

高所への圧送がコンクリートの耐凍害性に与える影響

鹿島建設(株) 正会員 高木智子 松本修治 ○阿部雅弘 横田健一 柳井修司

1. はじめに

コンクリートを高所へ圧送する場合、配管閉塞などの様々なリスクを回避するために、事前に土木学会のコンクリートのポンプ施工指針〔2012年版〕¹⁾（以下、指針と示す）などに準じて圧送計画を立案するが多い。指針では、圧送後の空気量は減少する傾向が示されており¹⁾、空気量の減少に伴う耐凍害性の低下が懸念される。しかし、実施工における圧送後のコンクリートの耐凍害性を確認した知見は少ない。そこで圧送による空気量の変化が耐凍害性に与える影響を確認することを目的として、愛媛県一般県道岩城弓削線岩城橋の岩城島側の主塔の施工にて使用した圧送前後のコンクリートにおけるフレッシュおよび硬化後の空気量、気泡径分布およびスケーリング量を測定した。本報では、その結果について報告する。

2. 試験概要

(1) コンクリートの使用材料および配合

コンクリートの使用材料を表-1に、配合を表-2に示す。コンクリートの種類は40 18 20 Nで、単位セメント量を380kg/m³、膨張材の単位量を20kg/m³とし、合計400kg/m³を単位結合材量とした。

(2) コンクリートの製造および現場までの運搬

コンクリートの製造は岩城島内のレディーミクストコンクリート工場で行った。現場までの運搬時間は15分程度であった。

(3) 高所への圧送条件

配管を含む圧送条件と検討対象部位を図-1に示す。地上からの高さは打込み箇所①が67.0m、打込み箇所②が86.7mであり、配管の水平換算距離¹⁾は365m、428mである。コンクリートポンプは、最大吐出量77m³/h、理論吐出圧7.9MPa（標準圧仕様）、理論吐出量43m³/h、理論吐出圧15.4MPa（高圧仕様）を使用し、打込み箇所①は標準圧仕様、打込み箇所②は高圧仕様で圧送した。輸送管の径は125A（5B）で、高圧仕様を用いた。

(4) 試験項目

試料は、圧送前として荷卸し時にトラックアジテータからと、圧送後としてそれぞれの検討対象部位の打込み箇所等で筒先から採取した。フレッシュコンクリートの空気量はJIS A 1128、硬化後の空気量および気泡径分布はASTM C 457-71、スケーリング量はASTM C 672に準じて測定した。

3. 試験結果

圧送前後で採取した試料のフレッシュおよび硬化後の

表-1 使用材料

材料	記号	摘要
水	W	地下水・上澄水
セメント	C	普通ポルトランドセメント， 密度 3.16g/cm ³ ，比表面積 3,230cm ² /g
膨張材	Ex	石灰系膨張材，20 型 密度 3.16g/cm ³ ，比表面積 3,760cm ² /g
細骨材	S	広島県東広島市黒瀬町小多田産砕砂， 表乾密度 2.58g/cm ³ ，F.M. 2.72
粗骨材	G	広島県東広島市黒瀬町小多田産砕石 2005， 表乾密度 2.63g/cm ³ ，実積率 58.6%
混和剤	SP	高性能 AE 減水剤，主成分 PAE 化合物
	AE	空気量調整剤，主成分アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤

表-2 コンクリートの配合 (40 18 20N)

目標 空気量 (%)	水結合 材比 (%)	細骨 材率 (%)	単位量 (kg/m ³)						
			W	C	Ex	S	G	SP	AE
4.5	43.0	47.1	172	380	20	798	913	4.6	1A

※1A= (C+Ex) × 0.001%

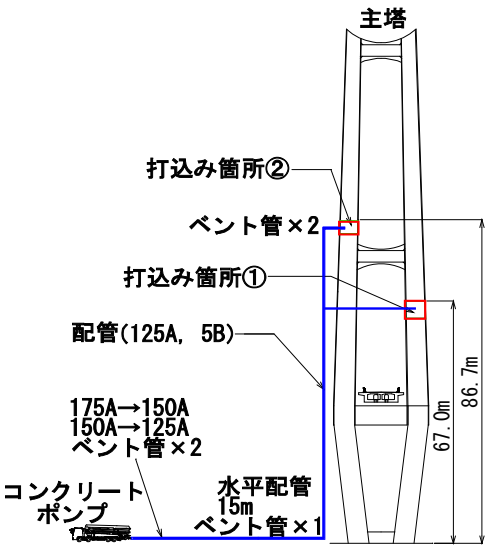


図-1 圧送条件と検討対象部位

キーワード：高所圧送，空気量，気泡径分布，スケーリング量，耐凍害性

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

空気量を表-3 に、硬化後の空気量の気泡径ごとの比較を図-2 に示す。フレッシュコンクリートの空気量は、圧送前がいずれも 4.0%であったのに対し、圧送後には打込み箇所①で 5.4%、打込み箇所②で 6.1%となり、それぞれ 1.4%、2.1%増加した。硬化後においても同様に、圧送後に空気量が 2%程度増加する傾向が得られ、特に、図示するように、打込み箇所①、打込み箇所②いずれも圧送後に 0.30mm 未満の気泡径の空気量が増加した。これは、圧送中にベント管内でせん断層流の複雑な動きにより高性能 AE 減水剤の気泡作用が再活性されること²⁾や、本試験で使用した配合の水結合材比が 43%と低いため、粘性が高く、圧送中に空気が抜けにくい状態となっていることなどが考えられる。さらに、鉛直配管におけるコンクリートの自重で圧送中断時や脈動により負圧が生じ、筒先や配管の継手から空気を巻き込むことなども一因と考えられる。また、1mm 以上の気泡径の空気量は、圧送前が打込み箇所①で 1.15%、打込み箇所②で 1.03%であったのに対し、圧送後には打込み箇所①で 0.66%、打込み箇所②で 0.69%となり、それぞれ 0.49%、0.34%減少した。これは、圧送過程で配管を流れるコンクリートがベント管などでせん断力を受け、粗大な空気が分断されたため²⁾と考えられる。なお、空気量が増加したことで圧縮強度は圧送前と比較して 60.7N/mm² から 55.0N/mm² に約 10%低下した。

累積スケーリング量とサイクル数の関係を図-3 に示す。圧送前のコンクリートにおいて 50 サイクル終了時の累積スケーリング量は、打込み箇所①で 0.61kg/m²、打込み箇所②で 0.30kg/m²であった。圧送前のスケーリング量は打込み箇所①よりも打込み箇所②方が小さかった理由として、特に耐凍害性の確保に有効とされる³⁾ 0.15mm 未満の気泡径の空気量が打込み箇所②は 0.68%であるのに対し、打込み箇所①は 0.35%と少なかったためと考えられる。また、スケーリング量とレーティング評価値の関係⁴⁾ から、圧送前はレーティング評価値が 1 もしくは 2 であった。圧送後の累積スケーリング量がいずれも 0.00kg/m²で、レーティング評価値が 0 に改善された理由としては、耐凍害性に有効³⁾ な 0.30mm 未満の気泡径の空気量が、圧送過程で打込み箇所①の場合 1.19%から 4.17%に、打込み箇所②の場合 1.61%から 4.40%に増加した(図-2) ためと考えられる。

4. まとめ

高性能 AE 減水剤を用いた水結合材比 43%のコンクリートを高所へ圧送した場合、フレッシュ、硬化後の空気量がともに約 2%増加した。特に、硬化後において耐凍害性に有効とされている 0.30mm 未満の気泡径の空気量が増加していた。スケーリング試験では、耐凍害性の向上が確認された。しかし、空気量の増加に伴い圧縮強度は低下しており、留意する必要がある。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリートのポンプ施工指針 [2012 年版]，2012
- 2) 宮田敦典，中田善久，大塚秀三，岡本圭市：コンクリートポンプ工法における圧送距離が圧送前後の品質変化に及ぼす一考察，日本建築学会構造系論文集，第 78 巻，第 688 号，pp.1035-1044，2013.6
- 3) 坂田昇，菅俣匠，林大介，橋本学：コンクリートの気泡組織と耐凍害性の関係に関する考察，コンクリート工学論文集，第 23 巻第 1 号，pp.35-47，2012.1
- 4) 月永洋一，庄谷征美，笠井芳夫：凍結防止剤によるコンクリートのスケーリング性状とその評価値に関する基礎的研究，コンクリート工学論文集，第 8 巻第 1 号，pp.121-133，1997.1

表-3 フレッシュおよび硬化後の空気量

測定箇所	フレッシュの空気量 (%)		硬化後の空気量 (%)	
	圧送前	圧送後	圧送前	圧送後
打込み箇所①	4.0	5.4	4.2	6.3
打込み箇所②	4.0	6.1	4.6	6.8

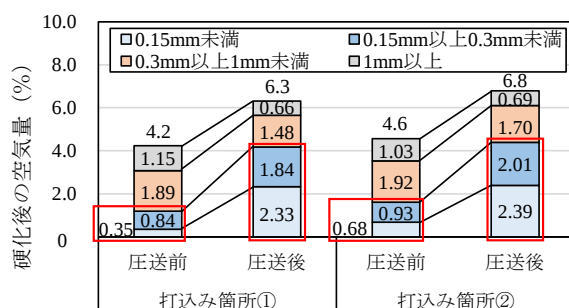


図-2 気泡径ごとの空気量の比較

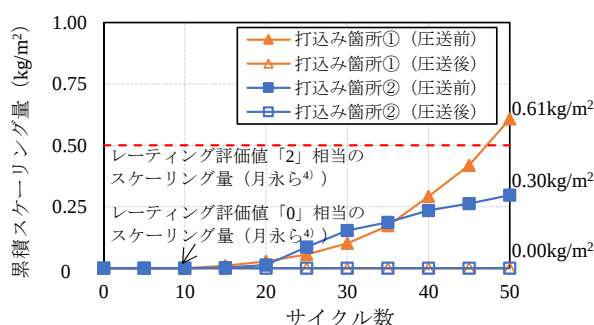


図-3 累積スケーリング量とサイクル数の関係