

透気試験とX線造影撮影法によるコンクリートの品質評価に関する研究

東北学院大学 学生会員 ○軍司 翔太 東北学院大学 正会員 武田 三弘
東北技術事務所 法人会員 湯川 宗吉 早川 ゴ ム (株) 正会員 大友 鉄平
学校法人東北学院 名誉会員 大塚 浩司 ドーピー建設工業(株) 正会員 佐々木 徹

1. 目的

本研究は、復興道路橋コンクリート床版において、養生時における養生マットの種類やコンクリートの打込み時期の違いが、コンクリートの密実性に与える影響を調べるため、透気試験(ダブルチャンバー方式)と X 線造影撮影法を用いて同一箇所を測定し、両者の傾向や関係を求めた。また、同一供試体に対して凍結融解試験による耐凍害性についても調べた。

2. 実験方法

春(平均養生温度 17.2℃)と夏(平均養生温度 27.3℃)の2回において、表-1に示す養生方法による実験を行った。春では養生マットの種類による影響を、夏では養生マットの敷設タイミングの影響を調べる目的で実験を行った。供試体の形状寸法は、800×800×250mm であり、実コンクリート床版で使用するコンクリートと同配合(36-8-20H, 空気量 6.0%)のコンクリートを用いた。養生マットは、基本、コンクリート表面の硬化終了を素手で確認後敷設し、その後1週間行った。なお、養生マットへの給水は1回限りとし、敷設前に1時間水中に浸漬させた後、1分間水切りを行ったものを敷設した。養生終了後は、養生マットを取り外し、材齢28日まで雨風があたる状況で暴露した。材齢28日後、養生マットを敷設した面に対して透気試験を行い、透気係数(Kt 値)を求めた。その後、同一箇所からコアを抜き、コアを厚さ10mm 毎の円盤状に加工し、コンクリート用に開発した造影剤に浸漬し、X線撮影撮影により、表層から深さ方向の透過線変化量を求めた。透過線変化量は、コンクリート中の初期欠陥や微細ひび割れの量を示すもので、値が大きいほど空隙が多く含まれていることを示している。本実験では、この透気係数(Kt 値)と透過線変化量(Td)を用いて、養生後のコンクリート床版の品質評価を行った。なお、透気試験においては春養生供試体では6ヶ月後、夏養生供試体では3.5ヶ月後においても測定を行い、長期的な測定値の変化を確認した。

表-1 養生マットの種類

供試体名	春 養生方法	供試体名	夏 養生方法
No.1	無養生	No.1	無養生
No.2	湛水養生	No.2	湛水養生
No.3	黒マット	No.3	銀マット(遮光)・硬化後
No.4	白マット	No.4	銀マット(遮光)・硬化後3時間
No.5	銀マット(遮光)	No.5	銀マット(遮光)・硬化後6時間
No.6	黒マット(保水)	No.6	銀マット(遮光)・硬化後24時間
No.7	白マット(保水)	No.7	銀マット(遮光)
No.8	黒マット(保水)	No.8	黒マット(保水)
No.9	白マット(保水)	No.9	黒マット(保水)
No.10	乾燥収縮低減剤	No.10	白マット(保水)

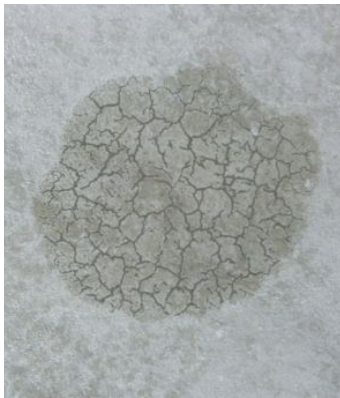


写真-1 供試体上面の様子(春施工)

3. 実験結果

写真-1は、春施工における無養生の供試体上面部にアセトン吹き付けた時の状況である。この様に、養生マットを敷設しない供試体には、特にこの様なひび割れ模様が検出された。

図-1は、春養生(平均養生温度 17.2℃)の供試体の Kt 値を示したものである。図中の、青と赤の棒グラフは材齢28日と6ヶ月後に測定した結果となっている。材齢28日の供試体の Kt 値は全て0.1以下(優・良)を示し、材齢6ヶ月後においては乾燥による影響によって若干大きくなる傾向が見られたが、最大で0.11(良)の評価になった。

一方、図-2は、夏養生(平均養生温度 27.3℃)の供試体の Kt 値を示したものである。図中の、青と赤の棒グラフは材齢28日と3.5ヶ月後に測定した結果となっている。この図より、材齢28日では、透気係数が大幅に1(劣)を超えるものが4供試体あ

り、それ以外は「良」と「一般」の評価となった。しかしながら、材齢 3.5 ヶ月後に測定した結果では、全てにおいて 0.1 以下 (良) となっていた。いずれの時期においても、透気係数測定時におけるコンクリート表面の含水率は 3.5% 以下であることを確認しており、この

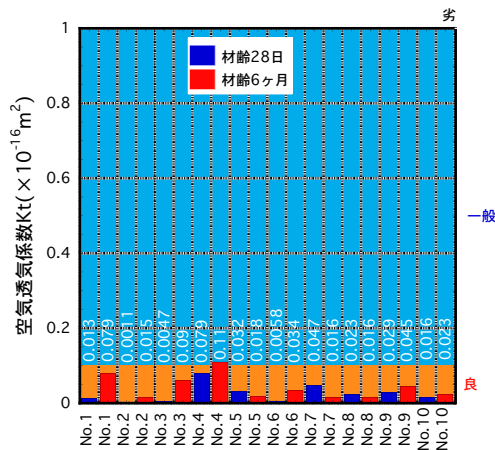


図-1 春養生 空気透気係数

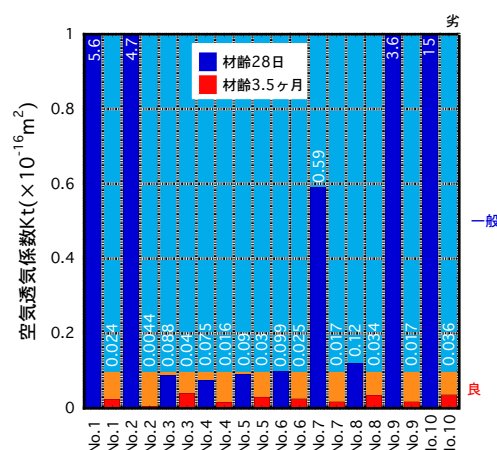


図-2 夏養生 空気透気係数

測定結果の変化の理由として、測定誤差は考えにくく、曝露期間において水和反応が進み、コンクリートの緻密化が進行したものと考えている。この結果より、透気試験の測定時期によっては、測定結果が大きく異なり、過小評価してしまう可能性があることが分かる。図-3は、春養生および夏養生の供試体(材齢28日)に対して、X線造影撮影法により供試体表面から深さ方向の透過線変化量分布を求めたものである。青のラインが春養生、赤のラインが夏養生の供試体を意味している。同配合にもかかわらず、春養生と夏養生では透過線変化量に大きく差が見られ、特に春養生に関しては高い密実性が確認できた。しかしながら、養生マットの種類による明確な差は見られなかった。これは、富配合の早強ポルトランドセメントを使用したため、本来、乾燥の影響を受ける養生期間が極端に短くなったためと考えられる。また、夏養生における供試体の表層付近では養生温度の高いもののほど透過線変化量が大きくなる傾向が見られたことから、夏期におけるコンクリートの打込みでは、極力、打込み温度が低く、その後の日射や水和によって高い養生温度にならないような養生マットの使用が必要であると思われる。

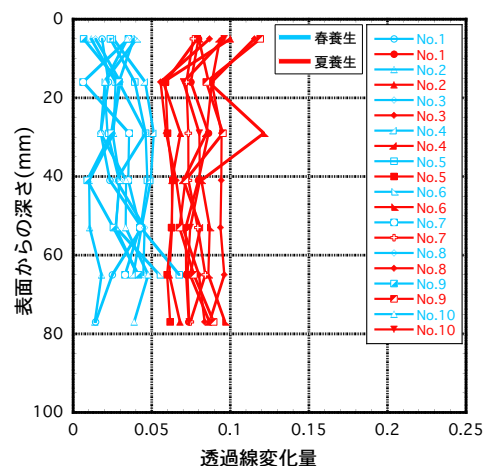


図-3 春および夏養生条件の透過線変化量分布図

図-4は、春養生および夏養生供試体について凍結融解試験により測定したスケーリング量とサイクル数との関係を示したものである。これらの図は養生マットを使用した供試体の平均値となっている。この図より、同配合にもかかわらず夏養生の方が春養生に比べ、スケーリングが若干多く、耐凍害性が低下する傾向が見られた。なお、スケーリング量に関しては、春夏どちらの値も、一般的なコンクリート ($f_c=30\text{N/mm}^2$, $\text{Air}=4.0\%$) と比較すると、いずれも小さく高い耐凍害性を有していることがわかった。

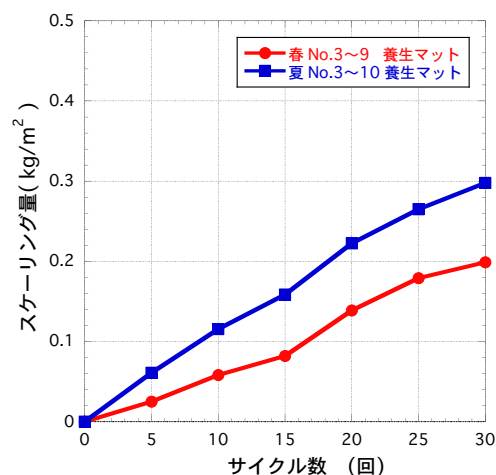


図-4 スケーリング量とサイクル数の関係(春・夏)

4. まとめ

実験の範囲内において以下のことがわかった。

1. 透気試験による測定結果は、材齢、季節などの測定時期によって測定結果は大きくばらつくことがあることを留意すべきである。
2. 養生温度が高い時期のコンクリートは品質が低下するため、打込み・養生温度を下げる 것이重要である。
3. 早強ポルトランドセメントを富配合で使用するような条件の場合、養生マットによる効果の差がでにくい場合がある。

謝辞：本研究は、(一社) 東北地域づくり協会より平成 26 年技術開発支援を受けて行ったものである。ここに謝意を表する。