

尿素を用いたコンクリートおよびモルタルの諸性状

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
 大久保産業(株) 脇山 春菜

1. はじめに

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砕石砕砂を主要骨材としている徳島県のコンクリートは、乾燥により 1000 μ を超える高い収縮率を示すことが多い^{1),2)}。コンクリートの乾燥収縮は、収縮低減剤や低吸水性骨材の利用などで抑制できる、吸熱性や水溶性の高い尿素の使用で水和熱抑制や単位水量低減が可能となり、乾燥収縮や温度ひび割れが低減できるという報告がある³⁾。本研究は、コンクリートの乾燥収縮抑制策として、比較的安価で広く普及している尿素に着目し、これを練混ぜ水の一部に置換使用したコンクリートやモルタルの諸性状を調査することで、尿素を利用する際の効果や問題点を検討した。

2. 実験概要

実験で製造したコンクリートやモルタルの使用材料と示方配合をそれぞれ表-1 と表-2 に示す。実験では、パン型強制練りミキサやホバート型ミキサで顆粒状の尿素を他の粉体・粒体材料とともに空練り後、水を投入して砂岩砕石コンクリート(練混ぜ水に対する尿素容積置換率 0・10・20%)や砂岩砕石モルタル(練混ぜ水に対する尿素容積置換率 0・15・30%、細骨材に対するフライアッシュ容積置換率 0・10%)を製造し、コンクリート温度、流動性、空気量、圧縮強度、乾燥収縮などを測定した。乾燥収縮は、材齢7日以降コンタクトゲージ法で長さ変化を測定した(保管時温度;コンクリート 40℃,モルタル 20℃)。また、モルタルでは、練混ぜ水の表面張力(デュヌイ表面張力計)、乾燥・湿潤養生時に析出・溶出する物質の化学分析(炭素・窒素同時定量)や熱特性(加熱による質量減少率測定、アンモニアガス検知管濃度)なども調査した。

表-1 使用材料

名称	略号	諸元
練混ぜ水	W	密度1.00g/cm ³ 阿南市上水道水
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
川砂	Sr	表乾密度2.62g/cm ³ , 吸水率1.60%, 粗粒率2.80, 阿南市産
海砂	Sm	表乾密度2.57g/cm ³ , 吸水率2.00%, 粗粒率1.20, 唐津市産
砕砂	Sc	表乾密度2.57g/cm ³ , 吸水率1.60%, 粗粒率2.95, 鳴門市産
鋼スラグ砂	Ss	表乾密度3.51g/cm ³ , 吸水率0.61%, 粗粒率2.60, CUS2.5
フライアッシュ	F	密度2.20g/cm ³ , 比表面積1610cm ² /g, IV種
砕石	G	表乾密度2.57g/cm ³ , 吸水率1.61%, 最大寸法20mm, 400kN破砕値
AE剤	A	AE剤I種, 樹脂酸塩

表-2 示方配合

略号	U/W容積(%)	F/S容積(%)	W/C質量(%)	単位量 (kg/m ³)												
				W	U	C	Sr	Sc	Sm	Ss	F	G	A			
U00	0		60	175	0											0.58
U10	10	0	60	158	24	292	863	-	-	-	-	-	1043			0.44
U20	20		60	140	48											0.29
U00F00	0		55	283	0											
U15F00	15	0	55	240	56	514	-	955	239	245	0	-	-			
U30F00	30		55	198	112											
U00F10	0		55	280	0											
U15F10	15	10	55	238	55	509	-	867	217	222	119	-	-			
U30F10	30		55	196	111											

表-3 フレッシュ性状

略号	練上り温度(℃)	スランプ/フロー(cm)	空気量(%)
U00	26.5	9.0	5.2
U10	25.0	8.0	5.3
U20	23.0	8.0	4.7
U00F00	18.0	19.6	2.1
U15F00	12.5	22.6	2.9
U30F00	9.0	23.5	3.6
U00F10	17.0	17.5	2.9
U15F10	12.5	20.2	3.2
U30F10	9.0	19.4	3.6

3. 結果と考察

本実験で得られたフレッシュ性状を表-4, 練上がり後の温度変化(内寸 300×300×300mmEPS 密閉容器)を図-1, 圧縮強度(円柱)を図-2および図-3, 乾燥収縮(角柱)を図-4, 尿素水の表面張力を図-5, 加熱による質量減少率を図-6, 乾燥養生で析出あるいは水中湿潤養生で溶出した物質の成分含有率を表-4 にそれぞれ示す。これらより、本実験範囲内で得られたことを以下に述べる。

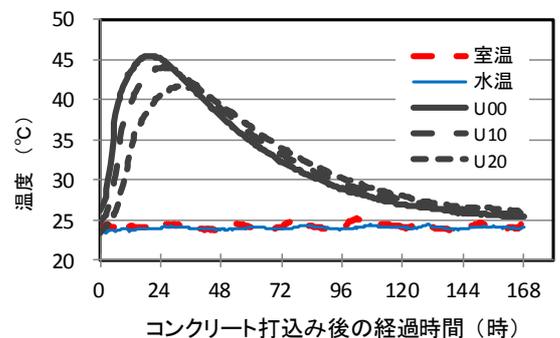


図-1 コンクリートの温度変化

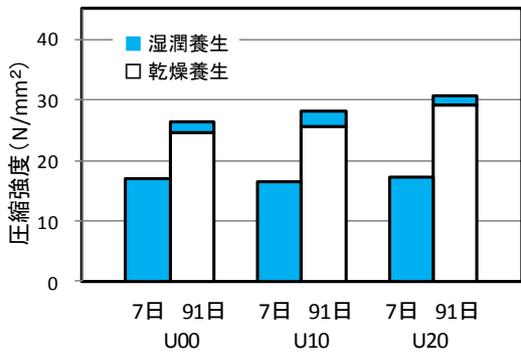


図-2 コンクリートの圧縮強度

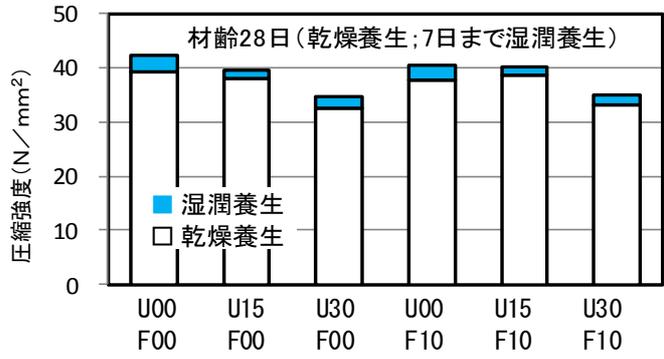


図-3 モルタルの圧縮強度

尿素の練混ぜ水置換使用で、コンクリートやモルタルの練上り温度は低下し、スランプや空気量は増加し、目標空気量を得るためのAE剤量を節減できる。また、水和熱の抑制にも有効で、尿素置換率を増すと強度は低下するが、置換率20%程度までなら、空気量を調整することで、尿素を用いないコンクリートと同程度かそれ以上の強度を発揮し、長期強度発現性も良好となる。徳島県産の砂岩砕石や砕砂を使用したコンクリートは、乾燥収縮が大きいですが、尿素の使用

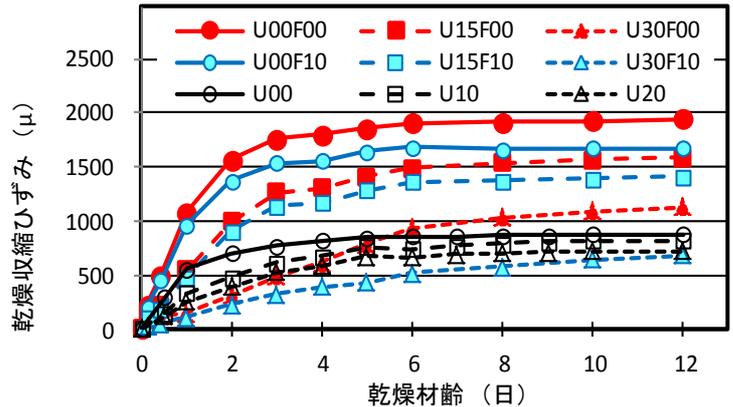


図-4 コンクリートとモルタルの乾燥収縮

でこれを抑制できる。しかし、尿素置換率が高いと乾燥収縮が遅延する。また、乾燥収縮の抑制には、フライアッシュの細骨材置換使用効果も高い。尿素の練混ぜ水置換率が大きい場合、水中下では尿素がモルタルから溶出

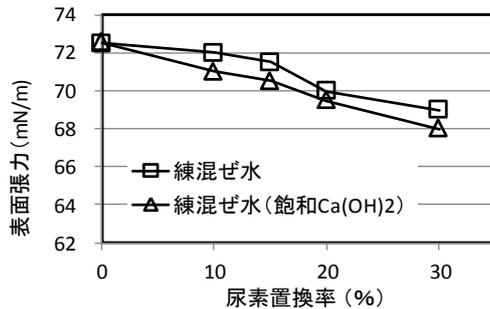


図-5 尿素水の表面張力

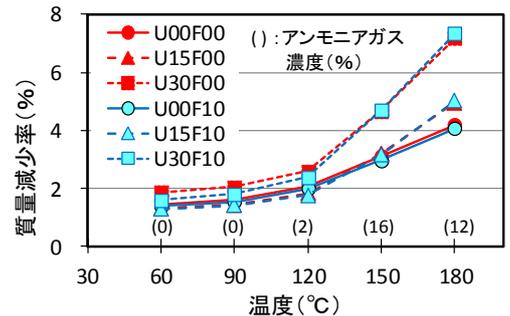


図-6 モルタルの質量減少率

し、乾燥下では尿素がモルタル表面に析出する。尿素を使用したモルタルは、120℃程度以上でアンモニアガスを発生し、質量減少が大きくなる。以上のことは、尿素の優れた保水性、吸熱性、水溶性、表面張力低減作用などによるものと思われる。

4. むすび

本研究より、徳島県産の砂岩や砕砂を使用したコンクリートやモルタルの乾燥収縮が大きいこと、その抑制には尿素の練混ぜ水置換使用やフライアッシュの細骨材置換使用が有効であること、尿素は練混ぜ水に30%程度まで容積置換使用が可能で、これによってコンクリートやモルタルの諸性状は改善するが、コンクリートやモルタルから溶出・析出しやすく、耐熱性に問題のあることなどが確認できた。最後に、実験にご協力頂いた阿南生コンクリート工業(株)、本校の遠野竜翁・東和之技術職員に謝意を表す。

【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-4 溶出析出物の成分含有率

成分	炭素(%)	窒素(%)	
尿素	21	51	
水中湿潤	U00F00	5	2
	U15F00	18	41
	U30F00	17	43
	U00F10	5	2
	U15F10	18	43
	U30F10	21	44
乾燥	U30F00	23	52
	U30F10	23	51