

フレッシュコンクリート試験と平均管内圧力との関係

前田建設工業 正会員 ○太田 健司 正会員 南 浩輔
福岡大学 正会員 橋本 紳一郎 学生会員 北野 潤一

1. はじめに

建設現場のコンクリート工事においては、少子高齢化に伴い技術者が減少していることなどから施工の省力化や効率化が進められている。コンクリートの打込みについても、現在はコンクリートポンプを用いた打込みが主流となり搬送効率の飛躍的な向上が図られている。一方、コンクリートの製造では、天然骨材の枯渇を補うため、混和剤の技術が発展し、性能が飛躍的に向上した結果、使用できる材料は多様化し、施工の用途に応じて多種多様な配合が産み出されている。

このようにコンクリートが多様化している中でも、フレッシュコンクリートの品質管理はスランプ試験や空気量試験による受入検査で判断されている。しかし、受入検査で品質管理値を満足したフレッシュコンクリートにおいても、圧送中に生じる材料分離等の影響で配管が閉塞するトラブルや、場合によっては配管破裂に至る事故が発生している。このような中で、フレッシュコンクリートの圧送性を事前に評価する簡易な試験方法として、「土木学会 コンクリートのポンプ施工指針[2012年版]」¹⁾においては、加圧ブリーディング試験や変形性評価試験といった試験方法が提案され、「土木学会 施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針[2016年版]」²⁾ (以下、施工性能指針と記す)においては、ボックス容器を用いた加振時のコンクリートの間隙通過性試験やタンピング試験など、フレッシュコンクリートの品質評価手法の検討が進められている。

本研究では、配合の異なるフレッシュコンクリートを用いて、加圧ブリーディング試験やタンピング試験により得られるフレッシュ性状と、圧送試験で得られる平均管内圧力を比較することにより、両者の関係性について検討した結果を報告する。

2. 実験概要

表-1 に使用材料、表-2 に配合と圧送前後の受入検査の結果を示す。実験で検討した配合については、レデ

ィーミクストコンクリート工場において JIS 認証されている配合 (24-8-20N) を基準とし、単位水量および単位粗骨材量一定のもと、単位セメント量を 30kg/m³ 増減した配合と、基準配合と同等の粘性とするため、単位水量および単位セメント量を一定 (ペースト量一定) とし、細骨材率を 3% 増減させた配合を用いた。なお、実験で使用した骨材について試験を実施した結果、微粒分量が 0.9~2.7% 程度含まれていたため、配合表 (表-2) の No.1~5 は微粒分量を考慮して修正した配合を示している。圧送試験における荷卸し時の品質管理は、スランプ 8.0±2.5cm、空気量 4.5±1.5% で管理した。フレッシュ性状試験については受入検査の他に、JSCE-F 502「加圧ブリーディング試験方法 (案)」、施工性能指針を参考に「タンピング試験」を実施した。

図-1 に圧送試験に用いた配管図および管内圧力の計測位置を示す。本検討では、ピストン式のコンクリートポンプ車 (標準圧送時の最大吐出量 100m³/h、最大吐出圧力 5.6MPa) を用いて、配管延長 35.9m (水平換算距離 40.9m) の直線配管について圧送を行った。圧送速度は理論吐出量で 30 m³/h および 40 m³/h、50 m³/h の 3 水準としたが、本稿においては 30 m³/h、50 m³/h の結果

表-1 使用材料

項目	記号	種別	密度 (再試験) [g/cm ³]	骨材の微粒分量 [%]	骨材の粗粒率
セメント	C	普通ポルトランドセメント	3.16	-	-
水	W	工業用水・上澄水	1.00	-	-
山砂	S1	千葉県君津市産	2.61	0.88	2.75
砕砂	S2	栃木県佐野市産	2.63 (2.61)	2.66	3.08
砕石 2005	G1	北海道北斗市産	2.70 (2.71)	2.73	6.38
	G2	栃木県栃木市産	2.71	1.02	6.52
混和剤	Ad1	AE減水剤 (高性能タイプ)	1.04~1.10	-	-
	Ad2	AE剤	1.03~1.06	-	-

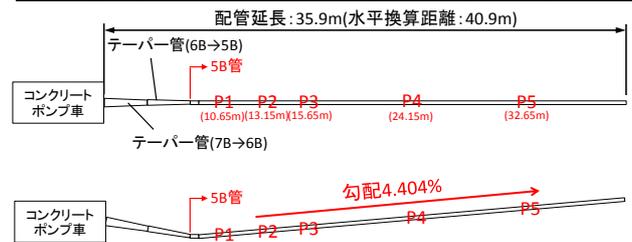


図-1 配管図 (上: 平面図, 下: 側面図)

表-2 配合表とフレッシュ試験結果

No.	配合名	W/C	s/a	W/P	P	単位量 (kg/m ³)							スランプ (cm)	空気量 (%)	C.T (°C)	圧送性評価	
						W	C+P	S1	S2	G1	G2	Ad1					Ad2
-	24-8-20N	59.2	45.6	-	-	162	274	632	210	518	520	-	-	-	-	-	
1	24-8-20N	59.2	45.9	53.0	31.6	162	306	626	204	504	514	2.74	1.0A	10.0 5.5	3.5 2.6	19.4 22.3	順調
2	C+30kg	53.2	45.1	48.3	31.3	162	335	608	200	504	514	3.34	1.5A	10.0 5.0	3.5 2.6	21.2 24.5	順調
3	C-30kg	66.2	46.6	58.7	31.9	162	276	644	212	504	514	2.93	0.5A	9.5 5.5	4.1 2.5	19.6 21.1	順調
4	s/a+3%	59.2	48.8	53.1	31.2	162	305	667	218	478	485	3.56	0.5A	8.5 4.5	4.0 3.2	19.9 20.6	順調
5	s/a-3%	59.2	42.9	52.9	32.0	162	306	585	192	533	540	2.33	2.0A	9.5 5.0	4.9 2.9	19.6 19.9	順調

※フレッシュ試験結果: 上段が荷卸し時, 下段が圧送後

キーワード フレッシュコンクリート, 管内圧力, 加圧ブリーディング, タンピング, 圧送性評価
連絡先 〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16 前田建設工業(株) 技術研究所 TEL 03-3977-2242

を用いて説明する。圧力計測は、水平換算距離で 10.65, 13.15, 15.65, 24.15, 32.65m の 5 箇所とした。

3. 配合の違いが圧送性やフレッシュ試験に及ぼす影響

図-2 に加圧ブリーディング試験結果を、図-3、図-4 に圧送前後のタンピング試験のフロー変化量、図-5、図-6 に各圧送速度の平均管内圧力を示す。加圧ブリーディング試験(図-2)の結果より、全ての配合で最終脱水量は標準曲線 B および C の範囲内に収まっており、s/a-3% の最終脱水量が最も多くなっているが、配合の違いによる明確な差は認められない。ここで、加圧開始 30 秒程度までの加圧初期の脱水量に着目すると、s/a-3% では最終脱水量と同様に軽微な外力を与えた加圧初期から脱水量が多いことがわかる。また、最終脱水量では明確な違いが見られない配合についても、加圧初期に着目することで C+30kg や s/a+3% は脱水量が少なく、今回の配合の中では粘性や材料分離抵抗性が高い配合と考えられる。つぎに、圧送前のタンピング試験結果(図-3)を見ると、C-30kg でフロー変化量は最小となり、その他についても 16 打以降の変化量(1 打当たりの変化量=傾き)に差が出る結果となったが、配合の違いが明確ではない。しかし、圧送後の試験結果(図-4)に着目すると、C+30kg を除いて 16 打以降の傾きやフローの最終変化量は低下し、C-30kg や s/a-3% は低い値を示している。C-30kg や s/a-3% は、圧送前後でのフロー変化量や空気量の低下が大きい(表-2)ことから、圧送などの外力が加わるとフレッシュ性状の変化が大きい配合と考えられる。一方、C+30kg は、圧送前後でフロー変化量に大きな差が見られないことから、圧送による品質の変化が小さい配合と考えられる。圧送速度 30 m³/h, 50 m³/h で圧送した際の平均管内圧力を見ると、圧送速度 30m³/h では C+30kg の平均管内圧力が最も高く(図-5)、前述の加圧ブリーディング試験の結果や平均管内圧力から高い粘性を有していると判断できる。逆に、C-30kg の平均管内圧力は最も小さく、脱水量も多いことから粘性は低いと考えられる。これらの傾向は、圧送後のタンピング試験結果(図-4)と概ね一致しており、圧送速度 30m³/h 程度では加圧ブリーディング試験とタンピング試験によりコンクリートの粘性の違いを平均管内圧力と同様に評価できる可能性が示唆される。圧送速度を 50m³/h と速くすると、平均管内圧力は s/a-3% が最も高くなっている(図-6)。圧送速度を速くすることで単位粗骨材量の影響など、コンクリートの粘性以外の原因が表れ、フレッシュ性状が変化しやすい配合と考えられる。この結果は、加圧ブリーディング試験の脱水量が多いことと一致しており、外力によりコンクリートの性状が変化しやすい現象を捉えられると考えられる。

図-2 に加圧ブリーディング試験結果を、図-3、図-4 に圧送前後のタンピング試験のフロー変化量、図-5、図-6 に各圧送速度の平均管内圧力を示す。加圧ブリーディング試験(図-2)の結果より、全ての配合で最終脱水量は標準曲線 B および C の範囲内に収まっており、s/a-3% の最終脱水量が最も多くなっているが、配合の違いによる明確な差は認められない。ここで、加圧開始 30 秒程度までの加圧初期の脱水量に着目すると、s/a-3% では最終脱水量と同様に軽微な外力を与えた加圧初期から脱水量が多いことがわかる。また、最終脱水量では明確な違いが見られない配合についても、加圧初期に着目することで C+30kg や s/a+3% は脱水量が少なく、今回の配合の中では粘性や材料分離抵抗性が高い配合と考えられる。つぎに、圧送前のタンピング試験結果(図-3)を見ると、C-30kg でフロー変化量は最小となり、その他についても 16 打以降の変化量(1 打当たりの変化量=傾き)に差が出る結果となったが、配合の違いが明確ではない。しかし、圧送後の試験結果(図-4)に着目すると、C+30kg を除いて 16 打以降の傾きやフローの最終変化量は低下し、C-30kg や s/a-3% は低い値を示している。C-30kg や s/a-3% は、圧送前後でのフロー変化量や空気量の低下が大きい(表-2)ことから、圧送などの外力が加わるとフレッシュ性状の変化が大きい配合と考えられる。一方、C+30kg は、圧送前後でフロー変化量に大きな差が見られないことから、圧送による品質の変化が小さい配合と考えられる。圧送速度 30 m³/h, 50 m³/h で圧送した際の平均管内圧力を見ると、圧送速度 30m³/h では C+30kg の平均管内圧力が最も高く(図-5)、前述の加圧ブリーディング試験の結果や平均管内圧力から高い粘性を有していると判断できる。逆に、C-30kg の平均管内圧力は最も小さく、脱水量も多いことから粘性は低いと考えられる。これらの傾向は、圧送後のタンピング試験結果(図-4)と概ね一致しており、圧送速度 30m³/h 程度では加圧ブリーディング試験とタンピング試験によりコンクリートの粘性の違いを平均管内圧力と同様に評価できる可能性が示唆される。圧送速度を 50m³/h と速くすると、平均管内圧力は s/a-3% が最も高くなっている(図-6)。圧送速度を速くすることで単位粗骨材量の影響など、コンクリートの粘性以外の原因が表れ、フレッシュ性状が変化しやすい配合と考えられる。この結果は、加圧ブリーディング試験の脱水量が多いことと一致しており、外力によりコンクリートの性状が変化しやすい現象を捉えられると考えられる。

4. まとめ

本実験では加圧ブリーディング試験やタンピング試験と平均管内圧力との関係について検討した。その結果、加圧ブリーディング試験の加圧初期における脱水量やタンピング試験のフロー変化量に着目することで、コンクリートの粘性や材料分離抵抗性などを平均管内圧力と同様に評価ができる可能性が示された。

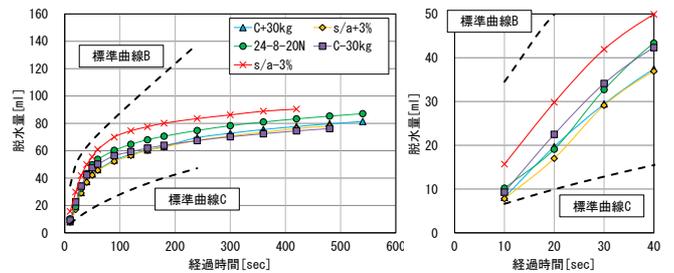


図-2 加圧ブリーディング試験

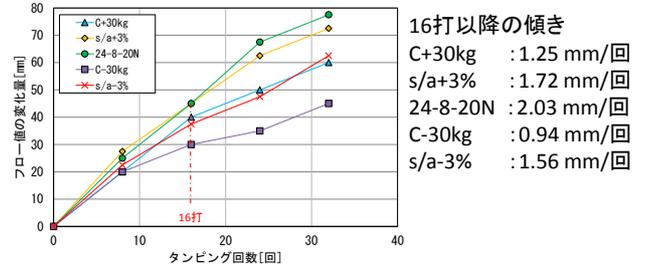


図-3 荷卸し時のタンピング試験

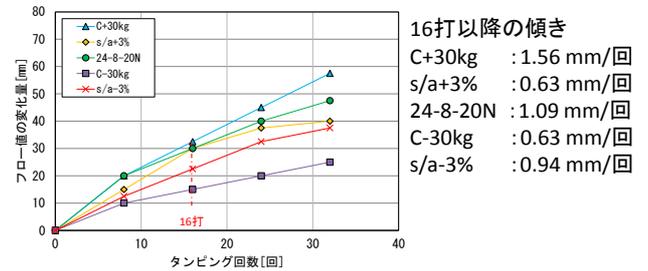


図-4 圧送後のタンピング試験

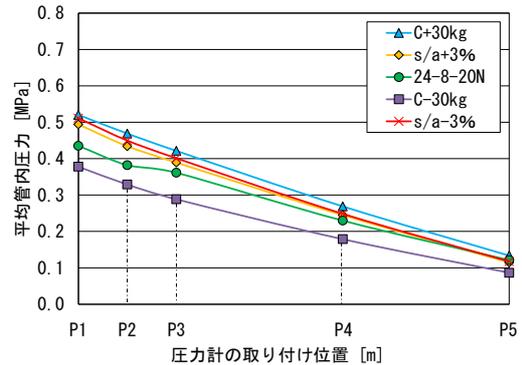


図-5 30m³/h 圧送時の平均管内圧力

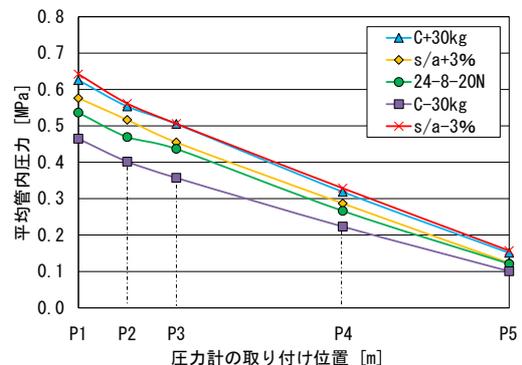


図-6 40m³/h 圧送時の平均管内圧力

参考文献

- 1) コンクリートのポンプ施工指針[2012 年版], 土木学会, 2012
- 2) 施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針 [2016 年版], 土木学会, 2016