

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE VIGAS REFORÇADAS POR ACRÉSCIMO DE CONCRETO À FACE COMPRIMIDA EM FUNÇÃO DA TAXA DE ARMADURA LONGITUDINAL TRACIONADA PRÉ-EXISTENTE

Elias Rodrigues LIAH; Andréa Prado Abreu REIS

eliasliah@yahoo.com.br; andrea.liserre@gmail.com

Universidade Federal de Goiás – Escola de Engenharia Civil

Mestrado em Engenharia Civil – CMEC

Palavras Chave: *vigas; concreto armado, reabilitação, reforço, flexão.*

1 Introdução

Estudos têm demonstrado que atualmente existe um grande número de estruturas de concreto armado inadequadas ao uso. Dentre os motivos que provocam esta inadequação cita-se: erros de projeto e de execução, utilização indevida, ausência de manutenção e danos acidentais (incêndios ou colisões). As mudanças de uso também podem gerar a necessidade de reabilitação estrutural. A durabilidade, os problemas patológicos e a reabilitação das estruturas de concreto são assuntos que preocupam engenheiros, pesquisadores e toda comunidade. A realização de pesquisas capazes de formar recursos humanos que atuam nessa área produz reflexos econômicos imediatos para a sociedade.

No reforço de uma estrutura de concreto armado, se faz necessário a identificação do tipo de solicitação que está sobrecarregando a peça, podendo ser: momento fletor, esforço cortante, momento torçor, esforço normal, ou mais de uma solicitação simultânea. Para cada situação haverá um tipo de reforço estrutural que se adequará melhor tecnicamente e economicamente. Há vários tipos de reforços estruturais, podendo-se citar: reforço por adição de concreto simples ou armado; reforço com uso de elementos metálicos (chapas ou perfis metálicos); reforço por colagem de lâminas de fibras de carbono; reforço por meio de protensão e outros.

Este trabalho visa complementar os estudos iniciados por Reis (1998), Reis (2003) e Silva (2010), no sentido de avaliar o comportamento de vigas de concreto armado reforçadas por adição de uma camada de concreto à face comprimida. Os objetivos específicos são analisar a influência da taxa de armadura longitudinal tracionada existente na peça antes do reforço, e a influência da espessura da camada de reforço, no ganho de resistência final da peça reabilitada.

Optou-se pelo estudo do reforço por adição de concreto, por ser uma das técnicas mais utilizadas no Brasil, principalmente pelo baixo custo dos materiais de reposição, pela facilidade de obter mão de obra (procedimentos análogos aos usados em obras novas) e pela tradição de seu uso.

2 Materiais e Métodos

Será comparado o comportamento teórico com o comportamento experimental de várias vigas de concreto armado reforçadas pela técnica proposta. Esta comparação será feita em relação aos: modos de ruptura, carga de ruptura, flechas e deformações das armaduras tracionadas e do concreto comprimido. Os resultados teóricos serão calculados usando as recomendações da NBR 6118, admitindo-se a peça reforçada trabalhando como se fosse monolítica.

No programa experimental, pretende-se ensaiar até a ruptura, sete séries de três vigas de concreto armado, biapoiadas, submetidas a forças concentradas “F” simétricas ao centro do vão, conforme ilustra a Figura 1. Tais vigas serão feitas com concreto de resistência à compressão de 20 MPa para o substrato e para o reforço, e devem ter uma armadura longitudinal tracionada composta por duas barras de mesma bitola, que variará de 5 mm a 20 mm, dependendo da série analisada.

Cada série será composta por três peças: uma viga monolítica (VM), e duas reforçadas por acréscimo de concreto à face comprimida, sendo uma reabilitada com uma camada de 5 cm (VR5) e a outra com 10 cm (VR10) de espessura, (ver Figura 2). Inicialmente todas as vigas terão dimensão de 12 x 20 x 220 cm, sendo a altura final das reabilitadas determinada em função da camada de reforço adicionada.

Todas as vigas (monolíticas ou não) serão dimensionadas para romper por flexão e não por cisalhamento ou por falta de aderência na interface substrato x reforço. Por isso as peças terão armadura transversal suficiente para resistir ao maior esforço cortante que pode atuar após o reforço. Também serão usados conectores de cisalhamento na região da junta, e será feita a escarificação e o umedecimento do substrato antes do reforço para garantir boa aderência entre o substrato e o reforço.

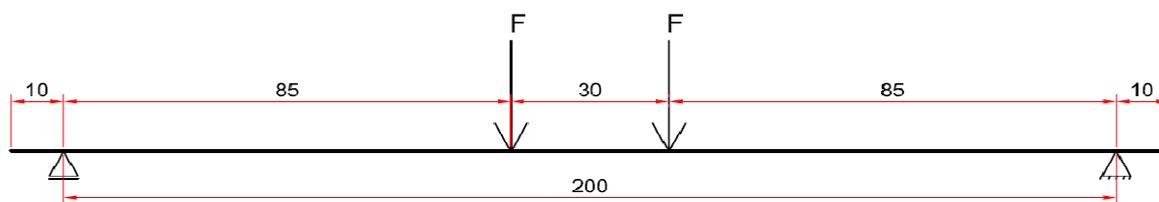


Figura 1 – Esquema de ensaio das vigas de concreto armado

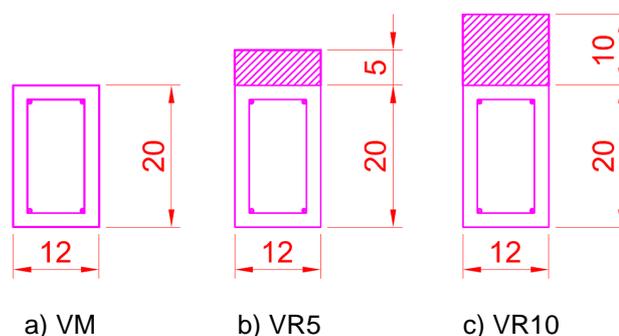


Figura 2 – Seção transversal das vigas a serem ensaiadas antes e após o reforço

3 Resultados e discussão

Como o principal parâmetro analisado é a influência da taxa de armadura tracionada na resistência da peça reabilitada, determinou-se porcentagem de ganho de capacidade portante teórica em função das várias taxas de armaduras utilizadas analisando-se o modo de ruptura previsto. Para isso as vigas foram divididas em três grupos: vigas armadas no domínio 2, no domínio 3 e no domínio 4.

Como apresentado na Tabela 1, as vigas foram armadas longitudinalmente com duas barras de aço com diâmetros variando de 5 mm a 20 mm. Por esta tabela percebe-se que todas as vigas reforçadas apresentaram acréscimo de resistência.

As vigas com bitolas de 20 mm (série 1), mesmo após o reforço continuaram no domínio 4, e foram as que apresentaram proporcionalmente os maiores ganhos de capacidade portante, onde o incremento de resistência foi de 59,0% para o reforço de 5cm, e de 129,4% para o reforço de 10 cm. Entretanto essas peças estavam em desacordo com a NBR 6118 por não apresentarem ductilidade adequada. As vigas da série 2 (bitolas de 16 mm) que antes do reforço estavam no domínio 4, e após o reforço passavam para o domínio 3, apesar de não terem tido o mesmo ganho de resistência proporcional que as da série 1, foram as que tiveram o melhor resultado em termos de ganho de carga proporcional garantindo também

níveis adequados de ductilidade. As vigas com barras de 12,5 mm antes e após o reforço estavam no domínio 3. As vigas com barras de 10 mm, antes do reforço estavam no domínio 3, e após o reforço foram para o domínio 2. As vigas com armadura menor ou igual a 8 mm (séries 5, 6 e 7), antes e após o reforço ficaram no domínio 2, e foram as que apresentaram os menores ganhos de resistência proporcionalmente. Mesmo nas vigas da série 7 (barras de 5 mm), que apresentavam deficiência na taxa de armadura longitudinal (taxa de aço menor que a taxa mínima permitida por norma), teoricamente se observou um incremento de resistência ao momento fletor de 29,3% e 58,7% para os reforços de 5 cm e 10 cm respectivamente. Ressalta-se que os resultados teóricos aqui apresentados devem ser posteriormente comparados com os resultados experimentais para confirmação da análise.

Tabela 1 – Relação das vigas a serem ensaiadas, suas configurações e resultados esperados

Série	Viga	Tipo	Nº Barras	Diam (mm)	As (cm ²)	b (cm)	h (cm)	d (cm)	ρ (%)	Domínio	M (kNcm)	M/Mref	F (kgf)
1	1	Mono	2	20	6,28	12	20	17,5	2,99%	4	2517	-	2.961
	2	Refor 5cm	2	20	6,28	12	25	22,5	2,33%	4	4001	59,0%	4.707
	3	Refor 10cm	2	20	6,28	12	30	27,5	1,90%	4	5773	129,4%	6.792
2	4	Mono	2	16	4,02	12	20	17,5	1,91%	4	2528	-	2.974
	5	Refor 5cm	2	16	4,02	12	25	22,5	1,49%	3	3530	39,6%	4.153
	6	Refor 10cm	2	16	4,02	12	30	27,5	1,22%	3	4535	79,4%	5.335
3	7	Mono	2	12,5	2,45	12	20	17,5	1,17%	3	1777	-	2.091
	8	Refor 5cm	2	12,5	2,45	12	25	22,5	0,91%	3	2391	34,6%	2.813
	9	Refor 10cm	2	12,5	2,45	12	30	27,5	0,74%	3	3004	69,0%	3.534
4	10	Mono	2	10	1,57	12	20	17,5	0,75%	3	1223	-	1.439
	11	Refor 5cm	2	10	1,57	12	25	22,5	0,58%	2	1615	32,1%	1.900
	12	Refor 10cm	2	10	1,57	12	30	27,5	0,48%	2	2008	64,2%	2.362
5	13	Mono	2	8	1,01	12	20	17,5	0,48%	2	818	-	962
	14	Refor 5cm	2	8	1,01	12	25	22,5	0,37%	2	1069	30,7%	1.258
	15	Refor 10cm	2	8	1,01	12	30	27,5	0,30%	2	1320	61,4%	1.553
6	16	Mono	2	6,3	0,62	12	20	17,5	0,30%	2	522	-	614
	17	Refor 5cm	2	6,3	0,62	12	25	22,5	0,23%	2	677	29,7%	796
	18	Refor 10cm	2	6,3	0,62	12	30	27,5	0,19%	2	833	59,6%	980
7	19	Mono	2	5	0,39	12	20	17,5	0,19%	2	334	-	393
	20	Refor 5cm	2	5	0,39	12	25	22,5	0,15%	2	432	29,3%	508
	21	Refor 10cm	2	5	0,39	12	30	27,5	0,12%	2	530	58,7%	624

4 Conclusões

Este trabalho encontra-se em fase de elaboração, não tendo sido executado até o momento nenhum ensaio experimental, logo se apresenta aqui apenas a

análise do ganho de resistência teórico em função do valor da taxa de armadura longitudinal pré-existente. A partir desta análise, concluiu-se que:

- Caso todas as vigas reforçadas realmente trabalhem como peças monolíticas, a técnica de reforço à flexão por adição de camada de concreto na face comprimida mostra-se eficiente, pois gera aumentos significativos na capacidade portante da viga analisada. Este aumento de capacidade portante ocorre devido ao aumento de seção, o que aumenta o braço de alavanca das vigas fletidas, resultando em peças mais robustas e conseqüentemente mais resistentes.
- Os resultados teóricos indicaram que quanto maior é a taxa de armadura longitudinal, maior é a porcentagem de ganho de resistência em relação à viga monolítica de referência quando se reforça a estrutura por meio desta técnica.
- A análise do ganho de carga depende não apenas do aumento do braço de alavanca gerado pela adição da camada de concreto, mas também do tipo de ruptura esperado para a peça.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, Procad/CAPES e PROAD/PRPPG pelo apoio financeiro dado para a realização desta pesquisa.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – (2003). NBR 6118:2003 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro.

REIS, A.P.A., (1998). Reforço de vigas de concreto armado por meio de barras de aço adicionais ou chapas de aço e argamassa de alto desempenho. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

REIS, A.P.A., (2003). Reforço de vigas de concreto armado submetidas a pré-carregamento e ações de longa duração com aplicação de concretos de alta resistência e concretos com fibras de aço. Tese (Doutorado) — Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 2003.

SILVA, P. M. (2010). Avaliação da eficiência do uso de conectores de cisalhamento no reforço de vigas de concreto armado pela face comprimida. Goiânia. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia Civil - Universidade Federal de Goiás.