

X線CT法によるモルタル供試体の気泡分布評価について

東海大学大学院	学生会員	○坊村	侑
東海大学大学院	学生会員	高橋	奈津子
千葉工業大学	正会員	橋本	紳一郎
東海大学	正会員	伊達	重之

1. はじめに

エントレインドエアは、ブリーディング現象を抑制することが知られており、材料分離や沈下ひび割れを低減することができる。しかし、ブリーディング現象によってエントレインドエアが合一あるいは破泡するとも報告されており、空気量の減少により気泡組織の変化が耐凍害性や沈下ひび割れなどに影響を及ぼすことで品質低下が問題視されている¹⁾。そのため、ブリーディング現象とエントレインドエア保持の関係は明らかになっていない。

X線CT法は供試体の内部の様子を3Dで確認できる非破壊検査方法である。内部の様子は実体状態で確認でき、空洞やひび割れ等の変状を検出し、その位置や立体形状表示などが可能で今後に期待されている。

本研究では、X線CT(東海大学イメージング研究センター Nikon X TH 225ST)を用いてモルタル供試体内部を観察し、ブリーディングによって気泡組織にどのような影響があるか評価を試みた。供試体は過度にブリーディングさせたものを作製し、ブリーディングによって故意に水道を形成させることで、その水道周辺と健全部周辺での気泡組織の比較を容易にした。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合条件

表-1および表-2に使用材料および配合条件を示す。AE剤は、気泡膜厚が薄いアルキルエーテル系陰イオン界面活性剤を使用し、モルタルの供試体を製作した。

表-1 使用材料

材料名	種類	密度 (g/cm ³)
セメント	普通ポルトランドセメント	3.16
細骨材	川砂	2.69
減水剤: Ad	リグニンスルホン酸系 減水剤	—
AE剤: AE	アルキルエーテル系 陰イオン界面活性剤	—
模擬鉄筋	塩化ビニル管 (外径 60mm)	—

2.2 供試体

供試体は10×10×40cmの縦打ちの型枠を用いた(10×10が打設口)。また、型枠には鉄筋を模擬した塩化ビニル管を供試体中心部に設置し、その下面にブリーディング水が溜まる構造にし、水道の形成を試みた。その後、X線透過率を考慮して供試体を3×5×10cmのサイズにカットした。

2.3 測定条件および解析項目

表-3にX線CT測定条件を示す。鮮明に気泡や水道の2D画像を得るため、投影枚数を2000枚に設定した。その画像より解析ソフトを用いて、気泡や水道を3D画像に可視化した。また、水道周辺と健全部周辺の気泡分布解析するために、ROI(関心領域)を設定し、空気量解析を行った。計5カ所のROIを設け、気泡分布を比較している(図-1参照:左からA~E)。ここでは、エントレインドエア相当の気泡サイズ(直径1.0mm以下)²⁾を赤色、それ以外のサイズを青色に着色し、明瞭化した。

表-2 配合条件

W (kg/m ³)	W/C (%)	S/C	Ad	AE
			(C×%)	
356	45	2.4	1	0.008

表-3 X線CT測定条件

エネルギー (kV)	ビーム電流 (μA)	露光時間 (S)	投影枚数 (枚/360°)
220	335	2.0	2000

キーワード X線CT, ブリーディング, モルタル, 水道, エントレインドエア, 気泡分布

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1 東海大学湘南校舎 TEL 0463-58-1211

3. 結果および考察

図-1 に X 線 CT 解析により作成された供試体の透過画像と ROI の解析状況を示す。図中濃い丸は塩化ビニル管で、その直下にブリーディング水等で形成されたと思われる空間が横に広がる灰色で示された。また、それに繋がる縦に細長い空洞が確認できた(図中赤点線内)。これは、ブリーディング水の移動で形成された水道と推察できる。また、塩化ビニル管の右側でも水道の形成が確認できた。

図-2 に ROI による分析結果を示す。水道に最も近い ROI-C は、5 つの ROI の中で空気量が最大値を示した。しかし、空気の内訳においてエントレインドエア量が他の ROI より最も少ない値を示す結果が得られた。これは、ブリーディング水の流れと共に移動しながら気泡が破泡あるいは合一を生じてエントレインドエアが減少し、気泡径が大きいエンラップトエアに肥大したためと推察した。その結果、水道から比較的離れている ROI-A・E と比べて空気量は大きく変化し、エントレインドエアの空気量も減少していることが確認できる。また、水道に近い ROI-D も C と同じ傾向を示し、図-1 より ROI-C・D はその他の ROI に比べ、青色の領域、つまり直径 1mm 以上の空気量が多いことが確認できる。また、フレッシュ時の空気量と比べると ROI-C は約 1.5 倍増加し、空気量の変化が顕著に表れている。これらの傾向はアルキルエーテル系陰イオン界面活性剤の気泡膜が薄く、ブリーディング水によって気泡膜を維持する力が減少し、細かい気泡が破泡し、またそれが合わさる合一が発生したと考察する既往研究¹⁾と比較し、妥当性が確認できる。

X 線 CT 法は硬化コンクリートのマトリクス分析を 3D 画像より、容易に、かつ、高精度に目視でできることが優位な特徴で、高い信頼性結果を期待できる。今後、X 線 CT 法の評価結果とフレッシュコンクリートの状況を合わせて解析し、蓄積することで、施工後の硬化コンクリートの状態予測が可能になると考えられ、本報告のような X 線 CT 法の評価方法は有用性があると思われる。

4. まとめ

- (1) 水道周辺と健全部周辺の空気量を比較すると、水道周辺は空気量が増大しながらもエントレインドエアの空気量の減少が示された。
- (2) X 線 CT 法は、水道の位置や形状の立体表示ができた。また、硬化後の空気量測定や気泡径の区別が可能のため、気泡組織観察の評価方法として有用性がある。

参考文献

- 1) 坂田昇ほか：コンクリートの気泡組織と耐凍害性の関係に関する考察，コンクリート工学論文，Vol.23，No.1，pp.35-47，2012
- 2) 池上裕樹ほか：実構造物フライアッシュコンクリートの空隙構造のイメージング，コンクリート工学年次論文集，Vol.33，No.1，pp.1859-1864，2011

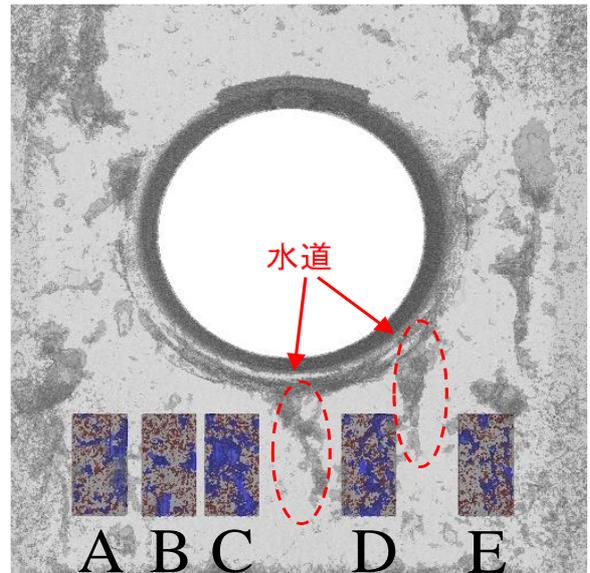


図-1 ROI による X 線 CT 解析

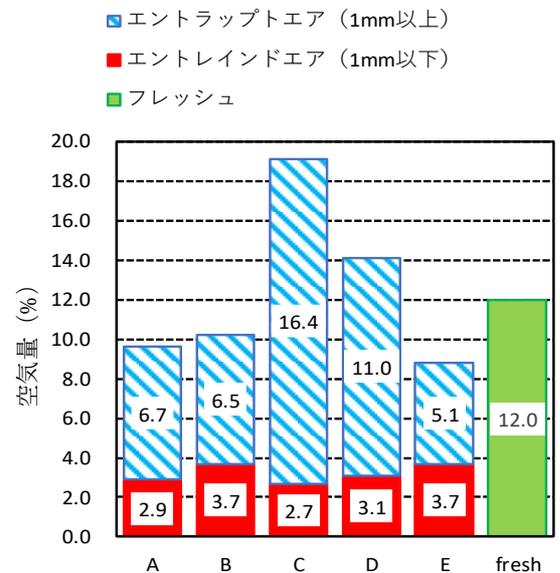


図-2 各 ROI の分析結果