

供用中ダムの大水深下に構築する水中不分離性コンクリートの施工実績

国土交通省四国地方整備局那賀川河川事務所
鹿島建設(株)

白川 豪人 岡田 武文
正会員○小川 雄一郎 川中 勲 尾口 佳丈

1. はじめに

長安ロダムでは、洪水調節能力を増強させるため、既設堤体を切削して新たな洪水吐ゲートを2門増設する再開発事業を行っている。本工事は、堤体切削を行うための初期工事であり、仮締切および予備ゲート等を支持する鋼・コンクリート複合形式の底部架台(図-1)をアンカーボルトによって堤体上流面に一体化させるという、ダム改造工事である。

本文では、鋼製底部架台の上部に構築する水中不分離性コンクリートについて、事前に実施した温度応力解析の結果とともに、温度ひび割れ対策をはじめとする品質向上の実績について報告する。

2. 水中不分離性コンクリートの課題と解決策

底部架台の水中不分離性コンクリートの施工延長は 43.0m であるが、今回、報告するのは、その半分の 21.5m (A～D ブロック)である(図-2)。

水中不分離性コンクリートは、仮締切、予備ゲートおよび予備ゲートピアを支える主たる構造(永久構造物)であることに加え、仮締切の排水時にその内部への水の漏水を防ぐ機能を有することが必要である。しかし、コンクリートは厚さ 1.47m の床版であり、マスコンクリートに該当する。加えて、鋼製架台のリブプレートがコンクリート内に突出し、コンクリートの断面欠損が生じる箇所があるとともに、コンクリートの下面が鋼製底部架台に、側面が既設堤体にそれぞれ拘束され、ひび割れの発生が懸念された。また、コンクリート内部には戸当り鋼材が複数存在することから、コンクリートの充填不良も懸念された。

そこで、水中不分離性コンクリートについて3次元FEM温度応力解析を行い、これを基にひび割れ制御対策を講じることとした。また、充填不良等の初期欠陥や、排水後の乾燥収縮によるひび割れに対する対策も併せて講じることとした。

水中不分離性コンクリートの課題と対策の一覧を表-1に示す。図-3に、温度応力解析における最小ひび割れ指数のコンタ図(Dブロック)を示す。表に示した対策を実施することで、局所を除いてひび割れ指数 1.75 を満足する結果が得られた。

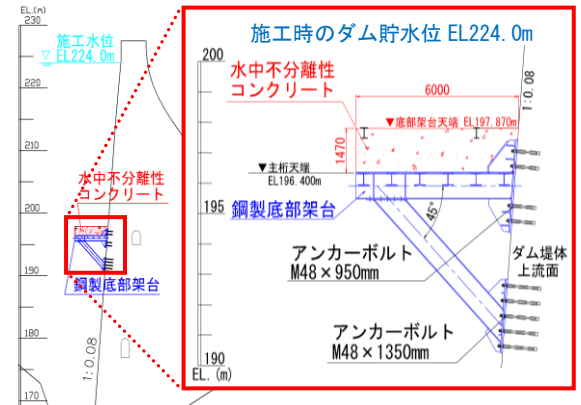


図-1 底部架台工(断面図)

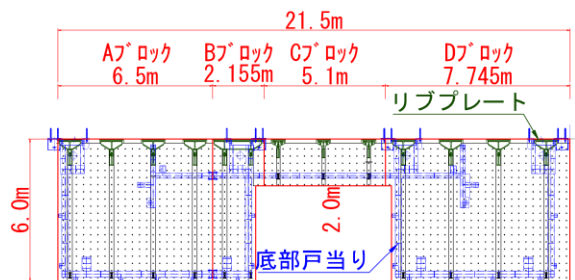


図-2 底部架台工(平面図)

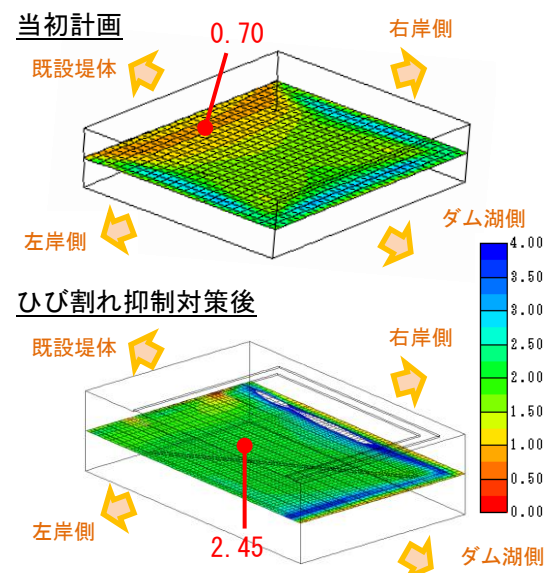


図-3 温度応力解析の最小ひび割れ指数コンタ図(Dブロック)

キーワード 水中不分離性コンクリート、温度応力解析、水中施工、液化窒素、プレクーリング

連絡先 〒760-0050 香川県高松市亀井町 1-3 鹿島建設(株)四国支店 TEL 087-839-3111

表-1 水中不分離性コンクリートの課題と対策

番号	課題	対策	期待する効果
1	温度応力	低熱ポルトランドセメントの採用	水和熱低減による温度応力の抑制
2	温度応力	液化窒素によるプレクーリング	コンクリートの打込み温度規制による温度応力の抑制
3	温度応力	ひび割れ制御鉄筋の追加	ひび割れ幅の制御
4	初期欠陥	スランプフローの変更	スランプフローの増大による初期欠陥の防止
5	乾燥収縮	エポキシ樹脂による表面被覆	仮締切内の排水後における乾燥収縮の抑制

3. 水中不分離性コンクリートの施工実績

3. 1 コンクリートの配合

水中不分離性コンクリートの配合を表-2に示す。コンクリートは、温度ひび割れの発生を抑制すべく、最小ひび割れ指数が 1.75 以上となるよう、打込み温度を 15℃以下とした。コンクリートの配合は、室内配合試験で決定したが、その際、練上がり温度が 15℃の時に所定のフレッシュ性状が得られるよう各種材料の温度と単位量を調整した。

3. 2 液化窒素によるコンクリートのプレクーリング

水中不分離性コンクリートのブロック割と液化窒素の使用量・冷却原単位を表-3に示す。実施工では、液化窒素によるプレクーリングを実施した。液化窒素は、写真-1に示すとおり、打込み箇所には液化窒素ローリを配置し、噴射ノズルを介してアジテータ車のドラム内に直接投入した。投入量は、現場に到着したコンクリートの温度を測定し、冷却原単位(コンクリート 1m³を 1℃下げるために必要な液化窒素の量: 13.5kg/℃/m³)を基に定めたが、結果として、本工事の水中不分離性コンクリートの冷却原単位は 13.8kg/℃/m³であり、計画は妥当であった。コンクリート温度(平均値)は、プレクーリング前が 18.9℃、プレクーリング後が 13.7℃であり、5.2℃の冷却によって目標とした規制温度(15℃)を満足できた。冷却後のスランプフロー(平均値)は 56.5cm であり、規格値を満足できた。

3. 3 コンクリートの打込み

コンクリートの打込みは、圧送ホースを潜水士が操作する水中施工となる。打込みでは、安全、環境、品質および出来形精度の向上を目的に、①管先を常に打込んだコンクリートに挿入したトレミー状態で行うこと、②流動距離を制限するために管先を複数箇所に移動させることとした。

その結果、打込みに伴う濁水の発生がなく、潜水士の安全と水質を確保しながら施工を終了できた。また、仕上り標高の出来形は、設計値+15～+19mm であり、高い精度を確保できた。

水中不分離性コンクリートの圧縮強度を表-4に示す。低熱ポルトランドセメントを使用しているため、強度を保証する材齢を 91 日とした。表より、材齢 91 日で設計基準強度 24N/mm²(水中)を十分に満足するとともに、水中気中強度比が 93%であり、高い水中不分離性を有していることがわかる。

4. まとめ

水中不分離性コンクリートのひび割れ指数を 1.75 以上とする配合と温度規制に加え、ひび割れ制御鉄筋の配置やコンクリートの表面被覆など細部に亘る配慮により、ひび割れがない良質なコンクリートを構築できた。

表-2 水中不分離性コンクリート配合

スランプフロー の範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	水 セメント比 W/C (%)	細骨材 率 s/a (%)	単位量(kg/m ³)							
				水 W	セメント C (低熱)	細骨材 S		粗骨材 G		混和剤	
						S1	S2	G1	G2	水中不分離性 混和剤	高性能 減水剤
55±3	3.5 ±1.0	50	40	260*	520	342	224	474	387	2.34 (W×0.9%)	9* (L/m ³)

注) *高性能減水剤は、水の内割とする。

表-3 打込みブロック割と
液化窒素の使用量・冷却原単位

ブロック割り	コンクリート 数量(m ³)	液化窒素 投入量(t)	冷却原単位 (kg/℃/m ³)
Cブロック	20	1.44	11.8
Dブロック	72	4.27	13.9
A・Bブロック	78	6.96	15.8
合計	170	12.67	(平均)13.8

写真-1 液化窒素による
プレクーリング写真-2 コンクリートの打込み
(水中写真)

表-4 圧縮強度

材齢	気中採取供試体 (平均値) (N/mm ²)	水中採取供試体 (平均値) (N/mm ²)	水中気中 強度比
σ 7	8.30	9.00	1.08
σ 28	30.8	33.4	1.08
σ 56	48.1	42.4	0.88
σ 91	47.8	44.5	0.93