

パラフィンエマルジョンを混和したコンクリートの圧送性評価に関する検討

千葉工業大学 学生会員 ○石川 椋太 学生会員 池田 信義 正会員 橋本 紳一郎
太平洋セメント 正会員 田場 祐道 正会員 岡田 明也 正会員 早川 隆之

1. はじめに

日本の寒冷地では、コンクリートの凍害による劣化現象が問題となっている。一般に、コンクリートの凍結融解抵抗性を向上させる方法として、AE 剤によるエントレインドエアの導入がある。しかし、コンクリートの練上り直後に所定の空気量が確保できた場合においても、施工過程において、空気量は 1~2%程度減少することが報告されており、管理下限値を下回る可能性が懸念される。

そのため、連行空気に寄与しない新たな凍害対策が求められている。先行技術の一つに、疎水性化合物であるパラフィンエマルジョン(以下、エマルジョン)の添加が挙げられる。これを混和したコンクリートは、低空気量にも関わらず凍結融解抵抗性を向上することが報告されている¹⁾。しかし、施工性の定量的な評価や施工後のコンクリートの耐久性は評価されていない。そこで本検討では、エマルジョンを混和したコンクリートをピストン式コンクリートポンプ車で圧送を行い、エマルジョンの添加有無による圧送性への影響ならびに圧送前後のコンクリートのフレッシュ性状について評価した。

2. 実験概要

2.1 使用材料及び配合条件

使用材料を表-1に、コンクリートの配合を表-2に示す。配合はPLを基本とし、単位水量の4.5kg/m³をエマルジョンに置換したPEmの2配合とした。また、エマルジョンは、平均粒子径が0.5μm、固形分率30%のものを使用した。また荷卸し時の目標SLは12±2.5cm、目標Airは4.5±1.5%とした。

2.2 試験項目

試験項目は、スランプ試験、空気量試験をそれぞれJISに準拠して行った。フレッシュ性状試験は、練上がり直後(練直)、現場到着(荷卸し時)、吐出量30m³/hでポンプ圧送後(圧送後)、および吐出量30m³/hで再圧送後(30分間の圧送中断)に採取した試料で行った。

2.3 配管図及び計測位置

図-1に配管図と圧力計(P1~P7)、加速度計(A1,A2)の計測位置を示す。配管条件にはには、125A(5B)の直管、流入側と流出側の外形が異なる3種類のテーパ管、90°ベント管、フレキシブルホース(4B)を使用し、支持架台上に水平になるように設置した。水平換算距離は148.5mである。その際、管内圧力計はP1からP7の水平換算距離19.1m、31.6m、50.5m、

キーワード 圧送性、管内圧力、振動加速度、パラフィンエマルジョン
連絡先 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼2-17-1 千葉工業大学 TEL:047-478-044

表-1 使用材料

材料	記号	種類・名称	密度
練混ぜ水	W	上水道水	1.00
セメント	C	普通ポルトランドセメント	3.16
細骨材	S	陸砂	2.60*
粗骨材	G	碎石	2.62*
混和剤	Ad	リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体	—
パラフィンエマルジョン	P	パラフィン平均粒子径：0.5μm パラフィン固形分率：30%	1.00

*表乾密度

表-2 コンクリートの配合

配合	Air (%)	SL (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				P (kg/m ³)
					W	C	S	G	
PL	4.5±1.5	12±2.5	58.6	42.0	170	290	757	1053	—
PEm									4.5

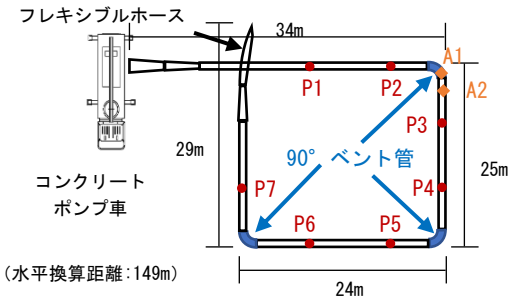


図-1 配管図及び計測位置

表-3 フレッシュ性状試験の結果

配合	採取工程	SL(cm)	Air(%)
PL	練直	13.0	3.8
	荷卸し時	12.5	3.9
	圧送後	11.5	2.4
	再圧送後	11.5	2.2
PEm	練直	12.0	4.5
	荷卸し時	12.5	4.5
	圧送後	16.0	2.8
	再圧送後	11.0	3.1

63.0m、84.9m、94.4m、110.3mの7ヶ所に、加速度計は最初のベント管(A1)と出口の水平管(A2)の計2ヶ所に取り付けた。コンクリートの圧送の際には、フレッシュ性状試験を行った後ポンプ車(最大吐出量:50m³/h)で圧送を行った。圧送速度は、20m³/h、30m³/h及び40m³/hとした。また、施工時の中断を再現して、圧送を30分間停止させた後、再圧送(30m³/h)を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 フレッシュ性状

各工程において採取したコンクリートのスランプ及び空気量を表-3に示す。いずれの配合においても荷卸し時のスランプ、空気量は目標値の範囲内であった。

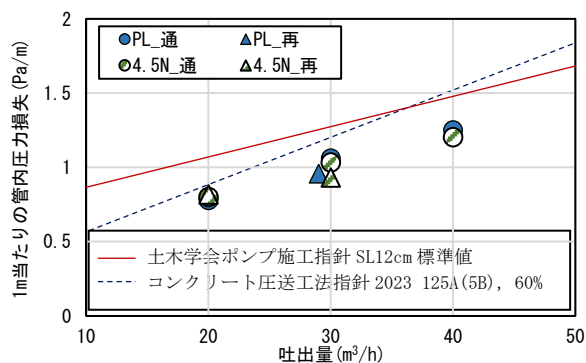


図-2 1m当たりの管内圧力損失

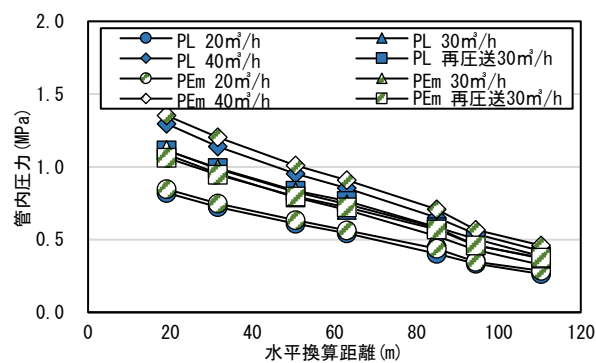


図-3 管内圧力 (PL, PEm)

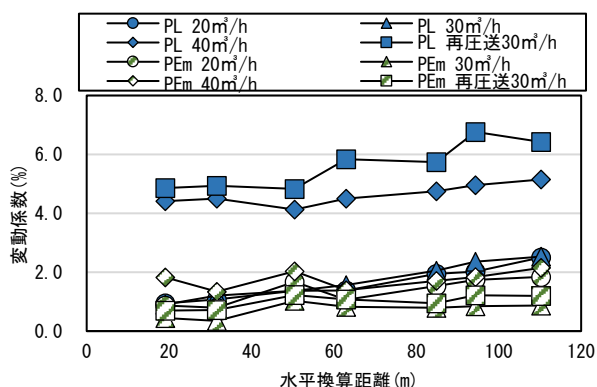


図-4 管内圧力の変動係数 (PL, PEm)

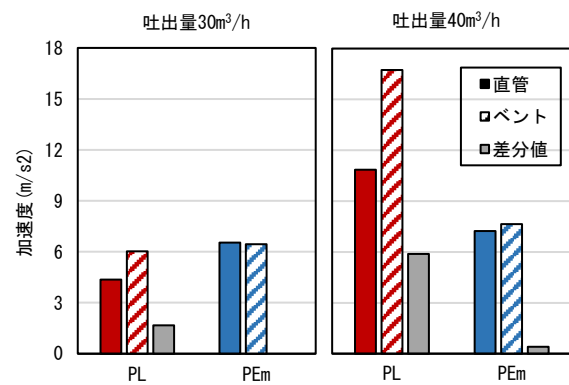


図-5 加速度の計測結果 (PL, PEm)

PLのスランプは、練直、荷卸し時、圧送後の順で小さくなった。それに対して、PEmのスランプは、各工程において同程度であったが、圧送後は増加していた。圧送後のスランプの増加については、混和剤自体の圧力環境下またはコンクリート温度の影響による再活性が考えられるが、詳細については、今後も検討していく予定である。また、PLの空気量について施工工程別に比較すると、圧送後の空気量の低下が著しいことが分かる。一方、PEmの空気量は、施工工程において、若干低下するもののPLよりも高い値を維持していた。

3.2 圧送性評価

圧送時の1m当たりの管内圧力損失と吐出量の関係を図-2に示す。この結果より、吐出量によらずPEmの管内圧力損失は、PLと同程度であることが分かる。また、どちらの配合においても、土木学会コンクリートポンプ施工指針²⁾及びコンクリート圧送工法指針³⁾が定める基準値を下回る値であることが確認できた。

圧送時のPL及びPEmの管内圧力を図-3に、変動係数を図-4に示す。どちらの配合においても管内圧力は同程度であり、吐出量の増加に伴い上昇する傾向が見られた。また、変動係数は、どの測定位置においてもPEmのほうが小さく、特に吐出量が多い40m³/hと吐出量30m³/hでの再圧送の際においてその差が顕著に表れた。この結果より、エマルジョンを混和することで、管内圧力の乱れが抑制でき、安定した圧送が可能になったと考えられる。

加速度の計測結果を図-5に示す。本検討では、加速度の値に対してFFT解析を行い、直管とベント管における加速度のピーク値とその差について検討を行っ

た。既往の研究⁴⁾から、ベント管は直管よりも圧送圧力が大きくなるため、加速度は上昇しやすく、直管とベント管の加速度の差が大きいほど、管内圧力損失の増加や閉塞の危険性が高いと言われている。どちらの配合においても吐出量が増加するにつれて同様に加速度も増加する傾向がみられ、直管よりもベント管のほうが高い傾向がみられた。しかし、PEmの配合においては、PLの配合と比較して吐出量30m³/hから40m³/hに上昇した際においても、直管とベント管の差分値が小さく、加速度の値の増加についても抑えられており、この傾向は再圧送の際にもみられた。この結果より、エマルジョンを使用することで、エマルジョン未混和のコンクリートよりも骨材の偏りが抑制でき、振動の少ない安定した圧送が可能なが示唆された。

4. まとめ

本検討より、コンクリートの混和剤としてパラフィンエマルジョンを混和することで、圧送性を向上させることができ、圧送後においても、荷卸し時の空気量およびスランプの値がパラフィンエマルジョンを混和していないものよりも良好な値を確保できることが示唆された。

参考文献

- 1) 大野由美子ら：特殊混和剤による凍結融解抵抗性の改善に関する基礎的研究，土木学会第75回年次論文学術講演会，p.568, 2020
- 2) 土木学会：コンクリートポンプ施工指針2012年度版，2012.6
- 3) 日本コンクリート工学会：コンクリート圧送工法指針2023年度版，2023.3
- 4) 芦澤良一，坂井吾郎，坂田昇，新藤竹文：ポンプ圧送によるフレッシュコンクリートの性状変化に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.28，No.1，pp.1079-1084，2006