

ESTUDO TEÓRICO E EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO DAS INTERFACES VERTICAIS DE PAREDES INTERCONECTADAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Luciane Marcela Filizola de Oliveira¹ & Márcio Roberto Silva Corrêa²

Resumo

Este trabalho propõe uma investigação teórica e experimental do comportamento das interfaces verticais de paredes de alvenaria interconectadas. Corpos de prova em formato-H com diferentes tipos de amarração e argamassamento lateral serão construídos. A parede central do corpo de prova será solicitada por um carregamento de compressão uniformemente distribuído. Análises não-lineares também serão desenvolvidas no programa de Elementos Finitos, DIANA[®], para simular o comportamento da parede, focando na interface vertical e sua capacidade de transferir as forças de cisalhamento da parede central para os flanges. A validação do modelo numérico será obtida pela comparação teórica e experimental dos resultados. Busca-se a verificar a interação de paredes e determinar a taxa de transferência de cargas e as resistências ao cisalhamento das interfaces verticais das paredes.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural. Flanges. Resistência ao cisalhamento. Análise não-linear. Método dos elementos finitos.

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL STUDY ON THE BEHAVIOR OF VERTICAL INTERFACES OF INTERCONNECTED MASONRY WALLS

Abstract

This paper proposes an experimental and numerical investigation to study the behavior of vertical interfaces of interconnected masonry walls. H-shaped test specimens will be used with different types of connections at the walls' intersection and face shell bedding will be used on their execution. The specimens will be vertically loaded on the web with a uniformly distributed pressure. Nonlinear analysis will be also carried out in DIANA[®] finite element program to simulate the wall behavior, focusing at the shear at the vertical interfaces and their ability to transfer shear forces from web to flanges. The validation of the numerical model will be obtained by comparing theoretical and experimental results. The aim is to determine the walls interaction and the shear strength of the vertical interface in these walls.

Keywords: Masonry. Flanges. Shear strength. Nonlinear analysis. Finite element method.

Linha de Pesquisa: Estruturas de Concreto e de Alvenaria.

1 INTRODUÇÃO

A interação de paredes é um fenômeno que ocorre quando há transferência de forças através de suas interfaces comuns. Ela ocorre devido à tendência de deslocamento relativo entre as paredes, o qual é ocasionado tanto por ações horizontais, quanto por ações verticais, proporcionando, assim, um aumento na resistência do conjunto, quando as interfaces têm resistência suficiente. Um fator importante para o surgimento desse fenômeno é o tipo de ligação existente entre as paredes. Esta característica do processo construtivo interfere diretamente na intensidade das forças de interação.

¹ Doutorando em Engenharia de Estruturas - EESC-USP, filizola@sc.usp.br

² Professor do Departamento de Engenharia de Estruturas da EESC-USP, mcorrea@sc.usp.br



Alguns estudos numéricos e experimentais relacionados à interação das paredes com amarração direta foram desenvolvidos de maneira a verificar a interação de paredes e determinar a taxa de transferência de cargas, os quais podemos citar: Sinha e Hendry (1979), Curtin et al (1984), Corrêa (2003), Capuzzo Neto (2005), etc.

Com respeito a amarração indireta, Moreira (2007) apresenta uma análise comparativa com três tipos de ligações entre paredes de alvenaria estrutural submetidas a ações verticais, utilizando o corpo de prova anteriormente proposto por Capuzzo Neto (2005). A partir da análise experimental é obtida a resistência ao cisalhamento da interface no plano vertical de ligação entre a parede central e o flange de todos os modelos ensaiados. O autor obteve resistências ao cisalhamento aproximadamente igual a 60% da encontrada para amarração direta, contudo, apresentam ruptura dúctil. Ainda no âmbito do estudo de interação de paredes com amarração indireta podemos citar como autores que deram significativas contribuições:, Lissel et al. (2000), Drysdale et al. (2008), Corrêa et al. (2009), Bosiljkov et al. (2010), entre outros.

A presente pesquisa propõe um estudo experimental, utilizando-se blocos em escala natural e constituídos por outros materiais, para que possam ser avaliadas as conclusões preliminares dos citados autores, além de prover correlações entre escalas. Desse modo, pode-se contribuir para o conhecimento da distribuição das ações verticais, obtendo-se avanços teóricos com aplicações práticas diretas. Além disso, há uma necessidade de produzir análises com o uso de modelagem numérica através de programas que simulem o comportamento estrutural incluindo os seus aspectos não-lineares. Esses estudos numéricos podem permitir uma melhor compreensão dos ensaios realizados, tanto no aspecto quantitativo quanto no qualitativo, abrindo espaço para estudos paramétricos, a partir da consolidação dos modelos teóricos.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente estudo, a técnica a ser utilizada será a de modelos físicos em escala natural, abordando-se de modo geral o comportamento estrutural desses painéis. As atividades experimentais serão realizadas no Laboratório de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos. Os modelos serão compostos por paredes interconectadas através de amarração direta e indireta, segundo a prática de construção empregada no Brasil, essa última constituída por armaduras convenientemente dispostas. Os resultados experimentais obtidos serão tratados estatisticamente utilizando-se a análise de valores espúrios e os testes de hipótese (teste-T e ANOVA) para avaliação da influência dos parâmetros envolvidos. As diferentes alternativas de amarração serão devidamente comparadas e classificadas.

O estudo teórico consiste em uma análise numérica baseada no Método dos Elementos Finitos, utilizando o programa DIANA[®] 9.1, aplicada às estruturas de alvenaria, considerando-se comportamento linear, bem como não-linear do material, de modo a avaliar: o efetivo ganho de rigidez das interfaces devido a cada tipo de amarração das paredes e a distribuição das tensões nos painéis. Os resultados teóricos obtidos serão devidamente comparados com os experimentais, observando-se aspectos como: padrão de fissuração, deformações e deslocamentos em pontos devidamente instrumentados, carga relativa ao início da fissuração e carga última.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Programa experimental

O programa experimental abrangerá três fases distintas. 1ª fase) caracterização dos materiais a serem empregados; 2ª fase) avaliação das resistências das interfaces verticais ao cisalhamento com a utilização do corpo de prova de cisalhamento desenvolvido por Capuzzo Neto (2005); 3ª fase) avaliação do desempenho de painel H adotando-se uma das combinações dos materiais empregados.

Na fase de caracterização dos materiais, já concluída, foram empregados dois traços de argamassa em função dos blocos escolhidos (Traço A – mais forte e Traço B – mais fraco). Para cada

um dos tipos de blocos (Cerâmico e Concreto) foram realizados os seguintes ensaios de caracterização: Análise dimensional, absorção de água, resistência à compressão, determinação da área líquida, módulo de elasticidade e resistência à tração indireta.

Foram realizados ensaios de resistência à compressão e módulo de elasticidade dos dois traços de argamassa utilizados e a alvenaria foi caracterizada pelo ensaio de resistência à compressão e módulo de elasticidade de prismas e pequenas paredes, cisalhamento direto dos prismas e ensaio de aderência entre bloco e argamassa (Figura 1).



Figura 1 – Ensaio de caracterização dos materiais e da alvenaria.

Para a avaliação das resistências das interfaces verticais ao cisalhamento serão realizados ensaios com a utilização do corpo de prova e do aparato desenvolvido por Capuzzo Neto (2005) (2ª.Fase), como mostra a Figura 2. Nessa fase, serão realizadas 4 séries de ensaios, considerando-se a possibilidade de combinação de 2 tipos de blocos e 2 tipos de amarração, segundo a Tabela 1.

Tabela 2 – Resumo das séries de ensaios à realizar

SÉRIE	BLOCO	AMARRAÇÃO	Nº EXEMPLARES
1	CONCRETO	DIRETA	6
2	CONCRETO	INDIRETA	6
3	CERÂMICO	DIRETA	6
4	CERÂMICO	INDIRETA	6

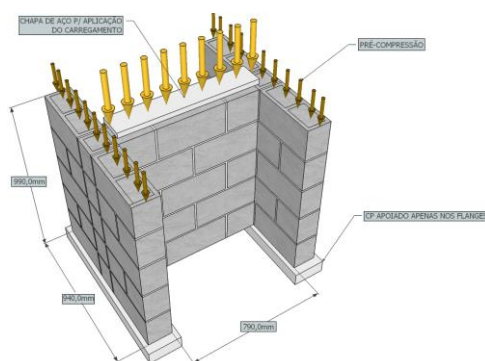


Figura 2 – Corpo de prova para avaliação do cisalhamento na interface vertical.

Escolhida a primeira das combinações anteriores, será desenvolvida uma série de 2 ensaios de painéis em formato H, com dimensões de 240 cm de altura, 150 cm de comprimento e 94 cm de largura dos flanges (3ª. Fase).

3.2 Análise numérica

Neste trabalho, adotar-se-á o uso de elementos bidimensionais, porém, o modelo continua a ter um caráter tridimensional, pois, como as paredes pertencem a planos distintos, os flanges são modelados por elementos rotacionados de 90° em relação à parede central. Assim, com os recursos disponíveis pelo software escolhido, serão realizados diferentes tipos de análises das ligações em estudo. Adicionalmente, ao consolidar o modelo, pretende-se desenvolver análises paramétricas.

4 CONCLUSÕES PARCIAIS

O presente trabalho encontra-se em desenvolvimento, tanto no que se refere à parte experimental, quanto à parte numérica. A primeira fase experimental do trabalho, que diz respeito à caracterização dos materiais e da alvenaria foi finalizada. Com os resultados obtidos, pôde-se iniciar as análises numéricas preliminares. Além disso, definiu-se, que dentre os dois traços de argamassa estudados, o que será utilizado para construir os corpos de prova de cisalhamento e os painéis será o Traço B, de argamassa mais fraca, pois o que se deseja obter com os ensaios posteriores é a menor resistência ao cisalhamento entre as paredes, para que esta seja comparada com os valores estabelecidos nos códigos normativos.

5 REFERÊNCIAS

BOSILJKOV, V. et al. Shear capacity of the Flange-Web Intersections of Brick Masonry Nonrectangular Sections, **Journal of Structural Engineering**, Vol. 136, No. 5, May, pp. 574–585.

CAPUZZO NETO, V. **Interação de paredes em alvenaria estrutural sob ações verticais**. 2005. 321p. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

CORRÊA, M. R. S. **Fluxo de forças em edifícios de alvenaria estrutural**. 2003. 156p. Tese (Livredocência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

DRYSDALE, R. G., EL-DAKHAKHNI, W. W., KOLODZIEJSKI, E. A. (2008). Shear Capacity for Flange-Web Intersection of Concrete Block Shear Walls, **Journal of Structural Engineering**, Vol. 134, No. 6, June, pp. 947–960

LISSEL, S. L., SHRIVE, N. G., PAGE, A. W. Shear in plain, bed joint reinforced, and posttensioned masonry, In : **Canadian Journal of Civil Engineering**, Vol. 27 , No. 5, pp. 1021-1030, 2000.

MOREIRA, E. M. S. **Análise experimental em escala reduzida de ligações entre paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos submetidas a ações verticais**. 2007. 146p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

SINHA, B. P.; HENDRY, A. W. Compressive strength of axially loaded brick walls stiffened along their vertical edges. In: INTERNATIONAL BRICK MASONRY CONFERENCE, 5., Washington, USA, 05-10 Oct. 1979 **Proceedings**. Washington, Brick Institute of America, p.254-261