

MEMORIA DE CALCULO DE
PANTALLA DE
MICROPILOTES

OBRA: 15 Viviendas, Locales Comerciales,
Trasteros y Garaje .

SITUACION: C/Santa Isabel. Estación Linares-Baeza.

FECHA: JULIO 2.014

INDICE DE LA MEMORÍA DE CALCULO:

1.	
Antecedentes.....	
1	
2.Objetivos.....	
....3	
3.Calculos de muro	
pantalla.....	3
3.1.Módulo de	
cálculo.....	3
3.2	
Empujes.....	4
3.3 Dimensionado de pantallas de	
micropilotes.....	10
4.Cálculo de anclajes	
provisionales.....	11
ANEXOS DE	
CALCULO.....	14
5. Ejecución de la	
pantalla.....	51
ANEXOS DE	
FOTOGRAFÍAS.....	57

MEMORIA

1. ANTECEDENTES.

Como trabajo de Fin de Grado en Tecnologías Mineras, se redacta la presente "Memoria de Cálculo de una Pantalla de Micropilotes", correspondiente a la obra de un bloque de pisos en la Estación de Linares Baeza.

2. OBJETIVOS.

La memoria tiene como objeto:

1. Dimensionar pantalla de micropilotes y anclajes provisionales.
2. Servir de documento para la ejecución de los mismos

3. CALCULO DE PANTALLA DE MICROPILOTES.

3.1. MODELO DE CALCULO.

El modelo de cálculo empleado consiste en una barra vertical cuyas características mecánicas se obtienen por metro transversal de pantalla. Sobre dicha pantalla actúan: el terreno, tanto en el trasdós como en el intradós, las cargas sobre el terreno, los elementos de contención lateral como puntales, anclajes activos y anclajes pasivos, los elementos constructivos como son los forjados y las cargas aplicadas en la coronación.

La introducción de elementos de sostenimiento como puntales, anclajes activos y anclajes pasivos introducen condiciones de contorno a la pantalla que se materializan a través de muelles de rigidez igual a la rigidez axial del elemento.

Cuando se introduce un estrato de roca, el programa considera que la pantalla se encuentra empotrada si ésta se introduce una longitud mayor o igual a dos veces el espesor de la pantalla. Entre 20 cm y dos veces el espesor se considera que la pantalla apoya en dicho estrato, es decir, se permite el giro, pero no el desplazamiento en ese punto.

La discretización de la pantalla se realiza cada 25 cm, obteniendo para cada punto el diagrama de comportamiento del terreno. Además, se añaden sobre la misma los puntos en los cuales se sitúan las coacciones laterales.

La memoria de cálculo de las pantallas de micropilotes se adjuntan en su anexo

correspondiente.

Se adjuntan en Anexo al final los resultados más significativos de los cálculos realizados.

3.2. EMPUJES.

Los empujes que sobre la pantalla realiza el terreno dependen de los desplazamientos de ésta. Para tener en cuenta esta interacción se utilizan unos diagramas de comportamiento del terreno como el representado en la figura siguiente:

Los puntos significativos de la gráfica, e_a , e_p y e_o , son los conocidos empuje activo, pasivo y reposo respectivamente. Los desplazamientos límite activo y pasivo se representan por $\bullet a$ y $\bullet p$. Estos desplazamientos se obtienen a través de los módulos de balasto activo y pasivo introducidos por el usuario.

El programa calcula los coeficientes de empuje según la siguiente formulación:

- Empuje al reposo: fórmula de Jaky
- Empuje activo: fórmula de Coulomb
- Empuje pasivo: fórmula de Rankine

4

Los empujes sobre un muro podrán ser de los tipos siguientes:

Empuje activo. El terreno empuja al muro permitiéndose las suficientes deformaciones en la dirección del empuje para llevar al terreno a su estado de rotura. Es el caso habitual cuando se desarrolla una ,acción' del terreno.

Empuje al reposo. El terreno empuja pero el muro no sufre apenas deformaciones, es decir, son nulas o despreciables. El valor del empuje es mayor que el activo.

Empuje pasivo. Cuando el muro se desplaza contra el terreno, lo comprime y éste reacciona. Es siempre una ,reacción'. Su valor es mucho mayor que el activo.

Los parámetros que caracterizan un relleno son los siguientes:

Ángulo de talud (β). Se expresa en grados sexagesimales respecto a la horizontal. Su límite es el ángulo de rozamiento interno.

Densidad aparente (γ). También llamada densidad seca.

Densidad sumergida: (γ'). Densidad del terreno sumergido por debajo del nivel

freático.

es el Ángulo de rozamiento interno (φ). Característica intrínseca del terreno, que

ángulo máximo de talud natural sin desmoronarse.

Evacuación por drenaje (sólo en muros ménsula y de sótano). Expresado en %, permite considerar la presencia de aguas infiltradas en el relleno que aumentan los empujes como una fracción adicional de empuje hidrostático y la densidad del terreno parcialmente saturado. Un valor X% producirá un empuje hidrostático de $(100 - x)$ % y un empuje del terreno teniendo en cuenta el siguiente peso específico:

Se considera que esta agua infiltrada se encuentra en toda la altura del muro.

Porcentaje de empuje pasivo (sólo en muros ménsula y de sótano). Expresado en % sobre el valor del empuje pasivo.

Cota de empuje pasivo (sólo en muros ménsula y de sótano). Cota por debajo de la cual se considera empuje pasivo (0 por defecto, luego sólo actuará en la zapata, si se considera empuje pasivo).

Roca. Activada esta opción, le permite definir un estrato rocoso, en cuyo caso hay

que dar como dato la cota a la que aparece, que debe ser inferior a la del relleno. De la cota de roca hacia abajo se anulan los empujes del relleno, pero no los hidrostáticos si los hay.

Nivel freático. Por encima de dicho nivel el relleno se considera con su densidad aparente y o bien con la densidad del terreno parcialmente saturado si el porcentaje de evacuación es menor del 100%, y por debajo con la densidad sumergida γ' , adicionando el empuje hidrostático para obtener la ley de empujes.

Cálculo del empuje activo:

El empuje activo se resuelve aplicando la teoría de Coulomb.

Los valores de la presión horizontal y vertical en un punto del trasdós situado a una profundidad z se calculan como:

siendo:

En el caso de considerarse la cohesión del terreno:

Cálculo del empuje pasivo:

El cálculo del empuje pasivo es similar al cálculo del empuje activo. Basta con cambiar en las fórmulas anteriores el signo del ángulo de rozamiento interno del terreno.

Además, en el caso de considerarse la cohesión del terreno:

Cálculo del empuje al reposo:

El empuje al reposo se resuelve aplicando la teoría de Jaky.

Se calcula como:

En el caso de existir talud del terreno se sigue la formulación complementaria del Corps of Engineers, 1961.

Empujes de cargas situadas sobre el terreno.

Empujes producidos por una sobrecarga uniformemente repartida:

Se aplica el método de Coulomb, donde la presión horizontal y vertical producida por una sobrecarga uniformemente repartida vale:

7

Empujes producidos por una carga en banda paralela a la coronación:

La presión horizontal que produce una sobrecarga en banda para el caso de trasdós vertical y terreno horizontal siguiendo la Teoría de la Elasticidad vale:

Empujes producidos por una carga en línea paralela a la coronación:

Se ha empleado el método basado en la Teoría de la Elasticidad. La presión horizontal que produce una sobrecarga en línea q para el caso de trasdós vertical y terreno horizontal se tiene.

Empujes producidos por una carga puntual o concentrada en áreas reducidas (zapatas):

Se ha empleado el método basado en la Teoría de la Elasticidad. El empuje horizontal que produce una sobrecarga puntual para el caso de trasdós vertical y terreno horizontal se tiene:

8

Los valores del módulo de balasto, como cualquier parámetro geotécnico, son de difícil estimación. En el programa se dan unos valores orientativos de algunos tipos de terrenos, pero se recomienda acudir a literatura especializada y recurrir a ensayos empíricos de placa de carga para mayor precisión. Normalmente, si se ha hecho un estudio geotécnico, éste le debe proporcionar el valor exacto de este módulo para las dimensiones que va a tener la pantalla.

Estos módulos de balasto vienen a representar la rigidez del terreno en un punto, y puede ser diferente según el sentido del desplazamiento.

Además, puesto que la rigidez del terreno suele aumentar con la profundidad, puede considerarse una variación lineal de la misma que el usuario introduce a través del parámetro conocido como gradiente del módulo de balasto, que no es más que el incremento de dicho módulo por metro de profundidad.

En dicho diagrama se considera que el terreno se comporta plásticamente, de manera que entre una fase y la siguiente se actualiza el diagrama como se muestra en la figura, donde δ_{ant} es el desplazamiento de la fase anterior:

Si la pantalla continúa desplazándose a la derecha se obtiene un punto que se mueve por la rama de carga mientras que si cambia el sentido de su desplazamiento el empuje variará según la rama de descarga que pasa por el punto inicial.

En los puntos de la pantalla donde existe terreno tanto en el trasdós como en el intradós el diagrama de comportamiento empleado se obtiene como suma de los diagramas correspondientes a la profundidad en uno y otro lado de la pantalla.

3.3. DIMENSIONAMIENTO DE PANTALLAS DE MICROPILOTES.

Las pantallas de micropilotes son elementos cilíndricos, perforados in situ, armados con tubería de acero e inyectado con lechada o mortero de cemento, y cuyos diámetros no superan normalmente los 30 cm. Se define el diámetro exterior o diámetro de la excavación, y el programa dimensiona el tubo cilíndrico de acero definible en biblioteca.

El dimensionado del micropilote se realiza en flexión-compresión esviada. Para el cálculo de la sección de hormigón en estados límites últimos se emplean el método de la parábola-rectángulo, con los diagramas tensión-deformación del hormigón y del acero. A partir de la serie del perfil seleccionado para la obra, se comprueban de forma secuencial creciente todos los perfiles de la serie. Se establece la compatibilidad de esfuerzos y deformaciones y se comprueba que no se superan las tensiones del hormigón y del acero ni sus límites de deformación. Se considera la excentricidad mínima o accidental, así como la excentricidad adicional de pandeo según la norma, limitando el valor de la esbeltez mecánica, de acuerdo a lo indicado en la norma.

La longitud de pandeo considerada es la libre en cada fase, teniendo en cuenta que la parte enterrada totalmente se considera que no puede pandear, o bien la distancia entre puntos de momento nulo (cuando existen forjados, puntales, etc., que produzcan inflexiones en la ley de

momentos flectores).

El dimensionado máximo del tubo circular estará limitado por el diámetro del micropilote.

4. CALCULO DE ANCLAJES PROVISIONALES.

Un anclaje provisional de cables se divide en tres partes fundamentales:

1. La cabeza, que es la parte vista del mismo, y tiene como misión transferir el esfuerzo del anclaje al muro, al muro pantalla o viga de arriostamiento de la pantalla de micropilotes, según el caso. Consta de varias piezas, entre las que destacan la placa de anclaje o transferencia, las cuñas de anclaje y un trozo de cables de aproximadamente 40 cm que sobresalen de las cuñas.
2. La longitud libre, que es la zona de cable que no se inyecta y permanece en libre dilatación al tesar los cables, es la unión entre la cabeza que conecta con el muro y la parte del anclaje que se adhiere al terreno.
3. La longitud de bulbo, que es la zona del anclaje que tiene por misión unir el cable al terreno que ofrece la resistencia al arrancamiento, es por tanto la zona de verdadero anclaje al suelo estable, el que absorbe la reacción que el cable transmite a la acción que ejerce el muro contra la cabeza.

El método de cálculo adoptado para anclajes provisionales, siempre y cuando no existan ensayos específicos, es el publicado por el Doctor Ingeniero ENPC, Michel Bustamante en 1.985, que es reconocido en el sector por su acreditada solvencia.

En cuanto a la cabeza de anclaje se utilizarán las que suministren las marcas acreditadas para las prescripciones que se indican de tipo de anclaje u tensión de los cables.

La longitud libre del anclaje será el mayor de los dos valores que resultan de calcular la longitud de cable necesaria para llegar desde la cabeza de anclaje hasta la zona del terreno con suficiente capacidad para resistir anclaje que obtenemos del estudio geotécnico y la longitud necesaria para que el cable salga de la cuña de deslizamiento que calculamos con el método propuesto por J.M. Rodríguez Ortiz en la publicación del COAM de diciembre de 1.993.

Para la longitud de bulbo, siguiendo el método de Bustamante, método que se basó en el ensayo de numerosos anclajes y micropilotes y se refiere a las categorías de inyección IGU (una fase única) o IRS (varias fases).

La carga límite de un micropilote (como la de un pilote) a compresión vale:

$$Q_L = Q_P + Q_S$$

Donde:

Q_L , carga límite en cabeza

Q_P , resistencia por la punta límite

Q_S , resistencia límite por el fuste

donde para cada capa i

D_i , diámetro medio real ($D_i = \alpha D_{ni}$)

L_i , longitud de la capa

q_{si} , resistencia unitaria por el fuste

El diámetro real puede estimarse multiplicando el diámetro nominal de perforación por un coeficiente de mayoración α . Los valores de la resistencia unitaria por el fuste q_s se toman de unos gráficos desarrollados experimentalmente para distintos tipos de terrenos en función

del número de golpes del ensayo de penetración SPT.

Para poder aplicar el método de BUSTAMANTE es preciso que efectivamente se realice una inyección a presión y que los volúmenes de lechada inyectada V_i excedan de los volúmenes teóricos del bulbo previsto V_s .

Debe inyectarse entre un 50% un 100% más sobre el volumen teórico para compensar las pérdidas de lechada por exudación en el terreno, las pérdidas ligadas a la técnica de inyección y para poder tratar el suelo en la inmediata periferia del bulbo.

En cuanto a la resistencia por la punta puede calcularse por métodos convencionales o puede calcularse por la regla simplificada:

$$Q_P = 0.15 Q_S$$

El coeficiente de seguridad propuesto por BUSTAMANTE es 2 en todos los casos aunque puede admitirse una reducción del 10% en micropilotes provisionales sometidos a compresión.

La carga límite a tracción valdría $Q_L = Q_S$

Que es la fórmula también para anclajes.

Para determinar el anclaje necesitamos detallar:

La sección de acero de las armaduras, S_a (tipo de anclaje)

La longitud libre, LL : Es la longitud suficiente para delimitar un volumen de suelo, que, asociado a la obra, no corre ningún riesgo de ruptura del conjunto. Esta se estudia teniendo en cuenta el deslizamiento de las contenciones como hemos dicho antes.

La longitud de sellado, LS : Es la longitud que se obtiene del método.

Así pues, la longitud total del anclaje es: $L = LL + LS$

5. Disposición final:

Para que conste y surta efecto donde proceda, se firma la presente memoria de cálculo de en la Estación de Linares-Baeza.

El Ingeniero de Minas.

Andrés Palomares Martínez

