

二酸化炭素注入によるソイルセメントの硬化発現について

広島工業大学 正会員 鈴木 健夫
廿日市市役所 正会員 ○加治 秀典

1. はじめに

現在、建設発生土は、処分地の減少や経済性などを理由にその対策が重要となってきた。本研究では、本来廃棄処分される建設発生土の中から、問題点の多い粘性土を対象とし、以下に記す2点を目的とし実験を行った。

- ① 粘性土にセメントを混合した後、二酸化炭素を添加することにより硬化促進を図る。
- ② 二酸化炭素添加による硬化促進のメカニズムを解明するために化学分析およびX線回折をおこなう。

2. 実験方法

今回の実験で使用した粘性土の性質を表-1に、固化材および二酸化炭素の添加率を表-2に示す。表-2における固化材添加率は乾燥試料土重量に対しての重量比で、二酸化炭素添加率はセメント重量に対しての重量比である。実験方法は図-1にフローチャートで示す。

表-1 粘性土の基本的性質

採取地点	広島市南区出島沖	
粒 度	粗 砂 %	4.60
	細 砂 %	39.10
	シルト %	41.60
	粘 土 %	15.70
	液性限界 w_L %	61.30
コンシステンシー	塑性限界 w_p %	36.69
	塑性指数 I_p %	24.61
	含水比 w %	95.26
土粒子の密度 ρ_s		2.55
pH値		7.80
最大粒径		2.00
土質名		シルト
日本統一土質分類		(ML)

表-2 固化材及び二酸化炭素添加率

使用固化材	固化材添加率 (%)	二酸化炭素添加率 (%)
普通ポルトランドセメント	10, 12.5, 15, 17.5,	0 (C-0)
	20, 22.5, 25	6 (C-6)
早強ポルトランドセメント	同 上	8 (C-8)
		10 (C-10)

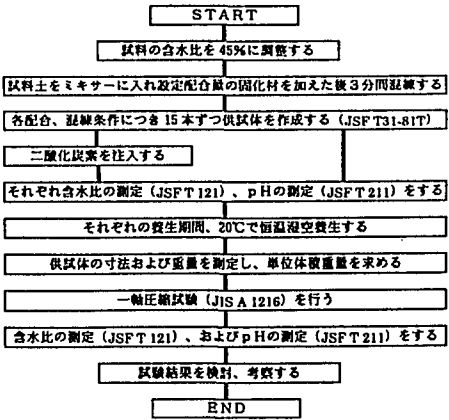


図-1 実験方法

3. 実験結果および考察

図-2に普通、早強それぞれの固化材添加率と一軸圧縮強さの関係を示す。二酸化炭素添加率が増加するに従い強度も増加し、無添加時と比較すると、約1.5~3倍程度の強度増加がみられる。この強度増加は、J.F.Young らによって示された¹⁾二酸化炭素添加によるC₃S、C₂Sの反応促進及び、二酸化炭素の添加により炭酸化²⁾が促進されたためと考えられる。また、pH値に関しては、中性化とまではいかなかったが、二酸化炭素添加試料では低下しており、今後添加方法の改良により、更に処理土のpHの低下も可能である。

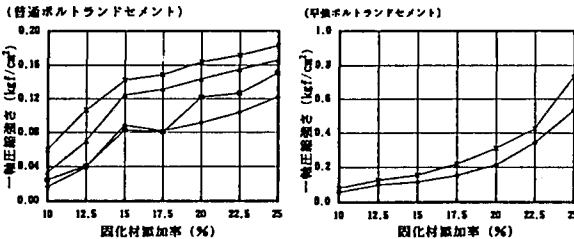


図-2 一軸圧縮強さと固化材添加率の関係

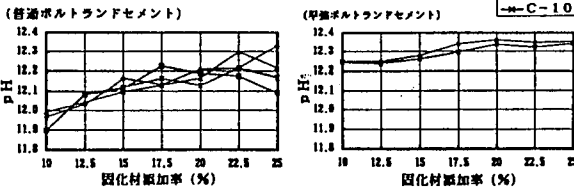


図-3 pHと固化材添加率の関係

4. 化学分析

(1) 目的および実験方法

二酸化炭素による反応を調べるために、その組成物の炭酸カルシウムを確認するため、図-4に示す装置によって水上置換を行い、二酸化炭素の検出を試みた。ただし、二酸化炭素は水に溶け易い気体であるため、水槽中の水にあらかじめ二酸化炭素を溶解させた後、実験を行った。

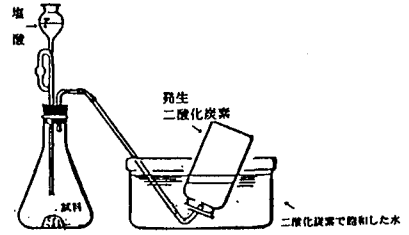


図-4 実験装置

(2) 結果と考察

図-5に示すとおり炭酸カルシウムによる二酸化炭素が発生し、炭酸カルシウムの存在は確認された。強度増加およびpHの低下が生じたのは炭酸カルシウムの生成がその一因であると思われる。また、反応した二酸化炭素の量も逆算して求めることができ、この化学分析は二酸化炭素添加による強度発現の指標となる可能性をもっている。

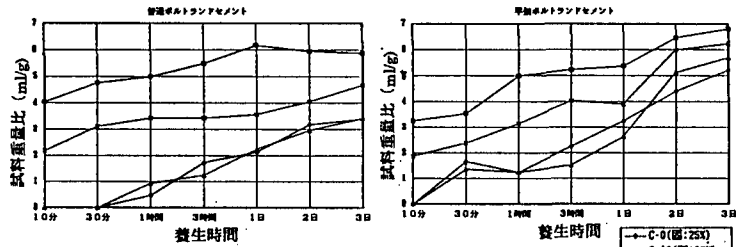


図-5 養生時間と発生二酸化炭素 (ml/g) の
処理土 (g) に対する重量比

5. X線回折

(1) 目的および試験方法

化学分析により確認された炭酸カルシウムの結晶構造を解明するため、X線回折を行った。回折した試料は一軸圧縮試験を行った直後粉碎したもので、詳細を表-3にを示す。

(2) 考察

得られたX線回折の結果を表-4に示す。試料土中には石英、長石類、クリストパライトが含まれていることが確認された。処理土には、試料土の成分の他に β - C_2S や C_4AF が見られたが、炭酸化による生成物である各種炭酸カルシウムの存在は確認されなかった。そのため、化学分析により確認された炭酸カルシウムは、無定形であると考えられる。

表-3 X線回折用試料の詳細

番号	固化材の種類	固化材添加率 (%)	CO ₂ 添加率 (%)	pH	一軸圧縮強さ (kgf/cm ²)	単位体積重量 (gf/cm ³)	含水比 (%)
1	早強セメント	20	0	12.41	14,329	1,781	28.861
2	"	"	10	12.47	18,158	1,784	27.550
3	低熱セメント	"	0	12.28	4,841	1,825	31.408
4	"	"	10	12.25	5,905	1,799	31.133
5	なし (土試料のみ)	-	-	7.80	-	-	-

表-4 X線回折結果

試料番号	石英	長石類	クリストパライト	炭酸カルシウム	水酸化カルシウム	β - C_2S	C_4AF
1	++	+++	++	-	-	-	+
2	+++	+++	++	-	-	-	+
3	++	+++	++	-	-	trace	+
4	+++	+++	+++	-	-	+	trace
5	+++	+++	+++	-	-	-	-

6. 結論

二酸化炭素の効果は、おもに早期強度の増加、pH値の低下である。このpH値の低下は強度増加の指標になることがいえる。また、X線回折では、炭酸カルシウムの検出はされなかったが、化学分析により検出されたことから、炭酸カルシウムは無定形であると考えられる。

【参考文献】 1) J.F.Young,R.L.Berger,j.Breese: Accelerated Curing of Compacted Calcium Silicate Mortar on Exposure to CO₂, Journal of The American Ceramic Society, 57[9], pp.394~397, 1974

2) 地盤改良工法便覧 日本材料学会 土質安定材料委員会 pp.139~140, 1991