

BOLETIN INFORMATIVO DE LA SOCIEDAD
ECUATORIANA DE MECANICA DE SUELOS
Y ROCAS

MECANICA DE SUELOS, DE ROCAS, GEOLOGIA
APLICADA, CARRETERAS, MATERIALES DE
CONSTRUCCION, PRESAS.

Miembro Nacional de:
International Society For Soil Mechanics and Foundation Engineering
International Society For Rock Mechanics.

OFERECER
VICTOR F. B. DE MELLO ⁵⁷

BOLETIN
ECUATORIANO
DE

g **GEOTECNIA**

3(9), fev 1977

PRESAS

CRITERIOS GEOLOGICO-GEOTECNICOS APLICADOS EN ALGUNAS OBRAS IMPORTANTES

Por: Víctor F. B. de Mello

1.- Condiciones Geológicas-Geotécnicas sobre un Plan General de obras de represamiento, y tratamiento de fundaciones de presas. Experiencia Brasileña.

1.1.- La Ingeniería de Presas constituye el sector de la Ingeniería Civil de mayor complejidad y responsabilidades. La Filosofía correcta de la Ingeniería Civil obvia las situaciones que contrarían a la Naturaleza: un río constituye la expresión geomorfológica de la línea de debilidad por acción erosiva. También las condiciones topográficas que tornan un lugar interesante (Ejemplo: Recodo, Cascada, etc.) resultante de discontinuidades geológicas. Preocupa cuando se asevera que no hay problemas geológicos en un lugar dado. Ejemplos:

En Brasil generalmente el nivel de roca permanece constante bajo las hombreras del suelo, lo que impone grandes espacios laterales de presas de tierra.

1.2.- La Ingeniería de Presas comprende como prerequisite obligatorio una filosofía adecuada, y una perspectiva amplia de la Ingeniería Civil global, problemas y catástrofes generalmente ocurren en la "tierra de nadie" entre especialidades bien atendidas. Ejemplos:

Las especializaciones son para el beneficio, y no detrimento de la sociedad; el agua y sus problemas con el tiempo - encontrarán su camino entre los vacíos de los especialistas mal orientados. Sorpresas, deterioros y daños son inevitables en la vida de la obra viva como las Presas; para reducir las consecuencias, es indispensable re-veer el concepto de Proyecto (originado en proyecto de superestructuras) de presas, para constituir actividad continua, con revisiones, complementaciones y correcciones, a través de (1) Anteproyecto, (2) Proyecto para concurrencia, (3) Proyecto - ejecutivo durante la construcción, (4) Ensayo de 1er. Llegado, (5) Vida útil inicial (Ej. 5 años) y total.-

1.3.- Veremos que factores geológico-geotécnicos no constituyen el factor condicionante primordial del proyecto de un complejo de represamiento. No obstante es natural y obvio que constituyan el principal factor de preocupación. La Naturaleza no prodiga coeficientes de seguridad, y de todos los factores que causarán roturas, etc. El único que tiende a agravarse, (lugar y sollicitaciones críticas) y que es muy difícil y caro investigar y mejorar, es el geológico-geotécnico. La Geología se extiende a la cuenca del represamiento.

Investigaciones en nuestras presas indican mucha menor preocupación en escurrimiento de taludes en suelos residuales: en rocas fracturadas pequeños movimientos que abrean fisuras y grietas subverticales, y facilidades de establecer columnas hidrostáticas (lluvias) acopladas a la baja resistencia y sobrepresiones neutras de material arcilloso de juntas sub-horizontales. Ejemplos:

- 1.4.- Estudio de factibilidad del proyecto. Costo de las obras civiles = 40 al 50 % del costo del aprovechamiento, costo de la presa = 30% de las obras civiles, y variaciones de problemas geotécnicos afectan del 10 al 40% del costo de la presa. Por lo tanto, en el Proyecto general los factores dominantes son: el hidrológico, económico, de mercado, etc. Observo que los análisis de optimización (Ej. altura óptima de la presa en un lugar dado \pm pocos kms.) por curva de costo de Kw instalado vs. altura, deberían señalar -
fejas representando incertidumbre en las premisas. Es molesto para el propietario cuando problemas relativos de condiciones de fundación requieren modificaciones del plan general; Los problemas de fundaciones afectan mucho menos a una presa de tierra que a una de concreto. Analizar no sólo costos, sino un incremento de costo con variaciones plausibles, Importancia de los 10% en más o menos.
- 1.5.- El proyecto de la presa propiamente dicha depende mucho de: (a) factores geológicos, incluidos no sólo cualidades del subsuelo, sino también cómo estos afectan a los demás factores descritos a continuación; (b) factores hidrológicos, hidráulicos, tanto vaciados medios como las de almacenamiento y de desvío, y las catastróficas para la vida; (c) topografía, en parte por desfasaje de penetración de nuevos datos no profesionales. Topografía escarpada, deslizante, riesgos de apoyar la presa sobre antiguos escurrimientos; importancia de comparar talúdes típicos de la misma formación, interpretándolos, etc. Volúmenes en tierra-enrocamientos poco significativos; (d) materiales de préstamo, áreas, pedregales (también de condicionamiento geológico). Importantísimo las excavaciones obligatorias "como primer préstamo obligatorio (importante no almacenar y remanipular) proyectos mal concebidos con llenados de "radom"; (e) factores económico-constructivos. Transporte de materiales. Cronogramas (ej. - necesidades de comenzar rápido las contrataciones para desvío del río por adufas y/o tomas de agua o por causa de - plazos para turbinas, etc.; (f) criterios de impermeabilidad de fundaciones, seguridad contra vaciado y sus efectos; (g) en casos raros, seguridad por destrucción militar; (h) lamentablemente todavía "frecuentemente, sin embargo, la selección del tipo de presa es basada en la preferencia personal o experiencia del Ingeniero Proyectista. Ejemplos.

1.6.- Tendencias relativas a proyectos de presas de materiales granulares.

(a) Tiro máximo útil de materiales estrictamente locales (costo transporte = US \$ 0.50 por $m^3 \times km$), ej. aprobación de toda gama de materiales pedregosos desintegrados, etc. (b) compatibilidad de la "Superestructura" con el subsuelo, ej. relleno hidráulico; o relleno medianamente compactado sobre arcilla blanda. (c) minimizar (asimismo dispensar) algunos elementos accesorios en concreto, etc. que constituyen el mayor costo para obras de tierra, etc.; aceptación de riesgos mayores en los desvíos, etc.; (d) construcción en agua; (e) minimización de los pormenores internos y externos que aproximadamente duplican, en promedio el costo de la presa por m^3 compactado; (f) mayor reexamen de soluciones que incluyen discontinuidades, y de efectos químicos a plazo mayor. Ejemplos:

2.- PROBLEMAS DE PROYECTO Y CONSTRUCCION DE PRESAS DE TIERRA-ENROCAMIENTO. EXPERIENCIA BRASILEÑA.

2.1.- Admitiendo un lugar y un Plan General que prevee una presa de tipo granular, consideremos los problemas básicos que condicionan los pormenores del proyecto de estructura respectiva.

2.2.- Condiciones de fundación. Los tres principales problemas a enfrentar son: (a) resistencia, rotura, + fácil de investigar parámetros y realizar análisis, hipótesis en general demasiado pesimistas; (b) compresibilidad, asentamientos, esp. diferenciales (trincas), han sido exageradas para secciones homogéneas, etc. ; (c) permeabilidad, constituye el problema más serio. Ensayos de laboratorio no tienen sentido, salvo para investigaciones de variaciones paramétricas, ensayos de bombeo, etc. in situ, engañan en cuanto a la relevancia de lo que suministran, dependen de la fórmula usada, y nada indican sobre filtraciones preferenciales que son mucho más importantes que los vaciados medio. Red de flujo, etc. no dependen del K medio y sí fuertemente de relaciones de permeabilidad de materiales e contiguos etc. y de condiciones de frontera. Comportamiento de presas sujetas a filtración es, para mí, el único problema real, serio, eventualmente catastrófico.

Tratamiento de fundaciones en suelo

(a) sujeto a deslizamientos. sustitución de capas: bermas, etc.

(b) Sujeto a asentamientos diferenciales, calcular, discutir, obrar.

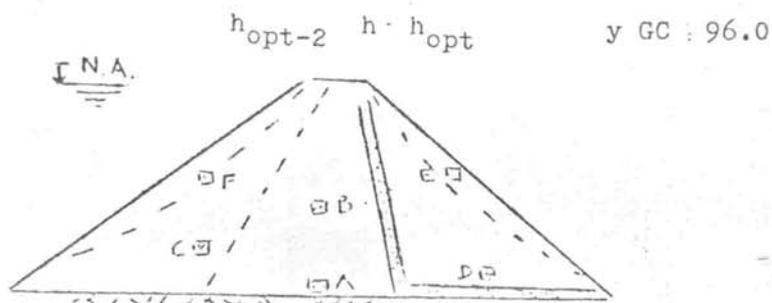
2.3.- Materiales

2.3.1.- Agua y acciones química. muy poca atención ha-

habido. Aitchison (1.963) ha señalado desfloculación de arcillas debido a percolación de agua de la presa, como causa de varias roturas. Efecto de limonización de filtros y drenes recientemente admitidos como posibles en el Brasil. han causado preocupaciones. Habrá interés o necesidad de abandonar la represa?.

2.3.2.- Préstamos arcillosos. Ensayos de caracterización padronizados (ABT, etc). dan resultados significativamente errados en nuestros materiales muy arcillosos por causa de hiterisis de secado al aire, etc. Es necesario hacer ensayos al natural determinando humedad h directamente (Hilf-Proctor). Indices físicos in situ de la arcilla. Importancia del % de saturación sobre la presión de poros u y supercompactación. Terrones y R_c (Kg/cm^2) para desmenuzar con pata de cabra. Indices de vacios de contracción. Ensayos CBR etc. para tráfico. Relacionar Proctor Normal vs. Modificado para referencia. Trazado?. Ensayos especiales para parámetros del proyecto: pre proyecto, remoldear c.p. de acuerdo a lo previsto - que ocurra en la obra; inicio de la construcción, re-veer mediante ensayos c.p. tallados de bloque inaltados. Programación de moldeo de c.p. y de ensayos también han sido demasiados rutinarios frente a los acontecimientos de los últimos 15 años.

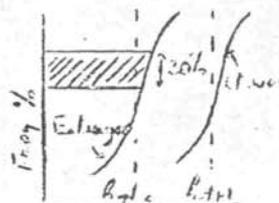
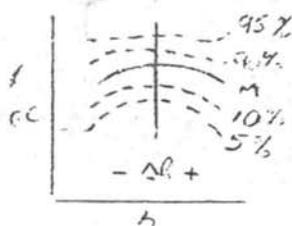
Veamos, por un lado, la composición ideal de una pre-se homogénea y, por otro lado, características representativas de relleno compactado en presas según especificaciones (ej):



- A.- Plasticidad y adherencia.
- B.- Impermeabilidad y baja compresibilidad si es posible evitar K_h K_v ; plástico para evitar fisuras de trazado
- C.- Resistente compactada; incompresible bajo humedecimiento - (asentamientos súbitos); resistente después de humedecimiento.- Saturación.
- D.- Máxima resistencia compactada a corto y largo plazo;
- E.- Cohesivo; ausencia de contracción por secado; mínimo de permeabilidad y erosionalidad;
- F.- Cohesivo saturado; mínimo de erosionabilidad; mínimo de linchamiento para esfuerzos bajos

De las obras realizadas, es fácil postular curvas probables de compactación de campo. Criterio correcto, ensayar el - Universo estadístico probable y/o sus extremos: Necesidad de definir parámetros por criterios \pm estadísticos.

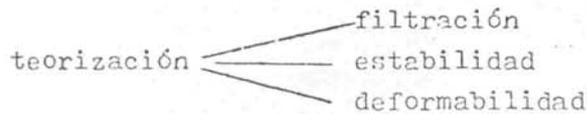
En compresibilidad, efecto acumulativo, medio valle; en resistencia, mínimos probables.



2.3.3.- Arenas para filtros (y concreto).

2.3.4.- Rocas (fracturadas y descompuestas) producto de excavaciones obligatorias. Indispensable ensayos in situ en material de acuerdo a lo ejecutado, en el inicio de obra Ensayos de Marsal (México), etc.

2.4.- Proyecto del Maciso.- Implementos del proyecto se derivan de:



Análisis de daños y roturas.

Como filosofía del proyecto considero indispensable proporcionar una sección y las especialidades constructivas, de modo a minimizar diferencias de solicitaciones y de Factor de seguridad provocadas por llenado o vaciado de la presa: preferible forzar un bajo F.S. constructivo a guisa de prueba de carga.

En lo que respecta a filtración, una revisión de los últimos 5 años, particularmente en presas más altas, es inclinar el "filtro vertical" (Terzaghi- tradición brasileña). Efecto de silo y trazados: observación de "Fractura hidráulica" en la instalación de peizómetros verticales. Estudio de elementos finitos.



2.5.- Proyecto, problemas de percolación. En suelos generalmente prefiero soluciones de Tapete de Montante (más difícil con taludes subiendo hombreras muy empinadas) a soluciones de "discontinuidades" tipo diafragma: fundación del diafragma en roca sana o en roca fracturada y tope de diafragma, no introduciendo fracturas por diferencias de asentamientos (elementos finitos) .

En rocas fracturadas es necesario revizar interpretación de ensayos de pérdida de agua, etc. Considero la inyección como más próximo del proceso de homogeneización de permeabilidad de un volumen de roca.

Discusión comparativa entre inyección y drenaje y conceptualmente falla: cada tratamiento atiende a una finalidad, y también su campo de atención y no atención.

Comprobaciones de Casagrande contra inyección parten de un concepto errado, y posiciones y métodos de medida sujetos a duda: no olvidar también la significativa reducción de los coeficientes de pérdida de agua de la roca bajo presión de la presa.

Inyección afecta poco ($= 1/5$) la permeabilidad media, más debe hacérselo para eliminar sendas mayores de la curva de frecuencia de largo de fracturas.

Con relación a filtros, recomiendo el interés de nuestros estudios Araken Silveira sobre curva de distribución de diámetros de vacíos en función de granulometría.

2.6.-Problemas constructivos

Irregularidades de la superficie rocos en el fondo del lecho: posibilidad de preveer nueva geología.

Costo y demora de tratamiento dentario de esta superficie
Elección de equipos de transporte en caso de compactación de arcilla.

Compactación más húmeda para evitar fisuramientos por puede resultar ilusoria si formamos slickensides de super compactación.

Equipo pesado es un problema serio: imposible reducir requisitos de compactación por causa de homogeneidades.

Compactación de enrocamientos parcialmente desintegrados.

2.7.- Comportamiento y observaciones.

Ironías de las lecturas meticulosas en el caso de Baldwin Hilla (rotura en 1.963). Necesidad de interpretaciones de todo el cuadro: ej. filtraciones que decrecen con el tiempo, tomadas como indicaciones satisfactorias, pueden ser, dependiendo donde está ocurriendo la obstrucción. (piezómetros).