尿素および高濃度シラン系表面含浸材を用いた高耐久コンクリートに関する研究

清水建設　　正会員　○田中博一
京都大学　フェロー　　宮川豊章

１．はじめに

筆者らは，尿素を用いた場合，コンクリートのひび割れ発生を抑制できること，高濃度シラン系表面含浸材を用いた場合，吸水防止性や塩化物イオン浸透に対する抵抗性が向上することを明らかにしてきた[1),2)]．本研究では，尿素を用いたコンクリートに高濃度シラン系表面含浸材を塗布した場合の高耐久コンクリートの基礎的な性状を検討した．

２．試験条件

本研究の試験条件を表-1 に示す．本研究で用いた高濃度シラン系表面含浸材は，市販品であり，主成分がアルキルアルコキシシランおよびシロキサン，主成分濃度が 90%以上のものである．

３．使用材料および配合

使用材料を**表-2**，配合を**表-3** に示す．配合 No.1，No.2 では，細骨材に山砂（S1），粗骨材に硬質砂岩砕石（G1）を用いた．配合 No.3，No.4 では，細骨材に山砂（S2）と石灰岩砕砂（S3）の混合砂（質量比 6：4），粗骨材に石灰岩砕石（G2）を用いた．尿素は，水に容易に溶解するため，尿素を用いる場合，尿素の容積分だけ単位水量を減少させた．目標スランプおよび空気量は,それぞれ 12cm および 4.5%とした．

４．試験項目

試験項目は，含浸深さ（JSCE-K571），乾燥収縮ひずみ（JIS A 1129），中性化深さ（JIS A 1152），塩化物イオン浸透深さ(JSCE-K571)とした．含浸深さ，中性化深さ，塩化物イオン浸透深さを測定する場合，試験体を材齢 28 日まで封かん養生した後，材齢 63 日まで 20℃，60%の室内で気中養生して含水状態を調整した後，高濃度シラン系表面含浸材を塗布するケースについては所定量塗布した．塗布後，2 週間気中養生した後，各種試験を実施した．乾燥収縮ひずみを測定する場合,材齢7日まで封かん養生した後，20℃，60%の室内で乾燥を開始した．高濃度シラン系表面含浸材を塗布するケースについては，乾燥開始 2 週後，全面に所定量塗布した．

表-1　試験条件

No.	骨材の種類	尿素混入量	シラン系表面含浸材塗布量
1	普通骨材（山砂，硬質砂岩砕石）	0 kg/m^3	0g/m^2
2			200g/m^2
3		20kg/m^3	0g/m^2
4			200g/m^2
5	石灰岩骨材（山砂+石灰岩砕砂，石灰岩砕石）	0 kg/m^3	0g/m^2
6			200g/m^2
7		20kg/m^3	0g/m^2
8			200g/m^2

表-2　使用材料

材料	記号	仕様
セメント	OPC	普通ポルトランドセメント 密度：3.16g/cm^3
細骨材	S1	山砂，密度：2.62g/cm^3 吸水率：1.73%,，F.M.：:2.94
	S2	山砂，　密度：2.61g/cm^3 吸水率：2.34%，F.M.：2.02
	S3	石灰砕砂，密度：2.66g/cm^3 吸水率：1.59%，F.M.：3.23
粗骨材	G1	硬質砂岩砕石，密度：2.65g/cm^3 吸水率：0.56%
	G2	石灰岩砕石，密度：2.69g/cm^3 吸水率：0.97%
混和材	U	尿素 密度：1.32g/cm^3
混和剤	AE	AE減水剤

表-3　配合

No.	W/C (%)	(w+u)/c 容積比	s/a (%)	単位量(kg/m^3)				
				W	C	U	S	G
1	50	1.58	45	160	320	0	817	1012
2	45	1.58	45	145	320	20	817	1012
3	50	1.59	45	165	330	0	793	1035
4	45	1.59	45	150	330	20	793	1035

５．結果および考察

５．１　含浸深さ

本研究で用いた高濃度シラン系表面含浸材の含浸深さはいずれも約 6mm であり，骨材の種類，尿素の

キーワード　尿素，高濃度シラン系表面含浸材，乾燥収縮ひずみ，中性化深さ，塩化物イオン浸透深さ
連絡先　　〒135-8530　東京都江東区越中島 3-4-17　TEL03-3820-6970

混入量が含浸深さに与える影響は小さいものと考えられる.

５．２　乾燥収縮ひずみ

乾燥期間 182 日後の乾燥収縮ひずみを**図-1** に示す。尿素，高濃度シラン系表面含浸材を用いず，普通骨材を用いた場合に対する乾燥収縮低減効果は，高濃度シラン系表面含浸材を用いた場合で約 13%, 石灰岩骨材を用いた場合で約 18%，尿素を用いた場合で約 20%となった．さらに，尿素と石灰岩骨材を併用した場合で約 33%, 尿素，石灰岩骨材および高濃度シラン系表面含浸材を組み合せた場合で約 46%となった. 尿素，石灰岩骨材および高濃度シラン系表面含浸材を組み合わせることで，乾燥収縮ひずみが大幅に低減できることが明らかになった.

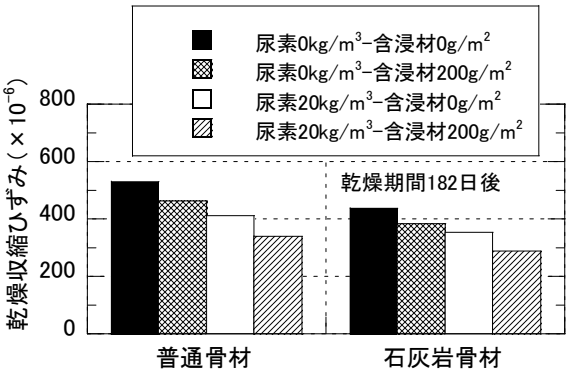

図-1　乾燥収縮ひずみ

５．３　中性化に対する抵抗性

促進中性化期間 184 日後の中性化深さを**図-2** に示す．骨材の種類によらず，中性化深さは高濃度シラン系表面含浸材を用いた場合で約 10%，尿素と高濃度シラン系表面含浸材を組み合わせた場合で約 50%小さくなった．中性化抑制効果が小さい高濃度シラン系表面含浸材に尿素を組み合わせることで，中性化抑制効果が向上することが明らかになった.

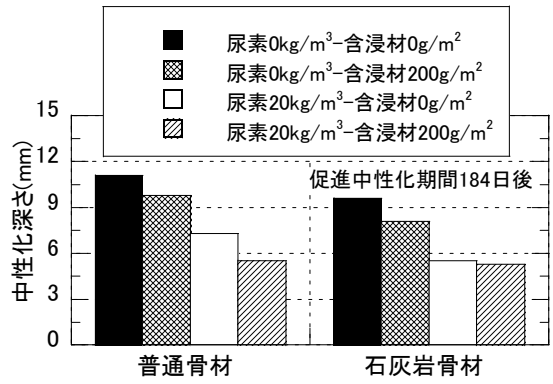

図-2　中性化深さ

５．４　塩化物イオン浸透に対する抵抗性

3%NaCl 水溶液に 63 日間浸せきさせた後，フィックの第 2 法則に基づいた拡散方程式の解を用いて，EPMA により算出した塩化物イオン濃度プロファイルを回帰分析し，塩化物イオンの見掛けの拡散係数を算出した．算出された塩化物イオンの見掛けの拡散係数を**図-3** に示す．尿素を用いた場合，普通コンクリートと比較してほぼ同等でなり，尿素による塩化物イオン浸透抑制効果は期待できないことが明らかになった．一方，高濃度シラン系表面含浸材を用いた場合，尿素混入量 0kg/m³ で約 1/100，尿素混入量 20kg/m³ で約 1/5 となり，高濃度シラン系表面含浸材を用いることで塩化物イオンの見掛けの拡散係数は著しく小さくなった．塩化物イオン浸透抑制効果が期待できない尿素に高濃度シラン含浸材を組み合わせることで，塩化物イオン抑制効果を得られることが明らかになった.

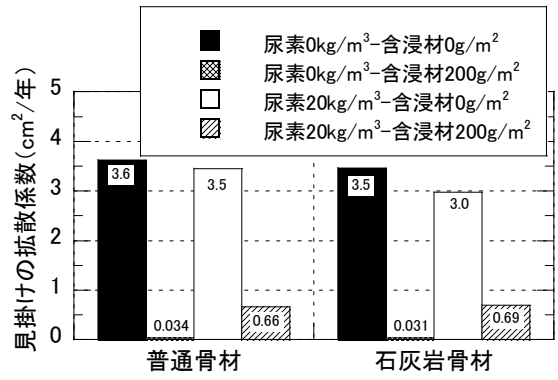

図-3　見掛けの拡散係数

６．まとめ

尿素，石灰岩骨材および高濃度シラン系表面含浸材を組み合わせることで，乾燥収縮低減，中性化抑制および塩化物イオン浸透抑制に対して効果が期待できる高耐久コンクリートが実現できることが明らかになった.

参考文献

1）田中博一，河井徹，野田宏昭，綾野克紀：尿素を用いた低収縮コンクリートの実鉱物への適用，コンクリート工学年次論文集，Vol.33，No.1，pp.491-496，2011

2）田中博一，浦野真次，栗田守朗，宮川豊章：シラン系表面含浸材の含浸深さおよび物資透過抵抗性に関する研究，コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集，第 10 巻，pp.219～224，2010