鋼矢板の引抜きに伴う地盤変状に関する遠心模型実験（その１）

信州大学工学部　正○梅崎健夫，　正　河村　隆
東洋建設(株)鳴尾研究所　正　鶴ヶ崎和博，正　宮本順司
旭化成ジオテック(株)　正　関下啓誠
(株)日本触媒　正　岡本功一，　正　服部　晃

１. はじめに　土留め工に用いられる鋼矢板などの引抜き撤去において，土と鋼矢板との間の付着力や摩擦力が原因となり，付着した土塊が排出されて（**写真-1(a)**），地盤変状を引き起こす問題が生じている．その対策として，吸水性高分子摩擦低減剤（以下，FC 剤と称す）を塗布する工法が開発されている[1), 2)]．FC 剤は，打設後，地盤中の間隙水との接触により吸水膨潤（ゲル化）して，土と埋設体の間に分離層を形成する．その摩擦係数は，土の内部摩擦角の 1/30～1/50 程度と非常に小さく[3), 4)]，土の付着を抑制することで，地盤変状を大幅に低減する．引抜き後の地表面には，鋼矢板の厚さと同程度の小さな隙間が残るだけである（**写真-1(b)**，**(c)**）[1), 2)]．

本文は，FC 剤を用いた地盤変状の低減効果の検証に対する端緒である．FC 剤を塗布した鋼矢板の引抜き遠心模型実験を実施し，地盤変状および引抜き力について検討した．

(a)無処理　(b)FC 剤を塗布処理

(c)FC 剤を塗布処理した鋼矢板の引抜き跡

写真-1 III 型鋼矢板の引抜き状況（粘性土地盤）[1)]

２. 実験概要　土槽（高さ H=45.0cm, 幅 W=55.0cm, 奥行き D=15.0cm）内に鋼矢板打設後の模型地盤を作製し（**写真-2**），50G 遠心場において引抜き実験を実施した．試料には5号硅砂と6号硅砂を混合したもの（土粒子密度 ρ_s=2.638g/cm^3，平均粒径 D_{50}=0.40mm，最大・最小乾燥密度 ρ_{dmax}=1.574g/cm^3, ρ_{dmin}=1.260g/cm^3）を用いた．模型鋼矢板には，H=16.0cm，（根入れ長 L=12.5cm，50G 換算：6.25m），D=14.5cm，厚さ t=0.3cm（50G 換算：15cm）の鋼板に，FC 剤を塗布（200g/m^2）したものを用いた（**写真-3(a)**）．土層底部の治具を用いて模型鋼矢板を鉛直に設置し（**写真-3(b)**），相対密度 D_r=80%（乾燥密度 ρ_d=1.499g/cm^3）となるように，土槽内で試料を締め固めた．地盤内には，**写真-2** に示すように，画像解析用の測点を設置した．試料の層厚は 12.5cm（50G 換算：6.25m）とした．地盤内に通水して飽和させた後，12 時間以上放置することにより，FC 剤を吸水膨潤（ゲル化）させた．そして，50G 遠心場にて，引抜き速度 0.09mm/s（50G 換算：2.7m/min）で模型鋼矢板を引き抜いた．実験中は，模型鋼矢板の引抜き変位および引抜き力を計測し，土槽前面に取り付けたカメラにより，測点の撮影を行った．

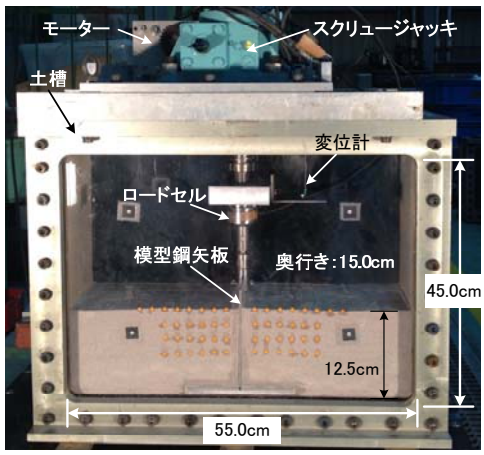
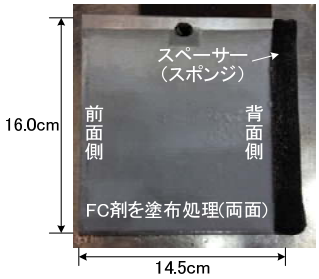
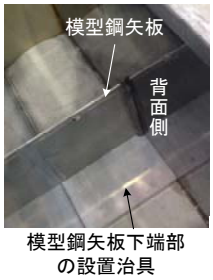


写真-2 模型地盤および模型鋼矢板（遠心載荷前）



(a)模型鋼矢板



(b)設置状況

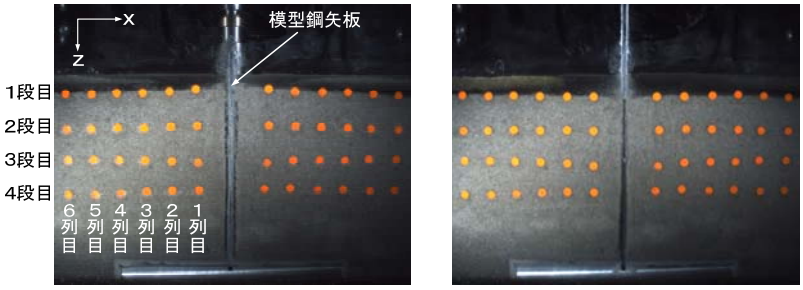
写真-3　模型鋼矢板の設置状況

３．結果および考察　**写真-4** および**図-1** に鋼矢板引抜き前後の地盤変位を，**図-2** に各測点の鉛直変位および水平変位をそれぞれ示す．

写真-4(a)に示すように，引抜き前に FC 剤（片面）が厚さ 1.5mm 程度（50G 換算：7.5cm 程度）に吸水膨潤（ゲル化）している．**写真-4(b)**に示すように，鋼矢板の引抜きに伴う土の排出は生じず，鋼矢板のみが引き抜かれる．実験後には孔壁にゲル化した FC 剤の付着を確認しており，FC 剤は分離層として機能することが確認された．引抜き終了直後には，空洞は地表面付近を除いて完全には閉塞していない．

図-1 に示すように，地盤変位は，鋼矢板の引抜きに伴って生じた空洞に向かう方向に生じており，周辺地盤は主

キーワード：鋼矢板，引抜き，地盤変状，遠心模型実験，吸水性高分子，周面摩擦
連絡先：〒380-8553　長野市若里 4-17-1　信州大学工学部土木工学科　TEL&FAX: 026-269-5291



(a)引抜き直前（遠心載荷後）　(b)引抜き終了直後

写真-4　鋼矢板引抜き前後の地盤変位

働方向に変形する．

図-2(a)に示すように，地盤の鉛直変位は，ほぼ左右対称に生じている．50G 換算の厚さ 15cm の鋼矢板を引き抜いた本実験では，鋼矢板近傍の地表面で最大値 200mm 程度の沈下が生じる．鋼矢板の長さ 6.25m と同程度の距離で，鉛直変位はほぼ収束しており，引抜きに伴う地盤変状の影響範囲は，**図-1** に破線で示したように，鋼矢板の下端から約 45°の範囲であると推定される．**図-2(b)**に示すように，地盤の水平変位もほぼ左右対称であり，鋼矢板近傍の地表面において最大値 140mm 程度主働方向に変位している．

III 型鋼矢板（厚さ：13mm）を 50G 遠心場で再現するためには，模型鋼矢板の厚さを 0.26mm とする必要があるが，その実験は困難である．そのため，模型鋼矢板の厚さを変えた複数の実験を実施し，その結果を外挿して，III 型鋼矢板に対する地盤変状を定量評価する予定である．

図-3に鋼矢板の単位幅あたりの引抜き力と引抜き変位の関係を示す．ここで，F_{max}：引抜き力の最大値，F_0：模型鋼矢板と治具の自重に起因する引抜き力であり，鋼矢板表面（片面）に作用する最大摩擦力は，$F=(F_{max}-F_0)/2=0.14$kN/m として算定される．**図-1** に示したとおり，鋼矢板の引抜きに伴い地盤は主働方向に変形する．土圧係数が静止土圧係数 $K_0=0.5$ から主働土圧係数 $K_a=0.3$ の間であると仮定し，ランキン土圧により水平力 P を算定して，$F=P\tan\delta$（δ：鋼矢板表面で発揮される摩擦角）を用いれば，$\delta=0.1\sim0.2°$ 程度と算定される．一方，別途実施した一面せん断試験によって求めた FC 剤の摩擦角は，$\delta\fallingdotseq1°$ （$c_{fc}\fallingdotseq0$）である[3),4)]．いずれの場合も摩擦角は非常に小さい．

4．まとめ

FC 剤を塗布した鋼矢板の引抜き遠心模型実験を実施し，以下に示す知見が得られた．(1)引抜きに伴う土塊の排出は生じない．引抜き時の摩擦角は$\delta=1°$ 以下であり，非常に小さい．(2)鋼矢板の引抜きに伴う地盤変状の影響範囲は，鋼矢板の下端から約 45° の範囲と推定される．今後，模型鋼矢板の厚さを変えた実験を実施し，実際の条件に対応する地盤変状について定量評価を行う．

謝辞　本研究は，JSPS 科研費（基盤研究(C)，No.25420499）の援助を受けた．ここに付記して感謝の意を表します．

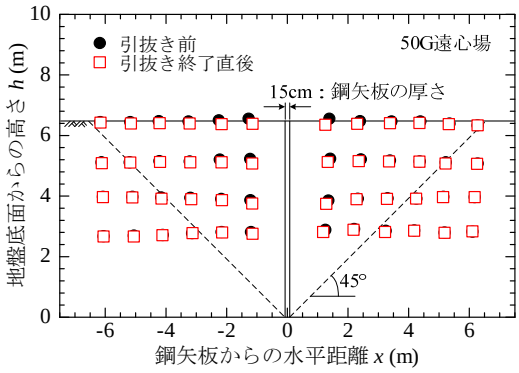
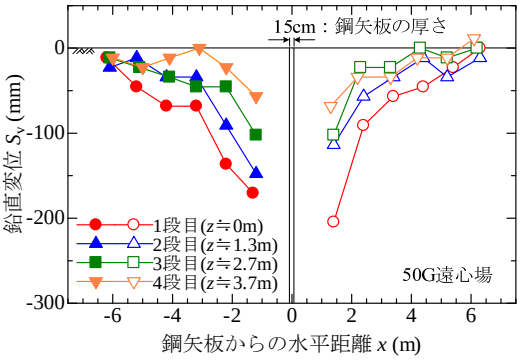
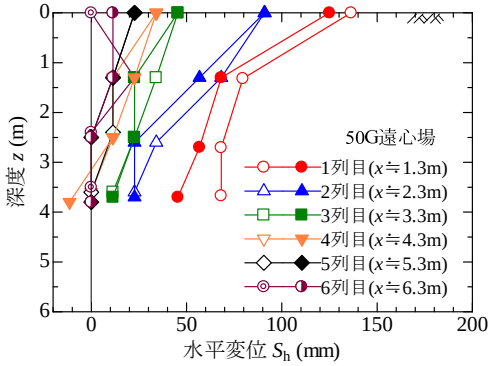


図-1　引抜き前後の地盤変位（50G 換算）



(a)鉛直変位



(b)水平変位（主働方向を正とする）

図-2　地盤変位（50G 換算）

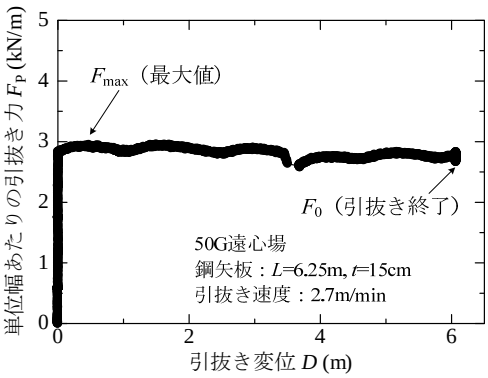


図-3 引抜き変位と引抜き力の関係（50G 換算）

【参考文献】1)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，土木学会論集 C（地圏工学），Vol.67，No.4，pp.407-421，2011．2)フリクションカッター施工編，株式会社日本触媒，2005．3)梅崎健夫，河村　隆，古久根晋太郎，小林優太，岡本功一，服部　晃：鋼材に塗布した吸水性高分子摩擦低減剤の摩擦特性（その１），信州大学環境科学年報，37 号，pp.83-89，2015．4)梅崎健夫，河村　隆，古久根晋太郎，小林優太，岡本功一，服部　晃：吸水性高分子摩擦低減剤のせん断特性に及ぼす吸水量の影響，第 50 回地盤工学研究発表会，2015（印刷中）．