

ETABS[®]

Software de Diseño Integral para Edificaciones

Bienvenido a ETABS



Computers and Structures, Inc.
Berkeley, California, USA

Versión 9
November 2005

Derechos Reservados

El programa de computación ETABS y toda la documentación asociada a ella constituyen propiedad y derechos reservados. A nivel mundial los derechos de propiedad recaen sobre la persona moral denominada Computers and Structures, Inc. El uso de este programa o la reproducción de su documentación en cualquiera de sus formas, requiere de autorización por escrito de la empresa denominada Computers and Structures, Inc., queda estrictamente prohibido cualquier uso sin dicha autorización.

Para mayor información y obtención de copias de esta documentación refiérase a:

Computers and Structures, Inc.
1995 University Avenue
Berkeley, California 94704 USA

Teléfono: (510) 845-2177

FAX: (510) 845-4096

[e-mail: info@csiberkeley.com](mailto:info@csiberkeley.com) (para información general)

[e-mail: support@csiberkeley.com](mailto:support@csiberkeley.com) (Soporte Técnico)

Página web: www.csiberkeley.com

~ Copyright Computers and Structures, Inc., 1978-2005.

El logo CSI constituye una marca registrada de Computers and Structures, Inc.

ETABS es una marca registrada de Computers and Structures, Inc.

“Watch & Learn” es una marca registrada de Computers and Structures, Inc.

Windows es una marca registrada de Microsoft Corporation.

Adobe y Acrobat son marcas registradas de Adobe Systems Incorporated.

ADVERTENCIA

SE HAN INVERTIDO TIEMPO CONSIDERABLE, ESFUERZO Y GASTOS HACIA EL DESARROLLO Y DOCUMENTACION DE ETABS. EL PROGRAMA HA SIDO PROBADO Y USADO DETENIDAMENTE. DE CUALQUIER MODO, AL HACER USO DEL PROGRAMA, EL USUARIO ACEPTA Y ENTIENDE QUE NO EXISTE GARANTIA IMPLICITA DE LOS DESARROLLADORES O DISTRIBUIDORES EN LA PRECISION O CONFABILIDAD DEL PROGRAMA.

EL USUARIO DEBE ENTENDER EXPLICITAMENTE LOS SUPUESTOS DEL PROGRAMA Y DEBE VERIFICAR LOS RESULTADOS DE FORMA INDEPENDIENTE.



Contenidos

Bienvenido a ETABS

1 Introducción

Historia y Ventajas de ETABS	1-1
Lo que puede hacer ETABS!	1-3
Un acercamiento Integrado	1-4
Caracterisitcas De Modelado	1-5
Caracterisitcas del Analisis	1-6

2 Iniciando

Instalacion de ETABS	2-1
Si esta haciendo una Actualización (Upgrade)	2-1
Sobre los Manuales	2-2
Películas “Watch & Learn” (Ver y Aprender)	2-2
Soporte Tecnico	2-2
Ayudenos a Ayudarle	2-3
Soporte Telefónico o vía FAX	2-4
Soporte Online	2-4

3 El Sistema ETABS

Revisión del Proceso de Modelado	3-1
Terminología de Modelado Físico	3-2

	Definición de Piso o nivel	3-3
	Unidades	3-4
	Coordenadas de Sistemas y Cuadriculas	3-4
	Objects Estructurales	3-5
	Grupos	3-7
	Propiedades	3-7
	Compartimientos de Cargas Estáticas	3-8
	Cargas Verticales	3-8
	Cargas de Temperatura	3-9
	Carga Lateral Automatizada	3-9
	Funciones	3-10
	Combinaciones deCarga	3-11
	Ajustes del Diseño	3-12
	Opciones de Salida y Exhibición	3-13
	Más Información	3-14
4	Técnicas de Modelado de ETABS	
	Propiedades de Auto-Selección	4-1
	Transferencia de Carga Vertical	4-2
	Cargas Laterales de Viento y Sismos	4-3
	Modelado del Panel de Zona	4-4
	Reducción de Carga Viva	4-5
	Modelado de Pisos Rígidos y Semi-Rígidos	4-5
	Contraccion de Líneas	4-6
	Modificadores	4-7
	Construcción de la Secuencia de Carga	4-8
	Optimización del Diseño y Precisión de la Barra de Acero	4-8
	Más Información	4-9

5	Técnicas de Análisis de ETABS	
	Análisis Estático y Lineal	5-1
	Análisis Modal	5-2
	Origen de la Masa	5-2
	Análisis de los modos de vibrar (Eigenvector)	5-3
	Análisis del Vector Ritz o modo de vibrar (Ritz-Vector)	5-3
	Respuesta al Análisis de Espectros	5-4
	Análisis del Calculo paso a paso(Time History)	5-5
	Análisis Time History No-linear (Nonlinear Time History)	5-6
	Análisis Inicial P-Delta	5-6
	Análisis No-linear Estático (Nonlinear Static)	5-7
	Más Información	5-8



Capítulo 1

Introducción

ETABS es una propuesta especial de un Programa de diseño y análisis sofisticado, pero fácil de usar, y desarrollado específicamente para los sistemas de Edificación. La versión 9 de ETABS ofrece un interfaz gráfico intuitivo y de gran alcance unido incomparables los procedimientos de modelar, analíticos, y de diseño, que han sido integrados usando una base de datos común. Aunque es rápido y sencillo para estructuras simples, ETABS puede ser usado en los modelos de edificaciones mas grandes y complejas, incluyendo un amplio rango de comportamientos no lineales, que lo hacen la herramienta de opción para los ingenieros estructurales en el sector de la industria de la construcción.

Historia y Ventajas de ETABS

Remontándonos a mas de 30 años atrás, nos topamos con el desarrollo original de ETABS, el predecesor de ETABS, fue claramente reconocido que los edificios constituyen un tipo de estructura muy especial. Se lanzaron programas anteriores a ETABS, que proveyeron datos de entrada, de salida y soluciones numéricas de técnicas que tomaron en consideración las características únicas de las estructuras del tipo del edificio, proporcionando una herramienta que ofreció ahorros significativos en tiempo y aumentó exactitud sobre los programas para fines generales.

Mientras las computadoras y los interfaces de las computadoras se fueron desarrollando, ETABS añadió computacionalmente opciones analíticas complejas tales como comportamiento no lineal dinámico, y poderosas herramientas de dibujo CAD-like de una interfase grafica basada en el objeto. Aunque la Versión 9 de ETABS parece radicalmente diferente a sus predecesoras de hace 30 años, su misión sigue siendo la misma: proveer a la profesión de uno de los programas mas eficientes y comprensivos para el análisis y diseño de edificaciones. A tal efecto, el lanzamiento actual sigue el mismo acercamiento filosófico propuesto por los programas originales, a saber:

- La mayoría de los edificios se forman de geometría directa, con vigas horizontales y columnas verticales. Aunque configurar cualquier edificio es posible con ETABS, en muchos de los casos, un simple sistema de cuadrícula definido por pisos horizontales y columnas verticales puede establecer la geometría del edificio con un esfuerzo mínimo
- Muchos de los niveles del piso en los edificios son similares. Esta concordancia se puede utilizar numéricamente para reducir esfuerzo computacional.
- Las convenciones de entrada y de salida usadas corresponden a la terminología común de edificaciones. Con ETABS, los modelos se definen de forma lógica piso por piso, columna por columna, tramo por tramo, muro por muro y no como corrientes de puntos no descritos y elementos como lo hacen la mayoría de los programas para fines generales. Así la definición estructural es simple, sucinta y significativa.
- En muchos edificios, las dimensiones de sus miembros son grandes en relación a los grosores de los tramos y alturas de los pisos. Esas dimensiones tienen efectos significativos en la densidad de la barra. ETABS corrige para tales efectos en la formulación de la rigidez de la pieza, de forma diferente a la que lo hacen los programas de uso general que trabajan en dimensiones de línea central a línea central.
- Los resultados producidos por los programas deben ser usados de forma directa por el ingeniero. Los programas de uso general producen resultados en los que se requiere de procesos adicionales antes de que sean usadas en el diseño estructural.

Lo que ETABS Puede Hacer!

ETABS ofrece los surtidos más amplios de herramientas de análisis y de diseño disponibles para el ingeniero estructural que trabaja en las estructuras de edificios. La siguiente lista representa solo una porción de los tipos de sistema y análisis que ETABS puede manejar fácilmente:

- Pisos múltiples con facilidades comerciales, gubernamentales y de salud.
- Garajes de Estacionamiento con rampas circulares y lineales
- Edificios escalonados “armadura”
- Edificios con barras de Acero, Concreto o piso compuesto o de viguetas.
- Edificios basados en sistemas de cuadrícula o rejillas rectangulares o cilíndricas.
- Edificios de concreto Plano o losa “aligerado” (waffle)
- Edificios sujetos a cualquier combinación de compartimientos verticales o laterales, incluyendo cargas de viento y sísmicas automatizadas.
- Respuestas múltiples a cargas de espectros, con curvas Múltiple integradas.
- Transferencias de carga automatizadas en pisos y de vigas a muros.
- Análisis P-Delta con análisis estático y dinámico
- Deformaciones explícitas de zona de panel
- Construcción del análisis de la secuencia de cargas.
- Time History Múltiple de compartimientos de carga lineales y no lineales en cualquier dirección
- Establecimiento de la Cimentación/ Apoyo
- Análisis de Grandes Desplazamientos
- Pushover lineal y estático

- Edificios con apagadores y aisladores base
- Moldeado de pisos con diafragmas rígidos o semi-rígidos
- Reducciones de carga vertical automatizadas
- Y mucho más!

Un acercamiento Integrado

ETABS es un sistema completamente integrado. Detrás de una interfase intuitiva y simple, se encajan poderosos métodos numéricos, procedimientos de diseño y códigos internacionales de diseño, que funcionan juntos desde una base de datos comprensiva. Esta integración significa que usted crea solo un sistema de modelo de piso y sistemas de barras verticales y laterales para analizar y diseñar el edificio completo.

Todo lo que usted necesita se integra en un versátil paquete de análisis y diseño basado con un utilizador de interfase grafica basada en Windows. No se mantienen módulos externos y no se transfieren datos entre programas o módulos. Los efectos producidos en una parte de la estructura por los cambios realizados en otra son instantáneos y automáticos. Los módulos integrados incluyen: Modulo de Guía para generar el modelo (Drafting module for model generation)

- Modulo generador de cargas de viento y sismicas.
- Módulo Distribuidor de cargas de gravedad para la distribución de cargas verticales a columnas y vigas cuando los elementos de flexión de los pisos de la placa no se proveen como parte del sistema del piso.
- Modulo de análisis lineal estático y dinámico basado en elemento finito. *Finite element-based linear static and dynamic analysis module.*
- Modulo de análisis no-lineal estático y dinámico basado en elemento finito. *Finite element-based nonlinear static and dynamic analysis module* (Solo disponible en la versión no-lineal de ETABS).
- Exhibición de datos de salida y Reporte del modulo de Generación.

- Módulo de diseño de barras de acero (columna, viga y Contraviento).
- Módulo de diseño de barra de Concreto (columna y viga).

- Módulo de diseño de barra compuesta.
- Módulo de diseño de la vigueta de acero
- Módulo de diseño de Muro Constante.

La versión 9 de ETABS esta disponible en dos versiones:

- **ETABS Plus.** Incluye todas las funciones y capacidades, excepto los análisis estáticos y dinámicos no lineales. Se incluyen los módulos de diseño de la barra de Acero, diseño de barra de concreto, diseño de vigas compuestas, diseño de vigueta de acero, y de diseño de muro constante.
- **ETABS Nonlinear.** Incluye todas las funciones de ETABS Plus, más la capacidad de los análisis estático y dinámico no lineales.

Funciones de Modelado

El edificio ETABS es idealizado como un ensamblaje de puntos área, línea y objeto. Esos objetos son usados para representar muros, pisos, columnas, vigas, contrapesos, y piezas de conexión o resortes. La geometría básica de barras se define en una sistema de cuadrícula tridimensional. Con técnicas de Modelado relativamente simples, las situaciones de barras muy complejas deben ser consideradas.

Los edificios deben ser asimétricos y n-rectangulares en el plano. El comportamiento torsional de los pisos y la compatibilidad entre pisos se ve reflejada de forma precisa en los resultados. La solución hace cumplir la compatibilidad del completo desplazamiento tridimensional, haciendo posible capturar de forma tabular los efectos asociados con el comportamiento de estructuras muy altas que tienen columnas relativamente con mucho espacio.

Los diafragmas de pisos Semi-rigidos pueden ser moldeados para capturar los efectos de las deformaciones del piso dentro del plano. Los objetos del piso pueden tener un tramo entre dos niveles adyacentes para crear pisos inclinados (rampas), mismas que pueden ser útiles para moldear estructuras como los estacionamientos.

El Modelado de diafragmas parciales, tales como en entresuelos, reverses y atrios, es posible sin usar un (“dummy”) piso artificial y líneas de columnas. También es posible moldear situaciones con diafragmas múltiples e independientes de cada nivel, permitiendo el Modelado de edificaciones constituidas de varias torres que se elevan de una base común.

Los elementos de columna, viga y contrapeso, pueden ser no-prismáticos, y ellos pueden tener fijación parcial en sus conexiones finales. También pueden tener patrones de carga uniformes, parcialmente uniformes, o trapezoidales. Los efectos de dimensiones finitas de las vigas y columnas en la rigidez del sistema de barra se incluyen usando offsets finales que se pueden calcular de forma automática.

Los pisos y muros pueden moldearse solamente como elementos con membrana firme y dura, los elementos de flexión en placa con rigidez fuera de plano y solamente con elementos completos del tipo shell, mismos que combinan con rigidez o dureza dentro-plano y fuera-de plano. Los objetos tipo muro y piso pueden tener patrones de carga uniformes dentro y fuera de plano, y deben tener cargas de temperatura. Los objetos columna, viga, contrapeso, piso y muro son compatibles entre ellos.

Características del Analisis

Son posibles los análisis estáticos para pisos laterales y cargas de niveles que especifique el usuario. Si los elementos del piso con capacidad flexión en placa son moldeados, las cargas laterales uniformes en el piso serán transferidas de las vigas y columnas a través de la flexión de los elementos del piso. De otra forma, las cargas laterales uniformes en el piso se convierten automáticamente a cargas de tramos en vigas colindantes, o en cargas de puntos o columnas adyacentes, de tal modo la tediosa transferencia tributaria de carga de las vigas de pisos se hace automática sin hacer el Modelado explícito de las barras secundarias

Note:

El manual de Verificación del software de ETABS documenta el análisis usando ETABS.

El programa puede generar de forma automática patrones de carga laterales de viento y sísmicos para conocer los requerimientos de los diversos códigos de edificación. El modo tridimensional de figuras y frecuencias, factores de participación modal, dirección de factores y porcentajes de participación de masas son evaluados usando el análisis del vector propio o el vector-ritz. Los efectos P-Delta pueden ser incluidos con el análisis estático o dinámico.

Son posibles las respuestas al análisis de espectros, análisis de cálculo paso a paso o Time History lineal, análisis de Time History no lineal (pushover).

Las capacidades estáticas no lineales también le permiten ejecutar el análisis de incremento de la construcción para que esas fuerzas que surgen como resultado de la construcción de dicha secuencia sean incluidas.

Los resultados de diversas condiciones de carga estáticas deben ser combinados con cada uno de los resultados de la respuesta dinámica del espectro o con el análisis de Time History.

La salida puede ser vista de forma grafica, exhibida de forma tabular, enviado a un impresora, exportada a un archivo de base de datos o guardado en un archivo ASCII. Los tipos de salida incluyen reacciones y fuerzas de las piezas, modos de figuras y factores de participación, desplazamientos estáticos y dinámicos de niveles o pisos constantes, desplazamientos o amontonamientos de nodos entre pisos, Time History de trazos, y mas.



Capítulo 2

Iniciando

ETABS es un programa con fines especiales, fácil de usar, y sin embargo extremadamente poderoso, y el cual fue creado expresamente para sistemas de edificaciones. Este capítulo le ayudara a iniciarse en el uso de este programa.

Instalando ETABS

Por favor, siga las instrucciones de instalación que provee por separado su paquete de ETAB, o pregunte a su administrador de sistema como instalar el programa y tener acceso a el mismo.

Si usted esta realizando una Actualización

Si esta realizando una actualización de una versión previa de ETABS, debe estar consiente de que el modelo actual se define en términos de Objetos, los cuales son divididos automática e internamente en Elementos durante el análisis.

Este cambio significativo, mejora drásticamente las capacidades del programa, y le recomendamos leer el resto de este manual para familiarizarse con esta y otras características del programa.

Acerca de los Manuales

Este volumen está diseñado para ayudarlo a ser productivo con ETABS. El programa le provee de este manual de *Bienvenido a ETABS*, un manual de *Guía de Introducción para el Usuario* y un *Tutorial*. El siguiente capítulo de este manual le proporciona una sinopsis de la terminología usada en ETABS, y los Capítulos 4 y 5 describen las técnicas de Modelado y análisis, respectivamente. Los 13 Capítulos de la *Guía de Introducción para el usuario* le dan una introducción de los ítems y elementos del menú que son usados para crear, analizar y diseñar el modelo. El *Tutorial* describe los procesos de creación del modelo, análisis y diseño para un ejemplo de modelo. El *Manual de Verificación de Software* describe el análisis de los sistemas del edificio usando ETABS.

Es muy recomendado que usted lea este manual y observe los videos del tutorial (“Watch & Learn~ Movies”) antes de que intente completar un proyecto usando ETABS.

Información adicional puede ser encontrada en la opción de ayuda en línea (online Help) que se encuentra disponible en la interfase grafica de ETABS, incluyendo Notas Técnicas (Technical Notes) que describen códigos específicos de algoritmos de diseño. Esos documentos están disponibles en el formato de Adobe Acrobat PDF en el CD de ETABS, y puede accederse a ellos desde el programa usando el Menú de Ayuda (Help menú).

Videos “Observe y Aprenda” (“Watch & Learn”)

Uno de los mejores recursos disponibles para aprender acerca del programa ETABS es la serie de videos “Watch & Learn”, mismos que pueden ser vistos en el CD de ETABS o mediante la pagina web <http://www.csiberkeley.com>. Esos videos contienen información abundante para los dos tipos de usuario de ETABS, el que usa por primera vez el programa y el experimentado, cubriendo un amplio rango de temas, que van desde las operaciones básicas hasta el Modelado complejo. Los videos tienen una duración que varía entre los 2 a 13 minutos aproximadamente.

Soporte Técnico

La empresa Computers and Structures, Inc. (CSI) ofrece soporte técnico gratuito vía telefónica, fax, y e-mail por 90 días después de la compra del programa. Después de dicho termino, el soporte técnico esta disponible conforme a los términos del Acuerdo de Mantenimiento del Software (Software Maintenance Agreement), mismo que puede ser adquirido mediante la compra a CSI o su proveedor. Por favor contacte a la empresa CSI para obtener información acerca del acuerdo antes mencionado (Software Maintenance Agreement).

Si usted tiene alguna duda con respecto al uso del programa, le sugerimos:

- Consultar esta documentación y la demás información impresa que incluye su producto.
- Revisar la opción de ayuda on-line (on-line Help) que ofrece el programa.
- Revisar los videos “Watch and Learn” que proporciona el CD de ETABS y también la pagina web de CSI <http://www.csiberkeley.com>.

Si su duda no es resuelta de ese modo, contáctenos cose describe en la siguiente sección.

Ayudenos a Ayudarle

En cualquier momento que usted nos contacte con el fin de obtener solución a una pregunta de soporte técnico, recuerde proporcionar la siguiente información:

- El nivel del programa (PLUS or Nonlinear) y el numero de versión que usted esta usando. Estos datos pueden obtenerse desde el programa usando el menú de ayuda **Help menu > y después el comando About ETABS**.
- Una descripción de su modelo, incluyendo una imagen, de ser posible.
- Una descripción de lo que ocurrió y lo que usted estaba haciendo cuando ocurrió el problema.

- El mensaje literal del error que apareció en su pantalla.
- Una descripción de como trato usted de resolver el problema.
- La configuración de su computadora (marca y modelo, procesador, sistema operativo, tamaño del disco duro, y tamaño de la memoria RAM).
- Su nombre, nombre de su compañía, y como podemos contactarlo.

Soporte Telefónico o vía FAX

El soporte telefónico o vía fax estándar esta disponible en los Estados Unidos y esta a cargo de ingenieros de CSI, entre las 8:30 A.M. and 5:00 P.M., Hora del Pacifico, Lunes a Viernes, excepto los en los días festivos de U.S.A.

Usted puede:

- Contactar a las oficinas de CSI vía telefónica (510) 845-2177, o
- Enviar un fax con sus preguntas y la información acerca de su modelo, (incluyendo una imagen, de ser posible) a CSI al numero (510) 845-4096.

Cuando realice la llamada, por favor, hágalo en su computadora y tenga a la mano su manual.

Soporte Online

Esta disponible:

- Enviando un e-mail y el archivo de su modelo a support@csiberkeley.com
- Visite la pagina web de CSI <http://www.csiberkeley.com> para leer las preguntas mas frecuentes.

Si nos envía un e-mail, asegúrese de que ha incluido toda la información que se l ha solicitado en la sección de Ayúdenos a Ayudarle “Help Us to Help You”.



Capitulo 3

El sistema ETABS

ETABS analiza y diseña la estructura de su edificio usando el modelo que usted a creado usando la interfase grafica del usuario. La clave para implementar exitosamente ETABS es entender que se debe tener un acercamiento a través del Modelado de sistemas de edificios. Este capitulo le proporcionara una vista rápida y descripción de algunos de los componentes clave y su terminología.

Descripcion del Proceso de Modelado

El Modelado creado con este programa, es diferente a otros modelos que han sido producidos con otros programas de análisis estructural, principalmente por dos razones:

- Este programa ha sido optimizado para la creación de sistemas de edificios. De esta forma, los procedimientos de Modelado y capacidades de diseño son adaptados a los edificios.
- El Modelado de este programa se basa en objetos. Consistentes en objetos puntos, líneas y área. Usted realiza tareas con dichos objetos para definir piezas estructurales, tales como vigas, columnas, contrapesos, pisos, muros, rampas y resortes. También puede decir cargas con esos mismos objetos.

De forma más simple, desarrollar un modelo requiere de tres pasos básicos:

- Dibujar series de objetos puntos, líneas y área que representen su edificio usando las diversas herramientas de dibujo que se encuentran disponibles en la interfase grafica.
- Asignar propiedades estructurales (secciones y materiales) y cargas a objetos usando las opciones del menú Asignar (Assign menu options). Note que el asignar propiedades estructurales puede ser completado mediante el trazo del objeto usando la caja de propiedades del Objeto (Properties of Object box), misma que aparece cuando se utilizan los comandos de Dibujar (Draw).
- Asignar parámetros de división interna (meshing) a objetos area, si estos no son membranas horizontales losa o secciones tablero/tablón que el programa automáticamente divide hacia los elementos necesarios para el análisis del modelo.

Cuando el modelo esta terminado, el análisis puede ser ejecutado. En ese momento, el programa convierte de forma automática los modelos basados en objetos en modelos basados en elementos, a esto se le conoce como modelo del análisis usado en el análisis total. El modelo del análisis consiste de nodos, elementos barra, elementos conexión y shell (membrana y placa) elementos en contraste a los objetos punto, línea y área en el modelo basado en objetos que especificó el usuario. La conversión del modelo del análisis es interno en el programa y esencialmente transparente para el usuario.

Terminología del Modelado Físico

En ETABS, nos referimos frecuentemente a Objetos, Piezas o Miembros, y Elementos. Los *Objetos* representan las *piezas o miembros* estructurales físicos en el modelo. Los *Elementos*, por otro lado, se refieren a los elementos finitos usados internamente por el programa para generar matices rígidos. En muchos casos, los objetos y miembros físicos, tendrán correspondencia de uno-a-uno, y son estos objetos los que “dibuja” el usuario en la interfase de ETABS. Los Objetos se han pensado como una representación exacta de los miembros o piezas físicas. Los usuarios típicamente no requieren involucrase con el proceso de división interna de esos objetos entre los elementos requeridos para el análisis matemático del modelo.

Por lo anterior, un simple objeto línea puede moldear una viga completa, sin importar cuantos otros miembros tiene la barra, y sin importar la carga. Con ETABS, la creación del modelo y el reporte de los resultados se alcanza en el nivel del objeto.

Esto difiere del programa con análisis tradicional, donde el usuario necesita definir un su-ensamblaje de elementos finitos que abarque los elementos físicos más grandes. En ETABS, los objetos, o miembros físicos o piezas, que dibuja el usuario, son típicamente subdivididos de forma interna entre un gran número de elementos finitos necesarios para el modelo de análisis, sin que el usuario los ingrese. En virtud, de que el usuario trabaja solo con los miembros físicos basados en objetos, se requiere de menor tiempo para crear un modelo y para interpretar los resultados, añadiendo a ello el beneficio de que los resultados del análisis son generados de forma mas apropiada para el trabajo de diseño que sigue.

El concepto de objetos en un modelo estructural puede ser nuevo para usted. Es extremadamente importante que usted se aferre a este concepto porque es la base para crear un modelo en ETABS. Después de que haya entendido el concepto y haya trabajado con el por un rato, debe reconocer la simplicidad del Modelado basado en el objeto, la facilidad con la que usted puede crear modelos usando objetos, y el poder del concepto cuando se editan y se crean modelos complejos.

Definición del Piso

Una de las características mas importantes de que ofrece ETABS es el reconocimiento de los niveles de pisos, permitiendo el ingreso de datos de construcción de una forma conveniente y lógica. Los usuarios pueden definir sus modelos bases de piso-piso, nivel-nivel, de forma análoga en la que un diseñados trabaja cuando presenta los dibujos del edificio. Los niveles de pisos ayudan a identificar, localizar y ver áreas y objetos específicos en su modelo; objetos columnas y vigas son localizados fácilmente usando su localización en el plano y su etiquetado o rotulado en el nivel y piso.

En la terminología de ETABS, un nivel de piso, representa un plano horizontal que se ve a través de un corte del edificio a una elevación específica, y todos los objetos debajo de dicho plano hasta el siguiente nivel de piso. Debido a que ETABS entiende de forma inherente la geometría de los sistemas del edificio, el usuario puede especificar que el objeto que esta siendo dibujado puede ser multiplicado en todos los pisos, o en pisos similares que el mismo ha identificado. Esta opción funciona no solo en repetición de barras de piso, si no también para columnas y barras. El

Rotulado o etiquetado del piso, la altura de cada nivel de piso, así como la habilidad para marcar los pisos similares, se encuentran bajo el control del usuario.

Unidades

ETABS trabaja con cuatro unidades básicas; fuerza, longitud, temperatura y tiempo (force, length, temperature, and time). El programa ofrece diferentes sets de unidades compatibles de fuerza, longitud y temperatura para elegir, tales como “Kip, in, F” o “N, mm, C.” El tiempo siempre se mide en segundos.

Se hace una importante distinción entre masa y peso. Masa se usa para calcular la inercia dinámica y para todas las cargas causadas por la aceleración del suelo. El peso es la fuerza que se aplica como cualquier fuerza de carga. Asegúrese de usar las unidades de fuerza cuando especifique valores de peso, unidades de masa (fuerza-sec²/longitud) al especificar valores de masa.

Cuando usted inicia modelo, se le requiere para que ajuste un set de unidades. Estas se convierten en las “unidades base”. Aunque después usted puede proporcionar nuevos datos y ver los resultados en cualquier set de unidades, esos valores son convertidos siempre y forman la base de las unidades del modelo.

La medida angular siempre usa las siguientes unidades:

- Geometría: la orientación de cortes, siempre se mide en grados.
- Los desplazamientos rotatorios, se mide en radianes.
- La Frecuencia se mide en ciclos/segundo (Hz).

Sistemas de Coordenadas y Cuadriculas o rejillas.

Todas las ubicaciones del modelo se definen respecto a un sistema de coordenadas con un ángulo global. Es un sistema tridimensional de coordenadas Cartesiano (rectangular), derecho (right-handed). Los tres cortes denominados, X, Y, y Z, son mutuamente perpendiculares, y satisfacen la regla derecha (right-hand rule).

ETABS siempre considera la dirección +Z como hacia arriba. Por valor predeterminado, la gravedad actúa en la dirección –Z.

Los sistemas de coordenadas adicionales pueden definirse para ayudar al desarrollo y vista del modelo. Para cada sistema de coordenadas, se deberá definir un sistema de cuadrícula tridimensional y ello consistirá en líneas de “construcción” que serán usadas para localizar objetos en el modelo. Cada sistema de rejillas coordenadas debe ser cartesiano (rectangular) o tener una definición cilíndrica, y como se posiciona de forma relativa al sistema global. Cuando usted mueve una línea de la cuadrícula, debe especificar cual es el objeto que se moverá con ella.

Las operaciones de dibujo tienden a adherirse “snap” a las líneas de intersección de la cuadrícula (de forma predeterminada) a menos, que esta opción se desactive. Existen otras formas de “snap” disponibles, incluyendo el adherir terminaciones de líneas a puntos medios (midpoint), adherir a intersecciones, y así sucesivamente. Use estas herramientas poderosas cuando le sea posible para asegurar la exactitud en la construcción de su modelo. No usar la función de “snap” puede resultar en espacios “gaps” entre objetos, que causarían errores en la conectividad del modelo.

Cada objeto en el modelo tiene su propio sistema local de coordenadas usado para definir propiedades, cargas y respuestas. Se denotan los cortes de cada sistema local de coordenadas 1 (rojo), 2 (blanco), y 3 (azul). Los sistemas locales de coordenadas no tienen una cuadrícula asociada a ella.

Objetos Estructurales

Como se ha asentado previamente, ETABS usa objetos para representar miembros estructurales físicos. Al crear modelo, el usuario empieza dibujando la geometría del objeto, y después asignándole propiedades y cargas para definir completamente la estructura del edificio.

Los siguientes tipos de objetos están disponibles, y se enlistan de acuerdo a su dimensión geométrica:

~ Dos tipos de **Objetos Punto (Point objects)**:

- **Objetos nodo (Joint objects)** se crean de forma automática en las esquinas o en las terminaciones de todos los tipos de objetos, y pueden ser adheridos explícitamente en cualquier lugar del modelo.

- **Objetos instalados en el suelo (de un nodo) y de conexión “Grounded (one joint) link objects”** se usan para moldear conductas de soporte especial, tales como aislantes, apagadores, huecos, resortes multilíneales y más.
- Dos tipos de **Objetos línea (Line objects)**
 - **Objetos Barra (Frame objects)** son usados para moldear barras, columnas, contrapesos y armaduras.
 - **Conectores (dos-nodos) objetos de conexión “Connecting (two-joint) link objects”** son usados para moldear el comportamiento de un miembro en especial, tales como aislantes, apagadores, huecos, resortes multilineales y más. Objetos barra desiguales, los objetos conectores pueden tener una longitud de cero.
- **Objetos área (Area objects)** se usan para moldear muros, losas, cubiertas, tabloneros y otros miembros de muros delgados. Los objetos área serán divididos internamente de forma automática entre los elementos requeridos para el análisis, si los objetos horizontales con definición de membrana se incluyen en el modelo; de otra forma, el usuario especifica la opción de división que será usada.

Como regla general, la geometría del objeto corresponde a la de ese miembro físico. Esto simplifica la visualización del modelo y ayuda en el proceso de diseño.

Cuando usted ejecuta el análisis, ETABS automáticamente convierte su modelo basado en objetos (excepto ciertos objetos Área) en un modelo basado en elementos que es usado en el análisis. Este modelo basado en elementos se llama modelo de análisis, y consiste en elementos finitos y nodos. Después de ejecutar el análisis, su modelo basado en objetos aun tendrá el mismo número de objetos en l, tal y como era antes de ejecutar el análisis.

Aunque la mayoría de la división interna los objetos se realiza de forma automática, usted tiene control sobre la forma en que se completa dicha división interna, tal como el refinamiento de los ángulos y como manejar las conexiones al intersectar objetos. Existe la opción de subdividir el modelo de forma manual, divide al elemento basado en el objeto en un miembro físico y a ese en objetos múltiples que corresponden en tamaño y número de elementos del análisis.

Grupos

A un grupo se le denomina colección de objetos. Pueden contener cualquier número de objetos de cualquier tipo. Los grupos tienen muchos usos:

- Selección rápida de objetos para editarlos o asignarlos
- Definir secciones de corte a través del modelo.
- Agrupar objetos que comparten el mismo diseño.
- Salida selectiva.

Defina todos los grupos que sean necesarios. El uso de los grupos es una manera poderosa de manejar modelos grandes.

Propiedades

Las propiedades son “asignados” a cada objeto para definir el comportamiento estructural de cada objeto en el modelo. Algunas propiedades, como materiales y propiedades de sección, se denominan entidades y deben ser especificadas antes de asignarles objetos. Por ejemplo, un modelo debe tener:

- Un material propiamente llamado CONCRETO.
- Una sección rectangular de la barra denominado RECTANGULO, y una sección circular de la barra llamada CIRCULAR, ambas se forman del material llamado CONCRETO.
- Una sección muro/losa llamada propiamente SLAB O LOSA que solo usa material llamado CONCRETO.

Si usted asigna la sección denominada RECTANGULO a un objeto línea, cualquier cambio en la definición de la sección RECTANGULO o en el material CONCRETO automáticamente se aplicara a dicho objeto. Una propiedad denominada de cualquier forma no tiene efecto en el modelo a menos que se le asigne a un objeto.

Otras propiedades, tales como los nudos de barra o el alojamiento de los nodos son asignadas directamente a los objetos. Estas propiedades solo pueden cambiarse ejecutando otra tarea de la misma propiedad al objeto; no se denominan entidades y no pueden existir de forma independiente sin los objetos.

Cargas estaticas de los compartimientos

Las cargas estáticas representan acciones sobre la estructura, tales como fuerza, presión, desplazamiento del soporte, efectos térmicos, y otros. A la distribución especial de cargas sobre la estructura se le denomina compartimiento de la carga.

Defina todos los compartimientos de carga que sean necesarios. Típicamente, los compartimientos de carga separados serian usados para las cargas muertas, cargas vivas, cargas estáticas terremoto, carga de viento, cargas de nieve, cargas térmicas, y demás. Las cargas que necesiten variar independientemente, para propósitos de diseño o por la forma en que son aplicadas al edificio, deben ser definidas como compartimientos de carga separados.

Después de definir el nombre del compartimiento estático de la carga, debe asignar valores de carga específicos a los objetos que son parte del compartimiento de la carga, o definir una carga lateral automatizada si dicha carga es para viento o sismo. Los valores de carga que usted asigne a un objeto especifican el tipo de carga (fuerza, desplazamiento, temperatura), su magnitud, y dirección (si ella aplica). Diferentes cargas pueden ser asignadas a un compartimiento individual, junto con la carga lateral automatizada, si así lo desea. Cada objeto puede ser sujetado a múltiples compartimientos de carga.

Cargas Verticales

Las cargas laterales, pueden aplicarse a objetos punto, línea y área. Las cargas verticales son ingresadas típicamente con valores de gravedad, o en la dirección $-Z$. Los objetos punto Los objetos punto pueden soportar fuerzas o momentos concentrados. Los objetos barra pueden tener aplicadas cualquier numero de cargas punto (fuerzas o momentos) o cargas distribuidas (uniformes o trapezoidales). Las cargas uniformes pueden ser aplicadas a los Objetos Área. Los compartimientos de carga laterales también pueden incluir elementos de propio-peso.

Algunos compartimientos de carga verticales usados para los edificios deben incluir:

~ Carga muerta

- Carga muerta Súper impuesta
- Carga viva
- Carga Viva Reducida
- Carga de Nieve

Si las cargas verticales aplicadas son asignadas a un compartimiento de carga viva reducida, ETABS le provee la opción de reducir las cargas vivas usadas en la fase de diseño. Many different types of code-dependent load reduction formulations are available.

Cargas de Temperatura.

Las cargas de temperatura en objetos línea y área pueden ser generados en ETABS al especificar los cambios de temperatura. Esos cambios en la temperatura pueden especificarse directamente como cambio de temperatura uniforme en el objeto, o ellos deben estar basados en cambios de temperatura previamente especificados de objetos punto, o en ambos.

Si se selecciona la opción del cambio de temperatura, el programa asume que el cambio de la temperatura varía de forma lineal sobre la longitud de las líneas del objeto, y linealmente sobre la superficie del objeto para las áreas. Although you can specify a temperature change for a point object, temperature loads act only on line and area objects.

Cargas Laterales Automatizadas

ETABS permite de forma automática la generación de cargas estáticas laterales ya sea de terremotos (quake) o compartimientos de carga de viento basados en numerosas especificaciones de códigos, incluyendo, pero no limitando a, UBC, BOCA, ASCE, NBCC, BS, JGJ, Mexicana y IBC. Cada carga lateral automatizada que usted defina debe hacerse en un compartimiento de carga separado. Usted no puede tener dos cargas laterales automatizadas en el mismo compartimiento de carga. Usted puede, agregar a un compartimientos de cargas adicionales que incluya una carga automática lateral.

Si ha seleccionado una carga del tipo sismo, existen códigos de cargas laterales disponibles. Con la selección del un código, la forma de la carga sísmica se llena con valores y elementos predeterminados que pueden ser revisados y editados por el usuario. El programa usa esos valores para generar cargas laterales en la dirección que se especifique, basando esta decisión en el peso definido por las masas asignadas o calculadas en las propiedades de las definiciones. Después de que ETABS ha calculado la fuerza de cada nivel para una carga sísmica automática, esa fuerza es proporcionada a cada nodo de la elevación de cada nivel de piso en proporción a su masa.

Si ha seleccionado la carga de tipo viento, existen varios códigos de cargas laterales automáticas disponibles. A partir de la selección de un código, la forma de Carga de viento se llena con valores y elementos predeterminados que pueden ser revisados y editados el usuario. En ETABS, las cargas de viento calculadas automáticamente, pueden ser aplicadas a diafragmas rígidos o a muros, incluyendo muros no-estructurales tales como revestimientos, que son creados usando objetos área. Si la opción de diafragma rígido es seleccionada, se calculara una carga separada para cada diafragma rígido presente en un nivel de piso. Las cargas de viento calculadas en cualquier nivel de piso se basan en una elevación de dicho nivel, la altura del piso sobre el nivel inferior, la asumida exposición de la angostura del diafragma (s) rígido(s) en el nivel y los diversos códigos-dependientes de los coeficientes de viento. La carga es aplicada a un diafragma rígido a lo que ETABS calcula que será el centro geométrico.

Si usted ha seleccionad la opción en la que se calculan las cargas de viento y se aplican mediante vía área los objetos que definen los muros, debe asignar un coeficiente de presión den viento a cada objeto área que se ha expuesto, y además indicar si éste es Barlovento/Sotaviento (windward or leeward). Basándose en los diversos códigos factores y los coeficientes y exposiciones definidos el usuario, ETABS calcula las cargas de viento para cada objeto área (muro) y aplica las cargas a puntos fuerza en las esquinas de dicho objeto.

Funciones

Usted define funciones para describir como varían las cargas como una función de periodo tiempo. Las Funciones son solo necesarias para ciertos tipos de análisis, no son usadas para análisis estáticos. Una función es una serie de pares de datos digitados Absciso–Ordenado (abscissa-ordinate data pairs).

Existen dos tipos de funciones:

- **Funciones de Respuesta de Espectros (Response spectrum functions)** Son las funciones de aceleración pseudo-espectral contra las funciones de periodo para usarlas en el análisis de respuesta de espectros. En este programa, los valores de la aceleración en la función son asumidos como normalizados; esto es, las funciones por si mismas no tienen unidades. En lugar de ello, las unidades se asocian con un factor escala que multiplica la función y es especificada cuando usted define el compartimiento de la respuesta del espectro.
- **Funciones de Time History (Time history functions)** Son la magnitud de las cargas contra las funciones tiempo para usarse en el análisis de Time History. Los valores de carga en una función de Time History pueden ser valores de aceleración del suelo o pueden ser múltiplos de compartimientos específicos (fuerza o desplazamiento).

Usted puede definir todas las funciones con nombre que le sean necesarias. Estas no se asignan a objetos, pero son usadas en los compartimientos de definición de la Respuesta del Espectro y Historia del Tiempo.

Combinaciones de Carga

ETABS permite nombrar combinaciones de cualquier compartimiento de o cualquier carga combinada y previamente definidas. Cuando una combinación de carga es definida, se aplica a los resultados de cada objeto en el modelo.

Los cuatro tipos de combinaciones son las siguientes:

- **ADD (Additive) Aditivas:** Son agregados los resultados desde los compartimientos o paquetes de carga incluidos.
- **ENVE (Envelope) Envoltante:** Los resultados de los compartimientos o paquetes de carga incluidos son envueltos para encontrar los valores mínimos y máximos.
- **ABS (Absolute) Absoluta:** Son agregados los valores absolutos de los resultados de los compartimientos o paquetes de carga incluidos.
- **SRSS:** Es computada la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados del resultado de los compartimientos y paquetes de carga.

Excepto por los de tipo envolvente, las combinaciones usualmente deben ser aplicadas solo a los compartimientos de análisis lineal, porque los resultados no lineales no son generados o sobrepuestos.

El diseño siempre se basa en combinaciones de carga, no directamente en compartimientos de carga. Usted puede crear una combinación que contenga solo un compartimiento de carga. Cada algoritmo de diseño crea su propia combinación predefinida; complementelas con la combinación que usted haya diseñado, en caso necesario.

Ajustes del Diseño

ETABS tiene integrados los siguientes post-procesadores de diseño:

- Diseño de Barra de Acero (Steel Frame Design)
- Diseño de Barra de Concreto (Concrete Frame Design)
- Diseño de Viga compuesta (Composite Beam Design)
- Diseño de Vigüeta de Acero (Steel Joist Design)
- Diseño de Muro Constante (Shear Wall Design)

Los primero cuatro procesos de diseño son aplicables a objetos línea, y el programa determina el proceso de diseño apropiado para el objeto línea cuando se ejecuta el análisis. El procedimiento de diseño seleccionado se basa en la orientación del objeto línea, propiedad de la sección, tipo del material y conectividad.

El diseño del Muro Constante esta disponible para objetos que han sido identificados previamente por el usuario como pilares (pier) o spandrels, y dichos objetos serán considerados como objetos línea y área.

Para cada post-procesador de diseño, se pueden hacer diversos ajustes para afectar el diseño del modelo:

- El código de diseño específico que será usado en cada tipo de objeto, por ejemplo, AISC-LRFD93 para barras de acero, EUROCODE 2-1992 para barras de concreto, y BS8110 97 para muros constantes.
- Preferencias determinadas de esos códigos deben aplicarse al modelo.

- Las combinaciones de carga con las que se debe revisar el diseño.
- Los grupos de objetos que deben compartir el mismo diseño.
- Para cada objeto, preceden valores opcionales “overwrite” sobre los coeficientes y parámetros usados en los códigos de las formulas seleccionadas por el programa.
- Para barras acero, vigas compuestas, y viguetas de acero, ETABS automáticamente puede seleccionar una sección optima desde una lista que usted defina. Usted también puede cambiar manualmente la sección durante el proceso de diseño. Como resultado, cada objeto línea, puede tener dos propiedades de secciones diferentes asociadas con:
 - Una sección de análisis “analysis section” usada en el análisis previo.
 - Una sección de diseño “design section” del diseño en uso.

La sección del diseño se convierte en la sección de análisis para el siguiente análisis, y el análisis iterativo y el ciclo de diseño deben continuar hasta que las dos secciones se conviertan en la misma.

Los resultados para la sección del diseño, cuando están disponibles, tal y como los otros ajustes descritos en este punto, pueden ser considerados para ser parte del modelo.

Opciones de salida y Exhibición

El modelo ETABS y los resultados del análisis y diseño pueden ser vistos y guardados de diversas maneras, incluyendo:

- Vistas Bi-y-Tri-dimensionales del modelo
- Entrada /Salida de valores de datos en formato de texto, hoja de cálculo, o formato de base de datos.
- Función de Localizador de coordenadas de los resultados del análisis.
- Reportes de diseño.
- Exportar otros bosquejos y programas de diseño

Usted puede guardar definiciones de la exhibición de las vistas, ajustes de tablas, y funciones de bosquejos como parte de de su modelo. Combinado con estos grupos, esto puede dar una velocidad significativa al proceso de obtención de resultados mientras usted se encuentra desarrollando el modelo.

Más Información

Este capítulo presenta solo un adelanto de algunos de los componentes básicos de del modelo ETABS. Información adicional puede encontrarse en la ayuda on-line que se encuentra disponible, ya sea en la interfase grafica del usuario de ETABS, incluyendo las notas técnicas que describen los códigos-específicos de los algoritmos de diseño. Esos documentos están disponibles en el formato de Adobe Acrobat PDF en el CD de ETABS, y puede accederse a ellos desde el programa usando el menú de ayuda (Help menú).



Capítulo 4

Técnicas de Modelado de ETABS

ETABS ofrece una extensa y diversa rama de herramientas que le ayudaran a moldear una amplio rango de sistemas y comportamientos del edificio. Este capitulo ilustra algunas de las técnicas que usted puede usar con ETABS para realizar cualquier tarea mundana o compleja de forma rápida y sencilla.

Propiedades de Auto-Selección

Cuando se crea un modelo ETABS que contiene objetos línea de acero (barras, vigas compuestas, y viguetas), no es necesario determinar el tamaño de los miembros preliminares explícitos para el análisis. En lugar, de aplicar la una propiedad de auto-selección a cualquiera o a todos los objetos línea hechos de acero. Una propiedad de auto- selección es una lista de secciones en lugar que de un solo tamaño. La lista contiene todos los tamaños de las secciones que pueden considerarse como posibles candidatos para el miembro físico, y pueden definirse listas múltiples. Por ejemplo, una lista de auto-selección puede ser usada en columnas de acero, otra lista puede ser usada para pisos de viguetas, y una tercera lista puede usarse en vigas de acero o viga maestra (girders).

Para el análisis inicial, el programa seleccionara la sección mediana en la lista de auto-selección. Después de haber completado el análisis, ejecute el proceso de optimización del diseño para un objeto particular, en el que solo las medidas de las secciones sean consideradas en la lista de auto-selección, y el programa automáticamente selecciona la sección mas económica, y adecuada de la lista. Después de que la fase de optimización del diseño ha seleccionado una sección, el análisis del modelo debe ser re-ejecutado si la sección seleccionada difiere de la sección previamente analizada. Este ciclo debe ser repetido hasta que la sección del análisis y la del diseño sean idénticas.

El uso efectivo de las propiedades de auto-selección puede ahorrarle muchas horas, al asociarlas con el establecimiento preliminar de los tamaños de los miembros.

Transferencia de Cargas Verticales

ETABS ofrece poderosos algoritmos para calcular la transferencia de cargas verticales para tres de los sistemas de pisos mas populares en la construcción de edificios: losa de concreto, tablero de acero con relleno de concreto, y tarimas de concreto. Las cargas verticales pueden ser aplicadas como cargas muertas, cargas vivas, cargas muertas súper impuestas, y cargas vivas reducibles, con el propio-peso de los objetos incluidos en el compartimiento de carga muerta, si se desea.

El problema principal de transferencia de las cargas verticales es la distribución de las cargas punto, línea y área que descansan en el objeto representando la placa del piso en el modelo del análisis. El análisis de ETABS para transferencia de cargas verticales difiere para los tipos de piso con comportamiento de membrana y para los pisos tipo objetos con comportamiento de flexión en placa. Los siguientes puntos describen el análisis de los objetos del tipo piso con comportamiento solo del tipo membrana:

- ~ **Transformación de carga fuera de plano para objetos área del tipo piso con propiedades de secciones tablero o tarima (Out-of-plane load transformation for floor-type area objects with deck or tablón section properties):** En este caso, en el modelo del análisis, las cargas son transformadas a vigas junto con los elementos de la membrana o los puntos de las esquinas de los elementos de la membrana usando un numero significativo de reglas y condiciones (ver notas técnicas *Technical Notes* usando el menú de ayuda *Help menu* para una descripción detallada). La transferencia de carga toma en cuenta que el tablero o la tarima se encuadran solo en **una** dirección.

~ **Transformación de carga fuera de plano para objetos tipo-piso con propiedades de secciones losa que tienen comportamiento solo de membrana (Out-of-plane load transformation for floor-type area objects with slab section properties that have membrane behavior only):** En este caso, en el modelo de análisis, las cargas son transformadas ya sea, con las vigas junto con las esquinas de los elementos de la membrana o a los puntos de la esquina de los elementos de la membrana usando un número significativo de reglas y condiciones (ver las notas técnicas *Technical Notes* usando el menú de ayuda *Help menu* para una descripción detallada). La transformación de las cargas toma en cuenta que la losa se encuadra en **dos** direcciones.

Para objetos área tipo-piso que tienen comportamiento tipo placa, ETABS usa una función de interpolación bi-lineal para transferir cargas aplicadas a objetos área o a los puntos de las esquinas de elementos shell/placa en el modelo del análisis.

Note que ETABS automáticamente divide internamente los objetos piso con las propiedades de la membrana para su análisis. Típicamente, los pisos con comportamiento de flexión en placa requieren la división interna asignada por el usuario antes de ejecutar el análisis (con excepción de las losas aligeradas o nervuradas que se generan al usar las plantillas, y las cuales son automáticamente divididas aunque estas tengan comportamiento tipo flexión en placa).

Para las transferencias de carga descritas aquí, el programa automáticamente calcula el área tributaria cargada a cada miembro para que esa reducción de los factores de la transferencia de la carga viva pueda aplicarse. Diversas formulaciones dependientes de los códigos están disponibles para esos cálculos; como sea, los valores pueden ser sobre-escritos usando valores especificados por el usuario.

Cargas Laterales de viento y sísmicas

Las cargas laterales pueden ser en la forma de viento o sísmicas. Las cargas son calculadas automáticamente por las dimensiones y propiedades de la estructura basada en opciones built-in para una amplia variedad de códigos de construcción.

Para sistemas de diafragmas rígidos, las cargas de viento son aplicadas a los centros geométricos de cada diafragma rígido de piso. Para moldear sistemas de multi-torres, puede aplicarse uno o más diafragmas de piso rígido a un solo piso.

Las cargas sísmicas son calculadas desde la distribución de la masa del piso sobre la estructura, usando coeficientes dependientes del código y periodos fundamentales de vibración.

Para sistemas de pisos semi-rígidos existen numerosos puntos de masa, ETABS tiene una carga especial dependiente del Ritz-vector un algoritmo para el cálculo rápido de los periodos de tiempo predominantes. Las cargas sísmicas son aplicadas a las ubicaciones donde son generadas las fuerzas de la inercia y no tienen que estar en los niveles de piso solamente. De forma adicional, para sistemas de pisos semi-rígidos, las cargas de la inercia son distribuidas especialmente a través de la extensión horizontal de la proporción del piso a la distribución de la masa, además de capturar de forma exacta las fuerzas constantes generadas a través de los diafragmas del piso.

ETABS tiene también una amplia variedad de opciones de Análisis Dinámico, que varían desde la respuesta básica del análisis del espectro hasta una deformación no lineal del análisis de Time History. La respuesta de las curvas del espectro que dependen del código se construyen dentro del sistema, y son cambiadas a un análisis dinámico usualmente trivial después de que se ha creado el modelo básico.

Modelado de Panel de Zona

Estudios han demostrado que no tomar en cuenta la deformación sin un panel de zona barra-columna en el modelo puede causar una discrepancia significativa entre los resultados analíticos del comportamiento físico del edificio. ETABS permite la explícita incorporación del comportamiento del panel de zona constante que se cree que a cualquier hora tiene un considerable impacto en la deformación de la conexión viga-a-columna.

Matemáticamente, la deformación del panel de zona es moldeado usando los resortes agregados a los cuerpos rígidos geoméricamente del tamaño del panel de zona. ETABS permite la asignación del panel de zona “propiedad” a un objeto punto a la intersección de la viga-columna. Las propiedades del panel de zona pueden determinarse de alguna de las siguientes formas:

- Automáticamente por el programa desde las propiedades elásticas de la columna.
- Automáticamente por el programa desde las propiedades elásticas de la columna en combinación con cualquier placa doble que se presenten..
- Valores de resortes especificados por el usuario

- ~ Propiedades de conexión especificadas por el usuario (Users-specified link properties), en cuyo compartimiento es posible tener un comportamiento de panel del zona si se ejecuta un análisis no lineal de Time History.

Reducción de la Carga Viva

Ciertos códigos de diseño permiten reducir las cargas vivas basadas en el área que esta siendo soportada por un miembro en particular. ETABS permite que sean reducidas las cargas vivas usadas en los post-procesadores del diseño (no en el análisis) para los objetos línea (columnas, vigas, soportes, y así sucesivamente) y para los objetos del tipo muro (objetos área con una propiedad de definición de muro). El programa no permite la reducción de las cargas vivas para los objetos del tipo piso.

ETABS ofrece un número de opciones para reducciones de carga viva, y algunos métodos pueden tener sus factores de carga reducida (RLLF) sujetos a dos mínimos. Un mínimo aplica a miembros recibiendo carga desde múltiples niveles. El programa provee de valores predeterminados para esos mínimos, pero el usuario puede hacerles correcciones. Es importante que note que las cargas vivas son reducidas solo en los post-procesos de diseño; las cargas vivas nunca son reducidas en la salida de datos del análisis básico.

Modelado de piso Rígido y Semi-rígido

ETABS ofrece tres opciones básicas para el Modelado de varios tipos de sistemas de piso. Los diafragmas de piso pueden ser rígidos o semi-rígidos (flexible), o el usuario puede optar por especificar que no hay diafragma alguno.

En el compartimiento de los modelos de diafragma rígidos, cada placa del piso se asume que se traduce en el plano y gira sobre una coordenada vertical como un cuerpo rígido, se asume de forma básica que no hay deformaciones dentro del plano en a placa del piso. El concepto de diafragmas de piso rígido para edificios se ha venido usado a través de muchos años como un medio para dar mayor eficacia de cómputo a la solución del proceso. Debido al número reducido de grados de libertad asociados con el diafragma rígido, esta técnica ha probado ser muy efectiva, especialmente para los análisis que involucran estructuras dinámicas. Sin embargo, la desventaja de tal avance es que la solución no produce ninguna información en las tensiones constantes del diafragma, ni recobra ninguna fuerza de coordenada horizontal en los miembros que descansan en el plano de los pisos.

Esas limitaciones pueden tener un efecto significativo en los resultados que reportan las estructuras soportadas por barras y en los edificios diafragmas con problemas de flexibilidad, entre otros. Debajo de la influencia de cargas laterales, tensiones constantes significativas pueden generarse en los sistemas de pisos, y por ende, es importante que las placas del piso sean moldeadas como diafragmas semi-rígidos para que las deformaciones del diafragma se incluyan en el análisis, y las fuerzas de los ejes sean recobradas en las vigas/puntal apoyando los pisos.

Por suerte, con ETABS es un proceso fácil el moldear el comportamiento del diafragma semi-rígido, hacer el cambio entre comportamiento rígido y semi-rígido para estudios paramétricos. De hecho, ETABS, con estas eficientes técnicas de resolución numérica y acercamientos basados en objetos miembros, hacen notar el uso de un diafragma rígido ya no sea pertinente por las razones que originalmente justificaban su uso.

El acercamiento de ETABS basado en el objeto permite el Modelado automático de diafragmas de pisos semi-rígidos, cada placa de piso siendo esencialmente un objeto piso. Los objetos con propiedades de aperturas pueden ponerse sobre objetos del piso para “hacer” hoyos en el sistema del piso. La conversión de los objetos del piso y sus aberturas respectivas en los elementos finitos para el modelo de análisis es automático para los tipos mas comunes de sistemas de pisos, llámense losas de concreto, sistemas de tableros metálicas y tarimas de concreto, las cuales se usan en comportamientos de membranas en-plano (ver las cargas verticales anteriores *Vertical Load Transfer section*). Para otros tipos de sistemas de pisos, el usuario debe asignar los parámetros de división interna a los objetos del piso, teniendo en mente que para los efectos de la deformación del diafragma deben ser capturados con exactitud, la división interna “mesh” no necesita ser redefinida también.

Compulsión de Líneas

Parte de lo que hace que el Modelado tradicional de elementos finitos tome tanto tiempo es el crear una división interna apropiada en la zona de transición de objetos adyacentes cuyas divisiones internas no corresponden. Esto es muy común, y casi siempre sucede en la interfase entre muros y pisos. Los programas para fines generales históricamente han tenido dificultades con las transiciones de divisiones internas entre muros curvados y pisos, y entre muros y rampas inclinadas.

Sin embargo, en ETABS, la compatibilidad de la división interna de elementos entre objetos adyacentes se refuerza automáticamente vía compulsión de líneas que eliminan la necesidad de preocupación del usuario sobre las transiciones de división interna. Estos desplazamientos que se interpolan en la compulsión de las líneas son creadas automáticamente como parte del elemento finito del modelo analítico. (De forma completamente interna por el programa) en las intersecciones los objetos que contienen geometrías que no corresponden son re-descubiertas. Así, de forma similar a la creación de los elementos finitos como un todo, los usuarios de ETABS no necesitan preocuparse sobre la compatibilidad de la división interna.

Modificadores

ETABS permite asignar los factores de modificación tanto a objetos línea como a objetos área. Para objetos línea, los modificadores de las propiedades de la barra son multiplicados para obtener las propiedades del análisis final de la sección usada para los elementos de la barra. Para objetos área, modificadores de rigidez de shell se multiplican las veces del análisis de la rigidez del elemento shell calculado desde una propiedad de la sección especificada. Ambos de esos modificadores afectan solo el análisis de propiedades. Ellos no afectan ninguna de las propiedades del diseño.

Los modificadores pueden ser usados para limitar la forma en que se comportan los elementos del análisis. Por ello, asuma que usted tiene una losa de concreto apoyada en una armadura de acero, pero no quiere que la losa actúe como un reborde de la armadura; todas las fuerzas de los rebordes deben ser cargadas por la parte superior de la armadura. Usando un modificador de un objeto área, puede forzar la losa de concreto para actuar de forma constante, de tal modo, remover el comportamiento de las coordenadas en-plano del concreto para que no contribuya ninguna fuerza o rigidez en la dirección vertical de la armadura. En otros ejemplos se usan modificadores para beneficiar el Modelado de las secciones del concreto donde es necesario reducir las propiedades de la sección debido al rompimiento, o cuando se moldea el comportamiento del diafragma lateral, entonces los objetos del piso son constantes, con las fuerzas de inclinación subsecuentes que se cargan directamente a la cuerda del diafragma.

Construcción de la Secuencia de Carga

Se asume en la mayoría de los programas de análisis que la estructura no se sujeta a ninguna carga hasta que esta totalmente construida. Esto es probablemente razonable para cargas vivas, de viento y sísmicas, así como para otras cargas súper impuestas. Sin embargo, en realidad la carga muerta de la estructura esta siendo continuamente aplicada mientras se construye la estructura. En otras palabras, los pisos inferiores de un edificio ya están siendo tensados con la carga muerta de los pisos inferiores a ellos antes de que los pisos superiores sean construidos. Los ingenieros ya han sido advertidos de la inexactitud de los resultados analíticos de la forma de los momentos no reales de la viga en los pisos superiores del edificio porque se asume la apariencia de la carga muerta después de que la estructura ha sido construida.

En muchos casos, especialmente en los edificios más altos debido al efecto acumulativo, los resultados analíticos de la estructura final pueden ser alterados por la secuencia de la construcción del edificio. Situaciones que son sensibles a los efectos de la secuencia de la construcción incluida, entre otros, los edificios con deformaciones de coordenadas diferenciales, transferencia de vigas maestras que envuelven refuerzos temporales y estructuras apuntaladas donde los segmentos del apoyo son construidos y cargados mientras otros segmentos siguen siendo instalados.

ETABS tiene una opción con la que el usuario puede activar el incremento automático de piso-a-piso la secuencia de la carga de construcción para una compartimiento de carga particular. Este procedimiento debe cargar la estructura mientras ésta es construida. Típicamente, usted puede hacer esto para el compartimiento de la carga muerta y usar los resultados analíticos de la carga de la secuencia de la construcción en combinación con otros compartimientos de carga para la fase en diseño.

Optimización del Diseño y Precisión de la barra de Acero

Los diversos códigos de algoritmos de diseño para la selección de la barra, revisión de tensión y optimización de precisión involucra el calculo de la capacidad de inclinación de la(s) coordenada(s) de un miembro, la definición de una combinación de carga dependiente de un código, evaluar los factores K, longitudes sin apoyo y efectos de segundo orden, magnificaciones de momento, y uso de factores para determinar la aceptabilidad.

Puede generar exhibiciones de diagramas de energía que demuestren la distribución de energía por unidad de volumen para los miembros a través de la estructura. Dichas exhibiciones ayudan a identificar los miembros que contribuyen de mayor forma en precisión la resistencia bajo la influencia de cargas laterales. Para el control de la precisión, crecen las medidas de los miembros que producirán el uso más eficiente del material agregado.

Junto a las mismas líneas, ETABS ofrece un proceso automático de optimización del tamaño del miembro para control lateral precisión basado en los blancos laterales precisión que usted haya especificado para cualquier serie de puntos en diversos pisos. La optimización precisión se basa en el método de energía descrito aquí, por el que el programa incrementa el tamaño de los miembros de forma proporcional a la cantidad de energía por unidad de volumen calculado para un compartimento de carga particular.

Más Información

Este capítulo pretendió ilustrar algunas de las técnicas que ETABS provee para el eficiente Modelado de sistemas y comportamientos típicamente asociados con la estructuras del edificio. Información adicional puede ser encontrada en la Ayuda on-line disponible en la interfase grafica del usuario de ETABS, incluyendo las notas técnicas (Technical Notes) que describen algoritmos de diseño especificados por el código. Esos documentos están disponibles en formato de Adobe Acrobat PDF en el CD de ETABS, y puede tener acceso a ellos desde el programa usando el menú de ayuda *Help menu*. Además, están disponibles las series de videos “Watch & Learn” disponible en la pagina web de la empresa CSI's www.csiberkeley.com.



Capítulo 5

Técnicas de análisis de ETABS

Este capítulo provee una vista rápida de algunas de las técnicas de análisis disponibles en ETABS. Los tipos de análisis descritos son análisis lineales estáticos, análisis modal, análisis de respuesta del espectro, análisis de Time History, análisis P-Delta y no lineal.

*El manual del
Software de
verificación
de los
documentos y
análisis de
ETABS*

En un análisis ejecutado, usted puede solicitar un análisis P-Delta inicial, un análisis modal, y múltiples compartimientos de linear estático, respuesta del espectro, y un análisis de Time History. Los múltiples compartimientos de análisis estáticos de no lineares pueden ser definidos; estos se ejecutan de forma separada a los otros análisis de compartimientos.

Análisis estático Lineal

Un análisis estático lineal se ejecuta automáticamente para cada compartimiento de carga estática que se define. Los resultados de los diferentes compartimientos de carga pueden combinarse con los demás u cualquier otro análisis de compartimiento de carga linear, tales como el análisis de respuesta de espectros.

La geometría y no-linealidad del material no son consideradas en el análisis lineal estático, excepto que el efecto del análisis P-Delta inicial que se incluye en cada compartimiento de carga estática. Por ejemplo, usted define un análisis inicial P-Delta para carga de gravedad, las deflexiones y momentos se incrementaran para los compartimientos de cargas laterales estáticas.

Los compartimientos de carga lineares estáticos pueden ser combinados aun cuando se ha ejecutado un análisis inicial P-Delta, porque la carga inicial P-Delta es la misma para todas las cargas estáticas y compartimientos de respuesta de espectros.

Analisis Modal

Este análisis calcula los modos de vibración para la estructura basado en la rigidez de los elementos y masas presentes. Esos modos pueden usarse para investigar el comportamiento de la estructura, y son requeridos como una base para los análisis subsecuentes de respuesta del espectro y Time History.

Se encuentran disponibles dos tipos de análisis: análisis del vector propio y análisis del vector Ritz. Only one type can be used in a single analysis run.

Fuente de Masa

Para calcular los modos de vibración, un modelo debe contener masa. La Masa debe ser determinada y asignada en ETABS usando alguno de los siguientes:

- ETABS determina la masa del edificio en las bases de la masa del propio objeto (definido en la tarea de las propiedades) y cualquier masa adicional que usted especifique. Esta es la funcion predeterminada.
- ETABS determina la masa desde la combinación de carga que usted especifique.
- ETABS determina la masa basándose en las propias masas, cualquier masa adicional que haya asignado, y cualquier combinación que especifique, que es una combinación de las primeras dos opciones.

Típicamente, las masas se definen en todos los seis grados de libertad. Sin embargo, ETABS tiene la opción de permitir solamente asignar la masa

Transnacional global en las coordenadas de las direcciones X y Y y asignar masa rotacional o momentos de inercia sobre la coordenada global Z para que se considere en el análisis. Esta opción es útil cuando las cargas verticales dinámicas no se consideran en el modelo. Además, existe la opción de para todas las cargas laterales que no ocurren en un nivel de piso para ser agrupados en el nivel de piso superior y en el piso debajo de la ubicación de la masa. Ese acercamiento es usado primordialmente para eliminar los comportamientos dinámicos fuera-de-plano que no hayan sido intentados en muros que se conectan entre niveles de piso.

Análisis de Vector Propio

El análisis del modo de vibrar o valor vibratorio (Eigenvector/eigenvalue) determina el modo de las figuras libres de vibraciones y no amortiguamiento y las frecuencias del sistema. Esos modos naturales permiten penetrar en el comportamiento de la estructura. Pueden también ser usadas como bases en los análisis de respuesta del espectro o en el de historia del tiempo, aunque los vectores son muy recomendados para dichos propósitos

Los modos del vector propio se identifican por números del 1 a n en el orden de modos que se encuentran en el programa Específicamente el numero de modos, N , a ser encontrado, y el programa encontrara los modos de la frecuencia menor para N (N -lowest frequency) (periodo mas largo).

El valor propio es el cuadrado de la frecuencia circular. El usuario especifica una frecuencia cíclica (circular frequency/(2 π)) rango en el cual se buscaran los modos. Dichos modos se encuentran en el orden en el que se incrementa la frecuencia, y aunque se empiece del valor cero es apropiado para la mayoría de los análisis dinámicos, ETABS permite al usuario especificar una frecuencia de inicio “shift frequency”; esta puede ser útil cuando su edificio esta sujeto a frecuencias mayores de entrada, tales como maquinaria vibratoria.

ETABS también ofrece una opción para calcular la masa-residual o masa perdida (missingmass) modos para análisis-propios. En este sentido, ETABS trata de aproximar los comportamientos de alta-frecuencia cuando la participación de la masa-radio para una carga a la que se le da un dirección de aceleración menor que el 100%.

Análisis del Vector Ritz

ETABS ofrece la habilitación del uso de la sofisticada técnica del Vector Ritz para el análisis modal. Algunos estudios han indicado que el modo de las figuras libres de vibración no es la mejor base para un análisis de super-posición de estructuras sujetas a cargas dinámicas.

Se ha demostrado que los análisis dinámicos basados en cargas dependientes de vectores Ritz generan resultados mas precisos que con el uso de números con las figuras del vector propio o valores propios.

Los vectores Ritz dan excelentes resultados porque son generados tomando en consideración la distribución espacial de las cargas dinámicas. El uso directo de las figuras naturales niega su información importante.

Cada modo del Vector Ritz consiste en un modo de figura y una frecuencia. Cuando un número suficiente de modos de vectores Ritz es encontrado, algunos de ellos se aproximan a los modos de figuras naturales y a las frecuencias. En general, sin embargo, los modos del vector Ritz no representan características intrínsecas de la estructura en la misma forma en que lo hacen los modos naturales, porque se basan en los vectores de inicio de carga.

De forma similar a los modos naturales, especifique el número de modos Ritz a encontrar. Además, especifique los vectores de carga de inicio, que deben ser las cargas de aceleración, compartimientos de cargas estáticas, o deformación de cargas no lineales.

Análisis de Respuesta de Espectros

Para este análisis, la aceleración del suelo por terremoto en cada dirección se da como una respuesta curva del espectro, la respuesta de aceleración espectral contra el periodo de la estructura. Este acercamiento busca determinar la respuesta mas parecida en lugar de buscar la historia completa del tiempo.

ETABS ejecuta la respuesta del análisis de espectros usando el modo de súper-posición o se pueden usar también el vectores propio o el vector Ritz. Los vectores Ritz son recomendados típicamente debido a que dan resultados mas exactos para el mismo numero de modos.

Aunque la respuesta de las curvas del espectro se especifican en tres direcciones, solo se produce un solo resultado positivo, por cada repuesta de cantidad. Esta respuesta cuantifica lo que pueden ser desplazamientos, fuerzas, o tensiones. Cada resultado computado representa una medida estadística de la magnitud máxima más similar para esa respuesta de cantidad. Los resultados se reportan como positivos, la respuesta actual puede variar dentro de un rango que va desde su valor positivo hasta su valor negativo correspondiente.

Análisis de Time History

Es usado para determinar la respuesta dinámica de una estructura a una carga arbitraria. ETABS pueden completar cualquier número de compartimientos de Time History en una ejecución sencilla del programa. Cada compartimiento puede diferir en la carga que se le aplica y el tipo de análisis que se le ejecuta. Hay tres tipos de análisis de Time History disponibles:

- **Linear Tansitorio (Linear transient):** La estructura empieza con cero condiciones iniciales o con las condiciones al final de un compartimiento linear de Time History especificado por el usuario. Se asume que todos los elementos se comportan de forma linear para la duración del análisis.
- **Periódico (Periodic):** Las condiciones iniciales se ajustan para que sean iguales a aquellas en el final del periodo de análisis. Se asume que todos los elementos tienen un comportamiento linear para la duración del análisis.
- **No-linear transitorio (Nonlinear transient):** La estructura empieza de condiciones iniciales cero o con las condiciones que tenía al final del compartimiento no linear de la historia del tiempo especificada por el usuario. Los elementos de conexión pueden exhibir comportamientos no lineares durante el análisis. Todos los demás elementos se comportan de forma linear.

El modo estándar de súper posición del método de respuesta del análisis es usado por el programa para resolver el equilibrio dinámico de las ecuaciones del movimiento de la estructura completa. Los modos usados pueden ser el vector propio o las cargas dependientes de los modos del vector Ritz, y el amortiguamiento en la estructura se moldea usando el amortiguamiento modal, también conocido como clásico o proporcional. Los vectores Ritz deben usarse al ejecutar el análisis no linear de Time History con la deformación de las cargas de conexión no-lineares como vectores de inicio.

Análisis no-lineal de Time History

El método del análisis no lineal de Time History es usado en ETABS como una extensión del método Análisis No-lineal Veloz (Fast Nonlinear Análisis) (FNA). Este método es extremadamente eficiente y es usado para sistemas estructurales que son primariamente lineales y estáticos, pero los cuales tienen un número limitado o predefinido de elementos no lineales, tales como edificios con aislantes amortiguadores. En ETABS, la no-linealidad se restringe a los elementos de conexión.

El método FNA es altamente exacto cuando se usa con los modos apropiados de modo de vibrar en vectores Ritz, y tiene ventajas sobre los métodos tradicionales de pasos-por tiempo, en términos de velocidad, y control sobre amortiguamiento y modos de efectos más altos.

Análisis Inicial P-Delta

Esta opción enumera los efectos de grandes cargas compresoras o de tensión sobre la rigidez transversal de los miembros de la estructura. La Compresión reduce la rigidez lateral, y la tensión la incrementa. Este es un tipo de geometría no lineal conocida como el efecto P-Delta. Esta opción es particularmente útil para considerar el efecto de las cargas de gravedad sobre la rigidez lateral de las estructuras del edificio, como se requiere con ciertos códigos.

El análisis inicial P-Delta en ETABS considera el efecto P-Delta de un solo estado de carga sobre la estructura. Especifica la carga usando alguno de los siguientes métodos:

- Como una combinación específica de compartimientos de carga; a esto se le llama la combinación de carga P-Delta. Por ejemplo, esto puede ser la suma del compartimiento de la carga muerta más la fracción de un compartimiento de carga muerta. Este acercamiento requiere de una solución iterativa para determinar el efecto P-Delta sobre la estructura.
- Como una carga de piso-a piso sobre la estructura computada automáticamente desde la masa de cada nivel. Este acercamiento es aproximado, pero no requiere una solución iterativa.

Cuando usted solicita un análisis inicial P-Delta, se ejecuta antes de ejecutar todos los análisis; lineal-estático, moda, de respuesta del espectro, y análisis de Time History. El análisis P-Delta no tiene efecto en los análisis no lineales.

El análisis inicial P-Delta modifica esencialmente las características de la estructura, afectando los resultados de todos los análisis subsecuentes que se ejecuten. Porque la carga que causa el efecto P-Delta es siempre la misma que genera los compartimientos de análisis lineales, sus resultados pueden superponerse en las combinaciones de carga.

El análisis inicial P-Delta puede también ser usado par estimar cargas de pandeo en el edificio al ejecutar una serie de análisis, cada vez incrementando la magnitud de la combinación de la carga P-Delta, hasta que se detecta el pandeo (si el programa detecta que ha ocurrido, el análisis termina y no produce resultados). Las contribuciones relativas para cada compartimiento de carga estático de la combinación P-Delta deben continuar igual, incrementando todos los factores escala por el mismo porcentaje entre ejecuciones.

En conclusión, los códigos del edificio reconocen típicamente, dos tipos de efectos P-Delta: el primero causado por el sacudimiento total de la estructura y el segundo que resulta de la deformación de un miembro entre sus bordes finales. ETABS puede moldear ambos comportamientos. Se recomienda que la opción del análisis inicial P-Delta se use en un análisis de sacudimiento total de la estructura aplicable a los factores del código de magnificación momentánea del edificio para que se usen en el análisis de la deformación de un miembro entre sus bordes finales. El post proceso de diseño en ETABS opera de este modo.

Analisis No-lineal Estático

Este análisis de ETABS ofrece una variedad de capacidades, incluyendo:

- No linealidad Material en vigas y columnas.
- Hueco, Gancho o unión no lineal y comportamiento de plasticidad en conexiones.
- No linealidades geométricas, incluyendo deflexiones grandes y efectos P-Delta.
- Análisis de Incremento de Construcción.
- Análisis de pushover estático.

Pueden definirse análisis estáticos no lineales múltiples. Cada compartimiento de análisis considera un patrón simple de carga, especificada como una combinación lineal de compartimientos de carga, las cargas de aceleración, y el modo de vibración de figuras. Las cargas son aplicadas incrementándolas dentro del análisis del compartimiento.

El patrón de carga puede ser aplicado debajo de una carga o control de desplazamiento. El control de la carga es usado para aplicar una magnitud de carga, tal como se requiere en la carga de gravedad en un análisis de incremento de construcción. El control del desplazamiento aplica la carga con una magnitud variable para alcanzar el desplazamiento específico, como se necesitaría en el análisis de pushover.

El análisis estático no lineal es independiente de todos los demás compartimientos de análisis, excepto los modos de figuras calculadas previamente para definir el patrón de carga.

Más Información

Este capítulo provee una introducción general de las técnicas primarias analíticas que ETABS ofrece para análisis lineal y no lineal de edificios. Información Adicional puede encontrarse en el software denominado *Software Verification Manual* y en la ayuda on-line disponible en la interfase grafica del usuario de ETABS, incluyendo las notas técnicas *Technical Notes* que describen los algoritmos de diseño de código-específico. Esos documentos están disponibles en el formato Adobe Acrobat PDF en el CD de ETABS, y puede accesarse a ella desde el menú de ayuda del programa *Help menu*. Además, las series de videos “Watch & Learn” están disponibles en la pagina de la empresa CSI’s www.csiberkeley.com.