

実規模大の越流許容型ため池堤体の越流破堤実験

Full-scale overflow-induced collapse test on full-scale earth dam allowing overtopping

松島健一* 山崎真司** 毛利栄征* 堀俊和* 有吉充* 後藤真宏* 龍岡文夫***

MATSUSHIMA Kenichi*, YAMAZAKI Shinji**, MOHRI Yoshiyuki*, HORI Toshikazu*

ARIYOSHI Mitsuru*, GOTOH Masahiro* and TATSUOKA Fumio***

1.はじめに 近年では集中豪雨や地震によるため池の決壊によって下流地域への二次災害の危険性が高まっており、防災上の大きな課題となっている。これらの問題に対応するには、従来の設計思想にとらわれず、新たな設計概念を取り入れた経済的で災害に強い工法が必要となる。筆者らは決壊の原因の一つである越流現象に注目し、一時的な越流を許容できるため池堤体を提案してきた(図-1)。土嚢を堤体表面層に設置することで、低拘束圧領域においても中詰め材が拘束されるので、効率的に強度が引き出される。その結果、堤体の力学的安定性が向上するだけでなく、土粒子間の接触力が保持されるので流水による浸食に対しても有効であると考えられる。本研究では、ため池堤体を土嚢を用いて建設し、それに対して段階的に越流水深を増加させた越水破堤実験を実施し、越水時の流況や土嚢の損傷などを観察した。そして、越流水深の違いによって堤体の損傷パターンや浸食の進行度合いを調べ、耐越流性について検討した。

2.越流破堤実験の方法 越流破堤実験に用いた堤体模型は、堤高さ3.5m、幅2.3m、下流勾配が1:1.2(鉛直:水平)である(図-2)。土嚢形状は薄平状で、土嚢本体から付随するテール及びウィング部から構成されている(図-1)。土嚢は堤体斜面に内側に向かって傾斜するように積層してある。サヤ土には笠間砂($U_c=20.3$, $F_c=7.8\%$, $k=1.21e-04$ cm/s)、コア土($U_c=68.3$, $F_c=17.4\%$, $k=1.27e-06$ cm/s)には混合土(関東

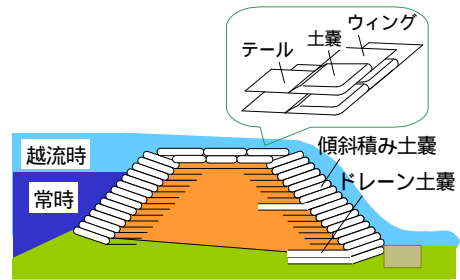


図-1 越流許容型ため池
Overflow allowable small earth dam

ローム:笠間砂=1:2.5),土嚢の中詰め材には再生砕石($U_c=39.2$, $F_c=2.6\%$, $k=2.74e-04$ cm/s)を用いた。堤体土(サヤ土およびコア土)の締固め度は95%以上である。通水条件を図-3に示す。図中に示すように損傷の度合いによって越流レベル

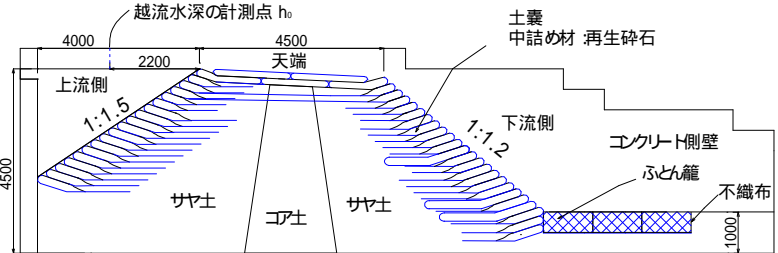


図-2 越流破堤実験の実規模大の堤体模型
Full-scale small earth dam in overflow break hydraulic test

を区分した。試験後半では紫外線の劣化や流木などによる土嚢材の損傷を想定して、人為的に土嚢を破損した条件で通水を行った。

3.越水時の流況と堤体ダメージ
越流レベル ($h_0 \sim 23.8$ cm) 堤体越流は土嚢段差部分を流下する過程で空気が多量に混入し白濁した流れとなる。土嚢段差にはエア-

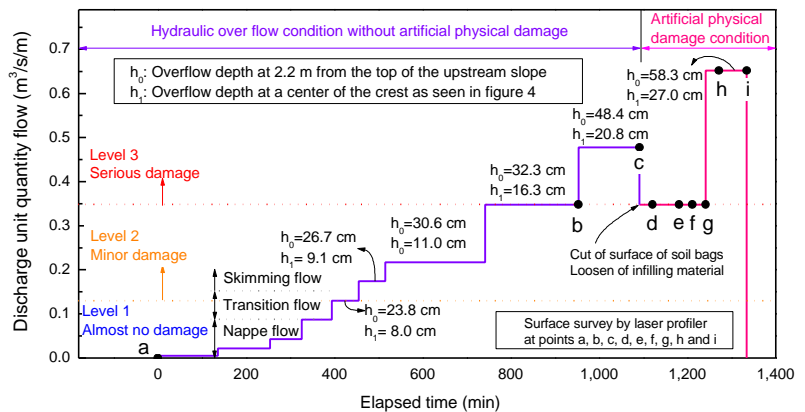


図-3 越流破堤実験における通水条件
Flow condition of overflow-induced collapse test

ポケットが存在し，土嚢段差毎に小さな落水を繰り返しながら流下した（図-5a, Nappe flow, $ds/S=0.80$ ）. ds は限界水深， S は土嚢の段差高である．堤体への損傷は確認されなかった．

越流レベル（ $h_0=23.8 \sim 32.3$ cm） 水脈が厚くなり，下流法肩で剥離現象が見られた．また，空気混入点より下流側ではランダムに土嚢段差に衝突を繰り返し流下した（図-5b, Skimming flow, $ds/S=1.54$ ）. 堤体へのダメージは，土嚢背面のサヤ土の吸い出し，水流が衝突する土嚢表面での土嚢材の摩耗や，土嚢材が中詰め材の粒子の尖部に繰り返し押しつけられことによる数ミリのパンチング穴が確認された．また，人為的に



写真-1 土嚢材の摩耗とパンチング穴
Wear and punch holes on soil bag surface

土嚢を破損させた条件では，中詰め材に流水が触れる部分、特に、落下水が直接当たる部分では浸食されやすいが，再び土嚢材が中詰め材を覆うようになると，浸食が極めて遅く，全体的な変形は発生しなかった．

越流レベル（ $h_0=32.3 \sim 58.3$ cm） 水脈および流速が大きくなり(天端での平均流速 2.41 m/s, $q=0.652$ m³/s/m 時)，下流法肩での剥離が大きい流れが形成された（図-5c）. 図-4 に示すように，落下流が衝突する部分では土嚢材を破断し，堤体を貫通するように浸食した．浸食速度は越流レベルと比べると速く(ただし，裸地に比べると極めて遅い 5 分で崩壊 ($q=0.05$ m³/s/m 時))，基盤まで浸食(90分)が及んだ．浸食された部分以外にはジオシンセティックスで堤体内部が補強されているため崩壊せず．天端部での沈下は表れなかった．

4. おわりに 実大規模の越流破堤実験により越流水深によって堤体の損傷パターンが異なり，侵食の進行度合いが異なることがわかった．実用的な観点から，中程度の越流水深 ($h_0=32.3$ cm) では十分な耐越水性があること，大きな越流水深 ($h_0=58.3$ cm) に対しても浸食が遅くなることが認められた．このことからジオシンセティックス(土嚢)で補強されたため池堤体は越流に対して有効であることが明らかとなった．改良点として大きな落下水が発生しないような堤体形状にする，あるいは，落下部分を補強することなどが挙げられる．

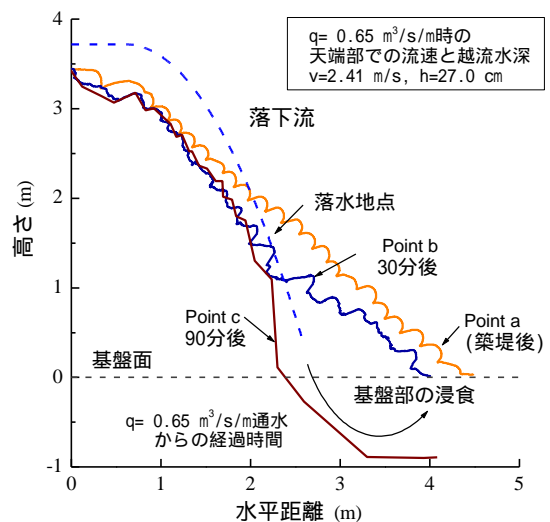


図-4 下流斜面の変位分布
Distribution of displacement on downstream slope surface

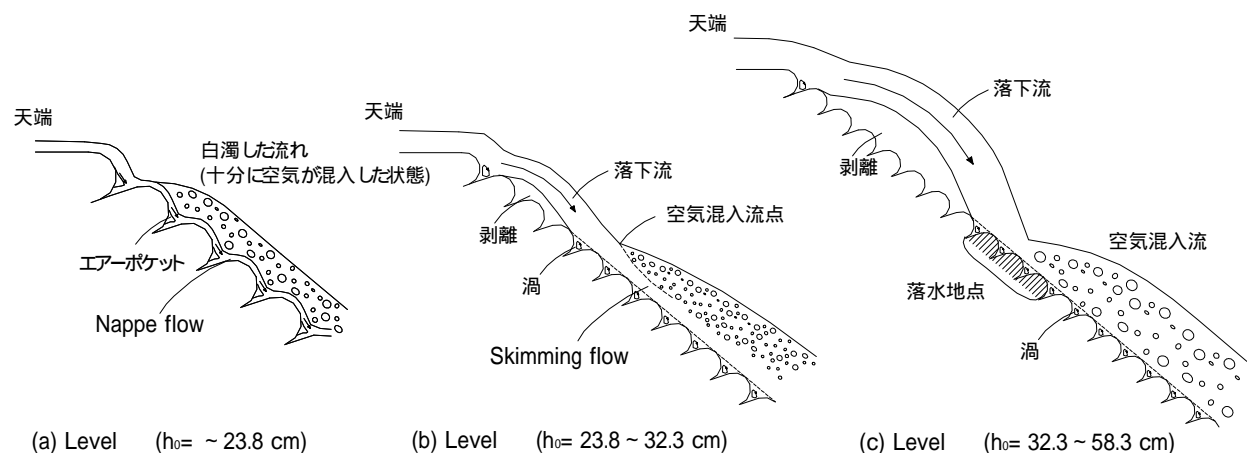


図-5 越水レベル毎の流況の概略
Schematic flow regimes in overflow levels