

SEEDフォームを用いた朝日ダム選択取水設備の急速施工

河 野 一 徳	宗 末 良 雄 ^{*1}
岩 田 誠 ^{*1}	山 門 隆 雄 ^{*2}
久保田 隆 治 ^{*3}	藤 井 準 ^{*4}

要 旨

中部電力朝日水力発電所の選択取水設備の改修工事において、取水塔の新設工事にSEEDフォーム（高耐久性プレキャスト埋設型枠）を用いたプレキャスト型枠工法を適用することにより、従来の型枠工法の場合と比較して工期を50%以上短縮した。本工事は最低気温が氷点下10℃前後まで下がる寒冷地でのコンクリート工事であったが、SEEDフォームは施工の急速化を可能とするのみならず、寒中コンクリートの初期凍害の発生を防止することなどのすぐれた保温養生効果を有することも確認できた。今後、既設のダムにおいては、老朽化が進む付帯構造物のリニューアル工事が増加していくことが予想される。このような工事の実施はダムの水位を下げる事が可能な冬期を挟む短い期間に限定される場合が多い。また、ダムは冬期には冷え込みが厳しくなる山間部に立地している場合も多い。これらの点を考慮すれば、本プレキャスト型枠工法は、ダムに付帯するコンクリート構造物のリニューアル工事において有力な工法となりうるものと考えられる。

キーワード ダム／選択取水設備／取水塔／プレキャスト型枠工法／寒中コンクリート／急速施工

目 次

- | | |
|------------------|-----------|
| 1. はじめに | 4. 取水塔の施工 |
| 2. 選択取水設備改修工事の概要 | 5. まとめ |
| 3. 取水塔の設計 | |

RAPID CONSTRUCTION OF SELECTIVE INTAKE TOWER OF ASAHI DAM USING SEED-FORM

Kazunori KONO
Makoto IWATA
Takaharu KUBOTA

Yoshio MUNESUE
Takao YAMAKADO
Jun FUJII

Synopsis:

We applied precast formwork method using permanent formwork which named SEED-Form to the renewal construction of the selective intake equipment of Asahi Dam in the Asahi Water Power Station of Chubu Electric Power Company. This formwork method using SEED-Form enabled us to construct the intake tower of which height was 39 meters during only two month under cold weather condition. The construction of intake tower was proceeded twice faster than in case of applying conventional formwork method. As a result, this precast formwork method we applied here was proved to be effective for the rapid construction of intake tower under cold weather condition. It was also proved to be useful to apply SEED-Form as a permanent formwork not only for the curing of insitu concrete, but also the prevention of thermal crack.

* 1 中部支店 * 2 本店土木設計部 * 3 中部電力株式会社 * 4 株式会社シーテック

1. はじめに

大規模建設プロジェクトがほぼ一段落した現在、建設事業者の関心は構造物の新設から既設構造物の維持管理へと移行してきている。このような背景から、建設業界においても、既設構造物の補修、補強、あるいは改築といった、いわゆる構造物のリニューアルに関連した技術開発がますます盛んに行われるようになってきている。

しかしながら、既設構造物のリニューアル工事においては、工事にともなう当該構造物の機能停止期間をできるだけ短くする必要がある。また、ダムに付帯する構造物のリニューアル工事のように、施工時期がダムの貯水位を低下させることが可能な冬期間に限定される場合も多い。したがって、既設構造物のリニューアル工事において強く求められているのは、施工の急速化といえることができる。

今回、中部電力株式会社朝日発電所におけるダムの選択取水設備改修工事に SEED フォーム（高耐久性プレキャスト埋設型枠）を用いたプレキャスト型枠工法を適用し、取水塔の構築において従来工法の場合と比較して 50 % 以上の工期短縮を実現した。とくに、最低気温が零下 10℃前後まで下がる寒冷地において、滞り無くコンクリート工事を実施できた意義は大きいと考えられる。本報告では、取水塔の構築工事の内容について紹介する。

2. 選択取水設備改修工事の概要

2.1 朝日水力発電所の概要

中部電力株式会社の朝日水力発電所（有効落差 77.0m、最大使用量 32.1m^3 、出力 20,500kW で昭和 28 年 12 月運転開始）は、岐阜県北部（大野郡朝日村）の木曾川水系の飛騨川上流に位置しており、飛騨川に設けられた朝日ダム（高さ 87m、有効容量 2200 万 m^3 ）と飛騨川支流の秋神川に設けられた秋神ダム（高さ 74m、有効容量 1600 万 m^3 ）の水を利用して発電を行っている。これらの 2 つのダムは約 1.7km の連絡水路（導水トンネル）により結ばれている。写真-1 に朝日ダムの全景を示す。



写真-1 朝日ダム全景

2.2 選択取水設備の概要

水力発電所においては、通常の発電のための取水はダムの下流に設けられた取水口により行う。しかしながら、洪水の後など上流から流れ込む濁水によってダム湖の水が濁った場合には、比重の大きい濁水がダム湖の下層に潜り込むことになる。このため、濁水が沈降するまでの間は、ダム湖表層の清水を発電に利用するために、取水はダムの上流に設けられた表層取水口を用いて行う。選択取水設備は、このようにダム湖の水質に応じて取水位置の選択を可能とする機能を有する構造物である。朝日ダムにおいては、選択取水設備は昭和 48 年に設置されており、表層取水深（H.W.L.=High Water Level を基準とした取水可能な水深までの深さ）は 12.5m となっている。写真-2 に朝日ダムの上流面側の状況を示す。中央に位置する円筒形の構造物が現在使用されている取水塔である。



写真-2 朝日ダム上流面側の状況

2.3 選択取水設備改修工事の目的および概要

朝日発電所の選択取水設備改修工事は、経年による設備の劣化が見られる現在の選択取水設備をリニューアルすることによって機能向上を図ることを目的として実施されている。この工事でメインとなるのは、既設の取水塔より 3.0m 右岸側に新たに取水塔を新設し、同じくボックスカルバート構造として新設する連絡水路により既設の取水塔に接続する工事である。ここで新設される取水塔のゲートには多段・多重式（戸当たり 2 列、3 扉体）のものが採用されており、表層取水深は現状の 12.5m から 21.0m まで拡張される。このことにより発電に利用できる貯水量の増大が図られる計画となっている。

2.4 取水塔構築方法の選定

取水塔の新設工事は河川流量の少ない冬期にダムの水位を低下させた上で実施することが計画された。通常は、取水塔のような大型のコンクリート構造物は、シャタリングなどの大型枠を用いた工法により構築される。ただし、朝日ダムのような冬期に最低気温が零下 10℃程度

まで下がる寒冷地でコンクリート工事を行う場合には、コンクリートの養生期間を通常と比べて長めに設定する必要がある。このため、当初計画では取水塔の躯体工事を2期に分けて行い、ゲートの設置などの機械工事は3期目を実施する予定であった。しかしながら、躯体工事を1期で終了させることができれば、当初計画より1期少ない2期で全工事を終えることができる。その場合には、新取水塔の供用開始を1シーズン早めることができ、メリットが大きいと考えられた。そこで、躯体工事を1期で終了させるために、取水塔の躯体工事の急速施工方法の検討を行った。

上述したように、寒冷地でのコンクリート工事において、従来の型枠工法を適用した場合に工程進捗上のネックとなるのは、型枠の脱型・移動に関わる作業とコンクリートの養生期間の確保である。このことより、工期短縮方法としては、脱型作業が不要だけでなく、コンクリートの保温養生効果も期待できるプレキャスト型枠工法を適用することを基本として考えた。ただし、朝日ダムはダムサイトが狭く、資機材仮置のためのスペースを確保することが難しかった。このため、プレキャスト型枠工法を採用する場合でも、できるだけ省スペース化を図っていく必要があった。以上の点を総合的に判断して、プレキャスト型枠工法として、道路橋の橋脚¹⁾・²⁾や立坑の二次覆工³⁾の施工に適用したものと同一工法を採用することとした。すなわち、プレキャスト型枠は組立作業ヤードで取水塔と同じ断面形状の函体に組み上げ、内部に鉄筋を組み込んだあと現場まで運搬する。そして現場では函体の設置作業とコンクリートの打設作業を繰り返すことにより躯体を構築する方法をとることとした。ここでは、さらに、プレキャスト型枠と鉄筋の組立をプレキャスト型枠を製造したコンクリート二次製品工場で行うとともに、現場での工程進捗にあわせて函体を運搬することにより、施工の省スペース化も図った。

ゲート部分の施工については、2期工事において実施される計画である。このため、プレキャスト函体のゲート設置箇所にはあらかじめ戸当たり金物より大きめの箱抜き部分を設けた。ゲート戸当たり金物とプレキャスト函体は、戸当たり金物を所定の位置に設置した後、プレキャスト函体との間の空隙に高流動コンクリートを充填することにより一体化される。なお、プレキャスト函体の箱抜き箇所には貫通孔を開けておき、戸当たり金物を固定するための差し筋を挿入した。また、箱抜き部分のSEEDフォームは、コンクリートの打設面側だけでなく、表面側も目粗し処理を施すこととした。

2.5 SEEDフォームの概要

本工法で使用したSEEDフォームは、水セメント比30%の高強度モルタルにステンレススチールファイバー（SUS430相当、ドッグボーンタイプ、長さ35mm）を体積比で2.5%混入させた高耐久性プレキャスト埋設

型枠である。SEEDフォームのコンクリート打設面側の表面には目粗し処理が施されているため、SEEDフォームは後打ちコンクリートと一体化する。表-1にSEEDフォームの標準配合と強度物性値を示す。

SEEDフォームは（財）土木研究センターの「土木系材料技術・技術審査証明」において、以下に示すような性能を有することが認められている。

- ①運搬、組立が容易で、必要に応じて加工が可能である。
- ②型枠材として、コンクリート打設時の側圧に耐える十分な剛性と曲げ強度を有する
- ③打設されたコンクリートと一体化し、鉄筋のかぶりとして考慮できるとともに、圧縮材の一部として適用できる
- ④コンクリート構造物の表面ひび割れ幅を抑制する効果を有する
- ⑤中性化、塩分浸透、凍結融解に対して耐久的であり、水密性に優れている。

なお、SEEDフォームの厚さは5cmを標準としている。

表-1 SEEDフォームの標準配合および強度物性値

基材モルタル配合条件					
配合条件		単位量 (kg/m ³)			
フロー値	水セメント比	セメント	水	細骨材	混和剤
250±20mm	30%	685	206	1,370	6.85
ステンレスファイバー混入量		192.5kg	混和剤：高性能減水剤		
強度物性	圧縮強度	曲げ強度		弾性係数	
	70N/mm ²	12N/mm ²		35,000N/mm ²	

3. 取水塔の設計

3.1 取水塔の形状寸法

図-1に本工事で新設する取水塔の形状寸法を示す。取水塔はダム本体から張り出した高さ39m、内空間幅5mの2枚の壁状コンクリート構造物で、上流側に取水用のゲートが設けられている。これらの壁体のダム本体からの張り出し長さは、ダム天端から13m下がった位置までは10.5mで一定であるが、それ以下の部位ではダムの勾配（1:0.08）に合わせて徐々に短くなっていき、最下段では8.42mとなる。壁体の厚さはダムとの接合部は2mであるが、先端部は40cm薄くなり1.6mとなる。なお、取水塔の下から10mの部分には左右の壁を結ぶ厚さ1mのカーテンウォールが設けられている。壁状の部分は工場で組み立てた函体を設置する方法で施工したが、カーテンウォールの部分については、平面のSEEDフォームパネルを現場で組み立てる方法で施工した。

図-1に示したように、新設する取水塔は下部の連絡水路（高さ10mのボックスカルバート構造物として新設）を経由して既設取水塔に連結される構造となっている。すなわち、取水塔が新設された後も、発電は既往の設備を用いて行われる。

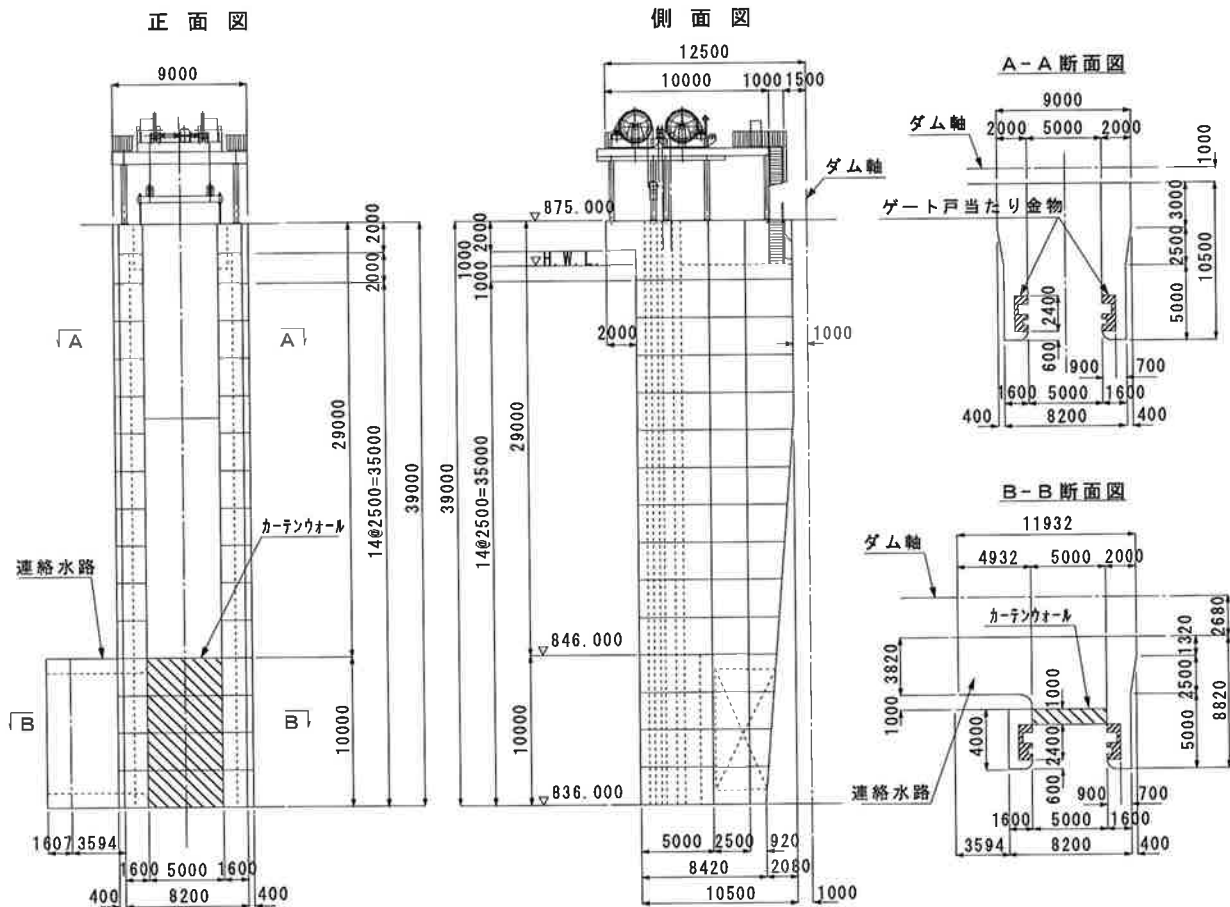


図-1 新設取水塔の形状寸法

3.2 取水塔の配筋

取水塔の設計は、取水塔を構成する壁体をダム本体との接合位置を固定端とする片持ち梁として行った。すなわち、主鉄筋の配置方向は壁体と平行方向（水平方向）となる。取水塔の構造計算において検討を行ったのは、① H.W.L.時におけるダム軸方向地震時、② H.W.L.時におけるダム軸直角方向地震時、③ 異常水位時、の3ケースとした。ここで、①と②については、取水塔内部水位はダムの水位（外部）と同じとし、③についてはダムの水位（外部）と取水塔内部の水位差を3mとして、外部水位が高い場合および低い場合の双方について検討を行った。なお、取水塔表面のSEEDフォームは圧縮領域に配置されているものを構造上の設計断面として考慮することとした。また、SEEDフォームの設計物性値（圧縮強度と弾性係数）は躯体コンクリートと同じとした。

図-2に取水塔の代表断面（横断面）の配筋図を示す。主鉄筋は壁の両側にD41（ネジ鉄筋）を25cm間隔で配置した。主鉄筋のダム本体への定着は、機械式継手を介してダム本体に設置したアンカー鉄筋に接合する方法で行った。ここで、アンカー鉄筋は、ダムの本体コンクリートに削孔したφ60mm、深さ2200mmの孔に差し込んだ後、孔と鉄筋の間の空隙に無収縮セメントミルクを注

入して固定した。また、機械式継手は、ネジ鉄筋同士をカプラーでつなぎ、カプラー内の空隙にエポキシ系樹脂を充填して接合する方式のものを使用した。なお、主鉄筋はあらかじめコンクリート二次製品工場でSEEDフォーム函体内部に組み込んで固定することとした。ただし、主鉄筋は現場でアンカー鉄筋と接合する必要があるため完全には固定できない。そこで、主鉄筋はダム本体側から3mの区間内に重ね継手（重ね継手長：35φ=35×41=1435mm）を設ける形で分割し、アンカー筋に接合する側の鉄筋はSEEDフォーム函体内に仮固定する方法をとることでこの問題に対処した。

配力筋（縦方向鉄筋）はD25を30cm間隔で配置した。取水塔にはコンクリートの打設リフトごとに接合面が設けられるため、配力筋もコンクリートの打設リフトに相

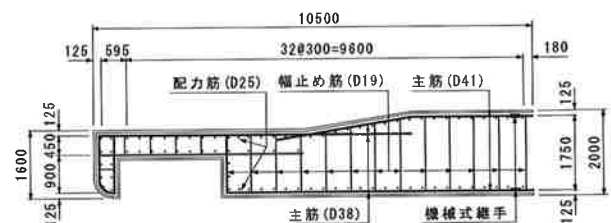


図-2 取水塔の配筋

当する長さで分割した。ここで、リフト上下間の配力筋の接合は重ね継手（継手長：35 ϕ = 35 × 25 = 875mm）により行った。なお、配力筋の組立作業は、SEED フォーム函体をコンクリート打設リフト高と同じ高さとなる2段設置した段階で行った。

3.3 SEEDフォームのパネル割付

SEED フォームのパネル割付は、取水塔の形状の他にSEED フォーム函体の組立と運搬方法、1リフト当たりのコンクリート打設高さなどを考慮して決定した。

SEED フォーム函体の水平方向のパネル分割は、図-3に示すように、コーナー部などの形状変化点（丸印の点線で囲んだ部分）にジョイント箇所を設けることを基本として行った。ただし、長尺となる直線部位には途中にもジョイント箇所を設けたため、1函体当たりのパネル分割数は9個となった。また、取水塔の張り出し長さが函体の設置位置により徐々に変化することに対しては、ダム本体側に配置するパネルの長さを調整することで対処した。なお、SEED フォーム函体の全長（長手方向）は、ダム本体の接合面に凹凸があることを考慮して、設計長より15cm短い10,35mとした。このため、SEED フォーム函体端部とダム本体との間には平均15cm程度の隙間が生じることとなったが、その部分は木製型枠を用いて閉塞することとした。

SEED フォーム函体の1函体当たりの高さは、組立作業や設置作業を行いやすくするために1.5～1.8m程度に設定するのが一般的である。しかしながら、本工事は寒冷地での施工で、現場での作業時間が十分にとれない可能性があることを考慮して、SEED フォーム函体の運搬回数や設置回数をできるだけ少なくするために、函体高さをトラック輸送を行える限界の高さの2.5mに設定した。結局、縦方向のパネル分割数は17段（2.5m × 14段 + 1m × 2段 + 2m × 1段 = 39m）となった。

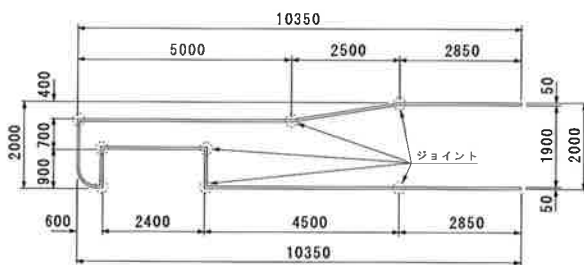


図-3 SEEDフォーム函体の割付

3.4 SEEDフォーム函体の補強

SEED フォーム函体は薄肉のSEED フォームパネルをつなぎ合わせた比較的柔な構造となっている。しかも、SEED フォーム函体の端部は、通常の場合（例えば橋脚の施工に適用する場合）とは異なり閉合していない。したがって、SEED フォーム函体には、運搬、設置およびコンクリート打設時に変形が生じやすく、施工精度の管

理が困難となることが予測された。そこで、変形防止対策として函体内部に補強用の鋼材を配置することとした。すなわち、SEED フォーム函体には図-4に示すように内部に横断方向の鋼材（等辺山形鋼 L-65x65x6）を配置した。これらの鋼材（横方向鋼材）は、コンクリート打設時においてはSEED フォーム函体に作用する側圧に抵抗する内部支保工の役割も果たす。横方向鋼材の配置間隔は、縦については50cm、横については60～65cmとした。なお、横方向鋼材のSEED フォーム函体への固定は、SEED フォーム函体に60～65cm間隔に取り付けた縦方向鋼材（等辺山形鋼 L-50x50x6）を横断方向に繋ぐ方法で行った。なお、縦方向鋼材はSEED フォーム函体にあらかじめ埋め込んでおいたインサートにボルトで縫いつける形で固定した。

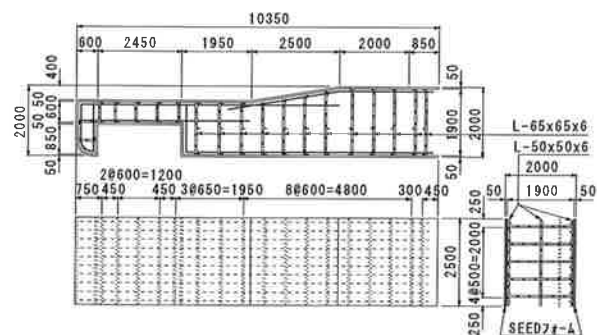


図-4 SEEDフォーム函体の補強方法

4. 取水塔の施工

4.1 施工手順

図-5に工事全体のフローを示す。取水塔の施工は、コンクリート二次製品工場においてSEED フォームの製

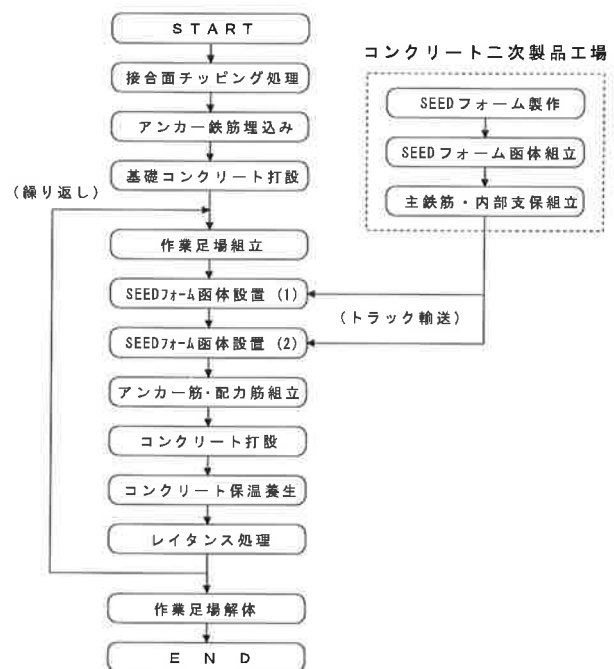


図-5 工事の全体フロー

造および SEED フォーム函体の製作を行う工程、トラックを用いて SEED フォーム函体を現場まで輸送する工程、現場において取水塔の躯体を構築する工程の3つの工程より成り立っている。現場での躯体の構築は、図-6 に示すように、準備作業（ダム本体へのアンカー鉄筋の埋込みと基礎コンクリートの打設）を行った後、コンクリート二次製品工場より搬入した SEED フォーム函体を設置する作業と、函体内部にコンクリートを打設する作業を必要回数繰り返すことにより行った。次節で SEED フォーム函体の組立と躯体の構築について説明する。

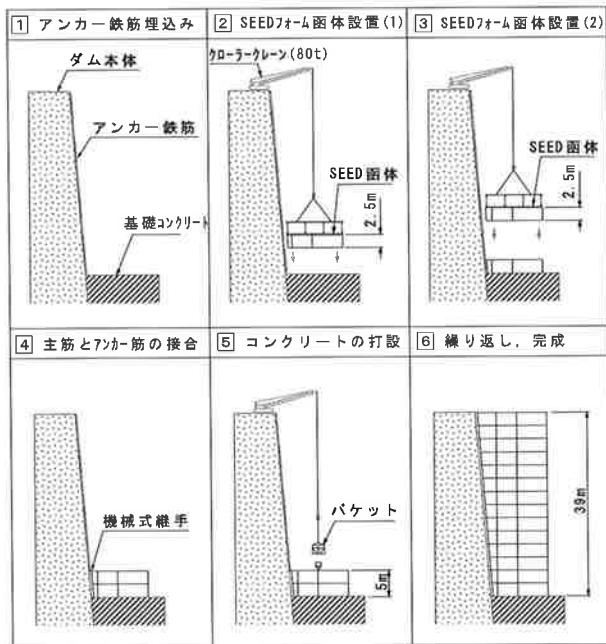


図-6 取水塔躯体の構築手順

4.2 SEEDフォーム函体の製作

SEED フォーム函体の製作は、コンクリート二次製品工場内に設けた組立作業ヤードにて実施した。SEED フォーム函体は、単体の SEED フォームパネルを専用の製作架台にセットし、パネル間のジョイント部をエポキシ樹脂系接着剤とボルトを用いて接合する方法で組み立てた。SEED フォーム函体の組立終了後、引き続き同じ製作架台上で鉄筋（主鉄筋）と内部支保鋼材の組立を行った。それらの作業は、SEED フォーム函体の内側に決められた間隔で縦方向鋼材を取り付けた後、鉄筋と補強用の横方向鋼材を下から順番に交互に組み立てていくという手順で行った。製作が完了した SEED フォーム函体は隣接したストックヤードに移設し、現場での設置作業にタイミングを合わせてトラックに積み込み運搬した。

4.3 取水塔の構築

(1) 準備作業

取水塔躯体の構築に先立ち、準備作業としてダム本体コンクリートの接合面のチッピング、アンカー鉄筋の埋め込み、および基礎コンクリートの打設を行った。

アンカー鉄筋の設置作業は、以下の手順で設置した。

- ①ダム本体への埋め込み位置のマーキング
- ②アンカー孔の削孔
- ③ダム本体コンクリートの接合面のチッピング
- ④アンカー鉄筋の定着

アンカー孔の削孔にはダイヤモンドコアドリルマシンを用いた。なお、アンカー鉄筋の定着はアンカー孔に無収縮セメントミルクを注入する方法で行った。

アンカー鉄筋の設置完了後、ダム水位の低下を待って基礎部を掘削し、基礎コンクリートを施工した。

(2) SEEDフォーム函体の設置

基礎コンクリートの施工完了後、SEED フォーム函体の設置作業に移った。測量による函体設置位置の位置決めをした後、基礎コンクリート上にホールインアンカーを打ち込み、高さ調整用のボルトと水平方向の位置固定用の鋼材（アングル）を取り付けた。以上の準備作業終了後、函体設置作業用の足場を組み立てた。

SEED フォーム函体は設置作業を行う時間に合わせて現場に搬入した。写真-3 に SEED フォーム函体の搬入状況を示す。SEED フォーム函体の総重量は約 10t で、吊り上げ作業にはダムの天端道路に設置した 80t 吊りのクローラクレーンを用いた。具体的には、函体上端部の4カ所（または5カ所）にそれぞれボルトを用いて固定した横断方向鋼材を井桁状の鋼材フレーム（鋼材はすべて H-200 × 200 × 8 × 12 を使用）を介して吊り上げる方法をとった。なお、SEED フォーム函体は設置高さによって長さに変化し重心位置が徐々に移動していく。このことに対しては、井桁状の鋼材フレームの吊り金具の位置を函体の重心に合わせて移動させることで対応した。

写真-4 に SEED フォーム函体の設置状況を示す。函体の設置数は全 17 段中下から 2 段目まではコンクリート打設 1 リフトにつき 1 段のみ（2.5m）としたが、それ以後はコンクリート打設 1 リフトにつき各 2 段（5m）ずつとした。上下間の函体はジョイント部をエポキシ樹脂接着剤を用いて接着することにより固定した。



写真-3 SEEDフォーム函体の搬入状況

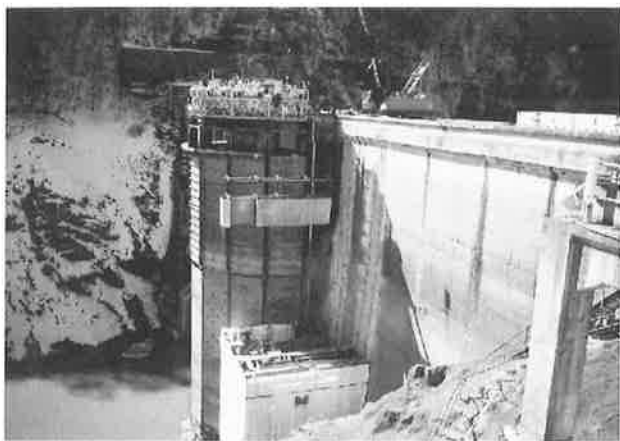


写真-4 SEEDフォーム函体の設置状況

(3) 主鉄筋の接合および配力筋の組立

SEED フォーム函体の設置終了後、主鉄筋とダム本体に埋め込んだアンカー筋の接合、および配力筋（縦方向鉄筋）の組み立てを行った。主鉄筋とアンカー鉄筋の接合は「3.2 取水塔の配筋」の項で示したように、エポキシ樹脂充填タイプのネジ式カプラーを用いた機械式継手により行った。また、配力筋は所定の間隔（30cm）で函体内に建て込み、主鉄筋に結束する方法で固定した。なお、上下リフト間の配力筋は重ね継手で接合する。このため、下層リフトのコンクリートの打ち上がり高さが函体の接合面付近の場合には、配力筋の上端の約 90cm の部分が函体上部にはみ出す形となり、上部リフトの函体設置作業に支障をきたすこととなる。そこで、下層リフトのコンクリートの打ち上がり高さを函体接合面より約 1m 低くすることとし、配力筋の上端が函体の上部にはみ出さないようにした。

(4) コンクリートの打設

1 リフト当たりのコンクリート打設高さは、SEED フォーム函体 2 段分に相当する 5m を標準とした。SEED フォーム函体内へのコンクリートの打設は、ダム天端からの落差が大きい下層部についてはコンクリートバケットを使用して行ったが、コンクリートの打設量が増加する中層部から上の部位についてはコンクリートポンプ車を使用した。なお、コンクリートの打設速度は、コンクリートの側圧が内部支保の許容設計荷重を上回らないように 1m / hour 以下に制限した。

(5) コンクリートの養生

躯体コンクリートの打設は日平均気温が 4℃以下の条件で行うため、寒中コンクリートとしての養生対策を実施した。具体的には、躯体の外側を取り囲む足場の外周に設置したシートと上部に設置した蛇腹式のテントを使用して躯体全体を覆い、内部をジェットヒーターで暖めることにより、雰囲気温度を 5℃程度以上に保ち、打設したコンクリートに初期凍害が発生するのを防止した。

また、躯体の壁厚が 2m と比較的厚かったことから、マスコンクリート構造物としての対策、換言すれば、温度応力に起因するひび割れの制御対策の検討も行った。その検討にあたっては、コンクリートの中心部と表面の間の温度差（内外温度差）が大きいほど発生する温度応力が大きくなることに着目した。すなわち、内外温度差をパラメータとした温度応力解析を実施し、図-7 に示すような、内外温度差と温度ひび割れ指数（土木学会編コンクリート標準示方書「施工編」に規定された温度ひび割れの発生のしやすさを示す指標で、その値が小さいほど温度ひび割れが発生しやすくなる）の関係を求めた。実際の施工条件に即して、養生中の雰囲気温度を 5℃に保つ条件で温度応力解析を行った結果、温度ひび割れ指数の最小値は 1.25（内外温度差 18.6℃）となった。コンクリート標準示方書によれば、この場合の温度ひび割れの発生確率は 50% となり、温度ひび割れの発生を防止することは難しい。しかしながら、ひび割れが発生した場合でもその幅を許容幅以下に抑えることが可能と判断されたため、養生対策は保温養生のみとした。ただし、第 1 回目のコンクリート打設の際にはコンクリート温度を実測し、解析結果との検証を行った。

図-8 に第 1 回目のコンクリート打設時におけるコンクリート温度の実測値と解析値の比較を示す。図中の丸印は断面中心部の温度履歴、三角印はコンクリート表面（SEED フォームとの境界面付近）の温度履歴をそれぞれ

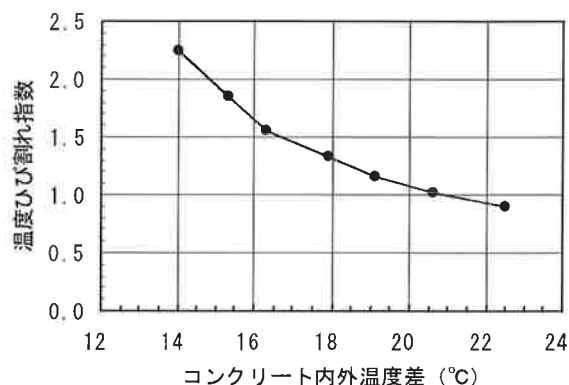


図-7 内外温度差と温度ひび割れ指数の関係

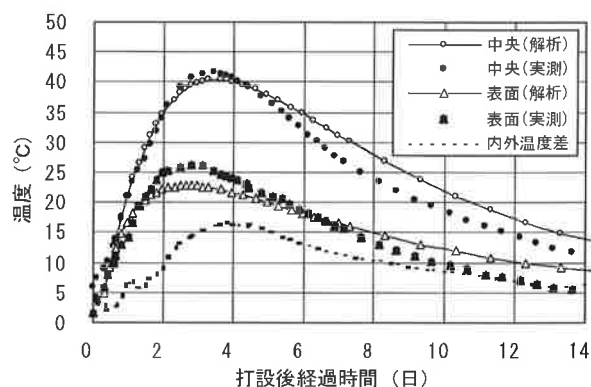


図-8 コンクリート温度の実測値と解析値の比較

れ示す。また、各記号の白抜きは解析値、黒塗りは実測値であることをそれぞれ示す。さらに、図中の点線は実測値より求めたコンクリート内外温度差を示す。図-8のグラフより、コンクリート打設後5日目頃までは中央部、表面ともコンクリート温度の実測値は解析値と比較的よく一致することがわかる。また、コンクリートの内外温度差のピーク値は16.7℃であり、解析にもどづく予想値(18.6℃)を2℃程度を下回っていた。この内外温度差を図-7に当てはめると、温度ひび割れ指数は1.45程度となる。コンクリート打設後にSEEDフォーム表面を観察した際にもクラックの発生は確認されなかった。以上の結果をもとに、その後の施工ではコンクリートの養生は当初計画通りの方法で行った。

4.4 工程および施工サイクル

表-2に本工事の実績工程を示す。平成12年の10月より準備工として資機材搬入用道路の拡幅・補強や現場作業ヤードの設営作業を開始し、10月中旬よりダム水位低下にあわせてダム本体へのアンカー鉄筋の設置を開始した。そして、12月より基礎コンクリート部分の掘削に着手し、平成13年1月に基礎コンクリートを打設した。取水塔躯体コンクリート部分の施工は当初計画より着手が1ヶ月近く遅れたが、工程短縮をはかって3月末に第1期分(平成12年度分)の施工を完了した。

今回の施工においては、高さ5m(1回あたりのコンクリート打設リフト高に相当)の施工を標準サイクルとした。すなわち、作業足場の組立から、SEEDフォーム函体4個(2段×2カ所)の設置、鉄筋組立を経てコンクリート打設に至るまでが1サイクルとなる。当初は1サイクルの施工に6日を要していたが、作業員の慣れと作業の効率化により、工事最終段階ではその期間は4日にまで短縮された。従来工法の場合は、鉄筋・型枠組立、コンクリートの養生、型枠の脱型・移動の1サイクルの施工に少なくとも10日程度を要することを考えれば、本工法は従来工法と比較して工期を50%以上短縮することを可能とする工法とすることができる。

表-2 実績工程表

工 種	平成12年			平成13年			
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
準備工	■						
アンカー筋設置工	■	■					
基礎掘削工			■				
基礎コンクリート工				■			
取水塔躯体構築工					■	■	
足場解体							■

4.5 躯体の出来上がり精度

躯体の出来型管理は、SEEDフォーム函体を1段設置



写真-5 取水塔躯体の完成状況

するごとに函体の天端高さと戸当たり金物設置位置の水平方向のズレを確認する方法で行った。函体自体に変形が確認された場合には、内部支保の鋼材を調整する方法で適宜修正を加えた。その結果、最終的な設置高さは設計値に対して-4mm～+4mmの範囲内に、また、ゲート設置位置の水平方向のずれは±0mmに収めることができた。

5. まとめ

写真-5に取水塔躯体の完成状況を示す。SEEDフォームを用いたプレキャスト型枠工法の採用により、取水塔の施工にあたっては、急速施工のみならず、高い施工精度を実現することが出来た。さらに、SEEDフォームは、寒中コンクリートの施工において、型枠表面を断熱材で覆って直接保温する必要があることなど、コンクリートの養生に関する作業を簡略化できる効果を有していることも確認できた。

今後、今回の施工のように、工期に制約がある条件下でのリニューアル工事はますます増えていくものと思われる。今回施工した取水塔は、規模は大きいものの構造は比較的シンプルであった。構造の形状がより複雑な場合には、SEEDフォームや鉄筋を現地で組み立てる必要も生じる。また、大断面構造物の場合には、温度ひび割れ制御対策としてSEEDフォーム表面を断熱材で直接保温する必要も生じる。上記の課題に対する検討を進め、本工法の適用性をさらに高めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 前田良文, 盛春雄, 小林良, 上田達哉: 鉄骨コンクリート複合構造橋脚の設計と施工, 橋梁と基礎, Vol.30 No.10, pp.16-22, 1996.
- 2) 橋本拓己, 田畑稔: 西神道路柏木谷高架橋橋脚工事, 基礎工, Vol.26 No.10, pp.66-71, 1998.
- 3) 堀越松治, 佐藤新一, 田鎖光朝, 河野一徳: プレキャスト埋設型枠を使用した立坑2次覆工コンクリートの施工, 土木施工, Vol.40 No.11, pp.69-74, 1999.