

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、それにと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、強度発現が十分でない若材齢時に、その自己収縮が拘束されると、自己収縮拘束応力の発現によってひび割れや破断を生じさせ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つに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:2.57kg/cm³、吸水率:2.73%(粗骨材)、2.29%(細骨材))、軽量粗骨材として吸水率の異なる2種類の人工軽量骨材(低吸水性タイプ:(密度:0.88 kg/cm³、吸水率:3.61%)、高吸水率タイプ:(密度:1.64 kg/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 (低吸水性)	軽量骨材 (高吸水率)	減水剤 (%)
0.25	145	581	559	1086	0	0	1.7
0.25	145	581	559	0	372	0	1.3
0.25	145	581	559	0	0	692	1.4
0.25	145	581	559	572	0	336	1.5

2.2 軽量粗骨材置換率の計算手法

全粗骨材量における軽量粗骨材の置換率は、その水結合材比に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[3]に基づき(1)および(2)式により求めた。

$$V_{wat} = \frac{C_f \cdot CS \cdot \alpha_{max}}{\rho} \quad \cdots (1)$$

$$V_{LWA} = \frac{V_{wat}}{S \cdot \phi_{LWA}} \quad \cdots (2)$$

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}:軽量骨材の体積割合。

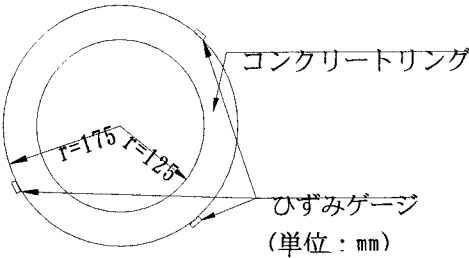


図-1 リング供試体図

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、20℃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)リング試験 鋼製リングの外側にコンクリートを打設しリング試験体(高さ 50mm)とした。コンクリートは打設直後からテフロンシートで密封した。図-1 に示すように材齢 12 時間において自由収縮試験では外側、内側の両リングを取りはずし、拘束を与える場合は外枠リングのみ取りはずした。コンクリートにひずみゲージを貼り付けた後、再び密封養生を継続し、材齢 168 時間まで測定を継続した。拘束収縮試験では鋼リングに貼り付けたひずみゲージによって測定されたひずみ変化からコンクリートリングの円周方向の拘束応力を求めた[4]。

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ものおよび(1)式および(2)式に従って普通骨材の一部を高吸水率の軽量骨材により置換したコンクリート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脱型直後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。低吸水率の軽量骨材によって全量置換を行なった軽量コンクリートにおいては、脱型直後の急激な収縮は抑制されるが、その後も緩やかに収縮は増大し、材令 168 時間では普通骨材使用のものとはほぼ同程度の収縮を示した。これに対して、高吸水率の軽量骨材で全量置換を行った軽量コンクリートは、脱型直後に急激に膨張し、材令 24 時間以後も緩やかな膨張を示した。また、高吸水率の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、高吸水率の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膨張挙動が認められた。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、また吸水率の高い軽量骨材を使用すれば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脱型直後の急激な収縮ひずみの増大とともに拘束応力が発生した。低吸水率の軽量骨材による全量置換を行なった軽量コンクリートでは拘束応力の発生が遅延され、全体として拘束応力も若干緩和された。高吸水率の軽量骨材により全量置換および一部置換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。

図-4 に材令 7 日(密封養生)および材令 28 日(水中養生)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。また、低吸水率タイプの骨材を使用したコンクリートの方が低い圧縮強度を示している。しかし、比較的大きな置換率にて高吸水率の軽量骨材を使用したコンクリートの圧縮強度の低下は約 10%程度である。著しく低い W/B においては必ずしも最大水和度に到達するとは限らないことから、骨材の置換率のさらなる低減も可能であると推察され、強度の低下もさらに小さくなると考えられる。よって、軽量骨材による粗骨材の一部置換はその置換率を適切に定めれば、性能を損なうことなく自己収縮を制御する有効な手段であるといえる。

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)粗骨材の一部を高吸水率の軽量骨材によって置換することにより自己収縮は完全に抑制され、強度の低下もわずかである。

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. [4] R. N. Swamy , et al., Cement, Concrete and Aggregates, Vol. 1, No. 1, pp. 13-20, 1979.

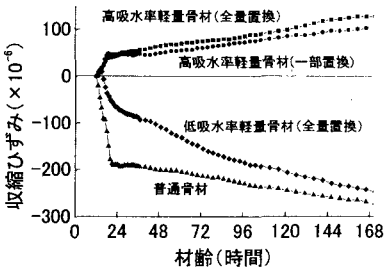


図-2 自己収縮ひずみの変化

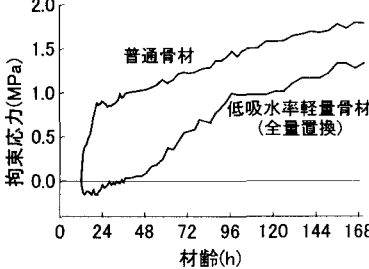


図-3 拘束応力の変化

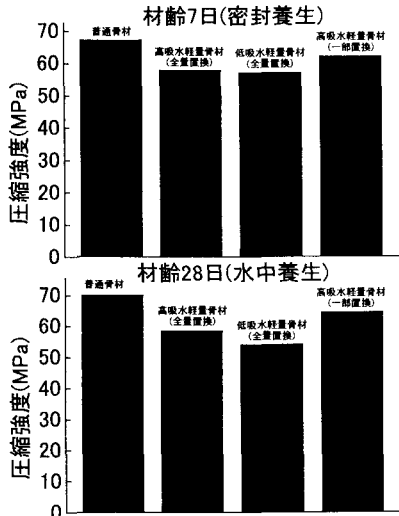


図-4 圧縮強度試験結果