

高流動セメントペーストの長距離ポンプ圧送実験

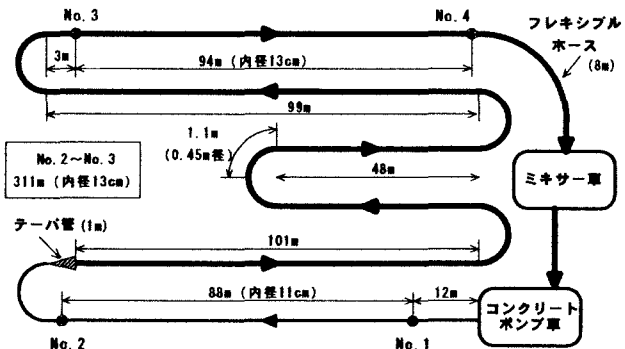
九州共立大学 学生会員 巽 勇二
九州共立大学 正会員 高山 俊一 河野 真樹
関門港湾建設㈱ 酒井 能具 中園 嘉治

1. まえがき

港湾の埋立て工事において、浚渫土砂やプレミックス土（浚渫土砂とセメントを混ぜたもの）を遠い埋立て位置まで圧送することが必要となっている。そこで、セメントペースト（水セメント比 100～200%）を長距離輸送する必要が生じてきたが、圧送時の材料分離による管内閉鎖が懸念される。したがって、長距離圧送の可能性について検討するため、高流動のセメントペースト（以下、セメントミルクと称する）を用いてポンプ圧送実験を行った。配管距離は約 500m とし、吐出量や水セメント比を変化させて管内圧力の変化を調べた。また、圧送後のセメントミルクの流動性や圧縮強度についても調べた。

2. 実験概要

図－1 に配管の状況を示す。No. 1～No. 4 の位置にフラッシュダイヤフラム型圧力計（No. 1 は PWF-2MPA、No2 と No3 は PWF-1.5MPA、No4 は PWF-1MPA）を各々設置し、デジタル動ひずみ計（DRA-101A、東京測器研究所製）で圧力を測定した。セメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm³）を用い、水セメント比 100% で B シリーズを行った後、加水して C シリーズ用水セメント比 200% を作って実験を行った。表－1 には実験条件、実吐出量およびセメントミルクの性質を示す。所要時間は約 5 時間であった。



図－1 配管の状況

表－1 実験条件、実吐出量およびセメントミルクの性質

実験 番号	実験条件		セメントミルクの性質			
	W/C	設定 吐出量 [%] (m ³ /h)	実吐 出量 [m ³ /h]	JAロート 落下時間 [s]	密度 [g/cm ³]	
A-1	水	55	52.2	9.30	-	
B-1	100	54	61.0	10.58	1.455	
B-2	100	45	48.6	10.65	1.483	
B-3	100	35	38.2	10.83	1.482	
B-4	100	27	30.7	10.55	1.503	
C-1	200	54	60.9	10.11	1.272	
C-2	200	45	50.9	10.08	1.274	
C-3	200	36	40.2	10.06	1.280	
C-4	200	26	29.8	10.09	1.282	

実験は、ミキサー車から真空スクイーズ式のコンクリートポンプ車（PH65-19A 極東開発工業（株））にセメントミルクを投入し、100A の直管（内径 11cm）で No. 1, 2 の管内圧力を調べ、その後テーパ管により 125A の管（内径 13cm）に変え、4 箇所曲がり管（0.45m 径）を経て、No. 3, 4 で管内圧力を調べ、ミキサー車に戻るという方法で繰り返した。また、圧力計付近の一部を透明のアクリル管とし、内部の状態を目視により観察した。

実吐出量は、鋼製缶（ドラム缶、内径 58cm、高さ 87cm、容積 223 l）を利用し缶内に注入される容積および時間を測定して求めた。セメントミルクの流動性を測定するために JA ロート（高さ 381.1mm、上端内径 100mm、下端内径 8mm、容積約 1000ml）を利用し、注入したセメントミルクが流下した時間により判断した。セメントミルクの密度は、1000ml のメスシリンダーに入れた試料の質量を測定して求めた。

3. 管内圧力の結果および考察

図－2 は圧力計による圧力波形を示す。同図によると、コンクリートポンプ車に近いほど管内圧力は大きくなっている。図－3 および 4 には圧力計による管内圧力とポンプ車からの距離の関係を示す。同図によると、圧力計 No. 1 と No. 2 の間の管内圧力の低下が他の区間の圧力に比べて大きくなっている。これは、この区間は

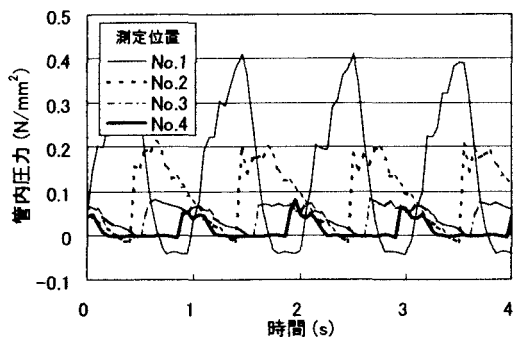


図-2 実吐量 61.0m³/h の管内圧力 (B-1)

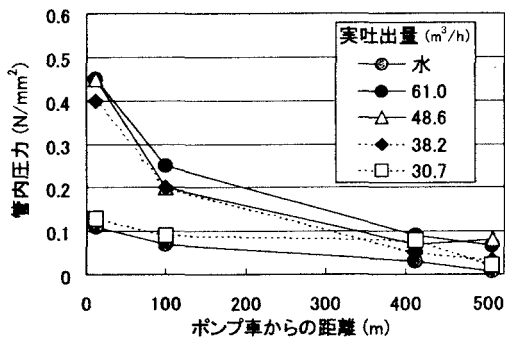


図-3 距離と管内圧力 (B シリーズ)

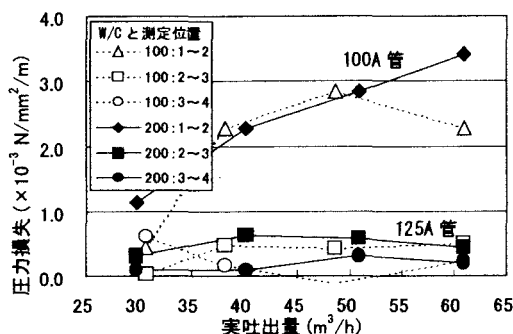


図-5 実吐量と圧力損失

100A 管 (内径 110mm) であり、他の管 (125A 管) に比べて若干小さくなっているためと考えられる。

図-5 は圧力損失と実吐量の関係を示す。同図によると、ポンプ車に近い圧力計 No. 1 と No. 2 の区間での圧力損失は、実吐量が多いほど、すなわち圧送速度が速いほど増大している。また、圧力計 No. 2~No. 3 と No. 3~No. 4 の区間の圧力損失が $1.0 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2/\text{m}$ 以下と著しく小さくなっている理由としては、100A 管から 125A 管へと管の内径が大きくなり、管内摩擦が小さくなったためと考えられる。一般に普通コンクリート (スランプ 8~12cm) の圧力損失は¹⁾ $0.02 \sim 0.03 \text{ N/mm}^2/\text{m}$ であるのに対して、セメントミルクでは大きくても $3.5 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2/\text{m}$ で、約 1/10 と極めて小さいため長距離圧送が十分可能であるものとする。図-6 は実吐量と設定吐出量の関係を示す。同図によると、水セメント比の違いによってほとんど変わらなかった。

4. セメントミルクの性質

図-7 より、経過時間による J A ロート流下時間の変化はほとんどみられないものとする。セメントミルクの材料分離を調べるために密度を測定したが、同図に見られるように大きな変化はみられなかった。配合での密度は W/C 100% で 1.52 g/cm^3 、W/C 200% で 1.30 g/cm^3 であるので、若干小さくなっていることがわかる。

1) 参考文献

コンクリートポンプ施工指針 (案)、土木学会コンクリートライブラリー、第 57 号、昭和 60 年 11 月、p. 11

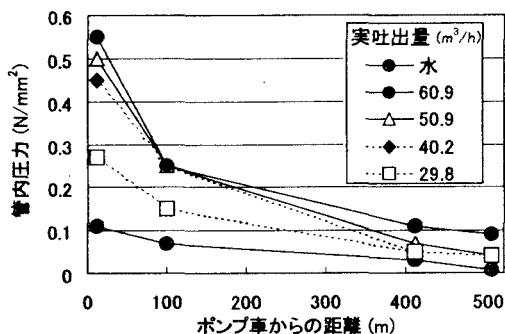


図-4 距離と管内圧力 (C シリーズ)

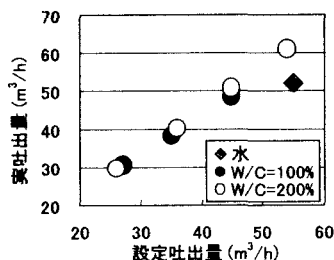


図-6 設定吐出量と実吐出量

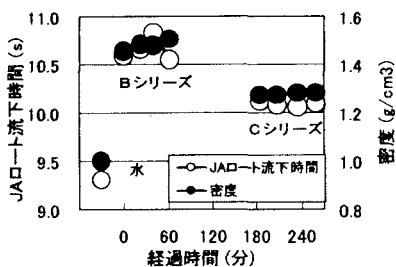


図-7 経過時間と流動性・密度