

藤沼ダム堤体の地震時残留変形による耐震性の評価
 Evaluation of Seismic Stability based on Residual Deformation of Fujinuma Dam

○デュッティン アントワン*, 龍岡 文夫**, 田中 忠次***, 毛利 栄征****
 Antoine DUTTINE, Fumio TATSUOKA, Tadatsugu TANAKA, Yoshiyuki MOHRI

1. はじめに 藤沼湖の旧本堤(均一型、堤高 18.5m, 堤頂長 133.2m)の 2011 年東北地方太平洋沖地震による崩壊と強化復旧本堤(中心遮水型、堤高 31.4m, 堤頂長 149.2m)の耐震安定性を、同じ地震動に対して同じ手法で解析した。系統的な室内土質試験によって飽和盛土の地震時非排水せん断強度が非排水繰返し载荷によって経時的に低下することを測定し、その結果に基づいて Newmark 法によって残留すべりを算定した。

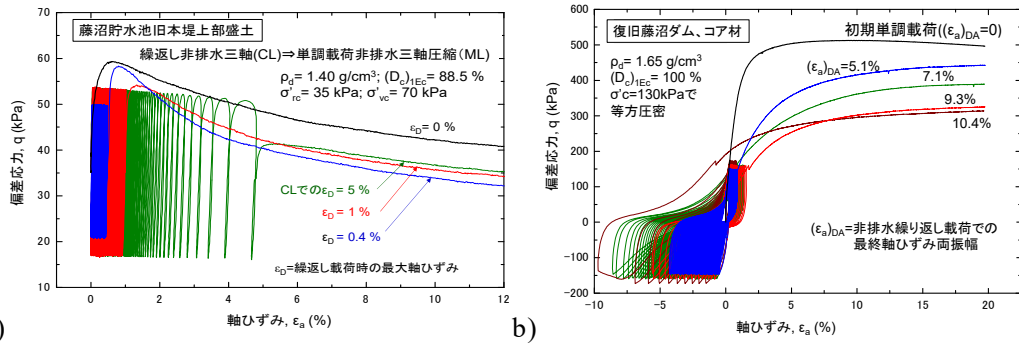


Fig.1 飽和盛土材の非排水せん断強度の非排水繰返し载荷による低下の三軸実験例:

a)旧本堤上部盛土試料(緩詰め状態); b)復旧本堤コア試料(密詰め状態)

Typical triaxial tests showing the undrained shear strength decreasing by undrained cyclic loading of saturated fill materials: a) old main dam (top layer); and b) new main dam (core)

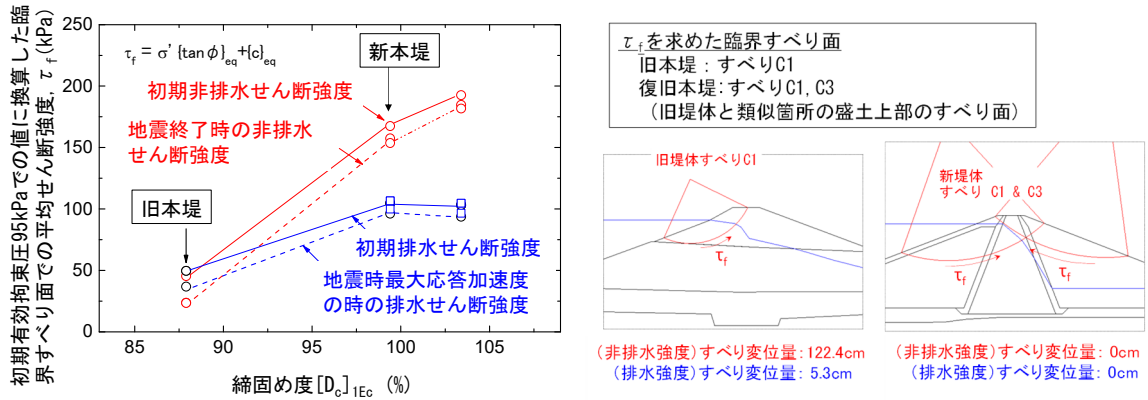


Fig. 2 旧本堤と新本堤での非排水せん断強度と排水せん断強度と $[D_c]_{IEC}$ の関係

Undrained & drained shear strengths vs $[D_c]_{IEC}$ relations of old & new main dams

2. 実験と解析 Fig. 1a, b は、崩壊した旧本堤から採取した試料を原位 $(D_c)_{IEC} = 88.5\%$ で締固めた緩詰め供試体と復旧本堤のコア材を目標 $(D_c)_{IEC} = 100\%$ と良く締固めた供試

*樹複合技術研究所: Integrated Geotechnology Institute Ltd.

**東京大学・東京理科大学名誉教授 University of Tokyo and Tokyo University of Science,

*** (一社)地域環境資源センター The Japan Association of Rural Resource Recycling Solutions

****茨城大学農学部 College of Agriculture, Ibaraki University

キーワード: 土構造物の地震時挙動、数値解析、締固め度

体を非排水繰返し三軸載荷し、その後の非排水挙動を調べた結果である。拘束圧の違いを考慮しても、密詰めでの非排水せん断強度の初期値は緩詰めよりも遥かに大きい。また、非排水せん断強度は非排水繰返し載荷で生じたひずみが大いほど低下するが、低下量は緩詰めの方が大きく、密詰めでは非排水繰返し載荷でひずみが生じても液体状にはならない。Fig. 2 は解析(Fig. 3)に基づており、旧堤体臨界すべり面 C1 と復旧堤体臨界すべり面 C1,C3 に沿った非排水せん断強度(初期と地震後)と排水せん断強度(初期と地震時直応力最小時)の平均値の比較である。締固めが非常に悪い旧堤体では、地震時に非排水せん断強度は著しく低下して排水せん断強度より低くなり崩壊に至った。締固めが良い復旧堤体では、非排水せん断強度は非排水繰返し載荷で低下しても排水強度より遥かに高い値を保っている。この結果は締固めの重要性を端的に示している。

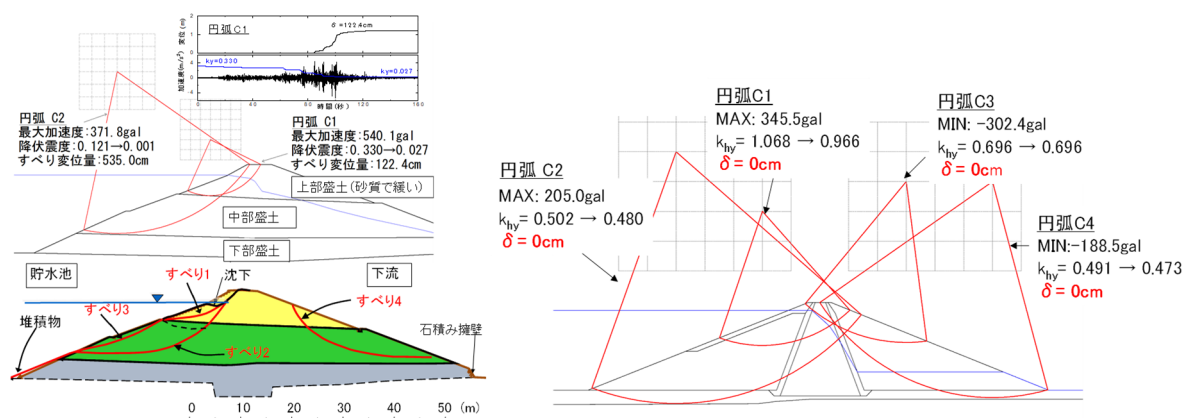


Fig. 3 旧本堤（左）と復旧された本堤（右）の Newmark 法による地震時安定解析
Seismic Stability analysis by the Newmark method of old main dam (left) and new dam (right)

Fig. 3に、残留すべり解析の結果を示す。近傍での2011年実測記録を基に推定した基盤入力地震荷重を用いて非線形有限要素法(全応力法)によって盛土内各点での地震時応力履歴を求めた。旧本堤での臨界すべり面C1, C2は、多数の試行すべり面の中ですべり δ が極大になったすべり面であり、実際のすべり面と整合している。降伏水平震度 k_{hy} はそれぞれのすべり面で安全率 F_s が1.0になった時のすべり土塊に作用する震度であり、旧本堤のすべり面C1では k_{hy} は地震中に大きく低下している。解析による旧本堤での残留すべりは非常に大きく、実際の崩壊と整合している。復旧本堤では、いずれの臨界すべり面でも k_{hy} の初期値と低下後の値は非常に高くすべりは全く生じていない。このNewmark法による残留すべり解析は、排水せん断強度に基づき安全率を求める従来の方法と比較して、1)締固めが悪い盛土に対して危険性を過小評価しない、2)良く締固めた盛土に対しては安定性を過小評価せず現実的な耐震対策の有効性を確認できる、という点で優れている。

3. まとめ 地震時安定性を Newmark 法による残留すべりで評価して、旧本堤の崩壊を説明するとともに、新しい構造形式と新しい管理法によって締固め状態を抜本的に改善して強化復旧した新本堤の高い耐震性を示した。特に、締固めの重要性を示した。

引用 1) DUTTINE, A・龍岡文夫・田中忠次・毛利栄征・石本敏樹・三浦亨：農業用フィルダムの地震時安定性に対する締固めの効果の評価例, 第 54 回地盤工学研究発表会, 大宮, 2019, 933-934