【Ⅰ－4】

模型実験に基づく蛇籠の摩擦特性の解明に関する二、三の考察

徳島大学　学生会員　○西田匠吾　大成建設　正会員　木下勇人
徳島大学大学院　フェロー会員　成行義文　徳島大学大学院　正会員　井上貴文

1. はじめに

蛇籠工法は古来より災害復旧や河川改修において使用されてきた伝統的工法であるが，その力学的挙動は未知の部分が多い．本研究は蛇籠の最も重要な力学特性の一つである摩擦特性を解明することを目的とし，岸本[1)]が行った野外実大実験で得られた摩擦特性に関して，机上模型実験により検証を行う．

2. 野外実大実験と机上模型実験から考察される蛇籠の摩擦特性

この実験の概要は**図 1** に示す通りで、ロードセルと変位計を用い水平に牽引する荷重とその変位を計測する．

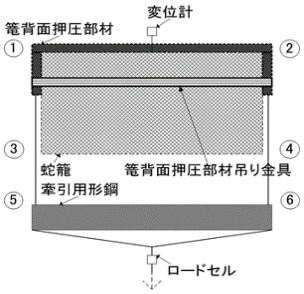

図 1 実大実験概要

実大実験から得られる**図 2** より，①静止せん断変形期，②摩擦面充実期，③掘削・押土期，④後退期の 4 つの変形・変位過程があると分かっている．**図 2** における②摩擦面充実期に摩擦力が直線的に増加するのは、蛇籠底面に砂利が充填されることにより底面の状態が変化するためであると考えられている．その後，蛇籠前面下端の掘削・押土作用が顕著となり荷重が増加すると考えられる．

図 3 は机上模型実験における荷重-変位曲線とその特性値である．模型実験においても実大実験と似た荷重-変位曲線が得られた．模型実験においても実大実験と同様の摩擦特性が発生していると考えられる．

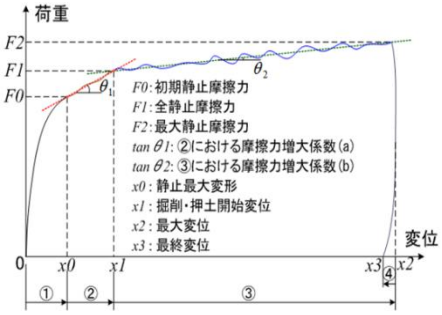

図 2 実大実験の荷重−変位曲線

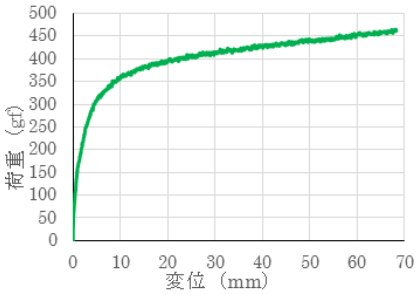

図 3 模型実験の荷重−変位曲線

3. 蛇籠摩擦特性各区間の検証

3.1 静止せん断変形の検証

静止せん断変形の検証を行うためにせん断抵抗力の違う A）木片，B）蛇籠模型，C）石なし籠を用いて牽引実験を行う．**図 4** は各変位-時間曲線の拡大図であり，初期上下変位差が読み取れる．

剛体と考えられる A）木片は初期上下変位差がほぼなく，せん断変形を生じていないことがわかる．その後さらに変位差が増加するが，これは底面摩擦力の影響を受け木片前面下端を軸とする回転モーメントが発生し土へ沈み込むかたちで傾いたためと考えられる．

B）蛇籠模型では約 0.3mm の初期上下変位差が見られる．蛇籠模型には静止せん断変形が発生しているといえる．その後**図 5** より，木片同様の回転モーメントの傾きによる滑動に伴う変位差増大の後，変位約 10mm を境に変位差は減少する．これはせん断変形が戻るためと考えられる．せん断変形を発生させる力（＝せん断力）は，外力と摩擦力のうち小さい方が支配する．外力が摩擦力よりも大きくなるため滑動が始まるのであり，せん断力は摩擦力に支配される．つまり，

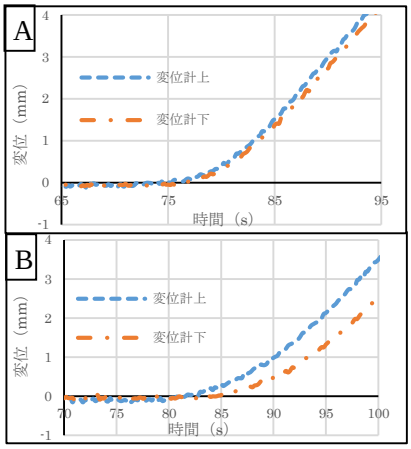

図 4 初期上下変位差 AB

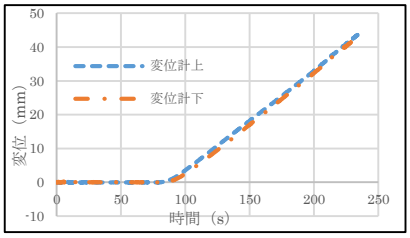

図 5 変位−時間曲線 B

せん断変形の回復は摩擦力の低下によるものと考えられる．これより蛇籠の底面摩擦力は，摩擦面充実期に相当する変位約 10mm で最大になり滑動と共に減少すると推察される．

C）石なし籠は初期上下変位差が約 0.9mm と大きな値となった．その後変位差はさらに大きな割合で増加するが，これは木片同様の回転モーメントの傾きによる変位差増加に対して籠躯体が変形しやすいことによるせん断変形の回復が減少していることの兼ね合いにより，合計としては変位差増加が大きくなったと推察される．

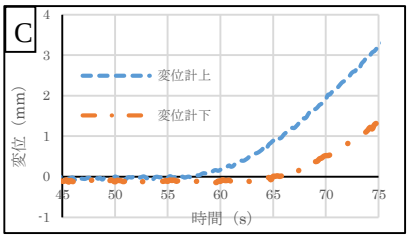

図 6 初期上下変位差 C

3.2 底面充実の進行過程の検証

石なし籠，石詰籠に対して牽引実験を行う．牽引前後の籠と地面の接触面の写真から摩擦面充実の過程を視覚的に確認する．**図 7** は石なし籠の写真であるが，牽引前後で網が地面へ沈み込んでいることがわかる．滑動に伴い籠内に砂が侵入し，砂塊が網目とぶつかり合い崩壊することで摩擦力の増大につながると推察される．また**図 8** は石詰籠の写真であるが，牽引前後石の状態を比較すると牽引後は石の隙間に砂が混入し間隙が砂で満たされていることがわかる．網目だけでなく石も，籠内に侵入する砂とぶつかり摩擦力を増大させる役割を担っていると推察される．

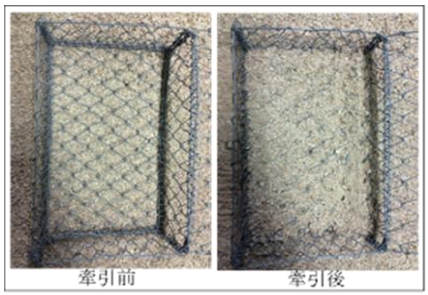

図 7 石なし籠牽引前後摩擦面

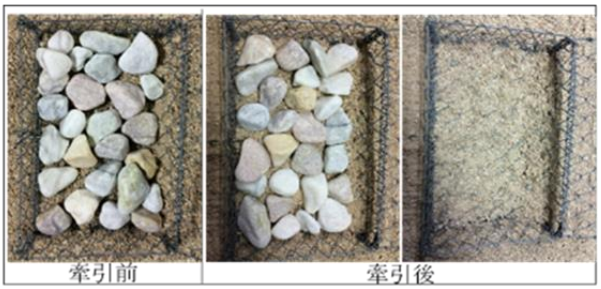

図 8 石詰籠牽引前後摩擦面

3.3 前面下端による掘削現象の検証

前面下端による掘削現象の検証をするため A'）蛇籠模型，B'）前面下端牽引蛇籠模型，C'）前面下端クリアフィルム被覆蛇籠模型に対して牽引実験を行う．

図 9 はそれぞれの荷重-変位曲線である．A'に比べて B'，C'共に荷重が小さくなった．回転モーメントの影響が無くなり傾きがなくなったことで，初期掘削能力が低下したためと考えられる．掘削・押土期に相当する変位約 10mm 以降は加重が直線的に増加している．変位約 10mm 以降について線形近似を行い，近似直線の傾きを**表 1** に示す．近似直線の傾きは A'＞B'＞C'であり，摩擦力の増加割合＝掘削・押土作用の大きさを表している．これより，摩擦力の増加は蛇籠前面下端による掘削作用の影響であるといえる．

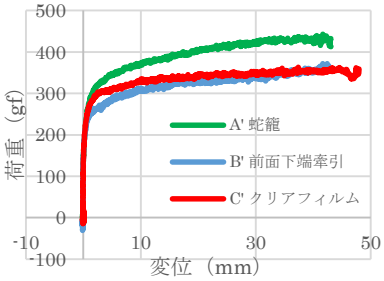

図 9 荷重−変位曲線 A'B'C'

蛇籠模型	前面下端牽引蛇籠模型	前面下端クリアフィルム蛇籠模型
1.7822	1.4505	0.614

表 1 近時直線の傾き

4. おわりに

本研究では，縮小模型ではあるが蛇籠の摩擦特性を特性各区間に分けて検証することで，摩擦特性解明の足がかりとすることができた．また模型実験においても実大実験と同様の蛇籠摩擦特性を得ることができ，実大実験では困難な実験を模型実験で行うことで，より詳細な摩擦特性を知ることができると考える．今後は，静止せん断変形の検証に関しては，せん断変形の回復現象の原因を詳細に調べる追検証が必要である．摩擦面充実の進行過程では，籠内へ流入する砂の定量的な測定方法を検討し，前面下端の掘削作用に関しては，掘削作用に影響を及ぼす回転モーメントに関する検証が必要である．

5. 参考文献

1) 岸本直人：実大実験及び模型実験に基づく蛇籠摩擦特性の定量評価に関する基礎的研究，徳島大学大学院 2014