

REVISTA EXTRANJERA

Consolidación de las trincheras arcillosas (1).

Los ingenieros que han llevado á cabo obras importantes de movimiento de tierras han experimentado á veces grandes dificultades á causa de los desprendimientos de los taludes de las trincheras.

Las reglas que se deben tener presentes al tratar de la consolidación han permanecido oscuras é indecisas por mucho tiempo. No se ha llegado á conocerlas con precisión sino después de una prolongada experiencia, de haberse ejecutado obras de consolidación en centenares de kilómetros de trincheras, de haber gastado un número respetable de millones y de haberse publicado muchos estudios sobre la materia.

Vamos á intentar poner en claro estas reglas, advirtiendo que sólo trataremos de la consolidación de las masas y no de la consolidación superficial de los taludes.

I.—CONSIDERACIONES SOBRE LOS DESPRENDIMIENTOS DE LAS TRINCHERAS ARCILLOSAS

Composición de estas trincheras.

Cuando se examinan, en los diferentes terrenos de la escala geológica, trincheras que contienen bancos arcillosos, llama la atención la multiplicidad de aspectos que presentan.

- a) A veces un solo banco de arcilla situado en la parte inferior se halla recubierto de terrenos permeables.
- b) Otras veces se observan varios bancos de arcilla separados por capas permeables.
- c) En ocasiones el banco de arcilla está en la parte superior de la trinchera sobre terrenos permeables.
- d) Finalmente, la arcilla puede ocupar toda la altura de la trinchera.

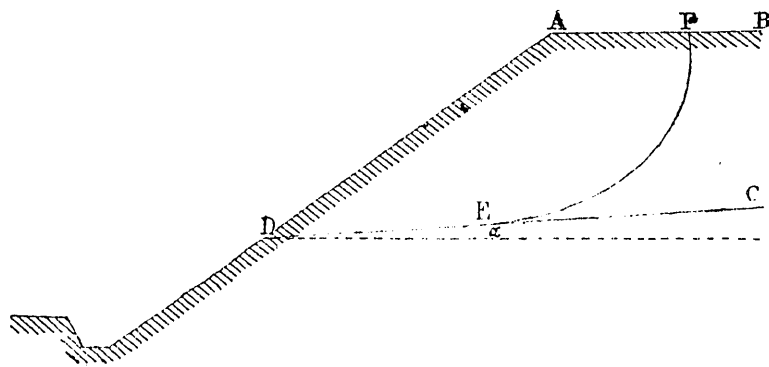
Examinaremos solamente los dos casos extremos (a y d), que bastan para el estudio del problema que nos proponemos resolver.

Aguas subterráneas.—En toda trinchera arcillosa se presentan en ciertos puntos del talud manantiales de aguas que provienen de la capa subterránea. Basta una corta experiencia para descubrir la situación de estos manantiales. En verano aparecen muy temprano las líneas de filtración que se manifiestan muy claramente en los taludes, y especialmente en aquellos que no están expuestos á los rayos solares. En invierno, durante las heladas, la línea de las filtraciones se dibuja por una serie de témpanos de hielo.

Certidumbre casi absoluta de los desprendimientos.—La práctica ha probado muchas veces que una trinchera que contiene capas arcillosas está casi siempre sujeta á desprendimientos más ó menos considerables, y cuyo volumen varía con la altura de la trinchera la inclinación de las capas del terreno, la abundancia de aguas, etc.

§ 1.º *Caso de un solo banco de arcilla situado en la parte inferior de la trinchera y recubierto de tierras permeables. Estudio del desprendimiento.*—Vamos primero á considerar el caso más sencillo y más frecuente, el de las tierras permeables superpuestas á un banco arcilloso.

Sea CD (fig. 1) la línea de separación de los dos bancos, es decir, la superficie por donde corren las aguas llovedizas que han atravesado la capa permeable.



En el talud de la trinchera, el punto D aparece mojado ó húmedo.

Sea α el ángulo de CD con la horizontal.

Influencia de las aguas.—La circulación de las aguas por la superficie arcillosa CD produce el reblandecimiento de esta superficie, que se convierte en un plano de rotura inclinado y muy resbaladizo.

Resulta que la capa ABCD, en virtud de su peso y bajo la acción de la gravedad solamente, tiende á descender por la pendiente resbaladiza sobre que se apoya y á caer en la trinchera.

Prisma desprendido.—Mas como esta capa permeable no siempre es regular, como la superficie de deslizamiento es á su vez más ó menos ondulada, como la cohesión de las tierras varía de un punto á otro, y el volumen de las aguas que circulan está desigualmente repartido, sólo una parte más ó menos considerable de la capa ABCD se pone en movimiento. La experiencia muestra, en efecto, que se produce una separación según una línea EF. Al macizo AFED le llamamos prisma de desprendimiento.

Cicloide de desprendimiento.—La línea EF afecta casi constantemente una forma parecida á un arco de cicloide que presenta en la parte superior un elemento vertical y se enlaza á veces de un modo bastante brusco con la línea CD de la superficie de deslizamiento.

Varios autores han tomado las formas de la curva EF y han convenido en asimilarla á una cicloide. Pueden considerarse también como parábolas de eje casi vertical, y en muchos casos hemos observado esta última forma. Sea de ello lo que quiera, basta haber observado un sólo desprendimiento para conservar la idea muy clara de la figura que afecta en conjunto la línea EF.

Posición de la cicloide.—La posición del punto F varía de una trinchera á otra. A veces se encuentra en el talud AD, á veces hacia la cresta A, en otras ocasiones más allá de esta cresta, como en la figura precedente y á distancias más ó menos grandes.

Varía con una multitud de elementos:

- a) Inclinación de la superficie de deslizamiento;
- b) Abundancia de aguas;
- c) Naturaleza de la tierra arcillosa y del banco permeable;
- d) Inclinación del talud de la trinchera;
- e) Espesor de la capa de terreno permeable;
- f) Cohesión de las tierras de esta capa;
- g) Ondulaciones de la superficie de deslizamiento;

(1) *Nouvelles Annales de la construction*, L. Lefort.

h) Variaciones atmosféricas: sequía, humedad, altura de lluvia, etc.

No es, pues, posible fijar *a priori* la posición del punto F. A lo más, cuando se han estudiado bien los elementos de que depende, se puede conjeturar vagamente su retroceso más ó menos acentuado hacia la ladera.

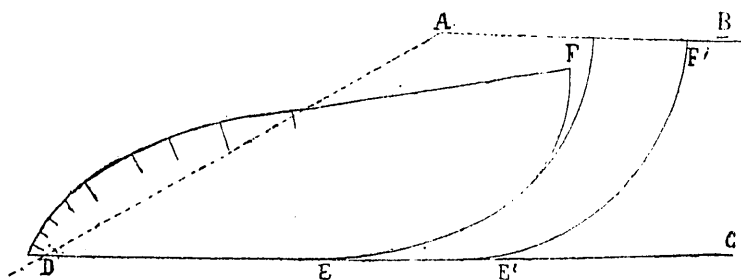
Hemos visto desprendimientos en los cuales el punto F estaba á 30 metros detrás de la cresta de la trinchera. Hasta hemos observado un retroceso de 200 metros hacia la ladera; pero este último caso es sumamente raro.

Arco de círculo, límite del desprendimiento en planta.—La línea que forman los puntos F no es paralela á la cresta de la trinchera. Se presenta en planta, en la generalidad de los casos, afectando la forma de un arco de círculo ó de una parábola, cuya concavidad está vuelta hacia la trinchera, y cuyo radio varía entre límites muy lejanos de un desprendimiento á otro. Decimos en la generalidad de los casos, mas debemos añadir, que habiendo presenciado numerosos desprendimientos, no hemos observado jamás otra forma, y que se puede considerar ésta como una forma general para terrenos de composición sensiblemente homogénea.

Esta forma puede ser contrariada, á no dudarlo, por cambios bruscos de la constitución del terreno, pero este caso es poco frecuente.

A veces el arco no es simétrico, pero consiste en que algún obstáculo, tal como un estribo de puente, por ejemplo, se opone á su desarrollo.

Comprobaciones experimentales.—Hé aquí, pues, una masa de tierra ADFE (fig. 2) que, solicitada por la gravedad, se pone en movimiento.



La experiencia prueba constantemente los hechos siguientes, que son comunes á todos los desprendimientos de este género:

a) En F existe una grieta bastante ancha, que es filiforme á algunos decímetros de profundidad.

b) El vértice del ángulo F está á algunos decímetros por debajo del terreno que no se ha movido.

c) En D se forma un abultamiento de forma circular, que avanza lentamente hacia la trinchera.

d) El contorno rectilíneo DAF toma una forma semejante á la de una masa líquida que vierte por encima de una presa.

e) La masa de tierra en movimiento se halla dislocada, desagregada y sin cohesión.

f) La superficie de deslizamiento DEF está perfectamente estriada por el rozamiento y presenta un aspecto brillante.

La figura 2 da idea de estos efectos.

h) Todo permanece á menudo en este estado durante muchos días, hasta que una lluvia bastante intensa viene á dar fluidez al volumen desprendido y desagregado, haciéndole avanzar nuevamente hacia la trinchera.

Desprendimientos secundarios.—Pero además, en este momento se prepara ó se produce otro desprendimiento secundario. No teniendo apoyo el talud EF, se abre en E' F' una nueva grieta del mismo modo que se había abierto la EF. Se observa generalmente que este segundo desprendimiento es menos importante que el primero. En efecto, no se debe olvidar que la superficie EF, limitada en planta por un arco de círculo ó de parábola, constituye el intradós de una especie de bóveda de eje vertical, que presenta cierta resistencia, capaz de suplir en parte la falta de apoyo de la superficie EF. Sea lo que quiera, la experiencia demuestra:

a) Que la distancia EE' es generalmente menor que DE;

b) Que el arco de círculo ó de parábola, lugar geométrico de los puntos F', tiene un radio menor que el de los puntos F.

c) Que la cuerda del nuevo arco de desprendimiento es más corta que la del primero ó á lo más llega hasta los extremos de esta última, pero sin pasar más lejos.

Aparte de estas diferencias, se encuentran en el segundo desprendimiento los mismos caracteres que en el primero.

Amplitud de los desprendimientos sucesivos.—Al segundo desprendimiento suceden frecuentemente otros varios de mayor ó menor amplitud, según la importancia del primero.

Hemos presenciado, como se ha dicho ya, desprendimientos que se han extendido á 30 metros y más de la cresta de la trinchera.

(Se continuará.)

La repartición de las lluvias.

M. Willi Ule ha resumido en *Die Natur* los datos conocidos respecto á la repartición de las lluvias en las diversas regiones del globo. Las alturas de lluvia anual son:

En Europa.....	615 mms.
— Asia.....	555 —
— Africa.....	825 —
— Australia.....	520 —
— América del Norte.....	730 —
— América del Sur.....	1.670 —

La América del Sur, que se distingue por su exuberante vegetación tropical, es, pues, la parte del mundo donde la lluvia es más abundante, y también la que posee los ríos más caudalosos. Australia se presenta en cambio como el país más seco.

La repartición por cuencas oceánicas es la siguiente:

	Millones de metros cúbicos.
Océano Atlántico (incluyendo el Mediterráneo y el Báltico).....	57.000
Océano Pacífico.....	21.000
— indio.....	18.000
— glacial.....	9.000

Se estima que la cantidad de agua suministrada anualmente por la lluvia y por las nieves á las superficies terrestres alcanza la cifra de 122.000 millones de metros cúbicos, la cual corresponde á una altura media de unos 900 milímetros.

¿Cuál es la parte de este volumen que vuelve al océano? Murray estima que no es más que 1 por 4,7, de modo que el volumen anual reintegrado al mar es de 25.000 millones de metros cúbicos.

Según M. Ule, esta cifra es inferior á la verdadera, que debe de llegar por lo menos á 30.000 millones. Se conocen, en efecto, las estadísticas de los aforos de los ríos en una superficie de