

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 |