

高強度コンクリートのポンプ圧送性に関する研究

(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員 谷口 秀明・藤田 学
建設省土木研究所材料施工部コンクリート研究室 正会員 渡辺 博志・田中 良樹

1. はじめに

高強度コンクリートは部材の縮小や軽量化、あるいは耐久性の向上に伴う構造物の長寿命化が可能であり、様々な構造物に適用されつつある。このような状況を鑑み、建設省土木研究所とプレストレスト・コンクリート建設業協会(PC 建協)では、現場打ち高強度コンクリート部材の設計施工法の開発に向けて、現場打ち工法の諸問題を検討してきた。

本報は、高強度コンクリートの現場打ち工法にとって重要な要因でありながら、未だ不明瞭な点が多いポンプ圧送性に着目し、設計基準強度 60N/mm² 以上を対象にした高強度コンクリートのポンプ圧送実験を実施した内容である。

2. 実験内容

コンクリートの使用材料及び配合を、表 - 1 に示す。粉体には普通ポルトランドセメントのみを使用し、材齢 28 日の圧縮強度が 80 N/mm² 以上になるように水セメント比25%にした。また、ポンプ圧送に伴うスランプフローの低下を加味し、圧送前のスランプフローを57.5 ± 2.5cmにした。V₆₅ 漏斗流下時間と空気量の目標値は、20 ± 2.5 秒、4.0 ± 0.5% である。その他、加圧脱水量、材齢 28,91 日の圧縮強度とヤング係数を測定した。

コンクリートの圧送は、表 - 2、図 - 1 に示す管径 5B(125A)の圧送管を用いた 2 種類の配管条件で実施した。最大吐出量 100 m³/h の大型ポンプ車を高圧設定(吐出量 68m³/h、ピストン前面圧 8.1MPa)に、吐出量の設定を 15 ~ 45m³/h とした。圧力測定にはスチール製ダイヤフラム式圧力計測器を用いた。

3. 実験結果および考察

(1) コンクリートの品質変化

ポンプ圧送後のスランプフローは、表 - 3 に示す通り、配管 1 の吐出量 29m³/h 及び配管 2 の吐出量 25m³/h ではほとんど変化が見られなかったものの、吐出量が 30m³/h を超える場合には7cm前後低下した。また、V₆₅ 漏斗流下時間に関しては、圧送条件によらず、いずれも 10 秒以上の著しい低下を示した。これは、ポンプ圧送中の管内でのせん断変形によるコンクリートの粘性が低下したことが原因であると推測される。一方、コンクリートの圧縮強度及びヤング係数に関しても、ポンプ圧送によって低下する傾向があるが、これは空気量の増加

表 - 1 コンクリートの使用材料及び配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
		W	C	S	G	SP
25.0	45.0	160	640	699	868	10.2

W: 水道水, C: 普通ポルトランドセメント(密度3.16g/cm³)
S: 川砂・砕砂混合砂(表乾密度2.60g/cm³, FM2.89)
G: 砕石2005(表乾密度2.64g/cm³, 実積率60.1%, FM6.63)
SP: ホリカルボン酸系高性能AE減水剤

表 - 2 配管条件

	BTP	TP	HP	FH	BP	VPU	VPD
	本	本	m	m	本	m	m
配管1	0.6	2	1.2	51.8	1	3.0	1.6
配管2	0.6	2	1.2	68.5	0	0	8

BTP: ポンプとの接続管, TP: テーパ管, HP: 水平管, FH: フレキシブルホース, BP: ベント管, VPU: 上向き鉛直管, VPD: 下向き鉛直管

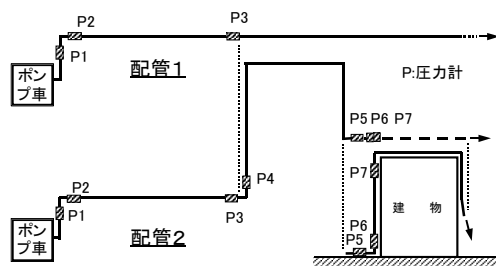


図 - 1 配管概略図

表 - 3 ポンプ圧送によるコンクリートの品質変化

配管No		1		2	
実吐出量(m ³ /h)		29	46	25	33
変化量	スランプフロー (cm, 1cm単位)	1	-7	-2	-8
	V漏斗流下時間(s, 1s単位)	-13	-12	-11	-11
	空気量 (%0.5%単位)	1.5	1.5	0	0.5
変化率	圧縮強度 28日(82.9N/mm ²)	93.9	92.2	97.3	92.9
	91日(102.4N/mm ²)	88.5	97.3	94.9	98.4
	ヤング係数 28日(38.7kN/mm ²)	89.1	99.2	99.5	92.3
	91日(42.6kN/mm ²)	93.0	97.5	99.2	92.7

変化量: 圧送後の値から圧送前の値を差し引いたもの。変化量は事前の経時変化を加味し、また、その精度から判断して()の単位で丸めた概数で表現した。
変化率: 変化量を圧送前の値で除して百分率で表示したもの。
参考として()に圧送前の値を示した。

キーワード: 高強度コンクリート、ポンプ圧送性、流動性、圧縮強度、管内圧力損失

PC建協(〒162-0821 東京都新宿区津久戸町4-6, TEL.03-3260-2535, FAX.-2518)

土木研究所(〒305-0804 茨城県つくば市旭1, TEL.0298-64-2211, FAX.-4464)

に起因するものと判断される。

(2) コンクリートの管内抵抗

ポンプ施工指針¹⁾(以下、指針と称す)では、最大理論吐出圧力が最大圧力負荷の80%以下となるポンプを選定することが記載されている。しかし、今回の実験では、P1,P2の管内圧力とピストン前面圧の比率は、38～49%と前述の値よりもかなり小さくなった。すなわち、これはピストンから起点までの圧力変化が通常よりも大きいことを意味し、ポンプの選定に当たって留意する必要がある。

実吐出量と水平管の管内圧力損失の関係を、図-2に示す。水平管の管内圧力損失はP2-P3間(上流側)とP3-筒先間(下流側)の計算値である。実験結果は、指針の高強度コンクリートのデータ範囲では平均的な位置づけとなる。ピストン前面圧と圧送性能限界線から求めた限界吐出量は、配管1が41m³/h、配管2が33m³/hであり、指針のデータ範囲がポンプ車の性能から判断した実用的な範囲と言える。図によれば、同じ配管1であっても下流側の値は上流側に比べて小さいものの、吐出量の影響は反対に上流側よりも大きい。また、ピストン前面圧による概算値は、水平換算距離で求めた概算2以外はすべて実測の管内圧力損失よりも大きいことがわかる。

図-3は、圧送距離に伴う水平管の管内圧力損失の変化を示したものである。原点はポンプ車吐出口としてピストン前面圧による概算値を、配管2の下流側には圧力計P4-P5区間の概算値をプロットした。全体的に筒元の近いほど管内圧力損失が大きく、その傾向は吐出量が多いほど顕著である。図中に示したeを底とする指数関数の近似線は精度には不十分なところが多いが、比較的实验結果を表現している。この現象は、今後、コンクリートの管内流動特性と粘性の低下の両面から検討の余地が残される。

図-4は実吐出量とベント管の水平換算長さの関係を表したものである。水平方向のベント管の水平換算長さは、いずれも指針の値6mよりも小さく、最大でも約4mである。一方、鉛直方向の上向きベント管に関しては、吐出量が多い場合には水平換算長さが10m以上に達している。よって、水平方向のベント管は指針の計算で良いが、上向きベント管については指針の値よりも大きな値を採用した方が安全であると判断される。なお、自重を考慮した鉛直管の水平換算長さは、いずれも1m以下であった。

4. まとめ

流動性を高めた水セメント比25%の高強度コンクリートのポンプ圧送実験において、得られた結論を以下に示す。

- (1) ポンプ圧送によってコンクリートの粘性が著しく低下する。
- (2) 管内圧力(損失)は、筒元近くほど大きくなる傾向がある。
- (3) 上向きベント管の水平換算長さは通常の値よりも大きくなる。

参考文献

- 1)土木学会：コンクリートのポンプ施工指針，2000.2

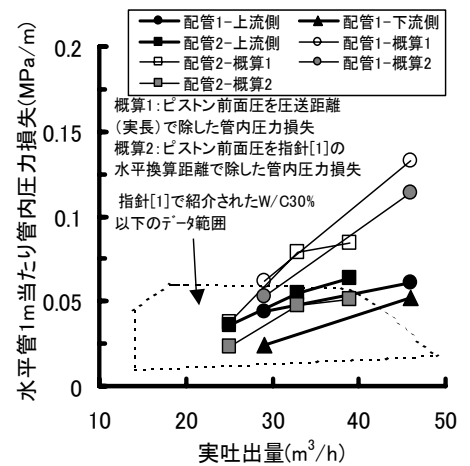


図-2 実吐出量と水平管1m当たりの管内圧力損失の関係

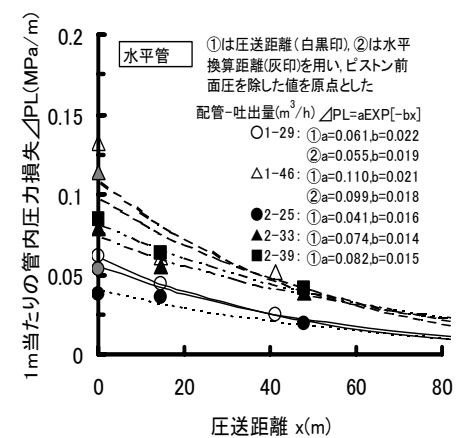


図-3 圧送距離と水平管1m当たりの管内圧力損失の関係

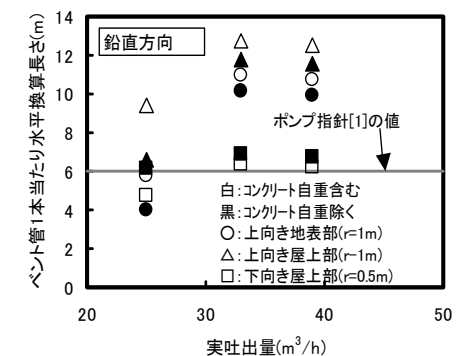
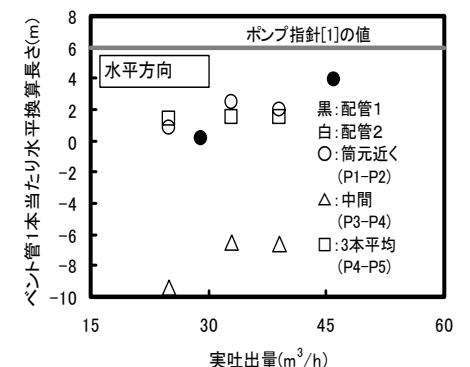


図-4 実吐出量とベント管1本当たりの水平換算長さの関係