

**TMMOB  
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI  
İZMİR ŞUBESİ**

**İLERİ SAP2000  
YAPI SİSTEMLERİNİN ANALİZİ**

**Bölüm I- Örnekler**

**ÖRNEK 2**

**03-04 Şubat 2007  
Cumartesi – Pazar**

Y. Doç. Dr. Kutlu Darılmaz

İTÜ İnşaat Fakültesi

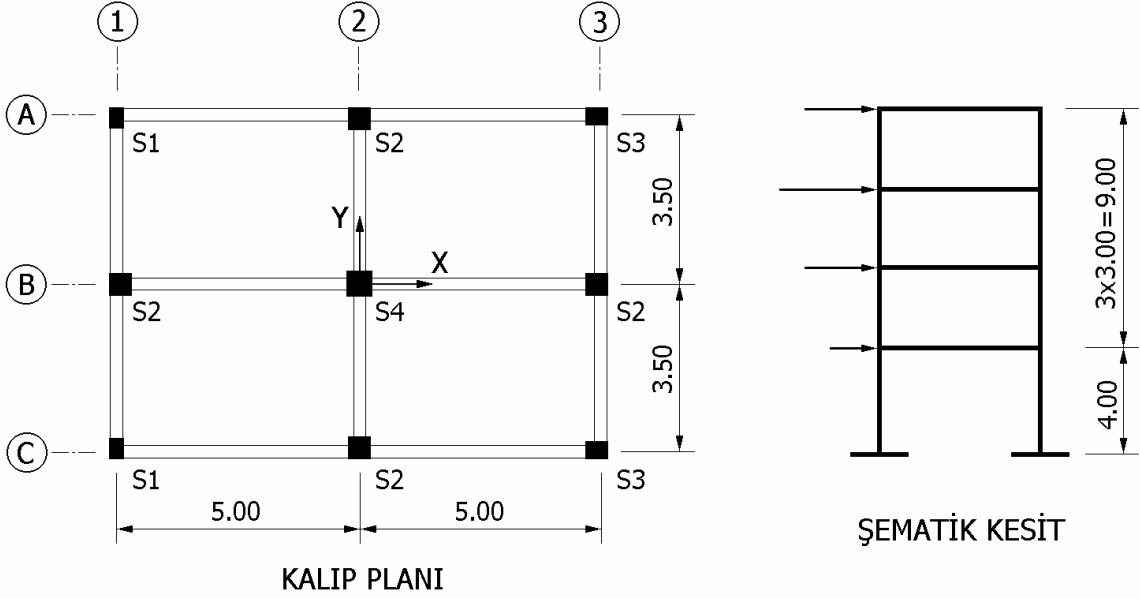
Betonarme Yapılar Çalışma Grubu

[kdarilmaz@ins.itu.edu.tr](mailto:kdarilmaz@ins.itu.edu.tr)

[www.ins.itu.edu.tr/kutlu](http://www.ins.itu.edu.tr/kutlu)



**ÖRNEK 2: 4 Katlı Betonarme Yapı**



Kat kalıp planı ve şematik kesiti şekilde gösterilen 4 katlı betonarme yapının, düşey yükler ve yatay deprem yükleri için, hesapları yapılarak sonuçlar süperpoze edilecektir. Beton cinsi olarak C20 seçilmiştir. Tüm katlardaki kirişler 25×50 cm<sup>2</sup> boyutundadır. Döşeme kalınlıkları 12 cm'dir. Süneklik düzeyi "Yüksek" olarak boyutlandırılmış olan yapının, yukarıdaki şekilde S1, S2, S3 ve S4 olarak belirtilen kolonlarına ait kesitler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Tablodaki boyutlar cm cinsindedir ve önce X sonra Y eksenini doğrultusundaki boyutlar yazılmıştır.

KAT	S1	S2	S3	S4
4-3	25×35	40×40	30×30	45×45
2-1	25×40	40×40	40×30	45×45

Döşemenin kendi ağırlığı dışında kalan yükleri de aşağıdaki tabloda gösterildiği gibidir.


KAT	Sabit Yük (kN/m <sup>2</sup> )	Hareketli Yük (kN/m <sup>2</sup> )
Çatı	1.50	1.00
Normal	1.50	2.00

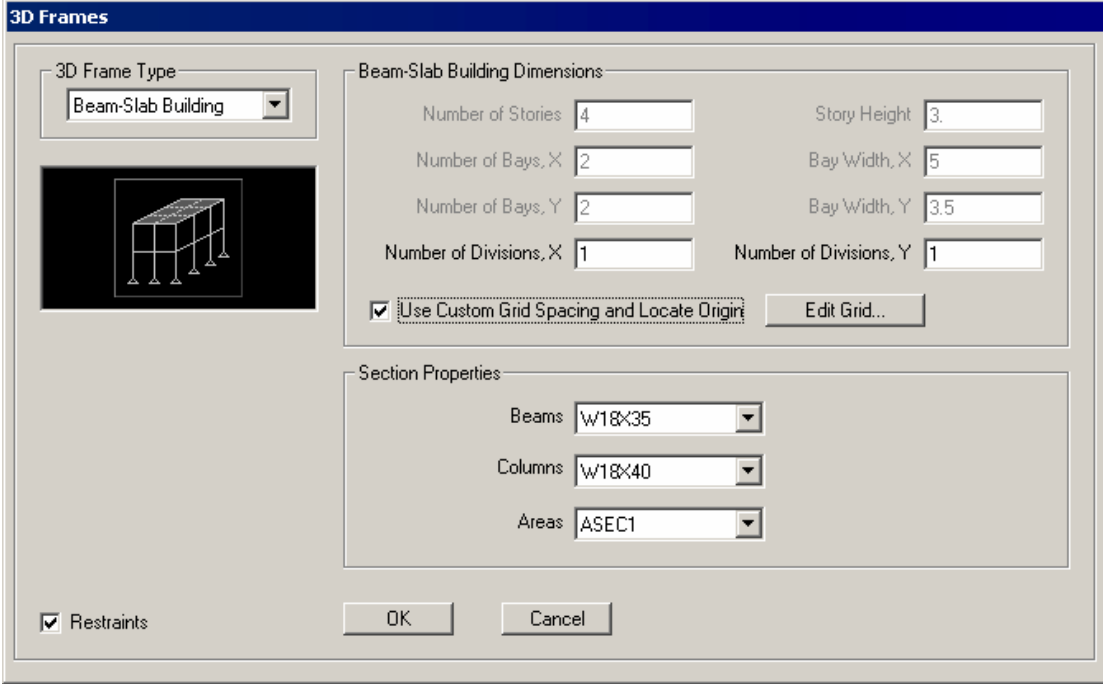
Normal katlarda, sadece dış çevre kirişleri üzerinde, 6.00 kN/m duvar yükü vardır. Çatı katı kirişleri üzerinde duvar yükü yoktur.



İMO İzmir Şubesi

**Sistem Modelinin Oluşturulması:**

1. SAP2000'i çalıştırın ve konum çubuğunun sağındaki açılır liste kutusundan **KN, m, C** boyutlarını seçin.
2. Üst bölümdeki , **New Model** düğmesine basarak **New Model** ileti kutusunu ekrana getiriniz. Bu ileti kutusunda **3D Frames** düğmesine basınız.
3. Ekrana gelen **3D Frames** (3 boyutlu çerçeve) ileti kutusunda
  - **3D Frame Type** açılır listesinden **Beam-Slab Building** seçeneğine tıklayın
  - **Number of stories** yazı kutucuğuna **4**
  - **Story Height** yazı kutucuğuna **3**
  - **Number of Bays, X** yazı kutucuğuna **2**
  - **Bay Width, X** yazı kutucuğuna **5**
  - **Number of Bays, Y** yazı kutucuğuna **2**
  - **Bay Width, Y** yazı kutucuğuna **3.5** yazın
  - **Number of Divisions, X** yazı kutucuğuna **1** yazın
  - **Number of Divisions, Y** yazı kutucuğuna **1** yazın
  - **Section Properties** bölümündeki açılır listelerden
    - **Beams** (kiriş) **W18X35**
    - **Columns** (kolon) **W18x40**
    - **Areas** (döşeme) **ASEC1** seçeneklerini seçili duruma getirin.



- Grid çizgilerini düzenlemek için **Use Custom Grid Spacing and Locate Origin** seçeneğini seçili duruma getirin ve **Edit Grid** düğmesine basın.
- Ekrana gelen ileti kutusunun Display Grid as bölümünden Spacing seçeneğini seçili duruma getirin. Bu işlem Grid çizgilerinin uzunlukları ile listelenmesini sağlamaktadır.
- İleti kutusunun **Z Grid Data** bölümünde ilk satırın **Spacing** kolonuna birinci kat yüksekliği olan **4** değerini yazın.

İki kez **OK** düğmesine basın. Ekranda dört katlı, her iki doğrultuda iki açıklıklı ve mesnetleri mafsallı olan bir uzay çerçeve oluşacaktır.



**Define Grid Data**

Edit Format

System Name: CSYS1

Units: KN, m, C

X Grid Data

Grid ID	Spacing	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	x1	5	Primary	Show	End
2	x2	5	Primary	Show	End
3	x3	0	Primary	Show	End
4					
5					
6					
7					
8					

Y Grid Data

Grid ID	Spacing	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	y1	3.5	Primary	Show	Start
2	y2	3.5	Primary	Show	Start
3	y3	0	Primary	Show	Start
4					
5					
6					
7					
8					

Z Grid Data

Grid ID	Spacing	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	z1	4	Primary	Show	End
2	z2	3	Primary	Show	End
3	z3	3	Primary	Show	End
4	z4	3	Primary	Show	End
5	z5	0	Primary	Show	End
6					
7					
8					

Display Grids as:

Ordinates  Spacing

Hide All Grid Lines

Glue to Grid Lines

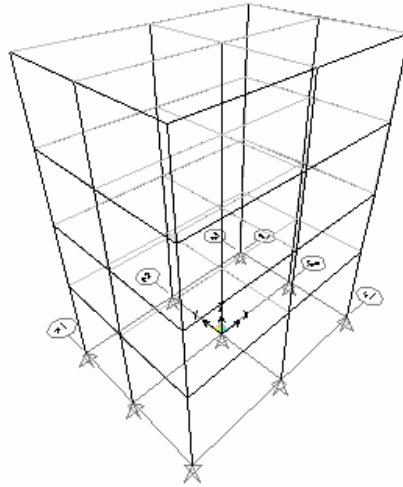
Bubble Size: 1.25

Reset to Default Color



Reorder Ordinates

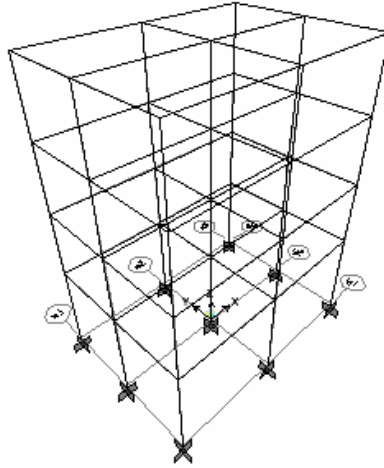
Locate System Origin...

OK Cancel




#### Mesnet Koşullarının Tanımlanması:

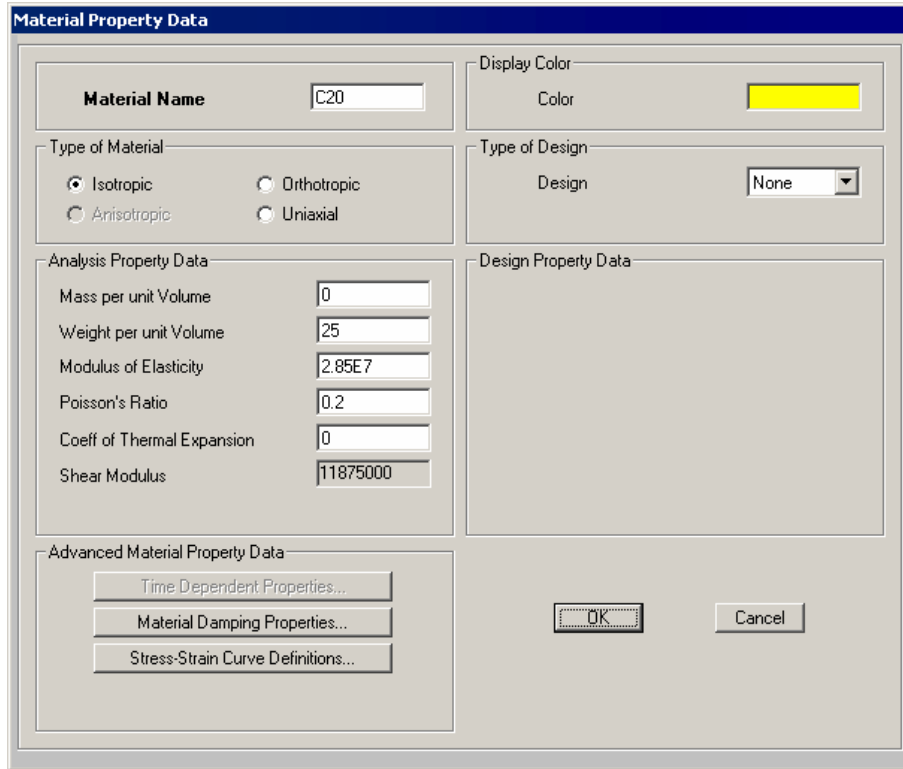
4. Sağ bölümdeki **X-Y Plane @ Z=0** penceresini aktif duruma getirin.
5. Tüm mesnet düğüm noktalarının pencere içine seçili duruma getirin ve  düğmesine basın.
6. Ekrana gelen **Assign Joint Restraints** ileti kutusunun **Fast Restraints** bölümünde ankastre mesnet tanımlaması yapmak için  düğmesine basın. Düğüm noktası serbestliklerine ilişkin onay kutularının tamamının seçili duruma geldiğini yani düğüm noktasının tüm yerdeğiştirmelerinin tutulduğuna dikkat edin.



7. **X-Y Plane** penceresinin sağ üst köşesindeki  düğmesine basarak pencereyi kapatın.

#### Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması:

7. **Define** menüsünden **Materials...** komutunu seçin veya  düğmesine basın. Ekranı gelen **Define Materials** ileti kutusunda **Add New Material** düğmesine basın. Bu işlemden sonra ekrana gelen **Material Property Data** ileti kutusu gelecektir. Bu ileti kutusunda
- **Material Name** yazı kutucuğuna **C20**
  - **Mass per unit Volume** yazı kutucuğuna **0**,
  - **Weight per unit Volume** yazı kutucuğuna **25**,
  - **Modulus of Elasticity** yazı kutucuğuna **2.85E7** (BS20),
  - **Poisson's Ratio** yazı kutucuğuna **0.2**,
  - **Coeff of Thermal Expansion** yazı kutucuğuna **0** yazın
  - **Type of Design** açılır liste kutusundan **None** seçeneğine tıklayın ve **2** kez **OK** düğmesine basın.



The dialog box titled "Material Property Data" contains the following fields and options:


- Material Name:** C20
- Display Color:** Color (Yellow)
- Type of Material:**  Isotropic,  Orthotropic,  Anisotropic,  Uniaxial
- Type of Design:** Design (None)
- Analysis Property Data:**
  - Mass per unit Volume: 0
  - Weight per unit Volume: 25
  - Modulus of Elasticity: 2.85E7
  - Poisson's Ratio: 0.2
  - Coeff of Thermal Expansion: 0
  - Shear Modulus: 11875000
- Design Property Data:** (Empty)
- Advanced Material Property Data:**
  - Time Dependent Properties...
  - Material Damping Properties...
  - Stress-Strain Curve Definitions...
- Buttons:** OK, Cancel



İMO İzmir Şubesi

**Kesit Özelliklerinin Tanımlanması ve Çubuklara Atanması:**

Çerçevenin kolonları ve kirişleri dikdörtgen enkesitli olarak tanımlanacaktır.


8.  düğmesine basarak **Display Options For Active Window** ileti kutusunu ekrana getirin.
9. Ekrana gelen ileti kutusunun **Frames/Cables/Tendons** bölümündeki **Local Axes** radyo düğmesini seçili duruma getirin ve **OK** düğmesine basın. Bu işlem ekranda tüm çubuklara ait Yerel Eksenlerin görülmesini sağlamaktadır. **1, 2** ve **3** yerel eksenleri, sırasıyla, **kırmızı, beyaz** ve **mavi** renklerde gösterilmektedir. Ekrandaki şekilde de görüldüğü gibi,

SAP2000 programı yerel eksenler için aşağıdaki varsayımları kullanmaktadır.


- Elemanları 1 yerel eksenleri çubuk elemanı tanımlayan ilk düğüm noktasından diğer düğüm noktasına doğrudur. (Çubuk eksenini doğrultusunda)
- 2 yerel eksenin belirlenmesi elemanın konumuna göre değişmektedir
  - Eleman düşeyse (kolon gibi) 2 eksenini genel eksenlerde X'e paraleldir.
  - Eleman düşey değilse (kiriş veya eğimli bir eleman gibi) 2 eksenini 1 yerel eksenini ile genel eksenlerden Z ile oluşturulan düzlemindedir.
- 1 ve 2 yerel eksenleri belirlenen elemanların 3 yerel eksenini sağ el kuralına göre belirlenir.

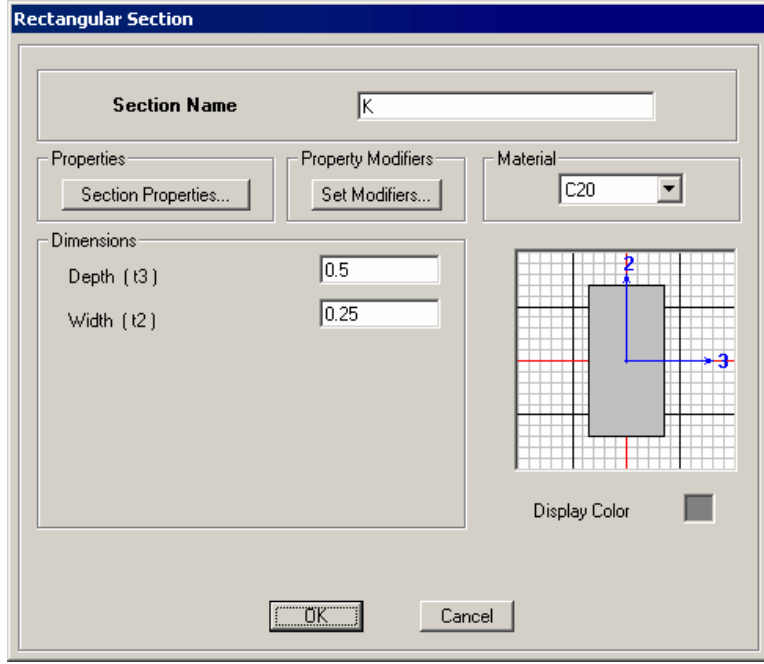
Bu bilgiler ile ekrandaki görünüm incelenirse aşağıdaki sonuçlara varılabilmektedir.

- Tüm çubuklara ait **1** yerel eksenleri çubuk doğrultusundadır.
- X doğrultusundaki kirişlerin 2 eksenini Z doğrultusunda, 3 eksenini -Y doğrultusundadır.
- Y doğrultusundaki kirişlerin 2 eksenini Z doğrultusunda, 3 eksenini X doğrultusundadır.
- Tüm kolonların 2 eksenini X doğrultusunda, 3 eksenini Y doğrultusundadır.

Çeşitli çubuk kesitlerini tanımlamak için, **Define** menüsünden **Frame Sections...** komutu seçilecek veya veya  düğmesine basılacak, **Frame Properties** ileti kutusunun **Choose Property Type** bölümündeki ikinci açılır listesinden kesit tipi belirlenecek ve **Add New Property** düğmesine basılarak bu kesitle ilgili bilgiler girilecektir. Yukarıda yerel eksenler hakkında verilen bilgiler göz önünde tutularak, her kesit tipi için belirlenmiş olan veriler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir:

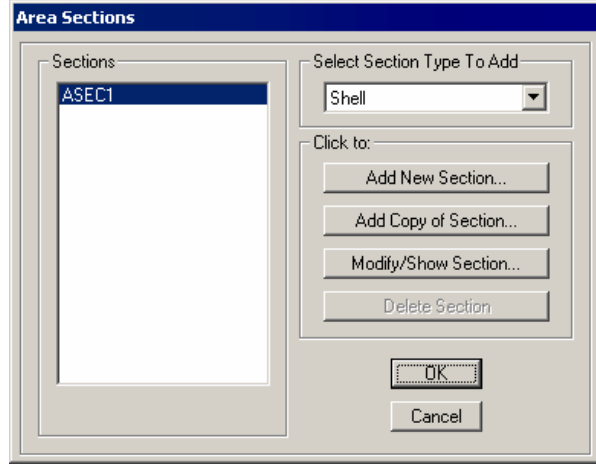
Kesit	Kesit Adı (Section Name)	Kesit Tipi	t3 (m)	t2 (m)
25x50 Kiriş	K	Add Rectangular	0.50	0.25
25x35 Kolon	C25X35	Add Rectangular	0.25	0.35
25x40 Kolon	C25X40	Add Rectangular	0.25	0.40
30x30 Kolon	C30X30	Add Rectangular	0.30	0.30
40x30 Kolon	C40X30	Add Rectangular	0.40	0.30
40x40 Kolon	C40X40	Add Rectangular	0.40	0.40
45x45 Kolon	C45X45	Add Rectangular	0.45	0.45

10.  düğmesine basın, **Frames/Cables** bölümündeki **Local Axes** radyo düğmesini seçili durumdan çıkarın ve **OK** düğmesine basın.
11. **Define** menüsünden **Frame Sections...** komutunu seçin. Ekrana gelen **Frame Properties** ileti kutusunun ikinci açılır listesinden kesit tipi olarak dikdörtgen kesit tipini tanımlayan **Add Rectangular** seçeneğine tıklayın. **Add New Property** düğmesine basın. Bu ileti kutusunda
- Kesit adı (**Section Name**) yazı kutucuğuna **B25x50** yazın,
  - **Depth (t3)** yazı kutucuğuna **0.50**,
  - **Width (t2)** yazı kutucuğuna **0.25**,
  - **Material** açılır listesinden **C20** malzemesini seçin.
  - **OK** düğmesine basın.



11. Görüldüğü gibi girilen bilgiler, yukarıdaki tablonun ilk satırında verilen bilgilerdir. Son işlemten sonra ekrana tekrar gelen **Frame Properties** ileti kutusunun **Properties** bölümündeki listeye **K** kesiti eklenmiştir. Tabloda gösterilen diğer kesitleri tanımlamak için, sırayla tablonun ardışık satırlarındaki bilgileri kullanarak, ilgili ileti kutularını doldurun.

12. **Define** menüsünden **Area Sections...** komutunu seçin. Ekrana gelen ileti kutusunda **Add New Section** düğmesine basın.





İMO İzmir Şubesi

13. Ekranı gelene ileti kutusunda

- Kesit adı (**Section Name**) yazı kutucuğuna **DOSEME** yazın,
- **Type** bölümünde **Shell-Thin** radyo düğmesini işaretleyin,
- **Material Name** açılır listesinden **C20** malzemesini seçin.
- **Thickness** bölümünde **Membrane** ve **Bending** yazı kutucuklarına **0.12** yazın ve **OK** düğmesine basın.

The dialog box titled "Shell Section Data" contains the following fields and options:

- Section Name:** DOSEME
- Display Color:** Blue
- Type:** Shell - Thin (selected), Shell - Thick, Plate - Thin, Plate - Thick, Membrane, Shell - Layered/Nonlinear
- Material:** Material Name: C20, Material Angle: 0.
- Thickness:** Membrane: 0.12, Bending: 0.12
- Concrete Shell Section Design Parameters:** Modify/Show Shell Design Parameters...
- Stiffness Modifiers:** Set Modifiers...
- Temp Dependent Properties:** Thermal Properties...
- Buttons:** OK, Cancel


14. **Select** menüsünde **Select→Frame Sections** seçeneğine tıklayın.

The dialog box titled "Select Sections" contains a list of section names:

- W16X31
- W18X119
- W18X35 (selected)
- W18X40
- W18X55
- W18X65
- W18X76
- W18X97
- W21X44
- W21X50
- W24X103

Buttons: OK, Cancel, Clear All



15. Ekranı gelen ileti kutusunda mevcut durumdaki kirişlerin kesitleri olan **W18X35** seçeneğine tıklayın ve **OK** düğmesine basın. Ekranın sol alt bölümünde 48 adet çubuk elemanın seçili olduğu yazacaktır.

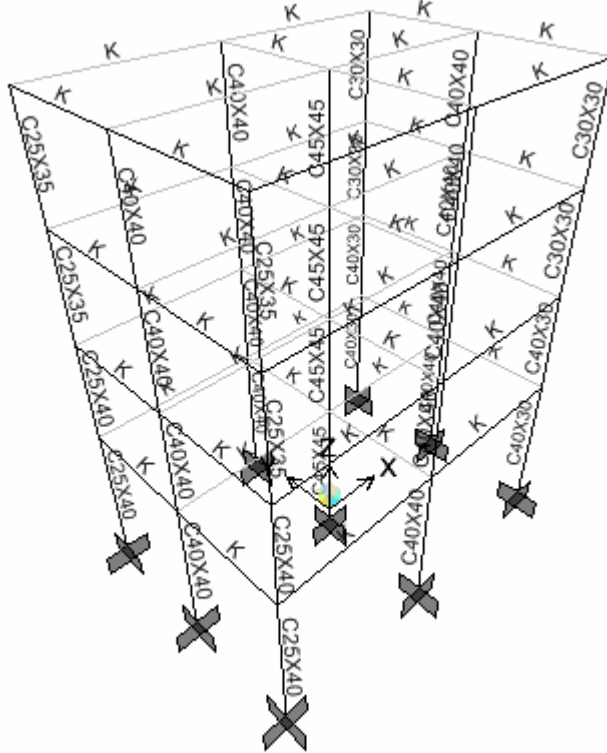
16. Bu işlem ile tüm kirişler seçili duruma gelecektir. , **Assign Frame Sections** (Çubuk Kesitleri Atama) düğmesine basın. Ekranı gelen ileti kutusunun **Properties** bölümündeki listeden **K** seçeneğini tıklayıp **OK** düğmesine basın. Böylece tüm kirişlerin kesitleri atanmış olur.



17.  düğmesine basarak **Display Options For Active Window** ileti kutusunu ekrana getirin.



İMO İzmir Şubesi

18. Ekranı gelen ileti kutusunun **Frames/Cables/Tendons** bölümündeki **Labels** radyo düğmesini seçili duruma getirin ve **OK** düğmesine basın. Bu işlem ekranda çubuk elemanların numaralarının gösterilmesini sağlamaktadır.
19. 1. ve 2. katta **S1** köşe kolonlarını (1, 2, 9 ve 10 No.lu çubukları) seçin ve **C25X40** kesitini atayın.
20. , **Show Undeformed Shape** (Şekil Değiştirmemiş Durumu Gösterme) düğmesine basarak tekrar sadece çubuk eleman numaralarının görünmesini sağlayın.
21. Benzer işlemleri tüm kolonlar için tekrarlayın. Yani,
  - Tüm katlardaki **S2** kolonlarını (5,6,7,8,13,14,15,16,21,22,23,24,29,30,31 ve 32 No.lu çubukları) seçin ve **C40X40** kesitini atayın.
  - 1. ve 2. kattaki **S3** kolonlarını (25, 26, 33 ve 34 No.lu çubukları) seçin ve **C40X30** kesitini atayın.
  - 3. ve 4. kattaki **S3** kolonlarını (27, 28, 35 ve 36 No.lu çubukları) seçin ve **C30X30** kesitini atayın.
  - Tüm katlardaki **S4** kolonunu (17,18,19,20 No.lu çubukları ) seçin ve **C45X45** kesitini atayın.
22. Kesit atama işlemleri tamamlandıktan sonra, , düğmesine basın.
23. Ekranı gelen ileti kutusunun **Frames/Cables/Tendons** bölümündeki **Labels** radyo düğmesini seçili durumdan çıkarıp **Sections** düğmelerini seçili duruma getirin ve **OK** düğmesine basın. Böylece ekranda atanmış olan tüm çubuk ve döşeme kesitleri görünecektir. Bunları dikkatle izleyip yanlış atamalar varsa ilgili elemanları seçip, çubuk elemanı atama menülerini kullanarak düzeltin.



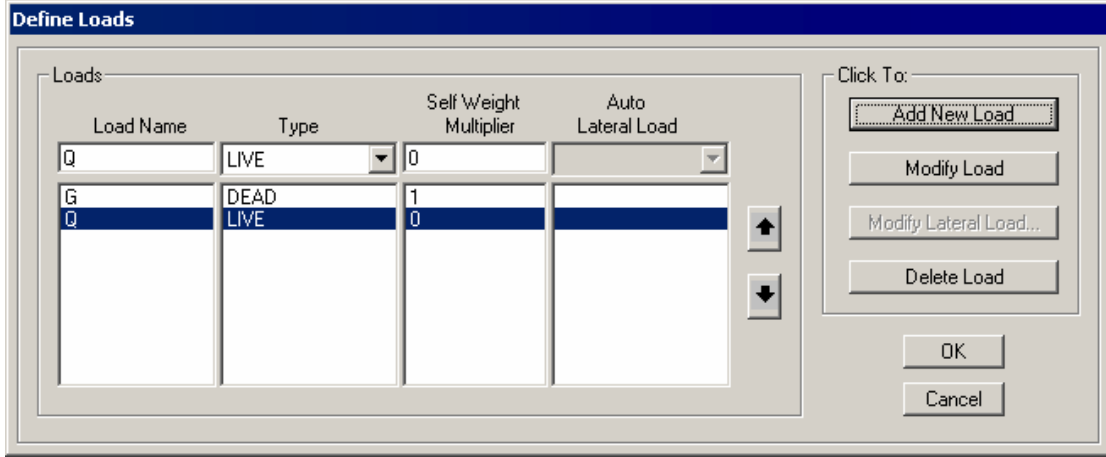
24. Büyük yapı sistemlerinde veri girişi sırasında, belirli aralıklarla, oluşturulan modelin saklanması yararlıdır. , **Save** düğmesine basın ve oluşturulan sistem modeline bir ad vererek saklayın.
25. Tekrar , düğmesine basarak çubuk ve döşeme elemanlarının numaralarının görünmesini sağlayın.



### Düşey Yüklerin Tanımlanması ve Çubuklara Atanması:



26. **Define** menüsünde **Load Cases** seçeneğine tıklayın veya  düğmesine basın.

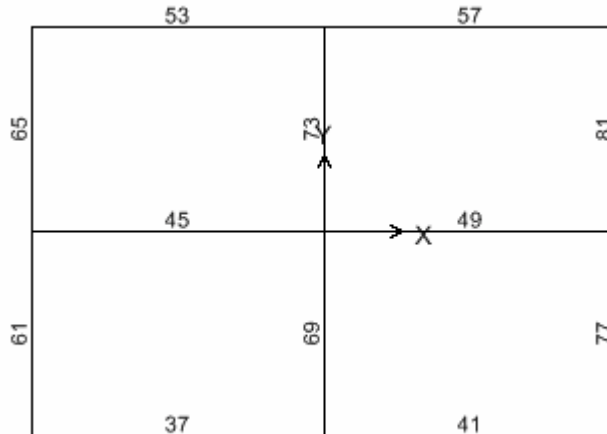
- **Loads** bölümündeki **DEAD** yerine **G** yazın ve **Modify Load** düğmesine basın.
- **Loads** bölümüne **Q** yazın, Type bölümündeki açılır listeden **LIVE** seçeneğine tıklayın, **Self Weight Multiplier** yazı kutucuğundaki **0** değeri olduğunu kontrol edin ve **Add New Load** ve **OK** düğmelerine basın.



Böylece, ileride yükleme birleşimlerinde kullanılacak olan, sabit ve hareketli yük tipleri tanımlanmış olmaktadır. Deprem yüklemeleri aşağıda ayrıca tanımlanacaktır.

27. Normal katlarda, kirişler üzerindeki düzgün yayılı yükler. Kenar aks kirişleri için, 6.00 kN/m duvar yükü tanımlanacaktır.

28. Bu yükleri girmek için önce,  düğmesine basın ve plan görünümünü ekrana getirin.  Aşağı ok tuşuna basarak **Z=4** düzlemine gelin. Tüm kenar aks kirişlerini (37,41,53,57,61,65,77,81 No.lu çubukları) seçin.



29. **Assign** menüsünde **Frame/Cable/Tendon Loads** → **Distributed** seçeneğine tıklayın. Ekrana gelen **Frame Distributed Loads** ileti kutusunun

- **Load Case Name** bölümündeki açılır listeden **G**'yi seçin. (Seçili durumdaysa bir işlem yapmaya gerek yoktur.)
- **Forces** radyo düğmesini seçili duruma getirin
- **Coord Sys** açılır listesinden **GLOBAL** seçeneğine tıklayın
- **Direction** açılır listesinden **Gravity** seçeneğine tıklayın



İMO İzmir Şubesi

- **Uniform Load** bölümündeki yazı kutucuğuna **6** yazıp **OK** düğmesine basın.

**Frame Distributed Loads**

Load Case Name: G Units: KN, m, C

Load Type and Direction:  Forces  Moments  
Coord Sys: GLOBAL  
Direction: Gravity

Options:  Add to Existing Loads  
 Replace Existing Loads  
 Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	0.25	0.75	1.
Load	0.	0.	0.	0.

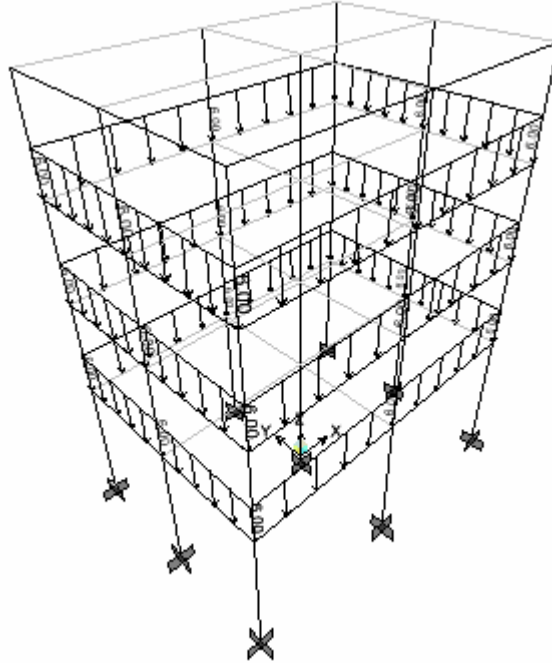
Relative Distance from End-I  Absolute Distance from End-I

Uniform Load: Load: 6

OK Cancel

30. Benzer işlemleri **Z=7**, **Z=10** düzlemlerinde yineleyin. (Z=13 düzleminde yinelemeyin.)

31. **3-d** düğmesine basarak 3 boyutlu görünümü ekrana getirin ve yükleme yapılmış elemanları kontrol edin.




32. **Select** menüsünden **Select→Area Sections** seçeneğine tıklayın. Ekrana gelen ileti kutusunda **DOSEME** kesitine tıklayın ve **OK** düğmesine basın.

33. Bu işlem ile tüm döşeme elemanları seçilmiş olmaktadır. **Assign/Area Loads/Uniform(Shell)** menüsünden ekrana gelen **Area Uniform Loads** ileti kutusunun



İMO İzmir Şubesi

- **Load Case Name** bölümündeki açılır listeden **G**'yi seçin. (Seçili durumdaysa bir işlem yapmaya gerek yoktur.)
- **Load** bölümündeki yazı kutucuğuna **1.5** yazıp **OK** düğmesine basın.

34.  düğmesine basarak bir önceki seçimi tekrarlayın. **Assign/Area Loads/Uniform(Shell)** menüsünden ekrana gelen **Area Uniform Loads** ileti kutusunun

- **Load Case Name** bölümündeki açılır listeden **Q**'yu seçin.
- **Load** bölümündeki yazı kutucuğuna **2** yazıp **OK** düğmesine basın.

35. En üst kattaki 4 adet döşemeyi seçin. **Assign/Area Loads/Uniform(Shell)** menüsünden ekrana gelen **Area Uniform Loads** ileti kutusunun

- **Load Case Name** bölümündeki açılır listeden **Q**'yu seçin.
- **Options** bölümünde **Replace Existing Loads** seçeneğinin seçili olduğunu kontrol edin.
- **Load** bölümündeki yazı kutucuğuna **1** yazıp **OK** düğmesine basın.

Bu işlem ile en üst kat döşemelerinin hareketli yük değerleri  $1\text{kN/m}^2$  olarak değiştirilmiş olur.

36.  düğmesine basarak tüm elemanları seçin. **Edit** menüsünden **Divide Areas** seçeneğine tıklayın.

37. Ekrana gelen ileti kutusunda aşağıda gösterilen bölüme uygun olarak bölme işlemini yapın ve **OK** düğmesine basın.



İMO İzmir Şubesi

Divide Area Into This Number of Objects (Quads and Triangles Only)

Along Edge from Point 1 to 2	4
Along Edge from Point 1 to 3	4

38. **Show Undeformed Shape** (Şekil Değiştirmemiş Durumu Gösterme) düğmesine basın.
29. **Save** düğmesine basarak oluşturulan sistem modelinin son durumunu saklayın.

### Rijit Kat Döşemelerinin Tanımlanması:

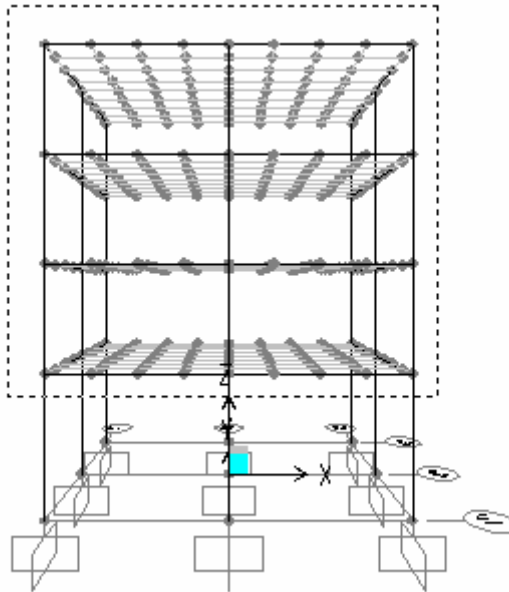
Yatay deprem yükleri altında, kat döşemelerinin, kendi düzlemleri içinde, rijit cisim hareketi yaptıklarının belirtilmesi gerekir. Bu özellik, her kat için "Rijit Diyaframlar" tanımlanarak sağlanmaktadır.

Bir döşeme sisteminin "Rijit diyafram" olarak kabul edilmesi ile döşemenin düzlemi içindeki iki doğrultuda öteleme ve düzlemine dik eksen etrafında dönme yaptığı varsayılmaktadır. Bu durumda döşeme üzerindeki bir noktada bu değerlerin bilinmesiyle, döşeme üzerindeki diğer tüm noktadaki yer değiştirme ve dönme değerleri belirlenebilir.

Rijit diyafram içinde kalan kirişlerde aksel uzama oluşmayacaktır.

Döşemede büyük boşlukların bulunması, rijit diyafram davranışı yapmasını engelleyebilir. Boşluklar büyüdükçe bu durum daha da belirginleşir ve bu durumda döşeme üzerindeki noktalar düzlem içinde birbirlerine göre rijit düzlemden farklı bir öteleme yaparlar. Plandaki şekli H, L ve T benzeri olan yapılarda da döşemenin rijit diyafram kabulü yeterli yaklaşım sağlamayabilir. Kullanıcı SAP2000 programında bu özelliği kullanırken dikkatli olmalıdır.

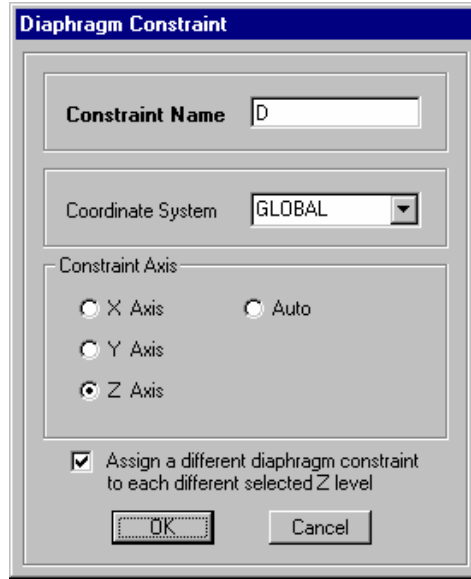
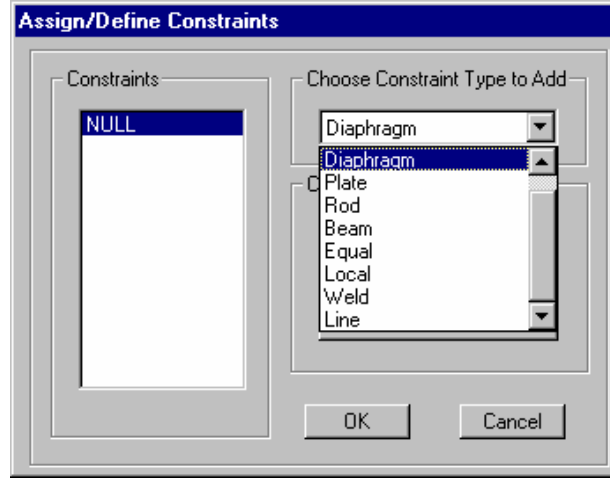
35. düğmesine basarak **Display Options For Active Window** ileti kutusunu ekrana getirin.
36. Ekrana gelen ileti kutusunun **Frames/Cables/Tendons** bölümündeki **Labels** radyo düğmesini seçili durumdan çıkarıp **Joints** bölümündeki **Invisible** kutucuğunu seçili durumdan çıkarın ve **OK** düğmesine basın. Bu işlem ekranda düğüm noktalarının gösterilmesini sağlayacaktır.
37. Önce , daha sonra düğmelerine basarak, sistemin X-Z düzlemindeki perspektif görüntüsünü elde edin ve tüm katlardaki düğüm noktalarını pencere içine alarak seçin. (Mesnetleri içeren düğüm noktalarının dışında kalan düğüm noktaları).





İMO İzmir Şubesi

38. **Assign** menüsünden **Joint**→**Constraints...** komutlarını seçin. Ekranaya gelen **Assign/Define Constraints** ileti kutusunun **Choose Constraint Type for Add** bölümündeki açılır listeden **Diaphragm** seçeneğini seçin ve **Add New Constraint** düğmesine basın.
39. Ekranaya gelen **Diaphragm Constraint** ileti kutusunun **Constraint Name** yazı kutucuğuna **D** yazın. **Constraint Axis** bölümündeki **Z Axis** radyo düğmesinin seçili durumda olduğuna dikkat edin, ileti kutusunun altındaki **Assign a different diaphragm constraint to each selected different Z level** (Bu seçenek seçilen düğüm noktalarından aynı Z yüksekliğinde olanların her biri için otomatik yeni bir diyafram tanımlaması oluşturulmasını sağlamaktadır) kutucuğunu seçili duruma getirin ve **2** kez **OK** düğmesine basın.



40. 1. kattaki herhangi bir düğüm noktasına sağ mouse tuşuyla tıklayın ve ekranaya gelen ileti kutusunda **Assignments** bölümüne geçin.



**Point Information**

Location Assignments Loads

Identification  
Label 2

Constraint	
Name	D_4.
Type	Diaphragm
Restraint	None
Local Axes	Default
Springs	None
Masses	None
Panel Zone	None
Joint Patterns	None
Group	ALL
Generalized Displs	None
RS Named Sets	None
Plot Functions	None
Merge Number	0

Units  
KN, m, C

Reset

OK  
Cancel

41. Bu bölümde bulunan **Constraints Name** kutucuğunda program tarafından oluşturulan diyafram (**D\_4**) görülebilmektedir. Diğer katlar içinde bu katlardaki düğüm noktaları incelendiğinde benzer durum görülebilmektedir.

#### **Kat Kütlelerinin Tanımlanması ve Özel Periyotların Hesabı:**

42. Yapının kütlesinin belirlenmesinde SAP2000'inin mass source özelliği kullanılacaktır. Bu özelliğin kullanılması için **Define** menüsünde **Mass Source** (kütle kaynağı) seçeneğine tıklayın.

43. Ekranı gelen ileti kutusunda **From Element and Additional Masses and Loads** seçeneğine tıklayın.

44. **Load** bölümünden **G** seçeneğine tıklayın ve **Multiplier** (çarpan) kutucuğuna **1** yazıp **Add** düğmesine basın.

45. **Load** bölümünden **Q** seçeneğine tıklayın ve **Multiplier** kutucuğuna **0.3** yazıp **Add** düğmesine basın.

46. **OK** düğmesine basarak ileti kutusunu kapatın.

Bu işlem kütlelerin eleman kütlelerinden, varsa ek olarak tanımlanmış kütlelerden ve ilgili çarpanlar ile tanımlanan yüklerden hesaplanmasını sağlamaktadır.

**Define Mass Source**

Mass Definition

From Element and Additional Masses

From Loads

From Element and Additional Masses and Loads

Define Mass Multiplier for Loads

Load	Multiplier
Q	0.3
G	1
Q	0.3



Add  
Modify  
Delete

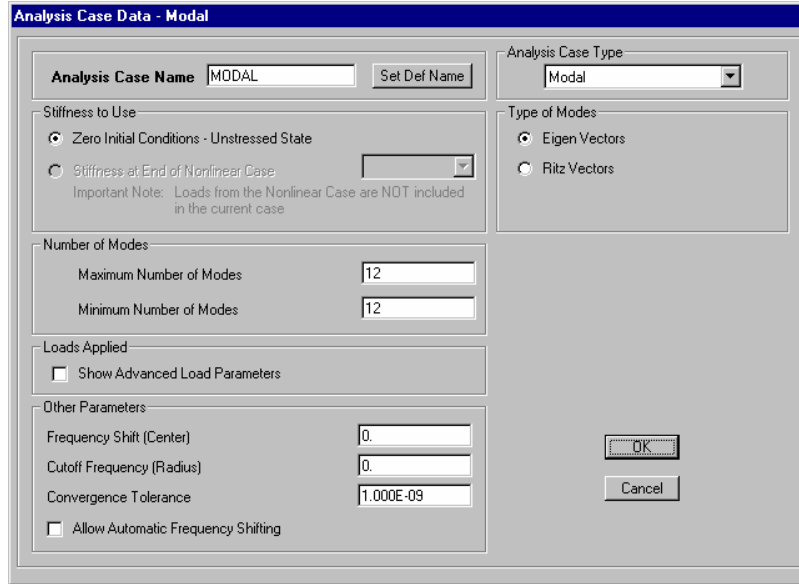
OK  
Cancel



47. **Save** düğmesine basarak oluşturulan sistem modelinin son durumunu saklayın.

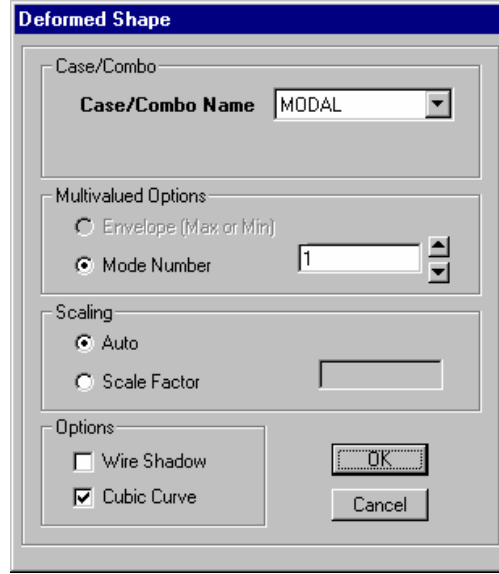


İMO İzmir Şubesi

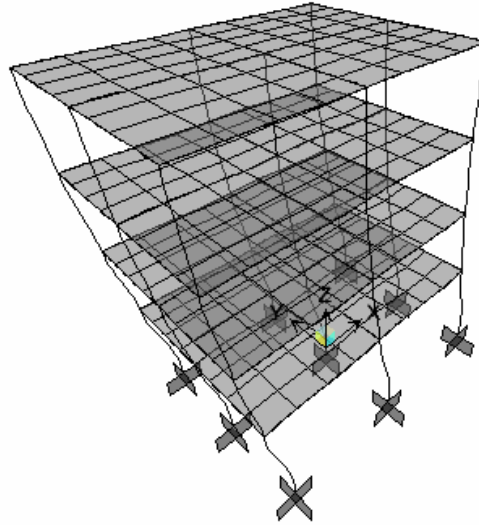
48.  düğmesine basarak **Display Options For Active Window** ileti kutusunu ekrana getirin. **General** bölümünden **Fill Objects** seçeneğini seçili duruma getirin ve **OK** düğmesine basın.
49. **Define** menüsünden **Analysis Cases...** seçeneğine tıklayın veya  düğmesine basın. Ekrana gelen **Analysis Cases** ileti kutusunda **DEAD** seçeneğine tıklayın ve **Modify/Show Case** düğmesine basın.
50. Ekrana gelen ileti kutusunda **Analysis Case Name** yazı kutucuğuna **G** yazıp **OK** düğmesine basın.
51. Ekrana gelen **Analysis Cases** ileti kutusunda **MODAL** seçeneğine tıklayın ve **Modify/Show Case** düğmesine basın.
52. Özel titreşim periyotlarını hesaplayabilmek için ekrana gelen Analysis Case Data – Modal ileti kutusunun **Minimum Number of Modes** yazı kutucuğundaki değeri **12** olarak düzenleyin. Her katta 2 öteleme 1 dönme atalet kütlesi olmak üzere toplam 3 adet kütle bulunmakta, 4 katlı yapı için,  $3 \times 4 = 12$  adet periyot hesaplamak uygun olmaktadır. **2** kez **OK** düğmesine basın. İstenirse, ileti kutusunun **Type of Analysis** bölümündeki **Ritz Vectors** radyo düğmesi seçilerek, modların hesabı için, Ritz Yöntemi de kullanılabilir.




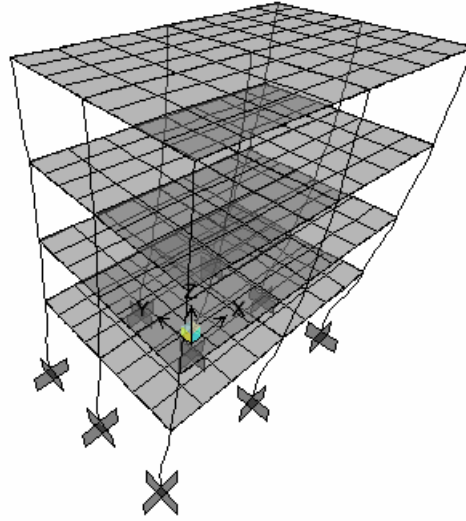
53.  düğmesine basın ve ekrana gelen ileti kutusunda **Run Now** düğmesine basarak sistemin çözümüne başlayın.
54. Analiz tamamlandığında ekrana gelen ve analiz adımlarını gösteren ileti kutusunda uyarı veya hata mesajları bulunmadığını gördükten sonra ileti kutusunu kapatmak için **OK** düğmesine basın.
55. Analizin bitiminde ekranda **G** yüklemesine ilişkin şekildeğiştirmiş durum gelecektir.
56. 1. mod şekli görüntülemek için  düğmesine basın.
57. Ekrana gelen **Deformed Shape** ileti kutusunda **Case/Combo Name** açılır listesinden **MODAL** seçeneğine tıklayın.
58. **Mode Number** kutucuğunda **1** değeri varken **OK** düğmesine basın.



59. Ekranı 1. mod şekli gelecek ve pencerenin başlık bölümünde **Mode 1 Period 0.60266** yazısı okunacaktır. İlgili modun doğrultusunu belirleyebilmek için ekranın sağ alt bölümünde bulunan **Start Animation** düğmesine basarak hareketli görünümü ekrana getirin. Görüntü izlendiğinde ilgili modun X doğrultusunda olduğu belirlenmektedir. Dolayısıyla yapının X doğrultusundaki 1. doğal titreşim periyodu  $T_{1X}=0.60$  s olarak belirlenmiş olur.



60. Bir sonraki mod şeklini görmek için konum çubuğunun sağ tarafındaki  , sonraki modu görüntüleme düğmesine basın. Bu kez ekranda, 2. mod şekli görüntülenecek ve pencerenin başlık bölümünde **Mode 2 Period 0.56541** yazısı okunacaktır. Bu görüntüden de, 2. modun Y yönünde olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla yapının Y doğrultusundaki 1. doğal titreşim periyodu  $T_{1Y}=0.56$  s olarak belirlenmiş olur.

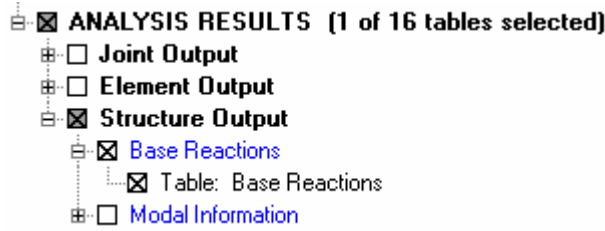


61. Animasyonu durdurmak için **Stop Animation** düğmesine basın.

**Deprem Yüklemelerinin Tanımlanması ve Deprem Yüklerinin Atanması:**

62. Deprem yüklerine esas olacak yapı ağırlıklarını belirlemek için **Display** menüsünden **Show Tables** seçeneğine tıklayın.

63. Ekranı gelen ileti kutusunda **ANALYSIS RESULTS** bölümünde **Structure Output** seçeneğinin **Base Reactions** (Mesnet tepkileri) alt bölümünü seçili duruma getirin.



64. **Select Analysis Cases** bölümünden G ve Q yüklemelerini seçin ve 2 kez OK düğmesine basın.

65. Ekranı gelen ileti kutusunda **Global FZ** kolonunda mesnet tepkilerinin toplamının **G** yüklemesinde **2913.6kN**, **Q** yüklemesinde **490 kN** olduğu görülmektedir.

OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m
G	LinStatic	000000004862	000000001014	2913.563	000000009666	-38.75
Q	LinStatic	000000009532	000000001987	490	000000001893	000000009107



İMO İzmir Şubesi

66. Deprem yüklemesine esas olacak yapı ağırlığı  $W=2913.6+0.3 \times 490=3060.6$  kN olarak belirlenir.

67. Yukarıda düşey yükler için **G** ve **Q** yüklemeleri tanımlanmıştır. Deprem yönetmeliğine göre, eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yatay deprem yükleri,  $\pm 0.05$  dışmerkezlilik de göz önüne alınarak, kat hizalarına etkililmektedirler. Bu durumda, aşağıdaki tabloda gösterildiği gibi, 6 adet deprem yüklemesi tanımlamak gerekmektedir.

Yükleme Adı (Load)	Yükleme Tipi (Type)	Deprem Yönü	Dışmerkezlilik
EX	QUAKE	X	0
EXP	QUAKE	X	+0.05
EXN	QUAKE	X	-0.05
EY	QUAKE	Y	0
EYP	QUAKE	Y	+0.05
EYN	QUAKE	Y	-0.05

İlgili Yönetmelik Maddesi: (DBYBHY 2006 Madde 2.7.3.1)

**2.7.3.1** – Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme bileşeni ile düşey eksen etrafındaki dönme, bağımsız yerdeğiştirme bileşenleri olarak gözönüne alınacaktır. Her katta **2.7.2**'ye göre belirlenen eşdeğer deprem yükleri, ek dışmerkezlilik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile, gözönüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun  $+5\%$ 'i ve  $-5\%$ 'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ayrıca kat kütle merkezine uygulanacaktır.

Yapının deprem hesabında kullanılacak deprem parametreleri aşağıdaki gibi seçilmiştir.

- Etkin Yer İvmesi Katsayısı  $A_0 = 0.30$  (2. Derece Deprem Bölgesi)
- Yapı Önem Katsayısı  $I = 1$
- Spektrum Karakteristik Periyodu  $T_B = 0.40$  (Yerel Zemin Sınıfı Z2)
- Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı  $R = 8$  (Süneklik Düzeyi Yüksek)

Yukarıda hesaplanan periyotlara göre, her iki yöndeki Spektrum Katsayıları da

$$X \text{ Yönünde } S(T_{1X}) = 2.5 \left( \frac{0.40}{0.60} \right)^{0.8} = 1.81$$

$$Y \text{ Yönünde } S(T_{1Y}) = 2.5 \left( \frac{0.40}{0.56} \right)^{0.8} = 1.91$$

olarak hesaplanmaktadır. Buna göre Toplam Deprem Yükleri

$$X \text{ Yönünde } V_{tx} = 3060.6 \times 0.30 \times 1.00 \times 1.81 / 8 = 207.7 \text{ kN}$$

$$Y \text{ Yönünde } V_{ty} = 3060.6 \times 0.30 \times 1.00 \times 1.91 / 8 = 219.2 \text{ kN}$$

olarak bulunur.

Deprem Yönetmeliği **Madde 2.7.2**'ye göre toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak ifade edilir. Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü,  $\Delta F_{Nx}$  (x) ve (y) doğrultuları için

$$\Delta F_{Nx} = 0.0075 N V_{tx} = 0.0075 \times 4 \times 207.7 = 6.23 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{Ny} = 0.0075 N V_{ty} = 0.0075 \times 4 \times 219.2 = 6.58 \text{ kN}$$

Katlara dağıtılacak deprem kuvvetleri

$$X \text{ Yönünde } V_{tx} - \Delta F_{Nx} = 207.7 - 6.23 = 201.47 \text{ kN}$$

$$Y \text{ Yönünde } V_{ty} - \Delta F_{Ny} = 219.2 - 6.58 = 212.62 \text{ kN}$$





İMO İzmir Şubesi

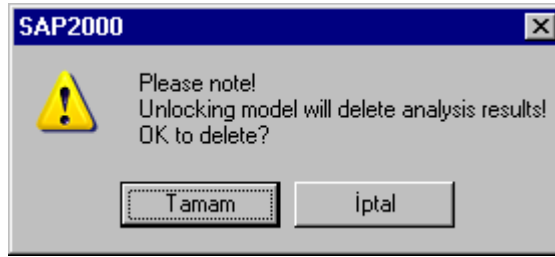
Toplam eşdeğer deprem yükünün  $\Delta F_N$  tepe kuvveti dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, binanın katlarına aşağıdaki bağıntı ile dağıtılacaktır.


$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j}$$

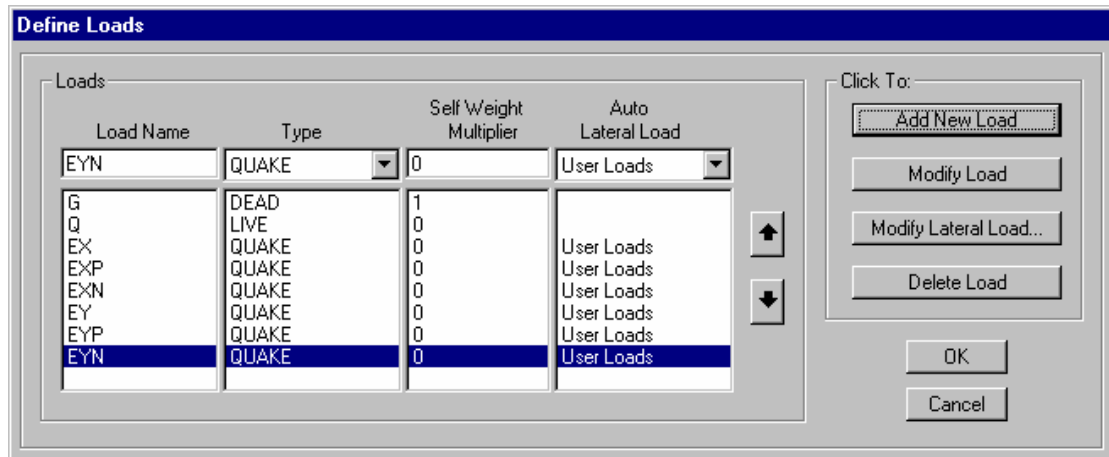
Bu yüklerin katlara dağıtılmış değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Kat	hi (m)	Hi (m)	Wi (kN)	WixHi	oran	F <sub>ix</sub> (kN)	F <sub>iy</sub> (kN)	F <sub>ix</sub> + $\Delta F_{Nx}$ (kN)	F <sub>iy</sub> + $\Delta F_{Ny}$ (kN)
4	3	13	585.19	7607.47	0.307	61.75	65.17	67.98	71.75
3	3	10	810.19	8101.9	0.326	65.77	69.41	65.77	69.41
2	3	7	816.56	5715.92	0.230	46.40	48.97	46.40	48.97
1	4	4	848.63	3394.52	0.137	27.55	29.08	27.55	29.08
Toplam:			3060.57	24819.81		201.47	212.62	207.7	219.2

68. Son olarak özel periyotların hesabı yapıldığı için, sistem kilitlidir, yani , **Lock** (Kilit) düğmesi kapalı durumdadır. Bu durumda sisteme yeni veri girişi yapılamaz. Kilidi açmak için,  düğmesini tıklayın. Bu durumda ekrana, analiz sonuçlarının silineceğini belirten, bir uyarı penceresi gelecektir.



69. **OK** düğmesine basın. Kilit düğmesinin açık hale () geldiğini göreceksiniz.
70. **Define** menüsünden **Load Cases...** komutunu tıklayın. Ekrana gelen ileti kutusunun **Loads** bölümündeki **Load Name** yazı kutucuğuna **EX** yazın, **Type** bölümündeki açılır listeden **QUAKE**'i seçin, **Auto Lateral Load** bölümünden **User Loads** seçeneğini seçin ve **Add New Load** düğmesine basın.
71. Sıra ile **EXP, EXN, EY, EYP** ve **EYN** yüklemeleri için de benzer işlemleri tekrarlayın.








İMO İzmir Şubesi

83. **Apply Center of Mass** kutucuğunu seçili duruma getirin. Ek dışmerkezliğin tanımlandığı **Additional Ecc. Ratio (all Diaph.)** yazı kutucuğuna **-0.05** yazın ve **OK** düğmesine basın.


84. , **Save** düğmesine basarak oluşturulan sistem modelinin son durumunu saklayın.

#### Yük Birleşimlerinin Tanımlanması:

Yukarıdaki bölümlerde tanımlanmış olan çeşitli düşey ve yatay yüklemelerden, kesit hesaplarında kullanılacak olan, en elverişsiz iç kuvvetleri elde etmek için, aşağıdaki tabloda gösterilen Yük Birleşimleri yapılacaktır.

Yük Birleşimi Adı (Load Combination Name)	Yükleme
DUSEY	1.4G+1.6Q
DX1	1.0G+1.0Q+1.0EXP+0.3EY
DX2	1.0G+1.0Q+1.0EXP-0.3EY
DX3	1.0G+1.0Q-1.0EXP+0.3EY
DX4	1.0G+1.0Q-1.0EXP-0.3EY
DX5	1.0G+1.0Q+1.0EXN+0.3EY
DX6	1.0G+1.0Q+1.0EXN-0.3EY
DX7	1.0G+1.0Q-1.0EXN+0.3EY
DX8	1.0G+1.0Q-1.0EXN-0.3EY
DY1	1.0G+1.0Q+1.0EYP+0.3EX
DY2	1.0G+1.0Q+1.0EYP-0.3EX
DY3	1.0G+1.0Q-1.0EYP+0.3EX
DY4	1.0G+1.0Q-1.0EYP-0.3EX
DY5	1.0G+1.0Q+1.0EYN+0.3EX
DY6	1.0G+1.0Q+1.0EYN-0.3EX
DY7	1.0G+1.0Q+1.0EYN-0.3EX
DY8	1.0G+1.0Q+1.0EYN-0.3EX

Bilindiği gibi, gerçek elverişsiz iç kuvvetleri elde etmek için, çok sayıda hareketli yük elverişsiz yüklemesi yapmak gerekir. Ayrıca, her iki yönde, **0.9G±EXP±0.3EY** vb. yük birleşimlerinin de yapılması zorunludur. Bu örnekte, konuyu fazla ayrıntılı hale getirmemek için, yüklemelerin ve birleşimlerinin sayıları kısıtlı tutulmuştur.

85. **Define** menüsünde **Combinations** seçeneğine tıklayın veya  düğmesine basın ve ekrana gelen ileti kutusunda, **Add New Combo** düğmesini tıklayın. Ekrana gelen **Response Combination Data** ileti kutusunun

- **Response Combination Name** yazı kutucuğuna **DUSEY** yazın,
- **Combination Type** bölümünden **Linear Add** seçeneğine tıklayın (seçili durumdaysa değiştirmeyin)
- **Define Combination of Case Results** bölümünün **Case Name** kutucuğundan **G** seçeneğine tıklayın,
- **Scale Factor** yazı kutucuğuna **1.4** yazın ve **Add** düğmesine basın,
- **Case Name** açılır listesinden **Q** 'yu seçin
- **Scale Factor** yazı kutucuğuna **1.6** yazın ve **Add** düğmesine basın.
- **OK** düğmesine basarak ilk yük birleşiminin tanımlanmasını tamamlayın.



Case Name	Case Type	Scale Factor
Q	Linear Static	1.6
G	Linear Static	1.4
Q	Linear Static	1.6

86. Yeniden **Add New Combo** düğmesini tıklayın. Ekranaya gelen **Response Combination Data** ileti kutusunun

- **Response Combination Name** yazı kutucuğuna **DX1** yazın,
- **Combination Type** bölümünden **Linear Add** seçeneğine tıklayın (seçili durumdaysa değiştirmeyin)
- Listede **G** seçeneğine tıklayın,
- **Scale Factor** yazı kutucuğundaki **1.4** değerini **1.0** olarak değiştirin ve **Modify** düğmesine basın,
- Listede **Q** seçeneğine tıklayın
- **Scale Factor** yazı kutucuğundaki **1.6** değerini **1.0** olarak değiştirin ve **Modify** düğmesine basın,
- **Case Name** açılır listesinden **EXP** 'yi seçin
- **Scale Factor** yazı kutucuğuna **1.0** yazın ve **Add** düğmesine basın.
- **Case Name** açılır listesinden **EY** 'yi seçin
- **Scale Factor** yazı kutucuğuna **0.3** yazın ve **Add** düğmesine basın.
- **OK** düğmesine basarak yükleme kombinasyonunun tanımlanmasını tamamlayın.


Case Name	Case Type	Scale Factor
EY	Linear Static	0.3
G	Linear Static	1
Q	Linear Static	1
EXP	Linear Static	1
EY	Linear Static	0.3

87. Ekranaya gelen **Define Response Combinations** ileti kutusunu ardışık olarak kullanıp, yukarıdaki tabloda gösterilen diğer Yükleme Kombinasyonlarını tanımlayın.




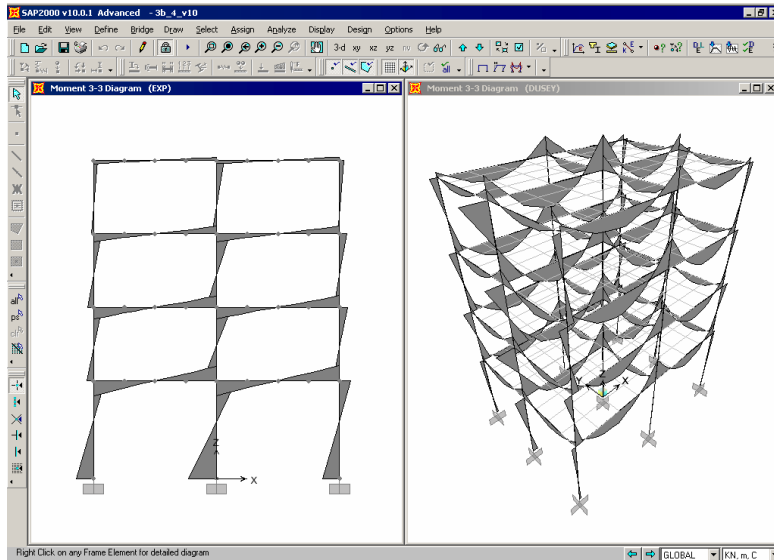
İMO İzmir Şubesi

### Çözüm (Analiz):

88.  **Run Analysis** düğmesine basın ve ekrana gelen ileti kutusunda **Run Now** düğmesine basarak sistemin çözümüne başlayın.
89. Analiz tamamlandığında ekrana gelen ve analiz adımlarını gösteren ileti kutusunda uyarı veya hata mesajları bulunmadığını gördükten sonra ileti kutusunu kapatmak için **OK** düğmesine basın.

### Sonuçların Görüntülenmesi:

90. Çözüm sonunda, yukarıda tanımlanmış olan 6 adet yükleme ile 10 adet yükleme kombinasyonuna ait sonuçlar elde edilmiş bulunmaktadır. Herhangi bir yükleme (veya kombinasyona) ait iç kuvvetler,  düğmesine basarak veya **Display** menüsünde **Show Forces/Stresses→Frames/Cables** seçeneğine tıklayarak ekrana **Member Force Diagram for Frames** ileti kutusunu getirilebilir.
91. Ekrana gelen ileti kutusunun **Load Case** bölümündeki ağırlık liste kutusundan ilgili yükleme (veya kombinasyon) seçilerek incelenebilir.
92. Örnek olmak üzere **EXP** yüklemesi ve DUSEY yük birleşimi için moment diyagramı aşağıda gösterilmektedir.



### Sonuçların Dosyaya Yazdırılması:

93. Sonuçların bir kütüğe aktarılması istenirse, **Display** menüsünde **Show Tables...** seçeneği kullanılmalıdır. Bu seçeneğe tıklayın veya **Shift+F12** tuşlarına beraber basın.
94. Ekrana gelen **Choose Tables for Display** ileti kutusunda **ANALYSIS RESULTS→Element Output→Frame Output→Table: Element Forces-Frames** kutucuğunu seçili duruma getirin ve **OK** düğmesine basın.
95. **Select Analysis Case** düğmesine basın ve tanımlanan yükleme kombinasyonlarını seçili duruma getirin ve **2** kez **OK** düğmesine basın.
96. Ekrana çubuk eleman iç kuvvetlerini içeren tablo gelecektir.



İMO İzmir Şubesi

97. Bu tabloyu bir text dosyasına aktarmak için ileti kutusundaki **File** menüsünden **Display Current Table** → **In Text Editor w/No splits** seçeneği kullanılabilir.

98. **Done** düğmesine basarak ekranı kapatın.