CONTENIDO

Prefacio V
Agradecimientos V
Resumen VI
Resum VII
Summary VIII
Lista de Tablas IX
Lista de Figuras X
Contenido XIV

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación 1
1.2. Objetivo y contribuciones 4
1.3. Contenido 5

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

2.1. Introducción 7
2.1.1. El hormigón reforzado con fibras. Conceptos generales 8
2.1.2. La tecnología del hormigón reforzado con fibras de acero 9
2.1.2.1. Tipos de fibras de acero 9
2.1.2.2. Propiedades de las fibras 10
2.1.2.3. Dosificación, amasado y puesta en obra del SFRC 10
2.1.3. El comportamiento mecánico del SFRC 12
2.2. Consideraciones generales en el análisis de la fractura del SFRC 17
2.2.1. Introducción 17
2.2.2. Introducción al modelo de la fisura ficticia 18
2.2.3. El Modelo de Fisura Ficticia (FCM) 19
2.3. Determinación práctica de las propiedades mecánicas de los materiales en la mecánica de la fractura 25
2.3.1. Mecanismos ordinarios de la fractura 25
2.3.2. La curva σ - w y el correspondiente valor G_F 25
2.3.3. Modelos basados en la energía de fractura G_F 26
2.4. Modelos basados en ecuaciones constitutivas del SFRC 27
2.5. Métodos numéricos para el análisis de la fractura cohesiva: fisuración distribuida 33

CAPÍTULO 3. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO Y MODELO PROPUESTO

3.1. Planteamiento del estudio 39
3.2. Modelo inicial propuesto 40
3.2.1. Introducción 40
3.2.2. Presentación y justificación del modelo adoptado 41

CAPÍTULO 4. PROGRAMA EXPERIMENTAL: CARACTERIZACIÓN DEL SFRC Y ENSAYOS DE PLACAS

4.1. Planteamiento del programa experimental 47
4.2. Preparación del hormigón con fibras 49
4.3. Ensayos de caracterización 51
4.4. Metodología y resultado de los ensayos 53

4.4.1. Granulometría y contenido en fibras del hormigón 53
4.4.2. Consistencia del hormigón 54
4.4.3. Ensayo de compresión 55
4.4.4. Ensayo de tracción directa 57
4.4.5. Ensayo de flexotracción 61
4.5. Caracterización mecánica del comportamiento a tracción del SFRC. Parámetros del modelo. 64
4.6. Ensayos sobre las placas 67
4.6.1. Preparación de los ensayos 67
4.6.1.1. Primer sistema de carga 67
4.6.1.2. Segundo sistema de carga 67
4.6.1.3. Tercer sistema de carga 68
4.6.1.4. Sistema de medidas y desarrollo de los ensayos 69
4.6.2. Relación de placas fabricadas y ensayadas 69
4.6.3. Resultados de los ensayos 70
4.6.3.1. Primer sistema de carga 70
4.6.3.2. Segundo sistema de carga 71
4.6.3.3. Tercer sistema de carga 72

CAPÍTULO 5. MODELIZACIÓN POR EL MEF DE LAS LÁMINAS ENSAYADAS

5.1. El programa ABAQUS/STANDARD 73
5.1.1. Generalidades 73
5.1.2. Elementos finitos disponibles en el ABAQUS/STANDARD 73
5.1.2.1. Generalidades 73
5.1.2.2. Los elementos finitos tipo lámina en ABAQUS/STANDARD 75
5.1.2.3. Propiedades del elemento y definición del comportamiento seccional 78
5.1.3. Modelos constitutivos disponibles en ABAQUS/STANDARD 78
5.1.4. El modelo de comportamiento del material hormigón 79
5.1.4.1. Modelo elasto-plástico en compresión 81
5.1.4.1.1. Descomposición de la deformación 81
5.1.4.1.2. Superficie envolvente de la plastificación en compresión 81
5.1.4.1.3. Endurecimiento 82
5.1.4.1.4. Regla del flujo plástico 82
5.1.4.2. Modelo en tracción 84
5.1.4.2.1. Descomposición de la deformación 84
5.1.4.2.2. Superficie envolvente de rotura 84
5.1.4.2.3. Flujo 85
5.1.4.2.4. Endurecimiento 86
5.1.4.2.5. Elasticidad dañada 86
5.1.4.2.6. Fisuración 87
5.1.5. Proceso de análisis 88
5.1.6. Resultados 88
5.2. Aplicación del análisis a las placas ensayadas 89
5.2.1. El modelo del material 89
5.2.2. Descripción de los elementos y del mallado escogido 92
5.2.3. Tipo de elemento utilizado 93
5.2.4. Secuencia del análisis 94
5.2.4.1. Proceso de carga 94
5.2.4.2. Esquematización de los sistemas de carga 94
5.2.5. Resultados 96
5.2.5.1. Curvas carga – desplazamiento relativo 96
5.2.5.2. Análisis de las tensiones en el proceso de la fisuración 98

5.2.5.2.1. Evolución de las direcciones principales asociadas a las tensiones principales 101

5.2.5.2.2. Evaluación del comportamiento de la lámina durante el ensayo 116

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

6.1. Definición de los parámetros característicos del comportamiento: tenacidad e índices de tenacidad 117
6.1.1. Tenacidad e índices asociados correspondientes a los resultados del modelo 118
6.1.2. Tenacidad e índices asociados correspondientes a los resultados de los ensayos 120
6.2. Comparación de resultados del análisis por el MEF con los resultados experimentales 121
6.2.1. Curvas carga – desplazamiento relativo 121
6.2.1.1. Primer sistema de carga 122
6.2.1.2. Segundo sistema de carga 123
6.2.1.3. Tercer sistema de carga 125
6.2.2. Conclusión 126
6.3. Análisis de sensibilidad de los parámetros del modelo 126
6.3.1. Descripción del análisis de sensibilidad 126
6.3.2. Resultados del análisis de sensibilidad 128
6.3.2.1. Evolución de las curvas carga – desplazamiento relativo 128
6.3.2.1.1. Influencia de la resistencia residual 128
6.3.2.1.2. Influencia de la resistencia a primera fisura 131
6.3.2.2. Curvas de tendencia de la tenacidad y los índices asociados 133
6.3.2.2.1. Evolución de la tenacidad 133
6.3.2.2.2. Evolución de los índices de tenacidad 134
6.3.3. Discusión sobre los resultados del análisis de sensibilidad y conclusiones 140

CAPÍTULO 7. RESUMEN Y CONCLUSIONES

7.1. Resumen y conclusiones 143
7.2. Futuros trabajos 147

CAPÍTULO 8. BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO I. LA CUBIERTA JCHYPAR 149