

## 鋼製ふとん籠のせん断特性と非接触抵抗体に関する実験的研究

JFE 建材株式会社 正会員 ○飯塚幸司 正会員 野崎裕介

## 1. はじめ

近年、集中豪雨や地震による盛土の崩壊防止ため、降雨対策・耐震対策が積極的に行われている。盛土の崩壊の要因は降雨による地下水の上昇や地表部の飽和度の上昇が影響している。さらに、地震時の被害には盛土内の飽和度が関係していることも多い。このため、降雨対策として盛土の法尻部に鋼製ふとん籠工が幅広く用いられている。そのふとん籠工でも、一体化などにより、土留め構造物としても耐震性の向上効果があると考えられる。よって、降雨対策として用いる鋼製ふとん籠工の耐震性の向上効果について検討を行った。

鉄道盛土では、地震動(L2地震動)を考慮した照査方法として土留め構造物の変形(滑動、転倒、せん断の変形モード)、盛土・地盤の揺すり込み沈下、円弧すべり沈下の4つ変状を想定し耐震性を評価している。このため、鋼製ふとん籠を用いた場合でも、構造物としての各変形モードに関する検討が必要である。一般に、籠工に水平荷重が作用すると中詰材のせん断変形と籠構造のせん断変形がある(図-1)。しかし、その両者のせん断変形特性についてはこれまで研究がされていない。また、籠工の変形特性を把握するため、中詰材と籠構造両者についてのせん断変形としての評価体系について実験と解析的な検討が必要である。

そこで、鋼製ふとん籠工(以下、KSパッケージ®)の耐震性の向上効果を検討するため、本検討では鋼製ふとん籠に中詰材を充填した状態のKSパッケージのせん断変形特性および滑動抵抗力を確保するための非接触抵抗力についての実験結果を報告する。

## 2. 降雨・地震対策について

従来の盛土の降雨対策には、鋼製ふとん籠の他に排水パイプが活用されている。排水パイプは排水機能に加えて引抜き抵抗力についても期待できることから、排水パイプにKSパッケージに接続することで水平方向の抵抗力として期待できる。具体的には図-2に示すように盛土法尻に設置されたKSパッケージの内部に排水パイプの排水機能を損なわず接続することで、L2地震時の滑動抵抗力として期待できる。

## 3. 実験の概要

## 3.1 実験1(せん断変形特性に関する実験)

盛土補強土擁壁では壁体が前倒れし背後の補強領域にせん断変形が発生する。本検討においても壁体としてのせん断変形特性を把握する必要がある。図-3に実験装置の概要、図-4に変位計の位置及び表-1に中詰材の諸元を示す。試験体のKSパッケージは長さ2.0m、幅1.2m、高さ0.5mである(図-5)。底面の固定床にボルト固定したKSパッケージに中詰材無しの場合と中詰材を充填したケースについて、一定の荷重を載荷させ、KSパッケージと中詰材の変形特性を把握した。

土圧を想定しジャッキにて載荷板を介して面的にKSパッケージに水平方向へ静的載荷とした。その静的載荷は漸増的に載荷し、所定荷重に到達後に荷重を除去し、再び載荷し、荷重値を増大させていく。その時の変位、荷重を計測した。

## 4.2 実験2(籠内の受圧板に関する実験)

図-6の実験装置に示すようにKSパッケージの内部に排水パイプを設置し、その排水パイプの頭部に受圧板を設置する。実際の地山の内部では、排水パイプ周囲では摩擦抵抗が発揮され、地山補強材のように引き抜き抵抗力が作用する。しかし、KSパッケージの内部では受圧板の定着部が中詰材の変位により移動することが想定される。このため、実験2はKSパッケージが水平に変位したことを想定して、KSパッケージと定着部の変位及び排水パイプに作用する水平力との関係を検証した。なお、変位計の位置、中詰材の諸元は実験1と同様である。

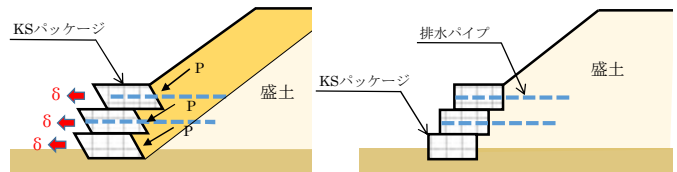


図-1 せん断変形モード

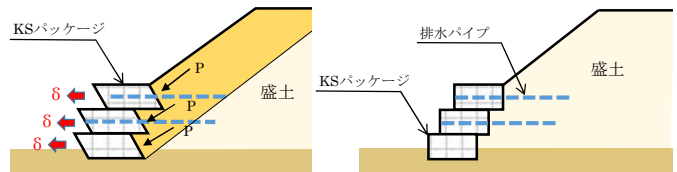


図-2 KSパッケージと排水パイプ

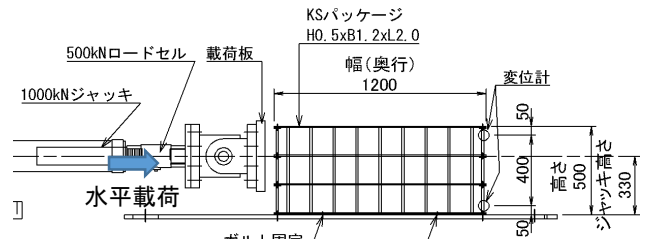


図-3 実験1の実験装置(断面図:単位 mm)

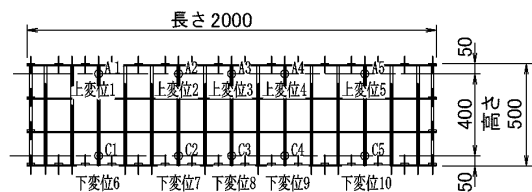


図-4 変位計の位置(単位 mm)



図-5 KSパッケージの構造図

表-1 中詰材の諸元

種別	粒径 (mm)	見掛け比重 (g/cm <sup>3</sup> )	吸水率 (%)	圧縮強さ (N/cm <sup>2</sup> )
割栗石	150~200	2.631	0.091	9.771

キーワード：鉄道盛土、L2地震、排水パイプ、鋼製ふとん籠、非接触抵抗体  
連絡先〒108-0075 東京都港区港南 1-2-70 防災技術部 TLE03-5715-7870

写真-1 に示すように排水パイプの受圧板は、KS パッケージとは非接触の受圧板である。受圧板の形状は一边 250mm で、タイプ 1 (鋼板) とタイプ 2 (溝形鋼) の 2 種類とした。荷重載荷方法は、排水パイプを所定の荷重までジャッキにて載荷した。また、実験終了後、KS パッケージの上面を外して、管内部の排水パイプを目視で確認できるまで中詰材を取り除き、排水パイプの変位の確認を行った。

## 4. 実験結果

### 4.1 実験 1

図-7 に、最も変位が大きい上変位 2 (図-4 参照) における中詰材なしと有りの荷重変位関係を示す。10kN、30kN における最大応答変位(図-7 内の○)を比較すると、それぞれ 10kN 載荷時に 8mm から 3mm、30kN 載荷時に 35mm から 15mm であり、試験の荷重レベルの範囲では、中詰め材の存在により所定荷重に対する最大応答変位が減少する傾向が確認された。

30kN 載荷時の残留変位は中詰め材の有無に関わらず約 7mm であり、実験の荷重レベルの範囲では、残留変位は管の剛性によって決まることが示唆される。中詰め材有りで載荷実験を行った際 40kN 載荷時、ジャッキ側の管底部が浮き上がる現象が起きた。その結果管への荷重伝達が困難となり、浮き上がりが進行して 44kN までの載荷後、除荷を行った。

### 4.2 実験 2

図-8 にジャッキの荷重変位関係、図-9 に最も変位が大きい上変位 2 (図-4 参照) における荷重変位関係を示す。受圧板に変形が生じはじめる 15kN まで載荷を行った。その結果タイプ 1 はジャッキ変位で 93mm、KS パッケージの最大変位は 10mm 程度だった。タイプ 2 はジャッキ変位で 57mm、KS パッケージの最大変位は 11mm 程度の変位が確認された。また、写真 2 に載荷前後の受圧板と中詰め材の位置を示す。位置を確認できる中詰め材から受圧板の位置を計測した。タイプ 1 は 23mm、タイプ 2 は 12mm であった。

本実験では排水補強パイプの変位を直接計測しておらず、受圧板の変位は KS パッケージの最大変位とジャッキ変位の間だと考えられる。受圧板の変位について安全側を考慮すると写真-2 の計測結果と KS パッケージの最大変位を加算することが考えられる。

## 5. まとめ

鋼製ふとん管である KS パッケージのせん断特性および非接触型の抵抗体に関する実験により、以下の知見が得られた。

- ・中詰め材の有無に関わらず、KS パッケージの剛性により残留変位が決まる。
- ・中詰め材の存在により、所定荷重に対する最大応答変位が減少し、その荷重変位が得られた。
- ・15kN まで載荷を行った結果、定着部である受圧板で変位が生じた。受圧板の形状により変位量に差が生じた。

本研究に際し、(公財)鉄道総合技術研究所の基礎・土構造研究室に多数のご指導を得て実験を完了することができた。ここに感謝の意を表す。

## (参考文献)

- 1) 野崎ら：鋼製ふとん管の段積み状態における境界部に関する実験的研究,第 75 回年次学術講演会,2020 年
- 2) 田島ら：法尻補強と排水補強パイプを利用した盛土の降雨・耐震性能向上施策の検討,第 75 回年次学術講演会,2020 年

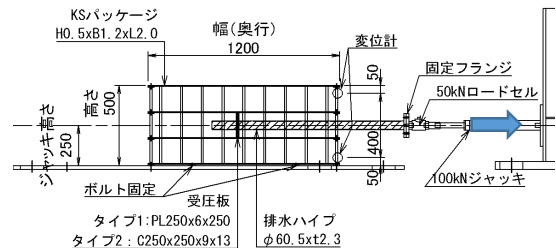


図-6 実験 2 の実験装置 (断面図:単位 mm)



写真-1 受圧板(タイプ 1:右 タイプ 2:左)

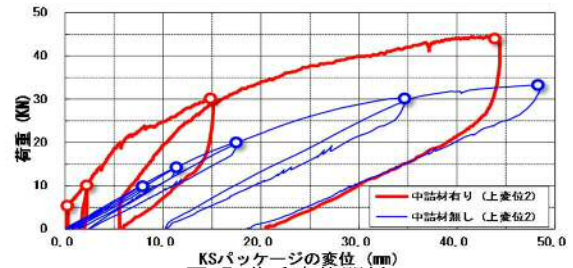


図-7 荷重変位関係

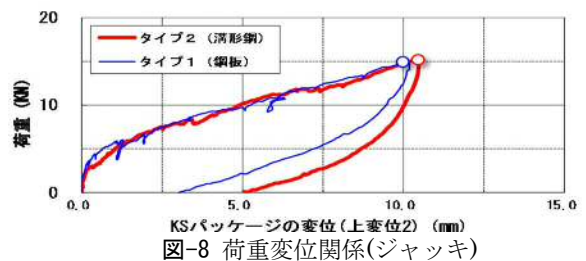


図-8 荷重変位関係(ジャッキ)

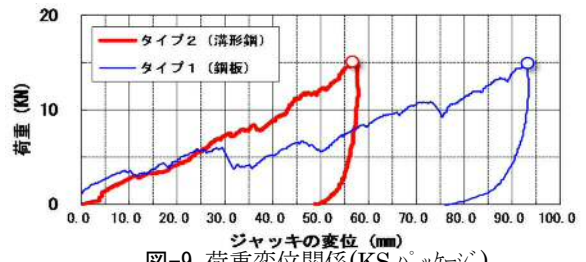


図-9 荷重変位関係(KSパッケージ)

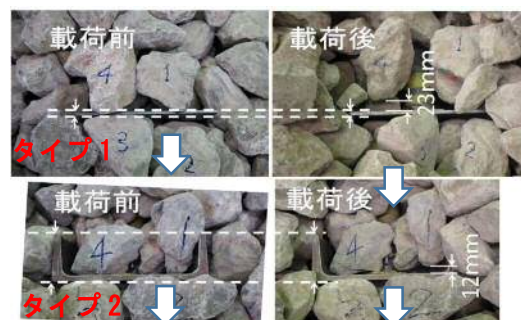


写真-2 中詰め材と受圧板との距離