

1003

滑動塗料を適用したセグメントピース間の組立て誤差が滑り性能へ与える影響検討

○熊谷組技術研究所 正会員 勝川 藤太
中央復建コンサルタンツ 正会員 鈴木 猛康

1. はじめに

滑り型免震構造¹⁾は、地下構造物外周面に予め滑動塗料を塗布する等して、躯体と裏込め材や埋め戻し材の境界面を低摩擦で滑りを発生させる低摩擦滑動面とし、地震時に構造物を地盤変位から絶縁することで地下構造物の大地震時安全性を高める新しい免震構造である。筆者等は、既に滑動塗料を開発し、その静的な滑り性能を確認すると共に、滑動メカニズムも解明している²⁾。また、繰返し中空ねじりせん断試験による動的な滑り性能の検証³⁾、さらに、数値解析による滑り型免震構造の低摩擦滑動面で必要とされる摩擦係数についての検討も行っている⁴⁾。一方、滑り型免震構造をシールドトンネルに適用する場合、セグメントピース間において組立て誤差が生じることは避け難く、この影響を検討する必要がある。本稿では、セグメントピース間の組立て誤差により発生する段差を模擬した供試体、段差のないフラットな供試体、フラットな面に防水塗料を塗布した供試体の3種類を作成し、これらを用いて実施した室内静的せん断試験より、滑り型免震構造の滑り性能に対する組立て誤差の影響について報告する。

2. 滑り性能に対する組立て誤差の影響検討

(1) 実験概要

図-1は、繰返し中空ねじりせん断試験の結果から求めた、有効拘束圧と動摩擦係数の関係を示したものである³⁾。動摩擦係数は有効拘束圧が高くなる程低下して行き、有効拘束圧0.3 N/mm²付近ではほぼ一定値0.15となっている。図に実線で示したように、有効拘束圧と動摩擦係数の関係は対数関数で近似することが可能である。そこで、この近似式を補正することで、セグメントピース間の組立て誤差に起因して発生する段差による滑り性能の低下を考慮することを考えた。

実験で用いた供試体ではセグメントピース間の段差を模擬するために、セグメントピースに対応するモルタル版の長手方向中央に1mmの段差を設けることとした。モルタル版のサイズは、幅400mm、奥行き100mm、高さは、長手方向中央を境として49mmと50mmである。モルタル版の作成では専用の型枠を作成し、これにモルタルを打設、脱型の後、28日間水中養生を行い、さらに恒温室内で乾燥させた。次に、この表面に滑動塗料を塗布して乾燥させ、これを汎用の400mm×100mm×100mmの鋳鉄製型枠にセットし、その上面に供試体高さが一様に100mmとなるように裏込め材を打設、脱型の後、28日間水中養生して供試体を作成した。なお、乾燥後の滑動塗料の膜厚は約0.3mmである。

実験は、供試体を写真-1に示す2軸せん断試験装置にセットし、軸応力0.15N/mm²を載荷しつつ、せん断方向に一定速度で強制変位を与えることとした。ただし、軸応力を一定に保持するような制御は行わなかったため、軸応力は強制変位の増加と共に変化し、最終的に0.10N/mm²程度となった。実験ケースは、CASE-1: 段差のないフラットなケース、CASE-2: モルタル版の段差が裏込め材の段差にめり込んで行くケース、CASE-3: モルタル版の段差が裏込め材の段差から離れて行くケース、の3ケースを基本ケースとし、さらに実際の構造物では防水処理を施すこともあることから、CASE-

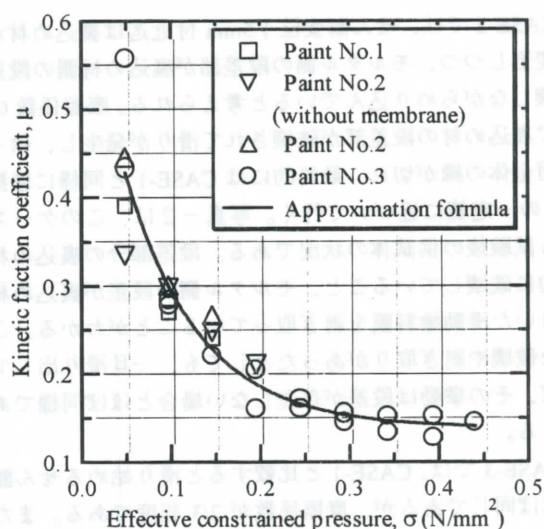


図-1 滑動塗料の動摩擦係数

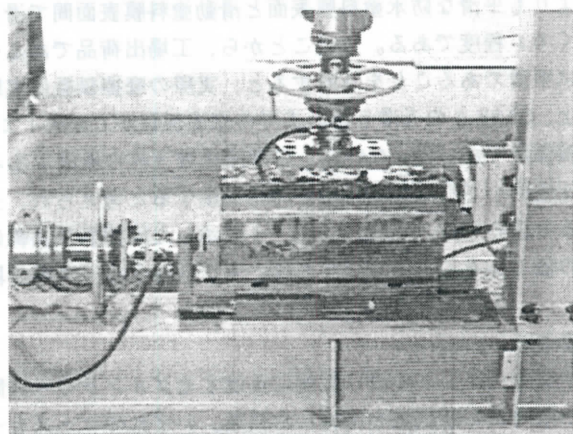


写真-1 せん断試験装置

Effects of Errors in Assembling Segments upon Slipping Capability of the Seismic Isolation for Underground Structures Coated with Low Friction Paints;

Touta KATSUKAWA (Kumagai Gumi Co.,Ltd.) and Takeyasu SUZUKI (Chuo Fukken Consultants Co.,Ltd.)

4:防水塗料を塗布したフラットな面に滑動塗料を塗布したケース、の全4ケースとした。ここで、CASE-1,2,4は各1体、CASE-3は2体の計5体の試験を実施した。また、計測項目は、軸力、せん断力およびせん断変位である。

(2) 実験結果

図-2は、実験結果を摩擦係数とせん断変位の関係でまとめたものである。CASE-1では、せん断変位3mm付近で最大摩擦係数約0.3に達した後、漸減し、最終的に摩擦係数0.2の一定値に近づいて行く。最初にグラフの傾きが変化するせん断変位0.2mm付近迄は裏込め材がせん断変形し、その後、モルタルと裏込め材の境界面で滑りが発生したと考えられる。滑り発生後も摩擦係数が上昇しているのは、せん断変位0.2mmの時点では境界面全体で縁が切れていないためにせん断力が上昇したことに起因すると思われる、境界面全体の縁が切れて面全体で滑り出したのは、せん断変位4~5mm付近と推測される。

CASE-2では、せん断変位1.5mm付近迄は裏込め材がせん断変形しつつ、モルタル側の段差部が裏込め材側の段差部を破壊しながらめり込んでいると考えられる。摩擦係数0.45付近で裏込め材の段差部が破壊されて滑りが発生し、徐々に境界面全体の縁が切れ、最終的にはCASE-1と同様に摩擦係数0.2の一定値に近づいて行く。写真-2は、このケースにおける試験後の供試体の状況である。段差部分の裏込め材が局部的に破壊していること、モルタル側の段差が裏込め材に貼り付いた滑動塗料膜を剥ぎ取っていることがわかる。このような破壊や剥ぎ取りがあったとしても、一旦滑り出してしまえば、その挙動は段差が存在しない場合とほぼ同様であると言える。

CASE-3では、CASE-1と比較すると滑り始めるせん断変位はほぼ同じであるが、摩擦係数が2/3程度である。また、最終段階の摩擦係数はCASE-1の約半分である。セグメントピース間に段差が存在する場合でも、段差が引き離される方向ではむしろ、段差がない場合よりも小さな摩擦係数で滑りが発生すると言える。

CASE-4はCASE-1と同様、裏込め材がせん断変形した後に滑りが発生しているが、CASE-4ではCASE-1のモルタル表面よりも平滑な防水塗料膜表面と滑動塗料膜表面間で滑りが発生しているため、摩擦係数はCASE-1よりも明らかに小さく0.1程度である。このことから、工場出荷品であるセグメントの表面が実験で使用したモルタル表面に比べてはるかに平滑であることを考慮すると、実際の摩擦係数は実験値よりも小さくなる可能性が高い。

以上、CASE-2のみ滑り始めまでの摩擦係数がCASE-1より大きい、滑り始めた後はいずれもCASE-1と同程度以下の摩擦係数であった。CASE-2の摩擦係数上昇の原因である裏込め材の破壊は局部的であり、これは地震時における初期の比較的小さな地盤変位応答時に発生すると考えられ、主要動においてはCASE-1の摩擦係数を適用することが可能であると思われる。さらに、図-1に示した摩擦係数曲線は実セグメントよりも平滑度の低いモルタル表面に対する安全側の値であることを考慮すれば、セグメントピース間の段差による滑り性能への影響は無視できる。

3. まとめ

滑り型セグメントの滑り性能に及ぼすセグメントピース間の組立て誤差に起因して発生する段差の影響を検討する目的で、室内せん断試験を実施した結果、いずれのケースも一旦滑り出した後はフラットな場合の摩擦係数と同程度以下となり、滑り性能に対する段差の影響は無視できることがわかった。

参考文献

- 1) 鈴木猛康, 勝川藤太: 滑動塗料を用いた地下構造物の免震構造, 土木学会, 第2回免震・制震コロキウム講演論文集, pp311-318, 2000.11.
- 2) 勝川藤太, 鈴木猛康: 滑動塗料を塗布したセグメントの滑り性能検証実験, 土木学会, 第55回年次学術講演会, I-B491, 2000.9.
- 3) 勝川藤太, 鈴木猛康, 北原陽一: 滑動塗料の動的滑り性能検証試験, 土木学会, 第56回年次学術講演会, 2001(投稿中).

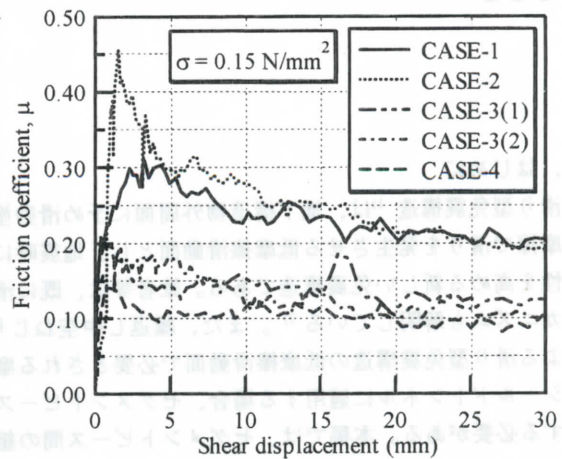


図-2 境界面の段差による摩擦係数への影響

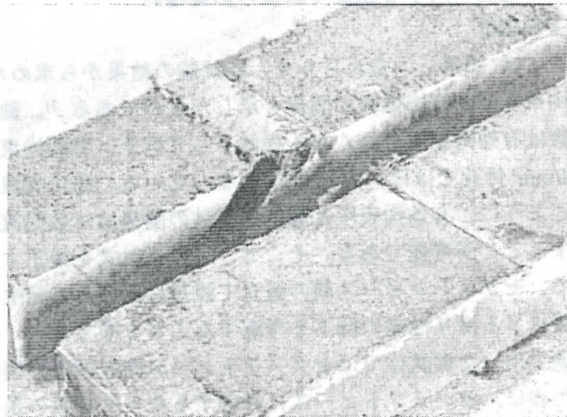


写真-2 試験後の供試体 (CASE-2)