

## TAREA 2

### *Análisis Dinámico Incremental y Variabilidad Terremoto a Terremoto*

Esta tarea consiste en realizar un análisis dinámico incremental (IDA) a dos sistemas de 1GDL y efectuar un análisis probabilístico de la demanda sísmica para estimar la tasa anual de excedencia de un EDP,  $\lambda_{EDP}$ . Por simplicidad para la generación de curvas de amenaza sísmica, supondremos que los dos sistemas se ubican en la ciudad de San Francisco, CA, EE.UU en un sitio cuya latitud y longitud son: 37.385 y -122.44, respectivamente.

### PRERREQUISITOS

II-DAP es una herramienta computacional basada en MATLAB, desarrollada por el equipo de investigación del profesor Dimitrios Lignos para efectuar análisis IDA en sistemas de 1GDL. Antes de comenzar, es necesario que se familiarice con II-DAP para entender los problemas de esta tarea y comenzar su resolución. Para ello:

1. Descargue e instale II-DAP (v1.3) desde el siguiente link:  
<https://zenodo.org/record/3405558#.X5xtW1DQ-pU>
2. Lea cuidadosamente el manual del usuario (disponible en el mismo sitio web) de modo de que entienda qué es lo que puede realizar con esta herramienta. Para poder calcular  $\lambda_{EDP}$  usted va a requerir obtener datos de EDP|IM para las distintas franjas del análisis IDA. Asegúrese de entender cómo obtener esa información desde el programa.

### ESTRUCTURAS A ANALIZAR

La Tabla 1 indica las propiedades de los dos sistemas a analizar.

Tabla 1: Estructuras a analizar

Parámetro	Sistema 1	Sistema 2
Peso, $W$	550 tonf	125 tonf
Periodo, $T$	1.5 s	0.3 s
Fracción de Amortiguamiento, $\xi$	5%	5%
Coefficiente sísmico inelástico, $C_y$	0.1	0.2
Coefficiente de endurecimiento post-fluencia $\alpha$	0.02	0.02

Utilice un modelo bilineal sin deterioración para aproximar el comportamiento cíclico de las estructuras. Suponga una pendiente de post fluencia positiva. No considere efectos  $P - \Delta$ . No considere degradación cíclica.

## REGISTROS A UTILIZAR

Para esta tarea utilizaremos 20 registros sísmicos. 19 de estos registros se encuentran en la carpeta “Registros” en AULA, en el formato apropiado para II-DAP (una columna de valores de aceleración, en g). El registro que falta debe descargarlo de la base de datos NGA-WEST-2 de PEER (<https://ngawest2.berkeley.edu>). Específicamente, se pide descargar el registro de la estación AMA000 del terremoto de Kobe, Japón, de 1995, sin escalar. Puede buscarlo en la base de datos por su número de identificación RSN = 1101. El nombre del archivo encontrado debiese ser RSN1101\_KOBE\_AMA000.AT2. El formato AT2 es utilizado por PEER e incluye los datos por filas, es decir, las 5 columnas de la primera fila corresponden a los 5 primeros datos del registro, las 5 columnas de la segunda fila corresponden a los puntos 6 a 10 del registro, y así consecutivamente.

Debe generar una función que lea el registro del archivo .AT2 y luego lo guarde en un archivo compatible con el formato requerido por II-DAP (una única columna de valores de aceleración, en g). Para esta labor, pueden serle útiles las siguientes recomendaciones (válidas para MATLAB):

- La función *dlmread* puede ser utilizada para leer el archivo .AT2 y generar una matriz de valores. Note que la función trata al archivo de texto como una matriz de filas y columnas enumeradas comenzando en 0.
- El archivo .AT2 tiene 4 líneas (i.e., filas) de texto antes de que comience la información del registro. Use `A = dlmread(nombreArchivo.AT2,"4,0")` para generar una matriz con los valores de aceleración del registro.
- Puede utilizar la función *reshape* para reacomodar la forma de la matriz A. El comando `B = reshape(A',size(A,1)*size(A,2),1)` genera una matriz B que contiene en una sola columna todos los valores de A. Note que A está transpuesta en el primer argumento de la función *reshape* (si no la transpone obtendrá resultados incorrectos).
- Imprima el vector B en un archivo de texto de modo que II-DAP sea capaz de leerla. Puede utilizar el siguiente comando:

```
fprintf(fopen('nombreNuevoArchivo.txt','w'), '%.10f\r\n', B)
```

Esto creará un archivo llamado “nombreNuevoArchivo.txt” con el vector B.

- El paso de tiempo del registro puede encontrarlo en la cuarta fila del archivo AT2.
- Modifique el archivo “GM Data.txt” para agregar el nombre del archivo que contiene el nuevo registro y su paso de tiempo respectivo. Este es el archivo que leerá II-DAP (revise el manual del usuario para detalles de cómo cargar estos registros).

## RESULTADOS A DESARROLLAR

1. Para cada estructura, calcule y grafique las curvas IDA utilizando el desplazamiento máximo como EDP y  $S_a(T_1, \xi = 5\%)$  como IM<sup>1</sup>. Cada gráfico debe incluir las curvas obtenidas para todos los registros y la curva IDA mediana. Note que no debería observar colapsos ya que estamos ignorando el efecto  $P - \Delta$  y el modelo utilizado no considera degradación. Por esto, realice las curvas IDA a incrementos de 0.1 g hasta una intensidad de 3 g. En sus figuras, indique el punto de fluencia de la estructura en estudio. Haga una tabla indicando los parámetros utilizados para definir los sistemas de 1GDL y otra indicando los parámetros del modelo utilizado en II-DAP. Comente sus resultados.
2. Para cada estructura, grafique la curva IDA mediana y la desviación estándar logarítmica de los desplazamientos máximos como función de  $S_a(T_1)$ , para esto, utilice la función  $\text{geomean}(X)$  para la mediana, y  $\text{std}(\log(X))$  para la desviación estándar. Adicionalmente, grafique la media de los desplazamientos máximos como función de  $S_a(T_1)$ , pero esta vez utilizando la mediana y la dispersión calculada en cada punto por II-DAP y asumiendo una distribución lognormal.
3. Para cada estructura, copie los gráficos de media vs  $S_a$  desarrollados en la parte anterior pero agregue la curva de desplazamientos máximos que se obtendría asumiendo el principio de igualdad de desplazamientos. Note que, en el diseño normativo, esto es equivalente a calcular desplazamientos elásticos reducidos y luego amplificarlos por R (e.g. NCh 2369). Comente.
4. Suponiendo una distribución lognormal para EDP dado IM, calcule la probabilidad de que los desplazamientos máximos excedan 25 cm para una ordenada espectral (IM) de 1 g, para cada estructura. Comente acerca de las diferencias en los resultados obtenidos ¿Tiene sentido que estas probabilidades sean diferentes? ¿Por qué?
5. Repita el análisis pero esta vez utilice  $S_{a,avg}$  como IM. Para definir  $S_{a,avg}$ , utilice 20 períodos entre  $0.2 \cdot T$  y  $3.0 \cdot T$ . Prepare los mismos 3 gráficos que realizó para la parte 2: mediana, dispersión, y media, pero ahora como función de  $S_{a,avg}$  para cada estructura. Comente acerca de las diferencias en la dispersión obtenida en EDP al utilizar distintas medidas de intensidad.
6. Vaya al sitio web de USGS (ver tarea 1) y obtenga las curvas de amenaza sísmica para el sitio, para las dos estructuras. Considere suelo tipo D. Realice una interpolación lineal para obtener valores cada 0.1 g (comenzando en 0.1 g). Note que la aplicación web de USGS no genera curvas de amenaza para  $T = 1.5$  s. Para obtenerla, puede interpolar los resultados para  $T = 1$  y  $T = 2$  s asumiendo que, para un mismo valor de amenaza sísmica, las ordenadas espectrales varían en forma hiperbólica (i.e.,  $S_a$  es proporcional a  $1/T$ ).

---

<sup>1</sup> Para esto, utilice la función “getIdaCurves.m” que se encontrará en los archivos de aula.

Realice un análisis probabilístico de la demanda sísmica para calcular  $\lambda_{EDP}$  para ambas estructuras, considerando  $S_a(T_1)$  como IM y el desplazamiento máximo como EDP. Específicamente, se pide generar la curva de amenaza de demanda sísmica, esto es, graficar  $\lambda_{EDP}$  vs EDP. Sus curvas deben abarcar valores de  $\lambda_{EDP}$  desde 0.1 hasta aproximadamente 0.00001. Sus gráficos deben estar en escala semilogarítmica, con las ordenadas ( $\lambda_{EDP}$ ) en escala logarítmica y las abscisas (EDP) en escala lineal.

7. Para esta parte, sólo considere el caso para  $T = 0.3$  s. Se solicita repetir la parte 6 pero en este caso modificaremos algunos aspectos numéricos involucrados en la integración:
  - a. Realice una interpolación lineal de la curva de amenaza sísmica  $\lambda_{IM}$  en el espacio log-log. Grafique la curva de amenaza sísmica ( $\lambda_{IM}$  vs IM) para ambas interpolaciones (la realizada en el espacio lineal de la parte 6, y la en log-log) Compare estas curvas. Repita la integración numérica del paso 6 con esta curva y grafique la curva de amenaza de EDP resultante. ¿Cómo cambia? Comente.
  - b. Ajuste el siguiente polinomio de cuarto orden a la curva de amenaza sísmica obtenida en el punto 7a.

$$\ln(\lambda_{IM}(im)) = a_0 + a_1 \ln(im) + a_2 \ln(im)^2 + a_3 \ln(im)^3 + a_4 \ln(im)^4$$

Indique los coeficientes de la ecuación resultante. Repita la integración numérica de la parte 6, pero esta vez utilice una expresión analítica para la derivada de la curva de amenaza sísmica a partir de su ajuste polinomial. Grafique la curva de amenaza de EDP resultante. Comente acerca de las diferencias entre estos tres procedimientos de integración numérica.