

PROCEDIMIENTO MEJORADO PARA DETERMINAR LA LA REPARTICION DE REACCIONES DE FUNDACION

Paloto, Juan Carlos; Santos, Roberto Dardo; Orbanich, Claudio

Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur
Avda. Alem 1253 - 8000 Bahía Blanca - Argentina
e-mail: rdsantos@criba.edu.ar

RESUMEN

Para evaluar la capacidad de soporte con que deben responder los elementos componentes de un sistema de platea de fundación, inicialmente se plantea el problema en diferencias finitas. Luego se debe desarrollar un sistema numérico computacional que permita la rápida obtención de los porcentuales de reacción en las partes previstas.

Con ese fin y contando con los parámetros adimensionales ya definidos N según condiciones de suelo y predimensionado y de α que representa una condición de desplazamiento final de las vigas de borde, se ha mejorado un procedimiento programado ahora en base a Matlab 5.3, que permite la generalización de los resultados porcentuales de reacción con sólo imponer la relación entre las medidas de los lados, para las plateas rectangulares, y el tipo de carga aplicada considerado.

De esta manera se posibilita la caracterización del comportamiento de este tipo estructural y la anticipación de resultados para todas las pruebas convenientes de diseño.

El planteo del problema se realiza escribiéndolo en forma matemática, siendo cada elemento matemático básico una matriz, no requiriendo la misma dimensionado previo.

ABSTRACT

To evaluate the support capacity of a foundation device elements the finite difference method is employed initially.

Then, a numerical computational system must be developed to provide the reaction percentage quickly. With such an object a programed procedure using MATLAB 5.3 was applied taking account defined parameters N of soil conditions and structure dimensioning, and α for final beam settlement condition.

Thus the results in percentages of reactions are generalizer by only imposing the size ratio in rectangular plates and the type of load considered.

In this way the behavior characterization of the structural type and the results anticipation are possible for all necessary design proofs.

The state of the problem is realized by writting it in mathematical form, being each mathematical basic element a matrix without previous dimensioning.

INTRODUCCIÓN

Para el caso de platea sobre fundación elástica se han desarrollado estudios para cuando esta se completa en un diseño que comprende la existencia de vigas en los bordes.[1] [2]

Con esta perspectiva y de acuerdo a las características del suelo de fundación y las cargas aplicadas será necesario contar rápidamente con un resultado que permita envaluar a su vez el diseño y dimensionado de las vigas.

Sin dudas, del mismo será consecuencia el comportamiento de la platea que estará soportada por el suelo de contacto y por las vigas de bordes.

Como ya se estableciera en trabajos anteriores, el comportamiento de la platea puede caracterizarse en base a la definición de dos parámetros adimensionales N y α definidos con ese objetivo.

No obstante los resultados ya obtenidos, el método utilizado para la resolución de una etapa inicial puede mejorarse de acuerdo con nuevas alternativas de programa de manera de acelerar la generalización del análisis al menos para la forma establecida para la planta a cubrir por la platea.

En el trabajo presente se logra una mejora sustancial en el procedimiento aplicado para casos de plateas rectangulares con relación de lados prevista.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y DEFINICIONES

El problema de platea o placa de fundación sobre subrasante elástica lineal tiene por ecuación de gobierno la expresión

$$\nabla^2 \nabla^2 w = \frac{1}{D} [q - k \cdot (w + w_0)] \quad (1)$$

siendo $w(x,y)$ la función de asentamientos o "elástica"

$q(x,y)$ la carga distribuida aplicada

k : módulo de reacción de la subrasante

D : rigidez a la flexión de la placa

w_0 : asentamiento en los bordes de la platea

Como base del procedimiento de resolución, se ha tomado esta expresión desarrollada en diferencias finitas con referencia a una malla cuadrada de brazo s

Para resolver los valores w_i de la función $w(x,y)$ en los nudos de la misma. Figura 1

Así la expresión toma la forma

$$\nabla^2 \nabla^2 w_i = \frac{1}{D} \cdot s^4 [q - k \cdot (w_i + w_0)] \quad (2)$$

siendo s el brazo de malla adoptado

$$\nabla^2 \nabla^2 w_i = \frac{q \cdot s^4}{D} - \frac{k \cdot s^4}{D} \cdot w_i - \frac{k \cdot s^4}{D} \cdot w_0 \quad (3)$$

Para la resolución de esta expresión se ha propuesto la definición de dos factores adimensionales que permiten generalizar los resultados para los fines prácticos buscados.

Así, para imponer un valor uniforme de asentamiento final en los bordes, se lo expresa como función del valor límite q/k definiéndose $w_0 = \alpha \cdot q/k$ con α factor de asentamiento final en el borde.

También resulta adimensional definir un factor $N = \frac{k \cdot s^4}{D}$ como factor de

reacción relativa de soporte de la subrasante.

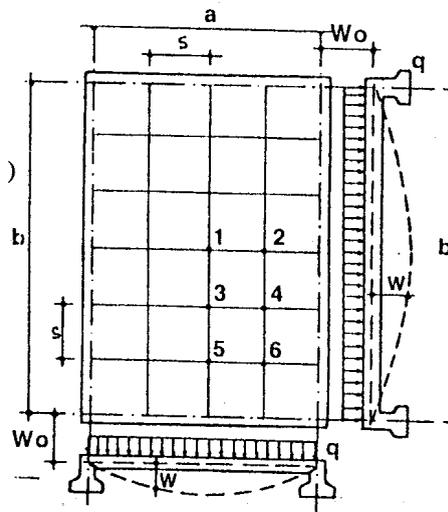


Figura 1. Esquema de dispositivo

En base a estas definiciones, la expresión

$$\begin{aligned} \text{se modifica en } \nabla^2 \nabla^2 w_i + N. w_i &= q. \frac{s^4}{D} - \frac{k. s^4}{D}. w_0 = \\ &= q. \frac{s^4}{D} - \frac{k. s^4}{D} \alpha. \frac{q}{k} = q. \frac{s^4}{D} (1 - \alpha) \\ \nabla^2 \nabla^2 w_i + N. w_i &= N(q/k) \cdot (1 - \alpha) \quad (4) \end{aligned}$$

de este sistema en diferencias finitas se van a obtener como resultados los valores

$$w_i = \Omega_i \cdot N(q/k) \cdot (1 - \alpha) \quad \text{con } \Omega_i \text{ el valor numérico [3] [4]}$$

Naturalmente que la interpretación de esta expresión se simplifica cuando q y k son constantes tal como se van a considerar en esta aplicación.

En la determinación de los valores w_i deben considerarse las condiciones de borde de la platea. Para el diseño presentado las condiciones serán de apoyo simple en los cuatro lados imponiendo valor $w_i = 0$ en los mismos. Es decir que los valores w_i son relativos al nivel de la viga de borde.

PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN . PROGRAMA

El resultado inicial buscado para el estudio del problema es el porcentaje de reacción de soporte que toman la platea y las vigas según las condiciones impuestas.

Para evaluar las pruebas de diseño y dimensionado de acuerdo con ese resultado, resultan útiles los factores adimensionales α y N que pasan a considerarse parámetros característicos del problema.

Así, para una relación dada entre medidas de los lados una vez obtenidos los valores w_i de la platea, se procede a evaluar la reacción de soporte R_p en la misma teniendo en cuenta el asentamiento total $w_{i0} = w_i + w_0$ como valor final con respecto a una cota superior inicial.

Para ello se debe calcular la expresión

$$R_p = \int_0^a \int_0^b k \cdot (w_{i0}) \cdot dx \cdot dy \quad (5)$$

de acuerdo con el significado del módulo k .

En el caso de k cte. la expresión (5) implica determinar el volumen de los asentamientos. Una vez obtenido R_p se pueden expresar porcentajes con respecto al total de carga aplicado y por diferencia obtener el porcentaje de reacción R_v que deben tomar las vigas.

De manera que según el fundamento teórico mencionado la obtención del resultado buscado comprende la resolución del sistema (4) y de la expresión (5).

Mediante el uso de MATLAB 5.3 se consigue la solución para la relación de medidas impuesta con un programa completo en base a la consideración matricial de cada elemento matemático básico.

Para ello los programas desarrollados nos dan como resultado los porcentajes de cargas que toma la placa y permiten variar la matriz de los operadores y de los términos independientes, lo que hace más rápida la obtención de los resultados.

Consisten en:

Primera Parte: Ingreso por teclado de los datos necesarios para el cálculo (s, q)

- Segunda Parte: Mediante ciclos FOR, se generan para cada N y para cada α la matriz A y B, donde la matriz A es la matriz de los operadores del sistema que está en función de N y la matriz B es la de los términos independientes.
- Tercera Parte: Dentro de los ciclos FOR opero una función de Matlab para resolver el sistema de ecuaciones determinando así los desplazamientos para cada punto de la placa, correspondientes a cada N y a cada ρ dados.
- Cuarta Parte: Se halla el volumen del diagrama de deformaciones programando el método de Simpson:
- se guardan en un vector j las superficies transversales de cada línea y luego se aplica nuevamente Simpson.
 - al volumen obtenido se le suma el descenso debido al apoyo p
- Quinta Parte: Se calcula la reacción de la platea y la carga total q.a.b y se halla el porcentaje que toma la placa.

Function g=m32qc

```

disp('Relación de lados 3/2')
disp('Carga constante y Coeficiente de Balasto constante')
disp('b = s * a')
s = input('ingrese el valor de s(cm):')
q = input('ingrese el valor de q(kg/cm^2):')
k = input('ingrese el valor de los coeficientes de balasto k(kg/cm^2/cm):')
mm = input('ingrese el valor final de N:')
disp('La luz del lado menor es (cm):')
b = 6 * s
disp('Cálculo de los desplazamientos (cm)')
for n = 0.2:0.2: mm
    for p = 0:0.2:0.8
        n
        p
        A = [20+n-16-16 8 2 0;-8 20+n 4-16 0 2;-8 4 21+n-16 -84;
            2 -8 -8 21+n 2 -8; 1 0 -8 4 19+n -16; 0 1 2 -8 -8 21 + n ];
        B = [n * (1-p); n * (1-p); n * (1-p); n * (1-p); n*(1-p);n*(1-p)];
        disp('Matriz de los desplazamientos función de q/k')
        w = A\B
        j(1) = 2*s/3*(w(1)+4*w(2));
        j(2) = 2*s/3*(w(3)+4*w(4));
        j(3) = 2*s/3*(w(5)+4*w(6));
        disp('El volumen del diagrama de deformaciones en función de q/k es (cm^3):')
        vol = s/3*(4*j(1)+4*j(2)+8*j(3))
        disp('El volumen total del diagrama de deformaciones teniendo en cuenta w0
        en función de q/k es (cm^3):')
        vol1 = vol + p
        rp = vol * q/k *k/1000 + p * a * b * q/k * k/1000;
        rq = a * b * q/1000;
        rv = rq - rp;
        disp('Porcentaje de carga que toma la placa(%de q*a*b):')
        placa = rp * 100/rq
        viga = rv * 100 / rq;
        pause
    end
end
pause
end

```

A continuación se presentan las tablas correspondientes a los resultados de las placas rectangulares de relaciones 1,333 ; 1,000 ; 1,500

TABLA 1: Valores para la placa de relación 1,333

N	0,2		0,4		0,6		0,8		1	
α	Rp%	Rv%								
0,0	34,53	65,47	45,60	54,40	51,27	48,73	54,82	45,18	57,32	42,68
0,2	47,62	52,38	56,48	43,52	61,01	38,99	63,86	36,14	65,86	34,14
0,4	60,72	39,28	67,35	32,65	70,76	29,24	72,89	27,11	74,39	25,61
0,6	73,81	26,19	78,24	21,76	80,51	19,49	81,93	18,07	82,93	17,07
0,8	86,91	13,09	89,12	10,88	90,25	9,75	90,96	9,04	91,46	8,54

TABLA 2: Valores para la placa de relación 1,000

N	0,20		0,40		0,60		0,80		1,00	
α	Rp%	Rv%								
0,0	39,55	60,45	49,87	50,13	55,00	45,00	58,24	41,76	60,54	39,46
0,2	51,64	48,36	59,90	40,10	64,00	36,00	66,59	33,41	68,43	31,57
0,4	63,73	36,27	69,92	30,08	73,00	27,00	79,94	25,06	76,33	23,67
0,6	75,82	24,18	79,95	20,05	82,00	18,00	83,30	16,70	84,22	15,78
0,8	87,91	12,09	89,97	10,03	91,01	8,99	91,65	8,35	92,11	7,89

TABLA 3: Valores para la placa de relación 1,500

N	0,20		0,40		0,60		0,80		1,00	
α	Rp%	Rv%								
0,0	11,15	88,85	18,87	81,13	24,55	75,45	28,93	71,07	32,42	67,58
0,2	28,91	71,09	35,09	64,91	39,64	60,36	43,15	56,85	45,94	54,06
0,4	46,69	53,31	61,32	38,68	54,73	45,27	57,36	42,64	59,45	40,55
0,6	64,45	35,55	67,55	32,45	69,82	30,18	71,57	28,43	72,97	27,03
0,8	82,23	17,77	83,77	16,23	84,91	15,09	85,79	14,21	86,48	13,52

El uso directo de estos resultados permite prever el comportamiento del dispositivo de fundación según los parámetros considerados.

Sin embargo, de acuerdo con el criterio del calculista, los valores obtenidos pueden ser mejor utilizados si se expresan con una disposición diferente.

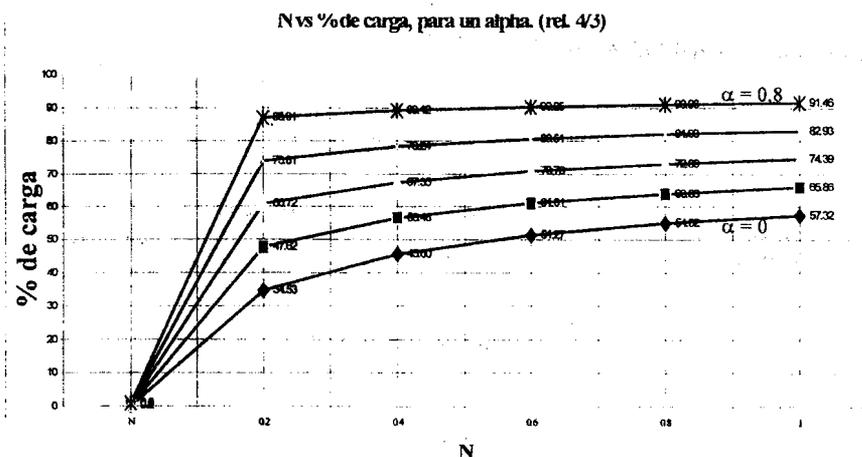


Figura 2 . Gráficos para alfa 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8

Por ejemplo, si se toma como condición principal el valor de α para el asentamiento final w_0 del borde, para cada valor previsto se puede graficar la relación entre valores porcentuales de reacción absorbida por la placa versus los valores

correspondientes del parámetro N.

Para el caso de una placa de relación de lados 4/3 se muestra el gráfico de la figura 2.

CONCLUSIONES

Se ha mejorado el desarrollo computacional de un método numérico de aplicación general para obtener resultados en problemas de estructuras de fundación.

Con el método se tiene la posibilidad de caracterizar el comportamiento a través del porcentaje de repartición de las reacciones en platea y vigas, tomado como efecto determinante para el dispositivo estructural.

La representación final de los resultados puede adaptarse a distintos criterios adoptados para el planteo del problema.

Además, al haberse compactado el desarrollo del proceso numérico, se cuenta con un programa más adecuado para aplicaciones en dispositivos estructurales similares pero apoyados sobre suelo de reacción no lineal, instrumentándose procedimientos de iteración.

REFERENCIAS

- [1] .Paloto, J.C., Santos, R.D., Dominguez, P. : "Predeterminación de la repartición de las reacciones en un dispositivo de platea de fundación". Congreso de Ingeniería 2000, Bs.As. Set. 2000, en C.D., trabajo N° 49.
- [2] .Paloto, J.C., Santos, R.D.: "Sobre la capacidad de soporte en fundaciones según el tipo de reacción del suelo". XXIX Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural, Punta del Este, Octubre 2000, Vol. I, pág. 147 y en C.D. trabajo N° 1. 10. 3.
- [3] .Paloto, J.C., Santos R.D.: "Estudio de plateas de fundación mediante métodos numéricos" X Enief. Mecánica Computacional, Vol XVIII, Bariloche, Nov. 1997, pp 415 - 420.
- [4] .Paloto, J.C., Santos R.D.: "Distribución de las reacciones en plateas de fundación bajo carga variable" MECOM '99, AMCA, Mendoza, Setiembre 1999, pp. 107 y C.D.