

## 水中不分離性コンクリートの暑中対策

国土交通省四国地方整備局那賀川河川事務所 森本 修三 白川 豪人 中山 雅登  
鹿島建設(株) 正会員 ○鮫島 康之 小川 雄一郎 椿 治彦 柳井 修司

### 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、国内初の構造を採用した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を施工する際の暑中コンクリート対策について報告する。

### 2. 水中不分離性コンクリートの課題と解決策

水中不分離性コンクリート<sup>1)</sup>(表-1)は、その上部に構築する仮締切、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)であり、高い水密性が求められる。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、施工が7月下旬~8月上旬の夏季であることから、有害な温度ひび割れが発生することが強く懸念された。

そこで、温度応力を低減できる具体的な方策を検討するため、温度応力解析を行った。その結果、①低熱ポルトランドセメントを用いること、②コンクリートの打込み温度を15℃以下とすることとした。

一方、水中不分離性コンクリートの製造は、AE減水剤等の混和剤を添加しないベースコンクリートを生コンクリート工場で練り混ぜて運搬し、現場で混和剤を添加する後添加方式を採用した。しかし、夏季施工で練上がり温度が高いこと、混和剤を使用していないことから、運搬時のスランプロスが過大となることが懸念され、試験施工を行って性状確認を行った(表-2)。試験施工では、アジテータ車による低速攪拌を行ったものの、練上がり60分後(本施工で水中不分離性混和剤を後添加する予定の最大時間)のスランプは13.0cmとなり、目標とするスランプの範囲である18~22cmから逸脱することがわかった。

そこで、運搬時のスランプ低下を抑制するため、③AE減水剤(遅延形)をベースコンクリートに添加すること、④練混ぜ水を冷却して練上がり温度を低下させること、⑤断熱塗料を施したアジテータ車を使用することとした。

### 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選定

配合は室内試験(室温20℃)により選定した。各種フレッシュ性状試験の結果を表-3に、水中不分離性コンクリートの配合を表-4に示す。また、圧縮強度試験の結果を図-2に示す。

試験練りでは、低熱ポルトランドセメントを使用し、AE減水剤の添加率を3水準変化させた。試験の結果、AE減水剤の添加量の増加に伴ってベースコンクリートのスランプが増大すること、AE減水剤の添加率を変化させても圧縮強度は変わらないことが分かった。AE減水剤の添加率は所定のスランプフローが得られる最

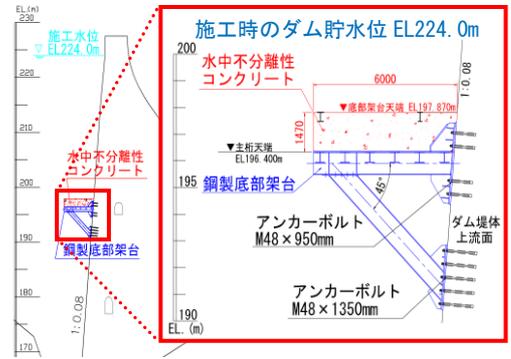


図-1 底部架台工(断面図)

表-1 水中不分離性コンクリートの規格値

項目	規格値
スランプフロー	55±3cm
空気量	3.5±1.0%
水セメント比	50%
呼び強度	24N/mm <sup>2</sup> (気中施工の30N/mm <sup>2</sup> 相当)

表-2 スランプの変化

項目	練上がり		
	直後	60分後	90分後
ベースコンクリートスランプ(cm)	18.5	13.0	13.0
空気量(%)	0.4	0.3	0.3
コンクリート温度(℃)	24.0	26.0	26.0
外気温(℃)	23.0	26.0	26.0

キーワード 水中不分離性コンクリート, 暑中コンクリート, 温度応力解析, 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-3 フレッシュ性状試験の結果(室内試験)

AE 減水剤	ベースコンクリート		水中不分離性コンクリート	
	スランプ (cm)		スランプ フロー (cm)	空気量 (%)
	練上がり 直後	練上がり 30分後	混和剤 添加直後	
添加なし	20.0	18.0	55.8	4.0
C×0.7%	21.0	20.5	57.8	4.1
C×1.0%	22.0	20.5	57.0	4.2
C×1.5%	22.5	21.0	55.8	4.0

小として単位セメント量×0.7%を選定したが、実施工では、練上がり温度によって添加率を変更することとし、日中の気温が高くなった実施工の直前に実機プラント試験を実施した。

試験では、実施工と同じ要領で水中不分離性コンクリートを製造し、フレッシュ性状の経時変化を確認した。実機プラントを用いても所定の品質を有するコンクリートを製造できること、30分後の流動性の低下がほとんどないことをベースコンクリート、水中不分離性コンクリート共に確認した(表-5)。

3.2 施工実績

新たに判明した現場条件を踏まえ、実施工直前に温度応力解析を再度行った。その結果、最小ひび割れ指数は2.43であり、十分な暑中対策が講じられていることを確認できた。

水中不分離性コンクリートは、3回に分けて打ち込んだ。

実施工では、板氷によってレディーミクストコンクリート工場の練混ぜ水と現場の後添加水の両方を冷却した(写真-1)。その結果を表-6に示す。これにより、ヒートバランスの計算上は、少なくともコンクリートの練上がり温度を2℃低下できたものと考えられる<sup>1)</sup>。

AE 減水剤の添加率は、試験の結果や混和剤メーカーの実績を基に表-7のとおり予め設定した。その結果、目標とするスランプの範囲に収まり、また、ベースコンクリートはスランプの低下も小さかったことから、計画は妥当であったと判断した。

打込み温度の規制は、先述の水の冷却に加え、遮熱塗装を施したアジテータ車による運搬と、打込み前の液化窒素によるプレクーリングによって対応した。

液化窒素は、打込み箇所に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(写真-2)。打込み完了までのコンクリートの温度上昇を1℃と見込み、プレクーリング完了時の目標温度を14℃とした。コンクリート温度の平均値は、プレクーリング前が28.0℃、プレクーリング後が13.6℃であり、14.4℃の冷却を行った。目標とした規制温度(15℃)を満足しつつ、流動性の優れた水中不分離性コンクリートを施工することができた。

4. まとめ

水中不分離性コンクリートの暑中対策として、配合、製造および運搬方法の改善に加え、温度規制を行った。施工はすべて完了しているが、初期欠陥や温度ひび割れは確認されていない。本文が同種の他工事の参考になれば幸いである。

参考文献 1) (公社)土木学会：2012年制定コンクリート標準示方書【施工編】

表-4 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 (%)	細骨 材率 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						
				水 W	セメント L (低熱)	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤		
								AE 減水剤 Ad	水中 不分離性 混和剤 UWB	高性能 減水剤 HRWRA
55±3	3.5±1.0	55	40	260	520	566	861	3.64 L×0.7%	2.34 W×0.9%	9 (L/m <sup>3</sup> )

Ad : オキシカルボン酸系化合物  
UWB : 水溶性セルロース系  
HRWRA : メラミンスルホン酸系化合物

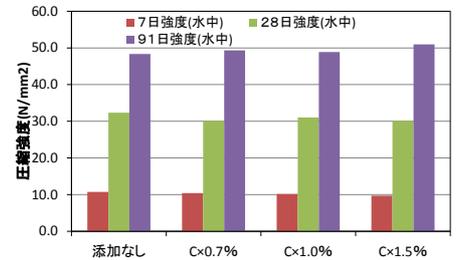


図-2 圧縮強度の試験結果

表-5 実機プラント試験の結果

	練上がり 直後	練上がり 30分後	混和剤 後添加直後	後添加 30分後
ベースコンクリート スランプ (cm)	20.5	19.5	-	-
水中不分離性 コンクリート スランプ フロー (cm)	-	-	58.0	58.0
空気量 (%)	-	-	3.0	2.5
コンクリート温度 (°C)	23.0	23.0	23.0	23.0
外気温 (°C)	23.0	23.0	23.0	23.0



写真-1 練混ぜ水の冷却状況

表-6 練混ぜ水と後添加水の冷却

	生コン工場の 練混ぜ水 (°C)		後添加水 (°C)	
	冷却前	冷却後	冷却前	冷却後
打設①	25.0	18.0	26.0	12.0
打設②	27.0	16.0	28.0	8.0
打設③	28.0	15.0	28.0	6.0

表-7 コンクリート温度とAE 減水剤の添加率

ベースコンクリートの温度 (°C)	AE 減水剤添加率 (C×%)
20	添加なし
23~26	0.70
30	0.85



写真-2 液化窒素によるプレクーリング状況