

El hormigón es el material estructural más utilizado en la construcción a nivel mundial. A pesar de sus encomiables propiedades (como su resiliencia en entornos adversos, su versatilidad y su rentabilidad), su resistencia a la tracción relativamente baja lleva aparejado a menudo grietas en servicio. Estas grietas son vías para la penetración de sustancias nocivas del medio ambiente, lo que resulta en una pérdida de integridad estructural y una reducción en la vida útil de la estructura. El deterioro por la entrada de sustancias nocivas se debe principalmente a la corrosión de las armaduras embebidas en las estructuras de hormigón. Esta corrosión conduce a fenómenos indeseables como la reducción de la sección transversal de las barras de refuerzo y la pérdida del recubrimiento del hormigón. Como consecuencia, la vida útil de la estructura de hormigón se reduce, lo que resulta en un deterioro prematuro y una posible falla de la funcionalidad de la estructura.

El autosanado del hormigón se han investigado exhaustivamente durante las últimas décadas. El hormigón posee una capacidad inherente para reparar sus propias grietas, lo que se conoce como autosanado autógeno. Esta capacidad natural se puede mejorar incorporando agentes de sanado, que pueden sellar grietas más grandes más allá de la capacidad de curación autógena. Se están estudiando varios agentes de autorreparación, incluidos bacterias, aditivos cristalinos, poliuretano, polímeros superabsorbentes y diferentes metodologías de encapsulación, como microcápsulas, macrocápsulas y redes vasculares. Algunos de estos agentes están disponibles comercialmente, mientras que otros están en diferentes etapas de desarrollo. Los mecanismos principales de los agentes de autosanado consisten en producir carbonato de calcio o transportar compuestos reparadores a las grietas.

Numerosos estudios han evaluado las capacidades curativas de estos agentes de autosanado en hormigón a escala de laboratorio. Sin embargo, existe limitada información acerca de su eficacia en componentes de hormigón armado a escala industrial. El paso de esta tecnología a escala real es crucial, ya que las estructuras experimentan una variedad de tensiones, escenarios de carga complejos y exposición a entornos agresivos, lo que complica la evaluación.

Para abordar las lagunas de conocimiento, las incertidumbres y la falta de experiencia con la efectividad de los agentes de autorreparación en el diseño de estructuras de hormigón armado, este estudio tiene como objetivos: 1) Demostrar la escalabilidad de los hormigones de autorreparación desde muestras a escala de laboratorio hasta elementos de vigas a escala industrial; 2) Analizar la aparición de fisuras en elementos estructurales con funcionalidades de autorreparación debido a cargas impuestas, según las formulaciones dadas en los códigos de práctica; 3) Analizar la entrada de cloruros y la protección contra la corrosión de las barras a través del estado fisurado de los elementos de hormigón con autorreparación; 4) Modificar el concepto de modelado de vida útil para elementos de hormigón fisurados con funcionalidad de autorreparación.

En este estudio, se investigaron los siguientes parámetros, tres tipos distintos de hormigón: hormigón convencional (resistencia a compresión media ~ 50 mPa), hormigón de alta resistencia (resistencia a compresión media ~ 70 mPa) y hormigón de ultra alta resistencia reforzado con fibra (resistencia a compresión media ~ 145 mPa). Se incorporaron al diseño del hormigón, dos agentes de autosanado, bacterias y una mezcla cristalina, y las vigas de 4 metros de largo se agrietaron en tres niveles de agrietamiento: 50 μm , 100 μm y 300 μm . En las vigas, se proporcionaron dos barras de armadura de 16 mm de diámetro como refuerzo a tracción con dos recubrimientos de hormigón distintos de 20 mm y 30 mm.

El estudio llevó a cabo un análisis exhaustivo de fisuras de vigas rectangulares (a escala industrial) según diversos códigos de diseño como el Eurocódigo, el ACI, el Código Modelo 2010 y las recomendaciones francesas del Eurocódigo 2 para hormigón de ultra alta resistencia reforzado con fibras. Se realizaron ensayos de durabilidad, como ensayo de penetración por cloruro NTBUILD 492, en vigas de hormigón a escala real. Estos parámetros de durabilidad se utilizaron para analizar la vida útil de vigas fisuradas y no fisuradas con agentes de autosanado.

Los resultados del análisis de fisuras indicaron que la adición de agentes de autosanado aumenta ligeramente la resistencia a compresión y reduce marginalmente la resistencia a flexión. Sin embargo, la respuesta estructural mostró cambios mínimos en términos de fisuración de la viga, lo que resulta en un tamaño, patrón y orientación de fisuración similares. Las formulaciones de los códigos de diseño, basadas en modelos simples, no predicen de manera efectiva los complejos escenarios de fisuración en elementos estructurales. Si bien las formulaciones para los cálculos de fisuración en hormigón de ultra alta resistencia reforzado con fibras se modificaron para tener en cuenta el efecto de rigidez por tensión y el efecto de endurecimiento de grietas de las fibras, los cálculos teóricos difirieron en gran medida de los resultados experimentales.

El análisis no destructivo del estado de corrosión del refuerzo embebido en el hormigón se realizó midiendo los valores del potencial de media celda (HCP). Se puede observar que la progresión del HCP depende principalmente del tipo de hormigón y del tipo de agente de autosanado utilizado. Por otro lado, aunque se observa variabilidad en los valores de HCP, se evidenciaron tendencias consistentes en todos los haces. Los mayores niveles de fisuramiento se correlacionaron con un HCP cada vez más negativo durante un período de exposición de seis meses. Las vigas de hormigón de ultra alta resistencia con fibras mostraron inicialmente valores más negativos, dependiendo del nivel de fisuración de la viga, pero esta influencia disminuyó con el tiempo.

Los parámetros de durabilidad de las pruebas de migración y difusión se utilizaron para evaluar la vida útil de las vigas de hormigón fisuradas expuestas a entornos marinos simulados. La incorporación de agentes de autorreparación mejoró significativamente la resistencia de la matriz de hormigón a la entrada de cloruros. La presencia de fisuras amplificó la penetración de cloruros, aunque no se estableció una relación clara entre las características de las fisuras y la intensidad de la entrada de cloruros. La adición de agentes de autosanado no influye significativamente en el agrietamiento estructural, sí altera notablemente la resistencia del hormigón al ingreso de cloruros.