

竹を用いたため池堤体の侵食対策に関する模型実験

| | | | |
|-----------|-----|-----|----|
| 静岡理科大学 | 正会員 | ○中澤 | 博志 |
| 神戸大学大学院 | 正会員 | 澤田 | 豊 |
| 防災科学技術研究所 | 正会員 | 石澤 | 友浩 |
| 防災科学技術研究所 | 正会員 | 檀上 | 徹 |

1. はじめに

我が国にはおよそ 16 万個のため池が存在し¹⁾、江戸時代前に築造された老朽化が進展しているため池が 7 割を占めていることから、地震時および豪雨時に決壊するリスクが高まっている。特に、近年、地球温暖化の影響が指摘される中、集中豪雨の頻度が増加傾向にあり、地震とともに、ため池堤体においても対策が急務であることは明白である。豪雨による影響は、越水・浸食による決壊が大ききところではあるが、浸食による断面変形をもたらす耐震性低下の可能性も否定できない。本研究では、簡易かつ安価な法面被覆工を考え、豪雨、地震およびこれらの複合化に対する総合的な対策効果の評価を試みるための模型実験を行った。本報では、ため池堤体モデルを用いた降雨および越流実験概要を示し、降雨および振動台実験については別途報告する²⁾。

2. 既往の事例と対策工のコンセプト

典型的なため池堤体の被害パターンを図-1 に示す。(a)老朽化したため池で漏水するケースであるが、堤内の浸潤線や地下水の動態を把握した事例は少ないこと、(b)浸食による断面変形によって耐震性が低い場合で、円弧滑りに起因するクラックが天端に生じる³⁾こと、(c)豪雨による堤体の崩壊メカニズムは未解明な部分が多く、被災率や雨量指数等による統計的な分析がなされてきた⁴⁾が、水理模型実験から、越流による侵食破壊・崩壊は、堤体表面の被覆（張芝）が浸食開始を遅らせ、広い天端幅が越流に対し有効、かつ堤体材料により浸食量や浸食の速度に明確な違いがないこと、および(d)複合化については、先行地震後の降雨、あるいは逆の順序によって堤体内の降雨浸透状況が異なり、浸潤線の位置により耐震性の低下や損傷度合いが異なることが考えられる。

本模型実験で検証を試みた被覆工は、図-2 に示す竹材を用いた対策であり、図-1(c)に対し、越流を含めた対策としている。竹材を用いた背景として、近年の竹産業の衰退によって、特に西日本では放置される竹林が増加傾向にある⁵⁾。竹の成長は早く密生することから、他の樹木の成育を妨げることや、荒廃した竹林では土砂災害を誘発する可能性も指摘される一方で、伐採された竹は、バイオマス燃料などでの活用事例は見られるものの、廃棄される方が一般的であるため、ため池などへの雨水浸透や越流水の侵食対策として、伐採された竹を有効活用した法面被覆工を提案した。

3. 実験概要

表-1 の通り、実験は 3 ケース実施した。図-3 に Case1 のセンサ箇所を図示した実験断面図、写真-1 に Case1, Case2 および越流実験時の様子をそれぞれ示す。堤体の地盤材料は、茨城県内の耕作地で採取した火山灰質粘性土であり、土粒子密度 $\rho_s=2.924 \text{ g/cm}^3$ 、最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.449 \text{ g/cm}^3$ 、最適含

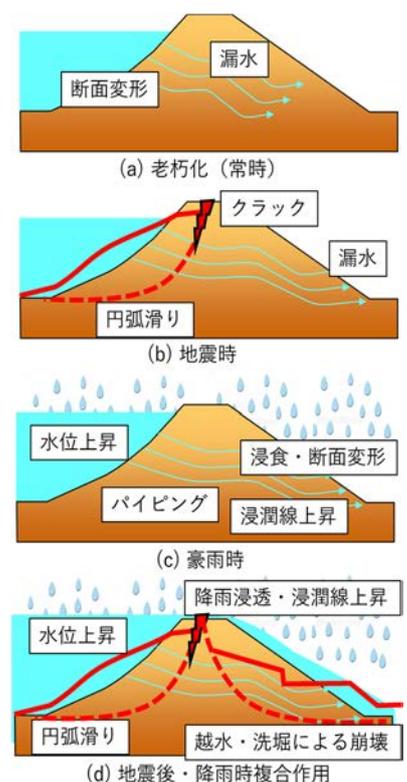


図-1 ため池の被災パターン

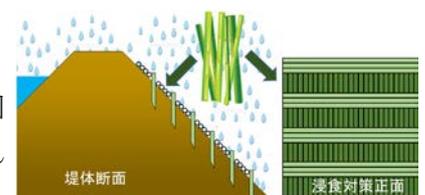


図-2 竹による侵食防止策

キーワード ため池, 浸食, 降雨, 越流, 竹, 模型実験

連絡先 〒437-8555 静岡県袋井市豊沢 2200-2 静岡理科大学土木工学科設置準備室 TEL 0538-45-0106

水比 $w_{opt}=23.4\%$ 、液性限界 $LL=43.2\%$ および塑性限界 $PL=33.3\%$ であった。

Case1 は、堤高 800 mm、天端幅 300 mm、奥行き 1000 mm の堤体模型ではあるが、堤体天端に起伏がある場合の法面の越流侵食特把握を目的とする。一方、竹材による侵食対策を行った Case2 では、下流法面の侵食対策としての竹材の有効性を検証するため、写真-1 (b)の通り、竹を流下方向と直交するように配置した。単体の径が $\phi 19\sim 21\text{mm}$ の竹材を結束バンドにより 4 本 1 セットとして、法面にアンカーピンで固定した。なお、このケースでは、流速を増加させるため堤高を 150 mm 高くしており、Case3 の断面形状も同様である。

4. 実験結果

本報では Case1 および Case2 について報告する。なお、Case1 の降雨後、土壌水分計より降雨後には堤体内への降雨浸透は殆ど認められなかったこと、法面下流方向に幅 20 mm 程度、深い部位で 10 mm 以上の浸食と、法肩付近では細粒分のみが浸食され、法尻付近に溜まっている様子が確認できた。

Case1 と Case2 における越流実験後の様子について、写真-2 にそれぞれ示す。Case1 は、天端に約 15mm の高低差がある条件であり、天端右側は左端よりも低く越流水深が深いことから、天端付近では、右側が左側よりも侵食されている。法面の上部では、堤軸方向に向かい右側の侵食が左側より顕著であったが、右側壁面沿いの深い侵食は、計測機器のケーブルの影響であるものと推察される。一方、法面下部では、右側の侵食が左側より大きくなることはなかった。

Case2 においては、降雨による侵食は殆どなく、越流実験後の竹撤去後における侵食状況を確認したところ、天端には大きな侵食は無かったものの、法面では下流に向かい 22~29 cm の位置で大きな侵食が生じていた。これは、竹と土の間に回り込んだ越流水が、竹材の間から流出することで小さな侵食が発生・発達したためである。

5. まとめ

侵食対策のための竹による被覆工の効果を検証するため、降雨と越流による一連の模型実験を実施した。越流実験について、竹の効果が確認できなかったが、竹の節部では隙間があることから、この隙間を埋める等の検討が必要であることがわかった。

参考文献 1)農林水産省 HP (http://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_tameike/, 2021/3/31 閲覧), 2)中澤他: 侵食対策のための竹を被覆したため池堤体の振動台実験, 第 56 回地盤工学研究発表会投稿中, 2021., 3)Sawada et al.: Seismic Performance of Small Earth Dams with Sloping Core Zone and Geosynthetic Clay Liners by Full-Scale Shaking Table Tests, Soils and Foundations, Vol.58, No.3, pp.519-533, 2018., 4)堀俊和: 農業用ため池の豪雨災害に関する研究, 農業工学研究所報告, No.44, pp.139-247, 2005., 5)林野庁 HP (<http://www.rinya.maff.go.jp/j/tokuyou/take-riyou/attach/pdf/index-3.pdf>, 2021/3/31 閲覧)

表-1 実験ケース

| ケース | 対策 | 堤高 (cm) | 湿潤密度 (t/m ³) | 乾燥密度 (t/m ³) | 締固め度 (%) | 含水比 (%) | 降雨条件 | 越流条件 |
|-------|------------|---------|--------------------------|--------------------------|----------|---------|----------------------------------|--|
| Case1 | 無 (天端に起伏有) | 80 | 1.658 | 1.280 | 88.3 | 29.6 | 25.7mm/h を 1 時間, 54.8mm/h を 10 分 | 計 75 分間, 堤体中央部の越流水深が 10~22.5 mm なるように段階的に流量を増加 |
| Case2 | 竹設置 | 95 | 1.583 | 1.227 | 84.7 | 29.0 | 52.1mm/h を 1 時間 | 35 分間, 天端での水深を 20 mm に調整 |
| Case3 | 無 | 95 | 1.651 | 1.247 | 86.0 | 32.4 | 51.5mm/h を 1 時間 | 35 分間, 天端での水深を 20 mm に調整 |



写真-1 下流側法面の様子

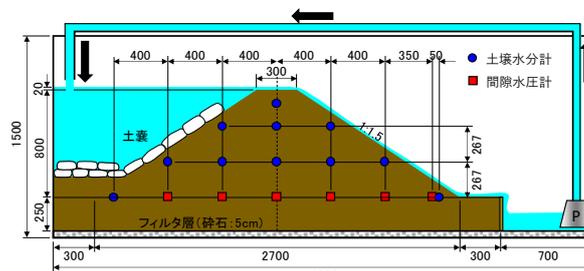


図-3 ため池堤体模型断面 (単位:mm)



(a) Case1



(b) Case2

写真-2 越流実験後の下流側法面の様子