

**YÜKSEK BİNALARIN YAPIM AŞAMALARINA GÖRE
BÜZÜLME ETKİLERİNİN İRDELENMESİ**

Ashraf Nasser Ali Dahan AL-DHABYANI



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK BİNALARIN YAPIM AŞAMALARINA GÖRE BÜZÜLME
ETKİLERİNİN İRDELENMESİ**

Ashraf Nasser Ali Dahan AL-DHABYANI
0000-0001-6896-6723

Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2022
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Ashraf Nasser Ali Dahan AL-DHABYANI tarafından hazırlanan “YÜKSEK BİNALARIN YAPIM AŞAMALARINA GÖRE BÜZÜLME ETKİLERİNİN İRDELENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN

Başkan	:	Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN 0000-0002-1867-7103 Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
Üye	:	Doç.Dr. Alı Mardanı AGHABAGLOU 0000-0003-0326-5015 Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
Üye	:	Dr. Süleyman ÖZEN 0000-0001-5522-427X Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

../../....

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

.../.../.....

Ashraf Nasser Alı Dahan AL-DHABYANI

TEZ YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığını ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Danışman :

Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN

Tarih :03.06.2022

Öğrenci :

Ashraf Nasser Ali Dahan AL-DHABYANI

Tarih :03.06.2022

ÖZET

Yüksek Lisans

YÜKSEK BİNALARIN YAPIM AŞAMALARINA GÖRE BÜZÜLME ETKİLERİNİN İRDELENMESİ

Ashraf Nasser Ali Dahan AL-DHABYANI

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN

Betonun içindeki suyun fiziksel ve/veya kimyasal nedenlerle azalması (kaybolması) sonucunda betonun boyunda ve hacminde yer alan küçülmeye büzülme denilmektedir. Hacimlerdeki azalma sonucunda betonarme yapılarda hasarlar oluşmaktadır. Betonarme yapılarda en yaygın oluşan çatlakların başında rötre (büzülme) çatlakları gelmektedir. Büzülmenin derecesini etkileyen ortam koşulları, beton elemanın kalınlığı, su/çimento oranı, agrega oranı, donatı miktarı, betonun yaşı gibi parametreler üzerinde oldukça fazla çalışma yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında ise yüksek yapılarda büzülme sonucunda taşıyıcı düşey elemanlarda meydana gelen kısaltmalar ve bunların yapı davranışına olan etkileri irdelenmektedir. Bu çalışmada düşey taşıyıcıları kolon ve perde duvarlardan oluşan 30, 40 ve 50 katlı yüksek binalar dikkate alınmıştır. Diğer taraftan beton dayanımının büzülme üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla kolon ve perdelerin beton sınıfı C50, C60 ve C70 olmak üzere üç farklı beton sınıfı dikkate alınmıştır. Çalışmada yüksek yapının inşa süresindeki aşamalar dikkate alınarak kademeli olarak büzülme hesapları gerçekleştirilmiştir. Kolonlar ve perde duvarlarda oluşacak farklı kısaltmalar nedeniyle meydana gelen şekil değiştirmeler %40, %50, %60, %70, %80 ve %90 bağıl nem değerleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Çalışmanın sonunda büzülme etkisinin komşu kolon ve perde duvarlarda farklı kısaltma şekil değiştirmelerine yol açtığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Büzülme, yüksek bina, bağıl nem, aşamalı yapım
2022, vii + 100 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

Investigation of Shrinkage Effects in High-Rise Buildings According to the
Construction Stages

Ashraf Nasser Ali Dahan AL-DHABYANI

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN

Shrinkage is the contraction in the length and volume of the concrete as a result of the decrease (evaporation) of the water in the concrete due to physical and/or chemical reasons. As a result, damages occur in reinforced concrete structures. The most common cracks in reinforced concrete structures are shrinkage cracks. Many studies have been carried out on parameters such as ambient conditions affecting the degree of shrinkage, the thickness of the concrete element, the water/cement ratio, the aggregate ratio, the amount of reinforcement, and the age of concrete. Within the scope of this study, shrinkage-induced shortening of vertical bearing members and its effects on building behavior are examined. In this study, 30, 40 and 50-story high-rise buildings whose vertical bearing system consists of columns and shear walls are considered. On the other hand, in order to examine the effects of concrete strength on shrinkage, three different concrete classes, namely C50, C60 and C70 concrete classes of columns and walls, are taken into account. In the study, gradual shrinkage calculations are carried out, taking into account the stages in the construction period of the high-rise building. The deformations due to different shortenings in the columns and shear walls are determined considering the relative humidity values of 40%, 50%, 60%, 70%, 80% and 90%. The study ends up by evaluating the variation of the shrinkage effect according to the column and shear wall and its changes along the height of the building.

Keywords: Shrinkage, high-rise building, relative humidity, staged construction
2022,

.

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimi sürecimde desteklerini, zamanını ve yönlendirmelerini hiç esirgemeyen hocam Prof. Adem Doğangün'e ve hocam Dr. Fikret Mehdi'ye saygılarımla teşekkür ederim. Her zaman yanımda olan güzel aileme teşekkürlerimi sunarım teşekkürlerimi sunarım.

Ashraf Nasser Ali Dahan AL-DHABYANI
.../.../.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİN.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	6
3.1 Büzülme Olayı.....	6
3.2. Büzülmeyi Etkileyen Faktörler.....	7
3.3. Büzülme Hesap Yöntemleri.....	10
3.3.1. CEB MC90-99 Yöntemi.....	10
3.3.2. ACI 209R-92 Yöntemi.....	15
3.3.3. Bazan Bawejac B3 Yöntemi.....	19
3.3.4 Büzülme Hesaplarına İlişkin Sayısal Örnek.....	22
3.4. Büzülme Hesaplarına Konu Olan Örnek Yüksek Bina.....	30
3.4.1. Bina ve Konum Bilgileri.....	30
3.4.2. Taşıyıcı Sistem Tasarımı.....	32
3.4.3. Örnek Binanın Yapım Aşamaları.....	36
3.5. Örnek Yapının Modellenmesi ve Analizi.....	
Error! Bookmark not defined.	
3.5.1. Analizlerde Dikkat Alınan Yükler ve Yük Etkileri.....	
Error! Bookmark not defined.	
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	49
5. SONUÇLAR.....	
Error! Bookmark not defined.	
KAYNAKLAR.....	88
ÖZGEÇMİŞ.....	90

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
D	Dayanım Fazlalığı Katsayısı
DTS	Deprem Tasarım Sınıfı
DD-1	50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi
DD-2	50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi
DD-3	50 Yılda Aşılma Olasılığı %50 Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi
DD-4	50 Yılda Aşılma Olasılığı %68 Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi
$E_d^{(H)}$	Doğrultu Birleştirmesi Uygulanmış Tasarıma Esas Yatay Deprem Etkisi
G	Sabit Yük Etkisi
g	Yerçekimi İvmesi [m/s ²]
H_N	Binanın Toplam Yüksekliği [m]
I	Bina Önem Katsayısı
mt	Binanın Toplam Kütlesi [t]
n	Hareketli Yük Katılım Katsayısı
R	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
Q	Hareketli Yük Etkisi
Q_e	Etkin Hareketli Yük Etkisi
$E_d^{(X)}$	(X) doğrultusundaki depremin etkisi altında <i>tasarıma esas</i> deprem
$E_d^{(Y)}$	(Y) Doğrultusundaki Depremin Etkisi Altında <i>Tasarıma Esas</i> Deprem
$E_d^{(Z)}$	(Z) Doğrultusundaki Depremin Etkisi Altında <i>Tasarıma Esas</i> Deprem
$E_d^{(H)}$	Doğrultu Birleştirmesi Uygulanmış <i>Tasarıma Esas</i> Yatay Deprem
$S_{D S}$	Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı [boyutsuz]
$S_{ae}(T)$	Yatay Elastik Tasarım Spektral İvmesi [g]
$S_{aeD}(T)$	Düşey Elastik Tasarım Spektral İvmesi [g]
$V_{tE}^{(X)}$	(X) Doğrultusunda Binaya Etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükü
η_{bi}	İ'inci Katta Burulma Düzensizliği Katsayısı
E	Eşdeğer Taban Kesme Kuvveti Büyütme Katsayısının Belirlenmesinde Kullanılan Ampirik Katsayı
$(t - t_c)$	Kuruma Süresi (Gün)
$\beta_{as}(t)$	Bünyesel Büzülmesi Zaman Değişimine Göre Kullanılan Bir Fonasyon
ϵ_{cso}	Ulusal Büzülme Katsayısı
t_c	Betonun Kurumanın Başladığı Zaman (Gün)
t	Betonda Büzülme Deformasyonu Hesaplanması İstenilen Zaman (Gün)
$\beta_s(t - t_c)$	Büzülme Zaman İçindeki Gelişimi İfade Etmek İçin Kullanılan Katsayı
f_{cm28}	(Silindir Numune) 28 Günlük Beton Ortalama Basınç Dayanımı
f_{cmo}	10 MPa
β_{sc}	Çimento Bağlı Tipine Bir Katsayı
h	% Göreceli Bağıl Nem

h_o	Ortam Bağlı Nem %100 Olarak Kabul Edilir Bir Katsayı
V/S	Hacım / Yüzey Oranı mm
$\beta_{RH,T}$	Bağlı Nem Faktörü Konacak
$\beta_{s,T}(t - t_c)$	Sıcaklığa Bağlı Katsayı
T	Sıcaklık değeri °C
$\epsilon_{sh}(t, t_c)$	Toplam Büzülme
$\epsilon_{cas}(t)$	Bünyesel Büzülmesi
$\epsilon_{cds}(t, t_c)$	Kuruma Büzülmesi
$\epsilon_{caso}(f_{cm28})$	Ulusal Bünyesel Büzülme Katsayısı
$\beta_{as}(t)$	Bünyesel Büzülmesi Zaman Değişimine Göre Kullanılan Fonksiyon
f_{cm28}	(Silindir Numune) 28 Günlük Beton Ortalama Basınç Dayanımı
α_{as}	Çimento Tipi Katsayısı
β_{s1}	Yüksek Dayanımlı Betonlarda Kuruma Hesaplanmasında Bir katsayı
t_c	Beton Kuruma Başladığı Zaman (Gün)
$\epsilon_{cds}(f_{cm28})$	Kuruma Büzülme
$\beta_{RH}^{(h)}$	Kuruma Büzülmesinde Hesaplanmasında Kullanılan Bir Katsayı
$\beta_{ds}(t-t_c)$	Kuruma Büzülmesinin Zamana Göre Değişim Gösteren Fonksiyonu
ϵ_{shu}	Ortalama Tahmini Nihai büzülme ($\epsilon_{shu}=780 \times 10^{-6}$ mm)
f	Kür Tipine Göre Katsayı (Gün)
α	Sabit Katsayı Eleman Şekli Ve Hacmi Zamana Bağlı Olarak Tanımlanır
γ_{sh}	Büzülme Düzletme faktörü $\gamma_{sh,tc}$
$\gamma_{sh,tc}$	Kür düzeltme faktörü
$\gamma_{sh,RH}$	Ortam Bağlı Nem Faktörü
$\gamma_{sh,vs}$	Eleman Boyutu Düzeltme Faktörü
γ_{sh}	Çökme Faktörü
$\gamma_{sh,\psi}$	İnce Agregada Düzeltme Faktörü
$\gamma_{sh,c}$	Çimento İçeriği Düzeltme Faktörü
$\gamma_{sh,\alpha}$	Hava İçeriği Düzeltme Faktörü
$\epsilon_{sh\infty}$	Nihai büzülme kısılması (büzülmeden dolayı şekildeğiştirme)
k_h	Nem Bağımlılık Düzeltme Faktörü B3
$S(t - t_c)$	Büzülme Hesap Zaman Fonksiyonu
$\epsilon_{s\infty}$	Sabit Katsayı B3
τ_{sh}	Günlerde Yarı-Zaman Büzülme (the shrinkage half-time in days) :
k_s	Enkesit Hacım-Düzeltme Faktörü

Kısaltmalar

BYS

DTS

TBDY

Açıklama

Bina Yükseklik Sınıfı

Deprem Tasarım Sınıfı

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 3.1.	Betonun Çevrimsel Şartları Kuruma ve Islanmaya Bırakılması ..	6
Şekil 3.2.	Betonun Büzülmesi ve Şişmesi (Doğangün).....	8
Şekil 3.3.	Su/Çimento Oranıyla Büzülmenin Değişimi (Kong ve Evans 1987)..	9
Şekil 3.4.	CEB MC90-99 RILEM veri tabanı (Gander 2004).....	11
Şekil 3.5.	ACI 209-92 RILEM Veri Tabanı (Gardner 2004).....	20
Şekil 3.6.	CEB FIB -99 , ACI209-92 ve B3 Yöntemlerine göre büzülme eğrisi	
Şekil 3.7.	Binanın Yerleştiği Arazinin Konumu.....	31
Şekil 3.8.	Yapı Normal Kat Planı (Ölçüler mm).....	33
Şekil 3.9.	Yatay Elastik Tasarım Spektrumu.....	35
Şekil 3.10.	Yatay Elastik Tasarım Spektrumu.....	35
Şekil 3.12.	Normal Analiz	36
Şekil 3.13.	Yapım Aşamalarına Göre Analiz.....	36
Şekil 3.13.	Yapım Aşama Sırası.....	37
Şekil 3.14	Yapım Aşamaları (Kaba İnşaat, İnce İşler ve Hareketli Yük).....	38
Şekil 3.15.	50 Katlı Betonarme Binanın ST4CAD V.14 (2022) .	
.	İle Sayısal Modeli.....	40
Şekil 3.16	Dikkate Alınan 50 Katlı Binanın Birinci Mod Şekli.....	43
Şekil 3.17	Dikkate Alınan 50 Katlı Binanın İkinci Mod Şekli.....	44
Şekil 3.18.	Dikkate Alınan 50 Katlı Binanın Üçüncü Mod Şekli.....	45
Şekil 3.19.	Dikkate Alınan 50 Katlı Binanın Dördüncü Mod Şekli.....	46
Şekil 4.1.	Binanın Kolon ve Perde Duvarlarındaki Şekil Değiştirmelerin Şematik Gösterimi (%40 Bağlı Nem İçin).....	50
Şekil 4.2.	Binanın Kolon ve Perde Duvarlarındaki Şekil Değiştirmelerin Şematik G. . . österimi (%50 Bağlı Nem İçin).....	51
Şekil 4.3.	Binanın Kolon ve Perde Duvarlarındaki Şekil Değiştirmelerin Şematik Gösterimi (%60 Bağlı Nem İçin).....	52
Şekil 4.4.	Binanın Kolon ve Perde Duvarlarındaki Şekil Değiştirmelerin Şematik Gösterimi (%70 Bağlı Nem İçin).....	53
Şekil 4.5.	Binanın Kolon ve Perde Duvarlarındaki Şekil Değiştirmelerin Şematik Gösterimi (%80 Bağlı Nem İçin).....	54
Şekil 4.6	Binanın Kolon ve Perde Duvarlarındaki Şekil Değiştirmelerin Şematik Gösterimi (%90 Bağlı Nem İçin).....	55
Şekil 4.7.	D-3 Kolonu Farklı Bağlı Nem Eksenel Şekil Değiştirmeleri.....	57
Şekil 4.8.	C-3 Kolonu Farklı Bağlı Nem Değerleri ile şekil değiştirme.....	59
Şekil 4.9.	C-5 Kolonu Farklı Bağlı Nem Eksenel Şekil Değiştirmeleri.....	61
Şekil 4.10.	E-3 Kolonu Farklı Bağlı Nem Eksenel Şekil Değiştirmeleri.....	62
Şekil 4.11.	D-4 Perdesi Farklı Bağlı Nem Eksenel Şekil Değiştirmeleri.....	64
Şekil 4.12.	D-5 Perdesi Farklı Bağlı Nem Eksenel Şekil Değiştirmeleri.....	66
Şekil 4.13.	E-4 Perdesi Farklı Bağlı Nem Eksenel Şekil Değiştirmeleri.....	68

Şekil 4.14.	D-4 Perdesi ve D-3 Kolonu Arasındaki Şekil Değiştirmeleri (h %70)	69
Şekil 4.15.	D-4 Perdesi ve C-3 Kolonu Arasındaki Şekil Değiştirmeleri (h %70)	70
Şekil 4.16.	D-5 Perdesi ve C-5 Kolonu arasındaki Şekil Değiştirmeleri (h %70)	71
Şekil 4.17.	E-4 Perdesi ve E-3 Kolonu arasındaki Şekil Değiştirmeleri (h %70)	72
Şekil 4.18.	Büzülme Şekil değiştirmesinin C-3 ve D-3 Kolonlar	.
.	İçin Bina Kat Ve Yüksekliği için Değişimleri.....	79
Şekil 4.19.	Büzülme Şekil Değiştirmesinin C-4 ve C-5 Kolonları	.
.	İçin Bina Kat ve Yüksekliği için Değişimleri.....	80
Şekil 4.20.	Büzülme Şekil değiştirmesinin E-3 Kolonu	.
.	İçin Bina Kat ve Yüksekliği için Değişimleri.....	80
Şekil 4.21.	Büzülme şekil değiştirmesinin E-4 ve D-4 Perdeleri	.
.	İçin Bina Kat ve Yüksekliği için Değişimleri.....	81
Şekil 4.22.	Farklı Beton Sınıfları İçin Büzülme Şekil Değiştirmesinin D-3	.
..	Kolonu için Bina Yüksekliği Boyunca Değişimleri.....	82
Şekil 4.23.	Farklı Beton Sınıfları İçin Büzülme Şekil Değiştirmesinin C-3	.
K.	Kolonu için Bina Yüksekliği Boyunca Değişimleri.....	83
Şekil 4.24.	Farklı Beton Sınıfları İçin Büzülme Şekil Değiştirmesinin C-4	.
.	Kolonu için Bina Yüksekliği Boyunca Değişimleri.....	83
Şekil 4.25.	Farklı Beton Sınıfları İçin Büzülme Şekil Değiştirmesinin C-5	.
K. .	Kolonu için Bina Yüksekliği Boyunca Değişimleri.....	84
Şekil 4.26.	Farklı Beton Sınıfları İçin Büzülme Şekil Değiştirmesinin E-3	.
..	Kolonu için Bina Yüksekliği Boyunca Değişimleri.....	84
Şekil 4. 27.	Farklı Beton Sınıfları İçin Büzülme Şekil Değiştirmesinin D-4	.
.	Perdesi için Bina Yüksekliği Boyunca Değişimleri.....	85
Şekil 4.28.	Farklı Beton Sınıfları İçin Büzülme Şekil Değiştirmesinin E-4	.
.	Perdesi İçin Bina Yüksekliği Boyunca Değişimleri.....	85

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1.	Büzülme Birim Şekil Değiştirmesi, ε_{cs} (Uzun süre sonunda).....	8
Çizelge 3.2.	Yaşa (Zamana) Bağlı Olarak Büzülmede Meydana Gelen Artış	.
. .	(Celep Ve Kumbasar 2005).....	9
Çizelge 3.3.	Çimento Tipine Bağlı β_{sc} Katsayısı	13
Çizelge 3.4.	Çimento Tipine Göre α_{as} Katsayısı.....	14
Çizelge 3.5.	ACI 209R-92 Modelinde Kullanılan Faktörler (ACI -209R-08).....	16
Çizelge 3.6.	Büzülme Düzletme Faktörü , İlk Nemli Kürleme 3.21 $\gamma_{sh}, \gamma_{sh,tc}$	18
Çizelge 3.7.	Eleman Ortalama Kalınlığı $\gamma_{sh d}$ İçin Büzülme Düzletme Faktörü...	18
Çizelge 3. 8.	k_h : Nem Bağımlılık Faktörü.....	22
Çizelge 3. 9.	α_1 Çimento Tipine Göre Katsayı B3 Model.....	22
Çizelge 3.10.	α_2 Kürleme Koşullarına Göre Katsayı B3 Model.....	22
Çizelge 3.11.	k_s Eleman Şekil Faktörü B3 Modeli.....	22
Çizelge 3.12.	Hesaplanan Büzülme Miktarı.....	24
Çizelge 3.13.	CEB FIB -99- Toplam Büzülme Hesabı.....	26
Çizelge 3. 14.	ACI 209R-92 Toplam Büzülme.....	28
Çizelge 3.15.	B3 Yöntemine Göre Büzülme Miktarları.....	29
Çizelge 3.16.	Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Kesit Ölçüleri.....	32
Çizelge 3.17.	Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış .	...
.	Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina	.
.	Yükseklik Sınıfları.....	34
Çizelge 3.18.	Deprem Tasarım Sınıfları (DTS).....	34
Çizelge 3.19.	Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı.....	35
Çizelge 3.20.	Yapı Periyodları.....	42
Çizelge 4.2.	Kolon D-3 Farklı Bağlı Nem Değerleri ile şekil değiştirme.....	56
Çizelge 4.3.	C-3 Kolonu Farklı Bağlı Nem Değerleri İle Şekil Değiştirme.....	58
Çizelge 4.4.	C-5 Kolonu Farklı Bağlı Nem Eksenel Şekil Değiştirmeleri.....	60
Çizelge 4.5.	D-4 Perdesi Farklı Bağlı Nem Değerleri ile Şekil Değiştirme.....	63
Çizelge 4.6.	D-5 Perdesi Farklı Bağlı Nem Değerleri ile Şekil Değiştirme.....	65
Çizelge 4.7.	E-4 Perdesi Farklı Bağlı Nem Değerleri ile Şekil Değiştirme.....	67
Çizelge 4.8.	Kolon ve Perde Arasındaki Karşılaştırma (h%40).....	73
Çizelge 4.9.	Kolon ve Perde Arasındaki Karşılaştırma(h %50).....	74
Çizelge 4.10.	Kolon ve Perde Arasındaki Karşılaştırma(h %60).....	75
Çizelge 4.11.	Kolon ve Perde Arasındaki Karşılaştırma (h %70).....	76
Çizelge 4.12.	Kolon ve Perde Arasındaki Karşılaştırma (h %80).....	77
Çizelge 4.13.	Kolon ve Perde Arasındaki Karşılaştırma (h %90).....	78
Çizelge 4.14	15 Kattaki Kolonlar Büzülme Değişimi.....	81

1. GİRİŞ

Betonun içindeki suyun fiziksel ve/veya kimyasal nedenlerle azalması (kaybolması) sonucunda betonun boyunda ve hacminde yer alan küçülmeye büzülme denilmektedir. (Erdoğan 2003, ACI 116R-90 1994). Büzülme olayı teknik literatürde bazen rötre olarak da adlandırılmakta ve büzülmeyi etkileyen parametreler literatürde ayrıntılı olarak belirtilmektedir (Neville 1995, Doğangün 2021). Büzülme olayı betonun taze durumunda meydana geldiği gibi beton sertleştikten sonra da meydana gelebilmektedir. Taze betondaki su kaybı tamamen fiziksel nedenlere dayanmasına rağmen, sertleşmiş betondaki su kaybı hem fiziksel hem de kimyasal nedenlere dayanmaktadır (Erdoğan 2003). Taze betondaki su kaybı esas olarak betondaki terleme sonucu yüzey ve yüzeye yakın kısımlardaki kuruma nedeniyle meydana gelmektedir. Betonun yüzey kısmında gerçekleşen bu büzülme çeşidi *Plastik Büzülme* olarak da adlandırılmaktadır. Sertleşmiş betondaki su kaybına yol açan etkenlere bağlı olarak *Hidrasyon Büzülmesi*, *Karbonatlaşma Büzülmesi* ve *Kuruma Büzülmesi* gibi farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır (Erdoğan 2003).

Taze betondaki büzülme nispeten kısa sürede (birkaç saat içinde) meydana gelmektedir. Bu büzülme nedeniyle özellikle döşeme gibi geniş alana sahip beton yüzeylerde örümcek ağına benzer şekilde çatlaklar meydana gelmektedir. Plastik büzülme çatlakları her ne kadar yüzey bölgesinde tanımlansa da ileri düzeylere ulaşması durumunda elemanın derinliklerine kadar ilerleyebilmektedir. Bu durumda taşıyıcı olan elemanların yapısal tasarımında önemli olan rijitlik parametresinde azalmaya yol açabilmektedir. Diğer taraftan donatı korozyonuna neden olabilmekte ve sızdırmazlığın gerekli olduğu yapılarda önemli kullanım ve yapısal sorunlara neden olabilmektedir. Sertleşmiş betondaki büzülme ise zamana bağlı olarak nispeten daha uzun sürede meydana gelmektedir. Bu büzülme betonarme elemandaki betonun boyunun ve hacminin küçülmesine neden olduğundan elemanların başlangıç durumundan farklı olarak zorlamalara maruz kalmasına neden olabilmektedir. Dolayısıyla yapıların fonksiyonuna bağlı olarak sertleşmiş betondaki büzülme tasarımlarında dikkate alınması gerekli olan büzülme türü olmaktadır.

Beton yapılarda meydana gelen sünme olayı genel olarak büzme olayı ile birlikte anılmaktadır. Her ne kadar sünme ve büzülme şeklinde birlikte dikkate alınsalar da oluşum mekanizmaları birbirinden farklıdır. Bilindiği gibi sünme yükün şiddetine ve zaman içindeki değişimlerine bağlı olmasına rağmen büzülme ise genel olarak dış ortamın ve betonun iç özelliklerine bağlıdır. Her ne kadar sünme ve büzülmenin oluşum mekanizmaları farklı olsa da genel olarak yapılar üzerinde birlikte etkili olmaktadır. Büyük oranda büzülme yapan betonlar aynı zamanda büyük oranda sünme yapmaktadır (Neville 1995). Bu çalışmada sadece büzülme üzerinde durulmaktadır.

Normal betonarme yapılar olarak adlandırabileceğimiz az ve orta katlı binalarda ve yapılarda büzülme nedeniyle meydana gelen sorunlar ve hasarlar zaman zaman teknik literatürde yer almaktadır (Yıldırım 2017, Ramyar 2022). Binaların normal binalar yerine yüksek binalar olduğu durumda büzülme nedeniyle meydana gelen şekil değiştirmelerin meydana getireceği olumsuzluklar/hasarlar bakımından daha bir önem arz etmektedir. Çünkü zamana bağlı şekil değiştirmelerin değerleri ani şekil değiştirme değerlerinden çok daha büyük boyutlara ulaşabilmektedir. Zamana bağlı şekil değiştirmelerin dereceleri de doğal olarak yapı yüksekliği arttıkça artmaktadır.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2019) da büzülme (rötre) ile ilgili ifadeler bulunmaktadır. TBDY-2019 da Bilgilendirme Eki 3a –*Deprem Etkisi Altında Uygun Tasarım İçin Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Düzenlenmesi-Taşıyıcı Sistemde Fazla Bağlılık Özelliğinin Sağlanması* kısmında birbirinden yapısal derzlerle ayrılan bina bloklarının depremde çarpışarak hasar görme riski taşıdığı gözden uzak tutulmamalıdır denilerek, “Bina veya bina bloklarının plandaki uzunlukları, deprem hesabından bağımsız olarak, betonarme elemanlar için TBDY 2019’da tanımlanan etkin kesit rijitlikleri kullanılarak düzgün sıcaklık değişmesi ve rötre etkileri için yapılacak taşıyıcı sistem hesabına göre belirlenebilir. “ ifadeleri yer almaktadır. Bu ifadelerden de anlaşılabileceği gibi taşıyıcı sistemin rötre etkilerine göre hesabı için herhangi bir yöntem öngörülmemekle birlikte deprem etkisi altında uygun tasarım için derzlerle ayrılan bloklar arasında kalan net boşlukların belirlenmesinde taşıyıcı sistemin büzülme (rötre) etkileri için de tasarlanması gerekmektedir.

Geleneksel olarak az ve orta katlı betonarme yapıların tasarımında genel olarak kalıcı ve hareketli düşey yükler ile yatay deprem yükleri etkisinde yapılan tasarımlarda genel olarak zamana bağlı olmayan şekil değiştirmeler sonucunda belirlenen sehim ve ötelenme değerleri ön plana çıkmaktadır. Ancak, daha önce de belirtildiği gibi yapı yüksekliği arttıkça zamana bağlı şekil değiştirmeler ve yer değiştirmeler ön plana çıkabilmektedir. Betonarme yapıların taşıyıcı sisteminin düşey taşıyıcı elemanları olan kolon ve/veya perdeler hem ani hem de zamana bağlı yer değiştirmelere maruz kalmaktadır. Ani yer değiştirmelerin başlangıçta belirlendiği ve buna göre tasarım yapıldığı dikkate alındığında, bunların farklı değerde zamana bağlı şekil değiştirme yapmaları durumunda ani yerdeğiştirme yapılarak gerçekleştirilen tasarımdan uzaklaşmış olacaktır. Düşey taşıyıcı elemanlara mesnetlenen yatay taşıyıcı elemanların (döşeme ve kirişlerin) mesnet koşulları değişmiş olacaktır. Bu durumda yeniden dağılım ilkesi gereği hem eleman kesitindeki beton ve donatı hem de elemanlar arasında yük aktarımı meydana gelecek ve taşıyıcı sistemin tüm elemanlarında ek gerilmeler ortaya çıkabilecektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Malzeme üzerine çalışmalar gerçekleştirilen araştırmacılar tarafından betondaki büzülme olayının oluşum mekanizmaları ve bunu etkileyen parametreler üzerinde uzun yıllardır çok sayıda çalışma gerçekleştirilmektedir (S.Ulukaya vd.,2008). Bunun yanında gerek yapı malzemesi gerekse yapısal tasarım konularında araştırma yapan araştırmacılar tarafından orta katlı betonarme yapılarda büzülme (rötre) nedeniyle meydana gelen hasarlar ve bunların yapısal davranışa olan etkileri konularında oldukça fazla çalışma gerçekleştirilmiştir (A.B-Jahromi vd.,2017). Gerçekleştirilen bu tez kapsamında yüksek yapılar ve binanın yapım sürecini kademelendiren aşamalı yapım dikkate alındığından aşağıda sadece bu konu çerçevesinde gerçekleştirilen çalışmaların literatürü sunulmaktadır:

W.F. Baker ve arkadaşları 2007 yılında yayınladıkları çalışmalarında yüksek yapılarda sünme ve büzülme etkilerini araştırmak için The Burj Dubai Tower yapısını örnek olarak dikkate almışlardır. Bu yapı ACI 318 e göre tasarlanmış olup altıgen betonarme çekirdeğe sahip bir binadır. Çalışmada GL2000 modeli kullanılarak V/S (Volume-Hacim/ Surface-Yüzey) oranı 300 mm ile 500 mm arasında dikkate alınarak 50 yıl boyunca binanın maruz kalacağı sünme ve büzülme etkisi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sünmede %15, büzülme ise %40 bir artış beklenmektedir (Baker 2007).

A.Vafai ve arkadaşları 2009 da yayınladıkları çalışmada yüksek binalarda sünme ve büzülme hesaplanmalarına ilişkin yapım aşamalarına göre büzülme analizi gerçekleştirmişlerdir. Sünme ve büzülme hesabı için 2-boyutlu çerçeve sonlu elemanlar modeli kullanmışlardır. Deneysel ve analitik çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada CEM FIP ve B3 yöntemleri kullanılmıştır (Vafai vd., 2009).

Dirk Jankowski ve Hazim Yılmaz 2010 yılında yayınladıkları çalışmalarında 25 katlı betonarme bir yapı için CSM (Construction Stages Manager) modelini dikkate alarak SOFISTIK yazılımını kullanarak yüksek yapılarda inşa aşamalarına göre sünme ve büzülmenin değişimlerini incelemişlerdir (D.Jankowski vd., 2010).

M. Chiorino ve arkadaşları 2011 yılında yayınladıkları çalışmalarında normal yapılarda büzülme ve sünme etkilerini genel viskoelastik problemler olarak incelemişlerdir. Normal yapılarda başlangıç ve düşey elemanlarda zamana bağlı mutlak ve göreceli deplasman değerleri ve etkilerini sonlu elemanlar yöntemi ile araştırmışlardır. Çalışmada dikkate aldıkları sayısal örnekte 10 katlı bir bina kullanmışlardır. Binanın her kat yüksekliği 3m olup bina merkezde çekirdeği dış kısımlarda kolonları olan bir taşıyıcı sisteme sahiptir (M. Chiorino vd., 2011).

Taehun Ha ve Sungho Lee IB 2013 yayınladıkları çalışmalarında 58 katlı betonarme bir yapı üzerinde yapım aşamalarının süresini dikkate alarak büzülme etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada ASAP (Advanced Staged Analysis Program) kullanılmıştır. Bu çalışmada gerçek yapı hareketlerini izlemek için üç farklı alandan izleme yapılmıştır. Kolonlarda meydana gelen şekil değiştirmeleri belirlemek için şekil değiştirme ölçerler ve yanal hareketleri ölçmek için 3 boyutlu lazer tarayıcılar kullanılmıştır. Saha incelemeleri ile tahmin edilen değerlerin hesaplanan değerler ile karşılaştırması yapılmıştır (Taehun vd., 2013).

Dujian Zou ve arkadaşları 2014 yılında yayınladıkları çalışmalarında yüksek binalarda büzülme ve sünme etkileri ile elastik deformasyon etkilerinden oluşan aksenal kısaltmaları araştırmışlardır. Çalışmanın deneysel kısmında bir yıl boyunca sürekli yük altında perdede oluşan zamana bağlı büzülme ve sünme değerleri tespit edilmiştir (D.Zou vd., 2014).

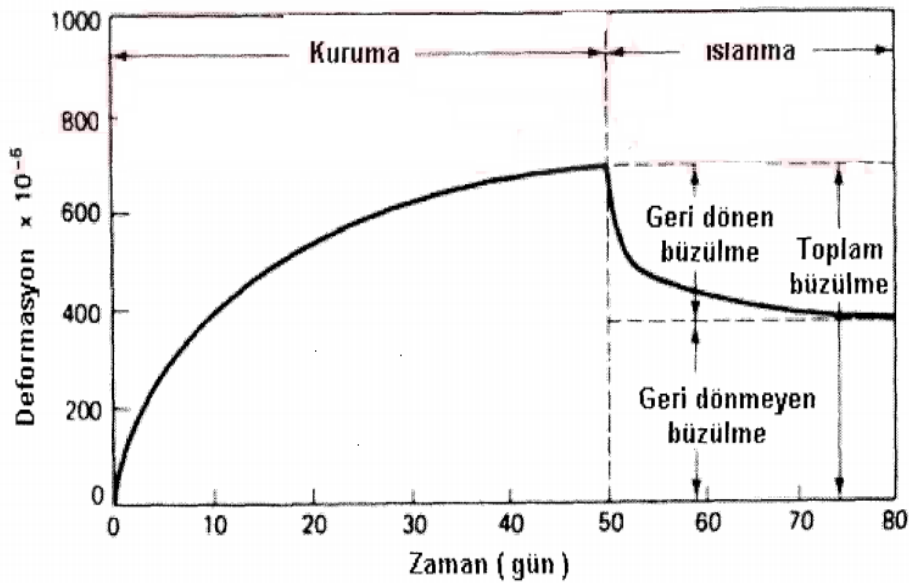
Dejian Shen ve arkadaşları 2015 yılında yayınladıkları çalışmada yüksek dayanımlı betonlarda bünyesel büzülmede kür sıcaklığı ve çatlama direnci etkilerini TSTM (Temperature Stress Test Machine) düzeneği ile RILEM Modelini kullanarak araştırmışlardır. Bu deneysel çalışmada farklı betonlarda bünyesel büzülme kısa- dönem (erken yaşlarda) farklı kür sıcaklıkları ile yapılmıştır. İnceledikleri betonlar için kür sıcaklığı arttıkça bünyesel büzülmenin arttığını, çatlama gerilmesinin çekme gerilmesinden daha az olduğunu (1:2) tespit etmişlerdir (D.Shen vd., 2015).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Büzülme Olayı

Betonun yerleştirildikten sonra dış yüke maruz kalmadan sıcaklık ve nem gibi etkilere bağlı olarak hacim küçülmesi olayına rötre ya da büzülme denilmektedir. Betonun büzülmesi bazen plastik ve kuruma büzülmesi olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Plastik büzülme, taze beton kalıba yerleştirildikten sonra ilk birkaç saat içinde gerçekleşmektedir. Kuruma büzülmesi ise çimentonun hidrasyonunun önemli bir kısmının gerçekleşmesinden sonra oluşmaktadır. Kuruma büzülmesi buharlaşan su nedeniyle beton elemanların hacimlerinin azalmasına neden olmaktadır.

Büzülmenin nem ile olan ilişkisinin net olarak görülebilmesi için 50 gün boyunca kurumaya bırakılan beton elemanın tekrar neme maruz kalması durumunda ortaya çıkan deformasyonun zamanla değişimi Şekil 3.1 gösterilmektedir. Bu şekilden görüldüğü gibi beton kurumaya başlayınca büzülme şekil değiştirmeleri zaman ile artmaktadır. Ancak tekrar ıslak bir ortama maruz kalması durumunda ise betonun oluşan şekil değiştirmelerinin bir kısmı geri dönmektedir. Bir kısmı ise kalıcı şekil değiştirme olarak kalmaktadır (Lale vd., 2004)



Şekil 3.1. Betonun Çevrimsel Şartları Kuruma ve Islanmaya Bırakılması Durumunda Oluşan Büzülme Eğrisi (Lale vd., 2004)

3.2. Büzülmeyi Etkileyen Faktörler

Büzülmenin büyüklüğünü etkileyen başlıca parametreler aşağıda Doğangün 2021 kaynağından alınarak sunulmaktadır:

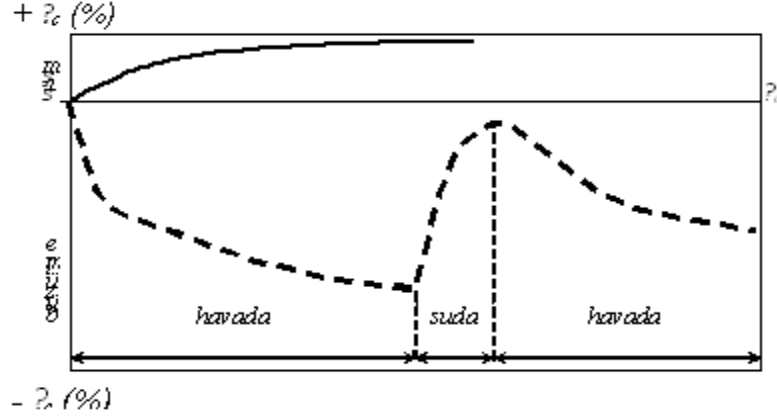
- (1) ortam koşulları,
- (2) beton elemanın kalınlığı,
- (3) su/çimento oranı,
- (4) agrega oranı,
- (5) donatı miktarı,
- (6) betonun yaşı,
- (7) çimento tipi,
- (8) katkı maddeleri

(1) Ortam koşulları: Rölatif olarak ortamın nemi büzülmenin büyüklüğünü önemli derecede etkilemektedir. Nemin çok fazla olması durumunda büzülmenin meydana gelme oranı azalmaktadır. Ortamın nemi %40 iken nem miktarının %60, %80 ve %100 değerlerine çıkması halinde, büzülme sırasıyla, %20, %40, ve %100 azalmaktadır (TS EN 206 2002).

(2) Beton elemanın kalınlığı: Beton elemanların boyutlarının büzülme üzerinde etkili olacağı tahmin edilebilir. Beton elemanın eşdeğer kalınlığı arttıkça büzülmenin değeri azalmaktadır. Döşemelerde büzülme çatlaklarının yaygın olarak görülmesinin nedenlerinden biri de döşeme kalınlıklarının kirişlere göre nispeten küçük olması ve büyük bir yüzeyin dış ortam koşullarına maruz kalmasıdır. 200 mm kalınlıklı bir beton elemanın büzülmesi, 150 mm kalınlıklı beton elemanın büzülmesine göre %15 daha az olmaktadır. Kuruma büzülmesinin başlayabilmesi için dış yüzeyden 250 mm içerde 1 yıllık bir süre, 600 mm içerde başlayabilmesi için ise yaklaşık 10 yıllık bir süre gerekmektedir (Navy 2000).

Büzülme olayının tam tersi bir olay olarak, yani betonun kuruma yerine suda bırakılması durumunda ise beton şişmektedir.

Büzülme tamamen geri dönen bir işlem değildir. Eğer bir beton tamamen büzüldükten sonra su etkisinde kalırsa orijinal hacmine Şekil 3.2 de şematik olarak gösterildiği gibi geri dönemez.



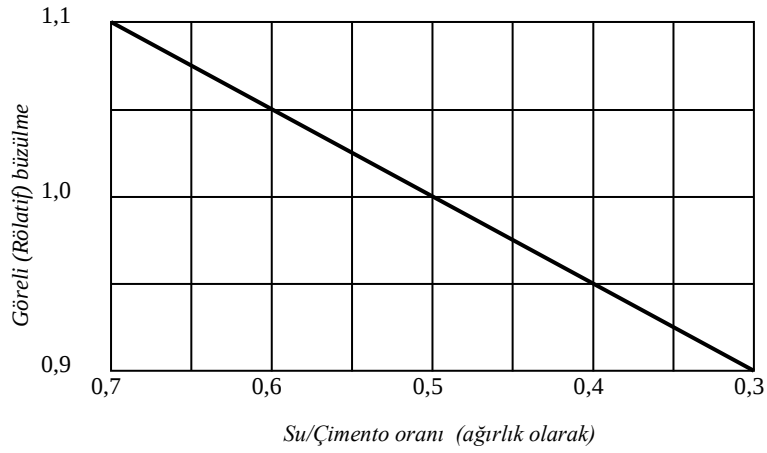
Şekil 3.2. Betonun Büzülmesi ve Şişmesi (Doğangün)

Büzülme şekil değiştirmesinin zamanla değişimi betonun bakımına, ortamın bağıl nemine ve eşdeğer kalınlığa bağlı olarak Çizelge 3.1 de verilmektedir. Bu çizelgede u elemanın ortama açık yüzeyinin çevre uzunluğunu, ℓ_e eşdeğer kalınlığını, A_c kirişlerde gövde, kolonlarda ise tüm kesit alanını göstermektedir. Elemanın boy değişimi, çizelgede verilen büzülme katsayısı (ϵ_{cs}) ve ℓ_b nin çarpımından hesaplanabilir. Dolayısıyla da bu boy değişiminden oluşacak ilave kesit etkileri belirlenebilir.

Çizelge 3.1 Büzülme Birim Şekil Değiştirmesi, ϵ_{cs} (Uzun süre sonunda)

Betonun bakımı	Kuru ortam (bağıl nem % 50)		Nemli ortam (bağıl nem % 80)	
	Eşdeğer Kalınlık , $\ell_e=2A_c / u$ (mm)			
	150 mm	600 mm	150 mm	600 mm
Yetersiz beton bakımı için, ε_{cs}	0,00060	0,00050	0,00040	0,00030
Yeterli beton bakımı için, ε_{cs}	0,00040	0,00040	0,00025	0,00025

(3) Su/Çimento oranı: Genel olarak su/çimento oranının büzülme üzerinde en önemli etkiye sahip olduğu belirtilebilir. Bu oran arttıkça karışımdaki su oranı da doğal olarak artmaktadır. Bunun sonucunda daha fazla su buharlaşacağından büzülme de artacaktır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Su/Çimento Oranıyla Büzülmenin Değişimi (Kong ve Evans 1987)

(4) Agrega oranı: Agrega, çimento hamurunun büzülmesini tutucu yönde davranış göstermektedir. Bu nedenle karışımdaki agrega oranı arttıkça, betonda büzülmenin daha az gerçekleşeceği söylenebilir.

(5) Donatı miktarı: Donatılı betonda büzülme, donatısız betona göre daha az meydana gelmektedir. Büzülme betonda oluşup donatıda oluşmadığından, donatı bu şekil değiştirmeyi engellemeye çalışacak, dolayısıyla betonda çekme, donatıda ise basınç gerilmeleri oluşacaktır. Bazen bu gerilmeler kullanılabilirliği etkileyebileceği gibi, önemli şekil değiştirmelere, hatta çökmelere de neden olabilmektedir.

(6) Betonun yaşı: Betonun yaşı arttıkça büzülme artmakta, ancak artış oranı zamanla giderek azalmaktadır (**Çizelge 3.2**).

Çizelge 3.2. Yaşa (Zamana) Bağlı Olarak Büzülmede Meydana Gelen Artış (Celep ve Kumbasar 2005)

Betonun yaşı	1 ay	3 ay	6 ay	1 yıl	5 yıl
Büzülmedeki artış (%)	46	72	84	91	98

(7) Çimento tipi: Betonda bilindiği gibi çimento çeşidi ve miktarı büzülme üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Çimento inceliği fazla ise karışımdaki su miktarının arttırılması ile birlikte büzülme önemli derecede etkilenmektedir. Hızlı katılaştan çimentolar diğer

normal katılaşan çimentolara göre daha fazla bzlmeye neden olmaktadır.

(8) Katkı maddeleri: Katkı maddesinin çeşidine bağlı olarak bu maddenin büzülme üzerindeki etkisi de değişmektedir. Kalsiyum Klorür gibi akışkanlaştırıcı maddeler büzülmeyi artırmaktadır (Park ve Paulay 1975).

3.3. Büzülme Hesap Yöntemleri

Sertleşmiş betonda zamanla meydana gelecek bzlmenin tahmin edilmesi için farklı hesap yaklaşımları geliştirilmiş ve bunlardan birkısmı standard ve/veya yönetmeliklerde yer almıştır. Bunlardan daha yaygın olarak bilinen ve kullanılanları Amerikan Beton Enstitüsü tarafından nerilen ACI 209.2R-92 (1997) yöntemi, Avrupa Beton Komisyonu tarafından nerilen CEB MC90-99 (1999) yöntemi, Türk Standardları tarafından nerilen TS500 (2000) de sunulan yöntemdir. Sunulan bu yöntemlerde büzülme miktarının belirlenebilmesi için bağıntılar sunulmakta bu bağıntılarda kullanılacak değerlerin seçimi ya da belirlenmesi için bir takım tablolar ya da yaklaşımlar sunulmaktadır. Bu çalışmada büzülme miktarının belirlenmesi için CEB MC90-99 (1999) yöntemi yaygın ve kullanılışlı olduğundan dolayı tercih edilmiştir.

3.3.1. CEB MC90-99 Yöntemi

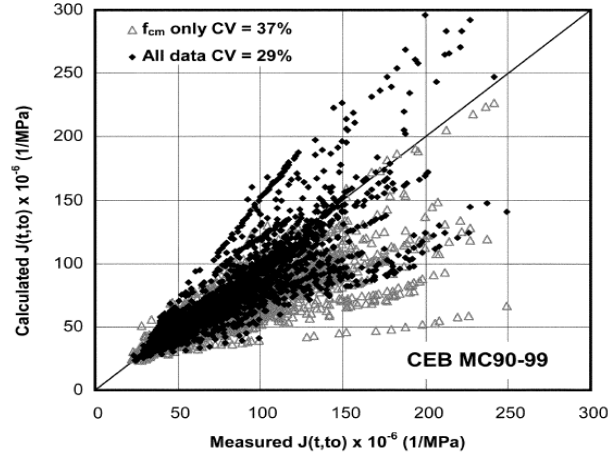
CEB MC90-99 yöntemi betonda büzülme ve snme değerlerini tahmin edebilmek için kullanılmakta olup Muller ve Hilsdorf (ACI 209R-92) tarafından geliştirilmiştir. Bu modelde toplam büzülme bünyesel (otojen) büzülme ve kuruma büzülmesi olarak iki sınıfa ayrılmıştır. CEB modelinde kr koşulları ile ilgili bir parametre bulunmamaktadır.

Bu metoda ilişkin veri tabanı şekil 3.4 de görülmektedir. Bu metodu kullanabilmek için aşağıdaki parametrelerin belirli olması gerekmektedir. :

1. Betonda kuruma sresinin başlangıcı genellikle bu süre nemli krlemenin bitiş sresidir.
2. Beton elemanın yük altında kaldığı süre
3. Betonun 28 gün için basınç değeri
4. Bağlı nemin ondalık olarak belirlenmesi

5. Hacim-Yüzey oranı (V/S)

6. Çimento tipi



Şekil 3.4. CEB MC90-99 RILEM Veri Tabanı (Gander 2004)

Bu model; beton dayanımı $12 \leq f_c' \leq 80\text{MPa}$, normal sıcaklık altında, 14 gün fazla uygulanmayan kür süresi , bağıl nem 40% ve %100 ve ortam sıcaklığı 5 ile 30 °C arasındaki değerler için geliştirilmiştir.

CEB MC90 a göre toplam büzülme hesabı ($\epsilon_{sh}(t,t_c)$):

Bu yöntemle göre büzülme değeri aşağıdaki bağıntı ile belirlenmektedir:

$$\epsilon_{sh}(t,t_c) = \epsilon_{cso}\beta_s(t - t_c) \quad (3.1)$$

Bu bağıntıdaki ulusal büzülme katsayısını elde etmek için aşağıdaki denklem önerilmektedir:

$$\epsilon_{cso} = \epsilon_s(f_{cm28})\beta_{RH}^{(h)} \quad (3.2)$$

burada

$$\epsilon_s(f_{cm28}) = [160 + 10\beta_{sc}(9 - f_{cm28}/f_{cmo})] \times 10^{-6} \quad (3.3)$$

bağıntısı ile belirlenmektedir. Bağıntıdaki $\beta_{RH}^{(h)}$ ise h bağıl nemi göstermek üzere aşağıdaki bağıntılarla belirlenmektedir:

$$\beta_{RH}^{(h)} = -1.55 \cdot 8 \left[1 - \left(\frac{h}{h_o} \right)^3 \right] \quad \text{için} \quad 0.4 \leq h < 0.99 \quad (3.4)$$

$$\beta_{RH}^{(h)} = 0.25 \quad \text{için} \quad h \geq 0.99 \quad (3.5)$$

Yukarıdaki bağıntılarda geçen parametreler;

f_{cm28} : (Silindir numune) 28 günlük beton ortalama basınç dayanımı

f_{cm0} :10 MPa

h : % göreceli bağıl nem

h_o :1

t_c : betonun kuruma başlangıç zamanı (gün)

t : betonda büzülme deformasyonu hesaplanması istenilen zaman (gün)

$(t - t_c)$: kuruma süresi (gün)

ϵ_{cs0} : ulusal büzülme katsayısı (the notional shrinkage coefficient)

$\beta_s(t - t_c)$: büzülme zaman içindeki gelişimi ifade edebilmek için kullanılan katsayı

β_{sc} : çimento tipine bağlı olup Çizelge 3.3 den alınan bir katsayı

Büzülme zaman fonksiyonu hesaplanması:

$$\beta_s(t - t_c) = \left[\frac{(t - t_c)/t_1}{350[(V/S)/(V/S)_0]^2 + (t - t_c)/t_1} \right]^{0.5} \quad (3.6)$$

Burada:

t_1 : 1 gün

$(t - t_c)$: kuruma süresi

V/S : hacim / yüzey oranı mm

$(V/S)_0$: 50 mm

Bu yöntem beton elemanların kür süresi 14 günden fazla olmadığı ve normal sıcaklık altında kaldığı durumlar için geliştirildiğinden, sıcaklığın 30°C den yüksek olması durumunda CEB M90 yüksek sıcaklık düzeltmesi katsayısı $\beta_{RH}^{(h)}$ ve bünyesel büzülmede sıcaklık etkisi hesabı için aşağıdaki formül önerilmektedir:

$$\beta_{RH,T} = \beta_{RH}^{(h)} \left[1 + \left(\frac{0,08}{1,03 - h/h_o} \right) \left(\frac{T/T_o - 20}{40} \right) \right] \quad (3.7)$$

Büzülme zaman değişimi (her hangi bir zaman) sıcaklık etkisi altında kaldığı zaman aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$\beta_{s,T}(t - t_c) = \left[\frac{(t - t_c)/t_1}{350 \left[\frac{V}{\left(\frac{S}{V}\right)_0} \right]^2 \exp \left[-0,06 \left(\frac{T}{T_0} - 20 \right) \right] \frac{(t - t_c)}{t_1}} \right]^{0.5} \quad (3.8)$$

Burada:

$\beta_{RH,T}$: bağıl nem faktörü ve Denklem 3.2 deki β_{RH} yerine konacak

$\beta_{s,T}(t - t_c)$: sıcaklığa bağlı katsayı Denklem 3.6 daki $\beta_s(t - t_c)$ yerine konacak

h : % olarak bağıl nem değeri

h_0 : 1

V/S : hacim -yüzey oranı

V/S_0 : 50 mm

T : Sıcaklık değeri $^{\circ}\text{C}$

T_0 : 1

Çizelge 3.2. Çimento Tipine Bağlı β_{sc} Katsayısı

Çimento tipi EC2 göre	β_{sc}
SL Yavaş sertleşen çimento	4
N ve R Normal veya hızlı sertleşen çimento	5
RS hızlı sertleşen –yüksek dayanımlı çimento	8

CEB M90-99 e göre 80 MPa dan yüksek dayanımlı betonlarda büzülme hesabı:

Bu yaklaşıma göre büzülme bünyesel ve kuruma büzülmesine ayrılmaktadır. Toplam büzülme hesabı $\epsilon_{sh}(t, t_c)$ aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır:

$$\epsilon_{sh}(t, t_c) = \epsilon_{cas}(t) + \epsilon_{cds}(t, t_c) \quad (3.9)$$

$\epsilon_{sh}(t, t_c)$: toplam büzülme

$\epsilon_{cas}(t)$: bünyesel büzülme

$\epsilon_{cds}(t, t_c)$: kuruma büzülmesi

Bünyesel büzülmeyi hesaplamak için aşağıdaki bağıntı önerilmektedir:

$$\epsilon_{cas}(t) = \epsilon_{caso}(f_{cm28})\beta_{as}(t) \quad (3.10)$$

Burada:

$\varepsilon_{caso}(f_{cm28})$: ulusal bünyesel büzülme katsayısı

$\beta_{as}(t)$: bünyesel büzülmesi zaman değişimine göre kullanılan bir fonksiyon

$$\varepsilon_{caso}(f_{cm28}) = -\alpha_{as} \left(\frac{f_{cm28}/f_{cmo}}{6+f_{cm28}/f_{cmo}} \right)^{2.5} \times 10^{-6} \quad (3.11)$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp[-0.2 \left(\frac{t}{t_1} \right)^{0.5}] \quad (3.12)$$

Burada:

f_{cm28} : 28 günlük beton ortalama basınç dayanımı (silindir numune)

f_{cmo} : 10 MPa

t_1 : 1 gün

t : beton zamanı gün

α_{as} : çimento tipine göre bir katsayı. Çizelge 3.4 den alınacaktır.

Çizelge 3.3. Çimento Tipine Göre α_{as} Katsayısı

EC2 e göre çimento tipi	α_{as}	α_{ds1}	α_{ds2}
SL Yavaş sertleşen çimento	800	3	0.13
N ve R Normal veya hızlı sertleşen çimento	700	4	0.12
RS hızlı sertleşen –yüksek dayanımlı çimento	600	6	0.12

Bilindiği gibi bünyesel büzülme bileşeni kuruma büzülmesinden daha hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Kuruma büzülmesini hesaplayabilmek için aşağıdaki denklem kullanılmaktadır:

$$\varepsilon_{cds}(t, t_c) = \varepsilon_{cds}(f_{cm28}) \beta_{RH}^{(h)} \beta_{ds}(t - t_c) \quad (3.13)$$

Burada:

$\varepsilon_{cds}(f_{cm28})$: kuruma büzülme katsayısı Denklem 3.14 den alınacaktır.

$\beta_{RH}^{(h)}$: kuruma büzülmesinde bağıl nem etkisini hesaplanmak için kullanılan bir katsayı Denklem 3.15 den hesaplanacaktır.

$\beta_{ds}(t - t_c)$: kuruma büzülmesinin zamana göre değişimini gösteren bir fonksiyon olup 3.16 denklemini ile hesaplanmaktadır.

$$\varepsilon_{cdso}(f_{cm28}) = [(220 + 110\alpha_{ds1})\exp(-\alpha_{ds2} f_{cm28}/f_{cmo})] \times 10^{-6} \quad (3.14)$$

$$\beta_{RH}^{(h)} = -1.55 \left[1 - \left(\frac{h}{h_o} \right)^3 \right] \quad \text{için} \quad 0.4 \leq h < 0.99 \beta_{s1} \quad (3.15)$$

$$\beta_{RH}^{(h)} = 0.25 \quad \text{için} \quad h \geq 0.99 \beta_{s1}$$

$$\beta_{ds}(t - t_c) = \left[\frac{(t - t_c) / t_1}{350[(V/S)/(V/S)_o] + (t - t_c) / t_1} \right]^{0.5} \quad (3.16)$$

$$\beta_{s1} = -\left(\frac{3.5 f_{cm0}}{f_{cm28}}\right)^{0.1} \leq 1 \quad (3.17)$$

Burada:

α_{ds1} ve α_{ds2} katsayıları Çizelge 3.4 den alınmaktadır.

β_{s1} : yüksek dayanımlı betonlarda öz-kuruma hesaplanması için kullanılan bir katsayı

h : ortam bağıl nemi

h_o : 1

$(V/S)_o$: 50 mm

(V/S) : hacim-yüzey oranı

$(t - t_c)$: kuruma zamanı (gün)

t_c : betonun kurumaya başladığı zaman (gün)

3.15 Denklemine göre normal dayanımlı betonlar eğer %99 bağıl neme maruz kalırsa şişme olayı gerçekleşmektedir. Ancak yüksek dayanımlı betonlarda daha düşük bağıl nem değerlerinde bile şişme olayı gerçekleşebilmektedir. Bunun sebebi betonda içsel bağıl nem olmasından dolayı öz-kuruma oluşmasındandır.

3.3.2. ACI 209R-92 Yöntemi

Bu yöntem Branson and Christiason (1971) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde büzülme ve sünme şekil değiştirme değerlerini tahmin etmek için zaman fonksiyonları kullanılarak nihai değerler bulunabilmektedir. Hiperbolik bir eğri üzerinde asimptotik değeri olarak nihai değer tanımlanmaktadır. Eğrinin şekli ve nihai değeri, kürleme şartlarına, yükleme süresine, betonun karışım oranlarına, ortam nemine ve sıcaklığına bağlı olarak belirlenmektedir. Bu yöntemin;

avantajları,

- Kolay kullanım (az bilgi olsa bile kullanılabilir)
- Büzülme ve sünme nihai değerleri değiştirilerek kısa süre içinde iyi sonuçlar elde edilebilmektedir.

Dezavantajları ise,

- Bu yöntem ampirik temelli olup büzülme ve sünme olayları modellenemez.

ACI 209R-92 metodu ile büzülme hesabı için gerekli bilgiler:

- Betonun kurumaya başladığı zamanı, genelde nem kürlleme bittiği zamandan alınmaktadır (gün)
- Yükleme süresi (gün)
- Bağıl nem (ondalık sayı)
- Kürlleme tekniği
- V/S hacim/yüzey oranı ya da ortalama kalınlık (mm)
- Çimento tipi
- Beton çökme değeri (mm)
- İnce agrega oranı (%)
- Betonda hava oranı (%)

ACI 209R-92 de büzülme hesabı $\epsilon_{sh}(t, t_c)$

Bu yönetmelikte kullanılan faktörler aşağıdaki çizelgede sunulmaktadır.

Çizelge 3.4. ACI 209R-92 Modelinde Kullanılan Faktörler (ACI -209R-08)

Faktörler			Bağımsız değişken	Yönetmelik koşulları
Beton	Beton karışımı	Çimento içeriği Su/ çimento Karışım oranları Agrega özellikleri Sıkıştırma derecesi	Çimento tipi	Tip I ve III
			Çökme	70 mm
			Hava içeriği	$\leq \%6$
			İnce agrega oranı	$\%50$
			Çimento içeriği	279 ile 446 kg/m^3
	İlk kürlleme	İlk Kürlleme	Nemli kürlleme	7 gün
			Buharla kürlleme	1 ile 3 gün
		Kürlleme sıcaklığı	Nemli kürlleme	$23,2 \pm 2^\circ \text{C}$
			Buharla kürlleme	$\leq 100^\circ \text{C}$
		Kürlleme nemliği	Bağıl nem	$\leq \%95$
Eleman geometrisi ve çevre koşulları		Beton sıcaklığı Beton su içeriği	Beton sıcaklığı	$23,2 \pm 2^\circ \text{C}$
			Ortam bağıl nem	$\%40$
		Hacim ve şekil	Hacim / yüzey ya da	V/S =38mm
			Minimum kalınlık	150mm

Bu yönetmelikte sunulan metoda göre büzülme aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır:

$$\varepsilon_{sh}(t, t_c) = \frac{(t, t_c)^\alpha}{f + (t, t_c)^\alpha} \cdot \varepsilon_{shu} \quad (3.18)$$

Burada:

ε_{shu} Ortalama tahmini nihai büzülme ($\varepsilon_{shu}=780 \times 10^{-6}$ mm)

(t, t_c) : ilk kürlenmenin bittiği zaman

f : gün (nemli kürlenme için 7 gün, 35 gün, 55 gün buharla kürlenme ise 1 gün ve 3 gün)

4.25 denkleminde alınır

α : sabit katsayı (eleman şekli ve hacmi zamana bağlı olarak tanımlanır $\alpha=1$)

$$f = 26e^{\{1.42 \times 10^{-2} (V/S)\}} \quad (3.19)$$

Yönetmelik koşulları dışında kalan koşullar için ise büzülme hesapları yapılırken düzeltme faktörleri kullanılır. Bu faktörler 3.20 ve 3.21 denklemlerinde gösterilmektedir.

$$\varepsilon_{shu} = 780 \times \gamma_{sh} \times 10^{-6} \text{ mm} \quad (3.20)$$

$$\gamma_{sh} = \gamma_{sh,tc} \gamma_{sh,RH} \gamma_{sh,vs} \gamma_{sh,s} \gamma_{sh,\psi} \gamma_{sh,c} \gamma_{sh,\alpha} \quad (3.21)$$

Burada:

γ_{sh} : düzeltme faktörü

$\gamma_{sh,tc}$: ilk nemli kürlenme sabiti (7 gün), buharla kürlenme sabiti ise Çizelge 3.6 dan alınacaktır.

$$\gamma_{sh,tc} = 1,202 - 0,2337 \log(t_c) \quad R^2 = 0,9987 \quad (3.22)$$

Ortam bağıl nem sabiti için $\gamma_{sh,RH}$

$$\gamma_{sh,RH} = \begin{cases} 1,409 - 1,02h & 0,4 \leq h \leq 0,8 \\ 3 - 3h & 0,8 \leq h \leq 1 \end{cases} \quad (3.23)$$

bağıl nem değeri h en az %40, ortam bağıl nem $\gamma_{sh,RH}$ en yüksek değeri 1 , çünkü $h=\%100$ iken $\gamma_{sh,RH} = 0$ ve bu durumda ACI metodu kullanılamaz.

Çizelge 3.5. Büzülme Düzletme Faktörü , İlk Nemli Kürleme 3.21 $\gamma_{sh}, \gamma_{sh,tc}$
Denkleminde Kullanılacak

Nemli kürleme süresi t_c , gün	$\gamma_{sh}, \gamma_{sh,tc}$
1	1,2
3	1,1
7	1
14	0,93
28	0,86
90	0,75

$\gamma_{sh,vs}$: V/S ye bağlı bir değer. Eğer V/S $\neq 38$ mm ya da ortalama kalınlık $\neq 150$ mm ise bir eleman ortalama kalınlığı $d=4V/S$.

$$\gamma_{sh,vs} = 1,2e^{\{-0,00472 \times (V/S)\}} \quad (3.24)$$

burada V eleman hacmi mm^3 , S ise eleman yüzeyi alanı mm^2 alternatif olarak ortalama kalınlık metodu γ_{shu} kullanılabilir.

Elemanın ortalama kalınlığı 150 mm az ise ya da V/S oranı 37,5 den az ise Çizelge 3.6 dan alınacaktır.

Çizelge 3.6. Eleman Ortalama Kalınlığı $\gamma_{sh d}$ İçin Büzülme Düzletme Faktörü , 3.21 Denkleminde Kullanılmaktadır.

Eleman Ortalama kalınlığı, d mm	V/S oranı mm	$\gamma_{sh d}$
51	12,5	1,35
76	19	1,25
102	25	1,17
127	31	1,08
152	37,5	1

Eleman ortalama kalınlığı 150 mm den fazla ise ve 300 mm ile 380 mm arasında ise 3.25 ve 3.26 denklemleri kullanılabilir.

kuruma süresi 1.yıl için $(t, t_c) \leq 1$ yıl

$$\gamma_{sh d} = 1,23 - 0,0015d \quad , \quad \gamma_{sh d} = 1,23 - 0,006 V/S \quad (3.25)$$

nihai değer için ise $(t, t_c) > 1$ yıl

$$\gamma_{sh\ d}=1,17-0,00114d \ , \ \gamma_{sh\ d}= 1,17-0,00456\ V/S \quad (3.26)$$

burada $d=4V/S$ elaman ortalama kalınlığı

her iki yöntem için γ_{sh} 0,2 den az alınmaz. Ayrıca $\gamma_{sh} \epsilon_{shu} \geq 100 \times 10^{-6}$ mm.

Eğer beton ıslanma ve kuruma mevsim dönemleri altında ise ve $\gamma_{sh} \epsilon_{shu} \geq 150 \times 10^{-6}$ mm ve sürekli kuruma koşulları altında ise, betonun karışımına izin verilen düzletme faktörleri şunlardır:

- Çökme faktörü $\gamma_{sh\ s}$ s beton taze iken çökme değeri mm

$$\gamma_{sh\ s} = 0,89 + 0,00161\ s \quad (3.27)$$

- İnce agrega faktörü $\gamma_{sh,\psi}$: ψ ince agrega toplam agregadan miktarı oran olarak belirlenir .

$$\begin{aligned} \gamma_{sh,\psi} &= 0,30 + 0,014\ \psi \quad \text{için} \quad \psi \leq \%50 \\ \gamma_{sh,\psi} &= 0,90 + 0,002\ \psi \quad \text{için} \quad \psi > \%50 \end{aligned} \quad (3.28)$$

- Çimento içeriği faktörü $\gamma_{sh,c}$: c çimento miktarı kg/m^3

$$\gamma_{sh,c} = 0,75 + 0,0001c \quad (3.29)$$

- Hava içeriği faktörü $\gamma_{sh,\alpha}$: α hava içeriği oran olarak

$$\gamma_{sh,\alpha} = 0,95 + 0,008\alpha \geq 1 \quad (3.30)$$

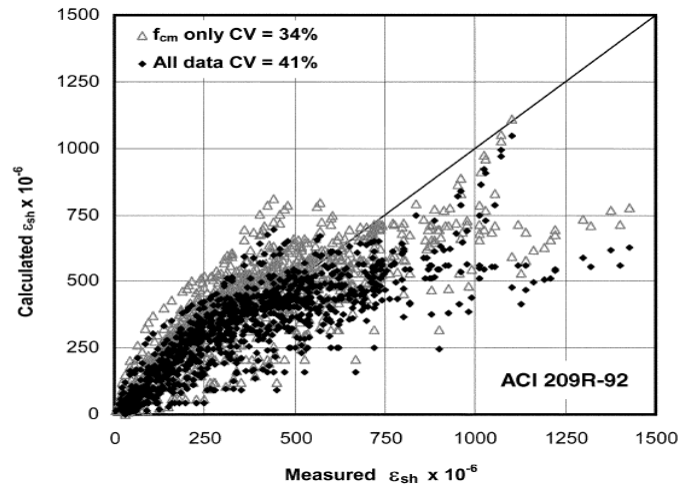
Beton karışımı düzletme faktörleri ancak ortalama $\epsilon_{shu} = 780 \times \gamma_{sh} \times 10^{-6}$ mm özel büzülme için yerel agrega bilgileri bulunmadığı ve tasarımın ASTM C512 e göre hesaplar yapıldığında kullanılmaktadır.

3.3.3. Bazan Bawejac B3 Yöntemi

B3 yöntemi Bažant ve Baweja tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde normal ve karmaşık yapılardaki sünme ve büzülme hesaplanması için uyum fonksiyonu (the compliance function) kullanılmaktadır.

Bu yöntem aşağıdaki faktörlerden etkilenmektedir:

1. Beton süresi, genellikle beton nem kürlenmesinin süresi bittiği zaman kuruma süresi başlaması demektir.
2. Yüklemede beton süresi
3. Betonda çimento miktarı ve tipi
4. Beton 28.gün basınç dayanımının değeri
5. Kürlenme metodu
6. Bağıl nem değeri
7. Numune şekli
8. Hacım/ yüzey oranı
9. Betonda su miktarı
10. Beton 28.gün elastisite modülü



Şekil 3.5. ACI 209-92 RILEM Veri Tabanı (Gardner 2004)

B3 Yöntemine göre büzülme ($\epsilon_{sh}(t, t_c)$) hesaplanması:

Bu yönteme göre bir beton enkesitindeki büzülmeden dolayı şekildeğiştirme $\epsilon_{sh}(t, t_c)$ aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır:

$$\epsilon_{sh}(t, t_c) = -\epsilon_{sh\infty} k_h S(t - t_c) \quad (3.31)$$

Burada:

$\epsilon_{sh\infty}$: nihai büzülme kısılması (büzülmeden dolayı şekildeğiştirme)

k_h : nem bağımlılık faktörü (the humidity dependence factor) Çizelge 3.5 den alınacak .

$S(t - t_c)$: büzülme için zaman fonksiyonu

$(t - t_c)$: kütleme başlangıçtan sonuna kadar zaman

• Nihai büzülme hesabı $\epsilon_{sh\infty}$:

$$\epsilon_{sh\infty} = -\epsilon_{s\infty} \frac{E_{cm607}}{E_{cm}(t_c + \tau_{sh})} \quad (3.32)$$

$$\epsilon_{s\infty} = -\alpha_1 \alpha_2 [0.019w^{2.1} f_{cm28}^{-0.28} + 270] \times 10^{-6} \quad (3.33)$$

$\epsilon_{s\infty}$: sabit sayı 3.20 Denkleminde hesaplanacaktır.

E_{cm607} ve $E_{(t_c + \tau_{sh})}$ bu faktörler zamana bağlı nihai büzülmeden hesaplanacak

w : su miktarı kg/m^3

f_{cm28} : betonun 28.günlük basınç dayanımı MPa

α_1 ve α_2 : çimento tipine ve kür koşullarına bağlı sabitler Çizelge 3.6 ve 3.7 den alınacaktır.

$$E_{cmt} = E_{cm28} \left(\frac{t}{4 + 0.85t} \right)^{0.5} \quad (3.34)$$

$$t_c = 7 \text{ iken } \epsilon_{sh\infty} = \epsilon_{s\infty}, \tau_{sh} = 600 \text{ gün}$$

büzülme için zaman fonksiyonu $S(t - t_c)$ hesaplanması için 3.21 Denklemini kullanılacaktır.

$$S(t - t_c) = \tanh \sqrt{\frac{(t - t_c)}{\tau_{sh}}} \quad (3.35)$$

t : beton yaşı (gün)

t_c : kuruma zamanı (gün)

τ_{sh} : günlerde yarı-zaman büzülmesi ve 3.22 Denkleminde hesaplanacaktır:

$$\tau_{sh} = 0.085 t_c^{-0.08} f_{cm28}^{-0.25} [2k_s(V/S)]^2 \quad (3.36)$$

$$E_{cm28} = 4734 \sqrt{f_{cm28}} \quad (3.37)$$

k_s : enkesit hacim-düzeltme faktörü Çizelge 3.8 den alınacaktır.

V/S : hacim/ yüzey oranı (mm)

Çizelge 3. 7. k_h : Nem Bağımlılık Faktörü

Bağıl nem	k_h
$h \leq 0.98$	$1 - h^3$
$h = 1$	-0.2
$0.98 < h < 1$	12.74-12.94 h (Liner enterpolasyon)

Çizelge 3. 8. α_1 Çimento Tipine Göre Katsayı B3 Model

Çimento tipi	α_1
I.tip	1
II.tip	0.85
III.tip	1.10

Çizelge 3.9. α_2 Kırılma Koşullarına Göre Katsayı B3 Model

Kırılma koşulları	α_2
Buharla kırılma	0.75
Suda veya %100 bağıl nem kırılma	1
Kırılma esnasında kapatılması veya normal hava kaldığında başlangıçta kuruma karşı korunması durumunda	1.20

Çizelge 3.10. k_s Eleman Şekil Faktörü B3 Modeli

Enkesit şekil	k_s
Süreksiz döşeme(levha) (Infinite slab)	1
Süreksiz silindir (Infinite cylinder)	1.15
Süreksiz kare prizma (Infinite square prism)	1.25
Küre	1.30
Küp	1.55

3.3.4 Büzülme Hesaplarına İlişkin Sayısal Örnek

Sayısal örneğe konu olan beton için dikkate alınan parametreler aşağıda sunulmaktadır:

Beton $f_{ck}=70$ MPa

Basınç dayanım 28.gün f_{cm28} : 77 MPa

Dayanım sabiti f_{cm0} : 10 MPa

28.gün elastisite modülü E_{cm28} : 32.009 MPa

Çimento tipi :N

Agrega maksimum tane boyutu : 20 mm

Çimento miktarı : 406 kg/ m³

Su miktarı : 205 kg/ m³

Su/çimento w/c oranı: 0.504

Agrega/çimento a/c oranı: 4.27

İnce agreg a yüzdesi ψ : %40

Hava içeriği :%2

Çökme değeri : 75 mm

Beton birim ağırlığı : 2345 kgf/ m³

A. CEB MC90-99 Yöntemi

Toplam Büzölme Hesabı $\varepsilon_{sh}(t, t_c)$:

Çimento bağılı tipine bir katsayı β_{sc} : 5

Beton basınç faktörü

$$\varepsilon_s(f_{cm28}) = [160 + 10\beta_{sc}(9 - f_{cm28}/f_{cmo})] \times 10^{-6} \quad (3.3)$$

$$\varepsilon_s(f_{cm28}) = [160 + 10 \times 5(9 - 77/10)] \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_s(f_{cm28}) = 225 \times 10^{-6}$$

Ortam bağıl nem faktörü:

$$\beta_{RH}^{(h)} = -1.55 \left[1 - \left(\frac{h}{h_o} \right)^3 \right] \text{ için } 0.4 \leq h < 0.99 \quad (3.4)$$

$$\beta_{RH}^{(h)} = -1.55 \left[1 - \left(\frac{0.7}{1} \right)^3 \right]$$

$$\beta_{RH}^{(h)} = -1.018$$

Ulusal büzölme sabiti (Notional shrinkage coefficient):

$$\varepsilon_{cso} = \varepsilon_s(f_{cm28})\beta_{RH}^{(h)} \text{ denk. 3.2}$$

$$\varepsilon_{cso} = (445 \times 10^{-6}) \times -1.018$$

$$\varepsilon_{cso} = -229,05 \times 10^{-6}$$

Büzölme zaman fonksiyonu:

$$\beta_s(t - t_c) = \left[\frac{(t - t_c)/t_1}{350[(V/S)/(V/S)_o]^2 + (t - t_c)/t_i} \right]^{0.5} \quad (3.6)$$

$$t_1=1 \text{ gün} , (V/S)_o=50 \text{ mm}$$

$$\beta_s(t-t_c)=\left[\frac{(t-t_c)/t_1}{350[(V/S)/(V/S)_o]^2+(t-t_c)/t_1}\right]^{0.5} \quad (3.6)$$

Büzülme şekil değıştirmesi $\varepsilon_{sh}(t,t_c)$:

$$\varepsilon_{sh}(t,t_c) = \varepsilon_{cso}\beta_s(t-t_c) \quad (3.1)$$

Çizelge 3.11. Hesaplanan Büzülme Miktarı

t gün	$\beta_s(t-t_c)$	$\varepsilon_{sh}(t,t_c) \times 10^{-6}$
7	0	0
14	0,022	5
28	0,038	9
60	0,061	14
90	0,076	17
180	0,109	25
365	0,156	36
730	0,219	50
3650	0,450	103
7300	0,581	133
18250	0,748	171

Bünyesel büzülme ε_{cso} :

$\varepsilon_{cso}(f_{cm28})$: Ulusal bünyesel büzülme katsayısı (the notional autogenous shrinkage coefficient)

$$\varepsilon_{cso}(f_{cm28}) = -\alpha_{as} \left(\frac{f_{cm28}/f_{cmo}}{6+f_{cm28}/f_{cmo}} \right)^{2.5} \times 10^{-6} \quad (3.11)$$

$$\alpha_{as}=700 , f_{cm28}= 33 \text{ MPa} , f_{cmo}= 10 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cso}(f_{cm28}) = 700 \left(\frac{33/10}{6+33/10} \right)^{2.5} \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{cso}(f_{cm28}) = -52.5 \times 10^{-6}$$

Bünyesel büzülme fonksiyonu $\beta_{as}(t)$:

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp[-0.2 \left(\frac{t}{t_i} \right)^{0.5}] \quad (3.12)$$

$$t_i = 1 \text{ gün}$$

$$\varepsilon_{cas}(t) = \varepsilon_{caso}(f_{cm28})\beta_{as}(t) \quad (3.10)$$

• **Kuruma büzülmesi $\varepsilon_{cds}(t,t_c)$:**

 imento tipine bağlı katsayılar:

$$\alpha_{ds1} = 4 \quad , \quad \alpha_{ds2} = 0.12 \quad \text{ izelge 3.4}$$

Ulusal kuruma büzülmesi katsayısı $\varepsilon_{cdso}(f_{cm28})$:

$$\varepsilon_{cdso}(f_{cm28}) = [(220 + 110\alpha_{ds1})\exp(-\alpha_{ds2} f_{cm28}/f_{cmo})] \times 10^{-6} \quad (3.14)$$

$$\varepsilon_{cdso}(f_{cm28}) = [(220 + 110 \times 4) \exp(-0.12 \times 33/10)] \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{cdso}(f_{cm28}) = 444 \times 10^{-6}$$

Ortam bağlı nem faktörü :

$$h = 0.7 \quad , \quad h_o = 1$$

$$\beta_{RH}^{(h)} = -1.55[1 - (\frac{h}{h_o})^3] \quad \text{için } 0.4 \leq h < 0.99 \beta_{s1} \quad (3.15)$$

$$\beta_{s1} = -(\frac{3.5 f_{cmo}}{f_{cm28}})^{0.1} \leq 1 \quad (3.17)$$

$$\beta_{s1} = (\frac{3.5 \times 10}{33})^{0.1} \quad \beta_{s1} = 1 \leq 1$$

$$\beta_{RH}^{(h)} = -1.55[1 - (\frac{0.7}{1})^3] \quad 0.4 \leq h < 0.99 \beta_{s1}$$

$$\beta_{RH}^{(h)} = -1.018$$

Kuruma büzülmesi zaman fonksiyonu $\beta_{ds}(t-t_c)$:

$$\beta_{ds}(t - t_c) = [\frac{(t - t_c) / t_1}{350[(V/S)/(V/S)_o] + (t - t_c) / t_1}]^{0.5} \quad (3.16)$$

$$V/S = 100 \text{ mm} \quad , \quad (V/S)_o = 50 \text{ mm} \quad , \quad t_1 = 1 \text{ gün}$$

$$\varepsilon_{cds}(t,t_c) = \varepsilon_{cds}(f_{cm28}) \beta_{RH}^{(h)} \beta_{ds}(t-t_c) \quad (3.13)$$

• **Toplam büzülme hesabı $\varepsilon_{sh}(t,t_c)$:**

$$\varepsilon_{sh}(t,t_c) = \varepsilon_{cas}(t) + \varepsilon_{cds}(t,t_c) \quad (3.9)$$

Çizelge 3.12. CEB FIB -99- Toplam Büzülme Hesabı

	Bünyesel büzülme		Kuruma büzülme		Toplam $\times 10^{-6}$
t gün	$\beta_{as}(t)$	$\varepsilon_{cas}(t) \times 10^{-6}$	$\beta_{ds}(t - t_c)$	$\varepsilon_{cds}(t, t_c) \times 10^{-6}$	
7	1,000	165,777	0,748	199,633	365,41
14	0,527	87,339	0,022	5,894	93,23
28	0,653	108,245	0,038	10,203	118,45
60	0,788	130,563	0,061	16,191	146,75
90	0,850	140,916	0,076	20,241	161,16
180	0,932	154,448	0,109	29,131	183,58
365	0,978	162,145	0,156	41,641	203,79
730	0,996	165,031	0,219	58,455	223,49
3650	1	165,776	0,450	120,088	285,86
7300	1	165,777	0,581	154,913	320,69
18250	1	165,777	0,748	199,633	365,41

B. ACI 209R-92 Yöntemi

$$\varepsilon_{shu} = 780 \times 10^{-6} \text{ mm}$$

$$f = 26e^{\{1.42 \times 10^{-2} (V/S)\}} \quad (3.19)$$

Yönetmelik koşulları dışında kalan koşullar için büzülme hesapları yapılırken düzeltme faktörleri kullanılır. Bu faktörler 3.20 ve 3.22 denklemlerinde gösterilmektedir.

$$\varepsilon_{shu} = 780 \times \gamma_{sh} \times 10^{-6} \text{ mm} \quad (3.20)$$

$$\gamma_{sh,tc} = 1,202 - 0,2337 \log(t_c) \quad R^2 = 0,9987 \quad (3.22)$$

$$\gamma_{sh,tc} = 1,202 - 0,2337 \log(7) = 1,0045$$

$$\gamma_{sh,tc} = 1,0045$$

Ortam bağıl nem sabiti için $\gamma_{sh,RH}$

$$\gamma_{sh,RH} = 1,409 - 1,02h \quad \& 0,4 \leq h \leq 0,8 \quad (3.23)$$

$$\gamma_{sh,RH} = 1,409 - 1,02 * 0,7 \quad , \gamma_{sh,RH} = 0,686$$

$$\gamma_{sh,vs} = 1,2e^{\{-0,00472 \times (V/S)\}} \quad (3.24)$$

$$\gamma_{sh,vs} = 1,2e^{\{-0,00472 \times 320\}} \quad , \quad \gamma_{sh,vs} = 0,264986$$

Nihai değer için ise $(t, t_c) > 1$ yıl

$$, \gamma_{sh,d} = 1,17 - 0,00456 V/S \quad (3.26),$$

$$\gamma_{sh,d} = 1,17 - 0,00114 * 320 \quad \gamma_{sh,d} = 0,805$$

- Çökme faktörü $\gamma_{sh,s}$ s beton taze iken çökme değeri mm

$$\gamma_{sh,s} = 0,89 + 0,00161 s \quad (3.27)$$

$$\gamma_{sh,s} = 0,89 + 0,00161 \times 75 \quad \gamma_{sh,s} = 1,01075$$

- İnce agreg a faktörü $\gamma_{sh,\psi}$: ψ ince agreg a toplam agregadan miktarı oran olarak belirlenir .

$$\gamma_{sh,\psi} = 0,30 + 0,014 \psi \quad \text{için } \psi = \%50 \quad (3.28)$$

$$\gamma_{sh,\psi} = 0,30 + 0,014 \times 0,5 , \quad \gamma_{sh,\psi} = 0,86$$

- Çimento içeriği faktörü $\gamma_{sh,c}$: c çimento miktarı kg/m^3

$$\gamma_{sh,c} = 0,75 + 0,00061c \quad (3.29)$$

$$c = 205 \text{ kg/m}^3 , \gamma_{sh,c} = 0,75 + 0,00061 \times 250 , \quad \gamma_{sh,c} = 0,999$$

- Hava içeriği faktörü $\gamma_{sh,\alpha}$: α hava içeriği oran olarak

$$\gamma_{sh,\alpha} = 0,95 + 0,008\alpha \geq 1 \quad (3.30)$$

$$\gamma_{sh,\alpha} = 0,95 + 0,008 \times 0,02 , \quad \gamma_{sh,\alpha} = 0,95 , \text{ ancak}$$

$\gamma_{sh,\alpha} = 1$ alınacaktır.

$$\gamma_{sh} = \gamma_{sh,tc} \gamma_{sh,RH} \gamma_{sh,s} \gamma_{sh,\psi} \gamma_{sh,c} \gamma_{sh,\alpha} \gamma_{sh,d} \quad (3.21)$$

$$\gamma_{sh} = 0,12774$$

$$\epsilon_{shu} = 780 \times \gamma_{sh} \times 10^{-6} \text{ mm} \quad (3.20)$$

$$\epsilon_{shu} = 780 \times 0,12774 \times 10^{-6} \text{ mm} , \quad \epsilon_{shu} = 100 \times 10^{-6} \text{ mm}$$

$$\epsilon_{sh}(t, t_c) = \frac{(t, t_c)^\alpha}{f + (t, t_c)^\alpha} \cdot \epsilon_{shu} \quad (3.18)$$

Çizelge 3. 13. ACI 209R-92 Toplam Büzülme

t , gün	f(t-t _c)	$\varepsilon_{sh}(t, t_c)$
7	0,000	0,00
14	0,167	62,67
28	0,375	141,00
60	0,602	226,46
90	0,703	264,48
180	0,832	312,73
365	0,911	342,52
730	0,954	358,64
3650	0,990	372,43
7300	0,995	374,21
18250	0,998	375,28

C. Bazan Bawejac B3 Yöntemi

$$E_{cm28} = 4734\sqrt{77} \quad , \quad (3.37)$$

$$E_{cm28} = 41540,68 \text{ MPa}$$

Büzülme kısılmasının hesabı $\varepsilon_{sh}(t, t_c)$:

Ortam bağıl nem faktörü : Çizelge 3.8 den

$$k_h = 1 - h^3 \text{ if } h \leq 0.98 \quad , \quad k_h = 1 - 0.7^3 \quad , \quad kh = 0.657$$

Çizelge 3.9 dan Çimento tipi faktörü α_1 : 1

Çizelge 3.10 dan kütleme koşulları faktörü α_2 : 1

Normal nihai büzülme $\varepsilon_{s\infty}$:

$$\varepsilon_{s\infty} = -\alpha_1 \alpha_2 [0.019w^{2.1} f_{cm28} + 270] \times 10^{-6} \quad (3.33)$$

$$\varepsilon_{s\infty} = -1 \times 1 [0.019 \times 205^{2.1} \times 77^{-0.28} + 270] \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{s\infty} = -672,92 \times 10^{-6}$$

Eleman şekil faktörü : $k_s = 1$

Çizelge 3.8 den alınmıştır.

Büzülme yarı-zaman (Shrinkage half-time) τ_{sh} :

$$\tau_{sh} = 0.085 t_c^{-0.08} f_{cm28}^{-0.25} [2k_s(V/S)]^2 \quad (3.36)$$

$$\tau_{sh} = 0.085 \times 7^{-0.08} \times 77^{-0.25} [2 \times 320]^2$$

$$\tau_{sh} = 10058,85$$

Zamana bağılı faktör

$$\varepsilon_{sh\infty} = -\varepsilon_{s\infty} \frac{E_{cm607}}{E_{cm}(t_c + \tau_{sh})} \quad (3.32)$$

$$E_{cm t} = E_{cm28} \left(\frac{t}{4 + 0.85t} \right)^{0.5} \quad (3.37)$$

E_{cm607} demek 600+7 gün bu zamanda

$t_c = 7$ iken $\varepsilon_{sh\infty} = \varepsilon_{s\infty}$, $\tau_{sh} = 600$ gün

$$E_{cm607} = \left(\frac{600+7}{4+0.85(600+7)} \right)^{0.5}, \quad E_{cm607} = 1.0805 \text{ MPa}$$

$$\frac{E_{cm607}}{E_{cm}(t_c + \tau_{sh})} = 1.0805 / [(t_c + \tau_{sh}) / (4 + 0.85(t_c + \tau_{sh}))]^{0.5}$$

$$\frac{E_{cm607}}{E_{cm}(t_c + \tau_{sh})} = 1.0805 / [(7 + 10058,85) / (4 + 0.85(7 + 10058,85))]^{0.5}$$

$$\frac{E_{cm607}}{E_{cm}(t_c + \tau_{sh})} = 0.9964$$

$$\varepsilon_{sh\infty} = -\varepsilon_{s\infty} \frac{E_{cm607}}{E_{cm}(t_c + \tau_{sh})} \quad (3.32)$$

nihai büzülme kısılması

$$\varepsilon_{sh\infty} = -672,92 \times 10^{-6} \times 0.988, \quad \varepsilon_{sh\infty} = -670,48 \times 10^{-6}$$

büzülme şekil değiştirmesi:

$$\varepsilon_{sh}(t, t_c) = -\varepsilon_{sh\infty} k_h S(t - t_c) \quad (3.31)$$

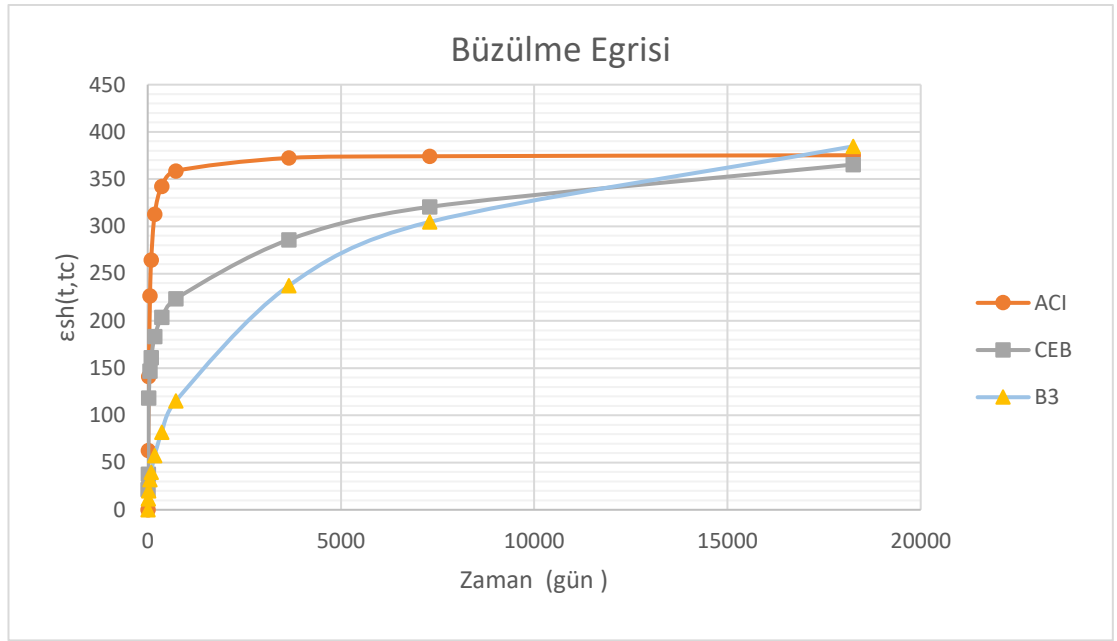
$$S(t - t_c) = \tanh \sqrt{\frac{(t - t_c)}{\tau_{sh}}} \quad (3.35)$$

Çizelge 3.14. B3 Yöntemine Göre Büzülme Miktarları

t , gün	$S(t - t_c)$	$\varepsilon_{sh}(t, t_c)$
7	0,000	0
14	0,026	12
28	0,046	20
60	0,072	32
90	0,091	40
180	0,130	57

365	0,186	82
730	0,262	115
3650	0,538	237
7300	0,692	305
18250	0,873	385

Yukarıda hesapları sunulan sayısal örnek üzerinde her üç yöntemin aynı grafik üzerinde karşılaştırılması Şekil 3.6 da sunulmaktadır.



Şekil 3.6. CEB FIB -99 , ACI209-92 ve B3 Yöntemlerine Göre Büzülme Eğrisi

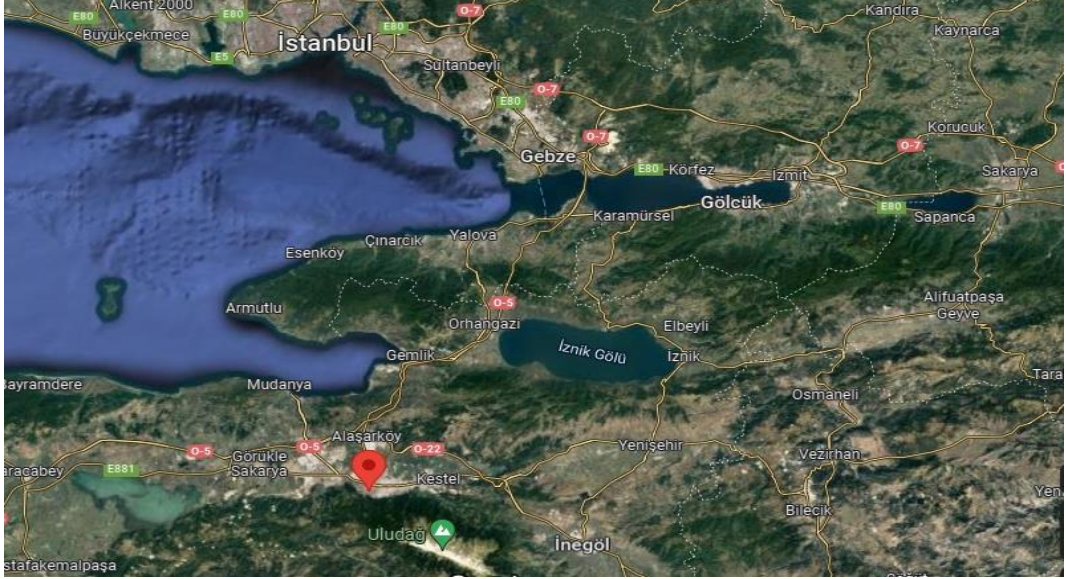
B3 yöntemiyle büzülme hesaplarında çimento/su oranı ve agrega/çimento oranı gibi beton karışımına ilişkin bilgiler gerekli olmaktadır. Bu bilgiler bulunamadığı durumlar için Bažant ve Baweja tarafında geliştirilen denklem kullanılabilmektedir.

3.4. Büzülme Hesaplarını Konu Olan Örnek Yüksek Bina

3.4.1. Yapı ve Konum Bilgileri

Çalışmaya konu olan binanın; Bursa ili, Osmangazi ilçesi sınırlarında yer aldığı (enlem: 40.18476; boylam:29.06899), zemin sınıfının ZC olduğu kabul edilmektedir (Şekil 3.7).

Bu bilgiler dikkate alınarak Türkiye Deprem Tehlike Haritasından deprem parametreleri alınarak tasarım yapılmıştır. DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için kısa periyod spektral ivme katsayısı $S_s=0.8599$ ve 1 saniye spektral ivme katsayısı $S_1=0.2288$ alınmıştır.



Şekil 3.7. Binanın Yerleştiği Arazinin Konumu

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre Bina Kullanım Sınıfı BKS 3, Deprem Tasarım Sınıfı DTS =1 ve Bina Yüksek Sınıfı -BYS = 1 olarak seçilmiştir.

Dikkate alınan bina betonarme bir binadır. Binada beton malzemesi olarak çekirdek perde duvarları ve kolonlarda yüksek dayanımlı C70 betonu, daha sonra ise C60 ve C50 betonları kullanılmıştır. Bodrum çevre perdeleri, kirişler ve döşemelerde normal dayanımlı olan C35/45 betonu kullanılmıştır. Donatı malzemesi olarak B420C sınıfı donatı kullanılmıştır.

Bu çalışmada yüksek yapı sınıfına giren 30, 40 ve 50 katlı betonarme binalar dikkate alınmıştır. Bina planda 34 m x 34 m olan kare tabana mesnetlenmektedir. Binalar 5 bodrum kata sahiptir. Kat yüksekliği 1. ve 2. normal katlarda 4.5 m, diğer katlarda ise 3,5 m dir.

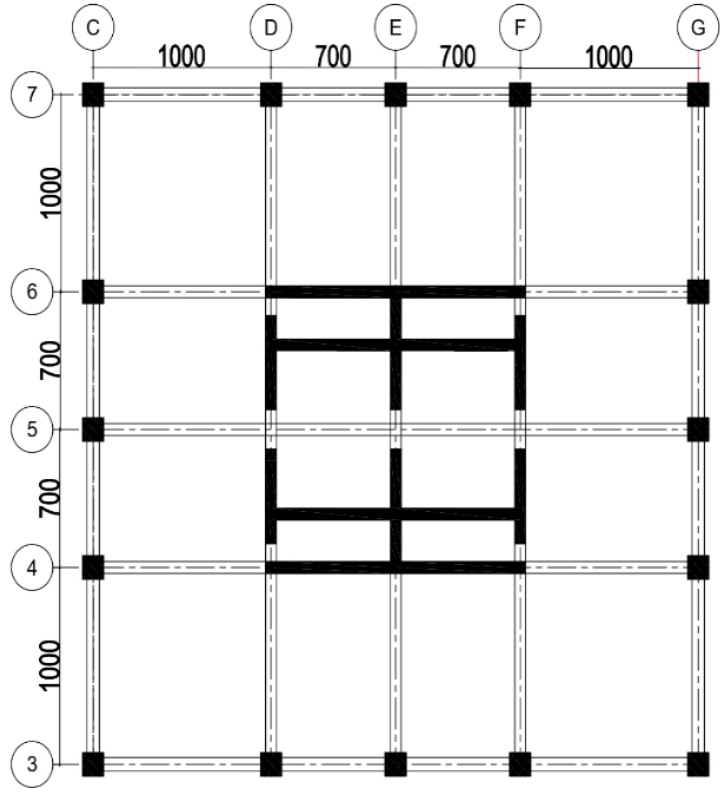
Çalışmaya konu olan binanın analizlerinde kullanılan taşıyıcı sistem elemanların kesitlerine ilişkin boyutlar Çizelge 3.15 de sunulmaktadır.

Çizelge 3.15. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Kesit Ölçüleri

Elemanlar	Ölçüler (mm)
5 bodrum dan 25 kata kadar kolonlar	1200 x 1200
26.bodrumdan 35 kata kadar kolonlar	1000 x 1000
36. kattan 50 kata kadar kolonlar	900 x 900
Bodrum kat kirişleri	600 x 900
İç kirişler	600 x 900
Dış çevre kirişi	700 x 700
Asansör perdeleri	600
Yapı bodrum perdeleri	500
Döşeme	300

3.4.2. Taşıyıcı Sistem Tasarımı

Taşıyıcı sistem betonarme çekirdek perde duvarlı ve çerçeve olarak seçilmiştir. Döşeme ise kirişli plak sistem olarak tasarlanmıştır. Binanın normal kat planı aşağıdaki Şekil 3.6 da görülmektedir.



Şekil 3.8. Yapı Normal Kat Planı (Ölçüler mm)

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde öngörülen Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları Çizelge 3.16 da sunulmaktadır.

Çalışmada örnek olarak seçilen yüksek binaların taşıyıcı sistemi olarak Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde belirtilen **A13**. *Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar* olarak seçilmiştir.

Çizelge 3.16. Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları

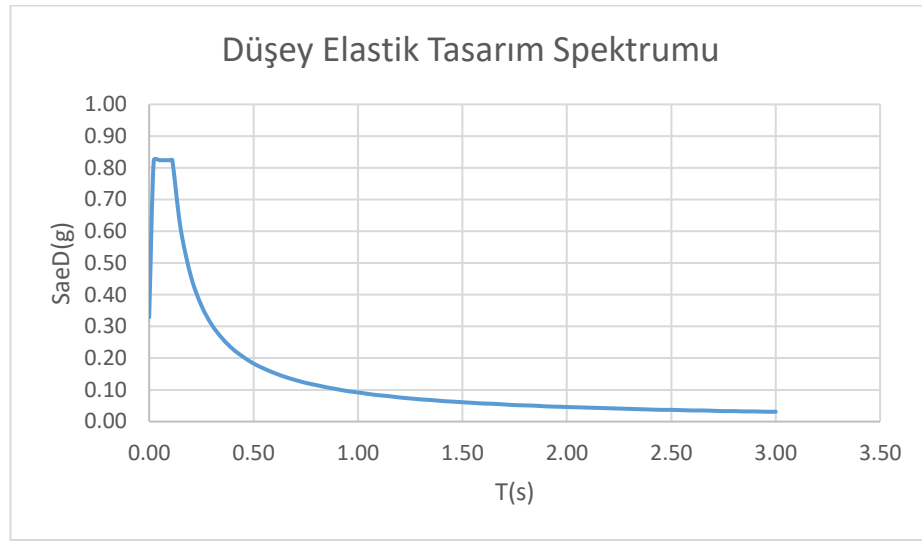
Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS $\geq$ 2
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS $\geq$ 2
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	8	2.5	BYS $\geq$ 2
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2.5	BYS $\geq$ 2
A2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
A21. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2.5	BYS $\geq$ 4
A22. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	5	2.5	BYS $\geq$ 4

Çizelge 3.17. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

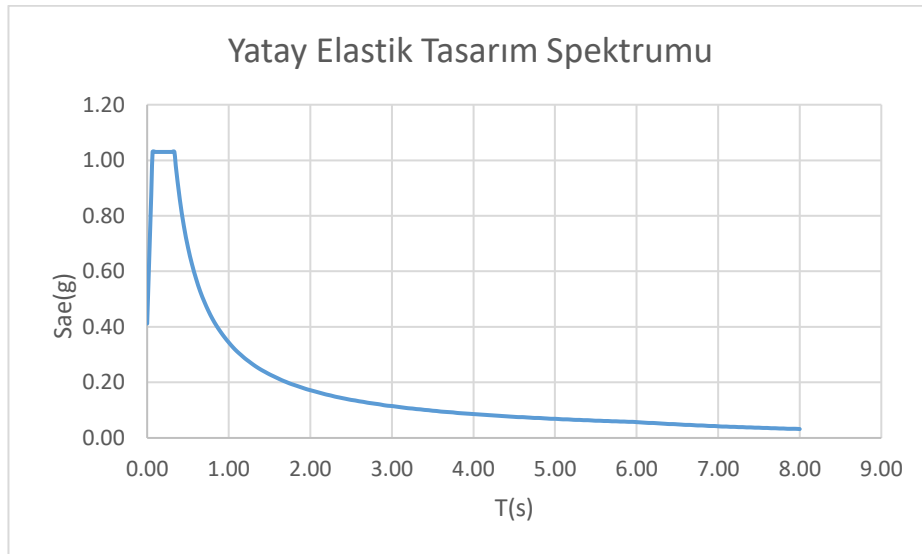
DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS =1	BKS=2,3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS=4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS=3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS=2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS =1

Çizelge 3.18. Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, ibadethane, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işeri, otel, hastane, otopark, vb.	0.30



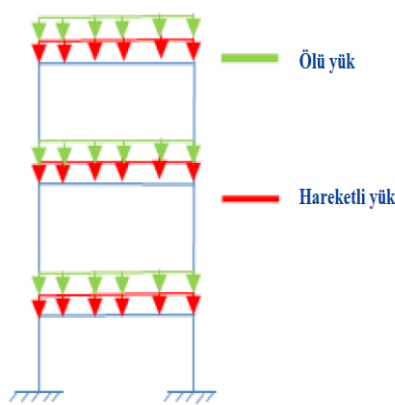
Şekil 3.9. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



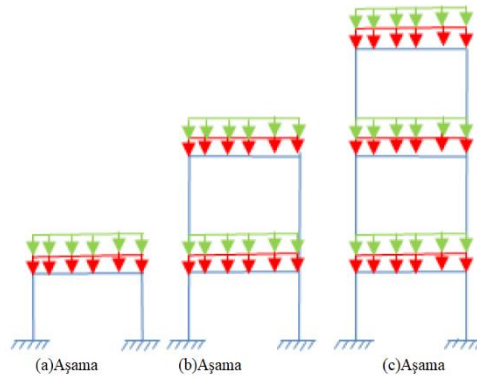
Şekil 3.10. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

3.4.3. Örnek Binanın Yapım Aşamaları

Yüksek binaların inşa edilmesi uzun zaman alabilmekte, yapı inşa sürecinde değişik yüklere maruz kalmakta ve zamanla malzeme özelliklerinde değişiklikler olabilmektedir. Bu durumda yapının kısa sürede inşa edilememesinden kaynaklanan olumlu ya da olumsuz değişikliklerin belirlenmesinde yapının maruz kalacağı etkilerin ve özelliklerin belirlenmesi açısından fayda bulunmaktadır. Binanın aşama aşama inşa edilmesi durumlarının da dikkate alınarak analizlerinin gerçekleştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumların bilgisayar ortamında simülasyon olarak oluşturulması ve belirlenmesi de bir mühendislik gerekliliği olarak ortaya çıkmaktadır. Yapım esnasında betondaki gerilmelerdeki değişimler ile sünme ve büzülme etkileri sonucu oluşan şekil değiştirmelerin değişimlerinin ortaya konulması binanın zamanla davranışının tahmin edilmesi açısından önemli olmaktadır. Bu durumda yapım aşamalarının dikkate alınarak analizlerin yapılması normal analizlere göre etkilerin ve malzeme iç özelliklerinin zamanla değişimlerinin belirlenmesi açısından daha avantajlı olmaktadır. Tez kapsamında dikkate alınan binalar için normal analiz ve yapım aşamalarına göre gerçekleştirilen analizlerin yükleme durumları şematik olarak Şekil 12 ve Şekil 13 de gösterilmektedir.



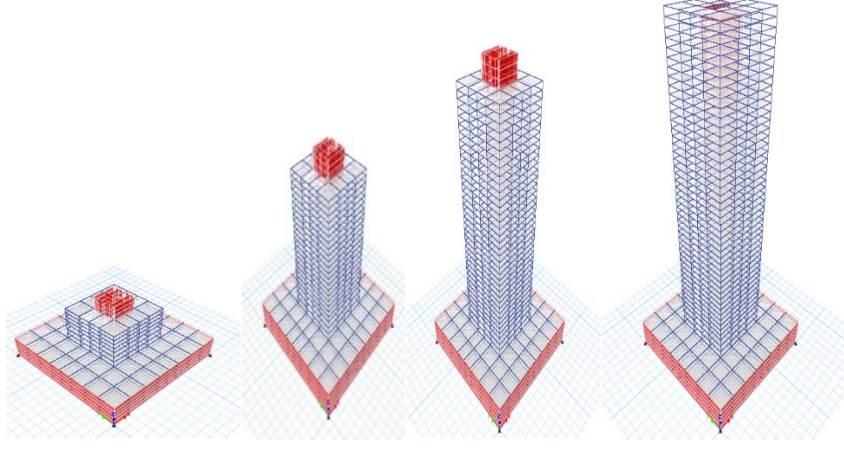
Şekil 3. 11. Normal Analiz



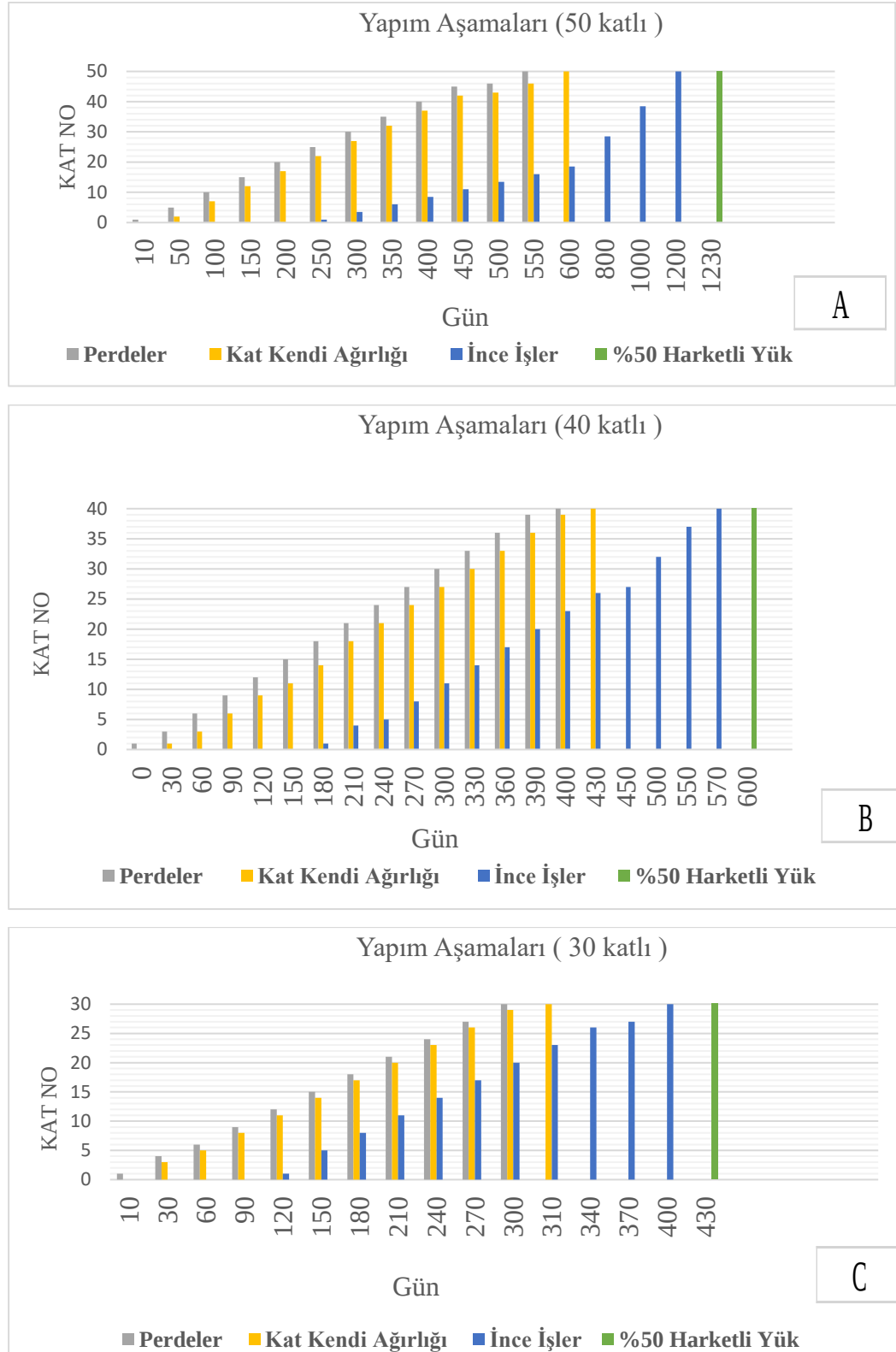
Şekil 3.12. Yapım Aşamalarına Göre Analiz

Yapım aşamalarının dikkate alındığı tasarımda Şekil 3.13 ve Şekil 3.14 de gösterildiği gibi önce kaba inşaat başlayıp ince işler daha sonra gerçekleştirilecektir. Kaba inşaat

sırasında önce perdeler ile başlanmakta sonra kolonlar, kirişler ve döşemeler yapılmaktadır. Bir katın tamamlanması için 10 gün süre verilmektedir. Kolonlar, kirişler ve döşemeler 21. kata geldiğinde alt katlarında ince işler başlamaktadır.



Şekil 3.13.Yapım Aşama Sırası



Şekil 3.14 Yapım Aşamaları (Kaba İnşaat, İnce İşler ve Haraketli Yük)

A) 50 Katlı Yapı B) 40 Katlı Yapı C) 30 Katlı Yapı

50 katlı bina için kaba inşaat süresi 530 gün, üst katlarda kaba inşaat yapılırken alt katlarda ince işler devam etmektedir. Kaba inşaat bittikten 200 gün sonra ince işler de tamamlanmaktadır. Toplam inşaat süresi 730 gün olarak belirlenmiştir.

40 katlı bina için inşaat süresi 570 gün olarak belirlenmiş olup kaba inşaat 15. kata geldiğinde ince işler alt katlardan başlanmaktadır. Kaba inşaat için 430 gün, ince işler için 140 gün belirlenmiştir.

30 katlı bina için inşaat süresi 400 gün olarak belirlenmiş olup kaba inşaat 12. kata geldiğinde ince işler alt katlardan başlanmaktadır. Kaba inşaat için 310 gün, ince işler için 120 gün tamamlanmaktadır.

Başlangıçta hareketli yük uygulanmamaktadır. İnce işleri bittikten bir ay sonra hareketli yük yarısına kadar uygulanmaktadır. Büzülme hesabı zamana bağlı olduğundan dolayı inşaat aşamasında başlamakta, taşınmadan sonra da devam etmektedir. Bu modelde yaklaşık 50 yıl (18250 gün) içerisinde perdeler ve kolonlarda büzülmeden dolayı ortaya çıkacak şekil değiştirmeler incelenmektedir.

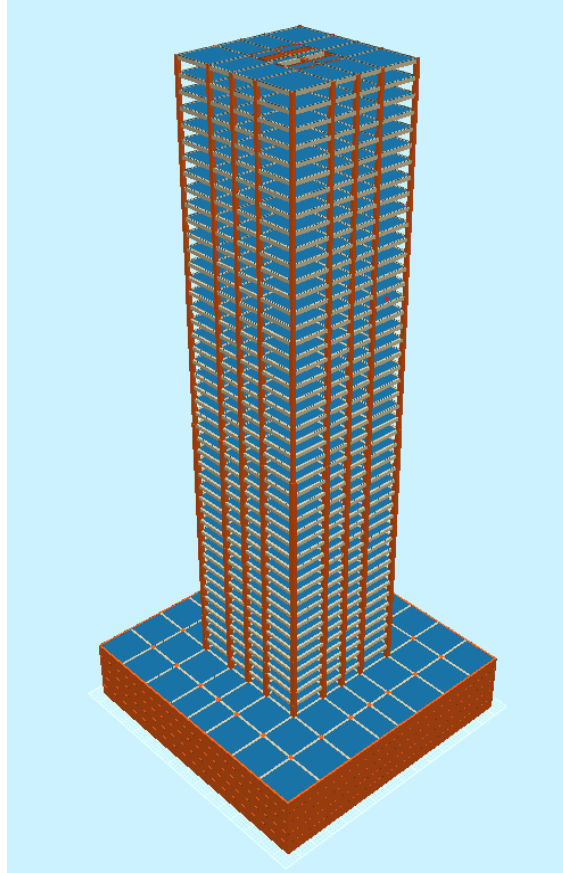
İnşaat devam ederken maruz kaldığı kademeli yüklemeler altında elemanlarda oluşan iç gerilmeler ve şekil değiştirmeler gerçekçi bir tasarım için önemli olmaktadır. Aşamalı olarak inşa işlemlerini inşaata henüz başlamadan tasarım aşamasında belirleyebilmek için bilgisayar ortamında modellemekten başka çare bulunmamaktadır.

Tez kapsamında dikkate alınan 50 katlı yüksek bina için aşamalı inşa şu şekilde belirlenmiştir: İmalata önce perde duvarlardan başlanmaktadır. Perde duvarların imalatı 3. kata geldiğinde kolonlar, kirişler ve döşemeler inşa edilmeye başlanmaktadır. Örneğin 6. katta perde duvarlar yapılırken 3. katta kolon, kiriş ve döşemeler yapılmaktadır. Bina taşıyıcı sistem inşaatında 21. kata gelindiğinde, binadaki ince işler de başlamaktadır. İnce işler bittikten 30 gün sonra hareketli yük yarısına kadar uygulanmaktadır. Bir kat beton işlerinin bitirilmesi için 10 gün süre tanımlanmış bu süre içinde perde duvarlar, kolonlar, kirişler ve döşemeler yapılmaktadır. Yapım süresi yaklaşık 730 iş günü olarak tanımlanmıştır. Bu süreç içinde perdeler ve kolonlarda eksenel şekil değiştirmeler zamana

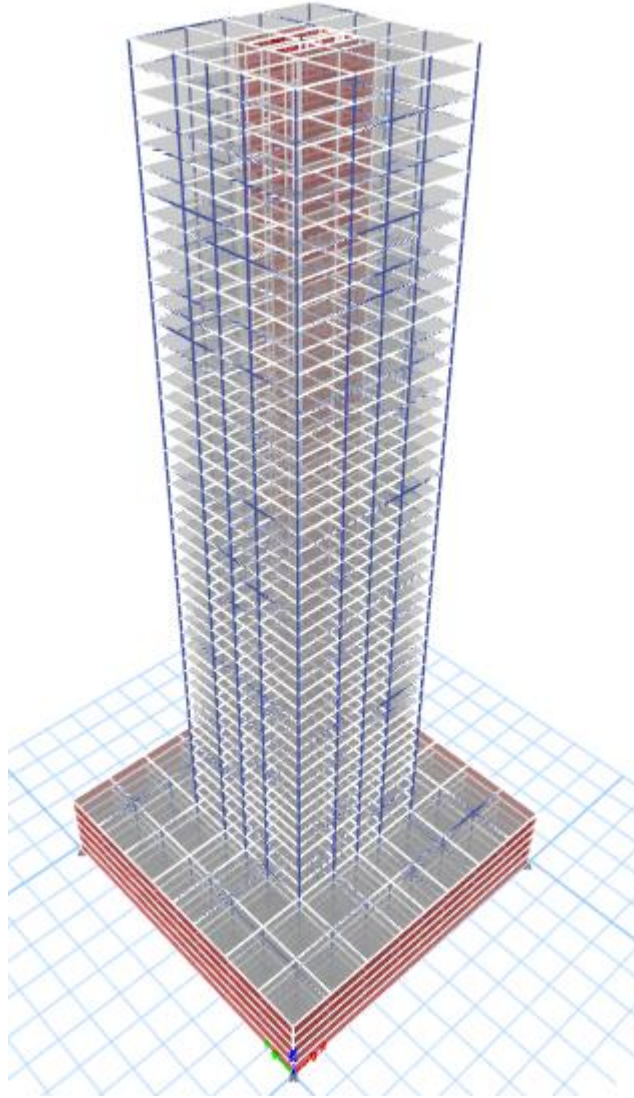
bağlı olarak meydana gelmektedir. Bu yüzden bu çalışmada yaklaşık 50 yıl (18250 gün) içerisinde perdeler ve kolonlarda ortaya çıkacak şekil değiştirmeler incelemektedir. Bu inceleme sonucunda elde edilen bütün bulgular tez kapsamında gösterilmiş ve öneriler ifade edilmiştir.

3.5. Örnek Yapının Modellenmesi ve Analizi

Örnek olarak seçilen binaların gerçek binalar için belirlenen eleman özelliklerine yakın değerlerde olmasını sağlamak amacıyla tasarımı için önce ST4CAD V.14 yazılımı kullanılarak yüksek binalar için I. tasarım aşaması gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada TBDY-2019 ve TS500 koşulları uygulanarak eleman boyutlarının belirlenmesine çalışılmıştır (Şekil 3.16a). Daha sonra bina modelinin ön tasarımı ve kontrol edilmesi için ETABS yazılımı kullanılarak modellemeler ve analizler gerçekleştirilmiştir. Bu yazılım ile oluşturulan model Şekil 3.16b de sunulmaktadır. Bu analizde kullanılan deprem parametreleri önceki bölümde anlatılmıştır.



Şekil 3.15. a. 50 Katlı Betonarme Binanın ST4CAD V.14 (2022) İle Sayısal Modeli

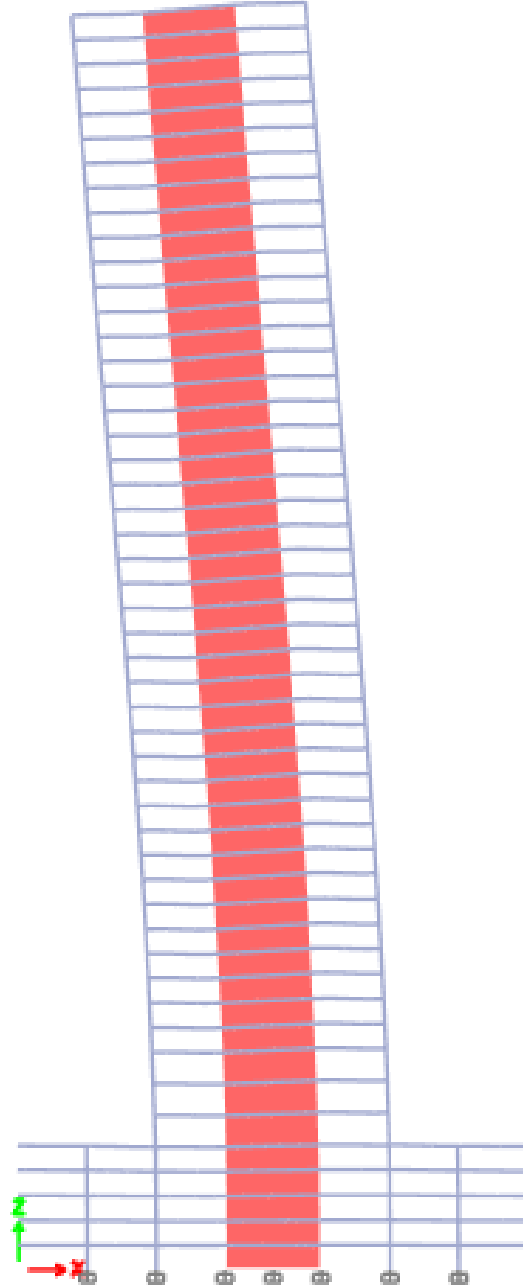


Şekil 3.15.b. 50 Katlı Betonarme Binanın ETABS ile Sayısal Modeli

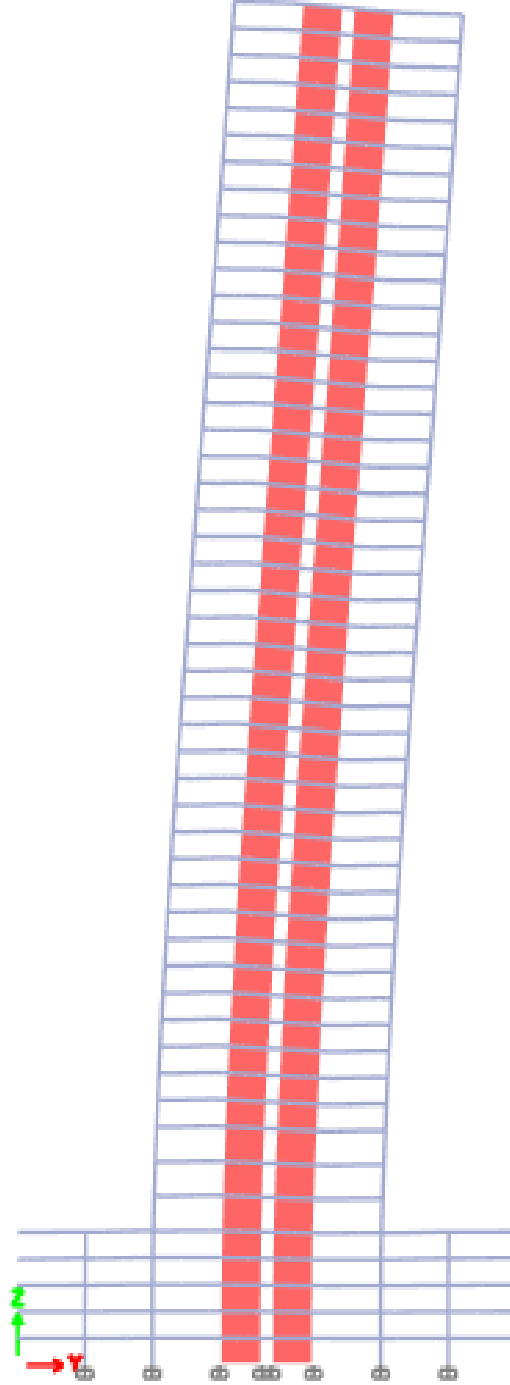
Bina taşıyıcı sisteminin dinamik davranışında çok önemli parametrelerden olan yapı periyodunun ilk 150 mod için değerleri 50 katlı betonarme bina için aşağıdaki Çizelge 3.19 da verilmektedir. Bu çizelgeden görüldüğü gibi 50 katlı betonarme binanın birinci periyodu 3,7 saniye olarak belirlenmiştir. Örnek olarak dikkate alınan binanın ilk dört mod şekli Şekil 3.17- Şekil 3.20 de sunulmaktadır.

Çizelge 3.19. Yapı Periyodları

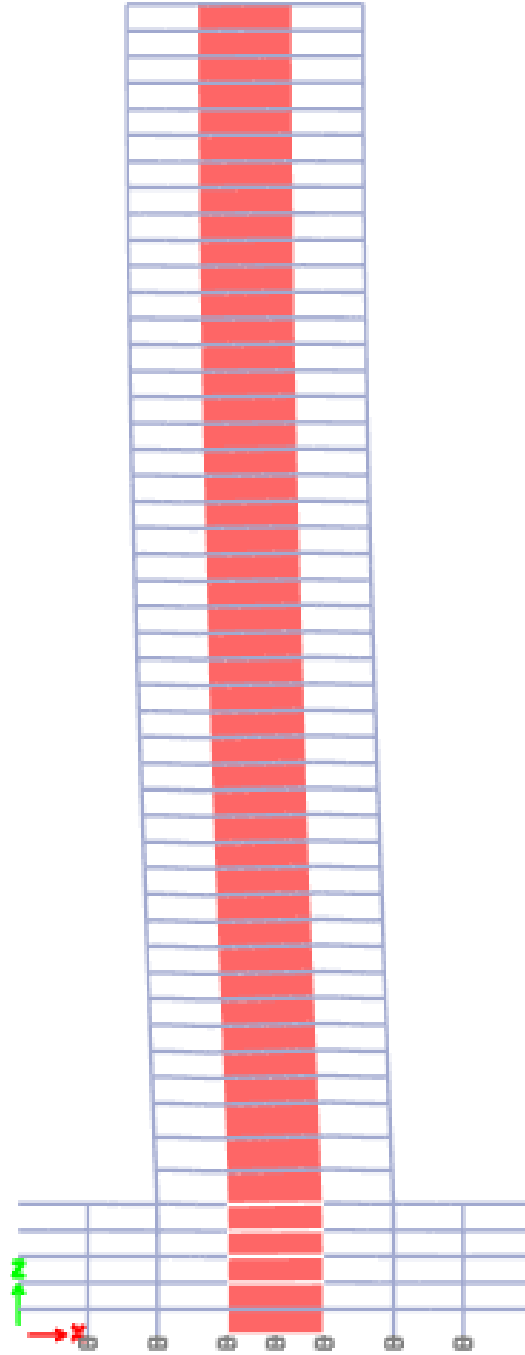
Mod	Peryod (s)	Mod	Peryod (s)	Mod	Peryod (s)
1	3,711	51	0,053	101	0,038
2	3,646	52	0,052	102	0,038
3	1,695	53	0,052	103	0,038
4	0,838	54	0,052	104	0,038
5	0,817	55	0,051	105	0,038
6	0,571	56	0,050	106	0,038
7	0,369	57	0,050	107	0,038
8	0,338	58	0,049	108	0,037
9	0,335	59	0,049	109	0,037
10	0,240	60	0,048	110	0,037
11	0,226	61	0,048	111	0,037
12	0,190	62	0,048	112	0,037
13	0,185	63	0,048	113	0,037
14	0,161	64	0,047	114	0,037
15	0,152	65	0,047	115	0,037
16	0,130	66	0,047	116	0,037
17	0,130	67	0,046	117	0,036
18	0,128	68	0,046	118	0,036
19	0,114	69	0,046	119	0,036
20	0,109	70	0,046	120	0,036
21	0,103	71	0,046	121	0,036
22	0,101	72	0,045	122	0,036
23	0,095	73	0,045	123	0,036
24	0,093	74	0,045	124	0,036
25	0,086	75	0,044	125	0,036
26	0,085	76	0,044	126	0,036
27	0,082	77	0,044	127	0,036
28	0,081	78	0,044	128	0,036
29	0,077	79	0,044	129	0,035
30	0,074	80	0,043	130	0,035
31	0,073	81	0,043	131	0,035
32	0,072	82	0,042	132	0,035
33	0,072	83	0,042	133	0,035
34	0,070	84	0,042	134	0,035
35	0,066	85	0,042	135	0,035
36	0,066	86	0,041	136	0,035
37	0,066	87	0,041	137	0,034
38	0,065	88	0,040	138	0,034
39	0,064	89	0,040	139	0,034
40	0,063	90	0,040	140	0,034
41	0,062	91	0,040	141	0,034
42	0,061	92	0,039	142	0,034
43	0,060	93	0,039	143	0,034
44	0,058	94	0,039	144	0,034
45	0,057	95	0,039	145	0,034
46	0,057	96	0,039	146	0,034
47	0,056	97	0,039	147	0,034
48	0,055	98	0,039	148	0,034
49	0,055	99	0,038	149	0,033
50	0,054	100	0,038	150	0,033



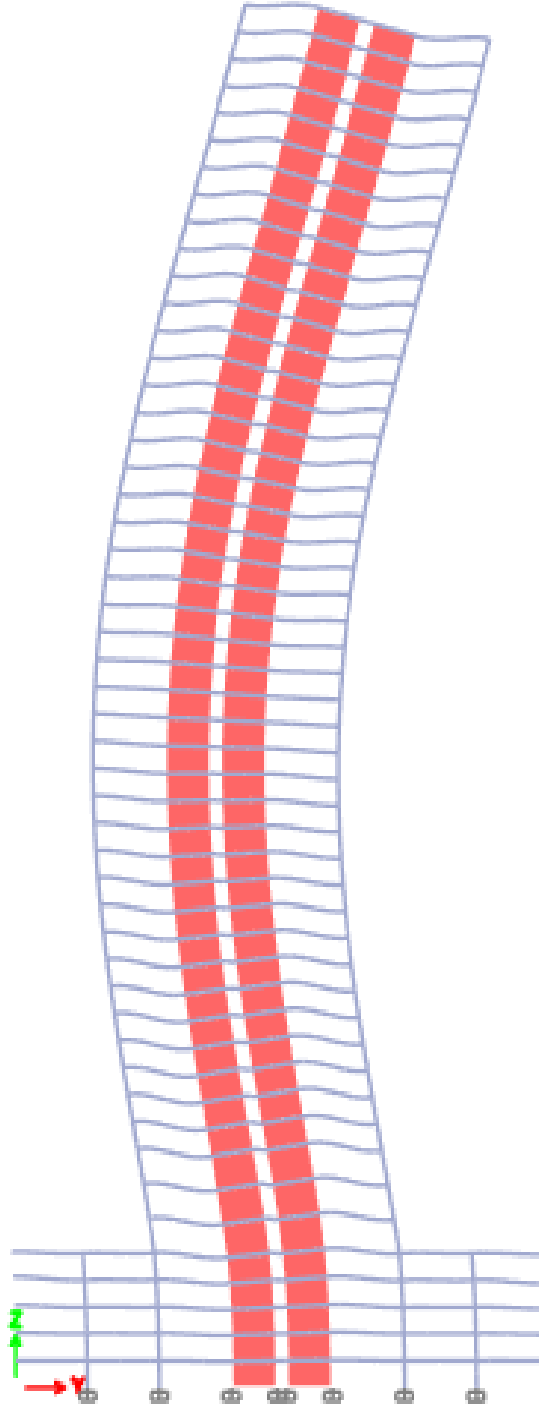
Şekil 3.16 Dikkate Alınan 50 Katlı Binanın Birinci Mod Şekli



Şekil 3.17 Dikkate Alınan 50 Katlı Binanın İkinci Mod Şekli



Şekil 3.18. Dikkate Alınan 50 Katlı Binanın Üçüncü Mod Şekli



Şekil 3.19. Dikkate Alınan 50 Katlı Binanın Dördüncü Mod Şekli

Bu tez kapsamında seçilen binanın büzülme hesaplarında kullanılan beton sınıflarının zamana bağlı özellikleri CEB MC90 yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu hesaplamalarda; sıcaklık, hacim/yüzey oranı gibi faktörler sabit tutarak sadece bağıl nem parametresi farklı değerlerde kullanılmıştır. Böylece sadece bağıl nemdeki değişimin (%40 , %50 , %60 , %70 , %80 ve %90) büzülme üzerindeki etkisi ortaya konulmuş olacaktır.

I. Tasarım Aşamasına göre bina taşıyıcı sistemi üç boyutlu olarak modellenerek DD-2 Deprem Yer Hareketi etkisi altında Dayanıma Göre Tasarım yaklaşımı (doğrusal hesap) ile ön tasarım yapılmıştır. Yapının düşey yüklere göre hesapları yapıldıktan sonra deprem hesabı yapılmaktadır. Taşıyıcı sisteme göre Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı D katsayıları seçilmektedir. Bina taşıyıcı sisteminde tek perdenin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} , o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_0 1/3 den fazla olmaması, binanın her bir kenar aksında yer alan perde veya perdelerin aldığı taban devrilme momenti o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_0 1/6 den fazla olmaması gerekmektedir. Bu koşullar sağlanmaması durumunda, o doğrultuda Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $(4/5)R$ olarak alınmaktadır.

3.5.1. Analizlerde dikkat alınan yükler ve yük etkileri

Örnek olarak dikkate alınan binada sıcaklık 4-30 C° arasında kalacak şekilde sıcaklıktan meydana gelecek ilave yükler ihmal edilmiş ve yapım aşamalarına göre analiz yapıldığından inşaat sırasında hareketli yük dikkat alınmamıştır. Ancak inşaat bitiminden tam bir ay sonra hareketli yükler %50 oranında uygulanmaktadır. 1-4 katlar (bodrum) otopark olduğundan araba yükleri olarak kalıcı yük 0,15 kN/m² ve hareketli yük 2,4 kN/m² , 5 kat (bodrum) döşemesinde ise kalıcı yük 5,25 kN/m² hareketli yük ise 4,78 kN/m² olarak dikkat alınmıştır.

Normal katlarda 6-49 arasında döşemelerde kalıcı yük olarak 1,34 kN/m² hareketli yük olarak ise 2,4 kN/m² değerleri dikkate alınmıştır. Son kat döşemesi ise giydirme cephe için kullanılan bir makine olduğundan dolayı makine hareketli yükü 1.2 kN/m² ve kalıcı

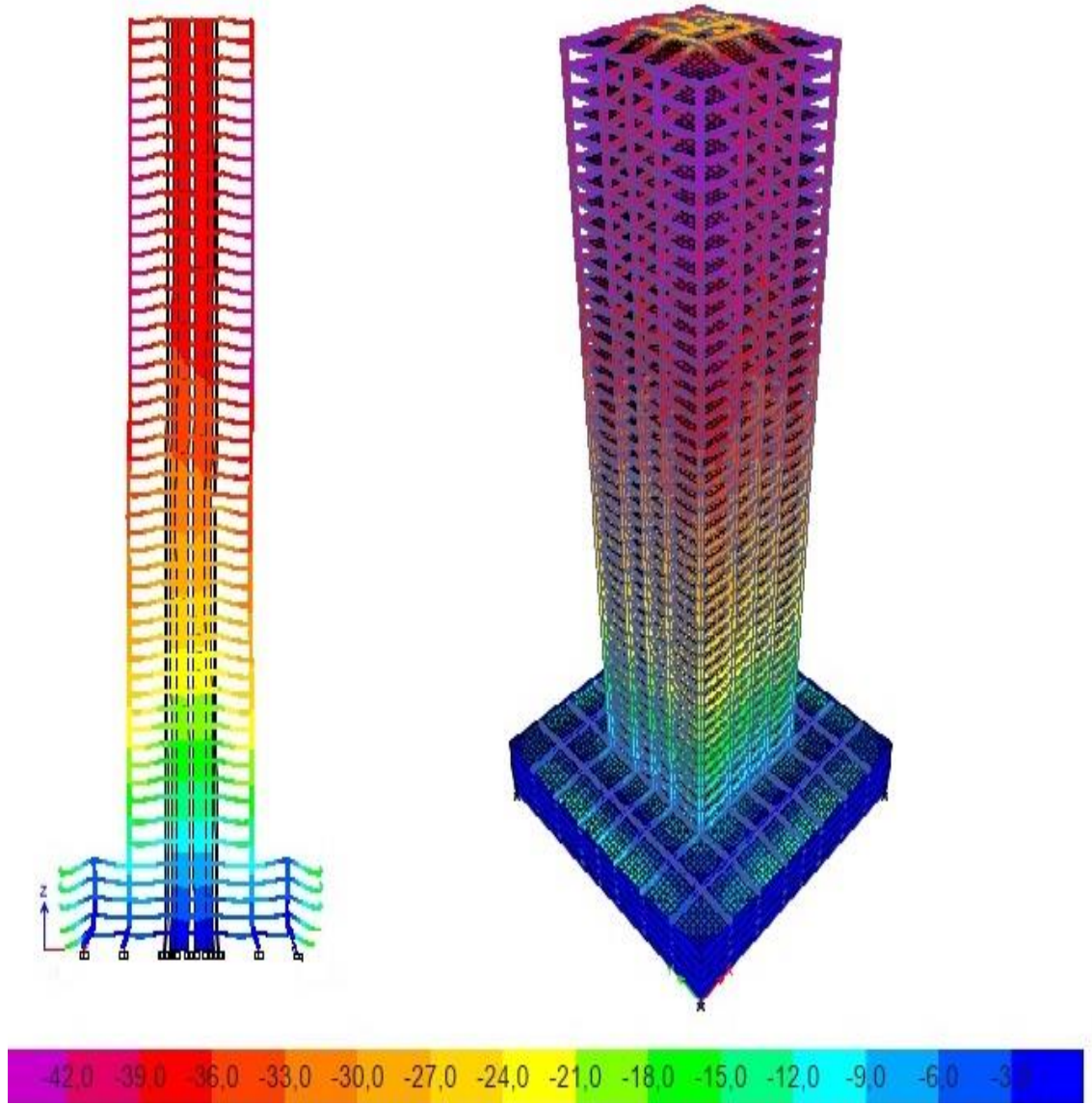
yük 1 kN/m^2 ve normal hareketli yük $1,34\text{ kN/m}^2$ olarak alınmıştır. Yapıya etkileyen rüzgar yükü giydirme cepheye etkidiğinden dolayı dış kirişlere hareketli yük olarak $2,3\text{ kN/m}^2$ etkilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

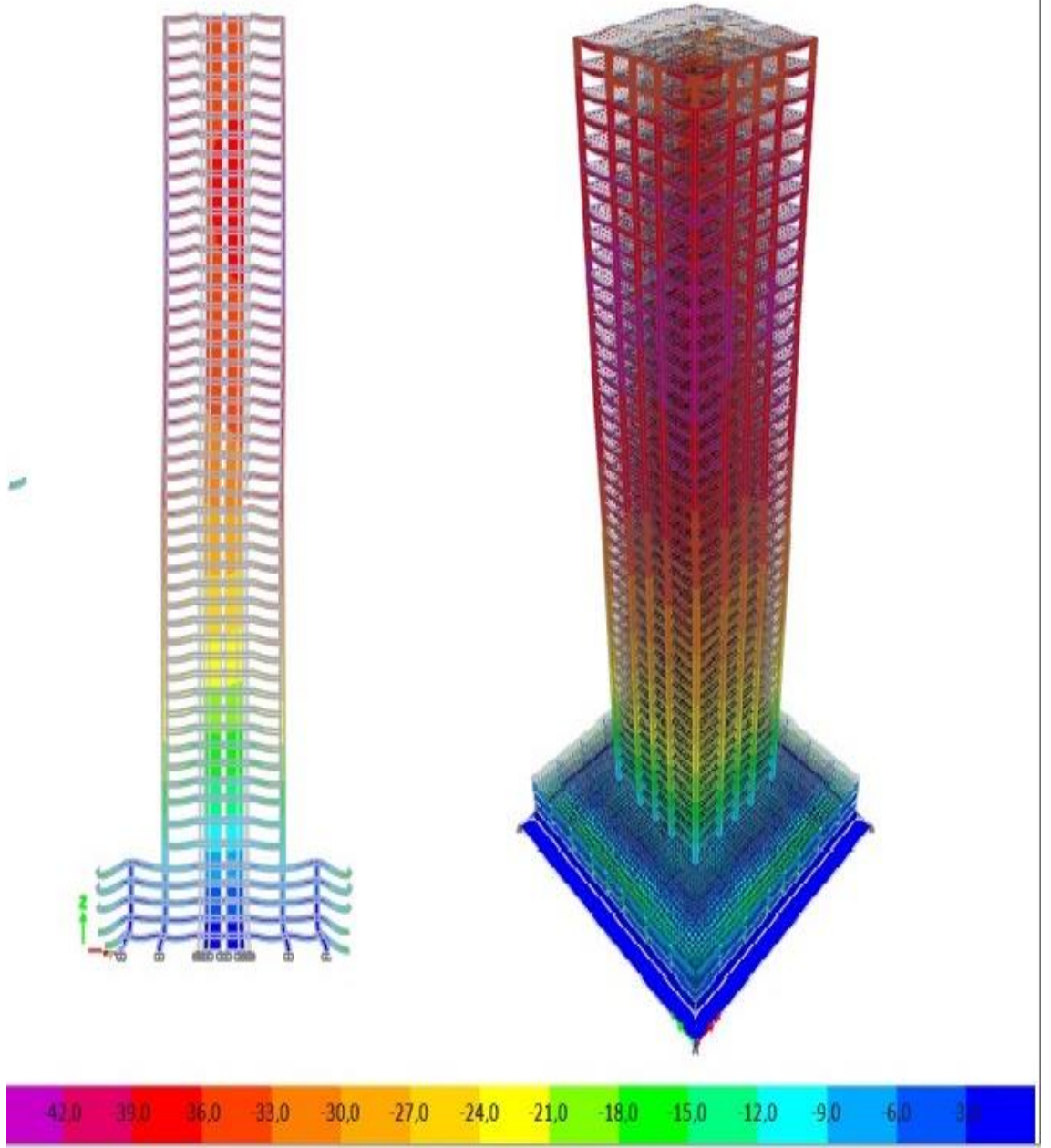
Bağıl nem yükseldikçe kolon ve perde duvarlarda meydana gelene şekil değiştirmelerin azaldığı ve maksimum değerlerin orta katlarda görüldüğünü tespit edilmiştir. Bu bulgular Çizelge 4.1 de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı Bağıl Nem Değerleri Kolon ve Perde Arasındaki Karşılaştırma

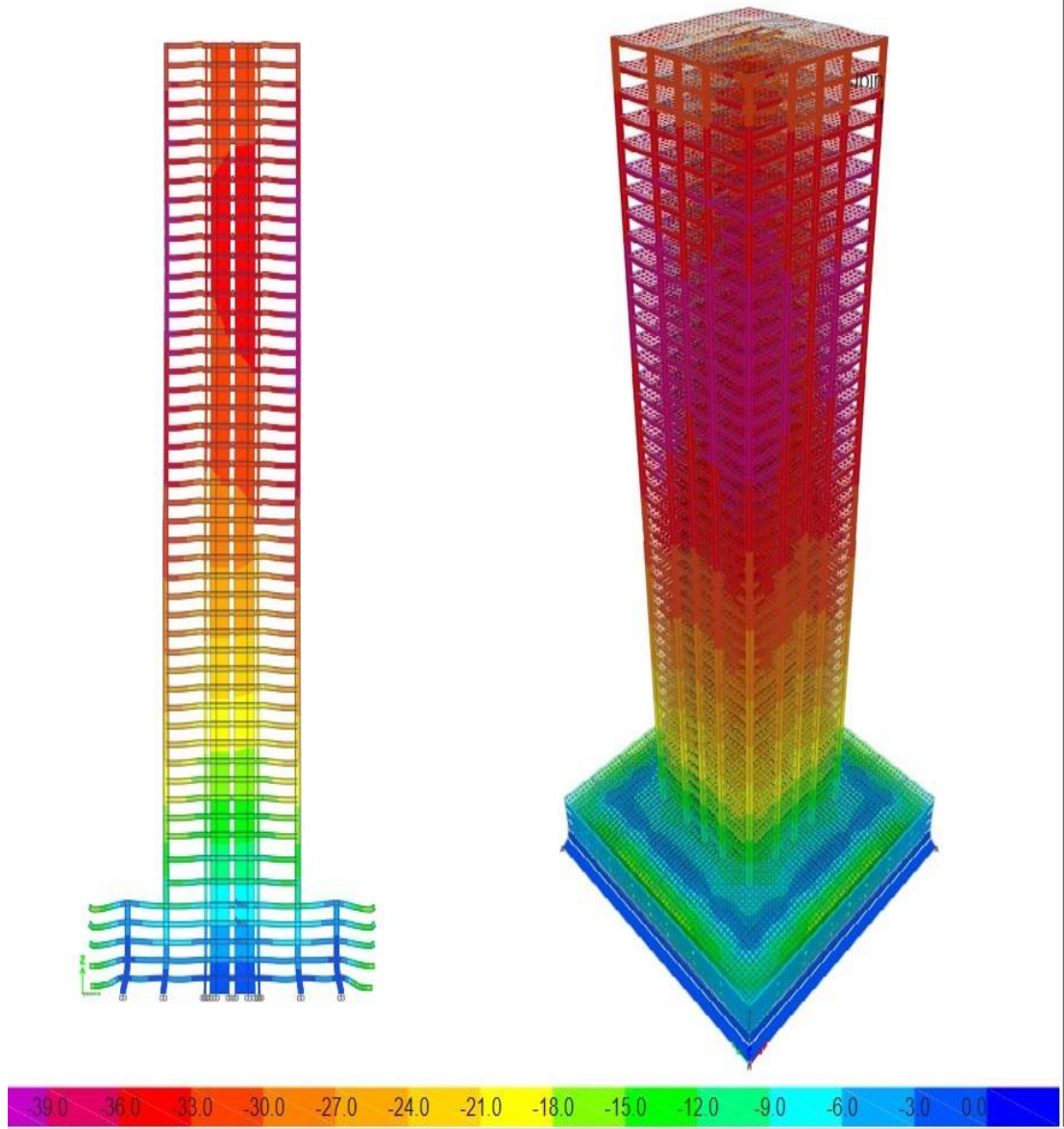
Kat No	Bağıl nem % H	Kolon (C-4) -Δ	Perde (D-4) - Δ	L (mm)	(Δ kolon -Δ perde)/ L	1 /240
45	40%	41,368	37,74	10000	0,000363	0,004167
39	50%	39,46	35,86	10000	0,000360	0,004167
38	60%	36,769	33,15	10000	0,000362	0,004167
37	70%	33,101	29,52	10000	0,000359	0,004167
33	80%	28,502	24,76	10000	0,000375	0,004167
31	90%	23,117	19,33	10000	0,000379	0,004167



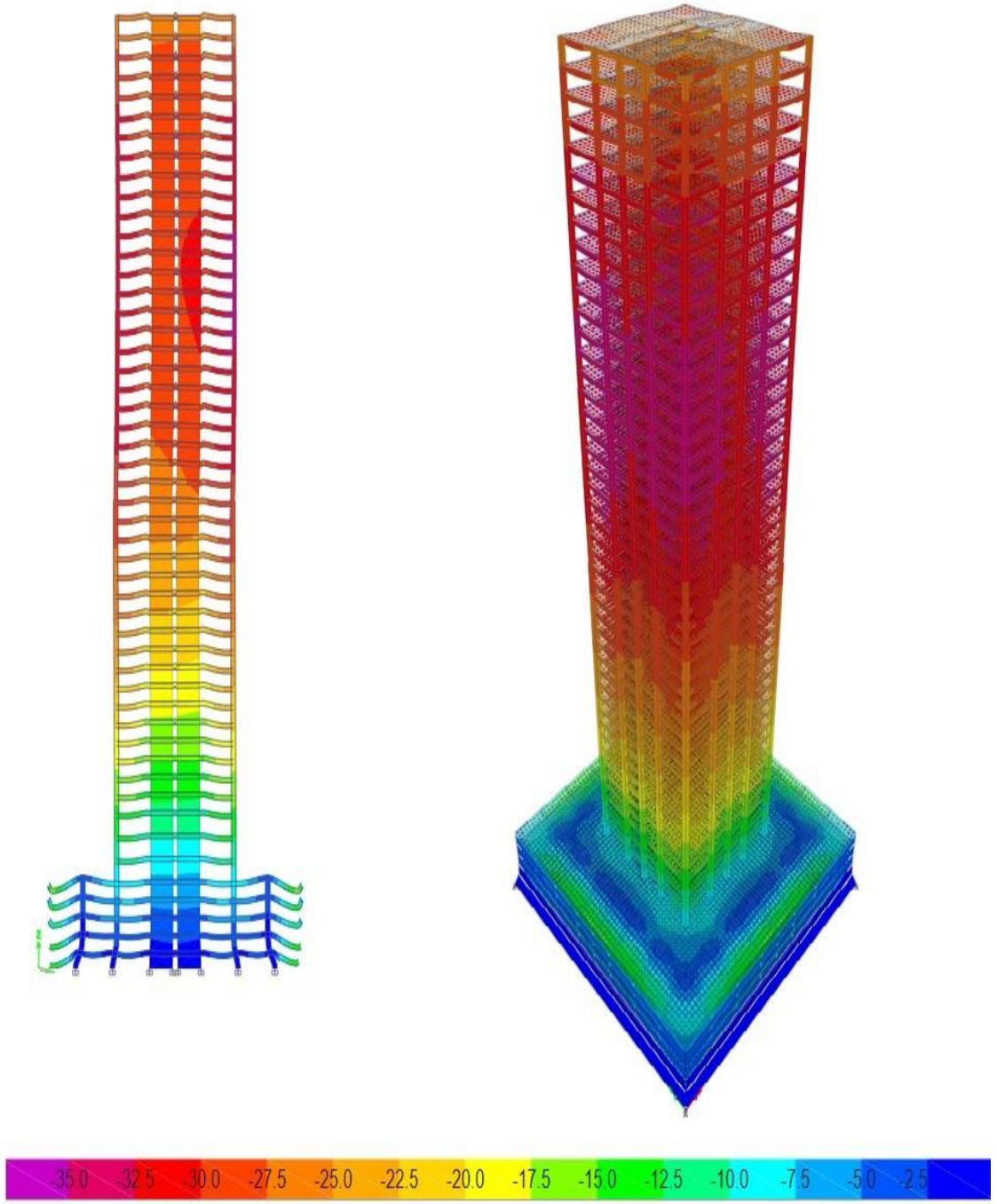
Şekil 4.1. Binanın Kolon ve Perde Duvarlarındaki Şekil Değiş-tirmelerin Şematik Gösterimi (%40 Bağıl Nem İçin)



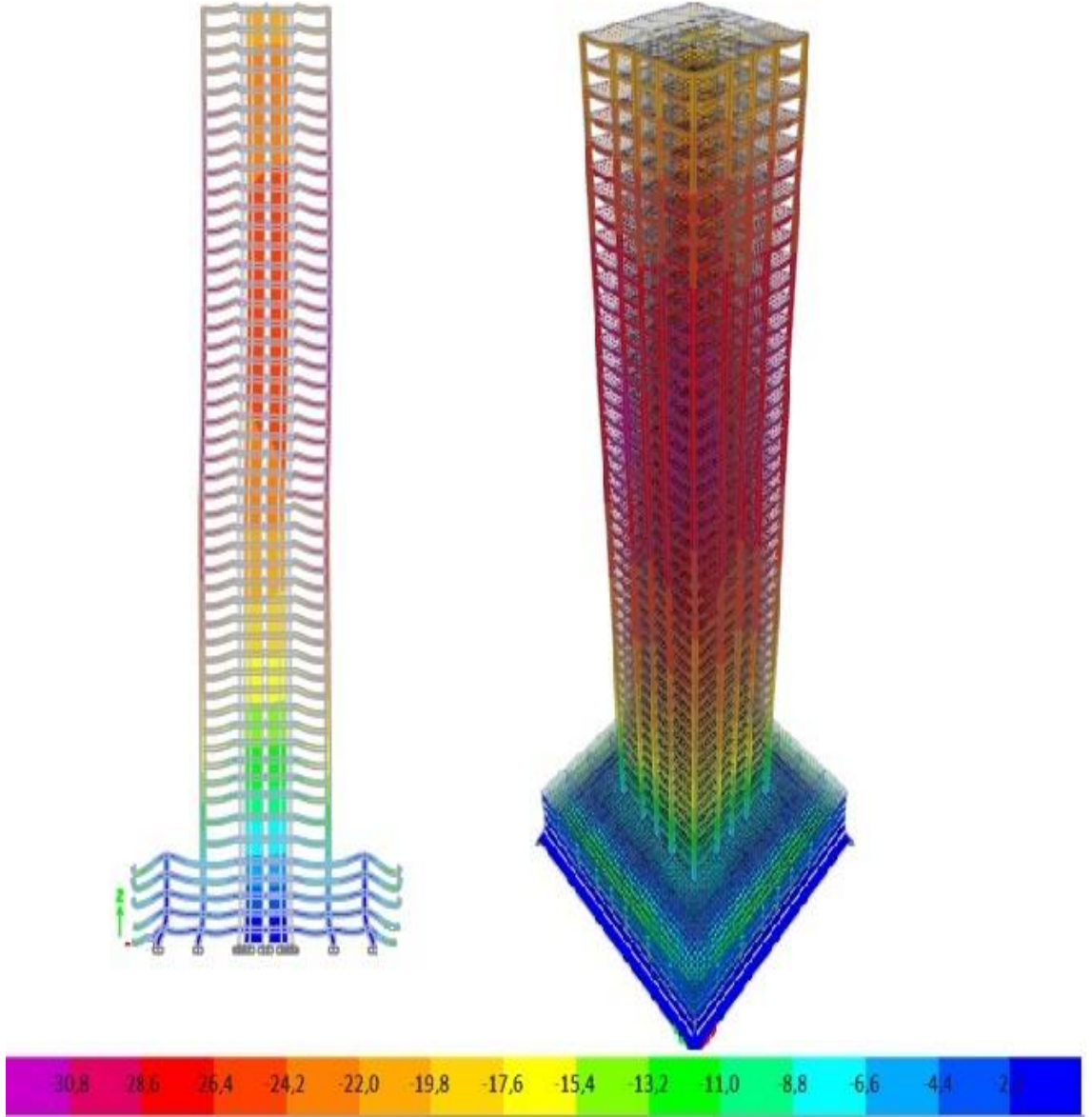
Şekil 4.2. Binanın Kolon ve Perde Duvarlarındaki Şekil Değişikliklerinin Şematik Gösterimi (%50 Bağıl Nem İçin)



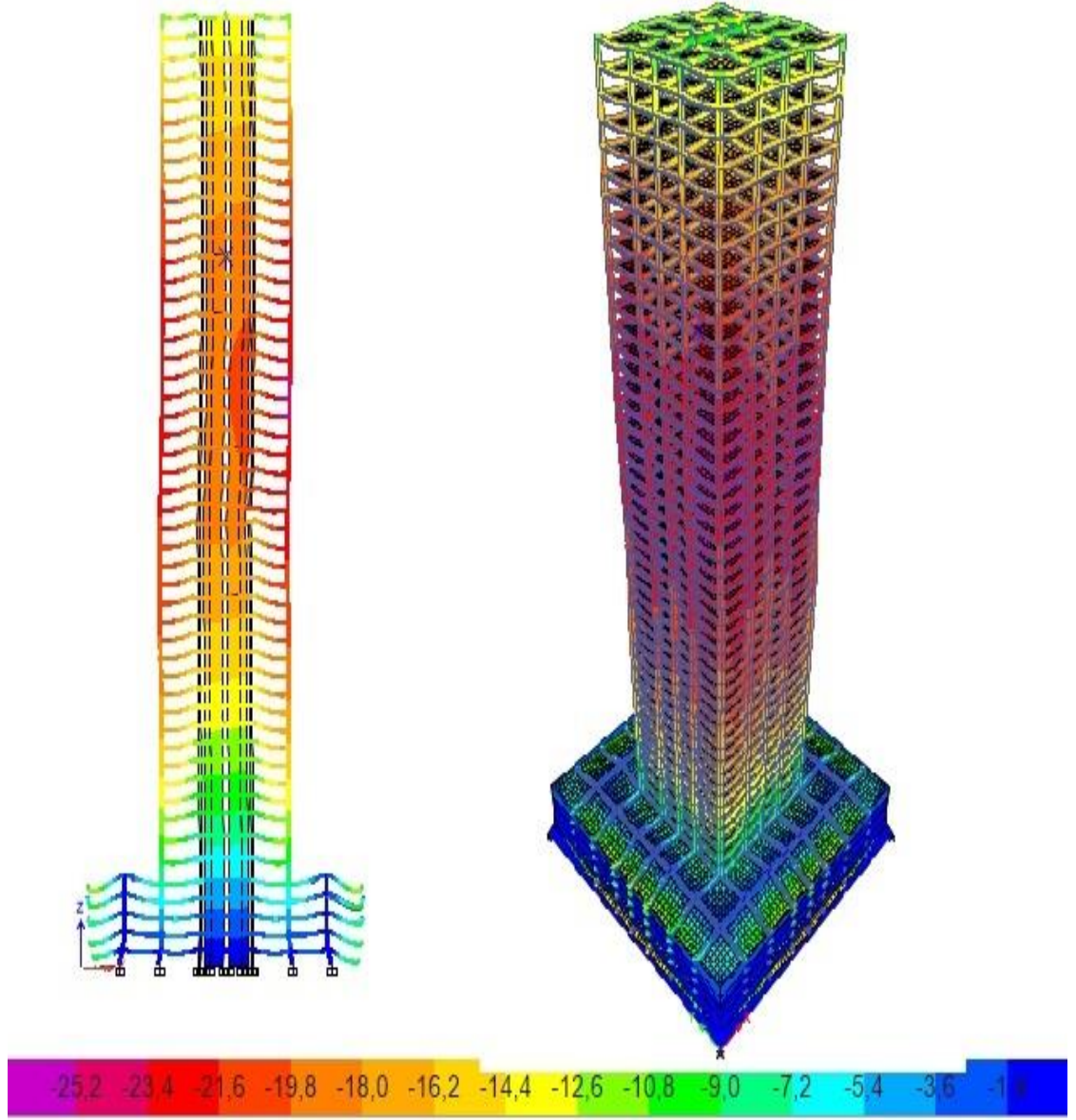
Şekil 4.3. Binanın Kolon ve Perde Duvarlarındaki Şekil Değişikliklerinin Şematik Gösterimi (%60 Bağıl Nem İçin)



Şekil 4.4. Binanın Kolon Ve Perde Duvarlarındaki Şekil Değişikliklerinin Şematik Gösterimi (%70 Bağıl Nem İçin)



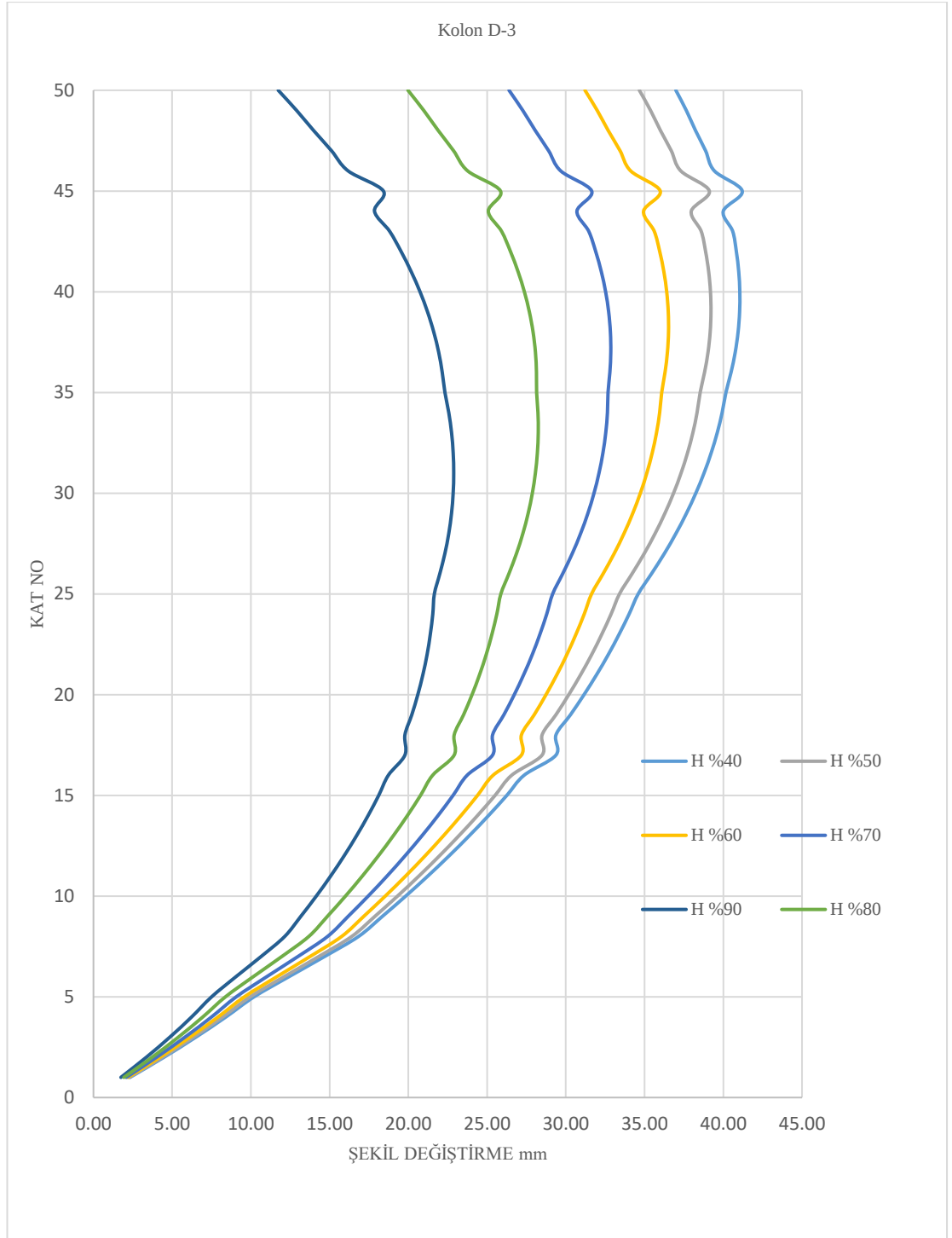
Şekil 4.5. Binanın Kolon ve Perde Duvarlarındaki Şekil Değişikliklerinin Şematik Gösterimi (%80 Bağıl Nem İçin)



Şekil 4.6 Binanın Kolon ve Perde Duvarlarındaki Şekil Değiş-tirmelerin Şematik Gösterimi (%90 Bağıl Nem İçin)

Çizelge 4.1. Kolon D-3 Farklı Bağlı Nem Değerleri İle Şekil Değiştirme

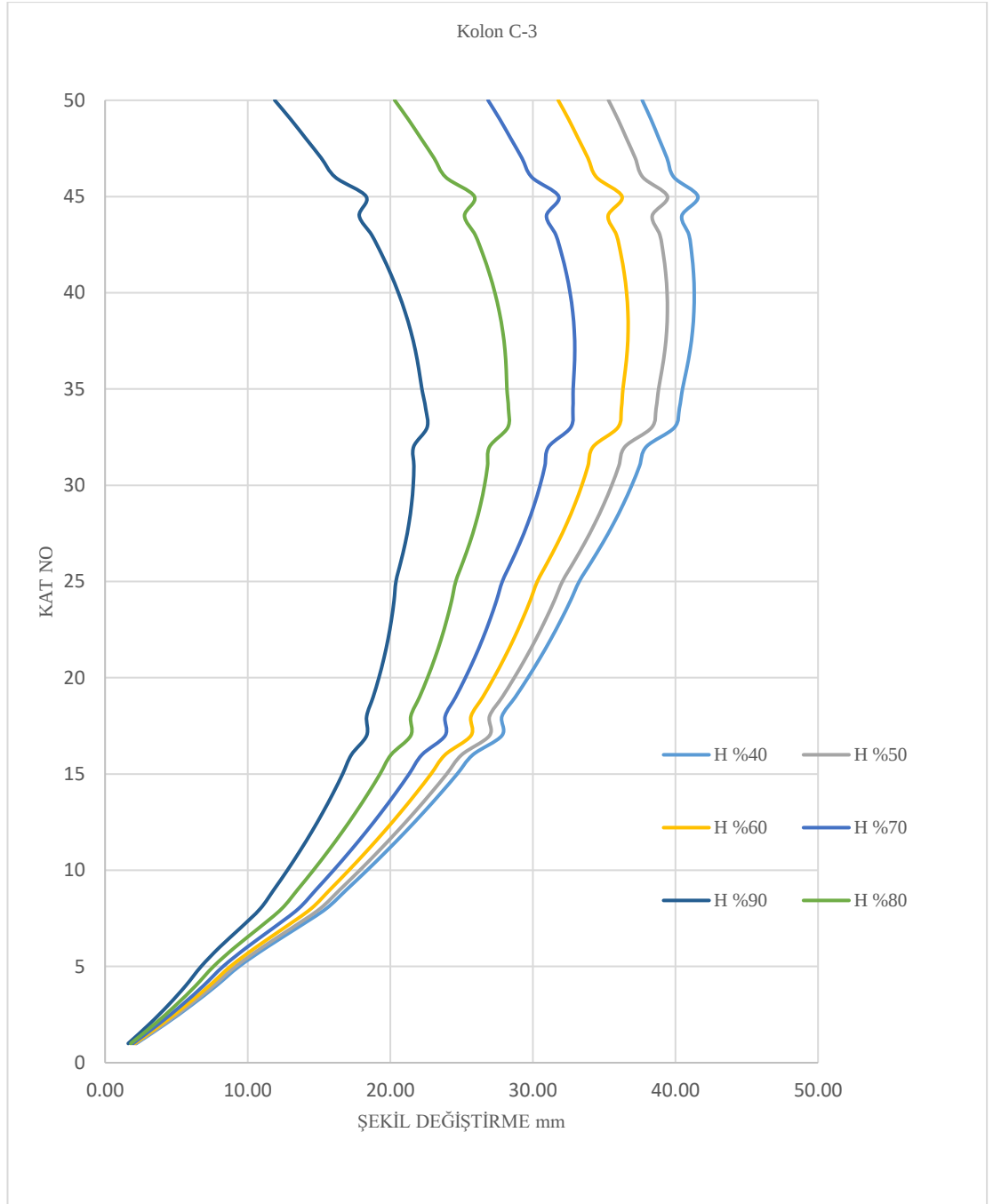
Kolon D-3						
KAT NO	Uz mm (H=%40)	Uz mm (H=%50)	Uz mm (H=%60)	Uz mm (H=%70)	Uz mm (H=%80)	Uz mm (H=%90)
1	2,32	2,27	2,19	2,08	1,93	1,74
2	4,48	4,38	4,22	4,01	3,73	3,36
3	6,51	6,36	6,13	5,82	5,40	4,86
4	8,42	8,22	7,92	7,50	6,95	6,24
5	10,20	9,95	9,58	9,07	8,38	7,51
6	12,42	12,11	11,65	11,01	10,15	9,05
7	14,68	14,31	13,76	12,99	11,96	10,65
8	16,84	16,41	15,77	14,87	13,68	12,15
9	18,36	17,88	17,17	16,18	14,87	13,18
10	19,83	19,31	18,53	17,45	16,01	14,15
11	21,24	20,68	19,83	18,65	17,08	15,07
12	22,59	21,98	21,07	19,79	18,10	15,92
13	23,87	23,22	22,24	20,87	19,05	16,71
14	25,09	24,39	23,35	21,89	19,94	17,45
15	26,26	25,51	24,39	22,84	20,77	18,12
16	27,35	26,56	25,38	23,74	21,54	18,73
17	29,37	28,49	27,18	25,35	22,91	19,78
18	29,37	28,49	27,18	25,35	22,91	19,78
19	30,29	29,37	27,99	26,07	23,51	20,22
20	31,16	30,19	28,74	26,73	24,04	20,60
21	31,96	30,95	29,44	27,33	24,53	20,92
22	32,71	31,65	30,07	27,88	24,95	21,19
23	33,39	32,29	30,65	28,36	25,31	21,39
24	34,02	32,88	31,17	28,79	25,62	21,55
25	34,60	33,41	31,64	29,16	25,87	21,65
26	35,44	34,21	32,37	29,80	26,38	22,00
27	36,25	34,98	33,07	30,41	26,86	22,32
28	36,99	35,67	33,70	30,94	27,27	22,57
29	37,66	36,29	34,25	31,40	27,61	22,74
30	38,25	36,84	34,73	31,79	27,87	22,85
31	38,78	37,32	35,14	32,11	28,07	22,88
32	39,23	37,73	35,49	32,36	28,19	22,85
33	39,62	38,07	35,76	32,54	28,25	22,74
34	39,93	38,33	35,96	32,64	28,23	22,57
35	40,17	38,53	36,09	32,68	28,15	22,32
36	40,49	38,81	36,30	32,80	28,14	22,15
37	40,76	39,03	36,45	32,86	28,07	21,92
38	40,94	39,17	36,52	32,83	27,92	21,61
39	41,04	39,22	36,51	32,72	27,68	21,22
40	41,05	39,19	36,41	32,53	27,37	20,74
41	40,98	39,07	36,22	32,25	26,97	20,18
42	40,83	38,88	35,96	31,90	26,48	19,54
43	40,60	38,60	35,62	31,46	25,92	18,81
44	40,00	37,97	34,94	30,71	25,08	17,85
45	41,20	39,11	35,99	31,64	25,85	18,42
46	39,43	37,30	34,12	29,67	23,76	16,17
47	38,88	36,70	33,44	28,91	22,87	15,12
48	38,24	36,01	32,69	28,06	21,90	13,99
49	37,65	35,38	31,99	27,27	20,98	12,90
50	36,99	34,67	31,22	26,39	19,98	11,74



Şekil 4.7. D-3 Kolonu Farklı Bağıl Nem Eksenel Şekil Değişimleri

Çizelge 4.2. C-3 Kolonu Farklı Bağlı Nem Değerleri İle Şekil Değiştirme

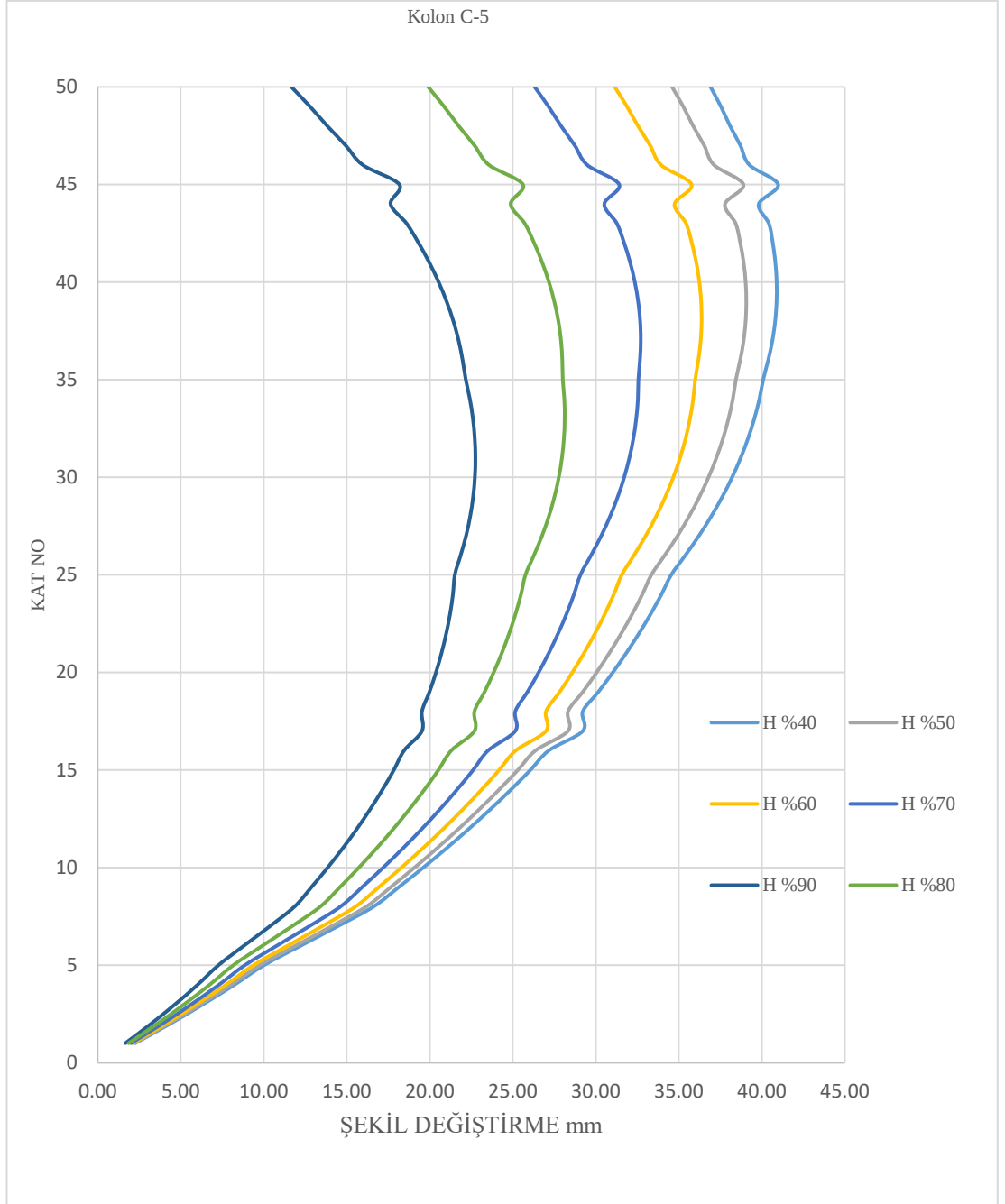
Kolon C-3						
KAT NO	Uz mm (H=%40)	Uz mm (H=%50)	Uz mm (H=%60)	Uz mm (H=%70)	Uz mm (H=%80)	Uz mm (H=%90)
1	2,19	2,14	2,06	1,95	1,81	1,62
2	4,21	4,11	3,95	3,74	3,46	3,10
3	6,07	5,92	5,70	5,39	4,97	4,44
4	7,80	7,60	7,31	6,90	6,35	5,65
5	9,39	9,15	8,78	8,28	7,60	6,74
6	11,34	11,04	10,59	9,95	9,11	8,03
7	13,46	13,09	12,55	11,79	10,79	9,49
8	15,50	15,07	14,44	13,56	12,39	10,88
9	16,95	16,48	15,79	14,81	13,51	11,85
10	18,38	17,86	17,10	16,03	14,61	12,78
11	19,75	19,19	18,36	17,20	15,65	13,66
12	21,07	20,46	19,56	18,31	16,64	14,49
13	22,33	21,68	20,72	19,37	17,57	15,27
14	23,54	22,85	21,81	20,37	18,45	15,99
15	24,70	23,96	22,86	21,32	19,28	16,66
16	25,80	25,01	23,85	22,22	20,06	17,28
17	27,83	26,96	25,67	23,85	21,44	18,35
18	27,83	26,96	25,67	23,85	21,44	18,35
19	28,77	27,86	26,49	24,59	22,06	18,80
20	29,66	28,70	27,27	25,27	22,61	19,20
21	30,48	29,48	27,98	25,90	23,12	19,55
22	31,26	30,21	28,65	26,47	23,57	19,84
23	31,97	30,88	29,25	26,98	23,96	20,08
24	32,64	31,50	29,81	27,45	24,30	20,27
25	33,25	32,07	30,31	27,86	24,59	20,40
26	34,09	32,86	31,03	28,48	25,09	20,73
27	34,90	33,63	31,74	29,09	25,57	21,05
28	35,65	34,34	32,37	29,63	25,99	21,31
29	36,33	34,97	32,94	30,10	26,33	21,49
30	36,94	35,53	33,44	30,51	26,61	21,61
31	37,48	36,03	33,87	30,84	26,82	21,66
32	37,96	36,46	34,23	31,11	26,96	21,64
33	39,93	38,34	35,96	32,65	28,24	22,58
34	40,28	38,64	36,21	32,81	28,29	22,48
35	40,49	38,82	36,32	32,83	28,18	22,22
36	40,78	39,06	36,49	32,90	28,13	22,01
37	41,02	39,26	36,62	32,94	28,05	21,76
38	41,20	39,38	36,68	32,91	27,89	21,44
39	41,29	39,44	36,66	32,80	27,65	21,04
40	41,32	39,41	36,57	32,61	27,34	20,57
41	41,27	39,32	36,41	32,35	26,95	20,02
42	41,15	39,15	36,18	32,02	26,49	19,40
43	40,95	38,91	35,87	31,62	25,96	18,70
44	40,45	38,37	35,28	30,96	25,21	17,83
45	41,57	39,44	36,26	31,81	25,90	18,31
46	39,89	37,72	34,47	29,93	23,90	16,15
47	39,41	37,18	33,86	29,23	23,07	15,16
48	38,85	36,58	33,19	28,46	22,17	14,10
49	38,29	35,97	32,52	27,69	21,27	13,03
50	37,67	35,31	31,78	26,86	20,31	11,90



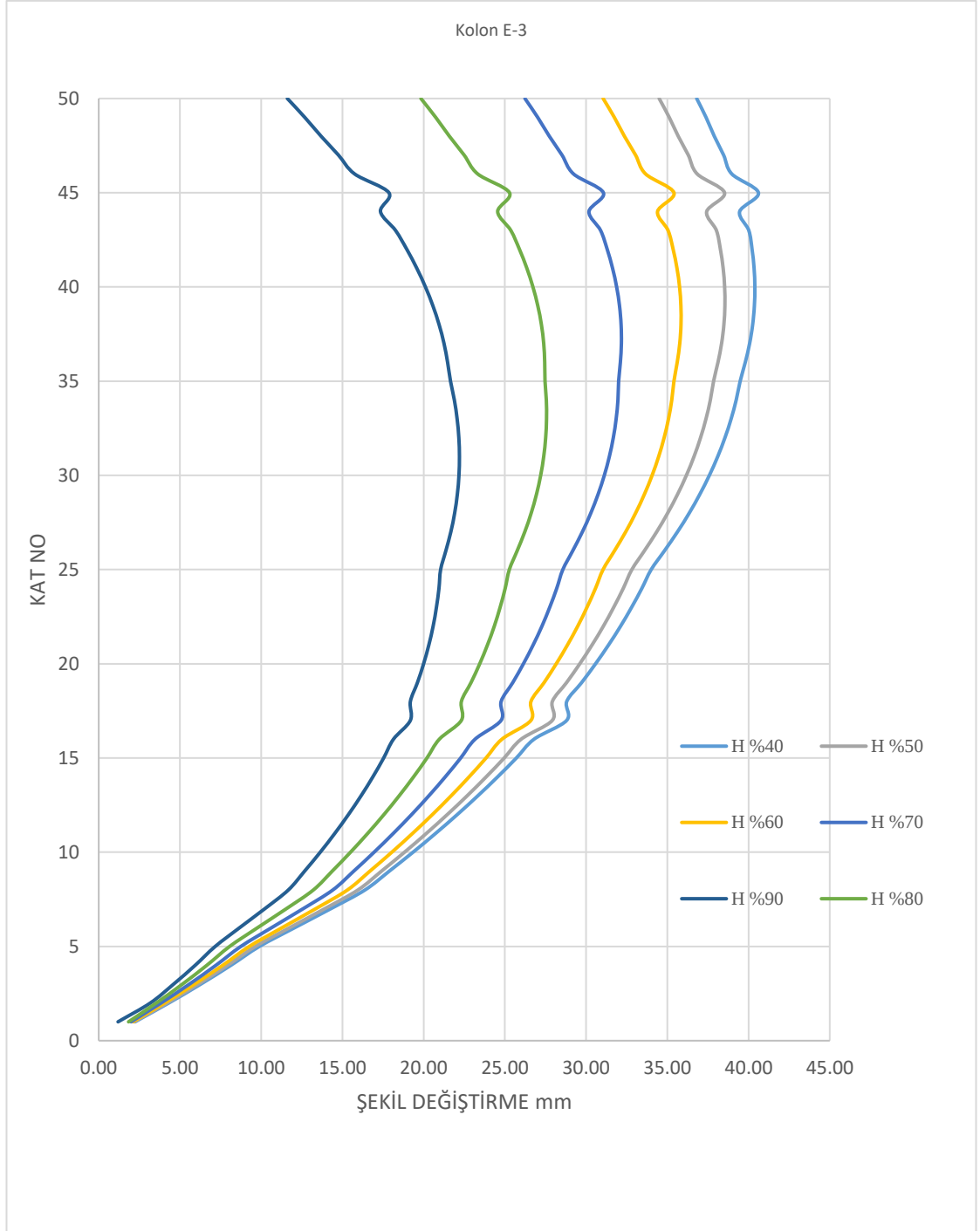
Şekil 4.8. C-3 Kolonu Farklı Bağıl Nem Değerleri ile şekil değiştirme

Çizelge 4.3. C-5 Kolonu Farklı Bağıl Nem Eksenel Şekil Değişirmeleri

Kolon C-5						
KAT NO	Uz mm (H=%40)	Uz mm (H=%50)	Uz mm (H=%60)	Uz mm (H=%70)	Uz mm (H=%80)	Uz mm (H=%90)
1	2,26	2,21	2,13	2,01	1,86	1,67
2	4,37	4,27	4,11	3,89	3,60	3,22
3	6,36	6,21	5,98	5,66	5,23	4,68
4	8,25	8,0	7,739	7,3	6,8	6,027
5	10,02	9,8	9,394	8,9	8,2	7,279
6	12,24	11,9	11,455	10,8	9,9	8,816
7	14,48	14,1	13,539	12,8	11,7	10,382
8	16,62	16,2	15,534	14,6	13,4	11,862
9	18,14	17,7	16,937	15,9	14,6	12,88
10	19,61	19,1	18,298	17,2	15,7	13,855
11	21,03	20,5	19,597	18,4	16,8	14,77
12	22,38	21,8	20,836	19,5	17,8	15,626
13	23,67	23,0	22,013	20,6	18,8	16,422
14	24,90	24,2	23,131	21,7	19,7	17,16
15	26,07	25,3	24,188	22,6	20,5	17,839
16	27,18	26,4	25,186	23,5	21,3	18,461
17	29,22	28,3	27,006	25,2	22,7	19,532
18	29,22	28,3	27,006	25,2	22,7	19,532
19	30,15	29,2	27,828	25,9	23,3	19,982
20	31,03	30,1	28,593	26,6	23,9	20,376
21	31,85	30,8	29,3	27,2	24,3	20,713
22	32,61	31,5	29,951	27,7	24,8	20,995
23	33,31	32,2	30,549	28,2	25,2	21,226
24	33,96	32,8	31,087	28,7	25,5	21,398
25	34,55	33,4	31,569	29,1	25,8	21,514
26	35,39	34,2	32,301	29,7	26,3	21,861
27	36,21	34,9	33,008	30,3	26,8	22,187
28	36,96	35,6	33,637	30,9	27,2	22,437
29	37,62	36,2	34,192	31,3	27,5	22,614
30	38,21	36,8	34,672	31,7	27,8	22,718
31	38,73	37,3	35,079	32,0	28,0	22,75
32	39,18	37,7	35,413	32,3	28,1	22,71
33	39,55	38,0	35,675	32,4	28,1	22,6
34	39,85	38,3	35,868	32,5	28,1	22,42
35	40,08	38,4	35,989	32,6	28,0	22,17
36	40,39	38,7	36,179	32,7	28,0	21,98
37	40,64	38,9	36,32	32,7	27,9	21,743
38	40,81	39,0	36,376	32,7	27,7	21,423
39	40,89	39,1	36,349	32,6	27,5	21,02
40	40,90	39,0	36,242	32,4	27,2	20,537
41	40,82	38,9	36,054	32,1	26,8	19,974
42	40,66	38,7	35,788	31,7	26,3	19,332
43	40,43	38,4	35,442	31,3	25,7	18,611
44	39,82	37,8	34,749	30,5	24,9	17,642
45	40,99	38,9	35,77	31,4	25,6	18,169
46	39,26	37,1	33,939	29,5	23,6	15,976
47	38,71	36,5	33,279	28,7	22,7	14,941
48	38,09	35,9	32,545	27,9	21,7	13,83
49	37,54	35,3	31,879	27,2	20,9	12,786
50	36,91	34,6	31,144	26,3	19,9	11,671



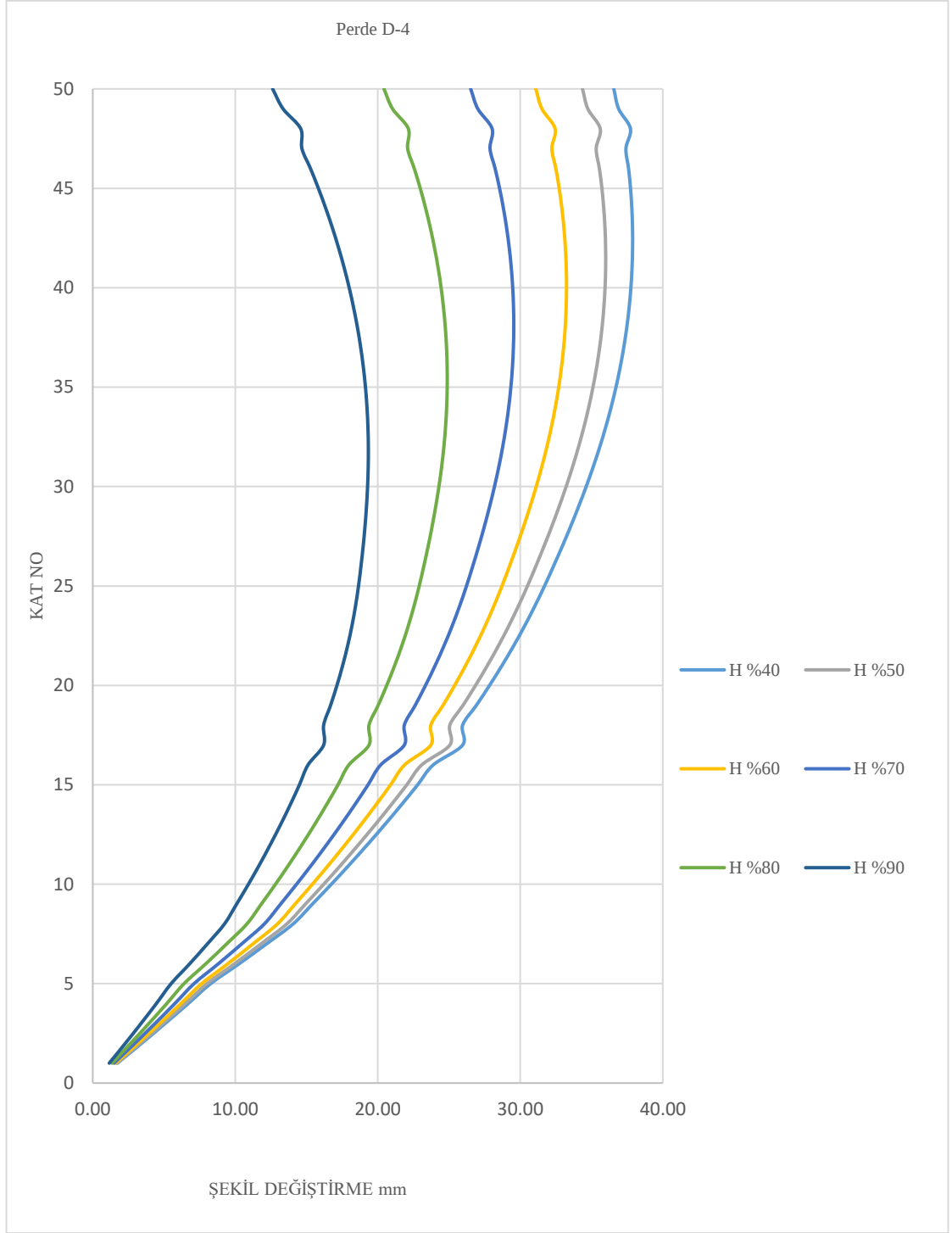
Şekil 4.9. C-5 Kolonu Farklı Bağıl Nem Eksenel Şekil Değişimleri



Şekil 4.10. E-3 Kolonu Farklı Bağıl Nem Eksenel Şekil Değişirmeleri

Çizelge 4.4. D-4 Perdesi Farklı Bağıl Nem Değerleri ile Şekil Değiştirme

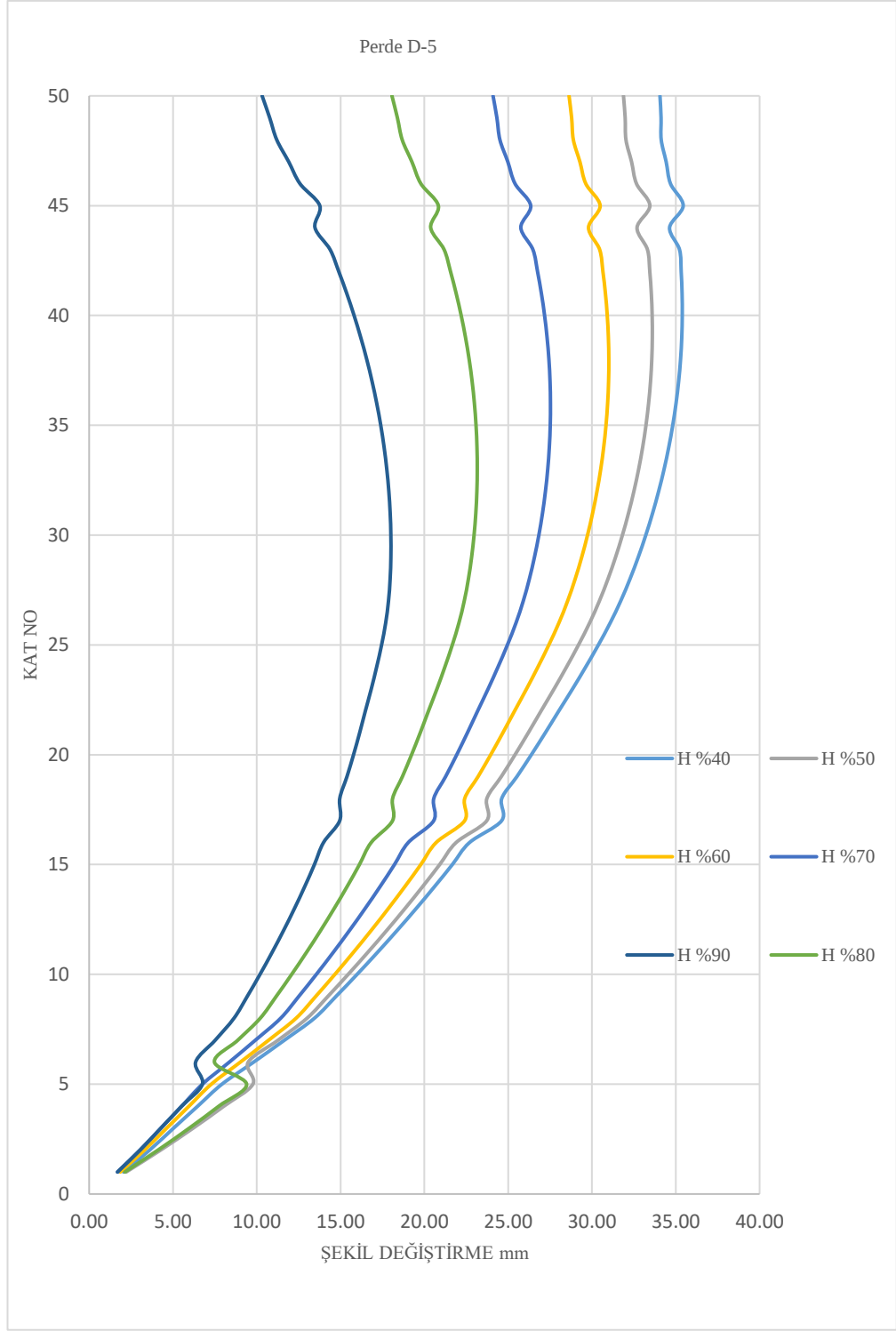
Perde D-4						
KAT NO	Uz mm (H=%40)	Uz mm (H=%50)	Uz mm (H=%60)	Uz mm (H=%70)	Uz mm (H=%80)	Uz mm (H=%90)
1	1,73	1,68	1,60	1,49	1,34	1,16
2	3,43	3,33	3,17	2,95	2,66	2,29
3	5,09	4,93	4,70	4,38	3,94	3,39
4	6,70	6,50	6,19	5,76	5,20	4,47
5	8,27	8,02	7,64	7,11	6,41	5,50
6	10,27	9,95	9,48	8,82	7,94	6,81
7	12,19	11,81	11,25	10,45	9,40	8,05
8	14,06	13,61	12,96	12,04	10,81	9,24
9	15,41	14,92	14,19	13,18	11,83	10,09
10	16,74	16,21	15,41	14,30	12,82	10,92
11	18,03	17,46	16,59	15,38	13,78	11,71
12	19,28	18,66	17,73	16,42	14,69	12,47
13	20,50	19,82	18,82	17,43	15,57	13,18
14	21,67	20,95	19,88	18,39	16,41	13,86
15	22,80	22,04	20,90	19,32	17,21	14,50
16	23,89	23,09	21,88	20,21	17,97	15,11
17	25,95	25,06	23,72	21,86	19,38	16,20
18	25,95	25,06	23,72	21,86	19,38	16,20
19	26,92	25,98	24,58	22,63	20,03	16,69
20	27,84	26,86	25,40	23,35	20,63	17,14
21	28,72	27,69	26,16	24,03	21,18	17,54
22	29,54	28,47	26,88	24,65	21,69	17,89
23	30,31	29,20	27,54	25,23	22,14	18,19
24	31,03	29,87	28,15	25,75	22,55	18,44
25	31,70	30,51	28,72	26,23	22,91	18,65
26	32,33	31,10	29,25	26,67	23,23	18,82
27	32,95	31,67	29,75	27,09	23,54	18,98
28	33,54	32,21	30,24	27,48	23,81	19,10
29	34,10	32,73	30,69	27,85	24,07	19,21
30	34,63	33,22	31,12	28,19	24,29	19,29
31	35,12	33,67	31,51	28,50	24,48	19,33
32	35,58	34,09	31,87	28,77	24,64	19,34
33	36,00	34,47	32,19	29,00	24,76	19,31
34	36,38	34,81	32,46	29,19	24,83	19,24
35	36,72	35,10	32,70	29,34	24,87	19,14
36	37,01	35,36	32,89	29,45	24,87	18,99
37	37,26	35,57	33,04	29,52	24,82	18,80
38	37,47	35,74	33,15	29,54	24,74	18,57
39	37,64	35,86	33,22	29,53	24,61	18,30
40	37,76	35,95	33,24	29,47	24,45	17,99
41	37,84	35,99	33,23	29,37	24,24	17,64
42	37,88	35,99	33,17	29,23	23,98	17,25
43	37,88	35,94	33,06	29,04	23,69	16,82
44	37,83	35,86	32,92	28,82	23,36	16,35
45	37,74	35,73	32,73	28,55	22,98	15,83
46	37,60	35,55	32,50	28,23	22,56	15,28
47	37,41	35,33	32,22	27,88	22,10	14,68
48	37,73	35,61	32,44	28,02	22,14	14,59
49	36,9	34,7	31,52	27,0	21,0	13,353
50	36,6	34,4	31,09	26,5	20,4	12,622



Şekil 4.11. D-4 Perdesie Farklı Bağıl Nem Eksenel Şekil Değişimleri

Çizelge 4.5. D-5 Perdesi Farklı Bağıl Nem Değerleri ile Şekil Değiştirme

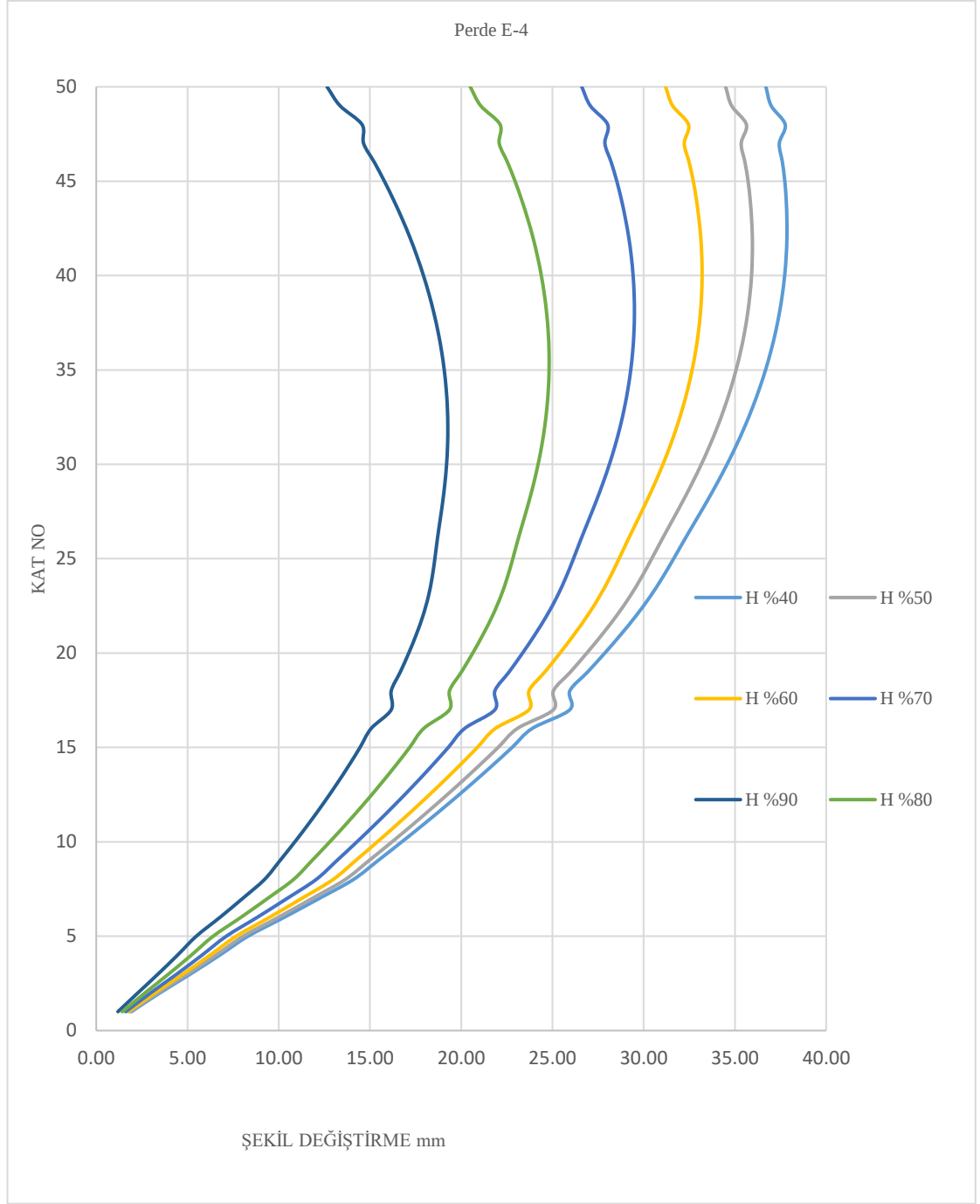
Perde D-5						
KAT NO	Uz mm (H=%40)	Uz mm (H=%50)	Uz mm (H=%60)	Uz mm (H=%70)	Uz mm (H=%80)	Uz mm (H=%90)
1	2,05	2,21	1,85	1,69	2,13	1,69
2	3,61	4,27	3,30	3,04	4,11	3,04
3	5,04	6,21	4,63	4,29	5,98	4,29
4	6,5	8,0	5,96	5,5	7,7	5,526
5	7,9	9,8	7,289	6,8	9,4	6,758
6	9,8	9,5	9,016	8,4	7,5	6,351
7	11,6	11,3	10,704	9,9	8,9	7,519
8	13,4	13,0	12,34	11,4	10,2	8,639
9	14,7	14,2	13,523	12,5	11,2	9,436
10	16,0	15,5	14,663	13,6	12,1	10,194
11	17,2	16,6	15,764	14,6	13,0	10,916
12	18,4	17,8	16,828	15,5	13,8	11,602
13	19,5	18,8	17,854	16,5	14,6	12,251
14	20,6	19,9	18,841	17,4	15,4	12,864
15	21,7	20,9	19,79	18,2	16,1	13,441
16	22,7	21,9	20,7	19,0	16,8	13,981
17	24,6	23,7	22,405	20,6	18,1	14,95
18	24,6	23,7	22,405	20,6	18,1	14,95
19	25,5	24,6	23,2	21,3	18,7	15,38
20	26,4	25,4	23,958	21,9	19,2	15,775
21	27,2	26,2	24,684	22,6	19,8	16,139
22	28,0	27,0	25,388	23,2	20,2	16,482
23	28,8	27,7	26,098	23,8	20,8	16,834
24	29,6	28,5	26,778	24,4	21,2	17,156
25	30,4	29,2	27,426	25,0	21,7	17,448
26	31,1	29,9	28,025	25,5	22,1	17,691
27	31,7	30,4	28,546	25,9	22,4	17,86
28	32,3	31,0	28,996	26,3	22,6	17,958
29	32,8	31,4	29,389	26,6	22,8	18,003
30	33,2	31,8	29,735	26,8	23,0	18,002
31	33,6	32,2	30,039	27,0	23,1	17,961
32	34,0	32,5	30,3	27,2	23,1	17,879
33	34,3	32,8	30,521	27,4	23,2	17,758
34	34,6	33,0	30,699	27,5	23,1	17,598
35	34,8	33,2	30,837	27,5	23,1	17,398
36	35,0	33,4	30,934	27,5	23,0	17,158
37	35,2	33,5	30,991	27,5	22,8	16,88
38	35,3	33,6	31,006	27,4	22,7	16,563
39	35,4	33,6	30,979	27,3	22,5	16,204
40	35,4	33,6	30,912	27,2	22,2	15,807
41	35,4	33,5	30,803	27,0	21,9	15,371
42	35,3	33,4	30,653	26,8	21,6	14,894
43	35,2	33,3	30,459	26,5	21,2	14,377
44	34,6	32,7	29,795	25,8	20,4	13,474
45	35,4	33,5	30,486	26,3	20,8	13,76
46	34,7	32,7	29,632	25,4	19,8	12,581
47	34,4	32,4	29,279	25,0	19,3	11,905
48	34,1	32,0	28,888	24,5	18,7	11,193
49	34,1	32,0	28,786	24,3	18,4	10,773
50	34,1	31,9	28,632	24,1	18,1	10,321



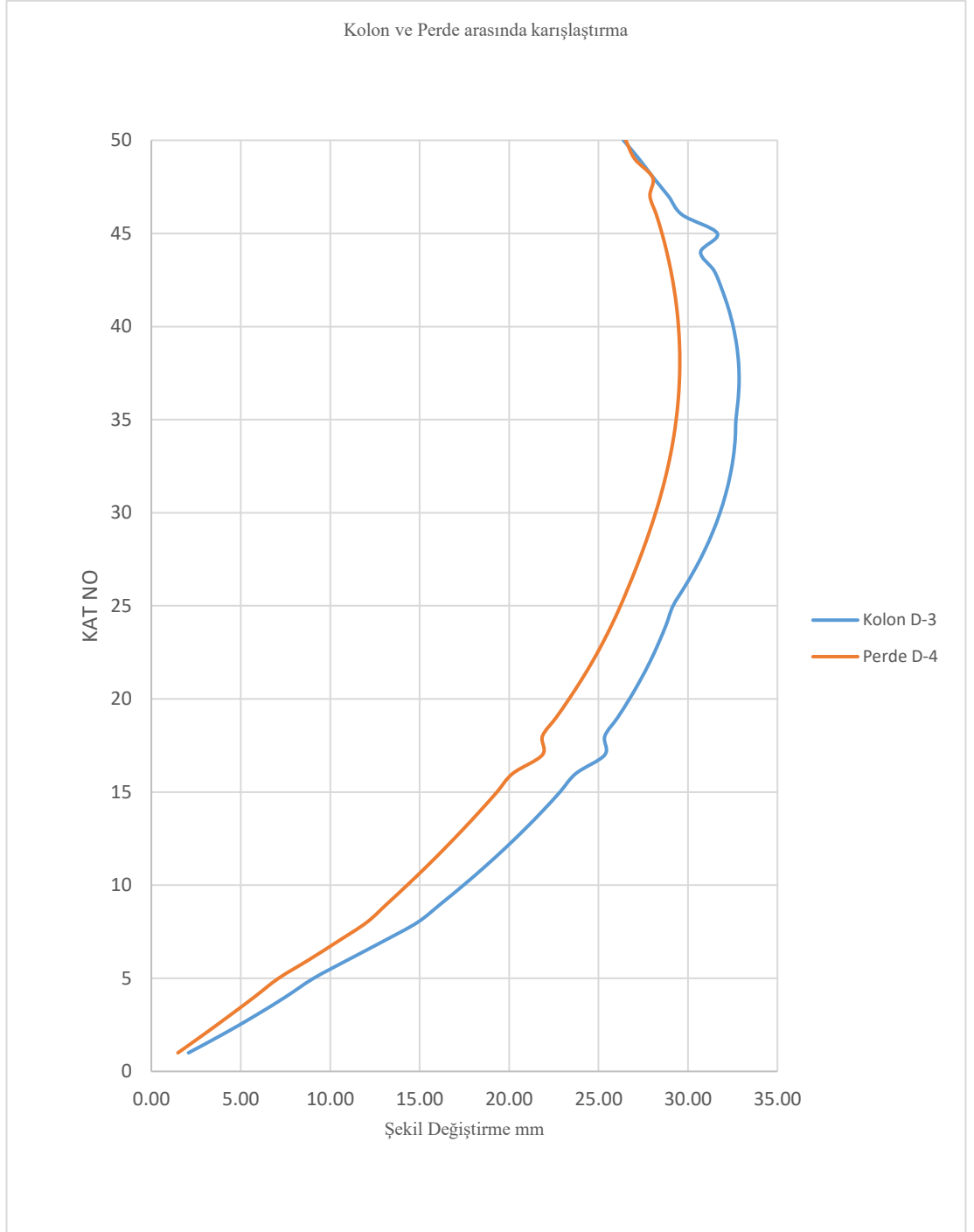
Şekil 4.12. D-5 Perdesi Farklı Bağlı Nem Eksenel Şekil Değişimleri

Çizelge 4.6. E-4 Perdesi Farklı Bağlı Nem Değerleri ile Şekil Değiştirme

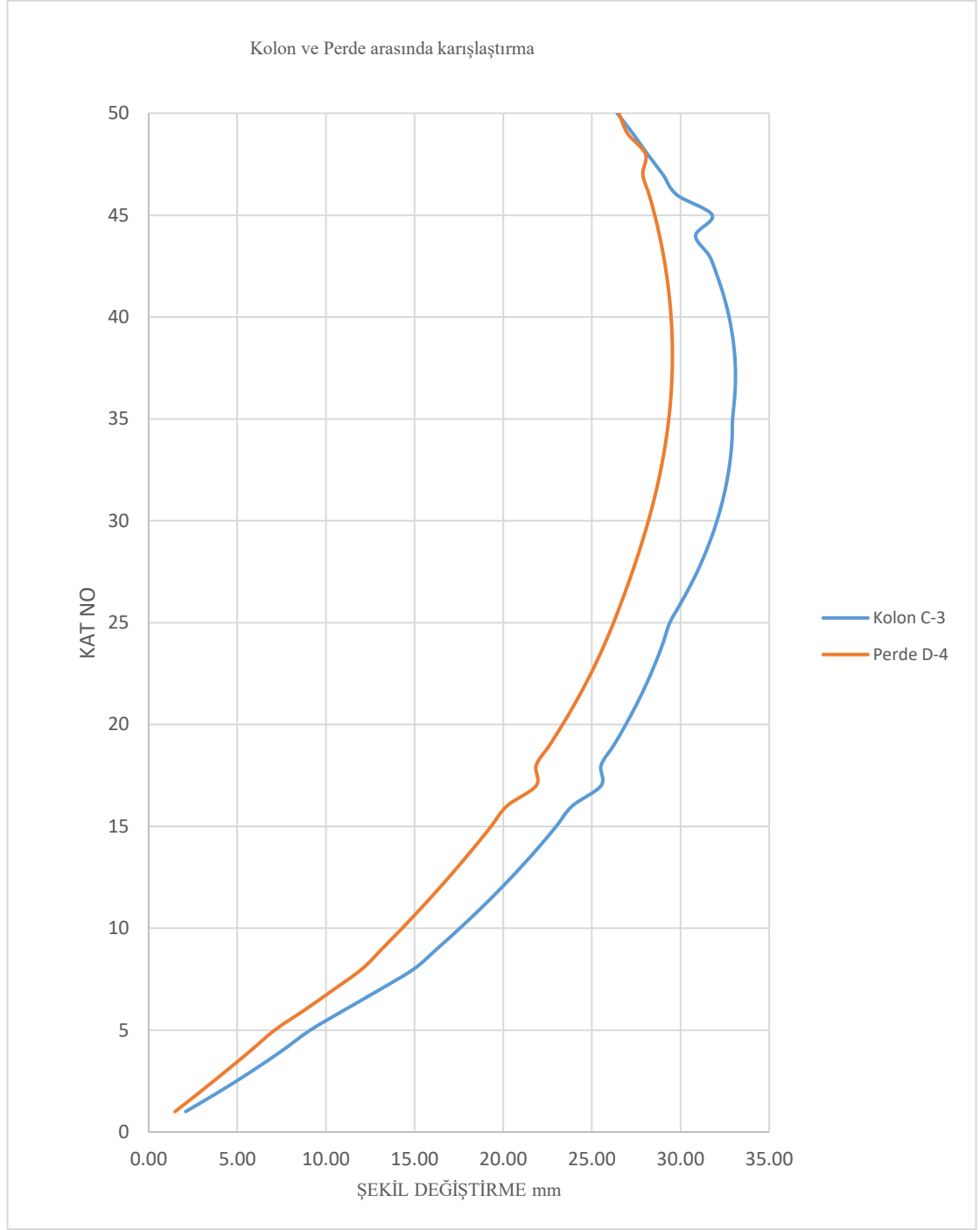
Perde E-4						
KAT NO	Uz mm (H=%40)	Uz mm (H=%50)	Uz mm (H=%60)	Uz mm (H=%70)	Uz mm (H=%80)	Uz mm (H=%90)
1	1,92	1,86	1,76	1,62	1,43	1,19
2	3,50	3,39	3,22	2,99	2,68	2,29
3	5,17	5,01	4,76	4,42	3,97	3,39
4	6,77	6,56	6,24	5,80	5,21	4,46
5	8,32	8,06	7,67	7,13	6,41	5,48
6	10,30	9,98	9,50	8,82	7,93	6,78
7	12,22	11,84	11,26	10,46	9,39	8,02
8	14,09	13,64	12,98	12,05	10,81	9,22
9	15,43	14,94	14,20	13,18	11,82	10,06
10	16,75	16,21	15,41	14,29	12,80	10,89
11	18,03	17,45	16,58	15,37	13,75	11,67
12	19,28	18,65	17,71	16,40	14,66	12,42
13	20,49	19,81	18,81	17,40	15,53	13,14
14	21,66	20,94	19,86	18,37	16,37	13,81
15	22,79	22,02	20,88	19,29	17,18	14,46
16	23,88	23,07	21,87	20,18	17,94	15,06
17	25,95	25,06	23,72	21,85	19,36	16,17
18	25,95	25,06	23,72	21,85	19,36	16,17
19	26,93	25,99	24,58	22,62	20,01	16,66
20	27,87	26,88	25,41	23,36	20,63	17,13
21	28,76	27,74	26,20	24,06	21,21	17,55
22	29,60	28,53	26,93	24,70	21,73	17,91
23	30,36	29,24	27,58	25,26	22,17	18,20
24	31,03	29,87	28,14	25,73	22,53	18,41
25	31,64	30,44	28,65	26,15	22,83	18,56
26	32,23	30,99	29,14	26,55	23,11	18,69
27	32,84	31,56	29,64	26,97	23,41	18,84
28	33,45	32,12	30,14	27,38	23,70	18,99
29	34,02	32,66	30,61	27,77	23,98	19,11
30	34,57	33,16	31,06	28,12	24,21	19,20
31	35,07	33,62	31,46	28,44	24,42	19,25
32	35,54	34,05	31,82	28,71	24,58	19,27
33	35,96	34,43	32,14	28,95	24,70	19,24
34	36,34	34,77	32,42	29,14	24,78	19,18
35	36,68	35,06	32,65	29,29	24,82	19,07
36	36,97	35,32	32,85	29,40	24,81	18,92
37	37,22	35,53	33,00	29,47	24,77	18,74
38	37,43	35,70	33,11	29,49	24,68	18,51
39	37,60	35,82	33,18	29,48	24,56	18,24
40	37,73	35,91	33,20	29,42	24,39	17,93
41	37,81	35,95	33,19	29,32	24,18	17,58
42	37,85	35,96	33,13	29,19	23,94	17,20
43	37,85	35,91	33,03	29,00	23,65	16,77
44	37,81	35,84	32,89	28,79	23,32	16,30
45	37,73	35,72	32,72	28,53	22,95	15,79
46	37,60	35,55	32,49	28,22	22,54	15,24
47	37,43	35,34	32,23	27,88	22,09	14,65
48	37,76	35,63	32,46	28,03	22,13	14,57
49	36,99	34,82	31,59	27,07	21,07	13,36
50	36,70	34,49	31,20	26,61	20,50	12,65



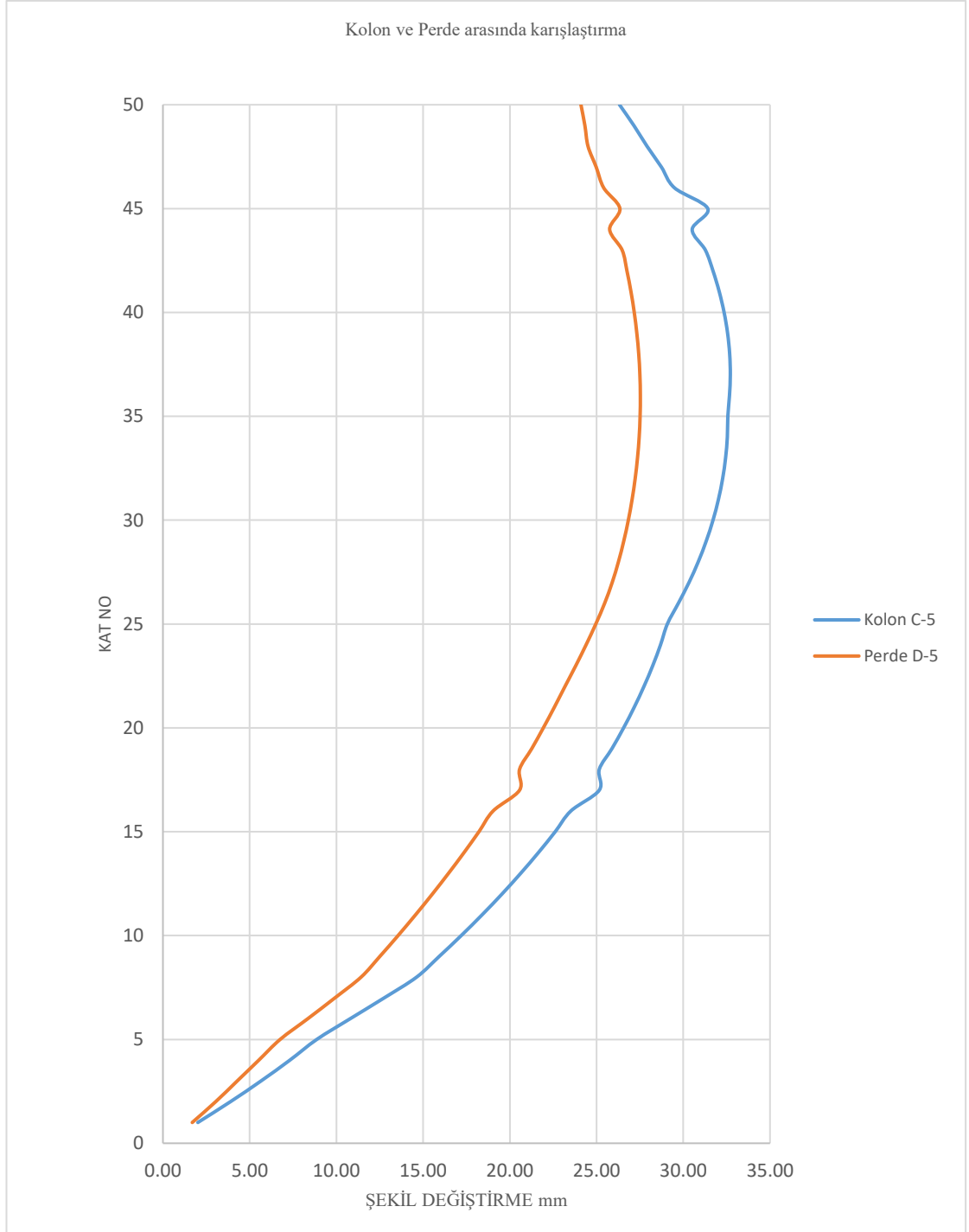
Şekil 4.13. E-4 Perdesi Farklı Bağlı Nem Eksenel Şekil Değişimleri



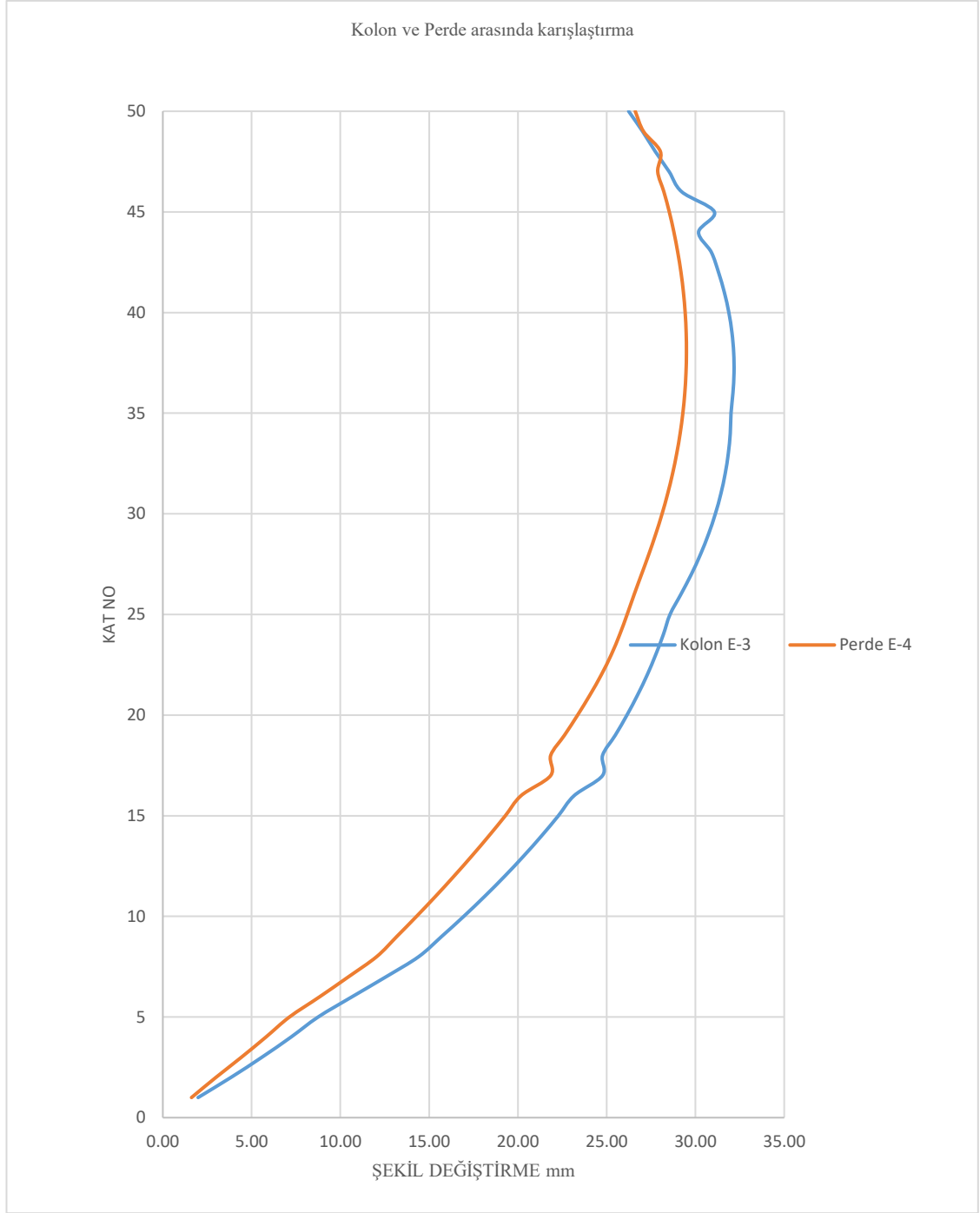
Şekil 4.14. D-4 Perdesi ve D-3 Kolonu Arasındaki Şekil Değişirmeleri (h %70)



Şekil 4.15. D-4 Perdesi ve C-3 Kolonu Arasındaki Şekil Değişiklikleri (h %70)



Şekil 4.16. D-5 Perdesi ve C-5 Kolonu arasındaki Şekil Değişimleri (h %70)



Şekil 4.17. E-4 Perdesi ve E-3 Kolonu arasındaki Şekil Değişiklikleri (h %70)

Çizelge 4.7. Kolon ve Perde Arasındaki Karşılaştırma (h%40)

BAĞIL NEM %40							
KAT NO	KOLON				PERDE		
	D-3	C-4	C-5	E-3	D-4	D-5	E-4
1	2,32	2,33	2,26	1,92	1,73	2,05	1,92
2	4,48	4,51	4,37	3,50	3,43	3,61	3,50
3	6,51	6,55	6,36	5,17	5,09	5,04	5,17
4	8,42	8,46	8,25	6,77	6,70	6,48	6,77
5	10,20	10,26	10,02	8,32	8,27	7,92	8,32
6	12,42	12,49	12,24	10,30	10,27	9,81	10,30
7	14,68	14,77	14,48	12,22	12,19	11,65	12,22
8	16,84	16,94	16,62	14,09	14,06	13,44	14,09
9	18,36	18,47	18,14	15,43	15,41	14,73	15,43
10	19,83	19,95	19,61	16,75	16,74	15,99	16,75
11	21,24	21,37	21,03	18,03	18,03	17,20	18,03
12	22,59	22,73	22,38	19,28	19,28	18,38	19,28
13	23,87	24,02	23,67	20,49	20,50	19,51	20,49
14	25,09	25,26	24,90	21,66	21,67	20,61	21,66
15	26,26	26,42	26,07	22,79	22,80	21,67	22,79
16	27,35	27,53	27,18	23,88	23,89	22,69	23,88
17	29,37	29,57	29,22	25,95	25,95	24,61	25,95
18	29,37	29,57	29,22	25,95	25,95	24,61	25,95
19	30,29	30,50	30,15	26,93	26,92	25,52	26,93
20	31,16	31,37	31,03	27,87	27,84	26,38	27,87
21	31,96	32,18	31,85	28,76	28,72	27,22	28,76
22	32,71	32,94	32,61	29,60	29,54	28,03	29,60
23	33,39	33,63	33,31	30,36	30,31	28,84	30,36
24	34,02	34,27	33,96	31,03	31,03	29,63	31,03
25	34,60	34,85	34,55	31,64	31,70	30,38	31,64
26	35,44	35,71	35,39	32,23	32,33	31,09	32,23
27	36,25	36,54	36,21	32,84	32,95	31,71	32,84
28	36,99	37,28	36,96	33,45	33,54	32,27	33,45
29	37,66	37,95	37,62	34,02	34,10	32,76	34,02
30	38,25	38,55	38,21	34,57	34,63	33,21	34,57
31	38,78	39,08	38,73	35,07	35,12	33,62	35,07
32	39,23	39,53	39,18	35,54	35,58	33,98	35,54
33	39,62	39,91	39,55	35,96	36,00	34,30	35,96
34	39,93	40,22	39,85	36,34	36,38	34,58	36,34
35	40,17	40,45	40,08	36,68	36,72	34,82	36,68
36	40,49	40,77	40,39	36,97	37,01	35,02	36,97
37	40,76	41,03	40,64	37,22	37,26	35,17	37,22
38	40,94	41,20	40,81	37,43	37,47	35,29	37,43
39	41,04	41,28	40,89	37,60	37,64	35,36	37,60
40	41,05	41,28	40,90	37,73	37,76	35,39	37,73
41	40,98	41,20	40,82	37,81	37,84	35,38	37,81
42	40,83	41,03	40,66	37,85	37,88	35,32	37,85
43	40,60	40,78	40,43	37,85	37,88	35,22	37,85
44	40,00	40,16	39,82	37,81	37,83	34,63	37,81
45	41,20	41,37	40,99	37,73	37,74	35,44	37,73
46	39,43	39,56	39,26	37,60	37,60	34,69	37,60
47	38,88	38,98	38,71	37,43	37,41	34,43	37,43
48	38,24	38,32	38,09	37,76	37,73	34,13	37,76
49	37,65	37,71	37,54	36,99	36,90	34,12	36,99
50	36,99	37,03	36,91	36,70	36,57	34,06	36,70

Çizelge 4.8. Kolon ve Perde Arasındaki Karşılaştırma (h %50)

BAĞIL NEM %50							
KAT NO	KOLON				PERDE		
	D-3	C-4	C-5	E-3	D-4	D-5	E-4
1	2,27	2,28	2,21	2,18	1,68	2,21	1,86
2	4,38	4,40	4,27	4,21	3,33	4,27	3,39
3	6,36	6,39	6,21	6,13	4,93	6,21	5,01
4	8,22	8,26	8,04	7,93	6,50	8,04	6,56
5	9,95	10,01	9,77	9,64	8,02	9,77	8,06
6	12,11	12,18	11,92	11,76	9,95	9,49	9,98
7	14,31	14,39	14,10	13,90	11,81	11,27	11,84
8	16,41	16,51	16,19	15,96	13,61	13,00	13,64
9	17,88	17,99	17,66	17,41	14,92	14,25	14,94
10	19,31	19,43	19,09	18,82	16,21	15,46	16,21
11	20,68	20,80	20,45	20,17	17,46	16,62	17,45
12	21,98	22,12	21,76	21,46	18,66	17,76	18,65
13	23,22	23,36	23,01	22,68	19,82	18,85	19,81
14	24,39	24,55	24,19	23,85	20,95	19,90	20,94
15	25,51	25,67	25,31	24,96	22,04	20,92	22,02
16	26,56	26,74	26,38	26,01	23,09	21,89	23,07
17	28,49	28,69	28,33	27,92	25,06	23,73	25,06
18	28,49	28,69	28,33	27,92	25,06	23,73	25,06
19	29,37	29,57	29,22	28,80	25,98	24,59	25,99
20	30,19	30,40	30,05	29,61	26,86	25,41	26,88
21	30,95	31,16	30,82	30,37	27,69	26,20	27,74
22	31,65	31,88	31,54	31,07	28,47	26,97	28,53
23	32,29	32,53	32,20	31,70	29,20	27,74	29,24
24	32,88	33,12	32,81	32,29	29,87	28,49	29,87
25	33,41	33,66	33,35	32,82	30,51	29,20	30,44
26	34,21	34,47	34,15	33,59	31,10	29,86	30,99
27	34,98	35,25	34,93	34,34	31,67	30,44	31,56
28	35,67	35,95	35,62	35,02	32,21	30,95	32,12
29	36,29	36,58	36,25	35,63	32,73	31,41	32,66
30	36,84	37,13	36,79	36,17	33,22	31,82	33,16
31	37,32	37,61	37,27	36,64	33,67	32,18	33,62
32	37,73	38,02	37,67	37,05	34,09	32,50	34,05
33	38,07	38,36	38,00	37,38	34,47	32,78	34,43
34	38,33	38,62	38,25	37,65	34,81	33,02	34,77
35	38,53	38,81	38,44	37,85	35,10	33,22	35,06
36	38,81	39,08	38,70	38,12	35,36	33,38	35,32
37	39,03	39,30	38,91	38,34	35,57	33,49	35,53
38	39,17	39,42	39,03	38,48	35,74	33,57	35,70
39	39,22	39,46	39,07	38,55	35,86	33,60	35,82
40	39,19	39,42	39,03	38,53	35,95	33,59	35,91
41	39,07	39,29	38,91	38,44	35,99	33,54	35,95
42	38,88	39,08	38,71	38,27	35,99	33,45	35,96
43	38,60	38,78	38,43	38,02	35,94	33,31	35,91
44	37,97	38,13	37,78	37,42	35,86	32,69	35,84
45	39,11	39,27	38,89	38,52	35,73	33,45	35,72
46	37,30	37,43	37,13	36,84	35,55	32,66	35,55
47	36,70	36,80	36,53	36,29	35,33	32,36	35,34
48	36,01	36,09	35,87	35,67	35,61	32,03	35,63
49	35,38	35,44	35,27	35,12	34,74	31,98	34,82
50	34,67	34,71	34,60	34,50	34,37	31,88	34,49

Çizelge 4.9. Kolon ve Perde Arasındaki Karşılaştırma (h %60)

BAĞIL NEM %60							
KAT NO	KOLON				PERDE		
	D-3	C-4	C-5	E-3	D-4	D-5	E-4
1	2,19	2,20	2,13	2,10	1,60	1,85	1,76
2	4,22	4,25	4,11	4,05	3,17	3,30	3,22
3	6,13	6,16	5,98	5,90	4,70	4,63	4,76
4	7,92	7,96	7,74	7,63	6,19	5,96	6,24
5	9,58	9,64	9,39	9,27	7,64	7,29	7,67
6	11,65	11,72	11,46	11,30	9,48	9,02	9,50
7	13,76	13,84	13,54	13,35	11,25	10,70	11,26
8	15,77	15,86	15,53	15,32	12,96	12,34	12,98
9	17,17	17,28	16,94	16,70	14,19	13,52	14,20
10	18,53	18,65	18,30	18,04	15,41	14,66	15,41
11	19,83	19,95	19,60	19,32	16,59	15,76	16,58
12	21,07	21,20	20,84	20,54	17,73	16,83	17,71
13	22,24	22,38	22,01	21,70	18,82	17,85	18,81
14	23,35	23,50	23,13	22,80	19,88	18,84	19,86
15	24,39	24,55	24,19	23,84	20,90	19,79	20,88
16	25,38	25,55	25,19	24,82	21,88	20,70	21,87
17	27,18	27,37	27,01	26,61	23,72	22,41	23,72
18	27,18	27,37	27,01	26,61	23,72	22,41	23,72
19	27,99	28,18	27,83	27,41	24,58	23,20	24,58
20	28,74	28,94	28,59	28,16	25,40	23,96	25,41
21	29,44	29,65	29,30	28,85	26,16	24,68	26,20
22	30,07	30,29	29,95	29,49	26,88	25,39	26,93
23	30,65	30,88	30,55	30,06	27,54	26,10	27,58
24	31,17	31,41	31,09	30,58	28,15	26,78	28,14
25	31,64	31,88	31,57	31,04	28,72	27,43	28,65
26	32,37	32,62	32,30	31,75	29,25	28,03	29,14
27	33,07	33,34	33,01	32,44	29,75	28,55	29,64
28	33,70	33,97	33,64	33,05	30,24	29,00	30,14
29	34,25	34,53	34,19	33,59	30,69	29,39	30,61
30	34,73	35,02	34,67	34,06	31,12	29,74	31,06
31	35,14	35,43	35,08	34,47	31,51	30,04	31,46
32	35,49	35,77	35,41	34,80	31,87	30,30	31,82
33	35,76	36,04	35,68	35,07	32,19	30,52	32,14
34	35,96	36,23	35,87	35,27	32,46	30,70	32,42
35	36,09	36,36	35,99	35,41	32,70	30,84	32,65
36	36,30	36,56	36,18	35,61	32,89	30,93	32,85
37	36,45	36,71	36,32	35,77	33,04	30,99	33,00
38	36,52	36,77	36,38	35,84	33,15	31,01	33,11
39	36,51	36,74	36,35	35,84	33,22	30,98	33,18
40	36,41	36,63	36,24	35,75	33,24	30,91	33,20
41	36,22	36,43	36,05	35,59	33,23	30,80	33,19
42	35,96	36,16	35,79	35,36	33,17	30,65	33,13
43	35,62	35,79	35,44	35,05	33,06	30,46	33,03
44	34,94	35,09	34,75	34,40	32,92	29,80	32,89
45	35,99	36,15	35,77	35,41	32,73	30,49	32,72
46	34,12	34,24	33,94	33,66	32,50	29,63	32,49
47	33,44	33,54	33,28	33,05	32,22	29,28	32,23
48	32,69	32,77	32,55	32,36	32,44	28,89	32,46
49	31,99	32,05	31,88	31,74	31,52	28,79	31,59
50	31,22	31,25	31,14	31,05	31,09	28,63	31,20

Çizelge 4.10. Kolon ve Perde Arasındaki Karşılaştırma (h %70)

BAĞIL NEM %70							
KOLON					PERDE		
KAT NO	D-3	C-4	C-5	E-3	D-4	D-5	E-4
1	2,08	2,09	2,01	1,99	1,49	1,69	1,62
2	4,01	4,03	3,89	3,84	2,95	3,04	2,99
3	5,82	5,85	5,66	5,58	4,38	4,29	4,42
4	7,50	7,54	7,32	7,21	5,76	5,53	5,80
5	9,07	9,12	8,87	8,75	7,11	6,76	7,13
6	11,01	11,07	10,80	10,65	8,82	8,36	8,82
7	12,99	13,06	12,76	12,57	10,45	9,92	10,46
8	14,87	14,96	14,63	14,41	12,04	11,42	12,05
9	16,18	16,28	15,93	15,70	13,18	12,51	13,18
10	17,45	17,55	17,20	16,95	14,30	13,56	14,29
11	18,65	18,77	18,40	18,13	15,38	14,56	15,37
12	19,79	19,91	19,55	19,26	16,42	15,53	16,40
13	20,87	21,00	20,63	20,33	17,43	16,47	17,40
14	21,89	22,03	21,65	21,33	18,39	17,36	18,37
15	22,84	22,99	22,62	22,28	19,32	18,22	19,29
16	23,74	23,89	23,52	23,17	20,21	19,04	20,18
17	25,35	25,52	25,16	24,77	21,86	20,56	21,85
18	25,35	25,52	25,16	24,77	21,86	20,56	21,85
19	26,07	26,25	25,89	25,48	22,63	21,26	22,62
20	26,73	26,92	26,56	26,14	23,35	21,93	23,36
21	27,33	27,53	27,18	26,74	24,03	22,57	24,06
22	27,88	28,08	27,73	27,28	24,65	23,18	24,70
23	28,36	28,58	28,24	27,76	25,23	23,81	25,26
24	28,79	29,02	28,69	28,19	25,75	24,40	25,73
25	29,16	29,40	29,08	28,57	26,23	24,96	26,15
26	29,80	30,05	29,72	29,18	26,67	25,47	26,55
27	30,41	30,66	30,33	29,77	27,09	25,90	26,97
28	30,94	31,20	30,86	30,29	27,48	26,26	27,38
29	31,40	31,67	31,33	30,74	27,85	26,57	27,77
30	31,79	32,06	31,71	31,12	28,19	26,83	28,12
31	32,11	32,38	32,03	31,43	28,50	27,05	28,44
32	32,36	32,63	32,27	31,68	28,77	27,23	28,71
33	32,54	32,81	32,44	31,85	29,00	27,36	28,95
34	32,64	32,91	32,54	31,96	29,19	27,46	29,14
35	32,68	32,94	32,57	32,00	29,34	27,51	29,29
36	32,80	33,05	32,66	32,11	29,45	27,52	29,40
37	32,86	33,10	32,71	32,17	29,52	27,50	29,47
38	32,83	33,07	32,67	32,16	29,54	27,43	29,49
39	32,72	32,95	32,55	32,06	29,53	27,32	29,48
40	32,53	32,74	32,35	31,88	29,47	27,17	29,42
41	32,25	32,45	32,07	31,63	29,37	26,98	29,32
42	31,90	32,08	31,71	31,30	29,23	26,75	29,19
43	31,46	31,63	31,28	30,89	29,04	26,48	29,00
44	30,71	30,85	30,51	30,18	28,82	25,76	28,79
45	31,64	31,79	31,41	31,07	28,55	26,35	28,53
46	29,67	29,79	29,49	29,23	28,23	25,41	28,22
47	28,91	29,00	28,74	28,52	27,88	24,98	27,88
48	28,06	28,13	27,91	27,74	28,02	24,51	28,03
49	27,27	27,32	27,15	27,02	27,02	24,33	27,07
50	26,39	26,43	26,32	26,24	26,52	24,10	26,61

Çizelge 4.11. Kolon ve Perde Arasındaki Karşılaştırma (h %80)

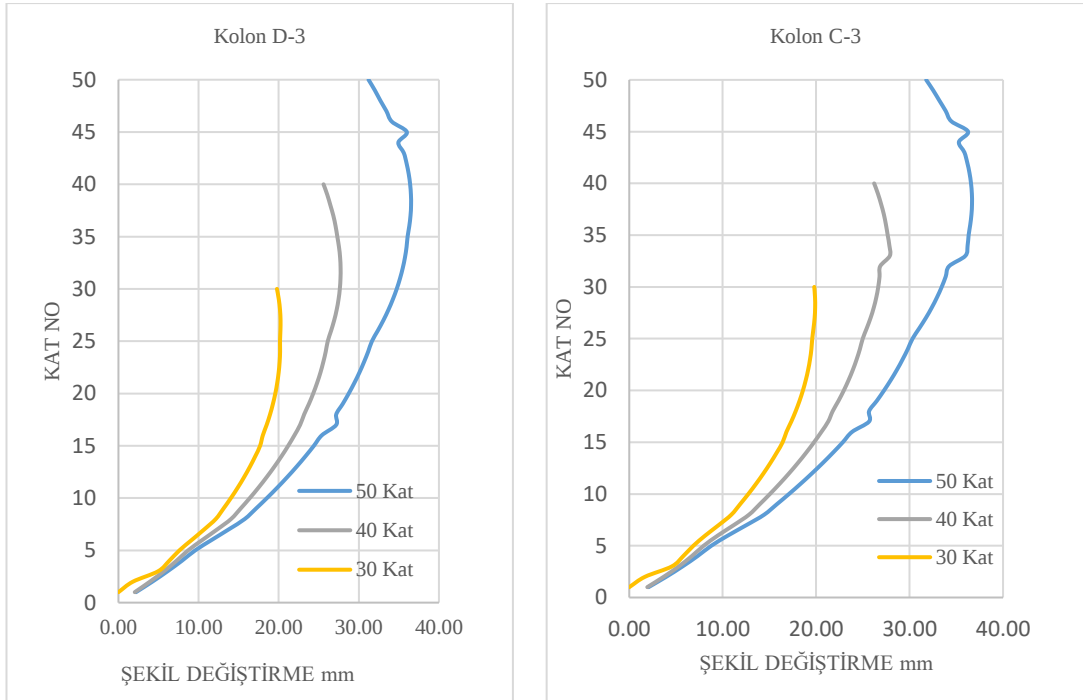
BAĞIL NEM %80							
KOLON					PERDE		
KAT NO	D-3	C-4	C-5	E-3	D-4	D-5	E-4
1	1,93	1,94	1,86	1,84	1,34	2,13	1,43
2	3,73	3,74	3,60	3,55	2,66	4,11	2,68
3	5,40	5,42	5,23	5,15	3,94	5,98	3,97
4	6,95	6,98	6,75	6,66	5,20	7,74	5,21
5	8,38	8,43	8,17	8,06	6,41	9,39	6,41
6	10,15	10,21	9,93	9,79	7,94	7,48	7,93
7	11,96	12,03	11,72	11,54	9,40	8,87	9,39
8	13,68	13,76	13,42	13,22	10,81	10,21	10,81
9	14,87	14,95	14,60	14,38	11,83	11,17	11,82
10	16,01	16,10	15,73	15,50	12,82	12,08	12,80
11	17,08	17,19	16,81	16,56	13,78	12,97	13,75
12	18,10	18,21	17,83	17,56	14,69	13,81	14,66
13	19,05	19,17	18,79	18,50	15,57	14,62	15,53
14	19,94	20,07	19,69	19,38	16,41	15,39	16,37
15	20,77	20,91	20,53	20,20	17,21	16,13	17,18
16	21,54	21,69	21,31	20,97	17,97	16,82	17,94
17	22,91	23,07	22,69	22,32	19,38	18,10	19,36
18	22,91	23,07	22,69	22,32	19,38	18,10	19,36
19	23,51	23,68	23,30	22,92	20,03	18,69	20,01
20	24,04	24,22	23,85	23,45	20,63	19,24	20,63
21	24,53	24,71	24,35	23,93	21,18	19,75	21,21
22	24,95	25,14	24,78	24,35	21,69	20,25	21,73
23	25,31	25,51	25,17	24,71	22,14	20,75	22,17
24	25,62	25,83	25,50	25,02	22,55	21,23	22,53
25	25,87	26,10	25,77	25,28	22,91	21,67	22,83
26	26,38	26,62	26,28	25,76	23,23	22,06	23,11
27	26,86	27,11	26,76	26,23	23,54	22,38	23,41
28	27,27	27,52	27,18	26,62	23,81	22,63	23,70
29	27,61	27,86	27,51	26,95	24,07	22,82	23,98
30	27,87	28,13	27,77	27,20	24,29	22,97	24,21
31	28,07	28,32	27,97	27,39	24,48	23,07	24,42
32	28,19	28,45	28,08	27,51	24,64	23,13	24,58
33	28,25	28,50	28,13	27,57	24,76	23,16	24,70
34	28,23	28,48	28,11	27,55	24,83	23,14	24,78
35	28,15	28,39	28,02	27,47	24,87	23,08	24,82
36	28,14	28,37	27,99	27,45	24,87	22,99	24,81
37	28,07	28,30	27,91	27,39	24,82	22,85	24,77
38	27,92	28,14	27,75	27,25	24,74	22,67	24,68
39	27,68	27,89	27,50	27,03	24,61	22,45	24,56
40	27,37	27,57	27,18	26,73	24,45	22,20	24,39
41	26,97	27,15	26,78	26,35	24,24	21,90	24,18
42	26,48	26,66	26,29	25,90	23,98	21,56	23,94
43	25,92	26,08	25,73	25,37	23,69	21,18	23,65
44	25,08	25,21	24,88	24,56	23,36	20,38	23,32
45	25,85	25,99	25,61	25,29	22,98	20,84	22,95
46	23,76	23,87	23,57	23,33	22,56	19,79	22,54
47	22,87	22,96	22,70	22,49	22,10	19,26	22,09
48	21,90	21,96	21,75	21,59	22,14	18,68	22,13
49	20,98	21,02	20,86	20,75	21,04	18,39	21,07
50	19,98	20,00	19,91	19,84	20,44	18,07	20,50

Çizelge 4.12. Kolon ve Perde Arasındaki Karşılaştırma (h %90)

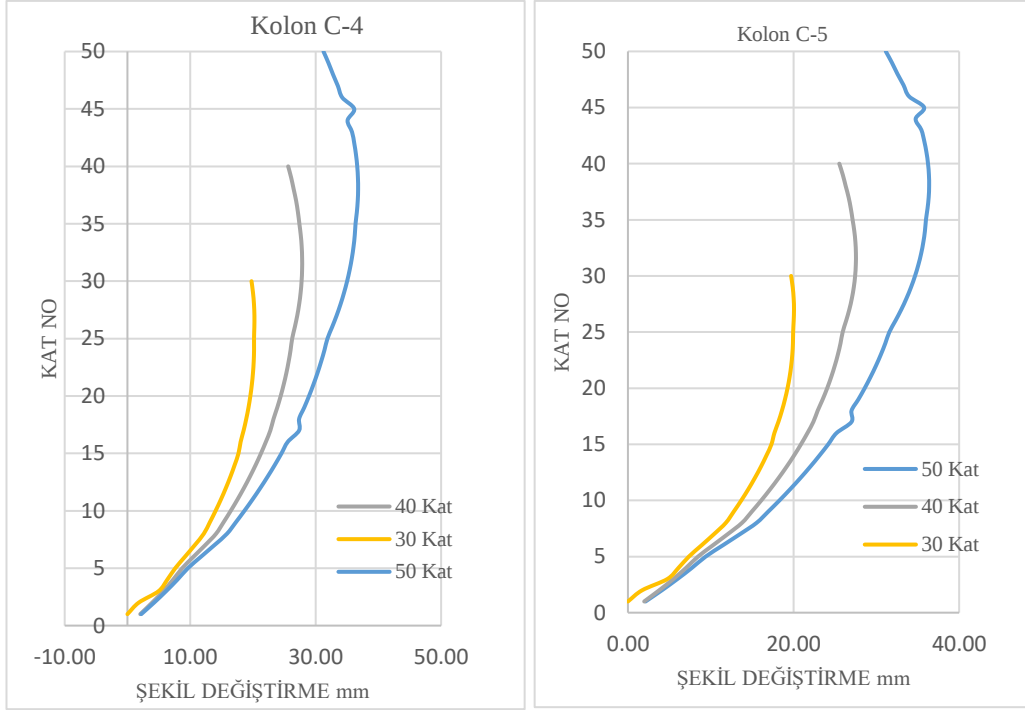
BAĞIL NEM %90							
KAT NO	KOLON				PERDE		
	D-3	C-4	C-5	E-3	D-4	D-5	E-4
1	1,74	1,75	1,67	1,19	1,16	1,69	1,19
2	3,36	3,37	3,22	3,18	2,29	3,04	2,29
3	4,86	4,88	4,68	4,61	3,39	4,29	3,39
4	6,24	6,27	6,03	5,94	4,47	5,53	4,46
5	7,51	7,54	7,28	7,17	5,50	6,76	5,48
6	9,05	9,10	8,82	8,68	6,81	6,35	6,78
7	10,65	10,71	10,38	10,22	8,05	7,52	8,02
8	12,15	12,22	11,86	11,68	9,24	8,64	9,22
9	13,18	13,25	12,88	12,68	10,09	9,44	10,06
10	14,15	14,24	13,86	13,63	10,92	10,19	10,89
11	15,07	15,16	14,77	14,53	11,71	10,92	11,67
12	15,92	16,02	15,63	15,37	12,47	11,60	12,42
13	16,71	16,82	16,42	16,15	13,18	12,25	13,14
14	17,45	17,56	17,16	16,87	13,86	12,86	13,81
15	18,12	18,24	17,84	17,54	14,50	13,44	14,46
16	18,73	18,86	18,46	18,14	15,11	13,98	15,06
17	19,78	19,92	19,53	19,18	16,20	14,95	16,17
18	19,78	19,92	19,53	19,18	16,20	14,95	16,17
19	20,22	20,37	19,98	19,62	16,69	15,38	16,66
20	20,60	20,76	20,38	20,00	17,14	15,78	17,13
21	20,92	21,09	20,71	20,32	17,54	16,14	17,55
22	21,19	21,37	21,00	20,59	17,89	16,48	17,91
23	21,39	21,58	21,23	20,79	18,19	16,83	18,20
24	21,55	21,75	21,40	20,94	18,44	17,16	18,41
25	21,65	21,85	21,51	21,05	18,65	17,45	18,56
26	22,00	22,21	21,86	21,37	18,82	17,69	18,69
27	22,32	22,54	22,19	21,67	18,98	17,86	18,84
28	22,57	22,79	22,44	21,91	19,10	17,96	18,99
29	22,74	22,97	22,61	22,08	19,21	18,00	19,11
30	22,85	23,08	22,72	22,17	19,29	18,00	19,20
31	22,88	23,12	22,75	22,20	19,33	17,96	19,25
32	22,85	23,08	22,71	22,17	19,34	17,88	19,27
33	22,74	22,98	22,60	22,06	19,31	17,76	19,24
34	22,57	22,80	22,42	21,89	19,24	17,60	19,18
35	22,32	22,55	22,17	21,65	19,14	17,40	19,07
36	22,15	22,37	21,98	21,48	18,99	17,16	18,92
37	21,92	22,14	21,74	21,25	18,80	16,88	18,74
38	21,61	21,82	21,42	20,95	18,57	16,56	18,51
39	21,22	21,41	21,02	20,57	18,30	16,20	18,24
40	20,74	20,92	20,54	20,11	17,99	15,81	17,93
41	20,18	20,35	19,97	19,58	17,64	15,37	17,58
42	19,54	19,69	19,33	18,96	17,25	14,89	17,20
43	18,81	18,96	18,61	18,27	16,82	14,38	16,77
44	17,85	17,97	17,64	17,34	16,35	13,47	16,30
45	18,42	18,54	18,17	17,87	15,83	13,76	15,79
46	16,17	16,26	15,98	15,75	15,28	12,58	15,24
47	15,12	15,19	14,94	14,76	14,68	11,91	14,65
48	13,99	14,04	13,83	13,69	14,59	11,19	14,57
49	12,90	12,94	12,79	12,69	13,35	10,77	13,36
50	11,74	11,76	11,67	11,61	12,62	10,32	12,65

FARKLI YAPI YÜKSEKLİKLERİ OLMASI DURUMUNDA BÜZÜLME ETKİLERİNİN İRDELENMESİ

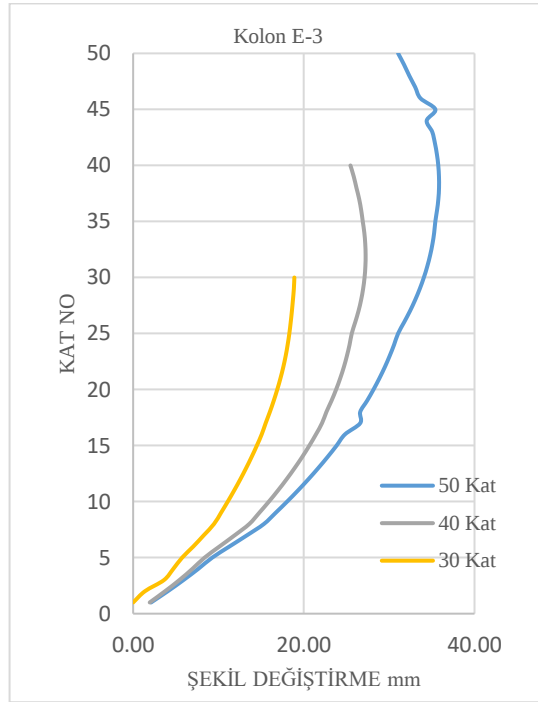
Tez kapsamında 3 farklı kat sayısına, dolaylı olarak da 3 farklı yüksekliğe sahip binalar seçilerek büzülme etkilerinin bu farklı yükseklik ve kata sahip binalar için değişimleri irdelenmektedir. Bu bağlamda; yapı planı, malzeme özellikleri ve eleman kesitleri sabit kalmak koşuluyla 50 katlı, 40 katlı ve 30 katlı binalar üzerinde yapım aşmalarına göre analizler gerçekleştirilmiştir. Söz konusu farklı yükseklikli binalarda seçilen bazı kolonlar için hesaplanan büzülme şekil değiştirmelerinin bina yüksekliği boyunca değişimleri Şekil 4.18- Şekil 4.20 de sunulmaktadır. Perde duvarlar için ise benzer grafikler Şekil 4.21 ve Şekil 4.22 de sunulmaktadır.



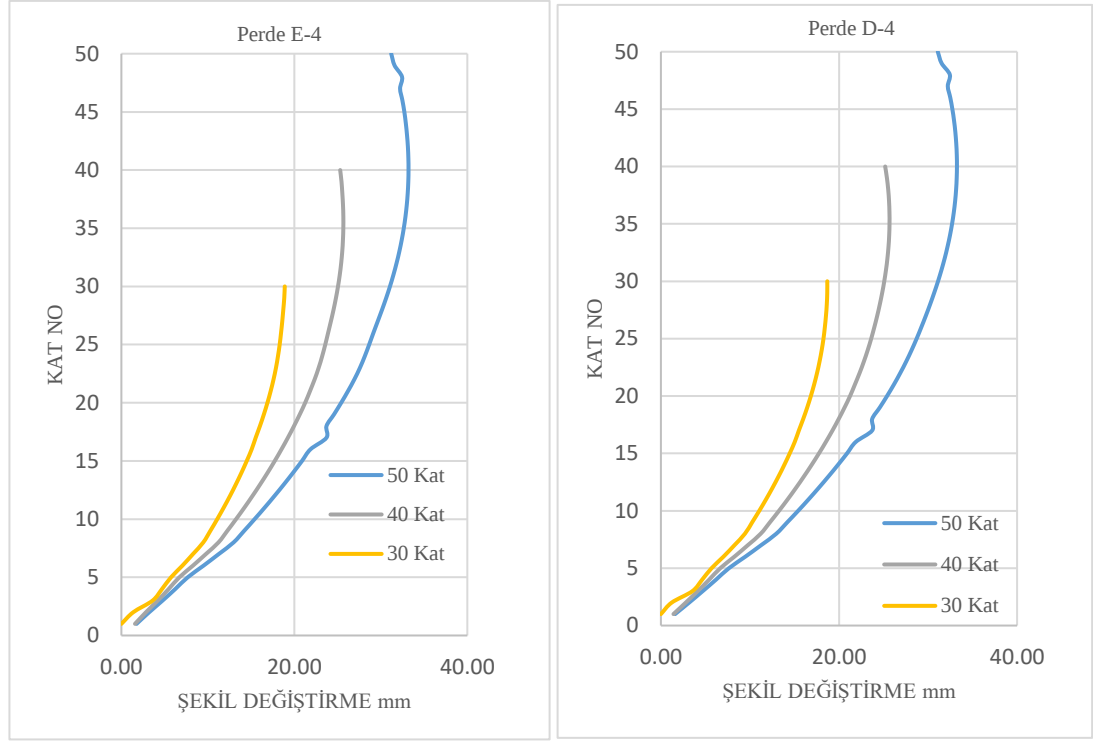
Şekil 4.18. Büzülme Şekil değiştirmesinin C-3 ve D-3 Kolonları İçin Bina Kat Ve Yüksekliği için Değişimleri



Şekil 4.19. Büzölme Şekil değiştirmesinin C-4 ve C-5 Kolonları İçin Bina Kat ve Yüksekliği için Değişimleri



Şekil 4.20. Büzölme Şekil değiştirmesinin E-3 Kolonu İçin Bina Kat ve Yüksekliği için Değişimleri



Şekil 4.21. Büzülme şekil değiştirmesinin E-4 ve D-4 Perdeleri İçin Bina Kat ve Yüksekliği için Değişimleri

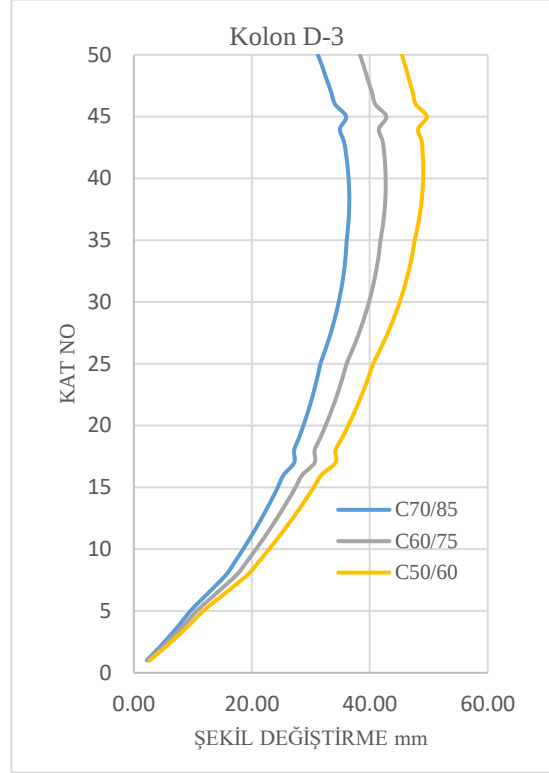
Çizelge 4.13 15 Kattaki Kolonlar Büzülme Değişimi

Kolon	50 Kat	40 Kat	30 Kat
Kolon C-3	22,86	19,78	16,41
Kolon C-4	24,55	21,28	17,70
Kolon C-5	24,19	20,9	17,331
Kolon E-3	23,8	20,65	17,2

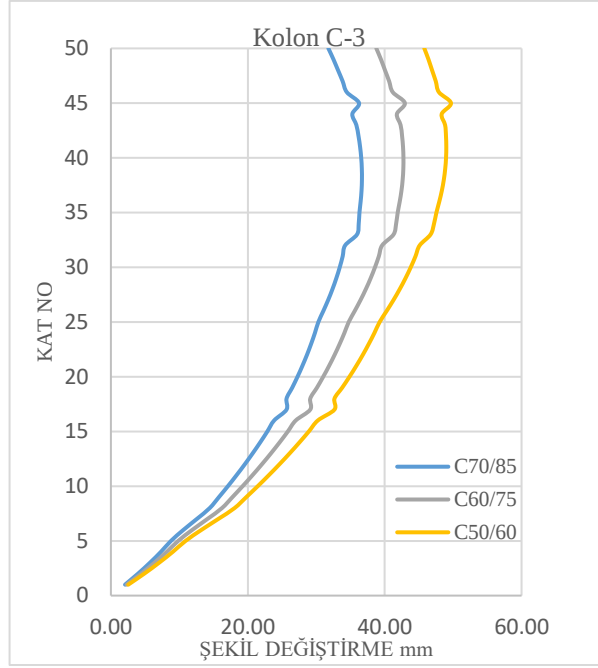
Kolon ve perde duvarların farklı beton sınıflarını seçilmesi durumunda büzülme etkilerinin irdelenmesi

Tez kapsamında 50 katlı bina için kolonların ve perde duvarların beton dayanımları için C70/85 , C60/75 ve C50/60 olmak üzere 3 farklı beton dayanımı seçilerek büzülme etkilerinin farklı beton sınıfları için değişimlerini incelemek amacıyla analizler yapılmıştır. Bu bağlamda; yapı planı, malzeme özellikleri ve eleman kesitleri sabit bırakılmıştır. Farklı beton sınıfları için yükseklikli bina yüksekliği boyunca hesaplanan

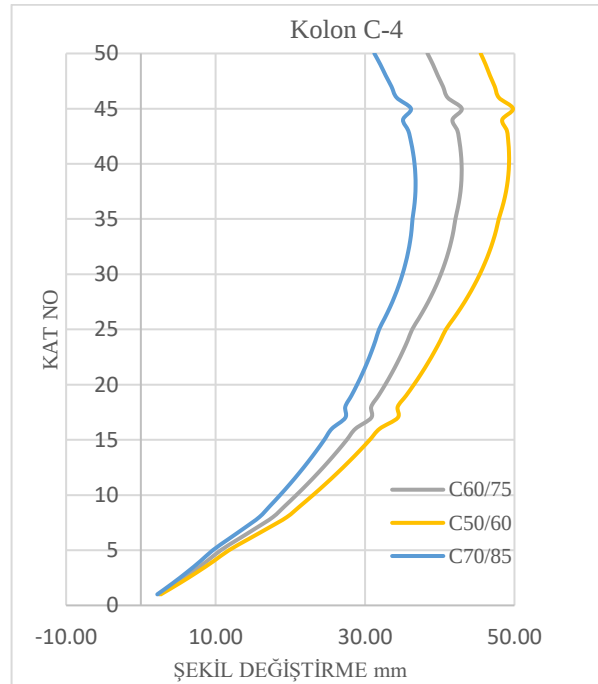
büzölme şekil değiştirmelerinin kolonlar için değişimi Şekil 4.22-Şekil 4.26 de, perdeler için ise Şekil 4.27 ve Şekil 4.28 de sunulmaktadır.



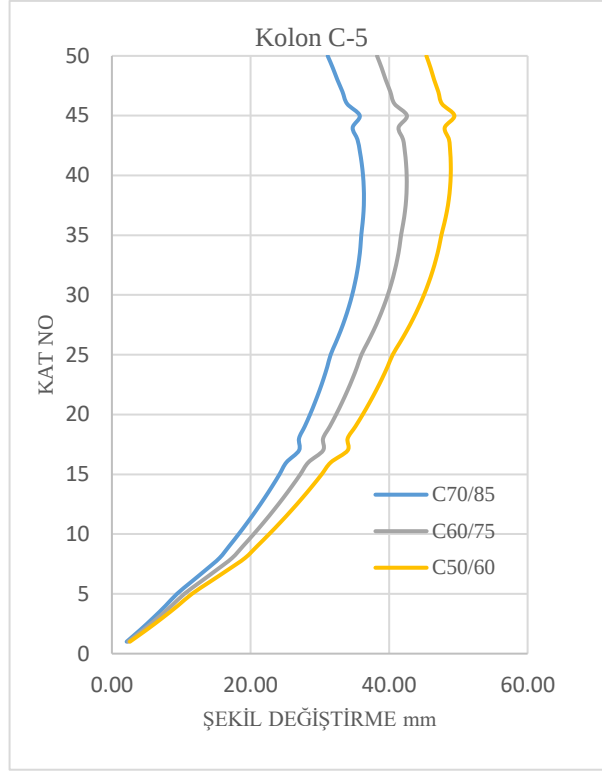
Şekil 4.22. Farklı Beton Sınıfları İçin Büzölme Şekil Değiştirmesinin D-3 Kolonu için Bina Yüksekliği Boyunca Değişimleri



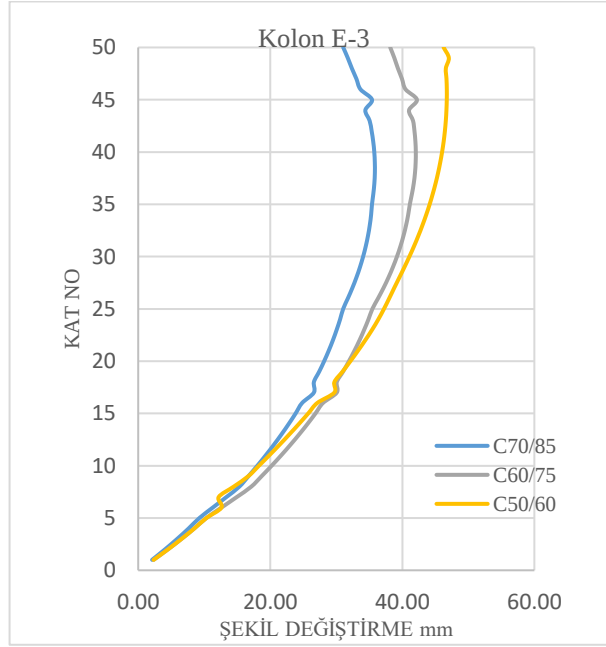
Şekil 4.23. Farklı Beton Sınıfları İçin Büzülme Şekil Değişirmesinin C-3 Kolonu için Bina Yüksekliği Boyunca Değişimleri



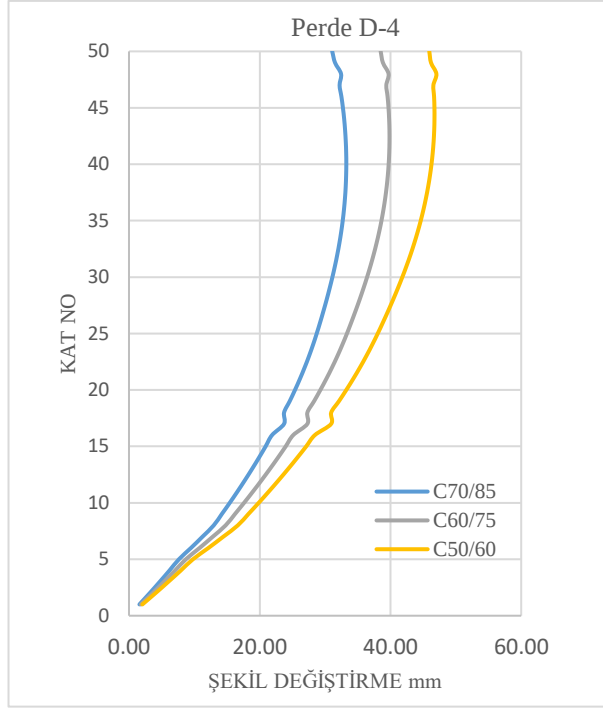
Şekil 4.24. Farklı Beton Sınıfları İçin Büzülme Şekil Değişirmesinin C-4 Kolonu için Bina Yüksekliği Boyunca Değişimleri



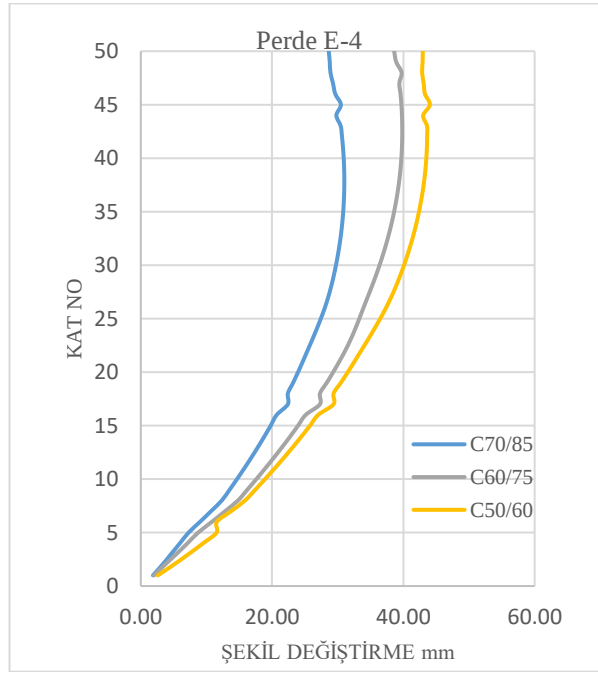
Şekil 4.25. Farklı Beton Sınıfları İçin Büzülme Şekil Değiştirmesinin C-5 Kolonu için Bina Yüksekliği Boyunca Değişimleri



Şekil 4.26. Farklı Beton Sınıfları İçin Büzülme Şekil Değiştirmesinin E-3 Kolonu için Bina Yüksekliği Boyunca Değişimleri



Şekil 4. 27. Farklı Beton Sınıfları İçin Büzülme Şekil Değiştirmesinin D-4 Perdesi için Bina Yüksekliği Boyunca Değişimleri



Şekil 4.28. Farklı Beton Sınıfları İçin Büzülme Şekil Değiştirmesinin E-4 Perdesi İçin Bina Yüksekliği Boyunca Değişimleri

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada betonarme yüksek binalarda yapım aşamalarına ve farklı parametrelere bağlı olarak büzülme etkisinin yapı davranışı üzerindeki etkileri incelenmektedir. Bu bağlamda farklı kat sayısı/yüksekliği ile farklı beton sınıfları parametreleri dikkate alınmıştır. Bu çalışmadan çıkartılabilecek başlıca sonuçlar aşağıda sunulmaktadır:

- Bağıl nem ve düşey taşıyıcılarda meydana gelen büzülme şekil değiştirmeleri arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla %40, %50, %60, %70, %80 ve %90 bağıl nem değerleri dikkate alınmıştır. Farklı bağıl nem değerleri için kolonlar ve perde duvarlarda büzülme nedeniyle meydana gelen şekil değiştirmeler arasındaki farklılıklar irdelenmiştir. Genel olarak bağıl nem değerlerinin artmasıyla kolon ve perde duvarlarda büzülmeden dolayı meydana gelen eksenel şekil değiştirmelerin azaldığı belirtilebilir.
- Çalışmaya konu 50 katlı olan binada büzülmeden dolayı maksimum eksenel şekil değiştirme çekirdek perde duvara komşu olan binanın iç bölgesinde bulunan C-4 kolonunda meydana gelmiştir. Buna komşu olan çekirdek perde duvarında ise büzülmeden dolayı daha düşük eksenel şekildeğiştirmeler belirlenmiştir.
- Perde duvar ve kolon arasındaki eksenel yer değiştirme değerleri arasındaki fark belirlenerek döşemeler için standard/yönetmeliklerde öngörülen 1/240 oranı ile karşılaştırılmış ve büzülmeden dolayı meydana gelen kışlamaların bu değerden daha düşük olduğu belirlenmiştir.
- Beton dayanımındaki değişikliğin büzülme üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla da analizler gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda tez kapsamında dikkate alınan 50 katlı bina için kolonların ve perde duvarların beton dayanımları için C70/85, C60/75 ve C50/60 olmak üzere 3 farklı beton dayanımı seçilmiştir. Farklı beton dayanımları için gerçekleştirilen bu analizler sonucunda beton dayanımı arttıkça büzülmeden dolayı kolon ve perdelerde meydana gelen eksenel kısalma değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Burada elde edilen bulgunun bu çalışma kapsamında sınırlı olduğunu belirtmek uygun olmaktadır. Bu sonucun genellenebilmesi için farklı beton ve bina sistemlerine ilişkin çalışmaların da gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

- Kat sayısının dolaylı olarak da bina yüksekliğinin büzölme üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla farklı yükseklik ve kata sahip binalar için analizler gerçekleştirilmiştir. Bunun için tez kapsamında 3 farklı kat sayısına, dolaylı olarak da 3 farklı yüksekliğe sahip yüksek binalar seçilmiştir. Bu bağlamda; yapı planı, malzeme özellikleri ve eleman kesitleri sabit tutularak 50 katlı, 40 katlı ve 30 katlı binalar üzerinde yapım aşmaları da dikkate alınarak analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonucunda kat yüksekliğini arttıkça büzölme etkisinin de arttığı tespit edilmiştir. Büzölmenin maksimum değerlerinin orta katlarda olduğu da tespit edilmiştir. Örnek olarak farklı yüksekliklere sahip binalarda 15. kattaki büzölme değerleri karşılaştırılmıştır. 50 katlı, 40 katlı ve 30 katlı binalar için büzölme için gerçekleştirilen analizler sonucunda 50 kat ve 40 kat olması durumunda kolonların arasında şekil değiştirme %16 ve %15 arası , 50 kat ve 30 kat olması durumunda %39 ve %40 arasında olduğunu , 40 kat ve 30 katlarda kolonların şekil değiştirme %20 ve %21 arasında tespit edilmiştir.
- Büzölmeye ilişkin çalışmalar genel olarak numune ve eleman üzerinde gerçekleştirildiğinden büzölmenin bina taşıyıcı sistemlerine bağlı olarak irdelendiği çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bu bağlamda CEB FIB 99 ve ACI 209-92 gibi yönetmeliklerde de yapı taşıyıcı sistemi/yüksekliği ile ilgili bir parametre belirtilmemektedir. Gerçekleştirilen bu çalışmada seçilen taşıyıcı sisteme bağlı olarak bina yüksekliği boyunca büzölme etkilerinin değişimleri incelenmiştir.
- Betonda meydana gelen ve istenmeyen büzölme olayının olumsuz etkilerini sınırlandırmak için betonarmede uygun donatı düzenlemesi yapılmakta ya da lif uygulaması tercih edilmektedir.

KAYNAKLAR

- ACI Committee 209.2R-08, 2008. Guide for Modeling and Calculating Shrinkage and Creep in Hardenend Concrete” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- Baker, W. F., Korista, D. S., Novak, L. C., Pawlikowski, J., Young, B. 2007. Creep and Shrinkage and the Design of Supertall Buildings-A Case Study: The Burj Dubai Tower.
- B-Jahromi, A., Rotimi, A., Tovi, S., Goodchild, C., Rizzuto, J. 2017. Evaluation of the influence of creep and shrinkage determinants on column shortening in mid-rise buildings. *Advances in Concrete Construction*, 5(2);, 155–171. <https://doi.org/10.12989/acc.2017.5.2.155>
- CEB, 1999, “Structural Concrete—Textbook on Behaviour, Design and Performance. Updated Knowledge of the CEB/FIP Model Code 1990,” fib Bulletin 2, V. 2, Federation Internationale du Beton, Lausanne, Switzerland, pp. 37-52
- Celep Z, Kumbasar N, "Betonarme Yapılar", Dördüncü baskı, ISBN 975-95405-3-3, Beta Dağıtım, İstanbul, 2005, 861 sayfa.
- Chiorino, M. A. 2011. HIGH-RISE CONCRETE OR STEEL-CONCRETE BUILDINGS. , (ISBN 978-80-87158-29-6);, 1–10.
- Choi C-K, Kim ED, 1985. Multi Story Frames Under Sequential Gravity Loads. *Journal of Structural Engineering*, v:111, 11. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(1985\)111:11\(2373\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1985)111:11(2373))
- Doğangün A, 2021. Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, 17. Baskı, Birsen Yayınevi, ISBN: 978-975-511-310-X, 732 sayfa.
- Erdoğan TY., (2003), Beton, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş, ISBN: 975-7064-67-X.
- ETABS, Building Analysis and Design, Computers and Structures, Inc, Walnut Creek, CA 94596
- Fintel M, 1974. Handbook of Concrete Engineering, Van Nostrand Reinhold, NewYork
- Lale E, (2004), Betonarme Yüksek Binalarda Sünme Büzülme ve Sıcaklık Etkilerinin Yapım Sürecinde Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Jankowski, D., Yilmaz, M. S. H. 2010. Staged Construction , Creep and Shrinkage Effects in Tall Buildings. , (Corpus ID: 220683860);, 1–9.
- Kong FK, Evans RH 1987. " Reinforced and Prestressed Concrete", ISBN:0 412 38420 5, ELBS with Chapman and Hall, London, 1987, 508 pages.
- Nawy EG," Reinforced Concrete –A Fundamental Approach", Fourth Edition, ISBN 0-13-020592-3, Prentice Hall, New Jersey, 2000, 938 pages.
- Neville AM, (1995). Properties of Concrete, Third Edition, ISBN 0-582-27560-1, Educational Low-Priced Boks Scheme, with Longman, 1995, 779 pages.
- Park R, Paulay T, " Reinforced Concrete Structures", ISBN 0-471-04655-8, John Wiley & Sons, 1975, 769 pages.
- Ramyar K, . 2022 , Betonarme Elemanlarda Oluşabilen Yapısal ve Malzeme Kaynaklı Çatlaklar0,https://eskisakarya.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/18032_11_54.pdf
- Shen, D., Jiang, J., Shen, J., Yao, P., Jiang, G. 2016. Influence of curing temperature on autogenous shrinkage and cracking resistance of high-performance concrete at an early age. *Construction and Building Materials*, 103; , 67–76. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.11.039>

- ST4CAD , 2022, Structural Analysis for Computer Aided Design, STA Bilgisayar, İstanbul
- TBDY . 2019, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Yürürlük tarihi: Ocak 2019.
- TS EN 206,” Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002, 63 sayfa.
- ACI 116R-90, 1994. Cement and Concrete Terminology, ACI Manuel of Concrete Practice, Part 1, 1994.
- TS 500:2000 +T1:2001+T2:2002+T3:2014,"Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
- ULUKAYA, Serhan, Yılmaz AKKAYA, Mehmet Ali TAŞDEMİR, F. A. 2008. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARDA RÖTRE VE RÖTRE ÇATLAKLARININ İNCELENMESİ):, 1,18,24,31,68
- Vafaia, A., Ghabdian, M., Estekanchi, H. E., Desai, C. S. 2009. Calculation of creep and shrinkage in tall concrete buildings using nonlinear staged construction analysis. Asian Journal of Civil Engineering, 10(4):, 409–426
- Yıldırım H. 2017., Betonarme Yapılarda Karşılaşılan Çatlaklar, Oluşma Nedenleri ve Onarılması, <http://imoistanbul.org/imoarsiv/seminer-notlari-nisan-2017/hasan-yildirim/notlar.pdf> 844pp.
- .Zou, D., Liu, T., Teng, J., Du, C., Li, B. 2014. Influence of creep and drying shrinkage of reinforced concrete shear walls on the axial shortening of high-rise buildings. , 55:, 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.01.034>

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : **Ashraf Nasser Ali Dahan AL-DHABYANI**

Doğum Yeri ve Tarihi :

Yabancı Dil : Arapça

Eğitim Durumu : Yüksek Lisans :

Çalıştığı Kurum/Kurumlar :

İletişim (e-posta) :

Akademik çalışmaları :

Ashraf Nasser Ali Dahan Al-Dhabyani, Adem Doğangün, Fikret Mehdi (2022),
Yüksek Binaların Yapım Aşamalarına Göre Büzülme Etkilerinin İrdelenmesi, 8.
Uluslararası Zeugma Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 15-17 Temmuz 2022, Gaziantep,
<https://www.zeugmakongresi.org>