

掘進時の振動低減を目的としたシールド工事用滑剤の開発

大成建設株式会社 正会員 ○磯部 将吾, 竹中 計行, 山田 紀之, 斉藤 功輔
 テクニカ合同株式会社 寺尾 好太, 藤田 洋克

1. はじめに

都市部におけるシールド工事では、掘削中の振動が地表の家屋等に影響を与える事象が発生している。この振動は、掘削中のシールド機が地山に拘束され¹⁾、掘進に伴ってこの拘束から解放される際に発生するものと推察している（図 1）。振動対策の一つとして、推進工事用の滑剤をシールド工事にそのまま適用したが、振動の発生を完全には抑制できていない。著者らは、シールド機の振動低減には、オーバークット部に①摩擦低減能力の高い滑剤が、②地盤に浸み出さず、③機体と地盤の間に広く行きわたり保持される、という3つの条件が重要と考えた。そこで、これらの条件を表す物理特性に着目し、配合調整と試験を繰り返し、高吸水性ポリマー材を用いた高分子系（以降「SAP系」）とベントナイト系の2種の滑剤を開発した。さらに、開発した滑剤についてシールド掘進を模擬した室内模型試験を行って、振動を約50%低減できることを確認した。

2. 物性確認試験

開発時に実施した3つ物性確認試験について述べる。

①引張摩擦試験：摩擦力低減能力の評価のために実施した（図2参照）。試験は、水平な鉄板に滑剤を厚さ6mmとなるよう敷き均し、テストピースをその上に載せ、鋼製ワイヤーを架けてフォースゲージを介して定速（10mm/min）で横引きし、引張荷重を計測する。テストピースには、レンガ（1.25kg）を用いた。鋼製ワイヤーとフォースゲージの間には、ばねが取り付けられており、静止摩擦力と動摩擦力が計測できる。

②加圧濾過試験：滑剤の地山への浸透抵抗性能の評価のために実施した（図3参照）。本試験では振動が発生した現場の模擬土（砂礫）をフィルタ材とした。試験は、乾燥させた模擬土を容器の天端から空中落下法にて容器底から厚さ40mmになるよう投入し、その後模擬土の上部に滑剤を厚さ30mmに配置し、コンプレッサで0.3MPaとなるよう容器内を7.5分加圧した。

③粘性試験：滑剤の充填・圧送性の評価のために実施した。B型粘度計を使用し、練り上がり直後の滑剤を試験した。

表1に試験結果を示す。静摩擦力の最大値は、滑剤を使用しない場合の9.6Nに対して大幅に減少した。加圧濾過試験ではいずれの滑剤も漏出は無かった。粘性については、SAP系はベントナイト系と比較して低い結果となった。

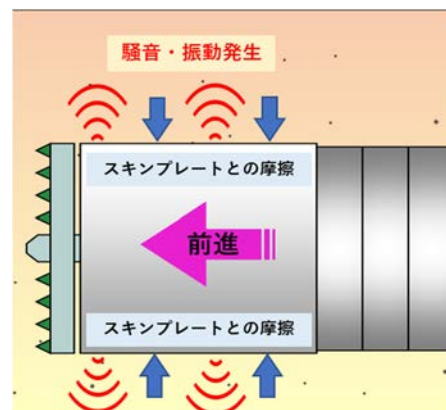


図1 振動発生イメージ

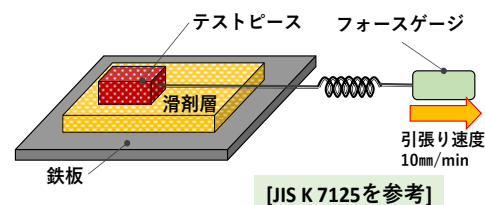


図2 引張摩擦試験

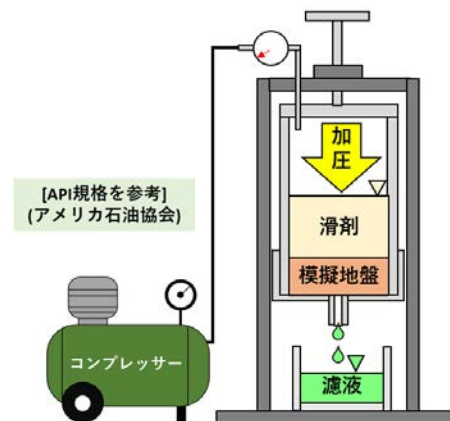


図3 加圧濾過試験

表1 物性確認試験結果

品名	①引張 摩擦試験	②加圧 濾過試験	③粘性 試験
	最大 静摩擦力 [N]	濾水量 [g]	粘度 [mPa・s]
SAP系	0.9	漏出なし	495
ベント ナイト系	1.2	漏出なし	3000

キーワード シールド工法, 滑剤, 振動低減, 摩擦低減

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設株式会社 技術センター TEL045-814-7221

3. 室内模型試験

3.1 試験方法

図 4 に示すシールド掘進を模擬した試験機を用いて、振動低減効果の確認を行った。試験機は、中空の鋼製ケーシングを、上部から回転テーブル上に固定された密閉容器の中に、模擬土を掘削する様に定速（10mm/min）で貫入する。地山と機体の間に滑剤が充填された時の抵抗力的変化を捉えるため、容器が回転する機構となっている。試験機には図 4 に示す計測機器が設置されており、貫入時推力や回転トルク、掘進時の振動を計測できる。滑剤は、鋼製ケーシング側面 2 か所のポートから吐出される。模擬土へは載荷板を介しコンプレッサで常時 0.3MPa 加圧した。模擬土は、地表面で顕著な振動が観測された工事現場の砂礫地盤を再現した。含水比は最適含水比とし、容器に 5 層に分けて投入し突き固めた。容器の回転速度は、予備試験で最も振動が発生した 1.0rpm とした。滑剤は定量送液ポンプを用いて模擬土と鋼製ケーシング間の 3 mm の余掘りの隙間に注入した。送液量については余掘量の 2 倍相当とした。

3.3 試験結果と考察

回転トルクと貫入推力の計測結果を表 2 に示す。滑剤無しの場合と比較して開発した滑剤を用いた場合はトルク値が低減した。しかし、貫入推力についてはベントナイト系滑剤を入れた場合、滑剤無しよりも高い貫入推力となった。これは鋼製ケーシングの先端で、土砂などが噛み合い、中空断面内への土砂の取込みが阻害されたことが原因として推定される。

加速度の計測においては、滑剤無しの実験中、容器と鋼製ケーシングの周方向加速度計の双方に同時に 0.1m/s² を超える加速度が確認された。この加速度については、容器と鋼製ケーシングで逆位相の振動であったことから、土圧により拘束された鋼製ケーシングが容器の回転により解放され、振動を生じたものと推定された。

図 5 に滑剤を充填しない場合と 2 種の滑剤を充填した際に発生した振動について、横軸を時間軸として示す。それぞれの計測結果を比較すると、滑剤を入れた場合には顕著な加速度は生じておらず、振動幅が約 50% となっていることが確認できた。これは滑剤が鋼製ケーシング周辺に充填され、地山と鋼製ケーシング間の接地面積が減少し、摩擦力が低減した結果、大きな振動の発生が抑制されたものと推察される。

4. まとめ

振動低減を考慮した物性を有する開発滑剤 2 種を用いて、シールド掘進を模擬した室内模型試験を実施し、約 50% の振動低減効果を確認した。今後は、都市部シールド工事におけるニーズに応えられる、より振動低減効果の高い滑剤を開発していく所存である。

参考文献

1) 久保田，ら：シールド掘進におけるジャーミング発生メカニズムの解明と検知・対策技術の開発，鹿島技術研究所年報，第 68 号，2020。

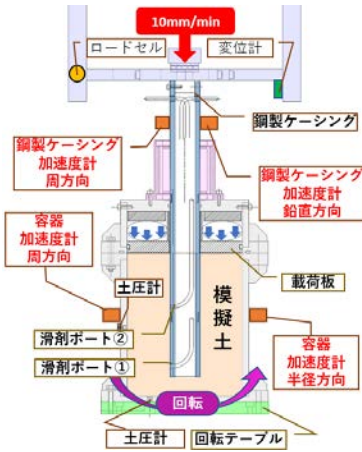


図 4 シールド模擬試験機

表 2 計測結果(平均振動幅,回転トルク,貫入推力)

滑剤種	回転トルク [kN・m]	貫入時推力 [kN]
滑剤無し	0.540	26.8
SAP 系	0.432	24.6
ベントナイト系	0.486	30.6

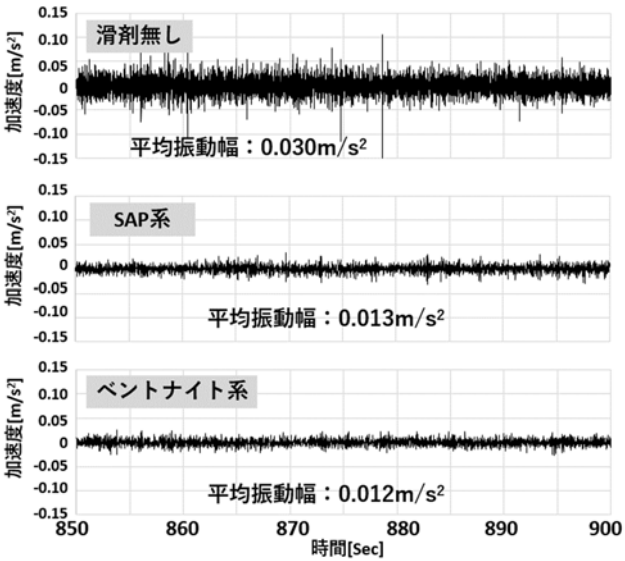


図 5 実験結果(加速度-容器周方向)