

**TMMOB
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İZMİR ŞUBESİ**

**İLERİ SAP2000
YAPI SİSTEMLERİNİN ANALİZİ**

Bölüm I

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

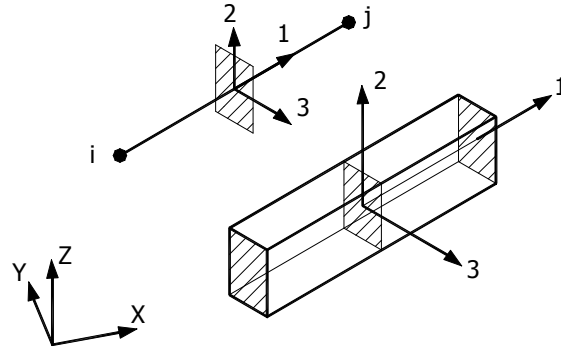
Y. Doç. Dr. Kutlu Darılmaz

İTÜ İnşaat Fakültesi

Betonarme Yapılar Çalışma Grubu

kdarilmaz@ins.itu.edu.tr

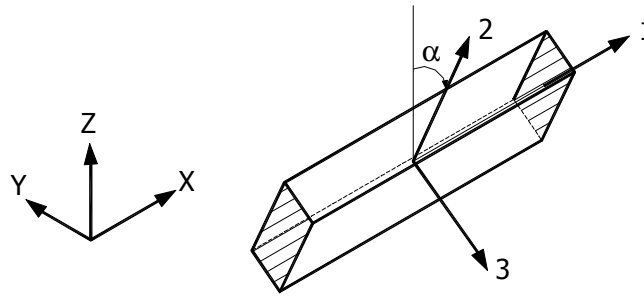
www.ins.itu.edu.tr/kutlu



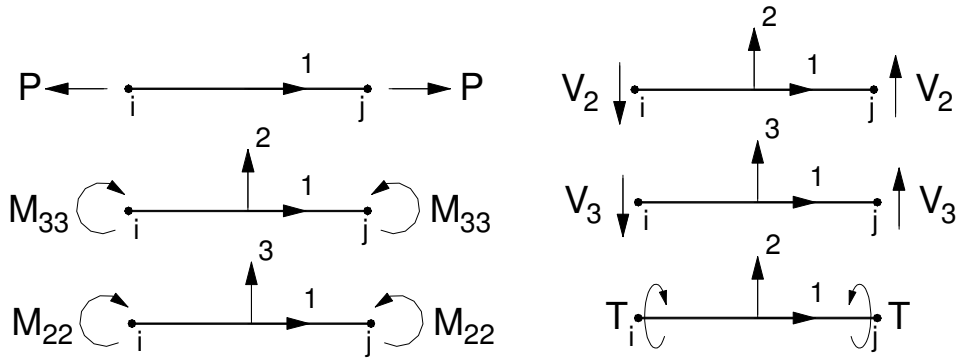
1 ekseni çubuğun eksenini tanımlar ve i ucundan j ucuna doğrudur.

Varsayılan (Default) olarak çubuk eleman düşey değilse (örneğin kirişler gibi yatay elemanlarda) 2 ekseni 1-Z düzleminindedir.

Çubuk eleman düşeyse (örneğin kolonlar gibi düşey taşıyıcı elemanlarda) 2 ekseni pozitif X yönündedir.



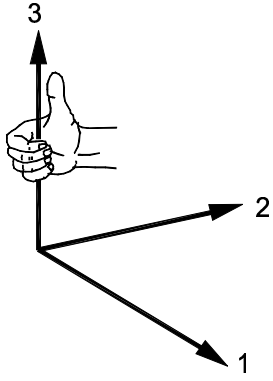
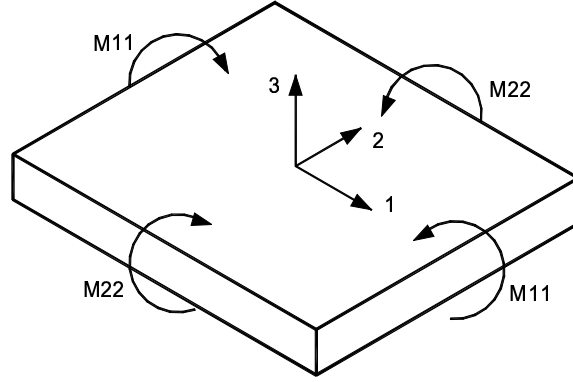
Angle (α): 2 ekseninin 1 eksenini etrafında saatin tersi yönünde döndüğü açı (birimi derece).





İMO İzmir Şubesi / SAP 2000 Kursu

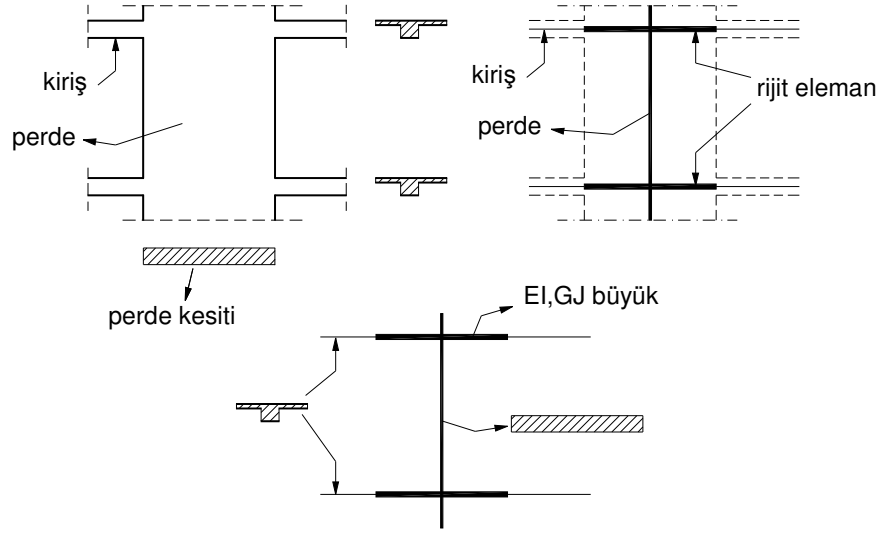
Shell eleman kullanılarak bulunan çözümlerde elde edilen iç kuvvetler **birim uzunluğa** etkiyen iç kuvvetlerdir. Momentler için pozitif yönler (kesitin altında çekme oluşturan) eleman yerel eksenlerine göre aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



SAP2000 de hem genel hem yerel eksen takımları sağ el kuralına uymaktadır. İki eksenin yerleşimi bilindiğinde diğer eksenin belirlenmesi bu kurala göre yapılmaktadır.

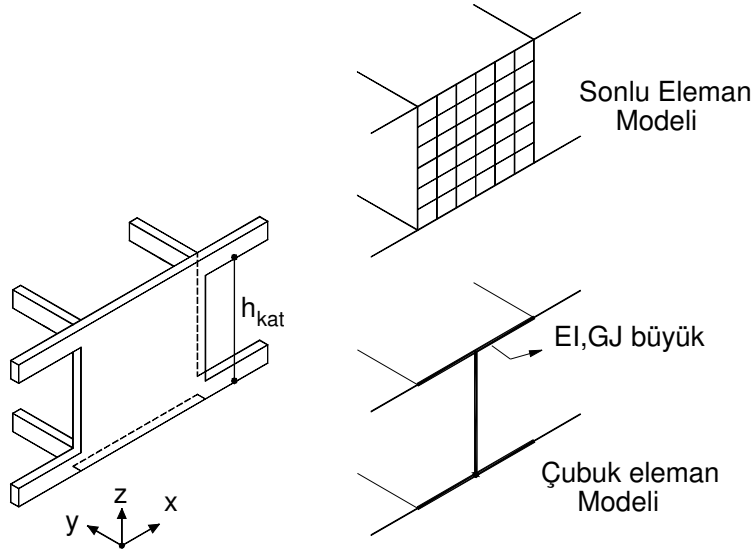


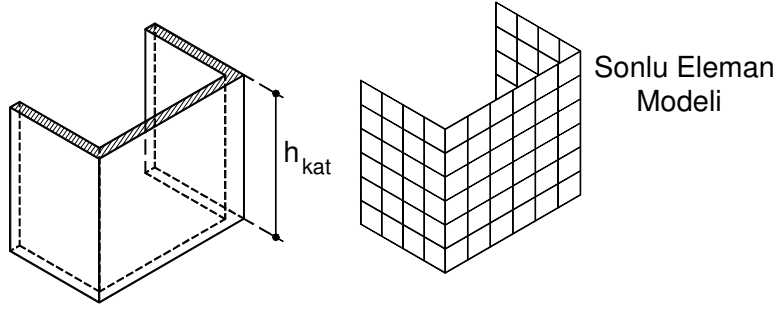
PERDELERİN MODELLENMESİ:



Hesap modeli oluşturulurken perde çubuk eleman ile modellenmekte, perdeye rijit (EI ve GJ değerleri büyük olan) sanal rijit çubuklar eklenmektedir. Bu sanal elemanların rijitlikleri diğer elemanların rijitliklerinin 10~100 katı seçilebilir. Bu oran çok büyük değerler alırsa denklem takımı kararlılığında hatalar ortaya çıkabilmektedir.

Not: SAP2000 ile oluşturulan sistem modelinde bu tür sanal elemanlar kullanıldığında bu elemanların kullanacağı malzemenin birim hacim ağırlığı ve birim hacim kütlesi değerleri "0" olarak tanımlanmalıdır.



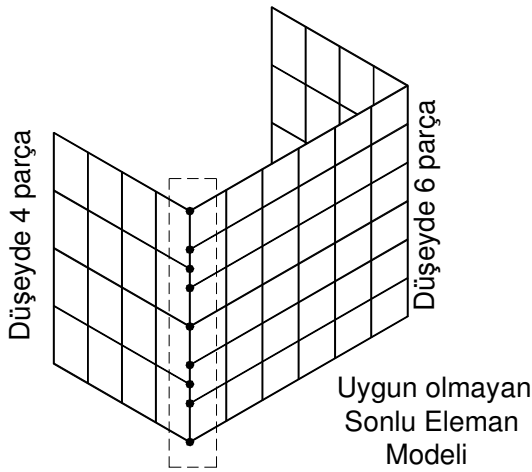


Perdeler çubuk elemanlarla modellenebildikleri gibi sonlu elemanlarla da modellenebilmektedir. Bu durumda bazı güçlüklerle karşılaşılır

- Sonlu elemanlar yönteminin yaklaşık sayısal bir yöntem olmasından dolayı perde, çözüm açısından uygun sonuç üretebilecek sayıda parçaya bölünmelidir (sonlu eleman ağı). Kullanıcı problem için uygun sonlu eleman ağını oluşturabilecek bilgiye sahip olmalıdır.
- Sonuçlar, sonlu elemanlara bölünmüş perde elemanın her bir parçası için elde edileceğinden perde eleman için tek bir değer haline getirmek amacıyla ek işlemler yapılmalıdır. (SAP2000'de group ve section cut özellikleri kullanılarak bu adım kolaylıkla yapılabilmektedir)

Perdelerin sonlu elemanlar ile modellenmesi

Avantajları	Dezavantajları
<ul style="list-style-type: none">• Farklı geometrik şekillerdeki perdeler modellenebilir (U,C vb.)• Perde içinde boşluk olması gibi süreksizlik içeren durumlar kolaylıkla hesaplarda gözönüne alınabilir	<ul style="list-style-type: none">• Elde edilecek çözümün duyarlılığı sonlu eleman ağına bağlıdır.• İç kuvvetler doğrudan belirlenmemektedir.• Bilinmeyen sayısı oluşturulan sonlu eleman ağının sıklığına göre hızlı bir biçimde artmakta, dolayısıyla çözüm süresi uzamaktadır.



Farklı parçaların birleştiği bölgede oluşturulan sonlu eleman ağının sürekliliği sağlanması gerekmektedir. Birleşen elemanların düğüm noktalarının ortak olması sağlanmalıdır.

SAP2000 v.8 'de **Assign-Area-Generate Edge Constraint** seçeneği kullanılarak farklı sonlu eleman ağlarının birlikte çalışması sağlanabilmektedir.

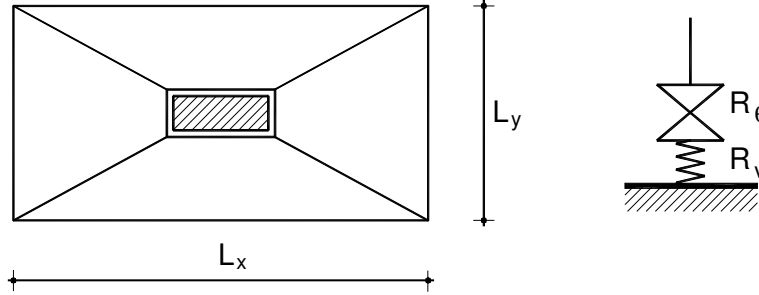
Öneri: Olası ölçüde sonlu eleman ağının sürekliliği düğüm noktalarının ortak olması ile sağlanmalıdır.

Not: SAP2000V.7.x'de böyle bir özellik bulunmamaktadır.



ELASTİK ZEMİNE OTURAN TEMEL SİSTEMLERİN MODELLENMESİ

Elastik Zemine oturan tekil temellerin modellenmesi (v7.x, v.8.x)



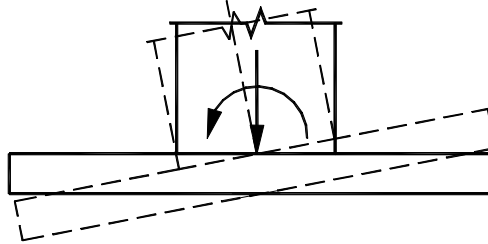
Çökmeye karşı elastik mesnet

$$R_v = K_o \cdot A = K_o \cdot L_x \cdot L_y$$

Dönme karşı elastik mesnet

$$R_{\theta y} = K_o \cdot I_{TY} = K_o \cdot \frac{L_y \cdot L_x^3}{12} \quad R_{\theta x} = K_o \cdot I_{TX} = K_o \cdot \frac{L_x \cdot L_y^3}{12}$$

Perdelerin altına yapılan temeller diğer temel sistemine bağlanmamışsa bu etki daha da belirgindir. Sistemin modellenmesinde dönme karşı elastik mesnet tanımlanmalıdır. (R_θ ile hesap yapılmalıdır.) Yüksek yapılarda bu etki daha fazla önem kazanmaktadır. (M/N oranı yapının kat adedi arttıkça daha hızlı büyüyecektir.)



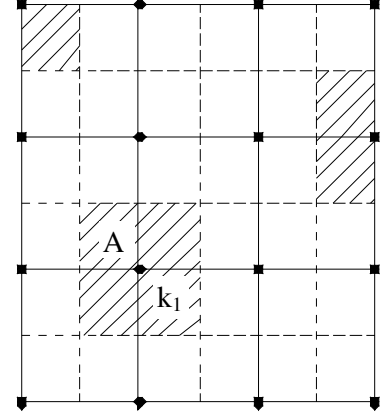
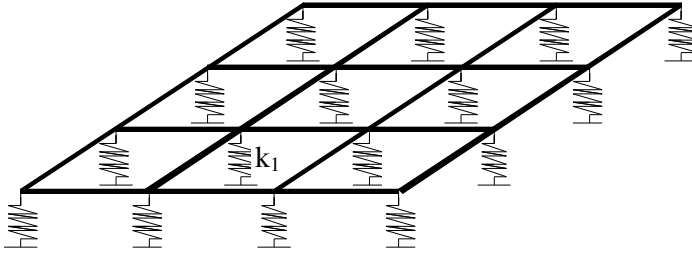
Elastik mesnet tanımlanacak yerde elastik mesnet doğrultusundaki yerdeğiştirme veya dönmeler serbest bırakılmalıdır.

Elastik Zemine oturan sürekli temellerin modellenmesi (v7.x, v.8.x)

- Temel kirişi uygun sayıda parçaya bölünür (0.5m gibi aralıklarla)
- Her bir düğüm noktasına düşey doğrultuda yaylar yerleştirilir Assign → Joint → Springs... (V 6.x/7.x, V8.x)
- Yayların yük aldığı bölgeleri kullanarak yay katsayılarını belirlenir.
- Temel kirişi doğrultusundaki serbestliklerden bir tanesinin tutulması gerekmektedir.

SAP2000 v.8.x de line spring özelliği kullanılabilir.

Assign → Frame/Cable → Line Springs... (V 8.x)



Açıklama:

Yatak katsayıları ile ilgili etki alanlarının çarpımı yay katsayılarını vermektedir.

$$k_1 = K_0 \cdot A_1$$

Hesaplama işlemi tamamlandıktan sonra elde edilen çökmeler ile yatak katsayılarının çarpımı zeminde oluşacak gerilmeleri vermektedir. En büyük çökme değeri ile yatak zemin katsayısı değeri çarpılarak oluşabilecek en büyük gerilme değeri hesaplanabilir. Bu değer zemin emniyet gerilmesinden küçük olması gerekmektedir. Aynı zamanda zeminde çekme gerilmesinin ortaya çıkıp çıkmadığı da kontrol edilmelidir.

$$\sigma = \delta \cdot K_0$$

Kontrol (İlgili Yüklemlerde: $G+Q$ $\sigma_{z,em}$ ile kontrol ve $G+Q+E$ $1.50 \sigma_{z,em}$ ile kontrol)

- $\sigma_{max} = \delta_{max} \cdot K_0 \leq \sigma_{z,em}$
- $\sigma_{min} = \delta_{min} \cdot K_0 \geq 0$

Zemin	K_0 [kN/m^3]
Dolgu, organik	5000-10000
Kum	15000-20000
Sert Kil	20000-50000
Kaya	200000-600000

Assign → Area → Area Springs... (V 8.x)



Joint Spring (Düğüm noktaları için yayların tanımlanması)

The screenshot shows the SAP 2000 software interface. On the left, the 'Assign' menu is open, and the 'Springs...' option is selected. On the right, the 'Joint Springs' dialog box is displayed. The dialog box has the following fields and options:

- Spring Direction:** Coordinate System: Local
- Spring Stiffness:**
 - Translation 1: 0.
 - Translation 2: 0.
 - Translation 3: 1200
 - Rotation about 1: 0.
 - Rotation about 2: 0.
 - Rotation about 3: 0.
- Options:**
 - Add to Existing Springs
 - Replace Existing Springs
 - Delete Existing Springs

Buttons: Advanced..., OK, Cancel

Area Spring (Alan nesneleri için yayların tanımlanması)

The screenshot shows the SAP 2000 software interface. On the left, the 'Assign' menu is open, and the 'Area Springs...' option is selected. On the right, the 'Assign Spring' dialog box is displayed. The dialog box has the following fields and options:

- Area Spring:**
 - Face: 5
 - Direction: 3
 - Value: 50000
- Options:**
 - Add to Existing Springs
 - Replace Existing Springs
 - Delete Existing Springs

Buttons: OK, Cancel



EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ

Yapıların depreme dayanıklı olarak boyutlandırılmasında kullanılacak olan ve gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen **Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü V_t** (yapının taban kesme kuvveti) şu şekilde belirlenir:

$$V_t = W \cdot A(T_1) / R_a$$

Burada W toplam yapı ağırlığıdır ve W_i kat ağırlıklarının toplamı ile elde edilir.

$$W = \sum_{i=1}^N W_i$$

Kat ağırlıkları her kattaki sabit yüklere hareketli yüklerin yapı tipine göre değişen belirli bir katsayı (n katsayısı) ile çarpılarak eklenmesi ile elde edilir. Hareketli yükün azaltılma nedeni deprem sırasında bütün katlarda hareketli yüklerin tamamının bulunması olasılığının düşük olmasıdır.

$$W_i = G_i + n \cdot Q_i$$

$A(T_1)$: Birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e karşı gelen spektral ivme katsayısıdır.

$$A(T_1) = A_0 \cdot I \cdot S(T_1)$$

A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısı

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

I: Bina önem katsayısı

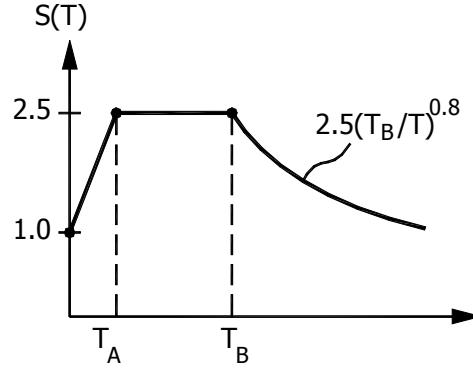
Spektrum Katsayısı: $S(T)$

Yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye (sn) bağlı olarak şu şekilde hesaplanır

$$S(T) = 1 + 1.5 \cdot T / T_A \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$S(T) = 2.50 \quad (T_A \leq T \leq T_B)$$

$$S(T) = 2.5 \cdot (T_B / T)^{0.8} \quad (T > T_B)$$



Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A, T_B)

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (sn)	T_B (sn)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

R_a : Deprem yükü azaltma katsayısı

R_a tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R ve doğal titreşim periyodu T 'ye bağlı olarak şu şekilde belirlenir:

$$R_a = 1.5 + (R - 1.5) \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

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

Toplam eşdeğer deprem yükü bina katlarına etkiyen ek tasarım deprem yüklerinin toplamı olarak şu şekilde belirtilebilir:

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i$$

Binanın N . katına (tepesine) etkiyen ek tasarım deprem yükü ΔF_N

$$\Delta F_N = 0.0075 \cdot N \cdot V_t$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında kalan kısmı N . kat dahil olmak üzere bina katlarına şu şekilde dağıtılır:

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



1. Sistem modeli oluşturulması
2. Sistemde gerekli olan malzeme özellikleri tanımlanması
3. Sistemde gerekli olan kesit özelliklerinin tanımlanması
4. Deprem Yükleme dışındaki yüklemelerin tanımlanması
- 5.A. Yapı ve kat ağırlıklarının belirlenmesi $W = \sum_{i=1}^N W_i$
- 6.A. Davranışa uygun biçimde kütlelerin tanımlanması ve ilgili doğrultularda yapı periyotlarının belirlenmesi
- 7.A. İlgili doğrultulardaki $V_t = W \cdot A(T_1) / R_a$ ve $\Delta F_N = 0.0075 \cdot N \cdot V_t$ yüklerinin belirlenmesi
- 8.A. İlgili doğrultularda katlara etkiyen yüklerin belirlenmesi
$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \cdot \frac{W_i \cdot H_i}{\sum_{j=1}^N W_j \cdot H_j}$$
- 5.B. Kütleli oluşturacak kaynağın belirlenmesi
- 6.B. Davranışa uygun biçimde kütlelerin tanımlanması ve ilgili doğrultularda yapı periyotlarının belirlenmesi
- 7.B.İlgili doğrultulardaki $V_t = W \cdot A(T_1) / R_a$ ve $\Delta F_N = 0.0075 \cdot N \cdot V_t$ yüklerinin belirlenmesi
- 8.B İlgili doğrultulardaki $V_t = C \cdot W$ eşdeğer deprem yüklerinin yapı ağırlığına oranını belirleyen taban kesme kuvveti katsayılarının belirlenmesi
9. Yükleme kombinasyonlarının tanımlanması
10. Çözümün yapılması
11. Kontroller (yerdeğiştirme koşulları, düzensizlikler vb...)
12. Boyutlandırma



MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir. Bu yöntem ile bulunan maksimum yer değiştirme, iç kuvvet değerleri her bir mod etkileri dikkate alınarak ve istatistiksel yöntemlerle birleştirilerek bulunur.

İvme Spektrumu

Herhangi bir r'inci titreşim modunda gözönüne alınacak ivme spektrumu ordinatı

$$S_{pa}(T_r) = A(T_r) g / R_a(T_r)$$

ile belirlenmektedir.

i nolu periyoda ilişkin $A(T_i)$ Spektral İvme Katsayısı

$$A(T_i) = A_0 I S(T_i)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

Bu durumda yukarıda verilen ivme spektrumu düzenlenirse i nolu periyoda ilişkin ivme spektrumu ordinatı

$$S_{pa}(T_i) = A_0 I S(T_i) g / R_a(T_i)$$

olarak elde edilir.

I : Yapı önem katsayısı (Yapının depremde sonra kullanımına ne kadar gereksinim duyulduğu, toplu olarak içinde insan bulunma olasılığı gibi değişkenleri içeren göreceli katsayı) Örneğin Hastane 1.5, okul 1.4, konut 1.0 .

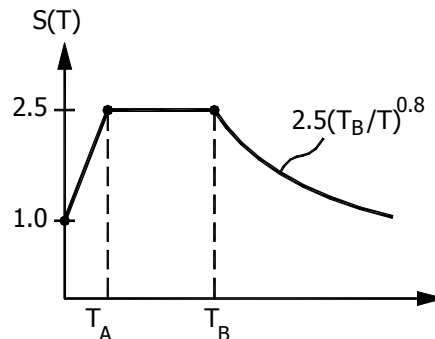
A₀ : Etkin yer ivme katsayısı (Yapının bulunduğu/bulunacağı alanın kaçınıcı derece deprem bölgesinde bulunduğuna bağlı katsayı). Deprem bölgesi haritasından veya deprem yönetmeliğindeki listeden belirlenir.

ETKİN YER İVMESİ KATSAYISI (A₀)

Deprem Bölgesi	A ₀
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

S(T) : Spektrum Katsayısı (yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T'ye bağlı katsayı)

$$\begin{aligned} S(T) &= 1 + 1.5 T / T_A & (0 \leq T \leq T_A) \\ S(T) &= 2.5 & (T_A < T \leq T_B) \\ S(T) &= 2.5 (T_B / T)^{0.8} & (T > T_B) \end{aligned}$$





Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B Yerel Zemin Sınıfları'na bağlı olarak aşağıdaki tabloda verilmektedir.

SPEKTRUM KARAKTERİSTİK PERİYOTLARI (T_A , T_B)

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (s)	T_B (s)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını gözönüne almak üzere, spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'na bölünmektedir.

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı, $R_a(T)$, çeşitli taşıyıcı sistemler için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R' 'ye ve doğal titreşim periyodu, T 'ye bağlı olarak

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) T / T_A \quad (0 \leq T \leq T_A)$$
$$R_a(T) = R \quad (T > T_A)$$

şeklinde belirlenmektedir.

Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, gözönüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının, hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenmektedir. Ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkin kütle, bina toplam kütlelerinin %5'inden büyük olan bütün titreşim modları gözönüne alınmalıdır.

Mod Katkılarının Birleştirilmesi

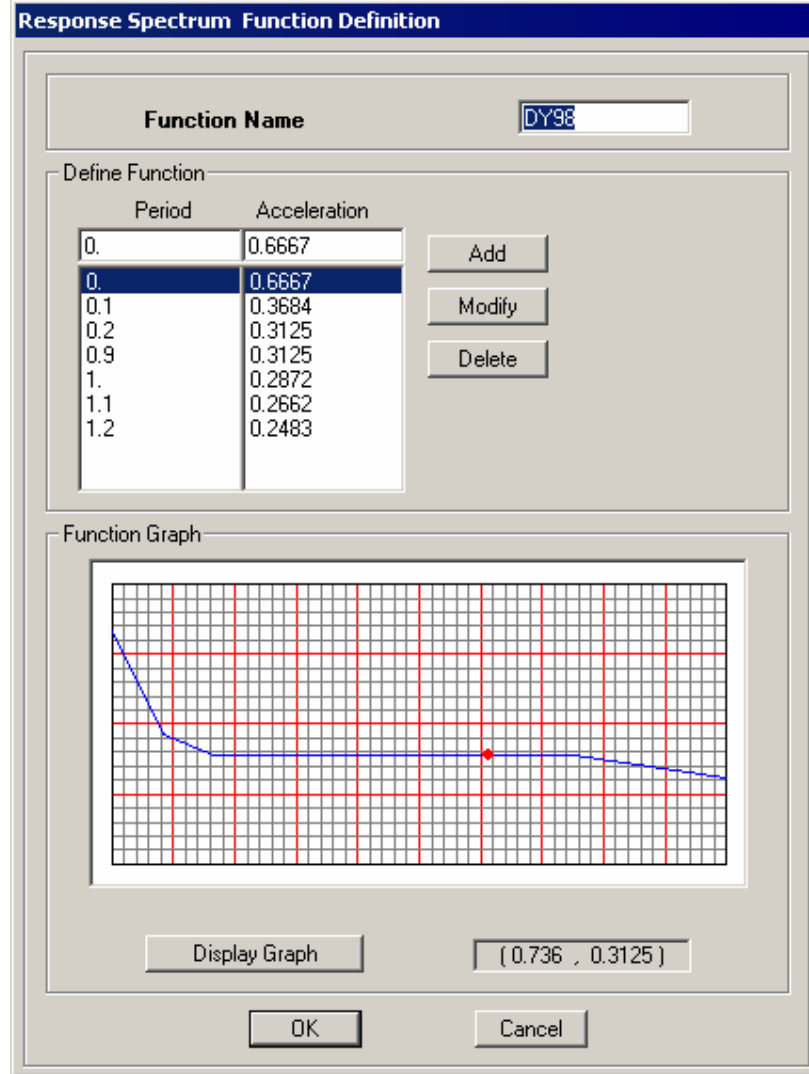
Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yerdeğiştirme ve görelî kat ötelemesi gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar:

- $T_s < T_r$ olmak üzere, gözönüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_s / T_r < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı (SRSS) uygulanabilir.
- Yukarıda belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanacaktır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayılarının hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınmalıdır.



SAP2000 programı kullanılarak modların süperpozisyonu ile çözümde izlenecek adımlar:

1. Sistem modeli oluşturulur
2. Hesap modelinde, davranışa uygun biçimde kütleler tanımlanır.
3. Menüde Define →Response Spectrum Functions... Add New Function ile $S(T_i)$ / $R_a(T_i)$ fonksiyonu yeter sayıda nokta gözönüne alınarak tanımlanır





The dialog box titled "Define Response Spectrum Functions" contains a list of "Response Spectra" on the left, including DY98, UBC94S1, UBC94S2, UBC94S3, and UNIT. On the right, there is a "Choose Function Type to Add" dropdown menu set to "UBC97 Spectrum". Below this are buttons for "Add New Function...", "Modify/Show Spectrum...", and "Delete Spectrum". At the bottom are "OK" and "Cancel" buttons.

4. Menüde Define →Response Spectrum Cases... mod birleştirmede kullanılacak yüklemeler tanımlanır Yapı için A_0 I g çarpanı hesaplanır (Örnek: $0.4 \times 1.5 \times 9.81 = 5.886$). Tam Karesel Birleştirme (CQC) seçeneği seçilir ve sönüm (Damping) değeri 0.05 olarak tanımlanır.

The dialog box titled "Analysis Case Data - Response Spectrum" contains several sections:

- Analysis Case Name:** SPECX, with a "Set Def Name" button.
- Analysis Case Type:** Response Spectrum.
- Modal Combination:** CQC (selected), SRSS, ABS, GMC, 10 Pct, Dbl Sum. GMC f1 and GMC f2 input fields.
- Directional Combination:** SRSS (selected), ABS. ABS Scale Factor input field.
- Modal Analysis Case:** Use Modes from this Modal Analysis Case: EIGENMODES.
- Loads Applied:** A table with columns: Load Type, Load Name, Function, Scale Factor.

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	DY98	5.886
Accel	U1	DY98	5.886

Buttons: Add, Modify, Delete.
- Other Parameters:** Modal Damping: Constant at 0.05. "Show Advanced Load Parameters" checkbox is unchecked. "Modify/Show..." button.

At the bottom right are "OK" and "Cancel" buttons.



The Analysis Cases dialog box shows a list of cases with the following data:

Case Name	Case Type
G	Linear Static
Q	Linear Static
EX	Linear Static
EY	Linear Static
MX	Linear Static
MY	Linear Static
EIGENMODES	Modal
SPECX	Response Spectrum
SPECY	Response Spectrum
DUZCEX	Linear Modal History

Buttons: Add New Case..., Add Copy of Case..., Modify/Show Case..., Delete Case, OK, Cancel

5. Aynı işlem gerekli diğer doğrultular için tekrarlanır.
6. Analysis Cases seçeneğinde Modal analiz türü tanımlanır. Hesapta gözönüne alınacak mod sayısı belirlenir. Hesaba katılacak yeterli titreşim modu sayısı, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalar için (3xkat adedi) olarak belirlenebilir.

The Analysis Case Data - Modal dialog box contains the following settings:

- Analysis Case Name: EIGENMODES (Set Def Name button)
- Analysis Case Type: Modal
- Stiffness to Use: Zero Initial Conditions - Unstressed State, Stiffness at End of Nonlinear Case (dropdown menu)
- Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case
- Type of Modes: Eigen Vectors, Ritz Vectors
- Number of Modes: Maximum Number of Modes: 12, Minimum Number of Modes: 1
- Loads Applied: Show Advanced Load Parameters
- Other Parameters: Frequency Shift (Center): 0., Cutoff Frequency (Radius): 0., Convergence Tolerance: 1.000E-05

Buttons: OK, Cancel



ZAMAN TANIM ALANINDA HESAP (Time History Analysis)

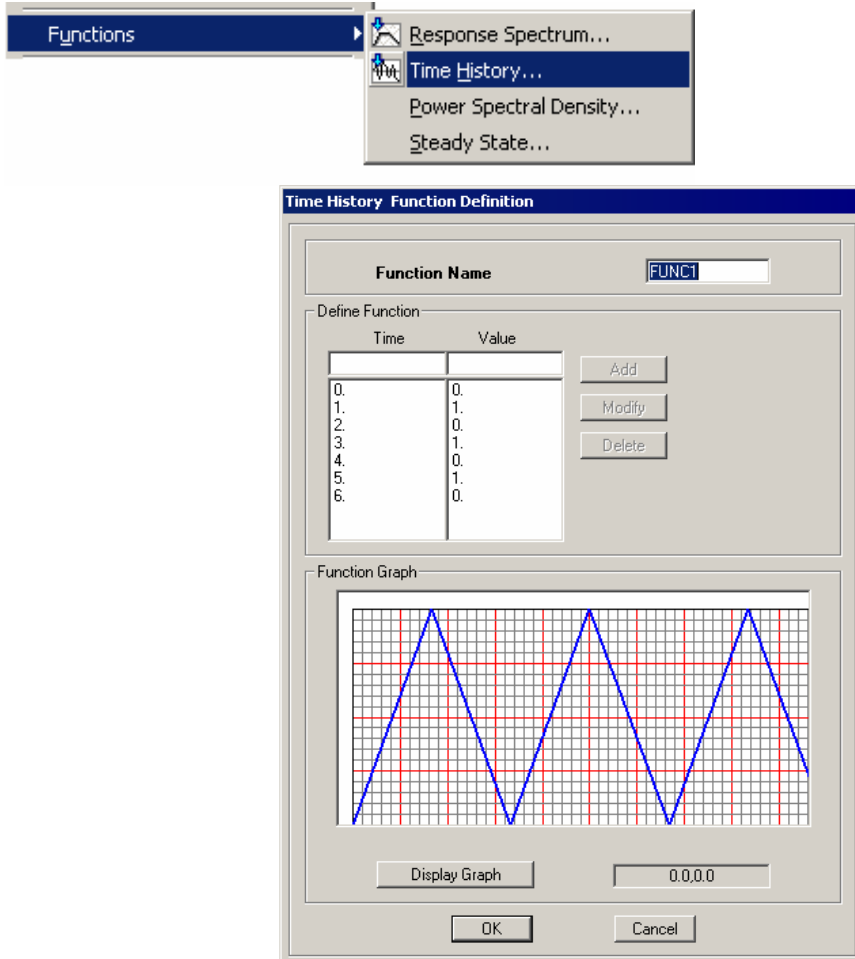
Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabında,

- En az üç kaydedilmiş kayıt kullanılmalıdır
- Kullanılan ivmelerin zarfları ± 0.05 g den az olmamalıdır.
- Gözönüne alınacak süre yapının birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmamalıdır.
- Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerleri, bütün periyotlar için,

$$A(T) = A_0 I S(T)$$

ile tanımlanan $A(T)$ spektral ivme katsayısı değerlerinin g ile çarpımının %90'ından az olmamalıdır.

Define→Functions→Time History: Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş ivme kaydının tanımlanması
İstenirse ivme kayıtlarını içeren hazır bir dosya kullanılabilir, istenirse kullanıcı zaman-ivme değerlerini kendi oluşturabilir.



Kullanıcının ivme-zaman değerlerini oluşturması



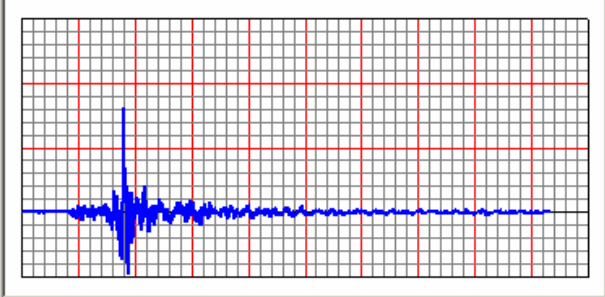
Time History Function Definition

Function Name:

Function File:
File Name:
Header Lines to Skip:
Prefix Characters per Line to Skip:
Number of Points per Line:

Values are:
 Time and Function Values
 Values at Equal Intervals of

Format Type:
 Free Format
 Fixed Format
Characters per Item:

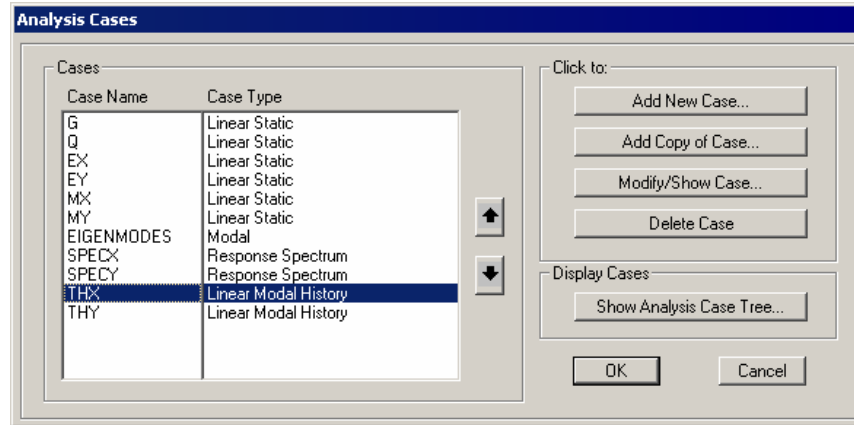
Function Graph:


Hazır Dosyadan Değer Girişi

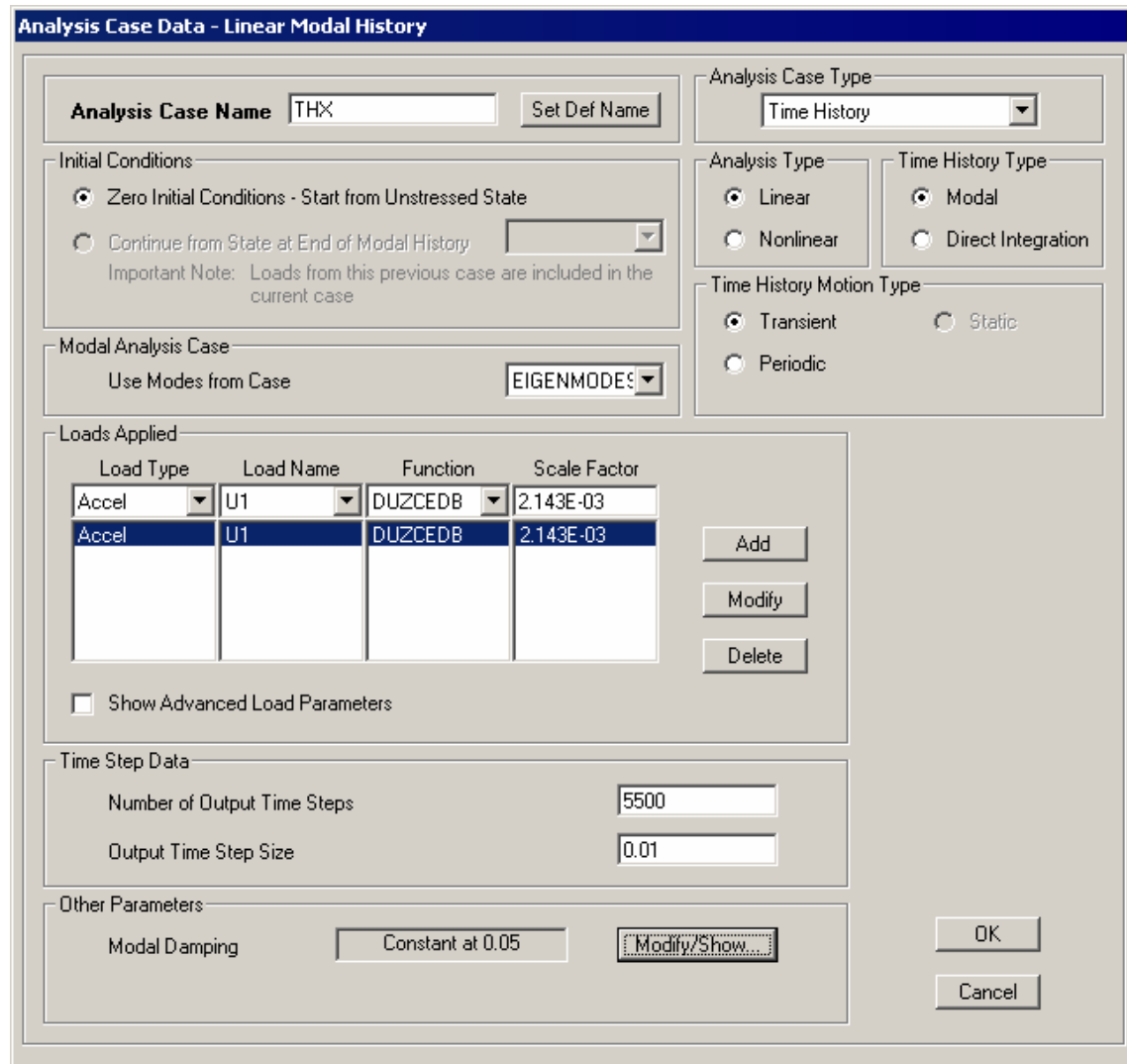
Lister - [E:\kutlu\imosap2000\20052006\ileri\timehistory\DUZCEDB.TXT] 0%

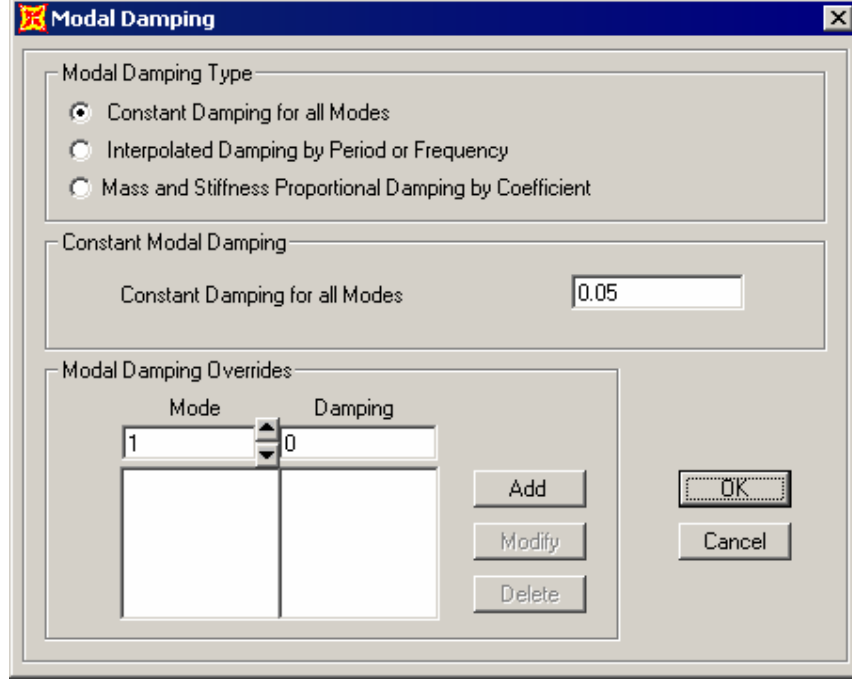
File	Edit	Options	Help
0	-0.014		
0.01	0.026		
0.02	-0.026		
0.03	-0.001		
0.04	0.027		
0.05	0		
0.06	0.013		
0.07	-0.005		
0.08	-0.007		
0.09	-0.017		
0.1	-0.012		
0.11	0.055		
0.12	-0.041		
0.13	-0.015		
0.14	-0.006		
0.15	0.007		
0.16	0.027		
0.17	0.004		
0.18	-0.013		
0.19	0.001		

Örnek Dosya Yapısı



Define→Time History Cases →Add New History:



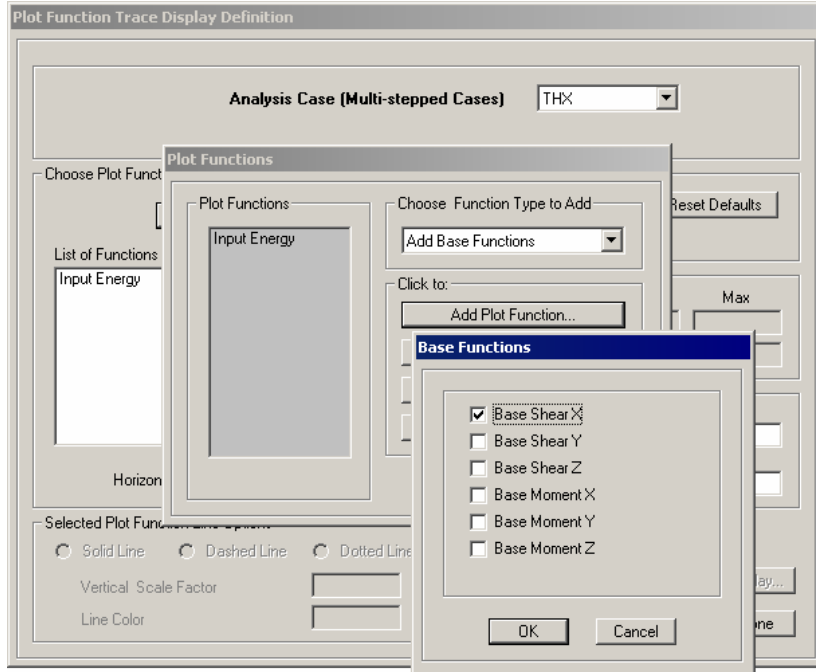


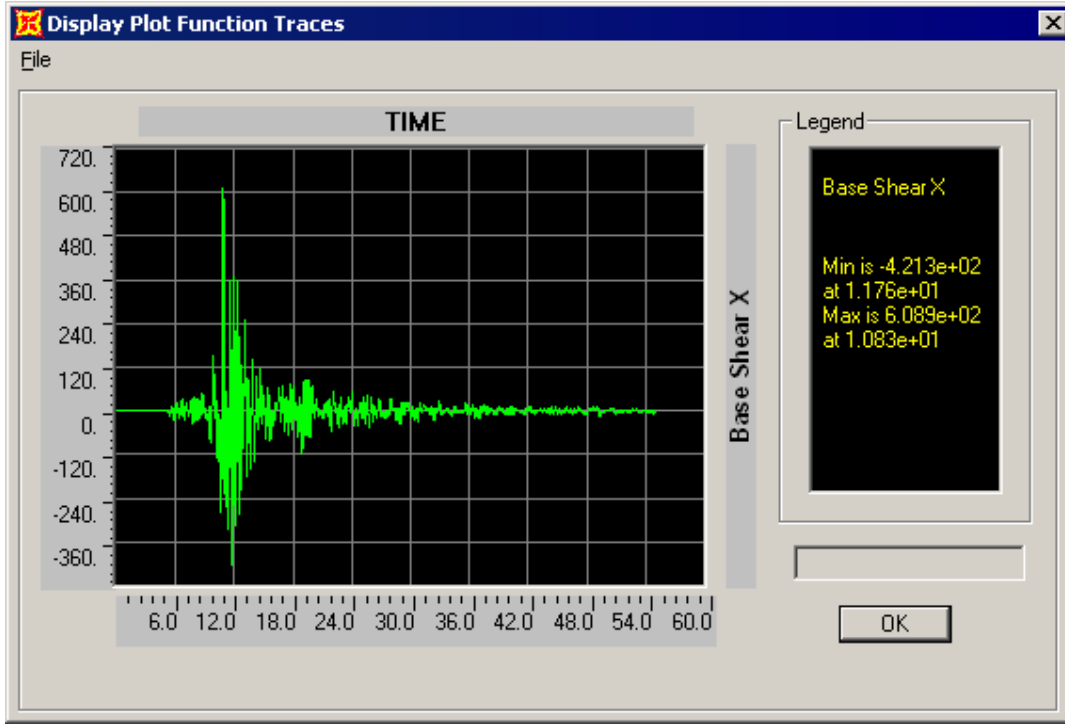
Tüm modlar için sönüm oranının %5 değerine eşitlenmesi

Display→Show Plot Functions→Define Plot Functions

Zaman Tanım Alanında çözüm sonucu oluşan taban kesme kuvvetinin belirlenmesi

Add Base Functions-Base Shear X





X Doğrultusunda Taban kesme kuvvetinin zaman ile değişimi

Element Forces - Frames

File View Options Format

Units: As Noted

Element Forces - Frames

Frame Text	Station m	Output Case Text	Case Type Text	Step Type Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
10	5	THY	LinModHist	Max	0	93.295	4.025E-16	9.1735	2.217E-15	185.4329
10	0	THY	LinModHist	Min	0	-93.359	-3.177E-16	-9.1665	-1.658E-15	-281.3644
10	5	THY	LinModHist	Min	0	-93.359	-3.177E-16	-9.1665	-2.246E-15	-185.317
11	0	THX	LinModHist	Max	65.015	10.9	44.423	36.9395	48.4268	2.767
11	2.5	THX	LinModHist	Max	65.015	10.9	44.423	36.9395	45.9318	23.7975
11	0	THX	LinModHist	Min	-29.825	-8.539	-32.633	-46.975	-35.6943	-3.5393
11	2.5	THX	LinModHist	Min	-29.825	-8.539	-32.633	-46.975	-62.6296	-30.7848
11	0	THY	LinModHist	Max	45.585	108.247	226.569	485.2049	286.8464	5.2746
11	2.5	THY	LinModHist	Max	45.585	108.247	226.569	485.2049	280.535	269.535
11	0	THY	LinModHist	Min	-45.555	-108.315	-227.336	-484.8896	-287.8047	-5.2784
11	2.5	THY	LinModHist	Min	-45.555	-108.315	-227.336	-484.8896	-279.5767	-269.3719
12	0	THX	LinModHist	Max	29.825	8.068	13.46	42.3906	15.2474	19.3635
12	2.5	THX	LinModHist	Max	29.825	8.068	13.46	42.3906	21.896	2.541
12	0	THX	LinModHist	Min	-65.015	-8.704	-13.248	-35.2164	-14.8738	-19.4257
12	2.5	THX	LinModHist	Min	-65.015	-8.704	-13.248	-35.2164	-19.055	-1.9878

Record: 1 of 288

Done



SAP2000 ile statik itme analizinde izlenebilecek adımlar:

1. Yapı sisteminin hesap modeli oluşturulur.
2. Malzeme özellikleri tanımlanır.
3. Betonarme eleman kesitleri tanımlanırken mevcut donatı adetleri/alanları tanımlanır.
4. Elemanlar üzerinde olası plastikleşme bölgelerinde mafsalsal özellikleri ataması yapılır. Örnek: Kolonlar için PMM, kirişler için M3.

Frame Hinge Property Data for 11H2 - M3

Edit

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-0.035
D-	-0.2	-0.02
C-	-1.1	-0.02
B-	-1.	0.
A	0.	0.
B	1.	0.
C	1.1	0.02
D	0.2	0.02
E	0.2	0.035

Hinge is Rigid Plastic
 Symmetric

Scaling for Moment and Rotation

Use Yield Moment Moment SF Positive: 90.2037 Negative: 111.5562
 Use Yield Rotation Rotation SF Positive: 1. Negative: 1.

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

Immediate Occupancy Positive: 5.000E-03 Negative: -5.000E-03
 Life Safety Positive: 0.01 Negative: -0.01
 Collapse Prevention Positive: 0.02 Negative: -0.02

Show Acceptance Criteria on Plot

Type

Moment - Rotation
 Moment - Curvature
Hinge Length:
 Relative Length

OK
Cancel

Moment Rotation Data for 3H2

Edit

Select Curve
Axial Force: 0 Angle: 0 Curve #1: Units: KN, m, C

Moment Rotation Data for Selected Curve

Point	Moment/Yield Mom	Rotation/SF
A	0.	0.
B	1.	0.
C	1.1	0.015
D	0.2	0.015
E	0.2	0.025

Note: Yield moment is defined by interaction surface

Copy Curve Data Paste Curve Data

Acceptance Criteria (Plastic Deformation / SF)

Immediate Occupancy 2.500E-03
 Life Safety 7.500E-03
 Collapse Prevention 0.015

Show Acceptance Points on 2D Curve

3D View
Plan: 315 Elevation: 35 Aperture: 0
3D RR MR3 MR2

3-D Surface
Axial Force = 0
Hide Backbone Lines
Show Acceptance Criteria
Show Thickened Lines
Highlight Current Curve

Moment Rotation Information
Symmetry Condition: Circular
Number of Axial Force Values: 1
Number of Angles: 1
Total Number of Curves: 1

Angle Is Moment About
0 degrees = About Positive M2 Axis
90 degrees = About Positive M3 Axis
180 degrees = About Negative M2 Axis
270 degrees = About Negative M3 Axis

OK
Cancel



İMO İzmir Şubesi / SAP 2000 Kursu

5. G ve Q yükleri sisteme etkililir.
6. Yatay yükün dağılımına uygun biçimde deprem yükleri tanımlanır.
7. Yük kontrollü olarak G+Q yüklemesini içeren statik itme analizi tanımlanır.

Analysis Case Data - Nonlinear Static

Analysis Case Name: PUSH1 Set Def Name

Analysis Case Type: Static

Initial Conditions:
 Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
 Continue from State at End of Nonlinear Case: [dropdown]

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Analysis Case:
All Modal Loads Applied Use Modes from Case: modal

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load	G	1.
Load	G	1.
Load	Q	1.

Buttons: Add, Modify, Delete

Other Parameters:
Load Application: Full Load Modify/Show...
Results Saved: Multiple States Modify/Show...
Nonlinear Parameters: User Defined Modify/Show...

Buttons: OK, Cancel

8. Yerdeğiştirme kontrollü olarak ilk statik itme analizinin bitiminden başlayan yatay statik itme analizi tanımlanır.

Analysis Case Data - Nonlinear Static

Analysis Case Name: PUSHX Set Def Name

Analysis Case Type: Static

Initial Conditions:
 Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
 Continue from State at End of Nonlinear Case: PUSH1

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Analysis Case:
All Modal Loads Applied Use Modes from Case: modal

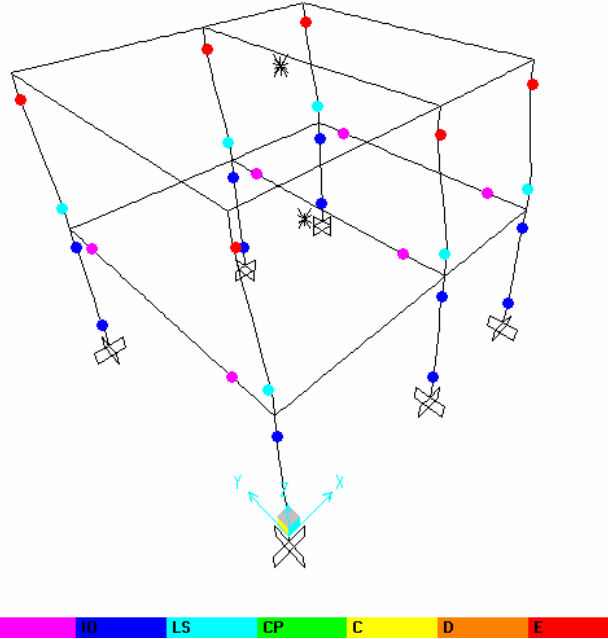
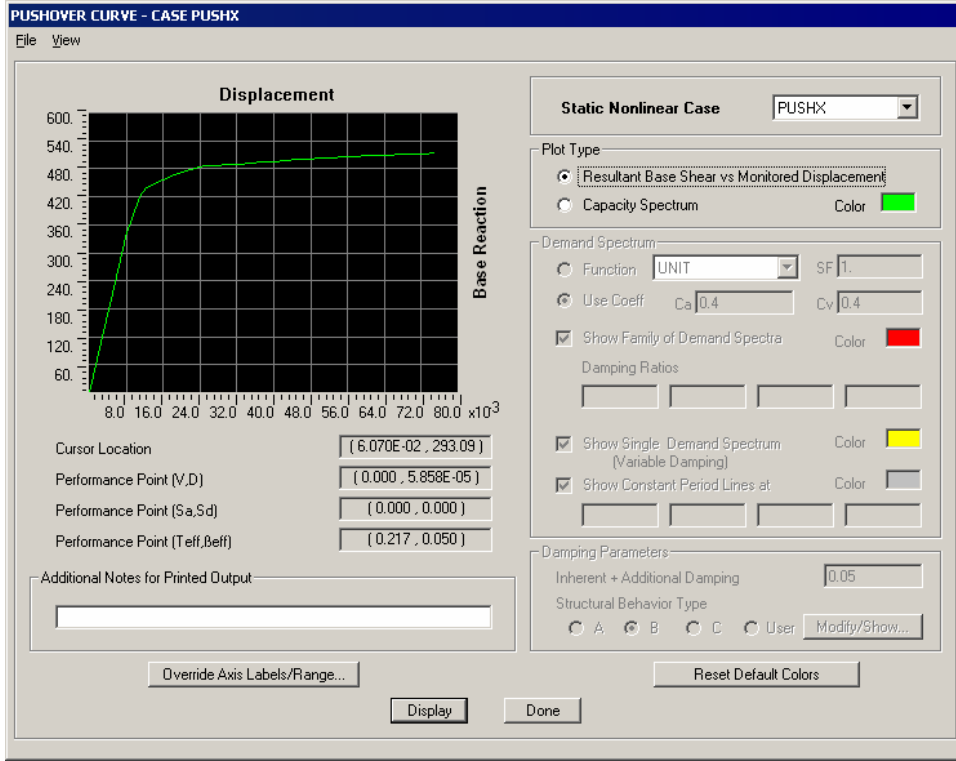
Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load	EX	1.
Load	EX	1.

Buttons: Add, Modify, Delete

Other Parameters:
Load Application: Displ Control Modify/Show...
Results Saved: Multiple States Modify/Show...
Nonlinear Parameters: User Defined Modify/Show...

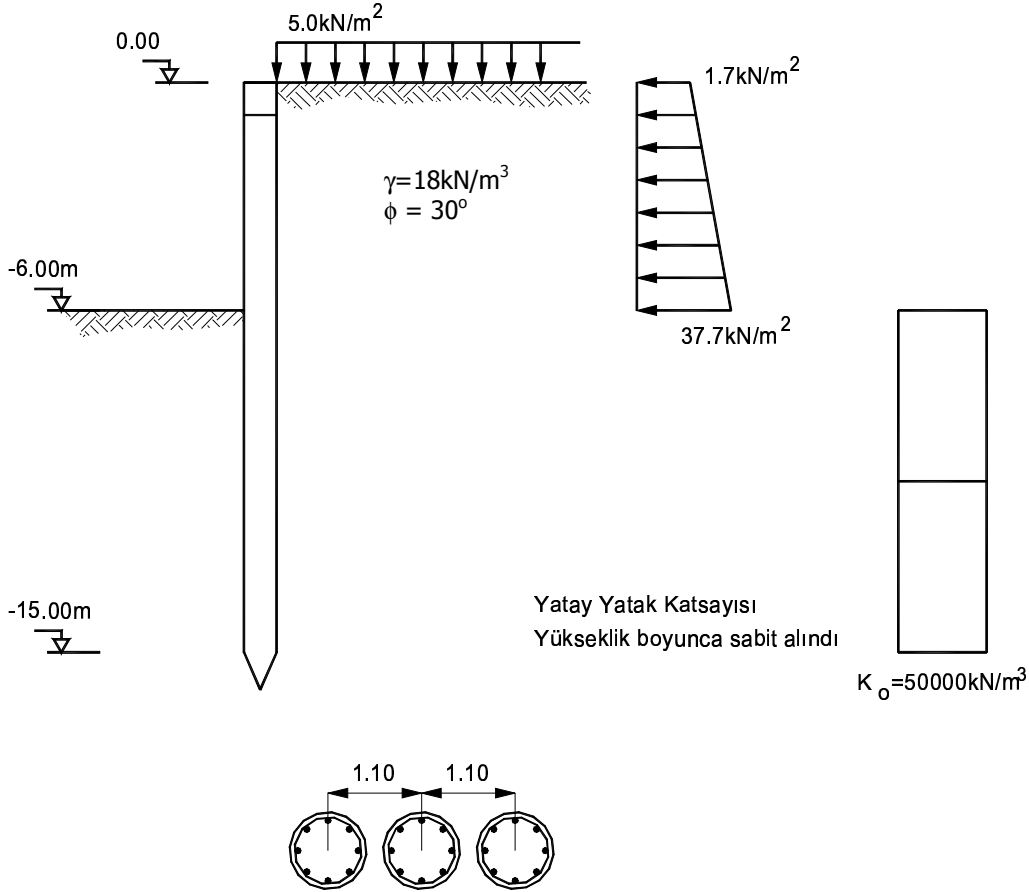
Buttons: OK, Cancel





KAZIKLARDAN OLUŞAN İSTİNAT PERDELERİ

Şekildeki kazıklardan oluşan istinat perdesinin verilen yükler altında hesabı.



Kazık çapı (D): 1.0m seçilmiştir.

Malzeme : C20/S220

$$EI = E \frac{\pi \cdot D^4}{64} = 28000000 \frac{\pi \cdot 1^4}{64} = 1374447 \text{ kNm}^2$$

Kazıkların eksenleri arası uzaklık 1.10m.

-6.00m seviyesindeki iç kuvvetlerin belirlenmesi:

$$K_a = \frac{\cos^2 \phi}{(1 + \sin \phi)^2} = 0.333$$

$$q_1 = 5.0 \cdot 0.333 = 1.7 \text{ kN/m}^2 \quad q_2 = q_1 + 6.0 \cdot 18 \cdot 0.333 = 37.7 \text{ kN/m}^2$$

$$V = \frac{(1.7 + 37.7) \cdot 6}{2} = 118.2 \text{ kN/m}$$

$$M = 1.7 \cdot 6 \cdot \frac{6}{2} + (37.7 - 1.7) \cdot \frac{6}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot 6 = 30.6 + 216 = 246.6 \text{ kNm/m}$$

$$P_o = 118.2 \cdot 1.10 = 130.0 \text{ kN/kazık} \quad M_o = 246.6 \cdot 1.10 = 271.3 \text{ kNm/kazık}$$

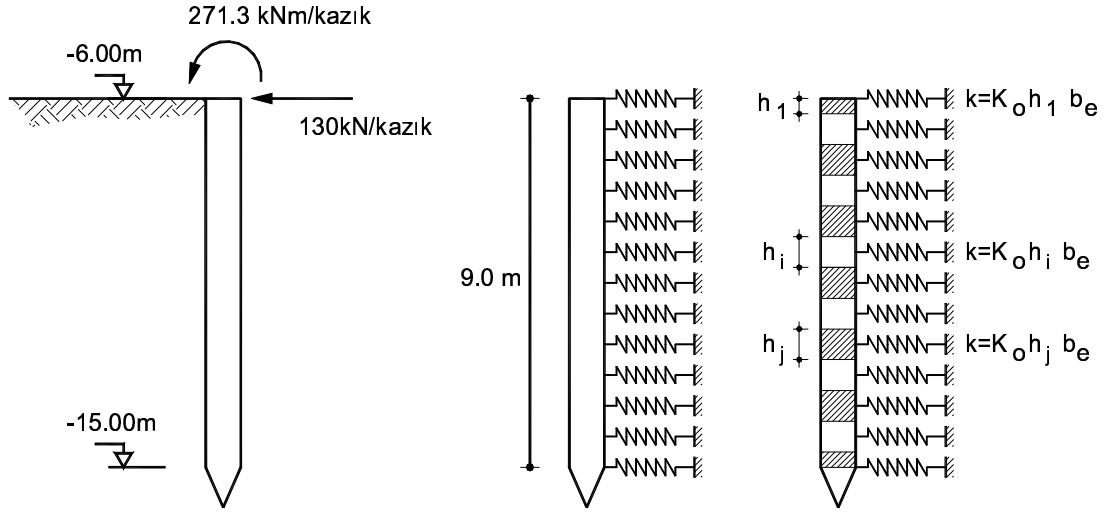
Yatak katsayısının sabit değiştiği durumda

$$\ell_o = \sqrt[4]{\frac{4EI}{K_o b}} = \sqrt[4]{\frac{4EI}{K_o D}} = \left[\frac{4 \cdot 1374447}{50000 \cdot 1} \right]^{0.25} \cong 3.25 \text{ m}$$



$$V(z) = P_o a_{vp}(z) + M_o a_{vm}(z) / l_o$$

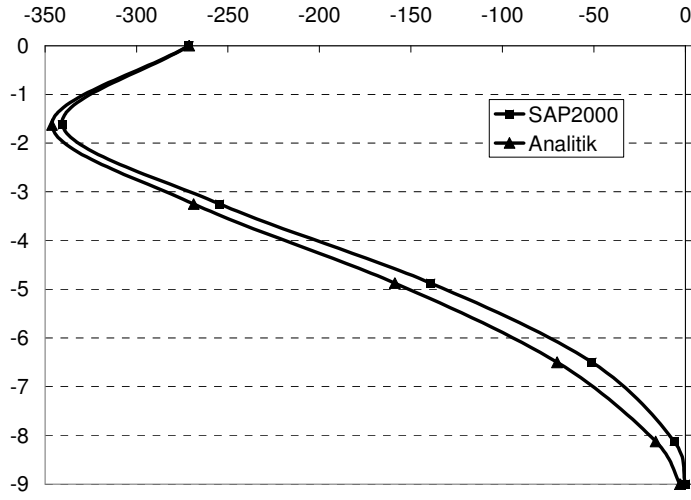
$$M(z) = P_o l_o a_{mp}(z) + M_o a_{mm}(z)$$



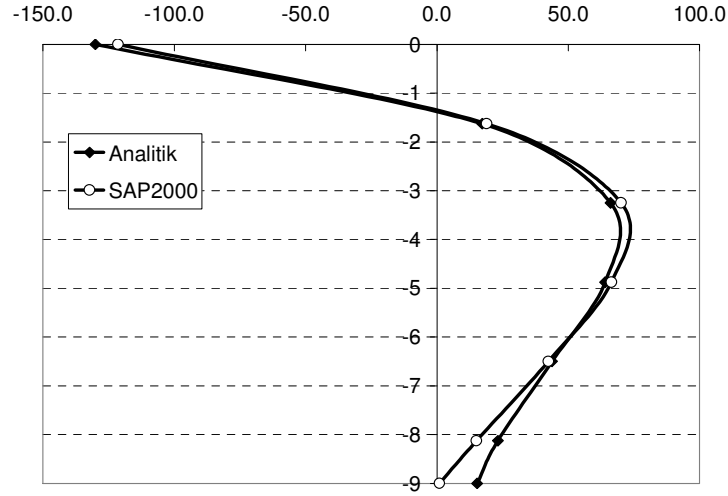
Hesap modelinin oluşturulması

x/l_o	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5
a_{mp}	0	-0.2908	-0.3096	-0.2226	-0.1231	-0.0491	-0.007	0.0106
a_{vp}	-1	-0.2415	0.1108	0.2068	0.1794	0.1149	0.0563	0.0177
a_{mm}	-1	-0.8231	-0.5083	-0.2384	-0.0667	0.0166	0.0423	0.0389
a_{vm}	0	0.5816	0.6191	0.4451	0.2461	0.0983	0.0141	-0.0212

x	0	1.625	3.25	4.875	6.5	8.125	9
kot	-6	-7.625	-9.25	-10.875	-12.5	-14.125	-15.0
$P_o l_o a_{mp}$	0.0	-122.9	-130.8	-94.0	-52.0	-20.7	-11.2
$M_o a_{mm}$	-271.3	-223.3	-137.9	-64.7	-18.1	4.5	8.3
ΣM	-271.3	-346.2	-268.7	-158.7	-70.1	-16.2	-2.9
M (SAP2000)	-271.3	-340.52	-254.5	-139.23	-51.03	-6.09	0
$P_o a_{vp}$	-130.0	-31.4	14.4	26.9	23.3	14.9	10.8
$M_o a_{vm} / l_o$	0.0	48.6	51.7	37.2	20.5	8.2	4.4
ΣV	-130.0	17.2	66.1	64.0	43.9	23.1	15.3
V (SAP2000)	-121.41	18.91	70.08	66.43	42.46	15.07	0.98



Yükseklik boyunca moment değişimi

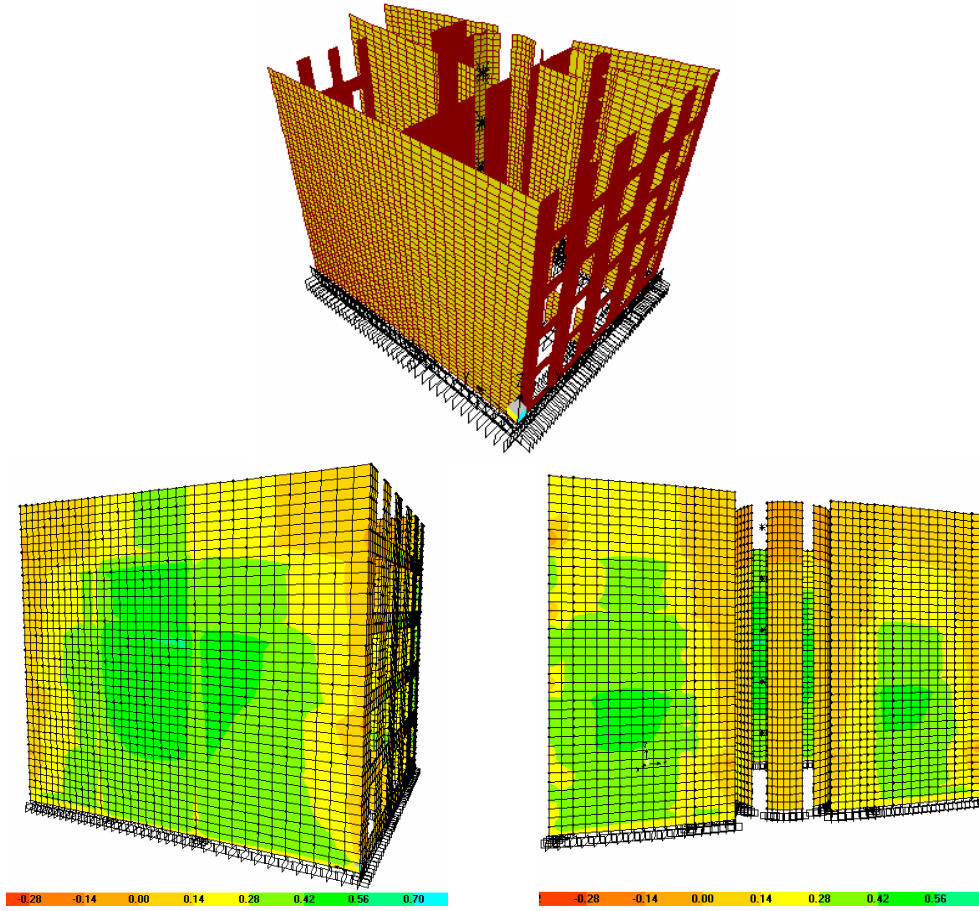


Yükseklik boyunca kesme kuvveti değişimi

Kaynak: Z. Celep, N. Kumbasar, Betonarme Yapılar İstanbul,1998.



YIĞMA YAPILARIN HESABI



$$\tau_{x,max} < \tau_u$$

$$\tau_{y,max} < \tau_u$$

*Yaklaşık olarak τ_u

Kerpiç veya briket blok duvarlar

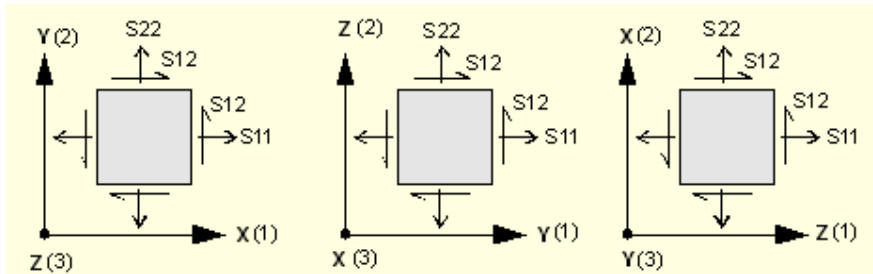
50kN/m²

Tuğla veya taş duvarlar

150kN/m²

Beton bodrum duvarlar

750kN/m²





Display-Show Element Force Stresses-Shells

Element Force/Stress Contours for Shells

Load: LOAD1 Load Case

Forces Stresses

Component

S11 S13
 S22 S23
 S12 SMAXV
 SMAX
 SMIN
 SVM

Contour Range

Min: 0. Max: 0.

Stress Averaging

None
 at All Joints
 at Selected Joints

Display on Deformed Shape

$\tau \rightarrow$ S12 (Stresses)

Kaynak:

*Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Z. Celep, N. Kumbasar, İstanbul,20004.



SAP2000'de Section Cut özelliği ile iç kuvvetlerin elde edilmesi:

SAP2000 v8 de gruplama işlemi v7'deki ile aynı biçimde yapılmakla birlikte v7'deki Joint Group Sum seçeneği yerine **Section Cut** özelliği getirilmiştir. Gruplama yaparken (**Assign Group**) karşınıza gelen pencerede grubun ne amaçla kullanılacağına ilişkin seçenekler bulunmaktadır. Bunlardan **Section Cut Definition** seçeneği seçili duruma getirilmelidir. Grubu tanımladıktan sonra **Define** menüsünden **Section Cuts** seçeneği tıklanıp, **Add section cut** ile yeni tanımlama oluşturulur. Ekranaya gelen ileti kutusunun **Group** bölümünden tanımlanan grup seçilir ve 2 kez OK düğmesine basılır.

Sistemin çözümlenmesi tamamlandıktan sonra **Display** menüsünden **Show Analysis Result tables** seçeneğine tıklanır ve ekrana gelen ileti kutusunun **structure output** bölümünde **section cut forces** kutucuğunu seçili duruma getirilir. Pencerenin sağındaki **Modify Selection** düğmesine basılır ve ekrana gelen ileti kutusunda **Section Cut Forces** kutucuğunu seçili duruma getirilir. **Modify selected Option...** düğmesine basılarak iç kuvvetlerinin belirlenmesi istenen **Section Cut** adları seçilir. 3 kez OK düğmesine tıklayarak, aranan iç kuvvetler tablo olarak görülebilir.

YARDIMCI BİLGİLER:

Beton Sınıfı	E_c [N/mm ²] (28 Günlük)	f_{ck} [N/mm ²]	f_{cd} [N/mm ²] ($\gamma_c=1.5$ için)	f_{ctk} [N/mm ²]
BS14 (C14)	26000	14	9.3	1.3
BS16 (C16)	27000	16	10.7	1.4
BS18 (C18)	27500	18	12.0	1.5
BS20 (C20)	28000	20	13.3	1.6
BS25 (C25)	30000	25	16.7	1.8
BS30 (C30)	32000	30	20.0	1.9
BS35 (C35)	33000	35	23.3	2.1
BS40 (C40)	34000	40	26.7	2.2
BS45 (C45)	36000	45	30.0	2.3
BS50 (C50)	37000	50	33.3	2.5

f_{ck} : Karakteristik silindir basınç dayanımı

f_{cd} : Beton tasarım basınç dayanımı (f_{ck}/γ_c)

f_{ctk} : Beton karakteristik eksenel çekme dayanımı

$$E_{cj} = 3250\sqrt{f_{ckj}} + 14000 \quad (\text{Birimler N/mm}^2)$$

$$f_{ctk} = 0.35\sqrt{f_{ck}} \quad (\text{Birimler N/mm}^2)$$

Donatı Çeliği Elastisite Modülü

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

Isıl genişleme katsayıları

$$\text{Beton } \alpha = 1.0 \times 10^{-5} \text{ } 1/^\circ\text{C}$$

$$\text{Çelik } \alpha = 1.2 \times 10^{-5} \text{ } 1/^\circ\text{C}$$

Betonarme

$$\text{Birim hacim ağırlığı} : 25 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Birim hacim kütlesi} : 25/9.81 = 2.55 \text{ kN-s}^2/\text{m}^4$$



İMO İzmir Şubesi / SAP 2000 Kursu
Poisson oranı $\nu \cong 1/6-1/5$

Betonarme Yapılar
Sönüm oranı $\cong 0.05$

Yerçekimi ivmesi $g=9.81 \text{ m/s}^2$

Birim Dönüşümleri

$1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa}$

$1000 \text{ kN/m}^2 = 1 \text{ N/mm}^2$

$1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kg}$

$1 \text{ kN} \cong 0.1 \text{ t}$