

豪雨リスクを考慮したため池のライフサイクルコストの算定手法

Estimation method of LCC of a small earth dam considering heavy rainfall risks

○堀俊和* 毛利栄征* 松島健一* 有吉充*

HORI Toshikazu*, MOHRI Yoshiyuki* MATSUSHIMA Kenichi* and ARIYOSHI Mitsuru*

1. はじめに ため池は全国に点在する貴重な水資源であるが、豪雨による被害が数多く報告されており、老朽化したため池の改修が急務となっている。多数のため池に対して、限られた改修コストで、豪雨による被害を最小限にするためには、画一的な従来工法だけではなく、最適な改修工法を適宜選定する必要がある。本研究では、最適な改修方法を選定することを目的として、豪雨リスクを考慮したため池のライフサイクルコスト (LCC) を算定する手法を提案する。ため池の LCC 算定には被害事例から判別分析等により決壊率を求めた事例¹⁾もあるが、ここでは改修工法の効果を評価するため、ため池の破壊メカニズムを考慮した LCC 算定を試みた。

2. LCC 算定手法の概要

本研究では、豪雨に伴う決壊原因として、越流決壊とすべり破壊を考慮した。破壊メカニズムとして、パイピングも考えられるが、今後の課題としたい。Fig.1 に豪雨リスクを考慮したため池の LCC 算出のフローチャートを示す。始めに、確率雨量を用いて、流出解析と飽和不飽和浸透流解析、すべり安定解析を行い、越流破壊とすべり破壊発生の判定を行う。次に、堤体破壊によって発生した損害額と降雨の年発生超過確率から LCC の算出を行う。以下では、2004 年台風 23 号で決壊した淡路島の M ため池を対象とした LCC 算出の例を述べる。

3. 確率降雨の設定

洲本地点の過去 33 年間のアメダスデータから、岩井法を用いて、一雨降雨の総雨量に関する確率雨量を求めた。総雨量を用いた理由は、淡路島で多大な被害をもたらした 2004 年台風 23 号で、時間雨量が比較的小さく、総雨量が大きいという特徴があり、総雨量がため池の決壊に強い影響を与えたと考えられるからである。総雨量に関する確率降雨量を基に作成したハイトグラフを Fig.2 示す。

4. 貯水位変動と越流決壊の発生確率の算定

Fig.2 の確率降雨を用いて、M ため池の流出解析を行い、貯水位の変動を算出した。流出解析には貯留関数法を用い、洪水吐からの排水を考慮している。Fig.3 下段に、確率雨量 90 年の台風 23 号の降雨による貯水位の時間変化の計算結果を示す。この例で

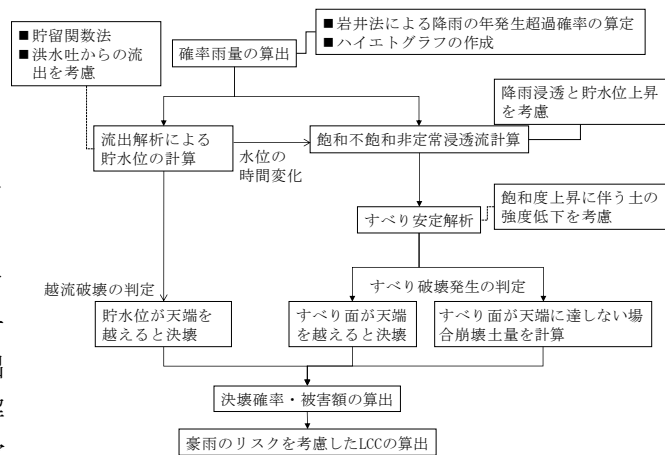


Fig.1 豪雨リスクを考慮したため池の LCC 算出法

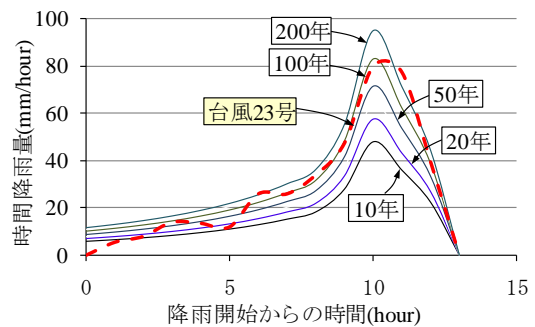


Fig.2 確率降雨のハイトグラフ

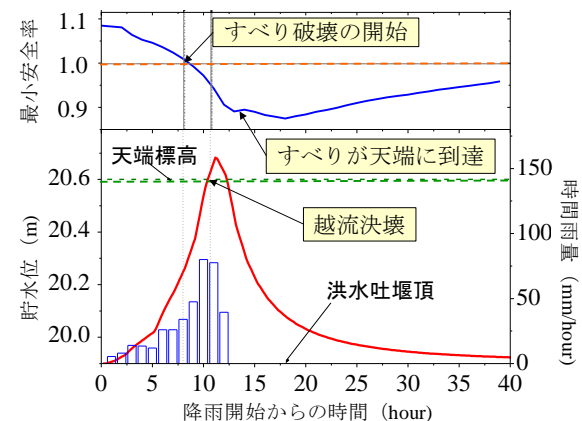


Fig.3 貯水位と安全率の時間変化

は降雨開始後約 11 時間で貯水位が天端を超えて堤体越流が発生することが分かる。同様の計算を全ての確率降雨量に対し行い、貯水位の最高位を求めた結果を Fig.4 に示す。貯水位が天端を超えると越流決壊が発生すると仮定すると、M ため池では 86 年確率の降雨で越流決壊が発生すると予測できる。

5. すべり破壊の発生確率

流出解析による貯水位変動の計算結果と確率降雨量を用いて、飽和不飽和浸透流解析及びすべり安定解析を行った。Fig.3 上段に 90 年確率降雨におけるすべり安全率の時間変化を示す。この例では、降雨開始後約 9 時間で安全率が 1.0 を下回り、下流斜面の部分的な崩壊が始まる。すべりが天端に到達した時点で決壊すると仮定すると、約 13 時間ですべりによる決壊が生じることとなる。ただし、4 節で述べたように堤体越流が約 11 時間で発生するため、この例では下流斜面の崩壊が開始した後に越流によって破堤すると予測できる。Fig.5 に確率雨量と最小安全率の最小値（降雨期間中の最小値）の関係を示す。

6. 豪雨のリスクを考慮した LCC の算定

豪雨リスクを考慮した LCC は次式で求められる。

$$LCC = \text{改修費 } C_I + (\text{メンテナンス費 } C_M) + \text{Risk}$$

$$\text{Risk}(N) = \int_0^{\infty} \frac{dP(r)}{dr} C(r) dr \times N$$

ここで r: 確率総雨量、C(r): 被害額、P(r): 降雨の年超過確率、N: 供用年数である。Fig.6 に総雨量に対する堤体損害額と年超過確率の関係を示す。この損害額に年超過確率を乗じて全雨量で積分し、供用年数をかけると Risk が算出される。

M ため池について、「無対策で下流被害を考慮した場合」、「無対策で下流被害を考慮しない場合」、「土嚢を用いた越流ため池工法で改修した場合」で LCC を求めた結果を Fig.7 に示す。ここで、決壊した場合の堤体損害額 1 億 5 千万、下流域の被害を 12 億円、社会的割引率 0.04 と想定している。Fig.7 より、下流被害がある場合は、越流ため池工法で改修しても、13 年以上の供用年数で無対策より LCC は小さくなる。一方、堤体被害のみを考慮した場合、つまり下流域に大きな被害が無い場合には、改修しない方が LCC は小さくなる。

今後は、低コストな部分改修や貯水位管理などのソフト対策を施した場合の LCC を算出し、最適な改修工法の選定手法として本手法を開発していく予定である。

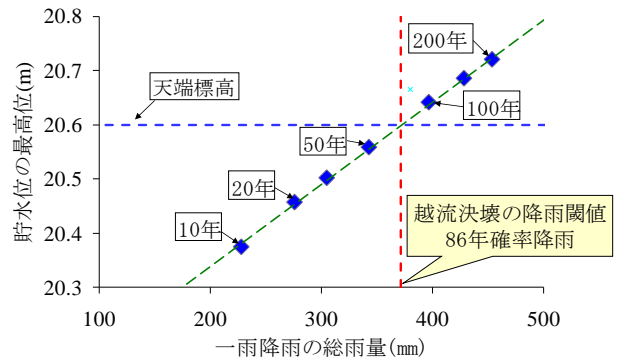


Fig.4 確率総雨量に対する最高貯水位

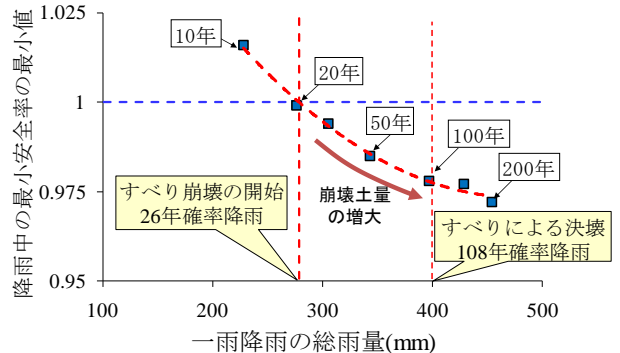


Fig.5 確率総雨量に対する最小安全率

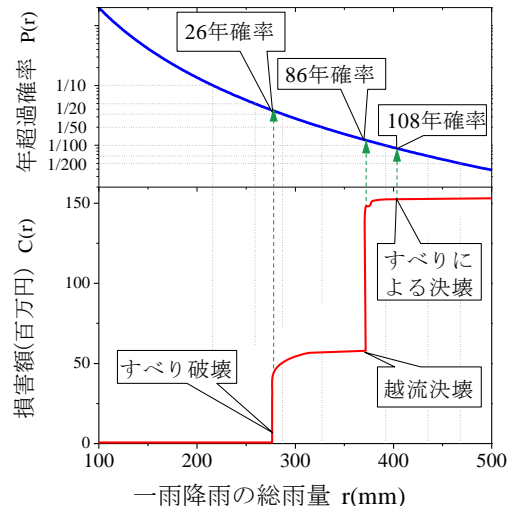


Fig.6 総雨量の年超過確率と損害額の関係

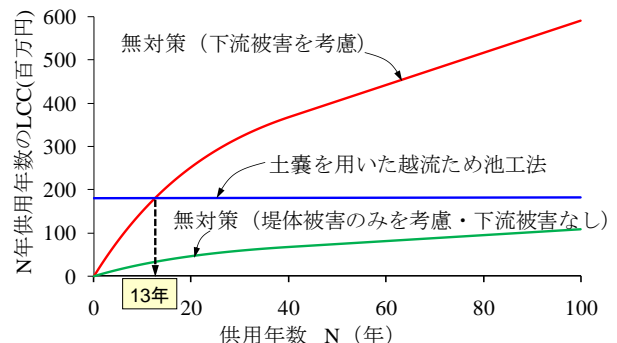


Fig.7 無対策と越流ため池工法の LCC