

Análise da perda de resistência de vigas corroídas

Loss of resistance in corroded beams analysis

RESUMO

Leticia Mascarello

leticia.mascarello@hotmail.it

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, Paraná, Brasil

Sara Fátima Cardoso

sara_cardoso8@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, Paraná, Brasil

Carlos Eduardo Tino Balestra

carlosbalestra@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, Paraná, Brasil

Tendo em vista que a corrosão das armaduras é um dos grandes problemas da Engenharia Civil, este trabalho tem por objetivo analisar os efeitos que a corrosão nas armaduras causará em vigas, comparando a resistência à flexão dessas vigas com as vigas não armadas. Para a realização deste, foram moldadas 3 vigas com dimensões 15 x 15 x 45 cm armadas com uma barra de 10 mm de diâmetro e 2 vigas sem armaduras para fins de comparação, tendo as cinco vigas o mesmo traço de concreto. Todas estas vigas foram submetidas ao ensaio de corrosão acelerada por meio da imersão parcial em uma solução de 3.5% de NaCl, com o objetivo de assemelhar-se a concentração salina presente no mar. Após uma semana de aceleração da corrosão, as vigas foram submetidas ao ensaio de flexão à 3 pontos. Os resultados obtidos mostraram que a corrosão das armaduras afeta a resistência da viga, de maneira a diminuir sua capacidade de suportar cargas de tal forma que quando comparada com a viga sem armadura, as capacidades resistentes se mostram similares. Sendo assim, foi possível concluir que a corrosão afeta de maneira significativa a resistência das vigas à esforços de flexão.

PALAVRAS-CHAVE: Armadura. Corrosão. Mar.

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.



ABSTRACT

Considering that reinforcement corrosion is one of the major problems related to the degradation of reinforced concrete structures in Civil Engineering, this paper aims to analyze the effects that reinforcement corrosion will have on beams, comparing the flexural strength of these beams with the unarmored beams. For this, 3 beams with dimensions 15 x 15 x 45 cm were molded with a bar with a diameter of 10 mm and 2 beams without reinforcement for comparison purposes, with the five beams having the same concrete trace. All of these beams were subjected to accelerated corrosion testing by partial immersion in a 3.5% NaCl solution in order to resemble the salt concentration present in seawater. After one week of corrosion acceleration, the beams were subjected to the 3-point bending test. The results showed that reinforcement corrosion affects the strength of the beam, so as to decrease its ability to withstand loads so that when compared to the reinforced beam, the resistive capacities are similar. Thus, it was concluded that corrosion significantly affects the resistance of beams to bending forces.

KEYWORDS: Corrosion. Reinforcement. Sea.

INTRODUÇÃO

A corrosão é uma das maiores problemas encontrados na engenharia civil, é devida a essa patologia que muitas outras podem surgir, danificando ainda mais as estruturas, principalmente quando o ambiente em questão é o marinho.

Segundo Gentil (2017), a corrosão é definida como a deterioração de um material, na maioria das vezes metálico, que através da ação química ou eletroquímica do meio ambiente associada ou não a esforços mecânicos. Tal deterioração entre o material e seu meio operacional representa alterações prejudiciais indesejáveis que podem torná-lo inadequado ao uso.

Quando o material de referência que está sob o processo de corrosão são vigas e pilares armados, a seção transversal das barras de aço neles empregadas diminui de maneira irregular durante a corrosão. Com o produto da corrosão, o concreto acaba por perder a aderência a barra de aço, criando pontos suscetíveis à ruptura, fator que interfere em sua resistência.

Zhu et al (2017), analisa a influência do grau de corrosão e da morfologia da corrosão nas propriedades mecânicas em barras de aço, através de testes de tração. Por meio desses, evidenciou-se que independente da morfologia da corrosão, a tensão final suportada pela armadura de aço corroída era reduzido de forma exponencial com o grau de corrosão até um nível crítico, 30% por perda de massa, além do qual ficou estável. No entanto, diferentes morfologias de corrosão levaram a taxas de degradação significativamente diferentes com o grau de corrosão. A fim de descrever essas relações, o autor propôs um modelo que foi validado através de comparações com os resultados dos testes.

No artigo de Balestra et al (2019), perfis reais de cloreto foram analisados em estruturas presentes há mais de 40 anos em diferentes zonas marinhas agressivas. Para tanto, os núcleos de concreto foram extraídos para determinar as concentrações de cloretos pela técnica de Espectroscopia de Fluorescência de Raios X e para determinação das propriedades do concreto através de ensaios mecânicos e físicos. Os resultados obtidos pela análise dos perfis de cloretos mostraram que todas as estruturas apresentaram concentrações de cloretos superiores a 0,05%, em relação à massa de concreto, a 5 cm de profundidade, independentemente da zona marinha agressiva onde a estrutura estava presente. Além disso, estruturas localizadas em zonas de esguicho e maré apresentaram maiores concentrações de cloreto. Dessa forma, estruturas construídas próximas ao nível da maré alta apresentaram expressivas concentrações de cloretos em seus perfis. Além disso, observou-se, através dos perfis de cloretos, que a análise da posição da estrutura em relação à direção dos ventos predominantes é uma importante que a análise da posição da estrutura em relação ao nível do mar.

Um experimento para difusão de cloreto na planície espécimes de concreto armado expostos ao ambiente de marés foi realizado por Wang et al (2019). Os espécimes foram moldados utilizando diferentes frações volumétricas de agregados graúdos e diâmetros de barras de aço. As concentrações de cloreto para amostras experimentais foram medidas em vários tempos de exposição, e estas medidas foram adotadas para investigar as influências comuns do volume de

agregados graúdos fração e bloqueio do vergalhão na difusão de cloretos no concreto. Um modelo de previsão de difusão de cloretos no concreto, baseado na segunda lei de Fick, e considerando os efeitos de acoplamento de agregado graúdo e reforço de aço foi proposto. A precisão deste modelo de previsão proposto foi validado pela comparação das concentrações de cloreto o modelo de predição com as medidas experimentais. A partir deste trabalho, se torna possível prever realisticamente a durabilidade das estruturas de concreto armado.

Uma avaliação na estrutura de canal de concreto armado foi realizada nos estudos de Bayuaji et al (2018), em uma usina após 20 anos de exposição em um ambiente marinho. Essa avaliação foi realizada através de inspeções visuais, testes in loco e laboratoriais da estrutura, de modo a analisar a resistência estrutural atual baseada nos testes, e propondo reparo e / ou fortalecimento para os elementos que se mostrassem fracos. Como resultado, foi possívelm averiguar que até 2025, mesmo assumindo o pior dos cenários, a redução na resistência do canal ainda permanece dentro dos limites especificados no Código Indonésio de Concreto.

A partir do cenário abordado e das bibliografias anteriormente citadas, este artigo tem por objetivo analisar os efeitos da corrosão sobre as propriedades mecânicas de vigas corroídas sob processos acelerados.

MATERIAIS E MÉTODOS

As vigas foram desenvolvidas com um concreto dosado pelo método da ABCP, onde foram utilizados os seguintes materiais: cimento Portland CP V ARI, Areia média com dimensão máxima característica igual a 2,38 mm, Brita com dimensão máxima característica igual a 9,5 mm (Brita nº0) e água. Estes dados foram utilizados para dosagem do concreto pelo Método da ABCP. Para tanto, foram admitidos slump igual a 90mm e uma resistência característica à compressão igual a 25 MPa. Com base nisso, o traço utilizado foi 1: 1,38: 1,97 : 0,55. Foram moldadas 2 vigas não armadas e 3 vigas armadas com dimensões 15x15x45 cm. As vigas não armadas foram utilizadas como vigas de referência para comparação com a resistência de vigas corroídas. Neste caso, uma das vigas foi moldada sem aditivos e uma viga foi moldada com aditivo superplastificante, a dosagem de aditivo utilizada foi de 1,5% em relação a massa de cimento.

Nas vigas armadas foram utilizadas barras de aço com diâmetro igual a 10mm. Estas vigas foram submetidas a um processo de aceleração de corrosão em uma solução de 3,5% NaCl por 5 dias. Para aceleração da corrosão foi utilizada uma fonte com corrente igual a 0,27 A e voltagem igual a 30V. Vale dizer, antes do processo de aceleração, as vigas foram curadas em tanque com temperatura controlada por 28 dias. Após o período de aceleração da corrosão, as vigas foram ensaiadas à flexão 3 pontos, sendo seus dois apoios localizados a 2,5 cm de distância de suas extremidades e o esforço aplicado exatamente no centro da parte superior (Figura 1).

Figura 1 – Configuração do ensaio



Fonte: O autor.

O ensaio foi conduzido no Laboratório de Estruturas da UTFPR - TD conforme exemplificado na Figura 1 até sua ruptura. Os dados obtidos foram a carga suportada pelas vigas até sua ruptura e o deslocamento da viga do pórtico. Desta forma foi analisada a variação de resistência das vigas armadas e não armadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

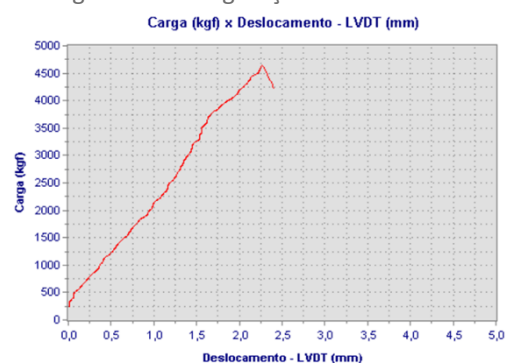
A seguir serão apresentados, na tabela 1, os valores de relação carga e de deslocamento das vigas, que foram gerados pela própria prensa hidráulica utilizada. Além disso, esses valores foram plotados em gráficos com o mesmo modelo mostrado na Figura 2

Tabela 1 – Valores das resistências e deslocamento de cada viga

Viga	Carga máxima (kgf)	Deslocamento (mm)	Armadura
01	3515	4,1	Com
02	3392	4,5	Com
03	4325	3,1	Com
04	3573	2,3	Sem
05	2732	2,7	Sem

Fonte: O autor.

Figura 2 – Configuração do ensaio



Fonte: O autor.

É possível observar através da carga máxima das vigas de controle que vigas com aditivos apresentam maior resistência mecânica. Além disso, entre todas as vigas (armadas e não armadas) observa-se que a viga 05 apresentou a menor resistência. Analisando as vigas corroídas, observa-se que mesmo apresentando corrosão, estas apresentaram maior resistência em relação a viga não armada 05, entretanto, comparando com a viga não armada 04, com aditivo, o comportamento em relação a carga foi semelhante.

Isto nos mostra que os efeitos de corrosão podem chegar a anular os efeitos de resistência que a barra contribui para a viga.

CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados obtidos, é possível observar que a resistências das vigas armadas que foram submetidas ao processo de corrosão diminui de tal maneira que se assemelha aos valores das vigas não armadas, porém com uso de aditivos. Desta maneira pode-se afirmar que, quando em meio corrosivo e com o passar do tempo, essa viga corroída virá a suportar o mesmo esforço da não armada.

REFERÊNCIAS

BALESTRA, C. E. T; REICHERT, Thiago Alessi; SAVARIS, Gustavo. Contribution for durability studies based on chloride profiles analysis of real marine structures in different marine aggressive zones. **Construction and Building Materials**, Brasil, v. 206, p. 140-150, mai./2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.067>. Acesso em: 1 ago. 2019.

BAYUAJIA, R. et al. Corrosion damage assessment of a reinforced concrete canal structure of power plant after 20 years of exposure in a marine environment: A case study. **Engineering Failure Analysis**, Indonesia, v. 84, p. 287-299, fev./2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2017.11.014>. Acesso em: 1 ago. 2019.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. 360 p.

WANG, Yuanzhan; GONG, Xiaolong; WU, Linjian. Prediction model of chloride diffusion in concrete considering the coupling effects of coarse aggregate and steel reinforcement exposed to marine tidal environment. **Construction and Building Materials**, China, v. 216, n. 1, p. 40-57, mai./2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.221>. Acesso em: 1 ago. 2019.

ZHU, W. et al. Influences of corrosion degree and corrosion morphology on the ductility of steel reinforcement. **Construction and Building Materials**, China, v. 148, n. 1, p. 297-306, set./2017. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.079>. Acesso em: 1 ago. 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a UTFPR pelo fornecimento dos laboratórios para a realização dos ensaios, assim como ao professor Carlos pelo apoio e disponibilidade de tempo durante todo o processo.