

## YAPISAL TASARIM AŞAMASI

- Ön boyut Aşaması

Yapısal sistemin düşey ve yatay elemanlarına TS500 (betonarme yönetmeliği) ve TDY 2007 (deprem yönetmeliği) tasarım yönetmeliklerine uygun şekilde ön boyut verilir; döşeme kalınlığı, kiriş boyutları (TDY 2007- Böl. 3.4.1) ve kolon-perde boyutları belirlenir (TDY 2007-Böl. 3.3.1.2 ve 3.6.1).

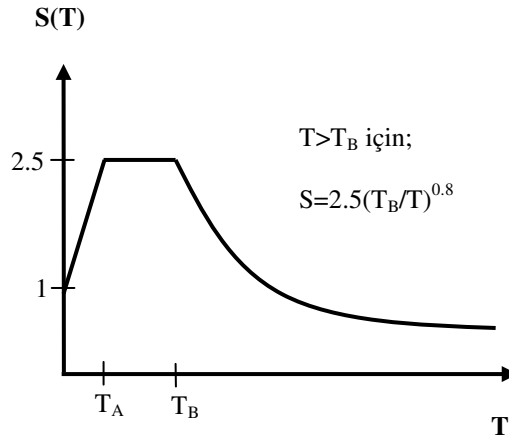
- Yüklerin belirlenmesi

### *Düşey yükler*

Tasarım aşamasında, yapı elemanlarının maruz kalacağı sabit ve hareketli yükler TS498 yük yönetmeliği dikkate alınarak belirlenir.

### *Yatay yükler*

Dinamik hesapta kullanılmak üzere, elastik deprem yüküne maruz yapının spektral tepkileri TDY 2007-Böl. 2.4 esasları dikkate alınarak belirlenecektir; tasarım ivme spektrumu (Şekil 1).



Şekil 1. Tasarım İvme Spektrumu

## Dinamik Hesap

Yer hareketleri yapıyı tabanında etkileyen, yapıda atalet kuvvetlerinin doğmasına neden olan ani ve ivmeli titreşim hareketleridir. Deprem etkileri, ağırlık yüklerinden ileri gelen zorlanmalara oranla önemli mertebelere ulaşabilen oldukça karmaşık yapıda etkilerdir. Ülkemizde, yapının belirli bir yer hareketinde modal mukabelelerinin bulunarak bunların

belirli bir şekilde süperpoze edilmesi yoluyla yapılan hesapların hepsine **Dinamik hesap** denilmektedir. Modal mukabelelerin eş zamanlı toplanması suretiyle yapılan hesap **Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi**, modal mukabelelerin maksimumlarının (spektral değerlerinin) belirli bir yöntemle birleştirilmesi suretiyle yapılan hesap ise **Mod Birleştirme Yöntemi (Spektral Hesap)** adını alır. Bu durumda deprem spektrumları devreye girer. Deprem spektrumları, deprem etkisine maruz BSD (tek serbestlik dereceli) sistemin davranışının (hız, ivme, yer değiştirme) serbest titreşim periyoduna bağlı olarak gösterildiği eğrilerdir (Şekil 1).

TDY 2007 de tasarım aşamasında deprem etkilerinin doğrusal elastik hesabı için üç yöntem önerilmektedir; Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (yarı dinamik hesap-tek modlu çözüm), Mod Birleştirme Yöntemi (çok modlu çözüm) ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi. Tasarımcı, yapıda mevcut olan düzensizliklere bağlı olarak uygun çözüm yöntemini belirleyecektir.

SAP serisi programlar ile taşıyıcı sistem doğal titreşim özellikleri (frekans, peryot, açısız frekans, mod vektörleri, modal katılım oranları) hesaplanabileceği gibi, spektral hesap (modal maksimumların birleştirilmesi ile hesap), zaman tanım alanında hesap yöntemi ile (time history analysis), kararlı harmonik yük altında hesap yaptırılabilir. Özel değerlerin hesabında eigen analiz veya Ritz analizi yaptırma imkanı vardır. Bunun için, dikkate alınması istenen mod sayısının tanımlanması gerekir.

Herhangi bir yöntemle deprem etkisinde kalan bir sistemi çözmek ve elastik kuvvetleri bulabilmek için öncelikle hareket denklemini ifade etmek gerekir,

BSD sistem için hareket denklemi;  $\ddot{y} + \omega^2 y = -\ddot{x}_g$  (sönümsüz)

ÇSD (çok serbestlik dereceli) sistem için ise tüm büyüklükler matris formda olacaktır,

$$[m]\{\ddot{y}\} + [k]\{y\} = -[m]\{I\}\ddot{x}_g$$

Yukarıdaki ifade genelleştirilmiş koordinatlarda ifade edilerek düzenlenecek olursa bu defa hareket denklemi,

$$M_j \{\ddot{Y}_j\} + K_j \{Y_j\} = -\{\phi_j\}^T [m][I] \ddot{x}_g$$

olacaktır. Burada  $M_j = \{\phi_j\}^T [m][\phi_j]$  genelleştirilmiş kütle,  $K_j = \{\phi_j\}^T [k][\phi_j]$  genelleştirilmiş yay matrislerini ifade etmektedir.

$q_j = -\{\phi_j\}^T [m][I] \ddot{x}_g / M_j$  -katılım çarpanı şeklinde düşünülürse hareket denklemi;

$$\{\ddot{Y}_j\} + \omega^2 \{Y_j\} = -q_j \ddot{x}_g$$

şeklini alır. Görülüyor ki her iki denklem  $q_j$  katılım çarpanı farkıyla özdeştir. Eğer yapının özel değerleri, katılım çarpanları ve BSD sistemin hareket denkleminin çözümü biliniyorsa ÇSD sistemin hareket denklemi her bir mod için BSD sistem gibi çözümlenerek elastik kuvvetler hesaplanabilecektir. Ancak BSD sistemin çözümü bile oldukça zor olduğundan spektral hesap yöntemi tercih edilir. Bu durumda her bir mod için elde edilen spektral tepkiler bir şekilde birleştirilmelidir. Ancak bu değerler eş zamanlı olmadığı için birleştirme bazı özel teknikler kullanılır; RMS (root-mean-square-karelerin toplamının karekökü) ve CQC (complete quadratic combination-tam karesel birleştirme). RMS yöntemi, modal mukabelelerin yakın frekanslı olması halinde hatalı sonuç verir; CQC bu hatayı telafi etmek için geliştirilmiş bir yöntemdir. Spektral analizde sönüm oranının sıfır alınması hali RMS ile üst üste düşer; yani CQC yi kontrol eden sönüm oranıdır. Standart hesaplarda sönüm oranı 0.05 alınır.

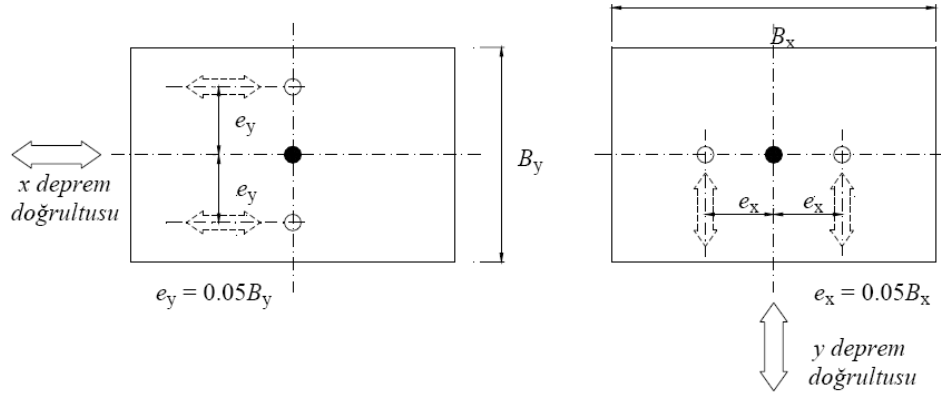
### ANALİZ AŞAMASI

- Yapının 3 boyutlu modeli hazırlanır.
- Düşey yükler (Sabit:G ve hareketli:Q) için çözüm yapılır

Çözüm dosyasında, her kat için G ve Q yüklemelerine ait kolon normal kuvvetleri belirlendikten sonra, kat ağırlıkları,  $W=G+nQ$  ile kat kütleleri ise  $m=W/g$  ile belirlendikten sonra, modal hesap için gerekli olan kat kütleleri geometrik ağırlık merkezine kata ait serbestlik derecesi (TDY 2007-Böl. 2.8.2.1) dikkate alınarak noktasal kütle olarak atanır.

## TDY 2007- Böl. 2.8.2.1

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi göz önüne alınacaktır. Her katta modal deprem yükleri bu serbestlik dereceleri için hesaplanacak, ancak ek dışmerkezlik etkisi'nin hesaba katılabilmesi amacı ile, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ek bir yükleme olarak kat kütle merkezine uygulanacaktır (Şekil 2).



Şekil 2

Rijit diyafram kabulü oldukça önemlidir ve dinamik serbestlik derecesini oldukça azaltır. Bu kabul ile kat döşemesi (plak) üzerindeki her noktanın plak düzlemini belirleyen iki eksene göre doğrusal yer değiştirmesi ve plak düzlemine dik doğrultudaki açısız yer değiştirmesi, bu düzlem içerisinde kalan bağımsız bir noktanın yer değiştirmeleri cinsinden ifade edilebilecektir. Bu durumda, anılan eleman için toplam serbestlik derecesi 3 olacaktır. Örneğin 5 katlı, döşeme sistemi plak ve her iki doğrultuda eşit olmak üzere toplam 9 adet kolonu bulunan kolon-kiriş çerçeve sistemde, rijit diyafram kabulü ile, döşemeye bağlanan diğer noktaların da (kolon-kiriş) iki eksen etrafında döneceği ve düşey doğrultuda yer değiştireceği düşünülecek olursa toplam dinamik serbestlik derecesi  $(9 \times 3 + 3) \times 5 = 150$  olur (Rijit diyafram kabulü yapılmıyorsa bu kez  $(9 \times 6) \times 5 = 270$  olacaktır). Ayrıca döşeme yatay yükler altında rijit cisim hareketi yaptığı için kat kütleleri döşeme kütle merkezinde iki ötelenen ve bir dönen kütle şeklinde tanımlanmalıdır. Bu durumda kütle matrisi ile yer değiştirme vektörü eşit boyutlara çekilebilmesi için statik daralma yöntemi ile 150 olan serbestlik derecesi 15'e düşürülebilir.

- Serbest titreşim hali (Modal hesap) için çözüm tekrarlanır.

Çözüm dosyasında (OUT uzantılı dosya), modal kütle katılım çarpanı oranı (modal participation mass ratio) kontrol edilir. Bu oranın eğer %100 e yaklaşması istenen durumdur. TDY 2007- Böl. 2.8.3.1’de bu oranın %90 dan az olmaması istenmektedir. Aksi halde hesaplarda dikkate alınacak mod sayısı artırılarak çözüm tekrarlanacaktır.

*TDY 2007- Böl. 2.8.3.1 – Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y, göz önüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütle’lerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90’ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir.*

- Çözümde dikkate alınacak dinamik parametreler doğrultusunda belirlenen tasarım spektrum eğrisi dikkate alınarak sistem bu kez depremlili durum için tekrar çözümlenir. Ancak TDY 2007-Böl. 2.8.1’de de belirtildiği gibi, elastik deprem yüklerinin  $R_a(T)$ ’ye bağlı olarak azaltılması gerektiği unutulmamalıdır.
- Yapıda A1, B2 ve B3 düzensizliklerinin bulunup bulunmadığı kontrol edilir (TDY 2007- Böl.2.3.2).

<b>A – PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI</b>	<b>İlgili Maddeler</b>
<p><b>A1 – Burulma Düzensizliği :</b>            Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden <i>Burulma Düzensizliği Katsayısı</i> <math>\eta_{bi}</math> ’nin 1.2’den büyük olması durumu (<b>Şekil 2.1</b>). [<math>\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} &gt; 1.2</math>]  <i>Görelî kat ötelemelerinin hesabı, <math>\pm</math> %5 ek dışmerkezlilik etkileri de gözönüne alınarak, 2.7’ye göre yapılacaktır.</i></p>	<b>2.3.2.1</b>
<p><b>A2 – Döşeme Süreksizlikleri :</b>            Herhangi bir kattaki döşemede (<b>Şekil 2.2</b>):  <b>I</b> – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3’ünden fazla olması durumu,  <b>II</b> – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,  <b>III</b> – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu</p>	<b>2.3.2.2</b>
<p><b>A3 – Planda Çıkıntılar Bulunması :</b>            Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20’sinden daha büyük olması durumu (<b>Şekil 2.3</b>).</p>	<b>2.3.2.2</b>

<b>B – DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI</b>	<b>İlgili Maddeler</b>
<p><b>B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) :</b>            Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki <i>etkili kesme alanı</i>'nın, bir üst kattaki <i>etkili kesme alanı</i>'na oranı olarak tanımlanan <i>Dayanım Düzensizliği Katsayısı</i> <math>\eta_{ci}</math>'nin 0.80'den küçük olması durumu. [<math>\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} &lt; 0.80</math>]  <i>Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:</i>  <math>\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k</math> (Simgeler için Bkz. 3.0)</p>	2.3.2.3
<p><b>B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) :</b>            Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görel kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görel kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan <i>Rijitlik Düzensizliği Katsayısı</i> <math>\eta_{ki}</math>'nin 2.0'den fazla olması durumu. [<math>\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} &gt; 2.0</math> veya <math>\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} &gt; 2.0</math>]  <i>Görel kat ötelemelerinin hesabı, <math>\pm</math> %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak 2.7'ye göre yapılacaktır.</i></p>	2.3.2.1
<p><b>B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği :</b>            Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu (Sekil 2.4).</p>	2.3.2.4

- TDY 2007-Böl.2.8.5'e göre, çözüm sonucu elde edilen toplam deprem yükü (çözüm dosyasında Respose Spectrum Base Reaction kısmında SPEC adı altında tanımlanan taban kesme kuvveti)  $V_{TB}$  nin, paragraf 2.7.1, denk.2.4'e göre hesaplanacak Azaltılmış Eşdeğer Deprem Kuvveti  $V_T$ 'ye oranının  $\beta$  değerinden küçük olması durumunda iç kuvvet ve yer değiştirmeler büyütülecektir. Bunun için programda *Input Response Spektra* kısmında tanımlanan ölçek çarpanı ( $\beta V_T/V_{TB}$ ) düzeltme faktörü ile çarpılarak çözüm tekrarlanır. Yapı sisteminde A1, B2, B3 türü düzensizliklerden en az birinin mevcut olması durumunda  $\beta=0.9$  aksi halde 0.8 alınır.

TDY 2007- Böl. 2.7.1'e göre hesaplanacak Azaltılmış Eşdeğer Deprem Kuvveti  $V_T$

$$V_T = W \cdot A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0.1 A_o I W$$

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

$$R_a(T_1) = R \text{ eğer } T_1 > T_A$$

$$R_a(T_1) = 1.5 + (R - 1.5) T_1 / T_A \text{ eğer } T_1 < T_A$$

- Göreli kat ötelemeleri kontrol edilir (TDY 2007- Böl. 2.10).

TDY 2007- Böl.2.10.1.1: Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden azaltılmış göreli kat ötelemesi,  $\Delta_i$ ,

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1}$$

ile elde edilecektir. Burada  $d_i$  ve  $d_{i-1}$ , her bir deprem doğrultusu için binanın  $i$ 'inci ve  $(i-1)$ 'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yer değiştirmeleri göstermektedir.

TDY 2007- Böl. 2.10.1.2 : Her bir deprem doğrultusu için, binanın  $i$ 'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin göreli kat ötelemesi,  $\delta_i$ ,

$$\delta_i = R \Delta_i$$

ile elde edilecektir.

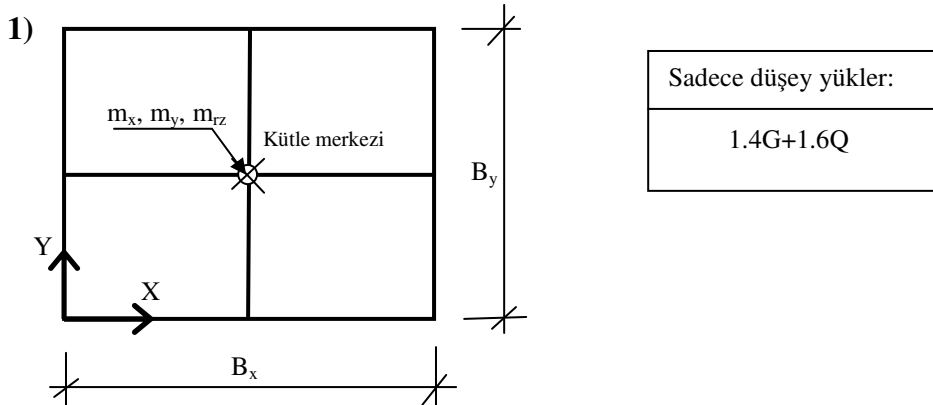
TDY 2007- Böl.2.10.1.3: Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir  $i$ 'inci katındaki kolon veya perdelerde, Denk.(2.18) ile hesaplanan  $\delta_i$  etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri  $(\delta_i)_{max}$ , Denk.(2.19)'da verilen koşulu sağlayacaktır:

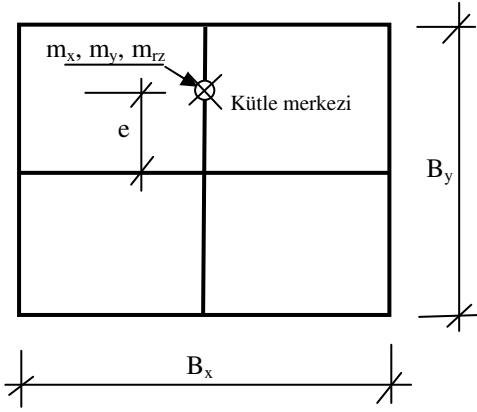
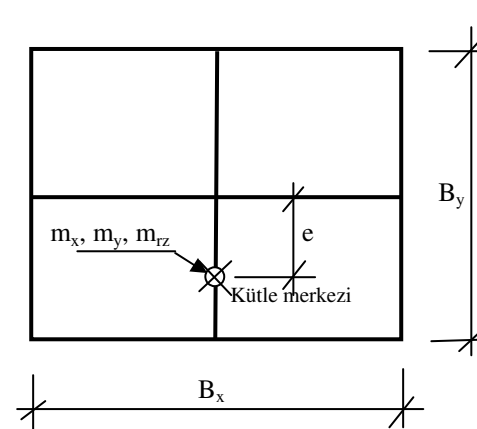
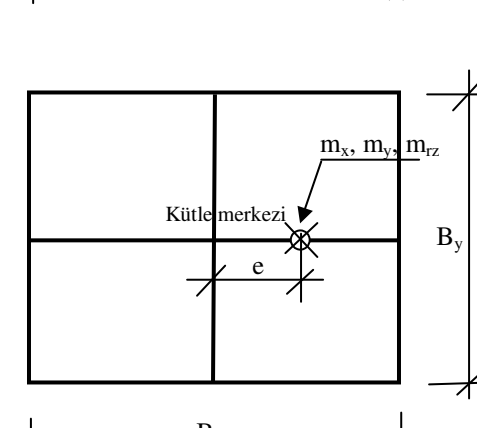
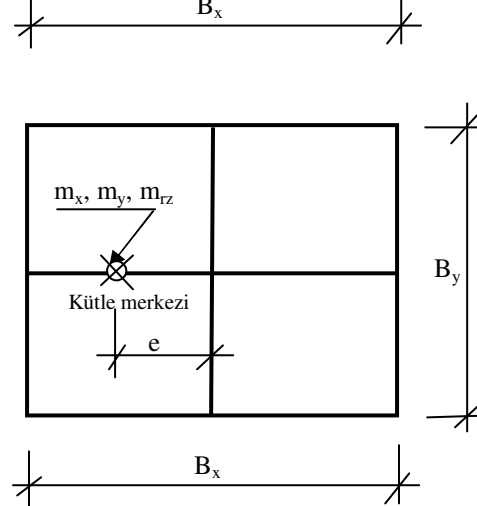
$$(\delta_i)_{max}/h_i \leq 0.02$$

Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çelik çerçevelerle taşındığı tek katlı binalarda bu sınır en çok %50 arttırılabilir.

## YÜK BİRLEŞİMLERİ

Yapı sisteminin düşey+yatay yükler altında çözümünden sonra, yapısal elemanların betonarme kesit hesapları için aşağıdaki yük birleşimleri dikkate alınacaktır. TDY 2007- Böl. 2.7.5' de göz önünde bulundurularak verilen yük birleşimleri içerisinde en elverişsiz yük birleşimleri için (her iki doğrultuda) yapısal elemanların BA kesit hesaplarının yapılacağı unutulmamalıdır.

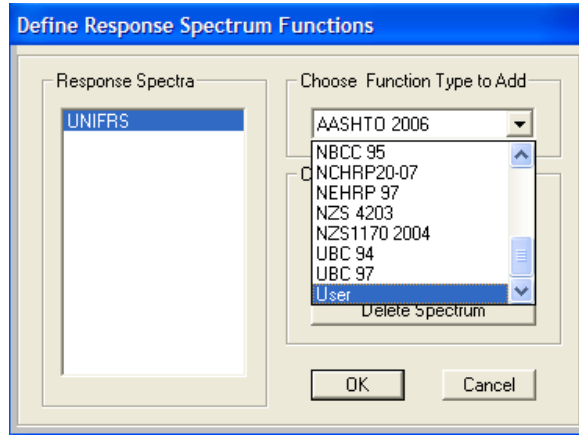


<p>2)</p> 	<p>X-X doğrultusunda deprem hareketi, +%5 eksantriklik ile  <math>e=0.05B_y</math></p> <p><math>1.0G+1.0Q\pm 1.0E_x + \pm 0.3E_y</math></p> <p><math>0.9G\pm 1.0E_x \pm 0.3E_y</math></p>
<p>3)</p> 	<p>X-X doğrultusunda deprem hareketi, -%5 eksantriklik ile  <math>e=0.05B_y</math></p> <p><math>1.0G+1.0Q\pm 1.0E_x + \pm 0.3E_y</math></p> <p><math>0.9G\pm 1.0E_x \pm 0.3E_y</math></p>
<p>4)</p> 	<p>Y-Y doğrultusunda deprem hareketi, +%5 eksantriklik ile  <math>e=0.05B_x</math></p> <p><math>1.0G+1.0Q\pm 1.0E_y + \pm 0.3E_x</math></p> <p><math>0.9G\pm 1.0E_y \pm 0.3E_x</math></p>
<p>5)</p> 	<p>Y-Y doğrultusunda deprem hareketi, -%5 eksantriklik ile  <math>e=0.05B_x</math></p> <p><math>1.0G+1.0Q\pm 1.0E_y + \pm 0.3E_x</math></p> <p><math>0.9G\pm 1.0E_y \pm 0.3E_x</math></p>

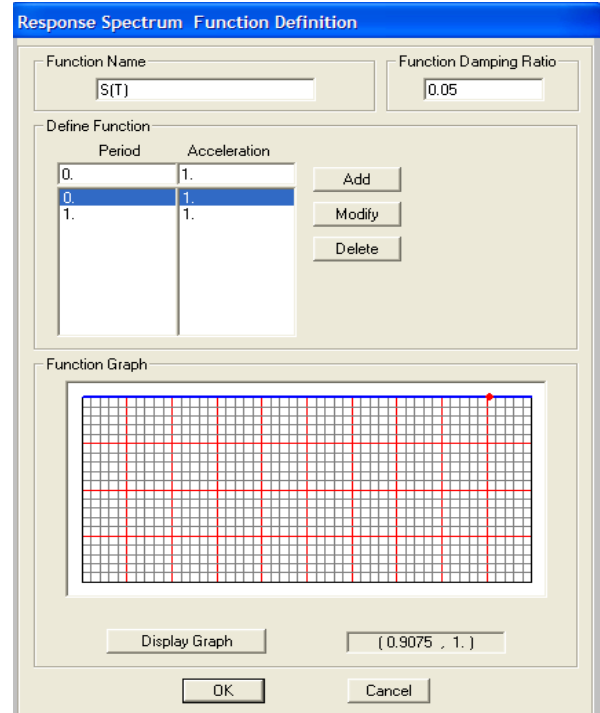
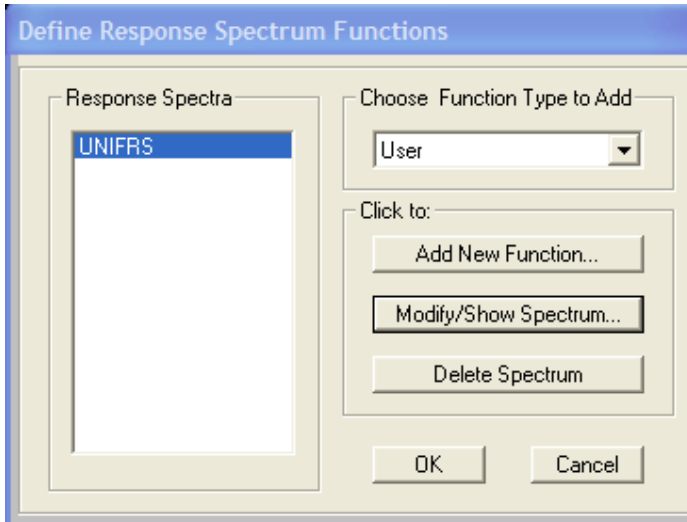


## HESAP YÖNTEMİNİN PROGRAMA UYARLANMASI

Dinamik analizi gerçekleştirilecek olan sistem geometrik ve fiziksel olarak tanımlandıktan sonra **Define-functions** seçeneğinden analizin türü belirlenir (Spektral Hesap, Zaman Artım Yöntemi gibi). Bu kısımda değinilecek olan yöntem Spektral Hesap olduğundan **Response Spectrum** seçeneği işaretlenir. Ekranda belirecek menüde öngörülen tepki spektrum eğrisi **Add New Function** seçeneği aktif hale getirilir, çıkan menüde “user” seçeneği işaretlenir ,

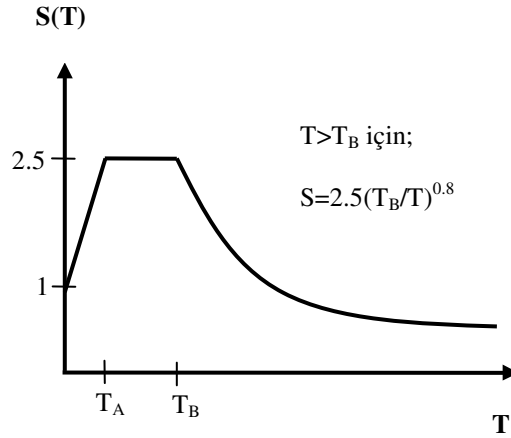


*Modify/Show Spectrum* seçeneği ile Tasarım İvme Spektrum eğrisi T-S (serbest titreşim periyodu-spektral değerler) şeklinde tanımlanır.



Örnek olarak,

0	1
0,1	2,5
0,3	2,5
0,35	2,210
0,4	1,986
0,45	1,807
0,5	1,661
0,55	1,539
0,6	1,436
0,65	1,347
0,7	1,269
0,75	1,201
0,8	1,141
0,85	1,087
0,9	1,038
0,95	0,994
1	0,954
1,2	0,825
1,3	0,774
1,48	0,697
2	0,548
3	0,396
10	0,151
15	0,109
20	0,087
30	0,063
75	0,030
100	0,024



Daha sonra **Define Load Case** seçeneği işaretlenerek, **Add New Load Case** aktif kılınır. Beliren menüde *load case name* kısmına Deprem-X, Deprem-Y gibi hesabı tanımlayıcı bir isim girilir. *Load case type*, *Response spectrum* olarak seçilir.

**Load Case Data - Linear Static**

Load Case Name:

Notes:

Load Case Type:

Stiffness to Use:

Zero Initial Conditions - Unstressed State

Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	DEAD	1

Çıkan menüde, *Show Advanced Load Parameters* işaretlenir. *Load name* U1 veya U2, *Function* ise önceki adımda tanımlanan Tasarım İvme Spektrumu  $S(T)$  şeklinde seçilir.

**Load Case Data - Response Spectrum**

Load Case Name: DEPREM X    Notes:    Load Case Type: Response Spectrum

Modal Combination:  CQC    GMC f1: 1.0    Directional Combination:  SRSS

SRSS    GMC f2: 0.0     CQC3

Absolute    Periodic + Rigid Type: SRSS     Absolute

GMC    Scale Factor:   

NRC 10 Percent

Double Sum

Modal Load Case: Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor	Coord Sys	Angle
Accel	U1	S(T)	1	GLOBAL	0
		S(T)			

Show Advanced Load Parameters    Add    Modify    Delete

Other Parameters: Modal Damping: Constant at 0.05    Modify/Show...    OK    Cancel

*Scale Factor* (ölçek çarpanı) ilk etapta  $S = A_o \cdot I \cdot g / R$  şeklinde alınacaktır. *Angle* (tahrik açısı) kısmı ise deprem kuvvetinin yatay eksenenden ölçülen geliş açısının(derece) tanımlandığı kısımdır. Eğer  $ang=0^\circ$  ise kuvvet X-X eksenine (U1) paralel,  $ang=90^\circ$  ise kuvvet bu defa Y-Y eksenine (U2) paralel demektir. TDY 2007, deprem hesabının birbirine dik iki doğrultu için (X ve Y) yapılacağını ön gördüğünden anılan hesap dosyasının her iki doğrultu için ayrı ayrı oluşturulacağı unutulmamalıdır.

**Load Case Data - Response Spectrum**

Load Case Name: DEPREM X    Notes:    Load Case Type: Response Spectrum

Modal Combination:  CQC    GMC f1: 1.0    Directional Combination:  SRSS

SRSS    GMC f2: 0.0     CQC3

Absolute    Periodic + Rigid Type: SRSS     Absolute

GMC    Scale Factor:   

NRC 10 Percent

Double Sum

Modal Load Case: Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor	Coord Sys	Angle
Accel	U1	S(T)	1	GLOBAL	0
Accel	U1	S(T)	1	GLOBAL	0

Show Advanced Load Parameters    Add    Modify    Delete

Other Parameters: Modal Damping: Constant at 0.05    Modify/Show...    OK    Cancel

**Load Case Data - Response Spectrum**

Load Case Name: DEPREM Y    Set Def Name    Notes: Modify/Show...    Load Case Type: Response Spectrum    Design...

**Modal Combination**

CQC    GMC f1: 1.     SRSS    GMC f2: 0.     Absolute    Periodic + Rigid Type: SRSS     GMC     NRC 10 Percent     Double Sum

**Directional Combination**

SRSS     CQC3     Absolute    Scale Factor:

**Modal Load Case**

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor	Coord Sys	Angle
Accel	U1	S(T)	1.	GLOBAL	90.
Accel	U1	S(T)	1.	GLOBAL	90.

Show Advanced Load Parameters    Add    Modify    Delete

**Other Parameters**

Modal Damping: Constant at 0.05    Modify/Show...    OK    Cancel

Menüde yer alan Modal Combination kısmı, modal maksimumların süperpozisyonunda kullanılacak yöntemi belirler; genelde CQC yöntemi kullanılır. TDY 2007-Böl.2.8.4 de bu kısım açıklanmıştır:

#### *TDY 2007-Böl.2.8.4*

*Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, Yer değiştirme 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 aşağıda verilmiştir:*

*2.8.4.1 :  $T_m < T_n$  olmak üzere, göz önüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima  $T_m / T_n < 0.80$  koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı uygulanabilir.*

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

Modal maksimumların süperpozisyonu TDY 2007-Böl.2.8.4.2'ye göre belirlenecekse sönüm oranının 0.05 alınacağı unutulmamalıdır.

**Kaynaklar:**

1. Türk Deprem Yönetmeliği, 2007 (TDY 2007)