

屋外・室内・土中・促進環境における混和材を用いたコンクリート・モルタルの中性化進行

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○中村 英佑
 国立研究開発法人土木研究所 正会員 石井 豪
 国立研究開発法人土木研究所 正会員 渡辺 博志

1. はじめに

低炭素社会の構築や産業副産物の有効利用の観点から混和材を多量に用いたコンクリートが再注目されているが、従来のコンクリートと比較して中性化に対する抵抗性が大幅に低下する場合には、中性化の作用を受けにくい環境条件で供用される構造物に適用するなど耐久性の面での配慮が必要になると考えられる。しかしながら、環境条件の違いが混和材を用いたコンクリートの中性化の進行特性に与える影響は必ずしも明確ではない。本稿では、屋外・室内・土中・促進環境において、混和材を用いたコンクリート供試体及びモルタル供試体の中性化の進行特性について検討した結果を報告する。

2. 実験方法

コンクリート供試体の実験は、環境条件の違いが中性化進行に与える影響を検討するため、雨掛りのある屋外、実験室内、地表面から深さ約200mmの土中に供試体を約1年間暴露した(写真-1)。また、温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度 $60 \pm 5\%$ 、二酸化炭素濃度 $5 \pm 0.2\%$ の促進環境に供試体を静置し、1, 4, 8 週後に中性化深さを測定して中性化速度係数を求めた。表-1 の4配合のコンクリート供試体(□ $100 \times 200\text{mm}$)を材齢 28 日まで標準養生し、両側の側面($100 \times 200\text{mm}$)を試験面として、材齢 56 日から各試験を開始した。

一方、モルタル供試体

の実験は、特に湿度の違いが中性化進行に与える影響を検討するため、湿度のみを 30, 60, $90 \pm 5\%$ に変化させて促進中性化試験を行った。表-2 の6配合のモルタル供試体($\phi 100 \times 200\text{mm}$)を材齢 91 日まで標準養生し、厚さ約 1/3 に切断して円柱の側面を試験面として、モルタル打込み面側 1/3 を湿度 $90 \pm 5\%$ 、中央部 1/3 を湿度 $60 \pm 5\%$ 、型枠底面側 1/3 を湿度 $30 \pm 5\%$ に制御した促進中性化槽(温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、二酸化炭素濃度 $5 \pm 0.2\%$)に2週間静置した。



(A)屋外(※両試験面を南北に向け設置) (B)室内 (※実験室内の状況) (C)土中 (※発掘回収時の状況)

写真-1 コンクリート供試体の暴露状況 (※茨城県つくば市で実施)

表-1 コンクリート供試体の配合と基本物性

配合 No.	W/B (%)	単位量(kg/m ³)						Slump (cm)	Air (%)	圧縮強度 (N/mm ²) 材齢 28 日
		W	OPC	SG	FA	S	G			
C100	50	165	330	-	-	827	968	10.0	4.2	42.9
SG50			165	165(50%)	-	815		10.0	4.4	37.0
SG70			99	231(70%)	-	810		10.0	4.1	32.5
FA20			264	-	66(20%)	807		11.5	4.7	33.5

※OPC: 普通ポルトランドセメント(3.16g/cm³, 3340cm²/g), SG: 高炉スラグ微粉末(2.89g/cm³, 4410cm²/g),

FA: フライアッシュ(2.08g/cm³, 3810cm²/g), S: 細骨材(2.56g/cm³), G: 粗骨材(2.67g/cm³),

化学混和剤: スランブ $12 \pm 2.5\text{cm}$, 空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ となるように使用量を調整

表-2 モルタル供試体の配合と基本物性

配合 No.	W/B (%)	砂結合材比	単位量(kg/m ³)					Flow (mm)	Air (%)	圧縮強度 (N/mm ²) 材齢 91 日
			W	OPC	SG	FA	S			
C100	50	1 : 2.5	279	559	-	-	1397	207	3.5	60.7
SG50			277	277	277(50%)	-	1387	209	2.5	60.7
SG70			276	166	387(70%)	-	1382	207	3.4	52.7
SG85			276	83	469(85%)	-	1378	208	2.7	37.0
FA20			276	441	-	110(20%)	1379	215	2.0	57.1
FA40			272	327	-	218(40%)	1362	220	2.3	38.8

※OPC: 普通ポルトランドセメント(3.16g/cm³, 3210cm²/g), SG: 高炉スラグ微粉末(2.89g/cm³, 4440cm²/g),

FA: フライアッシュ(2.31g/cm³, 4000cm²/g), S: 細骨材(2.56g/cm³), 化学混和剤未使用

キーワード 中性化, 環境条件, 高炉スラグ微粉末, フライアッシュ, 暴露試験, 促進試験

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 国立研究開発法人土木研究所 先端材料資源研究センター TEL029-879-6761

中性化深さは、割裂面にフェノールフタレイン溶液を噴霧して赤褐色を呈した位置までをコンクリート供試体は計18点、モルタル供試体は計6点で測定して平均した。

3. 実験結果と考察

暴露試験の温度・湿度・降水量の測定値を図-1に示す。

「屋外」は温度変化が比較的大きく雨掛かりのある環境、「室内」は温度が約20℃で湿度が55～80%で変化する環境、「土中」は大気との接触がほとんどなく、温度変化が比較的小さく凍結融解の作用も受けない環境であった。

コンクリート供試体の中性化深さの実測値と推定値を図-2に示す。推定値は、促進試験の中性化速度係数と式(1)により、二酸化炭素濃度の違いのみを換算して求めた。

$$C = A_{ACT} \cdot \sqrt{CO_2 / CO_{2ACT}} \cdot \sqrt{t} \quad (1)$$

ここで、 C ：中性化深さの推定値(mm)、 A_{ACT} ：促進中性化試験の中性化速度係数(mm/ $\sqrt{\text{week}}$)、 CO_2 ：暴露環境の二酸化炭素濃度(屋外=0.0396%²⁾、室内=0.0433%(データロガーによる実測値))、 CO_{2ACT} ：促進中性化試験の二酸化炭素濃度(=5%)、 t ：材齢(week)である。

混和材を用いた供試体の中性化深さは混和材を用いていない供試体よりも大きくなる傾向にあった。ただし、土中に暴露した供試体の中性化深さは1mm以下で、ほとんど中性化が進行していなかった。また、屋外に暴露した供試体の中性化深さは室内に暴露した供試体よりも小さくなる傾向にあった。土中の供試体は大気との接触がほとんどなく、屋外と室内の供試体では降雨の有無による水分の供給条件が異なったためと考えられる。

混和材を用いていない供試体では実測値が推定値より大幅に小さくなったが、混和材を用いた室内の供試体では実測値が推定値より大きくなる傾向にあった。混和材を用いたコンクリートでは、促進試験から得た推定値が屋外では安全側の評価となるが、中性化が進行しやすい室内では過小評価となる可能性があると考えられる。

モルタル供試体の中性化深さの実測値を図-3に示す。中性化深さは、全ての配合で湿度が高いほど小さくなり、湿度30%と湿度60%の差よりも湿度60%と湿度90%の差が大きくなる傾向にあった。このため、供試体周囲の環境の湿度が高いほど中性化の進行が遅くなり、この傾向は特に湿度60%以上の場合に顕著に現れると考えられる。

4. まとめ

- ・ 土中に暴露したコンクリート供試体ではほとんど中性化が進行しなかった。雨掛かりのある屋外に暴露した供試体の中性化深さは室内の供試体より小さく、促進中性化試験から得た推定値よりも小さくなる傾向にあった。
- ・ モルタル供試体の促進中性化試験では、試験時の湿度が高いほど中性化の進行が遅くなる傾向にあった。

本稿は、共同研究「低炭素型セメント結合材の利用技術に関する研究」の実験結果の一部をまとめたものである。

参考文献 1)気象庁ホームページ：気象統計データ，つくば(館野)，<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

2)気象庁ホームページ：二酸化炭素濃度の経年変化，http://ds.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/co2_trend.html

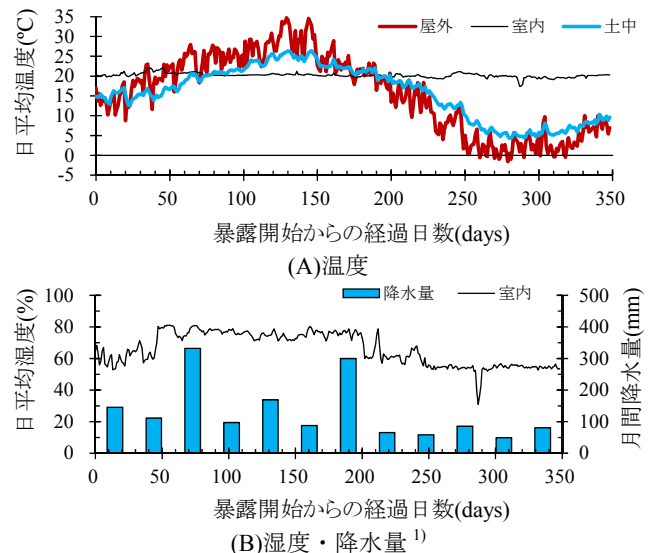


図-1 温度・湿度・降水量の測定値

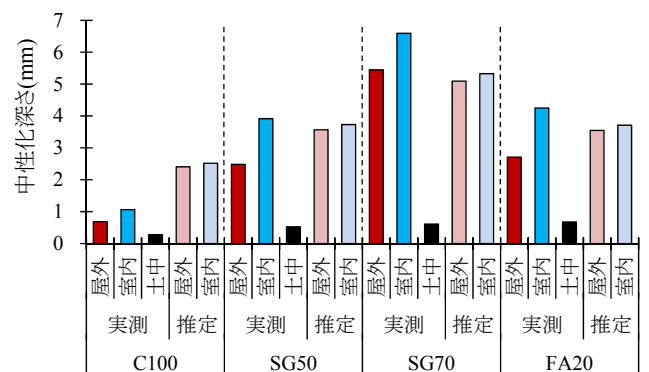


図-2 コンクリート供試体の中性化深さの実測・推定値

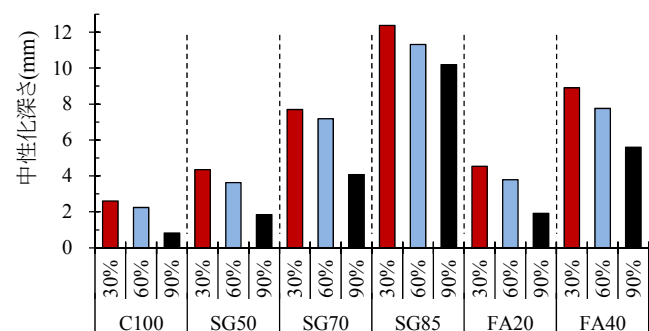


図-3 モルタル供試体の中性化深さの実測値