

表面吸水試験から得られる指標と閾細孔径，表層透気係数および透水係数との対応

東京大学生産技術研究所 正会員 ○酒井 雄也
 東京大学生産技術研究所 正会員 岸 利治

1. 研究の背景と目的

コンクリートの空隙構造と物質移動抵抗性との相関に関して，これまでに様々な検討が行われてきたが，両者の対応に関して統一的な見解は得られていない．筆者らは物質移動抵抗性と対応しうる空隙構造指標として閾細孔径に着目し，既報¹⁾では新たな測定方法により得られた閾細孔径と，透水・透気係数との対応を報告している．本論文は表面吸水試験により，非破壊で閾細孔径や透気・透水係数と高い相関を有する指標の抽出を試みたものである．ここで本論文では，試料を貫通する際に通らざるをえない最小の空隙径を閾細孔径と定義している．

2. 閾細孔径と透気，透水および浸潤挙動との対応

水セメント比 (40~70%)，養生条件 (水中，送風，封緘)，混和材 (高炉スラグ，フライアッシュ)，セメント種 (早強，中庸熱，低熱) を変化させて，コンクリート供試体を作製し，材齢 28 日から全て気中養生とし，材齢 2.75 年で表層透気試験，透水試験を実施した．供試体や試験方法の詳細は過去の報告¹⁾に掲載されている．著者らは水銀圧入法 (以下 MIP) により得られる累積空隙径分布の傾きが最大になる時点の空隙径を閾細孔径としており，その同定手法として，微小面積を残してエポキシでコーティングした試料 (図 1) を MIP で測定することを提案している¹⁾．これにより，水銀が閾細孔径に侵入する時点での未圧入領域が増加し，急激な圧入が生じる空隙径，

すなわち閾細孔径がより明確に抽出されることを期待している．閾細孔径と表層透気係数および透水係数との対応を図 2, 3 に示すが，配合や養生条件によらず高い相関を有していることが確認できる．このように，閾細孔径と物質移動抵抗性の間には対応が存在すると考えられるが，非破壊で閾細孔径を測定する方法は確立されていない．表層透気試験はコンクリートの含水率により測定値が大きく変化するため，図 2 の結果はある程度乾燥の進んだ供試体を対象としたものである．次章では，表面吸水試験の結果と閾細孔径の対応について検討する．

3. 表面吸水試験装置を用いた検討

本研究では，図 2，図 3 に示した供試体と同様の配合および養生により作製された $\phi 10\text{cm} \times 20\text{cm}$ の円柱供試体 (材齢 3 年) を対象に，横浜国立大学で開発された表面吸水試験装置²⁾を用いて吸水試験を実施した．円柱供試体の側面にアルミテープを巻いて側面からの水分逸散を抑制し，打設面と反対側に装置を固定して測定を行っている．図 4 に試験の様子を示す．測定結果を図 5 に示すが，水セメント比が高く，送風養生を与えた供試体において急激に水位が低下する結果となった．凡例に関する情報は過去の報告¹⁾に記載されている．BB70-3 の測定結果が経過時間 50 秒程度で急増しているが，これは装置の操作ミスによるものである．直線円管に毛管張力と摩擦抵抗により支配された条件下で液状水が浸入する場



図 1 エポキシコーティング試料

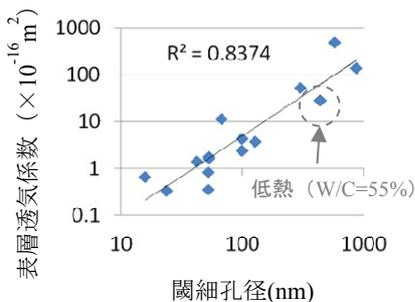


図 2 表層透気係数と閾細孔径

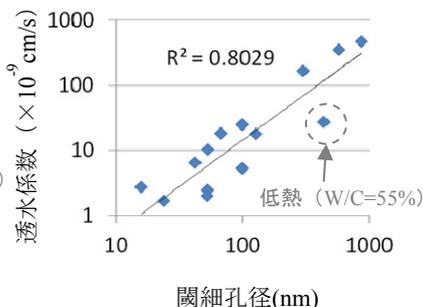


図 3 透水係数と閾細孔径



図 4 吸水試験の様子

キーワード 閾細孔径，吸水試験，透気係数，透水係数，液状水浸潤

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 Be406 TEL03-3452-6098 (ext. 58086)

合、浸潤距離 x は式(1)のように示される。

$$x = \sqrt{2r\gamma t \cos \theta / 3\mu} \quad (1)$$

ただし、 r :管半径、 γ :界面張力、 t :浸潤に要する時間、 θ :接触角、 μ :粘性係数である。式(1)を増分形式に書き直すと式(2)のようになる。

$$r = \frac{6\mu t}{\gamma \cos \theta} \left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \right)^2 \quad (2)$$

上式の浸潤距離 x を吸水量とし、簡単のため $6\mu/\gamma \cos \theta = 1$ として r を求めた結果が図 6 である。ここで r は物理的な意味を有する空隙径ではなく、あくまでも代表指標である。図より、ごく初期を除き、いずれのケースにおいてもある r を中心とした分布が生じていることが確認できる。初期およびばらつきの大きい 500 秒以上の結果を除いた r の平均と、表層透気係数、透水係数および閾細孔径との関係を示したのが図 7 である。図 2 や図 3 の閾細孔径と同等以上に、 r は表層透気係数および透水係数と高い相関を示していることが確認できる。透気・透水係数と比較して閾細孔径との決定係数はやや劣っている。これは図中に示すように、低熱セメントを用いた供試体 (L55-2) のプロットが傾向から外れているためであるが、L55-2 の累積空隙径分布には複数のピークが現れるなど、明確な閾細孔径を示さなかったことに起因する。L55-2 を除くと、決定係数 R^2 は 0.82 となる。以上より、今回のようにある程度乾

燥した供試体であれば、表面吸水試験により得られるデータから r を取得することで、図 7 に示す回帰直線から閾細孔径や透気、透水係数を評価できる可能性がある。図 7 のような高い相関が存在するのは、円管への浸潤を仮定すると浸潤距離 x は r の平方根に比例することから、浸潤体積は r の 2.5 乗に比例し、また径の異なる管が直列に並んだ場合、その管径の影響は調和平均となるため、液状水の浸潤経路の最小径である閾細孔径が支配的な影響を及ぼしたためであると考えられる。

4. 結論

本研究で得られた結論を以下にまとめる。

- ・閾細孔径と吸水挙動との間に高い相関を確認した。
- ・表面吸水試験の結果から換算した指標は表層透気・透水係数、閾細孔径と高い相関を示したことから、非破壊で上記特性が得られる可能性がある。

参考文献

- 1) SAKAI, et al.: Interpretation of Non-Destructive Test Results for Evaluation of Mass Transfer Resistance of Concrete Members, the 5th Int. Conf. of ACF, 2012
- 2) 林和彦ら: コンクリートの表面吸水試験における計測方法およびデータ処理方法の提案, コンクリート工学年次論文集, Vol. 34, No. 1, pp. 1804-1809, 2012

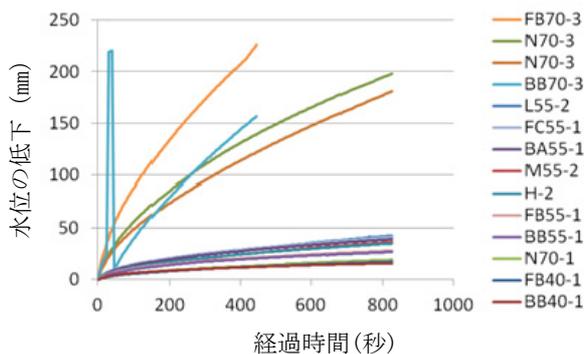


図 5 表面吸水試験装置による測定結果

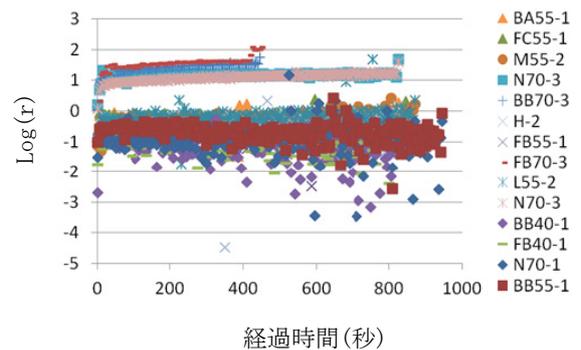


図 6 式(2)により算出した r の推移

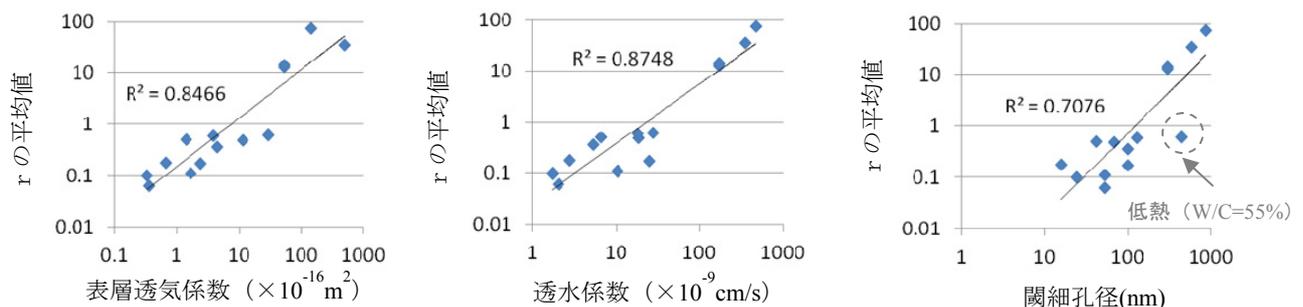


図 7 式(2)により算出した r の平均と表層透気係数、透水係数、閾細孔径との関係