

気泡間隔係数によるコンクリートの凍結融解抵抗性の評価に関する一考察

大林組技術研究所 正会員 近松 竜一
 大林組技術研究所 フェロー 入矢桂史郎
 大林組技術研究所 フェロー 十河 茂幸

1. まえがき

一般に、コンクリートに十分な凍結融解抵抗性を付与するには、水セメント比を小さくした AE コンクリートとし、粗骨材の最大寸法に応じて空気量を 4~7% とすることが推奨されている。

フレッシュコンクリート中のエントレインドエアの連行性は、使用する骨材やセメント、フライアッシュなどの混和材の品質、配合条件、練混ぜ方法や温度など、様々な要因の影響を受ける¹⁾。また、最近では AE 剤を単独で使用するよりも、AE 減水剤や高性能 AE 減水剤と組み合わせて用いる場合が多くなっている。しかし、これら減水剤の種類による気泡連行性の相違に関しては、必ずしも明確であるとはいえない。

そこで、本稿では同一配合で減水剤の種類および空気量の水準を変化させ、コンクリートの凍結融解抵抗性や気泡分布との関連性を調べるとともに、気泡間隔係数による凍結融解抵抗性の評価について検討した。

2. 実験概要

実験の検討要因は減水剤の種類および空気量とした。減水剤は、リグニンスルホン酸系 (RS)、ポリカルボン酸系 (PC)、ナフタリン系 (NS)、アミノスルホン酸系 (AS)、メラミン系 (MS) の 5 種類を使用した。フレッシュ時の空気量は、これらのコンクリートに対して、1.5~5% の範囲で 3~4 水準に変化させた。

使用材料として、セメントは普通ポルトランドセメント (密度 3.16g/cm^3 、ブレン値 $3350\text{cm}^2/\text{g}$)、細骨材は木更津産陸砂 (表乾密度 2.60g/cm^3 、吸水率 1.85%、F.M.2.85)、粗骨材は青梅産砕石 (最大寸法 20mm、表乾密度 2.65g/cm^3 、吸水率0.63%、F.M.6.73) を使用した。減水剤と併用する AE 剤は変性アリキルカルボン酸系の製品を用い、空気量を調整した。

コンクリートの配合は、水セメント比55%、単位セメ

ント量 280kg/m^3 の一定とし、所要のスランプおよび空気量となるよう減水剤および AE 剤の添加量を調整した。なお、調整後のスランプは $8\pm 1.5\text{cm}$ であった。

練混ぜには二軸強制練りミキサ (容量 60 リットル) を用いた。骨材、セメントを投入し 10 秒空練りした後、混和剤を溶解した練混ぜ水を加え 60 秒間練り混ぜた。凍結融解試験は JIS A 1148 (A 法)、動弾性係数測定は JIS A 1127 に準拠した。また、気泡間隔係数は ASTM C 457 に準拠し測定した。試料は供試体表面を平滑に仕上げた後、白色顔料を混入したワックスを気泡の空隙に塗りこみ、周辺を黒に着色して二値化し画像解析装置により気泡の大きさ、個数および面積を測定した。測定範囲は $60\text{mm}\times 60\text{mm}$ の範囲を縦横 15 等分割して計測し、気泡を球体と想定した比表面積を算出し、気泡間隔係数を求めた。

3. 実験結果および考察

フレッシュコンクリートの空気量と耐久性指数の関係を図 1 に示す。既往の知見と同様に空気量が 3% 前後を境として凍結融解抵抗性の評価が分かれている。また、AE 減水剤 (RS) を使用した配合では空気量が少ない場合も耐久性指数が大きい結果となっている。

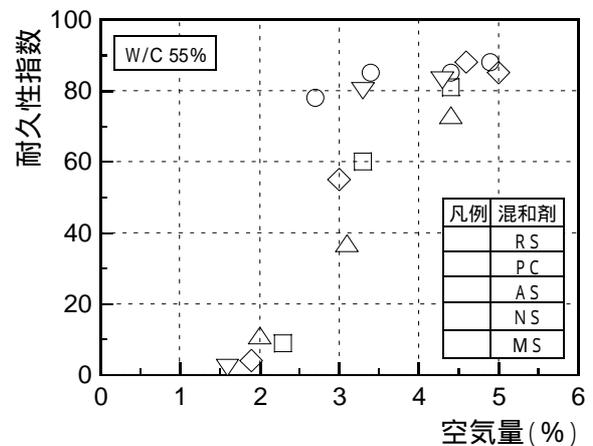


図 1 フレッシュ時の空気量と耐久性指数

キーワード 気泡間隔係数, エントレインドエア, 空気量, 凍結融解抵抗性, AE 減水剤, 高性能 AE 減水剤
 連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所 Tel 0424-95-0930

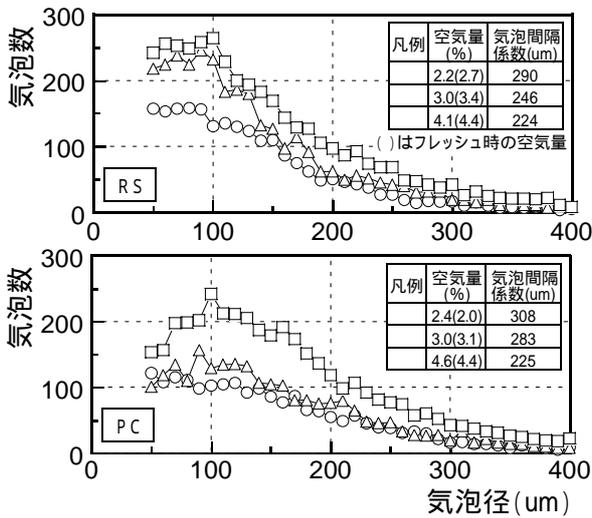


図2 各種コンクリートの気泡分布(一例)

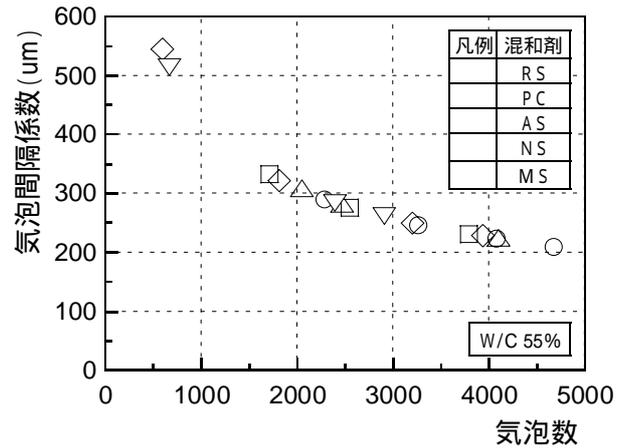


図3 気泡数と気泡間隔係数の関係

硬化コンクリート中の気泡分布測定結果の一例を図2に示す。また、これらの結果から求めた気泡間隔係数を気泡数、硬化コンクリートの空気量との関係で整理し、それぞれ図3、図4に示す。

気泡間隔係数は、コンクリートに含まれる気泡数が多いほど小さく、両者の間には高い相関が認められる。また、空気量に関しても、一般的には空気量の増加に伴い気泡間隔係数が小さくなる傾向にあるが、空気量と同じでも気泡間隔係数には最大で 50 μm 程度の相違が認められる。これは減水剤の種類による気泡の大きさ(径)の相違が影響しているものと考えられる。

各種コンクリートの気泡間隔係数と耐久性指数の関係を図5に示す。一般には、気泡間隔係数が 200 あるいは 300 μm 以下の範囲であれば十分な凍結融解抵抗性を確保できるとされており、本試験結果でも 200 ~ 300 μm が凍結融解抵抗性を評価するうえで遷移域となっている。

気泡測定結果によれば、フレッシュ時の空気量が 4% 以上の場合は気泡分布の明確な差は認められないが、空気量が 3% 前後の場合には上述したように減水剤の種類により微細な気泡の混入状況が異なっており、これが耐久性指数に影響していると考えられる。

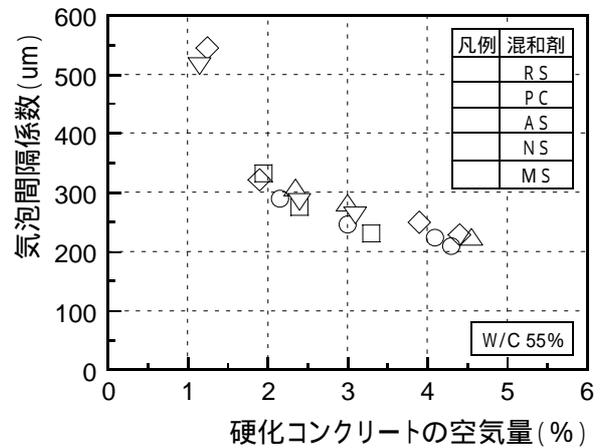


図4 硬化コンクリートの空気量と気泡間隔係数

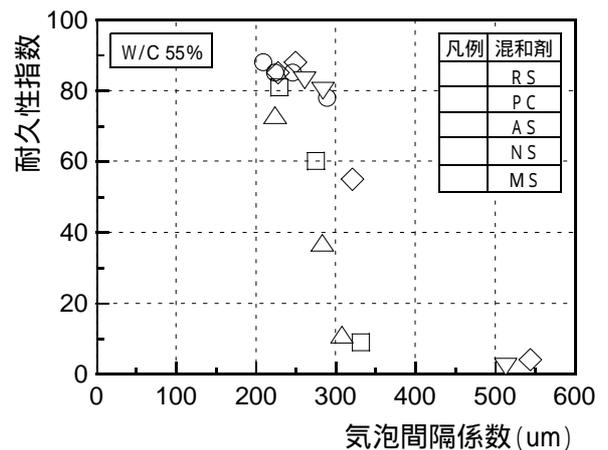


図5 気泡間隔係数と耐久性指数

4. まとめ

本実験の範囲で得られた知見を以下に示す。

- (1) コンクリート中の気泡分布は、AE 剤と併用する減水剤の種類により相違する場合がある。特に空気量が小さい場合にはこの傾向が顕著である。
- (2) コンクリート中の空気量と同じでも、気泡間隔

係数としては 50 μm 程度の差が生じる場合がある。

[参考文献]

1)池津和弘ほか：エントレインドエアの混入状況がコンクリートの凍結融解抵抗性に及ぼす影響，土木学会第 58 回年次学術講演会，pp.415-416，2003.9