

Grupo de pilotes verticales articulados al encepado bajo carga vertical

JOSE LUIS JUSTO ALPAÑES (*)

RESUMEN. Se desarrolla una solución matricial y un programa para calcular grupos de pilotes verticales bajo cargas verticales en terreno elástico. Se estudia la matriz correspondiente.

Se compara esta solución con otra usada corrientemente, que se demuestra que es un caso particular de aquella.

VERTICAL PILE GROUPS PINNED TO THE FOOTING UNDER VERTICAL LOADING

ABSTRACT. A matrix solution and program to calculate groups of vertical piles under vertical loads in elastic soil are developed. The matrix is shown to be symmetrical.

This solution is compared with another one commonly used, that is shown to be a particular case of the former.

1. INTRODUCCION

Durante mucho tiempo el asiento de los grupos de pilotes sobre arcilla se ha calculado en base a ensayos de laboratorio de la arcilla, suponiendo que la carga del grupo se repartía sobre una zapata o losa flexible situada al nivel de las puntas o a 2/3 de esta profundidad según los casos (Oteo, 1980; Poulos y Davis, 1980).

Este sistema ha dado resultados razonables cuando la punta de los pilotes descansa en arena densa y hay una capa arcillosa debajo (Parker y Bayliss, 1970), pero en pilotes flotantes en arcilla de Londres el asiento inmediato calculado de este modo es muy superior al real (Greenfield, 1970).

En otros casos se define:

$$\text{Razón de asientos} = \frac{\text{asiento del grupo}}{\text{asiento de un pilote}}$$

para una misma fracción de la carga de rotura.

Se ha tratado de hallar esta razón de asientos basándose en los resultados de ensayos en modelo reducido (Whitaker, 1957). Sin negar el enorme valor de estos ensayos, hay que reconocer que sólo se refieren al asiento inmediato y la dificultad de reproducir casos reales.

Por lo que respecta a grupos de pilotes de fricción en arena se han utilizado fórmulas empíricas debidas a Skempton (1953) y Meyerhof (1959).

Estas fórmulas nos dan la razón de asiento para una misma carga media por pilote. Sin negar su utilidad

para tanteos, difícilmente pueden tener en cuenta la complejidad del comportamiento del terreno.

Es evidente que la utilización de métodos elásticos o elastoplásticos para el cálculo de grupos de pilotes supone un avance en cuanto que permite tener en cuenta la interacción suelo-cimentación o incluso suelo-cimentación-estructura (Justo, 1990), la estratificación del terreno, etcétera.

Ya Greenfield (1970) indica mejoras en la estimación de asientos en pilotes flotantes en arcilla de Londres utilizando estos métodos.

De los ensayos de carga realizados se deduce que hasta valores del orden de 1/2 ó 1/3 de la carga de rotura es aceptable el suponer que la relación carga-asiento es lineal.

La distribución de cargas entre pilotes flotantes obtenida por este procedimiento se parece razonablemente a la medida en ensayos en modelo reducido (Poulos y Davis, 1980) para separaciones iguales o superiores a 2,5 ó 3 diámetros que son las que suelen utilizarse en este tipo de pilotes. En un ensayo a escala natural la concordancia ha sido buena.

Por lo que respecta a la estimación de asientos de un grupo de pilotes por el método elástico, la concordancia con el asiento medio parece ser excelente.

Es evidente que los métodos elásticos tienen claras ventajas sobre los anteriormente expuestos. Su única dificultad podría estar en su complejidad matemática. Vamos a tratar aquí de simplificarla.

2. METODOS ELASTICOS

La utilización de métodos elásticos para el cálculo de grupos de pilotes fue iniciada por Pichumani y D'Appo-

(*) Departamento de Mecánica de Medios Continuos. Universidad de Sevilla.

lonia (1967), y continuada por Poulos (1968), Poulos y Mattes (1969) y Poulos y Davis (1980) entre otros.

Se basan en el principio de superposición, demostrados por Poulos (1968) y Poulos y Mattes (1969) para separaciones normales.

Definimos un coeficiente de interacción, a , del siguiente modo:

$$a = \frac{\text{asiento adicional causado por el pilote adyacente}}{\text{asiento del pilote bajo carga propia}}$$

numerador y denominador se supone que corresponden a una misma carga.

Para el semiespacio de Boussinesq, pilote recto y $\nu = 0,5$, Poulos y Davis definen un coeficiente a_p , que es función de L/d , K y s/d , siendo:

L = Longitud del pilote.

d = Diámetro del fuste.

$$K = \frac{E_p R_A}{E_s}$$

E_p = Módulo de elasticidad del pilote.

E_s = Módulo de elasticidad del suelo.

$$R_A = \frac{A_p}{\pi d^2/4}$$

A_p = Relación entre el área de la sección del pilote y el área de su circunferencia exterior.

s = Separación entre pilotes.

Para profundidad finita de la capa comprensible, h , valores distintos del coeficiente de Poisson, o base acampanada se utilizan los coeficientes N_h , N_ν y N_{db} , respectivamente. Admitiendo el principio de superposición de coeficientes será:

$$a = a_p N_h N_\nu N_{db} \quad (1)$$

La figura 1 muestra la función a para pilote recto, $\nu = 0,5$, semiespacio de Boussinesq y $L/d = 25$.

Los parámetros que más influyen son K , s/d y h/L para separaciones importantes.

También consideran Poulos y Davis variaciones de E_s con la profundidad, pilotes apoyados en un estrato rígido o en un estrato menos compresible.

La figura 2 muestra el coeficiente a para pilotes que descansan en un estrato rígido.

Como resumen, podemos señalar que con los datos del libro de Poulos y Davis (1980) es bastante fácil estimar valores razonables para a para la mayoría de los casos reales.

Un método para hallar a en un medio elástico estratificado, y válido, por tanto, para todos los casos anteriores, y otros muchos más, será objeto de un próximo artículo.

La filosofía que subyace detrás de una ecuación como la (1), que evidentemente no puede ser exacta, es que cualquier variación influye mucho menos en los coeficientes de interacción que en el asiento de cada pilote.

3. HIPOTESIS

1. El suelo es lineal-elástico, homogéneo o con estratificación horizontal.
2. El pilote es lineal-elástico.
3. Todos los pilotes son iguales.
4. El principio de superposición es aplicable.
5. Se suponen los pilotes articulados al encepado.
6. No existe acción directa del encepado sobre el terreno.

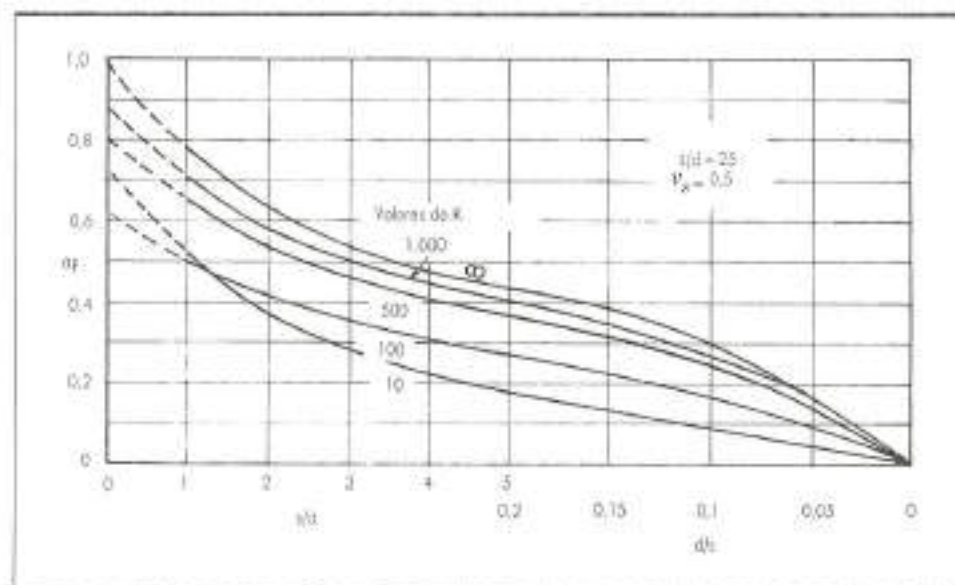


FIGURA 1. Coeficientes de interacción para pilotes flotantes y $L/d = 25$ (Poulos y Mattes, 1969).

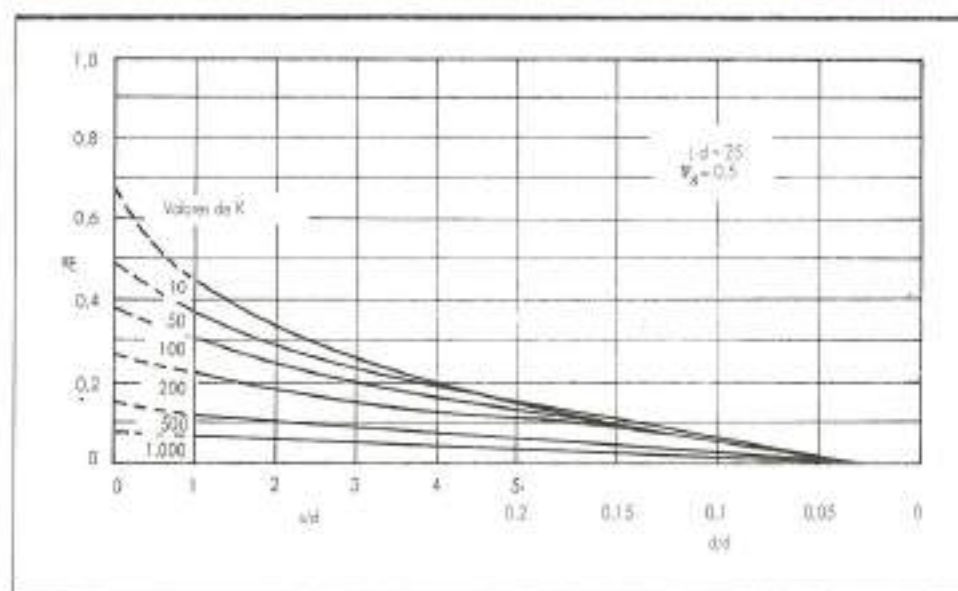


FIGURA 2. Coeficientes de interacción para pilotes que descansan en un estrato rígido y $L/d = 25$. (Paulus y Motres, 1969).

7. El encepado se puede considerar perfectamente rígido.

8. Las compresiones son positivas.

9. Las cargas en las cabezas de los pilotes originan desplazamientos en su misma dirección.

4. SOLUCION MATRICIAL

Tenemos un grupo de n pilotes (figura 3). Escogemos como origen de coordenadas el centro de gravedad de las secciones de los pilotes, y como ejes (x, y) los principales de inercia. Si existe un eje de simetría es evidente que éste será uno de los ejes principales de inercia, y el otro el perpendicular a él que pase por el centro de gravedad.

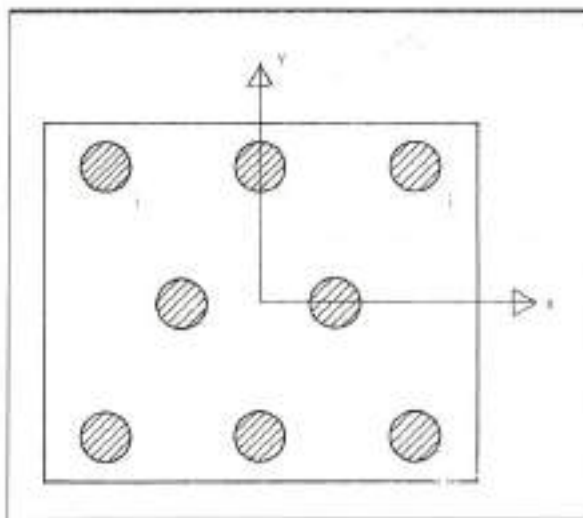


FIGURA 3. Grupo de pilotes.

Suponemos el grupo de pilotes sometido, respecto a estos ejes, a una carga vertical, P , y a dos momentos:

M_x = Momento respecto al eje y . Positivo si origina compresiones para x positivo.

M_y = Momento respecto al eje x . Positivo si origina compresiones para y positivo.

Al estar los pilotes articulados al encepado no pueden aparecer momentos en sus cabezas.

Tampoco aparecen fuerzas horizontales. Las fuerzas horizontales en las cabezas de los pilotes tendrían que sumar cero.

Supongamos que actúa solamente la carga vertical P .

Supongamos que el grupo estuviese constituido por dos pilotes situados sobre el eje x . Las supuestas fuerzas horizontales tendrían, por simetría, la dirección del eje x y serían iguales y contrarias. Estas fuerzas darían lugar a una aproximación de las cabezas de los pilotes si van hacia dentro o alejamiento si van hacia afuera, cosa que no permite el encepado.

Supongamos un grupo de 4 pilotes. Por simetría las fuerzas horizontales deberían tener la dirección de las diagonales del cuadro e ir todas hacia dentro o hacia fuera, lo cual produciría la aproximación o separación de sus cabezas, cosas, ambas, no permitidas en el encepado.

Supongamos que el eje y sea un eje de simetría, y dos pilotes simétricos i e i' .

Bajo la acción de M_x , sean las fuerzas horizontales en las cabezas de los pilotes H_x^i y $H_x^{i'}$ en i , y H_y^i y $H_y^{i'}$ en i' .

Bajo la acción de $-M_y$, las fuerzas correspondientes serán $-H_x^i$ y $-H_x^{i'}$ en i , y $-H_y^i$ y $-H_y^{i'}$ en i' .

Pero por simetría ha de ser:

$$H_x^i = -(-H_x^i) = H_x^i$$

$$H_y^i = -H_y^i$$

En los grupos de dos y cuatro pilotes esta situación es incompatible con la de anular las fuerzas, a menos que sean todas las fuerzas horizontales nulas.

En cuanto a la segunda, en el grupo de los pilotes es imposible por simetría, y en el de cuatro originaría aproximaciones o alejamientos de los pilotes.

Aparte de esto, si se cumple la hipótesis de 9 y el encepado impide el desplazamiento horizontal de la cabeza de los pilotes, la solución matricial correspondiente a fuerzas horizontales da cero para todas ellas.

El asiento del pilote i será:

$$s_i = S_1 \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} Q_j \quad [2]$$

siendo:

s_i = Asiento de un pilote bajo carga unitaria propia.

$\alpha_{ii} = 1$.

$\alpha_{ij} = \alpha_{ji}$.

n = Número de pilotes del grupo.

Al ser el encepado rígido, su deformada ha de ser la de un plano:

$$s_i = s_1 (ax_i + by_i + c) \quad [3]$$

Eliminamos s_i entre [2] y [3]:

$$\sum_{j=1}^n \alpha_{ij} Q_j - x_i a - y_i b - c = 0 \quad [4]$$

El equilibrio de momentos y cargas verticales nos da:

$$\sum_{j=1}^n -x_j Q_j = -M_x \quad [5]$$

$$\sum_{j=1}^n -y_j Q_j = -M_y \quad [6]$$

$$\sum_{j=1}^n -Q_j = -P \quad [7]$$

Entre [4], [5], [6] y [7] tenemos un sistema de $n+3$ ecuaciones con $n+3$ incógnitas: $Q_j(n)$, a , b y c .

Vamos a resolverlo de forma matricial.

El sistema de ecuaciones se representa en la figura 4.

Si hacemos

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{ji} &= 1 & i &\leq n \\ \alpha_{ij} &= \alpha_{ji} & j &\leq n \end{aligned} \right\}$$

Estos son los coeficientes de interacción definidos en el apartado 2.

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{n+1,j} &= -x_j \\ \alpha_{n+2,j} &= -y_j \\ \alpha_{n+3,j} &= -1 \end{aligned} \right\} \quad j \leq n$$

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{ij} &= 0 & i > n & \quad j > n \\ \alpha_{ij} &= \alpha_{ji} \\ F_j &= 0 & i &\leq n \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} F_{n+1} &= -M_x \\ F_{n+2} &= -M_y \\ F_{n+3} &= -P \end{aligned} \right\} \quad [8]$$

$$\left. \begin{aligned} Q_j &= Q_j \\ Q_{n+1} &= a \\ Q_{n+2} &= b \\ Q_{n+3} &= c \end{aligned} \right\} \quad j \leq n$$

$$\begin{array}{cccccccc} \alpha_{11}Q_1 & + & \alpha_{12}Q_2 & + & \dots & + & \alpha_{1n}Q_n & - & x_1a & - & y_1b & - & c & = & 0 \\ \alpha_{21}Q_1 & + & \alpha_{22}Q_2 & + & \dots & + & \alpha_{2n}Q_n & - & x_2a & - & y_2b & - & c & = & 0 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \alpha_{n1}Q_1 & + & \alpha_{n2}Q_2 & + & \dots & + & \alpha_{nn}Q_n & - & x_na & - & y_nb & - & c & = & 0 \\ -x_1Q_1 & - & x_2Q_2 & - & \dots & - & x_nQ_n & + & 0xa & + & 0xb & + & 0xc & = & -M_x \\ -y_1Q_1 & - & y_2Q_2 & - & \dots & - & y_nQ_n & + & 0xa & + & 0xb & + & 0xc & = & -M_y \\ -Q_1 & - & Q_2 & - & \dots & - & Q_n & + & 0xa & + & 0xb & + & 0xc & = & -P \end{array}$$

FIGURA 4. Sistema de $n+3$ ecuaciones con $n+3$ incógnitas.

El sistema de $n + 3$ ecuaciones con $n + 3$ incógnitas toma la forma de la ecuación matricial:

$$[\alpha_{ij}]_{n+3} \{Q_j\}_{n+3} = \{F_i\}_{n+3}$$

cuya solución es:

$$\{Q_j\}_{n+3} = \frac{\{F_i\}_{n+3}}{[\alpha_{ij}]_{n+3}} \quad [9]$$

siendo $[\alpha_{ij}]$ una matriz simétrica como indica [8].

5. GRUPO DE PILOTES COLUMNAS QUE DESCANSA EN UN ESTRATO INFINITAMENTE RIGIDO

En este caso no hay interacción y:

$$\alpha_{ij} = 0 \quad i \leq n \quad j \leq n \quad i \neq j$$

El sistema de la figura 4 toma la forma de la figura 5.

La solución matricial [9] es válida independientemente de cual sea el origen de coordenadas y los ejes.

Si ahora imponemos la condición de que el origen de coordenadas sea el centro de gravedad, y los ejes coordenados los principales de inercia, tenemos lo siguiente:

Sumando las n primeras ecuaciones y la $n + 3$ de la figura 3 se obtiene la ecuación:

$$-a \sum_{i=1}^n x_i - b \sum_{i=1}^n y_i - nc = -P$$

Los dos primeros términos son nulos y:

$$c = \frac{P}{n} \quad [10]$$

Si ahora multiplicamos la ecuación i por x_i para $i \leq n$ y sumamos las $n + 1$ primeras ecuaciones de la figura 3, tenemos:

$$-a \sum_{i=1}^n x_i^2 - b \sum_{i=1}^n x_i y_i - c \sum_{i=1}^n x_i = -M_x$$

Q_1	$-x_1 a$	$-y_1 b$	$-c$	$= 0$
Q_2	$-x_2 a$	$-y_2 b$	$-c$	$= 0$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$-x_1 Q_1$	$-x_2 Q_2$	$\dots$	$-x_n Q_n$	$= -M_x$
$-y_1 Q_1$	$-y_2 Q_2$	$\dots$	$-y_n Q_n$	$= -M_y$
$-Q_1$	$-Q_2$	$\dots$	$-Q_n$	$= -P$

FIGURA 5. Sistema de ecuaciones para un grupo de pilotes columna.

Los términos 2.º y 3.º son nulos y:

$$a = \frac{M_x}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \quad [11]$$

Si multiplicamos la ecuación i por y_i para $i \leq n$ y sumamos las n primeras ecuaciones y la $n + 2$ de la figura 3, obtenemos finalmente:

$$b = \frac{M_y}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \quad [12]$$

Utilizando el principio de superposición y sustituyendo en [2]:

$$s_i = s_1 \left(\frac{M_x x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} + \frac{M_y y_i}{\sum_{i=1}^n y_i^2} + \frac{P}{n} \right) \quad [13]$$

siendo:

$$s_1 = \frac{L}{SE_p} \quad [14]$$

siendo:

L = Longitud del pilote,
 S = Sección del pilote.
 E_p = Módulo de elasticidad del pilote.

Por otro lado,

$$s_i = \frac{Q_i L}{S E} \quad [15]$$

Sustituyendo [14] y [15] en [13]:

$$Q_i = \frac{M_x x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} + \frac{M_y y_i}{\sum_{i=1}^n y_i^2} + \frac{P}{n} \quad [16]$$

6. PROGRAMA DE CALCULO

En el Apéndice se incluye un programa para resolver la ecuación [9].

Los datos de entrada son:

P
 M_x

$$\frac{M_y}{n}$$

$$\{V\} = \begin{Bmatrix} \alpha_{21} \\ \vdots \\ \alpha_n 1 \\ \vdots \\ \alpha_{n, n-1} \\ -x_1 \\ -x_2 \\ \vdots \\ -x_n \\ -y_1 \\ -y_2 \\ \vdots \\ -y_n \end{Bmatrix}$$

El resultado es el vector:

$$\{Q\} = \begin{Bmatrix} Q_1 \\ \vdots \\ Q_n \\ a \\ b \\ c \end{Bmatrix}$$

7. EJEMPLO

Consideramos el grupo de pilotes de la figura 6 con los siguientes datos de entrada:

$$L = 12,5 \text{ m.}$$

$$d = 0,5 \text{ m.}$$

$$s = 1,5 \text{ m.}$$

$$E_s = 2.000 \text{ t/m}^2.$$

$$\nu_s = 0,5.$$

$$E_p = 2.000.000 \text{ t/m}^2.$$

$$K = \frac{E_p R_A}{E_s} = 1.000.$$

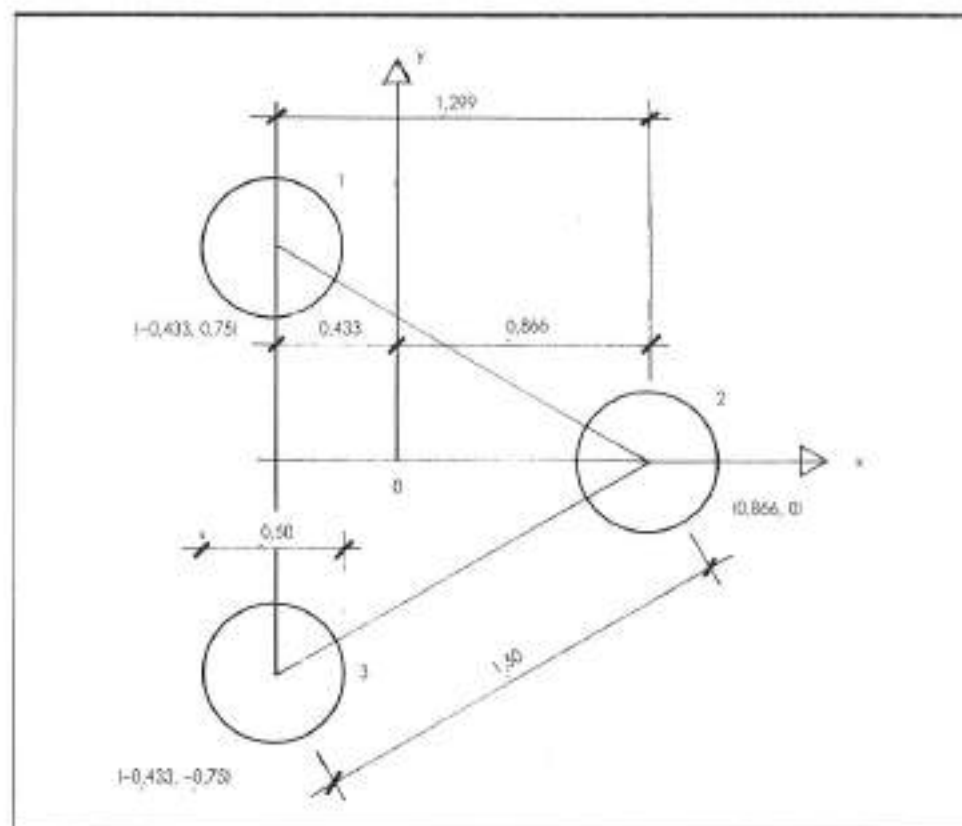


FIGURA 6. Grupo de tres pilotes.

$$\frac{s}{D} = 3.$$

$$\frac{L}{D} = 25.$$

En la figura 4 se indican las coordenadas de los vértices respecto a los ejes principales de inercia.

$$P = 150 \text{ t.}$$

$$M_x = 15 \text{ mt.}$$

$$M_y = 30 \text{ mt.}$$

Supongamos que se trata de pilotes cuya punta descansa en un estrato incomprensible. De la figura 2 sacamos $\alpha = 0,048$. Será:

$$\{V\} = \begin{Bmatrix} 0,048 \\ 0,048 \\ 0,048 \\ 0,433 \\ -0,866 \\ 0,433 \\ -0,75 \\ 0 \\ 0,75 \end{Bmatrix}$$

El programa del apéndice 1 nos da:

$$Q_1 = 64,226 \text{ t} \quad \alpha = 12,694 \text{ t/m}$$

$$Q_2 = 61,547 \text{ t} \quad b = 25,387 \text{ t/m}$$

$$Q_3 = 24,226 \text{ t} \quad c = 54,800 \text{ t}$$

La ecuación [16] da:

$$Q_1 = \frac{15(-0,433)}{2 \times 0,433^2 + 0,866^2} + \frac{30 \times 0,75}{2 \times 0,75^2} + \frac{150}{3} = \frac{15(-0,433)}{1,125} + \frac{30 \times 0,75}{1,125} + 50$$

$$Q_1 = -5,774 + 20,000 + 50 = 64,226 \text{ t}$$

$$Q_2 = \frac{15 \times 0,866}{1,125} + 50 = 24,226 \text{ t}$$

$$Q_3 = -5,774 - 20,000 + 50 = 24,226 \text{ t}$$

$$a = 13,334 \text{ t/m} \quad b = 26,668 \text{ t/m} \quad c = 50$$

Vemos que los valores de las Q son idénticos a los que nos da la ecuación 9.

Si los pilotes fuesen flotantes, la figura 1 nos da:

$$a = 0,494$$

El programa del apéndice nos da:

$$Q_1 = 64,226 \text{ t} \quad a = 6,747 \text{ t/m}$$

$$Q_2 = 61,547 \text{ t} \quad b = 13,493 \text{ t/m}$$

$$Q_3 = 24,226 \text{ t} \quad c = 99,400 \text{ t}$$

Vemos que las cargas sobre los pilotes son, en este caso, independientes del grado de interacción.

Esto se debe a que cuando hay sólo 3 pilotes las ecuaciones $n+1$, $n+2$ y $n+3$ de la figura 4 (de equilibrio), independientes de los coeficientes de interacción, nos dan Q_1 , Q_2 y Q_3 . Los coeficientes de interacción intervienen en las tres primeras ecuaciones, para hallar a , b y c .

Si existen más de tres pilotes, los coeficientes de interacción influyen, naturalmente, en las cargas sobre los pilotes, según veremos en próximos artículos.

8. CONCLUSIONES

Se indica una solución matricial para hallar la distribución de tensiones y asentos de un grupo de pilotes verticales bajo carga vertical en terreno elástico [ecuación 9].

Se demuestra que la matriz $[\alpha_{ij}]$ es simétrica.

Se adjunta un programa sencillo para resolver la ecuación matricial.

Se muestra que la fórmula [16] usada corrientemente se obtiene como caso particular de la ecuación [9] cuando no hay interacción entre pilotes y los ejes escogidos son los principales de inercia.

Cuando el número de pilotes es menor o igual que 3, los coeficientes de interacción no influyen en las cargas de los pilotes, pero sí en la deformación del grupo en relación con la del pilote individual.

BIBLIOGRAFIA

- JUSTO, J. L. (1990). Informe geotécnico adicional sobre el muelle de Riotinto en Huelva, para la obra de restauración. Informe no publicado. Empresa Municipal de Aguas de Huelva.
- OTEO, C. (1980). Grupos de pilotes verticales. «Geotecnia y Cimientos III. Primera Parte», pp. 353-379.
- PICHUMANI, R. y D'APPOLONIA, E. (1967). Theoretical distribution of loads among the piles in a group. Proc. Third Pan American Conf. Soil Mech. Caracas.
- POULOS, H. G. (1968). Analysis of the settlement of pile groups. Geotechnique, Vol. 18, núm. 3, pp. 351-371.
- POULOS, H. G. y DAVIS, E. H. (1980). Pile Foundation Analysis and Design. Wiley.
- POULOS, H. G. y MATTES, N. S. (1969). Analysis of endbearing and floating pile groups. Research Report No. R115, School of Civil Engineering, University of Sydney.

APENDICE

Programa para resolver la ecuación [9] realizado en una calculadora HP 28S.

Se almacenan:

P en 'P'

M_x en 'MX'

M_y en 'MY'

n en 'N'

$$\left\{ \begin{array}{c} a_{21} \\ \vdots \\ a_{n1} \\ \vdots \\ a_{n,n-1} \\ -x_1 \\ \vdots \\ -x_n \\ -y_1 \\ \vdots \\ -y_n \end{array} \right\} \text{ en 'V'}$$

Programa:

```

«CLEAR          CON
V              ARRAY→
ARRAY→        DROP
DROP          0 SPACE
0 SPACE       DUP
N RCL        2
1            'I' STO
→LIST       N
1 CHS       3+

```

```

IDN          1+
2÷          DUP
DO          M'STO
1          UNTIL
1          N
2          4+
→LIST      SAME
DO          END
DEPTH      DUP
ROLL       TRN
PUT 1      +
UNTIL      1/X
DUP        DUP
LIST→     'INVAL' STO
DROP       N
SAME       1
END        →LIST
DROP       0 CON
1          ARRAY→
1+         DROP
DUP        MX
'I' STO    NEG
UNTIL      MY
N          NEG
4+         P
SAME       NEG
END        N
'N' RCL    3+
1+         1
'M' STO    →LIST
DO          →ARRAY
'M' RCL    DUP
DUP        'F' STO
2          X
→LIST      'Q' STO
0 PUT      ENTER
M          'GRVER' STO

```

El resultado es el vector {Q}.

El programa es cómodo para grupos de pilotes pequeños.

Para grupos de pilotes grandes, la obtención de los coeficientes de interacción y del vector 'V' se realiza más rápidamente por otro procedimiento que se indicará en un próximo artículo.

CON TODA FIRMEZA

Muchos años de trabajo bien hecho y el desarrollo de una tecnología propia, han elevado a COMPOSAN hasta la categoría de empresa líder en el sector de asfaltos y emulsiones.

Una firme carrera de realizaciones, centrada en el desarrollo y puesta a punto de nuevos productos.

COMPOSAN en su filosofía de servicio al cliente colabora con la Administración y Empresas constructoras para, conjuntamente, mejorar la calidad y seguridad de nuestras carreteras.

Una doble garantía para avanzar...con toda firmeza.

Tecnología viva



The COMPOSAN logo, a stylized white swirl, is positioned on the left side of the road. The word "COMPOSAN" is written in large, white, bold, sans-serif capital letters along the length of the road, following its perspective. The road itself is dark green/black with white dashed lines, creating a strong sense of depth and movement.



Nuestra experiencia en este campo nos ha llevado a desarrollar el soporte técnico-informático para desarrollar proyectos, desde el estudio hasta su instalación en vías públicas.



SEÑALES FIBRA ÓPTICA

Entre las ventajas de la utilización de este producto, está la diversidad de información dentro de un mismo soporte. En este modelo se aprecia la posibilidad de utilizar cuatro símbolos en flechas y seis señales de indicación.

Características técnicas:

- Los puntos de luz son sellados herméticamente en el soporte, no siendo necesaria la burbuja de protección de policarbonato, consiguiendo un grado de visibilidad mayor.
- Cajón compacto de gran resistencia a las vibraciones producidas por los vehículos.
- Utilización en temperaturas extremas de -40° a +80° C.
- Mejor reparto de intensidad al subdividirse cada punto luminoso en dos mazos de fibra.
- Una segunda lámpara de encendido, en caso de avería de la principal.
- Regulador automático de intensidad día-noche.
- Grados de visibilidad 21°.
- Rápido mantenimiento, al estar todos los mazos de fibra y lámparas en una parte del cartel.



TRAPULUZ.SA.

FABRICA: POLÍGONO GUADIEL, PARCELA 135, 136, 137
TELÉFONO: (953) 67 29 11 - FAX: (953) 67 23 02
23210 GUARROMAN (JAÉN)

SUCURSAL: C/. VIRGEN DEL PILAR, 41 - BAJO
CERDANYOLA DEL VALLES
TELÉFONO: (93) 580 39 27 - FAX: (93) 580 61 23
08290 BARCELONA

SUCURSAL: CNO, NUEVO DE PATERNA, 32 - BAJO 1
(ANTIGUA) CTRA. DE VALENCIA
TELÉFONO: (96) 348 51 03 - FAX: (96) 348 50 69
46100 BENIFERRI (VALENCIA)