	5.11	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K115-j	5.06	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K116-i	5.95	2.99	6.96	9.96	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K116-j	5.18	2.99	6.38	9.08	Belirgin Hasar	
K117-i	4.99	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K117-j	5.23	3.00	6.57	9.35	Belirgin Hasar	
K118-i	4.96	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K118-j	5.19	3.00	6.73	9.59	Belirgin Hasar	
K119-i	4.60	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K119-j	4.78	3.00	6.57	9.35	Belirgin Hasar	
K120-i	5.28	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K120-j	4.72	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	



Şekil 4.21 : B1 binası (+X) yönü deprem durumu, +3.00 kotu kirişleri, (i - j ucu) kiriş hasar durum grafiği.

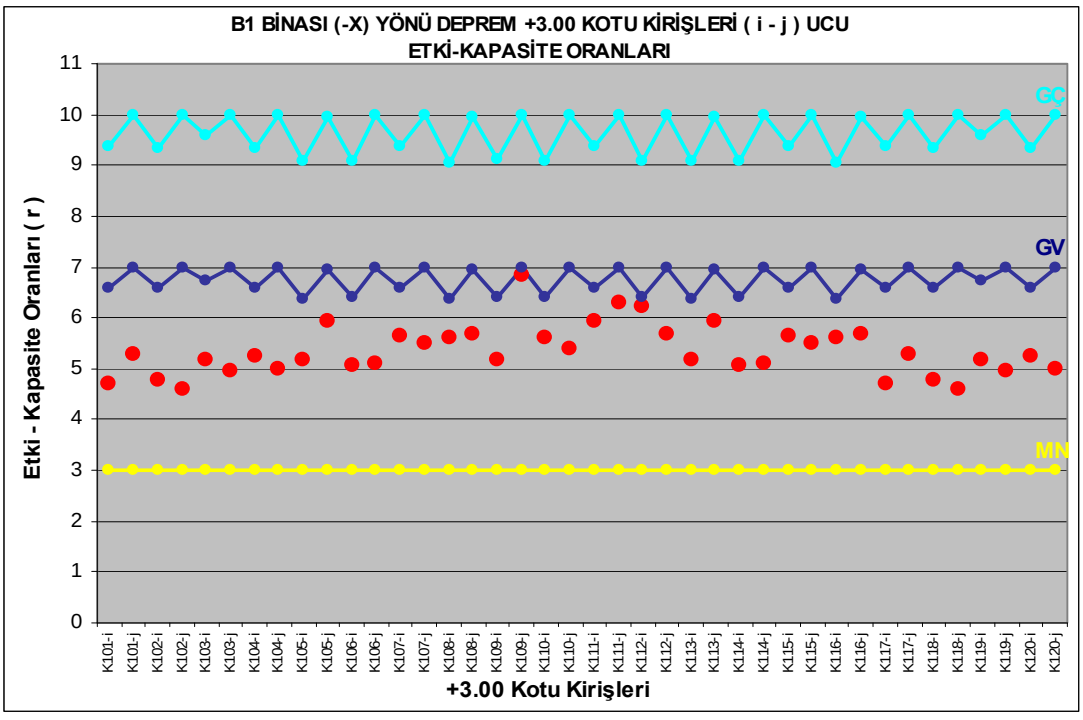
B1 Binası kirişleri için yapılan hesaplar sonucu, (-X) Yönü Deprem, +3.00 Kotu Kirişleri, (i - j ucu) için, Etki-Kapasite Oranları, Hasar Sınır Değerleri, Kesit ve Eleman Hasar Durumları, aşağıdaki gibi hesaplanmış ve Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21 : B1 binası (-X) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kirişler	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
K101-i	4.72	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K101-j	5.28	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	
K102-i	4.78	3.00	6.57	9.35	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K102-j	4.60	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	
K103-i	5.19	3.00	6.73	9.59	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K103-j	4.96	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	
K104-i	5.23	3.00	6.57	9.35	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K104-j	4.99	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	
K105-i	5.18	2.99	6.38	9.08	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K105-j	5.95	2.99	6.96	9.96	Belirgin Hasar	
K106-i	5.06	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K106-j	5.11	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	
K107-i	5.66	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K107-j	5.48	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	
K108-i	5.61	2.99	6.35	9.04	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K108-j	5.69	2.99	6.96	9.96	Belirgin Hasar	
K109-i	5.18	3.00	6.41	9.12	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K109-j	6.84	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	

Çizelge 4.21 (devam) : B1 binası (-X) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki -kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kirişler	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
K110-i	5.62	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K110-j	5.38	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	
K111-i	5.94	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K111-j	6.30	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	
K112-i	6.24	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K112-j	5.69	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	
K113-i	5.18	2.99	6.38	9.08	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K113-j	5.95	2.99	6.96	9.96	Belirgin Hasar	
K114-i	5.06	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K114-j	5.11	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	
K115-i	5.66	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K115-j	5.48	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	
K116-i	5.61	2.99	6.35	9.04	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K116-j	5.69	2.99	6.96	9.96	Belirgin Hasar	
K117-i	4.72	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K117-j	5.28	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	
K118-i	4.78	3.00	6.57	9.35	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K118-j	4.60	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	
K119-i	5.19	3.00	6.73	9.59	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K119-j	4.96	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	
K120-i	5.23	3.00	6.57	9.35	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K120-j	4.99	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	



Şekil 4.22 : B1 binası (-X) yönü deprem durumu, +3.00 kotu kirişleri, (i - j ucu) kiriş hasar durum grafiği.

B1 Binası (X) ve (Y) eksenlerine göre simetrik olması sebebiyle, (+Y) ve (-Y) yönü deprem durumunda da, (+X) ve (-X) yönü deprem durumunda oluşacak etkilerin aynısı gerçekleşecektir. Bu sebeple, (+Y) ve (-Y) yönü deprem durumu değerleri, tekrar gösterilmemiştir.

4.1.6 Kolon kapasite oranlarının belirlenmesi

Kirişlerde olduğu gibi, kolonlarda da, deprem performansının değerlendirilebilmesi için öncelikle kırılma türünün belirlenmesi gerekir.

Bir taşıyıcı elemanın kırılma türünün nasıl belirleneceği, TDY-07, 7.5.2.2 (a) ve (b) maddelerinde tanımlanmıştır.

TDY-07, (7.5.2.2 (a)) maddesinde belirtildiği gibi, kolonlar için TDY-07, (3.3.7)'ye göre, mevcut malzeme dayanımları kullanılarak ve V_e'nin hesabında, pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılarak kolon kesme güvenliği tahkiki yapılacaktır.

TDY-07, (3.3.7)'ye göre, kolonlarda enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti, V_e ;

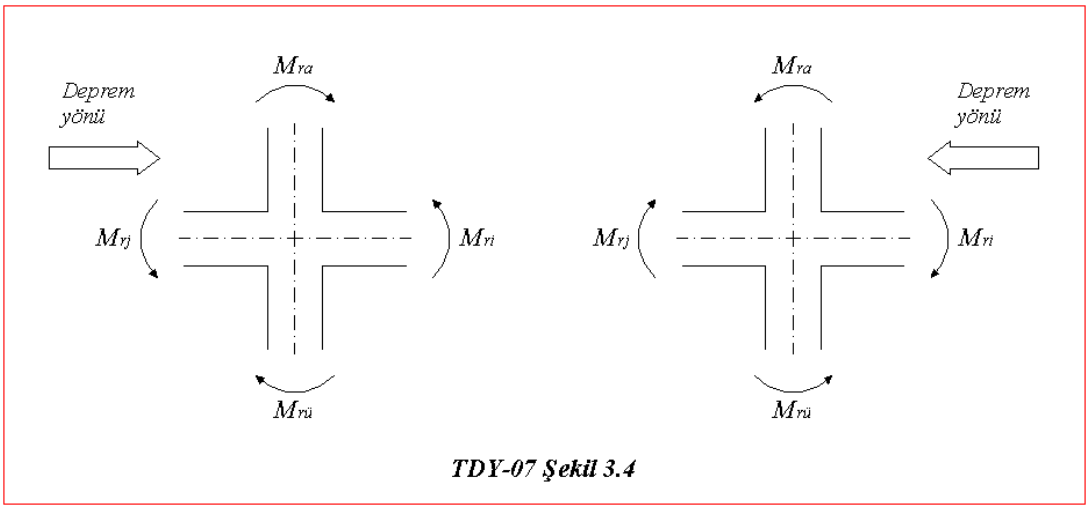
$$V_e = (M_a + M_{ü}) / l_n \qquad \textbf{(4.35)}$$

denklemi ile hesaplanacaktır.

M_a ve $M_{ü}$ 'nün hesaplanabilmesi için, kolonun alt ve üst uçlarında, TDY-07, 3.3.5 – 'Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu'nun irdelenmesi gerekir (Şekil 4.23). Buna göre;

Sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon – kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki kesitlerindeki taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olacaktır (TDY-07, Şekil 3.4):

$$(M_{ra} + M_{rü}) \geq 1.2 (M_{ri} + M_{rj}) \qquad \text{((3.3) TDY-07, 3.3.5.1)}$$



Şekil 4.23 : (±X) deprem durumu birleşim bölgesi çalışma şekli (TDY-07, 3.3.5).

Denk.(3.3)'ün uygulanabilmesi için, düğüm noktasına birleşen kirişlerin 3.4.1.1'de verilen boyut koşullarını sağlaması zorunludur (TDY-07, 3.3.5.2).

Denk.(3.3), her bir deprem doğrultusunda ve depremin her iki yönü için elverişsiz sonuç verecek şekilde ayrı ayrı uygulanacaktır (TDY-07, Şekil 3.4). Kolon taşıma gücü momentlerinin hesabında, depremin yönü ile uyumlu olarak bu momentleri en küçük yapan N_d eksenel kuvvetleri gözönüne alınacaktır (TDY-07, 3.3.5.3).

Yukarıda tanımlanan esaslara göre, M_a ve $M_ü$' nün hesabı için, 'Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması' koşulunun sağlanması durmunda, TDY-07, 3.3.7.2, sağlanamaması durumunda ise TDY-07, 3.3.7.3 uygulanacaktır.

Fakat TDY-07, 3.3.7.2'de, aşağıdaki tanımlar da yapılmıştır;

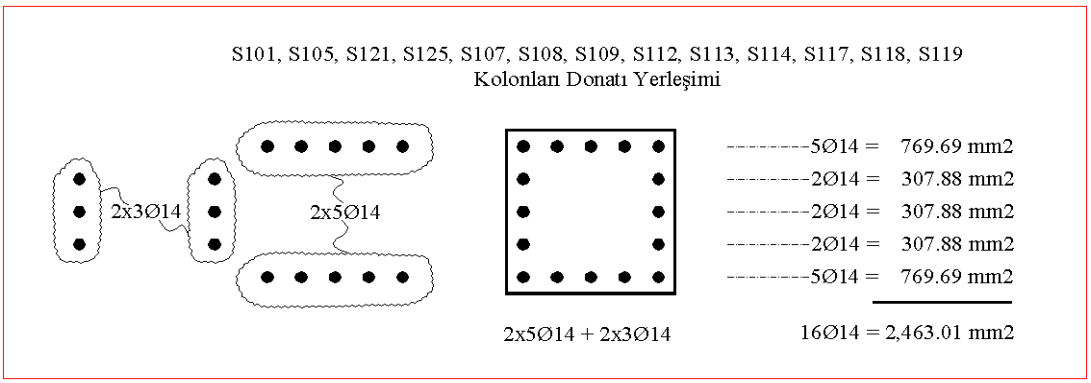
Denk.(3.3)'ün ($(M_{ra} + M_{rü}) \geq 1.2\ (M_{ri} + M_{rj})$) sağlanmış olmasına karşın Denk.(3.5)'teki ($V_e = (M_a + M_ü) / l_n$) M_a veya $M_ü$'nün hesabı, güvenli tarafta kalmak üzere, 3.3.7.3.'e göre de yapılabilir (TDY-07, 3.3.7.2).

Denk.(3.3)'ün ($(M_{ra} + M_{rü}) \geq 1.2\ (M_{ri} + M_{rj})$) sağlanmadığı düğüm noktasına birleşen kolonların uçlarındaki momentler, kolonların moment kapasiteleri olarak hesaplanacak ve Denk.(3.5)'te ($V_e = (M_a + M_ü) / l_n$) M_a ve/veya $M_ü$ olarak kullanılacaktır (TDY-07, 3.3.7.3).

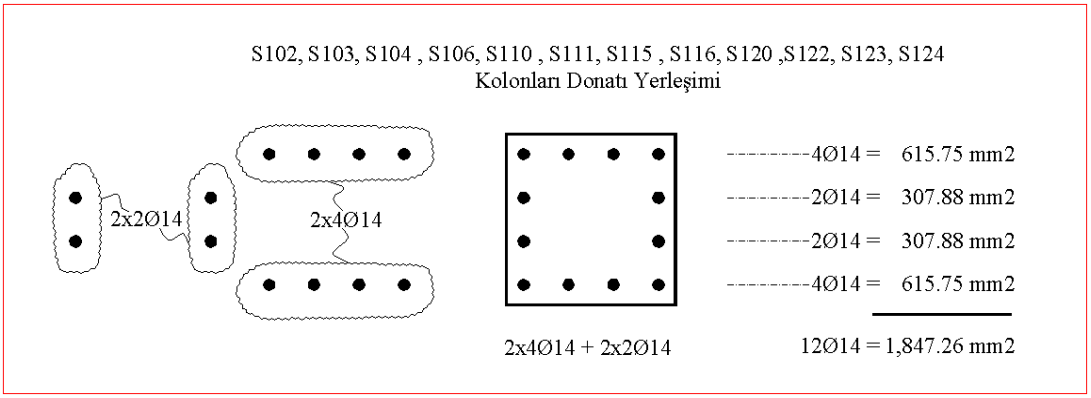
B1 Binası kolonları için, TDY-07'nin vermiş olduğu bu imkan çerçevesinde, güvenli tarafta kalabilmek adına, kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşulu irdelenmeden, M_a ve/veya $M_ü$ değerleri için kolon moment kapasiteleri kullanılmıştır.

Gerek kolon çalışma türünün ‘Sünek’ veya ‘Gevrek’ olduğunun belirlenebilmesi, gerekse de etki/kapasite oranlarının hesaplanabilmesi için, ilk yapılması gereken, Kolon karşılıklı etki diyagramının çizilmesi işlemidir.

B1 Binası, yukarıda da belirtildiği gibi, 40x40 boyutlarında ve 2x5Ø14 + 2x3Ø14 ve 2x4Ø14 + 2x2Ø14 donatılarına sahip (Çizelge 4.1) iki farklı tip kolondan (Şekil 4.24 – 4.25) oluşmaktadır.



Şekil 4.24 : S101, S105, S121, S125, S107, S108, S109, S112, S113, S114, S117, S118, S119 kolonları donatı yerleşimi. .



Şekil 4.25 : S102, S103, S104, S106, S110, S111, S115, S116, S120, S122, S123, S124 kolonları donatı yerleşimi.

Dolayısıyla, bu iki farklı tip kolon için de, ayrı ayrı ‘Kolon Karşılıklı Etkileşim Diyagramı’nın çizilmesi gerekecektir.

TDY-07, 7.4.11'e göre;

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 gore belirlenen mevcut dayanımları esas alınacaktır.

(b) Betonun maksimum basınç şekil değiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekil değiştirmesi ise 0.01 alınabilir.

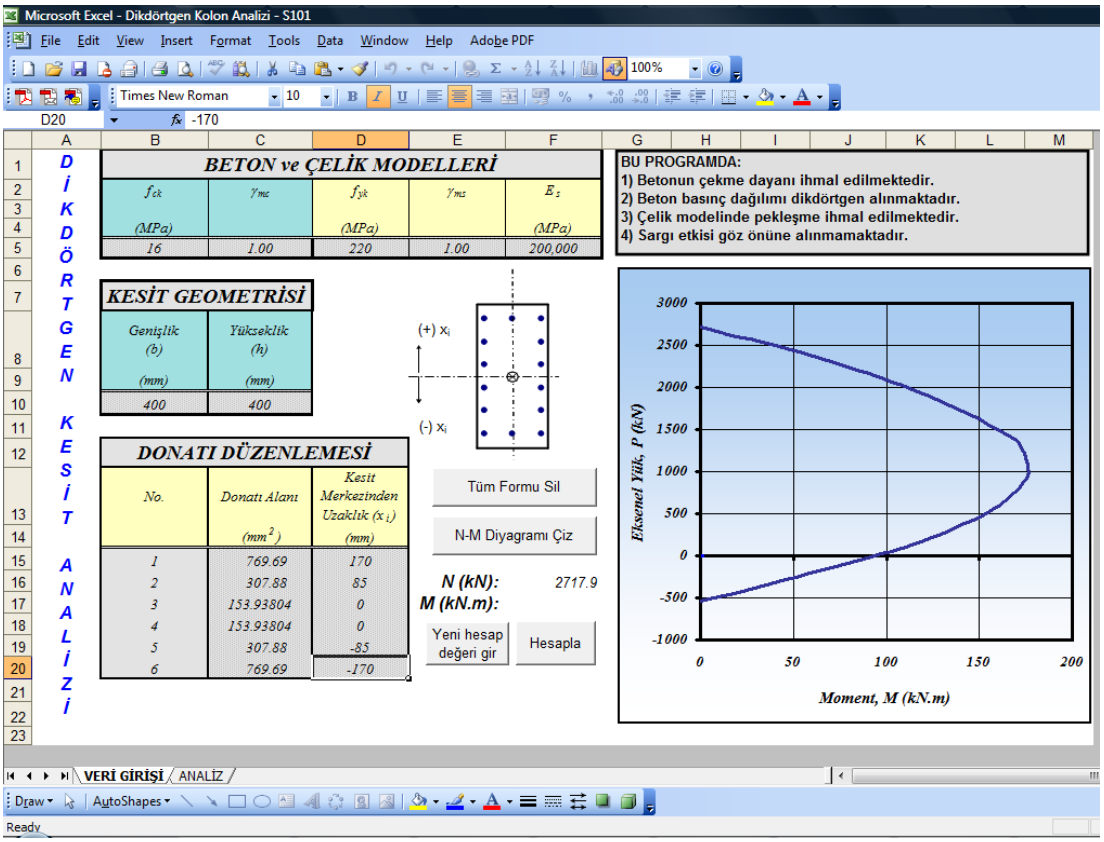
(c) Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemli diyagramlar olarak modellenebilir (TDY-07, 7.4.11).

'Kolon Karşılklı Etkileşim Diyagramı'nın çizimi aşamasında, 'Excel' bilgisayar programı ile hazırlanmış 'Dikdörtgen Kolon Analizi' yazılım programından yararlanılmıştır (Ersoy, U.).

S101, S105, S121, S125, S107, S108, S109, S112, S113, S114, S117, S118, S119 kolonları için, 'Dikdörtgen Kolon Analizi' yazılım programına, aşağıda tanımlanan kolon özellikleri girilerek 'Kolon Karşılıklı Etkileşim Diyagramı' çizilmiştir.

Malzeme özellikleri, f_{cm} = 16 MPa, f_{ym} = 220 MPa, E_s = 200,000 MPa, $\gamma_{mc} = \gamma_{ms} = 1$, kesit geometrisi b = 400 mm, h = 400 mm, donatı alanı A_s = 2,463.01 mm^2 olarak alınmış, donatı konfigürasyonu tanımlanmıştır.

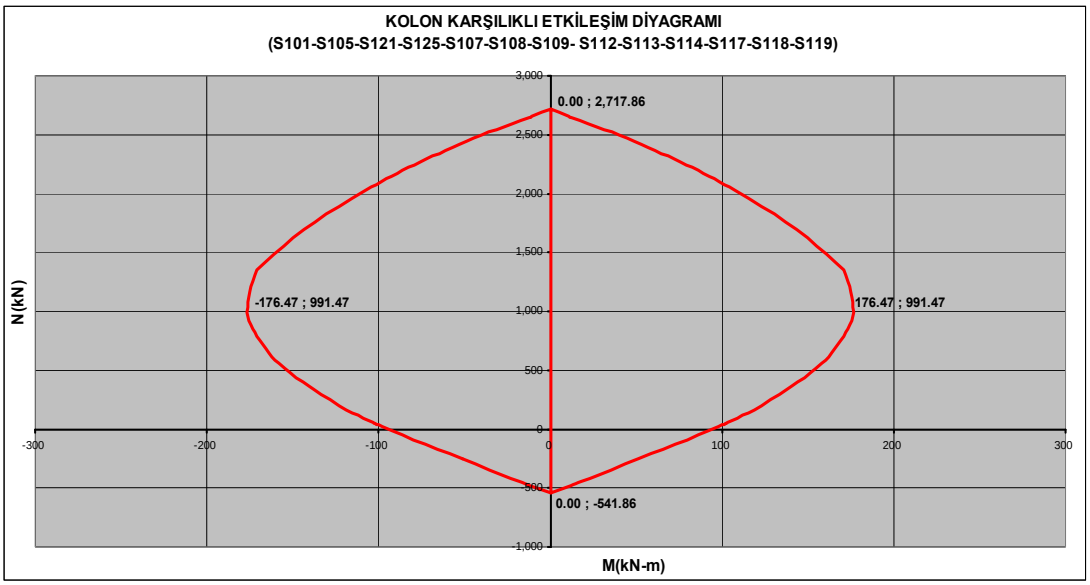
Dikdörtgen Kolon Analiz programı ile 'Kolon Karşılıklı Etkileşim Diyagramı' veri giriş sayfası Şekil 4.26'da, normal kuvvet ve moment değerleri de Çizelge 4.22'de gösterilmiştir.



Şekil 4.26 : Dikdörtgen kolon analizi ile 'kolon karşılıklı etkileşim diyagramı' çizimi.

Çizelge 4.22 : S101 kolonu karşılıklı etkileşim diyagramı 'N' ve 'M' değerleri.

N(kN)	M(kN-m)	N(kN)	M(kN-m)	N(kN)	M(kN-m)	N(kN)	M(kN-m)	N(kN)	M(kN-m)	N(kN)	M(kN-m)	N(kN)	M(kN-m)
2,717.86	0.00	2,126.02	95.45	717.09	167.43	-50.13	85.96	2,494.74	-40.11	1,305.21	-172.15	166.50	-118.95
2,717.86	0.00	2,102.48	98.49	683.24	165.69	-88.64	79.47	2,469.16	-44.45	1,258.32	-173.37	140.62	-115.47
2,717.86	0.00	2,079.05	101.46	649.75	163.88	-128.08	72.79	2,443.74	-48.68	1,212.18	-174.36	116.55	-112.13
2,717.86	0.00	2,055.74	104.37	616.57	162.02	-168.67	65.89	2,418.46	-52.82	1,166.77	-175.14	94.17	-108.92
2,717.86	0.00	2,032.54	107.21	583.69	160.11	-210.61	58.73	2,393.34	-56.85	1,122.03	-175.72	73.36	-105.85
2,717.86	0.00	1,962.89	115.44	558.17	158.16	-254.14	51.28	2,368.36	-60.79	1,077.93	-176.12	54.00	-102.93
2,690.29	4.69	1,894.17	123.15	517.41	154.80	-299.47	43.52	2,343.52	-64.64	1,034.42	-176.37	51.42	-102.54
2,654.36	10.79	1,826.33	130.38	477.88	151.34	-346.86	35.39	2,318.82	-68.40	991.47	-176.47	48.88	-102.15
2,650.77	11.41	1,759.31	137.17	439.48	147.83	-419.81	22.88	2,294.26	-72.06	953.21	-176.10	46.36	-101.76
2,646.49	12.15	1,692.45	143.57	402.10	144.26	-447.88	17.98	2,269.84	-75.65	919.18	-175.30	43.86	-101.37
2,621.06	17.08	1,623.22	149.62	365.65	140.65	-457.28	16.26	2,245.55	-79.14	885.83	-174.38	41.39	-100.99
2,595.82	21.89	1,554.51	155.36	330.04	137.02	-465.74	14.69	2,221.39	-82.56	853.14	-173.35	38.95	-100.61
2,570.76	26.57	1,486.25	160.81	295.16	133.37	-473.35	13.27	2,197.36	-85.90	821.06	-172.22	36.52	-100.24
2,545.87	31.14	1,418.38	166.02	246.90	128.19	-480.20	11.98	2,173.46	-89.16	785.98	-170.71	19.74	-97.59
2,520.47	35.66	1,352.91	170.67	199.68	123.01	-541.86	0.00	2,149.68	-92.34	751.33	-169.11	-12.36	-92.28
2,494.74	40.11	1,305.21	172.15	166.50	118.95	2,717.86	0.00	2,126.02	-95.45	717.09	-167.43	-50.13	-85.96
2,469.16	44.45	1,258.32	173.37	140.62	115.47	2,717.86	0.00	2,102.48	-98.49	683.24	-165.69	-88.64	-79.47
2,443.74	48.68	1,212.18	174.36	116.55	112.13	2,717.86	0.00	2,079.05	-101.46	649.75	-163.88	-128.08	-72.79
2,418.46	52.82	1,166.77	175.14	94.17	108.92	2,717.86	0.00	2,055.74	-104.37	616.57	-162.02	-168.67	-65.89
2,393.34	56.85	1,122.03	175.72	73.36	105.85	2,717.86	0.00	2,032.54	-107.21	583.69	-160.11	-210.61	-58.73
2,368.36	60.79	1,077.93	176.12	54.00	102.93	2,717.86	0.00	1,962.89	-115.44	558.17	-158.16	-254.14	-51.28
2,343.52	64.64	1,034.42	176.37	51.42	102.54	2,690.29	-4.69	1,894.17	-123.15	517.41	-154.80	-299.47	-43.52
2,318.82	68.40	991.47	176.47	48.88	102.15	2,654.36	-10.79	1,826.33	-130.38	477.88	-151.34	-346.86	-35.39
2,294.26	72.06	953.21	176.10	46.36	101.76	2,650.77	-11.41	1,759.31	-137.17	439.48	-147.83	-419.81	-22.88
2,269.84	75.65	919.18	175.30	43.86	101.37	2,646.49	-12.15	1,692.45	-143.57	402.10	-144.26	-447.88	-17.98
2,245.55	79.14	885.83	174.38	41.39	100.99	2,621.06	-17.08	1,623.22	-149.62	365.65	-140.65	-457.28	-16.26
2,221.39	82.56	853.14	173.35	38.95	100.61	2,595.82	-21.89	1,554.51	-155.36	330.04	-137.02	-465.74	-14.69
2,197.36	85.90	821.06	172.22	36.52	100.24	2,570.76	-26.57	1,486.25	-160.81	295.16	-133.37	-473.35	-13.27
2,173.46	89.16	785.98	170.71	19.74	97.59	2,545.87	-31.14	1,418.38	-166.02	246.90	-128.19	-480.20	-11.98
2,149.68	92.34	751.33	169.11	-12.36	92.28	2,520.47	-35.66	1,352.91	-170.67	199.68	-123.01	-541.86	0.00



Şekil 4.27 : S101 ve benzer kolonların karşılıklı etkileşim diyagramı.

S101 Kolonu Karşılıklı Etkileşim diyagramı için, Basit Çekme Noktası (0.00; -541.86) ile Basit Basınç Noktası (0.00; 2,717.86) için ulaşılan değerler kontrol edilecek olursa;

- Basit Çekme Noktası (0.00; -541.86) ;

Tüm kesitin çekmeye çalıştığı durumdur. Betonun çekme dayanımı ihmal edilerek, tüm çekme kuvveti, mevcut donatı tarafından karşılanmaktadır;

$$F_s = A_s f_{ym} \qquad \textbf{(4.36)}$$

$F_s = A_s f_{ym} = 2{,}463.01 \times 220 = 541{,}862\ N = 541.86\ kN$ (Basit Çekme)

Görüldüğü gibi, Basit Çekme Noktası'nda grafikteki değere ulaşılmıştır. Fakat Kolon Karşılıklı Etkileşim grafiğinde, çekme değerleri negatif değer olarak gösterilmiştir. Kolon Etki/Kapasite Oranlarının hesabında, çekme kuvveti değerinin (-) , basınç kuvveti değerinin de (+) olarak grafiğe taşınmasına dikkat edilmelidir.

- Basit Basınç Durumu (0.00; 2,717.86) ;

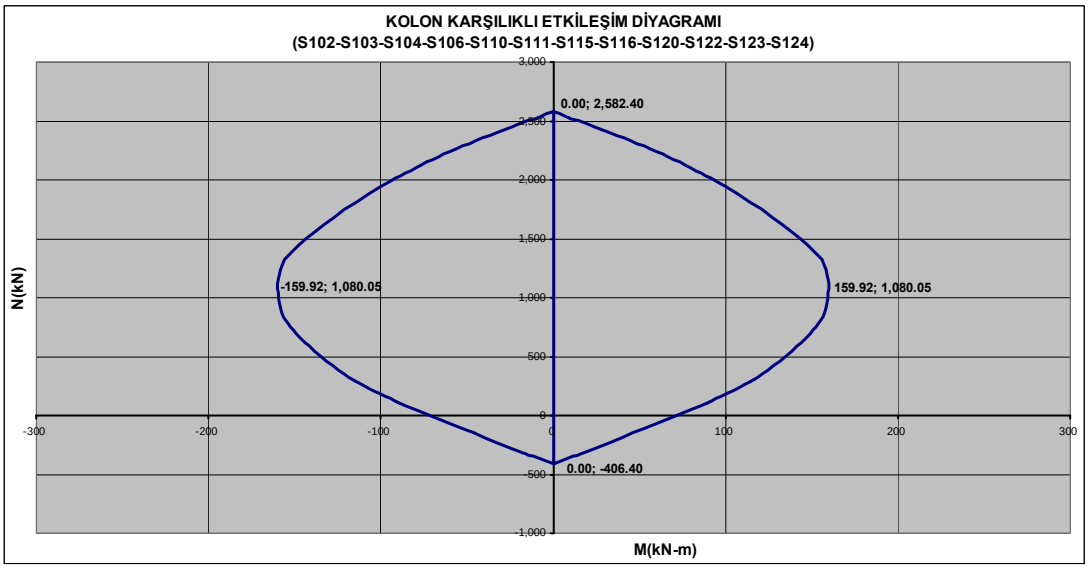
Tüm kesitin basınca çalıştığı durumdur. Toplam basınç kuvveti, beton ve çelik tarafından beraber karşılanmaktadır.

$$N_{basınç} = F_c + F_s = 0.85 f_{cm} b h + A_s f_{ym} \qquad \textbf{(4.37)}$$

$N_{basınç} = F_c + F_s = 0.85 \times 16 \times 400 \times 400 + 2{,}463.01 \times 220 = 2{,}717{,}862.2\ N$

$= 2{,}717.86\ kN$ (Basit Basınç)

Yukarıda S101 ve benzer kolonlar için yapılan Karşılıklı Etkileşim Diyagramı çizimi, S102 ve benzer kolonlar için de tekrarlanırsa, B1 Binası iki farklı tip kolon için Kolon Karşılıklı Etkileşim Diyagramları belirlenmiş olur.



Şekil 4.28 : S102 ve benzer kolonların karşılıklı etkileşim diyagramı.

Kolon Karşılıklı Etkileşim Diyagramları'ndan faydalanarak, kolon kapasite momentleri hesap edilecektir. Kapasite momentlerinin bulunmasından sonra, kolon kırılma türü belirlenecek ve kırılma türünün 'Sünek' olması durumunda da, etki/kapasite oranlarının hesabına geçilecektir.

TDY–07, 7.5.2.3.(b), kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranlarının, Bilgilendirme Eki 7A'da açıklandığı üzere hesaplanabileceğini belirtmiştir.

TDY-07, Bilgilendirme Eki 7A incelenecek olursa;

Herhangi bir kolon veya perde kesitinin 7.4.11(c)'ye göre doğrusallaştırılan moment-eksenel kuvvet etkileşim diyagramı Şekil 7A.1'de görülmektedir. Şekildeki D noktasının koordinatları, düşey yüklerden meydana gelen M_D-N_D çiftine karşı gelmektedir. D noktasından başlayan ve etkileşim diyagramının dışına çıkan ikinci doğru parçasının yatay ve düşey izdüşümleri ise, R_a=1 için deprem hesabından elde edilen ve depremin yönü ile uyumlu olan M_E-N_E çiftine karşı gelmektedir(Şekil 7A.1'de M_E'nin işaretlerinin farklı olduğu iki durum ayrı ayrı gösterilmiştir). İkinci doğru parçasının etkileşim diyagramını kestiği K noktasının koordinatları, kolon veya perde kesitinin M_K moment kapasitesi ve buna karşı gelen N_K eksenel kuvvetidir (TDY-07, 7A.1.1).

7.5.2.3'e göre, artık moment kapasitesi M_A ve buna karşı gelen eksenel kuvvet N_A aşağıdaki şekilde tanımlanır:

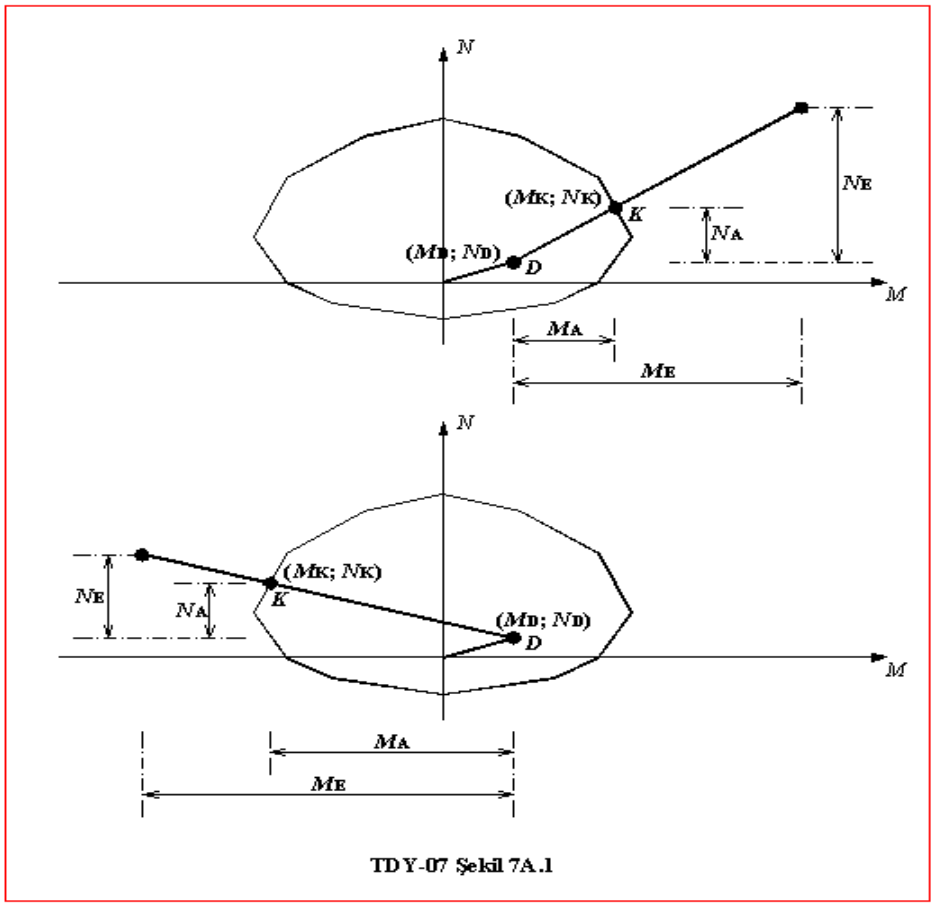
$$M_A = M_K - M_D \qquad (7A.1a - TDY - 07)$$

$$N_A = N_K - N_D \qquad (7A.1b - TDY - 07)$$

Kolon veya perdenin etki/kapasite oranı ise şu şekilde tanımlanabilir:

$$r = M_E / M_A = N_E / N_A \leq r_s \qquad (7A.2 - TDY - 07)$$

Şekil 7A.1'deki K kesişme noktasının koordinatları olan M_K veya N_K'nın geometrik veya sayısal olarak elde edilmesi durumunda, düşey yük hesabından M_D veya N_D, deprem hesabından ise M_E veya N_E bilindiğine gore, Denk.(7A.1) ve Denk.(7A.2)'den yararlanılarak kesitin eğilme ve eksenel kuvvet altındaki etki/kapasite oranı doğrudan hesaplanabilir. Kolon kesitinin moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet N_K, hasar sınırlarını tanımlayan Tablo 7.3'de gözönüne alınacak olan eksenel kuvvettir (TDY-07, 7A.1.2).



TDY-07 Şekil 7A.1

Şekil 4.29 : Moment – eksenel kuvvet etkileşim diyagramı ile moment ve normal kuvvet kapasitelerinin belirlenmesi (TDY-07, Bilgilendirme Eki 7.A).

Şekil 7A.1'deki ikinci doğrunun ucunun etkileşim diyagramının içinde kalması durumunda 7A.1 uygulanamaz. r < 1 olmasına karşı gelen bu durumda etki/kapasite oranının hesabına esasen gerek olmadığı açıktır (TDY-07, 7A.2).

Örnek teşkil etmesi açısından, B1 Binası S101 kolonu etki/kapasite oranı ve hesap detayları, aşağıda adım adım gösterilecektir.

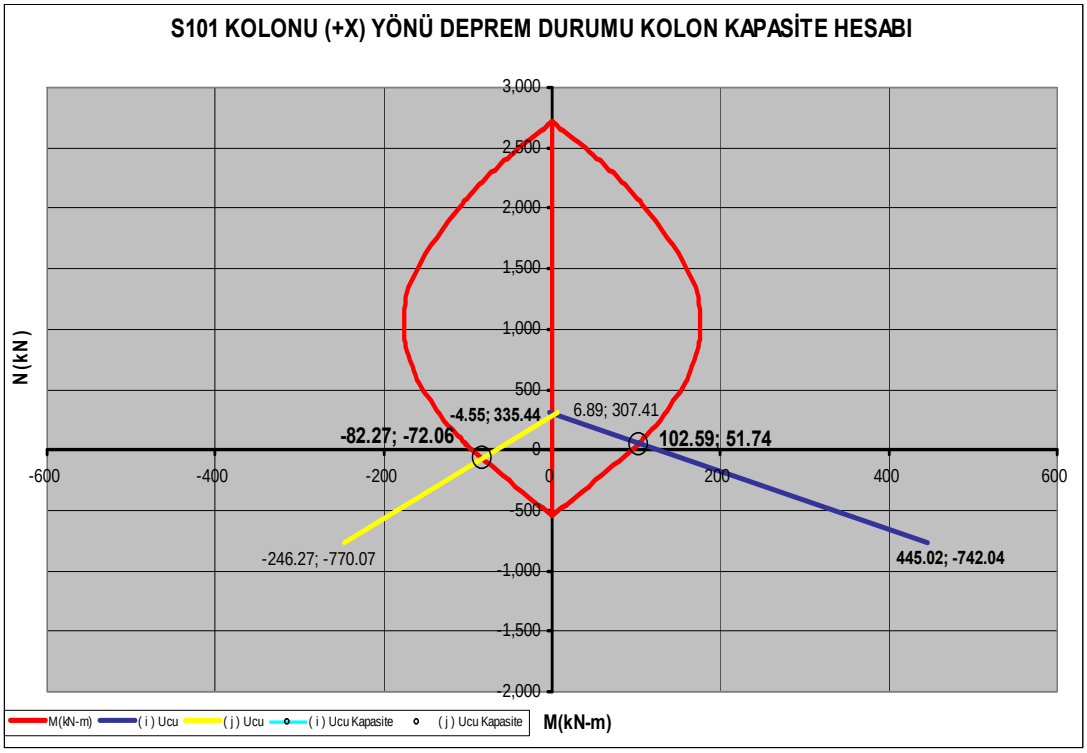
S101 kolonu (i) ve (j) uçları için, deprem etkisi altında, R_a=1 alınarak hesaplanan kesit momentlerine (M_E), SAP2000-V10 programı çözüm sonuçlarından ulaşılabilir;

(+) X Yönü Deprem için; (Mesnet Yüzü)		(-) X Yönü Deprem için; (Mesnet Yüzü)	
$M_{E,i\ Alt\ Uç}$	= *449.58 kNm*	$M_{E,i\ Alt\ Uç}$	= *- 449.58 kNm*
$M_{E,j\ Üst\ Uç}$	= *- 253.17 kNm*	$M_{E,j\ Üst\ Uç}$	= *253.17 kNm*
$N_{E,i\ Alt\ Uç}$	= *-1,077.47 kN* (çekme)	$N_{E,i\ Alt\ Uç}$	= *1,077.47 kN* (basınç)
$N_{E,j\ Üst\ Uç}$	= *-1,077.47 kN* (çekme)	$N_{E,j\ Üst\ Uç}$	= *1,077.47 kN* (basınç)

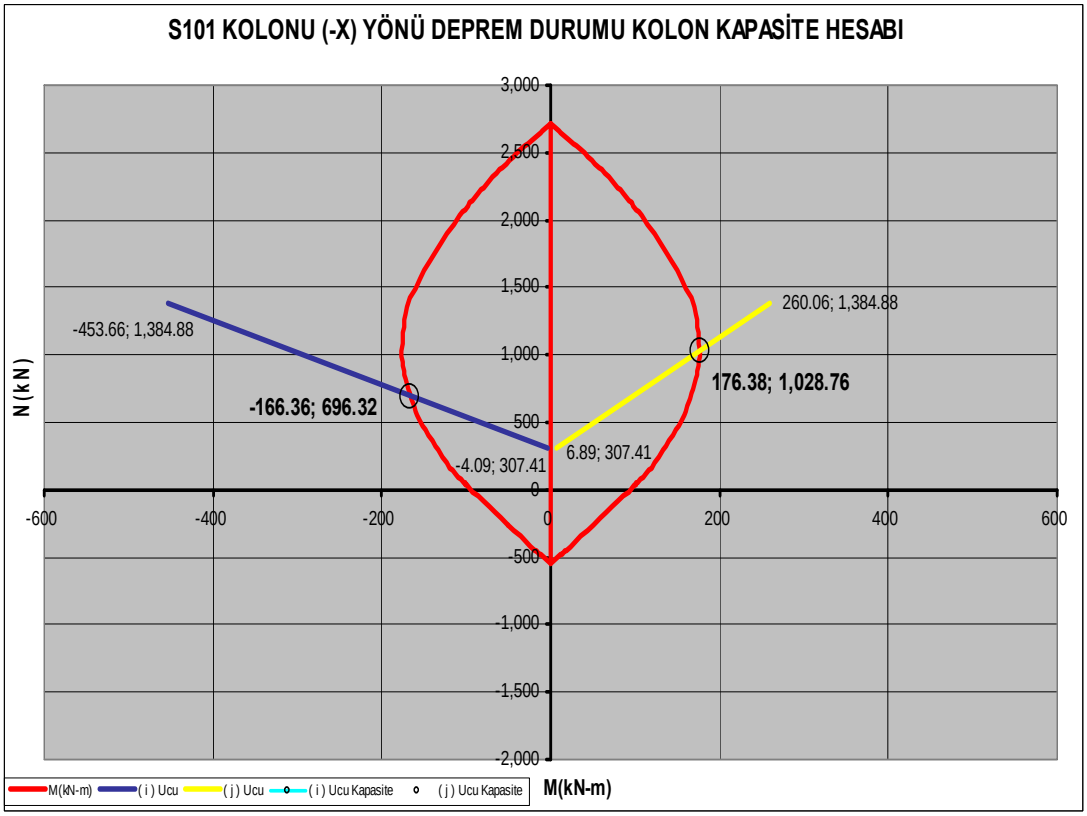
'Artık Moment Kapasitesi'ni (M_A) bulabilmek için, 'Düşey Yüklemeler Altında Meydana Gelen Momentler (M_D) ve 'Kesitin Eğilme Momenti Kapasiteleri'(M_K) değerlerine gereksinim vardır. Bölüm 4.1.5'de belirtilen sebeplerden dolayı, 'M_D' Düşey Yüklemeler Altında Meydana Gelen Momentlerin hesabında (G+nQ) = (G+0.3Q) yüklemesi değerleri kullanılmıştır. 'M_D', (G+0.3Q) Düşey Yüklemeler Altında Meydana Gelen Momentlerine de, SAP2000-V10 programı çözüm sonuçlarından ulaşılabilir;

(+) X Yönü Deprem için; (Mesnet Yüzü)		(-) X Yönü Deprem için; (Mesnet Yüzü)	
$M_{D,i\ Alt\ Uç}$	= *- 4.09 kNm*	$M_{D,i\ Alt\ Uç}$	= *- 4.09 kNm*
$M_{D,j\ Üst\ Uç}$	= *6.89 kNm*	$M_{D,j\ Üst\ Uç}$	= *6.89 kNm*
$N_{D,i\ Alt\ Uç}$	= *307.41 kN* (basınç)	$N_{D,i\ Alt\ Uç}$	= *307.41 kN* (basınç)
$N_{D,j\ Üst\ Uç}$	= *307.41 kN* (basınç)	$N_{D,j\ Üst\ Uç}$	= *307.41 kN* (basınç)

'Kesitin Eğilme Momenti Kapasiteleri'(M_K) de, yukarıda detaylı olarak tanımlanan TDY-07, Bilgilendirme Eki 7A'ya göre hesaplanırsa;



Şekil 4.30 : S101 kolonu (+X) yönü deprem durumu kolon kapasite hesabı.



Şekil 4.31 : S101 kolonu (-X) yönü deprem durumu kolon kapasite hesabı.

(i ucu) – S101 kolonu alt uç için;

Düşey yüklerden meydana gelen M_D-N_D (-4.09 ; 307.41) noktasının, R_a=1 için deprem hesabından elde edilen ve depremin yönü ile uyumlu olan M_E-N_E (449.58;-1,077.47)'nin yatay ve düşey izdüşümlerinin vektörel olarak toplanması ile oluşan (445.49 ; -770.07) noktası ile birleştirilmesi sonucu oluşan mavi renkli doğrunun, kırmızı renkli 'Kolon Karşılıklı Etkileşim Eğrisi'ni kestiği noktanın (X) ve (Y) değerleri, S101 kolonu, (+X) Yönü deprem durumu için (i) ucu kapasite momenti değerine denk gelecektir (Şekil 4.30 – 4.31).

Kırmızı renkli kapasite eğrisi ve mavi renkli doğrunun birbirini kestiği noktanın kesin olarak hesaplanması, eğri ve doğruyu oluşturan (X) ve (Y) değerleri her nokta için bilindiğinden, tatonman yardımıyla formülize edilerek herbir kolon hesabında belirlenmiştir.

Buna göre kolon kapasite değerleri;

(+) X Yönü Deprem için;			(-) X Yönü Deprem için;		
(i) Ucu			(i) Ucu		
$M_{K,i\ Alt\ Uç}$	=	*102.59 kNm*	$M_{K,i\ Alt\ Uç}$	=	*- 166.36 kNm*
$N_{K,i\ Alt\ Uç}$	=	*51.74 kNm*	$N_{K,i\ Alt\ Uç}$	=	*696.32 kNm*
(j) Ucu			(j) Ucu		
$M_{K,j\ Alt\ Uç}$	=	*- 82.27 kNm*	$M_{K,j\ Alt\ Uç}$	=	*176.38 kNm*
$N_{K,j\ Alt\ Uç}$	=	*- 72.06 kNm*	$N_{K,j\ Alt\ Uç}$	=	*1,028.76 kNm*

Depremden elde edilen hesap momentleri, düşey yüklemeden meydan gelen momentler ve kapasite momentleri de belirlendiğinden, önce artık moment kapasiteleri, ardından da etki/kapasite oranlarının hesabına geçilebilir. Fakat bu hesaplara geçmeden önce, kolon kırılma türü belirlenmelidir.

TDY-07, (3.3.7)'ye göre, kolonlarda enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti, V_e ;

$V_e = (M_a + M_ü) / l_n$ denklemi ile hesaplanacaktır.

Yukarıda da detaylı olarak belirtildiği gibi, B1 Binası kolonları için, TDY-07'nin de izin verdiği şekilde, güvenli tarafta kalabilmek adına, kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşulu irdelenmeden, M_a ve/veya $M_ü$ değerleri için kolon moment kapasiteleri kullanılmıştır.

Buna göre, l_n = 2.50 m, h = 400 mm, d' = 30 mm, d = 370 mm, f_{cm} = 16 Mpa, f_{ym} = 220 Mpa, f_{ctm} = 1.4 Mpa, f_{ywm} = 220 Mpa, E_c = 27,000 MPa, E_s = 200,000 MPa olmak üzere ve kolon kapasite momentleri;

(+) X Yönü Deprem için;			(-) X Yönü Deprem için;		
(i) Ucu			(i) Ucu		
$M_{K,i\ Alt\ Uç}$	=	102.59 kNm	$M_{K,i\ Alt\ Uç}$	=	*- 166.36 kNm*
(j) Ucu			(j) Ucu		
$M_{K,j\ Alt\ Uç}$	=	- 82.27 kNm	$M_{K,j\ Alt\ Uç}$	=	*176.38 kNm*

olarak dikkate alınmıştır. V_e'nin hesabında, (M_a + $M_ü$) / l_n 'i daha büyük yapacak pozitif ve negatif moment çifti seçilmesi durumunda;

(166.36 + 176.38) > (102.59 + 82.27) olduğundan, daha kritik V_e değeri (-X) yönü deprem durumunda gerçekleşmektedir ve buna göre V_e hesaplanmıştır.

V_e = (M_a + $M_ü$) / l_n = (166.36 + 176.38) / 2.50 = *137.10 kN*

TDY-07, (3.3.7.5)'e göre;

$V_e \leq V_r$

Kolon kesme kapasitesi de, TS500 – (8.1.4.)'e göre;

$V_r = V_c + V_{ws}$

$V_c = 0.8\ V_{cr}$

$V_{cr} = 0.65\ f_{ctm} b_w d$

$V_c = 0.52\ f_{ctm} b_w d = (0.52 \times 1.4 \times 400 \times 370) / 10^3 =$ *107.74 kN*

$V_{ws} = (A_{sw} / s)\ f_{ywm}\ d$

olmak üzere ve enine donatı olarak minimum donatı kullanılmış olduğu kabulüyle, tüm kiriş ve kolonlarda, TS 500, (8.1.5.1) – Minimum Kesme Donatısı ;

(A_{sw} / s) $\geq 0.3 (f_{ctm} / f_{ywm}) b_w$

şartına göre (A_{sw} / s) hesap edilmiştir.

(A_{sw} / s) $= 0.3 \text{ x } (1.4 / 220) \text{ x } 400 = 0.7636$

V_{ws} $= (A_{sw} / s) f_{ywm} d = (0.7636) \text{ x } 220 \text{ x } 370 / 10^3 = 62.16 \text{ kN}$

V_r $= V_c + V_{ws} = 107.74 + 62.16 = 169.90 \text{ kN} > V_e = 137.10 \text{ kN}$

TDY-07, (3.3.7.5)'e göre;

$V_e \leq 0{,}22 A_w f_{cm} \leq (0.22 \text{ x } 400 \text{ x } 400 \text{ x } 16) / 10^3) = 563.2 \text{ kN} > V_e = 137.10 \text{ kN}$

TDY-07 ve TS500'de tanımlanan bütün şartlar sağlandığı için, S101 kolonunun kırılma türü *'SÜNEK'* olarak tanımlanabilir.Kolon kırılma türünün 'Sünek' olarak belirlenmesinden sonra, artık moment kapasiteleri, ardından da etki/kapasite oranlarının hesabına geçilebilir. Artık moment kapasitesi M_A ve buna karşı gelen eksenel kuvvet N_A aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$M_A = M_K - M_D \quad \textbf{(4.38)}$$

$$N_A = N_K - N_D \quad \textbf{(4.39)}$$

Buna göre;

Artık Kapasite Momentleri 'M_A';

(+) X Yönü Deprem için;

$M_{A,i \text{ Alt Uç}}$ = *106.68 kNm*

$M_{A,j \text{ Üst Uç}}$ = *- 89.16 kNm*

$N_{A,i \text{ Alt Uç}}$ = *- 255.67 kNm* (basınç)

$N_{A,j \text{ Üst Uç}}$ = *- 379.47 kNm* (basınç)

(-) X Yönü Deprem için;

$M_{A,i \text{ Alt Uç}}$ = *- 162.27 kNm*

$M_{A,j \text{ Üst Uç}}$ = *169.49 kNm*

$N_{A,i \text{ Alt Uç}}$ = *388.91 kNm* (basınç)

$N_{A,j \text{ Üst Uç}}$ = *721.35 kNm* (basınç)

Deprem etkisi altındaki moment değerlerinin, artık moment kapasitelerine bölünmesiyle de, kolon etki/kapasite oranları hesaplanacaktır.

$$r = M_E / M_A = N_E / N_A \leq r_s \quad \textbf{(4.40)}$$

Buna göre S101 kolonu etki/kapasite oranları aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

(+) X Yönü Deprem için;

$r_i = M_{E,i} / M_{A,i} = (449.58) / (106.68) \quad = 4.21$

$r_i = N_{E,i} / N_{A,i} = (- 1,077.47) / (- 255.67) \quad = 4.21$

$r_j = M_{E,j} / M_{A,j} = (- 253.17) / (- 89.16) \quad = 2.84$

$r_j = N_{E,j} / N_{A,j} = (- 1,077.47) / (- 379.47) \quad = 2.84$

(-) X Yönü Deprem için;

$r_i = M_{E,i} / M_{A,i} = (- 449.58) / (- 162.27) \quad = 2.77$

$r_i = N_{E,i} / N_{A,i} = (\ \ 1,077.47) / (\ \ 388.91) \quad = 2.77$

$r_j = M_{E,j} / M_{A,j} = (\ \ 253.17) / (\ \ 169.49) \quad = 1.49$

$r_j = N_{E,j} / N_{A,j} = (\ \ 1,077.47) / (721.35) \quad = 1.49$

TDY-07, 7.5.2.5'de belirtildiği gibi, hesaplanan kolon etki/kapasite oranları (*r*), Çizelge 4.23'de verilen sınır değerler (r_s) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Tablolarda, ara değerler için enterpolasyon uygulanacaktır.

Çizelge 4.23 : Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki / kapasite oranları (r_s) (TDY-07, Tablo7.3).

Sünek Kolonlar			**Hasar Sınırı**		
$N_K/(A_c f_{cm})$ (1)	**Sargılama**	$V_e/(b_w d f_{ctm})$ (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 **Bilgilendirme Eki 7A**'ya göre hesaplanabilir.

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

Sargılama ile ilgili koşul, yukarıda, '4.1.5. Kiriş Kapasite Oranlarının Belirlenmesi'bölümünde de belirtildiği gibi, sarılma bölgesi etriye sıklaştırılması ile ilgili *TDY-75, Bölüm 6.6.5, Şekil 6.1 ve Şekil 6.5*'de şartlar bulunması ve bu tez çalışmasına referans olacak B1 Binasının performans düzeyinin 'Can Güvenliği Performans Düzeyi' olması istendiğinden, B1 Binası kiriş ve kolon elemanları uçlarında, *"sargılama var"* kabulu yapılmış ve hesaplara bu kabule göre devam edilmiştir.

Çizelge 4.23'deki 'Kolon boyutsuz kesme kuvveti düzeyi' parametresi S101 kolonu için $V_e / (b_w d f_{ctm})$ Denklem (4.28) ile hesaplanmıştır.

V_e hesabında, yukarıda da belirtildiği gibi, $(M_a + M_{ü}) / l_n$ 'i daha büyük yapacak pozitif ve negatif moment çifti hesaplanmış, dolayısıyla hem (+X) hem de (-X) yönü deprem durumu için, en elverişsiz V_e değeri hesaplarda dikkate alınmıştır. Her iki deprem durumu için de ayrı V_e değerleri hesaplanmamış, elverişsiz ve büyük olan V_e iki deprem durumu için de kullanılmıştır. V_e nin büyümesi, sınır değerlerini azaltacağı için, bu sayede sınır değerler elverişsiz tarafta bırakılarak güvenli tarafta kalınmıştır.

S101 kolonu için;

$V_e / (b_w d f_{ctm}) = (137.67 \text{x} 1{,}000) / (400 \text{ x } 370 \text{ x } 1.4) = 0.66 > 0.65$

Son olarak, Çizelge 4.23'de tanımlanan

$$N_K / (A_c f_{cm}) \qquad \textbf{(4.41)}$$

denklemini S101 kirişi için belirlersek;

(+X) Yönü Deprem için;

(i Ucu)

$N_K/(A_c f_{cm})$ = (51.74 x 1000) / (400 x 400 x 16) = $0.02 \leq 0.10$

(j Ucu)

$N_K/(A_c f_{cm})$ = (- 72.06 x 1000) / (400 x 400 x 16) = $- 0.03 \leq 0.10$

(-X) Yönü Deprem için;

(i Ucu)

$N_K/(A_c f_{cm})$ = (696.32 x 1000) / (400 x 400 x 16) = $0.27 \leq 0.40$

(j Ucu)

$N_K/(A_c f_{cm})$ = (1,028.76 x 1000) / (400 x 400 x 16) = $0.402 \geq 0.4$ ve ≤ 0.7

Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s) için gerekli tüm parametreler hesaplandığından, eleman hasar tanımlanması aşamasına geçilebilir.

S101 kolonu (+X) yönü deprem durumu için, TDY-07, 7.3.1'de tanımlanan MN, GV, GÇ hasar sınırları belirlenecek olursa;

S101 kolonu, (+X) Yönü Deprem Durumu, (i ucu, Çizelge 4.24)

$V_e / (b_w d f_{ctm})$ = $0.66 > 0.65$

$N_K/(A_c f_{cm})_i$ = $0.02 \leq 0.10$

Sargılama VAR

Çizelge 4.24 : B1 binası, S101 kolonu, (+X) yönü deprem, (i ucu) hasar sınırları.

Sünek Kolonlar			**Hasar Sınırı**		
$N_K/(A_c f_{cm})$	**Sargılama**	**$V_e/(b_w d f_{ctm})$**	**MN**	**GV**	**GÇ**
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	0.66	2.99	5.98	7.96
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6

S101 kolonu, (+X) Yönü Deprem Durumu, (j ucu, Çizelge 4.25)

$V_e / (b_w d f_{ctm})$ = $0.66 > 0.65$

$N_K/(A_c f_{cm})_j$ = $- 0.03 \leq 0.10$

Sargılama VAR

Çizelge 4.25 : B1 binası, S101 kolonu, (+X) yönü deprem, (j ucu) hasar sınırları.

Sünek Kolonlar			**Hasar Sınırı**		
$N_K/(A_c f_{cm})$	**Sargılama**	**$V_e/(b_w d f_{ctm})$**	**MN**	**GV**	**GÇ**
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	0.66	2.99	5.98	7.96
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6

S101 kolonu, (-X) Yönü Deprem Durumu, (i ucu, Çizelge 4.26 – 4.27)

$V_e / (b_w\, d\, f_{ctm})$ = 0.66 > 0.65

$N_K/(A_c f_{cm})_i$ = 0.27 ≤ 0.40

Sargılama VAR

Çizelge 4.26 : B1 binası, S101 kolonu, (-X) yönü deprem durumu, (i ucu) hasar sınırları birinci enterpolasyon.

Sünek Kolonlar			**Hasar Sınırı**		
$N_K/(A_c f_{cm})$	**Sargılama**	**$V_e/(b_w d f_{ctm})$**	**MN**	**GV**	**GÇ**
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	0.66	2.99	5.98	7.96
≤ 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	0.66	1.99	3.97	5.96
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5

Yukarıdaki örnekte görüldüğü gibi, çift parametrede değişkenlik sözkonusu ise, önce birinci parametreye göre yeni sınır değerleri belirlenip, yeni sınır değerlerine göre de ikinci parametre için doğrusal enterpolasyonla sınır değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 4.27 : B1 binası, S101 kolonu, (-X) yönü deprem durumu, (i ucu) hasar sınırları ikinci enterpolasyon.

Sünek Kolonlar			**Hasar Sınırı**		
$N_K/(A_c f_{cm})$	**Sargılama**	**$V_e/(b_w d f_{ctm})$**	**MN**	**GV**	**GÇ**
≤ 0.1	Var	≤ 0.66	2.99	5.98	7.96
0.27	Var	≤ 0.66	2.42	4.83	6.81
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.66	1.99	3.97	5.96

S101 kolonu, (-X) Yönü Deprem Durumu, (j ucu, Çizelge 4.28)

$V_e / (b_w\, d\, f_{ctm})$ = 0.66 > 0.65

$N_K/(A_c f_{cm})_i$ = 0.402 ≥ 0.4 ve ≤ 0.7

Sargılama VAR

Çizelge 4.28 : B1 binası, S101 kolonu, (-X) yönü deprem durumu, (j ucu) hasar sınırları ikinci enterpolasyon.

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$N_K/(A_c f_{cm})$	Sargılama	$V_e/(b_w d f_{ctm})$	MN	GV	GÇ
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	0.66	1.99	3.97	5.96
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5

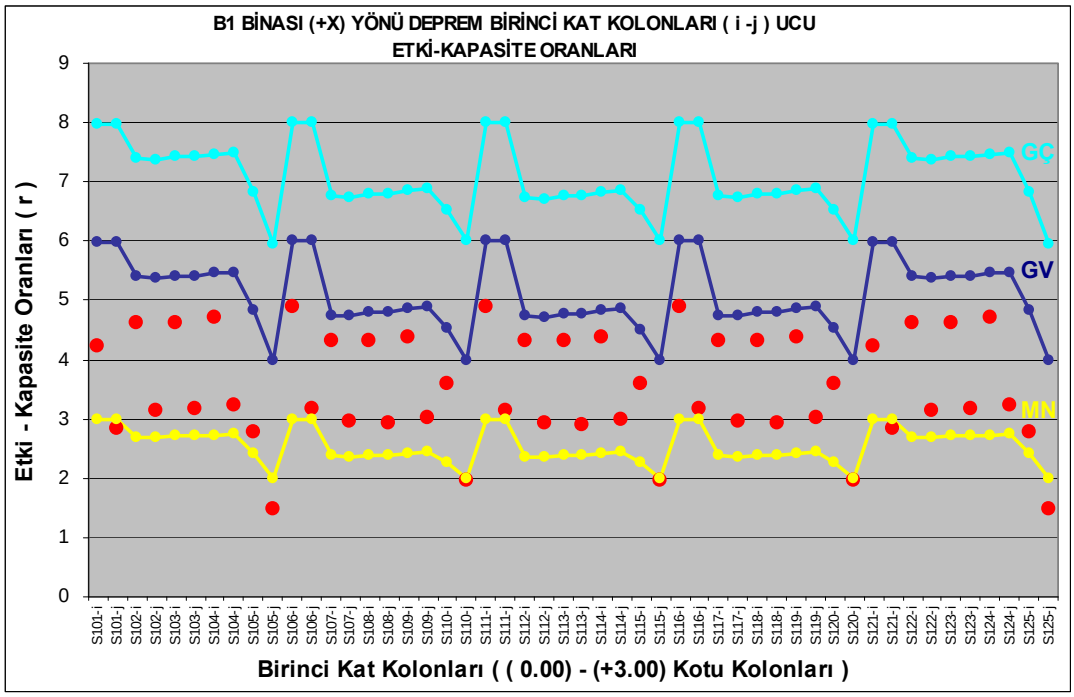
B1 Binası diğer kolonları için yapılan hesaplar sonucu, (+X) Yönü Deprem Durumu, Birinci Kat Kolonları, (i - j ucu) için , etki-kapasite oranları, hasar sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumları hesaplanmış ve Çizelge 4.29 ve Şekil 4.32'de verilmiştir.

Çizelge 4.29 : B1 binası (+X) yönü deprem, birinci kat kolonları, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kolonlar	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
S101-i	4.21	2.99	5.98	7.96	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S101-j	2.84	2.99	5.98	7.96	Minimum Hasar	
S102-i	4.61	2.70	5.40	7.40	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S102-j	3.15	2.69	5.38	7.38	Belirgin Hasar	
S103-i	4.63	2.71	5.42	7.42	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S103-j	3.16	2.71	5.42	7.42	Belirgin Hasar	
S104-i	4.70	2.73	5.46	7.46	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S104-j	3.24	2.74	5.48	7.48	Belirgin Hasar	
S105-i	2.77	2.42	4.83	6.81	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S105-j	1.49	1.99	3.97	5.96	Minimum Hasar	
S106-i	4.90	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S106-j	3.17	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S107-i	4.32	2.38	4.75	6.75	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S107-j	2.95	2.36	4.73	6.73	Belirgin Hasar	
S108-i	4.31	2.40	4.79	6.79	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S108-j	2.92	2.40	4.79	6.79	Belirgin Hasar	
S109-i	4.38	2.43	4.86	6.85	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S109-j	3.01	2.44	4.88	6.88	Belirgin Hasar	
S110-i	3.60	2.26	4.52	6.52	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S110-j	1.97	2.00	4.00	6.00	Minimum Hasar	
S111-i	4.88	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S111-j	3.16	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S112-i	4.32	2.37	4.74	6.73	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S112-j	2.94	2.36	4.71	6.71	Belirgin Hasar	
S113-i	4.30	2.39	4.78	6.78	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S113-j	2.91	2.39	4.78	6.78	Belirgin Hasar	
S114-i	4.37	2.42	4.84	6.84	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S114-j	3.00	2.43	4.86	6.86	Belirgin Hasar	
S115-i	3.60	2.26	4.51	6.51	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S115-j	1.97	2.00	4.00	6.00	Minimum Hasar	
S116-i	4.90	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S116-j	3.17	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	

Çizelge 4.29 (devam) : B1 binası (+X) yönü deprem, birinci kat kolonları, (i – j ucu) etki -kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kolonlar	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
S117-i	4.32	2.38	4.75	6.75	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S117-j	2.95	2.36	4.73	6.73	Belirgin Hasar	
S118-i	4.31	2.40	4.79	6.79	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S118-j	2.92	2.40	4.79	6.79	Belirgin Hasar	
S119-i	4.38	2.43	4.86	6.85	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S119-j	3.01	2.44	4.88	6.88	Belirgin Hasar	
S120-i	3.60	2.26	4.52	6.52	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S120-j	1.97	2.00	4.00	6.00	Minimum Hasar	
S121-i	4.21	2.99	5.98	7.96	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S121-j	2.84	2.99	5.98	7.96	Minimum Hasar	
S122-i	4.61	2.70	5.40	7.40	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S122-j	3.15	2.69	5.38	7.38	Belirgin Hasar	
S123-i	4.63	2.71	5.42	7.42	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S123-j	3.16	2.71	5.42	7.42	Belirgin Hasar	
S124-i	4.70	2.73	5.46	7.46	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S124-j	3.24	2.74	5.48	7.48	Belirgin Hasar	
S125-i	2.77	2.42	4.83	6.81	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S125-j	1.49	1.99	3.97	5.96	Minimum Hasar	

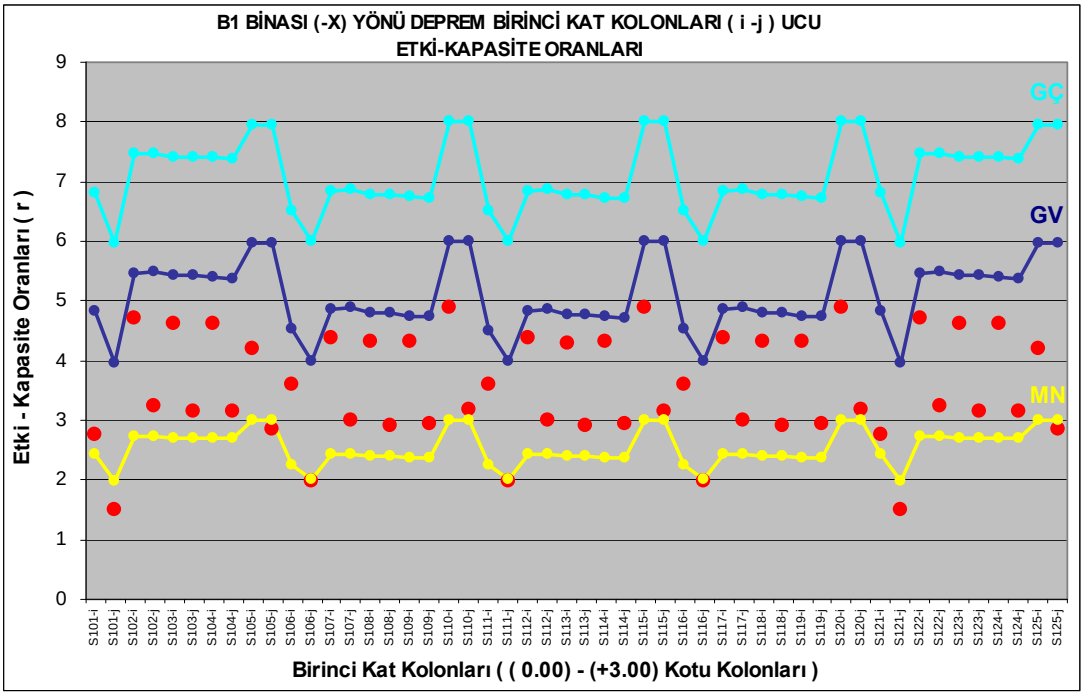


Şekil 4.32 : B1 binası (+X) yönü deprem durumu, birinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği.

Benzer şekilde , (-X) Yönü Deprem Durumu, Birinci Kat Kolonları, (i - j ucu) için , etki-kapasite oranları, hasar sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumları hesaplanmış ve Çizelge 4.30 ve Şekil 4.33'de verilmiştir.

Çizelge 4.30 : B1 binası (-X) yönü deprem, birinci kat kolonları, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kolonlar	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
S101-i	2.77	2.42	4.83	6.81	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S101-j	1.49	1.99	3.97	5.96	Minimum Hasar	
S102-i	4.70	2.73	5.46	7.46	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S102-j	3.24	2.74	5.48	7.48	Belirgin Hasar	
S103-i	4.63	2.71	5.42	7.42	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S103-j	3.16	2.71	5.42	7.42	Belirgin Hasar	
S104-i	4.61	2.70	5.40	7.40	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S104-j	3.15	2.69	5.38	7.38	Belirgin Hasar	
S105-i	4.21	2.99	5.98	7.96	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S105-j	2.84	2.99	5.98	7.96	Minimum Hasar	
S106-i	3.60	2.26	4.52	6.52	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S106-j	1.97	2.00	4.00	6.00	Minimum Hasar	
S107-i	4.38	2.43	4.86	6.85	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S107-j	3.01	2.44	4.88	6.88	Belirgin Hasar	
S108-i	4.31	2.40	4.79	6.79	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S108-j	2.92	2.40	4.79	6.79	Belirgin Hasar	
S109-i	4.32	2.38	4.75	6.75	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S109-j	2.95	2.36	4.73	6.73	Belirgin Hasar	
S110-i	4.90	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S110-j	3.17	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S111-i	3.60	2.26	4.51	6.51	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S111-j	1.97	2.00	4.00	6.00	Minimum Hasar	
S112-i	4.37	2.42	4.84	6.84	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S112-j	3.00	2.43	4.86	6.86	Belirgin Hasar	
S113-i	4.30	2.39	4.78	6.78	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S113-j	2.91	2.39	4.78	6.78	Belirgin Hasar	
S114-i	4.32	2.37	4.74	6.73	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S114-j	2.94	2.36	4.71	6.71	Belirgin Hasar	
S115-i	4.88	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S115-j	3.16	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S116-i	3.60	2.26	4.52	6.52	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S116-j	1.97	2.00	4.00	6.00	Minimum Hasar	
S117-i	4.38	2.43	4.86	6.85	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S117-j	3.01	2.44	4.88	6.88	Belirgin Hasar	
S118-i	4.31	2.40	4.79	6.79	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S118-j	2.92	2.40	4.79	6.79	Belirgin Hasar	
S119-i	4.32	2.38	4.75	6.75	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S119-j	2.95	2.36	4.73	6.73	Belirgin Hasar	
S120-i	4.90	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S120-j	3.17	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S121-i	2.77	2.42	4.83	6.81	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S121-j	1.49	1.99	3.97	5.96	Minimum Hasar	
S122-i	4.70	2.73	5.46	7.46	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S122-j	3.24	2.74	5.48	7.48	Belirgin Hasar	
S123-i	4.63	2.71	5.42	7.42	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S123-j	3.16	2.71	5.42	7.42	Belirgin Hasar	
S124-i	4.61	2.70	5.40	7.40	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S124-j	3.15	2.69	5.38	7.38	Belirgin Hasar	
S125-i	4.21	2.99	5.98	7.96	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S125-j	2.84	2.99	5.98	7.96	Minimum Hasar	



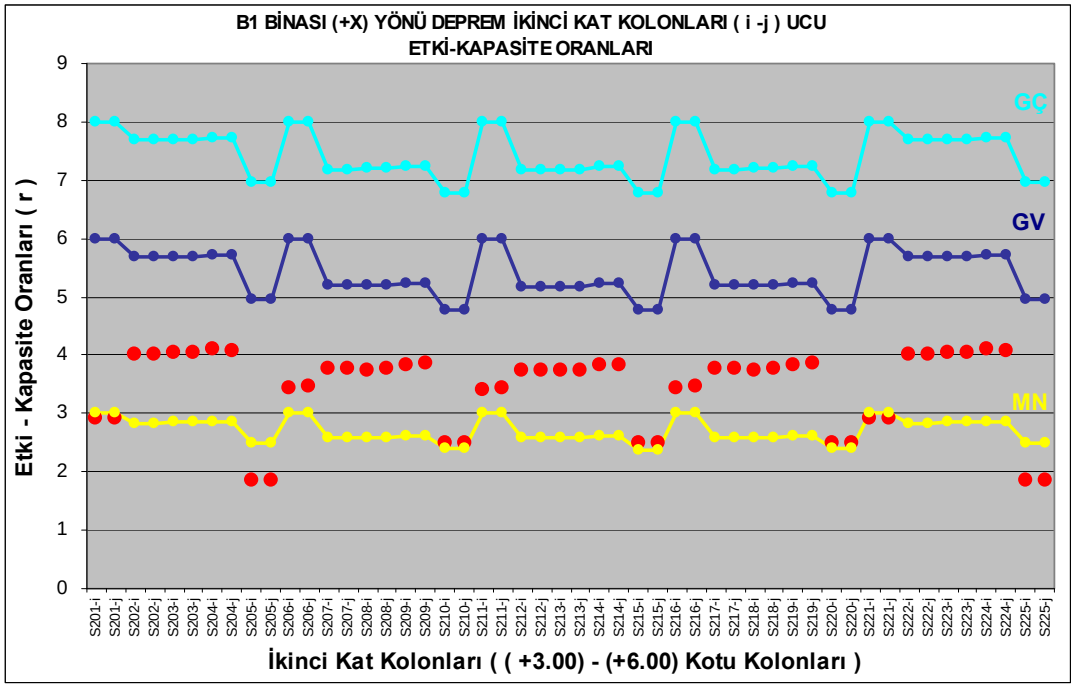
Şekil 4.33 : B1 binası (-X) yönü deprem durumu, birinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği.

B1 Binası (X) ve (Y) eksenlerine göre simetrik olması sebebiyle, (+Y) ve (-Y) yönü deprem durumunda da, (+X) ve (-X) yönü deprem durumunda oluşacak etkilerin aynısı gerçekleşecektir. Bu sebeple, (+Y) ve (-Y) yönü deprem durumu değerleri, tekrar gösterilmemiştir.

Birleşim bölgeleri kontrolü ve kolonların kirişlerden güçlü olma koşullarının hesabında gerekli olacağından, B1 Binası (+X) ve (-X) Yönü Deprem Durumları, İkinci Kat Kolonları, (i - j uçları) için , Etki-Kapasite Oranları, Hasar Sınır Değerleri, Kesit ve Eleman Hasar Durumları, aşağıdaki gibi hesaplanmış ve Çizelge 4.31, Şekil 4.34 ile Çizelge 4.32, Şekil 4.35'de verilmiştir.

Çizelge 4.31 : B1 binası (+X) yönü deprem, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) etki-kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kolonlar	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
S201-i	2.91	3.00	6.00	8.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
S201-j	2.92	3.00	6.00	8.00	Minimum Hasar	
S202-i	4.02	2.84	5.68	7.68	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S202-j	4.00	2.84	5.68	7.68	Belirgin Hasar	
S203-i	4.03	2.85	5.69	7.69	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S203-j	4.04	2.85	5.69	7.69	Belirgin Hasar	
S204-i	4.09	2.86	5.72	7.72	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S204-j	4.09	2.86	5.72	7.72	Belirgin Hasar	
S205-i	1.85	2.48	4.96	6.96	Minimum Hasar	Minimum Hasar
S205-j	1.85	2.48	4.96	6.96	Minimum Hasar	
S206-i	3.44	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S206-j	3.45	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S207-i	3.76	2.59	5.19	7.19	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S207-j	3.76	2.59	5.19	7.19	Belirgin Hasar	
S208-i	3.74	2.60	5.20	7.20	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S208-j	3.76	2.60	5.20	7.20	Belirgin Hasar	
S209-i	3.84	2.62	5.24	7.24	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S209-j	3.85	2.62	5.24	7.24	Belirgin Hasar	
S210-i	2.49	2.39	4.77	6.77	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S210-j	2.51	2.39	4.78	6.78	Belirgin Hasar	
S211-i	3.41	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S211-j	3.43	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S212-i	3.75	2.59	5.17	7.17	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S212-j	3.75	2.59	5.17	7.17	Belirgin Hasar	
S213-i	3.73	2.59	5.18	7.18	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S213-j	3.75	2.59	5.18	7.18	Belirgin Hasar	
S214-i	3.82	2.61	5.23	7.23	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S214-j	3.83	2.61	5.23	7.23	Belirgin Hasar	
S215-i	2.49	2.38	4.77	6.77	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S215-j	2.50	2.39	4.77	6.77	Belirgin Hasar	
S216-i	3.44	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S216-j	3.45	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S217-i	3.76	2.59	5.19	7.19	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S217-j	3.76	2.59	5.19	7.19	Belirgin Hasar	
S218-i	3.74	2.60	5.20	7.20	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S218-j	3.76	2.60	5.20	7.20	Belirgin Hasar	
S219-i	3.84	2.62	5.24	7.24	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S219-j	3.85	2.62	5.24	7.24	Belirgin Hasar	
S220-i	2.49	2.39	4.77	6.77	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S220-j	2.51	2.39	4.78	6.78	Belirgin Hasar	
S221-i	2.91	3.00	6.00	8.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
S221-j	2.92	3.00	6.00	8.00	Minimum Hasar	
S222-i	4.02	2.84	5.68	7.68	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S222-j	4.00	2.84	5.68	7.68	Belirgin Hasar	
S223-i	4.03	2.85	5.69	7.69	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S223-j	4.04	2.85	5.69	7.69	Belirgin Hasar	
S224-i	4.09	2.86	5.72	7.72	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S224-j	4.09	2.86	5.72	7.72	Belirgin Hasar	
S225-i	1.85	2.48	4.96	6.96	Minimum Hasar	Minimum Hasar
S225-j	1.85	2.48	4.96	6.96	Minimum Hasar	



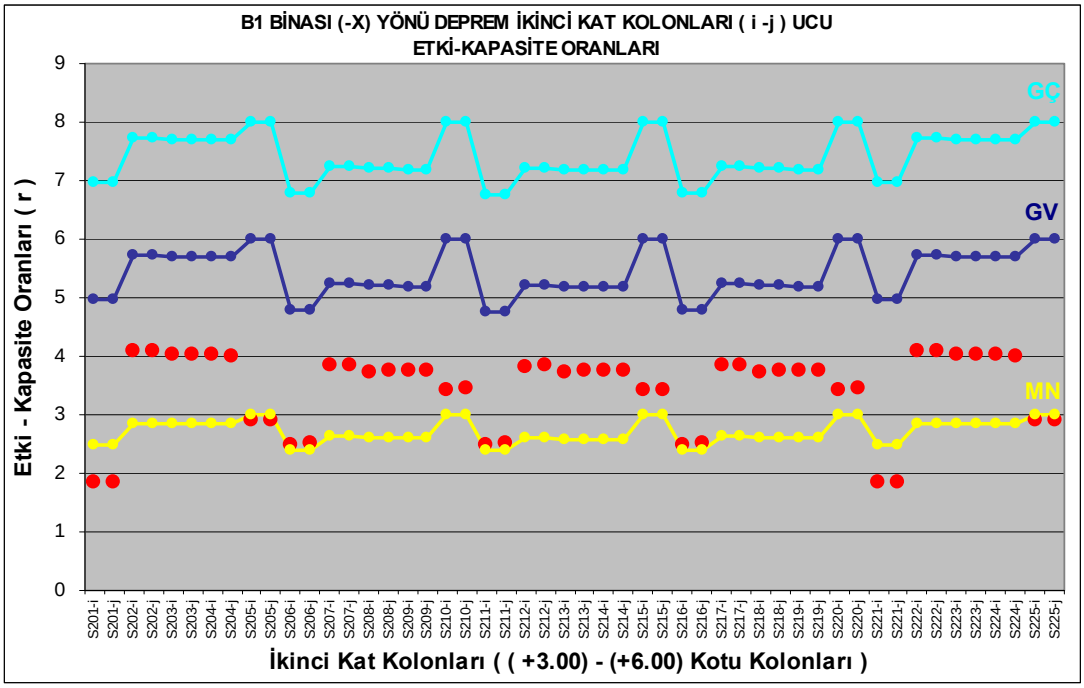
Şekil 4.34 : B1 binası (+X) yönü deprem durumu, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon kasar durum grafiği.

Çizelge 4.32 : B1 binası (-X) yönü deprem, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kolonlar	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
S201-i	1.85	2.48	4.96	6.96	Minimum Hasar	Minimum Hasar
S201-j	1.85	2.48	4.96	6.96	Minimum Hasar	
S202-i	4.09	2.86	5.72	7.72	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S202-j	4.09	2.86	5.72	7.72	Belirgin Hasar	
S203-i	4.03	2.85	5.69	7.69	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S203-j	4.04	2.85	5.69	7.69	Belirgin Hasar	
S204-i	4.02	2.84	5.68	7.68	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S204-j	4.00	2.84	5.68	7.68	Belirgin Hasar	
S205-i	2.91	3.00	6.00	8.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
S205-j	2.92	3.00	6.00	8.00	Minimum Hasar	
S206-i	2.49	2.39	4.77	6.77	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S206-j	2.51	2.39	4.78	6.78	Belirgin Hasar	
S207-i	3.84	2.62	5.24	7.24	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S207-j	3.85	2.62	5.24	7.24	Belirgin Hasar	
S208-i	3.74	2.60	5.20	7.20	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S208-j	3.76	2.60	5.20	7.20	Belirgin Hasar	
S209-i	3.76	2.59	5.19	7.19	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S209-j	3.76	2.59	5.19	7.19	Belirgin Hasar	
S210-i	3.44	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S210-j	3.45	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S211-i	2.49	2.38	4.77	6.77	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S211-j	2.50	2.39	4.77	6.77	Belirgin Hasar	
S212-i	3.82	2.61	5.23	7.23	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S212-j	3.83	2.61	5.23	7.23	Belirgin Hasar	
S213-i	3.73	2.59	5.18	7.18	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S213-j	3.75	2.59	5.18	7.18	Belirgin Hasar	

Çizelge 4.32 (devam) : B1 binası (-X) yönü deprem, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) etki -kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kolonlar	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
S214-i	3.75	2.59	5.17	7.17	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S214-j	3.75	2.59	5.17	7.17	Belirgin Hasar	
S215-i	3.41	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S215-j	3.43	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S216-i	2.49	2.39	4.77	6.77	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S216-j	2.51	2.39	4.78	6.78	Belirgin Hasar	
S217-i	3.84	2.62	5.24	7.24	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S217-j	3.85	2.62	5.24	7.24	Belirgin Hasar	
S218-i	3.74	2.60	5.20	7.20	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S218-j	3.76	2.60	5.20	7.20	Belirgin Hasar	
S219-i	3.76	2.59	5.19	7.19	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S219-j	3.76	2.59	5.19	7.19	Belirgin Hasar	
S220-i	3.44	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S220-j	3.45	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S221-i	1.85	2.48	4.96	6.96	Minimum Hasar	Minimum Hasar
S221-j	1.85	2.48	4.96	6.96	Minimum Hasar	
S222-i	4.09	2.86	5.72	7.72	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S222-j	4.09	2.86	5.72	7.72	Belirgin Hasar	
S223-i	4.03	2.85	5.69	7.69	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S223-j	4.04	2.85	5.69	7.69	Belirgin Hasar	
S224-i	4.02	2.84	5.68	7.68	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S224-j	4.00	2.84	5.68	7.68	Belirgin Hasar	
S225-i	2.91	3.00	6.00	8.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
S225-j	2.92	3.00	6.00	8.00	Minimum Hasar	



Şekil 4.35 : B1 binası (-X) yönü deprem durumu, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği.

4.1.7 Birleşim bölgeleri kontrolü

TDY-07, Bölüm 7'ye göre 'Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi' konu başlığı altında, kolon-kiriş birleşim bölgelerinin aşağıda verilen esaslar doğrultusunda kontrol edilmesi istenmiştir:

Betonarme kolon-kiriş birleşimlerinde tüm sınır durumları için birleşime etki eden ve (TDY-07, Denk.3.11)'den hesaplanacak kesme kuvvetlerinin TDY-07, 3.5.2.2'de verilen kesme dayanımlarını aşmaması gerekir. Ancak (TDY-07, Denk.3.11)'de V_{kol} yerine TDY-07, 3.3.7'ye göre pekleşmeyi gözönüne almadan hesaplanan V_e kullanılacak, (TDY-0,7 Denk.3.12) veya (TDY-07, Denk.3.13)'deki dayanım hesabında ise f_{cd} yerine TDY-07, 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 (TDY-07, 7.5.2.6).

TDY-07, 7.5.2.6'da kontrol edilmesinin istendiği TDY-07, 3.5. *'Süneklik Düzeyi Yüksek Çerçeve Sistemlerinde Kolon-Kiriş Birleşim Bölgeleri'* bölümü incelendiği zaman aşağıdaki açıklamalar görülür:

Kuşatılmış ve Kuşatılmamış Birleşimler

Süneklik düzeyi yüksek kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçeve sistemlerinde kolon-kiriş birleşimleri, aşağıda tanımlandığı üzere, iki sınıfa ayrılacaktır.

(a) Kirişlerin kolona dört taraftan birleşmesi ve her bir kirişin genişliğinin birleştiği kolon genişliğinin ¾'ünden daha az olmaması durumunda, kolon-kiriş birleşimi kuşatılmış birleşim olarak tanımlanacaktır.

(b) Yukarıdaki koşulları sağlamayan tüm birleşimler, kuşatılmamış birleşim olarak tanımlanacaktır (TDY-07, 3.5.1).

Kolon-Kiriş Birleşim Bölgelerinin Kesme Güvenliği (TDY-07, 3.5.2).

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda kolon-kiriş birleşim bölgelerindeki kesme kuvveti, (TDY-07, Denk.3.11) ile hesaplanacaktır (TDY-07, Şekil 3.10).

$$V_e = 1.25\, f_{yk}\, (A_{s1} + A_{s2}) - V_{kol} \qquad \text{(3.11 TDY-07)}$$

Kirişin kolona sadece bir taraftan saplandığı ve öbür tarafta devam etmediği durumlar için $A_{s2} = 0$ alınacaktır (TDY-07, 3.5.2.1).

Herhangi bir birleşim bölgesinde (TDY-07, Denk.3.11) ile hesaplanan kesme kuvveti, gözönüne alınan deprem doğrultusunda hiçbir zaman aşağıda verilen sınırları aşmayacaktır (TDY-07, Şekil 3.10). Bu sınırların aşılması durumunda, kolon ve/veya kiriş kesit boyutları büyütülerek deprem hesabı tekrarlanacaktır.

(a) Kuşatılmış birleşimlerde: $V_e \leq 0.60\ b_j h f_{cd}$ *(3.12 TDY-07)*

(b) Kuşatılmamış birleşimlerde: $V_e \leq 0.45\ b_j h f_{cd}$ *(3.13 TDY-07)*

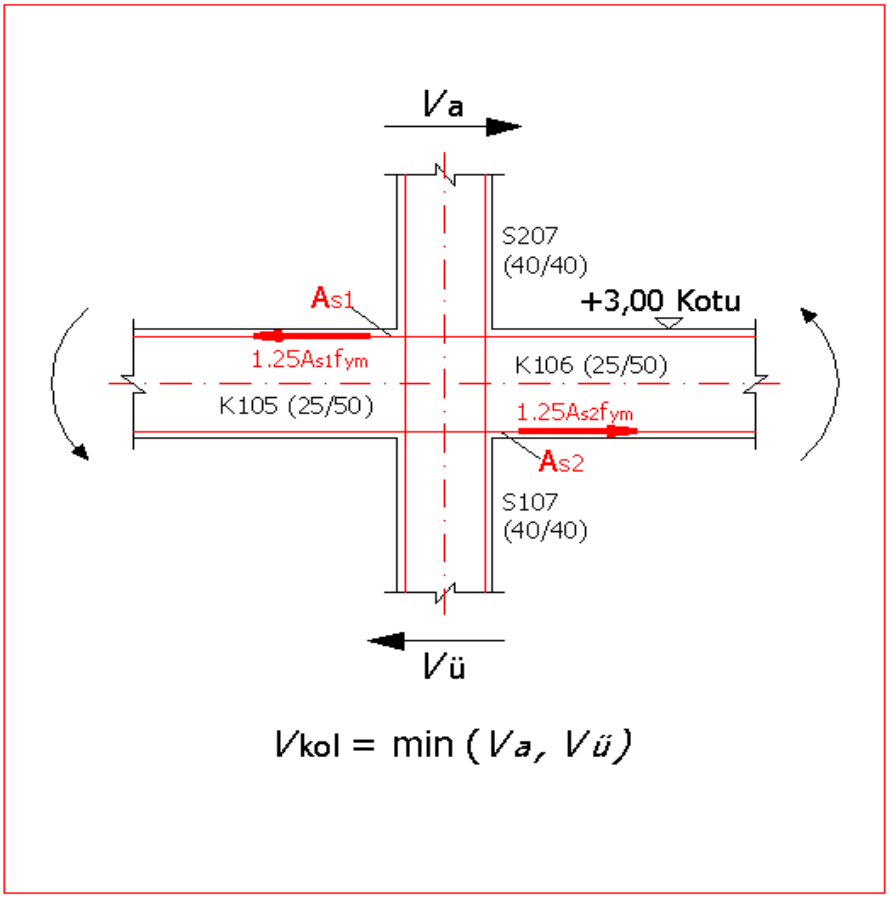
(TDY-07, 3.5.2.2).

Kolon-kiriş birleşim bölgelerindeki minimum enine donatı koşulları aşağıda verilmiştir (TDY-07, Şekil 3.3):

(a) kuşatılmış birleşimlerde, alttaki kolonun sarılma bölgesi için bulunan enine donatı miktarının en az %40'ı, birleşim bölgesi boyunca kullanılacaktır. Ancak, enine donatının çapı 8 mm'den az olmayacak ve aralığı 150 mm'yi aşmayacaktır.

(b) Kuşatılmamış birleşimlerde, alttaki kolonun sarılma bölgesi için bulunan enine donatı miktarının en az %60'ı, birleşim bölgesi boyunca kullanılacaktır. Ancak bu durumda, enine donatının çapı 8 mm'den az olmayacak ve aralığı 100 mm'yi aşmayacaktır (TDY-07, 3.5.2.3).

Örnek teşkil etmesi açısından, B1 Binası S107 kolonu (+3.00) kotu kolon-kiriş birleşim noktası hesap detayları, ilerleyen paragraflarda adım adım gösterilecektir. S101 kolonu üç tarafından kirişlerle çevrilmiştir, bu sebeple detaylı örnek olarak S107 kolonu seçilmiştir. S107 kolonuna kirişler dört tarafından birleşmektedir fakat birleşen kirişlerin genişliği 250 mm, kolon genişliği 400 mm nin ¾'ü yani 300 mm den daha küçük olduğundan, B1 Binası S107 kolonu (+3.00) kotu birleşim noktası *'kuşatılmamış birleşim'* olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.36 : B1 binası, S107 kolonu (+3.00) kotu birleşim bölgesi.

(+X) Yönü Deprem Durumunda;

$$V_e = 1.25\, f_{ym}\, (A_{s1} + A_{s2}) - V_{kol} \qquad \textbf{(4.42)}$$

f_{ym} = 220 MPa, A_{s1} = 1,517 mm^2, A_{s2} = 829 mm^2,

V_{alt} = V ($S107_{üst}$) = 134.80 kN (TDY-07, 7.5.2.6'ya göre, TDY-07, 3.3.7'ye göre pekleşmeyi gözönüne almadan hesaplanan V_e)

$V_{üst}$ = V ($S207_{alt}$) = 127.10 kN (TDY-07, 7.5.2.6'ya göre, TDY-07, 3.3.7'ye göre pekleşmeyi gözönüne almadan hesaplanan V_e)

$$V_{kol} = min\,(V_a, V_ü) \qquad \textbf{(4.43)}$$

V_{kol} = min (134.80 , 127.10) =127.10 kN

$V_e = 1.25\, f_{ym}\, (A_{s1} + A_{s2}) - V_{kol}$ = 1.25 x 220 x (1,517 + 829) / 1000 – 127.10

$V_e = 518.05\ kN$

TDY-07, 3.5.2.2 ‘ye göre; kuşatılmamış birleşimlerde: V_e enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvvet,

$$V_e \leq 0.45\ b_j h f_{cd} \quad \textbf{(4.44)}$$

sınırlarını aşmayacaktır. Bu bağıntıda;

f_{cm} = 16 MPa, b_j = 400 mm, h = 400 mm olacak şekilde;

$V_e \leq 0.45\ b_j h f_{cd}$ = 0.45 x 400 x 400 x 16 /1000 = *1,152.00 kN*

V_e = 518.05 kN ≤ 1,152.00 kN şartı sağlandığından;

S107 kolonu (+3.00) kotu kolon-kiriş birleşim bölgesi, (+X) Yönü deprem durumunda, *‘sünek olarak hasar gören eleman’* olarak tanımlanabilir.

(-X) Yönü Deprem Durumunda;

$V_e = 1.25\ f_{ym} (A_{s1} + A_{s2}) - V_{kol}$

f_{ym} = 220 MPa, A_{s1} = 829 mm^2, A_{s2} = 1,517 mm^2,

V_{alt} = V ($S107_{üst}$) = 132.86 kN (TDY-07, 7.5.2.6’ya gore, TDY-07, 3.3.7’ye göre pekleşmeyi gözönüne almadan hesaplanan V_e)

$V_{üst}$ = V ($S207_{alt}$) = 125.77 kN (TDY-07, 7.5.2.6’ya gore, TDY-07, 3.3.7’ye göre pekleşmeyi gözönüne almadan hesaplanan V_e)

V_{kol} = min (V_a, $V_ü$) = min (132.86 , 125.77)

V_{kol} =125.77 kN

$V_e = 1.25\ f_{ym} (A_{s1} + A_{s2}) - V_{kol}$ = 1.25 x 220 x (1,517 + 829) / 1000 – 130.09

V_e = 519.38 kN

TDY-07, 3.5.2.2’ye göre;

Kuşatılmamış birleşimlerde: V_e, enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvvet, $V_e \leq 0.45\ b_j h f_{cd}$ sınırlarını aşmayacaktır. Bu bağıntıda;

f_{cm} = 16 MPa, b_j = 400 mm , h = 400 mm olacak şekilde;

$V_e \leq 0.45\ b_j h f_{cd}$ = 0.45 x 400 x 400 x 16 /1000 = *1,152.00 kN*

V_e = 519.38 kN ≤ 1,152.00 kN şartı sağlandığından;

S107 kolonu (+3.00) kotu kolon-kiriş birleşim bölgesi, (-X) Yönü deprem durumunda, sünek olarak hasar gören eleman olarak tanımlanabilir.

Yukarıda detaylı olarak S107 kolonu (+3.00) kotu kolon-kiriş birleşim bölgesi için yapılan hesaplar, (+3.00) kotu bütün birleşim bölgeleri, (±X) yönü deprem durumu için hesaplanmış ve Çizelge 4.33 ve Çizelge 4.34'de verilmiştir.

Çizelge 4.33 : B1 binası (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri kırılma türü kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	V_e	$0.45b_jhf_{cd}$	Kontrol $V_e<0.45b_jhf_{cd}$	Birleşim Bölgesi Kırılma Türü
S101	210.57	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S102	490.71	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S103	488.39	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S104	491.66	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S105	278.99	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S106	211.18	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S107	518.05	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S108	502.88	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S109	519.38	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S110	345.01	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S111	210.70	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S112	440.07	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S113	469.46	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S114	441.40	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S115	344.84	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S116	211.18	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S117	518.05	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S118	502.88	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S119	519.38	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S120	345.01	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S121	210.57	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S122	490.71	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S123	488.39	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S124	491.66	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S125	278.99	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören

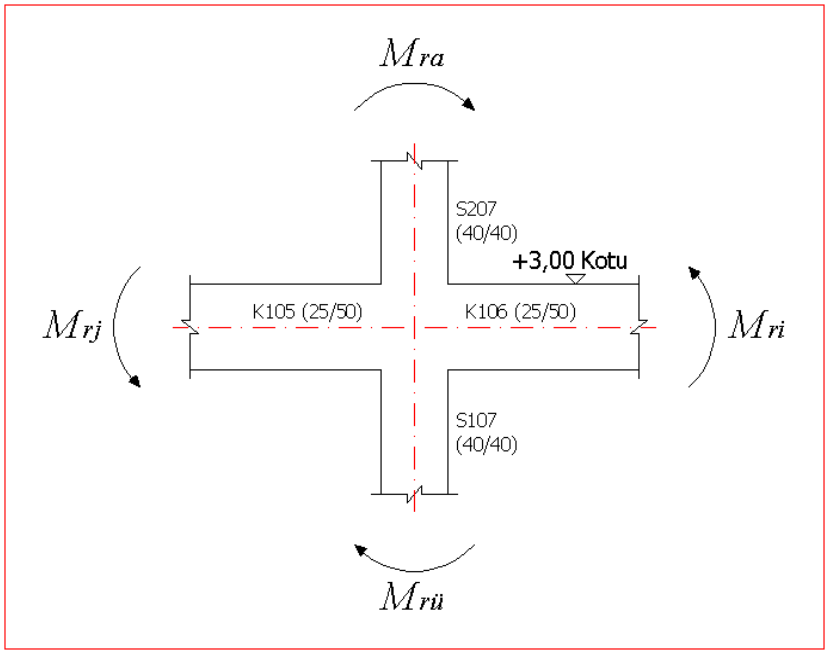
Çizelge 4.34 : B1 binası (-X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri kırılma türü kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	V_e	$0.45b_jhf_{cd}$	Kontrol $V_e<0.45b_jhf_{cd}$	Birleşim Bölgesi Kırılma Türü
S101	278.99	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S102	491.66	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S103	488.39	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S104	490.71	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S105	210.57	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S106	345.01	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S107	519.38	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S108	502.88	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S109	518.05	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S110	211.18	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S111	344.84	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S112	441.40	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören

Çizelge 4.34 (devam) : B1 binası (-X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon - kiriş birleşim bölgeleri kırılma türü kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	V_e	$0.45b_jhf_{cd}$	Kontrol $V_e<0.45b_jhf_{cd}$	Birleşim Bölgesi Kırılma Türü
S113	469.46	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S114	440.07	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S115	210.70	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S116	345.01	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S117	519.38	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S118	502.88	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S119	518.05	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S120	211.18	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S121	278.99	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S122	491.66	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S123	488.39	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S124	490.71	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S125	210.57	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören

TDY-07, 7.7 'Bina Deprem Performansının Belirlenmesi' bölümünde gerekli olacağından, kolon – kiriş birleşim bölgelerinde, TDY-07, 3.3.5 – 'Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu' bu kısımda irdelenecektir.



Şekil 4.37 : B1 binası, S107 kolonu (+3.00) kotu kolon-kiriş birleşim bölgesi.

TDY-07, 3.3.5.1'e göre, aşağıdaki koşulu sağlayan birleşim bölgeleri, 'Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu'nu sağlamış olacaktır.

$$(M_{ra} + M_{rü}) \geq 1.2 (M_{ri} + M_{rj}) \quad \textbf{(4.45)}$$

Örnek teşkil etmesi açısından, B1 Binası, S107 kolonu, (+3.00) kotu kolon-kiriş birleşim noktası, 'Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu' aşağıda adım adım gösterilecektir.

(+X) Yönü Deprem Durumunda;

Kolonlar;

$M_{rü}$ = M_r-S107 $_{üst}$ = 168.72 kNm (-)

M_{ra} = M_r-S207 $_{alt}$ = 158.87 kNm (+)

Kirişler;

M_{rj} = M_r-K105 $_j$ = 140.48 kNm ($M_{rj-üst}$) (-)

M_{ri} = M_r-K106 $_i$ = 84.04 kNm (M_{ri-alt}) (+)

$(M_{ra} + M_{rü}) \geq 1.2 (M_{ri} + M_{rj})$

$(168.72 + 158.87) \geq 1.2 \text{ x } (84.04 + 140.48)$

$327.59 \geq 1.2 \text{ x } 224.52$

$327.59 \geq 269.43$

(-X) Yönü Deprem Durumunda;

Kolonlar;

$M_{rü}$ = M_r-S107 $_{üst}$ = 165.84 kNm (+)

M_{ra} = M_r-S207 $_{alt}$ = 157.22 kNm (-)

Kirişler;

M_{rj} = M_r-K105 $_j$ = 84.34 kNm (M_{rj-alt}) (+)

M_{ri} = M_r-K106 $_i$ = 140.48 kNm ($M_{ri-üst}$) (-)

$(M_{ra} + M_{rü}) \geq 1.2 (M_{ri} + M_{rj})$

(165.84 + 157.22) ≥ 1.2 x (140.48 + 84.34)

323.06 ≥ 1.2 x 224.82

323.06 ≥ 269.79

Görüldüğü gibi, S107 kolonu, (+X) ve (-X) yönü deprem durumları için, *'Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu'*nu sağlamaktadır.

Yukarıda detaylı olarak S107 kolonu (+3.00) kotu kolon-kiriş birleşim bölgesi için yapılan hesaplar, (+3.00) kotu bütün birleşim bölgeleri, (±X) yönü deprem durumu için hesaplanmış ve Çizelge 4.35 ve Çizelge 4.36'da verilmiştir.

Çizelge 4.35 : B1 binası, (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon - kiriş birleşim bölgeleri 'kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu' kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	$(M_{ra}+M_{rü})$	$1.2(M_{ri}+M_{rj})$	Kontrol	Birleşim Bölgesi Türü
S101	173.10	123.83	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S102	258.11	248.36	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S103	256.60	248.64	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S104	253.79	248.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S105	340.51	166.11	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S106	174.35	125.26	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S107	327.59	269.43	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S108	326.15	265.53	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S109	323.06	269.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S110	310.57	185.59	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S111	175.35	125.26	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S112	328.41	238.54	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S113	326.94	252.33	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S114	323.83	238.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S115	310.78	185.59	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S116	174.35	125.26	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S117	327.59	269.43	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S118	326.15	265.53	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S119	323.06	269.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S120	310.57	185.59	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S121	173.10	123.83	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S122	258.11	248.36	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S123	256.60	248.64	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S124	253.79	248.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S125	340.51	166.11	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü

Çizelge 4.36 : B1 binası, (-X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon - kiriş birleşim bölgeleri 'kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu' kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	$(M_{ra}+M_{rü})$	$1.2(M_{ri}+M_{rj})$	Kontrol	Birleşim Bölgesi Türü
S101	340.51	166.11	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S102	253.79	248.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S103	256.60	248.64	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S104	258.11	248.36	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S105	173.10	123.83	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S106	310.57	185.59	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S107	323.06	269.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S108	326.15	265.53	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S109	327.59	269.43	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S110	174.35	125.26	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S111	310.78	185.59	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S112	323.83	238.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S113	326.94	252.33	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S114	328.41	238.54	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S115	175.35	125.26	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S116	310.57	185.59	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S117	323.06	269.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S118	326.15	265.53	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S119	327.59	269.43	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S120	174.35	125.26	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S121	340.51	166.11	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S122	253.79	248.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S123	256.60	248.64	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S124	258.11	248.36	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S125	173.10	123.83	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü

4.1.8 Göreli kat ötelemelerinin kontrolü

TDY-07, Bölüm 7'ye göre 'Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi' konu başlığı altında, göreli kat ötelemelerinin, aşağıda verilen esasa göre kontrol edilmesi istenmiştir.

Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda, TDY-07, 7.5.2.5'te yapılan karşılaştırmalara ek olarak, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin göreli kat ötelemeleri, (TDY-07, 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 TDY-07, 7.5.2.5'e göre yapılan hasar değerlendirmeleri göz önüne alınmayacaktır. (TDY-07, Tablo 7.6)'da δ_{ji} i'inci katta j'inci kolon veya perdenin alt ve üst uçları arasında yerdeğiştirme farkı olarak hesaplanan göreli kat ötelemesini, hji ise ilgili elemanın yüksekliğini göstermektedir (TDY-07, 7.5.3).

Çizelge 4.37 : Göreli kat ötelemesi sınırları - (TDY-07, Tablo7.6).

Göreli Kat Ötelemesi Oranı	Hasar Sınırı		
	MN	**GV**	**GÇ**
δji / hji	0.01	0.03	0.04

B1 Binası için, SAP2000-V10 programı ile hesaplanan yerdeğiştirme değerlerinden yararlanarak göreli kat ötelemelerini bulup kat yüksekliğine bölerek, B1 Binası göreli kat ötelemesi sınırları hesaplanmış ve Çizelge 4.38'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.38 : B1 binası, göreli kat öteleme değerleri.

Kat	d_{imax}	δ_{imax}	δ_{imax}/h_i		Hasar Sınırı	Hasar Bölgesi
1	0.031738	0.03174	0.011	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
2	0.074165	0.04243	0.014	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
3	0.113462	0.03930	0.013	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
4	0.143906	0.03044	0.010	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
5	0.161026	0.01712	0.006	<	0.01	Minimum Hasar Bölgesi

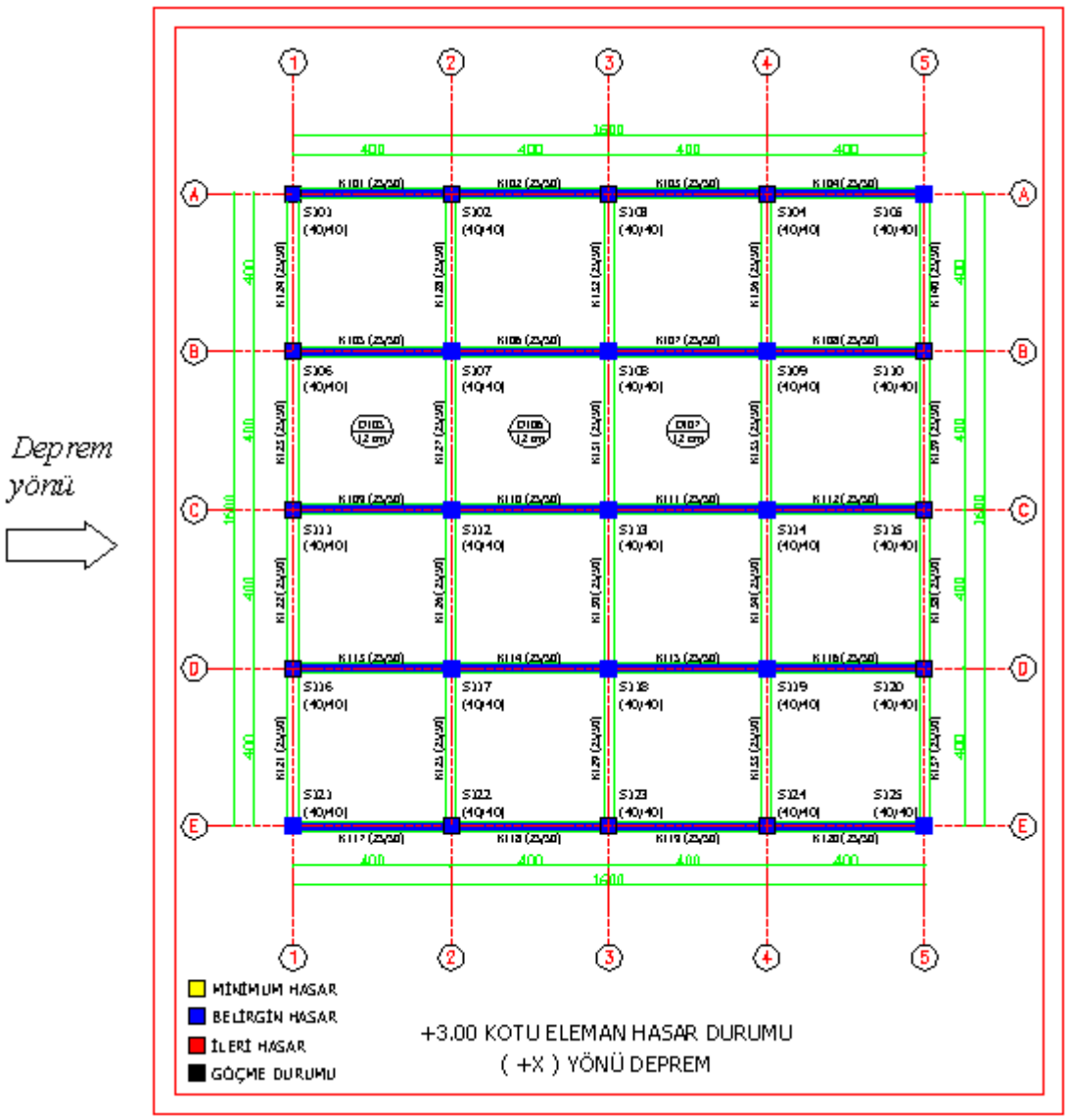
Göreli kat ötelemesi kontrolü sonucu, B1 Binası 1., 2., 3. ve 4. katlarının 'Belirgin Hasar Bölgesi'nde olduğu görülmüştür.

TDY-07, 7.5.3'de de belirtildiği gibi, göreli kat ötelemelerinin daha elverişsiz sonuç vermesi durumunda, kolon veya perdenin alt ve üst kesitlerinde performans analizi ile yapılan hasar değerlendirmeleri gözönüne alınmayacaktır. Bu sebepten, deprem performans analizi hesaplarına örnek teşkil eden birinci kat kolonları alt ve üst kesitlerinde, '4.1.6 – Kolon Kapasite Oranlarının Belirlenmesi' bölümünde hesaplanan 'Minimum Hasar' durumları, göreli kat ötelemesi şartına göre 'Belirgin Hasar' olarak hesaplandığından, bu şartları içeren S101, S105, S110, S115, S120, S121, S125 kolon kesitleri, 'Belirgin Hasar Gören Kesit' olarak değerlendirilecektir.

4.1.9 Bina deprem performansının belirlenmesi

Yukarıda yapılan hesaplar neticesinde, B1 Binası deprem performansı belirlenebilir.

B1 Binası, (+X) Yönü Deprem, eleman hasar durumu aşağıda Şekil 4.38'de verilmiştir.



Şekil 4.38 : B1 binası (+X) yönü deprem eleman hasar durumu.

B1 Binası performans düzeyi, (+X) yönü deprem durumu için, Çizelge 2.3'de tanımlanan, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem esas alınarak, konutlar için, TDY-07, 7.7.3. 'Can Güvenliği Performans Düzeyi' şartlarına göre incelenirse;

B1 Binası kolon ve kirişlerinin tamamı sünek olarak hasar gören eleman olarak hesaplanmıştır. Gevrek olarak hasar gören eleman bulunmamaktadır.

(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 İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir (TDY-07, 7.7.3(a)).

B1 Binası Birinci katı (+X) yönü deprem durumu için yapılan hesap sonucu, 4.1.5 bölümünde detaylı olarak gösterildiği gibi, kirişlerin tamamı 'Belirgin Hasar Bölgesi'nde çıkmıştır. İleri Hasar Bölgesinde kiriş bulunmamaktadır. Dolayısıyla, B1 Binası (+X) Yönü deprem durumunda, *Can Güvenliği* performans düzeyinin kirişler için geçerli olan (a) maddesi, birinci kat kirişleri için sağlanmıştır.

(b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır (TDY-07, 7.7.3(b)).

B1 Binası Birinci katı (+X) yönü deprem durumu için yapılan hesap sonucu, 4.1.6 bölümünde detaylı olarak gösterildiği gibi, kolonların tamamı 'Belirgin Hasar Bölgesi'nde çıkmıştır. İleri Hasar Bölgesinde kolon bulunmamaktadır. Dolayısıyla, Can Güvenliği performans düzeyinin kolonlar için geçerli olan (b) maddesi de sağlanmıştır.

(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 (TDY-07Denk.3.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler) (TDY-07, 7.7.3(c)).

B1 Binası Birinci katı (+X) yönü deprem durumu için yapılan hesap sonucu, 4.1.5 ve 4.1.6 bölümünde detaylı olarak gösterildiği gibi, tüm taşıyıcı elemanlar 'Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir.

Birinci kat kolonlarının alt ve üst kesitlerinde, '4.1.6 – Kolon Kapasite Oranlarının Belirlenmesi' bölümünde anlatıldığı üzere, 7 adet kolon kesiti 'Minimum Hasar' durumunda hesaplanmasına rağmen, göreli kat ötelemesi şartına göre birinci kat 'Belirgin Hasar' olarak hesaplandığından, birinci katta bulunan toplam 25 adet kolonun tamamında da, alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmıştır. Fakat, TDY-07, 7.7.3.(c) bendinde belirtildiği gibi, doğrusal hesap yöntemi ile yapılan hesaplarda, bu 25 adet kolon için, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden, TDY-07 'Kolonların Kirişlerden Kuvvetli Olma Şartı', 4.1.7 de detaylı olarak gösterildiği şekilde sağlanmıştır. Dolayısıyla, bu 25 kolonun hiçbiri bu hesaba dahil edilmemiş ve TDY-07, 7.7.3 (c) şartı da sağlamıştır.

Bu sonuçlara göre, B1 Binası, (+X) yönü deprem durumu için, Çizelge 4.39'da gösterildiği gibi, *'Can Güvenliği'* performans hedefini sağlamaktadır.

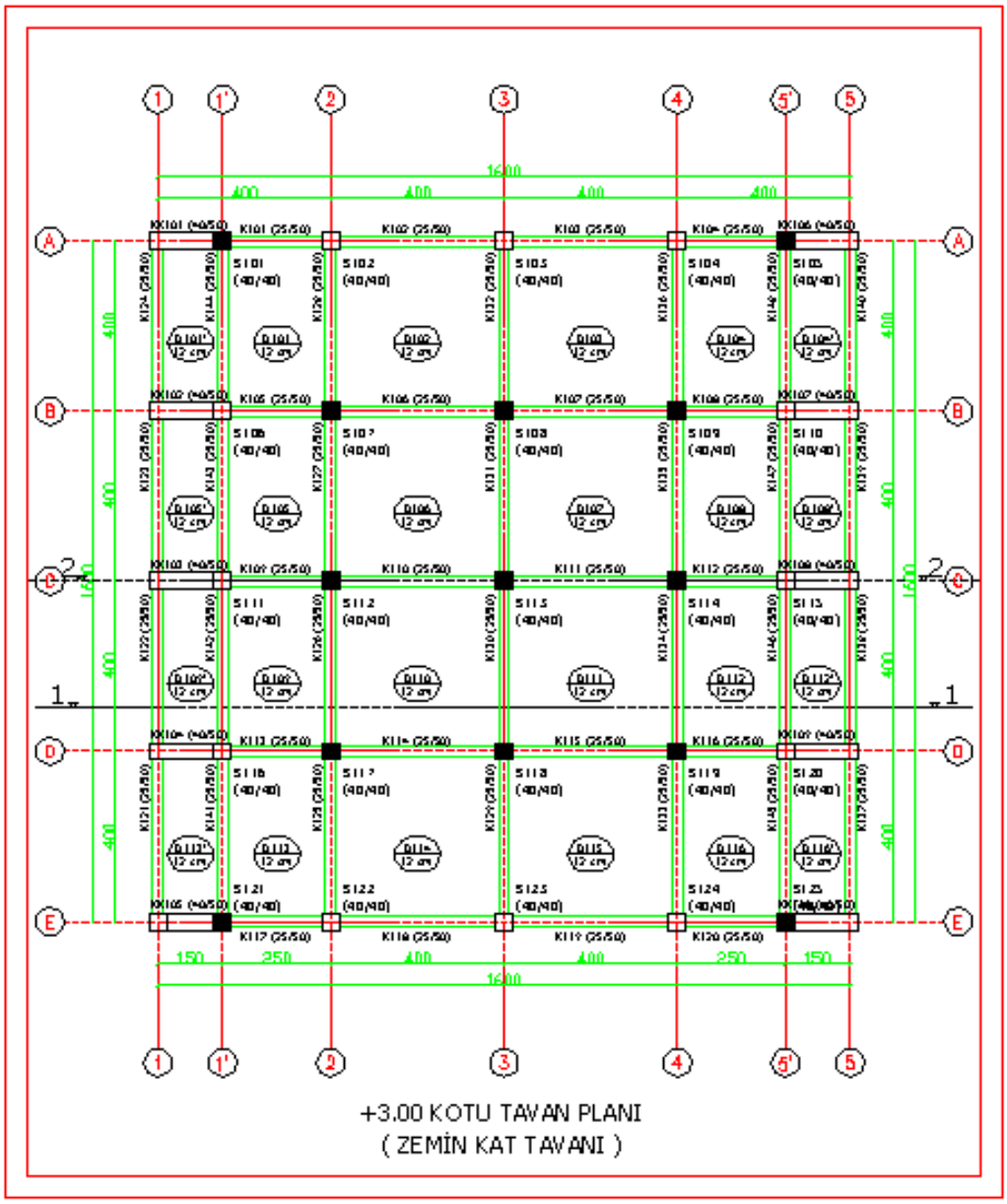
Çizelge 4.39 : B1 binası, (+X) yönü deprem, birinci kat can güvenliği performans hedefi.

Kat	Eleman	Toplam Eleman Adedi	Sağlamayan Eleman		V (kN)			Limit	
			Adet	%	Toplam (kN)	Sağlamayan (kN)	%		
	Kirişler	20	-	0.0 %				<30% İleri Hasar Bölgesi	√
1	Kolonlar	25	-	0.0 %	10,025.25	-	0.0%	<20% İleri Hasar Kolonları Kesme Kuvveti	√
	Kolonlar	25	-	0.0 %	10,025.25	-	0.0%	<30% Kesme Kuvveti	√

B1 Binası, gerek (X) gerekse de (Y) yönünde kendi içinde simetrik özelliklere sahip olduğundan, (-X) yönü ve (-Y) yönü için de, *'Can Güvenliği'* performans hedefini sağlamaktadır.

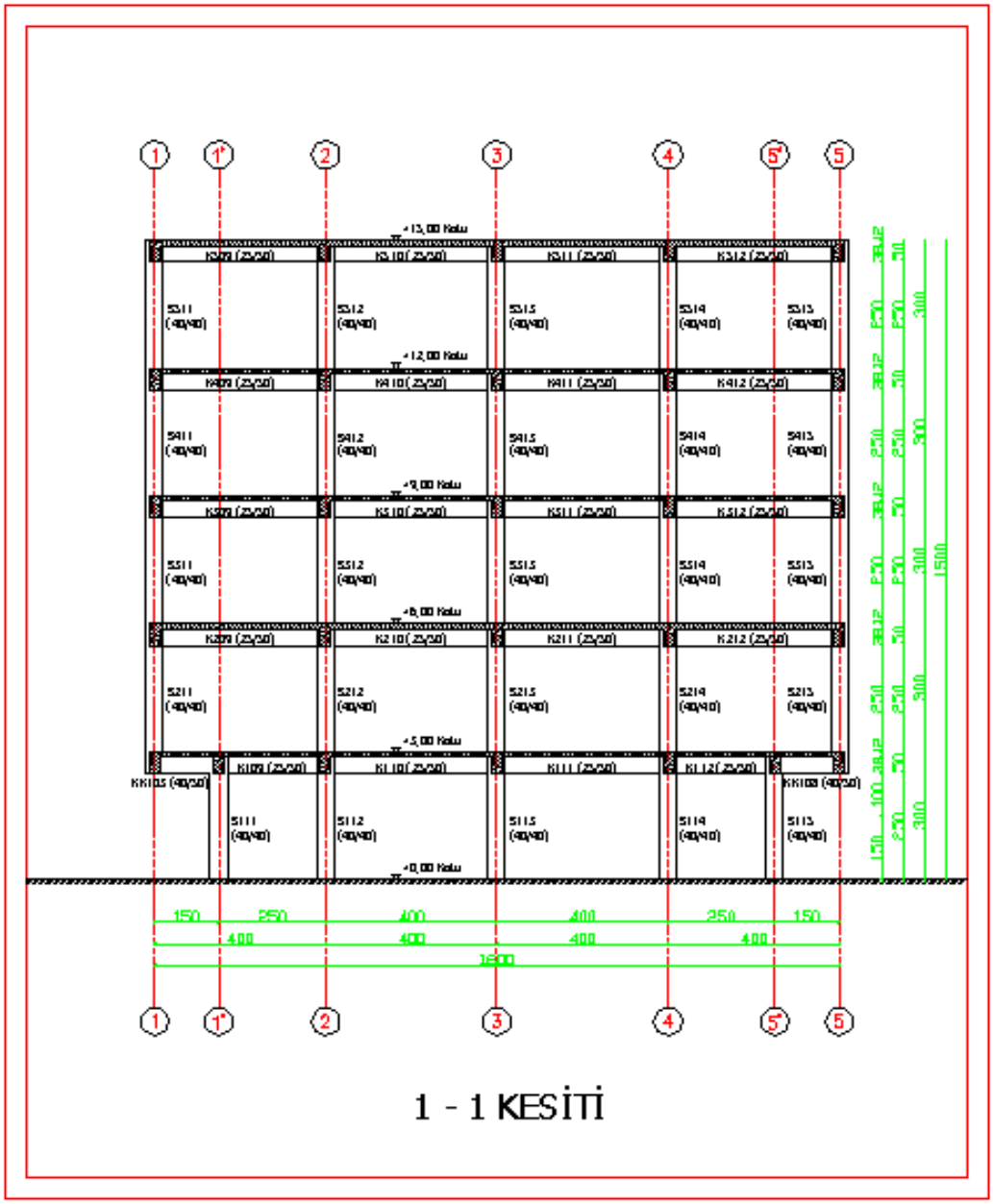
4.2 B2 Binası Performans Analizi

Düşey doğrultuda süreksizlik etkisinin araştırılması için, B2 Binası, 1 ve 5 aksındaki kolonların +0.00 kotunda 1.5 metre içeri çekilerek, +3.00 kotundan itibaren, kolonların konsol kiriş ucundan itibaren düşey süreksizlik oluşturacak şekilde düzenlenmiştir. (Y) yönünde döşeme süreksizliği oluşmaması amacıyla, 1' ve 5' aksları boyunca, 2 ve 4 akslarındaki kirişler ile aynı özelliğe sahip kirişler eklenmiştir. Şekil 4.39'da, B2 Binası, +3.00 kotu kalıp planı verilmiştir.

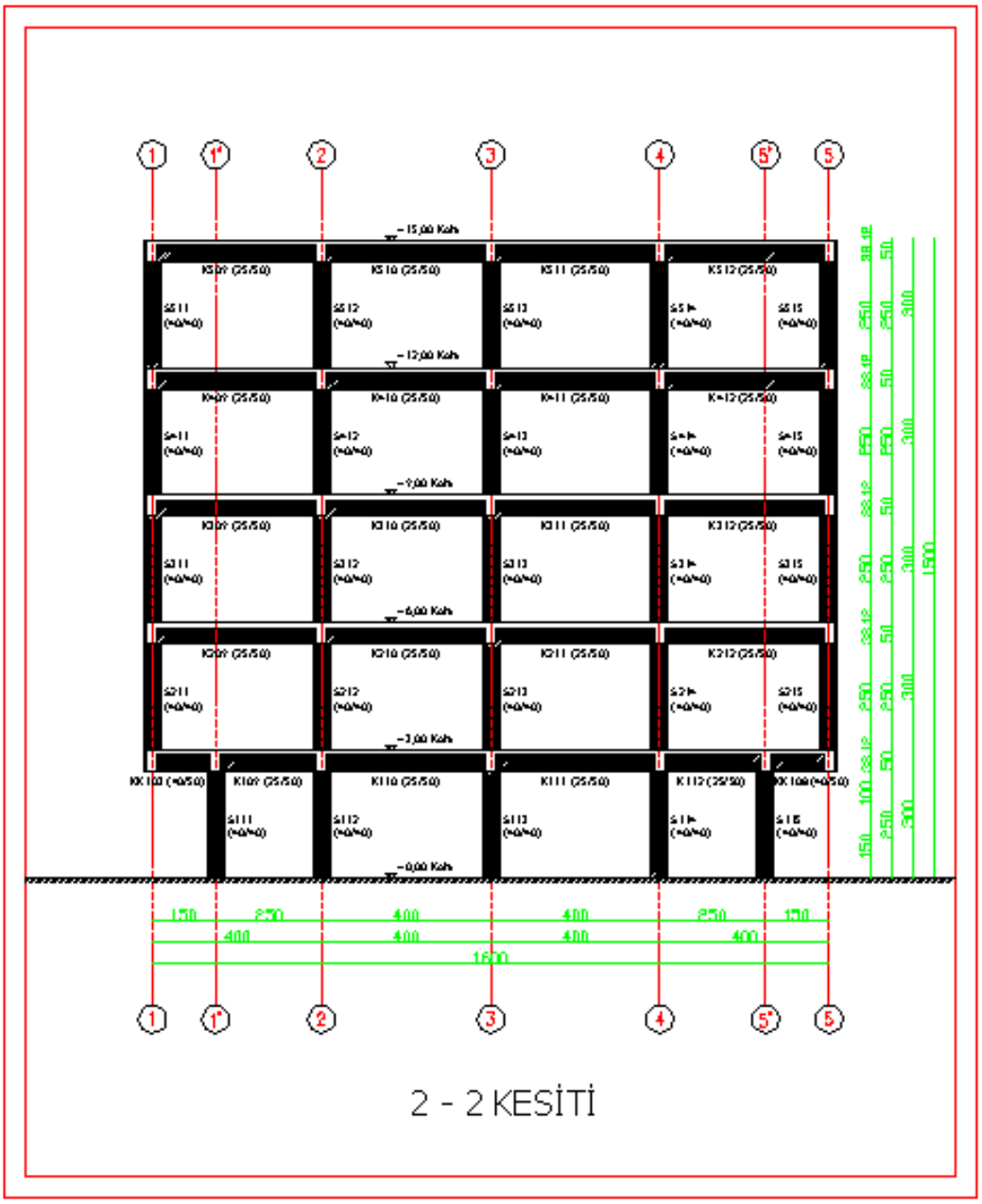


Şekil 4.39 : B2 binası +3.00 kotu kalıp planı.

Her bir katının yüksekliği 3.00 m olan B2 Binası toplam 15 m yüksekliğindedir. (X) doğrultusundaki (1- 1) ve (2-2) boyuna kesitleri de, aşağıda Şekil 4.40 ve Şekil 4.41'de gösterilmiştir.



Şekil 4.40 : B2 binası 1-1 boyuna kesiti.



Şekil 4.41 : B2 binası 2-2 boyuna kesiti.

4.2.1 Binaya etkiyen sabit ve hareketli yüklerin hesabı

B2 Binası kütlesi ve birinci kat kolonları N_G, N_Q, taşıyıcı elemanların çatlamış eğilme rijitliği EI değerleri, Çizelge 4.40'da görülmektedir. İkinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci kat kolonlarına gelen yüklemeler gösterilmemiştir. İstendiği takdirde gerekli tüm hesap detaylarına, çalışmanın sonunda bulunan hesap CD'sinden ulaşılabilir.

Çizelge 4.40 : B2 binası birinci kat kolonları yük dağılımı.

	N_G	N_Q	$N_{(G+0.3xQ)}$	A_C	f_{cm}	$N_{D/}$ $(A_C x f_{cm})$	$N_D/(A_C x f_{cm}) \leq 0.10 \rightarrow (EI)_e = 0.40(EI)_0$ $N_D/(A_C x f_{cm}) \geq 0.40 \rightarrow (EI)_e = 0.80(EI)_0$	
	kN	**kN**	**kN**	**m^2**	**kN/m^2**		**Hesap**	**kN**
S101	331.30	41.00	343.60	0.16	16,000	0.13	0.45 EI_0	**0.45 EI_0**
S102	450.11	73.00	472.01	0.16	16,000	0.18	0.52 EI_0	**0.55 EI_0**
S103	464.66	76.00	487.46	0.16	16,000	0.19	0.53 EI_0	**0.55 EI_0**
S104	450.11	73.00	472.01	0.16	16,000	0.18	0.52 EI_0	**0.55 EI_0**
S105	331.30	41.00	343.60	0.16	16,000	0.13	0.45 EI_0	**0.45 EI_0**
S106	498.77	82.00	523.37	0.16	16,000	0.20	0.54 EI_0	**0.55 EI_0**
S107	665.26	146.00	709.06	0.16	16,000	0.28	0.64 EI_0	**0.65 EI_0**
S108	685.36	152.00	730.96	0.16	16,000	0.29	0.65 EI_0	**0.65 EI_0**
S109	665.26	146.00	709.06	0.16	16,000	0.28	0.64 EI_0	**0.65 EI_0**
S110	498.77	82.00	523.37	0.16	16,000	0.20	0.54 EI_0	**0.55 EI_0**
S111	498.77	82.00	523.37	0.16	16,000	0.20	0.54 EI_0	**0.55 EI_0**
S112	665.26	146.00	709.06	0.16	16,000	0.28	0.64 EI_0	**0.65 EI_0**
S113	685.36	152.00	730.96	0.16	16,000	0.29	0.65 EI_0	**0.65 EI_0**
S114	665.26	146.00	709.06	0.16	16,000	0.28	0.64 EI_0	**0.65 EI_0**
S115	498.77	82.00	523.37	0.16	16,000	0.20	0.54 EI_0	**0.55 EI_0**
S116	498.77	82.00	523.37	0.16	16,000	0.20	0.54 EI_0	**0.55 EI_0**
S117	665.26	146.00	709.06	0.16	16,000	0.28	0.64 EI_0	**0.65 EI_0**
S118	685.36	152.00	730.96	0.16	16,000	0.29	0.65 EI_0	**0.65 EI_0**
S119	665.26	146.00	709.06	0.16	16,000	0.28	0.64 EI_0	**0.65 EI_0**
S120	498.77	82.00	523.37	0.16	16,000	0.20	0.54 EI_0	**0.55 EI_0**
S121	331.30	41.00	343.60	0.16	16,000	0.13	0.45 EI_0	**0.45 EI_0**
S122	450.11	73.00	472.01	0.16	16,000	0.18	0.52 EI_0	**0.55 EI_0**
S123	464.66	76.00	487.46	0.16	16,000	0.19	0.53 EI_0	**0.55 EI_0**
S124	450.11	73.00	472.01	0.16	16,000	0.18	0.52 EI_0	**0.55 EI_0**
S125	331.30	41.00	343.60	0.16	16,000	0.13	0.45 EI_0	**0.45 EI_0**
	13,095.22	**2,432.00**	**13,824.82**					

$$W_{B2} = (W_G + W_Q)_{B2} \quad \textbf{(4.46)}$$

$W_{B2} = (W_G + W_Q)_{B2} = 13{,}095.22 + 2{,}432.00 = 15{,}527.22$ kN hesaplanmıştır.

4.2.2 Taşıyıcı elemanların çatlamış eğilme rijitlikleri hesabı

B2 Binası kolonları 'Çatlamış Eğilme Rijitlikleri', Çizelge 4.41'de görülmektedir.

Çizelge 4.41 : B2 binası kolon çatlamış eğilme rijitlikleri.

1.Kat	(EI)	2.Kat	(EI)	3.Kat	(EI)	4.Kat	(EI)	5.Kat	(EI)
S101	0.45 EI_0	S201	0.40 EI_0	S301	0.40 EI_0	S401	0.40 EI_0	S501	0.40 EI_0
S102	0.55 EI_0	S202	0.50 EI_0	S302	0.45 EI_0	S402	0.40 EI_0	S502	0.40 EI_0
S103	0.55 EI_0	S203	0.50 EI_0	S303	0.45 EI_0	S403	0.40 EI_0	S503	0.40 EI_0
S104	0.55 EI_0	S204	0.50 EI_0	S304	0.45 EI_0	S404	0.40 EI_0	S504	0.40 EI_0
S105	0.45 EI_0	S205	0.40 EI_0	S305	0.40 EI_0	S405	0.40 EI_0	S505	0.40 EI_0
S106	0.55 EI_0	S206	0.50 EI_0	S306	0.45 EI_0	S406	0.40 EI_0	S506	0.40 EI_0
S107	0.65 EI_0	S207	0.60 EI_0	S307	0.50 EI_0	S407	0.45 EI_0	S507	0.40 EI_0
S108	0.65 EI_0	S208	0.60 EI_0	S308	0.50 EI_0	S408	0.45 EI_0	S508	0.40 EI_0
S109	0.65 EI_0	S209	0.60 EI_0	S309	0.50 EI_0	S409	0.45 EI_0	S509	0.40 EI_0
S110	0.55 EI_0	S210	0.50 EI_0	S310	0.45 EI_0	S410	0.40 EI_0	S510	0.40 EI_0
S111	0.55 EI_0	S211	0.50 EI_0	S311	0.45 EI_0	S411	0.40 EI_0	S511	0.40 EI_0

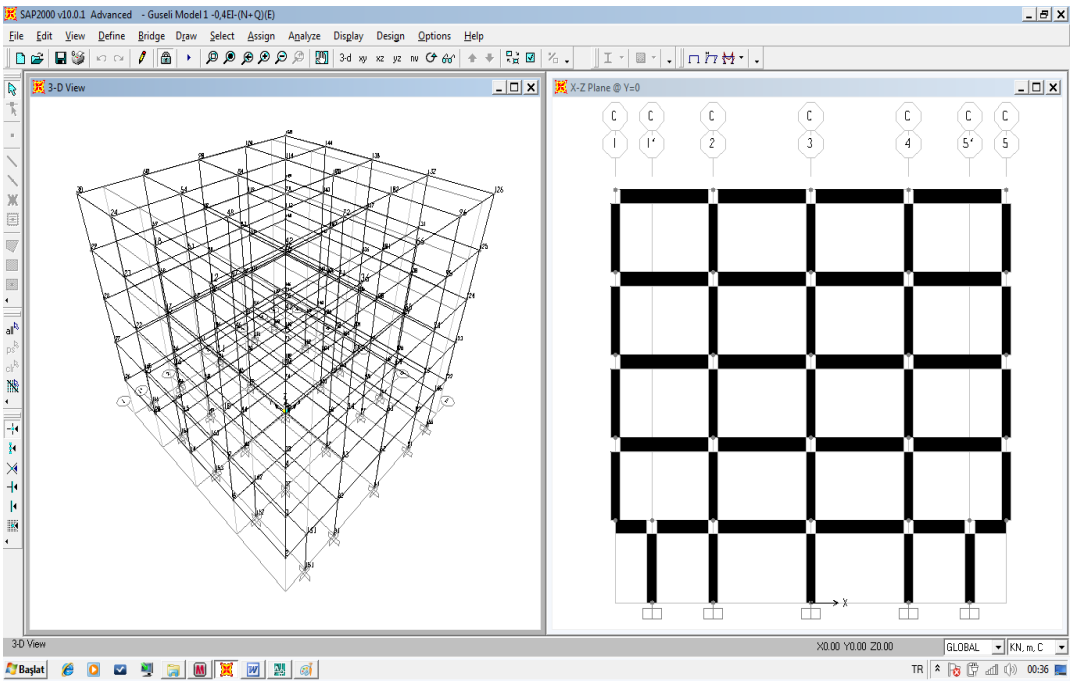
Çizelge 4.41 (devam) : B2 binası kolon çatlamış eğilme rijitlikleri.

1.Kat	(EI)	2.Kat	(EI)	3.Kat	(EI)	4.Kat	(EI)	5.Kat	(EI)
S112	0.65 EI_0	S212	0.60 EI_0	S312	0.50 EI_0	S412	0.45 EI_0	S512	0.40 EI_0
S113	0.65 EI_0	S213	0.60 EI_0	S313	0.50 EI_0	S413	0.45 EI_0	S513	0.40 EI_0
S114	0.65 EI_0	S214	0.60 EI_0	S314	0.50 EI_0	S414	0.45 EI_0	S514	0.40 EI_0
S115	0.55 EI_0	S215	0.50 EI_0	S315	0.45 EI_0	S415	0.40 EI_0	S515	0.40 EI_0
S116	0.55 EI_0	S216	0.50 EI_0	S316	0.45 EI_0	S416	0.40 EI_0	S516	0.40 EI_0
S117	0.65 EI_0	S217	0.60 EI_0	S317	0.50 EI_0	S417	0.45 EI_0	S517	0.40 EI_0
S118	0.65 EI_0	S218	0.60 EI_0	S318	0.50 EI_0	S418	0.45 EI_0	S518	0.40 EI_0
S119	0.65 EI_0	S219	0.60 EI_0	S319	0.50 EI_0	S419	0.45 EI_0	S519	0.40 EI_0
S120	0.55 EI_0	S220	0.50 EI_0	S320	0.45 EI_0	S420	0.40 EI_0	S520	0.40 EI_0
S121	0.45 EI_0	S221	0.40 EI_0	S321	0.40 EI_0	S421	0.40 EI_0	S521	0.40 EI_0
S122	0.55 EI_0	S222	0.50 EI_0	S322	0.45 EI_0	S422	0.40 EI_0	S522	0.40 EI_0
S123	0.55 EI_0	S223	0.50 EI_0	S323	0.45 EI_0	S423	0.40 EI_0	S523	0.40 EI_0
S124	0.55 EI_0	S224	0.50 EI_0	S324	0.45 EI_0	S424	0.40 EI_0	S524	0.40 EI_0
S125	0.45 EI_0	S225	0.40 EI_0	S325	0.40 EI_0	S425	0.40 EI_0	S525	0.40 EI_0

Tüm kirişler için de, ‘Çatlamış Eğilme Rijitliği’; 0.40 $(EI)_0$ olacaktır.

4.2.3 B2 binasının bilgisayar ortamında çözümlenmesi

B2 Binası, SAP2000-V10 analiz programı kullanılarak, önceki bölümlerde belirtilen şartlar çerçevesinde çözülmüştür. Hesap detaylarına, çalışmanın sonunda bulunan hesap CD’sinden ulaşılabilir.



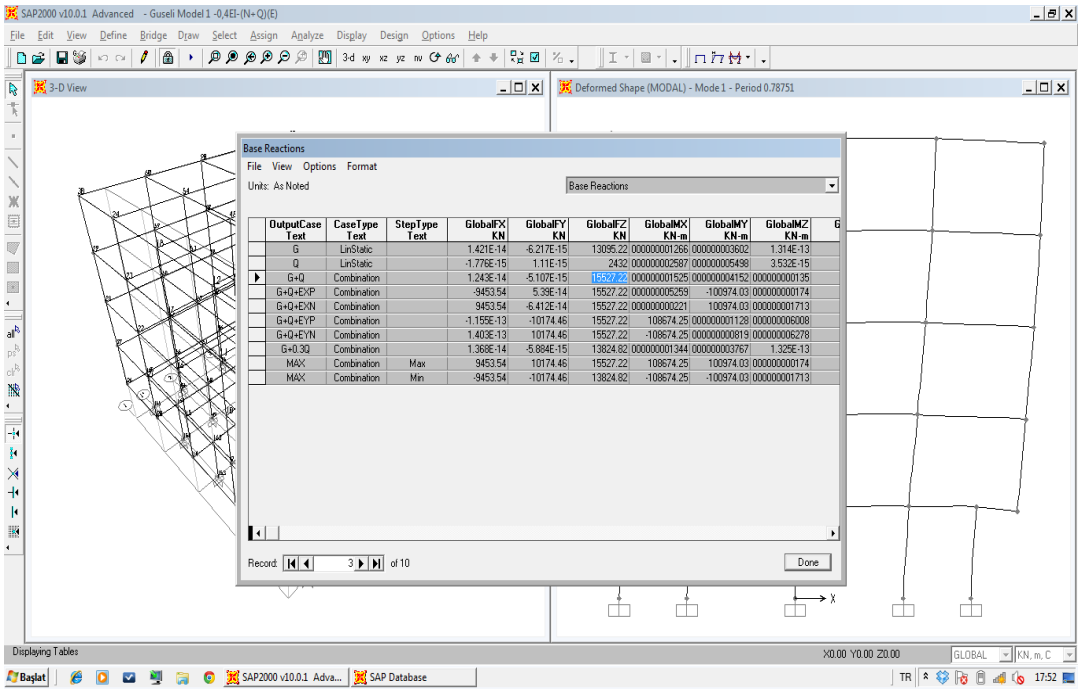
Şekil 4.42 : B2 binası SAP2000 modeli.

B2 Binası için düşey doğrultudaki bina toplam yüklerine aşağıda Şekil 4.43'de gösterilen, SAP2000-V10 programı 'Base Reactions' sekmesinden de ulaşılabilir. Buna göre toplam bina ağırlığı, (-Z) doğrultusunda, analiz sonrası sabit ve hareketli yüklerden meydana gelen düşey mesnet reaksiyonlarının toplamı olarak;

$(W_G)_{B2}$ = 13,095.22 kN

$(W_Q)_{B2}$ = 2,432.00 kN

$(W_G+W_Q)_{B2}$ = 15,527.22 kN değerleri bulunmuştur.



Şekil 4.43 : B2 binası SAP2000 mesnet reaksiyonları.

4.2.4 Deprem hesabı

B2 Binası, TDY-07, (7.4) – Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar gözönüne alınarak, TDY-07, (7.5.1.1) şartları sağlandığı için, doğrusal hesap yöntemlerinden 'Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi' kullanılarak deprem hesabı yapılmıştır.

$w_i = g_i + 0.30q_i$

$W_{5.Kat}$ = 2,011.04 kN

$W_{4.Kat}$ = 2,924.00 kN

$W_{3.Kat}$ = 2,924.00 kN

$W_{2.Kat}$ = 2,924.00 kN

$W_{1.Kat}$ = 3,041.78 kN

W_{Toplam} = *13,824.82 kN*

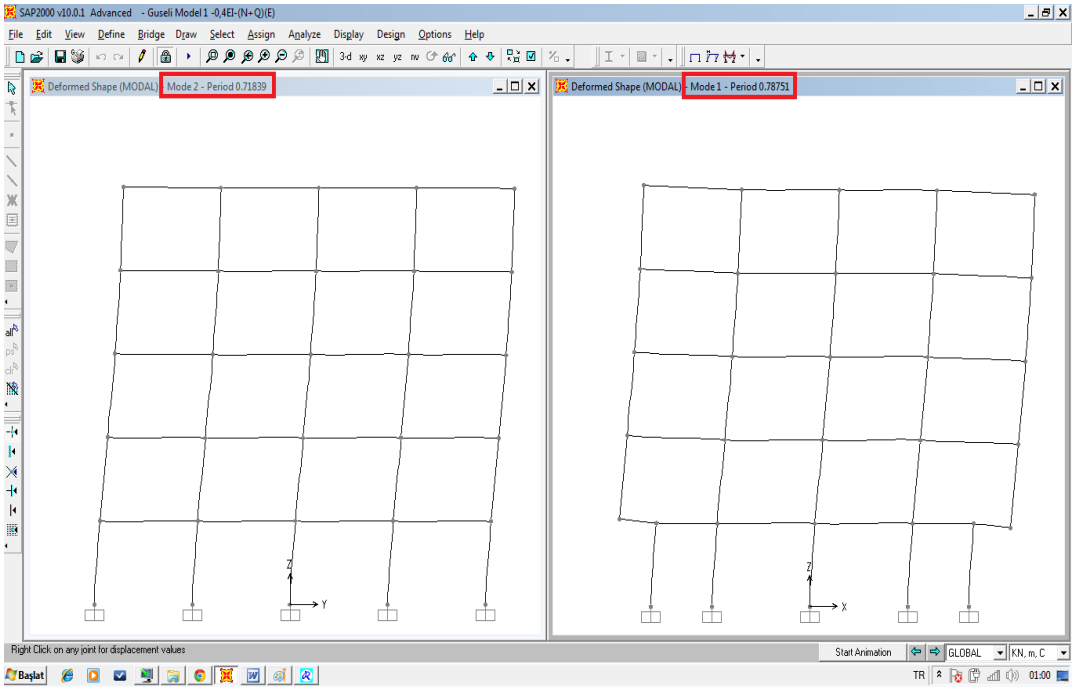
SAP 2000-V10 programı ile hesap sonucu binanın birinci doğal titreşim periyodu,

(X) doğrultusu için;

T_x = 0.78751 sn.

(Y) doğrultusu için;

T_y = 0.71839 sn. olarak belirlenmiştir (Şekil 4.44).



Şekil 4.44 : B2 binası SAP2000 (X) ve (Y) yönü bina doğal titreşim periyotları.

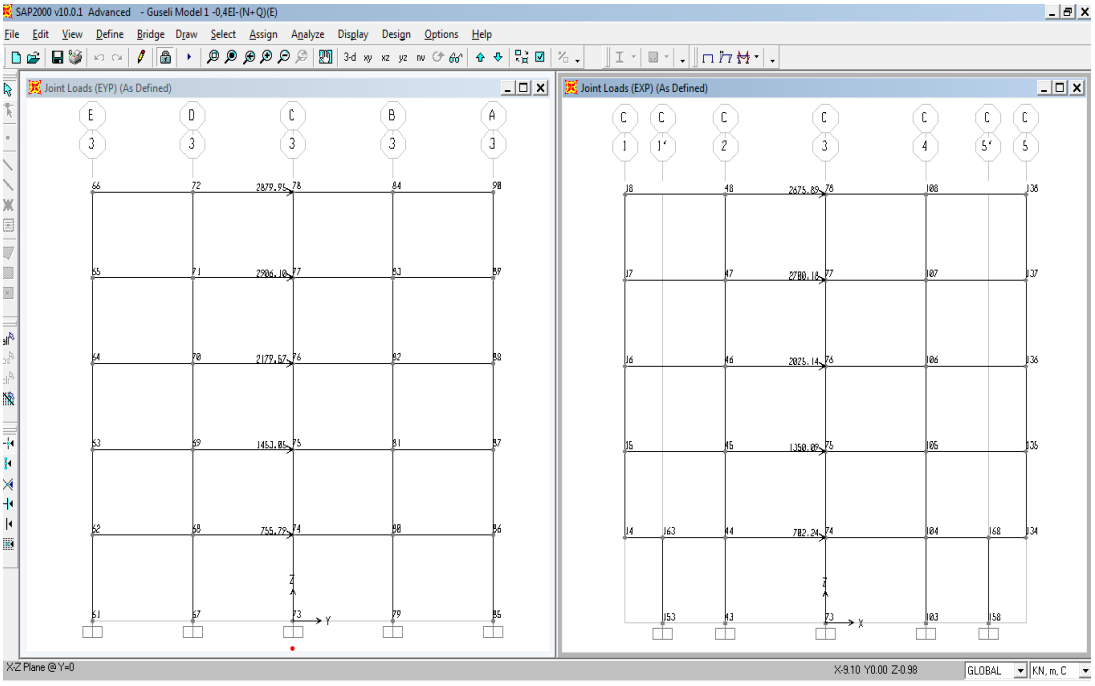
Eşdeğer deprem yükleri, her iki doğrultu için Çizelge 4.42 ve Çizelge 4.43'de verilmiştir. Ayrıca SAP2000-V10 programında kat ağırlık merkezlerine tekil kuvvet olarak atanmıştır (Şekil 4.45).

Çizelge 4.42 : B2 binası (±X) yönü, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri.

Kat	w_i	H_i	w_iH_i	F_i	ΔF_N	$F_i+\Delta F_N$
5	2,011.04	15	30,165.60	2,321.38	354.51	2,675.89
4	2,924.00	12	35,088.00	2,700.18		2,700.18
3	2,924.00	9	26,316.00	2,025.14		2,025.14
2	2,924.00	6	17,544.00	1,350.09		1,350.09
1	3,041.78	3	9,125.34	702.24		702.24
	13,824.82		**118,238.94**	**9,099.03**	**354.51**	**9,453.54**

Çizelge 4.43 : B2 binası (±Y) yönü, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri.

Kat	w_i	H_i	w_iH_i	F_i	ΔF_N	$F_i+\Delta F_N$
5	2,011.04	15	30,165.60	2,498.41	381.54	2,879.95
4	2,924.00	12	35,088.00	2,906.10		2,906.10
3	2,924.00	9	26,316.00	2,179.57		2,179.57
2	2,924.00	6	17,544.00	1,453.05		1,453.05
1	3,041.78	3	9,125.34	755.79		755.79
	13,824.82		**118,238.94**	**9,792.91**	**381.54**	**10,174.46**



Şekil 4.45 : B2 binası, SAP2000 katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri.

4.2.5 Kiriş kapasite oranlarının belirlenmesi

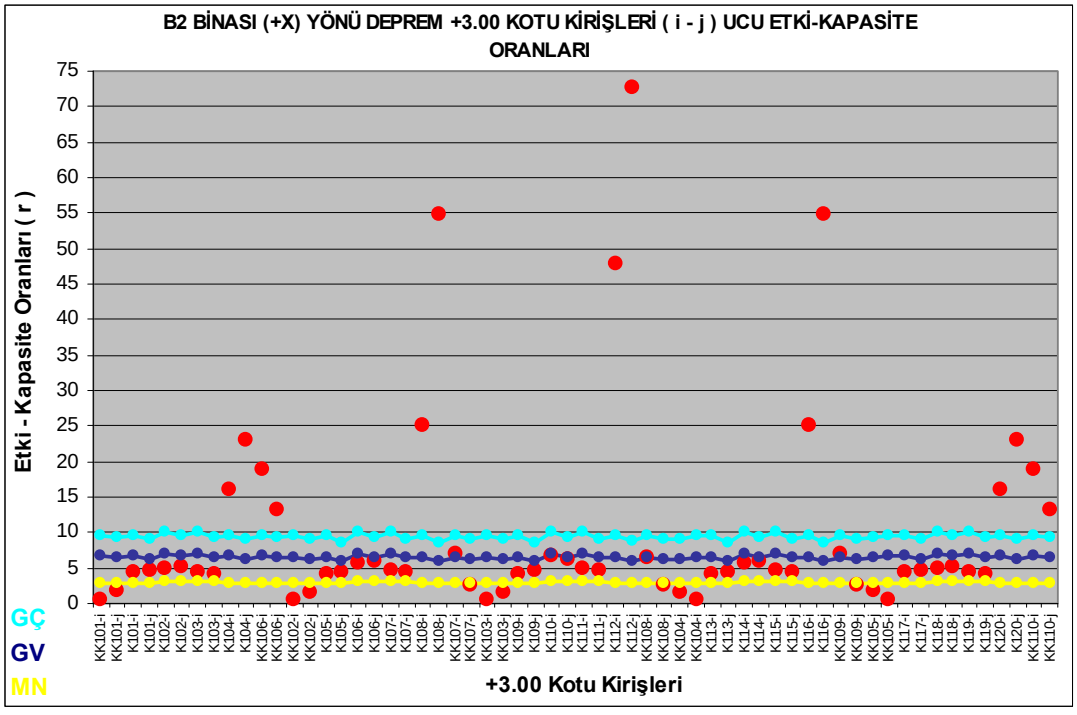
B2 Binası, 4.1.5 de detaylı olarak gösterilen yöntemlerle ve TDY-07, Bölüm 7 koşullarına göre yapılan hesaplar sonucu, (+X) Yönü Deprem Durumu, +3.00 Kotu Kirişleri, (i ucu) ve (j ucu) için , etki-kapasite oranları, hasar sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumları hesaplanmış ve Çizelge 4.44'de verilmiştir.

Çizelge 4.44 : B2 binası (+X) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kirişler	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
KK101-i	0.60	2.91	6.66	9.66	Minimum Hasar	Minimum Hasar
KK101-j	1.69	2.91	6.42	9.28	Minimum Hasar	
K101-i	4.27	2.92	6.68	9.68	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K101-j	4.54	2.92	6.28	9.03	Belirgin Hasar	
K102-i	4.94	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K102-j	5.28	3.00	6.73	9.59	Belirgin Hasar	
K103-i	4.35	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K103-j	4.16	3.00	6.57	9.35	Belirgin Hasar	
K104-i	16.16	2.92	6.68	9.68	Göçme Bölgesi	Göçme
K104-j	22.95	2.92	6.30	9.06	Göçme Bölgesi	
KK106-i	18.96	2.91	6.66	9.66	Göçme Bölgesi	Göçme
KK106-j	13.18	2.91	6.42	9.28	Göçme Bölgesi	
KK102-i	0.47	2.87	6.48	9.48	Minimum Hasar	Minimum Hasar
KK102-j	1.55	2.87	6.16	8.93	Minimum Hasar	
K105-i	4.13	2.87	6.46	9.46	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K105-j	4.38	2.87	5.94	8.55	Belirgin Hasar	
K106-i	5.73	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K106-j	5.91	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K107-i	4.77	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K107-j	4.29	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K108-i	25.18	2.87	6.46	9.46	Göçme Bölgesi	Göçme
K108-j	54.83	2.87	5.95	8.58	Göçme Bölgesi	
KK107-i	7.11	2.87	6.48	9.48	İleri Hasar	İleri Hasar
KK107-j	2.68	2.87	6.16	8.93	Minimum Hasar	
KK103-i	0.47	2.87	6.48	9.48	Minimum Hasar	Minimum Hasar
KK103-j	1.52	2.87	6.16	8.93	Minimum Hasar	
K109-i	4.06	2.89	6.57	9.57	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K109-j	4.63	2.89	6.02	8.65	Belirgin Hasar	
K110-i	6.74	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K110-j	6.24	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K111-i	5.01	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K111-j	4.71	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K112-i	47.86	2.89	6.57	9.57	Göçme Bölgesi	Göçme
K112-j	72.73	2.89	6.04	8.69	Göçme Bölgesi	
KK108-i	6.45	2.87	6.48	9.48	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
KK108-j	2.46	2.87	6.16	8.93	Minimum Hasar	
KK104-j	1.55	2.87	6.16	8.93	Minimum Hasar	Minimum Hasar
KK104-i	0.47	2.87	6.48	9.48	Minimum Hasar	
K113-i	4.13	2.87	6.46	9.46	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K113-j	4.38	2.87	5.94	8.55	Belirgin Hasar	

Çizelge 4.44 (devam) : B2 binası (+X) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kirişler	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
K114-i	5.73	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K114-j	5.91	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K115-i	4.77	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K115-j	4.29	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K116-i	25.18	2.87	6.46	9.46	Göçme Bölgesi	Göçme
K116-j	54.83	2.87	5.95	8.58	Göçme Bölgesi	
KK109-i	7.11	2.87	6.48	9.48	İleri Hasar	İleri Hasar
KK109-j	2.68	2.87	6.16	8.93	Minimum Hasar	
KK105-j	1.69	2.91	6.42	9.28	Minimum Hasar	Minimum Hasar
KK105-i	0.60	2.91	6.66	9.66	Minimum Hasar	
K117-i	4.27	2.92	6.68	9.68	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K117-j	4.54	2.92	6.28	9.03	Belirgin Hasar	
K118-i	4.94	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K118-j	5.28	3.00	6.73	9.59	Belirgin Hasar	
K119-i	4.35	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K119-j	4.16	3.00	6.57	9.35	Belirgin Hasar	
K120-i	16.16	2.92	6.68	9.68	Göçme Bölgesi	Göçme
K120-j	22.95	2.92	6.30	9.06	Göçme Bölgesi	
KK110-i	18.96	2.91	6.66	9.66	Göçme Bölgesi	Göçme
KK110-j	13.18	2.91	6.42	9.28	Göçme Bölgesi	



Şekil 4.46 : B2 binası (+X) yönü deprem durumu, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) kiriş hasar durum grafiği.

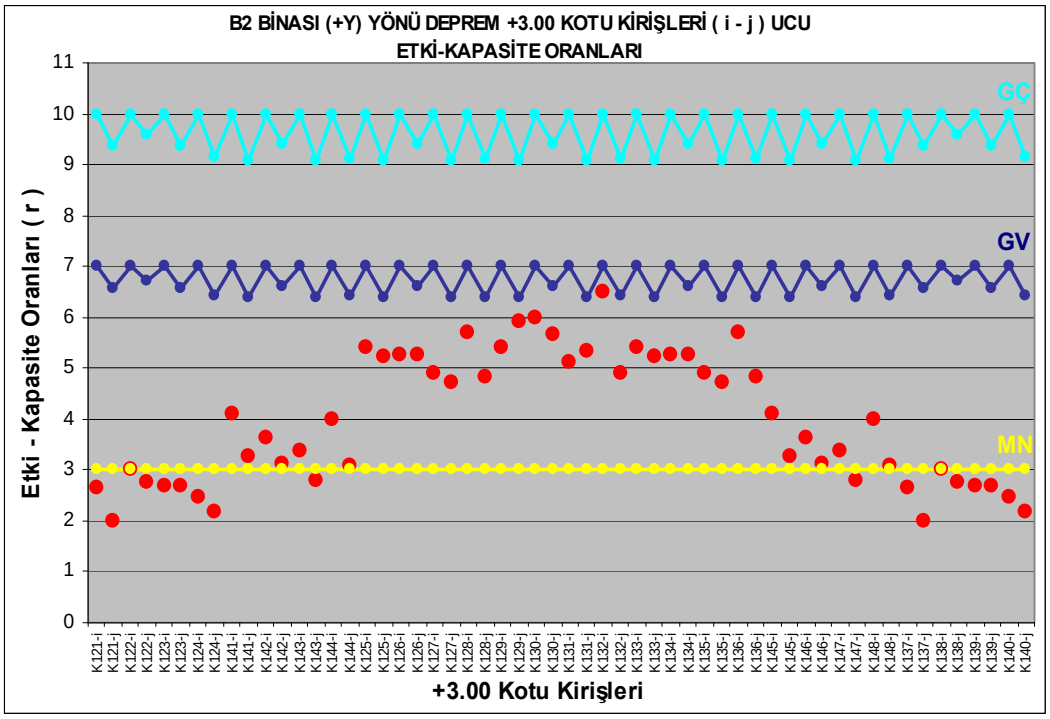
B2 Binası, (+Y) Yönü Deprem Durumu, +3.00 Kotu Kirişleri, (i ucu) ve (j ucu) için, etki-kapasite oranları, hasar sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumları hesaplanmış ve Çizelge 4.45'de verilmiştir.

Çizelge 4.45 : B2 binası (+Y) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kirişler	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
K121-i	2.66	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K121-j	1.99	3.00	6.57	9.35	Minimum Hasar	
K122-i	3.00	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K122-j	2.77	3.00	6.73	9.59	Minimum Hasar	
K123-i	2.67	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K123-j	2.67	3.00	6.57	9.35	Minimum Hasar	
K124-i	2.45	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K124-j	2.19	3.00	6.42	9.14	Minimum Hasar	
K141-i	4.11	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K141-j	3.28	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K142-i	3.65	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K142-j	3.10	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K143-i	3.36	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K143-j	2.81	3.00	6.39	9.09	Minimum Hasar	
K144-i	4.01	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K144-j	3.08	3.00	6.41	9.12	Belirgin Hasar	
K125-i	5.39	3.00	6.99	9.99	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K125-j	5.22	3.00	6.38	9.08	Belirgin Hasar	
K126-i	5.25	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K126-j	5.28	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K127-i	4.89	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K127-j	4.74	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K128-i	5.69	3.00	6.99	9.99	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K128-j	4.84	3.00	6.41	9.11	Belirgin Hasar	
K129-i	5.39	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K129-j	5.92	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K130-i	6.00	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K130-j	5.66	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K131-i	5.12	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K131-j	5.35	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K132-i	6.48	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K132-j	4.91	3.00	6.41	9.12	Belirgin Hasar	
K133-i	5.39	3.00	6.99	9.99	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K133-j	5.22	3.00	6.38	9.08	Belirgin Hasar	
K134-i	5.25	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K134-j	5.28	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K135-i	4.89	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K135-j	4.74	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K136-i	5.69	3.00	6.99	9.99	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K136-j	4.84	3.00	6.41	9.11	Belirgin Hasar	
K145-i	4.11	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K145-j	3.28	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K146-i	3.65	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K146-j	3.10	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K147-i	3.36	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K147-j	2.81	3.00	6.39	9.09	Minimum Hasar	

Çizelge 4.45 (devam) : B2 binası (+Y) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kirişler	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
K148-i	4.01	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K148-j	3.08	3.00	6.41	9.12	Belirgin Hasar	
K137-i	2.66	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K137-j	1.99	3.00	6.57	9.35	Minimum Hasar	
K138-i	3.00	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K138-j	2.77	3.00	6.73	9.59	Minimum Hasar	
K139-i	2.67	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K139-j	2.67	3.00	6.57	9.35	Minimum Hasar	
K140-i	2.45	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K140-j	2.19	3.00	6.42	9.14	Minimum Hasar	



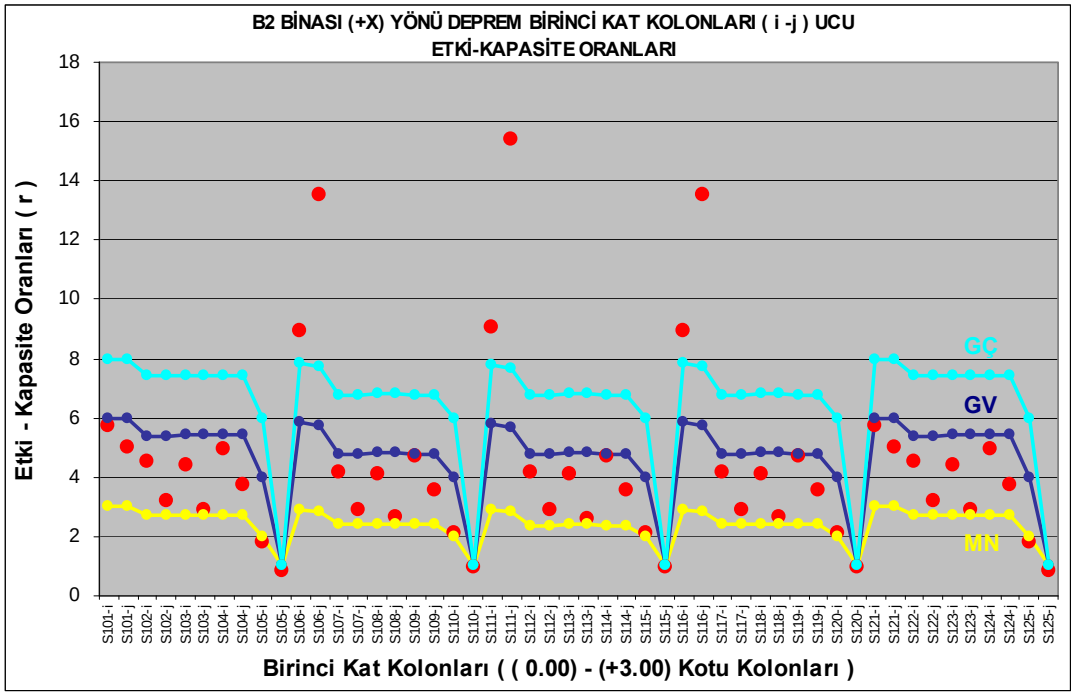
Şekil 4.47 : B2 binası (+Y) yönü deprem durumu, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) kiriş hasar durum grafiği.

4.2.6 Kolon kapasite oranlarının belirlenmesi

B2 Binası, 4.1.6 da detaylı olarak gösterilen yöntemlerle ve TDY-07, Bölüm 7 koşullarına göre yapılan hesaplar sonucu, (+X) Yönü Deprem Durumu, Birinci Kat Kolonları, (i - j ucu) için , etki-kapasite oranları, hasar sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumları hesaplanmış ve Çizelge 4.46'da verilmiştir.

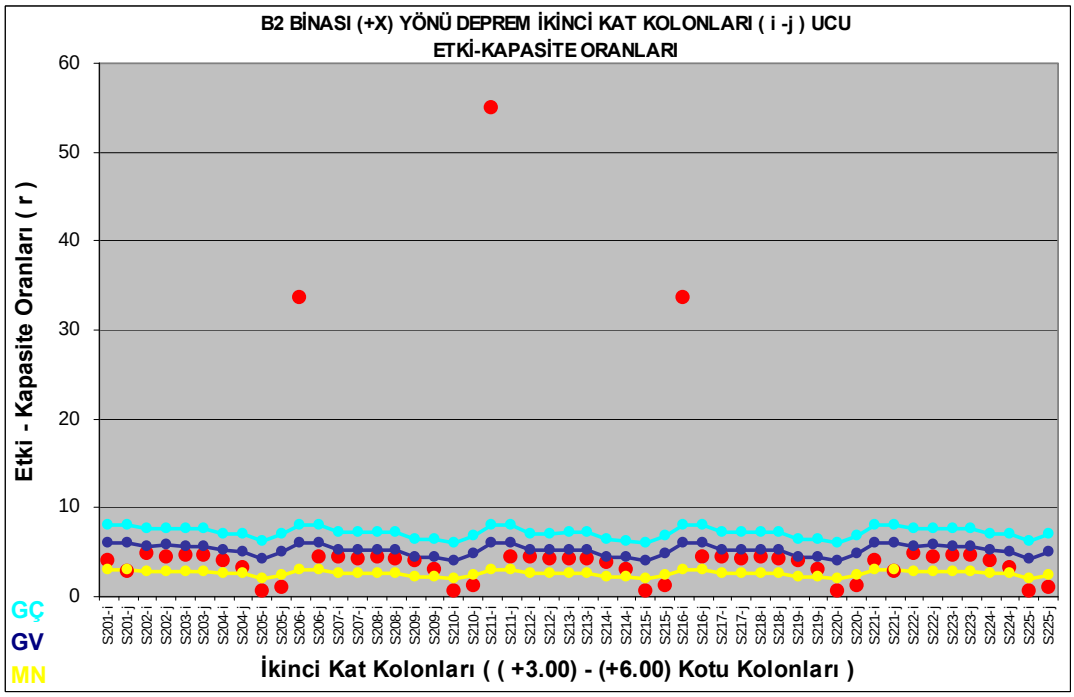
Çizelge 4.46 : B2 binası (+X) yönü deprem, birinci kat kolonları, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kolonlar	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
S101-i	5.76	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S101-j	5.04	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S102-i	4.52	2.70	5.40	7.40	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S102-j	3.21	2.70	5.40	7.40	Belirgin Hasar	
S103-i	4.41	2.72	5.44	7.44	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S103-j	2.88	2.72	5.44	7.44	Belirgin Hasar	
S104-i	4.94	2.71	5.41	7.41	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S104-j	3.73	2.71	5.41	7.41	Belirgin Hasar	
S105-i	1.79	2.00	4.01	6.01	Minimum Hasar	Minimum Hasar
S105-j	0.83	1.00	1.00	1.00	Minimum Hasar	
S106-i	8.94	2.92	5.85	7.85	Göçme Bölgesi	Göçme
S106-j	13.50	2.86	5.71	7.71	Göçme Bölgesi	
S107-i	4.17	2.39	4.78	6.78	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S107-j	2.92	2.39	4.78	6.78	Belirgin Hasar	
S108-i	4.09	2.41	4.83	6.83	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S108-j	2.63	2.41	4.83	6.83	Belirgin Hasar	
S109-i	4.69	2.39	4.78	6.78	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S109-j	3.56	2.39	4.78	6.78	Belirgin Hasar	
S110-i	2.13	2.00	4.00	6.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S110-j	0.96	1.00	1.00	1.00	Minimum Hasar	
S111-i	9.07	2.91	5.82	7.82	Göçme Bölgesi	Göçme
S111-j	15.38	2.83	5.65	7.65	Göçme Bölgesi	
S112-i	4.16	2.38	4.76	6.76	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S112-j	2.91	2.38	4.76	6.76	Belirgin Hasar	
S113-i	4.08	2.41	4.81	6.81	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S113-j	2.63	2.41	4.81	6.81	Belirgin Hasar	
S114-i	4.68	2.38	4.76	6.76	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S114-j	3.56	2.38	4.76	6.76	Belirgin Hasar	
S115-i	2.10	2.00	4.00	6.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S115-j	0.95	1.00	1.00	1.00	Minimum Hasar	
S116-i	8.94	2.92	5.85	7.85	Göçme Bölgesi	Göçme
S116-j	13.50	2.86	5.71	7.71	Göçme Bölgesi	
S117-i	4.17	2.39	4.78	6.78	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S117-j	2.92	2.39	4.78	6.78	Belirgin Hasar	
S118-i	4.09	2.41	4.83	6.83	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S118-j	2.63	2.41	4.83	6.83	Belirgin Hasar	
S119-i	4.69	2.39	4.78	6.78	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S119-j	3.56	2.39	4.78	6.78	Belirgin Hasar	
S120-i	2.13	2.00	4.00	6.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S120-j	0.96	1.00	1.00	1.00	Minimum Hasar	
S121-i	5.76	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S121-j	5.04	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S122-i	4.52	2.70	5.40	7.40	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S122-j	3.21	2.70	5.40	7.40	Belirgin Hasar	
S123-i	4.41	2.72	5.44	7.44	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S123-j	2.88	2.72	5.44	7.44	Belirgin Hasar	
S124-i	4.94	2.71	5.41	7.41	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S124-j	3.73	2.71	5.41	7.41	Belirgin Hasar	
S125-i	1.79	2.00	4.01	6.01	Minimum Hasar	Minimum Hasar
S125-j	0.83	1.00	1.00	1.00	Minimum Hasar	



Şekil 4.48 : B2 binası (+X) yönü deprem durumu, birinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği.

B2 Binası (+X) Yönü Deprem, 2.Kat Kolon Hasar Durumu, Şekil 4.49'da verilmiştir.

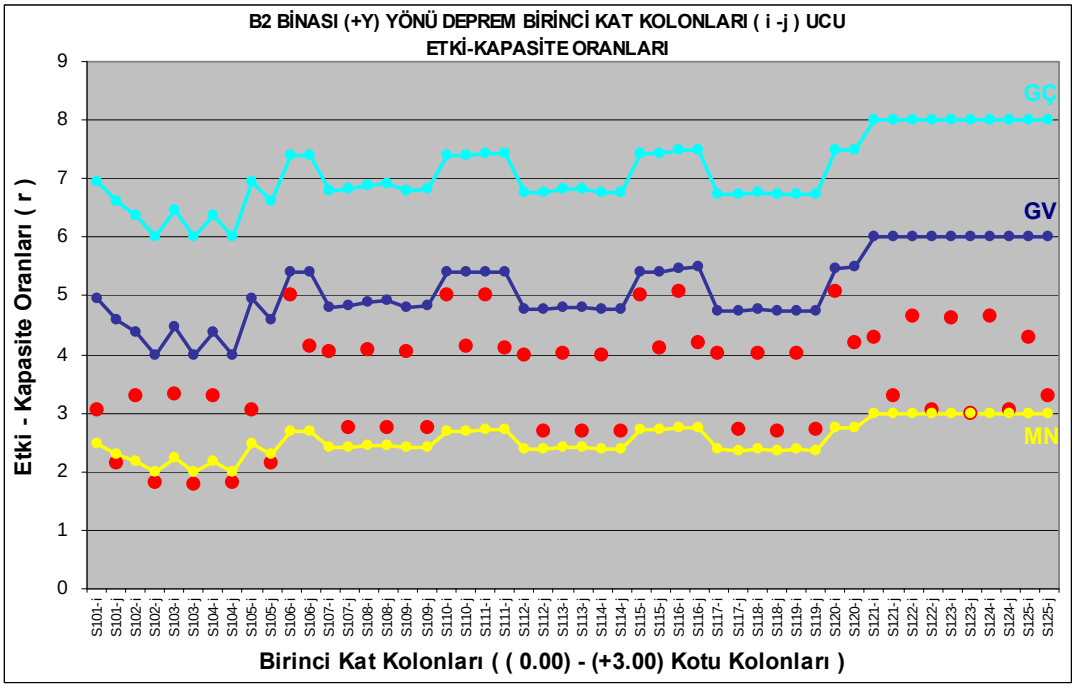


Şekil 4.49 : B2 binası (+X) yönü deprem durumu, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği.

B2 Binası, (+Y) Yönü Deprem, Birinci Kat Kolonları, (i - j ucu), etki-kapasite oranları, hasar sınırları, kesit ve eleman hasar durumları Çizelge 4.47'de verilmiştir.

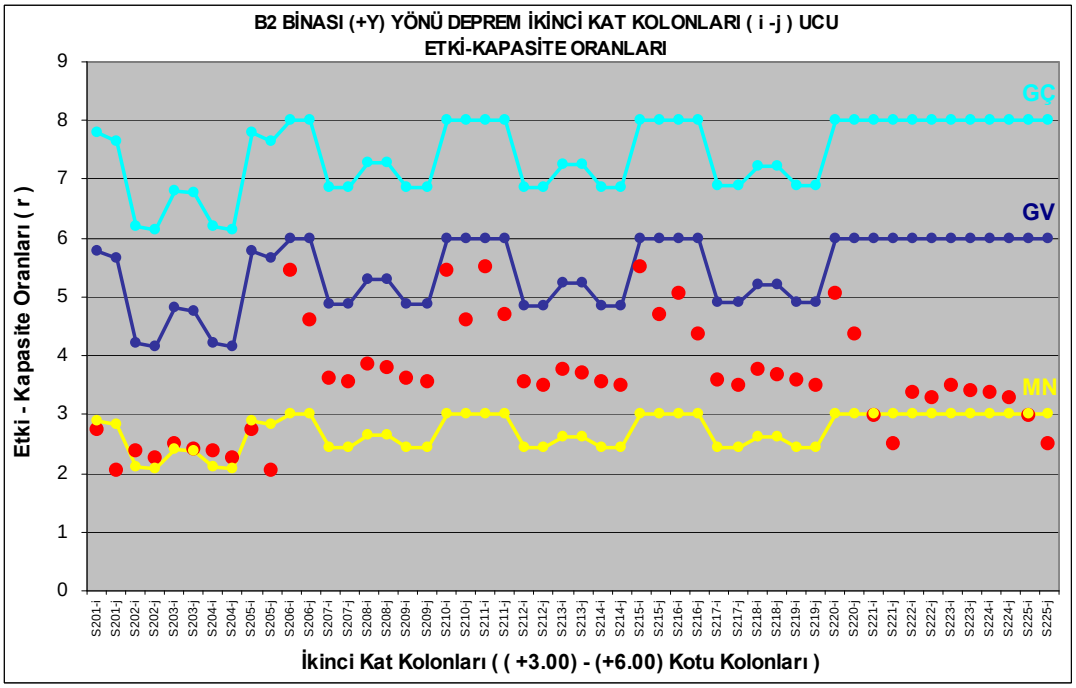
Çizelge 4.47 : B2 binası (+Y) yönü deprem, birinci kat kolonları, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kolonlar	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
S101-i	3.06	2.48	4.96	6.96	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S101-j	2.16	2.30	4.60	6.60	Minimum Hasar	
S102-i	3.30	2.19	4.37	6.37	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S102-j	1.81	2.00	4.00	6.00	Minimum Hasar	
S103-i	3.31	2.23	4.46	6.46	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S103-j	1.78	2.00	4.00	6.00	Minimum Hasar	
S104-i	3.30	2.19	4.37	6.37	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S104-j	1.81	2.00	4.00	6.00	Minimum Hasar	
S105-i	3.06	2.48	4.96	6.96	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S105-j	2.16	2.30	4.60	6.60	Minimum Hasar	
S106-i	5.02	2.70	5.41	7.41	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S106-j	4.13	2.70	5.40	7.40	Belirgin Hasar	
S107-i	4.05	2.40	4.81	6.81	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S107-j	2.75	2.41	4.82	6.82	Belirgin Hasar	
S108-i	4.07	2.44	4.88	6.88	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S108-j	2.76	2.46	4.91	6.91	Belirgin Hasar	
S109-i	4.05	2.40	4.81	6.81	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S109-j	2.75	2.41	4.82	6.82	Belirgin Hasar	
S110-i	5.02	2.70	5.41	7.41	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S110-j	4.13	2.70	5.40	7.40	Belirgin Hasar	
S111-i	5.01	2.71	5.42	7.42	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S111-j	4.11	2.71	5.42	7.42	Belirgin Hasar	
S112-i	3.99	2.38	4.76	6.76	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S112-j	2.67	2.38	4.76	6.76	Belirgin Hasar	
S113-i	4.00	2.41	4.81	6.81	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S113-j	2.67	2.41	4.81	6.81	Belirgin Hasar	
S114-i	3.99	2.38	4.76	6.76	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S114-j	2.67	2.38	4.76	6.76	Belirgin Hasar	
S115-i	5.01	2.71	5.42	7.42	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S115-j	4.11	2.71	5.42	7.42	Belirgin Hasar	
S116-i	5.09	2.74	5.48	7.48	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S116-j	4.19	2.74	5.49	7.49	Belirgin Hasar	
S117-i	4.01	2.37	4.75	6.74	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S117-j	2.71	2.37	4.73	6.73	Belirgin Hasar	
S118-i	4.01	2.38	4.76	6.76	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S118-j	2.70	2.37	4.74	6.74	Belirgin Hasar	
S119-i	4.01	2.37	4.75	6.74	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S119-j	2.71	2.37	4.73	6.73	Belirgin Hasar	
S120-i	5.09	2.74	5.48	7.48	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S120-j	4.19	2.74	5.49	7.49	Belirgin Hasar	
S121-i	4.28	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S121-j	3.29	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S122-i	4.65	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S122-j	3.05	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S123-i	4.63	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S123-j	3.00	3.00	6.00	8.00	Minimum Hasar	
S124-i	4.65	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S124-j	3.05	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S125-i	4.28	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S125-j	3.29	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	



Şekil 4.50 : B2 binası (+Y) yönü deprem durumu, birinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği.

Birleşim bölgeleri kontrolü ve kolonların kirişlerden güçlü olma koşullarının hesabında gerekli olacağından, B2 Binası (+Y) Yönü Deprem, İkinci Kat Kolonları, (i - j ucu) için , Kolon Hasar Durum Grafiği de, Şekil 4.50'de verilmiştir.



Şekil 4.51 : B2 binası (+Y) yönü deprem durumu, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği.

4.2.7 Birleşim bölgeleri kontrolü

B2 Binası, (+X) yönü deprem durumu (+3.00) kotu birleşim bölgeleri hesap sonuçları aşağıda Çizelge 4.48 ve Çizelge 4.49'da verilmiştir.

Çizelge 4.48 : B2 binası (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri kırılma türü kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	V_e	$0.45b_jhf_{cd}$	Kontrol $V_e<0.45b_jhf_{cd}$	Birleşim Bölgesi Kırılma Türü
S101	614.29	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S102	492.03	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S103	489.48	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S104	483.43	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S105	570.33	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S106	670.00	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S107	518.80	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S108	504.34	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S109	510.91	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S110	644.22	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S111	668.66	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S112	440.53	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S113	470.95	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S114	433.06	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S115	645.52	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S116	670.00	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S117	518.80	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S118	504.34	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S119	510.91	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S120	644.22	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S121	614.29	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S122	492.03	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S123	489.48	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S124	483.43	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S125	570.33	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören

Çizelge 4.49 : B2 binası, (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri 'kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu' kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	$(M_{ra}+M_{rü})$	$1.2(M_{ri}+M_{rj})$	Kontrol	Birleşim Bölgesi Türü
S101	210.87	295.38	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S102	256.12	248.36	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S103	254.50	248.64	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S104	274.33	247.69	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S105	307.78	290.29	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S106	229.01	318.45	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S107	326.00	269.43	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S108	323.69	265.53	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S109	340.17	268.77	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S110	261.69	310.72	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S111	233.08	318.45	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S112	327.25	238.54	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S113	324.41	252.33	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S114	341.00	238.09	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S115	258.50	310.72	-	Kontrol Edilmeyecektir.*

Çizelge 4.49 (devam) : B2 binası, (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon - kiriş birleşim bölgeleri 'kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu' kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	$(M_{ra}+M_{rü})$	$1.2(M_{ri}+M_{rj})$	Kontrol	Birleşim Bölgesi Türü
S116	229.01	318.45	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S117	326.00	269.43	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S118	323.69	265.53	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S119	340.17	268.77	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S120	261.69	310.72	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S121	210.87	295.38	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S122	256.12	248.36	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S123	254.50	248.64	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S124	274.33	247.69	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S125	307.78	290.29	-	Kontrol Edilmeyecektir.*

* Tek katlı binalarda ve çok katlı binaların kolonları üst kata devam etmeyen düğüm noktalarında 'Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü' olma koşulunun sağlanıp sağlanmadığına bakılmayacaktır (TDY-07, 3.3.5.4(b)).

(+Y) yönü deprem durumu (+3.00) kotu birleşim bölgeleri hesap sonuçları ise aşağıda Çizelge 4.50 ve Çizelge 4.51'de verilmiştir.

Çizelge 4.50 : B2 binası (+Y) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri kırılma türü kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	V_e	$0.45b_jhf_{cd}$	Kontrol $V_e<0.45b_jhf_{cd}$	Birleşim Bölgesi Kırılma Türü
S101	331.48	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S102	339.08	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S103	345.19	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S104	339.08	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S105	331.48	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S106	538.38	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S107	512.31	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S108	443.10	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S109	512.31	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S110	538.38	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S111	523.34	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S112	496.63	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S113	464.07	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S114	496.63	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S115	523.34	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S116	540.50	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S117	512.76	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S118	441.25	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S119	512.76	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S120	540.50	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S121	200.04	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S122	210.02	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S123	212.55	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S124	210.02	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S125	200.04	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören

Çizelge 4.51 : B2 binası, (+Y) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon - kiriş birleşim bölgeleri 'kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu' kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	$(M_{ra}+M_{rü})$	$1.2(M_{ri}+M_{rj})$	Kontrol	Birleşim Bölgesi Türü
S101	171.01	185.59	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S102	317.37	185.59	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S103	309.31	185.59	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S104	317.37	185.59	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S105	171.01	185.59	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S106	133.59	269.79	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S107	332.94	269.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S108	330.90	238.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S109	332.94	269.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S110	133.59	269.79	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S111	133.02	265.53	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S112	334.58	265.53	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S113	324.41	249.35	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S114	334.58	265.53	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S115	133.02	265.53	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S116	130.68	269.43	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S117	334.20	269.43	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S118	326.55	238.54	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S119	334.20	269.43	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S120	130.68	269.43	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S121	98.72	125.26	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S122	172.52	125.26	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S123	168.91	125.26	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S124	172.52	125.26	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S125	98.72	125.26	-	Kontrol Edilmeyecektir.*

* Tek katlı binalarda ve çok katlı binaların kolonları üst kata devam etmeyen düğüm noktalarında 'Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü' olma koşulunun sağlanıp sağlanmadığına bakılmayacaktır (TDY-07, 3.3.5.4(b)).

4.2.8 Göreli kat ötelemelerinin kontrolü

B2 Binası, (+X) yönü deprem durumu göreli kat ötelemesi sınırları Çizelge 4.52'de verilmiştir.

Çizelge 4.52 : B2 binası (+X) yönü deprem göreli kat öteleme değerleri.

Kat	d_{imax}	δ_{imax}	δ_{imax}/h_i		Hasar Sınırı	Hasar Bölgesi
1	0.030931	0.03093	0.0103	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
2	0.077910	0.04698	0.016	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
3	0.123066	0.04516	0.015	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
4	0.159989	0.03692	0.012	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
5	0.184481	0.02449	0.008	<	0.01	Minimum Hasar Bölgesi

(+X) yönü deprem durumunda, göreli kat ötelemesi kontrolü sonucu, B2 Binası 1., 2., 3. ve 4. katlarının 'Belirgin Hasar Bölgesi'nde olduğu görülmüştür.

Deprem performans analizi hesaplarına baz olan birinci kat kolonların alt ve üst kesitlerinde, '4.2.6 – Kolon Kapasite Oranlarının Belirlenmesi' bölümünde hesaplanan 'Minimum Hasar' durumları, göreli kat ötelemesi şartına göre 'Belirgin Hasar' olarak hesaplandığından, bu şartları içeren S105, S110, S115, S120 ve S125 kolon kesitleri, 'Belirgin Hasar Gören Kesit' olarak değerlendirilecektir.

B2 Binası, (+Y) yönü deprem durumu göreli kat ötelemesi sınırları Çizelge 4.53'de verilmiştir.

Çizelge 4.53 : B2 binası (+Y) yönü deprem göreli kat öteleme değerleri.

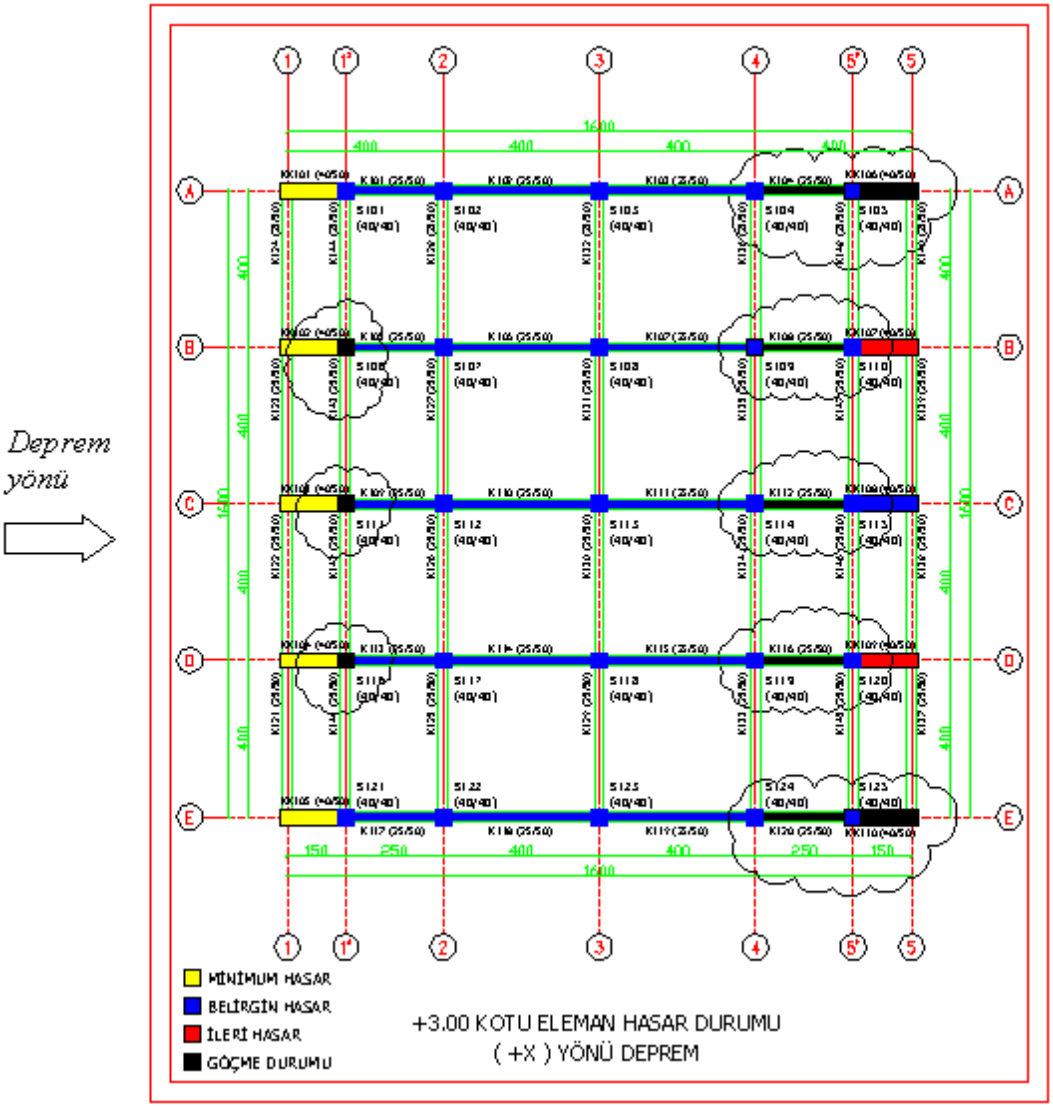
Kat	d_{imax}	δ_{imax}	δ_{imax}/h_i		Hasar Sınırı	Hasar Bölgesi
1	0.029652	0.02965	0.0099	<	0.01	Minimum Hasar Bölgesi
2	0.071393	0.04174	0.014	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
3	0.112295	0.04090	0.014	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
4	0.144419	0.03212	0.011	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
5	0.163119	0.01870	0.006	<	0.01	Minimum Hasar Bölgesi

(+Y) yönü deprem durumunda, göreli kat ötelemesi kontrolü sonucu, B2 Binası 2., 3. ve 4. katlarının 'Belirgin Hasar Bölgesi'nde olduğu görülmüştür.

B2 Binası 1. katı ise, 1 ve 5 aksındaki kolonların +0.00 kotunda 1.5 metre içeri çekilmesi ve (Y) yönünde döşeme süreksizliği oluşmaması amacıyla, 1' ve 5' aksları boyunca, 2 ve 4 akslarındaki kirişler ile aynı özelliğe sahip kirişlerin eklenmesi ile, göreli kat ötelemesi kontrolü sonucu 'Minimum Hasar Bölgesi'nde çıkmıştır.

4.2.9 Bina deprem performansının belirlenmesi

B2 Binası, (+X) Yönü Deprem, eleman hasar durumu aşağıda Şekil 4.52'de verilmiştir.



Şekil 4.52 : B2 binası (+X) yönü deprem eleman hasar durumu.

B2 Binası, (+X) Yönü Deprem, eleman hasar durumuna göre, deprem doğrultusuna yakın 1′ aksındaki S106, S111 ve S116 kolonları 'Göçme Durumu'nda hasar görürken, (1 - 1′) aksları arasındaki konsol kirişleri 'Minimum Hasar' görmüşlerdir.

Deprem doğrultusuna uzak 4, 5′ ve 5 aksları arasında ise, K104, K108, K112, K116 ve K120 kirişleri ve KK106 ve KK110 konsol kirişleri 'Göçme Durumu'nda, KK107 ve KK109 konsol kirişleri de 'İleri Hasar' durumunda hasar görürken, diğer tüm taşıyıcı elemanlar ise 'Belirgin Hasar' görmüşlerdir.

B2 Binası kolonlarının tamamı ve K105, K113, K108 ve K116 kirişleri hariç diğer tüm kirişleri, sünek olarak hasar gören eleman olarak hesaplanmıştır. K105 ve simetrik diğer üç kirişin ise, TS500, (8.1.5.1) minimum kesme donatısı (A_{sw} / s)'e göre tahkiki yapıldığında, gevrek olarak hasar gören eleman olarak hesaplanmıştır. Bu dört kirişin de, diğer taşıyıcı elemanlar gibi sünek davranış göstermesi istendiğinden, (A_{sw} / s) oranı, Ø6/100 etriyeye denk gelecek şekilde, hesaplanan minimum orana göre arttırılarak, bu kirişlerin de sünek olarak hasar gören eleman olması sağlanmış ve hesaplara devam edilmiştir.

B2 Binasının 'Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağlamadığı açık olarak görüldüğünden, (+X) yönü deprem durumu için TDY-07, 7.7.4 'Göçme Öncesi Performans Düzeyi' şartlarına göre incelenirse;

(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 (TDY-07, 7.7.4 (a)).

4.2.5 bölümünde gösterildiği gibi, 30 adet kirişin 7 adeti 'Göçme Bölgesi', 2 adeti 'İleri Hasar Bölgesi', diğer kirişler de 'Belirgin Hasar Bölgesi' ve 'Minimum Hasar Bölgesi'nde çıkmıştır. 'Göçme Bölgesi'nde bulunan kiriş oranı %23.3 > %20 olduğundan, B2 Binası (+X) Yönü deprem durumunda, 'Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nin kirişler için geçerli olan (a) maddesi birinci kat kirişleri için sağlanmamıştır.

(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 (TDY-07, Denk.3.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler) (TDY-07, 7.7.4 (b)).

4.2.6 bölümünde gösterildiği gibi, 25 adet kolonun 3 adeti 'Göçme Bölgesi'nde çıkmıştır. Dolayısıyla, B2 Binası (+X) Yönü deprem durumunda, 'Göçme Öncesi Performans Düzeyi' (b) maddesi şartı da, birinci kat için sağlanmamıştır. 4.2.7 bölümü birleşim bölgeleri için yapılan kontrolde, 'Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu' sağlandığı için, kesme kuvveti oranının %30'u aşmaması şartının kontrolünün yapılmasına da gerek kalmamıştır.

B2 Binasının, birinci kat (+X) yönü deprem durumunda, 'Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlamadığı aşağıda Çizelge 4.54'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.54 : B2 binası, (+X) yönü deprem, birinci kat göçme öncesi performans hedefi.

Kat	Eleman	Toplam Eleman Adedi	Sağlamayan Eleman		V (kN)			Limit	
			Adedi	%	Toplam (kN)	Sağlamayan (kN)	%		
1	Kirişler	30	7	23.3 %				<20% Göçme Bölgesi	X
	Kolonlar	25	3	12.0 %				<0% Göçme Bölgesi	X
	Kolonlar	25			9,453.54	-	0.0%	<30% Kesme Kuvveti	√

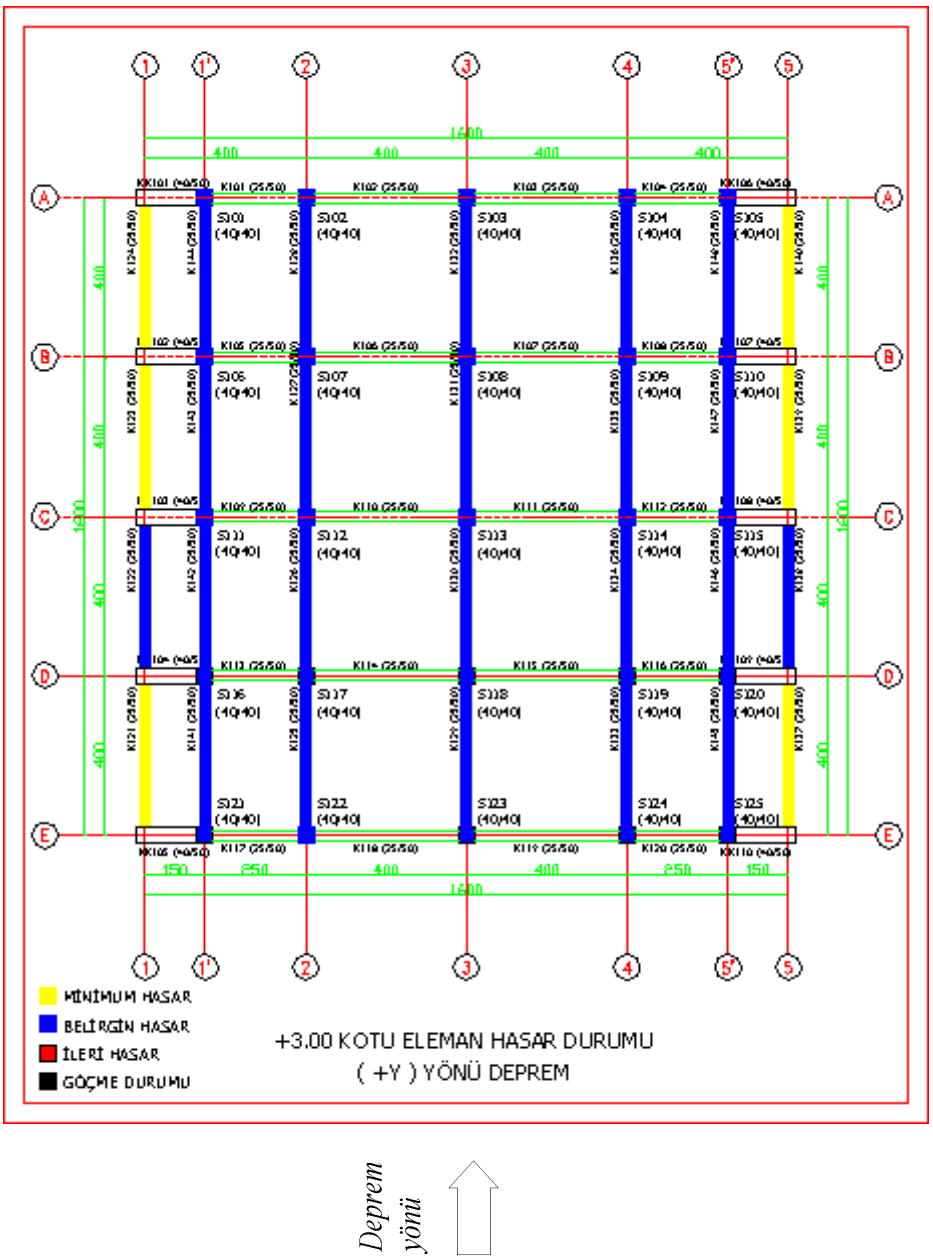
B2 Binası (+X) yönü deprem durumu için TDY-07, 7.7.5 'Göçme Durumu' şartları incelenirse;

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumun'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır (TDY-07, 7.7.5).

B2 Binası Birinci katı (+X) yönü deprem durumunda, yukarıda Çizelge 4.54'de verilen şartların tamamına ulaşamadığı için 'Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamamış ve *'Göçme Durumu'*nda çıkmıştır.

Binanın mevcut durumda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

B2 Binası, (+Y) Yönü Deprem, eleman hasar durumu da aşağıda Şekil 4.53'de verilmiştir.



Şekil 4.53 : B2 binası (+Y) yönü deprem eleman hasar durumu.

B2 Binası, (+Y) Yönü Deprem, eleman hasar durumuna göre, tüm kolonlar ve (1-1), (5–5) aksı hariç tüm kirişler, 'Belirgin Hasar' durumundadır. (1-1) ve (5-5) aksındaki kirişler incelendiğinde ise, K122 ve simetrik K138 kirişlerinin 'Belirgin Hasar', diğer altı kirişin ise 'Minimum Hasar' durumunda olduğu görülmüştür. K122 kirişi incelendiğinde ise, (i) ucunda etki kapasite oranı 'r'nin 3.00006 > 3.00 olarak hesaplandığı ve minimum hasar sınır değerinin çok küçük bir farkla aşıldığı belirlenmiştir. K122 kirişi (i) ucu alt donatı miktarı olan 829 mm^2, 830 mm^2 olmuş olsa idi, K122 kirişinin 'Minimum Hasar Sınırı'nda olacağı da gözlemlenmiştir. K122 kirişi ile aynı hasar durumu beklediğimiz K121 kirişinin (i) ucu donatı miktarının da 842 mm^2 olması, Şekil 4.53 (1-1) aksında oluşan hasar durumunu açıklamaktadır.

B2 Binası (+Y) yönü deprem durumunda, kolon ve kirişlerinin tamamı sünek olarak hasar gören eleman olarak hesaplanmıştır. Gevrek olarak hasar gören eleman bulunmamaktadır.

B2 Binası performans düzeyi (+Y) yönü deprem durumu için TDY-07, 7.7.3 'Can Güvenliği Performans Düzeyi' şartlarına göre incelenirse;

(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 İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir (TDY-07, 7.7.3(a)).

4.2.5 bölümünde gösterildiği gibi, kirişlerin tamamı 'Belirgin Hasar' ve 'Minimum Hasar' bölgesinde çıkmıştır. İleri Hasar Bölgesinde kiriş bulunmamaktadır. Dolayısıyla, B2 Binası (+Y) Yönü deprem durumunda, *Can Güvenliği* performans düzeyinin kirişler için geçerli olan (a) maddesi, birinci kat kirişleri için sağlanmıştır.

(b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır (TDY-07, 7.7.3(b)).

4.2.6 bölümünde gösterildiği gibi, kolonların tamamı 'Belirgin Hasar Bölgesi'nde çıkmıştır. İleri Hasar Bölgesinde kolon bulunmamaktadır. Dolayısıyla, 'Can Güvenliği' performans düzeyinin kolonlar için geçerli olan (b) maddesi de sağlanmıştır.

(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 (TDY-07, Denk.3.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler) (TDY-07, 7.7.3(c)).

4.2.5 ve 4.2.6 bölümünde gösterildiği gibi, taşıyıcı elemanların tümü 'Belirgin Hasar' ve 'Minimum Hasar' bölgesinde çıkmıştır.

4.2.7 bölümü birleşim bölgeleri için yapılan kontrolde, 'Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu' sağlandığı için, kesme kuvveti oranının %30'u aşmaması şartının kontrolünün yapılmasına gerek kalmamış ve TDY-07, 7.7.3 (c) şartı da sağlamıştır.

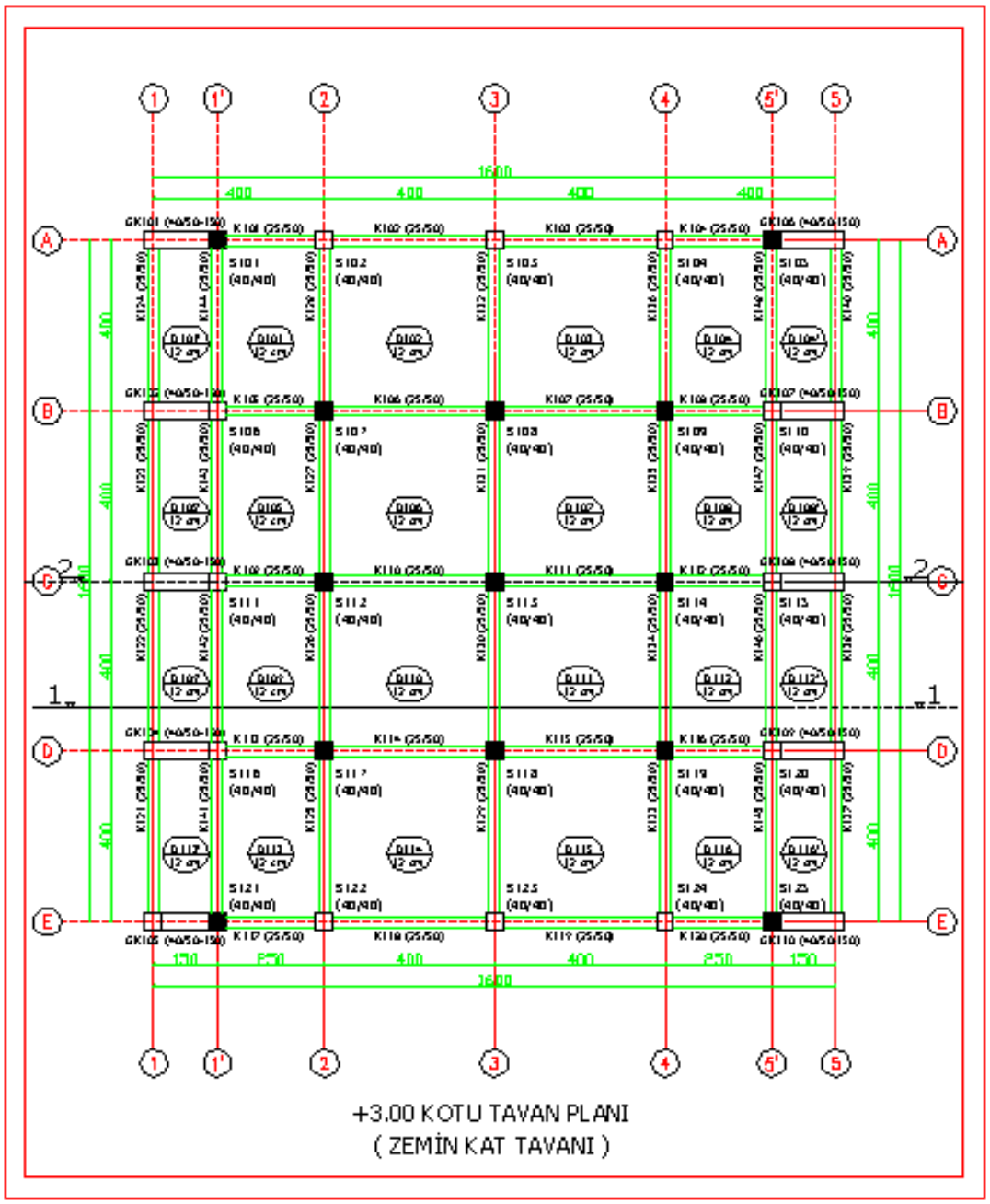
Bu sonuçlara göre, B2 Binası, (+Y) yönü deprem durumu için, Çizelge 4.55'de gösterildiği gibi, *'Can Güvenliği'* performans hedefini sağlamaktadır.

Çizelge 4.55 : B2 binası, (+Y) yönü deprem, birinci kat can güvenliği performans hedefi.

Kat	Eleman	Toplam Eleman Adedi	Sağlamayan Eleman		V (kN)			Limit	
			Adet	%	Toplam (kN)	Sağlamayan (kN)	%		
	Kirişler	28	-	0.0 %				<30% İleri Hasar Bölgesi	√
1	Kolonlar	25	-	0.0 %	10,174.46	-	0.0%	<20% İleri Hasar Kolonları Kesme Kuvveti	√
	Kolonlar	25	-	0.0 %	10,174.46	-	0.0%	<30% Kesme Kuvveti	√

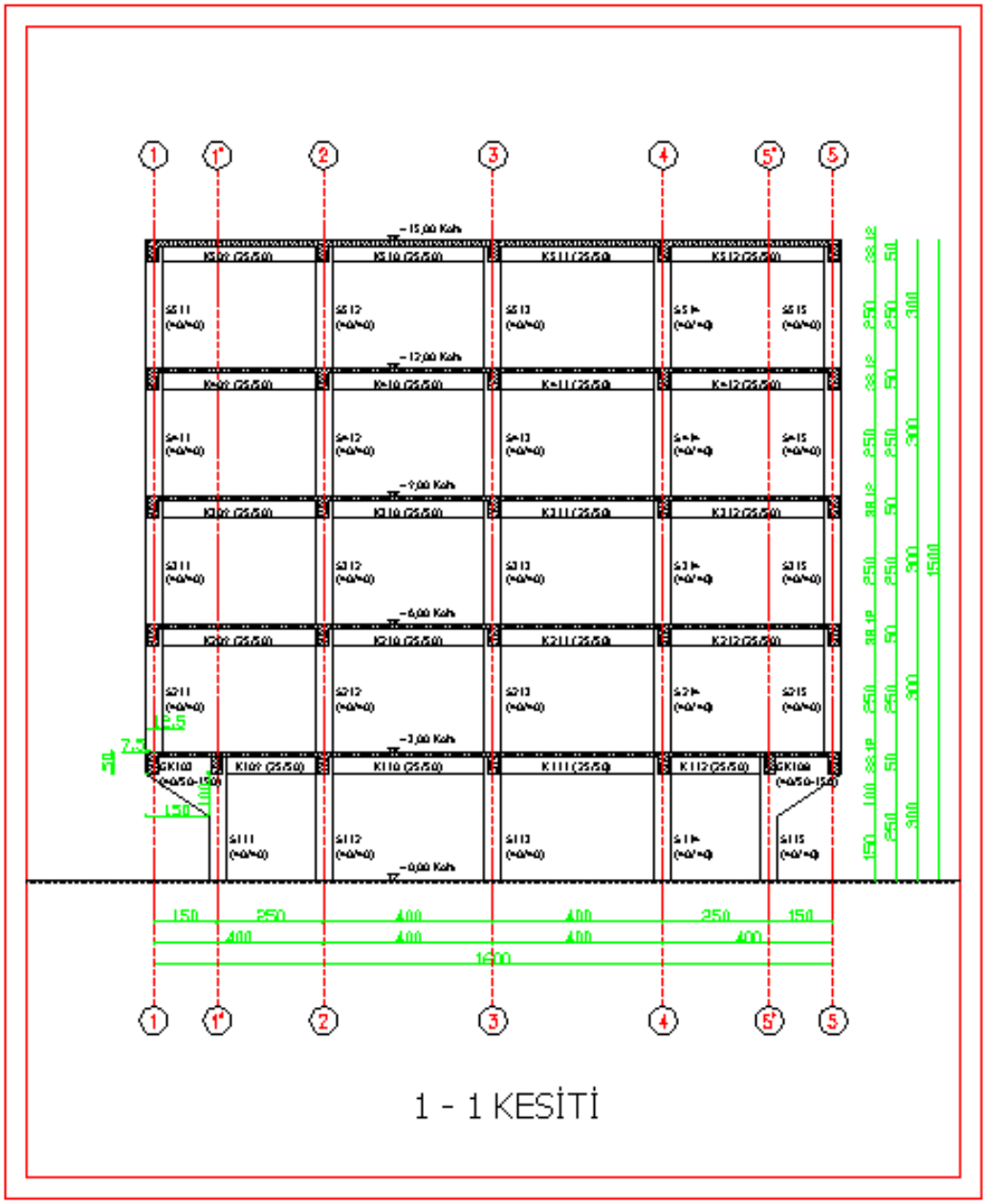
4.3 B3 Binası Performans Analizi

B3 Binası, 1 ve 5 aksındaki kolonların +0.00 kotunda 1.5 metre içeri çekilerek, +3.00 kotundan itibaren, kolonların guseli kolon (değişken kesitli konsol kiriş) ucundan itibaren düşey süreksizlik oluşturacak şekilde düzenlenmiştir. (Y) yönünde döşeme süreksizliği oluşmaması amacıyla, 1' ve 5' aksları boyunca, 2 ve 4 akslarındaki kirişler ile aynı özelliğe sahip kirişler eklenmiştir. Şekil 4.54'de, B3 Binası, +3.00 kotu kalıp planı verilmiştir.

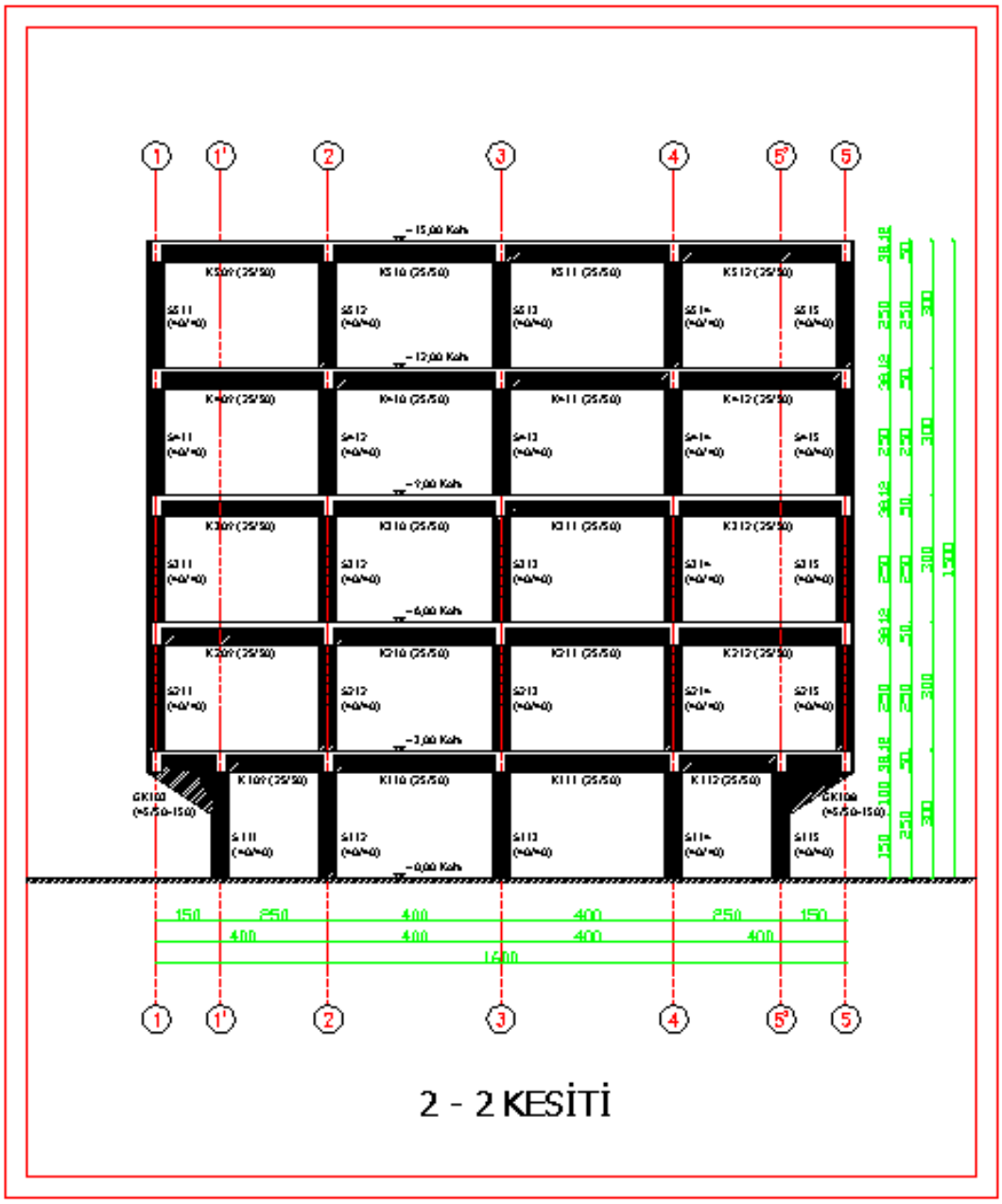


Şekil 4.54 : B3 binası +3.00 kotu kalıp planı.

Her bir katının yüksekliği 3.00 m olan B3 Binası toplam 15 m yüksekliğindedir. (X) doğrultusundaki (1- 1) ve (2-2) boyuna kesitleri de, aşağıda Şekil 4.55 ve Şekil 4.56'da gösterilmiştir.



Şekil 4.55 : B3 binası 1-1 boyuna kesiti.



Şekil 4.56 : B3 binası 2-2 boyuna kesiti.

4.3.1 Binaya etkiyen sabit ve hareketli yüklerin hesabı

B3 Binası kütlesi ve birinci kat kolonları N_G, N_Q, taşıyıcı elemanların çatlamış eğilme rijitliği EI değerleri, Çizelge 4.56'da görülmektedir. İkinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci kat kolonlarına gelen yüklemeler gösterilmemiştir. İstendiği takdirde gerekli tüm hesap detaylarına, çalışmanın sonunda bulunan hesap CD'sinden ulaşılabilir.

Çizelge 4.56 : B3 binası birinci kat kolonları yük dağılımı.

	N_G	N_Q	$N_{(G+0.3xQ)}$	A_C	f_{cm}	$N_{D/}$ $(A_C x f_{cm})$	$N_D/(A_C x f_{cm}) \leq 0.10$ $\rightarrow (EI)_e = 0.40(EI)_0$ $N_D/(A_C x f_{cm}) \geq 0.40$ $\rightarrow (EI)_e = 0.80(EI)_0$	
	kN	**kN**	**kN**	**m^2**	**kN/m^2**		**Hesap**	**kN**
S101	338.80	41.00	351.10	0.16	16,000	0.14	0.45 EI_0	**0.45 EI_0**
S102	450.11	73.00	472.01	0.16	16,000	0.18	0.52 EI_0	**0.55 EI_0**
S103	464.66	76.00	487.46	0.16	16,000	0.19	0.53 EI_0	**0.55 EI_0**
S104	450.11	73.00	472.01	0.16	16,000	0.18	0.52 EI_0	**0.55 EI_0**
S105	338.80	41.00	351.10	0.16	16,000	0.14	0.45 EI_0	**0.45 EI_0**
S106	506.27	82.00	530.87	0.16	16,000	0.21	0.55 EI_0	**0.55 EI_0**
S107	665.26	146.00	709.06	0.16	16,000	0.28	0.64 EI_0	**0.65 EI_0**
S108	685.36	152.00	730.96	0.16	16,000	0.29	0.65 EI_0	**0.65 EI_0**
S109	665.26	146.00	709.06	0.16	16,000	0.28	0.64 EI_0	**0.65 EI_0**
S110	506.27	82.00	530.87	0.16	16,000	0.21	0.55 EI_0	**0.55 EI_0**
S111	506.27	82.00	530.87	0.16	16,000	0.21	0.55 EI_0	**0.55 EI_0**
S112	665.26	146.00	709.06	0.16	16,000	0.28	0.64 EI_0	**0.65 EI_0**
S113	685.36	152.00	730.96	0.16	16,000	0.29	0.65 EI_0	**0.65 EI_0**
S114	665.26	146.00	709.06	0.16	16,000	0.28	0.64 EI_0	**0.65 EI_0**
S115	506.27	82.00	530.87	0.16	16,000	0.21	0.55 EI_0	**0.55 EI_0**
S116	506.27	82.00	530.87	0.16	16,000	0.21	0.55 EI_0	**0.55 EI_0**
S117	665.26	146.00	709.06	0.16	16,000	0.28	0.64 EI_0	**0.65 EI_0**
S118	685.36	152.00	730.96	0.16	16,000	0.29	0.65 EI_0	**0.65 EI_0**
S119	665.26	146.00	709.06	0.16	16,000	0.28	0.64 EI_0	**0.65 EI_0**
S120	506.27	82.00	530.87	0.16	16,000	0.21	0.55 EI_0	**0.55 EI_0**
S121	338.80	41.00	351.10	0.16	16,000	0.14	0.45 EI_0	**0.45 EI_0**
S122	450.11	73.00	472.01	0.16	16,000	0.18	0.52 EI_0	**0.55 EI_0**
S123	464.66	76.00	487.46	0.16	16,000	0.19	0.53 EI_0	**0.55 EI_0**
S124	450.11	73.00	472.01	0.16	16,000	0.18	0.52 EI_0	**0.55 EI_0**
S125	338.80	41.00	351.10	0.16	16,000	0.14	0.45 EI_0	**0.45 EI_0**
	13,170.22	**2,432.00**	**13,899.82**					

$$W_{B3} = (W_G + W_Q)_{B3} \quad \textbf{(4.47)}$$

$W_{B3} = (W_G+W_Q)_{B3}$ = 13,170.22 + 2,432.00 = 15,602.22 kN hesaplanmıştır.

4.3.2 Taşıyıcı elemanların çatlamış eğilme rijitlikleri hesabı

B3 Binası kolonları 'Çatlamış Eğilme Rijitlikleri', Çizelge 4.57'de görülmektedir.

Çizelge 4.57 : B3 binası kolon çatlamış eğilme rijitlikleri.

1.Kat	(EI)	2.Kat	(EI)	3.Kat	(EI)	4.Kat	(EI)	5.Kat	(EI)
S101	0.45 EI_0	S201	0.40 EI_0	S301	0.40 EI_0	S401	0.40 EI_0	S501	0.40 EI_0
S102	0.55 EI_0	S202	0.50 EI_0	S302	0.45 EI_0	S402	0.40 EI_0	S502	0.40 EI_0
S103	0.55 EI_0	S203	0.50 EI_0	S303	0.45 EI_0	S403	0.40 EI_0	S503	0.40 EI_0
S104	0.55 EI_0	S204	0.50 EI_0	S304	0.45 EI_0	S404	0.40 EI_0	S504	0.40 EI_0
S105	0.45 EI_0	S205	0.40 EI_0	S305	0.40 EI_0	S405	0.40 EI_0	S505	0.40 EI_0
S106	0.55 EI_0	S206	0.50 EI_0	S306	0.45 EI_0	S406	0.40 EI_0	S506	0.40 EI_0
S107	0.65 EI_0	S207	0.60 EI_0	S307	0.50 EI_0	S407	0.45 EI_0	S507	0.40 EI_0
S108	0.65 EI_0	S208	0.60 EI_0	S308	0.50 EI_0	S408	0.45 EI_0	S508	0.40 EI_0
S109	0.65 EI_0	S209	0.60 EI_0	S309	0.50 EI_0	S409	0.45 EI_0	S509	0.40 EI_0
S110	0.55 EI_0	S210	0.50 EI_0	S310	0.45 EI_0	S410	0.40 EI_0	S510	0.40 EI_0
S111	0.55 EI_0	S211	0.50 EI_0	S311	0.45 EI_0	S411	0.40 EI_0	S511	0.40 EI_0

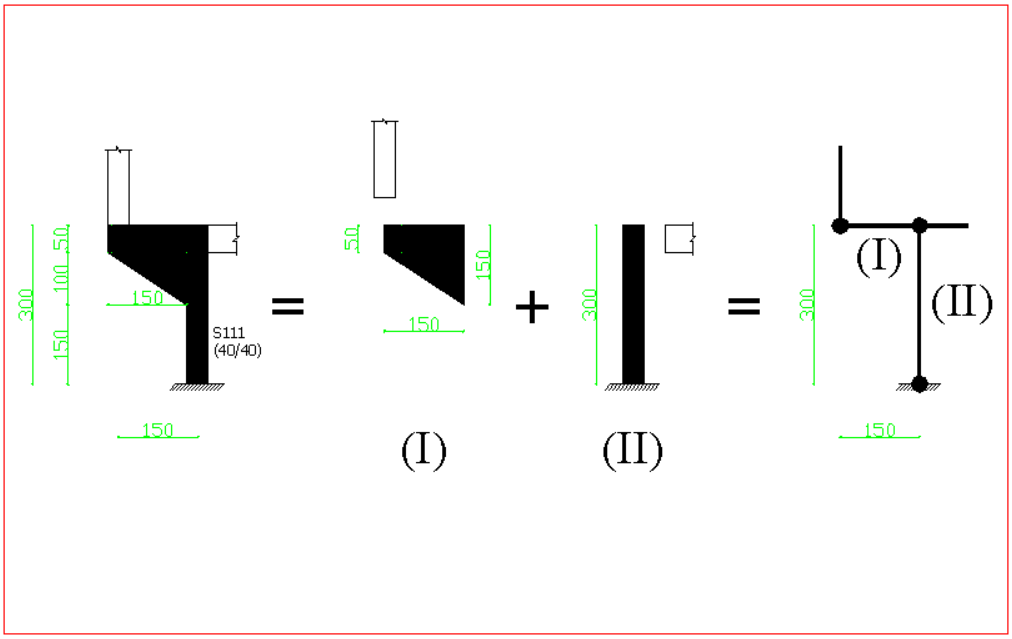
Çizelge 4.57 (devam) : B3 binası kolon çatlamış eğilme rijitlikleri.

1.Kat	(EI)	2.Kat	(EI)	3.Kat	(EI)	4.Kat	(EI)	5.Kat	(EI)
S112	0.65 EI_0	S212	0.60 EI_0	S312	0.50 EI_0	S412	0.45 EI_0	S512	0.40 EI_0
S113	0.65 EI_0	S213	0.60 EI_0	S313	0.50 EI_0	S413	0.45 EI_0	S513	0.40 EI_0
S114	0.65 EI_0	S214	0.60 EI_0	S314	0.50 EI_0	S414	0.45 EI_0	S514	0.40 EI_0
S115	0.55 EI_0	S215	0.50 EI_0	S315	0.45 EI_0	S415	0.40 EI_0	S515	0.40 EI_0
S116	0.55 EI_0	S216	0.50 EI_0	S316	0.45 EI_0	S416	0.40 EI_0	S516	0.40 EI_0
S117	0.65 EI_0	S217	0.60 EI_0	S317	0.50 EI_0	S417	0.45 EI_0	S517	0.40 EI_0
S118	0.65 EI_0	S218	0.60 EI_0	S318	0.50 EI_0	S418	0.45 EI_0	S518	0.40 EI_0
S119	0.65 EI_0	S219	0.60 EI_0	S319	0.50 EI_0	S419	0.45 EI_0	S519	0.40 EI_0
S120	0.55 EI_0	S220	0.50 EI_0	S320	0.45 EI_0	S420	0.40 EI_0	S520	0.40 EI_0
S121	0.45 EI_0	S221	0.40 EI_0	S321	0.40 EI_0	S421	0.40 EI_0	S521	0.40 EI_0
S122	0.55 EI_0	S222	0.50 EI_0	S322	0.45 EI_0	S422	0.40 EI_0	S522	0.40 EI_0
S123	0.55 EI_0	S223	0.50 EI_0	S323	0.45 EI_0	S423	0.40 EI_0	S523	0.40 EI_0
S124	0.55 EI_0	S224	0.50 EI_0	S324	0.45 EI_0	S424	0.40 EI_0	S524	0.40 EI_0
S125	0.45 EI_0	S225	0.40 EI_0	S325	0.40 EI_0	S425	0.40 EI_0	S525	0.40 EI_0

Tüm kirişler için de, 'Çatlamış Eğilme Rijitliği'; 0.40 $(EI)_0$ olacaktır.

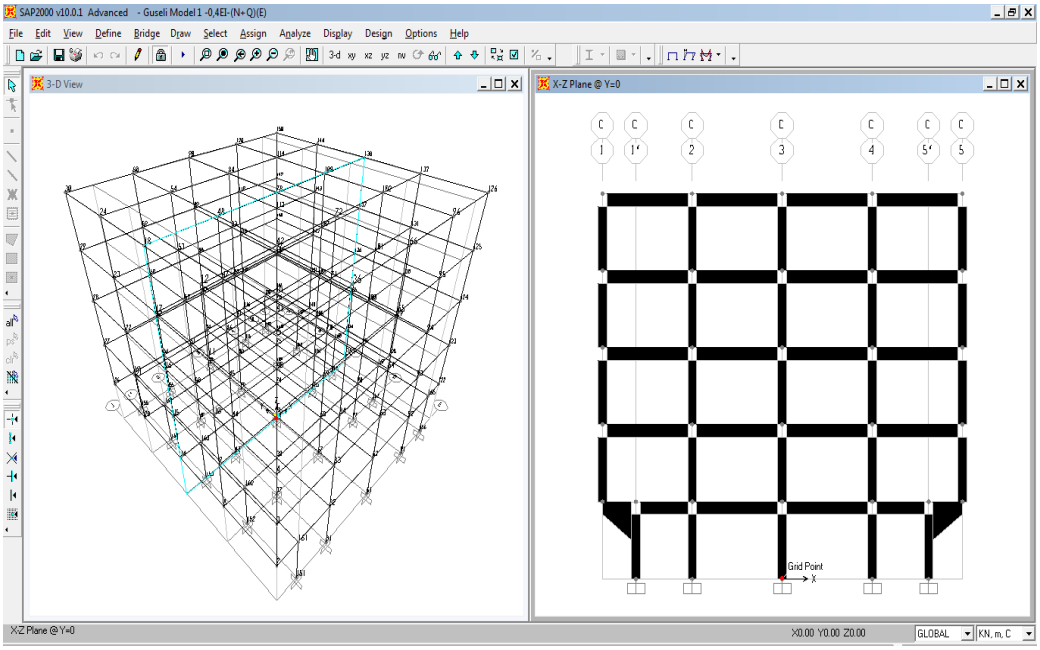
4.3.3 B3 binasının bilgisayar ortamında çözümlenmesi

B3 Binası guseli kolonları, SAP 2000-V10 programında, 'guse kısmını oluşturan değişken kesitli kiriş' ve 'kolon' olarak iki parça halinde aşağıda Şekil 4.57'de gösterildiği şekilde modellenmiştir.



Şekil 4.57 : Guseli kolon modellemesi.

B3 Binası, SAP2000-V10 analiz programı kullanılarak, önceki bölümlerde belirtilen şartlar çerçevesinde çözülmüştür. Hesap detaylarına, çalışmanın sonunda bulunan hesap CD'sinden ulaşılabilir.



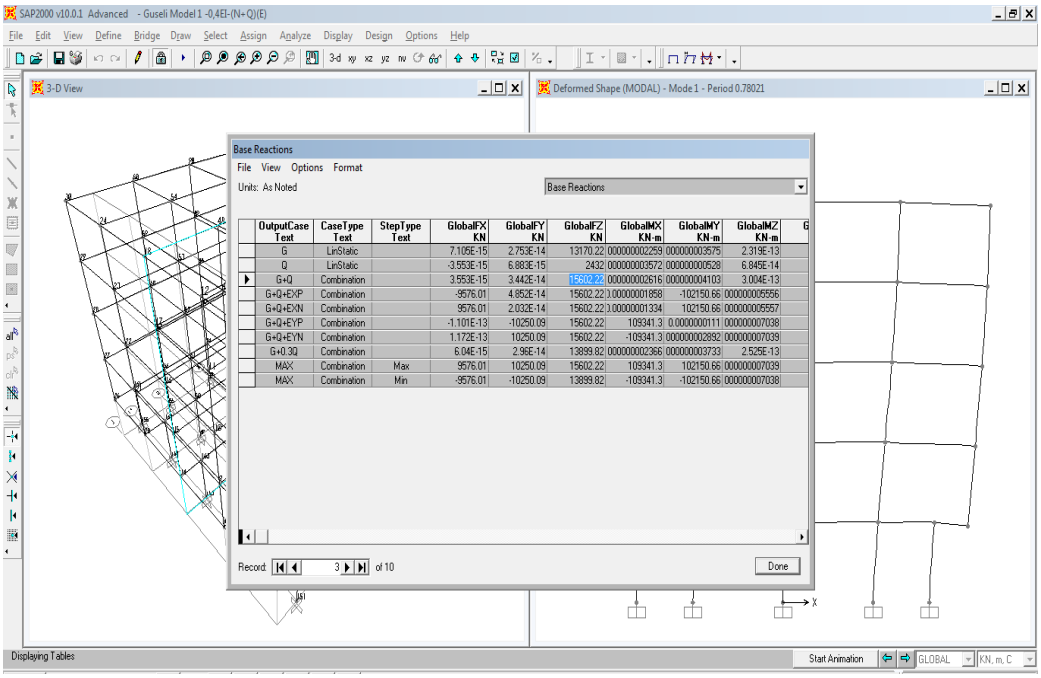
Şekil 4.58 : B3 binası SAP2000 modeli.

B3 Binası için düşey doğrultudaki bina toplam yüklerine aşağıda Şekil 4.59'da gösterilen, SAP2000-V10 programı 'Base Reactions' sekmesinden de ulaşılabilir. Buna göre toplam bina ağırlığı, (-Z) doğrultusunda, analiz sonrası sabit ve hareketli yüklerden meydana gelen düşey mesnet reaksiyonlarının toplamı olarak;

$(W_G)_{B3}$ = 13,170.22 kN

$(W_Q)_{B3}$ = 2,432.00 kN

$(W_G+W_Q)_{B3}$ = 15,602.22 kN değerleri bulunmuştur.



Şekil 4.59 : B3 binası SAP2000 mesnet reaksiyonları.

4.3.4 Deprem hesabı

B3 Binası, TDY-07, (7.4) – Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar gözönüne alınarak, TDY-07, (7.5.1.1) şartları sağlandığı için, doğrusal hesap yöntemlerinden 'Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi' kullanılarak deprem hesabı yapılmıştır.

$w_i = g_i + 0.30q_i$

$W_{5.Kat}$ = 2,011.04 kN

$W_{4.Kat}$ = 2,924.00 kN

$W_{3.Kat}$ = 2,924.00 kN

$W_{2.Kat}$ = 2,924.00 kN

$W_{1.Kat}$ = 3,116.78 kN

W_{Toplam} = *13,899.82 kN*

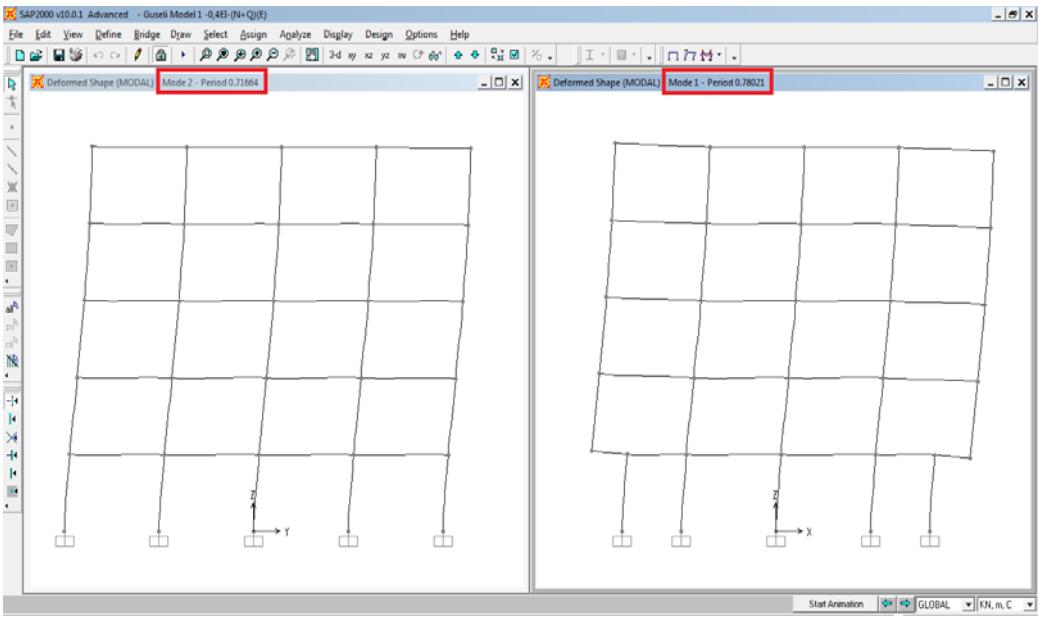
SAP 2000-V10 programı ile hesap sonucu binanın birinci doğal titreşim periyodu,

(X) doğrultusu için;

$T_x = 0.78021$ sn.

(Y) doğrultusu için;

T_y = 0.71664 sn. olarak belirlenmiştir (Şekil4.60).



Şekil 4.60 : B3 binası SAP2000 (X) ve (Y) yönü bina doğal titreşim periyotları.

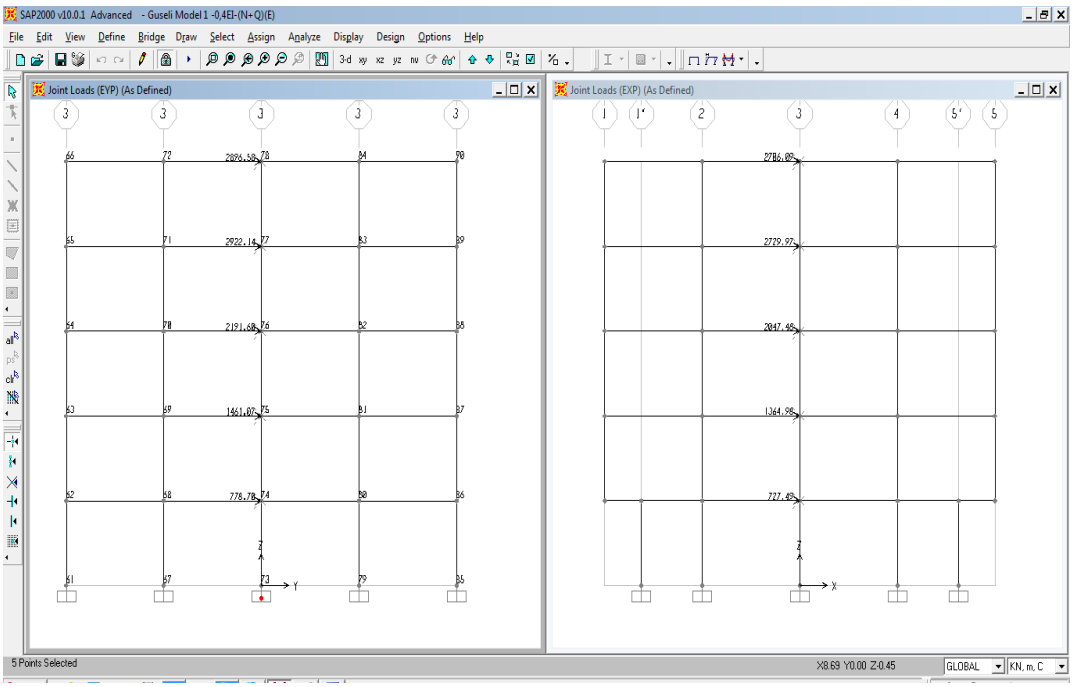
Eşdeğer deprem yükleri, her iki doğrultu için Çizelge 4.58 ve Çizelge 4.59'da verilmiştir. Ayrıca SAP2000-V10 programında kat ağırlık merkezlerine tekil kuvvet olarak atanmıştır (Şekil 4.61).

Çizelge 4.58 : B3 binası (±X) yönü, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri.

Kat	w_i	H_i	w_iH_i	F_i	ΔF_N	$F_i+\Delta F_N$
5	2,011.04	15	30,165.60	2,346.99	359.10	2,706.09
4	2,924.00	12	35,088.00	2,729.97		2,729.97
3	2,924.00	9	26,316.00	2,047.48		2,047.48
2	2,924.00	6	17,544.00	1,364.98		1,364.98
1	3,116.78	3	9,350.34	727.49		727.49
	13,899.82		**118,463.94**	**9,216.90**	**359.10**	**9,576.00**

Çizelge 4.59 : B3 binası (±Y) yönü, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri.

Kat	w_i	H_i	w_iH_i	F_i	ΔF_N	$F_i+\Delta F_N$
5	2,011.04	15.00	30,165.60	2,512.20	384.38	2,896.58
4	2,924.00	12.00	35,088.00	2,922.14		2,922.14
3	2,924.00	9.00	26,316.00	2,191.60		2,191.60
2	2,924.00	6.00	17,544.00	1,461.07		1,461.07
1	3,116.78	3.00	9,350.34	778.70		778.70
	13,899.82		**118,463.94**	**9,865.71**	**384.38**	**10,250.09**



Şekil 4.61 : B3 binası, SAP2000 katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri.

4.3.5 Kiriş kapasite oranlarının belirlenmesi

B3 Binası değişken kesitli kiriş kapasite oranlarının hesabında, 4.1.5 de detaylı olarak gösterilen yöntemlerden farklı olarak, değişken kesitli kirişler (i) ve (j) uçları için, (i) ve (j) ucu kesitleri farklı olduğundan, enine donatı hesabına baz alınan kesme kuvveti V_e değeri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

B1 , B2 ve B4 Binalarında ise, kiriş kesitleri tüm kirişler için aynı olduğundan, süneklik kontrolü ve kapasite oranları sınır değerlerinin belirlenmesinde belirleyici olan V_e'nin hesap ve tayininde, tüm kirişlerde (i) veya (j) uçları için bulunan V_e değerinin büyük olanı, yani daha kritik sonuçlar veren V_e değeri kullanılmıştır.

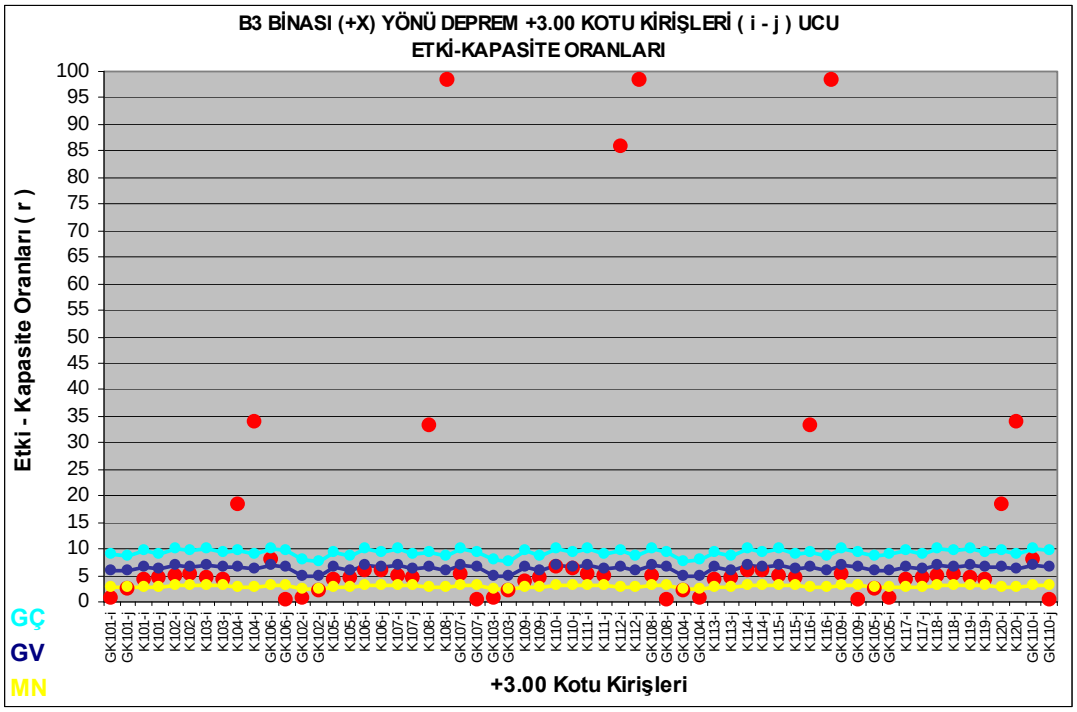
B3 Binası için, TDY-07, Bölüm 7 koşullarına göre yapılan hesaplar sonucu, (+X) Yönü Deprem Durumu, +3.00 Kotu Kirişleri, (i ucu) ve (j ucu) için , etki-kapasite oranları, hasar sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumları hesaplanmış ve Çizelge 4.60'da verilmiştir.

Çizelge 4.60 : B3 binası (+X) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kirişler	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
GK101-i	0.64	2.73	5.92	8.92	Minimum Hasar	Minimum Hasar
GK101-j	2.38	2.73	5.86	8.80	Minimum Hasar	
K101-i	4.21	2.92	6.68	9.68	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K101-j	4.52	2.92	6.28	9.03	Belirgin Hasar	
K102-i	4.95	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K102-j	5.29	3.00	6.73	9.59	Belirgin Hasar	
K103-i	4.42	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K103-j	4.24	3.00	6.57	9.35	Belirgin Hasar	
K104-i	18.42	2.92	6.68	9.68	Göçme Bölgesi	Göçme
K104-j	34.06	2.92	6.30	9.06	Göçme Bölgesi	
GK106-i	8.07	3.00	7.00	10.00	İleri Hasar	İleri Hasar
GK106-j	0.33	3.00	6.74	9.62	Minimum Hasar	
GK102-i	0.84	2.50	5.00	8.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
GK102-j	2.09	2.50	4.82	7.45	Minimum Hasar	
K105-i	4.01	2.87	6.46	9.46	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K105-j	4.33	2.87	5.94	8.55	Belirgin Hasar	
K106-i	5.74	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K106-j	5.92	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K107-i	4.84	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K107-j	4.37	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K108-i	33.20	2.87	6.46	9.46	Göçme Bölgesi	Göçme
K108-j	>100	2.87	5.95	8.58	Göçme Bölgesi	
GK107-i	5.12	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
GK107-j	0.33	3.00	6.63	9.45	Minimum Hasar	
GK103-i	0.85	2.50	5.00	8.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
GK103-j	2.05	2.50	4.82	7.45	Minimum Hasar	
K109-i	3.95	2.89	6.57	9.57	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K109-j	4.56	2.89	6.02	8.65	Belirgin Hasar	
K110-i	6.73	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K110-j	6.24	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K111-i	5.09	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K111-j	4.80	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K112-i	85.91	2.89	6.57	9.57	Göçme Bölgesi	Göçme
K112-j	>100	2.89	6.04	8.69	Göçme Bölgesi	
GK108-i	4.86	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
GK108-j	0.33	3.00	6.63	9.45	Minimum Hasar	
GK104-j	2.09	2.50	4.82	7.45	Minimum Hasar	Minimum Hasar
GK104-i	0.84	2.50	5.00	8.00	Minimum Hasar	
K113-i	4.01	2.87	6.46	9.46	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K113-j	4.33	2.87	5.94	8.55	Belirgin Hasar	
K114-i	5.74	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K114-j	5.92	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K115-i	4.84	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K115-j	4.37	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K116-i	33.20	2.87	6.46	9.46	Göçme Bölgesi	Göçme
K116-j	>100	2.87	5.95	8.58	Göçme Bölgesi	
GK109-i	5.12	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
GK109-j	0.33	3.00	6.63	9.45	Minimum Hasar	
GK105-j	2.38	2.73	5.86	8.80	Minimum Hasar	Minimum Hasar
GK105-i	0.64	2.73	5.92	8.92	Minimum Hasar	
K117-i	4.21	2.92	6.68	9.68	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K117-j	4.52	2.92	6.28	9.03	Belirgin Hasar	

Çizelge 4.60 (devam) : B3 binası (+X) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki -kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kirişler	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
K118-i	4.95	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K118-j	5.29	3.00	6.73	9.59	Belirgin Hasar	
K119-i	4.42	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K119-j	4.24	3.00	6.57	9.35	Belirgin Hasar	
K120-i	18.42	2.92	6.68	9.68	Göçme Bölgesi	Göçme
K120-j	34.06	2.92	6.30	9.06	Göçme Bölgesi	
GK110-i	8.07	3.00	7.00	10.00	İleri Hasar	İleri Hasar
GK110-j	0.33	3.00	6.74	9.62	Minimum Hasar	



Şekil 4.62 : B3 binası (+X) yönü deprem durumu, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) kiriş hasar durum grafiği.

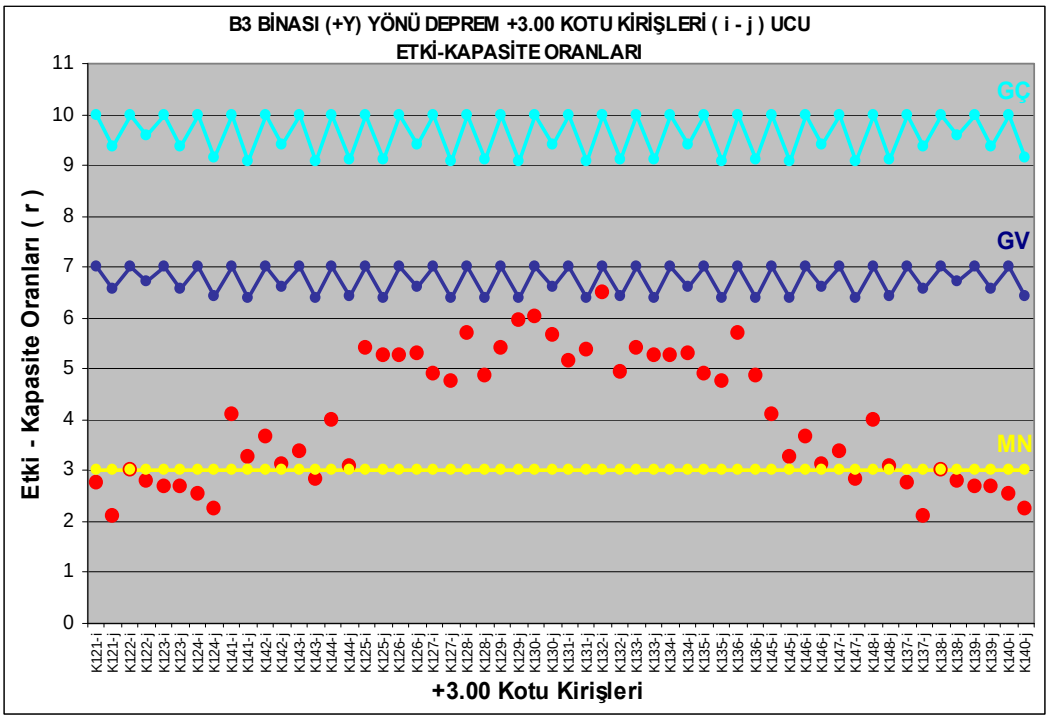
B3 Binası, (+Y) Yönü Deprem Durumu, +3.00 Kotu Kirişleri, (i ucu) ve (j ucu) için, etki-kapasite oranları, hasar sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumları hesaplanmış ve Çizelge 4.61'de verilmiştir.

Çizelge 4.61 : B3 binası (+Y) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kirişler	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
K121-i	2.77	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K121-j	2.10	3.00	6.57	9.35	Minimum Hasar	
K122-i	3.00	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K122-j	2.80	3.00	6.73	9.59	Minimum Hasar	

Çizelge 4.61 (devam) : B3 binası (+Y) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki -kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kirişler	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
K123-i	2.69	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K123-j	2.68	3.00	6.57	9.35	Minimum Hasar	
K124-i	2.54	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K124-j	2.27	3.00	6.42	9.14	Minimum Hasar	
K141-i	4.12	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K141-j	3.28	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K142-i	3.67	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K142-j	3.12	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K143-i	3.37	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K143-j	2.82	3.00	6.39	9.09	Minimum Hasar	
K144-i	4.00	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K144-j	3.08	3.00	6.41	9.12	Belirgin Hasar	
K125-i	5.43	3.00	6.99	9.99	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K125-j	5.25	3.00	6.38	9.08	Belirgin Hasar	
K126-i	5.27	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K126-j	5.30	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K127-i	4.91	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K127-j	4.75	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K128-i	5.71	3.00	6.99	9.99	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K128-j	4.87	3.00	6.41	9.11	Belirgin Hasar	
K129-i	5.41	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K129-j	5.94	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K130-i	6.02	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K130-j	5.68	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K131-i	5.14	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K131-j	5.37	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K132-i	6.51	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K132-j	4.93	3.00	6.41	9.12	Belirgin Hasar	
K133-i	5.43	3.00	6.99	9.99	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K133-j	5.25	3.00	6.38	9.08	Belirgin Hasar	
K134-i	5.27	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K134-j	5.30	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K135-i	4.91	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K135-j	4.75	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K136-i	5.71	3.00	6.99	9.99	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K136-j	4.87	3.00	6.41	9.11	Belirgin Hasar	
K145-i	4.12	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K145-j	3.28	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K146-i	3.67	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K146-j	3.12	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K147-i	3.37	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K147-j	2.82	3.00	6.39	9.09	Minimum Hasar	
K148-i	4.00	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K148-j	3.08	3.00	6.41	9.12	Belirgin Hasar	
K137-i	2.77	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K137-j	2.10	3.00	6.57	9.35	Minimum Hasar	
K138-i	3.00	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K138-j	2.80	3.00	6.73	9.59	Minimum Hasar	
K139-i	2.69	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K139-j	2.68	3.00	6.57	9.35	Minimum Hasar	
K140-i	2.54	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K140-j	2.27	3.00	6.42	9.14	Minimum Hasar	



Şekil 4.63 : B3 binası (+Y) yönü deprem durumu, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) kiriş hasar durum grafiği.

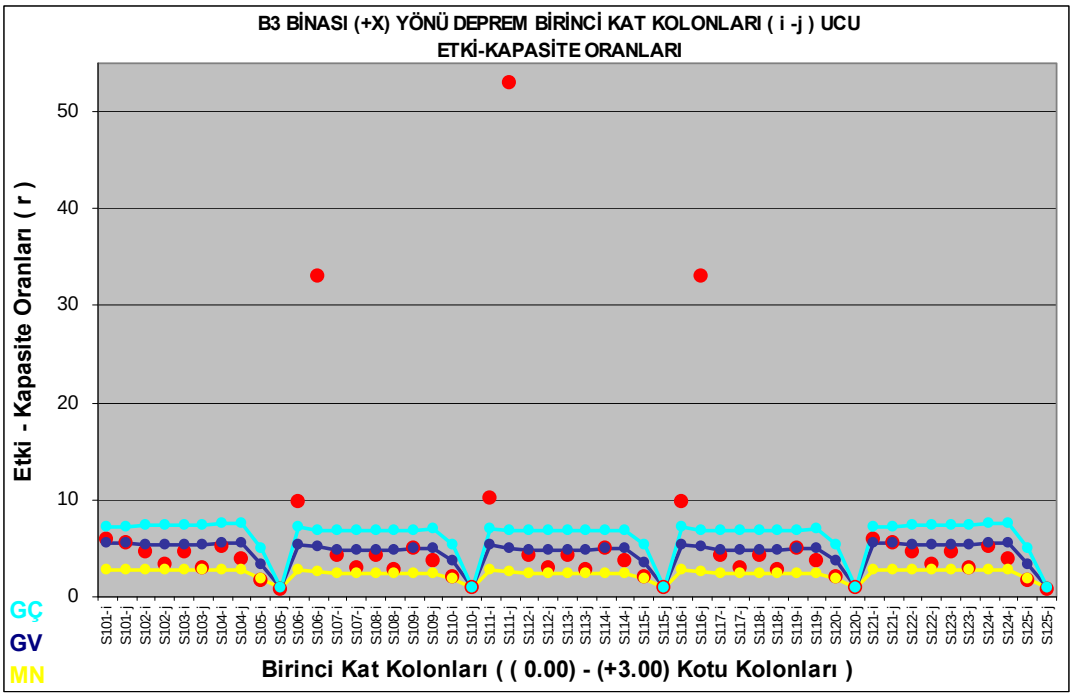
4.3.6 Kolon kapasite oranlarının belirlenmesi

B3 Binası kolon kapasite oranlarının hesabında, 4.1.6 da detaylı olarak gösterilen yöntemlerden farklı olarak, S101, S106, S111 ve simetrik kolonların üst uçlarına iki taraftan saplanan kirişlerin kesitleri farklı olduğundan (0.50 m ve 1.50 m), süneklik kontrolü ve kapasite oranları sınır değerlerinin belirlenmesinde belirleyici olan, *Ve* değerinin hesabı için gerekli l_n 'kolonun kirişler arasındaki serbest yüksekliği' değerinin küçük olanı, yani daha kritik sonuçlar veren l_n = 1.50 m değeri kullanılmıştır. (TDY-07, Şekil 3.3)'de de, değişken kesitli kirişlerin saplandığı kolon için l_n uzunluğunun küçük olanı gösterilmiştir. Diğer tüm kolonlara saplanan kiriş kesitleri aynı olduğundan, S102, S103, S107, S108, S112, S113 ve simetrik kolonlarında ise hesaplamalarda l_n = 2.50 m değeri kullanılmıştır.

Fakat, kolon üst ucu moment ve normal kuvvet değerleri için ise, hem *E*, hem de *G+0.3Q* yüklemeleri durumlarında, tüm kolonlar için, kolona saplanan kısa kesitli kirişin mesnet yüzündeki değerler kullanılmıştır. Yani S101, S106, S111 ve simetrik kolonlarda, l_n =1.50 m alınırken, üst uc moment ve normal kuvvetleri için, z=2.50 m deki daha kritik değer kullanılmıştır. B3 Binası, (+X) Yönü Deprem, Birinci Kat Kolonları kapasite oranları hesaplanmış ve Çizelge 4.62'de verilmiştir.

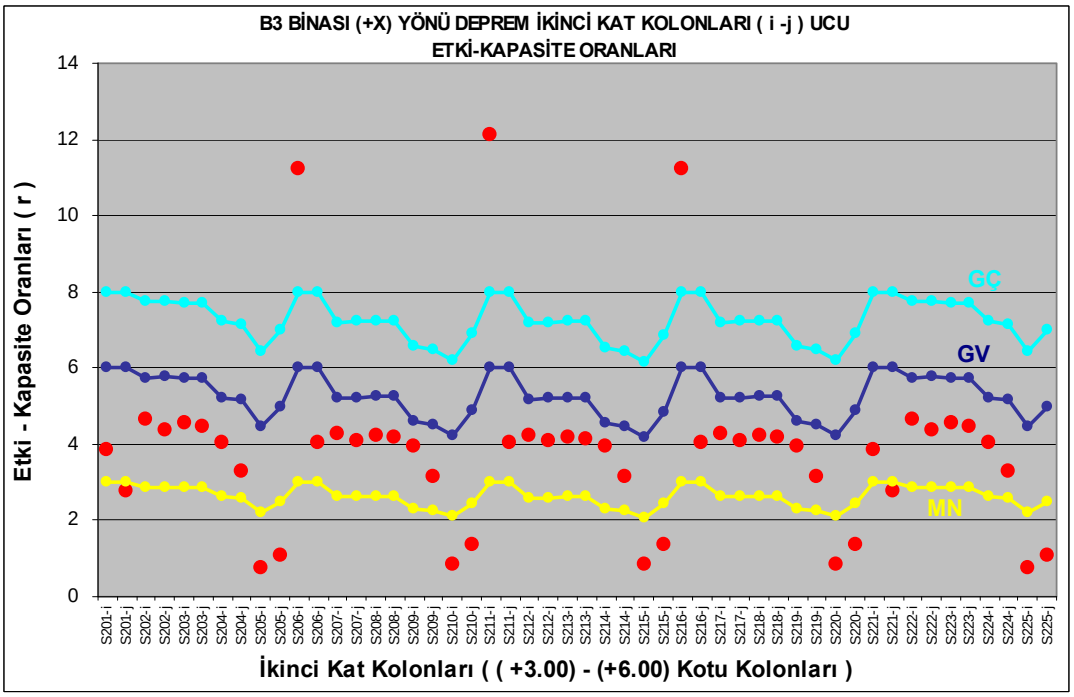
Çizelge 4.62 : B3 binası (+X) yönü deprem, birinci kat kolonları, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kolonlar	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
S101-i	5.96	2.79	5.58	7.15	İleri Hasar	İleri Hasar
S101-j	5.46	2.79	5.58	7.15	Belirgin Hasar	
S102-i	4.68	2.71	5.42	7.42	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S102-j	3.34	2.70	5.40	7.40	Belirgin Hasar	
S103-i	4.54	2.72	5.44	7.44	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S103-j	3.01	2.72	5.44	7.44	Belirgin Hasar	
S104-i	5.20	2.76	5.51	7.51	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S104-j	3.96	2.76	5.53	7.53	Belirgin Hasar	
S105-i	1.73	1.79	3.36	4.94	Minimum Hasar	Minimum Hasar
S105-j	0.79	1.00	1.00	1.00	Minimum Hasar	
S106-i	9.85	2.73	5.44	7.18	Göçme Bölgesi	Göçme
S106-j	33.10	2.59	5.15	6.88	Göçme Bölgesi	
S107-i	4.31	2.41	4.81	6.81	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S107-j	3.03	2.39	4.79	6.79	Belirgin Hasar	
S108-i	4.21	2.41	4.82	6.82	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S108-j	2.75	2.41	4.82	6.82	Belirgin Hasar	
S109-i	4.90	2.46	4.92	6.92	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S109-j	3.75	2.47	4.93	6.93	Belirgin Hasar	
S110-i	2.01	1.87	3.61	5.35	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S110-j	0.89	1.00	1.00	1.00	Minimum Hasar	
S111-i	10.10	2.70	5.38	7.10	Göçme Bölgesi	Göçme
S111-j	53.02	2.55	5.05	6.77	Göçme Bölgesi	
S112-i	4.29	2.40	4.80	6.80	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S112-j	3.02	2.39	4.77	6.77	Belirgin Hasar	
S113-i	4.21	2.40	4.81	6.81	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S113-j	2.75	2.40	4.81	6.81	Belirgin Hasar	
S114-i	4.89	2.45	4.90	6.90	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S114-j	3.75	2.46	4.92	6.92	Belirgin Hasar	
S115-i	1.99	1.86	3.58	5.30	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S115-j	0.88	1.00	1.00	1.00	Minimum Hasar	
S116-i	9.85	2.73	5.44	7.18	Göçme Bölgesi	Göçme
S116-j	33.10	2.59	5.15	6.88	Göçme Bölgesi	
S117-i	4.31	2.41	4.81	6.81	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S117-j	3.03	2.39	4.79	6.79	Belirgin Hasar	
S118-i	4.21	2.41	4.82	6.82	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S118-j	2.75	2.41	4.82	6.82	Belirgin Hasar	
S119-i	4.90	2.46	4.92	6.92	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S119-j	3.75	2.47	4.93	6.93	Belirgin Hasar	
S120-i	2.01	1.87	3.61	5.35	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S120-j	0.89	1.00	1.00	1.00	Minimum Hasar	
S121-i	5.96	2.79	5.58	7.15	İleri Hasar	İleri Hasar
S121-j	5.46	2.79	5.58	7.15	Belirgin Hasar	
S122-i	4.68	2.71	5.42	7.42	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S122-j	3.34	2.70	5.40	7.40	Belirgin Hasar	
S123-i	4.54	2.72	5.44	7.44	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S123-j	3.01	2.72	5.44	7.44	Belirgin Hasar	
S124-i	5.20	2.76	5.51	7.51	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S124-j	3.96	2.76	5.53	7.53	Belirgin Hasar	
S125-i	1.73	1.79	3.36	4.94	Minimum Hasar	Minimum Hasar
S125-j	0.79	1.00	1.00	1.00	Minimum Hasar	



Şekil 4.64 : B3 binası (+X) yönü deprem durumu, birinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği.

B3 Binası (+X) Yönü Deprem, 2.Kat Kolon Hasar Durumu, Şekil 4.65'de verilmiştir.

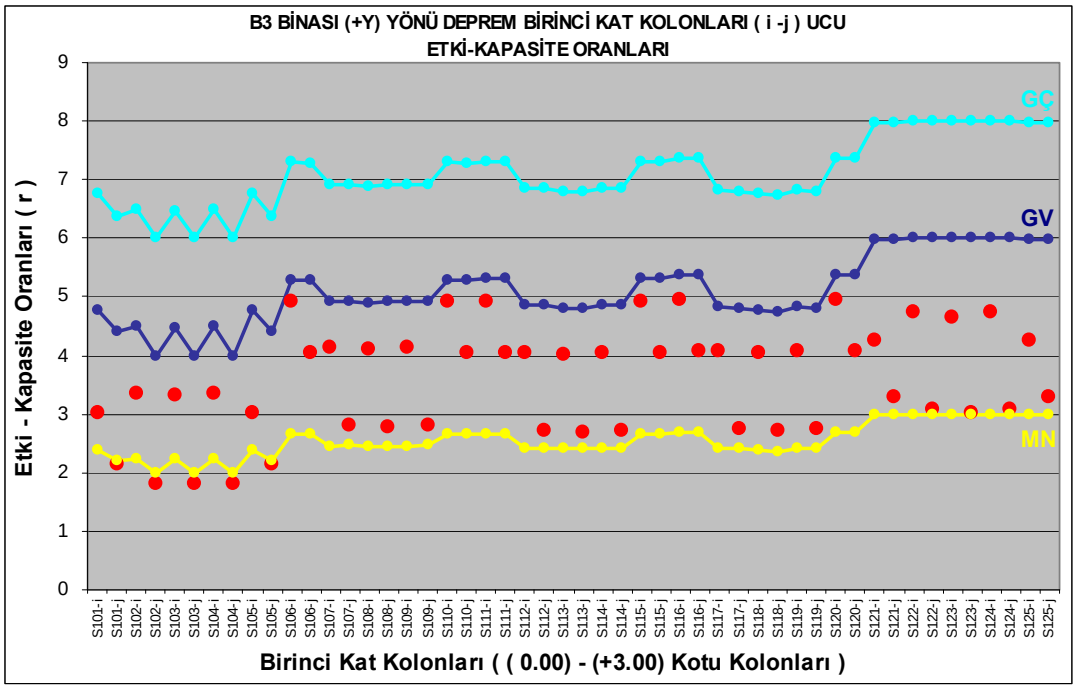


Şekil 4.65 : B3 binası (+X) yönü deprem durumu, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği.

B3 Binası, (+Y) Yönü Deprem, Birinci Kat Kolonları, (i - j ucu), etki-kapasite oranları, hasar sınırları, kesit ve eleman hasar durumları Çizelge 4.63'de verilmiştir.

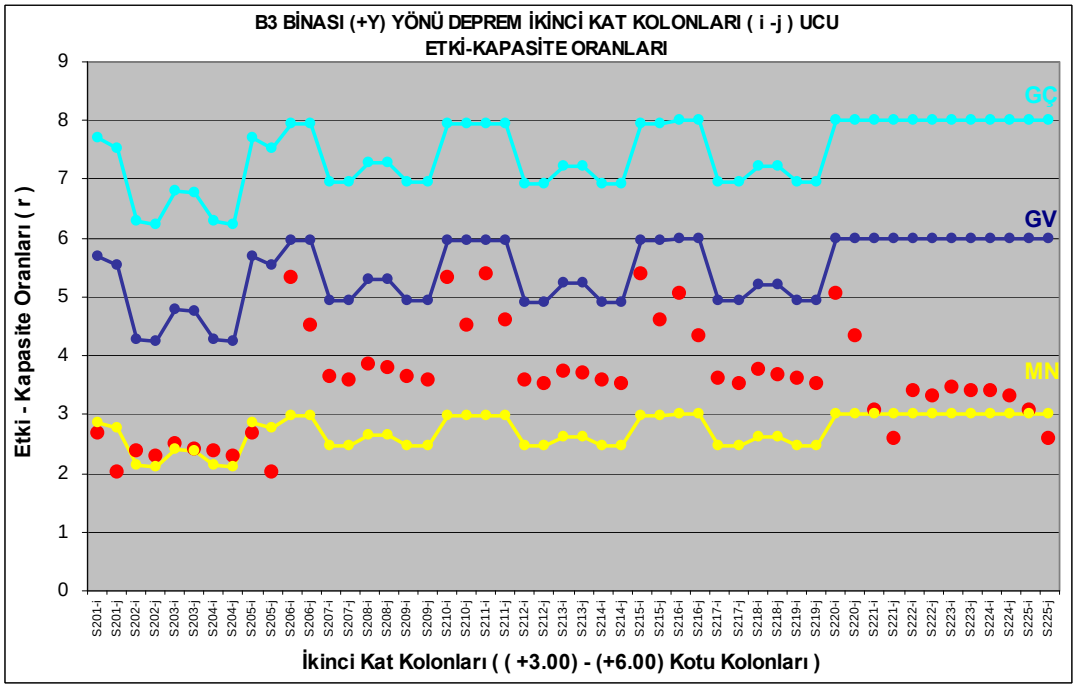
Çizelge 4.63 : B3 binası (+Y) yönü deprem, birinci kat kolonları, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kolonlar	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
S101-i	3.03	2.39	4.78	6.77	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S101-j	2.14	2.20	4.39	6.38	Minimum Hasar	
S102-i	3.35	2.25	4.50	6.50	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S102-j	1.82	2.00	4.00	6.00	Minimum Hasar	
S103-i	3.33	2.23	4.46	6.46	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S103-j	1.80	2.00	4.00	6.00	Minimum Hasar	
S104-i	3.35	2.25	4.50	6.50	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S104-j	1.82	2.00	4.00	6.00	Minimum Hasar	
S105-i	3.03	2.39	4.78	6.77	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S105-j	2.14	2.20	4.39	6.38	Minimum Hasar	
S106-i	4.92	2.65	5.30	7.30	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S106-j	4.05	2.64	5.29	7.29	Belirgin Hasar	
S107-i	4.12	2.45	4.91	6.91	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S107-j	2.81	2.46	4.93	6.93	Belirgin Hasar	
S108-i	4.10	2.44	4.88	6.88	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S108-j	2.78	2.45	4.91	6.91	Belirgin Hasar	
S109-i	4.12	2.45	4.91	6.91	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S109-j	2.81	2.46	4.93	6.93	Belirgin Hasar	
S110-i	4.92	2.65	5.30	7.30	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S110-j	4.05	2.64	5.29	7.29	Belirgin Hasar	
S111-i	4.91	2.65	5.30	7.30	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S111-j	4.04	2.65	5.30	7.30	Belirgin Hasar	
S112-i	4.06	2.43	4.85	6.85	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S112-j	2.73	2.43	4.85	6.85	Belirgin Hasar	
S113-i	4.03	2.40	4.81	6.81	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S113-j	2.70	2.40	4.81	6.81	Belirgin Hasar	
S114-i	4.06	2.43	4.85	6.85	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S114-j	2.73	2.43	4.85	6.85	Belirgin Hasar	
S115-i	4.91	2.65	5.30	7.30	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S115-j	4.04	2.65	5.30	7.30	Belirgin Hasar	
S116-i	4.97	2.68	5.36	7.36	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S116-j	4.08	2.68	5.37	7.37	Belirgin Hasar	
S117-i	4.08	2.41	4.83	6.83	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S117-j	2.76	2.40	4.81	6.81	Belirgin Hasar	
S118-i	4.03	2.38	4.76	6.76	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S118-j	2.72	2.37	4.73	6.73	Belirgin Hasar	
S119-i	4.08	2.41	4.83	6.83	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S119-j	2.76	2.40	4.81	6.81	Belirgin Hasar	
S120-i	4.97	2.68	5.36	7.36	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S120-j	4.08	2.68	5.37	7.37	Belirgin Hasar	
S121-i	4.26	2.99	5.99	7.97	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S121-j	3.29	2.99	5.99	7.97	Belirgin Hasar	
S122-i	4.73	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S122-j	3.08	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S123-i	4.66	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S123-j	3.02	3.00	6.00	8.00	Minimum Hasar	
S124-i	4.73	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S124-j	3.08	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S125-i	4.26	2.99	5.99	7.97	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S125-j	3.29	2.99	5.99	7.97	Belirgin Hasar	



Şekil 4.66 : B3 binası (+Y) yönü deprem durumu, birinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği.

B3 Binası (+Y) Yönü Deprem, İkinci Kat Kolonları, (i - j ucu) için , Kolon Hasar Durum Grafiği de, Şekil 4.67'de verilmiştir.



Şekil 4.67 : B3 binası (+Y) yönü deprem durumu, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği.

4.3.7 Birleşim bölgeleri kontrolü

B3 Binası, (+X) yönü deprem durumu (+3.00) kotu birleşim bölgeleri hesap sonuçları aşağıda Çizelge 4.64 ve Çizelge 4.65'de verilmiştir.

Çizelge 4.64 : B3 binası (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri kırılma türü kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	V_e	$0.45b_jhf_{cd}$	Kontrol $V_e<0.45b_jhf_{cd}$	Birleşim Bölgesi Kırılma Türü
S101	614.47	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S102	492.60	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S103	489.37	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S104	486.23	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S105	558.84	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S106	670.37	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S107	519.51	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S108	504.20	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S109	513.23	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S110	626.27	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S111	669.17	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S112	441.26	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S113	470.80	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S114	435.41	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S115	625.71	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S116	670.37	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S117	519.51	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S118	504.20	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S119	513.23	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S120	626.27	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S121	614.47	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S122	492.60	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S123	489.37	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S124	486.23	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S125	558.84	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören

Çizelge 4.65 : B3 binası, (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon - kiriş birleşim bölgeleri 'kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu' kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	$(M_{ra}+M_{rü})$	$1.2(M_{ri}+M_{rj})$	Kontrol	Birleşim Bölgesi Türü
S101	215.72	689.27	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S102	255.24	248.36	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S103	254.67	248.64	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S104	268.26	247.69	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S105	285.14	562.21	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S106	236.59	765.40	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S107	324.93	269.43	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S108	323.92	265.53	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S109	335.49	268.77	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S110	229.99	582.64	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S111	240.58	765.40	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S112	326.08	238.54	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S113	324.67	252.33	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S114	336.33	238.09	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S115	226.35	582.64	-	Kontrol Edilmeyecektir.*

Çizelge 4.65 (devam) : B3 binası, (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon - kiriş birleşim bölgeleri 'kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu' kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	$(M_{ra}+M_{rü})$	$1.2(M_{ri}+M_{rj})$	Kontrol	Birleşim Bölgesi Türü
S116	236.59	765.40	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S117	324.93	269.43	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S118	323.92	265.53	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S119	335.49	268.77	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S120	229.99	582.64	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S121	215.72	689.27	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S122	255.24	248.36	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S123	254.67	248.64	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S124	268.26	247.69	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S125	285.14	562.21	-	Kontrol Edilmeyecektir.*

* Tek katlı binalarda ve çok katlı binaların kolonları üst kata devam etmeyen düğüm noktalarında 'Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü' olma koşulunun sağlanıp sağlanmadığına bakılmayacaktır (TDY-07, 3.3.5.4.(b)).

(+Y) yönü deprem durumu (+3.00) kotu birleşim bölgeleri hesap sonuçları ise aşağıda Çizelge 4.66ve Çizelge 4.67'de verilmiştir.

Çizelge 4.66 : B3 binası (+Y) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri kırılma türü kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	V_e	$0.45b_jhf_{cd}$	Kontrol $V_e<0.45b_jhf_{cd}$	Birleşim Bölgesi Kırılma Türü
S101	329.10	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S102	339.26	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S103	345.07	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S104	339.26	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S105	329.10	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S106	535.64	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S107	513.45	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S108	442.93	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S109	513.45	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S110	535.64	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S111	520.44	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S112	497.62	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S113	463.92	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S114	497.62	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S115	520.44	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S116	537.42	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S117	513.54	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S118	441.14	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S119	513.54	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S120	537.42	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S121	199.58	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S122	210.53	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S123	212.48	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S124	210.53	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S125	199.58	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören

Çizelge 4.67 : B3 binası, (+Y) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri 'kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu' kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	$(M_{ra}+M_{rü})$	$1.2(M_{ri}+M_{rj})$	Kontrol	Birleşim Bölgesi Türü
S101	173.73	185.59		Kontrol Edilmeyecektir.*
S102	317.70	185.59	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S103	309.59	185.59	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S104	317.70	185.59	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S105	173.73	185.59	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S106	136.99	269.79		Kontrol Edilmeyecektir.*
S107	329.48	269.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S108	321.11	238.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S109	329.48	269.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S110	136.99	269.79	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S111	136.64	265.53		Kontrol Edilmeyecektir.*
S112	331.56	265.53	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S113	324.67	249.35	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S114	331.56	265.53	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S115	136.64	265.53	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S116	134.54	269.43	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S117	331.79	269.43	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S118	326.72	238.54	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S119	331.79	269.43	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S120	134.54	269.43	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S121	98.95	125.26	-	Kontrol Edilmeyecektir.*
S122	171.83	125.26	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S123	169.42	125.26	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S124	171.83	125.26	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S125	98.95	125.26	-	Kontrol Edilmeyecektir.*

* Tek katlı binalarda ve çok katlı binaların kolonları üst kata devam etmeyen düğüm noktalarında 'Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü' olma koşulunun sağlanıp sağlanmadığına bakılmayacaktır (TDY-07, 3.3.5.4.(b)).

4.3.8 Göreli kat ötelemelerinin kontrolü

B3 Binası, (+X) yönü deprem durumu göreli kat ötelemesi sınırları Çizelge 4.68'de verilmiştir.

Çizelge 4.68 : B3 binası (+X) yönü deprem göreli kat öteleme değerleri.

Kat	d_{imax}	δ_{imax}	δ_{imax}/h_i		Hasar Sınırı	Hasar Bölgesi
1	0.031620	0.03162	0.011	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
2	0.077907	0.04629	0.015	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
3	0.122559	0.04465	0.015	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
4	0.158891	0.03633	0.012	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
5	0.182647	0.02376	0.008	<	0.01	Minimum Hasar Bölgesi

(+X) yönü deprem durumunda, göreli kat ötelemesi kontrolü sonucu, B3 Binası 1., 2., 3. ve 4. katlarının 'Belirgin Hasar Bölgesi'nde olduğu görülmüştür.

Deprem performans analizi hesaplarına baz olan birinci kat kolonların alt ve üst kesitlerinde, '4.3.6 – Kolon Kapasite Oranlarının Belirlenmesi' bölümünde hesaplanan 'Minimum Hasar' durumları, göreli kat ötelemesi şartına göre 'Belirgin Hasar' olarak hesaplandığından, bu şartları içeren S105, S110, S115, S120 ve S125 kolon kesitleri, 'Belirgin Hasar Gören Kesit' olarak değerlendirilecektir.

B3 Binası, (+Y) yönü deprem durumu göreli kat ötelemesi sınırları Çizelge 4.69'da verilmiştir.

Çizelge 4.69 : B3 binası (+Y) yönü deprem göreli kat öteleme değerleri.

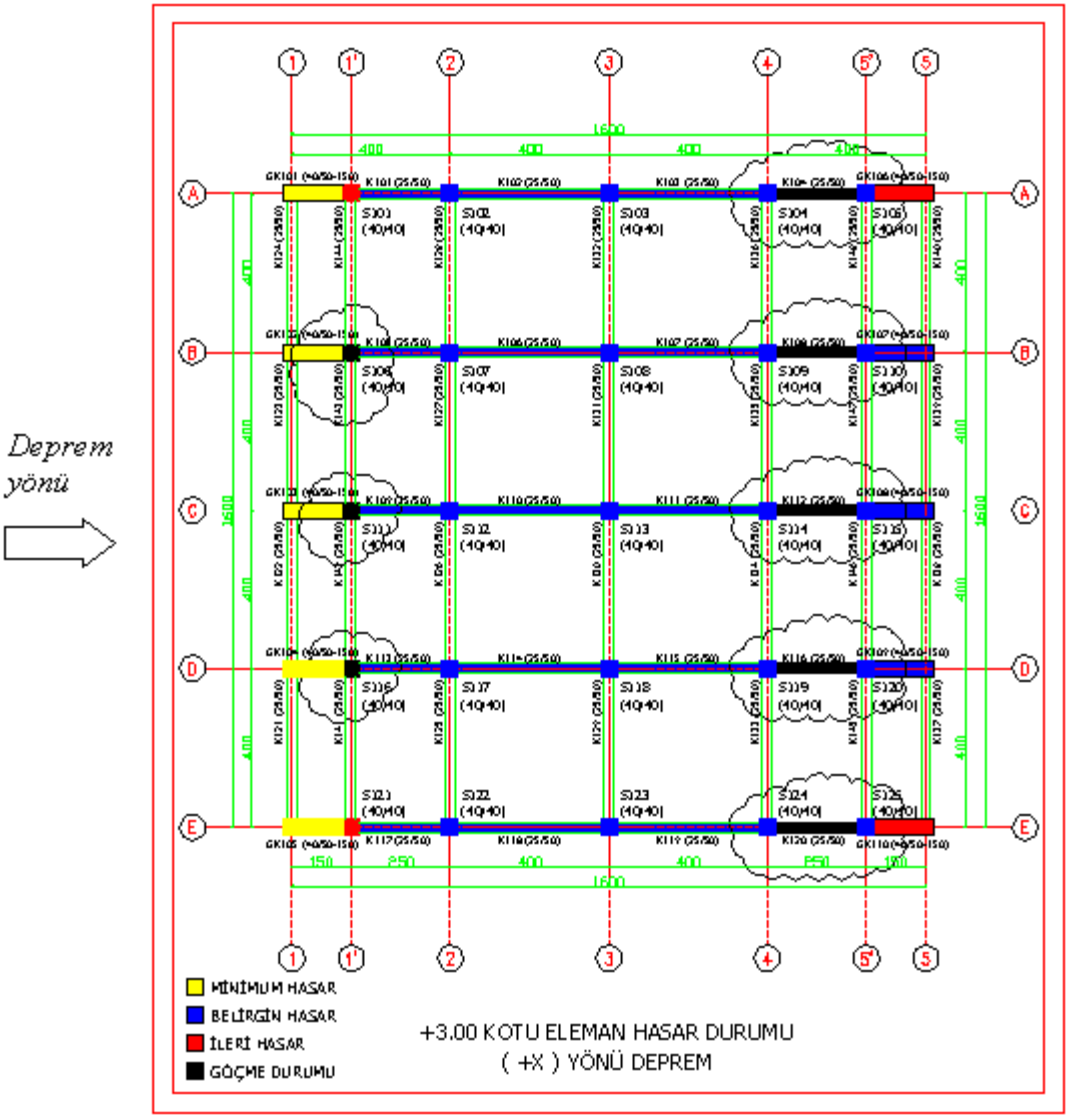
Kat	d_{imax}	δ_{imax}	δ_{imax}/h_i		Hasar Sınırı	Hasar Bölgesi
1	0.029829	0.02983	0.0099	<	0.01	Minimum Hasar Bölgesi
2	0.071578	0.04175	0.014	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
3	0.112459	0.04088	0.014	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
4	0.144511	0.03205	0.011	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
5	0.163056	0.01855	0.006	<	0.01	Minimum Hasar Bölgesi

(+Y) yönü deprem durumunda, göreli kat ötelemesi kontrolü sonucu, B3 Binası 2., 3. ve 4. katlarının 'Belirgin Hasar Bölgesi'nde olduğu görülmüştür.

B3 Binası birinci katı ise, 1 ve 5 aksındaki kolonların +0.00 kotunda 1.5 metre içeri çekilmesi ve (Y) yönünde döşeme süreksizliği oluşmaması amacıyla, 1' ve 5' aksları boyunca, 2 ve 4 akslarındaki kirişler ile aynı özelliğe sahip kirişlerin eklenmesi ile, B2 Binası'nda olduğu gibi, göreli kat ötelemesi kontrolü sonucu 'Minimum Hasar Bölgesi'nde çıkmıştır.

4.3.9 Bina deprem performansının belirlenmesi

B3 Binası, (+X) Yönü Deprem, eleman hasar durumu aşağıda Şekil 4.68'de verilmiştir.



Şekil 4.68 : B3 binası (+X) yönü deprem eleman hasar durumu.

B3 Binası, (+X) Yönü Deprem, eleman hasar durumuna göre, deprem doğrultusuna yakın 1′ aksındaki S106, S111 ve S116 kolonları 'Göçme Durumu'nda, S101 ve S121 kolonları 'İleri Hasar' durumunda hasar görürken, (1-1′) aksları arasındaki değişken kesitli (guseli) kirişler 'Minimum Hasar' görmüşlerdir.

Deprem doğrultusuna uzak 4, 5′ ve 5 aksları arasında ise, K104, K108, K112, K116 ve K120 kirişleri ‘Göçme Durumu’nda, GK106 ve GK110 değişken kesitli (guseli) kirişler de ‘İleri Hasar’ durumunda hasar görürken, diğer tüm taşıyıcı elemanlar ise ‘Belirgin Hasar’ görmüşlerdir.

B3 Binası GK101, K105 ve simetrik kirişleri ve S101, S106, S111 ve simetrik kolonları hariç diğer tüm taşıyıcı elemanları, sünek olarak hasar gören eleman olarak hesaplanmıştır. Gevrek olarak hasar gören bu kiriş ve kolonların da, diğer taşıyıcı elemanlar gibi sünek davranış göstermesi istendiğinden, TS500, (8.1.5.1) minimum kesme donatısı (A_{sw} / s) oranı, uygun etriyeye denk gelecek şekilde arttırılarak, bu kiriş ve kolonların da sünek olarak hasar gören eleman olması sağlanmış ve hesaplara devam edilmiştir.

B3 Binasının ‘Can Güvenliği Performans Düzeyi’ni sağlamadığı açık olarak görüldüğünden, (+X) yönü deprem durumu için TDY-07, 7.7.4 ‘Göçme Öncesi Performans Düzeyi’ şartlarına göre incelenirse;

(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 (TDY-07, 7.7.4 (a)).

4.3.5 bölümünde gösterildiği gibi, 30 adet kirişin 5 adeti ‘Göçme Bölgesi’, 2 adeti ‘İleri Hasar Bölgesi’, diğer kirişler de ‘Belirgin Hasar Bölgesi’ ve ‘Minimum Hasar Bölgesi’nde çıkmıştır. ‘Göçme Bölgesi’nde bulunan kiriş oranı %16.7 < %20 olduğundan, B3 Binası (+X) Yönü deprem durumunda, ‘Göçme Öncesi Performans Düzeyi’nin kirişler için geçerli olan (a) maddesi birinci kat kirişleri için sağlanmıştır.

(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 (TDY-07, Denk.3.3)’ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler) (TDY-07, 7.7.4 (b)).

4.3.6 bölümünde gösterildiği gibi, 25 adet kolonun 3 adeti ‘Göçme Bölgesi’nde, 2 adeti ‘İleri Hasar Bölgesi’, diğer kolonlar de ‘Belirgin Hasar Bölgesi’nde çıkmıştır. ‘Göçme Bölgesi’ne geçen 3 adet kolon olduğundan, B3 Binası (+X) Yönü deprem durumunda, ‘Göçme Öncesi Performans Düzeyi’ (b) maddesi şartı, birinci kat için sağlanmamıştır. 4.3.7 bölümü birleşim bölgeleri için yapılan kontrolde, ‘Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu’ sağlandığı için, kesme kuvveti oranının %30’u aşmaması şartının kontrolünün yapılmasına gerek kalmamıştır.

B3 Binasının, birinci kat (+X) yönü deprem durumunda, ‘Göçme Öncesi Performans Düzeyi’ni sağlamadığı aşağıda Çizelge 4.70’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.70 : B3 binası, (+X) yönü deprem, birinci kat göçme öncesi performans hedefi.

Kat	Eleman	Toplam Eleman Adedi	Sağlamayan Eleman		V (kN)			Limit	
			Adedi	%	Toplam (kN)	Sağlamayan (kN)	%		
1	Kirişler	30	5	16.7 %				<20% Göçme Bölgesi	√
	Kolonlar	25	3	12.0 %				<0% Göçme Bölgesi	X
	Kolonlar	25			9,576.00	-	0.0%	<30% Kesme Kuvveti	√

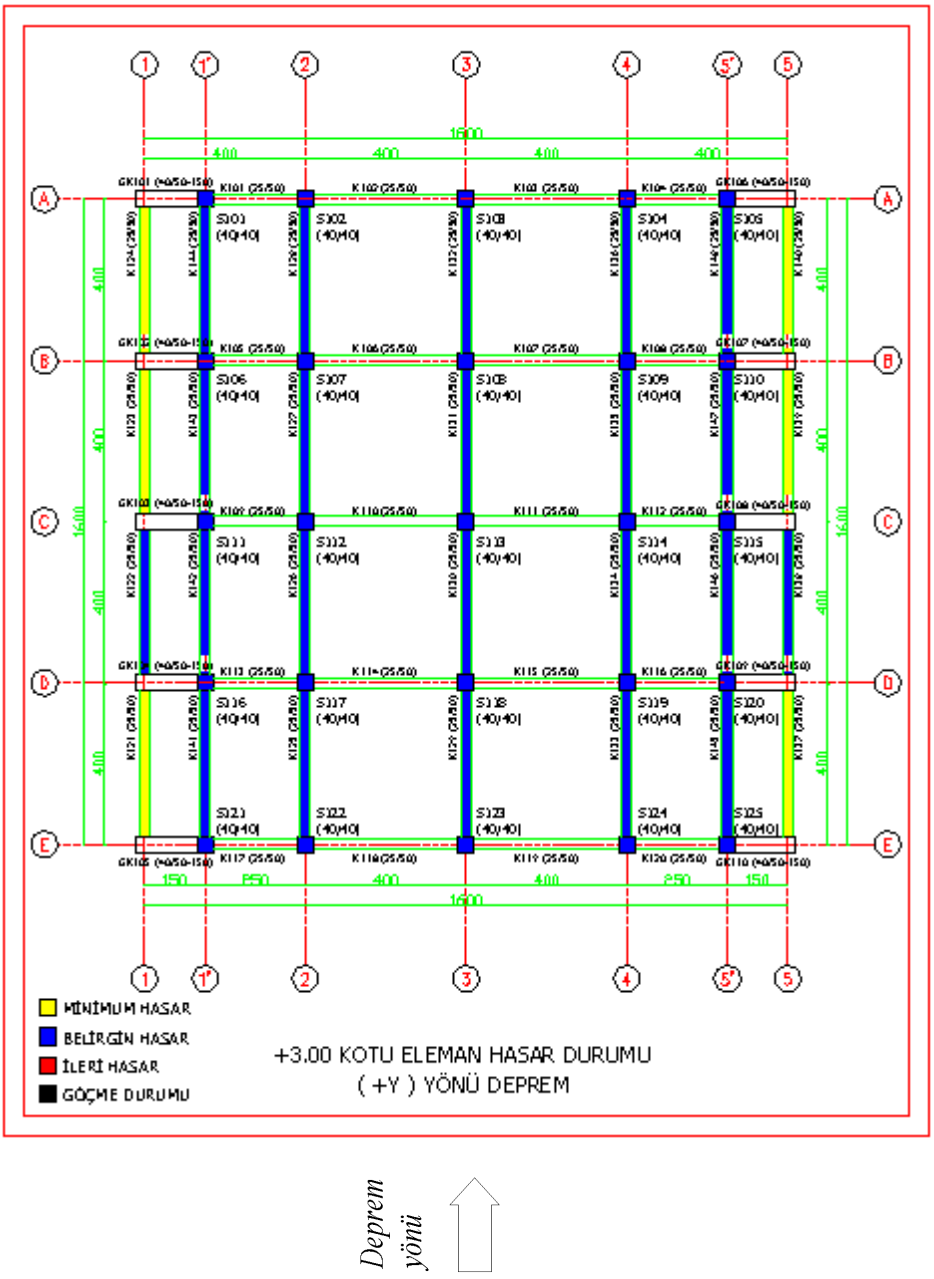
B3 Binası (+X) yönü deprem durumu için TDY-07, 7.7.5 ‘Göçme Durumu’ şartları incelenirse;

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi’ni sağlayamıyorsa Göçme Durumun’ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır (TDY-07, 7.7.5).

B3 Binası Birinci katı (+X) yönü deprem durumunda, yukarıda Çizelge 4.70’de verilen şartların tamamına ulaşamadığı için ‘Göçme Öncesi Performans Düzeyi’ni sağlayamamış ve *‘Göçme Durumu’*nda çıkmıştır.

Binanın mevcut durumda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

B3 Binası, (+Y) Yönü Deprem, eleman hasar durumu da aşağıda Şekil 4.69’da verilmiştir.



Şekil 4.69 : B3 binası (+Y) yönü deprem eleman hasar durumu.

B3 Binası (+Y) yönü deprem durumunda, kolon ve kirişlerinin tamamı sünek olarak hasar gören eleman olarak hesaplanmıştır. Gevrek olarak hasar gören eleman bulunmamaktadır.

B3 Binası performans düzeyi (+Y) yönü deprem durumu için TDY-07, 7.7.3 'Can Güvenliği Performans Düzeyi' şartlarına göre incelenirse;

(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 İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir (TDY-07, 7.7.3(a)).

4.3.5 bölümünde gösterildiği gibi, kirişlerin tamamı 'Belirgin Hasar' ve 'Minimum Hasar' bölgesinde çıkmıştır. İleri Hasar Bölgesinde kiriş bulunmamaktadır. Dolayısıyla, B3 Binası (+Y) Yönü deprem durumunda, *Can Güvenliği* performans düzeyinin kirişler için geçerli olan (a) maddesi, birinci kat kirişleri için sağlanmıştır.

(b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır (TDY-07, 7.7.3(b)).

4.3.6 bölümünde gösterildiği gibi, kolonların tamamı 'Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. İleri Hasar Bölgesinde kolon bulunmamaktadır. Dolayısıyla, 'Can Güvenliği' performans düzeyinin kolonlar için geçerli olan (b) maddesi de sağlanmıştır.

(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 (TDY-07, Denk.3.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler) (TDY-07, 7.7.3(c)).

4.3.5 ve 4.3.6 bölümünde gösterildiği gibi, taşıyıcı elemanların tümü 'Belirgin Hasar' ve 'Minimum Hasar' bölgesinde çıkmıştır.

4.3.7 bölümü birleşim bölgeleri kontrolünde, 'Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu' sağlandığı için, kesme kuvveti oranının %30'u aşmaması şartı tahkikinin yapılmasına gerek kalmamış ve TDY-07, 7.7.3 (c) şartı da sağlamıştır.

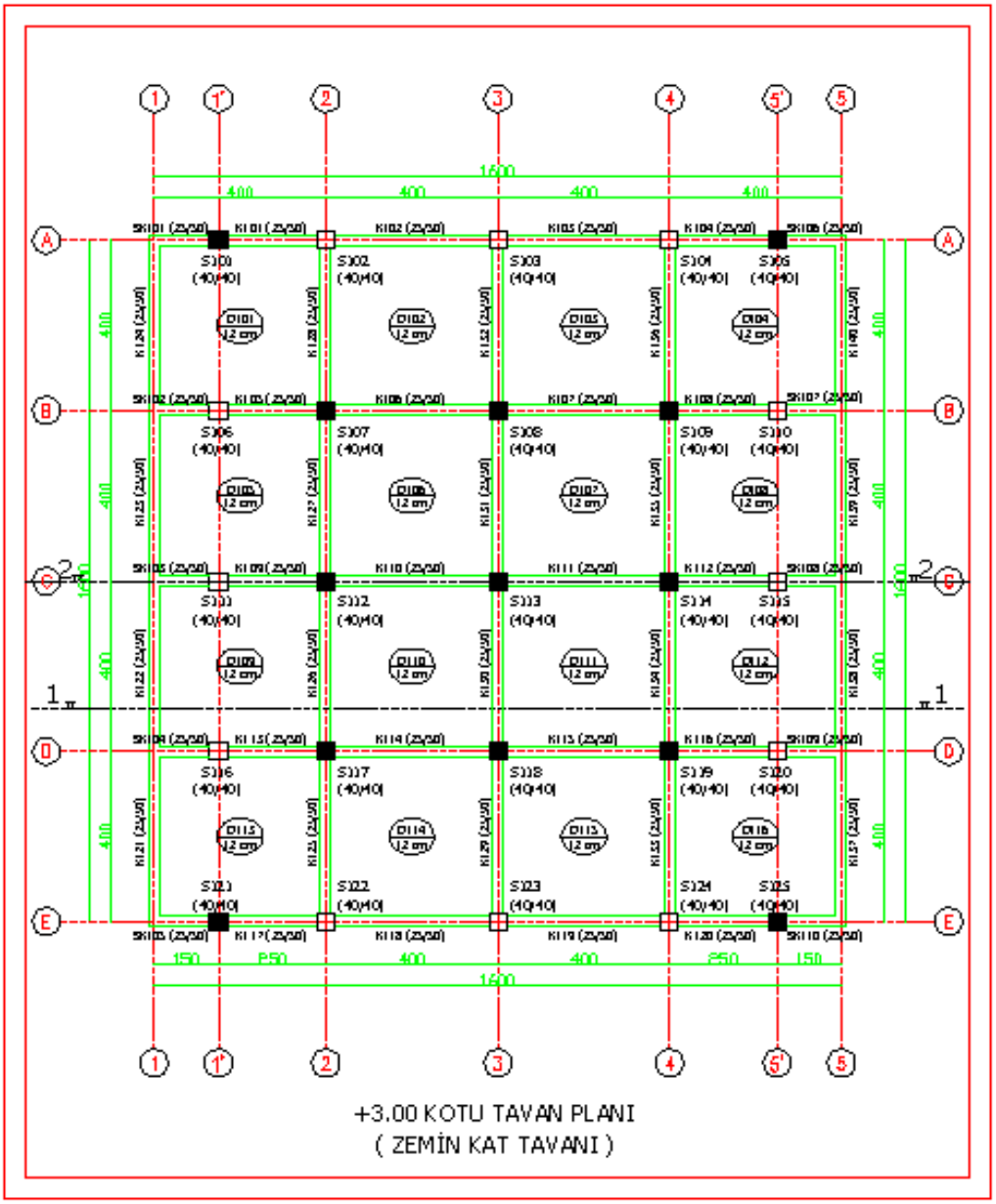
Çizelge 4.71 : B3 binası, (+Y) yönü deprem, birinci kat can güvenliği performans hedefi.

Kat	Eleman	Toplam Eleman Adedi	Sağlamayan Eleman		V (kN)			Limit	
			Adet	%	Toplam (kN)	Sağlamayan (kN)	%		
	Kirişler	28	-	0.0 %				<30% İleri Hasar Bölgesi	√
1	Kolonlar	25	-	0.0 %	10,250.09	-	0.0%	<20% İleri Hasar Kolonları Kesme Kuvveti	√
	Kolonlar	25	-	0.0 %	10,250.09	-	0.0%	<30% Kesme Kuvveti	√

Bu sonuçlara göre, B3 Binası, (+Y) yönü deprem durumu için, Çizelge 4.71'de gösterildiği gibi, *'Can Güvenliği'* performans hedefini sağlamaktadır.

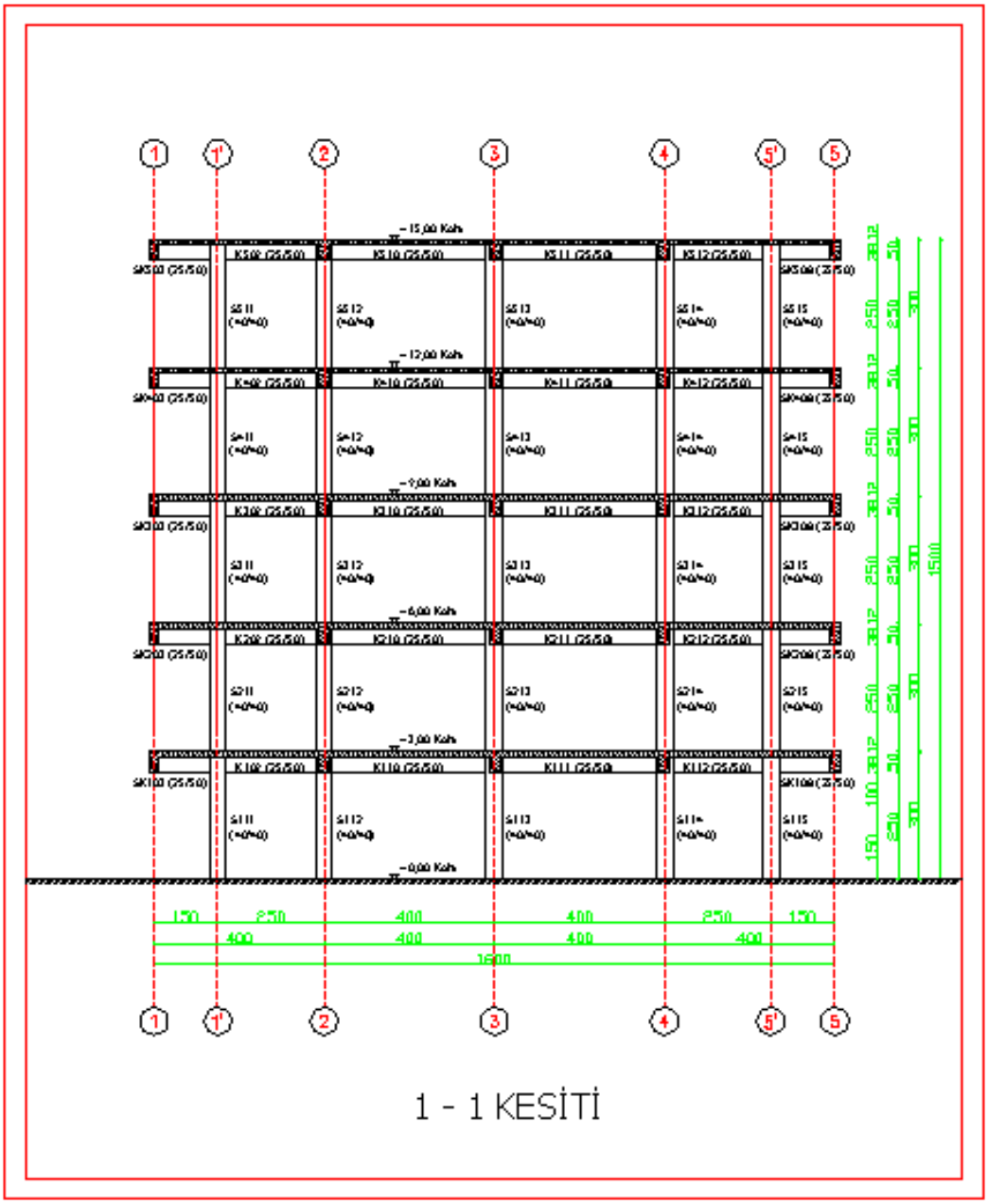
4.4 B4 Binası Performans Analizi

Çerçeve süreksizliği etkisinin araştırılması için, B4 Binası, 1 ve 5 aksındaki kolonların +0.00 kotunda 1.5 metre içeri çekilerek, +15.00 kotuna kadar sürekli olarak devam etmesi ve 1.5 metrelik saçak kirişlerin de konsol olarak her katta yeralmasından oluşmaktadır. Bu saçak kirişler, (Y) doğrultusunda 1 ve 5 aksları boyunca çevre kirişleri ile bağlanmaktadır. Fakat (Y) doğrultusunda çerçeve süreksizliği oluşturabilmek amacıyla, 1′ ve 5′ aksları boyunca kirişler bulunmamaktadır. Şekil 4.70'de, B4 Binası, +3.00 kotu kalıp planı verilmiştir.

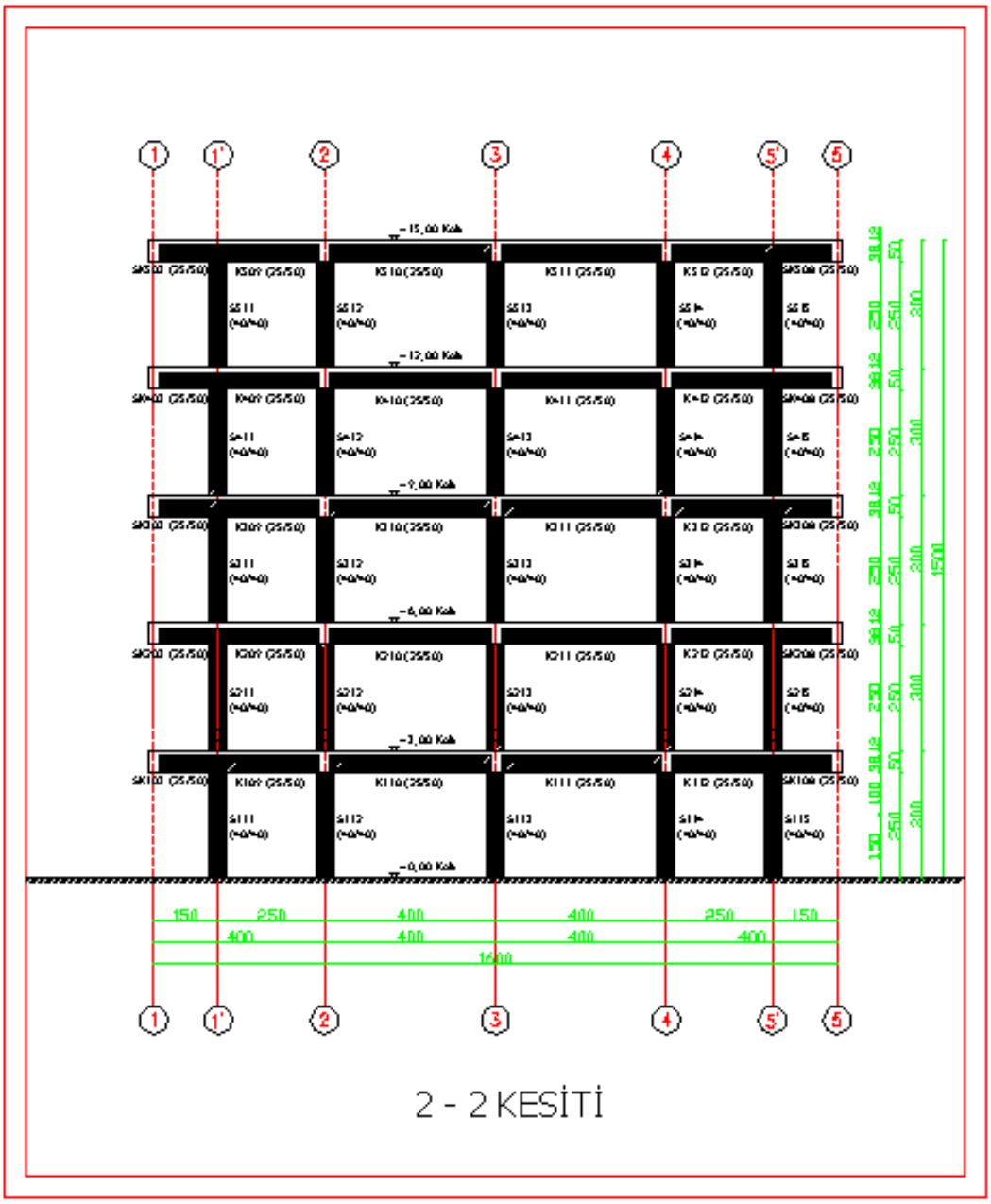


Şekil 4.70 : B4 binası +3.00 kotu kalıp planı.

Her bir katının yüksekliği 3.00 m olan B4 Binası toplam 15 m yüksekliğindedir. (X) doğrultusundaki (1- 1) ve (2-2) boyuna kesitleri de, aşağıda Şekil 4.71 ve Şekil 4.72'de gösterilmiştir.



Şekil 4.71 : B4 binası 1-1 boyuna kesiti.



Şekil 4.72 : B4 binası 2-2 boyuna kesiti.

4.4.1 Binaya etkiyen sabit ve hareketli yüklerin hesabı

B4 Binası kütlesi ve birinci kat kolonları N_G, N_Q, taşıyıcı elemanların çatlamış eğilme rijitliği EI değerleri, Çizelge 4.72'de görülmektedir. İkinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci kat kolonlarına gelen yüklemeler gösterilmemiştir. İstendiği takdirde gerekli tüm hesap detaylarına, çalışmanın sonunda bulunan hesap CD'sinden ulaşılabilir.

Çizelge 4.72 : B4 binası birinci kat kolonları yük dağılımı.

	N_G	N_Q	$N_{(G+0.3xQ)}$	A_C	f_{cm}	$N_{D/}$ $(A_C x f_{cm})$	$N_D/(A_C x f_{cm}) \leq 0.10$ $\rightarrow (EI)_e = 0.40(EI)_0$ $N_D/(A_C x f_{cm}) \geq 0.40$ $\rightarrow (EI)_e = 0.80(EI)_0$	
	kN	**kN**	**kN**	**m^2**	**kN/m^2**		**Hesap**	**kN**
S101	375.58	52.25	391.26	0.16	16,000	0.15	0.48 EI_0	**0.50 EI_0**
S102	397.40	61.75	415.93	0.16	16,000	0.16	0.49 EI_0	**0.50 EI_0**
S103	464.66	76.00	487.46	0.16	16,000	0.19	0.53 EI_0	**0.55 EI_0**
S104	397.40	61.75	415.93	0.16	16,000	0.16	0.49 EI_0	**0.50 EI_0**
S105	375.58	52.25	391.26	0.16	16,000	0.15	0.48 EI_0	**0.50 EI_0**
S106	566.69	104.50	598.04	0.16	16,000	0.23	0.58 EI_0	**0.60 EI_0**
S107	589.17	123.50	626.22	0.16	16,000	0.24	0.60 EI_0	**0.60 EI_0**
S108	685.36	152.00	730.96	0.16	16,000	0.29	0.65 EI_0	**0.65 EI_0**
S109	589.17	123.50	626.22	0.16	16,000	0.24	0.60 EI_0	**0.60 EI_0**
S110	566.69	104.50	598.04	0.16	16,000	0.23	0.58 EI_0	**0.60 EI_0**
S111	566.69	104.50	598.04	0.16	16,000	0.23	0.58 EI_0	**0.60 EI_0**
S112	589.17	123.50	626.22	0.16	16,000	0.24	0.60 EI_0	**0.60 EI_0**
S113	685.36	152.00	730.96	0.16	16,000	0.29	0.65 EI_0	**0.65 EI_0**
S114	589.17	123.50	626.22	0.16	16,000	0.24	0.60 EI_0	**0.60 EI_0**
S115	566.69	104.50	598.04	0.16	16,000	0.23	0.58 EI_0	**0.60 EI_0**
S116	566.69	104.50	598.04	0.16	16,000	0.23	0.58 EI_0	**0.60 EI_0**
S117	589.17	123.50	626.22	0.16	16,000	0.24	0.60 EI_0	**0.60 EI_0**
S118	685.36	152.00	730.96	0.16	16,000	0.29	0.65 EI_0	**0.65 EI_0**
S119	589.17	123.50	626.22	0.16	16,000	0.24	0.60 EI_0	**0.60 EI_0**
S120	566.69	104.50	598.04	0.16	16,000	0.23	0.58 EI_0	**0.60 EI_0**
S121	375.58	52.25	391.26	0.16	16,000	0.15	0.48 EI_0	**0.50 EI_0**
S122	397.40	61.75	415.93	0.16	16,000	0.16	0.49 EI_0	**0.50 EI_0**
S123	464.66	76.00	487.46	0.16	16,000	0.19	0.53 EI_0	**0.55 EI_0**
S124	397.40	61.75	415.93	0.16	16,000	0.16	0.49 EI_0	**0.50 EI_0**
S125	375.58	52.25	391.26	0.16	16,000	0.15	0.48 EI_0	**0.50 EI_0**
	13,012.44	**2,432.00**	**13,742.04**					

$$W_{B4} = (W_G + W_Q)_{B4} \quad \textbf{(4.48)}$$

$W_{B4} = (W_G+W_Q)_{B4} = 13{,}012.44 + 2{,}432.00 = 15{,}444.44$ kN hesaplanmıştır.

4.4.2 Taşıyıcı elemanların çatlamış eğilme rijitlikleri hesabı

B4 Binası kolonları 'Çatlamış Eğilme Rijitlikleri', Çizelge 4.73'de görülmektedir.

Çizelge 4.73 : B4 binası kolon çatlamış eğilme rijitlikleri.

1.Kat	(EI)	2.Kat	(EI)	3.Kat	(EI)	4.Kat	(EI)	5.Kat	(EI)
S101	0.50 EI_0	S201	0.45 EI_0	S301	0.40 EI_0	S401	0.40 EI_0	S501	0.40 EI_0
S102	0.50 EI_0	S202	0.45 EI_0	S302	0.40 EI_0	S402	0.40 EI_0	S502	0.40 EI_0
S103	0.55 EI_0	S203	0.50 EI_0	S303	0.45 EI_0	S403	0.40 EI_0	S503	0.40 EI_0
S104	0.50 EI_0	S204	0.45 EI_0	S304	0.40 EI_0	S404	0.40 EI_0	S504	0.40 EI_0
S105	0.50 EI_0	S205	0.45 EI_0	S305	0.40 EI_0	S405	0.40 EI_0	S505	0.40 EI_0
S106	0.60 EI_0	S206	0.55 EI_0	S306	0.45 EI_0	S406	0.40 EI_0	S506	0.40 EI_0
S107	0.60 EI_0	S207	0.55 EI_0	S307	0.50 EI_0	S407	0.40 EI_0	S507	0.40 EI_0
S108	0.65 EI_0	S208	0.60 EI_0	S308	0.50 EI_0	S408	0.45 EI_0	S508	0.40 EI_0
S109	0.60 EI_0	S209	0.55 EI_0	S309	0.50 EI_0	S409	0.40 EI_0	S509	0.40 EI_0
S110	0.60 EI_0	S210	0.55 EI_0	S310	0.45 EI_0	S410	0.40 EI_0	S510	0.40 EI_0
S111	0.60 EI_0	S211	0.55 EI_0	S311	0.45 EI_0	S411	0.40 EI_0	S511	0.40 EI_0

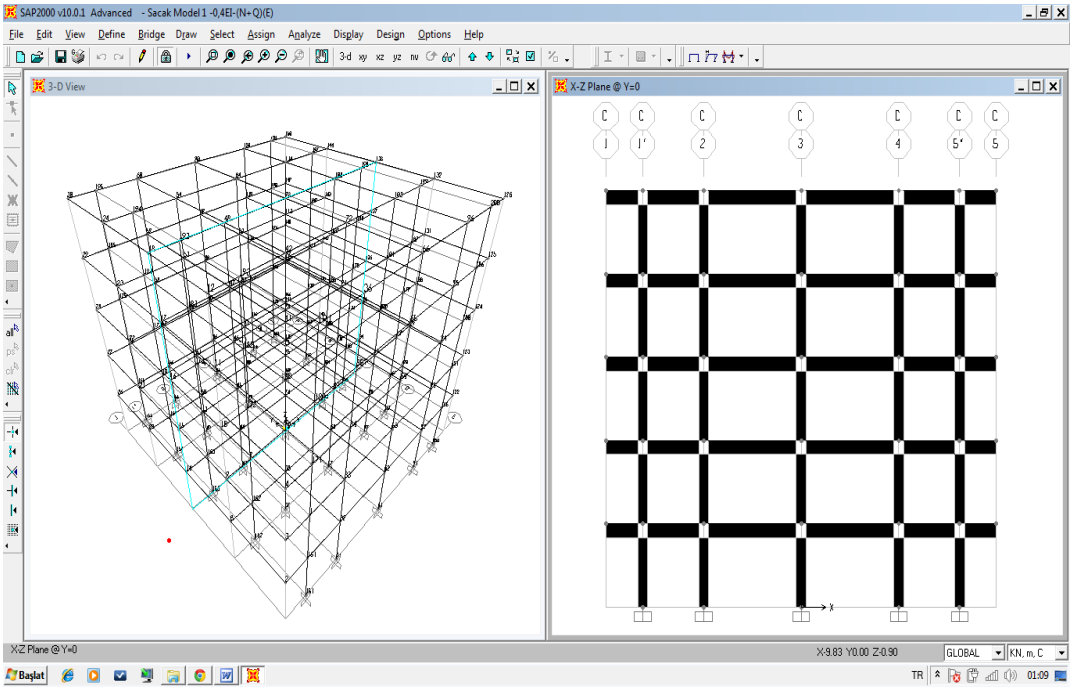
Çizelge 4.73 (devam) : B4 binası kolon çatlamış eğilme rijitlikleri.

1.Kat	(EI)	2.Kat	(EI)	3.Kat	(EI)	4.Kat	(EI)	5.Kat	(EI)
S112	0.60 EI_0	S212	0.55 EI_0	S312	0.50 EI_0	S412	0.40 EI_0	S512	0.40 EI_0
S113	0.65 EI_0	S213	0.60 EI_0	S313	0.50 EI_0	S413	0.45 EI_0	S513	0.40 EI_0
S114	0.60 EI_0	S214	0.55 EI_0	S314	0.50 EI_0	S414	0.40 EI_0	S514	0.40 EI_0
S115	0.60 EI_0	S215	0.55 EI_0	S315	0.45 EI_0	S415	0.40 EI_0	S515	0.40 EI_0
S116	0.60 EI_0	S216	0.55 EI_0	S316	0.45 EI_0	S416	0.40 EI_0	S516	0.40 EI_0
S117	0.60 EI_0	S217	0.55 EI_0	S317	0.50 EI_0	S417	0.40 EI_0	S517	0.40 EI_0
S118	0.65 EI_0	S218	0.60 EI_0	S318	0.50 EI_0	S418	0.45 EI_0	S518	0.40 EI_0
S119	0.60 EI_0	S219	0.55 EI_0	S319	0.50 EI_0	S419	0.40 EI_0	S519	0.40 EI_0
S120	0.60 EI_0	S220	0.55 EI_0	S320	0.45 EI_0	S420	0.40 EI_0	S520	0.40 EI_0
S121	0.50 EI_0	S221	0.45 EI_0	S321	0.40 EI_0	S421	0.40 EI_0	S521	0.40 EI_0
S122	0.50 EI_0	S222	0.45 EI_0	S322	0.40 EI_0	S422	0.40 EI_0	S522	0.40 EI_0
S123	0.55 EI_0	S223	0.50 EI_0	S323	0.45 EI_0	S423	0.40 EI_0	S523	0.40 EI_0
S124	0.50 EI_0	S224	0.45 EI_0	S324	0.40 EI_0	S424	0.40 EI_0	S524	0.40 EI_0
S125	0.50 EI_0	S225	0.45 EI_0	S325	0.40 EI_0	S425	0.40 EI_0	S525	0.40 EI_0

Tüm kirişler için de, 'Çatlamış Eğilme Rijitliği'; 0.40 $(EI)_0$ olacaktır.

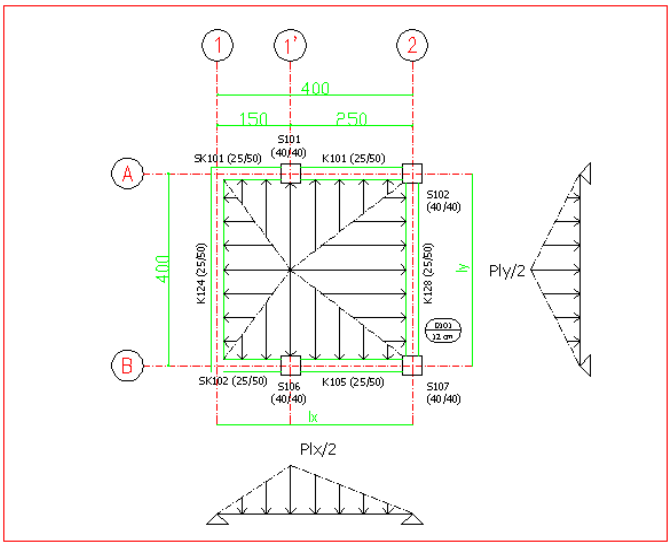
4.4.3 B4 binasının bilgisayar ortamında çözümlenmesi

B4 Binası, SAP2000-V10 analiz programı kullanılarak, önceki bölümlerde belirtilen şartlar çerçevesinde çözülmüştür. Hesap detaylarına, çalışmanın sonunda bulunan hesap CD'sinden ulaşılabilir.



Şekil 4.73 : B4 binası SAP2000 modeli.

B4 Binası, çerçeve süreksizliğinin olduğu döşemelerdeki sabit ve hareketli yükler, aşağıda Şekil 4.74'deki gibi kirişlere aktarılmıştır.



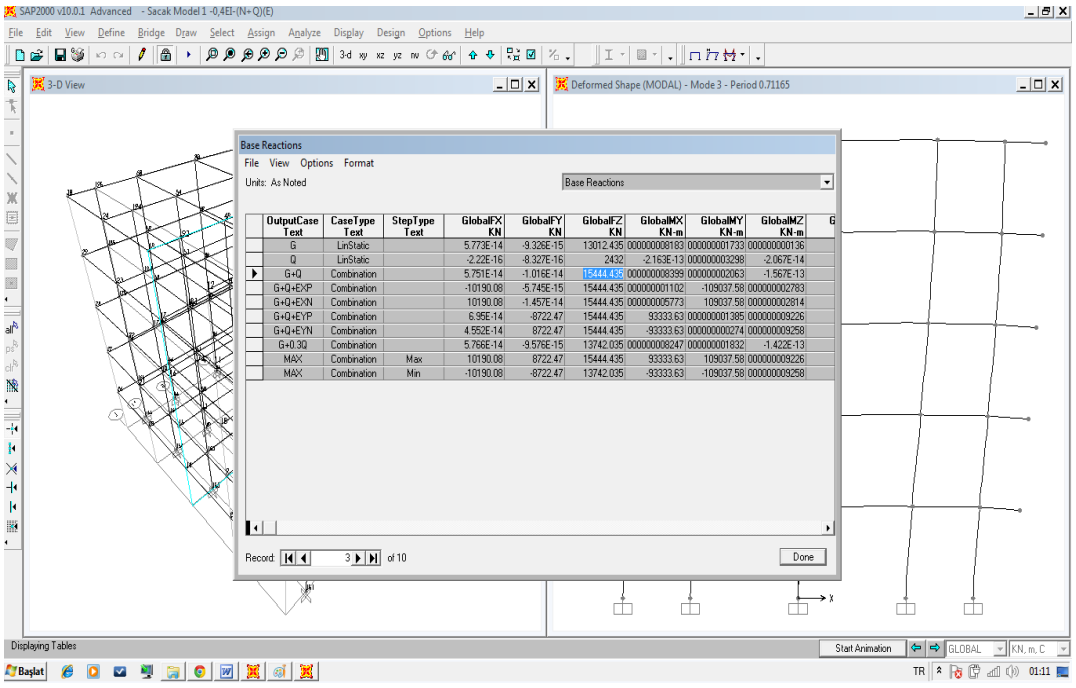
Şekil 4.74 : B4 binası, çerçeve süreksizliği olan döşemeler yük dağılımı.

B4 Binası için düşey doğrultudaki bina toplam yüklerine aşağıda Şekil 4.75'de gösterilen, SAP2000-V10 programı 'Base Reactions' sekmesinden de ulaşılabilir. Buna göre toplam bina ağırlığı, (-Z) doğrultusunda, analiz sonrası sabit ve hareketli yüklerden meydana gelen düşey mesnet reaksiyonlarının toplamı olarak;

$(W_G)_{B4}$ = 13,012.44 kN

$(W_Q)_{B4}$ = 2,432.00 kN

$(W_G+W_Q)_{B4}$ = 15,444.44 kN değerleri bulunmuştur.



Şekil 4.75 : B4 binası SAP2000 mesnet reaksiyonları.

4.4.4 Deprem hesabı

B4 Binası, TDY-07, (7.4) – Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar gözönüne alınarak, TDY-07, (7.5.1.1) şartları sağlandığından, 'Eşdeğer Deprem Yükü' doğrusal hesap yöntemi kullanılarak deprem hesabı yapılmıştır.

$w_i = g_i + 0.30q_i$

$W_{5.Kat}$ = 2,012.44 kN

$W_{4.Kat}$ = 2,932.40 kN

$W_{3.Kat}$ = 2,932.40 kN

$W_{2.Kat}$ = 2,932.40 kN

$W_{1.Kat}$ = 2,932.40 kN

W_{Toplam} = *13,742.04 kN*

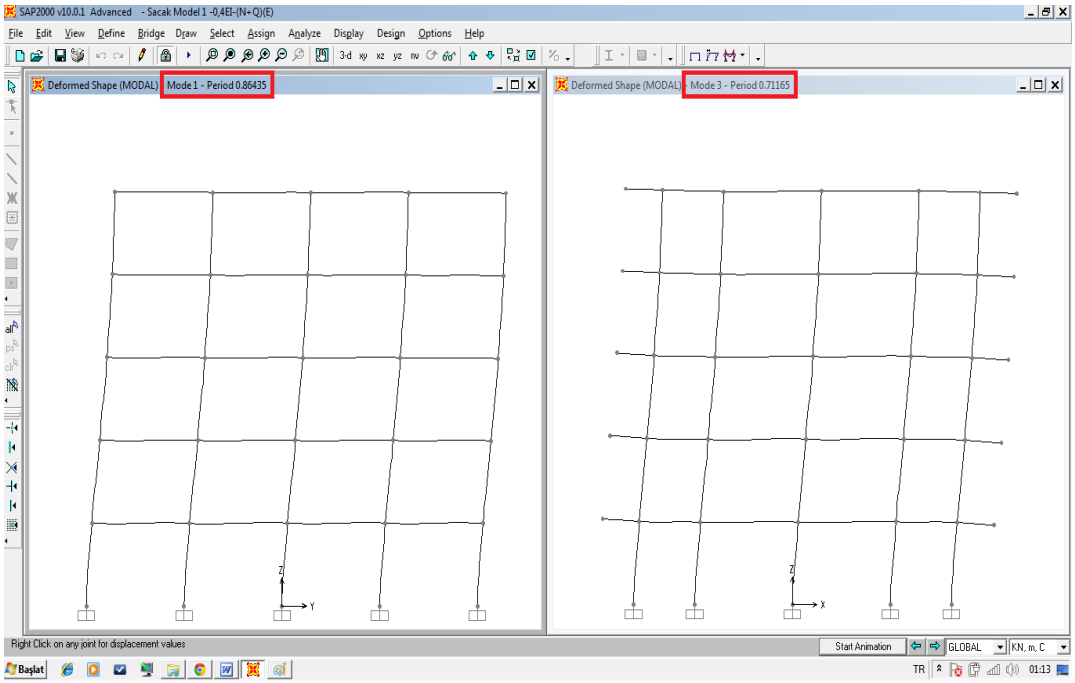
SAP 2000-V10 programı ile hesap sonucu binanın birinci doğal titreşim periyodu,

(X) doğrultusu için;

$T_x = 0.71165$ sn.

(Y) doğrultusu için;

$T_y = 0.86435$ sn. olarak belirlenmiştir (Şekil 4.76).



Şekil 4.76 : B4 binası SAP2000 (X) ve (Y) yönü bina doğal titreşim periyotları.

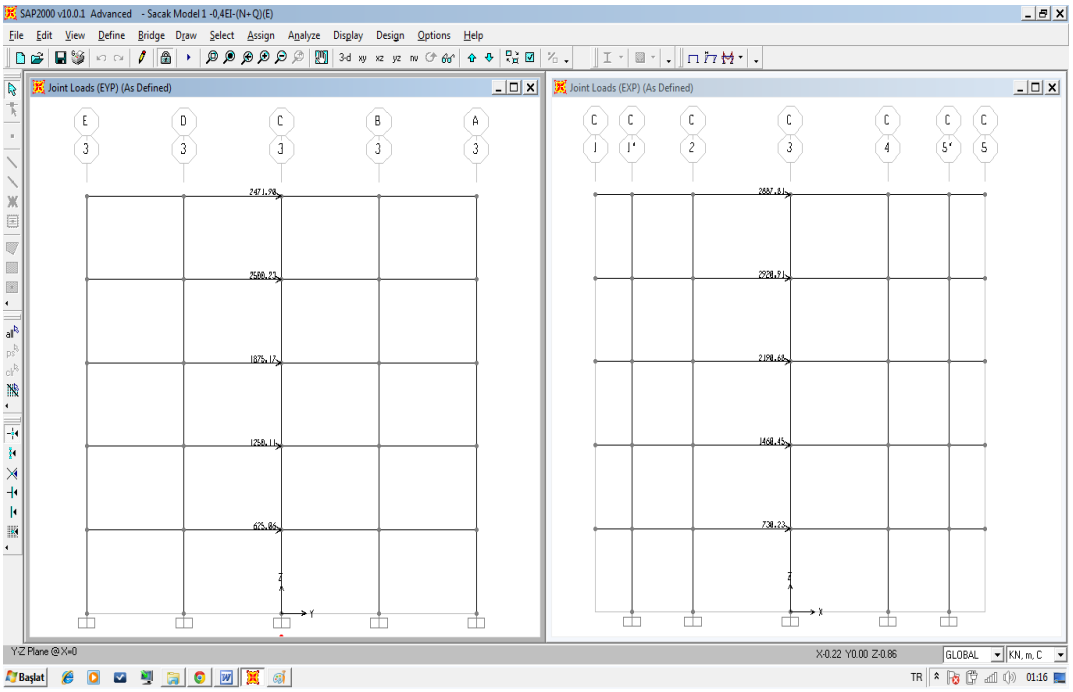
Eşdeğer deprem yükleri, her iki doğrultu için Çizelge 4.74 ve Çizelge 4.75'de verilmiştir. Ayrıca SAP2000-V10 programında kat ağırlık merkezlerine tekil kuvvet olarak atanmıştır (Şekil 4.77).

Çizelge 4.74 : B4 binası (±X) yönü, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri.

Kat	w_i	H_i	w_iH_i	F_i	ΔF_N	$F_i+\Delta F_N$
5	2,012.44	15	30,186.53	2,505.69	382.13	2,887.81
4	2,932.40	12	35,188.80	2,920.91		2,920.91
3	2,932.40	9	26,391.60	2,190.68		2,190.68
2	2,932.40	6	17,594.40	1,460.45		1,460.45
1	2,932.40	3	8,797.20	730.23		730.23
	13,742.04		**118,158.53**	**9,807.96**	**382.13**	**10,190.09**

Çizelge 4.75 : B4 binası (±Y) yönü, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri.

Kat	w_i	H_i	w_iH_i	F_i	ΔF_N	$F_i+\Delta F_N$
5	2,012.44	15	30,186.53	2,144.81	327.09	2,471.90
4	2,932.40	12	35,188.80	2,500.23		2,500.23
3	2,932.40	9	26,391.60	1,875.17		1,875.17
2	2,932.40	6	17,594.40	1,250.11		1,250.11
1	2,932.40	3	8,797.20	625.06		625.06
	13,742.04		**118,158.53**	**9,792.91**	**381.54**	**8,722.47**



Şekil 4.77 : B4 binası, SAP2000 katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri.

4.4.5 Kiriş kapasite oranlarının belirlenmesi

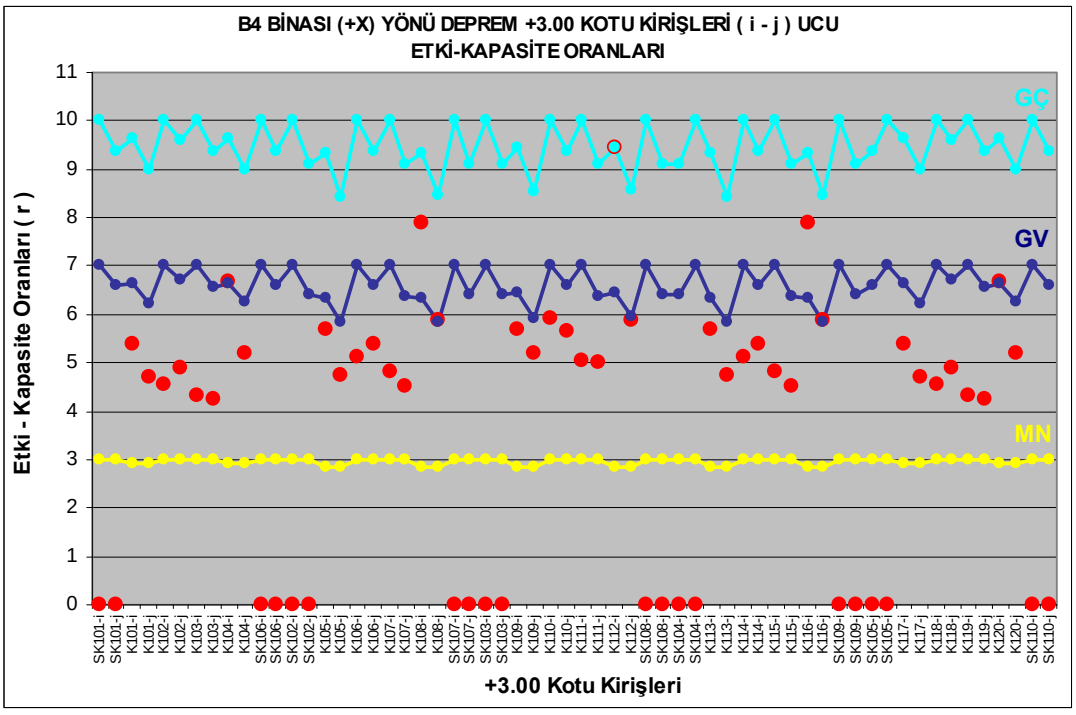
B4 Binası, 4.1.5 de detaylı olarak gösterilen yöntemlerle ve TDY-07, Bölüm 7 koşullarına göre yapılan hesaplar sonucu, (+X) Yönü Deprem Durumu, +3.00 Kotu Kirişleri, (i ucu) ve (j ucu) için , etki-kapasite oranları, hasar sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumları hesaplanmış ve Çizelge 4.76'da verilmiştir.

Çizelge 4.76 : B4 binası (+X) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kirişler	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
SK101-i	0.00	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
SK101-j	0.01	3.00	6.59	9.39	Minimum Hasar	
K101-i	5.40	2.90	6.62	9.62	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K101-j	4.72	2.90	6.23	8.97	Belirgin Hasar	
K102-i	4.56	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K102-j	4.90	3.00	6.73	9.59	Belirgin Hasar	
K103-i	4.31	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K103-j	4.25	3.00	6.57	9.35	Belirgin Hasar	
K104-i	6.66	2.90	6.62	9.62	İleri Hasar	İleri Hasar
K104-j	5.21	2.90	6.25	9.01	Belirgin Hasar	
SK106-i	0.01	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
SK106-j	0.00	3.00	6.59	9.39	Minimum Hasar	
SK102-i	0.00	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
SK102-j	0.01	3.00	6.41	9.12	Minimum Hasar	
K105-i	5.69	2.84	6.35	9.35	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K105-j	4.75	2.84	5.84	8.43	Belirgin Hasar	
K106-i	5.12	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K106-j	5.38	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K107-i	4.80	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K107-j	4.51	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K108-i	7.89	2.84	6.35	9.35	İleri Hasar	İleri Hasar
K108-j	5.87	2.84	5.85	8.46	İleri Hasar	
SK107-i	0.01	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
SK107-j	0.00	3.00	6.41	9.12	Minimum Hasar	
SK103-i	0.00	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
SK103-j	0.00	3.00	6.41	9.12	Minimum Hasar	
K109-i	5.70	2.86	6.45	9.45	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K109-j	5.19	2.86	5.92	8.54	Belirgin Hasar	
K110-i	5.90	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K110-j	5.65	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K111-i	5.06	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K111-j	5.01	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K112-i	9.44	2.86	6.45	9.45	İleri Hasar	İleri Hasar
K112-j	5.88	2.86	5.94	8.57	Belirgin Hasar	
SK108-i	0.00	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
SK108-j	0.00	3.00	6.41	9.12	Minimum Hasar	
SK104-j	0.01	3.00	6.41	9.12	Minimum Hasar	Minimum Hasar
SK104-i	0.00	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	
K113-i	5.69	2.84	6.35	9.35	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K113-j	4.75	2.84	5.84	8.43	Belirgin Hasar	

Çizelge 4.76 (devam) : B4 binası (+X) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki -kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kirişler	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
K114-i	5.12	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K114-j	5.38	3.00	6.59	9.39	Belirgin Hasar	
K115-i	4.80	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K115-j	4.51	3.00	6.39	9.09	Belirgin Hasar	
K116-i	7.89	2.84	6.35	9.35	İleri Hasar	İleri Hasar
K116-j	5.87	2.84	5.85	8.46	İleri Hasar	
SK109-i	0.01	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
SK109-j	0.00	3.00	6.41	9.12	Minimum Hasar	
SK105-j	0.01	3.00	6.59	9.39	Minimum Hasar	Minimum Hasar
SK105-i	0.00	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	
K117-i	5.40	2.90	6.62	9.62	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K117-j	4.72	2.90	6.23	8.97	Belirgin Hasar	
K118-i	4.56	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K118-j	4.90	3.00	6.73	9.59	Belirgin Hasar	
K119-i	4.31	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K119-j	4.25	3.00	6.57	9.35	Belirgin Hasar	
K120-i	6.66	2.90	6.62	9.62	İleri Hasar	İleri Hasar
K120-j	5.21	2.90	6.25	9.01	Belirgin Hasar	
SK110-i	0.01	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
SK110-j	0.00	3.00	6.59	9.39	Minimum Hasar	

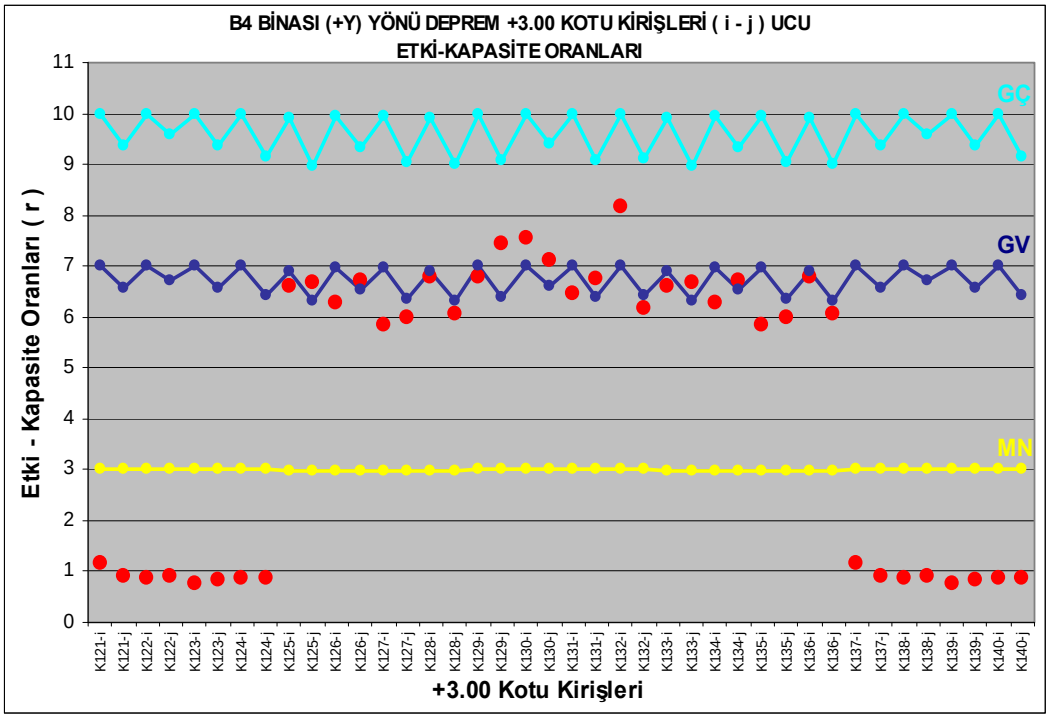


Şekil 4.78 : B4 binası (+X) yönü deprem durumu, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) kiriş hasar durum grafiği.

B4 Binası, (+Y) Yönü Deprem Durumu, +3.00 Kotu Kirişleri, (i ucu) ve (j ucu) için, etki-kapasite oranları, hasar sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumları hesaplanmış ve Çizelge 4.77'de verilmiştir.

Çizelge 4.77 : B4 binası (+Y) yönü deprem, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kirişler	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
K121-i	1.15	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K121-j	0.89	3.00	6.57	9.35	Minimum Hasar	
K122-i	0.88	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K122-j	0.91	3.00	6.73	9.59	Minimum Hasar	
K123-i	0.76	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K123-j	0.83	3.00	6.57	9.35	Minimum Hasar	
K124-i	0.86	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K124-j	0.86	3.00	6.42	9.14	Minimum Hasar	
K125-i	6.59	2.97	6.89	9.89	Belirgin Hasar	İleri Hasar
K125-j	6.68	2.97	6.30	8.98	İleri Hasar	
K126-i	6.26	2.99	6.96	9.96	Belirgin Hasar	İleri Hasar
K126-j	6.70	2.99	6.55	9.34	İleri Hasar	
K127-i	5.85	2.99	6.96	9.96	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K127-j	5.98	2.99	6.35	9.04	Belirgin Hasar	
K128-i	6.77	2.97	6.89	9.89	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K128-j	6.07	2.97	6.32	9.01	Belirgin Hasar	
K129-i	6.79	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	İleri Hasar
K129-j	7.45	3.00	6.39	9.09	İleri Hasar	
K130-i	7.56	3.00	7.00	10.00	İleri Hasar	İleri Hasar
K130-j	7.12	3.00	6.59	9.39	İleri Hasar	
K131-i	6.45	3.00	7.00	10.00	Belirgin Hasar	İleri Hasar
K131-j	6.74	3.00	6.39	9.09	İleri Hasar	
K132-i	8.16	3.00	7.00	10.00	İleri Hasar	İleri Hasar
K132-j	6.18	3.00	6.41	9.12	Belirgin Hasar	
K133-i	6.59	2.97	6.89	9.89	Belirgin Hasar	İleri Hasar
K133-j	6.68	2.97	6.30	8.98	İleri Hasar	
K134-i	6.26	2.99	6.96	9.96	Belirgin Hasar	İleri Hasar
K134-j	6.70	2.99	6.55	9.34	İleri Hasar	
K135-i	5.85	2.99	6.96	9.96	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K135-j	5.98	2.99	6.35	9.04	Belirgin Hasar	
K136-i	6.77	2.97	6.89	9.89	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
K136-j	6.07	2.97	6.32	9.01	Belirgin Hasar	
K137-i	1.15	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K137-j	0.89	3.00	6.57	9.35	Minimum Hasar	
K138-i	0.88	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K138-j	0.91	3.00	6.73	9.59	Minimum Hasar	
K139-i	0.76	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K139-j	0.83	3.00	6.57	9.35	Minimum Hasar	
K140-i	0.86	3.00	7.00	10.00	Minimum Hasar	Minimum Hasar
K140-j	0.86	3.00	6.42	9.14	Minimum Hasar	



Şekil 4.79 : B4 binası (+Y) yönü deprem durumu, +3.00 kotu kirişleri, (i – j ucu) kiriş hasar durum grafiği.

4.4.6 Kolon kapasite oranlarının belirlenmesi

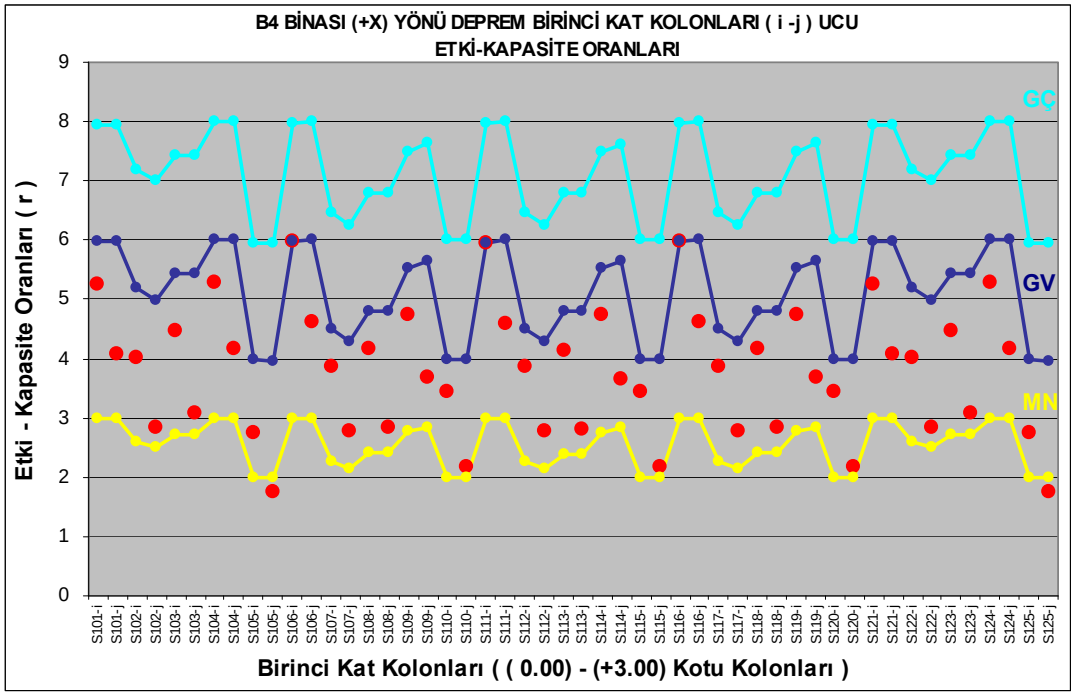
B4 Binası, 4.1.6 da detaylı olarak gösterilen yöntemlerle ve TDY-07, Bölüm 7 koşullarına göre yapılan hesaplar sonucu, (+X) Yönü Deprem Durumu, Birinci Kat Kolonları, (i - j ucu) için , etki-kapasite oranları, hasar sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumları hesaplanmış ve Çizelge 4.78'de verilmiştir.

Çizelge 4.78 : B4 binası (+X) yönü deprem, birinci kat kolonları, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

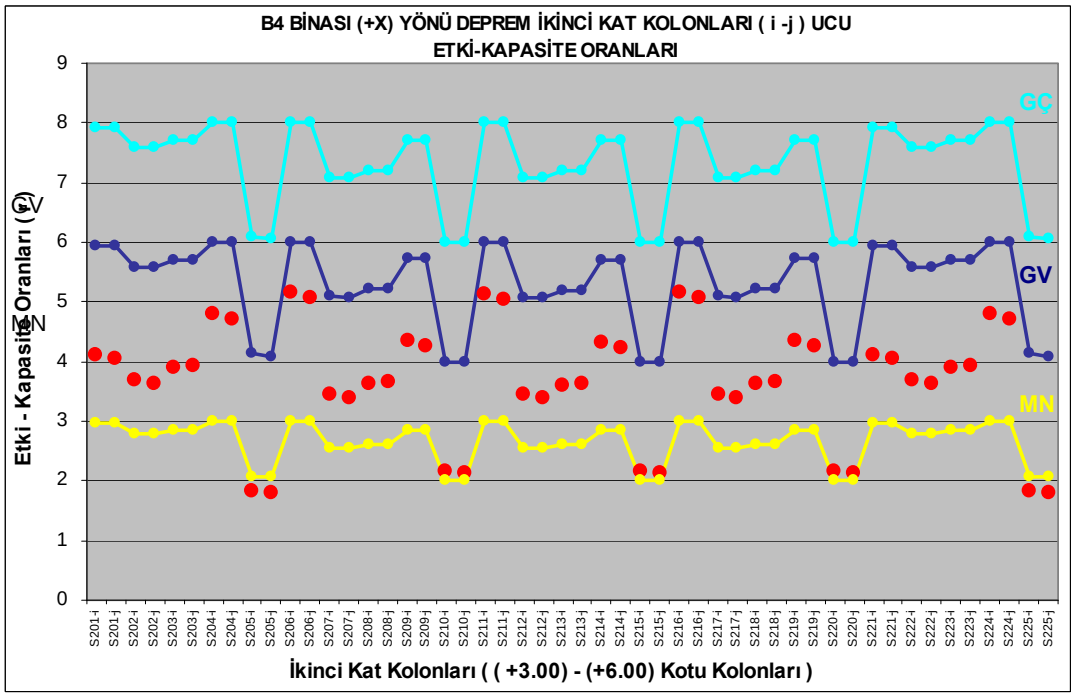
Kolonlar	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
S101-i	5.26	2.99	5.98	7.96	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S101-j	4.08	2.99	5.98	7.96	Belirgin Hasar	
S102-i	4.01	2.59	5.18	7.18	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S102-j	2.84	2.50	4.99	6.99	Belirgin Hasar	
S103-i	4.47	2.71	5.43	7.43	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S103-j	3.07	2.71	5.43	7.43	Belirgin Hasar	
S104-i	5.28	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S104-j	4.16	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S105-i	2.75	1.99	3.97	5.95	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S105-j	1.74	1.99	3.97	5.95	Belirgin Hasar	

Çizelge 4.78 (devam) : B4 binası (+X) yönü deprem, birinci kat kolonları, (i – j ucu) etki -kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kolonlar	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
S106-i	5.99	2.99	5.97	7.97	İleri Hasar	İleri Hasar
S106-j	4.62	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S107-i	3.88	2.26	4.51	6.48	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S107-j	2.78	2.15	4.28	6.25	Belirgin Hasar	
S108-i	4.15	2.40	4.80	6.80	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S108-j	2.83	2.40	4.80	6.80	Belirgin Hasar	
S109-i	4.74	2.77	5.53	7.50	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S109-j	3.67	2.83	5.66	7.63	Belirgin Hasar	
S110-i	3.45	2.00	4.00	6.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S110-j	2.19	2.00	4.00	6.00	Belirgin Hasar	
S111-i	5.957	2.98	5.959	7.96	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S111-j	4.59	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S112-i	3.88	2.26	4.50	6.47	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S112-j	2.78	2.15	4.28	6.25	Belirgin Hasar	
S113-i	4.15	2.40	4.79	6.79	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S113-j	2.82	2.40	4.79	6.79	Belirgin Hasar	
S114-i	4.73	2.76	5.52	7.49	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S114-j	3.67	2.83	5.66	7.63	Belirgin Hasar	
S115-i	3.45	2.00	4.00	6.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S115-j	2.19	2.00	4.00	6.00	Belirgin Hasar	
S116-i	5.99	2.99	5.97	7.97	İleri Hasar	İleri Hasar
S116-j	4.62	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S117-i	3.88	2.26	4.51	6.48	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S117-j	2.78	2.15	4.28	6.25	Belirgin Hasar	
S118-i	4.15	2.40	4.80	6.80	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S118-j	2.83	2.40	4.80	6.80	Belirgin Hasar	
S119-i	4.74	2.77	5.53	7.50	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S119-j	3.67	2.83	5.66	7.63	Belirgin Hasar	
S120-i	3.45	2.00	4.00	6.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S120-j	2.19	2.00	4.00	6.00	Belirgin Hasar	
S121-i	5.26	2.99	5.98	7.96	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S121-j	4.08	2.99	5.98	7.96	Belirgin Hasar	
S122-i	4.01	2.59	5.18	7.18	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S122-j	2.84	2.50	4.99	6.99	Belirgin Hasar	
S123-i	4.47	2.71	5.43	7.43	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S123-j	3.07	2.71	5.43	7.43	Belirgin Hasar	
S124-i	5.28	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S124-j	4.16	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S125-i	2.75	1.99	3.97	5.95	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S125-j	1.74	1.99	3.97	5.95	Belirgin Hasar	



Şekil 4.80 : B4 binası (+X) yönü deprem durumu, birinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği.

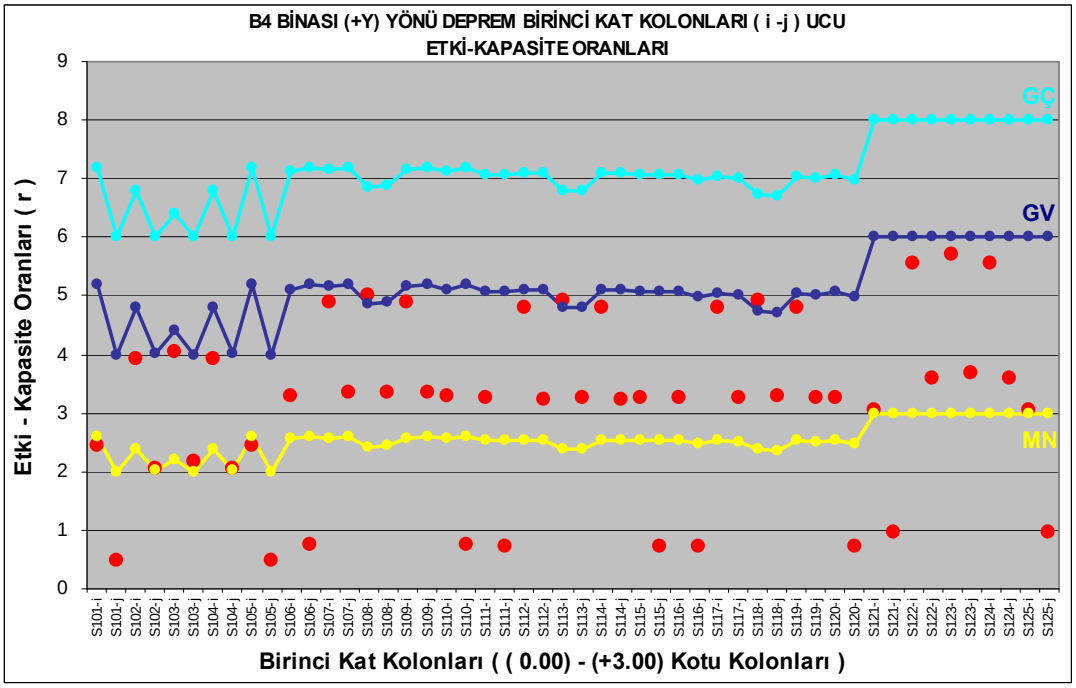


Şekil 4.81 : B4 binası (+X) yönü deprem durumu, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği.

B4 Binası, (+Y) Yönü Deprem, Birinci Kat Kolonları, (i - j ucu), etki-kapasite oranları, hasar sınırları, kesit ve eleman hasar durumları Çizelge 4.79'da verilmiştir.

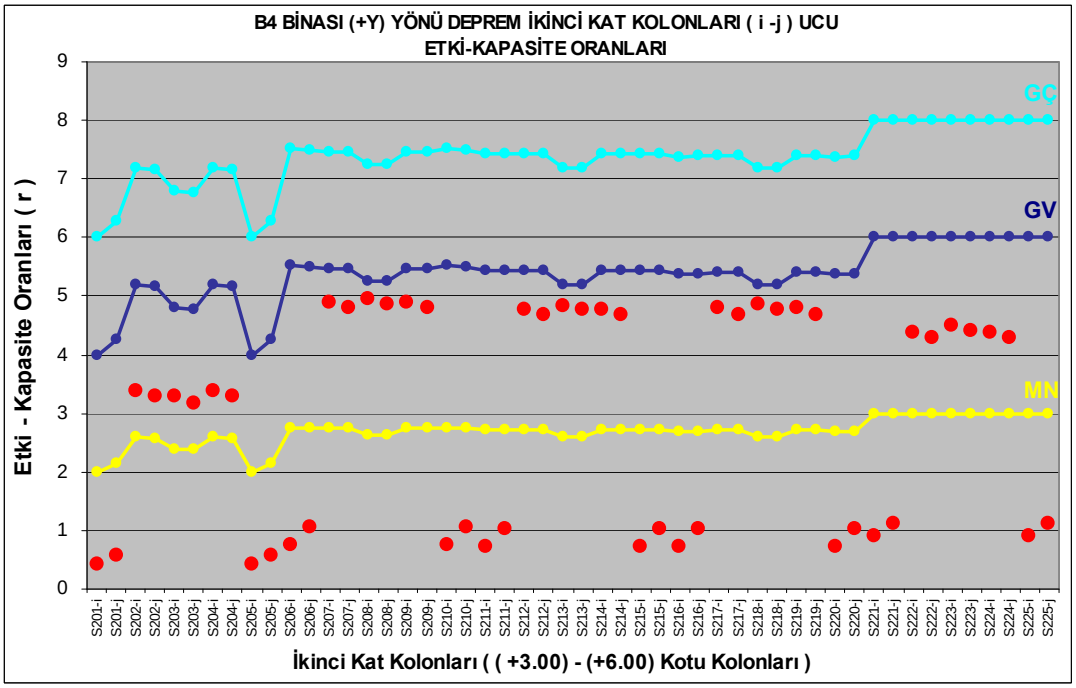
Çizelge 4.79 : B4 binası (+Y) yönü deprem, birinci kat kolonları, (i – j ucu) etki - kapasite oranları, sınır değerleri, kesit ve eleman hasar durumu.

Kolonlar	r	MN	GV	GÇ	Kesit Hasar Durumu	Eleman Hasar Durumu
S101-i	2.45	2.59	5.19	7.19	Minimum Hasar	Minimum Hasar
S101-j	0.47	2.00	4.00	6.00	Minimum Hasar	
S102-i	3.94	2.40	4.80	6.80	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S102-j	2.06	2.01	4.02	6.02	Belirgin Hasar	
S103-i	4.06	2.20	4.41	6.41	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S103-j	2.16	2.00	4.00	6.00	Belirgin Hasar	
S104-i	3.94	2.40	4.80	6.80	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S104-j	2.06	2.01	4.02	6.02	Belirgin Hasar	
S105-i	2.45	2.59	5.19	7.19	Minimum Hasar	Minimum Hasar
S105-j	0.47	2.00	4.00	6.00	Minimum Hasar	
S106-i	3.30	2.56	5.12	7.12	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S106-j	0.75	2.60	5.20	7.20	Minimum Hasar	
S107-i	4.88	2.58	5.16	7.16	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S107-j	3.35	2.59	5.18	7.18	Belirgin Hasar	
S108-i	5.01	2.43	4.86	6.85	İleri Hasar	İleri Hasar
S108-j	3.36	2.44	4.88	6.88	Belirgin Hasar	
S109-i	4.88	2.58	5.16	7.16	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S109-j	3.35	2.59	5.18	7.18	Belirgin Hasar	
S110-i	3.30	2.56	5.12	7.12	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S110-j	0.75	2.60	5.20	7.20	Minimum Hasar	
S111-i	3.27	2.54	5.07	7.07	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S111-j	0.73	2.54	5.07	7.07	Minimum Hasar	
S112-i	4.80	2.55	5.10	7.10	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S112-j	3.24	2.55	5.10	7.10	Belirgin Hasar	
S113-i	4.93	2.40	4.79	6.79	İleri Hasar	İleri Hasar
S113-j	3.26	2.40	4.79	6.79	Belirgin Hasar	
S114-i	4.80	2.55	5.10	7.10	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S114-j	3.24	2.55	5.10	7.10	Belirgin Hasar	
S115-i	3.27	2.54	5.07	7.07	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S115-j	0.73	2.54	5.07	7.07	Minimum Hasar	
S116-i	3.26	2.53	5.07	7.07	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S116-j	0.72	2.49	4.98	6.98	Minimum Hasar	
S117-i	4.80	2.52	5.05	7.05	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S117-j	3.27	2.51	5.02	7.02	Belirgin Hasar	
S118-i	4.93	2.37	4.74	6.74	İleri Hasar	İleri Hasar
S118-j	3.29	2.36	4.71	6.71	Belirgin Hasar	
S119-i	4.80	2.52	5.05	7.05	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S119-j	3.27	2.51	5.02	7.02	Belirgin Hasar	
S120-i	3.26	2.53	5.07	7.07	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S120-j	0.72	2.49	4.98	6.98	Minimum Hasar	
S121-i	3.04	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S121-j	0.97	3.00	6.00	8.00	Minimum Hasar	
S122-i	5.56	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S122-j	3.60	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S123-i	5.71	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S123-j	3.67	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S124-i	5.56	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S124-j	3.60	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	
S125-i	3.04	3.00	6.00	8.00	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
S125-j	0.97	3.00	6.00	8.00	Minimum Hasar	



Şekil 4.82 : B4 binası (+Y) yönü deprem durumu, birinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği.

Birleşim bölgeleri kontrolü ve kolonların kirişlerden güçlü olma koşullarının hesabında gerekli olacağından, B4 Binası (+Y) Yönü Deprem, İkinci Kat Kolonları, (i - j ucu) için , Kolon Hasar Durum Grafiği de, Şekil 4.83'de verilmiştir.



Şekil 4.83 : B4 binası (+Y) yönü deprem durumu, ikinci kat kolonları, (i – j ucu) kolon hasar durum grafiği.

4.4.7 Birleşim bölgeleri kontrolü

B4 Binası, (+X) yönü deprem durumu (+3.00) kotu birleşim bölgeleri hesap sonuçları aşağıda Çizelge 4.80 ve Çizelge 4.81'de verilmiştir.

Çizelge 4.80 : B4 binası (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri kırılma türü kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	V_e	$0.45b_jhf_{cd}$	Kontrol $V_e<0.45b_jhf_{cd}$	Birleşim Bölgesi Kırılma Türü
S101	618.71	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S102	487.91	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S103	488.63	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S104	505.23	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S105	555.97	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S106	666.15	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S107	515.97	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S108	503.22	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S109	532.84	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S110	629.15	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S111	665.39	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S112	438.26	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S113	469.85	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S114	454.96	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S115	629.43	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S116	666.15	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S117	515.97	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S118	503.22	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S119	532.84	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S120	629.15	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S121	618.71	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S122	487.91	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S123	488.63	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S124	505.23	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S125	555.97	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören

Çizelge 4.81 : B4 binası, (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon - kiriş birleşim bölgeleri 'kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu' kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	$(M_{ra}+M_{rü})$	$1.2(M_{ri}+M_{rj})$	Kontrol	Birleşim Bölgesi Türü
S101	181.06	288.25	X	Kirişler Kolonlardan Daha Güçlü
S102	272.85	248.36	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S103	256.13	248.64	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S104	211.24	247.69	X	Kirişler Kolonlardan Daha Güçlü
S105	343.50	289.15	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S106	201.50	309.27	X	Kirişler Kolonlardan Daha Güçlü
S107	336.15	269.43	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S108	325.54	265.53	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S109	281.97	268.77	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S110	300.08	310.15	X	Kirişler Kolonlardan Daha Güçlü
S111	203.17	309.27	X	Kirişler Kolonlardan Daha Güçlü
S112	336.38	238.54	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S113	326.23	252.33	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S114	282.57	238.09	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S115	299.48	310.15	X	Kirişler Kolonlardan Daha Güçlü

Çizelge 4.81 (devam) : B4 binası, (+X) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon - kiriş birleşim bölgeleri 'kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu' kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	$(M_{ra}+M_{rü})$	$1.2(M_{ri}+M_{rj})$	Kontrol	Birleşim Bölgesi Türü
S116	201.50	309.27	X	Kirişler Kolonlardan Daha Güçlü
S117	336.15	269.43	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S118	325.54	265.53	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S119	281.97	268.77	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S120	300.08	310.15	X	Kirişler Kolonlardan Daha Güçlü
S121	181.06	288.25	X	Kirişler Kolonlardan Daha Güçlü
S122	272.85	248.36	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S123	256.13	248.64	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S124	211.24	247.69	X	Kirişler Kolonlardan Daha Güçlü
S125	343.50	289.15	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü

Çizelge 4.81'de görüldüğü gibi, TDY-75'de 'Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması' koşulunun bulunmaması ve B4 Binası donatı yerleşiminin referans alındığı B1 Binası'nda çevre kolonlarına herhangi bir kiriş bağlanmadığı için de, B4 Binası çevre kolonları, yapılan tahkik sonucu, kirişlerden daha zayıf çıkmıştır. Fakat Çizlege 4.81 incelendiğinde, S110, S115 ve S120 kolonlarının, çok küçük oranlarla tahkiki sağlamadığı, bu kolonların donatı miktarlarının çok az oranda artması veya S101 ve benzeri kolonlarla aynı donatıya sahip olması, dolayısıyla kapasite momentlerinin artacak olması durumunda, tahkikin sağlanmış olacağı da görülmektedir.

(+Y) yönü deprem durumu (+3.00) kotu birleşim bölgeleri hesap sonuçları ise aşağıda Çizelge 4.82 ve Çizelge 4.83'de verilmiştir.

Çizelge 4.82 : B4 binası (+Y) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon – kiriş birleşim bölgeleri kırılma türü kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	V_e	$0.45b_jhf_{cd}$	Kontrol $V_e<0.45b_jhf_{cd}$	Birleşim Bölgesi Kırılma Türü
S101	-109.73	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S102	353.16	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S103	345.13	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S104	353.16	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S105	-109.73	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S106	-93.92	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S107	525.36	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S108	441.81	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S109	525.36	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S110	-93.92	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S111	-95.58	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S112	508.87	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S113	462.97	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S114	508.87	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören

Çizelge 4.82 (devam) : B4 binası, (+Y) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon - kiriş birleşim bölgeleri kırılma türü kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	V_e	$0.45b_jhf_{cd}$	Kontrol $V_e<0.45b_jhf_{cd}$	Birleşim Bölgesi Kırılma Türü
S115	-95.58	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S116	-96.46	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S117	523.75	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S118	440.37	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S119	523.75	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S120	-96.46	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S121	-68.41	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S122	213.69	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S123	210.88	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S124	213.69	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören
S125	-68.41	1,152.00	UYGUN	Sünek Olarak Hasar Gören

Çizelge 4.82'de, bazı kolon-kiriş birleşim bölgelerinde V_e değerinin negatif çıkmasının sebebi, o birleşim bölgesinde bulunan kolona, (+Y) yönünde bağlanan kirişin bulunmamasıdır.

Çizelge 4.83 : B4 binası, (+Y) yönü deprem durumu, (+3.00) kotu kolon - kiriş birleşim bölgeleri 'kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu' kontrol çizelgesi.

Birleşim Bölgesi	$(M_{ra}+M_{rü})$	$1.2(M_{ri}+M_{rj})$	Kontrol	Birleşim Bölgesi Türü
S101	170.35	-	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S102	299.73	185.59	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S103	308.83	185.59	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S104	299.73	185.59	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S105	170.35	-	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S106	139.66	-	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S107	308.77	269.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S108	322.95	238.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S109	308.77	269.79	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S110	139.66	-	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S111	143.37	-	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S112	312.29	265.53	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S113	326.23	249.35	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S114	312.29	265.53	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S115	143.37	-	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S116	145.88	-	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S117	314.62	269.43	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S118	328.05	238.54	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S119	314.62	269.43	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S120	145.88	-	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S121	78.90	-	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S122	165.29	125.26	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S123	169.64	125.26	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S124	165.29	125.26	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü
S125	78.90	-	UYGUN	Kolonlar Kirişlerden Daha Güçlü

4.4.8 Göreli kat ötelemelerinin kontrolü

B2 Binası, (+X) yönü deprem durumu göreli kat ötelemesi sınırları Çizelge 4.84'de verilmiştir.

Çizelge 4.84 : B4 binası (+X) yönü deprem göreli kat öteleme değerleri.

Kat	d_{imax}	δ_{imax}	δ_{imax}/h_i		Hasar Sınırı	Hasar Bölgesi
1	0.030446	0.03045	0.0101	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
2	0.070994	0.04055	0.014	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
3	0.109684	0.03869	0.013	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
4	0.141071	0.03139	0.010	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
5	0.160037	0.01897	0.006	<	0.01	Minimum Hasar Bölgesi

(+X) yönü deprem durumunda, göreli kat ötelemesi kontrolü sonucu, B4 Binası 1., 2., 3. ve 4. katlarının 'Belirgin Hasar Bölgesi'nde olduğu görülmüştür.

B4 Binası, (+Y) yönü deprem durumu göreli kat ötelemesi sınırları Çizelge 4.85'de verilmiştir.

Çizelge 4.85 : B4 binası (+Y) yönü deprem göreli kat öteleme değerleri.

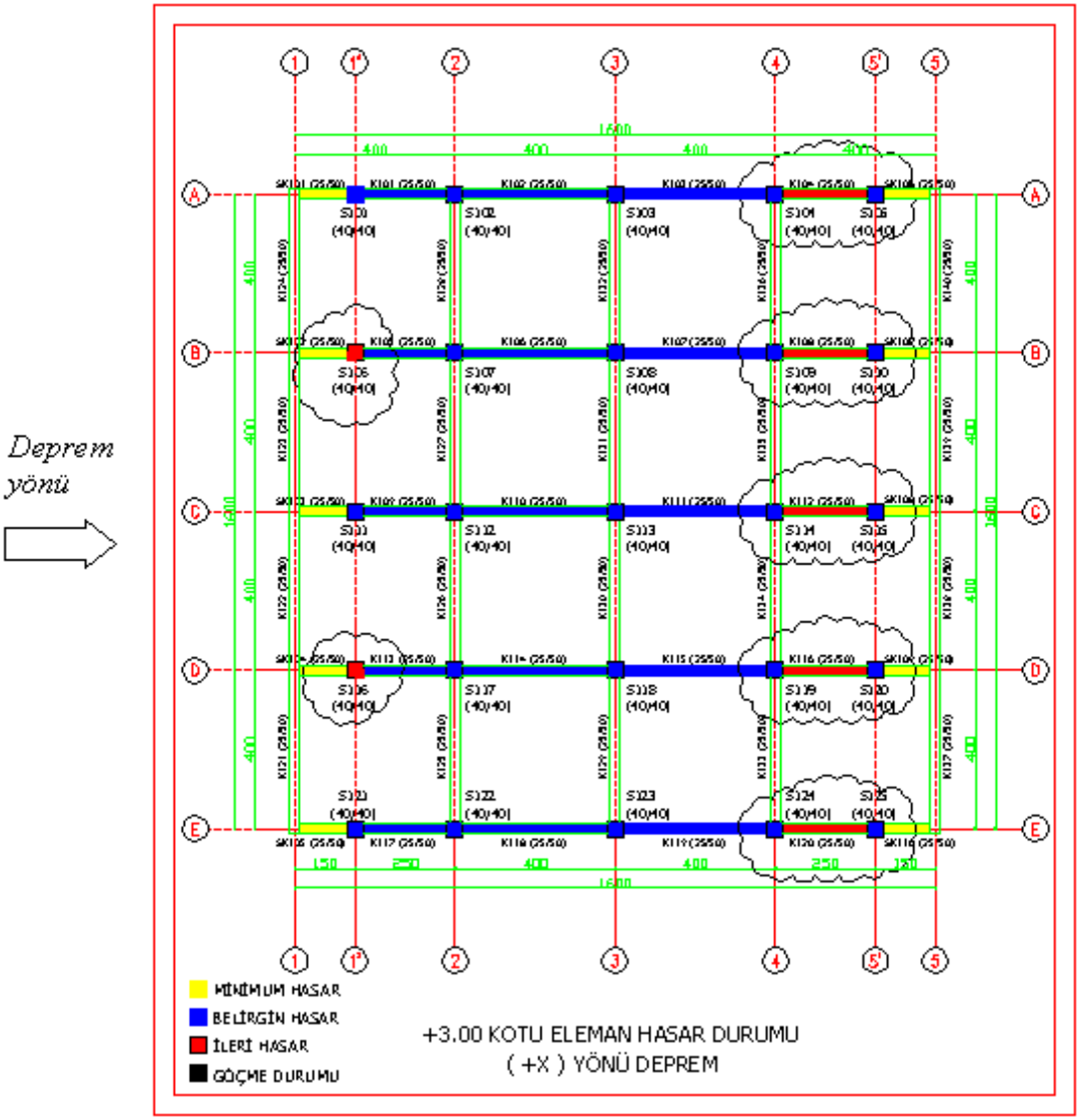
Kat	d_{imax}	δ_{imax}	δ_{imax}/h_i		Hasar Sınırı	Hasar Bölgesi
1	0.036831	0.03683	0.012	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
2	0.090177	0.05335	0.018	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
3	0.139956	0.04978	0.017	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
4	0.178905	0.03895	0.013	>	0.01	Belirgin Hasar Bölgesi
5	0.201425	0.02252	0.008	<	0.01	Minimum Hasar Bölgesi

(+Y) yönü deprem durumunda, göreli kat ötelemesi kontrolü sonucu, B4 Binası 1., 2., 3. ve 4. katlarının 'Belirgin Hasar Bölgesi'nde olduğu görülmüştür.

Deprem performans analizi hesaplarına baz olan birinci kat kolonların alt ve üst kesitlerinde, '4.4.6 – Kolon Kapasite Oranlarının Belirlenmesi' bölümünde hesaplanan 'Minimum Hasar' durumları, göreli kat ötelemesi şartına göre 'Belirgin Hasar' olarak hesaplandığından, (+Y) yönü deprem durumunda, bu şartları içeren S101 ve S105 kolon kesitleri, 'Belirgin Hasar Gören Kesit' olarak değerlendirilecektir.

4.4.9 Bina deprem performansının belirlenmesi

B4 Binası, (+X) Yönü Deprem, eleman hasar durumu aşağıda Şekil 4.84'de verilmiştir.



Şekil 4.84 : B4 binası (+X) yönü deprem eleman hasar durumu.

B4 Binası, (+X) Yönü Deprem, eleman hasar durumuna göre, deprem doğrultusuna yakın 1′ aksındaki S106 ve S116 kolonları 'İleri Hasar' durumunda hasar görürken, (1-1′) aksları arasındaki saçak kirişler 'Minimum Hasar' görmüşlerdir.

Deprem doğrultusuna uzak 4 ve 5′ aksları arasında ise, K104, K108, K112, K116 ve K120 kirişleri 'İleri Hasar' görürken, (5-5′) aksları arasındaki saçak kirişler 'Minimum Hasar' görmüşlerdir.

Diğer tüm taşıyıcı elemanlar ise 'Belirgin Hasar' görmüşlerdir.

B4 Binası performans düzeyi (+X) yönü deprem durumu için TDY-07, 7.7.3. 'Can Güvenliği Performans Düzeyi' şartlarına göre incelenirse;

B4 Binası K105, K109 ve simetrik kirişleri hariç diğer tüm taşıyıcı elemanları, sünek olarak hasar gören eleman olarak hesaplanmıştır. Gevrek olarak hasar gören bu kirişlerin de, diğer taşıyıcı elemanlar gibi sünek davranış göstermesi istendiğinden, TS500, (8.1.5.1) minimum kesme donatısı (A_{sw} / s) oranı, uygun etriyeye denk gelecek şekilde arttırılarak, bu kirişlerin de sünek olarak hasar gören eleman olması sağlanmış ve hesaplara devam edilmiştir.

(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 İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir (TDY-07, 7.7.3(a)).

4.4.5 bölümünde gösterildiği gibi, 30 adet kirişin 5 adeti 'İleri Hasar Bölgesi' nde çıkmış, diğer kirişlerin tamamı da 'Belirgin Hasar Bölgesi' ve 'Minimum Hasar Bölgesi'nde çıkmıştır. 'İleri Hasar Bölgesi'nde bulunan kiriş oranı %16.7 < %30 olduğundan, B4 Binası (+X) Yönü deprem durumunda, 'Can Güvenliği Performans Düzeyi'nin kirişler için geçerli olan (a) maddesi birinci kat kirişleri için sağlanmıştır.

(b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır (TDY-07, 7.7.3(b)).

4.4.6 bölümünde gösterildiği gibi, S106 ve S116 kolonları 'İleri Hasar Bölgesi'nde çıkmış, diğer kolonların tamamı 'Belirgin Hasar Bölgesi'nde çıkmıştır. Bu iki kolon tarafından taşınan kesme kuvveti 785.65 kN, toplam taşınan kesme kuvveti 10,190.08 kN'un %7.71 ine ulaşmaktadır ve %20'nin altındadır. Dolayısıyla, Can Güvenliği performans düzeyinin kolonlar için geçerli olan (b) maddesi de sağlanmıştır.

(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 (TDY-07, Denk.3.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler) (TDY-07, 7.7.3(c)).

4.4.6 bölümünde gösterildiği gibi, 25 adet kolonun 2 adeti İleri Hasar Bölgesi'nde, diğer 23 adet kolon da Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Dolayısıyla, birinci kat kolonlarının tamamında alt ve üst kesitlerin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmıştır.

Fakat, TDY-07, 7.7.3'de belirtilen, 4.4.7 bölümünde gösterilen, kolonların kirişlerden kuvvetli olma koşulu olan (TDY-07, Denk.3.3) incelendiğinde ise; 10 adet birleşim bölgesindeki kolonun bu şartı sağlamadığı, diğer 15 adet kolon birleşim bölgesinin ise kirişlerden güçlü olma şartını sağladığı görülmüştür. Dolayısıyla, S101, S104, S106, S110, S111, S115, S116, S120, S121 ve S124 kolonları için bu tahkik yapılırsa; bu 10 kolon tarafından taşınan kesme kuvveti 3,732.28 kN, birinci kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvveti 10,190.08 kN'un %36.6 sına ulaşmaktadır ve %30'un üzerindedir. Dolayısıyla, Can Güvenliği performans düzeyinin kolonlar için geçerli olan (c) maddesi sağlanmamıştır.

Bu sonuçlara göre, B4 Binası, (+X) yönü deprem durumu için, Çizelge 4.86'da gösterildiği gibi, *'Can Güvenliği'* performans hedefini sağlamamaktadır.

Çizelge 4.86 : B4 binası, (+X) yönü deprem, birinci kat can güvenliği performans hedefi.

Kat	Eleman	Toplam Eleman Adedi	Sağlamayan Eleman		V (kN)			Limit	
			Adet	%	Toplam (kN)	Sağlamayan (kN)	%		
1	Kirişler	30	5	16.7 %				<30% İleri Hasar Bölgesi	√
	Kolonlar	25	2	8.0 %	10,190.08	785.65	7.71 %	<20% İleri Hasar Kolonları Kesme Kuvveti	√
	Kolonlar	25	10	40.0 %	10,190.08	3,732.28	36.6 %	<30% Kesme Kuvveti	**X**

B4 Binasının, birinci kat (+X) yönü deprem durumunda, 'Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlamadığı da, aşağıda Çizelge 4.87'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.87 : B4 binası, (+X) yönü deprem, birinci kat göçme öncesi performans hedefi.

Kat	Eleman	Toplam Eleman Adedi	Sağlamayan Eleman		V (kN)			Limit	
			Adedi	%	Toplam (kN)	Sağlamayan (kN)	%		
	Kirişler	30	-	0.0 %				<20% Göçme Bölgesi	√
1	Kolonlar	25	-	0.0 %	10,190.08			<0% Göçme Bölgesi	√
	Kolonlar	25			10,190.08	3,732.28	36.6 %	<30% Kesme Kuvveti	**X**

Çizlege 4.86 ve Çizelge 4.87'de de görüldüğü gibi, '*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 aşmamas'* şartı, TDY-07'de hem 'Can Güvenliği', hem de 'Göçme Öncesi' performans düzeyi hedefi'nde bulunmaktadır.

B4 Binası, (+X) yönü deprem durumu için TDY-07, 7.7.5 'Göçme Durumu' şartları incelenirse;

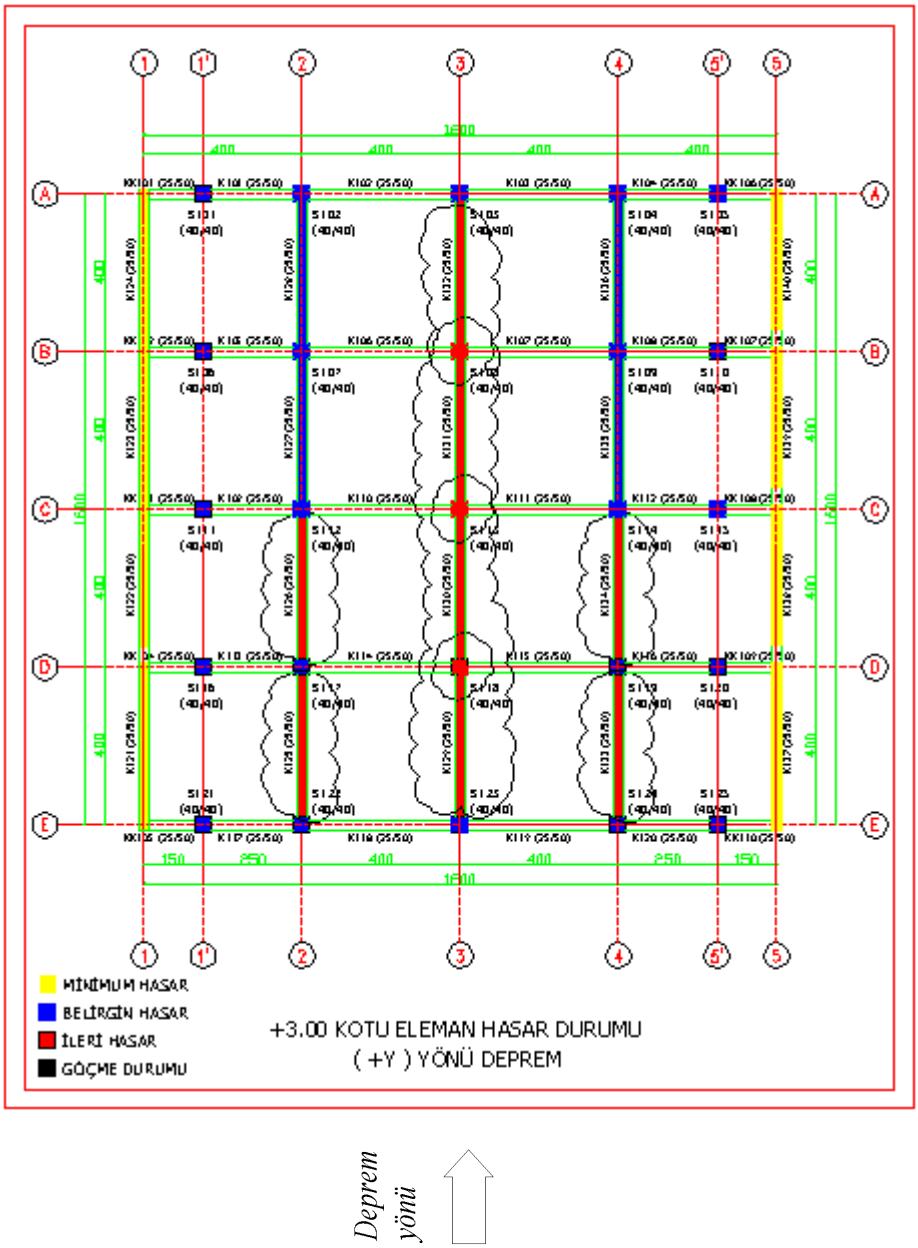
Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumun'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır (TDY-07, 7.7.5).

B4 Binası Birinci katı (+X) yönü deprem durumunda, yukarıda Çizelge 4.87'de verilen şartların tamamına ulaşamadığı için 'Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamamış ve *'Göçme Durumu'*nda çıkmıştır.

Binanın mevcut durumda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

4.4.7'de de belirtildiği gibi, B4 Binası S110, S115 ve S120 kolonlarının, çok küçük oranlarla 'Kolonların Kirişlerde Daha Güçlü Olma' tahkikini sağlamadığı, bu kolonların donatı miktarlarının çok az oranda artması veya S101 ve benzeri kolonlarla aynı donatıya sahip olması, dolayısıyla kapasite momentlerinin artması durumunda, 'Kolonların Kirişlerde Daha Güçlü Olma' tahkikinin sağlanmış olacağı, dolayısıyla '*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'* şartını sağlayacağı ve 'Göçme Durumu'nda hesaplanan B4 Binası'nın, 'Can Güvenliği' düzeyinde performans göstereceği sonucu da dikkate değerdir.

B4 Binası, (+Y) Yönü Deprem, eleman hasar durumu aşağıda Şekil 4.85'de verilmiştir.



Şekil 4.85 : B4 binası (+Y) yönü deprem eleman hasar durumu.

B4 Binası, (+Y) Yönü Deprem, eleman hasar durumuna göre, 3 aksında bulunan S108, S113 ve S118 kolonları 'İleri Hasar', diğer kolonların tamamı da 'Belirgin Hasar' durumundadır. Ayrıca, 3 aksında bulunan kirişlerin tamamı, 2 ve 4 akslarında bulunan kirişlerin de ikişer adedi olamk üzer toplam 8 adet kiriş 'İleri Hasar', 2 ve 4 akslarındaki 4 adet kiriş 'Belirgin Hasar', 1 ve 5 akslarındaki 8 adet çevre çerçeve kirişlerinin tamamı da 'Minimum Hasar' durumundadır.

B4 Binası (+Y) yönü deprem durumunda, kolon ve kirişlerinin tamamı sünek olarak hasar gören eleman olarak hesaplanmıştır. Gevrek olarak hasar gören eleman bulunmamaktadır.

B4 Binası performans düzeyi (+Y) yönü deprem durumunda TDY-07, 7.7.3 'Can Güvenliği Performans Düzeyi' şartlarına göre incelenirse;

(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 İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir (TDY-07, 7.7.3(a)).

4.4.5 bölümünde gösterildiği gibi, toplam 20 adet kirişten 8 adeti 'İleri Hasar Bölgesi' nde, diğer kirişlerin tamamı da 'Belirgin Hasar Bölgesi' ve 'Minimum Hasar Bölgesi'nde çıkmıştır. 'İleri Hasar Bölgesi'nde bulunan kiriş oranı %40.0 > %30 olduğundan, B4 Binası (+Y) Yönü deprem durumunda, 'Can Güvenliği Performans Düzeyi'nin kirişler için geçerli olan (a) maddesi birinci kat kirişleri için sağlanmamıştır.

(b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır (TDY-07, 7.7.3(b)).

4.4.6 bölümünde gösterildiği gibi, 25 adet kolonun 3 adeti 'İleri Hasar Bölgesi'nde, diğer 22 adet kolon da 'Belirgin Hasar Bölgesi'nde çıkmıştır. İleri Hasar Bölgesi'ndeki 3 kolon tarafından taşınan toplam kesme kuvveti 1,659.52 kN, toplam taşınan kesme kuvveti 8,722.47 kN'un %19.03 üne ulaşmaktadır ve %20'nin altındadır. Dolayısıyla, Can Güvenliği performans düzeyinin kolonlar için geçerli olan (b) maddesi sağlanmıştır.

(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 (TDY-07, Denk.3.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler) (TDY-07, 7.7.3(c)).

4.4.6 bölümünde gösterildiği gibi, 25 adet kolonun 3 adeti İleri Hasar Bölgesi'nde, 22 adet kolon Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Birinci kat kolonlarının tamamında alt ve üst kesitlerin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmıştır.

4.4.7 bölümü birleşim bölgeleri için yapılan kontrolde, (+Y) yönü deprem durumunda, 'Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu' sağlandığı için, kesme kuvveti oranının %30'u aşmaması şartının kontrolünün yapılmasına gerek kalmamış ve TDY-07, 7.7.3 (c) şartı da sağlamıştır.

Bu sonuçlara göre, B4 Binası, (+Y) yönü deprem durumu için, Çizelge 4.88'de gösterildiği gibi, *'Can Güvenliği'* performans hedefini sağlamamaktadır.

Çizelge 4.88 : B4 binası, (+Y) yönü deprem, birinci kat can güvenliği performans hedefi.

Kat	Eleman	Toplam Eleman Adedi	Sağlamayan Eleman		V (kN)			Limit	
			Adet	%	Toplam (kN)	Sağlamayan (kN)	%		
	Kirişler	20	8	40.0 %				<30% İleri Hasar Bölgesi	**X**
1	Kolonlar	25	3	12.0 %	8,722.47	1,659.52	19.03 %	<20% İleri Hasar Kolonları Kesme Kuvveti	√
	Kolonlar	25	-	0.0 %	8,722.47	-	0.0%	<30% Kesme Kuvveti	√

B4 Binası performans düzeyi (+Y) yönü deprem durumu için TDY-07, 7.7.4 'Göçme Öncesi Performans Düzeyi' şartlarına göre incelenirse;

(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 (TDY-07, 7.7.4 (a)).

4.2.5 bölümünde gösterildiği gibi, toplam 20 adet kirişten 8 adeti 'İleri Hasar Bölgesi' nde, diğer kirişlerin tamamı da 'Belirgin Hasar Bölgesi' ve 'Minimum Hasar Bölgesi'nde çıkmıştır. 'Göçme Bölgesi'nde kiriş bulunmamaktadır. Dolayısıyla, B4 Binası (+Y) Yönü deprem durumunda, 'Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nin kirişler için geçerli olan (a) maddesi, birinci kat kirişleri için sağlanmıştır.

(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 (TDY-07, Denk.3.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler) (TDY-07, 7.7.4 (b)).

4.4.6 bölümünde gösterildiği gibi, 25 adet kolonun 3 adeti İleri Hasar Bölgesi'nde, 22 adet kolon Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. 'Göçme Bölgesi'nde taşıyıcı eleman bulunmamaktadır. Fakat birinci kat kolonlarının tamamında alt ve üst kesitlerin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmıştır.

4.4.7 bölümü birleşim bölgeleri için yapılan kontrolde, (+Y) yönü deprem durumunda, 'Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu' sağlandığı için, kesme kuvveti oranının %30'u aşmaması şartının kontrolünün yapılmasına gerek kalmamış ve TDY-07, 7.7.4 (b) şartı da sağlanmıştır.

Bu sonuçlara göre, B4 Binası, (+Y) yönü deprem durumu için, aşağıda Çizelge 4.89'da da gösterildiği gibi, *'Göçme Öncesi Performans Düzeyi'*ni sağlamaktadır.

Çizelge 4.89 : B4 binası, (+Y) yönü deprem, birinci kat göçme öncesi performans hedefi.

Kat	Eleman	Toplam Eleman Adedi	Sağlamayan Eleman		V (kN)			Limit	
			Adedi	%	Toplam (kN)	Sağlamayan (kN)	%		
	Kirişler	20	-	0.0 %				<20% Göçme Bölgesi	√
1	Kolonlar	25	-	0.0 %	8,722.47	-	0.0%	<0% Göçme Bölgesi	√
	Kolonlar	25		0.0 %	8,722.47	-	0.0%	<30% Kesme Kuvveti	√

5. DEĞERLENDİRMELER

Bu tez çalışmasında, düşey süreksizlik ve çerçeve süreksizliği düzensizlik durumlarının, yapı deprem performansı analiz sonuçlarına etkisi incelenmeye çalışılmıştır.

Bu bağlamda, referans alınan, TDY-75 koşullarına göre çerçeve sistem olarak boyutlandırılmış iki doğrultuda simetrik 5 katlı düzenli betonarme B1 Binası ile, bu binadan türetilen X yönünde düşey doğrultuda üst kat kolonlarının konsol ucuna oturtulması şeklinde süreksizlik taşıyan konsol model B2 Binası, yine X yönünde düşey doğrultuda süreksizlik taşıyan guseli model B3 Binası ve Y yönünde çerçeve kirişlerinin dış akslara kaydırılması ile çerçeve süreksizliği taşıyan saçak model B4 Binalarının deprem performans analizi sonuçları karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.1'de gösterildiği gibi, bu dört binanın ağırlıklarının da hemen hemen eşit olması, dolayısıyla yaklaşık aynı deprem yüklerinin etki etmesi, binaların deprem performans analizlerinin karşılaştırılabilmesine olanak vermiştir.

Çizelge 5.1 : B1, B2, B3 ve B4 binaları ağırlıkları.

Binalar	$W_{(G+Q)}$	$W_{(G+0.3Q)}$
B1 Binası	15,409.44	13,707.04
B2 Binası	15,527.22	13,824.82
B3 Binası	15,602.22	13,899.82
B4 Binası	15,444.44	13,742.04

Düşey doğrultuda süreksizilik taşıyan B2 ve B3 Binaları ve çerçeve süreksizliği taşıyan B4 Binası'nın, yeniden boyutlandırılmaları durumunda, oluşacak deprem etkileri ve kesit zorlamalarına göre, zorlanan bölgelerin taşıma güçlerinin daha güçlü olacak şekilde boyutlandırılacakları açıktır. Fakat bu çalışmadaki amaç, düzensizlik durumunda binada ve taşıyıcı elemanlarda oluşan hasar ve deprem performanslarını incelemektir. Bu sebeple, B1 Binası ile aynı boyutlar ve donatılar kullanılarak B2, B3 ve B4 Binaları türetilmiştir.

(+X) yönü deprem durumunda, binalara etkiyen deprem kuvvetleri, bina periyotları, göreli kat ötelemeleri ve bina hasar durumları karşılaştırmalı olarak Çizelge 5.2'de, kiriş ve kolonlarda oluşan eleman hasar durumları Çizelge 5.3 ve 5.4'de, birleşim bölgesi tahkik sonuçları da Çizelge 5.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2 : B1, B2, B3 ve B4 binaları (+X) yönü deprem kuvvetleri, periyotları, göreli kat ötelemeleri ve hasar durumları.

Binalar	V_{tx} (kN)	T_x (sn)	$(\delta_{imax}/h_i)_{max}$	Hasar Durumu
B1 Binası	10,025.25	0.72	0.014	CG
B2 Binası	9,453.54	0.79	0.016	GÇ
B3 Binası	9,576.00	0.78	0.015	GÇ
B4 Binası	10,190.09	0.71	0.014	GÇ

Çizelge 5.3 : B1, B2, B3 ve B4 binaları (+X) yönü deprem, kiriş hasar durumlarının karşılaştırması.

Binalar	Kiriş Adeti	Minimum Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
B1 Binası	20	-	100%	-	-
B2 Binası	30	17%	53%	7%	23%
B3 Binası	30	17%	60%	7%	17%
B4 Binası	30	33%	50%	17%	-

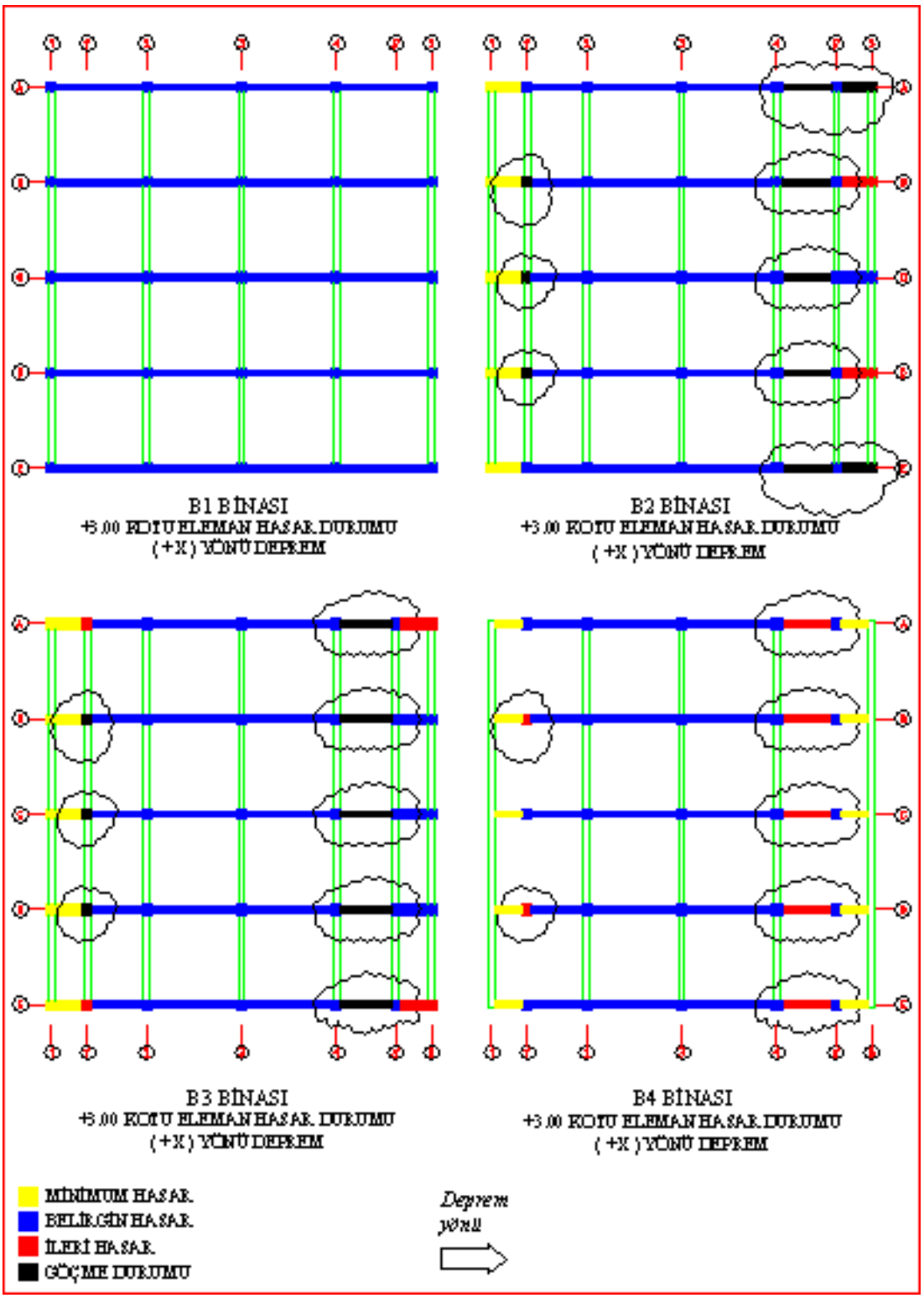
Çizelge 5.4 : B1, B2, B3 ve B4 binaları (+X) yönü deprem, kolon hasar durumlarının karşılaştırması.

Binalar	Kolon Adeti	Minimum Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
B1 Binası	25	-	100%	-	-
B2 Binası	25	-	88%	-	12%
B3 Binası	25	-	80%	8%	12%
B4 Binası	25	-	92%	8%	-

Çizelge 5.5 : B1, B2, B3 ve B4 binaları (+X) yönü deprem, birleşim bölgeleri sünek kırılma ve kolonların kirişlerden güçlü olma tahkiklerinin karşılaştırması.

Binalar	Birleşim Bölgesi Adeti	Sünek Kırılma Türü	Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması
B1 Binası	25	100%	100%
B2 Binası	25	100%	100%
B3 Binası	25	100%	100%
B4 Binası	25	100%	60%

B1, B2, B3 ve B4 Binaları, (+X) yönü deprem, birinci kat eleman hasar durumları, karşılaştırma amacıyla Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1 : B1, B2, B3 ve B4 binaları, (+X) yönü deprem, birinci kat planları, eleman hasar durum karşılaştırması.

(X) yönü deprem performans analizleri incelendiğinde, Çizelge 5.2'de gösterildiği gibi, B1 Binası, 'Can Güvenliği' performans düzeyinde kalırken, (X) doğrultusunda düşey süreksizlik taşıyan B2 ve B3 Binaları'nın ve (X) doğrultusunda süreksizlik taşımayan fakat saçak kirişlerden oluşan B4 Binası performans durumunun 'Göçme Durumu' olduğu görülmüştür.

Şekil 5.1'de verilen eleman hasar durumlarının karşılaştırılması sonucu da, düzensizlik taşıyan binaların 'Göçme Durumu'nda performans göstermelerinin nedenleri aşağıdaki gibi açıklanabilir:

Düşey doğrultuda süreksizlik taşıyan B2 ve B3 Binaları incelendiğinde;

- Deprem doğrultusuna yakın düşey süreksizlik taşıyan kolonların göçme bölgesinde hasar gördükleri,
- Ayrıca, deprem doğrultusuna uzak, düşey süreksizlik taşıyan kolonlara komşu iç aks kirişlerin de göçme bölgesinde hasar gördükleri belirlenmiştir.

Düşey doğrultuda süreksizlik taşımayan fakat saçak kirişlerden oluşan B4 Binası incelendiğinde ise;

- B4 Binası taşıyıcı elemanları, B2 ve B3 Binası ile benzer hasar görerek, deprem doğrultusuna yakın saçak kirişleri taşıyan kolonların ve deprem doğrultusuna uzak saçak kirişleri taşıyan kolonlara komşu iç aks kirişlerin, göçme olmasa da, ileri hasar bölgesinde bulundukları tespit edilmiştir.

Bu sebeplerle, binalarda oluşturulan çıkmaların, deprem yönüne yakın dış akslardaki kolonların ve deprem yönüne uzak, dış aks kolonlarına komşu iç aks kirişlerin hasarını arttırdığı, deprem performansını düşürdüğü sonucuna ulaşılmaktadır.

Düşey doğrultuda süreksizlik taşıyan B2 Binası, 4.2.9'da detaylı olarak açıklandığı ve Çizelge 4.54'de özet olarak gösterildiği gibi, hem kirişlerinin, hem de kolonlarının bazılarının göçme bölgesinde hasar görmesi sebebiyle, taşıyıcı elemanları açısından şartları sağlamamış ve 'Göçme Durumu'nda performans göstermiştir.

Guseli kolonlarının, kolon ve değişken kesitli kiriş olarak modellendiği, düşey doğrultuda süreksizlik taşıyan B3 Binası da, 4.3.9'da detaylı olarak açıklandığı ve Çizelge 4.70'de özet olarak gösterildiği gibi, sadece kolonlarının bazılarının göçme bölgesinde hasar görmesi sebebiyle, taşıyıcı elemanları açısından şartları sağlamamış ve 'Göçme Durumu'nda performans göstermiştir.

Görüldüğü gibi, B3 Binasında, guseli kolonun bir parçası olarak düşünülen değişken kesitli kiriş boyutlarının, B2 Binası konsol kiriş boyutlarından büyük olması sonucu kapasitesinin artması sebebiyle, B3 Binası kirişleri 'Göçme Öncesi Performans Hedefi'ni sağlamış, fakat B2 Binası kirişleri sağlayamamıştır. Bu açıdan bakıldığında, guseli durumdaki kiriş boyutlarının artmasının daha uygun sonuç verdiği görülmüştür. Fakat, B2 ve B3 Binaları'nın ikisinde de 3 adet kolon Göçme Durumu'nda hasar görse de, bu iki bina kolonları karşılaştırıldığında, B3 Binası kolonlarının, B2 Binası kolonlarına göre daha fazla zorlandığı da görülmüştür.

Dolayısıyla, konsol ve guseli durumlar karşılaştırıldığında, her iki yapı da 'Göçme Durumu'nda performans göstermiştir. Fakat guseli B3 Binası'ndaki kolonların B2 Binası kolonlarına göre daha fazla zorlandığı görülürken, konsol B2 Binası'nda ise kirişlerin B3 Binası kirişlerine göre daha fazla zorlandığı belirlenmiştir.

Düşey doğrultuda süreksizlik taşımayan fakat saçak kirişlerden oluşan B4 Binası, 4.4.9'da detaylı olarak açıklandığı, Çizelge 4.86 ve Çizelge 4.87'de özet olarak gösterildiği gibi, kolon ve kiriş taşıyıcı elemanları açısından 'Can Güvenliği' şartlarını sağlamış fakat '*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'* şartını sağlayamadığı için 'Göçme Durumu'nda performans göstermiştir.

4.4.7 ve 4.4.9'da belirtildiği gibi, B4 Binası S110, S115 ve S120 kolonlarının, çok küçük oranlarla 'Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olma' tahkikini sağlamadığı, bu kolonların donatı miktarlarının çok az oranda artması veya S101 ve benzeri kolonlarla aynı donatıya sahip olması, dolayısıyla kapasite momentlerinin artması durumunda, tahkiki sağlayacağı, dolayısıyla 'GÇ'nda hesaplanan B4 Binası'nın, 'CG' düzeyinde performans göstereceği sonucu da dikkate değerdir.

Burada, TDY-07'de tanımlanan '*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'* şartının, hem 'CG' hem de 'GÖ' için aynı değerde verilmesi, B4 Binası örneğinde olduğu gibi, bina performans analiz sonuçlarının, 'CG'nden direk 'GÇ'na geçmesine, 'GÖ' durumunun atlanmasına sebep olmaktadır. %30 kesme kuvveti oranının 'CG' ve 'GÖ' performans durumlarının ikisi için de aynı sınır

değerin verilmesi yerine, göreceli olarak değişmesi konusunda TDY-07'nin tekrar değerlendirilmesi önerilmektedir.

(+Y) yönü deprem durumunda, binalara etkiyen deprem kuvvetleri, bina periyotları, göreli kat ötelemeleri ve bina hasar durumları, karşılaştırmalı olarak Çizelge 5.6'da, kiriş ve kolonlarda oluşan eleman hasar durumları Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8'de, birleşim bölgesi tahkik sonuçları da Çizelge 5.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.6 : B1, B2, B3 ve B4 binaları (+Y) yönü deprem kuvvetleri, periyotları, göreli kat ötelemeleri ve hasar durumları.

Binalar	V_{ty} (kN)	T_y (sn)	$(\delta_{imax}/h_i)_{max}$	Hasar Durumu
B1 Binası	10,025.25	0.72	0.011	CG
B2 Binası	10,174.46	0.72	0.014	CG
B3 Binası	10,250.09	0.72	0.014	CG
B4 Binası	8,722.47	0.86	0.018	GÖ

Çizelge 5.7 : B1, B2, B3 ve B4 binaları (+Y) yönü deprem, kiriş hasar durumlarının karşılaştırması.

Binalar	Kiriş Adeti	Minimum Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
B1 Binası	20	-	100%	-	-
B2 Binası	28	21%	79%	-	-
B3 Binası	28	21%	79%	-	-
B4 Binası	20	40%	20%	40%	-

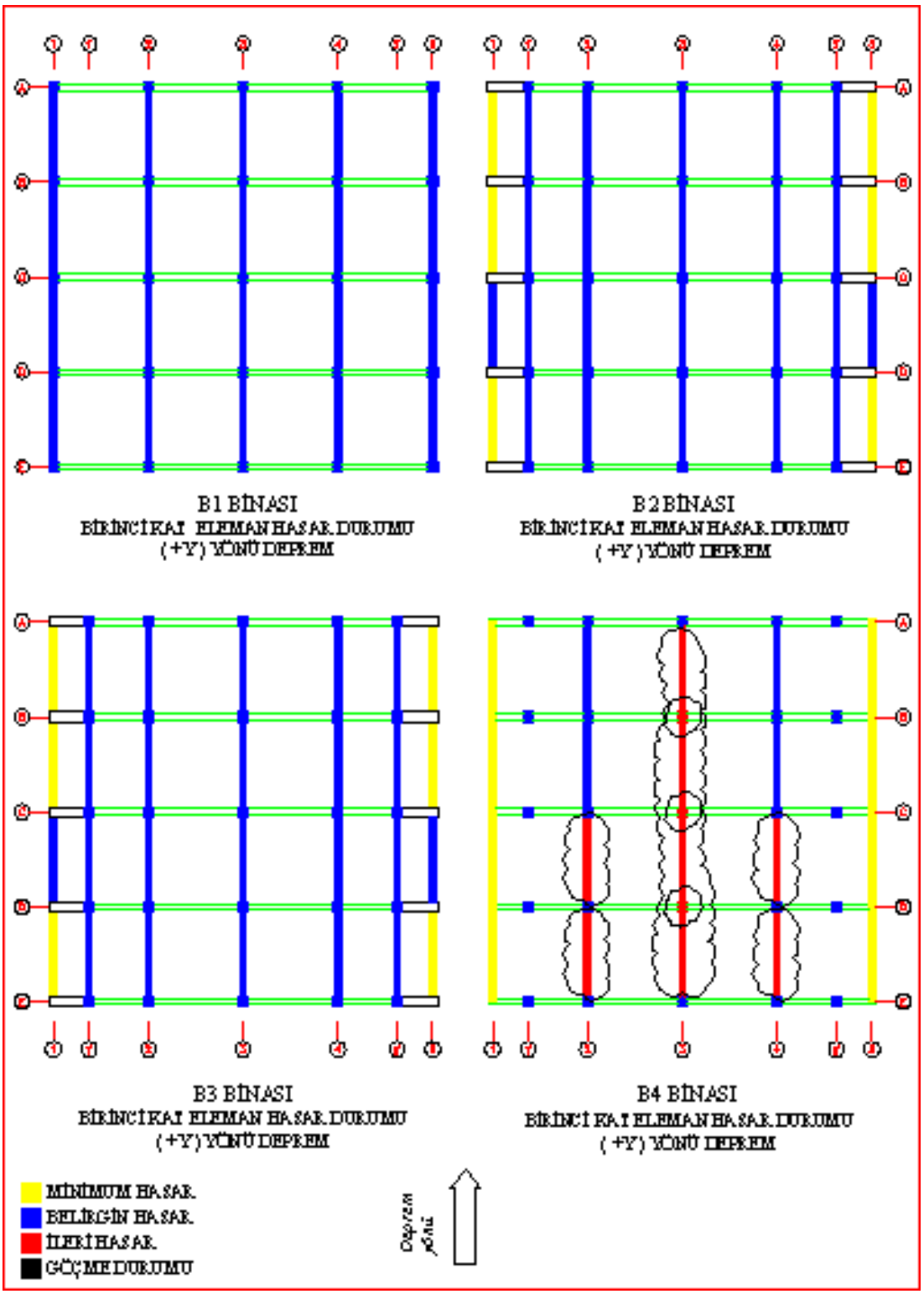
Çizelge 5.8 : B1, B2, B3 ve B4 binaları (+Y) yönü deprem, kolon hasar durumlarının karşılaştırması.

Binalar	Kolon Adeti	Minimum Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
B1 Binası	25	-	100%	-	-
B2 Binası	25	-	100%	-	-
B3 Binası	25	-	100%	-	-
B4 Binası	25	-	88%	12%	-

Çizelge 5.9 : B1, B2, B3 ve B4 binaları (+Y) yönü deprem, birleşim bölgeleri sünek kırılma ve kolonların kirişlerden güçlü olma tahkikleri karşılaştırması.

Binalar	Birleşim Bölgesi Adeti	Sünek Kırılma Türü	Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması
B1 Binası	25	100%	100%
B2 Binası	25	100%	100%
B3 Binası	25	100%	100%
B4 Binası	25	100%	100%

B1, B2, B3 ve B4 Binaları, (+Y) yönü deprem, birinci kat eleman hasar durumları, karşılaştırma amacıyla aşağıda Şekil 5.3'de verilmiştir.



Şekil 5.2 : B1, B2, B3 ve B4 binaları, (+Y) yönü deprem, birinci kat planları, eleman hasar durum karşılaştırması.

(Y) yönü deprem durumu incelendiğinde ise, Çizelge 5.6'da gösterildiği gibi, B1 Binası, 'Can Güvenliği' performans düzeyinde hesaplanırken, (Y) doğrultusunda düzensizlik taşımayan B2 ve B3 Binaları da 'Can Güvenliği' performans düzeyinde hesaplanmış fakat (Y) doğrultusunda çerçeve süreksizliği taşıyan B4 Binası'nın 'Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 5.2'de verilen eleman hasar durumlarının karşılaştırılması sonucu;

Çerçeve süreksizliği taşımayan B2 ve B3 Binaları incelendiğinde, B2 ve B3 Binaları türetilirken, 1' ve 5' aksları boyunca, 2 ve 4 akslarındaki kirişler ile aynı özelliğe sahip kirişlerin eklenmesi ve dış aks kolonlarının 1.5 m içeri çekilmesi sebebiyle, B1 Binası'nda olduğu gibi 'Can Güvenliği' performans durumu sağlanmış, hatta bazı kirişler daha güvenli hasar bölgesinde kalmıştır.

Çerçeve süreksizliği taşıyan B4 Binası incelendiğinde ise, (Y) doğrultusunda 1′ ve 5′ aksları boyunca kirişler bulunmaması sebebiyle B4 Binası çerçeve süreksizliği taşımaktadır. Bu süreksizlik sebebiyle, bina orta bölgesinde bulunan kiriş ve kolonlar 'İleri Hasar', öte yandan dış akslarda bulunan saçak kirişlere gelen yüklerin düşük olması sebebiyle de, bu kirişler 'Minimum Hasar' durumundadır.

Çerçeve süreksizliği taşıyan B4 Binası, 4.4.9'da detaylı olarak açıklandığı ve Çizelge 4.88 ve Çizelge 4.89'da özet olarak gösterildiği gibi, sadece kirişlerinin bazılarının 'İleri Hasar' görmesi sebebiyle, taşıyıcı elemanlar açısından gerekli şartları sağlamamış ve 'Göçme Öncesi'nde performans göstermiştir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Düşey doğrultuda süreksizlik ve çerçeve süreksizliği durumlarının deprem performans analizlerine etkisinin incelenmesi amacıyla hazırlanan tez çalışmasında;

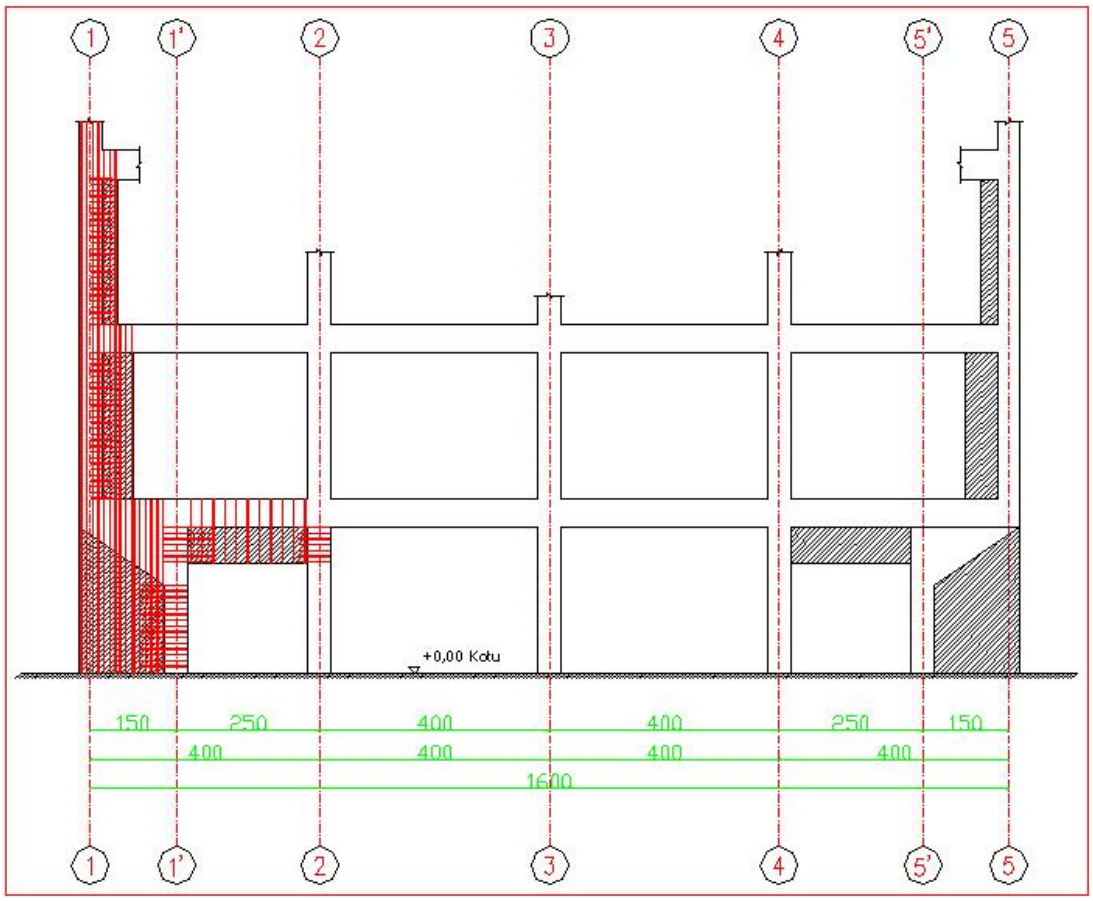
- Düşey süreksizlik ve çerçeve süreksizliğinin, deprem performansı analiz sonuçlarını olumsuz yönde etkilediği ve performanslarını önemli ölçüde düşürdüğü görülmüştür.
- Düşey süreksizlik durumunda, düşeyde süreksizlik oluşturan kolonlar kadar, bunlara komşu iç kirişlerin hasar durumlarının da çok ciddi oranda arttığı, dolayısıyla bina deprem performans seviyesinin azaldığı tespit edilmiştir.
- Binalarda oluşturulan çıkmaların da, dış aks kolonları ve bunlara komşu iç kirişlerin hasar durumlarını arttırdığı ve bina deprem performans seviyesini düşürdüğü belirlenmiştir.
- Çerçeve süreksizliğinin, TDY-07'de net olarak tanımlanmamasına rağmen, bina orta bölgesindeki kolon ve kirişlerin hasar durumunu arttırarak, düşey süreksizlik durumu kadar olmasa da, bina deprem performans seviyesini düşürdüğü görülmüştür.
- TDY-07, Bölüm-7'de, hem 'Can Güvenliği' hem de 'Göçme Öncesi' performans hedefi koşullarında aynı şekilde tanımlanan '*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'* şartının, taşıyıcı elemanlarının, 'Can Güvenliği' performans hedefinde bulunan diğer şartları sağlamasına rağmen, %30 kesme kuvveti şartını sağlamaması durumunda, bina performans analiz sonuçlarının 'Can Güvenliği'nden direk 'Göçme Durumu'na geçmesine ve 'Göçme Öncesi' durumunun atlanmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple, %30 kesme kuvveti sınır değerinin, 'Can Güvenliği' ve 'Göçme Öncesi' performans hedeflerinde göreceli olarak değişmesi konusunun tartışmaya açılması önerilmektedir.

Özellikle mimari nedenlerle çıkmalı betonarme binalarda giriş kat kolonlarının üst katlarda konsola oturtulması yoluyla oluşan düşey süreksizlik taşıyan binalar, TDY-98 öncesi ülkemizde yaygın olarak uygulanmaktaydı.

Bu tez çalışmasında yapılan karşılaştırma ve değerlendirmeler sonucu, düşey süreksizlik taşıyan ve binalarda oluşturulan çıkmaların bulunduğu yapılarda, özellikle ileri hasar ve göçme bölgesinde hasar gören, dış akslardaki düşey süreksizlik gösteren kolonlar ve bu kolonlara komşu iç aks kirişlerinde, kapasite momentlerinin arttırılması yoluyla güçlendirme yapmak, olası muhtemel deprem durumunda bu yapılarda oluşacak hasarı en aza indirebilmek açısından büyük önem taşımaktadır. Düşey süreksizlik taşıyan binalar, içerdikleri büyük riskten dolayı, diğer mevcut binalara göre de, güçlendirme açısından öncelik taşımaktadırlar.

Bu kapsamda, TDY-07, 7.10 'Betonarme Binaların Güçlendirilmesi' bölümünde belirtildiği gibi, kolonların kesme ve basınç dayanımlarını arttırmak amacıyla betonarme, çelik ve/veya lifli polimer sargı ile sarılması, kolon kesitlerinin büyütülmesi yoluyla kolonların eğilme kapasitelerinin arttırılması, kirişlerin kesme dayanımı ve süneklik kapasitelerini arttırmak amacıyla dıştan etriye ve lifli polimer sarılması, betonarme taşıyıcı sistemlerin yerinde dökme betonarme perdeler eklenerek güçlendirilmesi, betonarme sisteme yeni çerçeveler eklenmesi ve betonarme sistemin kütlesinin azaltılması yollarından uygun olanı seçilerek güçlendirme işlemi yapılabilir.

Şekil 5.2'de, İmar Kanunu'nun müsaade edeceği kabulüyle, düşey doğrultuda süreksizlik taşıyan ve çıkmaların bulunduğu yapıların güçlendirilmesi ile ilgili, şematik olarak güçlendirme önerisi de sunulmuştur.



Şekil 6.1: Düşey doğrultuda süreksizlik taşıyan ve çıkmaların bulunduğu yapılar için şematik güçlendirme önerisi.

Daha ileri bir çalışma olarak guseli kolonun, bu tez çalışmasında tanımlandığı gibi, kolon ve değişken kesitli kiriş olarak tanımlanmasının dışında, farklı modellemeler ile çözümlenmesi ve ayrıca guseli kolonun bulunduğu birleşim bölgesinin sonlu elemanlar yöntemi ile daha detaylı modellenerek gerilme yayılışının incelenmesi de yapılabilir.

Ayrıca, bu tez çalışmasında, elastik hesap yöntemleri ile bulunan bu sonuçların, doğrusal olmayan çözümleme yöntemleri ile tekrar değerlendirilip karşılaştırılması da önerilmektedir.

KAYNAKLAR

ABYYHY, 1975. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (TDY-75), *T.C. İmar ve İskan Bakanlığı,* Ankara.

ABYYHY, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (TDY-98), *T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı,* Ankara.

Aktekin, B., 2009. 1975 Türk Deprem Ynetmeliği'ne Göre Boyutlandırılmış Bir Yapının Güncel Deprem Yönetmeliği'ne Göre Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Alyamaç, K., Erdoğan, A., 2005. Geçmişten Günümüze Afet Yönetmelikleri ve Uygulamada Karşılaşılan Tasarım Hataları, *Deprem Sempozyumu,* Kocaeli, 23-25 Mart.

Aydınoğlu, N., Celep, Z., Özer, E., Sucuoğlu, H., 2009. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar ve Örnekler Kitabı, *T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı,* Ankara.

Aykaç, S., Aykaç, B., Ekinci, Y., 2011. BA Yapılarda Konsol Kirişlere Aktarılan İlave Yükler, İMO Teknik Dergi, Yazı 351, s.5449-5462.

Bal, İ., Özdemir, Z., 2006. Çevre Çerçeve Kirişi Süreksizliğinin Yapı Deprem Davranışı Üzerindeki Etkileri, *Yedinci Uluslararası İnşaat Mühendisliği'nde Gelişmeler Kongresi,* İstanbul, Ekim 11-13.

Bal, İ., Gülay, G., Tezcan, S.,2010. P25 Ön Değerlendirme Metodu İçin Parametrelerin Oluşturulması, Springer, s.73-96, 20 Ekim.

Başaran, V., 2006. Mevcut Betonarme Yapıların İtme Analizi ile Hesabı ve Japon Sismik İndis Yöntemi İle Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi,* Afyon Kocatepe Üniversitesi.

Celep, Z., 2008. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Deprem Yönetmeliği (2007) Kavramları – İkinci Baskı, Beta Dağıtım.

Celep, Z., Kumbasar, N., 1998. Betonarme Yapılar – İkinci Baskı, Beta Dağıtım.

Celep, Z., Kumbasar, N., 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı – İkinci Baskı, Beta Dağıtım.

Çelik, O., Çılı, F., Özgen, K., (ty) Betonarme Yapılarda Konsol, s.979-986.

Çoban, M., 2009. Yeni Deprem Yönetmeliğinin(2007) 1975 Yönetmeliğine Göre Getirdiği Güvenlik Artışının Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Sakarya Üniversitesi.

DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (TDY-07), *T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı,* Ankara.

Doğan, M., Unluoglu, E., Ozbasaran, H., 2007. Earthquake Failures of Cantilever Projections Buildings, Elsevier, s.1458-1465, 26 Ocak.

Güler, K., 1995. Kenar Kolonları Kısa Konsollara Oturan Bir Binanın Dinamik Davranışı, *Türkiye İnşaat Mühendisliği XIII. Teknik Kongre ve Sergisi,* Ankara, Aralık 20-22.

Karasu, C., 2007. Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performansının Doğrusal Elastik Yöntem İle Belirlenmesi ve P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi İle Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Kurt, C., 2010. Çerçeveli ve Perdeli Çerçeveli Binalarda A1 Türü Düzensizliklerin Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Sakarya Üniversitesi.

Orhan, İ., 2010. Çelik Binalara İlişkin 1998 ve 2007 Deprem Yönetmelikleri Hükümlerinin Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Özmen, G., Orakdöğen, E., Darılmaz, K., 2007. Örneklerle SAP 2000 – V10, Birsen Yayınevi.

Özmen, G., Pala, S., Gülay, G., Orakdöğen, E., 1997. Çok Katlı Yapılarda Yapısal Düzensizliklerin Deprem Hesabına Etkisi, Tübitak Projesi No: Intag-546.

Özmen, G., Gülay, G., 2002. Burulma Düzensizliği Taşıyan Çok Katlı Yapıların Deprem Yükleri Altındaki Davranışları, Structural Engineering&Mechanics, Bölüm 14, No:2, s. 237-243.

Özşahin, T., 1995. Deprem Etkisi Altındaki Çok Katlı Binalarda Çıkma Uzunluğuna, Bina Yüksekliğine ve Dolgu Duvarlarına Bağlı Olarak Çıkma Etkilerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi.

SAP2000, 2005. Structural Analysis Program, V10.0.1, *Computers and Structures Inc.* Berkeley, California.

Şahin, Ö., 2009. 1975 Yönetmeliğine Göre Yapılmış Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Performans Değerlendirmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Sakarya Üniversitesi.

Taşan, Z., 2012. TDY-98 İle DBYBHY-2007 Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi.

Tezcan, S., Kaya, E., Bal, İ., Peker, İ., 2001. Cephe Kolonları Konsollara Oturan Çıkmalı Binalar, Tim-Se Dergisi, s.8-11.

Toprak, E., 2008. Code Based Evaluation Of Seismic Performance Levels Of Reinforced Concrete Buildings With Linear And Non-Linear Approaches, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi.

TS-500, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

Uğur, E., 'Dikdörtgen Kolon Analizi' yazılım programı. Alındığı tarih: 10.11.2011, adres: http://www.ce.metu.edu.tr/~betonarme/pdf/Bolum6_2.pdf

Yavuzarslan, T., 2007. 2007 Deprem Yönetmeliği'nin 1998 Deprem Yönetmeliği İle Karşılaştırılması ve Sayısal İrdelemesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad:	Rüçhan Yaylalı
Doğum Yeri ve Tarihi:	Erzurum 1978
E-Posta:	ryaylali@hotmail.com
Lisans:	İstanbul Teknik Üniversitesi - 2000
Mesleki Deneyim:	Yurtdışında 7 sene endüstri ve petrol&gaz sektörlerinde çalıştıktan sonra, son 3 yıldır İstanbul'da, özel sektör bünyesinde Teklif Departman Müdürlüğü görevini yürütmektedir.