

## **CAPÍTULO 7**

### **CONCLUSIONES**

El objetivo principal de esta tesina es evaluar la influencia del pretensado en la resistencia a cortante, y ver si las normativas vigentes recogen adecuadamente esta influencia. Además se han tratado dos temas secundarios, como son el comportamiento del hormigón autocompactable y la idoneidad del sistema de instrumentación utilizado en el Laboratorio Técnico de Estructuras.

Con las seis vigas ensayadas se han podido obtener suficientes datos como para poder valorar adecuadamente estos objetivos. La aparición de pequeños contratiempos, como la coquera de una de las vigas, los problemas de inestabilidad o la explosión del alma de las vigas postesas, puede haber hecho que algunos de los resultados no sean todo lo óptimos que se deseaba. Aún así, se ha podido hacer un trabajo correcto con los datos obtenidos.

En cuanto a los sistemas de instrumentación se puede decir que:

- Las galgas protegidas con un tubo de PVC permiten obtener unos datos mucho más coherentes y analizables que las protegidas únicamente con una cinta aislante.
- De cara a futuras campañas de ensayos, se recomienda el uso de este sistema de protección para el uso de galgas.
- En lo referente a una posible debilidad de la sección debido a la formación de una coquera en el interior del hormigón, sería recomendable seguir investigando y realizar una campaña experimental más extensa y con más variables que la realizada en esta tesina.

Del comportamiento del HAC, tras la fabricación y ensayo de las seis vigas, se puede extraer que:

- Al tener la misma dosificación en el hormigón convencional y en el HAC, salvo los aditivos que lo convierten en autocompactable, se ha podido hacer una correcta comparación del comportamiento de ambos hormigones durante la fabricación, en el acabado y en la rotura de las vigas

- La puesta en obra del HAC es mucho más sencilla y rápida que la del hormigón convencional, ya que no se necesita ni maniobrar la hormigonera durante el proceso ni se requiere el uso del vibrado.
- El acabado de ambos hormigones es igual de bueno, ya que a simple vista era imposible de saber qué viga estaba realizada de hormigón convencional y cual de HAC.
- Con la rotura de probetas a compresión tras 28 días de curado, se observó que a causa de los aditivos añadidos, las probetas hechas con HAC presentaban una menor resistencia que las realizadas con hormigón convencional. La misma relación se observó en la probetas rotas los días de los ensayos de las vigas, que no se habían sometido a dicho proceso de curado.
- Tras los ensayos se vio que las vigas de HAC tenían una menor carga última que las vigas de hormigón convencional. Este comportamiento puede ser debido a una menor resistencia a tracción del HAC, y a una menor adherencia en relación al hormigón convencional. Estos fenómenos están siendo estudiados actualmente en el Laboratorio Técnico de Estructuras de la UPC.
- A pesar de que las primeras fisuras aparecen aproximadamente en el mismo nivel de carga tanto en las vigas de hormigón convencional como en las de HAC, en éstas la viga soporta mucha menos carga tras fisurarse. Hay que buscar los motivos otra vez en la menor resistencia a tracción y en la menor adherencia del HAC.

A partir de lo pronosticado en la normativa española (EHE), y europea (Eurocódigo 2), se pueden extraer la siguientes conclusiones:

- La armadura mínima a cortante propuesta por la EHE, utilizada en estos ensayos, imposibilita una rotura brusca a cortante una vez aparecidas las primeras fisuras diagonales, y proporciona una reserva de resistencia suficiente para llevar a cabo el resto del ensayo.
- Los valores pronosticados por la EHE son muy conservadores, ya que comparando con los valores reales se obtienen unas relaciones de entre 1.9 y 2.85 veces mayores. Hay que considerar además que los resultados teóricos han sido obtenidos sin los coeficientes de seguridad de 1.5 en la resistencia total a cortante, ni los coeficientes de minoración de la resistencia de los materiales.
- Las fórmulas empíricas de la EHE en teoría están pensadas para su aplicación en vigas de sección rectangular, por lo que no son tan exactas al tratar otro tipo de secciones.
- La influencia que la formulación de la EHE otorga al pretensado es mucho menor de la que se ha observado en los resultados de los ensayos. En algún caso se ha llegado a triplicar el incremento de resistencia real frente al teórico.

- En futuras campañas de ensayos con vigas postesas, se recomienda trabajar con secciones que permitan tener un mayor espesor de hormigón. De esta forma se evitarían incidentes derivados de la tensión de los cables.

La conclusión final de este estudio, acorde con los objetivos planteados, es:

- **La formulación actual de la EHE es excesivamente conservadora. Esta afirmación es aplicable no sólo a la contribución del hormigón a la resistencia frente a cortante en general ( $V_{cu}$ ), sino a la contribución del pretensado en particular ( $\sigma'_{cd}$ ). El parámetro  $\rho_1$  no ha jugado aquí ningún papel. Se ha llegado a estos resultados sin incluir los diversos coeficientes de seguridad, ni la aportación del parámetro  $\beta$ , que se ha visto que era muy desfavorable en este aspecto. De haberlos considerado, tal y como obliga la normativa española, los valores obtenidos aún hubieran sido mucho más conservadores. Para intentar acercar la teoría a los resultados reales, se propone un cambio en la fórmula de  $V_{cu}$  recogida en la EHE. La expresión propuesta no contempla ningún coeficiente de seguridad; para poderla incluir en la EHE es imprescindible añadirlos.**

$$V_{CU}^{modificado} = \left[ 0.39 \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} - 0.34 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$$

Por último, se propone continuar con esta línea de investigación, de manera que se pueda conocer en más profundidad los mecanismos reales que gobiernan el comportamiento de una viga a cortante. Para ello sería interesante realizar ensayos con esquemas estáticos diferentes, armadura postesa adherente o pretesa en vez de postesa no adherente, o vigas con secciones distintas a la utilizada en este estudio. De esta forma se podría afinar mucho más la formulación a aplicar en el diseño de estructuras, acercando el cálculo teórico al comportamiento real.