# 硬化後のモルタルの空気量の測定方法が空隙量および硬化物性に及ぼす影響

名古屋工業大学大学院　学生会員　○水野　浩平
名古屋工業大学大学院　正会員　吉田　亮
竹本油脂株式会社　正会員　齊藤　和秀
名古屋工業大学大学院　フェロー　梅原　秀哲

## 1. はじめに

AE 剤によりコンクリート内に連行された空気泡は凍結融解抵抗性の向上，圧縮強度の低下などの影響をもたらすことが既往の研究より明らかにされている．コンクリートの空気量は多くの場合，フレッシュ時に測定を行うが，凍結融解抵抗性や圧縮強度などの硬化物性に及ぼす影響は，フレッシュ時よりも硬化後の空気量の方が大きいと考えられる．そこで本研究では，モルタル供試体の硬化後の空気量を，異なる 2 種類の方法で測定し，硬化後の空気量と空隙量および硬化物性との関係性を検討した．

## 2. 実験概要

### 2.1 供試体作製

モルタル供試体は普通ポルトランドセメント，石灰石砕砂，アルキルエーテルサルフェート系の AE 剤，ポリエーテル系の消泡剤，水道水を用いて，W/C=0.5 で作製した．モルタルを構成する水とセメントと細骨材の割合は 0.5：1：2.5（質量比）である．また，フレッシュ時の目標空気量を 3.5, 6, 7.5%の 3 水準設定し，AE 剤の添加量を変えることで空気量を調整した．**表 1** に配合，空気量および空隙量を示す．なお各配合において円柱供試体(φ100×200 mm) 1 本，円柱供試体(φ50×100 mm)3 本，円盤供試体(φ50×10 mm)3 個，および 100 ml の PP 製カップを型枠とした供試体 3 個を作製し，材齢 3 日で脱型を行い材齢 28 日まで水中養生を行った．

### 2.2 吸水による空気量

100 ml の PP 製カップを型枠とした供試体を各配合 3 個使用し，**式 1** により吸水による空気量を算出した．

$$A=\frac{\dfrac{M(m_1-m_2)}{\rho_w}-m_0}{m_0}\times 100 \qquad \text{（式 1）}$$

ここに，A：硬化後の空気量(%)

M：1m$^3$ あたりのモルタルの質量(g)

$m_0$：脱型時の質量(g)

$m_1$：真空吸水後の気中質量(g)

$m_2$：真空吸水後の水中重量(g)

$\rho_w$：水の密度(g/cm$^3$)

### 2.3 リニアトラバース法よる空気量

φ100×200 mm の円柱供試体の中央部分を 4 cm 程度の厚さに切り出し，表面を研磨した供試体を用いリニアトラバース法により画像解析を行い，空気量を算出した．また，得られた気泡径分布を図 1 に示す．

### 2.4 空隙量測定

試料は，透気試験実施後の φ50×10 mm の円盤供試体を，一辺 5 mm 程度の立方体となるようにハンマーとたがねを用いて成形し，1 個の供試体から 3 個，1 配合合計 9 個の試料を使用した．成形後，前処理としてアセトンに 3 日浸漬させ，乾燥炉を用いて 24 時間，40℃で試料の乾燥を行った．試験は R.H.25%→R.H.80%→真空吸水の順で湿度環境を変化させ，質量の測定を行った．乾燥後から吸水後までに増加した質量より全空

**表 1　配合，各種空気量および空隙量**

| 供試体種別 | W/C | AE剤 | 消泡剤 | 空気量(%) | | | 空隙量(ml/ml) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 添加量（C×%） | 添加量（C×%） | フレッシュ時 | 硬化後 | 画像解析 | 全空隙 | 3.96nm以上 | 21.5nm以上 | 3.96nm以下 | 21.5以下 |
| Air6.0 | 50 | 0.01 | 無添加 | 5.9 | 4.4 | 4.2 | 0.1790 | 0.1355 | 0.1177 | 0.0435 | 0.0613 |
| Air6.0A | | | 0.001 | 5.7 | 5.1 | 3.3 | 0.1802 | 0.1366 | 0.1187 | 0.0436 | 0.0615 |
| Air3.5 | | 0.004 | 無添加 | 3.8 | 3.4 | | – | – | – | – | – |
| Air3.5A | | | 0.001 | 3.4 | 3.1 | 3.5 | 0.1768 | 0.1358 | 0.1180 | 0.0409 | 0.0587 |
| Air7.5 | | 0.02 | 無添加 | 7.4 | 6.4 | 5.9 | 0.1871 | 0.1424 | 0.1232 | 0.0447 | 0.0639 |
| Air7.5A | | | 0.001 | 7.5 | 6.8 | 4.1 | 0.1850 | 0.1410 | 0.1219 | 0.0440 | 0.0631 |

キーワード：硬化モルタル，AE 剤，空気量，空隙量，圧縮強度，透気係数

連絡先：〒466-8555　名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学大学院　TEL 052-735-512

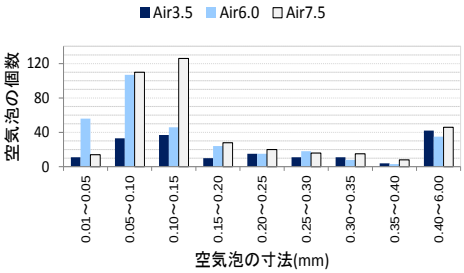

図 1　気泡径分布

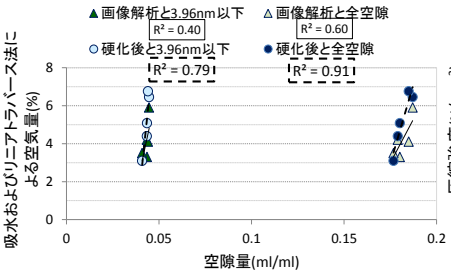

図 2　空気量と空隙量の関係

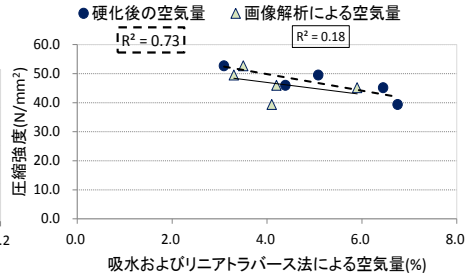

図 3　空気量と圧縮強度の関係

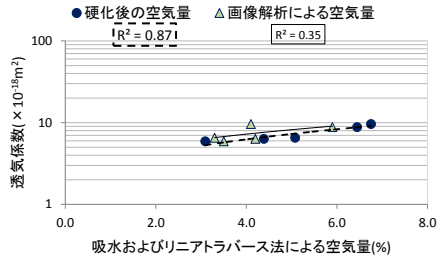

図 4　空気量と透気係数の関係

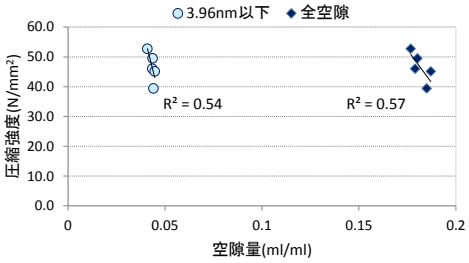

図 5　空隙量と圧縮強度の関係

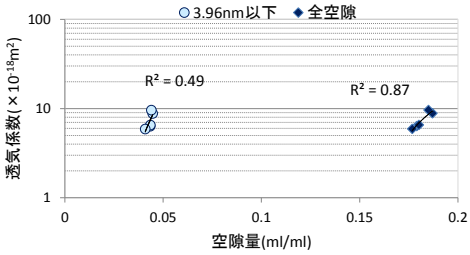

図 6　空隙量と透気係数の関係

隙量を求め，吸着水を考慮した際の相対湿度と空隙径の関係より，各湿度環境での試料の質量をもとに 3.96 nm，および 21.5 nm を基準とする空隙量を算出した．

### 2.5 圧縮強度試験

φ50×100 mm の円柱供試体を各配合 3 本使用し，JIS A 1108 に準拠して行った．

### 2.6 透気試験

φ50×10 mm の円盤供試体を各配合 3 個使用し，前処理としてアセトン浸漬を 1 カ月程度，真空乾燥を 2 週間程度実施した後，直ちに試験を行った．また，透気試験の負荷圧力は 0.3 MPa である．透気係数は空気の圧縮性を考慮した式より算出した．

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 各種空気量と空隙量の関係

吸水およびリニアトラバース法による空気量と空隙量の関係を**図 2** に示す．吸水による空気量には空気泡以外の空隙を含むことが考えられる．一方，リニアトラバース法による空気量は測定時に空気泡のみを抽出している．線形近似した場合の決定係数をみると，吸水による空気量と全空隙が 0.91，吸水による空気量と 3.96 nm 以下の空隙は 0.79 であり，また，リニアトラバース法による空気量と全空隙が 0.60，リニアトラバース法による空気量と 3.96 nm 以下の空隙は 0.40 となっており，2 種類の空隙量でともにリニアトラバース法による空気量の方が低くなった．これはリニアトラバース法による空気量が空隙を含まないことに通じると思われる．

### 3.2 各種空気量と圧縮強度および透気係数の関係

吸水およびリニアトラバース法による空気量と圧縮強度の関係を**図 3** に示す．吸水による空気量増加に伴い，圧縮強度が低下する傾向がみられた．一方，リニアトラバース法による空気量と圧縮強度に相関関係はみられない．次に吸水およびリニアトラバース法による空気量と透気係数の関係を**図 4** に示す．吸水による空気量増加に伴い，透気係数は同一オーダー内におけるわずかな差であるが増加する傾向が見られた．リニアトラバース法による空気量と透気係数の相関は低い結果となった．

### 3.3 空隙量と圧縮強度および透気係数の関係

空隙量と圧縮強度の関係を**図 5** に示す．圧縮強度は線形近似した場合，全空隙量および 3.96 nm 以下の空隙量ともにやや低い決定係数となった．次に空隙量と透気係数の関係を**図 6** に示す．線形近似した場合，全空隙量より 3.96 nm 以下の空隙量の方が低い決定係数となった．これより，3.96 nm 以下の空隙がモルタルの透気性状に与える影響は少ないことが考えられる．

## 4. まとめ

吸水およびリニアトラバース法によりを用いて硬化モルタルの空気量を測定し，各種硬化物性との関係について検討した．2 種類の測定方法によって得られる空隙が異なる可能性が見出だされた．

**謝辞**：本研究において中部採石工業株式会社　牧宗一郎氏，竹本油脂株式会社　野田貴寛氏，名古屋工業大学　太田健司氏，落合昂雄氏には大変多くの御指導，御支援頂きました．ここに記し深く感謝致します．

**参考文献**：秋山仁志ほか：AE 剤の混和がセメントペーストの細孔径分布および透気性に及ぼす影響，土木学会第 66 回年次学術講演会論文集，V‐498，2011．9