

養生条件がプレキャスト PC 用のコンクリートの塩分浸透抵抗性に与える影響

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○角田 貴也, 櫻庭 浩樹, 古賀 裕久
プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員 鈴木 雅博

1. はじめに

著者らは混和材を用いて低水結合材比とした高耐久なコンクリートの塩分浸透抵抗性の評価手法として、電気抵抗率試験を適用することを提案している。電気抵抗率試験に用いる供試体は、含水状態が均一となるように試験材齢まで水中養生を行うことを標準としている。一方、プレキャスト製品は初期の養生後は大気環境下に置かれるため、その保管条件の違いが塩分浸透抵抗性に及ぼす影響を確認する必要がある。そこで、プレキャストプレストレストコンクリート(以下、PCaPC)工場で製作したコンクリート供試体を用いて、養生条件がコンクリートの質量変化と電気抵抗率、塩分浸透抵抗性に与える影響を検討した。

2. 実験方法

実験に用いた供試体は、使用している混和材、骨材、コンクリートの配合が異なる A, B, C の 3 工場で製造した。配合は、使用した結合材により、早強ポルトランドセメント単味の H, 早強ポルトランドセメントの 50wt% を高炉スラグ微粉末 6000 で置換した SG650, 30wt% を高炉スラグ微粉末 4000 で置換した SG430, 15wt% をフライアッシュII種で置換した FA215 の 4 種類に分類される(表-1)。これらを用いて $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の円柱供試体を 3 体製作し、同一の供試体を電気抵抗率試験²⁾及び非定常電気泳動試験³⁾に用いた。供試体の質量を測定後に電気抵抗率試験を行ったのち、その供試体の中央部から厚さ 50mm の円盤を切り出し、非定常電気泳動試験を行った。

供試体の養生条件は気中養生と水中養生の 2 種類とした。気中養生は、蒸気養生後に材齢 1 日で脱型して水温 20°C の水中で材齢 3 日まで養生したのち、材齢 91 日まで室温 20°C 湿度 60% の室内に静置する条件とした(-SC3D)。水中養生は、蒸気養生後に材齢 1 日で脱型して、材齢 91 日まで水温 20°C の水中に養生する条件とした(-SC)。

3. 実験結果と考察

3. 1 質量の経時変化

図-1 に各配合の供試体の質量の経時変化(3体の平均値)を示す。質量変化率は、気中養生を開始した時点で測定した質量から各材齢で測定した質量を差し引いた値を気中養生開始時点の質量で除すことで求めた。まず、早強ポルトランドセメント単味のコンクリートに着目すると、A, B, C の 3 工場の供試体で質量変化率は大きく異なった(図-1(a))。これは、配合や骨材の吸水率の差によるものと考えられる。

次に、混和材を用いたコンクリートに着目すると、高炉スラグ微粉末を混和したコンクリートは、乾燥による質量減少率(図-1(b))は、同一工場で作製した早強ポルトランドセメント単味のコンクリートに比べて小さくなった。高炉スラグ微粉末の使用や水結合材比が異なることにより、緻密なコンクリートとなって乾燥しにくかったことが考えられる。一方で、フライアッシュを用いたコンクリートの質量減少率は、同一工場の早強ポルトランドセメント単味のコンクリートと同程度であった。

表-1 コンクリートの配合と基礎物性

工場名	供試体記号	W/B (%)	s/a (%)	W (kg/m ³)	結合材の構成割合(%)				空気量(%)		スランブ(cm)		圧縮強度(N/mm ²) 材齢28日(水中養生)
					B=HPC+SG6+SG4+FA2				実測値	目標値	実測値	目標値	
					HPC	SG6	SG4	FA2					
A工場	H(A)	33.5	43.8	152	100	-	-	-	4.5	4.5±1.5	14.0	12±2.5	70.3
	SG650(A)	33.0	43.8	150	50	50	-	-	5.3		19.0	18±2.5	73.5
B工場	H(B)	39.5	45.1	150	100	-	-	-	4.5		12.0	12±2.5	57.9
	SG430(B)	34.5	45.0	158	70	-	30	-	3.5		14.0	12±2.5	73.5
C工場	H(C)	36.0	42.0	151	100	-	-	-	4.2		11.5	12±2.5	56.8
	FA215(C)	33.0	41.4	151	85	-	-	15	4.3		10.5	12±2.5	55.9

※A工場 W: 地下水, HPC: 早強ポルトランドセメント(密度=3.14g/cm³, 比表面積=4,430cm²/g), SG6: 高炉スラグ微粉末6000(密度=2.88g/cm³, 比表面積=6,010cm²/g, せつこう添加SO₃換算=2.85%), S: 細骨材(密度=2.68g/cm³, 吸水率=0.82%), G: 粗骨材(密度=2.68g/cm³, 吸水率=0.57%), 化学混和剤: 目標の空気量, スランブとなるように高性能AE減水剤と空気連行剤の使用量を調整
 ※B工場 W: 地下水, HPC: 早強ポルトランドセメント(密度=3.14g/cm³, 比表面積=4,470cm²/g), SG4: 高炉スラグ微粉末4000(密度=2.89g/cm³, 比表面積=4,300cm²/g, せつこう添加SO₃換算=1.95%), S: 細骨材(密度=2.62g/cm³, 吸水率=1.31%), G: 粗骨材(密度=2.62g/cm³, 吸水率=0.61%), 化学混和剤: 目標の空気量, スランブとなるように高性能減水剤と空気連行剤の使用量を調整
 ※C工場 W: 地下水, HPC: 早強ポルトランドセメント(密度=3.14g/cm³, 比表面積=4,410cm²/g), FA2: フライアッシュ II 種(密度=2.27g/cm³, 比表面積=4,550cm²/g), S: 細骨材(密度=2.59g/cm³, 吸水率=1.52%), G: 粗骨材(密度=2.84g/cm³, 吸水率=0.89%), 化学混和剤: 目標の空気量, スランブとなるように高性能減水剤と空気連行剤の使用量を調整

キーワード 電気抵抗率, 非定常電気泳動試験, PCaPC, 混和材, 塩分浸透抵抗性

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

3. 2 質量変化率と電気抵抗率及び塩化物イオン拡散係数の関係

図-2 に各配合の材齢 91 日の時点での気中養生開始時点からの質量変化率と電気抵抗率(以下, ρ_i)及び非常電氣泳動試験より得られる塩化物イオン拡散係数(以下, D_{nssm})の関係を示す。

まず, 高炉スラグ微粉末を混和したコンクリートに着目すると, D_{nssm} (図-2 (a),(c))は脱型後の養生条件に関わらず同程度の値を示し, 塩分浸透抵抗性は同程度と考えられた。一方で, ρ_i (図-2 (b),(d))は乾燥すると大きくなることが確認された。質量変化率としては他の配合より変化が小さいが, 水分が減少したことにより空隙水の連続性が低下し, ρ_i が増加したと考えられる。

次に, 早強ポルトランドセメント単味のコンクリートに着目すると, C 工場の供試体では, 気中養生の場合 D_{nssm} (図-2 (e))が増加し, 脱型後の養生条件により塩分浸透抵抗性への影響が確認された。一方で, B 工場の供試体では若干の増加, A 工場ではほとんど変化なしと傾向が異なり, 質量変化率の程度との関係が認められた。

フライアッシュを混和したコンクリートに着目すると, 同一工場の早強ポルトランドセメント単味のコンクリートと同様に, 乾燥の影響により ρ_i (図-2 (e))及び D_{nssm} (図-2 (f))が増加する傾向が確認された。これは, 乾燥の条件下では, ポゾラン反応に必要なセメントの水和生成物である $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の生成量が減少し, 材齢 91 日時点ではポゾラン反応による組織の緻密化が顕著になっていないためと考えられる。

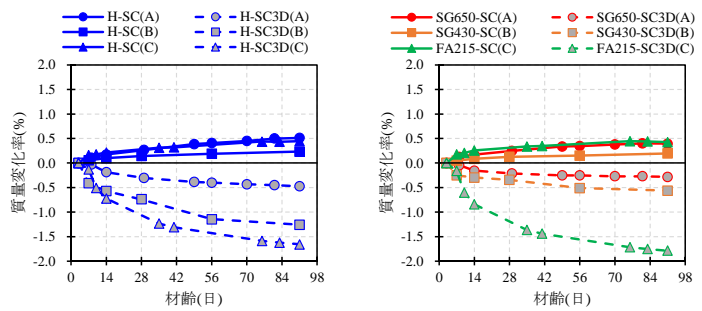
4. まとめ

高炉スラグ微粉末を使用するなどした緻密なプレキャスト PC 用のコンクリートは, 蒸気養生後の水中養生の期間の大小による塩分浸透抵抗性の違いは少なく, 水中養生を継続した供試体を用いた電気抵抗率試験を用いて製品の塩分浸透抵抗性を評価しても良いと考えられる。

なお, 本稿は, 国立研究開発法人土木研究所と一般社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会の共同研究の一部をまとめたものである。

参考文献

- 1) 例えば, 櫻庭浩樹ほか: 混和材を用いた高耐久なコンクリートの塩化物イオン浸透抵抗性評価, プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, Vol.29, pp.409-414, 2020. 2)JSCE-G 581 2018: 四電極法による電気抵抗率試験方法(案), 2018 年制定コンクリート標準示方書【規準編】, 2018. 3)中村英佑ほか: 通電後の塩化物イオン浸透深さをを用いたコンクリートの遮塩性能の評価, 土木学会論文集 E2(材料・コンクリート構造), Vol.72, No.3, pp.304-322, 2016.



(a) 早強ポルトランドセメント単味 (b) 混和材を用いたコンクリート
図-1 質量の経時変化

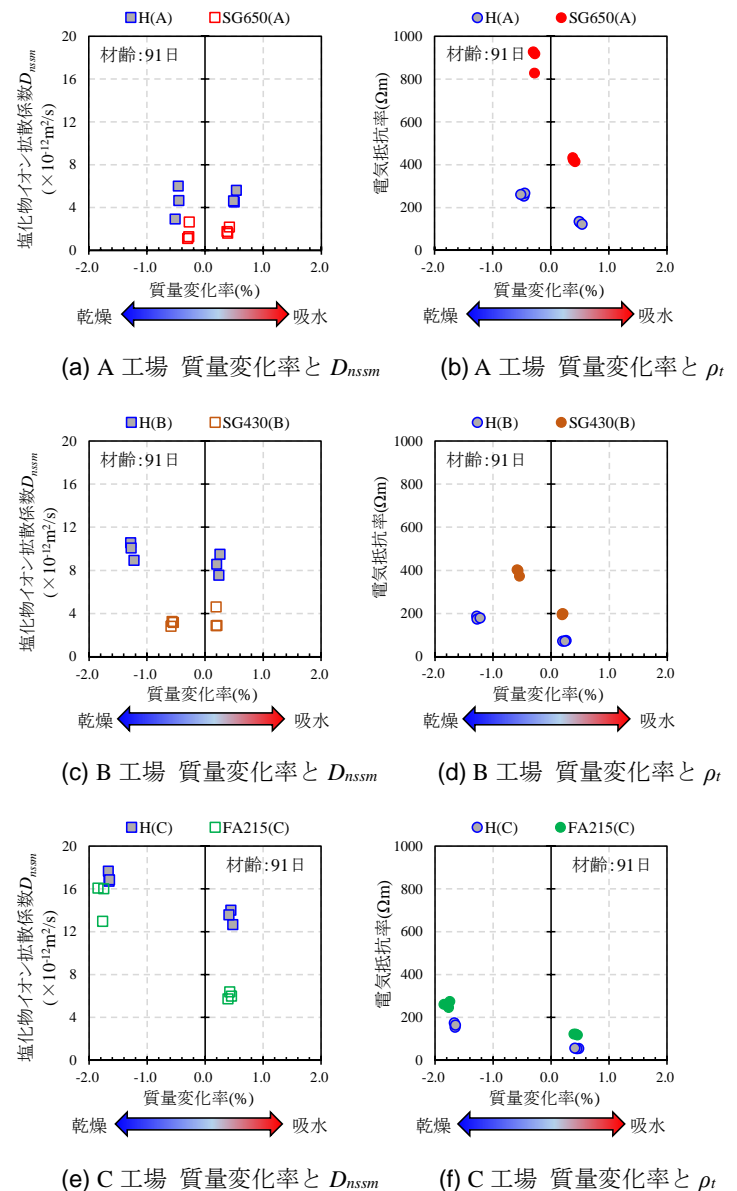


図-2 質量変化率と ρ_i 及び D_{nssm} の関係