

16
INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO - IBRACON

RIO DE JANEIRO - SETEMBRO/1983

USO DE CIMENTOS - MATERIAIS POZOLÂNICOS
E OUTRAS TÉCNICAS PARA AUMENTAR A DURA
BILIDADE DO CONCRETO.

PALESTRA

TECNOLOGIA DO CONCRETO PARA ESTRUTURAS

Eng^o Francisco Rodrigues Andriolo

ÍNDICE

- RESUMO
- 1 INTRODUÇÃO
- 2 FATORES QUE PODEM AFETAR A DURABILIDADE DO CONCRETO
 - 2.1 Instabilidade Volumétrica Decorrente da Composição do Cimento (Autógena)
 - 2.2 Instabilidade Volumétrica Decorrente de Reações com Agregados
 - 2.3 Quantidade e Distribuição dos Vazios
 - 2.4 Água de Exsudação
 - 2.5 Retração Plástica
 - 2.6 Retração por Secagem
 - 2.7 Instabilidade Volumétrica Decorrente dos Efeitos Térmicos
 - 2.8 Ações Agressivas e Esforços Solicitantes
- 3 CUIDADOS QUE MELHORAM A DURABILIDADE DO CONCRETO
 - 3.1 Uso de Cimento Adequado
 - 3.2 Uso de Material Pozolânico
 - 3.3 Uso de Aditivos
 - 3.4 Uso de Técnicas de Execução
- 4 COMENTÁRIOS
- 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RESUMO

O relato aqui apresentado como roteiro de palestra pretende en globalar uma série de informações e técnicas que de maneira geral vêm contribuir com a melhoria da durabilidade do concreto.

São abordados aspectos sobre o tipo de cimento, o uso de materiais pozolânicos, a técnica da incorporação de ar, o uso de agregados inertes e as técnicas de revibração do concreto e da refrigeração do concreto, com o intuito de incrementar a durabi lidade do concreto.

1. INTRODUÇÃO

A durabilidade do concreto tem sido definida de várias maneiras mas a mais pertinente é [1] a que define a durabilidade como sendo a resistência a ações de deterioração que por desconhecimento ou inadvertência residam no próprio concreto ou que sejam inerentes do próprio meio a que se expõe o concreto.

Muitas das ações que residem no concreto estão relacionadas a estabilidade volumétrica e que em várias oportunidades são desprezadas ou negligenciadas pelos "usuários".

A durabilidade do concreto, em várias circunstâncias, é determinada pela natureza física ou química dos componentes.

A sanidade e a durabilidade do concreto estão muito relacionadas ao tipo dos materiais utilizados, às características de permeabilidade e absorção e às condições de variação de volume do concreto.

Não se deve deixar de lado os esforços mecânicos e de desgaste por erosão a que as estruturas são submetidas.

Neste texto são abordados alguns aspectos referentes ao aumento da durabilidade do concreto.

2. FATORES QUE PODEM AFETAR A DURABILIDADE DO CONCRETO

Alguns dos fatores que podem afetar a durabilidade do concreto são listados a seguir.

É importante lembrar que os fatores citados não têm, obrigatoriamente, ação individualizada, podendo atuar simultaneamente e de maneira geral reduzindo ainda mais a durabilidade.

2.1. Instabilidade Volumétrica Decorrente da Composição do Cimento (Antógena)

Os compostos - Silicatos de Cálcio - Cálcio Aluminatos - e Gesso - do cimento, reagem com a água (e parcialmente entre si) no que se chama o processo de hidratação. Esse processo é extrema-

mente complexo e pode prosseguir por meses ou anos.

Os produtos sólidos que constituem o gel são de natureza básica, e podem ser atacados ou decompostos por ácidos. Podem também ser atacados pelo dióxido de carbono que em presença de água pode formar ácido.

De maneira geral os produtos da hidratação são estáveis na presença de água normal e de outras soluções.

Um dos sólidos produzidos pela hidratação, decorrente da reação entre o C_3A e a água pode ser, efetivamente, atacado por soluções de sulfatos solúveis, como por exemplo Na_2SO_4 ou Mg_2SO_4 , acarretando o problema de ataque por sulfatos.

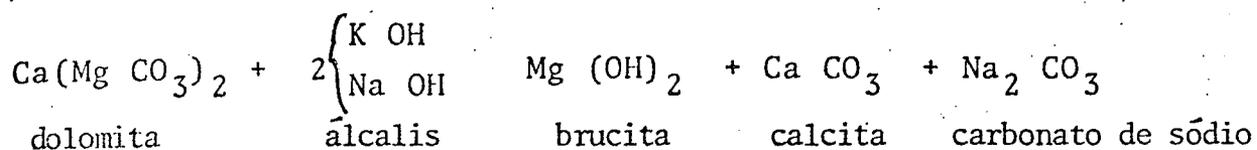
O processo de hidratação, resulta na liberação do hidróxido de cálcio, que rapidamente forma soluções saturadas, nos capilares e poros do gel mesmo após considerável período de secagem da pasta de cimento, e normalmente contém algum hidróxido alcalino.

Não se deve esquecer ainda da presença do MgO (periclase) e da cal livre (expresso em CaO) que produzem expansão.

2.2. Instabilidade Volumétrica Decorrente de Reações com Agregados

Dentro desta designação estão as instabilidades decorrentes das reações de componentes do aglomerante com certos agregados. É o caso das reações dos alcalis com a sílica dos agregados provocando expansões. Muitas das rochas com carbonatos (calcáreo, rolomina, etc.), usadas como agregados apresentam excelente desempenho como agregado. Outras, entretanto, reagem com o alcalis, acarretando expansões.

Um grande número de pesquisadores [2] tem estudado intensivamente o problema. Os resultados desses estudos têm mostrado que muitas rochas de carbonatos reagem com o alcalis, porém poucas causam expansão. O maior interesse recai sobre os calcáreos rololíticos que apresentam-se como expansivos, a partir da reação semelhante a:



2.3. Quantidade e Distribuição dos Vazios

O concreto, sem aditivos, possui vazios da ordem de 1,0 a 1,5%. Esses vazios podem se constituir por bolhas de ar microscópicas até bolhas com aproximadamente 1cm de diâmetro.

Essa quantidade de vazios pode-se distribuir de uma ou outra maneira, dependendo das técnicas de lançamento e adensamento.

Esse concreto poderá ter então o seu sistema de vazios formando capilares, o que aumentará significativamente a absorção e a permeabilidade. O concreto com maior absorção e permeabilidade, evidentemente será potencialmente menos durável.

2.4. Água de Exsudação

A exsudação, também conhecida como surgência de água, é uma forma de segregação onde parte da água da mistura pode subir para a superfície do concreto recém colocado. É um caso especial de sedimentação.

Como resultado da exsudação a superfície livre do concreto pode ficar muito porosa, e menos durável.

2.5. Retração Plástica

Alguns concretos, normalmente de elevada trabalhabilidade, apresentam um assentamento durante a sua fase plástica, no início do endurecimento. Esse assentamento, ou retração plástica do concreto, encontrando algum elemento resistente pode provocar fissuras tornando o concreto e a armadura (quando usada) mais expostos aos agentes agressivos, ou seja potencialmente menos durável.

2.6. Retração por Secagem

A retração por secagem ocorre pela variação volumétrica decor-

rente da saída da água, do concreto, por efeito de evaporação. Essa evaporação pode propiciar o aparecimento de fissuras, normalmente superficiais.

2.7. Instabilidade Volumétrica Decorrente dos Efeitos Térmicos

A reação de hidratação do concreto se processa exotermicamente liberando calor.

Esse calor elevará a temperatura da massa do concreto e que posteriormente tenderá a equilibrar-se com a temperatura do ambiente. Esse abaixamento da temperatura do concreto, dependendo da rigidez da estrutura, poderá causar fissuras e conseqüentemente tornar o concreto menos durável. A ocorrência de fissuras, normalmente é um fenômeno, inadvertidamente, desprezado pelos engenheiros.

2.8. Ações Agressivas e Esforços Solicitantes

Não resta dúvida que o grau de durabilidade da estrutura, depende também das condições de solicitação a que está submetido o concreto.

Um dos grandes problemas que normalmente ocorre é quando as condições de solicitação não são totalmente ou corretamente previstas e equacionadas. Isso pode acarretar ataques e desgastes não previstos à estrutura.

3. CUIDADOS QUE MELHORAM A DURABILIDADE DO CONCRETO

Neste item, e de maneira proposital, não serão abordados os cuidados quanto a ação gelo-degelo.

Com base nas citações do item 2, pode-se conceituar que a menor ou maior durabilidade do concreto está intimamente ligada a:

- Adequada dosagem e composição do concreto, causando menor ou maior porosidade ou instabilidade volumétrica.
- Adequada prática para a colocação (transporte, lançamento, aden

samento e cura) do concreto que pode levar a se ter uma estrutura mais ou menos durável.

- A ocorrência de fissuras no concreto, reduzindo as condições de exposição e durabilidade da estrutura.

Dessa forma, e seguindo-se a itemização do item 2 tem-se:

3.1. Uso de Cimento Adequado

É importante considerar neste item o conjunto de pesquisas efetuadas para a construção da barragem de Boulder - posteriormente alterada para Hoover - no fim da década de 20, nos Estados Unidos.

Uma das etapas dos estudos englobou a investigação dos cimentos Portland [3] (Investigations of Portland Cements) para o uso na obra. Embora dirigido para o emprego na obra da barragem, o estudo gerou resultados de grande abrangência.

Os estudos foram executados em três locais distintos - Bureau of Standards em Washington; University of Califórnia em Berkeley; e o Bureau of Reclamation em Denver.

Mais de 50 marcas de cimentos foram estudadas e vários laboratórios de fábricas, colaboraram nas pesquisas.

Esses estudos originaram a padronização dos vários tipos de cimento, especificados na A.S.T.M..

Várias foram as informações e conclusões obtidas, e que sob o prisma da durabilidade pode-se extrair:

- Condições favoráveis para reduzir o calor de hidratação:

= Baixo teor de C_3A

= Baixo teor de C_3S

- Condições favoráveis para melhor resistir ao intemperismo:

= Baixo teor combinado de C_3A e C_4AF .

- Condições favoráveis para melhor resistir a ação dos sulfatos:
 - = Baixo teor de C_3A
 - = Alto teor de C_2S
 - = Baixo teor combinado de C_3A e C_4AF
- Condições favoráveis para reduzir a expansão
 - = Baixo teor de MgO
 - = Baixo teor de Cal Livre
 - = Baixo teor de C_3A
 - = Alto teor de C_2S
- Condições favoráveis para reduzir a retração por secagem
 - = Baixo teor de C_2S e C_3S

Dos tópicos acima listados nota-se a importância em se reduzir o teor de C_3A , para o aumento da durabilidade.

Com respeito a resistência aos sulfatos, é de se observar que o sulfato de sódio pode reagir com o aluminato de cálcio hidratado, produzindo a etringita ($3 Ca O.A\ell O_3.3Ca SO_4. 31 H_2O$) que possui um grande volume. O sulfato de sódio pode ainda reagir com o hidróxido de cálcio produzindo gesso ($CaSO_4.H_2O$) que possui o dobro do volume dos sólidos originais.

O C_3A é também o maior contribuinte para a geração de calor, na hidratação do concreto.

Observa-se então a vantagem de reduzir o teor de C_3A .

3.2. Uso de Material Pozolânico

As vantagens do uso de material pozolânico tem sido reconhecidas desde há muito tempo. Dentre as propriedades modificadas pode-se citar [4] :

- reduz a permeabilidade,
- reduz o calor de hidratação,

- reduz a expansão alcali - agregado
- melhora a trabalhabilidade
- reduz a exsudação
- melhora a resistência à ação dos sulfatos.

No Brasil, ainda, o uso de material tem ficado restrito às obras de hidroelétricas.

Mas é importante observar que o uso de material pozolânico, quando adequadamente estudado, traz benefícios também para concretos de características estruturais.

É também interessante comentar, que em vários países da Europa e nos Estados Unidos, estão sendo usados materiais pozolânicos, principalmente cinza volante, beneficiados a elevadas finuras equivalente a 40.000 a 60.000 cm^2/g -(Blaine) e que permitem atingir resistências (à compressão) acima de 900 kgf/cm^2 , quando adicionados ao cimento.

3.3. Uso de Aditivos

Os benefícios decorrentes do uso de aditivos são amplamente conhecidos.

São notórias as vantagens do emprego dos retardadores, e reduções no concreto. Mas é importante, aqui, considerar os benefícios obtidos com o uso de aditivos incorporador de ar.

O aditivo incorporador de ar foi desenvolvido originariamente com o intuito de melhorar a resistência do concreto à ação gelo-degelo. Porém, decorrente de seu uso foram observadas outras vantagens:

- reduz o teor de água
- reduz o teor de argamassa
- reduz a permeabilidade
- reduz a exsudação

As vantagens acima citadas, contribuem de forma contundente para melhorar a durabilidade do concreto.

3.4. Uso de Técnicas de Execução

O emprego de técnicas específicas a determinado tipo de construção, pode propiciar um aumento da durabilidade da estrutura.

É o caso do uso da refrigeração do concreto, propiciando maior estabilidade volumétrica, e dando outras vantagens técnicas adicionais (redução de teor de água, melhora a trabalhabilidade).

É também o caso do uso da técnica de revibração do concreto, propiciando maior estabilidade volumétrica (elimina a retração plástica) e aumenta a resistência do concreto.

4. COMENTÁRIOS

É de se notar que o uso de materiais adequados, dosados corretamente produzindo concretos que colocados com técnicas eficazes, conduzirão a um concreto mais durável.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A.C.I. - Committee - 116 - Cement and Concrete Terminology
- [2] A.C.I. - Monograph nº 4 - Durability of Concrete Construction.
- [3] Boulder Canyon Project - Final Reports - Part VII - Cement and Concrete Investigations - Bulletin 2 - Investigations of Portland Cements - United States Department of the Interior.
- [4] Fly Ash Increases Resistance of Concrete to Sulfate Attack - Research Report nº 23 - Bureau of Reclamation - United States de Department of the Interior.

FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLO

- Nascido a 24/08/45
- Graduado em 1969 pela Escola de Engenharia de São Carlos -
- U.S.P.
- Responsável pelo Laboratório Central da CESP - Ilha Solteira até Outubro de 1975.
- Requisitado à CESP-SP - para prestar serviços a ITAIPU BINACIONAL - período de outubro/1975 a agosto/1980.

Responsável pela Assistência à Construção de Concreto da ITAIPU BINACIONAL, abrangendo as divisões de Laboratório e Instrumentação, Manutenção e Controle Industrial, Obras, e Controle de Qualidade de Lançamento.

- Responsável pelo Departamento de Tecnologia dos Materiais e Técnicas das Construções na THEMAG ENGENHARIA LTDA., desde setembro/1980.
- Serviços de Consultoria a Proprietárias, Construtoras, Fabricantes de Cimento.
- Participante de vários congressos e seminários sobre concreto no Brasil e Exterior.
- Autor de sugestões de Métodos de Ensaio a A.B.N.T.
- Autor de diversos trabalhos sobre Tecnologia e Técnicas de Construção.
- Autor do livro "Manual de Prática para Construção e Controle do Concreto" - Editora Pini - Publicação para Novembro de 1983.