

金沢大学大学院 学生会員 神崎 暁史
金沢大学工学部 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に特徴的な現象として自己乾燥にともなう著しい自己収縮が挙げられ、これを低減もしくは抑制するために種々の方法が提案されている。それらの方法の1つとして、飽水状態の軽量骨材を混入し、軽量骨材内部から水分を供給する自己養生法が挙げられる[1]。しかし、軽量骨材を比較的乾燥した状態で使用する場合も多いことを考えると、含水状態によって変動する軽量骨材の練り混ぜ水の吸水による影響を明らかにすることが、適切な軽量骨材混入量の決定において重大な意義を有する。

本研究においては、骨材の吸水過程の相違による影響を明らかにするために、含水状態を変化させた軽量骨材コンクリートの自己収縮特性を反射電子像観察結果に基づいて実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリートの配合

使用したセメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は石川県手取川産川砂(密度：2.57g/cm³、吸水率：2.29%)、軽量粗骨材として人工軽量骨材(絶乾密度：1.25g/cm³、30分間吸水率：7.2%、24時間吸水率：9.7%)を粒径5～10mmのものにふるい分けて使用した。軽量骨材を絶乾状態で使用する場合には、骨材が吸水すると予測し、30分間吸水率相当分の水量補正を行った。なお、軽量骨材は初期含水状態によって吸水量が変化するため、その影響を避けるために、使用前に100℃の乾燥炉において24時間乾燥させて絶乾状態としている。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スランプ値が10±2cmになるように調整した。高強度コンクリートの配合を表-1に示す。

表-1 高強度軽量コンクリートの配合(kg/m³)

	W/C	水	セメント	細骨材	軽量骨材	減水剤(%)
飽水	0.25	146	581	559	710	1.4
絶乾	0.25	146	581	559	562	1.5

(粗骨材最大寸法：10mm)

2.2 実験方法

(1)一軸引張拘束収縮試験 練り混ぜたコンクリートを図-1に示した恒温槽(18℃)内に置かれた拘束収縮試験装置の型枠(供試体寸法：50×50×1018mm)に打設し、直ちに密封した。2本の供試体のうち、1本の供試体(非拘束供試体)は自由な収縮変形を許しその収縮量を自動計測した。一方、拘束供試体では拘束開始材齢を12時間とし、収縮ひずみが10×10⁻⁶に達するたびに、モーターの駆動により初期位置まで供試体を引き戻し、その過程でのグリップの変位と拘束応力の変化を連続的に自動計測した。

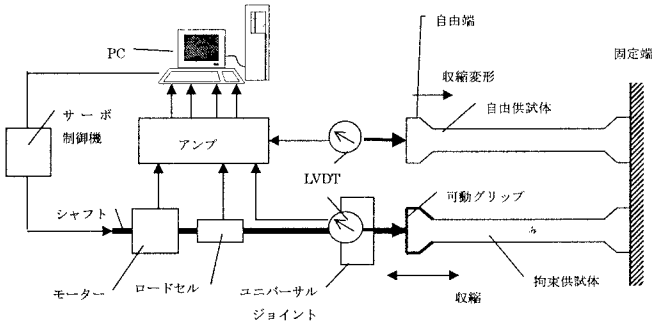


図-1 一軸引張拘束収縮試験装置

(2)電子顕微鏡観察 一軸引張拘束収縮試験終了後の供試体から切り出した試料を、樹脂含浸した後に耐水研磨紙を用いて注意深く研磨して、金パラジウム蒸着した後、電子顕微鏡観察に供した。

3. 結果および考察

図-2に軽量骨材を24時間水中浸漬した軽量骨材(飽水状態とする)を使用したもの、および絶乾状態で使用したコンクリートの自由変形の経時変化を示す。軽量骨材を飽水状態で使用したコンクリートにおける自由変形は材齢12時間から24時間の間に急激に膨張を示し、材齢24時間以降も緩やかに膨張を示した。軽量骨材を絶乾状態で使用したコンクリートにおいても、材齢12時間から24時間の間に急激な膨張が認められた。しかし、その後の挙動は軽量骨材を飽水状態で用いた場合と異なり、緩やかな収縮挙動を示したが、材齢7日の時点では、ほぼ収縮は抑制できているといえる。また、両供試体とも膨張を示していた

ことから拘束引張応力は発生しなかった。

軽量骨材内部から水分を供給して、自己収縮を抑制するために必要な水量の計算方法が、2,3の研究者により提案されている。Bentzら[2]は、化学収縮によって生じる空隙に対して水分を供給するという考え方を提案しており、それに基づいて本研究における配合において必要な水量を求めると、約 21 kg/m^3 の水量が軽量骨材により供給される必要がある。また、Jensen & Hansen[3]により提案されている Powers の理論に基づいた方法によると、約 26 kg/m^3 の水量が必要である。本研究における配合では軽量骨材を飽水状態で使用した場合は軽量骨材中には 63 kg/m^3 の水量が含まれており、また、軽量骨材を絶乾状態でも 38 kg/m^3 の水分を含み、いずれの配合においても自己収縮を完全に抑制するために必要な水量は十分に含んでいる。しかし、絶乾状態の軽量骨材を使用した配合では完全には自己収縮を抑制することが出来なかった。自己収縮を完全に抑制するために必要な水量が十分含まれているにもかかわらず、このような結果が生じたことから、軽量骨材による吸水過程の相違がその後の水分供給に大きく影響していること、さらに、吸水させた全水量が有効とはならないことを示している。

図-3 に軽量骨材・モルタルマトリックス界面の反射電子像を示す。図-3(a)は飽水状態の軽量骨材を使用したコンクリートの反射電子像である。軽量骨材周辺の界面領域においても、セメントの水和が進行している様子が観察される。すなわち軽量骨材近傍において、未水和セメント粒子個数は界面から離れた部分のそれよりも少なく、骨材近傍での自己養生効果の影響が認められる。これに対して、図-3(b)の軽量骨材を絶乾状態で使用したコンクリートの反射電子像では、モルタルマトリックス全体に未水和セメントが多く残っており、軽量骨材近傍においても小さな未水和セメントが多く存在していることが認められる。本研究においては軽量骨材を絶乾状態を使用する場合、30 分間吸水率相当分の水を骨材が吸水すると予測し水量補正を行っている。このときの吸水により骨材周囲が局所的に低水セメント比になり、組織が密になること、および、初期吸水による微細なセメント粒子の移動[2]により、充填が緻密になることなどがその後の放水効果に影響を及ぼすことが考えられる。

4. 結論

- (1) 飽水した軽量骨材を使用した高強度コンクリートにおいては自己収縮を完全に抑制することができたが、絶乾状態で軽量骨材を使用した高強度コンクリートでは完全には抑制することができなかった。
- (2) 電子顕微鏡観察の結果、飽水した軽量骨材を使用したコンクリートでは、骨材近傍における未水和セメント粒子の濃度は絶乾状態で水分を吸収させた骨材近傍よりも小さく、界面領域における自己養生効果が現われる。
- (3) 軽量骨材を絶乾状態で使用したコンクリートにおいては、練り混ぜ過程で吸水した水分の内部供給の効果は事前に吸水させた場合よりも小さいようである。

参考文献[1] Weber, S. and Reinhardt, H.W, Advn.Cem.Bas.Mat, Vo.6, pp59-68, 1997

[2] Bentz, D.P. and Snyder, K.A., Cement and Concrete Research, Vol. 29, No. 11, pp1863-1867, 1999.

[3] Jensen, O.M. and Hansen, P.F., Cement and Concrete Research, Vol. 31, No. 4, pp647-654, 2001.

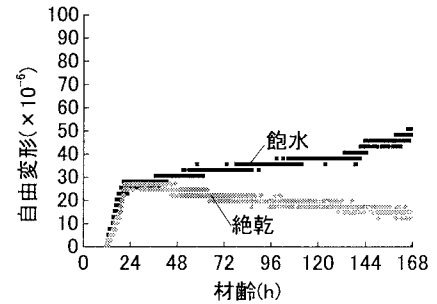


図-2 自由変形の経時変化

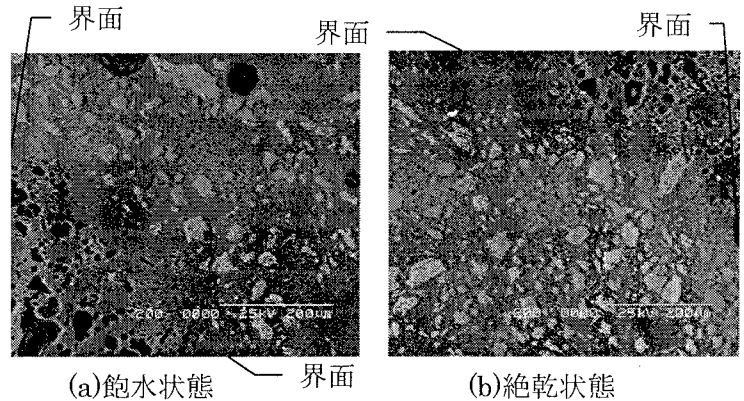


図-3 反射電子像