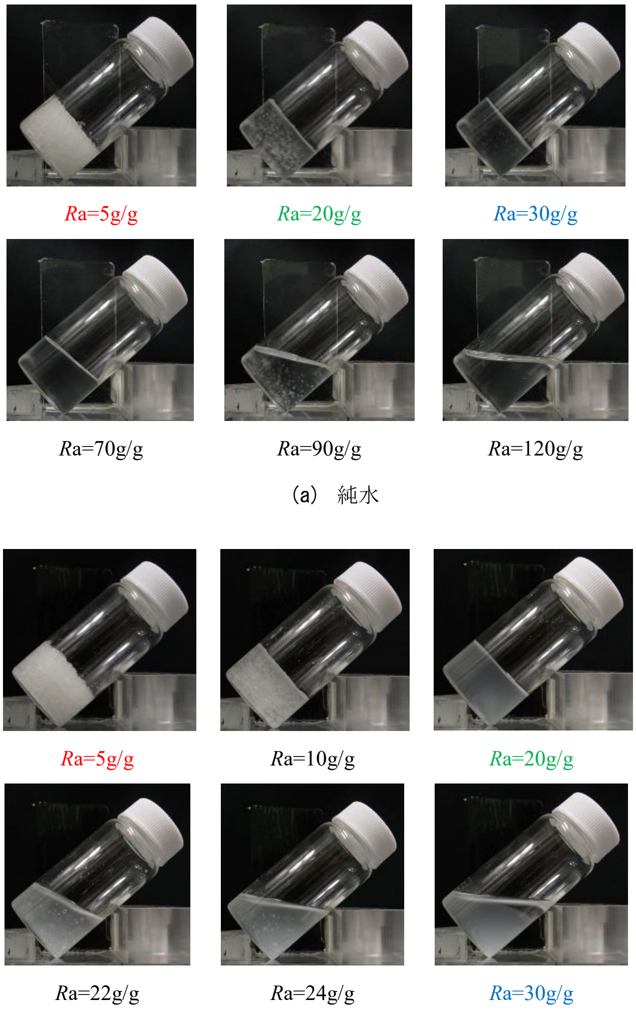
吸水性高分子摩擦低減剤の状態変化とゼリー強度（その１）

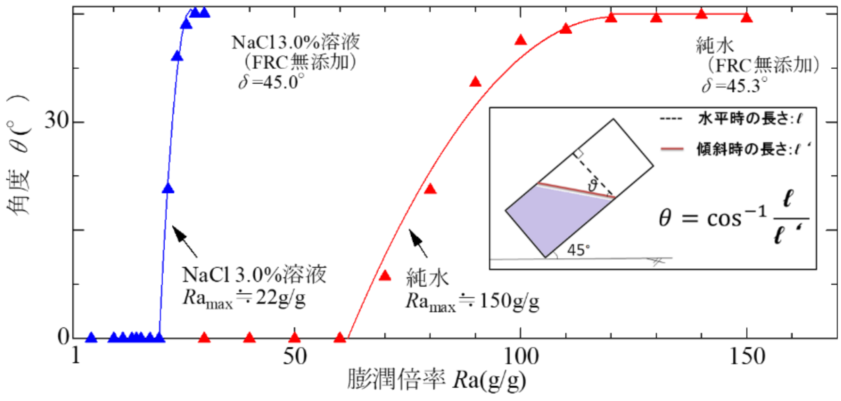
信州大学工学部　正会員　　梅崎　健夫，正会員　河村　隆
信州大学大学院　学生会員　○関口　太地
（株）ゴウダ　正会員　　服部　晃
（株）日本触媒　正会員　　岡本　功一
（株）旭化成アドバンス　正会員　　関下　啓誠



写真−1　膨潤倍率の違いによる膨潤ゲルの状態変化

1. はじめに　建設用の吸収性高分子摩擦低減剤(FRC)は，地中埋設体にあらかじめ塗布することで，地盤内で地下水を吸収し膨潤ゲル化して埋設体と土塊の間で分離層を形成し，土塊との付着力や摩擦力を抑制する[1), 2)]．しかし，既往の研究において拘束圧下や金属イオンの影響を受け，膨潤倍率（吸水性）が低下する[3) 4)]．FRC の更なる普及と今後の高度利用のためには，その膨潤倍率によって変化する膨潤ゲルの力学特性を詳細に検討する必要がある．本稿では，純水および NaCl 3.0%溶液を用いて膨潤ゲルを作製し，簡易流動性試験とゼリー強度試験を行った．膨潤倍率の変化による膨潤ゲルの流動性と強度の変化を検討する．

2. 試験の概要　小型容器（ガラス瓶：内径 33mm）に所定質量の FRC（粉末）m_a(g)と，純水または NaCl 3.0% 溶液 m_w (g) を混合して，膨潤倍率 Ra (=(m_a+m_w)/ m_a)の膨潤ゲルを作製して供試体とした．Ra＝20g/g 以下の場合には所定質量を一度に入れるとゲルブロッキングが発生して不均質になるため，10 層に分けて作製した．その際，溶液の点滴はマイクロピペットを使用し，混合してから 24 時間静置した供試体に遠心載荷を施し，供試体を均質化して表面を水平にした．その後，ガラス瓶を静置した状態の表面の長さと，45° 傾斜させた場合の表面の長さを測定し，角度 θ を算出した（**図−１**）．長さの測定は壁面の摩擦やメニスカスの影響を考慮して，いずれも瓶から約 5mm 内側の点を結んだ直線とした．また傾斜時間は 30 秒とした．さらに，小型容器と標準容器（ガラス瓶：内径 60mm）の供試体を用いてゼリー強度試験[5)]も実施した．供試体の膨潤倍率 Ra は，ティーパックを用いた簡易膨潤試験における純水と NaCl 3.0%溶液の最大膨潤倍率Ra_{max}≒150g/g およびRa_{max}≒22g/g



図−1　膨潤倍率と流動性の関係（T ≒23℃）

を考慮して決定した．一方，地盤内を模擬した一次元膨張試験[4]では，それぞれRa_{max}≒33g/g およびRa_{max}≒10g/g である．室温は T≒23℃と設定した．

3. 結果および考察　**写真-1** より (a)純水と(b)NaCl 3.0%溶液では同じ膨潤倍率における膨潤ゲルの状態は明らかに異なる．流動性を表す角度 θ と膨潤倍率 Ra の関係を**図-1** に示す．FRC は吸収する溶液によって流動性が異なり，NaCl 3.0%溶液の膨潤ゲルの方が純水の膨潤ゲルよりも低い Ra で液体状（θ=45°）となる．一方，いずれも地盤内（それぞれRa_{max}≒33g/g およびRa_{max}≒10g/g）においては固体状（θ=0°）である．また，NaCl 3.0%溶液のほうが，θ=0° から 45° に至るまでの遷移区間は狭い．

図-2 にゼリー強度試験（**写真-2**）で得られた貫入力と貫入距離の関係の一例を示す．貫入力の大きさとばらつきを考慮して 3 回の結果の平均値をゼリー強度J_0とした．**図-3** に膨潤倍率とゼリー強度の関係を示す．純水と NaCl 3.0%溶液は，それぞれに異なる累乗曲線として近似できる．しかし，Ra=15g/g 以下では溶液に関係なくほぼ同程度のゼリー強度を示す．なお，**図-1** において，純水の場合の液体状になる膨潤倍率は Ra＝120g/g であり，その時J_0=0.59g である．これは純水（FRC 無添加）のゼリー強度と一致する．また，NaCl 3.0%（FRC 無添加）の場合はJ_0=0.60g である．

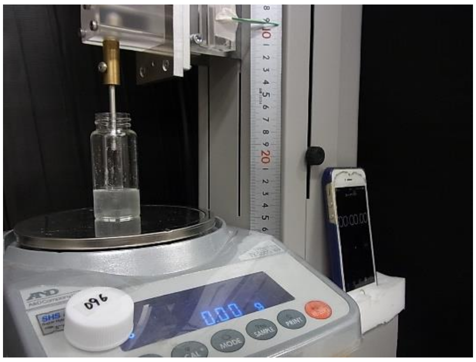


写真-2 ゼリー強度試験

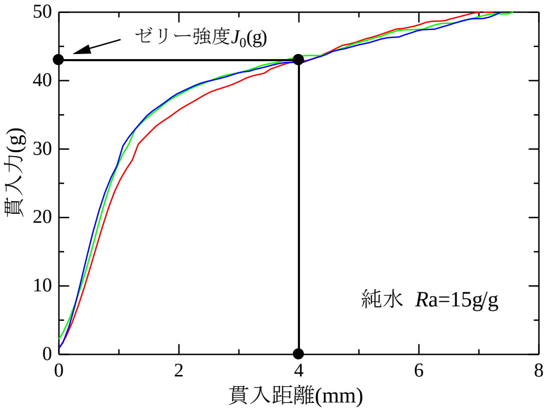


図-2 ゼリー強度試験結果の一例（T ≒23℃）

4. まとめ　①FRC は吸収する溶液によって，それぞれの膨潤倍率で異なる流動性を示す．②FRC の膨潤倍率とゼリー強度の関係は，溶液によって異なる近似曲線となるが，地盤内に存在し得る膨潤倍率（固体状）においては，溶液に関係なく同程度のゼリー強度を示す．③液体状の膨潤ゲルにおけるゼリー強度は，純水のゼリー強度と同程度の値まで減少する．

謝辞 本研究は JSPS 科研費 18K04343（研究代表者：信州大学　梅崎健夫）の助成を受けたものです．

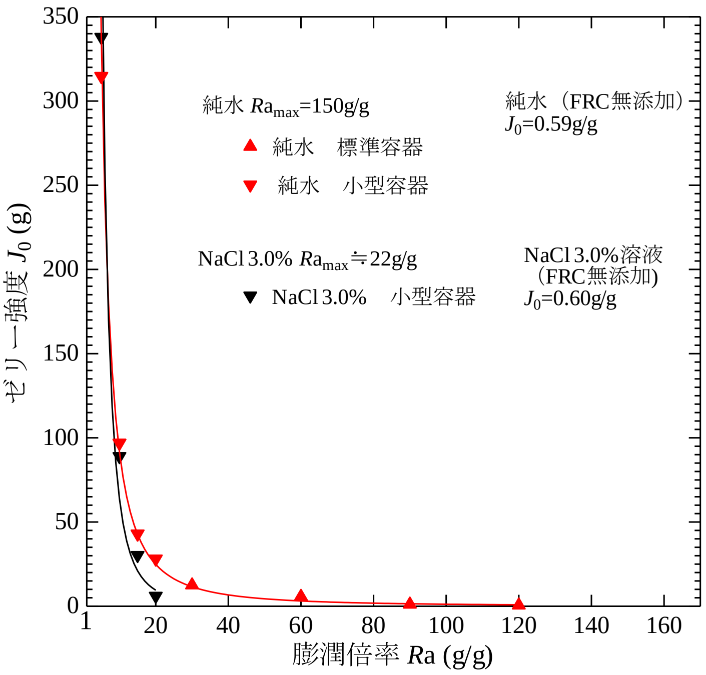


図-3　膨潤倍率とゼリー強度の関係（T ≒23℃）

【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)梅崎健夫，河村隆，小林優太，宮木克真，岡本功一，服部晃：吸水性高分子摩擦低減材の地盤条件を考慮した膨潤・透水特性，第 50 回地盤工学研究発表会，pp.1483-1484，2015. 4) Takeo Umezaki，Takashi Kawamura，Koichi Okamoto，Akira Hattori，Yuta Kobayashi : Swelling properties and coefficient of permeability of friction-reducing polymer for pull-out of temporary sheet piles，Soils and Foundation Vol.58.(2018) pp797-807. 5) 梅崎健夫，河村隆，駒村弘子，外谷憲之，服部晃，岡本功一：吸収性高分子のゼリー強度と耐久性，第 53 回地盤工学研究発表会，pp.1521-1522，2018.