

9 CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS

9.1 CONCLUSIONES

En este trabajo, se ha analizado el comportamiento en fractura de las juntas secas pretensadas con y sin llaves, mediante modelos de elementos finitos realizados con el programa Abaqus. Se ha utilizado un modelo de material, Brittle Cracking, basado en un modelo cohesivo, que modeliza el comportamiento del hormigón fisurado bajo tensiones de tracción, y permite visualizar la trayectoria de las grietas.

En conclusión, pueden destacarse las siguientes conclusiones:

1. Se ha validado el modelo con el ensayo de flexión de viga a tres puntos con entalla, del que se tenían resultados experimentales tanto del ensayo como de las propiedades del hormigón utilizado. Con este ejemplo se ha demostrado que con el modelo desarrollado usando Abaqus se puede predecir la carga última de la probeta.
2. Se ha obtenido la curva fuerza-desplazamiento, incluida la rama post-pico, que se debe al ablandamiento del material, y se ha analizado su dependencia de la energía de fractura.
3. Se ha modelado una junta plana, y se ha calculado la resistencia última de la junta para diferentes tensiones de pretensado. Los resultados obtenidos se han comparado con los experimentales, obteniéndose un error menor al 6 %. La resistencia a cortante de la junta sólo depende del rozamiento entre las superficies en contacto y de la fuerza de pretensado, por tanto, se demuestra la validez del modelo incluyendo las propiedades de contacto.
4. Se ha analizado el comportamiento de la junta con una llave, viendo la influencia de los siguientes parámetros:
 - El módulo de deformación longitudinal
 - La fuerza de pretensado
 - La energía de fractura
 - La forma de la curva de ablandamiento
 - El tamaño de los elementos de la malla
5. Del análisis anterior, cabe señalar la conclusión de que la curva carga-desplazamiento sólo depende de la energía de fractura y de la resistencia a tracción, y no de la forma de la curva de ablandamiento, dentro de un cierto rango de valores.
6. Además se ha comprobado que con dos tamaños de malla diferentes se obtienen los mismos resultados.
7. Una de las conclusiones más importantes es la validez del modelo para predecir la trayectoria de las grietas, ya que los patrones de fisuras obtenidos con el modelo desarrollado en Abaqus reproducen con exactitud los obtenidos experimentalmente.

8. Se ha aplicado el modelo al caso de junta con tres llaves para distintos valores de la fuerza de pretensado, siendo especialmente destacable la buena estimación de la aparición de las fisuras y su crecimiento, y la rotura sucesiva de las llaves, que se corresponde perfectamente con los resultados experimentales.
9. En el caso de junta con tres llaves, la resistencia a cortante última de la junta es estimada con un error máximo del 29 %. Esto es congruente con haber usado hormigones con distintas resistencias a compresión en los ensayos de laboratorio, y con la falta de datos sobre las propiedades mecánicas del material. El valor de la resistencia a compresión afecta directamente a la resistencia a tracción y a la energía de fractura, principales parámetros de los que depende la resistencia del conjunto.

9.2 DESARROLLOS FUTUROS

Uno de los problemas con los que nos hemos encontrado en la realización del trabajo es la falta de datos sobre las propiedades mecánicas del hormigón utilizado en las probetas, que hayan sido obtenidos experimentalmente. Por tanto, uno de los objetivos a desarrollar en el futuro es la realización de ensayos de laboratorio de juntas secas con llaves, obteniendo experimentalmente las propiedades del hormigón, tales como módulo de deformación longitudinal, resistencia a compresión, resistencia a tracción y energía de fractura. Esto permitiría mejorar los resultados obtenidos de la rama post-pico de la curva carga-desplazamiento en el caso de junta con llaves.

Sería interesante, además, realizar un modelo de la junta aplicando distintos tipos de hormigón, como hormigón de altas prestaciones, con la adición de fibras de polipropileno, nanotubos de carbono, etc. Se realizarían también ensayos de laboratorio para contrastar los resultados.

Además, sería conveniente analizar la influencia de la forma de las llaves en la resistencia a cortante de las juntas, así como del número de ellas, buscando el resultado óptimo mediante modificaciones en sus dimensiones, siendo ésta una mejora que no supone ningún sobrecoste a la estructura.