

京都大学工学部	学生会員	○高井 敦史
京都大学大学院	学生会員	松橋 大作
京都大学大学院	フェロー	嘉門 雅史
京都大学大学院	正会員	勝見 武
京都大学大学院	正会員	乾 徹

1. はじめに

既設構造物直下では汚染土壌の除去や積極的な浄化などが困難であるため、地中連続遮水壁を用いて汚染土壌を原位置に封じ込める工法が有効である。TRD工法を用いてベントナイトと原位置地盤を攪拌することにより建設されるソイルベントナイト地中連続遮水壁工法は、高い遮水性、自己修復性を有する遮水壁としてその適用性が確認されている¹⁾。しかし、ベントナイトの膨潤には、第一曝露効果の影響があり、Non Pre-hydrationすなわちベントナイトが直接化学物質溶液に曝露される条件では、水和膨潤が阻害される。本工法は原位置攪拌工法であることから、汚染サイトで想定される土中の間隙水に含まれる化学物質濃度が高い場合には、ベントナイトの水和膨潤が十分に生じず²⁾、所要の遮水性能が発揮されない可能性が考えられる。したがって、Non Pre-hydrationの条件におけるソイルベントナイト連続壁の遮水性能への影響を把握することは重要である。さらに、ベントナイト配合量を決定する手法は現時点では確立されておらず、経済的かつ十分な遮水性能を有する遮水壁を施工するためには、その確立が重要となる。特にNon Pre-hydrationが生じるような場合には、ベントナイト添加量を増加させる必要があると予想される。そこで本研究では、土中の化学物質濃度がソイルベントナイト連続遮水壁の透水係数に与える影響を室内透水試験により評価した。

2. 室内試験

2.1 供試体の作製 関東ローム ($w_n=70\%$) と砂礫層 ($w_n=27\%$) の 4.75 mm

ふるい通過分を質量比で 4 : 25 の質量比で混合したものを模擬原位置土として使用した。土中の化学物質濃度による影響を評価するために、塩化カルシウム (CaCl_2) 溶液を用いて、自然含水比状態での土中水の CaCl_2 濃度を 0 (Pre-hydration)、0.01、0.025、0.05、0.1 mol/L に調整した。原位置土に 10% 濃度ベントナイト掘削液を添加し、フロー値 150 に調整後、所定量のベントナイト (50、75、100、125、150 kg/m³) を粉体添加し、十分に混合を行った。なお、 CaCl_2 濃度の決定に際しては、表-1 に示すベントナイトの膨潤試験結果を参考とした。この結果をみると、水道水ならびに CaCl_2 濃度が 0.005 mol/L より低い場合は膨潤量に大きな違いが見られず、0.005 ~ 0.01 mol/L で膨潤量に変化が生じ、0.1 mol/L と 1.0 mol/L では大きな差が生じない。このことから、 CaCl_2 濃度は 0.01 ~ 0.1 mol/L と設定した。

2.2 透水試験 混合土を 40 kPa の圧密圧力で予備圧密した後、直径 60

mm、高さ 30 mm の円柱状に成形し、図-1 に示す柔壁型透水試験装置にセットした。透水試験は拘束圧 30 kPa、動水勾配約 30 の条件で実施した。透水溶液は 0.1 mol/L 濃度の CaCl_2 溶液を用いた。(1) 流入量と流出量がほぼ等しくなる、(2) 透水係数が安定する、(3) 供試体の間隙体積の 3 倍以上の流出量を得る、(4) 流出水と流入水の電気伝導度がほぼ等しくなる、を確認した時点以降の透水係数の平均値を、その供試体の透

表-1 膨潤試験の結果

溶液	電気伝導度 (mS/cm)	膨潤量 (mL/2g-solid)
0.001M CaCl_2	0.252	25.2
0.005M CaCl_2	1.13	22.6
0.01M CaCl_2	2.17	17.4
0.02M CaCl_2	4.14	12.8
0.05M CaCl_2	9.56	9.2
0.1M CaCl_2	18.00	6
1.0M CaCl_2	136.00	5.7
水道水	0.298	25.9

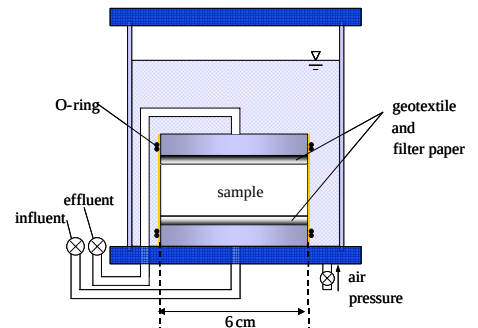


図-1 柔壁型透水試験装置

水係数の代表値とした。表-2 に実験ケースを示す。

3. 土中の化学物質濃度が透水係数に及ぼす影響

図-2 に、粉体ベントナイト配合量が 100kg/m^3 の場合の透水試験結果を示す。土中の CaCl_2 濃度が高くなるほど透水係数が大きくなり、 CaCl_2 濃度が 0.05mol/L 、および 0.1mol/L の時に、 $1.0 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ より大きな値を示した。図-3 に粉体ベントナイト配合量と土中の CaCl_2 濃度による透水係数の変化を示す。同じ CaCl_2 濃度であれば、粉体ベントナイトの配合量を増やすほど透水係数は小さくなり、遮水性能は高くなることが分かる。また、同じベントナイト配合量の場合、土中の CaCl_2 濃度が高くなるほど透水係数は大きくなる。このことから、土中の化学物質濃度が高い場合は、ソイルベントナイト連続壁の遮水性能は低下する傾向にあると考えられる。しかしながら、もっとも CaCl_2 濃度の高い 0.1mol/L のケースでも、粉体ベントナイトを 150kg/m^3 添加すれば $1.0 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ より小さな値を示している。

4. 透水溶液の CaCl_2 濃度と土中の CaCl_2 濃度の影響の比較

図-4 に、既往の研究で得られた土中の化学物質濃度が 0 mol/L の時の透水溶液の CaCl_2 濃度と異なる拘束圧下でのソイルベントナイトの透水係数の関係を示す³⁾。本研究と条件を合わせるため拘束圧 30 kPa の結果をみると、透水溶液に 0.1mol/L CaCl_2 水溶液を用いた場合、透水係数は蒸留水を透水溶液に用いた場合の約 4 倍まで上昇している。一方、図-3 においてベントナイト配合量が 100kg/m^3 である場合の結果をみると、土中水中の CaCl_2 濃度が 0.1mol/L の場合、透水係数は Pre-hydration の場合より約 1 オーダー高くなっている。このことから、透水溶液の CaCl_2 濃度と土中の CaCl_2 濃度では、土中の CaCl_2 濃度の方がソイルベントナイト連続遮水壁の遮水性能に大きな影響を与えることが分かる。

5. おわりに

粉体ベントナイト配合量 100kg/m^3 では、間隙水中の CaCl_2 濃度が 0.05mol/L までなると $1.0 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ を満たさなくなる。しかし、 CaCl_2 濃度が 0.1mol/L でも、 150kg/m^3 の粉体ベントナイトを添加すれば $1.0 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ を満たしうることが分かる。また遮水性能に与える影響は、透水溶液の CaCl_2 濃度より土中の CaCl_2 濃度の方が大きく、ソイルベントナイト連続遮水壁の遮水性能にはベントナイトの第一曝露効果が大きく影響していることが分かる。

【参考文献】

- 1) 嘉門雅史・勝見 武・乾 徹・小川泰弘・松橋大作・荒木 進 (2005): ソイルベントナイト地中連続壁の遮水性能とその耐久性の実験的検討, 第 40 回地盤工学研究発表会平成 17 年度発表講演集, pp.2593-2594.
- 2) 勝見 武・小河篤史・沼田修吾・深川良一・Craig H. Benson・Dale C. Kolstad・Ho-Young Jo・Tuncer B. Edil (2002): ジオシンセティックライナーの遮水性能に及ぼす 1 価および 2 価カチオン混合溶液の影響, ジオシンセティックス論文集, 第 17 巻, pp.49-54.
- 3) 松橋大作・嘉門雅史・小川泰弘・勝見 武・乾 徹 (2004): ソイルベントナイト鉛直遮水壁の遮水性能とその耐化学性, 平成 17 年度関西支部年次学術講演会講演概要, 土木学会関西支部, III-32.

表-2 透水試験の実験ケース

粉体ベントナイト添加量 (kg/m^3)	土中水の CaCl_2 濃度 (mol/L)				
	0 (Pre-hydration)	0.01	0.025	0.05	0.1
50	○		○		
75			○	○	
100	○	○	○	○	○
125				○	○
150					○

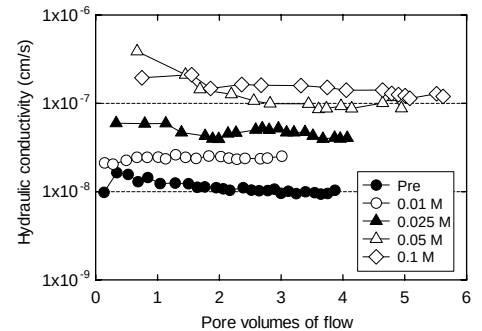


図-2 透水係数の経時変化

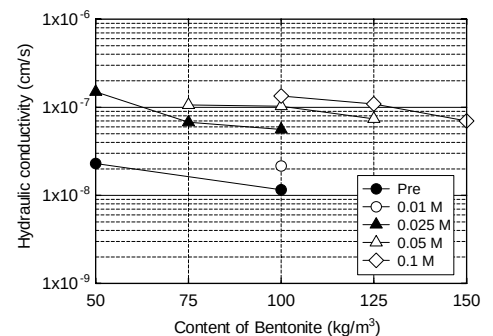


図-3 柔壁型透水試験の結果

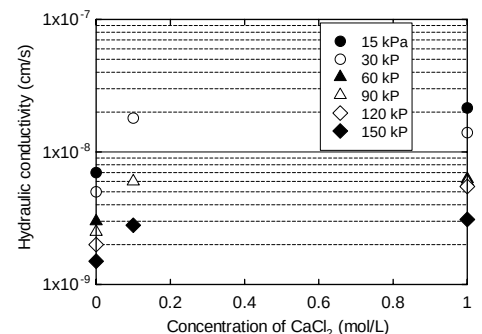


図-4 透水溶液の CaCl_2 濃度と透水係数の関係 (Pre-hydration)³⁾