

## Otras ideas para rehabilitar estructuras con columnas cortas

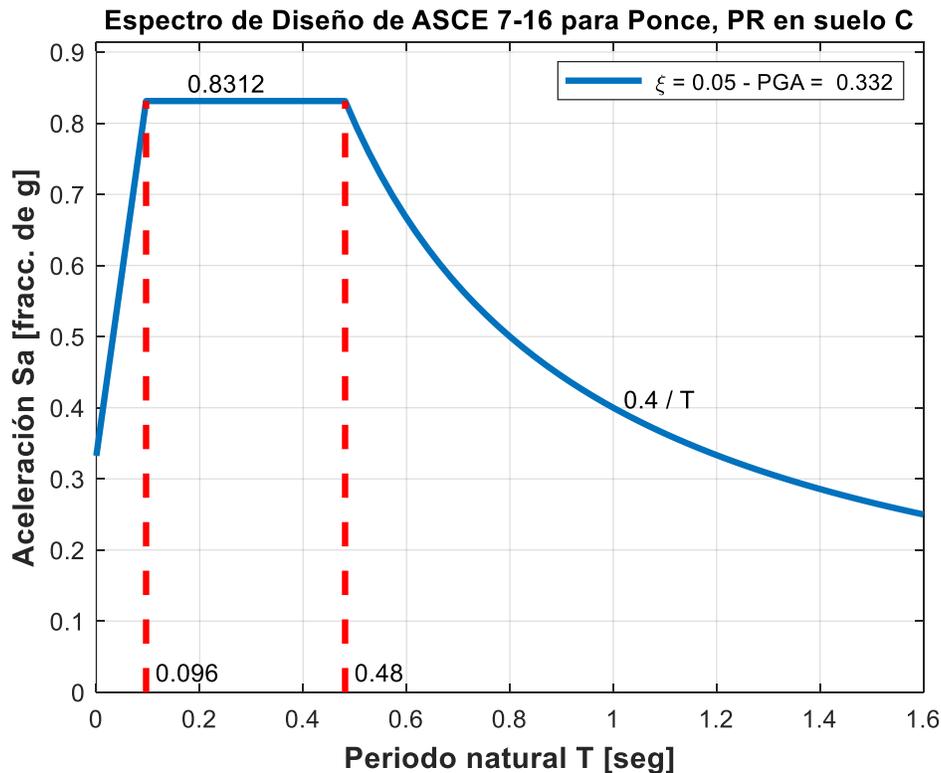
En una nota anterior comentamos dos ideas conocidas para tratar de resolver el famoso problema de las columnas cortas: separar la pared de bloque de las columnas y construir una pared estructural. En esta nota estudiamos otras dos alternativas. Antes de presentar los conceptos, hay que incluir aquí un descargo de responsabilidad. No todas las soluciones son adecuadas para todos los casos. La longitud libre de la columna corta, la distancia entre columnas, etc. pueden limitar las aplicaciones. Además, estas son ideas preliminares y este modelaje en SAP2000 se hizo solo con el fin de verificar cuán eficientes son en reducir las fuerzas internas en las columnas cortas. No se discuten aquí los detalles constructivos (anclajes, etc.).

Primero examinaremos el problema original. Por simplicidad, y dado que solo queremos presentar las soluciones propuestas de una forma sencilla, vamos a considerar uno de los pórticos de una estructura de un solo piso.

Supongamos que el peso del pórtico (vigas, parte tributaria de la losa de techo, mitad superior de las columnas, etc.) es  $W = 58$  kip. Para estimar la fuerza máxima que va a producir el sismo en la estructura se usa la siguiente expresión:

$$F_{sismo} = W \times S_a$$

donde  $S_a$  es una aceleración que se obtiene de un gráfico llamado *espectro de diseño sísmico*. De acuerdo con el estándar ASCE 7-16, el espectro de diseño para la ciudad de Ponce para una clase de sitio (o tipo de suelo) C es el siguiente:



Para entrar al espectro necesitamos estimar el periodo natural  $T$  de la estructura. De acuerdo con una fórmula en el mismo documento ASCE 7-16, el periodo aproximado se puede calcular como:

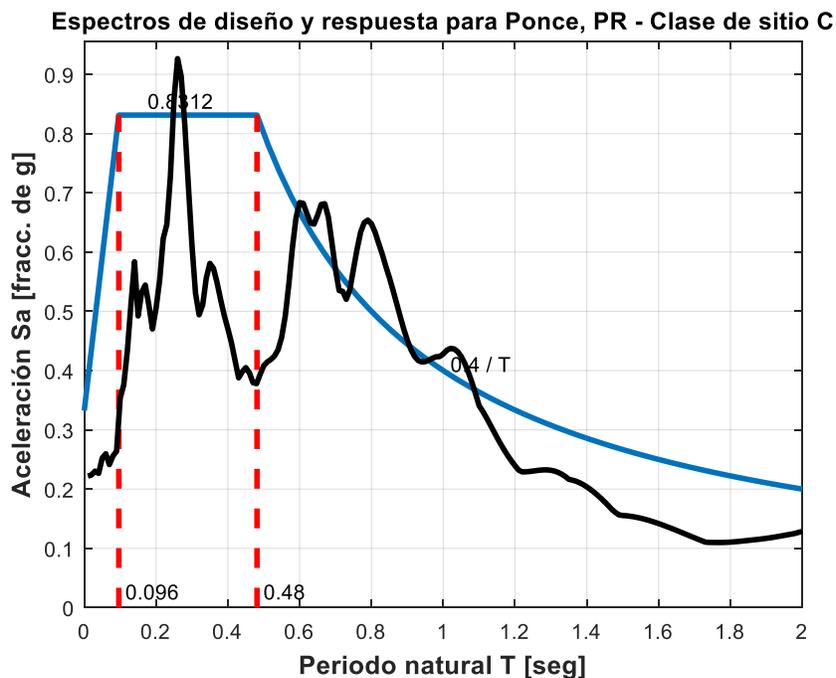
$$T = C_t (h)^x = 0.016 * (12)^{0.9} = 0.15 \text{ segundos}$$

Entrando al espectro anterior con 0.15 segundos obtenemos que la aceleración  $S_a$  que necesitamos es el valor en la zona plana del espectro, vale decir 0.8312. En los cursos graduados de Dinámica de Estructuras llamamos seudo aceleración espectral a esta cantidad. La fuerza debida al sismo es entonces:

$$F_{sismo} = 58 \times 0.8312 \approx 48 \text{ kip}$$

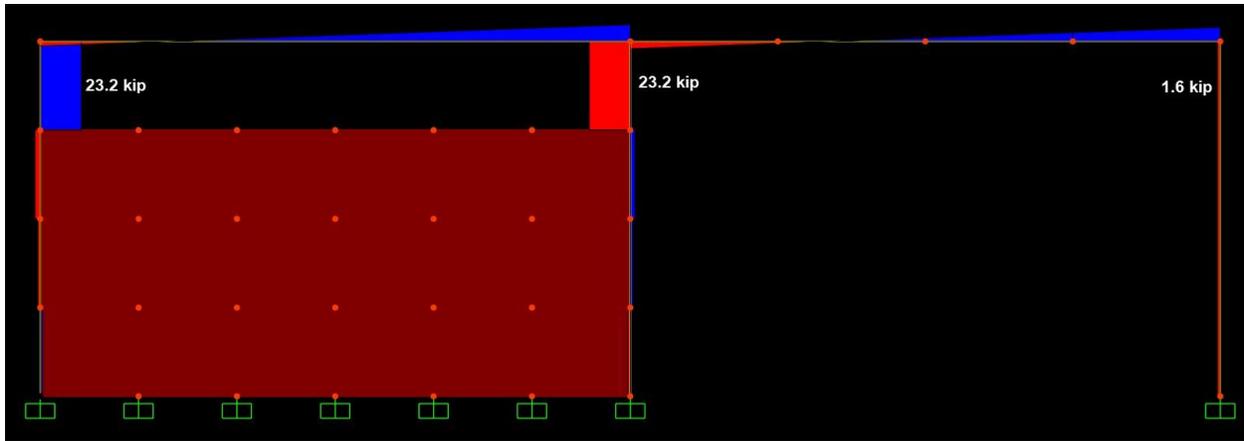
$F_{sismo}$  es, teóricamente, la fuerza en el instante más crítico: en un instante va hacia un lado y en otro hacia el lado opuesto (en la realidad las dos son prácticamente iguales). Coloquemos esta fuerza en el techo. La fuerza debería estar distribuida horizontalmente a lo largo del techo, pero por simplicidad la colocamos en las tres juntas: como la losa de techo y vigas son muy rígidas en el plano y axialmente, respectivamente, da prácticamente lo mismo.

¿Cuán bueno será el espectro de diseño que usamos? Esta vez tenemos una manera de probarlo. El Programa de Movimiento Fuerte (PRSMF) del Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura del RUM ha registrado las aceleraciones del suelo en 11 estaciones en la ciudad de Ponce. Tomemos uno de ellos, el registrado en la Parroquia Nuestra Señora del Carmen en la Playa de Ponce y calculemos con este el espectro de respuesta (la curva negra en la siguiente figura). Se supuso que el tipo de suelo en esta estación es también C. Comparando los dos espectros se obtiene:

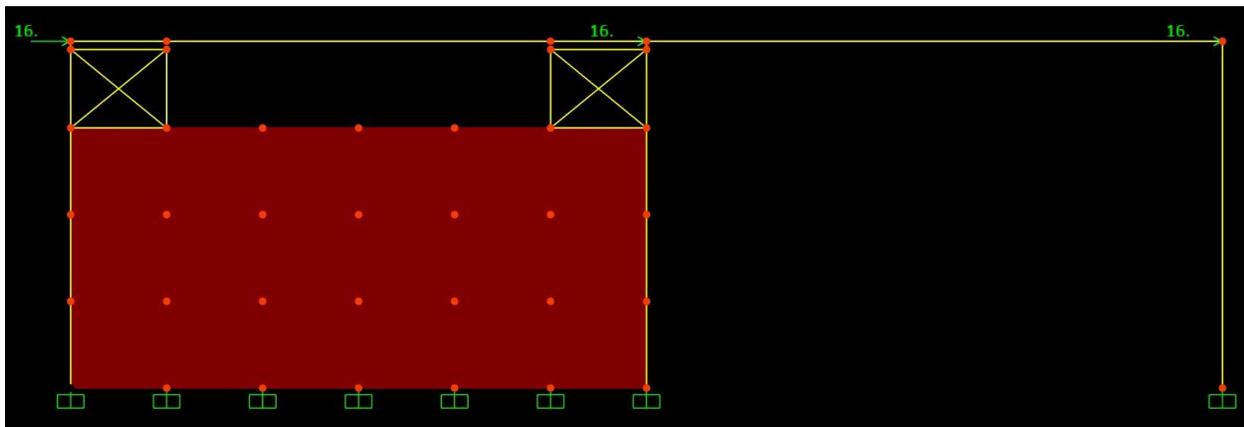


Excepto por un pico en un periodo  $T = 0.25$  seg y también para un rango de periodos entre 0.7 y 1 segundo, el espectro de diseño de ASCE 7-16 (adoptado en el nuevo código de Puerto Rico de 2018) es adecuado.

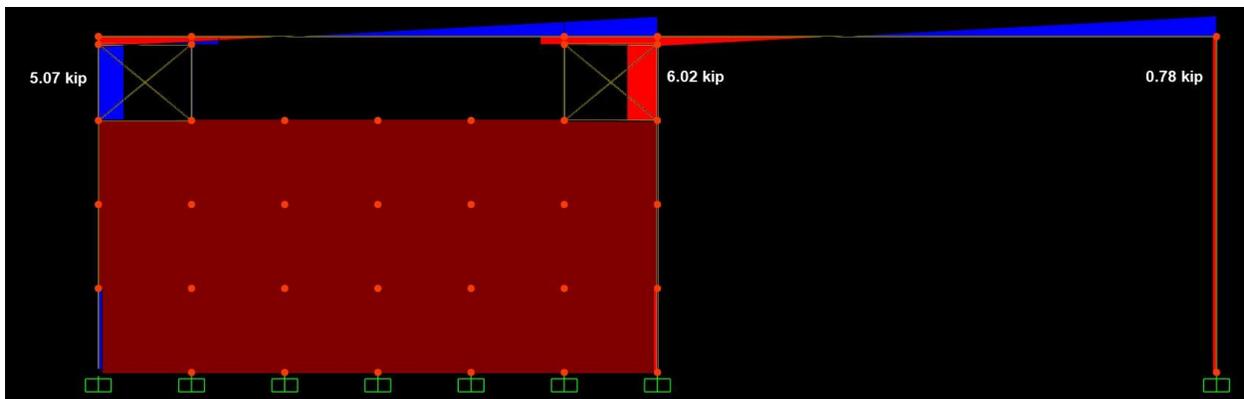
Volvamos al modelo del pórtico con las columnas cortas. Las fuerzas cortantes provocadas por el sismo en las dos columnas cortas se presentan en la siguiente figura y son igual a 23.2 kip. Si no estuviera la pared de bloques, las tres fuerzas cortantes en las columnas serían iguales a  $F_{max}/3 = 16$  kip.



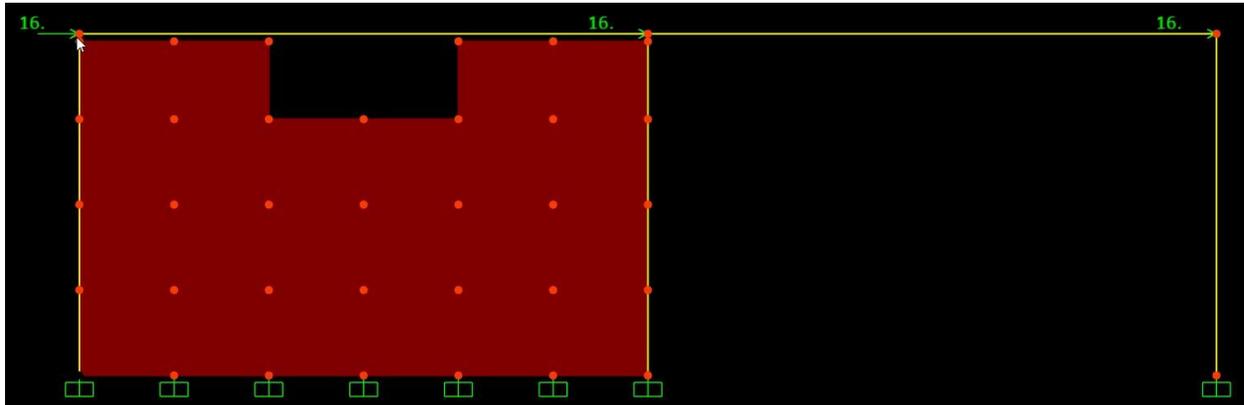
Vamos a proponer un primer método para tratar de resolver el problema. Primero vamos a colocar un marco rectangular de acero con un arrostramiento interior en forma de X. Si se ancla el marco a la viga de techo, este le transfiera mucho cortante a la viga (esto se ha verificado con el programa SAP2000). Por esta razón el modelo del marco de acero aparece “desconectado” de la viga:



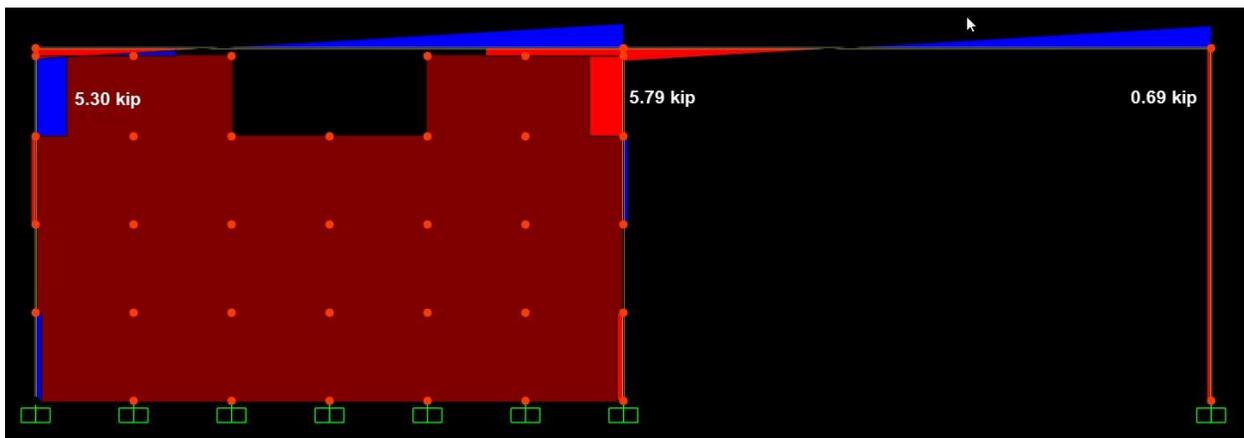
Veamos los resultados. El cortante en las columnas cortas se ha reducido a entre 5 y 6 kip como se muestra en la siguiente figura.



Vamos a examinar otra solución que se ha propuesto en otros países con estructuras con el mismo problema: extender la pared de bloques desde la columna corta una distancia igual al doble de la altura libre. La figura muestra el modelo en SAP2000 de la estructura no deformada con las tres fuerzas sísmicas de 16 kip. Se consideró que la pared agregada no está conectada a la viga pero sí a las columnas.



Corramos el programa y veamos los resultados en términos del diagrama de cortante.



Nótese que el nivel de reducción en las fuerzas cortantes (de 5.3 a 5.8 kip) es similar a la del esquema de rehabilitación anterior (el marco de acero arriostrado).

Esta nota tuvo por propósito principal seguir estimulando la discusión de alternativas para rehabilitar las estructuras con el llamado “problema de la columna corta” y seguir buscando más soluciones.