Licuefacción De Los Suelos

Materia:
Mecánica De Suelos

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

LICUEFACCIÓN DE SUELOS

En determinados suelos de naturaleza contractiva, es decir, con tendencia a la disminución de volumen durante el corte, la ocurrencia de un terremoto severo puede producir el incremento gradual de las presiones de poro, reduciendo la resistencia del suelo y su rigidez. A este fenómeno se le conoce como licuación y sus efectos asociados han sido responsables de una gran cantidad de daños en terremotos históricos alrededor del mundo.

La licuación ocurre en suelos saturados, esto es, suelos en los cuales los espacios entre las partículas individuales están completamente llenos de agua. Esta agua ejerce una presión sobre las partículas de suelo lo cual influencia la forma como las partículas por sí mismas son presionadas juntas. Antes del terremoto, la presión de agua es relativamente baja. Sin embargo, el movimiento sísmico puede causar que la presión de agua se incremente al punto donde las partículas de suelo puedan fácilmente moverse una con respecto a la otra.

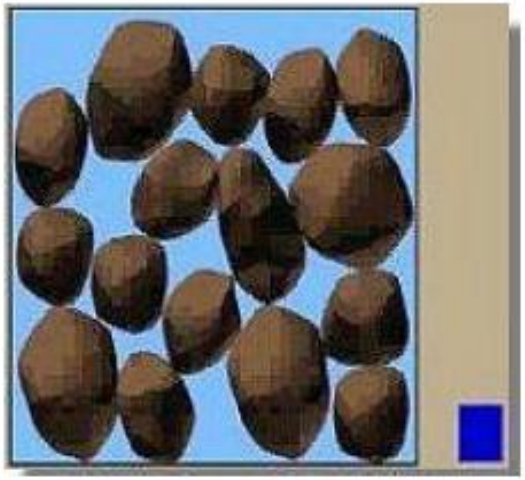

Figura 1: Representación de partículas en un depósito de suelo. La altura de la columna en azul a la derecha representa el nivel de la presión de agua de poros en el suelo.

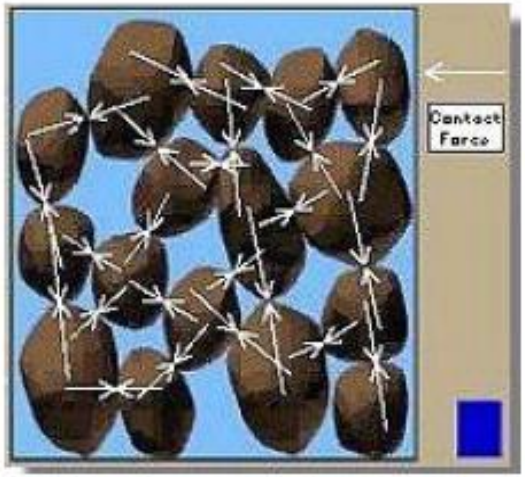

Figura 2: La longitud de las flechas representa el tamaño de las fuerzas de contacto entre las partículas individuales del suelo. Estas fuerzas son mayores cuando la presión de agua de poros es baja.

Figura 3: Las fuerzas de contacto disminuyen debido a las altas presiones de agua.

La licuación se define como “la transformación de un material granular de un estado sólido a un estado licuado como consecuencia del incremento de la presión de agua de poros”

Figura 3.4 Volcán de arena en un campo de cultivo, evidencia de licuación

La causa más dramática de daños a edificaciones y obras civiles durante un terremoto es el fenómeno licuación, el cual es un proceso en el cual el suelo cambia de un material firme a un material viscoso semi-líquido y bajo condiciones similares a una arena movediza.

La licuación ocurre cuando suelos arenosos son sometidos a vibración, por lo tanto, cuando un estrato de suelo se licua y empieza a fluir por la acción del terremoto, éste no es capaz de soportar el peso de cualquier suelo o estructura encima de él, debido a esto, es posible que ocurran una serie de efectos, algunos catastróficos, como: deslizamientos, flujos, hundimiento o inclinación de edificaciones, volcanes de arena, asentamientos diferenciales, etc., como ha quedado evidenciado en numerosos terremotos ocurridos en diferentes partes del mundo.

Foto 3: Volcanes de arena y fisuras en el terreno, fueron observados en varios lugares de Niigata, 1964.

Fotos 6 y 7: Numerosos volcanes de arena fueron observados en varios lugares como evidencia de la ocurrencia de licuación como el aeropuerto de Oakland, en las zonas que se encuentran a lo largo del río Salinas y la estación de aterrizaje marítima Moss.

Factores que Determinan el Fenómeno de Licuación

Entre las causas que originan el fenómeno de licuación se encuentran:

Magnitud del Movimiento Sísmico

La magnitud del movimiento está relacionada con la magnitud de los esfuerzos y deformaciones inducidos en el terreno por este movimiento. Dependiendo de la distancia hipocentral, la magnitud del movimiento producirá cierto valor de aceleración máxima en la roca basal, la cual sufrirá amplificación, dependiendo de las condiciones locales del suelo, Licuación de Suelos y Resistencia Cíclica hasta llegar a la superficie, de esta manera la propagación de las ondas de corte durante un terremoto a través del esqueleto del suelo, producirá una complicada distribución de esfuerzos de corte en función del tiempo, causando así deformaciones en la masa de suelo cuya magnitud dependerá de la magnitud del terremoto.

Duración del Movimiento Sísmico

Normalmente la duración de un movimiento sísmico es corto (entre 5 a 40 segundos), pero si este es intenso, predominará la condición no drenada, es decir la disipación de la presión de poros se verá restringida, y por el contrario se evidenciará el aumento de la misma, produciendo en algún momento condiciones de esfuerzo efectivo nulo, y por lo tanto,licuación

Granulometría del suelo

Los suelos más susceptibles a sufrir licuación son aquellos que poseen una granulometría uniforme, siendo las arenas finas uniformes las que son más propensas a licuar que las arenas gruesas uniformes. Además, según algunos autores las arenas limosas poseen mayor resistencia a sufrir licuación con respecto a las arenas limpias o con escaso contenido de finos. El problema de licuación será más serio si el suelo tiene un coeficiente de uniformidad mayor o igual a 2.

Densidad Relativa

Durante la ocurrencia de un terremoto, una arena suelta puede sufrir licuación mientras que este mismo suelo en un estado más compacto puede no evidenciar el fenómeno. Una arena con un valor de resistencia a la penetración estándar de 40 golpes/30cm (densidad relativa de 70 a 80%) puede mostrar evidencias de licuación en la forma de volcanes de arena, pero no es probable que experimente más del 10% de deformación por corte bajo la influencia de la vibración sísmica, aún después de que se hayan desarrollado altas presiones de poros. En contraste con ello, arenas con valor de 20 golpes/pie (densidad relativa de 30 a 60%), pueden desarrollar relaciones de presiones de poro de 100% y experimentar deformaciones por corte muy grandes del orden del 25-30%, bajo la acción de los esfuerzos de corte aplicados

Profundidad del Nivel Freático

Es una condición necesaria para que ocurra licuación. La presión de poros, producida por el agua que ocupa los vacíos existentes entre las partículas del material debido a la posición del nivel freático, se incrementa por efecto de la vibración producida en el movimiento sísmico. Por consiguiente, la ubicación del nivel freático cuando se produzca un terremoto en un depósito arenoso, será de mucha importancia porque regirá la condición de saturación y por lo tanto, influirá también en el esfuerzo efectivo.

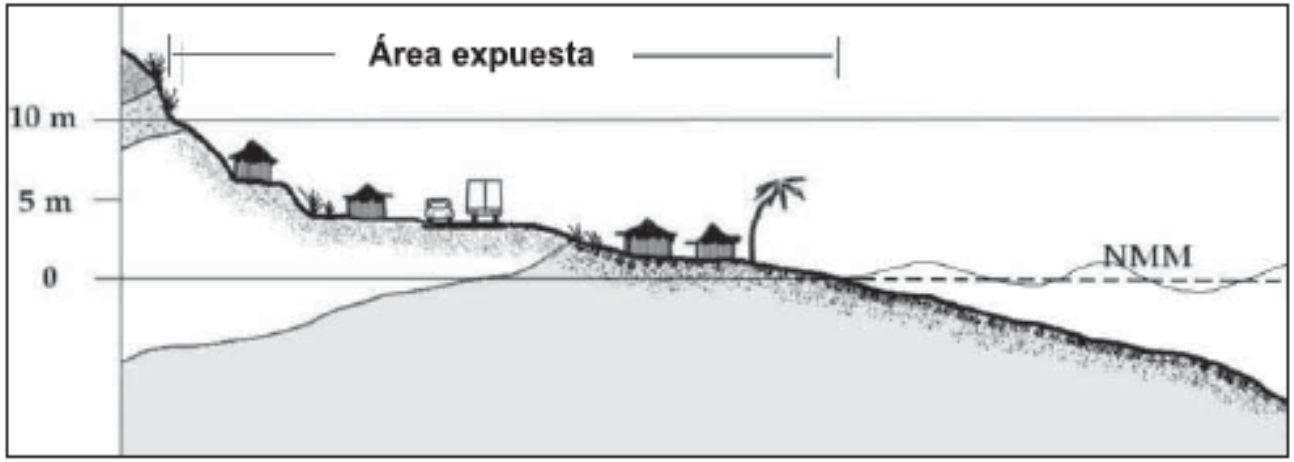

Figura 3.13 Determinación del área susceptible de impacto por maremoto, en cualquier sitio costero, considerando el peor escenario posible ante la carencia de un mapa de peligro o riesgo específico. El área expuesta varía en función de la topografía local

Efectos Dañinos que Produce la Licuación

Desplazamiento Lateral

Es el tipo más común de falla del terreno por licuación de suelos. Este tipo de falla involucra el movimiento lateral de las capas superficiales como resultado de la licuación y la pérdida transitoria de la resistencia de las capas inferiores. El desplazamiento lateral ocurre generalmente en terrenos relativamente llanos (con pendientes comprendidas entre el 0.5 y 5%). En condiciones normales el desplazamiento lateral tiene un rango de pocos metros, y en condiciones anormales pueden ocurrir desplazamientos laterales de varias decenas de metros Licuación de Suelos y Resistencia Cíclica acompañados de grietas en el terreno y desplazamientos diferenciales verticales. Los desplazamientos laterales muy a menudo distorsionan las cimentaciones de edificios, dañan las tuberías de desagües y otras estructuras a lo largo de la zona afectada. El daño ocasionado por este tipo de falla no es siempre espectacular y raras veces catastrófico, sin embargo es muy destructor.

Foto 4: Colapso del puente Showa por desplazamiento lateral. Niigata, 1964.

Falla de Flujo

Son las fallas del terreno más catastróficas causadas por el fenómeno de licuación. Los flujos pueden movilizarse a grandes distancias (decenas de metros) a altas velocidades (decenas de Km/h). Los flujos pueden involucrar suelo completamente licuado o bloques de suelo firme viajando sobre una capa de suelo licuado. Este tipo de falla se desarrolla generalmente en arenas saturadas, sueltas, con pendiente del terreno mayor que 5%.
Muchas de las mayores y más dañinas fallas de flujo se han desarrollado bajo agua en áreas costeras.

Foto 5: El Viernes Santo, 27 de Marzo de 1964, un gran terremoto de magnitud Ms=9.2 golpeó Prince William Sound y causó severos daños en forma de desprendimiento de tierra y licuación

Figura 8. Tramo Atico-Pescadores, Panamericana Sur – Sector Cerro de Arena . Agrietamientos en la carpeta asfáltica por falla del borde lateral en zonas de aspersiones eólicas.

Otro de los efectos de falla por flujo por licuación inducida por sismo, han sido los evidenciados en depósitos y presa de relaves antiguas, construidas por el método de aguas arriba, algunas de ellas con consecuencias catastróficas para los recursos humanos y económicos y para el medio ambiente. Este tipo de fallas han sido muy comunes en décadas pasadas obligando a mejorar las técnicas de construcción de presas de relaves en áreas de alta actividad sísmica.

Foto 16: Deslizamiento en la presa de San Fernando, terremoto de 1971.

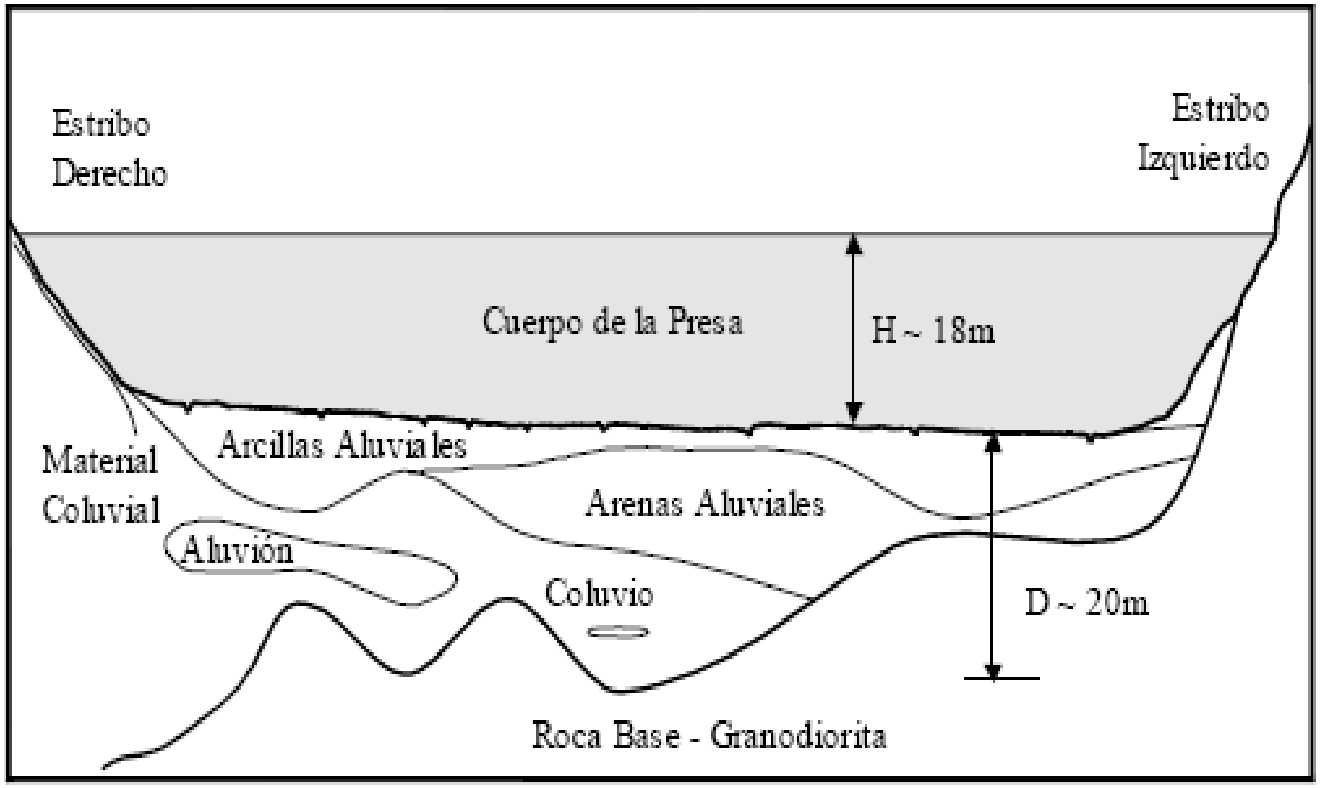

Figura 3: Estratigrafía debajo del eje de la presa

Pérdida de la Capacidad Portante

Cuando el suelo que soporta una edificación licua y pierde su resistencia, pueden ocurrir grandes deformaciones en el suelo, que ocasionan que la edificación se asiente, se incline o sumerja. Aunque esta es una falla espectacular, es la menos común producida por licuación.