

**II CONGRESO DE ACHE
PUENTES Y ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN**

Tema: Investigaciones y Estudios



**Ensayos sobre paneles de juntas de dovelas a cortante.
Hormigón convencional frente a hormigón con fibras de acero.**

**Sira Llopart, Tomás Polo, José Turmo
Gonzalo Ramos, Ravindra Gettu, Ángel C. Aparicio
Departamento de Ingeniería de la Construcción
ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona**

Introducción

Como continuación de la línea de investigación de puentes con pretensado exterior que iniciamos hace tiempo, en los últimos años hemos presentado estudios sobre puentes extradados [1], refuerzos con fibras de carbono de puentes de dovelas [2] y refuerzos con fibras a cortante [3]. Un tema que nos preocupaba, y que aún no habíamos abordado con detalle, era la transferencia del esfuerzo cortante a través de juntas de dovelas. Por ello hemos desarrollado una serie de trabajos tanto experimentales como numéricos para entender el mecanismo de transferencia y poder valorar el cortante último. Esta comunicación versa sobre los ensayos que hemos realizado sobre paneles, previos a los ensayos sobre vigas, para poder entender, como se ha mencionado, el mecanismo de transferencia.

Además, también queríamos comprobar las ventajas que pudiera aportar la adición de fibras de acero al hormigón, dado que por su geometría las llaves de cortante que configuran las juntas no se pueden armar. El hecho de constituir un elemento de hormigón en masa favorece, al menos a priori, la aparición de roturas de tipo frágil.

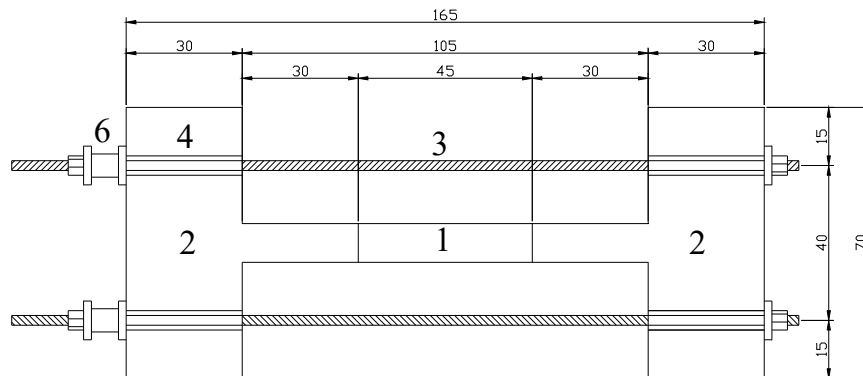
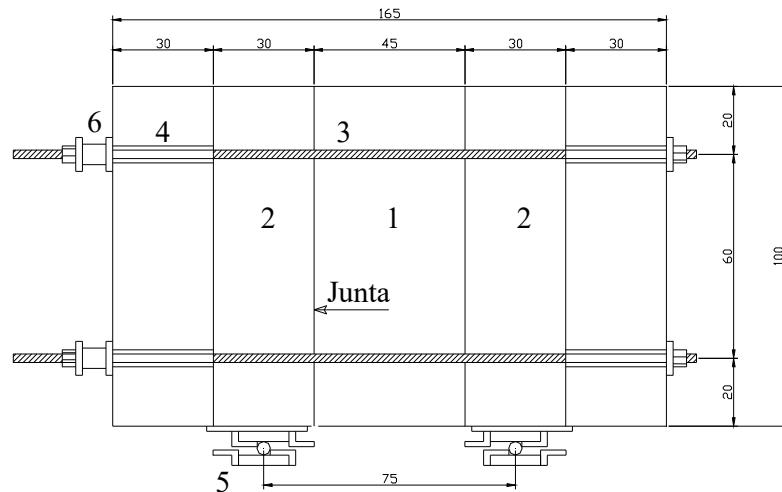
Descripción de los ensayos

Toda la literatura existente, no muy extensa por cierto, evalúa la resistencia de una junta con llaves múltiples como la suma de dos efectos. El primero de estos efectos es la fricción entre las caras de ambas juntas. El segundo efecto es el “engranamiento” que produce la geometría de las llaves. Este segundo efecto de “engranamiento” se asimila a lo que en un suelo es la cohesión. Por tanto, la resistencia de una junta parece ser una combinación de estos fenómenos, combinación que todos los autores consideran aditiva. Una extensa recopilación del estado del conocimiento, así como de los ensayos aquí descritos, resultados y conclusiones se puede consultar en las tesinas de los dos primeros autores de esta comunicación [4 y 5].

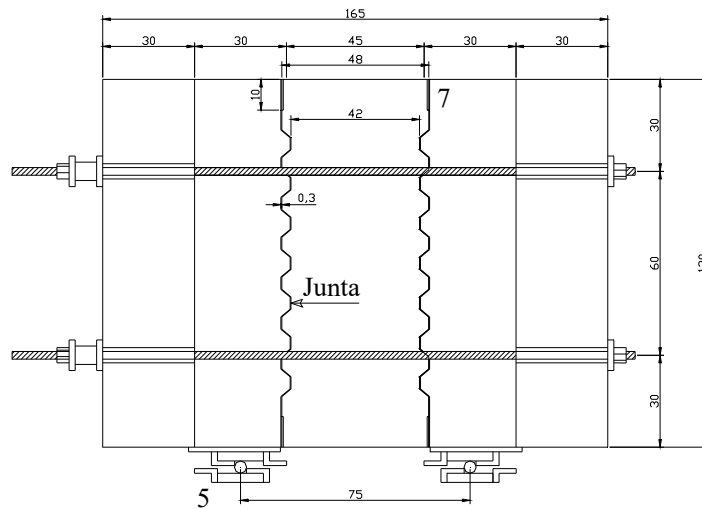
El objetivo de estos ensayos era determinar la resistencia debida a la fricción, la debida a la cohesión y la resistencia global y, en consecuencia, determinar la combinación de ambas. Todo ello con un hormigón convencional y con un hormigón con fibras.

Los ensayos, por tanto, se pueden dividir en 4 grupos:

- a) Ensayos de fricción. En los que se presentaban dos caras de junta sin llaves y se evaluaba la fricción para ambos hormigones.

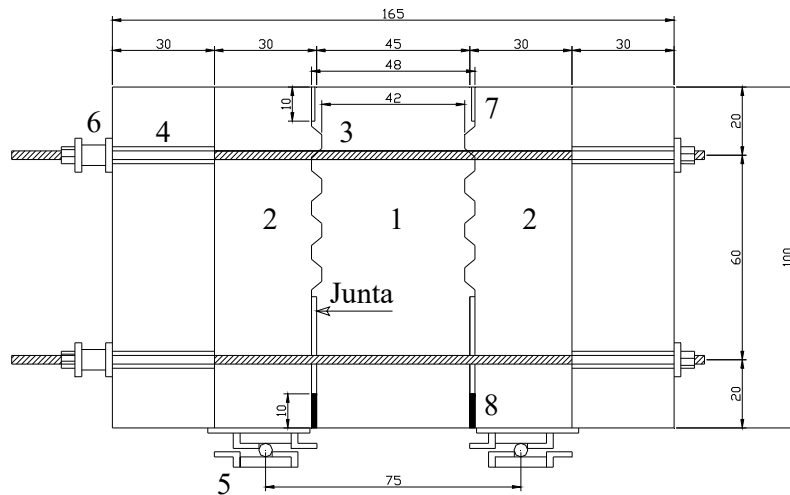


- b) Ensayos de cohesión. En estos ensayos se separaban las llaves, transmitiéndose el axil de pretensado por sendos teflones, de forma que la resistencia a cortante se produjera sólo por engranamiento de las llaves. De nuevo se realizaron ensayos con ambos hormigones.

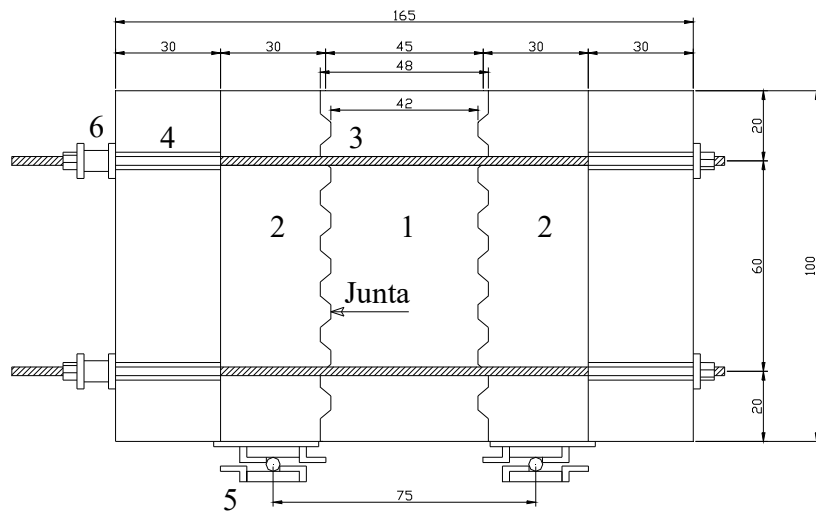


La planta es idéntica para todos los paneles ensayados.

- c) Ensayos de junta cerrada. En este caso se ensayaba el panel con un pretensado tal que se aseguraba que hasta su fallo por cortante las juntas permanecían cerradas. Su utilidad era observar como se combinaban la resistencia por fricción con la de cohesión.



- d) Ensayos de junta abierta. Son los más representativos al representar una junta sometida a una combinación de cortante, flexión y axil.



Resultados

Los resultados se presentarán de forma extensa en la comunicación pero a modo de resultado aquí se muestran algunos de los más significativos.

Las llaves presentaron roturas por cortante, por flexión e incluso alguna llave de la zona de la cabeza comprimida sufrió rotura por compresión (ver figuras).



Rotura por cortante



Rotura por flexión de la llave



Rotura de llave a compresión

Cabe señalar que las roturas siempre se produjeron de forma global, aunque la fisuración de las llaves fue propagándose, la rotura siempre fue súbita y de la totalidad de la junta, como se puede ver en las siguientes figuras.



Junta antes de romper. Aún resiste carga máxima



Junta rota.

La principal diferencia en el comportamiento entre los paneles con hormigón convencional y los paneles con hormigón reforzado con fibras de acero no se encuentra en la carga máxima que pueden transferir. La diferencia se encuentra en el comportamiento con posterioridad a alcanzar esa carga máxima. La presencia de fibras de acero introduce una gran ductilidad en el comportamiento, permitiendo a la junta disponer de una resistencia residual elevada. La rotura

del hormigón convencional es más frágil, cayendo la carga que se puede transferir a través de la junta una vez rota a prácticamente cero.

Como resultado fundamental resaltamos que se comprobó que los fenómenos de fricción y cohesión son realmente aditivos. Así, los paneles con juntas completas registraron cargas últimas muy parecidas a las que se obtienen a partir de la suma de los paneles de fricción y cohesión.

Las fórmulas que se han obtenido para el dimensionamiento de estas juntas son las siguientes:

a) Para el hormigón convencional

$$V_{Resp} = \mu \cdot C_w + c \sum b_w \cdot d_k$$

con

$\mu = 0.577$ es el coeficiente de rozamiento

$$c = 0.775 \cdot \sqrt{f_{ck}} (MPa)$$

C_w = resultante de la compresiones actuantes en el alma y las cartelas

$\sum b_w$ es la suma de los espesores de almas

d_k es la longitud de alma cerrada en compresión

El cortante que se obtiene es un valor en el que no está incluida la seguridad.

b) Para el hormigón con fibras

$$V_{Resp} = \mu \cdot C_w + c \sum b_w \cdot d_k$$

con

$\mu = 0.527$ es el coeficiente de rozamiento

$$c = 0.762 \cdot \sqrt{f_{ck}} (MPa)$$

y el mismo significado para el resto de miembros de la ecuación.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer el apoyo económico del Ministerio de Ciencia y Tecnología, Dirección General de Investigación, a través del proyecto de investigación PB98-0927, así como el de la Comisión europea, mediante el proyecto BRPR – CT98 – 0813, sin los cuales estos ensayos no se podrían haber realizado.

Agradecer igualmente la magnífica labor realizada por el Laboratorio de Tecnología de Estructuras de la ETS de Caminos de Barcelona, en especial por sus técnicos Miguel Ángel Martín y Ernesto Díaz.

Referencias

- [1] **Chio G., Aparicio A.C.** *Puentes con pretensado extradadosado. Comportamiento estructural y estudio paramétrico.* 1º Congreso de la ACHE. pp. 331-340. Sevilla 1999.
- [2] **Alarcón A., Ramos G., Casas J.R., Aparicio A.C.** *Reparación y refuerzo de puentes de dovelas con fibras de carbono.* 1º Congreso de la ACHE. pp. 497-506. Sevilla 1999.
- [3] **Landa G., Casas J.R., Ramos G.** *Estudio experimental sobre el refuerzo a cortante mediante materiales compuestos de estructuras de hormigón.* 1º Congreso de la ACHE. pp. 45-52. Sevilla 1999.
- [4] **Llopart S.** *Estudio experimental de la respuesta a cortante de juntas secas de puentes de dovelas contruidos con hormigón con fibras.* Tesina de Especialidad. ETS de Ingenieros de Caminos de Barcelona. Septiembre 2001
- [5] **Polo T.** *Estudio experimental de la respuesta a cortante de puentes de dovelas contruidos con hormigón convencional.* Tesina de Especialidad. ETS de Ingenieros de Caminos de Barcelona. Septiembre 2001