

現場透気試験におけるコンクリートに関する品質評価方法の提案

愛媛大学大学院 学生会員 ○紀川敦彦 中村翼

愛媛大学大学院 正会員 岡崎慎一郎 氏家勲

1. はじめに

コンクリート構造物の健全性および診断維持管理は我が国において大変重要とされている。コンクリート構造物の耐久性能の同定に透気試験装置の使用が着目されている。一般の現場透気試験においては、透気領域が必ずしも明らかとなっていないため、構造物の透気性能を十分には評価できていない現状があったのであるが、著者ら¹⁾はシール部材を使用することによって透気領域を限定させることにより、透気試験によって構造物固有の透気係数を算出することに成功した(シール法)。さらに、吸引孔を表層から深部方向に切削することにより、吸引孔の底面位置から表層までの平均的なコンクリートの透気係数を算出することに成功した(シール削孔法)。本研究では、シール削孔法を応用し、表層から深部方向へ品質の異なるコンクリートの、深さごとの透気係数を算出する手法について説明し、モデル供試体を使用した実験により本手法の検証を行う。

2. シール削孔法

シール削孔法の原理は、図-1のように、コンクリート表面に半径 10cm の領域にラテックス樹脂を塗布することで気密処理を行い、中央の吸引部分に直径 1cm の孔を削孔し、底面にエポキシ樹脂を塗布し気密処理を施す。孔に空気吸引のためのチャンバーを設置し、真空ポンプによって空気を吸引する。コンクリートの透気係数を一定であると仮定すると、上述の気密処理によって半径 10cm の円筒状の透気領域が表れる。この試験によって得られる空気の流量と、孔内の圧力を用いるとコンクリートの透気係数は以下のように算出できる。

$$k = \frac{\eta P_2 \log(r_2/r_1)}{\pi h (P_2^2 - P_1^2)} Q \quad (1)$$

ここに、 k : 固有透気係数(cm^2)、 η : 粘性係数(Ns/cm^2)、 P_1 : 中央孔内の空気圧(N/cm^2)、 P_2 : 大気圧(N/cm^2)、 r_1 : 中央孔の半径(cm)、 r_2 : シールの半径(cm)、 h : 中央孔の深さ(cm)、 Q : 透気量(cm^3/s)である。

3. 表層から深さ方向への透気係数の同定法

上述のシール削孔法では、透気係数の深さ方向への変化を追跡できない。ここで、削孔で $a(\text{cm})$ 掘り進めるとし、全削孔深さを $x(\text{cm})$ とすると、削孔前は $x-a(\text{cm})$ となる。削孔前情報と削孔後の情報の差分から、 $x-a(\text{cm})$ から $x(\text{cm})$ までの領域に相当する透気係数を同定することとする。削孔深さ $x(\text{cm})$ の透気領域から流入する透気流量を Q_x 、削孔深さ $x-a(\text{cm})$ の透気領域から流入する透気流量を Q_{x-a} とすると、両者の超過領域の範囲が同等であるならば、両者の透気流量の差である Q_a は、削孔深さ a 削孔分の中空円柱上の透気領域を通過する気体の流量となる。前節で記述したシール削孔法の算出式(2-6)を参考にすると、変形させると透気係数分布を算出する式は以下のように表現される。

$$k(x) = \frac{\eta P_2 \log(r_2/r_1)}{\pi \alpha (P_2^2 - P_1^2)} (Q_x - Q_{x-a}) \quad (2)$$

ここに、 $k(x)$: 差分透気係数(cm^2)、 η : 粘性係数(Ns/cm^2)、 P_1 : 中央孔内の空気圧(N/cm^2)、 P_2 : 大気圧(N/cm^2)、 r_1 : 中央孔の半径(cm)、 r_2 : シールの半径(cm)、 a : 削孔の深さ変化量(cm)、 Q_x : 削孔時の透気量(cm^3/s)、 Q_{x-a} : 削孔変化前の透気量(cm^3/s)である。ここで、透気係数分布推定方法によって得られる透気係数を差分透気係数と呼ぶこととする。

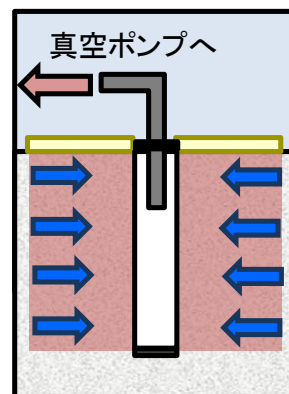


図-1 シール削孔法

4. 解析による本手法の妥当性検討

本同定手法の妥当性検証のため、差分法に基づく解析による検討を行う。60×60×30cmの領域において、各層の厚さは1層目～9層目までを2cm、10層目のみ12cmとし、各層における透気係数の設定値は、1層目の10-12cm²を基準にし、2層目～10層目は1層目の値を1/10、1/20、…1/90倍とした。図-2に結果を示す。解析値は設定値をおよそ再現していることから、理想的な状況を再現している場合は、本手法は妥当であることが確認された。

5. モデル供試体での本手法の妥当性検討

本同定手法の妥当性を実験的に検証するため、図-3に示すような表層から深部にかけて極端に透気係数が増加するような供試体を作製し、シール削孔法を適用した。表層から7cmまではW/C=65%のコンクリートに、細骨材としてペーパースラッジ灰を造粒して製造された極めてポーラスな材料を使用する。次の7cmには、W/C=65%のコンクリートに砕砂を使用したもの、そして次の16cmにはW/C=40%のコンクリートにフライアッシュを細骨材代替としてセメントの20%外割置換した極めて密実なコンクリートを打設した。なお、各層ごとの透気係数を個々の単一供試体によって事前に算出している。それぞれ7cm厚の供試体のすべての面を曝露して乾燥させた供試体の透気係数はそれぞれ $1.44 \times 10^{-13} \text{cm}^2$ 、 $5.69 \times 10^{-12} \text{cm}^2$ 、 $3.96 \times 10^{-11} \text{cm}^2$ であった。また、モデル供試体内の水分逸散は難しいことから、それぞれの供試体を暴露せずに、側面をシーリングし3体を重ねて養生することでモデル供試体とおよそ同じ水分状態を再現した場合の透気係数は、それぞれ $1.46 \times 10^{-14} \text{cm}^2$ 、 $3.50 \times 10^{-14} \text{cm}^2$ 、 $3.79 \times 10^{-11} \text{cm}^2$ であった。図-4に推定結果を示す。透気係数変化のおよその変化傾向を捉えていることが確認できる。透気係数は内部含水状態の相違で数オーダー変化する鋭敏な指標であるため、差分透気係数による推定結果は一定の精度を誇ることを確認された。

6. 結論

シール削孔法によって算出される差分透気係数の妥当性が、解析およびモデル供試体実験により検証された。

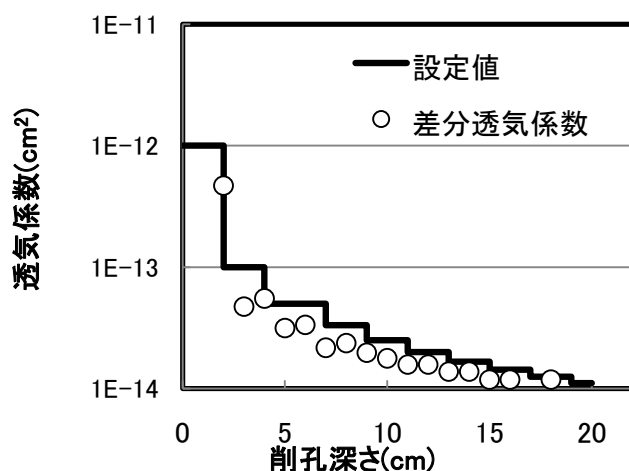


図-2 解析によるシール削孔法での推定結果

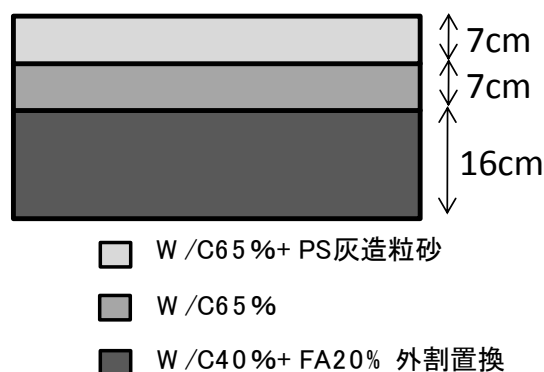


図-3 モデル供試体の概要

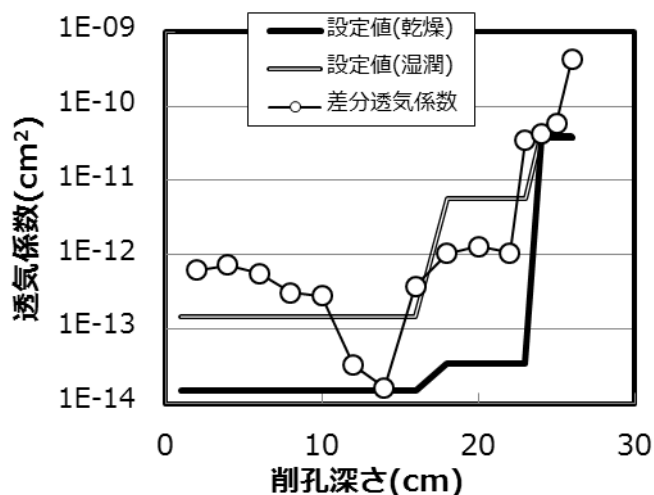


図-4 モデル供試体における推定結果

参考文献：1) 氏家勲，土屋崇，岡崎慎一郎：実構造物でのコンクリート透気係数の測定方法に関する検討，セメントコンクリート論文集，vol.61，pp.197-204，2006.2.

謝辞：本研究は独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構「運輸分野における基礎的研究推進制度」の支援を得て実施された。ここに謝意をしるす。