

Результати експериментальних досліджень буронабивних паль

№ з/п	Метод визначення несучої здатності	Несуча здатність, кН		Повна несуча здатність, кН	Коефіц. надійності, Y_p	Розрахункове навантаження на палю, кН		Повне розрахункове навантаження, кН
		по боковій поверхні	по торцю			по боковій поверхні	по торцю	
1	За даними натурних випробувань паль	704	2392	3096	1,2	587	1933	2580
2	За даними польових досліджень ґрунтів в забої свердловини	-	211,4	-	1,25	-	1689,9	-
3	За формулою СНиП 2.02.03-85	1118	1347,6	2465,6	1,4	798	962	1760

Примітка. При визначенні несучої здатності буронабивної палі за формулою БНіП 2.02.03-85 сили тертя по боковій поверхні з певним наближенням в межах гравійно-галькових ґрунтів прийняті, як для крупних пісків.

1. Оныськів Б.М., Сорока Я.В., Холод П.Ф. Исследование несущей способности и деформативности аргелитоподобных глинистых грунтов: Сборник научных трудов. – Львов. – 1987. – № 212. 2. Оныськів Б.М., Сорока Я.В. Рекомендации по устройству буродобивных и буровставных свай в условиях залегания гравийно-галечниковых грунтов, подстилаемых прочными породами. – Киев: ГОСДОРНИИ, 1977. 3. Оныськів Б.М., Сорока Я.В. Устройство фундаментов опор мостов на буронабивных сваях. – Киев: Информационный листок № 78-0245, 1978. 4. Оныськів Б.М., Сорока Я.В. и др. Способ изготовления буронабивных свай и устройство для осуществления способа. Авторское свидетельство № 614166. – М.: Государственный Комитет Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий, 1978. 5. Оныськів Б.М., Сорока Я.В. Эффективный способ устройства буронабивных свай: Сборник научных трудов. “Конструкции жилых и общественных зданий”. – Киев: ЗНИИЭП, 1979. 6. Оныськів Б.М., Сорока Я.В., Холод П.Ф. Експериментальні дослідження роботи буронабивних паль $d = 1,0$ м при сумісній дії горизонтальних і вертикальних навантажень // Вісник НУ “Львівська політехніка”. – 2002. – № 462.

УДК 539.3

В.М. Полець, П.А. Ткаченко, В.К. Шиндер
Національний університет “Львівська політехніка”

МАТРИЧНА ФОРМА РОЗРАХУНКУ ПРОСТОРОВИХ СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧЕНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕОМ

© Полець В.М., Ткаченко П.А. Шиндер В.К., 2006

Наведено методику розрахунку просторових статично невизначених систем у матричній формі. Розрахунок виконується без побудови одиничних та вантажних епюр згинальних моментів. Описано алгоритм і програму розрахунку.

The technique of calculations of spatial statically undesignated systems in the matrix form is described. Calculations are performed without building the single and load diagrams of bend moments. Also the program and algorithm of computer-aided calculation are described.

Вступ

Статичний розрахунок просторових систем класичними методами є доволі громіздким навіть на етапі підготовки вихідних даних для реалізації на комп'ютері. Для цього можна скористатися матричною формою розрахунку пружних систем, як однією з найбільш зручних для реалізації на комп'ютері.

Для статичного розрахунку просторових систем є можливість ефективно використати загальний розв'язок задачі будівельної механіки у матричній формі

$$\vec{M} = -C \cdot A^T (ACA^T)^{-1} \vec{P},$$

де \vec{M} – вектор внутрішніх зусиль – результат статичного розрахунку; A – матриця коефіцієнтів рівнянь рівноваги частин системи за напрямком можливих переміщень; C – матриця внутрішньої жорсткості системи; \vec{P} – вектор вузлових навантажень.

Розрахунок просторових систем відрізнятиметься від розрахунку плоских систем тільки матрицями внутрішньої жорсткості. Як і під час розрахунку плоских статично невизначених систем, матриця внутрішньої жорсткості буде квазидіагональною. Крім діагональних блоків

$$C_i = \frac{EI_i}{l_i} \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 4 \end{bmatrix}$$

для стрижнів з двома жорсткими вузлами на кінцях, та блоків

$$C_i = \frac{EI_i}{l_i} [3]$$

для стрижнів з жорстким вузлом на одному кінці і шарніром на другому, під час розрахунку просторових статично невизначених систем додаються блоки жорсткості на кручення:

$$C_i = \frac{GI_k}{l_i} [1].$$

Розрахунок просторових статично невизначених систем у матричній формі на ЕОМ проілюструємо на прикладі розрахунку плоскої рами на дію просторового навантаження, зображеного на рисунку.

Для рами приймаємо поперечний переріз з двох сталевих швелерів №30, зварених поличками. Відносні жорсткості приймаємо: $EI_y = 2,0$; $EI_z = 1,0$; $GI_k = 0,4$.

Система рівнянь рівноваги

$$A\vec{M} + \vec{P} = 0$$

складається за напрямком можливих переміщень вузлів.

Зусилля, які діють в площині рами, для спрощення не розглядаємо – плоска задача виділяється в окрему.

Елементом вектора невідомих \vec{M} присвоюємо такі невідомі зусилля у вузлах:

$$\vec{M} = \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \\ M_4 \\ M_5 \\ M_6 \\ M_7 \\ M_8 \\ M_9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_A^x \\ M_{1A}^x \\ M_{12}^x \\ M_{2B}^x \\ M_B^x \\ M_{A1}^z \\ M_{12}^z \\ M_{21}^z \\ M_{2B}^z \end{bmatrix}.$$

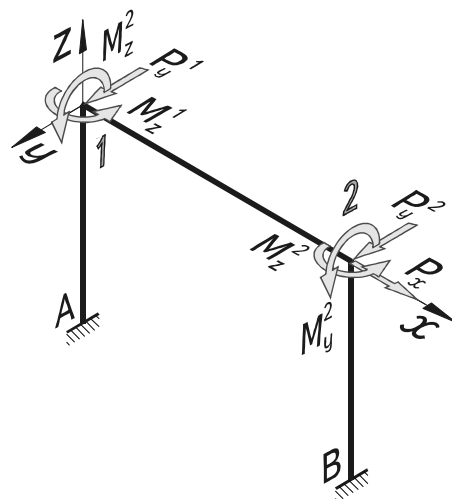


Схема рами

Матриця рівноваги A та вектор навантажень \vec{P} матимуть такий вигляд:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & -1 & -1 & 0 \end{bmatrix}, \quad \vec{P} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_x^1 \\ M_x^2 \\ M_z^1 \\ M_z^2 \\ P_y^1 \cdot a \\ P_y^2 \cdot a \end{bmatrix}.$$

Матриця внутрішньої жорсткості C формується автоматично. Для цього записуємо вектор KM ознаки стрижнів. Для стрижнів з двома жорсткими вузлами на кінцях, для яких

$$C_j = \frac{EI_j}{l_j} \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 4 \end{bmatrix}$$

в програмі розрахунку прийнято $KM_j = 1$, для стрижнів з жорстким і шарнірним вузлами на кінцях

$$C_j = \frac{EI_j}{l_j} [3]$$

прийнято $KM_j = 2$.

МФРСНС

Розробив - П.Ткаченко, програма - Голиця В.
"Львівська політехніка" каф. "Будівельна механіка", м.Львів-2000 р.

Матрична форма розрахунку статично-невизначених систем

6 Кількість рівнянь рівноваги
9 Кількість перетинів
6 Кількість стержнів

OK

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
1		1	-1							6
2			1	1						
3						1	1			
4								1	1	
5	1	1						1	1	
6				1	1		-1	-1		
MP										

	KM	E	D
1	1	2	6
2	5	0.4	6
3	1	2	12
4	5	0.4	12
5	1	2	6
6	5	0.4	6

6 12

Виконати

Для врахування жорсткості при крученні всіх стрижнів

$$C_j = \frac{GI_j^{KP}}{l_j} [1]$$

прийнято $KM_j = 5$.

Для рами, яка розраховується, вектор ознаки стрижнів, вектор жорсткостей і вектор довжини матимуть значення

$$KM = \begin{bmatrix} 1 \\ 5 \\ 1 \\ 5 \\ 1 \\ 5 \end{bmatrix}, \quad E = \begin{bmatrix} 2,0 \\ 0,4 \\ 2,0 \\ 0,4 \\ 2,0 \\ 0,4 \end{bmatrix}, \quad DL = \begin{bmatrix} a \\ a \\ 2a \\ 2a \\ a \\ a \end{bmatrix},$$

де a – висота рами; $2a$ – довжина ригеля.

Результати проміжних обчислень						
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,3333
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,6667
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Матриця A*CAT(1-6, 1-6)						
1,4000	-0,0667	0,0000	0,0000	2,0000	0,0000	
-0,0667	0,7333	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	
0,0000	0,0000	1,3667	0,6667	2,0000	-2,0000	
0,0000	0,0000	0,6667	1,4000	2,0000	-2,0000	
2,0000	0,0000	2,0000	2,0000	8,0000	-4,0000	
0,0000	1,0000	-2,0000	-2,0000	-4,0000	6,0000	
Обвернена матриця A*CAT(1-6, 1-6)						
2,5546	0,8908	0,7744	0,7392	-1,2585	-0,4829	
0,8908	4,2184	-1,5488	-1,4784	-0,4829	-2,0341	
0,7744	-1,5488	2,7315	1,2437	-0,5937	1,1874	
0,7392	-1,4784	1,2437	2,5508	-0,5667	1,1334	
-1,2585	-0,4829	-0,5937	-0,5667	0,8649	0,2703	
-0,4829	-2,0341	1,1874	1,1334	0,2703	1,4595	
Матриця CAT*A*CAT(1-6, 1-6)						
-0,8140	-0,3720	-0,6712	-0,6406	0,8907	0,2186	
0,8891	0,2218	-0,1549	-0,1478	0,0517	-0,1034	
-0,1109	0,2218	-0,1549	-0,1478	0,0517	-0,1034	
0,1109	0,7782	0,1549	0,1478	-0,0517	0,1034	
-0,1860	-0,6280	0,6712	0,6406	0,1093	0,7814	
0,0258	-0,0516	0,0911	0,0415	-0,0198	0,0396	
Вектор згинальних моментів MP(1-9)						
4,8839	-5,3345	0,6655	-0,6655	1,1161	-0,1549	0,1549

Результати розрахунку отримуємо у вигляді векторів внутрішніх зусиль від кожного навантаження. Вектор згинальних моментів $MP(1-9)$ при $P_1 = 6$ буде:

$$\vec{M}^T = [4,8839 \quad -5,3345 \quad 0,6655 \quad -0,6655 \quad 1,1161 \quad -0,1549 \quad 0,1549 \quad 0,2957 \quad -0,2957].$$

Висновок

Наведена методика розрахунку просторових рам у матричній формі і розроблена програма можуть бути ефективно використані для практичних розрахунків.

Кількість необхідних вихідних даних є мінімальною. Зручний візуальний інтерфейс розробленої програми дає змогу користувачу уникати складностей під час введення даних і отриманий результат переносити в офісний документ.

1. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. *Строительная механика*. – М.: Высш. шк., 1986. – С. 328–341.