4° Workshop de tecnologia de sistemas e processos construtivos

TECSIC 2023

Porto Alegre, RS, Brasil, 23 e 24 de agosto de 2023

Uso da Correlação de Imagem Digital no ensaio de ação de calor e choque térmico de vedações verticais

Digital image correlation for measurement of a wall concrete system exposed to thermal shock

Guilherme Akyo Cremonesi

Universidade São Judas Tadeu | São Paulo | Brasil | akyo.guilherme@gmail.com

Fabiana da Rocha Cleto

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo | São Paulo | Brasil | frcleto@ipt.br

Julio Cesar Sabadini de Souza

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo | São Paulo | Brasil |sabadini@ipt.br

Mauricio Marques Resende

Universidade São Judas Tadeu | São Paulo | Brasil | mmarquesresende@gmail.com

Resumo

Este artigo teve como objetivo verificar a aplicação do uso da técnica de correlação de imagem digital (DIC) no monitoramento dos deslocamentos de um sistema de vedação vertical. Esses sistemas são expostos a diversas solicitações resultantes da combinação de fenômenos naturais, como a ação de calor pela radiação solar e resfriamentos pelas águas de chuva. Mudanças em um curto espaço de tempo, ocasionadas por um resfriamento brusco de uma superfície aquecida, podem gerar o fenômeno de choque térmico. Este fenômeno, em consequência, pode alterar a maneira como determinados trechos da fachada respondem a essas solicitações e, consequentemente, reduzir o desempenho e a durabilidade do sistema. Com isso, este estudo propôs analisar o uso do DIC para medir os

Como citar:

SOBRENOMEDOAUTOR, A. Template TECSIC 2023. In: WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE SISTEMAS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS, 23 e 24 AGO 2023, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

deslocamentos de um trecho representativo de um sistema de vedação vertical composto por uma parede, contendo uma junta de dilatação, sob a ação de calor e efeito de choque térmico, em laboratório. Os resultados demonstraram a viabilidade que o uso do DIC proporcionou no estudo das mudanças dos deslocamentos ao longo da ação de calor, considerando o choque térmico, e observar a influência do fenômeno sobre a maneira como as alterações ocorrem no comportamento do sistema e seus componentes durante o ensaio.

Palavras-chave: Choque térmico, Sistemas Construtivos, Correlação de Imagem Digital.

Abstract

This article aimed to verify the application of the use of the digital image correlation (DIC) technique in monitoring the displacements of a vertical composite system. These systems are exposed to various requests resulting from the combination of natural phenomena, such as the action of heat from solar radiation and cooling from rainwater. Changes in a short period of time, caused by a sudden cooling of a heated surface, can generate the phenomenon of thermal shock. This phenomenon, consequently, can change the way certain sections of the facade respond to these requests and, consequently, reduce the performance and durability of the system. With this, this study proposed to analyse the use of the DIC technique to measure the displacements of a representative section of a vertical composite system composed of a wall, containing an expansion joint, under the action of heat and thermal shock effect, in the laboratory. The results demonstrated the feasibility that the use of DIC provided in the study of changes in displacements during the effect of thermal shock, and to observe the influence of the phenomenon on the way in which changes occur in the behaviour of the system and its effects components during the test.

Keywords: Thermal Shock, Building System, Digital Image Correlation.

INTRODUÇÃO

Uma das formas de estudar mudanças no comportamento de sistemas construtivo é o uso da técnica de correlação de imagem digital (DIC) [1, 2, 3]. O DIC é uma técnica ótica sem contato que pode revelar dados de determinados locais ou regiões a partir da análise de imagens digitais obtidas consecutivamente durante intervalos entre diferentes medições. Esta técnica permite, por exemplo, determinar os deslocamentos relativos do comportamento de um sistema a partir da análise de imagens digitais da região de interesse para determinados intervalos de tempo durante a duração do acontecimento de um determinado fenômeno. Os valores são comparados a partir de um estado inicial de referência e o rastreamento de mudanças de configurações subsequentes registradas [4, 5, 6]. O efeito de choque térmico ocasiona mudanças em um curto período de tempo pela abrupta variação das repostas dos diferentes componentes de um sistema de vedações verticais [7, 8, 9]. Com isso, este trabalho teve por objetivo avaliar o uso da técnica DIC para determinar os deslocamentos de um sistema de vedação vertical, e seus detalhes, submetido a ação de calor e choque térmico. A aplicação da técnica DIC proporcionou analisar as mudanças dos deslocamentos dos diferentes componentes do sistema construtivo ocorridas em um relativo curto intervalo de tempo ocasionada pela ação do calor, considerando o efeito do choque térmico.

PROGRAMA EXPERIMENTAL

PROTÓTIPO FÍSICO

O protótipo físico é formado por dois painéis de concreto pré-moldado com uma junta vertical de dilatação a base de poliuretano. As dimensões do trecho de parede são de aproximadamente 2,40 m (largura) x 2,60 m (altura) x 0,10 m (espessura), sendo a junta de 0,02 m (largura) x 2,60 m (altura) x 0,10 m (espessura). A face externa possui acabamento em pintura texturizada branca (Figura 1).

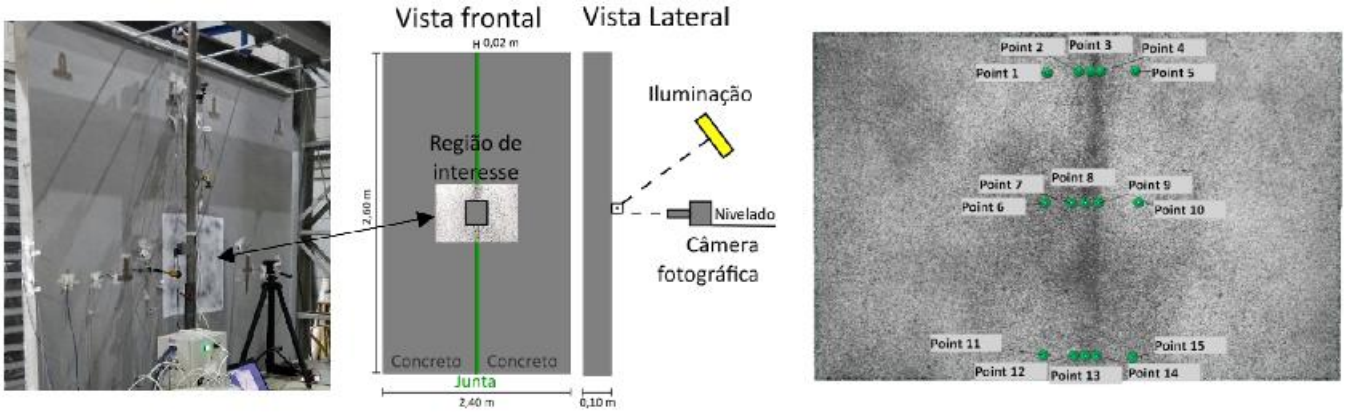
ENSAIO DE CHOQUE TÉRMICO

O ensaio de ação de calor e choque térmico foi executado seguindo o método da ABNT NBR 15575-4 (2021) e as recomendações abordadas pelo estudo de Oliveira *et al.* (2014). O ensaio consistiu na exposição da face externa da parede a um aquecimento até que a temperatura superficial atingisse 80+-3 °C, mantidos por mais uma hora, por meio de um painel radiante. Em seguida, este painel é substituído por um painel aspersor de água com temperatura de 20+-5 °C por uma hora, encerrando o ciclo de ensaio após esse tempo. O painel radiante é composto por resistência elétricas e sensores de superfície de modo a garantir o controle do aquecimento da superfície da parede, assim como a temperatura da água é mantida controlado por meio de um sistema de refrigeração. O resfriamento brusco gerado pela aspersão de água logo após o aquecimento procura replicar o fenômeno de choque térmico sobre sistemas construtivos.

MEDIÇÕES PELA TÉCNICA DE CORRELAÇÃO DE IMAGEM DIGITAL

A técnica de correlação de imagem digital (DIC) foi utilizada para medição dos deslocamentos no plano da região de interesse no protótipo da parede de concreto pré-moldado contendo uma junta de dilatação vertical a base de poliuretano (Figura 1). Utilizou-se de uma câmera fotográfica DSLR com sensor CMOS para captura das imagens digitais com resolução de 2464 x 1632 pixels, escala de abertura de f/7.1, tempo de exposição de 1/200 s, ISO 2500, distância focal de 55 mm e sem flash. A iluminação constante da região de interesse foi proporcionada por lâmpadas fluorescentes.

Figura 1 – Representação do protótipo físico (esquerda), da configuração da posição da câmera fotográfica e da iluminação em relação à região de interesse (ROI) situada na área central da face interna da parede de concreto (centro), e identificação dos pontos de monitoramento (direita).



Fonte: os autores.

A região de interesse (análise) está situada na área central da face interna da parede. A região foi preparada aplicando uma tinta branca fosca de fundo sob um padrão de pontos (*speckle pattern*) com tinta preta fosca aplicada com spray. A qualidade da área foi verificada por meio dos critérios de classificação do software DIC, o GOM Correlate (**Error! Reference source not found.**) [11, 12, 13].

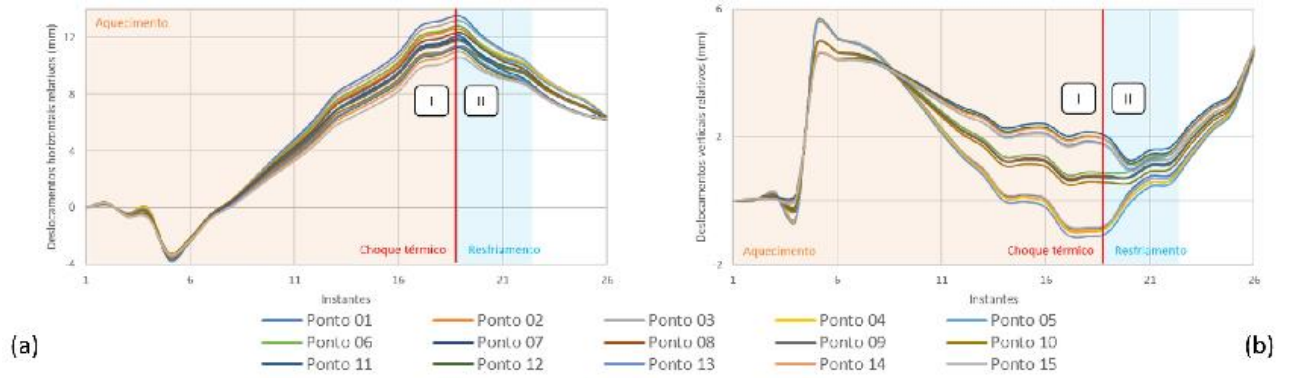
Através do posicionamento de pontos virtuais na região analisada, foi possível medir os deslocamentos relativos horizontais e verticais dos dois painéis de concreto pré-moldado e da junta vertical de dilatação. Estes deslocamentos relativos partiram de uma posição inicial de referência considerado como estado indeformado da parede (período zero), instante antes do início do ciclo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os deslocamentos foram medidos no plano da região central da superfície da face interna da parede de concreto durante o ciclo de ação de calor e choque térmico ensaiado em laboratório. A Figura 2 e Fonte: os autores.

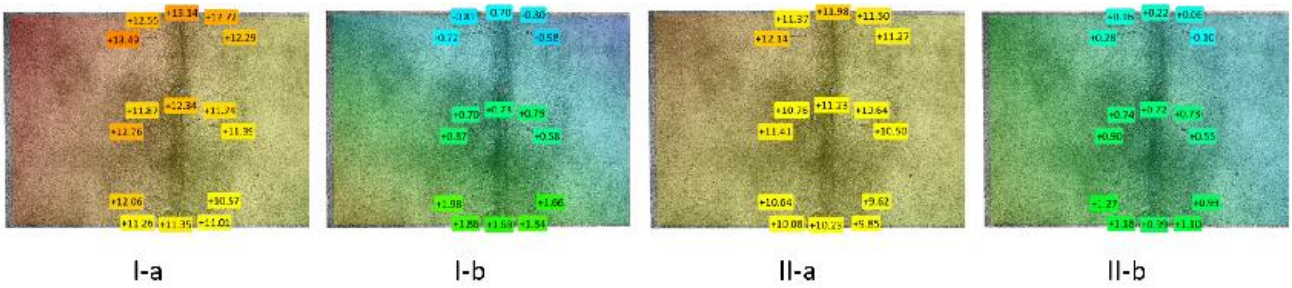
Figura 3 apresentam, respectivamente, os deslocamentos horizontais e verticais da região analisada. Observe que a definição das escalas foi estabelecida para melhor visualização de cada um dos resultados.

Figura 2 – Resultados dos deslocamentos (a) horizontais e (b) verticais e das deformações relativas (c) horizontais e (d) verticais do ciclo de ensaio de choque térmico dos 15 pontos analisados pela técnica de correlação de imagem digital em duas dimensões (DIC-2D). Atenção para as diferentes escalas adotadas para apresentação do comportamento das variáveis analisadas ao longo do ciclo.



Fonte: os autores.

Figura 3 – Resultados dos deslocamentos (a) horizontais e (b) verticais (I) antes e (II) após o efeito do choque térmico, obtidos pela técnica de correlação de imagem digital (DIC-2D) de um ciclo de ensaio.



Fonte: os autores.

Os deslocamentos apresentaram certo padrão de tendência quanto a distribuição dos valores ao longo do ensaio. Os deslocamentos horizontais (Figura 2a) apresentaram distribuições próximas entre os diferentes pontos medidos, aumentando os valores conforme o processo de aquecimento até um pico que, após o choque térmico, inverteram a curva em direção ao estado inicial. Os deslocamentos verticais (Figura 2b) foram maiores próximo ao choque térmico para os pontos 1, 2, 3, 4 e 5 (trecho superior) em relação aos pontos 6, 7, 8, 9 e 10 (trecho intermediário) e aos pontos 11, 12, 13, 14 e 15 (trecho inferior). A Fonte: os autores.

Figura 3 apresenta um registro de imagens dos instantes antes e após o choque térmico, cujos valores representam deslocamentos máximos antes do início do resfriamento brusco (Fonte: os autores.

Figura 3I-a e Fonte: os autores.

Figura 3II-a) seguido de um decréscimo significativo dos mesmos valores (Fonte: os autores.

Figura 3I-b e Fonte: os autores.

Figura 3II-b). Por meio dessas imagens, proporcionadas através da captura consecutiva de imagens por meio do DIC, considerando um fenômeno que ocorre relativamente em um curto espaço de tempo, observou-se mudança de valores entre os diferentes pontos analisados enfatizando a influência do efeito do choque térmico sobre os deslocamentos da parede.

CONCLUSÃO

O uso da técnica de correlação de imagem digital em duas dimensões (DIC-2D) possibilitou o monitoramento dos deslocamentos de um trecho de uma parede de concreto pré-moldado com uma junta vertical de dilatação durante o ensaio de ação de calor e choque térmico. Por meio dos resultados obtidos, pode-se estudar as respostas da parede contendo uma junta de dilatação em relação aos esforços gerados por carregamentos térmicos. O DIC-2D pode contribuir no estudo de fenômenos, como o choque térmico em sistemas construtivos, auxiliar pesquisadores, projetistas e demais interessados em uma maior compreensão sobre a implicação dos efeitos de fenômenos físicos e mecânicos sobre o comportamento de sistemas de parede e complementar estudos sobre métodos de ensaio.

REFERÊNCIAS

[1] KUMAR, Srinidhi Lakshmish; ARAVIND, H. B.; HOSSINEY, Nabil. Digital image correlation (DIC) for measuring strain in brick masonry specimen using Ncorr open source 2D MATLAB program. **Results in Engineering**, v. 4, p. 100061, 2019.

[2] LLORENS, Joan et al. Experimental study on the vertical interface of thin-tile masonry. **Construction and Building Materials**, v. 261, p. 119976, 2020.

[3] SALMANPOUR, A.; MOJSILOVIC, N. Application of digital image correlation for strain measurements of large masonry walls. In: **Conference Proceedings. APCOM & ISCM, Singapore**. 2013.

[4] GHORBANI, Rahim; MATTA, Fabio; SUTTON, Michael A. Full-field deformation measurement and crack mapping on confined masonry walls using digital image correlation. **Experimental Mechanics**, v. 55, p. 227-243, 2015.

[5] RAMOS, Tiago et al. 2D and 3D digital image correlation in civil engineering–measurements in a masonry wall. **Procedia Engineering**, v. 114, p. 215-222, 2015.

[6] KOSMANN, Jens et al. Digital image correlation strain measurement of thick adherend shear test specimen joined with an epoxy film adhesive. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 90, p. 32-37, 2019.

[7] OLIVEIRA, Luciana Alves; FONTENELLE, João Heitzmann; MITIDIERI FILHO, Claudio Vicente. Durabilidade de fachadas: método de ensaio para verificação da resistência à ação de calor e choque térmico. **Ambiente Construído**, v. 14, p. 53-67, 2014.

[8] SUN, Fengzhen; ZHANG, Ruoyu; BLACKMAN, Bamber RK. Determination of the mode I crack tip opening rate and the rate dependent cohesive properties for structural adhesive joints using digital image correlation. **International Journal of Solids and Structures**, v. 217, p. 60-73, 2021.

[9] CREMONESI, Guilherme Akyo. Estudo de Falhas em Sistemas de Revestimento Cerâmico Aderido Submetidos a Ciclos de Choque Térmico. 2022. Orientador: Mauricio Marques Resende. 2022. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Engenharia Civil, Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2022.

[10] Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 15575-4 (2021): Edificações habitacionais - Desempenho - parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais. Rio de Janeiro, Brasil.

[11] SUTTON, Michael A.; ORTEU, Jean Jose; SCHREIER, Hubert. **Image correlation for shape, motion and deformation measurements: basic concepts, theory and applications**. Springer Science & Business Media, 2009.

[12] BARRANGER, Yoann et al. Strain measurement by digital image correlation: influence of two types of speckle patterns made from rigid or deformable marks. **Strain**, v. 48, n. 5, p. 357-365, 2012.

[13] E.M.C., Jones and M.A., Iadicola. International Digital Image Correlation Society, (Eds.). A Good Practices Guide for Digital Image Correlation. https://doi.org/10.32720/idics/gpg.ed1. 2018.