

I-25 アーチダムの基盤内の断層の処理領域の推定のための 緩み係数の分布と、非均質な光弾性法への応用

電力中央研究所 ○林 正夫, 金川 忠

要旨 断層や破砕帯がアーチダムの基盤に在る場合はダムからの積料偏心荷重に対し安全を補強工事の規模を力学的に調べる必要である。一般の岩盤部分、弱層、コンクリート補強部分、ダムコンクリート層の弾性係数比と三次元・二次元の光弾性模倣に表現し内部応力を求め、安定を論じる方法は述べている。非均質状態に应力解算を迅速かつ精度よく行う工夫として任意の折線経路に沿った電子計算によるせん断応力差積分法のプログラムの開発。基盤内の部分ごとの安定を調べる緩み係数の指標、着岸部に近い断層を置き換え補強する必要があるの簡易な判定の式をも示し、若干の応用例を紹介している。

非均質状態 岩盤内の断層がアーチダムの安定に重要な影響をもつと考えられる場合は従来のように、均質等方な全体の異方性の基盤の応力計算のほか、ここで述べるように内部応力の推定も、ある程度量的に検討することが行われていた。差分的な数値計算で場所的剛度比を考慮し、電子計算によっても記憶容量が不足し、未だ等差法が主で、光弾性法は非均質状態では有効な方法である。とくに三次元の非均質性を考慮した应力解算では有効である。筆者らはその場合の実用性を高める工夫として図1のような任意の折線経路に沿ったせん断応力差積分法の電子計算プログラムの開発、軟化表現時の材料のフープ・バネ・シリコンゴムの応力凍結法での活用(図2)、ガラス繊維入りコンクリート、アルミニウム鋼板入りのコンクリートで剛度比の表現なども行う。ニ・ニ・アーチダムの基盤において約70スライスにおいてすでに応用例を得て、工事に資した。

この場合の精度は、ダムからの作用力 20~50% の場合に、二次元で ±1%、三次元で ±2% 程度であり、ほぼ実用に供しようと思つている。

緩み係数 従来はダムの岩盤の安定は土質斜面と同じく滑り層破壊を第4次以上とするに依る。しかし巨大な岩盤の部分的な補強工事の設計のため、

判定基準とこれから知ることは少なく、工事規模の合理的決定のため一つの指標として、この緩み係数 R が筆者らによって用いられ、従来にも安定を考慮するに便利

$$R = \frac{\tau_0 + \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2 - 2\sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\alpha_{min} \right) \tan \phi}{\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\alpha_{min}} \quad (1)$$

この式は、各点での任意方向の滑り層破壊安全率 $\frac{\tau_0 + (\sigma_1 - \sigma_2) \tan \phi}{\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\alpha}$ の最小値に定義されたもので、岩盤せん断破壊を、岩盤内部の緩み係数 $\tan \phi$ 、主応力 σ_1, σ_2

のみに用いる最小値に定義されたもので、岩盤せん断破壊を、岩盤内部の緩み係数 $\tan \phi$ 、主応力 σ_1, σ_2

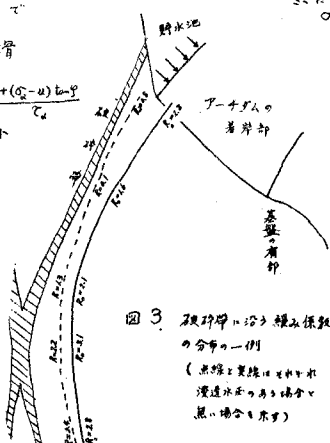


図3 破砕帯に沿う緩み係数Rの分布の一例
(点線と実線はそれぞれ凍結法による場合と実測の場合を示す)

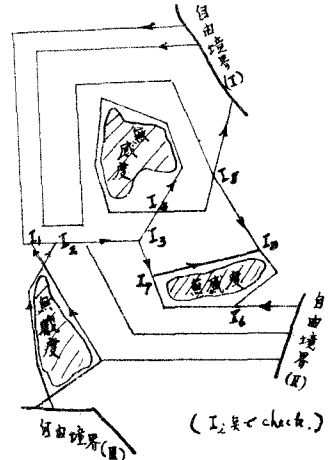


図1 任意の折線状積分路に沿ったせん断応力差積分法の電子計算プログラムの説明図

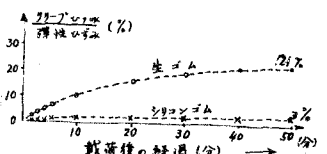


図2 シリコンゴムはグラフが少い (125°C, 応力 0.8 MPa)

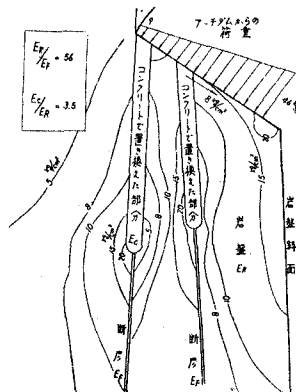


図4 岩盤内の主せん断応力の分布 (断層とコンクリートで置かれた部分の先端に応力の集まりが生じる)

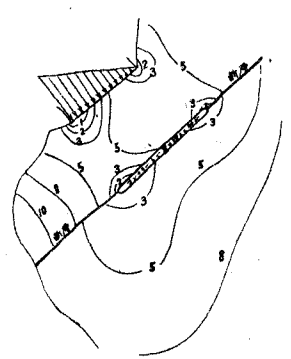


図5 基盤内の緩み係数の分布の一例

浸透水圧 U (透水論に拘連), 最大応力主方向 σ_1 と最小応力面との角 α については決まる。要求する R の最小値は、岩盤材料の品質によって、構造の重要なるおとし程度が設計に考慮されるべきではある。 R の分布の一例は図3と図5に示す。浸透水圧 U が岩盤の安定に与える影響や断層をコンクリートで覆った補強の場合の応力分布が判り、基礎設計に何らかの参考をさそう。

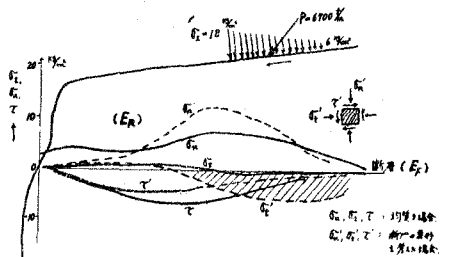


図 6. 外力 P による断層沿いの応力分布の比較 ($E_1/E_2 = 200$)
(断層の厚さは厚さ h の場合の応力分布の厚さ h の場合)

非均質状態での基礎の応力分布の一例

断層が外力に對し

平行する図4のよう場合にはコンクリートで覆った断層に割れず、その傾向にあり、この図のようにコンクリートで覆った断層があるが、その先端部には (とくに山側) 応力が大きくなる。岩盤内部に割れとくに地山に覆った断層が肝要である。外力 P が $0^\circ \sim 45^\circ$ の斜交の場合には図6のように、ハッチングをいれ部分には断層に沿った応力 σ_1 が引張応力となりやすく、やはり岩盤に割れ心配があり、覆った補強の対策をささうことがある。

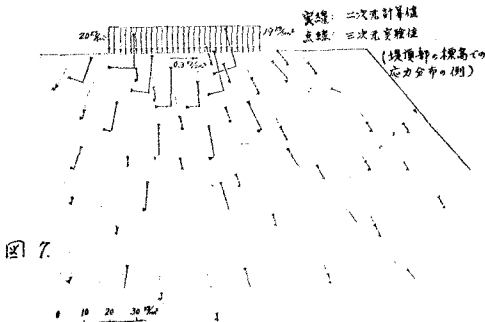


図 7.

三次元計算状態と二次元状態での断層応力分布の差異

通常

は二次元の計算状態と各種高で P が 0° の場合と外力 P の弾性論による計算とを比較し、被覆の厚さの分布、被覆形状で三次元計算は未だ実用領域に達していない。そこで通常の二次元の検討と三次元の検討 (実状に近い) の結果を比較し、特徴的な差異については、境界部近くの標高では図7のように二次元の計算は 50% 程度に過大評価をささうとされ、中部部標高では両者はかなり近い値とされ、遠方ではやはり過大評価の傾向がある。このことは三次元の応力の分散の観点から説明できる。

断層の覆った補強の要否の判定

図10の角部に断層が合力 P の角度で θ 度端から L の位置に露出する場合には P が 0° の基準の図10のように傾斜偏心的荷重 (最大応力 σ_1 , せん断応力 $\tau = 0.2\sigma_1$) に対し、覆った係数 R が 1.5 以下の領域 A は図9のように L, θ, T, σ_1 により決まり、 T の値 $N_f/2$ が 10% 以下におさうに必要と省く L は図10の式に判定する。簡便な判定は後述する。

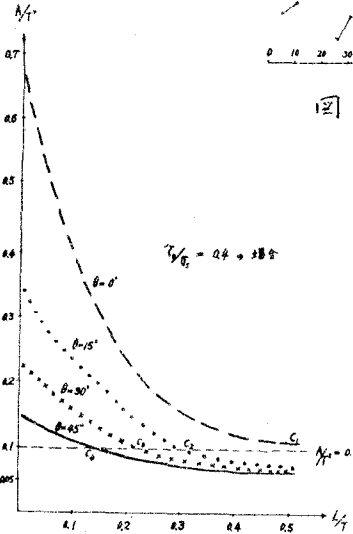


図 9 基礎の角部 L の覆った係数 R が 1.5 以下の領域 A の関係
(必要と判定 R が 1.5 以下の最大 $\sigma_1 = 0.4$ の場合、 T は σ_1 の値、 R は R の値)

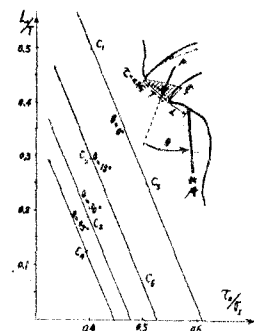


図 10. 断層の覆った補強の要否の判定
左の図 (L : 補強の厚さ、断層の厚さ h の場合、 T : 断層の長さ、 σ_1 : 最大応力、 R : 覆った係数、 R が 1.5 以下の領域 A の関係、 R は R の値)

$$L = \left(A \frac{T}{\sigma_1} + \sum_{n=1}^N B_n \theta^n \right) T$$

ここに $A = -2.350$, $B_1 = 1.440$, $B_2 = -1.676$, $B_3 = 1.173$, $B_4 = -0.544$.

以上