骨材入り土質系変形追随遮水材料の特性

五洋建設　正会員 ○上野一彦
港湾空港技術研究所　正会員　渡部要一

1. はじめに

筆者らは，海面管理型廃棄物処分場の遮水工に用いる遮水材料として，粘土系遮水材料を提案[1)]しており，陸域における汚染土封じ込め壁の遮水材料としても適用することを検討している．粘土系遮水材料は，変形追随性を有し，経年劣化を生じない等，遮水材料として優れた粘性土と同等の性質を示す．しかしながら，適用条件によっては大きな圧密沈下を生じる恐れがあり，これに対処するために，砂を骨材として添加し間隙を小さくすることで，圧密沈下を抑制できることを実験的に確認している[2)]．本研究では，骨材として砂の代わりに砕石を用いることで，遮水材料としての粘性土の利点を活かしつつ，より一層，沈下抑制効果が向上することを期待して，流動特性，透水特性および圧密特性について検討を行った．

2. 試料

粘土系遮水材料の母材には，国産のNa型ベントナイト（土粒子密度 ρ_s=2.600g/cm^3，液性限界w_L=93.6%，塑性限界w_P=32.6%）を，骨材には道路用の単粒度砕石５号（ρ_s=2.605g/cm^3，粒径 20～13mm）を用いた．ベントナイトのw_L，w_Pは共に人工海水を用いて求めた値である．提案している粘土系遮水材料は沿岸域での使用を前提としている為，ここでは敢えて人工海水を用いた．なお，本研究において使用した水は，すべて塩分濃度 3%の人工海水である．図１にベントナイトの標準圧密試験より得られた間隙比eと透水係数kの関係を示す．

骨材入り土質系変形追随遮水材料の試料は，ベントナイトをw_Lに含水比調整したスラリー1m^{3}に対して砕石を 0～1250kgの割合で添加混合し，表１に配合を示す計６種類作成した．なお，図１より，ベントナイトスラリーの透水係数kはw_Lの状態（間隙比e_L=2.36）で 4.0×10^{-7}cm/s程度である．

3. 試験方法と結果

3.1　流動特性

試料には砕石が入っており，ベーンせん断試験やフロー値試験を適用することは難しいため，スランプ試験により流動性の評価を行った．評価の基準としては，トレミーを用いた水中における狭長部への打設性を考慮して，「場所打ち杭および地下連続壁に使用する水中コンクリート」の基準を適用した．すなわち，スランプ 15.0～21.0cm を標準とし，この範囲以外を N.G. とした．

表２にスランプ試験の結果を示す．表中の値は，各配合ともスランプ試験３回の平均値をとっている．砕石混入量が 0～750kg ではスランプは 16.5～18.0cm と基準値内に収まっているが，混入量が 1000kg を超えると 15.0cm を

図２　スランプ試験（case3）

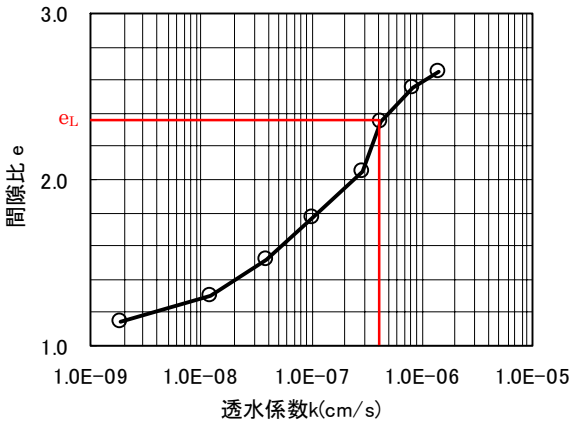

図１　ベントナイトの e-logk 関係

表１　試料の配合表

case		0	1	2	3	4	5
ベントナイトスラリー1m^{3}に対する砕石混入量 (kg/m^3)		0	250	500	750	1,000	1,250
試料練上がり1m^{3}の組成 (kg)	ベントナイト	773	704	647	603	559	522
	人工海水	722	658	604	563	522	488
	砕石	0	228	419	584	723	845

表２　スランプ試験結果

case	0	1	2	3	4	5
スランプ(cm)	17.0	18.0	16.5	18.0	14.5	13.5

キーワード　粘土，砕石，透水係数，圧密
連絡先　〒329-2746　栃木県那須郡西那須野町四区町 1534-1　五洋建設㈱技術研究所　TEL0287-39-2111

下回り流動性を失う結果となった．なお，750kg(case3)を添加した状態でベントナイト：人工海水：砕石の質量比は約 1:1:1 である．同量の砂では，砕石のようなスランプは得られない．図2にcase3のスランプ試験状況を示す．

3.2 透水特性

骨材混入が透水特性にどのような影響を与えるかを調べるために，骨材無しの case0 とスランプ試験の結果から所定の流動性を満足し且つ骨材混入量が最も多い case3 の 2 種類について，透水試験を実施し透水係数の比較を行った．図 3 に透水試験装置を示す．内径φ30cm，高さ 150cm のアクリル円筒内に層厚 50cm になるように試料を充填し，その上に人工海水を 50cm 投入し試料に動水勾配を与えた．また，アクリル円筒の底板には透水板設置し，試料を浸透してきた水を円筒外へ排出できるようになっており，排水は試料の中央部と外周部とを区別できる構造としている（図 4）．

図 5 に透水試験結果を示す．透水係数はダルシー則に基づいて算出している．計測開始初期において透水係数は徐々に低下する傾向にあるものの，計測開始 40 日以降，case0 は$k=1.0\times10^{-7}$cm/s，case3 は$k=6.0\times10^{-8}$cm/s付近に落ち着いて推移している．case0 は標準圧密試験より求めた透水係数と比較すると小さくなっているが，既往の論文[2)]においても同様の傾向にあることが報告されている．また，case3 については，骨材の混入により，透水経路が複雑になり実質的な透水長が大きくなっていると考えると，case0 より透水係数が小さくなることにも納得が行く．

3.3 沈下特性

骨材を混入することで，どの程度圧密沈下を抑制できるかを定量的に確認するために，透水試験と同様，case0 と case3 について，自重圧密試験を実施し，沈下量の比較を行った．図 6 に自重圧密試験装置を示す．断面が 50cm ×50cm，高さが 100cm の鋼製コラム内に試料をコラム天端まで充填し，試料表面に沈下板を設置して，地表面の経時沈下量を計測した．なお，排水条件は片面（上面）排水である．

試験結果を図 7 に示す．図中の計算値とは case0 について，一次元圧密理論により算定した値である．case0 の実測値は初期において計算値より沈下が早い傾向にあるが，沈下挙動は概ね計算値と一致している．一方，case3 は case0 に比べて，沈下量は約 1/2 ～1/3 程度に収まっている．これは，骨材の混入により空隙が小さくなると共に骨材同士が骨格を形成することから当然の結果といえよう．

4. まとめ

砕石を混入することで，透水係数と施工に必要な流動性を維持したまま，圧密沈下を抑制する効果があることが確認された．今後は，定量的な評価を行うと共に，強度特性についても検討する予定である．

参考文献

1)山田耕一，上野一彦，羽田晃，土田孝，渡部要一：変形追随性遮水材料を用いた管理型海面廃棄物処分場の新しい遮水護岸構造の提案，第 27 回海洋開発論文集，Vol.18，pp.77-82，2002.

2)渡部要一，土田孝，齋藤邦夫，山田耕一，上野一彦：粘土系遮水材料における微視構造と透水係数の関係，第 47 回地盤工学シンポジウム論文集，pp.381-388，2002.

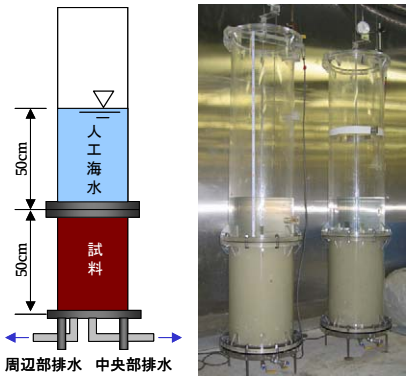

図 3　透水試験装置

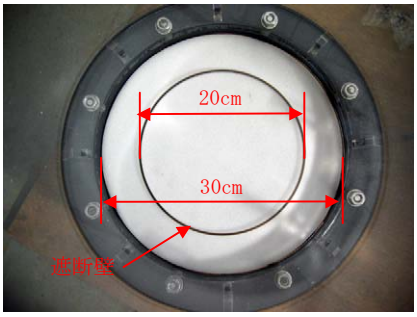

図 4　底板拡大図

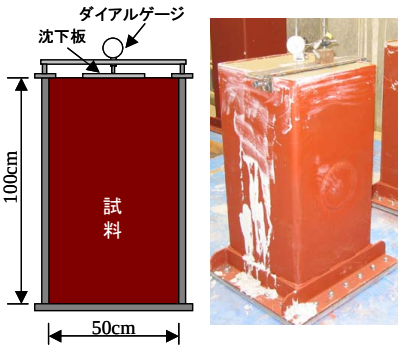

図 6　沈下試験装置

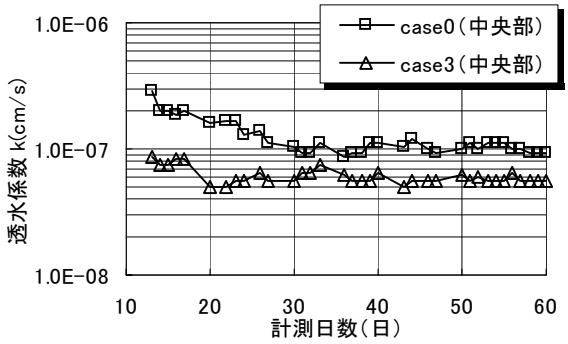

図 5　透水試験結果

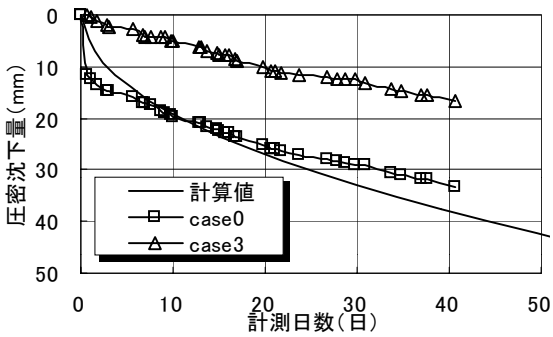

図 7　圧密沈下計測結果