

INSTRUMENTACIÓN CONTINUA PARA EL SEGUIMIENTO DE DAÑOS EN INFRAESTRUCTURAS

Autores: Vicente Alegre Heitzmann.	Ingeniero de Caminos. COTCA, S.A.
Carmen Deulofeu i Palomas.	Ingeniero de Caminos. TMB
Valentín Ródenas Alias.	Arquitecto Técnico. COTCA, S.A.
Jaume Terzán Grau.	Ingeniero Industrial. COTCA, S.A.
Ignacio Valero López.	Ingeniero de Caminos. COTCA, S.A.

1 OBJETO

Las infraestructuras evolucionan en su respuesta, en función de la historia de cargas de todo tipo a que están sometidas. Están expuestas a deterioros bruscos o graduales consecuencia de acciones mecánicas o medioambientales, que pueden llevarlas más allá de los límites para los que fueron diseñadas.

Para evitar anomalías en el funcionamiento de las mismas, cada vez se demuestra más necesario, primero definir su estado actual, y posteriormente avanzar en el conocimiento de la respuesta real de los elementos estructurales que la componen, a las acciones que se producen.

Si se conoce el estado actual, y se lleva a cabo un control y seguimiento de las variables más significativas que definen su comportamiento, es posible crear las denominadas “estructuras inteligentes” capaces de informar en tiempo real de estados de carga que pueden suponer un riesgo y prevenir con la suficiente antelación las posibles disfunciones que se producen en las infraestructuras, que precisen a corto, medio o largo plazo de una intervención correctiva.

La necesidad de estos trabajos, viene justificada no solo por motivos de gestión y económicos, sino por las catástrofes que se podrían haber evitado con niveles adecuados de conocimiento sobre la infraestructura. Ejemplos donde hubiera tenido aplicación son: la inundación del río Deva en Siberia o más directamente relacionado con el ejemplo aquí presentado, los túneles en Francia (Montblanch) y Suiza (Tauern).

En este trabajo se presenta la metodología para realizar la definición del estado actual de toda la Red del Metro de Barcelona, la instrumentación continua planteada para definir su estado actual, y el seguimiento del mismo, en especial de las zonas con daños. En el caso concreto de la red del metro, se ha creado un software que a partir de la definición virtual de la red en un momento cero inicial, con sus niveles de daños, permite implementar su evolución en el tiempo, incorporando las modificaciones, y los datos de las instrumentaciones que definen en cada momento el estado actualizado.

2 DEFINICIÓN DEL ESTADO ACTUAL

La toma de datos para definir el estado actual, comprende dos aspectos fundamentales:

* La definición formal de la estructural a nivel técnico, con objeto de conocer con exactitud la tipología estructural en estudio, ya sea a través del estudio de la documentación existente (cuando se dispone de ésta) o complementando ésta con el número suficiente de catas y ensayos para determinar la veracidad de los documentos disponibles o completar éstos.

* El grafiado en planos de los daños observados en las partes vistas de las estructuras, reflejando cuantos aspectos se consideren de interés. El catálogo, realizado siempre por un técnico especialista y/o una técnica contrastada definirá con criterio fisuras, humedades, vías de filtración, cambios de color, corrosiones, huecos, aplastamientos, lixiviaciones, coqueas, eflorescencias, desadherimientos, desconchados, vibraciones, etc.

Mientras la primera fase requiere trabajos de gabinete y campo arduos, la segunda fase, puede resolverse en el caso de los túneles mediante el túnel – scanner, que realiza un levantamiento digitalizado continuo de cada una de las líneas del Ferrocarril Metropolitano y permite disponer de toda la información visual y geométrica de los túneles en cualquier ordenador de sus oficinas. En este caso se predefine el estado actual y se instrumenta una de las principales variables que definen el comportamiento como es la geometría.

De esta forma se dispone de una información completa sobre el estado de cada túnel que, por un lado, puede utilizarse para planificar inspecciones de detalle posteriores y, por otro, constituye una herramienta básica que ayudara a realizar el seguimiento futuro del estado de estos túneles.

Previamente a la realización de la inspección digitalizada se procede a comprobar el balizamiento de los túneles, colocando puntos de referencia cada 20-25 m en sus paramentos.

La inspección digitalizada se realiza con un equipo túnel scanner que proporciona una imagen visual y un perfil topográfico continuo de la superficie de un túnel incluyendo tanto bóveda y paramentos como la solera del túnel.

El equipo materialmente consta de una unidad que se monta exteriormente en el frontal de un vehículo, y genera un rayo láser, el cual gira a través de un cabezal rotativo que lo orienta hacia el perímetro del túnel, proporciona tanto el perfil geométrico de la sección transversal, como su correspondiente imagen real digitalizada. En el interior del vehículo se instalan los equipos auxiliares necesarios.

El vehículo para vía sobre el que se monta se desplaza a una velocidad constante de unos 4 km/h registrando durante este desplazamiento todos los datos necesarios para obtener la imagen y la geometría de la sección transversal a lo largo de todo el túnel.

En las figuras nº 1 y nº 2 se presentan, respectivamente, la imagen digitalizada del perímetro de un Túnel en Barcelona y el perfil transversal de una sección del mismo.

En la figura nº 3 se muestra el equipo montado en una unidad del Metro de Barcelona, durante uno de los trabajos realizados.

La información obtenida está totalmente digitalizada y se entrega en formato CD y por tanto puede ser tratada posteriormente con enormes posibilidades en cuanto a la explicación de la información obtenida se refiere. Bajo la información gráfica se incorpora una guitarra (base de datos) con la información de daños explicitada y catalogada para su posible seguimiento y actualización posterior.

3 INSTRUMENTACIÓN

Una vez definido el estado actual, deben instrumentarse las variables que definen las causas de los daños. Así, por ejemplo si se quiere conocer la evolución de una fisura y la posible influencia térmica , se puede colocar un flexímetro potenciométrico, un sensor de temperatura y uno de humedad que permitan definir la evolución de la fisura.

En el caso de infraestructuras complejas, deben de instrumentarse las variables asociadas a temas de riesgos.

En la red del metro de Barcelona la realización de la inspección digitalizada, permite primero definir el estado actual simultáneamente al nivel de daños y de geometría del túnel, posteriormente en los tramos donde se producen oscilaciones o asientos, al volver a pasar el registro digitalizado con el nivel de precisión del láser, se puede analizar el riesgo de la infraestructura como consecuencia del asiento o deformaciones medidas, esto sustituye o complementa a instrumentaciones típicas básicas de este tipo de infraestructuras, como son las medidas de convergencia en secciones afectadas o las nivelaciones de precisión en la clave y en la superficie.

Por otra parte la medición continua de variables es el paso previo a crear modelos estadísticos de comportamiento de la infraestructura, modelos de comportamiento basados en observaciones experimentales.

Se trata de definir la respuesta de la estructura a través de su propia historia pasada. Si la instrumentación es adecuada y la información experimental fiable constituye una herramienta rigurosa para predecir el comportamiento futuro. El modelo debe ser capaz de introducir las componentes que representan cada una de las acciones que se consideran significativas, y debe finalizar por una evaluación de errores. El procedimiento normal consiste en hacer una partición de los datos medidos de forma continua o cuasi-continua, unos para ajustar el modelo y otros para probar su bondad; se calcula el modelo utilizando solo los primeros correspondientes a un periodo previo; entonces se puede hacer una prognosis del modelo hacia los segundos para validarlo y/o estudiar el error. La validación del modelo es el resultado de la consideración conjunta de los datos experimentales y de la explicación que de los mismos hace aquél. En resumen, si se consigue conocer la respuesta de la estructura a una serie de acciones en un periodo determinado, que puede considerarse de ajuste, se puede modelizar el comportamiento y posteriormente confirmar el modelo con la evolución del otro periodo (de prueba).

4 INFORMATIZACIÓN DE DATOS

Toda la información procedente de la documentación existente, catas y ensayos realizados, catálogo de daños, e instrumentación con el registro de la inspección digitalizada y la geometría del túnel en un momento dado, debe de informatizarse para poder posteriormente gestionarla, actualizarla y modificarla en función de la evolución, reformas y mejoras de la infraestructura.

El desarrollo de una solución informática, (que almacene, visualice, y gestione los datos de múltiples orígenes y formatos, quedando perfectamente situados en planos mediante una localización georeferenciada intrínseca al dato), se enmarca en los denominados Sistemas de Documentación Electrónica implementados bajo plataforma SIG (Sistemas de Información Geográfica), cuyo objetivo es el de gestionar y visualizar documentación digitalizada de cualquier tipo, derivada del escaneado de documentación en soporte papel o del almacenamiento directo de orígenes documentales electrónicos (documentos almacenados con tratamiento de texto, fichas de base de datos, imágenes obtenidas digitalizadas, etc...), con acceso localizado sobre planos e imágenes base.

La alternativa al uso de los complejos sistemas SIG, con la posibilidad de utilizar a la vez documentación electrónica de muy diferentes tipos, (e incluso con la posibilidad de aportar una adaptación total al tipo de informe), recogida mediante la creación de formularios para la visualización, e incluso gestión; consiste en el desarrollo específico de una solución propia, con capacidad de adaptación a los nuevos datos y opciones, incorporando a la visualización de datos georeferenciados en la inspección de túneles, la posibilidad de gestión y creación de estructuras

adaptadas a los datos inventariados a lo largo de la campaña de inspección de la red del Metro de Barcelona.

5 CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

Con este tipo de estudio la administración local de TMB, y los técnicos que lo han impulsado, han generado una herramienta de futuro que, entre otras ventajas:

- Permite definir el estado actual de la red de forma ágil y tecnicada (92 kms en 15 días) y los puntos conflictivos de la misma que requieren actuaciones de reparación.

- Impulsa en el futuro la gestión de la red desde el punto de vista técnico y económico, incorporando en el sistema de informatización de datos creado todas las actualizaciones consecuencia de mejoras, ampliaciones e incidencias.

- Cuando se detecten anomalías en el estado de la red, la instrumentación de las variables que definen su estado ayudará en cada caso a valorar el riesgo, siempre que se haya creado algún modelo estadístico de seguimiento continuo de las variables que afectan a la disfunción.

- De cara al futuro, los daños en la infraestructura, y sus consecuencias en la población (túneles de Montblanch y Tauern) suponen de nuevo un impulso a las técnicas del conocimiento, con la creación de estructuras instrumentadas y modelos estadísticos para su interpretación (estructuras inteligentes), con capacidad de acotar riesgos, informando en tiempo real de las acciones o movimientos que puedan suponer alguna disfunción.

BIBLIOGRAFÍA

“El futuro de la patología” III Congreso Nacional de la Ingeniería Civil”. Nov. 1.999. Vicente Alegre
“Modelos estadísticos” Doc 199026. Kinesia.1.990. Vicente Puchol.