

中性土質改良材による改質土の土質特性

落合正水¹・柴田 靖²・高橋守男³・兵藤英明³・岡林茂生⁴・田坂行雄⁴

¹正会員 工修 戸田建設株式会社 土木工事技術部 (〒104-8388 東京都中央区京橋1-7-1)

²正会員 戸田建設株式会社 独立行政法人土木研究所出向中 (〒104-8388 東京都中央区京橋1-7-1)

³正会員 工修 東京電力株式会社 技術開発研究所 (〒230-8510 神奈川県横浜市鶴見区江ヶ崎4番1号)

⁴正会員 株式会社宇部三菱セメント 研究所宇部センター (〒755-8633 山口県宇部市小串沖の山1-6)

キーワード: 中性土質改良材, 泥土, リサイクル, 第3種改良土

1. はじめに

土壌汚染や水質の悪化に対する環境保全が近年の課題となっている。本研究は軟弱な泥土を、盛土材等の土質材料として再利用する目的から、中性域(pH=5.8~8.6)における改質の成立性を評価したものである。石膏系の改良材による土質改良はこれまででも試みられているが、本改良材は排煙脱硫石膏を焼成した半水石膏にセメント系材料とアルミニウム系の中和材を添加したものである。改質土の目標性能は、改良1時間後にコーン指数 $q_c \geq 400 \text{ kN/m}^2$ (第3種改良土)を有し、水による溶解や長期材令で強度低下を起さないものとした。

2. 実験土と実験方法

(1) 実験土

実験土と改良材の主材である半水石膏の性質を表-1に示す。実験土は低塑性の粘性土を用いた。半水石膏は排煙脱硫石膏を熱風循環式乾燥機で焼成したもので、市販品に比べて比表面積が約1/5と小さく粒子が粗いのが特徴である。

表-1 実験土および半水石膏

実験土		半水石膏			
土粒子の密度(g/cm^3)	2.794	組成(%)	試製品	市販品	
自然含水比(%)	20.2	CaO	38.0	37.9	
粒度(%)	礫	2.7	SO ₃	53.6	53.3
	砂	65.8	Ig. loss	7.9	7.6
	シルト, 粘土	31.5	化合水	6.9	6.3
液性限界(%)	35.8	比表面積(cm^2/g)	1167	5278	
塑性限界(%)	19.3				

(2) 実験方法

実験土に加水して含水比が異なる試料土を作製し所定量の改良材を混合して材令による物理的性質と

強度(主に締固めた改良土のコーン指数)を調べた。

表-2に試料土の含水比と改良材添加量の組合せを示す。「泥土」の3種類の含水比は、スランプ値12cm, 19cmおよび24cmに相当し、ベーンせん断強さが0.5~1.0kN/m²の軟弱土である。「原土」の含水比26%は、改良材を添加しないでコーン指数が $q_c = 200 \text{ kN/m}^2$ (第4種改良土)になる時の値であり、実験土を含水比調整した試料である。

表-2 試験条件と試料番号(①~⑮)

区分	含水比(%)	改良材	改良材添加量(kg/m^3)					
			30	60	120	180	240	300
泥土	39.5	GY			①	②	③	
	39.5	GY+BC+SB (中性改良材)			④	⑤	⑥	
	37.0			⑦	⑧	⑨		
	43.0					⑩	⑪	⑫
原土	26.0		⑬	⑭	⑮			

GY: 半水石膏 BC: セメント系 SB: アルミニウム系

3. 実験結果

(1) 強度特性

図-1は半水石膏のみと中性改良材の材令と q_c の関係を示したもので、含水比39.5%の泥土の改質土である。同一の改良材添加量では、中性改良材の方が半水石膏のみよりも q_c が大きく、強度が改善されており、長期の強度低下も約25%と半水石膏のみの約50%に比べて小さい。

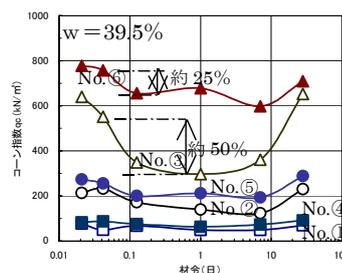


図-1 材令と q_c の関係

図-2は中性改良材による改質土の材令1時間における添加量と q_c の関係である。目標強度の $q_c \geq 400 \text{ kN/m}^2$ を満たす添加量は、泥土の含水比により30~240 kg/m^3 の範囲にある。この結果より、低含水比の改質には中性改良材は十分に成立するものと考えている。

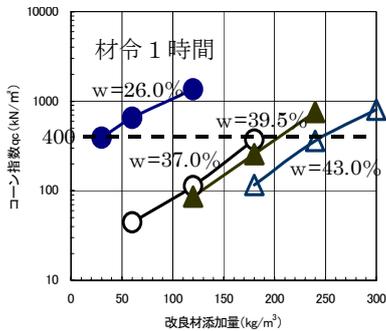


図-2 改良材添加量と q_c の関

図-3は改質土を水中と気中で養生した試料の一軸圧縮強さ比(q_{uw}/q_{ua})と材令の関係を示したものである。中性改良材による改質土は半水石膏のみの改質土に比べて強度低下が小さいことから、改良土の水浸に対する安定性が向上しているといえる。

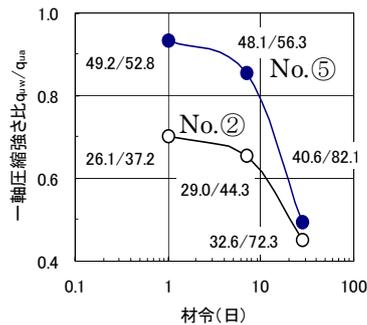


図-3 q_{uw}/q_{ua} と材例の関係

図-4は改良土の含水比と q_c の関係を試料土の含水比別に示した図である。図中の直線は改質していない実験土の q_c と含水比の回帰線である。各試料土の含水比と q_c の関係は、ほぼ実験土の回帰線に平行であり、含水比が小さいほど顕著である。

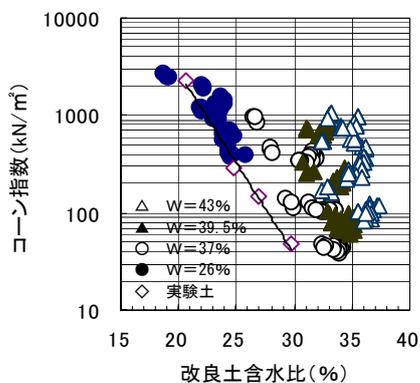


図-4 改質土の含水比と q_c

含水比26%の原土の改良材添加量は30~120 kg/m^3

と少ないため、改質土の含水比が q_c の支配的要因となり、実験土の回帰線に沿って q_c が増加する。

一方、試料土の含水比が高く改良材の添加量が増加するにしたがって、回帰線との離れが大きい。すなわち、中性改良材の凝結硬化による改良土の粘着力が顕著になる傾向が認められる。

(2) 化学的性質

図-5は中性改良材による改質土の電子顕微鏡写真である。結晶は二水石膏が主であるが、石膏のみの改質土に比べて針状結晶が小さく、板状結晶が多量に生成している。これは添加材としたセメント系およびアルミニウム系の効果と考えられ、セメント系由来する水和生成物が二水石膏の間隙を充填することにより、強度の増加と二水石膏の溶解による強度低下を抑制していると推察される。

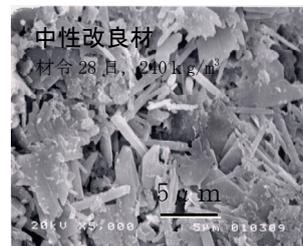


図-5 電子顕微鏡写真

図-6は改質土の添加量とpHの関係である。改良直後は中性であるが材令7日迄はpHがやや高くなり、材令28日にかけて低くなる。このpHの変化は材令初期は溶解が速いアルミニウム系の添加量の増加でpHが低下し、材令7日ではセメント系添加材の水和によりややアルカリ側に移行する。その後は炭酸化により中性域となっている。なお、環境庁告示第46号溶出試験を行った結果、ふっ所、ほう素を含む重金属類の溶出は何れも基準値以内である。

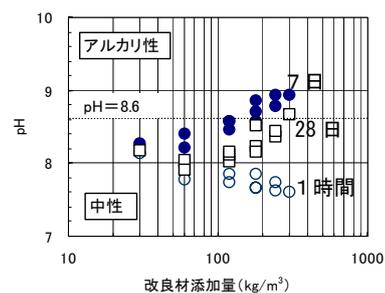


図-6 改良材添加量と pH

4. まとめ

軟弱土を中性域において1時間で第3種改良土に改良し、水浸による強度低下も少なく長期強度が維持されることを確認した。本中性改良材は、施工条件として表流水が問題になる場合や水域における地盤改良において、環境保全対策に有効であると考えている。