

第 部門 大型ふとんかごの滑動・転倒安定性に関する検討

大阪大学大学院工学研究科 学生員 平山 淳基
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 常田 賢一
 大阪大学大学院工学研究科 学生員 陳 文仲

1. はじめに

近年地震による道路盛土被害が多数発生し，社会的・経済的に大きな影響を及ぼしたことから，道路盛土の耐震性能に視点を置いた耐震対策の必要性が指摘されている．その耐震対策の一つに，盛土の本体構造の一部を構成する構造体を盛土ののり尻部分に設置するのり尻補強構造が提案されており，その効果は遠心模型実験で明かになっている¹⁾．本論文では，のり尻を補強する構造体として考えられる大型ふとんかごの地震時の安定性について検討する．

2. 安定計算概念

(1) 安定計算式の誘導

粘着力が無い盛土を対象とした安定計算の概念図を図-1 に示す．仮想壁面に対して地震時の主動土圧を作用させる．また，ふとんかごおよび盛土の一部を一つのブロックとし，それぞれのブロックについて安定性を検討する．そして，地震時土圧，地震慣性力，静止摩擦力および重力の力のつり合いおよびモーメントのつり合いから，滑動安全率および転倒安全率の計算式をそれぞれ導く．これにより，導かれた式(1)および(2)を用いて安定計算を行う．

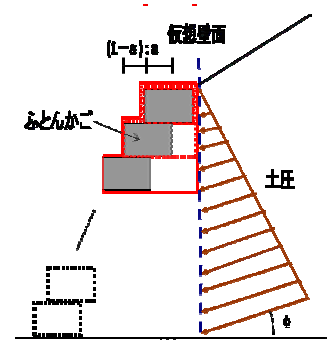


図-1 安定計算概念図

$$F_{sn} = \frac{aW_f f_f + (1-a)W_s f_m + \left\{ \sum_{i=1}^n W_{(i-1)} + W_s \sum_{i=1}^n (i-1) \right\} f + \frac{n^2}{2} K \sin \left\{ \frac{af_f + (1-a)f_m + \{(n-1) - (n-1)a\}f}{n - (n-1)a} \right\}}{\frac{n^2}{2} K \cos + nk_h W + k_h W_s \sum_{i=1}^n (i-1)} \quad (1)$$

$$F_{on} = \frac{\left(\frac{n^2}{2} - a \sum_{i=1}^n (i-1) \right) WL + \left[\sum_{i=1}^n (i-1) \left(i - \frac{3}{2} \right) - a \left\{ \sum_{i=1}^n (i-1) \left(i - \frac{3}{2} \right) \right\} \right] W_s L + \frac{n^2}{2} K \{ n - (n-1)a \} L \sin}{\frac{n^3}{6} K \cos H + \frac{n^2}{2} k_h WH + k_h W_s H \sum_{i=1}^n \frac{(i-1)^2}{2}} \quad (2)$$

ここに， $W_n = aW_{n-1} + W$ $W_n = (1-a)W_n$ $W_s = (1-a) LH$ $K = K_E H^2$
 高さH×幅L：ふとんかごサイズ，W：ふとんかご重量， f_f ：ふとんかごとふとんかごの間の静止摩擦係数， f_g ：ふとんかごと地盤間の静止摩擦係数， f_m ：ふとんかごと盛土の間の摩擦係数， γ ：盛土の単位体積重量， ϕ ：盛土の内部摩擦角， δ ：ふとんかご背面と盛土の間の壁面摩擦角， α ：盛土の勾配， K_E ：地震時主動土圧係数， k_h ：水平震度，ふとんかごが重なっている部分と重なっていない部分の長さの比：a：(1-a)

(2) 安定性検討ケース

図-1 に示す代表的な大型ふとんかごの積み方を想定し，1 段～6 段まで滑動及び転倒安全率を計算する．検討パラメータを表-1，表-2 に示す．静止摩擦係数については野外で行われた大型ふとんかごの牽引実験のデータを適用し¹⁾，水平震度 k_h は常時及びレベル 1，レベル 2 地震動を想定し，0.0，0.15，0.2 を与えた²⁾．また，迫り出し係数aは 0.5，0.75，1.0 で計算を行った．

表-1 ふとんかご仕様

H×L(m)	W(kN)	f_f	f_g	f_m
0.5×1	9.0	0.70	0.77	0.77

表-2 盛土に関するパラメータ

(kN/m ²)	(°)	c(kN/m ²)	(°)
19.0	30.0	0.0	34

(3) 安定計算結果

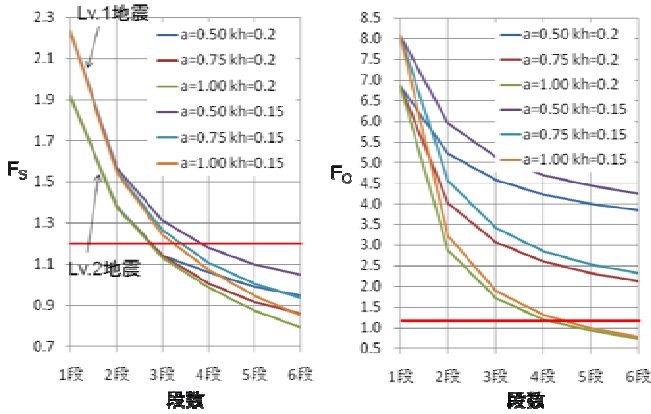


図-2 ふとんかご積重段数の影響

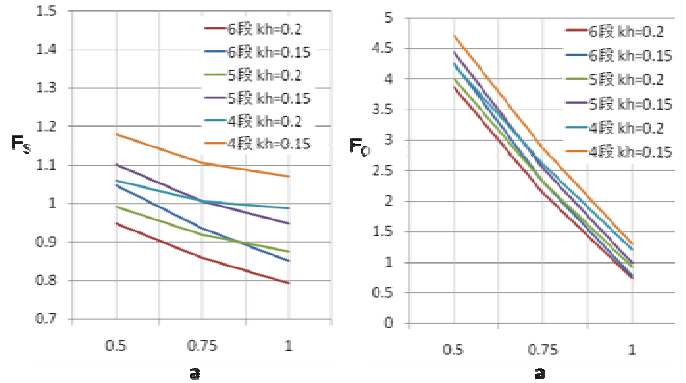


図-3 ふとんかご迫り出し幅変化の影響

安定計算の結果を図-2 および図-3 に示す．ふとんかご段数を増加させると，滑動，転倒ともに安全率は低下する．レベル1地震動では3段まで，レベル2地震動では2段までしか許容安全率²⁾1.2 が確保されない．また，ふとんかご迫り出し幅の減少に伴い，安全率は低下する．特に転倒に関してはその影響が大きい．

3. 事例検討

図-4 に示すような断面図の事例検討を行った．ふとんかごサイズが高さ 1.0×幅 2.0m となっており，重量は 36kN である．また，迫り出し係数 $a=0.73$ であり，その他の定数は表-1, 2 と同様である．下から2段は安定な地山にあるので，上から4段を計算対象とした．安定計算結果を表-3 および表-4 に示す．常時は許容安全率 1.5 を満たし安定であるが，地震時は許容安全率 1.2 が確保されない．



図-4 検討対象事例

表-3 事例検討結果 (滑動安全率)

	常時	Lv.1地震時	Lv.2地震時
F_{s1}	4.048	2.034	1.745
F_{s2}	2.375	1.444	1.278
F_{s3}	1.818	1.194	1.073
F_{s4}	1.541	1.056	0.958

表-4 事例検討結果 (転倒安全率)

	常時	Lv.1地震時	Lv.2地震時
F_{o1}	18.622	8.082	6.854
F_{o2}	8.267	4.686	4.129
F_{o3}	5.666	3.572	3.207
F_{o4}	4.524	3.024	2.746

しかし，ふとんかごの構造を工夫することにより地震時も許容安全率を満たすことが出来る．表-5 に対策法を示す．

表-5 $F_s=1.2$ を満たす条件

	迫り出し係数 a	ふとんかごの幅(m)
Lv.1地震	0.38	4.1(2.1倍)
Lv.2地震	-	6.7(3.4倍)

4. まとめ

大型ふとんかごの地震時の安定性について検討した．大型ふとんかごを盛土の耐震対策として適用する場合，段数を少なくする，迫り出し幅を確保する，ある程度のサイズのふとんかごを用いることにより可能であることが明らかになった．今後は，ふとんかごの摩擦係数を高くすることや，杭等により抵抗力を付与する方法を検討することが課題として挙げられる．

【参考文献】

- 1) 常田賢一，小田和広，中平明憲：道路機能に基づく道路盛土の経済的な耐震強化・補強技術に関する研究，道路政策の質の向上に資する技術研究開発成果報告レポート No.17-4 2008.7
- 2) 社団法人：道路土工，擁壁工指針