

老朽ため池堤体の改修に関する合理的設計手法の提案その2

The second proposal of the rational design technique about repair of the small dam constructed at old times

奥野日出*
Hizuru Okuno

小山修平**
Shuheï Koyama

1. はじめに

筆者は平成10年4月から16年3月の間、近畿圏40箇所のため池堤体の改修設計に関わる土質調査を行った。旧堤体の土質特性として細粒分含有率 $F_c > 35\%$ 、塑性指数 $I_p > 15$ を満たす細粒土(C材)から構成される堤体は全体の約7割を占める均一型ダムからなり、前報¹⁾ではC材堤体の部分改修設計における非改修領域をテイラ - の安定図表を用いた逆算せん断強度 C_t と旧堤体から得られたせん断強度 C_u とから定め、また安全かつ合理的な設計手法の一部を示した。今回はC材及び成分を含むC材から構成される堤体に関して、浸潤面下のせん断強度について検討し、法面の安定評価を行った。

2. C材及び成分を含むC材から構成される堤体の安定計算式²⁾の提案

C材堤体(細粒分含有率 $F_c > 50\%$ 、塑性指数 $I_p > 15$ の条件)

$$F_s = \frac{\{ C_u(\text{unsat}) \cdot l(\text{unsat}) + C_{cu}(\text{sat}) \cdot l(\text{sat}) \}}{(T + T_e)} \quad \text{----- (1) * 図1参照}$$

成分を含むC材堤体(細粒分含有率 $50\% > F_c > 35\%$ 、塑性指数 $I_p > 15$ の条件)

$$F_s = \frac{\{ C_u(\text{unsat}) \cdot l(\text{unsat}) + C_{cu}(\text{sat}) \cdot l(\text{sat}) + (N - N_e) \tan u + (N - U - N_e) \tan ' \}}{(T + T_e)} \quad \text{----- (2) * 図2参照}$$

但し、 $(N - U - N_e) \tan '$ は、 $> d$ なるときの増分せん断応力とする。

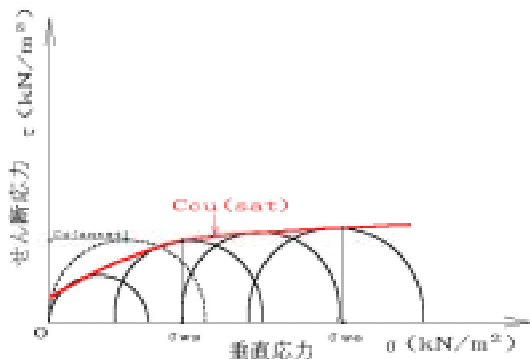


図1. C材堤体のせん断強度

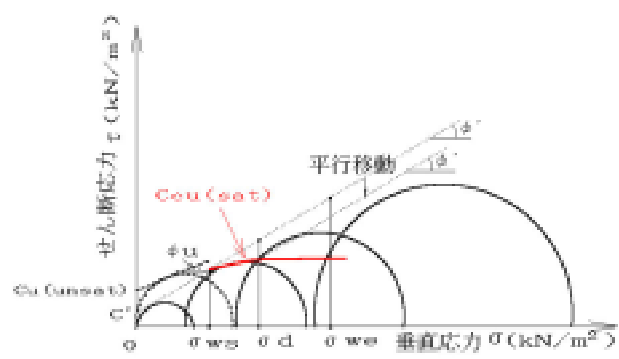


図2. 成分を含むC材堤体のせん断強度

尚、(1),(2)式の定数記号は下記のとおりである。

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| F_s : 安全率 | d : 成分が作用する有効土被り圧 |
| $C_u(\text{unsat})$: 不飽和部の粘着力 | $l(\text{unsat})$: 不飽和部滑り面の長さ |
| $C_{cu}(\text{sat})$: 飽和部の粘着力 | $l(\text{sat})$: 飽和部滑り面の長さ |
| C' : 有効応力表示に基づく粘着力 | N : 滑り面上に働く荷重合力の増分垂直分力 |
| u : 不飽和部の内部摩擦角。 | N_e : 滑り面上に働く地震時荷重の増分垂直分力 |
| $'$: 有効応力表示に基づく内部摩擦角 | T : 滑り面上に働く荷重合力の接線分力 |
| w_s : 浸潤面での有効土被り圧 | T_e : 滑り面上に働く地震時荷重の接線分力 |
| w_e : 堤体最下部での有効土被り圧 | U : 滑り面上に働く増分間隙水圧 |

* 株式会社アスカソイルコーナ Co.,Ltd. Asuka Soil Corner
 ** 大阪府立大学大学院 環境情報工学研究室 Osaka Prefecture University
 Environmental Information Science and Application Engineering Lab.
 キ - ワ - ド : C材・材 限界高さ 浸潤面

3. C材堤体の浸潤面と限界高さについて

C材堤体のせん断強度は図1に示すように、 w (経験的に堤高の1/2)より浸潤面が次第に高くなると $C_{cu}(sat)$ が著しく低下するため、貯水位の上昇が法面の危険性に及ぼす影響が大きいと考えられる。このことは筆者らが平成15年9月にC材盛土法面の崩壊調査を行った事例より、水位上昇に伴う $C_{cu}(sat)$ の低下と盛土高さ H を考慮してC材盛土法面の危険性を以下のように考察した。



写真 1. C材盛土法面の崩壊事例

法面崩壊(写真1)が発生する2週間前より累積雨量が約160mmあり、法面内の地下水位上昇が崩壊の誘因と考えられるが、設計施工時の盛土高さにも問題があると考えた。

当盛土の主な土質特性は $F_c=82(\%)$, $I_p=35.1$, 最大乾燥密度 $d_{max}=1.479(g/cm^3)$, 自然含水比 $W_n=33.6(\%)$, 最適含水比 $W_{opt}=23.6(\%)$ であり、 $W_{opt}+3\%$ の締固め度90%で作成した供試体では $C_{cu}(unsat)=41.65(kN/m^2)$, $C_{cu}(sat)=7.9(\alpha=0) \sim 38.2(\alpha=90)(kN/m^2)$ となった。

図3(前報¹⁾)は旧堤体の安定度を示す非改修・改修領域の区分であり、施工時 $C_{cu}(unsat)=41.65(kN/m^2)$ とすると、 C_t が小さい(H が低い)程安定な領域にある。ここに $H=8(m)$, $\alpha=26.5(^{\circ})$ の時 $C_t=20.4(kN/m^2)$ 、地下水面が $H/2$ の時 $C_{cu}(sat)=27.5(kN/m^2)$ であり、 $H/2$ よりも水位が上がると危険な領域に向かうことが分かる(非改修→改修)。しかし、法面崩壊(図3×印)が発生するには水位上昇の誘因に限らず、築3年後突如崩壊したことから、クリップ変形による強度低下も十分考えられる。

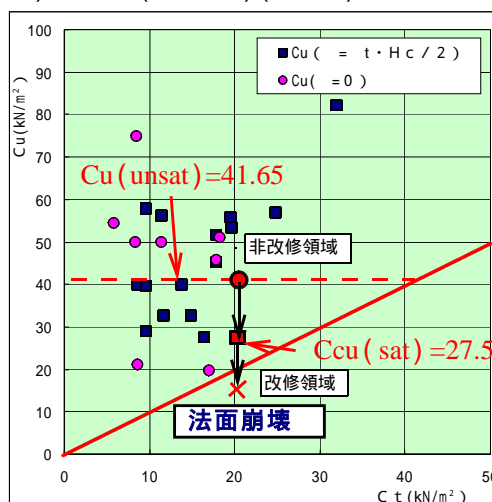


図 3. C材盛土法面の安定領域の区分¹⁾

C材堤体の法面設計では施工高さや浸潤面を制限する工夫が必要と考える。

4. 成分を含むC材のせん断強度について

成分を含むC材 ($50\% > F_c > 35\%$) では、三軸圧縮試験(CU条件)時に応力-歪み曲線上の中応力レベル付近から微少なリラクゼーションがよく観察され、成分の影響が現れていると考える。その応力レベルを σ_d とすると、 $\sigma > \sigma_d$ のとき、せん断応力は排水条件を満足し、せん断時には σ' が加わると考えられる。一方、成分を無視して $C_{cu}(sat)$ を非排水条件のまま安定計算に用いると、法面の安定評価は成分を加えた場合よりも安全側になりすぎることが図2より明らかである。詳細は、当日安定解析事例で説明する。

5. おわりに

成分を含むC材には、粗粒分の含有量、形状などが強度特性に及ぼす影響があるため、今後は室内実験にて詳細な検討を行う。またC成分を含むC材についても物理特性の条件整理と応力-歪み挙動を把握して、せん断強度の設定に関する検討を進める。

引用文献 1) 奥野日出, 他 2 名: 「老朽ため池堤体の改修に関する合理的設計手法の提案」, 平成 15 年度全地連技術フォーラムさいたま講演会, 論文 No.87

2) 農林水産省構造改善局: 土地改良事業計画設計基準「設計ダム」, P.229, 昭和 56 年