

粗骨材最大寸法 40mm の RCD コンクリートの強度特性に関する一考察

福岡県五ヶ山ダム建設事務所 西山隆詞 住吉正浩 豊増隆敏 四元秀哲
(一財)ダム技術センター 正会員 安田成夫
国立研究開発法人 土木研究所 正会員 山口嘉一
鹿島建設(株) 正会員 林 健二 ○取違 剛

1. はじめに

一般的なコンクリートにおいて強度や耐久性は水セメント比 W/C にて決定される。コンクリートの配合設計では、構造物に要求される強度および耐久性を確保できる W/C を設定し、必要な施工性に応じて W/C 一定のもとでスランプを規定したうえで単位水量を決定するというのが一般的な流れである。

一方、ダムのような非常に大きなマスコンクリートでは、W/C に加えて、温度応力によるひび割れ抑制の観点から単位セメント量が配合設計上の大きな要素となる。特に、ダム堤体の多くを占める内部コンクリートでは、必要な強度を確保できる範囲で出来るだけ単位セメント量を低減させることが望ましく、ある一定規模以上の堤体積のダムにおいては RCD コンクリート (Roller Compacted Dam Concrete) が用いられる事例が多い。また、重力式コンクリートダムでは、コンクリートの密度も設計上重要な要素となり、要求される密度を満足できる配合設計が必要となる。ここで、上述した配合設計手法はコンクリートが内部に欠陥なく締め固められている状態で成立するものであり、欠陥のない構造物構築のためには、コンクリートが適切な施工性を有する必要がある。

本検討では、粗骨材最大寸法 40mm の RCD コンクリートにおける施工性、強度、密度の関係を体系的に評価することを目的として、幅広い複数の単位セメント量にて、単位水量の異なるコンクリートを練り混ぜ、そのフレッシュ性状ならびに硬化性状を確認した¹⁾。本稿ではそのうち、RCD コンクリートの密度および強度特性について考察した結果を報告する。

2. 実験概要

実験に供したコンクリートの使用材料を表-1 に、検討ケースを表-2 に示す。単位セメント量は、一般的な RCD コンクリートの単位セメント量である 120~130kg/m³ を含んだ幅広い 90~220kg/m³ の範囲で、6 水準設定した。それぞれのセメント量に対して、RCD コンクリートの締め固め特性を示す指標である「α 値 (ペースト細骨材空隙比)」および「β 値 (モルタル粗骨材容積比)」に着目し、α 値、すなわちモルタル中におけるペースト量の比が 1.20 で一定となるようにしつつ、β 値がパラメータとなるように単位水量および細骨材率を調整して検討配合とした。配合の一例を表-3 に示す。

強制二軸型コンクリートミキサ (容量 120L) にてコンクリートを練り混ぜた後、直径 150mm×高さ 300mm の円柱供試体を作製した。供試体作製時には、コンクリートに与える締め固めエネルギーが一定となるように、ランマ (BOSCH 社製) を用いて人力にて 1 層あたり 20 秒×3 層で締め固めた。その後、材齢 91 日にて供試体の密度および圧縮強度を測定した。

表-1 使用材料

材料	記号	摘要
水	W	那珂川河川水
セメント	MF30	中庸熟フライアッシュセメント (フライアッシュ置換率 30%) 密度: 2.85g/cm ³ , 比表面積: 3,810cm ² /g
細骨材	S	砕砂 密度: 2.60g/cm ³ , FM: 2.67
粗骨材	G2	砕石 40~20mm 密度: 2.62g/cm ³ , FM: 7.86
	G3	砕石 20~5mm 密度: 2.61g/cm ³ , FM: 6.50
混和剤	AD	AE 減水剤 リグニンスルホン酸塩とナリソルボン酸塩

表-2 検討ケース

単位セメント量 (kg/m ³)	α 値	β 値
90	1.20	0.90, 1.00, 1.10, 1.25, 1.75 (5 水準)
110		0.85, 0.95, 1.00, 1.10, 1.25, 1.50 (6 水準)
130		0.95, 1.00, 1.25, 1.35, 1.50, 1.75 (6 水準)
150		0.90, 1.00, 1.25, 1.50, 1.75, 2.00 (6 水準)
170		1.00, 1.25, 1.50, 1.75, 2.00, 2.25 (6 水準)
220	1.19	1.00, 1.25, 1.50, 1.75, 2.25, 2.50 (6 水準)

表-3 コンクリート配合の一例

単位セメント量	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					α 値	β 値
			W	C	S	G2	G3		
90 kg/m ³	101.1	25.9	91	90	581	838	835	1.20	0.90
	110.0	27.8	99		618	809	806		1.00
	118.9	29.8	107		658	780	777		1.10
	131.1	32.6	118		786	680	678		1.25
	163.3	40.4	147		848	630	628		1.75

AD=C×1%

キーワード: VC 値, 密度, 圧縮強度, RCD

連絡先: 〒811-1234 福岡県筑紫郡那珂川町五ヶ山 鹿島建設(株)九州支店 TEL 092-408-8556

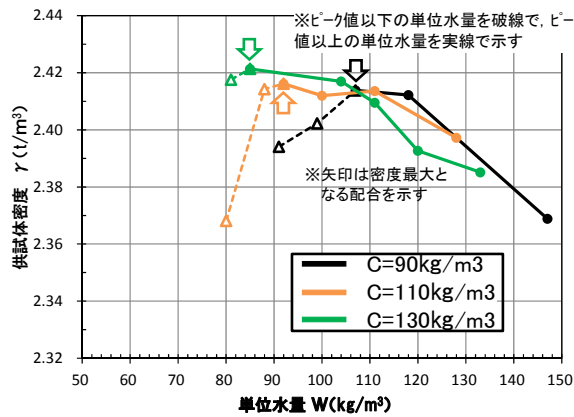


図-1 単位水量と供試体密度の関係

3. 実験結果

各単位セメント量における、単位水量と供試体密度の関係を図-1に示す。同一単位セメント量では、単位水量の増加に伴って配合計算上の密度は小さくなるが、本試験では、単位セメント量によらず、図中の矢印で示した単位水量にて供試体密度が最大となる、山形の形状となった。密度は供試体の直径、高さおよび表乾質量から算出しており、供試体の目視観察の結果、表面に豆板が発生している供試体は密度が小さくなっていることがわかった。

次に、単位水量と圧縮強度の関係を図-2に示す。同一単位セメント量では、図中の矢印で示した単位水量において強度が最大となる、山形の形状となった。単位水量の少ない領域で強度が低下した理由は、未充填箇所が供試体内部に存在していたと考えられる。また、図-1と図-2を比較すると、同一単位セメント量において、供試体密度最大となる単位水量と強度最大となる単位水量に差が生じ、供試体密度が小さくても強度が高い配合があることがわかる。試験後の供試体を割裂して目視観察したところ、強度低下した供試体はその内部に充填不良箇所が生じているが、強度低下のない配合は豆板の発生が表面のみで内部のコンクリートは十分に締め固まっており、このことが結果に影響していると考えられる。

ここで、図-2のデータをW/Cと圧縮強度の関係で整理すると図-3に示す結果となった。W/Cが70%を超えるような一般的なコンクリートよりも高いW/Cの領域においても、ほとんどのデータにおいてW/Cと圧縮強度には一定の相関が得られた。また、W/Cが低いにも関わらず圧縮強度が低下している単位水量の配合を点線で示したが、これは、図-2において圧縮強度が低下する配合と一致した。すなわち、図-2において圧縮強度最大となる単位水量より単位水量が大きい領域は、十分に締め固められた密実なコンクリートであると考えられ、その圧縮強度がW/Cにて決定される。

4. まとめ

本検討の結果、供試体内部に未充填箇所が発生していないRCDコンクリートは、高W/C領域においても、W/Cと圧縮強度に高い相関が得られることを確認した。また、供試体表面に未充填箇所が発生したとしても、内部のコンクリートは十分に締め固められる場合があり、供試体で測定した密度が必ずしもそのコンクリートの施工性や締め固め特性を表す指標とはならない可能性があることを示した。なお、本検討は「RCDコンクリート特性研究会」の成果¹⁾の一部を取りまとめたものである。

参考文献

1) RCDコンクリート特性研究会：RCDコンクリート特性に関する研究，ダム技術，No.352，pp.23-44，2016.1

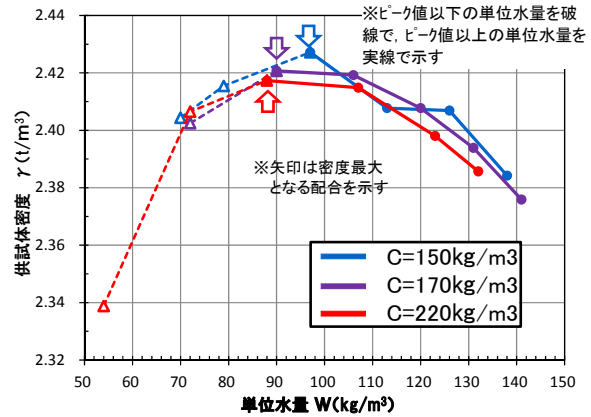


図-2 単位水量と圧縮強度の関係

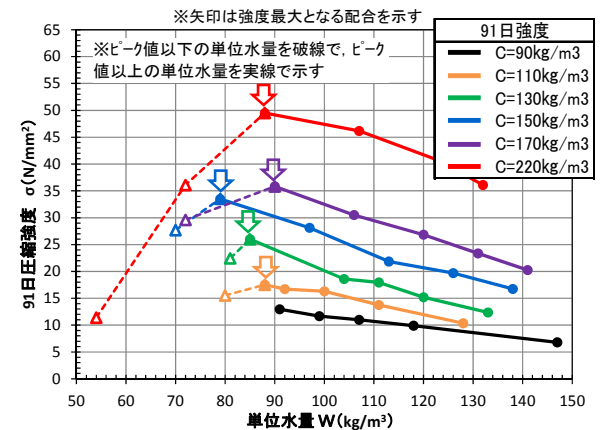


図-3 W/Cと圧縮強度の関係

