

Primera Parte

BASE PARA MODELAR EL ANALISIS NO LINEAL EN ESTRUCTURAS

MSc. Aneuris Hernandez Velez

Teléfono

(787) 503-3963

Correo electrónico

aneuris.puertorico@csicaribe.com

Profesor:

El Ingeniero Aneuris Hernández Vélez completó su Bachillerato de Ingeniería Civil en la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU) su tesis se titula Estudio estructural basado en la comparación de la respuesta estática, lineal y no lineal de torres. Posteriormente, obtuvo una Maestría en Ingeniería Estructural con su proyecto titulado Evaluación Sísmica y Rehabilitación de Estructuras Existentes el cual fue publicado como journal en la Universidad Politécnica de Puerto Rico, enfocado básicamente en el análisis Pushover no lineal.

Además a trabajado como Ingeniero de Puentes en la Autoridad de Carreteras y Transportación de Puerto Rico en la Oficina de Ingeniería de Puentes, realizando análisis, diseños, inspección y rehabilitación de puentes. El ingeniero Aneuris ha trabajado como administrador y supervisor de proyectos tales como: puentes, carreteras y paseos, cuyos costos exceden millones de dólares. También ha impartido cursos y seminarios de ingeniería estructural usando los software de diseño más poderosos en el mercado ETABS, SAP2000, SAFE y PERFORM 3D. Actualmente es Dealer y Representante de CSI. Inc.

Información general del Modulo

Este curso se subdivide en dos partes. La primera parte tiene como meta ayudarte a entender lo que haces cuando usas un programa de computadora para el análisis no lineal. El enfoque de las clases es más un enfoque físico que de teoría formal, **no se profundiza en matemáticas y ecuaciones avanzadas sino más bien en el entendimiento físico del problema.** Se usa el PERFORM 3D para el análisis, no entrando en asuntos relacionados al diseño ya que este tema se verá en la segunda parte del curso, donde hablaremos del diseño sísmico por desempeño usando la información obtenida desde el análisis no lineal.

Texto necesario

Modeling for Structural Analysis, *Graham H. Powel*

CONTENDIDO GENERAL

Fases del Análisis Estructural	Modelo, Interpretación, Computación e Importancia.
Análisis Elástico vs Inelástico.	Análisis Estático vs Dinámico.
Definición de Modelo Analítico	Estructura Real vs Modelo Analítico, Tipos de Modelo Analítico, Tipos de Elementos, Equilibrio, Elementos y Componentes.
Relación F vs D Uniaxial	Componentes y Elementos, F vs D para Deformación Monotónicas, Relación de Ductilidad, Deformación Elástica y Plástica, Relaciones F-D para el Análisis Inelástico, Lazo de Histéresis para el Análisis Inelástico.
Relación F vs D Multi Axial	Límite de Ductilidad y Pérdida de Resistencia, Degradación Cíclica.
Análisis de Secciones Mediante el uso de Fibras.	Secciones de Vigas, Columnas, Muros, Rotula Rígida Plástica con Fibras, Limitaciones.
Cortante Inelástico en Vigas y Columnas	M-V Interacción en Vigas de Acero, P-M-V Interacción en Columnas de Acero, P-M-V Interacción en Conexiones.
Corte en Muros	Modelo Simple Basado en el Esfuerzo vs Deformación Uniaxial, Análisis de Demanda vs Capacidad, Efecto de la Fuerza Axial sobre la Ductilidad por Flexión, Efecto de la Fuerza de Corte sobre la Ductilidad por Flexión, Efecto de la Rotación de Rotula sobre la Capacidad al Cortante.
Efecto P-Delta, Estabilidad y Pandeo	Causas de la No Linealidad Geométrica, Tipos de Análisis, Efecto P-Delta, Tipos de Cargas, Análisis Elástico e Inelástico, Análisis Aproximado, Comportamiento de Porticos Bajo Cargas Laterales, Pandeo en Elementos,
Trabajo y Energía	Balance de Energía en Modelos Elásticos e Inelásticos, Cantidad Total de Energía Disipada.

Segunda Parte

DISEÑO POR DESEMPEÑO SISMICO USANDO EL PERFORM 3D

Ha este nivel se supone que el participante cuente con un entendimiento físico del problema de análisis no lineal. Hasta el momento no hemos hecho énfasis en el problema matemático sino más bien en el entendimiento físico del problema, tampoco hemos hablado del diseño y es lo que haremos en esta segunda parte. El análisis será aplicado y los resultados serán empleados para verificar el desempeño de la estructura. Todo esto se hará usando la herramienta PERFORM 3D.

Referencias

Federal Emergency Management Agency, *FEMA 356*

ASCE/SEI 41, Concrete Provisions

Nonlinear Analysis and Performance Assessment for 3D Structures,

Computers and Structures, Inc.

Introducción	Objetivos, Distintos Niveles de Desempeño, Curva de Capacidad Lateral, Proceso Método PBSD, Criterios de Aceptación.
Ejemplo de Aplicación I Edificio de Concreto 3D	Criterios de Diseño Sísmico y Niveles de Desempeño, Sistemas de Referencias, Condiciones de Frontera, Componentes y Elementos, Masas en el Modelo, Diafragmas, Propiedades Elásticas e Inelásticas del Concreto, Grupos, Elementos Tipo FEMA, Cargas Sísmicas, Estados Limites, Análisis, Diseño Inelástico y Demanda vs Capacidad.
Ejemplo de Aplicación II Edificio de Acero 3D	Importación, Conexiones Inelásticas, Zonas Rígidas, Liberación de Fuerzas, Resistencia en Componentes, Drift, Secciones de Corte, Diagramas de Energía, Respuesta Inelástica en el Tiempo, Relación F-D, Cura de Capacidad, Combinaciones y Envolventes.
Ejemplo de Aplicación IV Muros de Corte en 3D	Secciones con Fibras, Elementos en Paralelo, Orientación, Propiedades, Longitud de Rotulación, Comportamiento Fuera del Plano, Efecto P-Delta, Distintos Modelos para Vigas de Acoplamiento, Capacidad de Deformación, Rotación y Capacidad de Rotación, Resistencia al Corte, Análisis Dinámico y Pushover.

EL PERFORM 3D COMO HERRAMIENTA

MODELO DESDE SAP2000 AL PERFORM 3D

Exportando desde SAP2000.
Importando desde el PERFORM 3D.
Información General de la Estructura.
Barra de Menú y Barra de Herramientas.
Distintas Fases de Trabajo (Modelo y Análisis).
Líneas de Referencia y Nodos.
Opciones de Vistas.
Propiedades de Rigidez.
Elementos tipo FEMA.
Definición de Grupos.
Cargas a los Elementos.
Creación del Modelo como Primeros pasos en el Perform.
Formas Modales de Vibración.
Diagramas de Fuerzas.

MODELO EN TRES DIMENSIONES COMPUESTO POR PORTICOS DE CONCRETO.

APLICACIÓN DEL DISEÑO BASADO EN EL DESEMPEÑO Y CRITERIOS LIMITES DE ACEPTACION EN LA RESPUESTA DE LA ESTRUCTURA.

Descripción General de la Estructura.
Criterios de Diseño Sísmico y Niveles de Desempeño.
Descripción de Sismos a Usarse en los Distintos Niveles.
Sistema vertical y Horizontal de líneas de referencias.
Condiciones de Borde o Apoyos.
Dibujo de Elementos.
Opciones de Vista.
Replicas.
Trabajando con Grupos.
Centro de Masa.
Diafragma Rígido por Piso.
Trabajando con Elementos y Componentes.
Dimensiones y Propiedades de Materiales que definen la rigidez del elemento.
Resistencia Inelástica.
Propiedades Inelásticas en Columnas y Vigas (Relación Fuerza vs Deformación, Criterios de Aceptación).
Creación de Componentes (Vigas y Columnas tipo FEMA, Zonas Rígidas).
Inclusión del Peso Propio.
Asignar propiedades a los Elementos.
Asignar los ejes locales y la orientación de los elementos.
Definición de patrones de cargas nodales basados en la masa de traslación, para las cargas usadas en el caso no lineal estático pushover.
Especificar patrones de carga en las vigas (DL y LL) y peso propio.
Definir los puntos que se usaran como referencia para obtener los desplazamientos relativos o drift en los pisos.
Definir secciones de corte en elementos para obtener resultados en lugares específicos.

Especificar los siguientes estados límites:

Deformación

Resistencia.

Desplazamientos relativos (drift).

Deflexión.

Resistencia al Corte.

Fase de Análisis (Análisis Estructural, Comportamiento y Demanda vs Capacidad).

Casos de análisis (DL, LL, Peso Propio, No Lineal Pushover, Dinámico).

Especificar grupos para los estados límites.

Formas modales de vibración.

Diagrama de Energía Inelástica Disipada c. Deformación y Desplazamientos.

Comportamiento de rotulas plástica y secuencia de formación e. Verificación de Aceptación en la respuesta.

Respuesta no lineal en el tiempo.

Curva de Capacidad Lateral Global.

Máxima respuesta y verificación de límites establecidos.

Evaluación del desempeño global de la estructura.

MODELO EN TRES DIMENSIONES COMPUESTO POR PORTICOS DE ACERO

Descripción General del Modelo.

Creación de Nudos y Sistema de Grids.

Propiedades de Componentes.

Secciones de Vigas y Columnas (Acero).

Componentes Inelásticos (FEMA).

Conexiones Inelásticas.

Zonas Rígidas.

Liberación de Momentos.

Resistencia en Componentes.

Vistas.

Patrones de Carga:

General.

Nodal.

Peso Propio.

Importación y Exportación.

Drift.

Secciones de Corte.

Estados Límites.

Fase de Análisis:

General.

Serie 1.

Serie 2.

Ejecución del Análisis.

Formas Modales de Vibración.

Energía.

Estados Límites para Grupos.

Deflexión.

Tiempo Historia.

Lazos de Histéresis.

Diagramas de Fuerzas.

Curva Pushover.

Comportamiento vs Desempeño.
Gráficas de Relación Demanda Capacidad.
Combinaciones y Envolventes.

MODELO CON MURO DE CORTE (SHEAR WALL)

Descripción del Ejemplo.
Propósito.
Geometría de la Estructura.
Cargas Gravitatorias.
Cargas Sísmicas.
Niveles Límites de Desempeño.
Refuerzo Vertical en los Muros.
Resistencia en los Materiales.
Resistencia en Viga de Acoplamiento.
Losas (Peso y Masa).
Elemento Muro.
Sección con Fibras en Elementos de Muros.
Elementos en Paralelo.
Orientación.
Propiedades.
Longitud de Rotula Plástica.
Comportamiento Fuera del Plano.
Efecto P – Delta.
Comparación pared con elemento viga.
Vigas de acoplamiento con mucho peralte (Modelo Frame).
Vigas de acoplamiento con mucho peralte (Modelo Muro).
Viga de Acoplamiento Esbelta (Modelo Trame).
Viga de Acoplamiento Esbelta (Modelo Muro).
Cual tipo de modelo funciona mejor.
Refuerzo Diagonal en vigas de acoplamiento.
Capacidades de Deformación.
Método para aplicar las cargas de gravedad a los muros.
Cargas por área tributaria.
Rotación y Capacidades de rotación.
Deformaciones.
Resistencia al Corte.
Estados límites.
Patrones de Carga.
Análisis Dinámico.
Push Over.
Parámetros de Amortiguamiento.