

吸水性高分子摩擦低減剤によるケーソン沈設時における摩擦低減効果（その3）

ー 変位速度と変位量による影響 ー

飛島建設(株) 正会員○中村哲世士, 正会員 本田省吾
信州大学工学部 正会員 梅崎健夫

1. はじめに ニューマチックケーソン工法では、地上で構築した躯体を地中に沈下させるため、沈下力（躯体自重 W_c + 載荷重 W_w ）が沈下抵抗力（揚圧力 U + 周面摩擦力 F ）以上となる沈下条件の確保が必須となる。そのため、周面摩擦力の低減対策の一つとして、吸水性高分子摩擦低減剤（FRC）^{1,2)}を躯体周面に直接塗布する工法（以下、FRC 工法）が実施されている。FRC 工法の実績においては、十分な摩擦低減効果は確認されているが、現状では、定量的な摩擦低減率（周面摩擦力、摩擦角）が明確でないために沈下条件の定量的な検討までには至っていない。これまでに、実物大のコンクリート版を用いた大型摩擦実験を行い、躯体面（コンクリート版）の粗度による影響³⁾および砂層と礫層の比較⁴⁾について報告した。

本文は、FRC 工法における摩擦低減効果を定量的に検討し、沈下関係の検討に利用するための摩擦低減率を評価することを目的とした第3報であり、周面摩擦力および摩擦角に及ぼす変位速度と変位量の影響について検討した。

2. 試験の概要 実験には、**図-1**の大型摩擦実験装置（粗ベニヤ型枠製コンクリート版（粗度(B)）：幅 600×長さ 1500×厚さ 200 mm，土層の内寸法：幅 1000×長さ 1000×深さ 300 mm）を用いた。土槽は、砂層（珪砂 6号）と礫層（玉砂利：雨花石 40-20 mm）を用いた。砂層は、土槽（深さ 30 cm）内に珪砂 6号を4段階（15, 5, 5, 5 cm 厚）に分けて締固め度 97%以上で締固めた後に注水し飽和させた。礫層は、土槽内に雨花石 40-20 mm を2段階（15, 15 cm 厚）に分けて振動バイブレータで締固めた後に注水し飽和させた。コンクリート版の下面には、施工時と同じ仕様の4層構成の摩擦低減層（1層目：プライマー、2層目：コート剤、3層目：FRC、4層目：コート剤）を塗布した。24時間以上乾燥させ後に土槽上面に設置した。変位速度はせん断荷重を載荷するジャッキにより制御し、変位量については同ジャッキ（ストローク 250 mm）を往復させて距離を増加させた。なお、砂層・礫層ともに試験前に予備載荷として最大載荷重以上の荷重を載荷して実験中の圧密変位を低減させた。ロードセルにより垂直荷重 P とせん断荷重 S を測定し、また、ダイヤルゲージを用いて実験中のコンクリート版の垂直変位量と水平変位量（水平移動量）を測定した。そして、垂直応力 σ' 、摩擦応力 τ および摩擦角 δ' は、 $\sigma' = P/A$ （ P はコンクリート版の自重を含む）、 $\tau = S/A$ および $\tau = \sigma' \cdot \tan \delta'$ 式を用いて算定した。実験条件の詳細は以下のとおりである。

- (1)変位量の影響：砂層において、FRC 全面塗布（塗布率 100%）、垂直荷重 $\sigma' = 100 \text{ kN/m}^2$ 、変位速度 $s = 100 \text{ mm/min}$ 、変位量 $L =$ ストローク 250 mm の 6 往復の計 3000 mm。
- (2)変位速度の影響：(a)礫層において、変位量 $S = 250 \text{ mm}$ の条件で、①無処理（FRC 塗布率 0%）、垂直応力 $\sigma' = 100 \text{ kN/m}^2$ 、変位速度 $s = 1, 8, 19, 74 \text{ mm/min}$ 、②全面塗布（塗布率 100%）、 $\sigma' = 100 \text{ kN/m}^2$ 、 $s = 1, 7, 36, 67 \text{ mm/min}$ 、③全面塗布（塗布率 100%）、 $\sigma' = 200 \text{ kN/m}^2$ 、 $s = 1, 101 \text{ mm/min}$ 、④全面塗布（塗布率 100%）、 $\sigma' = 400$

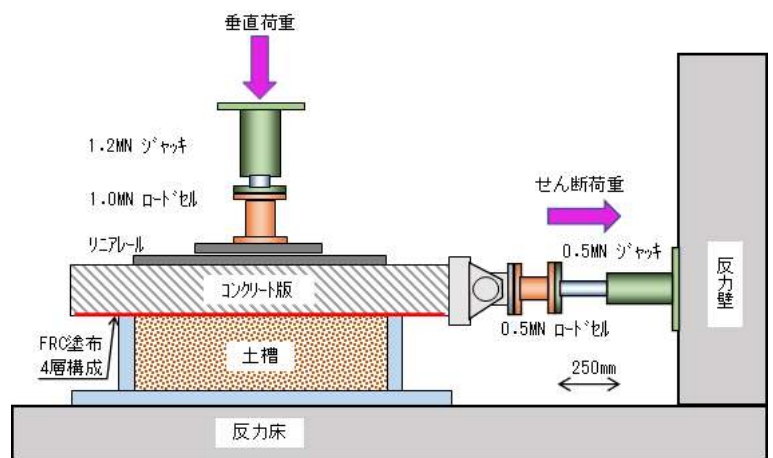


図-1 実験装置の概要

キーワード：周面摩擦，吸水性高分子摩擦低減剤，砂，礫，変位速度，変位量

連絡先：〒108-0075 東京都港区港南一丁目 8 番 15 号 W ビル 5F 飛島建設(株)土木本部 TEL03-6455-8328

kN/m², $s=1,66$ mm/min, (b)砂層において, 変位量 $S=250$ mm の条件で, ⑤全面塗布 (塗布率 100%), $\sigma'=100$ kN/m², $s=1$ mm/min, ⑥全面塗布 (塗布率 100%), $\sigma'=100$ kN/m², $s=96$ mm/min.

3. 試験結果および考察

(1)変位量の影響 図-2 は, 砂層においてストローク 250 mm で 6 往復した変位量と垂直応力 σ' , 摩擦応力 τ および摩擦角 δ' の関係である. τ 値, δ' 値は実験開始時に上昇した後に下降し, 変位量 500 mm 程度ではほぼ一定値となる. ただし, 実験開始直後の変位量 25~125 mm においては, コンクリート版と土槽端部が干渉したために摩擦応力が過度に計測され, 摩擦角も過大に算定されている. 実際には内挿した破線であると考えられる.

図-3 に, 累計変位量 S と区間 250 mm 毎の τ 値, δ' 値および垂直変位 Δh の関係を示す. 累計変位量 $S=500\sim 3000$ mm においては, τ 値, δ' 値ともにほぼ一定値を示している. この間の摩擦角の平均値は $\delta'=3.2^\circ$ である. 一方, 垂直変位 Δh 値は, 実験開始から多少の増減を繰り返しながら, $\Delta h=1.5$ mm まで比例的に増加している. Δh 値の量はそれほど大きくないが, 変位量の増加に伴い FRC の膨潤ゲル層が砂層の間隙やコンクリート版の外側に漏出したためと考えられる. $S=3000$ mm において, $\Delta h=1.3$ mm であり, この時の体積ひずみは $\epsilon_h=\Delta h/h=1.3/300=0.04$ である. FRC 工法における躯体沈設時の周辺地盤へ影響は小さいことが示唆される.

(2)変位速度の影響 図-4 に, 変位速度 s と摩擦角 δ' の関係を示す. 礫層において, 無処理 (FRC 塗布率 0%) の場合, 変位速度の増大に伴い摩擦角 δ' が減少する傾向を示している. 変位速度の増大により玉砂利 (雨花石 40-20 mm) が間隙へ移動していると推測される. 一方, 全面塗布 (塗布率 100%) の場合, 礫層, 砂層ともに変位速度の増大に伴い摩擦角 δ' はやや増加を示している. 礫層の場合の摩擦角は $\delta'=7\sim 11^\circ$ であり, 砂層の場合には $\delta'=2\sim 6^\circ$ である. 摩擦低減効果は, 礫層の場合では 1/1.5~1/3 である. また, 砂層の場合には, 第 1 報³⁾において 1/10~1/15 であることを示している.

4. 結論 得られた主な知見は以下の通りである.

①砂層において, 累計変位量 $S\leq 3000$ mm までの FRC の摩擦低減効果が確認された. ②FRC の全面塗布 (塗布率 100%) の場合, 礫層, 砂層ともに変位速度の増大に伴い摩擦角 δ' はやや増加するが, 礫層の場合の摩擦角は $\delta'=7\sim 11^\circ$ であり, 砂層の場合には $\delta'=2\sim 6^\circ$ である. ③変位速度が増加した場合においても FRC の摩擦低減効果が確認された.

【参考文献】1)土木用摩擦低減材フリクションカッター, (株)日本触媒, 2012. 2)岡本功一, 梅崎健夫, 服部晃: 地中埋設体の付着力および周面摩擦力を低減する吸水性高分子材料の開発, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol.67, No.4, pp.407-421, 2011. 3),4)中村哲世士, 本田省吾, 梅崎健夫: 吸水性高分子摩擦低減剤によるケーソン沈設時の摩擦低減効果 (その 1), (その 2), 第 57 回地盤工学研究発表会, 2022.

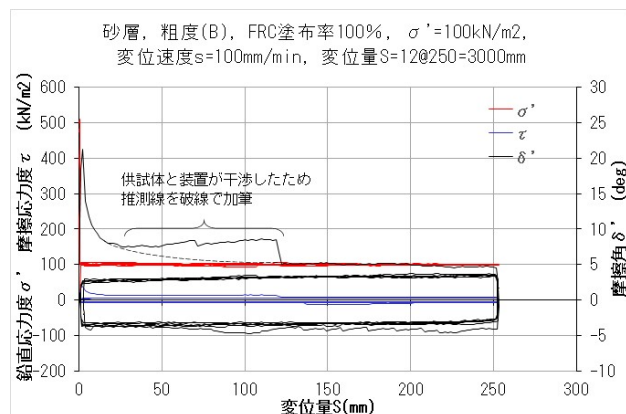


図-2 変位量 (往復変位) との関係

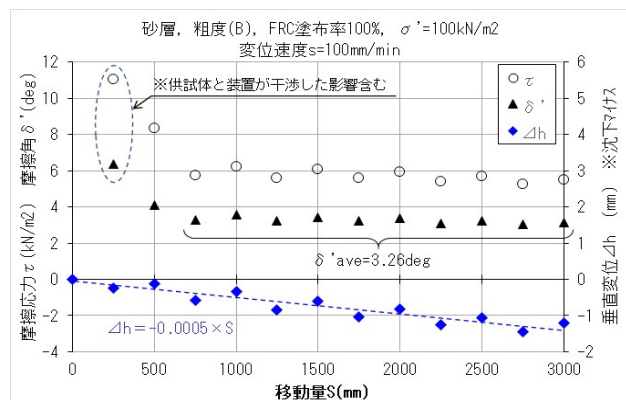


図-3 累計変位量の影響

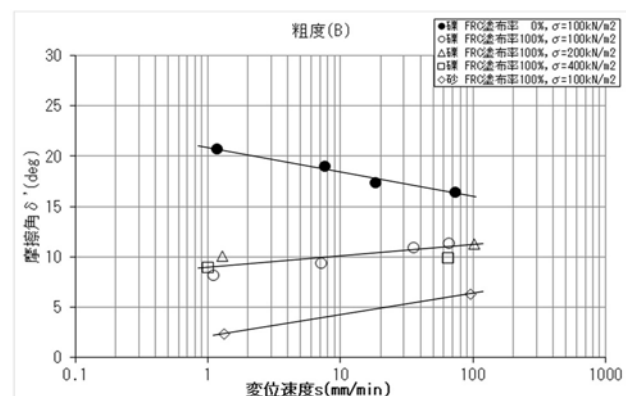


図-4 摩擦角に及ぼす変位速度の影響