



Nuevas Tecnologías en el Sellado de Juntas. Respomuso. V0

1- RESUMEN

Se trata de una presa de contrafuertes de 1954 situada en el Pirineo Oscense a 2.100 m de altura. El sistema de estanqueidad, a base de pozos de bentonita había envejecido, así como diversas tentativas de reparación realizadas a lo largo de los años. Como consecuencia habían surgido importantes filtraciones con tendencia a aumentar.

El conjunto de las fugas superaba los 1.000 l/mn. Frente a las técnicas tradicionales de sellado de juntas, mediante aplicación de masillas o bandas impermeables en el paramento de aguas arriba, se optó por la ejecución de una barrera estanca, desde aguas abajo, con embalse lleno. De este modo se compatibilizaba el desarrollo de los trabajos con la adecuada planificación de la producción hidroeléctrica.

Se aplicaron técnicas mixtas de inyección a alta presión de masillas epoxidicas acuaestables con inyección a baja presión de formulaciones acuarreactivas de elevada velocidad de espumación. Lo novedoso del sistema estriba en que la reparación se realiza en servicio, viendo la efectividad del tratamiento al tiempo que se va ejecutando.



Vista general de la presa de Respomuso

2- ANTECEDENTES

La presa de Respomuso, está situada a 2.100 m de altura, en el Pirineo de Huesca, en el nacimiento del Valle de Tena. Se trata de una presa de contrafuertes con cabeza de diamante separados 12 metros, proyectada por Vallarino y Ripio, cuya construcción concluyó en 1958. Es similar a otras de la época, como la de Chandreja en Orense.

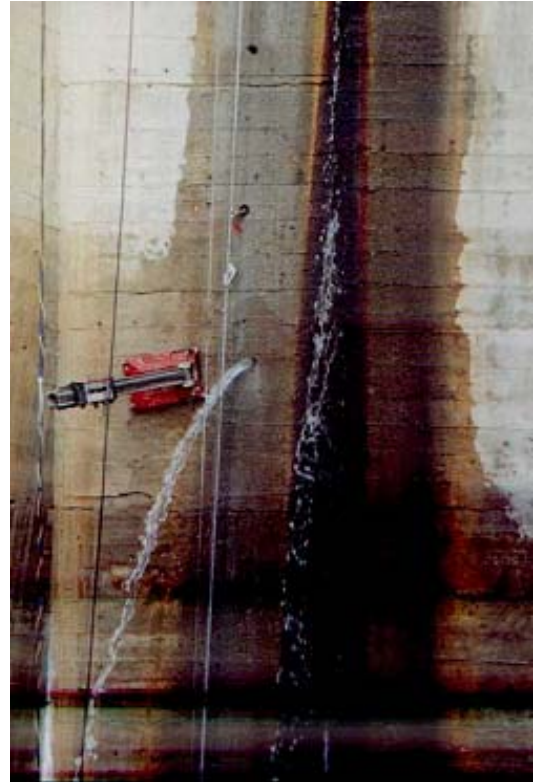
La estanqueidad de las juntas estaba confiada a unos pozos paralelos al paramento de aguas arriba, rellenos de bentonita cemento, complementados con un cartón embreado colocado en el propio plano de la junta. Como consecuencia del envejecimiento se fueron produciendo fugas que se repararon en diversas ocasiones, ya sea volviendo a colocar bentonita cemento, ya sea desembalsando y adhiriendo bandas elásticas, a modo de cubrejuntas sobre el paramento aguas arriba. Como quiera que las diversas tentativas de reparación realizadas a lo largo de los años habían ido degradándose con el tiempo, ENDESA, propietaria de la obra, decidió acometer una nueva reparación en servicio, sin alterar la cota de embalse.

La presa tiene una altura máxima de 52 metros y consta de 14 bloques, que dan lugar a 13 juntas. Aunque prácticamente todas las

juntas tenían alguna pequeña fuga, sólo podían considerarse importantes las correspondientes a las juntas 3, 5, 6, 8 y 9.

Las fugas no se producían de forma uniforme. Muy al contrario se concentraban en puntos localizados, con importantes caudales. Se colocó un aforador de labio en V, para cuantificar las fugas de las cinco primeras juntas. Antes del inicio de los trabajos el aforador daba 200 l/mn.

La ubicación de la obra, en alta montaña, sólo accesible en helicóptero, los 52 metros de altura de la presa, la subverticalidad de los paramentos y la presencia de grandes pozas de agua a pie de junta, requirieron la puesta a disposición de los trabajos de complejos medios auxiliares así como de personal muy especializado.



Estado de las juntas antes de la actuación

Las fugas de agua, con importantes caudales puntuales de centenares de litros por minuto, impulsados por una columna de agua de varias decenas de metros, obligaron a poner a punto un método nuevo, que resultó extraordinariamente efectivo consistente en:

- Sellado previo provisional de las fugas
- Perforación de las juntas y drenaje de las filtraciones
- Inyección de relleno con polímeros
- Las filtraciones tratadas con este método se dejaron reducidas prácticamente a cero.

3- EL ENTORNO

El acceso desde la presa de La Sarra, junto a Sallent de Gállego se realiza en helicóptero (3 mn) o, andando por una senda, la Gran Ruta 11 (GR-11) que recorre el Pirineo desde el Cantábrico hasta el Mediterráneo. Desde La Sarra donde se dejan los vehículos, se requieren unas 2 horas y media, con calzado adecuado y una más que aceptable forma física para acceder. El paisaje extraordinariamente cambiante es de una belleza sorprendente. Numerosos regatos y fuentes de agua cristalina del deshielo jalonan el sendero, lo que hace el trayecto más llevadero.

La obra se trató de programar para que el personal pudiera descansar cada 5 o 6 días, bajando andando y regresando 2 o 3 días después, en helicóptero. La falta de disponibilidad de vuelos

hizo que el cronograma real de obra, no se pareciera en nada al previsto.

4- TÉCNICAS DE SELLADO

El doble condicionante de trabajar con embalse lleno y desde aguas abajo, obligó a realizar el sellado mediante inyecciones de polímeros, técnica utilizada, con éxito en ocasiones anteriores. En aquellas juntas en las que las fugas no eran de gran importancia, como la 3, se optó por el empleo de formulaciones acuarreactivas, dejando las acuaestables para aquellas en las que los caudales de fuga eran realmente importantes.

4.1. SELLADO CON RESINAS ACUAESTABLES

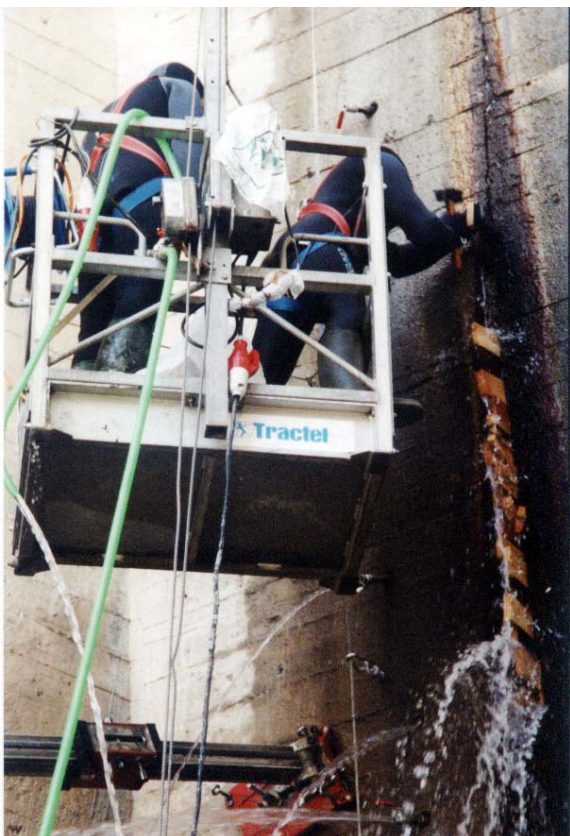
La técnica tiene tres fases:

Fase 1: Se realiza un sellado del exterior de la junta en el paramento aguas abajo. Se han probado diversos sistemas, como cajeadado de la junta y relleno con mortero de cemento rápido, pero el que mejor resultado ha dado, siendo el más barato es la colocación de cuñas de madera. Evidentemente estas cuñas no consiguen la estanquidad de la junta, pero aumentan considerablemente las pérdidas de carga de las fugas, con lo que se logra que la velocidad de salida del agua sea inferior a la inicial.

Fase 2: Peroración de taladros de diámetro 46 mm a rotación con sonda de diamante. Este sistema de perforación, aunque resulta más caro que el de rotoperforación, presenta varias ventajas, entre las que se encuentran:

- Desviaciones mínimas del taladro
- No introduce detritus en la junta
- Mejora el cierre del obturador
- Asegura que se ha cortado la junta al recuperar el testigo

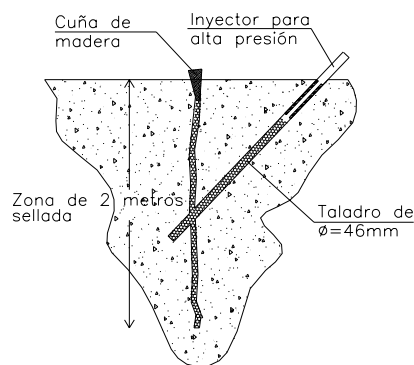
Colocación de cuñas de madera para el sellado exterior de junta.



Control del caudal de agua

Los taladros cortan a la junta a un metro del paramento aguas arriba y su espaciado varía, en altura entre 50 cm en los puntos de grandes vías de agua puntuales, a los 200 cm, donde las fugas son menos importantes. Se dota cada uno de un inyector que comprende un tubo metálico de inyección, un obturador de caucho y una llave de bola. Una vez que el taladro ha cortado a la junta, empieza a actuar como drenaje, con lo que las fugas por el exterior de la junta se reducen considerablemente. En la primera foto se puede apreciar la máquina de perforación anclada al paramento y varios taladros drenando la parte inferior de la junta.

Fase 3: Se procede a la inyección de sellado a través de los obturadores previamente colocados. Se comienza desde la parte más alta de la junta y se va bajando a medida que se va consiguiendo el completo sellado. El material utilizado es una masilla extraordinariamente viscosa de una formulación epoxídica acuaestable. La inyección se realiza con una bomba, de diseño propio, de alta presión, que, más que bombear, extrusiona un material de consistencia similar a la plastilina, a través del tubo de inyección, hasta la junta. El proceso de inyección se esquematiza en la siguiente figura:



Esquema de sellado de junta

Fase 4: Transcurridas unas horas, la masilla ha polimerizado y se puede proceder a la retirada de las cuñas y al corte de los obturadores, que son sellados, por motivos, esencialmente estéticos, con un mortero rápido de cemento.

Para el éxito de la operación se ha debido contar con material formulado en exclusiva para este tipo de aplicaciones. Las condiciones exigidas fueron:

- No ser miscible con el agua para que no pierda propiedades.
- Ser muy viscoso para que la corriente de agua no lo arrastre.
- Endurecer en inmersión a bajas temperaturas rápidamente.
- Adherir al hormigón bajo agua.
- Tener una baja tensión superficial para disminuir pérdidas de carga.
- Conservar sus propiedades en el tiempo.
- No retraer.
- Con estos condicionantes, el único material disponible en el mercado ha sido una formulación de resinas epoxídicas.

4.2. SELLADO CON RESINAS ACUARREACTIVAS

En la junta 3, que presentaba un caudal apreciable, pero sensiblemente inferior al de las demás, se optó por cambiar ligeramente el procedimiento, tratando de encontrar una solución más económica. Las Fases 1 y 4, anteriormente descritas, son iguales con las dos técnicas. Los cambios introducidos son los siguientes:

Fase 2: Las perforaciones no son secantes a la junta, sino que se realizan en su propio plano. La longitud de los taladros pasa entonces de 120 cm a sólo 50 cm. El espaciamiento en altura varía también de 50 cm a 200 cm en función de la importancia de la fuga en cada zona. Cada taladro se dota de un inyector de las mismas características que los de la inyección con masilla.

Fase 3: El material empleado es una formulación acuarreactiva. Las formulaciones acuarreactivas utilizadas son resinas de poliuretano que utilizan como endurecedor isocianato, material que, en presencia de agua, sufre una degradación que genera burbujas de gas. Antes de endurecer, el poliuretano pasa por una fase gel en la que va aumentando su viscosidad. Las burbujas generadas son atrapadas en el gel, produciéndose una espuma capaz de aumentar de 10 a 20 veces el volumen del líquido inicial.

Este aumento de volumen sólo se produce si existe espacio libre, ya que el hinchamiento no genera presiones contra las paredes de su confinamiento. El tiempo de reacción es variable y controlable, depende de la temperatura, el grado de agitación, el tipo de endurecedor y su proporción de mezcla con respecto a la resina. Aunque el fabricante suministra unas curvas tipo de reacción, es necesario, antes de establecer la proporción de mezcla, único parámetro controlable, realizar ensayos justo en obra.



Proceso de inyección con resinas acuarreactivas

Una vez endurecido el material se obtiene una espuma de características heterogéneas que adhiere discretamente sobre el hormigón. Estas espumas son adecuadas para formar tapones, más o menos provisionales, donde existan importantes cavidades a rellenar y las corrientes de agua no sean muy importantes.

En cuanto a las técnicas de inyección, son radicalmente distintas a las empleadas para las resinas acuaestables. Si en este último caso la técnica se basa en inyectar con el máximo de presión y caudal que las condiciones permitan, con objeto de desplazar o bloquear las vías de agua y provocar la compresión elástica localizada del hormigón, en el caso de las acuarreactivas se debe trabajar con bajos caudales y prácticamente sin presión.

Con los acuaestables se realiza una operación activa en la que se pretende "echar" el agua fuera del hormigón. Los acuarreactivos es una técnica "pasiva" donde el material se deposita en la corriente de agua, dejándose arrastrar por ella hasta que, al espumar, se van produciendo pequeñas barreras en la corriente de agua.

Con los epoxi se puede controlar y garantizar que toda la zona tratada ha quedado sellada, con los acuarreactivos sólo se puede llegar a certificar que el flujo de agua ha cesado, no que exista una zona de completo sellado. No obstante, el resultado del sellado con acuarreactivos fue muy satisfactorio también.

5. CONCLUSIONES

Tradicionalmente la reparación de presas se ha venido haciendo cuando lo han permitido las condiciones de explotación de la instalación. En los casos más graves, es la explotación la que debe cesar y adaptarse a las necesidades de tiempo y de condiciones de embalse que la reparación requiere. En todo caso explotación y reparación solían ser actividades incompatibles en el tiempo. La introducción de nuevos materiales, como los polímeros, ya sean acuaestables o acuarreactivos, y el desarrollo de nuevas tecnologías, como la extrusión de sólidos visco elásticos a alta presión, permiten efectuar reparaciones, ya sea para cortar filtraciones o para sellar fisuras, sin interrumpir la explotación de la instalación

En los sistemas tradicionales, los resultados del trabajo no se pueden apreciar hasta que, pasadas semanas, o meses, el embalse alcanza, de nuevo su cota máxima. Cualquier retoque, requiere obviamente una nueva parada de la instalación para efectuar el correspondiente desembalse. Los costes de la parada, que en muchos casos suelen ser muy superiores a los de la propia reparación, se disparan.

Sin embargo este tipo de soluciones que proponemos, donde la efectividad del tratamiento se comprueba en tiempo real, permiten repetir la intervención en las zonas en las que, eventualmente, en una primera pasada, no se hubiera conseguido el objetivo, hasta la solución total del problema.

También conviene insistir, en que el hecho de independizar reparación y explotación, permite intervenir en el momento más adecuado desde el punto de vista técnico, no subordinando la realización del trabajo a condicionantes externos.

Más de una treintena de presas reparadas con éxito en los últimos años avalan, no solamente la efectividad de la tecnología, sino su estabilidad a largo plazo.

www.hcc-es.com

Avda. Euskadi 5. 28917 Leganés. Madrid

Telf. 916108506. Fax: 916107827

Dpto. Comercial: virginia@hcc-es.com

