

実機プラントで製造した加振併用型充てんコンクリートの性能について

A Characteristic Test on Semi-Selfcompacting Concrete Produced with a Plant Mixer

木俣陽一

KIMATA Yoichi

(財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

In the filling method of concrete to the cells of composite structures, the semi-selfcompacting concrete, which could filled securely without deteriorating of its quality by applying an assistant vibration, was developed. In order to put the semi-selfcompacting concrete to practical use, prototype experiments with a plant mixer were conducted using three types of aggregate.

Key Words: semi-selfcompacting concrete, assistant vibration, plant mixer, chemical admixture

1. はじめに

近年、鋼コンクリート合成構造の沈埋函の採用が増え、鋼殻内に打設されるコンクリートとして自己充てん性に優れたスランプフロー650mm程度の高流動コンクリートが用いられている。しかし、高流動コンクリートは優れた充てん性能を有するが、材料、製造管理および品質管理の面で制約が多く、通常のコンクリートに比べて製造から打設のコストが高価なものとなっている。(財) 沿岸技術研究センターでは、平成11年度より建設コストの縮減、大幅な省力化や合理化を目指し、合成構造沈埋函の合成部材を対象とした加振併用型充てんコンクリート(以下、充てんコンクリート)に関する共同研究を開始した。充てんコンクリートは、高流動コンクリートほどの自己充てん性はないが、バイブレータによる補助的な加振を間欠的に与えることで、高流動コンクリートと同等の充てん性を発揮する経済的なコンクリートである。

本論文は、充てんコンクリートの実用化に向けて3種類(北九州地区、大阪地区)の骨材を用いた実プラントミキサで実施した実験について報告する。なお、実験パラメータはフレッシュコンクリートの性状に影響を及ぼすと考えられる細骨材表面水率と高性能AE減水剤添加量とした。

2. 充てんコンクリートについて

2.1 フレッシュ時の特徴

充てんコンクリートは、加振しない状態でスランプフローが400~600mmの流動性を持ち、ブリーディングの少ない優れた材料分離抵抗性による高い充てん性能と、優れた硬化品質を有するコンクリートである。加振しない状態での充てんコンクリートの充てん性能は、自己充てん性能の概略を表した図-1に示すように、自己充てん性が高い高流動コンクリートと低い普通コンクリートと

の中間的な範囲にある。しかし、加振することにより、充てんコンクリートは高流動コンクリートと同程度の高い流動性と充てん性能を発揮する。

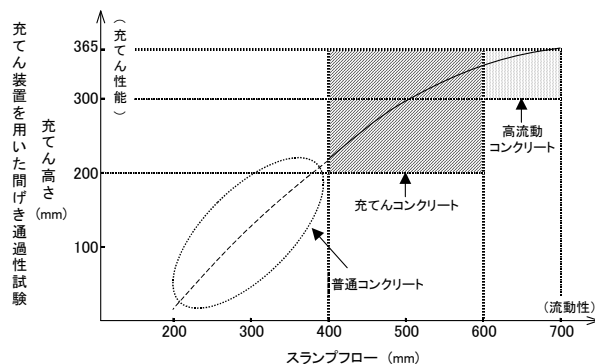


図-1 各種コンクリートの自己充てん性能の範囲

2.2 製造の特徴

充てんコンクリートは、市中の生コンクリート工場、一般に使用されるコンクリート材料を用いて製造することを基本としており、製造に要する時間も比較的短く、製造速度は高流動コンクリートと普通コンクリートの中間にある。

3. 実験概要

3.1 充てんコンクリートの要求性能と製造

充てんコンクリートは、バイブレータによる間欠的な加振で高い充てん性能を発揮するものであり、配合の決定には、加振しない状態で表-1に示す性能を満たすことを基本とした。実験に用いた使用材料を表-2に示す。

実験時の基本配合は、事前の室内試験による配合を基に、実機ミキサでの試し練りにより最終配合を設定した。なお、ミキサはバッチ容量2.5m³の水平2軸型ミキサを使用し、製造に際しては図-2に示すモルタル先練り方式によりコンクリートを練り混ぜた。

表-1 基本配合の目標性能

要求性能	要求性能の水準
流動性	スランブフロー = 500±100mm
材料分離抵抗性	充てん装置を用いた間げき通過性試験 (U型充てん試験)での充てん高さ=200mm
フレッシュ性状の保持性	上記等の要求性能を製造から 90 分以上満足すること

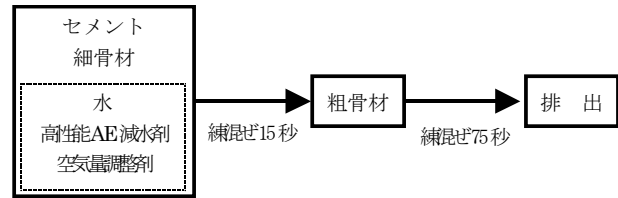


図-2 練混ぜ方法

表-2 使用材料

種類	大阪：大阪地区(川砂+砕砂)	北九A：北九州(海砂+砕砂)	北九B：北九州(海砂+海砂)
高炉セメントB種	密度3.04g/cm ³ , 比表面積4000cm ² /g	密度3.04g/cm ³ , 比表面積3850cm ² /g	密度3.02g/cm ³ , 比表面積3940cm ² /g
細骨材	川砂：砕砂=70：30 川砂：中国福建省産 表乾密度2.56g/cm ³ , 吸水率1.43% 粗粒率2.62, 微粒分量0.79% 砕砂：兵庫県西島産 表乾密度2.58g/cm ³ , 吸水率1.44% 粗粒率2.82, 微粒分量10.67%	海砂：砕砂=60：40 海砂：山口県蓋井島産 表乾密度2.59g/cm ³ , 吸水率1.58% 粗粒率2.08, 微粒分量1.68% 砕砂：田川市弓削田産 表乾密度2.68g/cm ³ , 吸水率0.56% 粗粒率2.88, 微粒分量10.21%	粗海砂：細海砂=65：35 粗海砂：福岡市西浦産 表乾密度2.59g/cm ³ , 吸水率1.43% 粗粒率3.20, 微粒分量0.43% 細海砂：北九州市藍ノ島産 表乾密度2.60g/cm ³ , 吸水率1.72% 粗粒率1.64, 微粒分量0.92%
粗骨材：碎石	兵庫県西島産 表乾密度2.64g/cm ³ , 吸水率0.75% 粗粒率6.72, 微粒分量0.83%	北九州市八幡東産 表乾密度2.70g/cm ³ , 吸水率0.74% 粗粒率6.84, 微粒分量2.24%	北九州市門司産 表乾密度2.70g/cm ³ , 吸水率0.79% 粗粒率6.58, 微粒分量0.89%
高性能AE減水剤(SP)	ポリカルボン酸系(遅延形)	ポリカルボン酸基含有多元ポリマー(標準形)	ポリカルボン酸系(標準形)
空気量調整剤(AE)	変性アルキルカルボン酸化合物系イオン界面活性剤	樹脂酸塩系陰イオン界面活性剤	変性アルキルカルボン酸化合物系イオン界面活性剤

3.2 基本配合

大阪地区と北九州地区の基本配合を表-3に示す。実験時のコンクリート温度は大阪地区(川砂+砕砂)、北九州地区(海砂+砕砂)、北九州地区(海砂+海砂)の順に高かった。これは、大阪地区での実験は夏期に実施したため、可使時間を確保する目的で遅延タイプの高性能AE減水剤を使用した。

配合面の大きな特徴として大阪地区の配合は、北九州地区の配合に比べて空気量が1.5%少なく、単位水量が11kg/m³多い、高性能AE減水剤添加量が多いなどがあげられる。これは、大阪地区では北九州地区と比べ単位容積質量の下限値を0.05t/m³重く設定する必要があったため、可能な範囲で空気量を減らしたためである。

表-3 大阪地区と北九州地区の基本配合

	W/C (%)	Gvol (m ³ /m ³)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤		コンクリート温度 C.T(°C)
				W	C	S	G	SP (C×%)	AE助剤 (C×%)	
大阪基本	39.5	320	3.0	171	433	866	842	1.55 遅延	0.0020	31.5~32.5
北九A基本	37.6	315	4.5	160	425	893	851	1.10 標準	0.0010	26.0~27.5
北九B基本	37.6	315	4.5	160	425	871	854	1.10 標準	0.0010	23.0~25.0

3.3 実験パラメータ

実機ミキサで製造した充てんコンクリートの時間経過によるフレッシュ性状の変化を調べるため実験を行った。

充てんコンクリートのフレッシュ性状に大きく影響する要因としては、【単位水量】と【高性能AE減水剤添加量】がある。実験では、基本配合を基に細骨材表面水率の設定値と高性能AE減水剤添加量を変化させ、それぞれの要因がフレッシュ性状に及ぼす影響について検討した。

なお、細骨材表面水率を大きめに設定することは、単位水量が減少させるため、製造後のコンクリートの流動性が著しく低下しない範囲(基本配合-1.0%~基本配合+1.0%(大阪:0.5%))で表面水率を設定した。

時間経過に伴うフレッシュ性状の変化状況を調べるために、表-4の項目について測定した。なお、いずれのケースも、スランブフロー、空気量、充てん高さ、単位容積質量の測定は、製造後5分、30分、60分、90分で行ったが、大阪地区の基本配合は、より長い可使時間の設定が可能か確認する目的で製造後120分でも測定を行った。

表-4 測定項目および方法

評価項目	測定項目	測定方法
充てん性	流動性 スランブフロー	JSCE-F503「コンクリートのスランブフロー試験方法(案)」
	材料分離抵抗性	土木学会「充てん装置を用いた間げき通過性試験方法(案)」
質量	単位容積質量	JIS A 1128「フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法」
沈下特性	ブリーディング率(量)	JIS A 1123「コンクリートのブリーディング試験方法」

4. 実験結果および考察

4.1 表面水率の変動による影響

細骨材の表面水率の変動(単位水量の変動)によるコンクリートの性状変化について以下に示す。なお、図-3~図-6の凡例の地名の後の数値は、表-3に示す基本配合からの表面水率の変動を示す。

(1) 流動性について

スランブフロー試験の結果を図-3に示す。製造後5分で比較すると、スランブフローは、細骨材表面水率が小さくなる(単位水量は多くなる)に従い大きくなる。練り混ぜ5分~90分後のスランブフローの変化は、最大値

で北九Aは85mm、北九Bは65mm、大阪は45mmとなり、大阪地区のフローロスは九州地区に比べ少なくなった。

(2) 材料分離抵抗性について

U型充てん試験による自己充てん高さの経時変化を図-4に示す。自己充てん高さは、細骨材表面水率を1.0%低く設定したケース（単位水量は多くなる）が最も高くなった。経時変化については、大阪は練混ぜ30分後は低下し、その後60分まで増加する傾向、北九州は練混ぜ60分後まで増加する傾向を示し、その後90分まではほぼ一定となる傾向を示した。また、いずれのケースも製造後90分間において自己充てん高さが200mm以上確保でき、良好な保持性を示したと言える。

(3) 空気量について

空気量試験の結果を図-5に示す。製造後5分で比較すると、空気量は、細骨材表面水率が小さくなる（単位水量は多くなる）に従い減少した。これは、表面水率が小さくなると、流動性は増加するが空気を連行しにくくなるためと考えられる。経時変化は、ばらつきがあるが時間経過とともに空気量が増加する傾向を示したが、いずれのケースにおいても製造後90分間において目標とした範囲内で良好な保持性を示した。

(4) 単位容積質量について

単位容積質量の試験結果を図-6に示す。製造5分後の比較では、単位容積質量は、細骨材表面水率が小さくなる（単位水量は多くなる）に従い増加した。単位容積質量は、経時変化とともに減少する傾向を示した。この傾向は、単位容積質量と空気量が反比例の関係にあり、空気量の増加により単位容積質量は減少したと考えられる。

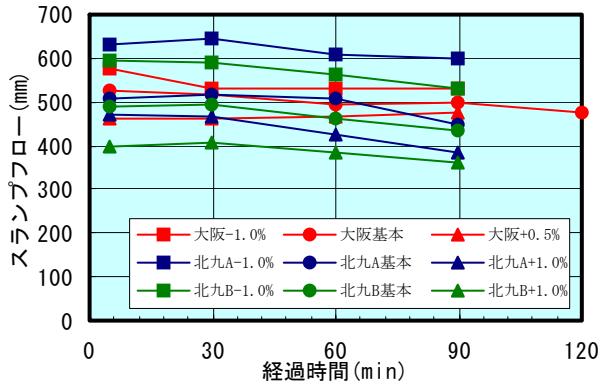


図-3 表面水率の設定がスランプフローに与える影響

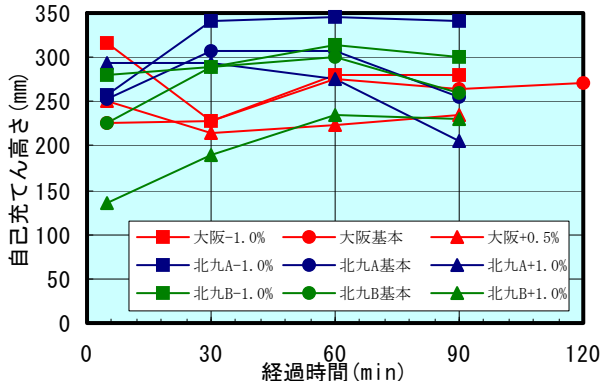


図-4 表面水率の設定が自己充てん高さに与える影響

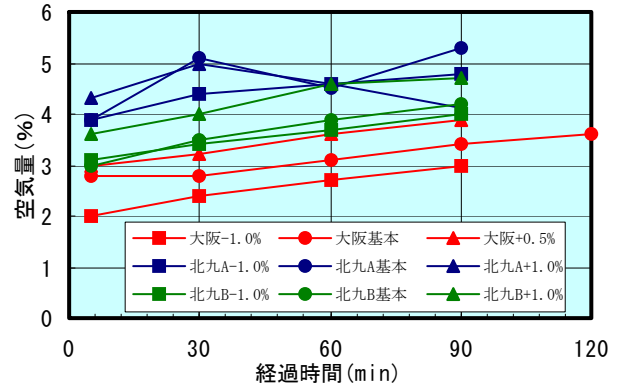


図-5 表面水率の設定が空気量に与える影響

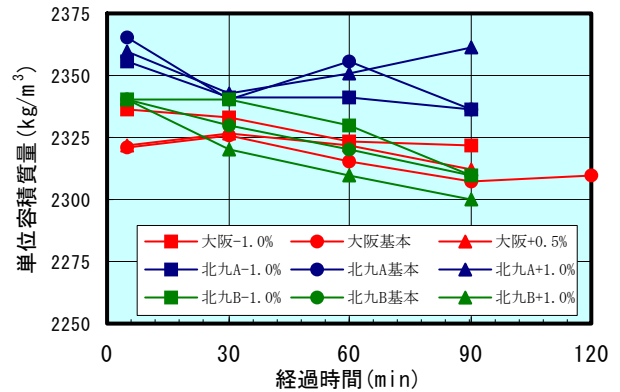


図-6 表面水率の設定が単位容積質量に与える影響

4.2 高性能 AE 減水剤添加量の変動による影響

高性能 AE 減水剤の添加量（以下、SP 添加量）がフレッシュコンクリートの性状に与える影響を以下に示す。なお、図-7～図-10 の凡例の地区名の後ろの数値は、表-3 に示す基本配合からの SP 添加量の変動を示す。

(1) 流動性について

スランプフローの試験結果を図-7に示す。スランプフローは、SP 添加量の増加に伴い増加傾向を示した。経時変化は SP 添加量の違いによらず 90 分で概ね 50mm 程度の減少量であり、実験の添加量の範囲では流動性は良好に保持されたと言える。

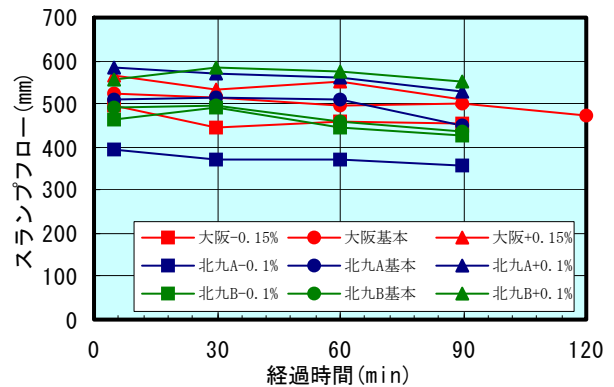


図-7 SP 添加量がスランプフローに与える影響

(2) 材料分離抵抗性について

自己充てん高さの試験結果を図-8に示す。SP添加量に関わらず、練混ぜ後 30 分以下では自己充てん高さが大きく変化する傾向を示したが、30 分以降はいずれのケースも減少傾向を示すとともに下限値に設定した 200mm以上を確保した。測定時間内で下限値が確保できたことより、材料分離抵抗性は保持されたと言える。

(3) 空気量について

空気量の試験結果を図-9に示す。空気量はSP添加量が増加するに伴い減少する傾向であった。練混ぜ後、緩速でアジテータを回転させていたため、時間経過とともに空気量は増加した。しかし、その増加割合は、増加量の最も大きいケースでも約 1.0%であったことから施工法の工夫で十分管理できる範囲と言える。

(4) 単位容積質量

単位容積質量の試験結果を図-10に示す。単位容積質量は、SP添加量が増加するに従い、増加する傾向を示した。これは、練り混ぜ時に連行される空気量の減少によるものと考えられる。また、練混ぜ後、緩速でアジテータを回転させていたため、時間経過とともに空気量が増加し、単位容積質量が減少したが 90 分経過後も目標とした 2300kg/m³を確保できた。

4.3 まとめ

本実験では、コンクリートのフレッシュ性状に影響を及ぼすと考えられる「細骨材表面水率」と「高性能 AE 減水剤添加量」を変化させ、それぞれの要因がフレッシュ性状に及ぼす影響について検討を行った。

実験結果より、細骨材表面水率は表面水率-1.0%~+0.5% (1.0%) の範囲、また、高性能 AE 減水剤は基本添加量±0.10%(0.15%)の範囲で充てん性（流動性、材料分離抵抗性）、空気量および単位容積質量について、実施工では問題が無い範囲に収まることが分かった。また、大阪の骨材を用いた基本配合の一ケースのみではあるが、製造後 120 分においても施工時のフレッシュ性状に対して問題がないことが確認された。この結果より、新若戸道路で設定した充てんコンクリートの可使時間(90 分)に対し、上限値設定を見直す可能性が見いだせたと考える。

今回の実験で、使用材料や環境温度に応じた高性能 AE 減水剤のタイプ、添加量を適切に設定することで、スランプフロー450~500mm 程度の適切なフレッシュ性状を有する加振併用型充てんコンクリートの配合を抽出することができた。今後は、本実験で得られた配合を用いた加振併用型充てんコンクリートが、鋼コンクリート合成構造に有効に活用されることを期待する。

5. おわりに

本論文は、平成 11 年度より 5 ヶ年で実施した国土交通省国土技術政策総合研究所、(独)港湾空港技術研究所、早稲田大学工学部清宮研究室、(財)沿岸技術研究センター、

五洋建設(株)、佐伯建設工業(株)、東亜建設工業(株)、東洋建設(株)、若築建設(株)で実施した充てんコンクリートに関する共同研究の成果のうち実機プラント実験のフレッシュ性状の一部を取りまとめたものである。本研究にご協力いただいた関係各位に深く感謝の意を表します。

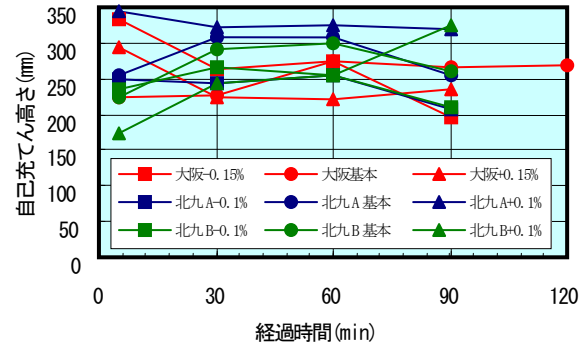


図-8 SP 添加量が自己充てん高さに与える影響

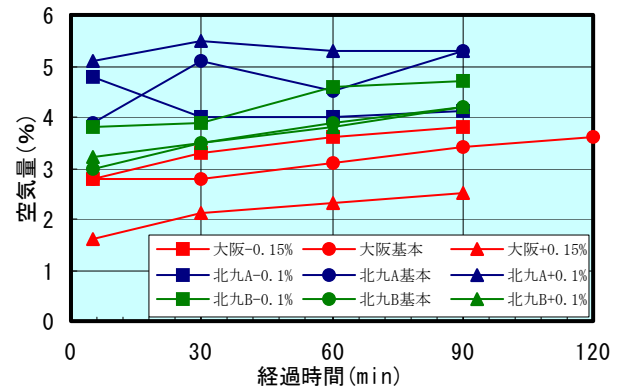


図-9 SP 添加量が空気量に与える影響

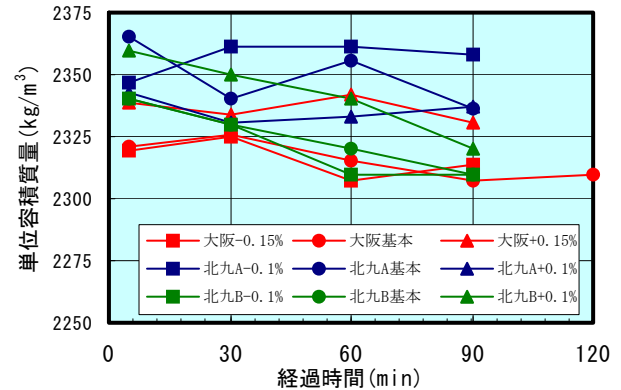


図-10 SP 添加量が単位容積質量に与える影響

参考文献

- 1) 中村亮太・小松誠児・北澤壮介・藤村 貢：充填用コンクリートのフレッシュ性状に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol. 24，No. 1，pp.1229-1304，2002. 6.
- 2) 北澤 真・北澤壮介・濱田秀則ほか：実機プラントで製造した充填コンクリートのフレッシュ性状について，土木学会第 55 回年次学術講演会講演概要集，V-236，pp. 472-473，2000. 10.
- 3) 大和竹史・東俊夫・渡邊和重・白石悟：合成構造用充てんコンクリートの開発，コンクリート工学，Vol. 41，No. 7，pp. 15-22，2003. 7.