コンクリートの乾燥収縮挙動評価における透気試験法の適用性に関する検討

飛島建設　建設事業本部　正会員　○寺澤　正人
飛島建設　建設事業本部　正会員　川里麻莉子
飛島建設　建設事業本部　正会員　槙島　修
東北大学大学院　フェロー　鈴木　基行

１．はじめに

コンクリートの表層品質を簡易に評価する方法として透気試験法があり，近年では，本試験法を用いて養生の効果や中性化抵抗性などの耐久性を評価することを目的とした多くの研究事例が見られる．透気試験法によって測定される透気係数とコンクリートの乾燥収縮挙動の関係を検討した研究事例としては，コンクリートの含水率が透気係数に与える影響を４点電極法によって検討した事例[1)]や乾燥収縮と透気係数の関係を検討した事例[2)]がある．筆者らはコンクリートの内部相対湿度と乾燥収縮に関する研究[3)]を継続しているが，本研究では，筆者らが考案した埋設型温湿度センサー[4)]にて測定したコンクリート表層部の内部相対湿度や乾燥収縮ひずみと透気試験結果の関係により，透気試験法の乾燥収縮挙動評価の適用性を検討した．

２．試験法概要

材齢 5 日で脱枠した後に，「①特別な養生をせずに気中養生するもの」，「②気泡緩衝シートを用いて材齢 28 日まで封緘（湿潤）養生するもの」の２パターンを試験水準とした．供試体の作製には，普通ポルトランドセメントを使用した目標スランプ 8cm，目標空気量 4.5%，水セメント比 W/C=45.7%，単位セメント量 C=304.0kg/m^3，単位水量 W=165.0kg/m^3 のコンクリートを使用した．試験水準ごとに寸法 150×150×150mm の供試体を 4 体作製し，そのうち 3 体に対して，試験期間中同一の 1 側面（型枠面）において透気試験（Torrent 法[5)]）を時系列的に実施した．残りの 1 体では**図-1** に示すように，埋設型温湿度センサーを埋設してコンクリート内部の相対湿度及び温度を，またコンクリート表面にひずみゲージ（ゲージ長 60mm）を設置して収縮ひずみを経時測定した．なお，透気試験および収縮ひずみの測定は，「気中養生」では脱枠後の乾燥開始時点から，一方「封緘養生」では気泡緩衝シートの撤去後の乾燥開始時点から開始した．試験は室内自然環境下において実施し，試験期間を通じて試験環境の外気温及び外気相対湿度を測定した．

３．試験結果

図-2 に材齢と透気係数の関係，**図-3** に材齢とコンクリート内部相対湿度および外気相対湿度の関係，**図-4** に材齢と乾燥収縮ひずみの関係（温度ひずみは温度測定値を基に除去したが，自己収縮を含む），**図-5** に乾燥収縮ひずみと透気係数の関係，**図-6** に材齢と透気深さの関係を示す．ここに透気係数，透気深さは 3 体供試体における測定値の平均値である．これらより以下の知見・考察が得られる．

(1) 透気係数は材齢の進行とともに増大し，封緘養生の値は気中養生よりも小さなものである．材齢 91 日では気中養生は Torrent らが提唱する表層品質グレード[5)]の”Fair”(0.1～1.0×10^{-16} m^2)，封緘養生では”Very Good”(0.01～0.1×10^{-16} m^2)に属し，透気試験によって養生の良否評価が可能と判断される．

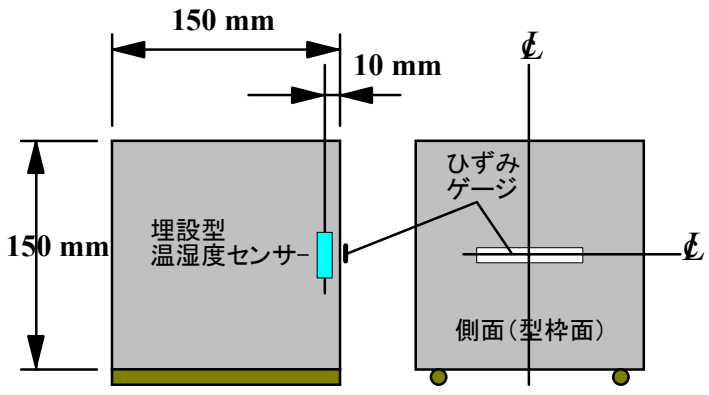

図-1 埋設型温湿度センサーとひずみゲージの設置方法

キーワード　透気試験，透気係数，乾燥収縮，相対湿度，ひびわれ
連絡先　〒213-0012 川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP R&D 棟 2F　TEL 044-829-6716

(2)封緘養生のコンクリート内部相対湿度は外気相対湿度の変化に大きくは影響されないが，気中養生では外気相対湿度の変動に応じて，比較的大きく変動を生じている．これは前記(1)に示した表層コンクリートの透気性の違いによるものと考えられる．

(3)乾燥開始後のコンクリート表面における乾燥収縮ひずみの経時挙動は，気中養生と封緘養生に大きな差はなく，気中養生の乾燥収縮ひずみと透気係数の関係と封緘養生のそれは一致しない．このことから透気係数によって乾燥収縮の進行の状況を評価することは難しいと判断される．

(4)材齢と透気深さの関係においても，気中養生と封緘養生では挙動が異なり，気中養生では乾燥の初期段階から，材齢の進行に伴い透気深さが増大する線形関係が見られるが，封緘養生ではそれが認められない．気中養生では封緘養生に比較して強度が低い時点から乾燥が開始され，微細ひび割れが発生し，材齢とともに進展したことがその原因とすれば，透気深さはひび割れ深さと関係があるものと推察される．従って透気深さにより乾燥収縮ひび割れの発生や進展を評価できる可能性があると考えられる．

4．まとめ

透気試験によって，養生の良否評価が可能であるとともに，乾燥収縮によるひび割れの発生や進展を評価できる可能性が本研究により示唆された．今後は，ひび割れの進展観察等と合わせて透気試験を実施し，透気試験による乾燥収縮ひび割れ挙動の評価手法確立のための検討を継続したいと考えている．

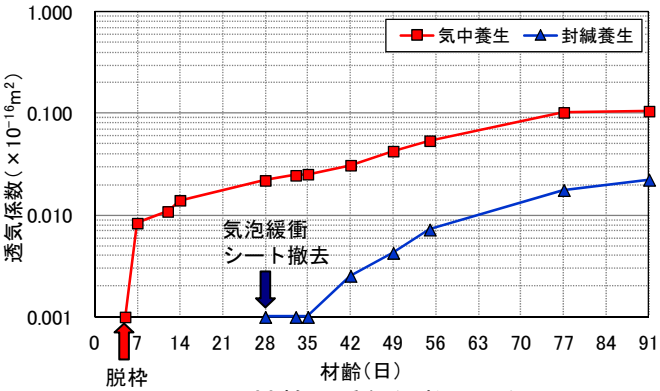

図-2 材齢と透気係数の関係

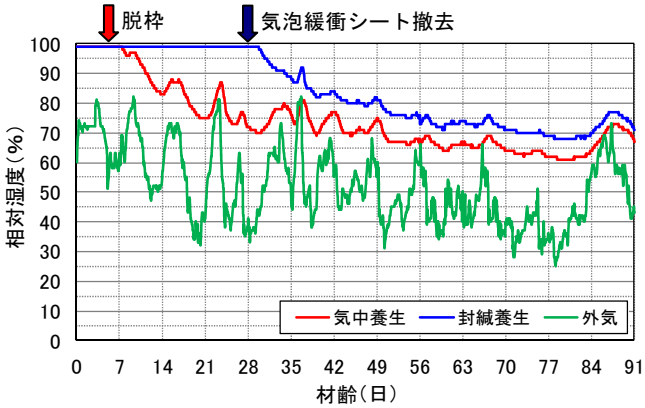

図-3 材齢と相対湿度の関係

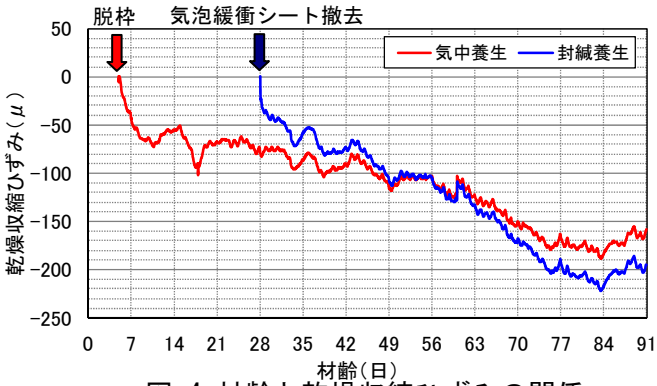

図-4 材齢と乾燥収縮ひずみの関係

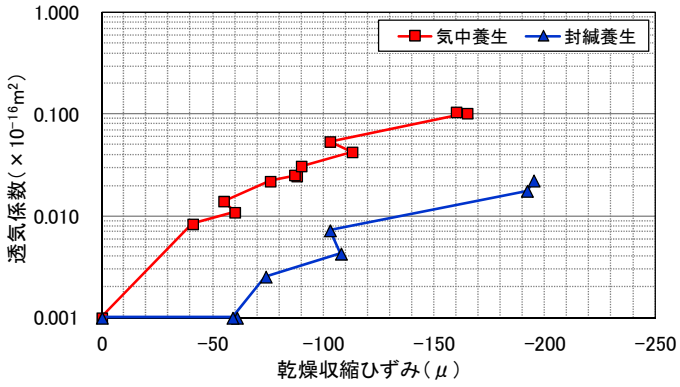

図-5 乾燥収縮ひずみと透気係数の関係

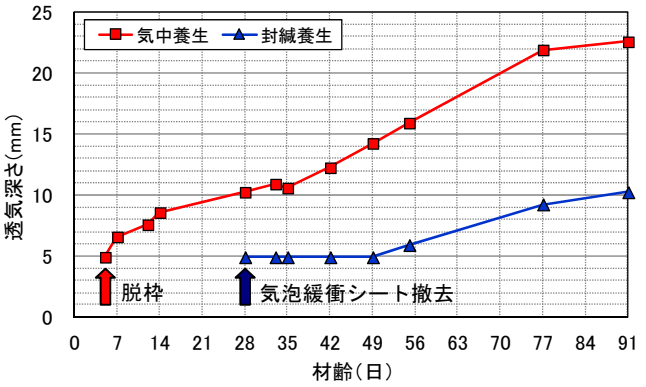

図-6 材齢と透気深さの関係

（使用した透気試験器が検出できる透気深さは 5mm 以上）

参考文献
1) 古賀裕久ほか：含水率が現場透気試験結果に与える影響に関する検討，土木学会第 65 回年次学術講演会概要集,V-146,2010.9.
2) 栗塚一範ほか：コンクリートの乾燥収縮と透気係数の関係について,土木学会第 66 回年次学術講演会概要集,V-274,2011.9.
3) 寺澤正人ほか：薄板形状供試体を用いたコンクリートの乾燥収縮特性測定試験，土木学会第 65 回年次学術講演会概要集,V-146,2010.9.
4) 寺澤正人ほか：コンクリート内部の相対湿度計測と湿気移動解析，土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要集,V-425,2008,9.
5) R. Torrent et al.: Non-Destructive Test Methods to Measure Gas-permeability, Non-destructive evaluation of the penetrability and thickness of the concrete cover, RILEM report 40, pp.35-70, 2007.