

砂岩碎石砕砂コンクリートの乾燥収縮に対する低吸水率骨材の使用効果

阿南工業高等専門学校 正会員 堀井克章

1. はじめに

徳島県では、骨材事情で砂岩碎石砕砂がコンクリートに使われることが多く、コンクリートの乾燥収縮ひずみの増大が問題となっている。コンクリートの収縮ひずみについては、土木学会コンクリート標準示方書に 1200×10^{-6} 、日本建築学会建築工事標準仕様書に 800×10^{-6} などの最大値が示されている。その低減策¹⁾としては、高性能 AE 減水剤や収縮低減剤などの利用、低吸水率骨材の使用などがある。本研究では、徳島県北部産の砂岩碎石砕砂を使用したコンクリートの乾燥収縮ひずみを調査するとともに、徳島県南部産の石灰岩碎石や瀬戸内で排出される銅スラグ砂を置換使用した場合の収縮ひずみ低減効果を検討した。なお、乾燥収縮ひずみの測定は、橋本ら²⁾が開発した 40℃低温炉乾燥による乾燥収縮促進試験法（迅速法）で行った。

2. 実験概要

コンクリートの使用材料と示方配合を各々表-1 と表-2 に示す。コンクリートの収縮ひずみ低減策として、徳島県で入手可能な低吸水率の銅スラグ砂と石灰岩碎石を砂岩碎石と砂岩碎石に置換使用した（各々容積で 0・15・30%と 0・50・100%）。配合の略号は容積置換率を表し、1550 は、銅スラグ砂置換率 15%（対砂岩碎石+海砂）で石灰岩碎石置換率 50%（対砂岩碎石）を表す。なお、コンクリートの品質改善のために、フライアッシュ（対細骨材容積 10%）や海砂（対砂岩碎石+海砂容積 20%）で使用した。

パン型強制練りミキサで練り混ぜた（全粉粒体材料を空練り後に混和剤を加えた水を投入）コンクリートは、スランプ試験と空気量試験を行った後、供試体作製（□100×100×400mm 角柱、φ100×200mm 円柱）に用いた。乾燥収縮ひずみ測定用角柱供試体（各配合 2 本×日を変えて 2 回作製）は、鋼製型枠とともに 20℃恒温室内で 1 日保管後に脱型し、材齢 7 日まで 20℃水中養生後、8 週間 40℃低温炉乾燥を行った。収縮ひずみは、材齢 7 日で養生水から取り出した供試体の側面にコンタクトチップを接着し（標点距離 200mm）、ひずみ計で 1000 分の 1mm まで測定した。材齢 7 日以降は 40℃電気乾燥炉で保管し、乾燥期間 1 週ごとに 20℃恒温室内でひずみを測定した（各供試体は乾燥炉から移して 1 日保管し、3 回測定して平均）。なお、圧縮強度用円柱供試体（各配合 3 本×1 回作製）は、材齢 4 週まで 20℃水中養生後に載荷試験を行った。

3. 結果と考察

本実験で製造したコンクリートのフレッシュ性状を表-3 に示す。これより、石灰岩碎石や銅スラグ砂の置換使用で、スランプや空気量が増える傾向がわかる。これらは、骨材の密度、表面性状、粒度などの影響と思われる。コンクリートの圧縮強度を図-1 に示す。これより、圧縮強度は、石灰

表-1 使用材料

名称	略号	諸元
普通セメント	C	密度3.15g/cm ³ , 比表面積3260cm ² /g
水	W	密度1.00g/cm ³ , 上水道水
フライアッシュ	F	密度2.20g/cm ³ , 比表面積1610cm ² /g, IV種
砂岩碎石	SSa	表乾密度2.57g/cm ³ , 吸水率1.60%, 粗粒率2.95
海砂	SSe	表乾密度2.57g/cm ³ , 吸水率2.00%, 粗粒率2.00
銅スラグ砂	SCu	表乾密度3.51g/cm ³ , 吸水率0.61%, 粗粒率2.60, CUS2.5
砂岩碎石2005	GSa	表乾密度2.57g/cm ³ , 吸水率1.61%
石灰岩碎石2005	GLi	表乾密度2.68g/cm ³ , 吸水率0.41%
AE減水剤	WR	標準型 I 種, 変性リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸系化合物
AE剤	AE	AE剤 I 種, 樹脂酸塩

表-2 示方配合

略号	SCu置換率(%)	GLi置換率(%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)									
					W	C	F	SSa	SSe	SCu	GSa	GLi	WR	AE
00 00	0	0	55	46	166	302	70	591	146	0	962	0	3.3	4.7
00 50	0	50						591	146	0	480	501		
00 100	0	100						591	146	0	0	1002		
15 00	15	0						501	126	151	962	0		
15 50	15	50						501	126	151	480	501		
15 100	15	100						501	126	151	0	1002		
30 00	30	0						414	103	302	962	0		
30 50	30	50						414	103	302	480	501		
30 100	30	100						414	103	302	0	1002		

表-3 フレッシュ性状

略号	練上り温度 (°C)	スランプ (cm)	空気量 (%)
00 00	19	5.4	6.3
00 50	19	6.0	6.5
00 100	19	6.0	6.1
15 00	19	8.0	7.1
15 50	19	8.6	6.5
15 100	19	8.8	6.7
30 00	18	10.2	7.3
30 50	18	11.8	7.9
30 100	18	13.0	8.5

キーワード：乾燥収縮，骨材，吸水率，砂岩，石灰岩，銅スラグ

連絡先：〒774-0017 徳島県阿南市見能林町青木 265 TEL 0884-23-7192 FAX 0884-23-7199

岩碎石の置換使用による影響はあまりないが、銅スラグ砂の使用量が置換率 15・30%と増えるに従って若干低下する傾向がわかる。これは、銅スラグ砂の置換使用によって増加した空気量やスランプの影響が大きいと考えられる。したがって、空気量やスランプが一定となるように AE 剤使用量などを調整することで、銅スラグ砂の置換使用による強度低下は抑制されるといえる。

コンクリートの乾燥収縮ひずみを図-2 に示す。これより、砂岩碎石砕砂コンクリートの乾燥収縮ひずみが大きく 1200×10^{-6} 近い値となること。乾燥収縮ひずみは石灰岩碎石の置換使用で大幅に抑制され、銅スラグ砂の置換使用による低減効果もあることなどがわかる。実験で使用した砂岩碎石砕砂の産地は阿讃山系であり、泥を含有（泥岩）していることがコンクリートの乾燥収縮ひずみを大きくする原因の一つと思われる。また、本実験では、40℃炉乾燥による迅速法を採用したことも乾燥収縮ひずみが大きくなる原因の一つと思われるが、2ヶ月弱の計測期間でコンクリートの乾燥収縮を検討できるこの方法は利用価値が高いといえる。

コンクリートの質量減少率、収縮ひずみと質量減少率の関係および骨材容積置換率（細粗骨材合計）と抑制ひずみ（乾燥期間 8 週時の砂岩碎石砕砂コンクリートに対する各コンクリートの乾燥収縮ひずみの差）との関係を、各々図-3、図-4 および図-5 に示す。これらより、乾燥収縮ひずみと質量減少率には相関性がみられるものの、ひずみに比べて質量の変化の収束が遅れること、骨材容積置換率と抑制ひずみには高い相関があることなどがわかる。

したがって、乾燥収縮の抑制には、石灰岩碎石や銅スラグ砂などの置換使用が有効だが、銅スラグ砂は密度が大きく産地も限られるため、フライアッシュとも絡めた細骨材の枯渇化対策にも配慮した最適な置換率を定めることが重要といえる。

4. むすび

本研究より、徳島県で主流となっている砂岩碎石砕砂コンクリートの乾燥収縮ひずみが大きいこと、その抑制には低吸水性の石灰岩碎石や銅スラグ砂の置換使用が有効で、効果は骨材容積置換率に依存すること、計測に 6 ヶ月を要する通常の試験法と比べ、40℃炉乾燥による迅速法は約 2 ヶ月で収束する効率的な乾燥収縮評価法といえることなどが確認できた。今後は各種混和材料の利用効果について検討する予定である。最後に、実験にご協力頂いた徳島大学、阿南生コンクリート工業および大山将君（本校卒業生）に謝意を表す。

【参考文献】

- 1) JCI, コンクリートの収縮問題検討委員会報告書, 2010.
- 2) JCI 四国支部, 香川県建設に関する物質フロー研究会及び四国の骨材に関する研究委員会共同報告書, 2011.

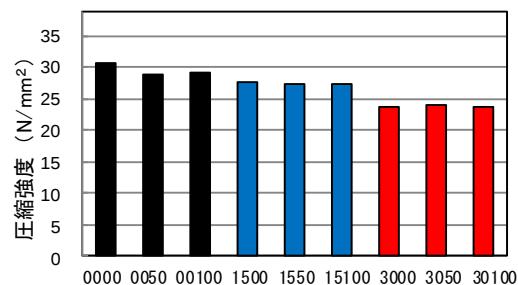


図-1 圧縮強度

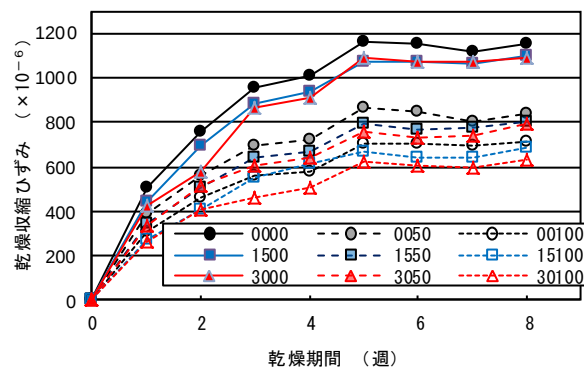


図-2 乾燥収縮ひずみ

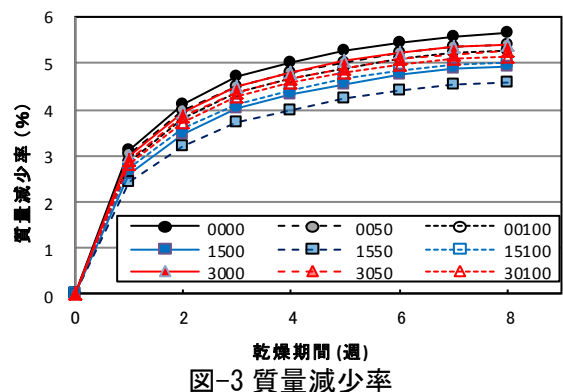


図-3 質量減少率

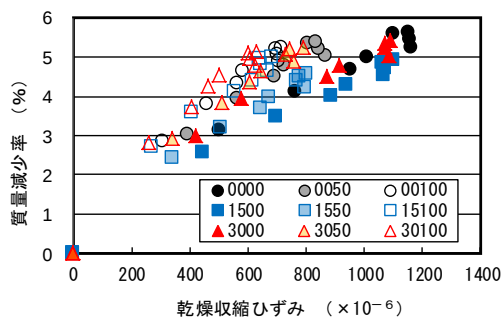


図-4 収縮ひずみと質量減少率の関係

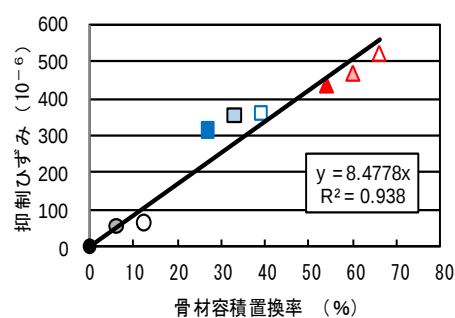


図-5 骨材置換率と抑制ひずみの関係