

Aislamiento elástico de un edificio en aguas subterráneas presurizadas. Criterios de funcionalidad, ejecución, resultados.

Dipl.-Ing. Rainer Zindler, Getzner Werkstoffe GmbH, Grünwald (DE)

Dipl.-Ing. Markus Tecklenburg, Getzner Werkstoffe GmbH; Bürs (AT)

Resumen

El complejo Arnulfpark, una mezcla de propiedades residenciales y comerciales, fue construido sobre el terreno de la antigua estación de contenedores de Múnich. La zona limita directamente al sur con un tramo muy transitado de la red de cercanías de Múnich, cuyos trenes pasan con una frecuencia de aprox. 90 segundos. Este proyecto requirió una protección eficaz de las torres residenciales contra los efectos del ruido aéreo secundario.

Los cimientos de ambos edificios se encuentran a 9 m de profundidad con un nivel de aguas subterráneas a partir de - 5,6 m. Para lograr un aislamiento eficaz, los edificios están separados mediante un aislamiento de la placa del suelo en toda la superficie. Las paredes laterales también están totalmente desacopladas con una capa vertical de Sylodyn®.

En esta presentación se analizan los requisitos generales del material de soporte para su uso en aguas subterráneas altamente presurizadas. Se muestra la idoneidad del material Sylodyn® utilizado para el proyecto Arnulfpark. La eficiencia de esta medida se ha demostrado con las pertinentes mediciones.

Resumen

En el terreno de la antigua estación de contenedores se ha creado un nuevo distrito urbano para uso comercial y viviendas en el barrio Maxvorstadt de Múnich. El terreno limita al sur con las vías anteriores a la estación central de Múnich. Justo al lado de la zona discurren las vías del tramo de origen del tren de cercanías de Múnich. Este tramo es muy transitado, con una frecuencia de paso de aprox. 90 segundos. En este proyecto Central & Park era necesario proteger eficazmente las dos torres de viviendas del ruido transmitido por vía solidaria.

Ambas torres de viviendas están cimentadas a 9 m de profundidad y se encuentran permanentemente en aguas subterráneas a partir de -5,6 m. Ambos edificios se desacoplaron eficazmente del entorno mediante la instalación en toda la superficie de alfombrillas elásticas de Sylodyn® en la zona de la placa del suelo y en las paredes verticales.

En esta presentación se indican y analizan los principales requisitos del material de soporte para su uso en agua presurizada y se muestra la idoneidad de los materiales Sylodyn® utilizados para el proyecto Arnulfpark. La eficacia de la medida se ha demostrado con las pertinentes mediciones.



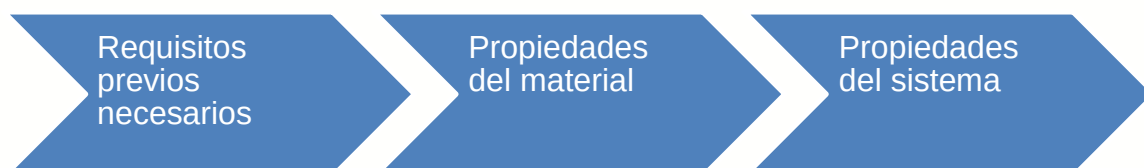
Figura 1: Nueva construcción de Arnulfpark en Múnich (2008); vías colindantes al sur.

Durante más de tres décadas, el aislamiento elástico de edificios ha demostrado ser un método eficaz para reducir el ruido transmitido por vía solidaria y las vibraciones. Hoy en día, se considera un enfoque de vanguardia. El efecto del agua es un tema que recibe diferentes valoraciones por parte de los especialistas en la gran mayoría de proyectos.

Este artículo tiene por finalidad exponer y analizar los aspectos relevantes en relación con el uso en el agua. Aquí se distingue fundamentalmente entre los requisitos previos de instalación necesarios, las propiedades del material y las propiedades del sistema.

1) Requisitos previos necesarios

Todos los materiales utilizados in situ deben ser permanentemente resistentes a la humedad y al agua. Un requisito previo fundamental para la instalación en el agua es la resistencia a la hidrólisis y a los productos químicos, soluciones alcalinas diluidas y aceites que se encuentran generalmente en las obras de construcción. La manipulación in situ debe ser conforme a la construcción. La Figura 2 muestra los parámetros típicos de instalación en condiciones difíciles.



La resistencia a la humedad y al agua de los materiales Sylomer® se ha demostrado exhaustivamente tras aprox. 40 años de uso. Las investigaciones de laboratorio llevadas a cabo en BASF hace 25 años probaron la resistencia del material a la hidrólisis y la resistencia mecánica en estado saturado [1]. En la práctica, las pruebas llevadas a cabo en alfombrillas de balasto Sylomer® con fines de investigación indicaron la ausencia de daños después de 16 años de uso. Las alfombrillas se sumergieron completamente en agua y los resultados se publicaron en la revista "Verkehr + Technik" [2].



Figura 2

2) Propiedades del material

Además de la estabilidad inherente de los materiales en cuestión frente al agua, deben analizarse en suficiente detalle las propiedades del material relevantes para la aplicación bajo la influencia del agua. Debe establecerse la rigidez estática y dinámica en los estados seco y saturado de agua. Asimismo, debe examinarse el efecto de la amplitud de prueba en estado saturado de agua. Por motivos de prueba, las mediciones se llevan a cabo normalmente en agua no presurizada.

En el caso de Sylomer® y Sylodyn®, se realizaron mediciones exhaustivas para evaluar las

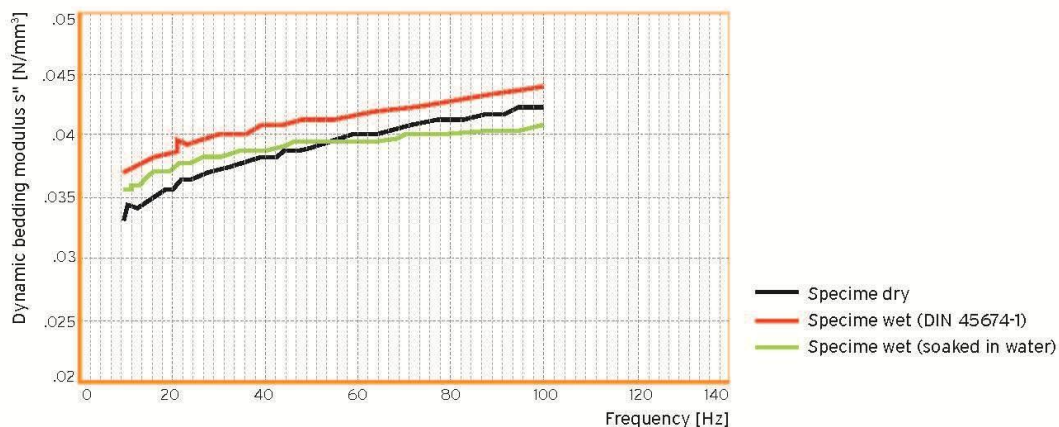


Figura 3

propiedades relevantes del material en estado húmedo. En una comparación entre una muestra seca y una muestra completamente saturada, todas las pruebas demostraron un grado de rigidez aproximadamente constante. La Figura 3 muestra el módulo de aislamiento dinámico medido en una alfombrilla de PU de poros relativamente abiertos con Müller-BBM [3].

3) Propiedades del sistema

Las propiedades del sistema o, en otras palabras, la interacción de resortes elásticos y masas dinámicas una vez instalados, son de vital importancia a la hora de determinar la eficacia de una medida. La Figura 4 muestra los parámetros de instalación para el proyecto Arnulfpark.

Modelo alternativo físico

Aislamiento elástico en agua presurizada

Parámetros de instalación según el proyecto de nueva construcción Arnulfpark de Múnich

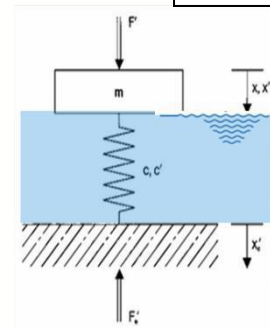
Desacoplamiento de la placa del suelo en toda la superficie.

Profundidad de cimentación aprox. 9,0 m bajo el suelo.

Agua desde aproximadamente 5,6 m bajo el suelo.

Esto significa que se ejerce una carga específica constante de una columna de agua de 3,4 m (0,34 bar) sobre el aislamiento.

Figura 4



En cuanto a los aspectos físicos del aislamiento antivibratorio, las fuerzas de inercia de las masas móviles contrarrestan la excitación. Para que una medida sea dinámicamente eficaz, la masa debe poder moverse libremente respecto a su entorno. Mediante el "bombeo" de la columna de agua, el agua proporciona una rigidez adicional.

Suponiendo que el agua no está presurizada y tiene suficiente superficie libre, la resistencia de la bomba será relativamente baja. En este caso, la rigidez del sistema equivaldrá más o menos a la rigidez del sistema en seco. La resistencia de la bomba aumenta en el caso de agua presurizada.

Para estimar el efecto del agua presurizada sobre el aislamiento, se analizó la rigidez en el laboratorio en condiciones realistas. Se comparó la rigidez del sistema en seco con la rigidez de un sistema totalmente sumergido en agua. Las Figuras 5 y 6 muestran el aparato de ensayo.

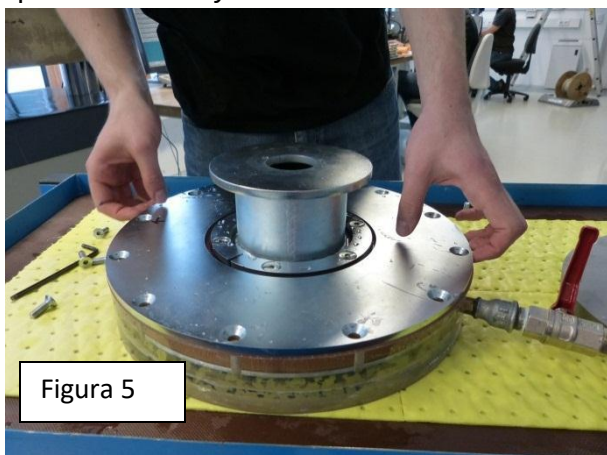


Figura 5

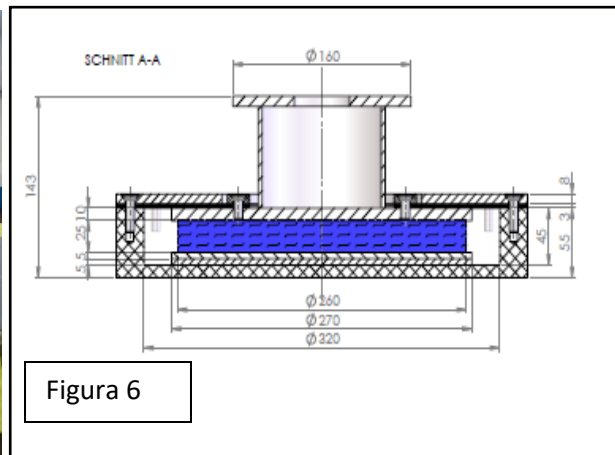


Figura 6

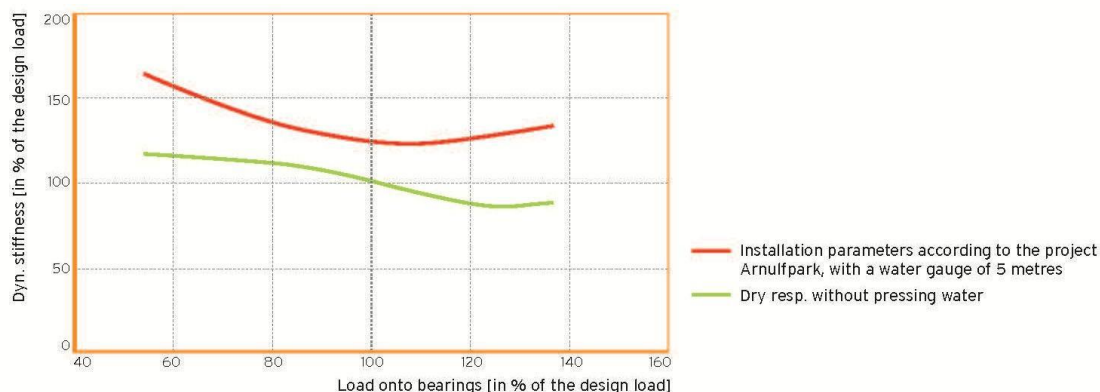
Para las pruebas se eligieron parámetros de instalación que reflejaban el proyecto Arnulfpark. La columna de agua se simuló utilizando una contrapresión constante de 0,5 bar, que se aplicó a través de una válvula a la que estaba conectada un cilindro de aire comprimido.

Los diagramas de las Figuras 7-9 muestran los valores medidos durante la prueba. Ilustran el cambio en la rigidez del sistema como una función de la carga de aislamiento específica para el sistema en seco y el sistema de agua presurizada. Todos los valores están normalizados según la rigidez del sistema en seco con la carga de diseño específica.

Rigidez del sistema con alfombrillas de PU (celular mixto)

Excitación sinusoidal, amplitud +/- 0,05 mm con 10 Hz saturado de agua

Figura 7

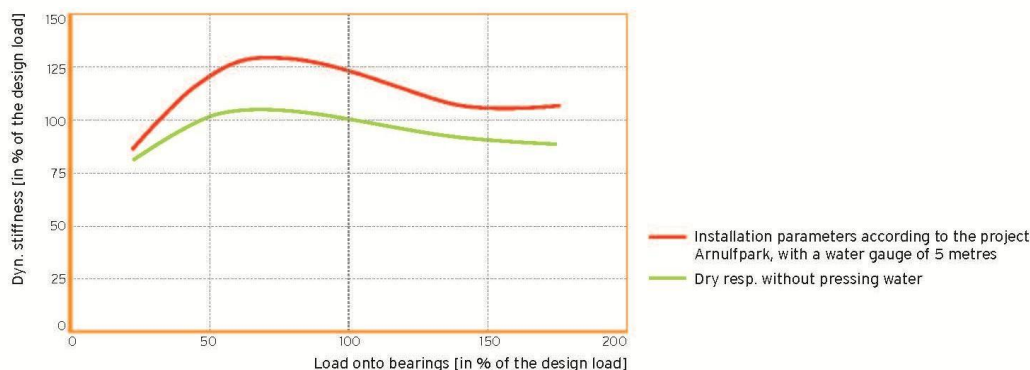


Rigidez del sistema con carga de diseño aprox. 25%

Rigidez del sistema con alfombrillas de PU (celular cerrado)

Excitación sinusoidal, amplitud +/- 0,05 mm con 10 Hz saturado de agua

Figura 8

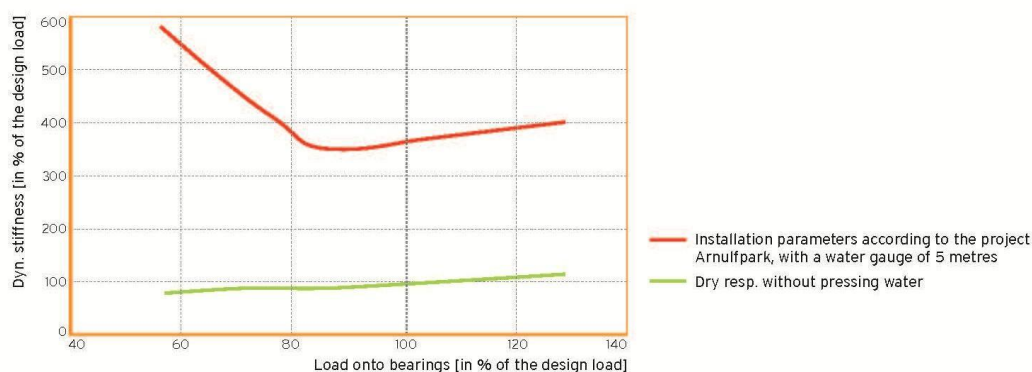


Rigidez del sistema con carga de diseño aprox. 18%

Rigidez del sistema con elastómero compacto

Excitación sinusoidal, amplitud +/- 0,05 mm con 10 Hz saturado de agua

Figura 9



Rigidez del sistema con carga de diseño aprox. 360%

Cambio en las propiedades del sistema

Figura 10

La variable más importante a la hora de evaluar la eficacia es la frecuencia natural.

PU (celular mixto) → Rigidez + 25%; frecuencia natural + 12%

PU (celular cerrado) → Rigidez + 18%; frecuencia natural + 9%

Elastómero compacto (elástico) → se mide como rigidez del aparato de ensayo +360%; el material de soporte reacciona incompresible en agua presurizada

En cada caso, rigidez del sistema respecto al cambio de frecuencia natural con la carga de diseño.

Las pruebas se llevaron a cabo en materiales de PU celular mixto y celular cerrado. En comparación con los materiales de PU celular, también se analizó un aislamiento de elastómero compacto; este material no absorbía agua. Su elasticidad se debía exclusivamente a la geometría (elástica). Se seleccionaron cualidades típicas para el uso en el aislamiento elástico de edificios.

La rigidez en cada caso se midió como un modelo de elasticidad tangente para una excitación sinusoidal. La amplitud de +/- 0,05 mm era muy pequeña conforme a la aplicación. La frecuencia de excitación era de 10 Hz. Para eliminar todas las inclusiones de aire, las muestras saturadas se amasaron antes de la instalación durante 1 hora a presión en un baño de agua con una amplitud de +/- 5 mm.

El aislamiento de PU se volvió rígido en un 25% y 18%, respectivamente. El aislamiento de elastómero compacto perdió toda su elasticidad en agua presurizada, indicando la medición un aumento en la rigidez del sistema del 360%. En nuestra opinión, la rigidez puede atribuirse al aparato de ensayo.

La variable más importante al evaluar la eficacia es la frecuencia natural. La rigidez se incluye bajo la raíz cuando se calcula la frecuencia natural.

El aumento de la rigidez del sistema en un 25% incrementa la frecuencia natural en un 12%. En cuanto a una frecuencia natural de 10 Hz, esto supone un incremento a 11,2 Hz. La Figura 10 muestra los valores de prueba medidos en toda una gama de materiales. Los valores de las pruebas se ajustan en gran medida a los valores empíricos.

A pesar de absorber agua, solo aumenta ligeramente la rigidez del sistema de los materiales celulares. Aunque el material compacto no absorbe agua, el sistema se mantiene incompresible en agua presurizada a todos los efectos.

Las pruebas demuestran que la cantidad de agua que absorbe un material de aislamiento no es un criterio adecuado para aplicar a la hora de evaluar su idoneidad de uso en el agua.

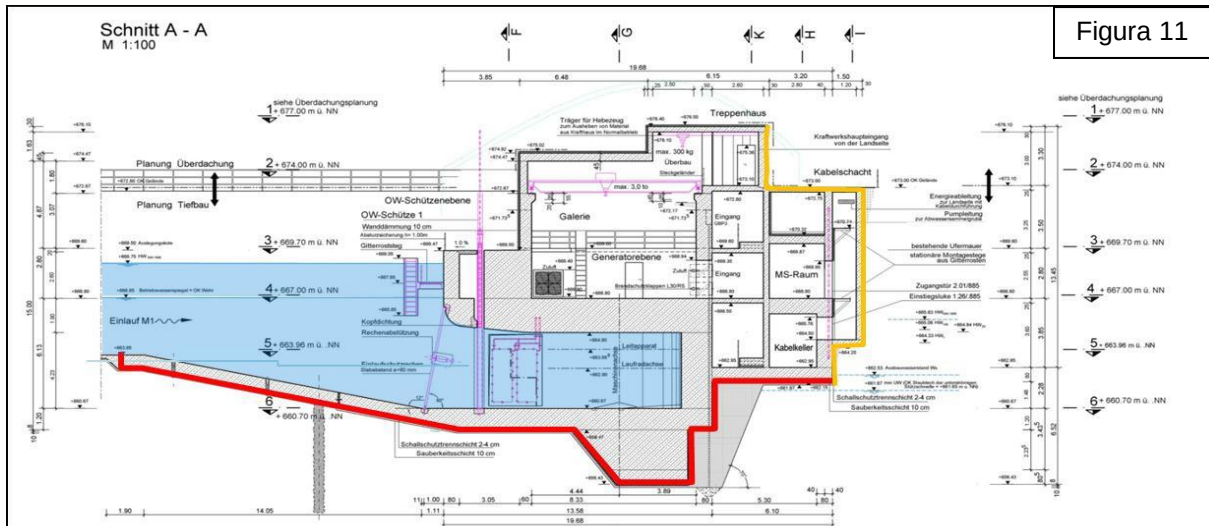
4) Proyectos de referencia

Los materiales Sylomer® se han empleado con éxito durante cuatro décadas en una gran variedad de aplicaciones de construcción. Se instalan a menudo en entornos húmedos o en agua. A continuación se muestra la idoneidad de Sylomer® y Sylodyn® para proyectos específicos.

Uso de Sylomer® → Kempten, nueva construcción de una central hidroeléctrica

Aislamiento de la sala de turbinas en toda la superficie

La sección transversal de la Figura 11 muestra los parámetros básicos de instalación.



Cabe suponer que todo el aislamiento se encuentra en el agua.

Kempten, nueva construcción de una central hidroeléctrica; aislamiento de la sala de turbinas en toda la superficie

Dr. Hansjörg Schmidt [5] describió en detalle el proyecto en el 4º Congreso de la VDI sobre dinámica de edificios (2012). Su artículo está publicado en las actas del congreso.

Se obtuvieron los valores de pronóstico calculados.

Uso de Sylodyn® → Múnich, proyecto Arnulfpark, nuevo edificio Panorama Towers

Separación de la placa del suelo en toda la superficie.

Como parte del proyecto de nueva construcción en Arnulfpark, se construyeron locales comerciales y dos bloques de apartamentos inmediatamente contiguos a la red de cercanías (metro ligero) de Múnich. Para ofrecer a los residentes una protección eficaz contra el ruido transmitido por cuerpos sólidos y las vibraciones, los edificios se montaron sobre unas alfombrillas de aislamiento elástico de Sylodyn en toda la superficie. Esto se hizo principalmente con el fin de ofrecer protección contra el ruido aéreo secundario. Con 16 Hz, la frecuencia natural deseada era relativamente alta en comparación con otros proyectos. No se utilizó ningún aislamiento para los locales comerciales.

Se instaló una capa de 18 mm de Sylodyn®. Se utilizaron diversos tipos en función de la carga específica. Las Figuras 12 a 14 muestran la instalación de las alfombrillas del suelo. También se utilizó Sylodyn® en los lados al nivel superior de agua medido. Sylomer® proporcionó el desacoplamiento por encima del nivel superior de agua. La Figura 15 muestra la instalación de las alfombrillas laterales.



Figura 12

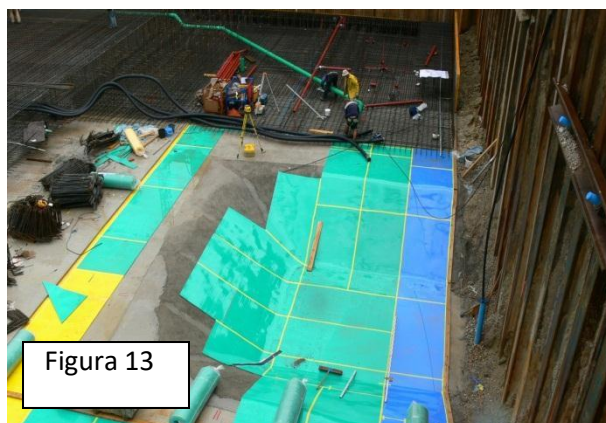


Figura 13



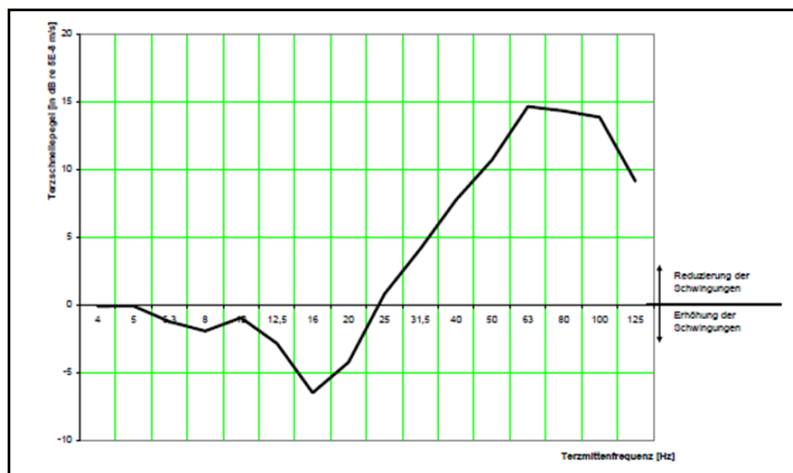
Figura 14



Figura 15

Los asesores de ingeniería Möhler + Partner siguieron el proceso de instalación muy de cerca. Se tomaron mediciones de control en diferentes momentos durante la construcción de los edificios. Estas se realizaron en la parte aislada del edificio (residencial) y en la parte no aislada del edificio (comercial) comparable desde el punto de vista arquitectónico. También fue posible comparar las mediciones en tercio de octava del ruido transmitido por cuerpos sólidos en la placa desacoplada del suelo con y sin aguas subterráneas.

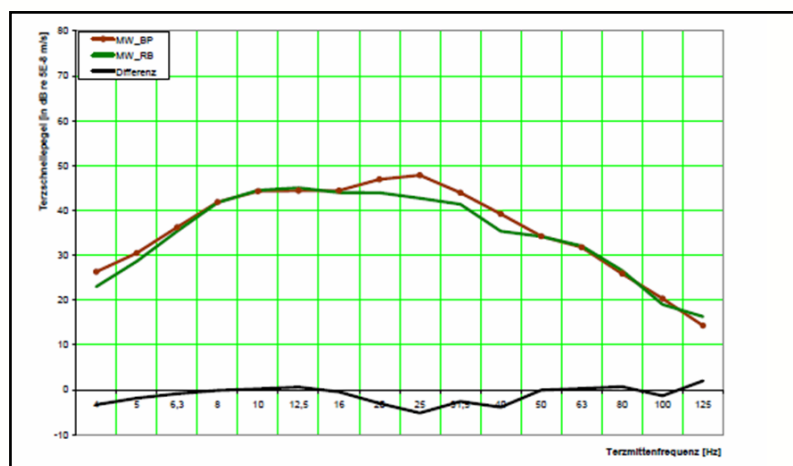
Si se comparan las mediciones realizadas en la parte no aislada del edificio con las mediciones en la parte aislada, se obtiene una estimación de la eficiencia de amortiguación del aislamiento elástico del edificio. El diagrama de la Figura 16 muestra la pérdida por inserción como diferencia del espectro de tercio de octava medido.



Pérdida por inserción como función de frecuencia

Medición sin descenso de aguas subterráneas

Figura 16



Nivel de velocidad con y sin agua como función de frecuencia

Línea roja = medición sin agua

Línea verde = medición con agua

Línea negra = diferencia

Figura 17

El diagrama de la Figura 17 muestra un tercio de octava del ruido transmitido por cuerpos sólidos medido en la placa del suelo con y sin agua. No hay ningún cambio importante aparente en las propiedades del sistema. En el rango de 20 Hz a 40 Hz, los niveles medidos con aguas subterráneas son ligeramente inferiores a los niveles sin agua.

Resumen

- ❖ **Sylomer® y Sylodyn® han demostrado ser químicamente resistentes.**
- ❖ **Se conocen los parámetros más importantes que afectan a la eficacia de la medida en estado saturado de agua. No cabe esperar ningún cambio importante en la rigidez estática y dinámica de Sylomer® o Sylodyn®.**
- ❖ **Los cambios en las propiedades del sistema se examinaron en agua presurizada. La rigidez del sistema aumentó ligeramente en el caso de las alfombrillas de PU celular. Los cambios se encuentran dentro de las tolerancias de construcción admisibles.**
- ❖ **Los productos Sylomer® y Sylodyn® se han instalado con éxito durante más de 40 años incluso en agua. Los resultados de las pruebas de laboratorio corresponden a la experiencia sobre el terreno.**

Fuentes

- [1] Elastogran Polyurethan-Systeme GmbH, Beständigkeit von Sylomermatten bei Wasserlagerung (1987)
- [2] Verkehr + Technik 57 (2004) H1, S3-9, Langzeit-Eigenschaften der Unterschottermatten im Münchner S-Bahntunnel nahe der Philharmonie am Gasteig.
- [3] Müller BBM, Bericht M67 366/1 (2006), Dynamischer Bettungsmodul von elastischen Matten Typ Sylomer® LR2501-50
- [4] 4. VDI –Fachtagung Baudynamik, Dipl.-Ing. Dr. techn. Hansjörg Schmid Ph.D., Erschütterung- und Körperschallschutz der Wasserkraftanlagen Keselstraße und Füssener Straße in Kempten/Allgäu
- [5] Bericht Nr. 800-3164; Elastische Gebäudelagerung Beim BV Arnulfpark in München Möhler + Partner AG; München (2010)