

150N/mm²級超高強度コンクリートのポンプ圧送性について

鹿島建設(株) 正会員 ○盛田 行彦 鹿島建設(株) 正会員 大野 俊夫
 鹿島建設(株) 正会員 坂井 吾郎 鹿島建設(株) 松本 信也

1. はじめに

近年、土木分野においても、コンクリートの軽量化、高耐久化、長寿命化等のニーズの高まりにより、設計基準強度100N/mm²を超える超高強度コンクリートの需要が増加している。これまで、著者らは自己収縮低減対策を施した150N/mm²級超高強度コンクリートの開発を行ってきた¹⁾。本報では、超高強度コンクリートを実構造物に適用するため、現場打ち工法への展開を想定したポンプ圧送性試験を実施したので、その試験結果について報告する。

2. コンクリートの仕様および配合

表-1にコンクリートの仕様を、表-2に配合を、表-3に使用材料を示す。配合の特徴として、自己収縮低減対策は圧縮強度とのバランスを考慮して、人工軽量骨材を60L/m³、収縮低減剤を0.5% (C×%) とした。

3. 試験方法

3.1 配管条件 図-1にポンプ圧送時の配管配置を示す。管径は5B(125A)である。また、図中のP0~P9にポンプ圧送時の各配管種別の管内抵抗を測定するため、圧力計を9箇所設置した。P0からP9までの配管実長は70.7m、水平換算長は97.3m（土木学会：コンクリートのポンプ施工指針に準じて算定）である。なお、全配管の配管実長は約99m、水平換算長は約145mである。

3.2 目標設定吐出量 目標とする設定吐出量は、15m³/h、25m³/h、35m³/hの3水準とした。なお、コンクリートポンプは吐出圧が最大クラスの油圧ピストン定置式ポンプを使用した。

3.3 測定項目 表-4に圧送性試験における測定項目を示す。コンクリートのフレッシュ性状および硬化特性の確認として、荷卸し時およびポンプの筒先の2箇所です試験を実施した。

4. 試験結果および考察

4.1 実吐出量 本試験では全ての吐出量のケースにおいて、コンクリートは閉塞することなく順調に圧送することができた。

表-5に実測に基づく設定(理論)吐出量、実吐出量等の測定結果を示す。設定吐出量は15.8、22.0、31.2m³/hであり、それに対応する実吐出量は13.1、17.7、25.0m³/hとなった。吸引効率は82.7~80.2%とほぼ一定となり、吐出量の増減に対してほとんど変化しない結果となった。また、ピストン前面圧は設定吐出量が31.2m³/hのとき、12.5MPaとなり、一般的なポンプの能力が8MPa程度であることを考慮す

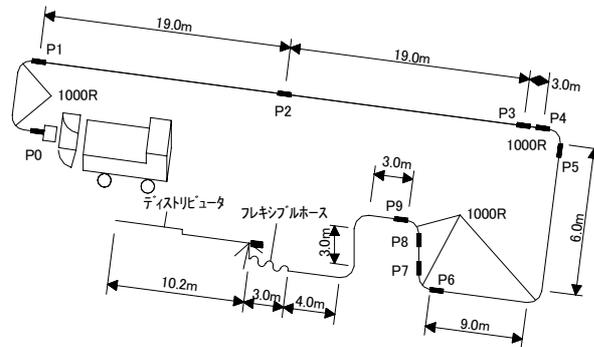


図-1 配管配置図

表-1 コンクリートの仕様

項目	規格	備考
設計基準強度	120N/mm ²	材齢56日
配合強度	150N/mm ²	〃
水セメント比	17%	—
スランプフロー	650±50mm	保持時間120分
空気量	1.5±0.5%	—
自己収縮量	100~200×10 ⁻⁶	材齢3日

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	G _{vol} (L/m ³)	単位置 (上段:kg/m ³ , 下段:L/m ³)					RA (C×%)	SP (C×%)	DA (C×%)
		W	C	S	G	JL			
17.1	330	154	899	552	719	108	0.50	1.65	0.10
		154	292	209	270	60			

表-3 使用材料

材料名	記号	種類・物性等
水	W	水道水
セメント	C	シカコムを混入したセメント、密度：3.08g/cm ³ 比表面積：6,000cm ² /g以上
細骨材	S	安山岩砕砂、表乾密度：2.60g/cm ³ 吸水率：1.88%、粗粒率：2.86
粗骨材	G	安山岩砕石、表乾密度：2.67g/cm ³ 吸水率：1.16%、粗粒率：6.76
	JL	人工軽量骨材（石炭灰人工骨材） 表乾密度：1.81g/cm ³ 、吸水率：16.5%
混和剤	RA	収縮低減剤、低級アルコール系
	SP	高性能AE減水剤、ポリカルボン酸系
	DA	消泡剤、アルコール系

表-4 圧送性試験における測定項目

測定項目	備考
設定(理論)吐出量	シリンダー容積と時間当たりのストロークタイムから算出
実吐出量	吐出量算定の型枠打設に要した時間より算出
ポンプ主油圧	圧送が定常状態になった時に測定
ピストン前面圧	ポンプ主油圧とアンロード圧の差分をピストン前面圧換算比で除して算出
管内圧力	配管の圧力計により測定 (P0~P9)
スランプフロー	
空気量	
V ₇₅ 漏斗流下時間	荷卸し時およびポンプ筒先で測定
単位容積質量	
圧縮強度 (7, 14, 28, 56, 91日)	

表-5 ポンプ圧送測定結果

目標設定吐出量 (m ³ /h)	15	25	35
設定吐出量の測定値 Q ₀ (m ³ /h)	15.8	22.0	31.2
実吐出量 Q (m ³ /h)	13.1	17.7	25.0
吸引効率 Q/Q ₀ ×100 (%)	82.7	80.6	80.2
ピストン前面圧 (MPa)	5.0	8.1	12.5

キーワード：超高強度コンクリート、ポンプ圧送性、フレッシュ性状、圧縮強度

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL 0424-89-7076

ると吐出量に応じて適切な能力を有するポンプの選定が必要になるものと思われる。

図-2に設定吐出量に対する実吐出量とピストン前面圧の関係を示す。今回の設定吐出量の範囲では、実吐出量やピストン前面圧との関係にほぼ直線関係が確認された。したがって、この吐出量の範囲であれば吐出量の設定に比例して施工効率（実吐出量）が増加するものと考えられる。

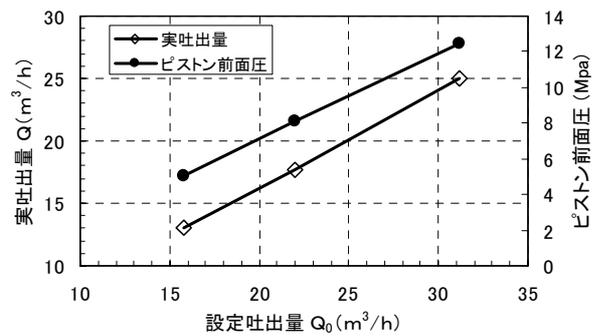


図-2 設定吐出量に対する実吐出量とピストン前面圧の関係

4.2 管内圧力損失 図-3に設定吐出量と単位長さ当りの水平圧力損失の関係を示す。図中には土木学会「シリカフェームを用いたコンクリートの設計・施工指針（案）」資料編に記載されている、水セメント比 25%のコンクリート（セメント量の10%を顆粒状のシリカフェームで置換）とシリカフェーム無混入のコンクリートのポンプ圧送データ²⁾を併記した。本コンクリート（水セメント比 17%，シリカフェーム混入，スランブフロー650±50mm）は、設定吐出量が30m³/h以下の場合、シリカフェーム無混入のコンクリートと比較して、水セメント比が低い場合においても圧力損失が小さいことが確認された。この理由としては、コンクリートの流動性の差やシリカフェーム混入によるボールベアリング効果によってポンプ圧送性が改善されたためと推察される。

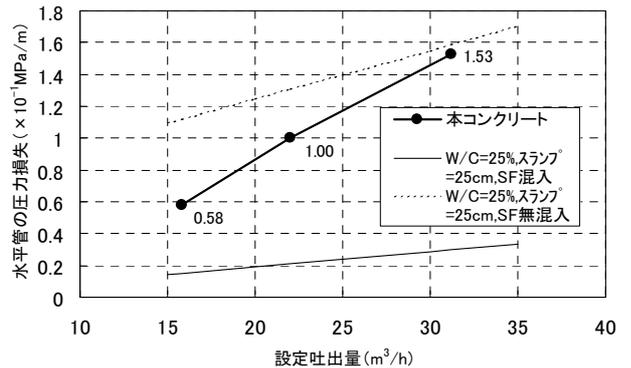


図-3 設定吐出量と水平圧力損失との関係

4.3 コンクリートのフレッシュ性状

表-6に圧送前後におけるフレッシュ性状の試験結果を示す。スランブフローは実吐出量が25.0m³/hの場合、圧送前後の変化量が55mmと若干大きいものの、それ以外では良好な流動性を得ることが確認された。また、500mmフロー到達時間、フロー停止時間、V₇₅漏斗流下時間では、全ての吐出量について圧送後が短くなる結果となった。このことから、圧送によってコンクリートの見掛けの粘性が減少するものと推察される。しかしながら、材料分離抵抗性が損なわれる傾向は認められなかったことから、この粘性の減少はポンプ圧送性に対して問題にならないと思われる。

表-6 圧送前後におけるフレッシュ性状の試験結果

設定吐出量 (m³/h)	実吐出量 (m³/h)	採取条件または変化量	スランブフロー (mm)	500mmフロー到達時間 (sec)	フロー停止時間 (sec)	V ₇₅ 漏斗流下時間 (sec)	空気量 (%)	C. T (°C)
15.8	13.1	圧送前	615	13.7	80.0	31.9	1.6	30.0
		圧送後	645	10.6	77.0	25.8	1.2	31.5
		変化量	30	-3.1	-3.0	-6.1	-0.4	1.5
22.0	17.7	圧送前	700	10.0	88.4	22.3	1.3	30.5
		圧送後	670	7.9	73.7	18.2	1.9	32.0
		変化量	-30	-2.1	-14.7	-4.1	0.6	1.5
31.2	25.0	圧送前	645	10.8	76.1	46.5	1.3	30.0
		圧送後	590	10.5	66.6	28.6	1.9	32.0
		変化量	-55	-0.3	-9.5	-17.9	0.6	2.0

4.4 コンクリートの硬化性状 図-4に圧送前後における標準水中養生の圧縮強度試験結果を示す。今回の試験結果では各ケースとも配合強度150N/mm²を満足する結果となり、圧送前後および実吐出量の違いによる明確な差は見受けられず、ほぼ同等の強度を有することが確認された。

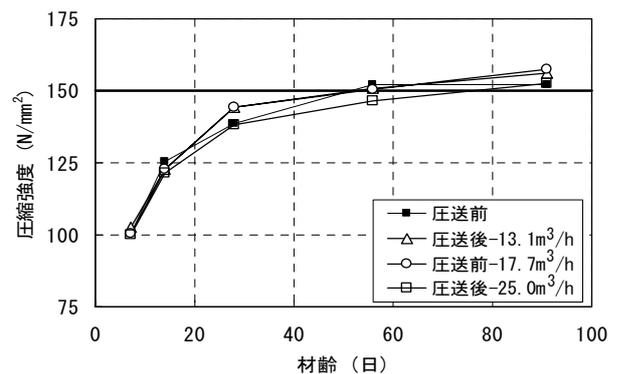


図-4 圧送前後における材齢と圧縮強度の関係

5. まとめ

今回の実験により、本コンクリートはポンプ圧送が可能であり、かつ吐出量を適切に設定することにより圧送前とほぼ同等のフレッシュ性状および硬化性状が得られることが確認された。このことから、本コンクリートは実構造物への適用に際して、ポンプ圧送による現場打ち工法にも十分適用可能であることが示されたと考えられる。

【参考文献】 1) 日紫喜剛啓ほか：自己収縮を低減した 150N/mm² 級超高強度コンクリートに関する実験的検討，土木学会論文集，No.781/V-66，pp.101-112，2005 2) 土木学会：シリカフェームを用いたコンクリートの設計・施工指針（案），資料編，pp.123-125