

Pavimentos Rígidos – Análise da Influência do Comprimento das Barras de Transferência

Rigid Pavement – Analysis of the influence of length of transfer bars

SILVA, Juliano Rodrigues (1); **LIMA**, Antonio Wagner (2);

COELHO, Nailde de Amorim (2); **ANDRADE**, Daniel Silva (3)

(1) *Doutorando em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília - UnB*

(2) *Mestrando (a) em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília - UnB*

(3) *Mestrando em Estruturas e Materiais de Construção, Universidade Federal de Goiás - UFG*

julianorodriguessilva@hotmail.com

Resumo

No Brasil o uso dos pavimentos de concreto cresceu muito de 1950 até os dias atuais, sendo, esse tipo de pavimento, uma opção muito viável em função de sua durabilidade e resistência. Este trabalho propõe verificar se a redução do comprimento das barras metálicas de seção circular, que são muito utilizadas na transferência de esforços entre as placas de pavimento, irá influenciar a transferência de esforços nas juntas executadas em placas de concreto. No modelo experimental foram ensaiadas 05 placas com largura de 600 mm, comprimento de 2200 mm e espessura de 120 mm, com barras de transferência no centro da junta serrada e uma das placas sem barra de transferência para servir de referência. As barras de transferência tiveram comprimentos de 200 mm, 300 mm, 400 mm e 500 mm. A partir dos ensaios experimentais, pode ser analisado o comportamento da ruptura à tração nas placas de concreto, bem como a confecção de gráficos do tipo Carga x Deslocamento, considerando as cargas do ensaio e as médias das leituras dos deflectômetros instalados nas placas de concreto.

Palavras chaves: Barras de transferência, pavimentos, juntas serradas.

Abstract

In Brazil the use of concrete pavements has grown from year 1950 until today, being a very viable option due to their durability. The decks have their joints and bars transfer large numbers, this research seeks to verify that its influence of the varying length of these bars, compared to the cost that may influence the use of steel to do this type of flooring. The experimental program consisted of tests with application of static load on five concrete slabs with dimensions 2200 mm x 600 mm, provided with transverse joint sawed and supported on a layer of rubber. These plates were studied transfer bar lengths of 200 mm, 300 mm, 400 mm, 500 mm (bar commercial) and a plate without the transfer bar for reference. In analyzing the results, the transfer plates with bars of 500 mm had higher efficiency, and bars 300 and 400 mm show good efficiency, and the 400 mm showed values very close to the bars of 500 mm. It was concluded that for smaller loads than the load of cracking can be used without bars floors. For loads above this, the bars 400 and 500 mm with sawn joints can be used with good performance.

Keywords: transfer bars, pavement, joint

1. Introdução

A norma da ABNT NBR 7207: 1982 define pavimento como “uma estrutura construída após a terraplenagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto a:

- Resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;
- Melhorar as condições de tráfego quanto à comodidade e segurança;

- Resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.”

Esta definição exprime o que foi historicamente o objetivo da pavimentação: melhorar as estradas de terra, protegendo-as da ação da água, do desprendimento de poeira e pedras, tornando-as mais cômodas e seguras ao tráfego e mais duráveis, (TERTULIANO, 2005).

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Histórico dos pavimentos

De acordo com Cruz, 2003 os povos Etruscos, que dominaram a Itália no período compreendido entre 800 a.C. e 350 a.C, foram os primeiros a construir caminhos específicos com fins de transporte de pessoas e cargas entre as vilas e colônias da época. Muitos dos conhecimentos dos Etruscos sobre a construção de caminhos foi herdado pela civilização romana, pela sua necessidade de conduzir seus exércitos e de escoar suas mercadorias com maior agilidade e rapidez, o que fez com que eles desenvolvessem um sistema de pavimentação para suas vias. Para tal, utilizaram pedras em estado natural, unidas por aglomerantes hidráulicos ou pozolânicos (TERTULIANO, 2005).

Em 1889, George W. Bartholomeu propôs o primeiro pavimento de concreto no Estado de Ohio, EUA. Apesar do primeiro automóvel só ter aparecido dez anos mais tarde, George estava convencido que o cimento produzido em seu pequeno laboratório poderia ser usado para criar um pavimento resistente e durável. Dois anos mais tarde, foi concedida a autorização e o primeiro pavimento de concreto da América foi fabricado em 1891. Até então, as estradas eram sujas, pavimentadas com tijolo ou macadamia de baixa qualidade (*Portland Cement Association*, Novembro, 1991).

Os pavimentos em CCP (Concreto de Cimento Portland) foram bastante empregados na urbanização de grandes cidades no Brasil, como São Paulo e Recife, até primórdios dos anos de 1950 (BALBO, 2005).

De acordo com FLEURY, 2006 o enfraquecimento dessa prática sofreu grande influência por fatores econômicos e políticos. Após a Segunda Guerra Mundial, a produção nacional de cimento foi destinada apenas à indústria da Construção Civil, o que forçou o setor de pavimentação a procurar novas alternativas.

Nesse mesmo período, desenvolveu-se nos EUA uma tecnologia de pavimentos flexíveis à base de produtos betuminosos, em substituição aos cimentados. Como os derivados do petróleo possuíam baixo preço na época, o Brasil assimilou as vantagens deste novo material. Com isso, o meio técnico de pavimentação aparelhou-se quase que exclusivamente para o emprego de pavimentos asfálticos, dirigindo-lhe a formação de pessoal e a montagem do parque de equipamentos. Como consequência há uma certa inércia para que se passe novamente a adotar a alternativa dos pavimentos rígidos, mesmo havendo sinais efetivos da mudança das circunstâncias técnicas e principalmente econômicas (AMARAL e TOMICH, 2002).

2.2 Mecanismos de transferência

As barras de transferência, como pode ser visto na figura 1, são peças utilizadas para transferir cargas entre placas contíguas separadas por juntas e são constituídas geralmente por barras de aço de seção circular ou quadrada, embora existam alguns modelos formados por chapas planas, mas que ainda não são empregadas no Brasil. De acordo com Rodrigues, 2006 a eficiência da junta irá depender do trabalho em conjunto com o concreto, que é o elo fraco do conjunto, a resistência mecânica do aço acaba tendo efeito secundário, podendo ser empregado aço CA-25.

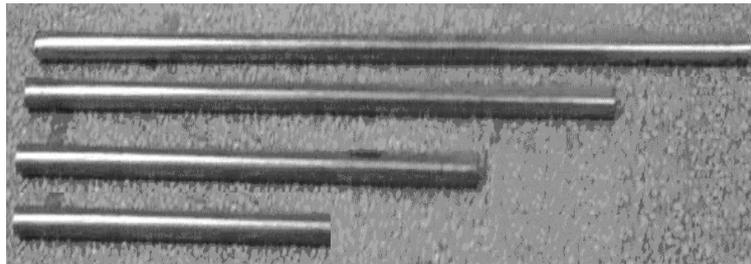


Figura 1 – Barras de transferência.

3. Metodologia

Este capítulo apresenta a metodologia para o ensaio de 05 placas apoiadas em uma base de borracha, em concreto com resistência a compressão de 30 MPa, utilizando barras de transferência com comprimentos de 200 mm, 300 mm, 400 mm, 500 mm e uma placa sem as barras de transferência, todas as placas possuem junta serrada.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Estruturas da Escola de Engenharia Civil (EEC) da Universidade Estadual de Goiás em Goiânia-GO.

3.1 Modelos experimentais

O modelo experimental utiliza placas com largura de 600 mm, comprimento de 2200 mm e espessura de 120 mm (conforme figura 2) com uma junta serrada após 48 horas da concretagem.

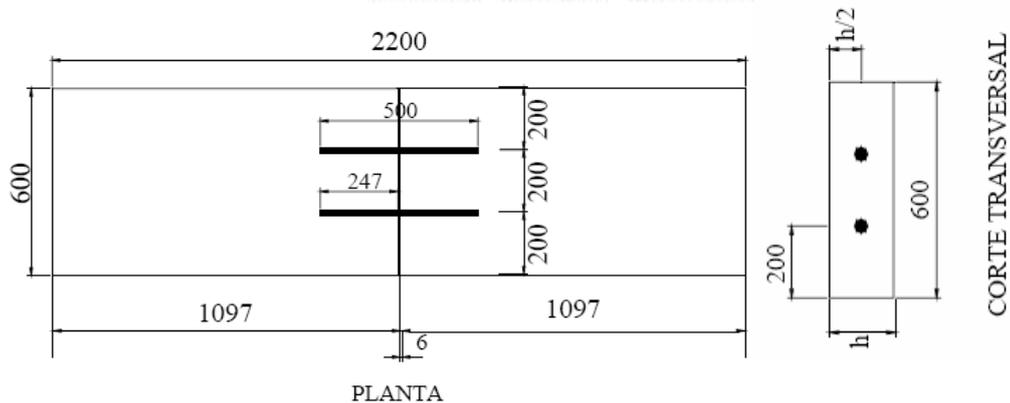


Figura 2 – Detalhes da fôrma do pavimento.

A tabela 01, abaixo, apresenta os detalhes das placas ensaiadas, sendo que todas as placas possuem juntas serradas e espessura de 120 mm.

Tabela 01 – Detalhes das placas.

Placa	Diâmetro	Comprimento da Barra
P1SB	-	-
P200	10 mm	200 mm
P300	10 mm	300 mm
P400	10 mm	400 mm
P500	10 mm	500 mm

3.2 Detalhamento do ensaio

3.2.1 Caracterização do Aço e do concreto

Os resultados dos ensaios de caracterização do aço empregado se encontram mostrados na tabela 02.

Tabela 02 – Características das barras de transferência.

Corpo de prova	\varnothing (mm)	f_y MPa	f_u MPa
01	10	439,81	454,8
02	10	431,12	445,8

Onde:

\varnothing – diâmetro da barra, f_y – tensão de escoamento, f_u – tensão de ruptura.

O concreto foi adquirido com resistência característica a compressão (f_{ck}) de 30 MPa aos 28 dias. Os resultados da caracterização apresentam-se na tabela 03.

Tabela 03 – Características do concreto.

	F_{c28} (MPa)	F_{ct21} (MPa)	E_c (Gpa)
Concreto	32,35	3,27	22,2

Onde: f_{c28} - Resistência a compressão; f_{ct21} - Resistência a tração; E_c - Módulo de Elasticidade do concreto.

3.2.2 Cortes das Barras de transferência

As barras de transferências são produzidas com comprimento de 500 mm, em aço CA-25 liso, são retilíneas e apresentam extremidades com corte bem feito isentas de rebarbas e amassamento. Para esta pesquisa foram utilizadas 08 barras de transferência com diâmetro de 10 mm, onde foram cortadas e preparadas duas barras para cada comprimento, com medidas de 200 mm, 300 mm, 400 mm e 500 mm, isso pode ser visto na figuras 03 e 04.

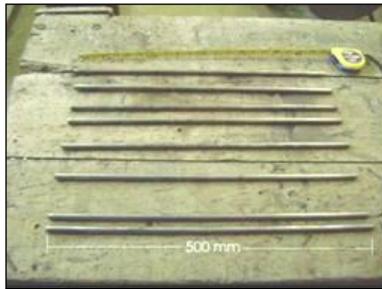


Figura 03 – Barras de transferência.



Figura 04 – Corte das barras.

No detalhe abaixo, as figuras 05 e 06 apresentam o detalhe da soldagem dos extensômetros e a colagem dos mesmos à barra de transferência.



Figura 05 – Extensômetro.



Figura 06 – Colagem do extensômetro.

Foram utilizados deflectômetros digitais nas faces superiores das placas para aferir os deslocamentos sofridos pela peça de concreto ao longo do ensaio.

3.2.3 – Preparação das fôrmas

Para a moldagem das placas de concreto foram utilizadas 05 fôrmas metálicas, feitas com chapas e perfis metálicos. Foi aplicado um desmoldante (óleo) na fôrma para facilitar a desforma no final da preparação das peças. Nas figuras 07 e 08, podem ser visualizados, os detalhes de preparação das fôrmas.



Figura 07 – Aplicação de desmoldante. Figura 08 – Fôrma pronta para concretagem.

3.2.4 – Concretagem

A concretagem foi realizada no Laboratório de Estruturas da Escola de Engenharia Civil (ECC) da Universidade Federal de Goiás. As figuras 09 e 10 apresentam detalhes da concretagem das placas.

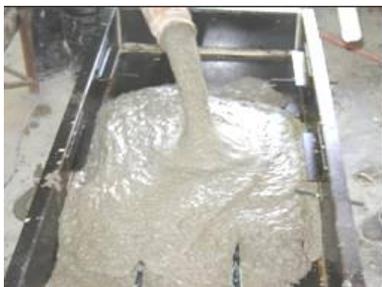


Figura 09 – Concreto autoadensável.



Figura 10 – Concretagem.

3.2.5 – Corte da junta

Com o concreto ainda “verde” foram serradas as juntas utilizando uma serra de corte seco diamantada para concreto tipo “Makita”. O processo utilizando junta verde se deu 24 horas após o início de cura do concreto, como mostrado nas figuras 11 e 12. O corte de serra proporcionou uma abertura de 6,0 mm e uma profundidade de 40 mm na espessura da placa.



Figura 11 – Marcação da junta.



Figura 12 – Corte da junta.

3.2.6 – Desforma

A desforma foi realizada após 14 dias e a partir dos 28 dias foram iniciados os ensaios das placas. O processo pode ser observado nas figuras 13 e 14.



Figura 13 – Desforma.



Figura 14 – Transporte da placa.

3.3 Realização dos Ensaios dos Pavimentos

As placas foram transportadas para uma base de borracha com espessura de 10 mm e medidas de 1,00 m x 3,00 m, com quatro células de carga localizadas sob a penúltima base de borracha, figura 15, que posteriormente foi coberta com a última placa de borracha com mesma espessura, onde no momento de transporte da placa de concreto, foi preparada argamassa de assentamento, que foi colocada sobre uma lona preta e espalhada no perímetro da fôrma, figura 16.



Figura 15 – Posicionamento da placa.



Figura 16 – Argamassa de assentamento.

Para as placas as cargas foram aplicadas pelo atuador com um intervalo de 5,0 kN, tendo como valor inicial a carga marcada quando o esquema foi fixado.

3.3.1 Instrumentação

Para medir a deformação da armadura de flexão, foram utilizados extensômetros elétricos de resistência (EER) uniaxiais da marca Excel Sensores Ind. com. exp. Ltda, do tipo PA-06-250BA-120-I. Os extensômetros foram ligados em uma caixa de aquisição de dados com 15 canais, interligada a um terminal da *National Instruments* modelo SCXI-1001 e controlada por um software computacional (Labview 6.0).

O strain gauge ou extensômetro foi utilizado para conferir a deformação nas barras de transferência e sua parte superior (compressão) e na sua parte inferior (tração) conforme a figura abaixo. Na figura 17 são mostrados o posicionamento e a numeração dos extensômetros.

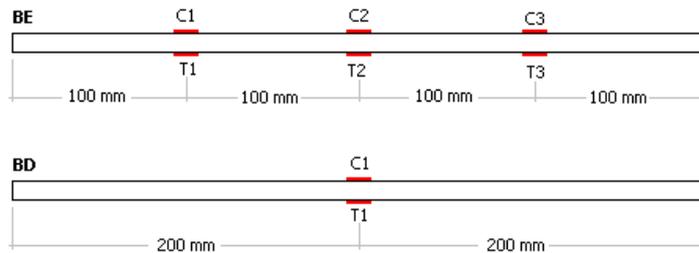


Figura 17 - Localização dos extensômetros.

3.3.2 Aplicação de carga

Para aplicação da carga, foi utilizada uma célula de carga KRATOS, com capacidade de 500 kN sobre um atuador hidráulico. Essa célula de carga era conectada a um terminal da NATIONAL INSTRUMENTS modelo SCXI-1001 e controlada pelo mesmo software (LABVIEW 6.0) usado para os extensômetros. Para a simulação do pavimento, foi utilizada uma placa metálica de dimensões 150 x 150 mm sobre a célula de carga, havendo uma fina camada de gesso entre a placa e a laje. Na figura 18 mostra-se o sistema de aplicação da carga.

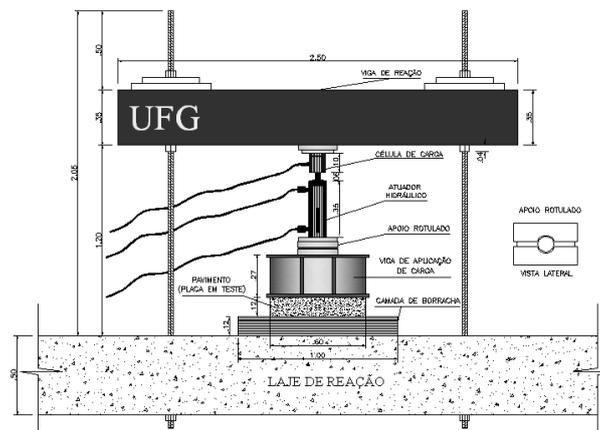


Figura 18 - Sistema de aplicação de carga.

3.3.3 Preparação dos ensaios

Após a laje ser devidamente apoiada sobre a base de borracha, foram feitas as marcações de posição dos relógios comparadores, e posicionamento das placas metálicas usadas para delimitar os oito pontos de inflexão da laje (550 mm a partir das bordas da laje). Estas placas, fixadas na laje com gesso e niveladas entre si, serviram de

apoio para as vigas metálicas que constituíam o sistema de reação. Na face inferior da laje, o esquema de aplicação de carga foi montado como descrito anteriormente. A figura 19 mostra o corte lateral da laje.

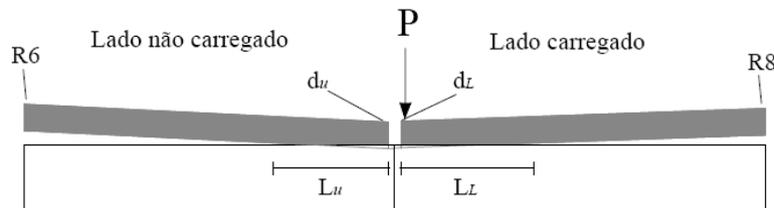


Figura 19 – Corte lateral do ensaio.

Abaixo se visualiza a leitora das células de carga e o atuador mecânico, nas figuras 20 e 21 é possível ver todo o aparato de ensaio.



Figura 20 – Leitoras das células de carga.



Figura 21 – Aparato do ensaio.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 – Ruptura à tração nas placas de concreto

Nas placas com junta serrada, ocorre fissuração e ruptura do concreto na junta, ocasionando a separação da placa em duas partes. Esse era o comportamento esperado, pois o plano de fissuração foi pré-definido por características do experimento. Nas placas sem barra de transferência, essa ruptura determinava o fim do ensaio. No caso das placas que possuíam barras o ensaio prosseguia, mesmo após a separação das placas, até o escoamento do aço ou quando era percebida uma diminuição considerável na transferência de carga, evidenciando a perda de eficiência na junta. Os deslocamentos verticais para as placas começam a aparecer após a primeira fissura, tanto nas placas com barra quanto na placa sem barra. Os valores finais para os deslocamentos são bem maiores principalmente para o lado não carregado de todas as placas. Esses dados são ilustrados no gráfico da figura 22.

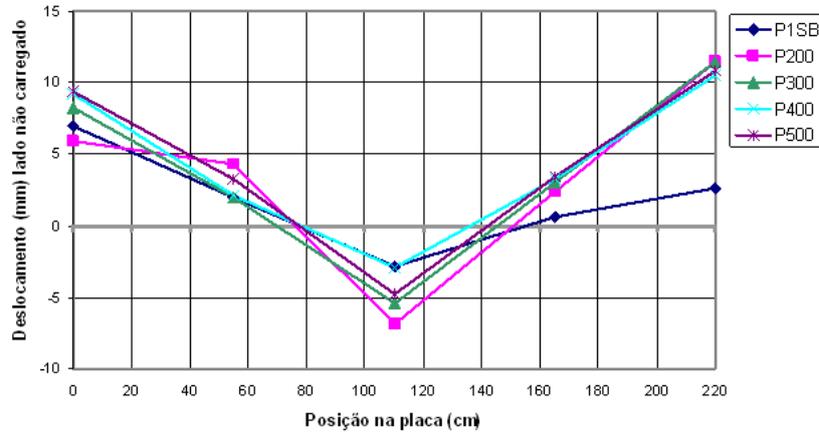


Figura 22 – Deslocamento dos pavimentos.

4.2 Carga x Deslocamento

Para todas as placas foram feitos gráficos considerando os valores das cargas do ensaio e as médias das leituras dos deflectômetros posicionados nas faces da junta, do lado não carregado (d_u) e do lado carregado (d_L). Esses gráficos servem para visualizar a diferença de deslocamento que ocorreu nos dois lados da junta. Nas placas com junta serrada, a princípio os dois lados deslocam-se de forma bem parecida, fica evidente no gráfico o surgimento da primeira fissura, pois acontece um salto na leitura dos deflectômetros. A partir desse ponto, nas placas com barras, os deslocamentos começam a se afastar com o lado não carregado deslocando cada vez menos. A placa JS16B16 é um bom exemplo, uma vez que, nesse caso, o ensaio seguiu até a capacidade máxima do equipamento, justamente para que fosse possível uma boa visualização do comportamento da junta, mesmo após os critérios de parada já terem sido atendidos. Nas últimas cargas das placas sem barras, pode-se constatar uma mudança na direção das curvas, provavelmente nesse momento ocorreu a separação das placas em duas. Os gráficos da figura 23 até a figura 27 exemplificam o comportamento das placas.

4.2.1 Sem barra de transferência

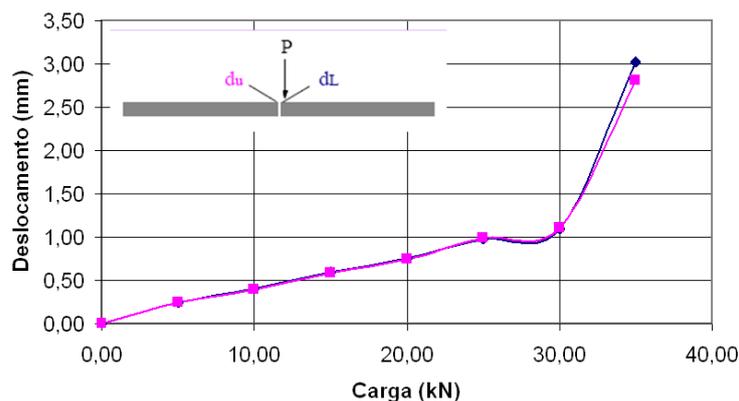


Figura 23 – Deslocamento sem barra de transferência.

4.2.2 Com barra de transferência de 200 mm

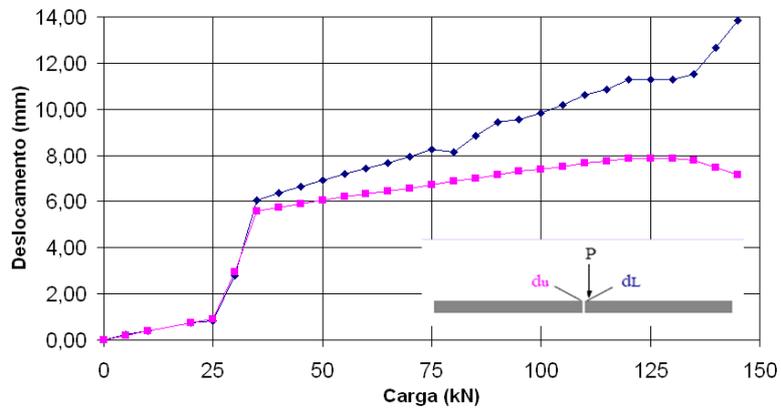


Figura 24 – Deslocamento com barra de transferência de 200 mm.

4.2.3 Com barra de transferência de 300 mm

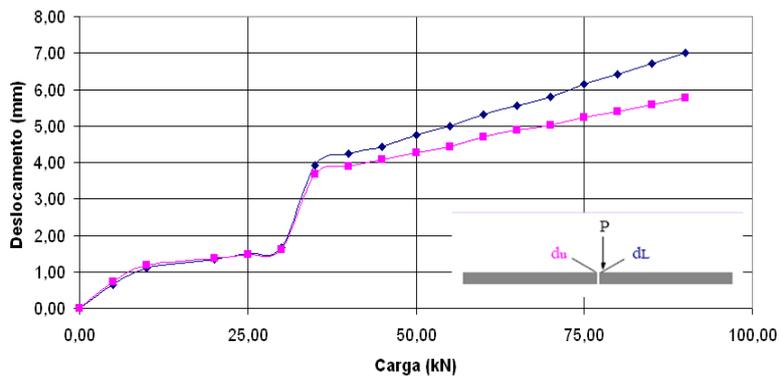


Figura 25 – Deslocamento com barra de transferência de 300 mm.

4.2.4 Com barra de transferência de 400 mm

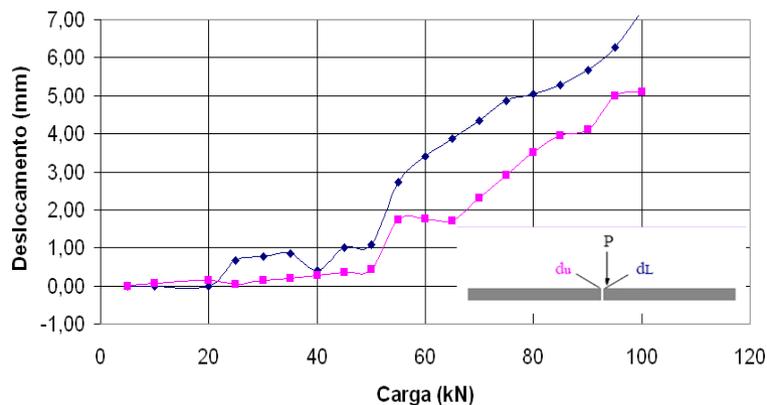


Figura 26 – Deslocamento com barra de transferência de 400 mm.

4.2.5 Com barra de transferência de 500 mm

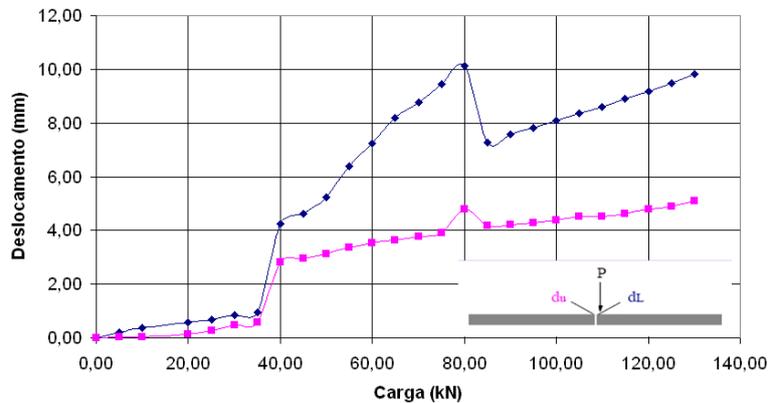


Figura 27 – Deslocamento com barra de transferência de 500 mm.

4.3 Ensaios com extensômetros nas barras de transferência

Todas as placas mostraram deformações próximas de zero até a carga de fissuração da junta (25 kN a 40 kN dependendo da placa). A partir desse instante as barras apresentaram deformações, o que permite afirmar que as barras não foram solicitadas até que ocorresse a fissura, ou seja, apenas o concreto estava transferindo os esforços até esse ponto. Nesse parâmetro observa-se que as placas com junta serrada e presença de barras comportaram-se como se não tivessem barras até a fissura, uma vez que essas não foram solicitadas até a carga de fissuração. As figuras de 28 a 30 mostram os resultados desses ensaios.

4.3.1 – Placa com barras de transferência de 200 mm

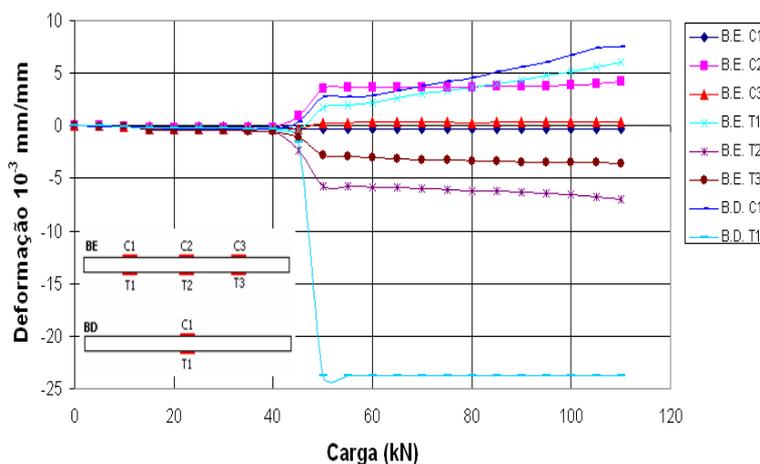


Figura 28 – Extensômetro na barra de 200 mm

4.3.2 – Placa com barras de transferência de 300 mm

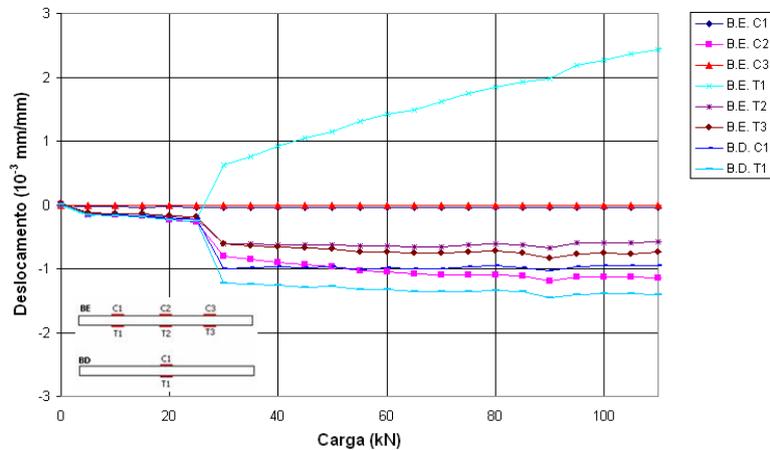


Figura 29 – Extensômetro na barra de 300 mm

4.3.3 – Placa com barras de transferência de 400 mm

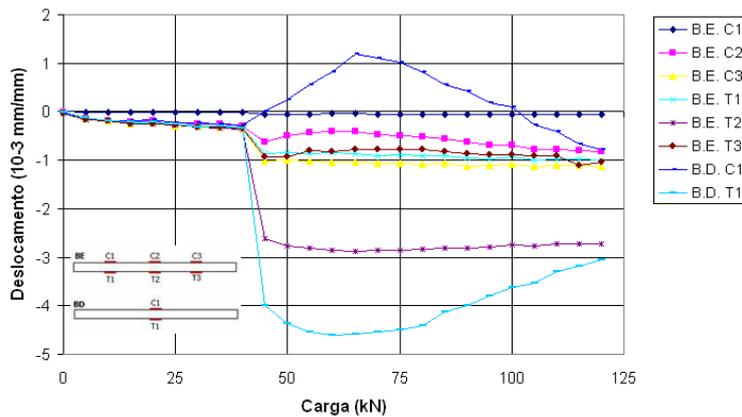


Figura 30 – Extensômetro na barra de 400 mm

4.3.4 – Placa com barras de transferência de 500 mm

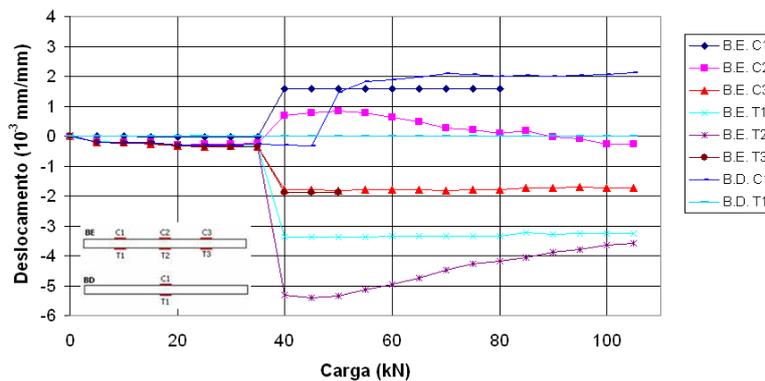


Figura 31 – Extensômetro na barra de 500 mm

5. Conclusões

Foram analisadas cinco placas, sendo que quatro possuíam barras de transferência com comprimentos variados. Os experimentos foram realizados apoiando, em uma camada suporte, placas de pavimento rígido com junta serrada transversal. A carga foi aplicada de forma estática, utilizando um atuador hidráulico. Deslocamentos verticais e deformações foram medidos para analisar as placas nos parâmetros definidos ao longo do trabalho. Dessa forma, pôde-se observar que:

- O emprego de barras de transferência proporcionou uma melhora considerável, em relação ao pavimento sem barra;
- As barras de 200 mm tiveram um deslocamento vertical maior que as do pavimento de 300 mm e as demais permaneceram constantes;
- Houve um aumento da deformação, próximo a junta, a medida que se diminuiu a barra;
- O uso de barras de transferência na junta aumenta a capacidade de resistência da placa com o aumento da carga máxima aplicada, proporcionando uma melhor eficiência na transferência dos esforços, e por manter, após o surgimento da fissura, as seções dos dois lados da junta mais próximas entre si;
- A placa sem barra de transferência na junta, executadas em concreto autoadensável, pode ser usada nos casos onde o carregamento utilizado fosse inferior ao da carga de fissuração. Para maiores carregamentos o uso da barra como dispositivo de transferência de carga irá aumentar a capacidade da junta bem como a sua eficiência;
- O melhor desempenho em termos de eficiência e carga máxima de transferência ocorreu nas placas com barras de 500 mm. As barras de transferência com tamanho reduzido (400 e 300 mm) se mostram eficientes, mas as barras de 400 mm tiveram resultados mais próximos aos das barras em tamanho comercial (500 mm).

6. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado – NBR 6118 – Rio de Janeiro, 2003.

HATTACHARYA, K. *Nonlinear Response of Transverse Joints of Airfield Pavements*. Journal of Transportation Engineering, V. 126, n 2, pp. 168-177. Março- abril 2000.

BODOCSI, A. et al. *Effect of Pavement Variables on Average Joint Deflections in Experimental Concrete Pavement*. Transportation Research Record, n 1449, pp. 182-188. Dezembro, 1994

BUCH, N; ZOLLINGER, D. G. *Development of Dowels Looseness Prediction Model for Jointed Concrete Pavements*. Transportation Research Record, n 1525, pp 21-27. Setembro, 1996.

BULL, J. W.; SINGH, A. A Comparison Between The Stresses Computed for Finite Sized Precast Concrete Pavement Units Using Westergaards Equations and a Numerical Design Method. *Computers and Geotechnics*. 9 . p 325-340. 1990.

CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 47, 2005, Olinda. *Pavimentos Viários e Pisos Industriais de Concreto*. Capítulo 42 de Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações: IBRACON, 2005. 1579 p.

C-SHRP. Canadian Strategic Highway Research Program. *PCC Pavements: Some Findings From US-LTPP and Canadian Case Studies*. Ontario, 2001. 10 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). Manual de Pavimentos Rígidos: *Projeto e Dimensionamento, Operação e Conservação* – Norma 35. Rio de Janeiro, 1989, volume 02. 365 p.

DEPARTMENT OF THE ARMY CORPS OF ENGINEERS. *Rigid Pavements for Roads, Streets, Walks and Open Storage Areas*. Mobilization Construction. Abril, 1984.

EDDIE, D.; SHALABY, A.; RIZKALLA, S. Glass Fiber-Reinforced Polymer Dowels for Concrete Pavements. *ACI Structural Journal*, V. 98, No. 2, 201-206, Março-Abril 2001.

HADI, M. N. S.; ARFIADI, Y. Optimum Rigid Pavement Design by Genetic Algorithms. *Computers and Structures* 79. p 1617-1624. 2001.

HARVEY, J. et al. California Department of Transportation. *Preliminary Evaluation of Proposed LLPRS Rigid Pavement* . Pavement Structures and Design Inputs. Berkeley, 2000, 208 p.

HOFBECK, J. A.; IBRAHIM, I. O.; MATTOCK, A.H. Shear Transfer in Reinforced Concrete. *ACI Structural Journal*, V.66, No. 2, 119-128, 1969.

HUANG, Y.H. *Pavement Analysis and Design*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 850p, 1993.

JOHNSON, R. P; MILLARD, S. G. *Shear Transfer Across Cracks in Reinforced Concrete Due to Aggregate Interlock and to Dowel Action*. University of Warwick: Department of Engineering.

MALISCH, Ward R.; Move over, round dowels. *Concrete Construction*, Texas, Publication #C00L034, 2000.

MANNAVA, S.S.; BUSH, T.D.; KUKRETI, A. *Load Deflection Behavior of Smooth Dowels*. *ACI Structural Journal*, n 96, pp 891-898. Novembro-Dezembro, 1999.

MacGREGOR, J. G. *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. Editora Prentice-Hall, 1988.

PACKARD, R.G. *Pavement Costs and Quality*. American Concrete Pavement Association. Illinois, 1994.



Anais do 53º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2011
Novembro / 2011



@ 2011 - IBRACON - ISSN 2175-8182

PITTA, M. R. *Projeto de Juntas em Pavimentos Rodoviários de Concreto*.6. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998. 36 p.

PORTER, M.L.; HUGHES, B.W.; BARNES, B.A. Fiber Composite Dowels in Highway Pavements. In: 1996 SEMISESQUICENTENNIAL TRANSPORTATION CONFERENCE.

PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. Concrete Paving – 100 Years of Progress Through Innovation. *Concrete in Highway Transportation*, Illinois, n. 10, p 1-12,1991.

RODRIGUES, P.P.F.; CASSARO,C.F. *Pisos Industriais de Concreto Armado*. São Paulo. 1998. 88 p.

RODRIGUES, P. P. F.; GASPARETTO, W. E. *Juntas em Pisos Industriais*. São Paulo, 1999. 22 p.

UNIVERSIDADE DE MINNESOTA. Departamento de Engenharia Civil. *Load Testing of Instrumented Pavement Sections*. Improved Techniques for Applying the Finite Element Method to Strain Prediction in PCC Pavement Structures. Minneapolis, 2002. 193 p.WALKER, W. W.; HOLLAND J.A. *Plate Dowels for Slabs on Ground*. Concrete Internacional, pp 32-38. Julho 1998.