

表面吸水試験と表層透気試験による混和材を用いたコンクリートの耐久性評価に関する検討

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○中村 英佑, 水戸 健介, 古賀 裕久

1. はじめに

コンクリート構造物の高耐久化と副産物の有効利用に向けて混和材の積極使用が注目される中、混和材を用いたコンクリートの耐久性を現場で簡易に確認できる方法が必要とされている。既往研究^{例えば 1), 2)}では、コンクリート表層の品質を評価するための方法として、表面吸水試験や表層透気試験など水や空気の透過性に着目した非破壊試験が開発されている。しかし、混和材を積極使用したコンクリートにおいて、これらの非破壊試験の適用方法は十分には確認されていない。本稿では、高炉スラグ微粉末やフライアッシュを用い、かつ、養生方法を変化させた壁状試験体において、表面吸水試験と表層透気試験の結果を塩化物イオン浸透抵抗性や中性化抵抗性の評価結果と比較し、混和材を用いたコンクリートの耐久性評価への表面吸水試験と表層透気試験の適用可能性を検討した。

2. 実験方法

配合は、普通ポルトランドセメントのみを用いた配合(N)、高炉スラグ微粉末置換率 50%の配合(B)、フライアッシュ置換率 20%の配合(F)の3種類である(表-1)。水結合材比を 50%に統一し、混和材の置換率を混合セメント B 種相当とした。養生方法は、材齢 28 日まで水中養生(C28)、材齢 7 日まで湿潤養生(W7)、気中養生(D2)の3種類である(表-2)。壁状試験体の両側面(700×750 mm)において、材齢 29, 56, 91 日に表面吸水試験(SWAT 法¹⁾)と表層透気試験(Torrent 法²⁾)を行った(図-1)。材齢 91 日以降にコアを採取し、中央部 3 個で圧縮強度試験、両端部各 2 個で非常・電気泳動試験³⁾と促進中性化試験を行った(表-3)。実験室の平均温度は約 20℃、平均湿度は約 40%であった。

表-1 コンクリート配合と基礎物性

| ID | W/B (%) | 単位量(kg/m ³) | | | | | スランブ (cm) | 空気量 (%) | 圧縮強度(N/mm ²) | | | |
|----|---------|-------------------------|------------|-----------|----------|-----|-----------|---------|--------------------------|---------|---------|------|
| | | W | OPC | GGBFS | FA | S | | | G | 材齢 28 日 | 材齢 90 日 | |
| N | 50 | 165 | 330 (100%) | — | — | 827 | 968 | 5.5 | 43.9 | 54.3 | | |
| B | | | 165 (50%) | 165 (50%) | — | 815 | | | 12.5 | 5.7 | 33.9 | 49.3 |
| F | | | 264 (80%) | — | 66 (20%) | 807 | | | 12.5 | 4.0 | 38.2 | 51.9 |

※W: 上水道水, OPC: 普通ポルトランドセメント(密度=3.16 g/cm³, 比表面積=3210 cm²/g), GGBFS: 高炉スラグ微粉末 4000(密度=2.89 g/cm³, 比表面積=4350 cm²/g), FA: フライアッシュ II 種(密度=2.35 g/cm³, 比表面積=4330 cm²/g), S: 細骨材(密度=2.56 g/cm³, 吸水率=1.76%), G: 粗骨材(6号(密度=2.67 g/cm³, 吸水率=0.52%)と5号(密度=2.67 g/cm³, 吸水率=0.43%)を均等に混合, 最大寸法=20 mm), 化学混和剤: スランブ 12±2.5 cm, 空気量 4.5±1.5%を目標として AE 減水剤(高機能タイプ)と空気連行剤を使用, 単位量の()内の百分率は結合材に占める混和材の質量%を表示
※スランブ, 空気量: 練上がり直後の測定値, 圧縮強度: 材齢 28, 90 日まで標準養生を行った円柱(φ100×200 mm)での測定値

表-2 養生方法

| ID | 脱型後の取扱い |
|-----|----------------------------|
| C28 | 材齢 28 日まで水中養生した後に気中養生 |
| W7 | 材齢 7 日まで養生マットで湿潤養生した後に気中養生 |
| D2 | 気中養生 |

※打込みから封緘状態に保ち材齢 2 日に脱型して養生を開始
※打込み～脱型～養生～非破壊試験を 20℃の実験室で実施

表-3 試験方法

| 強度・耐久性試験 | 実施方法 |
|-------------------------|---|
| 圧縮強度試験 | コア中央部(φ100×200 mm)で圧縮強度を測定 |
| 非常・電気泳動試験 ³⁾ | コア両端部(φ100×50 mm)の型枠面の塩化物イオン浸透深さを硝酸銀溶液噴霧法で測定(電圧 30V, 通電 6 時間) |
| 促進中性化試験 | コア両端部(φ100×70 mm)の型枠面の中性化深さをフェノールフタレイン溶液噴霧法で測定(5%CO ₂ , 促進 4 週間) |
| 非破壊試験 | 実施方法 |
| 表面吸水試験 | 材齢 29, 56, 91 日に SWAT 法 ¹⁾ で表面吸水速度を測定 |
| 表層透気試験 | 材齢 29, 56, 91 日に Torrent 法 ²⁾ で透気係数を測定 |

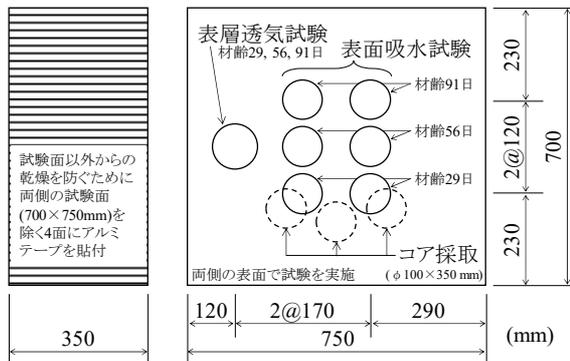


図-1 試験体の形状

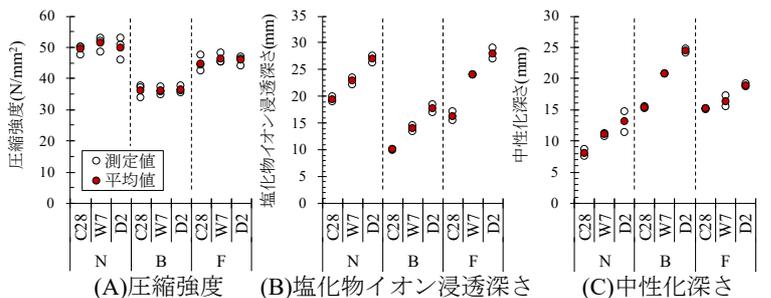


図-2 強度・耐久性試験の結果

キーワード 混和材, 耐久性, 表面吸水試験, 表層透気試験

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

3. 実験結果と考察

強度・耐久性試験の結果を図-2に示す。圧縮強度は混和材を用いた試験体で小さく、養生方法の違いによる差は明確でなかった。塩化物イオン浸透深さと中性化深さは結合材の種類によって傾向が異なったが、水中/湿潤養生の期間が長いほど小さく、コンクリート表層の品質が向上したと考えられる。

非破壊試験の結果を図-3に示す。表面吸水速度と透気係数は、水中/湿潤養生の期間が長いほど小さく、材齢が経過するほどコンクリート表層の乾燥によって大きくなる傾向にあった。特に透気係数では材齢の経過に伴う増加の程度が大きく、養生方法の違いによる差が不明確になることが多くあった。

表面吸水速度と耐久性試験の結果を図-4に示す。結合材の種類が同一の試験体の結果を比較すると、水中/湿潤養生の期間が長いほど、表面吸水速度が小さく、塩化物イオン浸透深さと中性化深さも小さくなった。特に混和材を用いた試験体において、養生方法の違いによる差が明確に現れた。このため、表面吸水速度から養生方法の違いによる塩化物イオン浸透抵抗性と中性化抵抗性の差を評価できると考えられる。

一方、結合材の種類が異なる試験体の結果を比較すると、特に高炉スラグ微粉末を用いた試験体において、表面吸水速度が同程度の他の試験体よりも塩化物イオン浸透深さが小さくなった。結合材の種類によってコンクリート表層での水の透過性と塩化物イオン浸透抵抗性の関係が異なる可能性があると考えられる。

透気係数と耐久性試験の結果を図-5に示す。両者の関係は、図-4に示した表面吸水試験との関係よりもばらつきが大きくなった。また、図-3に示したように透気係数は材齢の経過に伴う増加が顕著であったため、養生方法の違いによる塩化物イオン浸透抵抗性と中性化抵抗性の差と透気係数の大小関係が一致しないことが多くあった。

4. まとめ

- ・ 表面吸水試験によって、養生方法の違いによる塩化物イオン浸透抵抗性と中性化抵抗性の差を評価できた。ただし、結合材の種類の違いによる塩化物イオン浸透抵抗性の差と表面吸水速度の大小関係は明確ではなかった。
- ・ 透気試験では、コンクリート表層の乾燥の影響による測定値の増加が表面吸水試験よりも大きく、養生方法の違いによる塩化物イオン浸透抵抗性と中性化抵抗性の差と透気係数の大小関係が一致しないことが多くあった。

謝辞：非破壊試験の実施にあたり土木研究所 元交流研究員の栗原勇樹氏の協力を得た。記して謝意を表す。

参考文献：1)林和彦ほか：表面吸水試験によるコンクリート構造物の表層品質の評価方法に関する基礎的研究，土木学会論文集 E2, Vol.69, No.1, pp.82-97, 2013. 2)Torrent, R. J. : A two-chamber vacuum cell for measuring the coefficient of the permeability to air of the concrete cover on site, Materials and Structures, V.25, No.6, pp.358-365, 1992. 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, Vol.72, No.3, pp.304-322, 2016.

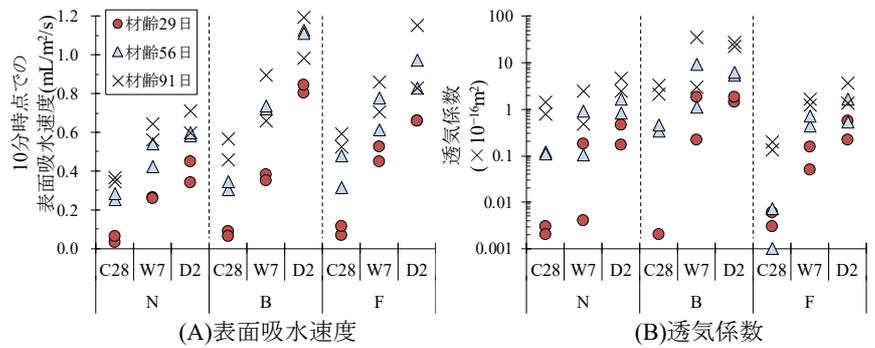


図-3 非破壊試験の結果

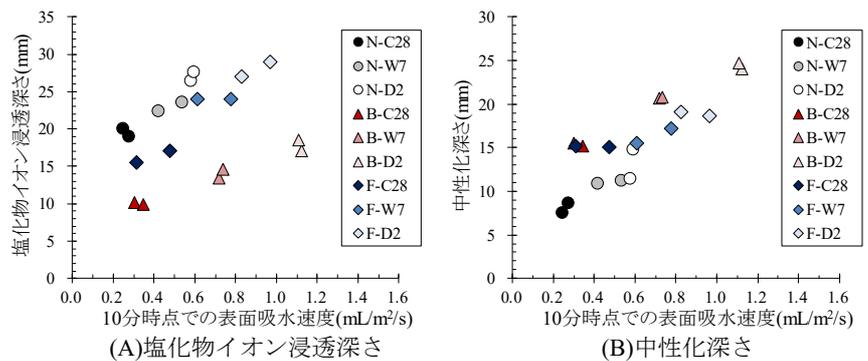


図-4 材齢 56 日の表面吸水速度と耐久性試験の結果

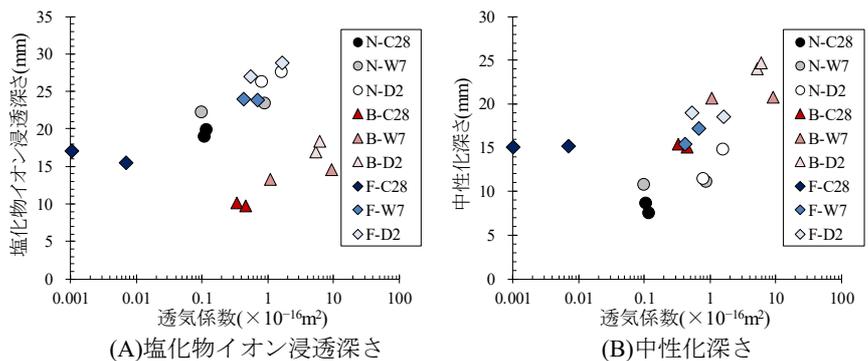


図-5 材齢 56 日の透気係数と耐久性試験の結果