

13. Grietas en el terreno

o terraplenes por donde pasa una tubería, la ilustración 14 señala el deslizamiento que experimentó un terraplén por donde se pretendía cruzar una tubería en Lázaro Cárdenas. Afortunadamente, cuando ocurrieron los sismos de 1985, la tubería aún no había sido colocada en esa parte, y en la actualidad ya se han tomado las medidas necesarias para evitar, en lo posible, los daños durante la vida útil de la instalación. En la ilustración siguiente (15) se presenta en forma esquemática el deslizamiento de un talud natural y su modulación a base de resortes.

Medidas preventivas

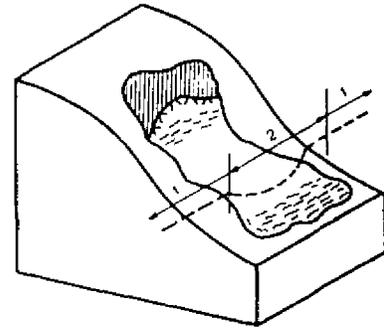
Desde la etapa del diseño deben tenerse en cuenta varias medidas preventivas, como son:

- Considerar el riesgo sísmico de la línea, lo que implica determinar la sismicidad de la zona (incluyendo el cálculo de las aceleraciones, velocidades y desplazamientos máximos del terreno), localizar las fallas geológicas activas y revisar los espesores y piezas especiales de la tubería.

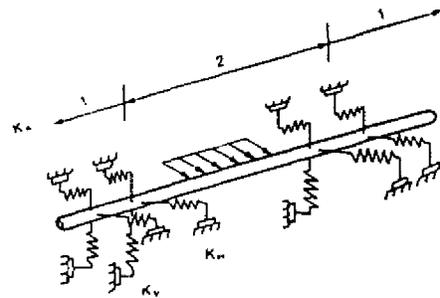


14. Asentamiento del terraplén

15a. Falla por deslizamiento de talud



15b. Modelación a base de resortes



- Dar preferencia al empleo de tubería dúctil que tenga capacidad de absorber mejor las deformaciones del terreno. A partir de esto es más recomendable usar tubería flexible, como la de acero o polietileno, en lugar de la de concreto o de asbesto-cemento, en virtud de la fragilidad de estos dos últimos materiales. Cuando por razones económicas no queda sino recurrir a ellos, el tipo de juntas, la calidad de los materiales y las piezas especiales deberán estar diseñadas para resistir los esfuerzos y curvaturas producidos por los movimientos del terreno en las tuberías. Al respecto, durante la evaluación de los daños debidos a los sismos de 1985 en las tuberías de agua potable en el Distrito Federal, se observó que, exceptuando la zona donde se localiza la Central de Abastos, todas las líneas sufrieron daños graves, las investigaciones posteriores demostraron que donde no hubo daños la tubería era de polietileno.
- Construir con antelación válvulas de seccionamiento y dispositivos medidores de gasto o de presión en sitios estratégicos que permitan lo-

calizar y aislar los tramos dañados, a fin de efectuar las reparaciones necesarias en forma más rápida y eficiente.

- En los casos específicos en que la tubería tenga que cruzar por zonas susceptibles a desplazamientos importantes provocados por fallas geológicas, licuación o deslizamiento de taludes, se deberán hacer análisis y tomar las medidas requeridas para prevenir los posibles daños. Cuando no sea posible evitar el cruzamiento de una falla geológica activa, además de calcular su dirección y desplazamiento durante la vida útil de la tubería, se deberán analizar los esfuerzos y deformaciones a los que estará sujeta la instalación y su capacidad para absorberlos.
- En función de los resultados, será posible determinar los conceptos especiales de diseño (ASCE, 1984, y Flores-Berrones, 1985).
- Cruzar el rumbo de la falla en un ángulo comprendido entre los 70° y 90°.
- Reforzar la tubería en una longitud de 15 m en las zonas de cruzamiento con la falla y usar material dúctil en dicho tramo.
- Reducir el espaciamiento de válvulas, a fin de aislar posibles rompimientos.
- Provocar deslizamientos entre la tubería y el suelo adyacente. Para lograrlo, se puede colocar aquélla dentro de una berma construida sobre el terreno natural con suelo de baja resistencia, o en trincheras sobredimensionadas y rodeadas por material de baja resistencia; otro método es introducirla en alcantarillas o conductos sobredimensionados, o bien apoyarla en soportes deslizables colocados arriba del terreno.

En los demás casos donde existan cruces o alojamientos de la tubería dentro de zonas inestables, deberán seguirse procedimientos semejantes a los aquí mencionados

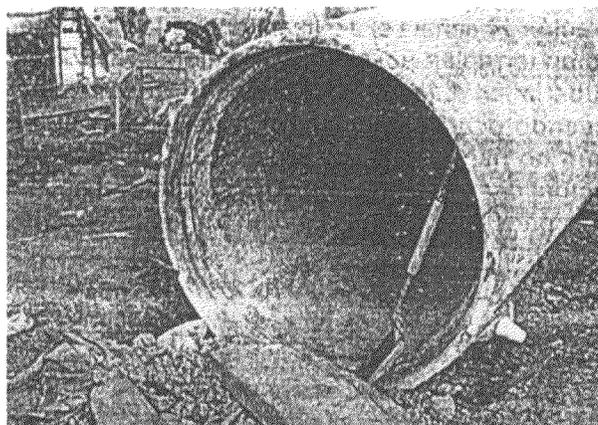
Medidas de emergencia

Existen varias medidas que es indispensable tomar inmediatamente después de que ha ocurrido un movimiento telúrico fuerte, la principal es la detección y reparación de las fugas, para lo que se recomienda

- Localizar agrietamientos o desplazamientos del terreno, deslizamientos de bardas y banquetas, etc., la relación del daño en la tubería con los movimientos permanentes del terreno es muy estrecha y cualquier indicio de dichos movimientos puede servir para localizar roturas en las tuberías

- Medir presiones, gastos y balances de volúmenes en diversos sitios del sistema de conducción y distribución de agua.
- Observación directa de humedades o encharcamientos anormales por arriba de los sitios donde se localizan las líneas de tubería.

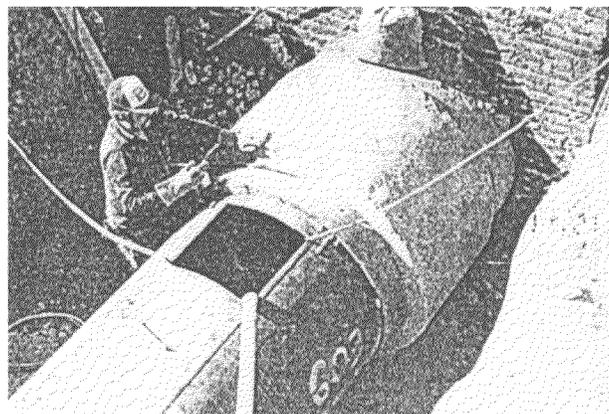
La reparación inmediata de la tubería dañada se puede hacer mediante la rehabilitación (exterior o interior), la sustitución de piezas dañadas (partes especiales o tramos estándar) (véanse ilustraciones 16 y 17) y el uso de silletas (véase ilustración 18), que es un procedimiento efectivo cuando sólo se requiere reparar los extremos de un tubo dañado.



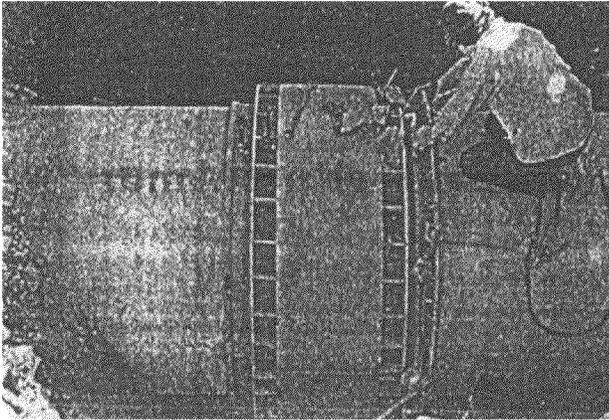
16. Tubo dañado

Conclusiones y recomendaciones

- Todos los acueductos y obras de conducción que se localicen en zonas sísmicas deberán diseñarse para soportar las deformaciones y esfuerzos que inducen los movimientos del terreno ocasionados por los temblores



17. Reparación con pieza de acero



18. Reparación con silletas

- Actualmente existen métodos analíticos que permiten considerar en el diseño la interacción tubería-suelo que ocurre durante las vibraciones o desplazamientos producidos por los sismos.
- Debe considerarse la utilización de tuberías dúctiles como las de acero o polietileno en zonas de alta sismicidad, las tuberías de concreto, de asbesto-cemento o de PVC resultan relativamente frágiles y su empleo en zonas sísmicas queda limitado por la capacidad que tengan sus uniones o juntas para absorber las

deformaciones provocadas por las vibraciones sísmicas.

- Conviene tomar en cuenta, durante la etapa de diseño, las diversas consideraciones que permitan prevenir daños en las tuberías localizadas en terrenos inestables o sujetos a desplazamientos.

Referencias

- ASCE. "Guidelines for the Seismic Design of Oil and Gas Pipeline Systems", Committee on Gas and Liquid Fuel Lifelines, 1984.
- ASCE "Advisory Notes on Lifeline Earthquake Engineering", 1983
- Comisión Nacional Coordinadora de Puertos. "Informe técnico sobre los daños en el puerto industrial de Lázaro Cárdenas", octubre, 1985.
- Flores-Berrones, R. "El efecto sísmico de los acueductos y sistemas de distribución de agua potable", XIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil, 1985.
- Hall, W. J., y N. M. Newmark. "Seismic Design Criteria for Pipelines and Facilities", *Proceedings*, Technical Council on Lifeline Earthquake Engineering Specialty Conference, Los Angeles, California, ASCE, pp. 18-34, 1977
- National Academy of Sciences Committee on Earthquake Engineering, Commission on Engineering and Technical Systems, National Research Council, "Liquefaction of Soils During Earthquakes", National Academy Press, Washington, D.C., 1985.