

RCD コンクリートへの中空微小球の適用

鹿島建設(株) 正会員 ○中嶋翔平 大井 篤 松本孝矢 奈須野恭伸 大橋雅恵 水野浩平 林 大介
国土交通省 東北地方整備局 沼倉公彦 福沢 翔

1. はじめに

RCD コンクリートは、締固めを振動ローラで行う超硬練りのコンクリートで、若材齢で早期に走路を確保することができるため、有スランプコンクリートに比べて施工速度が向上する。RCD コンクリートは、通常ダムにおける内部コンクリートに適用されるが、外部コンクリートに適用することができれば、さらなる施工の合理化を図ることができる。一方で、RCD コンクリートを外部コンクリートに適用するためには、凍結融解抵抗性を付与する必要がある。この課題に対しては、中空微小球を RCD コンクリートに添加することで解決できることが室内検討によって示されている¹⁾。本稿では、RCD コンクリートへの中空微小球の適用性を実規模レベルで検討し、東北地方で施工中のダムに適用した実績を報告する。

2. 中空微小球を実適用するための検討

2.1 コンクリートの配合および使用材料

コンクリートの配合および使用材料を表-1 に示す。混和剤を含む使用材料は全て当該ダムで使用しているものであり、コンクリートの配合は、振動ローラによる締固めを前提として、水結合材比 50%、細骨材率 42%、単位水量 110 kg/m³とした¹⁾。目標空気量は 4.0±1.0%とし、中空微小球を添加しないケース (Non-MS) は、AE 剤で空気量を調整し、中空微小球を添加したケース (MS) では、1 m³ 当たり 1.5vol% の中空微小球を外割で添加した。なお、本配合のコンクリートに中空微小球を 1.5Vol% 添加することで、凍結融解抵抗性を確保できることを確認している¹⁾。

表-1 コンクリートの配合および使用材料

ケース名	VC 値 (秒)	Air (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						AD (C*%)	AE (A)	MS (Vol%)
					W	C	F	S	G1	G2			
Non-MS	20	4.0	50.0	42	110	154	66	881	549	672	2.2	50	—
MS	20	4.0	50.0	42	110	154	66	881	549	672	2.2	50	1.5

W:河川水 C:中庸熟ホトラントセメント、密度:3.23 g/cm³ F:フライアッシュII種、密度 2.27 g/cm³ S:砕砂、表乾密度:2.63 g/cm³、粗粒率:2.68 G1:砕石 4020、表乾密度:2.64 g/cm³ G2:砕石 2005、表乾密度:2.64 g/cm³ AD: AE 減水剤遅延型、リグニルスルホン酸塩とナリカルボン酸塩 AE: AE 剤、変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤 MS: 中空微小球、表乾密度 0.13 g/cm³、粒径 50~90 μm

2.2 実機における中空微小球の投入方法

中空微小球の実機ミキサ (3.0 m³ 練り) への投入は、図-1 に示すように圧送用ホース、吸引ポンプおよび吊りはかりを使用した。中空微小球は事前に練混ぜ量分を計量してビニル袋に梱包し、はかりに吊り下げ、袋の下端より圧送用ホースを挿入し、吸引ポンプにより吸い込みながら圧送することで、バッチャープラントのミキサの投入口から投入した。なお、実施工の製造サイクルに合わせるため、2 機のミキサ内に投入できるように、圧送用ホースを 2 本使用し、吸引ポンプの接続部を切り替えた。以上の方法で中空微小球の投入に要した時間は 45 秒程度であった。

2.3 フレッシュコンクリートの性状

RCD コンクリートのフレッシュ性状として VC 値と空気量を測定した。VC 値は JSCE F 507 に準拠して振動台式コンシステンシー試験にて測定し、空気

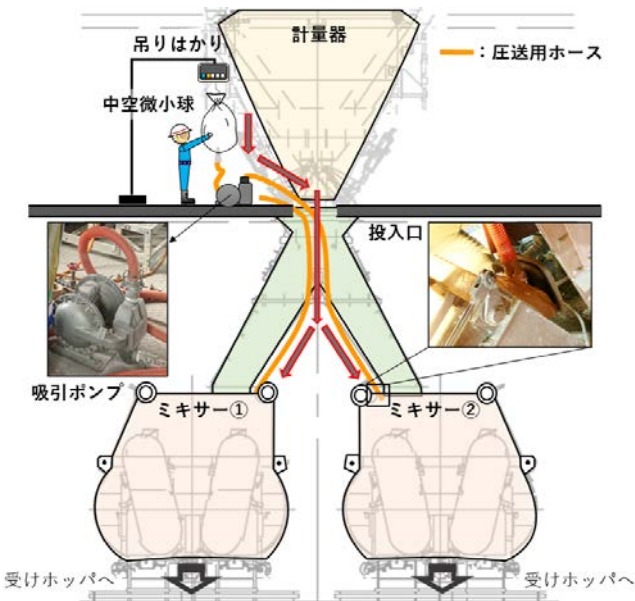


図-1 中空微小球の投入方法

キーワード RCD コンクリート、凍結融解抵抗性、中空微小球、気泡間隔係数

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

量試験は JIS A 1128 に準拠してワシントンエアメータを用いて、材料を2層に分けて振動タンパで締め固め、圧力法で測定した。ただし、中空微小球を添加した場合、圧力法では正しく測定できない可能性がある²⁾ことから、中空微小球を添加した配合については JIS A 1116 に準拠して質量法にて空気量を測定した。

VC 値は、Non-MS で 21.5 秒、MS では 26.4 秒と同程度の結果が得られた。空気量は、Non-MS で 3.1%、MS では 4.2% と中空微小球の添加により増加する結果が得られた。

2.4 中空微小球の分散性

RCD コンクリートの端部（最外縁）は重機によって締め固めることから、通常のバイブレータよりも振動エネルギーが大きく、中空微小球がコンクリート表層に浮き上がる可能性が考えられる。そこで、締め固め後において、中空微小球がコンクリート中に均一に分散しているか否かを確認するために、図-2 に示す 900×900×500mm の試験体をランマにより締め固めて作製し、硬化後にコアを採取した。コアを上、中、下の位置で切断し、ASTM C 457 に準拠してリニアトラバース法により気泡間隔係数を測定した。

気泡間隔係数の結果を図-3 に示す。Non-MS の気泡間隔係数は上、中、下でそれぞれ 270 μm 、196 μm 、223 μm であった。一方、MS の気泡間隔係数は 155 μm 、143 μm 、161 μm であり、Non-MS よりも小さく、また上、中、下の差も小さいものであった。既往の研究³⁾によると、凍結融解抵抗性の確保に必要な気泡間隔係数の目安は 200 μm 未満とされており、中空微小球の添加により、優れた凍結融解抵抗性をばらつきなく均一に確保できることが示された。

3. 中空微小球のダム堤体への適用

中空微小球の適用箇所を図-4 に示す。適用箇所は当該ダムの CSG 堤体の保護コンクリート部のうち、RCD コンクリートとなる一部（最終層付近の 81 m^3 ）とした。中空微小球の投入は、図-1 に示した方法にて実施し、2 機のミキサによる RCD コンクリートの製造サイクルに影響を及ぼすことなく中空微小球を投入できた。施工状況を写真-1 に示す。目視による確認ではあるが、重機（Flat Plate Compactor）による端部締め固めにおいても、最外縁で中空微小球などの材料分離は観察されず、良好な施工性を有していた。

4. おわりに

本稿では、実規模レベルで RCD コンクリートへの中空微小球の投入方法および適用性について検討した。その結果、実施工の製造サイクルに影響を及ぼすことなく中空微小球の投入ができ、締め固め後においても均一に分散し、気泡間隔係数が小さくなり、凍結融解抵抗性に優れたダム堤体を構築できることが確認された。

謝辞：本検討に際し、デンカ(株)より材料供給および技術指導を頂きました。感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 山野ら：RCD 用コンクリートの凍結融解抵抗性に関する報告，土木学会第 77 回年次学術講演会，VI-212，2022。
- 2) 井元ら：プレキャストコンクリートへの中空微小球の適用性評価，土木学会第 76 回年次学術講演会，V-146，2021。
- 3) 坂田ら：中庸熟フライアッシュセメントを用いたコンクリートの耐凍害性に及ぼす凝結過程の空気量変化の影響，コンクリート工学会，第 22 巻第 3 号，2011 年 9 月。

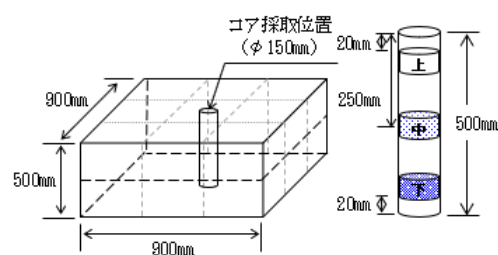


図-2 コアおよび試料採取位置

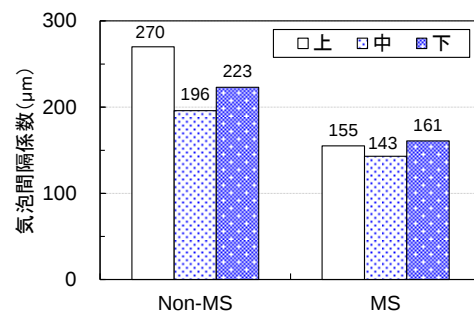


図-3 気泡間隔係数

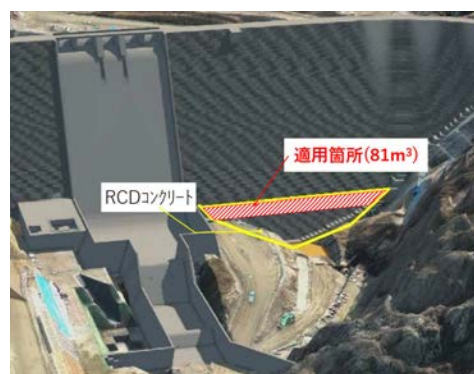


図-4 適用箇所



写真-1 施工状況