

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MİNARELERİN RÜZGÂR YÜKLERİ ALTINDA DAVRANIŞLARININ
İNCELENMESİ VE BUNLARIN RÜZGÂRA GÖRE HESABI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Hasan T. TEMÜZ

TEMMUZ 2007
TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MİNARELERİN RÜZGÂR YÜKLERİ ALTINDA DAVRANIŞLARININ
İNCELENMESİ ve BUNLARIN RÜZGÂRA GÖRE HESABI**

İnş. Müh. Hasan T. TEMÜZ

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"İnşaat Yüksek Mühendisi"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir:**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08.06.2007

Tezin Savunma Tarihi : 23.07.2007

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ing. Ahmet DURMUŞ

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Ömer İskender TULUK

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT

TRABZON 2007

ÖNSÖZ

Minarelerin rüzgar yükleri altında davranışlarının incelenmesi ve bunların rüzgara göre hesabını konu alan bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Betonarme Ana Bilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek konu seçimi ve tezimin yürütülmesinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN'e teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Araştırmalarım için kaynak bulmamda bana yardımcı olan Sayın Hocalarım Prof. Dr. Ing. Ahmet DURMUŞ'a ve Prof. Dr. Yusuf AYVAZ'a teşekkür ederim.

Yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Ar. Gör. Tayfun DEDEOĞLU'na ve İnş. Müh. Ramazan ACAR'a teşekkür ederim.

Manevi desteklerini esirgemeyen Kemal EFENDİOĞLU'na, Şenol ACAR'a, Levent MORKAN'a, Süleyman KIZILASLAN'a ve diğer tüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca hep yanımda olan, bana güven ve sevgi veren, maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettiren, bütün zorluklara katlanarak beni yetiştiren başta annem ve babam olmak üzere tüm aileme şükranlarımı sunarım.

Hasan T. TEMÜZ
Trabzon 2007

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SİMGELER DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Bu Çalışmanın Amacı.....	8
1.3. Minare Elemanları.....	8
1.4. Minarelere Etkiyen Yükler.....	10
1.4.1. Kalıcı Yükler.....	11
1.4.2. Rüzgâr Yükleri.....	11
1.4.3. Deprem Yükleri.....	16
1.4.3.1. Deprem Etkisi Hesap Yöntemleri.....	16
1.5. Minare Gövdesine Uygulanan Yük Etkilerinin Hesabı.....	17
1.5.1. Minare Ağırlığı.....	17
1.5.2. Rüzgâr Yüklerinin Hesabı.....	17
1.5.2.1. Rüzgâr Yüklerinin ACI-307'ye Göre Hesabı.....	17
1.5.2.2. Rüzgâr Yüklerinin TS-498'e Göre Hesabı.....	21
1.5.3. DBYBHY'e Göre Deprem Yüklerinin Hesaplanması.....	23
1.6. Minare Gövdesinin Taşıma Gücüne Göre Tasarımı.....	29
1.6.1. ACI 307/98 Yönetmeliğine Göre Kesilmiş Halka Kesitlerin Taşıma Gücü Hesabı.....	29
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEMELER.....	38
2.1. Minarenin Yapısal Özellikleri.....	38
2.2. Rüzgâr Yüklerinin Hesabı.....	41

2.2.1.	ACI 307/98'e Göre Yapısal zmlemede Kullanılacak Rüzgâr Yüklerinin Belirlenmesi.....	41
2.2.2.	TS 498/97'ye Göre Yapısal zmlemede Kullanılacak Rüzgâr Yüklerinin Belirlenmesi.....	44
2.2.3.	TS 498/97 ile ACI 307/98'in Boyuna Rüzgâr Yükleri için Karşılaştırılması	46
2.3.	Minareye Etkiyecek Deprem Yüklerinin DBYBHY' e Göre Hesabı.....	46
2.4.	Minare Gövdesine Yük Kombinezonlarının Tatbik Edilmesi ve En Elverişsiz Yükleme Durumu İçin Taşıma Gücüne Göre Hesabı.....	49
2.4.1.	Minare Gövdesinin ACI 307'deki Kombinezonların Tatbik Edilmesi ve En Elverişsiz Yükleme Durumu İçin Taşıma Gücüne Göre Hesabı.....	49
2.4.2.	Minare Gövdesinin TS 500'deki Kombinezonların Tatbik Edilmesi ve En Elverişsiz Yükleme Durumu İçin Taşıma Gücüne Göre Hesabı.....	60
3.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	75
4.	KAYNAKLAR.....	77
5.	EKLER	80
5.1.	EK 1	80
5.2.	EK 2.....	89

ZGEMİş

ÖZET

Ülkemizde her yıl çok sayıda cami ve minare inşa edilmektedir. Bunların büyük çoğunluğu şahıslar, dernekler ve vakıflar tarafından hayır işi olarak inşa edilmektedir. Durum böyle olunca da bu yapılar çoğu zaman herhangi bir hesap yapılmadan ve istenen düzeyde denetime tabi tutulmadan sadece usta marifetiyle inşa edilmektedir. Bu şekilde inşa edilen minareler şiddetli rüzgar ve deprem gibi etkiler altında kolaylıkla hasar görebilmektedir. Nitekim son zamanlarda minarelerin rüzgar etkisiyle yıkıldığı ve çeşitli düzeylerde can ve mal kaybının meydana geldiği haberleri basında sıklıkla yer almaktadır. Tüm bunlar dikkate alınarak bu çalışmanın temel amacı, minarelere etkileyen rüzgar yüklerini ve bu yükler etkisinde minarelerin davranışlarını incelemek, ulusal ve yabancı ülke yönetmeliklerini dikkate alarak bunların hesaplarını karşılaştırmalı olarak sunmak şeklinde seçilmiştir.

Çalışma üç asıl ve iki ek bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm genel bilgiler bölümü olup bu bölümde, çalışmanın amacı belirtilmekte ve minarelerin zaman içindeki gelişimi, yapım amaçları, minare elemanları, minarelere etkileyen yükler, hesap yöntemleri ve bu yapılara ilişkin Diyanet İşleri Başkanlığınca yayınlanan esaslar üzerinde durulmaktadır.

İkinci bölümde minarelerin genel olarak ve örnek olarak seçilen minarenin yapısal özellikleri sunulmakta, ACI 307 ve TS498'e göre rüzgar yüklerinin hesabı, deprem yüklerinin hesabı ve minare gövdesinin taşıma gücüne göre kesit hesapları ise çeşitli yük kombinezonları dikkate alınarak gerçekleştirilmektedir. Bölümün sonunda rüzgar ve deprem yükleri için yük kombinezonlarından elde edilen değerler karşılaştırmalı olarak irdelenmektedir.

Üçüncü bölümde ise çalışmanın bütününden çıkarılan başlıca sonuç ve önerilere yer verilmektedir. Bu son bölümü kaynaklar dizini ve iki ek bölüm izlemektedir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme Minareler, Rüzgâr Etkileri, Deprem Etkileri, Statik ve Dinamik Analiz

SUMMARY

Structural Behaviour and Analysis of Minarets Subjected to Wind Loads

Every year a lot of mosques and minarets are erected in our country. Most of these structures are financed by private and legal entities as a charity. So heaps of times any counting without do and without control on level desired these structures are erected with skill master only. So they are able to take the knock easily under effects like strong wind and earthquake. Thus according to press, recently, it is known that minarets have fallen down with wind affect and falling down minarets have caused to loss of life and properties. Therefore the main goal of this study is to calculate the charge of wind and to search behavior of minarets under this affects and to calculate according to national and foreign country regulations and this score submit relatively.

The study consists of three main sections and two addition sections. The first section includes general information. It is defined the goal of the study in the first section and it is emphasized that the minarets developing through time, building goals, minarets components, minarets loads, calculating methods and this building concerning the method of calculate the law announced by the Department of Religious Affairs.

In the second section, it is given that minarets and selected minaret as an example structural features, according to ACI 307 and TS 498 calculation of wind affects, calculation of earthquake affects and according to bearing capacity considering various loads combinations body of minaret of section calculations. In the finish of second section, it is examine relatively finding values from load combinations for wind and earthquake loads.

In the third section, the results and recommendations of the study are given. After this last section, the references and two extra sections are given.

Key Words: Reinforced Concrete Minarets, Wind Effects, Earthquake Effects, Static and Dynamic Analysis

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Bazı minare örnekleri	2
Şekil 1.2. Taş blok, demir kenet ve bunların kullanımı	3
Şekil 1.3. Kocaeli depreminde yıkılan iki minare	5
Şekil 1.4. Kahramanmaraş'ın Afşin İlçesindeki Ulu Caminin rüzgâr nedeniyle yıkılmış minaresi.....	6
Şekil 1.5. İçel'in Erdemli ilçesinde fırtına nedeniyle yıkılan minarelerden birisi	7
Şekil 1.6. Ankara Kayaş'ta yıkılan minare	7
Şekil 1.7. Minare bölümleri	9
Şekil 1.8. Çeşitli alem resimleri.....	10
Şekil 1.9. Rüzgâr hızının zamanla şematik değişimi	11
Şekil 1.10. Boyuna rüzgâr etkisinden dolayı minarede oluşan eğilme momentinin yükseklik boyunca şematik dağılımı	13
Şekil 1.11. Enine rüzgâr etkilerinden dolayı girdap yayılması.....	16
Şekil 1.12. ACI 307/98'e göre boyuna rüzgar yükü hesabının şematik gösterimi	20
Şekil 1.13. ACI-307'ye göre bir açıklıklı halka kesitte gerilme ve şekil değiştirmeler ...	30
Şekil 1.14. ACI 307/98'e göre halka kesitlerin boyuna donatı hesabının akış şeması.....	36
Şekil 2.1. Minarenin kesit özellikleri.....	39
Şekil 2.2. ACI 307/98'e göre rüzgar yükünün yükseklik boyunca dağılımı	43
Şekil 2.3. ACI 307/98 ile TS 498 yönetmeliklerine göre yayılı rüzgar yüklerinin karşılaştırılması.....	46
Şekil 2.4. Çalışmadaki minare (Z2 türü zemin için) için spektrum katsayısı grafiği	47
Şekil 2.5. Minarenin azaltılmış ivme spektrum grafiği	49
Şekil 2.6. Kaide giriş kapısı hizasındaki $G+1,3 \cdot W_t$ kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı.....	68
Şekil 2.7. Kaide giriş kapısı hizasındaki $G+1,3 \cdot W_a$ kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı.....	68
Şekil 2.8. Kaide giriş kapısı hizasındaki $G+E$ (4.DDB) kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı.....	69
Şekil 2.9. Kaide giriş kapısı hizasındaki $G+E$ (2. DDB) kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı.....	69
Şekil 2.10. Geçiş elemanı-gövde birleşimi hizası $G+1,3 \cdot W_t$ kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı.....	69

Şekil 2.11.	Geçiş elemanı-gövde birleşimi hizası $G+1,3W_a$ kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı.....	70
Şekil 2.12.	Geçiş elemanı-gövde birleşimi hizası $G+E$ (4. DDB) kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı.....	70
Şekil 2.13.	Geçiş elemanı-gövde birleşimi hizası $G+E$ (2. DDB) kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı.....	70
Şekil 2.14.	Birinci şerefe hizası $G+1,3W_l$ kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı	71
Şekil 2.15.	Birinci şerefe hizası $G+1,3W_a$ kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı.....	71
Şekil 2.16.	Birinci şerefe hizası $G+E$ (4. DDB) kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı.....	71
Şekil 2.17.	Birinci şerefe hizası $G+E$ (2. DDB) kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı.....	71
Şekil 2.18.	İkinci şerefe hizası $G+1,3W_l$ kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı.....	72
Şekil 2.19.	İkinci şerefe hizası $G+1,3W_a$ kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı	72
Şekil 2.20.	İkinci şerefe hizası $G+E$ (4. DDB) kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı	72
Şekil 2.21.	İkinci şerefe hizası $G+E$ (2. DDB) kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı	73
Şekil 2.22.	Minare gövdesindeki donatının şaşırtmalı dizimi	73
Şekil 2.23.	Kapı boşluklarındaki donatı düzeni.....	74
Ek Şekil 1.	Cami-minare oranı	85
Ek Şekil 1/1.	Cami-minare oranı.....	86
Ek Şekil 2.	Cami-minare oranı.....	87
Ek Şekil 3.	Cami-minare oranı.....	88

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Farklı alanlar için α ve z_g değerleri.....	14
Tablo 1.2. Yüksekliğe bağlı olarak rüzgâr hızı ve emme	22
Tablo 1.3. Kule tipi yapılarda C katsayısı ve rüzgâr yükünün yapının etkilenen yüzeyinin birim alanına göre dağılımı (Basınç+Emme).....	23
Tablo1.4. Etkin yer ivme katsayısı (A_o).....	23
Tablo 1.5. Bina önem katsayısı (I).....	24
Tablo 1.6. Spektrum karakteristik periyotları (T_A, T_B).....	25
Tablo 1.7. Zemin grupları	26
Tablo 1.8. Yerel zemin sınıfları	26
Tablo 1.9. Bina türü olmayan yapılar için taşıyıcı sistem davranış katsayısı	27
Tablo 2.1. Hesap yapılan kesitlerin geometrik özellikleri	40
Tablo 2.2. ACI 307/98'e göre rüzgâr yükü hesabı [$\bar{w}(z) + w'(z)$]	42
Tablo 2.3. ACI 307/98'e göre enine rüzgâr yükü hesabı.....	44
Tablo 2.4. TS 498'e göre rüzgâr yükü hesabı.....	45
Tablo 2.5. TS 498 değerlerine göre enine donatı hesabında kullanılacak moment değerleri.....	45
Tablo 2.6. Çalışmada kullanılan minarenin doğal titreşim periyotları	48
Tablo 2.7. Minare tepe noktasının yüklemeler altındaki yer değiştirmesi.....	49
Tablo 2.8. $0,9G+1,54E$ (2. DDB) kombinezonu için belirlenen değerler	51
Tablo 2.9. $0,9G+1,54E$ (4. DDB) kombinezonu için belirlenen değerler	52
Tablo 2.10. $1.05G+1,7W_a$ kombinezonu için belirlenen değerler	53
Tablo 2.11. $1.05G+1,7W_t$ kombinezonu için belirlenen değerler.....	54
Tablo 2.12. ACI 307/98 değerlerine göre enine donatı hesabı	56
Tablo 2.13. TS 498 değerlerine göre enine donatı hesabı.....	57
Tablo 2.14. Deprem ve rüzgâr etkileri yük bileşimleri bulgularının karşılaştırılması.....	59
Tablo 2.15. Minare tepe noktasının yüklemeler altındaki yer değiştirmesi.....	60
Tablo 2.16. $G+E$ (2. DDB) kombinezonu için belirlenen değerler.....	62
Tablo 2.17. $G+E$ (4. DDB) kombinezonu için belirlenen değerler.....	63

Tablo 2.18. $G+1,3 W_a$ kombinezonu için belirlenen değerler.....	64
Tablo 2.19. $G+1,3 W_t$ kombinezonu için belirlenen değerler	65
Tablo 2.20. Deprem ve rüzgâr etkileri yük bileşimleri bulgularının karşılaştırılması.....	67

SİMGELER DİZİNİ

A	: Rüzgârdan etkilenen yüzey alanı
$A(T)$: Spektral ivme katsayısı
A_0	: Etkin yer ivme katsayısı
$C_{dr}(z)$: Şekil katsayısı
C_f	: Aerodinamik yük katsayısı
$d(z)$: z yüksekliğindeki dış çap
E	: Deprem yüklemesi sonucu oluşan kesit kuvvetleri
E_s	: Donatının elastisite modülü
f_{yk}	: Donatının karakteristik akma dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik basınç dayanımı
f_{cd}	: f_{ck} / γ_{mc}
g	: Yerçekimi ivmesi
G	: Kalıcı yük (özağırlık yüklemesi) sonucu oluşan kesit kuvvetleri
G_w	: Boyuna rüzgâr etkilerinden dolayı dalgalanma yükü ani rüzgâr katsayısı
$G_r(z)$: z yüksekliğindeki radyal rüzgâr basıncı için ani rüzgâr katsayısı
h	: Modellemede alınan minarenin temelden itibaren yüksekliği
h_1	: En üst zemin tabakası kalınlığı
I	: Rüzgâr yükü önem katsayısı, Bina önem katsayısı
k	: Von Karman sabiti
K	: Yüzey sürüklenme katsayısı, İtibari moment dayanım parametreleri
K_e	: E_s / f_{yk} oranı
L_{xn}, L_{yn}	: Modlara ilişkin kütle ifadeleri
$M_i(z)$: Radyal rüzgâr basıncı nedeniyle içte oluşan maksimum çevresel eğilme momenti
$M_o(z)$: Radyal rüzgâr basıncı nedeniyle dışta oluşan maksimum çevresel eğilme momenti

M_n	: İtibari moment, Modlara ilişkin kütle
M_u	: Artırılmış moment
$M_w(b)$: Ortalama rüzgâr yükünden ($\bar{w}(z)$) dolayı tabandaki eğilme momenti
M_{xn}	: Göz önüne alınan x deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
M_{yn}	: Göz önüne alınan y deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
n_1	: Basınç bölgesindeki açıklık sayısı
N_u	: Artırılmış düşey yük
V	: Temel rüzgâr hızı, Kesme kuvveti
V_r	: Referans tasarım rüzgâr hızı
V_g	: Dünyanın dönmesinden ileri gelen hız
$V(z)$: Belirli bir yükseklikteki rüzgâr hızı
$\bar{V}(z)$: Ortalama saatlik tasarım rüzgâr hızı
$\bar{V}(10)$: 10 m yükseklikteki ortalama saatlik tasarım rüzgâr hızı
w_t	: $\rho_t \cdot f_{yk} / f_{ck}$ oranı
W	: Rüzgâr Yüğü
W_a	: ACI 307'ye göre rüzgâr yüklemesi
W_t	: TS 498'e göre rüzgâr yüklemesi
$w(z)$: Birim boya düşen rüzgâr yükü
$w'(z)$: Dalgalanma yükü
$\bar{w}(z)$: Ortalama rüzgâr yükü
$pr(z)$: z yüksekliğindeki radyal rüzgâr basıncı
$\bar{p}(z)$: z yüksekliğindeki ortalama saatlik tasarım rüzgâr hızından dolayı meydana gelen basınç
r	: Kesitin ortalama yarıçapı
$r(z)$: z yüksekliğindeki ortalama yarıçap
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı, itibari moment parametresi

$R_a(T)$: Deprem yükü azaltma katsayısı
$S(T)$: Spektrum katsayısı
$S_{ae}(T)$: Elastik spektral ivme
$S_{aR}(T_n)$: Azaltılmış ivme spektrumu ordinatı
q	: Emme (hız basıncı)
Q	: Gerilme yüzeyi düzeltme parametresi
t	: Zaman, kesitin kalınlığı
T	: Yapı periyodu
T_1	: Minarenin birinci doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
T_n, T_m	: Sırasıyla n. ve m. modlardaki periyotlar
u_*	: Sürtünme hızı
U_c	: Çevresel dayanım
U_x, U_y, U_z	: Yapının yük altındaki deplasman miktarı
$Z1, Z2, Z3, Z4$: Yerel zemin sınıfları
z	: Yüzeyden itibaren herhangi bir yükseklik
z_1, z_2	: Sırasıyla yüzeyden itibaren 1 ve 2 noktalarının yüksekliği
z_g	: Dünyanın dönmesinden ileri gelen hız yüksekliği
z_0	: Sürtünme boyu
α	: Alan pürüzlülüğüne bağlı bir katsayı, Tarafsız eksenini gören merkez açısının yarısı, Açıklık açısı
β	: Açıklık açısının yarısı
β_1	: ACI 318 de belirtilen bir katsayı
ϵ_{cu}	: Betonun maksimum ezilme şekil değiştirmesi
ρ_a	: Havanın birim kütlesi (1,25~1,202 kg / m^3)
ρ_t	: Düşey donatı oranı
σ	: Kesitteki normal gerilme
τ	: Basınç bölgesini gören merkez açısının yarısı

τ_{\max}	: Kesitteki maksimum kayma gerilmesi
ψ	: Basınç bölgesinde sınır durumuna ulaşmış beton alanını gören merkez açısının yarısı
μ	: Çekme bölgesinde sınır durumuna ulaşmış donatı alanını gören merkez açısının yarısı
ϕ	: Dayanım azaltma katsayısı (ACI 307)

Kısaltmalar

TS	: Türk Standartları
ACI	: American Concrete Institute
ANSI/ASCE	: American National Standard Institute/ American Society of Civil Engineers
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
CQC	: Tam Karesel Birleştirme Yöntemi
SRSS	: Modal Maksimumların Kareleri Toplamının Karekökü Yöntemi
MYUE	: 17 Ağustos 1999 depremi üzerine Diyanet İşleri Teknik Hizmetler Müdürlüğü Tarafından Müftülüklere Dağıtılan Minarelerin Yapımında Uygulanacak Esaslar
DDB	: Derece Deprem Bölgesi

Not: Yukarıdaki semboller diziminde yer almayan semboller metin içinde ilgili oldukları yerlerde tanımlanmıştır.

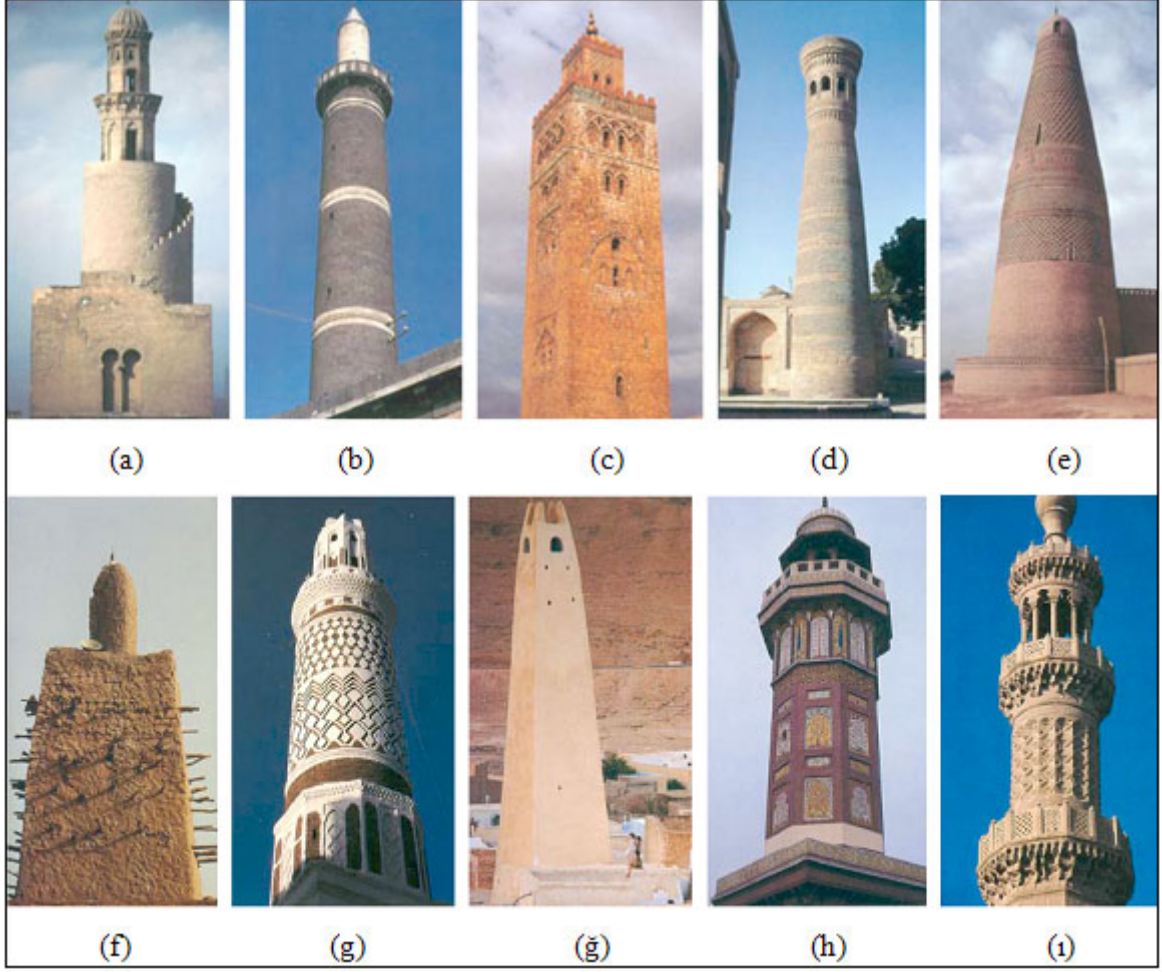
1.GENEL BİLGİLER

1.1.Giriş

Halkı belirli zamanlarda namaza davet etmek için, üzerinde ezan okunmak maksadıyla camilerin yanına yapılan yüksek kulelere minare denir. Bilindiği gibi Hz. Muhammed (s.a.s.) zamanında ilk ezan okunurken Bilâl-i Habeşî dama çıkmıştır. Daha sonraları mescitler yapıldığında dama çıkmak gibi bir fiil yerine, minareye çıkmak gibi bir fiile dönüşmüştür (Bektaşoğlu, 2006). İslam mimarisinde ilk minare, m.s. 673'te Muaviye zamanında Mısır valisi Müslime tarafından Amr Camii'nde inşa ettirilmiştir. Ezanın dönerek okunması gerektiğinden üzerinde şerefeler oluşturulan minareler artık caminin ayrılmaz bir elemanı olarak İslamiyet'in yayıldığı bölgelerin bünyesine uygun şekilde çeşitli örnekler ortaya koymuştur (Yücel, 1966).

Özellikle m.s. 1000 yıllarından itibaren İslam ülkelerinde düzenli olarak inşa edilmeye başlayan minareler camiden başka hangah, türbe ve medreselere de eklenmiş, gerek şekil ve form, gerekse tezyinat bakımından değişik bölgelerde yerel varyasyonla göstermiştir (Ülgen,1996). Bazı minare örnekleri Şekil 1.1'de gösterilmektedir (Frishman ve Khan, 1994).

İslam ülkeleri minarelerini genellikle doğu ve batı minareleri şeklinde iki grupta incelemek mümkündür. Batı İslam minareleri, Kuzey Afrika ve İspanya'dan Suriye'ye kadar yayılan bölgelerde inşa edilen dört köşe kulelerdir. Bu köşeli minareler kornişlerle katlara ayrılmış, pencere vasıtasıyla da iç mekanla ilişkileri sağlanmıştır. Doğudaki İslam minareleri ise çoğunlukla silindirik ve ince olup, saf, abidevi yapılardır (Diez ve Aslanapa, 1955).

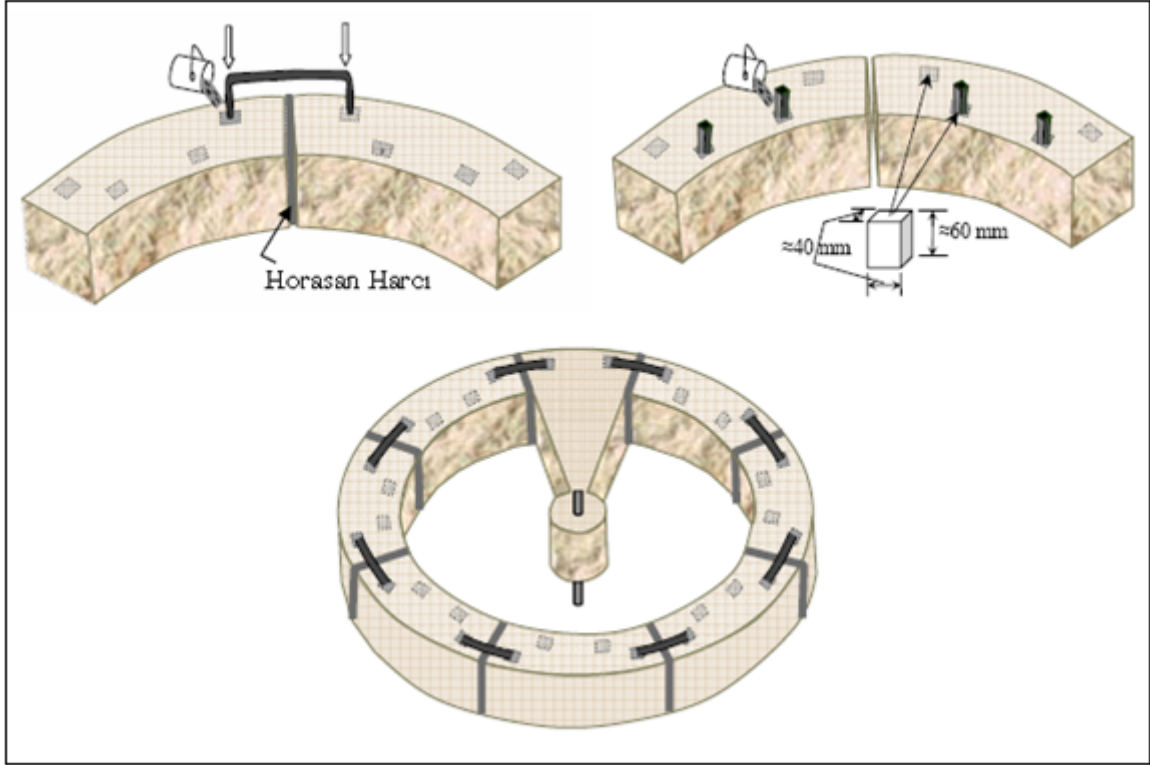


Şekil 1.1. Bazı Minare Örnekleri: (a) Cairo, Ahmad ibn Tulun Cami (Tulunid Devri, 876-9), (b) Diyarbakir, Türkiye, Ayni Cami (Osmanlı Devri, c. 1489), (c). Marrakesh, Morocco, Kutubiyya Cami (Almohad Devri, 12. yüzyıl), (d). Bukhara, Uzbekistan, Kalyan Cami (1514), (e). Turfan, Xinjiang Şehri, Kuzey Çin, Amin Cami, (1778), (f). Timbukte, Mali, DjinguereBer Cami (Songhay Devri, 14. yüzyıl), (g). San'a Yemen, Al-Bakiriyya Cami (Osmanlı Devri, 1598), (ğ). Beni-Isguen, Algeria, Mzab Saharan Köyü Cami, (h). Lahore, Pakistan, Wazir Khan Cami (Mughal Devri, 1634), (ı). Cairo, Amir Qurqumas Cami (Memlük zamanı sonrası,1506) (Frishman ve Khan, 1994).

On altıncı yüzyıl başı, on yedinci yüzyıl sonu dönemlerde Osmanlı mimarisi karakterini bulmuştur (Bektaşoğlu, 2006). Selçuklu mimarisinde kullanılan tuğla malzeme yerini taşa bırakmış, böylece minareler hem incelmış, hem de sadeleşmiştir. Osmanlı döneminde asıl biçimini bulan kaide, pabuç, gövde, şerefe, petek, külah ve aleminden oluşan minare, daha sonra teknik ve estetik bakımından önemli aşamalar kaydetmiştir (Ülgen,1996).

Taş minarelerde yapım tekniği, minarenin yüksekliği, narinliği ve içine bir merdiven yerleştirilmesi, rüzgar etkisi gibi sorunlar nedeniyle çok önemli olmaktadır (Ödekan, 1997). Duvar ve minarelerde gereken sağlamlığı temin için, taşlar birbirine demir kenetlerle bağlanmıştır. Demir kenedin eğri uçlarının taşın içinde sağlam bir şekilde tutunabilmesi için de, sokulmuş oldukları oyuklar kurşun dökülerek doldurulmuştur (URL-4, 2006). Şekil 1.2’de demir kenetlerin kullanımı ve kurşun dökülmesi gösterilmektedir (Doğangün vd, 2006).

Eski minarelerde taşların birleştirilmesinde bağlayıcı malzeme olarak aynı zamanda “horasan harcı” adı ile bilinen bir harç çeşidi de kullanılmıştır. Horasan harcının yapımında kullanılan kirecin, eritilip süzüldükten sonra, mayalanıp sağlamlaşması için 10–15 yıl toprak altında bekletildikten sonra kullanıldığı belirtilmektedir (Doğangün vd, 2006).



Şekil 1.2. Taş blok, demir kenet ve bunların kullanımı (Doğangün vd, 2006).

Fakat Diyanet İşleri Başkanlığı tarafından ortaya konulan Minarelerin Yapımında Uygulanacak Esaslar (1999), ahşap, kerpiç, yığma taş, yonu taşı, beton briket, beton blok, tuğla vb. gibi yapı malzemeleriyle minarelerin yapımı yasaklanmıştır.

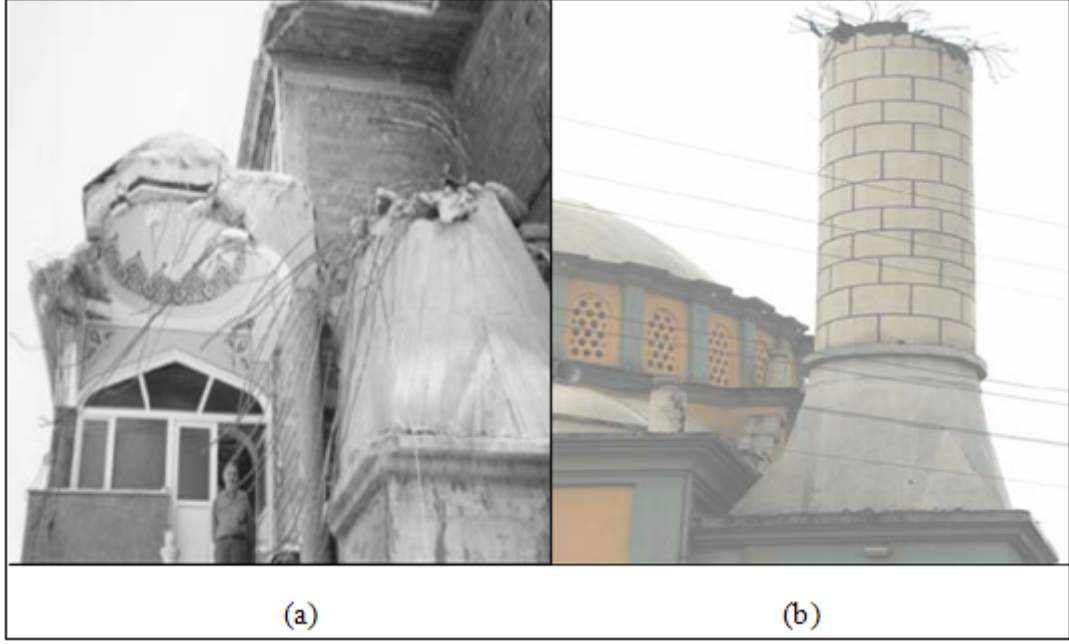
Minareler, daha önceleri dinsel mimaride estetiğin zirvesi ve mimarın ustalığını en iyi sergileyebileceği unsurlar olarak görülmüştür. Bu nedenle de mimari ve taşıyıcı sistem bazında mükemmel minareler inşa edilmiştir (Bildirici, 1998).

Son derece önemli bir cami geleneğinin oluşumuna ev sahipliği yapmış ve önemli bir kültürel miras birikimine sahip olan Anadolu, günümüzde bu mirası inkar edecek nitelikte bir cami mimarisine sahne olmaktadır. Bu camilerin simgesel ve işlevsel ayrılmaz parçalarından olan minareler ölçü, oran, denge, biçim, bezeme gibi genel tasarım öğeleri bağlamında gösterdikleri yetersizlikler yanında, gelişmiş malzeme ve yapım teknolojisine rağmen rüzgar ve deprem gibi doğal dış etkilere karşı dayanıksızlıklarıyla da dikkati çekmektedirler. Diğer taraftan, yapılan literatür taramasından, depremden hemen sonra acilen hazırlanan Diyanet İşleri Başkanlığı'nın "Minarelerin Yapımında Uygulanacak Esaslar" talimatı dışında doğrudan minarelerin hesap ve tasarımı için hazırlanmış herhangi bir standart ya da yönetmeliğin bulunmadığı anlaşılmaktadır (Doğangün vd, 2006).

Genelde bir hayır işi olarak algılanan minareler çoğunlukla yeterli düzeydeki mühendislik hizmetinden yararlanılmadan, insanların yoğun olarak bulunduğu alanlarda inşa edilmektedir. Minareler yüksek ve narin yapılardır. Bu özelliklerinden dolayı deprem ve rüzgâr gibi doğal etkiler karşısında olağan dışı davranışlar sergilerler. Bu tür betonarme yapılar genellikle temelde ankastre olarak tasarlanırlar ve yapımlarında kayar kalıp tekniği kullanılır. Bununla beraber zati ağırlıklar, rüzgar, deprem gibi etkiler yapının tasarım boyutlarını belirleyen önemli faktörlerdir (Nuhoğlu ve Şahin, 2005).

Diyanet İşleri Başkanlığının yayınlamış olduğu Minarelerin Yapımında Uygulanacak Esaslara (1999) göre 17 Ağustos 1999 yılında meydana gelen Marmara depreminde cami ve müstemilatı ile cami çevresindeki bulunan sair yapılardaki hasarın bir kısmına minarelerin bu yapıların üzerine yıkılması sonucunda meydana geldiği belirtilmektedir.

Deprem esnasında yıkılan minarelere ilişkin iki fotoğraf Şekil 1.3'te görülmektedir.



Şekil 1.3. Kocaeli depreminde yıkılan iki minare (a-Motosaka ve Soner, 2002; b- Sezen vd, 2003).

Depremler minarelerde yoğun hasara neden olsa da, ülkemizde yıkıcı depremler birkaç yılda bir meydana geldiğinden minare hasarları da birkaç yılda bir oluşmaktadır. Oysa şiddetli rüzgarlar daha sıklıkla meydana gelmektedir. Ülkemizde maalesef bu rüzgarlarda da minareler hasar görmektedir. Bu olaylar esnasında birçok can ve mal kaybının olduğu bildirilmektedir. Bunlara örnek olarak aşağıdaki olaylar verilebilir.

- 23 Mart 2007 tarihinde Manisa Kazım Karabekir Mahallesiindeki Kuba Camiinin minaresi şiddetli lodos nedeniyle bir evin üzerine yıkıldı. İki kişinin yaralanmasına neden oldu (URL-9, 2007).
- Kahramanmaraş'ın Afşin ilçesinde saatte 60 km hıza ulaşan rüzgar nedeniyle ilçe merkezindeki Ulu Caminin 15 metrelik 2 beton minaresi 24 Temmuz 2005 tarihinde yıkıldı. Bir kişinin yaralanmasına ve maddi hasara yol açtı (Gönen,2005). Ulu Caminin yıkılan minaresi Şekil 1.5'te gösterilmektedir.



Şekil 1.4. Kahramanmaraş'ın Afşin İlçesindeki Ulu Caminin rüzgâr nedeniyle yıkılmış minaresi (Gönen, 2005).

- Antalya çevre yolu üzerindeki Fatih Sultan Mehmet Camiinin minaresi 12 Ocak 2004 tarihinde rüzgar nedeniyle yıkıldı (URL-7, 2004).
- Antalya'nın Meltem Mahallesi Camiinin 15 m'lik minaresi 90 km'yi aşan fırtına nedeniyle 07.Şubat.2003 tarihinde 200 kişinin Cuma Namazı kıldığı esnada yıkıldı (URL-2, 2006).
- Antalya Kültür Mahallesi'ndeki Ali Uyaroğlu Camii'nin minaresi 08 Şubat 2003'de öğleden sonra şiddetli fırtınanın etkisiyle yıkıldı (URL-8, 2003).
- Burdur'un Çeltikçi İlçesi Merkez Camisinin minaresi 07 Şubat 2003 tarihinde Cuma namazı çıkışı esnasında cami kapısına yıkıldı (URL-2, 2006).
- Bursa'nın Orhaneli İlçesi Argın Köyü Camiinin minaresi şiddetli lodos nedeniyle 10 Ekim 2003'de devrildi. Enkaz altında kalan 6 kişiden biri hayatını kaybetti (URL-3, 2006).
- İçel'in Erdemli İlçesinde 27 Şubat 2002 tarihinde hızı 96 km/h'e çıkan fırtına nedeniyle 5 cami minaresi tamamen, 4 cami minaresi ise kısmen yıkıma uğradı. (URL-10, 2006) Yıkılan minarelerden birisi Şekil 1.4'te gösterilmektedir.



Şekil 1.5. İçel'in Erdemli ilçesinde fırtına nedeniyle yıkılan minarelerden birisi (URL-10, 2006).

- Ankara'nın Kayaş İlçesi Yeşilbayır Mahallesi Ebubekir Sıddık Camii'nin minaresi 25 Kasım 2002 tarihinde şiddetli rüzgarın etkisiyle teravih namazından çıkan cemaatin üzerine devrildi. Bu olayda 2 kişi hayatını kaybetti, 5 kişi yaralandı (URL-6, 2002). Kayaş'ta yıkılan minare Şekil 1.6'da gösterilmektedir.



Şekil 1.6. Ankara Kayaş'ta yıkılan minare (URL-6, 2002).

- Karaman'da 25 Kasım 2002 tarihinde saatteki hızı 90 km yi bulan şiddetli rüzgar nedeniyle Yunuskent Mahallesiindeki İmamı Azam ve Özüdoğru Camilerinin minareleri yıkıldı (URL-6, 2002).
- Konya'nın Kadınhanı İlçesinde 28 Aralık 2001 tarihinde şiddetli rüzgar nedeniyle Beydağı köyündeki 57 m yüksekliğindeki minare yıkıldı (URL-5, 2001).

1.2.Bu Çalışmanın Amacı

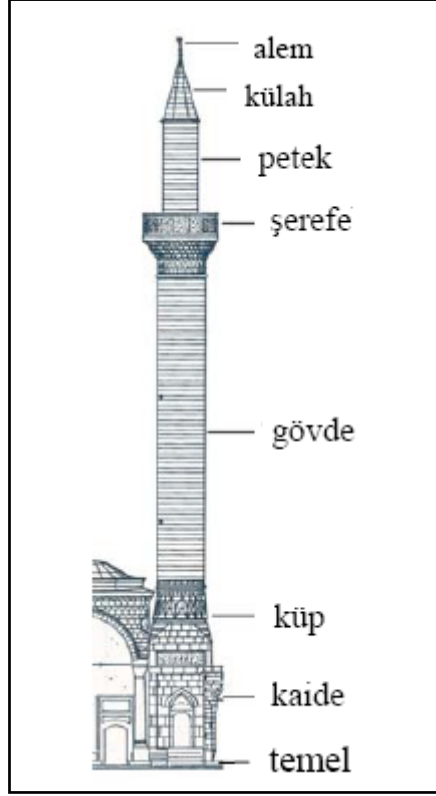
Daha önce belirtildiği gibi birçok minare depremlerde ve şiddetli rüzgârlarda hasar görmüş ya da yıkılmıştır. Minarelerin genellikle insanların yoğun olarak yaşadığı merkezlerde bulunmasından dolayı yıkılan minareler can ve mal kaybına neden olmuştur. Diğer taraftan ülkemizde minarelerin hesap ve tasarımında yol gösterici kılavuz bilgiler de bulunmamaktadır. Bununla beraber minareler maalesef genellikle usta marifeti ile inşa edilmektedir ve bu ustalara yol gösterici detay bilgileri de yok denecek kadar azdır. Tüm bunlar bize minarelerin bu kadar yaygın olmasına rağmen, bunların yatay yükler altındaki davranışlarını belirlemeye yönelik çalışmaların ve detayların yok denecek kadar az olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmanın amacı başlıca üç esastan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi minarelerin hesap, tasarım ve inşasındaki mevcut durumların ortaya konması, ikincisi seçilen örnek minarenin yatay yüklere göre hesap ve tasarımını yaparak bunları ülke mühendisliğine sunmak, üçüncüsü ise mevcut durumun tespitinden ve yapılan çözümlerden yararlanarak bu konudaki yanlışlık, eksiklik ve yapılması gerekenleri sunmaktır.

1.3.Minare Elemanları

Minareler genelde üç bölümden oluşur: En alttaki kaide kısmı, ana gövde ve esas görevi üstlenen ve mimarîyi tamamlayan en yukarıdaki bitim elemanları şerefe, petek ve külah bölümüdür. Osmanlı Klasik Dönemindeki biçimlenişiyle minareler alttan yukarıya (minare elemanları Şekil 1.7'de gösterilmektedir):

- 1) Kaide (kürsü)
- 2) Geçiş Eleman (küp,pabuç)
- 3) Gövde
- 4) Şerefe
- 5) Petek
- 6) Külah
- 7) Alemdir (Doğangün vd, 2006).



Şekil 1.7. Minare bölümleri (Doğangün vd, 2006).

Kaideler: Minarenin cami ana kitlesiyle bağlantısının kurulduğu, prizmatik biçimli en alt bölümüdür. Minarenin giriş kapısı genellikle burada yer almaktadır (Tuluk, Doğangün vd, 2006).

Kaideler zaman içinde birçok şekilde yapılmışlardır. Küp, 8 köşeli, 12 köşeli, 16 köşeli ve daire şekillerinde tasarlanmışlardır. Kaidelerin boyları ise genel olarak zaman içinde gittikçe uzamıştır (Bektaşoğlu ve Yıldırım, 2006).

Küpler: Minarenin bu ögesi, boyutları ve geometrisi birbirinden farklı olan kaide ve gövde arasında, akıcı ve kesintisiz bir geçişi sağlamak amacıyla yapılmaktadır. Dolayısıyla bunların geometrik şekilleri, kaidenin ve gövdenin şekline göre farklılık göstermektedir. Küplerin uzunlukları kaidelerde olduğu gibi zaman içerisinde uzamıştır (Bektaşoğlu ve Yıldırım, 2006).

Gövdeler: Gövdeler Anadolu Selçuklularından beri onaltıgen şeklinde yapılmıştır. Daha sonraları silindirik gövdelere dönmüştür. Fakat Fatih devrinden itibaren yine 16 yüzlü gövdelerin kullanımı artmıştır. Önceleri çapı gittikçe azalan gövdeler kullanılırken daha sonra sabit bir şekilde yükselen gövdeler kullanılmaya başlamıştır (Bektaşoğlu ve Yıldırım, 2006).

Şerefeler: Daha önceleri müezzinin yüksekte ezan okuyabilmesi amacıyla yapılan, küçük balkon şeklindeki minare ögesidir. Şerefeler şerefe gövdesi, şerefe döşemesi (tabliyesi) ve şerefe korkuluğu olmak üzere üç kısımdan oluşur (Tayla, 2006). Şerefeler de fitil püskül, badem gibi süslemeler de yapılabilmektedir (Bektaşoğlu ve Yıldırım, 2006).

Petek: Son şerefe ile külah arasında kalan minare ögesidir. Bu kısım genellikle gövdeye benzer özellikler göstermektedir (Doğangün vd, 2006).

Alemler: Alem, külahın ucunda örtüyü bitiren elemandır (Ödekan, 1997). Alem dikey bir eksene geçirilmiş, yuvarlak kısımlar ve bunların üzerine yerleştirilmiş bir tepelikten ibarettir. Bunlar aşağıdan yukarıya doğru; kova, büyük küp, bilezik, armut, boyun, küçük küp diye isimlendirilmiştir (Bektaşoğlu ve Yıldırım, 2006). Çeşitli alem resimleri Şekil 1.8'de gösterilmektedir.



Şekil 1.8. Çeşitli alem resimleri (Bektaşoğlu ve Yıldırım, 2006).

1.4.Minarelere Etkiyen Yükler

Minare projelendirmesinde dikkate alınması gereken başlıca etkiler:

- 1) Kalıcı yük etkileri,
- 2) Rüzgâr etkileri,
- 3) Deprem etkileri.

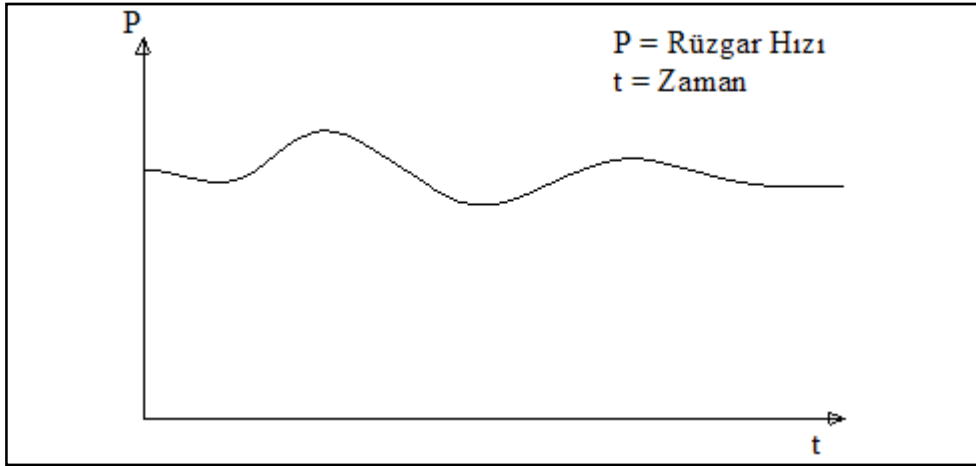
Minarelerde hareketli yükler de vardır. Fakat göz ardı edilebilecek kadar az olduğu için hesaplarda ihmal edilebilir.

1.4.1. Kalıcı Yükler

Kalıcı yükleri minare taşıyıcı elemanlarının kendi ağırlıkları ve varsa kaplamada kullanılan malzemelerin ağırlıkları oluşturur.

1.4.2. Rüzgâr Yükleri

Bir akışkan olan havanın atmosfer koşullarına göre hareketi sırasında yapıların rüzgâra karşı yüzeyleri rüzgâr etkisinde kalmaktadır. Rüzgâr yükü, rüzgâr hızının ve yönünün değişmesiyle zamanla artıp eksilen bir yükür (rüzgar hızının zamanla değişimi şematik olarak Şekil 1.9'da gösterilmektedir). Diğer taraftan yapıların şekilleri de rüzgâr yüklerinin değişmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Genellikle hesapları rüzgâr yükünün en fazla olan değerine göre yapmak yeterli olmaktadır. Ancak burada rüzgârın bazı özel yapılar üzerinde titreşim hali; dolayısıyla dinamik etki yapabileceğini belirtmek uygun olmaktadır.



Şekil 1.9. Rüzgâr hızının zamanla şematik değişimi (Durmuş, 1989).

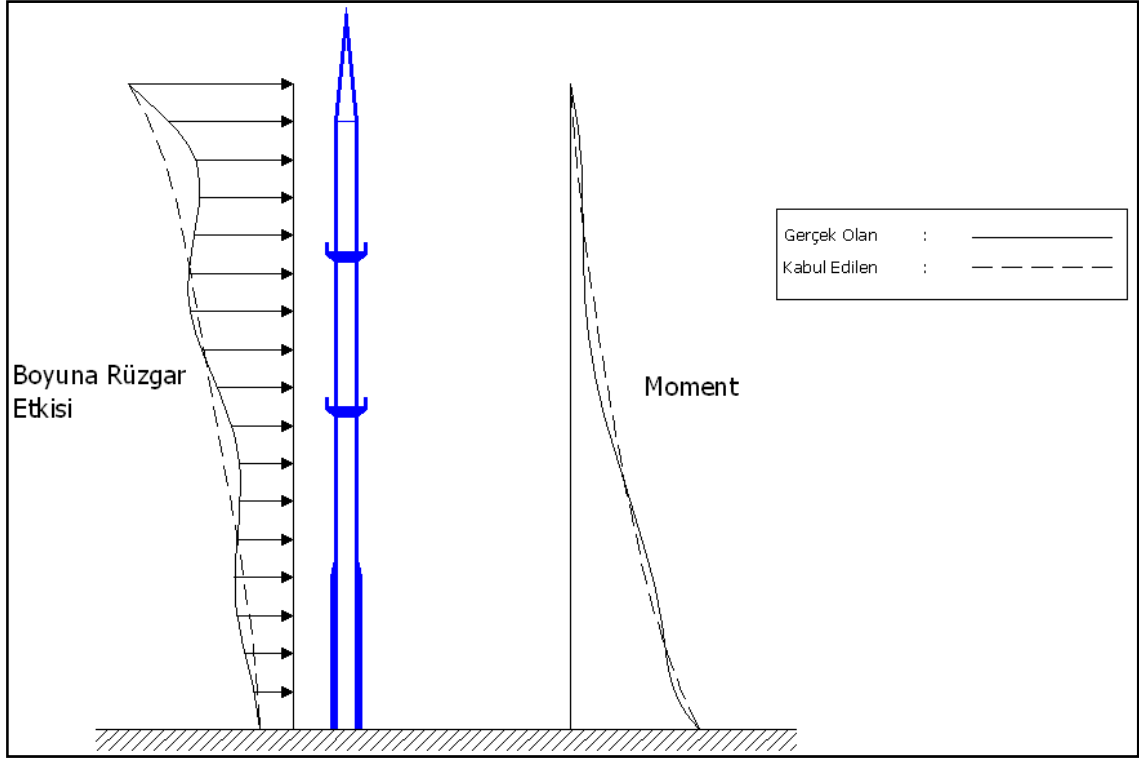
Minare tipi yüksek yapılarda rüzgâr; yüklerin hâkim kaynağını oluşturur. Bu yapılarda rüzgâr etkisi genel olarak “boyuna rüzgâr etkileri” ve “enine rüzgâr etkileri” olmak üzere iki kısma ayrılır. Bu bileşenlerde minarede hem statik hem de dinamik etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle rüzgâr etkilerinin belirlenmesi bu iki tür yükün belirlenmesini içermektedir (Aliyazıcıoğlu, 2004).

Rüzgâr olayının çok karmaşık bir yapıya sahip olması rüzgâr hızının tayininde olasılık yöntemlerinin kullanılmasına sebep olmaktadır. Rüzgârın etki ettiği yüzey olarak yapı düşey ekseninden geçen düzlem alınıp, rüzgâr yükünün tatbik noktası alanın ağırlık merkezi olarak dikkate alınmakta ve rüzgâr etkisinin yatay olduğu kabul edilmektedir (Aliyazıcıoğlu, 2004).

Bacalarda olduğu gibi minarelerde de rüzgâr yükü minarenin yapılacağı yere ve minare yüksekliğine bağlı olarak rüzgâr hızının değişeceği alanlarda rüzgâr hızının büyüklüğünden başka, rüzgâr yönüyle ilgili olarak, aşağıda belirtilen bazı etkenlerin bir bölümü veya tümü tarafından etkilenmektedir. Bu etkiler:

- Bölge türbülansı,
- Türbülans seviyesi,
- Minare etrafında başka yapıların bulunması,
- Havanın yoğunluğu,
- Minarenin doğal titreşim frekansı,
- Yapı sönüm miktarı,
- Yapının titreşim modu şekilleridir (Aliyazıcıoğlu, 2004).

Rüzgâr akımı, yeryüzü ile irtibat halinde olması nedeniyle meydana gelen sürtünmeden dolayı yavaşlar. Günümüzde boyuna rüzgâr etkileri yüzeydeki sıfır noktasından, atmosferik sıfır tabakasının en üst noktasındaki maksimum değere kadar yükseklikle değişen bir etki olarak kabul edilen rüzgâr akımıdır. Yükseklik boyunca hızın değişimi en genel anlamda Üst Kuralı (*Power Law*) veya Logaritmik Kural Değişimi (*Logaritmik Law*) ile bulunabilir. Bulunan rüzgâr hızlarının minare yüksekliğine etkidiği varsayılır. Minareye etkileyen boyuna rüzgâr etkisi ve minare tepkisi aşağıda Şekil 1.10'da gösterilmektedir.



Şekil 1.10. Boyuna rüzgâr etkisinden dolayı minarede oluşan eğilme momentinin yükseklik boyunca şematik dağılımı

Üst Kuralı (Power Law) değişimine göre rüzgâr hızının belirlenmesi: Tarihsel olarak yatay homojen alanlarda ortalama rüzgâr etkisinin ilk ifadesi Üst Kuralı (Power Law) olarak adlandırılmaktadır. Meteorolojik araştırmalar rüzgâr hızının yükseklikle arttığını göstermektedir. Bu değişim yeryüzündeki birçok etkene bağlıdır. Bununla birlikte rüzgâr hızındaki bu artış belirli yükseklikten sonra hemen hemen sabit kalmaktadır. Bu sabit rüzgâr hızı, dünyanın dönmesinden ileri gelen hız olarak adlandırılmaktadır (Aliyazıcıoğlu, 2004).

$V(z_2)$ herhangi bir alandaki z_2 yüksekliğindeki bilinen rüzgâr hızını, z_1 , z_2 sırasıyla belirtilen hızlardaki yüksekliği, α alan pürüzlülüğüne bağlı bir üst katsayısını, $V(z_1)$ ise aynı alandaki z_1 yüksekliğindeki rüzgâr hızını göstermek üzere:

$$V(z_1) = V(z_2) \cdot \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^\alpha \quad (1.1)$$

şeklinde hesaplanır. Ampirik Üst Kuralı (Power Law) Değişimi ile verilen yukarıdaki bağıntı dünyanın dönmesinden ileri gelen hızın her alanda sabit olması eşitliğinden, farklı alanlara geçiş yapılabilir. Yukarıdaki bağıntıdaki $V(z_2)$ yerine V_g (dünyanın dönmesinden ileri gelen hız), z_2 yerine z_g (dünyanın dönmesinden ileri gelen hız yüksekliği) ve geçiş yapılan alana ait α alan pürüzlülük katsayısı biliniirse farklı alandaki herhangi bir z yüksekliğindeki rüzgâr hızı $V(z)$:

$$V(z) = V_g \cdot \left(\frac{z}{z_g} \right)^\alpha \quad (1.2)$$

şeklinde hesap edilir. Bağıntıdaki farklı alanlar için verilen α ve z_g değerleri Tablo 1.1 'de verilmektedir.

Tablo 1.1. Farklı alanlar için α ve z_g değerleri (Aliyazıcıoğlu, 2004).

	Kıyı Alanları	Açık Alanlar		Şehir Dışı Alanlar		Şehir Merkezleri	
α	1/10	0,16	1/7	0,28	1/4,5	0,40	1/3
z_g (m)	215	275	275	400	400	520	460

Logaritmik Kural (Law) Değişimine göre rüzgâr hızının belirlenmesi: z yüzeyden itibaren herhangi bir yüksekliği, u_* sürtünme hızını, z_0 sürtünme boyunu, k Von Karman sabitini ($k \cong 0,40$), $V(z)$ belirli bir yerdeki rüzgâr hızını göstermek üzere:

$$V(z) = \frac{1}{k} \cdot u_* \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \quad (1.3)$$

denklemleriyle hesaplanır.

Farklı alanlara geçiş için u_{*1} ve u_{*2} sırasıyla farklı alanlar için sürtünme hızlarını z_{01} ve z_{02} sırasıyla farklı alanlar için sürtünme boyunu göstermek üzere;

$$\frac{u_{*1}}{u_{*2}} = \left(\frac{z_{01}}{z_{02}} \right)^{0,0706} \quad (1.4)$$

bağıntısı kullanılabilir. İstenilen alanda hesap edilen u_* değerine karşılık, herhangi bir yükseklik için ortalama rüzgâr hızları yukarıdaki denklem kullanılarak hesap edilir (Aliyazıcıoğlu, 2004).

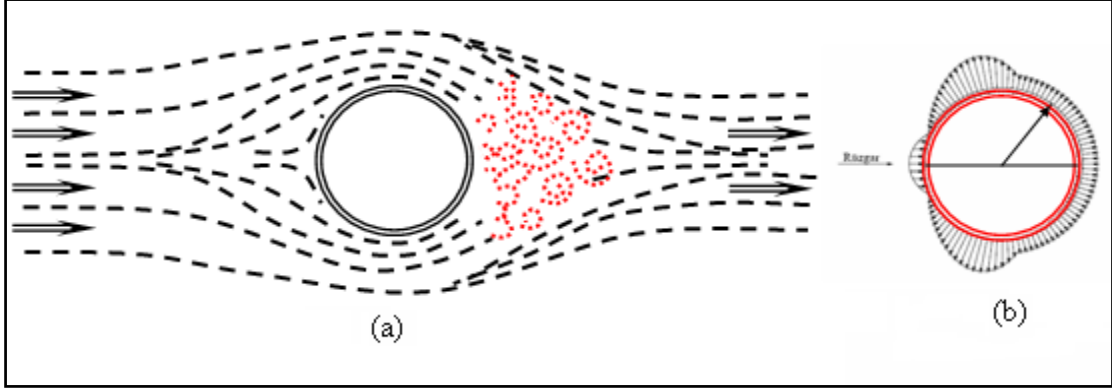
z_0 sürtünme boyunu ve K yüzey sürüklenme katsayısını göstermek üzere, k Von Karman sabiti daha hassas bir hesapla;

$$k = \sqrt{K} \cdot \ln \left(\frac{10}{z_0} \right) \quad (1.5)$$

bağıntısıyla bulunabilir. Açık alanlı yerler için z_0 sürtünme boyu 0,05 m alınmaktadır. Logaritmik Kural (Law) Değişimi, en genel anlamda doğal atmosferik akımda yatay olarak homojen yatay yüzey tabakaları içinde ortalama rüzgâr hızı etkilerinin iyi bir ifadesidir (Aliyazıcıoğlu, 2004).

Bazı baca yönetmeliklerinde enine rüzgâr etkileri belirlemek için bazı yaklaşımlar verilmiştir. Enine rüzgâr yüklerini belirlemek için birçok çalışma yapılmasına rağmen bu problem tam olarak çözülememiştir. Bu nedenle bazı yönetmelikler bu konuya yer vermemişlerdir. Bununla birlikte önemle üzerinde durulan kabul, boyuna rüzgâr momentlerinin daha etkili olduğu ve tasarımın ana kaynağını oluşturduğudur (Aliyazıcıoğlu, 2004).

Minarelerin yüksek bir yapı olmasından ve minarelerin yapısından dolayı rüzgârın yeniden yayılması olayı meydana gelmekte bu da yüksek hızlarda girdapların oluşmasını sağlamaktadır. Bu girdaplar var olan rüzgâr yönüne dik bir yönde oluşan kaldırma kuvvetlerini yükselten tabakalardır. Bu kaldırma kuvvetleri de rüzgâra dik yönde yapının titreşmesine neden olurlar (Aliyazıcıoğlu, 2004). Rüzgar etkisiyle girdap oluşması Şekil 1.11 'de gösterilmiştir.



Şekil 1.11. Enine rüzgâr etkilerinden dolayı girdap yayılması

1.4.3. Deprem Yükleri

Deprem bölgeleri haritasına göre Türkiye'nin %96'sının aktif deprem bölgesinde olduğu bilinmektedir (Durmuş, 1989). Bu durumda doğal olarak minarelerin büyük bölümü deprem bölgelerinde bulunmaktadır. Minarelerin deprem davranışları geleneksel bina türü yapılardan oldukça farklıdır. Çünkü bunlar uzun ve narin yapılar olduklarından titreşim periyotları ve zeminle etkileşimleri binalarinkine göre oldukça farklıdır.

1.4.3.1. Deprem Etkisi Hesap Yöntemleri

Ülkemizde geçerli olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelikte (DBYBHY) depreme göre hesap için aşağıdaki yöntemler öngörülmektedir:

- 1) Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi,
- 2) Mod Birleştirme Yöntemi,
- 3) Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemidir.

DBYBHY'te minareler Bina Türü Olmayan Yapılar Grubunda değerlendirilebilir. Bu grubun içinde de "Kütlesi yüksekliği boyunca yayılı, yerinde dökülmüş betonarme silo, endüstri bacaları ve benzeri taşıyıcı sistemler" kısmında dikkate alınabilir. Adı geçen yönetmelikte bu tür taşıyıcı sisteme sahip yapılar için taşıyıcı sistem davranış katsayıları 3 ($R=3$) olarak öngörülmektedir. Bu gruba giren yapıların deprem hesabının, taşıyıcı sistemi yeterince tanımlayan ayrık dinamik serbestlik dereceleri göz önüne alınarak, Mod Birleştirme veya Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleriyle yapılması istenmektedir (DBYBHY, 2007). Ancak her zaman bu yöntemlerden elde edilen değerle Eşdeğer

Deprem Yüğü Yönteminden elde edilen değeri karşılaştırmakta yarar bulunmakta, bunu yapmak bazen de zorunlu olmaktadır.

1.5.Minare Gövdesine Uygulanan Yüğü Etkilerinin Hesabı

1.5.1. Minare Ağırılığı

Bir minarenin ağırılığı kendini oluşturan kaide, geçiş elemanı, gövde, şerefe, petek, merdiven ve külah ile varsa kaplamaların ağırılıklarından oluşmaktadır.

1.5.2. Rüzgâr Yüğülerinin Hesabı

Ülkemizde minare türü dairesel kesite ve uzun bir boya sahip özel yapılara ilişkin rüzgâr hesabını içeren bir doküman bulunmamaktadır. Durum böyle olunca bu yapılara geometrik olarak benzeyen ve tüm dünyada uygulamaları bulunan bacalar için uygulanan yönetmeliklere yönelmek gereğı ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle çalışmada ACI-307 rüzgâr yüğülerine göre hesapta dikkate alınacaktır.

1.5.2.1. Rüzgâr Yüğülerinin ACI-307'ye Göre Hesabı

ACI 307/98'e göre rüzgâr yüğü; genel olarak eşdeğer statik yüğü dağılımı olarak kabul edilen basitleştirilmiş dinamik analizden elde edilmektedir.

V ve I sırasıyla ANSI/ASCE (American National Standard Institute/American Society of Civil Engineers) 7-95'de verilen temel rüzgâr hızı ve rüzgâr yüğüleri için önem katsayısı olmak üzere referans tasarım rüzgâr hızı V_r ;

$$V_r = 3,28 \cdot (I^{0,5}) \cdot V \quad (1.6)$$

şeklinde ifade edilmektedir. ACI 307/98'e göre tüm bacalar ANSI/ASCE 7-95'de belirtilen IV. Kategorideki yapılar olarak sınıflandırılmaktadır. I önem katsayısı, IV. Kategorideki yapılar için ANSI/ASCE 7-95'de 1,15 olarak verilmektedir (Aliyazıcıoğlu, 2004). Benzer bir yapı olan minareler için de aynı değeri seçilebilir.

$\bar{V}(z)$ ortalama saatlik tasarım rüzgâr hızı (m/s); z zemin seviyesinden herhangi bir yüksekliği (m) ve V_r referans tasarım rüzgâr hızını (m/s) göstermek üzere:

$$\bar{V}(z) = 0,9555 \cdot V_r \cdot \left(\frac{z}{10} \right)^{0,154} \quad (1.7)$$

şeklinde hesap edilmektedir (ACI 307, 1998; Aliyacıoğlu, 2004).

Boyuna Rüzgâr Etkileri: Bacalar için birim boya düşen yük [$w(z)$]: dalgalanma yükü [$w'(z)$] ve ortalama yükün [$\bar{w}(z)$] toplamı olmaktadır.

$$w(z) = w'(z) + \bar{w}(z) \quad (1.8)$$

Ortalama rüzgâr yükü [$\bar{w}(z)$]; $C_{dr}(z)$ şekil katsayısını, $d(z)$ z yüksekliğindeki dış çapı, $\bar{p}(z)$ z yüksekliğindeki ortalama saatlik tasarım rüzgâr hızından dolayı meydana gelen basıncı göstermek üzere:

$$\bar{w}(z) = 0,04787 \cdot C_{dr}(z) \cdot d(z) \cdot \bar{p}(z) \quad (1.9)$$

şeklinde hesaplanır. Şekil katsayısı [$C_{dr}(z)$]; h modellemede alınan yapı yüksekliğini, $d(h)$ modellemede alınan en üst noktanın dış çapını göstermek üzere:

$$z < h - 1,5d(h) \text{ ise } C_{dr}(z) = 0,65 \quad (1.10.a)$$

$$z \geq h - 1,5d(h) \text{ ise } C_{dr}(z) = 1 \quad (1.10.a)$$

şeklinde bulunur (ACI 307, 1998; Aliyacıoğlu, 2004).

z yüksekliğindeki ortalama saatlik tasarım rüzgâr hızından dolayı meydana gelen basınç [$\bar{p}(z)$] (kN/m^2);

$$\bar{p}(z) = 0,0013 \cdot [\bar{V}(z)]^2 \quad (1.11)$$

şeklinde hesap edilir (ACI 307, 1998; Aliyacıoğlu, 2004).

Dalgalanma yükü [$w'(z)$]; G_w boyuna rüzgâr etkilerinden dolayı dalgalanma yükü ani rüzgâr katsayısını, $M_w(b)$ ortalama rüzgâr yükünden dolayı tabandaki eğilme momentini göstermek üzere:

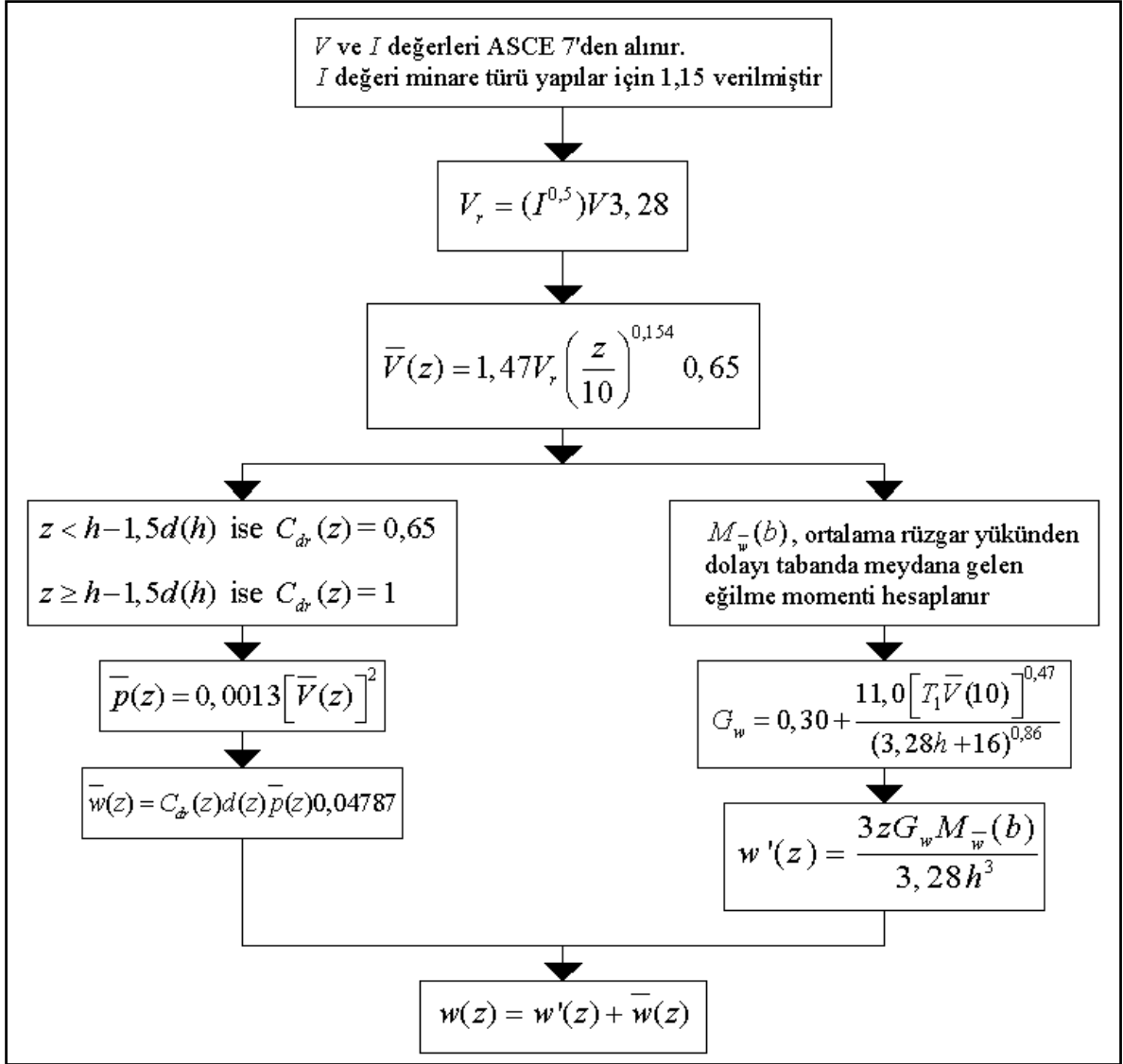
$$w'(z) = \frac{3 \cdot z \cdot G_w \cdot M_w(b)}{3,28 \cdot h^3} \quad (1.12)$$

şeklinde hesaplanır. Boyuna rüzgâr etkilerinden dolayı dalgalanma yükü ani rüzgâr katsayısı (G_w); T_1 minarenin doğal titreşim periyodunu, $\bar{V}(10)$ 10 m yükseklikteki ortalama saatlik tasarım rüzgâr hızını göstermek üzere:

$$G_w = 0,30 + \frac{11,0 [T_1 \bar{V}(10)]^{0,47}}{(3,28h + 16)^{0,86}} \quad (1.13)$$

formülünden hesaplanır. Bu bağıntıdaki yapının doğal titreşim periyodu (T_1) modal analiz sonucu bulunmaktadır (ACI 307, 1998; Aliyacıoğlu, 2004).

Boyuna rüzgâr yükünün yukarıdaki formüllere göre hesabı şematik olarak Şekil 1.12'de gösterilmiştir.



Şekil 1.12. ACI 307/98'e göre boyuna rüzgar yükü hesabının şematik gösterimi

Çevresel Eğilme İçin Rüzgâr Yüklerinin Belirlenmesi: Maksimum çevresel eğilme: $r(z)$ z yüksekliğindeki ortalama yarıçapı (m), $pr(z)$ z yüksekliğindeki radyal rüzgâr basıncını göstermek üzere:

$$M_i(z) = 0,0014 \cdot pr(z) \cdot [r(z)^2] \quad (\text{İçteki Moment (kNm/m)}) \quad (1.13)$$

$$M_o(z) = 0,0012 \cdot pr(z) \cdot [r(z)^2] \quad (\text{Dıştaki Moment (kNm/m)}) \quad (1.15)$$

şeklinde hesaplanır. z yüksekliğindeki radyal rüzgar basıncı $[pr(z)]$: $\bar{V}(z)$ z yüksekliğindeki ortalama saatlik tasarım rüzgâr hızını (m/s), $G_r(z)$ z yüksekliğindeki radyal rüzgâr basıncı için ani rüzgâr katsayısını göstermek üzere:

$$pr(z) = 0,0013 \cdot [\bar{V}(z)]^2 \cdot G_r(z) \quad (1.16)$$

denklemleriyle hesap edilir. z yüksekliğindeki radyal rüzgar basıncı için ani rüzgar katsayısı $[G_r(z)]$:

$$G_r(z) = 4,0 - 0,8 \log_{10}(3,28z) \quad , \quad z \leq 1 \quad \text{ise} \quad G_r(z) = 4,0 \quad (1.17)$$

denklemleriyle belirlenir (ACI 307, 1998; Aliyacıoğlu, 2004).

1.5.2.2. Rüzgâr Yüklerinin TS-498'e Göre Hesabı

TS-498'deki rüzgâr yükü hesabı genel olarak geçerli olmakla beraber kendi özel şartname veya standardı olan yapılar için yeterli olmayabilir (TS 498, 1997). TS 498 (1997)'e göre rüzgâr doğrultusu genellikle yatay kabul edilmektedir.

Rüzgâr Yükü Hesap Değeri (W): Rüzgâr yükü hesabı yapının geometrisine bağlıdır. Basınç, emme ve sürtünme etkileri birleştirilerek hesaba alınır. Bir yapının bütününde rüzgâr yükü bileşkesinin büyüklüğü kN olarak: C_f aerodinamik yük katsayısını, q emme (hız basıncını) (kN/m^2), A etkilenen yüzey alanını (m^2) göstermek üzere:

$$W = C_f \cdot q \cdot A \quad (1.18)$$

formülü ile belirlenir (TS 498, 1997).

Aerodinamik yük katsayısı (C_f): Yük katsayısının (C_f) belirlenmesi, yapı geometrisine ve rüzgârın esiş yönüne bağlıdır. Bu katsayı rüzgâr kanalı deneyinden elde edilir (TS 498, 1997).

Emme (Hız basıncı) (q):

$$q = \frac{\rho_a \cdot V^2}{2g} \quad (1.19)$$

Bu bağıntıda çok yaklaşık olarak hava birim hacim ağırlığını $\rho_a = 1,25 \text{ kg/m}^3$ alırsak hız (V) de m/sn cinsinden yerine konursa q 'nun kN/m^2 olarak değeri:

$$q = \frac{V^2}{1600} \quad (1.20)$$

şeklinde bulunur. TS-498'de zeminden yüksekliğe göre rüzgar hızı ve emme değerleri Tablo 1.2'de görüldüğü gibi verilmiştir.

Tablo 1.2. Yüksekliğe bağlı olarak rüzgâr hızı ve emme (TS 498, 1997).

Zeminden Yükseklik (m)	Rüzgâr Hızı (V) (m/s)	Emme (q) (kN/m^2)
0–8	28	0,5
9–20	36	0,8
21–100	42	1,1
>100	46	1,3

Tablo 1.2'de verilen emme (q) değerlerine ve C katsayısına göre düz ve eğimli yüzeylerdeki birim alana gelen rüzgar yükü Tablo 1.3'de verilmiştir.

Tablo 1.3. Kule tipi yapılarda C katsayısı ve rüzgâr yükünün yapının etkilenen yüzeyinin birim alanına göre dağılımı (Basınç+Emme) (TS 498, 1997).

Yüzey–Rüzgâr Yönü İlişkisi	Katsayı C	Rüzgâr Yükü ($W = C \cdot q$)			
		$q = 0,50$ kN/m ²	$q = 0,80$ kN/m ²	$q = 1,10$ kN/m ²	$q = 1,30$ kN/m ²
Dik	1,6	0,80	1,28	1,76	2,08
Rüzgâr Yönüne α açısı eğimli yüzey	$1,6 \sin \alpha$	$0,80 \sin \alpha$	$1,26 \sin \alpha$	$1,32 \sin \alpha$	$1,56 \sin \alpha$

1.5.3. DBYBHY'e Göre Deprem Yüklerinin Hesaplanması

Elastik deprem yüklerinin tanımlanması: Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, (1.21) denklemi ile verilmiştir. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatı olan Elastik Spektral İvme, $S_{ae}(T)$, Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi g 'nin çarpımına karşılık gelmektedir (DBYBHY, 2007).

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (1.21)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) \cdot g \quad (1.22)$$

Etkin yer ivme katsayısı: (1.21) denkleminde yer alan Etkin Yer İvme Katsayısı, A_0 , Tablo 1.4'de tanımlanmıştır.

Tablo1.4. Etkin yer ivme katsayısı (A_0) (DBYBHY, 2007).

Deprem Bölgesi	A_0
1	0,40
2	0,30
3	0,20
4	0,10

Bina önem katsayısı: Bina Önem Katsayısı, I , Tablo 1.5’de tanımlanmıştır.

Tablo 1.5. Bina önem katsayısı (I) (DBYBHY, 2007).

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
<p><u>1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</u> a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar</p>	1,5
<p><u>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</u> a) Okullar, diğer eğitim ve bina tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vd. b) Müzeler</p>	1,4
<p><u>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u> Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vd.</p>	1,2
<p><u>4. Diğer binalar</u> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vd.)</p>	1,0

DBYBHY, bina türü olmayan yapılar için de bina önem katsayısının gerekli olduğu durumlarda kullanılabilceği bildirilmiştir. Yukarıdaki çizelgeden de anlaşılacağı gibi tehlike arz eden ve topluma hitap eden yapıların bina önem katsayıları yüksek tutulmuştur. Minarelerin insanların belirli aralıklarla yoğun olarak bulunduğu cami ana kitlesine bitişik yada hemen yanında olması ve diğer taraftan bunların insanların yoğun olarak yaşadığı merkezi yerlerde inşa edilmeleri dikkate alınarak bina önem katsayısı 1’den büyük alınabilir.

Spektrum Katsayısı: (1.21) denkleminde yer alan Spektrum Katsayısı, $S(T)$, yerel zemin koşullarına, bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak (1.23) denklemi ile hesaplanır.

$$S(T) = 1 + 1,5 \cdot \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (1.23.a)$$

$$S(T) = 2,5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (1.23.b)$$

$$S(T) = 2,5 \cdot \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0,8} \quad (T_B < T) \quad (1.23.c)$$

Spektrum Karakteristik Periyotları T_A ve T_B , aşağıdaki Tablo 1.6, 1.7 ve 1.8 yardımıyla belirlenebilir.

Tablo 1.6. Spektrum karakteristik periyotları (T_A, T_B) (DBYBHY, 2007).

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0,10	0,30
Z2	0,15	0,40
Z3	0,15	0,60
Z4	0,20	0,90

Tablo 1.7. Zemin grupları (DBYBHY, 2007).

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stand. Penetr. (N/30)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Dayanımı (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/sn)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış kayalar, sert çimentolu tortul kayalar...	---	---	>1000	>1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl...	>50	85-100	---	>700
	3. Sert kil ve siltli kil...	<32	---	>400	>700
(B)	1. Tüf aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar...	---	---	500-1000	700-1000
	2. Sıkı kum, çakıl...	30-50	65-85	---	400-700
	3. Çok katı kil ve siltli kil...	16-32	---	200-400	300-700
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar...	---	---	<500	400-700
	2. Orta sıkı kum, çakıl...	10-30	35-65	---	200-400
	3. Katı kil ve siltli kil...	8-16	---	100-200	200-300
(D)	1. Yer altı su seviyesini yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları...	---	---	---	<200
	2. Gevşek kum...	<10	<35	---	<200
	3. Yumuşak kil, siltli kil...	<8	---	<100	<200

Tablo 1.8. Yerel zemin sınıfları (DBYBHY, 2007).

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_I)
Z1	(A) grubu zeminler $h_I \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_I > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_I \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 < h_I \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_I \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_I > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_I > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Elastik deprem yüklerinin azaltılması: Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak üzere, spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'na bölünür. Bina türünde olmayan yapılar için taşıyıcı sistem davranış katsayısı ayrıca bir tabloda verilmiştir (Tablo 1.9).

Tablo 1.9. Bina türü olmayan yapılar için taşıyıcı sistem davranış katsayısı (DBYBHY, 2007).

YAPI TÜRÜ	R
Süneklik düzeyi yüksek çerçeveler veya dış merkezlik çaprazlı çelik perdeler tarafından taşınan yükseltilmiş sıvı tankları, basınçlı tanklar, bunkerler, hazneler	4
Süneklik düzeyi normal çerçeveler veya merkezi çaprazlı çelik perdeler tarafından taşınan yükseltilmiş sıvı tankları, basınçlı tanklar, bunkerler, hazneler	2
Kütlesi yüksekliği boyunca yayılı, yerinde dökülmüş betonarme silo, endüstri bacaları ve benzeri taşıyıcı sistemler	3
Betonarme soğutma kuleleri	3
Kütlesi yüksekliği boyunca yayılı uzay kafes kirişli çelik kuleler, çelik silo ve endüstri bacaları	4
Gergili yüksek çelik direk ve gergili çelik bacalar	2
Kütlesi tepede yığılı, bağımsız tek bir düşey taşıyıcı eleman tarafından taşınan ters sarkaç türü yapılar	2
Endüstri tipi çelik depolama ve istif rafları	4

Deprem yükü azaltma katsayısı $[R_a(T)]$, taşıyıcı sistem davranış katsayısına (R) ve titreşim periyoduna (T) bağlı olarak (1.24) denklemleriyle hesaplanır (DBYBHY, 2007).

$$R_a(T) = 1,5 + (R - 1,5) \cdot \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (1.24.a)$$

$$R_a(T) = R \quad (T_A < T) \quad (1.24.b)$$

Mod Birleştirme Yöntemi: Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yerdeğıştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir (DBYBHY, 2007).

İvme spektrumu: Herhangi bir n 'inci titreşim modunda göz önüne alınacak azaltılmış ivme spektrumu ordinatı (1.25) denklemi ile belirlenir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (1.25)$$

Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı: Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y , göz önüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenmektedir (DBYBHY, 2007):

$$\sum_{r=1}^Y M_{xn} = \sum_{r=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0,90 \cdot \sum_{i=1}^N m_i \quad (1.26.a)$$

$$\sum_{r=1}^Y M_{yn} = \sum_{r=1}^Y \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0,90 \cdot \sum_{i=1}^N m_i \quad (1.26.b)$$

Mod katkılarının birleştirilmesi: Binaya etkileyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri ve yerdeğıştirme gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir:

1) T_n ve T_m sırasıyla n . ve m . modlardaki periyotlar olmak üzere; $T_m < T_n$ ve göz önüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait periyotların daima $\frac{T_m}{T_n} < 0,80$ koşulunu

sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı (SRSS) uygulanabilir.

2) Yukarıda belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayıları'nın hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınır (DBYBHY, 2007).

1.6. Minare Gövdésinin Taşıma Gücüne Göre Tasarımı

Daha önce de belirtildiği gibi minarelerin gövdeleri ve kaide kısımları farklı geometrik özelliklerde olabilmektedir. Ancak gövdeler için genel olarak daire yada daireye yakın çokgen kesitlerin kullanıldığı söylenebilir. Daire kesitli gövdelerde kesit ya tam halka kesit olmakta, ya da kapı boşlukları nedeniyle bu halkanın bir bölümü kesilmiş kesit olmaktadır. Aşağıda bu tür kesitlerin taşıma kapasitelerinin hesabına ilişkin ACI 307 de verilen hesaplama şekli sunulmaktadır.

1.6.1. ACI 307/98 Yönetmeliğine Göre Kesilmiş Halka Kesitlerin Taşıma Gücü Hesabı

Taşıma Gücü Dayanımının Belirlenmesi: Bir yapı elemanının taşıma gücü dayanımı 1'den küçük olan dayanım azaltma katsayısı (ϕ) ile itibari moment (M_n) değerlerinin çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. ACI 307'de bu dayanım azaltma katsayısı değerleri düşey dayanım için 0,70, çevresel dayanım için 0,90 olarak verilmiştir. Denklemlerde kullanılan M_u ; kesit için gerekli olan artırılmış moment değeri olup, yapısal çözümler sonunda bulunan tasarım momenti değeridir. Buna göre; düşey dayanım için:

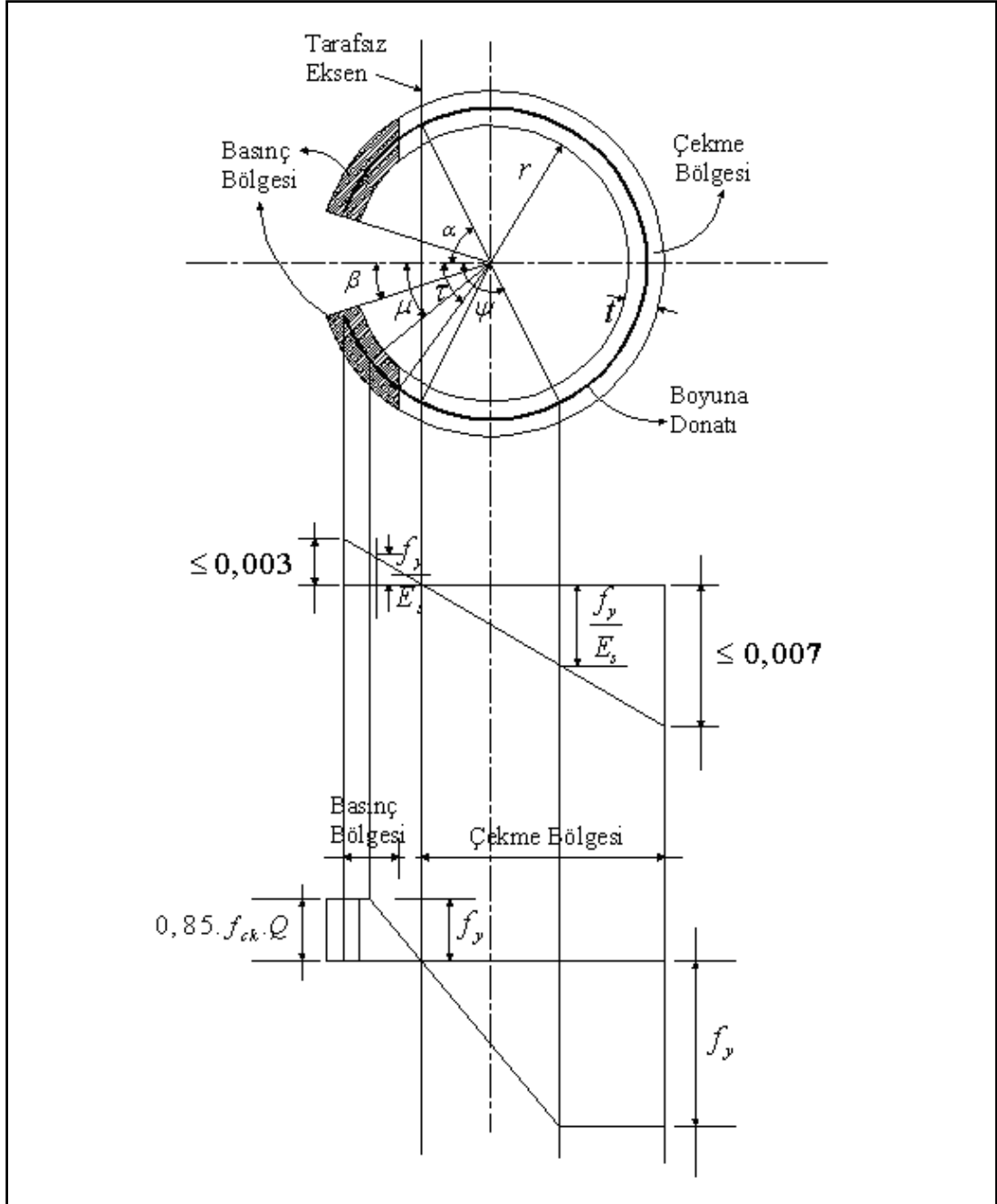
$$\phi M_n \geq M_u \rightarrow 0,70 M_n \geq M_u \quad (1.27)$$

ve çevresel dayanım için:

$$\phi M_n \geq M_u \rightarrow 0,90 M_n \geq M_u \quad (1.28)$$

şeklinde olur (ACI 307, 1998; Aliyacıoğlu, 2004).

Dairesel Halka Kesitli Gövdelerin İtibari (anma) Moment (M_n) Hesabı: Minareler genellikle tek açıklığa (kapı boşluğu) sahip yapılardır. Bu yapıların itibari moment (M_n) değerinin hesaplanmasında Şekil 1.13'den ve aşağıdaki denklemlerden yararlanılmaktadır.



Şekil 1.13. ACI-307'ye göre bir açıklıklı halka kesitte gerilme ve şekil değiştirmeler (ACI 307, 1998).

Aşağıda verilen formüllerde; R , K , K_1 , K_2 , K_3 , Q_1 ve Q_2 nominal moment dayanım parametrelerini, Q gerilme yüzeyi düzeltme parametresini, N_u artırılmış düşey yükü, M_u artırılmış momenti, r kesitin ortalama yarıçapını, t kesitin kalınlığını, f_{ck} betonun karakteristik basınç dayanımını, f_{yk} donatının karakteristik akma dayanımını, E_s donatının elastisite modülünü, ε_{cu} betonun maksimum ezilme şekil değiştirmesini, K_e değeri $\frac{E_s}{f_{yk}}$ oranını, w_t değeri $\frac{\rho_t \cdot f_{yk}}{f_{ck}}$ oranını, α tarafsız eksenle çevrili merkez açısının yarısını, β açıklık açısının yarısını, β_1 ACI 318 de belirtilen katsayıyı, n_1 basınç bölgesindeki açıklık sayısını (bu değer minareler için genellikle biri geçmez), τ, ψ, μ Şekil 1.13'de gösterilen açıları ve ρ_t düşey donatı oranını göstermek üzere:

$$\frac{N_u}{r \cdot t \cdot f_{ck}} = K_1 = 1,7 \cdot Q \cdot \lambda + 2 \cdot \varepsilon_{cu} \cdot K_e \cdot w_t \cdot Q_1 + 2 \cdot w_t \cdot \lambda_1 \quad (1.29)$$

$$\varepsilon_{cu} = 0,07 \cdot \left(\frac{1 - \cos \alpha}{1 + \cos \alpha} \right) \leq 0,003 \quad (1.30)$$

$$\cos \psi = \cos \alpha - \left(\frac{1 - \cos \alpha}{\varepsilon_{cu}} \right) \cdot \left(\frac{f_{yk}}{E_s} \right) \geq -1,0 \quad (1.31)$$

$$\cos \mu = \cos \alpha + \left(\frac{1 - \cos \alpha}{\varepsilon_{cu}} \right) \cdot \left(\frac{f_{yk}}{E_s} \right) \leq 1,0 \quad (1.32)$$

$$f_{ck} \leq 27500 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \beta_1 = 0,85 \quad (1.33.a)$$

$$f_{ck} > 27500 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,05 \cdot \frac{(f_{ck} - 27500)}{6875} \geq 0,65 \quad (1.33.b)$$

$$\cos \tau = 1 - \beta_1 \cdot (1 - \cos \alpha) \quad (1.34)$$

$$\lambda = \tau - n_1 \cdot \beta \text{ (radyan)} \quad (1.35)$$

$$\lambda_1 = \mu + \psi - \pi \text{ (radyan)} \quad (1.36)$$

$$Q_1 = \frac{\sin \psi - \sin \mu - (\psi - \mu) \cdot \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} \quad (1.37)$$

$\alpha \leq 5$ derece için:

$$Q = (-0,523 + 0,181 \cdot \alpha - 0,0154 \cdot \alpha^2) + (41,3 - 13,2 \cdot \alpha + 1,32 \cdot \alpha^2) \cdot \left(\frac{t}{r}\right) \quad (1.38.a)$$

$5 < \alpha \leq 10$ derece için:

$$Q = (-0,154 + 0,01773 \cdot \alpha - 0,00249 \cdot \alpha^2) + (16,42 - 1,98 \cdot \alpha + 0,0674 \cdot \alpha^2) \cdot \left(\frac{t}{r}\right) \quad (1.38.b)$$

$10 < \alpha \leq 17$ derece için:

$$Q = (-0,488 + 0,076 \cdot \alpha) + (9,758 - 0,64 \cdot \alpha) \cdot \left(\frac{t}{r}\right) \quad (1.38.c)$$

$17 < \alpha \leq 25$ derece için:

$$Q = (-1,345 + 0,2018 \cdot \alpha - 0,004434 \cdot \alpha^2) + (15,83 - 1,676 \cdot \alpha + 0,03994 \cdot \alpha^2) \cdot \left(\frac{t}{r}\right) \quad (1.38.d)$$

$25 < \alpha \leq 35$ derece için:

$$Q = (0,993 - 0,00258 \cdot \alpha) + (-3,27 + 0,0862 \cdot \alpha) \cdot \left(\frac{t}{r}\right) \quad (1.38.e)$$

$35 < \alpha$ derece için:

$$Q = 0,89 \quad (1.38.f)$$

$$\frac{M_n}{N_u \cdot r} = K_3 = \cos \alpha + \frac{K_2}{K_1} \rightarrow M_n = N_u \cdot r \cdot K_3 \quad (1.39)$$

$$K_2 = 1,7 \cdot Q \cdot R + \varepsilon_{cu} \cdot K_e \cdot w_t \cdot Q_2 + 2 \cdot w_t \cdot K \quad (1.40)$$

$$K = \sin \psi + \sin \mu + (\pi - \psi - \mu) \cdot \cos \alpha \quad (1.41)$$

$$R = \sin \tau - (\tau - n_1 \cdot \beta) \cdot \cos \alpha - \left(\frac{n_1}{2} \right) [\sin \beta - \sin(-\beta)] \quad (1.42)$$

$$Q_2 = \frac{[(\psi - \mu) \cdot (1 + 2 \cdot \cos^2 \alpha) + 0,5 \cdot (4 \cdot \sin(2 \cdot \alpha) + \sin(2 \cdot \psi) - \sin(2 \cdot \mu)) - 4 \cdot \cos \alpha \cdot (\sin \alpha + \sin \psi - \sin \mu)]}{(1 - \cos \alpha)}$$

(1.43)

denklemleri yazılır (ACI 307, 1998).

Herhangi bir boşluk yoksa $n_1 = \beta = 0$; basınç bölgesinde bir boşluk varsa $n_1 = 1$ alınır.

Betonun çekme dayanımı ihmal edildiği sürece çekme bölgesindeki açıklıklar (kapı vs. boşlukları) ihmal edilir ve açıklıkta kesilen donatı çubukları boşluk kenarlarına yerleştirilir.

Sadece basınç bölgesindeki çubuk kuvvetleri hesabında, çubuklar açıklığın kenarlarına yerleştirilirse basınç bölgesindeki açıklıklar ihmal edilir.

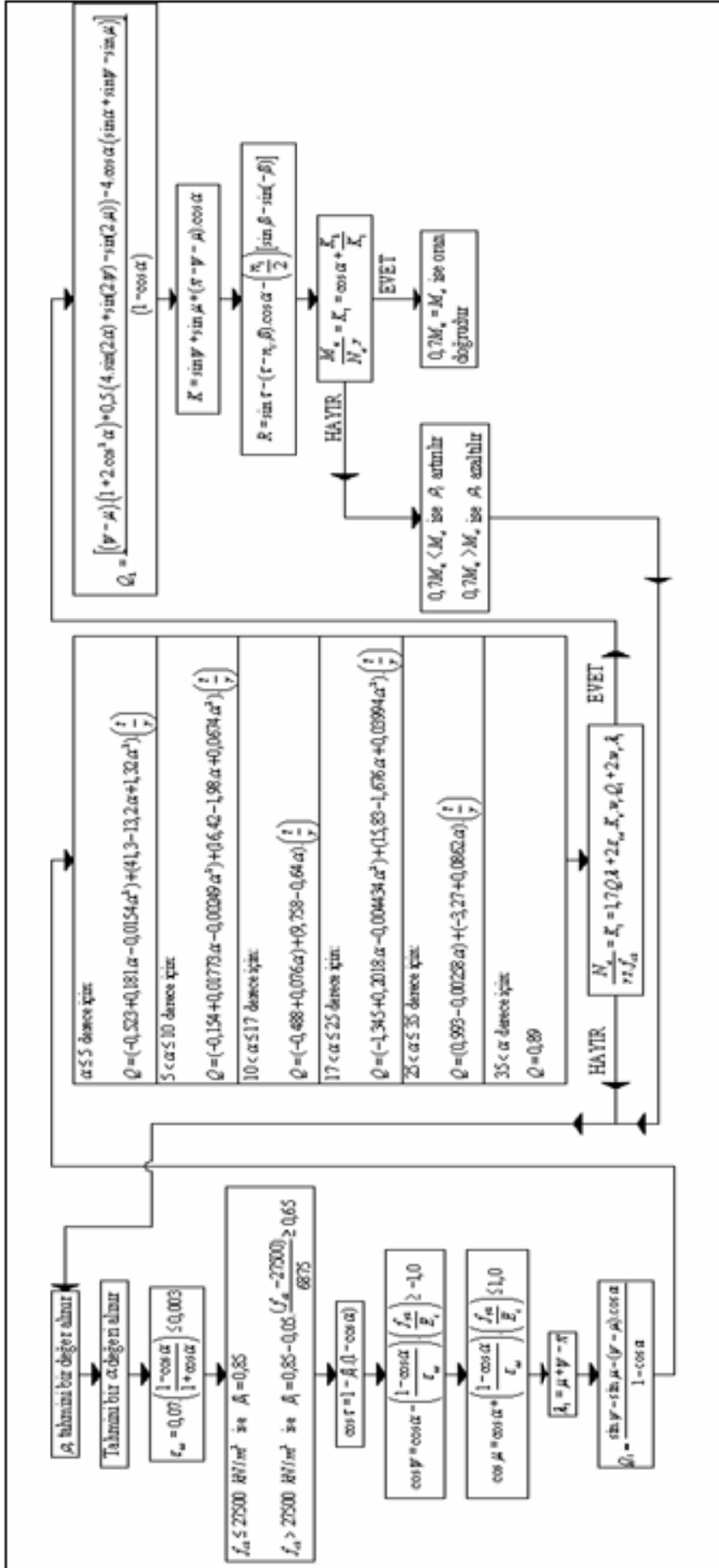
Boşluk açısının yarısı olan β açısı 30 dereceyi aşmamalıdır (ACI 307, 1998; Aliyacıoğlu, 2004).

Dairesel halka kesitler için hesap adımlarının oluşturulması: Hesapta r , t , f_{ck} , β , N_u , M_u ve n bilinmektedir. Buna göre hesap sırası aşağıdaki gibi olur.

1. Donatı oranı ρ_t için bir değer tahmini yapılır.
2. Deneme yanılma yöntemiyle α açısı (1.29) denkleminde bulunur.
3. Bulunan α açısı denklem (1.39)'da yerine konularak M_n bulunur.
4. Eğer $0,7M_n < M_u$ ise ρ_t artırılır, $0,7M_n > M_u$ ise ρ_t azaltılır.
5. Dördüncü adımda $0,7M_n = M_u$ olana kadar ikinci adım tekrarlanır (ACI 307,

1998; Aliyacıoğlu, 2004).

ACI 307/98'e göre halka kesitlerin boyuna donatı hesabının akış şeması olarak gösterilmiş hali Şekil 1.14'te verilmektedir.



Şekil 1.14. ACI307/98'e göre halka kesitlerin boyuna donatı hesabının akış şeması

Çevresel Dayanım için Tasarım: ACI 307/98 yönetmeliğinde bacaların çevresel dayanımı sıcaklık ve rüzgâr yüklerine karşı güçlendirilmektedir. Minare gibi yapılarda bacalarda olduğu gibi sıcaklık farkından doğan gerilmeler olmadığı için çevresel dayanım sadece rüzgâr kuvvetlerine karşı yapılır. Sıcaklık kuvvetleri olmadığı için çevresel dayanım (U_c):

$$U_c = 1,3 \cdot W \quad (1.44)$$

Bu formülde W rüzgâr yükünü göstermektedir.

2.YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR ve İRDELEMELER

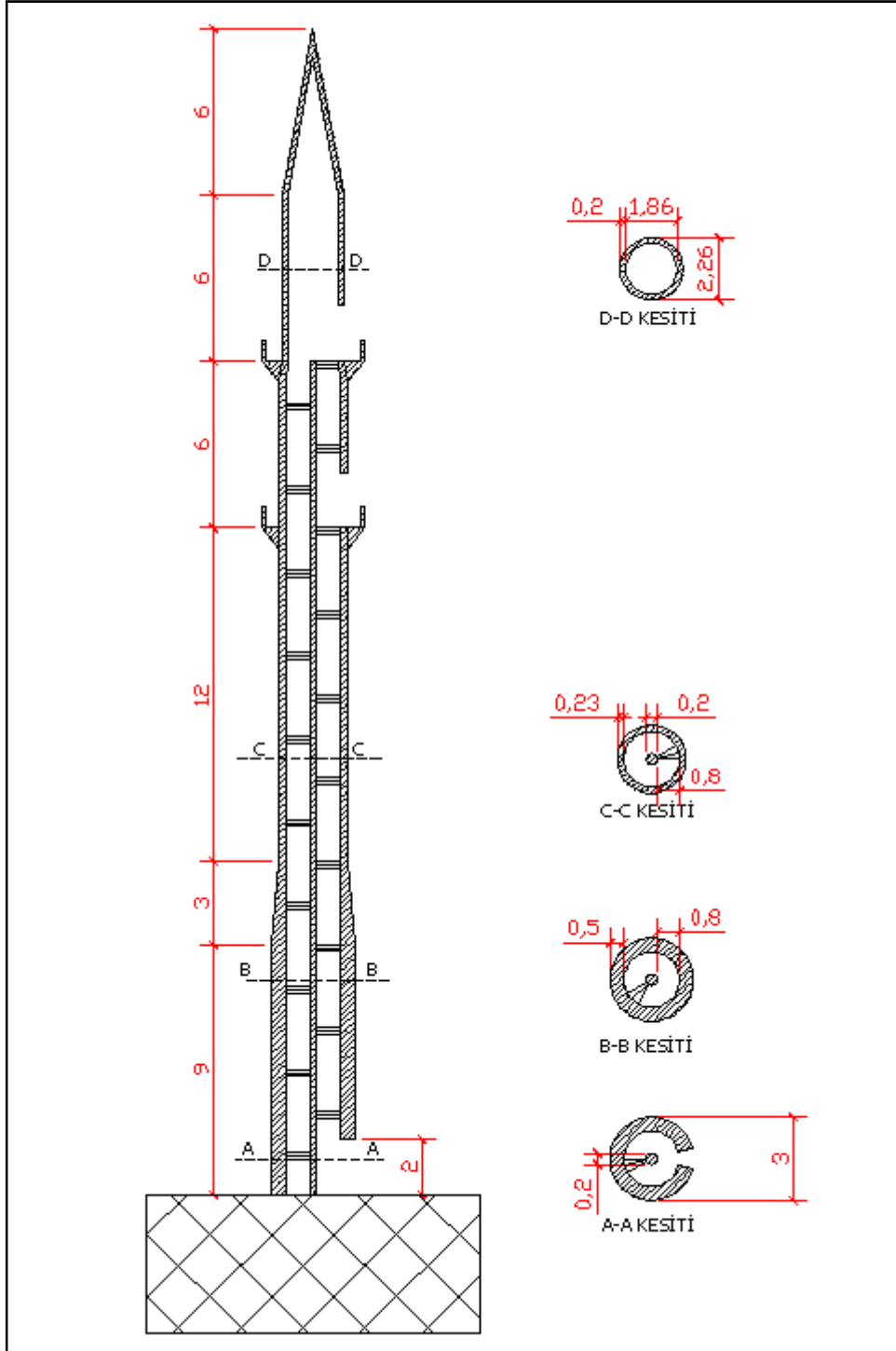
Minare tipi yapıların çok katlı yapılardan farklı olarak kütleleri ve rijitlikleri yükseklik boyunca yayılıdır. Bu tür sistemlerin dinamik davranışları, doğal titreşim frekanslarına ve modlarına bağlı olarak modal analiz yöntemi ile belirlenebilir (Chopra, 1995). Bunun için ilk olarak sistemin özelliklerini yeterli hassasiyette yansıtabilecek uygun bir taşıyıcı sistem modellemesi yapılmalıdır (Nuhoğlu ve Şahin, 2005).

Ülkemizde doğrudan minareler ile ilgili bir standart bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu yapılar için diğer ülkelerin yönetmeliklerine başvurmak yararlı olacaktır. Bu bağlamda bu çalışma kapsamında ACI 307 (1998) seçilmiştir. Bunun yanında genel olarak tüm yapıları içeren ülkemiz yönetmelik ve standartlarının koşulları da dikkate alınmıştır.

Yapının modellenmesinde sonlu elemanlar yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemle analizler SAP 2000 (2006) yapısal analiz programı yardımıyla gerçekleştirilmektedir.

2.1. Minarenin Yapısal Özellikleri

Çalışma için 42 m yüksekliğinde betonarme bir minare seçilmiştir. Bu minarenin boyutlarının belirlenmesinde uygulamada kullanılan mevcut betonarme minarelerin boyutlarından yararlanılmıştır. Minarenin kesit özellikleri ve boyutları Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Minarenin kesit özellikleri (ölçüler m cinsindedir)

Minarenin kaide kısmı daire olarak tasarlanmıştır ve 9 m yüksekliğindedir. Düz bir silindir olarak tasarlanan kaidenin cidar kalınlığı 0,5 m ve dış çapı 3 m olarak alınmıştır. Geçiş elemanı kısmında ise 0,5 m cidar kalınlığındaki kaideden 0,23 m cidar kalınlığındaki gövde kısmına geçilmiştir. Cidar kalınlığı gövde kısmında 0,23 m, petek kısmında ise 0,2

m olarak dikkate alınmıştır. Minarede bulunan kapı boşlukları 2 m yüksekliğindedir ve bunlar şerefe hizalarında ve zemin seviyesinde bulunmaktadır. Minaredeki şerefelere ulaşımı sağlayan merdivenler ise her 3 m de bir tur dönecek şekildedir ve riht yüksekliği 0,125 m'dir. Minare basamaklarının etrafında döndüğü çekirdek kısım 0,2 m çapında ve sabit boyutlu dairesel bir eleman olarak düşünülmüştür.

Üzerinde çalışma yapılan minarede hesapların yapıldığı kesitlerindeki geometrik özellikler Tablo 2.1 de verilmiştir.

Tablo 2.1. Hesap Yapılan Kesitlerin Geometrik Özellikleri

Kesit No	Kot (m)	Dış Çap (m)	İç Çap (m)	Kalınlık (m)
0 (kapı)	0,00	3,00	2,00	0,50
1	3,00	3,00	2,00	0,50
2	6,00	3,00	2,00	0,50
3	9,00	3,00	2,00	0,50
4	12,00	2,46	2,00	0,23
5	15,00	2,46	2,00	0,23
6	18,00	2,46	2,00	0,23
7	21,00	2,46	2,00	0,23
8 (kapı+şerefe)	24,00	2,46	2,00	0,23
9	27,00	2,46	2,00	0,23
10 (kapı+şerefe)	30,00	2,06	1,66	0,20
11	33,00	2,06	1,66	0,20
12	36,00	2,06	1,66	0,20
13	39,00	2,06	1,66	0,20

Minare için dikkate alınan beton C25, donatı ise S420'dir. Deprem analizleri minarenin 2. ve 4. derece deprem bölgelerinde olduğu ve zemin sınıfının Z2 olduğu durumları için gerçekleştirilmiştir.

Minarenin sonlu elemanlar yöntemine göre modellenmesinde katı elemanlar kullanılmıştır. Minarenin kaidesi, gövdesi, külahı ve şerefeleri 0,125 m yüksekliğindeki ve minarenin etrafını bir dönüş için 24 adet kullanılmış sonlu elemanlardan modellenmiştir. Bu yöntem basamakların etrafında döndüğü çekirdek elemanı için de kullanılmıştır. Minare için 5 m yarıçapında bir temel dikkate alınmıştır.

2.2. Rüzgâr Yüklerinin Hesabı

Minareye rüzgâr yüklemesi, kapı boşluklarının olduğu ve diğer eksenine göre daha zayıf olan eksenden yapılmıştır.

Rüzgâr yüklerinin hesabında kolaylık olması amacıyla minare gövdesindeki şerefeler olduğu gibi alınmamıştır. Bunun yerine rüzgârın etkidiği alanın hesabında minare gövde kalınlığı $1,23 \cdot 2 = 2,46$ m yerine 2,76 m alınmıştır. Bu kalınlık son petek kısmı için de, hem emniyetli tarafta kalmak hem de hesaplarda kolaylık için aynı alınmıştır.

2.2.1. ACI 307/98'e Göre Yapısal Çözümlemede Kullanılacak Rüzgâr Yüklerinin Belirlenmesi

ACI 307/98'e göre rüzgâr yükü hesabında I rüzgâr yükü önem katsayısını, V temel rüzgâr hızını göstermek üzere, hesaplarda kullanılacak V_R referans tasarım rüzgâr hızı;

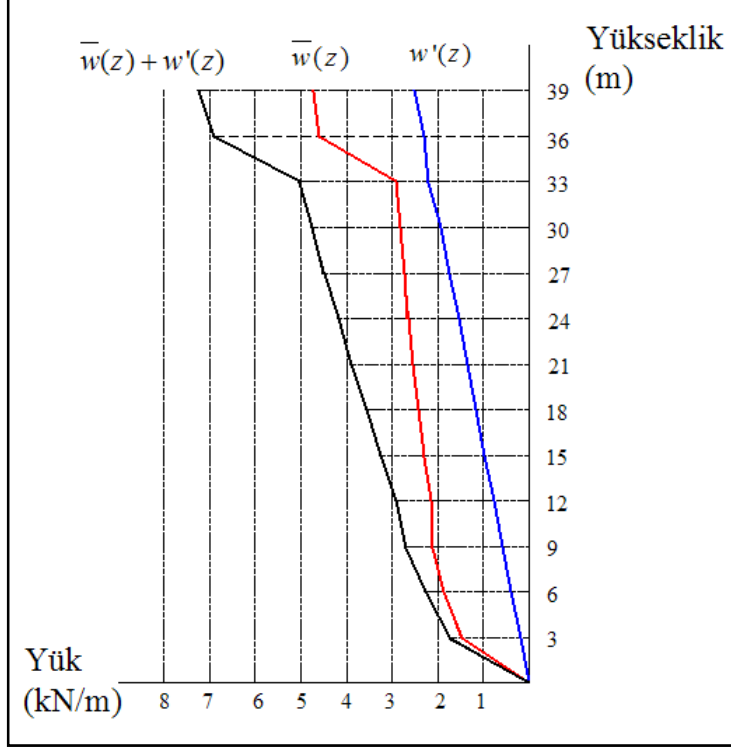
$$V_R = I^{0,5} \cdot V \cdot 3,28 = 1,15^{0,5} \cdot 40 \cdot 3,28 = 140,70 \text{ m/s}$$

olarak bulunmuştur. Rüzgâr yüklemesi için elde edilen diğer değerler Tablo 2.2'de verilmektedir. Bu çizelgede $d(z)$ kesitin metre cinsinden dış çapını, V ASCE 7'den alınan m/s cinsinden temel rüzgâr hızını, I ASCE 7'den alınan yapı önem katsayısını, V_r referans tasarım rüzgâr hızını, $\bar{V}(z)$ ortalama saatlik tasarım rüzgâr hızını (m/s), $\bar{p}(z)$ z yüksekliğindeki ortalama saatlik tasarım rüzgâr hızından dolayı meydana gelen basıncı (kN/m^2), $C_{dr}(z)$ şekil katsayısını, $\bar{w}(z)$ ortalama rüzgâr yükünü (kN/m), T_1 minarenin doğal periyodunu (s), G_w boyuna rüzgâr etkilerinden dolayı dalgalanma yükü ani rüzgâr katsayısını, $M_w(b)$ ortalama rüzgâr yükünden dolayı tabandaki eğilme momentini, h minarenin boyunu (m) ve $w'(z)$ dalgalanma yükünü (kN/m) göstermektedir.

Tablo 2.2. ACI 307/98'e göre rüzgâr yükü hesabı [$\bar{w}(z) + w'(z)$]

Kesit No	Kot (m)	$d(z)$ (m)	V (m/s)	I	V_R (m/s)	$\bar{V}(z)$ (m/s)	$\bar{p}(z)$ (kN/m ²)	$C_d(z)$	$\bar{w}(z)$ (kN/m)	T_1 (s)	$\bar{V}(10)$ (m/s)	G_w	$M_{\bar{w}}(b)$ (kNm)	h (m)	$w'(z)$ (kN/m)	$\bar{w}(z) + w'(z)$ (kN/m)
0	0,00	3,00	40	1,15	140,70	0,00	0,00	0,65	0,00	0,72	134,44	1,61	2579,82	39,00	0,00	0,00
1	3,00	3,00	40	1,15	140,70	111,68	16,22	0,65	1,51	0,72	134,44	1,61	2579,82	39,00	0,19	1,71
2	6,00	3,00	40	1,15	140,70	124,26	20,07	0,65	1,87	0,72	134,44	1,61	2579,82	39,00	0,39	2,26
3	9,00	3,00	40	1,15	140,70	132,27	22,74	0,65	2,12	0,72	134,44	1,61	2579,82	39,00	0,58	2,70
4	12,00	2,76	40	1,15	140,70	138,26	24,85	0,65	2,13	0,72	134,44	1,61	2579,82	39,00	0,77	2,90
5	15,00	2,76	40	1,15	140,70	143,10	26,62	0,65	2,29	0,72	134,44	1,61	2579,82	39,00	0,96	3,25
6	18,00	2,76	40	1,15	140,70	147,17	28,16	0,65	2,42	0,72	134,44	1,61	2579,82	39,00	1,16	3,57
7	21,00	2,76	40	1,15	140,70	150,71	29,53	0,65	2,54	0,72	134,44	1,61	2579,82	39,00	1,35	3,88
8	24,00	2,76	40	1,15	140,70	153,84	30,77	0,65	2,64	0,72	134,44	1,61	2579,82	39,00	1,54	4,18
9	27,00	2,76	40	1,15	140,70	156,65	31,90	0,65	2,74	0,72	134,44	1,61	2579,82	39,00	1,73	4,47
10	30,00	2,76	40	1,15	140,70	159,22	32,96	0,65	2,83	0,72	134,44	1,61	2579,82	39,00	1,93	4,76
11	33,00	2,76	40	1,15	140,70	161,57	33,94	0,65	2,91	0,72	134,44	1,61	2579,82	39,00	2,12	5,03
12	36,00	2,76	40	1,15	140,70	163,75	34,86	1,00	4,61	0,72	134,44	1,61	2579,82	39,00	2,31	6,92
13	39,00	2,76	40	1,15	140,70	165,78	35,73	1,00	4,72	0,72	134,44	1,61	2579,82	39,00	2,50	7,23

Tablo 2.2'den elde edilen rüzgar yükleri değerlerinin Şekil 2.2'de minare yüksekliği boyunca dağılımı grafiksel olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.2. ACI 307/98'e göre rüzgar yükünün yükseklik boyunca dağılımı

Çevresel eğilme için rüzgar yüklerinin belirlenmesi Tablo 2.3'de gösterilmektedir. Bu çizelgede $G_r(z)$ z yüksekliğindeki radyal rüzgar basıncı için ani rüzgar katsayısını, $p_r(z)$ z yüksekliğindeki radyal rüzgar basıncını, $M_i(z)$ ve $M_o(z)$ sırasıyla içeki ve dıştaki momentleri (kNm) göstermektedir.

Tablo 2.3. ACI 307/98'e göre enine rüzgâr yükü hesabı

Kesit No	Kot (m)	$G_r(z)$	$pr(z)$	$M_i(z)$ (kNm/m)	$M_o(z)$ (kNm/m)
0	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00
1	3,00	3,62	58,67	40,92	15,76
2	6,00	3,38	67,80	47,29	18,22
3	9,00	3,24	73,62	51,35	19,78
4	12,00	3,14	77,95	46,02	17,73
5	15,00	3,06	81,43	48,08	18,52
6	18,00	3,00	84,35	49,80	19,18
7	21,00	2,94	86,87	51,29	19,76
8	24,00	2,90	89,09	52,60	20,26
9	27,00	2,85	91,08	53,77	20,71
10	30,00	2,82	92,88	54,83	21,12
11	33,00	2,79	94,52	55,80	21,50
12	36,00	2,75	96,03	56,70	21,84
13	39,00	2,73	97,44	57,52	22,16

2.2.2. TS 498/97'ye Göre Yapısal Çözümlemede Kullanılacak Rüzgâr Yüklerinin Belirlenmesi

TS 498'e göre rüzgâr yükü hesabında, yapı geometrisine ve rüzgârın esiş yönüne bağlı olan ve rüzgâr kanalı deneyi ile bulunan aerodinamik yük katsayısı (C_f) değeri 1 alınmıştır. Emniyetli tarafta kalmak için rüzgarın esiş yönüne bakan minare yüzeyinin tamamının rüzgâr yönüne dik olduğu varsayılmıştır ($\alpha = 90$). Bu kabullere göre TS 498'e göre rüzgâr yükü hesabı Tablo 2.4'de verilmiştir. Bu tabloda V TS 498'de verilen rüzgar hızını (m/s), q kN/m² cinsinden emmeyi (hız basıncını), C TS 498'de verilen ve yapı şekline bağlı olan bir katsayı, W rüzgar yükünü (kN) ve A rüzgardan etkilenen yüzey alanını (m²) göstermektedir.

Enine donatı hesabı için gerekli momentlerin hesabında ACI 307/98 yönetmeliğindeki bağıntılar kullanılmıştır. Elde edilen değerler Tablo 2.5'de verilmiştir.

Tablo 2.4. TS 498'e göre rüzgâr yükü hesabı

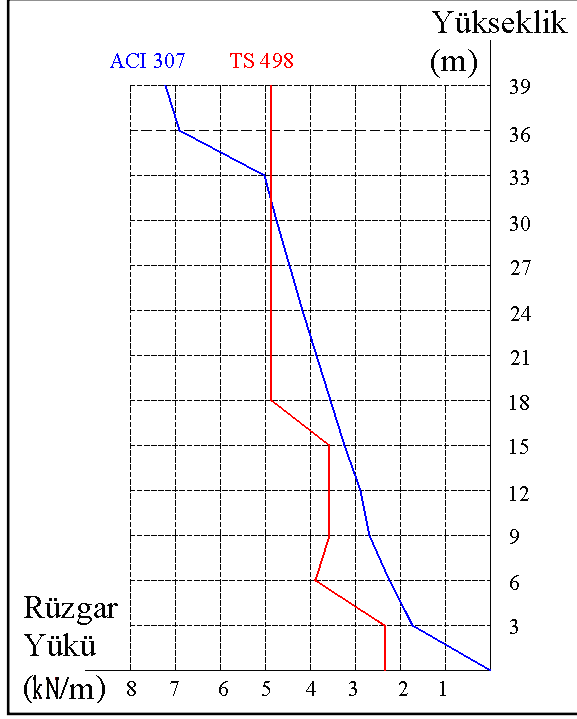
Kesit No	Kot (m)	Kesitin Dış Çapı (m)	Kesitin Boyu (m)	Hız (V) (m/s)	q (kN/m ²)	C	W (kN/m ²)	A (m ²)	WA (kN/m)
0	0,0	3,00	1,00	28,0	0,490	1,6	0,784	3,00	2,352
1	3,0	3,00	1,00	28,0	0,490	1,6	0,784	3,00	2,352
2	6,0	3,00	1,00	28,0	0,490	1,6	0,784	3,00	2,352
3	9,0	3,00	1,00	36,0	0,810	1,6	1,296	3,00	3,888
4	12,0	2,76	1,00	36,0	0,810	1,6	1,296	2,76	3,577
5	15,0	2,76	1,00	36,0	0,810	1,6	1,296	2,76	3,577
6	18,0	2,76	1,00	36,0	0,810	1,6	1,296	2,76	3,577
7	21,0	2,76	1,00	42,0	1,103	1,6	1,764	2,76	4,869
8	24,0	2,76	1,00	42,0	1,103	1,6	1,764	2,76	4,869
9	27,0	2,76	1,00	42,0	1,103	1,6	1,764	2,76	4,869
10	30,0	2,76	1,00	42,0	1,103	1,6	1,764	2,76	4,869
11	33,0	2,76	1,00	42,0	1,103	1,6	1,764	2,76	4,869
12	36,0	2,76	1,00	42,0	1,103	1,6	1,764	2,76	4,869
13	39,0	2,76	1,00	42,0	1,103	1,6	1,764	2,76	4,869

Tablo 2.5. TS 498 değerlerine göre enine donatı hesabında kullanılacak moment değerleri

Kesit No	Kot (m)	Ani Rüzgâr Katsayısı	z Yükseklikteki Radyal Rüzgâr Basıncı	İçteki Moment (kNm/m)	Dıştaki Moment (kNm/m)
0	0,000	4,00	4,08	1,26	1,10
1	3,000	3,21	3,27	1,01	0,88
2	6,000	2,96	3,02	0,93	0,81
3	9,000	2,82	4,76	1,47	1,28
4	12,000	2,72	4,59	1,20	1,04
5	15,000	2,65	4,46	1,16	1,01
6	18,000	2,58	4,35	1,14	0,99
7	21,000	2,53	5,80	1,51	1,32
8	24,000	2,48	5,69	1,49	1,29
9	27,000	2,44	5,60	1,46	1,27
10	30,000	2,41	5,52	1,44	1,25
11	33,000	2,37	5,44	1,42	1,24
12	36,000	2,34	5,37	1,40	1,22
13	39,000	2,31	5,31	1,39	1,21

2.2.3. TS 498/97 ile ACI 307/98'in Boyuna Rüzgâr Yükleri için Karşılaştırılması

ACI 307/98 ile TS 498 yönetmeliklerine göre minare yüzeyine etkiyen yayılı rüzgâr yüklerinin dağılımlarının karşılaştırılması Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3. ACI 307/98 ile TS 498 yönetmeliklerine göre yayılı rüzgâr yüklerinin karşılaştırılması

Şekil 2.3'de TS 498'e göre hesaplanan rüzgâr yönünde 6 m kotundaki ani bir yükselişten sonra görülen düşüş, yönetmelikteki rüzgâr hızı artışıyla, kaideden gövdeye geçişin buraya rast gelmesinden kaynaklanmaktadır.

2.3. Minareye Etkiyecek Deprem Yüklerinin DBYBHY' e Göre Hesabı

Çalışma yapılan yapının 2. ve 4. derece deprem bölgesinde ve Z2 türü bir zeminde olduğu varsayılmıştır. Yapı önem katsayısı (I) değeri 1,5 olarak alınmıştır. Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelikte taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) değerinin 3 alınması önerilmektedir. Davranış spektrumunun kullanılmasında sönüm miktarı 0,05 için analiz yapılmıştır.

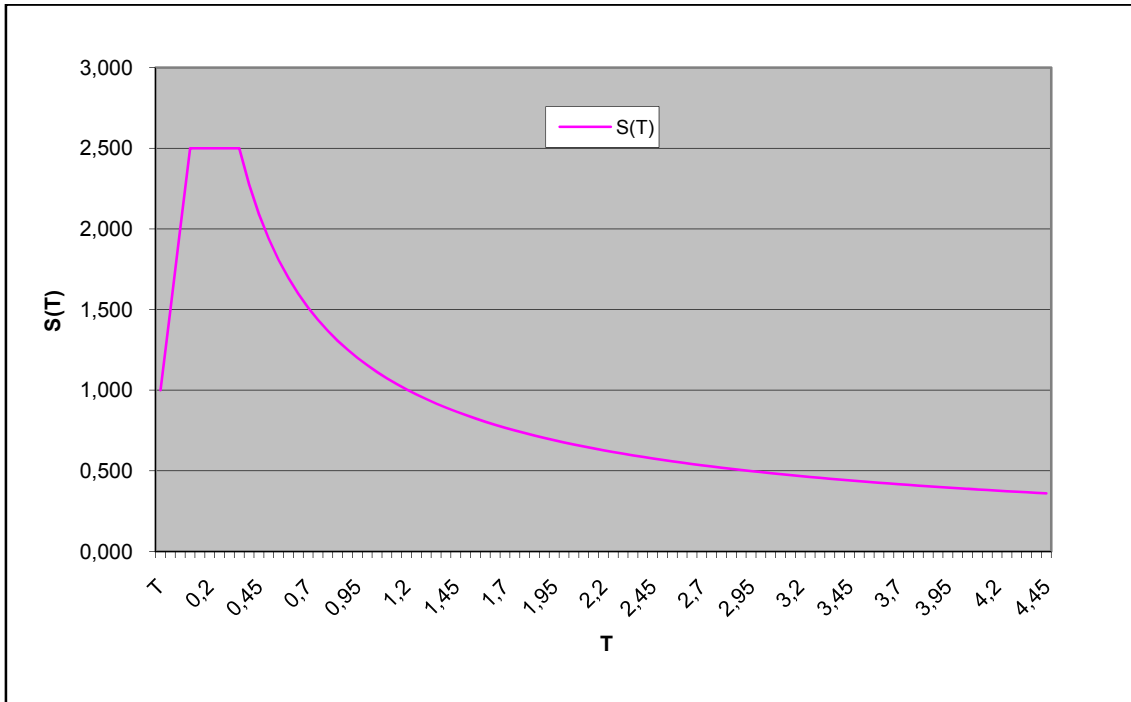
Minareye deprem yüklemesi rüzgâr yüklemesinde olduğu gibi, diğer eksenine göre daha zayıf olan kapı boşluklarının bulunduğu eksenden yapılmıştır.

Çalışmadaki minare için mod birleştirme yönteminde kullanılacak ivme spektrumu ordinatının hesaplanması:

$$S_{aR}(T_n) = \frac{A(T_n) \cdot g}{R_a(T_n)}$$

$$A(T_r) = A_o \cdot I \cdot S(T)$$

Burada $A_o = 0,3 - 0,1$, $I = 1,5$ ve $S(T)$ ise Şekil 2.4'de verilmiştir.



Şekil 2.4. Çalışmadaki minare (Z2 türü zemin için) için spektrum katsayısı grafiği

$$R_a(T) = 1,5 + (R - 1,5) \cdot \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$R_a(T) = R \quad (T_A < T)$$

Tablo 2.6. Çalışmada kullanılan minarenin titreşim periyotları

Mod	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Periyot (s)	0,720	0,707	0,157	0,152	0,071	0,690	0,060	0,040	0,039	0,039	0,025	0,025

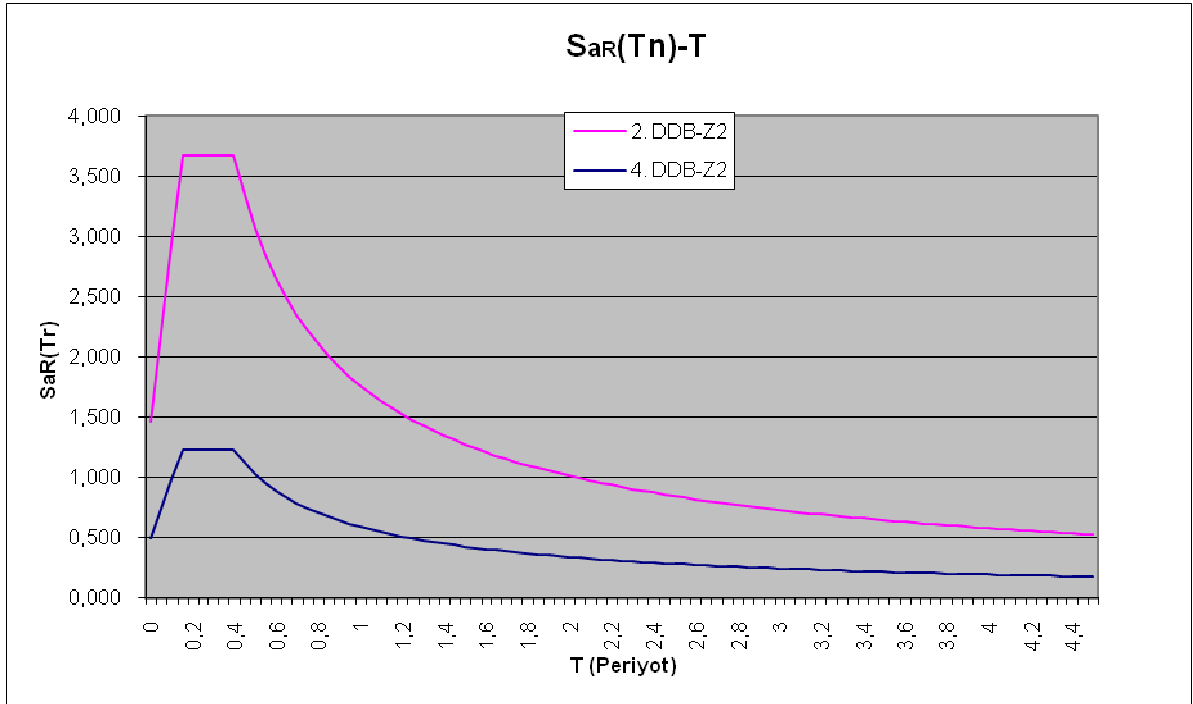
Tablo 2.6'daki değerlere göre:

$$R_a(T) = R = 3$$

olur.

Bu değerler yerine konulursa:

$$S_{aR}(T_n) = 1,4715 \cdot S(T) \quad , \quad S_{aR}(T_n) = 0,49 \cdot S(T)$$



Şekil 2.5. Minarenin azaltılmış ivme spektrum grafiği

elde edilir.

2.4. Minare Gövdesinin Taşıma Gücüne Göre Hesabı

2.4.1. Minare Gövdesinin ACI 307'deki Kombinezonların Tatbik Edilmesi ve En Elverişsiz Yükleme Durumu İçin Taşıma Gücüne Göre Hesabı

Yük kombinezonları:

$$F=1,4G$$

$$F=1,05G+1,7W$$

$$F=1,05G+1,4E$$

$$F=0,90G+1,7W$$

$$F=0,90G+1,54E \text{ (ACI 307, 1998)}$$

Minarenin kesitlerindeki donatı oranlarını hesaplamak için Visual Basic 5.0 programında bir yazılım gerçekleştirilmiştir.

Minarelerin tepe noktası yerdeğiştirmeleri: Minareye, belirlenen yüklemeler uygulandıktan sonra minarenin tepe noktasının yer değiştirmesi Tablo 2.7'de verilmiştir.

Tablo 2.7. Minare tepe noktasının yüklemeler altındaki yer değiştirmesi

Yükleme Durumu	U_x (m)	U_y (m)	U_z (m)
KALICI	0,000257	-0,000049	-0,000536
$1,05G+1,7W_a$	0,059581	-0,000088	-0,000605
$1,05G+1,7W_t$	0,048166	-0,000089	-0,000595
$0,9G+1,7W_a$	0,059542	-0,00008	-0,000525
$0,9G+1,7W_t$	0,048127	-0,000082	-0,000515
$1,05G+1,4E$ (2. DDB)	0,085765	0,00006	-0,000503
$1,05G+1,4E$ (2. DDB)	-0,085226	-0,000163	-0,000622
$0,9G+1,54E$ (2. DDB)	0,094276	0,000079	-0,000417
$0,9G+1,54E$ (2. DDB)	-0,093814	-0,000167	-0,000548
$1,05G+1,4E$ (4. DDB)	0,028797	-0,000014	-0,000543
$1,05G+1,4E$ (4. DDB)	-0,028258	-0,000089	-0,000583
$0,9G+1,54E$ (4. DDB)	0,031611	-2,94E-03	-0,000461
$0,9G+1,54E$ (4. DDB)	-0,031149	-0,000085	-0,000504

(W_a = ACI 307/98'e göre rüzgâr yüklemesi, W_t = TS 498'e göre rüzgâr yüklemesi)

(2. DDB = İkinci derece deprem bölgesi, 4. DDB = Dördüncü derece deprem bölgesi)

En elverişsiz yükleme durumu için taşıma gücüne göre hesabın yapılması: Tablodan da görüldüğü gibi maksimum yer değiştirmeler deprem etkisi için $0,9G+1,54E$ (2. ve 4.

derece deprem bölgeleri için) kombinezonlarında, rüzgar yüklemesi için $1,05G+1,7W_a$ ve $1,05G+1,7W_t$ kombinezonlarındadır.

Elverişsiz yükleme durumları için kesitlerdeki kuvvetler ve donatı oranları Tablo 2.8, 2.9 , 2.10 ve 2.11'de verilmiştir. Minimum donatı oranı olarak ACI 307/98'de verilen 0,0025 değeri alınmıştır. Bu tablolarda σ (kN/m^2) kesitteki normal gerilmeyi, τ_{\max} (kN/m^2) kesitteki maksimum kayma gerilmesini, M_u , V , N_u sırasıyla kesitteki momenti, kesme kuvvetini ve normal kuvveti göstermektedir.

Tablo 2.8. 0,9·G+1,54·E (2. DDB) kombinezonu için belirlenen değerler

Kot	σ (kN/m ²)		T_{max} (kN/m ²)	Dış Yarıçap (m)	İç Yarıçap (m)	Atalet Momenti (m ⁴)	Taraflı Eksen Mesafesi (m)	Alan (m ²)	Kesitlerdeki Kuvvetler			Boyuna Donatı Oranı	Kesitteki Geçerli Donatı Oranı
	Max	Min							M_u (kNm)	V (kN)	N_u (kN)		
0-K	9751.54	-12316.20	1592.13	1.500	1.000	2.865	1.326	3.600	23847.593	5731.257	4616.021	0.010550	0.01055
3	4412.56	-5314.15	385.82	1.500	1.000	3.191	1.639	3.927	11581.649	1515.112	2494.786	0.005050	0.00505
6	3752.98	-4626.11	284.79	1.500	1.000	3.191	1.636	3.927	9930.119	1118.368	2076.149	0.004265	0.00427
9	3149.49	-3852.43	222.61	1.500	1.000	3.191	1.651	3.927	8401.772	874.187	1939.690	0.003551	0.00355
12	7475.97	-8998.92	898.64	1.230	1.000	1.012	1.344	1.611	7532.773	1447.999	1611.582	0.009005	0.00901
15	5806.43	-7497.30	916.69	1.230	1.000	1.012	1.386	1.611	6135.659	1477.084	1459.240	0.007065	0.00707
18	4649.70	-6076.40	749.67	1.230	1.000	1.012	1.394	1.611	4985.656	1207.960	1268.743	0.005715	0.00572
21	3603.70	-4703.54	588.14	1.230	1.000	1.012	1.393	1.611	3905.663	947.683	1080.377	0.004455	0.00446
24-Ş-K	5732.36	-7148.26	852.71	1.230	1.000	0.906	1.365	1.477	5213.709	1259.492	1045.673	0.006330	0.00633
27	1906.92	-2413.45	339.52	1.230	1.000	1.012	1.374	1.611	2073.881	547.076	647.655	0.002340	0.00250
30-Ş-K	3423.72	-4165.83	569.05	1.130	0.930	0.620	1.240	1.186	2268.318	675.163	440.255	0.003895	0.00390
33	779.38	-1014.87	252.82	1.130	0.930	0.693	1.278	1.294	626.052	327.234	181.026	0.001050	0.00250
36	264.31	-428.27	115.28	1.130	0.930	0.693	1.398	1.294	253.556	149.211	107.451	-	0.00250
39	130.91	-185.94	50.32	1.130	0.930	0.693	1.326	1.294	111.543	65.131	35.611	-	0.00250

Tablo 2.9. 0,9G+1,54E (4. DDB) kombinezonu için belirlenen değerler

Kot	σ (kN/m ²)		τ_{\max} (kN/m ²)	Dış Yarıçap (m)	İç Yarıçap (m)	Atalet Momenti (m ⁴)	Tarfısız Eksen Mesafesi (m)	Alan (m ²)	Kesitlerdeki Kuvvetler			Boyuna Donatı Oranı	Kesitteki Geçerli Donatı Oranı
	Max	Min							M_u (kNm)	V (kN)	N_u (kN)		
0-K	2399,38	-4964,02	658,04	1,500	1,000	2,865	0,978	3,600	10790,963	2368,774	4616,021	0,003577	0,00358
3	1171,98	-2122,07	165,54	1,500	1,000	3,191	1,933	3,927	4552,252	650,074	2494,786	0,001295	0,00250
6	961,37	-1834,50	112,07	1,500	1,000	3,191	1,968	3,927	3830,534	440,098	2076,149	-	0,00250
9	816,71	-1520,04	105,64	1,500	1,000	3,191	1,951	3,927	3292,865	414,847	1939,690	-	0,00250
12	1987,14	-3510,16	383,91	1,230	1,000	1,012	1,571	1,611	2906,649	618,603	1611,582	0,002450	0,00250
15	1531,64	-3064,98	388,07	1,230	1,000	1,012	1,640	1,611	2450,357	625,306	1459,240	-	0,00250
18	1203,29	-2521,07	321,38	1,230	1,000	1,012	1,665	1,611	2011,201	517,847	1268,743	-	0,00250
21	904,85	-1986,46	256,43	1,230	1,000	1,012	1,690	1,611	1591,333	413,192	1080,377	-	0,00250
24-Ş-K	1458,82	-2856,91	320,19	1,230	1,000	0,906	1,628	1,477	1983,341	472,935	1045,673	0,001890	0,00250
27	464,86	-975,40	132,73	1,230	1,000	1,012	1,666	1,611	836,878	213,871	647,655	-	0,00250
30-Ş-K	895,16	-1637,27	242,12	1,130	0,930	0,620	1,461	1,186	852,479	287,269	440,255	-	0,00250
33	181,60	-417,09	92,41	1,130	0,930	0,693	1,574	1,294	245,158	119,610	181,026	-	0,00250
36	33,56	-197,53	82,11	1,130	0,930	0,693	1,932	1,294	100,649	106,278	107,451	-	0,00250
39	25,35	-99,62	75,57	1,130	0,930	0,693	1,802	1,294	48,907	97,813	35,611	-	0,00250

Tablo 2.10. 1.05-G+1,7-W_a kombinasyonu için belirlenen değerler

Kot	σ (kN/m ²)		τ_{max} (kN/m ²)		Dış Yarıçap (m)	İç Yarıçap (m)	Atalet Momenti (m ⁴)	Tarfatsız Eksan Mesafesi (m)	Alan (m ²)	Kesitlerdeki Kuvvetler			Boyuna Donatı Oranı	Kesitteki Geçerli Donatı Oranı
	Max	Min	Max	Min						M _u (kNm)	V (kN)	N _u (kN)		
0-K	4009,54	-8157,69	1065,41		1,500	1,000	2,865	2,011	3,600	9489,400	3835,201	5385,357	0,002581	0,00258
3	2420,46	-3486,79	265,29		1,500	1,000	3,191	1,771	3,927	4947,222	1041,791	2910,583	0,001315	0,00250
6	1969,12	-3069,23	175,64		1,500	1,000	3,191	1,828	3,927	4281,710	689,737	2422,174	-	0,00250
9	1594,58	-2551,56	153,10		1,500	1,000	3,191	1,846	3,927	3413,760	601,222	2262,972	-	0,00250
12	4055,84	-5786,19	619,70		1,230	1,000	1,012	1,446	1,611	3233,212	998,537	1880,179	0,002615	0,00262
15	2988,33	-5023,51	627,03		1,230	1,000	1,012	1,542	1,611	2603,426	1010,348	1702,446	0,001915	0,00250
18	2314,72	-4081,92	513,99		1,230	1,000	1,012	1,570	1,611	2039,811	828,204	1480,200	-	0,00250
21	1737,67	-3175,45	405,39		1,230	1,000	1,012	1,590	1,611	1523,687	653,214	1260,440	-	0,00250
24-Ş-K	2001,03	-4673,13	537,85		1,230	1,000	0,906	1,722	1,477	2023,623	794,429	1219,952	0,001700	0,00250
27	933,98	-1468,50	209,40		1,230	1,000	1,012	1,504	1,611	672,917	337,411	755,598	-	0,00250
30-Ş-K	1513,11	-2726,80	434,92		1,130	0,930	0,620	1,453	1,186	978,832	516,022	513,630	-	0,00250
33	522,01	-610,92	154,24		1,130	0,930	0,693	1,219	1,294	254,631	199,638	211,197	-	0,00250
36	326,46	-363,01	225,54		1,130	0,930	0,693	1,190	1,294	155,022	291,925	125,359	-	0,00250
39	330,89	-247,41	348,57		1,130	0,930	0,693	0,967	1,294	154,334	451,167	41,546	-	0,00250

Tablo 2.11. 1.05-G+1,7-W₇ kombinezonu için belirlenen değerler

Kot	σ (kN/m ²)		τ_{max} (kN/m ²)	Dış Yarıçap (m)	İç Yarıçap (m)	Atalet Momenti (m ⁴)	Taraflı Eksen Mesafesi (m)	Alan (m ²)	Kesitlerdeki Kuvvetler		Boyuna Donatı Oranı	Kesitteki Geçerli Donatı Oranı
	Max	Min							M _u (kNm)	N _u (kN)		
0-K	3397,57	-7320,29	963,31	1,500	1,000	2,865	2,049	3,600	8144,271	3467,667	5385,357	0,002050
3	2007,97	-3097,78	234,92	1,500	1,000	3,191	1,820	3,927	4131,026	922,529	2910,583	-
6	1602,97	-2689,42	160,20	1,500	1,000	3,191	1,880	3,927	3318,211	629,104	2422,174	-
9	1378,01	-2206,16	115,48	1,500	1,000	3,191	1,847	3,927	2816,270	453,489	2262,972	-
12	3127,89	-4906,91	536,47	1,230	1,000	1,012	1,502	1,611	2520,042	864,426	1880,179	0,001595
15	2219,09	-4201,75	532,10	1,230	1,000	1,012	1,610	1,611	1977,754	857,385	1702,446	-
18	1636,19	-3342,79	427,98	1,230	1,000	1,012	1,652	1,611	1485,786	689,614	1480,200	-
21	1136,09	-2532,16	329,93	1,230	1,000	1,012	1,698	1,611	1043,155	531,624	1260,440	-
24-Ş-K	1243,75	-3537,07	401,88	1,230	1,000	0,906	1,820	1,477	1349,604	593,595	1219,952	0,000722
27	517,98	-1085,58	158,38	1,230	1,000	1,012	1,665	1,611	374,822	255,201	755,598	-
30-Ş-K	806,14	-1785,99	284,45	1,130	0,930	0,620	1,557	1,186	538,932	337,493	513,630	-
33	162,11	-394,76	97,76	1,130	0,930	0,693	1,602	1,294	100,184	126,534	211,197	-
36	132,13	-211,83	164,44	1,130	0,930	0,693	1,392	1,294	57,252	212,841	125,359	-
39	172,20	-253,70	253,80	1,130	0,930	0,693	1,346	1,294	114,082	328,503	41,546	-

Enine donatı hesabı için gerekli olan moment değerleri, ACI 307/98 deki formüller kullanılarak hesaplanmıştır. Moment değerlerinin hesaplanmasında kullanılan rüzgar hızı gibi değerler ise TS 498'den ve ACI 307'den alınmıştır ve momentlerin hesabı Tablo 2.3 ve 2.5'de verilmiştir. Hesaplanan moment değerlerine göre donatı hesabı ise Tablo 2.12 ve 2.13'da verilmiştir. Minimum donatı oranı olarak ACI 307/98 de verilen 0,002 değeri kullanılmıştır.

Tablo 2.12. ACI 307/98 değerlerine göre enine donatı hesabı

Kesit No	Yükseklik (m)	Cidar Kalınlığı (mm)	Faydalı Yükseklik (mm)	Hesap Momenti (N.mm/m)	f_{cd} (N/mm)	f_{sd} (N/mm)	a (mm)	$d-l/2$	A_t (mm ²)	A_c (mm ²)	Hesaplanan Donatı Oranı	Birim Boydaki Gereklili Donatı Oranı
0	0	500	450	0,00	17	365	0,000	450,00	0,000	500000	0,00000	0,002
1	3	500	450	3803864,58	17	365	0,585	449,71	23,174	500000	0,00005	0,002
2	6	500	450	4395719,91	17	365	0,677	449,66	26,783	500000	0,00005	0,002
3	9	500	450	4772690,77	17	365	0,735	449,63	29,081	500000	0,00006	0,002
4	12	230	180	4277568,78	17	365	1,652	179,17	65,408	230000	0,00028	0,002
5	15	230	180	4468646,89	17	365	1,726	179,14	68,344	230000	0,00030	0,002
6	18	230	180	4628886,82	17	365	1,789	179,11	70,807	230000	0,00031	0,002
7	21	230	180	4767182,57	17	365	1,842	179,08	72,933	230000	0,00032	0,002
8	24	230	180	4889007,47	17	365	1,890	179,06	74,807	230000	0,00033	0,002
9	27	230	180	4997982,51	17	365	1,932	179,03	76,483	230000	0,00033	0,002
10	30	200	150	5096634,07	17	365	2,370	148,81	93,831	200000	0,00047	0,002
11	33	200	150	5186798,37	17	365	2,412	148,79	95,504	200000	0,00048	0,002
12	36	200	150	5269853,92	17	365	2,451	148,77	97,046	200000	0,00049	0,002
13	39	200	150	5346863,30	17	365	2,487	148,76	98,476	200000	0,00049	0,002

Tablo 2.13. TS 498 değerlerine göre enine donatı hesabı

Kesit No	Yükseklik (m)	Cidar Kalınlığı (mm)	Faydalı Yük. (mm)	Hesap Momenti (N.mm/m)	f_{sd} (N/mm)	f_{sd} (N/mm)	α (mm)	$d-a/2$	A_s (mm ²)	A_{sc} (mm ²)	Hesaplanan Donatı Oranı	Birim Boydaki Gereklili Donatı Oranı
0	0	500	450	1635023,164	17	365	0,252	449,87	9,957	500000	0,00002	0,002
1	3	500	450	1313000,000	17	365	0,202	449,90	7,996	500000	0,00002	0,002
2	6	500	450	1209000,000	17	365	0,186	449,91	7,362	500000	0,00001	0,002
3	9	500	450	1911000,000	17	365	0,294	449,85	11,639	500000	0,00002	0,002
4	12	230	180	1560000,000	17	365	0,601	179,70	23,784	230000	0,00010	0,002
5	15	230	180	1508000,000	17	365	0,581	179,71	22,990	230000	0,00010	0,002
6	18	230	180	1482000,000	17	365	0,571	179,71	22,593	230000	0,00010	0,002
7	21	230	180	1963000,000	17	365	0,756	179,62	29,941	230000	0,00013	0,002
8	24	230	180	1937000,000	17	365	0,746	179,63	29,544	230000	0,00013	0,002
9	27	230	180	1898000,000	17	365	0,731	179,63	28,948	230000	0,00013	0,002
10	30	200	150	1872000,000	17	365	0,866	149,57	34,291	200000	0,00017	0,002
11	33	200	150	1846000,000	17	365	0,854	149,57	33,813	200000	0,00017	0,002
12	36	200	150	1820000,000	17	365	0,842	149,58	33,336	200000	0,00017	0,002
13	39	200	150	1807000,000	17	365	0,836	149,58	33,097	200000	0,00017	0,002

Deprem ve rüzgâr etkileri için yük birleşiminden elde edilen bulguların karşılaştırılması: Deprem ve rüzgâr etkilerine göre yapılan hesaptan elde edilen moment ve donatı oranlarının karşılaştırılması Tablo 2.16’da verilmektedir.

Tablo 2.14. Deprem ve rüzgâr etkileri yük bileşimleri bulgularının karşılaştırılması

Kot	0.9-G+1.54E (2. DDB)			0.9-G+1.54E (4. DDB)			1.05-G+1.7W _g			1.05-G+1.7W _e		
	M (kNm)	Hesaplanan Boyuna Donatı Oranı	Kesitteki Geçerli Donatı Oranı	M (kNm)	Hesaplanan Boyuna Donatı Oranı	Kesitteki Geçerli Donatı Oranı	M (kNm)	Hesaplanan Boyuna Donatı Oranı	Kesitteki Geçerli Donatı Oranı	M (kNm)	Hesaplanan Boyuna Donatı Oranı	Kesitteki Geçerli Donatı Oranı
0-K	36609,222	0,017050	0,017050	10,790,963	0,003577	0,003577	18978,801	0,007550	0,007550	16288,543	0,006050	0,006050
3	18216,461	0,008225	0,008225	4,552,252	0,001295	0,002500	9894,443	0,003839	0,003839	8262,052	0,003050	0,003050
6	15786,422	0,007200	0,007200	3,830,534	-	0,002500	8563,420	0,003390	0,003390	7036,423	0,002630	0,002630
9	12984,305	0,006050	0,006050	3,292,865	-	0,002500	6827,521	0,002600	0,002600	5632,540	0,002050	0,002500
12	12051,675	0,015000	0,015000	2,906,649	0,00245	0,002500	6466,424	0,007025	0,007025	5040,083	0,005115	0,005115
15	9626,260	0,011785	0,011785	2,450,357	-	0,002500	5206,852	0,005515	0,005515	3955,508	0,003820	0,003820
18	7683,558	0,009370	0,009370	2,011,201	-	0,002500	4079,622	0,004225	0,004225	2971,572	0,002695	0,002695
21	5862,166	0,007110	0,007110	1,591,333	-	0,002500	3047,373	0,003045	0,003045	2086,310	0,001655	0,002500
24-Ş-K	8548,120	0,010785	0,010785	1,983,341	0,00189	0,002500	4047,247	0,004540	0,004540	2699,208	0,002600	0,002600
27	2963,449	0,003630	0,003630	836,878	-	0,002500	1345,835	0,001205	0,002500	749,644	0,000300	0,002500
30-Ş-K	3794,556	0,006780	0,006780	852,479	-	0,002500	1957,664	0,003190	0,003190	1077,864	0,001522	0,002500
33	948,797	0,001705	0,002500	245,158	-	0,002500	509,263	0,000960	0,002500	200,368	-	0,002500
36	342,435	-	0,002500	100,649	-	0,002500	310,044	-	0,002500	114,505	-	0,002500
39	165,576	-	0,002500	48,907	-	0,002500	308,667	-	0,002500	228,164	-	0,002500

2.4.2. Minare Gövdesinin TS 500'deki Kombinezonların Tatbik Edilmesi ve En Elverişsiz Yükleme Durumu İçin Taşıma Gücüne Göre Hesabı

Yük kombinezonları:

$$F=1,4 \cdot G$$

$$F=G+1,3 \cdot W$$

$$F=G+E$$

$$F=0,90 \cdot G+1,3 \cdot W$$

$$F=0,90 \cdot G+E \quad (\text{TS 500, 2000})$$

Minarelerin tepe noktası yerdeğiştirmeleri: Minareye, belirlenen yüklemeler uygulandıktan sonra külâhın tepesindeki en uç noktanın yer değiştirmesi Tablo 2.15'de verilmiştir.

Tablo 2.15. Minare tepe noktasının yüklemeler altındaki yer değiştirmesi

Yükleme Durumu	U_x (m)	U_y (m)	U_z (m)
$G+E$ (2. DDB)	0,061325	0,000031	-0,000494
$G+E$ (2. DDB)	-0,060812	-0,000129	-0,000579
$G+E$ (4. DDB)	0,020633	-0,000022	-0,000522
$G+E$ (4. DDB)	-0,020120	-0,000075	-0,000550
$0,9 G+E$ (2. DDB)	0,055192	0,000028	-0,000444
$0,9 G+E$ (2. DDB)	-0,054730	-0,000116	-0,000521
$0,9 G+E$ (4. DDB)	0,020608	-0,000017	-0,000468
$0,9 G+E$ (4. DDB)	-0,020146	-0,000071	-0,000497
$G+1,3 W_t$	0,036883	-0,000078	-0,000561
$G+1,3 W_a$	0,045612	-0,000077	-0,000568
$0,9 G+1,3 W_t$	0,036858	-0,000073	-0,000507
$0,9 G+1,3 W_a$	0,045587	-0,000072	-0,000515

(W_a = ACI 307/98'e göre rüzgâr yüklemesi, W_t = TS 498'e göre rüzgâr yüklemesi)
(2. DDB = İkinci derece deprem bölgesi, 4. DDB = Dördüncü derece deprem bölgesi)

En elverişsiz yükleme durumu için taşıma gücüne göre hesabın yapılması: Tablodan da görüldüğü gibi maksimum yer değiştirmeler deprem yüklemesi için $G+E$ (2. ve 4. derece deprem bölgeleri için) kombinezonlarında, rüzgar yüklemesi için $G+1,3 W_a$ ve $G+1,3 W_t$ kombinezonlarındadır.

Elverişsiz yükleme durumları için kesitlerdeki kuvvetler ve donatı oranları Tablo 2.18-2.21'de verilmektedir. Minimum donatı oranı olarak ACI 307/98'de verilen 0,0025 değeri alınmıştır. Bu tablolarda σ (kN/m²) kesitteki normal gerilmeyi, τ_{\max} (kN/m²) kesitteki maksimum kayma gerilmesini, M_u , V , N_u sırasıyla kesitteki momenti, kesme kuvvetini ve normal kuvveti göstermektedir.

Tablo 2.16. G+E (2. DDB) kombinezonu için belirlenen değerler

Kot	σ (kN/m ²)		τ_{max} (kN/m ²)	Dış Yarıçap (m)	İç Yarıçap (m)	Atalet Momenti (m ⁴)	Taraflı Eksen Mesafesi (m)	Alan (m ²)	Kesitlerdeki Kuvvetler			Boyuna Donatı Oranı	Kesitteki Geçerli Donatı Oranı
	Max	Min							M_u (kNm)	V (kN)	N_u (kN)		
0-K	5740,04	-8589,64	1121,71	1,500	1,000	2,865	1,202	3,600	17082,857	4037,866	5128,912	0,006550	0,00655
3	2657,14	-3658,91	276,03	1,500	1,000	3,191	1,738	3,927	8013,444	1083,967	2771,984	0,003050	0,00305
6	2235,41	-3205,55	187,24	1,500	1,000	3,191	1,767	3,927	6847,240	735,290	2306,832	0,002585	0,00259
9	1882,83	-2663,88	166,29	1,500	1,000	3,191	1,758	3,927	5831,963	653,019	2155,211	0,002130	0,00250
12	4502,91	-6195,07	641,79	1,230	1,000	1,012	1,425	1,611	5191,816	1034,131	1790,647	0,005325	0,00533
15	3484,27	-5258,76	652,21	1,230	1,000	1,012	1,480	1,611	4286,101	1050,921	1621,378	0,004365	0,00437
18	2778,00	-4287,74	536,16	1,230	1,000	1,012	1,493	1,611	3500,758	863,927	1409,714	0,003520	0,00352
21	2133,83	-3343,24	423,62	1,230	1,000	1,012	1,502	1,611	2755,997	682,589	1200,419	0,002705	0,00271
24-Ş-K	3395,41	-4968,63	578,42	1,230	1,000	0,906	1,461	1,477	3568,127	854,353	1161,859	0,003925	0,00393
27	1117,79	-1685,05	221,62	1,230	1,000	1,012	1,479	1,611	1459,030	357,101	719,617	0,001380	0,00250
30-Ş-K	2051,85	-2876,42	438,48	1,130	0,930	0,620	1,319	1,186	1546,318	520,245	489,172	0,002540	0,00254
33	451,72	-713,38	165,23	1,130	0,930	0,693	1,384	1,294	435,121	213,863	201,140	0,000960	0,00250
36	133,77	-315,95	76,42	1,130	0,930	0,693	1,588	1,294	178,174	98,913	119,390	-	0,00250
39	72,30	-133,45	73,48	0,565	0,465	0,043	0,733	0,324	9,694	23,777	9,892	-	0,00250

Tablo 2.17. G+E (4. DDB) kombinasyonu için belirlenen değerler

Kot	σ (kN/m ²)		τ_{max} (kN/m ²)	Dış Yarıçap (m)	İç Yarıçap (m)	Atalet Momenti (m ⁴)	Taraflı Eksen Mesafesi (m)	Alan (m ²)	Kesitlerdeki Kuvvetler			Boyuna Donatı Oranı	Kesitteki Geçerli Donatı Oranı
	Max	Min							M_u (kNm)	V (kN)	N_u (kN)		
0-K	975,44	-3815,52	515,16	1,500	1,000	2,865	0,611	3,600	11259,240	1854,443	5128,912	0,003595	0,00360
3	552,86	-1647,03	132,99	1,500	1,000	3,191	2,246	3,927	3342,464	522,251	2771,984	0,000550	0,00250
6	453,34	-1414,63	89,84	1,500	1,000	3,191	2,272	3,927	2811,681	332,801	2306,832	-	0,00250
9	376,03	-1176,88	90,33	1,500	1,000	3,191	2,274	3,927	2421,817	354,725	2155,211	-	0,00250
12	938,73	-2631,08	307,54	1,230	1,000	1,012	1,813	1,611	2089,395	495,546	1790,647	0,001065	0,00250
15	716,07	-2380,64	308,95	1,230	1,000	1,012	1,891	1,611	1812,881	497,818	1621,378	-	0,00250
18	543,89	-1979,08	258,05	1,230	1,000	1,012	1,930	1,611	1497,129	415,802	1409,714	-	0,00250
21	400,96	-1578,90	208,21	1,230	1,000	1,012	1,962	1,611	1199,107	335,494	1200,419	-	0,00250
24-Ş-K	655,38	-2182,04	232,63	1,230	1,000	0,906	1,892	1,477	1421,731	343,605	1161,859	0,000886	0,00250
27	183,98	-759,11	109,05	1,230	1,000	1,012	1,980	1,611	616,388	175,715	719,617	-	0,00250
30-Ş-K	409,93	-1234,50	175,31	1,130	0,930	0,620	1,697	1,186	601,996	208,001	489,172	-	0,00250
33	63,55	-325,21	89,52	1,130	0,930	0,693	1,891	1,294	176,185	115,869	201,140	-	0,00250
36	-3,26	-166,12	27,99	1,130	0,930	0,693	2,305	1,294	77,674	36,228	119,390	-	0,00250
39	3,75	-64,90	89,82	0,565	0,465	0,043	1,068	0,324	3,871	29,064	9,892	-	0,00250

Tablo 2.18. $G+1,3W_a$ kombinezonu için belirlenen değerler

Kot	σ (kN/m ²)		τ_{max} (kN/m ²)	Dış Yarıçap (m)	İç Yarıçap (m)	Atalet Momenti (m ⁴)	Tarfatsız Eksen Mesafesi (m)	Alan (m ²)	Kesitlerdeki Kuvvetler			Boyuna Donatı Oranı	Kesitteki Geçerli Donatı Oranı
	Max	Min							M_u (kNm)	V (kN)	N_u (kN)		
0-K	2906,76	-6519,00	856,39	1,500	1,000	2,865	2,075	3,600	7034,672	3082,783	5128,912	0,001550	0,00250
3	1752,23	-2793,95	214,96	1,500	1,000	3,191	1,844	3,927	3613,558	844,146	2771,984	0,000665	0,00250
6	1417,31	-2442,65	129,26	1,500	1,000	3,191	1,898	3,927	3118,021	507,603	2306,832	-	0,00250
9	1150,46	-2028,15	125,30	1,500	1,000	3,191	1,914	3,927	2465,836	492,052	2155,211	-	0,00250
12	2934,73	-4585,65	501,51	1,230	1,000	1,012	1,500	1,611	2344,641	808,095	1790,647	0,001440	0,00250
15	2148,74	-4026,62	356,48	1,230	1,000	1,012	1,604	1,611	1906,101	574,404	1621,378	-	0,00250
18	1650,54	-3283,64	416,46	1,230	1,000	1,012	1,637	1,611	1489,415	671,052	1409,714	-	0,00250
21	1226,60	-2565,31	329,78	1,230	1,000	1,012	1,664	1,611	1107,206	531,382	1200,419	-	0,00250
24-Ş-K	1435,85	-3728,58	423,01	1,230	1,000	0,906	1,776	1,477	1500,771	624,805	1161,859	0,001020	0,00250
27	658,14	-1197,16	170,97	1,230	1,000	1,012	1,587	1,611	478,641	275,488	719,617	-	0,00250
30-Ş-K	1098,13	-2166,45	341,16	1,130	0,930	0,620	1,500	1,186	725,402	404,778	489,172	-	0,00250
33	372,62	-493,68	118,22	1,130	0,930	0,693	1,288	1,294	182,036	153,016	201,140	-	0,00250
36	231,70	-295,54	172,93	1,130	0,930	0,693	1,267	1,294	111,221	223,830	119,390	-	0,00250
39	247,22	-195,22	267,65	0,565	0,465	0,043	0,499	0,324	14,304	86,607	9,892	-	0,00250

Tablo 2.19. $G+1,3/W_7$ kombinasyonu için belirlenen değerler

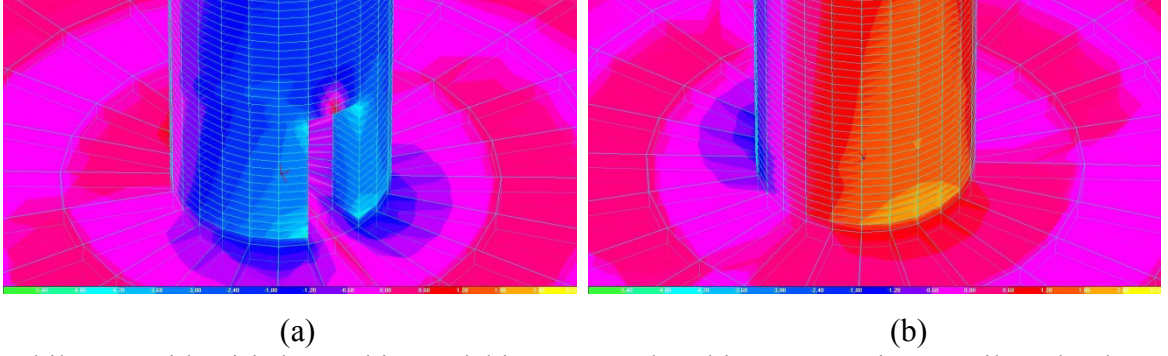
Kot	σ (kN/m ²)		τ_{\max} (kN/m ²)	Dış Yarıçap (m)	İç Yarıçap (m)	Atalet Momenti (m ⁴)	Taraflı Eksen Mesafesi (m)	Alan (m ²)	Kesitlerdeki Kuvvetler			Boyuna Donatı Oranı	Kesitteki Geçerli Donatı Oranı
	Max	Min							M_u (kNm)	V (kN)	N_u (kN)		
0-K	2438,79	-5878,64	778,31	1,500	1,000	2,865	2,120	3,600	6018,376	2801,715	5128,912	0,001050	0,00250
3	1436,80	-2496,47	152,35	1,500	1,000	3,191	1,904	3,927	3000,444	598,277	2771,984	-	0,00250
6	1137,31	-2152,20	130,45	1,500	1,000	3,191	1,963	3,927	2543,672	512,276	2306,832	-	0,00250
9	908,38	-1764,02	118,24	1,500	1,000	3,191	1,980	3,927	1957,978	464,327	2155,211	-	0,00250
12	2225,12	-3913,26	437,86	1,230	1,000	1,012	1,568	1,611	1808,595	705,534	1790,647	0,000645	0,00250
15	1560,49	-3398,21	433,91	1,230	1,000	1,012	1,686	1,611	1436,270	699,169	1621,378	-	0,00250
18	1131,77	-2718,43	350,68	1,230	1,000	1,012	1,737	1,611	1074,441	565,059	1409,714	-	0,00250
21	766,57	-2073,39	272,07	1,230	1,000	1,012	1,796	1,611	748,726	438,393	1200,419	-	0,00250
24-Ş-K	856,76	-2859,82	319,04	1,230	1,000	0,906	1,893	1,477	992,306	471,237	1161,859	0,000600	0,00250
27	341,02	-904,34	131,95	1,230	1,000	1,012	1,786	1,611	259,385	212,614	719,617	-	0,00250
30-Ş-K	557,51	-1447,00	188,23	1,130	0,930	0,620	1,631	1,186	393,359	223,330	489,172	0,000229	0,00250
33	97,32	-328,38	89,47	1,130	0,930	0,693	1,743	1,294	68,767	115,804	201,140	-	0,00250
36	83,09	-179,92	126,21	1,130	0,930	0,693	1,546	1,294	39,305	163,358	119,390	-	0,00250
39	125,86	-200,03	195,18	0,565	0,465	0,043	0,694	0,324	10,583	63,157	9,892	-	0,00250

Deprem ve rüzgâr etkileri için yük birleşiminden elde edilen bulguların karşılaştırılması: Deprem ve rüzgâr etkilerine göre yapılan hesaptan elde edilen moment ve donatı oranlarının karşılaştırılması Tablo 2.20’de verilmektedir.

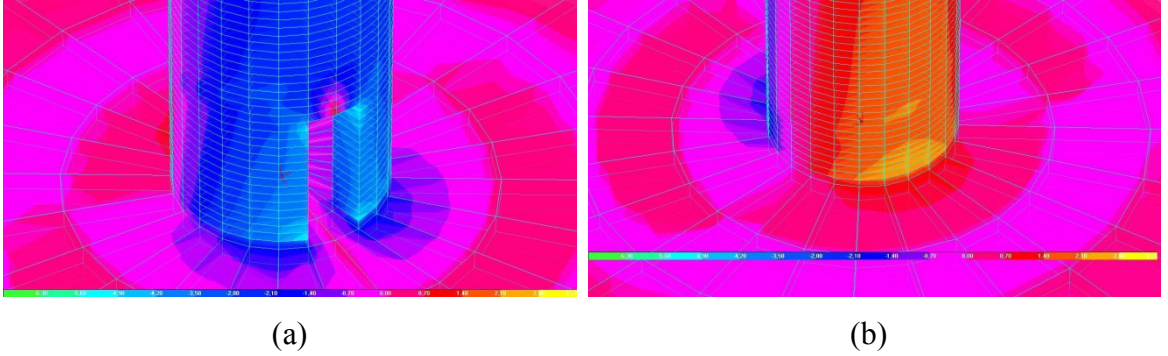
Tablo 2.20. Deprem ve rüzgâr etkileri yük bileşimleri bulgularının karşılaştırılması

Kot	G+E (2. DDB)			G+E (4. DDB)			G+1,3 W _e			G+1,3 W _t		
	M (kNm)	Hesaplanan Boyuna Donatı Oranı	Kesitteki Geçerli Donatı Oranı	M (kNm)	Hesaplanan Boyuna Donatı Oranı	Kesitteki Geçerli Donatı Oranı	M (kNm)	Hesaplanan Boyuna Donatı Oranı	Kesitteki Geçerli Donatı Oranı	M (kNm)	Hesaplanan Boyuna Donatı Oranı	Kesitteki Geçerli Donatı Oranı
0-K	17082,857	0,006550	0,006550	11259,240	0,003595	0,00360	7034,672	0,001550	0,00250	6018,376	0,001050	0,002500
3	8013,444	0,003050	0,003050	3342,464	0,000550	0,00250	3613,558	0,000665	0,00250	3000,444	-	0,002500
6	6847,240	0,002585	0,002585	2811,681	-	0,00250	3118,021	-	0,00250	2543,672	-	0,002500
9	5831,963	0,002130	0,002500	2421,817	-	0,00250	2465,836	-	0,00250	1957,978	-	0,002500
12	5191,816	0,005325	0,005325	2089,395	0,001065	0,00250	2344,641	0,001440	0,00250	1808,595	0,000645	0,002500
15	4286,101	0,004365	0,004365	1812,881	-	0,00250	1906,101	-	0,00250	1436,270	-	0,002500
18	3500,758	0,003520	0,003520	1497,129	-	0,00250	1489,415	-	0,00250	1074,441	-	0,002500
21	2755,997	0,002705	0,002705	1199,107	-	0,00250	1107,206	-	0,00250	748,726	-	0,002500
24-Ş-K	3568,127	0,003925	0,003925	1421,731	0,000886	0,00250	1500,771	0,001020	0,00250	992,306	0,000600	0,002500
27	1459,030	0,001380	0,002500	616,388	-	0,00250	478,641	-	0,00250	259,385	-	0,002500
30-Ş-K	1546,318	0,002540	0,002540	601,996	-	0,00250	725,402	-	0,00250	393,359	0,000229	0,002500
33	435,121	0,000960	0,002500	176,185	-	0,00250	182,036	-	0,00250	68,767	-	0,002500
36	178,174	-	0,002500	77,674	-	0,00250	111,221	-	0,00250	39,305	-	0,002500
39	9,694	-	0,002500	3,871	-	0,00250	14,304	-	0,00250	10,583	-	0,002500

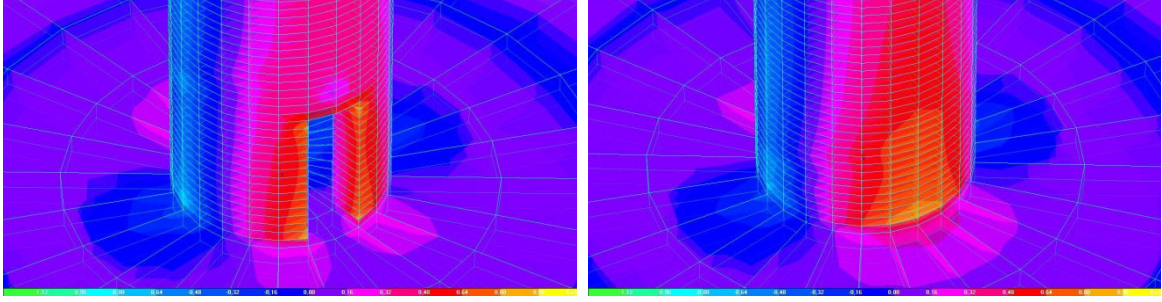
Daha önce verilmiş olan hesap tablolarından ve hesapların karşılaştırması tablolarından görüldüğü gibi gerilmelerin yığıldığı noktalar kapı boşluklarının olduğu kesitlerde ve geçiş elemanı-gövde birleşim noktasındadır. Tezin giriş bölümündeki yıkılmış minare resimlerine ve diğer yıkılmış minare resimlerine bakıldığı zaman minarelerin en fazla küp-gövde birleşim noktasının hemen üzerinden kırıldıkları görülmektedir. Üzerinde çalışma yapılan minarenin en büyük yük değerlerini veren kombinezonları için bahsedilen kesitlerdeki σ gerilmeleri Şekil 2.6-2.21 da görülmektedir. Bu şekillerde (a) kapının bulunduğu taraftaki görünümü, (b) ise karşı tarafındaki görünüşü göstermektedir.



Şekil 2.6. Kaide giriş kapısı hizasındaki $G+1,3 W_t$ kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı



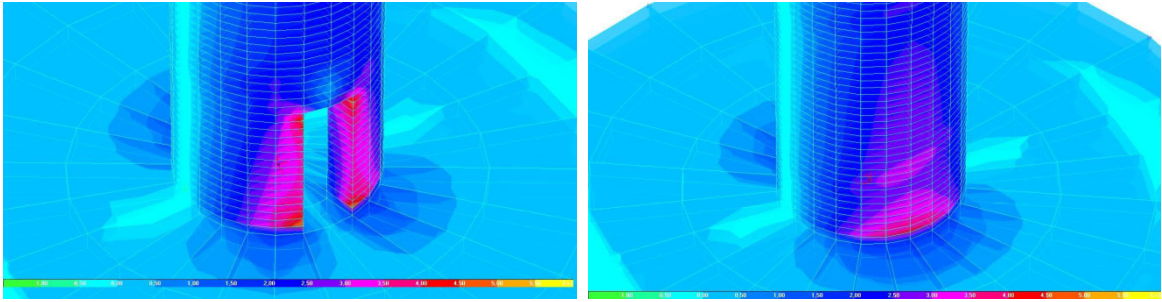
Şekil 2.7. Kaide giriş kapısı hizasındaki $G+1,3 W_a$ kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı



(a)

(b)

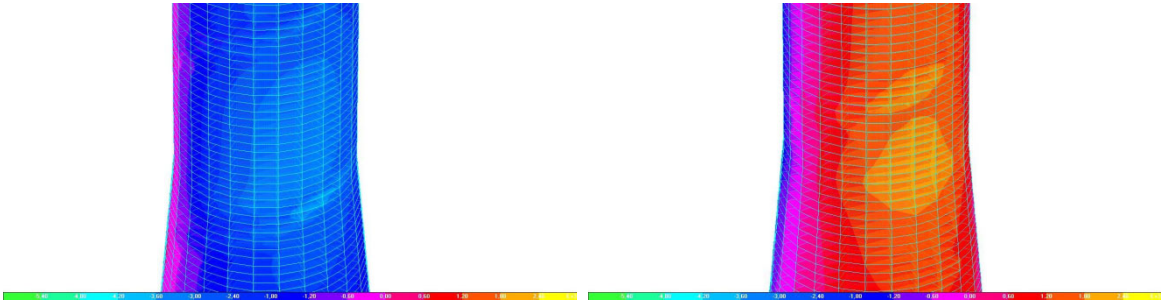
Şekil 2.8. Kaide giriş kapısı hizasındaki $G+E$ (4.DDB) kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı



(a)

(b)

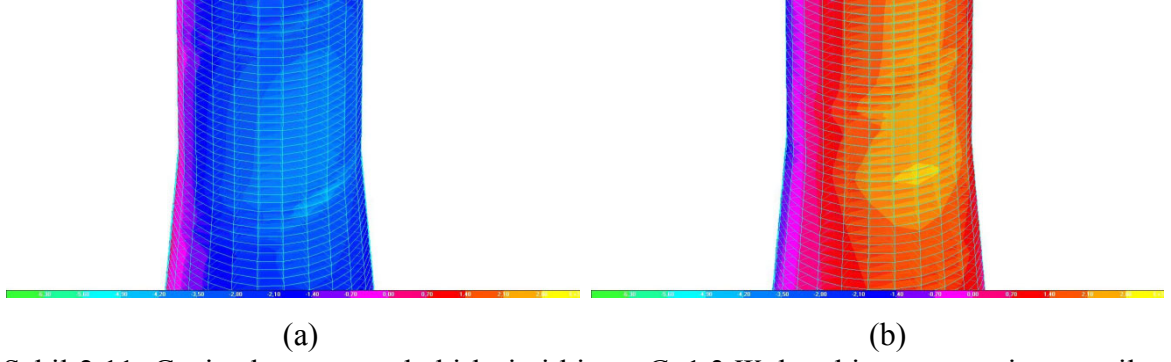
Şekil 2.9. Kaide giriş kapısı hizasındaki $G+E$ (2. DDB) kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı



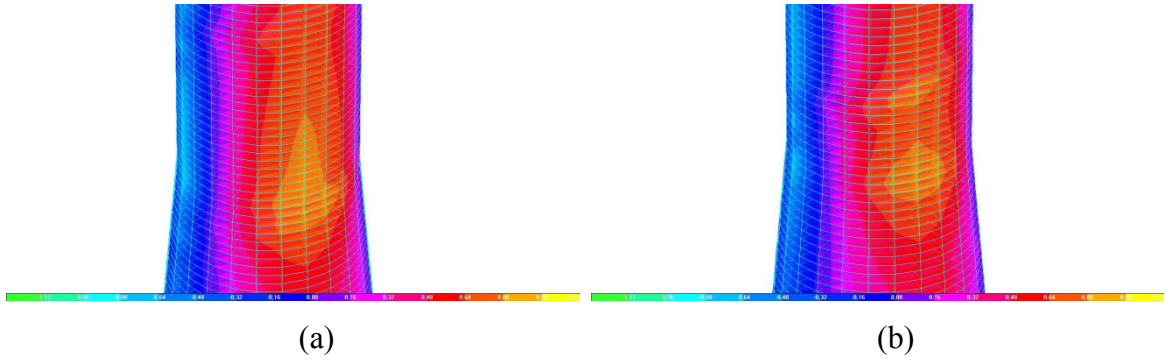
(a)

(b)

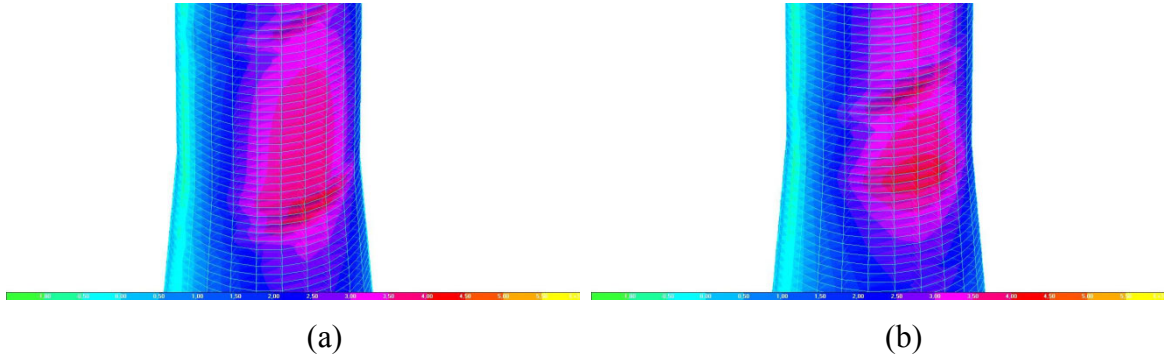
Şekil 2.10. Geçiş elemanı-gövde birleşimi hizası $G+1,3 W_1$ kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı



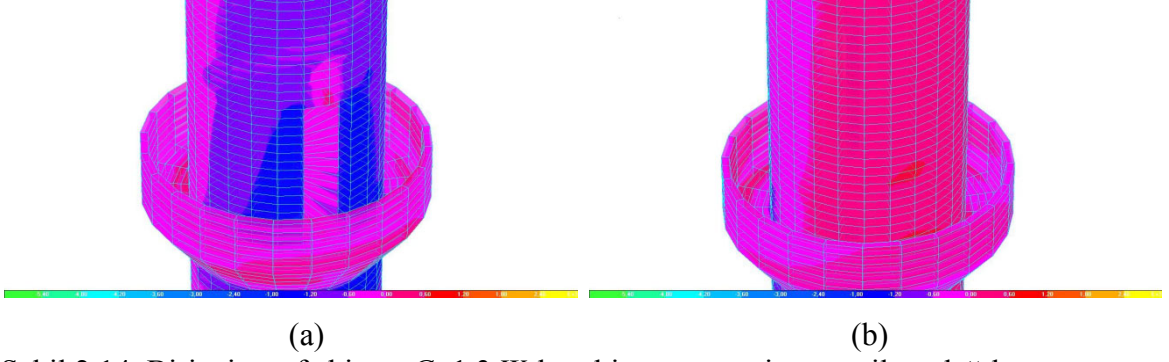
Şekil 2.11. Geçiş elemanı-gövde birleşimi hizası $G+1,3 W_a$ kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı



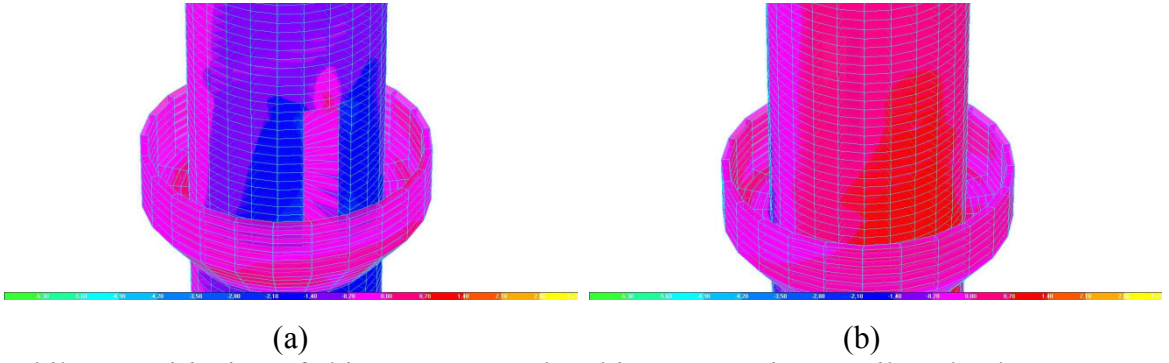
Şekil 2.12. Geçiş elemanı-gövde birleşimi hizası $G+E$ (4. DDB) kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı



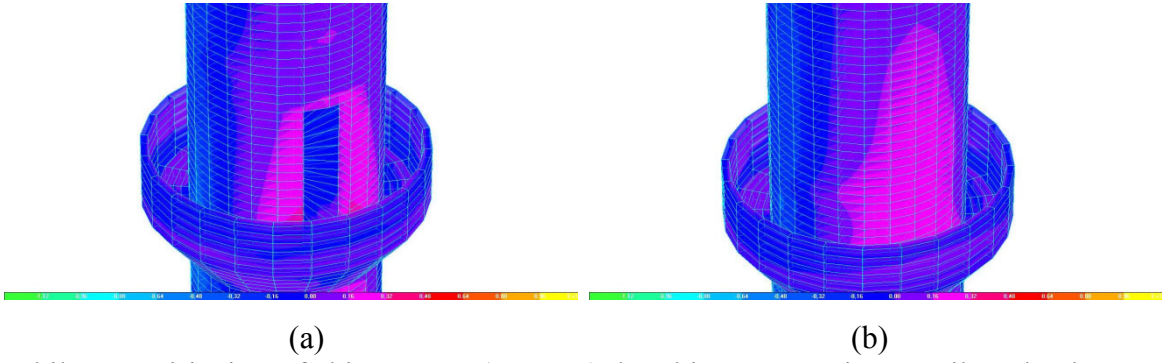
Şekil 2.13. Geçiş elemanı-gövde birleşimi hizası $G+E$ (2. DDB) kombinezonuna ait σ gerilme dağılımı



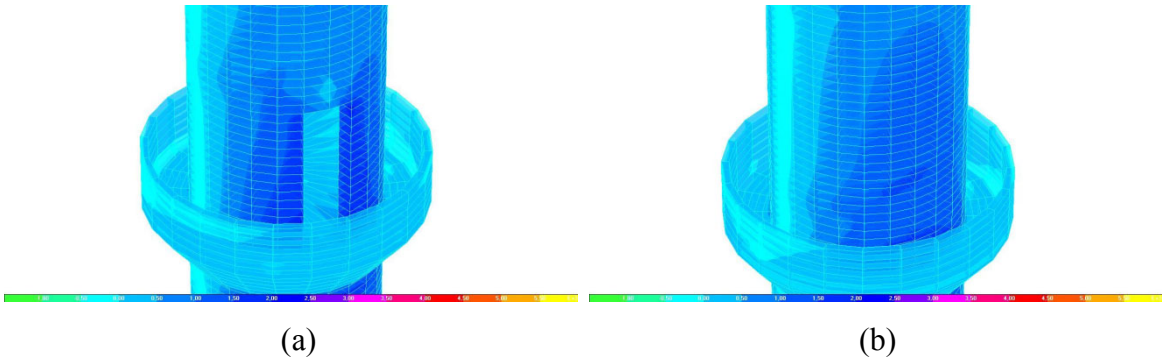
Şekil 2.14. Birinci şerefe hizası $G+1,3 W_t$ kombinasyonuna ait σ gerilme dağılımı



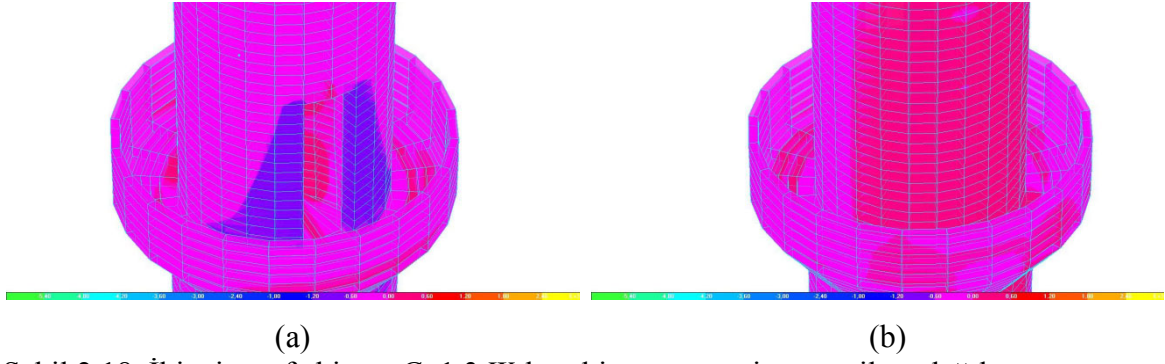
Şekil 2.15. Birinci şerefe hizası $G+1,3 W_a$ kombinasyonuna ait σ gerilme dağılımı



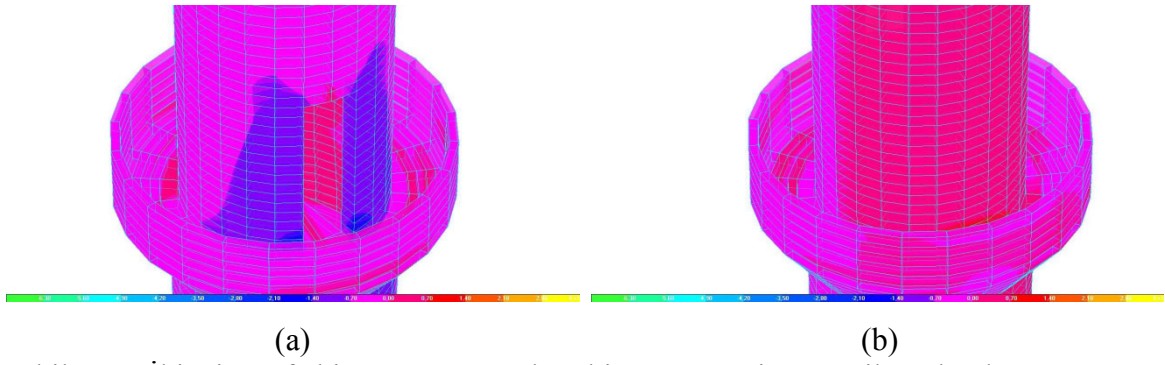
Şekil 2.16. Birinci şerefe hizası $G+E$ (4. DDB) kombinasyonuna ait σ gerilme dağılımı



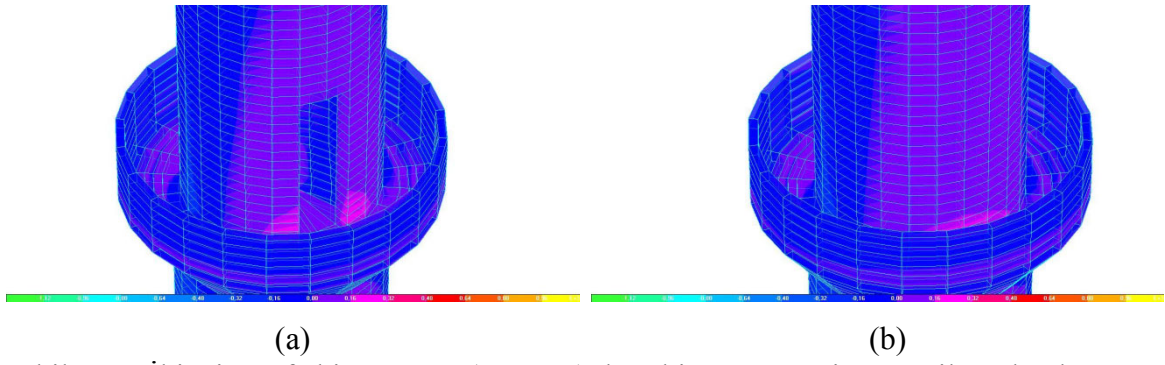
Şekil 2.17. Birinci şerefe hizası $G+E$ (2. DDB) kombinasyonuna ait σ gerilme dağılımı



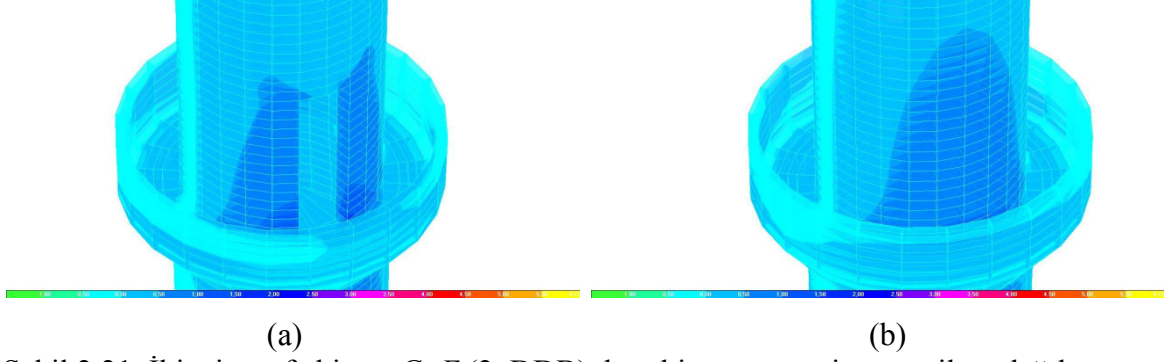
Şekil 2.18. İkinci şerefe hizası $G+1,3 \cdot W_t$ kombinasyonuna ait σ gerilme dağılımı



Şekil 2.19. İkinci şerefe hizası $G+1,3 \cdot W_a$ kombinasyonuna ait σ gerilme dağılımı

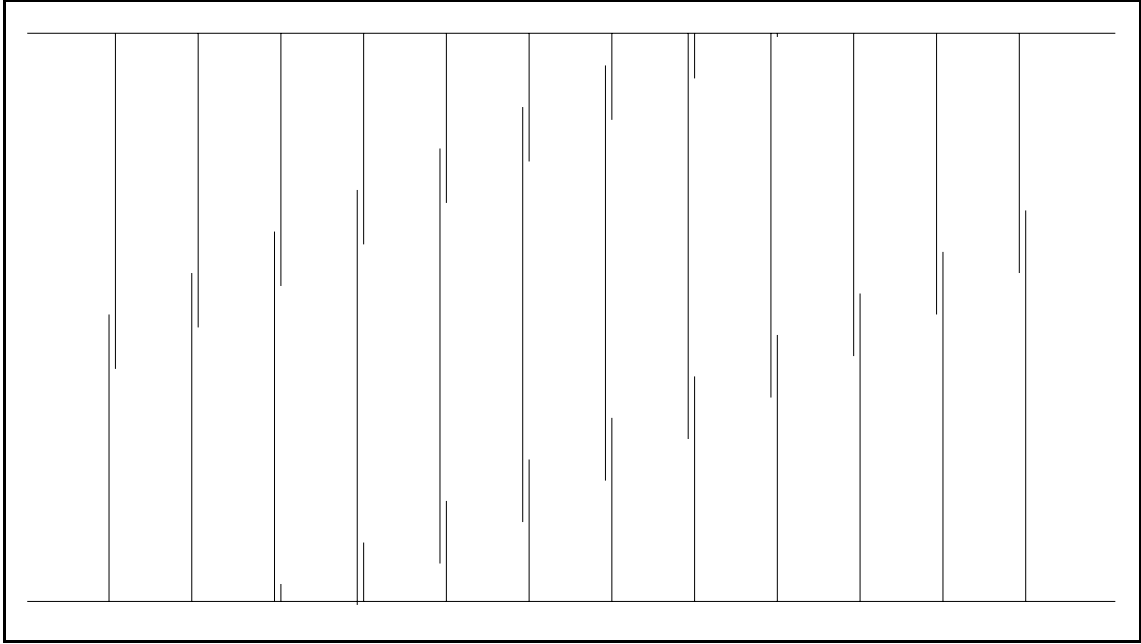


Şekil 2.20. İkinci şerefe hizası $G+E$ (4. DDB) kombinasyonuna ait σ gerilme dağılımı

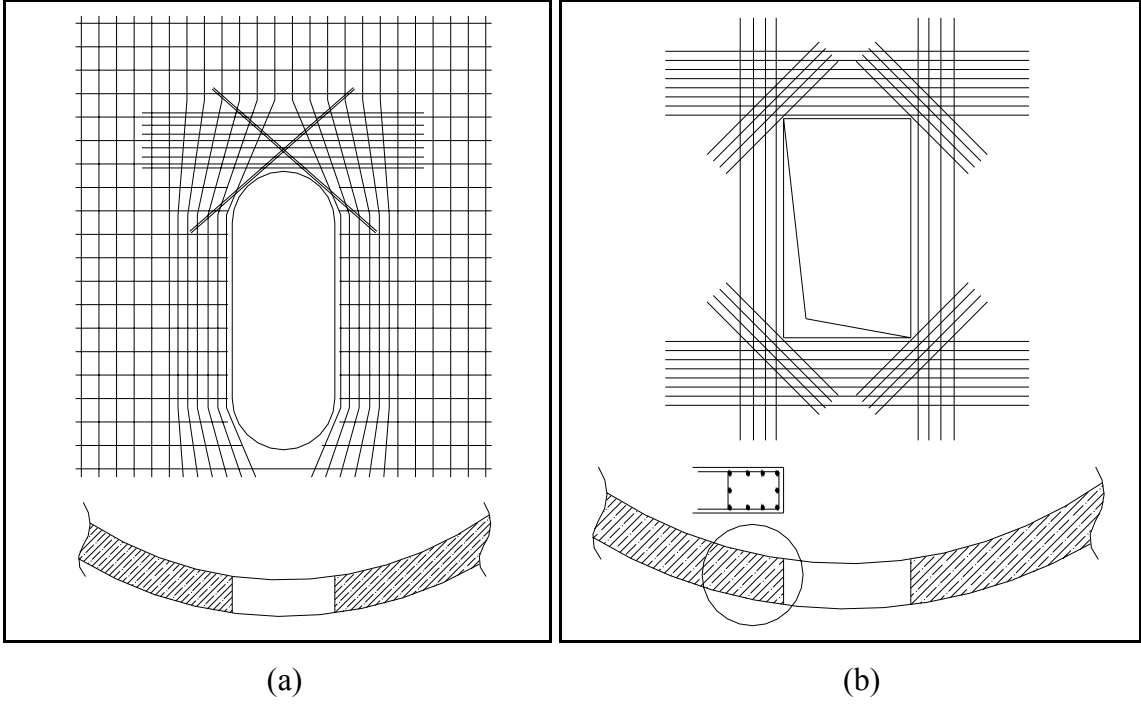


Şekil 2.21. İkinci şerefe hizası $G+E$ (2. DDB) kombinasyonuna ait σ gerilme dağılımı

Aşağıdaki Şekil 2.22’de boyuna donatının şaşırtmalı dizimi, Şekil 2.23’de açıklıklardaki donatı düzeni gösterilmektedir.



Şekil 2.22. Minare gövdesindeki donatının şaşırtmalı dizimi (Tezcan ve Yavaş, 2000).



Şekil 2.23. Kapı boşluklarındaki donatı düzeni, a) (Pinfold, 1975), b) (Tezcan ve Yavaş, 2000).

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı başlıca üç esastan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi minarelerin hesap, tasarım ve inşasındaki mevcut durumların ortaya konması, ikincisi seçilen örnek minarenin yatay yüklere göre hesap ve tasarımını yaparak bunları ülke mühendisliğine sunmak, üçüncüsü ise mevcut durumun tespitinden ve yapılan çözümlerden yararlanarak bu konudaki yanlışlık, eksiklik ve yapılması gerekenleri sunmaktır. Bu amaç doğrultusunda gerçekleştirilen çalışmadan çıkarılan başlıca sonuçlar aşağıda sunulmaktadır:

1) Ülkemizde bilindiği gibi çok sayıda minare rüzgâr etkisiyle yıkılmış ve bunun sonucunda can ve mal kayıpları meydana gelmiştir. Yapılan literatür taramasından bu konuda yapılmış yayınların bulunmadığı da görülmüştür. Şiddetli rüzgâr etkileri ülkemizin değişik yerlerinde zaman zaman oluştuğundan bu konuda çalışmalara bir an önce başlanması gerektiği ortaya çıkmıştır.

2) Yapılan çalışmalarda minaredeki yük etkilerine bakıldığında yük yığılmalarının en fazla kapı boşluklarının bulunduğu kısımlarda ve geçiş elemanının hemen üzerinde olduğu görülmüştür. Yıkılan minarelere bakıldığında kırılmaların en fazla bu kesitlerde oluşması yapılan çalışmalarda elde edilenlerin doğruluğunu göstermiştir.

3) Minareye etki eden rüzgâr yüklerinin minare yüksekliği boyunca dağılımından, minare tabanından 33 m'ye kadar TS498'in, bu metreden sonra ACI 307'nin daha büyük değerler verdiği görülmüştür. Bunun nedeni TS 498/97 deki 21 m den 100 m ye kadar olan sabit rüzgâr yükü dikkate alınmasıdır. Görüldüğü gibi bu aralık oldukça uzun bir mesafedir. Dolayısıyla daha yüksek minareler için ACI 307/98 dikkate alınarak yapılan rüzgâr hesaplarında emniyetli tarafta kalma ihtimali daha fazladır.

4) Rüzgâr yüklerinin tasarımında rüzgâr hızının ortalama 40 m/s olduğu (TS 498'de verilen rüzgâr hızı değerlerine göre) varsayılmaktadır. Fakat bazı minarelerin yıkılma haberlerine bakıldığı zaman çok yüksek hızlardan (90 m/s ye ulaşan) söz edilmektedir. Bu nedenle çok yüksek hızlarda rüzgârların estiği bölgelerde 40 m/s dikkate alarak hesap yapmak oldukça güvensiz tarafta kalmaktadır. Çalışmada dikkate alınan minare için yapılan rüzgâr ve depreme göre hesaplardan deprem nedeniyle oluşacak etkilerin daha büyük olduğu görülmüştür. Ancak şiddetli rüzgârların depreme göre ülkemizde daha sıklıkla meydana gelmesi rüzgâr değerlerinin küçükte olsa etkisini ön plana çıkarmaktadır.

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında literatürde rastlanmayan, minarelerin rüzgar yüklerine göre hesabı ortaya konulmuştur. Böylece uygulamada çalışan mühendislere katkı sağlanmıştır.

Burada elde edilen sonuçlar tez kapsamında yapılan çalışma doğrultusunda çıkarılmıştır. Bunları genellemek ve daha ayrıntılı sonuçlar elde etmek için yapılan çalışma sayısının daha detaylı bir yol izlenerek artırılması ve doğrusal olmayan çözümlerinin incelenmesi gerekliliğini de belirtmek uygun olmaktadır.

4. KAYNAKLAR

- ACI 307/98, 1998, Design and construction of Reinforced Concrete Chimneys, American Concrete Institute Committee , USA
- Aliyazıoğlu, C., 2004, Bir Sentez alışması Işığında Betonarme Sanayi Bacalarının Farklı Yöntemlerle özömlenmeleri ve Tasarımları, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- ASCE, 1995, ASCE Standard Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, ASCE 7-95, New York,
- Bektaşoğlu, M., T.C. Başbakanlık Diyanet İşleri Başkanlığı, <http://www.diyanet.gov.tr/turkish/default.asp>, Semaya Yükselen Zarif Eller Minareler, 10 Nisan 2006
- Bektaşoğlu, M. ve Yıldırım, H., 2006, T.C. Başbakanlık Diyanet İşleri Başkanlığı, <http://www.diyanet.gov.tr/turkish/default.asp>, Kubbe ve Minarelerin Vazgeçilmez unsuru Alemler, 4 Nisan 2006
- Bildirici, F., 1998, Gecekondu Minare Dönemi, Hürriyet Gazetesi, 26 Ocak 1998
- Chopra, A.K., 1995, Dynamics of Structures: Theory and Application to Earthquake Engineering, Prentice, Inc., New Jersey.
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara
- Diez, E. ve Aslanapa, O., 1955, Türk sanatı, İ. Ü. Edebiyat Fakültesi Yayın no:627, Doğan Kardeş Bas., İstanbul, 166s.
- Doğangün, A., Tuluk, Ö.İ., Livaoğlu, R. ve Acar, R., 2006, Traditional Turkish Minarets on the Basis of Architectural and Engineering Concepts, Proceedings of the First International Conference on Restoration of Heritage Masonry Structures, Kahire, Mısır, 24-27 Nisan
- Durmuş, A., 1989, Deprem Mühendisliği Ders Notları. (Yayınlanmamış)
- Frishman, M. ve Khan, H. U., 1994, The Mosque, Thames and Hudson, London
- Gönen, S., 2005, Fırtına Minare Uçurdu, Hürriyet Gazetesi, DHA, 24 Temmuz 2005
- Motosaka, M. ve Soner, A., 2002, Ground Motion Directionality Inferred From a Survey of Minaret Damage During The 1999 Kocaeli and Düzce, Turkey Earthquakes, *Journal of Seismology*, 419-430
- Nuhoğlu, A., ve Şahin, S., 2005, Sanayi Bacalarının ve Minarelerin Dinamik Davranışlarının İncelenmesi, Deprem Sempozyumu, 2005, Kocaeli, 23-25 Mart, 433-443

- Ödekan, A., 1997, “Minare” maddesi, Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi, Cilt:2, İstanbul, 1259s.
- Pinfold, G.W., 1975, Reinforced Concrete Chimneys and Towers, A Viewpoint Publication
- SAP 2000 Structural Analysis Programme, 2003, Computers and Structures Inc., Version 8.1.6, Berkeley, California.
- Sezen, H., Fırat, G.Y. ve Sözen, M.A., 2003, Investigation Of The Performance Of Monumental Structures Durin The 1999 Kocaeli And Düzce Earthquakes, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 26-30 Mayıs
- T.C. Başbakanlık Diyanet İşleri Başkanlığı Teknik Hizmetler Müdürlüğü, Minarelerin Yapımında Uygulanacak Esaslar, Sayı: B.02.1.DİB.0.80.00.00-022, Ekim 1999
- Tayla, H., 2006, Sinan Minarelerinin Mimaride ve Şehircilikteki Yeri, T.C. Başbakanlık Diyanet İşleri Başkanlığı, <http://www.diyamet.gov.tr/turkish/default.asp>, 4 Nisan 2006
- Tezcan, S.S. ve Yavaş, L., 2000, Seismic and Wind Analysis of Tower Structures, Kule Tipi Yapıların Sismik ve Rüzgar Analizi, Türkiye Deprem Vakfı, Ekim
- Tuluk, Ö.İ., Doğangün, A., Livaoglu, R. ve Acar, R., 2006, Mimari ve Taşıyıcı Sistem Özellikleri Bağlamında Türk Minare Geleneği, Yapı Dünyası Dergisi, sayı:122, 41-49s.
- TS 498, 1997, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS 500, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü
- URL-1, <http://www.milliyet.com.tr/2001/11/26/yasam/ayas.html>, İki Gün Daha Soğuk, Milliyet Gazetesi, DHA, 15 Mart 2006
- URL-2, <http://www.milliyet.com.tr/2003/02/08/guncel/gun22.html>, Türkiye’yi Fırtına Uçurdu, Milliyet Gazetesi, DHA, 15 Mart 2006
- URL-3, <http://www.yenisafak.com/arsiv2003/ekim/10/g01.html>, Türkiye Fırtınaya Teslim, Yeni Şafak Gazetesi, 15 Mart 2006
- URL-4, <http://www.diyamet.gov.tr/turkish/default.asp>, Osmanlıda Mimari, T.C. Başbakanlık Diyanet İşleri Başkanlığı, 4 Nisan 2006
- URL-5, <http://www.aksam.com.tr/arsiv/aksam/2001/12/28/icanadolu/icanadolu1.html>, Sel yıktı geçti, Akşam Gazetesi, 28 Aralık 2001

- URL-6, <http://www.ntvmsnbc.com/news/120847.asp>, Fırtına Minare Devirdi:2ölü 5 yaralı, 25 Kasım 2002
- URL-7, <http://www.aksam.com.tr/arsiv/aksam/2004/01/12/gundem/gundem1.html>, Fırtına Yıktı Geçti, 12 Ocak 2004
- URL-8, <http://www.milliyet.com.tr/2003/02/08/guncel/gun22.html>, Türkiyeyi Fırtına Uçurdu, 08 Şubat 2003
- URL-9, <http://www.zaman.com.tr>, Fırtınaya dayanamayan minare yıkıldı, 23 Mart 2007
- URL-10, <http://webarsiv.hurriyet.com.tr/2002/02/27/93703.asp>, 15 Mart 2006
- Ülgen, A., 1996, Klasik devir minareleri, Alfa basım yayım dağıtım, İstanbul
- Visual Basic 5.0, Microsoft Visual Basic For 32-bit Windows Development, Copyright © 1987–1997 Microsoft Corp.
- Yücel, E., 1966, “Minareler ve hoparlörler konusu”, Arkitekt, İstanbul, 28s.

5. EKLER

5.1. EK 1

27 EKİM 1999

T.C.
BAŞBAKANLIK
DİYANET İŞLERİ BAŞKANLIĞI
Teknik Hizmetler Müdürlüğü

Sayı : B.02.1.DİB.0.80.00.00-022/547

ÇOKİVEDİ

Konu : Minarelerin yapımında uygulanacak esaslar

..... VALİLİĞİNE
(Müftülük)

Yurt genelinde yaptırılmış ve/veya yaptırılmakta olan camilerin tamamına yakınının hakiki ve hükmi (şahıs, denek, vakıf) şahıslar tarafından yaptırıldığı malumdur.

Kamunun istifadesi için yaptırılan bu eserlerin gelecek nesillere intikal ettirilmesini sağlamak bakımından başta proje olmak üzere inşaatın yapım kalitesi bakımından her türlü özenin azami derecede gösterilmesinde zorunluluk bulunmaktadır.

Söz konusu camileri yaptıran hakiki ve hükmi şahıslar projeleri hayır işi kapsamında ücretsiz olarak veya çok cüz'î ücretle yaptırmakta olduğundan projeleri hazırlayanlar tarafından projelere gerekli önem verilmemekte ve özen gösterilmemektedir. Ayrıca; başka bir yerde uygulanmış herhangi bir projeyi caminin yapılacağı arsaya uyarlamak suretiyle çok basit veya yanlış bir proje ile inşaata başlanmakta ve bu şekilde de bitirilmektedir.

Genelde hakiki ve hükmi şahıslar inşa ettikleri yapının cami olması nedeniyle başta imar mevzuatı olmak üzere hukuki tüm işlemlerden istisna ve muafiyet kapsamında olduklarını zannetmekte, yaptıkları cami için inşaat yapım ruhsatı alma gereğini dahi duymamakta, başta belediyeler olmak üzere birçok kurum ve kuruluş hukuk dışı bu tutum ve davranışa göz yummakta veya seyirci kalmaktadır.

17 Ağustos 1999 tarihinde Marmara Bölgemizde meydana gelen deprem afetinin boyutlarının tespiti ile ilgili olarak bu bölgede yapılan hasar tespit çalışmalarına dair sonuçlar yukarıda belirtilen tespiti maalesef doğrulamaktadır. Hasar yüzdesi dikkate alındığında cami ve müstemilatının depremden en çok hasar gören yapılar olduğu üzüntü ile müşahede edilmiştir.

Deprem bölgesinde yapılan incelemelerde, cami ve müstemilatı ile cami çevresinde bulunan sair yapılarıdaki hasarın bir kısmına minarelerin bu yapıların üzerine yıkılması sonucunda meydana geldiği tespit edilmiştir.

Minarelerin, genelde herhangi bir hesabı ve projesi olmadan inşa edildiği, yapım esnasında fen ve sanat kaidelerine riayet edilmediği, yüksekliğinin cami yapısı ile mütenasip bir yükseklikte olması gerekmekte iken çok yüksek yapıldığı, narin nitelikteki

bir yapı olması hasebiyle rüzgâr, fırtına ve deprem karşısında yapı güvenliğinin bulunmadığı, buna bağlı olarak can ve mal emniyeti açısından risk teşkil ettiği görülmüştür.

Bu nedenle; minarelerin rüzgar, fırtına ve depreme karşı mukavim olabilmesini temin bakımından projelendirilmesi inşası esnasında diğer yapılardan daha çok özen gösterilmesi gerekmektedir.

Minareler inşa edilmeden önce zemin durumu, yükseklik, şerefe sayısı, şerefe genişliği, şerefe altı mukarnaları ile şerefenin korkuluk yüksekliği, ağırlığı ve montaj şekli, merdivenin ağırlığı ve minare gövdesi ile olan münasebeti, külah ve alem yükseklikleri ve ağırlıkları, rüzgar ve kar yükü, yörenin deprem bölgesi derecesi, kullanılacak malzemenin cinsi ve fiziksel özellikleri, cami kitlesi ile minarenin bitişik ve/veya ayrık nizam olup olmadığı, temel derinliği ve temel tipi gibi asli unsurlar ile sair bir çok husus dikkate alınmalı ve bunlara bağlı olarak statik hesap yapılmalı ve bu hesaba uygun olarak projelendirilmelidir.

T.C.
BAŞBAKANLIK
DİYANET İŞLERİ BAŞKANLIĞI
Teknik Hizmetler Müdürlüğü

Sayı : B.02.1.DİB.0.80.00.00-022/547

ÇOKİVEDİ

Konu : Minarelerin yapımında uygulanacak esaslar

(2)

Halen yapımı devam eden ve bilahare yapılacak olan minare (Mülkiyeti Vakıflar Genel Müdürlüğüne ait olanlar hariç) inşaatların aşağıda belirtilen esaslara uyulması gerekmektedir.

Buna göre;

1. Minare yüksekliklerinin EK-1-2-3'de belirtilen nispetleri aşmaması,
2. Ahşap, kerpiç, yığma taş, yonu taşı, beton briket, beton blok, tuğla vb. yapı malzemeleri ile inşa edilmemesi, bu şekilde inşa edilmekte olanların yapımlarının durdurulması,
3. Ahşap, kerpiç, yığma taş, yonu taşı, beton briket, beton blok, tuğla vb. malzemelerle yapılmakta iken yapımı durdurulan minarelerin afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (Deprem Yönetmeliği) dikkate alınarak statik hesabı (temel dahil) yaptırarak yapı güvenliğinin bulunup bulunmadığı hususu tahkiki, can ve mal emniyeti açısından tehlike arz etmeyeceği anlaşılan minarelerin inşaat yapım ruhsatı alınması, teknik sorumlu bulundurulması ve yüksekliğinin EK-1-2-3 de belirtilen nispetleri aşmayacak şekilde yaptırılması halinde yapımına müsaade edilmesi,
4. Cami dış cephesinde kullanılan kaplama malzemesinin minarede de kullanılmak istenmesi halinde, minarenin betonarme olarak inşa edilmesi, minare dış yüzeyine kaplanacak malzemenin harç kullanmadan mekanik (askı kenetli) montajlı olarak yaptırılması,
5. Betonarme olarak yapımı devam etmekte olup, statik hesabı, betonarme projesi, inşaat yapım ruhsatı ve teknik sorumlusu bulunan, ancak yüksekliği EK-1-2-3 de belirtilen nispetleri aşan minarelerin EK-1-2-3 de belirtilen nispeti aşmayacak şekilde yaptırılması,
6. Betonarme olarak yaptırılmakta olup, statik hesabı, betonarme projesi, inşaat yapım ruhsatı ve teknik sorumlusu bulunmayan minarelerin yapımının durdurulması,
7. Yapımı tamamen bitmiş olup, statik hesabı, betonarme projesi, inşaat yapım ruhsatı olmadan inşa edilen tüm minarelerin rüzgar, fırtına ve depreme karşı güvenliğinin bulunmadığı, can ve mal emniyeti açısından risk olduğu kabul edilerek gerekli inceleme, araştırma ve hesapların yapılması, gerekli görülenlerin yapı güvenliğinin artırılması için usulüne uygun olarak gerekli tahkimatların yaptırılması,

8. 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen deprem sonucunda hafif derecede hasar görmüş bir caminin orta ve ağır derecede hasarı bulunan minaresinin yıktırılması ile yukarıda belirtilen usul ve esaslara ve ayrıca EK-1-2-3 de delirtilen nispetlere uygun olarak yeniden yapımına müsaade edilmesi,
9. 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen deprem sonucunda orta ve/veya ağır derecede hasar görmüş bir caminin hafif derecede hasarı bulunan minaresinin cami ile nihayi karar verilinceye kadar herhangi bir işlem yapılmaması,

Ayrıca; zaman zaman medyada, çok küçük bir cami için dahi birden fazla minare yaptırıldığı, her bir minarede birden fazla şerefe bulunduğu, minare yüksekliklerinin caminin insicamını bozduğu hususlarına yer verilmekte, minarelerin yapımına dair herhangi bir usul ve esas bulunup bulunmadığı ve yapımlarının neden denetlenmediği hususu Başkanlığımızdan sorulmaktadır.

T.C.
BAŞBAKANLIK
DİYANET İŞLERİ BAŞKANLIĞI
Teknik Hizmetler Müdürlüğü

Sayı : B.02.1.DİB.0.80.00.00-022/547

ÇOKİVEDİ

Konu : Minarelerin yapımında uygulanacak esaslar

(3)

Bu nedenle; bundan sonra inşa edilecek olan ve cemaat kapasitesi 2500 ve daha yukarı camilerde (yüksekliği (EK-1-2-3) de belirtilen nispetlerde olmak kaydı ile) minare sayısının iki, her bir minarede de şerefe sayısının iki olmak üzere yukarıda belirtilen esaslar dahilinde inşaatına müsaade edilmesi, bunun dışında kalan küçük camilerde minarelerin tek şerefeli ve EK-1-2-3 de belirtilen kriterlere uygun şekilde inşasının sağlanması,

Söz konusu iş ve işlemlerin en kısa sürede ikmali için cami maliklerine (şahıs, dernek, vakıf vb.) gerekli tebligatların yapılması, yapı güvenliği ile can ve mal emniyeti açısından önem arz eden bu hususlarda mahalli ve mülki idarelerle gerekli koordinasyonun vakit geçirilmeden başlatılması,

Gerekmektedir.

Bilgilerinizi ve gereğini önemle rica ederim.

Mehmet Nuri YILMAZ

Diyamet İşleri Başkanı

EKLER :

EKİ : 1 adet minarelere ait çizimler (EK-1-2-3)

DAĞITIM :

Gereği

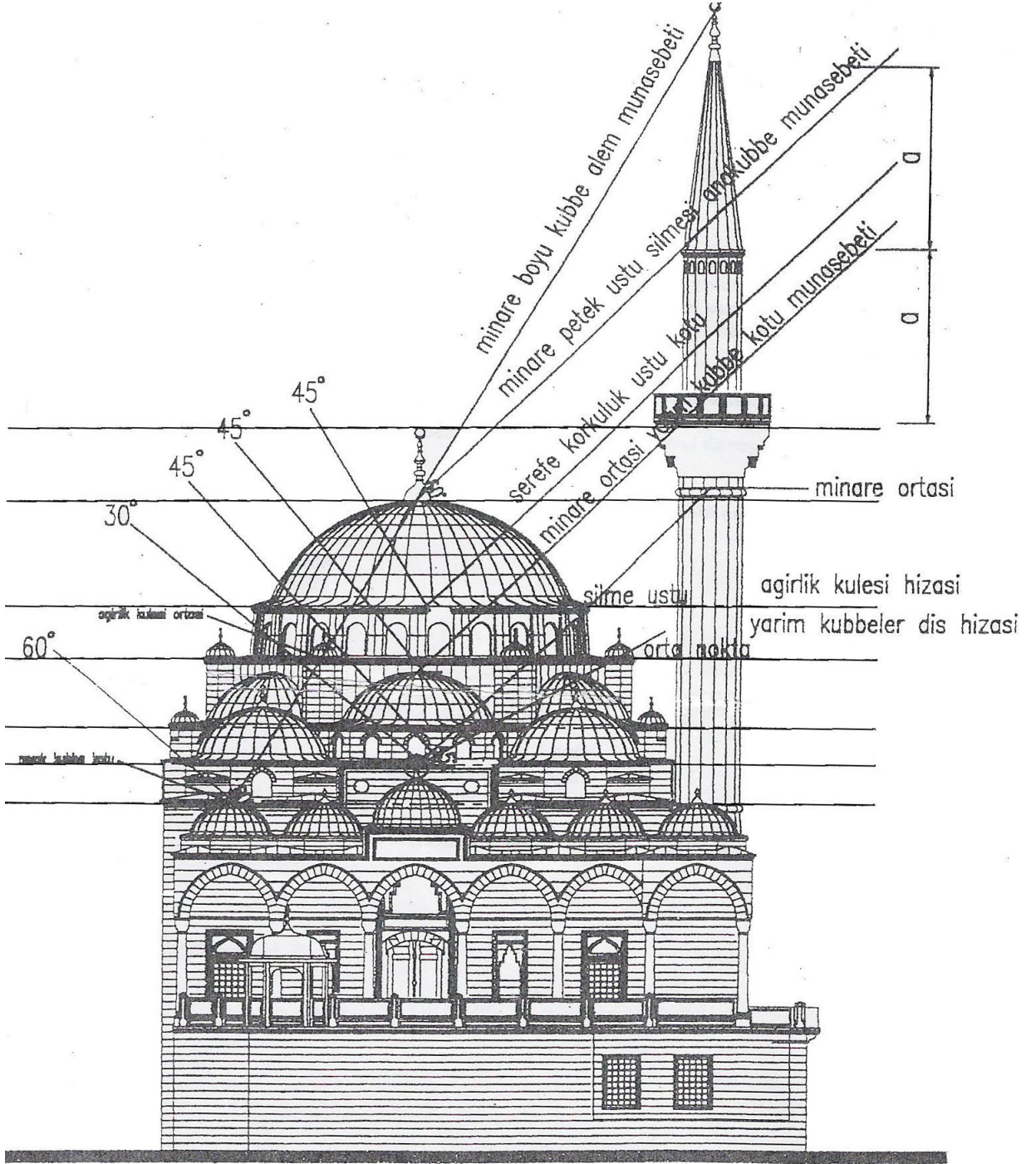
Valilikler (Müftülükler)

Bilgi

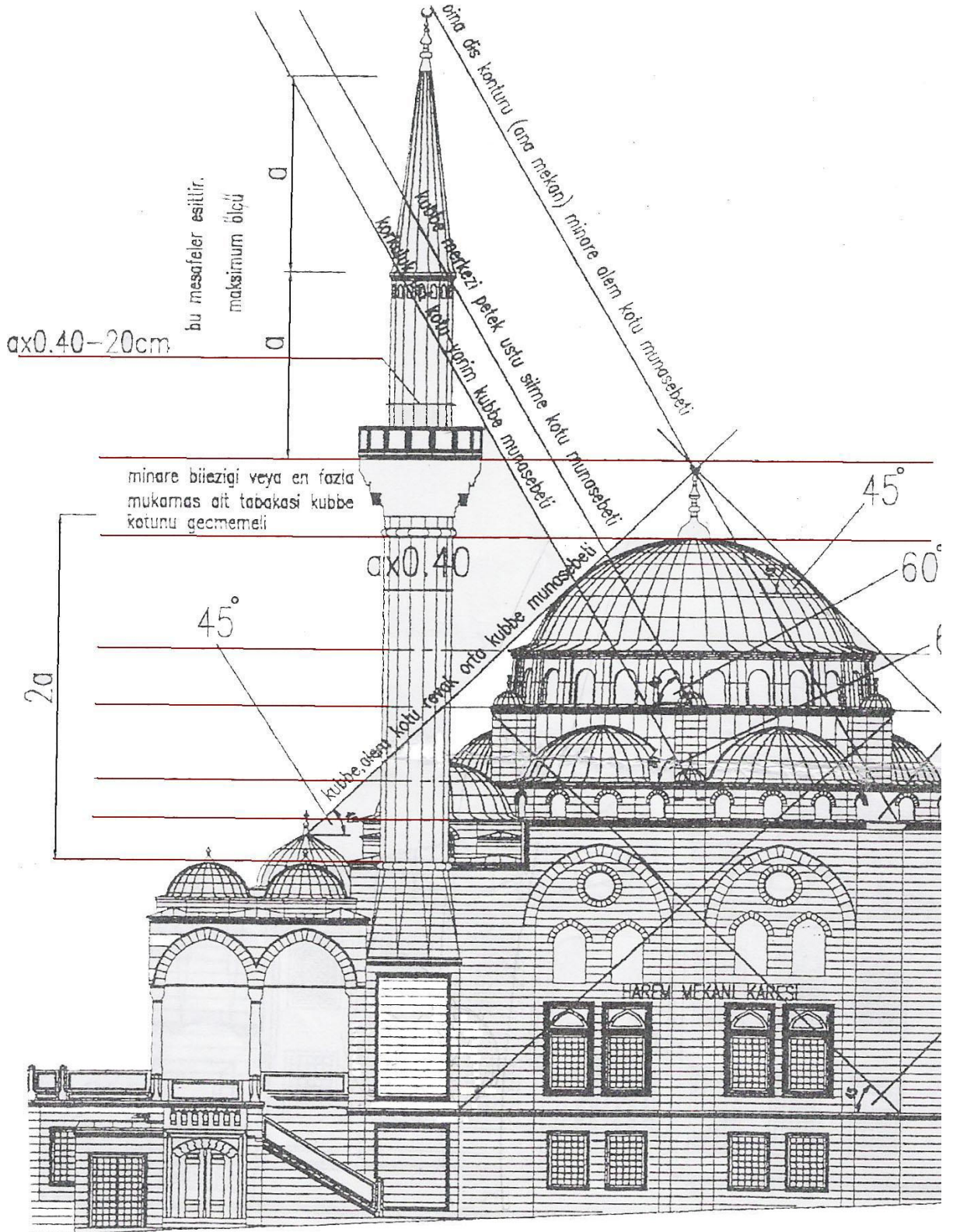
Başkan Yardımcılarına

Merkez Birimlerine

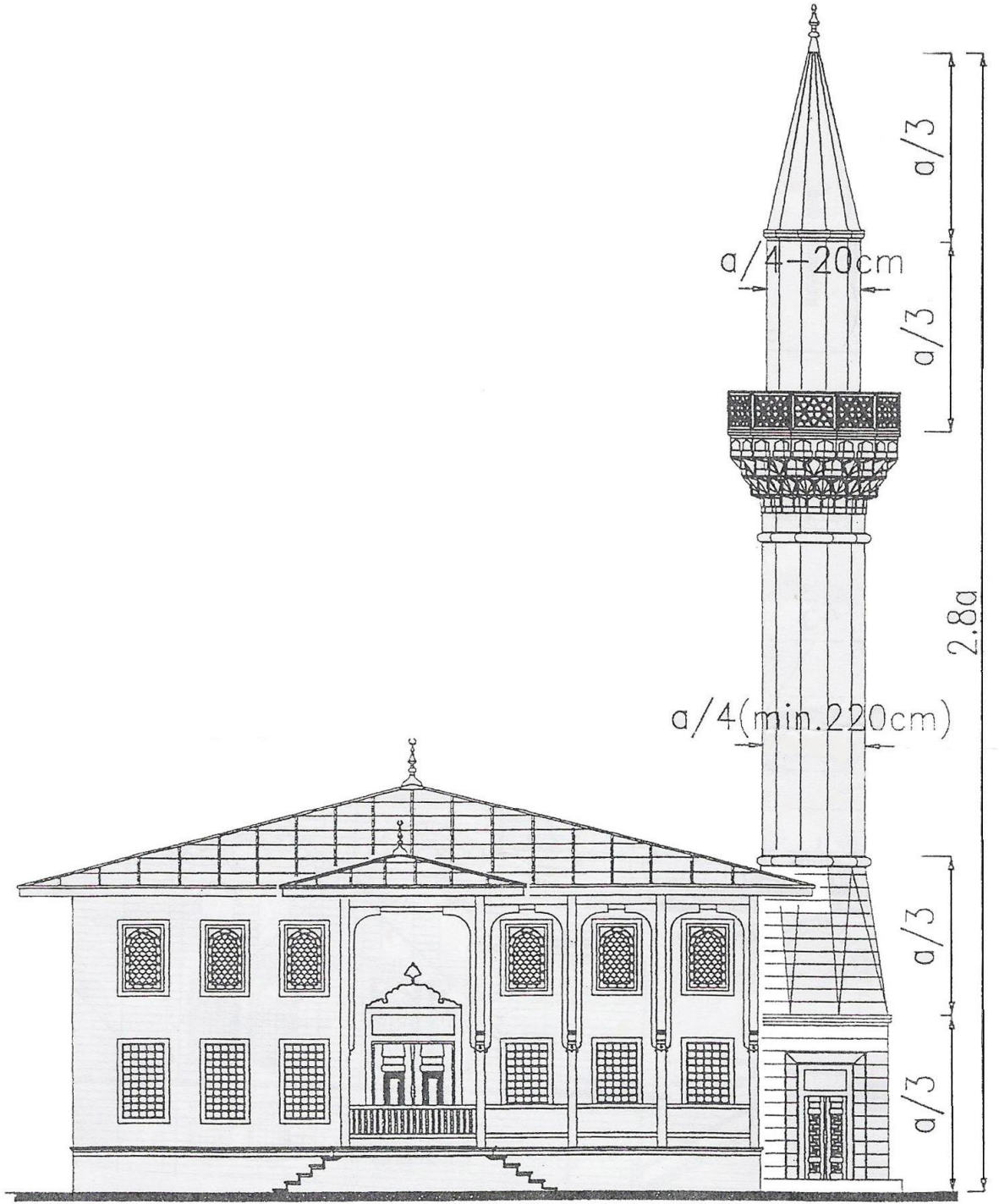
NOT: Bu talimatımız ilçe müftülüklerine il müftülüklerince ulaştırılacaktır.



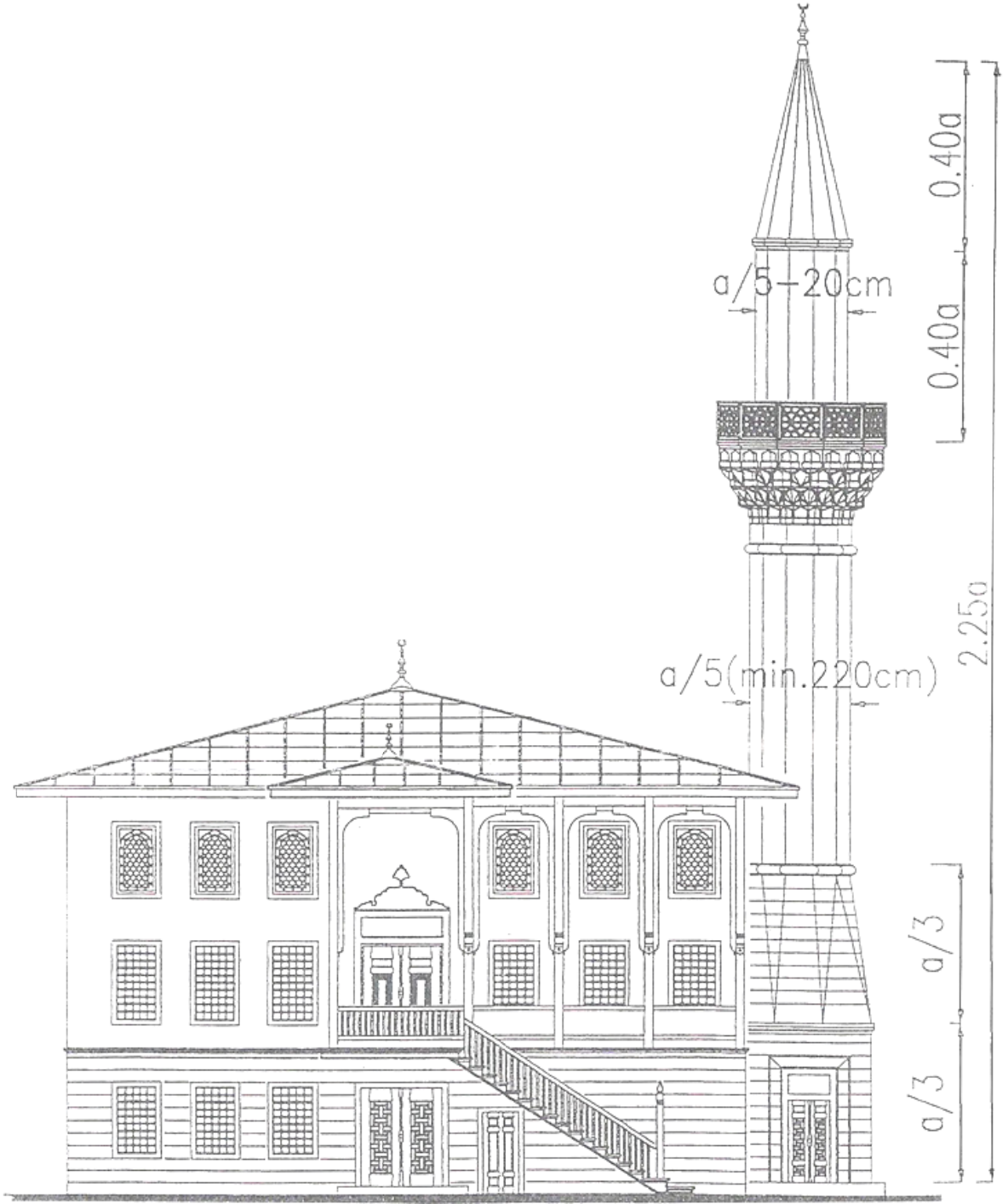
Ek Şekil 1. Cami-minare oranı



Ek Şekil 1/1. Cami-minare oranı



Ek Şekil 2. Cami-minare oranı



Ek Şekil 3. Cami-minare oranı

5.2. EK 2

ACI 307/98'e Göre Gövde Boyuna Donatısının Visual Basic 5.0 ile Hesabı İçin Program Satırları

Aşağıdaki program satırları ACI 307/98'e göre minare ve baca gibi yapıların gövde boyuna donatılarının yaklaşık olarak değerini vermektedir.

```
Private Sub Command1_Click()  
    Mu# = Val(InputBox("Artırılmış Moment Miktarı....(N.m)", "Mu=?", ""))  
    Nu# = Val(InputBox("Artırılmış Düşey Yük Miktarı....(N)", "Nu=?", ""))  
    Es# = Val(InputBox("Donatı Elastisite Modülü....(*10E6 N/m2)", "Es=?", "")) *  
1000000  
    fyk# = Val(InputBox("Donatı Karakteristik Akma Dayanımı....(*10E6 N/m2)", "fyk=?",  
"")) * 1000000  
    fck# = Val(InputBox("Beton Karakteristik Akma Dayanımı....(*10E6 N/m2)", "fck=?",  
"")) * 1000000  
    r# = Val(InputBox("Kesitin Ortalama Yarıçapı....(m)", "r=?", ""))  
    t# = Val(InputBox("Kesitin Cidar Kalınlığı....(m)", "t=?", ""))  
    n% = Val(InputBox("Kesitteki Açıklık Sayısı....", "n=? (Açıklık yoksa 0 yazın)", ""))  
    BETA = Val(InputBox("Açıklık Açısının Yarıları....(radyan)", "BETA=? (Açıklık yoksa  
0 yazın)", ""))  
    GAMA = Val(InputBox("Kesitteki İki Açıklık Merkezi Arasındaki Açık....(radyan)",  
"GAMA=? (İki açıklık yoksa 0 yazın)", ""))  
    If Mu = 0 Or Nu = 0 Or Es = 0 Or fyk = 0 Or fck = 0 Or r = 0 Or t = 0 Then  
        MsgBox "HATALI GİRİŞ YAPTINIZ!!!...", vbCritical, "HATA"  
        MsgBox "Mu,Nu,Es,fyk,fck,r ve t değerleri 0 olamaz....", vbCritical, "HATA  
NEDENİ"  
    End If  
    Ke# = Es / fyk  
    ROT# = 0  
    K11# = Nu / (r * t * fck)  
    K12# = 0  
    If fck <= 27500000 Then  
        BETA1 = 0.85  
    Else  
        BETA1 = 0.85 - (0.05 * ((fck - 27500000) / 1000) / 6875)  
    End If  
    If BETA1 >= 0.65 Then  
        BETA1 = BETA1  
    Else  
        BETA1 = 0.65  
    End If  
    a = 10000000  
    n = -1  
    SAYAC = 0  
    KARSILASTIRMA# = -250000  
    dongusayısı = 0
```

```

Do While ROT < 0.05
  If n > 0 Then
    If KARSILASTIRMA < 0 Then
      ROT = ROT + 0.000001
    Else
      dongusayısı = dongusayısı + 1
      If dongusayısı = 5 Then
        MsgBox "Program Aynı Yeri 5 Kez Döndü.", 48
        MsgBox ROT, vbOKOnly, "ROt Değeri....."
      End If
    If KARSILASTIRMA < 75000 Then
      ROT# = ROT - 0.000001
    ElseIf KARSILASTIRMA < 200000 Then
      ROT# = ROT - 0.00001
    ElseIf KARSILASTIRMA < 500000 Then
      ROT# = ROT - 0.0001
    ElseIf KARSILASTIRMA > 500000 Then
      ROT# = ROT - 0.0005
    End If
  End If
Else
  If Abs(KARSILASTIRMA) < 75000 Then
    ROT# = ROT + 0.000005
  ElseIf Abs(KARSILASTIRMA) < 100000 Then
    ROT# = ROT + 0.00001
  ElseIf Abs(KARSILASTIRMA) < 300000 Then
    ROT# = ROT + 0.00005
  ElseIf Abs(KARSILASTIRMA) < 500000 Then
    ROT# = ROT + 0.0001
  ElseIf Abs(KARSILASTIRMA) < 750000 Then
    ROT# = ROT + 0.0005
  ElseIf Abs(KARSILASTIRMA) < 5000000 Then
    ROT# = ROT + 0.001
  ElseIf Abs(KARSILASTIRMA) < 8000000 Then
    ROT# = ROT + 0.003
  ElseIf Abs(KARSILASTIRMA) > 8000000 Then
    ROT# = ROT + 0.005
  End If
End If
ALFA = 1
K12 = K11
Do While ALFA < 90
  If Abs(K11 - K12) < 0.1 Then
    ALFA = ALFA + 0.0001
  ElseIf Abs(K11 - K12) < 0.4 Then
    ALFA = ALFA + 0.001
  ElseIf Abs(K11 - K12) < 0.6 Then
    ALFA = ALFA + 0.01
  ElseIf Abs(K11 - K12) < 0.8 Then

```



```

ALFA = ALFA + 0.05
ElseIf Abs(K11 - K12) < 1 Then
ALFA = ALFA + 0.1
ElseIf Abs(K11 - K12) < 5 Then
ALFA = ALFA + 1
ElseIf Abs(K11 - K12) < 15 Then
ALFA = ALFA + 5
ElseIf Abs(K11 - K12) > 15 Then
ALFA = ALFA + 10
End If
If ALFA <= 5 Then
Q# = (-0.523 + 0.181 * ALFA - 0.0154 * (ALFA ^ 2)) + (41.3 - 13.2 * ALFA + 1.32 *
(ALFA ^ 2)) * (t / r)
ElseIf ALFA <= 10 Then
Q# = (-0.154 + 0.01773 * ALFA + 0.00249 * (ALFA ^ 2)) + (16.42 - 1.98 * ALFA +
0.0674 * (ALFA ^ 2)) * (t / r)
ElseIf ALFA <= 17 Then
Q# = (-0.488 + 0.076 * ALFA) + (9.758 - 0.64 * ALFA) * (t / r)
ElseIf ALFA <= 25 Then
Q# = (-1.345 + 0.2018 * ALFA - 0.004434 * (ALFA ^ 2)) + (15.83 - 1.676 * ALFA +
0.03994 * (ALFA ^ 2)) * (t / r)
ElseIf ALFA <= 35 Then
Q# = (0.993 - 0.00258 * ALFA) + (-3.27 + 0.0862 * ALFA) * (t / r)
ElseIf ALFA > 35 Then
Q# = 0.89
End If
RALFA = ALFA * 3.14159265358979 / 180
ECU# = 0.07 * ((1 - Cos(RALFA)) / (1 + Cos(RALFA)))
If ECU <= 0.003 Then
ECU = ECU
Else
ECU# = 0.003
End If
UACISICOS = Cos(RALFA) - ((1 - Cos(RALFA)) / ECU) * (fyk / Es)
If UACISICOS >= -1 Then
UACISICOS = UACISICOS
Else
UACISICOS = -1
End If
UACISI = Atn(-UACISICOS / Sqr(-UACISICOS * UACISICOS + 1)) + 2 * Atn(1)
MACISICOS = Cos(RALFA) + ((1 - Cos(RALFA)) / ECU) * (fyk / Es)
If MACISICOS <= 1 Then
MACISICOS = MACISICOS
Else
MACISICOS = 1
End If
If MACISICOS = 1 Then
MACISI = 0
Else

```

```

MACISI = Atn(-MACISICOS / Sqr(-MACISICOS * MACISICOS + 1)) + 2 * Atn(1)
End If
TOACISICOS = 1 - BETA1 * (1 - Cos(RALFA))
TOACISI = Atn(-TOACISICOS / Sqr(-TOACISICOS * TOACISICOS + 1)) + 2 *
Atn(1)
LAMDA = TOACISI - n * BETA
LAMDA1 = MACISI + UACISI - 3.14159265358979
Q1# = (Sin(UACISI) - Sin(MACISI) - ((UACISI - MACISI) * Cos(RALFA))) / (1 -
Cos(RALFA))
wt = ROT * fyk / fck
K12 = 1.7 * Q * LAMDA + 2 * ECU * Ke * wt * Q1 + 2 * wt * LAMDA1
If Abs(K11 - K12) < 0.01 Then
Q2# = ((UACISI - MACISI) * (1 + 2 * (Cos(RALFA) ^ 2)) + 0.5 * (4 * Sin(2 *
RALFA) + Sin(2 * UACISI) - Sin(2 * MACISI)) - 4 * Cos(RALFA) * (Sin(RALFA) +
Sin(UACISI) - Sin(MACISI))) / (1 - Cos(RALFA))
K# = Sin(UACISI) + Sin(MACISI) + (3.14159265358979 + UACISI - MACISI) *
Cos(RALFA)
RMn# = Sin(TOACISI) - (TOACISI - n * BETA) * Cos(RALFA) - (n / 2) *
(Sin(GAMA + BETA) - Sin(GAMA - BETA))
K2# = 1.7 * Q * RMn + ECU * Ke * wt * Q2 + 2 * wt * K
Mn# = Nu * r * (Cos(RALFA) + (K2 / K11))
KARSILASTIRMA = (0.7 * Mn) - Mu
If KARSILASTIRMA > 0 Then
n = 1
End If
SAYAC = SAYAC + 1
If SAYAC = 25 Then
Print ; "(0.7 * Mn) - Mu=", KARSILASTIRMA
SAYAC = 0
Cls
Else
Print ; "(0.7 * Mn) - Mu=", KARSILASTIRMA
End If
If 0 < KARSILASTIRMA Then
If a > KARSILASTIRMA Then
MecburiROT = ROT
MecburiALFA = ALFA
MecburiKARSILASTIRMA = KARSILASTIRMA
a = KARSILASTIRMA
End If
If Mu < 1000000 Then
If KARSILASTIRMA < 0.05 * Mu Then
Print ; "ROt=", ROT
MsgBox ROT, vbOKOnly, "ROt Değeri....."
MsgBox ALFA, vbOKOnly, "ALFA Açısı....."
MsgBox Mn, vbOKOnly, "Mn Momenti....."
MsgBox Mu, vbOKOnly, "Mu Momenti....."
MsgBox KARSILASTIRMA, vbOKOnly, "(0.7 * Mn) - Mu Farkı....."
Exit Do

```

```

End If
Else
If KARSILASTIRMA < 0.001 * Mu Then
Print ; "ROt=", ROT
MsgBox ROT, vbOKOnly, "ROt Değeri....."
MsgBox ALFA, vbOKOnly, "ALFA Açısı....."
MsgBox Mn, vbOKOnly, "Mn Momenti....."
MsgBox Mu, vbOKOnly, "Mu Momenti....."
MsgBox KARSILASTIRMA, vbOKOnly, "(0.7 * Mn) - Mu Farkı....."
Exit Do
End If
End If
End If
End If
Loop
If 0 < KARSILASTIRMA Then
If KARSILASTIRMA < 0.05 * Mu Then
Exit Do
End If
End If
Loop
MsgBox "Daha önce ROt değeri verilmemişse şimdi verilen değerler kullanılabilir...",
vbCritical
MsgBox MecburiROT, vbOKOnly, "En yakın ROt Değeri....."
MsgBox MecburiALFA, vbOKOnly, "En yakın ALFA Açısı....."
MsgBox MecburiKARSILASTIRMA, vbOKOnly, "En yakın (0.7 * Mn) - Mu
Farkı....."
MsgBox "Diğer Hesaplarda Kolay Gelsin....", 48
End Sub

```

ÖZGEÇMİŞ

Hasan T. TEMÜZ 1983 yılında Espiye’de doğdu. İlköğrenimini Çamoluk’ da tamamladı. Orta öğrenimini 1999 yılında Atatürk Lisesinde tamamladı. 1999 yılında Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümüne yerleşti. 2003 yılında lisans eğitimini bölüm dördüncüsü olarak tamamlayıp aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği anabilim dalında lisansüstü eğitimine başladı. TEMÜZ halen özel bir şirkette çalışmakta ve İngilizce bilmektedir.