

飽水状態の人工軽量骨材を用いた高強度コンクリートの自己収縮特性

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おいては低水セメント比であることに起因する自己乾燥と、それにもなう著しい自己収縮が特徴的な現象の1つとして挙げられる。この現象の進行は若材齢において顕著であり、若材齢時にその自己収縮が拘束されると、自己収縮拘束応力の発生によってひび割れや破断を生ずる可能性が指摘されている。現在、自己収縮の低減もしくは抑制方法として、いくつかの方法が提案されているが[1]、その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効果が挙げられる[2]。本研究においては、高強度コンクリートの性能を維持したまま自己収縮を抑制することを目的として、軽量骨材のコンクリートの自己収縮特性におよぼす影響につ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、骨材は石川県手取川産川砂(密度:2.57g/cm³、吸水率:2.73%(粗骨材)、2.29%(細骨材))、軽量粗骨材として人工軽量骨材(密度:1.64 g/cm³、吸水率:10.36%)を使用した。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 高強度コンクリートの配合(kg/m³)

W/B	水	セメント	細骨材	粗骨材	軽量骨材	減水剤 (%)
0.25	145	581	559	1086	0	1.7
0.25	145	581	559	0	693	1.4
0.25	145	581	559	572	336	1.5
0.25	145	581	559	861	176	1.6

2.2 軽量粗骨材置換率の計算手法

コンクリート1m³当りの軽量骨材の容積率(V_{LWA})は、ある水結合材比において到達可能な最大水和度に達するまでに化学収縮によって生成された空隙へ、飽水した骨材から水を供給させるという考え方に基づき(1)および(2)式により求めた[3]。得られた V_{LWA} に基づいて軽量骨材置換率を求めた。

$$V_{wat} = \frac{C_f \cdot CS \cdot \alpha_{max}}{r} \quad \dots (1) \quad V_{LWA} = \frac{V_{wat}}{S \cdot \phi_{LWA}} \quad \dots (2)$$

ここに、CS:セメント1kg当りの水和に対して補うべき水量=0.06kg、 C_f :単位セメント量、 ρ :水の密度、 α_{max} :最大水和度(W/C)/0.4、 V_{wat} :化学収縮により消費されるコンクリート1m³当りの水の体積(m³)、 ϕ_{LWA} :軽量骨材のポロシティ、 S :軽量骨材の飽和度、 V_{LWA} :軽量骨材の容積率。

2.3 実験方法

(1)圧縮強度試験 JSCE-F506に準じて直径50mm、高さ100mmの円柱供試体を作成し、18℃の水中養生および密封養生を行った。所定材齢にてJIS A 1108、JSCE-1988に準じて圧縮強度および静弾性係数を測定した。

(2)一軸引張拘束収縮試験 練り混ぜたコンクリートを図-1に模式的に示した恒温槽(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。

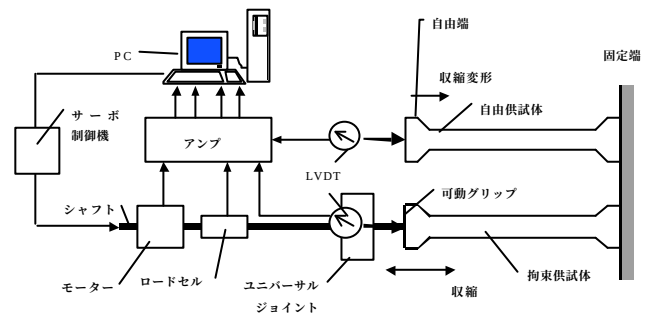


図-1 一軸引張拘束収縮試験供試体図

キーワード: 自己収縮, 人工軽量骨材, 自己養生, 拘束収縮試験

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

3. 結果および考察

図-2 に普通骨材を使用したコンクリート、全粗骨材として軽量骨材を使用したコンクリート(AL-100%)、(1)式および(2)式に従って求められる軽量骨材置換率(=48%)のコンクリート(AL-48%)、および軽量骨材置換率 25%のコンクリート(AL-25%)の収縮ひずみの経時変化を示す。普通骨材を使用したコンクリートにおいては収縮ひずみが材齢 24 時間までの数時間で著しく増大し、その後も緩やかに収縮を示した。これに対して、軽量骨材で全量置換を行った軽量コンクリートは、打設直後から急激に膨張し、材齢 24 時間以降は変化がみられなかった。また、軽量骨材により一部置換(置換率:48%)を行なったコンクリートにおいても、軽量骨材により全量置換を行ったコンクリートとほぼ同様の挙動が認められた。軽量骨材により一部置換(置換率:25%)を行なったコンクリートにおいては材齢 24 時間までは膨張を示したが、その後は緩やかに収縮した。以上の結果より、飽水した軽量骨材を使用することにより自己収縮は完全に抑制され、また普通骨材の一部を置換するだけで、十分な自己養生効果が得られることが分かった。

図-3 にコンクリートの自己収縮による拘束応力の変化を示す。普通骨材を使用したコンクリートにおいては拘束開始直後における急激な収縮ひずみの増大とともに拘束応力が発生した。軽量骨材により全量置換および一部置換(置換率:48%)を行なったコンクリートにおいては収縮が生じていなかったため、拘束応力も全く発生しなかった。しかし、軽量骨材により一部置換(置換率:25%)を行なったコンクリートにおいては拘束開始直後の拘束応力の発生は抑えられたものの、材齢 24 時間以降の緩やかな収縮と共に拘束応力が発生した。

図-4 に材齢 7 日(密封養生)における圧縮強度試験結果を示す。通常、高強度軽量骨材コンクリートでは骨材強度がモルタルマトリックスに比べて低いため、骨材強度によってコンクリートの強度が影響され、普通骨材を使用した高強度コンクリートよりも低い圧縮強度を示す。本研究においても軽量骨材により粗骨材全量置換を行ったコンクリートでは、普通骨材を使用したコンクリートよりも 20～30%程度圧縮強度が低下した。しかし、置換率 25%および 48%の軽量骨材コンクリートでは圧縮強度の低下はある程度抑えることができた。特に、7 日材齢においては 25%置換軽量骨材コンクリートは普通骨材コンクリートと同程度の大きさの圧縮強度を示した。これは水和度の増大、自己収縮低減、または両者に起因すると考えられる。

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養生効果により、高強度コンクリートの自己収縮は抑制され、拘束応力は発生しない。
- (2) 粗骨材の一部を軽量骨材によって適切に置換することは自己収縮、および強度の低下抑制に有効である。

参考文献 [1]自己収縮研究委員会報告書,日本コンクリート工学協会,1966 [2] Weber,S. &Reinhardt, H.W, Advn.Cem.Bas.Mat, Vo.6, pp59-68, 1997 [3]D.P.Bentz, et al. Cement and Concrete Research, No. 29, 1863-1867, 1999.

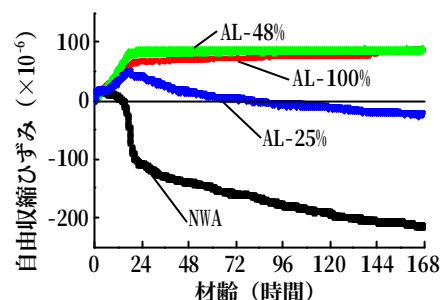


図-2 自己収縮ひずみの変化

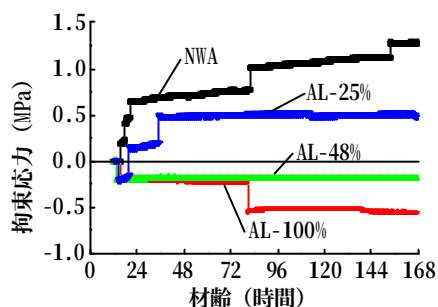


図-3 拘束応力の変化

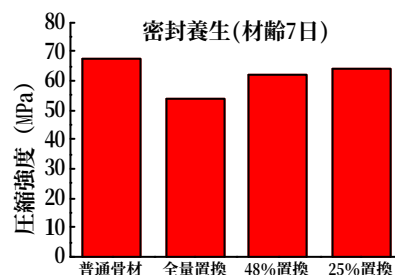


図-4 圧縮強度試験結果