

Programa de pruebas sísmicas

Resumen de la prueba

Se realizaron pruebas sísmicas en coples y conexiones mecánicas ranuradas Victaulic de 4"/DN100, 8"/DN200 y 16"/DN400 instaladas en tuberías de acero al carbón de pared estándar. Las pruebas demostraron que los coples Victaulic son los más aptos para utilizarse en sistemas de tuberías expuestos a terremotos. El programa de pruebas fue desarrollado de acuerdo con una tabla sísmica estándar internacionalmente reconocida para el ensayo de componentes no estructurales de edificios. Los sistemas de tuberías fueron sometidos a amplitudes de entrada de $\pm 3"/76$ mm en las direcciones x e y, aceleraciones de entrada de hasta 1,3 g y un rango de frecuencia de 1,3 a 33Hz. Las secciones rígidas reforzadas y las flexibles mostraron un comportamiento óptimo ante las condiciones de prueba que incluyeron picos de aceleración de las tuberías superiores a 7 g. Los sistemas llenados con agua se presurizaron a 200 psi/1375 kPa durante la totalidad de las pruebas y no se observaron pérdidas de presión ni filtraciones durante ninguna de éstas.

Victaulic Company



Victaulic, compañía fundada en 1925, es líder mundial en sistemas de unión mecánica de tuberías. Victaulic introdujo un concepto radical en la unión de tuberías: un cople mecánico empernado que se ensambla en ranuras y utiliza una empaquetadura elastomérica para sellar la unión.

El método de tuberías ranuradas, que reduce drásticamente el tiempo de instalación en comparación con las uniones soldadas, roscadas o bridadas, se utiliza ampliamente en HVAC, plomería, protección contra incendios, minería, servicios industriales, tuberías de petróleo, sistemas de agua y de aguas servidas.

Los productos Victaulic se encuentran en importantes hitos y edificios en todo el mundo. Gracias a su capacidad de proporcionar uniones rígidas y flexibles, el sistema Victaulic ofrece una versatilidad de diseño que no se encuentra en otros tipos de sistemas de unión de tuberías

Victaulic en condiciones sísmicas

El uso de coples ranurados flexibles Victaulic en áreas expuestas a eventos sísmicos se remonta a principios de la década de 1940, cuando se empleaban para asegurar la liberación de tensión en las conexiones de los equipos. Desde entonces, los productos ranurados se han convertido en el método de unión estándar gracias a sus exclusivos beneficios de diseño que se traducen en uniones de tubería rígidas y flexibles basadas en los requerimientos de diseño específicos del sistema. Los productos Victaulic han contribuido con años de óptimo funcionamiento en zonas afectadas por eventos sísmicos y, por ello, se han convertido en el método estándar para unir tuberías en diversos proyectos situados en áreas sísmicas. También se realizaron diversas pruebas internas e independientes para calificar las capacidades de desempeño de los productos Victaulic al ser sometidos a condiciones adversas como eventos sísmicos, de los sistemas de tuberías en embarcaciones y de ciclos de alta presión. Los resultados de estas pruebas diversas han demostrado la confiabilidad e integridad de los productos Victaulic en estas condiciones adversas.

Objetivo de las pruebas

Victaulic entendió la necesidad de practicar las pruebas más recientes en sus productos para demostrar su conformidad con los requerimientos del nuevo código y probar que forman un sistema sostenible que resistirá las fuerzas generadas en un evento sísmico y conservará su integridad cuando se vea expuesto a eventos sísmicos en tiempo real. Las pruebas se diseñaron para obtener datos analíticos que respaldaran el exitoso rendimiento "en el mundo real" que presentaron durante los terremotos anteriores.

El daño en tuberías o edificios se produce por el movimiento diferencial entre la tubería y el edificio y en aquellos puntos donde la tubería atraviesa una unión sísmica en la construcción, donde la tubería pasa entre dos estructuras separadas o donde la tubería se apoya o va fijada a estructuras de apoyo independientes dentro de un edificio (por ejemplo, aquellas que se apoyan en armaduras de techo y al bajar ingresan a las estanterías). Lo anterior se resuelve, dentro de un "área estructural" determinada, fijando la tubería (refuerzo sísmico) a la estructura del edificio para que se mueva junto con éste. Los refuerzos y separaciones se deben diseñar considerando las aceleraciones sísmicas y las amplitudes de movimiento especificadas. El último caso se da cuando la tubería atraviesa de un "área estructural" a otra. La tubería se debería instalar con un componente flexible (montaje con aislación sísmica), adecuado para acomodar el movimiento diferencial que ocurrirá entre las tuberías que van unidas y a la vez apoyadas o ancladas a "estructuras sísmicas" distintas. El elemento flexible permite que estas estructuras y las tuberías que van fijadas a cada una de ellas se muevan con independencia dentro del edificio, sin dañarse entre sí o sin dañar otros equipos, durante un evento sísmico.

El objetivo de estas pruebas era demostrar la aptitud de los coples y conexiones mecánicas ranuradas Victaulic que se utilizan para instalar los sistemas de tuberías y mantener su integridad operativa durante eventos sísmicos. El programa de pruebas fue diseñado para demostrar el rendimiento sísmico en las dos condiciones citadas anteriormente. Primero, se realizaron pruebas para demostrar que los coples rígidos o flexibles Victaulic instalados en tuberías reforzadas conforme al código mantenían un rendimiento óptimo al verse expuestos a eventos sísmicos. Segundo, se realizaron pruebas para confirmar la capacidad de nuestros coples flexibles en uniones sísmicas oscilantes o en configuraciones de tuberías con desplazamiento, a fin de obtener una libertad de movimiento suficiente que acomode el movimiento diferencial de las tuberías entre estructuras o en uniones de separación sísmica de edificios.

Pruebas sísmicas

Centro de pruebas ATLSS



Para realizar las pruebas requeridas se seleccionó el Laboratorio de Tecnología Avanzada para Grandes Sistemas Estructurales (ATLSS), centro de investigación de ingeniería perteneciente a la Universidad de Lehigh. El Centro del ATLSS es integrante de la Red de Simulación de Ingeniería Sísmica (NEES), establecida por la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos como una red de colaboración distribuida geográficamente de equipos de investigación experimental de uso compartido. El Centro de Equipamiento del NEES, de la Universidad de Lehigh, fue construido con capacidad para realizar pruebas en tiempo real empleando los métodos de fuerza efectiva, de prueba pseudodinámica o de prueba híbrida pseudodinámica con el propósito de probar componentes estructurales de gran escala, subensamblaje estructurales y superensamblaje en excitaciones causadas por terremotos. De esta manera, está bien preparado para realizar y analizar los efectos de sismos multidireccionales en tiempo real sobre los sistemas de tuberías. Victaulic y Lehigh se asesoraron por un diseñador y proveedor de sistemas de refuerzo antisísmico reconocido internacionalmente, quien prestó colaboración en el diseño de la suspensión y el refuerzo de los sistemas de tuberías de prueba.

Requerimientos de prueba

El programa de pruebas fue creado conforme a los estándares de prueba de la tabla sísmica. Se generaron movimientos telúricos artificiales para este programa de pruebas. Estos movimientos telúricos generados aleatoriamente se simularon para satisfacer un espectro de respuesta mínimo especificado.

Para desarrollar el protocolo de pruebas se empleó el informe AC156 de Evaluation Service ICC, Inc., "Criterios de Aprobación para Calificación Sísmica conforme a las pruebas de la Tabla Sísmica en Componentes y Sistemas no Estructurales". Este documento establece los requerimientos mínimos de la tabla sísmica para probar los componentes no estructurales descritos, dentro de los que también se incluyen las tuberías. Este documento especifica un espectro de respuesta mínimo que se deriva de la carga sísmica de diseño del componente no estructural especificada en el código. El espectro de respuesta del movimiento de entrada conforme a las pruebas sísmicas fue mayor que el espectro mínimo especificado en AC156.

Los espectros de respuesta mínimos especificados en AC156 se basaron en las cargas sísmicas de diseño especificadas en los códigos de construcción vigentes. El Código Internacional de Construcción (IBC) 2006 se aplicó por primera vez en este programa de pruebas. El código IBC 2006 hace referencia a las cargas sísmicas como aparecen especificadas en ASCE 7-05 "Cargas Mínimas de Diseño para Edificios y Otras Estructuras" por la American Society of Civil Engineers. El diseño de tuberías y otros componentes no estructurales se basó en el método de carga estática equivalente, similar al que se utilizó para el diseño del edificio.

Configuración de la prueba

Se desarrolló una configuración de pruebas que podía acomodar una extensa línea de tubería e imponer los movimientos requeridos. Para las pruebas se necesitaba la capacidad de generar grandes aceleraciones, desplazamientos y velocidades sobre las tuberías y los coples. Se diseñó un refuerzo horizontal que sirviera de diafragma rígido o "techo del edificio" desde el cual se apoyaría la tubería. Se impuso el movimiento sísmico sobre este "techo", el que a su vez fue transferido a las tuberías. Se emplearon tres actuadores NEES para imponer el movimiento sísmico requerido en las direcciones longitudinal y transversal. Para registrar todos los datos de prueba pertinentes, se dispusieron estratégicamente acelerómetros, sensores de desplazamiento y extensímetros en lugares predeterminados a fin de obtener un registro exacto del programa de pruebas.

El tendido de tuberías consta de un tramo de 40/ 12 m (que consiste en dos secciones de tubería de 20/6 m) con un codo de 90° y luego un tramo de 10/3 m en ambos extremos, todos unidos con coples rígidos Victaulic Estilo 07 o W07. Esta sección de tubería se reforzó sísmicamente conforme a los requerimientos estándares del código industrial y se designó como "zona rígida reforzada". En cada extremo de la "zona rígida reforzada" se dispuso una "zona flexible" compuesta por un conjunto de aislación sísmica Victaulic. Estos montajes con desplazamiento se conectaron después a la pared de reacción ATLSS que no admitía movimiento. En consecuencia, el movimiento de las tuberías en la "zona rígida" generó desplazamientos relativos en los conjuntos de aislación sísmica.

Tuberías de la zona rígida



Pruebas sísmicas

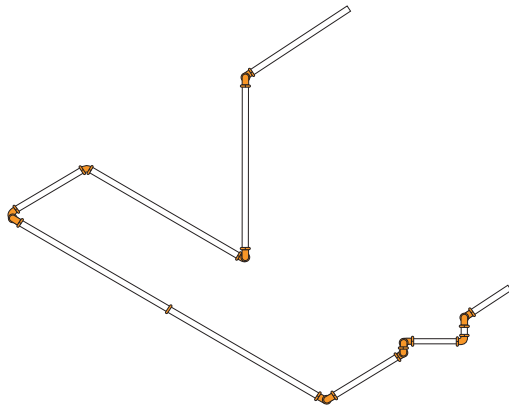
Unión sísmica oscilante



Conjunto de prueba de 4"/DN100



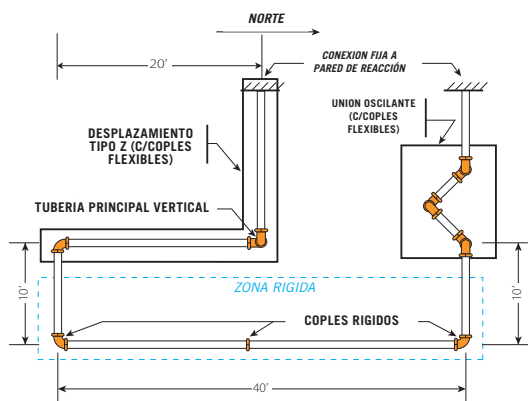
Bucle sísmico



Conjunto de prueba de 8"/DN200



Bucle sísmico – zonas rígidas/flexibles



Conjunto de prueba de 16"/DN400



Se emplearon dos conjuntos diferentes de aislación sísmica, uno en cada extremo de la “zona rígida”. Un conjunto era una configuración con desplazamiento Tipo Z (C/COPLES FLEXIBLES) y el otro era una unión sísmica oscilante. Ambas configuraciones empleaban las características de deflexión y de rotación de los coples flexibles Victaulic Estilos 77 y W77 para acomodar el movimiento diferencial de las tuberías entre la “zona rígida” y la pared de reacción.

Pruebas sísmicas

Se seleccionaron tres tamaños de tubería para las pruebas: 4"/DN100, 8"/DN200 y 16"/DN400. Cada tamaño fue probado individualmente como un tendido completo. Se realizaron varias pruebas en cada conjunto de tuberías para demostrar la capacidad de los coples Victaulic para manejar una gran variedad de exigencias sísmicas. Se emplearon los mismos coples y la misma tubería para las tres pruebas. Entre las pruebas se incluyó un ensayo de desplazamiento estático, un ensayo de barrido sinusoidal y un ensayo de oscilación. Las tuberías se llenaron con agua y se presurizaron a 200 psi/1375 kPa durante todas las pruebas.

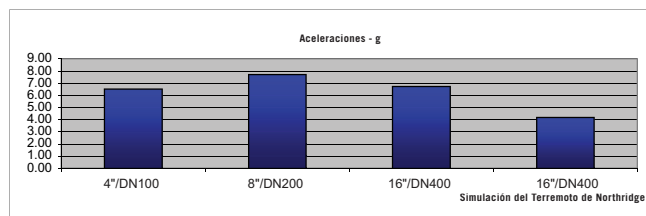
El ensayo de desplazamiento estático sometió a cada conjunto a un movimiento de $\pm 4"/102$ mm en las direcciones horizontales x e y. El ensayo de barrido sinusoidal sometió a cada conjunto a un registro de aceleración sinusoidal con un rango de frecuencia de 1,3 Hz a 33Hz. Los ensayos de oscilación sometieron a cada conjunto a tres niveles de movimiento sísmico. Las entradas máximas durante los ensayos de oscilación fueron de $\pm 3"/76$ mm de movimiento horizontal con una aceleración de 1,3 g.

Se realizaron dos ensayos adicionales. El primero se aplicó a un conjunto de tubería de 8"/DN200. Después de los ensayos de aislación, los coples rígidos se reemplazaron por coples flexibles y se volvieron a realizar las pruebas. El segundo se aplicó a un conjunto de tubería de 16"/DN400. Después de las pruebas estándares del programa, se practicó una simulación híbrida multidireccional en tiempo real del Terremoto de Northridge. Esta prueba se realizó con el fin de estudiar la respuesta del sistema de tuberías instalado en un edificio de tres pisos sometido a un terremoto real. Las dos pruebas se realizaron durante esta operación. Primero el conjunto se sometió a la mitad de la amplitud calculada para el Terremoto de Northridge. Posteriormente, el conjunto se sometió a 1.07 veces la amplitud calculada.

Resultados de la prueba

El rendimiento de los coples Victaulic resultó excelente. No hubo evidencia de ninguna filtración en las uniones de tuberías durante todas las pruebas. La presión interna de 200 psi/1375 kPa se mantuvo en todo momento. Las tuberías y los coples exhibieron un comportamiento muy robusto incluso después de la falla de un gran número de elementos de refuerzo sísmico.

Los picos de aceleración registrados por conjunto fueron los siguientes:



Conjunto de 4"/DN100 – 6,51 g

Conjunto de 8"/DN200 – 7,70 g

Conjunto de 16"/DN400 Assembly – 6,71 g

16"/DN400 Simulación del Terremoto de Northridge – 4,17 g

El comportamiento de los conjuntos de aislación sísmica también fue excelente. Se acomodaron todos los movimientos diferenciales. Cabría destacar que todas las cargas medidas en los actuadores fueron muy bajas, lo que indica que la rigidez de los conjuntos de aislación era mínima. Esta característica es deseable para minimizar las cargas y tensiones inducidas sobre los refuerzos sísmicos o puntos de anclaje.

Valores de la escala Richter

Mientras muchos asociamos la "Escala de Richter" con terremotos, ésta es una medida de la energía liberada durante un evento sísmico y no una herramienta para el diseño de edificios o sistemas de tuberías. Es útil para comparar las intensidades relativas de eventos sísmicos diferentes, pero no se puede usar para predecir directamente el movimiento o la fuerza que experimentará un edificio particular o un sistema de tuberías durante los movimientos sísmicos.

Los ingenieros estructurales diseñan edificios y sistemas de tuberías que resisten los desplazamientos y aceleraciones causados por movimientos telúricos que no se basan sólo en la energía liberada, sino también en otros factores como las propiedades del suelo, el tipo de edificio/construcción, la proximidad al epicentro del terremoto y otros. Los movimientos de los edificios mismos y la infraestructura en su interior pueden variar considerablemente a partir de un movimiento sísmico determinado debido al tamaño y la forma del edificio, el método de construcción (por ejemplo, acero, concreto, madera), las frecuencias naturales y las ubicaciones específicas dentro del edificio. Los sistemas de tuberías se diseñan e implementan según los desplazamientos y las fuerzas especificadas por el ingeniero estructural. Estos parámetros de diseño son una función de las frecuencias naturales del edificio, de la sismicidad del emplazamiento y la ubicación propuesta del sistema de tuberías dentro de la estructura. Es por esta razón que nuestros parámetros de prueba se basaron en un rango de frecuencia que comprende registros y aceleraciones históricos superiores a los valores comunes y no se basaron en ningún valor de la "Escala de Richter" ni tampoco se correlacionaron los parámetros de prueba con ningún valor específico de la "Escala de Richter".

La magnitud de las aceleraciones/desplazamientos que se espera obtener en un terremoto determinado en un emplazamiento dado no sólo es una función de la cantidad de energía liberada (la magnitud Richter), también es una función de lo siguiente:

1. Distancia del epicentro (una pequeña distancia significa mayores fuerzas/desplazamientos)
2. Condición del suelo (un suelo más blando significa a menudo mayores fuerzas/desplazamientos)
3. Tipo de edificio (el tipo de construcción y la altura/ancho del edificio afecta la frecuencia natural, lo que cambia la manera en que el edificio y las tuberías responden al terremoto)

Si desea obtener información completa de contacto, visite www.victaulic.com

26.13-SPAL 5273 REV A ACTUALIZADO AL 5/2008

VICTAULIC ES UNA MARCA REGISTRADA DE VICTAULIC COMPANY. © 2010 VICTAULIC COMPANY. TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.

26.13-SPAL