

## 含水状態の異なる軽量骨材が界面領域の組織形成に及ぼす影響

|         |      |        |
|---------|------|--------|
| 金沢大学大学院 | 学生会員 | 加藤 俊 充 |
| 金沢大学大学院 | 正会員  | 五十嵐 心一 |
| 金沢大学工学部 | フェロー | 川村 満 紀 |

## 1.序論

高強度コンクリートの特徴のひとつである自己収縮を抑制する方法として、軽量骨材に含ませた水分の供給による自己養生法が挙げられる。この方法は、相対湿度の低下したセメントペーストに軽量骨材内部の水を供給することを意図するものである。この場合、相対湿度の低下したマトリックス全体に水分が供給され、かつ最小量の軽量骨材を用いることがコンクリート強度の観点からは望ましい。一方、水分供給効果は、骨材周囲の組織形成を変化させると同時に、その後の水分の拡散に影響を及ぼすと考えられ、骨材周囲の組織形成が骨材の貯水および放水効果を制御することになる。

本研究においては、軽量骨材・セメントペーストマトリックス界面におけるセメントペーストの微視構造について画像解析および微小硬度測定を行い、含水状態の異なる軽量骨材の使用が骨材周囲のセメントペーストマトリックスの組織形成に及ぼす影響について考察する。

## 2.実験概要

## 2.1 使用材料および配合

使用したセメントは普通ポルトランドセメント、普通粗骨材は石川県手取川産川砂利(密度:  $2.57\text{g/cm}^3$ 、吸水率:  $2.73\%$ )、軽量粗骨材は膨張頁岩系の人工軽量骨材(絶乾密度:  $1.27\text{g/cm}^3$ 、30 分間吸水率:  $7.2\%$ 、24 時間吸水率:  $10.36\%$ )を粒径  $5\sim 10\text{mm}$  にふるい分けて使用した。軽量骨材を乾燥状態で使用する場合には、骨材が吸水するとして、30 分間吸水率に相当する水量を補正した。この場合、軽量骨材は初期含水状態によって吸水量が変化するので、その影響を避けるために、使用前に  $100^\circ\text{C}$  の乾燥炉で 24 時間乾燥させた。セメントペーストの水セメント比は  $0.25$  とし、ポリカルボン酸系高性能減水剤を使用した。ホバート型ミキサーを使用してセメントペーストを 3 分間練り混ぜた。その後粗骨材を混入して練り混ぜ、直方供試体(寸法:  $40\times 40\times 35\text{mm}$ )を作製した。供試体は直ちに密封し、7 日間養生を行なった。

## 2.2 実験方法

(1)反射電子像観察 材齢 7 日の供試体から試料を切り出し、エタノールに浸漬した。その後、真空装置を用いて樹脂含浸し、樹脂硬化後、試料表面を耐水性研磨紙およびダイヤモンドスラリーを用いて注意深く研磨した。金パラジウム蒸着した後、電子顕微鏡を使用して界面の任意の 10 ヶ所以上の反射電子像の領域の観察を行なった。

(2)画像解析 反射電子像に対して、未水和セメントおよび毛細管空隙に関する 2 値化処理を行い、さらに、界面から  $100\mu\text{m}$  までの領域を幅  $10\mu\text{m}$  ずつの帯状領域に分割し、各分割領域に対して、未水和セメントおよび毛細管空隙の体積率を求めた。

(3)微小硬度試験 材齢 7 日の供試体から切り出した試料表面を、耐水性研磨紙を用いて研磨した。その後、界面から  $10\mu\text{m}$  ごとに  $100\mu\text{m}$  まで、試験荷重  $98.07\text{mN}$  としてビッカース硬度を求めた。

## 3.結果および考察

図 1 に、普通骨材および飽水状態、乾燥状態の軽量骨材の界面付近の反射電子像を示す。普通骨材を使用した場合、骨材粒子近傍のセメントペーストマトリックス中に未水和セメント粒子が多く残存する傾向が認めら

キーワード: 軽量骨材、自己養生、反射電子像、画像解析、微小硬度

連絡先: 工学部土木建設工学科 〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20 Tel076-234-4622 Fax076-234-4632

れ、さらに界面に沿って空隙の存在が認められた(図-1(a))。飽水状態の軽量骨材を使用した場合、界面に沿うような粗大な毛細管空隙が局部的に偏在するような多孔質な領域は認められない(図-1(b))。乾燥状態の軽量骨材を使用した場合

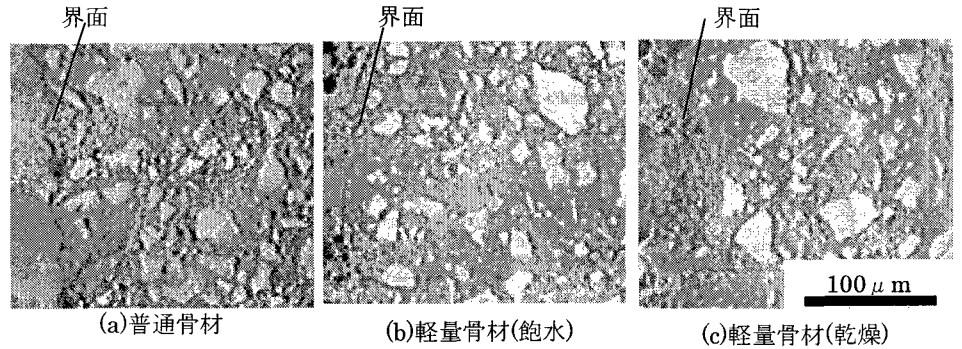


図 1 反射電子像

では、界面に若干多孔質な領域が存在しているようである(図-1(c))。

骨材-セメントペーストマトリックス界面領域の画像解析の結果を図 2 に示す。未水和セメント率は、界面から  $40\mu\text{m}$  までの領域において、界面に近づくにつれて低下し、セメント粒子の充填の影響が現れているようである。しかし、飽水状態の軽量骨材を使用した場合の未水和セメント率は小さく、普通骨材および乾燥状態の軽量骨材を使用した場合より水和が進行していると考えられる。一方、普通骨材を使用した場合、空隙率は界面で急激に増加する傾向が認められる。これに対し、飽水状態の軽量骨材を使用した場合では、界面における空隙率の顕著な増加は認められず、界面近傍も界面から離れたマトリックスもほぼ同様な組織が形成されているようである。さらに、軽量骨材を飽水状態で使用した場合、界面からの距離  $100\mu\text{m}$  にわたる領域全体の空隙率が小さく、水分の供給により、セメントの水和反応が持続したものと考えられる。

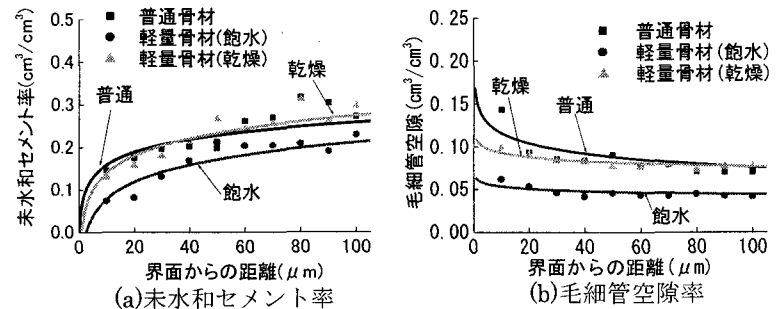


図 2 画像解析結果

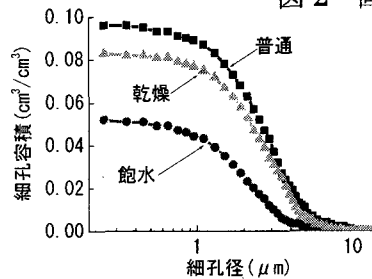


図 3 細孔径分布

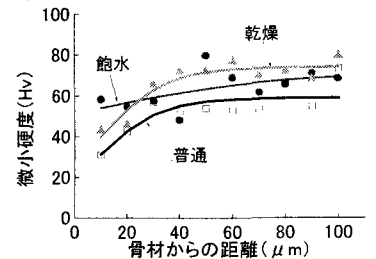


図 4 微小硬度結果

図 3 に界面から  $50\mu\text{m}$  までの界面領域全体の細孔径分布を示す。飽水状態の軽量骨材を使用した場合は、普通骨材を使用した場合より最大細孔径および細孔容積が小さく、緻密な組織が形成されていることがわかる。これに対して、乾燥状態の軽量骨材を使用した場合では、普通骨材を使用した場合と細孔径分布に大きな差異が認められない。

図 4 に微小硬度試験の結果を示す。乾燥状態の軽量骨材を使用した場合、界面で硬度が低下している。これに対して、飽水状態の軽量骨材を使用した場合では、硬度の低下がみられず、マトリックスと同様な緻密な組織が界面に形成されていることを示している。

図 1~4 の結果より、飽水状態の軽量骨材を使用すると、骨材からの水分の供給によるセメントの水和の進行により、界面に緻密な領域の形成が期待できる。これに対して、乾燥状態の軽量骨材を使用すると、界面領域における局所的な水セメント比の低減が現れていないと判断され、軽量骨材による吸水および放水機能は発揮されていないと考えられる。

#### 4. 結論

- (1) 飽水状態の軽量骨材を使用すると、軽量骨材からの放水効果により、界面領域のセメントの水和が進行し、緻密な組織が形成される。
- (2) 乾燥状態の軽量骨材を使用しても、緻密な界面領域の形成が認められず、これはコンクリート中における初期の吸水が十分行なわれていなかったことを示唆する。