

実大実験と模型実験に基づく蛇籠の摩擦係数に関する検討

徳島大学大学院 学生会員 ○木下勇人 徳島大学大学院 正会員 成行義文
 瀬戸内金網商工 非会員 山口貴行 瀬戸内金網商工 非会員 白井常彦
 セントラルコンサルタンツ 非会員 岸本直人 大成建設 非会員 明渡翔太

1. はじめに

蛇籠工法は古来より災害復旧や河川改修等において用いられてきた伝統的工法であるが、その力学特性は未知の部分が多い。本研究では、蛇籠の最も重要な特性のひとつである摩擦特性を解明することを目的として、様々な条件下での実大実験ならびに模型実験結果よりボックス型蛇籠の摩擦係数に関する検討を行った。

2. 実大実験¹⁾

図 1 に本研究で実験供試体として用いたボックス型蛇籠 (2m×1.2m×0.5m) を示す。実験装置概要は図 2 に示す通りであり、蛇籠の後面中央上部に変位計を、引張ワイヤーにロードセルを設置した。各実験条件を表 1 に示す。表 1 中の試験順序 1 は実験装置の稼働確認のため試行したもので、測定データは得られていない。なお牽引速度約 0.4cm/s を低速としている。

実験より得られた特性値を表 2 に、「荷重と重量の比 (ここでは広義の摩擦係数(μ)と考える)」と変位との関係を図 3 にそれぞれ示す。図 3 から籠との接触面が砂利でない試験順序 6 及び 8 以外の曲線は比較的重なっており、約 40cm 変位した際の摩擦係数もほぼ等しいことがわかる。

実験より得られた各条件下の荷重(F) - 変位(x)曲線を検討した結果、蛇籠の滑動における荷重 - 変位関係は図 4 のようにモデル化できることがわかった。図 4 中の領域 (①~④) はそれぞれ図 5 に示す蛇籠の変形・変位過程に対応している。表 2 より静止摩擦係数は約 0.6 であり、約 40cm の滑動で摩擦係数は約 0.8 まで増大することがわかった。

図 4 から、蛇籠は水平分布荷重を受けた場合 x_0 前後のせん断変形を生じた後滑動を始め、摩擦力は $x = x_1$ 時までほぼ直線的に増加する。これは図 6 に示すように滑動開始後蛇籠底面に砂利が充填され、底面の状態が変化するためであると考えられる。また、 $x = x_1$ 時に底面はほぼ飽和し、その後蛇籠前面下部の掘削・押土に伴い摩擦力が増大していると考えられる。 $x = x_2$ で引張を終了し除荷した途端、蛇籠のせん断変形の戻りとともに前面土圧の影響により、変位は x_3 に後退しているのがわかる。



図 1 実験供試体(実物大)

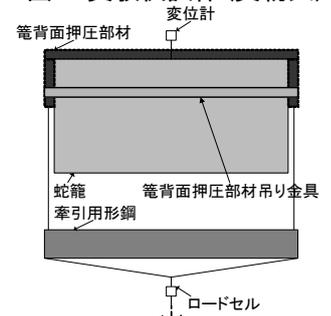


図 2 実験装置概要

表 1 実験条件

試験順序	方向	速度	籠との接触面	地面	試験体重量 W(kgf)
1	横	不明	砂利	乾燥	1995
2	縦	低速	砂利	乾燥	1943
3	横	低速	砂利	乾燥	1975
4	横	低速	砂利	乾燥	1975
5	縦	低速	砂利	乾燥	1943
6	横	低速	ヤシマット	乾燥	1975
7	横	やや高速	砂利	乾燥	2085
8	横	低速	カゴ	乾燥	1985
9	縦	低速	砂利	湿潤	1953
10	横	低速	砂利	湿潤	2005

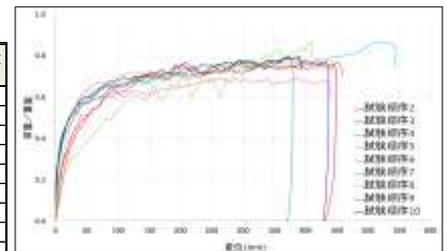


図 3 「荷重/重量」-変位曲線

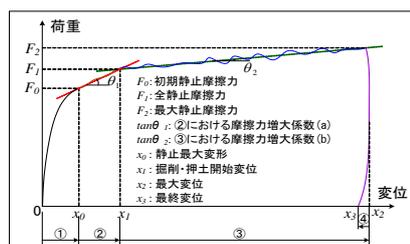


図 4 荷重-変位曲線の特



図 5 蛇籠の変形・変位過程

表 2 荷重-変位曲線の特性値

試験順序	F & μ				x							θ		
	F_0 (kN)	μ_0	F_1 (kN)	μ_1	F_2 (kN)	μ_2	x_0 (cm)	x_1 (cm)	x_1-x_0 (cm)	x_2 (cm)	x_2-x_0 (cm)	x_3 (cm)	$\tan\theta_1$	$\tan\theta_2$
2	10.0	0.53	13.5	0.71	14.5	0.76	5.7	14.1	8.4	44.9	2.2	42.7	0.4167	0.0325
3	10.2	0.53	13.5	0.7	14.7	0.76	3.0	13.1	10.1	43.6	1.0	42.6	0.3267	0.0393
4	10.5	0.54	12.8	0.66	15.5	0.8	3.6	8.0	4.4	37.9	1.3	36.6	0.5227	0.0903
5	11.0	0.58	13	0.68	14.8	0.78	3.9	9.8	5.9	44.2			0.3390	0.0523
6			12.4	0.64	13.0	0.67		5.5	5.5	43.2				
7	11.0	0.54	12.7	0.62	17.3	0.85	3.5	5.8	2.3	54.1			0.7391	0.0952
8	5.2	0.27	12.0	0.62	15.4	0.79	1.7	15.3	13.6	41.0			0.5000	0.1323
9	8.3	0.43	13.0	0.68	14.6	0.76	3.0	13.8	10.8	45.6			0.4352	0.0503
10	11.6	0.59	13.6	0.69	15.6	0.79	4.0	11.3	7.3	39.0			0.2740	0.0722

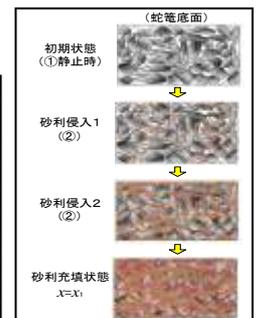


図 6 摩擦面充実過程

3. 模型実験

図7に実験に用いた縮尺約1/13スケールの縮小模型(15cm×9cm×3.75cm)である。表3に模型の線径 ϕ を、図8に模型実験装置概要をそれぞれ示す。前出の実大実験と同様の机上実験を行った。表4は各実験条件を示しており、試験条件4及び5は水分量を変えて砂全体が湿った状態と砂から水が滲み出る状態の2つの条件を試行し、試験条件6は供試体として木材ブロックを使用し重さの調整のため4段積みとして実験を行ったものである。なお、牽引速度はどの試験条件においても約0.35mm/sとした。本実験により得られた荷重-変位曲線を図9に示す。



図7 蛇籠模型

表3 蛇籠の線径

	実物	模型
網部	ϕ 4mm	ϕ 0.7mm
枠部	ϕ 5mm	ϕ 1.2mm

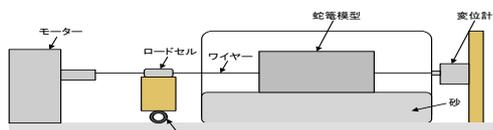


図8 実験装置概要

表4 実験条件

試験条件	層数	方向	接触面	地面状態	試験体重量(g)
1(模型)	1	横	砂	乾燥	1038
2(模型)	2	横	砂	乾燥	2076
3(模型)	3	横	砂	乾燥	3114
4(模型)	1	横	砂	湿潤	1038
5(模型)	1	横	砂	湿潤	1038
6(木材)	4	横	砂	乾燥	1038

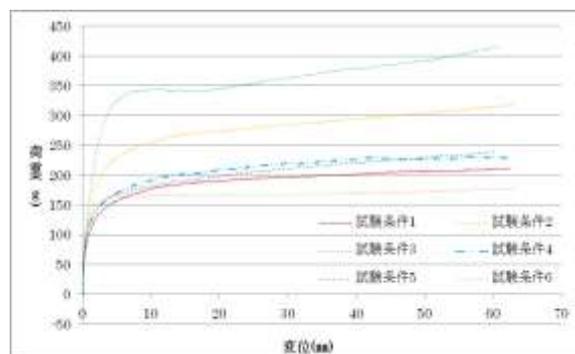


図9 荷重-変位曲線

4. 各実験との比較

図10は実大実験と模型実験の摩擦係数-変位関係を比較したグラフである。変位に関しては、比較しやすくするため実大実験の変位に縮尺を戻している。図10からわかるように、実大実験と模型実験では、摩擦係数に大きく差がみられる結果となった。これは模型実験で用いた砂と実大実験で用いた砂利とでは性質が異なることが原因と考えられる。また、摩擦特性の差の比較を行い易くするため、図11に模型実験の摩擦係数(荷重/重量)を5.5倍にしたものを示す。図11から、模型実験により実大実験の摩擦係数の増大過程が再現されていることがわかる。このことから、模型実験により蛇籠の摩擦特性の検討が可能であるといえる。

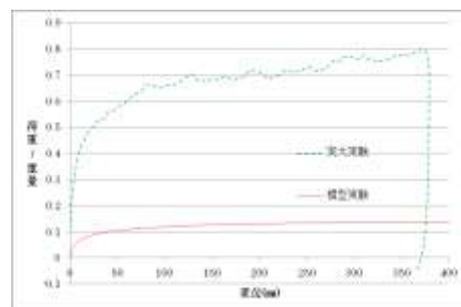


図10 「荷重/重量」-変位の比較

5. 模型実験結果に対する考察

表5は図9から得られた図4の特性値(F_0, F_1)を示している。多段積みの場合(試験条件2, 3), 図9及び表5からわかるように F_0 は各々1.5倍, 2.2倍, また F_1 は各々1.5倍, 1.9倍であり, 重さに比例していない。湿潤状態の場合(試験状態4, 5), $F_0 \cdot F_1$ ともわずかに乾燥状態より大きくなった。木材ブロックの場合(試験条件6), 一段積みの場合と比べ F_0 まで荷重が上昇した後一定の荷重となる。このことから, F_0 まで荷重が増加した後, 更に荷重が増加する点が蛇籠の様な表面が網目状の物体の並進摩擦特性と言える。

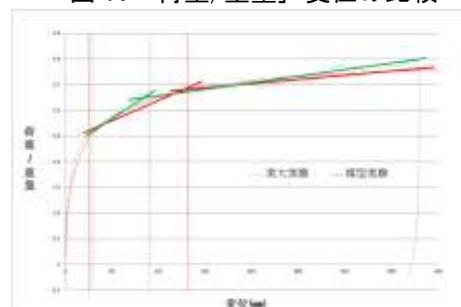


図11 摩擦特性の比較

表5 模型実験による荷重-変位曲線の特性値

試験条件	F_0 (g)	F_1 (g)
1	143	178
2	220	270
3	310	341
4	148	204
5	146	177
6	160	

6. おわりに

本研究により, 1層ボックス型蛇籠の初期静止摩擦係数は従来用いられている0.6にほぼ等しく, また約40cmの滑動により摩擦係数は約0.8まで増大することがわかった。これは若干の滑動を許せば蛇籠は非常に大きな摩擦力を期待し得る構造体であることを示唆している。また, 模型実験においても同様の摩擦特性を得ることができることから, 模型実験は実施が容易でない実大実験に代わる方法として有用である。今後は模型の精密化及び地面の設定方法等の工夫により, 摩擦係数を実大実験値に近づけることが課題である。

7. 参考文献

- 1) 実大実験に基づく蛇籠の摩擦係数に関する検討: 岸本直人 (H25 土木学会四国支部)