

CUADERNOS INTEMAC

Juntas y armaduras de retracción y temperatura en canales de hormigón armado

Contraction and temperature joints and reinforcement in reinforced concrete canals

José Calavera Ruiz
Doctor Ingeniero de Caminos



INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

N.º 36

4.º TRIMESTRE '99



METIRE UT SCIAS

INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

CONTROL DE PROYECTO

CONTROL DE OBRA

GARANTIA DE CALIDAD

SONDEOS, ENSAYOS E INFORMES GEOTECNICOS

INFORMES DE PATOLOGIA, REHABILITACION Y REFUERZOS DE CONSTRUCCIONES

OBRAS PUBLICAS
EDIFICACION
INSTALACIONES



INTEMAC
AUDIT

AUDITORIA TECNICO-ECONOMICA DE CONSTRUCCIONES

- ASESORIA EN EL PLANTEAMIENTO Y EN LA CONTRATACION DE LA OBRA
- SEGUIMIENTO DE COSTOS Y PLAZOS DURANTE LA CONSTRUCCION
- VALORACIONES DE TERRENOS, INMUEBLES Y CONSTRUCCIONES
- AUDITORIAS DE TRABAJOS PARCIALES Y DE LIQUIDACION DE LA OBRA



INTEMAC
ECO

AUDITORIA TECNICA MEDIOAMBIENTAL

CONTROL DE IMPACTO AMBIENTAL

Obras Públicas
Edificación
Instalaciones

CONTROL DE CALIDAD AMBIENTAL

Aire
Agua
Ruido

AUDITORIA MEDIOAMBIENTAL

ASESORAMIENTO EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE

**JUNTAS Y ARMADURAS DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA
EN CANALES DE HORMIGÓN ARMADO**

**CONTRACTION AND TEMPERATURE JOINTS AND
REINFORCEMENT IN REINFORCED CONCRETE CANALS**



Prof. José Calavera Ruiz

Doctor Ingeniero de Caminos
Presidente de Intemac

Catedrático de Edificación y Prefabricación de la ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y
Puertos de Madrid.

Doctor in Civil Engineering.
President of Intemac
Head of Department of Building and Prefabrication
ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y
Puertos de Madrid

Copyright © 2000, INTEMAC

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida o distribuida de ninguna manera ni por ningún medio, ni almacenada en base de datos o sistema de recuperación, sin el previo permiso escrito del editor.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

ISSN 1133-9365

Depósito legal: M - 23589 -2000
Infoprint, S.A. - San Vicente Ferrer, 40

INDEX

1. INTRODUCTION
 2. GENERAL FEATURES
 3. CONCRETE DEFORMATION DUE TO SHRINKAGE
 4. EARLY-AGE THERMAL CONTRACTION
 5. USUAL JOINT SPACING AND TYPES OF JOINTS
 6. REINFORCEMENT REQUIREMENTS AND CRACKING LAWS
 7. MAXIMUM ALLOWABLE CRACK WIDTH
 8. REINFORCEMENT LAYOUT
- REFERENCES

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
 2. ASPECTOS GENERALES
 3. DEFORMACIONES DEL HORMIGÓN DEBIDAS A LA RETRACCIÓN HIDRÁULICA
 4. CONTRACCIÓN TÉRMICA A CORTA EDAD
 5. DISTANCIAS USUALES ENTRE JUNTAS Y TIPOS DE JUNTAS
 6. REQUISITOS DE ARMADURAS Y LEYES DE FORMACIÓN DE FISURAS
 7. ANCHO MÁXIMO ADMISIBLE DE FISURA
 8. ESQUEMAS DE ARMADO
- BIBLIOGRAFÍA

SUMMARY

This paper analyses the progress made in concrete reinforcement and contraction joint spacing in canals from the standpoint of the performance of immature concrete.

Design criteria are established for reinforcement, including maximum diameter, and the estimated maximum crack spacing and widths, all in terms of the spacing of contraction joints.

1. INTRODUCTION

Solutions for reinforced concrete canals (Fig. 1a) have been greatly enhanced in recent years. Progress has been made in two different areas.

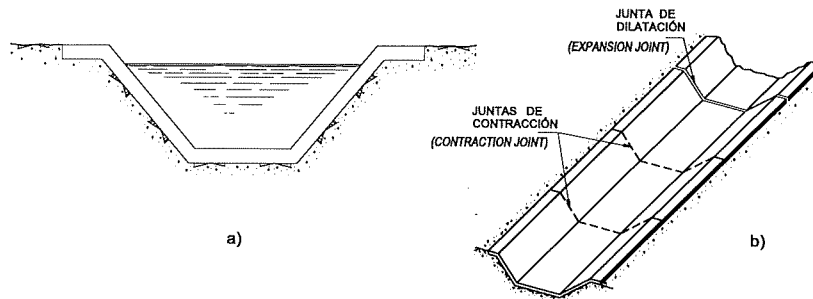


Fig. 1

- On the one hand jointing materials have undergone considerable development and new products have appeared.
- On the other, shrinkage and thermal contraction studies have progressed considerably on the grounds of a better understanding of tensile strength properties and the formation and distribution of cracks in immature concrete.

2. GENERAL FEATURES

The following should be highlighted:

- a) Canals are normally made from concrete slabs with a thickness of from 150 to 300 mm. Values smaller than 150 mm, considered to be a lower limit, should not be used in ordinary works.
- b) Concrete canals, according to the EHE code, require H-25 concrete, i.e., with a 28-day characteristic compressive strength of $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ (25 N/mm^2).
- c) Given the kind of construction involved, a minimum cement content of at least 300 kg/m^3 should be used, for reasons of impermeability.
- d) Cement with the lowest possible heat of hydration should be used to mitigate the problems discussed below.
- e) For the same reason the use of aggregates with a high coefficient of thermal expansion should be avoided.

Table T-1¹ contains information on the coefficients of thermal expansion of concrete made with different kinds of aggregate.

¹ Numbers in parentheses refer to the references cited at the end of the text.

RESUMEN

Este trabajo analiza los progresos realizados en el armado y distancia entre juntas de contracción en canales, de acuerdo con las características de comportamiento del hormigón a edades tempranas.

Se establecen criterios para el cálculo de la armadura necesaria, su diámetro máximo y la separación y ancho máximos esperables en las fisuras, todo ello en función de la distancia entre juntas de contracción

1. INTRODUCCIÓN

Las posibilidades de soluciones para los canales de hormigón armado (Fig. 1a) han aumentado de manera muy importante en los últimos años. Estos avances se han registrado en dos campos diferentes:

- Por un lado los productos para la ejecución de juntas han evolucionado de forma importante, al mismo tiempo que han aparecido nuevos productos.
- Por otro lado los estudios sobre retracción y contracción térmica han avanzado considerablemente con base en un mayor conocimiento de las propiedades de resistencia a tracción y de la formación y distribución de la adherencia a edades tempranas del hormigón.

2. ASPECTOS GENERALES

Conviene destacar los siguientes:

- a) Normalmente los canales se ejecutan con losas de hormigón de 150 a 300 mm de espesor. El espesor de 150 mm es un límite inferior y no debería utilizarse un valor inferior en obras ordinarias.
- b) Los canales de hormigón requieren, de acuerdo con la Instrucción EHE un hormigón H-25, por tanto con resistencia característica a 28 días $f_{ck} = 25$ MPa (25 N/mm²).
- c) Dado el tipo de obra, conviene emplear un contenido mínimo de cemento de 300 kg/m³ por razones de impermeabilidad.
- d) El cemento debe tener el más bajo calor de hidratación posible, para reducir los problemas que veremos más adelante.
- e) Por el mismo motivo conviene evitar el empleo de áridos de alto coeficiente de dilatación térmica.

La Tabla T-1 contiene información sobre los coeficientes de dilatación térmica de hormigones fabricados con diferentes tipos de áridos.

TABLE T-1 TABLA T-1

COEFICIENTES DE DILATACIÓN TÉRMICA DEL HORMIGÓN SEGÚN EL TIPO DE ÁRIDO (1) ¹

COEFFICIENTS OF THERMAL EXPANSION FOR CONCRETE BY TYPE OF AGGREGATE (1) ¹

$$\alpha = k \cdot 10^{-6}$$

TYPE OF AGGREGATE / TIPO DE ÁRIDO	COEFFICIENT k / COEFICIENTE k
Limestone / Calizos	6
Granite / Graníticos	8
Quartz / Cuarcíticos	12

¹ Los números entre paréntesis hacen referencia a la bibliografía citada al final del texto.

- f) Reinforcement nearly always consists of B500 steel electro-welded wire fabric in sheets. Presently, for ductility requirements unrelated to the subject discussed here, the trend is to produce the wire fabric with hot-rolled bars instead of cold-rolled corrugated steel. (Neither plain nor indented steel is any longer used for wire fabric manufacture.)
- g) Figure 1 shows the cross section of a standard canal. Additional details for the canal slab are given in figures 2a) to 2c).

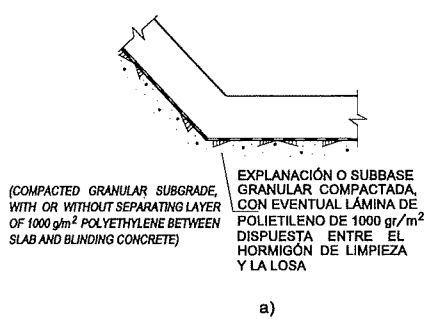


Fig. 2a)

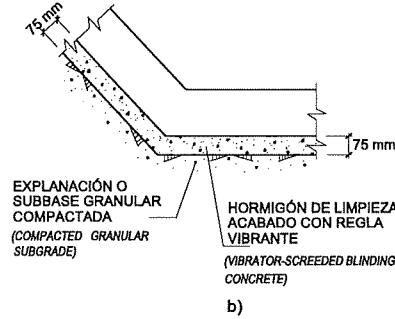


Fig. 2b)

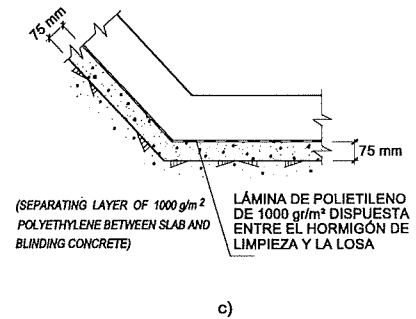


Fig. 2c)

Figure 2a) shows the solution most commonly used for small or medium-section canals, namely with the slab poured directly on the compacted subgrade¹.

As will be discussed below, the subgrade surface must be smooth to ensure that the friction factor between the slab and the ground does not rise inordinately. A suitable solution is to separate the two with a layer of 1000 g/m² polyethylene.

The solution illustrated in Figure 2b) uses a layer of blinding concrete (usually 100 kg of cement per m³ of concrete) poured over the subgrade. While of course providing a higher quality than the preceding solution, this arrangement nevertheless tightly restrains slab sporthemins, particularly during thermal contraction (on or around the third day) and therefore provokes greater cracking.

Finally, solution 2c) provides for excellent quality without the drawbacks of case 2b).²

3. CONCRETE DEFORMATION DUE TO SHRINKAGE

a) Deformation at temperature $T = 20^{\circ}\text{C}$

Total shortening due to shrinkage for $T = 20^{\circ}\text{C}$ can be estimated from the expression:

$$\varepsilon_{cs}(t, t_r) = \varepsilon_{cs,0} \cdot \beta_r(t - t_r) \quad [1]$$

where:

$\varepsilon_{cs,0}$ = Base shrinkage strain.

$\beta_r(t - t_r)$ = Shrinkage evolution factor.

t = Age of concrete when shrinkage is computed.

t_r = Age when shrinkage begins. (Normally, $t_r \approx 1$ day, since curing under the usual ambient temperature conditions has no appreciable effect on the shrinkage value).

In [1]:

$$\varepsilon_{cs,0} = \varepsilon_r(f_{cm}) \cdot \beta_{HR} \quad [2]$$

where:

$$\varepsilon_r(f_{cm}) = \left[160 + 10 \beta_{rc} \left(9 - \frac{f_{cm}}{10} \right) \right] \cdot 10^{-6} \quad [3]$$

f_{cm} = mean 28-day concrete strength in MPa under standard conditions.

β_{rc} = Coefficient depending on type of cement.

$\beta_{rc} = 4$ for slow setting cement.

¹ This publication does not address adequate draining of possible canal filtration.

² The summary that follows is taken from J. CALAVERA and L. GARCÍA DUTARI (2).

- f) Las armaduras suelen ser siempre paneles electrosoldados de malla de acero B500. Existe una tendencia actual, por requisitos de ductilidad ajenos al tema que nos ocupa, que encamina la producción de malla hacia el empleo de barras laminadas en caliente, en lugar de aceros corrugados laminados en frío (Los aceros lisos o indentados han caído en desuso para la fabricación de mallas).
- g) Una sección típica de canal se indica en la Figura 1. Las figuras 2 a) a 2 c) indican detalles de apoyo de la losa del canal en el terreno.

La Figura 2 a) corresponde al caso de apoyo directo de la losa sobre la explanación compactada o sobre solera granular compactada ¹, y es la solución más frecuentemente empleada para canales de sección pequeña o mediana.

Como veremos, la superficie de la explanación o de la subbase han de quedar cerradas y lisas para no incrementar inadecuadamente el coeficiente de rozamiento de la losa con el suelo. Una solución adecuada es colocar sobre el suelo una lámina de polietileno de 1000 gr/m².

La Figura 2 b) emplea una capa de hormigón de limpieza (generalmente de 100 kg de cemento por m³ de hormigón) dispuesta sobre la explanación o subbase. Esta disposición de mejor calidad, por supuesto, que la anterior, coarta fuertemente el corrimiento de la losa, en especial en la etapa de contracción térmica (a los tres días aproximadamente) y por lo tanto conduce a un incremento de la fisuración.

Finalmente la solución 2 c) presenta una calidad excelente sin los inconvenientes de la 2 b) en cuanto a incremento de la fisuración. ²

3. DEFORMACIONES DEL HORMIGÓN DEBIDAS A LA RETRACCIÓN HIDRÁULICA

a) Deformaciones a temperatura $T = 20^{\circ}\text{C}$

El acortamiento total por retracción, para $T = 20^{\circ}\text{C}$, puede estimarse a partir de la expresión:

$$\varepsilon_{cs}(t, t_r) = \varepsilon_{cs,0} \cdot \beta_r(t - t_r) \quad [1]$$

donde:

$\varepsilon_{cs,0}$ = Coeficiente base de retracción.

$\beta_r(t - t_r)$ = Coeficiente de desarrollo de la retracción con el tiempo.

t = Edad del hormigón en el momento para el que se calcula la retracción.

t_r = Edad a la que comienza la retracción. (Normalmente $t_r \approx 1$ día, pues los curados de tipo habitual a temperatura ambiente no afectan apreciablemente al valor de la retracción).

En [1] se tiene:

$$\varepsilon_{cs,0} = \varepsilon_r(f_{cm}) \cdot \beta_{HR} \quad [2]$$

donde:

$$\varepsilon_r(f_{cm}) = \left[160 + 10 \beta_{rc} \left(9 - \frac{f_{cm}}{10} \right) \right] \cdot 10^{-6} \quad [3]$$

f_{cm} = Resistencia media del hormigón en MPa en condiciones normalizadas, a 28 días.

β_{rc} = Coeficiente dependiente del tipo de cemento.

$\beta_{rc} = 4$ para cementos de endurecimiento lento.

$\beta_{rc} = 5$ para cementos de endurecimiento normal o rápido.

$\beta_{rc} = 8$ para cementos de endurecimiento rápido y alta resistencia.

$$\beta_{HR} = -1,55 \left[1 - \left(\frac{HR}{100} \right)^3 \right] \text{ para } 40\% \leq HR < 99\% \quad [4]$$

= 0,25 para $HR \geq 99\%$
siendo HR la humedad relativa ambiente en %.

$\beta_r(t - t_r)$ viene dada por la expresión

$$\beta_r(t - t_r) = \left[\frac{(t - t_r)}{0,035 h^2 + t - t_r} \right]^{0,5} \quad [5]$$

donde h es el espesor ficticio en mm.

¹ En esta publicación no se entra en las disposiciones de drenaje adecuadas para recoger las eventuales filtraciones del canal.

² El resumen que sigue está tomado de J. CALAVERA y L. GARCÍA DUTARI (2).

$$\begin{aligned} \beta_{rc} &= 5 \text{ for standard or quick-setting cement.} \\ \beta_{rc} &= 8 \text{ for quick-setting, high strength cement.} \\ \beta_{HR} &= -1,55 \left[1 - \left(\frac{HR}{100} \right)^3 \right] \text{ for } 40\% \leq HR < 99\% \\ &= 0,25 \text{ for } HR \geq 99\% \end{aligned} \quad [4]$$

where HR is ambient relative humidity in %.

$\beta_r(t - t_r)$ is defined by the expression

$$\beta_r(t - t_r) = \left[\frac{(t - t_r)}{0,035 h^2 + t - t_r} \right]^{0,5} \quad [5]$$

where h is the slab thickness in mm.

b) *Shrinkage correction for temperatures other than 20°C*

If the temperature is not 20°C when shrinkage takes place, its effect on the process may be estimated from the following expression:

$$\alpha_{rT} = 0,0350 [h]^2 e^{-0,06(T-20)} \quad [6]$$

where T is in °C and h in mm.

Coefficient α_{rT} replaces the term $0,035 h^2$ in expression [5]. At the same time the effect on $\varepsilon_r(f_{cm})$, is obtained by substituting the following expression for β_{HR} in [2]

$$\beta_{HR,T} = \beta_{HR} \cdot \beta_{rT} \quad [7]$$

where β_{HR} is as defined in [4] and β_{rT} is defined as

$$\beta_{rT} = 1 + \left(\frac{8}{103 - HR} \right) \left(\frac{T - 20}{40} \right) \quad [8]$$

where HR = relative humidity in % and T in °C.

The term α_{rT} is calculated from [6], $\beta_r(t - t_r)$ from [5] and the value of [2] and therefore of [1] from [7] and [8].

Shrinkage deformation in immature concrete is negligible for practical purposes in most cases. By way of example, for 5-day concrete with a relative humidity of 50% and $T \approx 20^\circ\text{C}$, in a 400-mm wall, where $t_1 = 1$ day and $h \approx 400$ mm, the resulting value is:

$$\varepsilon_{c,ret}(5 - 1) = 17,5 \cdot 10^{-6}$$

Under the same conditions, shrinkage in 70-year-old concrete (practically speaking, the age when stability is reached) is on the order of $0,51 \times 10^{-3}$. That is to say, even in dry environments, short-term shrinkage ($t = 5$ days) is less than 5% of the total anticipated value¹.

4. EARLY-AGE THERMAL CONTRACTION

Such contraction is caused essentially by the heat of hydration of the cement. The graphs in Figure 3 show the evolution of immature concrete temperatures and the daily evolution of ambient temperatures in moderate climates. The concrete temperature generally peaks between 24 and 48 hours after casting. The peak value rises with cement content, setting speed and reactivity, ambient temperature, thickness of the concrete member and kind of formwork used (3).

Equilibrium between concrete and ambient temperatures is reached on the fifth or sixth day via heat dissipation through the surface of the member.

Hereunder, the maximum difference between concrete and ambient temperatures will be termed the *temperature fall* (T_1).

¹ It is odd that, despite this, cracks caused by thermal (most) or plastic shrinkage are often erroneously attributed to drying shrinkage.

b) Corrección de la retracción para temperaturas diferentes de 20°C

Si la temperatura durante el desarrollo de la retracción es diferente de 20°C, su efecto sobre ella puede ser estimado mediante la expresión:

$$\alpha_{r,T} = 0,0350 [h]^2 e^{-0,06(T-20)} \quad [6]$$

donde T viene en °C y h en mm.

El coeficiente $\alpha_{r,T}$ reemplaza al término $0,035 h^2$ en la expresión [5]. Al mismo tiempo la influencia en $\epsilon_r (f_{cm})$, se obtiene sustituyendo β_{HR} en [2], por

$$\beta_{HR,T} = \beta_{HR} \cdot \beta_{r,T} \quad [7]$$

donde β_{HR} se expuso en [4] y $\beta_{r,T}$ viene dada por

$$\beta_{r,T} = 1 + \left(\frac{8}{103 - HR} \right) \left(\frac{T - 20}{40} \right) \quad [8]$$

siendo HR = humedad relativa en % y T en °C.

Con [6] se calcula $\alpha_{r,T}$, $\beta_r (t - t_r)$ con [5] y con [7] y [8], el valor de [2] y por tanto el [1].

Las deformaciones de retracción a edades cortas son despreciables en la mayoría de los casos prácticos. A título de ejemplo, para cinco días de edad, con una humedad relativa del 50% y $T \approx 20^\circ\text{C}$, en un muro de 400 mm de espesor, resulta, con $t_1 = 1$ día y $h \approx 400$ mm.

$$\epsilon_{c,ret} (5 - 1) = 17,5 \cdot 10^{-6}$$

En las mismas condiciones, la retracción a 70 años de edad (prácticamente su edad de estabilización) es del orden de $0,51 \times 10^{-3}$. Es decir, aun en condiciones de ambiente seco, la retracción a edades cortas ($t = 5$ días) no llega al 5% de la total previsible.¹

4. CONTRACCIÓN TÉRMICA A CORTA EDAD

Está producida fundamentalmente por el calor de hidratación del cemento. En la Figura 3 se indica dos gráficos típicos de evolución de la temperatura del hormigón a corta edad y de la evolución diaria de la temperatura ambiente para climas medios. La máxima temperatura del hormigón suele alcanzarse entre las 24 y 48 horas a partir de su puesta en obra. Su valor crece con el contenido de cemento, con la rapidez de endurecimiento y la reactividad del cemento empleado, con la temperatura ambiente, con el espesor de la pieza de hormigón y con el tipo de encofrado que se emplee. (3)

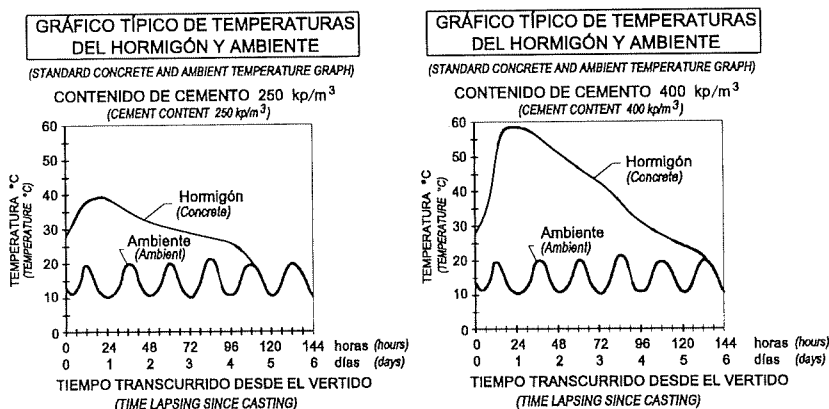


Fig. 3

A partir del quinto o sexto día, la disipación de calor a través de la superficie de la pieza, le permite igualar su temperatura a la del ambiente.

Llamaremos *salto térmico* (T_1) a la máxima diferencia de temperaturas entre el hormigón y el ambiente.

¹ Es curioso que a pesar de esto, las fisuras producidas por la contracción térmica (la mayoría de ellas) o por la retracción plástica, se atribuyen con frecuencia, erróneamente, a la retracción hidráulica

In addition to the temperature fall, account must also be taken of seasonal variations (T_2), i.e., the largest anticipated difference between the maximum and minimum temperatures during the contraction period.

Figure 4 provides information of an indicative nature, taken from (3) and (4), for slabs with different types of formwork and cement content and for cement with a standard setting speed. The temperature fall may be assumed to be 2 to 3°C less for slow setting cement and 4 to 5°C more for quick setting cement. Note the substantial impact of the formwork.

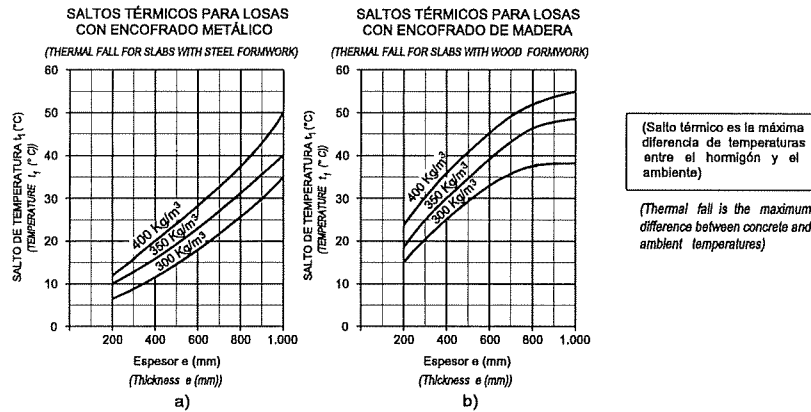


Fig. 4

Figure 5 contains information for the case in point, i.e., for slabs cast *in situ*.

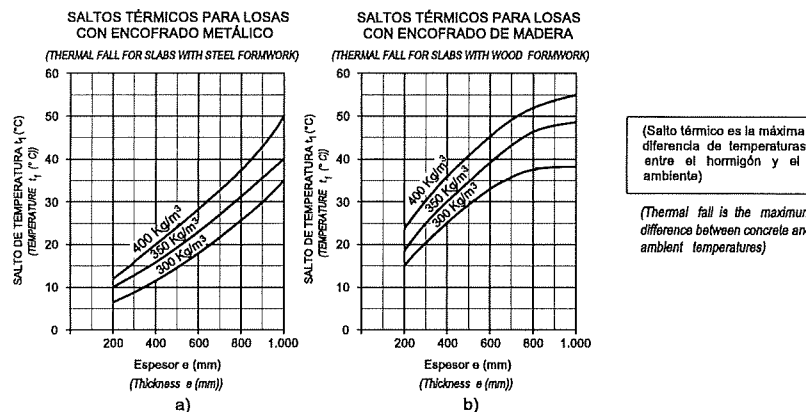


Fig. 5

5. USUAL JOINT SPACING AND TYPES OF JOINTS

Usually in reinforced canals, which are in service and subject to uniform loads for most of their useful lives and, contraction joint spacing is wider than in apparently similar facilities, such as pavements. Nine-metre intervals are common and 15-metre spacing is not unheard of (Figure 1b)).

Expansion joints are generally spaced at 60 and 100 m, at joints with special canal works and in particular at the beginning of ends of curved zones.

Overly wide expansion joint spacing or lack of any joints at all in straight zones must be carefully studied. When expansion is restrained, the canal slabs are compressed parallel to their median plane, which can lead to deterioration of the concrete. One symptom of this phenomenon is surface flaking which is sometimes erroneously interpreted and attributed to other causes.

Figure 6 indicates the most frequent solution for contraction joints, obtained by a combination of a wood or plastic crack inducer and sawing the concrete a few hours after casting. The joint is sealed with appropriate compounds. This type of joint, used for continuous concreting, transmits forces well from one slab to the next due to the effect of the aggregate interlock in joint lips. The most suitable joint for slabs cast in alternating order is specified in Figure 7.

Figure 8 shows a standard quality solution for an expansion joint. It is made by placing a polystyrene plate in between the slab just cast and the fresh concrete for the adjacent slab, which is placed against the polystyrene. After the concrete sets the upper edge of the polystyrene plate is grouted and the sealing compound is set into the groove.

Figure 9 shows a high quality expansion joint, fitted with a waterstop.

A ello debe sumarse la variación estacional (T_2), diferencia máxima previsible entre la temperatura máxima y mínima durante el período de contracción.

La Figura 4 proporciona información de carácter orientativo tomada de (3) y (4), para losas con diversos tipos de encofrado y contenidos de cemento, para el caso de cementos de velocidad de endurecimiento normal. Puede aceptarse que para cementos de endurecimiento lento el salto térmico se reduce en 2 ó 3°C y para los de endurecimiento rápido se incrementa en 4 a 5°C. Como puede verse el tipo de encofrado es de elevada importancia.

La Figura 5 contiene información para el caso que nos ocupa, es decir para losas hormigonadas sobre el terreno.

5. DISTANCIAS USUALES ENTRE JUNTAS Y TIPOS DE JUNTAS

Usualmente en canales armados, dado que están en servicio la mayor parte de su vida y bajo cargas uniformes, se acostumbra a emplear distancias entre juntas de contracción mayores que en casos aparentemente similares, como los pavimentos. Es frecuente la separación de 9 metros y a veces se alcanzan los 15 metros (Fig. 1b).

Las juntas de dilatación suelen establecerse a distancias de 60 y 100 m y en los límites con las propias obras especiales del canal y en particular a la entrada y salida de los tramos curvos.

La separación excesiva de juntas de dilatación, o su supresión en tramos rectos, debe ser estudiada con cautela. Al impedirse la dilatación, ello comprime a las losas del canal paralelamente a su plano medio y puede deteriorar al hormigón. El fenómeno se acusa por "deshojado" de la superficie, y es a veces erróneamente interpretado y atribuido a otras causas.

La Figura 6 indica la solución más frecuente de junta de contracción, obtenida por la combinación de un inductor de grietas de madera o material plástico y de un serrado del hormigón a las pocas horas de vertido. La junta se sella con productos adecuados. Este tipo se usa en los casos de hormigonado continuo y tiene, por el efecto de engranamiento de los áridos en los labios de la junta, una buena capacidad de transmisión de fuerzas de una losa a otra. Si se hormigona en tramos alternados, una junta adecuada es la indicada en la Figura 7.

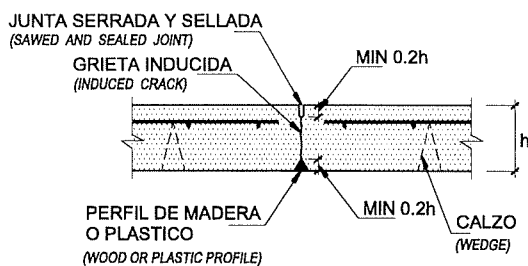


Fig. 6

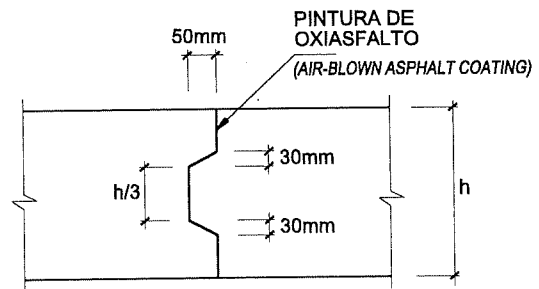


Fig. 7

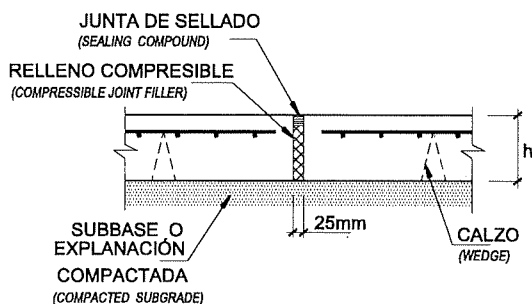


Fig. 8

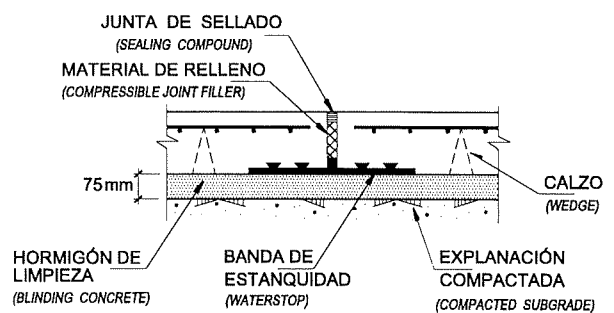


Fig. 9

La Figura 8 indica una solución de calidad normal para junta de dilatación. Se ejecuta colocando una plancha de poliestireno una vez terminada una losa y contra ella se hormigona la contigua. Después de endurecido el hormigón se roza la parte superior de la plancha de poliestireno y se deposita el producto de sellado.

La Figura 9 indica una junta de dilatación ejecutada con banda de estanquidad y que presenta una alta calidad.

6. REINFORCEMENT REQUIREMENTS AND CRACKING LAWS

a) Reinforcement non-plastification requirement

If the reinforcement is to meet its purpose of distributing cracks and controlling their width, it must not, under any circumstances, be stressed to its elastic limit.

The critical moment is when the thermal fall is the greatest, as seen in 4. This generally takes place when the concrete is two to three days old.

The following condition must hold at that time:

$$A_s f_{yk} \geq A'_c f_{ct}^j \quad [9]$$

where

A_s = Reinforcement area for concrete section A_c (mm²)

f_{yk} = Reinforcing steel elastic limit in N/mm².
(Usually $f_{yk} = 500$ N/mm²).

A'_c = Concrete area controlled by the reinforcement. (For canal thickness ≤ 300 mm, the value taken for A'_c is half of the correspondent to the real depth. That is to say, $A'_c = \frac{1}{2} A_c$. See CUADERNOS INTEMAC No. 14 (Table T-1) (4) for a further discussion).

f_{ct}^j = Direct tensile strength (N/mm²) of immature concrete.

The above formula may be restated as follows:

$$\rho_{min} \approx \frac{f_{ct}^j}{f_{yk}} \quad [10]$$

(in [10] ρ is referred to total slab thickness).

Immature concrete tensile strength does not behave at all in accordance with the general rules laid down by EHE, which refer to 28-day or older concrete. Reference (5) provides formulas for some Spanish cements.

An approximate estimate of f_{ct}^j can be taken from Table T-2.

TABLE T-2 TABLA T-2
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN A TRACCIÓN DIRECTA A EDADES TEMPRANAS ($T \approx 3$ días)
DIRECT TENSILE STRENGTH FOR IMMATURE CONCRETE ($T \approx 3$ days)

CONCRETE / HORMIGÓN	f_{ct}^j (N/mm ²)
H-25	1.3
H-30	1.6
H-35	1.8

Applying condition [10] to the f_{ct}^j values specified in Table T-2 yields the minimum B500 steel geometric ratios given in Table T-3.

b) Cracking laws

A second condition is related to limiting the width of cracks that may form during thermal contraction for whatever reason.

Crack spacing is estimated as shown below (Figure 10).

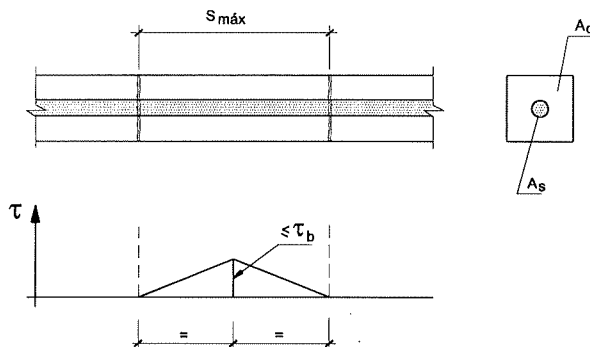


Fig. 10

6. REQUISITOS DE ARMADURAS Y LEYES DE FORMACIÓN DE FISURAS

a) Condición de no plastificación de la armadura

Para que la armadura pueda desempeñar su función de repartir las fisuras y controlar su ancho es necesario que en ningún caso alcance su límite elástico.

El momento crítico es cuando se produce el mayor salto térmico, visto en 4. Ello ocurre generalmente hacia los dos o tres días de edad del hormigón.

En ese momento se ha de cumplir:

$$A_s f_{yk} \geq A'_c f_{ct}^j \quad [9]$$

donde

A_s = Área de armadura correspondiente a la sección de hormigón A_c (mm²)

f_{yk} = Límite elástico del acero de las armaduras en N/mm².
(Generalmente $f_{yk} = 500$ N/mm²).

A'_c = Área de hormigón controlada por la armadura. (Para espesores de canal ≤ 300 mm, se toma como valor de A_c el correspondiente a la mitad del canto. Es decir $A'_c = \frac{1}{2} A_c$. Véase el Cuaderno INTEMAC N° 14 (Tabla T-1) (4) para más información).

f_{ct}^j = Resistencia a tracción directa del hormigón a corta edad (N/mm²).

La fórmula anterior puede ponerse en la forma:

$$\rho_{min} \approx \frac{f_{ct}^j}{2 f_{yk}} \quad [10]$$

(ρ está en [10] referida al espesor total de la losa).

La resistencia a tracción del hormigón a corta edad no sigue en absoluto las reglas generales dadas por EHE, que corresponden a 28 días o a edades superiores. En la referencia (5) pueden verse fórmulas para algunos cementos españoles.

Una estimación aproximada de f_{ct}^j puede obtenerse de la Tabla T-2.

La condición [10] aplicada a los valores de f_{ct}^j indicados en la Tabla T-2 conduce a las cuantías geométricas mínimas en acero B500 indicadas en la Tabla T-3.

TABLE T-3 TABLA T-3
CUANTÍAS MÍNIMAS EN ACERO B500 POR RAZONES
DE NO PLASTIFICACIÓN
MINIMUM B500 STEEL RATIOS FOR REASONS
OF NON-PLASTIFICATION

CONCRETE / / HORMIGÓN	CUANTÍA GEOMÉTRICA MÍNIMA / / HORMIGÓN MINIMUM GEOMETRIC RATIO ρ_{min} (‰)
H-25	1,3
H-30	1,6
H-35	1,8

b) Leyes de formación de fisuras

Una segunda condición viene de la limitación del ancho de fisuras que pudieran formarse por cualquier motivo en la etapa de contracción térmica.

La separación entre fisuras viene establecida por lo siguiente (Fig. 10):

Dadas dos fisuras consecutivas debe cumplirse, cuando está a punto de producirse otra fisura

Given two consecutive cracks, the following must hold when another crack is about to appear:

$$S_{\text{máx.}} \cdot \frac{n\pi\phi \cdot \tau_b}{2} = A'_c f_{ct}^j$$

$$S_{\text{máx.}} = \frac{2 \cdot A'_c \cdot f_{ct}^j}{n\pi \phi \tau_b}$$

(The value for A'_c is taken as indicated for formula [9] above, i.e., $A'_c = \frac{1}{2} A_c$)

which may be re-written as

$$S_{\text{máx.}} = \frac{f_{ct}^j \cdot \phi}{\tau_b \cdot 2\rho} \tag{11}$$

(ρ is referred to the total section).

Table T-4 lists immature concrete ($t \approx 3$ days) τ_b values, corresponding to corrugated bars and wires, for concrete normally used in canals.

TABLE T-4 TABLA T-4
TENSIONES DE ADHERENCIA EN HORMIGONES JÓVENES ($t \approx$ días)
PARA ALAMBRES Y BARRAS CORRUGADAS
BOND STRESS IN IMMATURE CONCRETE ($t \approx$ days)
FOR CORRUGATED BARS AND WIRE

CONCRETE / HORMIGÓN	τ_b (N/mm ²)
H - 25	2,0
H - 30	2,4
H - 35	2,8

Formula [11] is applicable to (corrugated) cold-rolled steel wire-welded fabric reinforcement.

The minimum crack spacing value, if the middle crack appears, i.e., if the concrete tensile strain is reached at mid-length (Figure 10), is:

$$S_{\text{mín}} = \frac{1}{2} S_{\text{máx}} \tag{12}$$

When no more cracks can form, cracking is defined to be stabilised. The number of cracks cannot increase, although they can widen.

The maximum crack width is expressed as

$$W_{\text{máx.}} = S_{\text{máx.}} \cdot \epsilon_c \tag{13}$$

where ϵ_c is the elongation per unit of length of the concrete.

c) Calculation of crack width in terms of canal construction process

This process has a substantial impact on crack distribution. Essentially two processes are used, as analysed below.

c-1) Where lateral and bottom slabs are cast simultaneously and slab shortening is not tightly restrained.

$$S_{\text{máx.}} \cdot \frac{n\pi\phi \cdot \tau_b}{2} = A'_c f_{ct}^j$$

$$S_{\text{máx.}} = \frac{2 \cdot A'_c \cdot f_{ct}^j}{n\pi \phi \tau_b}$$

(A'_c se toma con el valor indicado para la fórmula [9], con $A'_c = \frac{1}{2} A_c$)

que puede ponerse en la forma

$$S_{\text{máx.}} = \frac{f_{ct}^j \cdot \phi}{\tau_b \cdot 4\rho} \quad [11]$$

(donde ρ está referida a la sección total)

Para los hormigones normalmente empleados en canales los valores de τ_b a edades tempranas ($t \approx 3$ días), para barras y alambres corrugados, vienen dados por la Tabla T-4.

La fórmula [11] es aplicable a mallas con acero laminado en frío (corrugado).

Como valor mínimo de separación entre fisuras, si se produce la intermedia, es decir si se alcanza en el punto medio de tensión de tracción del hormigón (Figura 10) se obtiene:

$$S_{\text{mín}} = \frac{1}{2} S_{\text{máx.}} \quad [12]$$

Cuando ya no se pueden producir más fisuras se define la fisuración como estabilizada. Las fisuras ya no pueden aumentar en número, aunque si lo puede hacer su ancho.

El ancho máximo de fisura resulta de:

$$W_{\text{máx.}} = S_{\text{máx.}} \cdot \varepsilon_c \quad [13]$$

donde ε_c es el alargamiento unitario del hormigón.

c) Cálculo del ancho de fisura según el proceso de construcción del canal

Este proceso influye notablemente en la distribución de fisuras. Básicamente se emplean dos procesos que se analizan a continuación.

c-1) Caso en que se hormigonan simultáneamente las losas de cajero y fondo y el acortamiento de las losas no está rígidamente coartado.

Corresponde a las losas hormigonadas sobre la explanación o la subbase, con o sin lámina de polietileno interpuesta, o sobre hormigón pobre, pero con una lámina de polietileno de al menos 1000 gr/m² entre el hormigón pobre y la losa (soluciones a) y c) de la Fig. 2).

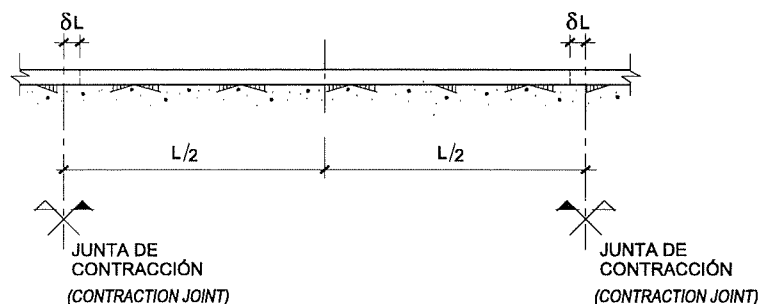


Fig. 11

This corresponds to slabs poured over the subgrade, with or without a layer of polyethylene or over weak concrete where a separating layer of polyethylene with a weight of at least 1000 g/m² is placed between the blinding concrete and the slab (solutions a) and c) in Figure 2).

The friction between the slab and the ground is given by $\lambda\mu$. The μ values are listed in Table T-5.

TABLE T-5 TABLA T-5
VALORES DEL ROZAMIENTO BÁSICO μ
BASIC FRICTION (μ) VALUES

SLAB FOUNDING CONDITIONS	CONDICIÓN DEL APOYO DE LAS LOSAS	VALORES DE μ VALUES
<i>Polyethylene layer between slab and subgrade or between slab and blinding concrete</i>	Lámina de polietileno entre losa y subbase o entre losa y hormigón pobre	0,7
<i>Subgrade with very smooth surface</i>	Explanación o subbase con superficie muy lisa	1,0
<i>Explanation or with appreciably rough surface</i>	Explanación o subbase con rugosidad apreciable	1,5 a 2

However, this basic friction value is only reached if the strain on the edge of the slab (that is, at the contraction joint) allows friction to develop fully, which, according to experimental results, only occurs if δL (Figure 11) reaches a value of 1,5 mm. Otherwise the above μ values must be multiplied by coefficient λ

$$\lambda = \frac{\delta L_{cs} + \delta L_r}{1,5} \geq 1 \quad [14]$$

where δL_{cs} is the shortening due to shrinkage and δL_r the shortening due to temperature.

The average weight of the canal per unit of length, P , may be estimated, as indicated in Figure 12, by the following formula, in which the weight of the slab in kN/m² is termed g

$$g = 25h \cdot 10^{-3} \text{ (in kN/m}^2 \text{ for } h \text{ in mm)}$$

and, therefore, converting to N and m

$$P = 25 \cdot 10^{-6} h \left[a + 2b + \frac{2H}{\text{sen}\alpha} (1 + \cos\alpha) \right]$$

where P is the weight of the canal in N per mm of length.

In the above it is assumed that component c) of the weight of the lateral wall, i.e., the component parallel to the surface, is conveyed to the bottom slab, since this point is generally more rigid than the subgrade under walkways. Depending on the consistency of the fresh concrete and the construction process, this may not be the case, as the said component may be otherwise distributed, i.e., between both the upper and lower edges, but that has no bearing on the following discussion.

Strain δL deriving from the shortening provoked by cooling due to thermal contraction is lessened by the friction between the slab and the grade. These friction-induced tensile strains on the slab vary linearly from 0 at the contraction joint to a maximum of σ_{ct} at mid-length between joints. It immediately follows, where P is the weight of the canal per unit of length, that

$$\sigma_{ct} = \frac{P \cdot \frac{L}{2} \lambda \mu}{\left(a + 2b + \frac{2H}{\text{sen}\alpha} \right) h}$$

(σ_{ct} in N/mm², for P in N/mm and lengths in mm).

El rozamiento entre losa y suelo viene dado por el valor $\lambda\mu$. Los valores de μ se indican en la Tabla T-5.

Sin embargo, este valor del rozamiento básico sólo se alcanza si el corrimiento en el borde de la losa (o sea en la junta de contracción) permite desarrollar toda la fricción, lo cual de acuerdo con la experimentación sólo se produce si δL (Fig. 11) alcanza el valor de 1,5 mm. En otro caso el valor de μ indicado debe multiplicarse por un coeficiente λ

$$\lambda = \frac{\delta L_{cs} + \delta L_T}{1,5} \neq 1 \quad [14]$$

donde δL_{cs} es el acortamiento debido a la retracción y δL_T el debido a la temperatura.

El peso medio de canal por unidad de longitud, P , puede estimarse de acuerdo con la Fig. 12, llamando g al peso de la losa en kN/m^2 , por la fórmula

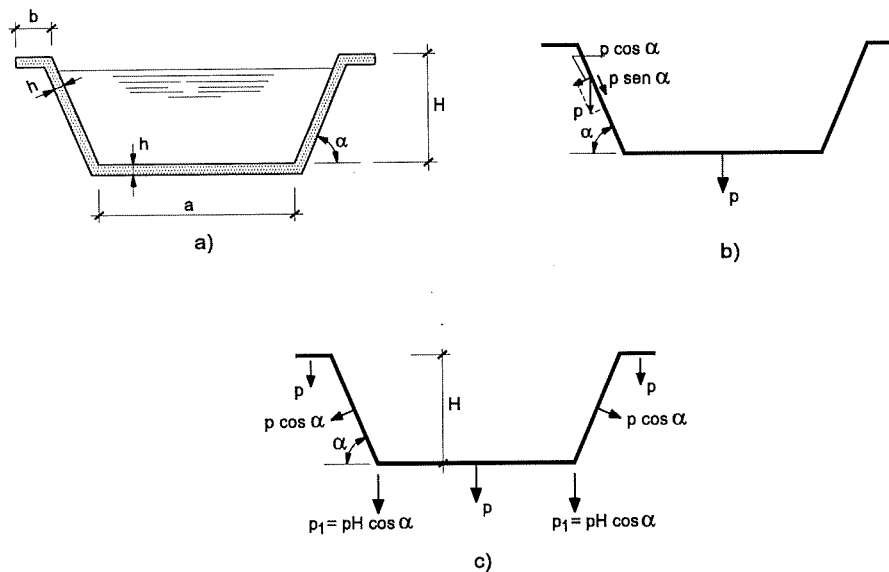


Fig. 12

$$g = 25h \cdot 10^{-3} \text{ (en } \text{kN/m}^2 \text{ para } h \text{ en } \text{mm)}$$

y por tanto, pasando a N y m resulta

$$P = 25 \cdot 10^{-6} h \left[a + 2b + \frac{2H}{\text{sen } \alpha} (1 + \cos \alpha) \right]$$

donde P es el peso del canal en N por mm de longitud.

En ella se ha supuesto que la componente c) del peso del cajero paralela a su superficie se transmite al enlace en la losa de fondo ya que este punto suele ofrecer más rigidez que la explanación bajo los paseos. Dependiendo de la consistencia del hormigón fresco y del proceso constructivo, esto puede no ser cierto, y repartirse entre ambos extremos superior e inferior. Ello no altera lo que sigue.

El corrimiento δL se deriva del acortamiento por efecto del enfriamiento debido a la contracción térmica, reducido por el rozamiento de la losa con la base. Estas tensiones de tracción debidas al rozamiento que sufre la losa, varían linealmente desde 0 en la junta de contracción a un máximo σ_{ct} en la sección media entre juntas. Es inmediato deducir, llamando P al peso del canal por unidad de longitud

$$\sigma_{ct} = \frac{P \cdot \frac{L}{2} \cdot \lambda \mu}{\left(a + 2b + \frac{2H}{\text{sen } \alpha} \right) h}$$

(σ_{ct} en N/mm^2 , para P en N/mm y longitudes en mm).

$$\sigma_{ct} = \frac{25 \cdot 10^{-6} \left[a + 2b + \frac{2H}{\text{sen}\alpha} (1 + \cos\alpha) \right] \lambda_{ct} \cdot \frac{L}{2}}{\left(a + 2b + \frac{2H}{\text{sen}\alpha} \right) h} \quad [15]$$

Slab edge strain hindered by friction is, then

$$\delta_L = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_{ct}}{E_c} \cdot \frac{L}{2}$$

Since deformation takes place slowly (50 to 100 hours), we can assume that the value of module E_c is half of the instantaneous value

$$E_c = \frac{1}{2} E_{ci} = \frac{1}{2} 8500 (f_{ck} + 8)^{1/3} \quad [16]$$

Theoretically, $E_c = \frac{\sigma_{ct}}{\epsilon_c}$, but since the concrete is very immature, tensile strain relaxation is intense and shortening may be assumed to be half of the theoretical value for both thermal and friction strain.

For want of more precise values, the figures shown in Table T-6 (2) may be used for T_1

TABLE T-6 / TABLA T-6
SALTO TÉRMICO T1, EN °C PARA DIFERENTES CASOS
THERMAL FALL T₁, EN °C FOR DIFFERENT ASSUMPTIONS

CANAL SLAB THICKNESS (mm)	ESPESOR DE LA LOSA DEL CANAL (mm)	CONTENIDO DE CEMENTO POR m ³ CEMENT CONTENT PER m ³		
		300	350	400
≤250		15	15	15
300		15	17	21
400		21	23	28
500		25	28	34

Account must also be taken of the estimated seasonal variation T_2 (between 15 and 20°C, depending on the region).

It can, therefore, be deduced that

$$\delta_L = 0,5 \frac{L}{2} \cdot k 10^{-6} (T_1 + T_2) - \frac{\sigma_{ct} \cdot L}{34000 (f_{ck} + 8)^{1/3}} \quad [17]$$

Bearing in mind that $\lambda = \frac{\delta L}{1,5} \neq 1$

The maximum deformation due to friction is

$$\epsilon_{c,m\acute{a}x} = 0,5 \frac{\sigma_{ct}}{E_c} = \frac{\sigma_{ct}}{8500 (f_{ck} + 8)^{1/3}} \quad [18]$$

Formula [13] provides the crack width, based on expression [18].

c-2) Where the bottom slab is cast first and then the lateral walls are cast on any support that provides a sliding layer, or where the entire canal is poured on blinding concrete without a separating layer of polyethylene

In this case, if the bottom slab is cast under the conditions described in c-1) above, the crack width is calculated as indicated in that section. (Formula [15] obviously becomes $b = H = 0$).

$$\sigma_{ct} = \frac{25 \cdot 10^{-6} \left[a + 2b + \frac{2H}{\text{sen}\alpha} (1 + \cos\alpha) \right] \lambda \mu}{\left(a + 2b + \frac{2H}{\text{sen}\alpha} \right) h} \cdot \frac{L}{2} \quad [15]$$

El corrimiento de la losa en borde impedido por el rozamiento es, por tanto

$$\delta_L = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_{ct}}{E_c} \cdot \frac{L}{2}$$

Dado el carácter lento de la deformación (de 50 a 100 horas) podemos aceptar un módulo E_c mitad del instantáneo

$$E_c = \frac{1}{2} E_{ci} = \frac{1}{2} 8500 (f_{ck} + 8)^{1/3} \quad [16]$$

En teoría, $E_c = \frac{\sigma_{ct}}{E_c}$, pero como el hormigón es muy joven, la relajación de tensiones de tracción es muy intensa y los acortamientos se acepta que se reducen a la mitad, tanto para tensiones térmicas como debidas al rozamiento.

Para los valores de T_1 puede tomarse los indicados en la Tabla T-6 (2), a falta de datos más precisos.

Debe considerarse además la variación estacional esperable T_2 (de 15 a 20 °C) según regiones.

Y por tanto podemos escribir

$$\delta_L = 0,5 \frac{L}{2} \cdot k 10^{-6} (T_1 + T_2) - \frac{\sigma_{ct} \cdot L}{34000 (f_{ck} + 8)^{1/3}} \quad [17]$$

Recuérdese que $\lambda = \frac{\delta L}{1,5} \neq 1$

La deformación máxima debida al rozamiento resulta

$$\varepsilon_{c,m\acute{a}x} = 0,5 \frac{\sigma_{ct}}{E_c} = \frac{\sigma_{ct}}{8500 (f_{ck} + 8)^{1/3}} \quad [18]$$

La fórmula [13] nos proporciona el ancho de fisura a partir de [18].

c-2) Caso en que se hormigona primero la losa de fondo y después los cajeros sobre cualquier soporte que permita el deslizamiento, o caso en que todo el canal se hormigona sobre hormigón pobre sin interponer la lámina de polietileno

En este caso, si la losa de fondo se hormigona en las condiciones expuestas en c-1), el ancho de fisura se calcula de acuerdo con lo allí expuesto. (Es claro que en la fórmula [15] se hace $b = H = 0$).

En este caso, al hormigonar los cajeros el hormigón de estos se solidariza con el endurecido y ya enfriado de la solera y todo acortamiento de los cajeros está coartado sobre todo en su zona inferior.

En las mismas condiciones estamos si losa y cajeros se hormigonan simultánea o consecutivamente, pero sobre hormigón pobre sin lámina de polietileno.

En este caso, en teoría

$$\delta L = k \cdot 10^{-6} (T_1 + T_2) \cdot \frac{L}{2}$$

pero por la relajación de tensiones de tracción, ya indicada en c-1), adoptamos

$$\delta L = 0,5k \cdot 10^{-6} (T_1 + T_2) \cdot \frac{L}{2} \quad [19]$$

que es el valor del acortamiento coartado que equivale a un alargamiento unitario en tracción.

$$\varepsilon_c = \frac{\delta L}{L/2} = 0,5k \cdot 10^{-6} (T_1 + T_2) \quad [20]$$

Con el valor [20] la fórmula [13] nos proporciona el ancho máximo de fisura, $W_{m\acute{a}x}$.

Here, when the lateral walls are cast the concrete harden bonding to the concrete in the horizontal slabs, already set and cooled; this restrains lateral wall shortening, in particular in the lower areas.

The same conditions prevail if the slab and lateral walls are poured - simultaneously or consecutively - on blinding concrete with no layer of polyethylene.

In this case, in theory

$$\delta L = k \cdot 10^{-6} (T_1 + T_2) \cdot \frac{L}{2}$$

but given the relaxation of tensile strains discussed in c-1) above, the following expression is adopted

$$\delta L = 0,5k \cdot 10^{-6} (T_1 + T_2) \cdot \frac{L}{2} \quad [19]$$

which is the restrained shortening value, which is equivalent to one unit of elongation per unit of length under tensile stress.

$$\varepsilon = \frac{\delta L}{L/2} = 0,5k \cdot 10^{-6} (T_1 + T_2) \quad [20]$$

The result obtained with expression [20] affords the maximum crack width, W_{max} .

7. MAXIMUM ALLOWABLE CRACK WIDTH

Generally speaking, in ordinary canals, the allowable W_{max} is 0.2 mm. When very special water-tight requirements are to be met, W_{max} is set at 0.1 mm.

In practice, these values are reduced over time due to crack "self-healing". This is a poorly understood phenomenon, although it is known that crushed aggregate leads to greater "self-healing" than round aggregate. Aside from this, the phenomenon seems to be more closely associated with the additives used than the chemical characteristics of the cement or aggregate.

Cracks likewise tend to become clogged by the suspended matter carried by the canal, in particular matter with a high clay content.

EXAMPLE

The canal in Figure 13 has a uniform thickness of 150 mm, B-500 steel wire fabric-reinforced H-25 concrete made with limestone aggregate and 300 kg/m³ of cement and contraction joints every 10 m. To design the reinforcement needed and calculate crack width and spacing for the three different assumptions shown below, knowing that the anticipated seasonal variation is $T_2 = 20^\circ\text{C}$, the procedure used is as follows:

Assumptions:

- The canal is cast over blinding concrete.
- The canal is cast over a rough surface subgrade with no polyethylene layer.
- The canal is cast over blinding concrete and a separating layer of polyethylene.

Case a)

According to Table T-1, $k = 6$, to Table T-2, $f_{ct}^j = 1,3 \text{ N/mm}^2$, to T-3, $q_{min} = 1,3\%$ and, finally, to Table T-4, $\sigma_b = 2,0 \text{ N/mm}^2$.

$$A_s = \frac{1,3 \cdot 150 \cdot 1000}{1000} = 195 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Further to [11] with a mesh size of $\phi = 8 \text{ mm}$, $250 \cdot 300 \cdot 8 \cdot 5$ (201 mm²/m).

$$S_{max} = \frac{1,3}{2} \cdot \frac{8}{4 \cdot 0,0013} = 1000 \text{ mm}$$

This corresponds to case c-2) and therefore, further to [20]

$$\varepsilon_c = 0,5 \cdot 6 \cdot 10^{-6} (15 + 20) = 0,0001$$

7. ANCHO MÁXIMO ADMISIBLE DE FISURA

Normalmente en canales en condiciones ordinarias se admite $W_{m\acute{a}x} = 0,2$ mm. Cuando se requieren condiciones muy especiales de estanquidad, se fija $W_{m\acute{a}x} = 0,1$ mm.

En la práctica estos valores se reducen con el tiempo por el "autocicatrizado" de las fisuras. Este fenómeno es poco conocido, aunque se sabe que los áridos machacados conducen a un mayor nivel de "autocicatrización" que los redondeados. El fenómeno, aparte esto, parece más ligado a los aditivos empleados que a las características químicas del cemento o los áridos.

También colmatan de forma importante las fisuras, las materias en suspensión que arrastre el canal, especialmente las arcillosas.

EJEMPLO

Dado el canal de la Figura 13, de espesor uniforme de 150 mm con hormigón H-25 de árido calizo, con 300 kg/m³ de cemento y armado con mallas de acero B-500, se desea, disponiendo juntas de contracción a 10 m, calcular la armadura necesaria y el ancho y separación de fisuras sabiendo que la variación estacional previsible es $T_2 = 20^\circ\text{C}$, en los tres casos siguientes:

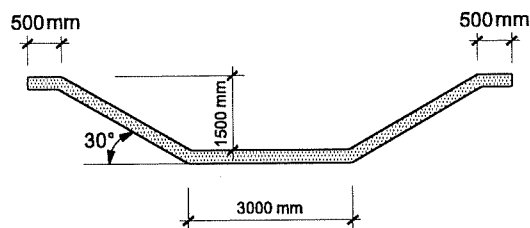


Fig. 13

- El canal se hormigona sobre una capa de hormigón pobre.
- El canal se hormigona sobre una subbase de superficie rugosa sin lámina de polietileno.
- El canal se hormigona sobre una capa de hormigón pobre pero interponiendo una lámina de polietileno.

Caso a)

De acuerdo con la Tabla T-1, $k = 6$. Según la Tabla T-2, $f_{ct}^j = 1,3$ N/mm², según T-3, $q_{min} = 1,3$ ‰. De acuerdo con la Tabla T-4, $\sigma_b = 2,0$ N/mm².

$$A_s = \frac{1,3 \cdot 150 \cdot 1000}{1000} = 195 \text{ mm}^2/\text{m}$$

De acuerdo con [11] y malla con $\phi = 8$ mm., $250 \cdot 300 \cdot 8 \cdot 5$ (201 mm²/m).

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{1,3}{2} \cdot \frac{8}{4 \cdot 0,0013} = 1000 \text{ mm}$$

Estamos en el caso c-2) y por tanto de acuerdo con [20]

$$\varepsilon_c = 0,5 \cdot 6 \cdot 10^{-6} (15 + 20) = 0,0001$$

y según [13]

$$W_{m\acute{a}x} = 1000 \cdot 0,0001 = 0,1 \text{ mm} \text{ Admisible.}$$

Caso b)

Corresponde según la Tabla T-5, $\mu = 2$. Según [15] suponiendo $k_t = 1$

$$\sigma_{ct} = \frac{25 \cdot 10^{-6} \left[3000 + 1000 + \frac{2 \cdot 1500}{\text{sen } 30^\circ} (1 + \cos 30^\circ) \right] 1 \cdot 2}{\left(3000 + 1000 + 2 \frac{1500}{\text{sen } 30^\circ} \right)} \cdot \frac{10000}{2} = 0,38 \text{ N/mm}^2$$

and to [13]

$$W_{\max} = 1000 \cdot 0,0001 = 0,1 \text{ mm} \quad \text{Allowable}$$

Case b)

Here, according to Table T-5, $\mu = 2$. Further to [15] assuming $k_t = 1$

$$\sigma_{ct} = \frac{25 \cdot 10^{-6} \left[3000 + 1000 + \frac{2 \cdot 1500}{\sin 30^\circ} (1 + \cos 30^\circ) \right] 1 \cdot 2}{\left(3000 + 1000 + 2 \frac{1500}{\sin 30^\circ} \right)} \cdot \frac{10000}{2} = 0,38 \text{ N/mm}^2$$

Further to [17]

$$\delta L = 0,5 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 35 \cdot \frac{10000}{2} - \frac{0,38 \cdot 10000}{34000(25 + 8)^{1/3}}$$

$$\delta L = 0,49 \text{ mm}$$

Since $\delta L < 1,5 \text{ m}$, the assumed value $\mu = 2$ is not reached, and the following is adopted

$$\lambda = \frac{0,49}{1,5} = 0,33$$

$$\lambda \mu = 0,33 \cdot 2 = 0,66$$

and, therefore

$$\sigma_{ct} = 0,38 \cdot 0,33 \cdot 2 = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

and further to [18]

$$\varepsilon_{c,max} = \frac{0,25}{8500(25 + 8)^{1/3}} = 9,2 \cdot 10^{-6}$$

$$W_{\max} = 1000 \cdot 9,2 \cdot 10^{-6} = 0,01 \text{ mm.}$$

Case c)

According to Table T-5, $\mu = 0,7$.

On the grounds of Case b) and further to [15], stress σ_{ct} comes to:

$$\sigma_{ct} = 0,25 \cdot \frac{0,66}{0,7} = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

and further to [17]

$$\delta L = 0,5 \cdot \frac{10000}{2} \cdot 6 \cdot 10^{-6} (15 + 20) - \frac{0,24 \cdot 10000}{34000(25 + 8)^{1/3}} = 0,50$$

The value $\delta L = 1,5 \text{ mm}$ is not reached, so $\lambda = \frac{0,50}{1,5} = 0,33$ and σ_{ct} takes a value of

$$\sigma_{ct} = 0,24 \cdot 0,33 \cdot 0,7 = 0,11 \text{ N/mm}^2$$

and further to [18]

$$\varepsilon_{c,max} = \frac{0,11}{8500(25 + 8)^{1/3}} = 4,03 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{and } W_{\max} = 1000 \cdot 4,03 \cdot 10^{-6} = 0,004 \text{ mm}$$

Según [17]

$$\delta L = 0,5 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 35 \cdot \frac{10000}{2} - \frac{0,38 \cdot 10000}{34000(25+8)^{1/3}}$$

$$\delta L = 0,49 \text{ mm}$$

Como $\delta L < 1,5 \text{ m}$ no se alcanza el valor $\mu = 2$ supuesto y adoptamos

$$\lambda = \frac{0,49}{1,5} = 0,33$$

$$\lambda \mu = 0,33 \cdot 2 = 0,66$$

y por tanto, por proporcionalidad

$$\sigma_{ct} = 0,38 \cdot 0,33 \cdot 2 = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

y de [18]

$$\varepsilon_{c,m\acute{a}x} = \frac{0,25}{8500(25+8)^{1/3}} = 9,2 \cdot 10^{-6}$$

$$W_{m\acute{a}x} = 1000 \cdot 9,2 \cdot 10^{-6} = 0,01 \text{ mm.}$$

Caso c)

De acuerdo con la Tabla T-5, $\mu = 0,7$.

A partir del Caso b) y de acuerdo con [15], la tensión σ_{ct} resulta:

$$\sigma_{ct} = 0,25 \cdot \frac{0,66}{0,7} = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

y de [17]

$$\delta L = 0,5 \cdot \frac{10000}{2} \cdot 6 \cdot 10^{-6} (15+20) - \frac{0,24 \cdot 10000}{34000(25+8)^{1/3}} = 0,50$$

No se alcanza el valor $\delta L = 1,5 \text{ mm}$ y por tanto $\lambda = \frac{0,50}{1,5} = 0,33$ y el valor de σ_{ct}

$$\sigma_{ct} = 0,24 \cdot 0,33 \cdot 0,7 = 0,11 \text{ N/mm}^2$$

y de [18]

$$\varepsilon_{c,m\acute{a}x} = \frac{0,11}{8500(25+8)^{1/3}} = 4,03 \cdot 10^{-6}$$

$$y \ W_{m\acute{a}x} = 1000 \cdot 4,03 \cdot 10^{-6} = 0,004 \text{ mm}$$

Resumiendo los tres casos, para distancia entre juntas de 10 m:

1º) Armadura, la misma:

ME 100-300-8-5

Summarising the three cases, for 10-m joint spacing:

a) Reinforcement, the same for all three:

ME 100-300-8-5

b) Crack spacing, the same for all three:

$$S_{\max} = 1000 \text{ mm}$$

c) Maximum crack width:

Case a) Canal concrete cast directly over blinding concrete:

$$W_{\max} = 0.1\text{mm}$$

Case b) Canal concrete cast on rough subgrade:

$$W_{\max} = 0,01\text{mm}$$

Case c) Canal concrete cast over compacted subgrade or blinding concrete with a layer of polyethylene:

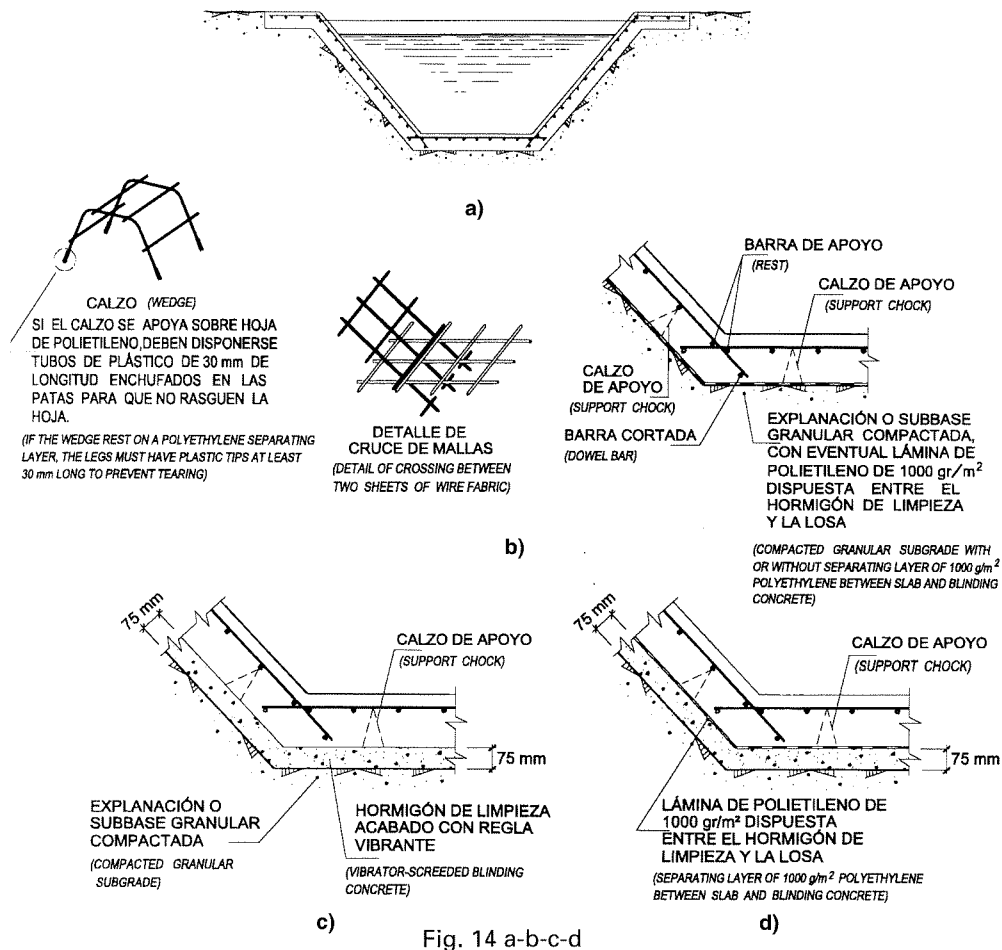
$$W_{\max} = 0,004\text{mm}$$

The use of a layer of polyethylene is clearly advisable if blinding concrete is used, but affords scant benefit where the slabs are cast directly on the subgrade.

8. REINFORCEMENT LAYOUT

The initial assumption is that reinforcement consists of electro-welded wire fabric in sheets.

There are two general layouts, depending on whether flat (Figure 14) or curved (Figure 15) sheets are used.



2º) Separación entre fisuras, la misma:

$$S_{\text{máx}} = 1000 \text{ mm}$$

3º) Ancho máximo de fisura:

Caso a) Canal hormigonado directamente sobre hormigón pobre:

$$W_{\text{máx}} = 0.1\text{mm}$$

Caso b) Canal hormigonado sobre explanación rugosa:

$$W_{\text{máx}} = 0,01\text{mm}$$

Caso c) Canal hormigonado sobre subbase compactada u hormigón pobre con lámina de polietileno interpuesta:

$$W_{\text{máx}} = 0,004\text{mm}$$

Es clara la conveniencia de la lámina de polietileno si se dispone hormigón pobre y el escaso interés de disponer en cambio la lámina sobre la explanación o la subbase.

8. ESQUEMAS DE ARMADO

Se parte de que el armado se realiza con paneles de malla electrosoldada.

Existen dos esquemas generales, según se empleen paneles planos (Fig. 14) o conformados (Fig. 15).

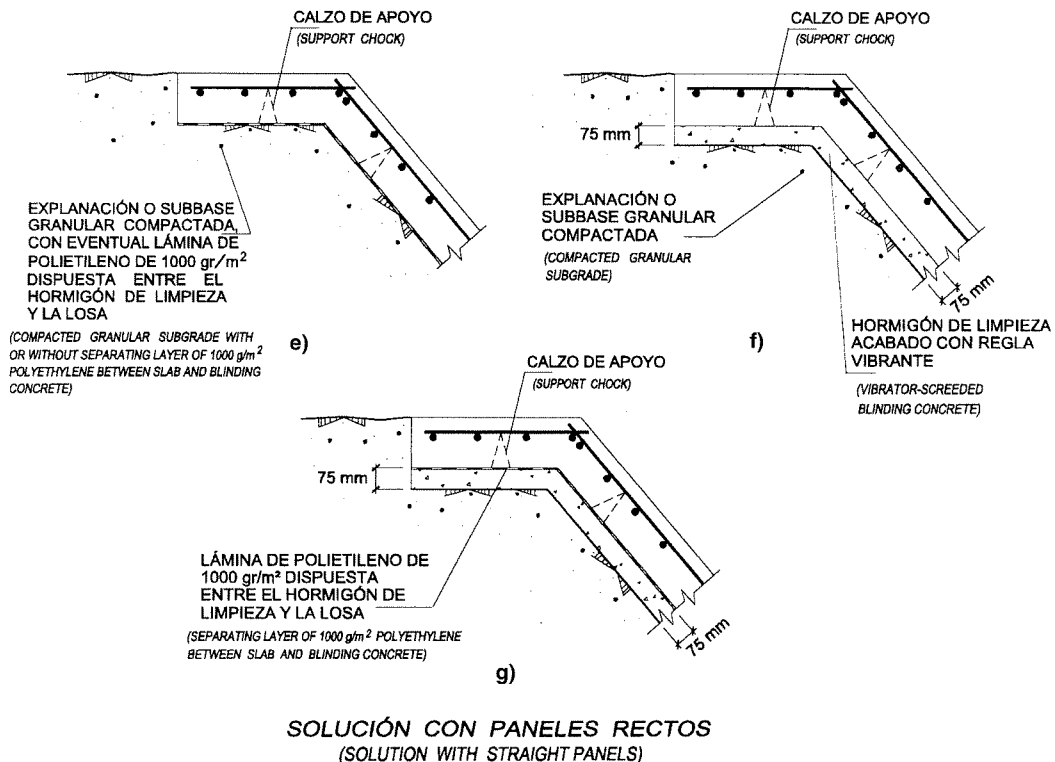


Fig. 14 e-f-g

La elección entre ambas soluciones está muy condicionada por la extensión de la obra y las condiciones de transporte.

Los solapes transversales pueden tener una longitud convencional pero no menor que una trama.

Un tema importante es el del recubrimiento de la armadura. Los mínimos (Figura 14) deben de ser de 30mm y son, claro es, los más eficaces para controlar la fisuración. Sin embargo el sistema de ejecución puede recomendar un

The choice between the two solutions depends largely on the size of the works and transport conditions.

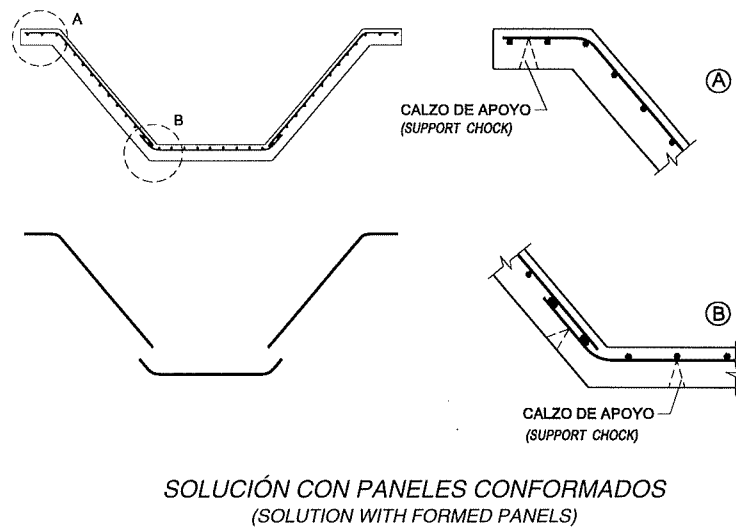


Fig. 15

The transverse overlap may be of conventional length but not less than the transversal wires separation.

Another important consideration is the reinforcement cover. The minimum values (Figure 14) should be 30mm and, obviously, are the most effective figures for controlling cracking. Nonetheless, the execution system may call for a 50 mm cover to keep the coarse aggregate from jumping over the transverse bars when the finishing element is run over the concrete, rendering it difficult to seal off the slab surface.

The spacers system shown in Figure 14 is valid for any conditions and may be made from standard electro-welded wire fabric in sheets.

REFERENCES

- (1) COLIN DE ACON, R.; "Watertight concrete construction". Cement and Concrete Association. London. 1978.
- (2) CALAVERA, J.; GARCÍA DUTARI, L.; "Cálculo de flechas de estructuras de hormigón armado". INTEMAC. Madrid. Septiembre 1992.
- (3) "Juntas en construcciones de hormigón". CUADERNO INTEMAC. Nº 14. 2º trimestre 1994.
- (4) BS 8007: 1987. "British Standard Code of practice for design of concrete structures for retaining aqueous liquids". British Standard Institution. London. 1987.
- (5) ENV 1992-4 EUROCODE 2: "Design of concrete structures. Part 4. Liquid retaining and containment structures". 1998.

recubrimiento de 50 mm para evitar que el árido grueso "salte" sobre las barras transversales al pasar del elemento acabador y resulte difícil cerrar la superficie de la losa.

El sistema de calzos indicado en la Figura 14 es válido para cualquier caso y puede fabricarse a partir de paneles estándar de malla electrosoldada.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) COLIN DE ACON, R.; "Watertight concrete construction". Cement and Concrete Association. London. 1978.
- (2) CALAVERA, J.; GARCÍA DUTARI, L.; "Cálculo de flechas de estructuras de hormigón armado". INTEMAC. Madrid. Septiembre 1992.
- (3) "Juntas en construcciones de hormigón". CUADERNO INTEMAC. Nº 14. 2º trimestre 1994.
- (4) BS 8007: 1987. "British Standard Code of practice for design of concrete structures for retaining aqueous liquids". British Standard Institution. London. 1987.
- (5) ENV 1992-4 EUROCODE 2: "Design of concrete structures. Part 4. Liquid retaining and containment structures". 1998.

Relación de Personal Titulado de INTEMAC

Arquitectos

Fernández Sáez, Ana María
Jalvo García, Jaime
López-Nava Muñoz, Alberto Ignacio
Luzón Cánovas, José M^a

Ingenieros de Caminos

Barrios Corpa, Roberto
Calavera Ruiz, José
Carpintero García, Ismael
Castillo Fernández, Luis Javier
Cortés Bretón, Juan María
Corral Folgado, Claudio
Díaz Lozano, Justo
Fernández Gómez, Jaime Antonio
Garay Sánchez, Raúl
Garrido Baró, Juan Carlos
González González, Juan José
González Valle, Enrique
Hostalet Alba, Francisco
Izquierdo Bernaldo de Quirós, José M^a
Jordán de Urríes de la Riva, Jorge
Ley Urzaiz, Jorge
Rodríguez Escribano, Raul Rubén
Rodríguez Romero, Jesús M^a
Sanz Pérez, Lorenzo
Sirvent Sirvent, Enrique
Tapia Menéndez, José
Torre Cobo, María Carmen

Ingenieros I.C.A.I.

Marín Estévez, Gonzalo
Escarpizo-Lorenzana Martínez, Jorge

Ingenieros Industriales

Alvarez Cabal, Ramón Amado
Arroyo Arroyo, José Ramón
Bueno Bueno, Jorge
Durán Boldova, José Miguel
Santos Olalla, Francisco
Valenciano Carles, Federico

Ingeniero de Minas

Ramos Sánchez, Adelina

Licenciado en Ciencias Geológicas

Blanco Zorroza, Alberto

Licenciados en Ciencias Químicas

Grandes Velasco, Sylvia María
López Sánchez, Pedro
Morgado Sánchez, José Carlos

Licenciada en Geografía e Historia

Calavera Vayá, Ana María

Arquitectos Técnicos

Carrato Moñino, Rosa M^a
Fernández Jiménez, Amelia
Iturralde Estefanía, Javier
Miranda Valdés, Javier
Molina Jurado, David
Montaña del Hoyo, Noelia
Montejano Jiménez, María del Carmen
Muñoz Mesto, Angel
Villacián Fernández, Aránzazu

Ingenieros Técnicos Industriales

Díaz-Trechuelo Laffón, Antonio
González Carmona, Manuel
Madueño Moraño, Antonio

Ingenieros Técnicos Obras Públicas

Carrero Crespo, Rafael
Galán de Cáceres, M^a del Puerto
García Menéndez, David
González Isabel, Germán
González Nuño, Luis
Mata Soriano, Juan Carlos
Molina Collell, Blas
Montiel Sánchez, Ernesto
Muñoz Mesto, Angel
Romero Taboada, José Vicente
Rosa Moreno, José Andrés
Rozas Hernando, José Juan
Sánchez Vicente, Andrés
Vicente Girón, Susana

Ingenieros Técnicos Topógrafos

Carreras Ruiz, Francisco
Cuesta Pereda, Amaya
Molero Vicente, M^a Isabel

Profesores Mercantiles

González Alvarez, Vicente
Sampedro Portas, Arturo

Técnico en Administración de Empresas

González del Olmo, M^a de la Peña de F.

Técnico en Informática

García Rodríguez, Juan Tomás

Técnico en Publicidad

Blanco Armas, Cristina

Topógrafo

Alquézar Falceto, Ricardo

CUADERNOS INTEMAC

CUADERNOS INTEMAC es una publicación trimestral, bilingüe en español e inglés, en forma de monografías que recogen trabajos realizados por los técnicos del Instituto o presentados en los Cursos y Conferencias organizados por el mismo.

Los temas tratados cubren tanto el campo de las Obras Públicas como el de la Edificación y sus Instalaciones.

Precio de la suscripción Año 2000: 3300 pta.

ULTIMOS TITULOS PUBLICADOS

Cuaderno Nº 35
"Cálculo de estructuras metálicas. Principales diferencias entre el Eurocódigo EC3 y la Norma Básica EA-95".
Autores: Prof. R. ÁLVAREZ CABAL. Dr. Ing. Industrial.
J. R. ARROYO ARROYO.
Ing. Industrial.
F. SANTOS OLALLA.
Ing. Industrial.
J. M^a RODRÍGUEZ ROMERO.
Ing. de Caminos.

Cuaderno Nº 36
"Juntas y armaduras de retracción y temperatura en canales de hormigón".
Autor: **J. CALAVERA RUIZ.**
Dr. Ing. de Caminos.

CUADERNOS DE PROXIMA APARICION

Cuaderno Nº 37
"Ficha Técnica de un forjado de hormigón armado".
Autores: **Javier A. Lahuerta**
Dr. Arquitecto
Cristina Sanz Larrea
Dr. Arquitecto

Cuaderno Nº 38
"Patología de instalaciones en la Edificación".
Autor: **F. VALENCIANO.**
Ing. Industrial

MONOGRAFIAS INTEMAC

A partir de junio de 1998 INTEMAC emprendió una nueva línea de publicaciones con un carácter eminentemente práctico, destinadas a tratar temas muy concretos que, o bien presentan un nivel de problemas acusados en la práctica, o bien están insuficientemente cubiertos por la Normativa y la documentación técnica existente.

MONOGRAFÍA INTEMAC Nº 2 AGOTADO
"Puntos críticos en la impermeabilidad de azoteas y fachadas".
Autores: **J. Jordán de Urrés, J. Jalvo, J. M^a Luzón y A. Muñoz Mesto**
Precio de la Monografía 3.200 Ptas.

MONOGRAFÍA INTEMAC Nº 3
"Aspectos visuales del hormigón".
Autores: **Prof. J. Calavera Ruiz, Prof. J. Fernández Gómez, G. González Isabel, P. López Sánchez, Prof. J. M. Pérez Luzardo**
Precio de la Monografía 5.000 Ptas.

VIDEOS TECNICOS

INTEMAC, dentro de sus actividades en el campo de la formación, ha iniciado la edición de una serie de VIDEOS TECNICOS, analizando distintos campos de la construcción.

SERIE OBRAS DE HORMIGON EN MASA, ARMADO Y PRETENSADO.

REFERENCIA	TITULO	CONTENIDO	DURACION	PRECIO
Nº 8801 (1)	FABRICACION Y ENSAYO DE PROBETAS DE HORMIGON	Contempla, de forma completa y detallada, el proceso de toma de muestras de hormigón fresco en obra, medida de consistencia con el cono de Abrams, fabricación de probetas, curado en obra, transporte al laboratorio, curado en cámara, refrentado y ensayo a compresión.	27 min.	80.000 ptas* IVA INCLUIDO

* PRECIO para entregas dentro del territorio español

BOLETIN BIBLIOGRAFICO

INTEMAC viene realizando desde su fundación un BOLETIN BIBLIOGRAFICO para uso interno, que ofrece, en una lectura rápida, un panorama general de todas las publicaciones técnicas disponibles. Desde 1991, esta publicación bimestral, ha sido puesta a disposición del público.

El BOLETIN BIBLIOGRAFICO incluye:

- Fotocopia del índice y de los resúmenes de los artículos contenidos en las 105 revistas técnicas que se reciben en el Instituto referentes a los campos de la Edificación, Instalaciones, Obras Públicas y Urbanismo.
- Una sección de Normativa reciente, nacional y extranjera.
- Secciones de Bibliografía y Cursos.
- Una sección de Congresos, Reuniones Técnicas y Ferias de próxima celebración en todo el mundo.
- **Tarifa de suscripción anual (6 números) 18.000 ptas.**

CONSULTAS E INFORMES BIBLIOGRAFICOS

EL INSTITUTO tiene un SERVICIO DE DOCUMENTACION, que pone a su disposición y que le puede informar sobre cualquier tema relacionado con la Edificación, Instalaciones, Obra Civil y Urbanismo. Se efectúan CONSULTAS BIBLIOGRAFICAS sobre cualquiera de los temas indicados anteriormente, de acuerdo con las siguientes tarifas:

Apertura de expediente	2000 ptas.
Cantidad a abonar por referencia	60 ptas.
Cantidad a abonar por hoja de fotocopia de documento	25 ptas

Además de la Consulta Bibliográfica correspondiente, el INFORME BIBLIOGRAFICO contiene un breve documento redactado por un especialista en el tema, miembro de INTEMAC, con una serie de recomendaciones sobre la Bibliografía básica, así como los comentarios correspondientes.

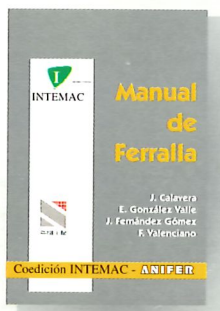
Tarifa correspondiente al Informe Bibliográfico: 15.000 ptas. más la tarifa de la consulta.

ARTICULOS TECNICOS

INTEMAC dispone de una amplia serie de trabajos publicados por nuestros técnicos en diferentes revistas. A continuación incluimos la lista de los últimos. Si está Vd. interesado, solicite relación completa de títulos.

- INFLUENCIA DE LA RUGOSIDAD Y LA CUANTÍA DE COSIDO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PIEZAS COMPUESTAS SOLICITADAS A FLEXIÓN
Enrique González Valle; Jaime Gálvez Ruiz; Luis García Dutari; Ramón Álvarez Caval.
- EL HORMIGON DE ALTA RESISTENCIA (HSC): LAS CARACTERÍSTICAS QUE CONDICIONAN EL CALCULO ESTRUCTURAL. Enrique González Valle.
- LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE INFORMACIÓN EN LAS OBRAS. Adolfo Delibes Liniers.
- INVESTIGACIÓN SOBRE REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO DAÑADAS POR CORROSIÓN DE ARMADURAS. Adolfo Delibes Liniers; Jaime Fernández Gómez.
- HORMIGONADO EN CONDICIONES METEOROLÓGICAS ADVERSAS: ESTUDIO DE LOS ACCIDENTES OCURRIDOS DURANTE EL HORMIGONADO DE UN TABLERO POSTENSADO.
Adolfo Delibes Liniers; Jaime Fernández Gómez; Miguel Angel Acón Robleña.
- LA INFLUENCIA DEL DIAGRAMA TENSIÓN DEFORMACIÓN EN EL CÁLCULO A FLEXIÓN DE SECCIONES REALIZADAS CON HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA.
Enrique González Valle; José M^a Izquierdo; Bernaldo de Quirós.
- EFFECTOS DINÁMICOS EN PUENTES. VARIACION DEL COEFICIENTE DE IMPACTO.
Enrique López del Horno Fernández; Juan José Benito Muñoz; Javier Gallego Valarde; Ramón Álvarez Cabal.
- CUBIERTAS METÁLICAS DE GRAN LUZ. Mercedes Gómez Álvarez; Justo Díaz Lozano; Ramón Álvarez Cabal.
- LA INSPECCIÓN Y ENSAYO. ORGANIZACIONES DE CONTROL DE CALIDAD Y LABORATORIOS.
José Calavera Ruiz.

P.V.P. 400 ptas/ ejemplar.



De acuerdo con la nueva instrucción EHE

MANUAL DE FERRALLA

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

E. GONZÁLEZ VALLE

(Dr. Ingeniero de Caminos)

J. FERNÁNDEZ GÓMEZ

(Dr. Ingeniero de Caminos)

F. VALENCIANO (Ingeniero Industrial)

- 225 páginas
- 124 Figuras
- 34 Fotografías

Constructivos en ficheros para AutoCad

- 31 Referencias Bibliográficas
- Encuadernación en guaflex

Precio: 4.800 Pta.

CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN Y PATOLOGÍA DE FORJADOS DE EDIFICACIÓN

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

Agotada la 4ª Edición

AGOTADO

MUROS DE CONTENCIÓN Y MUROS DE SÓTANO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

Agotada la 2ª Edición

AGOTADO



NUEVA PUBLICACIÓN

De acuerdo con la nueva instrucción EHE

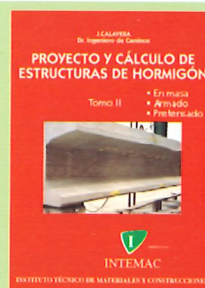
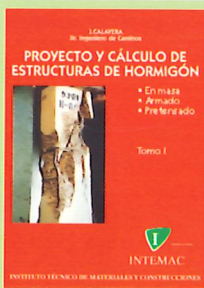
CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE CIMENTACIÓN

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

• 507 páginas

- Encuadernación en guaflex

Precio: 11.000 Pta.



PROYECTO Y CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

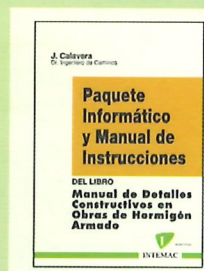
J. CALAVERA

(Dr. Ingeniero de Caminos)

De acuerdo con la nueva instrucción EHE

- 2 Tomos con 2014 páginas
- 1296 Figuras
- 96 Fotografías
- 47 Ejemplos resueltos
- 139 Gráficos y Tablas de Cálculo
- 634 Referencias Bibliográficas

Precio: 24.000 Pta.



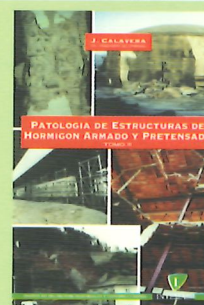
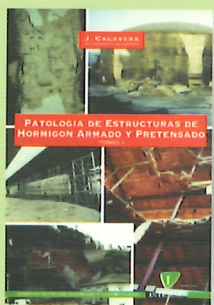
MANUAL DE DETALLES CONSTRUCTIVOS EN OBRAS DE HORMIGÓN ARMADO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

- 506 páginas, tamaño UNE A-4
- 210 detalles constructivos
- 210 páginas de comentarios y recomendaciones
- Encuadernación en guaflex

Precio: - Libro: 17.000 Pta. - Paquete informático: 30.000 Pta. (Manual de Instrucciones y Disquetes)

El libro y el programa se venden por separado

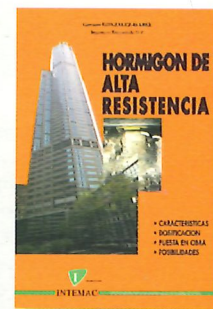


PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

- Tomo I - Capítulos 1 a 12
- Tomo II - Atlas de fisuras - Ábacos de cálculo
- 680 páginas
- 231 fotografías
- 258 figuras
- 118 referencias bibliográficas
- Encuadernación en guaflex

Precio de la obra completa: 17.000 Pta.



HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA

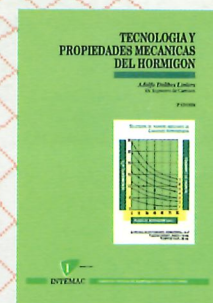
G. GONZÁLEZ-ISABEL

(Ingeniero Técnico de O. P.)

• 316 páginas

- Encuadernación en guaflex

Precio: 6.500 Pta.



TECNOLOGÍA Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN

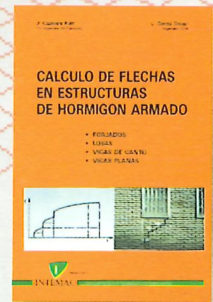
A. DELIBES (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición

• 396 páginas

- Encuadernación en guaflex

Precio: 8.000 Pta.



CÁLCULO DE FLECHAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

L. GARCÍA DUTARI (Ingeniero Civil)

• 336 páginas

- 312 tablas de comprobación de Forjados, Losas, Vigas de Canto y Vigas Planas

- Un disquete conteniendo tres programas informáticos de Cálculo de Flechas, para secciones de forma cualquiera
- Encuadernación en guaflex

Precio: 7.400 Pta. (Libro más paquete Informático)