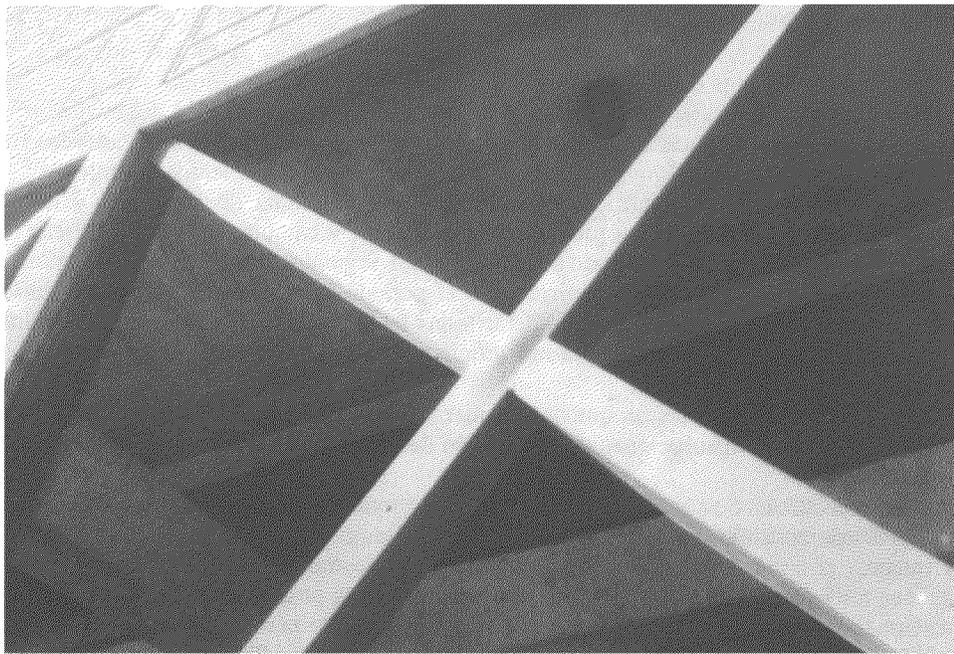




(1) Vista general del edificio: Se usaron arriostramientos metálicos para rigidizar lateralmente el edificio original de hormigón armado.



(2) Detalle de los arriostramientos pandeados.

Fig 47(d).—Pandeo de los arriostramientos usados para reacondicionar un edificio de hormigón armado en San Francisco durante el terremoto de Loma Prieta de 1989.

Esta segunda consideración requiere estrategias de reacondicionamiento que o 1) incluyan actividad de construcción sólo en las partes externas del edificio, o 2) necesiten sólo una mínima reconstrucción en el interior del edificio. Generalmente, la estrategia final es un compromiso entre lo siguiente: la estrategia técnica óptima, la estrategia que requiere el mínimo coste de construcción, y la estrategia que representa el mínimo grado de molestias para los ocupantes.

La aproximación ideal para seleccionar un eficiente programa de reacondicionamiento consiste en, después de seleccionar una estrategia y una técnica eficientes, diseñar y estimar los costes de acuerdo con una de estas tres alternativas basadas en el comportamiento futuro deseado: 1) la estructura reacondicionada cumplirá todos los fines de la actualmente aceptada filosofía de diseño sismorresistente de nuevos edificios; 2) bajo los movimientos del suelo máximos creíbles, el edificio reacondicionado no sólo será seguro sino también operativo; o 3) la estructura no sufrirá ningún daño, ni siquiera bajo movimientos del suelo excepcionalmente fuertes (nivel de seguridad). Las ventajas y gastos de cada una de estas diferentes metas tendrían que ser explicadas al cliente, el cual debería decidir qué solución le conviene más económicamente.

El diseño final del esquema de reacondicionamiento tiene que incluir tanto los análisis detallados del comportamiento del edificio bajo todos los niveles de movimientos del suelo significativos, como todos los detalles y procedimientos de obras a realizar, porque algunas de las técnicas de rehabilitación seleccionadas pueden ser nuevas para los trabajadores en la construcción. Se necesitan generalmente muchos más cambios en obras de reacondicionamiento de instalaciones existentes que en obras de construcción de nuevas instalaciones. El proceso de construcción debe controlarse en cada momento para asegurarse que se siguen todos los detalles de la rehabilitación, así como el propósito de la estrategia de reacondicionamiento. La inspección minuciosa es una parte integral de cualquier proyecto de reacondicionamiento.

**APLICACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS Y DIRECTRICES DE LA PROPUESTA. APROXIMACIÓN ENERGÉTICA AL REACONDICIONAMIENTO DE EDIFICIOS EXISTENTES.** El conferenciante y sus compañeros de investigación han llevado a cabo una serie de estudios detallados sobre reacondicionamiento sísmico de estructuras existentes, aplicando los conceptos, aproximaciones, estrategias y directrices propuestas anteriormente [41-45]. A continuación se ofrece un breve resumen de las principales observaciones hechas en un extenso estudio de un edificio, el edificio CPM.

**Reacondicionamiento sísmico del Edificio CPM.** En las Refs. 42 y 43 se presenta una descripción detallada de este edificio. Las fotos de la Fig.48 ilustran el edificio y sus daños como consecuencia del terremoto de México en 1985. La razón principal del daño fue el fallo a cortante de los pilares del primer piso, resultado de la adición de una viga dintel que soportaba una marquesina de hormigón. El resto del daño severo fue resultado del golpeteo de unidades adyacentes como consecuencia de sus grandes desplazamientos laterales.

a) **Estrategia.** La estrategia seleccionada era quitar la marquesina de hormigón y la viga dintel para eliminar el peligro de fallo a cortante de los pilares del primer piso; y cambiar las características dinámicas de la instalación acortando su  $T$  (el  $T$  del primer modo se estimó en 2,1 segundos) para reducir el desplazamiento lateral, y en particular porque  $T$  era prácticamente el mismo que el periodo predominante de los movimientos del suelo previstos para el emplazamiento. Después de considerar todas las soluciones posibles para disminuir la respuesta lateral del edificio, se concluyó que la estrategia más eficiente era aumentar la rigidez lateral con un sistema de arriostramiento.

b) **Técnica.** Las diferentes técnicas que se consideraron para la estrategia seleccionada, pueden agruparse como: 1) soluciones elásticas y 2) soluciones de disipación de energía. En la Ref. [41] se presenta una discusión detallada de estas técnicas.

1) **Soluciones elásticas.** Se consideraron los siguientes esquemas de arriostramiento: **Cruz de San Andrés; en V invertida; con una sola diagonal; y diagonales con cables o barras de acero de alta resistencia, post-tensados.** Los intentos por mantener todos estos sistemas de arriostramiento en sus rangos elásticos dio como resultado soluciones muy caras, con excepción del esquema de barras post-tensadas.

2) **Soluciones de disipación de energía.** Se hizo un intento de permitir a los sistemas mencionados que plastificaran o pandearan (o las dos cosas), disipando así una parte de  $E_i$  a través de  $E_H$ . Sin embargo, la plastificación o el pandeo de los mencionados sistemas de arriostramiento convencionales no se consideró una técnica eficiente y fiable. Por eso, se decidió añadir mecanismos de disipación de energía a estos sistemas. Se estudiaron las siguientes soluciones: **Cruz de San Andrés con rozamiento amortiguado; V invertida con dispositivos de rozamiento deslizantes; de una diagonal con dispositivos de rozamiento deslizantes; y adición de elementos de rigidez y amortiguamiento.**

De todos los esquemas considerados se concluyó que la solución elástica basada en el uso de cables de alta resistencia post-tensados, resultó ser la solución más económica. Desde el punto de vista de seguridad, el uso de elementos de arriostramiento de acero que incorporaban mecanismos de disipación de energía pareció el más prometedor.