

• FÓRMULAS DE HINCA.

Cuando un pilote resistente por la punta encuentra un estrato firme, la resistencia a la penetración crece abruptamente. En general, cuanto mayor es este aumento, mayor es la resistencia por la punta del pilote. Esta observación ha conducido a diversos intentos de encontrar la relación entre la carga de hundimiento de un pilote y la resistencia a la penetración inmediatamente antes de detener la hincia. Los resultados se conocen con el nombre de “fórmulas de hincia”.

La carga de hundimiento, Q_r , de un pilote resistente por la punta puede, bajo ciertas circunstancias, ser aproximadamente igual a la resistencia Q_d del suelo frente a la penetración rápida del pilote bajo el impacto de la maza del martinete.

Hay al menos la posibilidad teórica de estimar Q_d , conocida como “resistencia dinámica”, a partir de la penetración media, s , del pilote bajo los últimos golpes de la maza, si se conocen el peso W de la maza y la altura de caída H . Por ello se han hecho muchos esfuerzos para calcular la carga de hundimiento basándose en esta información.

A continuación se esbozan los principios fundamentales en los que se basan las fórmulas de hincia.

La energía potencial de la maza que va a caer es:

$$E_a = W \cdot H$$

El trabajo, E_2 , necesario para vencer la resistencia a la penetración del pilote en la distancia s es:

$$E_2 = Q_d \cdot s$$

Si toda la energía E_a se pudiese emplear en hacer penetrar el pilote sería:

$$W \cdot H = Q_d \cdot s$$

O sea:

$$(4.1)$$

Esta es la fórmula de Sanders, publicada alrededor de 1850. Los valores de Q_d obtenidos son demasiados elevados, porque parte de la energía de la maza que cae se convierte en calor y en deformaciones elásticas.

En primer lugar una parte de la energía E_0 se pierde por fricción en las guías y/o resistencia del viento. Por ello, hay que multiplicar la ecuación por un “coeficiente de eficacia” $\hat{I}$, para hallar la energía, E_1 , de la maza en el momento de golpear la cabeza del pilote.

$$E_1 = \hat{I} \cdot W \cdot H$$

Si se supone que toda la pérdida de energía a partir del momento del impacto corresponde a energía elástica, tenemos:

$$(4.2)$$

Siendo s la deformación elástica.

La ecuación 4.2 nos da:

(4.3)

La “fórmula danesa” cae en la paradoja de hallarse suponiendo que toda la energía del impacto se consume en compresión elástica del pilote:

(4.4)

La fórmula de Janbu es ligeramente más refinada, pues tiene en cuenta la influencia que tiene en la eficacia de la hincada la relación entre el peso de la maza y el peso del pilote, de la que hemos hablado con anterioridad. La fórmula es:

(4.9)

Siendo:

(4.10)

(4.11)

Siendo W_p el peso del pilote; se viene dado por la ecuación:

(4.6)

Estudios estadísticos indican que la fórmula de Janbu deberá usarse con un coeficiente de seguridad de cálculo de 3, con lo cual el coeficiente de seguridad real no es probable que sea inferior a 1.75 ni mayor que 4.4.

Jiménez Salas (1980) señala que la NTE CPP ha elegido esta fórmula, pero la ha transformado despejando de ella el rechazo necesario para que se alcancen en el hormigón tensiones medias de trabajo (con un coeficiente de seguridad de 3) de 35, 65, 95 y 125 kp/cm² respectivamente. Este rechazo es:

(4.12)

Siendo:

$$\hat{I} = 0.55$$

$$\hat{P} = \text{peso específico del hormigón} = 2.5 \text{ t/m}^3.$$

$$\hat{\sigma}_a = \text{tensión de trabajo del hormigón.}$$

$$E = \text{módulo de elasticidad del hormigón.}$$

$$E = 3.5 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2 \text{ para } \hat{\sigma}_a = 350 \text{ y } 650 \text{ t/m}^2$$

$$E = 4 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2 \text{ para } \hat{\sigma}_a = 950 \text{ y } 1250 \text{ t/m}^2.$$

En la NTE CPP, r/L (s/L en la ecuación 4.12) está tabulado en función de $l/\hat{I}$ (en las normas publicadas por el INCE en 1984 hay una importante errata, pues en la tabla figura $\hat{I}$ en lugar de $l/\hat{I}$), $\hat{\sigma}_a$ y E , ya que la ecuación 4.12 toma la forma:

(4.13)

En esta fórmula H debe expresarse en metros, $\dot{I}$ en m/s y E en t/m^2 .

En los valores de s/L que da la norma, s está expresado en milímetros y L en metros, y además el valor de s que da la NTE CPP es para una andanada de 10 golpes, por lo cual el valor del rechazo de la norma es el de la ecuación multiplicado por 10.

Para mazas de doble efecto o Diesel se adoptará una altura de caída equivalente igual a la energía de la maza por golpe, dividida por el peso de sus partes móviles.

Una de las fórmulas más antiguas es la fórmula del Engineering News:

(4.14)

Siendo:

Q_a Carga admisible del pilote.

W Peso de la maza.

H Altura de caída (cm).

s Penetración o “rechazo” por golpe.

C 2.5 cm para martinete mecánico y 0.25 cm para martinete de vapor.

La fórmula del Engineering News supone un coeficiente de seguridad de 6 (v. ecuación 64). Tiene la estructura de la ecuación 52, pero con un coeficiente de eficacia de 1 y con un valor constante para la deformación elástica (dependiente sólo del tipo de martinete).

• FÓRMULAS SEMIEMPÍRICAS DE ASIENTO.

Algunos autores han establecido fórmulas sencillas para hallar el asiento de un pilote aislado. Así, por ejemplo, Meyerhof (1959) presenta, para arenas, la ecuación:

(3.1)

Siendo s_c el asiento en cabeza.

Tema 23: FÓRMULAS DINÁMICAS

1

4

MECÁNICA DEL SUELO