

9 Anclajes al terreno

9.1 Definiciones y tipologías

- 1 A efectos de este D.B este capítulo es de aplicación en el cálculo de anclajes provisionales y permanentes para:
 - a) sostenimiento de estructuras de contención;
 - b) estabilización de laderas, cortes de excavación o galerías;
 - c) resistencia a subpresión en estructuras con transmisión de reacción de tracción a una formación resistente, suelo o roca.
- 2 Se incluyen:
 - a) anclajes pretensados, constituidos por una cabeza de transmisión, una longitud libre y una longitud de sellado por inyección al terreno;
 - b) tirantes no pretensados, constituidos por una cabeza de transmisión, una longitud libre y un sistema de fijación al terreno (por inyección, sellado con resina o placa de anclaje).
- 3 Quedan excluidos los bulones o sistemas de claveteo del terreno.
- 4 Se considerarán anclajes permanentes aquellos con un periodo de vida útil superior a dos años.
- 5 En las pruebas de carga sobre anclajes se diferencia:
 - a) ensayo de aceptación: prueba de carga in situ para confirmar que cada anclaje cumple las condiciones previstas en el proyecto;
 - b) ensayo de adecuación: prueba de carga in situ destinada a confirmar que el tipo de anclaje correspondiente se adecua a las condiciones particulares del terreno existente;
 - c) ensayo de investigación: prueba de carga in situ destinada a establecer el estado límite último de un anclaje instalado por un procedimiento determinado en el terreno en estudio, así como el comportamiento del anclaje en el intervalo de cargas previsto en servicio.

9.2 Acciones a considerar y datos geométricos

- 1 Al establecer las situaciones en el proyecto deben considerarse:
 - a) todas las fases de construcción y las posibles situaciones de sollicitación a lo largo de la vida de la obra;
 - b) la situación del nivel freático y las presiones intersticiales en acuíferos confinados.
 - c) las posibles consecuencias de la rotura de cualquier anclaje.
 - d) la posibilidad de que las fuerzas de pretensado de los anclajes excedan a las sollicitaciones previstas para la estructura.
 - e) la fuerza de pretensado del anclaje, P , se considerará como acción desfavorable para el cálculo del anclaje.
 - f) la resistencia característica, $R_{a,k}$, del anclaje se determinará en base a ensayos de adecuación o a partir de experiencia contrastable.
 - g) la resistencia de cálculo, $R_{a,d}$, se comprobará mediante ensayos de aceptación después de la ejecución.
 - h) las medidas oportunas para evitar la corrosión. A estos efectos se considerarán válidas las condiciones frente a la corrosión definidas en la norma UNE EN-1537:2001.
- 2 El efecto de las acciones sobre el anclaje, E_d , se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$E_d = \gamma_E \cdot P_N \quad (9.1)$$

siendo

- γ_E el coeficiente de mayoración igual a 1,50 y 1,20 para anclajes permanentes y provisionales respectivamente.
- P_N la carga nominal del anclaje, que es la mayor de:
- la carga estricta obtenida al realizar el cálculo de la estabilidad del conjunto con los coeficientes de seguridad indicados en los capítulos anteriores;
 - la carga obtenida, sin mayorar, en el cálculo de los estados límites de servicio.
- Si la importancia de la obra o la trascendencia económica y social de la misma así lo aconsejan el Projectista o el Director de Obra podrá adoptar coeficientes de mayoración superiores a los indicados en el párrafo anterior.
 - Se prestará atención al dimensionado y posición de la placa de reparto de la cabeza del anclaje para evitar deformaciones excesivas de la misma, concentración de tensiones en la estructura de apoyo, asentamientos inadmisibles del terreno del plano de apoyo, levantamiento de cuña pasivas y descensos de las cabezas.
 - El ancho de la placa de reparto será al menos el doble del diámetro de la perforación realizada en la estructura a anclar, y en ningún caso inferior a 20 cm. Su espesor será el suficiente para que no se registren deformaciones apreciables durante el tensado, y nunca menor de 1 cm.

9.3 Análisis y dimensionado

9.3.1 Estados límite

- Se considerarán los siguientes estados límite últimos de un anclaje, tanto individualmente como en combinación:
 - rotura estructural de la armadura o de la cabeza de transmisión, causada por las tensiones aplicadas, por distorsión de la cabeza de transmisión o por corrosión;
 - para anclajes inyectados, rotura del contacto entre el sólido inyectado y el terreno circundante.
 - rotura del contacto entre la armadura y el material de sellado;
 - para anclajes con placa de anclaje, rotura por insuficiente capacidad de reacción de ésta;
 - pérdida de la fuerza de anclaje por excesivo desplazamiento de la cabeza de transmisión o por fluencia y relajación;
 - rotura o excesiva deformación de partes de la estructura anclada como consecuencia de la aplicación de la fuerza de anclaje;
 - pérdida de la estabilidad global del terreno y de la estructura de contención;
 - interacción inaceptable de grupos de anclajes con el terreno y las estructuras adyacentes.
- Para la comprobación de los estados límite de servicio de la estructura anclada se considerará cada anclaje como un muelle cuya constante se determinará según las leyes de la Elasticidad a partir de la longitud libre equivalente del anclaje y sus características geométricas y mecánicas.

9.3.2 Estabilidad

- El análisis de la estabilidad del anclaje comprenderá, al menos, los siguientes aspectos:
 - comprobación de la tensión admisible;
 - comprobación al deslizamiento del tirante dentro del bulbo de anclaje;
 - comprobación de la seguridad frente al arrancamiento del bulbo.
- La verificación de estos estados límite para cada situación de dimensionado se hará utilizando la expresión (2.2), estando E_d definida en la expresión (9.1) y viniendo R_d dada en los apartados siguientes:

- Para la comprobación de la tensión admisible del tirante:

$$R_d = \min (A_T \cdot f_{PK}/\gamma_{M1}; A_T \cdot f_{YK}/\gamma_{M2}) \quad (9.2)$$

siendo

A_T la sección del tirante;

f_{PK} el límite de rotura del acero del tirante;

f_{YK} el límite elástico del acero del tirante;

γ_{M1} en anclajes provisionales 1,25 y anclajes permanentes 1,30;

γ_{M2} en anclajes provisionales 1,10 y en anclajes permanentes 1,15.

- 4 Para la comprobación del deslizamiento del tirante dentro del bulbo de anclaje:

$$R_d = L_b \cdot P_T \cdot \tau_{lim} / \gamma_R \quad (9.3)$$

siendo

L_b longitud de cálculo del bulbo;

P_T perímetro nominal del tirante;

τ_{lim} adherencia límite entre el tirante y la lechada expresada en MPa;

γ_R igual a 1,2.

donde

$$\tau_{lim} = 6,9 (f_{CK} / 22,5) \quad (9.4)$$

f_{CK} resistencia característica de la lechada expresada en MPa;

Para esta comprobación, el exceso de longitud del bulbo por encima de 14 m se minorará por un coeficiente de 0,70 a fin de tener en cuenta su posible rotura progresiva.

- 5 Para la comprobación de la seguridad frente al arrancamiento del bulbo:

$$R_d = \pi \cdot D_N \cdot L_b \cdot a_{adm} \quad (9.5)$$

siendo

D_N el diámetro nominal del bulbo

a_{adm} la adherencia admisible frente al deslizamiento o arrancamiento del terreno

$$a_{adm} = \frac{1}{\gamma_R} (c_m' + \sigma' \cdot \operatorname{tg} \phi') \quad (9.6)$$

donde

$$\gamma_R = 1,35$$

c_m' la cohesión efectiva del terreno en el contacto terreno-bulbo minorada por un coeficiente de 1.2.

σ' la componente normal al bulbo de la presión efectiva vertical ejercida por el terreno

ϕ' el ángulo de rozamiento interno efectivo del terreno.

El valor de a_{adm} también podrá obtenerse a partir de correlaciones empíricas, suficientemente contrastadas, que tengan en cuenta el procedimiento de inyección del anclaje.

9.4 Condiciones constructivas y de control

- 1 Para la ejecución de los anclajes así como para la realización de ensayos de control mencionados en 9.1.5 y su supervisión, se consideran válidas las especificaciones contenidas en la norma UNE-EN 1537:2001.