

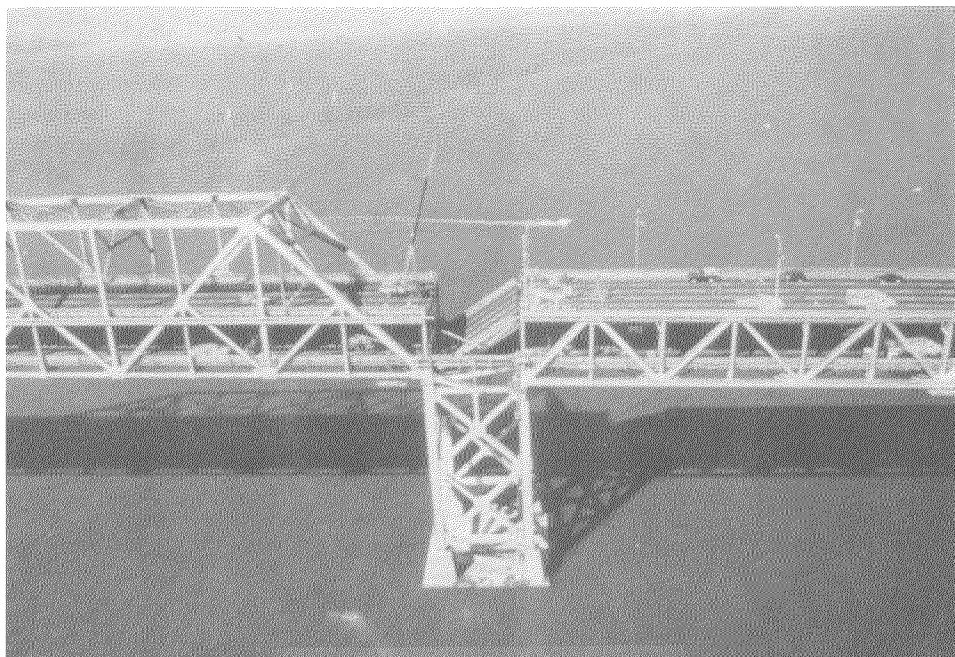


Fig 34 —HUNDIMIENTO DE UN VANO DEL NIVEL SUPERIOR DEL PUENTE DE LA BAHÍA OAKLAND-SAN FRANCISCO

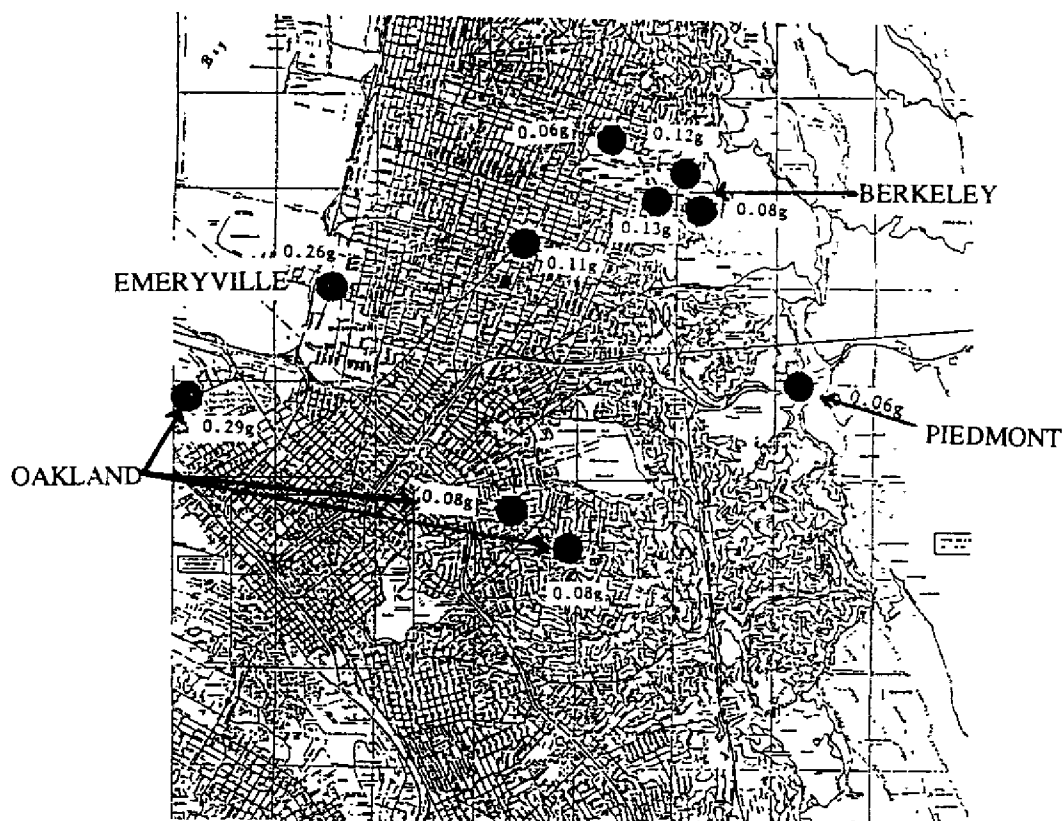
disponibles suficientes para realizar análisis detallados de esta gran cantidad de información, especialmente en lo que se refiere a implicaciones de ingeniería.

La inspección de registros disponibles muestra una sorprendente (pero afortunada) duración relativamente corta del movimiento fuerte para un terremoto de $M_s=7.1$, particularmente en el Área de la Bahía (<7 s), e incluso en la región epicentral (<12 s). Según Bolt ([12] y discusiones personales), esto fue consecuencia de la naturaleza bilateral de la ruptura de la falla, que se extendía 20 km al norte y 20 km al sur del hipocentro, y a unos 15 km en profundidad en la zona de la falla de San Andrés (el hipocentro se localizó a una profundidad de unos 15 a 18 km debajo de la superficie). Esto indica claramente que para una distancia epicentral dada, no existe una relación única entre las características dinámicas de los movimientos del suelo generados y la magnitud del terremoto que los provoca. La duración del movimiento fuerte, que es un factor muy importante a la hora de determinar el potencial de daño de cualquier movimiento del suelo, depende no sólo de la magnitud del terremoto sino también de su mecanismo. Si el mecanismo hubiera sido solamente una expansión unilateral de la ruptura, la duración del movimiento fuerte habría sido más larga y el daño (geotécnico y estructural) habría aumentado tremendamente. La importancia de la duración no se ha recalcado suficientemente en nuestro diseño sismorresistente y, en general, en nuestro estado del arte y, tampoco particularmente, en nuestro estado de la práctica en ingeniería sísmica.

La significativa variación en las características dinámicas de los movimientos del suelo registrados, según las condiciones geotécnicas locales (topografía y condiciones del suelo) confirma lo que aprendimos en las investigaciones de campo, de terremotos y especialmente del análisis de registros de movimientos del suelo obtenidos en terremotos recientes (San Fernando 1971, Imperial Valley 1977, Chile 1985, México 1985, San Salvador 1986, Whittier Narrows 1987 y Armenia 1988). Estas investigaciones y análisis demuestran que existe una enorme variación en las características dinámicas (intensidad, periodo predominante, duración, etc.) de movimientos fuertes y, de ahí, en el nivel de daño potencial (peligrosidad) en emplazamientos situados a distancias muy pequeñas unos de otros [en algunos casos, entre estaciones de registro situadas en un área de menos de un acre (4840 yardas cuadradas)]. La Fig. 35 ilustra las variaciones en la aceleraciones pico registradas en y alrededor del campus de la Universidad de California, en Berkeley, durante el terremoto de Loma Prieta en 1989. Todas las estaciones están situadas a distancia prácticamente igual del epicentro, unos 100 kilómetros. En el campus las aceleraciones pico varaban de 0.06 g (Haviland Hall) a 0.13 g (Memorial Stadium). En Emeryville, la aceleración pico alcanzó 0.27 g, con un periodo predominante de 1.4 a 1.6 segundos, y en Oakland, en el Outer Harbor Wharf, alcanzó un valor de 0.29 g, con un periodo predominante de más de 0.7 segundos. (Debería notarse que estos dos últimos registros son de unos 2 km al norte y al sur, respectivamente, del viaducto en dos niveles en Cypress Street). Estas variaciones

Se produjo licuefacción del suelo en muchos emplazamientos (véase Fig.36) a lo largo de la Costa del Pacífico, entre Marin y la Bahía de Monterrey, causando daños en Santa Cruz, Watsonville, y el área central de la Bahía de Monterrey. También hubo licuefacción en Moss Landing, San Francisco (distritos de Marina, Mission y South of Market) y a lo largo del área de la Bahía East, particularmente en Treasure Island, Oakland Harbor y Airport y Alameda. En general, no es sorprendente que se produjera licuefacción. En los terremotos de Nigata (Japón) y Alaska en 1964 (véase Fig.37) muchos edificios se hundieron, inclinaron, volcaron y, en algunos casos, se trasladaron a grandes distancias (a causa de deslizamientos) como consecuencia de licuefacción de arenas saturadas. La comparación entre las fotos de la Fig.38, tomadas en Nigata en 1964 y en el Aeropuerto de Oakland en 1989, muestra que los cráteres de arena observados en el Aeropuerto de Oakland no son nada nuevo. Además, existen pruebas de que en San Francisco, durante el Gran Terremoto de 1906, hubo licuefacción en las mismas áreas en las que se observó en el terremoto de Loma Prieta en 1989.

Se produjeron deslizamientos extensos en las Montañas de Santa Cruz. Como consecuencia de algunos de estos deslizamientos y desprendimientos, tuvieron que cerrarse muchas carreteras, y algunas residencias unifamiliares sufrieron daños.



43

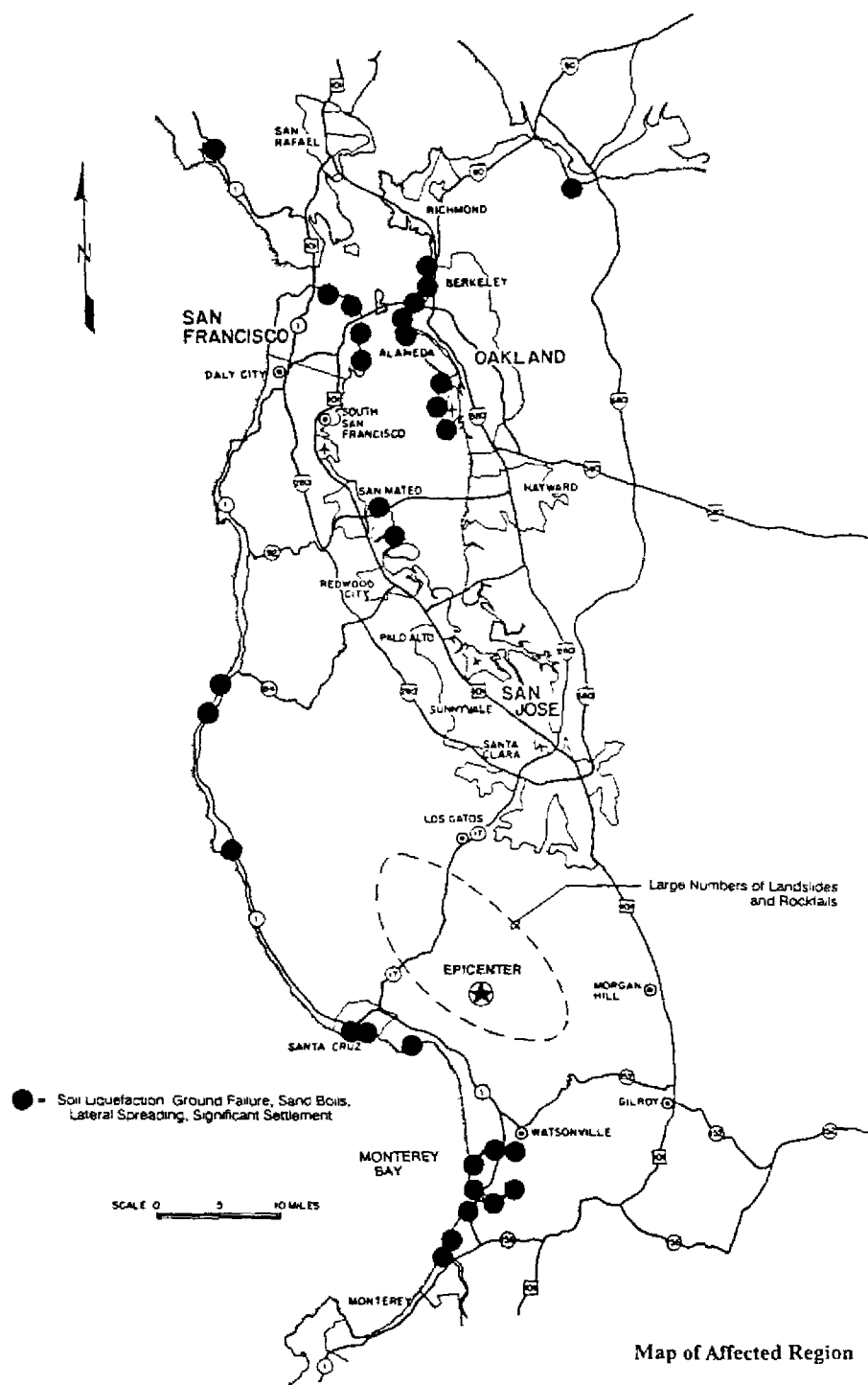


Fig 36 — ÁREA AFECTADA POR LICUEFACI3N (Seed et al. [12]).



Fig. 37(a).—Vista general.

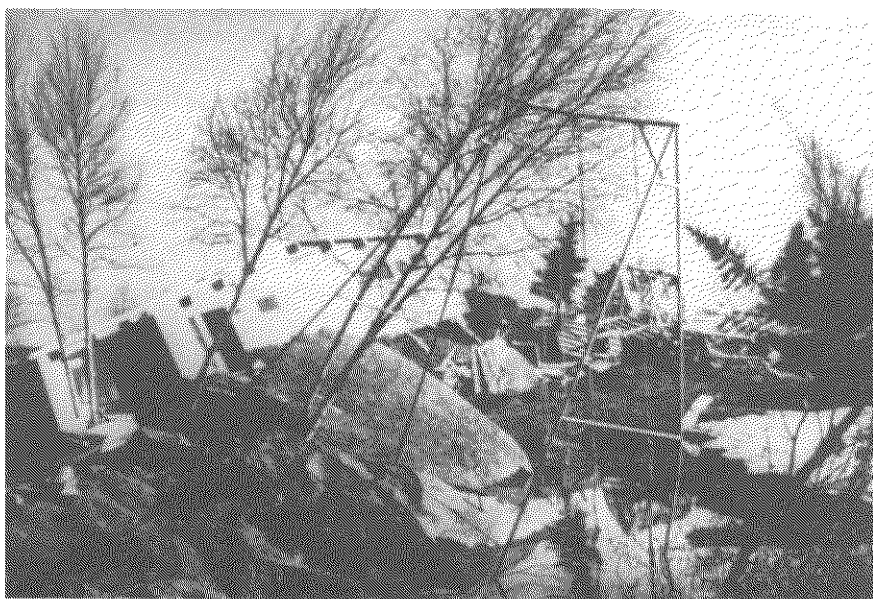


Fig. 37(b).—Detalle de la deformación del suelo y del daño en las viviendas.

Fig. 37.—EFECTOS DE LA LICUEFACI3N DEL SUELO EN ANCHORAGE (ALASKA) (ZONA DE TURNAGAIN HEIGHTS).