
Tabla de contenidos

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	15
1. Antecedentes. Planteamiento del problema	15
2. Objetivos generales	16
3. Contenido del documento	17
CAPÍTULO 2. EXPANSIONES EN EL HORMIGÓN DEBIDAS A LA REACCIÓN ÁLCALI – ÁRIDO SILÍCEO.....	19
1. Introducción	19
2. La reacción álcali - silicato en presas: caracterización y seguimiento	20
2.1. Introducción.....	20
2.2. Factores que intervienen en la RAS	21
2.3. Diagnóstico de la RAS	23
2.3.1. Introducción	23
2.3.2. Observación <i>in situ</i>	23
2.3.3. Ensayos de laboratorio.....	24
2.4. Casuística de obras afectadas por RAS.....	25
2.4.1. Planta de Beauharnois (Canadá)	25
2.4.2. Presa de Chambon (Francia)	25
2.4.3. Presa de Fontana (EE.UU.)	26
2.4.4. Presa de Hiwassee (EE.UU.)	27
2.4.5. Planta Generadora de Mactaquac (Canadá).....	28
2.4.6. Presa de Maentwrog (Reino Unido)	28
2.4.7. Central de Moxotó (Brasil).....	29
2.4.8. Planta Generadora de Saunders (Canadá).....	30
2.4.9. Presa de Rapide-des-Iles (Canadá).....	31
3. Química de la reacción álcali - silicato	32
3.1. Principio de la reacción	32
3.2. Influencia del hidróxido de calcio.....	33
3.3. Composición de los geles de álcali-silicato	34
3.4. Interacción con la presión exterior.....	35
4. Influencia de la expansión por reacción álcali - silicato en el comportamiento mecánico del hormigón. Modelización	39
4.1. Influencia de la RAS en los parámetros mecánicos del hormigón	39
4.2. Modelos de comportamiento de hormigones afectados por RAS	40
4.2.1. Introducción	40

4.2.2. Comportamiento instantáneo: curva tensión deformación.....	41
4.2.3. Modelos de expansión globales	42
4.2.4. Aportaciones de la Mecánica de la Fractura	45
CAPÍTULO 3. DEFORMACIÓN DIFERIDA DEL HORMIGÓN BAJO CARGA: MODELOS DE FLUENCIA	47
1. Deformaciones diferidas del hormigón	47
1.1. Introducción.....	47
1.2. Descripción y factores	48
1.2.1. Mecanismos de fluencia.....	48
1.2.2. Fluencia por secado.....	50
1.2.3. Fluencia y linealidad.....	50
1.3. Caracterización de la fluencia. Experimentación	51
2. Modelización de la fluencia	52
2.1. Fundamentos	52
2.1.1. Principios termodinámicos	52
2.1.2. Influencia de la temperatura	54
2.1.3. Variaciones de humedad.....	54
2.1.4. Otros efectos no lineales.....	57
2.2. Métodos de análisis	61
2.2.1. Integrales hereditarias: principio de superposición.....	61
2.2.2. Métodos simplificados para fluencia lineal con envejecimiento	63
2.2.3. Métodos basados en desarrollos en serie	65
2.3. Funciones de fluencia: formulaciones prácticas	69
2.3.1. Modelo CEB-FIP 1990	69
2.3.2. Modelo ACI 209R-82.....	70
2.3.3. Modelos BP-KX y B3.....	70
2.3.4. Otras funciones de fluencia.....	72
CAPÍTULO 4. DESCRIPCIONES DE LAS PRESAS DE BELESAR Y ALBARELLOS.....	75
1. Descripción de la presa de Belesar.....	75
1.1. Generalidades.....	75
1.2. Aparatos de auscultación	76
1.3. Descripción del hormigón fabricado	77
2. Diagnóstico y evaluación de la RAS en la presa de Belesar	78
2.1. Desplazamientos.....	78
2.2. Fisuración	80
2.3. Análisis físico – químico de los materiales	80
2.3.1. Análisis de los áridos.....	81

2.3.2. Análisis de las muestras de hormigón	81
2.3.3. Análisis del agua	82
2.4. Evaluación de las deformaciones expansivas	82
2.5. Análisis estructural	84
2.6. Ensayos de expansión libre	84
3. Descripción de la presa de Albarelos	85
3.1. Descripción general	85
3.2. Aparatos de auscultación	86
3.3. Descripción del hormigón fabricado	87
CAPÍTULO 5. OBJETIVOS PARTICULARES	89
1. Objetivos teóricos.....	89
2. Objetivos metodológicos	89
3. Objetivos aplicados	90
CAPÍTULO 6. MODELO DE COMPORTAMIENTO Y ALGORITMO DE ANÁLISIS.....	91
1. Introducción: elección del modelo de comportamiento.....	91
1.1. Criterios para la elección de los modelos de comportamiento.....	91
1.2. Modelo de comportamiento reológico	92
1.2.1. Función de fluencia	92
1.2.2. Método de análisis	93
1.3. Modelo de comportamiento expansivo	94
1.4. Recapitulación. Representación gráfica del modelo.....	96
2. Obtención de los parámetros representativos del material.....	97
2.1. Obtención de los coeficientes de relajación de la cadena de Maxwell	97
2.2. Estimación de las deformaciones expansivas debidas a la RAS.....	99
3. Procedimiento operativo.....	100
CAPÍTULO 7. PLANTEAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE ENSAYOS	103
1. Introducción	103
1.1. Planteamiento general	103
1.2. Primera fase: Belesar 1 (coronación)	103
1.3. Segunda fase: Belesar 2 (bóveda) y Albarelos.....	104
1.4. Conclusiones experimentales de la primera fase	104
2. Descripción de ensayos	105
2.1. Testigos	105
2.1.1. Dimensiones	105
2.1.2. Zonas de extracción.....	106
2.1.3. Refrentado de los testigos.....	109

2.2. Condiciones de carga y ambientales.....	110
2.2.1. Primera fase.....	111
2.2.2. Segunda fase.....	112
2.3. Instrumentación y toma de datos	113
2.3.1. Manual	113
2.3.2. Instrumentación electrónica: extensómetros	114
2.3.3. Instrumentación electrónica: galgas	115
2.4. Puesta en carga	117
3. Descripción de equipos	117
3.1. Bastidores de carga	117
3.2. Cilindros oleohidráulicos	118
3.2.1. Programa de carga de la primera fase	121
3.2.2. Segunda fase.....	121
3.3. Extensometría manual	122
3.3.1. Primera fase.....	122
3.3.2. Segunda fase.....	124
3.4. Extensometría Carson.....	124
3.5. Extensometría de galgas.....	125
3.5.1. Primera fase.....	125
3.6. Armario de conexiones, cableado y adquisición de datos	127
3.6.1. Primera fase.....	127
3.6.2. Segunda fase.....	130
CAPÍTULO 8. RESULTADOS EXPERIMENTALES	135
1. Introducción	135
2. Ensayos de carga constante	136
2.1. Introducción.....	136
2.2. Deformaciones instantáneas.....	136
2.2.1. Belesar (primera fase).....	137
2.2.2. Belesar (segunda fase).....	138
2.2.3. Albarelos	139
2.3. Deformaciones diferidas.....	140
2.3.1. Belesar (primera fase).....	140
2.3.2. Belesar (segunda fase).....	143
2.3.3. Albarelos	144
2.4. Conclusiones sobre los ensayos de carga constante.....	146
3. Ensayos de carga variable	146
3.1. Introducción. Incidencias.....	146

3.2. Deformaciones instantáneas	147
3.2.1. Belesar (primera fase).....	147
3.2.2. Belesar (segunda fase)	148
3.2.3. Albarellos	149
3.3. Deformaciones diferidas.....	149
3.3.1. Belesar (primera fase).....	149
3.3.2. Belesar (segunda fase)	151
3.3.3. Albarellos	152
3.4. Conclusiones sobre los ensayos de carga variable.....	153
4. Ensayos instantáneos	153
4.1. Belesar (primera fase).....	154
4.2. Belesar (segunda fase)	154
4.3. Albarellos	155
CAPÍTULO 9. OBTENCIÓN DE PARÁMETROS Y CONTRASTACIÓN DEL MODELO.....	157
1. Introducción	157
2. Expansión libre.....	158
2.1. Belesar (primera fase).....	158
2.2. Belesar (segunda fase)	158
3. Presión de inhibición	159
3.1. Belesar (primera fase).....	160
3.2. Belesar (segunda fase)	163
3.3. Observaciones	165
4. Curvas libres de expansión y espectro de relajación.....	166
4.1. Belesar (primera fase).....	166
4.2. Belesar (segunda fase)	169
4.3. Albarellos	171
5. Simulación de los ensayos de carga variable.....	173
5.1. Belesar (primera fase).....	173
5.2. Belesar (segunda fase)	176
5.3. Albarellos	179
CAPÍTULO 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	181
1. Conclusiones.....	181
2. Recomendaciones metodológicas.....	182
3. Futuras líneas de investigación	183
CAPÍTULO 11. REFERENCIAS.....	185