

膨張材を収縮低減剤によってスラリー化した混和材料によるひび割れ低減方法

辻埜 真人 湯浅 竜貴 橋田 浩
(技術研究所) (技術研究所) (技術研究所)

Cracking Reduction Method Using Admixture Slurried with Expansive Additive and Shrinkage Reducing Agent

by Masato Tsujino, Ryuki Yuasa and Hiroshi Hashida

Abstract

A new cracking reduction method has been discussed. Admixture slurried with expansive additive and shrinkage reducing agent is post-added into fresh concrete in an agitator vehicle. If the slurry is post-added to fresh concrete, restrained expansion ratio is greater than that using an expansive additive only. A combined effect of expansive additive and shrinkage reducing agent is recognized even if admixture is slurried with expansive additive and shrinkage reducing agent. Comparing a traditional blending method, in which expansive additive and shrinkage reducing agent are replaced by cement and water in advance, with a new blending method in which slurry is post-added, the effect of difference in blending method on hardened concrete is small. Considering that the slurry is added in practical work, the mixing by an agitator vehicle revealed that slurry can be homogeneously mixed with base concrete by the high-speed agitating for 120 seconds, although the careful adjustment of the amount of air is needed. The author assures that the new method, discussed here to reduce cracking, will enhance the flexibility of the use of expansive additive and shrinkage reducing agent. The new method will also solve the insufficient mixing of expansive additive and will improve the quality of expansive concrete.

概要

膨張材を収縮低減剤によってスラリー化した混和材料をアジテータ車に後添加する新しいひび割れ低減方法に関して検討した。スラリーを後添加する混練方法での拘束膨張量は膨張材のみを使用する場合に比べて大きく、スラリー化しても膨張材と収縮低減剤の併用効果があった。また、膨張材や収縮低減剤を、予めセメントや水に置換して混練する従来法とスラリーを後添加する混練方法の違いが硬化特性に与える影響は小さかった。実機レベルでのスラリーの添加を鑑みてアジテータ車で練り混ぜた結果、空気量の調整には注意が必要であったが、120秒間の高速攪拌でスラリーをベースコンクリートに均質に混ぜることができた。検討したひび割れ低減方法は、膨張材や収縮低減剤の活用の自由度を高め、膨張材の練混ぜ不足の問題解決や品質向上にもつながるものと考えられる。

1.はじめに

コンクリートの収縮に起因するひび割れ問題に関して様々な検討がなされ、膨張材や収縮低減剤などの材料開発やひび割れ抑制効果の検証が進められている¹⁾。材料の視点からの収縮ひび割れ対策としては、石灰岩骨材、膨張材および収縮低減剤の使用が一般的な対策として認知されている。しかし、石灰岩骨材については、地域性や遠方からの輸送に伴う環境負荷の増大などが課題として挙げられる。また、膨張材については、添加のタイミングによる練混ぜ不足から生じるポップアウトなどの危険性がある。収縮低減剤については、凍結融解抵抗性能が低下することや費用の点などから使用実績がまだ少ない状況である。

本論文では、膨張材の初期膨張効果を収縮低減剤に

よって向上させると同時に、膨張材を収縮低減剤によってスラリー化することで、膨張材の練混ぜ不足の問題解決や品質向上に向けて、現場でも膨張材を添加できる新しいひび割れ低減方法に関する検討を行う。

2.スラリーの基本特性

2.1 概要

膨張材を収縮低減剤によってスラリー化した混和材料の粘性や反応性について明らかにする。また、図-1に示すように、予めセメントや水に置換して膨張材や収縮低減剤を混練する従来方法(以下、従来法)とペーストにスラリーを後添加して混練する方法(以下、スラリー法)で作製した硬化セメントペーストの成分や微細構造を比較する。

2.2 実験概要

本研究では、膨張材にエトリンガイト石灰複合型の低添加型膨張材：CSA(密度：3.05g/cm³、標準使用量：20kg/m³)を使用した。一方、収縮低減剤には既往の研究²⁾において、エトリンガイト石灰複合型の膨張材(以下、膨張材)と様々な収縮低減剤を併用した場合に、初期の拘束膨張量が最も大きくなったポリオキシエチレンポリオキシプロピレングリコールおよびポリオキシプロピレンモノアルキルエーテルを主成分とする収縮低減剤：SRA(密度：1.00g/cm³、粘度：約30mPa・S)を選定した。この収縮低減剤は、基本的には水分が含まれていない。

スラリーは、膨張材に収縮低減剤を加えて、ホバートミキサで練り混ぜて作製した。スラリーの粘度の測定には、B型粘度計を使用した。また、膨張材と収縮低減剤の反応性を確認するために、膨張材、研究用セメントおよび発熱が生じない石灰石微粉末ならびに収縮低減剤および水を組み合わせて、コンダクションカロリメーターで発熱量を測定した。

セメントペーストの分析試料は、表-1に示す作製概要に従って作製した。試料は材齢7日まで封かんで養生し、粉末X線回折(以下、XRD)による鉱物組成の同定と水銀圧入法による細孔構造の測定に供した。

2.3 結果および考察

スラリーの膨張材収縮低減剤比(CSA/SRA)と粘度の関係を図-2に示す。CSA/SRA=2.5(SRA/CSA=0.4)の場合に、流動性に優れ、材料分離がしにくかった。

各粉体質量に対する単位総発熱量の結果を図-3に示す。水と膨張材を混ぜた場合の発熱量が最も大きく、水と研究用セメントを混ぜた場合が次に大きかった。膨張材と研究用セメントの反応性の高さの違いに起因している。一方、収縮低減剤と膨張材を混ぜた場合には、小さな発熱が認められた。研究用セメントと収縮低減剤を混ぜた場合や石灰石微粉末と収縮低減剤を混ぜた場合には発熱は認められず、反応性の高さの違いによるものと考えられる。

セメントペーストのXRDパターンを図-4に示し、総細孔量を図-5に示す。従来法とスラリー法による明確な違いは確認されなかった。

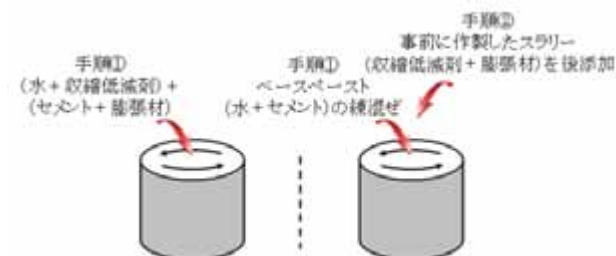


図-1 混練方法の違い(左：従来法、右：スラリー法)

表-1 セメントペーストの作製概要

水準名	練混ぜ方法 およびスラリー添加時間	(W+SRA)/ (C+CSA)	W (g)	SRA (g)	C (g)	CSA (g)
従来法	JIS R 5201準拠	0.5	213.4	11.6	421.1	28.9
スラリー法	ペースト混練(JIS R 5201準拠) ⇒直後にスラリー*を添加					

*スラリーは添加0.5h前に作製

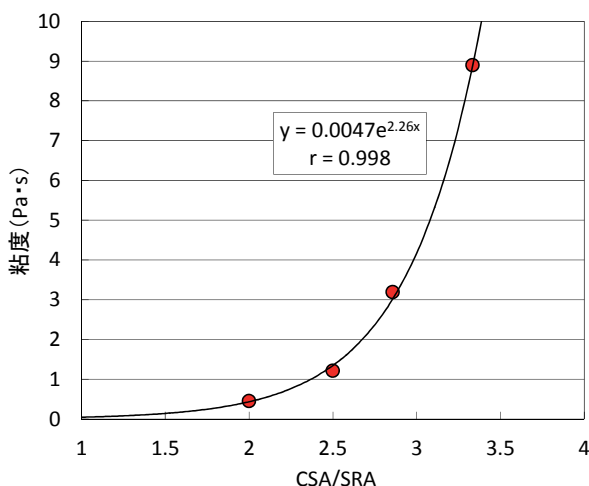


図-2 スラリーの粘度

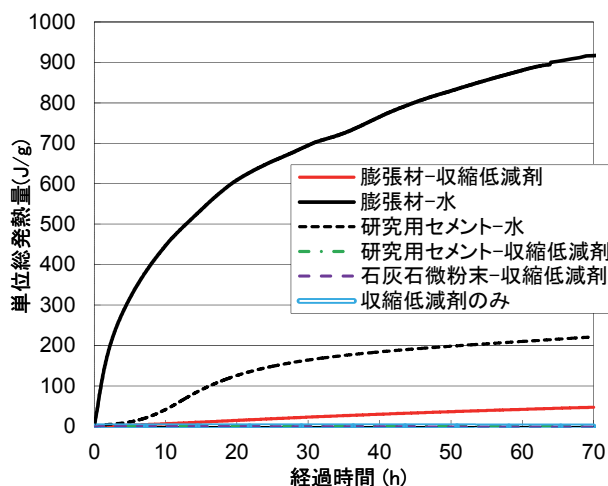


図-3 スラリーの粘度

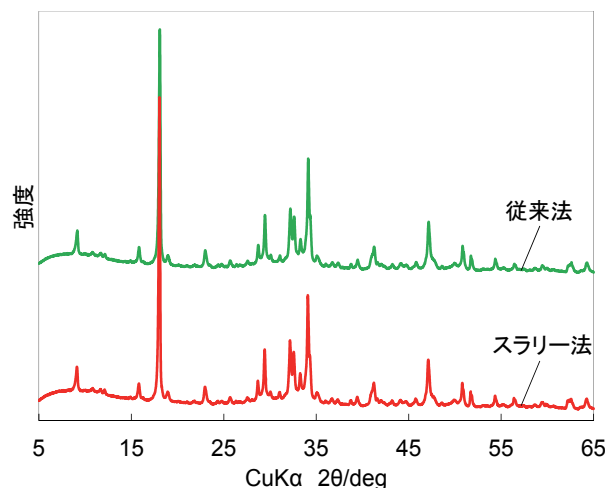


図-4 XRDパターン

2.4 まとめ

硬化セメントペーストの成分分析や微細構造の結果から、スラリー法は従来法と同等のセメント硬化体が得られると考えられる。

3.スラリーを後添加したモルタルの特性

3.1 概要

従来法とベースモルタルにスラリーを後添加して練り混ぜる方法におけるフレッシュ性状、圧縮強度および拘束膨張量を明らかにする。

3.2 実験概要

実験水準およびモルタルの調合を表-2に示す。No.1は、混和材料を混入しないモルタルである。No.2からNo.4までは、予めセメントや水に置換して膨張材や収縮低減剤を混練する従来実施されている作製方法である。一方、No.5からNo.9までは、ベースモルタルにスラリーを後添加して練り混ぜる方法である。

セメントは普通ポルトランドセメント：C(密度：3.16g/cm³)を使用し、細骨材は標準砂：S1(絶乾密度：2.64g/cm³、吸水率：0.42%)を使用した。膨張材と収縮低減剤は前章と同様の材料を用いて、SRA/CSAは流動性に優れていた0.4とした。実験では、スラリーの添加時間(SL0.5hはベースモルタルもしくはコンクリー

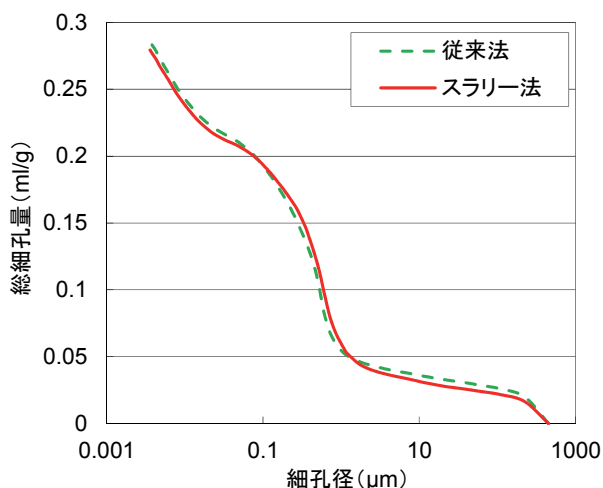


図-5 総細孔量

表-2 実験水準、モルタルの調合およびフレッシュ性状

No.	水準名	練混ぜ方法およびスラリー添加時間	(W+SRA)/ (C+CSA)	SRA/ CSA	W (g)	SRA (g)	C (g)	CSA (g)	S1 (g)	15打フロー (mm)	空気量 (%)
1	Plain	JIS R 5201準拠	0.5	0.4	225	-	450	-	1350	210	3.6
2	CSA	JIS A 6202準拠	0.5	0.4	225	-	421.1	28.9	1350	218	3.3
3	SRA	SRAを水置換してJIS R 5201準拠	0.5	0.4	213.4	11.6	450	-	1350	199	3.1
4	CSA-SRA	SRAを水置換してJIS A 6202準拠	0.5	0.4	213.4	11.6	421.1	28.9	1350	211	3.7
5	SL0h	モルタル混練(JIS R 5201準拠) ⇒ 直後	0.5	0.4	213.4	11.6	421.1	28.9	1350	195	2.5
6	SL0.5h	モルタル混練(JIS R 5201準拠) ⇒ 0.5時間後	0.5	0.4	213.4	11.6	421.1	28.9	1350	184	2.9
7	SL1.0h	モルタル混練(JIS R 5201準拠) ⇒ 1.0時間後	0.5	0.4	213.4	11.6	421.1	28.9	1350	188	3.1
8	SL1.5h	モルタル混練(JIS R 5201準拠) ⇒ 1.5時間後	0.5	0.4	213.4	11.6	421.1	28.9	1350	185	3.1
9	SL2.0h	モルタル混練(JIS R 5201準拠) ⇒ 2.0時間後	0.5	0.4	213.4	11.6	421.1	28.9	1350	180	2.4

トの練上がり後、0.5時間にスラリーを添加したことを表す)による影響も調査する。なお、スラリーはベースモルタルへ添加する0.5時間前に作製した。練混ぜにはホバートミキサを使用した。SLの水準については、ベースモルタルが練り上がった各時間後にスラリーを添加し、高速攪拌を60秒間実施してから実験に供した。圧縮強度試験は、打込みから材齢1日で脱型し、材齢29日まで標準養生を行ってから実施した。また、拘束膨張試験はJIS A 6202の附属書2に準拠した。

3.3 結果および考察

3.3.1 フレッシュ性状

表-2のフレッシュ性状の結果に着目すると、SL0hの空気量は、PlainやCSA-SRAと比較して約1%少なかった。スラリーを各経過時間で添加した場合も同様に空気量は少なくなった。一方、15打フローについても、空気量の影響を受けたと考えられる低下が認められた。15打フローは、添加時間の経過とともに低下が進んでいるが、ベースモルタルの流動性が低下したためと考えられる。

3.3.2 圧縮強度

圧縮強度の結果を図-6に示す。Plainに比べて、膨張材や収縮低減剤を使用した場合には、強度の低下が認められた。また、SL1.5hはCSA-SRAと同等の強度であったが、スラリーを後添加した他の水準については、CSA-SRAに比べて約5%の強度低下を示した。空気量の影響を考慮した場合には、さらに強度の低下率は大きいものと推察される。

3.3.3 拘束膨張量

拘束膨張試験の結果を図-7に示す。材齢7日の膨張ひずみは、スラリーを添加した全ての水準で、CSAより大きくなった。スラリー化した場合でも膨張材と収縮低減剤の併用効果が得られるものと考えられる。添加時間ではSL0.5hが最も大きく、CSA-SRAより約10%大きくなったが、その他については反対に小さく、明確な傾向は捉えられなかった。

3.4 まとめ

ベースモルタルにスラリーを後添加した場合、スラ

リーの添加に伴い、モルタルの空気量および圧縮強度は低下した。しかし、拘束膨張量は膨張材の単独使用に比べて大きくなり、スラリー化した場合も膨張材と収縮低減剤の併用効果が確認できた。

4. スラリーを後添加したコンクリートの特性

4.1 概要

室内試験で、実施工における運搬時間や適用方法を考慮して、スラリーの添加時間やスラリーの作製経過時間がコンクリートに与える影響を明らかにする。

4.2 実験概要

実験水準およびコンクリートの調合を表-3に示す。また、使用材料を表-4に示す。実験はスラリーの添加時間を変化させた検討1と、スラリーの作製後からの経過時間がコンクリートに与える影響を調査する検討2の2つである。各検討での膨張材の使用量は、標準使用量の1/2の10kg/m³とした。コンクリートの練混ぜの直前にスラリーを作製した水準には-0dと、2日前に作製した水準には-2dと略記した。ミキサは、強制パン型ミキサを使用した。ベースコンクリート(Plain)を練り混ぜて、フレッシュ性状を確認した後に、ミキサにコンクリートを戻してスラリーを添加した。スラリーを加えて60秒間練り混ぜた後に排出し、フレッシュ試験および硬化特性の試験体を採取した。なお、拘束膨張試験は、図-8に示すJCI標準「円筒型枠を用いた膨張コンクリートの拘束膨張試験方法：JCI-S-009-2012」^{2,3)}に準拠した。

4.3 結果および考察

4.3.1 フレッシュ性状

スラリーを後添加したコンクリートは、モルタルと異なり、空気量が増加して6%を超えたことから、表-3に示すように、スラリーと同時に消泡剤を添加した。検討1と検討2では異なる傾向を示したが、目標空気

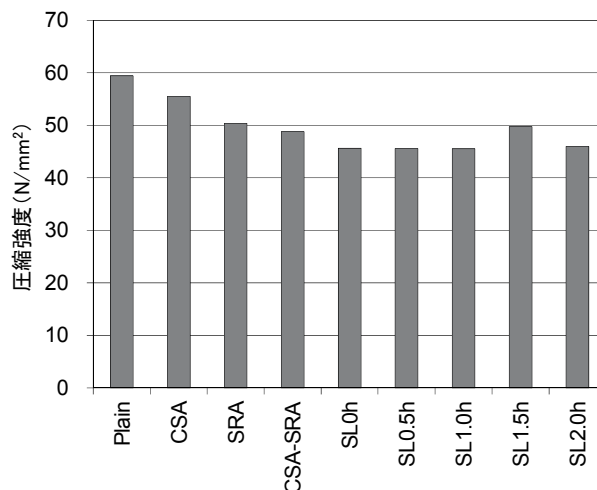


図-6 モルタルの圧縮強度試験の結果

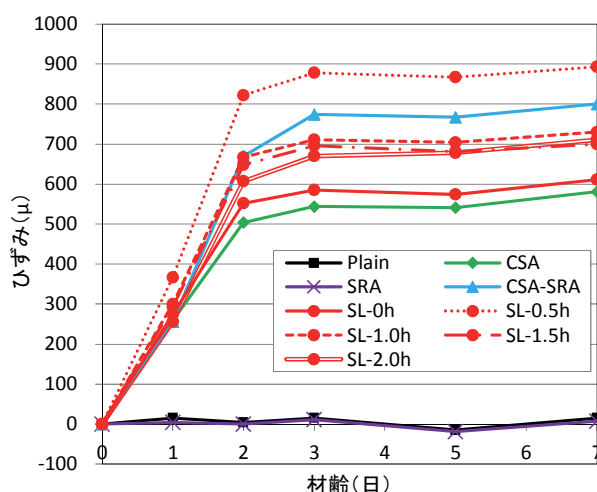


図-7 モルタルの拘束膨張試験の結果

表-4 使用材料

材料	記号	仕様
セメント	C	普通ポルトランドセメント: 密度(3.16g/cm ³)
細骨材	S2	山砂: 表乾密度(2.62g/cm ³), 吸水率(1.68%)
粗骨材	G1	石灰岩碎石: 表乾密度(2.70g/cm ³), 吸水率(0.26%)
混和材	CSA	複合型膨張材: 密度(3.05g/cm ³), 標準使用量(20kg/m ³)
	SRA	収縮低減剤: ポリオキシエチレンポリオキシプロピレングリコールおよびポリオキシプロピレンモノアルキルエーテル
化学混和剤	-	AE減水剤: リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体
	-	消泡剤: ポリアルキレングリコール誘導体

表-3 実験水準、コンクリートの調合およびフレッシュ性状

検討	水準名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				外割 (kg/con m ³)		化学混和剤	フレッシュ性状		
				W	C	S2	G1	GSA	SRA		スランブ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)
1	Plain	45	48.9	175	389	842	906	-	-	AE減水剤:C×0.5%	20.5	3.9	20.8
	CSA	45	48.9	175	389	842	906	-	4	AE減水剤:C×0.5%	20.0	3.7	21.2
	SRA	45	48.9	175	389	842	906	10	-	AE減水剤:C×0.5%	21.5	3.8	21.0
	CSA-SRA	45	48.9	175	389	842	906	10	4	AE減水剤:C×0.5%	20.5	4.5	21.2
	SL0.5h-0d SL1.0h-0d SL1.5h-0d	Plainに右記の混合比率のスラリーと消泡剤を外割でミキサに添加				10	4	消泡剤:C×0.0045%	20.5 ⇒ 19.0	3.9 ⇒ 5.4	20.8 ⇒ 20.7		
2	Plain	45	48.9	175	389	842	906	-	-	AE減水剤:C×0.5%	17.0	4.0	18.4
	CSA	45	48.9	175	389	842	906	-	4	AE減水剤:C×0.5%	19.5	3.8	19.1
	SRA	45	48.9	175	389	842	906	10	-	AE減水剤:C×0.5%	21.5	3.7	18.2
	CSA-SRA	45	48.9	175	389	842	906	10	4	AE減水剤:C×0.5%	21.0	3.6	19.2
	SL0.5h-0d SL0.5h-2d	Plainに右記の混合比率のスラリーと消泡剤を外割でミキサに添加				10	4	消泡剤:C×0.004%	20.0 ⇒ 18.0	3.7 ⇒ 3.2	18.3 ⇒ 18.7		
											19.0 ⇒ 17.5	4.0 ⇒ 3.4	18.3 ⇒ 18.7

*矢印の左: ベースコン, 右: スラリー投入後の結果を表す

量の3.0から6.0%の範囲に収めることが可能であった。一方、スランブは、スラリーの添加に伴い低下する傾向が認められたが、SL1.5h-0dのようにスランブが小さくなった場合には軟らかくなった。スラリーの粘性の影響を受けていると考えられる。

4.3.2 圧縮強度

所定の材齢まで鋼製の軽量円筒型枠内で封かん養生した3体の圧縮強度試験の平均結果を図-9および図

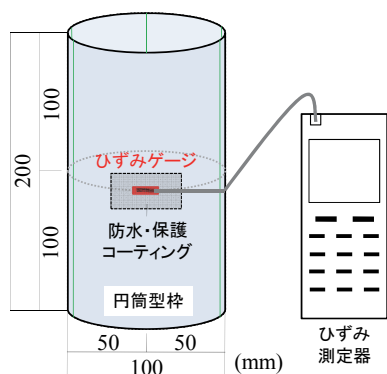


図-8 拘束膨張試験方法の概要

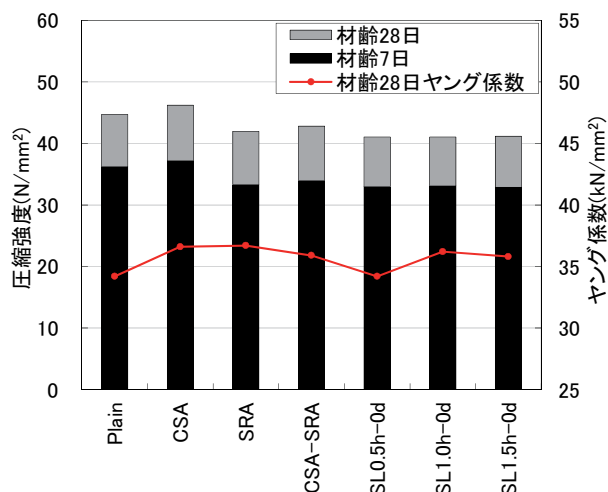


図-9 力学特性の結果 (封かん養生) : 検討1

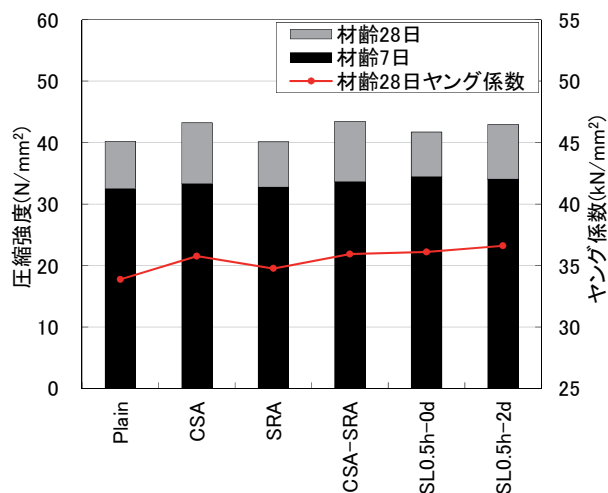


図-10 力学特性の結果 (封かん養生) : 検討2

図-10に示す。検討1では、スラリーを添加した水準については、Plain に比べて約10%の強度低下が確認された。また、CSA-SRA と比べても4%の強度低下が確認されたが、空気量の影響と考えられ、スラリーの添加時間の違いによる強度低下は認められなかった。一方、検討2では、スラリーを添加した水準については、Plain や CSA-SRA に比べて、明確に強度低下しなかった。検討1 に比べて空気量が相対的に小さかったことに起因していると考えられる。

4.3.3 拘束膨張量

拘束膨張試験の結果を図-11 および図-12 に示す。検討1 および検討2 ともに、材齢7日の膨張量はCSA に比べて CSA-SRA や SLの方が大きくなり、モルタル試験の結果と同様であった。検討1の添加時間の違いでは、ベースコンクリートの練混ぜ後の1時間で添加したSL1.0h-0dはCSA-SRAと同程度であったが、SL0.5h-0dやSL1.5h-0dは約15%小さくなった。一方の検討2では、CSA-SRAとSL0.5h-0dは同程度であった。また、SL0.5h-2dについても同程度の膨張量で

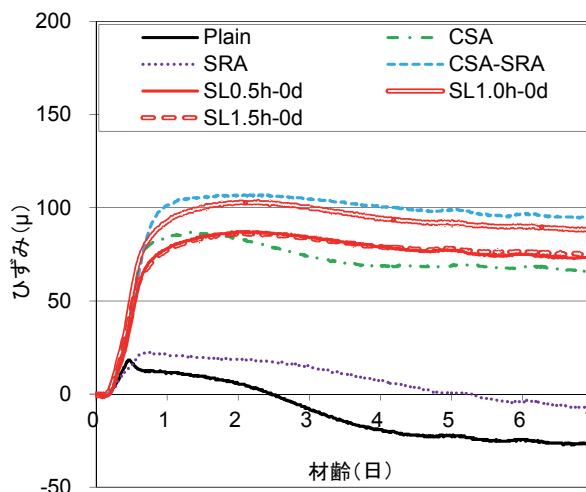


図-11 円筒型枠法による拘束膨張試験の結果 : 検討1

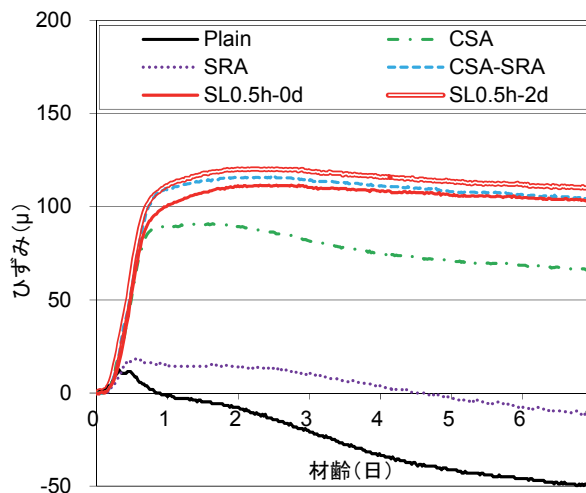


図-12 円筒型枠法による拘束膨張試験の結果 : 検討2

あったことからスラリーの作製経過時間による影響は小さく、2章で示した膨張材の反応による影響は小さいと考えられる。

4.4 まとめ

室内試験において、ベースコンクリートにスラリーを後添加する場合、実施工における通常の運搬時間を考慮した1.5時間までにスラリーおよび消泡剤を添加すれば、空気量、圧縮強度や拘束膨張量へ与える影響は小さいと考えられる。また、スラリーの製作経過時間についても2日以内であれば影響は小さいと考えられる。

5. アジテータ車を使用した実機レベルの検討

5.1 概要

スラリーを後添加する方法を実機レベルで評価するために、膨張材と収縮低減剤を従来のように、プラントで練り混ぜた場合と、**写真-1**および**写真-2**に示すように、ベースコンクリートが積まれたアジテータ車にスラリーを後添加し、高速攪拌した場合の攪拌時間がコンクリートに与える影響を明らかにする。

5.2 実験概要

実験水準およびコンクリートの調合を表-5に示す。また、使用材料を表-6に示す。さらに、試料採取方法を表-7に示す。実験水準は、従来方法のCSA-SRAと各Plainにスラリーを後添加して、60秒間と120秒間の高速攪拌を実施するSL0.5h-60sとSL0.5h-120sの3つとした。スラリーはコンクリートの練混ぜ直前に作製した。4m³のコンクリートを積んだアジテータ車からPlainの評価実験に必要な量(約100L)を採取し、残りをスラリー添加用に利用した。フレッシュ性状や硬化特性の試料は、アジテータ車内のコンクリートを概ね3等分するような部分から採取して、前半(e)、中盤(m)および後半(l)と名付けて区別した。なお、SL0.5h-120sについては、1度目の検討で、空気量が



写真-1 スラリーの投入の様子



写真-2 アジテータ車内のスラリーの様子

表-5 実験水準、コンクリートの調合およびフレッシュ性状

水準名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				外割 (kg/con m ³)		化学混和剤	フレッシュ性状			
			W	C	S3	S4	G2	CSA		SRA	スランブ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)
CSA-SRA	52.3	45.3	187	358	312	467	967	10	4	AE減水剤:C×1.05%	20.5(e)	5.0(e)	28.7(e)
PlainA	52.3	45.3	187	358	312	467	967	-	-	AE減水剤:C×1.05%	20.0(e)	4.9(e)	28.4(e)
SL0.5h-60s	PlainAに右記の混合比率のスラリーを外割でアジテータ車に添加に添加							10	4	-	20.5(e)	5.9(e) 5.8(m) 5.6(l)	29.1(e)
PlainB	52.3	45.3	187	358	312	467	967	-	-	AE減水剤:C×1.05%	19.5(e)	4.1(e)	28.0(e)
SL0.5h-120s	PlainBに右記の混合比率のスラリーと消泡剤外割でアジテータ車に添加に添加							10	4	消泡剤 C×0.004%	20.0(e)	6.0(e) 6.0(m) 5.9(l)	28.7(e)

*()の記号は採取タイミングを表す

6%を超えたために、表-5に示した量の消泡剤をスラリーと同時に原液で添加した。圧縮強度は、前章と同様に封かん養生で評価した。また、拘束膨張試験については、バラつきの影響を確認するために、各水準につき5本とした。また、乾燥収縮率については、JISA 1129の附属書Aに準拠した。

表-6 使用材料

材料	記号	仕様
セメント	C	普通ポルトランドセメント: 密度(3.16g/cm ³)
細骨材	S3	石灰岩砕砂: 表乾密度(2.67g/cm ³), 吸水率(1.49%)
	S4	山砂: 表乾密度(2.60g/cm ³), 吸水率(2.42%)
粗骨材	G2	石灰岩砕石: 表乾密度(2.70g/cm ³), 吸水率(0.93%)
混和材	CSA	複合型膨脹材: 密度(3.05g/cm ³), 標準使用量(20kg/m ³)
	SRA	収縮低減剤: ポリオキシエチレンポリオキシプロピレングリコールおよびポリオキシプロピレンモノアルキルエーテル
化学混和剤	-	AE減水剤: リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体
	-	消泡剤: ポリアルキレングリコール誘導体

表-7 試料採取方法

水準名	コンクリート種類	スラリーの添加時間	スラリー添加後の高速攪拌時間	採取タイミング
CSA-SRA-e	CSA-SRA	-	-	前半:e
CSA-SRA-m		-	-	中盤:m
CSA-SRA-l		-	-	後半:l
PlainA-e	PlainA + SL	-	-	前半:e
SL0.5h-60s-e		PlainA	60秒	前半:e
SL0.5h-60s-m		練り上がり約0.5時間後		中盤:m
SL0.5h-60s-l	練り上がり約0.5時間後	後半:l		
PlainB-e	PlainB + SL	-	-	前半:e
SL0.5h-120s-e		PlainB	120秒	前半:e
SL0.5h-120s-m		練り上がり約0.5時間後		中盤:m
SL0.5h-120s-l	練り上がり約0.5時間後	後半:l		

5.3 結果および考察

5.3.1 フレッシュ性状

表-5のフレッシュ性状の結果に着目すると、アジテータ車の高速攪拌を60秒間実施したSL0.5h-60sのスランブは同等であったが、空気量はPlainから約1%増加した。前述したように120秒間攪拌した場合には、空気量が6.2%(Plainは4.1%)と不合格になったことから消泡剤による調整が必要と考えられ、SL0.5h-120sについては、前章の結果を参考に消泡剤を添加したが、十分な低減効果が得られず、合格基準の上限値の6.0%であった。

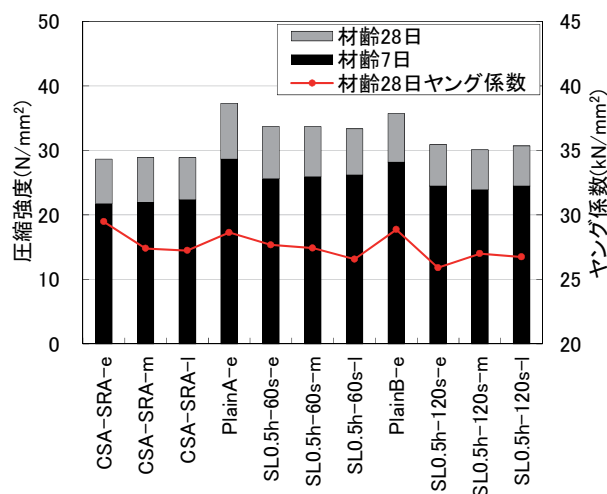


図-13 力学特性の結果 (封かん養生)

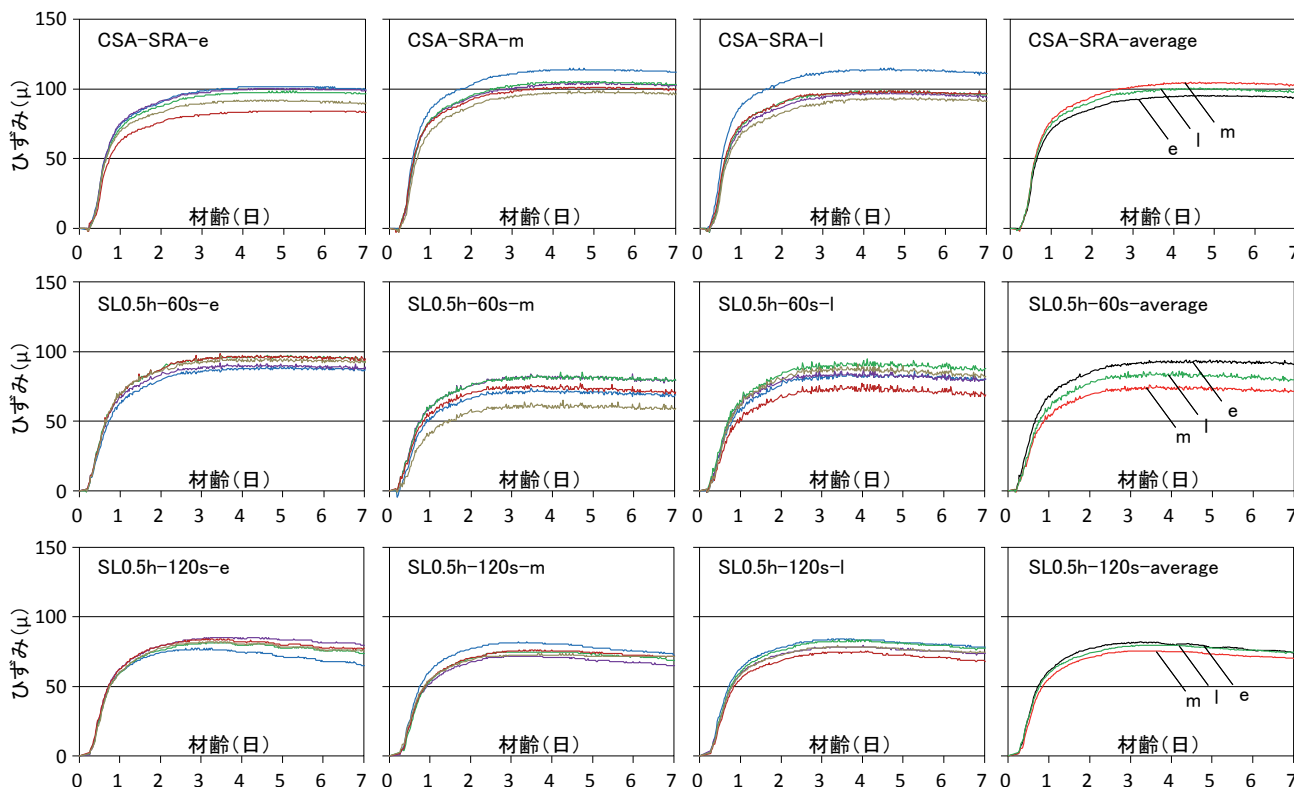


図-14 各水準における拘束膨張試験の結果

5.3.2 力学特性

力学特性の結果を図-13に示す。Plainに比べて、スラリーを後添加した場合には圧縮強度は約10%低下した。膨張材と収縮低減剤を併用したことによる影響と考えられるが、空気量が増えたことによる影響も大きいと考えられる。なお、採取タイミングによる違いは確認できなかった。

5.3.3 拘束膨張量

拘束膨張試験の結果を図-14に示す。各採取タイミングでのバラつきは全ての水準で小さく、安定した結果が得られていると判断できる。一方で、平均した結果に着目すると、従来の練混ぜ方法であるCSA-SRAおよびSL0.5h-120sについては、ほぼ同程度の結果が得られたが、SL0.5h-60sについては差が認められ、攪拌時間の不足が示唆された。なお、CSA-SRAとSLの膨張量の差については、室内試験練りでは同程度の結果もあったことから練混ぜバッチのロットによる影響が主に考えられる。

5.3.4 乾燥収縮率

乾燥収縮率試験の結果を図-15に示す。CSA-SRAとSL0.5h-120sの結果は同等であり、スラリー化による影響は確認されず、長期的に収縮低減剤による効果が確認できた。

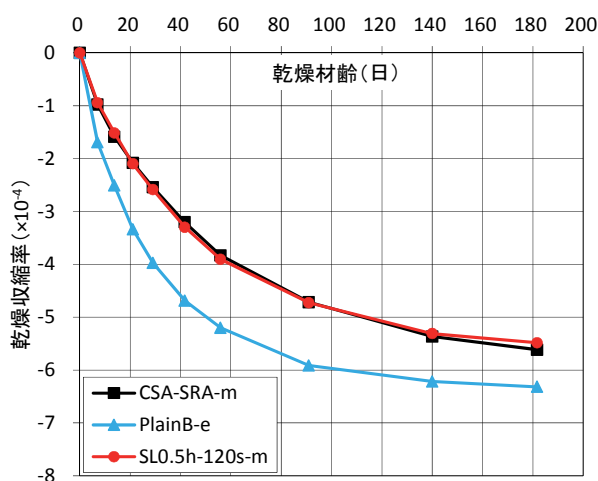


図-15 乾燥収縮率試験の結果

<参考文献>

- 1) 膨張材・収縮低減剤を使用したコンクリートに関する技術の現状：日本建築学会、2013.7
- 2) 樋口隆行、吉野亮悦、盛岡実：膨張材を混和したモルタルの物性におよぼす収縮低減剤種の影響、セメント・コンクリート論文集、No.65、pp.196-202、2011
- 3) 辻埜真人、橋田浩、湯浅竜貴、高橋圭一：膨張コンクリートの簡易拘束膨張試験方法、コンクリート工学年次論文集、Vol.33、No.1、pp.437-442、2011
- 4) 円筒型枠を用いた膨張コンクリートの拘束膨張試験方法 (JCI-S-009-2012)：日本コンクリート工学会

5.4 まとめ

実機レベルの検討から、空気量の調整には注意が必要であったが、120秒間の高速攪拌で、スラリーをベースコンクリートに均質に混ぜることができた。膨張材を収縮低減剤によってスラリー化した混和材料は、膨張材や収縮低減剤の活用を高め、膨張材の練混ぜ不足の問題解決や品質向上につながるものと考えられる。

6. おわりに

膨張材を収縮低減剤によってスラリー化した混和材料をコンクリートへ後添加する新しいひび割れ低減方法に関して検討した。得られた知見を以下に示す。

- (1) 鉱物組成の同定と水銀圧入法による細孔構造の結果から、スラリーの後添加は、従来の練混ぜ方法と同等のセメント硬化体が得られると考えられる。
- (2) 室内試験で、スラリーを後添加したモルタルとコンクリートの拘束膨張量は、膨張材の単独使用に比べて大きくなり、スラリー化しても膨張材と収縮低減剤の併用効果があった。
- (3) スラリーは、ベースコンクリートの練混ぜ後1.5時間までに添加して練り混ぜれば、圧縮強度や拘束膨張量に与える影響は小さいと考えられる。
- (4) スラリーの製作経過時間は、2日以内であればコンクリートに与える影響は小さいと考えられる。
- (5) 実機レベルの検討から、空気量の調整には注意が必要であったが、120秒間の高速攪拌で、スラリーをベースコンクリートに均質に混ぜることができた。

謝辞

本研究開発においては、電気化学工業(株)の樋口隆行氏および盛岡実氏に多大なご協力とご助言を頂いた。ここに記して謝意を表します。