

35

ALGUNS ASPECTOS DAS
CONSTRUÇÕES DE CONCRETO

FA/019/84-01

ÍNDICE

		<u>página</u>
1	POZOLANAS - MATEIRIAS POZOLÂNICOS	01
2	CIMENTOS	01
	- Cimento Natural	02
	- Cimento Portland	02
	- Ensaaios	03
	- Cimentos de Alta Resistência Inicial	03
	- Cimentos de Baixo Calor de Hidratação	03
3	ADITIVOS	03
	- Incorporadores de Ar	03
	- Outros Aditivos	04
4	AGREGADOS	04
5	PROPORCIONAMENTO E DOSAGEM	04
6	PRODUÇÃO, TRANSPORTES E COLOCAÇÃO DO CONCRETO	05
7	FORMAS	06
8	REFRIGERAÇÃO DO CONCRETO	06
	- Pós-Resfriamento	06
	- Pré-Resfriamento	07
9	RESISTÊNCIA DE PROJETO	07

		<u>página</u>
10	CONCRETO ARMADO	07
11	SISTEMA ESTRUTURAL DO CONCRETO ARMADO	08
12	CONSTRUÇÕES MONOLÍTICAS	08
13	BARRAGENS DE CONCRETO	08
14	TÉCNICAS ESPECIAIS	08
	- Protensão	08
	- Concreto com Fibras	09
	- Espalhamento do Concreto com Trator	09
	- Concreto Adensado com Rolo Vibratório	09
15	INSTRUMENTAÇÃO DE OBRAS DE CONCRETO	10
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11

- Outros Aditivos

Não se tem registro preciso sobre o início do emprego dos demais tipos de aditivos. Sabe-se entretanto que nos anos 50-60, aditivos Controladores de Pega e Redutores de Água foram largamente adotados nos concretos em obras nos Estados Unidos.

4 AGREGADOS

Com intuito, ainda, de redução de consumo de cimento, a prática, do uso de agregados adequadamente graduados, foi instituída [4] juntamente com o início do uso do aditivo incorporador de ar. A combinação dos benefícios do uso da incorporação de ar, com as da gradação uniforme dos agregados, possibilitou reduzir o teor de cimento de concreto massa, de mais de 25%.

Em 1917 - D.A. Abrams e O.E. Harder desenvolveram o ensaio para avaliação de material orgânico na areia [5].

5 PROPORCIONAMENTO E DOSAGEM

Não se sabe ao certo, sobre o início da prática do proporcionamento dos constituintes do concreto, sabe-se entretanto que em 1756 Smeaton [6] deu as proporções das argamassas que foram empregadas na construção da Eddystone Lighthouse.

O primeiro estudo racional de dosagem foi, provavelmente, elaborado por René Feret - Chefe do Laboratório de Ponts e Chausseés, na França - em 1892.

William B. Fuller, em 1901 elaborou um completo estudo sobre o proporcionamento dos materiais no concreto, sendo complementado por Sanford E. Thompson entre 1903 - 1904. Fuller e Thompson advogavam a idéia da análise granulométrica dos agregados e a sua composição a partir disso.

Um novo impulso no proporcionamento dos materiais, ocorreu em 1918, quando L.N. Edwards do Departamento de Obras de Toronto - Ontário, apresentou o método da "Área Superficial", para o proporcionamento [7].

Na mesma época, entre 1918-1919, Duff A. Abrams, realizou estudos para a Portland Cement Association, propondo um novo Método de Proporcionamento, denominado Método do Módulo de Finura [8], tendo sido publicado na revista "Engineering News Record", 02 de maio de 1918.

6 PRODUÇÃO, TRANSPORTE E COLOCAÇÃO DO CONCRETO

Nos primórdios o concreto era misturado manualmente e transportado por padiolas, até o seu local de construção, onde era adensado por soquetes. Entretanto as maneiras de produzir, transportar e colocar têm sido superadas, sucessivamente, por métodos modernos e rápidos.

No período 1900-1930 o lançamento de concreto por meio de torres (pãus de carga) e chutes tornou-se prática usual [2].

Nesse mesmo período, a prática do concreto ciclópico [2] passou a ser abolida, dando lugar ao uso de agregados de grande vitola (até 250 mm).

Nessa época introduziu-se o "Slump Test", como medida de consistência. Os ensaios sobre cilindros 15x30cm e 20 x40 cm, tornaram-se usuais, nos Estados Unidos, sendo que os cubos de 20x20 cm foram adotados na Europa.

Misturadores com $2,3 \text{ m}^3$ ($3J^3$) de capacidade tornaram-se comuns nesse período, sendo que surgiram os primeiros misturadores de 3m^3 ($4J^3$).

Para a construção da Barragem de Hoover [9], na década de 30, as centrais de concreto eram de magnitude sem pre-

cedentes, dando produções "Records" de 7600 m³/dia, sendo que cada central possuía 4 misturadores de 3 m³. O concreto era transportado por caçambas de 6 m³, através de cabos aéreos. No meio do ano de 1933 foram postos em uso os vibradores de imersão de grande capacidade.

As técnicas para transporte pneumático de cimento foram adotadas na construção dessa obra.

A adoção dessas técnicas, durante a construção da barragem de Hoover, possibilitaram, no início da década de 30, executar 2.440.000 m³ de concreto (de um total de aproximadamente 3.100.000 m³) em 24 meses.

A partir de 1935 essas novas técnicas foram difundidas nos Estados Unidos e em outros países.

Durante a construção da Barragem de Castaic, ao redor de 1970, utilizou-se corrcia transportadora para o transporte de aproximadamente 153.000 m³ de concreto [10].

7 FORMAS

Antes de 1908 [11] membros do American Concrete Institute (na época denominado National Association of Cement Users) debatiam, os méritos do uso de formas de madeira e metálicas na construção. Entre 1909 e 1910 as formas metálicas foram produzidas e comercializadas para a construção de pavimentos.

8 REFRIGERAÇÃO DO CONCRETO

- Pós-Resfriamento

A técnica do pós-resfriamento do concreto foi empregada pela primeira vez, pelo Bureau of Reclamation, em 1933 [9], na construção da barragem de Hoover. Essa técnica foi suportada, na época por vários estudos sobre as pro

priedades termo-elásticas do concreto e seus constituintes.

- Pré-Resfriamento

A técnica do pré-resfriamento do concreto, com intuito de reduzir os problemas de origem térmica, foi adotada pela primeira vez nos fins dos anos 30 e início da década de 40 [4] (Barragem de Hiwassee - 1938 - T.V.A., Barragem de Friant - 1940 - Bureau of Reclamation). Entretanto o domínio mais intenso da técnica ocorreu na construção da Barragem de Norfolk (1941), pelo Corps of Engineers.

A adoção de ambos os sistemas - pré-refrigeração dos ingredientes do concreto e pós-resfriamento do concreto - foi adotada na Barragem de Glen Canyon (1960) [2].

9

RESISTÊNCIA DE PROJETO

Um interessante desenvolvimento dos anos 50, foi o abandono do requisito da resistência de projeto à idade de 28 dias, devido ao intenso uso de material pozolânico [2].

10

CONCRETO ARMADO

A primeira aplicação, que se tem registro, de armadura no concreto, foi na construção de arcos de túneis sob o Rio Tamisa em Londres, através de avaliações experimentais feitas em 1832 [1] por Marc Isambard Brunel.

Embora Lambot, na França em 1850, tenha construído um pequeno barco de concreto armado, e que foi exibido na exposição de Paris em 1875, e que François Coignet tenha solicitado patente sobre arranjos de armadura no concreto, em 1855, o invento do concreto armado é atribuído ao jardineiro parisiense Joseph Monier, que adquiriu patente em 16 de julho de 1867.

O concreto armado teve um intenso desenvolvimento na Alemanha ao redor da última década do século XIX.

11 SISTEMA ESTRUTURAL DO CONCRETO ARMADO

A primeira teoria básica para análise do sistema estrutural do concreto armado foi publicado por Matthias Koenem em 1886 [12], que foi seguido por um panfleto editado por G.A. Wayss [13].

12 CONSTRUÇÕES MONOLÍTICAS

François Hennibique, na França em 1879, [1] usou concreto armado, em um sistema englobando a concretagem de vigas, pilares e lajes continuamente, como uma única estrutura, tomando precauções quanto a ocorrência dos momentos "negativos".

13 BARRAGENS DE CONCRETO

No segundo século D.C. os Romanos construíram [14] a barragem de Proserpina, a 4 quilômetros ao norte de Merida, na Espanha. A barragem de Proserpina tinha 19 m de altura e 427 m de comprimento. A estrutura tinha uma seção que compreendia um corpo de "concreto" revestido por muros de alvenaria.

14 TÉCNICAS ESPECIAIS

- Protensão

A primeira iniciativa da aplicação do princípio da protensão que se tem notícia foi realizada por P.V. Jackson em 1896 [15]. Posteriormente, em 1907, Koenen efetuou experiências com protensão, para elevar a capacidade de carga de vigas de concreto.

Sabe-se que somente, em 1928, Eugene Freyssinet conseguiu aplicar protensão em peças estruturais com resultados positivos.

- Concreto com Fibras

As pesquisas efetuadas por James P. Romualdi e Gordon B. Batson [16] e ainda por Romualdi e James A. Mandel [17] no final dos anos 50, se constituíram a base para os concretos com fibras [18].

A primeira aplicação do concreto com fibras, provavelmente tenha sido no estacionamento da "B.O.A.C." no aeroporto de Heathrow em Londres, na década de 60 [19].

- Espalhamento do Concreto com Trator

O espalhamento do concreto por meio de tratores de lâmina (Bulldozer) na construção de grandes barragens, foi uma prática introduzida, no final dos anos 50, na Suíça, posteriormente na França (Barragem de Roseland) [20] e também no Japão (Barragem de Kurobe) [21].

- Concreto Adensado com Rolo Vibratório

O conceito de Concreto Adensado com Rolo Vibratório (concreto rolado) provavelmente teve grande impulso nas Conferências de Asilomar [22], em março de 1970.

O primeiro modelo em escala natural para a aplicação do Concreto Rolado foi efetuado [23] [24] em 1970 na Barragem de Tims Ford, pelo T.V.A.

Em 1974 o Ministério das Construções do Japão através do Committee on Rationalized Construction of Concrete Dams [25] iniciou um programa de pesquisas com o objetivo de redução de custos das barragens de concreto. Em 1976 a ensecadeira de montante da Barragem de Okawa foi utilizada como modelo para avaliação da nova

técnica [26].

Em 1978 aplicou-se essa técnica na construção da Barragem de Shimajigawa e parte da Barragem de Okawa [27] [28].

A barragem de Willow Creek - Oregon projetada pelo Corps of Engineers, foi totalmente construída em 1982, com Concreto Rolado [29].

15

INSTRUMENTAÇÃO DE OBRAS DE CONCRETO

Medições de esforços e deslocamentos em barragens têm sido executadas desde 1926 [30]. A primeira medição interna de fenômenos no concreto, foi feita na barragem experimental de Stevenson Creek, através de instrumentos desenvolvidos pelo Prof. Roy W. Carlson.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ~~[1]~~ "A Selection of Historic American Papers on Concrete 1876 - 1926" - ACI - Publication SP-52.
- [2] "Mass Concrete for Dams and Other Massive Structures" - ACI Committee 207.
- [3] "Cements, Limes and Plasters" - E.C. Eckel - 1928.
- [4] "Control of Cracking in Concrete Gravity Dams" - William R. Wangh - James A. Rhodes - Journal of the Power Division - A.S.C.E. - 1959.
- [5] "Suggested Colorimetric Tests for Organic Impurities in Sand" - D.A. Abrams - O.E. Harder - A.S.C.E.
- [6] "A Narrative of the Building and a Description of the Construction of the Eddystone Lighthouse with Stone" - John Smeaton - 1791.
- [7] "Proportioning the Materials of Mortars and Concretes by Surface Area of Aggregates - L.N. Edwards - Proceedings A.S.C.E. - 1943.
- [8] "Design of Concrete Mixtures - Bulletin nº 1 - Structural Materials Research Laboratory - Lewis Institute - Chicago - 1918.
- [9] "Concrete Manufacture, Handling and Control" - Bulletin nº 4 - Part IV - Design and Construction Boulder Canyon Project - Final Reports - Bureau of Reclamation - 1947.
- [10] "Economical Construction of Concrete Dams" - "Conveying Concrete to Lower Dam Construction Costs" - James L. Cope - Proceedings of the Engineering Foundation Conference - Asilomar - 1972.

- [11] Formwork for Concrete - S.P. 4 - A.C.I.
- [12] "Central Blatt der Bauverwaltung - Riepert (Herausgegeben von)
- [13] "Das System Monier in Seiner Anwendung auf das Gesante Bauwesen".
- [14] Dams and Public Safety - Robert B. Jansen U.S. Department of the Interior - 1980.
- [15] Estado atual Tecnológico - João Antonio Del Nero - Revista Estrutura nº 75 - 1976.
- [16] "Mechanics of Crack Arrest in Concrete" James P. Romualdi e Gordon B. Batson - A.S.C.E. - 1963.
- [17] "Tensile Strenght of Concrete affected by uniformly distributed closely spaced short lengths of wire reinforcement" - James P. Romualdi e James A. Mandel - A.C.I. - 1964.
- [18] "State of the Art Report of Fiber Concrete" - Fiber Reinforced Concrete - A.C.I. - SP.44
- [19] "Some Practical Structural Applications of Steel Fiber Reinforced Concrete" - R.N. Swamy e Briant Kent - Fiber Reinforced Concrete - A.C.I. - SP. 44.
- [20] "Mass Concrete Practices in France" - Pierre Jacquin e J. F. Orth - Symposium on Mass Concrete
- [21] "Mass Concrete Practices in Japan" - Masatane Kokubu - Symposium on Mass Concrete.
- [22] "Rapid Construction of Concrete Dams" - Proceedings of the Engineering Foundation Research Conference, Asilomar - California - 1970 - A.S.C.E.

- [23] "Laboratory Investigations and Full-Scale trials by the Tennessee Valey Authorithy" - R.W. Cannon.
- [24] "Rolled Concrete for Dams - Construction Trials Using High Fly-Ash Content Concrete" - Dustan M.R.H. - London 1981.
- [25] "Construction of Dams with Roller Compacted Concrete in Japan'" - River Bureau Ministry of Construction - Symposium on Roller Compacted Concrete - A.C.I. Committee 207 - 1983 - Los Angeles - Toshio Hirose - Tsu Tomu Yamagida.
- [26] "The outline of Design of Gravity Dams"-Public Works Research Institute - Japan - 1977 - Takaki K.
- [27] "R.C.D. - Concrète for Shimajigawa Dam" - Shimajigawa Dam Project Office Ministry of Construction - Japan - 1979.
- [28] "Design and Construction of a Concrete Gravity Dam on a Weak Bedrock - XIIIth Icold Congress - Nova Delhi - 1975 - Shimizu S. e Takemura K.
- [29] Willow Creek - The first Concrete Gravity Dam - Designed and Built for Roller Compacted Construction Method - U.S.A.-1982 - Ernest Schrader.
- [30] "Tests of Strain Meters and Sress Meters Under Simulated Field Conditions" - David Pirtz e Roy W. Carlson - Symposium on Mass Concrete.