

フィルダム監査廊のプレキャスト化施工

赤坂 雄司 横沢 和夫
森本 英樹^{*1} 若松 敬継^{*2}

要 旨

近年、土木構造物のプレキャスト化施工は急ピッチで進んでおり、コンクリートダムの監査廊では、広くプレキャスト工法が取り入れられるようになりつつある。

本文は、施工の合理化、作業の安全性の向上を目的に、我が国で初めて実施したフィルダム監査廊のプレキャスト化工法の概要と、綱木川ダムでの実施工の状況について報告するものである。

今回、フィルダムの監査廊に適用したプレキャスト工法は、インバート部を従来工法で先行して構築し、その後インバートより上の部分に対して、従来はスライドセントルやバラセントルを使用していたものを、脱型不要の厚さ $t=8\text{cm}$ のプレキャスト型枠を用いて施工する工法であり、鉄筋は従来と同様に配筋するものである。

実施工の結果、綱木川ダムでは、工種の削減、工期の短縮等により、施工の合理化や安全性の向上が確認された。また、監査廊の水平部の延長が長いダムでは、より多くのメリットがあることがわかった。

キーワード フィルダム／監査廊／プレキャスト工法／プレキャスト型枠／綱木川ダム

目 次

- | | |
|---------------|------------------|
| 1. はじめに | 4. 綱木川ダムの監査廊 |
| 2. フィルダム監査廊 | 5. 監査廊のプレキャスト化施工 |
| 3. プレキャスト化の概要 | 6. おわりに |

APPLICATION OF THE PRECAST CEMENT TO THE GALLERIES IN FILL-TYPE DAM

Yuji AKASAKA
Hideki MORIMOTO

Kazuo YOKOZAWA
Hirotsugu WAKAMATSU

Synopsis:

Recently, the precast cement method has been usual for the galleries in the concrete dam. We tried to apply the precast cement method to the galleries in the fill-type dam for the first time in Japan. The precast cement method which applied to the galleries in the fill-type dam, first of all, construct the part of invert as usual method, secondly construct the part of side wall and arch wall with the precast cement, 8 centimeters thickness. Then the reinforcing bars are put as usual around the precast cements. We made sure that this precast cements method reduced the term of construction work, and reduce expense, and made improvement of the safety and so that, in which the fill-type dam has the galleries, are long horizontal distance.

* 1 北陸支店 榎谷ダム作業所 * 2 東北支店 綱木川ダム作業所

1. はじめに

近年、土木構造物のプレキャスト(以後PCaと記す)化施工は、施工の合理化や熟練工の減少への対応、安全性の向上等を目的として、急ピッチで進んでおり、コンクリートダムの監査廊では、広くPCa工法が取り入れられるようになりつつある。

一方、フィルダムの監査廊は、配筋が密で、ラップする鉄筋が多く、また大部分が斜面部での施工となる上、作業空間はたいへん狭隘である。また、監査廊の構築後でないと盛立てやグラウト作業に着手できず、重要な工種(構造物)であるにもかかわらず、フィルダムの施工の中では、盛立てなどの主要工種とは異なり、これまであまり技術開発がなされてこなかった。

本文は、施工の合理化、作業の安全性の向上を目的に、フィルダムの監査廊のPCa化施工に関して行った検討、および綱木川ダムでの実施工の状況について報告するものである。

2. フィルダム監査廊

フィルダムの監査廊は、遮水ゾーンの下部に、堤体及び基礎の安全管理、ダム基礎の維持やグラウチングのために設置される通廊で、基礎岩盤を掘削して設けられる鉄筋コンクリート構造物である。設計方法としては、岩盤を含んだ監査廊の二次元モデルを考え、有限要素法により応力を求め、それを基に配筋する方法が定着している。¹⁾

今回のPCa化施工に当たっても監査廊の設計自体は従来のものをそのまま用いている。なお、構造的には、PCa型枠を構造断面の一部とは見なさず、脱型不要の埋設型枠として取り扱った。

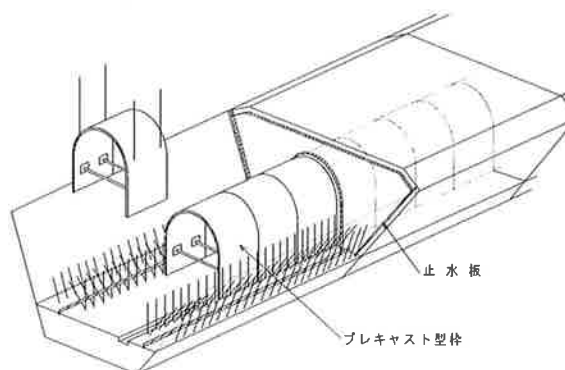


図-1 フィルダム監査廊のPCa化施工の概念図

フィルダム監査廊のPCa化施工の概念図を図-1に示す。

3. PCa化の概要

3.1 構造

適用するPCa部材としては、つぎの条件を基に、いくつかの案を検討した。

- ・1部材の大きさは、クレーン能力、運搬の効率を考慮して2.5トン以下(ケーブルクレーンの吊り荷重)とする。
- ・斜面部での施工が比較的容易であること。
- ・PCa化のメリットを出すため、製造する部材の種類を少なくする。

上記の条件から、PCa部材に鉄筋を組み込んだ場合は重量が重くなり、ケーブルクレーンでの設置が難しくなるため、部材内には鉄筋を組み込まないこととした。

図-2には、検討したPCa部材の概要を示すが、①の底版のあるPCa部材は、重力式コンクリートダムの監査廊で実績があり²⁾、アーチカルバート型で閉合されているため、部材の剛性も高く、取扱いは容易となる。フィルダム監査廊に適用した場合も、水平部ではコンクリートダムの場合と同様の施工が可能であるが、斜面部では、PCa部材の底版下の高流動コンクリート打設のためだけに別途型枠が必要となったり、極端に狭い部分への打設となったりで、たいへん施工性が悪くなる。

一方、分割タイプの③-1、③-2は、運搬等には有利であるが、現場でのPCa型枠の組立て作業が必要となるため、作業性が悪くなり、斜面での施工はたいへん難しくなる。

これらのことを考慮して、部材の剛性は劣るが、施工性に優れた②底面解放の逆U字型の部材を適用することとした。

また、インバート部は従来通りのPCa部材を用いないものとし、インバートより上の、従来はスライドセントルやバラセントルを用いて施工していた部分を、脱型不要のPCa型枠を用い、その周囲の鉄筋は従来と同様に配筋するものとした。

他方、構造的な面からは、PCa型枠を構造断面とは見なさないため、PCa型枠の厚さ分を割り増した断面としている。この結果、標高の低い位置に設置される監査廊では、内空が大きくなった分だけ発生応力が、一部で若干大きくなり、引張り補強に必要な鉄筋量が増大する

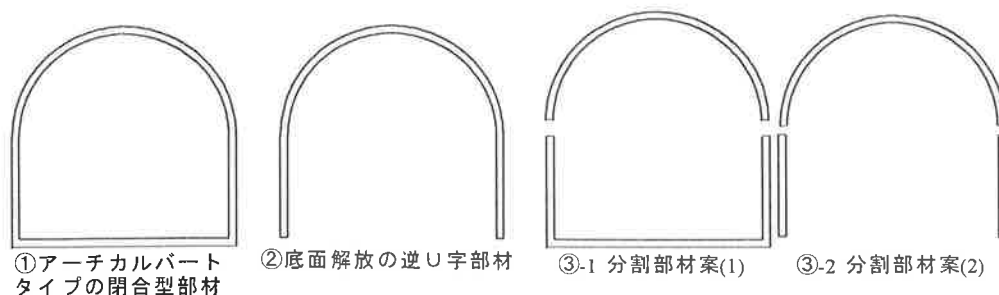


図-2 プレキャスト部材

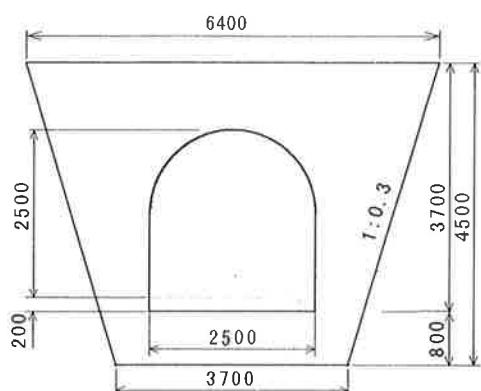


図-3 当初設計の断面

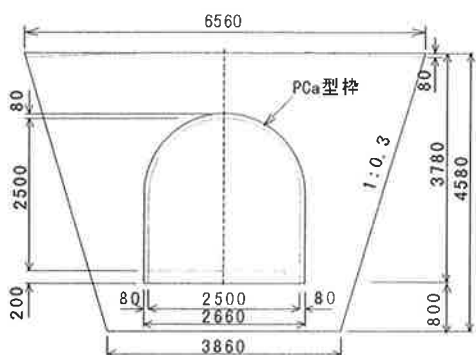


図-4 PCa工法の断面

箇所もあった。

図-3, 4に当初設計とPCa工法での監査廊断面を示す。

3.2 PCa型枠

PCa型枠は、周囲へコンクリートを打設する時には型枠として機能する必要がある。パイプサポートを内側に数段設置してコンクリートの側圧に耐えうるものとして、骨組み計算を行った。PCa型枠に発生する曲げ引張り応力が、設定した許容値に収まるように、部材厚さを決め $t=80\text{mm}$ (有効厚さ)とした。ただし、外周面は打ち継ぎ面処理を施すため、洗い出しを行う前の部材厚さは $t=85\text{mm}$ とした。

なお、コンクリートの側圧は、他ダムの監査廊におけ

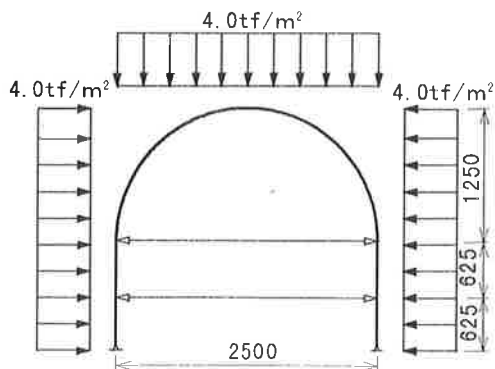


図-5 骨組み解析のモデル図

る打設時の側圧の測定結果から、水平部、階段部でのコンクリートの側圧として、最大値 $P_{\text{max}}=4.0\text{tf/m}^2$ を用いた。図-5に骨組み計算のモデル図を示す。

また、PCa型枠の長さは、監査廊の標準ブロック長が6mであり、自重、運搬・製造等の各工程から考えて1.5mとした。一方、今回はPCa型枠を構造断面の一部とは見なしていないが、PCa型枠と後打設コンクリートの一体化は、監査機能の面では必要となる。このため、コンクリートダムの監査廊で、一体化に関して実施工の実績のある打継ぎ目処理方法を用いることとした。

実際には、PCa部材の外周面となる鋼製型枠面に、コンクリート打設前に打継ぎ目処理剤を塗布し、硬化後に

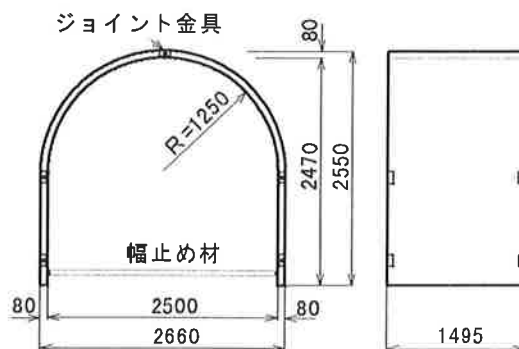


図-6 PCa型枠



写真-1 PCa型枠の製造状況



写真-2 外周面の洗い出し状況

ペースト分を高圧水で除去することによる目荒らし処理を施す方法を探った。

なお、今回のPCa工法では、水平部、斜面部ともに同一形状のPCa型枠を使用することで、製造する部材種類は、基本的には1種類となった。また、PCa部材には、監査廊に必要な構造鉄筋は組み込んでいないが、ひび割れに対応するための鉄筋金網(D10@200)が組み込まれている。

使用するPCa型枠を図-6に、製造状況を写真-1, 2に示す。

ここまでフィルダム監査廊のPCa工法の概要について述べてきた。計画段階の試算では、直接工事費で従来工法とほぼ同程度であり、安全性の向上の他、1ブロック当たりのサイクル工程(インバートより上の部分)では、1.5～2日/ブロックの工程短縮が可能と考えられた。

4. 網木川ダムの監査廊

4.1 網木川ダムの概要

網木川ダムは、鬼面川総合開発の一環として、山形県米沢市を流れる最上川水系鬼面川(支川網木川)に建設中の洪水調整、流水の正常な機能の維持、および水道水の供給のための多目的ダムである。平成6年12月に仮排水路の施工に着手し、基礎岩盤の掘削、骨材プラントやパッチャープラントなどの仮設備工事を完了。平成10年7月から全長L=320mのほぼ全ての監査廊にPCa型枠を用いる計画で、監査廊の施工を開始し、平成11年6月末現在、フィルダム部の監査廊の約1/2の施工が完了している。

以下に、網木川ダムで実施している監査廊のPCa化施工の概要と施工状況について報告する。

網木川ダムの諸元を次に、また標準断面を図-7に、監査廊の縦断面図を図-8に示す。

型 式：中央コア型ロックフィルダム
堤 高：74.0m
堤頂長：367.5m
堤体積：2,160,000m³

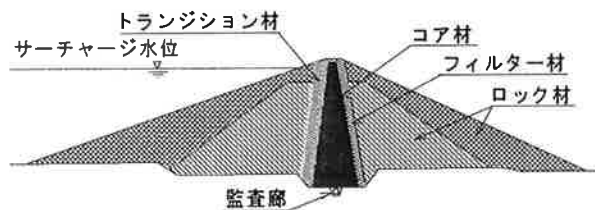


図-7 網木川ダム標準断面図

4.2 監査廊

網木川ダムの監査廊は、内空幅2500mm、内空高さ2500mm、上部円形断面であり、PCa型枠の使用に伴って、断面を当初設計より、PCa型枠の厚さ分大きくしたもの(図-3, 4)となっている。また適用したPCa工法は前述の通りである。

網木川ダムの監査廊の標準断面を図-9に示す。

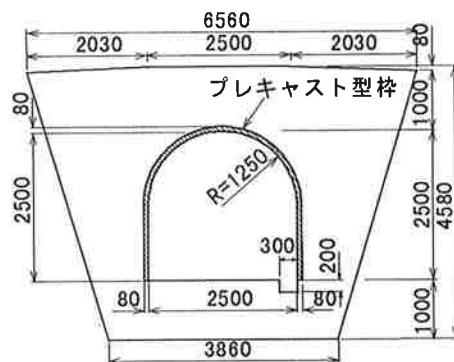


図-9 網木川ダムの監査廊の標準断面

5. 監査廊のPCa化施工

5.1 施工状況

施工は、インバート部を従来工法にて先行して施工し(階段ステップも同時にコンクリート打設)、次に、2次製品工場で製造したPCa型枠を、施工のタイミングに合わせて必要量現場に搬入して、ケーブルクレーン(一部ラフタークレーン)を用い、搬入したトラックから直接荷取りし、設置箇所に吊り込んだ。

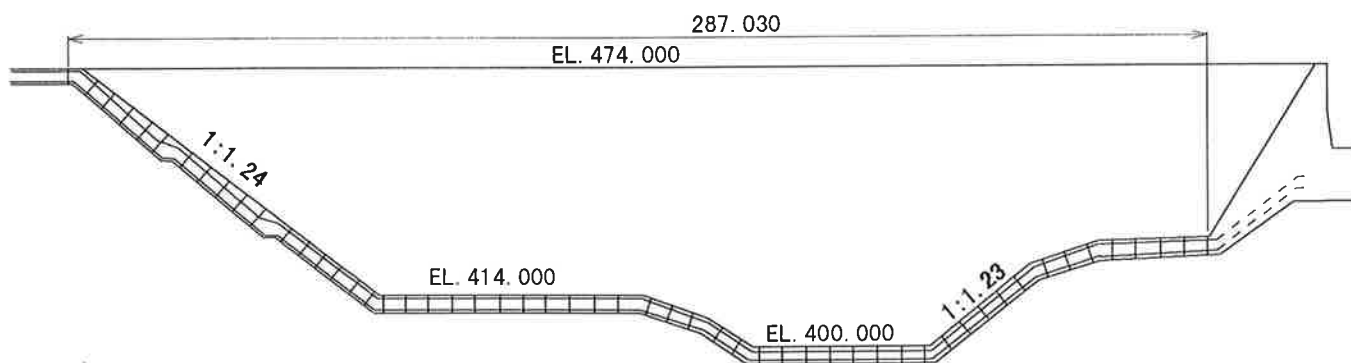


図-8 網木川ダムの監査廊の縦断面図

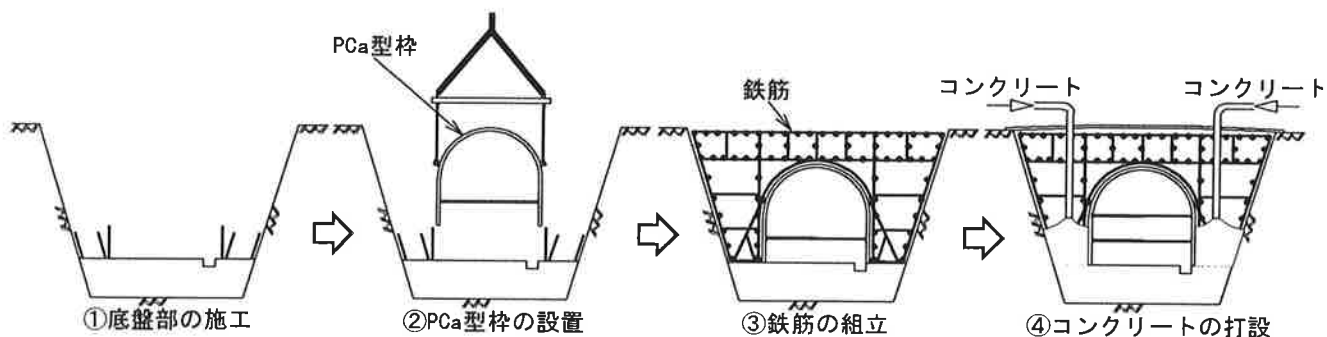


図-10 PCa工法の施工手順



写真-3 PCa型枠の設置状況



写真-6 コンクリートの打設状況



写真-4 設置が完了したPCa型枠(水平部)



写真-5 設置が完了したPCa型枠(斜面部)

設置作業は、5～6人パーティーで行ったが、初期の頃は不慣れなこともあり、PCa型枠の設置・調整に時間を要したが、作業に習熟するにつれてスムーズになり、1函体の設置・調整は30分～1時間で完了するようになった。

なお、PCa型枠の高さの調整は、インバート部の最大不陸をMax30mmと想定し、監査廊の設計ラインが確保できるように、PCa型枠と底盤とのクリアランスを専用金具で調整して行った。

その後、PCa型枠相互をボルトで連結し、底盤の挿し筋からアンカーをとって固定してから、周囲の鉄筋を組み立てる手順とした。

また、PCa型枠間のジョイント面には、ブチルゴム製のシーリング材を貼付けてコンクリートの漏出のないように処理し、ブロック間のジョイントは、当初設計通りに、止水板を設置し、PCa型枠を使用することによる変更はなかった。

コンクリートの打設は、ポンプ車を用いてPCa型枠に大きな偏荷重が作用しないよう、PCa型枠の上下流のコンクリートの高さに、あまり差がつかないように留意して行った。

主要工種をピックアップして施工手順として図-10に、また施工状況を写真3～6に示す。

5.2 施工結果

全長の約1/2の監査廊の施工が完了し、施工結果としては、次のようなものが挙げられる。

- ・PCa型枠の設置精度は、 $\pm 1\text{cm}$ 程度であり、良好であった。
- ・従来工法と今回のPCa工法の直接工事費を比較した場合、ほぼ同等であった。
- ・斜面部でのスライドセントルの移動作業がなく、作業の安全性が向上した。
- ・PCa工法では従来工法に比して、養生・妻型枠の設置の関係で1.5～2日のサイクル工程の短縮となった。

また、フィルダム全般で考えた場合、監査廊の水平延長が長い時は、従来は1ブロックずつ順に施工するより方法はなかった。しかし、PCa工法では、水平部でインバート部を先行して施工しておけば、PCa型枠をいつでも設置することができ、どのブロックからでも、また複数ブロックを併行して施工することが可能となった。なお、斜面部の勾配が変化する変曲部も、PCa型枠を用いて施工することが可能となった。

このことにより、標準的な1ブロック当たりのサイクル工程の短縮は1.5～2日ではあるが、綱木川ダムでは、水平部が比較的長い場所があり、平成10年7月から12月までの監査廊の施工で、PCa化施工によって、従来工法に比較して1～1.5ヶ月の工程の短縮を実現している³⁾。

なお、使用したPCa型枠は、部材厚さが $t=8\text{cm}$ と薄く、工場からの運搬中にひび割れが発生することがあった。このため、PCa型枠の開口部の両面に、工場で補強金具を取り付けて運搬することとし、それ以後は運搬中のひび割れの発生はなかった。



写真-7 完成した監査廊の内部状況

6. おわりに

ここまでフィルダム監査廊のPCa工法の概要と綱木川ダムでの実施工の状況について述べてきた。

今回のPCa工法は、インバート部は従来通りの施工を行い、側壁からアーチ部の施工において、従来はスライドセントルやバラセントルを用いていたものを、脱型不要のPCa型枠を用い、周囲には従来と同様に配筋してコンクリートを打設する工法であり、また構造的な面からもPCa型枠を構造断面の一部とは見なしていない。

しかし、フィルダムの監査廊でPCa化施工を行ったのは、我が国では初めての試みであり、綱木川ダムでの実施工を通じて、工種の削減、工期の短縮等により、施工の合理化と安全性の工場が確認されている。また、フィルダムの中でも、監査廊の水平部が長いダムでは、多くのメリットが発揮でることがわかった。

今後は、PCa型枠を構造断面として用いることで、より合理的なPCa工法にして行きたいと考えている。また筆者らは、フィルダム監査廊を対象にして、鉄筋を全てなくし、PCa型枠と鋼繊維補強コンクリートで構築する工法^{4),5)}の研究開発も共同で行っており、さらに合理的なPCa工法をめざして研究を進めて行きたいと考えている。

参考文献

- 1) (財)ダム技術センター：多目的ダムの建設 設計編Ⅰ，(財)全国建設研修センター
- 2) 例えば、永山功，真下和彦，稲留裕一，佐藤健一，赤坂雄司：宇奈月ダムにおける通廊のプレキャスト化施工，コンクリート工学 1995. 8, Vol. 33, No. 8, pp47～54
- 3) 小松康浩，星秀幸：綱木川ダムのプレキャスト埋設型枠を採用したフィルダム監査廊について，ダム技術No. 150(1999. 3)，pp82～83
- 4) 横沢和夫，浅野勇，安中正実：フィルダム監査廊の設計・施工法について，第47回 農業土木学会大会 講演要旨集，1998. 7, pp388～389
- 5) 森本，原，赤坂，安中：フィルダム監査廊への鋼繊維補強コンクリートの適用，コンクリート工学年次論文報告集 第21巻 第3号，1999. 7, pp1447～1452