**Optimización de TMD para Mejora del Desempeño Sísmico de Edificios por medio de Análisis Dinámico Incremental**

Contreras A. – Sanguinetti M.

*Ingeniería Sísmica Avanzada (Prof.: Heresi P.)*

*Departamento de Obras Civiles - Universidad Técnica Federico Santa María, Santiago de Chile*

[alexis.contrerasr@sansano.usm.cl](mailto:alexis.contrerasr@sansano.usm.cl) – [martina.sanguinetti@sansano.usm.cl](mailto:martina.sanguinetti@sansano.usm.cl)

**Resumen/Abstract:** En la búsqueda de mezclar los conocimientos de Sistemas de Control Estructural con el de Ingeniería Sísmica Basada en el Desempeño (PBEE en inglés) de tal forma de encontrar un control óptimo para condiciones de amenaza sísmica. Esta investigación propone un método para realizar una optimización de un Amortiguador de Masa Sintonizada (AMS o TMD en inglés) para un edificio, de tal forma de que mejore el “desempeño” lo máximo posible. Este desempeño se puede medir utilizando las curvas IDA, más específicamente, la curva de fragilidad de colapso de la estructura con y sin TMD considerando incursión en el rango no-lineal, es decir, disminuir las probabilidades de que colapse la estructura para una Medida de Intensidad (IM en inglés) dada. Luego, comparando el riesgo con y sin TMD, se busca aquel TMD que disminuye la probabilidad de colapso para una IM dado.

Palabras Clave: amortiguador de masa sintonizada, ingeniería sísmica basada en desempeño, control estructural, probabilidad

1. **Introducción**

Para mejorar el desempeño de las estructuras, existe una gran variedad de métodos/sistemas de control estructural, entre las cuales se encuentran el control pasivo, activo y semi-activo (Soong & Spencer, 2002; Spencer & Nagarajaiah, 2003). El control que es usualmente más barato y fácil de implementar es el pasivo, estos no requieren energía extra para disminuir la respuesta, sino que, al contrario, transfieren y disipan energía a otros elementos. Un ejemplo de esto es el Amortiguador de Masa Sintonizada (AMS o TMD en inglés), el cual es un péndulo de gran masa (comparable con la de la estructura de alrededor del 5 a 10% del peso de la estructura), la cual toma parte de la energía inercial cuando ocurre un sismo, esta masa está conectada a un set de amortiguadores los cuales son los responsables de disipar energía y permiten que el péndulo además funcione para un rango de periodos alrededor del periodo fundamental del péndulo.

Estos Sistemas de Control Estructural son útiles en el ámbito de la Ingeniería Sísmica Basada en el Desempeño ya que son capaces de cambiar la respuesta estructural a una deseada, es decir, disminuyen los parámetros de demanda estructural (EDP en inglés) para un rango de medidas de intensidad (IM en inglés). Para que un TMD mejore/disminuya la respuesta estructural de un edificio, debe estar bien calibrado, es decir, se debe realizar un proceso de optimización de este, de tal forma de que me minimice la respuesta estructural al menor costo posible (el costo del TMD no será considerado en esta investigación).

Párrafo 3 (Qué se ha realizado para optimizar TMDs)

Párrafo 4 (Describir IDA y Utilidad del IDA en esta investigación)

Párrafo 5 (Breve descripción de lo que se planea hacer con TMD y IDA) Por lo anterior, en esta investigación se planea realizar una Optimización de TMD para un edificio (Benchmark) probando varios parámetros de

Esta investigación está estructurada de la siguiente manera, en el apartado 2, se definirá la metodología a seguir para la realización de la investigación, en 3, se mostrará la estructura que se utilizará, en 4, el rango de TMDs y la cantidad de estos para realizar la optimización por “exploración”, en 5, se seleccionarán los registros, en 6 se aplicará la metodología para la estructura y todos los TMDs dentro del rango y finalmente, en 7, se mostrarán las conclusiones respecto al método

Describir un TMD y porqué son importantes para la mejora de desempeño y porqué es importante optimizar (para PBEE) (✅)

* Qué se ha realizado para optimizar TMD
* Describir IDA dentro del campo de la Ing. Sísmica basada en el desempeño, ventajas y desventajas (desventaja: escalar mucho para llegar al colapso, ventaja)
* Qué se planea hacer (combinar opt TMD con curvas IDA).
* Guía de lo que se va a decir en este reporte
* ~~Solo quizás, incluir al medio algo que diga el TBI (no lo he leído)~~

1. **Metodología**

Para poder realizar la optimización, se propone realizarla por medio de Análisis Dinámico Incremental (IDA en inglés) (Vamvatsikos & Allin Cornell, 2002), es decir, escalar veces una serie de registros seleccionados para que generen Curvas IDA. Una Curva IDA es un gráfico entre IM vs EDP para un registro escalado.

La IM propuesta a utilizar en estas curvas, por su simplicidad, será la aceleración espectral del primer modo de vibrar del edificio, sin embargo, puede ser cualquiera que uno se proponga. Mientras que el EDP propuesto, será la razón de deriva de techo (PRDR en inglés) ya que se correlaciona se conoce que tiene una buena correlación con el colapso.

Los registros a escalar para generar las Curvas IDA, se seleccionan según una IM de ya que se correlaciona bien con el colapso (Eads et al., 2015) donde es la media de la aceleración espectral para un rango de periodos.

Para escalar los registros (CONSULTAR PROFE)

* Mencionar curva IDA
* Mencionar Riesgo de colapso (Estimación)
* El riesgo de colapso (la probabilidad de que colapse dada una IM=im) será nuestro indicador? O solo la mejora de los EDP en general (id est: EDP < edp)?
* Necesidad de incurrir en rango inelástico
* THAMDOF 🡪 vamos a tener que modificarlo
* Cómo ingresar parámetros a THAMDOF (pushover)

1. **Estructura – Caso de estudio**

* Qué estructura vamos a ocupar para nuestro caso de estudio (mencionar benchmark)
* Porqué esta ??? 🡪 no es compleja, no tiene taaaantos pisos -> análisis rápido? 🡪 menor tiempo de simulación?

La estructura seleccionada es edificio marcos resistentes a momento diseñada por Brandow & Johnston Associates, una consultora de ingeniería estructural ubicada en Los Angeles, California (Ohtori et al., 2004). Los datos como dimensiones y materiales se muestran en las figuras Figura 1 y Figura 2 otorgadas por la consultora.

Calendario

Descripción generada automáticamente con confianza media

Figura 1: Benchmark de 9 pisos diseñado por Brandow & Johnston Associates para "SAC Phase II Steel Project"

Interfaz de usuario gráfica, Texto

Descripción generada automáticamente

Figura 2: Notas del Benchmark

El periodo fundamental de la estructura es de

Para poder representar el comportamiento lateral de forma aproximada en el modelo simplificado de masas discretas con comportamiento no-lineal de IMK (Ibarra et al., 2005) utilizando el código de THAMDOF, se requiere extraer las propiedades equivalentes, para ello se plantea utilizar un análisis lineal estático de ‘Pushover’ mediante SAP2000 para cada piso.

Las propiedades de cada piso se muestran en la tabla siguiente:

1. **Caracterización de TMD**

Los TMDs

* Describir los TMDs que existen
* Decir que las propiedades que nos importan son el periodo y el amortiguamiento
* Qué rango de periodos y amortiguamientos vamos a ocupar (masa no?)

1. **Selección de Registros**

Asdasd (Se necesita la estructura, saber su periodo fundamental para poder realizar la selección de registros)

1. **Aplicación y Resultados**

Primeramente, se realizará un Análisis Estático No-Lineal de Pushover para obtener las propiedades de la estructura.

Qwertyuiop

* Curvas IDA para cada combinación de
* Curvas IDA + distribución de colapso (o distribución de EDP>edp)
* El óptimo sería aquel que

1. **Conclusiones**

* Responder preguntas iniciales
* ¿Sirve este método?
* ¿Investigaciones futuras?, ¿proyecciones?, ¿ideas?

1. **Material Suplementario**

Todos los códigos implementados para la realización de esta investigación están disponibles en el siguiente enlace:

<https://github.com/aleaicr/PBEE/tree/main/Proyecto/Codes>

1. **Referencias**

Eads, L., Miranda, E., & Lignos, D. G. (2015). Average spectral acceleration as an intensity measure for collapse risk assessment. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, *44*(12), 2057–2073. https://doi.org/10.1002/eqe.2575

Ibarra, L. F., Medina, R. A., & Krawinkler, H. (2005). Hysteretic models that incorporate strength and stiffness deterioration. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, *34*(12), 1489–1511. https://doi.org/10.1002/eqe.495

Ohtori, Y., Christenson, R. E., Spencer, B. F., & Dyke, S. J. (2004). *Benchmark Control Problems for Seismically Excited Nonlinear Buildings*. http://quiver.eerc.berkeley.edu:8080/.

Soong, T. T., & Spencer, B. F. (2002). Supplemental energy dissipation: State-of-the-art and state-of-the-practice. *Engineering Structures*, *24*(3). https://doi.org/10.1016/S0141-0296(01)00092-X

Spencer, B. F., & Nagarajaiah, S. (2003). State of the Art of Structural Control. *Journal of Structural Engineering*, *129*(7). https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9445(2003)129:7(845)

Vamvatsikos, D., & Allin Cornell, C. (2002). Incremental dynamic analysis. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, *31*(3), 491–514. https://doi.org/10.1002/eqe.141

*Title: TMD Optimization for Seismic Performance Enhancement for Buildings by Multi-Record Incremental Dynamic Analysis*