

INDICE DE MATERIAS

	Pag.
Introducción	1
Bibliografía	2
Parte A: ¿De qué Manera Influyen la Fluencia y la Retracción en el Comportamiento de las Estructuras?	3
Para Lectores con Prisa	3
1. Diferenciación de los Tipos de Tensión y de Solicitación Según su Origen	5
2. Efectos de la Retracción	7
3. Efectos de la Fluencia	8
3.1. Influencia de la Fluencia Sobre las Solicitaciones de Carga	8
3.1.1. Elementos Estructurales Cargados Estáticamente Determinados	8
3.1.2. Apoyos Estáticamente Indeterminados	8
3.1.3. Teoría de Segundo Orden	9
3.2. Influencia de la Fluencia Sobre las Solicitaciones Obligadas	9
3.3. Influencia de la Fluencia Sobre las Tensiones Propias	10
3.4. Influencia de la Fluencia Sobre el Hormigón Pretensado	11

	Pag.
3.5. Influencia de la Fluencia Sobre la Deformación de la Estructura	13
3.5.1. Deformación Bajo Tensiones de Carga	13
3.5.2. Deformaciones Bajo Tensiones Propias y Tensiones Compulsadas	14
4. Resumen de los Efectos de la Fluencia y de la Retracción	15
 Parte B: Propuesta Para la Estimación de los Valores Probables y de la Retracción	 18
 Para Lectores con Prisa	 18
 1. Descripción Reológica General del Comportamiento del Hormigón en la Deformación	 19
1.1. Fluencia	19
1.1.1. Concepto	19
1.1.2. Descomposición de la Fluencia Entre sus Componentes: Deformación Elástica Retardada y Fluencia Propiamente Dicha	20
1.1.3. Descomposición de la Deformación Rápida Inicial de la Fluencia Propiamente Dicha	21
1.1.4. Diferencias Entre la Fluencia Básica Propiamente Dicha y la Fluencia Propiamente Dicha de Secado	22
1.2. Retracción	23
1.3. Influencia de la Temperatura Sobre la Fluencia y la Retracción ..	23
1.4. Resumen	24
2. Datos Para la Valoración de los Componentes de la Denominación	25
2.1. La Deformación Elástica Retardada	25
2.1.1. Variación en el Tiempo	25
2.1.2. El valor Relativo ϵ_r/ϵ_o , t/t_o	26
2.2. La Deformación Rápida Inicial	27
2.3. Evolución General de la Deformación Propiamente Dicha que Varía Gradualmente	30
2.4. El Valor de la Fluencia Básica Propiamente Dicha	31
2.5. La Fluencia Propiamente Dicha de Secado	32
2.6. La Deformación de Fluencia Propiamente Dicha Conjunta	34
3. Desarrollo de Propositiones Para la Estimación de los Valores de Fluencia y Retracción del Hormigón	35
3.1. Concepto	35
3.2. Norma DIN 4227. Hormigón Pretensado. Normas Para el Cálculo y Construcción	35

	Pag.
3.3. Recomendaciones CEB. Primera Edición 1964	36
3.4. Recomendaciones CEB-FIB, Edición de 1970	38
3.5. Norma DIN 1045. Construcciones de Hormigón y de Hormigón Armado. Cálculo y Realización. Nueva Edición 1972	38
3.6. Otras Propuestas	38
3.7. Resumen	39
4. La Nueva Propuesta (Nuevas Normas de Hormigón Pretensado [30] y Manual CEB-FIB [29])	40
4.1. Razones Para el Cambio	40
4.2. Formulación de la Propuesta [30]	41
4.2.1. Módulo de Elasticidad del Hormigón	41
4.2.2. El Coeficiente de Fluencia	42
4.2.3. Valor de la Retracción	45
4.2.4. Valoración de la Dispersión	45
5. Aclaraciones y Razones Para la Determinación del Coeficiente de Fluencia del Hormigón	46
5.1. Ambito de Validez	46
5.2. Consideración de la Elasticidad Retardada	46
5.3. Consideración de la Fluencia Propiamente Dicha	47
5.3.1. Fundamentos	47
5.3.2. Variación del Coeficiente Básico de Fluencia Propiamente Dicho	47
5.3.3. Influencia de la Composición del Hormigón	48
5.3.4. Influencia del Grado de Hidratación del Hormigón	48
5.3.5. Influencia del Espesor de los Elementos	49
5.3.6. Influencia de la Edad de Carga y de su Duración	50
5.3.7. Comparación de los Viejos y Nuevos Valores de φ_t	52
6. Razones que Justifican la Nueva Determinación del Coeficiente de Retracción en el Hormigón	53
7. Datos Para una Determinación más Exacta del Método E_b y del Módulo de Deformación en los Hormigones Normales en Construcción	55
7.1. Significado	55
7.2. Vista General	55
7.3. Definiciones	57
7.4. Determinación del Valor Básico E_0 del Módulo de Elasticidad	57
7.5. Determinación del Módulo de Cambio de Forma E_F Para Cargas de Hasta 24 Horas de Duración	58
7.6. Influencia de las Cargas Repetidas	61
7.7. Influencia de la Edad del Hormigón Sobre el Módulo E	61

	Pag.
7.8. Resumen	61
7.9. Ejemplos	64
7.9.1. Comparación con los Valores Dados en la Norma DIN 1045	64
7.9.2. Variación en el Tiempo	65
8. Características de Deformación de los Aceros Para Hormigón Armado y Para Hormigón Pretensado	66
9. Comparación de los Valores Teóricos con los Determinados en Obra	69
10. Posibilidades de Desarrollo Futuro	71
Parte C: Cálculo Aproximado a la Realidad de los Efectos de la Fluencia y de la Retracción	73
Para Lectores Apresurados	73
1. Introducción	75
1.1. Vista General	75
1.2. Notaciones	77
2. Solución de la Ecuación Diferencial de Dischinger	80
2.1. Solución Originaria	80
2.1.1. Introducción	80
2.1.2. Solución Para la Unión Puntual de un Elemento Elástico con Otro Fluenciable	80
2.1.3. Solución Para el Caso de Unión Continua de un Elemento Elástico con Otro Fluenciable	84
2.1.4. Solución Para el Caso de Unión Puntual de dos Estructuras con Diferente Comportamiento de Fluencia y Retracción (Método de Dischinger-Kupfer)	85
2.2. Ampliación de las Ecuaciones de Dischinger Para su Aplicación en Estructuras de Hormigón Cuando se Tiene en Cuenta la Elasticidad Retardada	88
2.2.1. Fundamentos	88
2.2.2. Solución Para el Caso de una Unión Puntual de una Estructura Elástica con Otra Fluenciable	88
2.2.3. Solución Para el Caso de Unión Continua de un Elemento Elástico con Otro Fluenciable	92
2.2.4. Soluciones Para la Unión Puntual de dos Estructuras con Distintas Características de Fluencia y Retracción (Método Ampliado de Dischinger-Kupfer)	92
3. Método de las Diferencias	95
3.1. Integración Progresiva	95
3.2. Método de Aproximación de las Solicitaciones o Tensiones Medias Producidas por la Fluencia	97

4. Acoplamiento Simple Estáticamente Indeterminado Interiormente de una Armadura de Acero Adherida al Hormigón	170
4.1. Ambito de Validez	170
4.2. Traslación de Tensiones en un Pilar Armado Longitudinalmente ..	170
4.3. Pretensado de un Córdon con Adherencia	172
4.3.1. Según la Ecuación Ampliada de Dischinger	172
4.3.2. Según el Método de la Tensión Media Producida por la Fluencia (Método σ_m)	173
4.3.3. Influencia de la Fluencia del Acero	174
4.4. Pretensado Parcial	174
5. Acoplamiento Interior Doblemente Indeterminado de una Armadura Rígida Unida al Hormigón. Solución con el Método de Busemann	176
6. Actuación Conjunta con Doble Indeterminación Estática Interna de dos Cordones de Armadura Durmiente o Pretensada Unidos al Hormigón	180
6.1. Generalidades	180
6.2. Método de Iteración Apoyado en los Valores de Rigidez y Método de Aproximación Basado en Estos Valores	180
6.3. Método de Integración Progresiva	185
6.3.1. Sin Consideración de la Influencia de la Deformación Elástica Retardada	185
6.3.2. Consideración de la Deformación Elástica Retardada	187
6.4. Aplicación del Método de Busemann a dos Estados de Carga	190
6.5. Comparación de los Resultados Obtenidos con Diferentes Métodos ..	194
7. Momentos de Traslación en Estructuras Pretensadas Estáticamente Indeterminadas Como Ejemplo de Sistemas Estáticos Indeterminados Interior y Exteriormente	195
7.1. Introducción	195
7.2. Momentos de Traslación en Pretensado sin Adherencia	196
7.3. Momentos de Traslación en Pretensado con Adherencia Posterior	200
7.4. Ejemplo de Cálculo de los Momentos de Traslación	201
8. Sistemas Estáticos Indeterminados Múltiples	208
8.1. Generalidades	208
8.2. Viga Continua Elástica Apoyada Sobre Cuatro Vanos	209
8.2.1. Cálculo Según el Método de las Solicitaciones Medias Producidas por la Fluencia	210
8.2.2. Cálculo Según el Método de Trost	212
8.3. Viga Continua Elástica Simétrica Apoyada en Tres Vanos	212
8.3.1. Solución a Partir de las Solicitaciones Medias Producidas por la Fluencia	212

	Pag.
9. Comparación de los Resultados Obtenidos con los Distintos Métodos	136
9.1. Relajación	136
9.2. Comportamiento General	139
10. Vista Panorámica	140
Parte D: Ejemplos	141
Para Lectores Apresurados	141
1. Resumen Abreviado de los más Importantes Medios de Ayuda Para la Estimación de las Deformaciones Inmediatas y su Dependencia del Tiempo	144
1.1. Módulo de Elasticidad del Hormigón (Ver También Parte B, Apartados 4.2.1. y 7)	144
1.2. Coeficiente de Fluencia (Ver Figura 1.2.; Particularidades en los Apartados 4.2.2., 4.2.4. y 5 de la Parte B)	145
1.3. Coeficiente de Retracción (Particularidades, ver Parte B, Apartados 4.2.3., 4.2.4. y 6)	149
1.4. Presentación Tabulada de los Coeficientes k_v , k_t y k_s	152
1.5. Ejemplos Para la Determinación del Espesor Eficaz del Elemento Según la Ecuación (1.4.)	153
1.6. Ejemplos Numéricos de Determinación de φ y ϵ_s	154
2. Medios Para el Cálculo de las Consecuencias de Fluencia y Retracción	158
2.1. Ecuación de Dischinger Ampliada (Ver Parte C Apartado 2.2.) ..	158
2.1.1. Unión Puntual de una Estructura Fluenciable con Otra Elástica (Ejemplo de Pretensado sin Adherencia)	158
2.1.2. Unión Continua de una Parte de Estructura Fluenciable y Otra Puramente Elástica	161
2.1.3. Estructuras de Distinto Comportamiento de Fluencia y Retracción Unidas Puntualmente (Ver También Parte C, Apartados 2.1.4. y 2.2.4.)	162
2.2. Los Métodos de Trost (Ver También Parte C, Apartado 4) y Bazant	163
2.3. El Método de las Tensiones y Solicitaciones Medias Producidas por la Fluencia	164
2.4. El Método de Busemann	166
3. Unión Simple Estática Indeterminada de un Elemento de Tracción de Acero Flexible con un Elemento de Hormigón	167
3.1. Arco con Tirante	167
3.2. Ejemplo de Pretensado sin Adherencia	168

	Pag.
3.2.1. Solución General	98
3.2.2. Caso Especial de Compulsión Constante: $\epsilon_{r,0} = \epsilon_{r,t} = \epsilon_r; \Delta\epsilon_r = 0$	99
3.2.3. Caso Especial de Compulsión Creciente Desde $\epsilon_{r,0} = 0$ Hasta $\epsilon_{r,t}$	100
3.2.4. Cálculo Progresivo	101
3.2.5. Observación Final	102
4. La Solución de Trost	103
4.1. Consideraciones Generales	103
4.2. Ajuste del Valor Índice de Relajación en las Curvas de Fluencia Según las Nuevas Normas de Hormigón Pretensado	104
5. Método de <i>Bazant</i> Basado en un Módulo <i>E</i> Variable	107
6. Método de <i>Busemann</i> Para el Caso de Doble Indeterminación Estática Interna	108
7. Casos Especiales	111
7.1. Construcciones con Indeterminación Estática Externa	111
7.2. Construcción Estáticamente Indeterminada Construida en Fases de Distinto Comportamiento de Fluencia	111
7.3. Compulsión Gradual, Pero no Afin a la Fluencia	113
7.3.1. Según Dimel	113
7.3.2. Según Trost y Mainz	114
7.3.3. Con Solicitaciones Medias Producidas por la Fluencia	115
7.4. Consecuencias de la Fluencia del Acero Pretensado (Relajación)	115
8. Influencia de la Fluencia y de la Retracción en la Deformación de las Estructuras	117
8.1. Introducción	117
8.2. Cálculo de las Deformaciones	118
8.2.1. Generalidades	118
8.2.2. Deformación de las Construcciones de Hormigón Pretensado sin Fisurar	120
8.2.3. Deformación de las Estructuras de Hormigón Armado y de Hormigón Pretensado en el Estado I	122
8.2.4. Deformación de las Estructuras de Hormigón Armado en el Estado II Puro (Hormigón Completamente Fisurado)	124
8.2.5. Cálculo de la Deformación más Probable de Estructuras de Hormigón Armado y de las Pretensadas Parcialmente	126
8.3. Problemas de Estabilidad (Consideración de la Fluencia Según la Teoría de Segundo Orden)	129
8.3.1. Generalidades	129
8.3.2. Método de Aproximación Basado en <i>Dischinger</i>	129
8.3.3. Solución más Exacta por Integración Progresiva	133

	Pag.
8.3.2. Solución Según Trost	214
8.3.3. Comparación de los Resultados Obtenidos Según los Distintos Métodos de Cálculo	215
9. Reducción de las Fuerzas de Compulsión Exteriores que Actúan Sobre Apoyos Rígidos o Casi Rígidos	216
9.1. Introducción	216
9.1.1. Compulsión Surgida Rápidamente	216
9.1.2. Compulsión Surgida Gradualmente	217
9.2. Consecuencia de la Compulsión Surgida Rápidamente en el Caso de Asentamiento en un Suelo no Cohesivo	217
9.3. Consecuencias de una Compulsión Surgida Lentamente en el Caso de Asentamiento en Suelo Cohesivo	217
9.3.1. Exposición	217
9.3.2. Solución Bajo la Hipótesis de que la Compulsión se Desarrolla Temporalmente Afín a la Fluencia	218
9.3.3. Solución por el Método de Dimel	219
9.3.4. Solución por el Método de Trost y Mainz	219
9.3.5. Ampliación de la Capacidad de Adaptación por Aplicación del Método de las Solicitaciones Medias Producidas por la Fluencia	220
9.3.6. Medio de Cálculo Desarrollado en el Apartado 9.3.5., que Permite Prescindir del Acoplamiento Entre la Variación en el Tiempo del Asentamiento y de la Fluencia ..	222
9.3.7. Comparación de Resultados	233
9.4. Ejemplo de Unión de Elementos Prefabricados de la Misma Edad ..	233
10. Cargas Producidas por la Deformación de Retracción	236
10.1. Generalidades	236
10.2. Elementos de la Deformación de Retracción que Pueden Eliminarse Mediante la Colocación de Juntas de Dilatación	236
10.3. Cálculo de la Carga de Retracción que Aparece en Elementos no Fisurados Bajo la Hipótesis Simplificada de que la Retracción y la Fluencia Varían de una Manera Afín	237
10.3.1. La Deformación de Retracción del Elemento de Construcción tan Sólo se ve Elásticamente Obstruida en los Extremos	237
10.3.2. Deformación de Retracción Impedida a Todo lo Largo del Elemento Elástico	238
10.3.3. Impedimento de la Deformación de Retracción a Través de Elementos Fluenciables	240
10.3.4. Deformación de Retracción de un Forjado Impedida por los Apoyos	240

10.3.5. Valoración del Peligro de Surgimiento de Fisuras de Retracción Bajo una Carga de Retracción Pura	243
10.4. Dónde, en qué Medida y con qué Consecuencias, Aparecen Divergencias en la Afinidad Supuesta Entre la Fluencia y la Retracción	246
10.5. Influencia de una Armadura de Retracción en Elementos Constructivos Cargados Predominantemente con Tensiones de Retracción	255
10.5.1. Generalidades	255
10.5.2. Armadura Reticular Cercana a la Superficie	256
10.5.3. Cuantía de Armadura Sugerida Para Limitar la Anchura de las Fisuras	257
10.5.3.1. Elementos Constructivos Largos sin Juntas de Dilatación	257
10.5.3.2. Elementos Constructivos Cortos	258
10.5.4. Caso Especial	262
11. Acoplamiento de Elementos Constructivos con Distintos Comportamientos de Fluencia y Retracción	263
11.1. Acoplamiento con una Incógnita	263
11.1.1. Generalidades	263
11.1.2. Viga de dos Vanos, Armados y Hormigonados uno Tras Otro	263
11.1.3. Construcción de un Pórtico Biarticulado a Partir de una Viga Prefabricada y Pilares Hormigonados «In Situ»	265
11.2. Acoplamiento Estático Indeterminado Múltiple de Elementos Constructivos con Distintos Comportamientos de Fluencia y Retracción	267
11.2.1. Generalidades	267
11.2.2. Consideración de la Rigidez de Flexión de una Placa de Hormigón «In Situ» en la Actuación Conjunta con un Nervio Prefabricado (Método de Busemann)	267
11.2.2.1. Hipótesis	267
11.2.2.2. Traslación de los Efectos Surgidos Después del Acoplamiento	270
11.2.2.3. Traslación de las Cargas Surgidas Antes del Acoplamiento	272
11.2.3. Solución Aproximada Despreciando la Rigidez de Flexión de la Placa (Método de Dischinger-Kupfer)	273

	Pag.
12. Aplicación de la Integración Progresiva en Casos en los que un Tratamiento Matemático Exacto no es Posible o es Difícilmente Realizable	275
12.1. Traslación de Solicitaciones en una Viga de dos Vanos Realizada en dos Etapas, Teniendo en Cuenta el Proceso no Afín de la Deformación de Fluencia que Aparece en Ambos Vanos	275
12.2. Ambitos de Aplicación más Amplios de la Integración Progresiva	279
13. Posibilidades de Reducción de la Traslación de Solicitaciones Producidas por la Fluencia	280
13.1. Construcción en Etapas de Vigas Continuas	280
13.2. Producción de Vigas Continuas por Adición de Ménsulas Simétricas	281
14. Cálculo de Deformaciones y Contraflechas	283
14.1. Generalidades	283
14.2. Cálculo de la Deformación	285
14.2.1. Viga de Hormigón Armado Hormigonada «In Situ», Apoyada Librementemente	285
14.2.2. Placa de Autopista Pretensada y Completamente Sujeta	286
14.2.3. Influencia de la Fluencia Sobre la Curvatura de Secciones Rectangulares Transversales de Hormigón Armado	287
14.2.4. Viga Prefabricada de Hormigón Armado Apoyada Librementemente	291
14.3. Cálculo de Contraflecha Necesaria	294
14.3.1. Generalidades	294
14.3.2. Influencia de un Cambio en el Sistema Estático	294
14.3.3. Voladizo Libre	296
Bibliografía	299
Indice Alfabético