

Resistência ao cisalhamento direto do concreto autoadensável por meio de ensaios de push-off

Self-compacting concrete direct shear strength by push-off tests

Resumo

A capacidade de transferência de tensões cisalhantes no concreto está relacionada ao mecanismo de engrenagem de agregados e a taxa de armadura transversal. Assim, a capacidade de resistência do concreto autoadensável deve ser avaliada, visto que este material apresenta menor volume de agregado graúdo em sua composição em relação a um concreto convencionalmente vibrado. Este trabalho apresentou os resultados de um programa experimental de ensaios de cisalhamento direto em corpos de prova do tipo *push-off* produzidos com concreto autoadensável, tendo como variável a taxa de armadura transversal ao plano de cisalhamento. Os resultados demonstraram a existência de uma parcela de resistência ao cisalhamento atribuída ao concreto autoadensável e o aumento dessa resistência foi proporcional à taxa de armadura transversal utilizada.

PALAVRAS-CHAVE: Cisalhamento. Taxa de armadura. Concreto autoadensável.

Abstract

Shear stress transfer capacity in concrete is related to aggregate interlock mechanism and transverse reinforcement rate. Thus, the shear strength of self-compacting concrete should be evaluated, since this material has a smaller coarse aggregate content in its composition compared to a conventionally vibrated concrete. This work presents the results of an experimental program of direct shear tests on push-off specimens produced with self-compacting concrete, where the variable was the transverse reinforcement rate. The results showed the existence of a portion of shear strength attributed to the self-compacting concrete and an increase of this strength proportional to the reinforcement rate used.

KEYWORDS: Shear. Reinforce rate. Self-compacting concrete.

Willian Vinicius de Moura Ribeiro
wmourawillian@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Gustavo Savaris
gsavaris@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



Introdução

O concreto autoadensável tem como principal característica a capacidade de transpor obstáculos e preencher as formas, pela ação do peso próprio sem a necessidade de adensamento mecânico ou de qualquer natureza. Segundo Lisboa (2004), o concreto autoadensável vem se mostrando uma excelente opção para o desenvolvimento tecnológico do concreto de forma ambientalmente amigável. O estudo do cisalhamento direto existe a cerca de 40 anos, sendo que com o surgimento do concreto autoadensável na década de 1980 viu-se uma necessidade muito grande de estudar tal propriedade visto que a redução no diâmetro máximo da brita altera o módulo de elasticidade do material.

Diversos autores têm desenvolvido pesquisas em modelos de vigas, ensaios de *push off*, e mais recentemente o ensaio Barcelona, todos com o intuito de avaliar o comportamento dos diferentes traços de concreto quanto a resistência ao cisalhamento. Destacam-se Hofbeck e Ibrahim (1969) e Mattock e Hawkins (1972), que propuseram o modelo de corpo de prova utilizado neste trabalho.

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência da taxa de armadura transversal na resistência ao cisalhamento direto do concreto autoadensável, sendo para isso empregados corpos de prova do tipo *push off*.

Materiais e Métodos

O concreto autoadensável utilizado foi produzido segundo a dosagem apresentada por Savaris (2016) na proporção de materiais apresentados na Tabela 1. Como aglomerante foi utilizado cimento Portland tipo CP-V ARI, areia natural de rio como agregado miúdo com massa específica de 2589,41kg/m³ e módulo de finura 2,08 e rocha britada de origem basáltica como agregado graúdo com massa específica de 2779,82kg/m³ e dimensão máxima característica igual a 19mm. A complementação de materiais finos foi realizada com fíler calcário, sendo necessária a utilização de aditivo superplastificante para garantir a fluidez e viscosidade da mistura.

Tabela 1 – Composição do traço por metro cúbico

Material	Massa (kg)
Cimento	384,00
Brita 1 (basáltica)	605,34
Areia natural de rio	997,96
Fíler calcário	201,78
Água	200,00
Aditivo superplastificante	1,518

Fonte: Savaris (2016).

Na Tabela 2 são apresentadas as propriedades do concreto no estado fresco, determinadas conforme a NBR 15823 (ABNT, 2017), e a resistência à compressão axial obtida aos 28 dias.

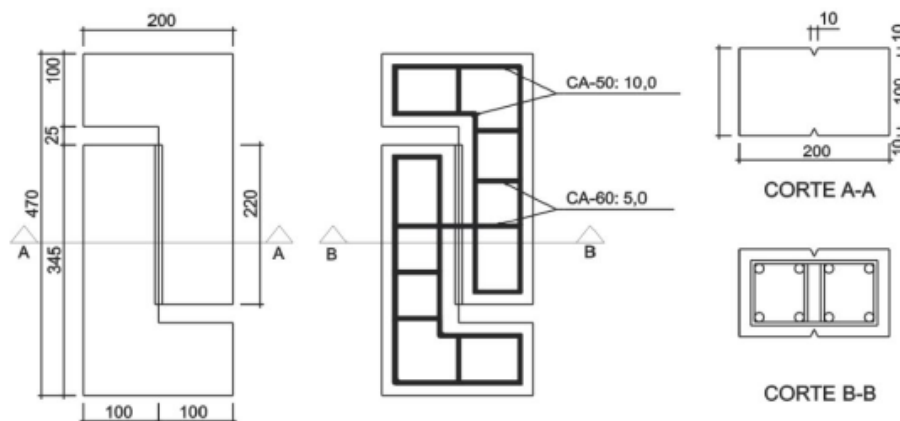
Tabela 2 – Propriedades do CAA no estado fresco e testes de compressão axial

Ensaio	Resultado
Slump flow	585 mm
Caixa L	0,81
Funil V	3,96 s
Fcm - 28 dias	39,85 Mpa

Fonte: Os autores (2019).

Quatro exemplares para ensaio de resistência ao cisalhamento no sistema *push off* foram moldados nas dimensões apresentadas na Figura 1. A armadura foi composta por barras CA-50 de 10,0mm e barras de CA-60 de 5,0mm. Os exemplares se diferenciaram pela taxa de armadura transversal ao plano de cisalhamento, sendo um exemplar sem armadura transversal e os demais com 1, 2 ou 3 estribos fechados, resultando em taxas de armadura de 0%, 0,177%, 0,354% e 0,532%, respectivamente. Aos corpos de prova de *push off* foi dada a seguinte nomenclatura: Pn, onde P indica o modelo *push off* e n o número de estribos.

Figura 1 – Esquema do corpo de prova de *push off*



Fonte: Savaris (2016).

Os corpos de prova foram ensaiados utilizando uma prensa com capacidade de 300kN, com carregamento aplicado com velocidade de deslocamento de 0,5mm/min até a ruptura.

Resultados e discussão

As tensões últimas obtidas nos ensaios experimentais são apresentadas na Tabela 3, onde verifica-se a existência de uma parcela de resistência ao cisalhamento igual a 3,85 MPa no corpo de prova sem armadura transversal, atribuída ao concreto propriamente dito, e o aumento desta resistência com a inclusão de armaduras no corpo de prova.

Tabela 3 – Tensões últimas de cisalhamento

Corpo de prova	Vu (MPa)
P0	3,85
P1	5,39
P2	6,96
P3	6,89

Fonte: Os autores (2019).

Os corpos de prova P2 e P3 apresentaram resistência ao cisalhamento semelhante, apesar haver uma diferença de taxa de armadura de aproximadamente 50% entre os exemplares. Durante o ensaio do P3 constatou-se a formação de uma fissura na lateral do corpo de prova, como pode ser observado na Figura 2, devido à flexão da aba superior, alterando o mecanismo de cisalhamento direto do ensaio.

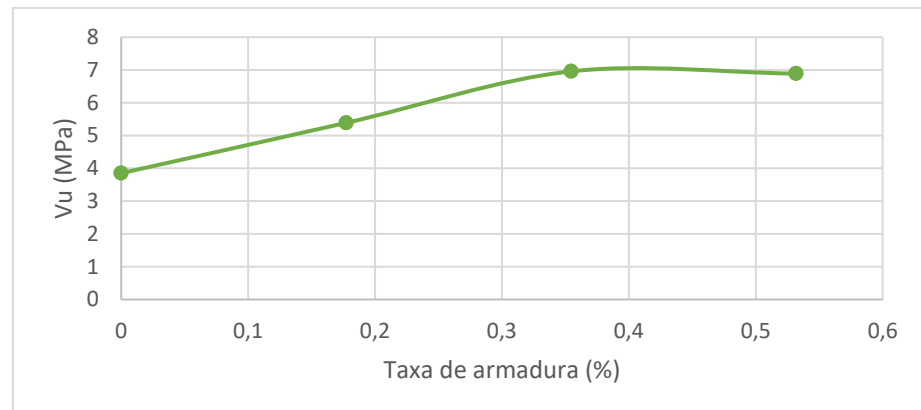
Figura 2 – Fissura observada no corpo de prova de três estribos



Fonte: Os autores (2019).

Por fim obteve-se a relação da resistência ao cisalhamento em função da taxa da armadura que pode ser observada na figura 3, onde observa-se o aumento da resistência em função do aumento da taxa de armadura.

Figura 3 – Tensão última cisalhante em função da taxa de armadura



Fonte: Os autores (2019).

Conclusão

Os resultados experimentais obtidos neste trabalho demonstraram a existência de uma parcela da resistência ao cisalhamento atribuída diretamente ao concreto, e o aumento dessa resistência proporcional à taxa da armadura transversal. No entanto, o ensaio mostrou uma limitação dos corpos de prova, visto que o aumento de resistência foi crescente até o exemplar com dois estribos, ocorrendo uma modificação no mecanismo de ensaio de cisalhamento direto, com presença de flexão na aba superior do corpo de prova quando utilizado o terceiro estribo.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná/Brasil.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-1: Concreto autoadensável - Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco**. Rio de Janeiro. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-4: Concreto autoadensável - Parte 4: Determinação da habilidade passante – Métodos da caixa L e da caixa U**. Rio de Janeiro. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-5: Concreto autoadensável - Parte 5: Determinação da viscosidade – Método do funil V**. Rio de Janeiro. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52: **Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53: Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro. 2003.

HOFBECK, J. A.; IBRAHIM, I. O.; MATTOCK, A. H. **Shear transfer in reinforced concrete**. Journal of the American Concrete Institute, v. 66, n° 2, pp. 119-128, Feb. 1969.

LISBOA, E.M. **Obtenção do concreto auto-adensável utilizando o resíduo de serragem de mármore e granito e estudo de propriedades mecânicas**. 2004. p1-115. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2004.

SAVARIS, G. **Resistência ao cisalhamento do concreto autoadensável**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.