

52º Congresso Brasileiro do Concreto CBC2010
Seminário Concreto sob Ações Dinâmicas

Avaliação dinâmica de vigas de concreto pré-moldado submetidas à protensão por meio de cabos externos

DYNAMIC EVALUATION OF PRECAST CONCRETE BEAMS SUBMITTED TO PRESTRESSING FORCES THROUGH EXTERNAL TENDONS

Hidelbrando José Farkat Diógenes
MSc. Engº de Estruturas
hidelbrando@sc.usp.br

João Bento de Hanai
Professor Titular
jbhanai@sc.usp.br

15 de Outubro de 2010 - Fortaleza/Brasil

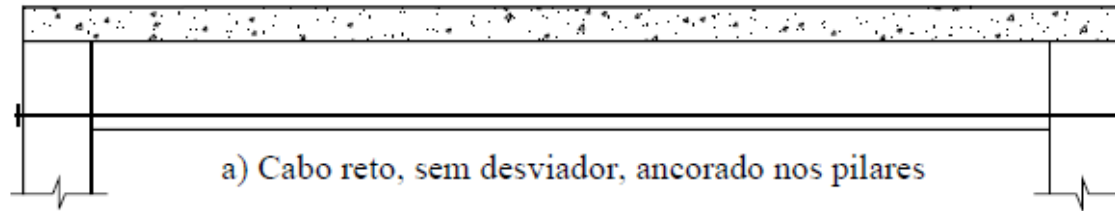


Por que estudar Dinâmica?

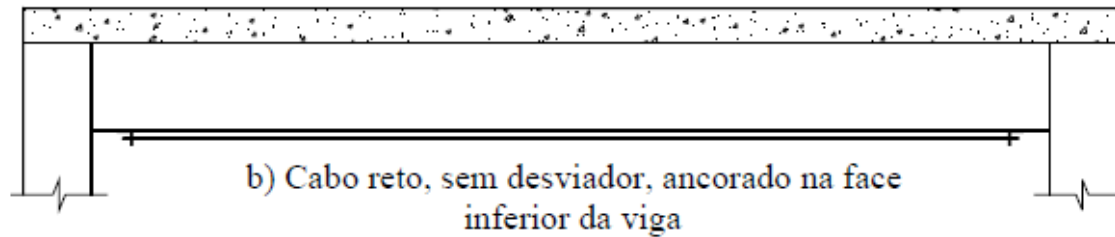
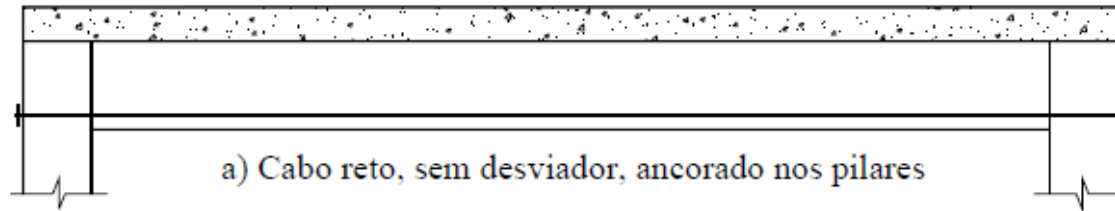
- ❖ Rigorosas exigências em serviço de equipamentos modernos;
- ❖ Proliferação de edifícios de elevada esbeltez;
- ❖ O risco sísmico de cada região;
- ❖ **ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS.**



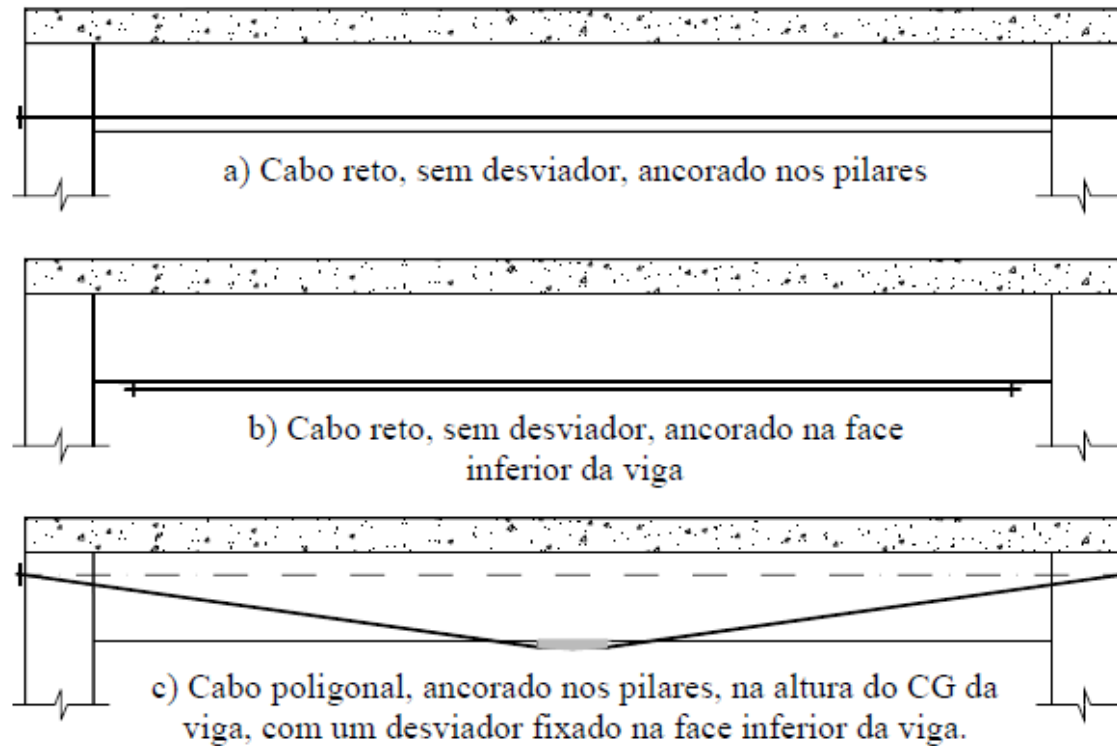
Tipologias



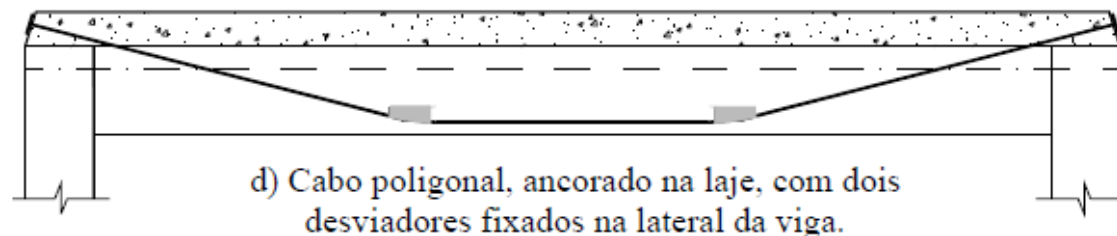
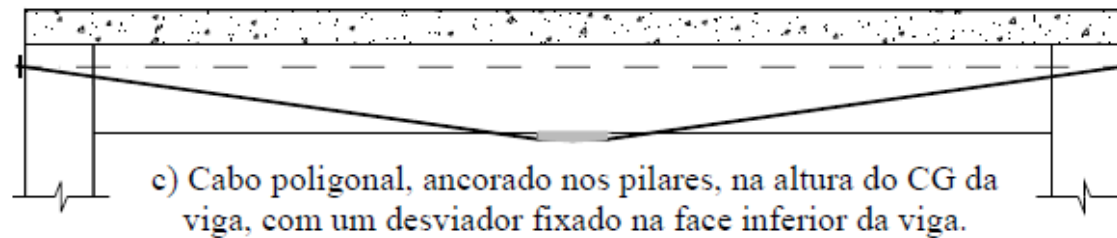
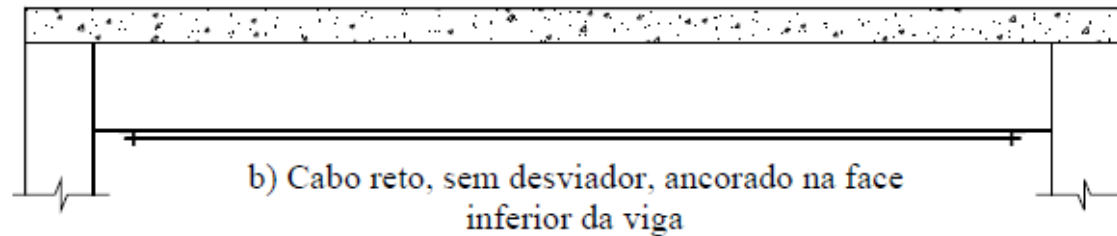
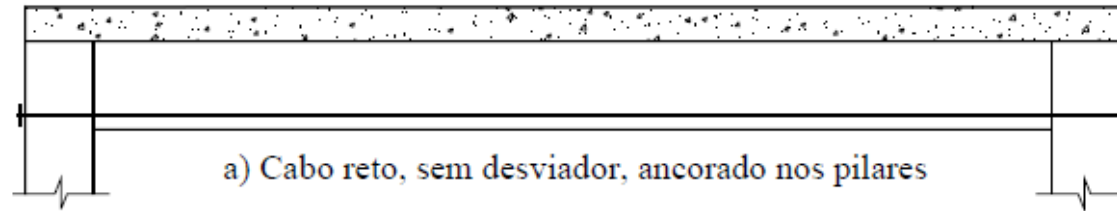
Tipologias



Tipologias

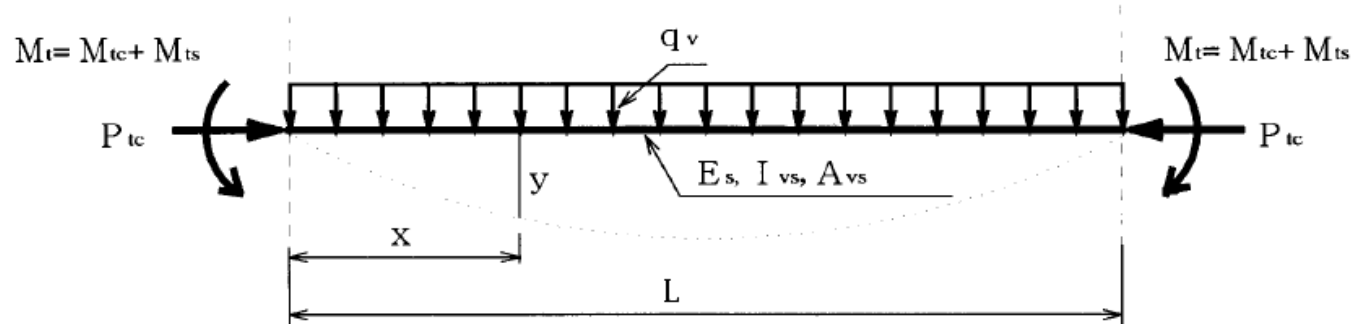
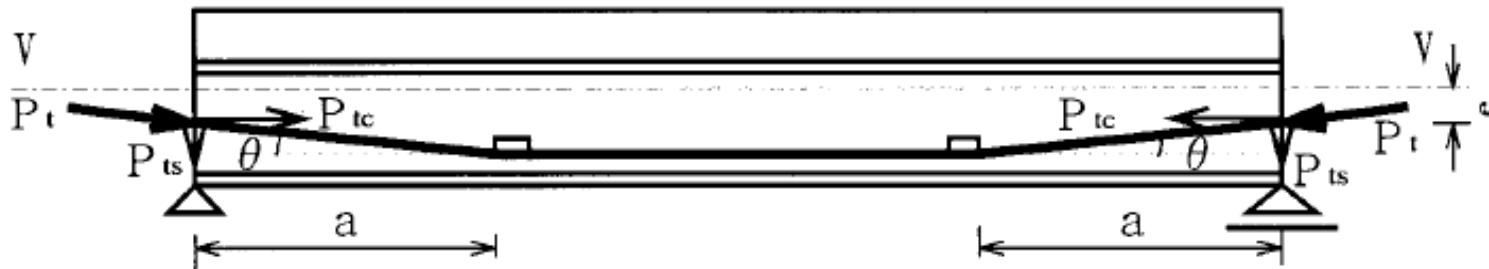


Tipologias



Formulação – Frequência Natural

(Miyamoto *et al.*, 2000)

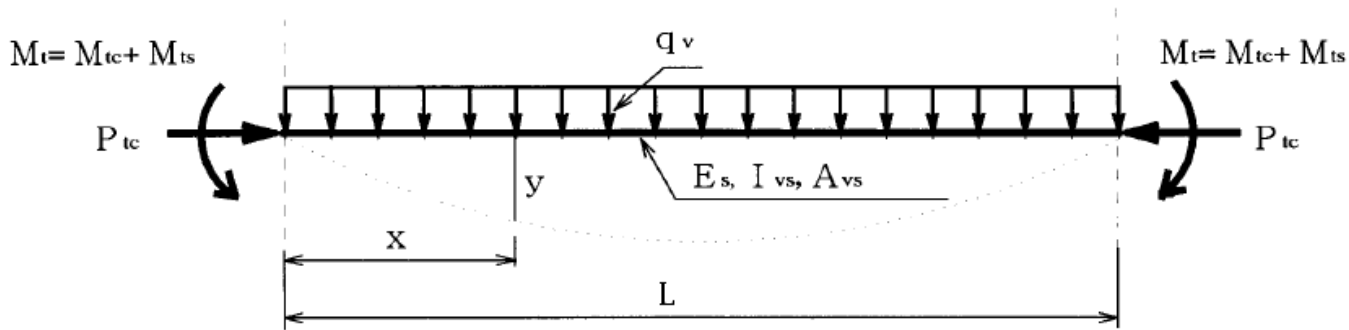


$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(E_s I_{vs} \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right) + \frac{\partial^2}{\partial x^2} (P_t y) - \frac{\partial^2}{\partial x^2} (M_p) = - \frac{\sum \gamma_i A_i}{g} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$



Formulação – Frequência Natural

(Miyamoto *et al.*, 2000)

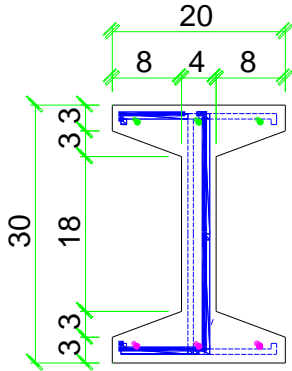
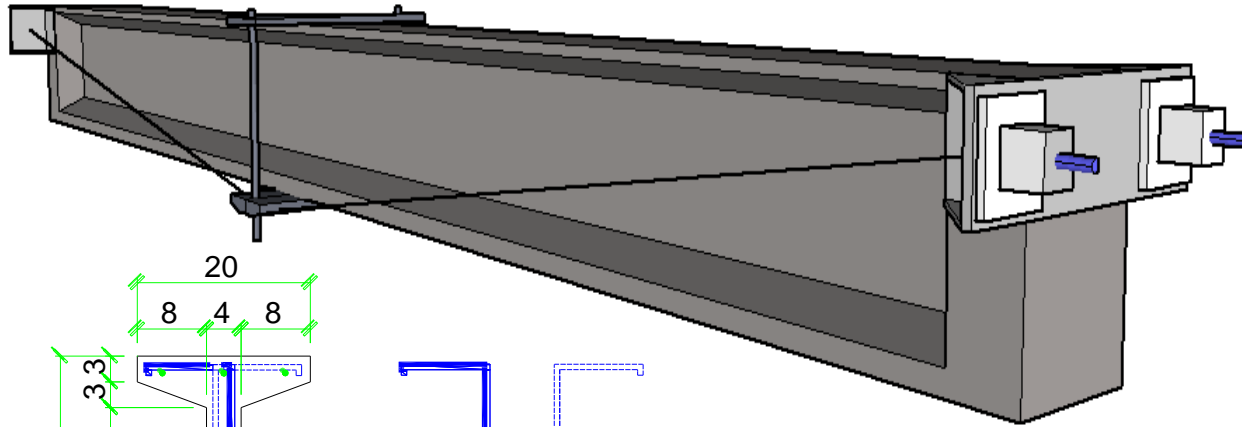


$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(E_s I_{vs} \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right) + \frac{\partial^2}{\partial x^2} (P_{tc} y) - \frac{\partial^2}{\partial x^2} (M_p) = - \frac{\sum \gamma_i A_i}{g} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

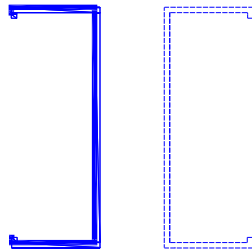
$$f_n = a_v \frac{\pi}{2\lambda^2} n^2 \zeta \text{ (Hz)}$$



Programa experimental

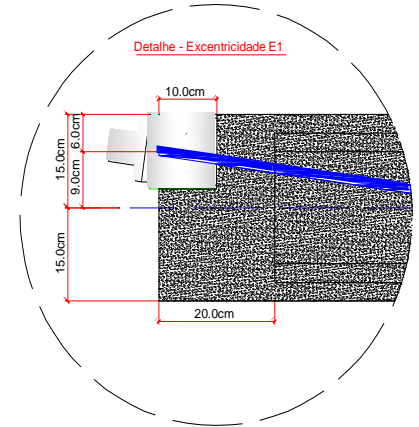


Corte A-A

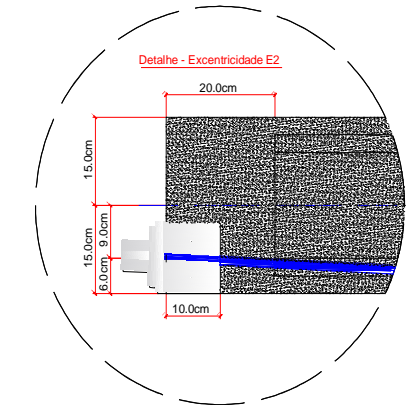


Ⓝ3 - 26x2 Ø 4.2 - c/ 15 cm

L=4,0m



Detalhe - Excentricidade E1

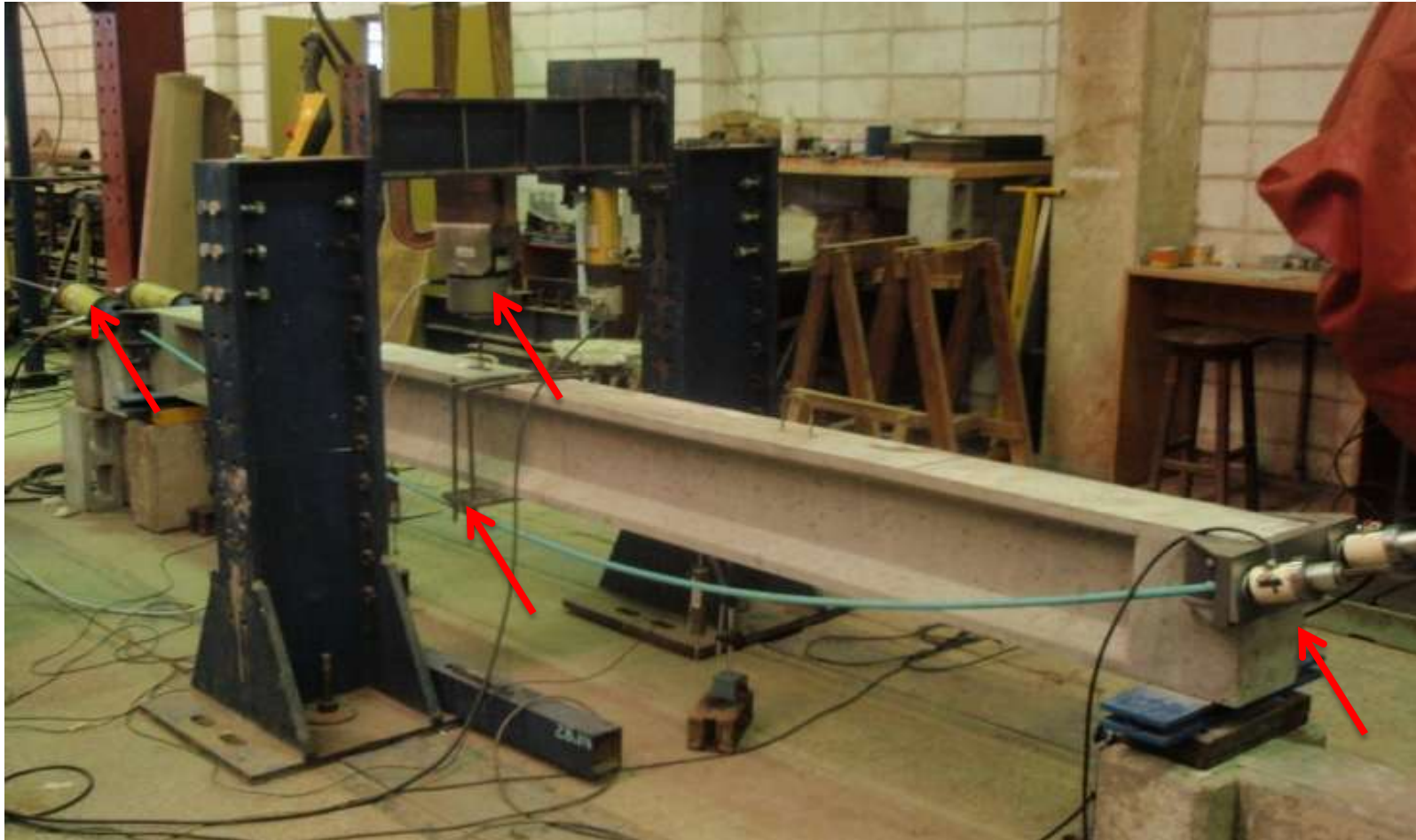


Detalhe - Excentricidade E2

Resistência média à compressão:	85,6 MPa aos 28 dias
Módulo de Elasticidade Longitudinal Estático do Concreto:	42,624 GPa



Programa experimental



Programa experimental

❖ Descrição dos ensaios:

- **Estático:** Imprimir um estado inicial de fissuração
- **Dinâmico:**
 - **Viga íntegra**
 - Frequência Fundamental sem protensão
 - Frequência Fundamental com protensão
 - ✓ (10, 25 e 50 kN por cabo)
 - **Viga Fissurada**
 - Frequência Fundamental sem protensão
 - Frequência Fundamental com protensão
 - ✓ (10, 25 e 50 kN por cabo)



Programa experimental

Ensaio Estático (Fissuração)	Momento de fissuração estimado:	13,215kN.m
	Força de fissuração estimada/obtida:	10,43kN / 14,163kN .
	Sistema de aquisição:	Sistema 5000 e computador.
	Dispositivo de ensaio:	Atuador hidráulico ENERPAC, com capacidade para 30 toneladas.
	Incremento de força:	Manualmente através de bomba hidráulica.
	Condição de contorno	Simplemente apoiada (flexão por quatro pontos).
	Instrumentação:	4 transdutores de deslocamento + 01 célula de carga para 1,5 toneladas.



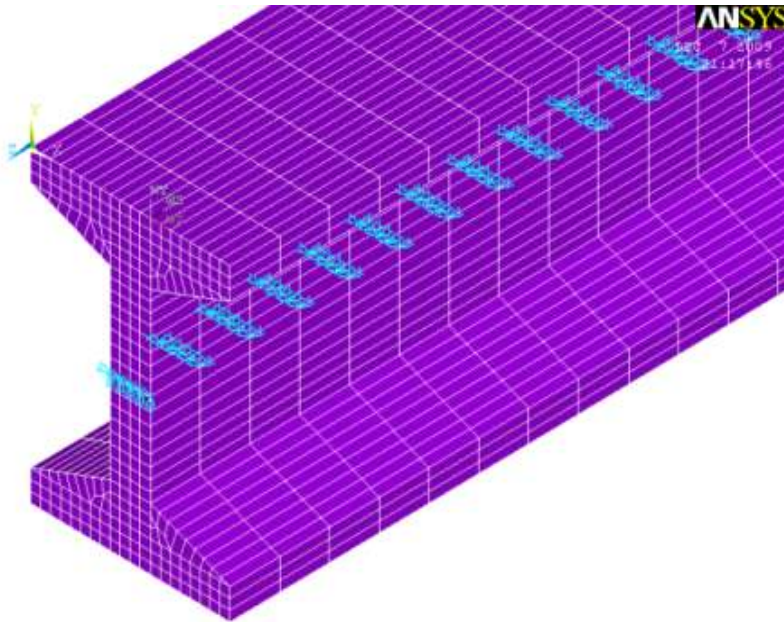
Programa experimental



Ensaio Dinâmicos	Sistema de aquisição:	Placa PCMCIA da Dataphysics Sistema ACE+Computador
	Fonte de Excitação:	Shaker B & K, com capacidade de imprimir até 40lbf (178 N) de força.
	Instrumentação:	Acelerômetro piezoelétrico Endevco sensibilidade 105,5 mV/g; Célula de carga 10,8 mV/g
	Condições de contorno:	Viga bi-apoada
	Parâmetros do sistema:	Janela "hanning"; $dF = 312.5m$; $dT = 781.250 u$; $Fspan = 500$; $lines = 1600$; $Overlap = 50\%$; $Avg = 50$



Modelagem Numérica



❖ Simplificações:

- Módulo de elasticidade
- Cabos de protensão
- Amortecimento

Elemento	Situação	I (cm ⁴)	A(m ²)	L (m)
Viga I (20x30)cm	Íntegra	32400,00	0,0264	4,0
	Fissurada	15028,40		
Concreto - $f_{ck} = 85,6 \text{ MPa}$, $E_c = 42623.5 \text{ MPa}$ (Íntegra), $E_{c,eq} = 16805.4 \text{ MPa}$ (Fissurada)				



Resultados

Situação	Protensão (kN)	Posição	Frequência 1º Modo (Hz) (Experimental)	Frequência 1º Modo (Hz) (Analítico)	Frequência 1º Modo (Hz) (ANSYS)
Íntegra	0	--	37,813	44,908	43,751
	19,36	E1	36,250	45,159	43,669
	40,44		35,234	45,106	43,642
	86,01		39,351	44,489	43,519
	18,82	E2	36,875	45,029	43,700
	51,30		35,938	44,945	43,613
	88,92		37,188	44,848	43,511

....“Força de compressão axial, implica em redução da f_n”



Resultados

Situação	Protensão (kN)	Posição	Frequência 1º Modo (Hz) (Experimental)	Frequência 1º Modo (Hz) (Analítico)	Frequência 1º Modo (Hz) (ANSYS)
Fissurada	0	--	30,649	28,198	27,472
	18,68	E1	32,813	28,959	27,392
	45,69		32,188	28,852	27,247
	91,28		31,719	28,670	27,078
	21,0	E2	37,188	28,755	27,382
	46,68		35,625	28,652	27,271
	90,26		36,719	28,475	27,082

Fissuração → Redução de 18,94% na f_n

Reforço → Aumento de até 21,34% na f_n



Conclusão

- ❖ O experimento indica que protensão por meio de cabos externos pode contribuir para um aumento da frequência natural, devido a um eventual controle da fissuração. Todavia o valor da força deve ser limitado ao controle da fissuração do concreto;
- ❖ No tocante ao estudo analítico-numérico, este não se demonstrou capaz de perceber tal efeito. O que está associado a consideração de um material homogêneo e linear.



AGRADECIMENTOS

