

セメント改良砂における炭酸化が圧縮強度に及ぼす影響

群馬大学 学生会員 ○吉田 智海

群馬大学 正会員 半井 健一郎

1. はじめに

ポーラスなセメント系材料は、粗大空隙が多く、単位セメント量が少ないという特徴がある。その代表にセメント改良土やポーラスコンクリートが挙げられる。このうちセメント改良土は、軟弱地盤に対してセメントを添加混合することで、強度向上や沈下、滑り破壊の抑制の効果が期待できる。またセメント改良土は、長期的な強度増加が多数報告されており¹⁾、その要因の一つとしてポゾラン反応が考えられている²⁾。一方、ポーラスコンクリートにおいては、二酸化炭素を吸収することで水和反応以上にセメントペースト中の細孔容積が減少し、圧縮強度が増加することが報告されている³⁾。このことからポーラスな組織構造をもつセメント改良土においても、炭酸化による強度増加が起こると考えられる。

そこで本研究では、ポーラスなセメント系材料として豊浦砂を用いたセメント改良砂を作製し、二酸化炭素の供給量を変化させた封緘養生、気中養生、促進養生の3つの環境条件で養生後、圧縮強度試験を行い、炭酸化がセメント改良砂の圧縮強度に与える影響を検討した。

2. 試験概要

2.1 供試体概要

配合および養生条件を表-1に示す。使用材料は豊浦砂、普通ポルトランドセメント、水道水とし、W/Cは69%とした。セメント添加率は、砂の質量に対して8%、空隙率は、30±1%とした。供試体寸法はφ100×200mmとし、打ち込みは3層に分けて各層をランマーを用いて突固めた。供試体作製後、日本道路公団試験方法に準じ、初期養生として封緘養生6日・水中養生1日・気中養生21日を行った。その後、表-1に示す養生条件で規定日数まで養生を行った。気中養生は温度20±3℃、相対湿度60±5%、CO₂=約0.03%の室内で行い、促進養生は温度20±3℃、相対湿度60±5%、CO₂=5%に設定した中性化促進試験機を用いて行った。なお封緘養生は、

表-1 供試体の配合条件

供試体名	設定 W/C	セメント 添加率	空隙率	養生方法	材齢	
	%	%	%		日	
気69-0	69	8	30±1	初期養生	28	
気69-28					56	
気69-63					初期・気中養生	91
気69-152						180
促69-7				初期・促進養生	35	
促69-14					42	
促69-28					56	
促69-63					91	
封69-28				封緘養生	28	
封69-180					180	
封69-360					360	
封69-1095					1095	

本研究との比較用として配合条件・供試体作製方法の等しい既往研究データ⁴⁾を引用した。

2.2 一軸圧縮試験

炭酸化による強度増加を検証するため、既往の研究⁴⁾を参考に一軸圧縮試験を行った。供試体の強度・変形の一様性の向上を計るため、供試体の上下端面を石膏でキャッピングし、試験した。

2.3 炭酸化の確認

すべてのシリーズにおいて、圧縮強度試験終了後にJIS A 1152に準拠し、中性化の進展を確認した。測定位置は、圧縮強度試験におけるせん断面を避け、下面から45mmの位置とした。

3. 試験結果

3.1 炭酸化の確認

フェノールフタレイン散布時の写真を図-1に示す。気中養生では、供試体表面から徐々に中性化が進行しているのに対し、促進養生では、中性化が表面だけでなく供試体内部全体で起こっていることが確認された。これは、気中養生では二酸化炭素供給量が少ないため、二酸化炭素が供試体表面で全て消費され、内部への二酸化炭素の進行を遅らせたためと考えられる。一方、二酸化炭素供給量の多い促進養生では、二酸化炭素が供試体表面で消費され切れず、内部へも侵入し、炭酸

キーワード ポーラス, セメント改良砂, 炭酸化, 一軸圧縮強度, 強度増加

連絡先 〒367-8515 群馬県桐生市天神町1-15-1 群馬大学工学部 TEL 0277-30-1613 FAX 0277-30-1601

化が供試体全体で進行したと考えられる。

3. 3 養生条件の違いによる一軸圧縮強度

一軸圧縮試験の経時変化を図-2に示す。図-2より、封緘養生においては、材齢28日から材齢1095日にかけて同程度の圧縮強度を示した。このことから、二酸化炭素に触れない封緘養生では、長期的な強度増加が起こらないと言える。一方、促進養生28日（材齢56日）と気中養生152日（材齢180日）では、初期養生（材齢28日）と比較してそれぞれ約1.3倍、1.4倍の圧縮強度を示した。このことより、セメント改良砂は炭酸化により強度増加することが示された。しかし、促進養生63日（材齢91日）では、強度の低下が確認された。既往の研究⁵⁾においても、強度増進につながる二酸化炭素吸収量には限界量があると考えられている。強度低下する要因としては、セメント水和物である珪酸カルシウム水和物などの分解や、急激な炭酸化により内部からの水分蒸発が促進され水和反応などの強度増進を阻害した可能性などが示唆されているが、明らかになっていないため今後の検討課題としたい。

CO₂供給量と圧縮強度の変化を図-3に示す。図-3より、二酸化炭素供給量の多い促進養生は、気中養生と比較して、二酸化炭素供給量に対する強度の増加が緩やかであることが分かる。この要因の一つとして、二酸化炭素の濃度によって、生成される炭酸化カルシウムの結晶状態が異なる可能性が考えられる。二つ目には、既往の研究⁶⁾より二酸化炭素が高濃度になると、水酸化カルシウムだけでなく珪酸カルシウム水和物も二酸化炭素と反応するという報告がされていることから、本研究においても同様の現象が起き、強度の増加が抑制されたと考えられる。

4. まとめ

養生条件の異なる供試体に圧縮強度試験を実地した結果、二酸化炭素濃度に関わらず炭酸化によりセメント改良砂の圧縮強度は増加した。ただし、二酸化炭素濃度が高い場合、一定の強度増加後に圧縮強度は低下する傾向を示した。また、二酸化炭素濃度の違いにより、二酸化炭素供給量に対する強度増加の傾向は異なった。これらは、二酸化炭素の反応形態や生成物質の結晶構造などが要因と考えられるが、詳細については、今後の研究課題である。

参考文献

1) 三島 信雄ら：安定処理土の強度特性と耐久性に及ぼす



図-1 炭酸化の様子

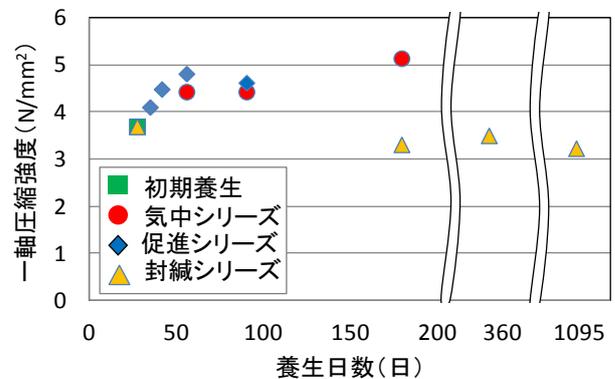


図-2 圧縮強度の経時変化

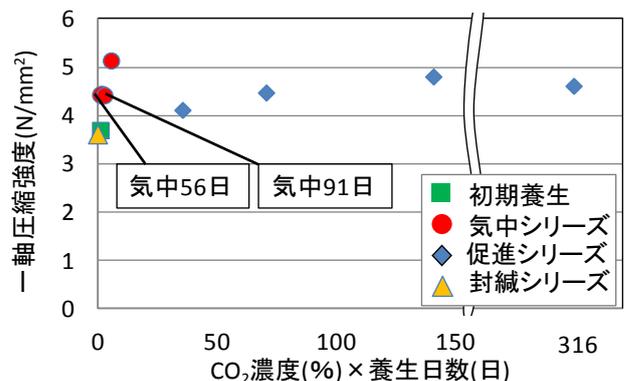


図-3 CO₂供給量と圧縮強度の変化

影響, 日本道路公団試験研究所報告, Vol.32, pp.10-23, 1995.
 2) 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, pp.27-29, 2003.
 3) 島 弘ほか：二酸化炭素ガスを吸収したポーラスコンクリートの圧縮強度と細孔容積, コンクリート工学年次論文集, Vol.17, 1995.
 4) 山田 泰彰ほか：溶脱劣化したセメント改良砂の強度および変形係数の低下における養生日数の影響, 地盤工学会関東支部発表会発表講演集, 6巻, pp.178-182, 2009.
 5) 小川 洋二ほか：炭酸ガスを吸収したポーラスコンクリートの物性, コンクリート工学年次論文集, Vol.15, No.1, 1993.
 6) 白川 敏夫ほか：セメントペースト硬化体における炭酸化機構への水和の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.24, 2002.