

コンクリートダムにおける FPCD (Flat Plate Compacted Dam Concrete) 工法の開発

鹿島建設(株) 正会員 大内 斉 林 健二 岡山 誠 寺内健二 取違 剛 ○菅井貴洋

1. 目的

コンクリートダムにおける堤体コンクリートの施工方法のひとつとして、RCD(Roller Compacted Dam Concrete)工法がある。RCD 工法は、大型の汎用機械を使用するため、広い施工ヤードを確保できる場合に、施工の効率化・高速化が期待できる工法として採用されている。しかし、RCD 工法による施工限界幅が 15m 程度¹⁾とされていることから、中小規模のコンクリートダムや大規模のコンクリートダムの上下流幅が狭くなる高標高部や構造物周りなどの施工ヤードが狭い場所、また堤内構造物が比較的多いダムでは、ブルドーザによる敷均しが十分に出来ず品質低下の懸念より、ELCM(Extended Layer Concrete Method)工法が採用される場合がある。さらに RCD 工法は、内部コンクリートと外部コンクリートとでは施工機械が異なり、多くの施工機械を配置しなければならないため、施工ヤードが狭ければ施工そのものが困難になるといった問題がある。これに対して、RCD 用の超硬練りコンクリートを比較的自由度が高い施工機械を使用して、中小規模のコンクリートダムや高標高部および構造物周りなどの施工ヤードが狭い場所でも施工することができれば、施工速度の向上や品質確保(単位セメント量の低減による温度ひび割れ低減)に大きく寄与すると考えられる。

本編では、RCD 用の超硬練りコンクリートを用いて、敷均しにブルドーザの代替としてバックホウを、締固めには振動ローラの代替として巡航 RCD 工法で使用している端部締固め機 (Flat Plate Compactor : FPC) を使用した FPCD (Flat Plate Compacted Dam Concrete) 工法の開発を目的として、ダム高標高部における内部コンクリート配合最小幅程度での施工実現性を検証する試験施工を行った結果を報告する。

2. 試験概要

2.1 使用材料およびコンクリートの配合

コンクリートの使用材料を表-1 に、コンクリートの配合を表-2 に示す。コンクリートの最大骨材寸法は、一般的な RCD コンクリートに用いられている 80mm と小型の施工機械で比較的容易に施工可能で材料分離もほとんどなく RCD 工法による施工幅が 8m 程度の狭い場所でも施工性が良い 40mm²⁾ の 2 種類とした。

表-1 コンクリートの使用材料

材料	記号	摘要
水	W	那珂川河川水
セメント	C (MF30)	中庸熟フライアッシュセメント (フライアッシュ 30%置換) 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	G1	砕石 80 ⁺ 40mm 密度: 2.63g/cm ³ 、FM: 8.81
	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およびオキシカルボン酸塩)

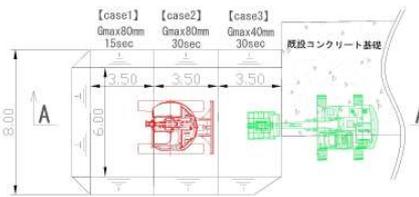


図-1 施工試験平面図

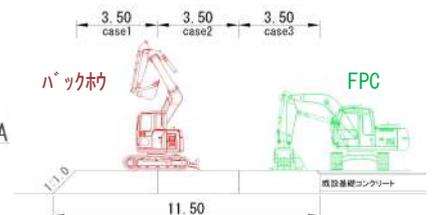


図-2 施工試験断面図(A-A)

表-2 コンクリートの配合

配合 No.	Gmax (mm)	VC (sec)	Air (%)	W/C+F (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
						W	C+F	S	G1	G2	G3	AD
1	80	20±	1.5±	77.7	34.0	101	130	700	650	423	419	1.30
2	40	10	1.0	77.3		116	150	657	0	776	698	1.50

表-3 試験ケースおよび使用機械

Case	配合 No.	撤出し厚さ (cm)	仕上り厚さ (cm)	転圧時間 (sec)	使用機械	
					敷均し	締固め
1	1	50	100	15	バックホウ (0.25m ³ 級)	FPC (0.5m ³ 級バックホウ)
2	1	50	100	30		振幅数: 47Hz
3	2	50	100	30		起振力: 160kN



写真-1 端部締固め機(FPC)

キーワード: コンクリートダム、巡航 RCD 工法、FPCD 工法、超硬練りコンクリート、端部締固め機、密度、圧縮強度
 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

2.2 試験施工内容

図-1 および図-2 に試験施工の平面図および断面図を示す。試験施工は下幅 8m、天端仕上り幅 6m(法勾配 1:1.0) と比較的狭い条件を設定した。試験ケースおよび使用機械を表-3 に示す。敷均しにはバックホウ、締固めには FPC を使用した。撒出し厚さは、通常の RCD 工法と同等の施工速度を確保すべく一層を 50cm とし、仕上り厚さを 100cm (50cm×2 層) とした。締固め時間は、巡航 RCD 工法における端部法面締固め時間と同じ 15 秒²⁾ と岩着向け RCD コンクリートで実績のある FPC での締固め時間と同じ 30 秒³⁾ の 2 種類とした。

3. 試験結果

3.1 施工性およびコンクリート表面の状態

施工性について、天端仕上り幅が 6m (下幅 8m) と比較的狭い状況を想定した試験施工を実施したが、バックホウと FPC の組合せで問題なく施工することができた。ただし、バックホウで撒出しを行う場合、Gmax80mm の骨材を用いたコンクリートでは、裾部に大玉が集中しないように注意する必要がある。写真-2 は、FPC で締め固めている状況を示したものである。締固め後の表面の仕上がり状況は、骨材の最大寸法に関係なくセメントペーストの浮きが見られて良好な状態であることを確認した。



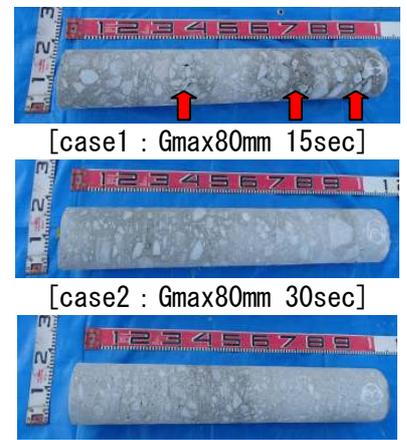
写真-2 締固め状況

3.2 コアによる評価

採取したコアは、φ150mm および φ200mm の 2 種類とし、下層部 (1 層目) および上層部 (2 層目) のそれぞれの範囲を切断したものを評価に用いた。

(1) コア外観評価

写真-3 は、それぞれの試験ケースで採取したコアの写真の一例を示したものである。case1 では 1 層目と 2 層目に大玉が集中したことが原因であると思われるあばた (写真中の赤矢印) を確認した。case2 および case3 については、あばたや粗骨材の偏りもなく、モルタルも密実に充填されており、コンクリートも均質で良好な状態であることを確認した。



※コアの左端側が仕上り面 (天端)

写真-3 コア写真

(2) コアの密度

採取したコアの密度分布を図-3 に示す。平均密度は、それぞれ case1 が 2.356t/m³、case2 が 2.375t/m³、case3 が 2.379t/m³ であり、全てにおいて規格値である 2.3 t/m³ 以上を満足する結果であった。ただし、case1 と case2 および case3 とを比較すると、case1 の方が若干ではあるが密度が低い傾向にあった。FPC での締固め時間を 30 秒にすることで、15 秒の時と比べてより密実に締め固まることを確認した。

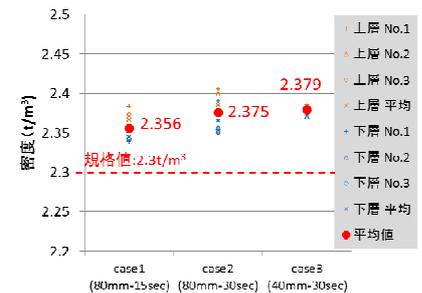


図-3 コア密度

(3) コアの強度

強度試験は、材齢 87 日、積算温度 37,020°C・h (20°C養生における約 52 日) にて実施した。採取したコアの圧縮強度を図-4 に示す。圧縮強度の平均値は、それぞれのケースで 9.5N/mm² 以上であることを確認した。ただし、case1 の 1 本の供試体の圧縮強度が 8.31 N/mm² (9.5N/mm² の約 0.87 倍) と 9.5 N/mm² を下回るものもあった。これは、case1 に大玉が集中したことによって生じたあばた (写真-3 参照) が強度に影響したものであると考えられる。

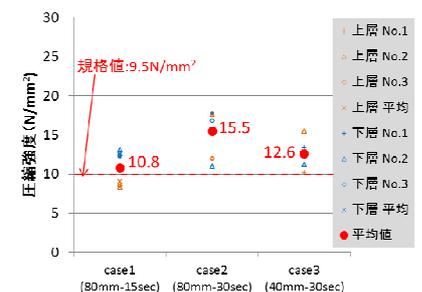


図-4 コア強度

参考文献

- 1) (財)ダム技術センター：多目的ダムの建設 第6巻 第32章、P160、平成17年版
- 2) 西山ら：五ヶ山ダム本体工事における「巡航 RCD 工法」の適用-その4-、ダム技術 No. 349、PP58-84、2015
- 3) 鴨打ら：五ヶ山ダム本体工事における「巡航 RCD 工法」の適用-その2-、ダム技術 No. 342、PP83-119、2015