

振動締固め方法によるコンクリート中の気泡径分布の相違に関する基礎的検討

岩手大学 正会員 ○小山田 哲也
岩手大学 伊藤 いずみ
(株) 大林道路 一戸 暖生

1. はじめに

コンクリート構造物の耐凍害性には、硬化後の空気量の確保が必要であるが、これらの微細気泡は、施工中のポンプ圧送や振動締固めにより減少することも報告されている。特に、振動締固めに関しては、美観や強度を確保するあまり、過剰な振動によって微細な気泡を消失させている可能性があるものの、施工中の気泡径分布の変化と構造物中の分布は、十分に把握されているとは言えない。

本研究では、棒状バイブレータ（以下、内部振動）およびテーブルバイブレータ（外部振動）による振動締固めを行った際の振動時間に伴うコンクリート内外の気泡径分布の変化を捉えようとした。

2. 実験概要

2. 1 練混ぜおよび配合

コンクリートは、内部振動では 50L パン型ミキサで、外部振動では 150 L の一軸強制練りミキサを使用した。配合を表 1 に示す。セメントは普通ポルトランドセメントとした。スランプは同等とした。型枠に打ち込む前のフレッシュ空気量の目標値は、内部振動で 6.0%、外部振動で 4.5%としている。

2. 2 実験方法

練混ぜたコンクリートは、直ちに 200×200×200 mm の鋼製型枠にいっぱい詰めて、振動締固めを行った。振動時間は 10 秒および 20 秒とした。内部振動機は、直径 28 mm、振動数 13000±1000rpm の棒状バイブレータであり、打込んだコンクリートの中心 1 か所に、型枠の底面から約 2 cm の深さまでバイブレータを鉛直に挿入した。挿入に要する時間は 2 秒、拔出しは 2 秒とした。外部振動機は、工場の実機とした。振幅は 0.45±0.15mm、振動数は 2600 ±200 rpm であり、加速に 1 秒、減速に 2 秒程度を有した。供試体は条件ごとに 1 体ずつ作製した。

ASTM C 457 のリニアトラバース法に従って画像による硬化後の空気量測定を行った。気泡測定位置を図 1 に示す。振動締固めによる気泡の挙動を把握するために、水平方向に区切って中心からの距離を基に測定した。

3. 実験結果および考察

3. 1 内部振動

本研究で検討したコンクリート中の AE 剤による連行空気は気泡径分布から、微細な側から 500μm 程度までと確認しており、図中には色分けして示した。また目視で表面気泡として認識されるのは概ね 1000μm 以上の認識から結果を区別して示した。

内部振動機で 10 秒振動したコンクリートを硬化させて計測した空気量を図 2 に示す。打込み直後すなわち締固め前には、規則性を持たず巻き込み空気も多かったものと推察されるが、10 秒間締め固めたコンクリート

表 1 配合

振動方法	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
			W	C	S	G	AD (C×%)	AE (C×%)
内部	50	45	166	332	855	1082	1.3	0.010
外部	54	43	152	283	821	1115	2.8	0.014

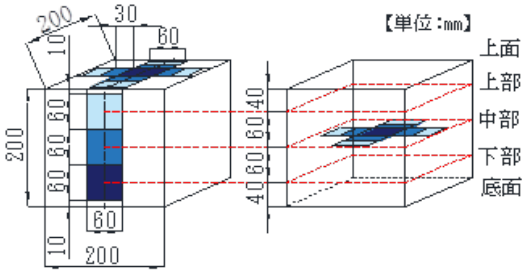


図 1 気泡測定的位置

キーワード 振動締固め、内部振動、外部振動、気泡径分布、凍害
連絡先 〒020-8551 岩手県盛岡市上田 4-3-5
国立大学法人岩手大学理工学部 TEL019-621-6442

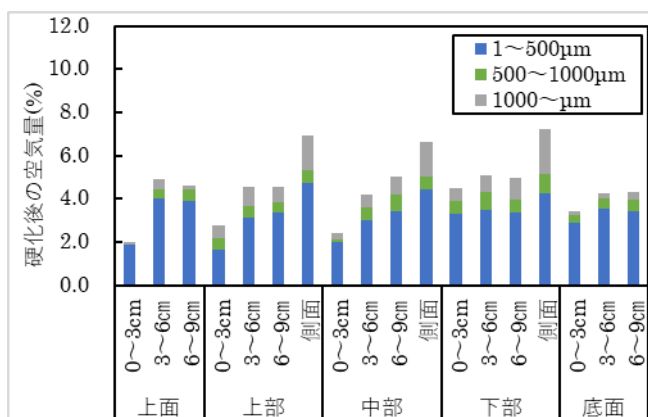


図2 硬化後の空気量（内部振動 10 秒後）

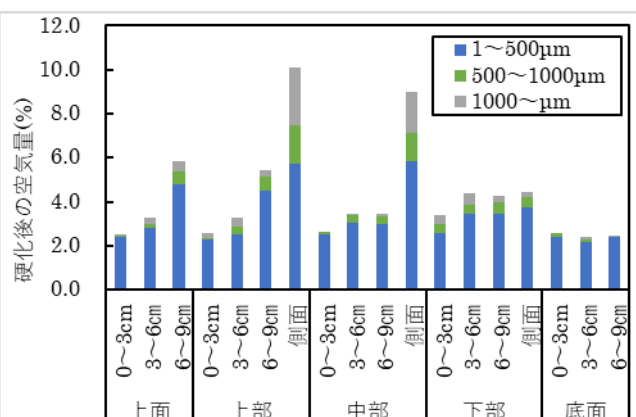


図3 硬化後の空気量（内部振動 20 秒後）

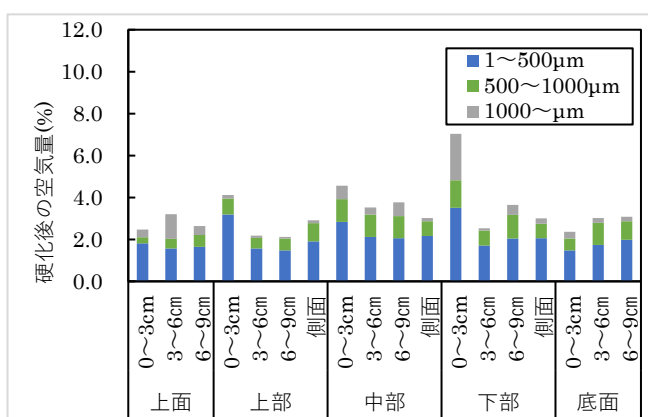


図4 硬化後の空気量（外部振動 10 秒後）

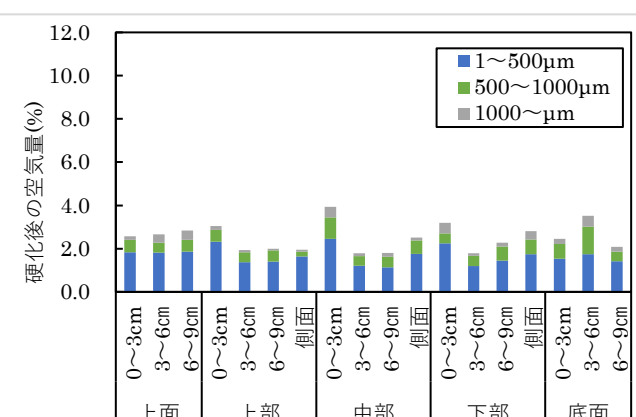


図5 硬化後の空気量（外部振動 20 秒後）

では、一定の関係が見いだせる。まず底面に着目すると、 $500\mu\text{m}$ 以上の粗大な気泡排除され、微細な空気が残っている。コンクリート内部を見ると、上部、中部、下部すべての測定箇所ではほぼ同等の気泡径分布となっており、中心部空気量が少なく、空気がコンクリート中心から外側へ移動していることが分かる。上面も同等であった。また側面では、空気量が多くなり、特に粗大な空気が増える傾向にある。20秒振動後の空気量を図3に示す。図2と比較して、全体的に空気は減る方向にあり、水平方向で内外の空気量の差は少なくなる。この傾向から大きく逸脱するのが側面であり、10秒と比較して全空気量は多くその分布も広範囲にわたっていることが伺える。従って内部振動の場合には、振動から離れる方向に空気の移動が確認された。

外部振動の振動時間10秒の結果を図4に示す。打込み前の空気量が少ないため、内部振動と比較して結果に明確性が見られないものの、コンクリート内部、すなわち上部、中部、下部に着目すると、中心部の空気量が多くなる。逆に内部振動で空気量の多かった側面では、6~9cmと変わらない気泡径分布であった。振動時間20秒の結果を図5に示す。全体的に空気量は少なく内外の差も小さいが、コンクリート内部では、依然として中心部の空気量が周辺と比較して多くなっている。コンクリートを目視すると外部振動では型枠付近に振動による波紋が発生していることから、型枠の振動による影響が大きい。すなわち外部振動の場合にも、振動から離れる方向に気泡の移動が確認された。

4. まとめ

一般に振動締固めにより、パイプレータにはモルタルあるいは水分が集まってくる現象が確認される。以上の結果より、コンクリート内部でモルタルの流れとは逆に連行空気が移動する。また連行空気はモルタルより軽く、浮力を生じて振動に従って上方に移動する。これら合力により、気泡は振動から遠ざかりながら上方に移動しているものと推察される。本実験の結果より、振動締固めによる一連の連行気の動きが明確となった。

終わりに、本研究は、科学技術研究補助金(21K04209)を受けて実施したものであることを付記する。