

実構造物でのコンクリートの透気係数の測定方法の開発に関する研究

愛媛大学（院） 学生会員 ○土屋崇，愛媛大学 正会員 氏家勲，愛媛大学（院） 学生会員 山田耕大

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物における耐久性能の低下は、中性化や塩害による鉄筋の腐食促進が原因のひとつとされており、鉄筋を腐食せしめる因子は外的環境よりかぶりコンクリートを通して侵入する。したがって、かぶりコンクリートの粗密の評価、その代表的なものである透気性の評価を行うことが効果的であり、現在までに様々な現場計測方法が開発されている¹⁾。しかしながら、既往の方法では透気領域が複雑なために透気性の直接的指標である「透気係数」を用いた絶対的評価がなされることは少ない²⁾。本研究では、実構造物レベルのコンクリート中の空気の流れを解析によって可視化することで透気領域を明確化し、ダルシー則を基本とした推定式を導出して透気係数を算出する実用的方法を提案することを目的にシール法及びシール削孔法の二つの方法を提案し、シールの幅や削孔の深さなどの具体的な適用条件を検討する。

2. 実験及び解析方法

本研究で主に用いる供試体には、コンクリートと同等の透気係数であり、且つ、均質な素材である押出法ポリスチレンフォームを採用し、寸法は $60 \times 60 \times 10 \text{ cm}$ とした。

シール法は、図1のように供試体表面にチャンバーを貼り付けて真空ポンプで空気を吸い出し、得られた透気量から透気係数を算出するというものである。この方法における既往の方法との相違点は、供試体表面にエポキシ樹脂によって円形のシールを行うことで表層部における空気流入経路を段階的に遮断し、空気の流れを単純化しようとするところにある。この場合の主な透気領域はチャンバー下の吸引部を中心に半球を描く形になると考えられ、 P_1 : チャンバー内の空気圧(N/cm^2)、 P_2 : 大気圧(N/cm^2)、 r_1 : シール内径(cm)、 r_2 : シール外径(cm)、 Q : 透気量(cm^3/s)、 K : 透気係数(cm^4/Ns)として、ダルシー則を適用すると

$$K = \frac{P_2}{2\pi(P_2^2 - P_1^2)} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) Q \quad (\text{A})$$

が導出される。

シール削孔法は、図2のようにシール法の手法に加えて中央の吸引部分に直径1cmの孔を開けたものである。この場合の主な透気領域は中央孔を中心とした中空円柱状になると考えられ、 $P_1 \cdot P_2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot Q \cdot K$: 上記と同じ、 h : 中央孔の深さ(cm)として、ダルシー則を適用すると

$$K = \frac{P_2 \log_e(r_2/r_1)}{2\pi h(P_2^2 - P_1^2)} Q \quad (\text{B})$$

が導出される。

また、これらの方法によって得られた透気係数が正しいか否かを判断するためには、透気係数の実際の値を知る必要がある。よって、供試体透気試験によって実際の透気係数の値を求めて比較・検討する。

解析は差分法によって行うこととする。供試体を5mm間隔のコントロールボリュームと呼ばれる区間に別け、各コントロールボリューム間を流れる流速をそれぞれ計算して図示することで透気領域を確認する。ここで、解析結果が実験結果を表現できているか否かは、透気量の実験値と解析値の比較により判断する。

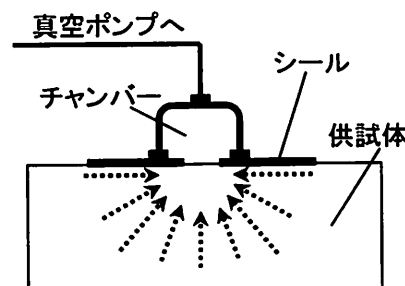


図1 シール法

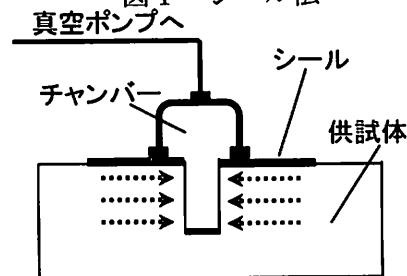


図2 シール削孔法

3. 実験及び解析結果

透気量の実験値と解析値について、シール法については概ね一致したが、シール削孔法については一致しなかった。その理由は、実験に関してチャンバー内は真空になっていたが孔内部にはそれが行き届いておらず、孔の深さに関わらず孔の表層部分の透気量しか得られなかったものと考えられる。

透気領域について、解析結果より二次元可視化を行うと、どちらも供試体底面からの空気の流入によって透気領域が複雑化していることが確認できた。そこで、供試体厚さと透気量の関係を解析によって計算してみると、供試体厚さ 20cm 以上で透気量が一定となった。よって、供試体厚さを 20cm とし、再度透気領域の可視化を行うと、シール法についてはシール半径 10cm 以上の場合に半径約 10cm の半球状であること、シール削孔法については孔の深さが 5cm 以上の場合に中空円柱に近い形状であることが確認された。

以上の結果より、推定式による透気係数の推定値と供試体透気試験による透気係数を比較すると、シール法については、図 3 のように、両者の間に多少の誤差が生じた。これは、シール内径 r_l について、計算上は半球だが実際は円であるので、実際のシール内径。そこで、この半球と円の面積が等しいと仮定して、計算上の半球の半径を計算してみると、 $r_l/\sqrt{2}$ であった。この値を r_l の換算半径として計算すると、図 3 のように、実際の透気係数の値に近くなった。次に、シール削孔法

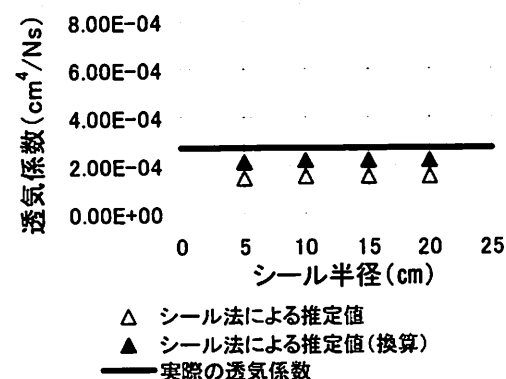


図 3 シール法による透気係数の推定値と実際の値との比較

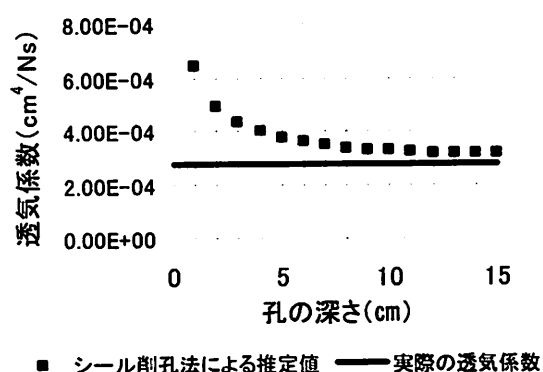


図 4 シール削孔法による透気係数の推定値と実際の値との比較

については、図 4 のように、孔の深さが約 5cm から推定値と実際の透気係数の値が近くなった。

最後に、コンクリート供試体について、同様に実験及び解析を行うと、透気量の実測値と解析値を比較及び推定式による透気係数と供試体透気試験による透気係数の比較について、シール法及びシール削孔法ともに押出法ポリスチレンフォームの場合とほぼ同じ結果が得られた。

4. まとめ

- 1) シール法の適用条件は、部材の厚さが 20cm 以上、シール半径が 10cm 以上であり、シール内径には換算半径 $r_l/\sqrt{2}$ を用いる必要がある。
- 2) シール法の主な透気領域は、吸引部分を中心とした半径 10cm 程度の半球である。
- 3) シール削孔法の適用条件は、部材の厚さが 20cm 以上、孔の深さが 5cm 以上である。
- 4) シール削孔法の主な透気領域は、中央孔を中心とした中空円柱に近い形状である。
- 5) 押出法ポリスチレンフォーム供試体で得られた結果はコンクリート供試体についても十分適用できるが、シール削孔法に関しては空気の吸い出し方法を改善する必要がある。

参考文献

- 1) 今本啓一，下澤和幸，山崎順二，二村誠二：実構造物の表層透気性の非・微破壊試験方法に関する研究の現状，vol.44,No.2,pp.31-38,2006.2.
- 2) Torrent,R.,A two-chamber vacuum cell for measuring the coefficient of permeability to air of the concrete cover on site, Mater.&Struct., v.25,n.150,pp.358-365,July 1992.