

# ÍNDICE

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades .....	1
1.2. Planteamiento y objetivos generales .....	2
1.3. Contenido de este documento .....	4

## CAPÍTULO 2: ESTADO DEL CONOCIMIENTO

2.1. Introducción .....	7
2.2. Comportamiento de los materiales .....	8
2.2.1. Comportamiento instantáneo del hormigón .....	8
2.2.2. Comportamiento a largo plazo del hormigón.....	9
2.2.3. Comportamiento del acero .....	13
2.3. Contribución del hormigón traccionado entre fisuras .....	14
2.4. Modelos de análisis de estructuras de barras .....	19
2.5. Métodos simplificados de cálculo de flechas en estructuras de hormigón .....	20
2.6. Otras aplicaciones de un modelo general en servicio .....	21

## CAPÍTULO 3: MODELO DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL

3.1. Introducción .....	25
3.2. Hipótesis básicas .....	27
3.3. Modelización del comportamiento de los materiales .....	28
3.3.1. Hormigón .....	28
3.3.2. Acero .....	33
3.4. Discretización del tiempo .....	35
3.5. Convenio de signos. Idealización de la estructura .....	36
3.6. Análisis seccional .....	38
3.6.1. Ecuaciones fundamentales .....	38
3.6.2. Procedimiento de análisis seccional no lineal en el tiempo .....	40
3.6.3. Implementación del modelo de análisis seccional .....	41
3.7. Análisis estructural .....	46
3.7.1. Método empleado .....	46
3.7.2. Matriz de rigidez del elemento .....	47
3.7.3. Fuerzas desequilibradas .....	49

3.7.4. Inclusión de las no linealidades geométricas .....	50
3.7.5. Apoyos no lineales .....	50
3.7.6. Procedimiento de análisis no lineal en el tiempo .....	51
3.7.7. Implementación del modelo de análisis estructural .....	52

#### **CAPÍTULO 4: MODELIZACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DEL HORMIGÓN TRACCIONADO ENTRE FISURAS**

4.1. Introducción .....	55
4.2. Modelo de referencia .....	58
4.3. Modelo adoptado .....	61
4.4. Ajuste de los parámetros .....	62
4.4.1. Aspectos generales .....	62
4.4.2. Parámetro $\alpha_1$ .....	65
4.4.3. Parámetro $\alpha_2$ .....	68
4.4.4. Sensibilidad del ajuste .....	73
4.5. Expresión simplificada de $\alpha_2$ para sección rectangular en flexión simple .....	74
4.5.1. Metodología .....	74
4.5.2. Modelo de <i>tension stiffening</i> de presente trabajo .....	75
4.5.3. Modelo de <i>tension stiffening</i> de referencia .....	78
4.5.4. Generación de valores de $\alpha_2$ .....	79
4.5.5. Ajuste por regresión de $\alpha_2$ .....	81

#### **CAPÍTULO 5: CONTRASTACIÓN ANALÍTICA Y EXPERIMENTAL**

5.1. Introducción .....	83
5.2. Contrastación analítico-numérica del comportamiento seccional .....	84
5.2.1. Introducción .....	84
5.2.2. Sección no fisurada .....	84
5.2.3. Sección fisurada .....	88
5.2.4. Sección fisurada considerando <i>tension stiffening</i> .....	94
5.3. Contrastación analítico-numérica del comportamiento estructural .....	96
5.3.1. Introducción .....	96
5.3.2. <i>Tension stiffening</i> no considerado .....	97
5.3.3. Consideración del efecto de <i>tension stiffening</i> .....	100
5.4. Contrastación con datos experimentales .....	102
5.4.1. Introducción .....	102
5.4.2. <i>Benchmarks</i> propuestos por la RILEM .....	102

#### **CAPÍTULO 6: REALIZACIÓN DE ENSAYOS EXPERIMENTALES**

6.1. Introducción .....	107
6.2. Descripción de la viga ensayada .....	108
6.3. Características de los ensayos y equipamiento.....	112

6.3.1. Descripción de los ensayos .....	112
6.3.2. Equipamiento disponible .....	113
6.4. Instrumentación utilizada .....	116
6.4.1. Descripción general .....	116
6.4.2. Deformaciones en las armaduras longitudinales .....	117
6.4.3. Deformaciones en el hormigón .....	121
6.4.4. Deformaciones en las chapas de acero .....	125
6.4.5. Flechas en distintos puntos de la viga .....	126
6.4.6. Carga aplicada .....	127
6.4.7. Reacciones en los apoyos .....	128
6.4.8. Curvaturas a lo largo de la viga .....	129
6.4.9. Fisuración .....	130
6.4.10. Tiempo transcurrido .....	130
6.5. Proceso constructivo de la viga y los refuerzos .....	131
6.6. Ensayos de caracterización del hormigón .....	132
6.6.1. Introducción .....	132
6.6.2. Resistencia a la compresión .....	133
6.6.3. Resistencia a la tracción indirecta .....	134
6.6.4. Módulo de deformación longitudinal .....	135
6.7. Resultados experimentales .....	137
6.7.1. Desarrollo de los ensayos .....	137
6.7.2. Ensayo de la viga sin refuerzos .....	140
6.7.3. Ensayo de la viga reforzada .....	148
6.8. Contrastación de resultados con el modelo numérico .....	161
6.8.1. Criterios seguidos en la modelización .....	161
6.8.2. Comparación de resultados .....	162

## **CAPÍTULO 7: EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

7.1. Introducción .....	181
7.2. Ejemplo 1: Forjado con prelosa de hormigón pretensado .....	182
7.2.1. Características generales .....	182
7.2.2. Características seccionales y cargas aplicadas .....	182
7.2.3. Resultados del análisis .....	185
7.2.4. Influencia de distintos parámetros .....	189
7.2.5. Otras comparaciones .....	190
7.3. Ejemplo 2: Estructura reticular de hormigón, teniendo en cuenta el proceso constructivo .....	192
7.3.1. Características generales .....	192
7.3.2. Características resistentes .....	193
7.3.3. Proceso constructivo e historia de cargas .....	194
7.3.4. Resultados del análisis .....	196

## **CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS**

8.1. Contenido del capítulo.....	207
----------------------------------	-----

8.2. Resumen y conclusiones .....	207
8.3. Trabajos futuros .....	211
REFERENCIAS .....	213
ANEJO 1: Relaciones adimensionales para sección rectangular .....	233
ANEJO 2: Tabla de valores del coeficiente $\alpha_2$ .....	235
ANEJO 3: Fisuración en los ensayos realizados .....	239