

第Ⅲ部門 ベントナイト・珪砂混合土の締固め性改善法の検討

大阪府立大学工業高等専門学校 学生員 ○斉藤 健太
 大阪府立大学工業高等専門学校 正会員 新納 格
 大阪府立大学工業高等専門学校 学生員 掛水 颯太
 大阪府立大学工業高等専門学校 川口 浩平

1. はじめに

わが国で計画されている高レベル放射性廃棄物処分の緩衝材には、乾燥密度1.6Mg/m³のベントナイトと珪砂の混合土が予定されている。この緩衝材の成型法について、例えば掛水ら¹⁾によれば、標準プロクター仕事量550kJ/m³では乾燥密度1.6Mg/m³に到達できないことが判明している。一方で新納ら²⁾は、マトリックポテンシャルが支配的な非塑性細粒土に非イオン性界面活性剤水溶液を添加すれば、締固め性が改善されると述べている。以上から本研究は、浸透ポテンシャルが支配的なベントナイト・珪砂7号混合土においても、界面活性剤で締固め性が改善されるか否かを検討したものである。その結果、アニオン性界面活性剤を添加すると一軸圧縮強度が低下し、締固め性が改善されることを確認した。

表-1 実験一覧

実験名称(S.締固め試験)	使用した土	水溶液	
S2000Be7Non(29.5)	Be7:ベントナイト・珪砂7号混合土	W: 蒸留水 界面活性剤(濃度0.5%) Non:非イオン性 Cat:カチオン性 Ani:アニオン性 Amp:両性 (表面張力値mN/m) Na ₂ S ₂ O ₃ :チオ硫酸Na NaCl:塩化Na (濃度0.3M)	
S2000Be7Non(50.0)			
S5000Be7W(72.5)			
S5000Be7Non(29.5)			
S5000Be7Non(50.0)			
S5000Be7Cat(36.7)			
S5000Be7Ani(27.0)			
S5000Be7Amp(-)			
S5000Be7Na ₂ S ₂ O ₃			
S5000Be7NaCl			
実験名称(U:一軸圧縮試験)			例えばS2000Be7Non(29.5)の場合、Sは締固め試験、2000は荷重値(N)、Be7はベントナイト・珪砂7号混合土、Nonは非イオン性界面活性剤、(29.5)は表面張力値(mN/m)を示す。 U1.6Be7W(72.5)の場合は、Uは一軸圧縮試験、1.6は乾燥密度(Mg/m ³)、Be7はベントナイト・珪砂7号混合土、Wは蒸留水、(72.5)は表面張力値(mN/m)を示す。
U1.6Be7W(72.5)			
U1.6Be7Non(29.5)			
U1.6Be7Cat(36.7)			
U1.6Be7Ani(27.0)			
U1.6Be7Na ₂ S ₂ O ₃			
U1.6Be7NaCl			

2. 実験方法

表-1に実験一覧を示す。試料は乾燥質量でNa型ベントナイト(クニゲルV1)70%と珪砂7号30%を混合した土である。表面張力の影響を検討するため、間隙水に蒸留水と表面張力値の異なる2種類の非イオン性界面活性剤、イオン性の影響を検討するため、表面張力値が約30mN/mの3種類のイオン性界面活性剤を使用した。また、アニオン性の水和イオンの影響を検討するため、過去の研究³⁾で膨潤圧低下が確認された塩化Na(NaCl)とチオ硫酸Na(Na₂S₂O₃)も検討した。

締固め試験は非繰返し法で行い、110°Cで20時間程度炉乾燥した試料100gに加水し、2mmふるいで裏ごしし、自由落下法で内径50mmの鋼鉄製モールドに入れて速度2mm/minで静的に締固めた。一軸圧縮試験の供試体は、110°Cで20時間程度炉乾燥し、目標含水比15%で加水を行い、内径50mm高さ10cmのモールドに自由落下法で入れて最大30000N程度で圧縮成型した。一軸圧縮試験の圧縮速度は0.2mm/minである。

3. 結果および考察

図-1に表面張力が締固め曲線にあたる影響を示す。蒸留水と比較して水溶液Aおよび水溶液Bに乾燥密度の向上はみられない。ベントナイトはマトリックポテンシャルの影響が小さいため、表面張力の影響を受けにくいと考察できる。図-2に界面活性剤のイオン性が締固め曲線にあたる影響を示す。水溶液D(アニオン性界面活性剤)が他と比べて乾燥側で乾燥密度が大きいことがわかる。図-3のようにアニオン性界面活性剤は吸着量に差があるので、他と比べて粒子間のイオン濃度が高く、式(1)の接触値定理による浸透ポテンシャル P_s' から、より粒子が離れる方向の浸透ポテンシャルが大きく、土粒子の再配列が容易となったと考察できる。

$$P_s' = \kappa T \left\{ \sum_i \rho_i \left(\frac{\chi}{2} \right) - \sum_i \rho_i(\infty) \right\} \quad (1)$$

ここに、 κ : ボルツマン定数=1.38066×10⁻²³(JK), T: 絶対温度(K), χ : スタック間距離, $\sum_i \rho_i(\frac{\chi}{2})$: スタック間中央部の全イオン濃度(M), $\sum_i \rho_i(\infty)$: バルク相の全イオン濃度(M)

図-4のチオ硫酸Naおよび塩化Naは全体的に蒸留水と同傾向の締固め曲線である。図-5において、蒸留水に比べて

カチオン性、非イオン性およびアニオン性の順で一軸圧縮強度が低下している。アニオン性界面活性剤が最も一軸圧縮強度が低下した原因は、図-2および図-3の考察と同様に粒子が離れる方向の浸透ポテンシャルが大きいためである。図-6のチオ硫酸Na水溶液および塩化Na水溶液の一軸圧縮強度が低下する原因も同様と考えられるが、図-4に示したように、これらの水溶液に締固め密度向上の効果は部分的（含水比 $w=15\%$ 付近）にしか確認できない。締固めにあたえる作用においてアニオン性界面活性剤のそれとは異なる作用と推察する。

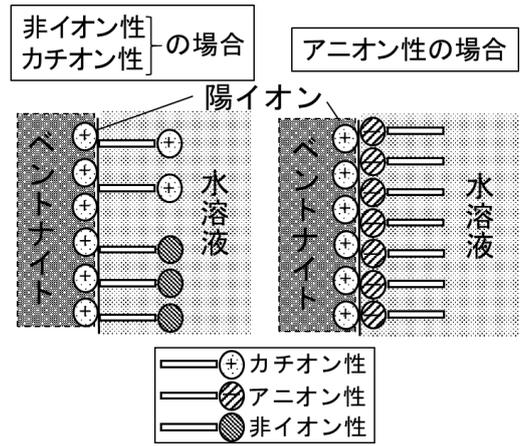


図-3 界面活性剤吸着モデル

4. まとめ

アニオン性界面活性剤が締固め性を改善する可能性が判明した。今後はさらに詳細な検討を行い、工法としての実用化を目指したい。

参考文献

- 1) 掛水颯太, 新納格: ベントナイト・珪砂混合土の締固め性と膨潤圧に関する研究, 平成30年度土木学会関西支部年次学術講演会, III-7, 2018
- 2) 新納格, 正田要一, 蔣建群および栗林栄一: 非イオン性界面活性剤による表面張力低下の不飽和土の締固めに与える影響, 土木学会論文集 No582/III-41, PP265-274, 1997
- 3) 新納格, 井上博之, 吉田武, 井上俊, 掛水颯太, 福井克也, 平山政義: 塩化鉄水溶液および塩化銅水溶液がベントナイトの膨潤圧特性に与える影響, 第12回環境地盤工学シンポジウム, 17-3, PP561-566, 2017

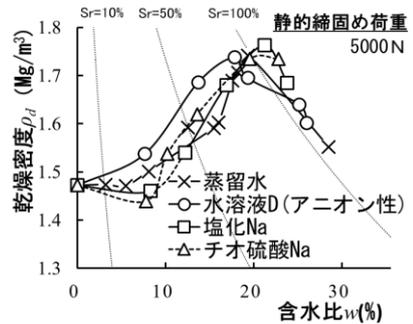


図-4 アニオン性界面活性剤が締固め曲線に与える影響

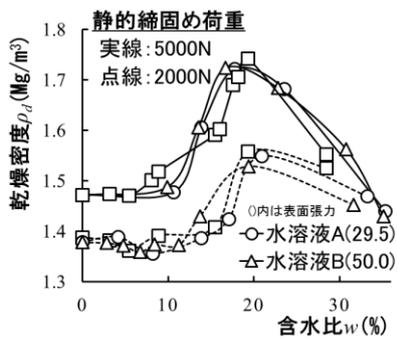


図-1 表面張力が締固め曲線にあたえる影響

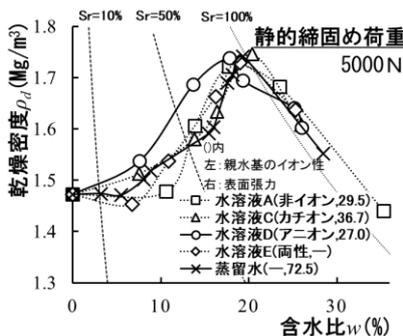


図-2 親水基のイオン性が締固め曲線にあたえる影響

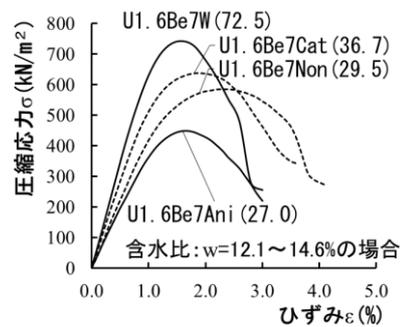


図-5 界面活性剤の応力-ひずみ曲線

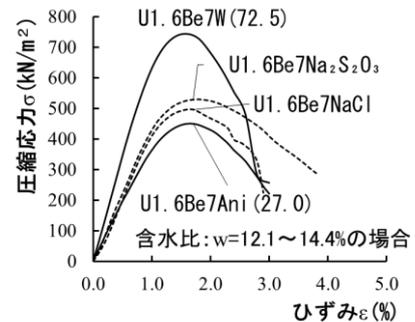


図-6 塩化Na・チオ硫酸Naの応力-ひずみ曲線