

田子倉発電所 4 号機一括更新土木工事の施工について

電源開発(株) ○坂田 智己*¹
 電源開発(株) 赤坂 幸則*¹
 室蘭工業大学 矢吹 信喜*²
 (株)JP ハイテック 井波 秀次*³
 (株)JP ハイテック 杉本 勝哉*³

By Tomomi SAKATA, Yukinori AKASAKA, Nobuyoshi YABUKI, Hidetsugu INAMI and Katsuya SUGIMOTO

電源開発(株)田子倉発電所では、老朽化した水車発電機を一括で更新することによる発電所の信頼性および発電出力の向上を図る田子倉発電所一括更新プロジェクトが進行している。本プロジェクトは、更新対象発電機以外の発電機の運転を継続させたままで、計4台ある発電機を約8年間かけて順次更新していくものであるが、既設ケーシングの大部分をそのまま利用してその内側のみを取り替えることで、プロジェクト全体工程および発電停止期間の短縮化を図っている。現在、平成16年11月末より4号機一括更新工事が施工されている。この工事は、発電停止期間が決められていることから、工事の進捗管理を確実に行わなければならない。そのためには、詳細な施工計画の立案、実施、見直し、いわゆるPDCA(Plan-Do-Check-Action)サイクルの確実な実践が必要である。こうした工事のうち土木工事では、水車周辺のコンクリートの取り壊しと再構築を行うが、コンクリートの取り壊しが工期の大部分を占めている。そこで本報では、水車周辺のコンクリート取り壊しについて、その施工計画と施工結果を報告する。

【キーワード】水力発電所、再開発、リニューアル、4次元CAD

1. はじめに

電源開発(株)田子倉発電所(阿賀野川水系只見川)は福島県南会津郡只見町に位置し、最大出力95,000kWの発電機4台を擁する380,000kWのダム式水力発電所である。当発電所は、戦後の高度成長期の重要電源として建設され、1959年5月に運転を開始したが、運転開始後45年を経た現在、発電機を中心に経年劣化が顕在化している。このため、発電所の長期的な安定運転および信頼性向上を図るとともに、最新の設計技術の採用による効率的な発電出力増を図るべく、老朽化した水車、発電機等を一括更新する「田子倉発電所一括更新プロジェクト」が計画された。これまで、水

力発電所の一括更新や再開発は電力会社を中心に実施されているが、それらの多くは最大発電出力が数万kW級の発電所を対象としたものであり、本プロジェクトは国内最大級の水力発電所を対象とした初の再開発プロジェクトといえる。

本プロジェクトでは、4台ある水車発電機を順次更新していく予定であり、現在「田子倉発電所4号機一括更新工事」が施工されている。本報では、この工事のうち、土木工事におけるコンクリート取壊しの施工計画と施工結果について報告する。

2. 田子倉発電所一括更新プロジェクト

(1) 背景と目的

電気事業を巡る外部環境は大きく変化している。平成17年4月からは、自由化対象需要範囲の拡大や卸電力取引所の開設等、大きな節目を迎えており、従来の公益的規制を柱とした産業原理から市場原理へと

*¹ 水力・送変電事業部 東日本支店

田子倉電力所 TEL 0241-82-2251

*² 工学部 建設システム工学科

*³ 東日本カンパニー 田子倉事業所

向かっている。また、電力需要は、安定成長期に入った現在においても漸増しているものの、その割合は高度経済成長期からバブル景気時に比べ鈍化している。一方、環境問題に目を転じると、京都議定書が発行され、地球温暖化問題に対するエネルギーと環境の共生が国際的に求められており、エネルギー資源の効率的活用がグローバルな課題として浮上している。

こうした中、水力発電は再生可能エネルギー、クリーンエネルギーとして注目されるようになってきている。また、エネルギー資源のほとんどを国外に頼る我が国においては、水力発電は純国産エネルギーといえる。しかし、CO₂の排出、生態系の破壊をはじめとした環境問題に対する意識の高まりから新たにダムや堰を建設することは容易ではない。また、大規模水力のほとんどは開発済みであり、包蔵水力としては投資効果を発揮しにくい中小規模が中心となっている。以上が主な外部環境の変化である。

一方、内部環境から見ると、水力発電所の再開発プロジェクトは、当社がこれまで培ってきた水力発電所建設の技術力を強みとして発揮できるものである。また、新規水力開発プロジェクトが減少しているなかで技術の継承を図る上でも重要といえる。

当社は多くの水力発電所を保有しているが、そのなかでも当発電所は、尾瀬を源とする豊富な水資源を利用した国内最大級の一般水力発電所で、主にピーク時電源として首都圏の経済活動を支える重要電源のひとつである。このため、当発電所における水車発電機の信頼度および発電効率の向上は、電力の安定供給や水資源の効率的利用に大きく貢献できるものといえる。また、本プロジェクトの成功が電力事業の市場原理における競争力、技術力の強化につながるものと期待される。

(2) プロジェクトの概要

田子倉発電所一括更新プロジェクトは、表-1に示すとおり平成16年11月から平成24年6月までの計8年間をかけて、計4台ある水車、発電機等を一括更新し、設備の信頼性ならびに発電効率の向上を図ろうとするものである。図-1に発電機周辺の更新範囲を示す。これらの他、主要変圧器、水車入口弁および各種制御装置を更新する。これにより当発電所の最大発電出力は、同一使用水量で380,000kWから400,000kWに

表-1 プロジェクト全体工程

	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
4号	11月	6月							
2号			11月	6月					
3号					11月	6月			
1号							11月	6月	

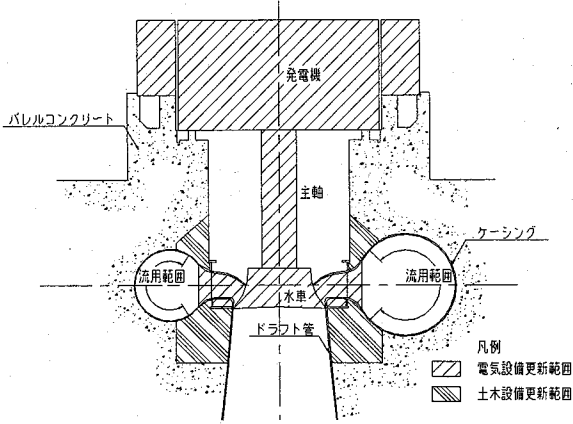


図-1 発電機周辺の更新範囲

表-2 発電所主要諸元の変更内容

項目	既設	更新後	備考
使用水量 (最大使用水量)	420m ³ /s	420m ³ /s	変更なし
総落差 (最大出力時)	107.45m	108.45m	
有効落差 (最大出力時)	105.00m	106.80m	
発電力 (最大出力時)	380MW	400MW	

増強される。表-2に発電所主要諸元の変更内容を示す。

(3) プロジェクトの特徴

本プロジェクトの最大の特徴は、工事対象発電機以外の運転を継続したままで、図-1に示すとおりケーシングの大部分を流用してその内側のみを取り替えることである。これまで、電力会社を中心として実施されてきた水力発電所の再開発は、出力規模が小さいこともありバレルおよびケーシング周辺コンクリートを全て取り壊し、ドラフト管より上部のケーシングを全て取り替えるものであった。こうした手法を当発電所のような大容量発電機の更新に適用した場合、長

期の工事期間が必要となるが、本プロジェクトはコンクリートの打替え範囲を最小化することで全体工程の短縮を図っている。また、この最小化に伴って全体工事量も抑えられることから工事コストの圧縮も図られることになる。

更新工事の施工に際しては、当然のことながら工事対象発電機の発電を停止させなければならない。この停止期間は電力供給面、経営面からなるべく短縮化することが望ましく、これによりプロジェクト全体工程の短縮化が求められている。したがって、電気工事をも含めた本プロジェクトの最適化を考慮すれば、停止期間をできるだけ短縮する必要がある、計画された停止期間を延長することは許されない。こうしたことから、プロジェクトを成功させるためには、施工に際しては確実な工程管理はもちろんのこと、あらかじめ詳細な施工計画を立案し、精度の高い工事工程を検討しておくことが必要となる。

3. 土木工事

(1) 概要

今回の工事は4号機を対象として、水車周りのコンクリートの一部を取り壊し、各新設電気機器が据付けられた後、コンクリートを打設して復旧するものである。表-3に主要工種の施工数量を示す。

図-2に工事工程を示す。土木工事の工期は平成16年11月9日～平成18年1月31日の約15ヵ月間であるが、コンクリートを取り壊す前期工程と復旧の後期工程に大別される。発電停止期間は図-2に示すとおり、平成16年11月末～平成18年5月末の18ヵ月間

表-3 施工数量

工種	単位	数量
コンクリート取壊し	m ³	125
コンクリート	m ³	145
ガス圧接	箇所	610
鉄筋	t	7
廃棄物処理	t	310

である。

図-3、図-4に水車水平断面中心線上部（以下、ケーシング上部という）および水車水平断面中心線下部（以下、ケーシング下部という）のコンクリート打ち替え平面をそれぞれ示す。基本的にはケーシング上下部で同様の範囲を取り壊すが、ケーシング下部については、後述する施工上の理由により、大部分は風車状の取壊し形状となる。なお、ケーシング上下部共、第1象限の範囲（以下、断面変化部という）は電気工事の必要性から大きく取り壊す。

図-5にコンクリート取壊し時の標準断面を示す。コンクリート取壊し範囲は図-5におけるハッチング部であるが、その表面にはケーシング上部にピットライナ（SS；t=9mm）、ケーシング下部にドラフト管上部（SCS；t=45mm）の鋼板がそれぞれ存在している。そのため、コンクリートの取り壊しのみならず、これらの鋼板の撤去が求められる。なお、ケーシング下部の取壊し形状は後述する施工上の理由により決定されており、スピードリング上下部のコンクリートは、電気工事においてスピードリングと共に撤去される。

図-6に復旧後の標準断面を示す。既設鉄筋と新設

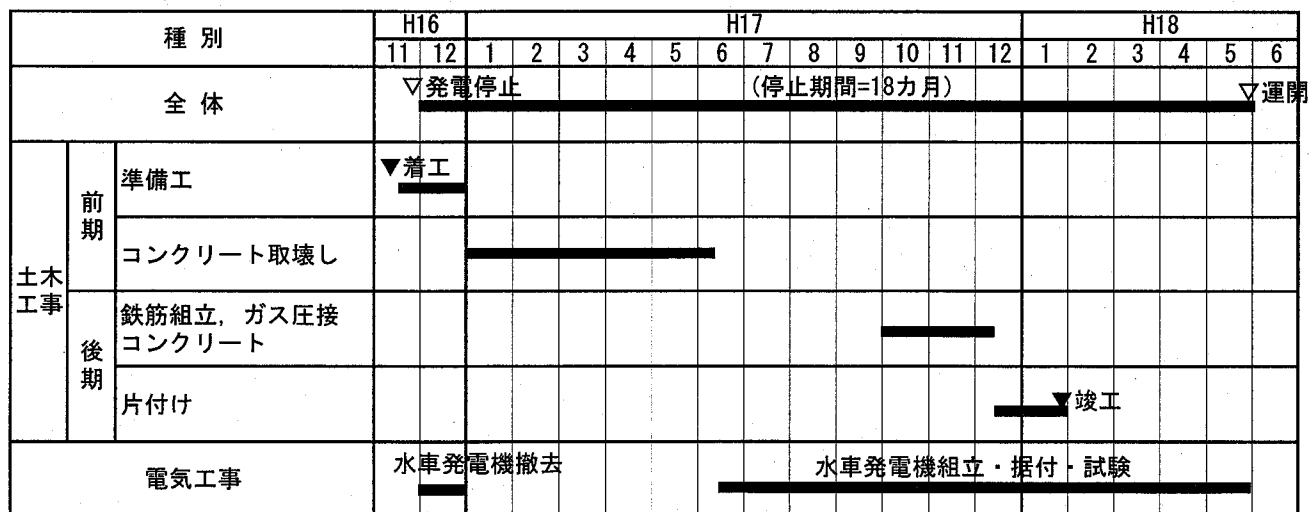


図-2 工事工程

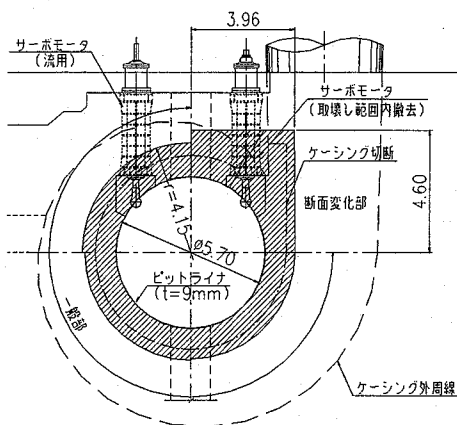


図-3 ケーシング上部平面

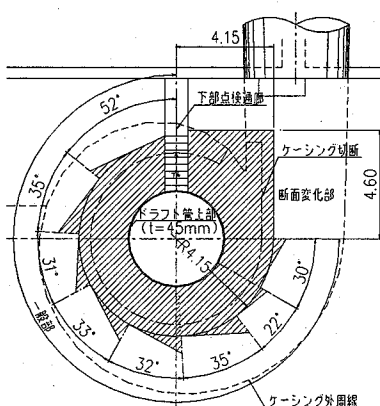


図-4 ケーシング下部平面

鉄筋をガス圧接し、新設スピードリング設置等の電気工事終了後、新設コンクリートを打設する。

(2) マネジメントのポイント

本工事は、ドラフト管等の鋼板およびケーシング周辺コンクリートの一部を取り壊し、復旧するという前例のない試みである。特に、単体のコンクリート取壊しは、ブレーカ工法等に代表される要素技術は確立しているものの、今回の鋼板が付着している構造物としては、後述する施工条件からも進捗が予想しがたいものとなる。また、本工事は前述したとおり発電停止期間から工事工程に制約を受ける。なかでもコンクリート取壊しは、図-2に示したとおり、全体工程の約 1/3 を占め、発電停止期間に大きく影響を及ぼす。したがって、コンクリート取壊しの施工にあたっては、確実な施工が可能となる施工計画の策定と共に、これを確実に実施する工程管理に主眼をおいた PDCA サイクルの実践が求められる。そこで以下では、鋼板撤去およびコンクリート取壊しを中心に報告する。

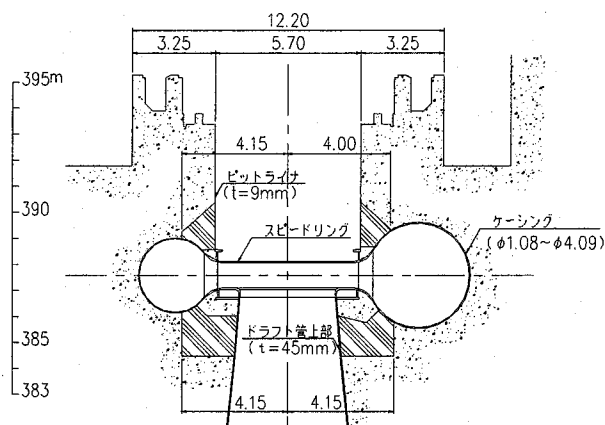


図-5 標準断面

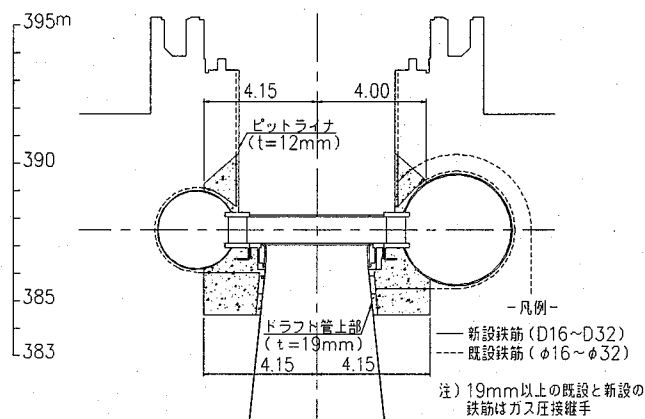


図-6 復旧標準断面

4. 施工計画

(1) 工法計画

a) 施工条件

コンクリート取壊しの基本工法を検討するに際して、以下の条件を考慮する必要があった。

- ① 1～3号機は運転中であることから、運転機および周辺流用構造物への影響を最小限にする必要がある(各号機は18m毎にレイアウトされている)。
- ② コンクリート取壊し工程が電気作業も含めた大工程(発電停止期間)に大きく影響するため、コンクリート取壊しを効率的に施工する必要がある。
- ③ 取壊し範囲の表面にはケーシング上部にビットライナ(SS; t=9mm)、ケーシング下部にドラフト管上部(SCS; t=45mm)の鋼板がそれぞれ存在しており、コンクリートの取壊しのみならず、これらの鋼板の撤去が求められる。

- ④ ケーシング下部で直径 D =約 3.8m, ケーシング上部で D =5.7m の狭隘な筒状空間での作業となる。

上記 4 つの条件のうち, 施工および工程に関して大きな制約条件となったのは, ③の鋼板の撤去, 特にドラフト管上部の撤去である。すなわち, その厚さに加え, ドラフト管上部背面のコンクリート中に噛み込んだ縦横リブのため, 取壊し範囲全面の鋼板を撤去するには多大な労力と時間を要すると考えられた。したがって, 鋼板の撤去を必要最小限にでき, かつ他の条件を満たす方法が基本工法となる。

b) コンクリート取壊し

コンクリート取壊しに関する基本工法としては, ブレーカ工法やウォータージェット工法等の破碎工法やコアボーリングとワイヤーソーイングを併用したブロック切出し工法等があるが, 上述した施工条件からひとつの工法のみによる効率的な取壊しは不可能と考えられた。したがって, これらの基本工法の最適な組み合わせによる施工方法を検討する必要がある。検討にあたっては, 最も一般的な工法であるブレーカ工法を前述の施工条件から評価し, それをベンチマークとした。

ブレーカ工法では, 鋼板をほとんど撤去しなければならないのに加え, 騒音, 粉塵の発生による安全衛生上の問題や, マイクロクラックの発生によって新旧コンクリートの付着が弱まることも問題点として挙げられた。

こうしたブレーカ工法の問題点を解決すべく, 本工事では, コアボーリング (以下, CB と略記する) とワイヤーソーイング (以下, WS と略記する) によるブロック切出し工法とウォータージェット工法 (以下, WJ と略記する) による破碎工法を併用することとした。すなわち, ブロック切出し工法によって,

- 運転機および周辺流用構造物への影響の最小化
- 鋼板をブロックの一部として切出すことによる鋼板撤去範囲の最小化

WJ により,

- 新旧コンクリート境界面の健全性確保を可能とした。

c) 鋼板撤去

CB と WS を可能とするためには, 一部の鋼板を撤去する必要がある。

鋼板撤去, 特にドラフト管上部の撤去は, 本工事の成否を決める工程のひとつである。今回工事では, ステンレス鋳鋼であること, 背面にコンクリートが付着していることから, 鉄骨・橋梁, 造船業界等において, 溶接部の裏掘りや欠陥部の除去, 大形鋳鋼物成型後のバリ取り作業等に広く用いられているアークエアガウジング (以下, ガウジングという) を採用した。採用にあたっては, 厚さ 45mm のステンレス厚板をガウジングによって撤去した事例がなかったため, 工事着手前に模型を用いた試験施工を行い, 施工能力の確認, 現場適用時の課題抽出ならびに鋼板撤去手順の確認等を実施した。なお, ガウジングとは, 銅クラッドカーボン電極と金属との間にアークを発生させ, 金属を溶融すると同時に電極の外側に平行に噴射する高速の空気ジェットによって溶融金属を吹き飛ばす方法である。

(2) 施工手順

a) コンクリート取壊し

コンクリート取壊しの施工手順は, ケーシング上下部で異なる。また, 図-3 に示したケーシング上部の断面変化部 (以下, 上部断面変化部という) には, サーボモータと呼ばれる $t=40\text{mm}$ のリブが付いた筒状の鋼材 ($\phi 680\text{mm}$, $t=19\text{mm}$) が取壊し境界を横断するよう埋設されていることから, 当該部は個別に扱う必要がある。

施工手順の検討にあたっては, ブロック状で大きく撤去することで, 施工能力の劣る WJ の範囲を最小化した。また, ブロック状に縁切りする場合にも, 施工能力の優れるワイヤーソーを多用するものとした。ケーシング上下部それぞれのコンクリートブロック割り平面を図-7 および図-8 に示す。

ケーシング上部のコンクリート取壊し手順は以下のとおりである (図-7, 図-9 参照)。

- ① 水車ピット内から上下面法線方向 CB を水平方向に連続削孔する (図-9 (1))。
- ② WS にて側面を切断し, ブロック状とする (図-9 (2))。
- ③ 切断されたコンクリートブロックをドラフト

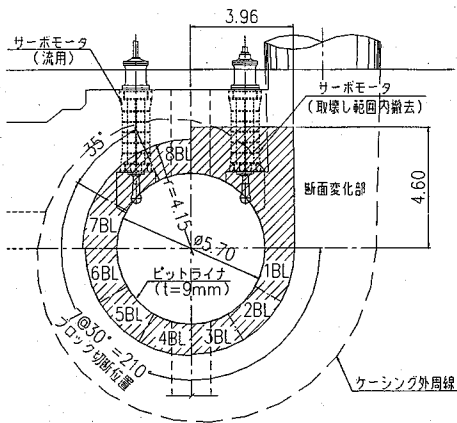


図-7 ケーシング上部ブロック割り平面

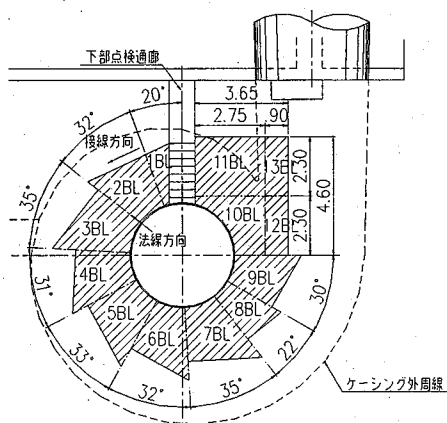


図-8 ケーシング下部ブロック割り平面

内に引き出し、発電所内の天井クレーンにて撤去する (図-9 (3)).

- ④ ①～③を繰り返す。
- ⑤ WJにてケーシングおよび既設鉄筋を露出させる (図-9 (4)).

一方、ケーシング下部のコンクリート取壊し手順は以下のとおりである (図-8, 図-10 参照)。

- ① ドラフト管内から法線方向に CB を鉛直方向に連続削孔し、下部点検通廊側壁を始点とした接線方向 CB を法線方向 CB 孔の先端に向けて上下2本削孔する (図-10 (1)).
- ② 鉛直面, 上下部水平面それぞれを WS にて切断する (図-10 (2)).
- ③ 切断されたコンクリートブロックをドラフト管内に引き出し、発電所内の天井クレーンにて撤去する (図-10 (3)).
- ④ ①～③を繰り返す。
- ⑤ WJ にてケーシングを露出させる (図-10 (4)).

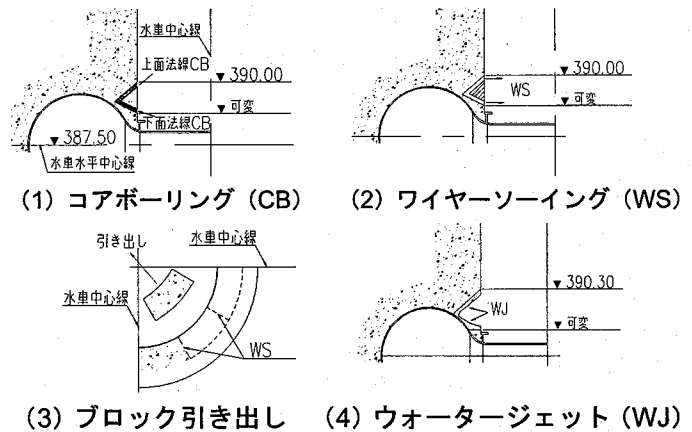


図-9 ケーシング上部コンクリート取壊し手順

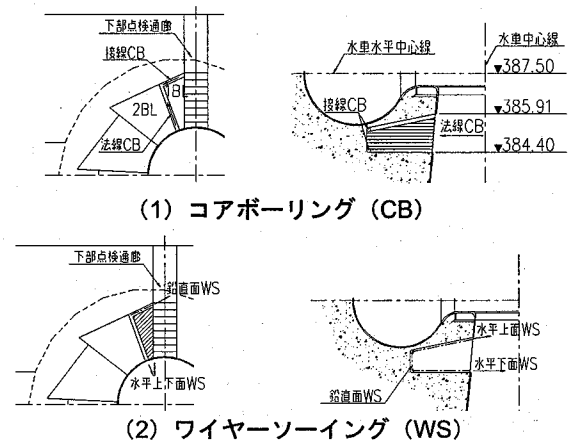


図-10 ケーシング下部コンクリート取壊し手順

上部断面変化部については、20 数工程にも及ぶ上記の手順とは別のサーボモータを露出させる為の WJ を主体とする CB と WS を併用した詳細な施工手順を作成した。

b) 鋼板撤去

鋼板は、ケーシング上下部共、CB 施工箇所 (幅 200mm) およびワイヤーソー引き出し箇所 (幅 100mm) のみを撤去することとし、撤去範囲の最小化を図った。

ドラフト管上部を対象とした試験施工の実施前は、鋼板の上記必要撤去箇所の全てをガウジングで撤去する予定であったが、試験施工にて、

- ① 背面にコンクリートがある厚さ 45mm のステンレス材をガウジングで撤去することは可能である。
- ② 施工速度は幅数 10mm で 70min/m 程度である。
- ③ 施工時の熱による鋼板の膨張によって、背面のコンクリートと鋼板の付着が弱まる。
- ④ カーボン電極棒が届けば、コンクリートに埋設されたリブも撤去可能である。

等の結果が得られたことから、ピットライナも含め、撤去範囲の外縁部を施工し、その内側を板として剥ぎ取ることができる程度の大きさに分割して撤去する方法とした。ただし、この方法で撤去できない場合、多大なるリソースを必要とすることから、作業員および資機材の確保、技術的バックアップ体制の整備を図るものとした。

c) 4次元 CAD の活用

以上の施工手順を立案するにあたり、3次元に時間軸を加えた4次元CAD^{1) 2)}を利用し、図-11に示す各施工段階での3次元CAD図面を作成した。これにより、取壊し形状の可視化を図ると共に、流用ケーシング等に損傷を与えることがないことを確認した。

(3) 工程計画

コンクリート取壊しの工程計画を表-4に示す。クリティカルパスは、鋼板撤去→下部ブロック切出し→上部断面変化部取壊し→上下部WJとなる。したがって、与えられた工程を確保するためには、これらの工程に注視するとともに、他工種の進捗がこれらの工種に影響を及ぼさないよう管理していくことが施工時において基本となる。

5. 施工

(1) 鋼板撤去

a) 主要使用機械

一般に、ガウジングに用いられる直流アーク溶接機は500A級が用いられるが、本工事においては、厚板のSCS材を撤去する必要性から800A級を使用した。また、この溶接機は高負荷で長時間使用されることから、予備機を用意し、機械トラブルによる工程遅延のリスクを低減した。

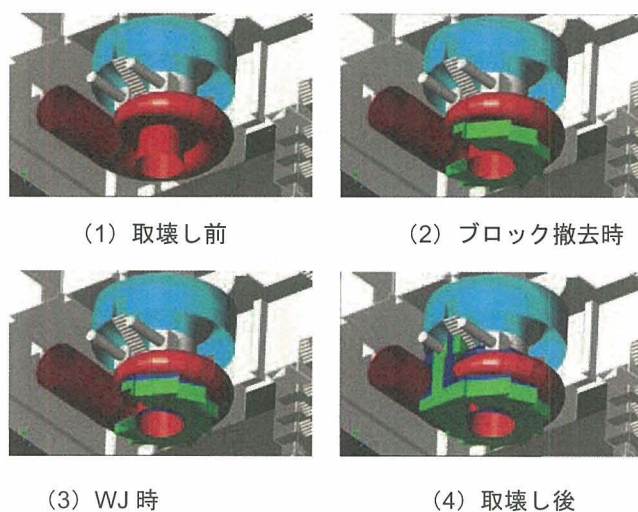


図-11 4D-CAD図面

表-4 コンクリート取壊し工程計画

工種	平成 17 年					
	1月	2月	3月	4月	5月	6月
鋼板撤去	■					
上部ブロック切出し		■	■	■		
下部ブロック切出し		■	■	■	■	
上部断面変化部				■	■	■
上下部 WJ				■	■	■

b) ケーシング上部

コンクリート取壊し範囲にある全てのピットライナを撤去した。計画時は、前述のとおりCB施工箇所およびワイヤーソー引き出し箇所のみを撤去する予定であった。しかし、計画通り施工したところ、鋼板の厚さが薄いため熱による変形でコンクリート面から浮き出し、容易に撤去できることが確認されたため、次工程となるコンクリート取壊し時の施工の容易性、柔軟性を考慮し、コンクリート取壊し範囲全てのピットライナを撤去することにした。

c) ケーシング下部

ケーシング下部は、計画通りCB施工箇所およびワイヤーソー引き出し箇所のドラフト管上部を撤去した。

撤去は下部水平範囲から始め、鋼板の厚さ、縦リブの位置を確認した。縦リブの位置は図面どおりであったが、厚さは平均約60mm、厚いところでは約90mmであった。外縁部をガウジングで縁切りした鋼板は、ハンマーとクサビを用いて100mm幅の箇所500mm



図-12 ガウジング施工状況

程度、200mm幅の箇所では200mm程度の大きさのブロックで剥ぎ取ることが可能であった。図-12にケーシング下部における上部水平範囲（100mm幅）のガウジング施工状況を示す。

(2) コンクリート取壊し

a) 主要使用資機材

CBのビット径は連続削孔箇所ではφ150mm、ワイヤーソー通し孔用でφ75mmを使用した。WS駆動機は、切断面積が大きいこと、施工場所が狭隘であることと並びに設置が容易なことから、ワイヤーソーの緊張装置を内蔵する一体型駆動機を使用した。ワイヤーソーはφ10mmのダイヤモンドビーズが2.5cmピッチに配置されたインプリタイプを使用した。

b) ケーシング下部

1) ブロック切り出し

ケーシング下部は、施工計画通り施工した。下部ブロック切り出し工程では、先行ブロックを引き出してから施工となる接線方向CB、WSおよびブロック引き出しがクリティカルパスとなる。

CB工程では、法線方向CBを先行して施工し、接線方向CBおよびWSに影響を及ぼさないことが必須であった。法線方向は高さ約1.5mのスリットを連続CBにて施工する必要があったが、CB機械設置面であるドラフト管が傾斜していることから、CB機械の据付手間を軽減させるために図-13に示すような鋼製架台を採用し、施工速度の向上を図った。また、約3mという長い削孔長もさることながら、撤去範囲には埋設配管や鉄筋があるため、削孔してもコアが抜けな

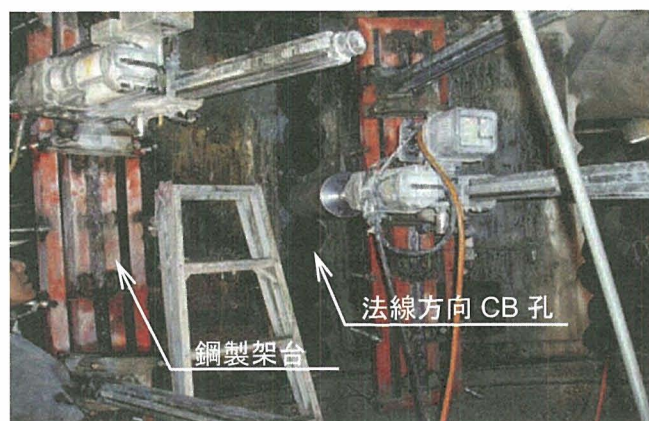


図-13 法線方向 CB



図-14 水平下面 WS

いことが想定されたため、竣工図や建設当時の施工図面等から、そのリスクが潜在している箇所から先行することとした。

WS施工にあたって最も注意を要したことは、切断形状である。特に、水平上下面は、切断形状によっては切断面どうしが接触し、ブロック引出しが不可能になる可能性がある。そこで、ワイヤーソーの切り始めおよび切り終りレベルを調整することでブロック引出し側に傾斜させるよう切断した。図-14に水平下面のWS施工状況を示す。

ブロック切断後は、発電所天井クレーンである程度吊り上げた状態で、チルホールおよびチェーンブロック等を使用してドラフト内へ引出し、搬出した。図-15にブロック引出し状況を示す。

2) WJ

WJは、吐出条件を圧力230MPa、水量60ℓ/minとし、



図-15 ブロック引き出し

X,Y 方向に加え、ノズル（回転式1孔ノズル）の伸縮を可能としたロボット式とした。これにより、半自動で効率的に施工することが可能であった。特に、ノズルの伸縮によりノズル孔からコンクリート面までの距離（スタンドオフ距離）を調節できることから、スタンドオフ距離を狭めるためのロボットの再設置が不要となり、リードタイムの短縮化を図ることができた。

c) ケーシング上部

1) 一般部

ケーシング上部はCBおよびWJが主要工種となる。施工計画では、上下面法線方向CBを水平方向に連続削孔する予定であったが、上面CBは多量の鉄筋により削孔速度が低下したため、WSによる切断に変更した。こうすることで、上面CBの削孔本数はブロック両端の2本に低減でき、作業員や資機材をクリティカルとなるケーシング下部に傾注させることができた。

WJは、ケーシング下部と同様の方法で施工した。

2) 断面変化部

施工計画立案時には、サーボモータをWJ等にて露出させ、ガス切断で徐々に撤去しながら取り壊す計画であった。この方法によると、表-4に示したとおり1.5ヶ月を要するものと見積もられたが、クリティカルパス上の工程であることから、工程短縮を図るべく計画を変更した。

当初よりサーボモータをWSで切断できれば工程短

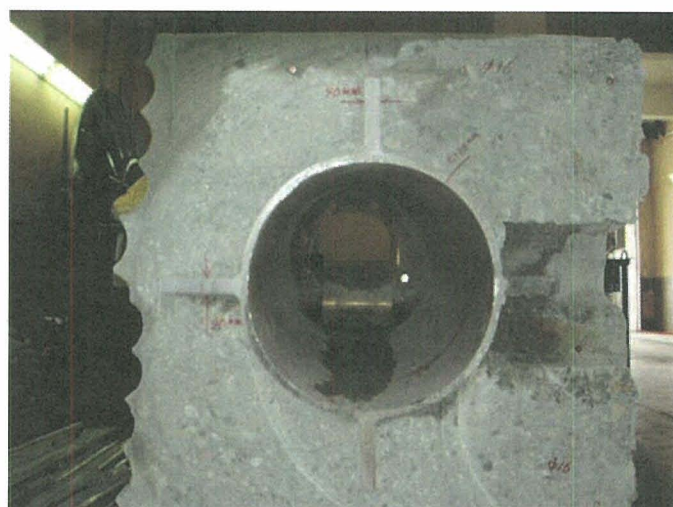


図-16 サーボモータ部切断面

縮の可能性があると考えられたが、コンクリートに埋設されているリブ付きの鋼管は、リブ部でワイヤーソーの噛込みが発生し、切断できないと判断された。しかし、今回、一般部においてφ150mmの埋設配管や10本以上のφ32鉄筋を、ワイヤーソーの噛込みもほとんどなく容易に切断することができたことから、WSを利用してサーボモータを切断することとした。WSの適用にあたっては、ワイヤーソーのダイヤモンドビーズをそれまで使用していた2.5cmピッチ配置から2.0cmピッチ配置へと変更し、かつダイヤモンド量を増加させた。これは、普通のノコギリと糸ノコギリではその切断対象物が異なることに着想を得たものである。その結果、図-16に示すとおり、大きなトラブルもなく切断することができ、工程短縮に大きく貢献した。

6. まとめ

今回の鋼板撤去およびコンクリート取壊しの施工のポイントである確実な施工が可能となる施工計画の策定については、既存の要素技術を上手に組み合わせることにより問題の解決を図った。

また、この施工計画に則って施工することを基本にしつつも、これまで述べてきたように与えられた工程確保のため、日々の進捗管理にて施工計画を随時見直し、施工した。すなわち、

鋼板撤去では、

- ・ 実際の板厚が厚い等の工程遅延に繋がる事象もあったが、試験施工から得られた知見を基と

した施工計画により、確実な施工と工程短縮が図られた。

コンクリート取壊しでは、

- ・ ケーシング上部の施工方法を現場条件から見直し、クリティカルパス作業への人的リソースや資機材の効率的活用を図った。
- ・ また、上部断面変化部においては、それまでの施工結果を考察し、使用資機材を工夫することで大幅な工期短縮が図られた。
- ・ ケーシング下部では、施工計画通り施工できたが、潜在するリスクを知り得る情報から特定し、細部の作業手順、使用機械等の工夫を行い、これを低減した。

この結果、当初の目標を達成すると共に、計画工程よりも1ヶ月程度の工程短縮を図ることができ、厳しい全体工程の短縮にも寄与することができた。表-5にコンクリート取壊しの実績工程と計画工程の比較を示す。

7. おわりに

今後、既設大規模水力発電所の再開発プロジェクトが増加してくると考えられる中であって、田子倉発電所一括更新プロジェクトはパイオニア的事業であるといえる。その中でも、田子倉発電所4号機一括更新工事は、プロジェクト全体を占う試金石といえ、電気工事、土木工事共、限られた発電停止期間内に完工させなければならない。

本プロジェクトにおける最大の懸案であったコン

表-5 コンクリート取壊し工程表

工程	平成 17 年					
	1月	2月	3月	4月	5月	6月
鋼板撤去						
上部ブロック切出し						
下部ブロック切出し						
上部断面変化部						
上下部 WJ						

..... 計画 ■ 実績

クリート撤去が無事終了し、これから、電気側設備の撤去、据付、コンクリートの打設および新発電機の据付等、設備工事としての山場を迎える。したがって、今回の工事を踏まえ、残された工事の工程確保と品質確保の両立を図っていかなければならないと考えている。

【参考文献】

- 1) 矢吹信喜, 志谷倫章, 嶋田善多: 4次元 CAD と EVMS を用いた切土盛土施工管理システムの開発, 建設マネジメント研究論文集, Vol.11, pp91-98, 2004.
- 2) 矢吹信喜, 蒔苗耕司: プロダクトモデルと3次元/4次元 CAD, 土木学会誌, Vol.90, No.5, pp23-25, 2005.

Civil Construction Works for Renewal of Generator No.4 of Tagokura Hydropower Plant

By Tomomi SAKATA, Yukinori AKASAKA, Nobuyoshi YABUKI,
Hidetsugu INAMI and Katsuya SUGIMOTO

The renewal works for generator No. 4 for the Tagokura hydropower plant is now underway. For this work, a generator and a turbine are replaced in order to improve the generator's reliability and electricity output. Process control is important because the off-generation period should be minimized or limited. In civil works, concrete surrounding a turbine is demolished and reconstructed after setting up a new turbine. Especially, concrete demolition works was a main part of civil works and occupied much term of construction. Therefore, progress control of concrete demolishing works was needed. This paper presents the sophisticated construction planning and procedure and the actual construction works.