

補強土のライフサイクルコストによる性能評価

鉄道建設・運輸施設整備支援機構

正会員 ○丸山 修・米澤 豊司

鉄道総合技術研究所

正会員 篠田 昌弘・小島 謙一

1. 目的

近年、コスト削減が重要項目となっており初期投資を極力減らすことが検討されている。それに伴い構造物の有する性能が異なり、耐久性などが低下することが想定され、どの程度の初期投資を行えば良いのかを定量的に示すことは難しい。最適な構造物を選定するには、メンテナンスなどを考慮したライフサイクルコストを念頭に置くことが大切である。そこで本検討では、信頼性解析を用いて構造物の破壊確率を算定し、これを適用しライフサイクルコストを求めた。ここで、ライフサイクルコスト(C_T)は、図1に示すように、初期建設費(C_I)、維持管理費(C_M)、破壊確率(P_f ：以下、限界状態超過確率と記す)、再建費(C_F)を用いて算定した。

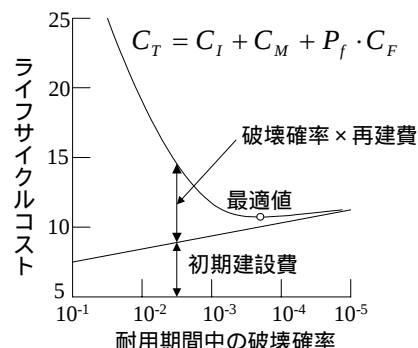


図1 ライフサイクルコスト

2. 解析モデルと入力値

図2から図5に解析モデルを示す。対象とした構造物は擁壁の検討として、L型擁壁と盛土補強土壁、盛土の検討として無補強盛土と補強盛土のそれぞれ2種類ずつとした。比較検討を行うために、構造物の高さは3.5mで一定とした。表1と表2に擁壁と盛土の解析用入力値を示す。本検討では、限界状態超過確率を変化させるために、入力値の中で最も感度の高い内部摩擦角を20度から50度まで変化させた。

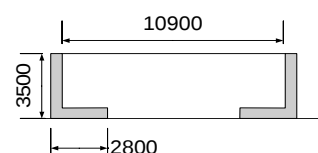


図2 L型擁壁モデル

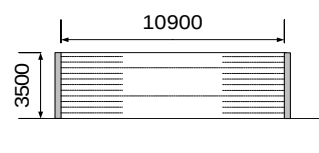


図3 盛土補強土壁モデル

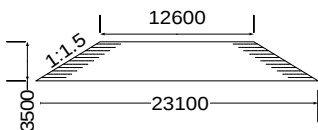


図4 無補強盛土モデル

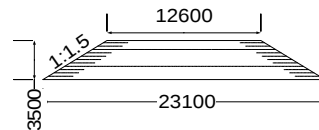


図5 補強盛土モデル

単位:mm

表1 擁壁の解析用入力値

材種	項目	平均値	変動係数
土	単位体積重量 (kN/m ³)	18	0.05
	粘着力 (kN/m ²)	0.0	0.0
	内部摩擦角 (度)	20-50 5°きざみ	0.10
補強材	破断強度 (kN/m)	30.0	0.10

表2 盛土の解析用入力値

材種	項目	平均値	変動係数
土	単位体積重量 (kN/m ³)	18	0.05
	粘着力:()内は表層 (kN/m ²)	6.0(3.0)	0.10
	内部摩擦角 (度)	20-50 5°きざみ	0.10
補強材	破断強度 (kN/m)	30.0	0.10

3. 解析方法

本検討で用いた信頼性解析手法は、First-order reliability method (FORM)である。FORMは、近似的解法であるため非常に小さい限界状態超過確率の算定に問題があるが、ここでは試検討として計算が実行できる範囲まで解析を実施した。また、建設費の積算は、建設物価や実際の工事資料などをもとに行った。再建費に関しては、破壊時の状態や経済的損失などの影響を受け、一律に設定するのは難しいが、本検討では簡単のため再建に関する費用は初期建設費の2倍の金額と仮定した。

4. 解析結果

図6と図7に地震時の滑動モードと転倒モードにおける擁壁の限界状態超過確率と内部摩擦角の関係を示す。内部摩擦角の大小に寄らず盛土補強土壁の限界状態超過確率がL型擁壁の限界状態超過確率よりも小さく、盛土補強土壁の安定性が高いことが分かる。また、内部摩擦角の増加に伴い、盛土補強土壁とL型擁壁の限界状態超過確率の差は

キーワード ライフサイクルコスト、信頼性解析、破壊確率、FORM

連絡先 〒231-8315 神奈川県横浜市中区 6-50-1 (独) 鉄道建設・運輸施設整備試験機構 Tel:045-222-9082

大きくなる．特に，転倒モード（図7）において盛土補強土壁の限界状態超過確率は，内部摩擦角が 45° 以上では非常に小さく算定ができなかった．

図8に地震時における盛土の限界状態超過確率と内部摩擦角の関係を示す．当然ではあるが，補強材による補強により，いずれの内部摩擦角についても補強盛土の限界状態超過確率は無補強盛土の限界状態超過確率よりも小さくなった．

別途算定した初期建設費と再建費を用いて，地震時のライフサイクルコストの算定を行った結果を図9～11に示す．図中には初期建設費も併せてプロットした．滑動モードにおける擁壁のライフサイクルコストでは，内部摩擦角が小さい場合には，L型擁壁と盛土補強土壁の限界状態超過確率が比較的大きいため，ライフサイクルコストが増加している．これは，限界状態超過確率の増加により，再建に関するコストが増加したためであると考えられる．転倒モードにおける擁壁のライフサイクルコストでは，L型擁壁は滑動モード同様，内部摩擦角が小さいと限界状態超過確率が大きくなり，ライフサイクルコストが増加する．一方，盛土補強土壁は内部摩擦角が小さくても限界状態超過確率が非常に小さいため（図8），限界状態超過確率を考慮した再建費は極めて小さく，ライフサイクルコストは初期建設費とほぼ同等となった．

図11に示した盛土について，無補強盛土は内部摩擦角が小さいと限界状態超過確率が大きくなり，ライフサイクルコストが大きい．補強盛土は，内部摩擦角が小さくても限界状態超過確率が小さく，ライフサイクルコストは初期建設費と同等となった．

5. まとめ

地震時における擁壁と盛土のライフサイクルコストの算定を行った．その結果，本手法を用いることにより土構造物の性能とコストが定量的に評価できた．今後は更に，データを蓄積し，より信頼性の高いものとしていく予定である．

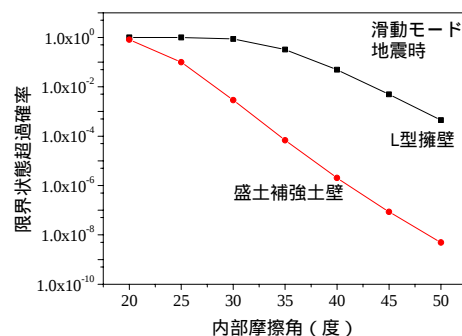


図6 滑動モードにおける擁壁の限界状態超過確率と内部摩擦角の関係

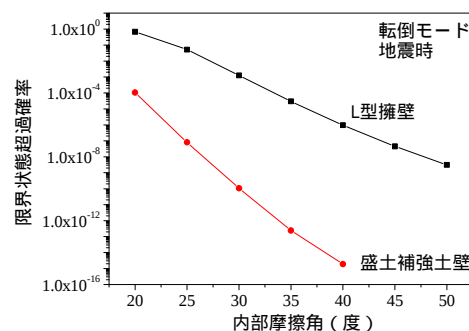


図7 転倒モードにおける擁壁の限界状態超過確率と内部摩擦角の関係

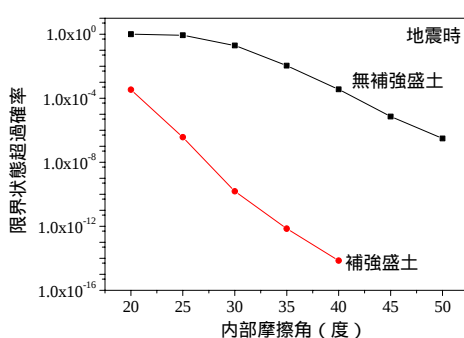


図8 盛土の限界状態超過確率と内部摩擦角の関係

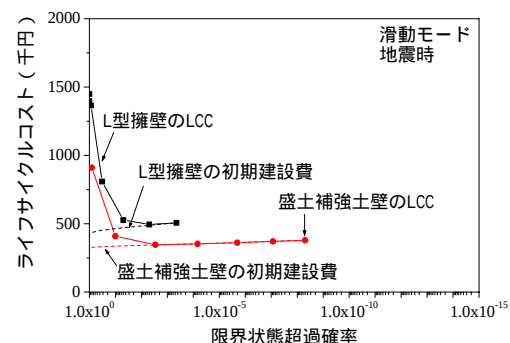


図9 滑動モードにおける擁壁のライフサイクルコストと限界状態超過確率の関係

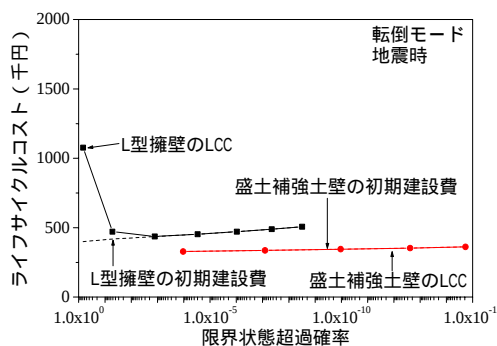


図10 転倒モードにおける擁壁のライフサイクルコストと限界状態超過確率の関係

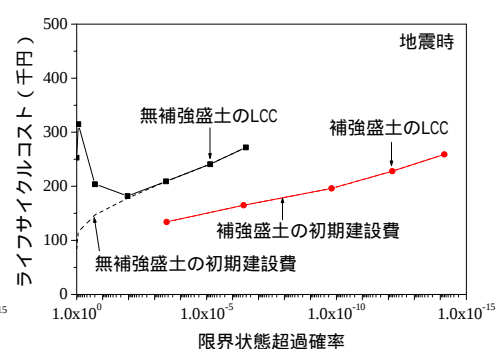


図11 盛土のライフサイクルコストと限界状態超過確率の関係