

Problem U

Tünel Kemer (Tonoz) Yapı

Beton

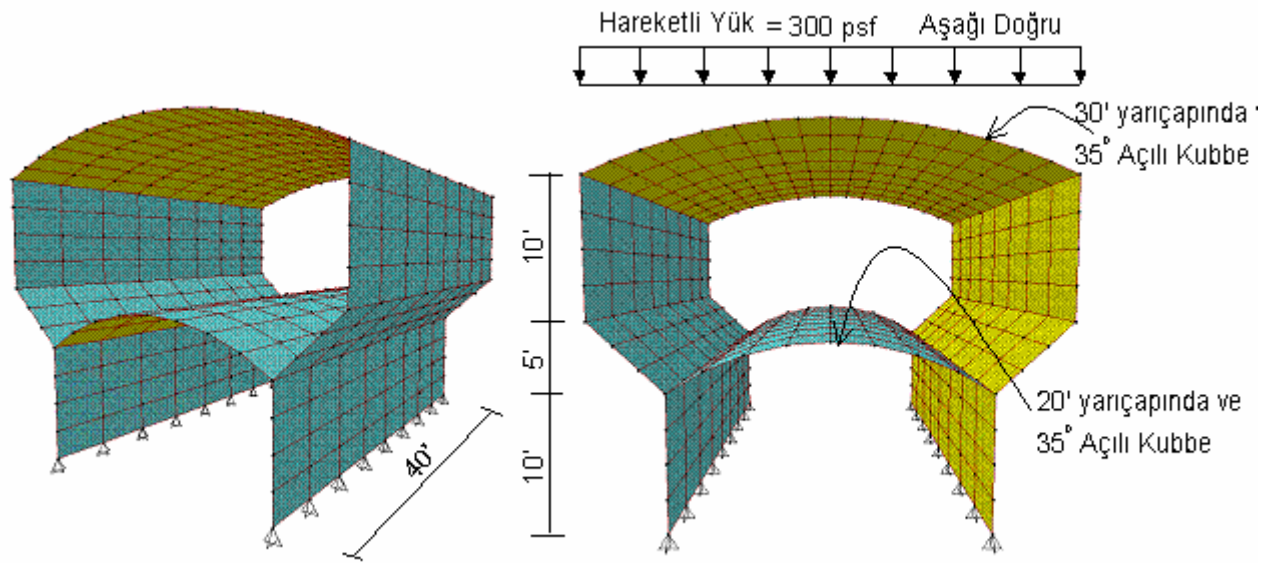
$E = 3600$ ksi

Poison Oranı = 0.2

Betonarme duvar ve döşeme 12" kalınlığındadır

Yapılacaklar

Yapının kendi ağırlığından dolayı üst ve alt kemerlerin merkezinde meydana gelen maksimum yer değiştirmeyi hesaplayınız. Aynı zamanda üst ve alt kemerlerin merkezinde, yapının kendi ağırlığı ve üst kemere uygulanan ilave hareketli yükün toplamından meydana gelen yer değiştirmeleri belirleyiniz.



Problemın çözümünde şu program olanakları kullanılmaktadır


- **Add to Model from Template** (Şablondan Model Ekle)
- **Response Combinations** (Yük Tepki Kombinezonları)
- **New Model from Template** (Şablondan Yeni Model)

Problem U'nun Çözümü

1. **File** (Dosya) menüsü > **New Model** (Yeni Model) komutunu seçerek **New Model** formunu görüntüleyiniz.


2. Açılır liste kutusundan  seçeneğine tıklayarak birimleri değiştiriniz.



3. **Shells** (Kabuklar) seçeneğine  tıklayarak **Shells** formunu görüntüleyiniz. Bu formda:

- **Shell Type** (Kabuk Tipi) kutusundan **Barrel Shell** (Tonoz Kabuğu) seçeneğini seçiniz.
- **Num of Divisions, Axial** (Bölüm Sayısı, Eksenel) kutusunda önceden tanımlı **8** değerini kabul ediniz.
- **Num of Divisions, Angular** (Bölüm Sayısı, Açısal) kutusunda önceden tanımlı **8** değerini kabul ediniz.
- **Length, L** (Boy, L) kutusuna **40** yazınız.
- **Roll Down Angle, T** (Düşey Yönde Dönülen Açısı, T) kutusuna **35** yazınız.
- **Radius, T** (Yarıçap, T) kutusuna **20** yazınız.
- **Restraints** (Mesnetler) kutusunun işaretini kaldırınız.
- **OK** kutusuna tıklayınız

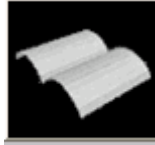
4. **3-D View** (3 Boyutlu Görünüş) isimindeki pencerenin üzerine tıklayarak aktif hale geldiğinden emin olunuz. Aktif olan pencerenin başlığı parlak görünecektir.

5. Araç çubuğundan **Select All** (Tümünü Seç)  kutusuna tıklayarak tüm yapıyı seçiniz.

6. **Edit** (Düzenle) menüsü > **Move** (Taşı) komutunu seçerek **Move** formunu görüntüleyiniz. Bu formda:

- **Delta Z** kutusuna **10** yazınız.
- **OK** kutusuna tıklayınız.

7. **Edit** (Düzenle) menüsü > **Add to Model from Template** (Şablondan Model Ekle) komutunu seçerek **New Model** (Yeni Model) formunu görüntüleyiniz. Bu

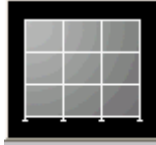


Shells

fonda **Shells** (Kabuklar) seçeneğine tıklayarak **Shells** formunu görüntüleyiniz. Bu formda:

- **Shell Type** (Kabuk Tipi) kutusundan **Barrel Shell** (Tonoz Kabuğu) seçeneğini seçiniz.
 - **Num of Divisions, Axial** (Bölüm Sayısı, Eksenel) kutusunda önceden tanımlı **8** değerini kabul ediniz.
 - **Num of Divisions, Angular** (Bölüm Sayısı, Açısal) kutusunda önceden tanımlı **8** değerini kabul ediniz.
 - **Length, L** (Boy, L) kutusuna **40** yazınız.
 - **Roll Down Angle, T** (Düşey Yönde Dönülen Açısı, T) kutusuna **35** yazınız.
 - **Radius, T** (Yarıçap, T) kutusuna **30** yazınız.
 - **Restraints** (Mesnetler) kutusunun işaretini kaldırınız.
 - **Locate Origin** (Başlangıç Noktasını Bul) kutusuna tıklayarak **Coordinate System** (Koordinat Sistemi) formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
 - **3D** seçeneğini işaretleyiniz.
 - **Translation** (Ötelenme) alanında, **Z** kutusuna **25** yazınız.
 - **OK** kutusuna iki kez tıklayarak tüm formlardan çıkınız.
8. **Y-Z Plane @ X=-20** (Y-Z Düzlemi @ X=-20) isimindeki pencerenin üzerine tıklayarak aktif hale geldiğinden emin olunuz.
9. Durum çubuğundaki **Coordinate System** (Koordinat Sistemi) kutusunda seçeneğinin seçili olduğunu kontrol ediniz.
10. **Set Display Options** (Görüntü Seçeneklerini Değiştir) kutusuna tıklayarak (yada **View** menüsü > **Set Display Options** komutunu kullanarak) **Display Options for Active Window** (Seçili Pencere için Görüntü Seçenekleri) formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
- **Joints** (Düğüm Noktaları) bölümündeki **Labels** (Etiketler) kutusunu işaretleyiniz.
 - **OK** kutusuna tıklayınız.

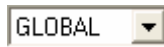
11. **Y-Z Plane @ X=-20** (Y-Z Düzlemi @ X=-20) penceresinde **82** numaralı düğüm noktasına sağ tıklayınız. **Point Information** (Nokta Bilgisi) formu görüntülenecektir.
12. **Y** koodinatı kutusuna (-17.2073) tıklayınız ve klavyeden **Ctrl** ve **C** tuşlarına aynı anda basarak bu değeri **clipboard** (pano) 'ya kopyalayınız.
13. **Cancel** (İptal) kutusuna tıklayarak formu kapatınız.
14. **Edit** (Düzenle) menüsü > **Add to Model from Template** (Şablondan Model Ekle) komutunu seçerek **New Model** (Yeni Model) formunu görüntüleyiniz. Bu



formda **Wall** (Duvar) seçeneğine **Wall** tıklayarak **Shear Wall** (Perde Duvar) formunu görüntüleyiniz. Bu formda:

- **Number of Divisions, X** (Bölme Sayısı, X) kutusuna **8** yazınız.
- **Number of Divisions, Z** (Bölme Sayısı, Z) kutusuna **4** yazınız.
- **Division Width, X** (Bölme Geniřliđi, X) kutusuna **5** yazınız.
- **Division Width, Z** (Bölme Geniřliđi, Z) kutusuna **2.5** yazınız.
- **Restraints** (Mesnetler) kutusunun işaretini kaldırınız.
- **Edit Grid** (Grid Düzenle) kutusuna tıklayarak **Define Grid Data** (Grid Bilgisi Tanımla) formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
 - **Locate System Origin** (Başlangıç Noktasını Konumlandır) kutusuna tıklayarak **Coordinate System** (Koordinat Sistemi) formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
 - **3D** seçeneğini işaretleyiniz.
 - **Translation** (Ötelenme) alanında, **Y** kutusuna tıklayınız, klavyeden **Ctrl** ve **V** tuşlarına aynı anda basarak **clipboard** (pano) 'daki **-17.2073** değeri yapıştırınız.
 - **Translation** (Ötelenme) alanında, **Z** kutusuna **15** yazınız.
 - **OK** kutusuna üç kez tıklayarak tüm formlardan çıkınız.

15. Durum çubuğundaki **Coordinate System** (Koordinat Sistemi) kutusunda



GLOBAL seçeneğinin seçili olduğunu kontrol ediniz.

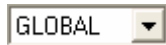
16. **Y-Z Plane @ X=-20** (Y-Z Düzlemi @ X=-20) penceresinde **1** numaralı düğüm noktasına sağ tıklayınız. **Point Information** (Nokta Bilgisi) formu görüntülenecektir.
17. **Y** koodinatını kutusuna (-11.4715) tıklayınız ve klavyeden **Ctrl** ve **C** tuşlarına aynı anda basarak bu değeri **clipboard** (pano) 'ya kopyalayınız.
18. **Cancel** (İptal) kutusuna tıklayarak formu kapatınız.
19. **Edit** (Düzenle) menüsü > **Add to Model from Template** (Şablondan Model Ekle) komutunu seçerek **New Model** (Yeni Model) formunu görüntüleyiniz. Bu




formda **Wall** (Duvar) seçeneğine **Wall** tıklayarak **Shear Wall** (Perde Duvar) formunu görüntüleyiniz. Bu formda:


- **Number of Divisions, X** (Bölme Sayısı, X) kutusuna **8** yazınız.
- **Number of Divisions, Z** (Bölme Sayısı, Z) kutusuna **4** yazınız.
- **Division Width, X** (Bölme Geniřliđi, X) kutusuna **5** yazınız.
- **Division Width, Z** (Bölme Geniřliđi, Z) kutusuna **2.5** yazınız.
- **Restraints** (Mesnetler) kutusunun işaretini kaldırınız.
- **Use Custom Grid Spacing and Locate Origin** (Özel Grid Çizgisi Aralığı Kullan ve Başlangıç Noktasını Konumlandır) seçeneğini işaretleyiniz.
- **Edit Grid** (Grid Düzenle) kutusuna tıklayarak **Define Grid Data** (Grid Bilgisi Tanımla) formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
 - **Locate System Origin** (Başlangıç Noktasını Konumlandır) kutusuna tıklayarak **Coordinate System** (Koordinat Sistemi) formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
 - **3D** seçeneğini işaretleyiniz.
 - **Translation** (Ötelenme) alanında, **Y** kutusuna tıklayınız, klavyeden **Ctrl** ve **V** tuşlarına aynı anda basarak **clipboard** (pano) 'daki **-11.4715** değeri yapıştırınız.
 - **OK** kutusuna üç kez tıklayarak tüm formlardan çıkınız.

20. Durum çubuğundaki **Koordinate System** (Koordinat Sistemi) kutusunda



olduğunu kontrol ediniz.


21. **Y-Z Plane @ X=-20** (Y-Z Düzlemi @ X=-20) isimindeki pencerenin üzerine tıklayarak aktif hale geldiğinden emin olunuz.
22. **View** (Görünüş) menüsü > **Set 2D View** (2 Boyutlu Görünüş Tanımla) komutunu seçerek **Set 2D View** formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
 - **X-Z Plane** (X-Z Düzlemi) seçeneğini işaretleyiniz.
 - **Y=** kutusuna **-11.4715** yazınız.
 - **OK** kutusuna tıklayınız.
23. “**windowing** (pencere içine alma)” yöntemiyle bu görünüşteki tüm elemanları seçiniz.
24. **View** (Görünüş) menüsü > **Set 2D View** (2 Boyutlu Görünüş Tanımla) komutunu seçerek **Set 2D View** formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
 - **X-Z Plane** (X-Z Düzlemi) seçeneğini işaretleyiniz.
 - **Y=** kutusuna **-17.2073** yazınız.
 - **OK** kutusuna tıklayınız.
25. “**windowing** (pencere içine alma)” yöntemiyle bu görünüşteki tüm elemanları seçiniz.
26. **View** (Görünüş) menüsü > **Show Selection Only** (Sadece Seçili Olanları Göster) komutunu seçiniz.
27. **Perspective Toggle** (Perspektif Göster) kutusuna  tıklayınız.
28. **View** (Görünüş) menüsü > **Show Grid** (Grid Çizgilerini Göster) komutunu seçerek grid çizgilerini görüntüden kaldırınız.
29. **View** (Görünüş) menüsü > **Show Axes** (Eksenleri Göster) komutunu seçerek eksen çizgilerini görüntüden kaldırınız.
30. **Draw** (Çiz) menüsü > **Draw Poly Area** (Çokgen Alan Çiz) komutunu seçerek **Properties of Object** (Nesne Özellikleri) formunu görüntüleyiniz. **Property** (Özellikler) kutusunda **ASEC1** kesitinin seçili olduğunu kontrol ediniz.
31. X-Z perspektif görünüşünde sırasıyla **163**, **195**, **73** ve **1** düğüm noktalarına tıklayınız ve klavyeden **Enter** tuşuna basarak bir alan nesnesi çizin.

32. **Set Select Mode** (Seçim Moduna Geç) kutusuna  tıklayarak çizim modundan çıkıp seçim moduna geçiniz.

33. Yeni çizilen alan nesnesinin üzerine tıklayarak seçiniz.

34. **Edit** (Düzenle) menüsü > **Mesh Areas** (Alanları Bölümlendir) komutuna tıklayarak **Mesh Selected Shells** (Seçili Kabukları Bölümlendir) formunu görüntüleyiniz.

35. Formu yandaki şekilde görüldüğü gibi doldurunuz ve **OK** kutusuna tıklayınız.

*Not: Kabukları bölümlendirirken 3'e 8 mi yoksa 8'e 3 mü bölümlendirileceğini görmek zordur. Genellikle ileriye gitmek ve bir yol denemek en kolaydır, eğer seçilen yol yanlışsa araç çubuğundan **Undo** (Geri al) kutusuna  tıklanır ve diğer yol denenir.*




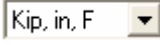
36. “**windowing** (pencere içine alma)” yöntemiyle X-Z perspektif görünüşündeki tüm elemanları seçiniz.

37. **Edit** (Düzenle) menüsü > **Replicate** (Çoğalt) komutunu seçerek **Replicate** formunu görüntüleyiniz. Bu formda:

- **Mirror** (Simetri) sekmesine tıklayınız.
- **Mirror About Plane** (Simetri Düzlemi) alanında **Parallel to Z** (Z Eksenine Paralel) seçeneğini seçiniz.
- **Intersection of Plane with XY Plane** (Simetri Düzleminin XY Düzlemiyle Kesişimi) alanında, **x1** kutusuna eğer önceden yazılı değilse **0** yazınız.
- **x2** kutusuna **1** yazınız.
- **y1** kutusuna eğer önceden yazılı değilse **0** yazınız.
- **z2** kutusuna **0** yazınız.
- **OK** kutusuna tıklayınız.



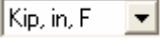

38. **View** (Görünüş) menüsü > **Set 2D View** (2 Boyutlu Görünüş Tanımla) komutunu seçerek **Set 2D View** formunu görüntüleyiniz. Bu formda:

- **X-Y Plane** (X-Y Düzlemi) seçeneğini işaretleyiniz.

- Eğer önceden yazılı değilse **Z=** kutusuna **0** yazınız.
 - **OK** kutusuna tıklayınız.
39. “**windowing** (pencere içine alma)” yöntemiyle bu seviyedeki tüm düğüm noktalarını seçiniz.
40. **Assign** (Ata) menüsü > **Joint** (Düğüm Noktası) > **Restraints** (Mesnet Şartları) komutunu kullanarak **Joint Restraints** (Düğüm Noktası Serbestlikleri) formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
- **Translation 1** (1 Doğrultusunda Ötelenme), **Translation 2** ve **Translation 3** kutularının işaretli olduğundan emin olunuz.
 - **OK** kutusuna tıklayınız.
41. **View** (Görünüş) menüsü > **Set 2D View** (2 Boyutlu Görünüş Tanımla) komutunu seçerek **Set 2D View** formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
- **Y-Z Plane** (Y-Z Düzlemi) seçeneğini işaretleyiniz.
 - Eğer önceden yazılı değilse **X=** kutusuna **20** yazınız.
 - **OK** kutusuna tıklayınız.
42. Pencere başlığını ilk duruma getirmek için **Show Undeformed Shape** (Şekil Değiştirmemiş Hali Görüntüle) kutusuna  tıklayınız.
43. **View** (Görünüş) menüsü > **Show All** (Tümünü Göster) komutunu seçiniz.
44. Durum çubuğundaki açılır liste kutusundan  seçeneğine tıklayarak birimleri değiştiriniz.
45. **Define** (Tanımla) menüsü > **Materials** (Malzemeler) komutunu seçerek **Define Materials** (Malzemeleri Tanımla) formunu görüntüleyiniz.
46. **Materials** (Malzemeler) bölümündeki **CONC** (BETON) malzemesini seçili duruma getiriniz, **Modify/Show Material** (Malzeme Özelliklerini Düzenle/Göster) kutusuna tıklayınız. **Material Property Data** (Malzeme Özellik Bilgileri) formu görüntülenecektir. Bu formda:
- **Modulus of Elasticity** (Elastisite Modülü) kutusuna **3600** yazınız.
 - **Poisson's ratio** (Poisson oranı) kutusuna, eğer önceden yazılı değilse, **0.2** yazınız.
 - **OK** kutusuna iki kez tıklayarak tüm formlardan çıkınız.

47. Durum çubuğundaki açılır liste kutusundan seçeneğine tıklayarak birimleri değiştiriniz.
48. **Define** (Tanımla) menüsü > **Materials** (Malzemeler) komutunu seçerek **Define Materials** (Malzemeleri Tanımla) formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
49. **Materials** (Malzemeler) bölümündeki **CONC** (BETON) malzemesini seçili duruma getiriniz, **Modify/Show Material** (Malzeme Özelliklerini Düzenle/Göster) kutusuna tıklayınız. **Material Property Data** (Malzeme Özellik Bilgileri) formu görüntülenecektir. Bu formda:
- **Mass per Unit Volume** (Birim Hacim Kütlesi) değerinin **4.661E-03** olduğuna emin olunuz.
 - **Weight per Unit Volume** (Birim Hacim Ağırlığı) değerinin **0.15** olduğuna emin olunuz.
 - **OK** kutusuna iki kez tıklayarak tüm formlardan çıkınız.
50. **Define** (Tanımla) menüsü > **Area Sections** (Alan Kesit Değerleri) komutunu seçerek **Area Sections** formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
- **Modify/Show Section** (Kesit Özelliklerini Düzenle/Göster) kutusuna tıklayarak **Area Section Data** (Alan Kesit Bilgileri) formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
 - **Material Name** (Malzeme İsmi) kutusunda **CONC** seçeneğinin seçili olduğuna emin olunuz.
 - **Area Type** (Alan Tipi) bölümünde **Shell** (Kabuk) seçeneğinin işaretli olduğundan emin olunuz.
 - **Membrane** (Membran) ve **Bending** (Eğilme) kalınlıklarının **1** olduğuna emin olunuz.
 - **Type** (Tip) bölümünde **Shell** (Kabuk) seçeneğinin işaretli olduğundan emin olunuz.
 - **OK** kutusuna iki kez tıklayarak tüm formlardan çıkınız.
51. **Define** (Tanımla) menüsü > **Load Cases** (Yük Durumları) komutunu seçerek **Define Loads** (Yükleri Tanımla) formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
- **Load Name** (Yük İsmi) kutusuna **LIVE** yazınız.
 - **Type** (Yük Tipi) bölümünde **LIVE** (Hareketli Yük) seçeneğini seçiniz.
 - **Add New Load** (Yeni Yük Ekle) kutusuna tıklayınız.
 - **OK** kutusuna tıklayınız.

52. **Define** (Tanımla) menüsü > **Combinations** (Yük Tepki Kombinezonları) seçeneğini seçerek **Define Response Combinations** (Yük Tepki Kombinezonlarını Tanımla) formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
- **Add New Combo** (Yeni Kombinezon Ekle) kutusuna tıklayarak **Response Combination Data** (Yük Tepki Kombinezon Bilgileri) formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
 - **Response Combination Name** (Yük Tepki Kombinezon Adı) kutusunda önceden tanımlı **COMB1** ismini kabul ediniz.
 - **Combination Type** (Kombinezon Tipi) açılı liste kutusunda önceden tanımlı **Linear Add** (Doğrusal Ekle) seçeneğini kabul ediniz.
 - Eğer önceden seçili değilse **Case Name** (Durum Adı) bölümünde **DEAD** durumunu seçiniz ve **Scale Factor** (Çarpan) kutusuna 1 yazınız.
 - **Add** (Ekle) kutusuna tıklayınız.
 - **Case Name** (Durum Adı) bölümünde **LIVE** yük durumunu seçiniz.
 - **Add** (Ekle) kutusuna tıklayınız.
 - **Case Name** (Durum Adı) bölümünde **LIVE** yük durumunu seçiniz.
 - **Add** (Ekle) kutusuna tıklayınız.
 - **OK** kutusuna iki kez tıklayarak tüm formlardan çıkınız.
53. **3-D View** (3 Boyutlu Görünüş) isimindeki pencerenin üzerine tıklayarak aktif hale getiriniz. Bunu yaparken kazayla herhangi bir nesneyi seçmemeye dikkat ediniz.
54. **View** (Görünüş) menüsü > **Set Limits** (Limitleri Belirle) komutunu seçerek **Set Limits** formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
- **Set Z Axis Limits** (Z Eksenini Limitlerini Belirle) alanında, **Min** kutusuna **25** yazınız.
 - **OK** kutusuna tıklayınız.
55. “**windowing** (pencere içine alma)” yöntemiyle **3D View** (3 Boyutlu Görünüş) penceresinin içindeki tüm nesnelere seçiniz. (kubbedeki tüm nesnelere)
56. **Assign** (Ata) menüsü > **Area Loads** (Alan Yükleri) > **Uniform (Shell)** (Düzgün Yayılı - Kabuk) komutunu seçerek **Area Uniform Loads** (Alan Düzgün Yayılı Yükleri) formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
- **Load Case Name** (Yük Durumu Adı) kutusunda **LIVE** durumunu seçiniz.
 - **Load** (Yük) kutusuna **0.3** yazınız.

- **Direction** (Doğrultu) kutusunda **Gravity** (Ağırlık Yönü) yönününün seçili olduğunu kontrol ediniz.
 - **OK** kutusuna tıklayınız.
57. Düzgün yayılı kabuk yüklerini görüntüden kaldırmak ve görünüş limitlerini kaldırmak için **Show Undeformed Shape** (Şekil Değiştirmemiş Hali Görüntüle) kutusuna  tıklayınız.
58. **Run Analysis** (Analize Başla) kutusuna  tıklayarak **Set Analysis Cases to Run** (Çalıştırılacak Analiz Durumlarını Seç) formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
- **Case Name** (Durum Adı) listesinden **Modal** seçeneğini işaretleyiniz.
 - **Run/Do Not Run Case** (Çalıştır/Durdur) kutusuna tıklayınız.
 - **Run Now** (Şimdi Çalıştır) kutusuna tıklayınız.
59. Analiz tamamlandıktan sonra **SAP Analysis Monitor**(SAP Analiz Sonuçları Ekranı) penceresindeki mesajları kontrol ediniz (uyarı veya hata olmamalıdır) ve **OK** kutusuna tıklayarak pencereyi kapatınız.
60. **3-D View** (3 Boyutlu Görünüş) ismindeki pencerenin üzerine tıklayarak aktif hale getiriniz.
61. Durum çubuğundaki açılır liste kutusundan  seçeneğine tıklayarak birimleri değiştiriniz.
62. Üst kubbenin orta noktasına sağ tıklayarak bu noktada, yapının kendi ağırlığı altındaki yer değiştirmeyi **inch** cinsinden görüntüleyiniz.
63. Alt kubbenin orta noktasına sağ tıklayarak bu noktada, yapının kendi ağırlığı altındaki yer değiştirmeyi **inch** cinsinden görüntüleyiniz.
64. **Show Deformed Shape** (Şekil Değiştirmiş Hali Görüntüle) kutusuna  tıklayarak **Deformed Shape** (Şekil Değiştirmiş Hal) formunu görüntüleyiniz. Bu formda:
- **Case/Combo Name** (Yük Durumu/Kombinezon İsmi) listesinde **COMB1** seçeneği seçiniz.
 - **OK** kutusuna tıklayınız.

65. Üst kubbenin orta noktasına sağ tıklayarak bu noktada, yapının kendi ağırlığı ve hareketli yükün toplamından meydana gelen yer değiştirmeyi **inch** cinsinden görüntüleyiniz.
66. Üst kubbenin orta noktasına sağ tıklayarak bu noktada, yapının kendi ağırlığı ve hareketli yükün toplamından meydana gelen yer değiştirmeyi **inch** cinsinden görüntüleyiniz.