ISSN 1809-5860

ANÁLISE EXPERIMENTAL DE CONECTORES LINEARES DE CISALHAMENTO UTILIZANDO A ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO COMO MECANISMO DE TRANSFERÊNCIA DE ESFORÇO

Hidelbrando José Farkat Diógenes[1] & Ana Lúcia Homce de Cresce El Debs[2]

Resumo

Em geral, o dimensionamento das ligações é a parte mais importante no projeto de estruturas de concreto pré-moldado e mistas de aço-concreto. As ligações têm importância estratégica quando relacionadas à produção (execução, montagem e outros serviços in-loco), quanto ao comportamento estrutural após finalizado o processo de produção. Neste aspecto o desenvolvimento de novos tipos de ligações é evidentemente necessário. Na busca por uma solução prática, econômica e rápida para ligações em estruturas mistas de aço-concreto, ligações por aderência se apresentam bastantes promissoras. Este trabalho apresenta os resultados preliminares dos ensaios de Push-out de um novo conector de cisalhamento para utilização na ligação viga-laje pré-moldada utilizando a aderência como mecanismo de transferência de esforço. Os resultados iniciais apresentaram-se promissores no que tange a capacidade de carga ultima.

Palavras-chave: Ligações. Estruturas mistas. Lajes pré-moldadas. Aderência. Push-out.

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF STRAIGHT SHEAR CONNECTORS USING STEEL-CONCRETE ADHERENCE AS A MECHANISM FOR TRANSFER OF STRESS

Abstract

In general, connections are the most important part in the project of precast concrete and composite structures. They have a strategic importance, as related to production (execution, assemblage and other services on site), as to structural behaviour after finished the production process. In this way, the development of new types of connections is clearly necessary. Looking for a practical, economical and fast solution to connections in composite structures of steel-concrete, connections by adherence presents themselves quite promising. This paper presents the preliminary experimental results of Push-out tests of an innovative technology for connections of composite structures. Initial results showed to be promising with respect to ultimate load capacity.

Keywords: Connections. Composite structures. Precast slabs. Adherence. Push-out

Linha de Pesquisa: Estruturas de Concreto e de Alvenaria; Estruturas Metálicas.

1 INTRODUÇÃO

Sendo as ligações as partes mais importantes no projeto das estruturas de concreto pré-fabricado e mistas, elas possuem fundamental importância tanto no que se refere à sua produção (execução de parte dos elementos adjacentes às ligações, montagem da estrutura e serviços complementares no local), como para o comportamento da estrutura montada. Na perspectiva de uma solução prática, econômica e rápida, as ligações por aderência apresentam-se bastantes promissoras.

[1] Doutorando em Engenharia de Estruturas - EESC-USP, hidelbrando@sc.usp.br
[2] Professor do Departamento de Engenharia de Estruturas da EESC-USP, analucia@sc.usp.br

A ligação em estudo neste trabalho está associada à Dauner & Antille (2002)[3] *apud* Thomann (2005), e posteriormente estudada por Thomann (2005). Um exemplo de ligação por aderência é ilustrado na Figura 1. Ela representa uma condensação de diferentes idéias para este tipo de ligação proposta por Thomann (2005). Corresponde a uma laje de concreto pré-fabricado, com sulco longitudinal de encaixe (nervura), apoiada sobre viga metálica. Esta viga, por sua vez, possui na mesa superior um conector linear com superfície rugosa. Ainda na mesa superior aplica-se uma rugosidade (camada adesiva) aumentando-se o coeficiente de atrito e consequentemente a resistência da ligação.

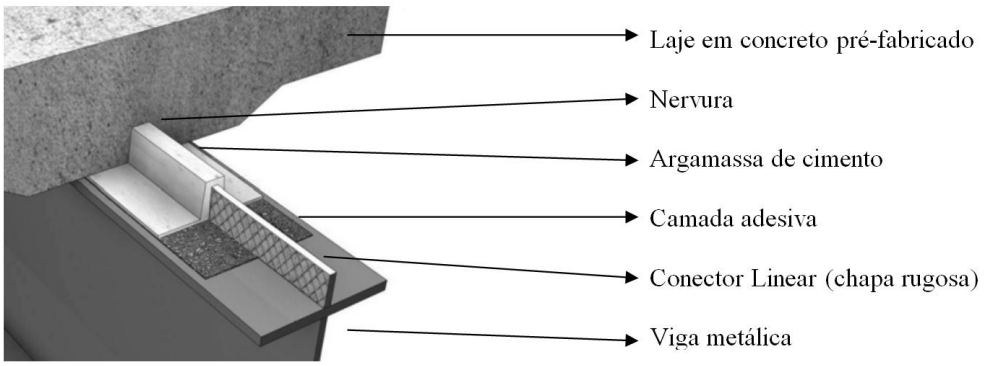


Figura 1 – Ligação por aderência proposta por Thomann (2005).

2 METODOLOGIA

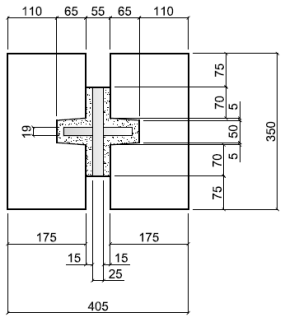
Para realização dos ensaios pilotos foi idealizado 6 modelos de *Push-Out.* Esses modelos são uma variação do modelo de ligação por aderência proposto por Thomann (2005). Nesta etapa de desenvolvimento do trabalho apenas ensaios monotônicos com controle de deslocamento serão realizados, com intuito da avaliação da resistência ultima da ligação e do comportamento *slip x upflit* (deslizamento x descolamento*).* A distinção deste trabalho em relação ao realizado por Thomann (2005) está no tratamento dado às interfaces envolvidas na ligação por aderência.

Neste trabalho as recomendações do EN 1994-1-1:2004, no que tange ao ensaio de *Push-out* não são respeitadas em sua integralidade devido as particularidades construtivas em função dos parâmetros que se pretende analisar o que é permitido pela referida norma. A descrição dos corpos-de-prova para os ensaios de *Push-out* são descritas no item 3 que trata do programa experimental.

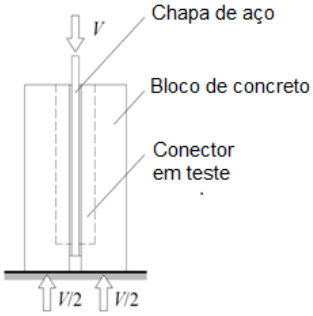
3 DESENVOLVIMENTO

Os modelos consistem em 02 (dois) blocos de concreto simples, sujeito a imprimação de uma rugosidade em uma de suas faces, dispostos de maneira a receber entre suas reentrâncias (nervuras) um elemento metálico composto de uma placa de reação e 02 (dois) conectores lineares soldados em face opostas. A fusão entre os elementos é feita a partir do grauteamento das partes (Figura 2).

[3] DAUNER, H.-G., ANTILLE, S. (2002). **Ponts mixtes à construction rapide**, rapport OFROU 567, Office fédéral des routes, Berne, 2002.



(a) Seção transversal



(b) Princípio de ensaio

(c) Aspecto geral do ensaio

Figura 2 – Modelo de *Push-Out.*

A diferenciação dos conectores é em função de sua superfície. O conector tipo L corresponde aquele onde não foi realizado nenhum tipo de tratamento mecânico (usinagem). No conector tipo R ao contrário do conector L, foi realizado um tratamento mecânico (usinagem de ranhuras a 45º com 2mm de profundidade e 10mm de largura) visando melhorar o mecanismo de transferência de esforço cisalhante. Não obstante, uma variação do conector tipo R foi proposta. O conector do tipo RP é uma composição de dois outros, do *Perfobond* proposto por Leonhardt et. al (1987) e o conector do tipo R proposto neste trabalho (Figura 3 – (a)).

(a) Conector RP

(b) Rugosidade da laje

(c) Fôrma da laje

Figura 3 – Detalhes das interfaces.

Uma vez que foi realizado um tratamento mecânico na superfície do aço, aplicou-se uma rugosidade nos blocos de concreto de maneira a melhorar a transferência de esforço entre as interfaces, haja vista que sem a “imprimação” de uma rugosidade nos blocos de concreto, a ruptura da ligação estaria fadada a acontecer na interface graute-concreto (Figura 3 – (b) e (c)).

4 RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

A Tabela 1 apresenta os principais resultados dos ensaios de ruptura. A legenda utilizada na coluna “Superfície de Ruptura” corresponde a: (1) Ruptura da interface conector-argamassa; (2) Ruptura da interface concreto-argamassa; (3) Ruptura da interface mesa do conector-argamassa; (4) Ruptura do bloco de concreto; (5) Ruptura da argamassa. A ordem de apresentação equivalente a ordem de ocorrência.

Tabela 1 – Força máxima e superfície de ruptura dos modelos

Modelo	Conector	Força Máxima [kN]	Superfície de Ruptura
01	L	356,55	(1) (2) (3) (5)
02	L	680,14	(1) (3) (2)
03	R	790,33	(4) (3) (1) (5)
04	R	566,96	(4) (3) (2) (5)
05	RP	637,01	(4) (2) (1) (5)
06	RP	911,20	(4) (1) (3)

Os modelos 01, 04 e 05, em determinado momento do ensaio de ruptura, foram acometidos de uma perda brusca de capacidade de carga em seguida os modelos passaram a ganhar capacidade de carga novamente. A perda brusca de capacidade de carga está associada à ruptura de apenas um dos lados da ligação. Isto certamente comprometeu a capacidade de carga do modelo. Praticamente reduziu pela metade a capacidade de carga do modelo, se atentarmos para o valor obtido de força ultima nos modelos onde o comportamento assimétrico não ocorreu.

Fatores como, o mal posicionamento do conector no momento do grauteamento, eventual excentricidade no ponto de aplicação da força, variabilidade dos materiais (concreto e argamassa), foram provavelmente responsáveis pelo comportamentos adversos dos modelos 01, 04 e 05.

5 CONCLUSÕES PARCIAIS

Mesmo em caráter preliminar, a avaliação dos ensaios de *Push-out* pode caracterizar a ligação como rígida, tendo como base o conceito de deslizamento característico (δ_{uk}), já que o δ_{uk} antes da ruptura foi inferior a 6,0 mm em todos os modelos. Isto era esperado, considerando que nas ligações onde a transferência de esforço é por cisalhamento a ruptura é frágil.

Ainda com relação aos modelos de *Push-out*, é fato que a armação da laje deve ser realizada. A ausência de armadura diminui a resistência da ligação. Nesta etapa, só optou-se por não utilizar a armadura pelo fato de Thomann (2005) não ter utilizado.

O efeito pino proporcionado pelo furo nos conectores RP provavelmente foi o responsável pela maior resistência indicando que este deve ser o conector escolhido para os ensaios de viga mista a serem desenvolvidos no prosseguimento deste trabalho.

6 AGRADECIMENTOS

Ao LE-EESC, a CAPES e a FAPESP pelo suporte a este trabalho.

7 REFERÊNCIAS

CEN - EN 1994-1-1:2004: Design of composite steel and concrete structures. European Committee for Standardization (CEN), 2004.

LEONHARDT, F. et al. (1987). Neues, vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund-Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit, **Beton und Stahlbetonbau**, v. 12, pp. 325-331, Ernst & Sohn, Berlin, 1987.

THOMANN, M. (2005). **Connexions par adherence pour les ponts mixtes acier-béton.** PhD. Thèse, Ècole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Faculté Environnnement Naturel, Architectural et Construit, 2005.