

## 鋼製ふとん籠の段積み状態における境界部に関する実験的研究

JFE 建材株式会社 正会員 ○野崎裕介 正会員 飯塚幸司

## 1. はじめに

鋼製ふとん籠（以下、KSパッケージ<sup>®</sup>）は、平鋼と丸鋼で構成した格子形パネルを、箱形に構築し、自然石や砕石などを中詰めしたもので、土留工や護岸工、鉄道盛土の腰留めなど幅広い用途で使用されている。土留工として用いられる場合、箱形に構築したKSパッケージを一定量ずらして重ね、図1のように階段状に配置する。このようにして設置したKSパッケージは、安定計算において、一般的な鋼製ふとん籠と同様に、全体が一体化したもたれ式擁壁としてモデル化される。また、KSパッケージにおける各段の境界部は一般的な鋼製ふとん籠と異なり、補強鉄筋による簡易な接続がされており、境界部は摩擦抵抗力と補強鉄筋の断面力が抵抗力として介在する。

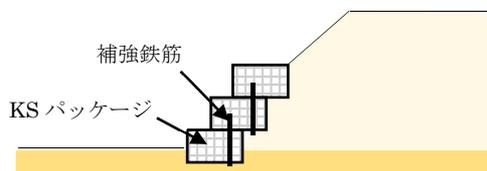


図1 KSパッケージの階段配置

## 2. 境界面の層間すべりと抵抗力について

図2は、KSパッケージを3m段積みし、盛土の腰留め土留工に使用した場合のモデルである。土圧係数  $Ka=0.3$  と仮定すると、2段目のKSパッケージには31.5kNの土圧が作用する。もたれ式擁壁としての安定を保つためには、作用土圧と比較して、境界面の摩擦抵抗力と補強鉄筋の抵抗力の合力に一定の低減係数を乗じた値が大きく、層間のすべりを発生させない必要がある。

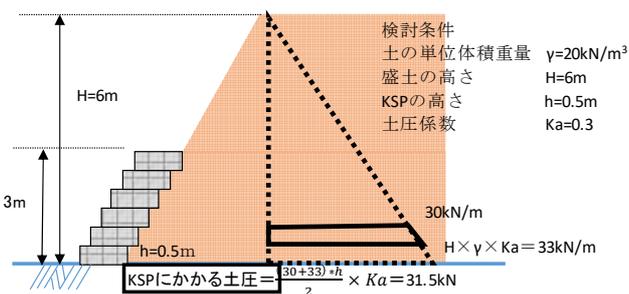


図2 KSパッケージ境界面に作用する土圧

また、境界面の摩擦係数は、従来は鋼材-鋼材間の値を用いているが、KSパッケージのパネルの隙間からは、中詰材が不規則に突出しており、摩擦係数は鋼材-鋼材間の値とは異なっている。また、補強鉄筋の抵抗力については、中詰材に差し込まれているため、固定が不十分であり、せん断抵抗力、曲げ抵抗力、中詰材の受働抵抗力が複合的に作用するため、計算による算出は困難である。

そこで、本稿では、KSパッケージの段積み状態にお

ける境界部の抵抗力について、摩擦抵抗力と補強鉄筋の抵抗力に分けて実験し、検証したのでここに報告する。

## 3. 実験の概要

## 3.1 実験1（摩擦抵抗力に関する実験）

多段積みしたKSパッケージの境界部における摩擦抵抗力を把握するため、固定板に下段のKSパッケージをボルト固定し、上段にもKSパッケージを設置して段積み状態にし、中詰めしたのち、上段のKSパッケージを水平方向に载荷した。図3に水平载荷試験の概要、表1に中詰材の仕様を示す。

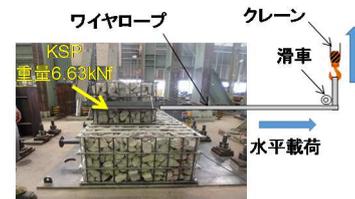


図3 実験1の概要図

表1 中詰材の諸元

種別	粒径 (mm)	見掛比重 ( $\text{g/cm}^3$ )	吸水率 (%)	圧縮強さ ( $\text{N/cm}^2$ )
割栗石	150~200	2.631	0.091	7.771

## 3.2 実験2（補強鉄筋の抵抗力に関する実験）

多段積みしたKSパッケージが相対変位を示す場合における補強鉄筋の抵抗力を把握するため、载荷試験を行った。図4に示すとおり、固定した下段のKSパッケージに鋼製箱を載せ、補強鉄筋を挿入し、両者に中詰材を充填し、上部の鋼製箱を油圧ジャッキにて水平に载荷した。本実験では摩擦力の影響を低減するため、フラットローラーを設置した。

また、载荷中の補強鉄筋を介した下段KSパッケージへの影響を確認するため、図5の位置で変位を測定した。

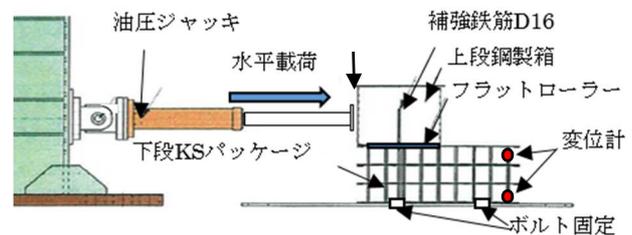


図4 実験2の概要図

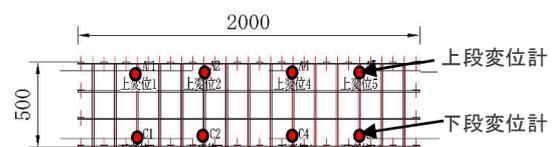


図5 下段KSパッケージ変位計位置

キーワード：鉄道盛土、鋼製ふとん籠、境界部、摩擦係数、層間すべり  
連絡先〒108-0075 東京都港区港南1-2-70 防災技術部 TLE03-5715-7870

## 4. 実験結果および考察

### 4.1 実験 1

図5に実験1の荷重-変位曲線を示す。載荷開始後、約2.3kNで変位が大きくなり、一定荷重(2.5kN程度)で変位が増加し、32mm変位後に荷重が上昇した。また荷重は、6.0kNまでは比例的に増加し、6.5kN付近になると繰り返し低下したため、移動量が100mmとなった時点で載荷を中止した。

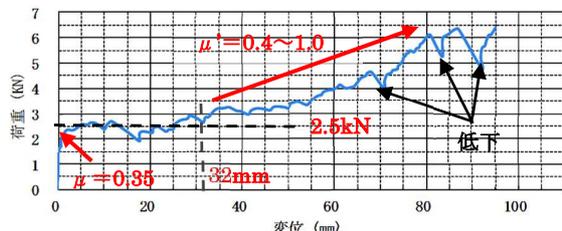


図6 実験1における荷重-変位曲線

変位が出始めた時の荷重は2.3kN、充填したKSパッケージの重量が6.63kNであることから、静止摩擦係数は0.35程度である。また、同様に変位32mmまでの動摩擦係数は、0.35~0.4程度、変位32~100mmまでの動摩擦係数は0.4~1.0であった。

一般に、動摩擦係数は静止摩擦係数より小さくなるが、本実験においては大きくなっている。これは、KSパッケージのパネルのメッシュが130mm×200であり、中詰材の粒径が150~200mmであるため流出はしないが、割栗石の一部は凸部がパネルから突出しており(写真1)、載荷し一定量移動すると、石の噛み合わせの状態が変化し、摩擦係数が増加したものと考えられる。また、変位量が70.0mmを超えたあたりで荷重が低下した。原因は、突出した割栗石の移動が起こり、噛み合わせによる反力がとれなくなったためと考えられる。



写真1 割栗石の突出

また、実験結果から得られた静止摩擦係数および動摩擦係数は、鋼材間の静止摩擦係数である0.15と比較して大きな値であった。

### 4.2 実験 2

図7に上段ジャッキ部、図8に下段KSパッケージ前面部上段の荷重-変位曲線を示す。ジャッキ部では載荷直後から比例的に荷重が増加した。また変位量75mm付近で、中詰材が溢出して載荷が困難となったため、一旦載荷を中止し、KSパッケージから溢れた割栗石を除去したのち、再載荷を行った。再載荷後も、荷重は比例的に増加し、移動量がフラットローラーの移動限界である150mmとなったため、4kNで載荷を終了した。

次に、ジャッキ部とKSパッケージ下段前面部の荷重-変位を比較すると、最大荷重である4kNにおいて、ジャッキ部150mmに対して、2.0mmと変位に明確な差があった。

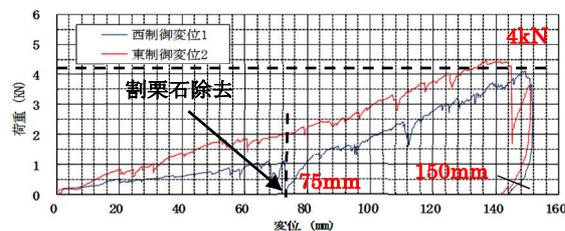


図7 ジャッキ部の荷重-変位曲線

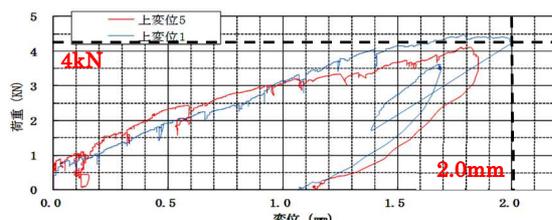


図8 下段前面部の荷重-変位曲線

写真2は実験後に鋼製箱を除去したもの、写真3補強鉄筋を取り出したものである。写真2の補強鉄筋を見ると、前面側に傾斜が発生していたが、取り出した補強鉄筋には、明確な曲げが発生していない。これらの状況から、中詰材である割栗石と補強鉄筋は、荷重の増加に伴い、相対的に位置関係を変えながら、KSパッケージの前面側に荷重を伝達していると考えられる。また、試験荷重の範囲では、KSパッケージの変位は非常に小さいが、中詰材の移動によって局所的に蓋材の一部がせりあがる現象が確認された。

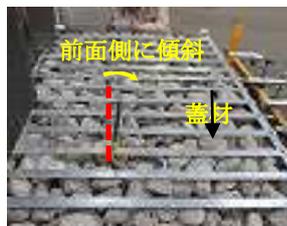


写真2 補強鉄筋の傾斜



写真3 補強鉄筋の変位

## 5. まとめ

KSパッケージの段積み状態における境界部に関する実験を実施し、以下の知見が得られた。

- ・中詰材が充填されたKSパッケージの静止摩擦係数は0.35であった。
- ・静止摩擦係数と動摩擦係数を比較すると、動摩擦係数のほうが大きかった。
- ・補強鉄筋の最大抵抗力は4kN/本であった。
- ・補強鉄筋の最大抵抗力時の応答変位は、載荷位置とKSパッケージ前面側で大きな差が生じた。

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) 飯塚ら: 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, 第75回年次学術講演会投稿中, 2020年
- 2) 田島ら: 法尻補強工と排水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回年次学術講演会投稿中, 2020年