

CAPÍTULO VII

COMENTARIOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RESUMEN

Se presentan las principales conclusiones, luego de haber analizado 204 estructuras para ver la importancia de la interacción suelo-estructura en suelos blandos. El trabajo estaba orientado a analizar la variación del periodo y del punto de fluencia de las estructuras que se tiene con respecto al modelo sin interacción.

Por otra parte, luego de analizar las 204 estructuras se determina que la evaluación rápida de la deriva máxima de pisos es más confiable si el período de vibración se obtiene a partir de la solución del problema de valores y vectores propios con inercias agrietadas.

7.1 COMENTARIOS

Durante la realización de esta tesis, se presentaron varios problemas, uno de ellos, fue la dificultad en encontrar información técnica relevante del sismo de Caracas 1967 y de los problemas que el tipo de suelo de la zona le dio a las estructuras mediante la magnificación de las ondas sísmicas.

Por otra parte, para superar este inconveniente se pidió la información necesaria a la USGS, una organización multidisciplinaria que se dedica al estudio relevante e imparcial de los peligros naturales que amenazan los Estados Unidos entre otras cosas, quienes inmediatamente respondieron con información y direcciones de páginas web, con lo que las inquietudes quedaron resueltas. La dirección a la que se escribió es library@usgs.gov.

De las páginas correspondientes a la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas FUNVISIS se obtuvo gran parte de la información correspondiente al sismo de Caracas 1967 y de la Universidad Autónoma de México UNAM, la del sismo de México 1985.

Para determinar que tipo de estructuras entrarían en nuestro análisis, se encuestó a varios profesionales, de la Facultad de Ingeniería Civil de la ESPE, sobre el tipo más común de vigas, columnas (en cuanto a dimensiones) y cuantías de acero con las que edificaciones de 3x3 vanos y luces de 4 metros, son construidas en el Ecuador. Por estética, los arquitectos nacionales prefieren utilizar vigas banda en sus diseños; como en estos diseños, la losa también trabaja estructuralmente, mediante el método del pórtico equivalente, se determina una viga equivalente que reemplazada por la original simula el trabajo de la losa. Inicialmente se tomó $\frac{1}{4}$ de la luz libre entre pórticos como el área con la que la losa coopera con la viga, pero los resultados fueron muy altos al determinar las curvas de capacidad espacial y espectros de capacidad de las estructuras, además no reflejaban la realidad, así que se volvió a calcular con distancias de $\frac{1}{8}$ de la luz libre. Los resultados fueron mucho más satisfactorios, con lo que el estudio se continuó con los últimos valores obtenidos. En total se analizaron 84 estructuras de este tipo 1 a 6 pisos.

Para procesar los datos de estas estructuras se creó una hoja de cálculo para cada estructura (ESPACIAL Y ESPACAP), que fue de gran ayuda para clasificar los datos y resultados utilizados luego en los programas CEINCI3 Aguiar y Santander (2003), ESPACIAL Y ESPACAP Aguiar (2003).

Primero se obtuvieron las curvas de capacidad de cada pórtico en el programa CEINCI3. Los valores de un pórtico exterior y uno interior se incluyen en la hoja de cálculo, que genera las curvas de capacidad ingresadas, con las que nos ayudamos para determinar el D_{tu} , V_u , D_{ty} y V_y de cada pórtico. Es necesario ingresar en la hoja de cálculo datos de la estructura de análisis como: número de pisos, de pórticos, altura del edificio, distancia entre pórticos, etc. La hoja procesa y clasifica estos datos automáticamente y el libro “Espacial” los ordena para solo copiarlos y pegarlos en archivo de entrada para el programa ESPACIAL. La tabla que genera este programa es copiada y pegada en el libro “Capacidad Esp Tabla”, de la hoja de cálculo, generando así la curva de capacidad espacial, que visualmente determina los puntos notables de esta. En el libro “Espacap” se han generado y ordenado los valores a ingresar en el programa ESPACAP, que pueden ser copiados al archivo de entrada para obtener la tabla de los valores del espectro de capacidad de la estructura, tabla que se debe colocar en el libro “Espectro Cap Normal”, para que genere la curva del espectro y obtener los puntos notables de esta. Los valores de los puntos notables de la curva de capacidad espacial y del espectro de capacidad están en el libro “Resultados”.

Para hacer de este un estudio más completo, se tomaron los resultados de las curvas de capacidad espacial y espectros de capacidad que Gómez E. y Zambrano L. ⁽¹¹⁾ reportaron para un total de 120 estructuras de 1 a 6 pisos de 2x2 vanos y luces de 4 metros. En este estudio se consideró la acción de las vigas como descolgadas, donde la losa no interviene estructuralmente.

Luego de hacer el análisis sin considerar interacción, se utilizó el programa PUSHUELO Aguiar (2006), para determinar el comportamiento de las estructuras de acuerdo con el tipo de suelo. Se tomaron 3 variaciones de rigidez rotacional del suelo y 40 variaciones de rigidez traslacional, es decir cada estructura se analizó para 120 diferentes

tipos de suelo, pero se tomaron en cuenta los primeros diez valores de j para el análisis, ($j=50$), al no ser los otros valores relevantes por tener la misma tendencia. Es decir se ha considerado 30 variaciones de suelo para cada estructura, lo que nos da un total de 612 estructuras analizadas.

7.2 CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que se llegó con este trabajo se describen a continuación.

7.2.1 INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA

Después de estudiar el comportamiento de 204 estructuras de 1 a 6 pisos sin considerar la acción del suelo y compararlas con los resultados del análisis de las estructuras interactuando con 30 diferentes tipos de suelo se obtiene:

- ◆ En el suelo malo el periodo de vibración se amplifica, esto se observó para En valores de j menores a 20.
- ◆ El cortante basal de fluencia de las estructuras, que limita el comportamiento elástico, para valores menores de $j=15$ cuando $i=5$ y de $j=12$ cuando $i=15$ y 25 disminuye. Por lo tanto, si se encuentra la curva de capacidad sísmica de una estructura situada en suelo blando, empleando la técnica del pushover y con un modelo de base empotrada, el proyectista estructural debe saber que el cortante basal de fluencia es menor debido a la interacción suelo-estructura.
- ◆ En cuanto al corrimiento de la estructura, se determinó que a medida que el suelo presenta mejores características mecánicas el desplazamiento disminuye, tendiendo a acercarse a la curva que no considera interacción.

7.2.2 CÁLCULO RÁPIDO DE LA DERIVA MÁXIMA DE PISO.

Al utilizar fórmulas de cálculo rápido del periodo de las estructuras y aplicar estos resultados en el cálculo rápido de la deriva máxima de piso, en los casos de estructuras de 1 y 2 pisos los resultados no fueron favorables, por diferir en gran proporción de los valores

reales. Para estos casos se sugiere utilizar las fórmulas de inercias agrietadas en el cálculo del periodo.

En el caso de edificaciones de 3 pisos, los resultados fueron satisfactorios, por encontrarse la media de los valores calculados alrededor del doble de los resultados reportados por el IDARC.

La relación de los valores encontrados entre la metodología rápida y los que el programa IDARC muestra, para estructuras de 4, 5 y 6 pisos son muy satisfactorios, porque en promedio son prácticamente los mismos.

7.3 RECOMENDACIONES

Al analizar el comportamiento de 72 edificaciones con vigas banda, e incluir a parte de la losa como elemento estructural, se concluyó que un ancho cooperante de $\frac{1}{4}$ de la luz entre ejes a cada lado del eje de la viga rigidiza demasiado a la estructura, y los resultados obtenidos no reflejan la realidad de este tipo de construcciones. En estos casos se recomienda considerar $\frac{1}{8}$ de la luz.

Después de realizar este trabajo y analizar las conclusiones a las que se ha llegado se comprueba la necesidad de que el análisis estructural considere el tipo de suelo sobre el que se está asentando. Basándonos en las pendientes de las curvas analizadas y las tendencias que estas tienen, se recomienda hacer el análisis de interacción suelo estructura cuando el suelo de cimentación esté de acuerdo a los valores dados por la tabla 7.1.

Tabla 7.1 Intervalos de interacción

	No apto para cimentar	Considerar efecto de interacción	Analizar con base empotrada
i	$i < 5$	$5 < i < 50$	$i > 50$
j	$j < 10$	$10 < j < 20$	$j > 20$

Este trabajo es solo una fase inicial de lo que el estudio de la interacción suelo estructura se refiere. Invito a estudiantes y profesionales de Ingeniería Civil a tomar la posta en esta investigación, analizarla, cuestionarla, perfeccionarla y continuarla, porque la ciencia no es de quien la hace sino de quien la utiliza y a corto o largo plazo el beneficio es para la sociedad.