Obras

Refuerzo del hastial en falso túnel

Reparación y refuerzo estructural

Datos de la obra:
Refuerzo del hastial derecho en falso túnel

Lugar:
SODUPE (Vizcaya)

Dirección facultativa:
Diputación foral de Vizcaya

Proyectista:
D. Carlos Alonso

Empresa aplicadora:
Técnicas de reparación estructural AITZGORRI, S.L.

Fecha:
Abril - Junio 2006

Productos empleados:
Concresive 4000
Apoten Anclajes (Masterflow 140)
Masterflow 150
Apogel (Concresive 1360)

BASF
The Chemical Company

1. ANTECEDENTES

La obra denominada *Variante de Sodupe*, en su tramo *Artxube-Sodupe Norte*, fue ejecutada en 2.000-2.001 para la Diputación Foral de Bizkaia por la unión temporal de empresas formada por Construcciones Cantábricas, Enrique Otaduy y Eraiker.

En cuanto a estructuras, en este tramo se ejecutaron 3 túneles y varios puentes, en los cuales ya en 2.001, se efectuaron varias actuaciones de impermeabilización, reparación y protección por la empresa integrante del CLUB DIR Técnicas de Reparación Estructural Aitzgorri S.L.

Entre las labores entonces ejecutadas, cabe destacar el refuerzo estructural efectuado en la zona correspondiente al falso túnel del Túnel de Sodupe – Calzada derecha. La problemática acaecida en su día, según la concluido por los expertos de estructuras, fue la siguiente: por un error de diseño en el cálculo de las armaduras de los hastiales, se produjo una plastificación de la sección del mismo cuando se llevaba realizado un 95% del relleno superior del falso túnel (a diferentes cotas en cada lado), lo que produjo una redistribución de las tensiones que sobrecargaron y fisuraron el hombro izquierdo.

Por ello, se efectuó la reparación y refuerzo mediante:

- La construcción de un murete (hastial derecho) de refuerzo, tras el anclaje de barras con **CONCRESIVE 4000**.
- La inyección de fisuras con **APOGEL (CONCRESIVE 1360)**.
- El refuerzo estructural con fibra de carbono **MBrace LAMINADO** en media bóveda (izquierda) del túnel.
- Recuperación de la sección del túnel con el mortero de reparación estructural **EMACO S88 TIXOTRÓPICO,** utilizando como puente de unión **LEGARAN PISTOLA**.
- Protección del hormigón y acabado decorativo con **MASTERSEAL 326**.

2. DESCRIPCIÓN

Tras la actuación detallada anteriormente y transcurridos 5 años, se detectan nuevas fisuras en el hastial derecho, justo por encima del murete ya ejecutado como respuesta a los problemas estructurales aparecidos en 2.001.

La forma de las fisuras, induce a creer que la redistribución de las tensiones parece estar provocando una apertura del hastial, que unido a la insuficiencia de cercos en el acero, está originando excesivas deformaciones en el falso túnel y la desunión de éste y el murete.

Por ello, se proyecta el refuerzo mediante el incremento de sección del murete existente y anclaje del conjunto del murete con el hastial del túnel mediante acero postesado.

3. EL POSTESADO

Mediante esta técnica, se consigue que el acero de refuerzo (y por tanto, la estructura), entre en carga inmediatamente sin tener que producirse grandes deformaciones, las cuales agravarían aún más el estado patológico.

Los esfuerzos transmitidos al acero durante el tesado, se oponen a aquellos que están provocando las deformaciones excesivas en el falso túnel.

El acero utilizado de tipo Dywidag de ?20 mm, alcanza su nivel de agotamiento a una tensión de aprox. 900 N/mm^2, o lo que es equivalente cuando el esfuerzo aplicado es de aprox. 282 kN.

Se requiere una carga de postesado de entre 200-210 kN (aprox. 20-21 toneladas).

4. SELECCIÓN DE LA RESINA DE ANCLAJE:

Debido a la elevada densidad del armado existente, tanto en la sección original como en el murete ejecutado previamente, la dificultad de efectuar los taladros para los anclajes fue notoria, puesto que un taladro podría verse interrumpido por la obstaculización de las propias barras de acero existentes.

La utilización de corona de diamante (la cual es capaz de cortar acero), no estaba aconsejada debido a la frágil situación estructural.

Por ello, se optó por ir a diámetros de brocas, o de perforación, lo menores posibles, con el fin de optimizar el rendimiento en la puesta en obra y minimizar la afección estructural.

El nexo de unión entre estos requerimientos, fue la utilización de una resina de anclaje adecuada y que por tanto, cumpliera con los siguientes requisitos:

- Elevada capacidad resistente: Dadas los elevados esfuerzos del postesado del acero (cercanos al límite elástico), la resina debe soportar tanto estos esfuerzos, como evitar la aparición de fenómenos derivados de la fluencia, ante cargas sostenidas en el tiempo.
- Elevada capacidad adherente: Los esfuerzos son transmitidos al soporte exclusivamente por mecanismos adherentes (esfuerzos rasantes),
- Aplicación en pequeños espesores: Cuando mayor es el diámetro del taladro respecto de la barra de acero, menor es la tensión rasantes en la interfase soporte-resina, al existir una mayor área que resiste las solicitaciones. Como se ha indicado, el condicionante básico de diseño fue perforar con un diámetro de broca lo menor posible para evitar dañar y/o cortar acero, por lo que la resina debe soportar un elevado estado tensional.
- Viabilidad de puesta en obra: Además, de todo lo anteriormente indicado, debe exigirse un completo y perfecto relleno en el interior del taladro (sección del túnel original) una vez efectuada la puesta en obra.

Con todos estos requisitos, se optó por la utilización de:

- **CONCRESIVE 4000**: Resina epoxi-acrilato de consistencia pastosa para los anclajes de armadura postesada.
- **APOTEN ANCLAJES (MASTERFLOW 140) y MASTERFLOW 150**: Resina epoxi de consistencia fluida para los anclajes de armadura pasiva.
- **APOGEL (CONCRESIVE 1360)**: Resina epoxi muy fluida para la inyección de fisuras.

5. LA PUESTA EN OBRA

Los pasos seguidos en cuanto a la puesta en obra, fueron los siguientes:

1. Repicado de las zonas fisuradas y roza externa en el murete existente para detectar y ubicar la primera línea del armado. De esta forma, se consiguen disminuir los riesgos de cortar o dañar el acero durante la perforación, así como de perforaciones fallidas.

2. Perforación de los taladros para el anclaje de las armaduras pasivas que conforma la sección del recrecido del murete, siendo estas:
   - Armadura longitudinal de refuerzo formado por acero tipo B500S anclados en vertical al murete existente por prolongación recta.
   - Cercos de refuerzo de acero tipo B500S anclados en horizontal en la sección del túnel original.

3. Perforación de los taladros para el anclaje de las armaduras a tesar. El taladro se ejecutó con una inclinación de aprox. 10 grados y una profundidad de aprox. 90 cm (sección original de 100 cm).

4. Colocación y anclaje del acero pasivo
   - En horizontal (cercos), mediante la utilización de **CONCRESIVE 4000**.
   - En vertical (armadura longitudinal), mediante la utilización de **APOTEN ANCLAJES (MASTERFLOW 140)** y/m **MASTERFLOW 150**.

5. Inyección de las fisuras existentes entre la sección del túnel original y el murete con la resina epoxi muy fluida **APOGEL (CONCRESIVE 1360)** con el fin de devolver el monolitismo entre ambas.

6. Hormigonado del recrecido del murete con hormigón tipo HA-30.

7. Reparación de las zonas repicadas de los muretes mediante la utilización de **LEGARAN PISTOLA** y **EMACO S88 TIXOTRÓPICO**.

8. Colocación y anclaje con **CONCRESIVE 4000** del acero a tesar. La resina se coloca exclusivamente en la zona correspondiente a la sección original del túnel, inyectándola a través de tubos de plástico hasta el fondo del taladro con el fin de asegurar el completo llenado en la zona correspondiente a la sección del túnel original, de tal forma que el acero quede libre en la zona del murete.

9. Tesado del acero a 200-210 kN, con gatos hidráulicos accionados manualmente.

10. Corte del acero y acabado estético.

6. DATOS DE LA OBRA:

DIRECCIÓN FACULTATIVA: DIPUTACIÓN FORAL DE VIZCAYA.
PROYECTISTA: D. CARLOS ALONSO**.**
EMPRESA APLICADORA HOMOLOGADA INTEGRANTE DEL CLUB DIR: TÉCNICAS DE REPARACIÓN ESTRUCTURAL AITZGORRI S.L.
MATERIALES EMPLEADOS:

- CONCRESIVE 4000: 2.580 kg.
- APOGEL (CONCRESIVE 1360): 1.840 kg.
- MASTERFLOW 150: 505 kg.
- APOTEN ANCLAJES (MASTERFLOW 140): 280 kg.
- LEGARAN PISTOLA: 120 kg.
- EMACO S88 TIXOTRÓPICO: 1.300 kg.
- BARRAS ACERO DYWIDAG ?20 mm L=2m: 192 ud.
- CÉLULAS DE CARGA hasta 300 kN: 8 ud.

Soluciones inteligentes de BASF Construction Chemicals

En cualquier problema de construcción, en cualquier estructura que Vd. esté construyendo, BASF Construction Chemicals tiene una solución inteligente para ayudarle a ser más efectivo.
Nuestras marcas líderes en el mercado ofrecen el más amplio rango de tecnologías probadas para ayudarle a construir un mundo mejor.

Emaco ® - Sistemas de reparación del hormigón
MBrace ® - Sistemas compuesto de refuerzo
Masterflow ® - Grouts estructurales y de precisión
Masterflex ® - Selladores de juntas
Masterseal ® - Revestimientos e impermeabilizantes
Concresive ® - Morteros, adhesivos y sistemas de inyección a base de resinas
Conica ® - Pavimentos deportivos
Conideck ® - Sistemas de impermeabilización con membranas aplicadas manualmente o por proyección.
Coniroof ® - Sistemas de cubiertas a base de poliuretano.
Conibridge ® - Membranas de PU para protección de tableros de puente.
Mastertop ® - Soluciones de pavimentos industriales y decorativos.
Ucrete ® - Soluciones de pavimentos para ambientes agresivos.
PCI ® - Sistemas cementosos de revestimiento, impermeabilización y adhesivos de cerámica

BASF Construction Chemicals España, S.L.
Basters, 15
08184 Palau Solità i Plegamans

Telf. : +34 –93 – 862.00.00
Fax. : +34 –93 – 862.00.20

BASF es el líder mundial de la industria química: The Chemical Company. Su cartera de productos abarca desde productos químicos, plásticos, productos para la industria transformadora, productos fitosanitarios y química fina, hasta petróleo y gas natural. Como socio de confianza para prácticamente todos los sectores, las soluciones inteligentes de sistemas de BASF y los productos de alto valor ayudan a sus clientes a lograr su propio éxito. BASF apuesta por las nuevas tecnologías y las utiliza para abrir nuevas oportunidades de mercado. Combina el éxito económico con la protección del medio ambiente y con la responsabilidad social, contribuyendo así a un futuro mejor. BASF cuenta aproximadamente con 94.000 empleados y contabilizó unas ventas de más de 42,7 mil millones de euros en 2005.
Encontrará más información acerca de BASF en Internet en la página www.basf.com

BASF
The Chemical Company