実大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 〇岸本直人 徳島大学大学院 正会員 成行義文 瀬戸内金網商工 非会員 白井常彦 瀬戸内金網商工 非会員 山口貴幸

1.はじめに 蛇籠工法 ¹⁾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,その力学特性は未だ未知の部分が多い. 本研究では,蛇籠の最も重要な特性の一つである摩擦特性を解明することを目的として,様々な条件下での野外実大摩擦実験を行い,得られたデータに基づきボックス型蛇籠 ²⁾の摩擦特性ならびに摩擦係数に関する検討ならびに考察を行った.

2.実験概要 本研究では、図1は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)を示している.その実験装置概要は図2に示す通 りであり,地面に設置した蛇籠に吊り金具付きの背面押圧部材を取り付け, それを牽引用形鋼に結ばれたワイヤーにより図2の矢印方向に引張る構造 となっている.なお、蛇籠の後面中央上部に変位計を、また、ロードセル を引張りワイヤー側に設置するとともに、①~⑥の位置に変位確認用のビ デオカメラを設置した.

表1は各実験条件を試験順に示したものである.表1中の試験順序1は 実験装置の稼働確認のために実施したものであり,測定データは得られて いない.表1よりわかるように,試験順序2,3と試験順序4,5はそれぞ れ同じ条件で行ったものである.試験順序6は蛇籠の底面をヤシマットで 覆い一緒に滑らせたものである.試験順序7は,低速の約5倍の速度で牽 引を行ったものである.試験順序8は籠を2段に積み,上段の籠を滑動さ せたものである.試験順序9,10は試験順序4,5の条件中地面条件を湿潤 に変えたものである.なお低速とは牽引速度約0.4 cm/s である.

3. 実験結果 実験より得られた「荷重と重量の比(ここでは広義の摩擦係数

と考える)」と変位の関係を図3に示す.この図からわ かるように,籠との接触面が砂利でない試験順序6お および8以外の曲線は比較的重なっており,約40 cm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一変位曲線に基づき、その滑動特性について検討した結果、蛇籠滑動時の荷重一変位関係は図4のようにモデル化(①~④)出来ることがわかった.図4中の4つの領域(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.また、各試験順序における図4中の各特性値を



表2に示す.**表2**中の,μ₀,μ₁,μ₂はF₀,F₁,F₂を各試験体重量で除して得られた初期静止摩擦係数,全静止 摩擦係数,最大静止摩擦係数をそれぞれ表わしている.この表より,乾燥地面上の蛇籠の初期摩擦係数μ₀ は 0.6 弱であり,通常用いられている摩擦係数(0.6)とほぼ一致していることがわかる.また,滑動変位の増 大に伴い摩擦係数は増加し,最大時(変位約 40 cm)には約 0.8(μ₂)に達することがわかった.



図 1 実験供試体(実物大蛇籠)



図2 実験装置概要(平面図)

表1 実験パターン

試験 順序	方向	速度	篭との接触面	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	棤	低速	砂利	湿潤	2005



図4 荷重-変位曲線の特性

4. 考察 前出の実験結果に対する考察を以下に列挙する.

1)蛇籠は水平分布荷重を受けた場合,約3 cm(x_0)前後のせん断変形を生じた 後滑動を始め,その後摩擦力は直線的に増加し,変位約4 cm(x_1)時の摩擦 係数は0.7 となる.これは図6に示すように活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, $x = x_1$ の時に底面はほぼ飽和すると考えられる.その後,図5③のように蛇籠前 面下部の掘削・押土作用が顕著となり,この作用により摩擦力が増大する. 滑動変位40 cm(x_0)時の摩擦係数は前述のように0.8 前後であった.

2)蛇籠底面をヤシマットで被覆した場合, μ₁=0.64 ならびに μ₂=0.67 であり, 被覆なしの場合に比べて μ₁ は 0.06 ほど低く, μ₂は μ₁に比べわずかに大き いだけである.これはヤシマットと砂利面との摩擦が小さく,さらに蛇籠 をヤシマットで覆ったためほとんど押土・掘削が行われなかったためであ ると考えられる.

3)籠上を滑らせた場合, μ_0 は約 0.27 と小さいが, μ_1 は 0.6 強, μ_2 が 0.8 と 大きくなっている.これは、下層の蛇籠の網に上層の蛇籠の一部が引っ掛 かったためであると考えられる.

4)地面を湿潤状態にした場合,摩擦係数は乾燥状態とほぼ同じであるが, 底面充填に要する滑動量が 1.5 倍~2.0 倍となっている.これは砂利が水分 を含んでいるため充填効率が悪いためであると考えられる.

5)やや高速で滑動させた場合,摩擦係数は低速の場合とほぼ同じであるが, 底面充填に要する滑動量が 1/2 となっている.これは速く滑動する方が充 填が効率的に行われるためと考えられる.

5. 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、 従来より用いられている 0.6 にほぼ等しく、また約 40 cm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. このこと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. 今後は、蛇籠の変形特性、蛇籠の積層数等が摩擦係数に及ぼす影響、 滑りに伴う蛇籠底面の変化ならびに摩擦増大現象等に関する検討を、模型 実験ならびに解析の両面から行う予定である.

<u>6.参考文献</u>

1) 建設省河川局防災·海岸課編集:鉄線籠型多段積護岸工法 設計·施工技術基準(施行案):社会法人全国防災協会 1998 年 5 月

2) 瀬戸内金網商工株式会社 ボックストーン工法: http://setolon.jp/products/boxstone.html

表2 荷重-変位曲線の特性値

試験 順序	F & µ					x					θ			
	F ₀ (kN)	μ₀	F ₁ (kN)	μ 1	F ₂ (kN)	μ₂	x ₀ (cm)	x ₁ (cm)	x ₁ -x ₀ (cm)	x ₂ (cm)	x ₂ -x ₃ (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5 蛇籠の変形・変位過程



図6 摩擦面充実過程