

EFEITO DE TEMPERATURA EM PAINÉIS RÍGIDOS

(*) Eduardo César Cordeliro Leite

No presente trabalho é estudada a influência da variação de temperatura em painéis rígidos não contraventados lateralmente. Um exemplo do método de cálculo é também apresentado utilizando-se o programa desenvolvido em linguagem "basic" para a máquina PC — 1500A.

INTRODUÇÃO

Em algumas vezes nos deparamos a calcular um piso de concreto armado considerando os efeitos oriundos de uma variação de temperatura no cálculo dos pilares que suportam a estrutura.

A norma brasileira vigente (NB1 - 78) recomenda, de acordo com o item 3.1.1.4, o seguinte:

Supõe-se, para cálculo, que as variações de temperatura sejam uniformes na estrutura, salvo quando a desigualdade dessas variações, entre partes diferentes da estrutura, seja muito acentuada. O coeficiente de dilatação térmica do concreto armado é considerado igual a $10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, salvo quando determinado especificamente para o concreto a ser usado.

A variação de temperatura da estrutura, causada pela variação de temperatura da atmosfera, depende do local da obra e deverá ser considerada entre $\pm 10^\circ\text{C}$ e $\pm 15^\circ\text{C}$ em torno da média. Para peças maciças ou ocas com os espaços vazios inteiramente fechados, cuja menor dimensão seja maior que 70 cm, admitir-se-á que essa oscilação seja reduzida respectivamente para $\pm 5^\circ\text{C}$ e $\pm 10^\circ\text{C}$; para as peças cuja menor dimensão esteja entre 50 cm e 70 cm será feita in-

terpolação linear entre aqueles valores e estes.

Em peças permanentemente envolvidas por terra ou água e em edifícios que não tenham, em planta, dimensão não interrompida por junta de dilatação maior que 30 m, será dispensado o cálculo da influência da variação da temperatura.

De posse destas informações, resolveu-se estudar os efeitos estáticos adicionais causados, nos pilares da estrutura, pela variação de temperatura.

Devido a grande complexidade de se estudar os efeitos de temperatura, para este tipo de problema, tanto pela falta de dados comprovados por laboratório como também, pelo grande esforço computacional que resultaria em analisar a estrutura como espacial traduzindo num custo bastante elevado e impraticável para ser considerado nas pequenas e médias edificações, adotou-se algumas simplificações no cálculo que, de certo modo, está a favor da segurança, ou seja:

A laje conjuntamente ao sistema de vigas funcionarão como um painel rígido, permitindo somente deslocamento horizontal.

O efeito de uma variação uniforme de temperatura e de uma dilatação linear será considerada.

Todos os esforços estáticos provenientes da dilatação térmica serão absorvidos pelos pilares da estrutura.

Utiliza-se o princípio da superposição dos efeitos, com o intuito de se estudar na outra direção do painel a influência causada pela variação térmica.

(*) Engenheiro Civil, M.Sc - Professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Fortaleza — UNIFOR.

MÉTODO DE CÁLCULO

Seja o painel rígido composto por laje e vigas e suportado por pilares, conforme ilustra figura 01 e sujeito a uma variação de temperatura Δt segundo a direção x .

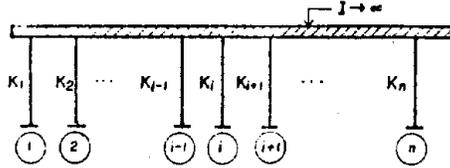


FIGURA 01

Para este caso, podemos estudar o efeito da variação de temperatura considerando para análise o modelo estrutural ilustrado na figura 02, constituído de um elemento rígido, ligado às molas extensionais que representam as rigidezes dos pilares a deslocamento horizontal.

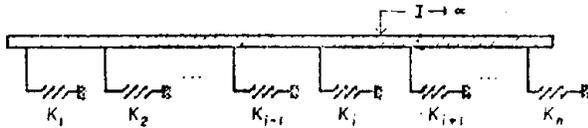


FIGURA 02

A condição de equilíbrio a ser preservada é o que somatório de forças horizontais que surgem nas molas, (Veja Figura 03), devido ao efeito térmico, deve ser nulo, ou seja:

$$\sum_{i=1}^n F_i = 0 \quad (1)$$

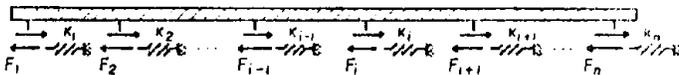


FIGURA 03

Assim, os esforços de cada mola será:

$$\begin{aligned} F_1 &= K_1 \delta_1 \\ F_2 &= K_2 \delta_2 \\ &\vdots \\ F_i &= K_i \delta_i \\ &\vdots \\ F_n &= K_n \delta_n \end{aligned} \quad (2)$$

Onde,

δ_i = deslocamento sofrido pela mola i

K_i = Coeficiente de rigidez da mola i

Substituindo as expressões (2) na equação de equilíbrio (1), teremos:

$$\sum_{i=1}^n K_i \delta_i = 0 \quad (3)$$

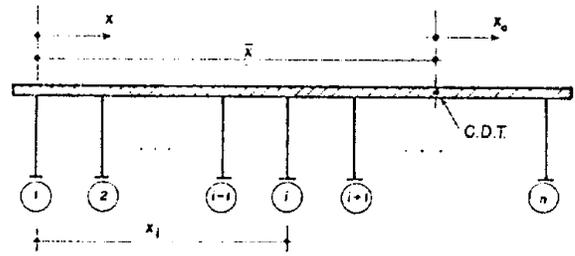


FIGURA 04

A resultante do sistema de forças F_i está aplicado no centro de dilatação térmica (C.D.T.) que corresponde ao centro de gravidade das rigidezes dos pilares.

Assim, para determinar este ponto, adotou-se um eixo x , com a origem arbitrária, que por comodidade pode ser o pilar 1 (conforme ilustra figura 04), resultando para valor de \bar{x} a expressão:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i x_i}{\sum_{i=1}^n K_i} \quad (4)$$

Desta forma as novas coordenadas dos pilares em relação agora ao eixo X_0 , que passa pelo C.D.T. será:

$$x_{i0} = x_i - \bar{x} \quad (5)$$

O cálculo do deslocamento sofrido por cada mola será dado pela expressão:

$$\delta_i = \alpha \cdot X_{i0} \cdot \Delta t \quad (6)$$

Onde,

X_{i0} = distância de cada pilar i até o C.D.T.

α = coeficiente de dilatação linear do material

Δt = variação de temperatura.

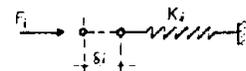
Para o valor de Δt convencionou-se:

(-) queda de temperatura

(+) aumento de temperatura

O esforço em cada mola, proveniente da variação de temperatura, será expresso pelas equações (2.), onde os deslocamentos δ_i 's serão dados pela expressão (6). ou seja:

$$F_i = K_i \alpha x_{i0} \Delta t \quad (7)$$

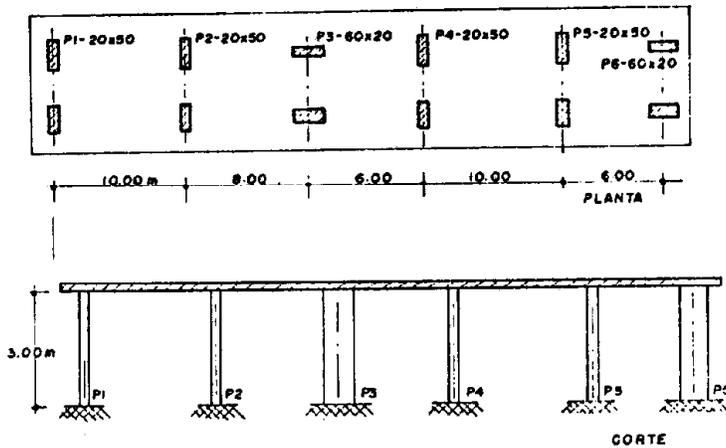


A análise das condições de contorno dos pilares é de grande importância para o cálculo dos esforços.

A desobediência aos princípios elementares do comportamento estrutural poderá resultar em efeitos estáticos, indesejáveis, oriundos das deformações δ_i .

EXEMPLO NUMÉRICO

Deseja-se calcular o efeito da variação térmica para a estrutura abaixo que sofre um aumento de temperatura de 25°C. A tensão de ruptura do concreto é de 150 Kg/cm².



A análise feita pelo programa "TEMP" resultou nos seguintes valores:

Efeito Temperatura

Delta T = 25.C
 fck = 150 kg/cm²
 Pt. Imov. = 28.46m

Momentos em t.m

P(1.00) = -2.03
 P(2.00) = -1.31
 P(3.00) = -16.14
 P(4.00) = -0.31
 P(5.00) = 0.39
 P(6.00) = 17.78

Força Horizontal na fundação em tf

P(1.00) = 0.67
 P(2.00) = 0.43
 P(3.00) = 10.76
 P(4.00) = 0.10
 P(5.00) = -0.13
 P(6.00) = -11.85

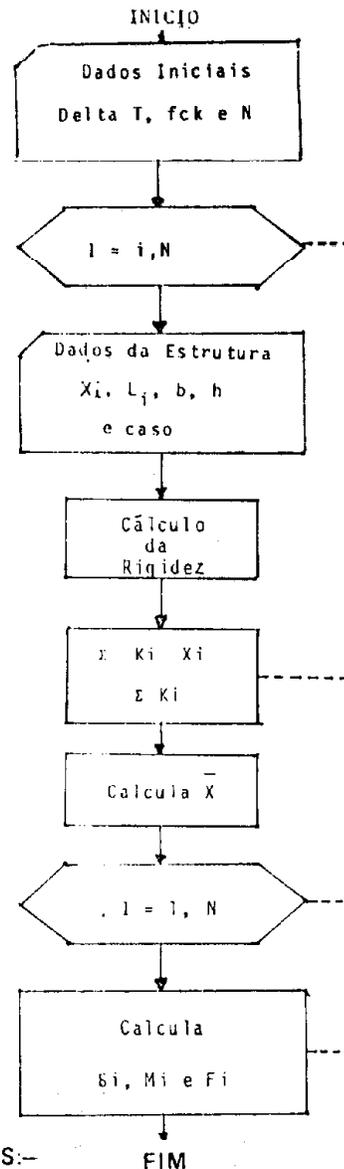
Observa-se que, a disposição dos pilares em planta, como a consideração de suas rigidezes, são fatores de grande significado na determinação dos esforços.

Pode-se utilizar a regra da mão direita no traçado dos diagramas de momento fletor dos pilares.

CONCLUSÃO

Baseados nos inúmeros exemplos executados, podemos observar que é bastante imprudente a não consideração dos efeitos provenientes de uma variação térmica, mesmo limitada a 30 m a distância entre juntas de dilatação da estrutura.

Assim, cada caso deverá ser analisado criteriosamente, conforme a situação e adotada a solução mais conveniente, ou seja: junta de dilatação, redução da inércia dos pilares ou aumento de seu comprimento livre (compatível, obviamente, com o afastamento do perigo de flambagem ou outros esforços de flexão eventualmente existente). Estas medidas poderão ser adotadas sempre que necessário à minimização dos esforços nos pilares oriundos do efeito da variação de temperatura.



NOTAÇÕES:-

- N — No. de pilares
 Delta T — Variação de Temperatura Δt
 fck — Tensão de ruptura do concreto
 x(i) — Coordenada do Pilar Pi
 L(i) — Comprimento do Pilar Pi
 b, h — Base e Altura do Pilar Pi respectivamente
 caso } 1 — Pilar com extremidades engastadas
 } 2 — Pilar com um extremo engastado e outro rotulado

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. Normas Brasileiras NB - 1/78 - Cálculo e execução de obras de Concreto Armado - Rio de Janeiro 1978.
2. SUSSEKIND, José Carlos - *Curso de Análise Estrutural*. Volume III - Editora Globo - Porto Alegre, 1980.
3. SHARP — Instruction Manual - PC - 1500A - Pocket Computer.