



1ª Prova de EDI-49 Concreto Estrutural II

Prof. Flávio Mendes Neto

Abril de 2011

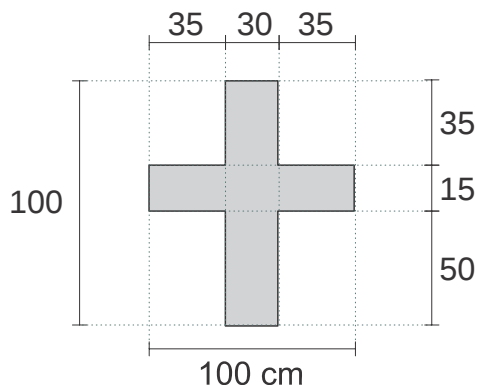
Consulta permitida somente ao Formulário Básico. A interpretação das questões faz parte da prova. Justifique cientificamente suas afirmações e comente, criticamente, todos os resultados obtidos. Esta prova tem 2 laudas e 3 questões.

(duração máxima: 3 h 0 min)

1ª Questão Considere uma viga de concreto protendido submetida a carregamentos uniformemente distribuídos. Utilize os seguintes dados:

- Seção transversal em cruz, conforme figura seguinte (fora de escala).
- Viga isostática bi-apoiada sem balanços ($L = 2000$ cm).
- Peso específico do concreto: $\gamma_{\text{con}} = 2,5 \times 10^{-8}$ MN/cm³.
- Distância mínima do CG da armadura à borda mais próxima: $d'_{p,\text{min}} = 7$ cm.
- Armadura pré-tracionada.
- Fases de carregamento (considere, **também**, o peso próprio):

Fase	Limites de tensão		Perdas de protensão (%)	Carregamento de utilização (MN/cm)
	Mínimo (MN/cm ²)	Máximo (MN/cm ²)		
(i) Inicial	-0,0002	0,0035	0	0
(f) Final	-0,0004	0,0045	15	$3,04 \times 10^{-4}$



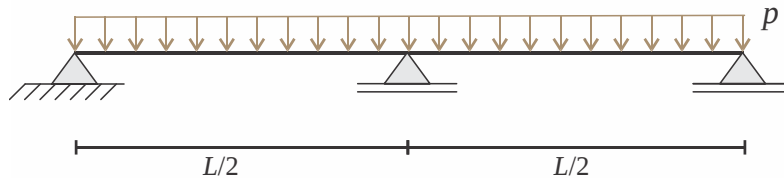
Pede-se:

- Calcule a mínima força de protensão inicial necessária (e respectiva excentricidade) para a seção do meio do vão.
- Mostre quais os limites de tensão eventualmente “ativos”. Há algo que possa ser melhorado neste projeto?
- Considerando também as seções do apoio, esboce uma trajetória viável para a armadura de protensão.

2ª Questão Considere a viga contínua esquematizada a seguir com um cabo de protensão cuja trajetória seja dada por

$$e(x) = \frac{4ex(L-x)}{L^2},$$

onde $0 \leq x \leq L$ e e é uma excentricidade arbitrária.



Pede-se:

- Esta trajetória é concordante?
- O momento total M_F devido somente à força de protensão é equivalente a aplicar um carregamento uniformemente distribuído

$$p = -4 \frac{F e}{L^2}?$$

3ª Questão De forma objetiva, sequencial, abrangente e detalhada (mas sem entrar em minúcias), descreva todos os passos necessários para o projeto (completo) das lajes de um edifício residencial.

Questão	1a	1b	1c	2a	2b	3
Valor	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0

Observação: a nota máxima da prova é 10,0 (dez).

Alguns resultados numéricos e comentários

1ª Questão

Características geométricas do polígono:

Área = 4050,000000 cm²

Inércia = 2563437,500000 cm⁴ (I_{xx})

$y_b = 51,944444$ cm $y_t = 48,055556$ cm

$k_b = 13,171162$ cm $k_t = 12,185086$ cm

$W_b = 49349,598930$ cm³ $W_t = 53343,208092$ cm³

a)

Número de fases críticas de carregamento: 2

Fase 1:

Tensão mínima: -0,000200 MN/cm²

Tensão máxima: 0,003500 MN/cm²

Momento fletor: 50,625000 MN·cm

Perda protensão: 1,000000 (0,00 %)

Fase 2:

Tensão mínima: -0,000400 MN/cm²

Tensão máxima: 0,004500 MN/cm²

Momento fletor: 202,625000 MN·cm

Perda protensão: 0,850000 (15,00 %)

Inequações (vide notas de aula)

Fase 1 (inicial)

$e \geq 40,755080 \cdot 1/F_i - 12,185086$ [reta II(a)]

$e \leq 223,348596 \cdot 1/F_i - 12,185086$ [reta II(b)]

$e \leq 61,293642 \cdot 1/F_i + 13,171162$ [reta II(c)]

$e \geq -136,076228 \cdot 1/F_i + 13,171162$ [reta II(d)]

Fase 2 (final)

$e \geq 215,159012 \cdot 1/F_i - 12,185086$ [reta II(a')]

$e \leq 499,644936 \cdot 1/F_i - 12,185086$ [reta II(b')]

$e \leq 263,485039 \cdot 1/F_i + 13,171162$ [reta II(c')]

$e \geq -44,022866 \cdot 1/F_i + 13,171162$ [reta II(d')]

Restrições geométricas

$e \geq -41,055556$ [reta III (a)]

$e \leq + 44,944444$ [reta III (b)]

Região viável:

e (cm) $1/F_i$ (1/MN)

$1/F_i = 0,156467$ $e = 22,761593$ reta $i = \text{II(b)}$ reta $j = \text{II(c)}$

$1/F_i = 0,094835$ $e = 8,996241$ reta $i = \text{II(b)}$ reta $j = \text{II(d')}$

$1/F_i = 0,164795$ $e = 23,272050$ reta $i = \text{II(c)}$ reta $j = \text{II(a')}$

$1/F_i = 0,097832$ $e = 8,864323$ reta $i = \text{II(a')}$ reta $j = \text{II(d')}$

Força mínima de protensão, $F_{i, \min} = 6,068144$ MN $1/F_{i, \min} = 0,164795$ 1/MN

Excentricidade correspondente: 23,272050 cm

b)

Tensões na seção fornecida considerando $F_{i, \min} = 6,068144$ MN $e = 23,272050$ cm

** Fase 1: $\sigma_b = 0,003334$ MN/cm² $\sigma_t = -0,000200$ MN/cm²

** Fase 2: $\sigma_b = -0,000400$ MN/cm² $\sigma_t = 0,002822$ MN/cm²

Observa-se que os limites mínimos de tensão estão “ativos” (sendo satisfeitos na igualdade) e, ainda, que a tensão de compressão na fase inicial, na fibra inferior, está próxima do limite de tensão.

Ainda eram esperados comentários sobre como, eventualmente, melhorar este projeto.

c)

Mantendo $F_{i, \min} = 6,068144$ MN e mudando os momentos

Dividindo a viga isostática em 10 trechos: (aproveitando a simetria, momentos em MN·cm)

Trecho 0: $x/L = 0,000000$ $M(1) = 0,000000$ $M(2) = 0,000000$

$-13,811600 \leq e \leq 14,929302$ cm

Trecho 1: $x/L = 0,100000$ $M(1) = 18,225000$ $M(2) = 72,945000$

$-1,869855 \leq e \leq 17,932691$ cm

Trecho 2: $x/L = 0,200000$ $M(1) = 32,400000$ $M(2) = 129,680000$
 $9,129728 \leq e \leq 20,268661$ cm

Trecho 3: $x/L = 0,300000$ $M(1) = 42,525000$ $M(2) = 170,205000$
 $16,986574 \leq e \leq 21,937210$ cm

Trecho 4: $x/L = 0,400000$ $M(1) = 48,600000$ $M(2) = 194,520000$
 $21,700681 \leq e \leq 22,938340$ cm

Trecho 5: $x/L = 0,500000$ $M(1) = 50,625000$ $M(2) = 202,625000$
 $23,272050 \leq e \leq 23,272050$ cm

Por se tratar de armadura pré-tracionada, trajetórias não poligonais só seriam consideradas mediante adequada justificativa, ainda que não usuais. Além disso eram esperados um esboço da trajetória e comentários de quais providências seriam necessárias para que a trajetória mantivesse a curva pretendida (que, obviamente, não poderia ser uma reta horizontal) durante a aplicação da força de protensão.

2ª Questão

a) Utilizando, por exemplo, o Teorema da Carga Unitária conclui-se que

$$M_h = \frac{5 F e x}{2 L},$$

para $0 \leq x \leq L/2$, ou seja, o cabo é não concordante¹.

b) O momento total para o cabo é dado por

$$M_F = M_p + M_h = \frac{F e x (8x - 3L)}{2 L^2}$$

que seria igual ao momento devido a um carregamento p uniformemente distribuído

$$M = \frac{p x (3L - 8x)}{16}$$

somente quando

$$p = -\frac{8 F e}{L^2},$$

ou seja, é possível a substituição da força de protensão por um carregamento equivalente mas aquele p fornecido no enunciado está dividido pela metade.

3ª Questão Questão amplamente discutida em sala de aula.

¹O cabo seria concordante apenas nos casos triviais da força de protensão ou da excentricidade e serem nulas.