

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO

Local: Sala D201^B - Bloco A - Escola Politécnica/CT/UFRJ
DATA: 25/11/2024

ZYAI

Questão nº 1

Os níveis de protensão estão diretamente relacionados a durabilidade da estrutura. A norma brasileira de projeto de estruturas em concreto (NBR 6118: 2023) indica diferentes níveis de protensão dependendo da classe de agressividade estrutural, permitindo para ambientes menos agressivos níveis de protensão mais baixos.

~~Os níveis de protensão~~ A norma também indica níveis de protensão diferentes quando se trata de pré e pós tração, com exigências maiores para o caso de pré-tração, visto que as cordoalhas ficam expostas ao concreto, sem proteção de bombar e assim mais exposto ao meio em caso de fissuração.

Os níveis de protensão são 3 → nível 1 - protensão parcial; nível 2 - protensão limitada; nível 3 - protensão completo.

Para protensão completo, as verificações de tensão devem atender ao estado limite de descompressão ~~de~~

~~(ELS-D)~~ (ELS-D) para a combinação frequente de ações, isto é, não é admitida tensão de tração e a compressão limitada em $0,95 f_{ck}$ (tensões normais devido a flexão, considerando os efeitos do momento de protensão, incluindo perdas).

Também deve ser atendida o estado limite de formação de fissuras ^(ELS-F) para a combinação rara de ações.

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
Local: Sala D203-B - Bloco A - Escola Politécnica/CT/UFRJ DATA: 25/11/2024	ZYAI

Questão nº 1

Nessa verificação as tensões de compressão devem ser inferiores a $0,6 f_{ck}$ e as tensões de tração inferiores a $0,7 \alpha f_{ctm}$ (sendo α um parâmetro que depende do formato da seção transversal). As tensões são calculadas considerando a peça no estado I, ou seja, inércia da seção cheia (não fissurada), de acordo com ~~as~~ fórmulas de resistência dos materiais.

Para protensão limitada, a verificação do ELS-D é feita para a combinação quase permanente de ações e o ELS-F para a combinação frequente.

Sendo assim, é permitido que ~~em~~ ~~combinações~~ ~~de~~ ~~ações~~ a tensão do concreto seja superada,

quando submetido a esforços superiores aqueles provenientes da combinação frequente de ações, a resistência a tração do concreto seja superada, resultando em fissuras.

Por esse motivo, a protensão limitada não é admissível em ambientes muito agressivos (classe de agressividade ambiental III para pré-tração e IV para pré e pós-tração).

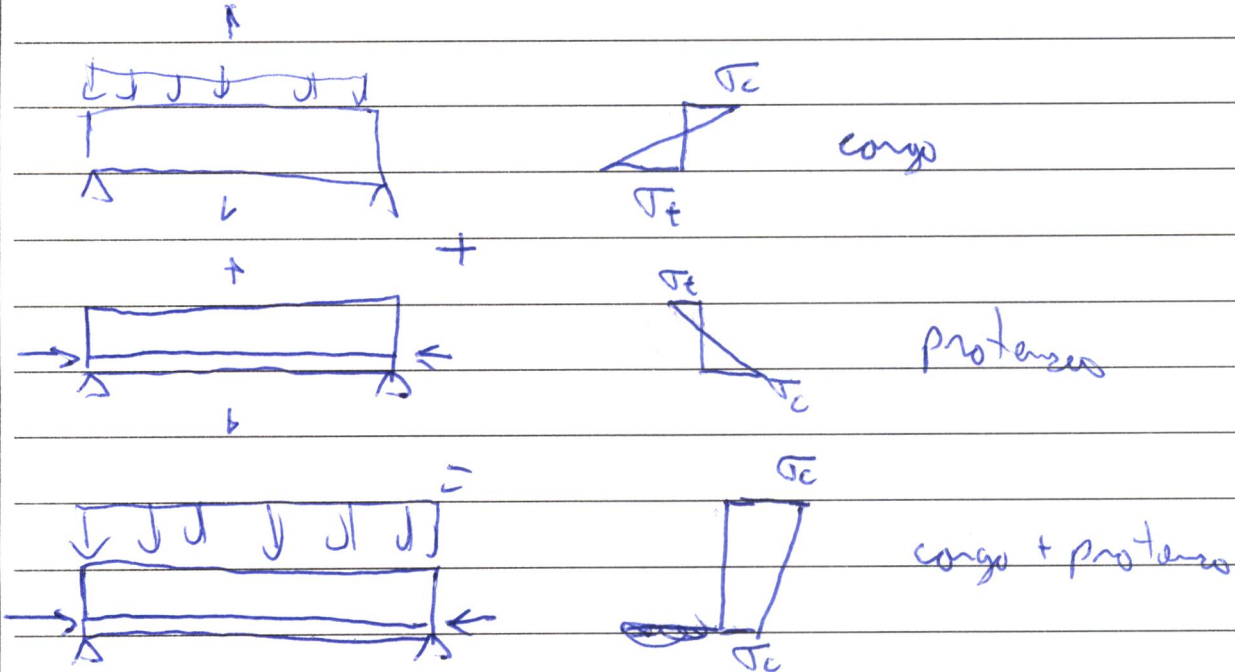
A protensão parcial admite certo abertura de fissuras (w) para a combinação frequente de ações. Esta só é admitida para classe de agressividades mais fracas.

A redução da fissuração em elementos de concret

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
Local: Sala D203-B - Bloco A - Escola Politécnica/CT/UFRJ DATA: 25/11/2024	ZYAL

Questão nº 1

Protendido protege as armaduras, reduzindo o contato com o meio (cloratos, carbonatos) e com isso aumenta a durabilidade do elemento estrutural. A protensão faz com que a peça fletida, ~~onde~~ os conexões provocam tração em uma das faces seja comprimido, não permitindo a fissuração.



sem tração \rightarrow sem fissuras \rightarrow melhor durabilidade

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
Local: Sala D203-B - Bloco A - Escola Politécnica/CT/UFRJ DATA: 25/11/2024	ZYAI

Questão nº 2

A flexão composta em elementos de concreto armado é fundamentada nas seguintes hipóteses:

- as seções transversais permanecem planas mesmo com a curvatura

- há compatibilidade de deformações entre os materiais mesmo após a fissuração do concreto, os alongamentos são iguais nos dois elementos

- a resistência a tração do concreto é nula.

No estado limite último a resistência a tração do concreto é desprezada e essa força é absorvida pelo armadura

- A distribuição de tensões de compressão no concreto pode ser considerada uma parábola-retângulo com valor máximo de $0,85 \cdot f_{cd}$. Essa distribuição pode ser considerada retangular com altura igual a $0,8x$ (sendo x o trecho comprimido). O fator de $0,85$ considera a redução da resistência do concreto quando submetido a cargas de longa duração. O concreto também ganha resistência com o tempo (após 28 dias) e isso está contabilizado no $0,85$, conhecido como efeito Rüsck. O parâmetro γ_c considera a fragilidade da ruptura em concretos com resistências mais altas (superior a 40 MPa)

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
Local: Sala D203-B - Bloco A - Escola Politécnica/CT/UFRJ DATA: 25/11/2024	ZYAI

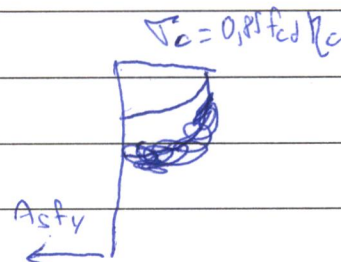
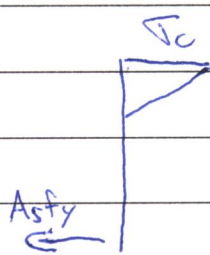
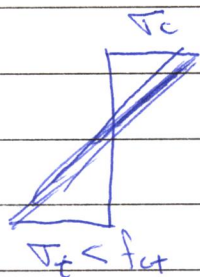
Questão nº 2

Já no estado II, com aumento do carregamento, a tração na peça supera a resistência do concreto e as primeiras fissuras são observadas. A partir daí o concreto não resiste mais a tração e as tensões de ~~tração~~ compressão permanecem com uma distribuição linear. A linha neutra sobe pelo descompressão do concreto a tração e a rigidez do elemento reduz significativamente. No estado III, o concreto ~~atinge~~ comprimido atinge sua máxima capacidade e a distribuição é uma parábola retangular. A linha neutra sobe ainda mais.

Estado I

Estado II

Estado III

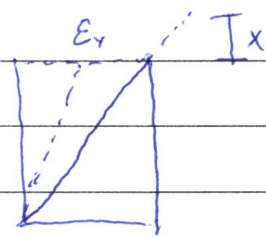
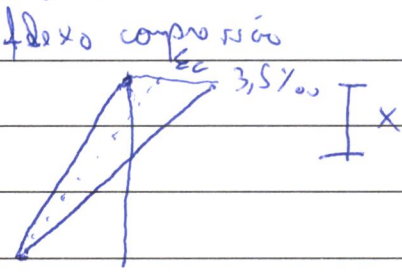
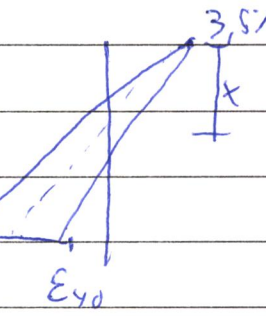
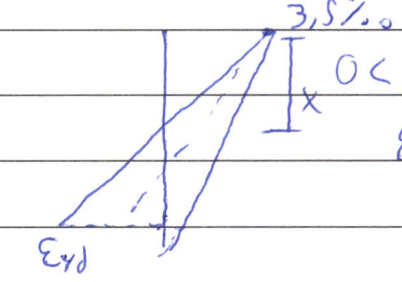
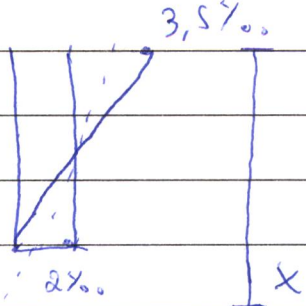


Na flexão composta oblíqua, é considerado que a estrutura atingiu um estado limite último quando algum dos 5 domínios de dimensões normais são atingidos. São eles:

cup

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
Local: Sala D203-B - Bloco A - Escola Politécnica/CT/UFRJ DATA: 25/11/2024	ZYA1

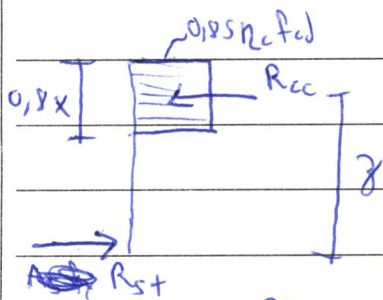
Questão nº 2

<p>Domínio 1: flexo tração</p>  <p>ϵ_r I_x</p> <p>ϵ_s</p> <p>$x=0$ $x \ll \infty$</p> <p>$E_s = 10‰$</p> <p>$0 < \epsilon_s < 10‰$</p>	<p>Domínio 2</p> <p>flexo compressão</p>  <p>ϵ_c I_x</p> <p>ϵ_s</p> <p>$x=0$</p> <p>$E_s = 10‰$</p> <p>$0 < \epsilon_c \leq 3,5‰$</p>
<p>Domínio 3 flexo compressão</p>  <p>ϵ_c I_x</p> <p>ϵ_{yd}</p> <p>$E_c = 3,5‰$</p> <p>$E_{yd} \leq \epsilon_s \leq 10‰$</p>	<p>Domínio 4 (ruptura frágil, seção super armada, não admitida em flexão simples)</p>  <p>ϵ_c I_x</p> <p>ϵ_{yd}</p> <p>$0 < \epsilon_s < \epsilon_{yd}$</p> <p>$E_c = 3,5‰$</p>
<p>Domínio 5</p> <p>todo seção comprimida</p>  <p>ϵ_c I_x</p> <p>ϵ_s</p> <p>x</p>	<p>A ruptura no domínio 4 é perigosa e anti econômica.</p> <p>Ruptura repentina</p>

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
Local: Sala D203-B - Bloco A - Escola Politécnica/CT/UFRJ DATA: 25/11/2024	ZYAI

Questão nº 2

O dimensionamento na flexão simples pode ser obtido a partir do equilíbrio de forças e momentos na seção transversal. No ELU temos:



$$R_{cc} = b \cdot 0,8x \cdot (0,85\eta_c f_{cd})$$

$$R_{st} = A_s f_{yd} \quad (\text{considerando escoamento dos armadores})$$

por equilíbrio $R_{cc} = R_{st}$

$$b \cdot 0,8x \cdot (0,85\eta_c f_{cd}) = A_s f_{yd}$$

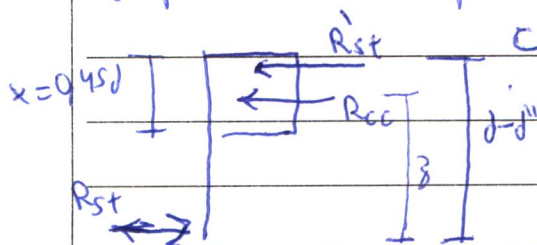
$$x = \frac{A_s f_{yd}}{b \cdot 0,8 \cdot (0,85\eta_c f_{cd})}$$

O momento resistente é dado por

$$M_{rd} = R_{st} z = A_s f_{yd} \cdot \left(d - \frac{0,8x}{2} \right)$$

$$M_{rd} = A_s f_{yd} \left(d - \frac{0,8 A_s f_{yd}}{b \cdot 0,8 \cdot (0,85\eta_c f_{cd})} \right)$$

Para a flexão simples a relação x/d deve ser menor que 0,45. Quando isso não for atendido a seção deve ser redimensionada, utilizando concreto de maior resistência ou armadura dupla (de compressão). O equilíbrio de forças quando utilizada armadura dupla é dado por:



considerando que $x = 0,45d$

$$M_{cc} = b \cdot 0,8(0,45d) \cdot (0,85\eta_c f_{cd}) \cdot \left(d - \frac{0,8 \cdot 0,45d}{2} \right)$$

$$\Delta M_{sd} = M_{sd} - M_{cc}$$

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
Local: Sala D203-B - Bloco A - Escola Politécnica/CT/UFRJ DATA: 25/11/2024	ZYAI

Questão nº 2

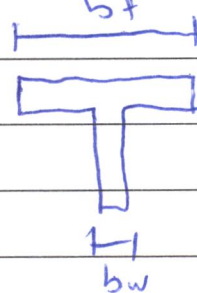
e a armadura é dada por

$$A_s = \frac{M_{cc}}{f_{yd} z} + \frac{\Delta M_{sd}}{f_{yd} (d - d'')} \quad A_s' = \frac{\Delta M_{sd}}{\sigma_{sd} (d - d'')}$$

σ_{sd} é a tensão da armadura comprimida, que deve ser determinada a partir da relação tensão de formação (pode estar em escoamento ou não)

Em vigas T, toda parte do laço é considerado como mesa de compressão, caso a linha neutra esteja na mesa, o dimensionamento é feito da mesma forma que em uma seção retangular, substituindo b_w por b_f .

Caso a linha neutra esteja no nervo, o equilíbrio é atingido com duas forças de compressão (da mesa e do

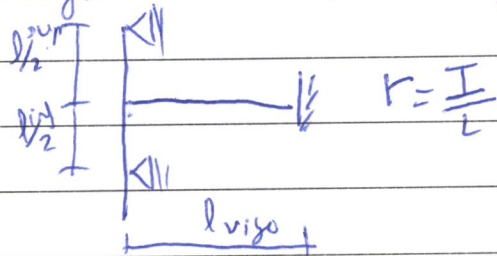


PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
Local: Sala D203-B - Bloco A - Escola Politécnica/CT/UFRJ DATA: 25/11/2024	ZYAI

Questão nº 3

Os pilares são elementos lineares predominantemente submetidos a compressão. A ~~análise~~ análise de esforços nesses elementos pode ser por pórticos espaciais que consideram ~~os~~ todos os graus de liberdade e rigidez de cada elemento ou uma análise simplificada por vigas contínuas. Quando não for feita a análise complexa, os momentos fletores nos pilares podem ser obtidos em pilares extremos ~~de~~ de forma simplificada a partir da relação de rigidez e o momento de engastamento de uma viga considerada biengastada.

$$M_{sup} = M_{viga} \frac{r_{sup}}{r_{sup} + r_{iy} + r_{iz}}$$



Imperfeições geométricas:

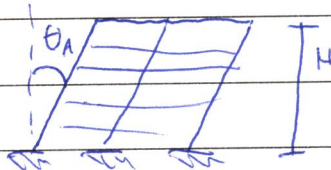
As imperfeições são intrínsecas a estruturas de concreto. Muitos dos incertezas são cobertas pelos fatores de segurança. No entanto, no caso de pilares, imperfeições geométricas locais e globais devem ser consideradas em projeto.

Imperfeições globais:

A norma brasileira considera o desalinhamento do edifício dado por um ângulo θ_x :

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
Local: Sala D203-B - Bloco A - Escola Politécnica/CT/UFRJ DATA: 25/11/2024	ZYAI

Questão nº 3



$$\theta_1 = \frac{1}{100\sqrt{H}}$$

$$\theta_A = \theta_1 \sqrt{\frac{1 + \gamma_n}{2}}$$

n é o número de pilares que contribuem para o inclinação nessa direção

e ainda reconhecê-los ângulos mínimos de θ_1 ($\theta_1 = 200$ para estruturas reticuladas por exemplo). A imperfeição global é inversamente proporcional à altura, sendo mais relevante em edificações mais baixas com maior convergência vertical. Em edificações mais altas e com cargas menores, o vento é proporcional ao vento. Não há necessidade de combinar os efeitos do vento com o do sapinho caso o menor efeito seja inferior a 30% do maior (isso pode ser feito a partir da comparação do momento total na base).

Também deve ser considerado uma imperfeição geométrica local, o chamado momento mínimo de 1º ordem é função do esforço normal e a dimensão do seção na direção analisada. Esse momento deve ser somado aos efeitos de 2º ordem. $M_{1min} = N_d(\dots + \dots b)$

Efeitos globais de 2º ordem:

As estruturas podem ser classificadas como de nós fixos ou móveis a depender da sua estabilidade a esforços laterais. Em estruturas de nós fixos, os efeitos.

WP

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
Local: Sala D203-B - Bloco A - Escola Politécnica/CT/UFRJ DATA: 25/11/2024	ZYAI

Questão nº 3

de 2ª ordem globais podem ser desprezados. A norma brasileira (NBR 6118) prevê dois métodos para ~~avaliar~~ classificação da estrutura. O parâmetro de instabilidade α deve ~~ser~~ ser menor que α_1 ($\alpha_1 = 0,5$ em estruturas reticuladas com mais de ~~três~~ ^{quatro} parâmetros) para que a estrutura seja classificada como não fixa. O parâmetro α é dado por:

$$\alpha = \sqrt{\frac{N_k}{I_c E_c}}$$

onde E_c é o módulo de elasticidade secante majorado em 10% e

I_c o momento de inércia equivalente do edifício quando submetido a cargas horizontais.

Outro método é o parâmetro γ_z ~~para~~ para classificar a estrutura como não fixa*. O γ_z deve ser inferior a 1/3.

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot}}{M_{tot}}}$$

onde M_{tot} é o momento de tombamento de 1ª ordem (cargas horizontais vezes altura) e o parâmetro ΔM_{tot} é o momento provocado pelas cargas verticais considerando a estrutura deslocada pelas cargas horizontais.

Para a utilização do método γ_z deve ser considerado o não linearidade física aproximada (NLFA), que reduz a rigidez dos elementos estruturais no ELU. $(EI)_{sup} = 0,3 E_c I_c$ $(EI)_{vis} = 0,4 E_c I_c$ $(EI)_{pim} = 0,8 E_c I_c$

Em estruturas de nós móveis, deve ser considerado os efeitos globais de segundo ordem, que podem ser obtidos

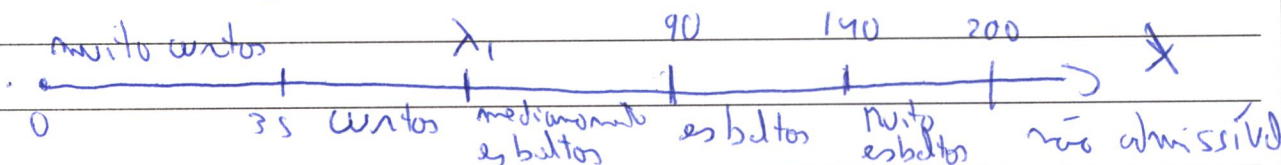
* o γ_z deve ser inferior a 1,1.

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
Local: Sala D203-B - Bloco A - Escola Politécnica/CT/UFRJ DATA: 25/11/2024	ZYAI

Questão nº 3

por processador numéricos como Pdelta ou de forma aproximada (multiplicando os efeitos de 1ª ordem por 0,95 λ_2), sempre considerando NLFA no análise estrutural.

Os efeitos locais de primeira ordem dependem do esbeltez do pilar (λ). Para pilares retangulares $\lambda = \sqrt{12} \frac{h}{b}$. Dependendo do esbeltez, diferentes métodos de dimensionamento podem ser utilizados.



Em pilares curtos ($\lambda < \lambda_1$) não há necessidade de considerar efeitos locais de 2ª ordem. Pilares medianamente esbeltos podem ser calculados com métodos aproximados como pilar-padrão com umidade aproximada. Para $\lambda > 90$ deve ser considerado efeito de flutuação e o ~~efeito~~ ^{efeito} de momento-curvatura ~~com~~ ~~o método do pilar padrão~~. Para $\lambda > 140$ deve ser utilizado o método geral. Não são admissíveis pilares com $\lambda > 200$.

Para a consideração do efeito de 2ª ordem local, pode ser considerado o método do pilar padrão, que parte da representação do momento do pilar por uma senoide

$Y_{máx} \rightarrow \begin{matrix} \curvearrowright \\ \uparrow \\ \downarrow \\ \curvearrowleft \end{matrix} I_0 \quad Y(x) = Y_{máx} \sin\left(\frac{\pi x}{l_c}\right)$

MF

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
Local: Sala D203-B - Bloco A - Escola Politécnica/CT/UFRJ DATA: 25/11/2024	ZYAC

Questão nº 3

a curvatura é o segundo derivado de $y(x)$

$$\left| \frac{1}{r} \right| = \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{\pi^2}{l_e^2} Y_{\max} \sin\left(\frac{\pi x}{l_e}\right) \text{ e o deslocamento máximo ocorre em } x = \frac{l_e}{2}$$

$$\left| \frac{1}{r} \right| = \frac{\pi^2}{l_e^2} Y_{\max} \sin\left(\frac{\pi \frac{l_e}{2}}{l_e}\right) \Rightarrow Y_{\max} = \frac{l_e^2}{\pi^2} \left| \frac{1}{r} \right|$$

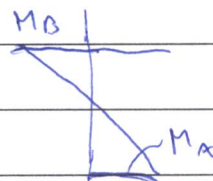
O momento total (1° + 2° ordem) é dado por: $M_d = M_{1d} + N_d Y_{\max}$

$$M_d = M_{1d} + N_d \frac{l_e^2}{\pi^2} \left| \frac{1}{r} \right| \text{ essa formulação é válida quando não há variações de momento ao longo do pilar.}$$

Para o caso geral, a norma brasileira prescreve a seguinte expressão: (pois $\pi^2 \approx 10$)

$$M_d = \alpha_b M_{1d} + N_d \frac{l_e^2}{10} \left| \frac{1}{r} \right| \text{ onde } \alpha_b = 0,6 + 0,4 \frac{M_{1B}}{M_{1A}}$$

$\geq \{ M_{dmin}; M_{1d} \}$



A verificação desses elementos pode ser feita através de um abaco adimensional a partir de parâmetros que levam em conta o esforço normal e a resistência do concreto "V" e o momento fletor "W". Também podem ser utilizados programas computacionais que trazem a avaliação resistida de forma exata.

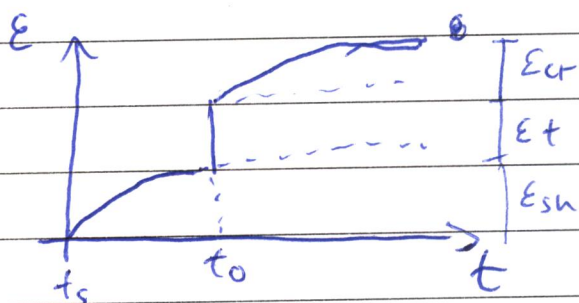
PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
Local: Sala D203-B - Bloco A - Escola Politécnica/CT/UFRJ DATA: 25/11/2024	ZYAI

Questão nº 4

O concreto apresenta variação de tensão e deformação ao longo do tempo. Mesmo antes do carregado, os efeitos de retração provocam encurtamento do concreto. Os efeitos reológicos estão muito relacionados a perda de água no concreto. O efeito de fluência depende do carregamento do elemento, que após carregado, continua se deformando mesmo a tensões constantes. As deformações no concreto dependem de seu comportamento elástico (ϵ_e), retração (ϵ_{sh}), fluência (ϵ_{cr}) e deformações térmicas (ϵ_T).

$$\epsilon(t) = \epsilon_e(t_0) + \epsilon_{cr}(t, t_0) + \epsilon_{sh}(t, t_s) + \epsilon_T(t_r)$$

O gráfico a seguir ilustra as deformações com o tempo



as deformações tendem a se estabilizar com o tempo.

A fluência pode ser entendida e quantificada como a soma de duas parcelas básicas (que ocorrem em um CP selado sem troca de água com o meio) e por secagem (fluência total subtraída da básica). A fluência depende da ~~idade do concreto no~~ idade do concreto no

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
Local: Sala D203-B - Bloco A - Escola Politécnica/CT/UFRJ DATA: 25/11/2024	ZYAI

Questão nº 4

momento de aplicação do carga e é linear para níveis de tensão no concreto até 40% de f_{ck} (para níveis mais altos ~~a relação se torna não linear e não se pode utilizar o princípio da superposição de efeitos~~). Uma parte da deformação por flexão é reversível quando retirado o carregamento, e outra parcela é permanente.

Sua quantificação depende de diversos fatores que são difíceis de serem ~~estimados~~ estimados em projeto ~~como~~ como umidade relativa do ar, tipo de cimento, temperatura, etc.

A retração também pode ser entendida como a soma de duas parcelas:

- autógena: de concreto de hidratação do cimento
- secura: evaporação de água do mistur

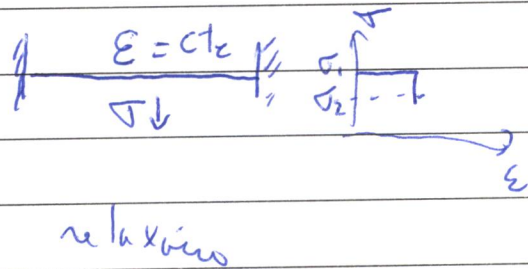
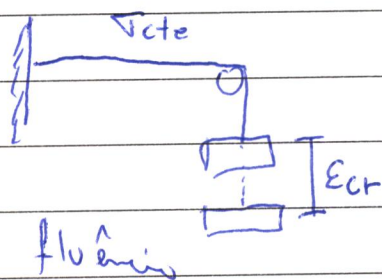
A retração depende do fator água cimento, umidade relativa do ar, tipo de agregado, dimensão do peça, cura do concreto entre outros.

O efeito de relaxação é análogo a flexão, no entanto, ocorre variação de tensão quando o elemento está submetido a deformações constantes. Este efeito é muito importante em estruturas protendidas, que estão submetidas a altas níveis de tensão e tem extremidades fixadas nos ancoragem. Nesses casos,

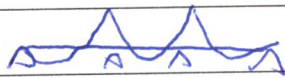
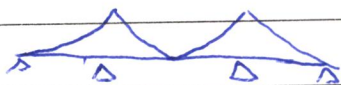
PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
Local: Sala D203-B - Bloco A - Escola Politécnica/CT/UFRJ DATA: 25/11/2024	ZYAI

Questão nº 7

há perda de tensão no aço, mesmo sem deformação.



Os efeitos reológicos podem resultar em efeitos indesejáveis em estruturas de concreto e devem ser considerados em projetos. São exemplos: fissuras por retração; perdas de protensão; aumento do curvature em pilares; aumento de flechas; alterações nos esforços de obras que tiverem mudanças no seu esquema estrutural (como balanços sucessivos); esforços em elementos hiperestáticos.



balanço sucessivo $t=0$

balanço sucessivo $t=\infty$

O efeito de relaxação do aço pode ser reduzido com emprego de materiais de baixo relaxação.

Já os efeitos de retração e flutuação podem ser reduzidos com:

wp

Concurso Público para provimento efetivo de vagas no cargo de Professor da Carreira de Magistério Superior
Edital nº 54 - 30/01/2024 DOU nº 24, de 02 de Fevereiro de 2024

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
Local: Sala D203-B - Bloco A - Escola Politécnica/CT/UFRJ DATA: 25/11/2024	ZYAL

Questão nº 4

Como alegado; plano de concretagem com juntas; armaduras de distribuição para reduzir trações internas provocadas pela retração; redução do fator água cimento; concretagem em baixas temperaturas (concreto com gelo); menores níveis de tensão no peça; corrigir a estrutura com concreto em idades mais avançadas (retardar o início de escoamento ou aumentar a idade de protensão) ~~prever~~ ~~juntas de dilatação~~ e prever juntas de dilatação.

mip