

ポーラスコンクリートの中性化に関する研究

宮崎大学 学生員 張 日紅
宮崎大学 正 員 中澤 隆雄
宮崎大学 正 員 新西 成男
宮崎大学 正 員 今井 富士夫

1 はじめに

ポーラスコンクリートは、透水性、透気性、高連続空隙率などの特長を有しており、軽交通道路舗装材や景観材料など自然環境と調和あるいは共生することができる機能性コンクリートとして最近注目されつつある。しかし、ポーラスコンクリートの耐久性についての研究は、まだ少ないようであり、しかもこの耐久性は普通コンクリートとは大きく異なると考えられる。そこで、本研究では中性化促進装置を用いてポーラスコンクリートの促進中性化試験を行い、コンクリートの炭酸ガス吸収特性および圧縮強度について検討を行った。

2 実験概要

表-1 骨材の物理的性質

2.1 使用材料

セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。また、強度の増加を図るためシリカフェーム（比重 2.2、SiO₂ 含量 90% 以上の ELKEM 社の Microsilica 940-U）およびポリカルボン酸系の高性能減水剤を用いた。骨材は粒径の調整をしないもの、5~10、10~15 および 15~20mm の粗骨材を使用しており、表-1 に骨材の物理的な性質を示す。

粒径 (mm)	表乾比重	吸水率 (%)	実績率 (%)
調整なし	2.67	0.43	63.3
5-10	2.69	0.41	59.3
10-15	2.68	0.45	58.2
15-20	2.69	0.42	57.1

2.2 配合および供試体

ポーラスコンクリートの配合を決めるにあたり、単位骨材量は粗骨材の実績率から求めた単位体積質量を一定としてそのまま用いて、粗骨材間の空隙の一部をペーストが埋めるという考え方で配合設計を行った¹⁾。空隙量は、ペーストと骨材の体積比によって変化させた。コンクリートの配合条件を表-2 に示す。なお、配合 No.1~5 は粒径調整なし、配合 No.6、7、8 は粒径がそれぞれ 5~10、10~15、15~20mm の骨材を用いた。コンクリートの練混ぜは、強制式ミキサーを使用し、水と高性能減水剤以外の材料をミキサー内に順次投入し二分間空練りを行い、その後水と高性能減水剤を投入し一分間練混ぜを行った。実験用供試体としては $\phi 10 \times 20$ の円柱供試体を作製した。

表-2 コンクリートの配合条件 (%)

No.	W/CS	A/CS	SF/CS	SP/CS	P
1	20	6.2	15	0.5	22.2
2	20	7.6	15	0.5	25.8
3	20	9.0	15	0.5	27.8
4	25	6.2	15	0.5	21.8
5	22	6.2	15	0.5	21.6
6	20	6.2	15	0.5	21.5
7	20	6.2	15	0.5	26.3
8	20	6.2	15	0.5	28.6

W/CS:水結合材比、A/CS:骨材結合材比(体積比)、SF/CS:シリカフェーム置換率、SP/CS:高性能減水剤結合材比、P:コンクリートの空隙率(実測値)

2.3 養生条件

供試体を打設後 24 時間で脱型し、60 日間水中養生した後に、配合 No.1~5 の供試体を材令 120 日まで炭酸ガス濃度 12% の中性化促進装置内に置き、配合 No.6~8 の供試体は材令 120 日まで炭酸ガス濃度 12% と 2% の中性化促進装置内に置いた。なお、中性化装置内の温度は 12°C、湿度は 90% である。比較用として中性化を促進させない供試体を同じ温度および湿度の室内環境下(炭酸ガス濃度の実測値は 0.07% であり)に静置した。

2.4 中性化の測定方法

普通コンクリートの中性化試験方法としてよく用いられるフェノールフタレイン法はポーラスコンクリートのような連続的な中性化した表面が存在しない場合には適用されないので、本研究では強熱減量法を用いて、ポーラスコンクリートの炭酸ガス吸収量の測定を行った。まず、粉砕機を用いて供試体を 0.3mm ふるいに全部通るまで粉砕し、試料を電気炉に置き、200°C、550°C、950°Cでの重量変化を測定した。コンクリート中に吸収された炭酸ガス量は以下に示す 950°C強熱減量と 550°C強熱減量の差から算出することができる。

$$950^{\circ}\text{Cでの強熱減量} \quad \text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow \quad (1)$$

$$550^{\circ}\text{Cでの強熱減量} \quad \text{Ca(OH)}_2 = \text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \uparrow \quad (2)$$

3 実験結果および考察

3.1 中性化による炭酸ガス吸収特性

強熱減量法による配合 No.6 のコンクリートの中性化促進期間と炭酸ガス吸収率についての測定結果を図-1 に示す。炭酸ガスの吸収率はコンクリートの重量に対する重量百分率で示している。炭酸ガスの吸収は促進試験が始まってから2週間ごろまでに急速に進むが、その後は緩慢になっている。炭酸ガス濃度が高い方がガス吸収量も多くなった。本研究で用いたポーラスコンクリートの水セメント比は20%とかなり小さいが、空隙率が高く、セメントペーストの表面積が大きいので、中性化はかなり速く進むと思われる。配合 No.6 のコンクリートの単位セメント量は $253\text{kg}/\text{m}^3$ 、単位体積重量は $2001\text{kg}/\text{m}^3$ である。普通ポルトランドセメントの水和率が100%に近い場合、セメント単位量あたりの水和物 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の量は約30%となり、それがコンクリートの重量に占める割合は約3.8%である。炭酸ガス濃度12%下での60日間促進中性化試験による CO_2 吸収率は1.96%であり、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ に換算すると約3.3%となり、85%以上のペーストの中性化がすでに完了していると考えられる。また、図-2に配合 No.6~8 のコンクリートの60日間の促進中性化による炭酸ガス吸収率と空隙率の関係を示す。空隙率が大きくなるにつれて炭酸ガスの吸収率は減少する傾向が見られる。これは空隙率が高いコンクリートは粗骨材の粒径が大きいために、表面に覆われている中性化促進装置中の炭酸ガスと接触しているペーストの表面積が減少するためと考えられる。

3.2 コンクリートの圧縮強度

図-3に配合 No.1~8 の促進中性化を行った供試体の材令120日の圧縮強度を室内養生した供試体と比較して示す。この図から、配合3を除けば中性化を促進させることによりポーラスコンクリートの圧縮強度は増加する傾向が見られ、その増加率は高いもので25%、平均としては13.2%であった。また、配合 No.6~8 の材令120日の圧縮強度と炭酸ガス濃度との関係を図-4に示す。炭酸ガス濃度が高くなるにつれて圧縮強度は増加の傾向が見られる。図-5に配合 No.6~8 の中性化による圧縮強度の増分とコンクリートの単位セメント量あたりに吸収された炭酸ガス重量との関係を示す。炭酸ガス吸収量が多いほど圧縮強度の増加も大きくなっている。これは中性化によって生成した炭酸カルシウムが多くなっているため、セメントペースト組織が緻密化した効果と考えられる。

4 まとめ

ポーラスコンクリートの促進中性化試験による炭酸ガスの吸収速度はかなり速いものである。中性化を促進させることによってコンクリートの圧縮強度は増加し、炭酸ガス吸収量が多いほど強度が増加する。

参考文献

- 1) V.M. Malhotra: No-Fines Concrete - Its Properties and Application, ACI Journal, November 1976

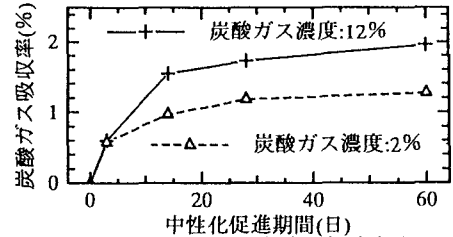


図-1: 炭酸ガス吸収率の経時変化

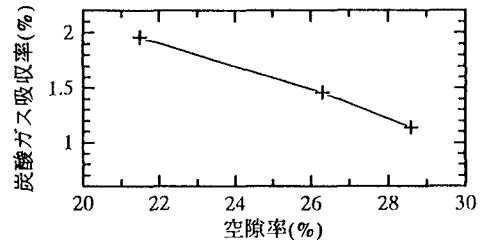


図-2: 炭酸ガス吸収率と空隙率の関係

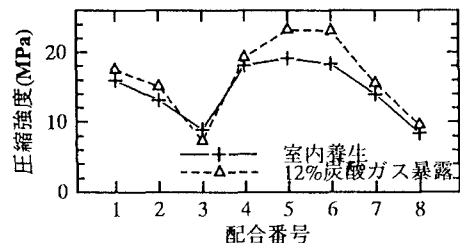


図-3: 促進中性化による強度の増加

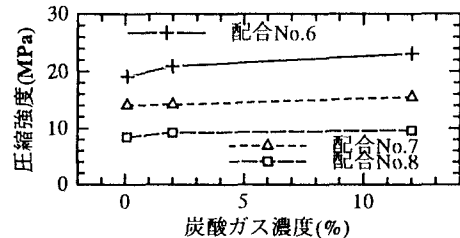


図-4: 圧縮強度と炭酸ガス濃度の関係

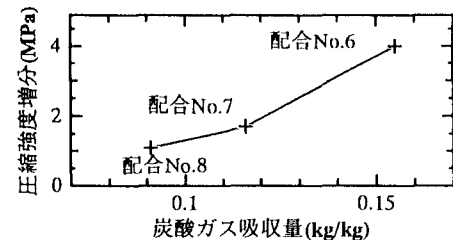


図-5: 炭酸ガス吸収量と強度増分の関係