



Utilização de pinos de aço para transmissão de carga paralela à face de elementos de concreto: estudo de caso

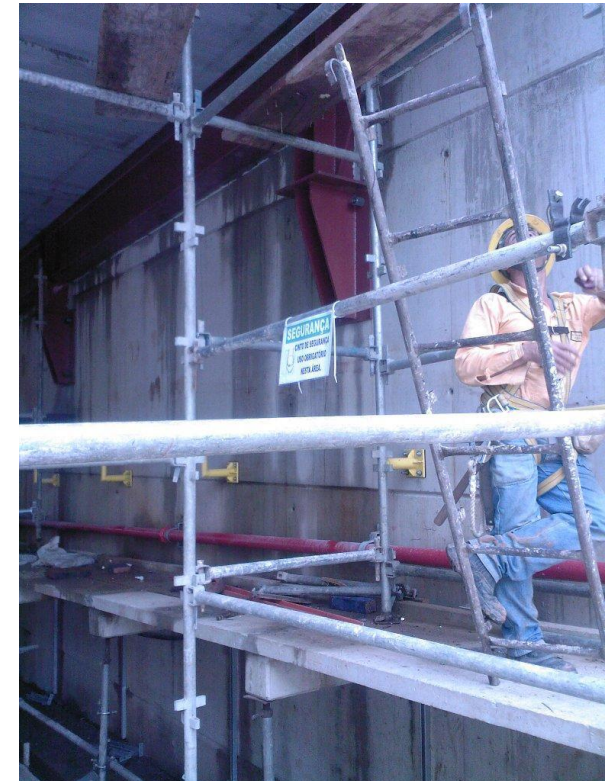
Eng. Pedro Wellington Gonçalves do Nascimento Teixeira
Prof. Dr.
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Apresentadores:
Edgar Pontim Júnior
Roger Komesu
Alunos de Engenharia Civil
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo



✓ RELEVÂNCIA

- Situação prática em obra enterrada de grande porte
- Transferência de força cortante elevada
- Solução muito usada em elementos pré-moldados
- Reflexão sobre o trabalho predominante do elemento de ligação: Força normal x Força cortante

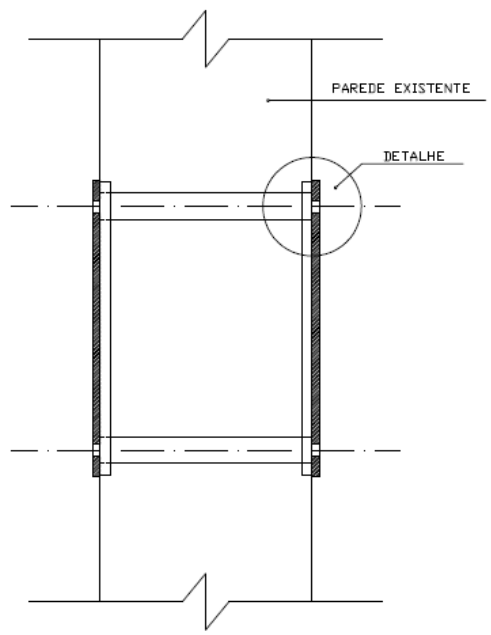
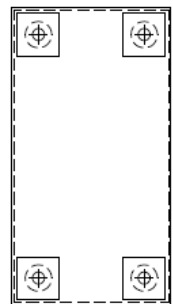
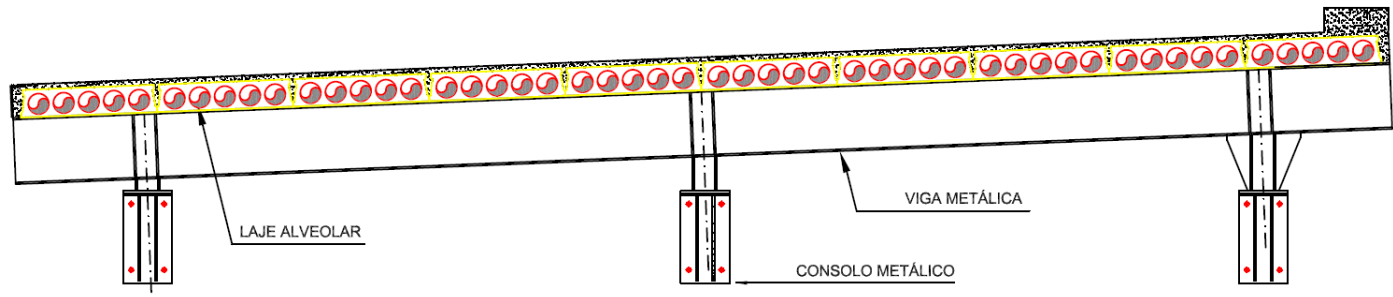




✓ DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO

- Laje alveolar com grande sobrecarga
- Obra já executada
- Limitações de gabarito





- Furos $\phi 75\text{mm}$
- Barras Dywidag $\phi 32\text{mm}$
- Protensão 15tf/barra
- Preenchimento com graute



✓ CÁLCULOS INICIAIS

Coefficiente de atrito = 0,4 (metal-concreto)

$$150kN \times 0,4 = 60kN$$

$$110kN - 60kN = 50kN$$

$$V_u = \underbrace{2,44 \times \phi^2 \times \sqrt{35 \times 850}}_{\text{Leonhardt (1977)}} = 430 \text{ kN} \quad V_u = 86kN > 50kN$$



CS = 5

OK



✓ PROBLEMA

Questionamento : Perda de protensão

$$V_{adm} = 86kN < 110kN$$

$$CS = \frac{430}{110} = 3,9 \sim 4,0$$

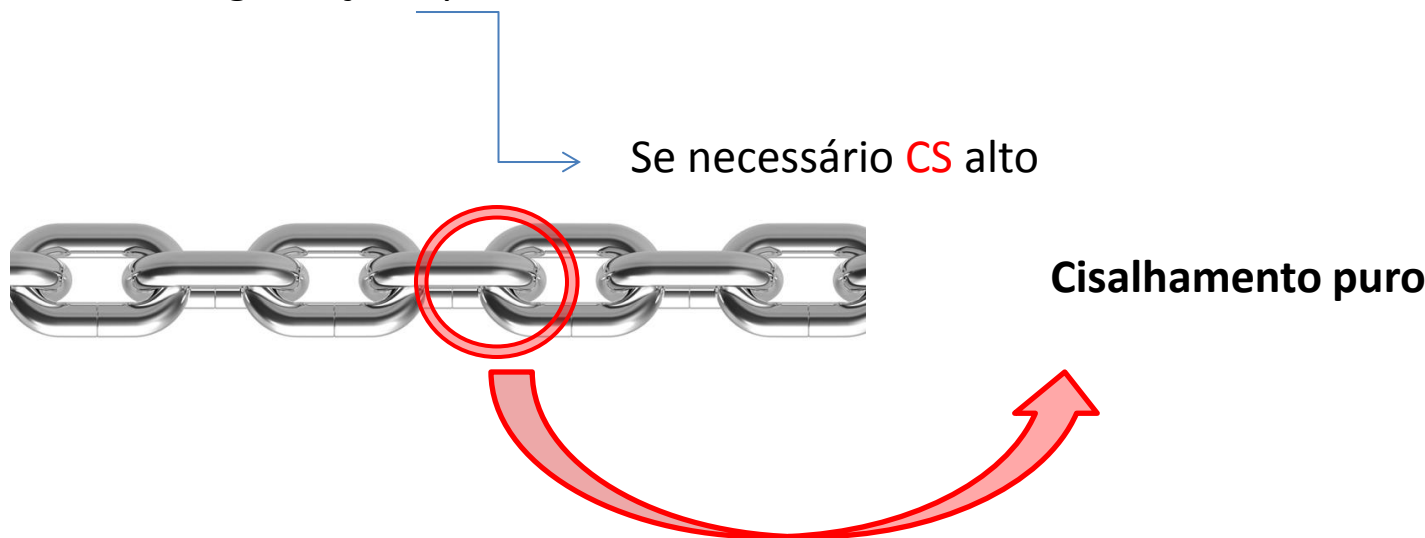
$CS < 5,0$  **Não OK**



✓ PROBLEMA "CONCEITUAL"

Procura-se sempre dar preferência ao trabalho à força normal, porém, em algumas situações o trabalho à força cortante ou é indispensável ou, ainda, está implicitamente presente na estrutura

Não é usual a segurança depender de cisalhamento





✓ DIRECIONAMENTO DA SOLUÇÃO

PROBLEMA – Verificação analítica da segurança

- O que muda com pino passante?
- O que muda com grande ϕ e elevado “fyk”?
- O que muda com grupo de pinos?

- Modelo 3D com MEF (em regime elástico linear)
- Ensaio Físico
- Estimativa de comportamento de grupo com **Eligenhausen** (2006)

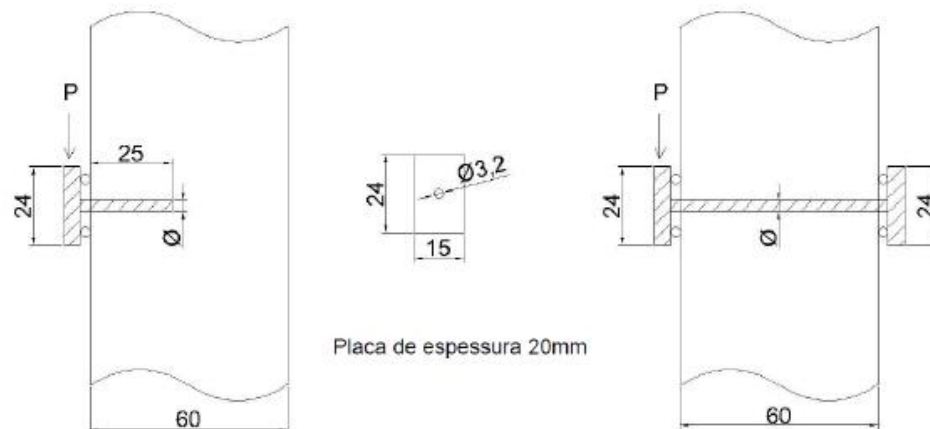


✓ ANÁLISES MEF

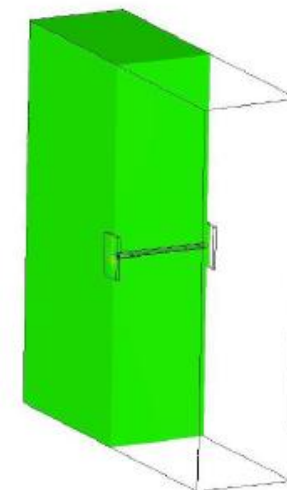
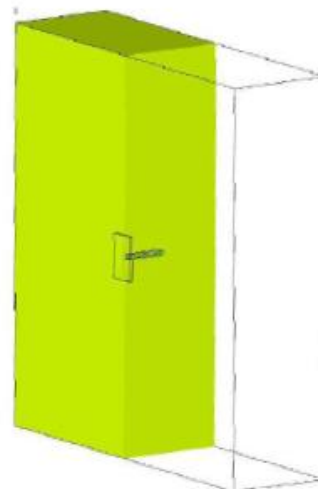
$$E_s = 200gPa$$

$$E_{c1} = 20gPa$$

$$E_{c2} = 40gPa$$



“Ligação chapa concreto transmite apenas compressão”





✓ RESULTADOS

Modelo	Deslocamento (mm)	Tensão máxima no aço (MPa)	Tensão máxima no concreto (MPa)
Barra imersa 6Φ	0,38 (0,612)	657,3	-80
Barra passante	0,16 (0,205)	177,9	-75

(*) os valores de deslocamentos entre parênteses referem-se à consideração de $E_c = 20$ GPa.

$\sigma_s < f_y$ \longrightarrow Valida a hipótese de Elasticidade

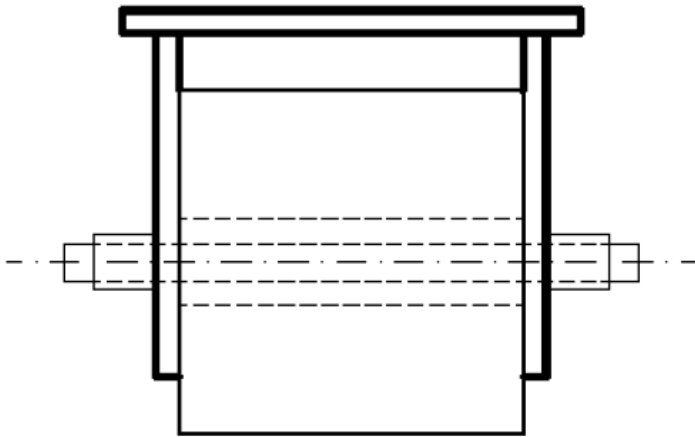
$\sigma_c < 3 a 4 f_{cd}$ \longrightarrow Resistencia do concreto confinado evitando fendilhamento (FIB43, 2008)

Deslocamentos menores com pino passante



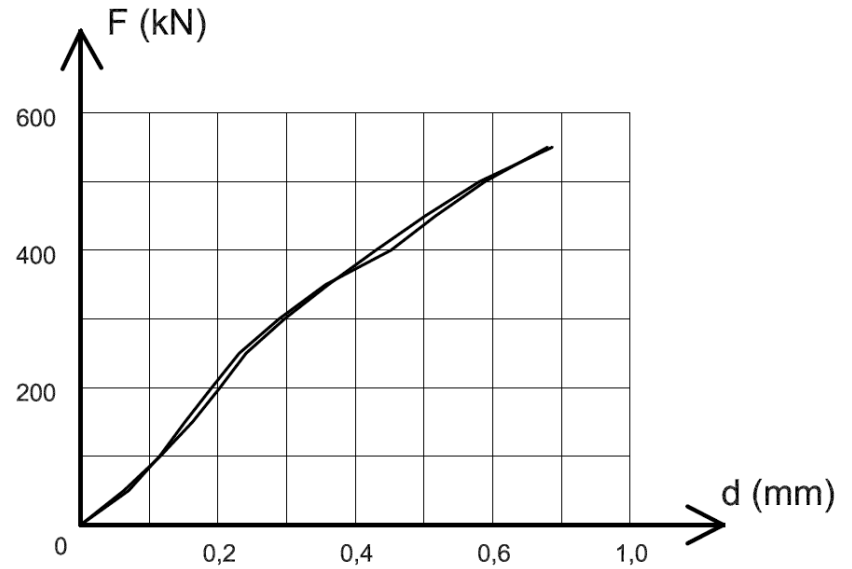
✓ ENSAIO FÍSICO

Verificar questão do grauteamento



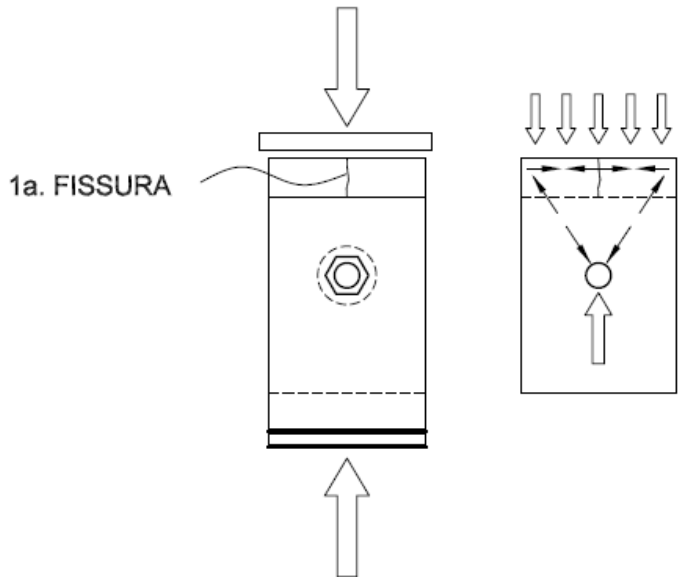


✓ RESULTADOS





✓ RESULTADOS



- Primeira fissura = 300kN
- Fissura causada por fendilhamento

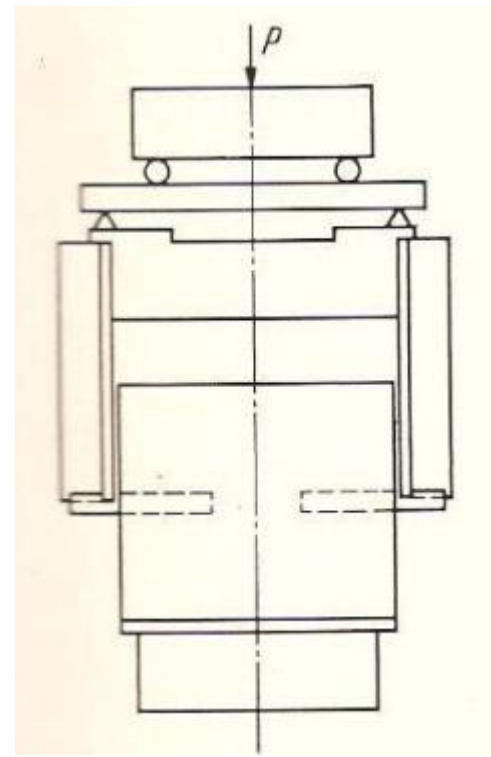
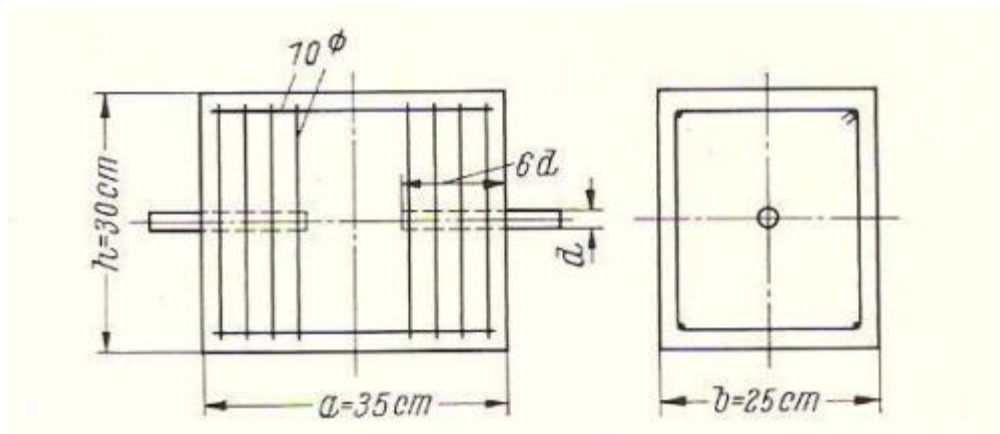


- Falta de confinamento
- Ensaio piloto, requer melhorias



✓ RESULTADOS

Rasmussen (1963)





✓ EFEITO DE GRUPO

Eligehausen et. Al. (2006)

- Conjuntos de 4 pinos com embutimento de 9ϕ
- Aço de alta resistência

Garante falha do aço





✓ CONCLUSÕES

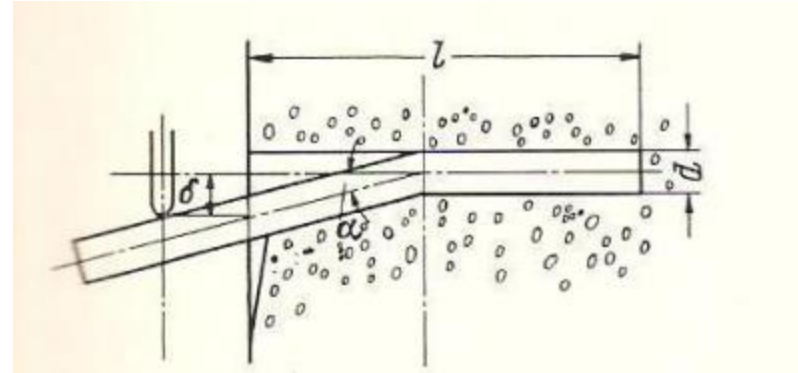
Complexidade do problema:

- ✓ Análise tridimensional
- ✓ Flexão composta da barra – usualmente barras de aço em concreto trabalham somente a normal
- ✓ Vários estados limites: tensões na barra, esmagamento ou fendilhamento do concreto
- ✓ Modelagem numérica apresenta dificuldade de simulação
 - Gradiente de tensões elevadas no bordo do concreto
 - Aderência aço-concreto deve influenciar: O que se altera com a conformação superficial (nervura) da barra?



✓ CONCLUSÕES

Abordagem clássica Rasmussen (1963):



- ✓ Recomenda coeficiente de segurança elevado em função das características do problema
- ✓ Mecanismos envolvidos: rótula plástica e esmagamento do concreto
- ✓ Aços mais resistentes e barras de grande diâmetro, podem apresentar coeficientes de segurança maior em caso de comprimento de ancoragem maiores que utilizado nos ensaios originais (como verificado no estudo de caso)



✓ BIBLIOGRAFIA

ABNT_NBR 6118 (2004). **Projeto de estruturas de concreto**. ABNT, Rio de Janeiro.

EL DEBS, M.K. (2000). **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. EESC. Universidade de São Paulo. São Carlos.

ELIGEHAUSEN, R.; MALLÉE, R.; SILVA, J. F. (2006). **Anchorage in concrete construction**. Berlim, Ernst & Sohn.

ENGSTRÖM, B. (1992). **Combined effects of dowel action and friction in bolted connections**. COST C1 Strasbourg Workshop 28-30 October 1992 – p. 77-98. Sweden.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON – FIB (2008) BULLETIN 43: **Structural connections for precast concrete buildings –: guide to good practice prepared by task group 6.2**. Lausanne, fib.

LEONHARDT, F. & MÖNNIG, E. (1978). **Construções de concreto, volume 2: casos especiais de dimensionamento de estruturas de concreto armado**. Rio de Janeiro, Interciência.

MAFFEI, C. E. M. (2010). **Parecer – verificação dos pinos constituídos por barras de aço tipo Dywidag DW32 para apoio das lajes do atenuador de ruídos sem consideração da protensão**. São Paulo, CMSP.

VON HALÁSZ, R. (1966). **Industrialisierung der Bautechnik – p. 216-218**. Werner-Verlag, Dusseldorf.