

ジャミング検知に関する実験的検討

鹿島建設(株) 正会員 ○久保田光太郎 川野健一 永谷英基 吉迫和生

1. はじめに

シールドマシンにおける胴締め、ボーリングや杭打ちにおけるジャミングは、周辺地盤の拘束によって掘進・掘削が不能となる現象である。これが発生すると、シールドマシンでは推力の増大による掘進停止、杭では高止まりなどのトラブルが生じて重大な問題となる。国内においては大阪の「コス」や鹿児島島の「しらす」などで、当該現象が顕著に発生することが知られている。筆者らは、模型地盤での回転貫入試験法を考案、実施し、胴締めやジャミングの発生メカニズムや対策方法について検証してきた^{1) 2) 3)}。その結果、胴締めやジャミングを検知する手法としてシールドマシンやボーリングロッド周囲のせん断力(摩擦力)計測が有効であることが分かった。そこで、シールドマシン周囲を模擬したせん断装置を作製し、せん断力の計測によるジャミング検知の適用性について実験的検討を行った。さらに、ジャミング対策としての滑材による摩擦低減効果の確認実験を行ったので、その結果も併せて報告する。

2. 地盤材料

実験には、粒度は良いがジャミングが発生しやすい「しらす」と、粒度が悪くジャミングが発生しやすい「東北珪砂 7号」を用いた。図-1に使用材料の粒径加積曲線を示す。しらすは鹿児島市内で採取した一次しらすのうち37.5mmふるい通過分を使用した。

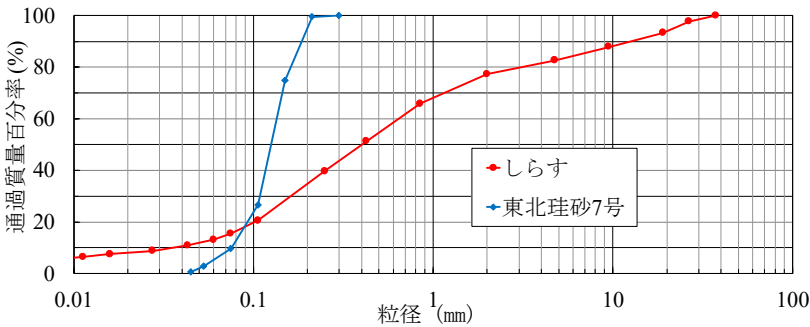


図-1 粒径加積曲線

3. シールド周囲模擬せん断実験

大型一面せん断試験装置を用いたシールド周囲模擬せん断実験を考案し実施した。図-2に実験装置概要を示す。下部の土槽にはシールドマシンのスキンプレーートを模擬して上端面に金属板を設置しており、その中心にはX, Y, Zの三方向の荷重を計測可能なジャミング検知センサを設置した。上部の土槽にはシールド掘進する際の周辺地山を模擬するために模型地盤を作製した。模型地盤作製後、上載圧100kPaを付与し、通常的一面せん断試験同様にせん断を与えた。せん断速度はシールドマシンの低速掘進時を想定し、0.7mm/minとした。せん断時の鉛直土圧とせん断応力を計測することでジャミングの検知を試みた。表-1に実験ケースを示す。

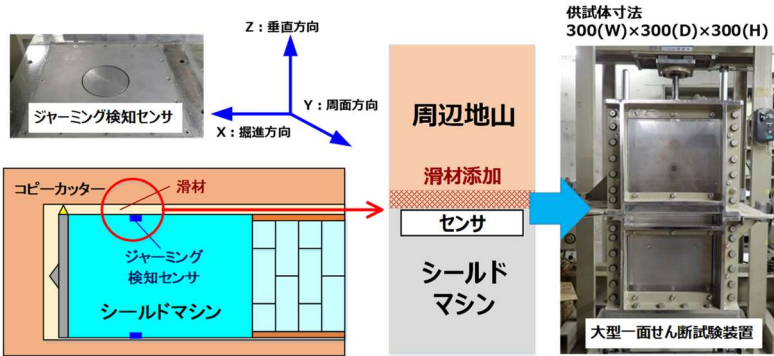


図-2 せん断装置概要

表-1 実験ケース

	材料	拘束圧 (kPa)	乾燥密度 (g/cm ³)	条件
Case1	しらす	100	1.21	余掘りなし，滑材なし
Case2	珪砂		1.57	余掘りなし，滑材なし
Case3-1	しらす		1.22	余掘りあり，滑材注入率30%
Case3-2			1.22	余掘りあり，滑材注入率35%
Case3-3			1.22	余掘りあり，滑材注入率40%

キーワード：胴締め、ジャミング、せん断、滑材

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6482

4. 実験結果

実験で計測したせん断応力 σ_x を鉛直土圧 σ_z で除した値を摩擦係数とし、これをジャーミング発生の判断のための指標とした。図-3に摩擦係数とせん断変位の関係を示す。しらすと東北珪砂7号のいずれも、せん断が進むにつれて摩擦係数が増加する傾向にある。また、東北珪砂7号は値の振れ幅が小さく、摩擦係数は最大0.5程度で安定している。一方、しらすは値の振れ幅が大きく、計測終了まで摩擦係数が増加し続けており最終的に0.7を超えた。しらすの値の振れ幅が大きい理由として、土粒子の形状が扁平で角張っていることが考えられる。また、シールドマシン周面の摩擦係数は一般に0.3~0.5を採用することが多いが、今回の試験結果ではジャーミングが発生しやすいしらすの性質が表れている。以上のことから、せん断実験によって、ジャーミングが発生するメカニズムを捉えることができたといえる。

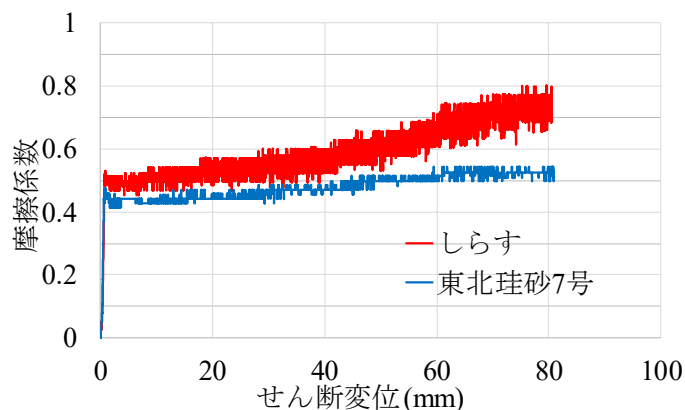


図-3 摩擦係数とせん断変位の関係



- ・主剤(高分子系)と助剤(ベントナイト)の二液混合タイプ
- ・低流動性で弾力がある

※写真は攪拌混合後

図-4 滑材

5. 滑材添加による摩擦低減効果

シールド工法におけるジャーミング対策として、コピーカッターによる余掘り、さらには余掘り部への滑材注入が行われる。そこで、シールド周面模擬せん断実験において金属面と模型地盤の境界部を余掘り部を模擬して緩い地盤で作製して滑材(図-4)を添加し、この摩擦低減効果をジャーミング検知センサで確認した。滑材の添加量は余掘り部体積に対する注入率で表した。図-5に、余掘り部に滑材を添加した場合のせん断実験結果を示す。いずれのケースにおいてもせん断が進むにつれて摩擦係数は増加しているが、滑材の添加量を増やすほど摩擦係数の最大値は0.7超から0.5程度まで減少しており、滑材による摩擦低減効果が確認できた。このことから、ジャーミング検知センサを使用することで、シールドマシン周面が受ける摩擦抵抗を定量的に把握できるとともに、ジャーミング対策の効果をモニタリングできることが示唆された。

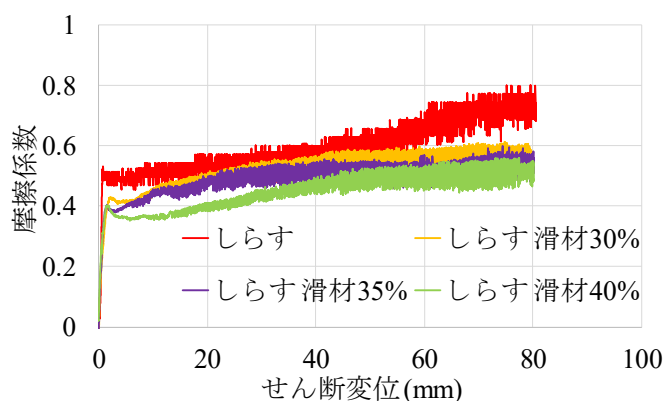


図-5 滑材による摩擦低減効果

6. まとめ

ジャーミング検知センサを用いて、シールド掘進中の拘束圧とせん断力から得られる摩擦係数をモニタリングすることで、ジャーミング発生の有無を判断できることを確認した。ジャーミングが発生しやすいとされるしらすではシールド周面での摩擦抵抗が大きかった。また、ジャーミング対策として行われる余掘り部への滑材注入による摩擦低減効果も確認することができた。以上の技術をシールドマシンに実装することで、シールド掘進中に摩擦係数を計測し、ジャーミングの予兆を検知して早期に対策を取ることができるようになり、シールドの安定掘進に資することができる。

参考文献

- 1) 永谷ら：しらす地盤における胴締め発生メカニズム，土木学会第73回年次学術講演会，VI-179，2018
- 2) 中島ら：余掘りによるシールドマシンの胴締め圧力低減効果，土木学会第73回年次学術講演会，VI-180，2018
- 3) 久保田ら：地盤材料の違いが胴締めまたはジャーミングに及ぼす影響，土木学会第74回年次学術講演会，III-467，2019