

論文 飲料の混入がコンクリートの品質に及ぼす影響

韓 千求*¹・李 建哲*²・韓 敏諳*²・金 鍾伯*³

要旨：本研究では、施工現場におけるコンクリート打設時、打設工の誤りでコンクリートに各種飲料などの液状不純添加剤が混入される場合、コンクリートに及ぼす影響について検討した。その結果、飲料の混入による流動性は、大きな変化は見られなかった。また、凝結時間は糖類系の飲料の場合、プレーン試料に比べて遅くなり、糖成分により凝結時間が遅くなった試料の場合、プレーン試料に比べて7、28日材齢で圧縮強度が若干大きくなった。SEM測定では、糖成分が混入された試料の場合、初期に生成する水和生成物の大きさが大きく、また水和生成物が多かった。

キーワード：糖類系飲料，凝結遅延，水和生成物，施工現場，品質変化

1. はじめに

施工現場におけるコンクリート打設時、打設工の誤りでコンクリートに各種飲料などの液状不純添加剤が混入され、コンクリートの品質に影響を及ぼす場合がある。このような欠陥の発生は、品質管理が徹底的に管理されている大規模建設現場で発生するより、打設工に対する現場教育が定期的に行われてない、小規模もしくは零細な建設現場で主に発生している。

特に、韓国建設現場の文化として、就業時間内に間食をとる習慣があり、清涼飲料のような糖類が含まれている液体を、打設工が故意または不注意で、その残量をコンクリートの打設面にこぼすことにより、写真-1のようにコンクリートに混入されてコンクリート構造物の変色および骨材の露出、強度低下などの品質低下が発生し、これらによる信頼度の低下、補修補強などによる経済的損失を来す可能性がある。

したがって、本実験では各種飲料の混入が、コンクリートの品質に及ぼす影響を把握するため、建設現場で間食として飲まれる可能性がある飲料を選定し、コンクリートに混入することによって、フレッシュコンクリートおよび硬化

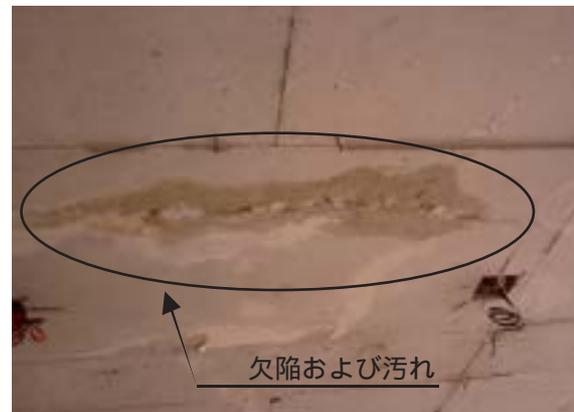


写真-1 スラブ部分の欠陥

コンクリートの品質に及ぼす響について検討した。

2. 実験の概要

2.1 実験要因

実験要因およびコンクリートの調合を表-1および表-2に示す。W/Cを50%，目標スランプおよび目標空気量をそれぞれ $150 \pm 15\text{mm}$ ， $4.5 \pm 1.5\%$ になるように調合したものをプレーン試料として、2種類の実験を行った。実験Iでは、各種飲料が混和剤の添加のようにコンクリートに均質に混入された場合を想定した。飲料の添加率

*1 清州大学校 理工学建築工学部教授 工博 (正会員)

*2 清州大学校 産業科学研究所 工博 (正会員)

*3 清州大学校 理工学建築工学部大学院生 (正会員)

表-1 実験要因

要因		水準	
W/C (%)		50	
目標スランブ (mm)		150 ± 15	
目標空気量 (%)		4.5 ± 1.5	
実験 I	飲料添加率 (%/W)	0, 1, 2	
	飲料種類	シリーズI	サイダー, 炭酸水, イオン飲料
		シリーズII	牛乳, 豆乳, 乳酸飲料
		シリーズIII	ジュース, 缶コーヒー, 米飲料, 強壯剤
		シリーズ	ビール, 焼酎, 濁酒
実験 II	添加飲料	サイダー	
	塗布量 (ml)	0, 20, 40, 60, 80	
	型枠種類	普通合板, コーティング合板, 鉄板	

表-2 コンクリート調合

W/C (%)	W (kg/m ³)	s/a (%)	AE/C (%)	単位質量 (kg/m ³)		
				C	S	G
50	185	44	0.0035	370	732	976

は単位水量185kg/m³に対する1, 2%の2水準とし, 飲料の種類を4シリーズとして区分した。シリーズIでは, 清涼飲料であるサイダー, 炭酸水, イオン飲料の3水準とした。シリーズIIでは, 乳類飲料である牛乳, 豆乳, 乳酸飲料の3水準を, シリーズIIIでは, その他の飲料としてオレンジジュース, 缶コーヒー, 米飲料, 強壯剤の4水準を, シリーズ では, アルコール飲料であるビール, 焼酎, 濁酒の3水準の試料を用いた。表-3 に使用飲料の仕様を示す。

実験IIでは, 施工現場における型枠の打設面に飲料が塗布された場合を想定した。塗布量は, サイダーを対象として, 一缶250mlが全部零れた場合の面積を算出し, 模擬型枠部材を対象として最大に零れた面積分の飲料量を算出した。この時, 最大量である80mlと, 60ml, 40ml, 20ml

表-3 使用材料

材料	仕様	
セメント	OPC, 密度 3.15g/cm ³ , 粉末度 3,265cm ² /g, 安定度 0.08%	
骨材	細骨材	表乾密度 2.55g/cm ³ , 吸水率 1.94%, 単位容積質量 1,598kg/m ³
	粗骨材	表乾密度 2.67g/cm ³ , 吸水率 0.84%, 単位容積質量 1,531kg/m ³
飲料	シリーズI	サイダー: 糖度9.55Brix, pH3.0 炭酸水: 糖度0.0Brix, pH3.0 イオン飲料: 塩化ナトリウム
	シリーズII	牛乳: 乳糖3.5%, 脂肪4.8% 豆乳: 糖度6Brix, pH7.0 乳酸飲料: 糖度22Brix, pH3.5
	シリーズIII	ジュース: オレンジ, 糖度11.6Brix, pH3.7 缶コーヒー: 糖度10.6Brix, pH6.4 米飲料: 糖度10Brix, pH7.0 強壯剤: タウリン
	シリーズ	ビール: アルコール4.5% 焼酎: アルコール4.5% 濁酒: アルコール6.0%

表-4 実験項目

区分	項目
実験 I	・スランブ, 空気量, 凝結時間 ・圧縮強度(3, 7, 28日) ・SEM写真 (3, 7日) - プレーン試料, サイダー1%の試料
実験 II	・型枠脱型後の未凝結残量の測定 - 構造体管理用供試体の強度が16MPa以上の時脱型

の4水準とした。塗布方法は, 型枠の中央に飲料を注して飲料が自重により広がる面積を塗布面積とした。また, 型枠の種類は, 普通合板, コーティング合板, 鋼製型枠の3水準とした。

2.2 実験項目および方法

表-4 に実験項目を示す。実験Iでは, フレッシュコンクリートでのスランブ, 空気量および凝結時間を測定し, 硬化コンクリートでの想定材齢で圧縮強度を測定した。また, サイダー1%/Wを添加した試料に対しては, 材齢3日および7日でSEM写真による試料内部の観察を行った。

実験IIでは、型枠脱型後、型枠表面に残されているコンクリート残量の測定を行った。ただ、型枠の脱型時期は、本調査の設計基準強度(24MPa)を2/3(16MPa)を超えた場合型枠を脱型する。

実験方法として、フレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートの試験は、韓国産業規格(KS)の標準方法に準じて行った。

3. 実験結果とその考察

3.1 実験 I(コンクリートに混入された場合)

(1) 流動性および空気量

図-1および図-2は、フレッシュコンクリートのスランプ値および空気量と飲料添加率の関係を示したものである。

スランプ値は、プレーンと比較して飲料の混入によって増加する傾向を示す。特に、ビールのようなアルコール飲料は、混入率2%の場合スランプ値は55mm程度増加した。しかし、豆乳、ジュース、缶コーヒーなど一部の粒子原料が混入されている飲料の場合、流動性が若干低下する傾向を示している。

空気量は、飲料の種類に関係なく目標の範囲には入っているが、ジュース、強壯剤およびアルコール飲料である焼酎と濁酒の場合、空気量が若干増加する傾向を示している。一方、豆乳および缶コーヒーは、飲料の混入によって空気量が若干低下した。この傾向は、微粉末が含まれている飲料に現れた主な結果であり、原料にある微粉末の空隙充填による影響などが考えられる。

(2) 凝結性状

図-3は、各種飲料を添加した試料の貫入抵抗値と経過時間との関係である。

プレーン試料の場合、終結は約8時間であるが、シリーズIのサイダーを混入した試料の終結は、1%を混入した場合、約12~15時間になり、2%混入で約15~21時間になった。一方、炭酸水の場合、終結時間がプレーン試料とほぼ同様な傾向を示している。両試料の違いは糖成分の有

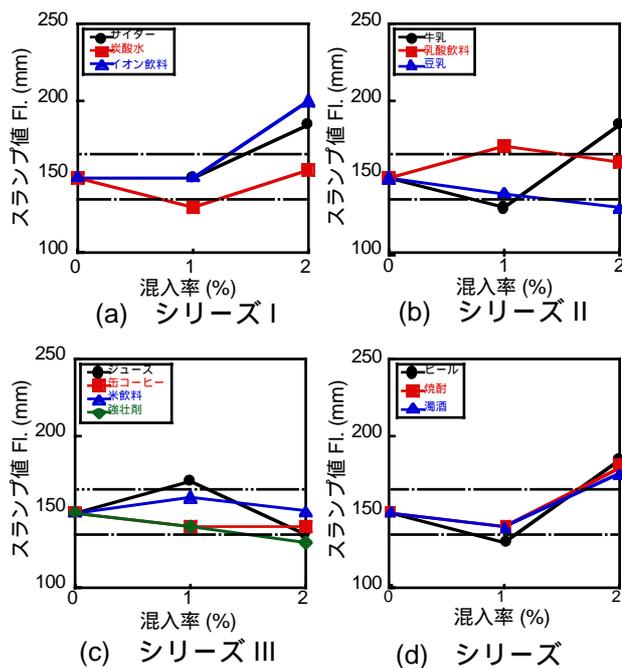


図-1 飲料添加率とスランプ値の関係

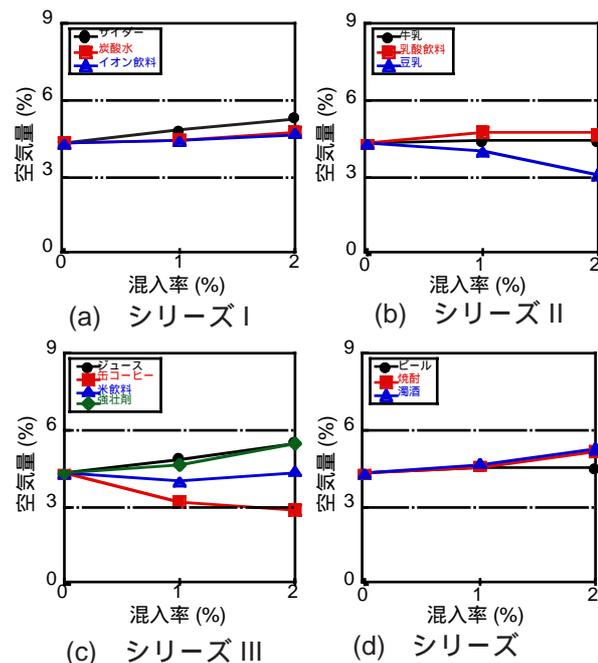


図-2 飲料添加率と空気量の関係

無であり、糖成分は凝結遅延を示す有機系化合物の中でよく知られているものである。

シリーズIIにおいても糖成分が多く含まれている乳酸飲料で遅延が最も遅くなっているが、1%混入の場合約19時間、2%混入の場合約24時間になった。また、豆乳の場合は1%で約14時間、2%で約17時間となり、牛乳の場合1、2%ともに11

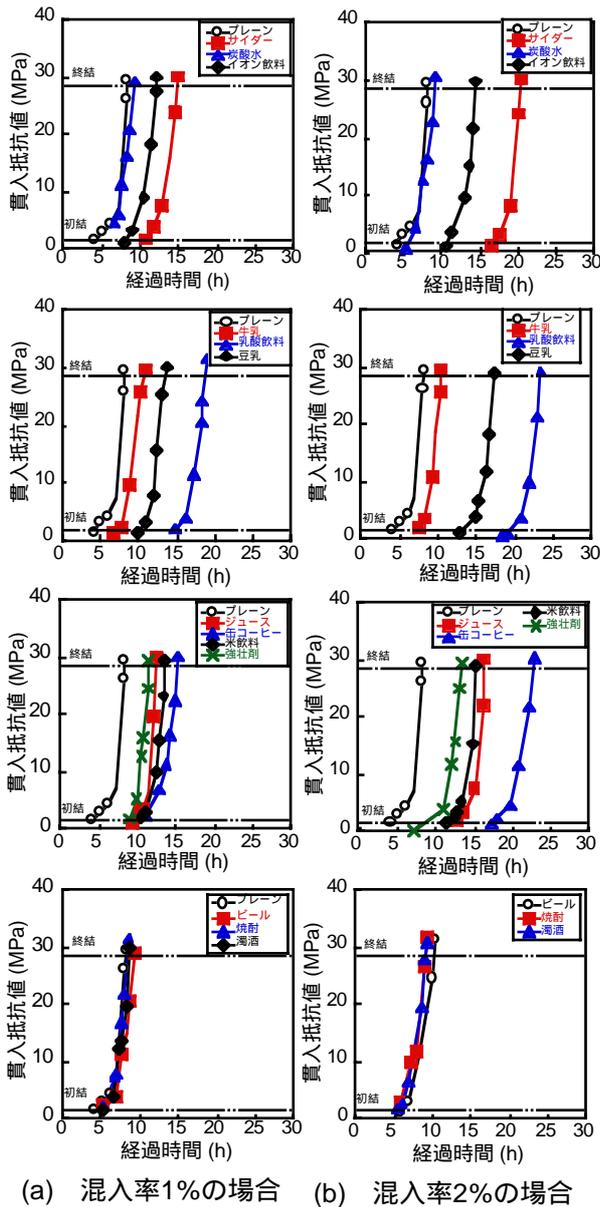


図-3 貫入抵抗値と経過時間の関係

時間となった。

シリーズIIIの缶コーヒーの場合遅延性状は、1%で15時間、2%で23時間となり、乳酸飲料の次に遅い凝結性状を示した。また、ジュースと米飲料は1、2%ともに約13~16時間前後に凝結性状を示し、強壯剤も約12時間の凝結遅延性状を示した。

シリーズ のアルコール飲料の凝結性状は、ほとんどの試料がプレーン試料と類似な傾向を示している。この傾向はアルコールの混入がコンクリートの品質に及ぼす影響は少ないことを

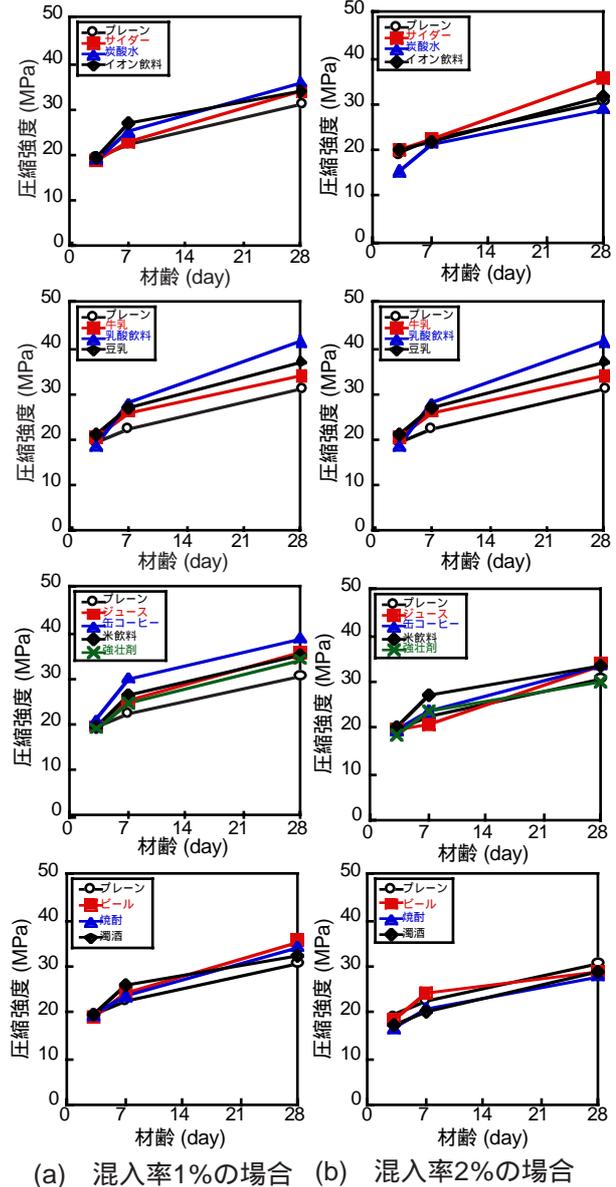


図-4 圧縮強度と材齢の関係

意味する。

(3) 圧縮強度

図-4は、各種飲料を添加した試料の各材齢における圧縮強度を示したものである。

各飲料の混入による材齢増加に対する圧縮強度は、全般に誤差の範囲で類似または若干増加する傾向を示した。特に、糖成分が含まれて凝結時間が遅延された試料の場合、プレーンに比べて7、28日材齢で圧縮強度が若干大きくなった。しかし、3日以前の材齢においては凝結遅延による初期圧縮強度の急激な低下が予想されるため、このことに関しては、より深い検討が必

要である。

図-5は、材齢28日における圧縮強度と凝結時間の関係を示したものである。図から分かるように、凝結時間が大きくなるほど圧縮強度が大きくなる。この相関関係の有意性をR検定¹⁾を行った結果、有意水準1%で相関関係が意味があることを確認した。

(4) SEM観察の結果

写真-2は、サイダーを混入した試料の3日および7日材齢の試片の破断面を電子顕微鏡(SEM)を使用して測定した写真である。図によると、プレーン試料の場合、材齢3日より材齢7日の場合の水和生成物が多く生成・成長していることをわかる。特に、材齢7日の場合微細な結晶形態のエトリンガイトが多い。これに比べて、サイダーを混入した試料の場合、材齢7日になっても未水和状態が多く見える。

3.2 実験 II(コンクリートの表面に塗布された場合)

写真-3は、型枠の打設面にサイダーを塗布した後、コンクリートを打設し、想定材齢で脱型した後のコンクリートの未凝結残量の測定写真である。また、

図-6は、型枠脱型後の型枠表面に残っているコンクリートの残量と塗布量の関係である。図によると、サイダーの塗布量が増加するほど型枠表面に残されているコンクリートの残量が増加するがわかる。また、型枠種類別では、普通合板およびコーティング合板の型枠が鋼製型枠よりコンクリートの残量が小さくなることがわかる。これ

は、普通合板の型枠が吸水率が大きいためと思われる。

以上、糖成分を有する飲料がコンクリートの打設面に零れたり、捨てられたりすると、コンクリートの变色、材料の分離による断面減少、凝結遅延などコンクリートの品質に深刻な影響を及ぼすと考えられる。

4. まとめ

本研究では、各種飲料がコンクリートに混入

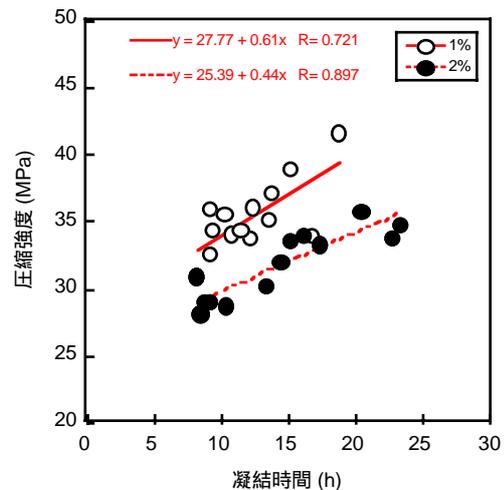
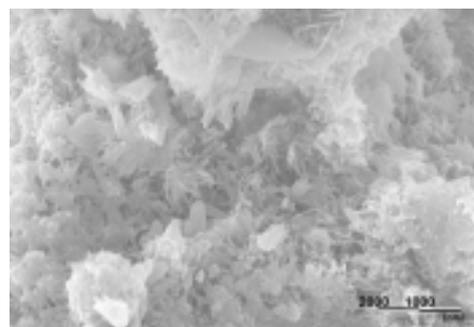
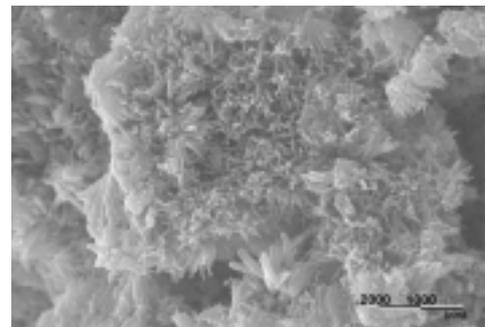


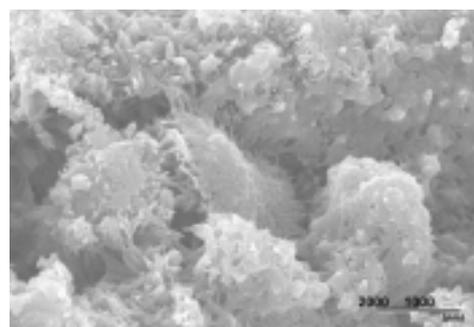
図-5 圧縮強度と凝結時間の関係



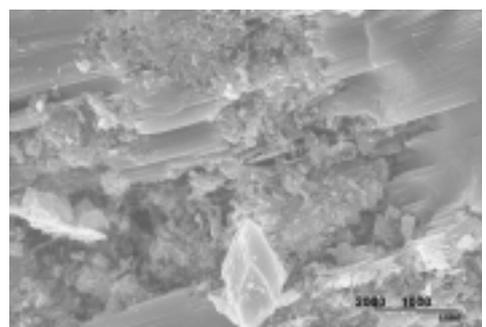
(a) プレーン(材齢3日)



(b) プレーン(材齢7日)



(c) サイダー(材齢3日)



(d) サイダー(材齢7日)

写真-2 SEM測定写真



(a) 型枠の脱型 (b) 型枠脱型後の試験体 (c) コンクリートの未凝結残量

写真-3 型枠に飲料塗布による影響

される場合のコンクリートの特性について検討した。得られた結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) フレッシュコンクリートの特性として、スランプ値は、プレーン試料を基準にすると、豆乳、ジュース、缶コーヒーなど一部の粒子を混入する飲料では、流動性が低下する傾向を示し、他の飲料ではプレーン試料と同様であるか若干増加した。また、空気量の場合、飲料の種類に関係なく目標の範囲であった。
- (2) 凝結性状は、糖成分が比較的多かったサイダー、乳酸飲料および缶コーヒーが最も遅い凝結遅延を示した。また、凝結時間が遅延された飲料の場合は、圧縮強度が若干大きくなった。
- (3) SEM測定結果、正常に水和生成物が生成・成長するプレーン試料に比べて、糖成分が含まれている試料の場合、正常に水和生成物が生成してないことを確認した。
- (4) 糖成分を有する飲料がコンクリートの打設面に零れたり、捨てられたりすると、コンクリートの変色、材料の分離による断面減少、凝結遅延などコンクリートの品質に影響を及ぼすことが確認できた。

参考文献

- 1) 本郷靖：コンクリート技術者のための統計的方法手引，日本規格協会，pp.70-73，1998
- 2) 竹内徹，長滝重義：超遅延剤を用いたコンク

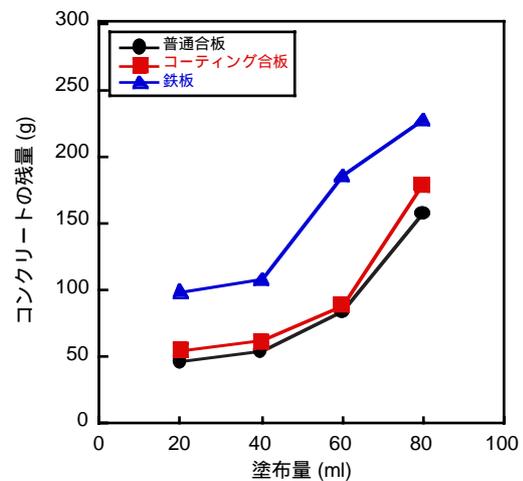


図-6 コンクリートの残量と塗布量の関係

リートの特性，コンクリート工学，Vol.47 1，No.541，pp.9-19，1999.11

- 3) 伊藤真純，田中恭：超遅延剤の応用セメント・コンクリート，No.471，pp.31-3，1987
- 4) Sim B K，Yoo D S，Yoon C W，Han M C，Han C G：A Fundamental Study on the Development of Saccharic Type Super Retarding Agent，Proceeding of Annual Conference in AIK，Vol.21，No.1，pp.309-312，2001.4
- 5) Sim B K，Pyo D S，Yoon C W，Han M C，Han C G：Setting and Mechanical Properties of Concrete Using Saccharic Type Super Retarding Agent，Proceeding of Annual Conference in AIK，Vol.20，No.2，pp.455-458，2000.10
- 6) Maria C. Garci Juenger，Hamlim M. Jennings：New insights into the effects of sugar on the hydration and microstructure of cement pastes，Cement and Concrete Research 32，pp.393-399，2002