

Programas Estruturais para o Micro-Computador HP-85

*Giordano José Loureiro

Linhas de influência de momentos, cortantes e esforços máximos e mínimos devido à carga móvel em vigas contínuas.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem a finalidade de apresentar aos projetistas de estruturas, dois programas para cálculo dos esforços devido a carga móvel em vigas contínuas ou bi-apoiadas, com ou sem balanço nas extremidades.

O cálculo desses esforços poderia ter sido feito através de um programa único, mas resolvemos dividi-lo em dois, de modo a permitir a utilização do HP-85A com 16k de RAM, portanto sem o módulo de expansão de memória.

2. TÍTULO E FINALIDADE DOS PROGRAMAS

ENVMOM: tem por objetivo o cálculo dos momentos máximos e mínimos nas diversas seções de uma viga.

O programa calcula, também, as ordenadas das linhas de influência de momento, de cada seção.

ENVCOR: tem por objetivo o cálculo dos cortantes máximos e mínimos nas diversas seções de uma viga.

O programa calcula, também, as ordenadas das linhas de influência do esforço cortante das seções à direita dos apoios.

3. CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA

Microcomputador HP-85A com 16k de RAM, equipado com o ROM MATRICIAL (MATRIX ROM).

4. LIMITAÇÕES DOS PROGRAMAS

— O número de vãos (L) poderá ser, no máximo, igual a 10 (dez).

— O número de partes (P) em que cada vão será dividido, deve ser tal, de maneira que o intervalo entre as seções, (Δ) atenda a desigualdade $1,50m \leq \Delta \leq 300m$ e mais $P \leq 20$.

— A matriz de armazenamento das L.I. pode ter, no máximo, 100 (cem) elementos, limitando, dessa forma, o valor de P em função do nº de vãos (L). Para exemplificar, se tivermos que calcular uma viga com dez vãos, cada vão só poderá ser dividido, no máximo, em dez partes, ou seja, $L \cdot P \leq 100$.

5. DADOS DE ENTRADA

— Nome da obra (máximo de dezoito caracteres) e data.

— Carga do trem-tipo: P1 (concentrada) e Q1 (distribuída)

— Número de vãos (L)

— Número de partes por vão (P)

— Comprimentos dos balanços (B1, B2)

— Vãos

6. SAÍDAS

Os programas imprimem, inicialmente, um cabeçalho com os dados do problema. Em seguida, para cada vão, são impressos o nº da seção, os valores dos momentos e cortantes máximos e mínimos.

Como opção, o programa ENVMOM mostra no vídeo

* Engenheiro Civil.

as ordenadas das linhas de influência de cada seção, bem como as três ordenadas máximas, a área positiva, as três ordenadas mínimas e a área negativa, que serviram de base para o cálculo dos momentos.

O programa ENVCOR mostra no vídeo as ordenadas das linhas de influência do esforço cortante das seções à direita dos apoios.

Se houver interesse em imprimir as linhas de influência, basta pressionar a tecla "COPY".

7. MÉTODO DE CÁLCULO

Graças à potência das instruções e funções disponíveis no ROM Matricial que permite, por exemplo, a solução de um sistema de equações somente com a instrução $MAT X = SYS (F, Q)$, sendo X o vetor das incógnitas, F a matriz de flexibilidade e Q o vetor carregamento, o programa torna-se relativamente simples, uma vez que fomos poupados da utilização de sub-rotinas, para a resolução dos sistemas de equações.

— LINHAS DE INFLUÊNCIA DOS MOMENTOS SOBRE OS APOIOS:

Utilizando-se um "loop", calculamos para cada posição da carga unitária o vetor $X + (X_1, X_2 \dots X_n)$ e fomos guardando esses valores na matriz Y.

$$Y = \begin{pmatrix} X_1, X_2 \dots X_n \\ X_1, X_2 \dots X_n \\ \dots \\ X_1, X_2 \dots X_n \end{pmatrix}$$

É fácil ver que as colunas da matriz Y representam as L. I. dos momentos sobre os apoios.

— LINHAS DE INFLUÊNCIA DE MOMENTO DE UMA SEÇÃO QUALQUER

A linha de influência de momento de uma seção "s" do vão, em função das linhas de influência de momentos sobre os apoios, já calculadas anteriormente, vale:

$$LIM_s = \frac{(l-a)}{l} \cdot LIX_{i-1} + \frac{a}{l} \cdot LIX_i + LIM_0; \text{ onde } a$$

é a abscissa da seção, l o comprimento do vão "i" e LIM₀ a linha de influência de momento da seção "s", considerando-se bi-rotulado o vão onde se encontra a seção.

Os valores das ordenadas da LIM₀ foram calculados pelas fórmulas abaixo:

$$y = x \cdot \frac{(l-a)}{l}, \text{ p/carga à esquerda da seção } s$$

$$y = a \cdot \frac{(l-x)}{l}, \text{ p/carga à direita da seção } s, \text{ onde } x \text{ indica a}$$

posição da carga unitária.

O ROM Matricial dispõe de instruções capazes de multiplicar as colunas de uma matriz por uma constante e depois adicionar os elementos correspondentes dessas colu-

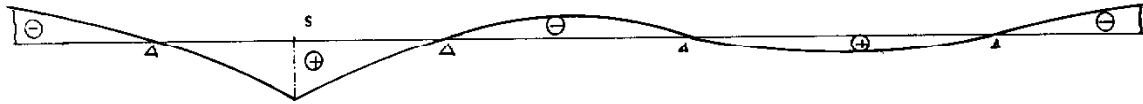


Figura 1

nas, de tal modo que o cálculo das ordenadas da L. I. Ms se faça com facilidade. Na figura 1 mostramos o desenho esquemático de uma L. I. Ms para uma viga com 3 vãos e com balanços nas extremidades.

a posição da carga unitária.

Na figura 2 mostramos o desenho esquemático de uma L.I.Vs para uma viga com 3 vãos, com balanços nas extremidades.



Figura 2

- LINHAS DE INFLUÊNCIA DOS CORTANTES

Pelo processo já descrito anteriormente calculamos as ordenadas das linhas de influência de momento sobre os apoios, que se acham armazenadas na matriz Y.

A linha de influência do esforço cortante de uma seção "s" qualquer, de um vão, vale:

$$LIV_s = \frac{LIX_i - LIX_{i-1}}{\ell} + LIV_0 \text{ onde } \ell \text{ é o comprimento}$$

do vão "i", LIV₀ a linha de influência de cortante da seção "s", considerando-se bi-rotulado o vão onde se encontra a seção.

Os valores das ordenadas da LIV₀ foram calculados pelas fórmulas abaixo:

$$y = \frac{-x}{\ell}, \text{ para a carga à esquerda da seção}$$

$$y = \frac{\ell - x}{\ell}, \text{ para a carga à direita da seção, onde } x \text{ representa}$$

- CÁLCULO DOS ESFORÇOS MÁXIMOS E MÍNIMOS

O trem-tipo utilizado foi o da figura abaixo:

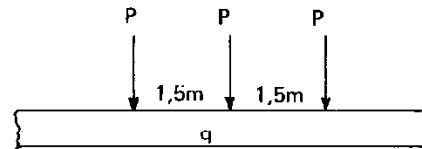


Fig. 3

Este trem-tipo pode ser usado para o cálculo de vigas de pontes rodoviárias e em se fazendo $P = 0$, pode ser utilizado para o cálculo dos esforços máximos e mínimos em vigas sujeitas à grandes sobrecargas (Ex.: Vigas de arquibancadas dos estádios de futebol). O programa calcula as áreas positivas e negativas e pesquisa as ordenadas extremas, colocando o trem-tipo na posição que conduz aos esforços máximos e mínimos, cujos valores são calculados pela fórmula:

$$S = P \cdot \sum y + q \cdot \sum A$$

As figuras 4 e 5 esclarecem melhor o que acabamos de explicar, no caso de momentos.

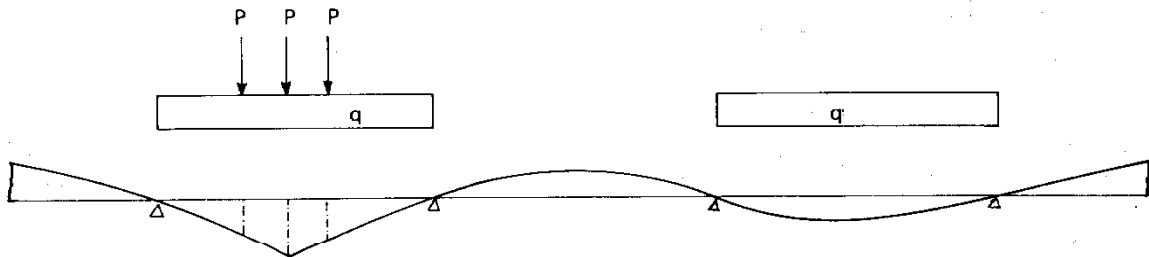


Fig. 4 - Posição do trem-tipo que provoca o maior momento na seção "s".

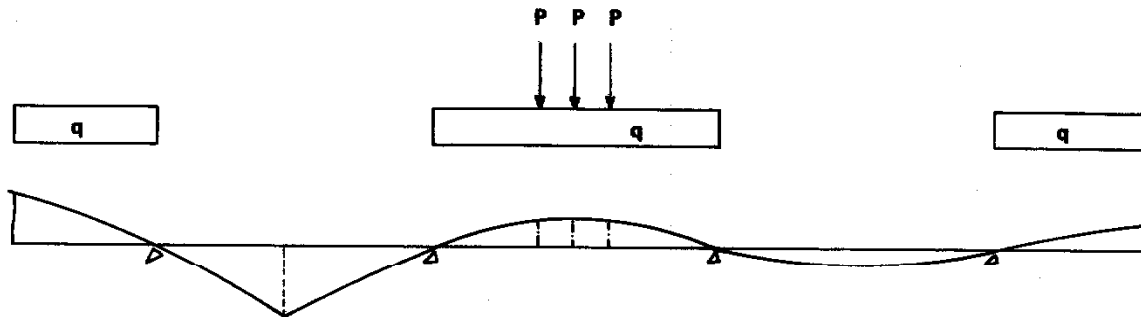


Fig. 5 - Posição do trem-tipo que provoca o menor momento na seção "s".

8. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

A seguir, cópias das fitas com os resultados do cálculo de uma viga contínua de ponte rodoviária, com três vãos e extremos em balanço.

CORTANTES MAX E MIN - CARGA MOVEL
 PONTE R. CARRA 06.04.84
 T. TIPO 12 41 2.31 t/m
 BALANÇOS 6
 VÃOS 22.5 23 22.5

MOMENTOS MAX E MIN - CARGA MOVEL

PONTE R. CARRA 06.04.84
 T. TIPO 12 41 t 2.31 t/m
 BALANÇOS 6
 VÃOS 22.5 23 22.5

VÃO 1 M. MAX M. MIN

SEÇÃO 1	161.53	-189.05
SEÇÃO 2	189.17	-169.01
SEÇÃO 3	245.09	-148.95
SEÇÃO 4	270.65	-128.89
SEÇÃO 5	267.68	-108.84
SEÇÃO 6	238.57	-88.88
SEÇÃO 7	186.25	-68.77
SEÇÃO 8	114.82	-48.29
SEÇÃO 9	55.35	-27.56
SEÇÃO 10	74.55	-223.43

VÃO 2 M. MAX M. MIN

SEÇÃO 11	66.81	-155.84
SEÇÃO 12	115.53	-119.69
SEÇÃO 13	178.85	-109.07
SEÇÃO 14	218.34	-98.65
SEÇÃO 15	231.74	-88.22
SEÇÃO 16	218.34	-98.64
SEÇÃO 17	178.84	-109.07
SEÇÃO 18	115.53	-119.69
SEÇÃO 19	66.81	-155.85
SEÇÃO 20	74.55	-223.47

VÃO 3 M. MAX M. MIN

SEÇÃO 21	55.35	-141.56
SEÇÃO 22	114.82	-105.39
SEÇÃO 23	186.25	-96.77
SEÇÃO 24	238.57	-88.88
SEÇÃO 25	267.68	-108.84
SEÇÃO 26	270.65	-128.89
SEÇÃO 27	245.09	-148.95
SEÇÃO 28	189.17	-169.01
SEÇÃO 29	161.53	-189.05

VÃO 1 V. MAX V. MIN

SEÇÃO 0	59.89	-5.78
SEÇÃO 1	50.37	-6.11
SEÇÃO 2	41.60	-10.32
SEÇÃO 3	33.63	-16.53
SEÇÃO 4	26.49	-23.22
SEÇÃO 5	20.21	-30.30
SEÇÃO 6	15.38	-37.69
SEÇÃO 7	14.07	-45.26
SEÇÃO 8	13.21	-52.91
SEÇÃO 9	12.75	-60.53
SEÇÃO 10	12.61	-67.97

VÃO 2 V. MAX V. MIN

SEÇÃO 0	66.75	-9.39
SEÇÃO 1	58.44	-9.59
SEÇÃO 2	50.08	-10.23
SEÇÃO 3	41.87	-14.50
SEÇÃO 4	34.84	-20.20
SEÇÃO 5	28.76	-26.76
SEÇÃO 6	20.20	-34.04
SEÇÃO 7	14.50	-41.87
SEÇÃO 8	10.23	-50.08
SEÇÃO 9	9.59	-58.44
SEÇÃO 10	9.39	-66.75

VÃO 3 V. MAX V. MIN

SEÇÃO 0	67.57	-12.61
SEÇÃO 1	60.53	-12.75
SEÇÃO 2	52.91	-13.21
SEÇÃO 3	45.26	-14.07
SEÇÃO 4	37.69	-15.38
SEÇÃO 5	30.30	-20.21
SEÇÃO 6	23.22	-26.49
SEÇÃO 7	16.53	-33.63
SEÇÃO 8	10.32	-41.60
SEÇÃO 9	6.11	-50.37
SEÇÃO 10	5.78	-59.89