

解砕したセメント安定処理土の仮置き日数が締固め強度に及ぼす影響

福岡大学大学院 学生会員 久富優二

福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 藤川拓朗

1.はじめに 現在、循環型社会形成の取り組みに基づき、建設廃棄物の発生抑制、資源の循環的な利用及び適正な処理が求められている。その中の建設発生土も有効利用の促進が求められており、低品質な建設発生土の有効利用方法の一つとして、セメント安定処理がある。しかし、セメント安定処理を施された建設発生土は再び掘削される可能性が十分にあるため、それらの掘削されたセメント安定処理土（以後、掘削処理土）の有効利用にまで視野を広げることが循環利用を確立していくために重要である。そこで本研究では掘削処理土の循環利用に着目し、掘削処理土の性状が再利用時の力学特性や耐久性、溶出特性に与える影響について把握することを目的としている。本報告では 1) セメント安定処理土の力学特性及び耐久性の評価、2) 解砕したセメント安定処理土の仮置きにおける養生日数の変化が締固め強度に及ぼす影響の検討を行った結果について報告する。

2.実験概要

2-1 供試体作製方法 実験試料には、浚渫土を原位置処理によりセメント固化されたのち、建設工事により掘削したものを粒径 9.5mm 以下になるまで、解きほぐしたものを使用した。なお、この掘削処理土は性状より泥土に区分される。泥土の物理特性値を表-1 に示す。泥土の含水比を $w=25\%$ に調整して、固化材の添加量を湿潤質量に対して外割り配合で $C=2, 3\%$ とした。なお、固化材には高炉セメント B 種を用いた。これらの攪拌をホバートミキサーで 8 分程度行った。その後、鋳鉄製のモールド（直径 $\phi 5 \times$ 高さ $h10\text{cm}$ ）を用いて、突固め層数が 3 層となるように試料をモールドに入れ、ランマー（質量；1.5kg、落下高さ；20cm）

で突固め回数を 12 回として供試体を作製した（JIS A 1210）。突固め回数は、突固めエネルギー E_c = 約 $550 \text{ (kJ/m}^3\text{)}$ となるように調整している。供試体作製後、ラップで密封して 20 一定の恒温室で所定の期間、空气中養生させた。

2-2 セメント安定処理土の耐久性 セメント安定処理土の耐久性を把握するために表-2 に示す実験条件で乾湿繰り返し試験を行った。本実験はセメント安定処理を施し、28 日養生後の供試体を用いた。供試体を 7 日間水浸させた後、7 日間自然乾燥させる工程を 1 サイクルとした。なお、水浸養生においては、供試体を pH5.8~6.3 に調整した純水に $L/S=10$ で浸漬させた。また、所定サイクル終了後に一軸圧縮試験および各サイクルの水浸養生終了後の浸漬液を $0.45\mu\text{m}$ のメンブレンフィルターを用いてろ過し、Ca 濃度を定量した。

2-3 掘削処理土の仮置き期間に伴う力学特性の変化 掘削処理土の再利用を考慮する上で、セメント安定処理土の掘削後の仮置き日数及び養生日数に伴う水和反応が力学特性に及ぼす影響について検討を行った。表-3 に示した実験条件及び配合条件で、2-1 における供試体作製時と同一のエネルギーで供試体を作製した。作製した供試体を 3 日間養生後、回転式破碎混合混練機¹⁾を用いて最大粒径が 9.5mm となるように解砕した。この解砕したセメント安定処理土を仮置きして、解砕前と同一のエネルギーで再度締固めて供試体を作製後に所定の期間、空气中養生させて一軸圧縮試験を行った。

3.実験結果

3-1 含水比及び圧縮強度の経時変化 図-1 に表-4 に示す実験条件で作製した供試体の一軸圧縮試験結果を示す。自然乾燥養生はいずれのセメント添加率においても、養生初期において急激に強度が増加することが分かる。また、

表-1 物理特性値

試料名	土粒子密度 $\rho_s \text{ (g/cm}^3\text{)}$	含水比 $w \text{ (}\%)$	塑性指数 $I_p \text{ (}\%)$	コーン指数 $q_c \text{ (kN/m}^2\text{)}$	細粒分含有率 $F_c \text{ (}\%)$
泥土 (掘削処理土)	2.609	24.6	29.3	166.7	51.2

表-2 乾湿繰り返しの実験条件

土質材料	セメント添加量 (%)	養生日数 (日)	1サイクル工程	サイクル数 (回)
泥土 (掘削処理土)	3	28	水浸7日	1
				2
			乾燥7日	4
				8
				16

表-3 仮置きにおける強度変化の実験条件

土質材料	セメント添加量 (%)	解砕までの 養生日数 (日)	解砕後からの 仮置き日数 (日)	仮置きから一軸圧縮試験 までの養生日数 (日)
泥土 (掘削処理土)	2 3	3	0, 7, 28	0, 3, 7, 28

表-4 含水比の経時変化の実験条件

土質材料	セメント添加量 (%)	養生日数 (日)
泥土 (掘削処理土)	2 3	0, 0.5, 1, 3, 7, 14, 28, 56, 91, 182, 365

養生経過に伴い剛性の増加がみられ、空气中養生に比べ自然乾燥養生の方が脆性的な破壊挙動を示した。

図-2 に養生日数に伴う含水比の経時変化を示す。いずれの養生条件においても、セメント添加率の違いによる含水比の変化はみられておらず、自然乾燥養生においては、養生日数の経過により著しい含水比の経過がみられる結果となった。図-3 に含水比と一軸圧縮強さの関係を示す。いずれの養生条件においても含水比の低下に伴い、強度が増加する傾向がみられる。また、養生条件で比較すると空气中養生ではセメント添加率の違いが強度に影響を及ぼすが、自然乾燥養生においては、含水比が 5%以下まで低下した際にはセメント添加率の影響はみられないため、乾燥収縮のみに起因して強度が発現していると考えられる。

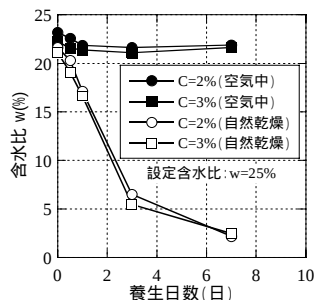


図-2 養生日数に伴う含水比の変化

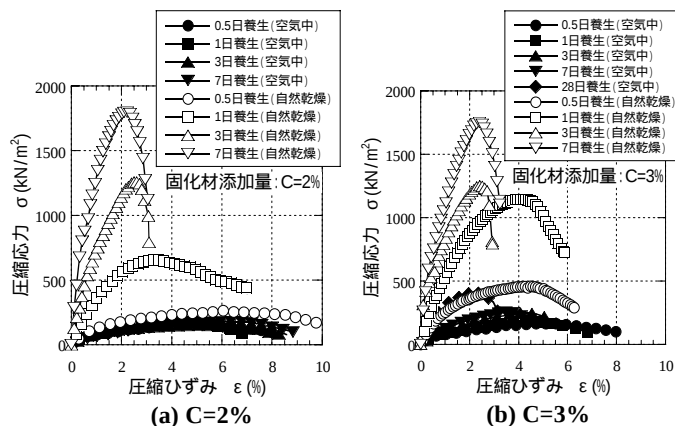


図-1 一軸圧縮試験結果

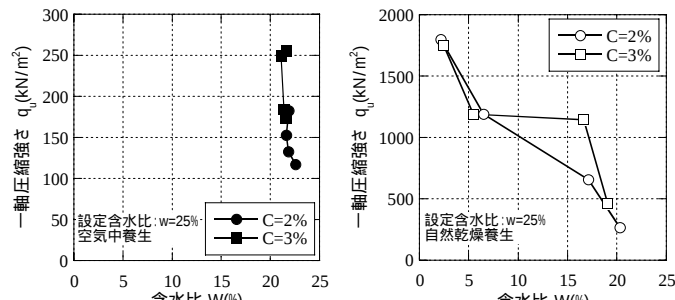


図-3 含水比と一軸圧縮強さの変化

3-2 乾湿繰返し試験による耐久性の検討 図-4 にサイクル数に伴う一軸圧縮強さと Ca 濃度の関係を示す。3 サイクル目の自然乾燥養生終了後には、供試体表面が剥離する劣化が見られ、強度の低下がみられた。既往の研究から水和反応により生成される可溶性の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ から Ca が溶脱して強度が低下することが知られている²⁾。本研究で作製したセメント安定処理土においても 3 サイクル目以降 Ca の溶脱により強度劣化が生じて、耐久性が低下したと考えられる。

3-3 仮置き期間が締固め強度に及ぼす影響 図-5 は解砕したセメント改良土の仮置き日数の違いが締固め後の一軸圧縮強さに与える影響について示したものである。解砕後と未解砕なものについて養生初期の強度を比較すると、仮置き 0, 7 日では、セメントの水和で生成されたエトリンガイトやモノサルフェートといった強度に寄与するとされている結晶物³⁾がセメント安定処理土を解砕することで破碎され、解砕後の強度がわずかに低下したと考えられる。しかし、仮置き 28 日では養生初期の強度に差はみられない。これは、長期の仮置きにより解砕した単粒子の強度が増加したものと考えられる。また、養生 28 日経過後の強度は仮置き日数の違いにより差が生じていることがわかる。これら養生経過後の強度発現は仮置きにおける単粒子の強度増加と締固めにおける粒子同士の結びつきといった両者のバランスに影響を受けると考えられる。

4.まとめ 1) 自然乾燥養生は空气中養生と比較して、乾燥により剛性の増加と含水比の著しい減少がみられ、含水比が 5%以下まで低下した際には、乾燥収縮のみに起因して強度が発現する。2) Ca 溶脱によりセメント安定処理土の強度が低下する可能性がある。3) 仮置き後の強度発現は、仮置きにおける単粒子の強度増加と締固めにおける粒子同士の結びつきといった両者のバランスに影響を受けると考えられる。

謝辞 本研究は(社)九州建設技術管理協会より、平成 22 年度研究開発助成「石炭灰混入型セメント改良土の循環利用に伴う力学・溶出特性」の一環で行ったものであり、ここに記して関係者各位に謝意を表します。

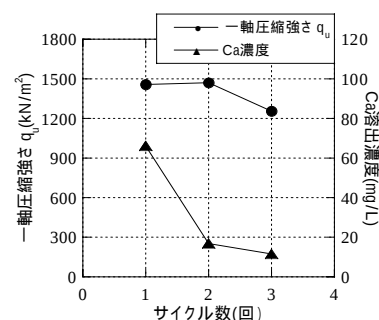


図-4 乾湿繰返し試験結果

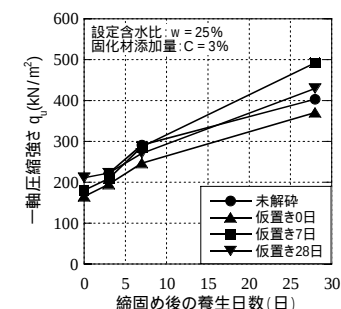


図-5 養生に伴う一軸圧縮強さの変化

【参考文献】1) 日本国土開発株式会社 HP URL: http://www.n-kokudo.co.jp/tec_civil/twister_atypical.html 2) 福留和人 喜多達夫:「フライアッシュを混和したセメント硬化体の溶脱特性に関する研究」ハザマ研究年報, 2007 3) 社団法人 セメント協会:「セメント系固化材による地盤改良マニュアル 第3版」技報堂出版株式会社, 2003