

Efectos torsionales en estructuras sobre suelo blando

M. Suarez^a y J. Avilés^{b,*}

^a Instituto de Ingeniería, UNAM, Ciudad Universitaria, Apdo. Postal 70-472, Coyoacán 04510, México

^b Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauhnáhuac 8532, Jiutepec 62550, Morelos, México

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 3 de octubre de 2012

Aceptado el 17 de julio de 2013

On-line el 12 de noviembre de 2013

Palabras clave:

Efectos torsionales
Excentricidad dinámica
Excentricidad estática
Respuesta acoplada
Rotación de la base
Sistema suelo-estructura

Keywords:

Torsional effects
Dynamic eccentricity
Static eccentricity
Coupled response
Base rotation
Soil-structure system

R E S U M E N

En este trabajo se evalúan las vibraciones torsionales de estructuras sobre suelo blando causadas por los efectos combinados de la asimetría estructural y la rotación de la base. Se analiza un sistema suelo-estructura simplificado con 5 grados de libertad. La cimentación se considera enterrada en un estrato uniforme descansando sobre un semiespacio elástico, ante la incidencia inclinada de ondas SH. En lugar de ajustar los máximos momentos torsionantes debidos a los efectos independientes de la asimetría estructural y la rotación de la base, se aplica un nuevo enfoque para el cálculo de la excentricidad de diseño. Específicamente, se obtienen coeficientes de excentricidad torsional compatibles con la máxima respuesta lateral-torsional acoplada, usando un conjunto de temblores de banda angosta característicos de sitios blandos de la Ciudad de México. Se muestra que estos coeficientes no son constantes a lo largo de los ejes principales, sino que dependen de la posición del elemento resistente, por lo que es necesario calcularlos sin asumir una variación lineal como está ocurriendo hasta ahora. Los coeficientes de excentricidad torsional pueden diferir significativamente de los actuales valores reglamentarios, particularmente para estructuras torsionalmente flexibles en las que ambos coeficientes pueden ser negativos. Esto implica que el desplazamiento lateral se reduce por los efectos torsionales.

© 2012 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Torsional effects in structures on soft soil

A B S T R A C T

In this work the torsional vibrations of structures on soft soil caused by the combined effects of structural asymmetry and base rotation are evaluated. A simplified soil-structure system with five degrees of freedom is analyzed. The foundation is considered to be embedded into a uniform layer resting on an elastic half-space, under the incidence of inclined SH waves. Instead of matching the maximum torsional moments due to the independent effects of structural asymmetry and base rotation, a new approach for computing the design eccentricity is applied. Specifically, torsional eccentricity coefficients compatible with the peak coupled lateral-torsional response are obtained, using an ensemble of narrow-band earthquake motions typical of soft-soil sites in Mexico City. It is shown that these coefficients are not constant along the principal axes, but they depend on the position of the resistant element. Hence, it is necessary to compute them without assuming a linear variation, as is done nowadays. The torsional eccentricity coefficients can significantly differ from the currently codified values, particularly for torsionally flexible structures for which both coefficients may be negative. This implies that the lateral displacement is reduced by the effects of torsion.

© 2012 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

1. Introducción

Para estructuras diseñadas conforme a reglamento, los efectos de torsión se consideran aplicando una fuerza estática equivalente a una distancia $e_{dis} = \alpha e + \beta b$ del centro de rigidez, donde e es la excentricidad geométrica dada por la distancia entre los centros de masa y rigidez, y b la dimensión de la planta del edificio perpendicular

* Autor para correspondencia.
Correos electrónicos: msl@unam.mx (M. Suarez),
javiles@tlaloc.imta.mx (J. Avilés).

al movimiento de la excitación. El coeficiente α tiene en cuenta la amplificación dinámica de la respuesta torsional debida a la asimetría de la planta y el coeficiente β es para considerar otras fuentes de torsión, como la rotación de la base por el paso de ondas y las discrepancias existentes entre las excentricidades real y calculada. El paso de ondas puede generar grandes excitaciones torsionales de la base, incluso para estructuras simétricas.

Los valores típicos especificados en las normas de diseño sísmico [1–3] para estos coeficientes son $\alpha = 1$ o 1,5 y $\beta = 0,05$ o 0,1. Estos valores están basados en análisis de estructuras desplantadas sobre base rígida, así como en el juicio ingenieril. Rosenblueth y Elorduy [4] fueron los primeros en definir un factor de amplificación para la excentricidad estática. Asimismo, el concepto de excentricidad accidental fue introducido en primer lugar por Newmark [5] para considerar las vibraciones torsionales inducidas por la rotación de la base. Desde entonces, varios autores han estudiado las excentricidades dinámica [6–8] y accidental [9–11] de estructuras apoyadas sobre base rígida, con el propósito de revisar las recomendaciones de los códigos de diseño.

Algunos estudios han revelado que la flexibilidad de la cimentación influye en el comportamiento a la torsión del sistema [12], si bien los patrones de respuesta siguen siendo similares a los observados en estructuras con base rígida. En particular, la amplificación dinámica de la excentricidad ha sido estudiada por Chandler y Hutchinson [13] suponiendo una excitación uniforme en la base, ignorando así los efectos del paso de las ondas sísmicas [14] y de la incoherencia del movimiento del terreno [15]. Estos autores demostraron que la máxima amplificación ocurre cuando la relación entre las frecuencias naturales desacopladas de torsión y traslación es cercana a la unidad. Al aumentar la flexibilidad de la cimentación, el efecto del acoplamiento entre los movimientos de traslación y torsión se incrementa para estructuras torsionalmente flexibles y se reduce para estructuras torsionalmente rígidas, respecto a los resultados de estructuras con base rígida.

El propósito de este trabajo es evaluar los efectos de torsión natural y accidental en estructuras con base flexible ante la incidencia no vertical de ondas SH. Los efectos combinados de la asimetría estructural y de la rotación de la base se interpretan por medio de coeficientes de excentricidad dinámica y accidental. Estos coeficientes se determinan ajustando el máximo desplazamiento acoplado de traslación y torsión que experimenta la estructura en distintos puntos de control entre el centro de rotación y el borde de la estructura, con el propósito de definir si a lo largo de estos puntos la variación de los desplazamientos máximos es lineal, como se ha supuesto hasta ahora. El método de análisis se describe brevemente, pues el énfasis está puesto en la presentación e interpretación de resultados para el caso particular de temblores de banda angosta característicos de la zona del lago de la Ciudad de México.

2. Ecuaciones de movimiento

Los efectos torsionales en estructuras con base flexible se estudian usando el modelo simplificado con excentricidad de masa mostrado en las figuras 1 y 2. La masa está distribuida de tal manera que el centro de masa se ubica a una distancia e del centro de rigidez. La altura de la estructura se denota con H_e , el radio de la cimentación con r y la profundidad de desplante con D . Las masas de la estructura y cimentación se identifican como M_e y M_c , sus momentos de inercia como I_e e I_c y sus momentos polares como J_e y J_c , respectivamente. La estructura se caracteriza por los periodos desacoplados de traslación y torsión, T_h y T_θ , para la condición de base rígida y sus correspondientes relaciones de amortiguamiento viscoso, ζ_h y ζ_θ . El suelo se idealiza como un estrato uniforme sobre un semiespacio elástico, caracterizados ambos con las velocidades

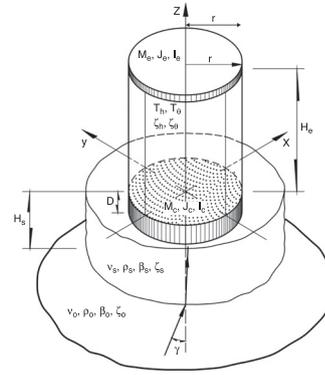


Figura 1. Modelo simplificado para evaluar efectos torsionales.

de ondas de corte β_s y β_o , densidades de masa ρ_s y ρ_o , relaciones de Poisson ν_s y ν_o y relaciones de amortiguamiento histerético ζ_s y ζ_o .

La excitación del sistema está dada por ondas planas de corte con movimiento paralelo al eje y , propagándose con un ángulo γ respecto al eje z . Con este tipo de excitación, los movimientos de entrada al nivel de desplante de la cimentación son el desplazamiento horizontal Δ_o , el cabeceo ϕ_o respecto al eje x y la torsión θ_o respecto al eje z . Referida al centro de rigidez, la respuesta de la estructura se describe por el desplazamiento lateral Δ_e y la torsión θ_e relativos a la base, mientras que la respuesta de la cimentación se define por el desplazamiento lateral Δ_c , el cabeceo ϕ_c y la torsión θ_c relativos al terreno.

Las ecuaciones que gobiernan el movimiento del sistema en el dominio de la frecuencia pueden escribirse en notación matricial como [16]:

$$[\mathbf{K}_s + i\omega\mathbf{C}_s - \omega^2\mathbf{M}_s] \{\delta_s\} = \omega^2\Delta_g \{Q_h\mathbf{M}_o + Q_\phi\mathbf{I}_o + Q_\theta\mathbf{J}_o\} \quad (1)$$

donde $i = \sqrt{-1}$ es la unidad imaginaria y ω la frecuencia circular excitadora. Además, $\delta_s = \{\Delta_e, \Delta_e^\theta, \Delta_c, \Delta_c^\phi, \Delta_c^\theta\}^T$ es el vector de amplitudes de los desplazamientos del sistema, siendo $\Delta_c^\phi = (H_e + D)\phi_c$ el desplazamiento de cabeceo en la parte superior de la estructura y $\Delta_e^\theta = d\theta_e$, $\Delta_c^\theta = d\theta_c$ los desplazamientos de torsión en la estructura y cimentación, respectivamente, en puntos de control ubicados sobre el eje x a una distancia d del centro de rigidez. Las relaciones $Q_h = \Delta_o/\Delta_g$, $Q_\phi = (H_e + D)\phi_o/\Delta_g$ y $Q_\theta = d\theta_o/\Delta_g$ representan las funciones de transferencia de los movimientos de entrada para traslación, cabeceo y torsión, respectivamente, siendo Δ_g el movimiento horizontal de campo libre en la superficie del suelo. En [16] pueden consultarse la forma y los elementos que constituyen los vectores de carga \mathbf{M}_o , \mathbf{I}_o y \mathbf{J}_o , así como las matrices de masa \mathbf{M}_s , amortiguamiento \mathbf{C}_s y rigidez \mathbf{K}_s del sistema.

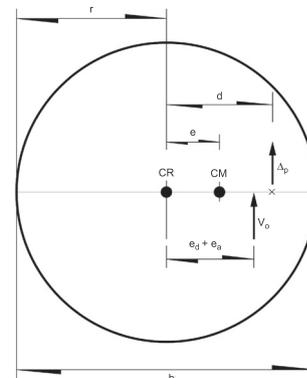


Figura 2. Excentricidades dinámica y accidental para representar efectos torsionales.

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/1702552>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/1702552>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)