

海外の建設施工特集

中国三峡ダム RCC 仮締切り重力式コンクリートダムの急速施工

山本 隆・島中勝也

三峡ダムプロジェクトは1993年より中国政府が進めている世界最大の水力開発プロジェクトである。ダム型式は総コンクリート量2,700万m³の発電所、船閘設備を備えた重力式コンクリートダムである。総貯水容量は393億m³、総発電能力1,820万kWと日本のすべてのダムの能力の合計を上回る規模である。本報文ではこのダム建設において右岸部に設置した、堤頂長380m、堤高90m、堤体積110万m³のRCC仮締切り重力式コンクリートダムの急速施工について報告する。

キーワード：ダム、仮締切り、RCC、変態コンクリート急速施工

表-1 プロジェクト概要

ダムサイト	中国湖北省宜昌市三斗坪		
建設工期	1993年～2009年		
堤高	181m		
堤頂長	2,309.47m		
コンクリート量	2,700万m ³ (堤体：1,500万m ³ , 永久船閘, 発電所他：1,200万m ³)		
総貯水容量	393億m ³ (日本全国で3,000箇所を数えるダム総貯水容量の約2倍)		
洪水調節容量	222億m ³		
湛水面積	1,084km ² (琵琶湖の約2倍)		
発電	・年間発電量	846.8億kWh (日本の総水力発電容量に匹敵)	
	・総発電能力	26基：1,820万kW	
舟運	・永久船閘 (シップロック)	1万t級通行可 所要時間160分	
	・臨時船閘 (シップリフト)	3千t級通行可 所要時間40分	
総事業費	1,800億元 (工事費：1.5兆円 (56%) 移転補償費：1.2兆円 (44%))		
その他	・水没する市	13市	
	・住民の移転	113万人	
	・水没する遺産	1,208基	
過去の水害記録	1931年	死者数	14.5万人
	1935年		14.2万人
	1954年		3.3万人
	1998年		1,562人
		冠水	340万ha
			151万ha
			317万ha
			52万ha
	*1998年の被害総額と三峡ダムの総事業費が同程度		

1. はじめに

三峡ダムの建設場所は上海の西1,600kmの長江中流域、中国湖北省宜昌市三斗坪である。長江の歴史は過去の水害記録が示すとおり氾濫の繰返しであり、その被害は想像を絶するものがある。三峡ダム建設はこのような歴史的背景に後押しされると同時に著しい経済発展にともなう電力需要及び経済の下支えとなる舟運の拡大が大きな目的である。

このプロジェクトは1期(1993～1997)、2期(1997～2003)、3期(2003～2009)に分けて段階的に施工され、2009年12月の完成予定である。2003年は2期から3期工事への移行期にあたり、左岸側発電所の1次発電(全16基の内4基)、永久船閘の運用、右岸側の本体ならびに発電所の建設が始まる。これらに先駆けて右岸部に仮締切りのための重力式コンクリートダムが築造された。

本報文ではRCCで施工された仮締切ダムについて述べる。図-1にダムサイト位置図、表-1にプロジェクトの概要を示し、図-2、図-3、図-4にその平面

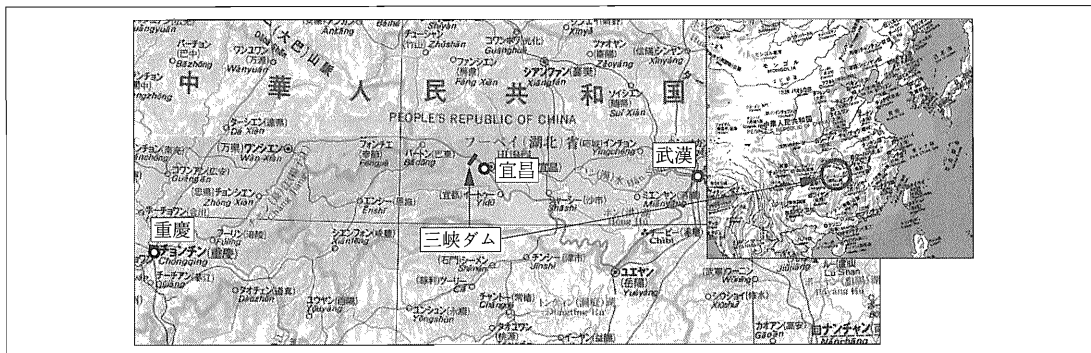


図-1 ダムサイトの位置図

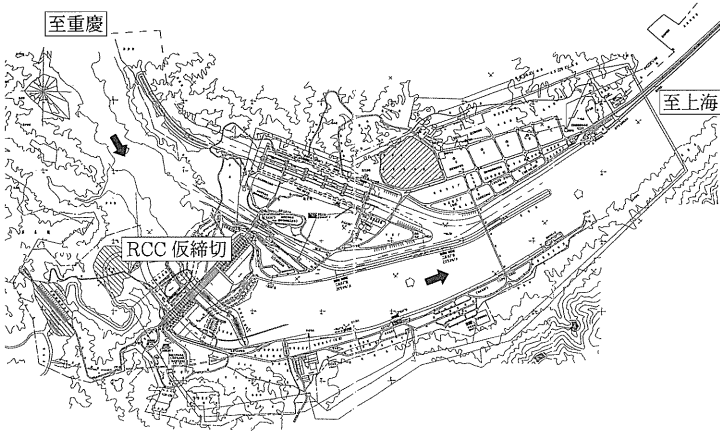


図-2 平面図

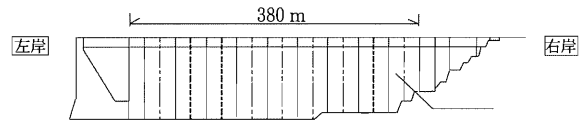


図-3 上流面図

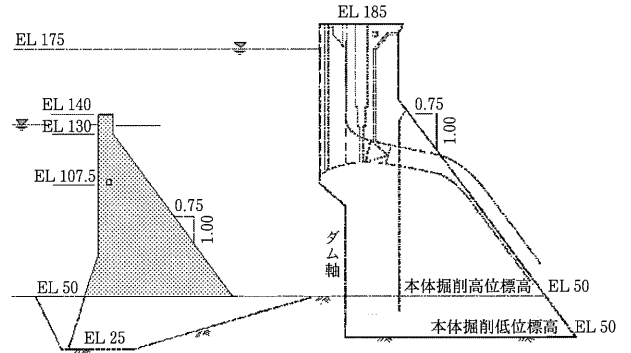


図-4 標準断面図

図, 上流面図, 標準断面図を示す。

2. 施工設備

この工事は堤体積 110 万 m³ の RCC 仮締切り堤を築造するものであるが、仮設備はコンクリートの製造・運搬・打設設備である。コンクリート製造設備（バッチャープラント）は RCC 仮締切り堤建設場所の右岸下流 EL 150 および EL 84 の 2 箇所に設置するとともに設備の故障等不測の事態に対応するため、予備として左岸本体建設用に設置されているものを充てた。

運搬設備はダンプトラックとタワーベルトコンベヤおよび補助のスプレッドコンベヤである。EL 90 以下では、ダンプトラック直送とタワーベルトコンベヤ+ダンプトラックの 2 方式の併用による運搬がある。ダンプトラック直送は EL 84 バッチャープラントから直接ダンプトラックで打設場所まで運搬するが運搬路は下流側に設けた 1, 2, 3 号道路および既存の西陵大道を使用する。

ベルトコンベヤ+ダンプトラックの場合は EL 150 バッチャープラントへ乗入れる。EL 90 以高は、1, 2, 3 号道路および西陵大道は盛土による堤体への乗入れが限界となるため、右岸地山部に設けた本体施工用 2 号道路を使ったダンプトラック直送とタワーベルトコンベヤ打設の併用に切替えた。タワーベルトコンベヤは堤体直下流に 2 基設置

し、EL 150 バッチャープラントから 2 系列のベルトコンベヤにより搬送されたコンクリートをカバーエリア内の任意の場所に直に打設する。

打設設備は、敷均し：21 t 級ブルドーザ、転圧：10 t 級振動ローラ、補助のホイールローダ（3.8 m³ 級、2.0 m³ 級）を使用した。

以上の施工設備をまとめたものを次に示し、その主なものを図-5 に示す。

- ① バッチャープラント（右岸下流 EL 84）
- ② バッチャープラント（右岸下流 EL 150）
- ③ バッチャープラント（本体左岸 EL 99）補助
- ④ 変態コンクリート用ミルクプラント（右岸天端）

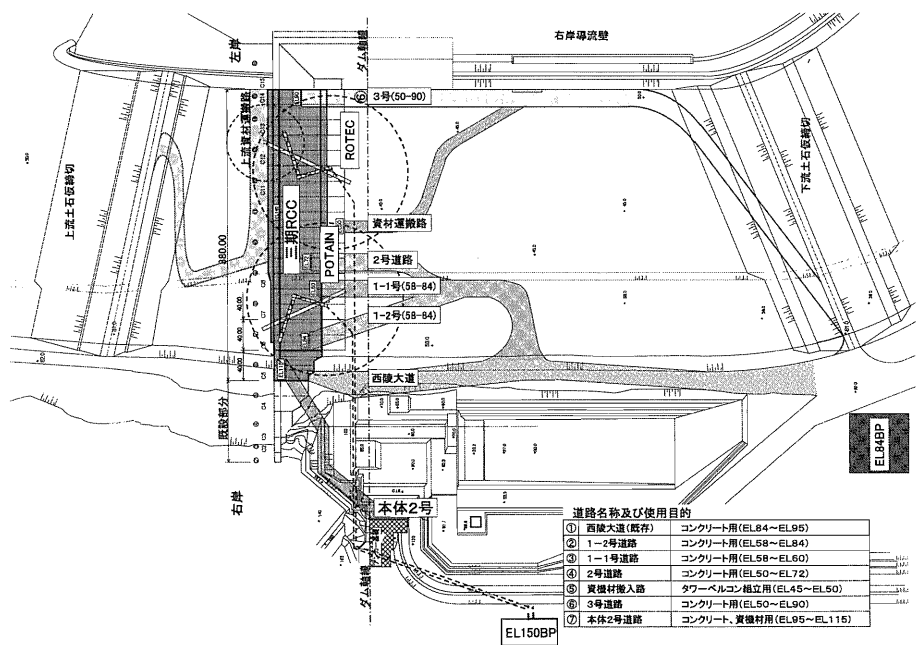


図-5 RCC 締切り工事施工設備は位置図

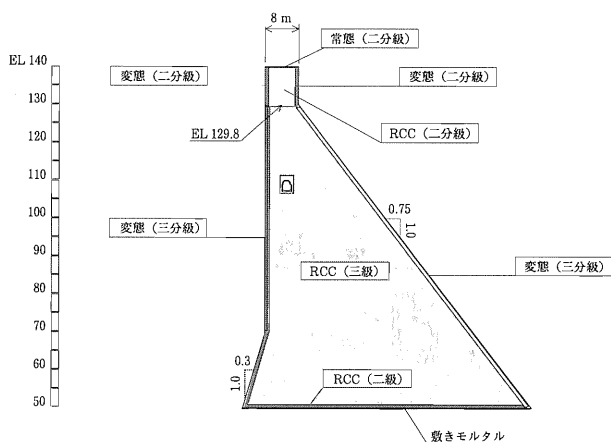
- ⑤ 中継グラントホッパ (12 m³, 2基)
- ⑥ タワーベルトコンベヤ (ROTEC), 中継ベルトコンベヤ
- ⑦ タワーベルトコンベヤ (POTAIN), 中継ベルトコンベヤ
- ⑧ タワークレーン (雑運搬専用), トラッククレーン
- ⑨ 工事用道路 (コンクリート運搬他 7 道路)
- ⑩ 洗車設備 (タイヤ洗浄用)・照明設備・噴霧設備他

3. コンクリートの配合及び配合区分

コンクリート配合は表—2 に示すように水/結合材比が小さく、フライアッシュ置換率が大いことが特徴である。配合区分は図—6 に示す通りであるが、特筆すべきは外部コンクリートの配合である。基本的には内部と同一配合として、同一リフト内での配合切替えをなくすことで作業を単純化するとともに施工の合理化を図っている。

表—2 コンクリート配合表

分級	配合比				単 位 量 (kg)								
	W/C+F	W (kg)	s/a (%)	F (%)	W	C	F	S	G (5-20)	G (20-40)	G (40-80)	ZB-1 A	AIR
三	0.50	83	34	55	83	75	91	735	431	575	431	4.98	1.66
二	0.50	93	39	55	93	84	102	825	650	650	/	5.58	1.86



図—6 コンクリート配合区分

4. 施工仕様

上流表面部は止水性の向上を図るため型枠面より0.5~1.0 m の範囲を変態コンクリートで施工した。また、下流側については型枠際の施工性、プレキャスト型枠と RCC コンクリートの付着性を考慮して上流

面同様、変態コンクリートにより施工した。

水平打継ぎ目は次リフトまでの放置時間に依りて次のように処理した。

- ① 打継ぎ目処理不要：
12~3月→10 h, 4~5月→8 h, 6月→6 h 以内で打設する場合
- ② I型コールドジョイント処理：
12~3月→20 h, 4~5月→16 h, 6月→12 h 以内の場合を対象とし、打設面に敷モルタルを行った後打設する。
- ③ II型コールドジョイント処理：
上記以外の場合を指し、グリーンカット処理と敷モルタル施工
コンクリートの転圧仕様を表—3 に示す。

表—3 転圧仕様

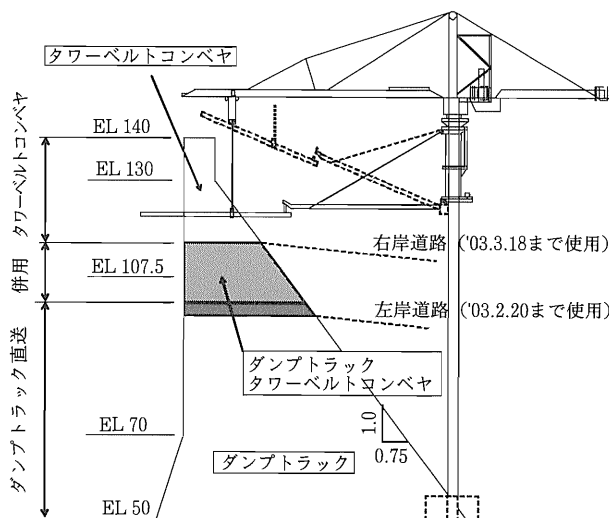
機 種	走行速度	転圧回数
10 t 級振動ローラ	1.0~1.5 km/h	10 回 (無振動 2 回 + 有振動 8 回)

VC 値はバッチャープラント放出時 1~8 s, 打設現場で 1~10 s で管理し、降雨と気温に応じて次の打設制限を実施した。

- ① 降雨強度が 3 mm/h 以上の場合は打設中断
 - ② 日平均気温が 25°C 以上の場合は暑中コンクリート対策
 - ③ 日平均気温が 3°C 以下、或いは最低気温が -3°C 以下の場合は打設中断
- なお、コンクリートの打設温度は 15°C に規制した。

5. コンクリート打設

当工事におけるコンクリート運搬は堤体下部のダン



図—7 コンクリート運搬区分

プトラック直送，上部のタワーベルトコンベヤおよび両者併用の3タイプに分けられるが，その運搬区分を図-7に示す。

下部のダンプトラック直送による打設区間では1レーンに複数台の運搬車輛を配置するレーン管理方式を採用して，敷均し機械（ブルドーザ），転圧機械（振動ローラ）はそれぞれの能力に合わせた台数を配置した。

堤体上部のタワーベルトコンベヤ打設およびダンプトラック直送とタワーベルトコンベヤ打設併用区間では，2基のタワーベルトコンベヤのカバーエリア外をダンプトラックにより打設した。

全ての進入路からのダンプトラック進入が不可能となったEL 112より上部での，カバーエリア外のコンクリート運搬は常時堤体内に置いたダンプトラックにタワーベルトコンベヤで積込んだ後，ダンプトラックで運搬した。写真-1にタワーベルトコンベヤによる打設状況を示す。



写真-1 タワーベルトコンベヤによる打設状況

6. 上下流面処理

上流面型枠は図-8に示す回転式型枠を使用，堤体下部では上流側基盤面に設置したクローラクレーンとタワークレーンおよび堤体内部の移動式トラッククレーンの併用，堤体上部については移動式トラッククレーンのみで施工した。

下流面型枠は図-9に示すプレキャストブロックおよびばら型枠を使用し，運搬車輛で輸送可能標高までを前者，それ以上を後者とした。プレキャストブロックは近傍のプレキャスト工場で作成したものを車両運搬し，移動式トラッククレーンで据付けた。また堤体上部の鉛直部は埋込みアンカー方式によるばら型枠として人力にて施工した。

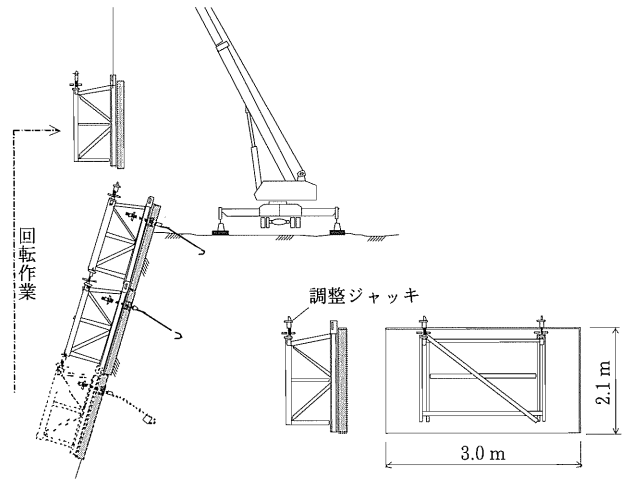


図-8 上流面型枠

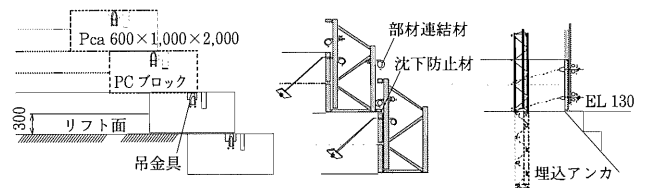


図-9 プレキャストブロックおよびばら型枠

RCC 仮締切りは外部コンクリートを「変態コンクリート（EGVC：Enriched Grouting Vibrating Concrete）と称して，内部（常態コンクリート）と区別しているが，その施工法は日本の外部コンクリートとはまったく異なった施工形態である。前述3章の「コンクリートの配合及び配合区分」のとおり，同一リフト内での配合切替を極力無くして運搬及び打設の合理化を図るものである。その区分を図-10に示す。

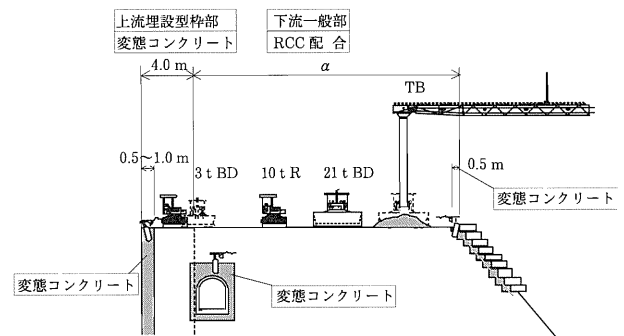


図-10 配合区分

変態コンクリートとは日本でいう外部コンクリートと同じ機能をもったものであるが，その製造過程が大きく異なる。通常の場合，外部コンクリートはバッチャープラントで製造されるが，変態コンクリートは打設現場で敷均ししたコンクリート（内部コンクリートと同一配合）にセメントミルクを散布して，棒状バイブレータで締固めるものである。その手順を図-11，図-12に示す。

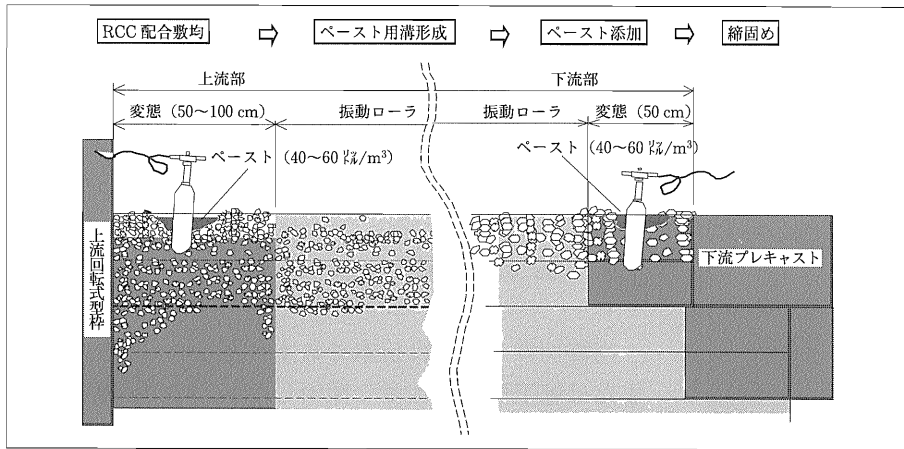


図-11 上流変態コンクリート

図-12 下流変態コンクリート

単純化が図れる。なお、当施工における回転式型枠脱枠後の表面観察結果においても非常に良好な結果が得られた。

7. 工事工程

当初計画ではコンクリートの打設開始を2003年1月8日としていたが、3週間前の2002年12月16日に打設開始の運びとなった。これは、本堤に先立って施工される上下流の土石締切り堤の着工が前倒しされ工程も順調に推移したこと、並びに締切り内部の排水(700万 m^3)が計画日数内に完了できたことによるものである。

着工から完成までの工程についても順調に推移して計画工期を大幅に短縮する結果となった。工程管理は図-13、図-14に示すRCC出来高管理グラフ、リフト出来高図、及びその他管理資料に基づいて日々の出来高を管理しながら進めた。その結果、月最大打設量467,000 m^3 および日最大打設量21,985 m^3 を記録した。

- ・打設開始日：2002年12月16日
- ・打設終了日：2003年4月16日
- ・月最大打設量：467,000 m^3 (2003年1月)
- ・日最大打設量：21,985 m^3 (2003年1月22日)
- ・日平均打設量：8,730 m^3

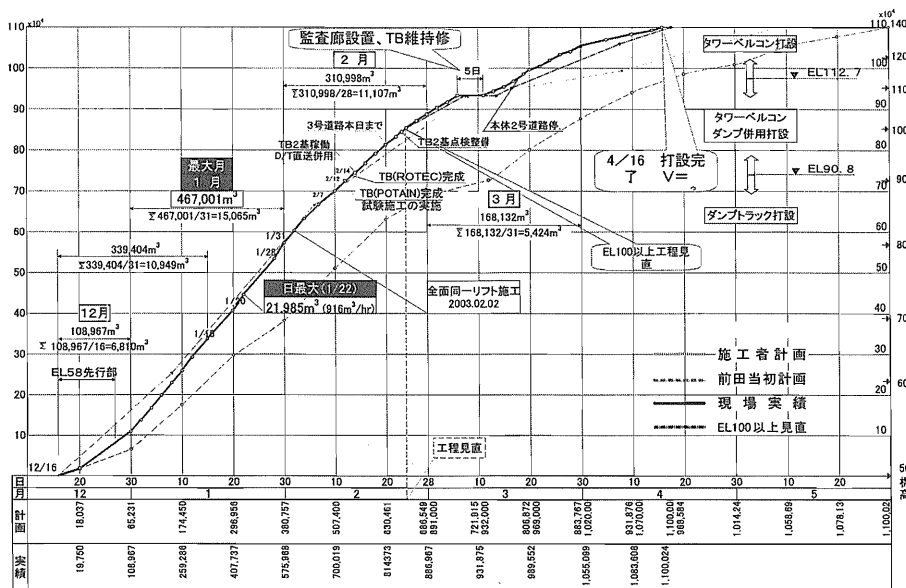


図-13 RCC出来高管理グラフ

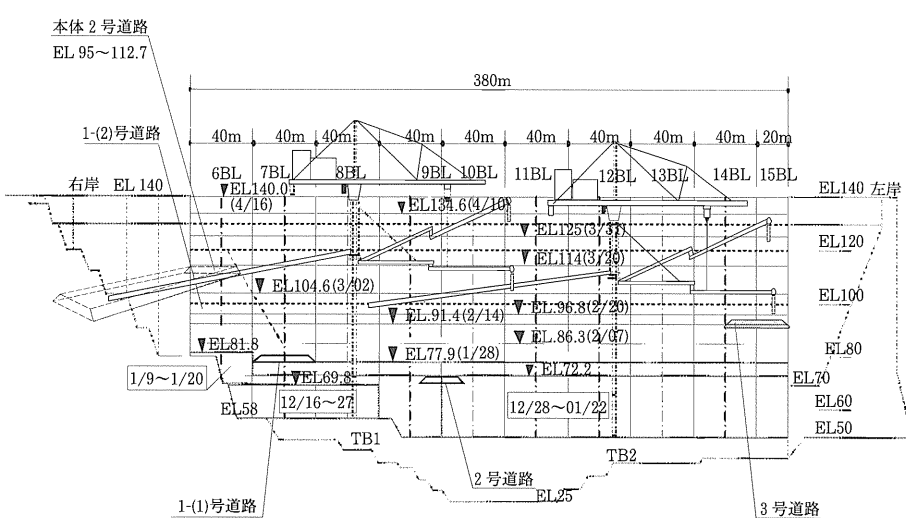
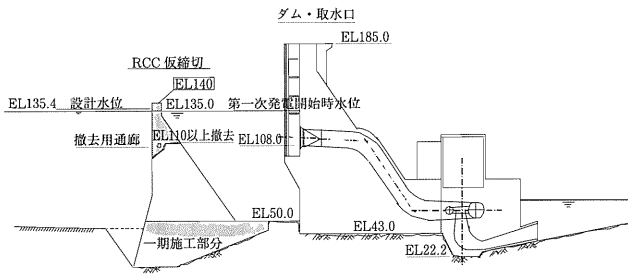


図-14 リフト出来高管理図

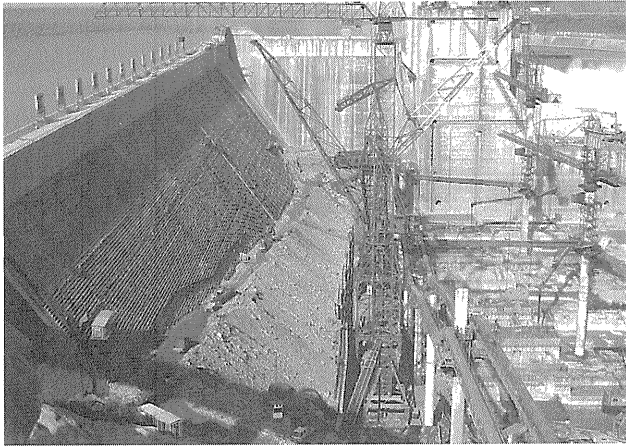
8. 爆破による撤去計画

敷均しにおいて隣合う外部及び内部コンクリートが同一配合のため、両者同時の敷均し作業が可能となり境界部打継ぎ時間の制約が解消されるとともに作業の

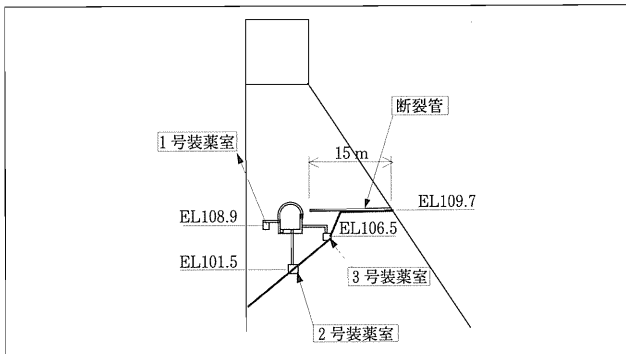
図-15に示すRCC仮締切りの斜線部については発電時の流況を安定させるためダム、発電所完成予定の



図一15 爆破撤去計画断面図



写真一2 仮締切り完了



図一16 爆破撤去用装薬室配置図

2007年に爆破撤去する計画である（写真一2）。

爆破作業に先立ち、今回の打設中に装薬室、装薬管あるいは断裂管の埋設を行うもので図一16に示す監査廊についても爆破のための作業スペースが主目的である。

9. おわりに

当締切り工事では日本であり見られない施工方法または施工形態を数多く採用したが、中でも変態コンクリートの施工は作業の単純化、施工の合理化に大きく寄与できたものとする。RCC工法については良く知られたものであるが、日本での施工例は稀有である。

当工事では1層30cm毎に敷均し、転圧、目地切りを行ったため、確実な締固め効果が得られるとともに連続的に次層へと施工することにより打継ぎ目処理を最小限に留めるとともに日本国内では想像できないような短期間で施工を完了した。

ダムの規模が大きく1層当たりの施工面積が広い場合は特に有効な工法である。

J C M A

【筆者紹介】



山本 隆 (やまもと たかし)
前田建設工業株式会社
本店
三峽ダム作業所
所長



畠中 勝也 (はたなか かつや)
前田建設工業株式会社
九州支店
荒瀬ダム作業所
所長