

圧送状態模擬実験による空気量モニタリング手法に関する基礎的研究

鉄建建設 ○正会員 岩城 圭介, 正会員 西脇 敬一, 正会員 福岡 瑛莉奈

1. はじめに

著者らは、ポンプ圧送過程におけるフレッシュコンクリートの全量モニタリング技術のひとつとして、圧力センサにより取得した管内圧力と RI (ガンマ線) 密度計により取得した密度 (単位容積質量) から空気量を推定する手法を提案するとともに、圧送試験によりその可能性を検証したり。本報では、空気量推定における各計測値の取扱いや空気量推定精度の検証を目的に行った圧送状態模擬実験とその結果の一部を紹介する。

2. 空気量推定手法の概要¹⁾

本手法は、JIS A 1116「空気量の質量による試験方法」とボイルの法則に基づく式-1を用いて、管内圧力 P1 (絶対圧) (MPa) と単位容積質量 M1 (g/cm³) の実測値および「空気を全く含まないものとして計算したコンクリートの単位容積質量 T (g/cm³)」から大気圧 P0 (MPa) 下での空気量 A0 (%) を推定するものである。

$$A0 = \frac{P1(T-M1)}{P0M1+P1(T-M1)} \times 100 \quad \dots \text{式-1}$$

さらに、上記 T については、大小 2 水準の管内圧力とそれらに対応する単位容積質量から式-1 を応用して推定される T(e) (g/cm³) を用いることで、より精度の高い空気量推定が期待できる。

3. 圧送状態模擬実験の概要

試験装置 (写真-1) は、圧力センサ用貫通孔を備える円筒形容器 (内径 φ132.8 mm, 高さ 500 mm, 底版付き) と空気抜き孔と O リング (2 重) を備える加圧ピストンで構成される。JIS A 1116 に準拠して容器にコンクリート約 6.6L (高さ約 480 mm) を打ち込み、加圧ピストンをコンクリート上面に密着するよう設置し、空気抜き孔をボルトで閉じ、圧縮試験機により加圧した。加圧試験では、容器内 (管内) 圧力をモニタリングして最大 3.0 MPa または 1.0 MPa を目標に載荷・除荷の 3 回繰返し (0.0→3.0/1.0→0.1→3.0/1.0→0.1→3.0/1.0→0.0 MPa) を手動で行い、圧力センサ (容量 5 MPa) による管内圧力、RI (ガンマ線) 密度計によるコンクリートの密度 (単位容積質量)、載荷圧力、加圧ピストン変位を 1 秒毎に計測した。

試験配合は、表-1 に示す高流動コンクリートであり、空気量調整剤 (AE 剤, 消泡剤) により空気量を 2.0, 4.5, 8.0±1.0% に調整した。フレッシュコンクリートの試験としては、スランプフローと JIS A 1128 および JIS A 1116 準拠 (2L 容器) による空気量の試験を練上り時および静置による加圧試験後に実施した。JIS A 1116 準拠による空気量については、加圧後の試料についても試験を実施し、加圧有無の差分を用いて加圧後の空気量を算出した。



写真-1 試験装置

4. 試験結果

(1) 各計測値の検討

計測結果例として、実測空気量 4.9% の場合の最大 3 MPa 載荷・除荷 3 回繰返しにともなう管内圧力、載荷圧力、ピストン変位、単位容積質量の履歴を図-1 に示す。管内圧力と載荷圧力は、ほぼ同様の履歴であり、ピストン O リングの摩擦の影響は小さいと考えられる。ピストン変位

表-1 試験配合

目標 スランプ フロー (cm)	目標 空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
				W	C	S	G	Ad
55±7.5	2.0±1.0 4.5±1.0 8.0±1.0	40.0	50.0	175	438	824	850	6.79 C×1.55%

C: 普通ポルトランドセメント, 密度 3.16 g/cm³, S: 陸砂, 表乾密度 2.57 g/cm³,
G: 砕石 2005, 表乾密度 2.65 g/cm³, Ad: 高性能 AE 減水剤 (空気量調整剤: 適宜)

キーワード: 空気量, 全量検査, 管内圧力, 単位容積質量, 密度

連絡先: 〒286-0825 千葉県成田市新泉 9-1 鉄建建設 建設技術総合センター TEL 0476-36-2355

に関しては、除荷からやや遅れて生じる変位の回復傾向が認められた。また、加圧試験終了後には、コンクリート容積の増加を示し、少なくとも空気等の漏洩による容積減少はなかったと推察される。一方単位容積質量は、1秒毎のばらつきが大きく 0.3 g/cm^3 程度の幅を有して推移した。図中に示した30秒間の移動平均とすることで、ピストン変位と連動した载荷・除荷にともなう増加・減少傾向を示した。

(2) 管内圧力と単位容積質量の関係

前項を考慮し、以降の管内圧力と単位容積質量は、30秒間の移動平均を用いた。また管内圧力は、大気圧 0.101 MPa 等を考慮した絶対圧を用いた。加圧試験の载荷・除荷3回繰返しにおける管内圧力と単位容積質量の関係を図-2に示す。一般的に管内圧力の増加・減少にともなう単位容積質量の増加・減少が認められた。また、最大 1 MPa の場合、単位容積質量の増減幅は、空気量が多いほど大きい傾向であった。しかし、最大 3 MPa では、空気量の違いによる単位容積質量の差が少なくなる傾向であった。これは、加圧による空気量の減少現象²⁾が影響した可能性が考えられる。

(3) 空気量の推定

実測空気量と推定空気量（計算過程を含む）を表-2に示す。表中の管内圧力 P は、各ケースの载荷・除荷3回繰返しにおける下位30データの平均値 P_{\min} と上位30データの平均値 P_{\max} である。また単位容積質量 M は、それらに対応する各30データの平均値である。それらに基づき前述の $T(e)$ と空気量 A_0 を推定した。

練上り時の実測空気量と推定空気量の関係を図-3に示す。最大 1 MPa の場合は、実測値と推定値がほぼ一致した。これに対し、最大 3 MPa の場合は、空気量が多いほど誤差が大きくなる傾向であったが、多くても2%程度であった。これは前述と同様に、加圧による空気量の減少現象に起因すると考えられ、加圧後空気量の推定とともに今後の検討課題である。

4. まとめ

本検討の範囲で得られた知見を以下に示す。

- 1) RI密度計による単位容積質量に関しては、30秒程度の移動平均を用いることで、容積および圧力変化に符合する履歴を得ることができた。
- 2) 本手法による空気量推定の精度は、 1 MPa 程度までの管内圧力において

十分高いと考えられる。高圧力での空気量の減少現象とその推定精度に関しては、今後の課題である。

【参考文献】

- 1) 西脇, 岩城, 福岡: ポンプ圧送過程における空気量モニタリング手法の提案, 土木学会年次学術講演会, V-68, 2021.
- 2) 田中館, 羽原, 小山田, 林: 外部からの圧力がコンクリート中の空気量に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, 2016.

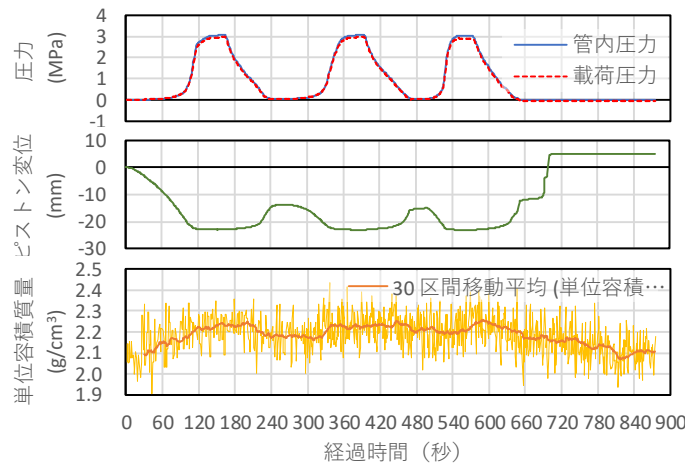


図-1 各計測値の履歴

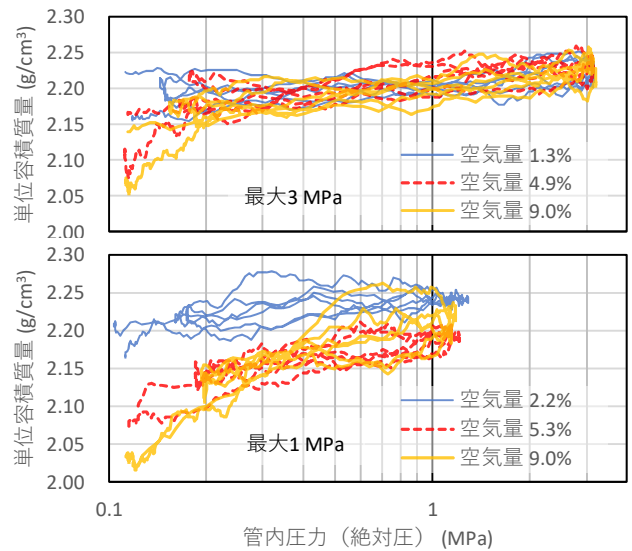


図-2 管内圧力（絶対圧）と単位容積質量の関係

表-2 実測空気量と推定空気量

最大管内圧力 (Mpa)	実測空気量 (%)		空気量推定過程					推定空気量 A_0 (%)
	練上り時	加圧後	管内圧力 P (Mpa)		単位容積質量 M (g/cm^3)		$T(e)$ (g/cm^3)	
			P_{\min}	P_{\max}	P_{\min} 時	P_{\max} 時		
3	1.3	1.4	0.13	3.16	2.187	2.222	2.223	1.65
	4.9	3.6	0.11	3.14	2.101	2.229	2.234	6.01
	9.0	4.7	0.11	3.16	2.075	2.220	2.226	6.82
1	2.2	2.5	0.11	1.26	2.199	2.241	2.245	2.05
	5.3	4.2	0.12	1.18	2.089	2.193	2.205	5.31
	9.0	5.8	0.12	1.16	2.031	2.212	2.232	9.12

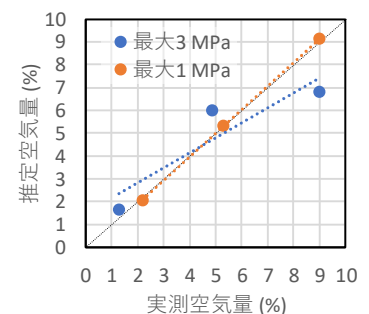


図-3 実測と推定空気量の関係