

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**BETONARME BACALARIN SICAKLIK DEĞİŞİMİ
ETKİSİNDE SONLU ELEMANLAR METODU İLE
ANALİZİ**

Yüksek Lisans Tezi

Salih ELHIDİR

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Sertaç TUHTA

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Salih ELHIDIR tarafından, Dr. Öğr. Üyesi Sertaç TUHTA danışmanlığında hazırlanan “BETONARME BACALARIN SICAKLIK DEĞİŞİMİ ETKİSİNDE SONLU ELEMANLAR METODU İLE ANALİZİ ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 2.2.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Zeki KARACA Ondokuz Mayıs Üniversitesi İnşaat Mühendisliği	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Sertaç TUHTA Ondokuz Mayıs Üniversitesi İnşaat Mühendisliği	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Furkan GÜNDAY Giresun Üniversitesi İnşaat Mühendisliği	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

... / ... / 20...
Salih ELHIDIR

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : BETONARME BACALARIN SICAKLIK DEĞİŞİMİ
ETKİSİNDE SONLU ELEMENLAR METODU İLE ANALİZİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 02/01/2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 20

Tek kaynak oranı : % 4 çıkmıştır.

02/01/2023
Dr. Öğr. Üyesi Sertaç TUHTA

ÖZET

BETONARME BACALARIN SICAKLIK DEĞİŞİMİ ETKİSİNDE SONLU ELEMENLAR METODU İLE ANALİZİ

Salih ELHIDİR

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Şubat/2023

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sertaç TUHTA

Endüstriyel bacalar, gazların atmosfere salınmasına yardımcı olan uzun, ince yapılardır. Genellikle gazlı yığınları olarak anılırlar, buhar üreten bir kazanın yanında bulunurlar ve gazlar borulardan bacaya yönlendirilir. Betonarme (RC) bacalar genellikle yerçekimi, rüzgar, sıcaklık ve depremlerden kaynaklanan streslere dayanacak şekilde tasarlanmıştır. Bu çalışmada, betonarme bir bacanın sıcaklık değişimlerinin etkisi altındaki davranışı incelenmiş ve 50 metre yüksekliğinde betonarme baca tasarlanmıştır ve SAP2000 programı ile modellenmiştir. Baca üç farklı sıcaklığa (250°C, 500°C ve 750°C) maruz bırakılmış ve bu bacanın davranışı incelenmiş, mevcut durumda ve her bir sıcaklığın etkisi altında değerler gözlenmiştir. Her sıcaklık altındaki momentlerin, kuvvetlerin, maksimum gerilme ve yer değiştirmelerin değerleri karşılaştırılmış, maksimum kesme kuvveti V_{max} , maksimum moment M_{max} , maksimum gerilme S_{max} ve yer değiştirmeler U_x , U_y ve U_z ' in değerini alınmıştır. Sonuçlar, sıcaklık arttığında momentlerin, gerilmelerin ve kesmelerin değerinde önemli bir artış olduğunu ve artan sıcaklıklarla meydana gelen deformasyon ve yer değiştirme miktarını göstermiştir. Bu çalışmada, sıcaklık etkisinin betonarme bir baca üzerindeki yıkıcı etkileri açıkça ortaya konulmuştur. Betonarme bacada iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin aşırı derecede arttığı ortaya çıkmıştır. Bu etkinin seçilen modele göre artabileceği veya azalabileceği unutulmamalıdır. Bu çalışmadaki sonuçlar bu çalışmadaki modele göre elde edilmiştir. Sıcaklık artışı ile birlikte her 250 °C derecelik artış için maksimum gerilmelerde (S_{max}) çok ciddi artışlar gözlenmiştir. Bu artışlar 250 °C dereceden 500 °C dereceye yaklaşık %100, 500 °C dereceden 750 °C dereceye kadar yaklaşık %75 olarak bulunmuştur. Aynı şekilde V_{max} ve M_{max} değerlerinde bir artış olduğunu, Ayrıca başlangıç durumu ile ısıtılmış durum arasında son derece büyük artışlar gözlenmiştir. Sıcaklığın artmasıyla birlikte yer değiştirmelerde 250 °C' den 500 °C 'ye yaklaşık %100, 500 °C' den 750 °C' ye yaklaşık %75' lik bir artış olmuştur. Özellikle U_x ve U_y 'de sıcaklığın da etkisiyle son derece büyük farklılıklar gözlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Betonarme baca, Kesme ve gerilme, Moment, Yer değiştirme, Sıcaklık etkisi.

ABSTRACT

ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE CHIMNEYS UNDER THE EFFECT OF TEMPERATURE CHANGE WITH FINITE ELEMENT METHOD

Salih ELHIDIR

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Civil Engineering

Master, February/2023

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Sertaç TUHTA

Industrial chimneys are tall, thin structures that help release gases into the atmosphere. Often referred to as gaseous stacks, they are located next to a steam generating boiler and the gases are directed through pipes into the chimney. Reinforced concrete (RC) chimneys are generally designed to withstand stresses from gravity, wind, temperature and earthquakes. In this research, the behavior of a reinforced concrete chimney under the influence of temperature changes was investigated and a 50 meter high reinforced concrete chimney was designed and modeled with the SAP2000 program. The chimney was exposed to three different temperatures (250°C, 500°C and 750°C) and the behavior of this chimney was examined, and values were observed without heat and under the influence of each temperature. The values of moments, forces, maximum potentials and displacements under each temperature were compared. And we get the value of the maximum main shear force V_{max} , the maximum main torque M_{max} , the maximum main voltage S_{max} and the displacements U_x , U_y and U_z . The results showed that there was a significant increase in the value of moments, stresses and shears when the temperature increased, and the amount of deformation and displacement that occurred with increasing temperatures. In this study, the destructive effects of the temperature effect on a reinforced concrete chimney are clearly demonstrated. It was revealed that the internal forces and displacements increased excessively in the reinforced concrete chimney. It should be noted that this effect may increase or decrease according to the selected model. The results in this study were obtained according to the model in this study. With the increase in temperature, there is an increase in displacements of approximately 100% from 250 °C to 500 °C, and approximately 75% from 500 °C to 750 °C. With the increase in temperature, very serious increases in maximum stresses (S_{max}) were observed for every 250 °C degree increase. These increases were found to be approximately 100% from 250 °C degrees to 500 °C degrees, and about 75% from 500 °C degrees to 750 °C degrees. And the same thing in M_{max} and V_{max} , In addition, Especially in U_x and U_y , extremely large increases were observed between the initial state and the heated state.

Keywords: Reinforced concrete chimney, Shear and stress, Moment, Displacement, Temperature effect.

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen ve gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm kıymetli ve danışman hoca statüsünü hakkıyla yerine getiren saygıdeğer danışman hocam; Dr. Öğr. Üyesi Sertaç TUHTA, Son olarak, eğitim hayatım boyunca yanımda olan ve bu tezi hazırlama sürecinde beni cesaretlendiren ve destekleyen rahmetli babam, annem, eşim, kardeşlerime ve arkadaşlarıma teşekkür ederim. Tüm süreç boyunca yanımda olan sevdiklerime çok derin şükranlarımı ifade etmeliyim. Bu başarı onlar olmadan mümkün olmazdı.

Salih ELHIDIR

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
3. BETONARME BACALAR HAKKINDA GENEL BİLİLER	7
3.1. Tarihçe.....	7
3.2. Betonarme Baca Bölümleri	9
3.2.1. Baca Gövdesi	9
3.2.2. Baca Kaplamaları	10
3.2.3. Baca Temelleri	11
3.3. Betonarme Bacanın Tipleri.....	11
3.4. Bacalarda Çekimin Sağlanması.....	12
3.5. Betonarme Baca Tasarımı Yapılırken Dikkat edilmesi Gerekenler.....	12
4. SICAKLIK KAVRAMI.....	14
4.1. Malzemelerin Yüksek sıcaklıklardaki Özellikleri.....	14
4.2. Hava Sıcaklığının Artması Betona Etkileri.....	15
5. BETONUN TERMAL ÖZELLİKLERİ.....	16
5.1. Sıcaklığın Beton Tasarımı Üzerindeki Etkisi.....	16
5.2. Sıcaklığın Betonun Mukavemeti Üzerindeki Etkisi.....	16
5.3. Yüksek ve Çok Düşük Sıcaklıkların Betonarme Davranışındaki Etkileri.....	17
5.4. Yüksek Sıcaklığın Betonarme Çeliğine Etkileri.....	17
5.5. Yüksek Sıcaklığın Betona Etkileri.....	18
6. ENDÜSTRİYEL BACALARIN ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ.....	21
6.1. Endüstriyel Baca Güçlendirme İşlemleri.....	23
7. MATERYAL, METOT VE UYGULAMA.....	25
7.1. SAP2000 Programı.....	25
7.1.1. Betonarme Bacanın SAP2000 Programı ile Modellenmesi.....	25
7.1.2. Betonarme Bacanın Modellenmesi.....	26
7.1.3. Mesnet koşullarının Belirlenmesi.....	28
7.2. Materyal.....	28
7.2.1. Betonarme.....	28
7.3. Metot.....	29
7.4. Uygulama.....	30
8. MEVCUT BETON BACA VE SICAKLIK BACA ETKİSİNDE ANALİZLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	31
8.1. Mevcut Betonarme Baca Analizi.....	31
8.2. Sıcaklık Etkisinde Betonarme Baca Analizi.....	32
8.3. Maksimum Moment Değerlerin (M_{max}) karşılaştırılması.....	36
8.4. Maksimum Gerilme Değerlerin (S_{max}) Karşılaştırılması.....	39
9. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	43
KAYNAKLAR.....	46
ÖZGEÇMİŞ.....	47

SİMGELER VE KISALTMALAR

a	: Isıl Genleşme Katsayısı
BHA	: Birim Hacim Ağırlığı
BHK	: Birim Hacim Kütlesi
CRFP	: Carbon Fiber Reinforcement Polymer
E	: Elastisite Modülü
FRP	: Fiber Reinforcement Polymer
G	: Kayma Modülü
GFRP	: Glass Fiber Reinforcement Polymer
M	: Moment
S	: Gerilme
SAP2000	: Structural Analysis Program
U	: Poisson Oranı
V	: Kesme Kuvveti
α	: Asal Gerilme Doğrultusundan Sapma Açısı
s	: Sıcaklık
U_x	: X eksenindeki yerdeğiştirme
U_y	: Y eksenindeki yerdeğiştirme
U_z	: Z eksenindeki yerdeğiştirme

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Dünyadaki en uzun betonarme baca.....	1
Şekil 1.2. Şekil 1.2. 380.1 metrelik Incosuperstak bacası (Kanada).....	2
Şekil 1.3. Yeniköy termik santrali bacası (Türkiye).....	2
Şekil 2.1. Baca tabanındaki ısı gerilmeler üzerinde çapın etkisi.....	3
Şekil 2.2. Doğrusal sıcaklık değişimine maruz kalan bir bacanın iç yüzündeki dairesel ve eksenel gerilmeler.....	4
Şekil 3.1. Malzemesine göre bacalar.....	7
Şekil 3.2. Betonarme baca elemanları.....	10
Şekil 3.3. Betonarme bacalarda kullanılan temel tipleri.....	11
Şekil 3.4. Betonarme baca boy kesitleri (Aliyazıcıoğlu, 2004).....	12
Şekil 5.1. Farklı tür yapı çeliklerinin akma ve çekme dayanımları.....	18
Şekil 5.2. 380 mm kenar uzunluğundaki kare kolonda sıcaklık dağılımı.....	19
Şekil 6.1. Sıcaklık nedeniyle baca duvarında oluşan çatlaklar.....	21
Şekil 6.2. Bacaların polimerik liflerle güçlendirilmesi.....	22
Şekil 6.3. Bir bacanın güçlendirilmesi.....	23
Şekil 6.4. Bacanın iç duvarının güçlendirilmesi.....	23
Şekil 7.1. Birim seçilmesi.....	26
Şekil 7.2. Betonarme bacanın modellenmesi.....	26
Şekil 7.3. Betonarme bacanın modellenmesi.....	27
Şekil 7.4. Bacanın 3B SAP2000 modeli.....	27
Şekil 7.5. Mesnet koşullarının seçilmesi.....	28
Şekil 7.6. Donatı seçimi.....	29
Şekil 8.1. Mevcut bacadaki yerdeğiştirmenin 3B görünümü.....	31
Şekil 8.2. 250 °C sıcaklık için yerdeğiştirmenin 3B görünümü.....	32
Şekil 8.3. 500 °C sıcaklık için yerdeğiştirmenin 3B görünümü.....	33
Şekil 8.4. 750 °C sıcaklık için yerdeğiştirmenin 3B görünümü.....	33
Şekil 8.5. Sıcaklık etkisi altındaki yerdeğiştirme grafikleri.....	34
Şekil 8.6. Sıcaklık etkisi altındaki en büyük yerdeğiştirmelerin grafikleri.....	35
Şekil 8.7. Mevcut durumda M_{max} diyagramı.....	36
Şekil 8.8. 250 °C sıcaklık için M_{max} diyagramı.....	36
Şekil 8.9. 500 °C sıcaklık için M_{max} diyagramı.....	37
Şekil 8.10. 750 °C sıcaklık için M_{max} diyagramı.....	37
Şekil 8.11. Sıcaklık etkisi altındaki M_{max} değerlerin grafiği.....	38
Şekil 8.12. Mevcut durumda S_{max} diyagramı.....	39

Şekil 8.13. 250 °C sıcaklık için S_{max} diyagramı.....	40
Şekil 8.14. 500 °C sıcaklık için S_{max} diyagramı.....	40
Şekil 8.15. 750 °C sıcaklık için S_{max} diyagramı.....	41
Şekil 8.16. Sıcaklık etkisi altındaki S_{max} değerlerin grafiği.....	42



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 8.1. Yerdeğiştirmeler, moment, kesme ve gerilmenin değerleri.....	31
Tablo 8.2. Sıcaklık etkisi altındaki yerdeğiştirme değerleri.....	34
Tablo 8.3. Sıcaklık etkisi altındaki gerilme, moment ve kesme değerleri.....	35
Tablo 8.4. Mevcut durumda ve sıcaklık etkisinde en büyük yerdeğiştirmesinin karşılaştırılması.....	35
Tablo 8.5. M_{max} Moment değerlerin karşılaştırılması.....	38
Tablo 8.6. S_{max} Gerilme değerlerin karşılaştırılması.....	41

1. GİRİŞ

Endüstriyel bacalar, gazların atmosfere salınmasına yardımcı olan uzun, ince yapılardır. Genellikle gazlı yığınları olarak anılırlar, buhar üreten bir kazanın yanında bulunurlar ve gazlar borulardan bacaya yönlendirilir. Betonarme (RC) bacalar genellikle yerçekimi, rüzgar, sıcaklık ve depremlerden kaynaklanan gerilmelere dayanacak şekilde tasarlanmıştır.

Yüksek bacalar ilk olarak sanayi devriminden sonra yapılmıştır. Başlangıçta tuğla olan bacalar daha sonra betonarme ve çelikten yapılmıştır. Bacalar en yüksek binalar için hiçbir zaman rekor kırmasa da en yüksek yapılar arasındadır. Bazı bacalar bulundukları coğrafyanın en yüksek yapıları olma özelliğine sahiptir. Bugün Kazakistan, Ekubastuz' daki GRES-2 bacası, 419.7 m ile dünyanın en yüksek bacasıdır.

Bacalar eskiden boyut ve yükseklik olarak sınırlıyken, teknolojinin gelişmesiyle bu sınır kaldırılmış ve yüksekliği 300-400 metre arasında değişen bacalar yapılmıştır. Şekil 1.1-1.3' te Türkiye'de ve dünyada inşa edilmiş farklı yüksekliklerdeki betonarme sanayi bacaları gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Dünyadaki en uzun betonarme baca



Şekil 1.2. 380.1 metrelik Incosuperstak bacası (Kanada)

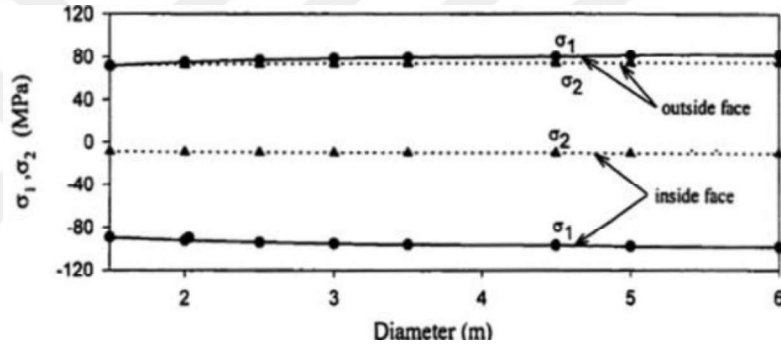


Şekil 1.3. Yeniköy termik santrali bacası (Türkiye)

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

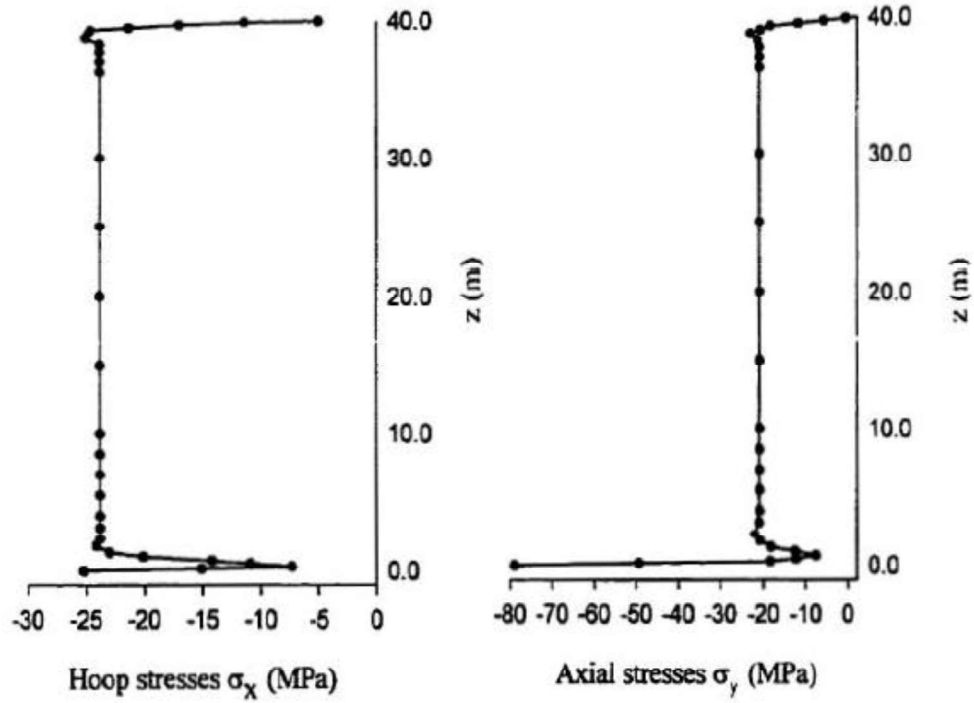
Yüksek sıcaklıklara maruz kalan iç yüz ile atmosfer sıcaklığına maruz kalan dış yüz arasındaki büyük farklılıklara maruz kalan bir baca duvarından veya bir tesisten ısıнын nasıl iletildiği ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Awad (1998) çalışmasında, baca çapının ve baca yüksekliğinin duvarlarındaki termal gerilmeler üzerindeki etkisi de dahil olmak üzere endüstriyel bacadaki çeşitli değişkenleri inceledi. Baca çapının etkisini araştırmak için $L=40\text{m}$ yüksekliğinde ve $H=65\text{mm}$ kalınlığında bir baca üzerinde deney yapılmış, baca çapı 1.5 ile 6 m arasında değiştirilerek parametrik çalışma yapılmıştır. Gerilme değişimi, şekil 2.1' de olduğu gibi baca tabanındaki çapa göre olmuştur.



Şekil 2.1 Baca tabanındaki ısı gerilmeleri üzerinde çapın etkisi

Çap değişiminin termal gerilmeler üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı şekilden görülebilir. Baca yüksekliğinin ısı gerilmeleri üzerindeki etkisi ise çap, kalınlık ve yükseklik değişimi sabitlenerek yapılmıştır. Analiz, maksimum gerilme değerinin baca tabanına yakın gerçekleştiğini ve baca yüksekliğinden bağımsız olduğunu göstermiştir.



Şekil 2.2 Doğrusal sıcaklık değişimine maruz kalan bir bacanın iç yüzündeki dairesel ve eksenel gerilmeler

Al-Horan (2007) çalışmasında. Bu çalışmada, baca gazlarının baca beton duvarındaki etkileri incelenerek santrallerde kullanılan iki farklı bacanın termal analizi incelenmiştir. Baca duvarını geçen termal gradyanın bir sonucu olarak oluşan diyagonal, çember ve boyuna termal gerilmeler olan termal gerilmeleri tahmin etmek için FORTRAN dilinde bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Teorik sonuçlar, radyal ısı gerilmenin baca beton tabakasının merkezinde en düşük değere sahip olduğunu, boylamasına ve ortam ısı gerilme değerlerinin ise negatiften pozitif doğru değiştiğini göstermiştir. Gerilmenin maksimum değeri baca iç yüzeyinin negatif değerlerinden bulunurken, baca dış yüzeyinin pozitif değerinde bulunmuştur.

Karaca Z., Türkeli E., Günaydın M., Adanur S., (2015) çalışmasında, FRP güçlendirmesi için 75 m yüksekliğinde gövde üzerinde açıklık bulunan endüstriyel bir betonarme baca seçilmiştir. İlk olarak bacanın üç boyutlu sonlu elemanlar modeli ve modal analizleri ANSYS programında yapılmıştır. Daha sonra 1992 Erzincan Depremi yer hareketi kaydı kullanılarak bacanın lineer geçici analizleri yapılmıştır. Daha sonra baca gövdesi FRP kompozit ile sağlamlaştırılmış ve dinamik analizleri yapılmıştır. Son olarak, yer değiştirmeler ve maksimum-minimum asal gerilmeler gibi FRP güçlendirmesi öncesi ve sonrası baca dinamik tepkileri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda tüm analizler için baca yüksekliği boyunca yer değiştirmelerin arttığı,

maksimum ve minimum asal gerilmelerin sırasıyla açıklık bölgesinde ve tabanda olduğu görülmüştür. Ayrıca FRP güçlendirmesinin endüstriyel betonarme bacaların dinamik tepkisi üzerinde etkili olduğu bu çalışmadan görülmüştür.

Abdul Kareem (2016) çalışmasında, şekil ve boyut olarak benzer ancak farklı yapı malzemeleri (betonarme, çelik, paslanmaz çelik ve alüminyum) açısından farklılık gösteren dört bacanın davranışı incelenmiştir. Metal bacaların radyal ve düşey deplasman için daha yüksek sonuç ve gerilmeler verdiği, betonarme bacaların eğilme momentleri ve tepkileri için metal bacalara göre daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Baca kabuğu kalınlığının değiştirilmesinin etkisi incelenmiş radyal ve düşey yerdeğiştirmelerin baca kabuğunun kalınlığı ile ters orantılı olduğu, ancak baca tabanındaki reaksiyonların baca kalınlığı ile doğru orantılı olduğu bulunmuştur. baca kabuğu ve kalınlığın gerilmeler ve eğilme momentleri üzerindeki etkisi küçüktür ve bu nedenle gerilmeler azaltmak için baca kabuğunun kalınlığını artırmaya gerek yoktur. Ancak gerilmeler azaltmada en fazla etkiye sahip olduğu için astar ve havalandırma katmanına özen gösterilmelidir.

Rustum (2017) çalışmasında, baca yapısındaki farklı faktörlerin duvarlarındaki termal gerilmeler üzerindeki etkisini incelemekle ilgilidir. Bu çalışmada, beton ve baca kabuğunda akan zehirli gazlardan zararlı etkilerden korunma, beton kabuk kalınlığının etkisi ve baca şeklinin etkili ısı momentlere etkisi incelenmiştir. Beton ve karo kaplamalar arasındaki hava boşluğunun baca duvarındaki termal etki üzerindeki etkinliğinin SAP2000 programı kullanılarak sayısal modelleme ile değerlendirilmesidir. Bu çalışmada da ulaşılan en önemli sonuçlardan biri ideal tuğla kaplama kalınlığının bulunmasıdır. Bu kalınlık 10-26 cm arasında değişmekte olup, kaplama ile karo kaplama arasında hava boşluğunun olmasının önemini göstermektedir. Bu hava boşluğu momentler değerini yüzde 33 oranında azalttığı göstermiştir. Beton kabuğun kalınlığının ve baca çapının artmasının görece olumsuz etkisi anlatılarak, konik şeklin termal tasarım açısından en uygun şekil olması sağlanmıştır.

Karaca Z., Türkeli i., Çiçek A., (2020) çalışmasında, betonarme bacalar, sismik etkilere karşı daha savunmasız olan uzun ve narin yapılardır. Son depremlerde birçoğu ağır hasar gördü veya tamamen çöktü. Bu nedenle, bu uzun ve narin yapıların yapısal davranışlarının farklı sismik kodlar altında analiz edilmesi kaçınılmaz bir görevdir. Bu çalışmada, 120 m yüksekliğindeki bir betonarme bacanın 2018 Türkiye Bina Deprem

Yönetmeliği'nde verilen sismik spektrum altındaki yapısal davranışı belirlenmiştir. Analizler sonunda üst yer değiştirme ve taban kesme kuvveti elde edilir ve üst yerdeğiştirme ACI 307/98' de verilen sınır değerle karşılaştırılır, bu karşılaştırma dikkate alınan bacanın güvenli olduğunu gösterir (yalnızca üst yer değiştirme karşılaştırmasına göre). Ayrıca, bu çalışmada elde edilen yapısal davranış sonuçlarını doğrulamak için diğer doğrusal ve doğrusal olmayan sismik analizler yapılmalıdır.

Tuhta (2020a) çalışmasında, model çelik bacanın bulanık mantıkla sistem tanımlamasını yapmıştır.

Tuhta (2020b) çalışmasında. Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak CFRP Betonarme Bacanın Modal Parametrelere Etkisiyle araştırmasını yapmıştır.

Elhıdır S., Tuhta S., Günday F. (2022) betonarme bacaların sıcaklık değişimi etkisinde sonlu elemanlar metodu ile analizi. Sonlu elemanlar yöntemiyle moment, kesme, gerilme ve yerdeğiştirmelerin sonuçları arttığını gözlemlenmiştir.

3. BETONARME BACALAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER

3.1. Tarihçe

Bacalar, çıkan duman ve zararlı gazların üst atmosfere boşaltılmasından sorumlu tesistir. Bu tesis, içinden gazların rahat ve düzgün bir şekilde geçmesini ve baca etkisi denilen olayda içindeki havanın çekilmesini sağlamak için mümkün olduğunca dikey veya dikeye yakın olmalıdır. Bacalar fabrikalarda, santralde, vb. de bulunabilir. Baca yüksekliği, bacanın etkisiyle bacanın gazları dış atmosfere tahliye etme kabiliyetini etkilemekle birlikte, bu yüksekliğin atmosferden daha yüksek yüksekliklerde kirleticileri dağıtarak kirliliği azaltmadaki rolü de önemlidir. (Tuhta ve Günday, 2021). Yeterince yüksek bir baca, bu kirleticiler yer seviyesine ulaşmadan önce atmosferdeki tehlikeli kimyasal çıktılarının kısmen veya tamamen kendi kendine arıtılmasına izin verebilir. Birçok baca türü vardır, bu nedenle inşaat malzemesine göre şöyle sınıflandırabiliriz:

- Beton bacalar
- Betonarme bacalar
- Metal bacalar
- Yığma bacalar



Şekil 3.1. Malzemesine göre bacalar

Romalılar, fırın ocaklarından çıkan dumandan kurtulmak için duvar içinde borular kullanmışlar. Bacaların ilk görünümü 12. yüzyılda kuzey Avrupa'daki büyük konutlarda görülmüştür. Bacaların en eski örneği, 1185 yılında Yuxhire'daki Conesbrough Kalesi'ndeki bir İngiliz bacasıdır. Bacaların 16. Yüzyılda kullanmasını yayılmış ve endüstriyel bacalar ise 18. yüzyılın sonlarında yayılmıştır. (Rustum, 2017).

Beton, geçen yüzyılın başlangıcı bacalarda kullanılmaktadır. Boyu ne olursa olsun inşaata uygun bir malzeme olduğu için uzun baca yapımında temel ve ekonomik bir malzemedir.

1873 yılında, 19m yüksekliğindeki Sunderland'de ilk küçük beton baca inşa edilmiştir, o baca kaplanmış değildir ve donatı miktarı hakkında bilgi yoktur. Eski beton bacalar genellikle kaplanmış değildir ve diğer durumlarda sadece tabanın yakınında bir kaplama vardı ve genellikle termal streslere ve tehlikeli çatlaklara direnmek için bir tuğla tabakası veya çiftli betonarme duvarı vardır. Baca, geleneksel beton dökümü veya kayar kalıp tekniği ile inşa edilir ve baca yüksekliği, kirleticilerin konsantrasyonu ve yayılması açısından yasal boyut ve güvenlik gereksinimlerinin karşılanmasını sağlamak için genellikle büyüktür ve kaplanmış bir yalıtıcıdır. (Rustum, 2017).

Bacayı yanma sonucu oluşan asidik bileşenlerden korur ve gazın kaynakla temas etmesini önlemeye yardımcı olur. 1920' lerin başında bacalardaki ısı koşulları belirlemek için deneyler yapıldı. O zamanlar ısıl gerilmeleri dikkate alan yapısal analiz yöntemleri geliştirildi. Beton kabuklularda gerçek sıcaklığı ölçmek için ciddi çabalar ortaya çıktı. Bir dizi deney yapılmıştır ve termal eğilimi tahmin etmek için bazı basit kurallar, astarlı veya astarsız kabuklular aracılığıyla yayınlanmıştır.

1920' den beri tek çıkışlı beton bacalar daha yaygındı. Daha sonra yirminci yüzyılın ilk yarısında, bir veya daha fazla baca modeli için prefabrik beton kullanıldı en eski ve en yaygın beton baca modeli Monnoyer olarak biliniyordu. Monnoyer çelik takviye ile yatay ve dikey düğümlere kaynaştırılmış prefabrik beton bölümlerden oluşuyordu. Baca kesitinin poligonal olduğu ve tabi ki sıcaklığın etkisi normal beton gibi prefabrik betonun içinden geçtiği ancak çatlamlar düğümler etrafında oluşur, yani baca net olarak etkilenmediği görülür. Baca boyutlarının belirlenmesine gelince, esas olarak endüstriyel işlemlerden kaynaklanan gaz akımının gereksinimlerini

karşlamak için yapılmıştır ve her durumda ana amaç, gazları dağıtarak zararlı etkilerini azaltmaktır (Rustum, 2017).

Çap, akan gazlar için uygun bir çıkış hızı sağlayacak şekilde belirlenir. Tuğladan yapılan kaplama çok yaygındır. Astar kısmı ve baca tabanı ile sınırlı olsa bile serbest karo kaplama oldukça yaygındı, ancak çatlama sorunları ve doğru takma sebeplerinden dolayı sıkıntılı oldu.

Metal kaplamaya gelince, genellikle paslanmaz çelik ve alüminyum yaygındır. Beton kaplama karo kaplamaya benzer, ancak daha dayanıklıdır.

3.2. Betonarme Baca Bölümleri

Baca yapısı, ana yapı elemanları olarak gövde ve tabandan oluşur. Baca gövdesinde dıştan içe doğru şu unsurları görmekteyiz:

- 1- İşlevi ana destek olan betonarme kabuk
- 2- Isı yalıtımlı hava boşluğu
- 3- Kaplama.

Bunun yanı sıra baca gövdesinde 7.5 metre yüksekliğinde üzeri örtülen ve ısı yalıtımı görevi gören bir halka bulunmaktadır. Baca gövdesinde bakım için gerekli olan demir merdivenler ve paratonerler de bulunmaktadır. Bacaların iyi çalışması için hava boşluğu bırakılmalıdır. Genellikle bacaların alt kısmında fabrikadan çıkan baca gazlarını almak için bir boşluk bırakılır (Aydoğan, 1988).

3.2.1. Baca Gövdesi

Betonarme gövde, kalınlığı sabit olan veya temelden yukarı doğru kademeli olarak azalan silindirik veya kesik konik bir kabuktur. Baca gövdesi, egzoz portunun üst halkası ile güçlendirilmiştir. Bu halka baca gazı çıkışının dönmesini engeller. Fabrikadan çıkan baca gazının girmesi için genellikle bacanın alt kısmında bir boşluk bırakılır (Aydoğan, 1988)

Amerikan Beton Enstitüsüne (ACI) göre. Bacalar ağırlıklarına, yatay ve düşey sıcaklık etkilerine, rüzgar veya sismik etkilere göre tasarlanmalıdır. (Rumman, 1974).

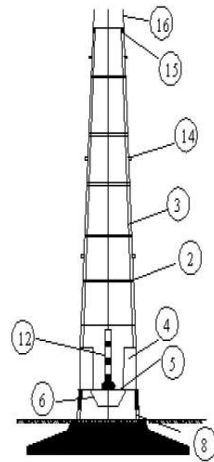
İç çapı 6.10 m veya daha az olan bacalarda minimum cidar kalınlığı 18 cm olmalıdır. Eğer iç çap 6.10 m' den daha büyükse her 61 cm' lik artış için cidar kalınlığı 0.635 cm artırılması gerekmektedir. (Guerrin, 1969).

3.2.2. Baca Kaplamaları

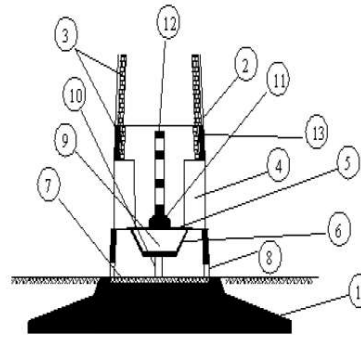
Baca gövdesi, yüksek sıcaklıkların ve egzoz gazlarının zararlı etkilerinden içten korunmalıdır. Bu koruma boya ile yapılır. Eskiden baca gövdesi kaplanmazdı. Günümüzde birçok ülkede betonarme bacalar en az 11 cm kalınlığında tuğlalarla kaplanmaktadır. Betonun termal korumasını daha da iyileştirmek için beton ile tuğlalar arasında birkaç santimetre hava boşluğu bırakılmalıdır. (Rumman, 1974).

Asidik egzoz gazı tuğla sıvaya nüfuz ettiğinde ve nispeten soğuk beton üzerinde yoğunlaştığında, asitleştirici bir etkiye sahip olabilir ve betona zarar verebilir. Bu gibi durumlarda gövde üzerine ayrı bir çelik kaplama yapılması daha iyi sonuç verir. Aşağıda genel baca elemanları Şekil 3.2.2' de verilmektedir.

- | | |
|-----------------------------|------------------------------------|
| 1) Betonarme temel | 10) Huni eğimli döşemesi |
| 2) Betonarme gövde | 11) Kaplamalı perde duvar |
| 3) Tuğla kaplama | 12) Ateş tuğlasından ayırma duvarı |
| 4) Atık gaz giriş ağızları | 13) Baca gövdesi rijitlik halkası |
| 5) Betonarme döşeme | 14) Kontrol ve dinlenme sahanlığı |
| 6) Kül hunisi | 15) Atık gaz çıkış ağız |
| 7) Kum dolgu | 16) Paratoner |
| 8) Kül atma boşluğu | |
| 9) Kül hunisi boşaltma yeri | |



a) Genel baca kesiti

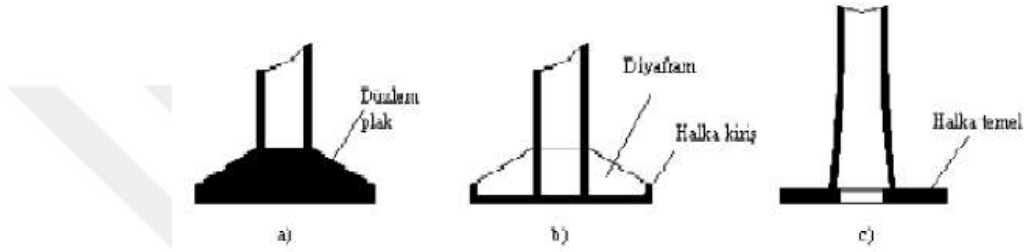


b) Atık gaz giriş kısmının bulunduğu alt kısım

3.2. Betonarme baca elemanları

3.2.3. Baca Temelleri

Bacalı betonarme temellerin diğer yapı temellerinden pek bir farkı yoktur. Betonarme boruların temelleri aşırı ısıya maruz kalabileceği için sıcaklığın etkilerine karşı korunmalıdır. Şekil 3.2.3' te gösterilen temel türleri borular için kullanılsa da, yuvarlak levha halkalı ve kazıklı temeller daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Zemin gerililme 1.2 kgf/cm^2 ' den fazla ise sıg temel kullanılır, daha az ise kazıklı temel inşa edilebilir. (Aydoğan, 1988)



Şekil 3.3. Betonarme bacalarda kullanılan temel tipleri

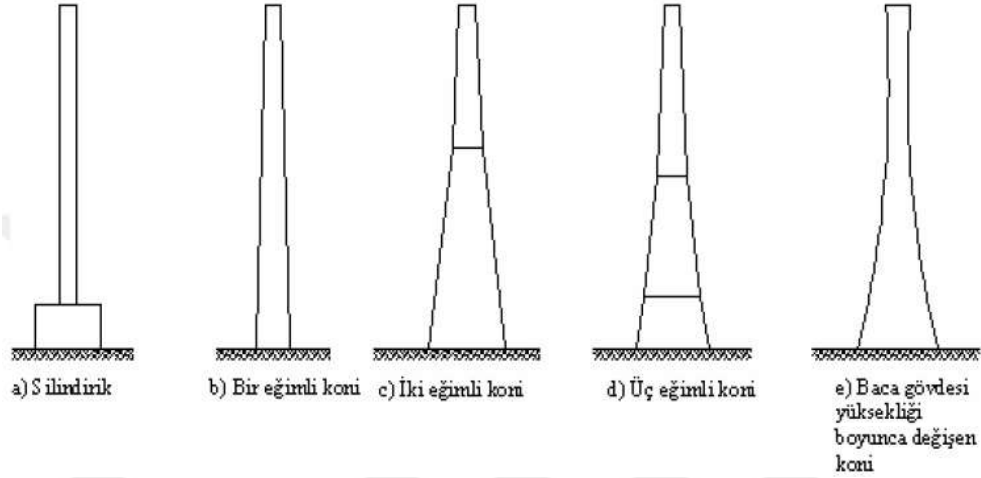
3.3. Betonarme Bacanın Tipleri

İki eğimli bacalar, büyük bir çıkıntı sağladıkları için esasen ekonomiktir. Diğer yandan dikey duvarlı bacalara göre daha düşük yapım hızı kayar yapılaşmaya olanak sağlar. İki veya daha fazla eğimli bacalar tırmanma şeklinde inşa edilir. Tırmanır kalıp ile 200 m yüksekliğe kadar baca yapmak için daha uygundur.

Kayar kalıp tekniği ile 200 m üzeri baca yapımı, inşaat aşaması için uygun koşullar yaratmaktadır. (Guerrin, 1969). Betonarme bacalar kullanılan izolasyona ve destekleme yöntemine göre dörde ayrılabilir.

- * Betonarme baca izolasyonlu beton duvarlar
- * Betonarme baca, gaz kanalından bağımsız olarak inşa edilmiştir.
- * Betonarme baca, taşıyıcı gövde ile inşa edilmiştir.
- * Baca prekast beton gövdeli betonarme bacadır.

Baca gövdesi düşey silindir ya da bir. iki veya üç eğimli kesik koni şeklinde olabilir (Şekil 3.3. a, b, c, d, e). Betonarme bacalar tepeden tabana kadar sürekli değişen bir eğimle inşa edilebilirler. Bu tip bacalara eşit dayanımlı bacalarda denilebilir (İpekçi, 1987).



Şekil 3.4. Betonarme baca boy kesitleri (Aliyazıcıoğlu, 2004)

3.4. Bacalarda Çekimin Sağlanması

Baca önceden belirlenmiş ölçülerde doğal olarak veya ek mekanizmalarla yapay olarak tasarlanır. Doğal çekiş, baca girişindeki baca gazı basıncı ile dış hava basıncı arasındaki farktan kaynaklanır. Baca yüksekliği bu farkla doğru orantılıdır. Bacadan geçen baca gazı miktarı Q , baca A' 'nın kesit alanı ve baca gazı V' 'nin hareket hızı arasındaki ilişki $Q = A.V'$ 'dir. Uygun bir baca gazı debisi ile gerekli baca gazı kesit alanı bulunabilir (Aydoğan, 1988).

Yapay yerçekimi Büyük endüstriyel binalarda, özellikle baca gazı sıcaklığı düşükse, doğal çekiş ya çok büyük bir baca ya da büyük bir baca yüksekliği gerektirir. Bu gibi durumlarda bacaya yani bacaya yapay yerçekimi oluşturan bir mekanizma takılır. Egzoz gazlarını dışarı atar. Çoğu bacada, baca yüksekliğini çekişten bağımsız kılmak ve baca gazı çıkış hızını kontrol etmek için böyle bir düzenleme yapılır (Aydoğan, 1988).

3.5. Betonarme Baca Tasarımı Yapılırken Dikkat edilmesi Gerekenler

Betonarme bacaların projelendirilmesinde göz önüne alınması gereken etkiler şunlardır:

- 1) Kalıcı yük tesirleri
- 2) Rüzgâr tesirleri
- 3) Deprem tesirleri
- 4) Sıcaklık farkından oluşan tesirler.

Bunlarla birlikte yerel eğilmeler, temel dönmesi ve 2. mertebe etkileri bacanın düzeylikten sapması ve burkulma da diğer önemli etkilerdir.

Bu çalışmada sıcaklık değişim altında bacayı tasarlanmıştır ve bunun hakkında bütün bilgileri alınmıştır.



4. SICAKLIK KAVRAMI

Sıcaklık, bir sistemin ne kadar sıcak veya soğuk olduğunun bir ölçüsüdür. Isıdan farklı olarak sıcaklık, durumunu tanımlayan bir sistemin özelliğidir.

Yapı elemanlarının önemli özelliklerinden biri de yüksek sıcaklıklara dayanmalarıdır. Ancak, bu özellik inşaat tasarım aşamasında değil, sadece özel binalarda, fabrikalarda, termik santrallerde, yüksek sıcaklık bacalarında vb. Bu tür yapılarda normal bir yapının yüksek sıcaklıklara maruz kalması ihmal edilebilir olarak kabul edilir. Bununla birlikte, endüstriyel gelişme daha fazla enerji tüketimine yol açar ve aşırı enerji tüketimi yangın tehlikesine yol açar.

Yangının etkisi yapı elemanları için en önemli yüksek sıcaklık faktörlerinden biri olduğundan, her yapı için yüksek sıcaklık koşullarının dikkate alınması gerekir. Bu çalışmada, yüksek sıcaklık durumları için tek yönlü ve çift yönlü ısı iletim koşulları incelenmiştir.

Bu durumlar için gerekli olan matematiksel modeller kullanılarak yapı elemanları içindeki sıcaklık dağılımları incelenmiş ve bu sıcaklık dağılımlarının elemanlar üzerindeki etkisi hakkında bilgi verilmiştir.

Bu çalışmalar sonucunda, yüksek sıcaklığın etkisi ile elemanın boyutu ve bunun malzemenin fiziksel özelliklerine bağımlılığı arasında önemli bir ilişki ortaya konmuştur.

4.1. Malzemelerin Yüksek Sıcaklıklardaki Özellikleri

Bir taşıyıcı sisteminin veya yangın altındaki bir elemanın mukavemeti ve deformasyonu, malzemenin termal ve mekanik özelliklerine bağlıdır. Tipik olarak, bu özellikler sıcaklıkla da değişir. Bir yangın sırasında, ısı, konveksiyon ve radyasyon yoluyla yanma bölgesinden aktarılır. Malzeme bu ısının bir kısmını yansıtırken bir kısmını emer.

Emilen ısı iletim yoluyla malzemeye ulaşır ve sıcaklığı artırır. bu da termal gerilmelerin ve deformasyonların artmasına neden olarak sistemin çalışmasını olumsuz yönde etkiler ve ömrünü kısaltır, bu da bizi periyodik bakım ve onarım yapmamıza neden olur (Arda, 1995).

4.2. Hava sıcaklığının artması betona etkileri

- 1- Beton sıcaklığı yükselir
- 2- Su ihtiyacı artar
- 3- Kıvam kaybı artar
- 4- Priz süresi kısalmır
- 5- Plastik ve kuruma rötrelere bağlı çatlama eğilimi artar
- 6- Soğuk derz oluşumu riski artar
- 7- Hava içeriğinin kontrolü zorlaşır.



5. BETONUN TERMAL ÖZELLİKLERİ

Bazı özel yapılarda beton normal sıcaklığın üstünde bir ortam içinde bulunur. Örneğin betonarmeden yapılmış bir fabrika bacasında beton 400 °C dolayında bir sıcaklık ile temas halindedir.

Sıcaklığın mevsimlere göre büyük ölçüde değişmesi hallerinde bu durumun hiperstatik yapılar üzerinde meydana getirdiği etkileri de göz önünde bulundurmak gereklidir. Meydana gelen yangınlarda beton 600-1000 °C ye kadar yükselebilen bir sıcaklık ile karşı karşıyadır. Bu gibi durumlarda önümüze çıkan sorunların çözümünde ve ayrıca konut yada iş yerinde istenen termik izolasyonun sağlanması için betonun termik özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Beton için gerekli olan bu değerler ısı iletim katsayısı, betonun özgül ısısı, termik genişleme katsayısı ve yangına dayanıklılıktır (Yılmaz, 1988).

5.1. Sıcaklığın Beton Tasarımı Üzerindeki Etkisi:

Sıcaklık kontrol edemediğimiz bir şeydir, değişen sıcaklıklar yeni konut veya ticari beton projelerinin sonuçlarını etkileyebilir, bu da projeleri tasarlarken göz önünde bulundurulması gereken bir parametredir.

Beton temel olarak çimento, su ve moloz karışımından yapılmış plastik bir malzemedir. Su, sertleştikten sonra betonun nasıl görüldüğünü etkileyen çok sıcak veya soğuk olabilen bir şeydir. Belirli oranların bu kombinasyonu, tasarlandığı gücü vermek için ekstra çalışmayı güçlendirir. Kurulum işlemi sırasında bile, beton çok fazla ısı açığa çıkaracak ve su kaybedecektir, bu da işleme olarak bilinen işlemin kontrolünü gerektirir.

5.2. Sıcaklıkların Betonun Mukavemeti Üzerindeki Etkisi:

Betonun imalatı ve yerleştirilmesi sırasındaki sıcaklıklar, montaj süresini ve nihai mukavemeti etkileyebilir. Sıcaklıklar yüksek olduğunda, bu çatlamaya neden olabilir ve birçok toplu iş, betonun sıcaklığını kontrol etmek ve çatlama ve hasar riskini azaltmak için karıştırma için soğuk su kullanır.

Genellikle 28 gün olarak kabul edilen beton sertleşip priz aldıktan sonra, atmosfer sıcaklığına bağlı olarak beton genişler ve büzülür. Dolayısıyla bu hareket, betonun ısıl genişleme katsayısı ve yapının dışarıdan maruz kaldığı sıcaklık değişimleri ile belirlenir. Gelişim oranı öncelikle kullanılan agrega tarafından belirlenir.

Bunun nedeni beton hacminin %70-80' ini oluşturmastır. Ayrıca, yüksek sıcaklıklar betonun genişmesine ve çatlamasına neden olabilir.

Beton yapının toplam uzunluğu, bileşime, özellikle köprüler için önemli olan ek gerilmeler de getirebilir. Öte yandan, soğuk sıcaklıklar betonun büzülmesine neden olabilir ve su çatlaklarına maruz kaldığında parçalanarak buz oluşumuna neden olabilir ve boyutun artması betona daha fazla baskı uygulayabilir.

5.3. Yüksek ve Çok Düşük Sıcaklıkların Betonarme Davranışındaki Etkileri:

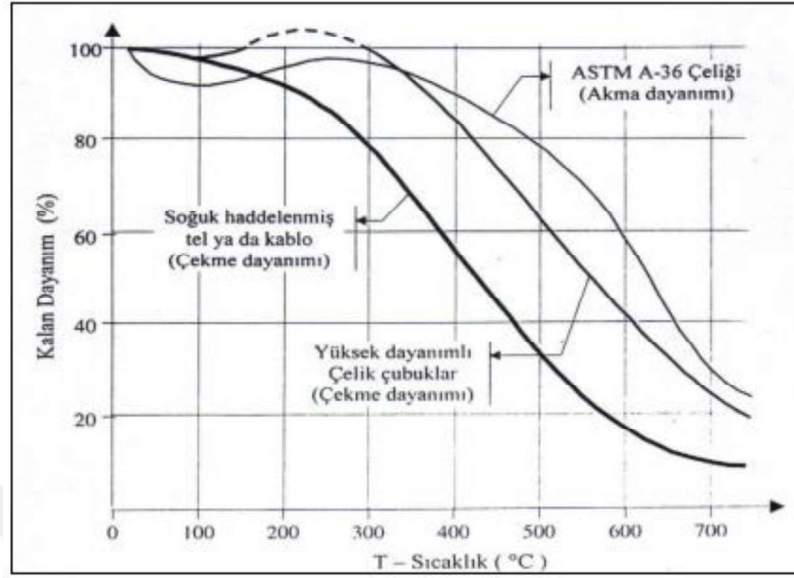
Beton (genel olarak) hacimsel ve boyutsal olarak ısıdan etkilenir ve malzemenin artan sıcaklıkla genişlediği sıcaklık derecesi başına doğrusal genişleme katsayısının beton derecesi başına 0.01 mm (1/100000) olduğu varsayılır.

Bağıl donma beton üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bunun nedeni, boşluklardaki su donduğunda betona büyük iç kuvvetlerin uygulanmasıdır. Betonda çatlaklara neden olan genişleme, bu olgunun tekrarı betonun su emmesini artırır, donma etkisini artırır, betonun hasarını hızlandırır, geçirgenliğini artırır ve olasılığını artırır. Paslanmayı ve inşaat demirinin yapışmasını azaltır.

Betonarme ve betonarme elemanlardan oluşan diğer yapı elemanları kısmen ısıya maruz kaldığında, yani bir taraf diğerinden daha fazla maruz kaldığında, malzeme katmanları arasında göreceli hareketler meydana gelir ve bunlara etkileyen kuvvetler çatlaklara neden olabilir. Bina içerisinde genişleme ve daralma hareketleri meydana gelebilir.

5.4. Yüksek Sıcaklığın Betonarme Çeliğine Etkileri:

Betonarme bileşenlerin donatı çubukları, beton bir örtü ile çevresel etkilerden korunur. Çeliğin yüksek sıcaklıklardaki davranışı incelendiğinde, 200°C' de, dislokasyonların meydana geldiği tane sınırlarına azot atomlarının difüzyonu nedeniyle çeliğin çekme dayanımının arttığı, ancak çekme dayanımının azaldığı görülebilir. Akma mukavemeti 300°C' de düşer ve 600°C' de çekme mukavemeti güvenli bölge içine düşer. Plastik deformasyonun 600 ile 1200 °C arasında meydana geldiği ve yangın sırasında ulaşılabilceği bilinmektedir. Çeşitli yapısal çelik türleri için akma noktası ve çekme mukavemetinin sıcaklıkla değişimi Şekil 5.4' te gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Farklı tür yapı çeliklerinin akma ve çekme dayanımları

Yüksek sıcaklıklara maruz kalan kısımlarda da çekme altındaki çeliğin modülünde bir azalma gözlenir. Çeliğin elastisite modülü 400°C' de %15 ve 600°C' de %40 mertebelerinde azalır. Bu azalma, termal genişlemenin ve plastik deformasyonun başlamasının bir sonucu olarak çeliğin aşırı uzamasına yol açar.

Betonu yüksek sıcaklıkların etkilerinden koruma ihtiyacı düşünüldüğünde, betonun donatıları yüksek sıcaklıkların etkilerinden de koruduğu ortaya çıkıyor. Bu durumda betonun kaplama kalınlığını (pas payı) ve gerekli yalıtımı sağlaması önemlidir .

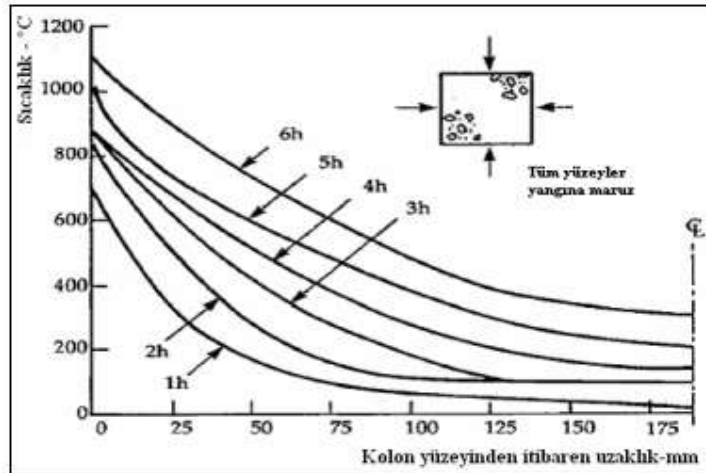
Soğuk haddelenmiş çelik için maksimum sıcaklık 50°C' nin altında ve sıcak haddelenmiş çelik için 600°C' nin altındaysa, soğuduktan sonra akma noktası eski haline döner. Öngerilmeli çelik daha hızlı bozulur ve önemli ölçüde daha düşük çekme mukavemetine sahiptir.

5.5. Yüksek Sıcaklığın Betona Etkileri:

Betonun diğer yapı malzemelerine göre başlıca avantajlarından bazıları istenilen şekil ve boyutları yapılabilmesi, basınç dayanımının yüksek olması, donatıya yapışmasının iyi olması ve daha dayanıklı olmasıdır. Kesin bir malzeme olduğu söylenebilir. malzeme. Diğer taşıyıcı malzemelere göre yüksek sıcaklıklara ve yangına maruz kalmaya karşı dayanıklıdır (Erdoğan, 2003).

Beton yanmaz olması, zamanla önemli hasarlara yol açmaması ve zehirli dumanlar çıkarmaması nedeniyle yangına dayanıklı bir malzemedir (Neville, 2000). Ancak bu dayanıklılık zaman ve sıcaklıkla sınırlıdır (Baradan vd., 2002). Parçaların yüksek sıcaklıkların etkisi altında ayrılması, yapı elemanlarının yük taşıma kapasitelerini ve bütünlüklerini kaybetmelerine neden olur. Donatı çubukları parçalanma nedeniyle yüksek sıcaklıklara maruz kalır. Polipropilen liflerin ve hava ceplerinin kullanılması ezilme riskini azaltır. Hava sürüklenme maddesi, su içeriğini ve gözenek sayısını artırarak gözenek basıncını düşürür. Delaminasyonu azaltmak için yalıtım katmanları, polipropilen lifler, hava cepleri, büyük boyutlu elemanlar ve düşük termal genleşme agregaları kullanılmalıdır (Khoury, 2003).

Yüksek sıcaklığın beton üzerindeki etkisi, maruz kaldığı sıcaklık ve süre ile çimento hamuru fazlarının ve agregaların tipine bağlıdır ve bu etki betonun basınç dayanımını önemli ölçüde azaltır (Riley, 1991 ve Akmann, 2000). Nispeten büyük beton elemanlar, yapının nihai durumu üzerinde daha büyük etkisi olan davranışı tercih etme eğilimindedir. Bu nedenle, betondaki mikroyapısal varyasyonları dikkate alırken, malzeme homojenliği ve eleman geometrisi dikkate alınması gereken iki önemli faktördür. Gerçek bir yangında beton elemanların şekli ve boyutları önemli bir rol oynar. Şekil 5.5' de kare sütunlar zaman içinde farklı noktalarda sıcaklıktaki değişiklikleri göstermektedir. Dışarıdan içeriye sıcaklık değişimi zamanın bir sonucudur.



Şekil 5.2. 380 mm kenar uzunluğundaki kare kolonda sıcaklık dağılımı

Beton, farklı termal karakteristiklere sahip bileşenleri, nem ve poroziteden dolayı yüksek sıcaklık karşısında karmaşık bir davranış sergiler (Li vd., 2004). Bu nedenle betonun yüksek sıcaklık etkisindeki davranışı, çimento hamuru, agregalar ve mineral katkı maddeleri gibi bileşenlerini ve özelliklerinin değişimi için aşağıda ayrı ayrı ele alınmıştır.

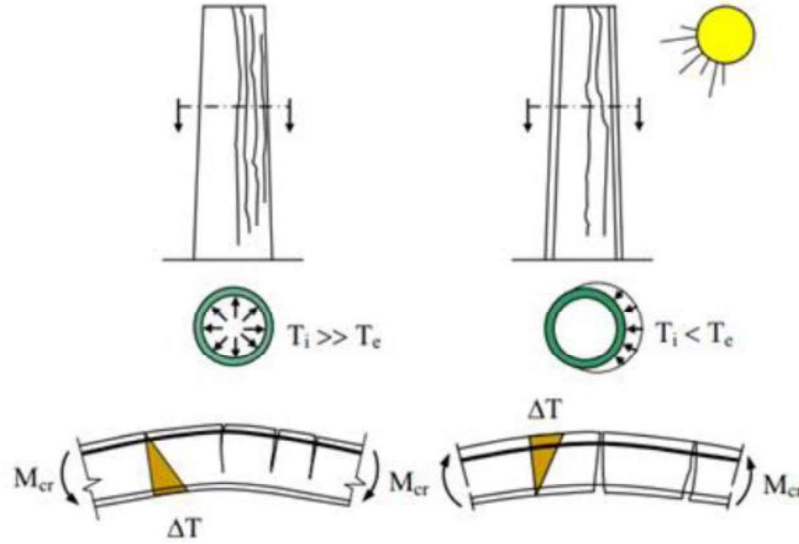


6. ENDÜSTRİYEL BACALARININ ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ:

Bacalar, kimyasal reaksiyonlar, hava değişimleri, aşırı soğuk gibi birçok ölümcül faktöre maruz kalmaktadır ve bu doğal faaliyetler sürekli değişmektedir, dolayısıyla bacalar inşa edildiği andan itibaren, hatta daha hizmete alınmadan önce bile çatlamalara başlamaktadır. Sonuç olarak, mevcut bacaların çoğu birkaç yıllık ve bir yıl sonra onarılmaları gerekiyor.

Endüstriyel bacalar, kuleler, tahıl siloları ve diğer tesisler gibi, aynı rüzgar, deprem, sıcaklık ve ağırlık yüklerine maruz kalır. iç ve dış yüzey arasındaki çok yüksek termal değişiklikler nedeniyle baca duvarının yanlarında büyük uzunluklarda uzunlamasına çatlaklar fark etmek mümkündür. Bu çatlaklar bacaların içi ile dışı arasındaki termal farklılıklardan kaynaklanır. (Kiran. N. R. 2001)

Kışın, baca çalışırken, iç ısı, bacanın dış ısından daha fazladır. Bu yüzden bacanın dış duvarında çatlaklar oluşur. Baca güneşli havalarda çalışmadığı için, duvarın iç yüzünde sıkma kuvvetlerine neden olan zıt bir termal farka maruz kalır, bu da genellikle donatı yetersizlikten dolayı dayanıklı değildir, bu da öncekinden daha az miktarda çatlaklara yol açar.

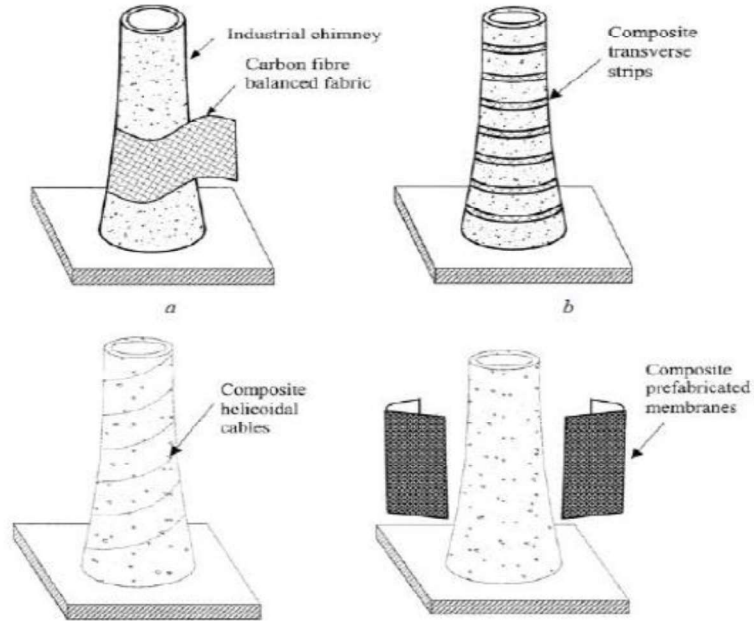


Şekil 6.1. Sıcaklık nedeniyle baca duvarında oluşan çatlaklar

Baca duvarında ortaya çıkan bu çatlaklar ve gerilmeler bacanın çalışmayı durdurmasına neden olmaz, ancak ısı kaybı, enine kesitin ayrılması ve baca yapısında zayıflığa neden olan donatının aşınmasına ortaya çıkması da dahil olmak üzere daha büyük sorunların ortaya çıkmasının yolunu açar, bu da bacanın çalışmayı durdurmasına neden olur, bu nedenle bu çatlaklar ortaya çıktıklarında ve ihmal edildiklerinde ele almalıyız.

Bacaları güçlendirmenin birkaç yolu vardır, bunlardan en önemlisi karbon fiber veya fiberglas ve diğerleri kullanarak bacaları güçlendirmektir. seksenli yılların ortalarında Japonya' daki Ohbayashi ve Mitsubishi Kasei, karbon fiber kullanarak mevcut betonarme bacalarını güçlendirmeye ve onarmaya başladı; buna göre, karbon fiber lifleri, ek yan direnci sağlamak için baca yüzeyinin etrafına yapıştırıldı.

1987 ve 1994 yılların arasında bu yöntem iki şirket tarafından dünya çapında 28' den fazla bacada aktif hale getirildi. Aşağıdaki şekillerde güçlendirmenin bazı şekilleri:



Şekil 6.2. Bacaların polimerik liflerle güçlendirilmesi



Şekil 6.3. Bir bacanın güçlendirilmesi



Şekil 6.4. Bacanın iç duvarının güçlendirilmesi

6.1. Endüstriyel Baca Güçlendirme İşlemleri:

Endüstriyel baca güçlendirme duvar yapısını yeniden modellemek ve davranışları hakkında bilgi sahibi olmak ciddi bir mühendislik işidir.

Deneyisel sonuçları kullanılarak sayısal bir modeli kalibre etmeye yönelik tekniklerin başında dinamik analiz gelmektedir. Sınai bir duvar çatı bacasına

uygulanan bir sismik analiz sonucunun GFRP 'yi kullanarak güçlendirme yapılması uygun görülmektedir.

Bunun sismik kapasitesini arttırmak için FRP malzemeleri kullanılması gerekmektedir. GFRP dikey kayışların kullanılması ile endüstriyel bacaların sismik kapasitesi arttırılır. (Aydoğan, 1988).



7. MATERYAL, METOT VE UYGULAMA:

7.1. SAP2000 Programı

SAP2000 programı, yapısal sistemlerin statik veya dinamik, doğrusal veya doğrusal olmayan analizini gerçekleştiren genel amaçlı bir sonlu elemanlar programıdır. SAP2000 programı grafik kullanıcı arayüzü (GKA), yapı geometrisini, özelliklerini ve analiz sonuçlarını modellemek, analiz etmek, tasarlamak ve görüntülemek için kullanılmaktadır. SAP2000 programı, bugün piyasadaki en entegre, üretken ve pratik genel amaçlı yapısal program olduğunu kanıtlamıştır.

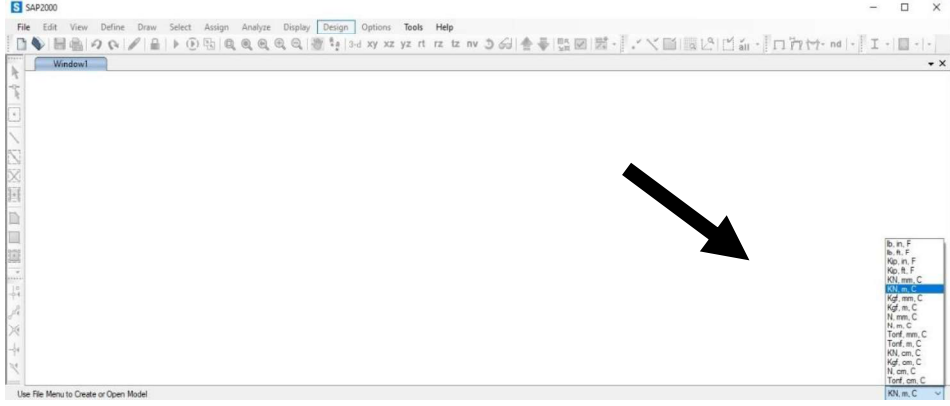
Güçlü yerleşik şablonlarla karmaşık modeller oluşturulabilir ve birleştirilebilir. Entegre tasarım kodu özellikleri; Avrupa, Türkiye ve diğer uluslararası tasarım standartlarına göre kapsamlı otomatik çelik ve beton tasarım kontrolleriyle rüzgar, dalga, köprü ve sismik patlama yüklerini otomatik olarak üretebilmektedir.

Büyük deformasyon analizi, doğrusal olmayan durumların rijitliğine dayalı Eigen ve Ritz analizleri, katener kablo analizi, fiber menteşelerle doğrusal olmayan malzeme analizi, çok katmanlı doğrusal olmayan kabuk elemanı, burkulma analizi, progresif gibi gelişmiş analitik teknikler çökme analizi, sürüklenme kontrolü için enerji yöntemleri, hıza bağlı sönümleyiciler, tabanlı izolatörler, destek plastisitesi ve doğrusal olmayan segmental yapı analizi kolayca analiz edilebilmektedir (Sekhar, 2019).

7.1.1. Betonarme Bacanın SAP2000 Programı ile Modellenmesi

Burada SAP2000, paket programı ile 3 boyutlu betonarme baca modeli oluşturulacaktır.

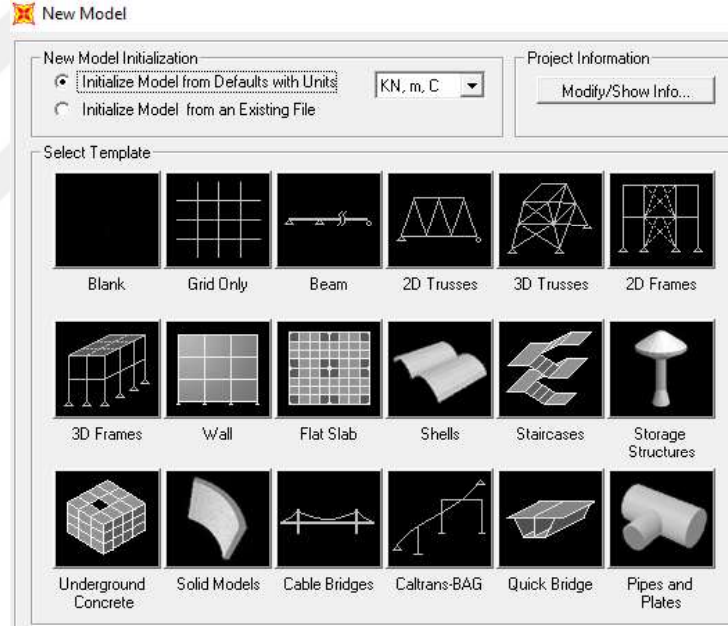
1. Konum çubuğunun sağ tarafında kullandığımız birimler görüntülenir. Bu bölümden çalışacağımız birimler Kn, m, C olarak seçilmiştir.



Şekil 7.1. Birim seçilmesi

2. Üst bölümdeki "Dosya seçeneği-yeni model" seçeneğinden "Grid only" seçilmiştir.

7.1.2. Betonarme Bacanın Modellenmesi



Şekil 7.2. Betonarme bacanın modellenmesi

- Burada "Grid only" düğmesine basıldıktan sonra "Quick Grid Lines" pencereyi açılmıştır ve orada "cylindrical" düğmesine basılıp, bütün değerler girilmiştir.

Quick Grid Lines

☐ Cartesian ☒ Cylindrical

Coordinate System Name
GLOBAL

Number of Grid Lines

along Radius	3
along Theta	19
along Z	6

Grid Spacing

along Radius	0.5
along Theta (deg)	20.
along Z	10.

First Grid Line Location

along Radius	0.
along Theta (deg)	0.
along Z	0.

OK Cancel

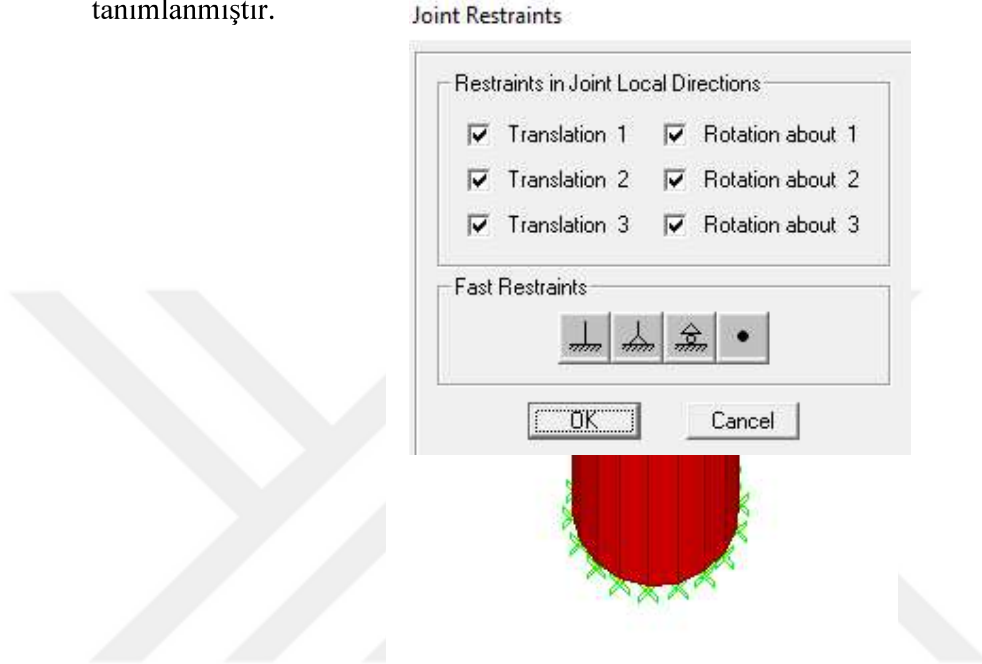
Şekil 7.3. Betonarme bacanın modellenmesi



Şekil 7.4. Bacanın 3B SAP2000 modeli

7.1.3. Mesnet Koşullarının Belirlenmesi

"Assign" menüsünden "Joint-Restraint" komutu seçilerek ankastre mesnet ile tanımlanmıştır.



Şekil 7.5. Mesnet koşullarının seçilmesi

7.2. Materyal

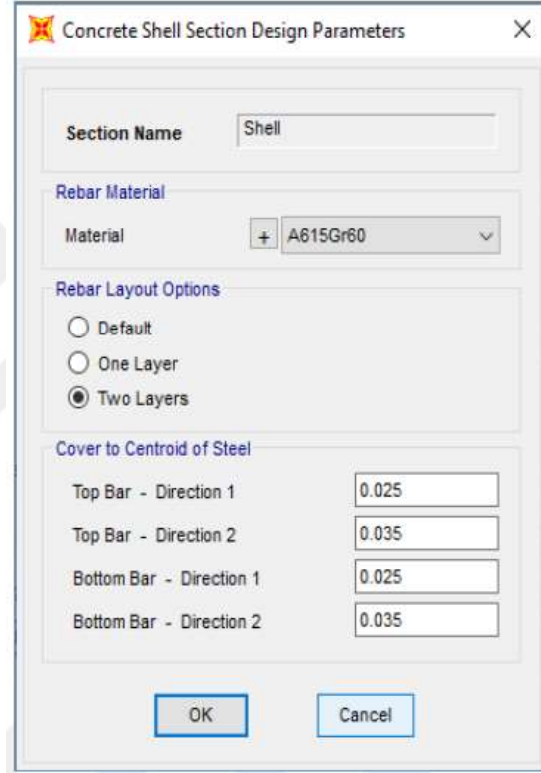
Bu çalışmada bir önceki bölümde bahsedildiği gibi baca elemanı üzerine SAP2000 programı ile mevcut durumda ve sıcaklık uygulandıktan sonra analiz edilecektir. SAP2000 programında oluşturulan malzeme özellikleri girilmiş ve gerekli işlemler alınmıştır. Bu çalışmada kullanılacak ana malzemeler şunlardır:

7.2.1. Betonarme

Baca yapımında kullanılan beton özellikleri :

- Materyal Kütlesi ve Ağırlığı:
 - 1- (BHA) Birim Hacim Ağırlığı = 23.3814 kN/m^3
 - 2- (BHK) Birim Hacim Kütlesi = 2.33814 kN/m^3 ' dir.
- Materyal Mekanik Özellikleri:
 - 1-Elastisite Modülü $E = 32000000 \text{ kN/m}^2$
 - 2- Poisson Oranı $U = 0.2$
 - 3- Isıl Genleşme Katsayısı $a = 0.00001 \text{ 1/C}^\circ$
 - 4- Kayma Modülü $G = 13333333 \text{ kN/m}^2$ ' dir

- Donatı Kütlesi ve Ağırlığı:
 - 1- (BHA) Birim Hacim Ağırlığı = 76.9729 kN/m^3
 - 2- (BHK) Birim Hacim Kütlesi = 7.69729 kN/m^3 dir
- Donatı Mekanik Özellikleri:
 - 1-Elastisite Modülü $E = 200000000 \text{ kN/m}^2$
 - 2- Poisson Oranı $U = 0.3$
 - 3- Isıl Genleşme Katsayısı $a = 0.0000117 \text{ 1/C}$



Şekil 7.6. Donatı seçimi

7.3. Metot

Mevcut bir baca yapının sonlu elemanlar metodu ile bilgisayar ortamında SAP2000 programı analizi tasarlanıp analizi yapılarak dinamik parametrelerinin karşılaştırılmıştır. Bu araştırmada, sıcaklık değişimlerinin etkisi altında betonarme bacanın davranışı incelenmiş, 50 metre yüksekliğinde betonarme baca. Bu baca mevcut durumda ve üç farklı sıcaklık ($250 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $750 \text{ }^{\circ}\text{C}$) yükledikten sonra, bacanın davranışı incelenmiş ve değerler mevcut durumda ve her sıcaklığın etkisi altında gözlemlenmiştir.

Her sıcaklık altındaki momentlerin, kuvvetlerin ve maksimum yerdeşistirmeler değerleri karşılaştırılmıştır. Maksimum kesme V_{max} , maksimum moment M_{max} , maksimum gerilme S_{max} ve U_x , U_y ve U_z yerdeşistirmelerinin değerini almıştır. Sonuçlar, sıcaklık arttığında momentlerin, gerilmelerin ve kesme kuvvetlerin değerinde önemli bir artış göstermiştir ve artan sıcaklıklarla meydana gelen deformasyon ve yerdeşistirme miktarını göstermiştir.

7.4. Uygulama

İlk olarak SAP2000 programına bacanın özellikleri ve yükleri girilmiştir. Mevcut durumda analiz ederek o tüm değerleri alınmıştır, sonra sıcaklık yükledikten sonra her bir derecenin değerleri alınmıştır.

Betonarme bacanın alt çapı 3m, beton bacanın st çapı 1.5' m.

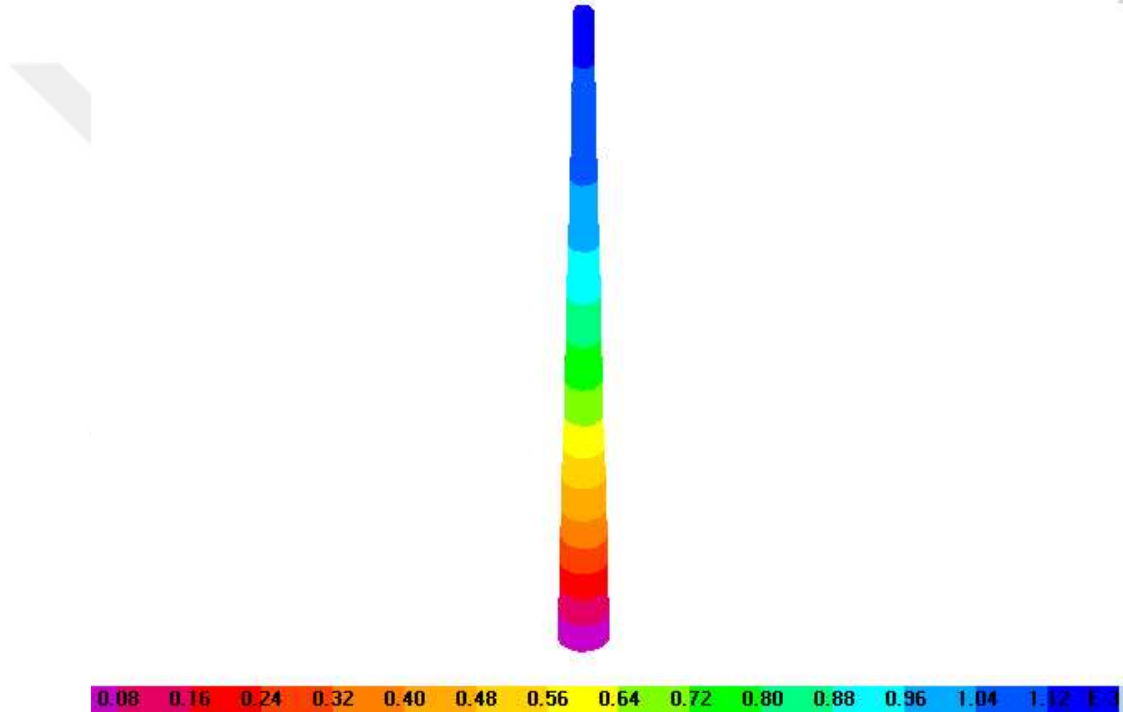
Beton bacanın yüksekliği 50m. Betonarme bacada kullanılan beton C30' dur.

Beton baca kalınlığı 0.25' m dir.

8. MEVCUT BETON BACA VE SICAKLIK ETKİSİNDE BACA ANALİZLERİNİN KARŞILAŞTIRMALARI

8.1. Mevcut Beton Baca Analizi

Betonarme baca SAP2000 ile sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Aşağıdaki model betonarme bacadaki mevcut durumda sonlu elemanlar analizini göstermektedir. Mevcut durumda yerdeğiştirmenin 3B görünümü şekil 8.1'de verilmiştir.



Şekil 8.1. Mevcut bacadaki yerdeğiştirmenin 3B Görünümü

Maksimum kesme kuvveti V_{max} , maksimum moment M_{max} , maksimum gerilme S_{max} ve yerdeğiştirmeler U_x , U_y ve U_z için. Aşağıdaki tablo 1'de görüntülenecek olan bu değerleri elde edilmiştir:

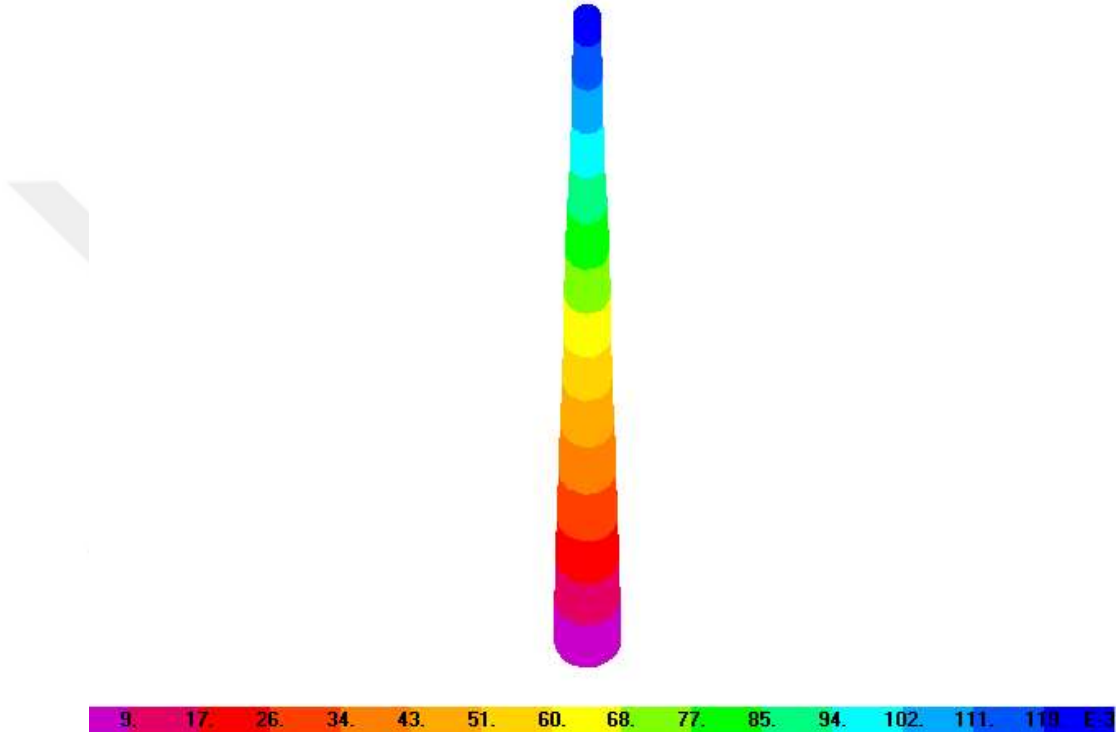
Tablo 8.1 yerdeğiştirmeler, moment , kesme ve gerilme değerleri

U_x (m)	U_y (m)	U_z (m)	S_{max} (kN/m ²)		V_{max} (kN/m)		M_{max} (kNm/m)	
			Max	Min	Max	Min	Max	Min
$5.71 \cdot 10^{-6}$	$-8.96 \cdot 10^{-6}$	$1.14 \cdot 10^{-4}$	83.15	-75.6	0.01	0.007	0.474	-0.096

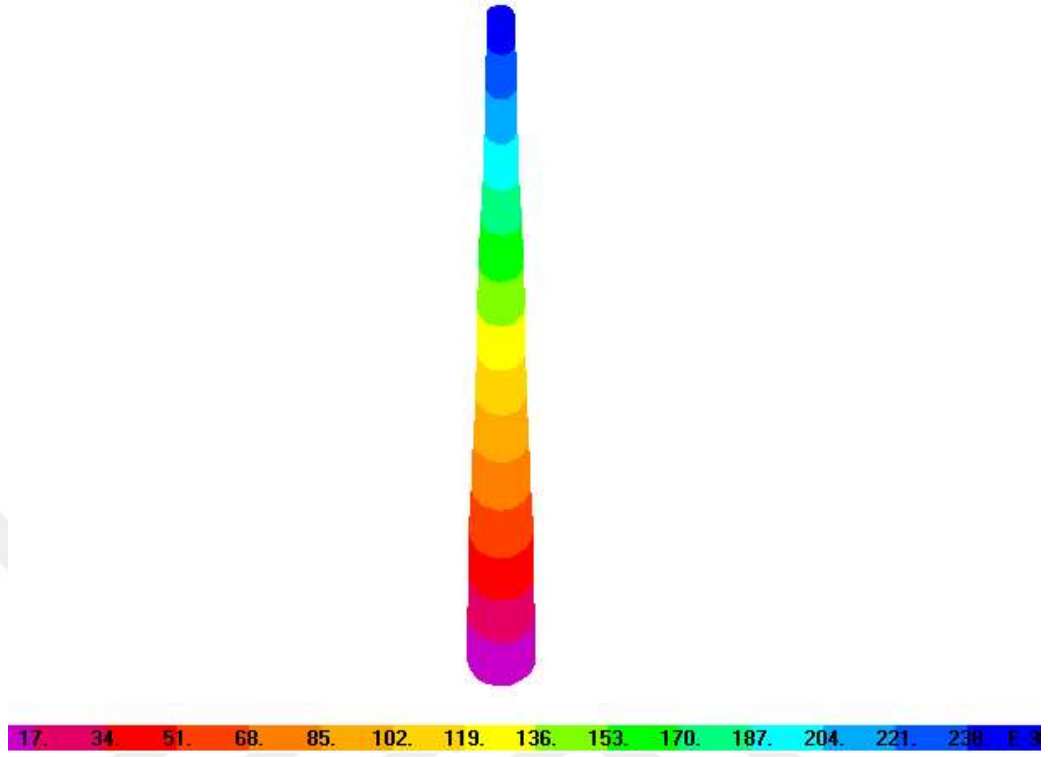
8.2. Sıcaklık Etkisinde Beton Baca Analizi

Betonarme baca SAP2000 programı kullanılarak tasarlanmış, modellenmiş, sonlu elemanlar yöntemi ile analiz edilerek, üç farklı sıcaklık değerinde etkiler gözlemlenmiştir.

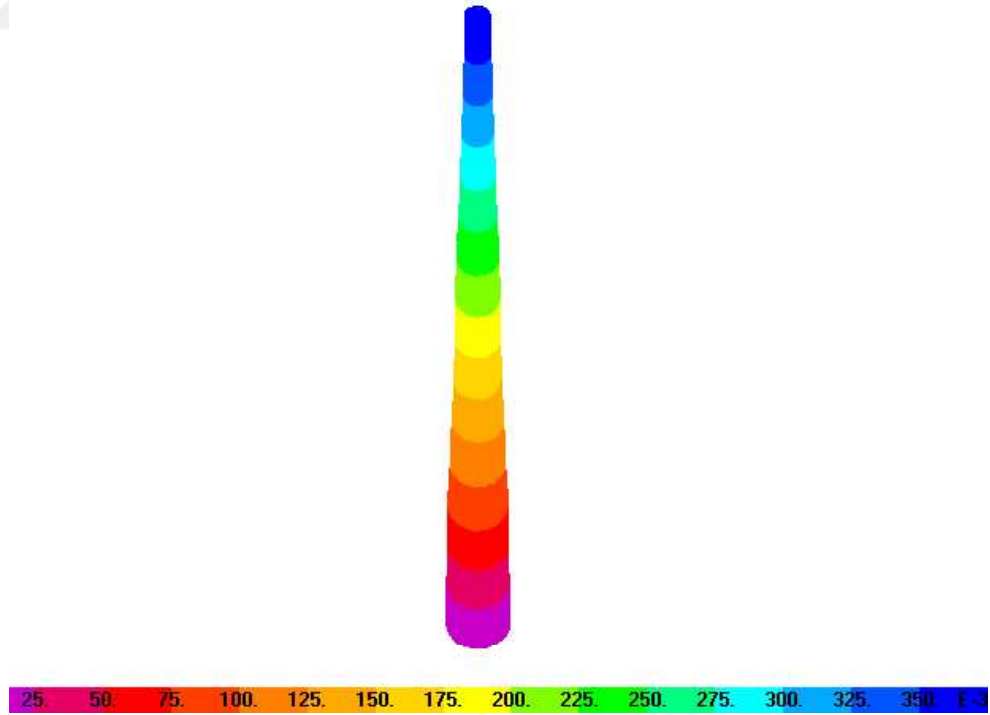
Aşağıda 250 °C, 500 °C ve 750 °C sıcaklık değerlerinde analizler sunulmuştur.



Şekil 8.2. 250 °C sıcaklık için yerdeğiştirmenin 3B görünümü



Şekil 8.3. 500 °C sıcaklık için yerdeğiştirmenin 3B görünümü

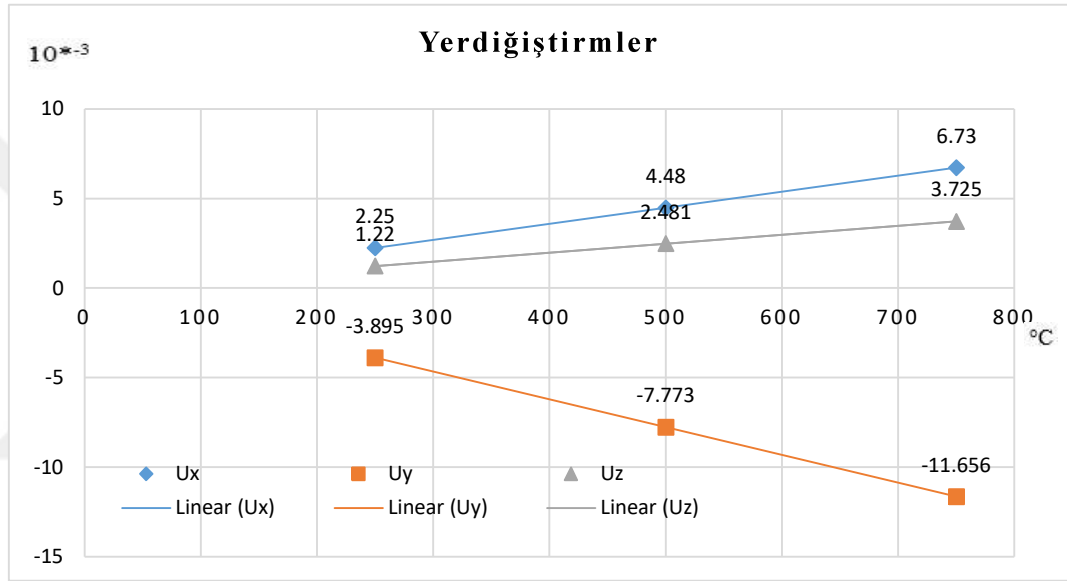


Şekil 8.4. 750 °C sıcaklık için yerdeğiştirmenin 3B görünümü

U_x , U_y ve U_z yerdeşistirmeler Tablo 8.2.1' de verilmiştir.

Tablo 8.2. Sıcaklık etkisi altındaki yerdeşistirme değerleri

Sıcaklık	U_x (m)	U_y (m)	U_z (m)
250 °C	$2.25 \cdot 10^{-3}$	$-3.895 \cdot 10^{-3}$	$1.22 \cdot 10^{-3}$
500 °C	$4.48 \cdot 10^{-3}$	$-7.773 \cdot 10^{-3}$	$2.481 \cdot 10^{-3}$
750 °C	$6.73 \cdot 10^{-3}$	$-11.656 \cdot 10^{-3}$	$3.725 \cdot 10^{-3}$



Şekil 8.5. Sıcaklık etkisi altındaki yerdeşistirme grafikleri

Yukarıdaki grafiklerden her yerdeşistirmenin değerleri bir fonksiyonu oluşturarak elde edilmiştir. İstenilen herhangi bir sıcaklık altında o değerleri bulunacaktır.

250 °C, 500 °C, 750 °C sıcaklık için U_x fonksiyon $U_x = 0.009s + 0.0067$

250 °C, 500 °C, 750 °C sıcaklık için U_y fonksiyon $U_y = -0.0155s - 0.0137$

250 °C, 500 °C, 750 °C sıcaklık için U_z fonksiyon $U_z = 0.005s - 0.0297$

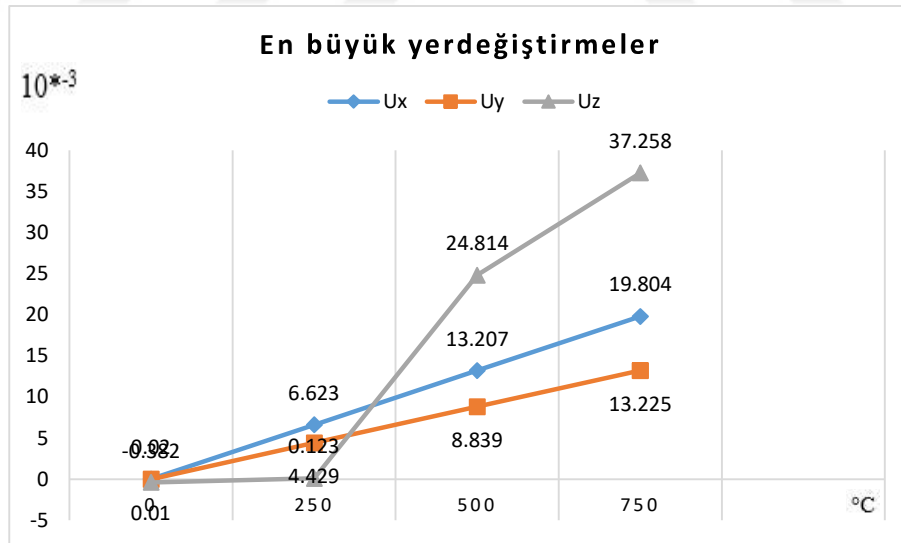
Gerilme, moment ve kesme kuvveti değerleri tablosu Tablo 8.2.2' de verilmiştir.

Tablo 8.3. sıcaklık etkisi altındaki gerilme, moment ve kesme değerleri

Sıcaklık	S_{max} (kN/m ²)	V_{max} (kN/m)	M_{max} (kNm/m)
250 °C	77254.53	4.82	141.937
500 °C	155348.44	8.3	282.967
750 °C	233163.76	12.3	424.299

Tablo 8.4. Mevcut durumda ve sıcaklık etkisinde en büyük yerdeğiştirmesinin karışılaştırılması

Sıcaklık	U_x (m)	U_y (m)	U_z (m)
Mevcut Durum	$-0.02 \cdot 10^{-3}$	$0.01 \cdot 10^{-3}$	$-0.382 \cdot 10^{-3}$
250 °C	$6.623 \cdot 10^{-3}$	$4.429 \cdot 10^{-3}$	$0.123 \cdot 10^{-3}$
500 °C	$13.207 \cdot 10^{-3}$	$8.839 \cdot 10^{-3}$	$24.814 \cdot 10^{-3}$
750 °C	$19.804 \cdot 10^{-3}$	$13.225 \cdot 10^{-3}$	$37.258 \cdot 10^{-3}$



şekil 8.6. Sıcaklık etkisi altındaki en büyük yerdeğiştirmelerin grafikleri.

Yukarıdaki grafiklerden her yerdeğiştirmenin bir fonksiyonu oluşturarak elde edilmiştir. İstenilen herhangi bir sıcaklık altında o değerleri bulunacaktır.

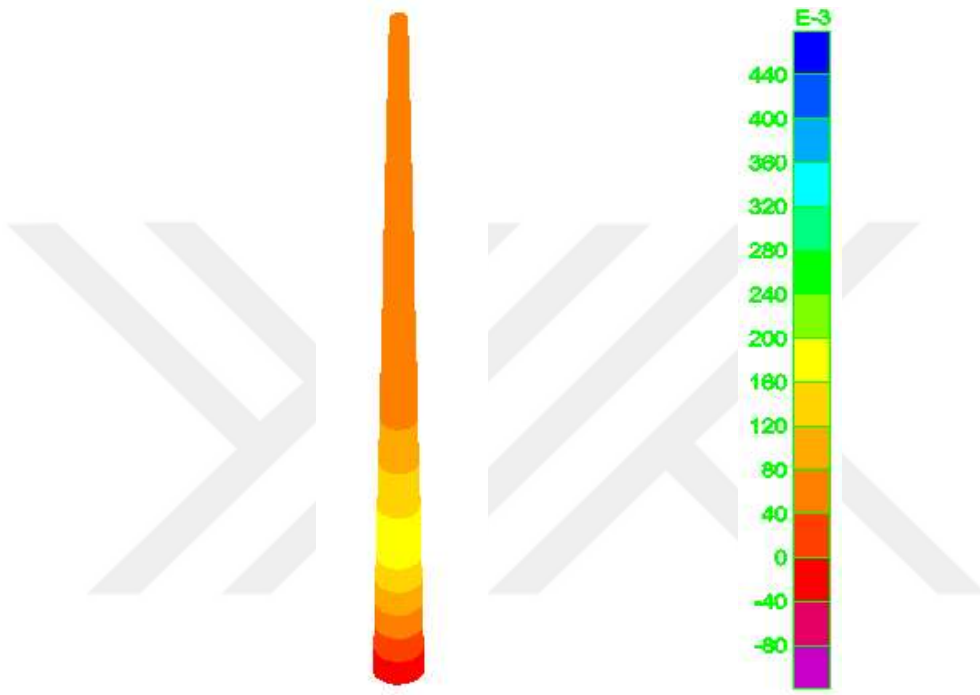
0 °C, 250 °C, 500 °C, 750 °C sıcaklık için U_x fonksiyon $U_x = 0.0264s + 0.0231$

0 °C, 250 °C, 500 °C, 750 °C sıcaklık için U_y fonksiyon $U_y = 0.0176s + 0.0195$

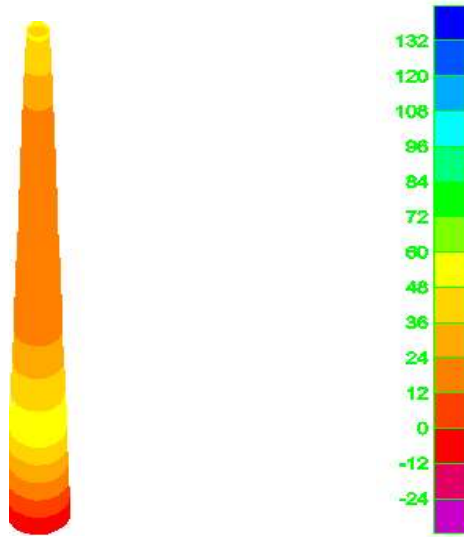
0 °C, 250 °C, 500 °C, 750°C sıcaklık için U_z fonksiyon $U_z = 0.05039s - 0.3812$

8.3. Maksimum Moment değerleri (M_{max}) Karşılaştırılması

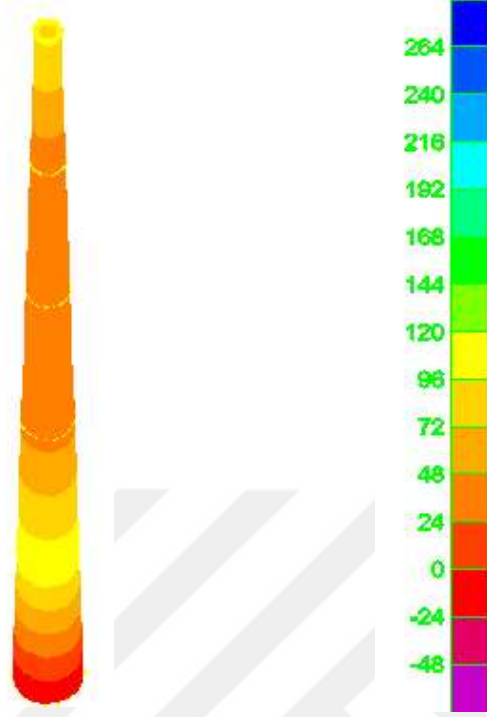
SAP2000 programında baca mevcut durumunda ve sıcaklık uyguladıktan sonra maksimum moment değerleri şekil 8.3.1, 8.3.2, 8.3.3 ve 8.3.4' de gösterilmektedir.



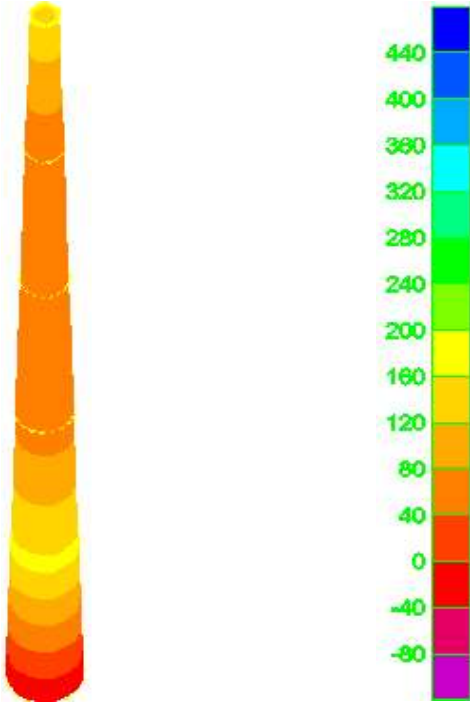
Şekil 8.7. Mevcut durumda M_{max} diyagramı



Şekil 8.8. 250 °C sıcaklık için M_{max} diyagramı



Şekil 8.9. 500 °C sıcaklık için $M_{\max}$ diyagramı

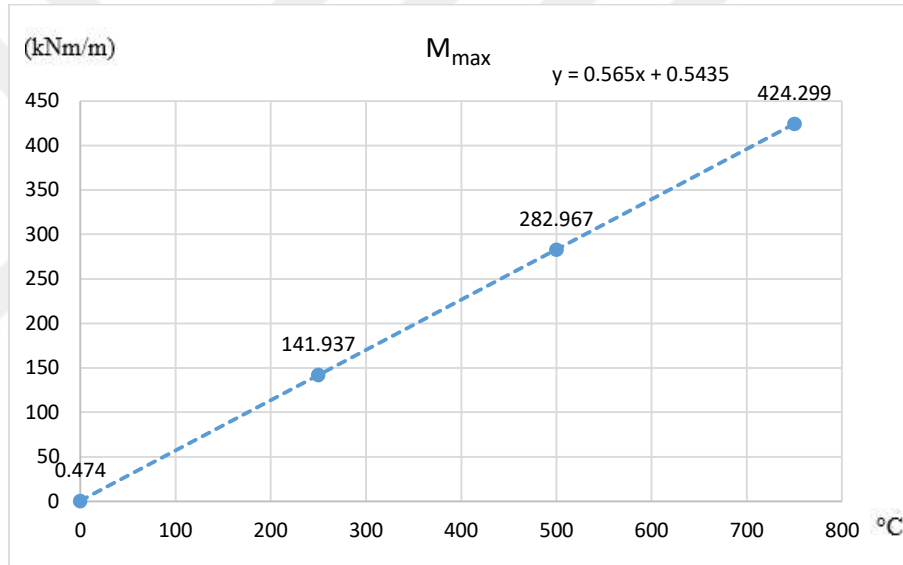


Şekil 8.10. 750 °C sıcaklık için $M_{\max}$ diyagramı

Moment değerleri $M_{\max}$ daha net bir şekilde karşılaştırılabilmesi için Tablo 8.3' de sıcaklık uygulandıktan sonraki değişimi açıkça görülmektedir.

Tablo 8.5. $M_{\max}$ moment değerleri karşılaştırılması

Sıcaklık	$M_{\max}$ (kNm/m)
Mevcut Durum	0.474
250 °C	141.937
500 °C	282.967
750 °C	424.299



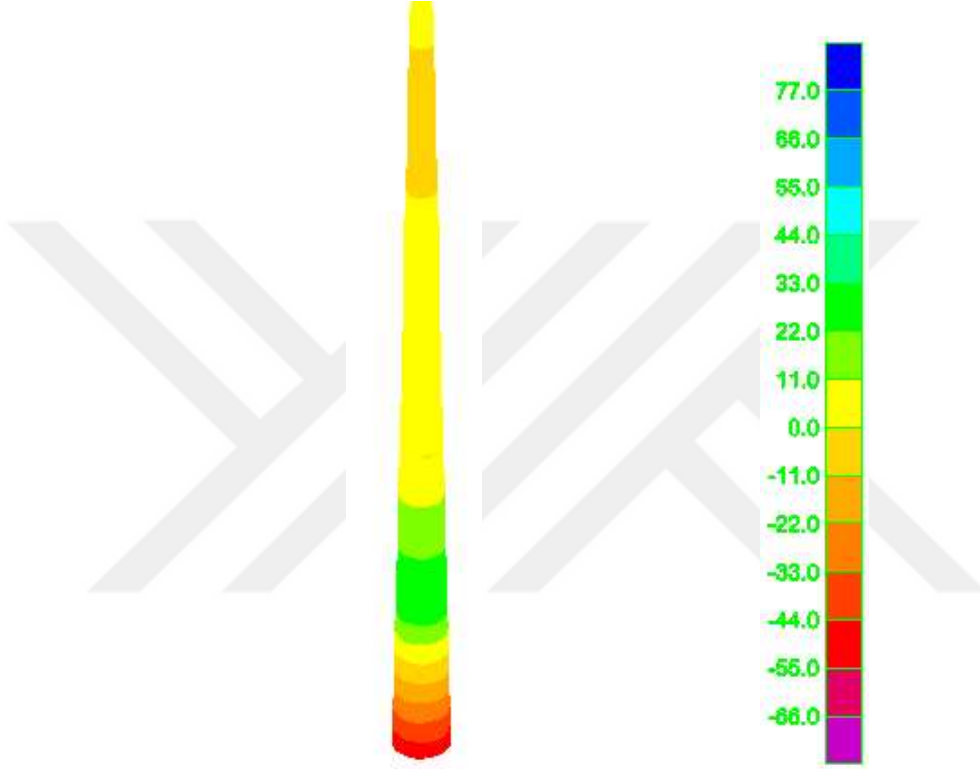
Şekil 8.11. Sıcaklık etkisi altındaki $M_{\max}$ değerlerin grafiği

Yukarıdaki grafikten istenilen herhangi bir sıcaklık altında $M_{\max}$ değeri bulunacaktır.

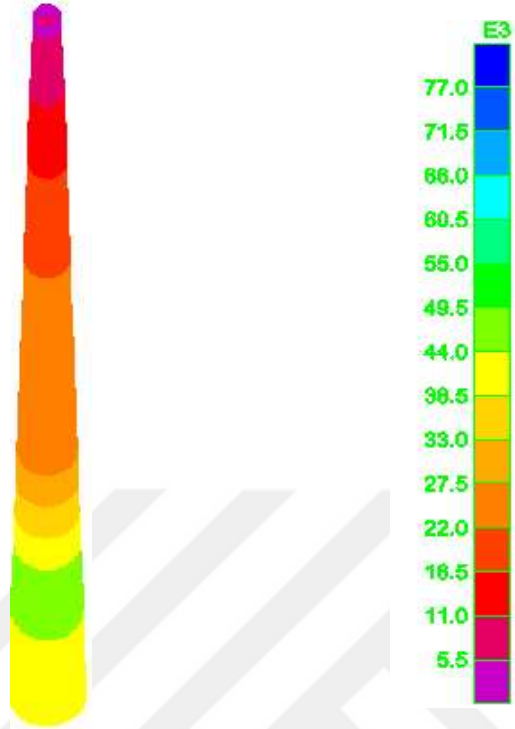
0 °C, 250 °C, 500 °C, 750 °C sıcaklık için $M_{\max}$ fonksiyon $M_{\max} = 0.565s + 0.5435$

8.4. Maksimum Gerilme de (S_{max}) Karşılaştırılması

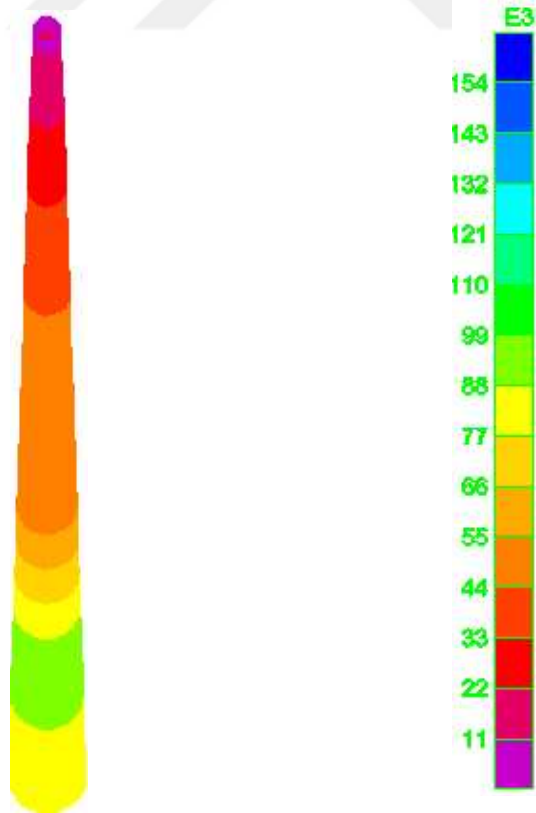
SAP2000 programında baca mevcut durumunda ve sıcaklık uyguladıktan sonra maksimum gerilme değerleri şekil 8.4.1, 8.4.2, 8.4.3 ve 8.4.4' de gösterilmektedir.



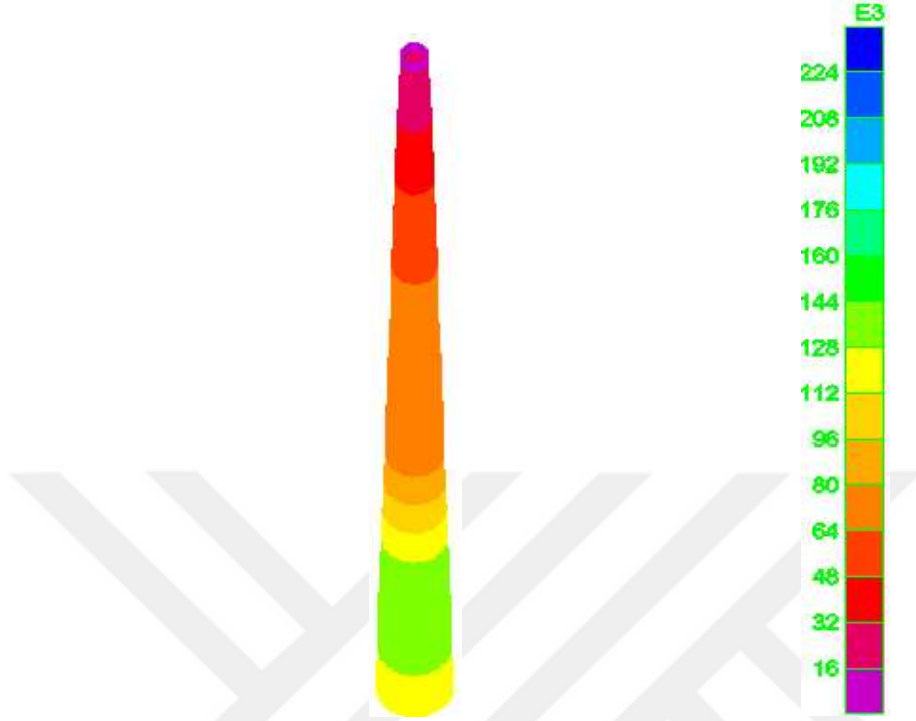
Şekil 8.12. Mevcut durumda S_{max} diyagramı



Şekil 8.13. 250 °C sıcaklık için S_{max} diyagramı



Şekil 8.14. 500 °C sıcaklık için S_{max} diyagramı

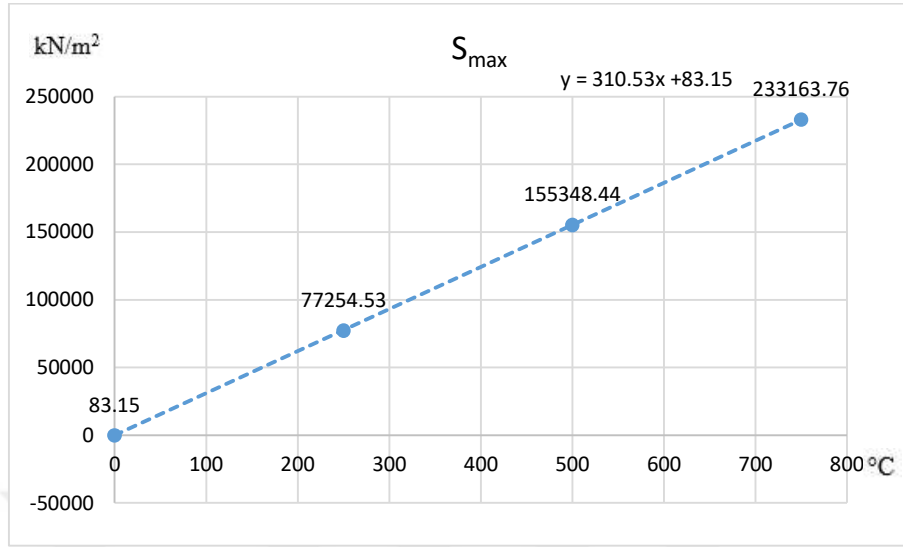


Şekil 8.15. 750 °C sıcaklık için $S_{\max}$ diyagramı

Gerilme değerleri $S_{\max}$ daha net bir şekilde karşılaştırılabilmesi için Tablo 8.4' de sıcaklık uygulandıktan sonraki değişimi açıkça görülmektedir.

Tablo 8.6. $S_{\max}$ gerilme karşılaştırılması

Sıcaklık	$S_{\max}$ (kN/m ²)
Mevcut durum	83.15
250°C	77254.53
500°C	155348.44
750°C	233163.76



Şekil 8.16. Sıcaklık etkisi altındaki S_{max} değerlerin grafiği

Yukarıdaki grafikten istenilen herhangi bir sıcaklık altında S_{max} değeri bulunacaktır.

0 °C, 250 °C, 500 °C, 750 °C sıcaklık için S_{max} fonksiyon $S_{max} = 310.53s + 83.15$

Yerdeğiştirmeler hakkında: Baca 250 °C gibi yüksek bir sıcaklığa maruz kaldığında, yerdeğiştirme değerinin önemli ölçüde arttığı ve bunun bacanın çalışması sırasında çatlakların oluşması ve betonun önemli ısı kayıpları izlenmiştir.

sıcaklık değerleri arttığında yerdeğiştirmeler de artmakta ve baca zararı artmaktadır.

Moment, kesme ve gerilme: Baca yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında bunun moment, kesme ve kuvvet değerlerinde artışa neden olduğu ve bilindiği gibi bu değerler arttıkça betonun ömrünün azaldığı ve bunun sonucu bacanın performansı azaldığı tespit edilmiştir.

Bu sonuçlara dayanarak, bacayı, aynı zamanda hem güvenli hem de ekonomik olacak şekilde ekonomik yönü dikkate alarak tasarlayalım ve kısa bir süre sonra düzenli bakım yapmak zorunda kalmayız.

9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sıcaklık artışı ile birlikte her 250 °C derecelik artış için maksimum gerilmelerde (S_{max}) değerinde artış olduğu gözlenmiştir. Bu artışlar 250 °C dereceden 500 °C dereceye yaklaşık %100, 500 °C dereceden 750 °C dereceye kadar yaklaşık %75 olarak bulunmuştur. Ayrıca başlangıç durumu ile ısıtılmış durum arasında son derece büyük artışlar gözlemlenmiştir.

Sıcaklıktaki artışla birlikte her 250 °C derecelik artışta maksimum kesmelerde (V_{max}) değerinde artış olduğu gözlenmiştir. Bu artışlar 250 °C dereceden 500 °C dereceye yaklaşık %87.5, 500 °C dereceden 750 °C dereceye kadar yaklaşık %75 olarak bulunmuştur. Ayrıca başlangıç durumu ile ısıtılmış durum arasında son derece büyük artışlar gözlemlenmiştir.

Sıcaklıktaki artışla birlikte her 250 °C derecelik artışta maksimum momentlerde (M_{max}) değerinde artış olduğu gözlenmiştir. Bu artışlar 250 °C dereceden 500 °C dereceye yaklaşık %100, 500 °C dereceden 750 °C dereceye kadar yaklaşık %75 olarak bulunmuştur. Ayrıca başlangıç durumu ile ısıtılmış durum arasında son derece büyük artışlar gözlemlenmiştir.

Sıcaklığın artmasıyla birlikte yerdeğiştirmeler de 250 °C' den 500 °C' ye yaklaşık %100, 500 °C' den 750 °C' ye yaklaşık %75' lik bir artış olur. Özellikle U_x ve U_y de sıcaklığın da etkisiyle son derece büyük farklılıklar gözlemlenmiştir.

Sıcaklığın artmasıyla birlikte deformasyon da 250 °C' den 500 °C' ye yaklaşık %100, 500 °C' den 750 °C' ye yaklaşık %75' lik bir artış gözlemlenmiştir.

Geometri ve yapıya bağlı olarak U_z teki sıcaklık etkisindeki fark diğer yönlere göre oldukça düşük ve yön değişimi gözlenmiştir. Bunun U_x ve U_y yönlerindeki son derece büyük farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, sıcaklık etkisinin betonarme bir baca üzerindeki yıkıcı etkileri açıkça ortaya konulmuştur.

Betonarme bacada iç kuvvetlerin ve yerdeğiştirmelerin aşırı derecede arttığı ortaya çıkmıştır. Bu etkinin seçilen modele göre artabileceği veya azalabileceği unutulmamalıdır. Bu çalışmadaki sonuçlar incelenmiş modellere göre elde edilmiştir.

Tüm bu bulgular ışığında betonarme bacalarda sıcaklık etkisinin çok önemli olduğu ve dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca betonarme baca tasarımlarında sıcaklık etkisini azaltacak yöntem ve malzemeler kullanılmalıdır.

Çeşitli çalışmalarda, beton cidar kalınlığının artmasının, özellikle 25 cm' lik kalınlıktan sonra momentte bir artışa neden olduğu gösterilmiştir; burada kalınlık artışıyla momentler artar ve kesitin rijitliği artar. Kalınlıktaki artışın neden olduğu kesit momentleri bu artışı telafi edemez, bu nedenle cidarın kalınlığının mümkün olduğunca azaltılması önerilir, özellikle ısı yüksekse çıkan gaz hacmi fazla olur.

Metal bacalar gibi farklı malzemelerden üretilen endüstriyel bacalarda ısı yük araştırmalarının yapılarak, kullanım şartları değerlendirilmelidir.

Kış aylarında gündüz-gece sıcaklık farkı yüksek olduğu için, baca statik-dinamik parametrelerine dikkat edilerek tasarım ve imalat yapılmalıdır.

Statik-betonarme analizler yapılırken ısı etkileri dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akman M.S., (2000). “Yapı Hasarları ve Onarım ilkeleri” TMMOB infaat Mühendisleri Odası, İstanbul.
- Aliyazıcıoğlu (2004). Bir sentez çalışması ışığında betonarme sanayi bacalarının farklı yöntemlerle yapısal çözümlemeleri ve tasarımları. Trabzon K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- American Concrete Institute Committee 307 (2008). "Specification for the design and construction of reinforced concrete Chimneys" (ACI 307 08), American Concrete Institute, Detroit, mich.
- Arda, Tefik Seno., Yardımcı, Nesrin, (1995). Çelik Yapı Elemanlarının Yangın Mukavemeti, İstanbul.
- Aydoğan, M., ve Hasgür, Z., (1998). Betonarme Bacalar, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- Baradan B., Yazıcı H. ve Ün H., (2002). “Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite)”, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, yayın no 298, izmir.
- Bashar Faisal Abdul Kareem, (2016). “Thermal analysis of chimneys by Finite Element”, Al-Mansour Journal, Issue 25.
- Erdoğan T.Y., (2003). “Beton”, ODTÜ Gelistirme Vakfı Yayıncılık ve iletişim A.S. Yayını, Ankara.
- Günday, F.ve Alihassan, A. M. S. (2021). The Effect of GFRP Reinforced Square Concrete Chimney on Modal Parameters Using Finite Element Method. Presented at the 2. International Conference on Science Technology and Educational Practices .
- Guerrin. A. (1969). Traité De Béton Armé Tome VI. Dunod. Paris.
- Harada, T. J. and others, Strength, (1972). "Elasticity and Thermal Properties of concrete Subjected to Elevated Temperature", ACI journal, Sp-34, Vol. pp. 377-406.
- İpekçi, Ö., (1987). Betonarme Bacalar Hiperbolik Soğutucular ve Projelendirme Esasları, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- IS: 4998 (1992). "Criteria for the Design of Reinforced Concrete Chimneys," Bureau of Indian standards, New Delhi,.57.
- Khalid. J. Al-Horan. (2007). " Thermal Stress Distribution Induced in a Chimney Shell Structure of Power Plant “. Anbar Journal for Engineering Science.
- Kiran. N. R. (2001). Analysis and Design of Reinforced Concrete Chimneys. Bachelor of Technology major project. Department of Civil Engineering. Indian Institute of Technology Madras.
- Khoury G.A., (1992). “Compressive Strength of Concrete at High Temperatures: A Reassessment”, Magazine of Concrete Research, sayı 44, sayfa 291-309.
- Malhotra, H.L., (1956)"The effect of temperature on the compressive strength of concrete, Magazine of concrete Research", Vol.8, No.23, Aug., pp.85-94.
- Menon, D., Rao, P.S., (1997). Estimation and Along-Wind Moments in RC Chimneys, Engineering Structures, 19, 71-78.
- Neville A.M., (2000). “Properties of Concrete”, Fourth Edition, Longman Scientific and Technical, New York/USA.
- Pinfold, G. W., (1984). Reinforced Concrete Chimneys and Towers, Second Edition, Viewpoint Publication, London.
- Riley, M.A., (1991).“Possible New Method for the Assessment of Fire Damaged Concrete”,

- Magazine of Concrete Research, sayı 43, sayı 87-92.
- Rumman. W. S. (1974). Reinforced Concrete Chimneys. Handbook of Concrete Engineering. V 15. Van Nostrand Reinhold Company. New York.
- Sekhar, S., and Reddy, I. R. P. (2019). Analysis of Reinforced Concrete Structure Under Blast Loading Condition By Using SAP2000.
- Şengün. İ. (2010). Betonarme Sanayi Bacalarının Bilgisayar Destekli Tasarımı. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tuhta S., Günday F., Alihassan A., (2020). System Identification of Model Steel Chimney with Fuzzy Logic, International Journal of Research and Innovation in Applied Science.
- Tuhta S., Günday F., Aydın H., (2020). Nonlinear System Identification of Model Concrete Chimney Using Hammerstein-Wiener Model, Global Congress of Contemporary Study, A Multidisciplinary International Scientific Conference, Endonezya
- Tuhta, S., Günday, F. (2021). Determination Of The Effect Of Tio2 On The Dynamic Behavior Of Scaled Concrete Chimney By Oma. Materials and Technology, 55(3), 459-466.
- Tuhta, S., Günday, F., Alihassan, A. (2020). The Effect of CFRP Reinforced Concrete Chimney on Modal Parameters Using Finite Element Method. International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology, 7(2), 1-6.
- Tuhta, S., Günday, F., & Aydın, H. (2020). Subspace Identification Using N4SID Methods Applied to Model Concrete Chimney. JournalNX, 6(6), 415-423.
- Tuhta, S., Günday, F., & Alihassan, A. M. S. (2021). The Effect of CFRP Reinforced Square Stone Chimney on Modal Parameters Using Finite Element Method. Presented at the 2. International Conference on Science Technology and Educational Practices.
- Vecchio FJ. (1987). Nonlinear analysis of reinforced concrete frames subjected to thermal and mechanical loads. ACI Struct J; 84:492-501.
- Yılmaz, K., (1988). Yapı Malzemesi ve Beton Teknolojisi, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

ÖZ GEÇMİŞ

Salih ELHIDIR, İdlib Aynularuz Lisesi' ni bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat mühendisliği bölümünden 09.06.2019 tarihinde mezun oldu. 2020 yılında OMÜ İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi. İyi derecede İngilizce, Arapça bilmektedir.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0001-5955-2246

Yayınlar:

1. Elhıdır S., Tuhta S., Günday F. Analysis of Reinforced Concrete Chimneys under the Effect of Temperature Change with Finite Element Method, JournalNX-A Multidisciplinary Peer Reviewed Journal, 10/2022 [Uluslararası].