

## REPARACIÓN DE TUBERÍA DE HORMIGÓN DN 1600 MM. CON FIBRA DE CARBONO EN MADRID

DENTRO DE LAS ACTUACIONES QUE ESTÁ LLEVANDO A CABO ACCIONA AGUA EN EL CONTRATO DE "OBRAS REFERIDAS A ACTUACIONES URGENTES DE RENOVACIÓN Y REPARACIÓN EN LA RED DE ABASTECIMIENTO Y EN LA RED DE AGUA REGENERADA DE CANAL DE ISABEL II GESTIÓN, S.A. DEL QUE ES ADJUDICATARIO DESDE OCTUBRE DE 2017 SE HA REALIZADO LA REPARACIÓN DE LA ARTERIA PRINCIPAL DEL ESTE CON UN SISTEMA DE FABRICACIÓN DE TUBERÍA IN-SITU DE FIBRA DE CARBONO.

La actuación se ha realizado en una tubería de diámetro nominal 1600 mm de hormigón pretensado con camisa de chapa, con unas presiones de servicio entre 9 y 15 bar de presión. Esta conducción sirve como anillo de distribución en la ciudad de Madrid.

Previa a la reparación, se ha llevado a cabo una inspección interior para conocer el estado de la tubería, estableciéndose una serie de anomalías que afectaban a su estado estructural y que debían ser subsanadas para evitar posibles fallos o roturas. Estas acciones se enmarcan dentro del mantenimiento preventivo a realizar en este tipo de conducciones principales.

Como resultado de la inspección, se seleccionaron 9 tramos en los que el estado de las armaduras indicaba que podían ser susceptibles de rotura. Al no ser tubos consecutivos, se descartó la sustitución por medios tradicionales, por ello se estudiaron las posibles soluciones para su sustitución o rehabilitación por medios alternativos.

En este caso, se optó por la fabricación in-situ de una tubería de fibra de carbono mediante tecnología de infusión de resina epoxi y consolidación por vacío. Este sistema permite la obtención de una nueva tubería de iguales o mejores capacidades que la existente desde el interior sin ser necesario ningún tipo de obra civil.

La tubería resultante tiene las características necesarias para aguantar las presiones de servicio y cargas a las que va a ser sometida por sí sola, ya que la tubería existente solo se utilizará como encofrado perdido, sin aportar capacidades resistentes.

Los trabajos se planificaron para realizarse en 2 fases: 4 tramos en el mes de octubre y 5 tramos de en el mes de diciembre de 2018. Se ha fabricado un total de 76 metros de nueva tubería de fibra carbono.

Para la fabricación de la tubería, entre otros datos, se tiene como datos de partida la presión a la que va a estar sometida, definiendo gramaje de refuerzo estructural a realizar. En este caso, se ha utilizado un refuerzo estructural de gramaje  $\pm 4000 \text{ g/m}^2$  de fibra de carbono para los tramos con presión hasta  $8 \text{ kg/cm}^2$ , de gramaje  $\pm 6000 \text{ g/m}^2$  de fibra de carbono para los tramos con presión de 8 hasta  $12 \text{ kg/cm}^2$ , y de gramaje  $8000 \text{ g/m}^2$  de fibra de carbono para los tramos con presión de 12 hasta  $16 \text{ kg/cm}^2$ .

### Metodología

El procedimiento de ejecución in situ, ha consistido en las siguientes fases:

1. Preparación de superficie: Chorreado con agua a presión, deshumidificación, reconstrucción de superficies, retirada de lodos y secado.
2. Imprimación y protección: imprimación con resina epoxi y protección con tejido pelable. El tejido pelable evita la contaminación del sustrato durante el tránsito de los trabajadores en el interior de la tubería. Este tejido se retira para la implantación de la fibra de carbono y una de sus principales funciones es la

## REPAIR OF DN 1600 MM CONCRETE PIPE WITH CARBON FIBRE IN MADRID

ACCIONA AGUA WAS AWARDED THE CONTRACT FOR URGENT RENOVATION AND REPAIR WORK IN THE WATER SUPPLY AND RECLAIMED WATER NETWORKS OF CANAL DE ISABEL II GESTIÓN, S.A. IN 2017. AMONGST THE WORK CARRIED OUT IN THE SERVICING OF THIS CONTRACT WAS THE REPAIR OF THE MAIN EASTERN ARTERY OF THE SUPPLY NETWORK. THIS REPAIR WORK WAS UNDERTAKEN USING AN ONSITE CARBON FIBRE PIPE MANUFACTURING SYSTEM.

The work was carried out on a prestressed concrete pipe of 1600 mm in nominal diameter with a sheet-metal jacket and service pressures of between 9 and 15 bar. This pipeline acts as a distribution ring for the city of Madrid.

Prior to commencing the repair operation, an internal inspection was undertaken to check the condition of the pipe. A number of anomalies were identified that affected the structure of the pipe and these had to be corrected to prevent potential failures or breakages. This work falls within the framework of preventive maintenance required for this type of water main.

As a result of the inspection, 9 sections were selected in which the condition of the reinforcing frame indicated susceptibility to breakage. Because the pipes affected were not consecutive, the option of replacing them by traditional methods was ruled out and possible options for their replacement or renovation by alternative methods were studied.

In this case, it was decided to implement onsite manufacturing of a carbon fibre pipe using epoxy resin and vacuum consolidation technology. This system enables a new pipe of the same or better properties than the original pipe to be obtained from the interior without the need for any civil engineering work.

The resulting pipe has the necessary characteristics to withstand the service pressures and loads to which it will be subjected independently, given that the existing pipe is only used as lost formwork and does not provide any resistance capacity.

The work was planned in 2 stages: 4 sections in the month of October and 5 sections in the month of December of 2018. A total of 76 metres of new carbon fibre pipe was manufactured.

For the purpose of manufacturing the pipe, the baseline data implemented was the pressure to which it would be subjected, defining the grammage of structural reinforcement to be carried out. In this case, structural reinforcement grammage of  $\pm 4000 \text{ g/m}^2$  of carbon fibre was used for the sections with pressures of up to  $8 \text{ kg/cm}^2$ , grammage of  $\pm 6000 \text{ g/m}^2$  of carbon fibre for sections with pressures

Imprimación y colocación de tejido pelable. | Priming and application of peelable coating



Inspección del infusinado de la fibra de carbono | Inspection of carbon fibre infusion



de proporcionar una superficie rugosa donde posteriormente se pueda adherir la fibra de carbono.

3. Sistema de infusión y vacío: Colocación del tejido de fibra de carbono y consumibles para el control de impregnación y posterior consolidación del vacío.
4. Retirada de consumibles, inspección inspecciones del laminado de fibra de carbono: comprobación de correcta orientación de fibras, ausencia de fibras no impregnadas o expuestas, ausencia de imperfecciones o sustancias foráneas al sistema, ausencia de delaminaciones y oclusiones de aire, comprobaciones de dureza Shore D.
5. Aplicación de recubrimiento de acabado apto para agua potable
6. Curado de la aplicación de recubrimiento a temperatura ambiente.
7. Inspección final del recubrimiento de acabado.

### Ventajas y puntos clave

1. Fiabilidad. Nueva tubería de fibra de carbono fabricada con un sistema que aporta las mejores propiedades posibles sin la posibilidad de utilización de hornos o autoclave.
2. Durabilidad. Vida estimada 40 años.
3. Seguridad. Con los trabajadores y con el medio ambiente, tanto en la fase de construcción como de instalación. El impacto ambiental de la solución empleada ha sido el mínimo posible, no siendo necesaria la utilización de ningún medio de excavación o maquinaria pesada con el correspondiente consumo y emisión de CO<sub>2</sub>, así como vapores de trabajos convencionales de corte y soldadura.
4. Rapidez. Ejecución en la mitad de tiempo de una reparación por medios tradicionales.

of 8 to 12 kg/cm<sup>2</sup>, and grammage of 8000 g/m<sup>2</sup> of carbon fibre for sections with pressures ranging from 12 to 16 kg/cm<sup>2</sup>.

### Methodology

The onsite execution procedure consisted of the following stages:

1. Surface preparation: high-pressure water jet cleaning, dehumidification, reconstruction of surfaces, sludge removal and drying.
2. Priming and protection: priming with epoxy resin and protection with a peelable coating. The peelable coating prevented contamination of the substratum caused by workers moving inside the pipe. This coating was removed for the application of the carbon fibre and one of its main functions was to provide a rough surface to which the carbon fibre could adhere.
3. Infusion and vacuum consolidation system: Positioning of the carbon fibre fabric and consumables for the control of impregnation and subsequent consolidation of the vacuum.
4. Removal of consumables and inspection of carbon fibre sheet, checking of correct orientation of fibres, ensuring the absence of non-impregnated or exposed fibres, ensuring the absence of imperfections or foreign substances in the system, ensuring the absence of delamination cracking and air blockages, and the carrying out of Shore D hardness tests.
5. Application of finishing coat suitable for drinking water
6. Curing of coating application at ambient temperature.
7. Final inspection of finishing coat.

### Key benefits

1. Reliability. New carbon fibre pipe manufactured by means of a system that provides the best possible properties where the use of kilns or autoclaves is not possible.
2. Durability. Estimated service life of 40 years.
3. Safety. In terms of workers and the environment, in both construction and installation stages. The environmental impact of the solution implemented was the minimum possible as no excavation or heavy machinery was required, thereby eliminating associated energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions. Moreover, the fumes associated with conventional cutting and welding work were also prevented.
4. Speed. The work was carried out in half the time required for repair with traditional methods.

Infusión de resina en fibra de carbono por vacío | Carbon fibre vacuum infusion with epoxy resin

