

尿素および低吸水性骨材による砂岩碎石砕砂コンクリートの乾燥収縮抑制効果

阿南工業高等専門学校 正会員 ○堀井 克章
阿南工業高等専門学校専攻科生 酒井 圭祐

1. はじめに

徳島県では、中央構造線北側に位置する阿讃山系の白亜紀和泉層から産出される砂岩碎石砕砂がコンクリートの主要骨材となっている。この砂岩碎石砕砂で製造するコンクリートは、土木学会や日本建築学会の許容値を超える乾燥収縮を示すことが多い¹⁾。最近、コンクリートの乾燥収縮抑制策として、骨材自体の乾燥収縮という観点から低吸水性骨材の利用が注目されているが、高い吸熱性や水溶性を有する尿素の使用で、水和熱抑制や単位水量低減が可能となり、温度ひび割れや乾燥収縮が低減できるという研究報告もある²⁾³⁾。本研究では、徳島県における砂岩碎石砕砂コンクリートの乾燥収縮抑制策として、比較的安価で全国的に広く普及している尿素や徳島県で入手可能な低吸水性の石灰岩碎石を使用した場合の効果を調査した。

2. 実験概要

実験で製造したコンクリートの使用材料および示方配合をそれぞれ表-1 および表-2 に示す。尿素と石灰岩碎石は、それぞれ練混ぜ水と砂岩碎石に容積置換した(各々0・15・30%と0・50・100%、配合の略号は置換率を表示)。なお、コンクリートの品質改善のため、フライアッシュ(対全細骨材容積 10%)、海砂(対砂岩碎石+海砂容積 20%) および銅スラグ砂(対砂岩碎石+海砂容積 15%) を細骨材として使用した。

コンクリートは、パン型強制練りミキサで練り混ぜ(全粉粒体材料を空練り後に混和剤と尿素を加えた水を投入)後、スランプ試験、空気量試験および供試体作製(□100×100×400mm 角柱、φ100×200mm 円柱)を行った。乾燥収縮ひずみ測定用角柱供試体(各配合 2 本)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、12 週間 40℃低温炉乾燥を行った¹⁾。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 250mm)、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(供試体は 40℃乾燥炉から 20℃恒温室内に移して 1 日保管後にひずみ測定)。なお、圧縮強度用円柱供試体(各配合 3 本)は、材齢 7、21 および 91 日まで 20℃水中養生した後に載荷試験を行った。

3. 結果と考察

本実験で得られ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、尿素の使用で練上り温度が低下し、尿素や石灰岩碎石の使用でスランプや空気量が増える傾向がわかる。尿素は、吸熱性や水溶性が高く水溶液の表面張力を下げ、コンクリートの温度が低下し、流動性や空気連行性が高まり、石灰岩碎石は、砂岩碎石と比べて密度が大きく滑らかな表面形状のため、流動性が高まると思われる。

図-1 使用材料

名称	略号	諸元
水	W	密度1.00g/cm ³ , 上水道水
尿素	U	密度1.32g/cm ³ , 20℃溶解度108g/100ml, 工業用顆粒
普通セメント	C	密度3.15g/cm ³ , 比表面積3260cm ² /g
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%, 400kN破砕値12%
石灰岩碎石2005	GLi	表乾密度2.68g/cm ³ , 吸水率0.41%, 400kN破砕値23%
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

図-2 示方配合

略号	U置換率(%)	GLi置換率(%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)											
					W	U	C	F	SSa	SSe	SCu	GSa	GLi	WR	AE	
00-00	0	0	55	46	166	0	302	70	501	126	151	962	0	3.3	4.7	
00-50		50										480	501			
00-100		100										0	1002			
15-00	15	0	55	46	141	33	302	70	501	126	151	962	0	3.3	4.7	
15-50		50										480	501			
15-100		100										0	1002			
30-00	30	0	55	46	116	66	302	70	501	126	151	962	0	3.3	4.7	
30-50		50										480	501			
30-100		100										0	1002			

本実験で得られたコンクリートの圧縮強度および乾燥収縮ひずみをそれぞれ図-1 および図-2 に示す。

圧縮強度では、空気量を考慮すると、尿素を用いたコンクリートは、早期強度が低下するものの、材齢の進行とともに強度が増進し、材齢 91 日では尿素を用いないコンクリートと大差ない値となることがわかる。また、石灰岩碎石の置換率を 50 および 100% と高めても、砂岩碎石を用いたコンクリートと大差ない強度発現性があることがわかる。尿素による早期強度の低下は、尿素置換率の増加に伴うコンクリートの水分の減少や表面張力低下、温度の変動（吸熱による降下と水や周囲環境による上昇）などによると思われる。

乾燥収縮ひずみでは、砂岩碎石コンクリートの乾燥収縮ひずみは 1150μ 程度と大きく、日本建築学会の許容値を超えるが、尿素や石灰岩碎石の置換率を上げるとこれを抑制でき、石灰岩碎石 100% のコンクリートに尿素を 30% 混入することで約 450μ 程度まで乾燥収縮が小さくなることがわかる。これは、低吸水率石灰岩碎石の乾燥収縮が小さいこと、尿素的置換使用によるコンクリートの水分の減少や表面張力低下、保水性の増加などによると考えられる。

以上より、石灰岩碎石は、徳島県南部で産出され、破砕値は大きいものの、コンクリートの流動性や強度発現性も良好なため、乾燥収縮抑制に利用価値が高いといえる。しかし、尿素は、置換率を 30% まで高めると、練混ぜ水への溶融が困難となり、水温が -10°C 近くまで低下し、 40°C 炉乾燥によってコンク

リート表面に白い粉状物質が析出するなどの問題を生じた。したがって、尿素を練混ぜ水に置換使用する場合は 15% 程度に抑えるのが良いといえる。なお、この析出物は、ICP（高周波誘導結合プラズマ）発光分光分析結果より、一般的なコンクリート細孔溶液中の成分であるアルカリや尿素的成分と推定できた。

本実験では、乾燥収縮の測定に迅速法を採用したが、尿素を用いると収束がやや遅れる傾向がみられた。これは、尿素的高い保水作用によるものと思われる。したがって、尿素を用いたコンクリートの乾燥収縮を迅速法で評価する場合、通常のコンクリートに比べて乾燥期間をやや長くする必要があるといえる。

4. むすび

本研究より、徳島県産の砂岩碎石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率石灰岩碎石や尿素的の使用が有効で、その効果は粗骨材や練混ぜ水への置換率が高いほど大きいこと、尿素は、コンクリートの流動性や空気連行性を高めるが、練上り温度や早期強度を低下させること、 40°C 炉乾燥による迅速法は、6 ヶ月を要する 20°C の標準法に比べて大幅に乾燥収縮の試験期間を短縮できるが、尿素を使うコンクリートでは乾燥期間をやや伸ばす必要があることなどが確認できた。コンクリートにおける各種混和材料の乾燥収縮抑制効果や尿素的の新たな利用法（混入法、用途など）について、今後検討を行う予定である。

【参考文献】

- 1) JCI 四国支部; 香川県の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.
- 2) JCI ; コンクリートの収縮問題検討委員会報告書, 2010.
- 3) 田中ほか; 尿素を用いたコンクリートの RC ラーメン高架橋への適用, コンクリート工学, Vol. 80, No. 8, 2012.

表-3 フレッシュ性状

略号	練上り温度 ($^{\circ}\text{C}$)	スランプ (cm)	空気量 (%)
00-00	16	6.5	7.1
00-50	16	7.4	7.1
00-100	16	9.6	8.1
15-00	14	6.6	6.5
15-50	14	7.8	7.1
15-100	14	12.0	8.5
30-00	12	10.4	8.9
30-50	12	12.4	9.1
30-100	12	14.8	9.3

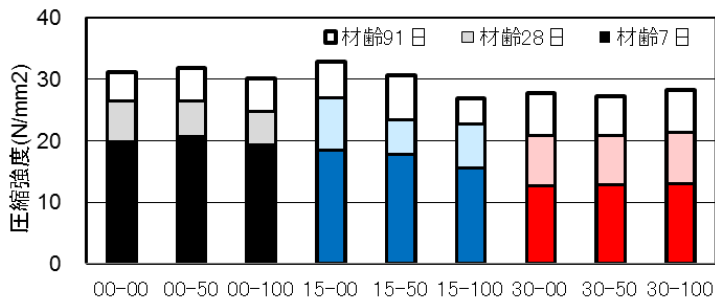


図-1 圧縮強度

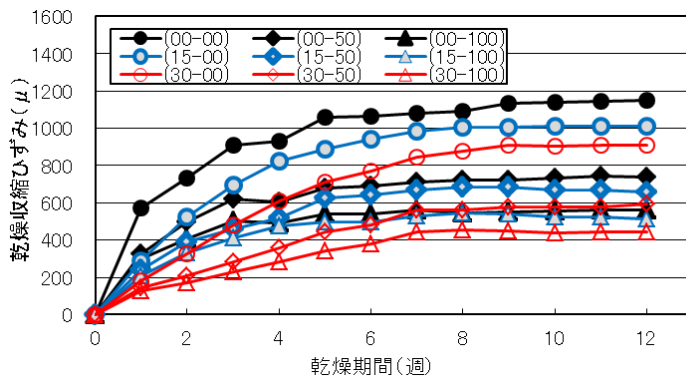


図-2 乾燥収縮ひずみ