

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BETONARME OKUL BİNALARININ DEPREM GÜVENLİĞİNİ
ETKİLEYEN BAZI PARAMETRELERİN İNCELENMESİ**

Abdullah GÜNDOĞAY

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Hamide TEKELİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2018**



© 2018 [Abdullah GÜNDÖĞAY]

TEZ ONAYI

Abdullah GÜNDOĞAY tarafından hazırlanan "**Betonarme Okul Binalarının Deprem Güvenliğini Etkileyen Bazı Parametrelerin İncelenmesi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Hamide TEKELİ
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Fuat DEMİR
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Nail KARA
Selçuk Üniversitesi

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Yasin TUNCER

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Abdullah GÜNDOĞAY



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. MEVCUT BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARINI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ	12
3.1. Hedef Performans Seviyesinin Belirlenmesi.....	12
3.2. Mevcut Binanın Deprem Performansının Belirlenmesi.....	14
3.2.1. Bina bilgi düzeyleri.....	14
3.2.2. Çatlamış kesit rijitliklerinin tanımlanması	15
3.2.3. Beton ve donatı çeliği için gerilme-birim şekildeğiştirme bağıntıları	15
3.2.4. Kesitlere ait plastik mafsallık özelliklerinin tanımlanması	19
3.2.5. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi.....	20
3.2.6. Tepe yerdeğiştirme isteminin hesaplanması.....	21
3.2.7. Yapı elemanlarında oluşan hasarın belirlenmesi	26
3.2.8. Bina deprem performansının belirlenmesi	28
4. KULLANILAN PROGRAMLAR.....	31
4.1. Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme (BESAM).....	31
4.2. Structural Analysis Program (SAP 2000)	37
4.3. Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Programı (DELOP).....	37
5. MEVCUT BİNALARIN TANITILMASI.....	39
5.1. Mevcut Okul Binaları ve Tesislerinin Tanıtılması	39
5.2. Mevcut Okul Binaları ve Tesislerinin Modellenmesi.....	47
6. MEVCUT OKUL BİNALARI VE TESİSLERİNİN DEPREM GÜVENLİĞİNİN İNCELENMESİ	50
6.1. Binaların Doğal Titreşim Periyodu Değerleri	51
6.2. Kapasite Eğrileri.....	54
6.3. Kesme Kapasitelerinin Belirlenmesi	56
6.4. Hedef Yerdeğiştirme İstem Değerleri	62
6.5. Hedef Yerdeğiştirme İstemine Karşılık Gelen Kesme Dayanımı	73
6.6. Kesme Kuvveti Yüzdelerinin Hasara Göre Dağılımları.....	80
6.7. Performans Sonuçları.....	86
7. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	90
KAYNAKLAR	95
EKLER.....	99
EK A. Okul Binaları ve Tesislerinin Kalıp Planları	100
ÖZGEÇMİŞ.....	136

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BETONARME OKUL BİNALARININ DEPREM GÜVENLİĞİNİ ETKİLEYEN BAZI PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

Abdullah GÜNDOĞAY

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hamide TEKELİ

Dünyada meydana gelen depremlerin oluşma sıklığı, büyüklükleri ve sebep olduğu can ve mal kayıpları gözlemlendiğinde mevcut binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Mevcut betonarme binaların deprem güvenliğinin incelenmesi ve gerekli görülenlerin yıkımı ya da güçlendirilmesi kararlarının verilmesi öncelikli konulardan biridir. İncelenecek binaların sayı olarak çokluğu göz önüne alındığında, kamu binalarının öncelikli olarak ele alınması deprem esnasındaki can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi açısından önem arz etmektedir. Kamu binaları içerisinde de okul ve hastane binaları öncelikle incelenmesi gereken binalar içerisinde düşünülmektedir.

Tez çalışması kapsamında, Isparta ilinde bulunan çerçevesiz ve perdeli-çerçevesiz taşıyıcı sisteme sahip 43 adet betonarme okul binası ve tesisleri, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY, 2007) kullanılarak deprem performansları değerlendirilmiştir. DBYBHY (2007)'de mevcut betonarme binaların deprem performanslarının belirlenmesi için doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri önerilmektedir. Çalışma kapsamında doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinden "Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" kullanılarak performans değerlendirmesi yapılmıştır. Bu kapsamda öncelikle mevcut okul binaları ve tesislerinin projeleri ve malzeme özellikleri temin edilerek binalar modellenmiştir. Analizler binaların her iki doğrultusu (x ve y), beş farklı malzeme sınıfı ve DBYBHY (2007)'de tanımlanan 50 yılda aşılma olasılığı %2 ve %10 olan depremler için yapılmıştır. Analizlerde Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme (BESAM), Structural Analysis Program (SAP 2000) ve Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Programı (DELOP) programları kullanılmıştır.

Okul binaları ve tesisleri için DBYBHY (2007)'ye göre binaların hedeflenen minimum performans düzeyleri, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremler için Hemen Kullanım (HK) ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler için Can Güvenliği (CG) şeklindedir. Okul binaları ve tesislerinin deprem sırasında hasar meydana gelmemesi gereken en önemli binalar arasında yer alması

nedeniyle deprem güvenliğine etki eden en önemli parametrelerin belirlenmesi önemli bir konudur.

Çalışma kapsamında, okul binaları ve tesislerinin deprem güvenliğı incelenmiş ve deprem güvenliklerine etki eden beton dayanımı, donatı sınıfı, sargılama durumu gibi parametrelerin etkinliğı belirlenmiştir. Böylece özellikle okul binaları ve tesislerinin deprem güvenliğı üzerine etki eden parametreler belirlenebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme, okul binaları ve tesisleri, perde duvar, doğrusal elastik olmayan analiz, plastik mafsal

2018, 136 sayfa



ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE INVESTIGATION OF SOME PARAMETERS EFFECTING SEISMIC SAFETY OF REINFORCED CONCRETE SCHOOL BUILDINGS

Abdullah GÜNDOĞAY

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Hamide TEKELİ

It is important to determining of seismic safety of the existing buildings when the frequency and magnitude of earthquakes occurring in the world and cause of losses of life and property is observed. Investigation of seismic safety of existing reinforced concrete buildings and giving decisions to destruction or strengthen of which is deemed necessary is one of the priority issues. Considering the large number of buildings to be investigated, taking priority of public buildings is important in terms of minimizing the loss of life and property during the earthquake. Within the public buildings, school and hospital buildings are thought to be inside of necessary buildings which should be investigation firstly.

Within the scope of the thesis study, seismic performances of 43 reinforced concrete school buildings and facilities which have frame and shear wall-frame system in Isparta province were evaluated using Turkish Seismic Code (DBYBHY, 2007). Linear elastic and nonlinear elastic calculation methods are suggested to determine seismic performance of the existing buildings in Turkish Seismic Code DBYBHY (2007). In the scope of the study, performance evaluation was carried out by using "Incremental Equivalent Earthquake Load Method" from nonlinear elastic methods. Firstly, projects and material properties of the existing school buildings and facilities were supplied and modeled. Analysis were made for both directions (x and y) of the buildings, five different material classes and probability of exceeding %2 and %10 within 50 years of earthquake defined in DBYBHY (2007). In the analyses, Confinement and Modeling in Reinforced Concrete Elements (BESAM), Structural Analysis Program (SAP 2000) and the Linear Inelastic Analysis Program (DELOP) were used.

The minimum target performance levels of school buildings and facilities according to DBYBHY (2007), probability of exceeding %10 as defined Immediate Use (HK) and probability of exceeding %2 as defined Life Safety (CG). It is an important subject to determine the most important parameters affecting seismic safety because of school buildings and facilities are among the most important buildings which should not be damaged during the earthquake.

In the scope of the study, seismic safety of school buildings and facilities was investigated and effectiveness of parameters such as concrete strength, reinforcement class, and confinement condition which affecting seismic safety were determined. Thus, effective parameters over seismic safety of school buildings and facilities will be determined.

Keywords: Reinforced concrete, school buildings and facilities, shear wall, nonlinear elastic method, plastic hinge

2018, 136 pages

TEŞEKKÜR

Tez çalışmasında bilgisiyle beni yönlendiren, tecrübesi ile eksikliklerimi düzelten, sabrı ve hoşgörüsüyle daima bana destek olan, hiçbir yardımı benden esirgemeyen çok değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Hamide TEKELİ'ye teşekkür ederim.

Bilgi ve deneyimleri ile katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen ve değerli tavsiyeleri ile daima destek olan çok kıymetli hocalarım Prof. Dr. Fuat DEMİR ve Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TÜRKMEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez kapsamındaki çözümlenme ve değerlendirme aşamalarında bilgi, beceri ve aktif çalışması ile katkı sağlayan Arş. Gör. Dr. Hakan ULUTAŞ'a teşekkür ederim.

Tez çalışmasında her türlü desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Hakan DİLMAÇ'a teşekkür ederim.

Ortak mesai harcadığım değerli çalışma arkadaşlarıma hoşgörü ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında maddi ve manevi destekleri ile beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Abdullah GÜNDOĞAY
ISPARTA, 2018

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Sargılı ve sargısız betonun gerilme-birim şekildeğiştirme diyagramı.	18
Şekil 3.2. Donatı çeliğinin gerilme-birim şekildeğiştirme diyagramı.....	19
Şekil 3.3. Kesite ait moment-dönme ilişkisinin tanımlanması	20
Şekil 3.4. Modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumu.....	23
Şekil 3.5. Doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirmenin belirlenmesi.....	25
Şekil 3.6. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri	27
Şekil 4.1. BESAM programı malzeme bilgileri giriş sayfası	31
Şekil 4.2. BESAM programı donatı bilgileri giriş sayfası	32
Şekil 4.3. Kolon kesitleri.....	33
Şekil 4.4. Kolon kesitlerinin farklı malzeme durumlarına ait gerilme-birim şekildeğiştirme grafikleri	34
Şekil 4.5. N/N_{or} oranı 0.0 için moment-eğrilik grafikleri	35
Şekil 4.6. N/N_{or} oranı 0.7 için moment-eğrilik grafikleri	36
Şekil 4.7. DELOP veri giriş sayfası	38
Şekil 5.1. Uluborlu Cumhuriyet Lisesi-A Blok kalıp planı	45
Şekil 5.2. Gülcü İlköğretim Okulu kalıp planı.....	46
Şekil 5.3. Nazmiye Demirel İlköğretim Okulu kalıp planı	46
Şekil 5.4. Uluborlu Cumhuriyet Lisesi-A Blok SAP 2000 modeli	48
Şekil 5.5. Gülcü İlköğretim Okulu SAP 2000 modeli	49
Şekil 5.6. Nazmiye Demirel İlköğretim Okulu SAP 2000 modeli	49
Şekil 6.1. Çatlamamış ve çatlamış kesite ait periyod değerlerinin ilişkisi	54
Şekil 6.2. Uluborlu Cumhuriyet Lisesi-A Blok kapasite eğrileri.....	55
Şekil 6.3. Gülcü İlköğretim Okulu kapasite eğrileri	55
Şekil 6.4. Nazmiye Demirel İlköğretim Okulu kapasite eğrileri.....	56
Şekil 6.5. Δ_{hedef}/H_{bina} oranı ile çatlamış kesit periyodu arasındaki ilişki.....	70
Şekil 6.6. HK performans seviyesi için $V_r/W_{bina} - V_{hedef}/W_{bina}$ ilişkileri	79
Şekil 6.7. CG performans seviyesi için $V_r/W_{bina} - V_{hedef}/W_{bina}$ ilişkileri.....	80
Şekil A.1. Zübeyde Hanım İlköğretim Okulu-A Blok kalıp planı	100
Şekil A.2. Zübeyde Hanım İlköğretim Okulu - B Blok kalıp planı	101
Şekil A.3. Ülkü Ortaokulu-A Blok kalıp planı.....	102
Şekil A.4. Ülkü Ortaokulu-B Blok kalıp planı.....	103
Şekil A.5. Senirkent İmam Hatip Lisesi kalıp planı	104
Şekil A.6. Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-A Blok kalıp planı	105
Şekil A.7. Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-B Blok kalıp planı	106
Şekil A.8. Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-C Blok kalıp planı.....	107
Şekil A.9. Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-D Blok kalıp planı	108
Şekil A.10. Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-E Blok kalıp planı	109
Şekil A.11. Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-F1 ve G1 Blok kalıp planları	110
Şekil A.12. Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-F2 ve G2 Blok kalıp planları	111
Şekil A.13. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Ana Bina-A Blok kalıp planı	112
Şekil A.14. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Ana Bina-B Blok kalıp planı	113
Şekil A.15. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Ana Bina-C Blok kalıp planı	114
Şekil A.16. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-A Blok kalıp planı ...	115

Şekil A.17. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-B Blok kalıp planı ...	116
Şekil A.18. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-C ve D Blok kalıp planları.....	117
Şekil A.19. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-E Blok kalıp planı....	118
Şekil A.20. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-F Blok kalıp planı....	119
Şekil A.21. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-G ve H Blok kalıp planları.....	120
Şekil A.22. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-I1 Blok kalıp planı ..	121
Şekil A.23. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-I2 Blok kalıp planı ..	122
Şekil A.24. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-K Blok kalıp planı ...	123
Şekil A.25. Senirkent Dr. İsmail Örmeci Lisesi-A Blok kalıp planı	124
Şekil A.26. Senirkent Dr. İsmail Örmeci Lisesi-C Blok kalıp planı.....	125
Şekil A.27. Uluborlu Çok Programlı Lise-A Blok kalıp planı.....	126
Şekil A.28. Uluborlu Çok Programlı Lise-C Blok kalıp planı.....	127
Şekil A.29. Uluborlu Cumhuriyet Lisesi-B Blok kalıp planı	128
Şekil A.30. Kozluçay İlköğretim Okulu kalıp planı	129
Şekil A.31. Senir Kasabası Cumhuriyet İlköğretim Okulu	130
Şekil A.32. Halıkent Lisesi-A Blok kalıp planı	131
Şekil A.33. Halıkent Lisesi-B Blok kalıp planı	132
Şekil A.34. Uluborlu Çakır Hasan Ortaokulu kalıp planı.....	133
Şekil A.35. Yalvaç İmam Hatip Lisesi-A Blok kalıp planı	134
Şekil A.36. Yalvaç İmam Hatip Lisesi-B Blok kalıp planı	135

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Farklı aşılma olasılıkları için deprem etki katsayıları	13
Çizelge 3.2. Binalar için öngörülen minimum performans düzeyleri.....	13
Çizelge 3.3. Binalar için bina düzeyi katsayıları	14
Çizelge 3.4. Donatı çeliği için malzeme özellikleri	19
Çizelge 3.5. Kesit hasar sınırlarına göre şekil değiştirme üst sınırları.....	27
Çizelge 4.1. Kolon kesitlerine ait malzeme özellikleri	33
Çizelge 5.1. Mevcut binaların dağılımı.....	39
Çizelge 5.2. Mevcut okul binaları ve tesislerine ait yerinde belirlenen bilgiler...	41
Çizelge 5.3. Mevcut okul binaları ve tesislerine ait yapısal parametreler	43
Çizelge 6.1. Malzeme sınıfları.....	51
Çizelge 6.2. Eğitim binalarının çatlamamış ve çatlamış kesite ait periyod değerleri	52
Çizelge 6.3. Eğitim binalarına ait V_r değerleri	58
Çizelge 6.4. Eğitim binalarına ait V_r/W_{bina} oranları.....	59
Çizelge 6.5. Eğitim binalarına ait V_r değerlerinin oranları	61
Çizelge 6.6. Eğitim binalarının HK performans düzeyine ait Δ_{hedef} değerleri.....	64
Çizelge 6.7. HK performans düzeyine ait Δ_{hedef} değerlerinin oranı	65
Çizelge 6.8. Eğitim binalarının CG performans düzeyine ait Δ_{hedef} değerleri.....	67
Çizelge 6.9. CG performans düzeyine ait Δ_{hedef} değerlerinin oranı.....	68
Çizelge 6.10. CG ve HK performans seviyeleri için elde edilen hedef yerdeğiştirme istem değerlerinin oranı	72
Çizelge 6.11. Eğitim binalarının HK performans düzeyine ait V_{hedef} değerleri ...	74
Çizelge 6.12. Eğitim binalarının CG performans düzeyine ait V_{hedef} değerleri.....	75
Çizelge 6.13. Eğitim binalarının HK performans düzeyine ait V_{hedef}/W_{bina} oranları.....	76
Çizelge 6.14. Eğitim binalarının CG performans düzeyine ait V_{hedef}/W_{bina} oranları.....	77
Çizelge 6.15. HK hedef performans düzeyi için düşey taşıyıcı elemanlarda oluşan kesme kuvveti hasar yüzdeleri (X yönü).....	82
Çizelge 6.16. HK hedef performans düzeyi için düşey taşıyıcı elemanlarda oluşan kesme kuvveti hasar yüzdeleri (Y yönü).....	83
Çizelge 6.17. CG hedef performans düzeyi için düşey taşıyıcı elemanlarda oluşan kesme kuvveti hasar yüzdeleri (X yönü).....	84
Çizelge 6.18. CG hedef performans düzeyi için düşey taşıyıcı elemanlarda oluşan kesme kuvveti hasar yüzdeleri (Y yönü).....	85
Çizelge 6.19. Eğitim binalarının her iki doğrultusu için performans sonuçları ..	87
Çizelge 6.20. Eğitim binalarının performans sonuçları	88

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a_i	Kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklık
a_{y1}	Birinci moda ait eşdeğer akma ivmesi
$a_1^{(i)}$	i 'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
A_c	Kolonun brüt kesit alanı
A_{ch}	Perde duvarın brüt kesit alanı
A_{kat}	Bina toplam kat alanı
A_s	Boyuna donatı alanı
A_{sw}	Enine donatının toplam kesit alanı
A_x, A_y	İlgili doğrultulardaki kattaki tüm düşey taşıyıcı sistem elemanlarının (kolon+perde) toplam alanı
$A_{x_{kolon}}, A_{y_{kolon}}$	İlgili doğrultulardaki kattaki toplam kolon alanı
$A_{x_{perde}}, A_{y_{perde}}$	İlgili doğrultulardaki kattaki toplam perde duvar alanı
ABYYHY	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
b	Düşey taşıyıcı eleman için depremde etkili olmayan doğrultudaki kesit boyutu
b_o	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
BESAM	Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme
c	Eleman yönü ile ilgili katsayı
CG	Can güvenliği performans seviyesi
C_{R1}	Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı
d	Faydalı yükseklik
$d_1^{(i)}$	i 'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yerdeğiştirme
$d_1^{(p)}$	Modal yerdeğiştirme istemi
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DELOP	Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Programı
E_c	Betonun elastisite modülü
E_s	Donatı çeliğinin elastisite modülü
$(EI)_e$	Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_o$	Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
f_c	Beton basınç gerilmesi
f_{cc}	Sargılı beton basınç dayanımı
f_{cm}	Mevcut beton basınç dayanımı
f_{ctm}	Mevcut betonun çekme dayanımı
f_{co}	Sargısız beton basınç dayanımı
f_e	Etkili sargılama basıncı
f_s	Donatı çeliğindeki gerilme
f_{su}	Donatı çeliğinin kopma dayanımı
f_{sy}	Donatı çeliğinin akma dayanımı
f_{yw}	Enine donatının akma dayanımı
g_{duvar}	Duvar sabit yük değeri
g_i	Binanın i 'inci katındaki sabit yük
GÇ	Göçme sınırı
GD	Göçme durumu performans seviyesi
GÖ	Göçme öncesi performans seviyesi
GV	Güvenlik sınırı

h	Düsey taşıyıcı eleman için depremde etkili olan doğrultudaki kesit boyutu
h_o	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
H_{bina}	Bina yüksekliği
HK	Hemen kullanım performans seviyesi
I	Bina önem katsayısı
I_x, I_y	İlgili doğrultulardaki kattaki tüm düşey taşıyıcı sistem elemanlarına (kolon+perde) ait toplam atalet momenti
$I_{x_{kolon}}, I_{y_{kolon}}$	İlgili doğrultulardaki kattaki toplam kolon atalet momenti
$I_{x_{perde}}, I_{y_{perde}}$	İlgili doğrultulardaki kattaki toplam perde duvar atalet momenti
k_e	Sargılama etkinlik katsayısı
L_p	Plastik mafsal boyu
MN	Minimum hasar sınırı
M_{x1}	Binaya ait x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci moda ait etkin kütle
n	Hareketli yük katılım katsayısı
N	Kesite ait aksenal yük
N_D	Düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan aksenal basınç kuvveti
N_{or}	Kesitin aksenal yük taşıma kapasitesi
q_i	Binanın i'inci katındaki hareketli yük
r	Elastisite modülüne bağlı değişken
R_{y1}	Birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı
s	Kesitin mesnet bölgesindeki etriye aralığı
S_{ae1}	İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme
S_{de1}	Birinci moda ait doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme
S_{di1}	Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme
SAP	Structural Analysis Program
SEMAP	Sargı Etkisi Modelleme Analiz Programı
$T_{çatlamış}$	Çatlamış kesite ait doğal periyod
$T_{çatlamamış}$	Çatlamamış kesite ait doğal periyod
$T_1^{(1)}$	Başlangıç itme adımındaki birinci moda ait doğal titreşim periyodu
$u_{xN1}^{(i)}$	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
$u_{xN1}^{(p)}$	Binaya ait x deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi istemi
V	Taban kesme kuvveti
V_c	Beton kesitin kesme kuvveti kapasitesine katkısı
V_{cr}	Kesitin kesmede çatlama dayanımı
V_{hedef}	Çatı katı hedef yerdeğiştirme istemine karşılık gelen kesme kapasitesi
V_r	Kesitin kesme kuvveti kapasitesi
V_w	Enine donatının kesme kuvveti kapasitesine katkısı
$V_{x1}^{(i)}$	Binaya ait x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait taban kesme kuvveti
w_i	Binanın i'inci katının birim ağırlığı

W_{bina}	Bina toplam ağırlığı
$\omega_1^{(1)}$	Başlangıç itme adımındaki birinci moda ait açısal frekans
x	Şekil değiştirmeye bağlı değişken
Γ_{x1}	Binaya ait x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı
ϵ_c	Beton basınç birim şekildeğiştirmesi
ϵ_{cc}	Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi
ϵ_{cu}	Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi
ϵ_s	Donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekildeğiştirmesi
ϵ_{su}	Donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirmesi
ϵ_{sy}	Donatı çeliğinin akma birim şekildeğiştirmesi
η_{bi}	Burulma düzensizliğı katsayısı
θ_p	Plastik dönme istemi
ρ_s	Toplam enine donatının hacimsel oranı
ρ_{sh}	Perde duvarın yatay gövde donatılarının hacimsel oranı
ρ_{sm}	Kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranı
ρ_x, ρ_y	İlgili doğrultulardaki enine donatıların hacimsel oranı
Φ_p	Plastik eğrilik istemi
Φ_t	Toplam eğrilik istemi
Φ_{xN1}	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliğı
Φ_y	Eşdeğer akma eğriliğı
Δ_{hedef}	Çatı katı hedef yerdeğiştirme istemi
Δ_{hedef}^{CG}	Can güvenliğı performans seviyesi için hedef yerdeğiştirme istemi
Δ_{hedef}^{HK}	Hemen kullanım performans seviyesi için hedef yerdeğiştirme istemi

1. GİRİŞ

Son yıllarda dünya üzerinde meydana gelen depremler, depremlerin tekrarlanma süresi, şiddeti, büyüklüğü ve neden olduğu can ve mal kayıpları göz önüne alındığında depreme dayanıklı yapıların önemi ortaya çıkmaktadır. Geçmiş yıllarda yaşanan depremler, gelecekte de ülkemizde depremlerin olacağını habercisidir. Günümüzde depremlerin hangi büyüklükte, nerede ve ne zaman olacağını bilmesi ve olabilecek depremlerin önlenmesi maalesef mümkün değildir. Depremde meydana gelebilecek can ve mal kayıplarını önlemek amacıyla yapılması gerekenlerin en önemlisi depreme dayanıklı binalar inşa etmek olacaktır.

Ülkemizdeki binaların çoğunluğunu betonarme taşıyıcı sistemler oluşturmaktadır. Bu binaların çok büyük bir kısmı; deprem etkisi dikkate alınmadan sadece düşey yükler altında çözümlenerek inşa edildiğinden kendisinden beklenen deprem performansını sağlayamamaktadır. Günümüzde bilgisayar programları kullanılarak, mevcut binaların deprem performansı kısa sürede belirlenebilmektedir. Bu sayede mevcut betonarme binaların deprem güvenliklerinin değerlendirilmesi, yetersiz olanların güçlendirilmesi ve deprem anında ortaya çıkabilecek can ve mal kayıplarının önüne geçilebilmesi mümkün olmaktadır.

Dünyada birçok gelişmiş ülke, binaların deprem güvenliğini incelemek için performansa dayalı hesaplamalar yapmaktadır. Bu çalışmalara benzer olarak, ülkemizde de mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi ve güçlendirilmesi "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY, 2007)" ile yapılmaktadır. DBYBHY (2007)'nin yedinci bölümünde mevcut betonarme binaların değerlendirilmesinde kullanılacak yöntemler tanımlanmaktadır. DBYBHY (2007)'de mevcut betonarme binaların deprem performanslarının belirlenmesi için doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri önerilmektedir.

Mevcut betonarme binaların deprem güvenliğinin incelenmesi ve gerekli görülenlerin yıkımı ya da güçlendirilmesi kararlarının verilmesi öncelikli konulardan biridir. İncelenecek binaların sayısı olarak çokluğu düşünüldüğünde kamu binalarının öncelikli olarak ele alınması ve incelemelerin yapılarak gerekli tedbirlerin alınması deprem esnasındaki can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi açısından önem arz etmektedir. Kamu binaları içerisinde de okul ve hastane binaları öncelikle değerlendirilmesi gereken binalar içerisinde düşünülmektedir.

Tez çalışması kapsamında, Isparta ilinde bulunan çerçeve ve perdeli-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip 43 adet betonarme okul binası ve tesislerinin, DBYBHY (2007)'nin yedinci bölümünde yer alan doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinden “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılarak performans değerlendirmesi yapılmıştır. Bu kapsamda öncelikle mevcut okul binaları ve tesislerinin projeleri ve malzeme özellikleri temin edilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak binalar SAP 2000 programı yardımıyla modellenmiştir. Çözümlenmeler binaların her iki doğrultusu (x ve y), beş farklı malzeme sınıfı ve iki farklı deprem düzeyi (50 yılda aşılma olasılığı %2 ve %10 olan depremler) için yapılmıştır.

Çalışma kapsamında, okul binaları ve tesislerinin deprem güvenliği doğrusal olmayan çözümleme yöntemi ile incelenmiş ve deprem güvenliğine beton basınç dayanımı, donatı akma dayanımı, sargılama durumu gibi parametrelerin etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmada, özellikle okul binaları ve tesislerinin deprem güvenliği üzerine etki eden önemli parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Yaşanan depremler, bugüne kadar yurdumuzda maddi ve manevi zararlara, çok sayıda can ve mal kayıplarına yol açmıştır (Celep, 2004; Bilgin vd., 2006; Demir vd., 2013). Depremlerde ortaya çıkan zarar ve kayıpların en aza indirilebilmesi için mevcut binaların deprem güvenliğinin değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde kullanılacak yöntemler, 2007 yılında yayımlanan ve yürürlükte bulunan “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” (DBYBHY, 2007)’te doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemler olmak üzere uygulama detayları ile tanımlanmıştır. Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi araştırmacılar için popüler bir konu olmuştur. Çeşitli araştırmacılar tarafından konu ile ilgili yapılan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Gülkan ve Utkutuğ (2003) tarafından yapılan çalışmada, yeni yapılacak okul binalarında, binanın deprem güvenliğini sağlamak amacıyla asgari miktarda perde duvara sahip olacak şekilde tasarlanması gerektiği önerilmektedir. Çalışmada perde duvar yerleşiminin bina toplam maliyetini yaklaşık olarak %3-4 mertebesinde artırabileceği ancak sağlayacağı faydanın çok daha fazla olduğu vurgulanmıştır.

Celep (2004) tarafından yapılan çalışmada, 2003 yılında meydana gelen Bingöl Depremi’nde hasar görek yıkılan Bingöl Yatılı Bölge İlköğretim Okulu binası eşdeğer deprem yükü, mod birleştirme ve zaman tanım alanında çözümleme yöntemleri yanında, doğrusal olmayan itme yöntemi kullanılarak çözümlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ile yerinde yapılan gözlemlerde belirlenen deprem hasarı karşılaştırılmıştır. Okul binası düzgün bir taşıyıcı sisteme sahip olmasına rağmen, donatı düzenindeki yetersizlik ve beton kalitesindeki olumsuzluklar nedeniyle depremde ağır hasar almıştır.

Öztürk (2005) tarafından yapılan çalışmada, konut, işyeri, vb. kullanım amacına sahip betonarme binalar, farklı kat adedi, plan alanı, deprem bölgesi ve zemin

sınıfı için çözümlenmiştir. Binalar sadece çerçevesel ve perdeli-çerçevesel taşıyıcı sistemlerden oluşmaktadır. Elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır.

Tekel (2006) tarafından yapılan çalışmada, Erzincan Depremi'nden sonra literatürde betonarme binaların güçlendirilmesinde belli oranlarda perdelerin kullanılmasının yararı vurgulanarak, bu oranlar için ampirik formüller önerilmiş ve betonarme perdelerin büyük eğilme rijitlikleri ve kesme alanları nedeniyle, güvenlik elemanı olarak her yükseklikteki bina için tavsiye edildiğinden bahsedilmiştir. DBYBHY (2007)' de binalarda kullanılması gereken perde oranıyla ilgili herhangi bir koşul yer almamaktadır. İlgili çalışmada, kullanılması gereken perde duvar miktarının binanın her iki doğrultusunda ve asgari %1 oranında yerleştirilmesi ile ilgili literatürde bulunan yaygın görüşün değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışma sonucunda 10 kata kadar olan binalarda perdelerin devrilme momentinden daha çok kesme etkisini karşıladığı sonucuna varılmıştır.

İnel vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'nın okul ve hastane binalarında yaygın olarak kullandığı tip projeler dikkate alınarak, uygulamada karşılaşılabilecek beton basınç dayanımları ve etriye aralıkları için doğrusal olmayan modelleme teknikleri kullanılarak çözümlenmiştir. Elde edilen sonuçlarda, deprem davranışının perdeler tarafından belirlendiği binalarda, beton sınıfı ve etriye aralığı parametrelerinin binanın deplasman kapasitesi üzerinde etkisinin sınırlı olduğu görülmüştür.

Bilgin vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada, doğrusal olmayan statik analiz ve performansa dayalı yapı tasarımı yaklaşımı ilkeleriyle, seçilen tip projeli kamu binalarına ait performans değerlendirmesi yapılmış, projelerin zayıf noktaları belirlenmiş ve DBYBHY (2007)'nin öngördüğü değerler ile kıyaslama yapılmıştır. İncelenen binalarda, hiçbir durum için yönetmelik istemleri karşılanmamıştır. Çalışmada, zayıf kolon-kuvvetli giriş mekanizmasının oluşmaması için kolonların iki yönde de dengeli biçimde dağıtılması, ani kolon boyutu değişikliklerinden kaçınılması, yüksek rijitlik ve dayanımları nedeniyle

perde duvarların her iki yönde yeterli ve dengeli seviyede kullanılması önerilmiştir.

İnel vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada, doğrusal olmayan eleman davranışı dikkate alınarak seçilen tip projeli mevcut betonarme okul binalarının sismik kapasiteleri bulunup, performans değerlendirmesi yapılmıştır. Malzeme özellikleri binalar üzerinde yapılan arazi çalışmalarından elde edilmiştir. Binaların deprem güvenliği incelemesi doğrusal olmayan statik itme analizi ile yapılmıştır. Yapılan çalışmada malzeme özelliklerinin binaların deprem performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan binalarda, beton sınıfı ve etriye aralığı özelliklerinin binanın deplasman kapasitesi üzerinde oldukça etkili olduğu ancak perdelerin etkin olarak bulunduğu binalarda bu etkinin sınırlı olduğu tespit edilmiştir.

Celep (2007) tarafından yapılan çalışmada, DBYBHY (2007)'de betonarme binalar için tanımlanan doğrusal olmayan çözümleme yöntemi ilkeleri açıklanmış ve doğrusal olmayan çözümleme ile taşıyıcı sistemin kuvvetli ve zayıf taraflarını belirlemenin mümkün olduğu vurgulanmıştır.

Kaplan vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada, son yıllarda deprem güvenlikleri incelenen 105 kamu binasındaki taşıyıcı sistem kusurları incelenmiştir. İncelenen binalarda, tek yönlü düzenlenmiş düşey taşıyıcı elemanlar, perde duvarların kullanılmaması veya yanlış düzenlenmesi, binaların aşırı yüklenmesi, detay hataları, işçilik hataları, kolon boyutlarının ani küçülmesi, yanlış temel sistemi uygulanması, kısa kolon oluşumu, yapı blokları arasında deprem derzlerinin düzenlenmemesi veya yetersiz düzenlenmesi kusurlarına rastlanmıştır.

Uygun ve Celep (2007) tarafından yapılan çalışmada, yeni tasarımın önemli şartlarını sağlayacak şekilde tasarlanan bir bina mevcut kabul edilerek doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan çözümleme yöntemleri ile deprem güvenliği incelenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlardan

doğrusal yöntemin daha tutucu sonuçlar sunduğu ve yöntemin uygulamasının daha basit olduğu gözlenmiştir.

Döndüren ve Karaduman (2007) tarafından yapılan çalışmada elips, daire, L, T, üçgen, dikdörtgen ve kare şeklinde geometriye sahip bina modellerinin deprem davranışlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Her model 15 katlı perde sistemli olarak çözülmüştür. Yapılan çözümlerinde binalara ait yerdeğiştirme, periyod, taban kesme kuvveti, devrilme momenti ve katlardaki burulma düzensizliği parametreleri elde edilmiştir. Sonuç olarak yerdeğiştirme, taban kesme kuvveti ve periyodun en yüksek değerleri elips şeklindeki modelde, en düşük değerleri ise daire şeklindeki modelde ortaya çıkmıştır.

Şengöz ve Sucuoğlu (2009) tarafından yapılan çalışmada, depremde hasar görmüş binaların DBYBHY (2007)'de yer alan değerlendirme yöntemleri ile uyumu incelenmiştir. DBYBHY (2007)'de verilen yöntemler kullanılarak iki farklı konut binasının mevcut ve güçlendirilmiş durumları çözümlenerek kıyaslamalar yapılmıştır. Yapılan çalışma, DBYBHY (2007)'de verilen mevcut binaların deprem güvenliğinin değerlendirilmesi için önerilen yöntemlerin oldukça tutucu olduğunu ortaya koymuştur.

Aktan ve Kırac (2010) tarafından yapılan çalışmada, betonarme perdelerin yapısal davranış üzerindeki etkileri rijitlik, dayanım ve süneklik açısından incelenmiştir. Ayrıca perdelerin yerleşim farklılığının etkisini incelemek amacıyla sekiz farklı plan oluşturularak çözümler tekrarlanmıştır. Sonuçlarda, perdelerin planda doğru yerleştirilmesinin önemi ve depreme dayanıklı bina tasarımı için betonarme perdelerin önemi vurgulanmıştır.

Arısoy ve Arel (2010) tarafından yapılan çalışmada, taşıyıcı sistemi sadece çerçevelerden ve perdeli-çerçevesiz olarak tasarlanmış benzer oturma planına sahip iki adet betonarme binanın performans analizleri doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemlerden "Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" kullanılarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır. Doğrusal elastik olmayan hesap yönteminde hedef yerdeğiştirme istem değeri Deplasman

Katsayıları ve Kapasite Spektrumu yöntemleri ile iki farklı şekilde belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlardan, iki sistemin kapasitelerinde çok büyük bir fark olmadığı gözlenmiştir.

Fahjan vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada perdeli-çerçeve binalar doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi ile çözümlenmiştir. Perde duvarlar hem başlıklı hem başlıksız olarak tasarlanmıştır. Perde duvarların modellenmesinde orta-dikme çubuk modeli ve kabuk modeli kullanılmıştır. Orta-dikme çubuk modelinde doğrusal olmayan davranış plastik mafsallar ile tanımlanmıştır. Çok katmanlı modelde ise, beton ve kesit içindeki donatılar katmanlı kabuk olarak kabul edilmiştir. Binaların performans noktaları, FEMA 356 ve fiber modellerde benzer olmasına karşın, çok katmanlı kabuk modellerinde %15 daha küçük çıkmıştır. Başlıklı ve başlıksız perde duvarlara sahip tüm binaların performans noktalarında oluşan plastik mafsallık dağılımı ve durumları aynı elde edilmiştir.

Karageyik ve Sucuoğlu (2011) tarafından yapılan çalışmada, sünek olmayan orta yükseklikteki betonarme çerçeve binaların güçlendirmesinde şekil değiştirme esaslı bir yöntem önerilmektedir. Önerilen şekil değiştirme esaslı güçlendirme yöntemi, diğer binalara oranla daha yüksek deprem performansı gerektiren okul binalarına uygulanmıştır.

Türker (2012) tarafından yapılan çalışmada, farklı deprem düzeyleri için Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi sonuçları karşılaştırılarak aralarındaki uyum incelenmiştir. Yöntemler betonarme bir bina modeli üzerinde, 3 farklı deprem düzeyi (orta, şiddetli ve çok şiddetli) için uygulanmış, kesit hasar düzeyleri, göreceli kat ötelemeleri ve çerçeve performans düzeyleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlardan deprem düzeyi arttıkça yöntemlerin sonuçları arasındaki uyumun azaldığı belirlenmiştir. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, genel olarak Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile aynı veya daha elverişsiz hasar durumları vermiştir.

Tekeli vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada güçlendirilmiş bir hastane binasının deprem güvenliği incelenmiştir. Güçlendirilmiş olan bu binanın deprem güvenliği, piyasada yaygın olan bir hazır paket program kullanılarak incelenmiştir. Bu amaçla, model binanın güçlendirme perde beton dayanımı 20, 10, 5 ve 3 MPa olarak dikkate alınmış ve DBYBHY (2007) esasları çerçevesinde deprem güvenliği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek, deprem güvenliğinin belirlenmesinde hazır program kullanılması durumunda ortaya çıkabilecek problemler ve yapılabilecek bazı hatalar vurgulanmıştır.

Şenel vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemi için kullanılan modelleme tekniklerinin bina performansının hesabı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla farklı kat sayılarına sahip Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)'e göre tasarlanmış 4 adet betonarme bina ele alınmıştır. Binalara ait doğrusal olmayan analiz modelleri hazırlanırken 3 farklı yaklaşım belirlenmiştir. Bu yaklaşımlardan ilkinde kesme ve eğilme mafsalları bütün taşıyıcı sistem elemanlarına atanmıştır. İkinci yöntemde eğilme mafsalları tüm elemanlara, kesme mafsalları sadece kolonlara atanmıştır. Üçüncü yöntemde ise binayı oluşturan bütün taşıyıcı sistem elemanlarına sadece eğilme mafsalları atanmış, hiçbir elemana kesme mafsalı atanmadan bina modelleri oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar kesme mafsalları kullanılmadan hazırlanan bina modellerinin dayanım ve süneklik açısından 1.3-1.4 kat daha yüksek sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Keskin ve Celep (2013) tarafından yapılan çalışmada, ABYYHY (1975) kurallarına göre boyutlandırılmış perdeli-çerçevesel taşıyıcı sisteme sahip beş katlı bir betonarme okul binasının DBYBHY (2007) kurallarına göre performans değerlendirmesi yapılmıştır. Deprem güvenliği yetersiz bulunan okul binası, betonarme perdelerle güçlendirilmiş ve güçlendirilen bina mevcut bina olarak kabul edilerek binanın deprem güvenliği incelemesi yapılmıştır. Değerlendirmeler statik ve dinamik yükleme ile ayrı ayrı incelenmiş ve binanın zayıf yönleri belirlenmiştir.

Kontaş ve Fahjan (2013) tarafından yapılan çalışmada, 4 ile 6 kat arasındaki mevcut betonarme binalar model olarak seçilmiş ve bu binalar üzerinde yapılan hesaplamalarda beton dayanımının bina performansına katkısı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, beton sınıfının C5'ten C15'e yükselmesiyle binada %70 performans artışı olduğu görülmüştür. Ancak C15'ten sonra beton sınıfının performansa katkısı azalmıştır.

Alıcıoğlu (2013) çalışmasında, perde duvarların bina davranışı üzerindeki etkinliğini incelemiştir. Çalışmada kat kalıp planı aynı olan çerçeve ve perdeli-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip iki bina modeli dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre perdeli sistemin perdesiz sisteme oranla daha rijit ve sünek davrandığı, deprem performansının daha iyi olduğu, enerji sönümleme kapasitesinin daha fazla olduğu, kat öteleme değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür.

Şahin vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, perdeli-çerçeve binalar için gerekli olan perde oranı Z1, Z2, Z3 zemin sınıfları dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu amaçla 1. ve 2. deprem bölgesinde bulunan 7 ve 9 katlı perdeli-çerçeve binalar SAP 2000 programında modellenerek çözümlenmiştir. Çözümlemeden elde edilen görel kat ötelenmeleri, DBYBHY (2007)'de verilen sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre etkin görel kat ötelenmesi değerinin, DBYBHY (2007)'de verilen sınır değer olan 0.02'nin altında kaldığı, zemin sınıfı ve deprem bölgesine göre değiştiği tespit edilmiştir.

Demir vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, mevcut betonarme binaların DBYBHY (2007)'de belirtilen doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemlere göre incelenmesinde ortaya çıkan farklılıklar ele alınmıştır. Bu amaçla çeşitli programlar yazılmıştır. Betonarme elemanların davranışının modellenmesi için Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme (BESAM) programı, yönetmelik kapsamında yapılan işlem adımlarını daha pratik hale getirmek için Doğrusal Elastik Analiz Programı (DELAP) ve Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Programı (DELOP) hazırlanmıştır. Bu programlar ile yönetmelikteki ilkelere göre bina deprem güvenliğine karar verilebilmektedir.

Çalışma kapsamında planda ve düşey kesitte düzensizliğinin sınırlı olduğu durumlar ve davranışa birinci modun etkili olduğu düşük katlı binalar model olarak seçilmiştir. Performans değerlendirmeleri “Doğrusal Olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılarak yapılmıştır.

Şenel vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, binanın hangi ötelenme seviyesinde hangi tür eleman hasarlarının oluştuğunu belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaçla 1998 yılından önce inşa edilmiş 5 adet betonarme bina seçilmiştir. Elde edilen sonuçlar kolon ve kirişlere ait ileri hasar ve göçme durumlarının oldukça benzer ötelenme seviyelerinde meydana geldiğini göstermiştir.

Dinçer ve Mert (2014) tarafından yapılan çalışmada, mevcut bir okul binasının performans değerlendirmesi statik itme analizi kullanılarak yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre binanın, hedeflenen performans düzeyini sağlamadığı ve güçlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Çağlar vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, DBYBHY (2007)’e uygun olarak tasarlanmış 3 katlı betonarme bir binanın deprem güvenliği, artımsal statik itme (pushover) ve zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan çözümleme yöntemleri ile incelenmiştir. Yapılan çözümlerinde elde edilen taban kesme kuvvetleri, kat yerdeğıştirmeleri ve görelî kat ötelemeleri sonuçları karşılaştırılmıştır.

Sucuoğlu (2015) çalışmasında, performans dayalı tasarım ilkelerini değerlendirmiştir. Bu kapsamda gerek yapısal sistem elemanlarının, gerekse yapısal olmayan elemanların tasarımında dikkate alınan performans ilkelerini irdelemiştir. Çalışmada, performans esaslı deprem mühendisliğinde kullanılan doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin uygulanmasının; yapısal modellemenin hazırlanması, doğrusal olmayan davranışa ait verilerin belirlenmesi, sonuçların derlenmesi ve yorumu aşamalarında standart mühendislik pratiğine göre daha yüksek bir mühendislik bilgi düzeyi gerektirdiği ifade edilmiştir. Bu sebeple, bu yöntemlerin uygulandığı önemli yapıların tasarımında (yüksek binalar, deprem

yalıtlı binalar) ve önemli binaların güçlendirilmesinde (hastaneler, okullar, kültür varlıkları, vb.) bağımsız bir kontrol sistemi oluşturulması gerektiği vurgulanmıştır.

Çavdar vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, Gümüşhane ilinde yer alan perdeli betonarme bir binanın DBYBHY (2007)'de tanımlı zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi ile performansı belirlenmiştir. Çözümler üç farklı deprem ivme kaydı kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, betonarme binada asansör perdelerinin yerleşimi yatay rijitlik dağılımını olumsuz olarak etkilemiştir.

Kasap vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, binaya etkiyen yüklerin çerçevesel ve perdeli-çerçevesel sistemlerde taşıyıcı elemanlara dağılımı incelenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Binaların statik ve dinamik mod birleştirme yöntemi ile çözümlenmeleri yapılmıştır. Taşıyıcı sisteme ait kolon boyutları ve taşıyıcı sistemde perde yerleşimi değiştirilerek çözümler tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlardan, boşluklu perdeli-çerçevesel sistemin kesme kuvveti kapasitesinin, perdeli-çerçevesel sisteminkine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Karma sistemler içinde boşluksuz perdeli sistemlerin, boşluklu perdeli sistemlere göre rijitlik ve dayanımlarının daha büyük olduğu gözlenmiştir.

Özdemir vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, aynı kat planına ve farklı kat adetlerine sahip çerçevesel betonarme bir binanın performans değerlendirmesi yapılmıştır. Her farklı çözümler için bina taban kesme kuvveti, tepe yerdeğiştirme istem değerleri elde edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

3. MEVCUT BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARINI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Deprem bölgelerinde bulunan mevcut ve güçlendirilecek tüm binaların ve bina türü yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları DBYBHY (2007)'in "Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi" bölümünde ele alınmıştır.

DBYBHY (2007)'de mevcut binaların performans seviyelerinin belirlenmesi için doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan olmak üzere iki hesap yöntemi önerilmektedir. Doğrusal elastik hesap yöntemleri; Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi'dir. Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri ise Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi'dir.

DBYBHY (2007)'de mevcut binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi için önerilen doğrusal elastik hesap yöntemi kuvvet (dayanım) esaslı iken, doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi şekildeğiştirme esaslıdır.

Çalışma kapsamında mevcut okul binalarının ve tesislerinin deprem performansının belirlenmesi için yapılan çözümlemelerde doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri arasından "Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" kullanılarak yapılmıştır. Tezin bu bölümünde ilgili yöntem, DBYBHY (2007) esasları çerçevesinde ayrıntılarıyla tanımlanmıştır.

3.1. Hedef Performans Seviyesinin Belirlenmesi

Deprem etkisinin tanımında DBYBHY (2007)'de verilen elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılmalı, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde Çizelge 3.1'de verilen deprem etki katsayıları göz önüne alınmalıdır. Çizelge 3.1'de görüldüğü üzere, 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları elastik (azaltılmamış) ivme spektrumunun ordinatlarının yaklaşık yarısı, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme

spektrumunun ordinatları ise elastik (azaltılmamış) ivme spektrumunun ordinatlarının yaklaşık 1.5 katı kadar olmaktadır. Ayrıca performans değerlendirmesi için yapılan deprem hesabında Bina Önem Katsayısı (I) uygulanmamalıdır (I =1.0).

Çizelge 3.1. Farklı aşılma olasılıkları için deprem etki katsayıları

Deprem Düzeyi	Deprem etki katsayısı	50 yılda aşılma olasılığı	Ortalama tekrerrür süresi
Kullanım Depremi	0.5	%50	72 yıl
Tasarım Depremi	1.0	%10	474 yıl
En Büyük Deprem	1.5	%2	2475 yıl

DBYBHY (2007)'de mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Binalar için öngörülen minimum performans düzeyleri

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	-

Çalışma kapsamında mevcut okul binaları ve tesisleri incelendiği için hedef performans seviyesi; 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için Hemen Kullanım (HK), 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem için ise Can Güvenliği (CG) olarak seçilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde; mevcut okul binalarının deprem güvenliğinin bulunduğu, ancak her iki hedef performans seviyesinin sağlanması durumunda söylenebilir. Bir performans hedefinin bile sağlanmaması durumunda binanın deprem yüklerine karşı “güvensiz” olduğu anlaşılır. Ekonomik koşullar değerlendirilerek ilgili binanın güçlendirilmesi veya yıkılması ile ilgili kararın verilmesi gerekir.

3.2. Mevcut Binanın Deprem Performansının Belirlenmesi

Bina deprem güvenliğine doğrusal olmayan değerlendirme yöntemleri ile karar verilebilmesi için, DBYBHY 2007 esasları çerçevesinde yapılması gereken işlemler aşağıda özetlenmiştir.

3.2.1. Bina bilgi düzeyleri

Mevcut bir binanın deprem güvenliği incelemesinin yapılabilmesi için öncelikle bina ile ilgili bilgi toplanması gereklidir. DBYBHY (2007)'de mevcut binalardan temin edilen bilgilerin kapsamına göre, sınırlı, orta ve kapsamlı olmak üzere 3 farklı bilgi düzeyi tanımlanmış olup bu düzeylere ait katsayılar Çizelge 3.3'te verilmiştir. Elde edilen katsayılar, eleman kapasitelerine uygulanarak hesaplamalara dâhil edilmektedir.

Çizelge 3.3. Binalar için bina düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

3.2.2. Çatlamış kesit rijitliklerinin tanımlanması

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

Kirişlerde : $(EI)_e = 0.40(EI)_o$

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

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

Burada; A_c , kolon veya perdenin brüt kesit alanını; f_{cm} , mevcut beton dayanımını; N_D , düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan aksenal basınç kuvvetini; $(EI)_o$, çatlamamış kesite ait eğilme rijitliğini temsil etmektedir. N_D 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı, etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklerle göre yeniden yapılmalıdır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılmalıdır.

3.2.3. Beton ve donatı çeliği için gerilme-birim şekildeğiştirme bağıntıları

Taşıyıcı sistem elemanlarına ait davranış özelliklerinin tanımlanabilmesi için öncelikle kullanılan malzemeye ait özellikler tanımlanmalıdır. DBYBHY (2007)'de doğrusal elastik olmayan çözümlene yöntemi için Mander sargılı beton modelinin kullanılması önerilmektedir.

3.2.3.1. Mander sargılı beton modeli

Mander sargılı beton modeli için gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları DBYBHY (2007)'de verildiği şekliyle aşağıda tanımlanmıştır.

Sargılı betonda beton basınç gerilmesi (f_c), beton basınç birim şekildeğiştirmesi (ϵ_c)'nin fonksiyonu olarak Denklem 3.1 ile hesaplanmaktadır.

$$f_c = \frac{f_{cc} \times r}{r - 1 + x^r} \quad (3.1)$$

Burada; f_{cc} , sargılı beton dayanımını; x , şekil değiştirmeye bağlı değişkeni; r , elastisite modülüne bağlı değişkeni temsil etmektedir.

Sargılı beton dayanımı (f_{cc}) ile sargısız beton dayanımı (f_{co}) arasındaki ilişki aşağıda verilmektedir.

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} \quad (3.2)$$

$$\lambda_c = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f_e}{f_{co}}} - 2 \frac{f_e}{f_{co}} - 1.254 \quad (3.3)$$

Burada; f_e , etkili sargılama basıncını temsil etmektedir.

Etkili sargılama basıncı, dikdörtgen kesitlerde birbirine dik iki doğrultu için Denklem 3.4 ile verilen değerlerin ortalaması olarak alınır.

$$f_{ex} = k_e \rho_x f_{yw} \quad ; \quad f_{ey} = k_e \rho_y f_{yw} \quad (3.4)$$

Burada; k_e , sargılama etkinlik katsayısını; ρ_x ve ρ_y , ilgili doğrultulardaki enine donatıların hacimsel oranını; f_{yw} , enine donatının akma dayanımını temsil etmektedir.

Sargılama etkinlik katsayısı Denklem 3.5 ile elde edilir.

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_0 h_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_0}\right) \left(1 - \frac{A_s}{b_0 h_0}\right)^{-1} \quad (3.5)$$

Burada; a_i , kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklığını; b_o ve h_o , göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutlarını; s , etriye aralığını; A_s , boyuna donatı alanını temsil etmektedir.

Denklem 3.14'teki normalize edilmiş beton birim şekildeğiştirmesi x ve r değişkenine ilişkin bağıntılar Denklem 3.6 ve Denklem 3.7'de verilmiştir.

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}} \quad ; \quad \epsilon_{cc} = \epsilon_{co} [1 + 5(\lambda_c - 1)] \quad ; \quad \epsilon_{co} \cong 0.002 \quad (3.6)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad ; \quad E_c \cong 5000 \sqrt{f_{co}} \text{ [MPa]} \quad ; \quad E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\epsilon_{cc}} \quad (3.7)$$

Burada; E_c , betonun elastisite modülünü temsil etmektedir.

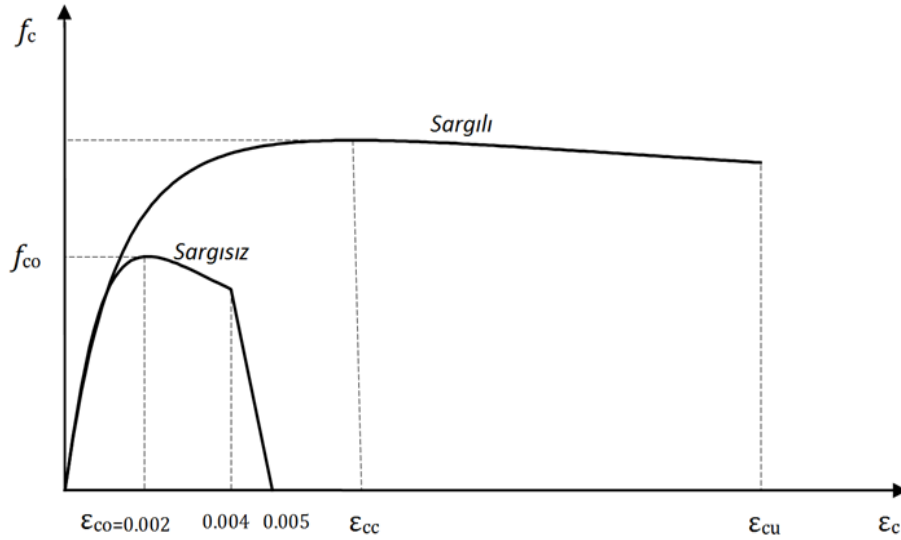
Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi (ϵ_{cu}) Denklem 3.8 ile elde edilir.

$$\epsilon_{cu} = 0.004 + \frac{1.4 \rho_s f_{yw} \epsilon_{su}}{f_{cc}} \quad (3.8)$$

Burada; ρ_s , toplam enine donatının hacimsel oranını (dikdörtgen kesitlerde $\rho_s = \rho_x + \rho_y$); ϵ_{su} , donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirmesini temsil etmektedir.

3.2.3.2. Mander sargısız beton modeli

Sargılı beton için verilen Denklem 3.1, $\epsilon_c = 0.004$ 'e kadar olan bölgede sargısız beton için de geçerlidir. Sargısız betonda etkin sargılama basıncı $f_e = 0$ ve buna bağlı olarak Denklem 3.3'ten anlaşılacağı üzere $\lambda_c = 1$ olacağından Denklem 3.6 ve Denklem 3.7'de $f_{cc} = f_{co}$ ve $\epsilon_{cc} = \epsilon_{co}$ alınır. $\epsilon_c = 0.005$ 'de $f_c = 0$ olarak tanımlanır. $0.004 < \epsilon_c \leq 0.005$ aralığında gerilme-birim şekildeğiştirme ilişkisi doğrusaldır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Sargılı ve sargısız betonun gerilme-birim şekildeğiştirme diyagramı

3.2.3.3. Donatı çeliği modeli

DBYBHY (2007)'de doğrusal elastik olmayan yöntemler ile performans değerlendirilmesinde kullanılmak üzere donatı çeliği için gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları Denklem 3.9 ile Denklem 3.11 arasındaki ifadelerle tanımlanmıştır.

$$f_s = E_s \varepsilon_s \quad (\varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy}) \quad (3.9)$$

$$f_s = f_{sy} \quad (\varepsilon_{sy} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh}) \quad (3.10)$$

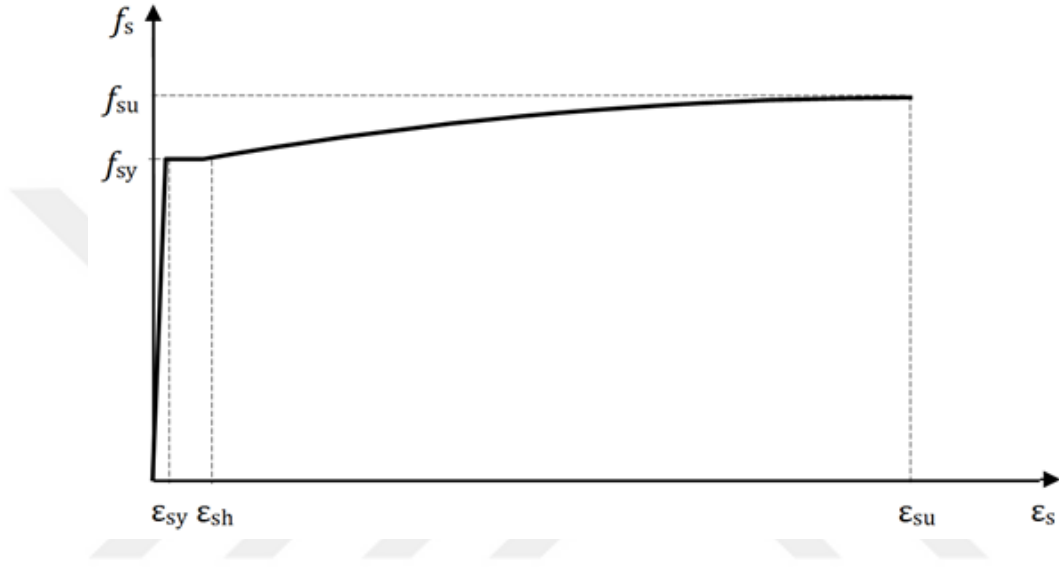
$$f_s = f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \frac{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_s)^2}{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh})^2} \quad (\varepsilon_{sh} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}) \quad (3.11)$$

Burada; f_s , donatı çeliğinin gerilmesini; f_{sy} , donatı çeliğinin akma dayanımını; f_{su} , donatı çeliğinin kopma dayanımını; E_s , donatı çeliğinin elastisite modülünü; ε_s , donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekildeğiştirmesini; ε_{sy} , donatı çeliğinin akma birim şekildeğiştirmesini temsil etmektedir. Donatı çeliğinin elastisite modülü $E_s = 2 \times 10^5$ MPa'dır. S220 ve S420 kalitesindeki donatı çeliklerine ait diğer bilgiler Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Donatı çeliği için malzeme özellikleri

Kalite	f_{sy} (MPa)	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su} (MPa)
S220	220	0.0011	0.011	0.16	275
S420	420	0.0021	0.008	0.10	550

Donatı çeliği için gerilme-birim şekildeğiştirme diyagramı Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Donatı çeliğinin gerilme-birim şekildeğiştirme diyagramı

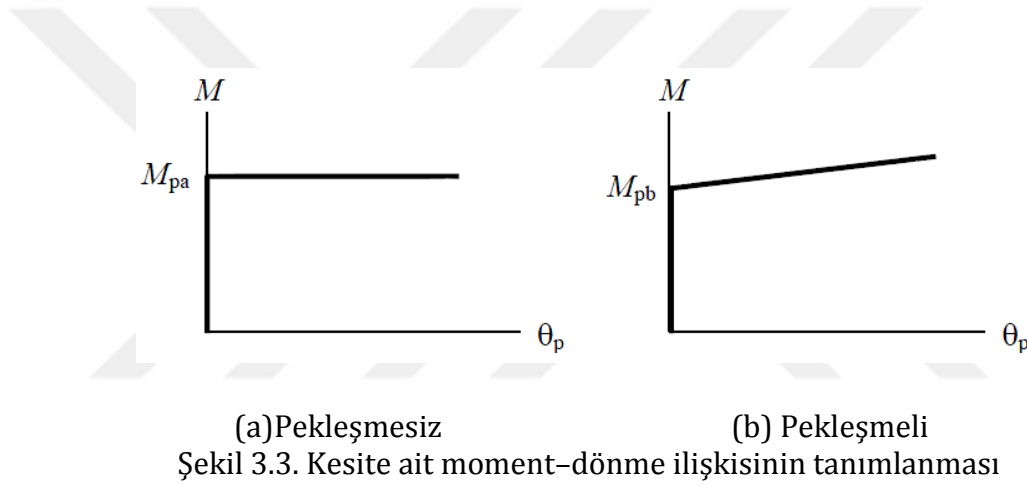
3.2.4. Kesitlere ait plastik mafsallik özelliklerinin tanımlanması

Bina deprem güvenliğine doğrusal olmayan yöntemler ile karar verilebilmesi için, taşıyıcı sistem elemanlarına ait plastik mafsallik özelliklerinin tanımlanması gerekmektedir. Plastik mafsallik özellikleri ise kesit boyut, donatı ve malzeme özelliklerine bağlı olarak moment-dönme ilişkisinden tanımlanabilir.

Malzeme bakımından doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için literatürde geçerliliği kanıtlanmış modeller kullanılabilir. Ancak, DBYBHY (2007)'de doğrusal elastik olmayan analiz için mühendislik uygulamalarındaki yaygınlığı ve pratikliği nedeni ile yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır. Basit eğilme durumunda plastik mafsallik hipotezine karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem

elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde oluştuğu varsayılmaktadır (DBYBHY, 2007).

DBYBHY (2007)'de plastik mafsalsal boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutunun (h) yarısına eşit alınmaktadır ($L_p = 0.5h$). Kolon ve kirişlerde plastik kesitler, kolon-kiriş birleşim bölgesinin hemen dışına, betonarme perdelerde ise, plastik kesitlerin her katta perdenin alt ucuna konulmasına izin verilebilir. Kesite ait moment- dönme ilişkisi pekleşmesiz (Şekil 3.3.a) veya pekleşmeli (Şekil 3.3.b) olarak tanımlanabilir.



3.2.5. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi

Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılmasıdır. Düşey yük hesabını izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvet artımları hesaplanır (DBYBHY, 2007). Yapılan çözümleme sonucunda koordinatları “tepe yerdeğiştirmesi - taban kesme kuvveti” olan kapasite (itme) eğrisi elde edilir. Tepe yerdeğiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirme.

Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin deprem doğrultusundaki toplamıdır.

DBYBHY (2007)'de Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin uygulanacağı binanın kat adedinin bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranının en az 0.70 olması zorunludur.

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanmalıdır (DBYBHY, 2007).

3.2.6. Tepe yerdeğiştirme isteminin hesaplanması

Binaya ait tepe yerdeğiştirme istem değerinin elde edilebilmesi için, kapasite eğrisinin koordinatlarının "modal yerdeğiştirme – modal ivme" olan modal kapasite diyagramı koordinatlarına dönüştürülmesi gerekir. Bunun için önerilen ifadeler DBYBHY (2007)'de tanımlanmıştır.

i'inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal ivme ($a_1^{(i)}$) Denklem 3.12 ile elde edilir.

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (3.12)$$

Burada; $V_{x1}^{(i)}$, x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci (hakim) moda ait taban kesme kuvvetini; M_{x1} , x deprem doğrultusunda

doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hakim) moda ait etkin kütleli temsil etmektedir.

i'inci itme adımında birinci moda ait modal yerdeğiştirmenin ($d_1^{(i)}$) hesabı için ise, Denklem 3.13'ten yararlanılabilir.

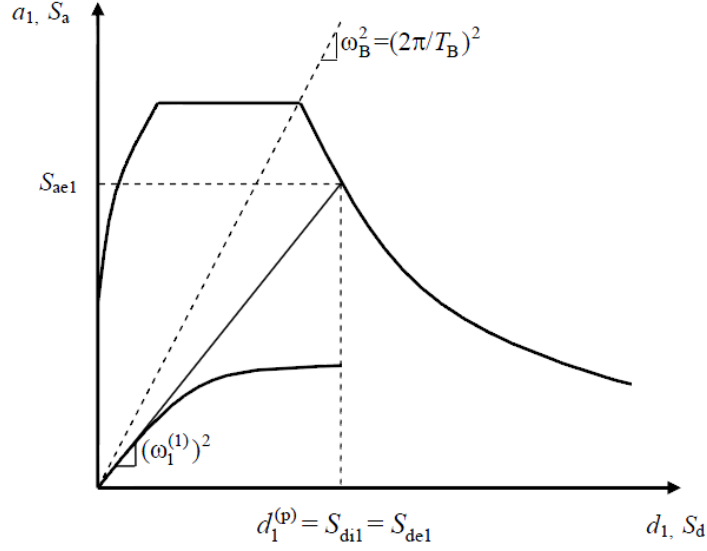
$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (3.13)$$

Burada; $u_{xN1}^{(i)}$, binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirmesi; Φ_{xN1} , binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği; Γ_{x1} , x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanıdır.

Birinci moda ait modal katkı çarpanı, Denklem 3.14 ile verilen ve x deprem doğrultusunda taşıyıcı sistemin başlangıç adımıdaki doğrusal elastik davranışı için tanımlanan L_{x1} ve M_1 'den yararlanılarak elde edilir.

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (3.14)$$

Deprem etkisinin talep eğrisi, yönetmelikte spektrum eğrisi ile tanımlanmıştır. Hedef yerdeğiştirmenin hesap edilebilmesi için, binaya ait modal kapasite eğrisi ile davranış spektrum eğrisinin aynı grafik üzerinde çizilmesi gerekmektedir. Birinci titreşim moduna ait ve koordinatları (d_1, a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları "spektral yerdeğiştirme (S_d) – spektral ivme (S_a)" olan davranış spektrumu bir arada Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumu

Doğrusal olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme (S_{di1}), itme analizinin ilk adımında, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci moda ait başlangıç periyoduna ($T_1^{(1)}$) karşılık gelen doğrusal elastik spektral yerdeğiştirmeye (S_{de1}) bağlı olarak Denklem 3.15 ile elde edilir.

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (3.15)$$

Burada; C_{R1} , birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranını temsil etmektedir.

Doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme, itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivmeye (S_{ae1}) bağlı olarak Denklem 3.16 ile elde edilir.

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (3.16)$$

Burada; $\omega_1^{(1)}$, başlangıç itme adımındaki birinci moda ait açısal frekanstır.

Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı, başlangıç periyodunun değerine ($T_1^{(1)} = 2\pi/\omega_1^{(1)}$) bağlı olarak belirlenir.

Başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyod T_B 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda ($T_1^{(1)} \geq T_B$ veya $(\omega_1^{(1)})^2 \leq \omega_B^2$) eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca spektral yerdeğiştirme oranı Denklem 3.17'de verildiği gibi dikkate alınır.

$$C_{R1} = 1 \quad (3.17)$$

Başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyod T_B 'den daha kısa olması durumunda ($T_1^{(1)} < T_B$ veya $(\omega_1^{(1)})^2 > \omega_B^2$) ise, spektral yerdeğiştirme oranı, ardışık yaklaşımla aşağıdaki şekilde hesaplanır:

(a) İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı, yaklaşık olarak iki doğrulu bir diyagrama dönüştürülür. Bu diyagramın başlangıç doğrusunun eğimi, itme analizinin ilk adımındaki ($i=1$) doğrunun eğimi olan birinci moda ait özdeğere $(\omega_1^{(1)})^2$ eşit alınır ($T_1^{(1)} = 2\pi/\omega_1^{(1)}$).

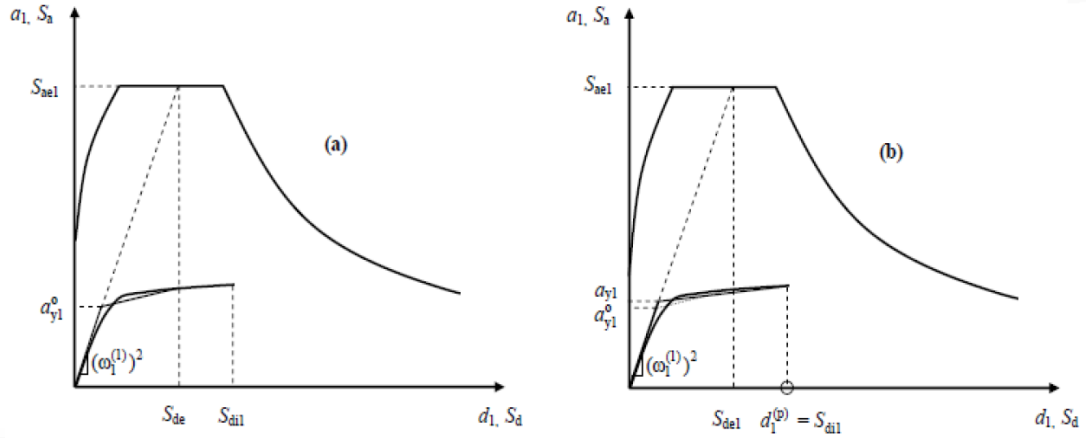
(b) Ardışık yaklaşımın ilk adımında $C_{R1}=1$ kabulü yapılarak, eşdeğer akma noktasının koordinatları eşit alanlar kuralı ile belirlenir. Şekil 3.5.a'da görülen $a_{y1}=a_{y1}^0$ esas alınarak birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı (R_{y1}) ve birinci moda ait eşdeğer akma ivmesi (a_{y1}) Denklem 3.18 ve Denklem 3.19 kullanılarak hesaplanır.

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (3.18)$$

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1)T_B / T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (3.19)$$

(c) Denklem 3.19'dan elde edilen C_{R1} kullanılarak Denklem 3.15'e göre hesaplanan S_{di1} esas alınarak eşdeğer akma noktasının koordinatları, Şekil 3.5.b'de gösterildiği gibi, eşit alanlar kuralı ile yeniden belirlenerek bunlara göre a_{y1} , R_{y1} ve C_{R1} tekrar hesaplanır. DBYBHY (2007)'de ardışık iki

adımda elde edilen sonuçların kabul edilebilir ölçüde birbirlerine yaklaştıkları adımda ardışık yaklaşıma son verilir.



Şekil 3.5. Doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirmenin belirlenmesi

İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı ile birlikte elastik davranış spektrumu göz önüne alınarak, birinci moda ait maksimum modal yerdeğiştirme, başka bir deyişle modal yerdeğiştirme istemi hesaplanır. Modal yerdeğiştirme istemi ($d_1^{(p)}$), doğrusal olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirmeye (S_{d11}) eşittir.

$$d_1^{(p)} = S_{d11} \quad (3.20)$$

Son itme adımı $i = p$ için Denklem 3.20'ye göre belirlenen modal yerdeğiştirme isteminin Denklem 3.13'te yerine konulması ile x deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi istemi $u_{xN1}^{(p)}$ elde edilir.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (3.21)$$

Buna karşı gelen diğer tüm istem büyüklükleri (yerdeğiştirme, şekildeğiştirme ve iç kuvvet istemleri) tepe yerdeğiştirmesi istemine ulaşıncaya kadar yapılacak yeni bir itme analizi ile hesaplanarak elde edilir (DBYBHY, 2007).

3.2.7. Yapı elemanlarında oluşan hasarın belirlenmesi

Binanın hedef yerdeğiştirme isteminin hesaplanmasının ardından, binanın bu ötelenme seviyesindeki taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen şekildeğiştirme değerlerinin belirlenmesi ve bu değerlerin yönetmelikte tanımlanan sınır değerlerle kıyaslanarak elemanın hasar seviyesine karar verilmesi gerekir.

DBYBHY (2007)'de binanın tepe yerdeğiştirme istemine kadar itme analizinin uygulanması ile herhangi bir kesitte elde edilen plastik eğrilik istemi (Φ_p), plastik dönme istemine (θ_p) bağlı olarak Denklem 3.22 ile hesaplanmaktadır.

$$\Phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (3.22)$$

Taşıyıcı sistem elemanlarının kesitlerindeki toplam eğrilik istemi (Φ_t), aksenal kuvvet istemi altında yapılan analizden elde edilen iki doğrulu moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan eşdeğer akma eğriliğine (Φ_y) plastik eğrilik isteminin (Φ_p) eklenmesiyle elde edilir.

$$\Phi_t = \Phi_y + \Phi_p \quad (3.23)$$

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekildeğiştirme istemi ile donatı çeliğindeki birim şekildeğiştirme istemi, Denklem 3.23 ile tanımlanan toplam eğrilik istemine göre moment-eğrilik analizi ile hesaplanmalıdır (DBYBHY, 2007).

Plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekil değiştirme üst sınırları Çizelge 3.5'te tanımlanmıştır.

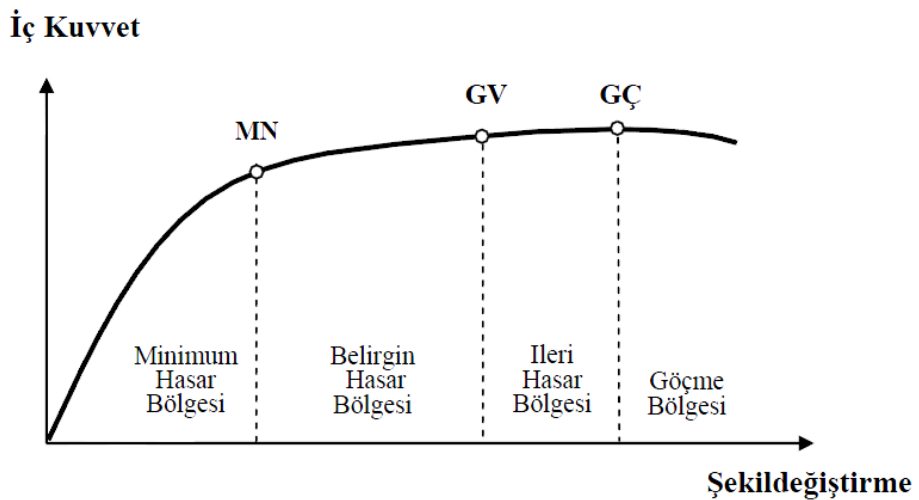
Çizelge 3.5. Kesit hasar sınırlarına göre şekil değiştirme üst sınırları

Kesit hasar sınırı	Beton şekil değiştirme üst sınırı	Donatı çeliği şekil değiştirme üst sınırı
Minimum Hasar Sınırı	$(\epsilon_{cu})_{MN}=0.0035$	$(\epsilon_s)_{MN}=0.010$
Güvenlik Sınırı	$(\epsilon_{cg})_{GV}=0.0035+0.01(\rho_s/\rho_{sm})\leq 0.0135$	$(\epsilon_s)_{GV}=0.040$
Göçme Sınırı	$(\epsilon_{cg})_{GC}=0.004+0.014(\rho_s/\rho_{sm})\leq 0.018$	$(\epsilon_s)_{GC}=0.060$

Burada; ϵ_{cu} , kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirilmesi; ϵ_{cg} , etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirilmesi; ρ_{sm} kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranıdır.

DBYBHY (2007)'de sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç farklı hasar sınırı tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir.

Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri

3.2.8. Bina deprem performansının belirlenmesi

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir. Doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile binanın deprem performans düzeyi elde edilir. DBYBHY (2007)'de; Hemen Kullanım (HK), Can Güvenliği (CG), Göçme Öncesi (GÖ) ve Göçme Durumu (GD) olmak üzere dört farklı performans düzeyi tanımlanmıştır.

3.2.8.1. 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 güçlendirilmeleri kaydı ile bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir (DBYBHY, 2007).

3.2.8.2. Can güvenliği performans düzeyi

Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Can Güvenliği Performans Düzeyinde olduğu kabul edilir (DBYBHY, 2007):

“(a) Binanın i'inci katında 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 DBYBHY (2007)'de verilen kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunun sağlandığı kolonlar bu hesaba dâhil edilmezler)."

3.2.8.3. Göçme öncesi performans düzeyi

Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun göz önüne alınması kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir (DBYBHY, 2007):

"(a) Binanın bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.

(b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden DBYBHY (2007)'de verilen kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunun sağlandığı kolonlar bu hesaba dâhil edilmezler).

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

3.2.8.4. Göçme durumu

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi’ni sağlamıyorsa Göçme Durumu’ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır (DBYBHY, 2007).



4. KULLANILAN PROGRAMLAR

Betonarme binaların deprem güvenliğinin doğrusal elastik olmayan çözümleme yöntemleri ile belirlenebilmesi için çalışma kapsamında yapılacak çözümlerinde literatürde bulunan “Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme” (BESAM), “Structural Analysis Program” (SAP 2000) ve “Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Programı” (DELOP)'dan yararlanılmıştır. Bu programların, birbirleri ile koordineli olarak veri aktarımı yapılarak kullanımı sağlanmıştır.

4.1. Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme (BESAM)

Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme (BESAM), betonarme elemanların kesit hesaplarında beton sınıfını, donatı sınıfını, enine ve boyuna donatı miktarını, donatı düzenini, sargı etkisini dikkate alarak kesite ait moment-eğrilik, moment-dönme, normal kuvvet-moment ilişkilerinin elde edilebildiği Fortran dilinde hazırlanmış bilgisayar yazılımıdır (BESAM, 2013). Program, TÜBİTAK 111M119 araştırma projesi kapsamında hazırlanmıştır. Programın malzeme ve donatı bilgileri giriş sayfaları Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de verilmektedir.

The screenshot shows the 'Yeni Kesit Ekle' (New Section Add) dialog box in the BESAM software. The interface is organized into several sections:

- Kesit Bilgileri (Section Information):** Kesit No: 1, Kesit Adı: Kln1, Kesit Türü: Kolon.
- Kesit Boyutları (Section Dimensions):** b: 400 mm, h: 400 mm.
- Malzeme Özellikleri (Material Properties):** Beton Sınıfı: 20, Donatı Sınıfı: 420.
- Etriye Özellikleri (Reinforcement Properties):** Etriye Çapı: 8 mm, Etriye Aralığı: 100 mm, Etriye Kol Sayısı X: 3.0, Etriye Kol Sayısı Y: 3.0.
- Basınç Bloğu (Stress Block):** Radio buttons for Dikdörtgen Basınç Bloğu, Hognestad Basınç Bloğu, and Mander Basınç Bloğu.
- Yaklaşım (Approach):** Radio buttons for Integral and Lifi.
- Tabaka Sayısı (Layer Count):** b: 40, h: 40.

Şekil 4.1. BESAM programı malzeme bilgileri giriş sayfası

Kesit Bilgileri

Kesit No: Kesit Adı: Kesit Türü:

Kesit Boyutları

b: 400 mm h: 400 mm Donatı Alanının Kesit Alanına Oranı: %1.005

Donatı Özeti

Kesit Alanı: 1,600.000 mm² Donatı Alanı: 1,608.495 mm² Donatı Sayısı: 8 adet

Sıralı Donatı Ekle Plastik Mafsalsız Boyları Düzenle Ekle Sil Taşı Tüm Donatı Listesi Etriye Kolları

Donatı Sayısı:	Donatı Çapı:	Pas Payı:
Sol h - <input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="16"/> mm	<input type="text" value="25"/> mm
Sağ h - <input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="16"/> mm	<input type="text" value="25"/> mm
Üst b - <input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="16"/> mm	<input type="text" value="25"/> mm
Alt b - <input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="16"/> mm	<input type="text" value="25"/> mm

Sol Sağ Simetrik
 Üst Alt Simetrik
 Eşit Pas Payları

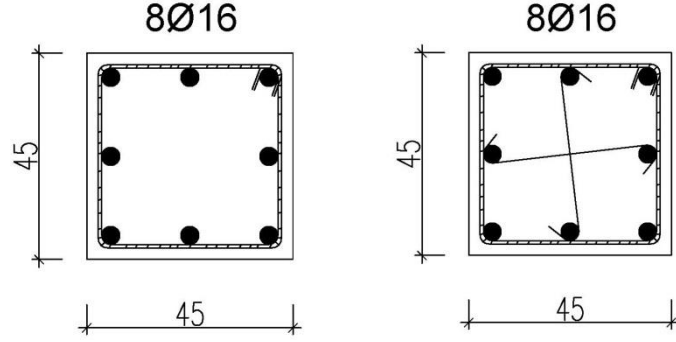
Dikkat: Burada yapılacak değişiklikler önceki düzenlemelerin iptal olmasına sebep olur!

Donatı Görünümü

Şekil 4.2. BESAM programı donatı bilgileri giriş sayfası

BESAM programında binanın taşıyıcı sistem elemanlarına (kolon, kiriş ve perde) ait veri girişi yapıldıktan sonra, SAP 2000 programında kullanılmak üzere s2k uzantılı plastik mafsalların oluşturulduğu bir dosya hazırlanmaktadır. Bunun yanında DBYBHY (2007) esasları ile uyumlu olarak hedef yerdeğiştirme istem büyüklüğü de program tarafından hesaplanarak kullanıcıya sunulmaktadır.

Çalışma kapsamında kullanılan BESAM programının geçerliliği, literatürde bulunan “Structural Analysis Program” (SAP 2000) ve “Sargı Etkisi Modelleme Analiz Programı” (SEMAP) ile kıyaslanarak incelenmiştir. Bu amaçla donatısı ve kesiti aynı olan kolon elemanı çirozsuz ve çirozlu olarak iki farklı şekilde tasarlanmış ve çözümlenmiştir (Şekil 4.3). Kolon kesitine ait yapılan çözümler Çizelge 4.1’de tanımlanan farklı beton sınıfı, donatı sınıfı ve sargılama durumları için tekrarlanmıştır.



a-) Çirozsuz

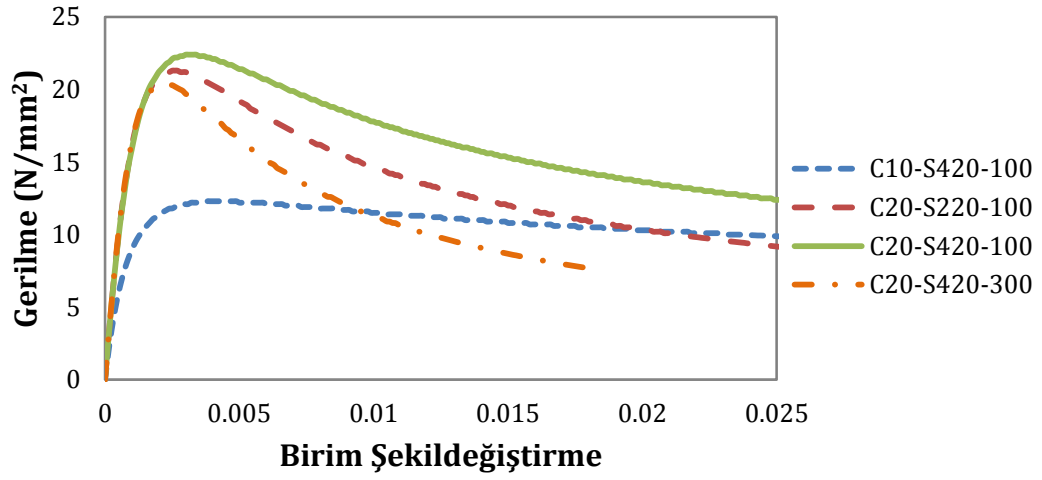
b-) Çirozlu

Şekil 4.3. Kolon kesitleri

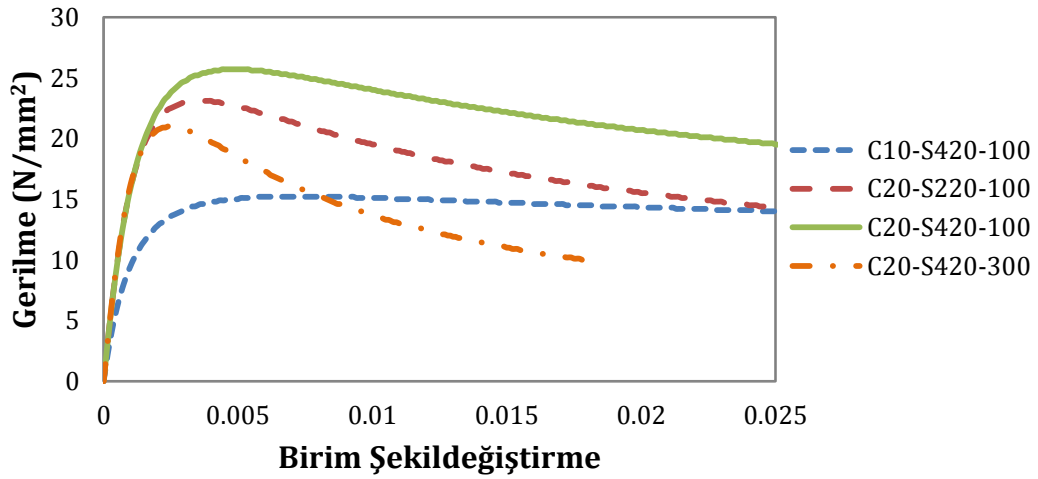
Çizelge 4.1. Kolon kesitlerine ait malzeme özellikleri

Malzeme Durumu	Beton Sınıfı	Donatı Sınıfı	Sargılama Durumu
C10/S420/100	C10	S420	Ø8/100
C20/S220/100	C20	S220	Ø8/100
C20/S420/100	C20	S420	Ø8/100
C20/S420/300	C20	S420	Ø8/300

Dört farklı malzeme sınıfı için BESAM programında Mander sargılı beton davranış modeli kullanılarak elde edilen betona ait gerilme-şekildeğiştirme grafikleri çirozsuz kesit için Şekil 4.4.a'da, çirozlu kesit için ise Şekil 4.4.b'de verilmiştir.



a-) Çirozsuz

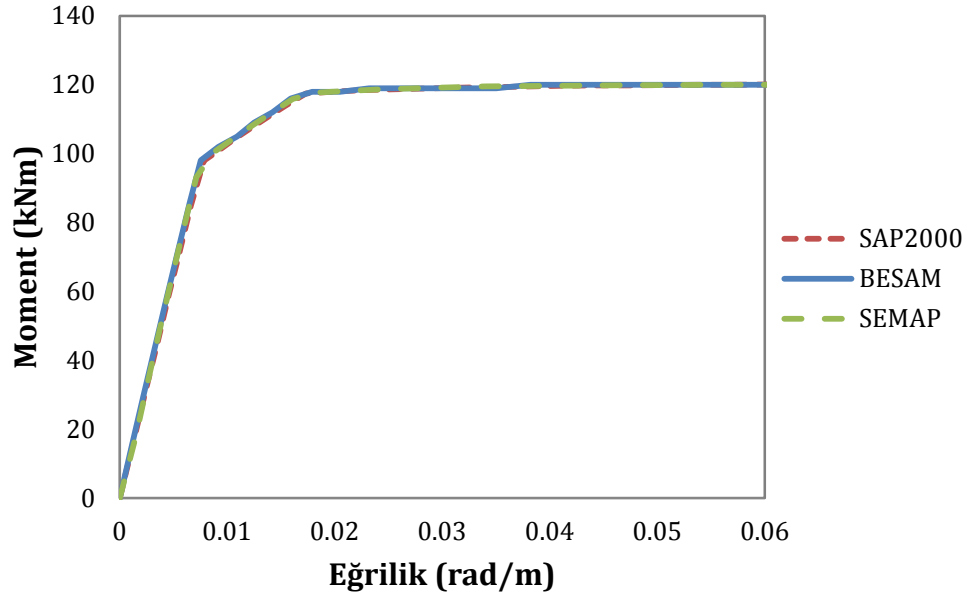


b-) Çirozlu

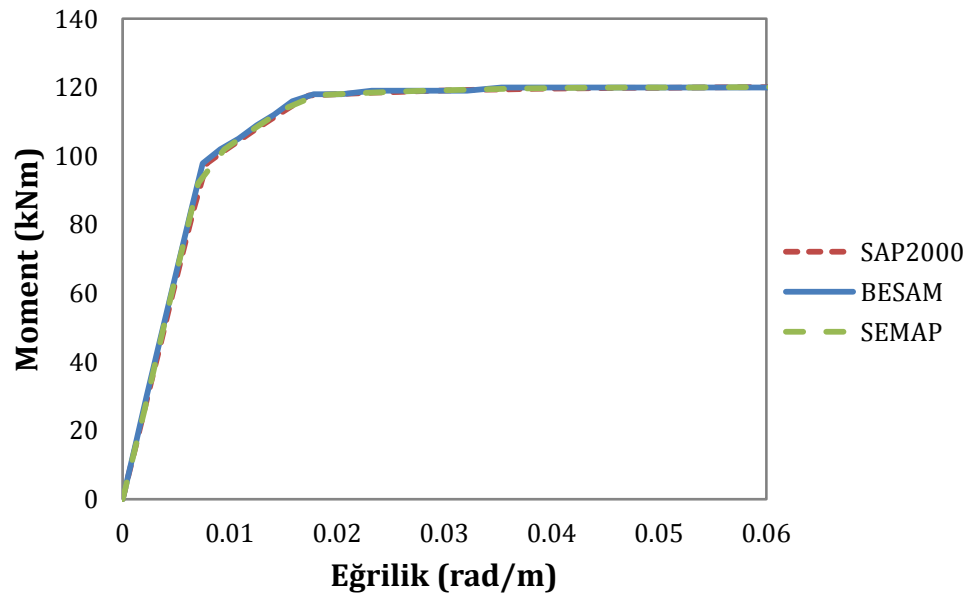
Şekil 4.4. Kolon kesitlerinin farklı malzeme durumlarına ait gerilme-birim şekildeğiştirme grafikleri

BESAM programının kolon kesiti için hesaplanan analiz sonuçları SAP 2000 ve SEMAP program sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Çözümlenelerde kesitin malzemesi, Çizelge 4.1'de tanımlanan C20/S420/100 sınıfı seçilerek yapılmıştır. Bu malzeme sınıfı beton basınç dayanımının 20 MPa, donatı akma dayanımının 420 MPa olduğu ve mesnet bölgelerinde etriye sıklaştırmasının uygulandığı (Ø8/100) duruma karşılık gelmektedir. Kolon kesitine ait moment eğrilik grafiği iki farklı aksel yük seviyesi için çizilmiştir. Kesite etkiyen aksel yük değerinin kesitin aksel yük taşıma kapasitesine (N/N_{or}) oranı 0.0 ve 0.7 alınarak kesitlerin moment-eğrilik grafikleri elde edilmiştir. Elde edilen

moment-eğrilik grafikleri N/N_{or} oranı 0.0 için Şekil 4.5'te ve 0.7 için Şekil 4.6'da verilmiştir.

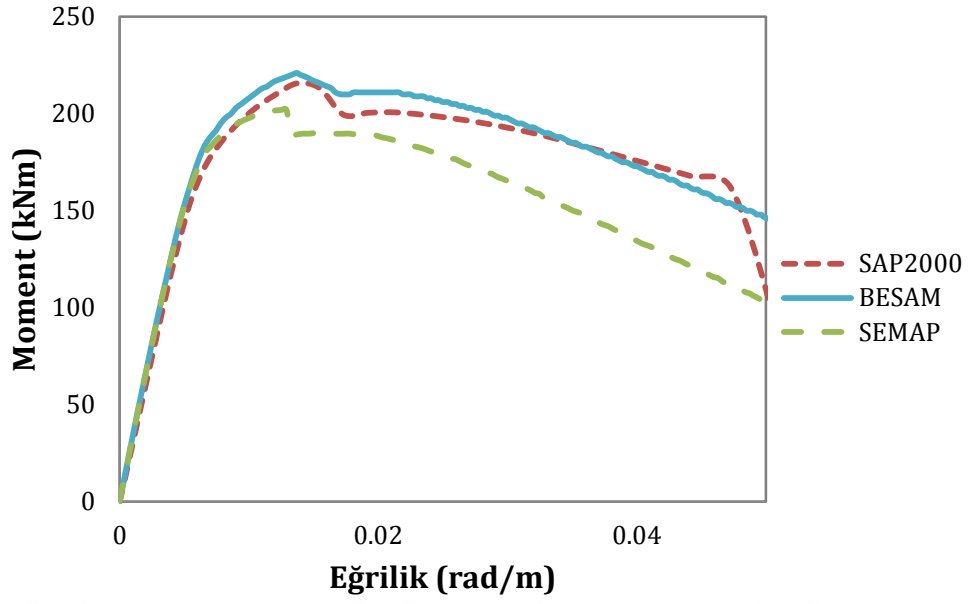


a-) Çirozsuz

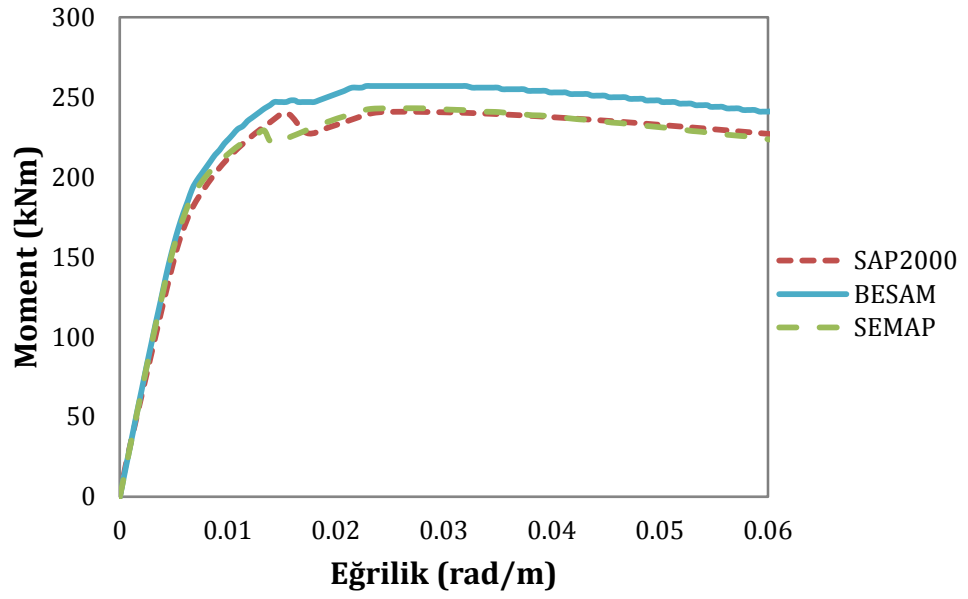


b-) Çirozlu

Şekil 4.5. N/N_{or} oranı 0.0 için moment-eğrilik grafikleri



a-) Çirozsuz



b-) Çirozlu

Şekil 4.6. N/N_{or} oranı 0.7 için moment-eğrilik grafikleri

Yapılan karşılaştırmalar sonucunda BESAM programının sonuçlarının SAP 2000 ve SEMAP ile oldukça uyumlu olduğu gözlenmiştir.

4.2. Structural Analysis Program (SAP 2000)

Structural Analysis Program (SAP 2000), iki ve üç boyutlu yapı sistemlerinin modellenmesini, tasarlanmasını ve çözümlenmesini yapabilen, kullanıcıya nesne tabanlı bir modelleme ortamı sunan ve sonlu eleman prensibiyle çalışan bir programdır.

Çalışma kapsamında SAP 2000 programının 14.0.0 versiyonu kullanılarak binaların modellenmesi ve doğrusal elastik olmayan statik itme analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda binaların kapasite eğrileri ve taşıyıcı elemanlara ait hasar seviyeleri elde edilmiştir.

4.3. Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Programı (DELOP)

Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Programı (DELOP), DBYBHY (2007)'de yer alan performans kriterleri ile uyumlu olarak, binaların hedef performans seviyesinin belirlenmesi ile ilgili değerlendirmeleri yapmaktadır. Binaların performans seviyelerine hızlı ve pratik bir şekilde karar vermeye yarayan DELOP, excel programında hazırlanmıştır.

SAP 2000'de elde edilen yatay ve düşey taşıyıcı elemanların hasar seviyeleri DELOP'a aktarılır. Üç aşamadan oluşan programın birinci aşamasında kiriş elemanlarının, ikinci aşamasında kolon ve perde elemanlarının, üçüncü aşamasında ise binanın performans seviyesine karar verilir. Programın veri giriş sayfasına ait görünüm Şekil 4.7'de verilmiştir.

DELOP

YAPI PERFORMANS SEVİYESİNİN DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN YÖNTEM İLE BELİRLENMESİ (TÜBİTAK 111M119 PROJESİ İLE DESTEKLENMEKTEDİR)

1 MALZEME SINIFININ TANIMLANMASI

Etan Sınıfı:	C 20
Boyuna Donan Sınıfı:	S 420
Enine Donan Sınıfı:	S 420
f _{cm} :	20
f _{tm} :	420
f _{em} :	1.563247334
E _y :	10.0021

2 BİNA İLE İLGİLİ BİLGİLER

Elemanlara ait kesit tezahürleri aşağıdaki veriler kullanılarak elde edilecektir.

	1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat	5. Kat	6. Kat	7. Kat	8. Kat
Kat yüksekliği (m)	3	3	3	3	3	3	3	3
Kat sayısı	8							
Kat	1							
Yapı sınıfı	1							
Bilgi düzeyi	1							

7.4.12. Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımlama birliğim bilgileri sansuz rijit ve bilgileri olarak alınabilir.

7.4.13. Eğilme etkisindeki elemanlarda çatlama kesit ait etkin eğilme rijitliği (E_I)_e

Kesitlerde (E_I)_e=0,40(E_I)₀

Kolonlarda N_d (Ac f_{cm})²/10 ise (E_I)_e=0,40(E_I)₀

Kolonlarda N_d (Ac f_{cm})²/40 ise (E_I)_e=0,80(E_I)₀

Kolonların (E_I)_e değerleri "Kolon Hazırlama Takvimi" bölümünde temin edilebilir.

3 KİRİŞ İLE İLGİLİ BİLGİLER

NOT: Bu bölüm tüm kiriş özellikleri aynı ise kullanılabilir. Aksi halde Bölüm 6 da farklı özellikler girilebilir.

Kesit boyutları	b (cm)	-
	h (cm)	-
	d' (cm)	2,5
Kiriş boyu L (m)	-	-
Sargı Var mı? (Y/N)	-	-

Az: MESNET ÜST



Az: MESNET ALT

4 SAP 2000 PROGRAMINDAN ELDE EDİLEN KİRİŞ KESİT TESİRLERİ VE KİRİŞ KAPASİTELERİ

Şekil 4.7. DELOP veri giriş sayfası

5. MEVCUT BİNALARIN TANITILMASI

Türkiye topraklarının çok büyük bir bölümü deprem riski altındadır. Bu bölgelerde bulunan mevcut betonarme binaların deprem güvenliğinin incelenmesi ve gerekli görülenlerin yıkımı ya da güçlendirilmesi kararlarının verilmesi öncelikli konulardan biridir. İncelenecek binaların sayı olarak çokluğu düşünüldüğünde kamu binalarının öncelikli olarak ele alınması ve incelemelerin yapılarak gerekli tedbirlerin alınması deprem esnasındaki can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi açısından önem arz etmektedir. Kamu binaları içerisinde de okul ve hastane binaları öncelikle değerlendirilmesi gereken binalar içerisinde düşünülebilir.

Çalışma kapsamında Isparta ilinde bulunan toplam 43 adet okul binası ve tesisleri model bina olarak seçilmiştir. Bu binaların tamamı 1. derece deprem bölgesinde, Z4 yerel zemin sınıfında bulunmaktadır. Binaların taşıyıcı sistemleri SAP 2000 programı yardımı ile modellenmiştir. Modellenen binaların kullanım amacına ve kat adedine göre sayısal dağılımları Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Mevcut binaların dağılımı

Bina türü	Kat adedi				Toplam bina adedi
	1	2	3	4	
Okul	-	2	17	7	26
Atölye	11	2	4	-	17

5.1. Mevcut Okul Binaları ve Tesislerinin Tanıtılması

Çalışma kapsamında seçilen 43 adet betonarme okul binası ve tesislerinin tamamına ait öncelikle taşıyıcı sistem rölöveleri, elemanlara ait mevcut donatıları, mevcut beton ve donatı dayanımı raporları temin edilmiştir. Binaların tamamının performans değerlendirmesinde kapsamlı bilgi düzeyinde bulunduğu kabul edilmiştir. Binalara ait taşıyıcı sistem bilgileri, beton ve donatı sınıfı özellikleri, taşıyıcı sistem elemanlarının mesnet bölgelerinde uygulanan sargılama durumu bilgileri Çizelge 5.2’de, yapısal parametrelere ait özellikler ise Çizelge 5.3’te verilmiştir.

Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3'te tanımlanan; A_{kat} , bina toplam kat alanını; W_{bina} , bina ağırlığını; $A^{x_{kolon}}$ ve $A^{y_{kolon}}$, ilgili doğrultulardaki kattaki toplam kolon alanını; $A^{x_{perde}}$ ve $A^{y_{perde}}$, ilgili doğrultulardaki kattaki toplam perde duvar alanını; A_x ve A_y , ilgili doğrultulardaki kattaki tüm düşey taşıyıcı sistem elemanlarının (kolon+perde) toplam alanını; $I^{x_{kolon}}$ ve $I^{y_{kolon}}$, ilgili doğrultulardaki kattaki toplam kolon atalet momentini; $I^{x_{perde}}$ ve $I^{y_{perde}}$, ilgili doğrultulardaki kattaki toplam perde duvar atalet momentini; I_x ve I_y , ilgili doğrultulardaki kattaki tüm düşey taşıyıcı sistem elemanlarına (kolon+perde) ait toplam atalet momentini temsil etmektedir.

Düşey taşıyıcı elemanlara ait toplam kesit alanları hesaplanırken, kolonun etkili yönü dikkate alınamamaktadır. Bu etkinin dikkate alınabilmesi için literatürde önerilen farklı yaklaşımlar mevcuttur. Bu çalışma kapsamında Yakut (2004) tarafından önerilen yaklaşım kullanılmıştır. Bu yöntemde kolonun yerleşim doğrultusuna göre kolon alanı belli bir c katsayısı ile çarpılarak bu etki dikkate alınabilmektedir. Bu katsayının, deprem hesap doğrultusu kolonun uzun kenarı ile aynı doğrultuda ise 0.67; kısa kenarı ile aynı doğrultuda ise 0.33; kare kolon ise 0.5 olarak kullanılması önerilmektedir. Perde duvar elemanlarda ise, deprem hesap doğrultusu ile perde uzun kenarı aynı doğrultuda ise bu katsayı doğrudan 1.0 olarak dikkate alınmaktadır (Yakut, 2004).

Çizelge 5.2. Mevcut okul binaları ve tesislerine ait yerinde belirlenen bilgiler

Bina no	Bina adı	Bina türü	Kat adedi	Bina yüksekliği H_{bina} (m)	ΣA_{kat} (m ²)	W_{bina} (kN)	Beton dayanımı (MPa)	Donatı dayanımı (MPa)	Sargılama durumu
1	Zübeyde Hanım İlköğretim Okulu-A Blok	Okul	3	9.3	946	12236	10	220	Ø8/200
2	Zübeyde Hanım İlköğretim Okulu-B Blok	Okul	3	9.3	735	10994	10	220	Ø8/200
3	Gülcü İlköğretim Okulu	Okul	3	8.7	1191	15107	7	220	Ø8/200
4	Ülkü Ortaokulu-A Blok	Okul	4	15.2	2326	29553	12	220	Ø8/200
5	Ülkü Ortaokulu-B Blok	Okul	4	15.2	1437	19140	15	220	Ø8/200
6	Senirkent İmam Hatip Lisesi -A Blok	Okul	3	9.0	962	13247	5	220	Ø8/200
7	Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-A Blok	Okul	3	10.8	751	10212	6	220	Ø8/200
8	Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-B Blok	Okul	3	10.8	1675	22748	8	220	Ø8/200
9	Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-C Blok	Okul	3	10.8	568	7846	7	220	Ø8/200
10	Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-D Blok	Atölye	1	3.8	878	9254	7	220	Ø8/200
11	Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-E Blok	Atölye	1	3.8	697	7248	7	220	Ø8/200
12	Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-F1 Blok	Atölye	1	2.9	184	2387	11	220	Ø8/200
13	Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-G1 Blok	Atölye	1	2.9	184	2387	8	220	Ø8/200
14	Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-F2 Blok	Atölye	1	3.9	265	2952	11	220	Ø8/200
15	Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-F2 Blok	Atölye	1	3.9	265	2952	11	220	Ø8/200
16	Nazmiye Demirel İlköğretim Okulu	Okul	4	13.2	2440	35621	11	420	Ø8/200
17	Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Ana Bina-A Blok	Okul	3	10.5	1041	14087	13	220	Ø8/200
18	Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Ana Bina-B Blok	Okul	3	10.5	1295	16658	16	220	Ø8/200
19	Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Ana Bina-C Blok	Okul	3	10.5	951	12258	15	220	Ø8/200
20	Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-A Blok	Atölye	1	6.0	252	3714	10	220	Ø8/200
21	Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-B Blok	Atölye	3	9.0	1496	20575	14	220	Ø8/200

Çizelge 5.2(Devam). Mevcut okul binaları ve tesislerine ait yerinde belirlenen bilgiler

Bina no	Bina adı	Bina türü	Kat adedi	Bina yüksekliği H _{bina} (m)	ΣA _{kat} (m ²)	W _{bina} (kN)	Beton dayanımı (MPa)	Donatı dayanımı (MPa)	Sargılama durumu
22	Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-C Blok	Atölye	3	9.0	1957	22901	14	220	Ø8/200
23	Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-D Blok	Atölye	3	9.0	1957	22901	11	220	Ø8/200
24	Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-E Blok	Atölye	2	7.9	919	11416	10	220	Ø8/200
25	Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-F Blok	Atölye	3	8.4	1166	16300	11	220	Ø8/200
26	Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-G Blok	Atölye	1	3.9	281	3718	8	220	Ø8/200
27	Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-H Blok	Atölye	2	7.8	562	7436	14	220	Ø8/200
28	Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-I1 Blok	Atölye	1	4.0	112	1681	15	220	Ø8/200
29	Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-I2 Blok	Atölye	1	4.0	320	4308	15	220	Ø8/200
30	Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-K Blok	Atölye	1	3.9	478	6414	24	220	Ø8/200
31	Senirkent Dr.İsmail Örmeci Lisesi-A Blok	Okul	3	9.0	812	14310	8	220	Ø8/100
32	Senirkent Dr.İsmail Örmeci Lisesi-C Blok	Okul	3	9.0	1123	17365	9	220	Ø8/100
33	Uluborlu Çok Programlı Lisesi-A Blok	Okul	3	9.9	1164	16896	5	220	Ø8/200
34	Uluborlu Çok Programlı Lisesi-C Blok	Okul	3	9.9	781	11716	7	220	Ø8/200
35	Uluborlu Cumhuriyet Lisesi-A Blok	Okul	2	7.6	1414	19027	8	220	Ø8/200
36	Uluborlu Cumhuriyet Lisesi-B Blok	Okul	2	7.6	1462	18882	6	220	Ø8/200
37	Kozluçay İlköğretim Okulu.	Okul	4	12.0	1267	16102	5	220	Ø8/200
38	Senir Kasabası Cumhuriyet İlköğretim Okulu	Okul	3	9.2	955	12862	5	220	Ø8/200
39	Halıkent Lisesi-A Blok	Okul	4	12.0	1676	21017	6	220	Ø8/150
40	Halıkent Lisesi-B Blok	Okul	4	12.0	1261	15809	6	220	Ø8/150
41	Uluborlu Çakır Hasan Ortaokulu	Okul	3	10.2	1441	21645	11	220	Ø8/200
42	Yalvaç İmam Hatip Lisesi-A Blok	Okul	3	9.9	1121	13969	5	220	Ø8/200
43	Yalvaç İmam Hatip Lisesi-B Blok	Okul	4	13.8	1933	24283	5	220	Ø8/200

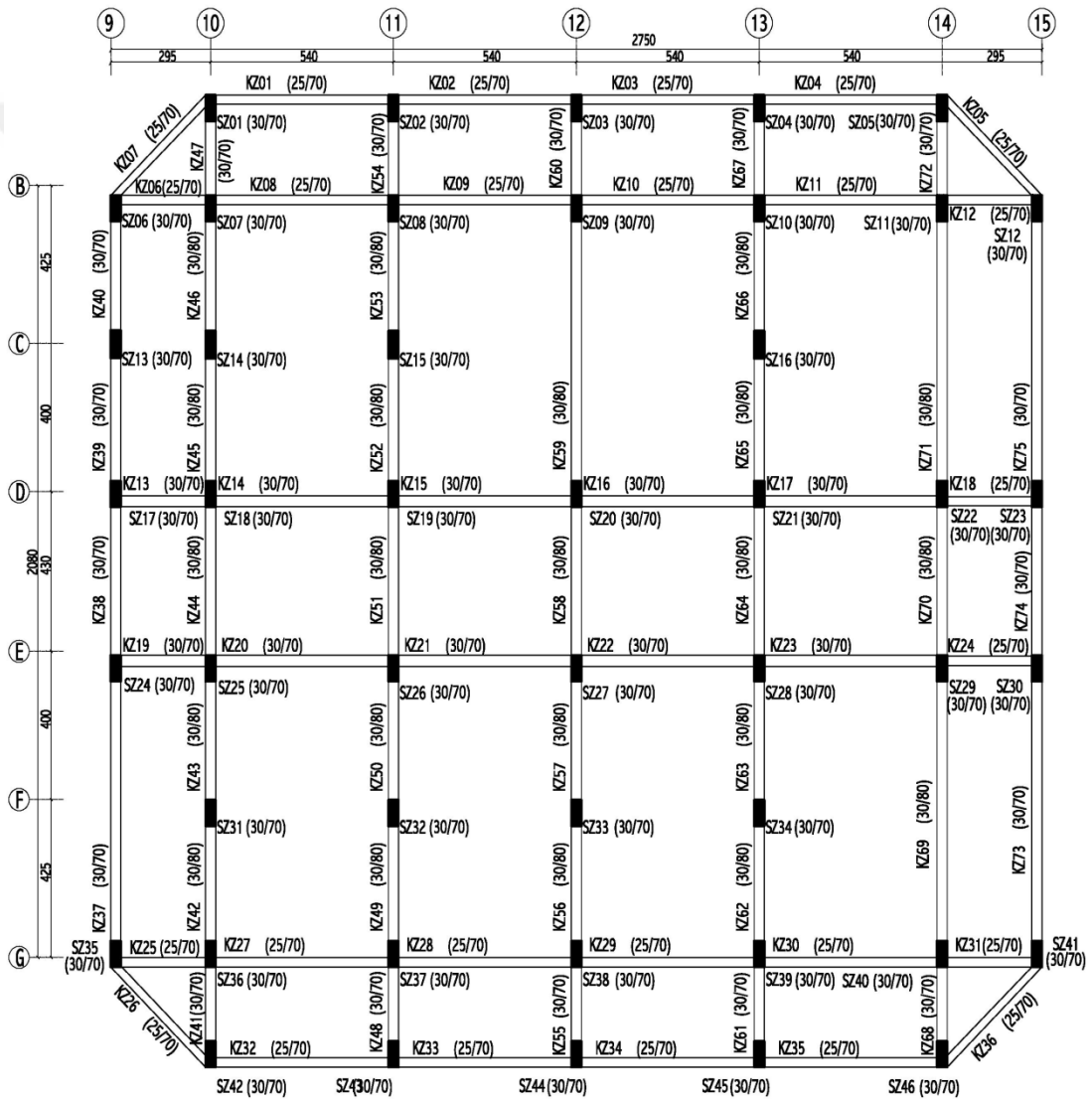
Çizelge 5.3. Mevcut okul binaları ve tesislerine ait yapısal parametreler

Bina No	ΣA_{kat} (m ²)	$\Sigma A_{x_{kolon}}$ (m ²)	$\Sigma A_{x_{perde}}$ (m ²)	ΣA_x (m ²)	$\Sigma A_x / \Sigma A_{kat}$	$\Sigma A_{y_{kolon}}$ (m ²)	$\Sigma A_{y_{perde}}$ (m ²)	ΣA_y (m ²)	$\Sigma A_y / \Sigma A_{kat}$	$\Sigma I_{x_{kolon}}$ (m ⁴)	$\Sigma I_{x_{perde}}$ (m ⁴)	ΣI_x (m ⁴)	$\Sigma I_{y_{kolon}}$ (m ⁴)	$\Sigma I_{y_{perde}}$ (m ⁴)	ΣI_y (m ⁴)
1	946	1.03	4.38	5.41	0.0057	1.27	3.12	4.39	0.0046	0.0419	7.0633	7.1052	0.0279	19.4743	19.5022
2	735	2.10	0.00	2.10	0.0029	2.10	2.37	4.47	0.0061	0.1015	4.3272	4.4287	0.1015	0.0178	0.1193
3	1191	2.84	0.00	2.84	0.0024	2.71	0.00	2.71	0.0023	0.0957	0.0000	0.0957	0.1065	0.0000	0.1065
4	2326	2.93	0.00	2.93	0.0013	3.81	0.00	3.81	0.0016	0.1071	0.0000	0.1071	0.0835	0.0000	0.0835
5	1437	2.29	0.00	2.29	0.0016	2.78	0.00	2.78	0.0019	0.1324	0.0000	0.1324	0.0684	0.0000	0.0684
6	962	1.37	4.26	5.63	0.0059	1.27	3.09	4.36	0.0045	0.0484	6.8615	6.9099	0.0521	17.9187	17.9709
7	751	1.67	0.00	1.67	0.0022	3.33	0.00	3.33	0.0044	0.1042	0.0000	0.1042	0.0329	0.0000	0.0329
8	1675	3.83	0.00	3.83	0.0023	7.67	0.00	7.67	0.0046	0.2396	0.0000	0.2396	0.0949	0.0000	0.0949
9	568	1.40	0.00	1.40	0.0025	2.80	0.00	2.80	0.0049	0.0875	0.0000	0.0875	0.0341	0.0000	0.0341
10	878	1.53	0.00	1.53	0.0017	3.07	0.00	3.07	0.0035	0.0951	0.0000	0.0951	0.0240	0.0000	0.0240
11	697	1.40	0.00	1.40	0.0020	2.80	0.00	2.80	0.0040	0.0875	0.0000	0.0875	0.0254	0.0000	0.0254
12	184	0.80	0.00	0.80	0.0044	1.60	0.00	1.60	0.0087	0.0500	0.0000	0.0500	0.0180	0.0000	0.0180
13	184	0.80	0.00	0.80	0.0044	1.60	0.00	1.60	0.0087	0.0500	0.0000	0.0500	0.0180	0.0000	0.0180
14	265	1.40	0.00	1.40	0.0053	1.40	0.00	1.40	0.0053	0.0645	0.0000	0.0645	0.0645	0.0000	0.0645
15	265	1.40	0.00	1.40	0.0053	1.40	0.00	1.40	0.0053	0.0645	0.0000	0.0645	0.0645	0.0000	0.0645
16	2440	4.57	0.00	4.57	0.0019	4.03	7.60	11.63	0.0048	0.1819	25.7276	25.9095	0.2019	0.0396	0.2415
17	1041	1.40	0.00	1.40	0.0013	2.80	0.00	2.80	0.0027	0.0848	0.0000	0.0848	0.0219	0.0000	0.0219
18	1295	1.73	0.00	1.73	0.0013	3.47	0.00	3.47	0.0027	0.0843	0.0000	0.0843	0.0271	0.0000	0.0271
19	951	1.33	0.00	1.33	0.0014	2.65	0.00	2.65	0.0028	0.0671	0.0000	0.0671	0.0207	0.0000	0.0207
20	252	2.88	0.00	2.88	0.0114	2.16	0.00	2.16	0.0086	0.0912	0.0000	0.0912	0.1272	0.0000	0.1272
21	1496	4.78	0.00	4.78	0.0032	3.86	0.00	3.86	0.0026	0.1464	0.0000	0.1464	0.2516	0.0000	0.2516

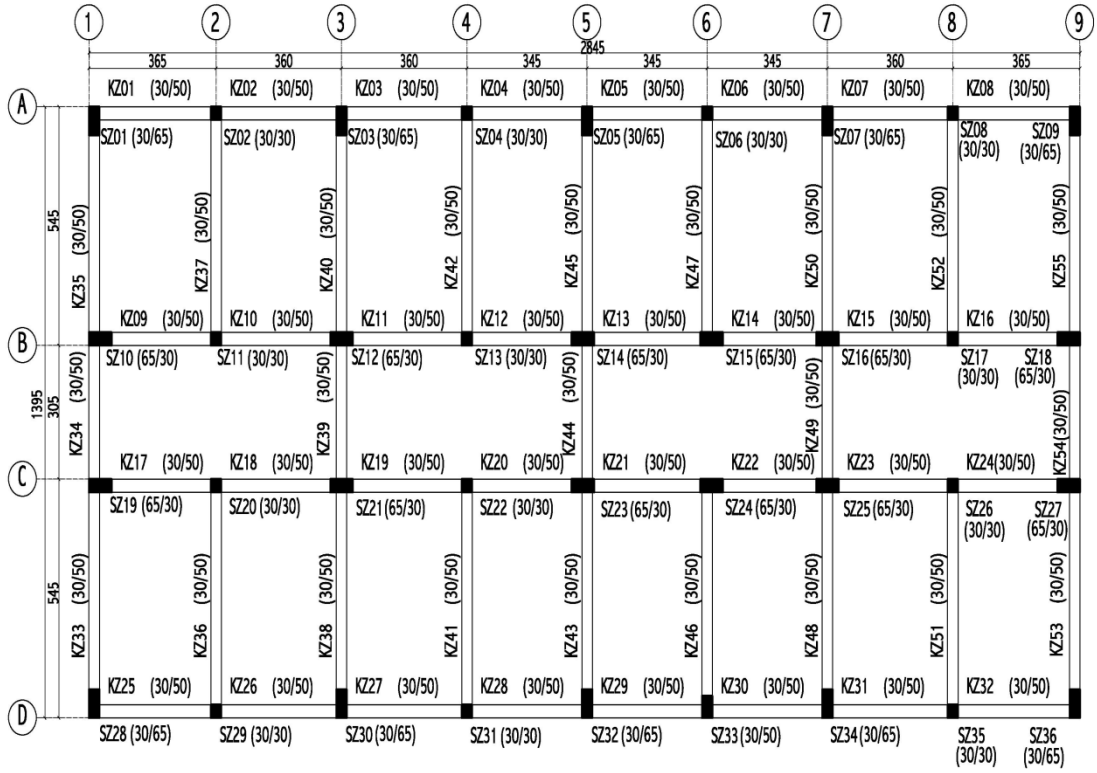
Çizelge 5.3(Devam). Mevcut okul binaları ve tesislerine ait yapısal parametreler

Bina No	ΣA_{kat} (m ²)	$\Sigma A_{x_{kolon}}$ (m ²)	$\Sigma A_{x_{perde}}$ (m ²)	ΣA_x (m ²)	$\Sigma A_x / \Sigma A_{kat}$	$\Sigma A_{y_{kolon}}$ (m ²)	$\Sigma A_{y_{perde}}$ (m ²)	ΣA_y (m ²)	$\Sigma A_y / \Sigma A_{kat}$	$\Sigma I_{x_{kolon}}$ (m ⁴)	$\Sigma I_{x_{perde}}$ (m ⁴)	ΣI_x (m ⁴)	$\Sigma I_{y_{kolon}}$ (m ⁴)	$\Sigma I_{y_{perde}}$ (m ⁴)	ΣI_y (m ⁴)
22	1957	4.08	0.00	4.08	0.0021	2.78	0.00	2.78	0.0014	0.0700	0.0000	0.0700	0.1348	0.0000	0.1348
23	1957	4.08	0.00	4.08	0.0021	2.78	0.00	2.78	0.0014	0.0700	0.0000	0.0700	0.1348	0.0000	0.1348
24	919	4.80	0.00	4.80	0.0052	2.40	0.00	2.40	0.0026	0.0843	0.0000	0.0843	0.1287	0.0000	0.1287
25	1166	3.39	0.00	3.39	0.0029	2.36	0.00	2.36	0.0020	0.0739	0.0000	0.0739	0.0962	0.0000	0.0962
26	281	1.05	0.00	1.05	0.0037	2.10	0.00	2.10	0.0075	0.0656	0.0000	0.0656	0.0322	0.0000	0.0322
27	562	1.05	0.00	1.05	0.0019	2.10	0.00	2.10	0.0037	0.0656	0.0000	0.0656	0.0322	0.0000	0.0322
28	112	0.77	0.00	0.77	0.0068	1.41	0.00	1.41	0.0125	0.0269	0.0000	0.0269	0.0157	0.0000	0.0157
29	320	2.33	0.00	2.33	0.0073	1.17	0.00	1.17	0.0036	0.0357	0.0000	0.0357	0.0729	0.0000	0.0729
30	478	5.49	0.00	5.49	0.0115	3.47	0.00	3.47	0.0072	0.1195	0.0000	0.1195	0.3627	0.0000	0.3627
31	812	1.27	0.00	1.27	0.0016	2.53	0.00	2.53	0.0031	0.0957	0.0000	0.0957	0.0402	0.0000	0.0402
32	1123	1.77	0.00	1.77	0.0016	3.55	0.00	3.55	0.0032	0.1339	0.0000	0.1339	0.0562	0.0000	0.0562
33	1164	2.24	2.82	5.06	0.0043	2.20	3.81	6.01	0.0052	0.0819	12.8235	12.9054	0.1294	5.2197	5.3491
34	781	1.24	2.67	3.91	0.0050	1.34	3.81	5.15	0.0066	0.0518	12.8224	12.8742	0.0496	4.4346	4.4842
35	1414	3.64	0.00	3.64	0.0026	7.28	0.00	7.28	0.0052	0.4459	0.0000	0.4459	0.0819	0.0000	0.0819
36	1462	3.08	0.00	3.08	0.0021	6.16	0.00	6.16	0.0042	0.3773	0.0000	0.3773	0.0693	0.0000	0.0693
37	1267	0.96	0.00	0.96	0.0008	1.92	2.85	4.77	0.0038	0.0864	5.3586	5.4450	0.0216	0.0214	0.0430
38	955	0.97	4.53	5.50	0.0058	1.08	3.10	4.17	0.0044	0.0335	6.9000	6.9369	0.0261	21.5417	21.5678
39	1676	2.80	0.00	2.80	0.0017	3.08	0.00	3.08	0.0018	0.1351	0.0000	0.1351	0.1071	0.0000	0.1071
40	1261	1.89	0.00	1.89	0.0015	2.31	0.00	2.31	0.0018	0.1015	0.0000	0.1015	0.0595	0.0000	0.0595
41	1441	4.00	0.00	4.00	0.0028	3.80	7.86	11.66	0.0081	0.5375	29.5209	30.0584	0.1670	0.0590	0.2260
42	1121	1.95	0.00	1.95	0.0017	2.25	0.00	2.25	0.0020	0.0851	0.0000	0.0851	0.0628	0.0000	0.0628
43	1933	2.08	1.43	3.51	0.0018	2.66	0.88	3.54	0.0018	0.1253	0.6300	0.7584	0.0631	2.6859	2.7490

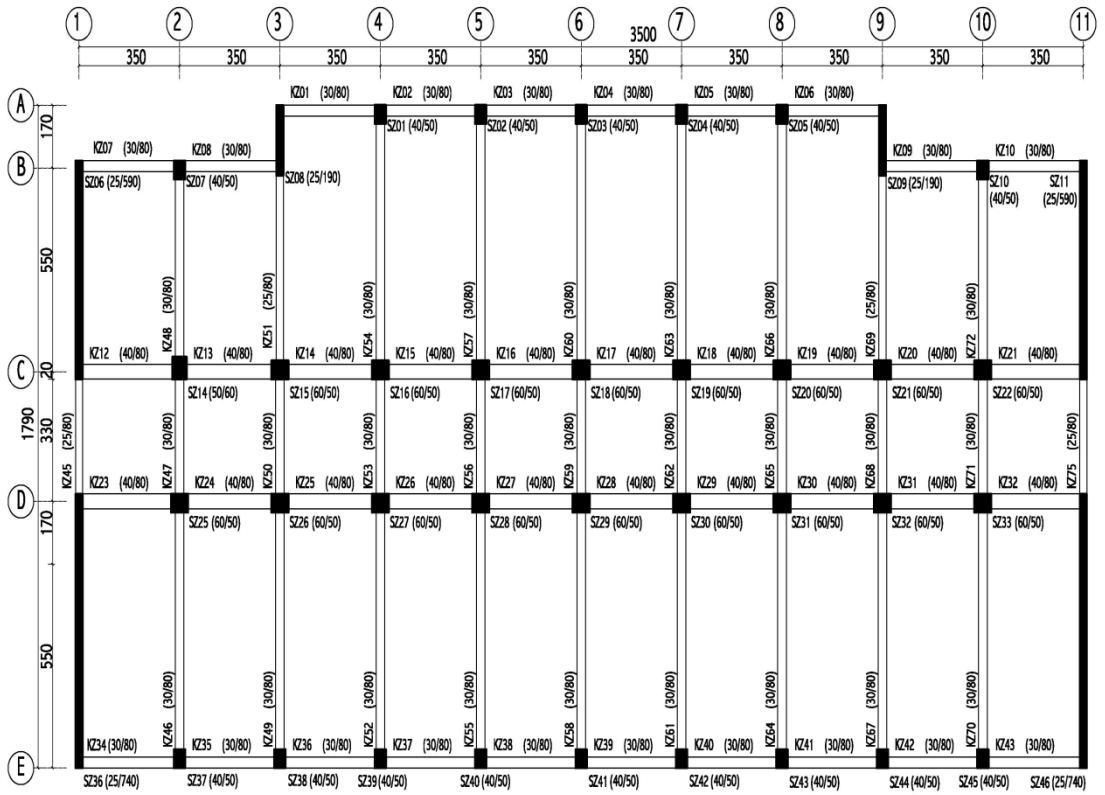
Mevcut okul binalarından seçilen 2, 3 ve 4 katlı modellere ait birer adet örnek kalıp planı Şekil 5.1, Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'te verilmiştir. Diğer betonarme okul binaları ve tesislerinin kalıp planları Ek A'da verilmiştir. Okul binaları ve tesislerinin kalıp planları incelendiğinde genellikle dikdörtgen şeklinde ve düzenli olarak tasarlandığı görülmüştür. Ancak düşey taşıyıcı elemanların; binanın her iki yönünde eşit rijitliği sağlayacak şekilde yerleştirilmesi gerekirken, mevcut binalarda bu elemanların tümü veya çoğunun uzun boyutu, binanın tek bir yönünde yerleştirilmiştir.



Şekil 5.1. Uluborlu Cumhuriyet Lisesi-A Blok kalıp planı



Şekil 5.2. Gülcü İlköğretim Okulu kalıp planı



Şekil 5.3. Nazmiye Demirel İlköğretim Okulu kalıp planı

5.2. Mevcut Okul Binaları ve Tesislerinin Modellenmesi

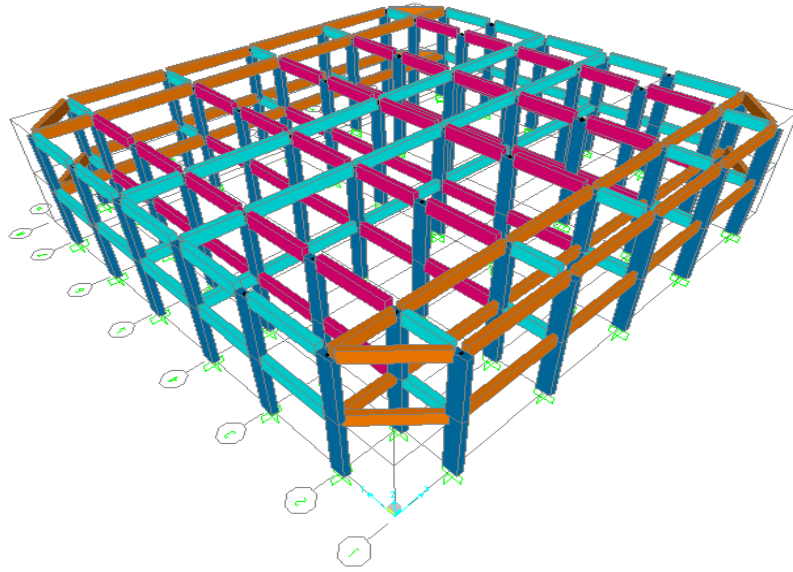
Çalışma kapsamında seçilen tüm mevcut okul binaları ve tesisleri 1. derece deprem bölgesinde ve Z4 yerel zemin sınıfında bulunmaktadır. Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0) 0.40 ve spektrum karakteristik periyodları $T_A=0.2$ sn, $T_B=0.9$ sn, olarak dikkate alınmıştır. Döşeme sabit yük değeri (g) 4.0 kN/m², hareketli yük değeri (q) ise Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri Standart'ında tanımlandığı gibi sınıflarda 3.5 kN/m², koridorlarda 5.0 kN/m² olarak dikkate alınmıştır. Duvar sabit yük değeri (g_{duvar}) ise 4.0 kN/m düzgün yayılı yük olarak kirişler üzerine aktarılmıştır. Hareketli yük katılım katsayısı 0.6 olarak dikkate alınmıştır.

Mevcut okul binaları ve tesislerinin modellenmesinde bazı kabuller yapılmıştır. Bu kabuller aşağıda sıralanmıştır.

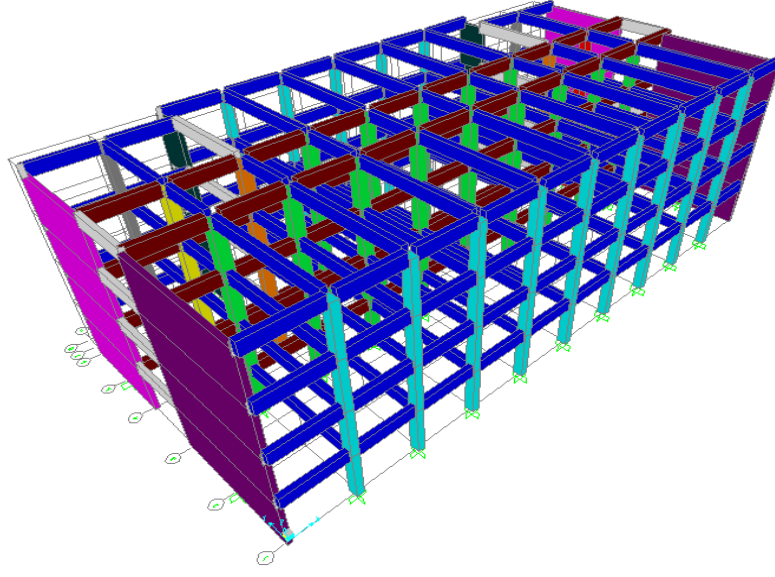
- Kolon, kiriş ve perde duvarlar çubuk eleman olarak modellenmiştir.
- Kirişlerin, kolon ve perde duvar ile kesiştiği bölgeler sonsuz rijit olarak kabul edilmiştir.
- Zemin katta bulunan kolon ve perde duvarlar temele ankastre olarak mesnetlenmiştir.
- Tüm döşemelerin kendi kat seviyelerinde rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilmiş ve rijit diyafram ataması yapılmıştır.
- Döşeme sabit ve hareketli yükleri kirişlere üçgen ve trapez, duvar yükleri ise kirişlere düzgün yayılı yük olarak aktarılmıştır.
- Plastik şekil değiştirmelerin, kolon ve kiriş elemanlarının her iki uç bölgesine, perde elemanların ise alt uç bölgesine tanımlanan plastik mafsallarda meydana geldiği kabul edilmiştir. Kirişlerde plastikleşmenin tek eksenli eğilme momenti (M_3) ile, kolon ve perdelerde ise iki eksenli

eğilme momenti ve normal kuvvetin etkileşimi ($P-M_2-M_3$) ile meydana geldiği varsayılmıştır. DBYBHY (2007)'de hedef performans seviyesinin sağlandığı, ancak gevrek elemanların güçlendirilmesi koşuluyla kabul edilmektedir. Çalışma kapsamında gevrek elemanların güçlendirildiği ve kesme kırılmasının önlenildiği kabul edilmiştir. Bu nedenle taşıyıcı sistem elemanlarına sadece eğilme plastik mafsallı atanmış, kesme mafsallının etkisi ihmal edilmiştir.

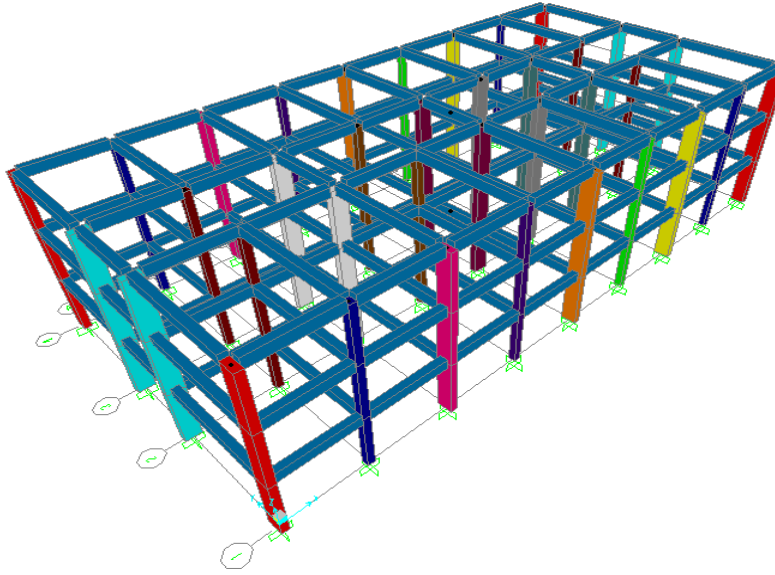
Çalışma kapsamında seçilen okul binaları ve tesisleri SAP 2000 programı yardımıyla modellenmiştir. Kalıp planları Şekil 5.1, Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'te verilen okul binalarının SAP 2000 programında oluşturulan modelleri sırasıyla Şekil 5.4, Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.4. Uluborlu Cumhuriyet Lisesi-A Blok SAP 2000 modeli



Şekil 5.5. Gülcü İlköğretim Okulu SAP 2000 modeli



Şekil 5.6. Nazmiye Demirel İlköğretim Okulu SAP 2000 modeli

6. MEVCUT OKUL BİNALARI VE TESİSLERİNİN DEPREM GÜVENLİĞİNİN İNCELENMESİ

Okul binaları ve tesislerinin öncelikli olarak deprem güvenliği sağlanması gereken binalar olması nedeniyle deprem güvenliğine etki eden parametrelerin belirlenmesi önem taşımaktadır. Çalışma kapsamında okul binalarının deprem güvenliğine etki eden parametrelerin belirlenmesi ve buna bağlı olarak güvenlik incelemesinde kullanılacak ön değerlendirme parametrelerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, farklı kat planı, kat alanı, kat adedi, beton sınıfı, donatı sınıfı, taşıyıcı sistem elemanlarının mesnetlerinde sargılama durumu gibi parametreler değiştirilerek binaların deprem güvenliğine etkisi incelenmiştir. Çözümlemelerde BESAM, SAP 2000, DELOP programları birbirleri ile koordineli bir şekilde kullanılmıştır. Binaların deprem güvenliği doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinden “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” ile belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında, Isparta ilinde bulunan çerçeve ve perdeli-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip toplam 43 adet betonarme okul binası ve tesislerinin deprem güvenliği, DBYBHY (2007) esasları ile uyumlu olarak incelenmiştir. Çözümlemeler binaların her iki doğrultusunda (x ve y), beş farklı malzeme sınıfı (Çizelge 6.1) ve iki farklı deprem düzeyi (50 yılda aşılma olasılığı %2 ve %10 olan depremler) için yapılmıştır. Burada A malzeme sınıfı, beton ve donatı dayanımı açısından binada proje dayanımının sağlandığı ve taşıyıcı sistem elemanlarının mesnet bölgelerinde etriye sıklaştırmasının yapıldığı duruma karşılık gelmektedir. Diğer tüm modellemeler proje değerlerinin kısmen veya tamamen yerinde uygulanmadığı durumu yansıtmaktadır. Malzeme sınıfının E olması, malzeme açısından yerinde arazi ölçümleri ile belirlenen gerçek dayanım değerlerinin kullanıldığı ve taşıyıcı sistem elemanlarında etriye sıklaştırmasının uygulanıp uygulanmadığının (sargılama durumunun) tahribatlı/ tahribatsız yöntemlerle tespit edildiği duruma karşılık gelmektedir. Diğer tüm malzeme sınıflarında; beton dayanımı, donatı dayanımı ve sargılama durumunun bina performansına etkisinin incelenmesi için tek bir parametrede zayıflığın seçilmesi öngörülmüştür. Bu amaçla B malzeme sınıfında

sadece beton dayanımı, C malzeme sınıfında ise sadece donatı dayanımı düşük olarak dikkate alınmıştır. D malzeme sınıfı sadece taşıyıcı sistem mesnet bölgelerinde etriye sıklaştırmasının uygulanmadığı durumu yansıtmaktadır. B, C ve D malzeme sınıflarındaki diğer parametreler proje değerlerini temsil etmektedir.

Çizelge 6.1. Malzeme sınıfları

Malzeme Sınıfı	Beton Dayanımı (MPa)	Donatı Dayanımı (MPa)	Sargılama Durumu
A	20	420	Ø 8/100
B	10	420	Ø 8/100
C	20	220	Ø 8/100
D	20	420	Ø 8/300
E	Mevcut Durum		

İncelenen parametreler arasında; farklı beton dayanımlarında $((20-10) \times 100 / 20 = 50)$ %50 değişim oranı, donatı sınıfları için donatı dayanımında $((420-220) \times 100 / 420 = 48)$ %48 değişim oranı elde edilirken, farklı sargılama aralığı için $((300-100) \times 100 / 100 = 200)$ %200 değişim oranı elde edilmektedir.

6.1. Binaların Doğal Titreşim Periyodu Değerleri

Binaların deprem davranışının belirlenmesinde en önemli parametrelerden biri binanın doğal titreşim periyodudur. Doğal periyod, binanın ağırlığına ve taşıyıcı sisteminin yatay ötelenme rijitliğine bağlı olarak belirlenmektedir.

Çalışma kapsamında incelenen mevcut okul binaları ve tesislerinin çatlamamış ve çatlamış kesit rijitliklerine ait elde edilen doğal periyod değerleri bina çözümleme yönüne (x, y) ve malzeme sınıfına (A, B, C, D, E) bağlı olarak Çizelge 6.2’de verilmiştir. İncelenen beton sınıfı, donatı sınıfı ve sargılama durumu parametrelerinden rijitliği etkileyen tek parametre beton dayanımı olduğundan, Çizelge 6.2’deki değerler üç grup halinde verilmiştir. Donatı sınıfı ve sargılama durumunun periyod üzerinde herhangi bir etkisi olmadığından bu sonuçlar A, C ve D grubu için tek sütun halinde sunulmuştur. Tablodaki E sınıfı

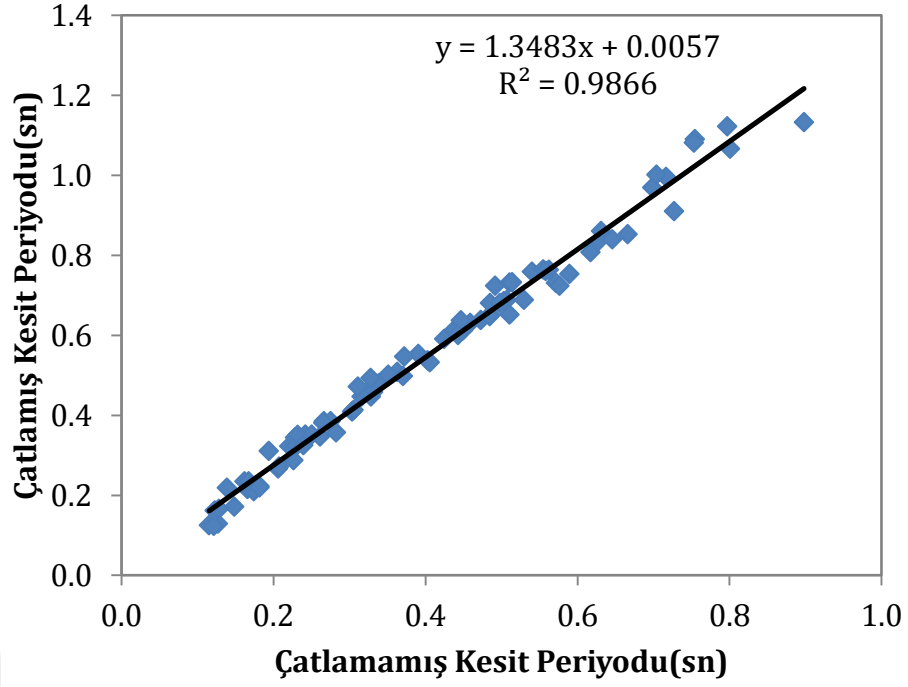
mevcut beton dayanımı ile ilgili yapılan çözümü temsil etmektedir. Bu değerler Çizelge 5.2'den incelenebilir.

Çizelge 6.2. Eğitim binalarının çatlamamış ve çatlamış kesite ait periyod değerleri

Bina no	Çatlamaş kesit periyodu						Çatlamış kesit periyodu					
	T ₁ ^x (sn)			T ₁ ^y (sn)			T ₁ ^x (sn)			T ₁ ^y (sn)		
	A, C, D	B	E	A, C, D	B	E	A, C, D	B	E	A, C, D	B	E
1	0.11	0.12	0.12	0.15	0.17	0.17	0.12	0.13	0.13	0.22	0.23	0.23
2	0.30	0.33	0.33	0.11	0.12	0.12	0.45	0.46	0.45	0.16	0.17	0.17
3	0.36	0.39	0.40	0.42	0.46	0.47	0.54	0.54	0.53	0.64	0.65	0.64
4	0.75	0.82	0.80	0.67	0.73	0.72	1.07	1.03	1.04	1.00	0.97	0.98
5	0.67	0.73	0.70	0.68	0.74	0.70	0.97	0.93	0.96	1.00	0.98	1.00
6	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.17	0.13	0.14	0.15	0.21	0.23	0.23
7	0.55	0.60	0.63	0.43	0.46	0.48	0.86	0.87	0.82	0.65	0.67	0.66
8	0.49	0.53	0.54	0.38	0.42	0.42	0.76	0.77	0.75	0.59	0.61	0.61
9	0.49	0.54	0.55	0.45	0.49	0.50	0.76	0.78	0.76	0.69	0.72	0.71
10	0.50	0.54	0.56	0.27	0.29	0.30	0.76	0.75	0.72	0.41	0.40	0.39
11	0.45	0.49	0.51	0.27	0.29	0.31	0.69	0.69	0.68	0.41	0.41	0.41
12	0.21	0.22	0.22	0.15	0.16	0.16	0.32	0.35	0.35	0.23	0.25	0.25
13	0.21	0.22	0.23	0.15	0.16	0.17	0.32	0.35	0.35	0.23	0.25	0.25
14	0.25	0.27	0.27	0.23	0.24	0.24	0.38	0.41	0.41	0.35	0.38	0.38
15	0.25	0.27	0.28	0.23	0.24	0.25	0.38	0.41	0.42	0.35	0.38	0.38
16	0.43	0.47	0.46	0.19	0.21	0.21	0.63	0.62	0.61	0.27	0.29	0.29
17	0.76	0.82	0.80	0.43	0.46	0.45	1.12	1.08	1.10	0.63	0.63	0.63
18	0.73	0.80	0.75	0.50	0.54	0.51	1.09	1.05	1.08	0.73	0.72	0.73
19	0.73	0.79	0.75	0.50	0.54	0.51	1.08	1.05	1.07	0.73	0.73	0.73
20	0.30	0.33	0.33	0.36	0.39	0.39	0.47	0.50	0.50	0.55	0.59	0.59
21	0.25	0.28	0.27	0.34	0.36	0.35	0.38	0.39	0.39	0.50	0.51	0.51
22	0.42	0.45	0.44	0.46	0.50	0.48	0.61	0.60	0.61	0.68	0.66	0.67
23	0.42	0.45	0.45	0.46	0.50	0.50	0.61	0.60	0.60	0.68	0.66	0.66
24	0.31	0.34	0.34	0.41	0.45	0.45	0.48	0.51	0.51	0.64	0.66	0.66
25	0.31	0.33	0.33	0.41	0.45	0.44	0.46	0.46	0.46	0.60	0.61	0.61
26	0.28	0.31	0.32	0.21	0.23	0.23	0.45	0.47	0.47	0.32	0.35	0.34
27	0.47	0.51	0.49	0.36	0.39	0.37	0.72	0.71	0.72	0.55	0.55	0.56
28	0.32	0.34	0.33	0.22	0.24	0.23	0.49	0.53	0.51	0.35	0.38	0.36
29	0.22	0.24	0.23	0.30	0.33	0.31	0.34	0.36	0.36	0.47	0.50	0.49
30	0.14	0.15	0.14	0.20	0.22	0.19	0.22	0.24	0.21	0.31	0.34	0.30
31	0.48	0.52	0.53	0.37	0.40	0.41	0.69	0.66	0.65	0.53	0.52	0.52
32	0.44	0.48	0.49	0.34	0.36	0.37	0.65	0.63	0.62	0.50	0.49	0.49
33	0.20	0.21	0.23	0.16	0.17	0.18	0.29	0.31	0.31	0.22	0.24	0.25
34	0.18	0.20	0.21	0.13	0.14	0.15	0.27	0.28	0.28	0.17	0.19	0.19
35	0.50	0.54	0.56	0.22	0.23	0.24	0.76	0.78	0.77	0.33	0.33	0.33
36	0.55	0.59	0.62	0.23	0.25	0.26	0.83	0.83	0.80	0.35	0.35	0.34
37	0.78	0.84	0.90	0.24	0.26	0.28	1.13	1.13	1.13	0.36	0.37	0.36
38	0.11	0.11	0.12	0.16	0.17	0.18	0.12	0.13	0.14	0.22	0.24	0.24
39	0.50	0.54	0.57	0.57	0.61	0.65	0.73	0.72	0.73	0.84	0.84	0.84
40	0.58	0.63	0.67	0.54	0.59	0.62	0.85	0.84	0.84	0.81	0.81	0.81
41	0.34	0.37	0.36	0.12	0.13	0.13	0.51	0.51	0.51	0.17	0.18	0.18
42	0.50	0.54	0.58	0.51	0.55	0.59	0.72	0.72	0.73	0.75	0.76	0.76
43	0.44	0.48	0.51	0.63	0.68	0.73	0.65	0.68	0.67	0.91	0.93	0.95

Çizelge 6.2'de verilen sonuçlar incelendiğinde beklendiği gibi beton dayanımındaki azalma ile binadaki çatlama kesite ait elde edilen doğal periyod değerlerinin arttığı görülmektedir. Ancak beton dayanımının çatlama kesite ait doğal periyod değerleri üzerindeki etkisi için, aynı değişimi gösterdiğini söylemek tam olarak mümkün değildir. Örneğin 11 numaralı model binanın x yönü çözümüne ait çatlama/çatlamamış kesit doğal periyod değerleri; beton dayanımının 20 MPa olduğu A, C ve D malzeme sınıflarında 0.45/0.69 sn, beton dayanımının 10 MPa olması durumunda (B sınıfı) 0.49/0.69 sn, mevcut durumu temsil eden E malzeme sınıfındaki beton dayanımının 7 MPa olması durumunda ise 0.51/0.68 sn olarak elde edilmiştir. Bina modeline ait A ve E malzeme sınıflarındaki beton dayanımları oranı $7/20=0.35$ olarak elde edilirken, çatlama kesite ait periyod değerlerinin oranı ise $0.51/0.45=1.13$, çatlama kesite ait periyod değerlerinin oranı $0.68/0.69=0.98$ olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla buradan da görüldüğü gibi düşük beton dayanımlı malzeme sınıfının çatlama kesite ait periyod değeri, yüksek beton dayanımlı malzeme sınıfına ait periyod değerine göre daha düşük olarak elde edilmiştir. Bu durum, DBYBHY (2007)'de taşıyıcı sistem elemanlarına ait çatlama kesit periyod hesabında, çatlama kesite ait etkin eğilme rijitliklerinin kullanılması ile açıklanabilir. Sonuç olarak beton dayanımının, çatlama kesit periyodu üzerinde oldukça etkili olduğu, ancak çatlama kesit periyodu üzerindeki etkisinin sınırlı seviyelerde kaldığı söylenebilir.

Mevcut okul binaları ve tesislerinin çatlama ve çatlama kesit periyod değerlerinin dağılımları Şekil 6.1'de grafik olarak verilmiştir. Dağılıma ait regresyon analizleri yapılarak çatlama kesit ile çatlama kesit doğal periyodu arasındaki ilişki elde edilmiştir.



Şekil 6.1. Çatlamamış ve çatlamış kesite ait periyod değerlerinin ilişkisi

Şekil 6.1’de çatlamamış ve çatlamış kesitlere ait periyod değerleri arasındaki ilişkinin yaklaşık olarak bulunabilmesi için elde edilen ifade Denklem 6.1’de verilmiştir.

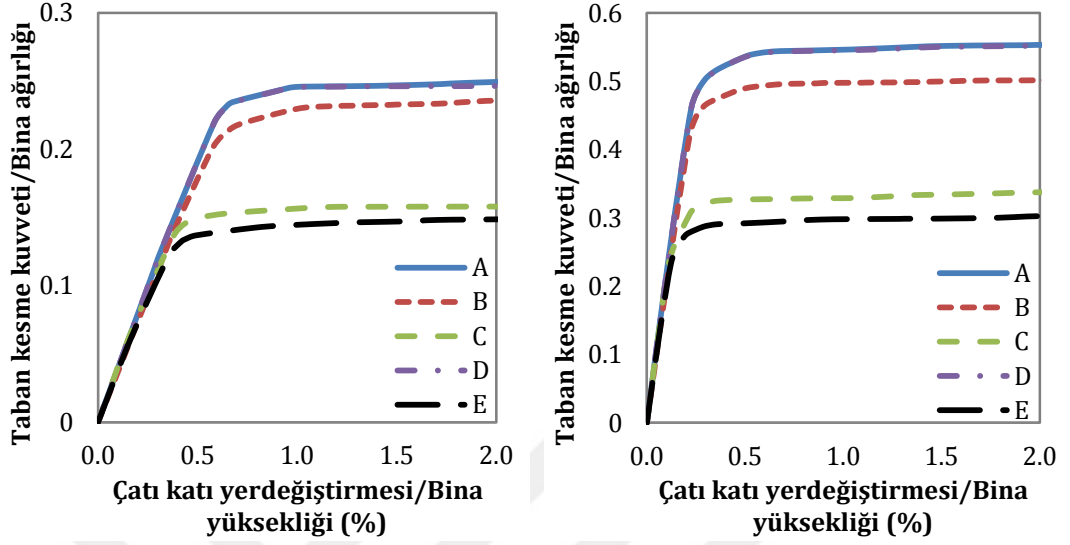
$$T_{\text{çatlamış}} = 1.35 T_{\text{çatlamamış}} \quad (6.1)$$

6.2. Kapasite Eğrileri

DBYBHY (2007)’e göre yapılan çözümlenmelerde, binalara ait artımsal itme analizi ile koordinatları “tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti” olan itme eğrisi elde edilmiştir. Tepe yerdeğiştirme istem değeri, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin deprem doğrultusundaki toplamıdır.

Okul binaları ve tesislerinin kapasite eğrilerine ait düşey eksen bina ağırlığına, yatay eksen ise bina yüksekliğine oranlanarak ifadeler boyutsuzlaştırılmıştır. Örnek olarak Şekil 6.2’de Uluborlu Cumhuriyet Lisesi-A Blok, Şekil 6.3’te Gülcü

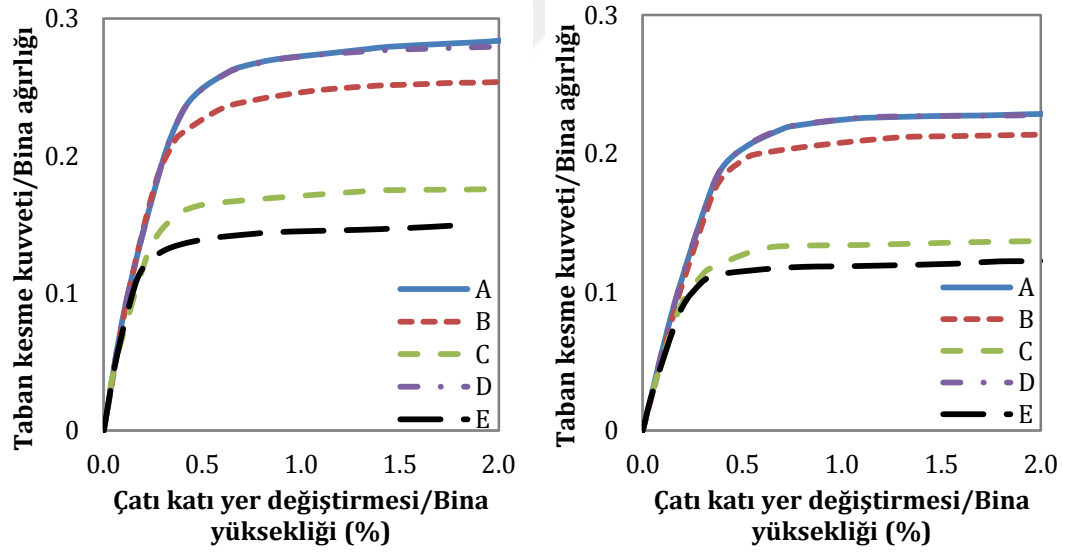
İlköğretim Okulu, Şekil 6.4'te Nazmiye Demirel İlköğretim Okulu'na ait farklı malzeme sınıfları için elde edilen kapasite eğrileri verilmiştir.



a-) X yönü

b-) Y yönü

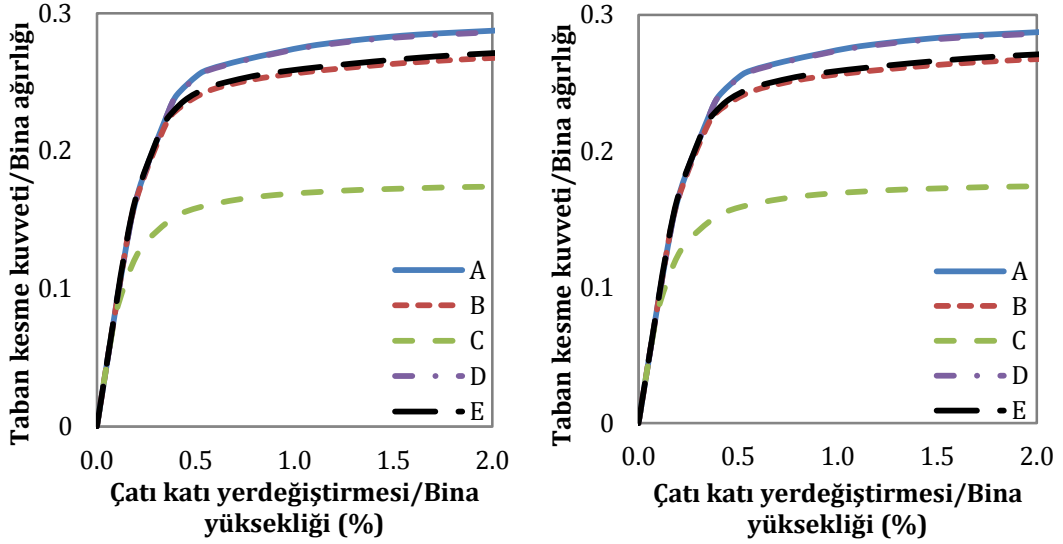
Şekil 6.2. Uluborlu Cumhuriyet Lisesi-A Blok kapasite eğrileri



a-) X yönü

b-) Y yönü

Şekil 6.3. Gülcü İlköğretim Okulu kapasite eğrileri



a-) X yönü

b-) Y yönü

Şekil 6.4. Nazmiye Demirel İlköğretim Okulu kapasite eğrileri

Kapasite eğrileri incelendiğinde taban kesme kuvvetinin bina ağırlığına oranının (V/W_{bina}) en büyük değerinin, malzeme kalitesi en iyi olan A sınıfında, en küçük değerinin ise (E sınıfı hariç) donatı dayanımının zayıf olduğu C malzeme sınıfında ortaya çıktığı görülmüştür. Dolayısıyla binanın kesme kuvveti taşıma kapasitesi açısından en etkin parametrenin donatı sınıfı olduğu söylenebilir. Beton ve donatı dayanım değerleri aynı olan A ve D malzeme sınıflarının eğrileri yaklaşık olarak üst üste elde edilmiştir. Bu sonuç, etriye aralığının yük taşıma kapasitesinde etkin bir parametre olmadığını göstermektedir. Beton sınıfının etkisi ise düşük seviyelerde kalmaktadır.

6.3. Kesme Kapasitelerinin Belirlenmesi

Okul binaları ve tesislerinin kesme kapasitesi, betonarme binanın en alt katında bulunan düşey taşıyıcı elemanların kesme kapasitelerinin toplamı olarak hesaplanabilir. Düşey taşıyıcı elemanların kesme kapasitesi (V_r), beton katkısı (V_c) ile enine donatının katkısının (V_w) toplanması ile elde edilir. Perde duvarın ve kolonun kesme kapasitesi hesabında kullanılacak ifadeler Denklem 6.2 ve Denklem 6.3'te sırasıyla verilmiştir. Burada etkili yöne ait kesit boyutu, paspayı dâhil edilerek toplam boy olarak dikkate alınmıştır. Bunun nedeni, hesaplara katkısının ihmal edilebilecek düzeyde olmasıdır.

$$V_r = A_{ch} (0.65 c f_{ctm} + \rho_{sh} f_{yw}) \quad (6.2)$$

$$V_r = V_c + V_w \quad (6.3)$$

Burada; A_{ch} , perde duvarın brüt enkesit alanını; c , eleman yönü ile ilgili katsayıyı; f_{ctm} , mevcut betonun çekme dayanımını; ρ_{sh} , perde duvarın yatay gövde donatılarının hacimsel oranını göstermektedir.

Beton katkısı, kesitin kesmede çatlama dayanımına (V_{cr}) bağlı olarak hesaplanır.

$$V_c = 0.8 V_{cr} \quad (6.4)$$

$$V_{cr} = 0.65 c f_{ctm} b_w h \quad (6.5)$$

Denklem 6.2 ve Denklem 6.5'te verilen düşey taşıyıcı elemanın alan hesabına, kolon/perde duvar etkili yönü yeteri kadar yansıtamamaktadır. Bu etkinin dikkate alınabilmesi amacıyla denklemlere c katsayısı ilave edilmiştir. Bu katsayının dikkate alınmasında Yakut (2004) tarafından önerilen yaklaşım kullanılmıştır. Deprem hesap doğrultusu kolonun uzun kenarı ile aynı doğrultuda ise 0.67; kısa kenarı ile aynı doğrultuda ise 0.33; kare kolon ise 0.5 katsayısı kullanılmıştır. Perde duvar elemanlarda ise, deprem hesap doğrultusu ile perde duvarın uzun kenarı aynı doğrultuda ise bu katsayı doğrudan 1.0 olarak dikkate alınmıştır (Yakut, 2004).

Kesitin kesme kuvveti kapasitesine etriyenin katkısı Denklem 6.6 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$V_w = \frac{A_{sw} f_{yw} d}{s} \quad (6.6)$$

Burada; A_{sw} , enine donatının toplam kesit alanını; d , kesitin faydalı yüksekliğini; s , taşıyıcı sistem elemanına ait mesnet bölgesindeki etriye aralığını temsil etmektedir.

Okul binaları ve tesislerinin x ve y yönleri için hesaplanan birinci kat düşey taşıyıcı elemanlarına ait toplam kesme kuvveti kapasitesi değerleri Çizelge 6.3'te, bu değerlerin bina ağırlığına oranları (V_r/W_{bina}) ise Çizelge 6.4'te verilmiştir.

Çizelge 6.3. Eğitim binalarına ait V_r değerleri

Bina no	$V_{r,x}$ (kN)					$V_{r,y}$ (kN)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	11116	9826	7921	9709	6077	9633	8587	6746	7775	4971
2	5932	5431	3911	3117	2314	10349	9283	7153	7534	4982
3	8645	7968	5629	4423	3026	8244	7598	5368	4218	2886
4	9710	9012	6222	4826	3766	10805	9897	7136	5668	4419
5	7332	6786	4729	3687	3047	7903	7239	5219	4145	3439
6	11628	10287	8272	9911	5307	9515	8476	6673	7700	4186
7	5579	5182	3568	2764	1849	10313	9519	6694	5246	3477
8	12831	11918	8207	6357	4517	22285	20457	14645	11588	8149
9	4686	4352	2997	2322	1603	8190	7523	5375	4249	2896
10	5154	4788	3294	2550	1761	10265	9534	6566	5086	3511
11	4686	4352	2997	2322	1603	9035	8367	5818	4531	3118
12	2678	2487	1713	1327	1014	4680	4299	3072	2428	1850
13	2678	2487	1713	1327	943	4680	4299	3072	2428	1708
14	4348	4015	2820	2209	1686	4348	4015	2820	2209	1686
15	4348	4015	2820	2209	1561	4348	4015	2820	2209	1561
16	10937	9848	7499	6124	6367	24669	21896	17431	19855	18612
17	4940	4606	3130	2406	1914	9372	8705	5995	4643	3695
18	6478	6064	4065	3100	2589	11604	10778	7422	5749	4824
19	4879	4563	3069	2345	1929	8870	8239	5673	4395	3626
20	7158	6471	4865	3949	2918	5811	5297	3881	3109	2305
21	12845	11704	8582	6877	5602	10532	9612	7014	5606	4565
22	11599	10626	7658	6082	4948	8762	8100	5666	4427	3594
23	11599	10626	7658	6082	4632	8762	8100	5666	4427	3379
24	12201	11057	8250	6670	4934	8750	8178	5513	4218	3161
25	9517	8708	6300	5013	3817	7768	7206	4984	3870	2956
26	3515	3264	2248	1741	1237	5509	5009	3700	2976	2076
27	3515	3264	2248	1741	1412	5509	5009	3700	2976	2425
28	3072	2889	1905	1439	1181	4268	3933	2780	2185	1809
29	6121	5565	4111	3307	2751	3905	3627	2498	1935	1596
30	13929	12620	9425	7624	7375	9071	8244	6095	4905	4728
31	3987	3685	2579	2016	2200	6706	6103	4495	3610	3737
32	5581	5158	3611	2823	3136	9389	8544	6293	5054	5342
33	11808	10602	8147	8656	4849	13199	11766	9243	10328	5669
34	8604	7672	6022	6859	4037	10979	9751	7747	9121	5305
35	9549	8682	6413	5158	3599	21295	19559	13976	11048	7773
36	8080	7346	5426	4365	2833	18018	16550	11826	9349	6152
37	2808	2579	1843	1457	921	10928	9791	7573	8226	4570
38	11278	9968	8038	9913	5265	9053	8059	6359	7449	4031
39	8359	7692	5464	4306	3371	9263	8528	6046	4759	3732
40	5761	5310	3750	2946	2317	7116	6565	4623	3625	2858
41	9082	8129	6308	5198	3941	24921	22142	17573	20136	13241
42	6168	5703	3987	3114	1993	7299	6763	4695	3654	2348
43	9036	8200	6092	5911	3438	10174	9331	6699	5923	3591

Çizelge 6.4. Eğitim binalarına ait V_r/W_{bina} oranları

Bina no	V_r^x/W_{bina}					V_r^y/W_{bina}				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	0.91	0.80	0.65	0.79	0.50	0.79	0.70	0.55	0.64	0.41
2	0.54	0.49	0.36	0.28	0.21	0.94	0.84	0.65	0.69	0.45
3	0.57	0.53	0.37	0.29	0.20	0.55	0.50	0.36	0.28	0.19
4	0.33	0.30	0.21	0.16	0.13	0.37	0.33	0.24	0.19	0.15
5	0.38	0.35	0.25	0.19	0.16	0.41	0.38	0.27	0.22	0.18
6	0.88	0.78	0.62	0.75	0.40	0.72	0.64	0.50	0.58	0.32
7	0.55	0.51	0.35	0.27	0.18	1.01	0.93	0.66	0.51	0.34
8	0.56	0.52	0.36	0.28	0.20	0.98	0.90	0.64	0.51	0.36
9	0.60	0.55	0.38	0.30	0.20	1.04	0.96	0.69	0.54	0.37
10	0.56	0.52	0.36	0.28	0.19	1.11	1.03	0.71	0.55	0.38
11	0.65	0.60	0.41	0.32	0.22	1.25	1.15	0.80	0.63	0.43
12	1.12	1.04	0.72	0.56	0.42	1.96	1.80	1.29	1.02	0.78
13	1.12	1.04	0.72	0.56	0.39	1.96	1.80	1.29	1.02	0.72
14	1.47	1.36	0.96	0.75	0.57	1.47	1.36	0.96	0.75	0.57
15	1.47	1.36	0.96	0.75	0.53	1.47	1.36	0.96	0.75	0.53
16	0.31	0.28	0.21	0.17	0.18	0.69	0.61	0.49	0.56	0.52
17	0.35	0.33	0.22	0.17	0.14	0.67	0.62	0.43	0.33	0.26
18	0.39	0.36	0.24	0.19	0.16	0.70	0.65	0.45	0.35	0.29
19	0.40	0.37	0.25	0.19	0.16	0.72	0.67	0.46	0.36	0.30
20	1.93	1.74	1.31	1.06	0.79	1.56	1.43	1.04	0.84	0.62
21	0.62	0.57	0.42	0.33	0.27	0.51	0.47	0.34	0.27	0.22
22	0.51	0.46	0.33	0.27	0.22	0.38	0.35	0.25	0.19	0.16
23	0.51	0.46	0.33	0.27	0.20	0.38	0.35	0.25	0.19	0.15
24	1.07	0.97	0.72	0.58	0.43	0.77	0.72	0.48	0.37	0.28
25	0.58	0.53	0.39	0.31	0.23	0.48	0.44	0.31	0.24	0.18
26	0.95	0.88	0.60	0.47	0.33	1.48	1.35	1.00	0.80	0.56
27	0.47	0.44	0.30	0.23	0.19	0.74	0.67	0.50	0.40	0.33
28	1.83	1.72	1.13	0.86	0.70	2.54	2.34	1.65	1.30	1.08
29	1.42	1.29	0.95	0.77	0.64	0.91	0.84	0.58	0.45	0.37
30	2.17	1.97	1.47	1.19	1.15	1.41	1.29	0.95	0.76	0.74
31	0.28	0.26	0.18	0.14	0.15	0.47	0.43	0.31	0.25	0.26
32	0.32	0.30	0.21	0.16	0.18	0.54	0.49	0.36	0.29	0.31
33	0.70	0.63	0.48	0.51	0.29	0.78	0.70	0.55	0.61	0.34
34	0.73	0.65	0.51	0.59	0.34	0.94	0.83	0.66	0.78	0.45
35	0.50	0.46	0.34	0.27	0.19	1.12	1.03	0.73	0.58	0.41
36	0.43	0.39	0.29	0.23	0.15	0.95	0.88	0.63	0.50	0.33
37	0.17	0.16	0.11	0.09	0.06	0.68	0.61	0.47	0.51	0.28
38	0.88	0.78	0.62	0.77	0.41	0.70	0.63	0.49	0.58	0.31
39	0.40	0.37	0.26	0.20	0.16	0.44	0.41	0.29	0.23	0.18
40	0.36	0.34	0.24	0.19	0.15	0.45	0.42	0.29	0.23	0.18
41	0.42	0.38	0.29	0.24	0.18	1.15	1.02	0.81	0.93	0.61
42	0.44	0.41	0.29	0.22	0.14	0.52	0.48	0.34	0.26	0.17
43	0.37	0.34	0.25	0.24	0.14	0.42	0.38	0.28	0.24	0.15

Çizelge 6.4 incelendiğinde, V_r/W_{bina} oranı 1.00 değerinden daha büyük olan çözümlemelere rastlanmaktadır. Bu değerlerin elde edildiği binalar incelendiğinde büyük bir çoğunluğunun tek katlı atölye binaları olduğu görülmüştür. Bu binaların toplam kat ağırlıkları diğer binalara oranla oldukça küçük seviyelerde kalmaktadır. Bu durum ise binaya ait V_r/W_{bina} oranı değerlerinin 1.00'den büyük olarak elde edilmesine neden olmuştur.

Her bir model için, farklı malzeme sınıflarına göre elde edilen V_r değerleri, o model binanın A malzeme sınıfına ait V_r değeri ile oranlanarak Çizelge 6.5'te verilmiştir. Böylece malzeme sınıfının binanın kesme kapasitesi (V_r) üzerindeki etkinliği yorumlanabilecektir.



Çizelge 6.5. Eğitim binalarına ait V_r değerlerinin oranları

Bina no	X yönü					Y yönü				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	1.00	0.88	0.71	0.87	0.55	1.00	0.89	0.70	0.81	0.52
2	1.00	0.92	0.66	0.53	0.39	1.00	0.90	0.69	0.73	0.48
3	1.00	0.92	0.65	0.51	0.35	1.00	0.92	0.65	0.51	0.35
4	1.00	0.93	0.64	0.50	0.39	1.00	0.92	0.66	0.52	0.41
5	1.00	0.93	0.64	0.50	0.42	1.00	0.92	0.66	0.52	0.44
6	1.00	0.88	0.71	0.85	0.46	1.00	0.89	0.70	0.81	0.44
7	1.00	0.93	0.64	0.50	0.33	1.00	0.92	0.65	0.51	0.34
8	1.00	0.93	0.64	0.50	0.35	1.00	0.92	0.66	0.52	0.37
9	1.00	0.93	0.64	0.50	0.34	1.00	0.92	0.66	0.52	0.35
10	1.00	0.93	0.64	0.49	0.34	1.00	0.93	0.64	0.50	0.34
11	1.00	0.93	0.64	0.50	0.34	1.00	0.93	0.64	0.50	0.35
12	1.00	0.93	0.64	0.50	0.38	1.00	0.92	0.66	0.52	0.40
13	1.00	0.93	0.64	0.50	0.35	1.00	0.92	0.66	0.52	0.37
14	1.00	0.92	0.65	0.51	0.39	1.00	0.92	0.65	0.51	0.39
15	1.00	0.92	0.65	0.51	0.36	1.00	0.92	0.65	0.51	0.36
16	1.00	0.90	0.69	0.56	0.58	1.00	0.89	0.71	0.80	0.75
17	1.00	0.93	0.63	0.49	0.39	1.00	0.93	0.64	0.50	0.39
18	1.00	0.94	0.63	0.48	0.40	1.00	0.93	0.64	0.50	0.42
19	1.00	0.94	0.63	0.48	0.40	1.00	0.93	0.64	0.50	0.41
20	1.00	0.90	0.68	0.55	0.41	1.00	0.91	0.67	0.54	0.40
21	1.00	0.91	0.67	0.54	0.44	1.00	0.91	0.67	0.53	0.43
22	1.00	0.92	0.66	0.52	0.43	1.00	0.92	0.65	0.51	0.41
23	1.00	0.92	0.66	0.52	0.40	1.00	0.92	0.65	0.51	0.39
24	1.00	0.91	0.68	0.55	0.40	1.00	0.93	0.63	0.48	0.36
25	1.00	0.92	0.66	0.53	0.40	1.00	0.93	0.64	0.50	0.38
26	1.00	0.93	0.64	0.50	0.35	1.00	0.91	0.67	0.54	0.38
27	1.00	0.93	0.64	0.50	0.40	1.00	0.91	0.67	0.54	0.44
28	1.00	0.94	0.62	0.47	0.38	1.00	0.92	0.65	0.51	0.42
29	1.00	0.91	0.67	0.54	0.45	1.00	0.93	0.64	0.50	0.41
30	1.00	0.91	0.68	0.55	0.53	1.00	0.91	0.67	0.54	0.52
31	1.00	0.92	0.65	0.51	0.55	1.00	0.91	0.67	0.54	0.56
32	1.00	0.92	0.65	0.51	0.56	1.00	0.91	0.67	0.54	0.57
33	1.00	0.90	0.69	0.73	0.41	1.00	0.89	0.70	0.78	0.43
34	1.00	0.89	0.70	0.80	0.47	1.00	0.89	0.71	0.83	0.48
35	1.00	0.91	0.67	0.54	0.38	1.00	0.92	0.66	0.52	0.37
36	1.00	0.91	0.67	0.54	0.35	1.00	0.92	0.66	0.52	0.34
37	1.00	0.92	0.66	0.52	0.33	1.00	0.90	0.69	0.75	0.42
38	1.00	0.88	0.71	0.88	0.47	1.00	0.89	0.70	0.82	0.45
39	1.00	0.92	0.65	0.52	0.40	1.00	0.92	0.65	0.51	0.40
40	1.00	0.92	0.65	0.51	0.40	1.00	0.92	0.65	0.51	0.40
41	1.00	0.90	0.69	0.57	0.43	1.00	0.89	0.71	0.81	0.53
42	1.00	0.92	0.65	0.50	0.32	1.00	0.93	0.64	0.50	0.32
43	1.00	0.91	0.67	0.65	0.38	1.00	0.92	0.66	0.58	0.35

Elde edilen sonuçlardan görüldüğü gibi beton basınç dayanımının 20 MPa değerinden 10 MPa değerine %50 azalması, hesaplanan kesme kapasitesi oranını 1.00 değerinden yaklaşık olarak 0.88 ile 0.94 arasında bir değere yani en fazla %12 oranında azaltmıştır.

Benzer şekilde A ve C malzemelerinin sonuçları kıyaslanırsa, donatı akma dayanımının 420 MPa değerinden 220 MPa değerine %48 azalması, hesaplanan kesme kapasitesi oranını 1.00 değerinden 0.62 ile 0.71 arasında bir değere yani en fazla %38 oranında azaltmıştır.

Taşıyıcı sistem elemanlarının mesnet bölgelerinde etriye aralığının 100 mm değerinden 300 mm değerine çıkması durumunda ise, hesap yapılan doğrultuda taşıyıcı sistem elemanlarının kolonlardan oluşması durumunda kesme kapasitesi oranı 1.0 değerinden 0.47 ile 0.56 arasında bir değere düşmüş yani en fazla %53 oranında azalma meydana gelmiştir. Hesap yapılan doğrultuda taşıyıcı sistemde perde duvar bulunması durumunda ise hesaplanan kesme kapasitesi oranı 1.0 değerinden 0.58 ile 0.88 arasında bir değere düşmüş ve en fazla %42 oranında azaldığı görülmüştür. Buradan etriye aralığının kesme kapasite üzerindeki etkinliğinin çerçevesel binalarda perdeli binalara göre daha fazla olduğu söylenebilir. Dolayısıyla; elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde elastik kesme kapasitesi (V_r) üzerinde etkisi en az olan parametre beton dayanımı olarak karşımıza çıkmaktadır.

6.4. Hedef Yerdeğiştirme İstem Değerleri

Çalışma kapsamında incelenen mevcut okul binaları ve tesisleri, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için Hemen Kullanım (HK) ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem için ise Can Güvenliği (CG) hedef performans düzeyini sağlamalıdır.

Mevcut okul binaları ve tesislerinin her iki deprem doğrultusu için HK performans düzeyine ait çatı katı hedef yerdeğiştirme istem (Δ_{hedef}) değerleri Çizelge 6.6'da, CG performans düzeyi için ise Çizelge 6.8'de verilmiştir.

Tablolarda verilen “-” işareti, SAP 2000 programında sonuç elde edilemeyen çözümlere karşılık gelmektedir. Malzeme sınıfının hedef yerdeğiştirme istem değerine etkisinin incelenmesi için, farklı malzeme sınıfları için elde edilen hedef yerdeğiştirme istem değerleri, “A” malzeme sınıfındaki değere oranlanarak HK performans düzeyi için Çizelge 6.7’de, CG performans düzeyi için ise Çizelge 6.9’da verilmiştir. Çizelge 6.7 ve Çizelge 6.9’un en alt satırında tanımlanan “Toplam” ve “Ortalama” ifadeleri sırasıyla belli bir malzeme sınıfı için tüm binalardaki değerlerin toplamını ve elde edilen ortalamasını temsil etmektedir.



Çizelge 6.6. Eğitim binalarının HK performans düzeyine ait Δ_{hedef} değerleri

Bina no	Δ_{hedef}^x (mm)					Δ_{hedef}^y (mm)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	8	12	14	8	36	40	44	48	40	89
2	103	108	110	103	113	36	40	36	36	40
3	133	135	139	132	139	166	170	171	166	174
4	312	303	-	312	-	286	282	-	286	-
5	278	270	278	278	275	289	287	289	289	290
6	11	15	16	11	23	40	43	47	40	54
7	233	238	234	233	230	169	177	173	169	180
8	200	205	202	200	205	149	157	155	149	163
9	203	211	205	203	209	182	193	186	182	197
10	165	161	167	165	158	72	73	79	72	79
11	141	143	146	141	144	65	69	76	65	77
12	53	59	61	61	67	27	31	38	38	42
13	53	59	61	61	66	27	31	38	38	43
14	57	67	70	57	77	62	69	69	62	75
15	57	67	70	57	80	62	69	69	62	76
16	163	161	168	162	159	58	63	66	58	62
17	323	315	323	323	320	164	166	168	164	170
18	312	304	312	312	312	195	194	198	195	199
19	309	302	309	309	309	196	197	198	195	200
20	76	86	88	76	96	108	117	114	108	123
21	85	89	93	85	95	119	123	127	119	130
22	154	154	160	154	161	178	175	182	178	182
23	154	154	160	154	158	178	175	182	178	179
24	107	116	113	107	121	156	165	161	156	169
25	101	105	-	101	114	149	154	-	150	160
26	71	78	84	71	90	39	47	52	39	59
27	178	176	183	178	185	124	127	132	124	136
28	86	96	96	86	101	49	56	60	49	63
29	50	57	60	50	63	84	92	94	84	98
30	19	24	19	19	30	42	47	53	42	51
31	181	176	185	181	178	132	132	138	132	139
32	166	162	171	166	165	119	119	127	119	125
33	61	68	67	61	76	44	48	48	40	58
34	55	61	62	54	67	27	28	28	21	39
35	193	201	196	193	202	57	61	68	57	71
36	216	220	218	216	213	68	72	77	60	79
37	338	341	338	338	-	85	91	92	85	-
38	9	12	13	8	20	42	47	49	42	57
39	200	201	202	200	205	237	240	238	237	242
40	240	238	241	240	239	226	230	227	226	232
41	119	122	126	119	130	17	23	26	17	30
42	194	194	197	194	201	204	206	206	204	211
43	185	196	188	185	-	263	272	263	263	-

Çizelge 6.7. HK performans düzeyine ait Δ_{hedef} değerlerinin oranı

Bina no	X yönü					Y yönü				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	1.00	1.50	1.75	1.00	4.50	1.00	1.10	1.20	1.00	2.23
2	1.00	1.05	1.07	1.00	1.10	1.00	1.11	1.00	1.00	1.11
3	1.00	1.02	1.05	0.99	1.05	1.00	1.02	1.03	1.00	1.05
4	1.00	0.97	-	1.00	-	1.00	0.99	-	1.00	-
5	1.00	0.97	1.00	1.00	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00
6	1.00	1.36	1.45	1.00	2.09	1.00	1.08	1.18	1.00	1.35
7	1.00	1.02	1.00	1.00	0.99	1.00	1.05	1.02	1.00	1.07
8	1.00	1.03	1.01	1.00	1.03	1.00	1.05	1.04	1.00	1.09
9	1.00	1.04	1.01	1.00	1.03	1.00	1.06	1.02	1.00	1.08
10	1.00	0.98	1.01	1.00	0.96	1.00	1.01	1.10	1.00	1.10
11	1.00	1.01	1.04	1.00	1.02	1.00	1.06	1.17	1.00	1.18
12	1.00	1.11	1.15	1.15	1.26	1.00	1.15	1.41	1.41	1.56
13	1.00	1.11	1.15	1.15	1.25	1.00	1.15	1.41	1.41	1.59
14	1.00	1.18	1.23	1.00	1.35	1.00	1.11	1.11	1.00	1.21
15	1.00	1.18	1.23	1.00	1.40	1.00	1.11	1.11	1.00	1.23
16	1.00	0.99	1.03	0.99	0.98	1.00	1.09	1.14	1.00	1.07
17	1.00	0.98	1.00	1.00	0.99	1.00	1.01	1.02	1.00	1.04
18	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.02	1.00	1.02
19	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	0.99	1.02
20	1.00	1.13	1.16	1.00	1.26	1.00	1.08	1.06	1.00	1.14
21	1.00	1.05	1.09	1.00	1.12	1.00	1.03	1.07	1.00	1.09
22	1.00	1.00	1.04	1.00	1.05	1.00	0.98	1.02	1.00	1.02
23	1.00	1.00	1.04	1.00	1.03	1.00	0.98	1.02	1.00	1.01
24	1.00	1.08	1.06	1.00	1.13	1.00	1.06	1.03	1.00	1.08
25	1.00	1.04	-	1.00	1.13	1.00	1.03	-	1.01	1.07
26	1.00	1.10	1.18	1.00	1.27	1.00	1.21	1.33	1.00	1.51
27	1.00	0.99	1.03	1.00	1.04	1.00	1.02	1.06	1.00	1.10
28	1.00	1.12	1.12	1.00	1.17	1.00	1.14	1.22	1.00	1.29
29	1.00	1.14	1.20	1.00	1.26	1.00	1.10	1.12	1.00	1.17
30	1.00	1.26	1.00	1.00	1.58	1.00	1.12	1.26	1.00	1.21
31	1.00	0.97	1.02	1.00	0.98	1.00	1.00	1.05	1.00	1.05
32	1.00	0.98	1.03	1.00	0.99	1.00	1.00	1.07	1.00	1.05
33	1.00	1.11	1.10	1.00	1.25	1.00	1.09	1.09	0.91	1.32
34	1.00	1.11	1.13	0.98	1.22	1.00	1.04	1.04	0.78	1.44
35	1.00	1.04	1.02	1.00	1.05	1.00	1.07	1.19	1.00	1.25
36	1.00	1.02	1.01	1.00	0.99	1.00	1.06	1.13	0.88	1.16
37	1.00	1.01	1.00	1.00	-	1.00	1.07	1.08	1.00	-
38	1.00	1.33	1.44	0.89	2.22	1.00	1.12	1.17	1.00	1.36
39	1.00	1.01	1.01	1.00	1.03	1.00	1.01	1.00	1.00	1.02
40	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02	1.00	1.00	1.03
41	1.00	1.03	1.06	1.00	1.09	1.00	1.35	1.53	1.00	1.76
42	1.00	1.00	1.02	1.00	1.04	1.00	1.01	1.01	1.00	1.03
43	1.00	1.06	1.02	1.00	-	1.00	1.03	1.00	1.00	-
TOPLAM	43.00	46.00	44.94	43.16	49.85	43.00	45.78	45.55	43.39	48.16
ORTALAMA	1.00	1.07	1.10	1.00	1.25	1.00	1.06	1.11	1.01	1.20

Elde edilen sonuçlara göre; HK performans düzeyi çözümlerinde A malzeme sınıfı için 1.00 olan Δ_{hedef} değeri oranının değişim aralığı incelendiğinde;

- Beton dayanımının azaldığı B malzeme sınıfında; binanın x doğrultusu için en küçük değerin 0.97, en büyük değerin 1.50, ortalama değerin 1.07; y doğrultusu için ise en küçük değerin 0.98, en büyük değerin 1.35, ortalama değerin 1.06 olduğu,
- Donatı dayanımının azaldığı C malzeme sınıfında; binanın x doğrultusu için en küçük değerin 1.00, en büyük değerin 1.75, ortalama değerin 1.10; y doğrultusu için ise en küçük değerin 1.00, en büyük değerin 1.53, ortalama değerin 1.11 olduğu,
- Etriye aralığının arttığı D malzeme sınıfında; binanın x doğrultusu için en küçük değerin 0.89, en büyük değerin 1.15, ortalama değerin 1.00; y doğrultusu için ise en küçük değerin 0.78, en büyük değerin 1.41, ortalama değerin 1.01 olduğu

görülmüştür. B, C ve D malzeme sınıflarında sadece bir parametrede zayıflık mevcuttur. Bunun amacı parametrenin etkinliğinin incelenbilmesidir. E malzeme sınıfı ise mevcut durumu yansıttığı için birden fazla zayıflık bir arada bulunabilmektedir. Bu nedenle sonuçlardaki en büyük farklılık bu modelde karşımıza çıkmaktadır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde en büyük farkın donatı sınıfından, en küçük farkın ise etriye aralığından kaynaklandığı görülmüştür. Burada, etriye aralığı ile meydana gelen değişimin az sayıda binada ortaya çıktığı dikkati çekmektedir. Dolayısıyla A ve D malzemelerine ait hedef yerdeğiştirme istem değerleri genel olarak aynı elde edilmiştir. B, C, ve D malzeme sınıfları için elde edilen ortalama değerler ise malzeme sınıfına bağlı olarak en fazla %11 değişmiştir.

Çizelge 6.8. Eğitim binalarının CG performans düzeyine ait Δ_{hedef} değerleri

Bina no	Δ_{hedef}^x (mm)					Δ_{hedef}^y (mm)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	23	28	27	23	36	70	77	83	70	89
2	164	170	172	163	176	53	61	54	53	61
3	207	210	213	207	214	255	261	260	255	265
4	468	455	-	468	-	429	424	-	429	-
5	416	404	416	416	413	434	430	434	434	435
6	26	31	29	26	40	67	76	77	68	89
7	351	358	351	351	346	258	270	263	258	273
8	304	311	306	304	310	231	242	237	231	248
9	308	319	310	308	315	278	294	282	277	297
10	250	244	252	250	238	117	118	124	116	121
11	218	219	223	218	219	111	115	121	110	122
12	89	97	97	97	105	53	59	64	64	70
13	89	97	97	97	105	53	59	64	64	70
14	102	115	112	101	123	99	110	107	99	116
15	102	115	112	101	124	99	110	107	99	117
16	250	248	256	250	245	97	104	104	96	103
17	485	473	485	485	481	250	253	254	250	257
18	468	473	468	468	468	296	295	299	296	301
19	464	454	464	464	464	297	299	301	297	303
20	129	142	140	129	152	169	183	175	169	189
21	136	143	145	136	149	188	194	196	188	200
22	239	237	245	239	246	273	267	276	272	275
23	239	237	245	239	243	273	267	276	272	272
24	169	182	176	169	188	240	253	246	240	257
25	163	169	-	163	178	232	238	-	233	245
26	119	129	132	119	142	74	84	88	74	96
27	273	271	278	273	280	195	199	204	195	210
28	141	155	152	142	158	87	97	99	87	103
29	87	96	98	87	102	136	146	145	136	153
30	42	48	56	42	54	75	84	87	75	85
31	276	268	280	276	270	205	205	212	205	212
32	256	250	261	256	253	187	188	195	187	193
33	100	111	107	102	119	72	83	79	72	95
34	92	99	98	90	107	42	52	50	41	64
35	294	305	297	294	305	99	104	111	99	115
36	326	331	328	326	321	113	119	123	113	125
37	506	511	506	506	-	137	146	146	140	-
38	22	27	26	22	38	75	80	79	77	93
39	303	304	306	303	309	357	361	358	357	363
40	361	358	361	361	359	341	346	342	341	348
41	187	191	196	187	200	37	45	46	37	53
42	294	295	298	294	302	309	313	312	309	318
43	281	298	288	282	-	395	408	395	395	-

Çizelge 6.9. CG performans düzeyine ait Δ_{hedef} değerlerinin oranı

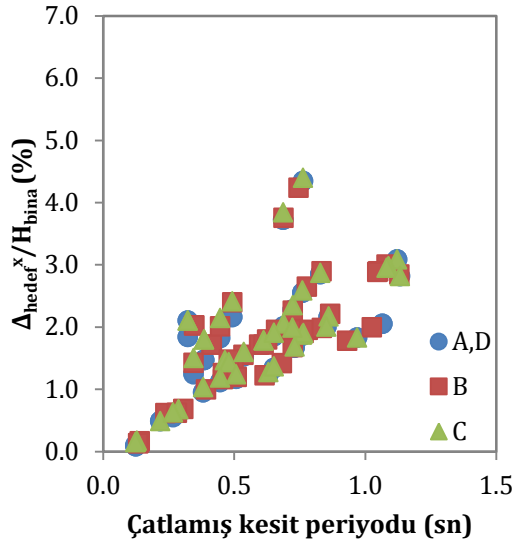
Bina no	X yönü					Y yönü				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	1.00	1.22	1.17	1.00	1.57	1.00	1.10	1.19	1.00	1.27
2	1.00	1.04	1.05	0.99	1.07	1.00	1.15	1.02	1.00	1.15
3	1.00	1.01	1.03	1.00	1.03	1.00	1.02	1.02	1.00	1.04
4	1.00	0.97	-	1.00	-	1.00	0.99	-	1.00	-
5	1.00	0.97	1.00	1.00	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00
6	1.00	1.19	1.12	1.00	1.54	1.00	1.13	1.15	1.01	1.33
7	1.00	1.02	1.00	1.00	0.99	1.00	1.05	1.02	1.00	1.06
8	1.00	1.02	1.01	1.00	1.02	1.00	1.05	1.03	1.00	1.07
9	1.00	1.04	1.01	1.00	1.02	1.00	1.06	1.01	1.00	1.07
10	1.00	0.98	1.01	1.00	0.95	1.00	1.01	1.06	0.99	1.03
11	1.00	1.00	1.02	1.00	1.00	1.00	1.04	1.09	0.99	1.10
12	1.00	1.09	1.09	1.09	1.18	1.00	1.11	1.21	1.21	1.32
13	1.00	1.09	1.09	1.09	1.18	1.00	1.11	1.21	1.21	1.32
14	1.00	1.13	1.10	0.99	1.21	1.00	1.11	1.08	1.00	1.17
15	1.00	1.13	1.10	0.99	1.22	1.00	1.11	1.08	1.00	1.18
16	1.00	0.99	1.02	1.00	0.98	1.00	1.07	1.07	0.99	1.06
17	1.00	0.98	1.00	1.00	0.99	1.00	1.01	1.02	1.00	1.03
18	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.02
19	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.00	1.02
20	1.00	1.10	1.09	1.00	1.18	1.00	1.08	1.04	1.00	1.12
21	1.00	1.05	1.07	1.00	1.10	1.00	1.03	1.04	1.00	1.06
22	1.00	0.99	1.03	1.00	1.03	1.00	0.98	1.01	1.00	1.01
23	1.00	0.99	1.03	1.00	1.02	1.00	0.98	1.01	1.00	1.00
24	1.00	1.08	1.04	1.00	1.11	1.00	1.05	1.03	1.00	1.07
25	1.00	1.04	-	1.00	1.09	1.00	1.03	-	1.00	1.06
26	1.00	1.08	1.11	1.00	1.19	1.00	1.14	1.19	1.00	1.30
27	1.00	0.99	1.02	1.00	1.03	1.00	1.02	1.05	1.00	1.08
28	1.00	1.10	1.08	1.01	1.12	1.00	1.11	1.14	1.00	1.18
29	1.00	1.10	1.13	1.00	1.17	1.00	1.07	1.07	1.00	1.13
30	1.00	1.14	1.33	1.00	1.29	1.00	1.12	1.16	1.00	1.13
31	1.00	0.97	1.01	1.00	0.98	1.00	1.00	1.03	1.00	1.03
32	1.00	0.98	1.02	1.00	0.99	1.00	1.01	1.04	1.00	1.03
33	1.00	1.11	1.07	1.02	1.19	1.00	1.15	1.10	1.00	1.32
34	1.00	1.08	1.07	0.98	1.16	1.00	1.24	1.19	0.98	1.52
35	1.00	1.04	1.01	1.00	1.04	1.00	1.05	1.12	1.00	1.16
36	1.00	1.02	1.01	1.00	0.98	1.00	1.05	1.09	1.00	1.11
37	1.00	1.01	1.00	1.00	-	1.00	1.07	1.07	1.02	-
38	1.00	1.23	1.18	1.00	1.73	1.00	1.07	1.05	1.03	1.24
39	1.00	1.00	1.01	1.00	1.02	1.00	1.01	1.00	1.00	1.02
40	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00	1.01	1.00	1.00	1.02
41	1.00	1.02	1.05	1.00	1.07	1.00	1.22	1.24	1.00	1.43
42	1.00	1.00	1.01	1.00	1.03	1.00	1.01	1.01	1.00	1.03
43	1.00	1.06	1.02	1.00	-	1.00	1.03	1.00	1.00	-
TOPLAM	43.00	45.03	43.18	43.16	44.44	43.00	45.66	43.95	43.42	45.29
ORTALAMA	1.00	1.05	1.05	1.00	1.11	1.00	1.06	1.07	1.01	1.13

Elde edilen sonuçlara göre; CG performans düzeyi çözümlerinde A malzeme sınıfı için 1.00 olan Δ_{hedef} değeri oranının değişim aralığı incelendiğinde;

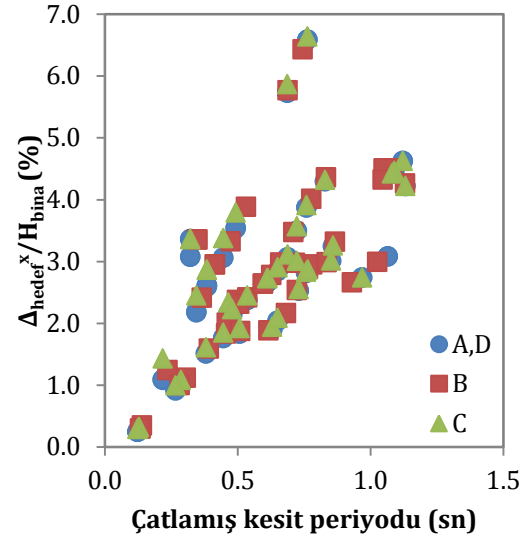
- Beton dayanımının azaldığı B malzeme sınıfında; binanın x doğrultusu için en küçük değerin 0.97, en büyük değerin 1.23, ortalama değerin 1.05; y doğrultusu için ise en küçük değerin 0.98, en büyük değerin 1.24, ortalama değerin 1.06 olduğu,
- Donatı dayanımının azaldığı C malzeme sınıfında; binanın x doğrultusu için en küçük değerin 1.00, en büyük değerin 1.33, ortalama değerin 1.05; y doğrultusu için ise en küçük değerin 1.00, en büyük değerin 1.24, ortalama değerin 1.07 olduğu,
- Etriye aralığının arttığı D malzeme sınıfında; binanın x doğrultusu için en küçük değerin 0.98, en büyük değerin 1.09, ortalama değerin 1.00; y doğrultusu için ise en küçük değerin 0.98, en büyük değerin 1.21, ortalama değerin 1.01 olduğu

görülmüştür. B, C, ve D malzeme sınıfları için elde edilen ortalama değerlerin incelenmesi sonucunda bu oranın en fazla %7 mertebesinde değiştiği görülebilir. Malzeme sınıfının değişiminin Δ_{hedef} değerlerinin oranına etkisi, HK hedef performans seviyesinde, CG hedef performans seviyesinden daha belirgin olarak karşımıza çıkmaktadır.

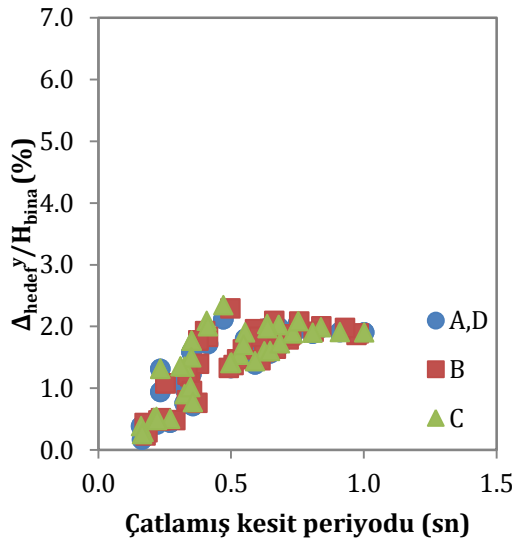
Mevcut okul binaları ve tesislerinin her iki doğrultusunda HK ile CG performans düzeyleri için çatı katı hedef yerdeğiştirme istem değerleri bina yüksekliğine oranlanmış ($\Delta_{\text{hedef}}/H_{\text{bina}}$) ve çatlama periyod değerlerine bağlı olarak değişimi incelenmiştir. Bu kapsamda malzeme sınıfına göre dağılımları Şekil 6.5'te verilmiştir.



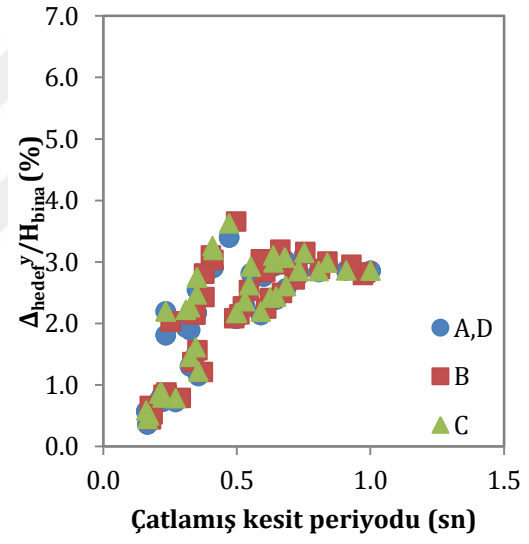
a-) HK-X yönü



b-) CG-X yönü



c-) HK-Y yönü



d-) CG-Y yönü

Şekil 6.5. $\Delta_{\text{hedef}}/H_{\text{bina}}$ oranı ile çatlamış kesit periyodu arasındaki ilişki

Şekil 6.5'te verilen grafikler incelendiğinde, malzeme sınıfının değişiminin hedef yerdeğiştirme ile çatlamış kesit periyodu arasındaki ilişkiyi fazla etkilemediği görülebilir. Yapılan hesaplamalarda sargılama durumunun değişiminin bu ilişki üzerinde etkisinin çok küçük mertebelerde olması nedeni ile çizilen grafikte aynı gösterge ile ifade edilmiştir.

Binaya ait CG performans seviyesi için elde edilen hedef yerdeğiştirme istem değerlerinin HK performans seviyesindeki değerlere oranlanması ile elde edilen sonuçlar izelge 6.10’da verilmiştir. Tabloda verilen “-“ işareti, SAP 2000 programında sonuç elde edilemeyen özömlemelere karşılık gelmektedir. Çizelge 6.10’un en alt satırında tanımlanan “Toplam” ve “Ortalama” ifadeleri sırasıyla belli bir malzeme sınıfı için tüm binalardaki değerlerin toplamını ve elde edilen ortalamasını temsil etmektedir.



Çizelge 6.10. CG ve HK performans seviyeleri için elde edilen hedef yerdeğiştirme istem değerlerinin oranı

Bina no	$(\Delta^{CG}_{hedef})^x / (\Delta^{HK}_{hedef})^x$					$(\Delta^{CG}_{hedef})^y / (\Delta^{HK}_{hedef})^y$				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	2.88	2.33	1.93	2.88	1.00	1.75	1.75	1.73	1.75	1.00
2	1.59	1.57	1.56	1.58	1.56	1.47	1.53	1.50	1.47	1.53
3	1.56	1.56	1.53	1.57	1.54	1.54	1.54	1.52	1.54	1.52
4	1.50	1.50	-	1.50	-	1.50	1.50	-	1.50	-
5	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
6	2.36	2.07	1.81	2.36	1.74	1.68	1.77	1.64	1.70	1.65
7	1.51	1.50	1.50	1.51	1.50	1.53	1.53	1.52	1.53	1.52
8	1.52	1.52	1.51	1.52	1.51	1.55	1.54	1.53	1.55	1.52
9	1.52	1.51	1.51	1.52	1.51	1.53	1.52	1.52	1.52	1.51
10	1.52	1.52	1.51	1.52	1.51	1.63	1.62	1.57	1.61	1.53
11	1.55	1.53	1.53	1.55	1.52	1.71	1.67	1.59	1.69	1.58
12	1.68	1.64	1.59	1.59	1.57	1.96	1.90	1.68	1.68	1.67
13	1.68	1.64	1.59	1.59	1.59	1.96	1.90	1.68	1.68	1.63
14	1.79	1.72	1.60	1.77	1.60	1.60	1.59	1.55	1.60	1.55
15	1.79	1.72	1.60	1.77	1.55	1.60	1.59	1.55	1.60	1.54
16	1.53	1.54	1.52	1.54	1.54	1.67	1.65	1.58	1.66	1.66
17	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.52	1.52	1.51	1.52	1.51
18	1.50	1.56	1.50	1.50	1.50	1.52	1.52	1.51	1.52	1.51
19	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52
20	1.70	1.65	1.59	1.70	1.58	1.56	1.56	1.54	1.56	1.54
21	1.60	1.61	1.56	1.60	1.57	1.58	1.58	1.54	1.58	1.54
22	1.55	1.54	1.53	1.55	1.53	1.53	1.53	1.52	1.53	1.51
23	1.55	1.54	1.53	1.55	1.54	1.53	1.53	1.52	1.53	1.52
24	1.58	1.57	1.56	1.58	1.55	1.54	1.53	1.53	1.54	1.52
25	1.61	1.61	-	1.61	1.56	1.56	1.55	-	1.55	1.53
26	1.68	1.65	1.57	1.68	1.58	1.90	1.79	1.69	1.90	1.63
27	1.53	1.54	1.52	1.53	1.51	1.57	1.57	1.55	1.57	1.54
28	1.64	1.61	1.58	1.65	1.56	1.78	1.73	1.65	1.78	1.63
29	1.74	1.68	1.63	1.74	1.62	1.62	1.59	1.54	1.62	1.56
30	2.21	2.00	2.95	2.21	1.80	1.79	1.79	1.64	1.79	1.67
31	1.52	1.52	1.51	1.52	1.52	1.55	1.55	1.54	1.55	1.53
32	1.54	1.54	1.53	1.54	1.53	1.57	1.58	1.54	1.57	1.54
33	1.64	1.63	1.60	1.67	1.57	1.64	1.73	1.65	1.80	1.64
34	1.67	1.62	1.58	1.67	1.60	1.56	1.86	1.79	1.95	1.64
35	1.52	1.52	1.52	1.52	1.51	1.74	1.70	1.63	1.74	1.62
36	1.51	1.50	1.50	1.51	1.51	1.66	1.65	1.60	1.88	1.58
37	1.50	1.50	1.50	1.50	-	1.61	1.60	1.59	1.65	-
38	2.44	2.25	2.00	2.75	1.90	1.79	1.70	1.61	1.83	1.63
39	1.52	1.51	1.51	1.52	1.51	1.51	1.50	1.50	1.51	1.50
40	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.51	1.50	1.51	1.51	1.50
41	1.57	1.57	1.56	1.57	1.54	2.18	1.96	1.77	2.18	1.77
42	1.52	1.52	1.51	1.52	1.50	1.51	1.52	1.51	1.51	1.51
43	1.52	1.52	1.53	1.52	-	1.50	1.50	1.50	1.50	-
TOPLAM	71.34	69.65	65.68	71.48	61.83	70.00	69.76	64.64	70.27	62.09
ORTALAMA	1.66	1.62	1.60	1.66	1.55	1.63	1.62	1.58	1.63	1.55

Çizelge 6.10'daki değerler incelendiğinde CG hedef performans seviyesi için bulunan hedef yerdeğiştirme istem değerlerinin; HK performans seviyesi için belirlenen değerlerden ortalama 1.61 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Bu oran elastik spektrumdaki artış oranına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. İki performans seviyesi için belirlenen hedef yerdeğiştirme istemleri arasındaki en büyük fark genel olarak malzeme sınıfının en iyi olduğu A malzeme sınıfında, en küçük fark ise malzeme kalitesinin en kötü olduğu E malzeme sınıfında ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla burada elde edilen sonuçlar malzeme dayanımlarındaki zayıflıkların hedef yerdeğiştirme istem değeri üzerindeki etkinliğinin fazla olmadığını göstermektedir.

6.5. Hedef Yerdeğiştirme İstemine Karşılık Gelen Kesme Dayanımı

Bina için tanımlanan hedef performans seviyesi, binanın kesme kapasitesini değiştirmez. Ancak hedef performansa bağlı olarak hedef yerdeğiştirme istem ötelenmesi değiştiği için, binanın hedef yerdeğiştirme istem değerine karşılık gelen kesme kapasitesi değeri (V_{hedef}) farklılık gösterebilir. Bu nedenle değerler, her iki hedef performans seviyesi için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Okul binaları ve tesislerinin çatı katı hedef yerdeğiştirme istem değerlerine karşılık gelen kesme dayanımı değerleri, kapasite eğrileri üzerinden belirlenmiştir.

Okul binaları ve tesislerinin çatı katı hedef yerdeğiştirme istem değerlerine karşılık gelen kesme dayanımı (V_{hedef}) değerleri HK performans düzeyi için Çizelge 6.11'de, CG performans düzeyi için Çizelge 6.12'de verilmiştir. Bu değerlerin bina ağırlığına oranları ($V_{\text{hedef}}/W_{\text{bina}}$) ise HK performans düzeyi için Çizelge 6.13'te, CG performans düzeyi için ise Çizelge 6.14'te verilmiştir. Tablolarda verilen “-” işareti, SAP 2000 programında sonuç elde edilemeyen çözümlere karşılık gelmektedir. Çizelge 6.13 ve Çizelge 6.14'ün en alt satırında tanımlanan “Toplam” ve “Ortalama” ifadeleri sırasıyla belli bir malzeme sınıfı için tüm binalardaki değerlerin toplamını ve elde edilen ortalamasını temsil etmektedir.

Çizelge 6.11. Eğitim binalarının HK performans düzeyine ait V_{hedef} değerleri

Bina no	V_{hedef}^x (kN)					V_{hedef}^y (kN)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	6753	6446	6887	6738	4497	5408	5128	5200	5407	3838
2	4047	3751	2499	4044	2346	3378	3391	2326	3375	2302
3	4232	3807	2648	4192	2275	3452	3221	2079	3438	1880
4	4746	4068	-	4678	-	4312	3729	-	4250	-
5	3191	2961	2144	3151	2043	3067	2993	2057	2997	1884
6	6798	6809	7830	6802	4584	6448	5700	5849	6620	3716
7	2074	2040	1396	1968	1271	2239	2105	1344	2238	1257
8	5018	5042	3500	5133	3143	5592	5189	3345	5599	3078
9	1664	1615	1220	1670	1116	1690	1547	1021	1675	950
10	2246	1991	1489	2145	1294	4333	3842	3169	4266	2671
11	3074	2813	1937	2994	1633	4370	3932	2902	4348	2581
12	1216	1193	810	810	785	1649	1588	968	968	967
13	1216	1193	810	810	787	1649	1588	968	968	915
14	1767	1579	1425	1767	1319	1340	1247	769	1340	735
15	1767	1579	1425	1767	1232	1340	1247	769	1340	705
16	9944	9249	6105	9919	9337	15282	14471	11336	15282	14653
17	2265	2375	1562	2278	1531	3224	2827	1964	3197	1822
18	3256	3295	2191	3206	2137	3784	3242	2367	3752	2293
19	2221	2281	1514	2183	1518	2908	2573	1781	2883	1693
20	2070	1933	1309	2052	1245	1411	1384	946	1414	908
21	8099	7410	4957	8038	4704	6726	6391	4043	6705	3910
22	6195	5770	4328	6111	4031	5069	4714	3305	4914	3223
23	6195	5770	4328	6111	3833	5069	4714	3305	4914	3161
24	4453	4098	2884	4414	2741	3195	3053	1965	3163	2022
25	6400	5804	-	6353	3631	5286	4614	-	5220	2905
26	2508	2503	1465	2479	1531	2921	2657	1721	2906	1515
27	2631	2443	1570	2642	1569	2904	2640	1692	2893	1615
28	865	848	583	863	567	1111	1065	668	1109	660
29	2711	2443	1679	2699	1641	2272	2236	1683	2271	1665
30	5734	5469	3468	5724	3538	4185	4106	2605	4185	2549
31	3223	2964	2021	3179	1777	3889	3521	2334	3876	2090
32	4837	4483	2998	4826	3031	5643	5170	3344	5627	3552
33	7888	7087	6427	7811	4753	9061	7871	7221	8858	5875
34	5291	4827	3773	5097	2658	8052	6751	5706	7505	4828
35	4764	4536	3017	4695	2840	10367	9451	6257	10352	5667
36	4229	3991	2535	4140	2264	8515	7800	5360	8428	4597
37	2234	2214	1381	2230	-	4707	4585	3002	4702	-
38	7267	7004	6988	7193	4758	5532	5249	6533	5534	3354
39	3659	3254	2405	3631	1761	3319	3107	2042	3497	1707
40	2454	2217	1691	2448	1173	2621	2388	1597	2599	1335
41	8305	7838	4988	8291	4758	13346	13296	9840	13346	9149
42	2611	2563	1724	2604	1287	2911	2922	1945	2899	1425
43	4348	3996	2848	4346	-	4297	3829	2905	4281	-

Çizelge 6.12. Eğitim binalarının CG performans düzeyine ait V_{hedef} değerleri

Bina no	V_{hedef^x} (kN)					V_{hedef^y} (kN)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	9299	7410	8405	9223	5579	6046	5439	8263	6075	4902
2	4188	3876	2536	4158	2381	3860	3799	2549	3858	2506
3	4361	3854	2680	4241	2375	3494	3307	2152	3451	1959
4	4910	4234	-	4847	-	4390	3790	-	4288	-
5	3492	3069	2156	3273	2068	3172	3193	2123	3056	1978
6	7695	7620	9221	7693	4722	6650	6550	7704	7293	4712
7	2093	2144	1469	2019	1389	2275	2147	1382	2258	1366
8	5453	5071	3542	5624	3358	5632	5255	3398	5604	3132
9	1730	1777	1331	1735	1241	1757	1604	1104	1747	1065
10	2284	1996	1504	2148	1332	4904	3942	3696	4267	2854
11	3335	3140	2199	3257	1803	4646	4289	3087	4628	2755
12	1354	1329	1041	1041	914	1649	1588	968	968	1002
13	1354	1329	1041	1041	925	1649	1588	968	968	915
14	2128	1907	1605	2065	1448	1340	1247	769	1340	737
15	2128	1907	1605	2065	1438	1340	1247	769	1340	705
16	10205	9499	6196	10167	9614	16975	14890	11618	16143	15237
17	2376	2515	1606	2317	1660	3337	2959	1998	3316	1863
18	3319	3606	2291	3335	2415	3793	3250	2376	3806	2294
19	2438	2618	1539	2431	1555	2954	2669	1937	2933	1712
20	2245	2123	1405	2193	1375	1411	1516	1031	1423	976
21	8408	7645	5151	8292	4769	6898	6547	4099	6827	3955
22	6792	6275	4757	6073	4194	5480	5135	3415	5461	3265
23	6792	6275	4757	6073	4036	5480	5135	3415	5461	3313
24	4803	4406	3035	4759	2833	3255	3178	2056	3175	2208
25	6519	5976	-	6425	3868	5452	4796	-	5547	2997
26	2739	2974	1691	2791	1635	2921	2657	1721	2906	1515
27	2711	2494	1606	2739	1590	2904	2646	1692	2894	1615
28	997	959	639	974	655	1113	1067	675	1111	665
29	2712	2443	1679	2700	1641	2730	2720	2115	2731	2100
30	6178	5832	4064	6169	3846	4433	4220	2608	4461	2847
31	3236	3096	2024	3182	1784	3890	3579	2373	3885	2222
32	4867	4553	3005	4988	3165	5691	5207	3344	5665	3581
33	9201	8429	7827	9869	5460	10733	10208	7778	10506	8065
34	6212	5436	4259	5263	2732	8292	8832	6821	9193	5481
35	4772	4806	3048	4720	2872	10437	9483	6354	10416	5692
36	4301	4139	2591	4150	2291	8800	8268	5477	8801	4715
37	2314	2389	1420	2321	-	4744	4786	3331	5585	-
38	7929	7805	9035	7929	7385	6764	5661	8595	7187	4295
39	3704	3280	2496	3652	1816	3669	3273	2265	3597	1839
40	2461	2270	1749	2469	1198	2773	2521	1740	2617	1417
41	8566	8127	5017	8548	4783	15466	14781	10504	15466	10585
42	2617	2597	1767	2610	1310	3124	3152	2053	2990	1496
43	4647	4716	3760	4687	-	4612	4092	3132	4593	-

Çizelge 6.13. Eğitim binalarının HK performans düzeyine ait $V_{\text{hedef}}/W_{\text{bina}}$ oranları

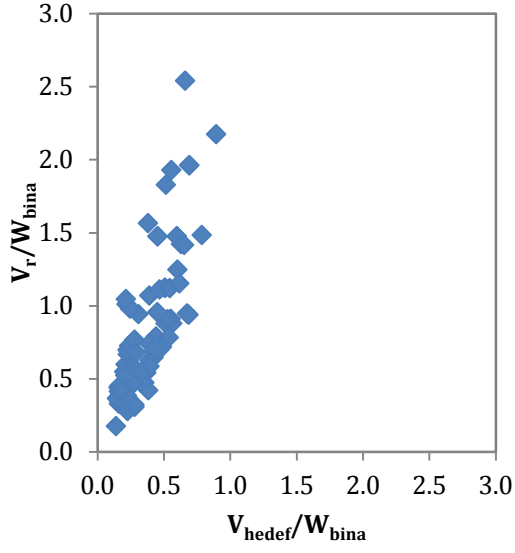
Bina no	$V_{\text{hedef}}^x/W_{\text{bina}}$					$V_{\text{hedef}}^y/W_{\text{bina}}$				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	0.55	0.53	0.56	0.55	0.37	0.44	0.42	0.42	0.44	0.31
2	0.37	0.34	0.23	0.37	0.21	0.31	0.31	0.21	0.31	0.21
3	0.28	0.25	0.18	0.28	0.15	0.23	0.21	0.14	0.23	0.12
4	0.16	0.14	-	0.16	-	0.15	0.13	-	0.14	-
5	0.17	0.15	0.11	0.16	0.11	0.16	0.16	0.11	0.16	0.10
6	0.51	0.51	0.59	0.51	0.35	0.49	0.43	0.44	0.50	0.28
7	0.20	0.20	0.14	0.19	0.12	0.22	0.21	0.13	0.22	0.12
8	0.22	0.22	0.15	0.23	0.14	0.25	0.23	0.15	0.25	0.14
9	0.21	0.21	0.16	0.21	0.14	0.22	0.20	0.13	0.21	0.12
10	0.24	0.22	0.16	0.23	0.14	0.47	0.42	0.34	0.46	0.29
11	0.42	0.39	0.27	0.41	0.23	0.60	0.54	0.40	0.60	0.36
12	0.51	0.50	0.34	0.34	0.33	0.69	0.67	0.41	0.41	0.41
13	0.51	0.50	0.34	0.34	0.33	0.69	0.67	0.41	0.41	0.38
14	0.60	0.53	0.48	0.60	0.45	0.45	0.42	0.26	0.45	0.25
15	0.60	0.53	0.48	0.60	0.42	0.45	0.42	0.26	0.45	0.24
16	0.28	0.26	0.17	0.28	0.26	0.43	0.41	0.32	0.43	0.41
17	0.16	0.17	0.11	0.16	0.11	0.23	0.20	0.14	0.23	0.13
18	0.20	0.20	0.13	0.19	0.13	0.23	0.19	0.14	0.23	0.14
19	0.18	0.19	0.12	0.18	0.12	0.24	0.21	0.15	0.24	0.14
20	0.56	0.52	0.35	0.55	0.34	0.38	0.37	0.25	0.38	0.24
21	0.39	0.36	0.24	0.39	0.23	0.33	0.31	0.20	0.33	0.19
22	0.27	0.25	0.19	0.27	0.18	0.22	0.21	0.14	0.21	0.14
23	0.27	0.25	0.19	0.27	0.17	0.22	0.21	0.14	0.21	0.14
24	0.39	0.36	0.25	0.39	0.24	0.28	0.27	0.17	0.28	0.18
25	0.39	0.36	-	0.39	0.22	0.32	0.28	-	0.32	0.18
26	0.67	0.67	0.39	0.67	0.41	0.79	0.71	0.46	0.78	0.41
27	0.35	0.33	0.21	0.36	0.21	0.39	0.35	0.23	0.39	0.22
28	0.51	0.50	0.35	0.51	0.34	0.66	0.63	0.40	0.66	0.39
29	0.63	0.57	0.39	0.63	0.38	0.53	0.52	0.39	0.53	0.39
30	0.89	0.85	0.54	0.89	0.55	0.65	0.64	0.41	0.65	0.40
31	0.23	0.21	0.14	0.22	0.12	0.27	0.25	0.16	0.27	0.15
32	0.28	0.26	0.17	0.28	0.17	0.32	0.30	0.19	0.32	0.20
33	0.47	0.42	0.38	0.46	0.28	0.54	0.47	0.43	0.52	0.35
34	0.45	0.41	0.32	0.44	0.23	0.69	0.58	0.49	0.64	0.41
35	0.25	0.24	0.16	0.25	0.15	0.54	0.50	0.33	0.54	0.30
36	0.22	0.21	0.13	0.22	0.12	0.45	0.41	0.28	0.45	0.24
37	0.14	0.14	0.09	0.14	-	0.29	0.28	0.19	0.29	-
38	0.57	0.54	0.54	0.56	0.37	0.43	0.41	0.51	0.43	0.26
39	0.17	0.15	0.11	0.17	0.08	0.16	0.15	0.10	0.17	0.08
40	0.16	0.14	0.11	0.15	0.07	0.17	0.15	0.10	0.16	0.08
41	0.38	0.36	0.23	0.38	0.22	0.62	0.61	0.45	0.62	0.42
42	0.19	0.18	0.12	0.19	0.09	0.21	0.21	0.14	0.21	0.10
43	0.18	0.16	0.12	0.18	-	0.18	0.16	0.12	0.18	-
TOPLAM	15.38	14.48	10.44	14.95	9.28	16.59	15.43	10.84	15.91	9.62
ORTALAMA	0.36	0.34	0.25	0.35	0.23	0.39	0.36	0.26	0.37	0.24

Çizelge 6.14. Eğitim binalarının CG performans düzeyine ait $V_{\text{hedef}}/W_{\text{bina}}$ oranları

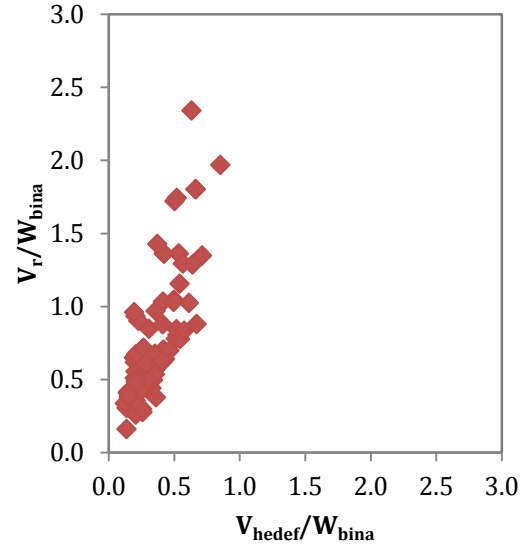
Bina no	$V_{\text{hedef}}^x/W_{\text{bina}}$					$V_{\text{hedef}}^y/W_{\text{bina}}$				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	0.76	0.61	0.69	0.75	0.46	0.49	0.44	0.68	0.50	0.40
2	0.38	0.35	0.23	0.38	0.22	0.35	0.35	0.23	0.35	0.23
3	0.29	0.26	0.18	0.28	0.16	0.23	0.22	0.14	0.23	0.13
4	0.17	0.14	-	0.16	-	0.15	0.13	-	0.15	-
5	0.18	0.16	0.11	0.17	0.11	0.17	0.17	0.11	0.16	0.10
6	0.58	0.58	0.70	0.58	0.36	0.50	0.49	0.58	0.55	0.36
7	0.20	0.21	0.14	0.20	0.14	0.22	0.21	0.14	0.22	0.13
8	0.24	0.22	0.16	0.25	0.15	0.25	0.23	0.15	0.25	0.14
9	0.22	0.23	0.17	0.22	0.16	0.22	0.20	0.14	0.22	0.14
10	0.25	0.22	0.16	0.23	0.14	0.53	0.43	0.40	0.46	0.31
11	0.46	0.43	0.30	0.45	0.25	0.64	0.59	0.43	0.64	0.38
12	0.57	0.56	0.44	0.44	0.38	0.69	0.67	0.41	0.41	0.42
13	0.57	0.56	0.44	0.44	0.39	0.69	0.67	0.41	0.41	0.38
14	0.72	0.65	0.54	0.70	0.49	0.45	0.42	0.26	0.45	0.25
15	0.72	0.65	0.54	0.70	0.49	0.45	0.42	0.26	0.45	0.24
16	0.29	0.27	0.17	0.29	0.27	0.48	0.42	0.33	0.45	0.43
17	0.17	0.18	0.11	0.16	0.12	0.24	0.21	0.14	0.24	0.13
18	0.20	0.22	0.14	0.20	0.15	0.23	0.20	0.14	0.23	0.14
19	0.20	0.21	0.13	0.20	0.13	0.24	0.22	0.16	0.24	0.14
20	0.60	0.57	0.38	0.59	0.37	0.38	0.41	0.28	0.38	0.26
21	0.41	0.37	0.25	0.40	0.23	0.34	0.32	0.20	0.33	0.19
22	0.30	0.27	0.21	0.27	0.18	0.24	0.22	0.15	0.24	0.14
23	0.30	0.27	0.21	0.27	0.18	0.24	0.22	0.15	0.24	0.14
24	0.42	0.39	0.27	0.42	0.25	0.29	0.28	0.18	0.28	0.19
25	0.40	0.37	-	0.39	0.24	0.33	0.29	-	0.34	0.18
26	0.74	0.80	0.45	0.75	0.44	0.79	0.71	0.46	0.78	0.41
27	0.36	0.34	0.22	0.37	0.21	0.39	0.36	0.23	0.39	0.22
28	0.59	0.57	0.38	0.58	0.39	0.66	0.63	0.40	0.66	0.40
29	0.63	0.57	0.39	0.63	0.38	0.63	0.63	0.49	0.63	0.49
30	0.96	0.91	0.63	0.96	0.60	0.69	0.66	0.41	0.70	0.44
31	0.23	0.22	0.14	0.22	0.12	0.27	0.25	0.17	0.27	0.16
32	0.28	0.26	0.17	0.29	0.18	0.33	0.30	0.19	0.33	0.21
33	0.54	0.50	0.46	0.58	0.32	0.64	0.60	0.46	0.62	0.48
34	0.53	0.46	0.36	0.45	0.23	0.71	0.75	0.58	0.78	0.47
35	0.25	0.25	0.16	0.25	0.15	0.55	0.50	0.33	0.55	0.30
36	0.23	0.22	0.14	0.22	0.12	0.47	0.44	0.29	0.47	0.25
37	0.14	0.15	0.09	0.14	-	0.29	0.30	0.21	0.35	-
38	0.62	0.61	0.70	0.62	0.57	0.53	0.44	0.67	0.56	0.33
39	0.18	0.16	0.12	0.17	0.09	0.17	0.16	0.11	0.17	0.09
40	0.16	0.14	0.11	0.16	0.08	0.18	0.16	0.11	0.17	0.09
41	0.40	0.38	0.23	0.39	0.22	0.71	0.68	0.49	0.71	0.49
42	0.19	0.19	0.13	0.19	0.09	0.22	0.23	0.15	0.21	0.11
43	0.19	0.19	0.15	0.19	-	0.19	0.17	0.13	0.19	-
TOPLAM	16.82	15.87	11.70	16.30	10.21	17.46	16.40	11.95	16.96	10.49
ORTALAMA	0.39	0.37	0.29	0.38	0.26	0.41	0.38	0.29	0.39	0.26

$V_{\text{hedef}}/W_{\text{bina}}$ oranlarının ortalama değerleri; A (en iyi), B (sadece beton dayanımın düşük olduğu) ve D (sadece etriye sıklaştırması yapılmayan) malzeme sınıfları için yaklaşık olarak %35-40 mertebelerinde ve birbirine oldukça yakın olarak elde edilmiştir. Donatı dayanımının düşük olduğu C malzeme sınıfında ise bu değer yaklaşık olarak %25-30 mertebelerinde elde edilmiştir. Buradan, beton dayanımının düşük olması ve etriye sıklaştırmasının yapılmaması durumlarının $V_{\text{hedef}}/W_{\text{bina}}$ oranına olan etkisinin fazla yansımadağı, ancak donatı sınıfındaki dayanımın düşük olmasında bu oranın önemli mertebelerde azaldığı görölmektedir. Hedef yerdeğiştirme istem seviyesindeki binanın kesme kapasitesinin belirlenmesindeki en etkili parametre donatı sınıfı olarak karşımıza çıkmaktadır.

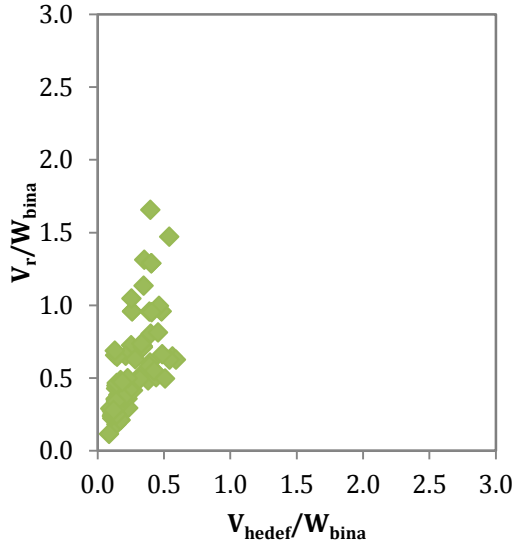
Okul binaları ve tesisleri için Çizelge 6.4'te binanın en alt katında bulunan düşey taşıyıcı elemanların kesme kapasitesine bağlı olarak hesaplanan V_r/W_{bina} oranının; HK ve CG hedef performans seviyeleri için sırasıyla Çizelge 6.13 ve Çizelge 6.14'te hedef yerdeğiştirme istem değerine karşılık gelen kesme kapasitesinden hesaplanan $V_{\text{hedef}}/W_{\text{bina}}$ oranı ile ilişkisi malzeme sınıfına bağlı olarak incelenmiştir. Bu ilişkiler A, B, C ve D malzeme sınıfları için Şekil 6.6'da HK performans seviyesi için, Şekil 6.7'de CG performans seviyesi için verilmiştir.



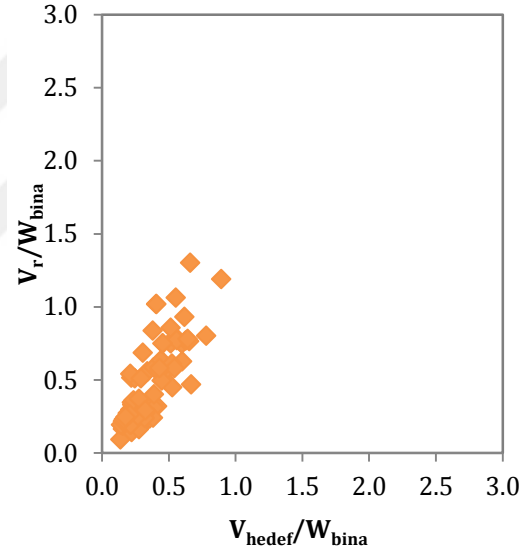
a-) A malzeme sınıfı



b-) B malzeme sınıfı

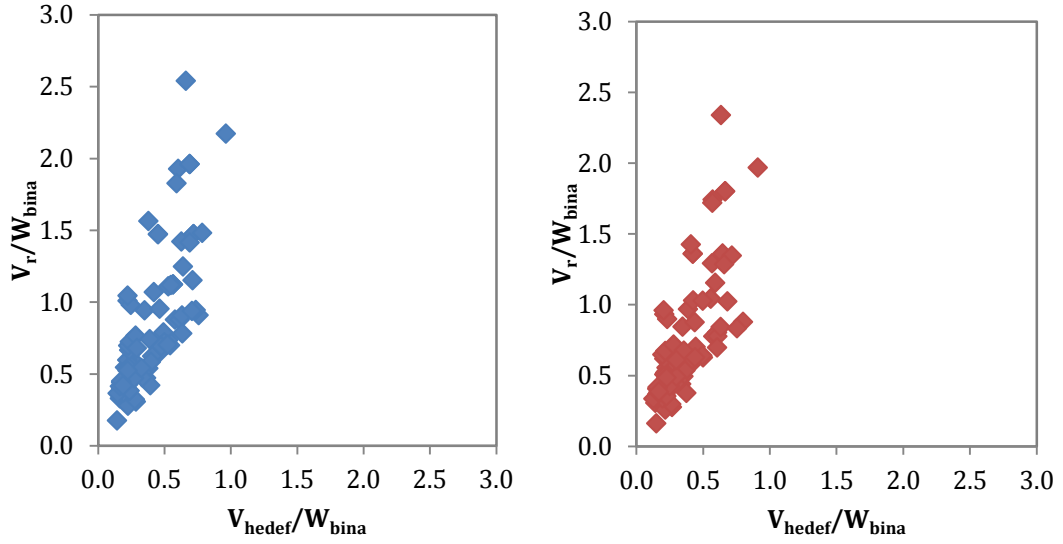


c-) C malzeme sınıfı



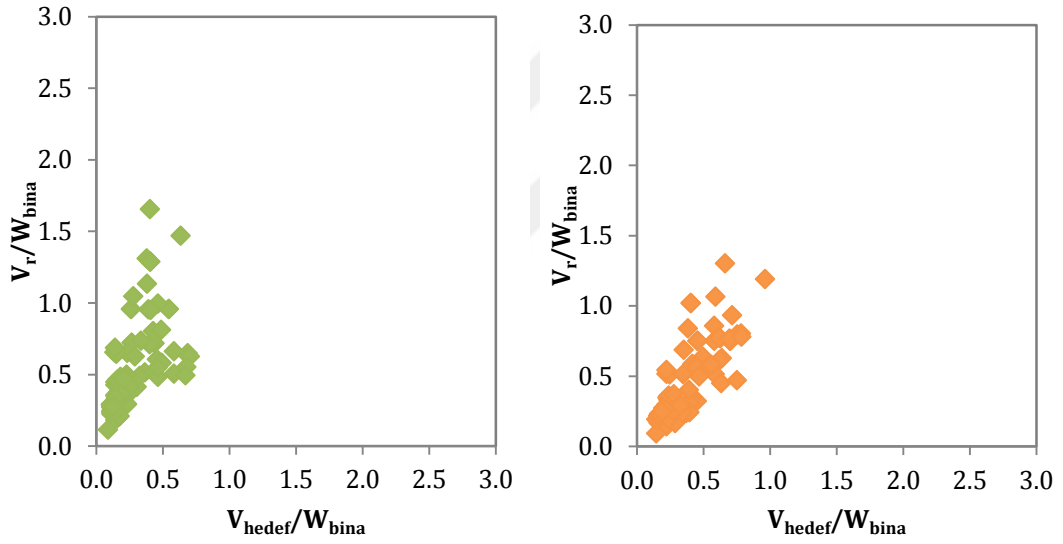
d-) D malzeme sınıfı

Şekil 6.6. HK performans seviyesi için V_r/W_{bina} – V_{hedef}/W_{bina} ilişkileri



a-) A malzeme sınıfı

b-) B malzeme sınıfı



c-) C malzeme sınıfı

d-) D malzeme sınıfı

Şekil 6.7. CG performans seviyesi için $V_r/W_{bina} - V_{hedef}/W_{bina}$ ilişkileri

Şekil 6.6 ve Şekil 6.7'den görüldüğü gibi; binalara ait elastik olarak elde edilen kesme kapasitesi (V_r) değerleri, doğrusal elastik olmayan çözümleme ile bulunan kesme kapasitesi (V_{hedef}) değerinden daha büyük olarak elde edilmiştir.

6.6. Kesme Kuvveti Yüzdelerinin Hasara Göre Dağılımları

Okul binalarının ve tesislerinin her iki doğrultusu için yapılan çözümler sonucunda en alt katında bulunan düşey taşıyıcı elemanlarının hasar

seviyelerine göre elde edilen toplam kesme kuvveti değerleri, o kattaki toplam kesme kuvvetine oranlanmıştır. Böylece düşey taşıyıcı elemanlarının hasarlarına bağlı olarak taşıdığı kesme kuvveti yüzdeleri elde edilmiştir. HK hedef performans düzeyi için elde edilen değerler binanın x yönü için izelge 6.15'te, y yönü için izelge 6.16'da, CG performans düzeyi için elde edilen değerler ise binanın x yönü için izelge 6.17'de, y yönü için ise izelge 6.18'de verilmiştir.



Çizelge 6.15. HK hedef performans düzeyi için düşey taşıyıcı elemanlarda oluşan kesme kuvveti hasar yüzdeleri (X yönü)

Bina no	MH					BH					İH					GB				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	0	0	3	0	77	52	100	50	37	13	20	0	10	13	0	29	0	37	51
3	0	0	0	0	0	84	8	100	23	0	16	24	0	0	4	0	69	0	77	97
4	0	0	-	0	-	2	0	-	0	-	12	0	-	0	-	87	100	-	100	-
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	16	4	4	95	100	86	97	97
6	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	31	100	0	4	49	69	0	100	96
8	0	0	0	0	0	0	0	53	0	0	85	94	47	39	4	15	6	0	61	96
9	0	0	0	0	0	0	0	65	0	17	54	54	36	55	16	46	46	0	45	67
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	17	32	0	4	26	83	68	100	96
12	0	0	0	0	0	100	100	100	100	23	0	0	0	0	77	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	100	100	100	100	12	0	0	0	0	13	0	0	0	0	77
14	0	0	0	0	0	100	87	100	97	8	0	13	0	3	79	0	0	0	0	14
15	0	0	0	0	0	100	87	100	97	0	0	13	0	3	7	0	0	0	0	93
16	0	0	0	0	0	56	23	100	43	18	44	27	0	4	6	0	51	0	53	77
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	100	100	94	100	100
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
20	0	0	0	0	0	100	100	60	100	70	0	0	0	0	20	0	0	41	0	13
21	22	2	17	20	6	78	76	84	31	56	0	29	0	31	32	0	0	0	24	14
22	0	0	0	0	0	17	5	34	2	3	30	1	37	3	1	60	93	38	96	96
23	0	0	0	0	0	17	5	34	2	2	30	1	37	3	1	60	93	38	96	97
24	0	0	0	0	0	94	5	100	4	4	6	74	0	65	2	0	22	0	31	94
25	0	0	-	0	0	80	13	-	10	4	15	26	-	1	10	5	62	-	89	86
26	0	0	0	0	0	100	100	100	100	9	0	0	0	0	11	0	0	0	0	80
27	0	0	0	0	0	36	0	100	0	9	64	10	0	9	0	0	90	0	91	92
28	19	19	0	23	0	67	60	75	68	73	15	21	25	10	27	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	100	100	100	80	80	0	0	0	40	64	0	0	0	0	0
30	100	100	100	100	35	0	0	0	0	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	14	0	15	0	0	0	0	8	3	0	87	100	79	97	100
32	0	0	0	0	0	10	2	19	4	0	30	6	26	0	2	61	93	56	97	98
33	34	8	31	35	5	66	92	69	65	73	0	0	0	0	3	0	0	0	0	20
34	100	90	100	100	18	0	10	0	0	79	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	52	0	0	0	0	49	0	5	100	100	0	100	95
36	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	49	0	0	100	100	28	100	100
37	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	28	0	31	15	-	72	100	69	85	-
38	100	100	100	100	98	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
39	0	0	3	0	0	33	5	44	0	0	3	0	36	0	0	65	96	18	100	100
40	0	0	0	0	0	13	6	33	5	0	28	0	8	0	0	61	94	60	95	100
41	0	0	0	0	0	100	27	100	41	21	0	73	0	12	4	0	0	0	47	75
42	0	0	0	0	0	22	0	38	9	0	16	0	6	7	0	62	100	57	85	100
43	10	0	7	9	-	91	52	93	45	-	0	19	0	15	-	0	29	0	33	-

Çizelge 6.16. HK hedef performans düzeyi için düşey taşıyıcı elemanlarda oluşan kesme kuvveti hasar yüzdeleri (Y yönü)

Bina no	MH					BH					İH					GB				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	100	95	100	100	77	0	6	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	100	87	100	100	57	0	14	0	0	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	82	0	95	14	0	23	34	7	3	0	0	72	0	85	100
4	0	0	-	0	-	0	0	-	0	-	25	4	-	3	-	81	96	-	97	-
5	0	0	0	0	0	12	0	49	2	2	41	2	24	0	0	55	98	35	98	98
6	100	93	100	100	16	0	7	0	0	75	0	0	0	0	9	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0	100	56	100	65	0	0	28	0	18	7	0	27	0	25	96
8	0	0	0	0	0	100	54	100	51	3	0	29	0	18	17	0	31	0	44	86
9	0	0	0	0	0	100	58	100	65	9	0	13	0	19	26	0	34	0	19	67
10	0	0	0	0	0	82	23	74	3	0	23	45	27	10	0	0	45	7	93	100
11	28	18	22	25	14	43	33	43	15	6	21	14	20	7	9	12	41	24	57	78
12	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	100	100	100	100	85	0	0	0	0	74	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	100	56	100	53	16	0	86	0	18	56	0	0	0	68	98
15	0	0	0	0	0	100	56	100	53	16	0	86	0	18	58	0	0	0	68	99
16	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	57	23	93	23	6	17	15	0	10	9	34	65	9	71	90
18	0	0	0	0	0	4	0	71	0	0	4	0	40	0	4	93	100	0	100	97
19	0	0	0	0	0	42	3	73	3	7	20	8	30	8	24	44	90	4	91	77
20	0	0	0	0	0	100	100	100	100	89	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	100	39	100	47	33	0	45	0	5	41	0	27	0	48	27
22	0	0	0	0	0	15	0	24	0	0	57	3	41	0	0	29	97	38	100	100
23	0	0	0	0	0	15	0	24	0	0	57	3	41	0	0	29	97	38	100	100
24	0	0	0	0	0	88	76	98	73	65	12	5	2	4	2	0	19	0	23	33
25	0	0	-	0	0	69	32	-	31	22	12	4	-	14	9	24	66	-	58	72
26	61	0	0	61	0	66	100	100	66	0	0	0	0	0	71	0	0	0	0	80
27	0	0	0	0	0	100	0	100	0	0	0	58	0	0	13	0	65	0	100	93
28	9	9	0	9	0	91	91	100	91	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	100	100	100	100	20	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0
30	6	6	0	10	0	95	95	100	92	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	69	0	85	0	0	34	19	21	0	33	0	82	0	100	70
32	0	0	0	0	0	100	14	100	0	0	0	31	0	13	28	0	62	0	88	73
33	68	57	67	68	45	33	43	34	33	44	0	0	0	0	7	0	0	0	0	4
34	100	100	100	100	93	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
35	0	0	0	0	0	100	85	100	100	52	0	15	0	0	21	0	0	0	0	28
36	39	22	34	45	9	62	56	66	40	20	0	15	0	10	16	0	8	0	5	55
37	38	0	43	34	-	62	98	57	67	-	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-
38	100	72	100	100	15	0	30	0	0	76	0	0	0	0	9	0	0	0	0	2
39	0	0	0	0	0	58	0	92	7	0	21	11	12	8	0	29	92	0	88	100
40	0	0	0	0	0	47	0	86	0	0	34	0	15	6	0	28	100	0	95	100
41	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	11	0	33	0	0	12	0	58	0	0	79	100	15	100	100
43	5	0	7	5	-	35	27	39	20	-	24	4	17	3	-	38	70	39	72	-

Çizelge 6.17. CG hedef performans düzeyi için düşey taşıyıcı elemanlarda oluşan kesme kuvveti hasar yüzdeleri (X yönü)

Bina no	MH					BH					İH					GB				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	3	57	18	75	27	12	12	11	12	3	3	31	71	14	70	82
3	0	0	0	0	0	21	4	29	3	0	18	0	53	0	0	62	97	20	97	100
4	0	0	-	0	-	0	0	-	0	-	0	0	-	0	-	100	100	-	100	-
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
6	100	100	100	100	84	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	100	100	95	100	100
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	16	100	100	31	100	84
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	50	100	100	12	0	50	0	0	90
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	50	100	100	12	0	50	0	0	90
14	0	0	0	0	0	8	0	85	0	0	80	0	15	3	0	12	100	0	97	100
15	0	0	0	0	0	8	0	85	0	0	80	0	15	3	0	12	100	0	97	100
16	0	2	5	0	0	11	20	28	0	7	35	12	13	14	8	53	66	54	86	86
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
20	0	0	0	0	0	100	49	91	54	16	0	35	10	24	18	0	18	0	24	71
21	0	0	0	0	0	52	22	94	23	33	40	15	13	11	4	12	63	0	67	63
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	3	20	0	1	88	97	80	100	99
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	3	20	0	0	88	97	80	100	100
24	0	0	0	0	0	0	0	52	0	0	81	3	36	0	4	19	98	12	100	96
25	0	0	-	0	0	7	2	-	2	0	15	0	-	2	2	79	98	-	96	98
26	0	0	0	0	0	45	8	0	9	0	55	45	100	0	0	0	47	0	91	100
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0	0	100	100	54	100	100
28	0	0	0	0	0	41	41	5	40	9	33	23	66	35	51	27	36	31	25	42
29	0	0	0	0	0	100	0	73	0	0	0	12	77	0	13	0	93	0	100	95
30	1	0	0	0	0	99	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	7	0	0	95	100	94	100	100
33	5	4	4	5	0	95	82	96	95	31	0	14	0	0	49	0	0	0	0	22
34	19	11	10	18	0	81	89	90	82	19	0	0	0	0	64	0	0	0	0	18
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	100	100	91	100	100
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
37	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	100	100	100	100	-
38	100	100	100	100	95	0	0	0	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
39	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	4	0	22	4	0	97	100	72	97	100
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	10	0	0	95	100	90	100	100
41	0	0	0	0	0	39	21	75	13	0	21	0	25	7	21	40	79	0	80	79
42	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	15	0	16	0	0	85	100	80	100	100
43	0	0	0	0	-	40	6	79	7	-	51	52	3	3	-	14	43	19	92	-

Çizelge 6.18. CG hedef performans düzeyi için düşey taşıyıcı elemanlarda oluşan kesme kuvveti hasar yüzdeleri (Y yönü)

Bina no	MH					BH					iH					GB				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	38	15	15	38	10	62	85	86	63	87	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
2	89	37	99	89	58	11	60	2	11	31	0	5	0	0	13	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	18	0	24	0	0	23	0	45	0	0	62	100	41	100	100
4	0	0	-	0	-	0	0	-	0	-	0	0	-	0	-	100	100	-	100	-
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	23	0	0	98	100	80	100	0
6	85	14	19	74	0	16	86	82	27	86	0	0	0	0	1	0	0	0	0	14
7	0	0	0	0	0	76	6	100	0	0	28	13	0	22	0	0	86	0	83	100
8	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	89	40	0	18	4	14	71	0	86	97
9	0	0	0	0	0	75	28	95	44	0	21	21	11	0	0	10	54	0	59	100
10	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	28	0	53	0	0	84	100	60	100	100
11	22	5	3	16	0	17	12	34	2	14	13	9	13	4	3	52	80	53	84	85
12	0	0	0	0	0	100	74	100	100	29	0	63	0	0	56	0	0	0	0	70
13	0	0	0	0	0	100	74	100	100	0	0	63	0	0	16	0	0	0	0	97
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68	56	100	53	16	68	86	0	86	99
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68	56	100	53	6	68	86	0	86	99
16	45	2	42	48	10	55	99	58	53	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	23	3	43	3	3	15	0	35	0	0	66	97	32	98	98
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	100	100	97	100	100
19	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	18	0	30	0	4	86	100	50	100	96
20	0	0	0	0	0	89	34	27	30	0	11	40	73	40	36	0	26	0	31	65
21	0	0	0	0	0	31	6	73	4	11	36	22	23	19	11	33	73	4	78	79
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	12	0	0	95	100	88	100	100
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	12	0	0	95	100	88	100	100
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82	74	86	38	5	18	26	14	67	95
25	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	50	27	-	17	7	53	75	-	84	94
26	0	0	0	0	0	100	0	75	0	0	0	64	63	0	0	0	66	0	100	100
27	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	56	0	93	0	0	65	100	0	100	100
28	0	0	0	0	0	100	100	100	54	89	0	0	0	46	11	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	9	100	9	9	0	91	0	91	92
30	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	18	0	22	0	0	83	100	61	100	100
32	0	0	0	0	0	13	0	26	0	0	21	0	45	0	0	68	100	29	100	100
33	56	45	58	56	45	44	54	42	44	44	0	1	0	0	4	0	0	0	0	9
34	65	56	100	62	53	35	45	0	37	45	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
35	0	0	0	0	0	100	4	100	24	3	0	25	0	34	24	0	71	0	43	73
36	20	6	0	19	0	54	32	93	23	9	22	25	8	7	0	5	38	0	51	91
37	0	0	0	2	-	100	78	100	76	-	0	11	0	12	-	0	14	0	11	-
38	30	15	88	25	0	70	85	13	76	87	0	0	0	0	2	0	0	0	0	12
39	0	0	0	0	0	20	0	45	0	0	42	0	36	0	0	44	100	28	100	100
40	0	0	0	0	0	15	0	25	0	0	21	0	36	0	0	69	100	45	100	100
41	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	100	100	82	100	100
43	20	0	0	0	-	7	25	25	23	-	6	0	12	3	-	68	76	65	74	-

Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, taşıyıcı sistem elemanlarındaki en düşük hasar, malzeme kalitesi en iyi olan A malzeme sınıfında; en fazla hasar ise birden fazla zayıflığın olduğu E malzeme sınıfında meydana gelmiştir. Hasar dağılımları açısından incelendiğinde, beton ve donatı dayanımlarının enine donatı sıklaştırılmasına göre daha etkin parametreler olduğu söylenebilir.

6.7. Performans Sonuçları

Mevcut okul binaları ve tesislerinin deprem güvenliği kontrolünde, depremin 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için HK ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem için ise CG hedef performans düzeyini sağlaması gerekir.

Yapılan analizler sonucunda okul binaları ve tesislerinin her iki doğrultusu için elde edilen performans sonuçları Çizelge 6.19'da, hedef performans düzeylerini sağlama durumları ise Çizelge 6.20'de verilmiştir.

Çizelge 6.19. Eğitim binalarının her iki doğrultusu için performans sonuçları

Bina no	X yönü										Y yönü									
	HK					CG					HK					CG				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	CG	HK	HK	CG	CG	CG	CG	CG	CG
2	CG	GD	CG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	HK	CG	HK	HK	CG	CG	CG	CG	CG	CG
3	CG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GÖ	GD	CG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
4	GD	GD	-	GD	-	GD	GD	-	GD	-	GD	GD	-	GD	-	GD	GD	-	GD	-
5	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
6	HK	HK	HK	HK	GD	HK	HK	HK	HK	GD	HK	CG	HK	HK	GD	CG	CG	CG	CG	GD
7	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	CG	GD	CG	GD	GD	GÖ	GD	CG	GD	GD
8	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	CG	GD	CG	GD	GD	GD	GD	CG	GD	GD
9	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	CG	GD	CG	GD	GD	GD	GD	CG	GD	GD
10	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
11	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
12	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	CG	CG	CG	CG	CG	CG	GÖ	CG	CG	GD
13	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	CG	CG	CG	CG	GÖ	CG	GÖ	CG	CG	GD
14	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
15	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
16	GÖ	GD	CG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	HK	HK	HK	HK	HK	CG	CG	CG	CG	CG
17	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
18	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
19	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
20	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
21	CG	CG	CG	GD	GD	GD	GD	CG	GD	GD	CG	GD	CG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
22	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
23	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
24	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
25	GD	GD	-	GD	GD	GD	GD	-	GD	GD	GD	GD	-	GD	GD	GD	GD	-	GD	GD
26	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	CG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
27	GD	GD	CG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	CG	GD	CG	GD	GD	GD	GD	GÖ	GD	GD
28	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
29	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
30	HK	HK	HK	HK	CG	CG	CG	CG	CG	CG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
31	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GÖ	GD	GÖ	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
32	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	CG	GD	CG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
33	CG	CG	CG	CG	GD	CG	CG	CG	CG	GD	CG	CG	CG	CG	GD	CG	CG	CG	CG	GD
34	CG	CG	CG	CG	CG	CG	CG	CG	CG	GD	HK	CG	HK	GD	CG	CG	CG	CG	GD	GD
35	GD	GD	GÖ	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	CG	GD	CG	CG	GD	CG	GD	CG	GD	GD
36	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	CG	GD	CG	GD	GD	GD	GD	CG	GD	GD
37	GD	GD	GD	GD	-	GD	GD	GD	GD	-	CG	CG	CG	CG	-	CG	GD	CG	GD	-
38	HK	HK	HK	HK	GD	HK	HK	HK	HK	GD	HK	CG	HK	HK	GD	CG	CG	CG	CG	GD
39	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	CG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
40	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	CG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
41	CG	GÖ	CG	GD	GD	GD	GD	GÖ	GD	GD	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK
42	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD
43	CG	GD	CG	GD	-	GD	GD	GD	GD	-	GD	GD	GD	GD	-	GD	GD	GD	GD	-

Çizelge 6.20. Eğitim binalarının performans sonuçları

Bina no	HK					CG					Bina güvenli mi?				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	HK	CG	HK	HK	CG	CG	CG	CG	CG	CG	√	x	√	√	x
2	CG	GD	CG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
3	GÖ	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
4	GD	GD	-	GD	-	GD	GD	-	GD	-	x	x	-	x	-
5	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
6	HK	CG	HK	HK	GD	CG	CG	CG	CG	GD	√	x	√	√	x
7	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
8	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
9	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
10	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
11	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
12	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
13	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
14	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
15	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
16	GÖ	GD	CG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
17	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
18	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
19	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
20	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
21	CG	GD	CG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
22	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
23	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
24	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
25	GD	GD	-	GD	GD	GD	GD	-	GD	GD	x	x	-	x	x
26	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
27	GD	GD	CG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
28	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
29	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
30	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
31	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
32	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
33	CG	CG	CG	CG	GD	CG	CG	CG	CG	GD	x	x	x	x	x
34	CG	CG	CG	GD	CG	CG	CG	CG	GD	GD	x	x	x	x	x
35	GD	GD	GÖ	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
36	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
37	GD	GD	GD	GD	-	GD	GD	GD	GD	-	x	x	x	x	-
38	HK	CG	HK	HK	GD	CG	CG	CG	CG	GD	√	x	√	√	x
39	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
40	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
41	CG	GÖ	CG	GD	GD	GD	GD	GÖ	GD	GD	x	x	x	x	x
42	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	GD	x	x	x	x	x
43	GD	GD	GD	GD	-	GD	GD	GD	GD	-	x	x	x	x	-

Yapılan çözümler sonucunda, mevcut okul binalarının büyük çoğunluğunun yerinde ölçülen malzeme dayanımları ile yapılan değerlendirmelerde deprem güvenliğinin bulunmadığı görülmüştür. Burada dikkat çeken husus, tek katlı atölye binalarında bile, beton dayanımının 20 MPa, donatı dayanımının 420 MPa olması ve taşıyıcı sistem elemanlarının mesnet bölgelerinde etriye sıklaştırılması yapılması durumundaki (A malzeme sınıfı) çözümlerde de hedeflenen performans seviyesinin sağlanmamasıdır. A malzeme sınıfı dikkate alınarak yapılan çözümlerde; 3 adet binada HK hedef performans seviyesi, 5 adet binada ise CG hedef performans seviyesi sağlanmıştır. Toplam 43 binadan sadece 3 tanesinde her iki hedef performans seviyeleri sağlanarak güvenli bulunmuştur. Bu binalar ise taşıyıcı sistem düzenlemesinde perde duvar bulunan binalardır. Dolayısıyla okul binaların tasarımında mutlaka perde duvar kullanılması gerekmektedir. Malzeme dayanımındaki düşüş her ne kadar eleman hasarlarını artırsa da bu durum neredeyse tamamının güvensiz olarak elde edilmesinden dolayı bina performansına yansımamıştır.

7. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Yapılan tez çalışması kapsamında, Isparta ilinde bulunan çerçeve ve perdeli çerçeve taşıyıcı sisteme sahip 43 adet betonarme okul binası ve tesislerinin, DBYBHY (2007)'nin yedinci bölümünde yer alan doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinden “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılarak performans değerlendirmesi yapılmıştır. Bu kapsamda öncelikle mevcut okul binaları ve tesislerinin projeleri ve malzeme özellikleri temin edilerek binalar modellenmiştir. Değerlendirmeler, binaların her iki doğrultusu (x ve y), beş farklı malzeme sınıfı ve DBYBHY (2007)'de tanımlanan 50 yılda aşılma olasılığı %2 ve %10 olan depremler için ayrı ayrı yapılmıştır. Çözümlemelerde BESAM, SAP 2000 ve DELOP programları koordineli olarak kullanılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda okul binaları ve tesislerinin deprem güvenliğine etki eden beton dayanımı, donatı dayanımı, taşıyıcı sistem elemanlarının mesnet bölgelerinde etriye sıklaştırmasının yapılıp yapılmaması durumu gibi parametrelerin deprem güvenliğinin belirlenmesi üzerindeki etkinliği incelenmiştir. Yapılan değerlendirmelerden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Beton dayanımı, çatlama kesit periyodu üzerinde oldukça etkili iken, çatlama kesit periyodu üzerindeki etkisi sınırlı seviyelerde kalmaktadır. Bunun nedeni, DBYBHY (2007)'de taşıyıcı sistem elemanlarına ait çatlama kesit periyod hesabında, çatlama kesite ait etkin eğilme rijitliklerinin kullanılması ile açıklanmaktadır.
2. Yapılan analizler sonucunda çatlama ve çatlama kesite ait çözümlemelerden bulunan doğal periyod değeri arasında bir ilişki elde edilmiştir. Binanın çatlama kesite ait periyod değeri 1.35 katsayısı ile çarpılarak çatlama kesite ait periyod değeri yaklaşık olarak elde edilebilmektedir.
3. Kapasite eğrileri incelendiğinde taban kesme kuvvetinin bina ağırlığına oranının (V/W_{bina}) en büyük değerinin, malzeme kalitesi en iyi olan A sınıfında, en küçük değerinin ise (E sınıfı hariç) donatı dayanımının zayıf olduğu C malzeme sınıfında ortaya çıktığı görülmüştür. Dolayısıyla

binanın kesme kuvveti taşıma kapasitesi açısından en etkin parametrenin donatı sınıfı parametresi olduğu söylenebilir. Beton ve donatı dayanım değerleri aynı olan A ve D malzeme sınıflarının eğrileri yaklaşık olarak üst üste elde edilmiştir. Bu sonuç, etriye aralığının yük taşıma kapasitesinde etkin bir parametre olmadığını göstermektedir. Beton sınıfının etkisi ise düşük seviyelerde kalmaktadır.

4. V_r/W_{bina} oranının 1.00 değerinden büyük olduğu çözümlenmeler tek katlı atölye binalarına karşılık gelmektedir. Bu binaların toplam kat ağırlıkları diğer binalara oranla oldukça küçük seviyelerde kaldığı için binaya ait V_r/W_{bina} değerlerinin 1.00'den büyük olarak elde edilmesine neden olmuştur.
5. Bina için farklı malzeme sınıflarında hesaplanan elastik kesme kapasitesi (V_r) değerlerinin en iyi malzeme olan A sınıfı değerine oranı hesaplanmıştır. Bu oran, beton dayanımının azalması ile en fazla %12, donatı dayanımının azalması ile en fazla %38, etriye aralığının büyümesi ile çerçevesel binalarda en fazla %53, perdeli binalarda en fazla %42 değişmektedir. Dolayısıyla; elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde elastik kesme kapasitesi (V_r) üzerinde etkisi en az olan parametre beton dayanımı iken, en fazla olan parametre etriye aralığıdır. Aynı zamanda etriye aralığı parametresinin çerçevesel binalarda, perdeli-çerçevesel binalara göre daha etkin olduğu görülmüştür.
6. Hedef yerdeğiştirme istem değerlerinin incelenmesi sonucunda, en iyi malzemeye sahip modelden (A malzeme sınıfında) elde edilen değerlere göre en fazla değişimin, birden fazla malzeme zayıflığının bir arada bulunduğu modelde (E malzeme sınıfında) ortaya çıktığı görülmüştür. Tüm model binalara ait ortalama değerler incelendiğinde; A malzeme sınıfında elde edilen sonuçlara göre, tek zayıflığın bulunduğu malzeme sınıfından (B, C, D) elde edilen sonuçlarda HK performans seviyesi için en fazla %11, CG performans seviyesi için ise en fazla %7 değişim görüldüğü dikkati çekmektedir. Malzeme sınıfının değişiminin Δ_{hedef} değerlerinin oranına etkisi, HK hedef performans seviyesinde, CG hedef performans seviyesinden daha belirgin olarak karşımıza çıkmaktadır.

7. Malzeme sınıfı değişiminin; hedef yerdeğiştirme ile çatlamış kesit periyodu arasındaki ilişkiyi fazla etkilemediği görülmüştür.
8. CG hedef performans seviyesi için bulunun hedef yerdeğiştirme istem değerlerinin HK performans seviyesi için belirlenen değerin ortalama olarak 1.61 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Bu oran elastik spektrumdaki artış oranına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.
9. CG ve HK hedef performans seviyeleri için belirlenen hedef yerdeğiştirme istemleri arasındaki en büyük fark genel olarak malzeme sınıfının en iyi olduğu A malzeme sınıfında, en küçük fark ise malzeme kalitesinin en kötü olduğu E malzeme sınıfında ortaya çıkmıştır. Elde edilen sonuçlardan da malzeme dayanımlarındaki zayıflıkların hedef yerdeğiştirme istem değeri üzerindeki etkinliğinin fazla olmadığı görülmektedir.
10. $V_{\text{hedef}}/W_{\text{bina}}$ oranlarının ortalama değerleri; A (en iyi), B (sadece beton dayanımın düşük olduğu) ve D (sadece etriye sıklaştırması yapılmayan) malzeme sınıfları için yaklaşık olarak %35-40 mertebelerinde ve birbirine oldukça yakın olarak elde edilmiştir. Donatı dayanımının düşük olduğu C malzeme sınıfında ise bu değer yaklaşık %25-30 mertebesinde elde edilmiştir. Buradan, beton dayanımının düşük olması ve etriye sıklaştırmasının yapılmaması durumlarının $V_{\text{hedef}}/W_{\text{bina}}$ oranına olan etkisinin fazla yansımadığı, ancak donatı dayanımının düşük olmasında bu oranın önemli mertebelerde azaldığı görülmektedir. Hedef yerdeğiştirme istem seviyesindeki binanın kesme kapasitesinin belirlenmesindeki en etkili parametre donatı sınıfı olarak karşımıza çıkmaktadır.
11. Binalara ait elastik olarak elde edilen kesme kapasitesi (V_r) değerlerinin, doğrusal elastik olmayan çözümleme ile bulunan kesme kapasitesi (V_{hedef}) değerinden daha büyük olarak elde edildiği görülmüştür.
12. Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, taşıyıcı sistem elemanlarındaki en düşük hasar, malzeme kalitesi en iyi olan A malzeme sınıfında; en fazla hasar ise birden fazla zayıflığın olduğu E malzeme sınıfında meydana gelmiştir. Hasar dağılımları açısından incelendiğinde,

beton ve donatı dayanımlarının enine donatı sıklaştırmasına göre daha etkin parametreler olduğu söylenebilir.

13. Mevcut okul binalarının yerinde ölçülen malzeme dayanımları (E sınıfı) ile yapılan değerlendirmelerde büyük çoğunluğunun deprem güvenliğinin bulunmadığı görülmüştür. Burada dikkat çeken husus, tek katlı atölye binalarında bile, beton dayanımının 20 MPa, donatı dayanımının 420 MPa olması ve taşıyıcı sistem elemanlarının mesnet bölgelerinde etriye sıklaştırılmasının bulunması durumundaki (A malzeme sınıfı) çözümlenmelerde de hedeflenen performans seviyesinin sağlanmamasıdır.
14. Performans değerlendirmesinde; A malzeme sınıfı dikkate alınarak yapılan çözümlenmelerde; 3 adet binada HK hedef performans seviyesi, 5 adet binada ise CG hedef performans seviyesi sağlanmıştır. Toplam 43 binadan sadece 3 tanesinde her iki hedef performans seviyeleri sağlanarak güvenli bulunmuştur. Bu binalar ise taşıyıcı sistem düzenlemesinde perde duvar bulunan binalardır.
15. Mevcut okul binaları ve tesislerinde perde duvar olmaması durumunda DBYBHY (2007)'de öngörülen HK ve CG performans düzeylerini sağlamanın oldukça zor olduğu söylenebilir. Çalışma kapsamında incelenen okul binaları ve tesislerinin birçoğunda perde duvarların kullanılmadığı gözlenmiştir. Ayrıca perde duvar bulunanlarında, binanın tek yönde yerleştirilerek düzenlendiği görülmüştür. Yapılan çözümlenmeler sonucunda, her iki yönde perde duvar bulunmasının bina performansının sağlanmasında oldukça etkili olduğu görülmüştür.
16. DBYBHY (2007)'de 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.) ile insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binaların (okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.) farklı deprem düzeylerinde öngörülen minimum hedef performans düzeyleri aynı verilmiştir. Dolayısıyla çalışma kapsamında okul binaları ve tesisleri için elde edilen

sonuçların bu kapsamdaki diğer binalar için de geçerli olduğu söylenebilir.

17. İleride yapılan çalışmalarda; bina türüne, planda ve düşeyde düzensizliklere, farklı deprem bölgesi ve yerel zemin sınıfına, dolgu duvar etkisine göre sonuçlar geliştirilebilir.



KAYNAKLAR

- Aktan, S., Kırac, N., 2010. Betonarme Binalarda Perdelerin Davranışa Etkileri. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23(1), 15-32.
- Alıcıoğlu, M., 2013. Betonarme Yapılarda Perde Duvar Kullanımının Önemi. Manisa Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü, Yapı Denetim Şube Müdürlüğü.
- Arısoy, B., Arel, H., 2010. Yapısal Özellikleri Farklı BA Binaların Performansa Dayalı Analizi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25(3), 431-439.
- BESAM, 2013. Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, 111M119.
- Bilgin, H., İnel, M., Özmen, H., 2006. Kamu Yapılarının Deprem Kapasitelerinin Değerlendirilmesi. Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, 7-8 Aralık, Denizli, 237-246.
- Celep, Z., 2004. Bingöl Yatılı Bölge İlköğretim Okulunun Deprem Güvenliği. Beton 2004 Hazır Beton Kongresi, 10-12 Haziran, İstanbul.
- Celep, Z., 2007. Betonarme Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış: Plastik Mafsallı Kabulü ve Çözümleme. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim, İstanbul.
- Celep, Z., 2014. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme. Beta Dağıtım, İstanbul.
- Çağlar, N., Öztürk, H., Demir, A., Akkaya, A., 2014. TDY2007'ye Göre Tasarlanmış Betonarme Bir Yapının Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Yöntemleri İle İncelenmesi. 2nd International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, 18-20 Haziran, Karabük, 2086-2094.
- Çavdar, Ö., Bayraktar, E., Çavdar, A., 2015. Mevcut Perdeli Betonarme Bir Yapının Doğrusal Olmayan Yöntemle Deprem Performansının Belirlenmesi. International Burdur Earthquake and Environment Symposium, 7-9 Mayıs, Burdur, 233-241.
- DELOP, 2013. Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Programı. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, 111M119.
- Demir, F., Erkan, K., Dilmaç, H., Tekeli, H., 2013. Mevcut Betonarme Binaların Doğrusal Elastik ve Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri İle İncelenmesi Üzerine Bir Değerlendirme. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül, Hatay.

- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Dinçer, F., Mert, N., 2014. Betonarme Okul Binasının TDY 2007'ye Göre Nonlinear Statik Analizi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 18(1), 1-9.
- Döndüren, M., Karaduman, A., 2007. Çok Katlı Binaların Deprem Analizi. Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi, 6(1), 31-41.
- Fahjan, Y., Başak, K., Kubin, J., Tan, M., 2011. Perdeli Betonarme Yapılar İçin Doğrusal Olmayan Analiz Metotları. Yedinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 30 Mayıs-3 Haziran, İstanbul.
- Gülkan, P., Utkuğ, D., 2003. Okul Binalarının Deprem Güvenliği İçin Minimum Dizayn Kriterleri. Türkiye Mühendislik Haberleri, 425, 13-22.
- İnel, M., Bilgin, H., Özmen, H., 2006. Mevcut Kamu Yapılarının Performans Değerlendirmesi. Türkiye Mühendislik Haberleri, 444-445, 64-71.
- İnel, M., Bilgin, H., Özmen, H., 2007. Okul Binalarının Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim, İstanbul, 257-267.
- Kaplan, H., Tama, Y., Ün, H., Yılmaz, S., 2007. Kamu Yapılarında Gözlenen Yapısal Kusurlar. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(2), 203-212.
- Karageyik, C., Sucuoğlu, H., 2011. Betonarme Binaların Perdelerle Güçlendirilmesinde Şekildeğiştirme Esaslı Yöntemlerin Uygulanması. 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim, Ankara.
- Kasap, H., Mert, N., Sevim, E., Şeber, B., 2015. Perdeli-Çerçevesiz Taşıyıcı Sistemli Binalarda Taşıyıcı Sistem Seçiminin Yapı Davranışı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. Academic Platform-Journal of Engineering and Science, 3(1), 48-55.
- Keskin, İ., Celep, Z., 2013. Deprem Yönetmeliği'nde Öngörülen Taşıyıcı Sistem Güvenlik Düzeyi Konusunda Karşılaştırmalı Sayısal İnceleme. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül, Hatay.
- Kontaş, A., Fahjan, Y., 2013. Türkiye'deki Orta Katlı Binaların Bina Performansına Etki Eden Parametreler. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül, Hatay.

- Özdemir, M., Işık, E., Ülker, M., 2016. Farklı Kat Adetlerine Sahip Betonarme Binaların Performans Değerlendirilmesi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5(2), 183-190.
- Öztürk, T., 2005. Betonarme Binalarda Deprem Perdelerinin Yerleşimi ve Tasarımı. İMO İstanbul Şubesi, İstanbul.
- SAP 2000, 2011. Structural Analysis Program, v14.0.0. Computers and Structures Inc., CA, Berkeley, USA.
- SEMAP, 2008. Sargı Etkisi Modelleme Analiz Programı. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, 105M024.
- Sucuoğlu, H. 2015. Performans Esaslı Deprem Mühendisliği. 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 14-16 Ekim, İzmir.
- Şahin, H., Alyamaç, K., Erdoğan, A., 2013. Perdeli Çerçeve Yapılarda Zemin Sınıfı ve Kat Adedi Dikkate Alınarak Gerekli Perde Oranının Tespiti. SDÜ Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 5(1), 74-86.
- Şenel, Ş., Palancı, M., Kalkan, A., Yılmaz, Y., 2013. 2007 Yönetmeliğinde Tarif Edilen Hasar Sınırlarının Bina Performans Düzeyleri İle İlişkisi. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül, Hatay.
- Şenel, Ş., Palancı, M., Kalkan, A., Yılmaz, Y., 2013. Modelleme Tekniklerinin Mevcut Binaların Deprem Performansı Üzerine Etkilerinin Araştırılması. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül, Hatay.
- Şengöz, A., Sucuoğlu, H., 2009. 2007 Deprem Yönetmeliğinde Yer Alan "Mevcut Binaların Değerlendirilmesi" Yöntemlerinin Artıları ve Eksileri. Teknik Dergi, 20(96), 4609-4633.
- Tekel, H., 2006. Betonarme Yapılarda %1 Oranında Perde Kullanımının Değerlendirilmesi. Türkiye Mühendislik Haberleri, 444-445, 57-63.
- Tekeli, H., Dilmaç, H., Erkan, K. T., Demir, F., Güler, K., 2012. Sargı Donatısının Binaların Deprem Performansına Etkisi. İnşaat Mühendisliğinde 100.Yıl Teknik Kongresi, 22-24 Kasım, İstanbul.
- Tekeli, H., Dilmaç, H., Türkmen, M., Demir, F., 2012. Güçlendirilmiş Betonarme Binaların Deprem Güvenliği. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3(2), 16-20.

Türker, K., 2012. Türkiye Deprem Yönetmeliğindeki Statik Esaslı Performans Belirleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(2), 23-36.

TS 498, 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri. TSE, Ankara.

Uygun, G., Celep, Z., 2007. Betonarme Bir Binanın Deprem Güvenliğinin Deprem Yönetmeliği (2007)deki Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Karşılaştırmalı İncelenmesi. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim, İstanbul, 269-279.

Yakut, A., 2004. Preliminary Seismic Performance Assessment Procedure for Existing RC Buildings. Engineering Structures, 26(10), 1447-1461.



EKLER

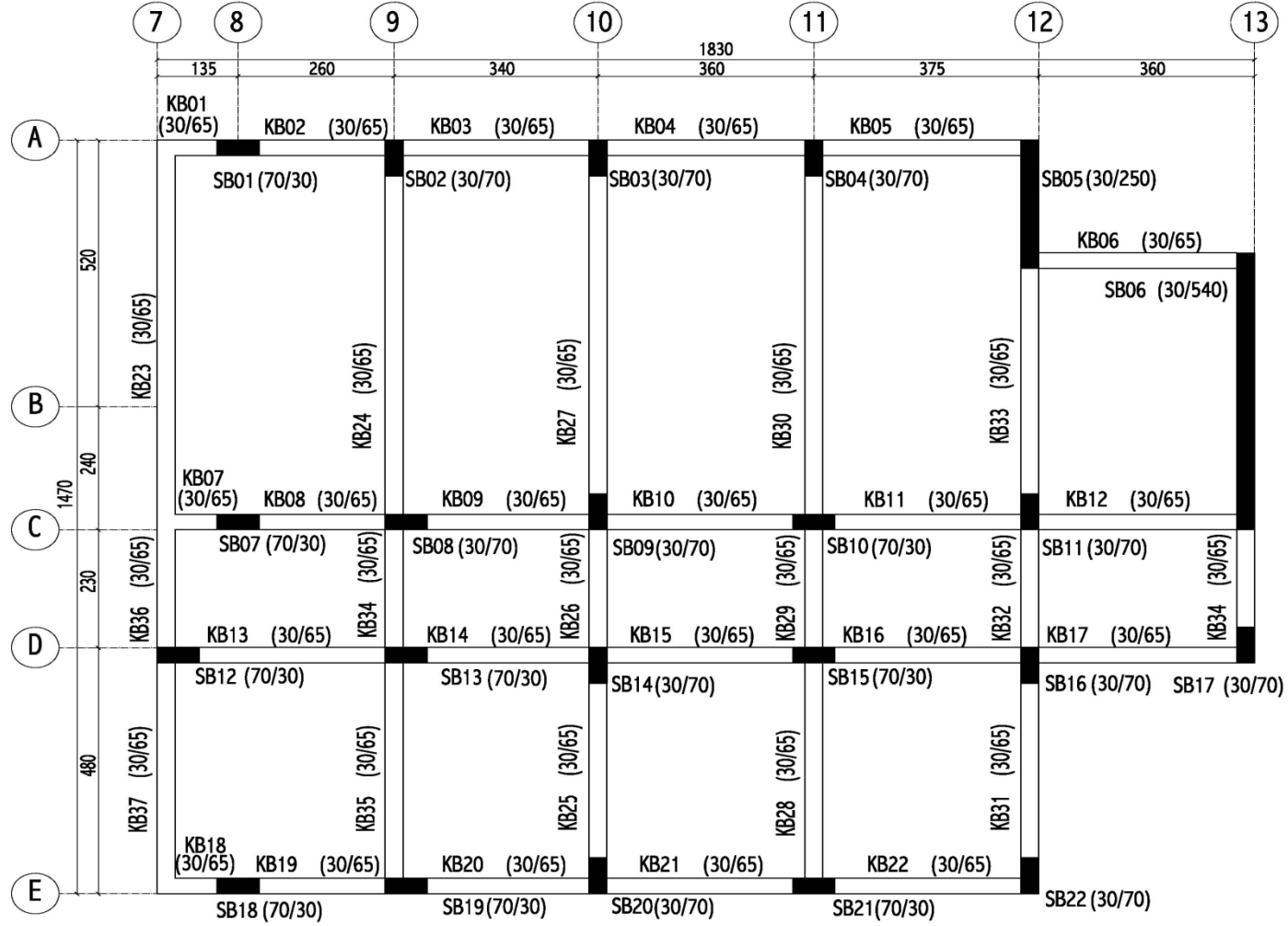
Ek A. Okul Binaları ve Tesislerinin Kalıp Planları



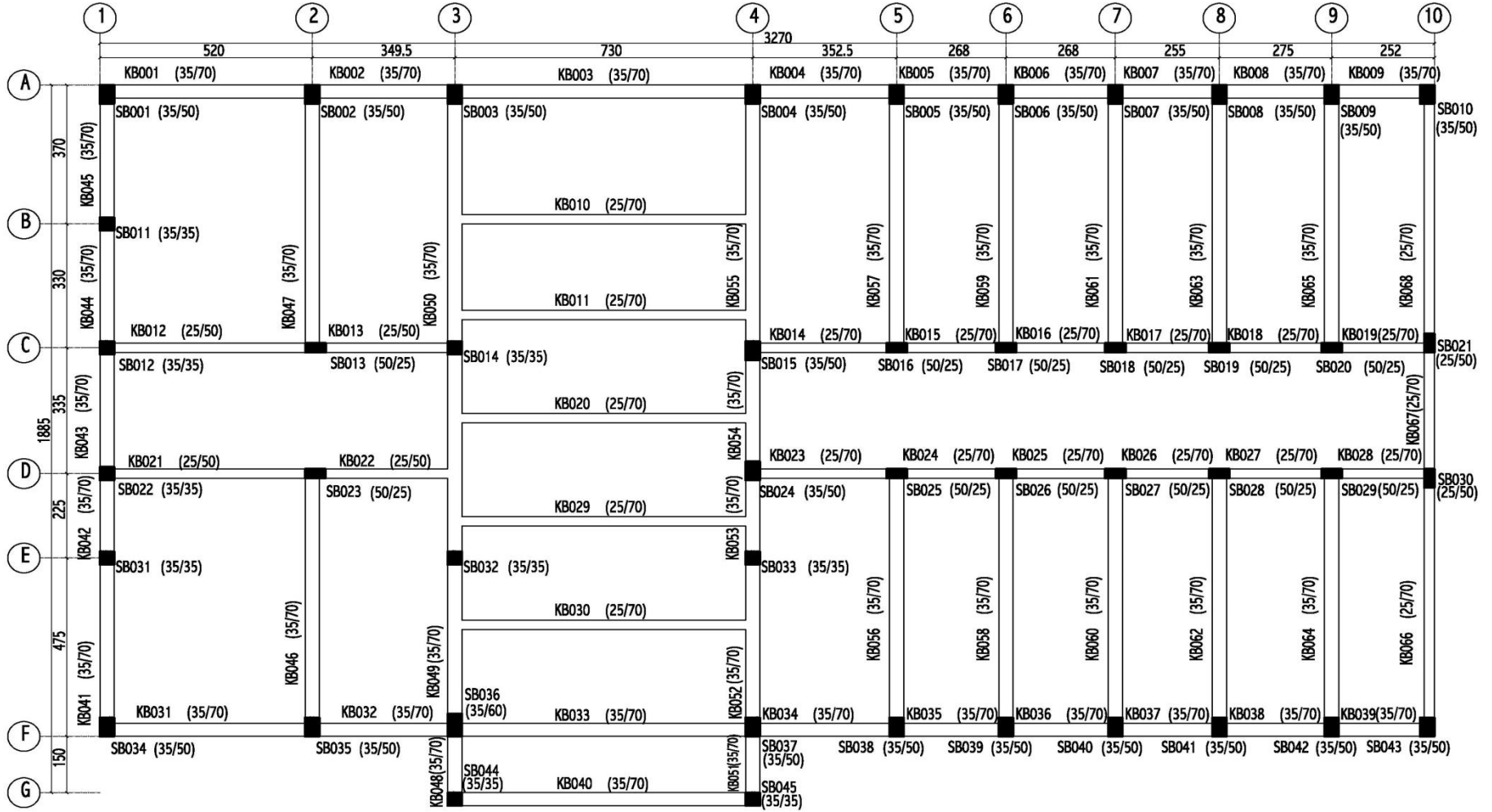
EK A. Okul Binaları ve Tesislerinin Kalıp Planları



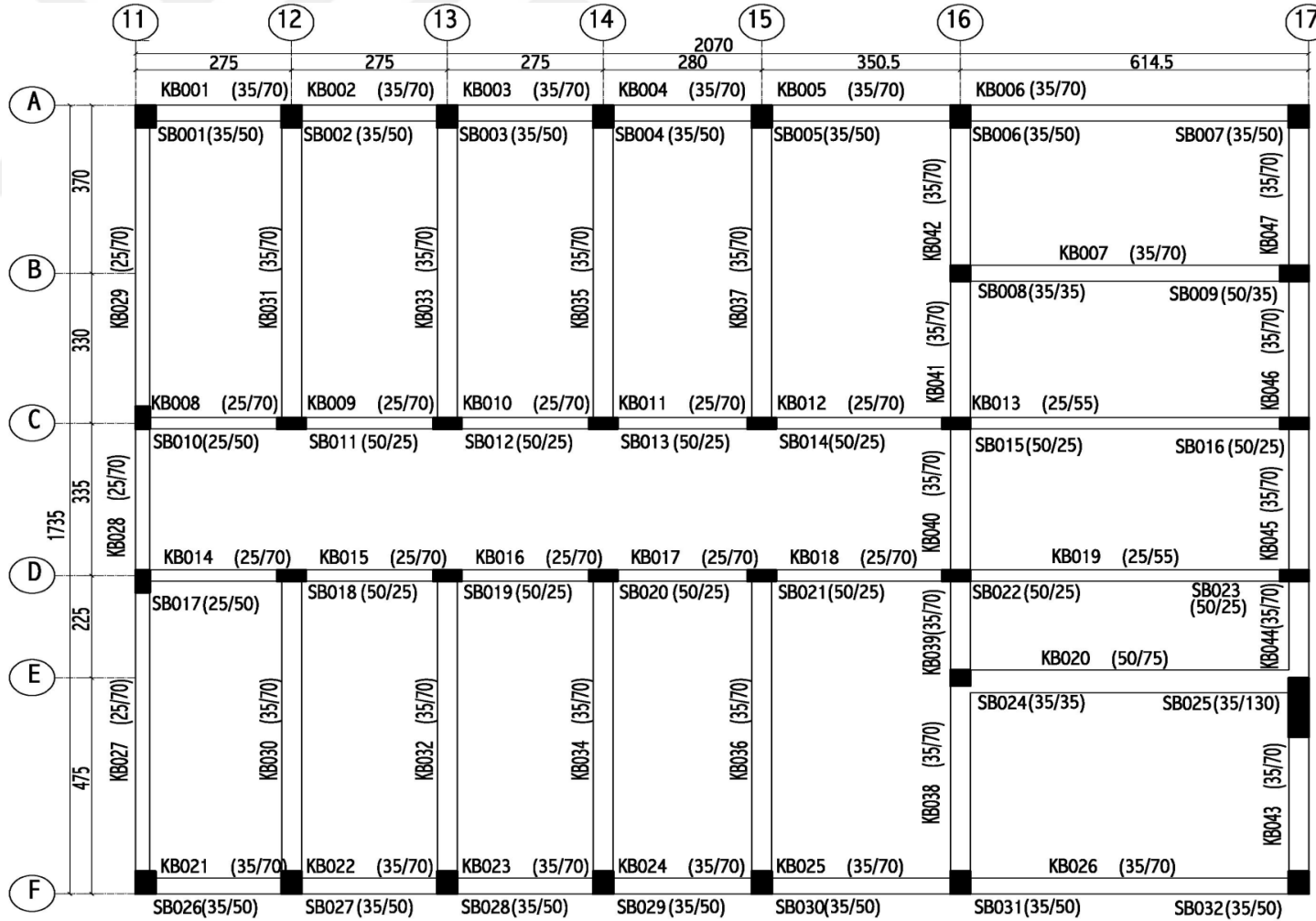
Şekil A.1. Zübeyde Hanım İlköğretim Okulu-A Blok kalıp planı



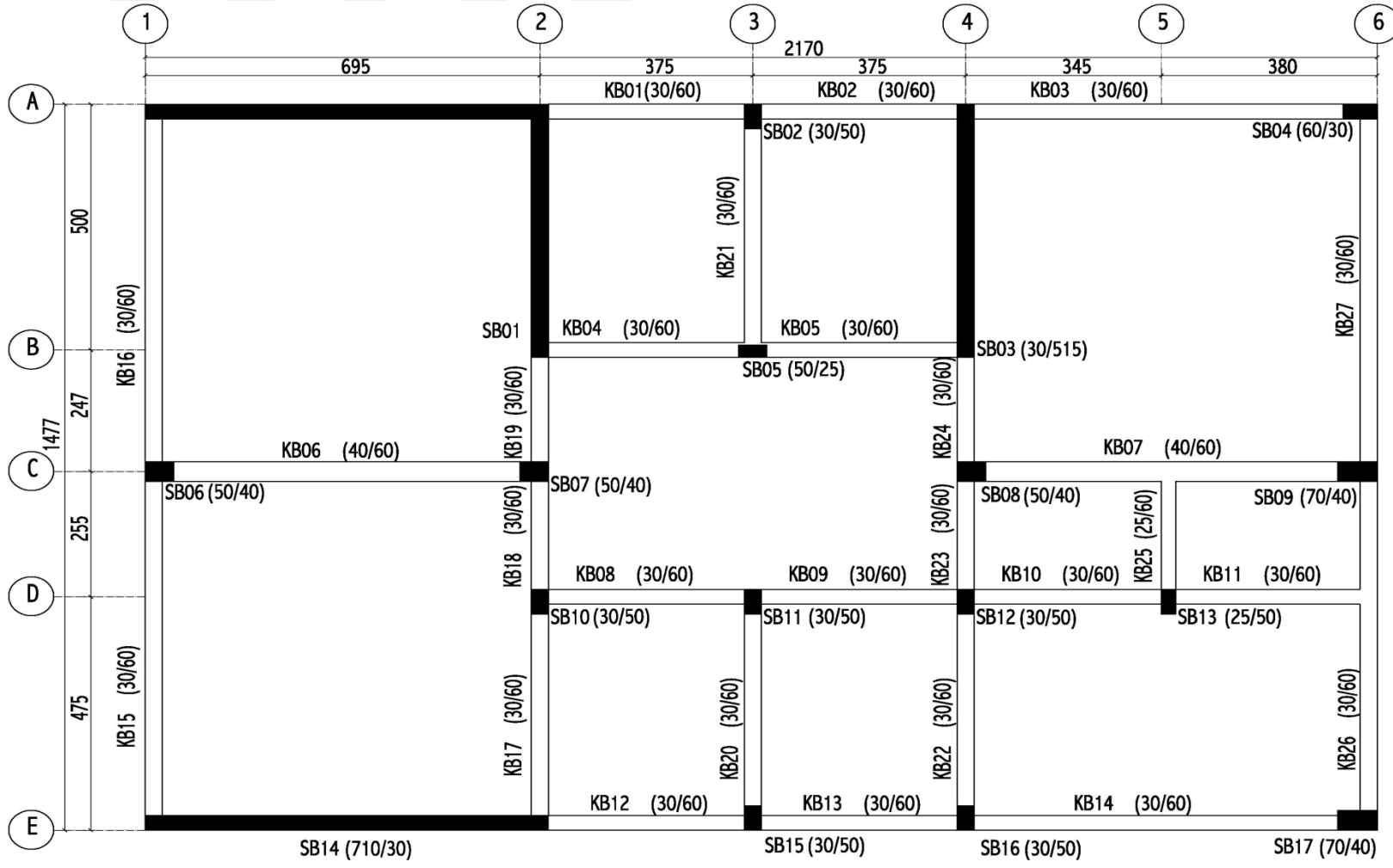
Şekil A.2. Zübeyde Hanım İlköğretim Okulu - B Blok kalıp planı



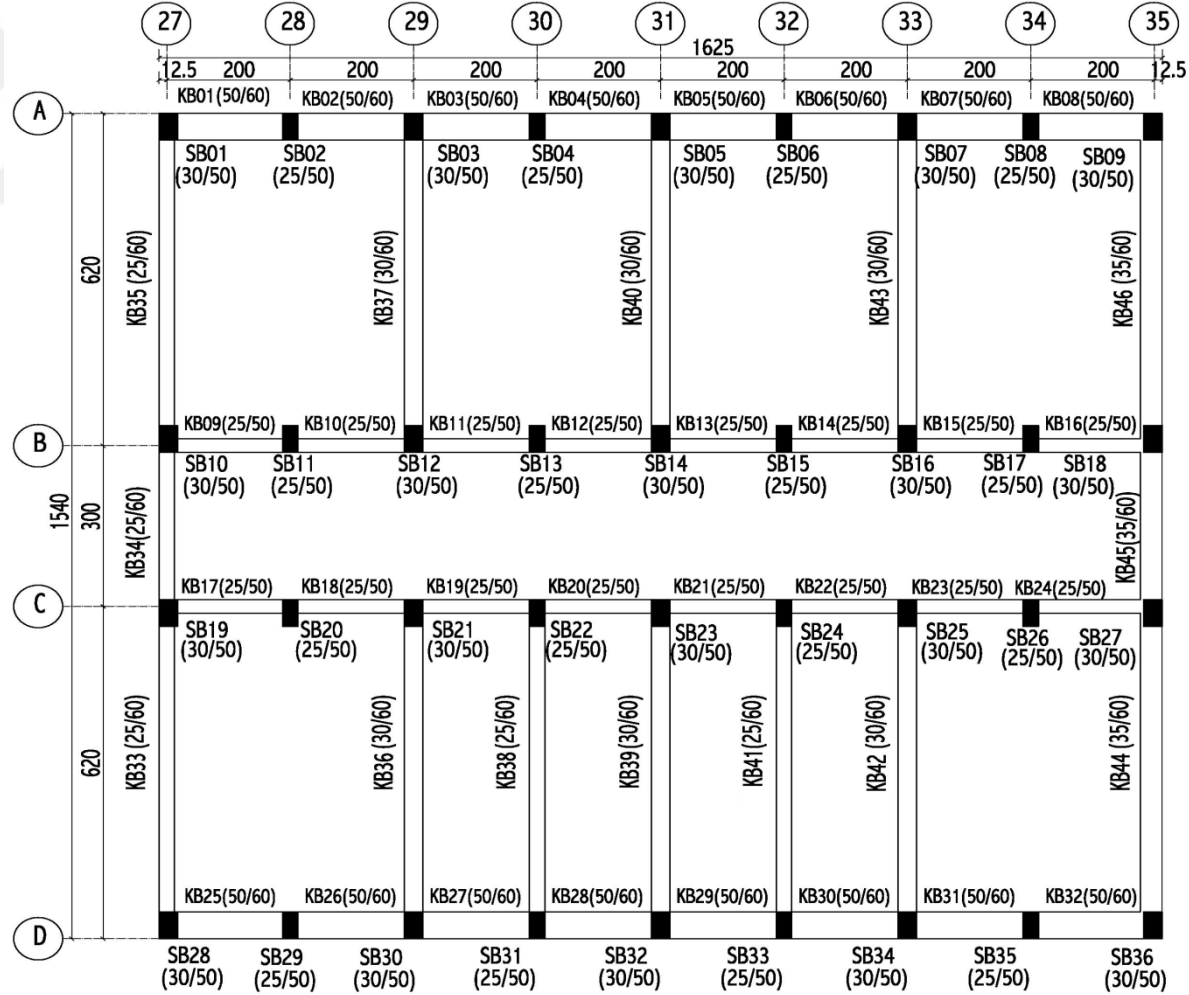
Şekil A.3. Ülkü Ortaokulu-A Blok kalıp planı



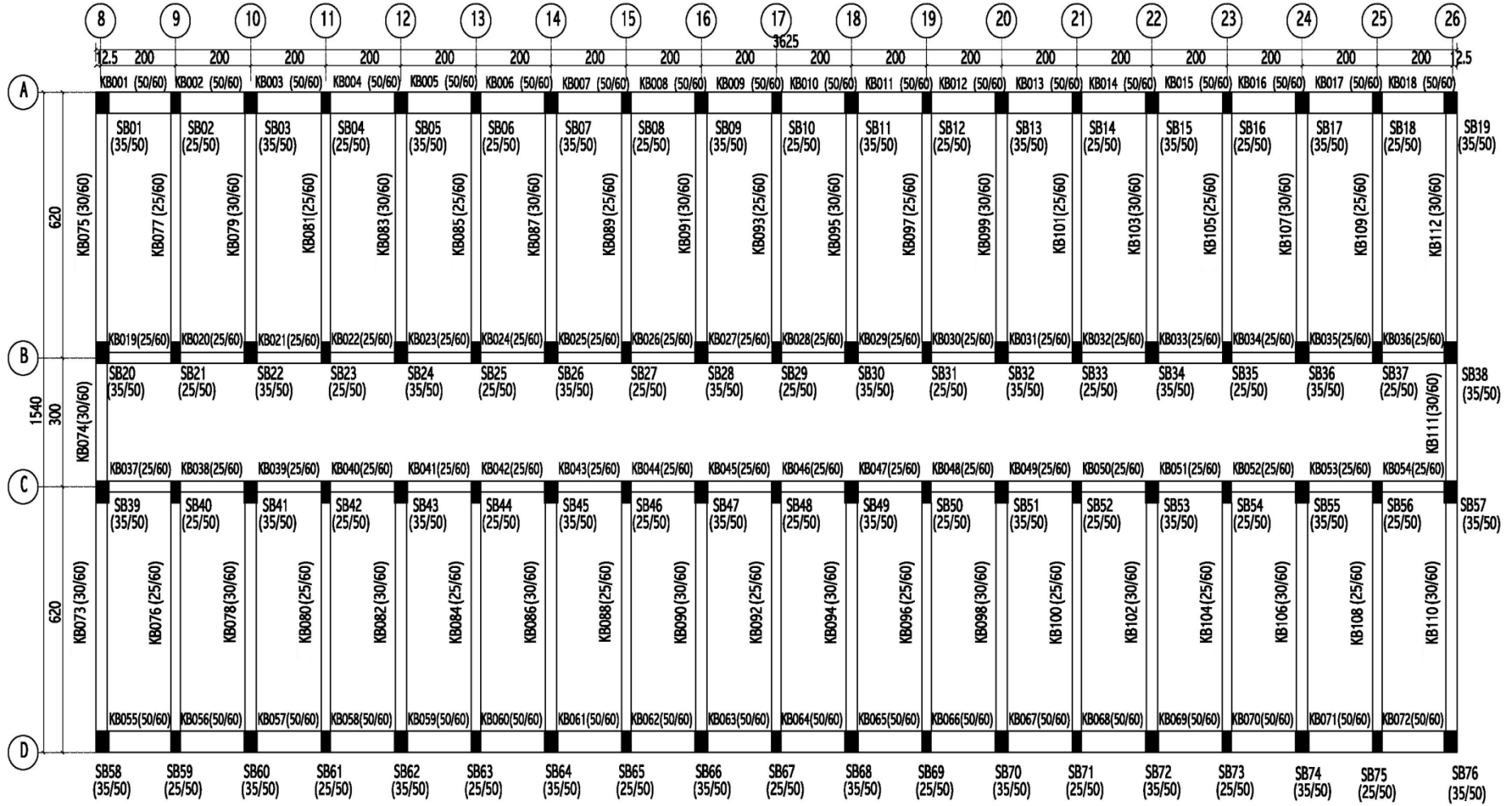
Şekil A.4. İlk Ortaokulu-B Blok kalıp planı



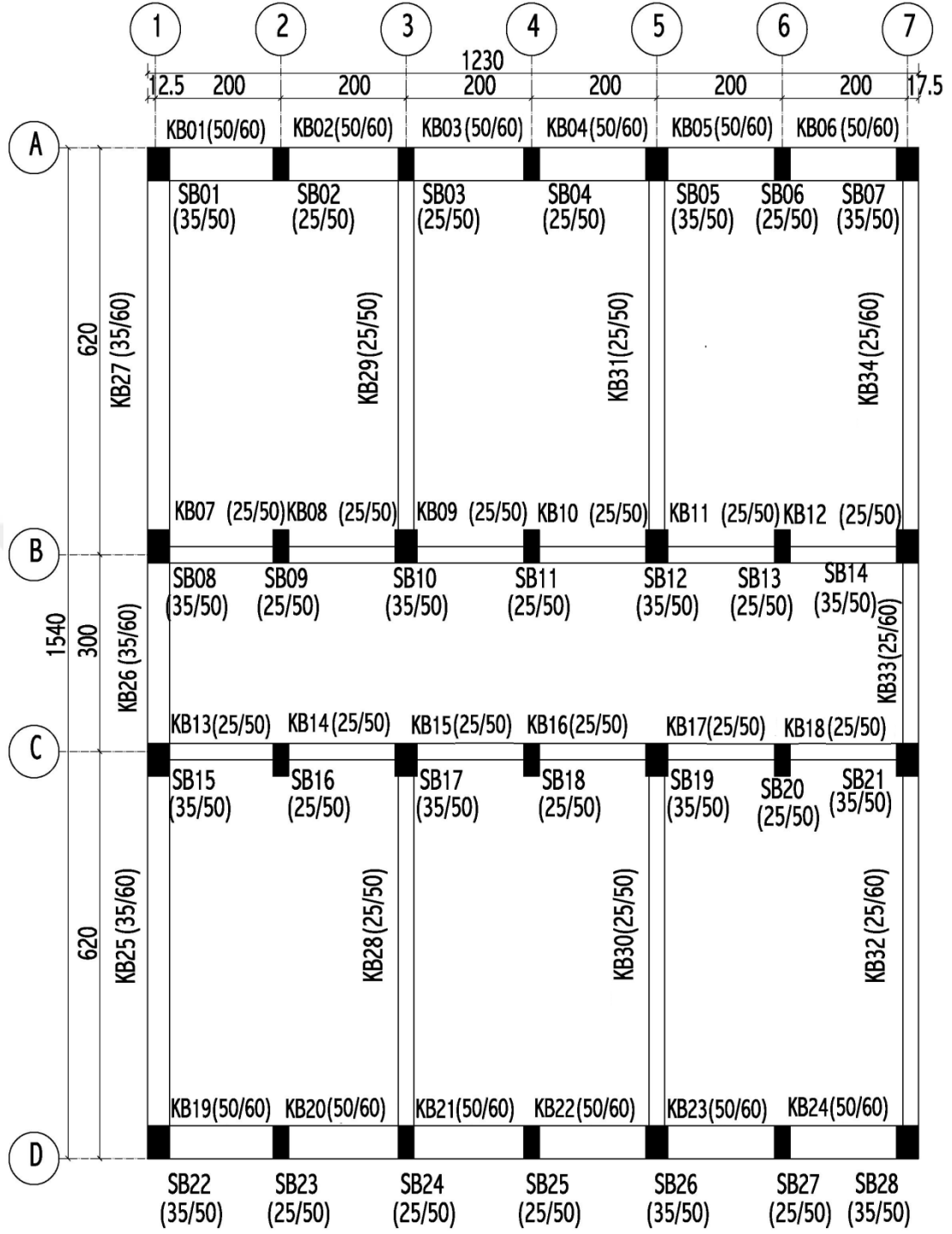
Şekil A.5. Senirkent İmam Hatip Lisesi kalıp planı



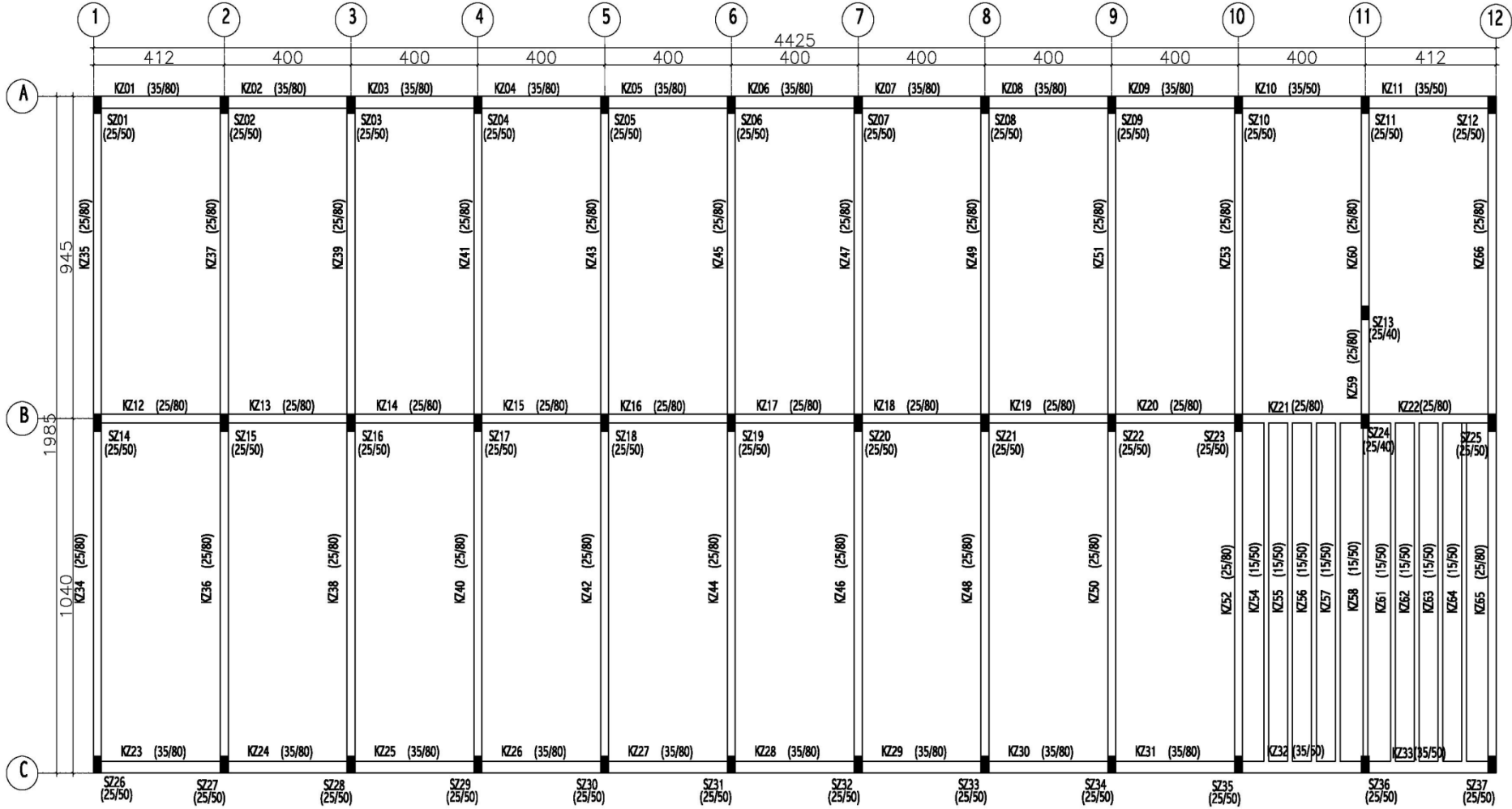
Şekil A.6. Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-A Blok kalıp planı



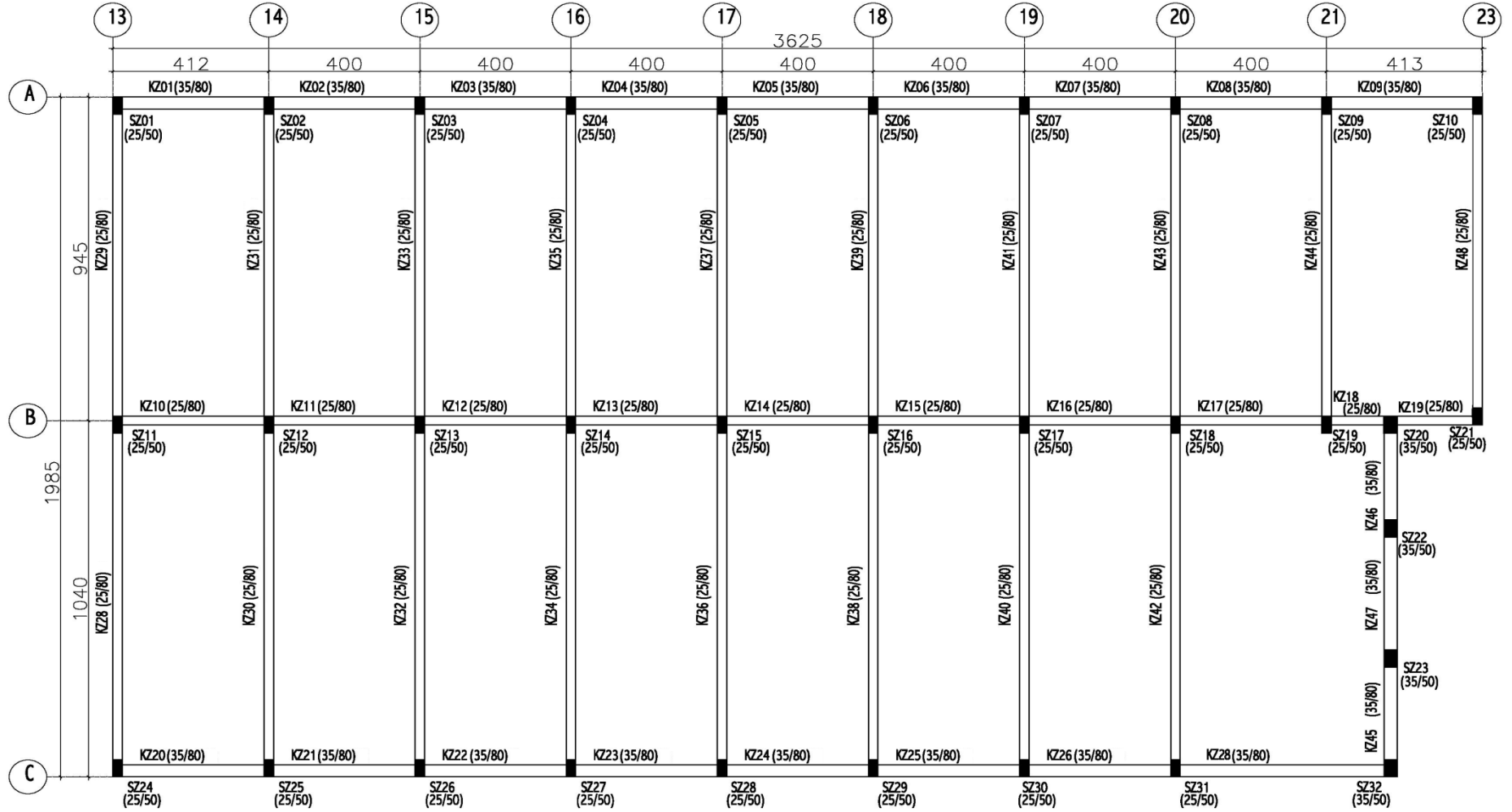
Şekil A.7. Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-B Blok kalıp planı



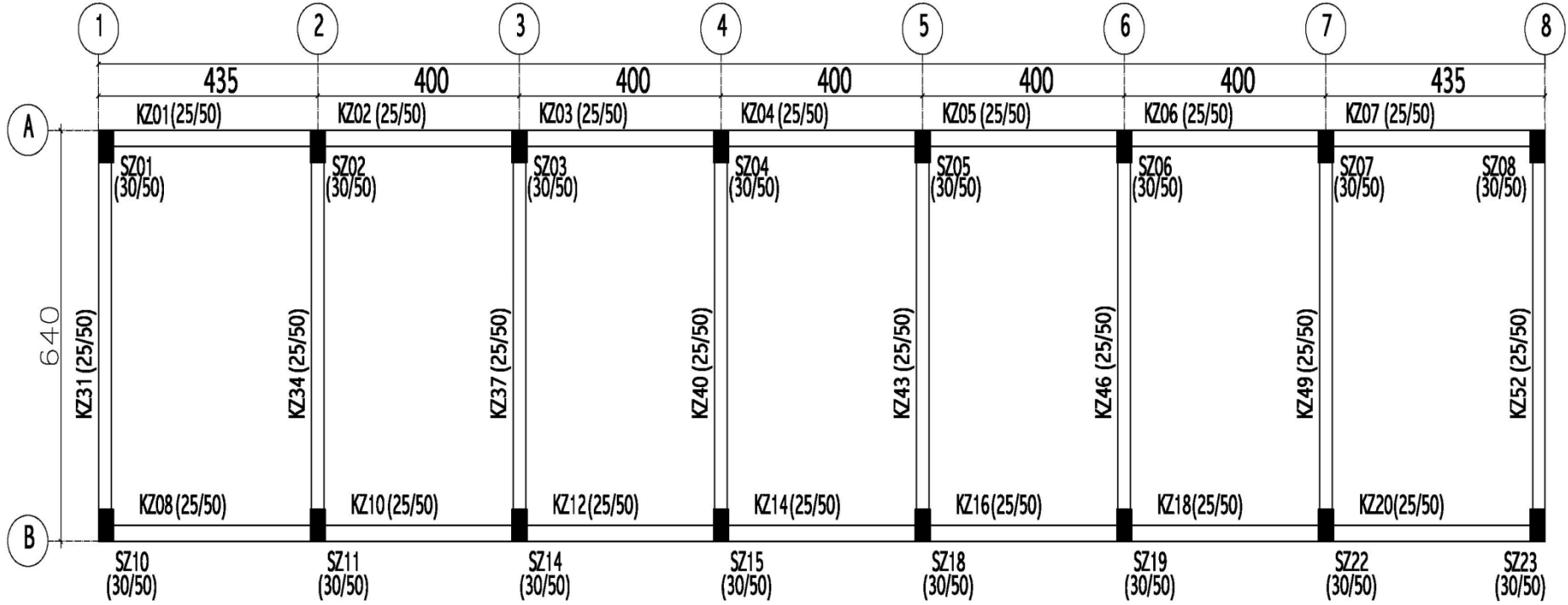
Şekil A.8. Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-C Blok kalıp planı



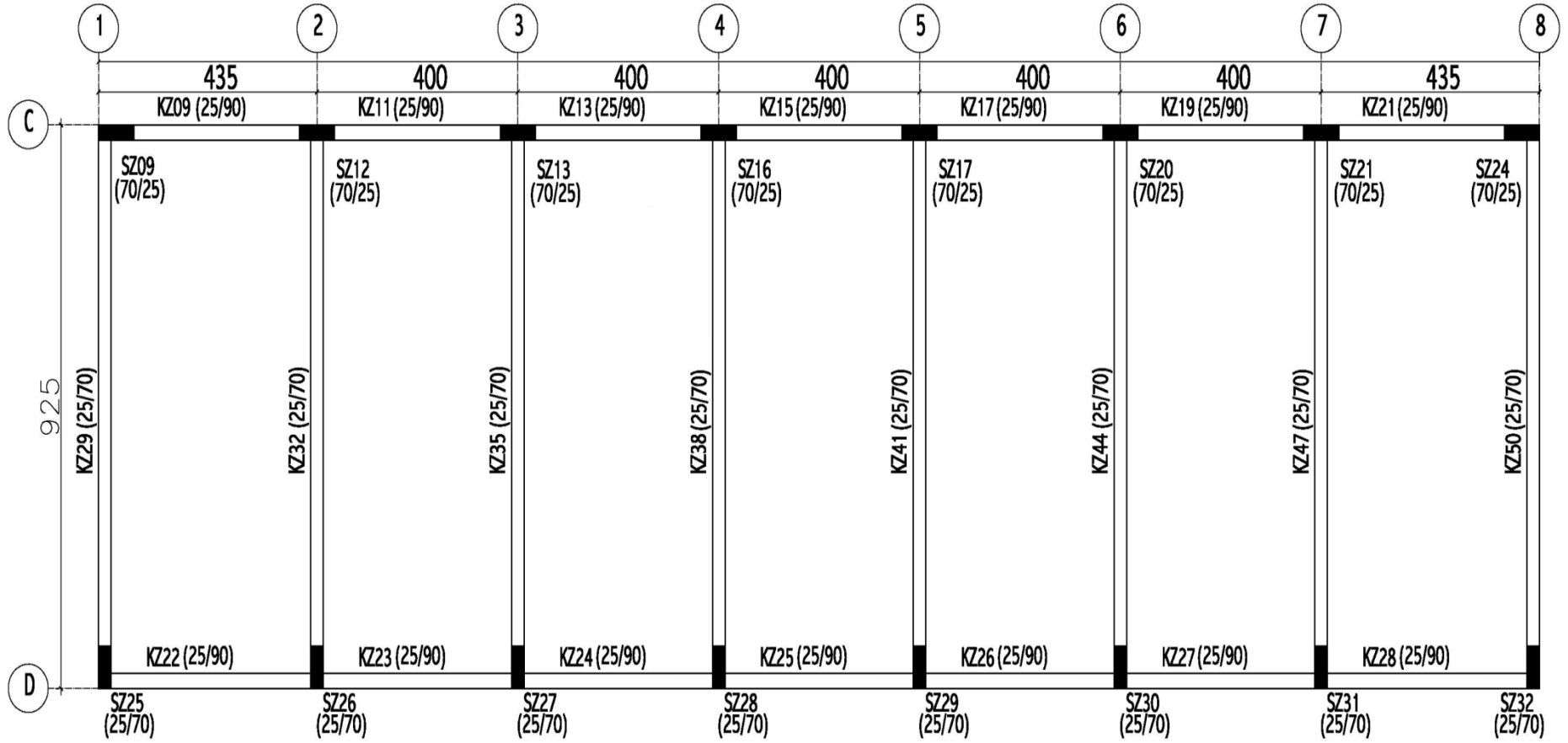
Şekil A.9. Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-D Blok kalıp planı



Şekil A.10. Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-E Blok kalıp planı



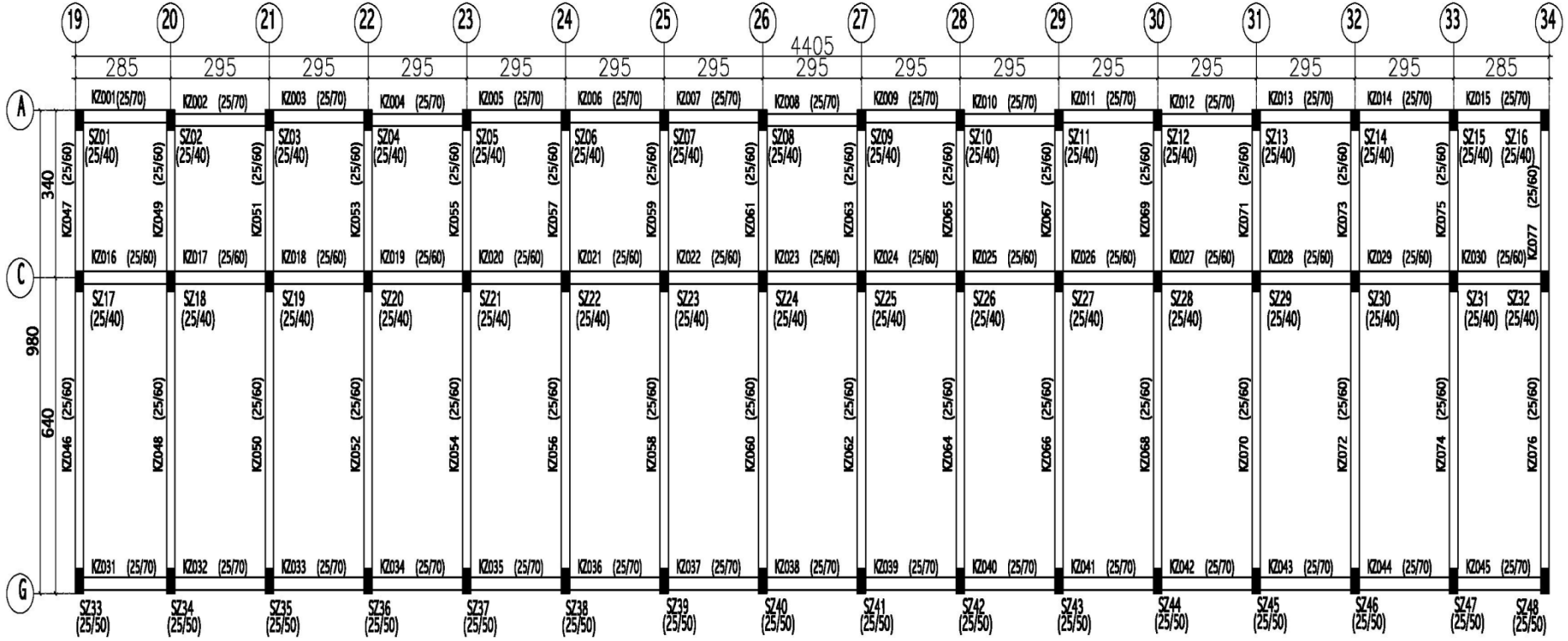
Şekil A.11. Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-F1 ve G1 Blok kalıp planları



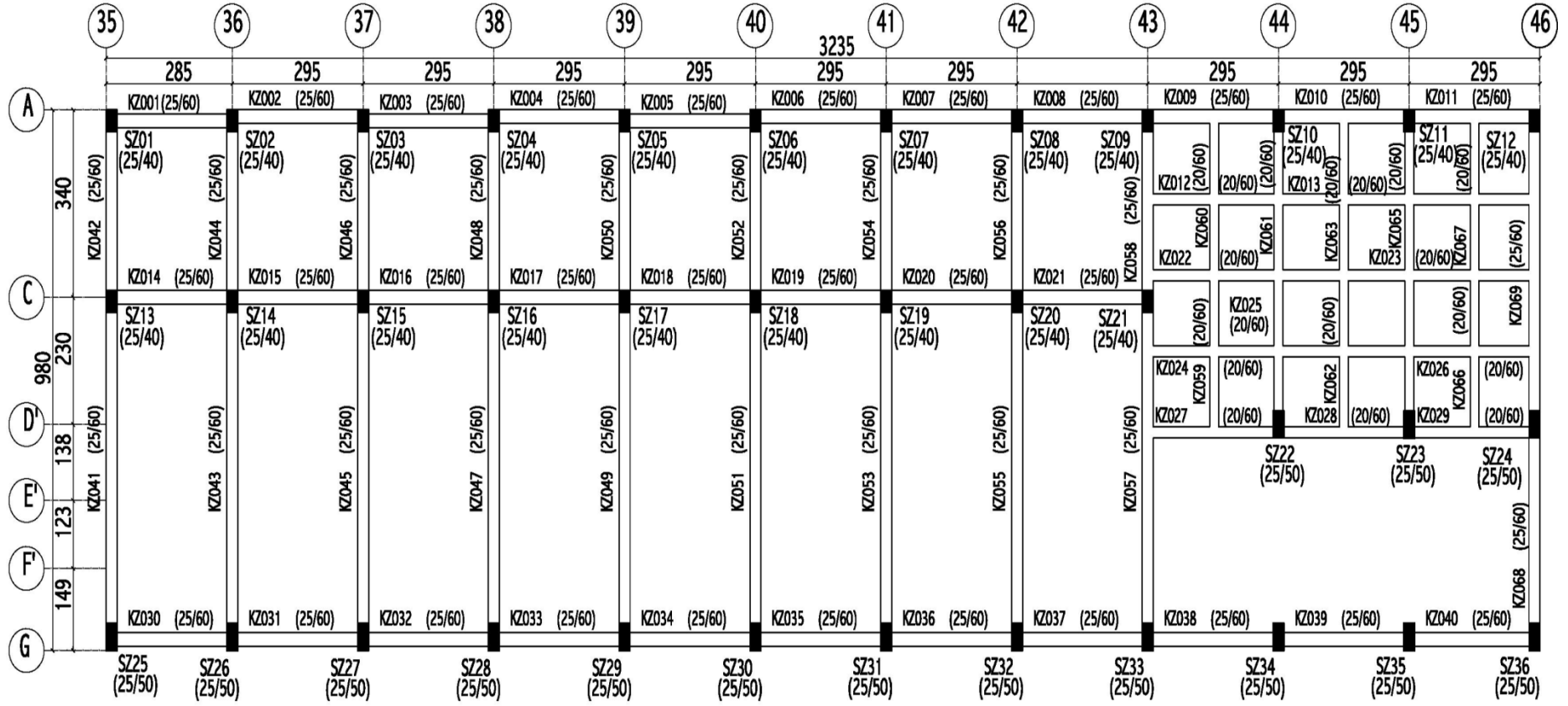
Şekil A.12. Senirkent Endüstri Meslek Lisesi-F2 ve G2 Blok kalıp planları

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18					
		160	145	147	148	295	295	295	295	295	3540	147.5	147.5	147.5	147.5	148	147	295	285					
		KZ001 (25/70)	KZ002 (25/70)		KZ003 (25/70)		KZ004 (25/70)		KZ005 (25/70)		KZ006 (25/70)		KZ007 (25/70)		KZ008 (25/70)		KZ009 (25/70)		KZ010 (25/70)		KZ011 (25/70)		KZ012 (25/70)	
A	185	SZ01 (25/60)		(25/40)		SZ03 (25/60)	SZ04 (25/40)	SZ05 (25/40)	SZ06 (25/40)	SZ07 (25/40)	SZ08 (25/50)		SZ09 (25/60)		SZ10 (25/60)		SZ11 (25/50)	SZ12 (25/40)	SZ13 (25/40)					
B	155	KZ013 (20/60)	KZ014 (20/60)	KZ015 (20/60)	KZ016 (25/60)						KZ017 (20/60)	KZ018 (20/60)	KZ019 (20/60)	KZ020 (20/60)	KZ021 (20/60)	KZ022 (25/60)								
C	980	KZ023 (20/60)	KZ080	KZ082	KZ084	KZ086	KZ088	KZ090	KZ092	KZ094	KZ096	KZ098	KZ100	KZ102	KZ104	KZ106	KZ108	KZ033(25/60)	KZ110 (25/60)	KZ034(25/60)	KZ112(25/60)			
D	165	SZ14 (25/60)				SZ15 (25/60)	SZ16 (25/40)	SZ17 (25/40)	SZ18 (25/40)	SZ19 (25/40)	SZ20 (25/40)							SZ21 (25/40)	SZ22 (25/40)	SZ23 (25/40)				
E	152.5	KZ035 (20/60)	KZ036 (20/60)	KZ037 (20/60)	KZ038 (20/60)							KZ039 (20/60)	KZ040 (20/60)	KZ041 (20/60)	KZ042 (20/60)	KZ043 (20/60)	KZ044 (25/60)							
F	150	KZ045 (20/60)	KZ046 (20/60)	KZ047 (20/60)	KZ048 (25/60)							KZ049 (20/60)	KZ050 (20/60)	KZ051 (20/60)	KZ052 (20/60)	KZ053 (20/60)	KZ054 (25/60)							
F	172.5	KZ075 (20/60)	KZ076 (20/60)	KZ077 (20/60)	KZ078 (20/60)							KZ097 (20/60)	KZ099 (20/60)	KZ101 (20/60)	KZ103 (20/60)	KZ105 (20/60)	KZ107 (25/60)							
G		KZ055 (20/60)	KZ056 (20/60)	KZ057 (20/60)	KZ058 (20/60)							KZ059 (20/60)	KZ060 (20/60)	KZ061 (20/60)	KZ062 (20/60)	KZ063 (20/60)	KZ064 (25/70)							
G		KZ065 (25/70)	KZ066 (25/70)			KZ067 (25/70)	KZ068 (25/70)	KZ069 (25/70)	KZ070 (25/70)	KZ071 (25/70)	KZ072 (25/70)	KZ073 (25/70)	KZ074 (25/70)	KZ075 (25/70)	KZ076 (25/70)			KZ075 (25/70)	KZ076 (25/70)					
		SZ24 (25/60)	SZ25 (25/40)			SZ26 (25/60)	SZ27 (25/40)	SZ28 (25/40)	SZ29 (25/40)	SZ30 (25/40)	SZ31 (25/50)		SZ32 (25/60)	SZ33 (25/60)			SZ34 (25/50)	SZ35 (25/40)	SZ36 (25/40)					

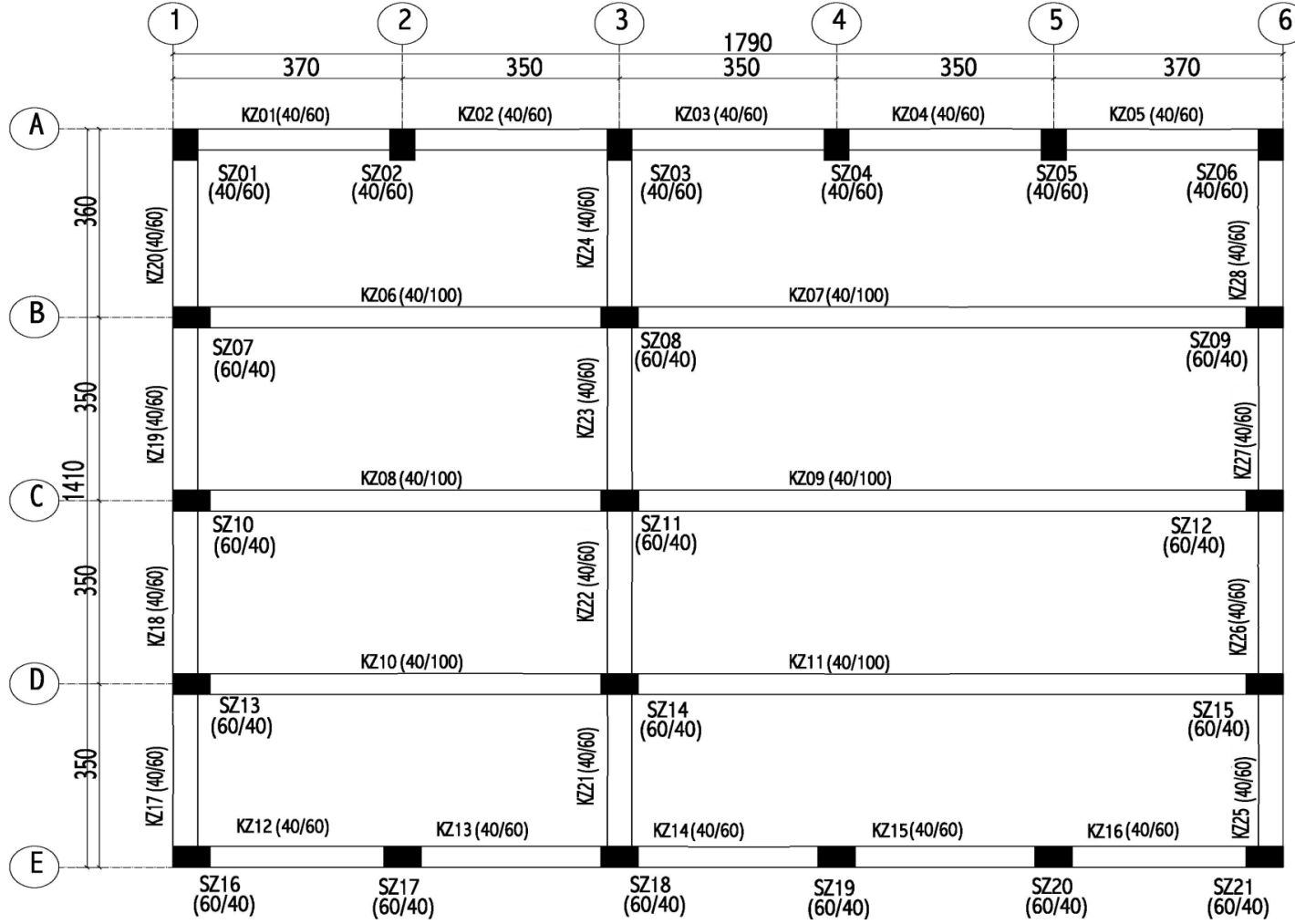
Şekil A.13. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Ana Bina-A Blok kalıp planı



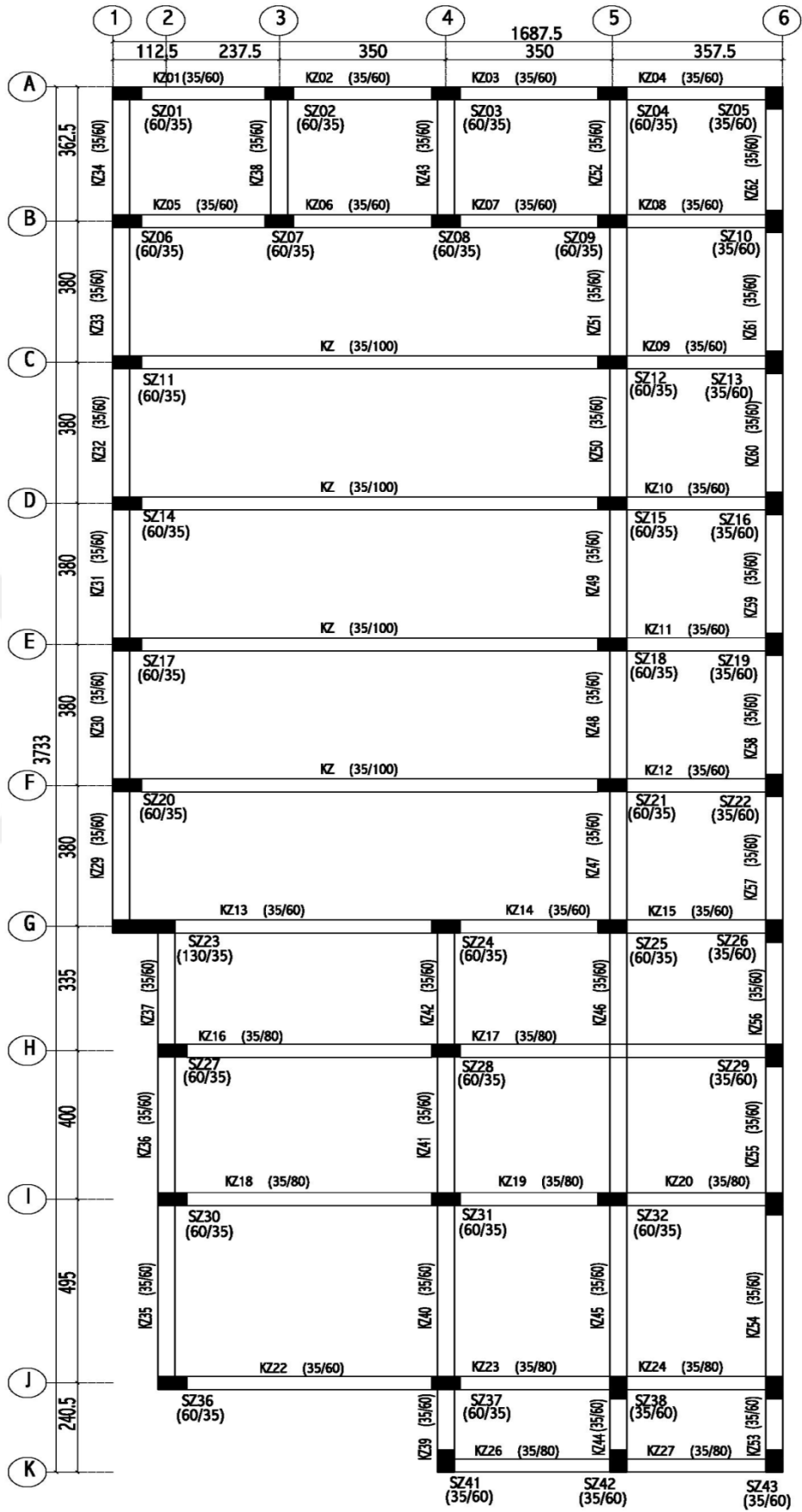
Şekil A.14. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Ana Bina-B Blok kalıp planı



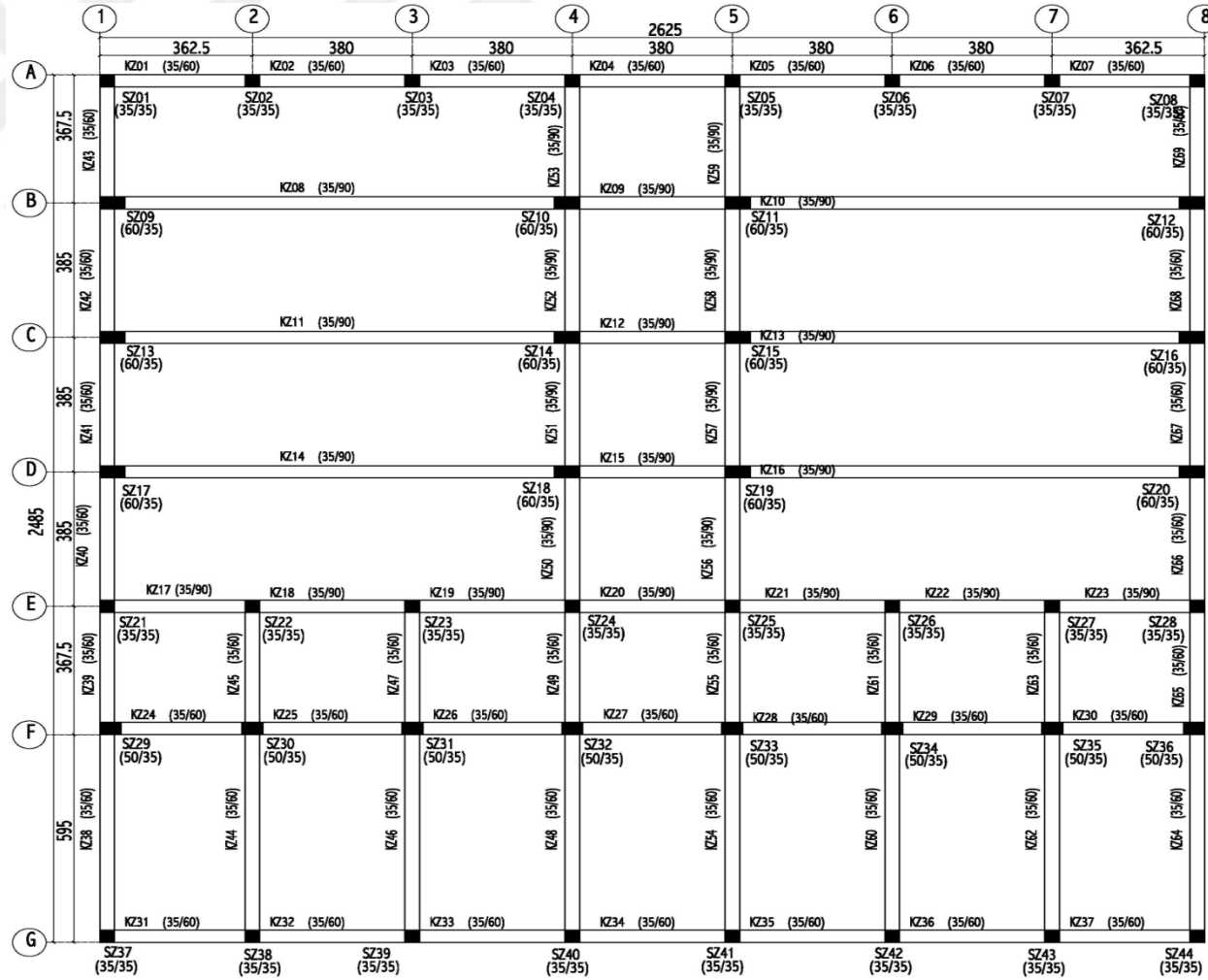
Şekil A.15. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Ana Bina-C Blok kalıp planı



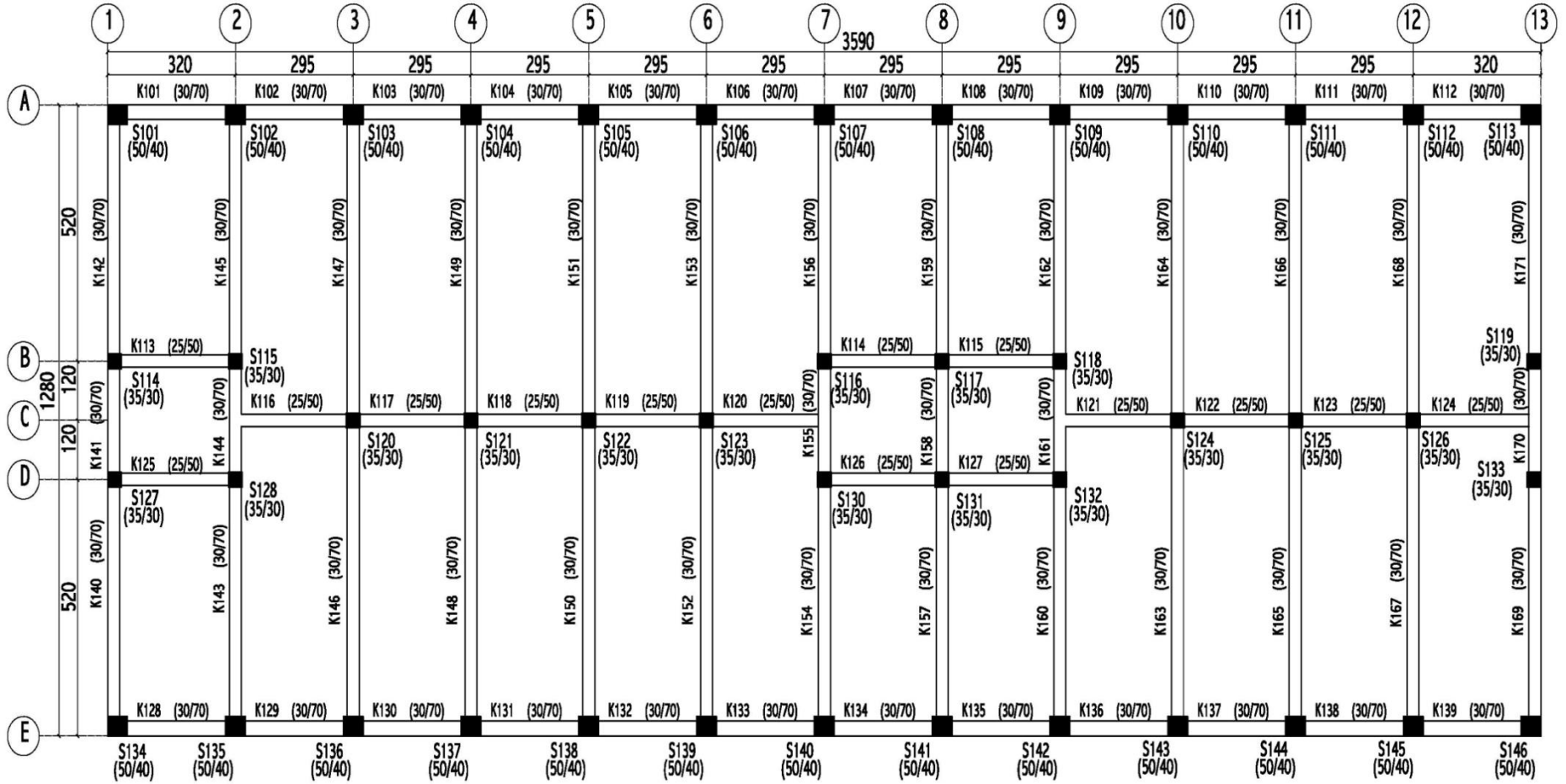
Şekil A.16. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-A Blok kalıp planı



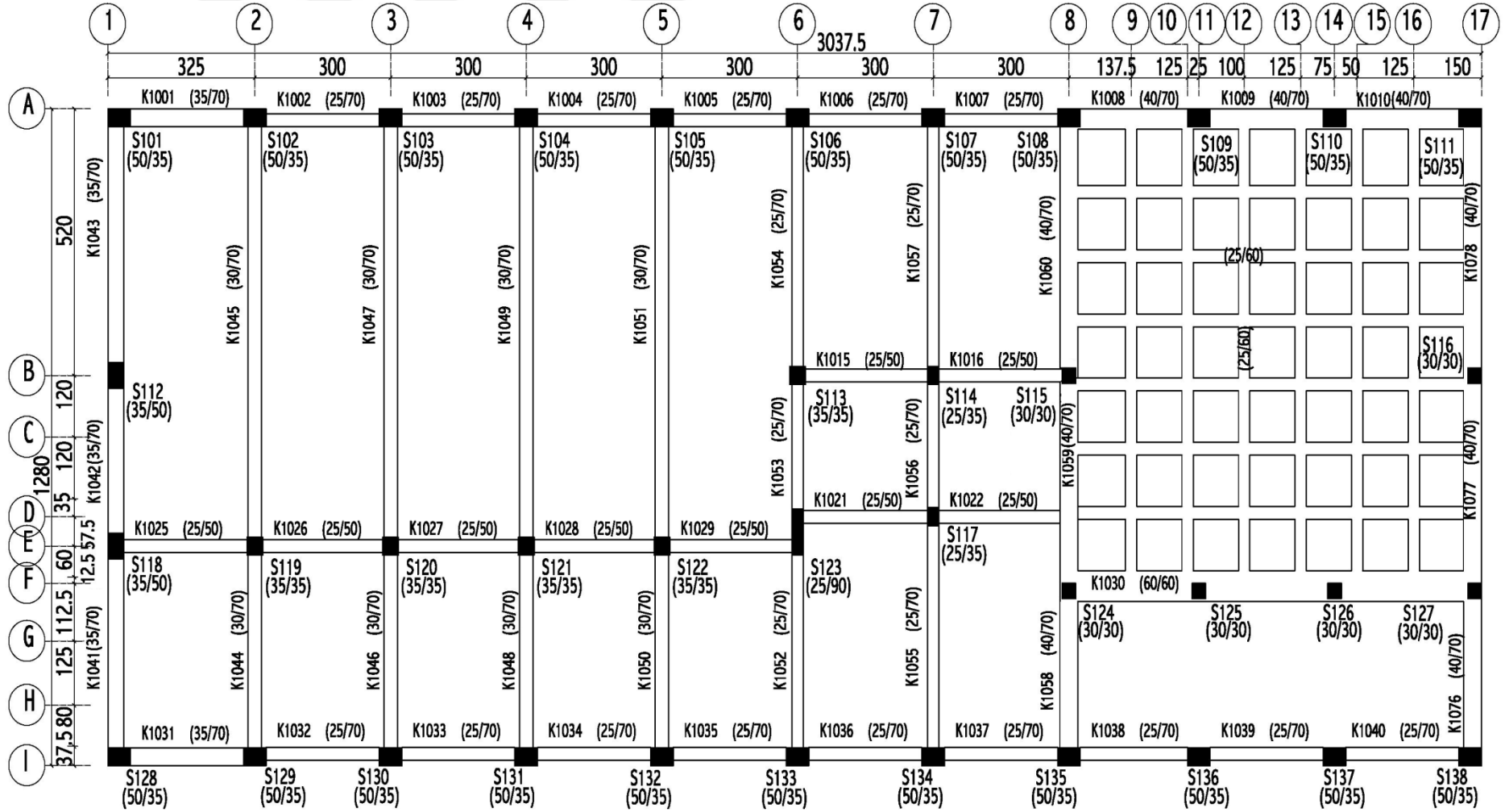
Şekil A.17. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-B Blok kalıp planı



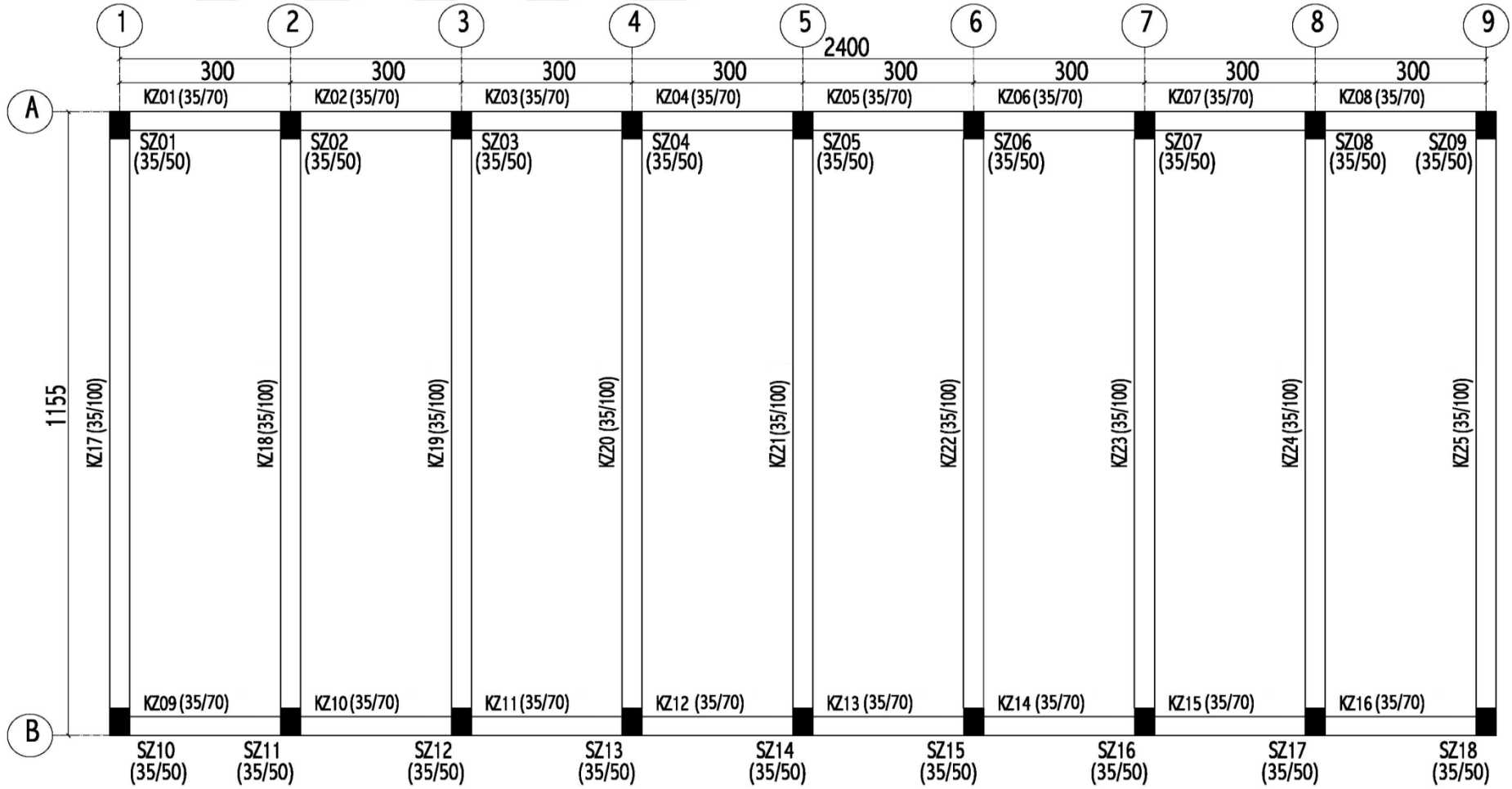
Şekil A.18. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-C ve D Blok kalıp planları



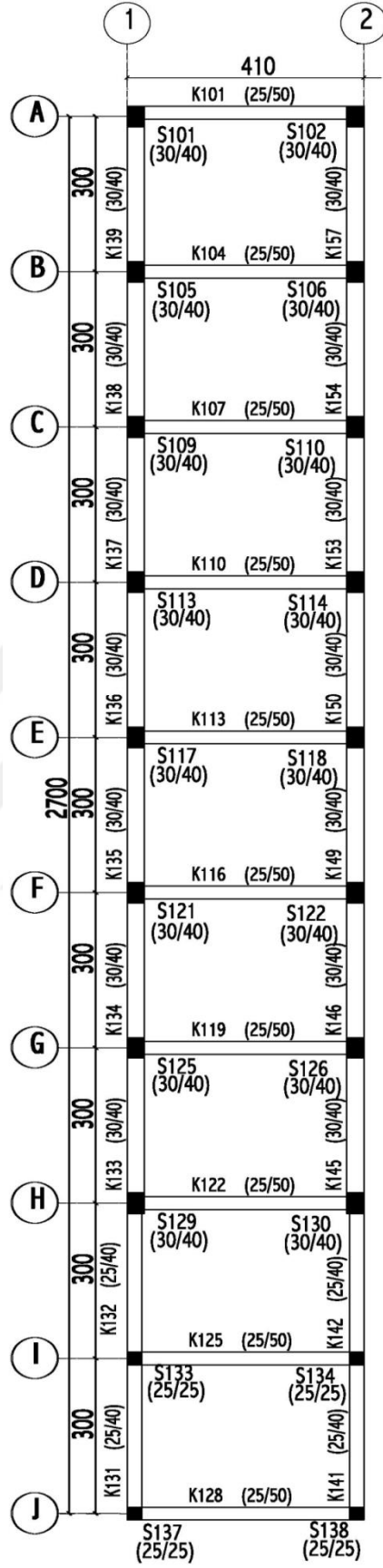
Şekil A.19. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-E Blok kalıp planı



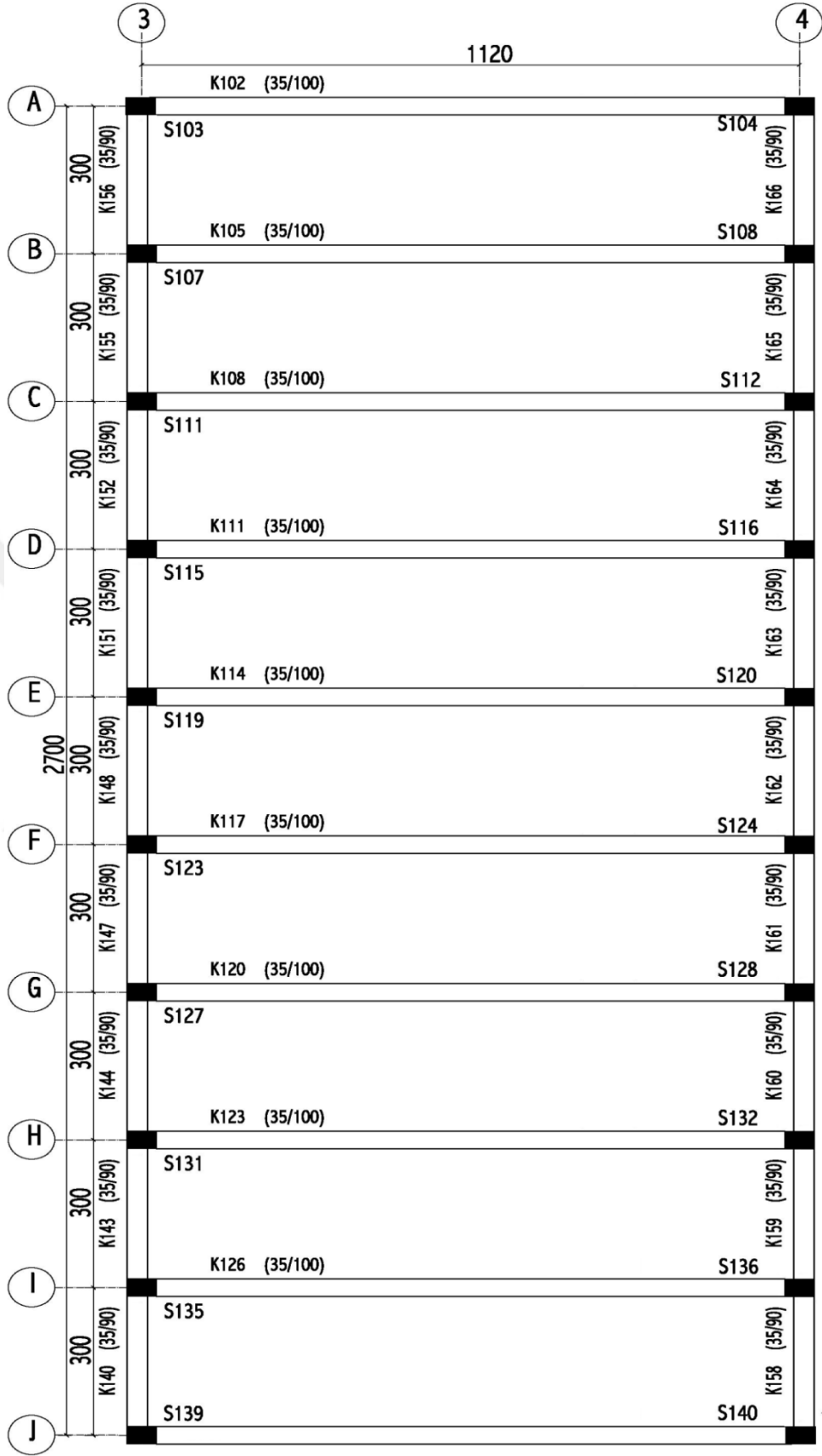
Şekil A.20. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-F Blok kalıp planı



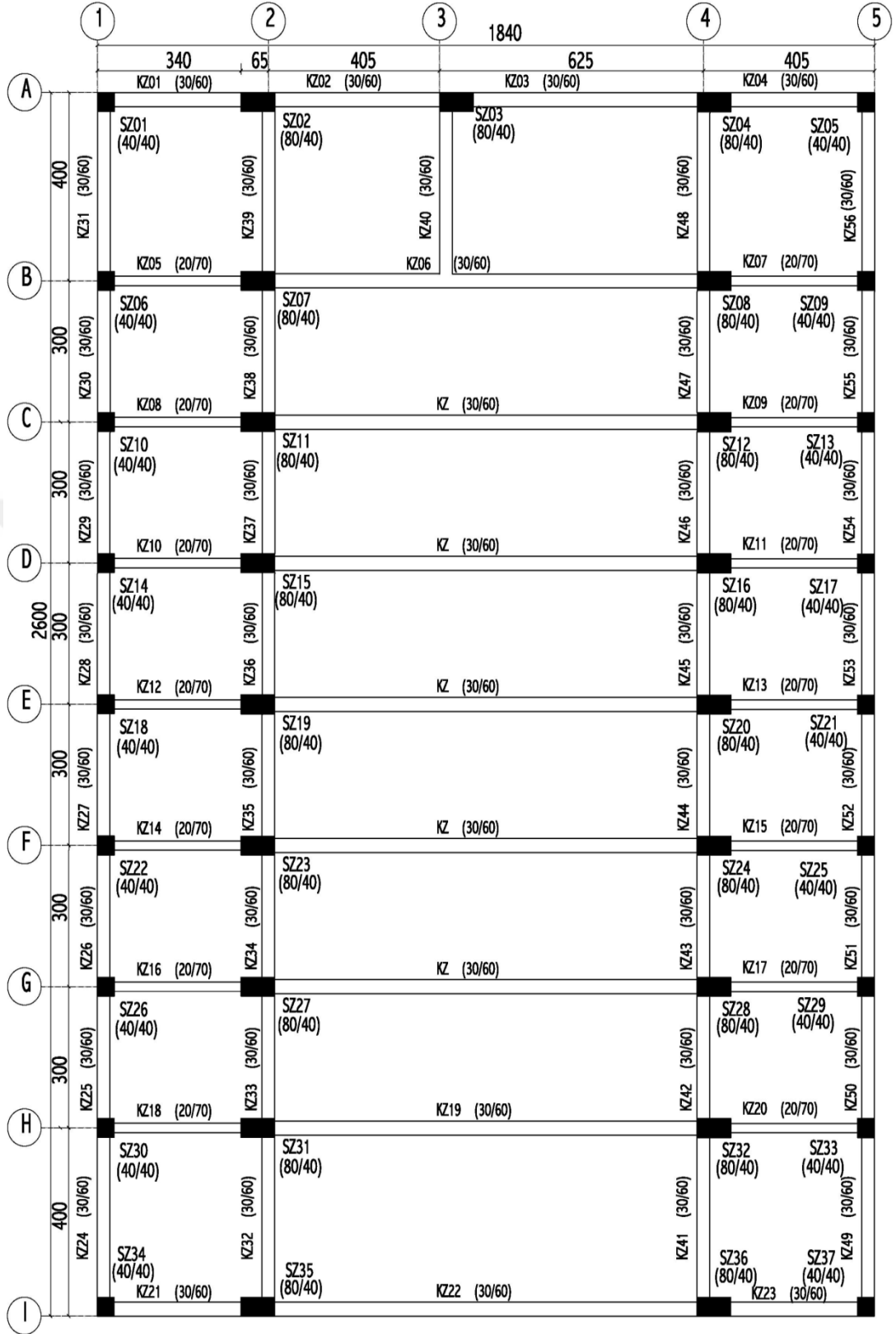
Şekil A.21. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-G ve H Blok kalıp planları



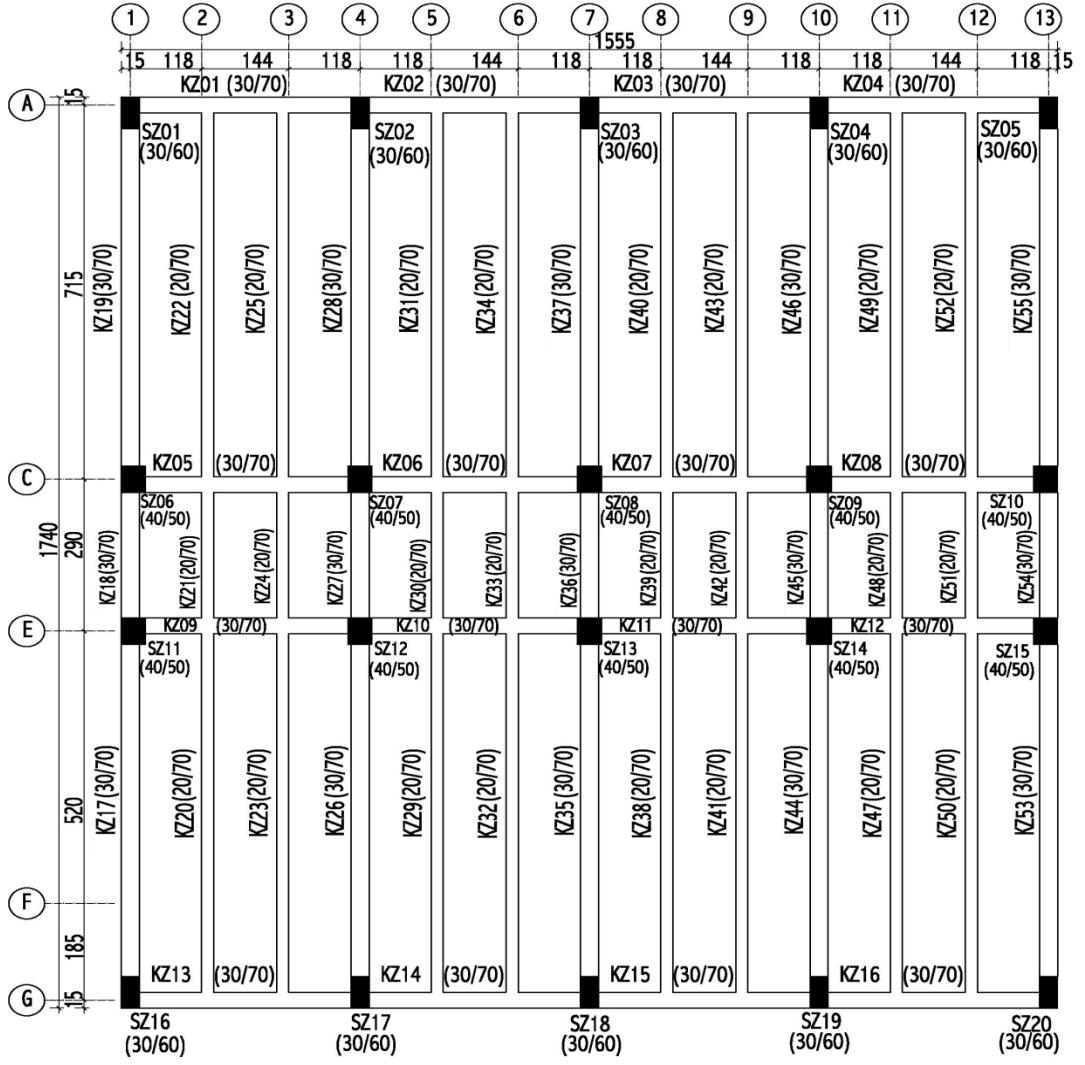
Şekil A.22. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-I1 Blok kalıp planı



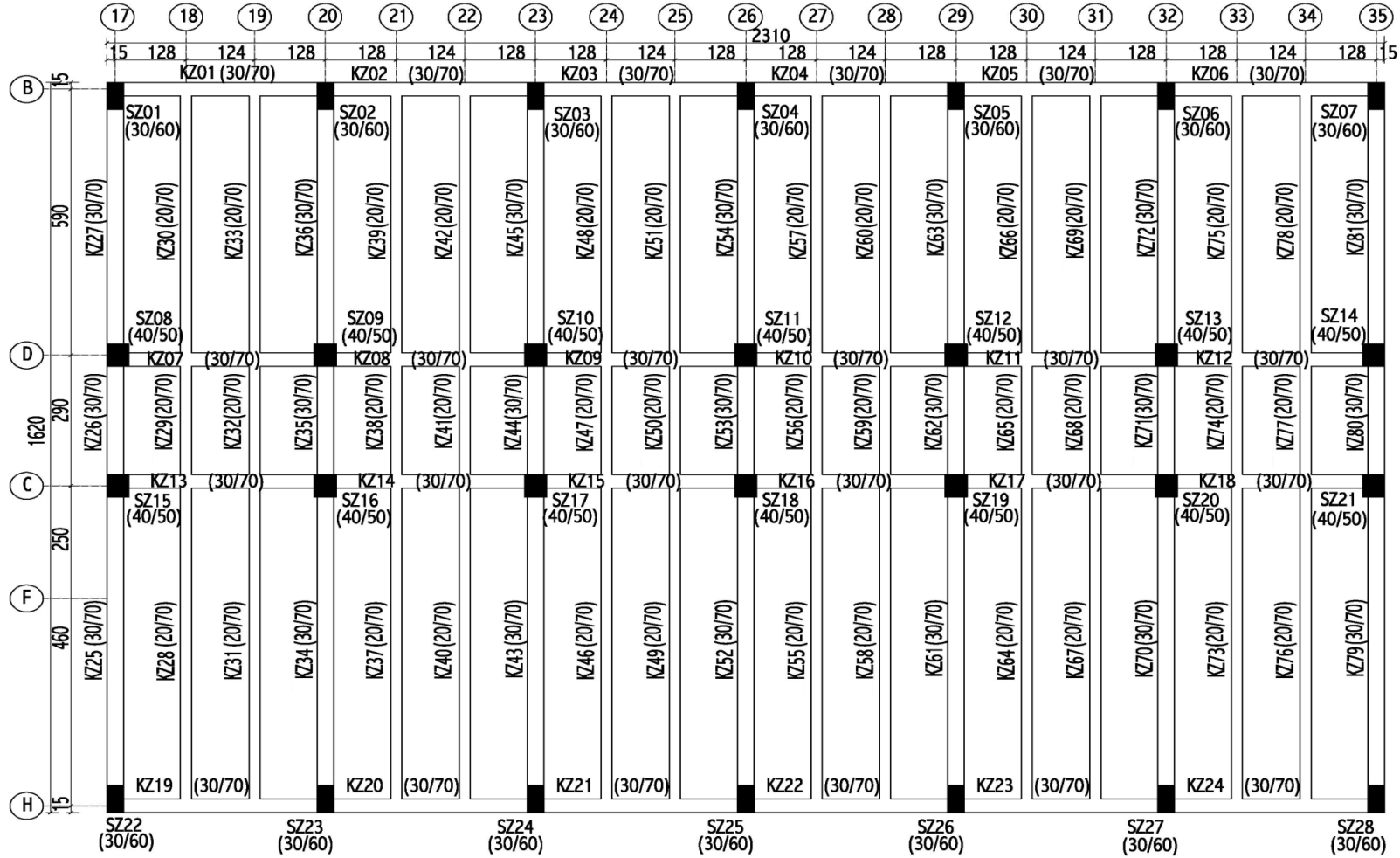
Şekil A.23. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-I2 Blok kalıp planı



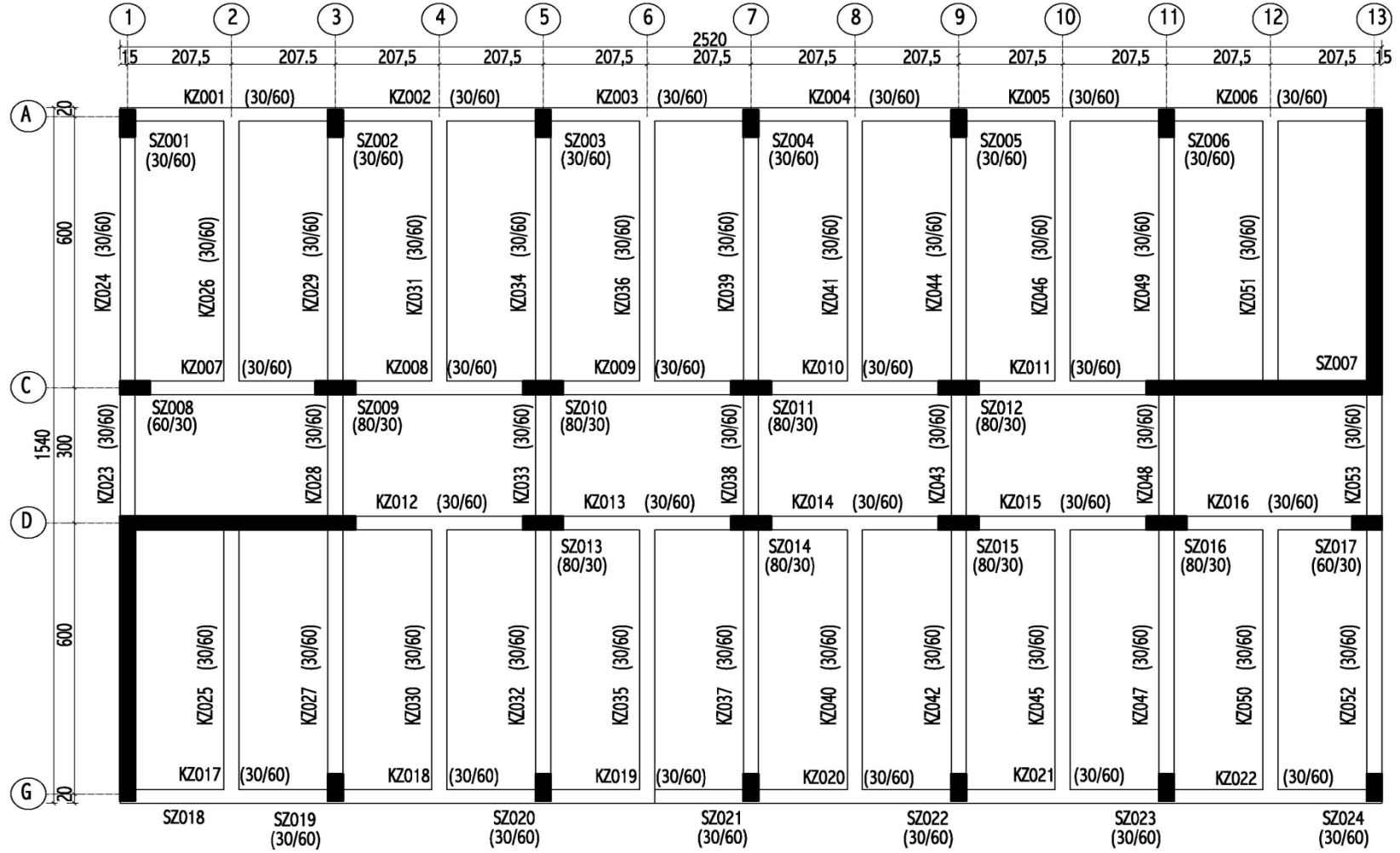
Şekil A.24. Merkez Teknik Endüstri Meslek Lisesi-Atölye-K Blok kalıp planı



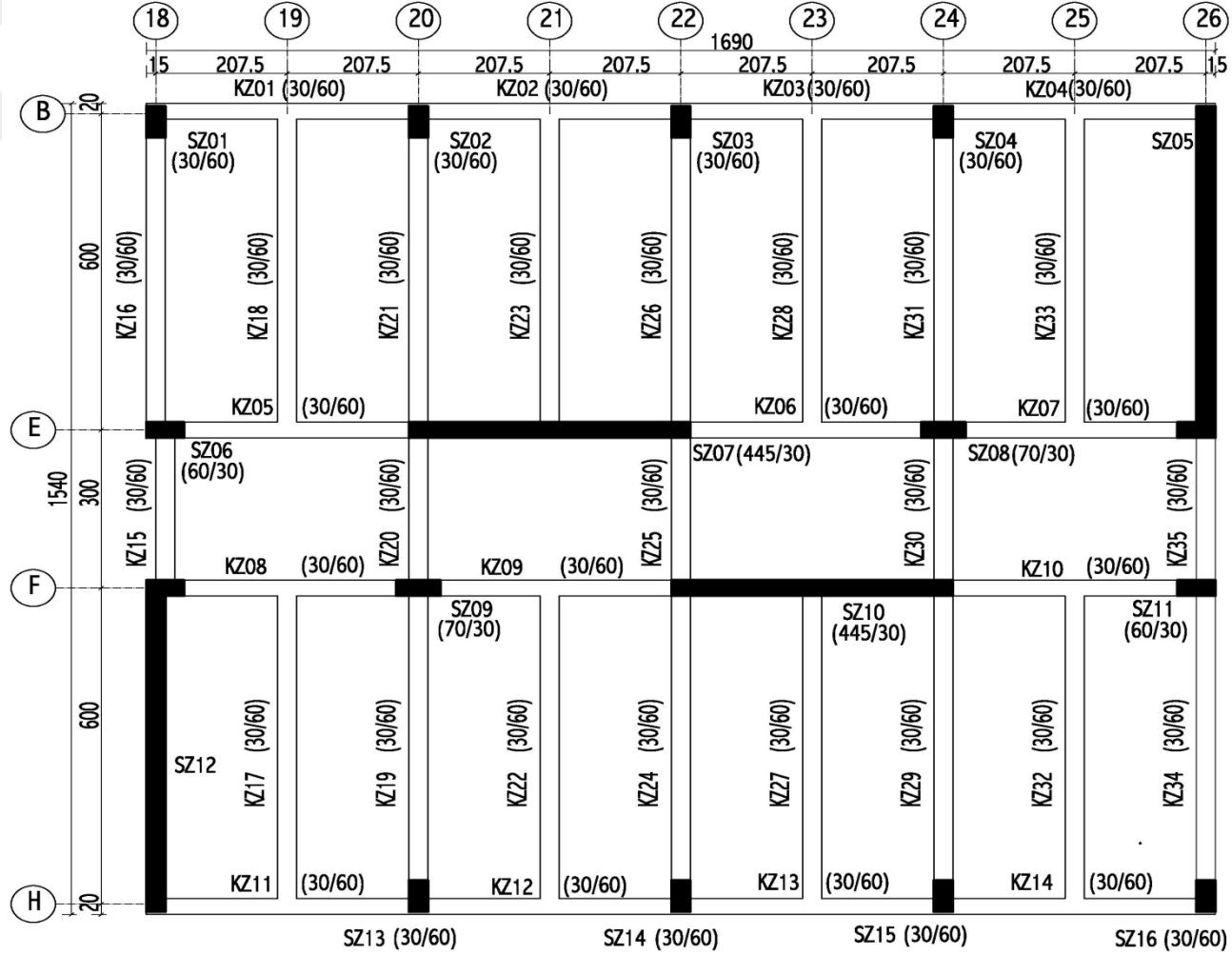
Şekil A.25. Senirkent Dr. İsmail Örmeci Lisesi-A Blok kalıp planı



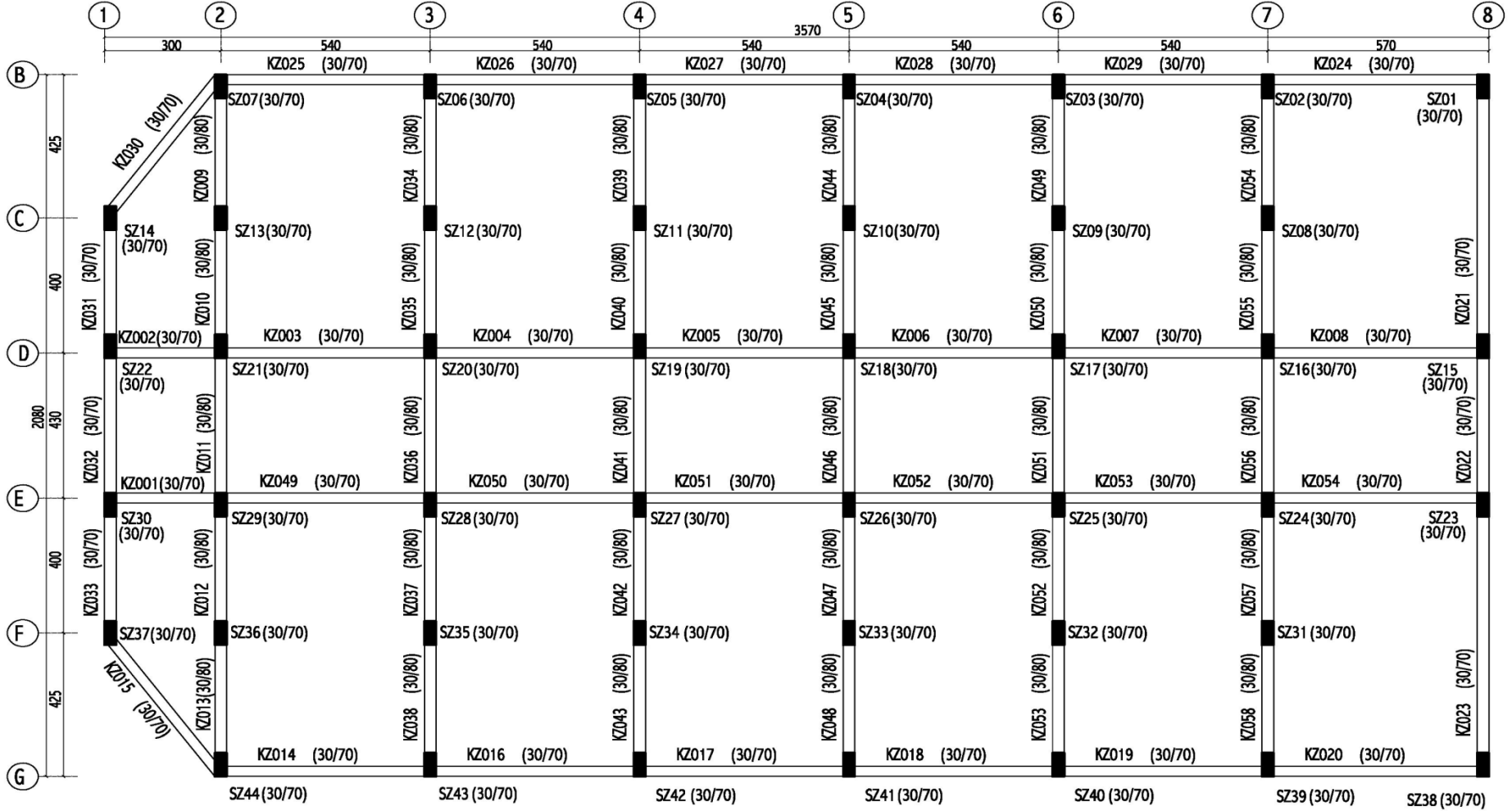
Şekil A.26. Senirkent Dr. İsmail Örmeci Lisesi-C Blok kalıp planı



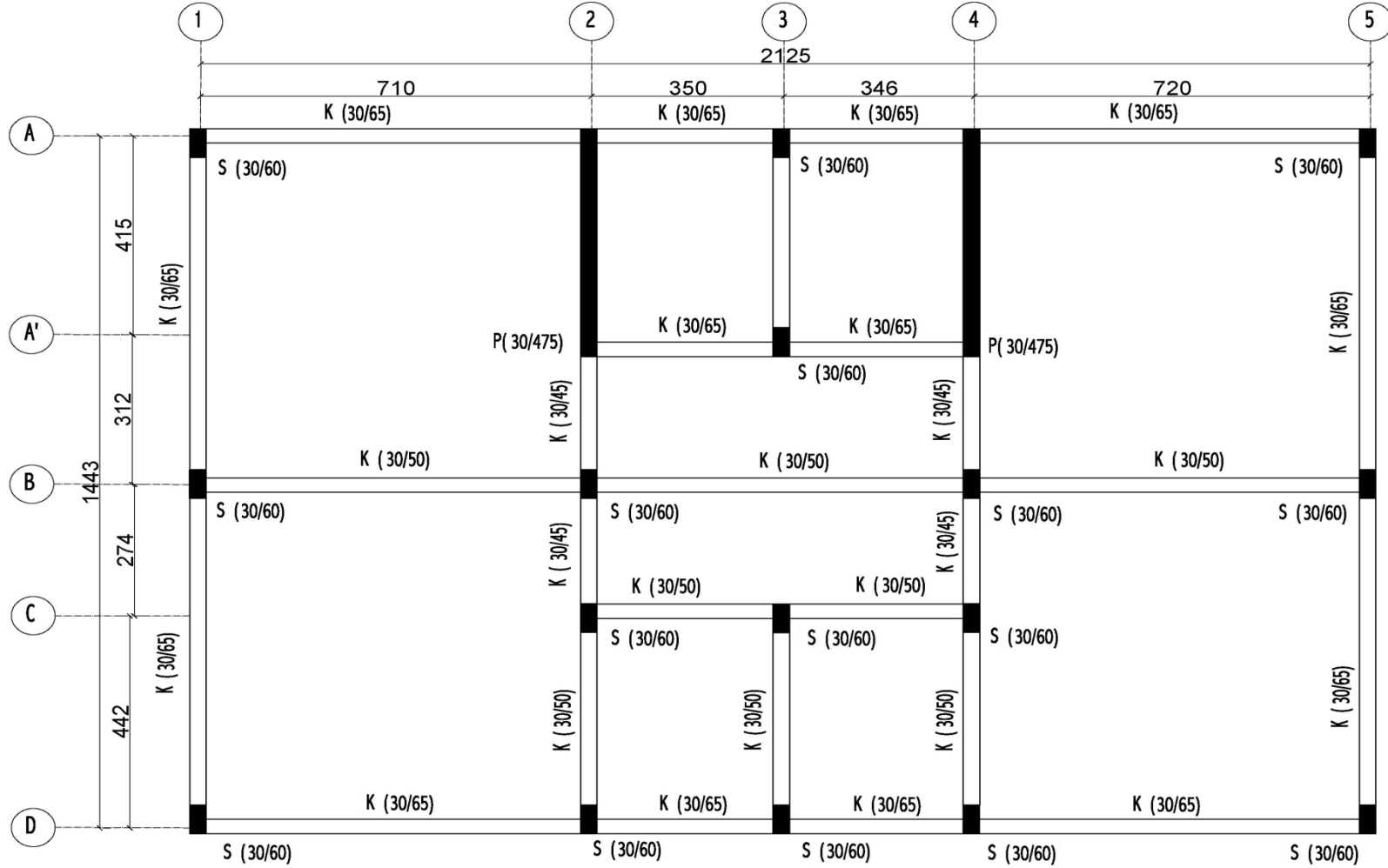
Şekil A.27. Uluborlu Çok Programlı Lise-A Blok kalıp planı



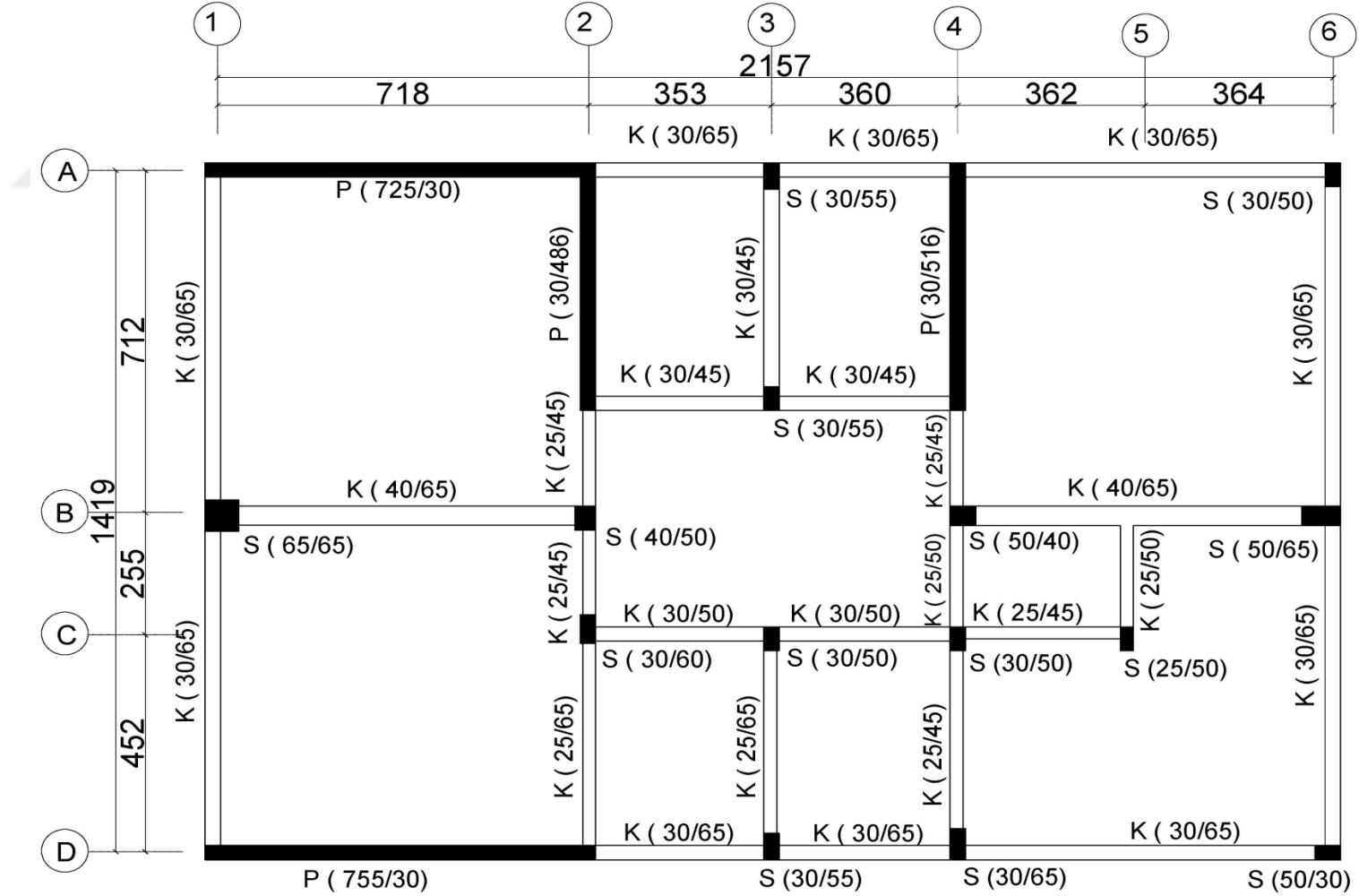
Şekil A.28. Uluborlu Çok Programlı Lise-C Blok kalıp planı



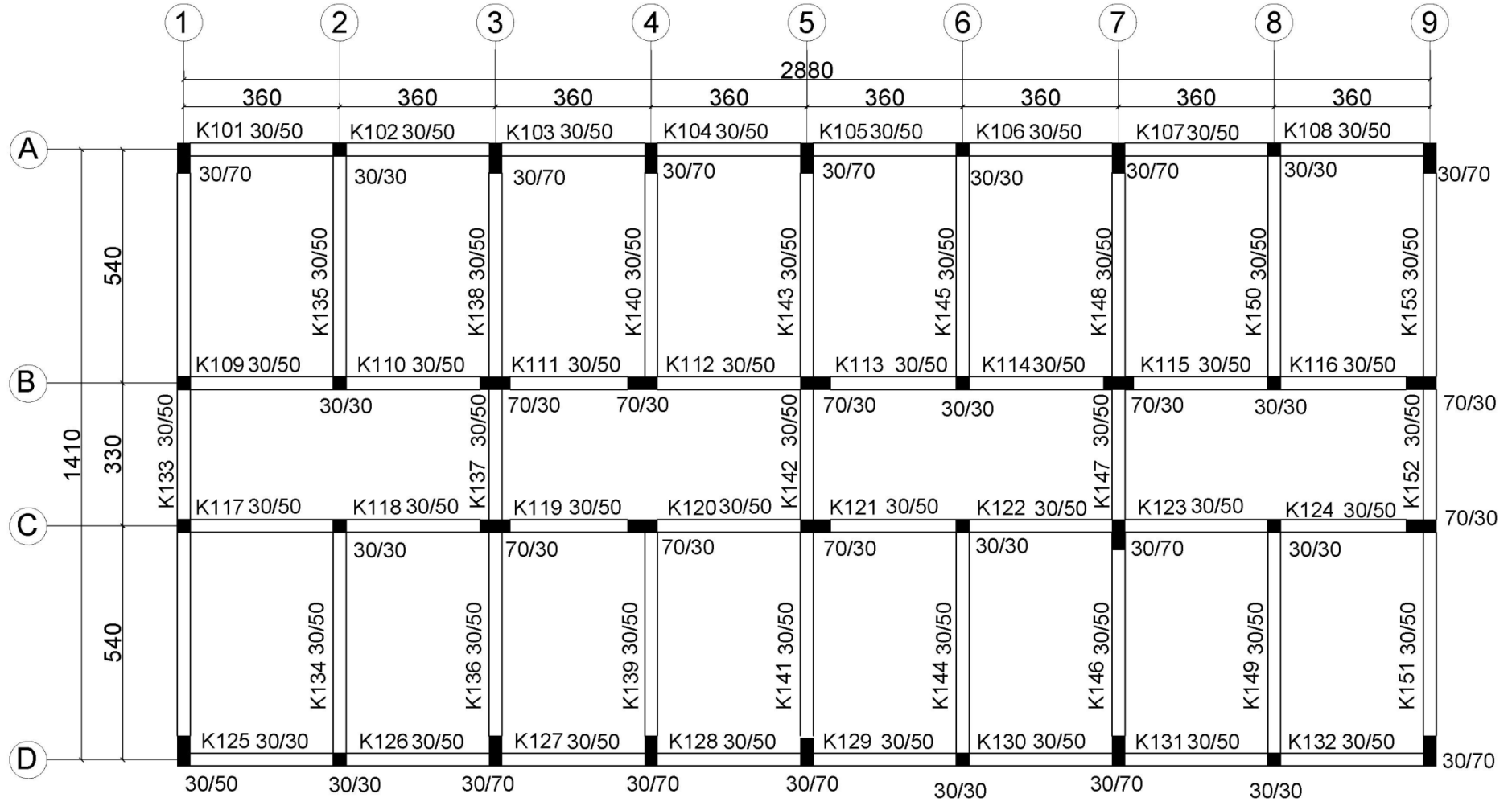
Şekil A.29. Uluborlu Cumhuriyet Lisesi-B Blok kalıp planı



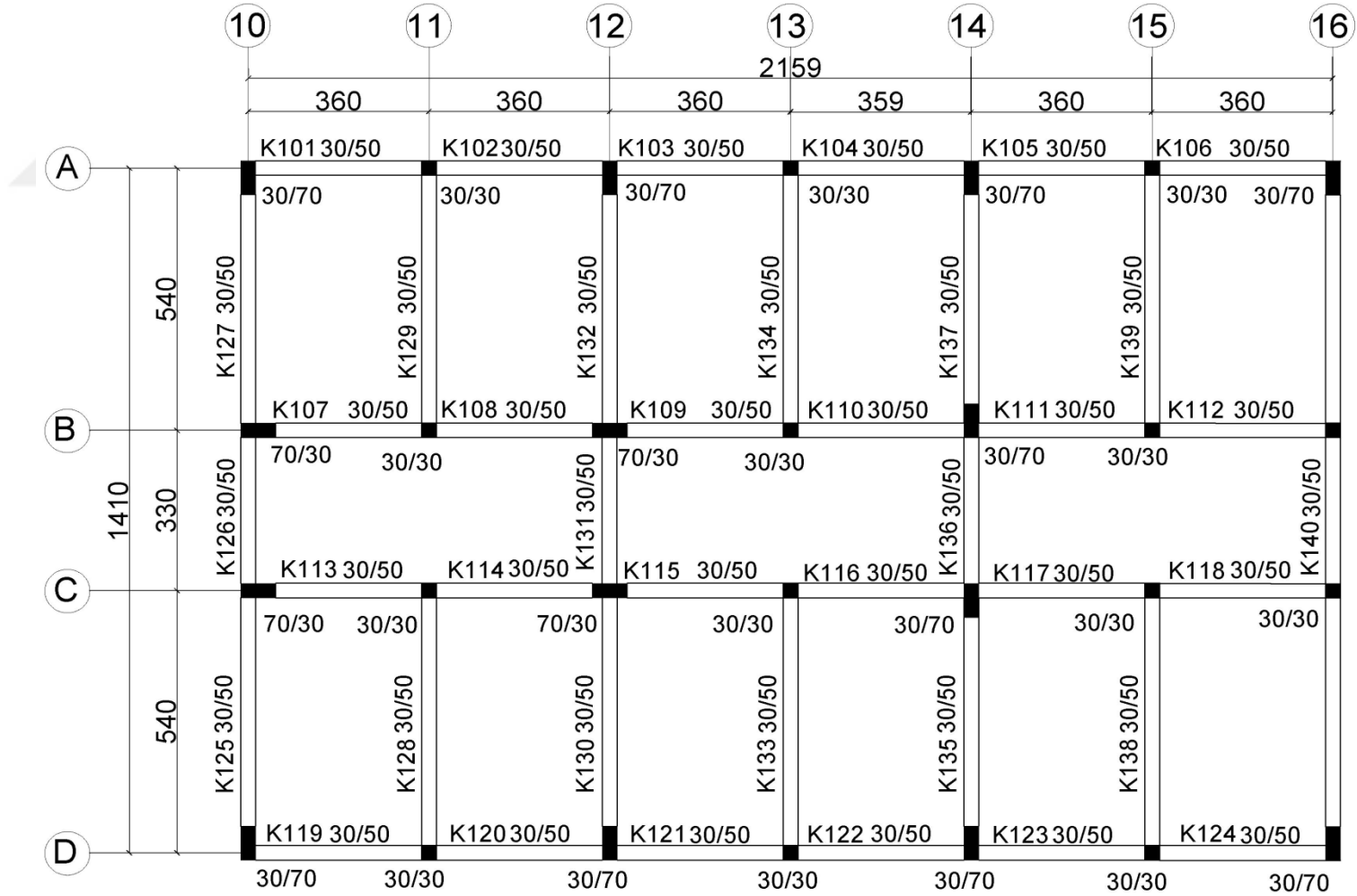
Şekil A.30. Kozluçay İlköğretim Okulu kalıp planı



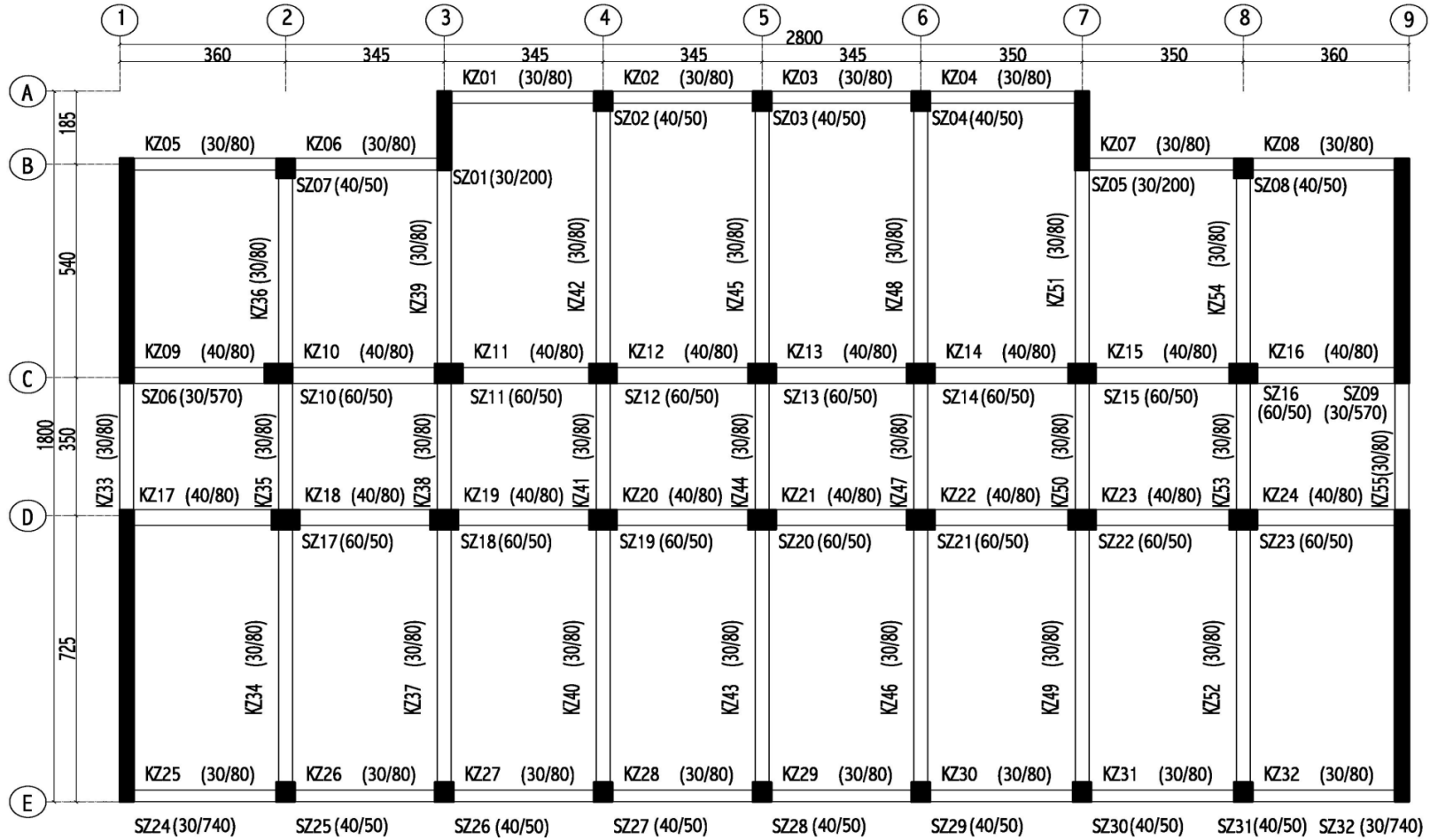
Şekil A.31. Senir Kasabası Cumhuriyet İlköğretim Okulu



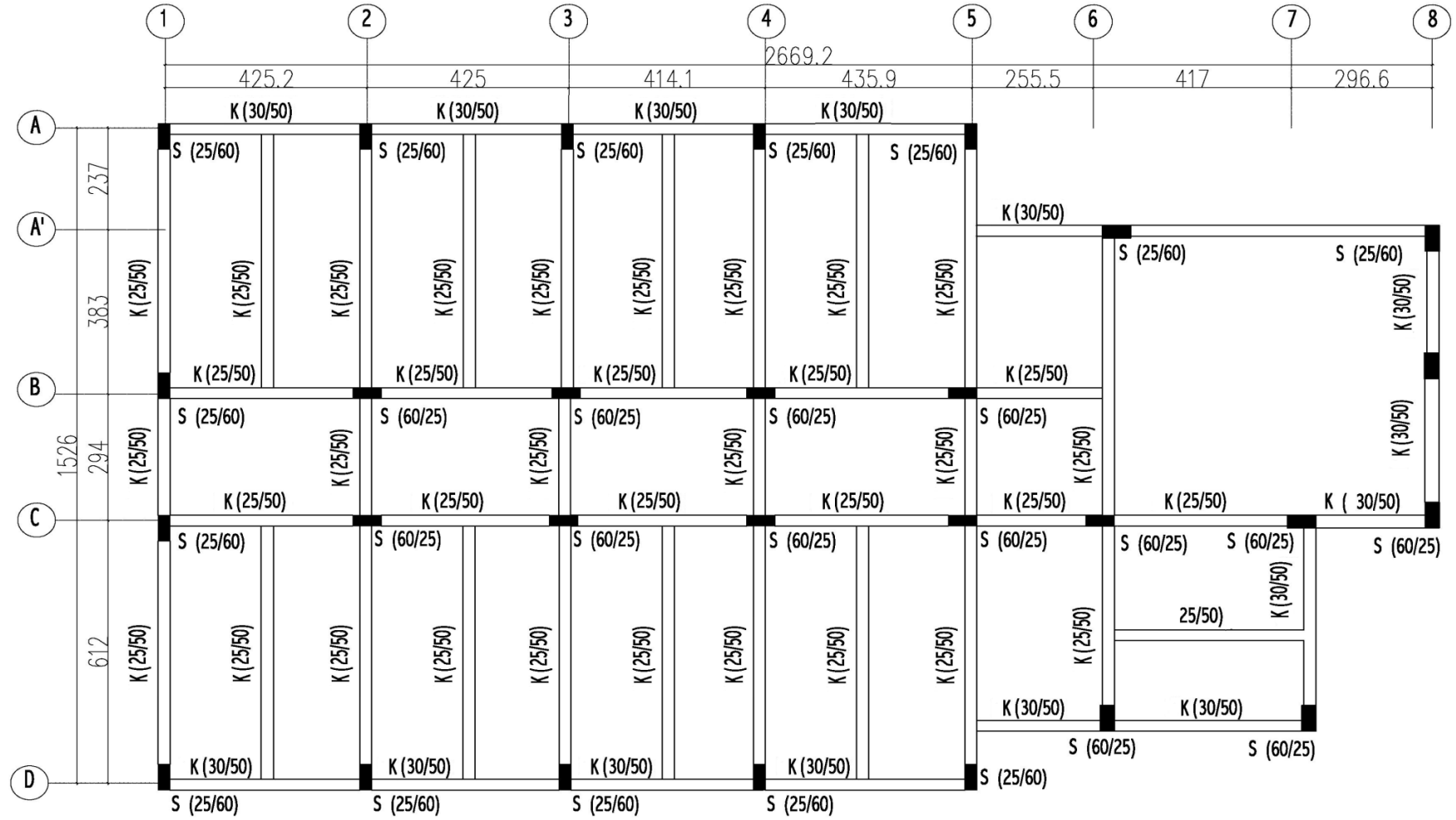
Şekil A.32. Halıkent Lisesi-A Blok kalıp planı



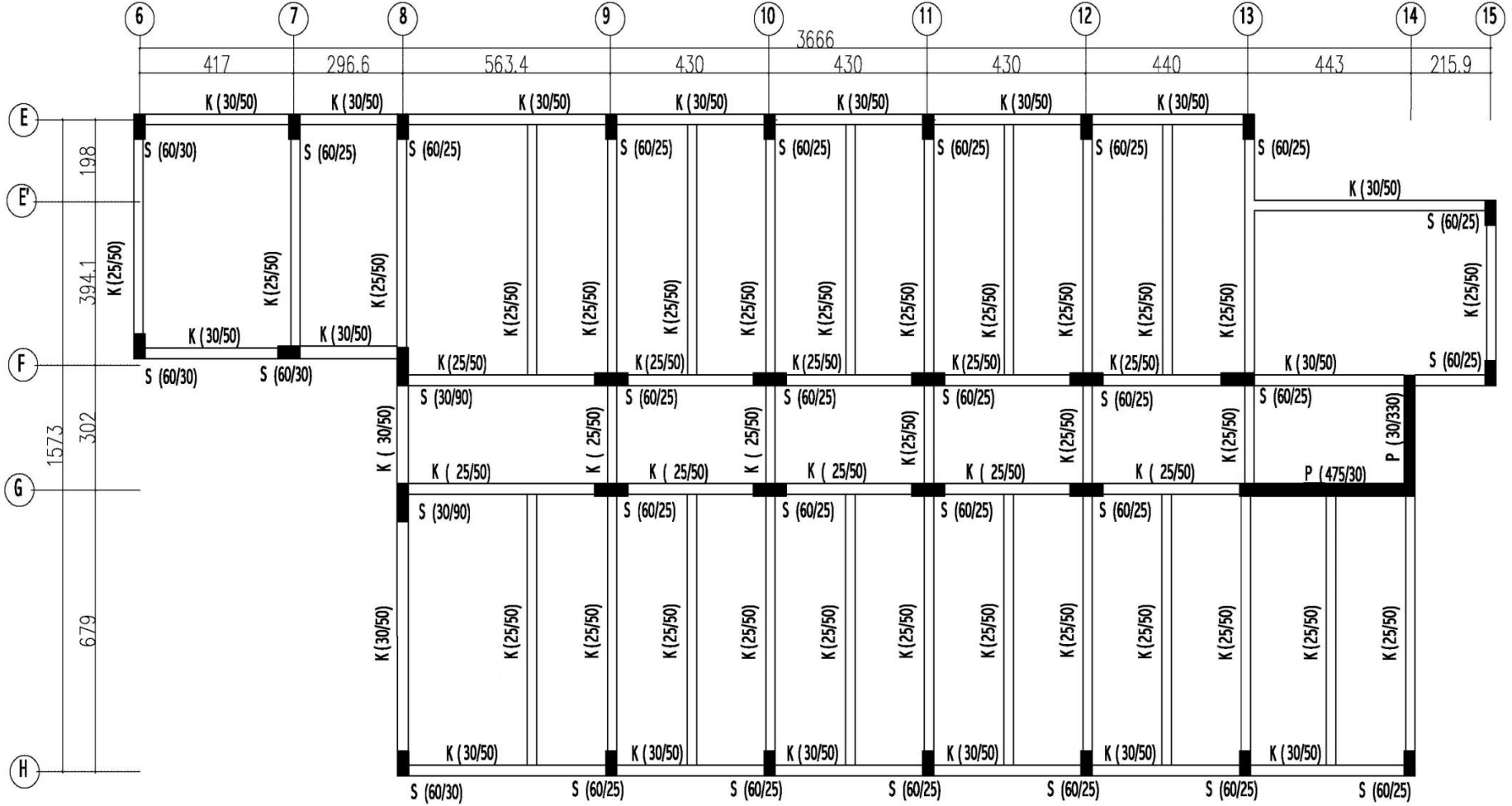
Şekil A.33. Halıkent Lisesi-B Blok kalıp planı



Şekil A.34. Uluborlu Çakır Hasan Ortaokulu kalıp planı



Şekil A.35. Yalvaç İmam Hatip Lisesi-A Blok kalıp planı



Şekil A.36. Yalvaç İmam Hatip Lisesi-B Blok kalıp planı

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Abdullah GÜNDOĞAY
Doğum Yeri ve Yılı : Antalya, 1991
Medeni Hali : Bekâr
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : abduhahgundogay@sdu.edu.tr



Eğitim Durumu

Lise : Hacı Malike Mehmet Bileydi Anadolu Lisesi, 2009
Lisans : DEU, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, 2013

Mesleki Deneyim

SDÜ Mühendislik Fakültesi 2016-..... (halen)