固化～破砕プロセスにおける浚渫改良土の一軸圧縮・コーン指数・溶出特性について

佐賀大学大学院 工学系研究科　学○山北 耕史
佐賀大学 低平地研究センター　正　田口 岳志
佐賀大学 低平地研究センター　正　日野 剛徳
宇部マテリアルズ株式会社　非　三浦友規子
岡山大学大学院　非　山中 寿朗

１．まえがき　佐賀低平地では有明沿岸プロジェクトが計画されている．プロジェクトの計画に際し，有明海北岸域における浮泥・底泥を浚渫改良し，盛土路体として有効利用することを考えてきている[1]．これに関連する施工管理マニュアルでは[2]，改良土盛土の場合は現場密度やコーン指数による管理が定められているものの，固化～破砕・締固めのような実際の施工時に想定されるプロセスに認められる課題については十分に補えきれていない点がある．また，安定材により浚渫土を固化させるため施工後の盛土から土壌環境基準を超える物質の溶出も懸念される．本報では，破砕・締固めを伴う浚渫改良土における一軸圧縮，コーン指数およびタンクリーチング試験による溶出特性について検討した．

表-1　浮泥・底泥の物理化学的性質

試験項目		本庄江
自然含水比w_n (%)		181.7
土粒子密度 ρ_d (g/cm^3)		2.65
液性限界W_L (%)		147.0
塑性限界W_P (%)		48.6
塑性指数I_P		98.4
粒度組成	礫分 (%)	0.0
	砂分 (%)	0.2
	シルト分 (%)	87.2
	粘土分 (%)	12.6
pH		7.55
塩濃度 (g/L　NaCl)		1.7

２．試料土および実験方法　試料土は，佐賀市本庄江河口から採取した浮泥・底泥を用いた．安定材には高炉セメント B 種（以下高炉 B 種と称す）と生石灰を用いた．高炉 B 種 70 kg/m^3 および生石灰 50kg/m^3 を添加し，7 日間養生した(t_1: 7 日)．次に，t_1=7 の供試体を 9.5 mm から 4.75 mm の間で粒度調整した後，破砕～締固めを行った．締固めエネルギーは E_c=550 kJ/m^3 を基準として 0.25 E_c，0.5 E_c，1.0 E_c および 2.0 E_c の 4 パターン実施した．この試料をさらに 0，7 および 28 日間養生させた(t_2=0，7，28 日)．所定の養生後，一軸圧縮試験(φ50×100 mm に成形)，コーン指数試験およびタンクリーチング試験を行った．タンクリーチング試験の条件は，採水時に pH の測定を行い，養生日数(t_1+t_2):7, 14, 35 日，浸水日数:28 日(t_W=28)，締固めエネルギー:0.5E_c，1.0E_c，分析項目:フッ素，ホウ素，カルシウム，マグネシウム，として行った．また，t_1+t_2=35，1.0 E_c ではエアレーションの有無についても検討を行った．

３．実験結果と考察　**図-1** に高炉 B 種と生石灰における一軸圧縮強さ q_u と養生日数：t_1+t_2 の関係を示す．まず，安定材の種類によらず改良土の破砕・締固めを行ったものは破砕・締固めを行わないものと比べて q_u の低下が認められた．しかる後の高炉 B 種を用いた改良土では養生 7 日以降の q_u の増加が認められるが，生

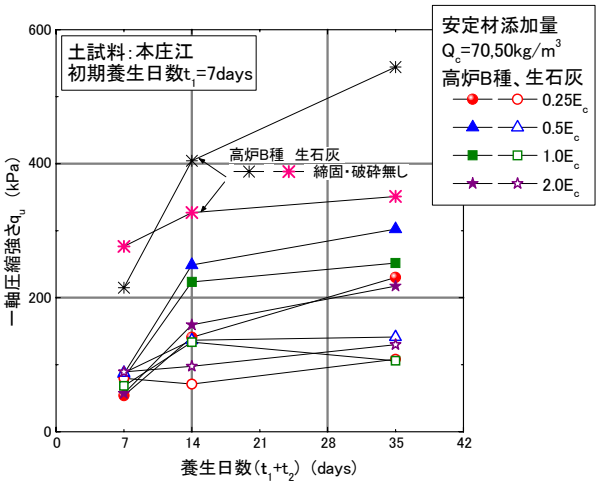

図-1　一軸圧縮強さ q_u と養生日数(t_1+t_2)の関係

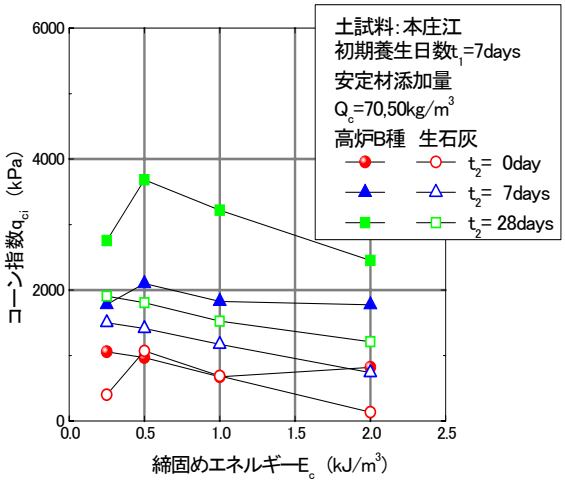

図-2　コーン指数 q_{ci} と締固めエネルギーE_c の関係

土質安定処理　一軸圧縮　コーン指数　溶出特性
佐賀大学低平地研究センター(〒840-8502　佐賀市本庄町1　TEL 0952-28-8582　FAX 0952-28-8189)

石灰を用いた改良土では前者に比べて養生 7 日以降の q_u の増加は高くない．**図-2** に高炉 B 種と生石灰におけるコーン指数 q_{ci} と締固めエネルギーE_c の関係を示す．高炉 B 種を用いた場合の q_{ci} は，破砕直後を除けば E_c が 0.5 でピークを示し，それ以上の締固めエネルギーではオーバーコンパクションを引き起こして q_{ci} が減少していくという傾向が認められる．生石灰を用いた改良土の q_{ci} では，E_c が 0.25 でピークを示し，それ以上の締固めエネルギーでは高炉B種の場合と同様にオーバーコンパクションを引き起こした．

図-3 に高炉 B 種でのフッ素の溶出量の変化を示す．どの条件においてもフッ素の溶出量は土壌環境基準以下であった．また，養生日数，締固めエネルギーの変化による顕著な変化は認められなかった．**図-4** に生石灰でのフッ素の溶出量を示す．高炉 B 種と同様に溶出量は土壌環境基準以下であり，養生日数，締固めエネルギーの変化による顕著な変化も認められなかった．

図-5，6 にエアレーションの有無によるカルシウム，マグネシウムの溶出量の変化を示した．エアレーションを行うことにより pH がおよそ 11 から 8 程度に低下している．カルシウムやマグネシウムのような陽イオンが溶出することで溶媒液から OH 基が乖離し溶媒液がアルカリ性に変化する．しかし，エアレーションにより二酸化炭素を溶け込ましたことで，溶媒液を中和させ，pH が低下したと考えられる．また，エアレーションを行った場合でもカルシウム，マグネシウムの溶出量は増加しているため，今回分析対象としていない陰イオンの溶出が起こったと考えられる．今回の試験では，改良に用いた土壌中の環境汚染物質の濃度が低く，環境基準内であることから，分析の精度が各物質の挙動を理解する上で十分であるとはいえない．今後は土壌環境基準を超える物質を添加してその挙動を明らかにする必要がある．また，より実際の施工現場に近い条件でさらに長期間における傾向を調べることも今後の課題である．

4．結　論　本検討で得られた知見は以下のとおりである．

1) 高炉 B 種による改良土では E_c が 0.5 の場合，生石灰による改良土では E_c が 0.25 の場合に q_{ci} がピークを示し，それ以上の締固めエネルギーではオーバーコンパクションを引き起こす．
2) 今回行った条件でのタンクリーチング試験から，フッ素，ホウ素は土壌環境基準値以下であった．
3) タンクリーチング試験において，エアレーションにより現場環境に近い条件を再現することができた．

謝辞　本研究の遂行の一部では，平成 19～20 年度における文部科学省科学研究費補助金　基盤研究(C)：(19560493) ならびに特別研究促進費：(19569006)による助成を受けている．また，平成 19 年度佐賀県受託研究の一部としても検討を進めた．記して感謝の意を表します．

[参考文献]　1) 秋田ら：平成 15 年度土木学会西部支部講演概要集，pp. A300～A301，2004．2) 山口県土木建築部管理課：山口県土木工事施工管理基準（一部改訂版），pp. 2-26, 2003.

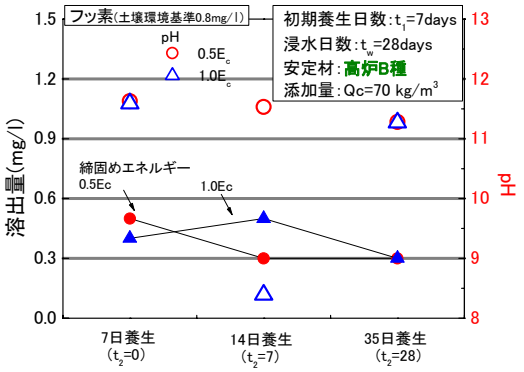

図-3　フッ素の溶出量と養生日数の関係（高炉 B 種）

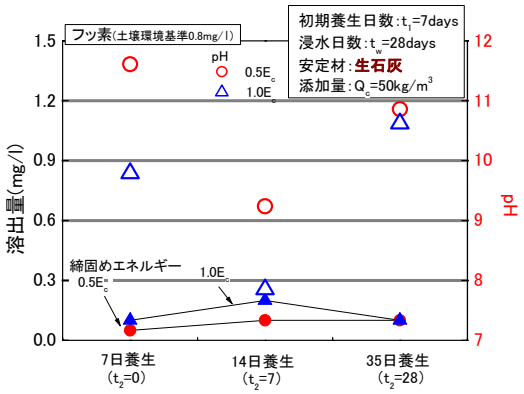

図-4　フッ素の溶出量と養生日数の関係（生石灰）

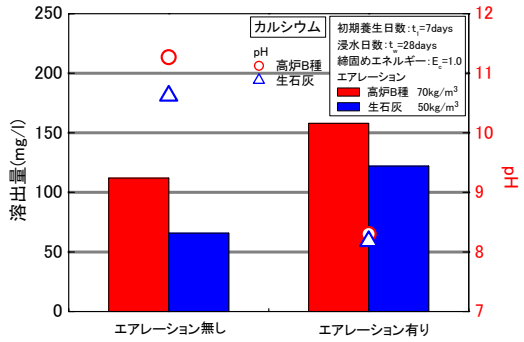

図-5　エアレーションの有無による溶出量の変化（カルシウム）

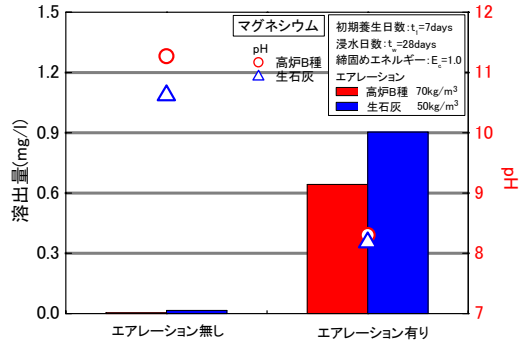

図-6　エアレーションの有無による溶出量の変化（マグネシウム）