

廃瓦粗骨材を用いた超高強度コンクリートの自己収縮応力低減

技術研究所 材料グループ 川畑智亮
 技術研究所 材料グループ 鈴木雅博

1. はじめに

低桁高の橋梁や耐久性向上の観点からコンクリートの高強度化が望まれている。しかし、高強度コンクリートは自己収縮ひずみ量が大きくなるため、これに起因して自己収縮応力(以下、自己応力)が大きくなりひび割れリスクが高くなる。そこで本研究は、吸水率が高く、多孔質でありながら強度低下を伴わないことを特徴とする廃瓦粗骨材に着目し、廃瓦粗骨材を粗骨材の一部に置換したケース、廃瓦粗骨材の一部置換に加えて膨張材と収縮低減剤を混入したケースの自己応力の低減効果について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

使用材料を表-1に、配合を表-2にそれぞれ示す。セメントは低熱ポルトランド90%とシリカフェーム10%のプレミックスセメントを使用した。廃瓦粗骨材は、打設前に十分に吸水させて使用した。水結合比は15, 23 および 30%とし、B-15, B-23 および B-30 は自己応力低減しない配合であり、K20E10R-15(KER-15), K20E10R-23(KER-23) および K20E10R-30(KER-30)は廃瓦粗骨材と膨張材および収縮低減剤による自己応力低減した配合である。膨張材は単位結合材

量に含め、収縮低減剤は単位水量に含めた。廃瓦粗骨材量は水結合材比によらず同一とした。

2.2 試験項目

試験は圧縮強度試験、無拘束ひずみ試験(以下ひずみ試験)および自己応力試験を実施した。ひずみ試験と自己応力試験の供試体形状は、それぞれ□100×394mm, □100×1400mmとした。ひずみ試験の測定は埋込みひずみを用いて行った。自己応力はD16(鉄筋比1.7%)の鉄筋を部材中央に配置し、試験前に実施した荷重とひずみの関係を用いることにより算出した。供試体は、材齢1日で脱枠し、脱枠後にアルミテープで覆う封緘養生とし、いずれの試験体も温度20℃、湿度60%の室内に静置した。

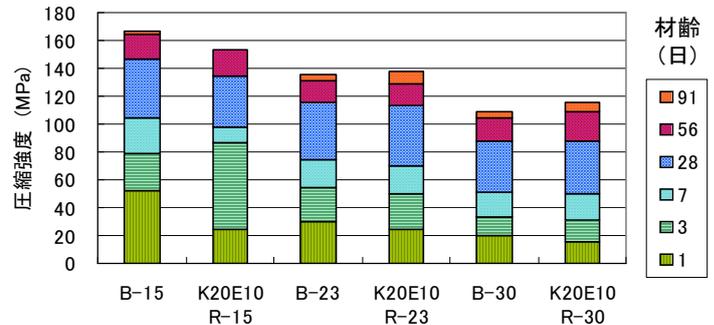


図-1 代表的な配合の圧縮強度

表-1 使用材料

| 使用材料 | 種類 | 性質 | 記号 |
|------|------------|--|----|
| セメント | 低熱セメント | 密度 3.22g/cm ³ ,比表面積 3510cm ² /g | L |
| 細骨材 | 砕砂 | 表乾密度 2.62g/cm ³ ,吸水率 2.41%,粗粒率 3.21,実積率 67.8% | S |
| 粗骨材 | 砕石 | 表乾密度 2.92g/cm ³ ,吸水率 0.88%,粗粒率 6.55,実積率 61.0%,破砕値 7.86% | G |
| | 廃瓦粗骨材* | 表乾密度 2.27g/cm ³ ,吸水率 8.88(9.31)%,粗粒率 6.41(6.66),実積率 61.3%,破砕値 19.60(21.38)%,骨材粒径 15-5mm | GK |
| 混和材 | シリカフェーム | 密度 2.24g/cm ³ ,比表面積 16.3m ² /g | SF |
| | 膨張材 | 密度 3.05g/cm ³ | EX |
| 混和剤 | 収縮低減剤 | 低級アルコール系 | RA |
| | 高性能 AE 減水剤 | ポリカルボン酸系 | SP |
| | 消泡剤 | | D |

表-2 配合

| 配合名 | (W+RA)/(SFLC+EX) | 単位量 (kg/m ³) | | | | | | | SP/(SFLC+EX) | D/(SFLC+EX) |
|------------|------------------|--------------------------|------|----|-----|-----|-----|----|--------------|-------------|
| | | W | SFLC | EX | S | G | GK | RA | | |
| B-15 | 0.15 | 155 | 1033 | - | 435 | 944 | - | - | 0.0230 | 0.00002 |
| K20-15 | 0.15 | 155 | 1033 | - | 435 | 755 | 147 | - | 0.0230 | 0.00002 |
| E20R-15 | 0.15 | 149 | 1013 | 20 | 435 | 944 | - | 6 | 0.0230 | 0.00002 |
| K20E10R-15 | 0.15 | 149 | 1023 | 10 | 435 | 755 | 147 | 6 | 0.0230 | 0.00002 |
| K20R-15 | 0.15 | 149 | 1033 | - | 435 | 755 | 147 | 6 | 0.0230 | 0.00002 |
| B-23 | 0.23 | 155 | 674 | - | 741 | 944 | - | - | 0.0130 | 0.0006 |
| E20R-23 | 0.23 | 149 | 654 | 20 | 741 | 944 | - | 6 | 0.0130 | 0.0006 |
| K20E10R-23 | 0.23 | 149 | 664 | 10 | 741 | 755 | 147 | 6 | 0.0130 | 0.0006 |
| B-30 | 0.30 | 155 | 517 | - | 875 | 944 | - | - | 0.0090 | 0.0006 |
| E20R-30 | 0.30 | 149 | 497 | 20 | 875 | 944 | - | 6 | 0.0100 | 0.0006 |
| K20E10R-30 | 0.30 | 149 | 507 | 10 | 875 | 755 | 147 | 6 | 0.0105 | 0.0006 |

3. 試験結果および考察

図-1に代表的な配合の材齢ごとの圧縮強度を示す。()内の数値は、材齢91日の同一水結合材比に対して廃瓦粗骨材を含む配合の圧縮強度を、含まない圧縮強度で除した数値である。廃瓦粗骨材を混入することにより、圧縮強度は水結合材比15%において5%低下したが、水結合材比23%と30%においては、同等かそれ以上となり、廃瓦粗骨材を混入することによる大きな圧縮強度低下は認められなかった。

図-2に各供試体の自己収縮ひずみ発現を示す。ここでは、自己応力の低減効果を検討するため、時間軸原点を拘束応力が発生している時点とした。廃瓦粗骨材、膨張材および収縮低減剤を混入することにより、水結合材比の違いによらず、材齢初期に圧縮ひずみが発生し、自己収縮ひずみの低減効果が認められた。

図-3に各水結合材比の収縮ひずみ低減量の経時変化を示す。ここに収縮ひずみ低減量は、各水結合材比の廃瓦粗骨材を入れた供試体ひずみから、廃瓦粗骨材無混入の供試体ひずみを差し引いたひずみとする。収縮ひずみ低減量は水結合材比15%で大きくなったが、水結合材比23%と30%では差がほとんど認められなかった。このことは、廃瓦粗骨材内の水分移動がコンクリート内の自己乾燥による湿度低下によるものとするれば、水結合材比がより小さい場合に自己乾燥が大きく、移動する水分量が多くなり、結果として水結合材比15%の場合に最も収縮ひずみ低減量が大きくなったと考えられる。

図-4に各供試体の自己応力発現を示す。水結合材比15%において、廃瓦粗骨材を混入することにより、自己応力が大きく低減し、材齢100日において概ね0MPaとなった。水結合材比23%と30%の自己応力の低減が認められたが、水結合材比15%と比較した場合にはその低減量は小さくなった。

図-5に各水結合材比の自己応力低減量の経時変化を示す。ここに自己応力低減量は、各水結合材比の廃瓦粗骨材無混入供試体の自己応力から、廃瓦粗骨材を混入した供試体の自己応力を差し引いた応力とする。自己応力低減量は、水結合材比が小さくなるほど大きくなる傾向を示した。

4. まとめ

・廃瓦粗骨材、膨張材および収縮低減剤の混入による自己収縮ひずみと自己応力の低減効果が認められ、その低減効果は水結合材比が小さいほど顕著に認められた。

・廃瓦粗骨材、膨張材および収縮低減剤の混入が圧縮強度に及ぼす影響は、水結合材比15%において若干の低下が認められたが、23%と30%の場合には同等以上となった。

Key Words: 超高強度コンクリート, 自己収縮, 廃瓦粗骨材



川畑智亮

鈴木雅博

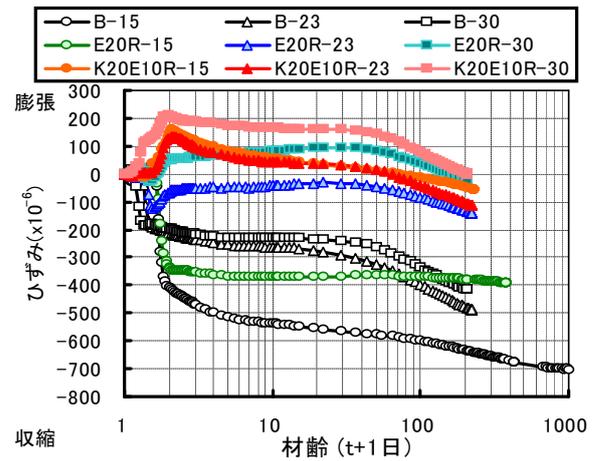


図-2 ひずみ経時変化

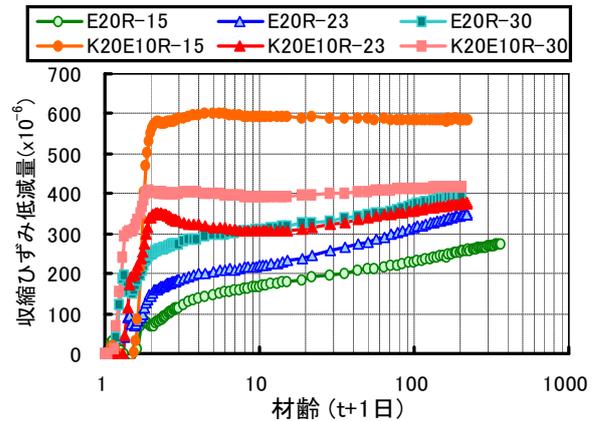


図-3 各結合材比による収縮ひずみ低減量

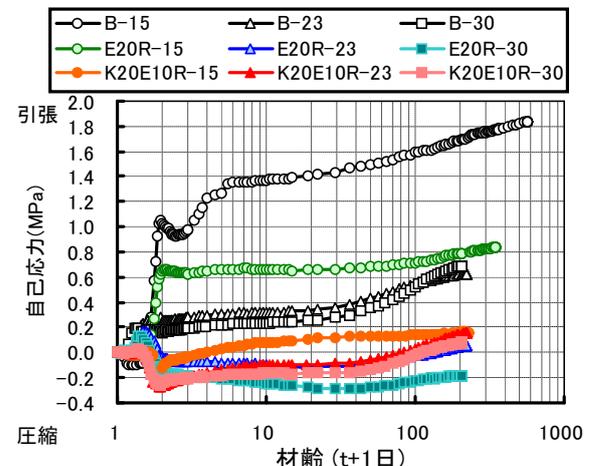


図-4 自己応力の経時変化

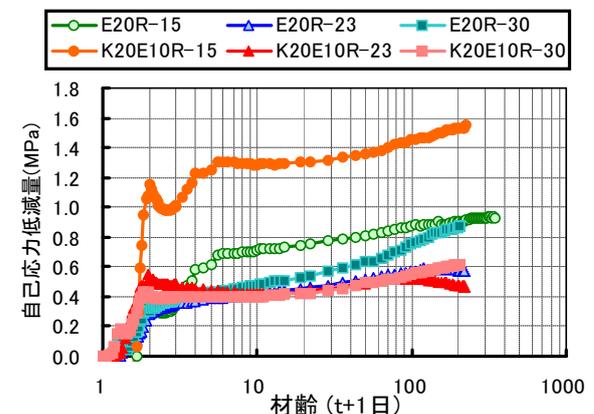


図-5 各結合材比による自己応力低減量