

含水状態の異なる軽量骨材の使用による骨材周囲の組織変化

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

低水セメント比のコンクリートにおいて特徴的な現象である自己乾燥を抑制する方法として、系内部に含ませた保水性の粒子から水分を供給する自己養生法が提案されている[1]。これに用いられる保水性粒子として、軽量骨材や吸水性ポリマーが検討されている。しかし、そのような粒子による吸水および放水性能は粒子周囲のセメントペーストマトリックスの組織に影響を受けると考えられる。したがって、粒子の適切な含水量と粒子の大きさと量を決定するためには、界面領域の組織変化を明らかにすることが重要である。

本研究では、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を反射電子像に対する画像解析および微小硬度測定により明らかにすることを目的としている。

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であり、普通粗骨材および軽量粗骨材はそれぞれ、石川県手取川産川砂利(密度: 2.57g/cm^3 、吸水率: 2.73%)および膨張頁岩系の人工軽量骨材(絶乾密度: 1.27g/cm^3 、30分間吸水率: 7.2% 、24時間吸水率: 10.36%)である。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、軽量骨材の吸水量は初期含水状態によって変化するので、その影響を避けるために、使用前に 100°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、粗骨材を混入してさらに練り混ぜを行い、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た状態で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。金パラジウムを蒸着した後、電子顕微鏡を使用して界面の任意の10ヶ所以上の領域に対して反射電子像の観察を行なった。

(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 98.07mN 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れる(図-1(a))。これに対し、飽水状態の軽量骨材を使用した場合、界面近傍に存在する粗大な未水和セメント粒子が少ないようである(図-1(b))。一方、乾燥状態の軽量骨材を使用した場合、未水和セメント粒子の分布状況および界面における多孔質な領域の特徴は、普通骨材を使用した場合とほぼ同様である(図-1(c))。

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

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、界面近傍における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セメントの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い。これは、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、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、普通骨材を使用した場合とほぼ同様な硬度を示している。これに対し、飽水状態の軽量骨材を使用した場合では、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硬度が大きく、界面領域において緻密な組織が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、乾燥状態の軽量骨材を使用した場合、本実験の範囲においては骨材の吸水による局所的な組織形成は現れていないと判断される。このことから、練り混ぜ過程およびその直後における吸水を期待した自己養生を行なう場合、その効果の発現性については十分注意する必要があるといえる。

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。

参考文献 [1] Zhutovsky, S., Kovler, K., and Bentur, A.: Efficiency of lightweight aggregates for internal curing of high strength concrete to eliminate autogenous shrinkage, Proc. RILEM Int. Conf. On Early Age Cracking in Cementitious System(EAC01), pp.365-373, 2001

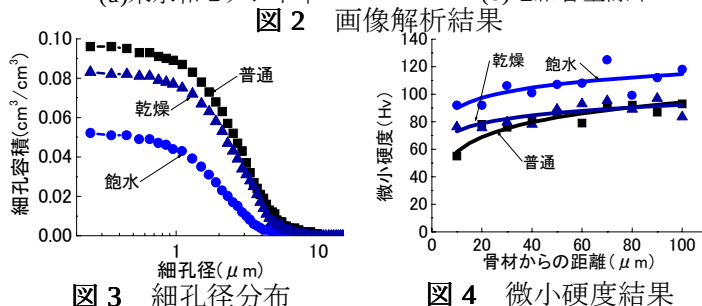
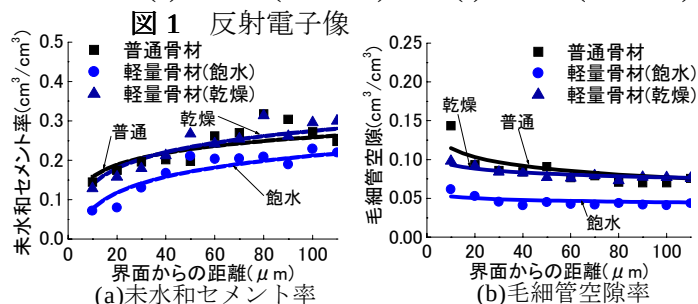
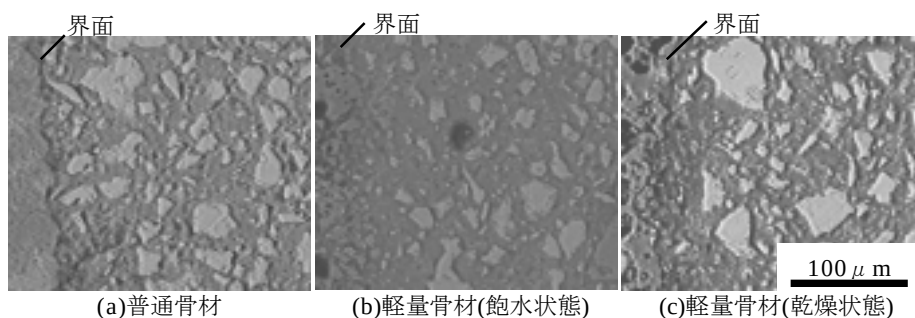


図3 細孔径分布

図4 微小硬度結果