

報告 高流動コンクリートの実大施工実験

蓮尾 孝一*1・小川 学*2・小久保 正美*3

流動性と分離抵抗性に優れた高流動コンクリートは、締固めを行わなくても高性能なコンクリート部材を可能とする。本研究では、プラントの既存設備で対応できるように高流動コンクリート用混和材を開発し、フレッシュコンクリートの特性を確認するとともに、壁を想定した実大規模試験体による施工実験を行った。その結果、本高流動コンクリートは安定した流動性と材料分離抵抗性を有し、締固めを行わなくても型枠内に密実充填するため欠陥の無いコンクリート部材が可能であることがわかった。またこれらの研究成果をふまえ、実際の建物の一部に適用した。

キーワード：高流動コンクリート、締固め、施工性、混和材、フレッシュコンクリート

1. はじめに

高流動コンクリートは、コンクリート工事における工事不良の人的要因の一つであり、かつ苦渋作業である締固め作業を必要とせず、コンクリートの品質管理および施工を容易かつ確実にすることができる。このため材料、調合および施工方法の研究が盛んに行われており、実際の建物にも適用されつつある。しかし一般のレディーミクスト工場で高流動コンクリートを製造する場合、セメントや混和材料の貯蔵施設の確保、計量装置およびミキサやアジテータドラムの清掃等の点を考慮する必要がある。ここでは少量の添加で材料分離抵抗性を確保する粉体系混和材を使用して、プラントでの製造および実大施工実験を行い、その施工性を把握することを目的としている。

2. 実大施工実験

2.1 材料および調合

実大施工実験に用いた材料を表-1に示す。結合材として、普通ポルトランドセメントおよびセメント系微粉末を主成分とした混和材を用い、かつ高性能AE減水剤を用いて流動性と材料分離抵抗性を確保した。この混和材の成分中でセメント系微粉末および高吸水性樹脂(吸水ポリマー)は材料分離低減、ブリーディングの抑制、石灰系微粉末は収縮防止を目的としている。またその使用量が25(kg/m³)と少量であるため、コンクリート製造時にプラントの既存設備で容易に対応できる。高性能AE減水剤は、温度条件、スランプフロー保持特性および混和材との適合性を試験により確認した結果ナフ

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント 比重 3.16、比表面積 3300(cm ² /g)
細骨材-1	陸砂(茨城県神栖町産) 表乾比重 2.60、FM 2.50
細骨材-2	砕砂(栃木県田沼町産) 表乾比重 2.60、FM 3.00
粗骨材	碎石 2005(栃木県田沼町産) 表乾比重 2.67、FM 6.61 実績率 61.5(%)
混和材	セメント系微粉末、高吸水性樹脂 石灰系微粉末
高性能AE減水剤	ナフタリン系

表-2 調合 (実大施工実験)

W/C (%)	W/B* (%)	粗骨材 嵩容積 (m ³ /m ³)	セメント (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	細骨材 (kg/m ³)	粗骨材 (kg/m ³)	混和材 (kg/m ³)	高性能 AE減水剤 (×B%)
34.4	32.6	0.53	450	155	842	868	25	1.5

*B:結合材

*1 三井建設(株) 技術研究所 主任研究員 (正会員)
 *2 三井建設(株) 建築本部 建築技術部 (正会員)
 *3 三井建設(株) 技術研究所 研究員

タリン系のものとした。高流動コンクリートの調合を表-2に示す。調合はスランプ60cm、空気量2.5%でかつスランプフロー時に目視により分離しないことを目標として、試し練りおよび実機練り試験を行い定めた。細骨材は1（細砂）と2（粗砂）を6：4（重量比）で用いており、混合した細骨材のFMは2.70である。

2. 2 運搬実験

(1) 実験概要

実大壁打設実験に先立ち、プラントミキサにより高流動コンクリートを練り混ぜ、またそれを現地まで運搬して、到着後のフレッシュコンクリートの経時変化を確認した。ミキサは強制パン型（容量1.75m³）を使用した。練混ぜは図-1に示す方法で行い、1バッチ当り1m³で合計5m³製造した。混和材は予め25kgの袋詰めにして、ミキサ上部の投入口より投入した。プラント出荷時、出荷30分後（現場到着時）、出荷50分後、70分後および90分後においてスランプフロー、フロー時間、空気量、Vロート流下時間等を測定して、フレッシュコンクリートの経時変化を確認した。Vロートは、上部開口(515×75mm)、下部開口(65×75mm)、高さ(600mm)のものを使用した。試験に用いるコンクリートは規定の時間までアジテートした後、30秒間ドラムを高速回転し排出して採取した。

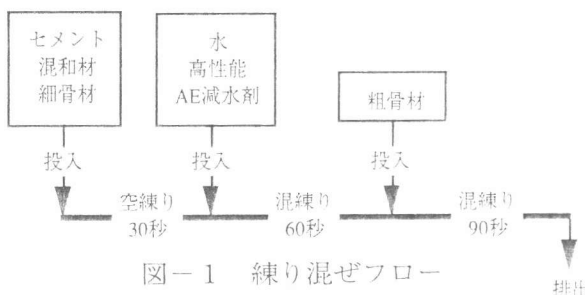


図-1 練り混ぜフロー

(2) 結果

フレッシュコンクリートの試験結果を表-3に、またそれぞれの経時変化を図-2～5に示す。実

表-3 フレッシュコンクリート試験結果（運搬実験）

経過時間 (min)	スランプ (cm)	フロー (cm)	フロー時間 (sec)					Vロート (sec)		Air (%)	コンクリート温度 (°C)	気温 (°C)
			30cm	40cm	50cm	60cm	Stop	流下時間1	流下時間2			
0 (出荷)	—	63.5×61.0	—	2.15	—	—	—	—	—	3.2	35.0	—
30 (到着)	—	74.0×68.0	0.73	1.49	3.04	6.73	44.67	4.22	4.14	2.6	35.0	33.5
50	27.5	71.0×66.0	0.89	1.87	4.09	11.34	43.00	6.08	6.28	3.1	36.0	34.0
70	27.5	67.0×67.0	0.96	1.93	5.00	12.99	42.63	6.46	8.43	3.1	36.4	34.0
90	27.5	67.5×63.5	1.04	1.88	4.56	14.62	47.71	6.86	6.20	3.0	36.0	33.5

験は8月に行ったため気温が高く、練り上がりのコンクリート温度も35℃以上とかなり高温になった。フローは出荷時63.5×61.0cmであったが、30分後には74.0×68.0cmと約10cm大きくなり、その後徐々に低下し出荷90分後に67.5×63.5cmとなった。フロー時間は、出荷90分後まで徐々に大きくなった。また、空気量は約3.0%で安定していた。Vロート試験では、出荷60分後までは流下時間が大きくなったが、その後はほぼ安定した値であった。これらからフレッシュコンクリートは、出荷から30分後まで高性能AE減水剤の効果により流動性が大きくなり、その後フロー値は大きく変化しないものの、フロー時間、Vロート流下時間が増加し、徐々に粘性が大きくなることを確認した。以上より、このコンクリートは暑中においても出荷

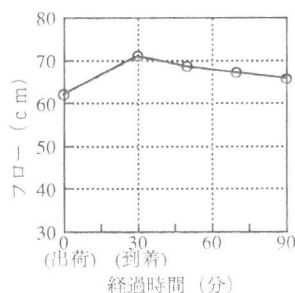


図-2 フローの経時変化

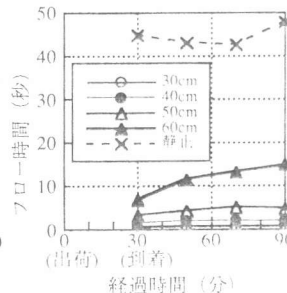


図-3 フロー時間の経時変化

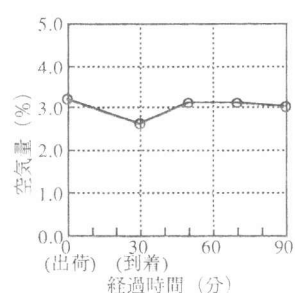


図-4 空気量の経時変化

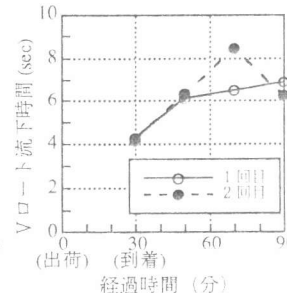


図-5 Vロート試験の経時変化

90分後程度まで良好なワーカビリティを有し、実施工に適用できると考えられる。

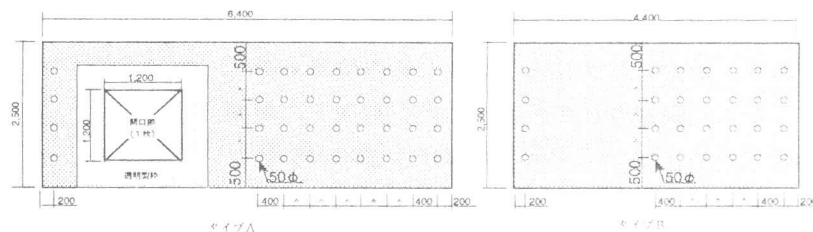


図-6 壁パネル試験体

2.2 実大壁打設実験

(1) 実験概要

実建物への施工性能を確認するため、図-6に示す実大の壁パネル試験体を用いた打設試験を行った。試験体はタイプA(6400×2500×150^t mm)およびタイプB(4400×2500×150^t mm)でそれぞれ2体ずつ合計4体である。配筋は各試験体ともにD10-100×100mmのダブル配筋とした。なお、タイプAの1枚については開口部(1200×1200mm)を設けており、その周囲に透明型枠を使用してコンクリートの打設状況を観察できるようにした。打設はブーム付きポンプ車で圧送して、壁パネル端部より行い、その位置のコンクリートが上端に達した後、反対の端部より打設した。なお使用材料および調合は、予備試験と同様である。

(2) 結果

表-4にプラント出荷時および現場到着時における、フレッシュコンクリートの結果を示す。出荷時と比較して到着時には、フローが約10cm低下した。圧送後のコンクリートも良好な流動性がありかつ分離等は無く、1/15~1/20の流動勾配で型枠中を流動した(写真-1)。開口部においてもコンクリートはスムーズに流れ、また打設時における空気の巻き込みも少なく表面状態も良好であった。表-5に標準水中養生によるコンクリートの圧縮強度を示す。材令1週で445kgf/cm²、材令4週で602kgf/cm²となり、水セメント比を考慮すると通常のコンクリートと同等と考えられる。

表-4 フレッシュコンクリート試験結果 (実大実験)

No	経過時間 (min)	フロー (cm)	フロー時間 (sec)				Vロート (sec)		Air (%)	コンクリート温度(℃)	
			30cm	40cm	50cm	60cm	Stop	流下時間1			流下時間2
1	0 (出荷)	70.0×69.0	—	—	—	—	—	—	2.8	33.0	
	30 (到着)	59.0×56.5	0.73	1.49	3.03	10.56	44.70	5.12	5.60	2.5	34.4
2	0 (出荷)	70.0×69.0	—	—	—	—	—	—	—	2.8	33.0
	30 (到着)	61.0×61.0	0.78	1.39	3.11	11.20	24.60	4.12	4.27	3.0	35.1

表-5 圧縮試験結果

ハッチ No	採取場所	圧縮強度 (kgf/cm ²)	
		1W	4W
1	プラント	452	599
	現場	452	612
2	プラント	436	591
	現場	439	607
平均		445	602



写真-1 流動状況

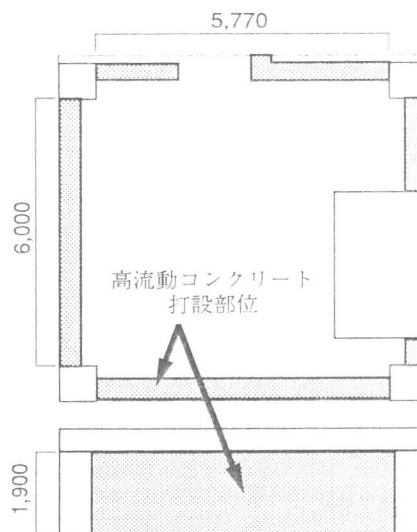


図-7 打設部位

2. 壁部材への適用

2.1 概要

以上の実験結果に基づき、本高流動コンクリートを実建物の後打ち壁部材に適用した。壁部材の概要を図-7に示す。

表-6 調合

W/C (%)	W/B (%)	粗骨材嵩容積 (m ³ /m ³)	セメント (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	細骨材 (kg/m ³)	粗骨材 (kg/m ³)	混和材 (kg/m ³)	高性能AE減水剤 (×B%)
35.8	34.0	0.51	475	170	868	819	25	1.8

この壁は先行した上階床があるため締固めが困難であり、かつコンクリートの流し込み位置も両サイドからに限定されている。また上部床との隙間を防ぐため、ブリーディングや沈下が小さいことが必要であることから本高流動コンクリートを適用した。表-6にコンクリートの調合を示す。高性能AE減水材は、表-1に示す実大施工実験と同じものである。なお打設量は約16m³である。

2. 2 施工結果

到着時のフレッシュコンクリートの結果を表-7に示す。実大実験と比較するとフローはやや大きく、フロー時間およびVロート流下時間も大きくなった。これは施工時におけるコンクリート温度が約25℃と低く、またプラントから現地までの運搬時間が約60分と長かったため、高性能AE減水剤の効果が遅延して発揮したものと考えられる。写真-2、3に脱型後の壁の状況を示す。コンクリートにひび割れやジャンカ等は無く表面状態も良好であり、上部床とも密着しており隙間も見られない。

4. まとめ

高流動コンクリート用のセメント系混和材を開発し、その施工性を検討ため実大壁試験体の打設実験を行った。その結果以下の事項を確認した。

- 1) 本実験で用いたセメント系混和材および高性能AE減水剤により、混和材の少量添加(25kg/m³)でも締固めが不用な高流動コンクリートが可能である。
- 2) そのため、既存の生コンプラント設備で簡便に製造できる。
- 3) フレッシュコンクリートの経時変化において安定した性状が得られ、施工管理が確実かつ容易である。
- 4) 水セメント比を考慮すると、圧縮強度は通常のコンクリートと同等である。

今後は本高流動コンクリートの温度によるワーカビリティへの影響や耐久特性についての検討、またさらに実建物へ適用を図り、大量製造および打設した場合の品質管理手法等の研究を行う予定である。

謝 辞

最後に、本研究を行うにあたり(株)小野田、(株)花王ならびに(株)内山アドバンスの関係者の皆様方に多大な御協力を戴きました。ここに御礼を申し上げます。

[参考文献]

- [1] 小沢一雅,岡村甫,坂田昇;締固め不要コンクリートの充填性評価のためのロート試験,超流動コンクリートに関するシンポジウム論文報告集,JCI,1993.5
- [2] 森博嗣,谷川恭雄,黒川善幸;高流動コンクリートの各種コンシステンシー評価試験方法に関する研究(その13:総括),日本建築学会大会学術講演梗概集,pp503-504,1994.9

表-7 フレッシュコンクリート試験結果

No	フロー (cm)	フロー時間(sec)		Vロート(sec)		Air (%)	コンクリート温度 (℃)
		50cm	Stop	1	2		
1	74.0×71.5	3.16	40.14	5.76	4.63	3.0	25.1
2	68.5×71.0	5.25	40.04	8.35	16.72	2.6	25.2
3	73.5×71.0	2.41	37.34	8.04	8.54	1.8	25.4
4	68.0×68.0	4.00	31.83	9.92	11.35	2.1	24.7

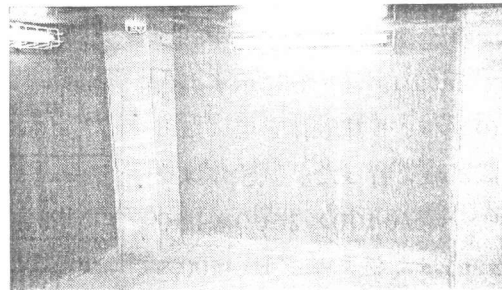


写真-2 脱型後状況-1

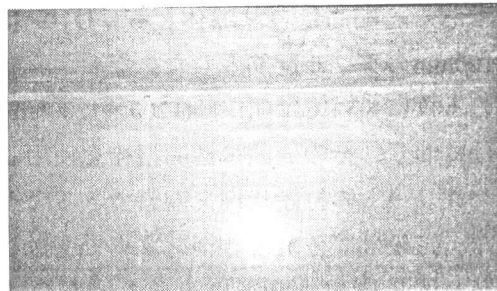


写真-3 脱型後状況-2