

かぶり厚と水セメント比がコンクリートの表層透気性に及ぼす影響

Effect of cover thickness and water cement ratio on the surface air permeability of concrete

北海道大学工学部環境社会工学科
北海道大学大学院工学研究院
東京大学生産技術研究所
東京大学生産技術研究所
東京大学生産技術研究所

○学生員 堀内康太 (Kota Horiuchi)
正会員 マイケル・ヘンリー (Michael Henry)
正会員 エディー・リアント (Liyanto Eddy)
正会員 松本浩嗣 (Koji Matsumoto)
正会員 長井宏平 (Kohei Nagai)

1. はじめに

日本をはじめとした先進諸国では、現在インフラの整備に関して急激な成長はみられず、今後の建設業界では、すでに建設されたインフラ構造物の老朽化問題に対しての維持管理の技術、耐久性の評価方法の確立が求められてくる。現在、すでに建設された構造物に関する耐久性の評価に関して、耐久性に影響するかぶりコンクリートの表面品質への評価方法として、目視によるひび割れの確認等が挙げられ、定量的評価方法が確立されていない。これらの背景から、本研究では原位置で行う定量的非破壊試験として Torrent 法による表層透気試験に着目した。特に、本手法ではこれまでかぶり厚に注目した研究はなかったため、本研究では W/C とかぶり厚によるかぶりコンクリートの表面品質への影響に着目し、表層透気係数を計測する Torrent 試験による供試体レベルでの品質評価の可能性を検討した。また、表面透気係数に電気抵抗率、表面含水率、水分逸散量は相関関係を示すことが報告¹⁾²⁾されており、W/C とかぶり厚の違いによるそれぞれへの影響を調べた。

2. 実験の概要

2.1 コンクリート供試体

表-1 に実験に用いたコンクリートの配合条件を示す。普通ポルトランドセメントコンクリートを軸に、W/C とかぶり厚の比較検討を行うコンクリート配合を設定した。コンクリートの W/C は W/C=0.45, 0.6 の 2 種類であり、目標スランプは $8 \pm 2.5\text{cm}$ 、空気量は $4.5 \pm 1.5\%$ とした。供試体寸法は $200 \times 200 \times 100\text{mm}$ の角柱供試体とし、一層 50mm の 2 層で打ち込み、標準的な振動締固め方法によって作製した。供試体は材齢 7 日に脱型し、周面をビニール材で被覆した後、気温 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $70 \pm 5\%$ の室内に静置した。

図-1 に型枠の寸法を示す。鉄筋は D19 を使い、それぞれかぶり厚が 5mm, 15mm, 30mm とした。

表-1 コンクリートの配合条件

W/C	s/a(%)	Sl(cm)	W(kg)	C(kg)
0.45	41.60	8.8	168.6	378
0.6	44.58	8.3	168.9	283

S(kg)	G(kg)	AE(kg)	Air(%)
735	1032	1.42	4.1
823	1023	1.1	3.0

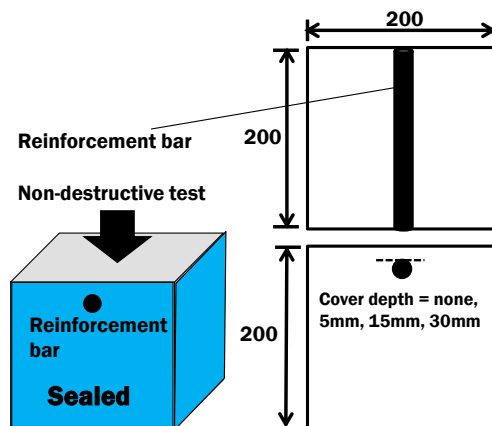


図-1 供試体の概要

2.2 非破壊試験方法

Torrent 試験と Wenner 法による電気抵抗率測定、表面含水率測定を、直方体供試体の断面 $200 \times 200\text{mm}$ の面で行い、加えて供試体の水分逸散量測定を行った。水分逸散量は、供試体の体積に対する質量減少量(乾燥開始前の質量－各測定時の質量)の百分率である。電気抵抗率と表面含水率、質量変化測定は、既存の研究¹⁾²⁾で指摘されているように、表面透気係数の変化に相関関係を示すことが報告されている。測定回数は Torrent 試験を 1 回、電気抵抗率測定と表面含水率測定を 2 回ずつ行い、平均を用いた。なお、W/C=0.6 の無筋の供試体は 3 回ずつ、W/C=0.6 のかぶり厚 5mm の供試体では 2 回ずつ行ったが、W/C=0.6 の無筋の供試体では電気抵抗率測定が正しく行われなかったためデータは考慮しない。

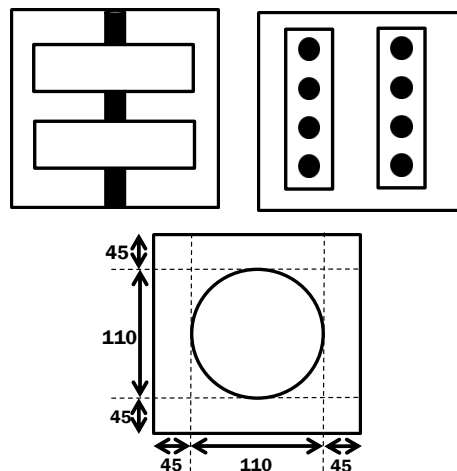


図-2 実験の概要 (右上は表面含水率、右上は電気抵抗率、下に表層透気試験)

3. 実験結果および考察

3.1 表面透気係数に及ぼす W/C, かぶり厚の影響

図-3 に乾燥期間と表面透気係数の関係を示す。表層透気係数は、W/C=0.45, 0.6 とともに、かぶり厚 0mm と 30mm で $0.011 \sim 1.1 (10^{-16} \text{m}^2)$ の範囲にあるが、かぶり厚 5mm では $5 \sim 40 (10^{-16} \text{m}^2)$ と大きく増加する傾向を示した。かぶり厚が粗骨材の直径に比べて小さいとき、コンクリートの充填時にかぶりコンクリート部分に粗骨材が含まれず、品質が低下するために、かぶり厚 5mm で表面透気係数が大きくなったのだと考えられる³⁾。

以上の結果を考慮すると、同一の W/C にある供試体で表面透気係数を比較することによって、かぶり厚の違いによるかぶりコンクリートの表面品質への影響を評価できる可能性が示された。しかし、異なる W/C にある供試体で表面透気係数を比較することでは、かぶり厚の違いによるかぶりコンクリートの表面品質への影響は確認できなかった。なお、以下のグラフでは W/C=0.45 の供試体を赤色、W/C=0.6 の供試体を青色で示す。

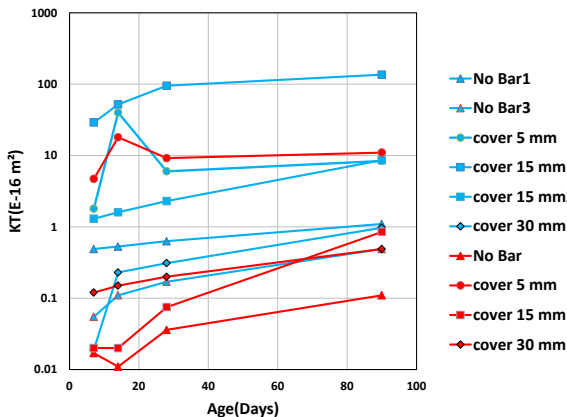


図-3 乾燥期間と表面透気係数の関係

3.2 電気抵抗率、表面含水率、水分逸散量に及ぼす W/C, かぶり厚の影響

図-4 に乾燥期間と電気抵抗率の関係を示す。W/C=0.45, 0.6 とともに乾燥期間が長くなると、電気抵抗率が大きくなる線形関係が示されている。W/C=0.45 の電気抵抗率は W/C=0.6 より大きかったが、電気抵抗率の変化率はかぶり厚に関わらず一定となった。

図-5 に乾燥期間と表面含水率の関係を示す。W/C=0.45, 0.6 とともに乾燥期間が長くなると表面含水率が小さくなる線形関係が示されている。W/C=0.45 の表面含水率は W/C=0.6 より大きかったが、表面含水率の変化率はかぶり厚に関わらず一定になった。

図-6 に乾燥期間と水分逸散量の関係を示す。W/C=0.45, 0.6 とともに乾燥期間が長くなると水分逸散量が大きくなる線形関係が示されている。W/C=0.45 の水分逸散量は W/C=0.6 より小さかったが、水分逸散量の変化率はかぶり厚に関わらず一定になった。

以上の結果を考慮すると、同一の W/C にある供試体で電気抵抗率、表面含水率、水分逸散量を比較することでは、かぶり厚の違いによるかぶりコンクリートの表面

品質への影響を評価することはできないと考えられる。しかし、同一のかぶり厚にある供試体で電気抵抗率、表面含水率、水分逸散量を比較することで W/C の違いによるかぶりコンクリートの表面品質への影響を評価できる可能性が示された。

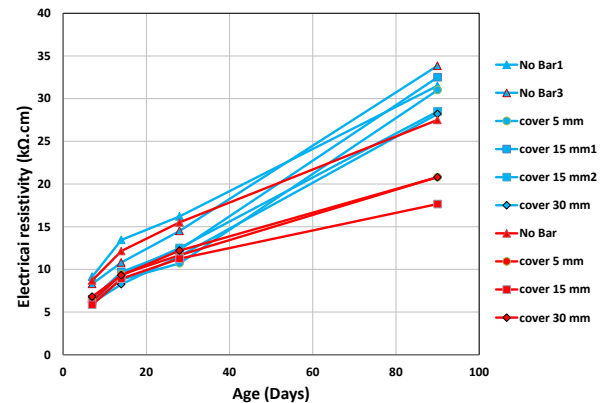


図-4 乾燥期間と電気抵抗率の関係

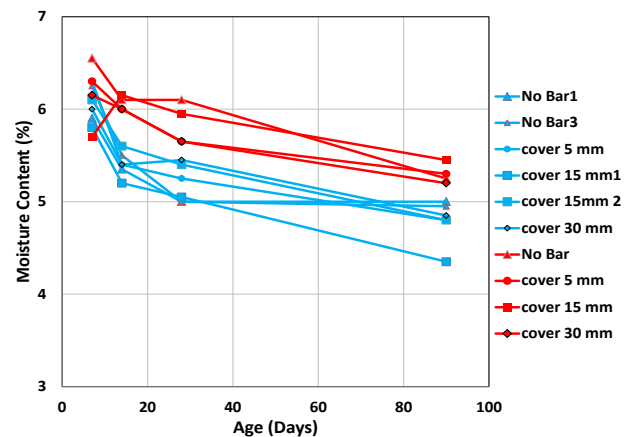


図-5 乾燥期間と表面含水率

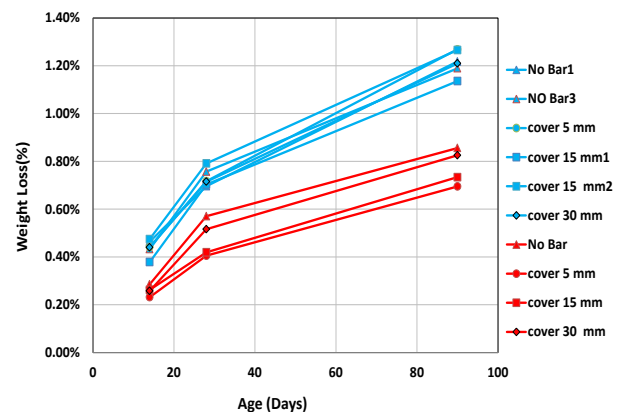


図-6 乾燥期間と水分逸散量

3.3 表層透気係数と電気抵抗率の関係に及ぼす W/C とかぶり厚の影響の評価

図-7 に表層透気係数と電気抵抗率の関係を示す。前述したように、W/C=0.45, 0.6 とともに乾燥期間が長くなり表層透気係数が増加すると電気抵抗率が増加する。したがって、電気抵抗率の増加に対して、表面透気係数は大きくなる線形関係が示される。このような結果は既往の研究結果¹⁾と一致している。この線形関係の変化率は、

かぶり厚 0mm, 15mm, 30mm で同様だったが、かぶり厚 5mm では異なる変化率を示した。W/C=0.45 と W/C=0.6 では変化率に差はみられなかった。

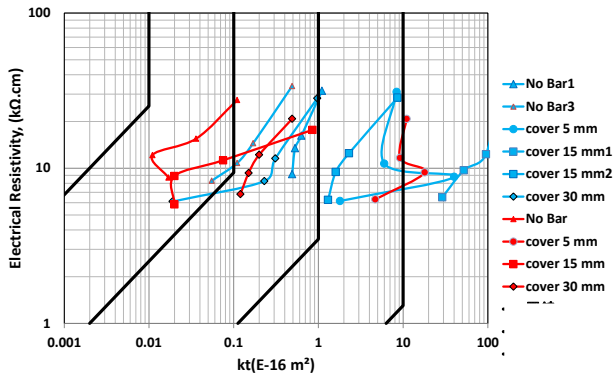


図-7 表層透気係数と電気抵抗率の関係

3.4 表層透気係数と表面含水率の関係に及ぼす W/C とかぶり厚の影響の評価

図-8 に表層透気係数と表面含水率の関係を示す。前述したように、W/C=0.45, 0.6 とともに乾燥期間が長くなり、表層透気係数が増加すると表面含水率が減少する。したがって、表面含水率の減少に対して、表面透気係数は大きくなる線形関係が示される。このような結果は既往の研究結果²⁾と一致している。この線形関係の変化率は W/C, かぶり厚によって差はみられなかった。

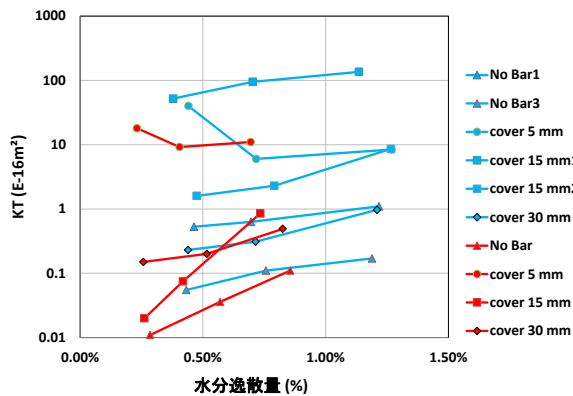


図-8 表層透気係数と表面含水率の関係

3.5 表層透気係数と水分逸散量の関係に及ぼす W/C とかぶり厚の影響の評価

図-9 に表層透気係数と水分逸散量の関係を示す。前述したように、W/C=0.45, 0.6 とともに乾燥期間が長くなり、表層透気係数が増加すると水分逸散量が増加する。したがって、水分逸散量の増加に対して、表面透気係数は大きくなる線形関係が示される。このような結果は既往の研究結果¹⁾²⁾と一致している。W/C=0.45 の線形関係の変化率は W/C=0.6 より大きいが、かぶり厚によって変化率に差はみられなかった。

以上の結果を考慮すると、表層透気係数と電気抵抗率の関係から、かぶり厚に関する線形関係の変化率の違いが、表層透気係数と水分逸散量の関係から W/C に関する線形関係の線形関係の変化率の違いが確認され、その変化率をそれぞれ比較することで、かぶりコンクリートの表面品質へのかぶり厚、W/C によるそれぞれの影響

を評価できる可能性を示した。表層透気係数と表面含水率の関係から線形関係はあるが、線形関係の変化率の違いが W/C とかぶり厚から確認されなかったため、今後確認されなかったこの要因を検討する必要がある。

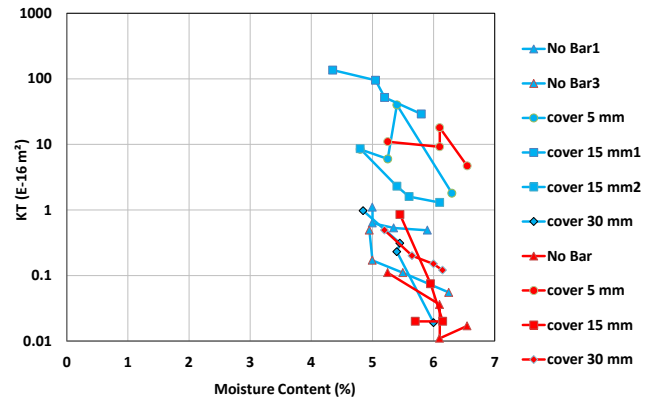


図-9 表層透気係数と水分逸散量の関係

4.まとめ

本研究では、かぶりコンクリートの表面品質への定量的評価方法の確立を目的に、原位置で行う定量的非破壊試験として Torrent 試験に着目し、W/C とかぶり厚の影響を供試体レベルで比較検討した。同じくして表面透気係数に影響を与えるとされている電気抵抗率、表面含水率、水分逸散量とも比較検討した。本研究によって得られた結論を以下に示す。

- (1)表層透気係数はかぶり厚によって影響を受ける。かぶり厚ごとの表層透気係数の相对比较により、表面品質へのかぶり厚の影響を評価できる可能性が示している。
- (2)電気抵抗率、表面含水率、水分逸散量は W/C によって影響を受ける。W/C ごとの電気抵抗率、表面含水率、水分逸散量の相对比较により、表面品質への W/C の影響を評価できる可能性を示している。
- (3)表層透気係数と電気抵抗率の線形関係の変化率は、かぶり厚によって影響を受ける。かぶり厚ごとの表層透気係数と電気抵抗率の線形関係の変化率の相对比较により、表面品質へのかぶり厚の影響を評価できる可能性が示している。
- (4) 表層透気係数と水分逸散量の線形関係の変化率は、W/C によって影響を受ける。W/C ごとの表層透気係数と水分逸散量の線形関係の変化率の相对比较により、表面品質への W/C の影響を評価できる可能性を示している。
- (5)表層透気係数と表面含水率の線形関係の変化率は、W/C とかぶり厚による影響が確認されなかった。影響が確認されなかった要因の検討が必要である。

5.謝辞

本研究は、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)事業の支援を受けて実施しました。また、東京大学生産技術研究所の長井研究室の皆様にご協力いただき、ここに感謝の意を表します。

6. 参考文献

- 1) 蔵重勲, 山田一夫, 小川彰一: 非破壊透気試験等を用いたコンクリート品質管理の可能性検討ー指定廃棄物の最終処分に向けてー, Cement Science and Concrete Technology, Vol. 69
- 2) 早川健司, 水上翔太, 加藤桂孝: 表面透気試験による構造体かぶりコンクリートの品質評価に関する基礎研究, 土木学会論文集 E2, Vol. 68, No.4, 385-398, 2012
- 3) 早川健司, 加藤桂孝: かぶりコンクリートの品質に及ぼす配合および施工方法の影響, 土木学会論文集 E2, Vol.68, No.4, 399-409, 2012