

尿素を用いたコンクリートの乾燥収縮低減工法の改良に関する研究

宇都宮大学 学生会員 ○六本木 晶瑚 宇都宮大学大学院 学生会員 劉 玲玲
 宇都宮大学大学院 学生会員 佐藤 匠 宇都宮大学大学院 正会員 藤原 浩巳
 宇都宮大学大学院 正会員 丸岡 正知

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の長寿命化への動きが高まる一方で、コンクリート構造物のひび割れを完全に防ぐことは一般的に困難とされている。特に、乾燥収縮によるひび割れは以前から問題視され、乾燥収縮を抑制するために多くに研究がなされている。主に、膨張材の混和、乾燥収縮低減剤の混和、石灰石骨材の混和、尿素的の混和が効果的とされている。しかし、レディーミクストコンクリート工場にて混和材料を混和する方法は材料の品数増加や管理の問題、練り混ぜ時に投入する手間などが原因となり、材料や機材コストの上昇または人件費の上昇を招く。また、普段使用しない混和材料の投入や骨材の確保・利用は、既存の設備のみでは対応できず、使用の度に別途人手を要するため、これらのひび割れ防止策の普及を妨げている要因となっている。

既往の研究では上記の状況を考慮し、より安価で簡便な方法として、尿素を主成分とした水溶液（以後、尿素水溶液）を脱型後の硬化体表面に含浸させ、乾燥収縮を低減する方法を提案し、これにより約 30%の収縮低減効果があることを示した¹⁾。しかし、寒冷時施工の場合、低温の構造物に塗布・含浸する際、塗布前・塗布直後に尿素が析出し、コンクリート表層部まで浸透しないことが問題となる。そこで、本研究では低温において凍結しにくい不凍液を尿素水溶液に一定の割合で混合した水溶液（以後、不凍液混合水溶液）をモルタル・コンクリートに塗布・含浸し、乾燥収縮を低減する方法を提案した。また、モルタルに不凍液混合水溶液を浸漬した場合の乾燥収縮低減効果についての検討を行った。

2. 試験項目

2.1 実験概要

不凍液混合水溶液または尿素水溶液に浸漬したモルタルの乾燥収縮低減効果の比較・検討を行った。

表-1 使用材料

	名称	記号	密度
水	上水道水	W	1.00
結合剤	普通ポルトランドセメント	C	3.16
細骨材	鬼怒川産川砂 (F.M.:2.65,吸水率:1.94)	S	2.56
化学系 材料	工業用尿素	U	1.32
	凍結防止剤 1	AF1	-
	凍結防止剤 2	AF2	
	凍結防止剤 3	AF3	

表-2 配合条件およびフレッシュ性状試験結果

W/C (%)	s/c	空気量 (%)	フロー(mm)
50	2.3	2.4	220

2.2 使用材料および配合条件、練混ぜ方法

本研究における使用材料を表-1に示す。また、モルタルの配合条件を表-2に示す。使用した不凍液はすべて主成分の異なる市販品であり、以後、AF1、AF2、AF3と示す。

フレッシュ性状目標値は、空気量 $2.0 \pm 1.5\%$ 、15打フロー 200 ± 20 mmとした。練混ぜには公称容量 10L のオムニミキサーを使用し、1回あたりの練混ぜ量を 8L とした。ミキサーの混練槽にセメント、細骨材を投入し空練りを 60 秒間行った後、練混ぜ水を投入し、60 秒間練り混ぜを行った後、排出した。

2.3 試験項目

(1)フレッシュ性状試験

15打フロー試験は JIS R 5201 に、空気量試験は JIS A 1128 にそれぞれ準拠した。

(2)乾燥収縮試験

JIS A 1129-3 に準拠した。供試体作製の翌日に脱型し、 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 、 $60 \pm 5\% \text{Rh}$ の恒温恒湿室にて気中養生を行った。脱型直後に 1 回目の長さ測定を行い、これを基長とし、91 日目まで一定期間ごとに長さ測定を行った。

キーワード 尿素, 乾燥収縮, 不凍液, 寒冷時

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2

2.4 不凍液水溶液の含浸方法

本研究における不凍液水溶液の含浸方法を次に示す。今回は浸漬による含浸方法とした。

-10°C程度における使用を想定し、凍結温度と不凍液濃度の関係より凍結温度-10°Cに対応する不凍液濃度30%を採用した。不凍液濃度30%の水溶液作成後に尿素が飽和するまで溶かした場合の質量割合と尿素的結晶化温度について表-3に示す。不凍液を混合することで結晶化温度は低くなることが確認できた。

浸漬材齢は施工現場における工程を想定し、乾燥開始から3日目に各種水溶液の浸漬を行った。浸漬時間は1分、10分、30分間の3条件とした。

3. 試験結果および考察

(1)フレッシュ性状試験

試験結果を表-2に示す。また、空気量および15打フロアのどちらも目標値を満たした。

(2)乾燥収縮試験

一例として、尿素水溶液に浸漬した場合とAF1水溶液に浸漬した場合の乾燥収縮試験結果を図-1、図-2にそれぞれ示す。また、すべての浸漬液における無処理を0%としたときの乾燥収縮低減率を図-3に示す。

図より、不凍液混合水溶液に浸漬した場合においても、乾燥収縮低減効果は認められた。尿素水溶液に浸漬した場合より低減効果は小さく見えるが、不凍液混合水溶液のほうが尿素的質量割合は小さいため妥当な結果であると考えられる。この結果より、浸漬液の結晶化温度を下げるという目的で混合させた不凍液が現時点においては供試体に悪影響を及ぼしていないことがわかった。尿素水溶液に浸漬した場合は、水溶液の含浸により乾燥後に尿素が残存し、結晶化することで収縮作用が抑制されると推測されていたが、不凍液を混合した場合においても尿素的保水性が作用し続けたと考えられる。また、本研究では3種類の不凍液を用いて実験を行い、図-3よりAF1が最も乾燥収縮低減効果が発揮されたが、不凍液の種類によって乾燥収縮低減効果も変化することがわかった。不凍液は、用途や価格により主成分が様々であるため、用いる不凍液と尿素水溶液との相性によって乾燥収縮低減効果に影響を及ぼしているためと考えられる。

表-3 各水溶液の質量割合と結晶化温度

水溶液名称	質量割合 (%)			結晶化温度 (°C)
	不凍液	水	尿素	
尿素水溶液	0	50	50	8
30%不凍液混合水溶液	17	39	44	5

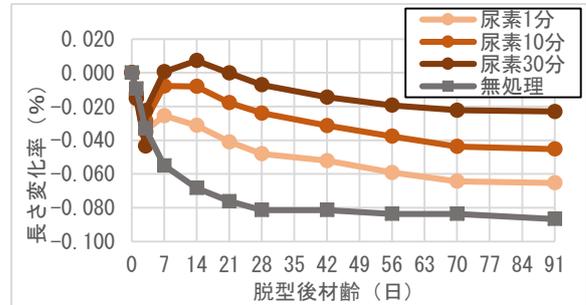


図-1 乾燥収縮試験結果 (尿素水溶液浸漬)

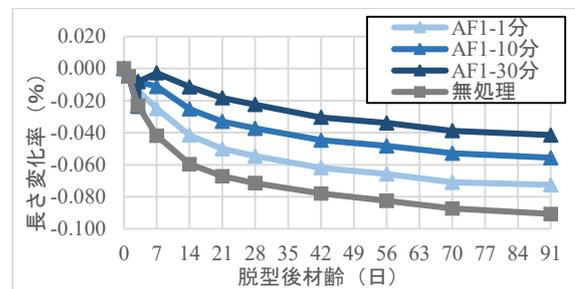


図-2 乾燥収縮試験結果 (AF1水溶液浸漬)

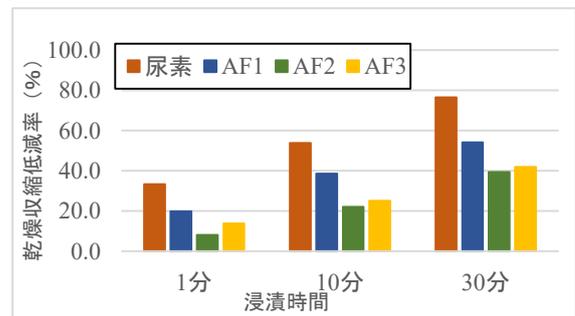


図-3 乾燥収縮低減率の比較

4. まとめ

不凍液混合水溶液への浸漬により、尿素水溶液と同等の乾燥収縮低減効果が認められた。また、不凍液混合水溶液の方が、尿素水溶液に比べ尿素的結晶化温度が低くなる。これらの結果より、寒冷時施工における尿素析出問題を解決する可能性があることが確認できた。

【参考文献】

- 1) 白山昂資・藤原浩已・丸岡正知・劉玲玲：尿素混和水溶液含浸による乾燥収縮低減方法の開発、博士前期課程修士論文、2019