6.- Conclusiones y recomendaciones

6.1.- Introducción

En este último capítulo se incluyen las conclusiones y recomendaciones básicas derivadas del trabajo realizado. Las conclusiones presentadas tratan de sintetizan el comportamiento de modelos ensayados y analizar los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la EHE.

6.2.- Conclusiones

Las conclusiones mostradas se han separado en dos grandes bloques. Por un lado las referentes al comportamiento de los modelos ensayados, así como de los resultados obtenidos. En el segundo bloque, en cambio, se recogen las conclusiones relativas a los resultados predichos por la Instrucción de hormigón estructural EHE.

Conclusiones referentes al comportamiento de los modelos ensayados

1. Los gráficos de carga-desplazamiento en los ensayos en servicio han sido los esperados. Teniendo en cuenta que el segundo vano se cargaba siempre con el contrapeso que suponían las cargas aplicadas en el primero, es lógico que las deformaciones en el vano 2 siempre fueran menores que las del vano 1.

2. Los valores de fisuración obtenidos no han superado en ningún momento los *0.3 mm* en la zona de positivos. En la de negativos, se ha llegado en algunos casos a los *0.5 mm*, aunque han sido fisuras muy localizadas y situadas en el paramento superior, donde quedarán protegidas por el pavimentado. En general, pues, no se esperan problemas de durabilidad por excesiva abertura de las fisuras.

3. Las deformaciones instantáneas obtenidas han sido en todos los casos menores a las admisibles, teniendo en cuenta las hipótesis de carga aplicadas. En los que se refiere a las flechas totales, considerando las diferidas, el comportamiento de los modelos también ha sido satisfactorio.

4. En general, el comportamiento en servicio de las piezas armadas con la celosía de *200 mm* ha sido más favorable que las armadas con celosía de *225 mm*. En este sentido, las fisuras aparecidas en los modelos de armadura menor, han presentado anchos de fisura menores y mayor separación entre ellas.

5. Todas las piezas han resistido más de lo predicho por la EHE. Utilizando los valores reales de los materiales para el cálculo de la resistencia teórica se han obtenido unas resistencias adicionales de entre el *8%* y el *25%*. Para los cálculos realizados a partir de las resistencias de proyecto esta sobrerresistencia sería todavía mayor.

6. Se ha observado la rotura de la soldadura entre la celosía y las barras longitudinales y la rotura de las barras diagonales en una única pieza. En el resto de modelos, sólo se ha verificado la rotura de las barras diagonales. Se puede afirmar, por lo tanto, que la rotura por cortante se ha producido por agotamiento del acero traccionado. La rotura de la soldadura, además, se ha producido para valores de la carga superiores a la teórica y, en consecuencia, no ha afectado a la seguridad.

7. Las piezas armadas con la celosía más pequeña han resistido más que las piezas con celosía mayor, aunque su flecha en el momento de la rotura ha sido mayor.

8. La fisuración a cortante ha ido apareciendo de forma progresiva en los ensayos, ramificándose en la zona más próxima al apoyo central. Se observa un ángulo de inclinación promedio de las fisuras de unos *45º*.

9. No se han observado fisuras de rasante, por lo que se concluye que la armadura de rasante dispuesta ha sido la adecuada para contrarrestar los esfuerzos generados.

Conclusiones referentes a la Instrucción de hormigón estructural EHE

1. El estudio realizado avala el cálculo de forjados con armadura báscia en celosía realizados in situ mediante las fórmulas expuestas en la Instrucción EHE (Art. 44.2.3.3.3) siempre que lo que se quiera determinar sea una cota inferior de la resistencia a cortante, ya que en todos los ensayos realizados se han obtenido resultados superiores a los predichos, con unos coeficientes adicionales de seguridad de entre un *7%* y un *19%*.

2. Los resultados obtenidos de la contribución del hormigón en la resistencia última a cortante Vcu han sido algo superiores al valor previsto por la EHE; en general, se ha obtenido una sobreresistencia adicional de aproximadamente un *20%*.

3. La disposición de celosía básica en celosía no ha supuesto ningún problema ni reducción alguna de la resistencia última a cortante, ya que todas las fisuras a cortante eran atravesadas por, al menos, una barra diagonal de dicha armadura y no se han observado separaciones de la cabeza respecto del alma.

Por lo tanto, se considera que esta tipología de forjados, realizando los cálculos adecuados frente a los estados límite últimos y de servicio y llevando a cabo una correcta ejecución in situ, resulta adecuado para ser utilizado como forjado unidireccional de hormigón armado.

6.3.- Recomendaciones

Las siguientes recomendaciones han de servir para orientar la continuidad de estos estudios iniciados, a fin de probar la aptitud técnica de la tipología de forjados unidireccionales nervados in situ con armadura básica en celosía y promover así su uso aplicando los nuevos procedimientos constructivos.

El camino a seguir se resume en los siguientes puntos:

1. Estudiar la influencia de la altura *h* de la celosía frente a momento positivo. En este sentido, se está preparando una nueva campaña experimental que consistiría en un ensayo realizado sobre los mismos modelos que han constituido esta segunda campaña. En este caso, la aplicación de la carga se realizaría en una zona cercana a uno de los apoyos extremos, en una extensión que no haya sido dañada por los ensayos anteriores.

2. Estudiar el comportamiento en servicio bajo cargas permanentes, esto es la deformabilidad y fisuración diferidas.

3. Estudiar la viabilidad de este tipo estructural para forjados de cantos superiores.