

8 “VANE TEST” ENSAYO DE MOLINETE

8.1 Generalidades

- (1)P El “vane test” de campo es un ensayo *in situ* que se realiza con un molinete rectangular, constituido por cuatro placas colocadas a 90°, que se hincan en el suelo a la profundidad deseada y se hace girar.
- (2) Este apartado trata del ensayo de molinete en campo utilizado en suelos cohesivos blando o muy blandos para la determinación de su resistencia al corte sin drenar y su sensibilidad. El ensayo del molinete también se utiliza para la determinación de la resistencia al corte sin drenar de arcillas firmes, limos y morena arcillosos. La fiabilidad de los resultados de ensayo varía según los suelos.
- (3) Después de una amplia rotación del molinete, mediante la cual se remueve completamente el suelo a lo largo de la superficie cortada, se mide la resistencia al corte remoldeada y se puede calcular la sensibilidad del suelo.
- (4)P El ensayo debe realizarse siguiendo los requisitos de este capítulo.
- (5)P El método de ensayo debe reseñarse detalladamente en el informe del ensayo.
- (6) Se puede indicar también el método de ensayo por referencia a una norma.
- (7)P Se debe justificar cualquier desviación respecto a los requisitos que se indican a continuación y comentar su influencia en los resultados del ensayo.
- (8) Hay constancia de desviaciones con respecto a la forma de las paletas.

8.2 Definiciones

- (1)P **par máximo $T_{máx,u}$** : Par que es necesario para producir una superficie de fractura $M_{máx}$. es el par para un valor inalterado de la resistencia.
- (2)P **par máximo en condiciones de remoldeado, $T_{máx}$** : Par que es necesario aplicar para obtener la rotura a lo largo de la superficie de fractura en condiciones remoldeadas.
- (3)P **profundidad de ensayo**: Profundidad referida a media altura del molinete.
- (4)P **tiempo de fallo**: Tiempo transcurrido desde la primera aplicación del par al molinete hasta el momento que se alcanza el par máximo, cuando se está midiendo el valor de la resistencia inalterada.
- (5)P **valor de la resistencia de corte inalterada (c_{fv})**: Valor de la resistencia de corte en condiciones inalteradas.
- (6) **valor de la resistencia de corte remodelado (c_{rv})**: Valor de resistencia de corte después de remoldear el suelo.
- (7)P **sensibilidad según el ensayo del molinete en campo, (S_{tv})**: Relación entre el valor de la resistencia de corte inalterada y el valor de la resistencia de corte remodelada.

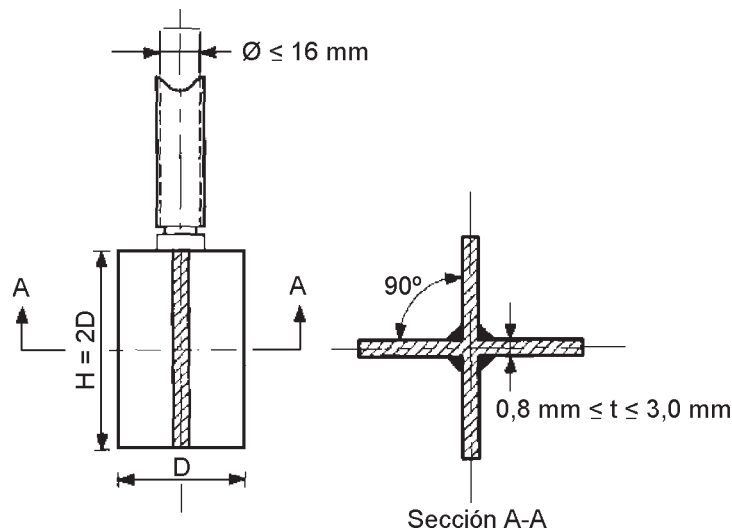


Fig. 8.1 – Esquema de un molinete

8.3 Equipo

8.3.1 Molinete

- (1)P El molinete consiste en cuatro paletas rectangulares unidas formando un ángulo de 90° (véase la figura 8.1). Cada hoja debe ser paralela a las varillas de prolongación y no se admite ninguna desviación.
- (2)P Para los molinetes estándar, la relación entre la altura, h , y el diámetro, d , debe ser 2,0.
- (3) Normalmente se utilizan molinetes de tamaño máximo ($d \times h$) de 100 mm y 200 mm para terrenos muy blandos y molinetes de tamaño mínimo de 40 mm \times 80 mm para suelos firmes.
- (4)P El espesor, t , de las hojas no debe ser superior a 3,0 mm, pero no debe ser inferior a 0,8 mm. El diámetro del eje del molinete, en lo posible con soldaduras en el centro del molinete, será lo suficientemente pequeño para evitar distorsiones al medir el valor de la resistencia al corte.
- (5) En arcillas muy sensitivas, el espesor de las hojas no debe ser superior a 2,0 mm para minimizar las alteraciones del suelo al introducir el molinete.
- (6)P Si el molinete está protegido por una carcasa, la longitud del tramo saliente durante el ensayo será, al menos, cinco veces el diámetro del molinete.
- (7)P El diámetro del eje del molinete en la parte próxima al molinete debería ser, al menos, 16 mm. Sin embargo el eje del molinete debe ser lo suficientemente rígido para que no sufra ninguna torsión a plena carga.
- (8) Se recomienda que el molinete esté provisto de un dispositivo que permita separar el par del molinete de las varillas de prolongación. Puede utilizarse un niple o una conexión de trinquete.

8.3.2 Varillas de prolongación

- (1)P Las varillas de prolongación deben tener un diámetro y una resistencia a la torsión suficiente para transmitir el par generado durante el ensayo.
- (2) Es aconsejable que las varillas tengan un diámetro de al menos 20 mm.

- (3)P Las varillas deben ser rectas. La excentricidad de las roscas en las juntas debe ser menor de 0,1 mm. El curvado máximo permitido para las varilla o para varillas unidas, es de 2 mm por metro, medida como flecha.
- (4)P Si emplea entubación el sondeo para evitar el pandeo de las varillas, el diámetro interior de los tubos debe ser lo suficientemente grande para minimizar el rozamiento a lo largo de las varillas. Cuando se utiliza esta entubación, se debe medir el rozamiento a lo largo de las varillas.

8.3.3 Equipo para rotación e instrumento de registro

- (1)P El equipo de rotación del molinete debe estar diseñado para que origine una rotación a una velocidad preestablecida y constante.
- (2)P El instrumento de registro debe estar diseñado para que, en lo posible, para medir con precisión el par máximo.
- (3)P El instrumento de registro debe calibrarse, al menos, una vez cada seis meses o cuando haya sufrido daños, sobrecargas o reparaciones.
- (4) Se recomienda un registro continuo y automático. Para la interpretación de los resultados, se debe realizar un gráfico en el que se represente el par medido en función del ángulo de rotación.
- (5) Se recomienda un intervalo de medida de 360° para la medición necesaria del ángulo de rotación, con divisiones de 1°.

8.4 Procedimiento de ensayo

8.4.1 Taladrado previo e hincado del molinete

- (1)P Se debe realizar un taladro previo en posibles costras o morenas cuando hay que realizar un ensayo de molinete en suelos por debajo de tales capas.
- (2)P Cuando se utiliza un sistema externo con un entubamiento protector del molinete, la presión del agua en el sistema de entubamiento debe ser la misma que en el suelo en el nivel de ensayo.
- (3)P El molinete debe hincarse siempre que sea posible sin utilizar golpes o vibraciones. Nunca está permitida la rotación. La velocidad de hincado debe ser constante y no ser superior a 20 mm/s.
- (4) En el caso de arcillas firmes, limos y morenas arcillosas, puede ser necesario la hincada a golpeo para llevar el molinete hasta la profundidad deseada.
- (5)P La proyección en un plano de la distancia entre los puntos de estudio debe ser, al menos, 2,0 m, en el caso de profundidades de ensayo mayor de 5 m.
- (6)P El primer ensayo debe llevarse a una profundidad de, al menos, 0,5 m por debajo de la superficie del terreno o a una profundidad de, al menos, cinco veces el diámetro del sondeo previo por debajo de su boca de inicio.
- (7)P La distancia vertical mínima entre dos ensayos realizados en el mismo sondeo debe ser de 0,5 m.

8.4.2 Ensayo de corte con molinete

- (1)P El tiempo desde el momento en que se alcanza la profundidad de ensayo y el principio del ensayo de molinete (tiempo de espera) debe ser, al menos, de 2 min y no mayor de 5 min.
- (2)P Se debe accionar el molinete aplicando un par de forma que la rotura del suelo se produzca en condiciones de no drenaje. El molinete debe girar a una velocidad constante.

- (3) Para cumplir los criterios dados anteriormente para suelos cohesivos, se pueden indicar valores orientativos de la velocidad de giro comprendidos entre 0,1°/s y 0,2°/s (entre 6°/min y 12°/min). Se pueden utilizar velocidades de rotación superiores a 0,5°/s en suelos cohesivos con baja sensibilidad.
- (4)P El ensayo realizarse de modo que pueda separarse el rozamiento superficial a lo largo de las varillas.
- (5)P Después de que se ha producido el corte y se ha anotado el par máximo, el molinete debe girar rápidamente, al menos, durante diez vueltas para remoldear el suelo en la superficie de corte, después de lo cual debe realizarse inmediatamente un nuevo ensayo según lo indicado más arriba. Se registra el valor constante del par en el estado remoldeado.

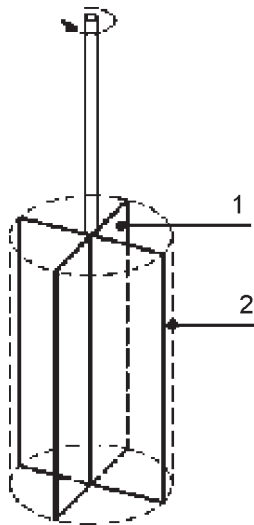
8.5 Interpretación de los resultados

- (1)P Para molinetes estándar con $d/h = 1:2$ y con superficies de rotura que se muestra en la figura 8.2, el valor de la resistencia de corte del suelo inalterado se determina mediante la siguiente expresión:

$$c_{fv} = 0,273 \frac{T_{\text{máx},u}}{D^3}$$

donde

$T_{\text{máx},u}$ es el par máximo en el molinete.



Leyenda

- 1 Molinete
2 Superficie de corte

Fig. 8.2 – Superficie de rotura supuesta en un molinete estándar

- (2)P La superficie de rotura, en el caso de un molinete rectangular, se supone que es una superficie cilíndrica circunscrita al molinete y dos planos uno en la parte superior y otro en la partes inferior de ese cilindro respectivamente. Se supone que se ha movilizadocompletamente la resistencia de corte constante y uniformemente a lo largo del cilindro y a través de los extremos del cilindro (véase la figura 8.2).
- (3)P Se obtiene la resistencia de corte sin drenar, c_{fu} , del suelo a partir del valor de la resistencia de corte, inalterada corregida respecto al límite del líquido del suelo, el índice de plasticidad o de la tensión vertical real.

- (4)P $T_{\text{máx,u}}$ debe reducirse debido al rozamiento a lo largo de las varillas.
- (5)P El valor de la resistencia de corte remoldeado, c_{rv} , debe determinarse mediante la misma fórmula, sustituyendo $T_{\text{máx,u}}$ por $T_{\text{máx,r}}$.
- (6) Al registrar el par como función de la torsión, se obtiene información sobre cómo se produce el corte en el terreno. Utilizando diferentes formas de molinete, se puede evaluar la anisotropía del suelo.

8.6 Informe de resultados

- (1)P Además de los requisitos indicados en 2.6, el informe de resultados debe incluir la siguiente información, registrada manual o automáticamente:
 - tipo del equipo de ensayo y dispositivo de medida del par;
 - tamaño del molinete;
 - diámetro de la varillas de prolongación;
 - número del dispositivo de medición del par (para comprobar la fecha de calibración);
 - fecha de la última calibración y factor de calibración del instrumento;
 - profundidad de ensayo;
 - velocidad de rotación del molinete durante el ensayo;
 - par máximo en el molinete en estado inalterado y par en estado remoldeado, en forma de lectura o de gráfico;
 - tiempo para la rotura (sólo el tiempo de funcionamiento del molinete);
 - cualquier observación que pueda hacerse sobre el ensayo, así como cualquier suceso o detalle que pueda tener influencia en los resultados.

8.7 Valores deducidos de los parámetros geotécnicos

- (1)P Si se evalúa la capacidad de carga de cimentaciones superficiales, la capacidad de carga final de pilotes o la estabilidad de taludes tomando como base los resultados de los ensayos de molinete, se debe utilizar un método analítico.
- (2)P Para obtener los valores deducidos de la resistencia al corte sin drenar, c_{fu} , el valor de la resistencia de corte inalterada debe corregirse tomando en consideración la experiencia empírica. El factor de corrección debe determinarse basándose en la experiencia local.
- (3) Los factores de corrección existentes, normalmente están relacionados con el límite de líquido o el índice de plasticidad y con la tensión vertical efectiva.
- (4) En el anexo G se incluyen ejemplo de estos factores de corrección.