

# [67] 同時添加型流動化剤を用いた流動化コンクリートの性状

正会員 辻 幸和 (群馬大学工学部)  
 正会員 ○ 小林信一 (小野田セメント)  
 塚越保典 (群馬県庁)  
 山本博道 (銚子市役所)

## 1. まえがき

流動化コンクリートの製造方法は、現在、施工現場で流動化剤を添加する現場添加方式が主流である。しかしながら、流動化剤の投入管理や品質管理の繁雑さ、アジテータ車のドラムの高速回転による騒音、排気ガスおよびドラムの損耗等の問題が発生しており、これらの問題点を解決するために、いわゆるスランブロススランブロスの少ない、レデーミクストコンクリート工場のプラントで添加できる同時添加型流動化剤が開発されてきた。

本研究は、レデーミクストコンクリート工場で流動コンクリートを製造することを目標に、試製品も含めて、合計7種類の同時添加型流動化剤を使用したコンクリートのスランブ、空気量、ブリージング性状、凝結硬化時間および圧縮強度についての実験結果に基づいて、流動化剤の添加時期を主要因に採り検討したものである。

## 2. 実験の概要

流動化剤は、表-1に示す7種類の市販品あるいは試製品を用いた。セメントは、C社製の普通ポルトランドセメントを用いた。骨材は、渡良瀬川産の川砂および川砂利を用い、比重は、それぞれ2.60および2.66、粗粒率は2.57および6.63(最大寸法20mm)であった。AE減水剤は、ボゾリスNo.70を、また、所定の空気量を確保するためAE助剤ボゾリスNo.303Aを、それぞれあらかじめ練りませ水に混入して使用した。

練りませおよび流動化の方法を図-1に示す。流動化剤の添加時期は、練りませ水に混入して用いた同時添加a、練りませ開始後30秒後および60秒に添加した30秒後添加bおよび60秒後添加cならびにベースコンクリートを造った後15分後に添加した15分後添加dの4種類とした。スランブおよび空気量の経時変化は流動化後90分経過するまで測定した。なお、ブリージング試験用の試料は、流動化直後採取した。

配合は、表-2に示すように、スランブが12cm、細骨材率s/aが42%の配合a、s/aを37%に変化させた配合bおよびスランブを21cmにした配合cの3種類とした。流動化剤の添加量は、表-1に示すように、細骨材率s/aが42%の配合aのスランブが12cmのベースコンクリートについて、スランブ増大量が約9cmになるように、試し練りにより標準添加量を決定した。また、s/aが37%の場合も42%の場合と同じ添加量とした。

## 3. 流動化効果

図-2は、流動化剤の添加時期が流動化効果に及ぼす影響を、流動化剤7種類について示している。流動化剤の種類および添加時期により添

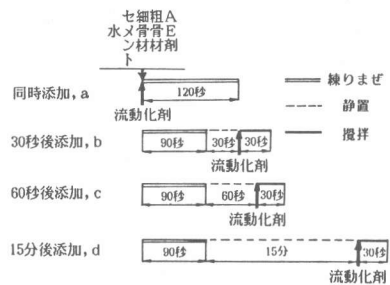


図-1 練りませおよび流動化の方法

表-1 流動化剤の種類と添加量

流動化剤の種類	A	B	C	D	E	F	G
主成分	カルボン酸・リグニン系	両性イオン系	変性ナフタリ系	ナフタリン・リグニン系	ナフタリン・リグニン系	カルボン酸・リグニン系	ナフタリン・リグニン系
添加量							
同時添加	1.8	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	2.2
30秒後添加	1.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.5
60秒後添加	1.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.5
15分後添加	1.2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.4
記号*	○	△	□	▽	●	▲	■

\* 図中で特に記号の説明をしていない場合は、この表で示す記号を用いる。  
 数値は、セメント重量に対する百分率を示す。

表-2 配合表

配合の種類	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )				
						水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	AE剤
a	20	12±1	5±1	51.2	42	164	320	748	1057	1.0
b	20	12±1	5±1	51.2	37	164	320	660	1150	1.0
c	20	21±1	5±1	56.9	42	182	320	729	1029	1.0

加量が異なるため、縦軸は、流動化剤添加量100gあたりのスランプ増大量で表示している。ここで、同時添加のスランプ増大量は、同日に造った15分後に流動化剤を添加する後添加の場合のベースコンクリートのスランプとの差とした。この図より、時差添加の30秒後添加bと60秒後添加cの違いがほとんど認められない場合が多いものの、一般に、添加時期が遅れるに従い、スランプ増大量は増加することが、同時添加型流動化剤についても確かめられた。

次に、流動化剤の添加量を1.5倍に増加しても、スランプ増大量に及ぼす添加時期の影響には変化がなかった。また、細骨材率を42%から37%に変化させても、流動化効果にはほとんど影響しなかった。

#### 4. スランプの経時変化

流動化剤の添加量を変化させた場合のスランプの経時変化を図-3に示す。流動化剤を標準量添加した場合のスランプロス、スランプ21cmの流動化剤を用いないものと比較すると大きくなっている。また、添加量を表-1に示す標準の1.5倍に増加すると、流動化後のスランプは、いずれの添加時期ともほぼ同程度の $21 \pm 1.5$  cmの値を示した。すなわち、同時添加および30秒後添加のスランプ増大量は、標準量添加した場合とほとんど変化はないが、15分後添加の場合は、スランプ増大量が大きくなった。そして、スランプの経時変化は、添加時期にかかわらず、経過時間が60分まで、21cmの普通コンクリートとほぼ同様な傾向を示した。

添加時期がスランプロスに及ぼす影響も、流動化剤の種類により異なるようである。そこで、横軸に添加時期をとり、スランプロスに及ぼす影響を示したのが図-4である。代表的な流動化剤5種類について流動化90分経過後のスランプロスを示している。この図より、流動化剤の種類により、添加時期がスランプロスに及ぼす影響は異なることが明瞭である。すなわち、全体的にスランプロスが大きい流動化剤を使用した場合は、添加時期が遅れるほど、流動化剤の添加率を減らしているにもかかわらずスランプロスは小さくなる。一方、スランプロスが小さい流動化剤の場合は、添加時期が遅くなるほどスランプロスは大きくなる傾向を示している。

#### 5. 空気量

流動化に伴う空気量の変化を、流動化剤の添加時期と関連して図-5に示す。縦軸には、流動化剤100gあたりの空気量の変化を示している。一般に、空気量は、いずれの添加時期においても、流動化すると、ベースコンクリートの空気量と同程度か、少し減少する程度である。しかしながら、同時添加の場合には、流動化により空気量が増大する流動化剤も認められた。これは、表-1に示したように、同時添加の場合には、時差添加および後添加に比べて流動化剤の添加量が多くなることも原因の1つであろう。実際標準量添加した場合には、流動化により空気量の変化は認められないが、1.5倍に増加すると空気量が増加することがあった。

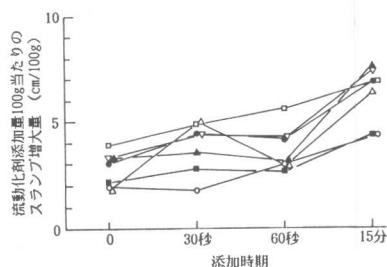


図-2 スランプ増大量に及ぼす添加時期の影響

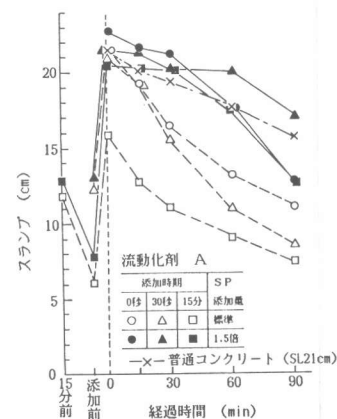


図-3 スランプの経時変化

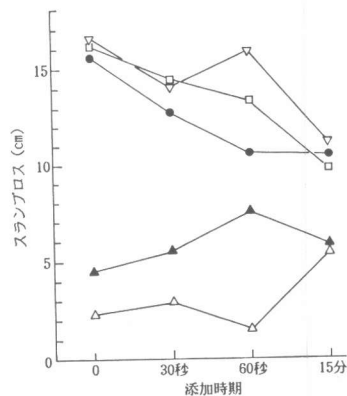


図-4 流動化後90分間のスランプロス

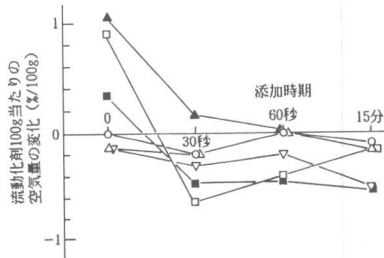


図-5 流動化に伴う空気量の変化

また、一般に、普通コンクリートに比べて、流動化コンクリートの経時に伴う空気量の低下は大きい。流動化後90分間の空気量の減少に及ぼす添加時期の影響を図-6に示す。すべての流動化剤について、同時添加aの場合に、経時に伴う空気量の減少が大きいことがわかる。そして、一般に、流動化剤の添加時期が遅れると、同時添加の場合と比べて空気量の減少程度は小さくなっている。

### 6. フリージング性状

フリージング率と流動化剤の添加時期との関係を図-7に示す。破線はベースコンクリートのフリージング率である。フリージング率は、流動化しても、ほとんどの場合スランプ12cmのベースコンクリートと同程度か、それ以下の値を示すことが、まず認められる。しかしながら、フリージングの継続時間は、流動化により、スランプ12cmのベースコンクリートと比較して長くなることが、図-8より明らかである。

また、図-7より、一般に、流動化剤の種類にかかわらず、添加時期が遅れるに従い、フリージング率は増加する傾向がある。そして、流動化剤の種類の違いにより、添加時期の影響を著しく受ける場合とそうでない場合がみられる。ここで、同時添加で著しくフリージング率が小さい流動化剤は、同時添加で流動化したことにより、空気量の増加することが図-5より認められる。これから、フリージング率が小さい理由として、空気量の増加も原因の1つとして考えられる。また、時差添加cに比べ、後添加dの方が、フリージング率がわずかに低下している場合もある。

流動化剤Aの添加量を1.5倍に増加した場合のフリージング率を、図-9に示す。流動化剤添加量を増加しても、フリージング率にはほとんど影響を及ぼさず、添加時期が及ぼす影響も標準量用いた場合と同様である。しかしながら、フリージングの継続時間は、流動化剤の添加量を1.5倍にすると増加し、スランプ21cmの普通コンクリートの場合と比べても大きい値を示した。また、細骨材率s/aが42%から37%に変化しても、フリージング率には、ほとんど影響を及ぼさないことも、図-9より認められる。

### 7. 凝結・硬化時間

これまで、後添加用の流動化剤を用いた場合、流動化剤の種類により、流動化しても、凝結時間はベースコンクリートと大差がない場合や、流動化剤の添加により、凝結時間が長くなる場合<sup>1)2)</sup>のあることが報告されている。

図-10は、流動化剤の添加時期が、始発および終結時間に及ぼす影響を示している。それぞれ破線は、スランプ12cmおよび21cmの普通コンクリートの値である。

流動化剤の種類にかかわらず、始発および終結時間ともに、スランプ12cmの普通コンクリートに比べ長くなっている。そして、スランプ21cmの普通コンクリートと比べても、長い場合がある。しかしながら、これらの遅延性は大きくな

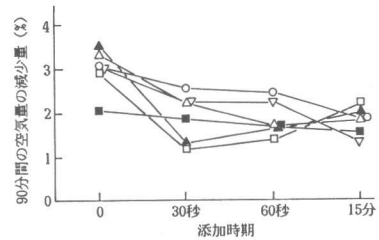


図-6 流動化後90分間の空気量の減少

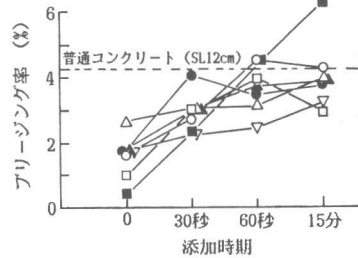


図-7 フリージング率に及ぼす添加時期の影響

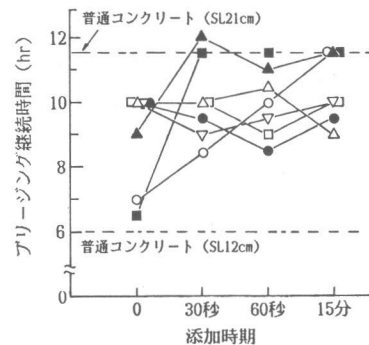


図-8 フリージングの継続時間に及ぼす添加時期の影響

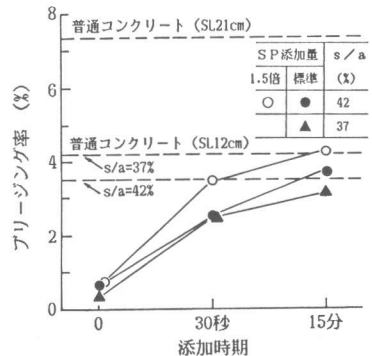


図-9 添加量および細骨材率が異なる場合のフリージング率

く、流動化剤の添加により、同時添加において著しい遅延作用が生じた流動化剤を使用した場合を除いては、添加時期にかかわらず、始発時間は、スランブ 21 cm の場合を基準として約 ± 2 時間、終結時間は、約 ± 3 時間の範囲に入っている。

また、添加時期が遅れるに従い、始発および終結時間が早くなる傾向がある。これは、前述のように、添加時期が遅れるに従い、流動化剤の添加量が減少しているためであろう。

なお、始発から終結までの時間は、流動化剤の種類および添加時期にかかわらず、約 2 時間 30 分から 4 時間かかった。この時間は、スランブが 12 cm と 21 cm のベースコンクリートの場合とほぼ一致している。

### 8. 圧縮強度

流動化コンクリートの圧縮強度（材令 28 日）を、添加時期とともに図-11 に示す。この図から、いずれの流動化剤を用いた場合とも、流動化コンクリートの圧縮強度は、300 ~ 350 kgf/cm<sup>2</sup> と大差はなく、スランブ 12 cm の普通コンクリートとほぼ同程度の圧縮強度を示した。また、添加量を 1.5 倍に増加しても、圧縮強度はほとんど変化しなかった。添加時期による大きな影響はほとんど認められないが、添加時期が遅くなるほど圧縮強度が大きくなる流動化剤もあった。

図-11 は、流動化直後に試料を採取した供試体の結果であるが、流動化 90 分後に試料を採取した場合の結果を図-12 に示す。流動化直後に採取した場合に比べ、ばらつきが大きく、一概には言えないが、添加時期の影響はほとんど認められない。また、流動化 90 分後に採取した場合は、流動化直後に試料を採取した場合に比べ、全体的に強度は大きくなっている。これは 90 分間の空気量の減少によるものである。

### 9. 結論

試製品も含めて、合計 7 種類の同時添加型流動化剤を用いた流動化コンクリートのスランブ、空気量、フリージング、凝結硬化時間および圧縮強度に及ぼす流動化剤の添加時期の影響を明らかにすることができた。

本研究の実施に対しては、流動コンクリート実用化研究協議会の委員各位より多大な御協力を頂いた。厚くお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 服部、山川、今村、鈴江、東、江尻：流動コンクリートについて、セメント技術年報、30、1976。
- 2) 田沢、宮沢、岡本：遅延型流動化剤を用いたフレッシュコンクリートの諸性質、セメント技術年報 39、1985

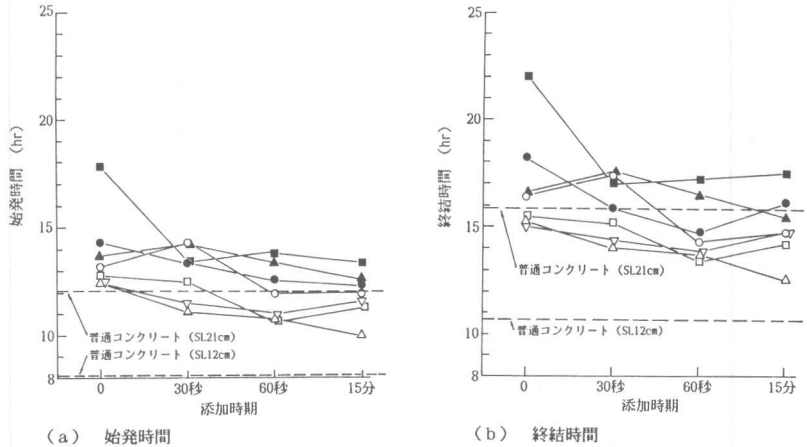


図-10 凝結・硬化時間

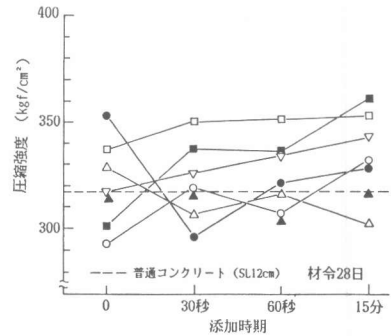


図-11 流動化直後に採取したコンクリートの圧縮強度

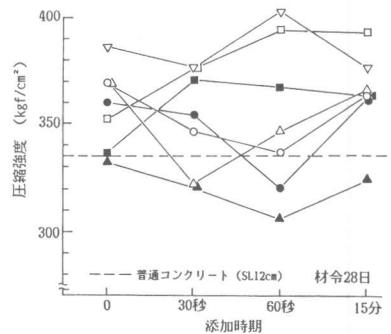


図-12 流動化90分後に採取したコンクリートの圧縮強度