



11º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais

cbecimat

anais

Águas de São Pedro, SP
11 a 14 de dezembro de 1994

SYSNO 878916
PROD 000025

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO, EMPREGANDO-SE CORPOS-DE-PROVA CILÍNDRICOS DE DIMENSÕES REDUZIDAS

Prof. Dr. MARCOS VINÍCIO COSTA AGNESINI

Prof. Dr. LAERCIO FERREIRA E SILVA

Escola de Engenharia de São Carlos - USP

RESUMO

Neste trabalho são apresentados resultados comparativos de resistências à compressão de concretos de três diferentes dimensões máximas características (9,5, 19 e 25 mm). Estas resistências foram obtidas em corpos-de-prova cilíndricos com as seguintes dimensões: 50mm x 100mm, 75mm x 150mm, 100mm x 200mm e 150mm x 300mm. Demonstra-se que é possível a utilização de corpos-de-prova com as dimensões de 75 x 150mm e 100 x 200mm, respectivamente para concretos com dimensão máxima característica de 9,5mm e 19mm.

1 - INTRODUÇÃO

Com a tendência atual da utilização de concretos estruturais com dimensões máximas características dos agregados cada vez menores e com o emprego de concretos de elevado desempenho, há necessidade de se adequar os ensaios, principalmente no que tange às dimensões dos corpos-de-prova, a esta evolução tecnológica.

Existem vários trabalhos a nível internacional mostrando esta tendência, através da utilização de corpos-de-prova cilíndricos de 75mm de diâmetro por 150mm de altura e de 100mm x 200mm, para a determinação da resistência à compressão de concretos, demonstrando a conveniência em se diminuir as dimensões do tradicional cilíndrico de 150mm x 300mm, tendo-se em vista a sua adequação às cargas máximas das prensas hidráulicas normalmente utilizadas.

NASSER et allii [1] e [2], realizaram extenso programa de pesquisa comparando resistências de vários tipos de concretos, obtidos em corpos-de-prova cilíndricos de 75mm x 150mm, comparativamente aos de 150mm x 300mm, concluindo pela viabilidade da utilização dos primeiros para a avaliação da resistência à compressão de concretos com dimensão máxima característica de até 25mm. Estes autores citam ainda que as mesmas conclusões são válidas para espécimes de 100 x 200mm.

2 - OBJETIVOS DO PRESENTE TRABALHO

Tendo em vista este referencial, pretende-se, neste trabalho, obter um quadro comparativo de resistências à compressão de três tipos de concretos de diferentes dimensões máximas características (9,5mm;

19mm e 25mm), resistências estas obtidas através de corpos-de-prova cilíndricos de dimensões variadas (50 x 100mm; 75 x 150mm; 100 x 200mm e 150 x 300mm).

Com isso, para efeito normativo futuro, pode-se sugerir a introdução de novas dimensões de corpos-de-prova cilíndricos, principalmente para os microconcretos e concretos com $D_{máx} = 19\text{mm}$. Para a verificação da resistência à compressão em corpos-de-prova de diferentes dimensões, os concretos foram dosados com relações água/cimento variando de 0,40 a 0,60 1/kg e teores de cimento de 315 a 602 kg/m³.

3 - MATERIAIS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DOS CONCRETOS

3.1 - Características dos Microconcretos

Na composição dos microconcretos empregaram-se o CP II - F-32, areia natural quartzosa (classificação granulométrica NBR-7211 = zona 2 - areia fina), brita zero (basalto - dimensão máxima característica 9,5mm) e água.

As consistências dos microconcretos, determinadas pelo espalhamento (NBR 9606) e pelo abatimento do tronco de cone (NBR 7223), foram respectivamente especificadas em $400 \pm 20\text{mm}$ e $65 \pm 5\text{mm}$. A trabalhabilidade resultante foi plenamente satisfatória para a moldagem dos corpos de prova utilizados nos ensaios (item 4.1).

A fixação da consistência e da relação água/cimento dos microconcretos para os materiais empregados, resultou nos traços em massa indicados na tabela 1.

Tabela 1 - Características dos Microconcretos (Dmáx=9,5mm)

Designação	Traço em Massa	Consumo Cimento (kg/m ³)	Espalhamento (NBR 9606) (mm)	Abatimento (NBR 7223) (mm)
P ₀ ⁻¹	1:1,70:2,90:x=0,60	390	400	65
P ₀ ⁻²	1:1,35:2,65:x=0,50	443	400	65
P ₀ ⁻³	1:0,70:2,05:x=0,40	602	380	60

3.2 - Características dos Concretos

Foram utilizados concretos com dimensão máxima característica de 19 e 25mm, compostos com CPII-F-32, areia natural quartizosa (areia fina), água e agregado graúdo constituído, respectivamente, por brita 1 e brita 2 (proveniente do basalto).

As consistências dos concretos, determinadas pelo espalhamento (NBR 9606) e abatimento do tronco de

cone (NBR 7223) foram fixadas, respectivamente, em 400 \pm 20mm e 65 \pm 5mm, de tal forma que a trabalhabilidade resultante permitisse perfeitamente a moldagem dos corpos de prova empregados nos ensaios (item 4.1).

Para os materiais empregados na dosagem dos concretos, fixando-se a consistência e a relação águacimento, foram determinados, experimentalmente, os traços em massa especificados nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Características dos Concretos (Dmáx=19mm)

Designação	Traço em Massa	Consumo Cimento (kg/m ³)	Espalhamento (NBR 9606) (mm)	Abatimento (NBR 7223) (mm)
P ₁ ⁻¹	1:2,35:3,45:x=0,60	333	390	65
P ₁ ⁻²	1:1,80:3,00:x=0,50	392	400	70
P ₁ ⁻³	1:1,15:2,45:x=0,40	500	380	60

Tabela 3 - Características dos Concretos (Dmáx=25mm)

Designação	Traço em Massa	Consumo Cimento (kg/m ³)	Espalhamento (NBR 9606) (mm)	Abatimento (NBR 7223) (mm)
P ₂ ⁻¹	1:2,55:3,70:x=0,60	315	390	65
P ₂ ⁻²	1:2,00:3,20:x=0,50	370	400	70
P ₂ ⁻³	1:1,30:2,60:x=0,40	472	380	60

4 - VERIFICAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO EM CORPOS-DE-PROVA DE DIFERENTES DIMENSÕES

4.1 - Produção dos Concretos

A mistura foi realizada em betoneira de eixo inclinado, de capacidade 320 litros, com tempo de amassamento de aproximadamente 3 minutos. A moldagem dos corpos-de-prova de dimensões 50x100mm foi executada seguindo-se a NBR 7215. Os corpos-de-prova de 150x300mm foram moldados de acordo com a NBR 5738. Para os corpos-de-prova de dimensões de 75x150mm e 100x200mm, as moldagens foram em 4 camadas, por processo manual, seguindo-se também a NBR 5738 quanto à metodologia de ensaio.

A cura foi realizada em câmara úmida (temperatura = 23 \pm 2°C e umidade relativa > 95%).

É importante observar que todos os concretos foram dosados com consistências semelhantes, de tal modo que a moldagem dos corpos-de-prova foi a mais uniforme possível, não interferindo significativamente esta variável nas resistências à compressão.

4.2 - Ensaios de Compressão

Os ensaios de compressão em corpos-de-prova cilíndricos de 50 x 100mm e 150 x 300mm foram realizados de acordo com as normas NBR 7215 (MB-1) e NBR 5739 (MB-3) respectivamente. Para os corpos-de-prova de 75 x 150mm e 100 x 200mm foi adotada a mesma metodologia deste ensaio.

4.3 - Resultados

Os resultados obtidos nos ensaios de compressão para os microconcretos e concretos estão representados respectivamente nas tabelas 4, 5 e 6. Os valores médios das resistências à compressão foram determinados pelos ensaios de 5 corpos-de-prova.

Nos ensaios de resistência à compressão para microconcretos e concretos, o valor máximo do coeficiente de variação foi de 5%, sendo de 2,5% o valor médio deste coeficiente, podendo-se, em virtude disto, considerar como satisfatória a confiabilidade destes resultados.

Tabela 4 - Ensaios à Compressão dos Microconcretos (Dmáx=9,5mm)

Traços em Massa	Resistência à compressão e Desvio Padrão (MPa)			
	Corpos-de-prova de 50mm x 100mm			
	7 dias		28 dias	
	fc ₇	S ₇	fc ₂₈	S ₂₈
P ₀ ⁻¹ (a/c=0,60)	17,9	0,3	23,7	0,6
P ₀ ⁻² (a/c=0,50)	29,0	1,4	33,8	1,5
P ₀ ⁻³ (a/c=0,40)	29,2	0,9	40,4	1,4
Corpos-de-prova de 75mm x 150mm				
P ₀ ⁻¹ (a/c=0,60)	18,0	0,4	28,6	0,6
P ₀ ⁻² (a/c=0,50)	26,2	0,9	33,2	0,9
P ₀ ⁻³ (a/c=0,40)	29,9	0,5	46,4	1,6
Corpos-de-prova de 100mm x 200mm				
P ₀ ⁻¹ (a/c=0,60)	19,9	0,4	30,3	0,7
P ₀ ⁻² (a/c=0,50)	26,6	0,7	34,7	0,2
P ₀ ⁻³ (a/c=0,40)	30,1	1,0	44,9	1,5

Tabela 5 - Ensaios à Compressão dos Concretos (Dmáx=19mm)

Traços em Massa	Resistência à compressão e Desvio Padrão (MPa)			
	Corpos-de-prova de 100mm x 200mm			
	7 dias		28 dias	
	fc ₇	S ₇	fc ₂₈	S ₂₈
P ₁ ⁻¹ (a/c=0,60)	20,1	0,6	29,3	1,1
P ₁ ⁻² (a/c=0,50)	27,6	1,4	33,8	0,5
P ₁ ⁻³ (a/c=0,40)	44,5	1,6	49,1	2,4
Corpos-de-prova de 150mm x 300mm				
P ₁ ⁻¹ (a/c=0,60)	21,1	0,2	31,6	0,6
P ₁ ⁻² (a/c=0,50)	27,5	0,4	35,4	0,4
P ₁ ⁻³ (a/c=0,40)	44,6	0,6	50,1	0,6

Tabela 6 - Ensaios à Compressão dos Concretos (Dmáx=25mm)

Traços em Massa	Resistência à compressão e Desvio Padrão (MPa)			
	Corpos-de-prova de 100mm x 200mm			
	7 dias		28 dias	
	fc ₇	S ₇	fc ₂₈	S ₂₈
P ₂ ⁻¹ (a/c=0,60)	16,8	0,3	21,9	0,7
P ₂ ⁻² (a/c=0,50)	27,1	0,6	31,5	1,5
P ₂ ⁻³ (a/c=0,40)	30,5	1,1	45,0	1,4
Corpos-de-prova de 150mm x 300mm				
P ₂ ⁻¹ (a/c=0,60)	20,0	0,2	25,7	0,3
P ₂ ⁻² (a/c=0,50)	27,7	0,5	33,0	0,5
P ₂ ⁻³ (a/c=0,40)	34,4	0,4	44,0	0,5

4.4 - Conclusões

4.4.1 - Microconcretos ($D_{máx}=9,5\text{mm}$)

Analizando-se os resultados constantes da tabela 4, verifica-se que as resistências determinadas em corpos-de-prova de 75x150mm e 100x200mm são praticamente iguais. Outrossim, para idades de 28 dias, nota-se em todos os traços um decréscimo nas resistências obtidas em corpos-de-prova de 50x100mm relativamente aos de 75x150mm e 100x200mm. Este fato, provavelmente, deve-se à presença de partículas de $D_{máx}=9,5\text{mm}$, causando o chamado efeito-parede nas fôrmas menores. Verifica-se ainda que esta diferença é acentuada nos traços mais pobres (P_0^{-1} ; $a/c=0,60$; $C=390\text{ kg/m}^3$).

Por outro lado, verificando-se os coeficientes de variação, observa-se a similaridade entre os valores para os corpos-de-prova de 75x150mm e 100x200mm.

4.4.2 - Concretos com Brita 1 ($D_{máx}=19\text{mm}$)

Da tabela 5 depreende-se que os valores das resistências determinados nos ensaios a 7 e 28 dias, em corpos-de-prova de 100x200mm e 150x300mm, foram bastante próximos. O coeficiente de variação médio, no entanto, apresentou valor maior para ensaios realizados em corpos-de-prova de 100x200mm, demonstrando uma maior homogeneidade de resultados para os espécimes de 150x300mm.

4.4.3 - Concretos com Brita 2 ($D_{máx}=25\text{mm}$)

As resistências aos 7 e 28 dias de idade, segundo a tabela 6, foram sempre inferiores nos corpos-de-prova de 100x200mm relativamente aos de 150x300mm, sendo que a maior redução observada (cerca de 15%), deu-se para o traço mais pobre (P_2^{-1} ; $a/c=0,60$; $C=315\text{kg/m}^3$). No que tange ao coeficiente de variação, os corpos-de-prova de 100x200mm apresentaram uma maior dispersão de resultados relativamente aos de 150x300mm.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das conclusões consideradas no item 4.4, apresenta-se a seguir algumas propostas quanto ao emprego de corpos-de-prova cilíndricos de diferentes dimensões, para moldagem e ensaio de microconcretos e concretos.

5.1 - Para microconcretos ($D_{máx} \leq 9,5\text{mm}$) pode-se empregar corpos-de-prova cilíndricos de 75x150mm, evitando-se os de 50x100mm.

5.2 - Para concretos dosados com brita nº 1 ($D_{máx} \leq 19\text{mm}$) em alguns casos pode ser de interesse o emprego de corpos-de-prova de 100x200mm, ao invés do usual

150x300mm. Assim, para concretos de alta resistência os ensaios de compressão poderiam ser realizados em prensas usualmente encontradas no mercado, de até 1000kN.

5.3 - Quanto a avaliação de resistências à compressão de concretos com $D_{máx}=25\text{mm}$, a análise dos ensaios obtidos no presente trabalho, confirma a adequação dos corpos-de-prova atualmente recomendados pela ABNT.

5.4 - Finalmente, deve-se ressaltar que novos ensaios com outros tipos de cimentos, agregados, diferentes dosagens e formas de produção, deverão ser realizados de tal maneira a se obter maior número de resultados, objetivando-se confirmar o estudo relatado no presente trabalho.

6 - REFERÊNCIAS

- [1] NASSER, K. W. & KENYON, J.C. Why Not 3x6 Inch Cylinders for Testing Concrete Compressive Strength? ACI Journal, Detroit, Jan-Feb/1984. p.47-53.
- [2] NASSER, K. W. & AL-MANASSER, A. A. It's Time for a Change From 6x12 to 3x6-in. Cylinders. ACI Journal, Detroit, May-Jun/1987. p.213-216.

SUMMARY

In the work comparative results of concrete compressive strengths of three different characteristic maximum dimensions (9,5, 19 and 25mm) are presented. These strengths were obtained in cylinders for testing of 50mm x 100mm, 75mm x 150mm, 100mm x 200mm and 150mm x 300mm dimensions. It is showed that the utilization of cylinders for testing of 75 x 150mm and 100 x 200mm dimensions is possible for concretes of characteristic maximum dimension of 9,5mm and 19mm.