

EXEMPLO Nº 153

ESTRUTURA: Piso de concreto armado em câmara frigorífica. Usina de suco congelado de frutas.

FISSURAÇÃO: Escamas de concreto desprenderam-se da superfície do piso de concreto, após congelamento da água infiltrada no concreto.

ESQUEMA:



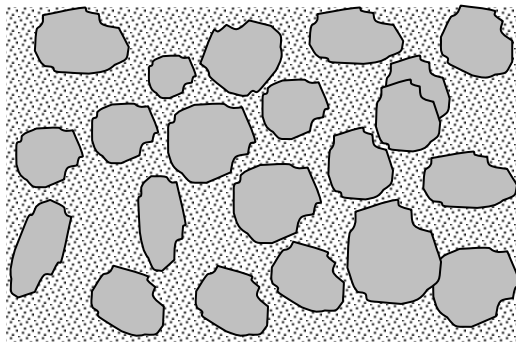
Superfície do concreto após perder “escamas”

CAUSA DA FISSURAÇÃO :

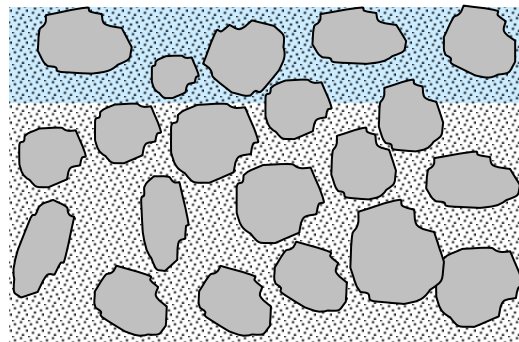
Congelamento da água dentro do concreto.

- O volume da água aumenta cerca de 9% quando ela vira gelo. Com isso surgem tensões do gelo “empurrando” os sólidos do concreto e criando tensões de tração no concreto.
- Essas tensões de tração superam a resistência à tração do concreto. Placas se soltam na superfície.
- Se o concreto estiver completamente saturado com água, um único congelamento basta para romper o concreto.

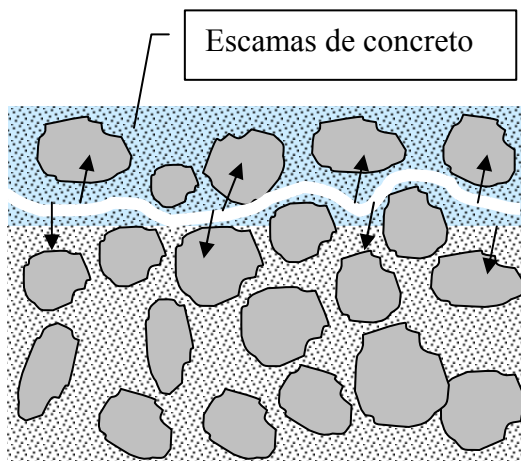
Seqüência do fenômeno “Escamação”



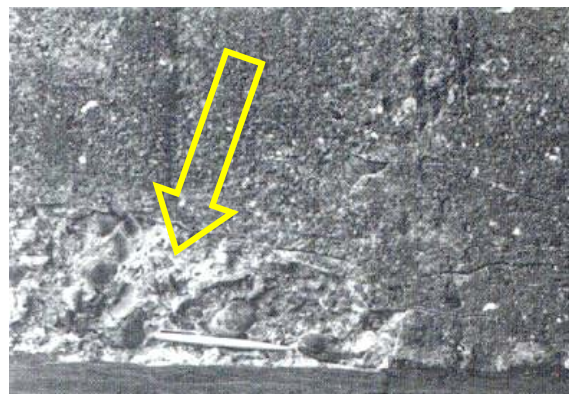
1- Concreto seco



2- Concreto encharcado com água



3- A água congela, forma o gelo, dilata e afasta as pedras, soltando placas.



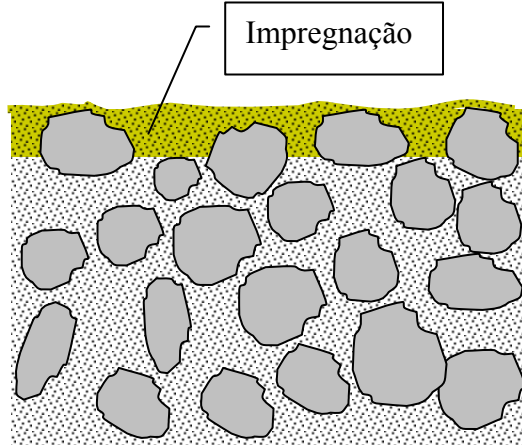
4- Concreto escamado pela formação do gelo

EXEMPLO Nº 153 – Continuação

ESTRUTURA: Piso de concreto armado em câmara frigorífica. Usina de suco congelado de frutas.

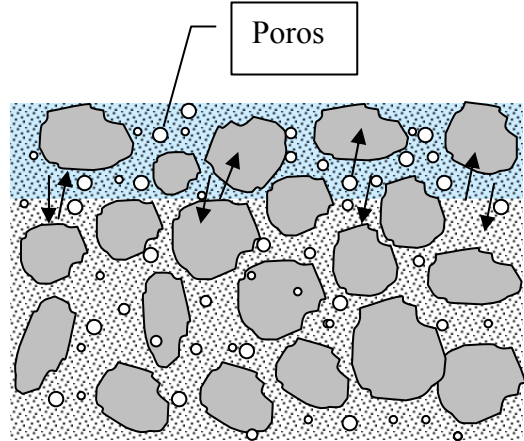
FISSURAÇÃO: Escamas de concreto desprenderam-se da superfície do piso de concreto, após congelamento da água infiltrada no concreto.

SOLUÇÃO 1 : Impregnar o concreto, na camada superficial, com material hidrófugo.

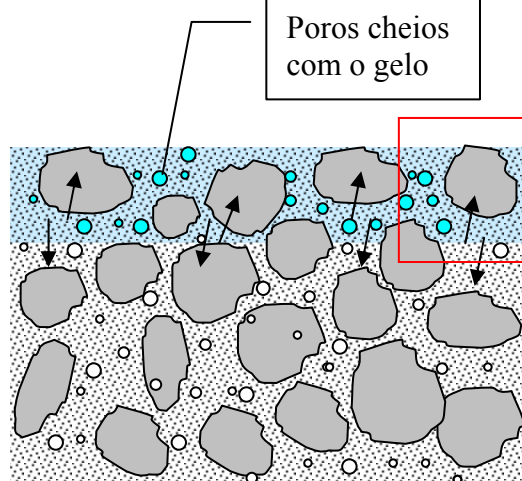


1- O material hidrófugo pode ser Silicone. A água não penetra no concreto. O material hidrófugo deve ser re-aplicado após 3 a 4 anos.

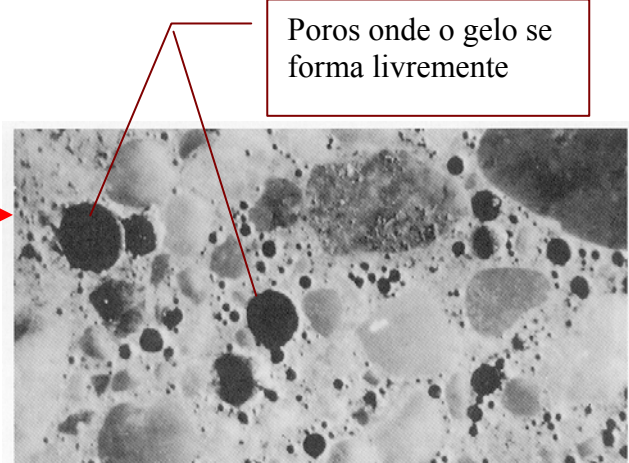
SOLUÇÃO 2 : Incorporar bolhas de ar (poros) ao concreto, por meios de aditivos.



2 - Os poros, criados por aditivos, dentro do concreto, permitem que o gelo se forme sem criar tensão de tração na pasta de cimento.



3- A água, que penetrou no concreto, pode se expandir nos poros, quando congela, sem criar tensões internas no concreto.



Micrografia – PCA Ver S. Mindess [63]

Largura do campo = 12,2mm

4 -Os círculos negros são poros (bolhas de ar)
Diâmetro das Bolhas : 0,05mm a 1,25mm
A maioria das bolhas não é visível a olho nu.

5- Ar incorporado: Seguir a norma ASTM-C 457-90 (1930) - Método de ensaio padrão para a determinação microscópica dos parâmetros do sistema de vazios (de ar) no concreto endurecido

EXEMPLO Nº 153 - Continuação

ESTRUTURA: Piso de concreto armado em câmara frigorífica. Usina de suco congelado de frutas.

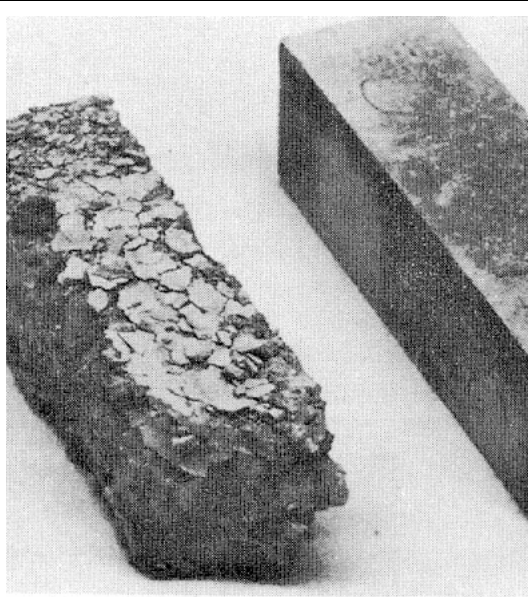
FISSURAÇÃO: Escamas de concreto desprenderam-se da superfície do piso de concreto, após congelamento da água infiltrada no concreto.

SOLUÇÕES: Incorporar bolhas de ar (poros) ao concreto, por meios de aditivos

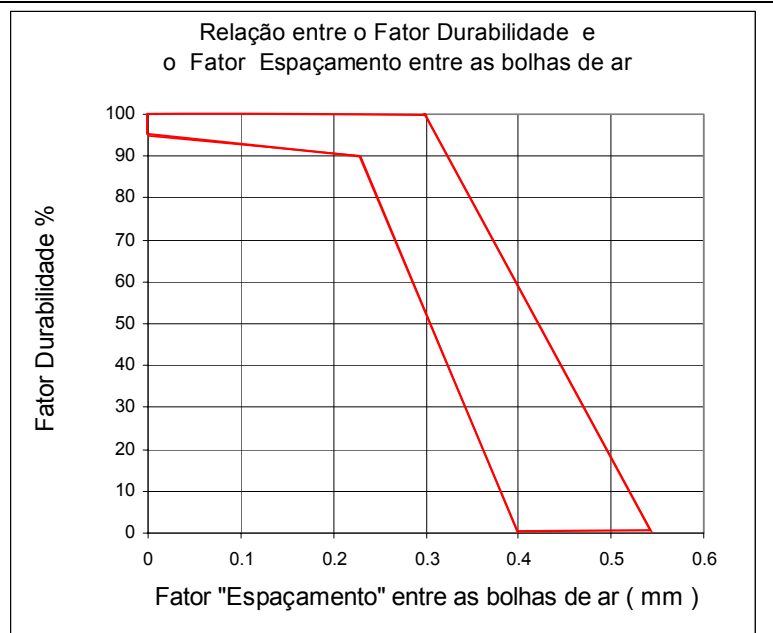
Seguir as normas :

- ASTM-C 457-90 (1930) - Método de ensaio padrão para a determinação microscópica dos parâmetros do sistema de vazios (de ar) no concreto endurecido.
- ASTM C666 (1993) - Método de ensaio padrão para a resistência do concreto ao rápido congelamento e descongelamento.

Durabilidade do Concreto com incorporador de ar

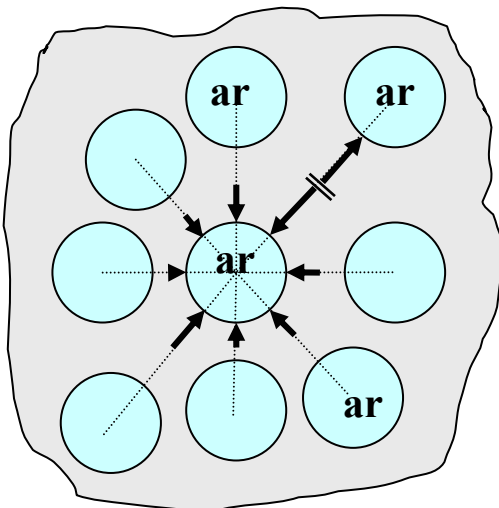


ASTM C666 (1993) – Após 300 congelamentos e degelos. Concreto da esquerda sem poros, concreto da direita com 6% de poros em volume. Ver Mailvaganam [130]



ASTM-C 457-90 (1930)
Para um “fator de espaçamento” < 0,23mm, a durabilidade é quase 100 %. Ver S. Mindess [63]

DEFINIÇÕES :



Fator “Espaçamento” = É a **distância média** que a água deve percorrer até chegar à borda de um poro de ar.

Fator “Espaçamento” = Distância média de qualquer ponto da pasta ao bordo da bolha de ar mais próxima.

É a metade da distância média entre as bordas das bolhas de ar.

EXEMPLO Nº 153 - Continuação**ESTRUTURA:** Piso de concreto armado em câmara frigorífica. Usina de suco congelado de frutas.**FISSURAÇÃO:** Escamas de concreto desprendem-se da superfície do piso de concreto, após congelamento da água infiltrada no concreto.**SOLUÇÃO :** Algumas recomendações para o concreto com ar incorporado.

P. Kleiger – ASTM - STP 169C - Ver [129] Características de um concreto com ar incorporado, com boa resistência ao congelamento. Concreto com teor de cimento = 307 kg / m ³						
Diâmetro máximo do agregado (mm)	Teor de ar incorporado (ACI) Em volume ± 1%	Teor de ar (% em volume)				Fator espaçamento de bolhas,mm
		Concreto sem ar incorporado	Com ar incorporado			
			Concreto	Argamassa	Pasta	
64	4,0	0,5	4,5	9,1	16,7	0,18
38	5,0	1,0	4,5	8,5	16,4	0,20
19	6,0	2,0	5,0	8,3	16,9	0,23
9,5	7,5	3,0	6,5	8,7	19,7	0,28
Argamassa	-	-	-	9,0	23,0	0,30

Recomendações da norma alemã DIN 1045			
Diâmetro dos furos ou abertura das peneiras (mm)	Curva A16 (% passante)	Granulometria a usar (% passante)	Curva B16 (% passante)
0.125	1	1 ≤ ... ≤ 3	3
0.25	3	3 ≤ ... ≤ 8	8
0.5	8	8 ≤ ... ≤ 20	20
1	12	12 ≤ ... ≤ 32	32
2	21	21 ≤ ... ≤ 42	42
4	36	36 ≤ ... ≤ 56	56
8	60	60 ≤ ... ≤ 76	76
16	100	100	100

Profundidade de penetração da água, no ensaio DIN 1048, equivalente ao ensaio da Norma brasileira NBR 10787/94	Máx. 30mm
São necessários os seguintes teores de ar incorporado, para os diferentes diâmetros máximos dos agregados:	≥ 4,5 Vol. % para agregado 16mm ≥ 4,0 Vol. % para agregado 32mm
Teor de cimento em kg/ m ³	≥ 370 kg/m ³ para agregado 16mm ≥ 350 kg/m ³ para agregado 32mm