

水力発電所土木施設の保守工事における 一体的保守体制について

電源開発(株) ○向井 伸幸*¹電源開発(株) 坂田 智己*²室蘭工業大学 矢吹 信喜*³

By Nobuyuki MUKAI

財政の逼迫などにより、今後土木事業投資の増加は望めないにも関わらず、戦後建設した大量の土木構造物が寿命を迎えるに当たり、更新や維持管理などの保守工事の効率化、コストダウンを益々図っていくことが重要である。そのためには、技術力の向上や強化も同時に必要となる。その方策のひとつとして、「一体的保守体制」を本論で論ずる。一体的保守体制は、設備保有管理者が年間の設備保守を地点ごとに保守カンパニーと一括して契約する「包括契約」と保守カンパニー自らが計画して提案する「主体的保守」により展開される。一体的保守体制により保守工事の低コスト化が図られるが、一方で設備保有管理者の工事实施状況把握の希薄化が懸念される。本課題の解決手法として、水力発電所再開発プロジェクトにおける、4D-CADの利用による各施工段階での新旧構造物間の各種干渉の有無の検討について論ずる。

【キーワード】一体的保守、4次元CAD、包括契約、主体的保守

1. はじめに

我が国は、財政逼迫や環境問題等により、今後、公共事業投資や土木関連事業投資は増加しない見通しになっている。一方、戦後構築された大量の土木構造物が寿命を迎えるに当たり、更新や維持管理等の保守に関わるコストの増加が予想されている。そのため、業務の効率化やコストダウンを益々図っていくことが重要となっている。同時に、技術力の向上や強化も必要である。その方策のひとつとして、本論では、「一体的保守体制」を紹介し、その得失を論じたい。

一体的保守体制は、設備保守業務における設備保有管理者と保守を担当する関係会社間の設備計画・管理業務、管理間接業務等の重複を排し、設備保有管理者の保守業務の相当部分を保守関係会社に移管して保守人員の軽量化を図るとともに、設備保有管理者と保守関係会社との関係を請負的な発想から転

表-1 従来の体制と一体的保守体制の違い

	従来の体制	一体的保守体制
設備保有管理者	発注者としての管理業務 予算管理 主機運転 保守業務の積算・仕様書作成と発注	経営管理 主機運転 保守計画の策定・管理
保守カンパニー	受注者としての管理業務 設備保守業務委託の履行 個別請負工事の履行	外部発注の積算・仕様書作成を含む保守業務のすべて

換し、機能分離による水平分業化を図ることを目的とする。

本論は、従来の契約方式と一体的保守契約の比較を行い、課題やその得失を論ずる。さらに、実際の水力発電所の一部更新工事の実施状況を紹介し、その中で一体的保守体制の課題解決のために採用した4次元CADの利用についても紹介する。

*1 東日本支店土木G 049-246-9711

*2 東日本支店田子倉電力所 0242-82-2251

*3 建設システム工学科 0143-46-5129

2. 一体的保守体制

一体的保守体制とは、コスト削減と現場における効率化、保守の高度化および技術力の維持向上との両立を図るため、保守カンパニーを設立し、その地域別カンパニーに各地の設備保守を任せる新しい設備保守体制を言う。従来の体制と一体的保守体制の違いを表-1に示す。

この保守カンパニーによる設備保守体制を構築する上で、具体的に次の施策が展開される。

① 包括契約

一体的保守体制では、年間の設備保守業務を設備ごとに保守カンパニーと一括して契約する包括契約（一体的保守契約）を導入する。従来のような各保守会社別、作業別に締結する個別契約では、複数案件をあわせて作業することによる創意工夫（例えば、年間作業を一括受注すれば、各作業に共通する資材などを一括して準備できるなど）を発揮できなかった。そこで、包括契約を導入することにより、契約内容等も保守カンパニーが創意工夫し保守業務の効率化を進めやすいようにする。

② 保守カンパニーの主体的保守

保守カンパニーは、年間の設備保守業務を保守カンパニー自らが計画して設備保有管理者に提案し、設備保有管理者と包括契約して実施する。この体制下では、設備保有管理者側が有する保守管理能力（状態保全、設備診断技術や、積算・仕様書の作成能力、調達能力など）を保守カンパニー側へ移転し保守カンパニーの技術力を強化する。これにより保守カンパニーは主体的な設備保守を実施し、自己の裁量で効率化などを進める。

契約行為から見た設備保有管理者、保守カンパニーおよび協力会社の関係を図-1に示す。

店経費、その他で構成される間接費等で構成される。

外注費は、保守カンパニーが一体的保守業務の一部を外部の会社に発注する費用で、最近の取引実績・市場価格等を参照のうえ計上される。計上に当

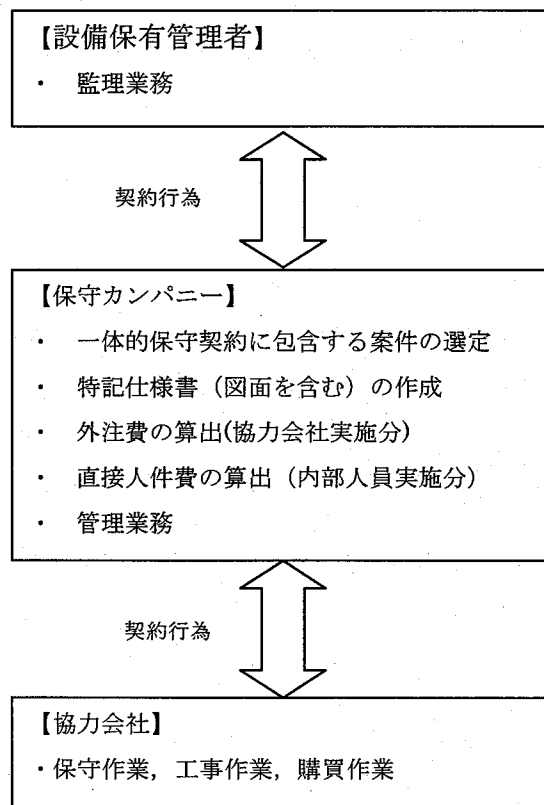


図-1 設備保有管理者、保守カンパニー、協力会社の関係

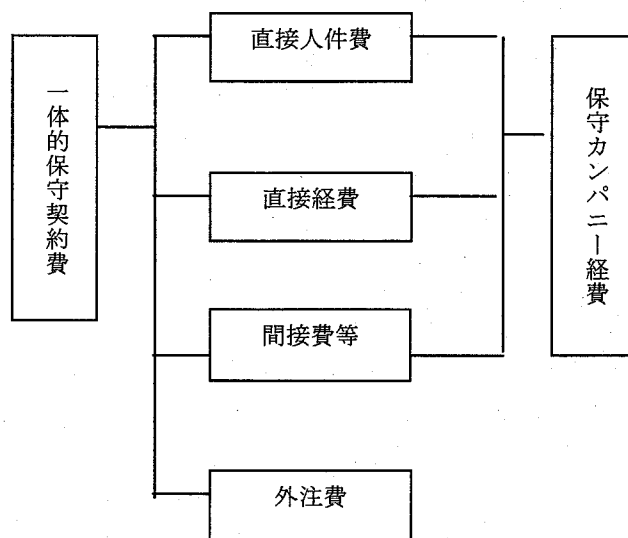


図-2 一体的保守契約の構成

3. 一体的保守契約

一体的保守契約の構成を図-2に示す。

一体的保守契約は、保守カンパニー経費と外注費に分けられる。

保守カンパニー経費は、一体的保守に直接従事する保守カンパニーの直接人件費と保守カンパニーが一体的保守業務遂行上必要な経費である保守カンパニーの直接経費、および一体的保守直接従事者の管理、監督に従事する人の人件費や現場経費、本・支

表－２ 設備保有管理者の業務

	設備保有管理者業務
監 理 業 務	長期保守計画の審査
	事業予算の審査
	工事等実施に関する許認可申請手続き (一体的保守契約分除く)
	保守作業に係る発電機停止計画の所内調整 安全衛生・品質管理および環境管理
保 守 作 業	巡視・点検・諸測定業務等の保守作業の監理 ダム放流業務の指示・監督
	取水ロゲート、放水ロゲートの操作の指示・監督
	表面取水ゲート操作の指示・監督 (濁水軽減対策の計画立案)
	災害・事故時の危機管理
	国交省、経産省定期検査対応 保守作業に関する社外対応
工 事 購 買	完成検査(検査報告書による書面検査)
	工事、購買作業に関する社外対応

っては保守カンパニーから提案された外注費を計上することができる。これにより、設備保有管理者の積算基準にとらわれることなく、保守カンパニーは協力業者等と自由に価格折衝ができることになり、一層のコストダウンが図られる。

４．土木部門の業務区分

土木部門における保守現場での一体的保守体制による設備保有管理者の地方事業所の業務を表－２に保守カンパニー事業所の業務を表－３に示す。

保守カンパニーは設備保有管理者が指定する設備の更新、補修および維持管理について、劣化状況、社会的な影響、他の関連作業との整合性等を勘案して長期保守計画を立案し、設備保有管理者はこれを審査する。設備保有管理者は土木部門全体の長期保守計画をとりまとめて保守カンパニーに周知する。保守カンパニーはこの長期保守計画に基づき、次年度の事業予算原案を立案して次年度の保守業務を提案し、設備保有管理者はこれを審査する。一体的保守契約締結後、保守カンパニーは年間および月間の

表－３ 保守カンパニーの業務

	保守カンパニー業務
管 理 業 務	長期保守計画の立案
	事業予算原案の立案
	一体的保守契約に係る許認可申請手続き
	業務計画の策定
保 守 作 業	災害・事故時の対応および復旧工事等の調査、計画 および設計
	保守作業に係る発電機停止計画に関する事項
	設備管理(設備登録、除却等)
	安全衛生、品質および環境管理
工 事 購 買	土木設備巡視・点検 (洪水後、地震発生後の臨時点検を含む)
	水路内部点検(定期)
	洪水吐ゲート制御装置他点検 (定期点検、細密点検、出水時対応)
	地震計点検
	ダム諸測定(変位、漏水量、その他)
	ダム監視業務、ダム放流業務 (ゲート操作、通知通報、放流パトロール等)
	水質調査(濁度測定含む)
	堆砂測量、測水気象観測
	清掃・除草、流水・塵芥処理、その他保守作業
	設備の増改良、修繕工事の施工に関する事項
工 事 購 買	経常修繕工事の施工に関する事項
	事故災害時の復旧工事等の施工に関する事項
	物品の購入に関する事項

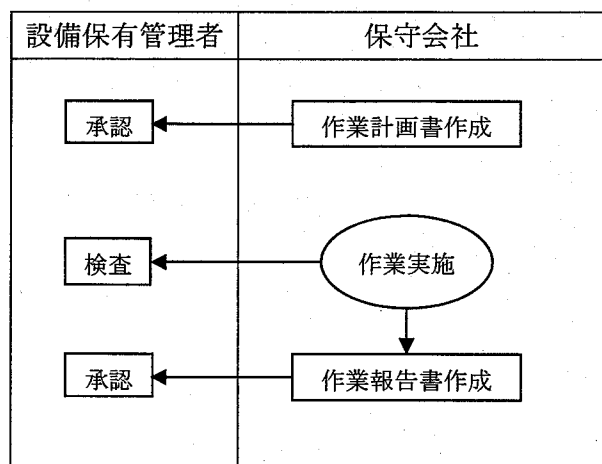
業務計画を策定し設備保有管理者に提出する。

また、保守カンパニーは一体的保守契約内の業務に付随する河川法その他許認可申請手続きも自ら実施する。設備保有管理者が申請者となる許認可申請の手続きは、保守カンパニーが作成し設備保有管理者に提出するとともに設備保有管理者の了解を得て監督官庁に許認可申請手続きを行う。

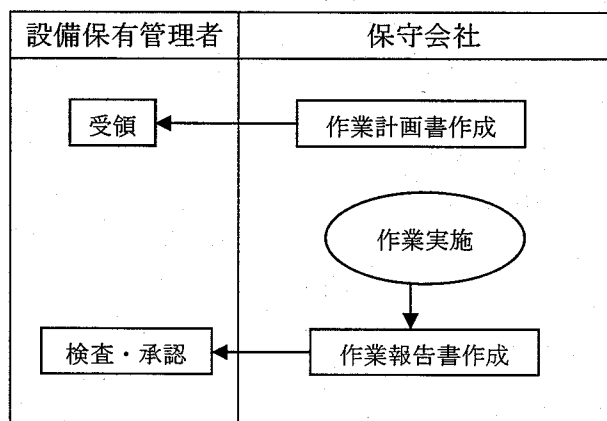
保守カンパニーは、保守、工事、購買作業に際して発電機の停止、制約、もしくは貯水池、調整池の水位制約、取水設備の取水停止等の停止計画を立案する。設備保有管理者は他部門との所内調整を行う。

さらに、保守カンパニーは一体的保守契約に基づき新たに設置した設備、もしくは除却した設備の設

従来契約方式



一体的保守契約方式



図－３ 作業完了検査フローの違い

ここに、工事、購買、保守作業における従来契約方式と一体的保守契約方式の作業計画、作業実施、検査に係る作業完了検査フローの違いを図－３に示す。

一体的保守契約における設備保有管理者の検査、承認行為は以下のとおりである。

- ・ 年間作業計画（下期作業計画）の承認
- ・ 月間作業計画の承認
- ・ 作業計画書の受領
- ・ 作業報告書の検査・承認
- ・ 検査完了報告書(兼)引渡報告書による引取り証明
- ・ 業務完了報告書(兼)請求書の受領

一体的保守契約方式では作業報告書承認をもって設備保有管理者の検査合格とする。基本的に設備保有管理者による現場立会い検査は重要案件のみとする。

6. 一体的保守体制の利点と課題

一体的保守体制の利点は以下のとおりである。

- ① 包括契約により、設備保有管理者自身の個別契約業務に要した時間が軽減できる。また、資材一括購入等創意工夫し保守業務の効率化が進められる。
- ② 主体的保守により、設備保有管理者と保守カンパニーの設備計画・管理業務、管理間接業務等の二重管理の一元化により業務の効率化が図れる。また、保守カンパニーから提案された外注費を計上する事から設備保有管理者の積算基準にとらわれず、外注費の低減が期待できる。
- ③ 設計、施工一体の契約により設備保有管理者の業務時間が削減できる。

しかしながら、一体的保守体制は未だ試行の段階であり解決すべき課題も残っている。一体的保守体制の今後の課題は以下のとおりである。

- ① 設備保有管理者と保守カンパニーの責任分解点の明確化

一体的保守体制は、保守業務に関する計画立案から実施、評価に至る一連の作業を、設備保有管理者との合意に基づき保守カンパニーが主体的に実施可能な契約業務体制である。保守カンパニーの責任範囲（計画立案・実施・評価、安全管理責

備登録、設備除却の手続きを設備保有管理者の設備管理システムにより行う。

その他、保守作業、工事、購買作業については、設備保有管理者には河川法上のダム管理技術者としての業務、ゲート操作の指示・監督、社外対応および災害・事故時の危機管理を残し、その他の業務は包括契約により保守カンパニーが実施する。

5. 作業完了検査のフロー

一体的保守体制の特長は保守カンパニーの主体的保守ではあるが、設備管理上の責任は設備保有管理者に存在する。保守カンパニーは、現場での各施工段階における検査確認（出来形、品質等）について責任を持って実施し、それら資料を取り纏め作業報告書として設備保有管理者に提出し、設備保有管理者はこれを検査する。

昨今の設備事故においては、発注者側の責任が問われるケースが生じている。一体的保守体制では設備保有管理者の作業完了時検査が基本的に書面検査だけになり、具体的な保守業務の実施状況の把握が困難である。設備保有管理者には設備の管理責任が残っている以上、設備保有管理者の検査のあり方、保守カンパニーの責任範囲はどこまでか明確にする必要がある。

保守カンパニーにより次年度の事業予算が提案されるが、保守カンパニーが業務効率化、コストダウンを実施すれば次年度の契約金額が減少するという矛盾が生じる。

そのためには、インセンティブ導入のための定量目標の設定基準・方法、報奨の方法（配当等）を定める必要がある。

設備保有管理者職員には河川法上のダム管理技術者としての責任が残るが、保守作業は保守カンパニーで行われる事から設備保有管理者若手職員の実務経験が希薄になり設備保有管理者側の技術力の向上が難しくなる。設備保有管理者職員のダム管理技術者としての育成方法を検討する必要がある。

上記のとおり、設備保有管理者側の保守工事実施状況の把握が希薄になれば設備保有管理者の設備管理責任へも問題は波及する。本件は一体的保守体制の最も大きな課題である。この課題解決に向けた取



電源開発㈱(以下、JP と記す)では、平成 16 年度から田子倉発電所 4 号機一括更新工事を実施している。この工事は、4 号機水車周りのコンクリートを一部取壊し、新設電気機器を据付けた後、コンクリートを再打設するものである。本工事の技術的な最重要課題は既設の流用発電機器に損傷を与えずコンクリートを取り壊す事にある。本工事は従来の契約方式を採用したが、残りの 1, 2, 3 号機工事については同様の工事を繰り返すことになり一体的保守契約への取り込みも想定されている。そのため、JP と保守カンパニーの設計、施工計画の共通理解を目的として、各施工段階での 3D-CAD 図面を作成し(4D-CAD)、流用発電機器との干渉の有無を検討した。

田子倉発電所（阿賀野水系只見川）は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発電の効率向上等による出力増を図るべく、老朽化した水車、発電機等の一括更新工事が計画された。

- 85 -

表－４ 施工数量

工種	単位	数量
コンクリート取壊し	m³	125
コンクリート	m³	145
鉄筋	t	7
廃棄物処理	t	310

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ようというものである。これにより当発電所の最大発電出力は380,000kWから400,000kWに増強される。これまで、水力発電所の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。

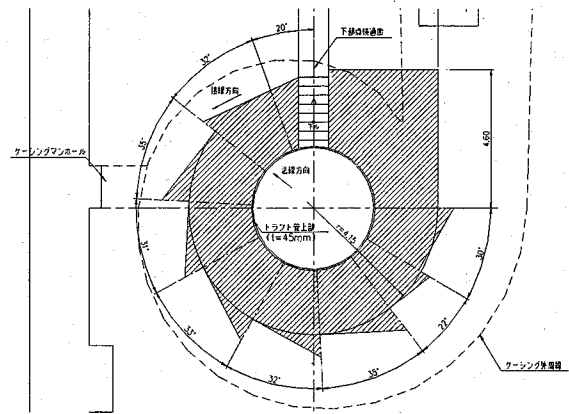
(2) 土木工事の概要

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を一部取壊し、各新設電気機器を据付けた後、コンクリートで復旧するものである。図－4に標準断面を示す。施工対象となるコンクリートは図－4におけるハッチング範囲であるが、既設ケーシング（渦巻管）の一部を流用することで施工範囲を最小化している。工期は平成16年11月9日～平成18年1月31日の15ヵ月間である。表－4に主要工事の施工数量を示す。

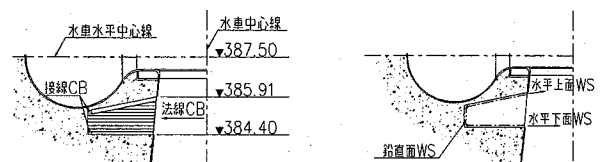
(3) 施工計画

コンクリート取壊しの施工計画立案に際しては下記の条件があった。

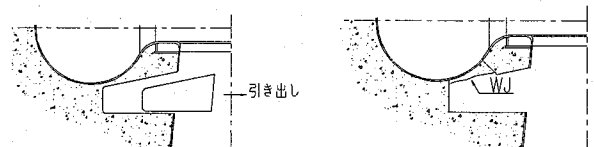
- ① 1～3号機は運転中であることから、運転機および周辺流用構造物への影響を最小限にする必要がある（各号機は18m毎にレイアウトされている）。
- ② コンクリート取壊し工程が電気作業も含めた大工程（発電停止期間）に大きく影響するため、コンクリート取壊しを効率的に施工する必要がある。
- ③ 取壊し範囲の表面にはピットライナ（SS； $t=9\text{mm}$ ）およびドラフト管上部（SCS； $t=45\text{mm}$ ）の鋼板がそれぞれ存在しており、コンクリートの取壊しのみならず、これらの鋼板の撤去が求められる（図－4参照）。



図－５ 取壊し平面（ドラフト管周辺）



(1) コアボーリング (CB) (2) ワイヤソーイング (WS)

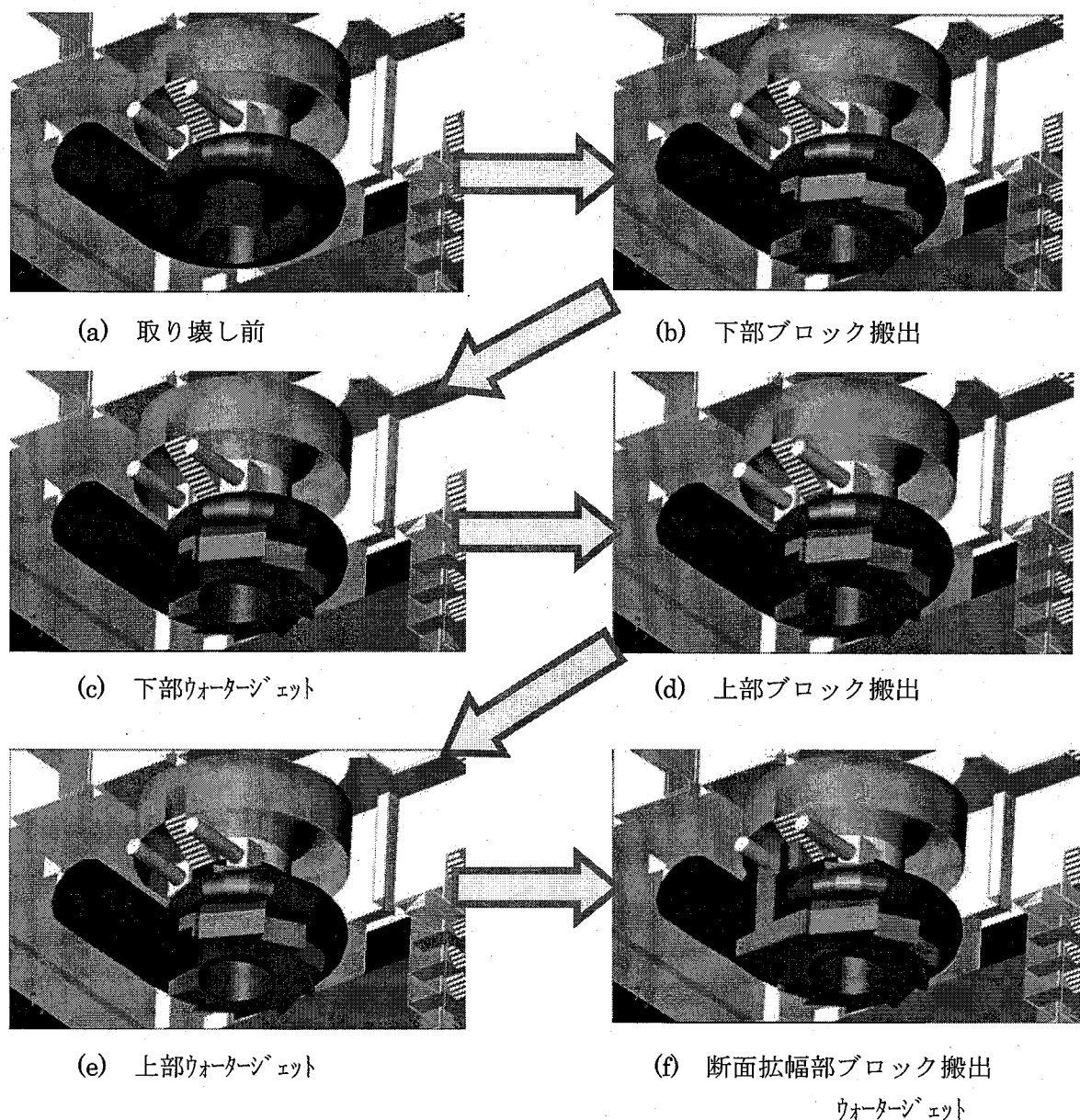


(3) ブロック引き出し (4) ウォータージェット (WJ)

図－６ コンクリート取壊し施工方法

上記①に対しては、振動、粉塵を極力発生させない工法が求められ、本工事では、コアボーリング（以下 CB）、ワイヤーソーイング（以下 WS）およびウォータージェット（以下 WJ）の併用法を採用した。これらの方法によると、コンクリート取壊しは、CB と WS によるブロック状でのコンクリート撤去、ならびに WJ によるはつりに大別される。②に対しては、なるべく大きなコンクリートブロックで撤去することで施工能力の劣る WJ 範囲をケーシング切断箇所の露出等、必要最小限とし、工程短縮を図った。③に対しては、鋼板の背面がコンクリートであること、特にドラフト管上部は厚板のステンレス鋳鋼であることから、溶接部の裏はつり等に用いられているアークエアガウジング法（以下 AAG）を採用した。以下、ドラフト管上部周辺のコンクリート取壊しの具体的施工計画について記述する。

図－５にドラフト管上部周辺のコンクリート取壊し平面を示す。



図－7 各施工段階での3D-CAD

水車中心から4.15mの範囲を取壊す必要があったが、上述の方法を採用することにより風車状の取壊し形状となる。なお、第1象限の範囲は電気工事の必要性から大きく取壊す。

コンクリート取壊しに先立ち、ドラフト管上部をAAGで撤去する。ドラフト管上部はその厚さもさることながら、背面には接合用フランジや縦横リブ等があることから、撤去範囲はなるべくそれらを避けた上で最小化すべく、後述するCBおよびWS施工箇所のみとした。ドラフト管上部を撤去した後の取壊し方法は以下のとおりである（図－6参照）。

① ドラフト管内から鋼板をAAGにて撤去し

た部分から法線方向にCBを縦スリット状に連続削孔し、上下端の法線CBと頂点で出会うよう点検用通路から接線方向CBを2本削孔する（図－6（1）参照）。

② 鉛直面、上下部水平面それぞれをWSにて切断する（図－6（2）参照）。

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－6（3）参照）。

④ ①～③を繰り返す。

⑤ WJにてケーシングを露出させる（図－6（4）参照）。

(4) 4D-CAD^{1) 2)}

本工事のように、複雑な機器が周辺にあり、階段や通廊等が複雑に配置された既設構造物の一部を取り壊し、コンクリート殻をうまく搬出しなければならないような工事の場合、3次元的な空間における構造の変化と搬出に伴う問題点等を事前に十分検討し、施工においてトラブルが発生しないようにしなければならない。そのためには、JPと保守カンパニーの双方が、施工プロセスや3次元的な構造物の位置関係を理解し、施工方法や工程に関し議論するための共通プラットフォームが必要である。

そこで、我々は、3次元プロダクトモデルと施工経過を表現するプロセスモデルを融合させた4D-CADを、共通プラットフォームとして作成し、施工プロセスや周辺機器への干渉の有無の検討等を実施した。4D-CADの時系列的な図を図-7に示す。

紙の図面だけでは、このような複雑な形状を理解することや各種検討を行う際、JPと保守カンパニーの双方が議論を行うことが困難であったが、このモデルを使用することにより、理解や議論をスムーズに行うことができ、互いに技術的な知見やアイデアを出し合うことが可能である。

8. おわりに

卸電気事業分野の競争力強化を目的として、JPでは一体的保守体制へ平成16年4月に移行した。一体的保守体制では、再編・統合された関連会社との包括契約および関連会社の主体的保守により、JP

と関連会社の管理間接業務の二重管理の一元化等により業務の効率化が図られた。また、従来のように発注者と受注者という身構えた関係ではなく、技術者としてより自由に議論を行うことができるようになり、新しい技術の試みを挑戦することがしやすくなった。具体的な事例として、田子倉発電所の更新工事を紹介し、コンクリート取壊し工事の検討と4D-CADの利活用等を論じた。

本年4月より、小売自由化対象範囲の拡大、託送利用制度の改革、中立機関創設と卸電力取引所創設など電力市場は大きな変化を迎える。本制度改革によりJPの卸料金引き下げ圧力は一層厳しくなるものと予想される。一体的保守体制はこのような情勢に対応するため、業務の効率化、低コスト体質の保守体制構築を目指し始められた。今後、我々は新しい技術の導入を試み、創意工夫を重ね、一体的保守体制の完成に向け取り組む所存である。

【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, pp. 91-98, 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, pp. 23-25, 2005.

Integrated Contract System of Facility Maintenance

by Nobuyuki MUKAI, Tomomi SAKATA, Nobuyoshi YABUKI

Japan's electric power industry faces a major turning point in the trend toward deregulation due to an expansion in the scope of deregulation in the retail electricity market and the launch of the Japan Electric Power Exchange in April 2005. Enhancing Competitiveness of Wholesale Power Business, J-POWER (Electric Power Development Co.) commenced an Integrated Contract System of Facility Maintenance with a subsidiary company to improve an efficiency of business, strengthen a technical ability and reduce costs.

Integrated Contract System of Facility Maintenance is constructed by a complete coverage contract with the subsidiary company for the whole annual facility maintenance and independent maintenance proposal of facility maintenance by the subsidiary company itself. In this system, a communication between J-POWER and the subsidiary company is one of the problems. We use 4D-CAD to understand complicated construction situation each other.