

NL
2013

LICUEFACCIÓN DE SUELOS



Ing. Néstor Luis Sánchez
Ing. Civil
TW: @NestorL



Licuación del suelo

¿Qué es la licuación y qué condiciones dan lugar a ésta?

Durante los terremotos el movimiento del terreno puede causar una pérdida de la firmeza o rigidez del suelo que da como resultados el desplome de edificaciones, deslizamientos de tierra, daños en las tuberías, entre otros. El proceso que conduce a esta pérdida de firmeza o rigidez es conocido como *licuación del suelo*. Este fenómeno está principalmente, más no exclusivamente, asociado con suelos saturados poco cohesivos. El término licuación, incluye entonces todos los fenómenos donde se dan excesivas deformaciones o movimientos como resultado de transitorias o repetidas perturbaciones de suelos saturados poco cohesivos.

Debido a las enormes magnitudes de los efectos destructivos de la licuación durante el terremoto de Niigata, Japón en 1964, los ingenieros se vieron en la obligación de brindarle toda su atención. Desde entonces se ha avanzado a pasos agigantados para entender el fenómeno, sus consecuencias, analizando y evaluando el potencial de licuación de un lugar y desarrollando nuevas tecnologías que mitiguen las acciones destructoras de un terremoto.

El conocimiento del proceso y sus efectos se ha basado en tres diferentes principios:

- Observaciones de campo durante y después de los terremotos.
- Experimentos en el laboratorio en muestras de suelos saturados, y en modelos de fundaciones y estructuras.
- Estudios teóricos.

Algunos de los efectos de licuación del suelo son catastróficos, tales como la falla de grandes pendientes o presas, el desplome de edificios y puentes, el colapso parcial o total de muros de contención. Otros sin embargo son un poco menos dramáticos como largas deformaciones

de la superficie terrestre, el asentamiento y consecuente inundación de grandes áreas, etc. Aún estos efectos laterales en muchos terremotos causan daños de grandes proporciones a carreteras, vías férreas, tuberías y edificios.

Las pruebas de laboratorio han demostrado que un drenaje oscilatorio puede causar el aumento en la presión del agua en los poros en un suelo saturado como resultado del reordenamiento de las partículas del suelo con una tendencia a compactarse entre ellas. Si el agua en los poros no puede drenar durante la filtración, la carga gravitacional no será soportada por la estructura mineral, sino más bien por el agua capilar (en los poros), lo que conlleva a una reducción en la capacidad del suelo para soportar un esfuerzo. También se han dado a conocer aquellos factores de mayor influencia para la licuación en los suelos: Suelos granulares saturados sin la presencia de fuerzas cohesivas (entre partículas), son más susceptibles a un aumento de la presión del agua en los poros. La densidad de un suelo poco cohesivo también es un importante factor ya que la alta presión en los poros da como resultado arenas muy sueltas, y puede alcanzarse un punto donde la arena pierda su resistencia inicial al corte. Otros factores que afectan el grado de aumento de presión en los poros incluyen la amplitud de la filtración oscilatoria, el tamaño, la forma y gradación de las partículas, la presión de confinamiento que actúa en el suelo, la textura del suelo y la rata de sobreconsolidación de éste.

Efectos sobre las tuberías enterradas

Las experiencias japonesas indican que el daño en las tuberías enterradas es mucho mayor en los terremotos asociados con licuación del suelo que en aquellos que no están asociados a tal efecto.

A grandes rasgos existen dos formas de deformaciones sísmicas en el suelo, que están ligadas directamente a la licuación y que podrían causar daños sobre las tuberías enterradas. Una es la deformación dinámica o tensión y compresión alternantes. La otra es deformación estática o en una sola dirección.

Las tuberías salen a flote sobre la superficie debido a que son cuerpos de mucho volumen y poco peso. Se da entonces el efecto conocido como empuje: ya que el suelo saturado tiene un comportamiento similar al de un fluido estático, la tubería inmersa en él recibe de parte del suelo una fuerza vertical ascendente igual al peso del volumen de suelo desalojado. Además existe un gran aumento en la presión del agua en los poros del suelo que contribuye en este proceso.

Los suelos susceptibles a la licuación generalmente forman topografía plana. Por esta razón grandes deformaciones en el terreno no pueden ser vistas con facilidad. Este hecho dificulta después de un terremoto determinar el tipo de deformación del suelo que ha causado el daño en una tubería. La evaluación del grado de vulnerabilidad de las tuberías existentes es esencial para establecer medidas efectivas, siendo particularmente importante para redes de distribución de gas y agua, las cuales están extendidas en una amplia variedad de suelos.

Los efectos de unas pocas formas típicas de desplazamiento del suelo, tales como movimientos de falla y expansiones laterales, en la vulnerabilidad de las tuberías han sido estudiadas por muchos investigadores. Todavía no se ha propuesto un método general para evaluar los efectos de las condiciones del suelo, pero una forma de análisis estadístico permite determinar la correlación entre las condiciones del suelo y la susceptibilidad a los daños en cierto tipo de tuberías.

Las estadísticas de los daños obtenidas durante terremotos pasados indican lo siguiente:

1. Los daños se concentran en áreas donde se presentan condiciones irregulares del suelo; la causa de las mayores deformaciones del suelo es la no uniformidad en el desplazamiento debido a tal condición irregular.
2. El grado de vulnerabilidad depende en gran medida del tipo de sistema de tuberías. Entre menos flexible sea la tubería (respecto

tanto a las uniones como a los materiales), presenta mayor grado de vulnerabilidad.

3. La vulnerabilidad depende también de la intensidad del movimiento sísmico, el cual está representado por la máxima aceleración.

Es conveniente entonces, investigar las fallas en tuberías continuas de acero que ofrecen rigidez, ductilidad y son menos susceptibles de fallar que cualquier otro tipo de tuberías. Debido principalmente a la ductilidad, el proceso de fractura se ve reflejado en el modo de deformación en las partes fracturadas, lo cual sugiere o da una idea del proceso de carga durante el terremoto.

No se ha observado daños sísmicos en las tuberías continuas de acero de grandes diámetros, excepto en las uniones de aquellas más viejas que fueron mal soldadas. Aunque las fallas encontradas en tuberías de diámetros pequeños (100mm o menos), en algunos casos pueden ser debido a una mala soldadura, parece que estas todavía se encuentran sujetas al complejo proceso de deformación durante el terremoto.

La licuación es considerada entonces como la principal causa de daño del sistema de tuberías durante un terremoto. Las condiciones del subsuelo original afectan la extensión del levantamiento de las tuberías:

- Una capa licuada presionará el suelo existente sobre este.
- Una capa impermeable evitará la disipación de la alta presión del agua en los poros del suelo.
- Una amplificación del movimiento sísmico aumentará el grado de licuación del suelo que está sobre esta capa de subsuelo.

Estos tres factores darán como resultado un mayor levantamiento y desplazamiento de las tuberías.

Se han desarrollado estrategias de mitigación, tales como el uso de material poco o no licuable en el suelo que está sobre el subsuelo, el

método del gato horizontal, paredes aislantes en la interfase entre el subsuelo original y el que se encuentra sobre este, y fundaciones relativamente pesadas sujetas a la estructura, que pueden ser efectivas en la reducción del levantamiento y sus consecuentes daños. Sin embargo su relación eficiencia-costo es otro importante factor que debe ser considerado desde un punto de vista práctico.

KOBE: ¿UN DESASTRE NO ANUNCIADO?

José Miguel SATO y Yoshio KUMAGAI
Universidad de Tsukuba – Japón

El Terremoto de Hanshin-Awaji, más conocido fuera del Japón como Terremoto de Kobe,

Este evento causó una serie de sorpresas, empezando por el hecho que ocurrió en una zona que se pensaba libre de terremotos, por la destrucción de estructuras supuestamente sismo-resistentes, la tardía reacción por parte del gobierno, y, por el lado positivo, la loable participación espontánea de voluntarios en la emergencia.

ANTECEDENTES

Daños Producidos

Se ha estimado que la pérdida en estructuras y líneas vitales bordea los 10 trillones de yenes (aproximadamente US \$ 100 billones

Licuación de Suelos

La licuación de suelos ha sido una de las mayores causas de destrucción de estructuras e instalaciones en las áreas costeras de la Bahía de Osaka, y en especial en las áreas ganadas al mar e islas artificiales como Port Island y Rokko (ver figura 1).

Se ha determinado que el asentamiento máximo ha sido de más de 3 metros y en algunos lugares paredes de muelle se han desplazado

más de 5 metros lateralmente hacia el mar. La mayoría de las grúas de contenedores se descarrilaron y se dañaron como resultado del movimiento del suelo inducido por la licuación. Depósitos de arena y grava enlodaron áreas de patios de contenedores y vías vehiculares, sin embargo, hubo sólo daños ligeros en la parte central de las islas, en donde las construcciones en altura se construyeron sobre cimentación con pilotes y métodos de mejoramiento como drenaje de arena.

Líneas Vitales

Los daños a líneas vitales se calculan en 5 mil millones de dólares. Las líneas vitales, tal como su nombre lo indica, son las que permiten que una ciudad moderna funcione adecuadamente y su interrupción crea no solo inconveniencias sino que afecta a las acciones de emergencia. Los daños se pueden resumir en:

- Electricidad

Un millón de hogares quedaron sin servicio. El servicio de electricidad se restableció a la mitad de hogares a las 24 horas, a otros sectores al tercer día y totalmente a los 7 días de ocurrido el sismo.

- Gas

Distribuido por medio de una red de tuberías, unas 850,000 familias quedaron afectadas. Dos meses después, todavía 100,000 familias no contaban con este servicio.

- Agua

Más de un millón de puntos de servicio quedaron sin suministro de agua. La restauración del servicio demoró en ciertos casos más de cinco semanas, debido a la dificultad de localizar puntos de fuga subterránea (1,000 puntos en 4,000 km de tubería en Kobe) y daños a las tuberías matrices de suministro.

- Telecomunicaciones

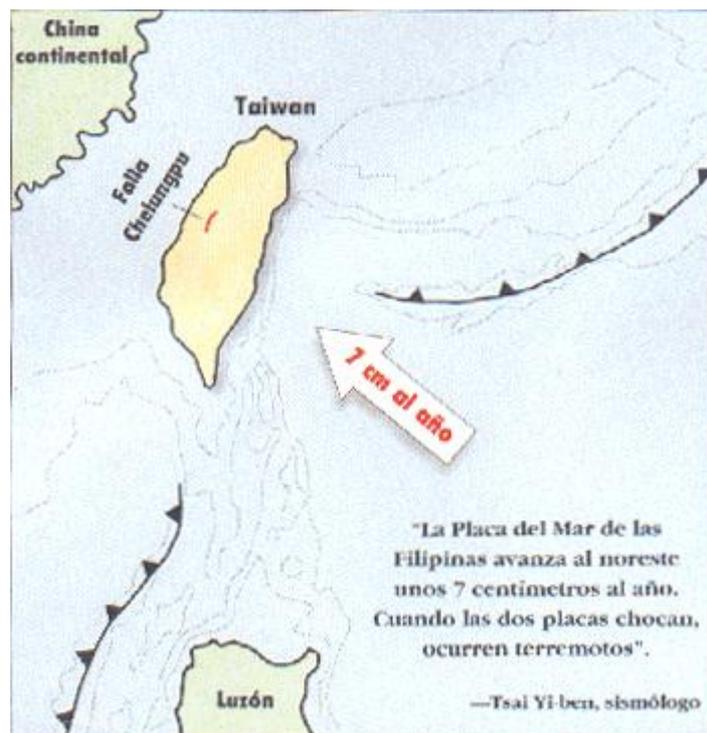
En cuanto a teléfonos, 285,000 circuitos quedaron interrumpidas (20%). Hubo un aumento de 20 a 50 veces en el número de llamadas telefónicas en el día del evento y al día siguiente. Se instalaron 2,550 teléfonos y 361 facsímiles gratuitos, incluyendo puntos para llamadas

internacionales. También cumplieron un rol importante en la emergencia los teléfonos portátiles, la radio y el Internet.

- Sistema de Desagüe

42 de las 102 estaciones de tratamiento fueron dañadas y se produjeron más de 10,000 roturas en el sistema de tuberías.

El devastador terremoto que sacudió Taiwan devastador terremoto que sacudió Taiwán. Los distritos de Changhua, Yunlin y Chiayi, a lo largo de la costa occidental de Taiwan, se han hundido entre 40 y 50 centímetros. “Dicho cambio en el mapa tiene mucho que ver con la licuación de tierra encontrada en estas zonas tras el terremoto”, dijo Chang Yuan-hsu, director del Departamento de Administración de Tierras del Ministerio del Interior.



Los científicos explicaron el fenómeno de hundimiento. Indicaron que el terreno a lo largo de los lechos de los ríos, que contienen altos porcentajes de arena tienden a saturarse con agua subterránea. Cuando ocurre un terremoto fuerte, las tremendas sacudidas provocan que agua adicional se acumule en el ya suave terreno de estas zonas, causando licuación y luego hundimientos.