

## コンクリートの表層透気性に及ぼす表面気泡抜き取り装置の影響

徳島大学大学院 学生会員 ○山田悠二 徳島大学大学院 正会員 渡辺 健  
 徳島大学大学院 正会員 橋本親典 山全 非会員 井上裕史

## 1. はじめに

表面気泡抜き取り装置（写真-1，以降，装置と称す）は打設時にコンクリートと型枠の境界面に挿入することでコンクリート表面の気泡を除去して美観の向上を図れる。また，表面に締固め効果を寄与するため，表面の密実性を向上させ，劣化因子の侵入を抑制することが示唆される。既報で我々の研究グループは装置使用により中性化抵抗性が向上することを報告した<sup>1)</sup>。本要旨ではさらに装置使用による物質移動抵抗性への影響について検討するため，トレント法により表層透気試験を行った結果について報告する。

## 2. 実験概要

## 2.1 試験体およびコンクリートの配合

試験体作製に使用したコンクリートの配合を表-1に示す。配合は，目標スランプ  $18\text{cm} \pm 2$  (No.1) および  $8 \pm 2\text{cm}$  (No.2) とした。試験体は立方体 ( $200\text{mm} \times 200\text{mm} \times 200\text{mm}$ ) とし，各配合で装置使用と未使用で作製し，28日間の水中養生を行った後，気中に半年間，静置させて試験に供した。

試験体の作製は，コンクリートを型枠に一層で詰めた後，内部振動機により締固めを5秒間行った。締固め時間はコンクリート標準示方書 施工編で示される振動締固め時間の目安<sup>2)</sup>である5秒～15秒の下限值とした。このため，締固め条件は比較的に厳しい。また，施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針に示される打込みのスランプと単位セメント量の関係図<sup>3)</sup>より，No.2は粘性が過度であると推定され，No.1に比べて型枠への充填性が劣ることを想定した。

装置は，締固め後に側面4面に使用した。

## 2.2 表層透気試験

## 2.2.1 含水率の測定

試験体の表面含水率をコンクリート・モルタル水分計により測定した。測定結果は，すべての試験体の測定箇所でも5%前後となり，ほぼ一定の含水状態であった。

2.2.2 透気係数の測定<sup>4)</sup>（トレント法）

測定箇所は試験体側面の4面とし，測定位置は試験体中央とした。測定はダブルチャンバーを用い，トレント法により行った（写真-2）。試験方法および透気係数の算出については，内部と外部のチャンバー内を減圧し，減圧開始60秒以降の内部チャンバー直下からの栓流によるチャンバー内の圧力変化量と経過時間を測定し，式(1)により透気係数  $KT (\times 10^{-16} \text{m}^2)$  を求めた。

$$KT = 4 \left( \frac{V_c \left( \frac{dp_i}{dt} \right)}{A(p_a^2 - p_i^2)} \right) \frac{\eta p_a}{\varepsilon} \int_{t_0}^t \left[ 1 - \left( \frac{p_i}{p_a} \right)^2 \right] dt \quad (1)$$

ここに， $V_c$  は内部チャンバーと接続要素（ホース等）の容積 ( $\text{m}^3$ )， $\varepsilon$  はコンクリートの空隙量 ( $0.15 (\text{m}^3/\text{m}^3)^5$ )， $p_a$  は大気圧 ( $\text{N}/\text{m}^2$ )， $p_i$  は内部チャンバーの圧力 ( $\text{N}/\text{m}^2$ )， $A$  は栓流の断面積 ( $\text{m}^2$ )， $\eta$  は気体の粘性 ( $\text{Ns}/\text{m}^2$ ) である。

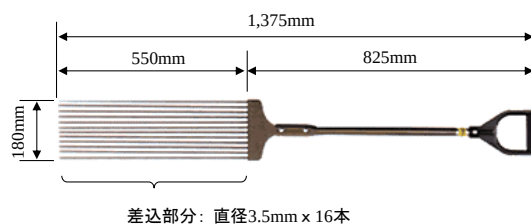


写真-1 表面気泡抜き取り装置

表-1 コンクリートの配合

| 配合   | W/C (%) | s/a (%) | 単位量 (kg/m³) |     |     |     | 実測値     |         |
|------|---------|---------|-------------|-----|-----|-----|---------|---------|
|      |         |         | W           | C   | S   | G   | SL (cm) | Air (%) |
| No.1 | 50      | 45      | 175         | 350 | 771 | 946 | 18      | 4.7     |
| No.2 | 45      | 45      | 158         | 350 | 791 | 970 | 6       | 3.0     |



写真-2 表層透気試験の様子

### 3. 試験結果および考察

写真—3に試験体表面の様子の一例を示す。No.1では、装置使用により表面気泡は概ね除去された。一方、No.2では装置使用により未使用と比べて大きな表面気泡が見受けられた。これは装置使用により、コンクリート表面付近に内在する気泡が表面化したことが一因と思われる。

表層透気試験により得られた透気係数を図—2に示す。図中の透気係数は側面4面の平均を示した。透気係数KTによる品質評価は、Torrentの研究報告<sup>5)</sup>を参考に「優」、「良」、「一般」、「劣」、「極劣」の5段階で行った。「優」は透気係数 $KT=0.001\sim0.01$  ( $\times 10^{-16}m^2$ )、「良」は $KT=0.01\sim0.1$  ( $\times 10^{-16}m^2$ )、「一般」は $KT=0.1\sim1$  ( $\times 10^{-16}m^2$ )、「劣」は $KT=1\sim10$  ( $\times 10^{-16}m^2$ )、「極劣」は $KT=10\sim100$  ( $\times 10^{-16}m^2$ )である。

これによると、今回の測定結果はすべて一般の範囲であり、配合や装置使用によって品質が大きく異なるというものではなかった。しかしながら、No.1およびNo.2の双方で、装置未使用に比べて装置使用では透気係数が減少した。

図—3に試験体側面の4面における透気係数の変動係数を示す。No.1とNo.2を比較すると、No.2の方が全体的に変動係数は大きくなった。No.2では過度な粘性から、型枠への充填性が十分ではなく、所々に充填不足な箇所が見受けられた。このような影響から、No.2の方が試験体の側面ごとで表層品質のばらつきが大きくなり、その結果が透気係数のばらつきに表れたと考えられる。一方で、装置使用により変動係数が減少する傾向が両配合で見られた。特にNo.1では、未使用の1/2程度となり、より顕著な効果が表れた。これはコンクリートの締固め性が装置による表面の締固め易さに影響したためと思われる。

表面の様子と表層透気試験結果から、No.1では気泡の除去効果と表層透気性の向上が見られた。粘性が高いNo.2では、装置使用により内在する気泡が表面化し、その気泡の除去には至らなかったが、表層透気性は向上した。

### 4. まとめ

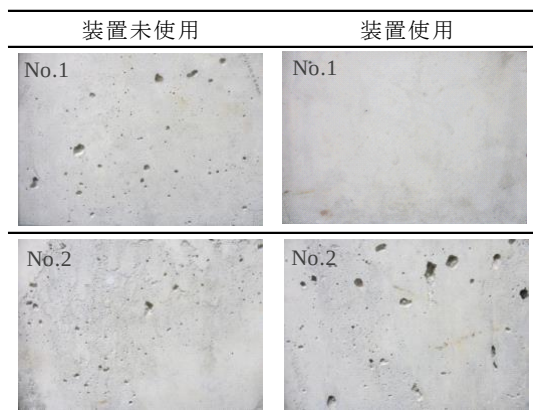
装置使用により透気係数は減少し、また測定箇所ごとの透気係数の変動係数を抑制できた。装置の使用は、表層品質を向上させ、品質のばらつきを抑制することが示された。

### 謝辞

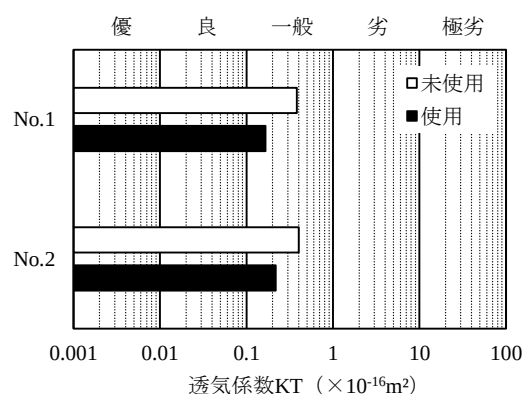
トレント法による実験については、東京理科大学の今本啓一教授にご協力を頂いた。深謝申し上げます。

### 参考文献

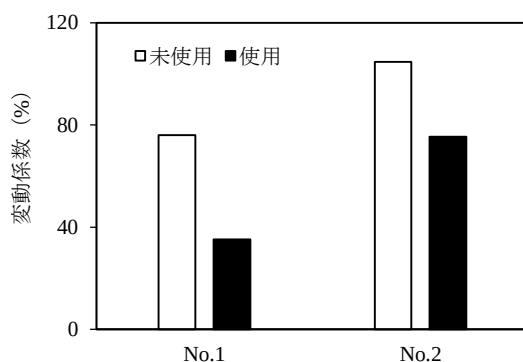
- 1) 渡辺健, 橋本親典ほか: 表面気泡抜き取り装置によるコンクリート表層の改善効果に関する検討, 土木学会四国支部講演概要集, Vol.20, pp.253-254, 2014.5
- 2) 土木学会編: コンクリート標準示方書 施工編[2012年度版], pp.117-118, 2012.12
- 3) 土木学会編: コンクリートライブラリー126, 施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針(案), 2007.3
- 4) 下澤 和幸, 今本 啓一, 山崎 順二, 永山 勝: 鉄筋コンクリート構造物の耐久性能検証のための透気性試験による指標値と中性化深さの関連について, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.2005-2010, 2009.7
- 5) Torrent, R.: A two-chamber vacuum cell for measuring the coefficient of permeability to air of the concrete cover onsite, Mater.&Struct., Vol.25, No.150, pp.358-365, July.1992



写真—3 試験体表面の様子



図—2 透気係数 KT



図—3 試験体 4 面における透気係数の変動係数