

気泡消失理論の提案と実験的検証（その2：普通コンクリート）

(株)IHI 正会員 ○吉田 有希, 塩永 亮介, (株)IHI建材工業 正会員 武藤 香穂
リブコンエンジニアリング(株) 正会員 伊藤 祐二, (株)NejiLaw 非会員 道脇 裕

1. はじめに

本作らの研究「気泡消失理論の提案と実験的検証（その1：中流動コンクリート）」（同大会で講演予定）では、コンクリート中の気泡消失メカニズムに関する新理論（CB 理論¹⁾）を提案し、その効果を実験的に検証している。同研究では、中流動コンクリートを対象とした気泡消失試験によって、気泡面積率と加速度の間に相関関係が成立することを明らかにしている。本研究では、一般的な RC 構造に用いられる普通コンクリートを対象とした気泡消失試験により、同様の関係が成立するかを確認する（実験 1）。また、100Hz を超える高振動数下の気泡消失試験により、振動数が気泡消失効果に与える影響を把握する（実験 2）。CB 理論の詳細は、本作らの研究を参照されたい。

2. 試験方法

本研究で実施した実験 1, 2 の試験ケースを表-1, 表-2 に示す。振動数と振幅をパラメータとし、変動的慣性力の付与時間は 30 秒とした。普通コンクリートは、中流動コンクリートより材料分離が生じやすいと想定される。そこで実験 1 では、中流動コンクリートで気泡消失の効果が見られた加速度 1.0G 以上の試験を実施した。また、材料分離が著しい高加速度のケースは除外した。実験 2 では、振動数を 100Hz または 300Hz とし、加速度を 3 水準（約 4.0G, 約 7.0G, 約 10G）に変化させた。また、さらに振動数を高めた 500Hz の試験を 1 ケース実施した。以降は、試験体名を「振動数-振幅-加速度」と表現する。

本研究では、24-8-20N（空気量 4.5%）の普通コンクリートを使用した。事前の試験練りでスランプ値の経時変化を計測し、コンクリートの使用限界を 20 分と定めた。

本試験に用いた試験体を図-1(a)に示す。試験後の試験体の高さが 150mm となるように、内型枠に充填するコンクリートの量を調整した。試験体は、電磁加振機に設置した塩化ビニル製外型枠で固定した（図-1 (b)）。

試験後に、硬化した試験体の気泡面積率を算出した。まず、試験体の気泡を正確に把握するため、硬化後の試験体表面にエアを吹き付けて表面のセメントペーストの膜を除去した。表面の処理が完了した後に、4 側面をデジタルカメラで撮影した（図-2 (a)）。撮影画像から対象領域をトリミングし、画像を 2 値化した（図-2 (b)）。試験体の気泡面積率は、4 側面の平均値を採用した。

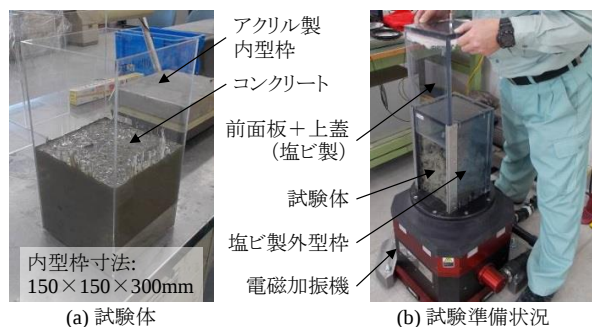


図-1 試験体および試験準備の状況

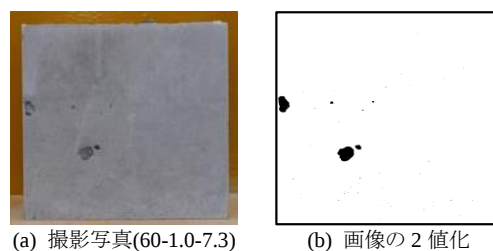


図-2 2 値化の例

表-1 試験ケース(実験 1)

		加速度[G]										
振幅[mm]		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
振 動 数 [Hz]	10	—	—	—	—	—	—	—	—	1.0	1.1	1.2
	20	—	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	—	—
	30	1.8	2.7	3.6	4.5	5.4	—	—	—	—	—	—
	40	3.2	4.8	6.4	—	—	—	—	—	—	—	—
	50	5.0	7.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	60	7.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表-2 試験ケース(実験 2)

振動数 [Hz]	振幅[mm]	加速度 [G]
100	0.20	4.03
100	0.35	7.05
100	0.49	9.87
300	0.02	3.63
300	0.04	7.25
300	0.05	9.06
500	0.01	5.04

キーワード CB 理論, 変動的慣性力, 表面気泡, 加速度, 振動数, 振幅

連絡先 〒235-8501 神奈川県横浜市磯子区新中原町 1 番地 (株) I H I 基盤技術研究所 TEL 045-759-2864

3. 結果および考察

実験1における加速度と気泡面積率の関係を図-3に整理する。同図には、気泡面積率 3.0%以下のケースのみを整理し、中流動コンクリートの試験結果も示した。中流動コンクリートと同様に、加速度の増加に伴って気泡面積率が減少する傾向が確認された。また、両者の関係を累乗関数で近似すると、0.792 の決定係数が得られた。

実験2における試験体の外観写真と気泡面積率を図-4、図-5 に示す。試験時の加速度と気泡面積率の関係から、高振動数のデータは、図-3 の近似曲線から外れることが分かる。このことから、気泡面積率を低減するためには、加速度だけではなく、振幅や振動数にも注意を払う必要があると考えられる。

ここで、実験1と実験2における振幅と気泡面積率の関係を図-6 に整理する。振幅と気泡面積率の間には、有意な相関は見られない。ただし、加速度が 1.2G 以下のケースに加えて振幅が 0.04mm 未満のケースは、他に比べて明らかに高い気泡面積率を示す。このことから、気泡面積率を減らすためには、0.04mm 以上の振幅が必要であることが確認された。

同様に、振動数と気泡面積率の関係を図-7 に整理する。10～40Hz の範囲では、振動数が高いほど気泡面積率が低くなる傾向が見られる。一方、40～60Hz では横ばいとなり、100Hz 以上の振動数になると気泡面積率が再び増加する。以上の結果から、40～60Hz の振動数が、気泡面積率の低減に有効であると判断される。ただし、同じ加速度で比較したわけではないため、今後詳細な分析が必要だと考える。また、100Hz 以上の振動数は、気泡面積率の低減に有効ではなかった。

4. まとめ

本研究で得た知見を以下に整理する。

- (1) 中流動コンクリートと同様に、加速度と気泡面積率の間に相関関係が認められた。
- (2) 100Hz 以上の高振動数の加振条件では、上記の相関関係が成立しなかった。
- (3) 気泡面積率の低減には、0.04mm 以上の振幅が必要であることが確認された。
- (4) 気泡面積率の低減に有効な振動数は 40～60Hz の範囲であり、100Hz 以上の振動数は有効ではなかった。

参考文献

- 1) 株式会社 NejiLaw 道脇裕：生コンクリートの気泡の微細化方法，特開 2018-145089，2017.2.27

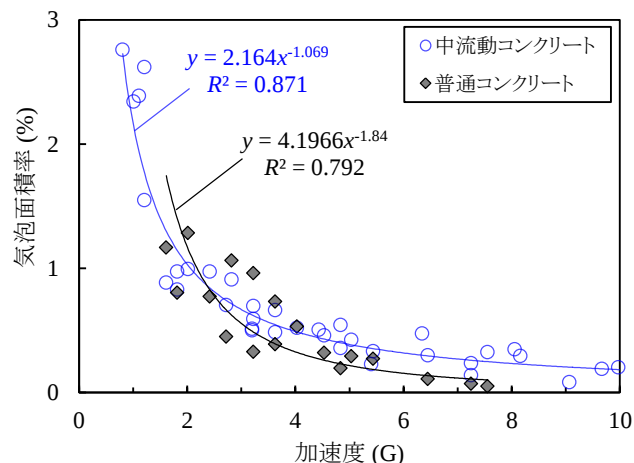


図-3 加速度と気泡面積率の関係



気泡面積率:0.288%



気泡面積率:(11.690%)*

図-4 100-0.49-9.87 試験体 図-5 500-0.01-5.04 試験体
*十分に締め固まらないケースは、参考値として気泡面積率を1側面のみ算出した。

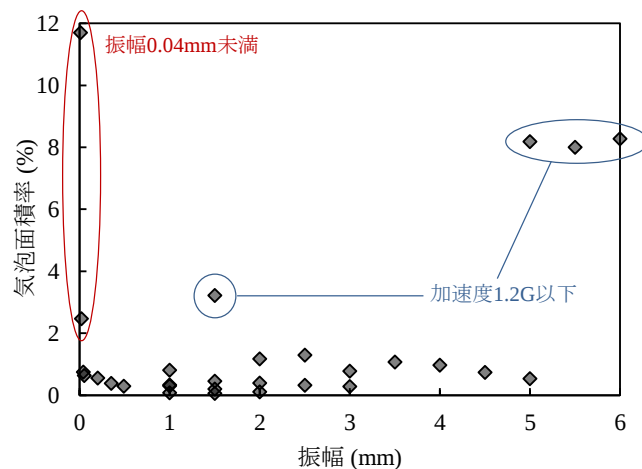


図-6 振幅と気泡面積率の関係

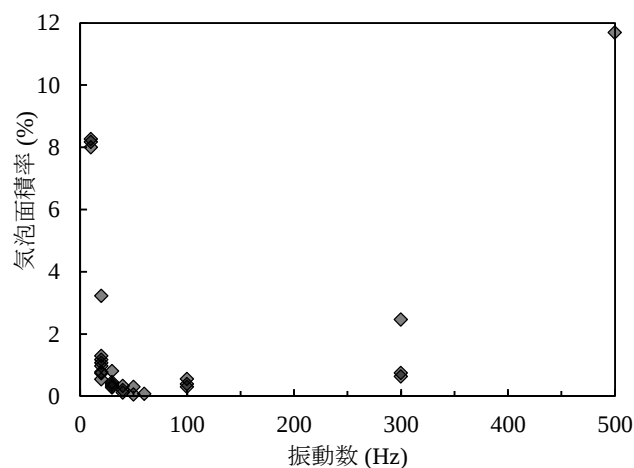


図-7 振動数と気泡面積率の関係