

Foto No. E- 3

*Determinando el coeficiente de fricción entre gavión y gavión.-
Aplicación de la fuerza al gavión superior. (Foto I.C.E. del
5 de febrero de 1965.)*

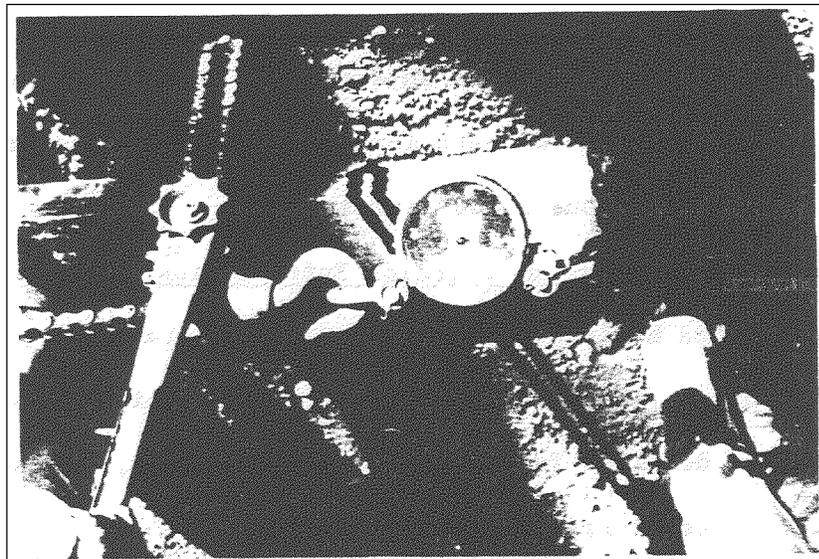


Foto No. E- 4

*Determinando el coeficiente de fricción entre gavión y gavión.
Determinación de la máxima fuerza requerida para producir des-
lizamiento. (Foto I.C.E. del 5 de febrero de 1965.)*

El gavión superior se ató también a un punto fijo, pero por medio del "Pull-lift" y del dinamómetro (Ver foto B-3).

Se inició la aplicación de la fuerza horizontal al gavión superior por medio del "Pull-lift", la cual se fue incrementando, al mismo tiempo que se observaba si había desplazamiento relativo entre los dos gaviones.

Al llegar la fuerza horizontal a 1,000 libras, se produjo el deslizamiento del gavión superior sobre el inferior (Ver foto B-4). Esta fuerza de 1,000 libras no varió a pesar de que se seguía operando el "Pull-lift", y por lo tanto se producía un desplazamiento.

Una vez determinada la fuerza horizontal de desplazamiento, se procedió a determinar el peso del gavión superior, lo que se consiguió, atando el gavión con la cadena, interponiendo el dinamómetro entre la cadena de sujeción del gavión y el brazo del camión monta-cargas. En esta forma se obtuvo que el peso del gavión superior era de 1,000 libras.

2.4 Valor del Coeficiente de Fricción Entre Gavion y Gavión

Como la fuerza horizontal requerida para desplazar el gavión superior sobre el inferior resultó ser de 1,000 libras y el peso del primero de ellos fue también de 1,000 libras, se deduce que el coeficiente de fricción desarrollado fue de 1.0.

2.5 Conclusión

Como el factor de fricción de 1.0 fue obtenido por la simple fricción desarrollada entre gavión y gavión, es decir sin armazones mecánicos de ninguna clase, se concluye que si se usa un factor

tor de fricción entre gavión y gavión de 0.50, no sólo se tendrá un factor de seguridad de 2.0 contra deslizamiento, sino que adicionalmente existirá una seguridad mayor por los amarres que se recomienda efectuar entre gavión y gavión.

3.- EXPERIMENTO PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE FRICCIÓN ENTRE GAVIÓN Y GAVIÓN

3.1 Objetivo

El objetivo de este experimento era determinar el factor de fricción a usar en el diseño de aquellas presas que tienen que fundarse en arcilla. Se consideró que este material representa desde el punto de vista de resistencia a la fricción, las condiciones más críticas de diseño.

3.2 Equipo Usado

Se usó una canasta de alambre galvanizado No. 10 U.S.W.G., de - 1.00 metro cuadrado de base y 0.50 metros de altura. La malla de la canasta es del tipo llamado ciclón, de enganche simple sin retorcer, con aberturas cuadradas de 6.50 cm. de lado. La tapa era de la misma malla, con cierre por medio de un alambre galvanizado No. 9 U.S.W.G., que se desliza en la arista uniendo la malla de los lados y la tapa.

Se usó un tensador a cadena ("Pull-lift") de 10 toneladas de capacidad para producir la fuerza horizontal de deslizamiento.

Un dinamómetro de carátula circular, de 10 toneladas de capaci-dad, similar a los usados para medir la tensión de tendido de - conductores aéreos, fue empleado tanto para medir la fuerza ho -

rizontal aplicada, como para determinar posteriormente el peso del gavión.

Para pesar el gavión se usó una estructura de madera desarmable, compuesta de un travesaño de madera dura de 10 x 10 cm (4" x 4"), soportada en dos miembros verticales de 2.25 metros de altura.

Del travesaño se izó el gavión por medio del "Pull-lift", teniendo intercalado el dinamómetro.

3.3 Operación

Como condición se fijó que la arcilla debería estar completamente saturada para tratar de reproducir lo más perfectamente posible las condiciones reales de operación de las presas en el río. Con ese fin se escogió un sitio en el derrumbe de Prusia, a unos 2.00 metros de la orilla del Río Reventado, en la ribera derecha, con la esperanza de encontrar ahí una capa de arcilla adecuada para el experimento. Sin embargo, después de excavar cerca de medio metro en un área de 2 x 2 metros, se llegó a la conclusión que sólo se encontraría material de arrastre y derrumbe en el sitio escogido, y en cualquier otro que reuniera las mismas condiciones de accesibilidad y facilidad para realizar el experimento. No existiendo el lecho de arcilla natural, se decidió construir uno, con arcilla que se pudo encontrar cerca de la ladera del derrumbe. El material se desmenuzaba y luego se compactaba con su humedad natural, por medio de compactadores manuales de madera en capas de unos 10 cm. La capa final se alisó cuidadosamente y dejó horizontal, habiendo quedado una capa de arcilla de unos 0.50 metros de espesor y 2.00 x 2.00 metros de superficie.

Sobre esta superficie se colocó la canasta de alambre que luego se llenó con piedra encontrada cerca del sitio, la cual se escogió que fuera sana y pesada. En el fondo se usaron piedras de unos 15 cm. de diámetro promedio. El relleno final del gavión se hizo con piedra quebrada a mazo.

Para lograr la condición de saturación completa se desvió parte del Río Reventado, de manera que pasara sobre la cama de arcilla y entre ésta y el gavión (Ver foto E-5). Se dejaron transcurrir 15 minutos antes de iniciar la aplicación de la fuerza horizontal.

Usando una garganta de roca y derrumbe del cauce del río, situada a unos 20 metros aguas abajo del sitio del experimento, se colocó una viga hecha de troncos de árboles, desde donde, por medio de un cable de acero de 1" de diámetro, se haló el gavión por medio del "Pull-lift". La fuerza aplicada se midió por medio del dinamómetro. Se obtuvo en esta forma la fuerza total que hubo que aplicar para producir el desplazamiento del gavión sobre el lecho de arcilla.

Al alcanzar la fuerza aplicada un total de 1,000 libras, se produjo el desplazamiento del gavión sobre el lecho de arcilla -- (Ver foto E-6).

Posteriormente se determinó el peso del gavión, pesándolo por medio del dinamómetro y el Pull-lift, que estaba atado a la estructura vertical de madera desarmable, el cual resultó ser de 1,400 libras.

De los datos anteriores se deduce que el coeficiente de fricción

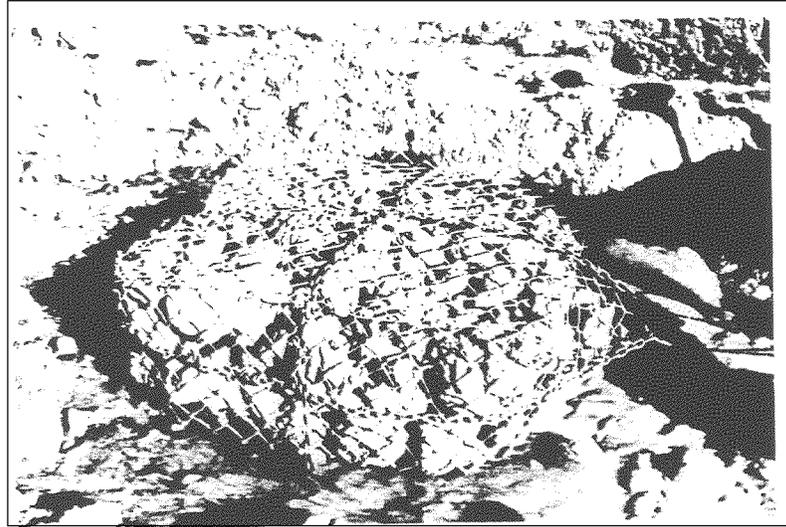


Foto No. E-5

Experimento para determinar la fricción entre gavión y arcilla. Gavión sujeto al esfuerzo para determinar el factor de fricción. Obsérvese el agua corriendo debajo del mismo. (foto I.C.E. del 16 de febrero de 1965.)

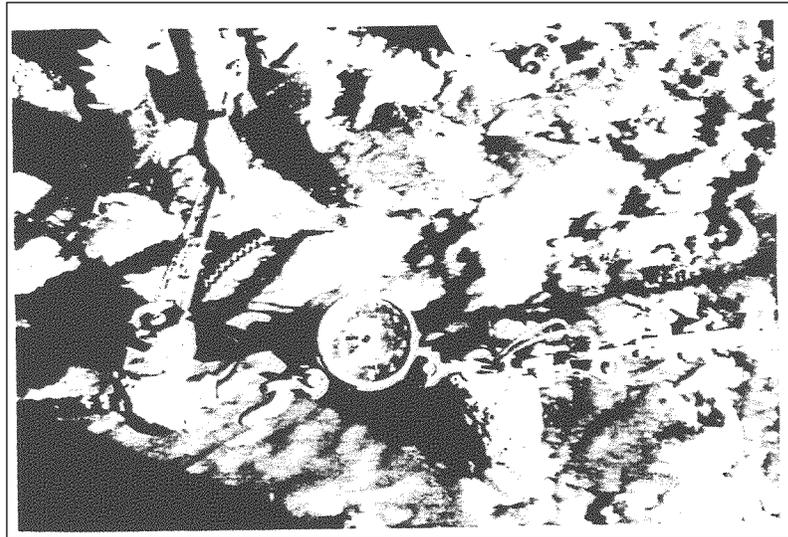


Foto No. E-6

Experimento para determinar la fricción entre gavión y arcilla. Esfuerzo al cual el gavión se deslizó sobre la capa de arcilla (aproximadamente 1.000 libras.) (foto del 16 de febrero de 1965.)

desarrollado por el gavión sobre el lecho de arcilla es:

$$C.F. = \frac{1,000}{1,400} = 0.71$$

Se consideró que el valor de diseño debería ser menor de 0.35, o sea con un factor de seguridad de 2.

4.- EXPERIMENTOS CON FLUIDOS DE ALTAS CONCENTRACIONES DE SEDIMENTOS PROVENIENTES DEL RIO REVENTADO

Estos experimentos se llevaron a cabo en el laboratorio de Hidráulica de la Universidad de Costa Rica, en donde en forma cooperativa, trabajan la Universidad de Costa Rica y el Instituto Costarricense de Electricidad.

4.1 Objetivo

El objetivo de estos experimentos era estudiar el comportamiento de lodos, similares a los transportados por las avenidas del Río Reventado, básicamente en cuanto a las relaciones: contenido de sólidos - velocidades superficiales - pendientes de canal.

Estos experimentos recibieron un fuerte impulso, mediante la lectura del capítulo de sedimentos del libro "Submarine Geology" - (24).

Se analiza en ese capítulo, el flujo de sólidos granulares en altas concentraciones, explicando el comportamiento de estas dis

(24) Shepard, Francis D., ed. Submarine Geology (New York: Harper & Row, Second Edition, 1963) pp 132 - 142.

persiones, con base en los experimentos realizados por Bagnol. De acuerdo con Bagnol, cuando la concentración de partículas es alta (más de 230,000 p p m), no se pueden aplicar los principios que rigen el flujo del fluido (en este caso agua), siendo necesario considerar los esfuerzos intergranulares, además del esfuerzo del fluido. Con base en estos principios Bagnol estudió la autosuspensión y corrientes de turbidez; y demostró matemáticamente que si el valor de la tangente del ángulo del fondo del canal, excede el de la razón: velocidad de asentamiento de las partículas velocidad de transporte de las mismas, las partículas suspendidas imparten energía a la corriente, obligándola a fluir más rápido (24).

Se estableció que uno de los objetivos principales del experimento, era comprobar si los principios enunciados por Bagnol, se aplicaban a los flujos de lodo del Río Reventado, los cuales tienen una concentración promedio de 574,000 ppm.

4.2 Equipo Usado

Se usó en estos experimentos un canal de madera de 0.20 de ancho 0.29 de altura y 5.0 metros de largo, equipado con una pared transparente de plástico (Ver foto E-7).

El mecanismo de soporte permitía variar la inclinación del canal, desde la posición horizontal hasta 20 por ciento de pendiente.

(24) Op. cit.