

○ 東京大学生産技術研究所 田村重四郎
中国 大連工学院 韓 国城
東京大学生産技術研究所 加藤 勝行

1 緒言 著者等は模型実験の結果に基づいて、ロックフィルダムの地震時の安定評価を行って来ているが、岡本博士、大町博士等とその破壊機構の解析方法を提案した。その中で、破壊時に於いて材料の強度と堤体内応力との関連が必ずしも明確でなく、又材料の粘着性の存在を推測される現象があらわれることが分っていた。前回は粘着力のある砂で高さ70cmの模型を築造し、含水比、密度、振動数に留意して振動破壊させた実験結果を報告した。ここでは、模型実験に対応して模型の応等解析を行い実験結果と対比して、さきに提案した解析方法を拡張した新たな評価方法を得たので報告する。

2 評価方法の概念 ここで提案する評価方法は次の様である。

- i) 堤体材料である砂のせん断強度 (τ_s) を粘着力 c 及び内部摩擦角 ϕ を用いて次式であらわす。

$$\tau_s = c + p \tan \phi$$

p : 垂直応力

- ii) 振動に対する応答計算を行い、堤体内部のせん断応力 (τ) を算定する。

- iii) せん断強度とせん断応力とを比較して、せん断応力がせん断強度を超える部分 ($\Delta\tau$) を滑動可能領域とする。

- iv) 応答計算結果より滑動可能方向を定め、この方向を接線的に結んで、滑動可能領域で滑動可能面を形成する。

- v) 滑動可能面が堤体内に連続して形成され、之が堤体表面に達したとき滑動する。

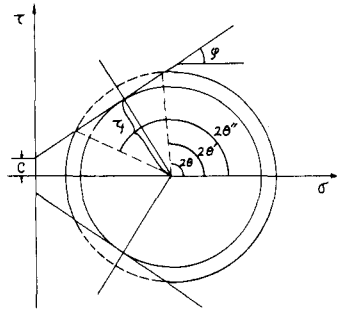


図-1 応力円と滑動可能面

この方法の主なる点はiii)～v)にある。図-1に滑動可能領域と滑動可能方向の概念を示した。フィルダムはマッシュパな構造体であり、堤体内部の応力状態も、強度も又位置によって大きく異なっていて一様ではない。隣接する点の変位、変形は互に影響し合い、拘束し合う。局部的に応力状態が変化し、たとえば一部滑動を生じて応力の再配分が行われ、応力状態は局部的に変化するが内部的に平衡し、全体としてはほとんど変らない。この様な応力の変化を経時的に求めて行くことはほとんど不可能である。そこで局部的に材料の強度以上の応力状態(過応力状態と呼ぶ)のあることを想定した。応答計算に当って、過応力状態となった要素の剛性を著しく低下させても、その極く周辺を除いては応力の変化はほとんどなく、滑動が進行する様な結果は得られなかった。一般に堤体内部の応力分布によって、過応力状態が、局部的に封じ込まれて存在し得るわけである。この様な理由から滑動可能領域を設け、之に対応して滑動可能方向を設定した。振動時の堤体内の応力の分布で急激な変化が見られないこと、滑動はかなり広い範囲で発生することを考慮すれば、各点の滑動可能方向を接線的に連続した滑動可能面を、滑動可能領域内に想定し得ると考える。

3 安定評価の例 図-2は解析対象とした砂模型の実測値から定めた剛性分布であり、粘着力の分布も同様に定めている。ポアソン比は歪依存性を重視して一定としている。減衰定数は共振線より求めた15%を採用しているが、破壊時にはこれより少し大きい値になっているものと思われる。10～15波の正弦波形の入力に対し、直接積分により、定常的な応答値を算定している。引張応力が生じた場合は、当概要要素のヤング率を急激に低下させ、計算を繰返して収斂させた。図-3 (a)、(b)は400gal及び425galで加振した場合の滑動可能領域(ハッチ部分)及び滑動可能方向を示している。図中の数字は $\Delta\tau$ の値で、単位は 10kgf/cm^2 である。加速度の増加と共に滑動可能領域が堤体上部の内部及び法尻附近の2部

分にあらわれ、加速度の増加と共に両部分の領域は法面に沿って拡大して互いに接近し、ついに425galで連続し、450galに近づくと、法尻下部で滑動可能領域は法面に接することになる。ここで滑動可能面を両領域

の接点を通して画くことが可能であり、この面で法面が這ることが推測される。

4 実験結果と評価方法の結果との比較 図-4には安定評価結果と2つの実験結果とを併せて示した。

点線は這り線であり、1点鎖線、2点鎖線は破壊実験後の模型の表面形状をあらわしている。実験で得た振動台の崩壊時の加速度は夫々456、470galであり、計算結果と略々一致し、這り線も又両者がよく一致することがわかる。堤体材料の粘着力の増加と共に滑り線の法面からの深さが増し、かつ破壊時の加速度が増すことなどの実験結果とこの安定評価方法による解析結果とはよく一致している。

5 まとめ 滑動可能領域、滑動可能面の概念を導入して法面の安定評価を行った。この結果、模型実験結果を定性的にも定量的にもよく説明することができた。なお、材料物性等検討すべき点は残されているが、斜面の安定等の評価に利用できるものとする。

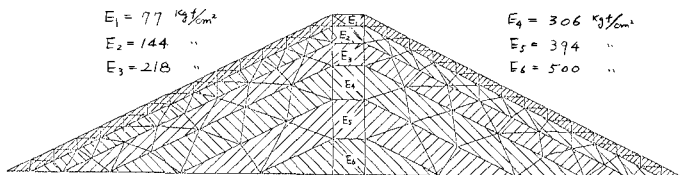


図-2 変形係数の分布

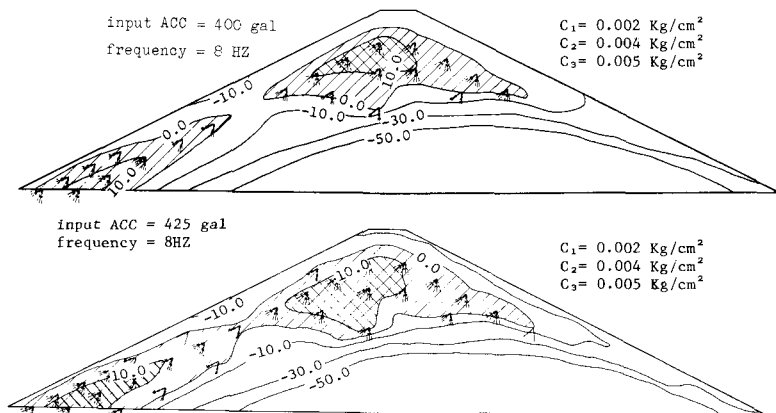


図-3 滑動可能領域と滑動可能方向の計算結果 (含水比 1.56%、加振振動数 8Hzの場合)

Calculation: input ACC = 425gal test: F. ACC(456~470)gal

frequency = 8Hz

max ACC(478~490)gal

frequency = 8Hz

$C_1 = 0.002 \text{ Kg/cm}^2$

$C_2 = 0.004 \text{ Kg/cm}^2$

$C_3 = 0.005 \text{ Kg/cm}^2$

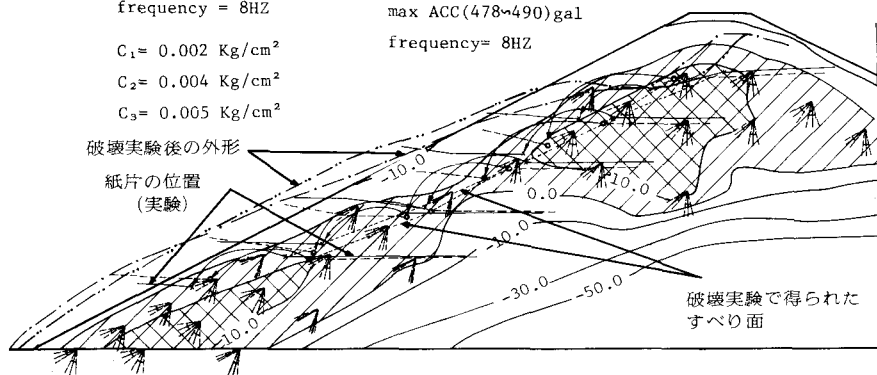


図-4 実験結果と計算結果との比較

参考文献

岡本舜三：素掘坑の強さに関する弾性学的考察 (上) (下) 土木学会論文集 (1949)

韓 国城、佐藤剛司、龍岡文夫、田村重四郎：低拘束圧下における不飽和砂の強度変形特性 生産研究 (1982.9)

田村重四郎、韓 国城、加藤勝行：フィルダム模型の振動破壊機構に関する研究—特に粘着力の影響について— 第6回 日本地震工学シンポジウム (1982.12)