

# ETABS ile Çelik Yapıların Optimize Edilerek Modellenmesi ve Boyutlandırılması

"Modeling and Optimized Design of Steel Structures Using ETABS"

Hazırlayan:

Computers and Structures, Inc.



Çeviren:

**Computers & Engineering** 



### Seminer Konuları

#### GENEL MODELLEME TEKNİKLERİ

- Programın Nesne Tabanlı Olmasının Avantajları
- Model Oluşturma ve Düzenleme, Koordinatlar, Gridler ve Kenetleme Seçenekleri
- Kısayollar ve Üretkenliği Arttıran Seçenekler
- Hızlı Çizim, Çoğaltma, Dönüştürme, Taşıma, Kırpma, Hizalama, Ortalama, Ofset ve Bölümlendirme
- Perspektif Görünüşler, Çoklu Kesit İzleri, Referans Düzlemleri ve Referans Çizgileri
- AutoCAD ile Dosya Aktarma/Alma Seçenekleri

#### STATİK VE DİNAMİK YÜKLER ALTINDA DİYAFRAMLAR

- Statik Yöntem
- Davranış Spektrumu
- Zaman Alanı
- Özel Sismik Yük Etkileri
- Nonlineer ve Statik İtme Analizi (pushover)
- Rijit, Yarı Rijit ve Esnek Kat Diyaframları

#### ÇELİK ÇERÇEVE BOYUTLANDIRMASI

- Eleman Boyutları Önceden Seçilmeden Çelik Çerçeve Boyutlandırma
- Eleman boyutları için ikinci bir tahmine gerek olmadan Otomatik Virtüel İş ile Yatay Öteleme Kontrolü
- ETABS ile detaylı Eş Merkezli Çapraz Boyutlandırma ve elle yapılan hesaplarla karşılaştırma
- Dış Merkezli Çapraz detaylı üzerine tartışma
- Tam bağlanmamış Çapraz Dizaynı (Unbonded Brace Design)
- Moment Çerçevesi Boyutlama
- Kompozit Kiriş Boyutlama
- Titreşim Analizi

# Telif Hakları

ETABS programı ve tüm yazılı belgeler telif ve çoğaltma hakları saklı ürünlerdir. Evrensel hakları Computers and Structures, Inc 'a aittir. Programın lisanssız kullanımı ve yazılı belgelerin herhangi bir formda tekrar çoğaltılması Computers and Structures, Inc. 'in yazılı izni olmadan yasaktır.

Yazılı belgenin Türkçe çevirisinin hakları Computers & Engineering 'a aittir.

Daha ayrıntılı bilgi ve bu dökümanların kopyaları aşağıdaki adreslerden temin edilebilir:

<u>İngilizce Orijinal Kitaplar:</u> CSI Educational Services Computers and Structures, Inc. 1995 University Avanue Berkeley, California 94704 USA web : http://www.csiberkeley.com/products books.html

> <u>Türkçe Çeviri:</u> Türkiye Ana Dağıtıcısı COMPUTERS & ENGINEERING Holzmühlerweg 87-89 D-35457 Lollar, Almanya

Tel: 0049 6406 73667 Fax: 0049 6406 4745 e-mail: baser@comp-engineering.com web: http://www.comp-engineering.com/havuz.htm http://www.comp-engineering.com/ETABManT.htm

# İçindekiler

Giriş	5
Örnek I - Genel Modelleme Teknikleri	6
Örnek II – Genel Modelleme Teknikleri II	10
Örnek III – Gelişmiş Modelleme Teknikleri	17
Örnek IV – Eş Merkezli Çaprazlı (konsantrik) 4 Katlı Çelik Çerçeve Yapısı	23
Örnek V – İki Katlı Çelik Çaprazlı Çerçeve Yapısı	28
Örnek VI – Kompozit Kiriş Boyutlandırması	35
Örnek VII – Nonlineer Zaman Alanı Analizi	43
Örnek VIII – Statik İtme Analizi	49

### Giriş

Buradaki alıştırmalar ETABS programını orta seviyede bilen kullanıcılara yöneliktir. Buna rağmen, daha önce hiç ETABS kullanmadıysanız bile bu alıştırmaları yapabilirsiniz. Bu alıştırmalar deneyimsiz bir ETABS kullanıcısının bile rahatlıkla takip edebileceği şekilde özenle hazırlanmıştır. Burada gösterdiğimiz tüm alıştırmalarda (en baştaki birkaç gerçek yapı modeli haricinde) yukarıda bahsedilen genel ve alışılmış modelleme tekniklerini göstermek amacıyla örnekler en baştan çizilecektir.

Bu alıştırmalarda genel modelleme teknikleri, statik yüklemeler, çelik çerçeve boyutlandırma, nonlineer zaman alanı analizi ve statik itme analizleri tartışılacaktır.

Burada sekiz adet örnek problem tartışılacaktır. Bu seminer notlarında tüm örneklerin tariflerini, bilgisayar modellerinin tanımlarını ve sonuçlarını bulacaksınız. Modelleri istediğiniz sırayla takip edebilirsiniz.

# Örnek IGenel Modelleme Teknikleri –Örnek IKısayolları ve Üretkenliği Arttırıcı Özellikleri<br/>Gösteren Örnekler

### Tanım

Aşağıda çeşitli önemli modelleme tekniklerini göstermek amacıyla birkaç ETABS modeli sunulmuştur.

İlk örnek, seçilen elamanların "gruplara" atanmasının önemi ve "atamaları kopyala" *(copy assingns)* komutunun sağladığı yararlar açıklanmaktadır. Aynı zamanda döşeme elemanlarının modellenmesinde rijit diyafram uygulaması *Şekil 1-1* ve *Şekil 1-2* 'de gösterilmektedir.

Giriş niteliğindeki bu ilk bölümde aynı zamanda ETABS daki "benzer katlar" (*similar stories*) özelliği tartışılacaktır. Karmaşık geometrisi olan bir bilgisayar modelini yapmak için birden fazla grid sisteminin kullanılması *Şekil 1-3* 'de gösterilmektedir.

*Şekil 1-4* 'de eğik bir diyaframın kolayca modellenebileceği görülmektedir. Farklı çatı yükseklikleri olan bir binanın tanımlanabilmesi için referans düzlemleri *(reference planes)* eklenmiştir.

### Örnek I-1 'de Gösterilen Önemli ETABS Seçenekleri

- Atamaları Kopyalama
- Grup Atamaları
- □ Esnek Diyaframlar
- Benzer Katlar
- □ Microsoft Excel programına veri aktarılması
- □ Kesit ve Plan Görünüşlerinde dolaşma
- DXF veya AutoCAD dosyalarından veri alınması
- Boyutlama Grubu Seçimi Özelliği
- Celik Çapraz Boyutlama Kombinezonları

# Örnek I-1

#### Bilgisayar Modeli Tanımı

*Şekil 1-1* 'de 25 katlı geometrisik düzensizliği olan bir bina görülmektedir. Yapının üçüncü katında taban izolatörleri bulunmaktadır, X-doğrultusunda 14 ve Y-doğrultusunda 15 adet grid vardır. Yapıda aynı zamanda yatayda ve düşeyde düzensizlikler görülmektedir.

Model statik ve dinamik yüklere maruzdur. Yapının boyutlandırmasında ağırlık yükleri *(gravity loads)* ve yatay zaman alanı fonksiyonları *(lateral time history functions)* çeşitli kombinezonlarda kullanılmıştır.



Şekil 1-1 Yapının 3-D görünüşü

#### Tanım

*Şekil 1-2* 'de iç kısımdan bir çaprazlı çerçeve kesit görünüşü gösterilmektedir. Burada bir çaprazlı çerçeve bulunmasının amacı, yatay yüklerin kayma ve devrilme etkilerine karşı mukavemet sağlamaktır. Çatıdaki ve orta yükseklikteki yatay kafes elemanları, devrilme kuvvetlerini içerideki çaprazlardan alıp yapının dışına aktararak bu kuvvetlerin paylaştırılmasını sağlayan transfer kafesleridir. Yatay kafesin üst ve alt başlık elemanlarını doğru olarak modellemek için düğüm noktalarının rijit kat diyaframından bağlantıları kesilmelidir. Böylece yatay kefesin başlık elemanlarında uzama ve kısalma etkilerine izin verilmiş olunur.

**Copy Assings** (Atamaları Kopyala) komutunun kullanımını göstermek için, tüm bir kolon çizgisi kopyalanabilir ve modelin herhangi bir yerine yapıştırılabilir. Kesitler, uç serbestlikleri, ofsetler, çıktı alım bölgeleri, yerel eksenler, özellik düzenleyicileri ve çubuk tipleri gibi yapılan tüm atamaların tek bir komutla kopyalanıp bir başka yere atanabileceğine dikkat ediniz.



Şekil 1-2 İçten çaprazlı çerçevenin görünüşü

# Örnek I-2

#### Örnek I-2 'de Gösterilen Önemli ETABS Seçenekleri

- Birden Fazla Grid Sistemi kullanımı
- Eleman Yerel Eksenleri

#### Bilgisayar Modeli Tanımı

*Şekil 1-3* 'de iki grid sistemi olan bir yapı gösterilmektedir. Birinci grid kartezyen koordinat sistemindedir. İkinci grid ise silindirik koordinat sistemindedir.



Şekil 1-3 Çoklu Grid Sistemi olan bir yapının plan görünüşü

# Örnek I-3

#### Örnek I-3 'de Gösterilen Önemli ETABS Seçenekleri

- □ Farklı grid sistemlerinde çatı elemanları modelleme
- □ Eğik Diyaframlar
- Referans Düzlemleri
- Referans Çizgileri
- Cizgi Böl (Divide Lines) / Çizgileri Birleştir (Join Lines) Seçenekleri
- Noktaları Birleştirme
- Noktaları Hizalama

#### Bilgisayar Modeli Tanımı

*Şekil 1-4* 'de birden fazla çatı diyaframı olan bir spor salonu yapısı görülmektedir. Çatı diyaframlarının bazıları farklı çatı seviyelerine yayılmıştır ve eğimlidir. Yapıda "*çizgileri böl" (divide lines)* seçeneği kullanılarak yerleştirilmiş çeşitli çapraz elemanları vardır. Modelin üretilmesine yardımcı olmak amacıyla referans düzlemleri *(reference planes)* de kullanılmıştır.



Şekil 1-4 Eğik diyaframları olan bir yapının 3-D resmi

### Örnek II Genel Modelleme Teknikleri II – Dört Katlı C-Şeklinde Çelik Çerçeve Yapısı

### Tanım

Bu model üç katlı ve C-şeklinde bir yapıdır. Düşey statik yüklere ve **1997 Uniform Building Code** yönetmeliğine göre bilgisayarla üretilmiş deprem yüklemesine maruzdur. Yapı, her kat seviyesinde betonarme bir kompozit döşeme bulunmak üzere, çelik kolon ve kirişlerden oluşmaktadır.

### Örnekte Gösterilen Önemli ETABS Seçenekleri

- Hızlı Kiriş ve Kolon Çizimi
- Döşeme alanı üretilmesi
- Alanları Büyüt/Küçült (Expand/Shrink Areas) Seçeneği
- □ Çelik Boyutlandırma Optimizasyonu
- Mod Şekilleri
- □ Yatay Deplasman Hedefleri (Lateral Displacement Targets)
- □ Yerel Eksen Doğrultuları

### Bilgisayar Modeli Tanımı

Yapı C şeklindedir ve herbir açıklık hizasında 4 kolon olmak üzere, 3 açıklıklı bir sistemdir. Tüm açıklıklar 24 feet genişliğindedir. Tüm katlar 12 feet yüksekliğindedir. Kip-inç-saniye birimleri kullanılmıştır. Elastisite modülü 29000 ksi 'dir. Çerçevenin geometrisini görmek için lütfen *Şekil 1-2* 'ye bakınız.

Yapıyla ilgili diğer parametreler aşağıdaki gibidir:

Sıcaklık genleşme katsayısı	= 6.500E-06
Poisson orani	= 0.3
Minimum Akma Gerilmesi Fy	= 50 ksi
Minimum Çekme Dayanımı	= 65 ksi
Kompozit Döşeme Özellikleri:	
Döşeme yüksekliği (slab dept)	= 3.25 in
Kompozit döşeme yüksekliği (dect dept)	= 3 in
Diş Genişliği (rib width)	= 6 in
Diş Aralığı (rib spacing)	= 12 in

Servis Yükleri:

Ek Ölü Yük	Çatı	= 30 psf
	Kat 3	= 30 psf
	Kat 2	= 30 psf
	Kat 1	= 30  psf

UBC97 sismik yük analizini için, yapıyla ilgili yönetmelik parametreleri aşağıdaki gibidir:

	0.4
UBC Sismik bölge çarpanı, Z	= 0.4
UBC Zemin Tipi	= SC
UBC Önem Katsayısı, I	= 1.0
UBC Aşırı zorlama çarpanı	= 8.5
UBC C <sub>t</sub> katsayı	= 0.035
UBC Deprem kaynağına yakınlık	
çarpanı, deprem kaynağı tipi	= B
Kaynağa Uzaklık	= 15 km

#### Hızlı Kiriş ve Kolon Çizimi

Bölgede veya Tıklayarak Çubuk Çizilmesi:

**Draw menüsü > Draw Line Objects > Create Lines in Region or at Clicks** (plan, elev, 3D) (Çiz > Çizgi Nesnesi Çiz > Çubuk Çiz / Bölgede veya Tıklayarak) komutu iki şekilde çalışır.

Herhangi bir grid çizgisi üzerine tıklayınız (plan görünüşünde). O grid çizgisi üzerinde, aynı koordinat sisteminden onu kesen iki grid çizgisi arasına, bir çizgisel nesne çizilecektir.

Alternatif olarak, tüm görünüşlerde, farenin sol tuşuna basın ve basılı tutun. Sol tuşa basılı tutarken, fareyi bir veya daha fazla grid çizgi parçasını içine alacak şekilde pencere içine alın. Daha sonra sol tuşu bırakın. Pencere içine alınan her bir grid çizgi parçası üzerine otomatik olarak çizgisel nesneler konulacaktır. Bu paragrafta "grid çizgi parçası" terimi, aynı koordinat/grid sistemindeki bir grid çizgisinin, onu kesen bitişik iki grid çizgisi arasında kalan kısmı anlamında kullanılmıştır.

Bölgede veya Tıklayarak Kolon Çizilmesi:

**Draw menüsü > Draw Line Objects > Create Columns in Region or at Clicks** (plan) (Çiz > Çizgi Nesnesi Çiz > Kolon Çiz / Bölgede veya Tıklayarak) komutu aktif hale getirildikten sonra kolonları çizmek için iki yol vardır: Bunlar;

Plan görünüşünde herhangi bir yerde sol tuşa tıklayarak kolon çizebilirsiniz (altta düşey çizgisel nesne).

Plan görünüşünde çalışırken, farenin sol tuşuna basınız ve basılı tutunuz. Bölgede çubuk çizerken kullandığınız aynı yöntemi kullanın. Kolonlar (altta düşey çizgisel

nesneler) pencere içine alınan aynı koordinat/grid sistemindeki tüm grid çizgilerinin kesişimlerine otomatik olarak konulacaktır.

Kolonlar (düşey çizgisel nesneler) çizim yaptığınız kat seviyesinden bir alttaki katın seviyesine uzanır. Eğer ETABS durum çubuğundaki benzer katlar *(similar stories)* seçeneği aktifse diğer kat seviyelerine de çizilecektir.

Bölgede veya Tıklayarak Tali Kiriş Çizilmesi:

Draw menüsü > Draw Line Objects > Create Secondary Beams in Region or at Clicks (plan) (Çiz > Çizgi Nesnesi Çiz > Tali Kiriş Çiz / Bölgede veya Tıklayarak) komutu tek bir tıklamayla (tali) kirişlerin tüm bir grid çizgisi alanına (kiriş açıklığına) çizilmesini sağlar. Grid çizgisi alanı kesişen dört bitişik grid çizgisiyle tanımlanır. Eğer grid çizgisi alanı içinde daha önceden kiriş varsa, alan ve tali kirişlerin uzunluğu grid çizgileri yerine orada önceden bulunan bu kirişlere bağlıdır. Aşağıdaki şekil grid çizgisi alanı ve tali kirişlerle ilgili bir örnek olarak görülebilir. Grid çizgileri arasında tali kirişlerin olmadığına dikkat ediniz.

#### Alan Nesnesi Çizilmesi

**Draw menüsü > Draw Area Objects > Draw Areas (plan, elev, 3D)** (Çiz > Alan Nesnesi Çiz > Alan Çiz) komutunu kullanarak bir alan nesnesi çizmek için; alanın ilk köşe noktasına bir kez sol tıklayın, fareyi bir sonraki köşe noktasına taşıyın ve sol tıklayın, ve bu şekilde devam ederek alan nesnesinin tüm köşe noktalarını tanımlayın. Fareyi taşırken alan nesnesinin o anki kapsamının kesikli çizgilerle gösterildiğine dikkat ediniz.

Alan nesnesinin son köşe noktasına ulaştığınızda, nesneyi tamamlamak için çift tıklayınız. Bunun yerine önce tek bir kez sol tıklayıp daha sonra klavyede **Enter** tuşuna basabilirsiniz.

Bu komutla çizilen alan nesnelerinin üç veya daha fazla sayıda köşe noktası olabilir. Genel olarak alan nesnelerinin en fazla dört kenarı olabilir; bununla birlikte, yatay alan nesneleri için kenar sayısında bir üst limit yoktur (asal XY düzlemi).

Bu fonksiyonları kullandıktan sonra C-Şeklindeki modelimiz aşağıdaki gibi görünmelidir:



Şekil 2-1 Yapının 3D Görünüşü

### Sonuçlar

Analiz çalıştırıldıktan sonra (**Analyze menüsü > Run Analysis**), **Design > Steel Frame Design > Start Design/Check of Structure** (Boyutlandırma > Çelik Çerçeve Boyutlandırma > Boyutlandırma/Tahkiki Başlat) komutuna gidiniz. ETABS size analiz ve boyutlandırma kesitlerinde farklılık oluşan 132 çelik çubuk olduğunu söylecektir. Boyutlandırma iterasyona dayalı bir işlemdir. Genel olarak asıl analizi çalıştırırken kullandığınız kesitler boyutlandırma işleminin sonunda elinizde olacak kesitlerle aynı olmaz. Bina analizinin her zaman sonuç çubuk kesitleriyle yapıldığına emin olmak isteyeceksiniz ve daha sonra o analizden elde edilecek kuvvetlerle tekrar boyutlandırma tahkikini çalıştıracaksınız. **Design menüsü > Steel Frame Design > Verify Analysis vs. Design Section** (Boyutlandırma > Çelik Çerçeve Boyutlandırma > Boyutlandırma Kesitini Analiz Sonuçlarına göre Kontrol Et) komutunu boyutlandırma kesitlerinin analizde kullanılan kesitlerle aynı olduğuna emin olmak için kullanabilirsiniz. Analiz ve boyutlandırma tekrar çalıştırıldıktan sonra, aşağıdaki *Şekil 2-2* 'de görüldüğü gibi Düğüm Noktası 13 'ün deplasmanlarına bakacağız.



Şekil 2-2 Deprem Yük Durumu altında Şekil Değiştirmiş Hal

#### Yatay Yer Değiştirme Hedeflerinin Seçimi

4. Kattaki düğüm noktası 13 'ün X-doğrultusundaki deplasmanının **1.21** inç olduğunu görebilirsiniz. Eğer bu düğüm noktasındaki maksimum deplasmanın **9** inç değerini aşmamasını istersek, bunu sağlamak için yatay deplasman hedefi *(lateral displacement target)* tanımlarız. Menüden **Design > Steel Frame Design > Set Lateral Displacement Targets** (Boyutlandırma > Çelik Çerçeve Boyutlandırma > Yanal Deplasman Hedefleri Seç) komutuna tıklayarak çeşitli yük durumları için deplasman hedefleri tanımlayabileceğiniz **Displacement Optimization** (Deplasman Optimizasyonu) formunu açınız. Xdoğrultusundaki yanal deprem yükü için maksimum deplasman değeri olarak **.9** inç değerini giriniz.

Buradaki amacımız – genellikle yapımızının çatı seviyesinde – bir nokta seçmek ve bir veya daha fazla sayıda yük durumu için bir maksimum deplasman hedefi (herhangi bir yönde) tanımlamak. Deplasman optimizasyonu için, ETABS elemanların birim hacmine düşen enerji miktarına dayanarak deplasman hedeflerinin sağlanması için hangi elemanların kesit boyutlarının arttırılması gerektiğine karar verir. Birim hacmine daha fazla enerji düşen elemanların boyutu birim hacmine daha az enerji düşen elemanlara göre daha büyük bir yüzdeyle arttırılır. Birim hacmine düşük enerji düşen bazı elemanların boyutları eğer dayanımları istenen seviyeyi karşılayacaksa küçültülebilir.

Bundan sonra, analiz ve boyutlandırmayı tekrar çalıştırın. ETABS size 86 çubuk elemanın analiz ve boyutlandırma kesitlerinin farklı olduğunu söyleyecek. Bu 86 çubuk elemanın boyutunun düğüm noktası 13 'deki deplasman kontrolünü sağlamak için değiştirildiği anlamındadır. ETABS daha sonra size bu kesitleri değiştirmek isteyip istemediğinizi soracaktır. Yes (Evet) 'e tıklayın. Sadece X-doğrultusuna paralel elemanların boyutlarının büyüdüğünü göreceksiniz. Düğüm Noktası 13 'ün deplasmanı .81 inç 'dir. Eğer iterasyonu sürdürürseniz, buradaki deplasman istenen .9 inç değerine yaklaşacaktır.



Şekil 2-3 X-Doğrultusundaki çerçeve elemanları

#### Mod Şekilleri (Mode Shapes)

**Display > Show Mode Shape** (Görüntüle > Mod Şekilini Göster) komutuna tıklayarak **Mode Shapes** (Mod Şekilleri) formunu görüntüleyiniz. Şekil değiştirmiş halini çizmek istediğiniz modu seçiniz. Bu yapı esnek diyafram *(flexible diaphragm)* olarak modellendi. Bu durum modelin kendi düzlemine (asal Z-ekseni) dik bir eksen etradında dönmeyeceği, rijit cisim gibi davranacağı anlamına gelir.



Şekil 2-4 C- Şekilli yapı – Mod Şekli 11

# Örnek III Gelişmiş Modelleme Teknikleri – Sekiz Katlı Otopark Yapısı

### Tanım

Bu yapı, her kat seviyesinde eğrisel rampalar bulunan sekiz katlı bir otopark binasıdır. Kat yükseklikleri 12 feet 'dir. X-doğrultusundaki tüm açıklıklar 24 feet, Y-doğrultusundaki açıklıklar da 36 feet genişliğindedir. Yapı rampaların kenarında bulunan eğrisel bir perde duvar sistemiyle yatay olarak mesnetlenmiştir.

### Örnekte Gösterilen Önemli ETABS seçenekleri

- Çoğaltma Seçenekleri
- Çizgilerden Alan Üretilmesi Özelliği
- □ Rampa Üretilmesi
- D Eğrisel Perde Duvar Üretilmesi
- Çoklu Kesit İzlerinin Çizilmesi
- Otomatik Çizgi Bağımlılığı Özelliği
- OpenGL Görünüşlerinin Üretilmesi
- Dotomatik Ağırlık Yükleri, Otomatik Yanal ve Sismik Yükler
- D Rijit, Yarı Rijit ve Esnek Döşeme Diyaframları
- Hareketli Yük Azaltma Çarpanları
- Betonarme Döşeme Diyafram Seviyesinde Kesme Kuvvetleri ve Çoklu Kesitler
- Eleman Özellik Düzeltme Çarpanları
- Başlık ve Toplayıcı Kuvvetleri
- Derde Duvar ve Döşemeler için Bölümlendirme Teknikleri

### Bilgisayar Modeli Tanımı

#### Grid ve Çizgilerin Üretilmesi

Yapı her bir açıklıkta hizasında 11 kolon olmak üzere, 5 açıklıklı bir sistemdir. Kip-inç-saniye birimleri kullanılmıştır. X ve Y doğrultularındaki açıklıklar sırasıyla 24 ve 36 feet 'dir. Yapı 8 katlıdır ve kat yükseklikleri 12 feet 'dir.

Bu modeli üretmek için, kesit görünüşü 3 'e gidiniz. Grid çizgisi C den Grid çizgisi A ya bir çubuk çiziniz. Bu çubuğu seçip **Edit > Replicate > Story Tab** (Düzenle > Çoğalt > Kat Sekmesi) komutuna gidiniz ve ÇİFT katları seçiniz (katları seçerken CTRL tuşuna basılı tutarak). Grid çizgisi I 'dan Grid çizgisi K 'ya bir çubuk çiziniz ve bu kez bu çubuğu çoğaltırken TEK tek katları seçiniz. Daha sonra, 8. kattan 7. kata çaprazlamasına çubuk çizerek başlayıp, her kattaki çubukları çaprazlarla birleştirin. (Bu örnekte, seçtiğiniz kiriş boyutunun bir önemi yoktur). Model aşağıdaki gibi görünmelidir.



Şekil 3-1 Rampa Yapısının Kesiti

#### Rampa Üretilmesi

Bundan sonra, her kattaki tüm yatay kirişleri ve tüm *diğer* eğik kirişleri seçiniz. Edit > Extrude Lines to Areas > Linear (Düzenle > Çizgilerden Alan Oluştur > Doğrusal) komutuna gidiniz. Increment Data (Artış Bilgisi) kutusunda dy için 36 feet ve çoğaltma adedi *(number)* için de 2 yazınız. Sonra da, tüm düz kirişleri tekrar ve ilk seferde seçili olmayan tüm eğik kirişleri seçiniz Aynı dönüştürme uygulamasını tekrar yapın fakat bu kez dy için -36 ft kullanın. Modeliniz şimdi *Şekil 3-2* 'deki gibi görünmeli.



Şekil 3-2 Rampa Yapısının 3-D Görünüşü

#### Dairesel Kenar Rampası Üretilmesi

Artık, dairesel rampayı yapmaya hazırız. A kesit görünüşüne gidiniz, ve Grid çizgisi 3 ve 4 arasındaki bir noktadan Grid çizgisi 5 'e bir çubuk çiziniz. (**Draw > Snap to > Line and Edges** altında çizgi ve kenarlara kenetle seçeneklerinin aktif olduğuna emin olunuz). Bu çubuğu tüm çift katlara çoğaltınız. A Kesitindeki tüm çubukları seçiniz ve **Edit > Extrude** Lines to Areas > Radial (Düzenle > Çizgilerden Alan Oluştur > Radyal) sekmesine gidiniz. Rampa tam bir yarım daire olacak bu nedenle, değerleri 10 derece açıyla 18 kere döndürülerek toplam 180 derecelik eğri bir yüzey olmasını sağlayacak şekilde giriniz. Toplam düşüş 2 kat yani 288 inç olacaktır. (Angle: 10, Number: 18 ve Total Drop: 288 in)

🔐 Extrude Lines to Areas		
Linear Radial		
Rotate About Point Point X 0, Point Y 864,		Rampa grid çizgisi 3 ve A etrafında döndürüldü. Y koordinatı 864 tür.
Increment Data Angle 10, Number 18 Total Drop 288,	OK Cancel	
Delete Source Objects		

Şekil 4-3 Extrude Lines to Areas (Çizgilerden Alan Oluştur) formu

Bu adımı tamamladıktan sonra, modeliniz Şekil 3-4 'deki gibi görünmeli.



Şekil 3-4 Dairesel Rampa Yapısı

#### Eğrisel Perde Duvar Üretilmesi

Burada dairesel rampa yüzeyinin kenarında, yapının tüm yüksekliği boyunca uzanacak eğrisel bir perde duvar yüzeyi üretmekle ilgileneceğiz. Kat planı 8 'e gidin ve ekranın sağ kenarındaki aşağı açılır kutudan **All Stories** (Tüm Katlar) seçeneğini seçiniz. **View > Set Building View Options** (Görünüş > Bina Görünüş Seçeneklerini Değiştir) formunda **Point Objects** (Noktasal Nesneler) seçeneği altındaki *invisible* (gizli) anahtarını seçili durumdan çıkarınız. Bu seçenek kullanıcının eğrisel perde duvarı oluştururken düğüm noktalarını görmesini ve onlara kenetlenmeyi sağlayacaktır. **Draw > Draw Area Objects > Draw Walls** (Çiz > Alan Nesnesi Çiz > Duvar Çiz) komutuna gidiniz ve Grid çizgileri A ve 5 in kesişiminde bulunan düğüm noktası üzerine tıklayınız. Rampanın kenarı etrafındaki tüm düğüm noktalarına tıklamaya devam ediniz. Yarım dairenin yarısına geldiğinizde, kat planı 7 'ye gitmeniz gerekli çünkü Kat 8 altında bulunan diğer düğüm noktaları görülmeyecektir. Grid çizgileri 1 ve A 'nın kesişimine geldiğinizde yarım daire tamamlanacaktır.

#### Developed Elevation (Çoklu Kesit İzi)

Çoklu kesit izleri yapının birden fazla yüzünü tek bir *açılmış* görünüş içinde aynı anda gösterebilirler. Bir çoklu kesit izi çizmek için önce, menüden **Draw > Draw Developed Elevation Definition** (Çiz > Çoklu Kesit İzini Çizerek Belirt) seçip, formun **Developed Elevations** (Çoklu Kesit İzleri) alanındaki derleme kutusuna çoklu kesit izi için bir isim yazıp, **Add New Name** (Yeni İsim Ekle) kutusuna tıklanmalıdır. Daha sonra, kat planı 8 de, eğrisel perde duvarın çiziminde yapıldığı gibi, rampanın kenarlarındaki düğüm nokaları üzerine tekrar bir yarım daire tamamlanıncaya kadar tıklayıp kesit çizilmelidir. Kesiti **View menüsü > Set Elevation View** (Görünüş > Yandan Görünüş Seç) seçeneğine tıklayıp, oluşturduğunuz çoklu kesit izinin ismini seçerek görebilirsiniz.

**Not:** Eğer **Options menüsü > Windows** (Seçenekler > Pencereler) komutu iki veye daha fazla pencere için ayarlandıysa ve bu pencereler Plan veya 3D Görünüşe ayarlıysa, çoklu kesit izi bu Plan ve 3D Görünüş pencerelerinde *cyan* renginde bir çizgiyle (ön tanımlı) gösterilecektir. Bir kaç duvar elemanını seçerek onları siliniz. Bu eğri perde duvar elemanı üzerinde bir açıklık oluşturacaktır. Modeliniz *Şekil 3-5* 'deki gibi görünmelidir.



Şekil 3-5 Eğrisel Perde Duvarları olan Dairesel Rampa Yapısı

#### Otomatik Çizgi Bağımlılığı (Auto Line Constraint)

Eğer *Şekil 3-5* 'e dikkatlice bakarsanız, perde duvar ve rampa düğüm noktalarının ortak olmadığını görürsünüz. Genel olarak sonlu eleman analizinde kabuk elemanlar diğer elemanlara sadece köşe noktalarında birleştirilir. Bir eleman eğer kabuk elemanın köşe noktasına bağlanmıyor, bunun yerine kabuk elemanın kenarına geliyorsa, bu elemanla kabuk eleman arasında bir bağlantı oluşmaz. Bununla birikte ETABS otomatik çizgi bağımlılığı *(auto line constraint)* özelliğini kullanır. ETABS 'ın otomatik çizgi bağımlılığı özelliği bir elemanın kenarı boyunca bağımlılık noktaları koyarak buna karşılık gelen diğer elemanlarla birlikte hareketine olanak verir ve elamanlar arasındaki bağlantıyı sağlar. ETABS 'ın otomatik çizgi bağımlılığı özelliği özelliği hakkında daha fazla bilgi için **Sonlu Eleman Hasır Gruplarının Birleşiminde SAP2000 ve ETABS 'ın Sağladığı Kolaylık** başlıklı makaleye bakınız. (http://www.comp-engineering.com/downloads/ technical\_papers/SAP2000/Line-Constraints-tr.pdf)

# Örnek IV Eş Merkezli, Çaprazlı 4 Katlı Çelik Çerçeve Yapısı

### Tanım

Bu yapı, dört katlı eş merkezli (konsantrik) olarak çaprazlanmış çerçeve yapısıdır. Statik düşey yüklere ve **1997 Uniform Building Code** yönetmeliğine göre bilgisayar tarafından üretilmiş deprem yüklerine karşı koymaktadır. Yanal yüklere karşı koymak için bazı açıklıklara X çaprazları konulmuştur. Her katta farklı doğrultuda iki kompozit döşeme vardır.

### Örnekte Gösterilen Önemli ETABS seçenekleri

- D Rijit Diyafram Atamaları
- Goklu Kesitlerin (Section Cuts) kullanımı
- □ Kabuk elemanların eksenlerinin döndürülmesi
- □ Kopyalama (replication) teknikleri
- Kompozit döşeme elemanı seçenekleri
- Hızlı çapraz çizimi
- Otomatik deprem yükleri

### Bilgisayar Modeli Tanımı

Yapı L şeklindedir ve 12 açıklıklı bir sistemdir. Her bir açıklığı üzerinde 13 kolon vardır. Kipinç saniye birimleri kullanılmaktadır. Elastisite modülü 29000 ksi 'dir. Çerçeve geometrisini görmek için lütfen *Şekil 4-1* ve *4.2* 'ye bakınız.

Kompozit Döşeme Özellikleri:

Döşeme Kalınlığı Kompozit Döşeme Kalınlığı Diş Genişliği <i>(Rib Width)</i> Diş Aralığı <i>(Rib Spacing)</i>		= 3.25 in = 12 in = 6 in = 12 in
Servis Yükleri:		
Hareketli Yükler	Çatı Kat 3 Kat 2 Kat 1	= 20 psf = 80 psf = 80 psf = 80 psf
Ek Ölü Yük	Çatı	= 73.7  psf

Kat 3 = 
$$75.4 \text{ psf}$$
  
Kat 2 =  $75.4 \text{ psf}$   
Kat 1 =  $75.4 \text{ psf}$ 

Bu modelde ölü yük için zati ağırlık çarpanı *(self weight multiplier)* sıfır alınacaktır. Bu değer **Define > Static Load Case** (Tanımla > Statik Yük Durumu) altında bulunabilir. Bu örnekte sadece yukarıda listelenen ek ölü yükler kullanılacaktır.

UBC97 sismik yük analizine göre, yapıyla ilgili yönetmelik parametreleri aşağıdaki gibidir:

UBC Sismik bölge çarpanı, Z	= 0.4
UBC Zemin Tipi	= SC
UBC Önem Katsayısı, I	= 1.0
UBC Aşırı zorlama çarpanı	= 8.5
UBC C <sub>1</sub> katsayı	= 0.035
UBC Deprem kaynağına yakınlık	
çarpanı, deprem kaynağı tipi	= B
Kaynağa Uzaklık	= 15 km



Şekil 4-1 Yapının 3D görünüşü



Şekil 4-2 Kesit Görünüşü M

#### Rijit Diyafram Ataması (Rigid Diaphragm Assignment)

*Rijit diyaframlar sadece yatay olabilir*. Bu nedenle rijit diyafram atamaları duvar-tipi veya rampa-tipi alan nesnelerine uygulanamaz. Sadece döşeme tipi veya yatay düzlemde olan **null** tipi alan nesnelerine uygulanabilir. ETABS 'da, bir rijit diyafram sadece kendi düzlemi içinde ötelenir (asal X-Y düzlemi) ve yine sadece kendi düzlemine dik eksen etrafında bir rijit cisim gibi döner (asal Z ekseni). Bir alan nesnesine rijit diyafram atamak onun düzlem-dışı davranışını değiştirmez. Örneğin, eğer plak-eğilme özellikleri (örneğin, düzlem-dışı eğilme özelliği) olan bir betonarme kat döşemesi tanımlarsanız, bu döşemeye bir rijit diyafram bağımlılığı atanması onun düzlem-dışı eğilmesine bir etkisi olmaz. ETABS 'da, bir alan nesnesinin sınırları içinde kalan tüm ek noktasal nesnelere bir diyafram bağımlılığı atanmasını sağlar. Bunlara alan nesnesinin ETABS tarafından otomatik bölümlendirilmesi sırasında üretilen tüm düğüm noktaları da dahildir.

### Sonuçlar

#### Çoklu Kesit Kuvvetleri (Section Cut Forces)

Çoklu Kesitleri (Section Cuts) tanımlamak için iki seçenek vardır:

1. Birinci seçenek; kesitin yerini tanımlamaktır. Define menüsü > Section Cuts

(Tanımla > Çoklu Kesitler) komutu kullanılarak bir modelde çoklu kesitete oluşan sonuç kuvvetleri bulunabilir. Çoklu kesitler analizden önce veya sonra tanımlanabilir. Ancak tanımlama için analizin çalıştırılmasını beklemek en güvenlisidir. Genel olarak modelin tüm bölümlendirmesi yapılana kadar (eğer varsa), çoklu kesitlerin tanımlanmaması, daha da önemlisi, çoklu kesitlerde kullanılan grupların tanımlanmaması gerekir. Eğer gruplar bölümlendirmeden önce tanımlandıysa, gruba dahil olması gereken bazı noktasal nesneler henüz oluşturulmamış olabilir.

2. İkinci seçenek; çoklu kesiti modelin herhangi bir kısmında elle çizmektir. **Draw > Draw Section Cut** (Çiz > Çoklu Kesit Çiz) seçeneği kullanılarak yapılabilir. Model analiz edilmiş olmalıdır ve bir kuvvet/gerilme diyagramı görünüşünde olunmalıdır. Buna **Display > Show Member Force/Stress Diagram** (Görüntüle > Eleman Kuvvet/Gerilme Diyagramını Göster) altında bir çubuk veya kabuk kuvveti seçerek ulaşılabilir. Bu örnekte çoklu kesit kuvvetlerini bulmak için bu ikinci seçenek kullanılmıştır.

Kat 4 'de Grid çizgisi L ve M arasında kabuk gerilme kuvvetlerini bulmak için, **Draw > Draw Section Cut** (Çiz > Çoklu Kesit Çiz) komutuna gidiniz. Grid çizgisi M 'e paralel bir çizgi çiziniz. Yanıp sönen çizgi Grid çizgisi M boyunca uzanan çoklu kesiti temsil eder. Çoklu kesit kuvvetleri ekranda görülecektir. *Şekil 4-3 ve 4-3* 'e bakınız.



*Şekil 4-3* Deprem yük durumu için S12 Gerilme Diyagramı

*Şekil 4-3* 'de grid çizgileri 4 ve 6 arasında, grid çizgisi M üzerinde yüksek gerilme yığılması görülmektedir. Burası eş merkezli çapraz çerçevelerin bulunduğu yerdir. Gerilme diyagramından grid çizgisi A üzerinde de çaprazların olduğunu görebilirsiniz.

Section Cut St	resses & Forc	es				
_						
						12
_						
Section Cutting Li	ine					
_	X		Υ	Z	_	
Start Point	4411.139	6	3869.2878	744.		
End Point	4411.139	6	1437.0386	744.		
Resultant Force L	ocation and Ang	le				
	X		Y	Z	An	gle
	4411.139	6	2653.1632	744.	J-90.	
Include	✓ Floors	🔽 Bea	ms 🔲 Brace	s 🦵 Columns	🗆 Walls 🛛 🗖	Ramps
Integrated Forces						
	Right	Side	<u>_</u>		eft Side	_
Force	-384 7114	-3 724	0 1589	384 7114	3 724	-0.1589
Moment	-24,495	281.9134	17438.9205	24.495	-281.9134	-17438.921
		Close	1	Refresh		

Şekil 4-4 Çoklu kesit kuvvet çıktısı

### Örnek V İki Katlı Çelik Çaprazlı Çerçeve Yapısı – Düşey ve Yatay Yük Analizi

### Tanım

Bu örnekte iki katlı bir çelik çaprazlı çerçeve yapısı düşey statik yüklere ve verileri programda mevcut olan **1997 Uniform Building Code** yönetmeliğine göre bilgisayar tarafından üretilmiş deprem yüklerine karşı koymaktadır. Yanal yükler, betonarme perde duvarlar ve çelik çaprazlarla karşılanmaktadır. Yapının çatı katında ağır mekanik ekipman yükleri vardır.

Çerçevenin geometrisini Şekil 5-1 ve Şekil 5-2 'de görülmektedir.

### Örnekte Gösterilen Önemli ETABS seçenekleri

- Dotomatik Deprem ve Rüzgar Yükü Üretilmesi
- □ Kabuk Eleman Seçenekleri
- **Null** tipi kat elemanlarının kullanılması
- □ Kat ve Grid'lerin Düzenlenmesi
- □ Kütle Kaynağı (Mass Source) Seçenekleri
- Çelik Çapraz Düzeltme Seçenekleri
- Derde Duvar Üretilmesi
- Hızlı Çapraz Çizilmesi
- Çelik Çapraz Boyutlandırması
- Kompozit Kiriş Boyutlandırması

### Bilgisayar Modeli Tanımı

Yapı 3 açıklıklı bir sistemdir ve her bir açıklık üzerinde 4 kolon vardır. Kip-inç saniye birimleri kullanılmaktadır. Elastisite modülü 29000 ksi 'dir.

Yapıyla ilgili diğer parametreler aşağıdaki gibidir:

Sıcaklık Genleşme Katsayısı	= 6.500E-06
Poisson oranı	= 0.3
Minimum Akma Gerilmesi, Fy	= 50 ksi
Minimum Çekme Dayanımı, Fu	= 65 ksi

Kompozit Döşeme Özellikleri:

Döşeme Kalınlığı Kompozit Döşeme Kalınlığı Diş Genişliği Diş Aralığı		= 3.5 in = 3 in = 6 in = 12 in
Servis Yükleri:		
Hareketli Yükler	Çatı Kat 1 Kompozi Döşeme	= 20 psf = 125 psf t = 100 psf
Ek Ölü Yük	Çatı Kat 1 Mekanik yükler	= 30 psf = 31 psf = 188 psf

UBC97 sismik yük analizine göre, yapıyla ilgili yönetmelik parametreleri aşağıdaki gibidir:

UBC Sismik bölge çarpanı, Z	= 0.40
UBC Zemin Tipi	= SD
UBC Önem Katsayısı, I	= 1.0
UBC Aşırı zorlama çarpanı	= 5.5
UBC C <sub>t</sub> katsayı	= 0.035
UBC Deprem kaynağına yakınlık	
çarpanı, deprem kaynağı tipi	= B
Kaynağa Uzaklık	= 10 km



Şekil 5-1 Yapının 3D Görünüşü



Şekil 5-2 1.Kat Planı Görünüşü

#### Kütle Kaynağı (Mass Source) Seçeneği

ETABS 'da, kullanıcının bir yapıdaki kütle dağılımını tanımlarken üç seçeneği vardır. **Define menüsü > Mass Source** (Tanımla > Kütle Kaynağı) komutuna tıklayarak **Define Mass Source** (Kütle Kaynağı Tanımla) formunu görüntüleyin. Formda aşağıdaki seçenekleri göreceksiniz:

#### 1. From Self and Specified Mass (Kendi ve Tanımlanmış Kütlelerden) :

Tüm yapısal elemanların kendileriyle ilişkili malzeme özellikleri vardır. Malzeme özelliklerinde tanımlanan değerlerden biri de birim hacim kütlesidir *(mass per unit volume)*. **From Self and Specified Mass** seçeneği işaretlendiğinde, ETABS yapının kütlesini ilişkili elemanların kütlesinden bulur. Elemanların kütlesini de her bir yapısal elemanın hacmini o elemanın birim hacim ağırlığıyla çarparak bulur. Bu davranış ETABS 'ın ön tanımlı değeridir. Aynı zamanda bölme duvarlar, cephe kaplama elemanları vb. yapı elemanlarını da dikkate almak için ek kütle atanması mümkündür. ETABS herhangi bir ek kütle atamasını elemanın kütlesine ekler ve böylece toplam kütleyi elde eder. ETABS 'da kütleler negatif değer almazlar.

#### 2. From Loads (Yüklerden):

Bu seçenekte, mevcut yüklerden hareketle yapının kütlesini belirleyen bir yük kombinezonu tanımlanır. Kütle, yük kombinezonunun yerçekimi ivmesi **g** 'ye bölümüyle hesaplanan ağırlığa eşittir. Buradan elde edilen kütle, her üç öteleme doğrultusundaki etki alanları *(tributary area)* esas alınarak düğüm noktalarına aktarılır.

# 3. From Self and Specified Mass and Loads (Kendi, Tanımlanmış Kütle ve Yüklerden) :

Bu seçenek ilk iki seçeneğin birleşimidir. Zati-ağırlığı, tanımlı ek kütleleri ve yüklerden üretilen kütleleri aynı analizde kullanmanıza olanak verir.

From Self and Specified Mass and Loads *(Kendi, Tanımlanmış Kütle ve Yüklerden)* seçeneği kullanılırken Define Mass Multiplier for Loads *(Yükler için Kütle Çarpanı Tanımla)* kutusuna ölü yük durumunun eklenmemesi gerektiğine dikkat edilmelidir. Aksi durumda yapıdaki ölü yük iki kere dikkate alınmış olur.

### Sonuçlar

#### Taban Kesmesi Hesapları

Takibeden satırlardaki veriler **File menüsü > Print Tables > Input > Auto Seismic Loads** (Dosya > Tabloları Yazdır > Veriler > Otomatik Sismik Yükler) komutu kullanılarak yazdırılabilir.

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction:X Typical Eccentricity=5% Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated (*Program tarafından hesaplanacak*) Ct = 0.035 (in feet units)

Top Story: STORY2 Bottom Story: BASE

$\mathbf{V} = (\mathbf{C}\mathbf{v} \mathbf{I} \mathbf{W}) / (\mathbf{R} \mathbf{T})$	(Eqn. 1)
V <= 2.5 Ca I W / R	(Eqn. 2)
V >= 0.11 Ca I W	(Eqn. 3)
V >= 0.8 Z Nv I W /R,	(Eqn. 4)

If T <= 0.7 sec then Ft = 0 If T > 0.7 sec, then Ft = 0.07 T V <= 0.25 V

#### AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

Ta = 0.4620 secT Used = 0.1865 sec W Used = 3910.77

V (Eqn 1) = 0.8446W V (Eqn 2) = 0.2031W V (Eqn 3) = 0.0581W V (Eqn 4) = 0.0788W

V Used = 0.2031 W=794.19 Kips

#### Çelik Çerçeve Boyutlandırması (Steel Frame Design)

Çelik Çerçeve Boyutlandırması çalıştırıldıktan sonra, (*Şekil 5-3* 'e bakınız) kullanıcı herhangi bir çelik çerçeve elemanına farenin sağ tuşuyla tıklayarak Çelik Gerilme Kontrolü Bilgisi *(Steel Stress Check Information)* formunu görüntüleyebilir. Burada **Details** (Detaylar) komutuna tıklayarak, seçilen boyutlandırma kombinezonu ve çıktı alım bölgesi *(station location)* için detaylı boyutlandırma bilgileri görüntülenir. (*Şekil 5-4* 'e bakınız.)



Şekil 5-3 E Kesiti Görünüşü

Steel Stress Check Info	mation AISC-U	RFD99			×
Pile Drawing					
AISC-LHFD99 STEEL S Level: STORY1 Eler Element Type: Spec	SECTION CHEC Went: D30 S cial Moment	tation Loc: Frame Cla	Mip-in (Summar 159.452 Sectio ssification: Co	y for Combo and Station) n ID: HSS10X10X.500 Mpact	Unitz (Kip-in 💌
1-318.985					
A=17.200 122=256.0 s22=51.200 s03=51 E=29000.000 fu=46	000 133-256 200 r22-3.	.000 z22-6 858 r33-3.0	0.700 z33-60.70 158	•	
RLLF-1.000 Onega0	3.000		1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		
P-H33-H22 Demand/C	apacity Rati	o 1s 0.62	7 - 0.601 + 0.02	7 + 0.000	
STRESS CHECK FORCES	A HOHENTS				
Conbo DSTLS3	-255.071	H33 75.696	0.008	02 03	
OXIOL FORCE & BIOX	AL HOMENT D		-121		
Avial	Pu Load 255, 871	phisPnc Strength h2h.70h	phi+Pnt Strength 712.080		
	Pharmon t	phi-Mu Capacitu	En Bi Factor Factor	82 K L	Ch
Hajor Bending Hinor Bending	75.696	2512.988 2512.988	1.000 1.548	1.000 1.000 1.000 1.000 1.000	1.316
SHEAR DESIGN					
	Uu	Phi=Un	Stress		
3	Force	Strength	Ratio		
Hajor Shear Hinor Shear	0,000	231.012 231.012	0.000		

Şekil 5-4 Çelik Gerilme Kontrolü Detay Çıktıları

#### Kompozit Kiriş Boyutlandırması (Composite Beam Design)

Kompozit Kiriş Boyutlandırması çalıştırıldıktan sonra, sonuçlar iki farklı yöntem kullanılarak görülebilir:

- 1. Metin Formatı: File > Print Tables > Composite Beam Design (Dosya > Tabloları Yazdır > Kompozit Kiriş Boyutlandırması)
- 2. Grafik üzerinde: **Design > Composite Beam Design > Display Design Info** (Boyutlandırma > Kompozit Kiriş Boyulandırma > Boyutlandırma Bilgilerini Göster)

Kompozit kiriş boyutlandırma sonuçlarının grafik üzerinde nasıl görüldüğüne bir örnek olarak aşağıdaki *Şekil 5-5* verilmiştir. Kompozit döşeme ve mekanik yüklerinin grid çizgisi D ve E arasında atanmasından dolayı seçilen kiriş boyularının o bölgede daha büyük olduğunu görebilirsiniz. **Kompozit kirişlerin boyutlandırılmasıyla ilgili daha geniş bir açılama 6. örnekte bulunabilir.** 

•		3		2	)	C
T	W16X26 (22)		8X40 (6)W18X4(	16		
8 do	C=1.250	60	=0.000 C=0.0	0Œ		3,4
y Ö	W18X40 (36)	8	W18X40 (34)	6	W18X40 (36)	4
옮물	C=1.000	ri e	C=1.000	e,	c=1.000	ž
1	W18X40 (36)	60	W18X40 (34)	6	W18X40 (36)	<u>g</u>
<u></u>	C=1.000	위문	C=1.000	9	ਜ C=1.000	- 4
y Q	W18X40 (36)	- 2 0	W18X40 (34)	- 2	W18X40 (36)	4
a X	C=1.000	8	C=1.000	8	C=1.000	- ×
പെച്ച്	W18X40 (26)	<	W18X40 (26)	>	W18X40 (26)	2
~ ₹	C=1.000	6	C=1.000	E	C=1.000	- (†
- H	W18X40 (36)	m.	W18X40 (34)	- m	W18X40 (36)	
98	C=1.000	28	C=1.000	2.3	8 C=1.000	e,
e e	W18X40 (36)	00	W18X40 (34)	2	<u>O W18X40 (36)</u>	- 2
쎫꾼	C=1.000	원풍	C=1.000	9	д C=1.000	8
	W18X40 (36)	<u> </u>	W18X40 (34)	- 2	W18X40 (36)	- <del></del>
S I	C=1.000	8	C=1.000	ğ	C=1.000	ŝ
0-3-	W18X40 (26)	>	W18X40 (26)	>,	W18X40 (26)	
~ ຊ8	C=1.000	33	C=1.000	3	C=1.000	ಲೆ
28	W18X40 (36)	- mi	W18X40 (34)	m)	W18X40 (36)	4
정문	C=1.000	<u>~</u> 8	C=1.000	7.3	8 C=1.000	- Ĕ
	W18X40 (36)	<u></u>	W18X40 (34)	<u> </u>	0 W18X40 (36)	불
38	C=1.000	<u>8</u> 5	C=1.000	<u>۳</u>	Π C=1.000	4
물음	W18X40 (36)	-X	W18X40 (34)	×	W18X40 (36)	
_ 85	C=1.000	ŝ	C=1.000	ŝ	C=1.000	. Ê
• <del>}</del>	VV 24 A 55 (49)		VV24A00 (49)	-	VV 24 A 33 (49)	- 5
- g	G=0.000	_	U=0.000	_	C=0.000	ିଛି
9-	C=0.000	Ē	C=0.000	5	- 0.000	- 01
60	W27X84 (22)	28	W27X84 (22)	5	8 W27X84 (22)	6, 6,
5 <del>6</del>	C=0.000	- <del>2</del> 0	C=0.000	Ĕ	C=0.000	e
මුර්	W27X84 (22)	န္မပ္စ	W27X84 (32)	×.	0 W27X84 (33)	8
<u> </u>	C=0.000	ŝ	C=0.000	ŝ	C=0.000	5
_ ¥	W21X55 (24)	- 10/1	4¥20 (6)(14¥2)	161	C=0.000	- X

Şekil 5-5 Kompozit Boyutlandırma Sonuçları Çıktısı

# Örnek VI Kompozit Kiriş Boyutlandırması

### Tanım

Kompozit Kiriş Boyulandırması *(Composite Beam Design)* ETABS 'ın önemli özelliklerinden biridir. Bu bölümde, iki ayrı kompozit kiriş örneğini tartışacağız. İlk modelde AISC LRFD 99 yönetmeliği, ikinci modelde ise AISC-ASD 89 yönetmeliği kullanılacaktır.

### Örnekte Gösterilen Önemli ETABS seçenekleri

- □ Kompozit Döşeme Özellikleri
- Kompozit Kiriş Özellikleri
- Aşamalı İnşaat Yüklemesi (Construction Loading)
- □ Saplama (stud) aralıkları seçenekleri
- □ Kısmi Kompozit Limitler (Partial Composite Limits)
- □ Titreșim Etkisi (vibration)

# Örnek VI-1

Bu örnekte **LRFD 99** yönetmeliği kullanılarak kompozit kiriş eğilme elemanı boyutlandırması yapılacaktır. Bu model **AISC-LRFD 99** 'un 3. baskısındaki 5.6 örneğinde bulunmaktadır. Model tek katlı, ölü ve hareketli yüklere maruz 3 boyutlu bir çelik çerçeve yapısıdır. Bu modelin kalıp sırasında alttan desteklenmemiş ve desteklenmiş hallerini inceleyeceğiz.



Şekil 6-1 Yapının 3D Görünüşü

#### Bilgisayar Modeli Tanımı

Kiriş uzunlukları 40 feet ve kirişler aralarındaki mesafe 10 feet'tir. Elastisite modülü 29000 ksi 'dir. Çerçeve geometrisini görmek için *Şekil 6-1* 'e bakınız.

Yapıyla ilgili diğer parametreler aşağıdaki gibidir:

Sıcaklık Genleşme Katsayısı	= 6.500E-06
Poisson oranı	= 0.3
Minimum Akma Gerilmesi, F <sub>v</sub>	= 50 ksi
Minimum Çekme Dayanımı, F <sub>u</sub>	= 65 ksi
Kompozit Döşeme Özellikleri:	
Döşeme Kalınlığı	= 3 in
Kompozit Döşeme Kalınlığı	= 3 in
Diş Genişliği	= 6 in
Diş Aralığı	= 12 in

Servis Yükleri:

Yük	Servis Yükü	Yük Çarpanı	Yük Katsayılarıyla Arttırılmış Tasarım Yükü
Ölü	.9 k/ft	1.2	1.1 k/ft
Hareketli	2.5 k/ft	1.6	4.0 k/ft
Toplam	3.4 k/ft		5.1 k/ft

#### Kompozit Kiriş Boyutlandırma Seçenekleri (Komposite Beam Design Preferences)

**Options menüsü > Preferences > Composite Beam Design** (Seçenekler > Tercihler > Kompozit Kiriş Boyutlandırma) komutuna tıklayarak **Composite Beam Design Preferenes** (Kompozit Kiriş Boyutlandırma Seçenekleri) formunu görüntüleyiniz. **Composite Beam Design Preferenes** formundaki açılır liste kutularına tıklayıp seçerek ya da derleme kutularına yazarak istediğiniz değerleri giriniz. Tercihler menüsü programın kullanımına ve görünüşüne, boyutlandırma son-işlemcisinin geçerli davranışına ve programın hareketli yük azaltma çarpanlarını nasıl ele aldığına etki eden bir çok seçeneği barındırır. Bu formdaki **Vibration** (Titreşim) sekmesi birinci doğal periyot bulunurken kiriş için alınan yükün hesabında, hareketli yük ve azaltılmış hareketli yük toplamının dikkate alınan oranının (ölü yüke ek olarak) kullanıcı tarafından belirlenebilmesine olanak verir. Buna ek olarak ETABS, Murray 'in minimum sönüm kriterlerini de kiriş kesitinin uygun olup olmadığına karar

verirken dikkate alır. **Help menüsü > Documentation and Tutorials** (Yardım > Kullanım ve Eğitim Kılavuzları) komutuna tıklanarak bu formdaki yönetmeliklere özel seçeneklere, onların muhtemel değerlerine, onlara atanan ön değerlere ve onlar hakkında kısa bir açıklamaya ulaşılabilir. Bunun için önce **Technical Notes – Composite Beam Design** (Teknik Yazılar – Kompozit Kiriş Boyutlama) 'ya tıklayın, daha sonra da ilgili yönetmelik altındaki **Preferences** (Tercihler) üzerine tıklayınız.

#### Kompozit Kiriş Özellik Düzeltmeleri (Composite Beam Property Overwrites)

**Design menüsü > Composite Beam Design > View/Revise Overwrites** (Boyutlandırma > Kompozit Kiriş Boyutlandırma > Düzeltmeleri Göster/İşle) komutunu kullanarak kompozit kiriş üzerinde yapılan değişiklikleri gözden geçirebilir veya değiştirebilirsiniz. Herhangi bir kompozit kiriş düzeltmesi *(composite beam overwrite)* atamanıza gerek olmayabilir; ama bu seçenek sağlanmıştır. Eğer boyutlandırmada takviye levhaları *(cover plate)* kullanıyorsanız ya da kayma kilidi şablonu *(user-defined shear connector patterns)* tanımladıysanız, onları düzeltmeler *(overwrites)* seçeğini kullanarak atayınız. Kompozit kiriş boyutlandırma düzeltmeleri *(composite beam property overwrites)* sadece özel olarak belirtilmiş kirişlere uygulanabilen basit özelliklerdir. Bu nedenle, düzeltmeler *(overwrites)* tanımlanmadan önce (aynı zamanda boyutlandırma ya da herhangi bir kompozit kirişi kontrolünden önce) seçeneklerin *(preferences)* tanımlanması gerekir.

Kompozit kiriş düzeltmeleri formundaki sekmelerden biri de **Shear Studs** (kesme saplamalarıdır) 'dır. Burada bir kullanıcı-tanımlı kayma kilidi şablonunun tanımlanıp tanımlanmadığını görebilir, kiriş üzerinde düzgün aralıklarla kesme saplamaları *(shear studs)* tanımlayabilir veya kiriş doğrultusu boyunca kesme saplamalarının *(shear studs)* minimum ve maksimum aralıklarını değiştirebilirsiniz. *Şekil 6-2* 'de kesme saplaması *(shear stud)* formu görülmektedir.

Compo	site Beam Overwri	tes (AISC-LR	FD99)
Be Shear	am Bracing (C) Studs Deflection	Bracing Vibration	Deck Miscellaneous
	User Pattern? Uniform Spacing No. Additional Section Single Segment? Stud Increase Factor Minimum Extra Studs Min Long Spacing Max Long Spacing Min Tran Spacing Max Studs Per Row Qn	s 	(es 3.5 0 4.5 36. 3. 3 0.
		eset Tab	Concel 1
	Reset All	UK	Cancel

Şekil 6-2 Kompozit Kiriş Düzeltmeleri – Kesme saplamaları

Şekil 6-2 'de görülen **Miscellaneous** (Çeşitli) sekmesi altında, kullanıcı kiriş için düşünülen kompozit bağlantı yüzdesinin minimum *(Minimum PCC)* ve maksimum *(Maximum PCC)* değerlerini ayarlayabilir. Bu örneğin sonuçlar kısmında Minimum ve Maksimum PCC değerlerinin nerede hesaplandığı gösterilecektir. (Şekil 6-3 'deki #2 'ye bakınız.) **Vibration** (Titreşim) sekmesinin altında, N<sub>eff</sub> değerinin kullanıcı tarafından seçilmesini veya seçilen kiriş açıklığına bağlı olarak program tarafından hesaplanmasını belirleyecek bir seçenek vardır. Burada aynı zamanda döşemede tahriğe neden olan ayak darbesi etkisinin *(heel drop impact)* 'a karşı koyan efektif kiriş sayısını da belirleyebilirsiniz.

#### Kompozit Kiriş Boyutlandırma Kombinezonları

**Design menüsü Composite Beam Design > Select Design Combo** (Boyutlandırma > Kompozit Kiriş Boyutlandırma > Boyutlandırma Kombinezonu Seç) komutunu kullanmadan önce analizin çalıştırılması veya bir elemanın seçili durumda olması gerekli değildir.

**Design menüsü Composite Beam Design > Select Design Combo** (Boyutlandırma > Kompozit Kiriş Boyutlandırma > Boyutlandırma Kombinezonu Seç) komutuna tıklayarak **Design Load Combinations Selection** (Boyutlandırma Yük Kombinezonları Seçimi) formunu açınız. ETABS tarafından tamınlanan mevcut kompozit kiriş boyutlandırma kombinezonlarını gözden geçirin veya kendi boyutlandırma kombinezonlarınızı atayınız.

Kompozit kiriş boyutlandırmada; aşamalı inşaat yüklemesi, dayanımın dikkate alındığı son yüklemeler ve sehimlerin dikkate alındığı son yüklemeler için ayrı ayrı boyutlandırma yük kombinezonlarının tanımlandığına dikkat ediniz. Farklı tipteki bu boyutlandırma kombinezonları formda ayrı ayrı sekmeler altında bulunmaktadır.

Ön tanımlı kompozit kiriş boyutlandırma kombinezonlarına DCMPC1 veya buna benzer isimler verilir, isimlendirme aşağıdaki gibi yapılır;

- **DCMPCn:** Burada **D** boyutlandırma (*design*), **CMP** kompozit (*composite*) ve son **C** 'de inşaat (*construction*) anlamındadır. En sonraki **n** ise bir sayıdır. Bu şekilde adlandırılan boyutlandırma yük kombinezonları ETABS 'ın kompozit boyutlandırmada aşamalı inşaat yüklemeleri için oluşturduğu ön tanımlı kombinezonlardır.
- **DCMPSn:** Burada **D** boyutlandırma *(design)*, **CMP** kompozit *(composite)* ve **S** 'de dayanım *(strength)* anlamındadır. En sonraki **n** ise bir sayıdır. Bu şekilde belirtilen adlandırılan yük kombinezonları ETABS 'ın kompozit boyutlandırmada son yükler altında dayanımların göz önüne alınması için oluşturduğu ön tanımlı kombinezonlardır.
- **DCMPDn:** Burada **D** boyutlandırma *(design)*, **CMP** kompozit *(composite)* ve son **D** 'de sehim *(deflection)* anlamındadır. En sonraki **n** ise bir sayıdır. Bu şekilde belirtilen boyutlandırma yük kombinezonları ETABS 'ın kompozit boyutlandırmada son yükler altında sehimlerin göz önüne alınması için oluşturduğu ön tanımlı kombinezonlardır.

#### Sonuçlar

Yük katsayıları ile çarpılmış toplam yükler için bulunan gerekli eğilme dayanımı:

$$M_{u} = \frac{wL^{2}}{8}$$
  
=  $\frac{(5.1 \text{ k/ft})(40 \text{ ft})^{2}}{8}$   
= 1020 k - ft  
 $V_{u} = \frac{wL}{2}$   
=  $\frac{(5.1 \text{ k/ft})(40 \text{ ft})}{8}$   
= 102 k

Tablo 5-13 'den, Qn = 26.1 k/stud ve gereken kesme saplaması (shear stud) miktarı:

$$\frac{2\sum Q_n}{Q_n} = \frac{2(810 \text{ k})}{26.1 \text{ k/stud}} = 62.1 \rightarrow 64 \text{ stud}$$

Analiz ve kompozit kiriş boyutlandırma çalıştırıldıktan sonra, bir kiriş elemanının üzerine sağ tuşla tıklayarak **Interactive Composite Beam Design** (Etkileşimli Kompozit Kiriş Boyutlandırması) formunu görüntüleyiniz. Kiriş boyutlandırmasının bir özetini görmek için **Details** (Detaylar) kutusuna tıklayınız. **AISC-LRFD** örneğinde 64 adet kesme saplaması #1

#2

*(shear stud)* gerektiği hesaplanmıştı. Eğer *Şekil 6-3* 'deki **Summary** (Özet) kısmına bakarsanız ETABS tarafından 65 adet saplama *(stud)* gerektiğinin hesaplandığını görebilirsiniz. (Ok #1 'e bakınız.)

Summary	Strength	Stud Details	Serviceability	
AISC-LRFD9	13 Composite	e Beam Design	Beam Label: B6 Ur	nits: Kip-ft
Beam Label: B Group: None Beam: W24X5 Fy: 7200.000 Fu:9360.000 RLLF:0.800	16 Story Leng 15 Loc> Loc \ Requ Desig	: STORY1 th: 40.000 th: 20.000 th: 20.000 rested as: Composite gned as: Composite	Shored: No Camber: 0.104 Comparative: \$3826.12 Stud Diam.: 0.063	Overwrites: Yes b-cp: N/A t-cp: N/A Fy-cp: N/A Consider-cp:No
Deck Left: DE Dir. Left: Perpr Ctop Left: 0.09 Cbot Left: 0.00	CK1 Deck ndclr Dir. R 30 Ctop 30 Cbot	.Right: DECK1 ight: Perpndclr Right: 0.090 Right: 0.000	beff Left: 5.000 F'c Left: 576.000 Ec(S) Left: 518400.000 Ec(D) Left: 518400.000 Ec(V) Left: 699840.000	beff Right: 5.000 F'c Right: 576.000 Ec(S) Right: 518400.000 Ec(D) Right: 518400.000 Ec(V) Right: 699840.000
Is: 0.07 Ibare: 0.07 Itrans(S): 0.25 Itrans(D): 0.25 Itrans(V): 0.27	ybare ytran: ytran: ytran:	: 0.983 s(S): 2.126 s(D): 2.126 s(V): 2.187	leff(S): 0.25 leff(D): 0.25 leff(V): 0.27	yeff(S): 2.126 yeff(D): 2.126 yeff(V): 2.187
Qn: [26.10(1 st Stud Layout: 6 Seg. Length: 3 Stud Ratio: 0.0	ud/row), 26.10 (2 )5 39.083 333	studs/row]]		
PCC: 100.00% Overall Ratio:	: Utiliza 0.962 Stres	ation Limit: 1.000 s Ratio: 0.962	Deflection Ratio: 0.703	

Şekil 6-3 Kompozit Kiriş Boyutlandırma Detayları

## Örnek VI-2

Bu örnekte **AISC-ASD89** yönetmeliği kullanılarak kompozit eğilme elemanı boyutlandırılması yapılmaktadır. Bir ofis binasındaki tümüyle kompozit bir döşeme ele alınmıştır. Bu model **AISC-ASD89** 'un 9. baskısındaki Örnek 16 'dır. Model tek katlı, ölü ve hareketli yüklere maruz 3 boyutlu bir çelik çerçeve yapısıdır.



Şekil 6-4 Yapının 3D Görünüşü

#### Bilgisayar Modeli Tanımı

Tek katlı yapı 36 feet uzunluğundadır ve kirişleri arasındaki mesafe 8 feet 'dir. Kip-inç-saniye birimleri kullanılmaktadır. Elastisite modülü 29000 ksi 'dir. Çerçevenin geometrisini görmek için *Şekil 6-4* 'e bakınız.

Yapıyla ilgili diğer parametreler aşağıdaki gibidir:

Beton ağırlığı Poisson oranı Minimum Akma Gerilmesi, F <sub>y</sub> Minimum Çekme Dayanımı, F <sub>u</sub> Beton Basınç Dayanımı, f <sup>*</sup> c Kompozit Döşeme Özellikleri:	= 145 pcf = 0.3 = 36 ksi = 65 ksi = 3 ksi
Döşeme Kalınlığı	= 2 in
Kompozit Döşeme Kalınlığı	= 2 in
Diş <i>(rib)</i> Genişliği	= 2.5 in
Diş <i>(rib)</i> Aralığı	= 6 in

Saplama <i>(stud)</i> çapı Saplama <i>(stud)</i> yüksekliği	= .75 in = 3.5 in
Binaya gelen Yükler:	
Hareketli Yük	= 100 psf
Bölme Duvar Yükü	= 20  psf
Tavan Kaplaması Yükü	= 8  psf

#### Sonuçlar

Analiz ve kompozit kiriş boyutlandırma çalıştırıldıktan sonra, bir kiriş elemanının üzerine sağ tuşla tıklayarak **Interactive Composite Beam Design** (Etkileşimli Kompozit Kiriş Boyutlandırması) formunu görüntüleyiniz. Kiriş boyutlandırmasının bir özetini görmek için **Details** (Detaylar) kutusuna tıklayınız. AISC-ASD örneğinde 30 adet kesme saplaması *(shear stud)* olan W21x44 boyutunda kirişler hesaplanmıştı. *Şekil 6-5* 'de ETABS tarafından aynı W21x44 kiriş boyutunun ve 31 adet kesme saplaması *(shear stud)* gerektiğinin hesaplandığını görebilirsiniz. Bunu görüntülemek için **Design > Composite Beam Design > Display Design Info** (Boyutlandırma > Kompozit Kiriş Boyutlandırma > Boyutlandırma Bilgilerini Göster) formunda **Beam Sections** (Kiriş Kesitleri) ve **Shear Stud Layout** (Kesme saplaması Yerleşimi) seçeneğini seçiniz.



Şekil 6-5 Kısmi Plan – Kompozit Kiriş Boyutlandırma Sonuçları

### Örnek VII Nonlineer Zaman Alanı Analizi (Nonlinear Time History Analysis)

### Tanım

Bu örnek üzerinde link elemanları olan 3 basit 2D çerçeveden oluşmaktadır. Nonlineer zaman alanı analizi yapılmaktadır. İlk çerçevede link elemanı yoktur. İkinci çerçeve yatay yüklere karşı koyan sönümleyici *(damper)* link elemanları içermektedir. Üçüncü çerçevede ise sismik izolatör *(isolator)* link elemanları vardır. Çerçevelerin geometrisi Şekil 7-1 'de görülmektedir.

### Örnekte Gösterilen Önemli ETABS seçenekleri

- □ Zaman Alanı Fonksiyonu (Time History Function) Tanımı
- □ Zaman Alanı Analiz Durumu (Time History Case) Tanımı
- Ginumleyici / Sismik İzolatör Link Özellikleri (Damper/Isolator Link Properties)
- AVI Dosyası Oluşturma
- D Zaman Alanı İzleri (Time History Traces)
- Davranış Spektrumu Eğrileri (Reponse Spectrum Curves)

### Bilgisayar Modeli Tanımı

Çerçeveler tek açıklıklıdır ve açıklıkları 24 feet 'dir. Tüm çerçeveler 3 katlıdır. Kat yükseklikleri 12 feet 'dir. Kip-inç-saniye birimleri kullanılmaktadır. Elastisite modülü 29000 ksi 'dir. Tüm düğüm noktalarına X ve Y doğrultularına .25 kip-sn<sup>2</sup>/in 'lik noktasal kütle atanmıştır.

#### Link Elemanı Tanımı

Sönümleyici ve İzolatör Link Elemanı

**Define menüsü > Link Properties** (Tanımla > Link Özellikleri) komutuna tıklayarak **Define Link Properties** (Link Özellikleri Tanımla) formunu görüntüleyiniz. **Add New Property** (Yeni Özellik Ekle) kutusuna tıklayarak **NLLink Propery Data** (NLLink Özellik Bilgisi) formunu görüntüleyiniz. Aşağı açılır menüden **Damper** (Sönümleyici) veya **Isolator** (İzolatör) link elemanlarından birini seçiniz. Kütle (*mass*), Ağırlık (*weight*) ve Polar Atalet Momenti (*rotational inertia*) için istediğiniz değerleri giriniz. Kütlenin elemanın tüm boyu için olduğuna ve birim hacim kütlesi olmadığına dikkat ediniz. Genel olarak, Link elemanlarına iki çeşit özellik atanır.

- Lineer Özellikler (*Linear Properties*) sadece lineer link elemanlarına atanabilirler. Bir lineer link elemanının altı serbestlik derecesinin tamamı için belirlenen lineer özellikler etkin rijitliği oluşturur. Bu esasında bir yay rijitliğidir.
- Nonlineer Dinamik Özellikler (Nonlinear Dynamic Properties) nonlineer dinamik (zaman alanı) analizinde kullanılırlar. Nonlineer dinamik link özelliklerini kullanabilmek için ETABS 'ın Nonlineer versiyonuna sahip olmanız gerektiğine dikkat ediniz.

Lineer link elemanları haricindeki diğer tüm link elemanı tiplerinde, altı serbestlik derecesinin tümü için belirlenen lineer özellikler etkin rijitlik ve etkin sönümdür. Bu gibi durumlarda, etkin rijitlik yine bir yay rijitliğidir. Etkin sönüm **dashpot**-tipi (pistonlu amortisör) sönüm ile tanımlanır; kritik sönüm oranı ile tanımlanmaz.

Lineer analizde ETABS link elemanları için tanımlanan etkin sönümü modal sönüme çevirir. Daha sonra sonuç modal sönümü üretmek için, modelde etkin sönümü tanımlanmış olan tüm link elemanları için hesaplanan modal sönümü yapı için önceden belirlenen modal sönüme ekler. ETABS bu sonuç model sönümünü yapının yazıcıdan alınan analiz çıktılarında rapora ekler. Bu çıktıyı almak için **File menüsü > Print Tables > Analysis Output** (Dosya > Tabloları Yazdır > Analiz Çıktıları) komutuna tıklayınız ve **Building Modal Info** (Yapı Mod Bilgisi) kutusunu işaretleyiniz.

#### Link Elemanlarının Atanması

#### Sönümleyici Link Elemanı (Damper)

Draw > Draw Line Object > Draw Line (Çiz > Çizgi Nesnesi Çiz > Çubuk Çiz) komutuna gidiniz ve açılan Properties of Object (Nesne Özellikleri) formunda Property (Özellik) kutusunda NONE seçeneğini seçiniz. Ortadaki çerçevenin tüm katlarında diyagonal çubuklar çiziniz. Çizdiğiniz bu çubukları seçin, Assign > Frame/Line > Link Property (Ata > Çubuk/Çizgisel > Link Özelliği) komutuna gidin ve az önce tanımladığınız sönümleyici özelliğini seçiniz.

#### İzolatör Link Elemanı (Isolator)

Üçüncü çerçevenin en altındaki düğüm noktalarını seçiniz, **Assign > Joint/Point > Restraints** (Ata > Düğüm Noktası/Noktasal > Uç Serbestlikleri) komutuna gidiniz ve tüm doğrultulardaki serbestlikleri tutulu hale getiriniz. Yine aynı düğüm noktalarını seçip **Assign > Joint/Point > Link Properties** (Ata > Düğüm Noktası/Noktasal > Link Özellikleri) komutuna gidiniz. Az önce tanımladığınız izolatör özelliğini seçiniz.

Modeliniz Şekil 7-1 'deki gibi görünmelidir:



Şekil 7-1 Üç Çerçeveli Zaman Alanı Analizi

#### Zaman Alanı Fonksiyonu ve Analiz Durumunun Tanımı

Biz bu örnekte, metin dosyası ile önceden verilmiş bir zaman alanı fonksiyonunu tanımlamakla ilgiliyiz. **Define > Time History Function > Add Function from File** (Tanımla > Zaman Alanı Fonksiyonu > Dosyada Fonksiyon Ekle) formuna gidiniz. **Browse** (Gözat) kutusuna tıklayın ve zaman alanı dosyasını seçin. Burada **Display Graph** (Grafiği Göster) kutusuna tıklayarak zaman alanı grafiğini görüntüleyebilirsiniz. Fonksiyon dosyası bilgilerini aşağıdaki gibi doldurunuz:

Function Name	HISTORY
File Name Browse	Values are: (* Time and Function Values C Values at Equal Intervals of Formal Type (* Free Format C Fixed Format Characters per Item
	man Appling Appl
Display Graph	

Şekil 7-2 Zaman Alanı Fonksiyonu Tanımı

Daha sonra, zaman alanı analiz durumu (*time history case*) bilgisini tanımlayacağız. **Define** > **Time History Cases** > **Add New History** (Tanımla > Zaman Alanı Analiz Durumları > Yeni Z.Alanı Ekle) formuna gidiniz. Burada Analiz Tipini (*Analysis Type*), Çıktı Zaman Adım Sayısı (*Number of Output Time Steps*) ve Çıktı Zaman Adım Boyutlarını (*Output Time Step Size*) da içeren pek çok seçenek vardır. Çıktı zaman adım boyutu (*output time step size*) eşit aralıklarla bölünmüş çıktı zaman adımlarının arasında geçen zamanın saniye cinsinden değeridir. Bunu zaman alanı fonksiyonundaki zaman adım boyutuyla karıştırmayınız. Çıktı zaman adım boyutunun değeri zaman alanı fonksiyonunda girilen zaman adım boyutundan farklı olabilir. Çıktı zaman adım sayısının (*number of output time steps*) çıktı zaman adım boyutuyla (*output time step size*) çarpımı sonuçların çıktılarının raporlanacağı toplam süreye eşittir.

Zaman alanı ivmemiz X-doğrultusunda olacaktır. Rapor süresinin 12 saniye olması istenmektedir, bu nedenle zaman adımı sayısını 6000 ve zaman adımı boyutunu da .002 saniye olarak gireceğiz.

### Sonuçlar

#### .AVI Video Dosyalarının Üretilmesi

Analiz çalıştırıldıktan sonra (**Analyze > Run Analysis** menüsünden), ETABS bir .AVI animasyon dosyası oluşturabilir. **File menüsü > Create Video > Time History Animation** (Dosya > Video Üret > Zaman Alanında Animasyon) komutunu kullanarak ETABS 'da yapının herhangi bir zaman alanı analizindeki hareketini gösteren videosunu üretebilirsiniz. Video dosyası için aşağıdaki verileri giriniz:

Bir video dosyası üretilebilmesi için **Start Time** (Başlangıç Zamanı), **End Time** (Bitiş Zamanı) ve **Time Increment** (Zaman Artımı) değerlerinin girilmesi gereklidir. Bitiş zamanları ve zaman artımı değerlerini kendiniz tanımlayabilir ya da ön tanımlı değerleri kullanabilirsiniz. Zaman artımı *(time incremet)* değeri yapının şekil değiştirmiş durumundan saniyede kaç adet farklı resim üretileceğini kontrol eder. Örneğin, zaman artımının 0.1 olması zaman alanında her saniyenin onda biri süresinde şekil değiştirmiş halin bir resiminin üretilmesi anlamına gelir.

#### Zaman Alanı İzleri (Time History Traces)

Zaman alanı analizi çalıştırıldıktan sonra, **Display menüsü > Show Time History Traces** (Görüntüle > Zaman Alanı İzlerini Göster) komutuna tıklayarak **Time History Display Definition** (Zaman Alanı Görünüş Tanımı) formunu görüntüleyiniz. Gereken bilgileri sağlayarak bu formda çeşitli zaman alanı eğrileri çizebilirsiniz.

Zaman alanı izi *(time history trace)* basitçe düşey zaman alanı fonksiyonunun yatay zaman alanı fonksiyonuna göre grafiğidir. Düşey zaman alanı fonksiyonu tanımlanan herhangi bir zaman alanı fonksiyonu olabilir. Yatay zaman alanı fonksiyonu ön tanımlı olarak Zaman *(Time)* olmasına rağmen tanımlanan diğer herhangi bir zaman alanı fonksiyonu da olabilir.

**Display menüsü > Show Time History Traces** (Görüntüle > Zaman Alanı İzlerini Göster) komutuna tıklandığında ETABS otomatik olarak tüm seçili nesneler için zaman alanı gösterim fonksiyonlarını üretir. Gerektiğinde **Time History Display Definition** (Zaman Alanı Görünüş Tanımı) formunu kullanarak ek zaman alanı gösterim fonksiyonları da tanımlanabilir. Örneğin belirli bir noktanın zaman alanı izini göstermek için, en kolayı o noktayı **Display menüsü** > **Show Time History Traces** (Görüntüle > Zaman Alanı İzlerini Göster) komutunu kullanmadan önce seçili duruma getirmektir. ETABS o nokta için zaman alanı gösterim fonksiyonlarını otomatik olarak üretecektir. Eğer ETABS ön tanımlı olarak sizin istediğiniz deplasmanı göstermediyse bunu kolayca değiştirmeniz mümkündür.

Biz bu örnekte 2,4 ve 6 numaralı düğüm noktalarının deplasman değerleriyle ilgileniyoruz. Bu düğüm noktalarını **Time History Traces** (Zaman Alanı İzleri) iletişim kutusundaki **Vertical Functions** (Düşey Fonksiyonlar) fonksiyon kolonuna ekleyiniz. **Define Functions** (Fonksiyon Tanımla) kutusuna tıklayınız, 2 nolu düğüm noktasını seçiniz ve **Modify/Show TH Function** (ZA Fonksiyonu Düzenle Ekle) kutusuna tıklayınız. **Vector Type** (Vektör Tipi) alanında **Displacement** (Yer Değiştirme) seçeneğinin seçili olduğuna emin olunuz. Bu işlemi 4. ve 6. düğüm noktaları için tekrarlayınız. Artık zaman alanı izlerini görmek için hazırız. *Şekil 7-3* 'e bakınız.



Şekil 7-3 Zaman Alanı İzi Grafiği

Şekilden en büyük deplasmanı 2 nolu düğüm noktasının yaptığını görebilirsiniz, bunu 6 nolu düğüm noktası (izalatörlü çerçeve sistemi) ve 4 nolu düğüm noktası (sönümleyicili çerçeve sistemi) izlemektedir.

#### Davranış Spektrumu Eğrileri (Response Spectrum Curves)

Zaman alanı analizi çalıştırıldıktan sonra, bir veya daha fazla sayıda düğüm noktası seçip **Display menüsü > Show Response Spectrum Curves** (Görüntüle > Davranış Spektrumu Eğrilerini Göster) komutuna tıklayarak **Response Spectrum Generation** (Davranış Spektrumu Üretimi) formunu görüntüleyiniz. Davranış spektrumu grafiklerini çizdirmek için bu formu kullanarak gerekli bilgileri giriniz. Önemli Not: Bu komutu kullanarak çizdirdiğiniz davranış spektrumu çalıştırılan zaman alanı analizine dayanır. Daha önceden çalıştırılmış herhangi bir davranış spekturumu analiziyle ilişkisi yoktur.

Davranış Spektrum Eğrileri gösterilirken çeşitli seçenekler mevcuttur. Bunlar Eksenleri *(Axes)*, Sönümü *(Damping)* ve Periyot/Frekans *(Period/Frequency)* tanımlarını içerir. Bir davranış spektrumu eğrisi örneği *Şekil 7-4* 'de görülmektedir.



Şekil 7-4 Davranış Spekturum Eğrisi Grafiği

### Örnek VIII Statik İtme Analizi (Pushover Analysis)

### Tanım

Bu örnek nonlineer statik itme analizine karşı koyan dört katlı bir düzlem çerçeve yapısıdır. Tüm katlar 12 feet yüksekliğinde, tüm açıklıklar 24 feet uzunluğundadır. Tüm çubuk elemanlara nonlineer çubuk mafsalları *(nonlinear frame hinges)* atanmıştır. Çerçevenin geometrisi *Şekil 8-1* 'de gösterilmektedir.

### Örnekte Gösterilen Önemli ETABS Seçenekleri

- D Statik Çubuk Mafsalı (Static Frame Hinge) Tanımı
- □ Statik Nonlineer İtme Analiz Durumu (Static Nonlinear Pushover Case) Tanımı
- □ İtme Analizi Eğrileri (Pushover Curves)



Şekil 8-1 Statik itme analizi yapılacak yapının 3D görünüşü

### Bilgisayar Modeli Tanımı

Nonlineer statik analiz (pushover analizi dahil) özelliği sadece ETABS 'ın nonlineer versiyonunda bulunmaktadır. Bu özellik, performansa dayalı sismik tasarım için statik itme *(pushover)* analizi yapılmasına olanak tanır. Buna ek olarak genel nonlineer statik analiz *(static nonlinear analysis)* ve aşamalı inşaat analizi *(staged consturuction)* yapılması için de kullanılır. Nonlineer analiz yapmak zaman ve sabır isteyen bir işlemdir.

#### Mafsal Özelliği Tanımı

**Define menüsü > Frame Nonlinear Hinge Properties** (Tanımla > Çubuk Nonlineer Mafsalı Özellikleri) komutunu seçerek **Define Frame Hinge Properties** (Çubuk Mafsal Özellikleri Tanımla) formunu görüntüleyiniz. **Frame Nonlinear Hinge Properties**, çubuk (çizgisel) elemanlar üzerine atanabilen nonlineer kuvvet-deplasman veya moment-dönme ilişkilerini tanımlamak için kullanılırlar. Nonlineer mafsallar sadece statik nonlineer (pushover) analizde kullanılırlar. Diğer analiz tipleri için bu mafsalların rijit oldukları kabul edilir ve elemanların lineer davranışı üzerinde etkileri olmaz.

Çelik elemanlar için ön tanımlı mafsal özellikleri genel olarak FEMA-273 'ün 5.4 ve 5.8 tablolarına dayanır. Betonarme elemanlar için ön tanımlı mafsal özellikleri ise genel olarak ATC-40 'ın 9.6, 9.7 ve 9.12 tablolarına dayanır. Ön tanımlı mafsal özelliklerini kullanmadan önce bunların sizin projeniz için uygun olup olmadığını kontrol ediniz.

Ön tanımlı mafsal özellikleri değiştirilemez. Aynı zamanda, ön tanımlı özellikler atandıkları elemanların kesitlerine bağlı olduklarından bir elemana atanmadıkları sürece gözden geçirilemezler. Program ön tanımlı özellikleri uygulanacakları kesitler belirlenene kadar tam anlamıyla tanımlayamaz. Bu nedenle ön tanımlı özelliklerin etkilerini göremek için, ön tanımlı özellik bir çubuk elemana atanmalıdır; ancak bu yapıldıktan sonra üretilen mafsal özellikleri görülebilir.

Bu model için mafsal özelliklerini kendimiz tanımlayacağız. Kullanıcı-tanımlı mafsal özellikleri tamamen kullanıcı tarafından üretilebildiği gibi ön tanımlı özelliklere dayalı olarak da üretilebilir. Kullanıcı-tanımlı özellikler ön tanımlı özelliklere dayandırıldığı zaman, ön tanımlı özelliklerin kesite bağlı olmasından dolayı mafsal özellikleri görüntülenemez. Kullanıcı-tanımlı özellikler ön tanımlı özelliklere dayandırılmazsa özelliklerin görüntülenmeleri veya değiştirilmeleri mümkündür.

#### Mafsal Özelliği (Hinge Property) Atanması

Assign menüsü > Frame/Line > Frame Nonlinear Hinges (Ata > Çubuk/Çizgisel > Çubuk Nonlineer Mafsalları) komutunu seçerek Assign Frame Hinges (Pushover) (Çubuk Mafsalları Ata (İtme Analizi)) formunu görüntüleyiniz. Hinge Property (Mafsal Özelliği) kutusundan bir mafsal özelliği seçin. Relative Distance (Göreceli Uzaklık) kutusuna bir mesafe giriniz (değerin 1 'den küçük olması gerektiğine dikkat ediniz). Add (Ekle) kutusuna tıklayınız.

Bir mafsal ataması, mafsal özelliği *(hinge property)* ve çubuk eleman üzerinde bulunan mafsalın konumundan *(relative distance)* oluşur. Konum, elemanın boyuna göre relatif uzaklık ile tarif edilir ve elemanın i-ucundan ölçülür. Relatif uzaklık elemanın i-ucundan mafsala olan mesafenin çubuk elemanın boyuna bölümüne eşittir. Mafsallar uç ofsetleri *(end* 

*offsets)* içine konamazlar. Eğer belirlenen relatif uzaklık mafsalı bir uç ofset içine koyarsa, mafsal otomatik olarak o ofsetin iç yüzüne kaydırılır.

#### Statik Nonlineer İtme Analiz Durumu (Static Nonlinear Pushover Case) Tanımı

**Define menüsü > Statik/Nonlinear/Pushover Cases** (Tanımla > Statik Nonlineer/İtme Analiz Durumları) komutunu seçerek **Define Static Nonlinear Cases** (Statik Nonlineer Analiz Durumu Tanımla) formunu görüntüleyiniz. Statik nonlineer/itme analizi özelliği ETABS 'ın sadece nonlineer versiyonunda bulunmaktadır. Bu özellik, performansa dayalı sismik tasarım için statik itme (*pushover*) analizi yapılmasına olanak tanır. Buna ek olarak genel nonlineer statik analizi (*static nonlinear analysis*) ve aşamalı inşaat analizi (*staged consturuction*) yapılması için de kullanılır. Analizin çalıştırılmasından önce statik nonlineer yük durumu tanımlanmalıdır.

İtme analizi durumlarını tanımlarken pek çok seçenek mevcuttur. Bu modelde genel olarak program tarafından sağlanan ön tanımlı değerleri kullanacağız. **Push to Displacement Magnitude** (Bu Deplasmana Kadar İt) kutusuna 25 inç değerini gireceğiz. Deplasman kontrollü analiz yapmak için **Push to Displacement Magnitude** kutusunu işaretleyin. Yük kombinezonları formun **Load Pattern** (Yük Şablonu) alanında tanımlanır ancak büyüklüğü artan deplasmanları kontrol altında tutmak için gerekli olduğu kadar artar ya da azalır. Bu seçenek yanal yüklerin yapıya uygulanmasında, uygulanan yükün büyüklüğünün önceden bilinmediği durumlarda, ya da yapının dayanımının azalmasının veya sabilitesini kaybetmesinin beklendiği durumlarda yararlıdır. Eğer bu formdaki bölümler hakkında daha detaylı bilgi almak isterseniz ETABS 'ın **Help** (Yardım) bölümüne gidin ve **Static Nonlinear Case Data** altına bakınız.

### Sonuçlar

#### İtme Analizi Eğrileri (Pushover Curves)

Nonlineer statik analiz çalıştırıldıktan sonra, **Display menüsü > Show Static Pushover Curve** (Görüntüle > Statik İtme Eğrisini Göster) komutuna tıklayarak **Pushover Curve** (İtme Eğrisi) formunu görüntüleyiniz. Statik itme eğrisi *(static pushover curve)* nonlineer statik analizinden elde edilen tek bir kuvvet-deplasman eğirisidir. Pushover eğrisini **Acceleration-Displacement Response Specturum (ADRS)** düzeninde görüntüleyiniz ve üzerine çeşitli davranış specturumlarını *(response spectra)* üzerine koyunuz; böylece ETABS 'da kapasitespekturum analizi yapabilirsiniz.

Örneğimizde, yapının şekil değiştirmiş halini **Display menüsü > Show Deformed Shape** (Görüntüle > Şekil Değiştirmiş Hali Göster) altından itme analizi *(pushover)* durumunu seçiniz ve 1. Adıma *(Step 1)* gidiniz. Ekranın sağ alt kenarındaki ok tuşlarını kullanarak adım adım çerçevedeki mafsallaşmaları görebilirsiniz. Mafsalların üzerindeki noktaların renkleri her adımda değişmektedir. Örneğin, mavi nokta yapının kullanılabileceğini *(immediate occupancy state)* aşamasına ulaştığını gösterir, yeşil nokta yapının kullanılamayacağını fakat çökmeyeceğini *(collapse prevention)* 'ı gösterir, kırmızı nokta ise yapıdaki göçmeyi *(failure)* gösterir. Şekil 8-2 ve 8-3 'e bakınız.



Şekil 8-2 Yapının şekil değiştirmiş hali

*Şekil 8-2* 'de en alt kattaki kolonların I ve J uçlarında kırmızı noktalar görülmektedir. Bu durum o kolonların kapasitesine ulaştıklarını ve yapının yıkıldığını gösterir. En üstteki deplasman 23.32 inç 'tir. *Şekil 8-3* 'deki itme eğrisi *(pushover curve)* bu deplasmanda yapının yıkıldığını göstermektedir.



Şekil 8-3 İtme Eğrisi