

Índice

Prólogo	5
Introducción	7
I Análisis a nivel de fibra	9
1 Introducción a la microestructura del hormigón	9
1.1 Introducción	9
1.2 Composición del hormigón	9
1.3 Tensión superficial o energía libre de superficie	11
1.4 El agua en la microestructura del hormigón	11
2 Retracción. Fenómeno y mecanismo físico	12
2.1 Fenómeno. Variables que intervienen	12
2.2 Mecanismo físico	17
2.3 Interpretación de la influencia de las distintas variables a la luz de los mecanismos físicos que intervienen	19
3 Fluencia. Fenómeno y mecanismos físicos	23
3.1 Fenómeno. Variables que intervienen	23
3.2 Mecanismos físicos	35
3.3 Interpretación de la influencia de las distintas variables a la luz de los mecanismos físicos de la fluencia	37
4 Modelos reológicos	39
4.1 Introducción	39
4.2 Modelos de mayor difusión	39
5 Base de datos	47
5.1 Introducción	47
5.2 Objetivos	47
5.3 Datos	47
5.4 Opciones	48
5.5 Contrastación de los modelos reológicos	53
6 Consideraciones finales	55
II Efectos Estructurales. Cálculo paso a paso	59
1 Introducción	59
1.1 Causas de la redistribución de tensiones	59
1.2 Necesidad del cálculo paso a paso	60
2 Análisis a tiempo cero	61
2.1 Ecuaciones constitutivas	62
2.2 Ecuaciones de compatibilidad	64
2.3 Ecuaciones de equilibrio	65
3 Procedimiento operativo (Análisis a tiempo cero)	65
3.1 Análisis a nivel de estructura	66
3.2 Análisis a nivel de sección	72
4 Análisis a tiempo infinito	73
4.1 Ecuaciones constitutivas	73
4.2 Ecuaciones de compatibilidad	78

4.3	Ecuaciones de equilibrio	78
5	Procedimiento operativo	79
5.1	Análisis a nivel de estructura	79
5.2	Análisis a nivel de sección	79
6	Análisis por capas o equilibrio de autotensión	81
6.1	Planteamiento cualitativo del método	81
6.2	Tipologías de secciones transversales	81
6.3	Notación utilizada	81
6.4	Ecuaciones de equilibrio	82
6.5	Método de resolución paso a paso en una sección transversal	85
6.6	Fluencia diferencial	85
III Efectos Estructurales. Métodos Simplificados		89
1	Introducción	89
2	Método de Dischinger	90
2.1	Dischinger modificado	91
3	Ejemplos de aplicación del método de Dischinger y Rüscher & Jungwirth	91
3.1	Ejemplo 1.- Vinculación al giro en el centro de un vano empotrado tras la construcción empotrada-apoyada.	91
3.2	Ejemplo 2.- Puente de postesado exterior de Fontajau en Girona	93
4	¿Por qué otros métodos aproximados?	98
4.1	Consideraciones generales	98
5	Método de las j	102
5.1	Justificación conceptual del método de las j	102
5.2	Formulación práctica	103
6	Método del coeficiente de envejecimiento	105
7	Formulación general basada en el coeficiente de envejecimiento	105
7.1	Análisis a tiempo cero	105
7.2	Análisis a tiempo infinito	107
7.3	Cálculo práctico de la redistribución de esfuerzos a nivel de la estructura	112
7.4	Cálculo de los incrementos de tensión en el hormigón y en el acero	112
7.5	Método operativo	113
7.6	Aplicación a secciones y estructuras evolutivas	114
8	Aplicación del método del coeficiente de envejecimiento de forma acumulativa	116
8.1	División de un intervalo temporal en dos subintervalos.	116
8.2	Generalización a n subintervalos.	117
9	Una observación acerca del método del coeficiente de envejecimiento y la función de fluencia	118
10	Fórmulas simplificadas para casos particulares	119
10.1	Estructuras de hormigón pretensado	119
10.2	Evaluación simplificada de la redistribución de esfuerzos debida a cambios en las condiciones de apoyo	120
11	Contrastación del método del coeficiente de envejecimiento	121
11.1	Ejemplo No. 1: Viga mixta de dos vanos	121
11.2	Ejemplo No. 2: Variante de Amorebieta. Paso superior No. 1	128
11.3	Ejemplo No. 3: Paso superior sobre la Carretera de Burgos. San Chinarro.	133
11.4	Ejemplo No. 4: Puente de Vigas.	139
11.5	Ejemplo No. 4: Puente de Vigas - Aplicación del método del coeficiente de envejecimiento de forma acumulativa.	145
11.6	Ejemplo No. 5: Puente losa construido sobre cimbra. Estructura 5. M-40 Cierre Norte. Tramo II.	151
11.7	Ejemplo No. 6: Puente losa construido vano a vano. Acondicionamiento de la CN-634. Tramo Sarón-Castañeda. Estructura 1.	158
11.8	Ejemplo No. 7: Puente Arco de hormigón construido evolutivamente. Variante del Tiemblo.	164

11.9	Consideraciones finales	168
Bibliografía		171
A Modelos para el módulo de deformación longitudinal		177
1	Modelo ACI-209	177
2	Modelo CM-90	177
3	Modelo IEH-91	179
4	Modelo experimental. Ensayos Corres-Rodríguez	179
B Modelos para la fluencia del hormigón		180
1	Modelo ACI-209	180
2	Modelo CEB-90	181
3	Modelo CEB-78	182
4	Modelo B3	183
C Modelos para la retracción del hormigón		185
1	Modelo ACI-209	185
2	Modelo CEB-90	186
3	Modelo CEB-78	186
4	Modelo B3	187
D Modelo para la relajación intrínseca del acero de pretensar		188
1	Modelo CEB-78	188
E Ajuste de los modelos reológicos del Código Modelo 1990		190
1	Introducción	190
2	Metodología	190
3	Resultados	190
3.1	Retracción	190
3.2	Fluencia	191
F Fuerzas de empotramiento perfecto en un cálculo matricial respecto de una fibra cualquiera		196
1	Deformación axil impuesta con variación parabólica a lo largo de la barra	196
2	Curvatura impuesta con variación parabólica a lo largo de la barra	197
3	Carga uniforme extendida a toda la barra	197
4	Carga puntual	198
G Notación		199
1	Características mecánicas	199
2	Deformaciones	199
3	Tensiones	200
4	Esfuerzos	200
5	Parámetros del comportamiento reológico	200
6	Composición del hormigón	200
H Formulación acumulativa del método del coeficiente de envejecimiento		201
I Valores del coeficiente de envejecimiento χ		205
J Estudio de secciones no fisuradas mediante el equilibrio de autotensión		206
1	Introducción	206
2	Problema de retracción	206
3	Problema de fluencia	206
4	Aplicación a una sección hormigonada en dos fases	208

4.1	Retracción diferencial	208
4.2	Fluencia diferencial	210
4.3	Variación no lineal de temperatura en el canto	211
5	Gradientes térmicos variables con el tiempo	213
6	Consideración del pretensado	214