

実構造物でのコンクリートの透気係数の測定方法に関する検討

氏家勲^{*1} 土屋崇^{*2} 岡崎慎一郎^{*1}^{*1} 愛媛大学 大学院理工学研究科生産環境工学専攻 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3)^{*2} 住友大阪セメント株式会社 建材事業部 (〒102-8465 東京都千代田区六番町 6-28)

要旨：本研究は実構造物における計測結果から透気係数を算出する現場透気試験方法を提案することを目的としている。本研究では実験結果の再現が可能であることを確認した差分法を用いて、コンクリート表面を円形にシールし、その中心から排気した場合とさらにその中心を削孔して排気した場合のコンクリート内部の透気領域について検討し、その解析結果に基づいて、測定範囲を明確にした現場透気試験から透気係数を算出するためのシールの範囲や削孔の深さなどの測定条件を検討している。

キーワード：コンクリート、透気係数、現場測定、試験方法、維持管理、差分法

1. はじめに

わが国では社会基盤施設を新設することから維持管理することになりつつあり、このためコンクリート構造物においても、調査診断および補修・予防などの種々の維持管理技術が必要とされている。コンクリート構造物の耐久性の低下は種々の劣化現象によって引き起こされるが、多くの場合が劣化因子のコンクリートへの侵入が原因となっている。従って、コンクリート構造物の耐久性を評価する際にかぶりコンクリートの品質、特に密実性を把握しておく必要がある。

コンクリート構造物のかぶりコンクリートの密実性は、コンクリート強度などの品質と同様に使用材料や配合に加えて、コンクリートの施工も影響することから、実構造物での計測データに基づいて評価することが好ましい。また、劣化因子の多くが拡散現象でコンクリート内へ侵入することから、拡散を利用した試験方法が密実性の評価としては適切であるが、供試体を用いた拡散セル法でも供試体厚さの制限や時間を要するなどの制約があり、電気泳動により短時間で試験できる方法も提案されているが¹⁾、拡散を利用した方法を実構造物での試験に適用することは困難であると思われる。従って、実構造物のかぶりコンクリートの密実性評価に関する既往の研究ではコンクリートの吸水性、透水性、透気性を利用した試験方法が報告されている²⁾。

本研究では測定時間や簡便さから透気性に基づく方法が現場試験に適していると考えている。しかしながら、幾つかの既報の試験方法では³⁾、加圧あるいは減圧した圧力の変化に要する時間を用いる相対的な指標による評価方法であり、また、絶対的な指標である透気係数を算出できる現場透気試験方法もあるが、かぶりコンクリートのどの範囲を測定しているかが明確にされてい

ないと思われる。本研究はコンクリート表面で測定する透気量に関係するコンクリート内部の透気領域を明確し、その透気量から透気係数を算出する現場透気試験方法を提案することを目的としている。本研究ではコントロールボリュームを用いた差分法により⁴⁾、コンクリート表面を円形にシールし、その中心から排気した場合とさらにその中心を削孔して排気した場合のコンクリート内部の透気領域について検討し、その解析結果に基づいて、現場透気試験から透気係数を算出するためのシールの範囲や削孔の深さなどの測定条件について検討したものである。

2. 提案する試験方法の概要

2.1 シール法

本研究でシール法と呼ぶ方法は、Fig.1に示すようにコンクリート表面を円形に気密処理し、その中央から真空ポンプで空気を吸出し、吸い出した流量から透気係数を算出するものである。なお、表面のチャンバーは吸出し位置での圧力測定用の真空計を取り付けるためのものである。この場合には、コンクリート内部の透気領域は図に示すように半球状となると考えられる。そこでコンクリートの透気係数 k が一定であると仮定し、平均流速を v (m/s)とすると、極座標で表したダルシー則の式は以下のようになる。

$$v = \frac{k}{\eta} \frac{dP}{dr} \quad [1]$$

ここに P : 圧力(N/m²)

r : 中心からの距離(m)

η : 粘性係数(Ns/m²)

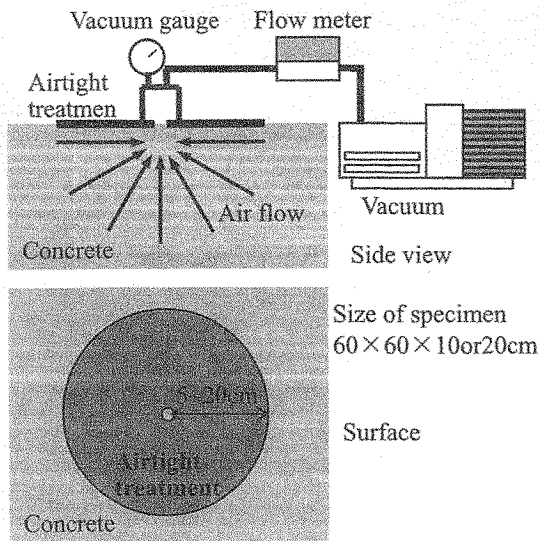


Fig. 1 Outline of seal method

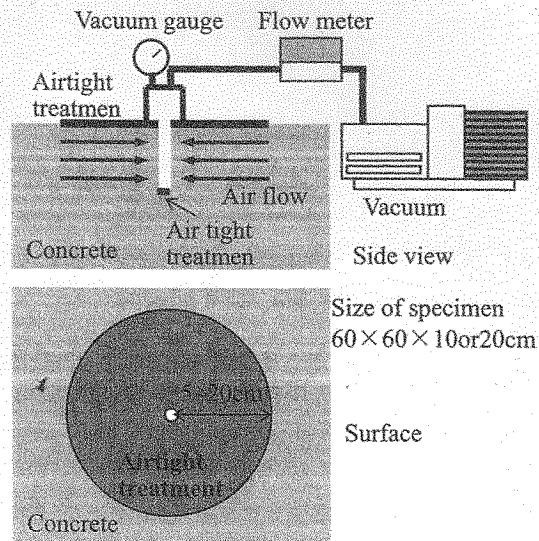


Fig. 2 Outline of seal intrusive method

なお、透気係数 $k(m^2)$ は $[L^2]$ の次元をもつ、理論上コンクリートの空隙構造のみに依存する固有透気係数である。

さらに、中心から任意の距離 r での半球面(表面積 $2\pi r^2$)を通る流量を Q_r とすると、式[1]は次式となる。

$$\frac{Q_r}{2\pi r^2} = \frac{k}{\eta} \frac{dP}{dr} \quad [2]$$

そして、中心から $r = r_1$ での圧力を P_1 、中心から $r = r_2$ での圧力を P_2 、 $r = r_1$ での流量を Q_1 として式[2]を積分すると次式が得られる。

$$k = \frac{Q_1 P_1}{\pi (P_2^2 - P_1^2)} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad [3]$$

式[3]をシール法における透気係数の算出に用いる。

2.2 シール削孔法

本研究でシール削孔法と呼ぶ方法は、Fig. 2 に示すようにシール法と同様にコンクリート表面を円形に気密処理し、さらにその中央に直径 1cm の孔を設けて、あとはシール法と同じように中央から真空ポンプで空気を吸出し、吸い出した流量から透気係数を算出するものである。削孔部の底面を気密処理し、コンクリート内部の空気の流れが Fig. 2 に示すようであると仮定し、さらにシール法と同じようにコンクリートの透気係数 k が一定であると仮定する。削孔部の深さを h とし、中心から任意の距離 r での円筒面(表面積 $2\pi rh$)を通る流量を Q_r とすると、次式が得られる。

$$\frac{Q_r}{2\pi rh} = \frac{k}{\eta} \frac{dP}{dr} \quad [4]$$

上式を中心から $r = r_1$ での圧力を P_1 、中心から $r = r_2$ での圧力を P_2 、 $r = r_1$ での流量を Q_1 として積分すると次式となる。

$$k = \frac{Q_1 P_1}{\pi h (P_2^2 - P_1^2)} \ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right) \quad [5]$$

式[5]をシール削孔法における透気係数の算出に用いる。

2.3 試験方法

本研究では後述する差分法解析の妥当性を確認するために提案する方法で透気試験を実施した。実験で主に使用した供試体には、一般に断熱材として用いられる押出法ポリスチレンフォームを用いた。これは本研究では試験方法を検討することが主目的であるため、試験条件を変えた時の試験結果や2つの方法の試験結果を比較する場合に供試体の品質の影響を少なくするためである。なお、本実験で使用した押出法ポリスチレンフォームの従来の供試体を用いた方法³⁾で測定した透気係数はコンクリートの透気係数と同程度の値であった。Photo. 1 は $60 \times 60 \times 10\text{cm}$ の押出法ポリスチレンフォームを用いたシール法の試験状況を示す。

シール法においては、シール半径を 5cm から 20cm まで 5cm 間隔で変化させて透気量を測定した。シール削孔法では供試体中央に半径 1cm の削孔を行い、孔の深さを 1cm から 8cm まで 1cm 間隔で深くした。なお、

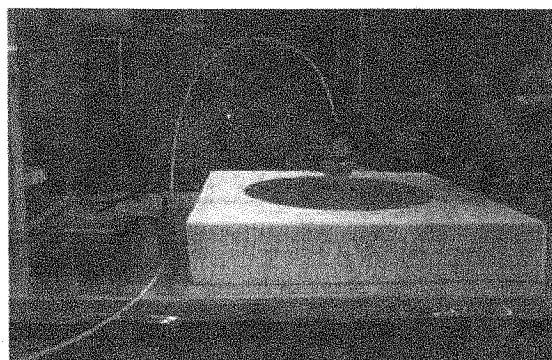


Photo. 1 Experimental situation on seal method

表面の気密処理はシール法と同じである。また、押出法ポリスチレンフォームに加えて、60×60×20cmのコンクリート供試体による試験も行なった。コンクリートはW/C = 50%で、材齢28日まで湿布養生を行い、その後は乾燥の程度が安定するまで実験室内で気中養生をした。

3. 差分法解析

3.1 解析の概要

本研究で提案するシール法およびシール削孔法で、式[3]および式[5]を用いて透気係数を求めるためには、コンクリート内部において、Fig.1およびFig.2で示したような空気の流れの状態である必要がある。上述の実験では透気量は計測できるが、内部の空気の流れは可視化することはできない。そこで本研究では解析によりシール法およびシール削孔法におけるコンクリート内部の透気状況の確認を行なった。

解析においてはシール法およびシール削孔法どちらも供試体中央を対称軸とする線対称であるので、全体の1/4の部分を解析領域とした。コンクリート中の定常状態の空気の流れに関する支配方程式は、連続の式およびDarcy 則から3次元の場合以下のように表される。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\rho \frac{k}{\eta} \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\rho \frac{k}{\eta} \frac{\partial P}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\rho \frac{k}{\eta} \frac{\partial P}{\partial z} \right) = 0 \quad [6]$$

ここに、 ρ は密度であり、透気係数 k は位置によって異なるが、方向には依存しないとする。また、空気の粘性係数は圧力の影響をほとんど受けないことおよびBoyleの法則から密度は圧力に比例し、その比例定数は位置に依存しないことから、式[6]は以下ようになる。

$$\frac{d}{dx} \left(kP \frac{dP}{dx} \right) + \frac{d}{dy} \left(kP \frac{dP}{dy} \right) + \frac{d}{dz} \left(kP \frac{dP}{dz} \right) = 0 \quad [7]$$

次に、コンクリート内部にFig.3に示す3次元配列の格子点 (n, m, l) を考え、その周りの大きさが $\Delta x \times \Delta y \times \Delta z$ のコントロールボリュームについて式[7]を積分すれば、以下の離散化方程式が得られる。

$$\begin{aligned} a_P(n, m, l) [P(n, m, l)]^2 &= a_E(n, m, l) [P(n+1, m, l)]^2 + a_W(n, m, l) [P(n-1, m, l)]^2 \\ &+ a_N(n, m, l) [P(n, m+1, l)]^2 + a_S(n, m, l) [P(n, m-1, l)]^2 \\ &+ a_T(n, m, l) [P(n, m, l+1)]^2 + a_B(n, m, l) [P(n, m, l-1)]^2 \end{aligned}$$

$$\text{ここに、} a_E(n, m, l) = \frac{\Delta y \Delta z}{\Delta x} \left(\frac{k(m, n, l) \cdot k(n+1, m, l)}{k(n, m, l) + k(n+1, m, l)} \right)$$

$$a_W(n, m, l) = \frac{\Delta y \Delta z}{\Delta x} \left(\frac{k(m, n, l) \cdot k(n-1, m, l)}{k(n, m, l) + k(n-1, m, l)} \right)$$

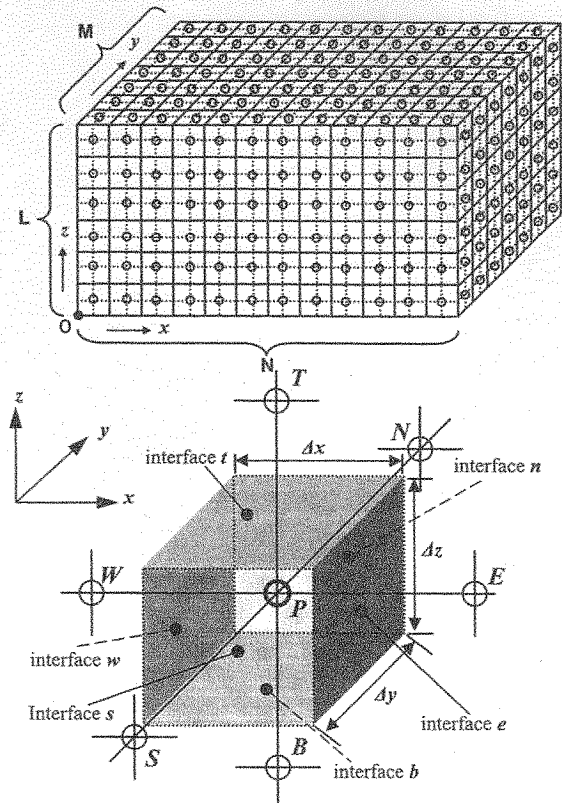


Fig. 3 Control volume and arrangement of control volume

$$a_N(n, m, l) = \frac{\Delta z \Delta x}{\Delta y} \left(\frac{k(m, n, l) \cdot k(n, m+1, l)}{k(n, m, l) + k(n, m+1, l)} \right)$$

$$a_S(n, m, l) = \frac{\Delta z \Delta x}{\Delta y} \left(\frac{k(m, n, l) \cdot k(n, m-1, l)}{k(n, m, l) + k(n, m-1, l)} \right)$$

$$a_T(n, m, l) = \frac{\Delta x \Delta y}{\Delta z} \left(\frac{k(m, n, l) \cdot k(n, m, l+1)}{k(n, m, l) + k(n, m, l+1)} \right)$$

$$a_B(n, m, l) = \frac{\Delta x \Delta y}{\Delta z} \left(\frac{k(m, n, l) \cdot k(n, m, l-1)}{k(n, m, l) + k(n, m, l-1)} \right)$$

$$a_P(n, m, l) = a_E(n, m, l) + a_W(n, m, l) + a_N(n, m, l) + a_S(n, m, l) + a_T(n, m, l) + a_B(n, m, l)$$

本研究では、コントロールボリュームの大きさ $\Delta x \times \Delta y \times \Delta z$ は $5 \times 5 \times 5$ mmとした。境界条件としては、気密処理面では圧力勾配が0となるよう設定し、気密処理されていない大気と接する面は大気圧(0.1N/mm²)とし、吸引する面は真空計で実測された吸引圧(0.01N/mm²)とした。全ての格子点に関する離散化方程式の解(圧力 $P(n, m, l)$)を求めるために、本研究では逐次緩和法を用いた。

3.2 解析結果と実測値の比較

Fig.4およびFig.5はシール法およびシール削孔法で計測された透気流量の実測値と差分解析で計算された透

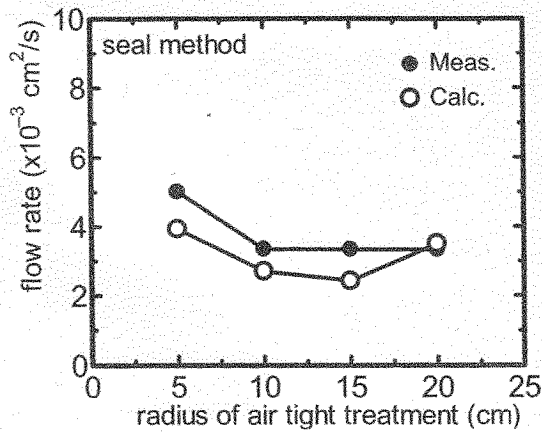


Fig. 4 Comparison of measured and calculated air flow rate by seal method

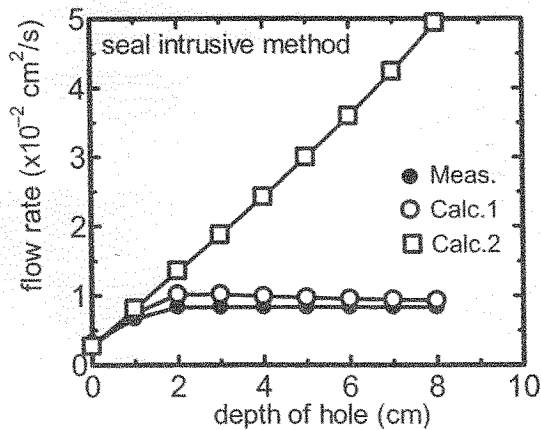


Fig. 5 Comparison of measured and calculated air flow rate by seal intrusive method

気流量を比較したものである。供試体の寸法は $60 \times 60 \times 10\text{cm}$ で、解析には別途一般的な方法で測定した押出法ポリスチレンフォームの固有透気係数 $5 \times 10^{-17}\text{m}^2$ を用いた。Fig. 4 によればシール法の実測値の透気流量はシール半径 10cm で低下したのちほとんど変化していない。計算値も実測値をやや過小評価しているがシール半径の増加に伴う透気流量の変化の傾向はほぼ評価しているといえる。一方、Fig. 5 はシール半径 10cm のシール削孔法の結果であるが、実測の透気量は孔の深さが 2cm 以上深くなってもほとんど増加せずほぼ一定である。計算値 1(Calc. 1)もやや過大評価しているが、削孔深さの増加による透気流量の傾向は実測値とほぼ一致している。この削孔深さが深くなっても透気流量が増加しない現象は、表面近傍のポリスチレンフォームから吸引部への空気の流れが形成されたためと考えられる。計算値 1 も吸引部に接する 1 つのコントロールボリュームの界面からの透気流量であり、解析結果も吸引部近傍での気途の形成を示唆している。削孔深さが深くなると透気域が広がり透気量は増加するはずである。そこで、計算値 2(Calc. 2)は削孔部に接するすべてのコントロールボリューム界面からの透気流量の合計を示しものであ

り、透気流量は削孔の深さとともに直線的に増加している。

本研究で用いる差分解析は一般的のもので、対象とする空気の流れも特殊でなく、透気流量のみではあるが解析値は実測値を適切に評価しているので、以下においては解析によってシール法およびシール削孔法の測定条件について検討する。

4. 測定条件の検討

4.1 シール法

シール法において透気係数を式[3]を用いて算出するためにはコンクリート内部で同じ圧力の位置が吸引部を中心に半球状に分布する必要がある。Fig. 6 は厚さ 10cm でシール半径 15cm の場合の供試体内部の空気の流速分布と圧力分布を示す。図からわかるように、吸引部と反対の面からの空気の流れが主であり、圧力の等圧線も半円とはなっていない。そこで、Fig. 7 は供試体厚さの違いがシール法における透気流量に及ぼす影響について示したものである。どのシール半径の場合にでも、供試体厚さが厚くなるにつれて透気流量が減少し、供試体厚さが 10cm 弱から増加に転じている。そして、供試体厚さが 20cm 以上において流量がほぼ一定となっている。これは、供試体厚さが薄い場合には吸引部の反対面からの空気の流れが透気流量に主として関係するた

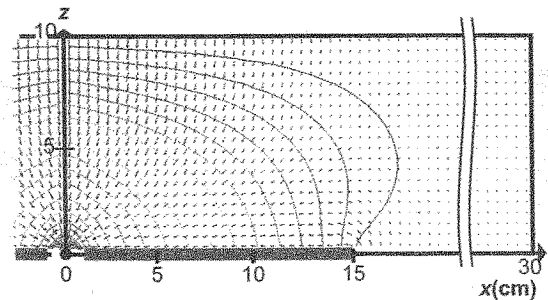


Fig. 6 Air flow and pressure distribution in specimen by seal method (Thickness of 10cm)

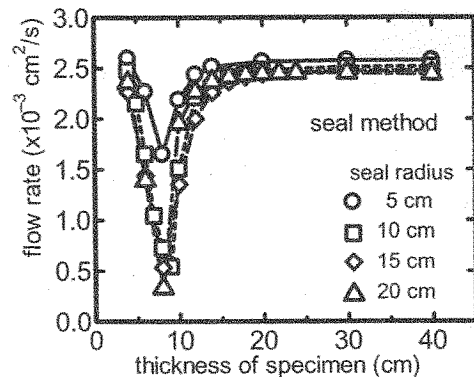


Fig. 7 Effect on air flow rate of thickness of specimen (seal method)

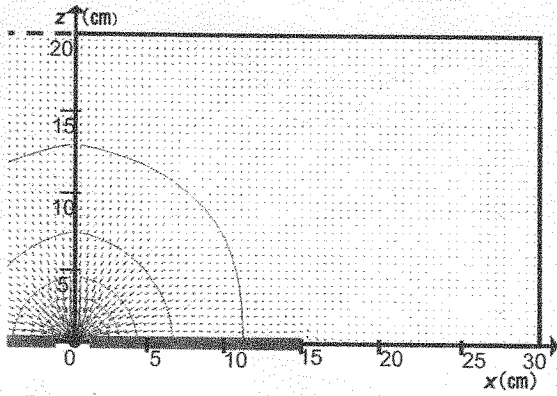


Fig. 8 Air flow and pressure distribution in specimen by seal method (Thickness of 20cm)

めであり、供試体が厚くなるにつれて透気流量は減少する。しかしながら、ある程度供試体が厚くなると、後述するが圧力分布が半球状となる流れに変化し、シール域全体からの流れが透気流量に関係するためである。

Fig. 8 は厚さ 20cm でシール半径 15cm の場合の供試体内部の空気の流速分布と圧力分布を示す。供試体厚さが厚くなると Fig. 6 とは異なり、圧力の等圧線が半円状になっており、また吸引部の反対側からの流れが特に多くなっている。図示はしていないが、供試体厚さが 20cm でシール半径 10cm および 20cm の場合でも Fig. 8 と同様な結果が得られた。以上のことから厚さが 20cm 以上の部材にシール法を適用すると式[3]の式によって透気係数を算出してよいと言える。なお、本解析では透気係数の大きさを変えていないが、本研究のように透気係数が全域で一定、すなわち位置に依存しない場合には 3.1 解析の概要で示した支配方程式の式(6)にお

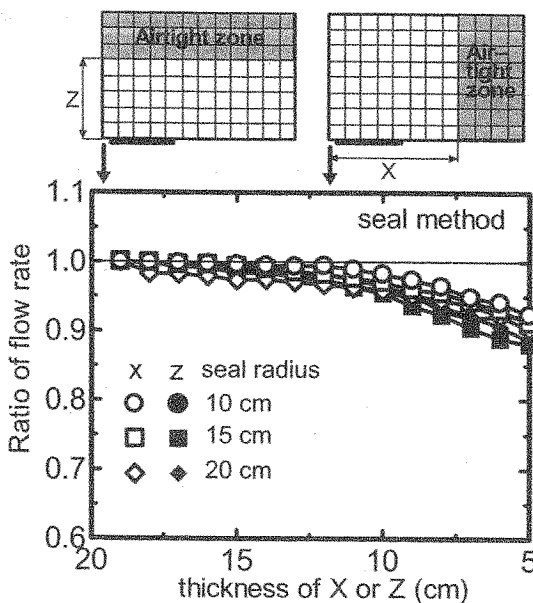


Fig. 9 Effect on air flow rate of thickness of airtight layer in specimen (seal method)

いて透気係数が消去されるので、圧力分布は透気係数の大きさに依存しない。

次にシール法で測定される透気流量に影響を及ぼす供試体内部の透気領域について検討する。検討方法は透気係数を元の値の 1 万分の 1 に小さくしたコントロールボリュームの範囲を x 方向および z 方向それぞれにおいて、吸引部の反対側から段階的に多くしていき、吸引部での透気流量の変化を調べた。Fig. 9 は元の透気係数の範囲と透気流量の低下割合を示す。緻密な層を設けることで、その部分からの流入がなくなり、緻密な層の範囲が増加、すなわち元の透気係数の範囲が狭くなるにつれて透気流量は低下している。特に、元の透気係数の範囲が 10cm 以下になると透気流量の低下割合が大きく減少している。反対に、元の透気係数の範囲が 10cm 以上であれば低下割合はシール半径によらず全て 0.95 以上である。このことから、シール法で透気係数を評価した場合には計算に用いる透気量に影響を及ぼす主な透気領域は吸引部から半径約 10cm の半球部分であると考えられる。

4.2 シール削孔法

シール削孔法において透気係数を式[5]を用いて算出するためにはコンクリート内部で同じ圧力の位置が吸引部の孔を中心に円筒状に分布する必要がある。シール法と同様に供試体厚さ 10cm の場合の解析結果では、吸引部の反対側からの流入があり、圧力分布は想定したものとはならなかった。そこで、供試体厚さ 20cm に関する解析を行なった。Fig. 10 はシール半径 15cm で削孔深さ 5cm の場合を解析結果を示す。図からわかるように、削孔の横に位置する部分には、 x 軸とほぼ平行の空気の流れが生じている。Fig. 11 はシール半径 15cm で削孔深さ 5cm の場合の表面から 0.5cm、2.5cm、5cm の位置における x 軸方向の圧力分布を示す。表面近くと削孔の深さの半分の位置での圧力分布はほぼ一致している。これは削孔の底部近傍を除けば、Fig. 10 に示したように圧力分布がほぼ円筒状となっているためである。しかしながら、表面から 5cm の削孔底面位置での

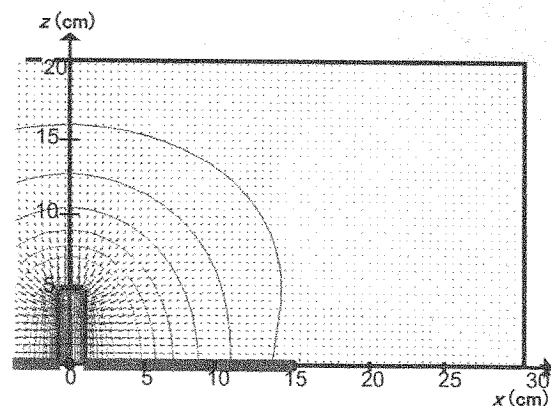


Fig. 10 Air flow and pressure distribution in specimen by seal intrusive method (Thickness of 20cm)

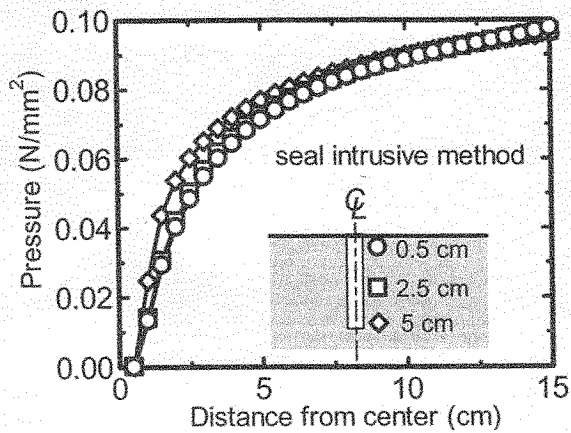


Fig. 11 Pressure distribution (seal intrusive method)

圧力分布と削孔表面近傍での圧力分布を比較すると、削孔の中心から約7cmの範囲において、削孔底面位置での圧力が表面近傍の圧力よりも高くなっている。これは、削孔底面近傍ではz軸方向からの空気の流入があるためである。図示はしていないが、削孔深さが10cmおよび15cmでもほぼ同じように、削孔底部近傍を除けば、圧力分布は削孔を中心とした円筒状になっている。

5. 透気係数の算出

Fig. 12 は表面のシール半径の大きさを変化させたシール法に関して差分解析して得られた吸引部での透気流量を用いて、式[3]から算出した透気係数を示す。図中の白四角は式[3]を用いて計算するにあたり、4.1の検討において、シール法では主な透気領域はシール半径によらず半径約10cmの半球の範囲である検討結果を得ていることから、 r_2 にはシール半径に関係なく10cmとし、 P_2 には大気圧を用いた結果である。 r_1 および P_1 には気密処理していない部分の半径である0.5cmと吸引圧を用いた。なお、シール法に関する式[3]およびシール削孔法に関する式[5]による透気係数の算出においてどの場合も r_1 および P_1 は上述と同じである。式[3]より算出した透気係数はシール半径によらず差分解析の

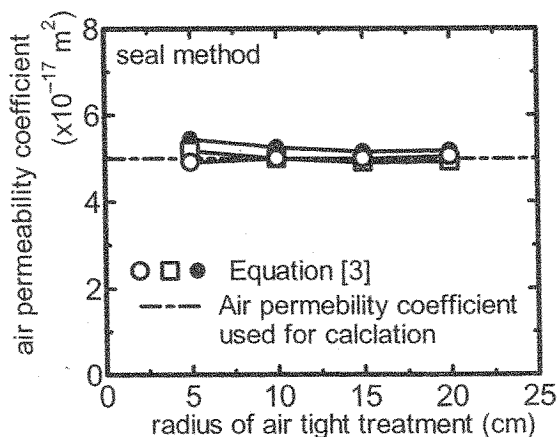


Fig. 12 Air permeability coefficient by eq. [3] (seal method)

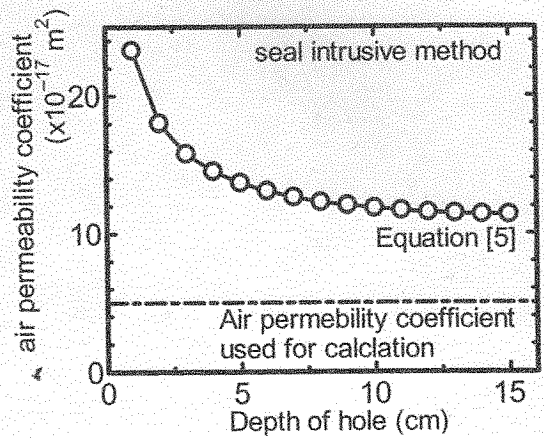


Fig. 13 Air permeability coefficient by eq. [5] (seal intrusive method)

コントロールボリュームに設定している透気係数と良く一致している。また、図中の白丸は r_2 にシール半径を用いた場合の計算結果である。 r_2 を10cmとした場合と計算結果はほとんど同じである。これは式[3]において r_2 の項より r_1 の項のほうが大きく、 r_2 の値が変化しても透気係数の計算結果にほとんど影響しないためである。参考に図中の黒丸は r_2 の項を無視して計算した結果であり、透気係数は若干大きくなる程度である。以上のことから、シール法においては圧力分布が半球状になることから、シール半径を用いて式[3]から透気係数を算出することができる。

Fig. 13 はシール半径を15cmで一定とし、削孔深さを变化させたシール削孔法に関して差分解析して得られた透気流量を用いて、式[5]から算出した透気係数を示す。式[5]から算出した透気係数は削孔深さが深くなるにつれて小さくなっている。また、差分解析のコントロールボリュームに設定している透気係数に比べて大きくなっている。これは、4.2で述べたように削孔に対して垂直で削孔側面へ流れ込む流速に加えて、削孔底部近傍において削孔深さよりも深い部分からの流れがあり、それにより吸引部での透気流量が多くなり、円筒状態の圧力分布を仮定し、削孔側面からのみの透気流量で計算する式[5]による透気係数より、大きな値となるためである。なお、式[5]によって計算された透気係数は削孔深さが約8cm以上では削孔深さの増加に伴う透気係数の減少割合が小さくなっており、ほぼ一定となっている。これは透気流量に占める削孔側面からの流入が主となり、削孔深さよりも深い部分からの流入の影響が小さくなったためである。従って、今後の課題ではあるが、シール削孔法では削孔側面以外からの流入を適切に評価してやれば、削孔深さに対応した部分の透気係数を評価できると思われる。

本研究で用いた方法では、シール法がシール削孔法より透気係数を適切に評価できることから、シール法で実構造物を模擬したコンクリート供試体の透気係数の測定を行なった。Fig. 14 は60×60×20cmのコンクリー

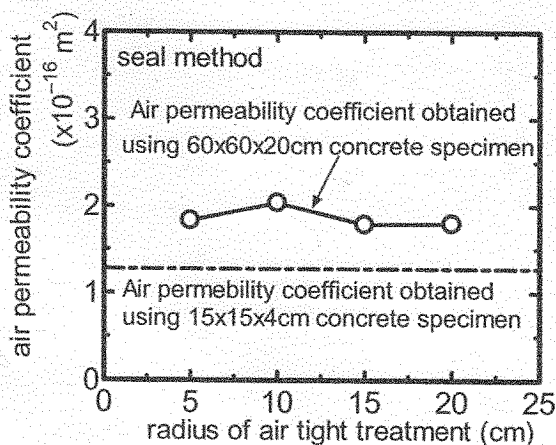


Fig. 14 Air permeability coefficient of concrete measured by seal method

ト供試体の 60×60 cm の面の中央に半径 0.5cm の円形の吸引部を残して、半径 5cm ~ 20cm までをエポキシ樹脂接着剤で気密処理したシール法から求めた透気係数を示す。また、図には、既往の研究で用いられている圧力容器に小型のコンクリート供試体 ($15 \times 15 \times 4$ cm) を取り付けて測定する方法⁴⁾で得られた透気係数も示している。シール法で得られた透気係数は差分解析と同様にシール半径によらずほぼ一定の値となっている。ただし、シール法による透気係数は小型の供試体による透気係数に比べて大きな値となっているが、この透気係数の差は試験方法の違いではなく、供試体間の品質や含水状態のばらつきに起因するものと考えられる。同じコンクリートで作製した小型供試体を用いた透気試験においても透気係数にはばらつきがみられ⁵⁾、Fig. 14 に見られる透気係数の差は許容できる差であり、シール法によってコンクリートの透気係数を適切に測定できていると考えられる。

6. まとめ

本研究はコンクリート構造物において透気係数という絶対的な指標を得るために、シール法およびシール削孔法の 2 つの現場透気試験方法を提案し、差分解析により透気領域や透気係数の算出について検討した。本研究の範囲で得られた結果をまとめると以下の通りである。

(1) シール法において、部材内部の等圧面が半球状となるためには部材厚さが 20cm 以上必要であり、シール半径は 10cm 以上必要である。

- (2) シール削孔法において、削孔底部近傍を除いて部材内部の等圧面が削孔を中心に円柱状となるためには部材厚さが 20cm 以上、シール半径 10cm 以上で、削孔深さは 8cm 以上必要である。
- (3) シール法において測定される透気流量には、10cm 以上のシール半径の大きさによらず、半径約 10cm の半球内の領域からの透気が主に影響する。
- (4) シール法によって得られた透気流量を用いて、ポリスチレンフォームおよびコンクリートの透気係数を比較的良好な精度で得ることができた。

さらに今後の課題として、シール削孔法においては、削孔深さに応じた透気係数を得ることができるが、削孔内部から透気流量を得る方法とその透気流量に含まれる削孔側面以外からの流入量の影響を考慮する方法を検討する必要がある。また、シール法およびシール削孔法どちらの場合も実用性の観点から、本実験ではコンクリート表面の気密処理にエポキシ樹脂を使用したのが、比較的簡単に剥がせて痕が残らない材料での検討も必要である。そして、全ての透気試験に関係するが、シール法およびシール削孔法においてもコンクリートの透気係数に及ぼすコンクリートの含水状態の影響をどのように考慮するかを今後取り組む必要がある。

参考文献：

- 1) コンクリート委員会・規準関連小委員会：土木学会規準「電気泳動によるコンクリート中の塩化物イオンの実効拡散係数試験方法(案) (JSCE-G571-2003)」の制定、土木学会論文集、No. 767/V-64, pp. 1-9 (2004)
- 2) 氏家勲：実構造物におけるかぶりコンクリートの吸水性、透水性、透気性の測定方法、コンクリート工学、Vol. 32, No. 12, pp. 43-47 (1994)
- 3) 今本啓一ほか：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、コンクリート工学、Vol. 44, No. 2, pp. 31-38 (2006)
- 4) 水谷幸夫、香月正司共訳：コンピュータによる熱移動と流れの数値解析、森北出版、pp. 24-78 (1988)
- 5) 例えば、神田衛ほか：コンクリートの透気性に関する 2, 3 の実験、セメント技術年報 32, pp. 376-378 (1978)

INVESTIGATION ON MEASUREMENT METHOD OF AIR PERMEABILITY COEFFICIENT OF CONCRETE AT REAL STRUCTURE

Isao UJIKE*¹, Takashi TSUCHIYA*² and Shin-ichiro OKAZAKI*¹

*1 EHIME UNIVERSITY, Graduate School of Science and Engineering, Dept. of Engineering for Production and Environment (3, Bunkyo-cho, Matuyama-shi, Ehime 790-8577, Japan)

*2 SUMITOMO OSAKA CEMENT CO. LTD., Construction Materials Division (6-28, Rokuban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8465, Japan)

ABSTRACT : The objective of this study is to propose an in-situ air permeability test method which can obtain an air permeability coefficient by measurement at a concrete structure. In this study, the region of air flow in concrete is investigated by finite difference analysis by which the reproducibility of the experimental result is confirmed. About the concrete for analysis, airtight treatment is carried out circularly and further a hole is made in center of circular airtight treatment. Based on the results of analysis, the measurement conditions on computing the air permeability coefficient from the in-situ air permeability test are examined.

KEY WORDS : Concrete, Air Permeability Coefficient, In-situ Measurement, Test Method, Maintenance, Finite Difference Method