

コンクリートに対する尿素の利用法に関する検討

阿南工業高等専門学校 正会員 ○ 堀井 克章
 四国クリエイト協会 天羽 智大
 琉球大学 板東 一敬

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を主要骨材としている徳島県のコンクリートは、1000 μ を超える高い乾燥収縮率を示すことが多い^{1),2)}。一方、水溶性や吸熱性が高い尿素を使用したコンクリートは、単位水量が低減し水和熱が抑制され、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⁾。本研究では、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をコンクリートに混入する方法やその混入率がコンクリートの諸性状に及ぼす影響を調査した。

2. 実験概要

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3.16g/cm ³ 、比表面積3390cm ² /g
川砂	S	表乾密度2.60g/cm ³ 、吸水率1.60%、粗粒率2.90、高知県安芸郡産
砕石	G	表乾密度2.57g/cm ³ 、吸水率1.62%、最大寸法25mm、徳島県板野郡産
AE剤	A	AE剤1種、樹脂酸塩

実験で製造したコンクリートの使用材料と示方配合をそれぞれ表-1と表-2に示す(尿素；練混ぜ水に容積置換使用)。尿素混入法に関する実験Ⅰ(尿素置換率；15%)は、パン型強制練りミキサを用い、全材料一括投入法、尿素遅れ投入法、打設前尿素投入法、練混ぜ直前尿素溶融法および前日尿素溶融法(A1, A2, A3, C1およびC2)で練混ぜ、30分経過後に再撹拌した後、硬化コンクリートの供試体を作製した。フレッシュコンクリートの性状は、練混ぜ直後と再撹拌直後に調査した。尿素混入率に関する実験Ⅱ(尿素置換率；0・15・30%)は、全材料一括投入法で練混ぜ、フレッシュコンクリートの性状を調査後、硬化コンクリートの供試体を作製した。

コンクリートの調査項目は、温度、スランプ、空気量、圧縮強度(100×200mm円柱)、乾燥収縮(100×100×400mm角柱)などとした。乾燥収縮は、材齢7日以降乾燥させた角柱供試体の長さ変化をコンタクトゲージ法で測定した(実験Ⅰ；乾燥温度40℃)。また、材齢7日以降35日まで20℃で乾燥させた角柱供試体を25℃の恒温恒湿槽内で湿度を変化させて質量変化を調査した(実験Ⅱ)。

3. 結果と考察

尿素混入法に関する実験Ⅰで得られたコンクリートのフレッシュ性状を表-4、圧縮強度を図-1、乾燥収縮を図-2にそれぞれ示す(日を変えて2回実施；強度は各条件4本×2回の平均値、長さ変化は各条件1本×2回の平均値を掲載)。

コンクリートのフレッシュ性状については、練混ぜ時や再撹拌時に尿素を投入すると、練上り温度の低下、スランプの増加、空気量の増加などが確認できる。これらは、尿素が吸熱性で、水に溶けやすく、水の表面張力を低下させることに起因すると思われる⁴⁾。また、硬化性状については、阿讃山系の砂岩砕石を使用し

表-2 示方配合

実験	略号	U/W 容積 (%)	W/C 質量 (%)	単位量 (kg/m ³)					
				W	U	C	S	G	A
I	U15*	0	60	147	34	287	785	987	2.23
II	U00	0	60	177	0	295	812	1021	0
	U15	15		150	35				
	U30	30		124	70				

表-3 練混ぜ方法

略号	尿素の状態	練混ぜ(60s+30s)	撹拌(30s)
A1	顆粒	GCSWUA	試験 → (30m) → 静置
A2	顆粒	GCSWA + U	
A3	顆粒	GCSWA	
C1	直前溶融	GCSWUA	試験
C2	前日溶融	GCSWUA	

表-4 フレッシュ性状(実験Ⅰ)

尿素 混入法	練混ぜ後			打設前(再撹拌後)		
	温度 (℃)	スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 (℃)	スランプ (cm)	空気量 (%)
A1	16.0	12.3	7.5	17.5	6.3	4.8
A2	15.5	13.0	7.1	16.8	6.5	4.9
A3	18.5	3.0	4.5	15.5	9.3	4.9
B1	15.5	14.8	7.8	16.8	7.3	5.0
B1	18.5	11.5	8.0	18.5	5.0	5.1

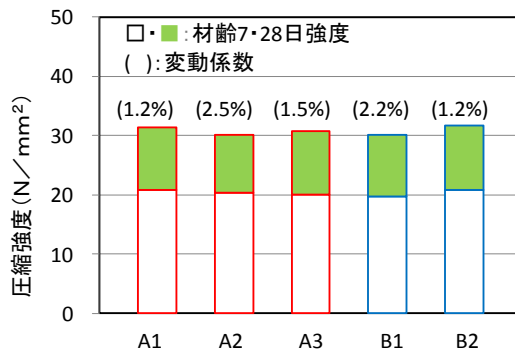


図-1 圧縮強度(実験Ⅰ)

キーワード：コンクリート，尿素，乾燥収縮，練混ぜ方法

連絡先：〒774-0017 徳島県阿南市見能林町青木 265 阿南工業高等専門学校創造技術工学科 TEL・FAX 0884-23-7192

たコンクリートの乾燥収縮は大きく、40℃で炉乾燥する迅速法では尿素置換率 15%で 1000 μ を超えることが確認できる。これは、粗骨材として使用した砂岩碎石の固結度が低く、骨材自身の乾燥収縮が大きいことに起因すると思われる。また、尿素的の混入法については、尿素的の投入時期により、練混ぜ直後のフレッシュ性状に差が生じるものの、30 分程度経過すると、その差が小さくなること、硬化コンクリートの圧縮強度や乾燥収縮は、尿素的の混入法による差がほとんど生じないことなどが確認できる。

実験Ⅱで得られたコンクリート（全材料一括投入法）のフレッシュ性状と圧縮強度を表-5、乾燥収縮を図-3、周囲の湿度を変化させた場合の質量変化を図-4 に示す。

この実験からも、阿讃山系砂岩碎石の使用によるコンクリートの乾燥収縮の大きさ、尿素的の使用によるコンクリートの練上り温度の低下、スランプの増加、空気量の増加、乾燥収縮の低減などが確認できる。また、コンクリートの圧縮強度は尿素置換率の増加に伴って低下することがわかる。なお、コンクリートが乾燥するとその表面に白い析出物が生じる（写真-1；U30）。これは、アルカリを含んだ尿素であり、尿素置換率が 15%以上となると顕著となる。これらは、尿素的の高い水溶性や表面張力低減性などに起因すると思われる⁴⁾。この高い水溶性により、尿素的は大気中の水分を吸収する。供試体を恒温恒湿槽に入れて湿度を調整すると、尿素的を含まないものは、相対湿度 80%程度以上にならないと質量が増加しないが、尿素置換率 15%では相対湿度 70～75%程度以上、尿素置換率 30%では相対湿度 65%程度以上で質量が増加することがわかる。なお、高い湿度を継続すると、写真-1 の白い析出物（U30）は、溶解してコンクリートに浸入したり流出する。

4. むすび

本研究より、阿讃山系の砂岩碎石を用いたコンクリートの乾燥収縮が大きいこと、その抑制には尿素的の練混ぜ水置換使用が有効で、その置換率を高めると、コンクリートの温度が低下し、スランプや空気量が増加するが、強度低下、表面析出、湿気吸収などを生じることが確認できた。

最後に、本実験にご協力頂いた阿南生コンクリート工業（株）に謝意を表します。

【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；尿素的を用いたコンクリートのひび割れ低減技術，コンクリート工学，Vol. 52，No. 4，2014。
- 4) 堀井ほか；尿素的を用いたコンクリートのおよびモルタルの諸性状，土木学会第 69 回年次学術講演会，V-540，2014。

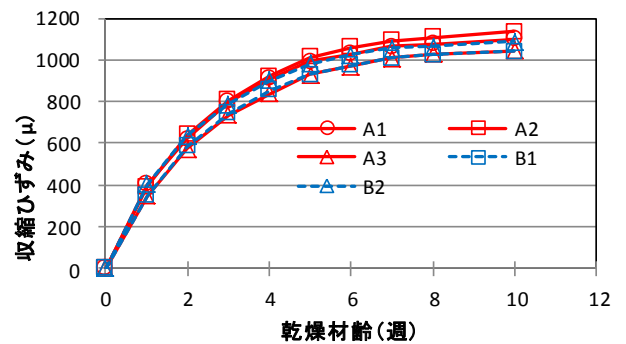


図-2 乾燥収縮(実験Ⅰ；40℃)

表-5 諸性状(実験Ⅱ)

配合	温度 (℃)	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)
U00	18.0	4.0	1.2	39.6
U15	16.5	4.8	1.6	38.0
U30	14.0	9.0	1.9	34.1

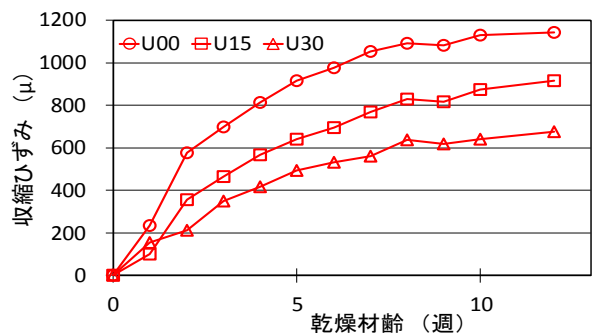


図-3 乾燥収縮(実験Ⅱ；20℃)

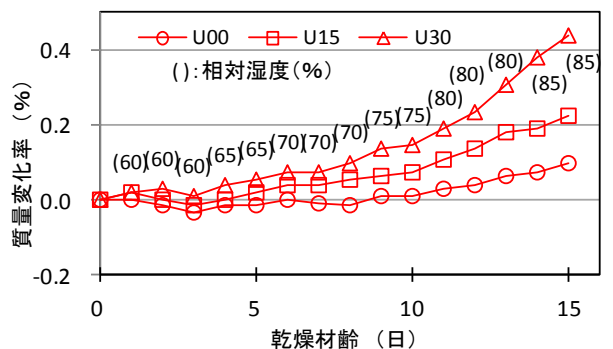


図-4 質量変化(実験Ⅱ；湿度の影響)



写真-1 コンクリート表面