

[1019] 品質の異なる増粘剤を用いた高流動コンクリートの諸性質

坂本 淳*1・横田和直*2・松岡康訓*3・田中義彦*4

1. はじめに

高流動コンクリートの材料分離抵抗性を確保する方法のひとつとして、増粘剤（本報では分離低減剤も含め広義に解釈）を添加する方法が近年、報告されるようになっており [1]、著者らも主として3成分系結合材（普通ポルトランドセメント、高炉スラグ微粉末、およびフライアッシュ）を使用し、グルコース系多糖類を主成分とする天然高分子を増粘剤として添加した高流動コンクリートを開発し、既に実用化している [2]、[3]。

高流動コンクリートに増粘剤を使用することによる効果は、高性能(AE)減水剤と併用することにより流動性・分離抵抗性が高められ、充填性能が向上すること [4]、増粘剤を使用しない場合に比較して骨材の表面水や粒度の変動によるコンクリートの品質変化を小さく抑えられるため [5]、現状のコンクリート製造設備においても品質の安定したコンクリートを比較的容易に製造できることなどである。

本報は、天然多糖類に属する3種類の増粘剤の高流動コンクリートへの適用性について検討を行った結果（溶解性、分離抵抗性、充填性、凝結特性、強度など）についてまとめたものである。

2. 使用材料および配合

試験に用いた材料の品質を表-1に示す。本試験で使用した増粘剤は全て多糖類に属する天然の高分子であるが、同表に示すように分子量が異なり、化学構造も異なる混和剤である。

各種試験を行った高流動コンクリートの配合を表-2に示す。単位水量、単位結合材量、細骨材率、および結合材の混合比率は既報 [2] に報告した配合に近い値とし、混和剤の添加量は目標性能（スランプ ϕ 70-65 \pm 5cm、50cm ϕ 到達時間5~10秒、充填高さ30cm以上、空気量4 \pm 1%）が得られるように調整した。なお、充填高さとは図-1および表-3に示す試験装置・方法による充填試験における充填性の評価指標であり、30cm以上の場合に充填性良好と判定する [6]。

3. 試験方法

3.1 増粘剤の溶解性の測定

高性能減水剤を結合材の1%、増粘剤を結合材の2%添加した水結合材比50~100%の3成分系結合材（普通ポルトランドセメント、高炉スラグ微粉末、フライアッシュを2:2:1の比率で混合）ペーストを直接ミリポア（0.87 μ m）ろ過し、ろ液の糖をフェノール硫酸法により定量した。増粘剤の溶解の度合を評価する溶解性は、式(1)により算出した。

$$\text{溶解性 (\%)} = (\text{ろ液中の糖量} / \text{増粘剤添加糖量}) \times 100 \quad (1)$$

*1 大成建設(株)技術研究所 土木構造・水理研究グループ 研究員、工修（正会員）

*2 大成建設(株)技術研究所 土木構造・水理研究グループ 研究員（正会員）

*3 大成建設(株)技術研究所 土木構造・水理研究グループ チームリーダー、工博（正会員）

*4 武田薬品工業(株)生産技術研究所 研究員

3. 2 増粘剤を添加した結合材ペーストの粘度の測定

増粘剤を所定量添加した水結合材比45%の3成分系結合材ペースト（各成分の混合比率は3.1と同様）を試料として、共軸2重円筒回転粘度計（Rotovisco RV2：測定粘度範囲 50～10⁵cP、内外筒半径比 1.05～1.38）により塑性粘度および降伏値を測定した。

3. 3 その他の試験

高流動コンクリートのフレッシュな状態における性能評価試験（スランプフロー試験、U形充填性試験）は、図-1および表-3に示す方法により行った〔6〕。また、凝結試験はASTM C-403に、圧縮強度試験はJIS A 1108に、凍結融解試験はASTM C 666に各々準じて行った。

表-1 使用材料の品質

種類	名称	特性・主成分
結合材	普通ポルトランドセメント	比重3.16, 比表面積3,290cm ² /g
	高炉スラグ微粉末	比重2.90, 比表面積4,430cm ² /g
	フライアッシュ	比重2.26, 比表面積3,000cm ² /g
細骨材	木更津産山砂	比重2.58, 粗粒率2.55, 実積率66.1%
粗骨材	八王子産碎石	比重2.64, 粗粒率6.75, 実積率61.6%
混和剤	AE減水剤	リガコンカルボン酸化合物ホリオール複合体
	高性能減水剤	ナフタリンカルボン酸・ホルミン高縮合物塩
	増粘剤1	β-1,3グルカンから構成, 分子量 約7万, 水には不溶〔3〕
	増粘剤2	グルコースから構成, 分子量 約30万, 水溶性
	増粘剤3	グルコース, マンノース等から構成, 分子量 約200万, 水には不溶

表-2 高流動コンクリートの配合表

配合No.	G _{max} (mm)	W/P (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)								
				水 W	結合材 P			細骨材 S	粗骨材 G	混和剤		
					普通ポルトランドセメント	高炉スラグ微粉末	フライアッシュ			AE減水剤 ^{注1)}	高性能減水剤 ^{注2)}	増粘剤 ^{注3)}
1	20	34	48	170	200	200	100	761	842	0.9 または 1.8	6.9 または 8.4	1.0 または 1.5
2											9.3	0.2
3											8.4	0.3

注1) AE減水剤添加量は圧縮強度試験、および凍結融解試験については1.8kg/m³、その他の試験においては0.9kg/m³とした。
 注2) 配合No.1の高性能減水剤添加量は凝結試験、圧縮強度試験、および凍結融解試験においては8.4kg/m³、その他の試験においては6.9kg/m³とした。
 注3) 配合No.1～3は各々、増粘剤1、増粘剤2、増粘剤3を使用した。
 配合No.1の増粘剤添加量は凝結試験、圧縮強度試験、および凍結融解試験においては1.0kg/m³、その他の試験においては1.5kg/m³とした。

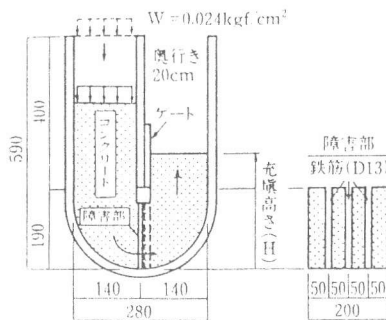


図-1 U形充填性試験装置

表-3 フレッシュコンクリートの性能評価試験方法

試験名	試験方法
スランプフロー試験	JSCE-1990「コンクリートのスランプフロー試験方法(案)」に準拠。スランプコン引上げ終了から、フロー値が50cmに到達するまでの時間(50cmフロー到達時間)も同時に測定。
U形充填性試験	図-1に示す試験装置の中央部ゲートを閉めた状態で片側に試料を詰めした後ゲートを開け、障害物を通過したコンクリートの充填高さを測定。

4. 試験結果および考察

図-2は、3成分系結合材ペーストに対する各増粘剤の溶解性を調べた結果である。同図に示すように、増粘剤1は水結合材比が小さくなるにつれ、すなわち液中のアルカリ濃度が高くなるにつれて溶解性が高くなっている。これは既報[3]で報告したように、本増粘剤は高アルカリ溶液には溶解することに困るものと考えられる。これと比較して、増粘剤2、3の溶解性にはアルカリ濃度への依存性がみられず、増粘剤3はほとんど溶解しないことがわかる。これら溶解性の相違は、各増粘剤の化学構造や分子量の違い等に起因しているものと考えられる。なお、増粘剤1はコンクリート中においてあまり溶解せずに自由水を吸水し、膨潤ゲルを形成することにより分離抵抗性を発現するものと考えられており[3]、増粘剤3も水には不溶でゲル化することから、これと同様な機構により分離抵抗性が発現されるものと考えられる。また、増粘剤2は水溶性であることから、主に自由水の粘度を高めることによりコンクリートの分離抵抗性を高める作用があるものと考えられる。

図-3は、3成分系結合材ペーストにおける各増粘剤添加量とペーストの塑性粘度との関係を示したものである。同図より、各増粘剤の添加量が増すにつれ、ペーストの塑性粘度は増加し、添加量が少ない範囲においては増粘剤1に比べ、増粘剤2、3は増粘作用が高いことがわかる。表-2に示したように、高流動コンクリートにおいてほぼ同等の粘性が得られる時の増粘剤2、3の添加量は増粘剤1の1/5程度であり、水に対する割合に換算すると増粘剤1は約0.7%であるのに対し、増粘剤2、3は約0.15%と少量であることが分かっている。図-3より、このような添加量におけるペーストの塑性粘度は全てほぼ同じ値(約120cP)であることから、本試験結果は高流動コンクリートの配合における増粘剤添加量の相違を裏付ける結果であることが確認された。

図-4は表-2に示す配合の高流動コンクリートについて、各配合の単位水量に対して外割で

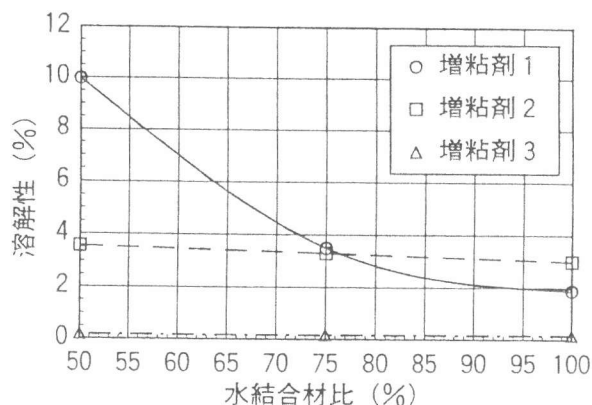


図-2 3成分系結合材ペーストにおける水結合材比と増粘剤の溶解性との関係

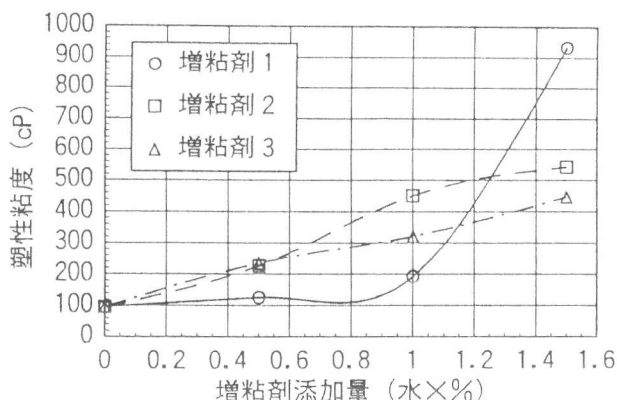


図-3 3成分系結合材ペーストにおける増粘剤添加量とペーストの塑性粘度との関係

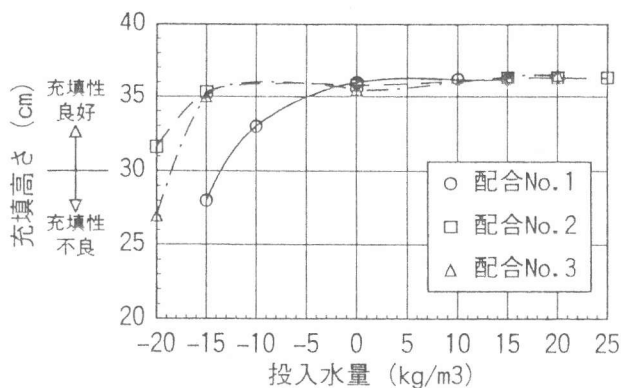


図-4 投入水量と充填高さの関係

表-4 凝結試験および圧縮強度試験結果

配合No.	凝結試験結果		圧縮強度試験結果 (kgf/cm ²)				
	始発時間	終結時間	σ_2	σ_7	σ_{14}	σ_{28}	σ_{91}
1	22時間25分	25時間41分	31	216	325	395	576
2	29時間36分	32時間32分	4.7	180	302	400	551
3	21時間39分	24時間 1分	32	235	344	429	605

-20~+25kg/m³の範囲で投入水量を加減した場合の充填性能の変化を、U形充填性試験により調査した結果である。どの増粘剤を使用した場合においても、かなり広い投入水量の範囲において良好な充填性が確保されており、特に増粘剤2, 3を使用した配合は見掛け上、単位水量が少ない場合(投入水量-20~-5kg/m³)、つまり水に対する増粘剤の割合が本来の配合より多い場合においても品質の変化が小さいことが確認された。これは、図-3に示したように増粘剤2, 3は増粘剤1に比べ、水に対する増粘剤の割合が多い場合においてもペーストの塑性粘度の増加が緩やかであることに起因するものと考えられる。

表-4は表-2に示す配合について、凝結時間および圧縮強度を測定した結果である。増粘剤1, 3に比べ、増粘剤2は凝結開始時間が7.5時間程遅れるため、初期強度の発現性が低い傾向にある。これは、増粘剤2は水溶性であるため結合材の初期水和反応へ影響を及ぼしているためであるものと考えられる。また、これらの配合のコンクリートについて凍結融解試験を行った結果、どの配合についても耐久性指数は95%以上であり、良好な凍結融解抵抗性能を有していることを確認している。

5. まとめ

天然多糖類に属する3種類の増粘剤の高流動コンクリートへの適用性について検討を行った結果、これら増粘剤の3成分系結合材ペーストにおける溶解性、増粘剤添加量~ペーストの塑性粘度の関係、および分離抵抗性発現機構は異なること、また、これら増粘作用機構の相違は高流動コンクリートの品質、特に骨材表面水の変動等により見掛けの単位水量が変動した場合の品質変動や初期水和反応に影響を与えることが明らかにされた。

[参考文献]

- 1) 例えば、山川勉ほか：分離低減剤を用いた高流動コンクリートの耐凍害性に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.15，No.1，pp.155-160，1993.6
- 2) 松岡康訓：超流動コンクリート，コンクリート工学，Vol.31，No.3，pp.79-82，1993.3
- 3) 坂本淳ほか：超流動コンクリート用分離低減剤の開発，第37回日本学術会議材料研究連合講演会前刷集，pp.113-114，1993.9
- 4) 新藤竹文ほか：超流動コンクリートの基礎物性に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.13，No.1，pp.197-184，1991.6
- 5) 新藤竹文ほか：使用材料の変動が超流動コンクリートの性状に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.14，No.1，pp.75-78，1992.6
- 6) 坂本淳ほか：超流動コンクリートのワーカビリティ評価手法に関する研究，コンクリートの製造システムに関するシンポジウム論文集，pp.55-60，1992.5