

IEA 水力実施協定 ANNEX 11 水力発電設備の更新と増強  
第二次事例収集（詳細情報）

事例のカテゴリーとキーポイント

Main: 1-d) アセットマネジメント、戦略的アセットマネジメント、ライフサイクル・コスト分析

Sub: 2-c) 土木建築分野の技術革新、適用拡大、新材料

プロジェクト名 : 石岡第一発電所他 地震被害復旧工事  
 国、地域 : 日本、茨城県・静岡県  
 プロジェクトの実施機関 : 東京発電株式会社  
 プロジェクトの実施期間 : 2011 年  
 更新と増強の誘因 : (F) 事故・災害  
 キーワード : 東北沖地震、復旧

要旨

次項参照

1. プロジェクトの概要

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分に発生した東北地方太平洋沖地震は、三陸沖の深さ 24km を震源とするマグニチュード 9.0 と近年まれな巨大地震であり、同時に発生した巨大津波と共に東北～関東地方にかけて甚大な被害をもたらした。また、その 4 日後、平成 23 年 3 月 15 日 22 時 31 分に発生した静岡県東部地震は、富士山西部の深さ 14km を震源とするマグニチュード 6.4 の地震であり、静岡県、山梨県に被害をもたらした。

これらの地震によって、東京発電所有発電所の水路構造物も、11 箇所の発電所で大小の被害を被ったが（図-1-3、表-1-1）、このうち、東北地方太平洋沖地震により水槽崩壊の被害を受けた石岡第一発電所（茨城県）、同じく水路管破損、サージタンク亀裂開口の被害を受けた花貫川（はなぬきがわ）第二発電所（茨城県）ならびに静岡県東部地震によりサージタンク破損の被害を受けた狩宿（かりやど）発電所（静岡県）について、被害の状況、原因の推定、復旧工事の設計・施工の結果を詳述する。

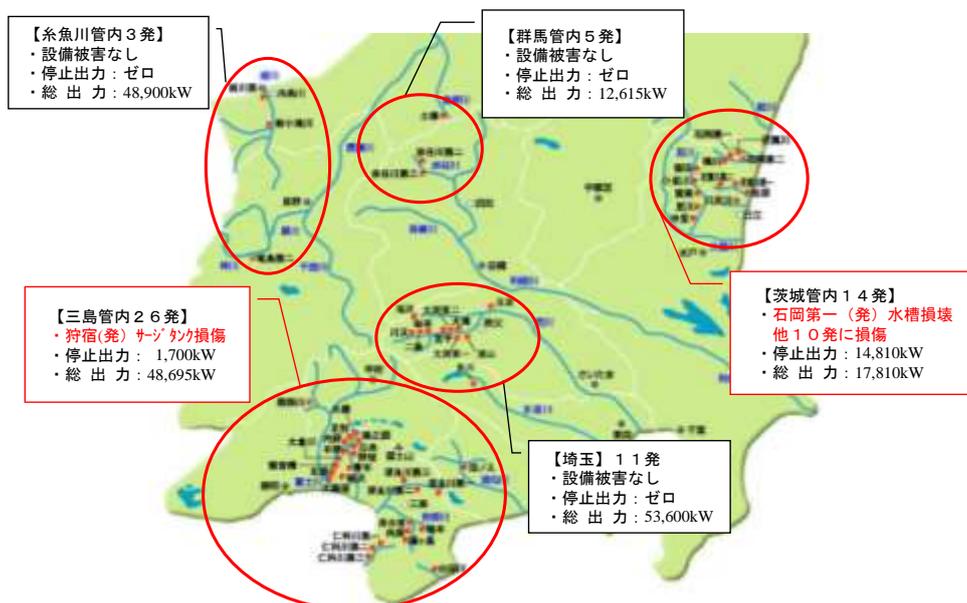


図-1 東北地方太平洋沖地震ならびに静岡県東部地震による被害状況

表－1 東北地方太平洋沖地震ならびに静岡県東部地震による発電所被害状況表

茨城事業所管内 被災10発電所

発電所	出力(kW)	被災箇所
石岡第一	5,500	水槽一部損壊・崩落, 水圧鉄管小支台破損他
横川	2,500	水槽内亀裂, 水槽余水路破損他
花園川	2,100	水槽内亀裂, 水槽付付近一部土砂流出他
中里	850	導水路内部亀裂, 導水路倒伏他
花貫川第二	750	水路管破損, サージタンク亀裂開口、鉄管小支台破損他
華川	130	水路内部亀裂, 水路脇一部土砂崩落
他4発電所, 水槽護岸石積み崩落他 出力計 14,810kW		

三島事業所管内 被災 1 発電所

発電所	出力(kW)	被災箇所
狩宿	1,700	サージタンク破損, 鉄管損傷

## 2. プロジェクト(更新/増強)の内容

### 2.1 誘因及び具体的なドライバー

① 状態、性能、リスクの影響度

(F)-(a) 事故・災害－修復

平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震、及び平成23年3月15日の静岡県東部地震による被害で、複数の発電所が停止した。しかしながら、地震後の電力不足に対する懸念から、夏期ピークに間に合うよう早急な復旧が望まれた。

② 価値（機能）の向上

(該当なし)

③ 市場における必要性

(該当なし)

### 2.2 経緯

平成23年3月11日	東北地方太平洋沖地震発生
平成23年3月15日	静岡県東部地震発生
平成23年3月下旬～4月上旬	現地調査・設計
平成23年4月上旬	現地への進入道路復旧、ボーリング、支持力調査等の現地試験ならびに崩落部法面保護工を実施
平成23年4月下旬	本体工事着工
平成23年7月上旬	工事完了

## 2.3 内 容 (詳細)

### 1-d) アセットマネジメント、戦略的アセットマネジメント、ライフサイクル・コスト分析

石岡第一発電所は、日立鉱山の電力需給の増加に対応するために建設された水路式発電所で、明治44年10月に竣工した。近代日本有数の銅山として知られる日立鉱山を代表する施設の一つとして、産業技術史上高い価値があり、また、水路全般にわたって、鉄筋コンクリート技術を用いた我が国で最初の発電所施設である。とりわけ本館は、我が国に現存する最古級の鉄筋コンクリート造建築物として大変貴重で当発電所施設は、産業技術史上の価値が認められ、平成20年12月2日に国の重要文化財に指定されたものである。

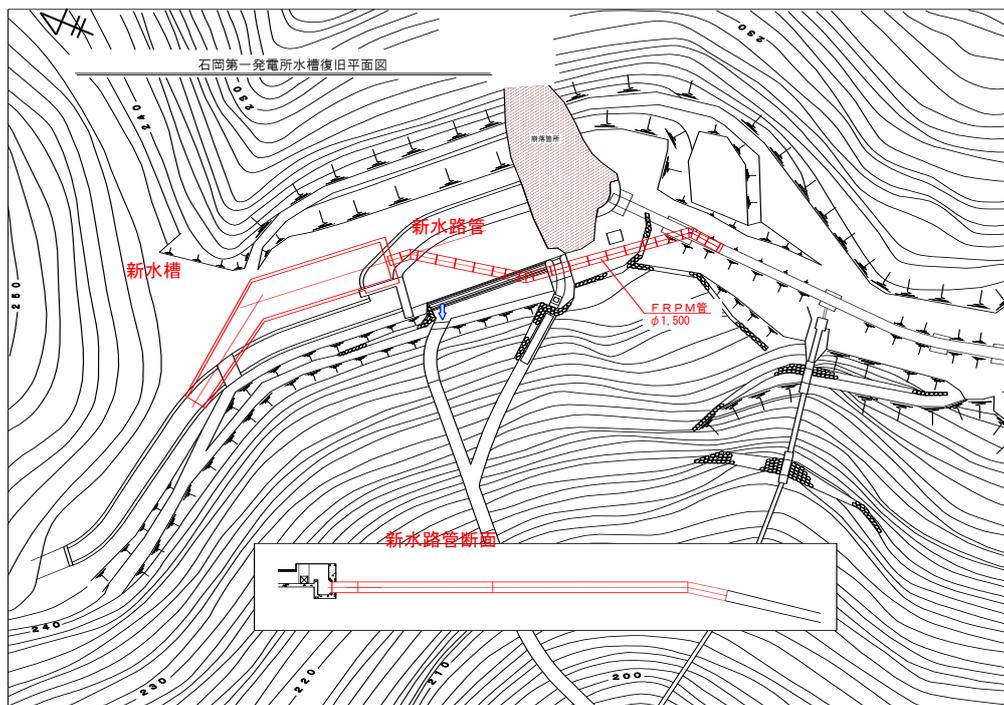
石岡第一発電所は出力5,500 kWと出力の大きさでは東京発電(株)でも十指に入る発電所であり、東京電力(株)管内の電力不足に対して重要な供給力となることから、平成23年7月からの電力夏期ピークに間に合わせるべく、早急な復旧が望まれた。

### 2-c) 土木建築分野の技術革新、適用拡大、新材料

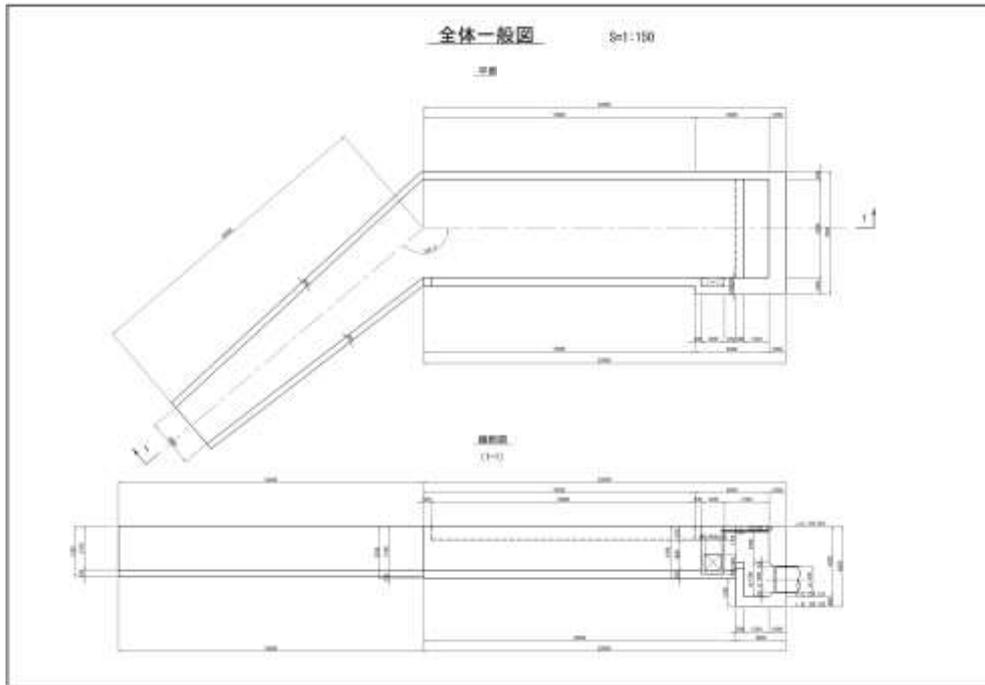
水槽下部の崩落工対策を実施したあとの水槽復旧となると、約1年程度の工期を必要とすることから、崩落部は仮押さえの法面保護工を実施し上部の水槽復旧工を優先することとした。

新水槽位置は、旧水槽が半壊してしまったことから上流部にしか求めることができず、この区域を支持力のある岩盤まで掘削し設置することとした。新水槽は、工期を考慮して、水槽と余水路の単純な構造とし、制水門は設けず、水槽排砂門、スクリーンおよび除塵機を設置し、このうち余水路壁は旧水槽の壁を流用することとした。構造は、レベル1程度の地震に耐えうる、従来型設計の鉄筋コンクリート構造とした。

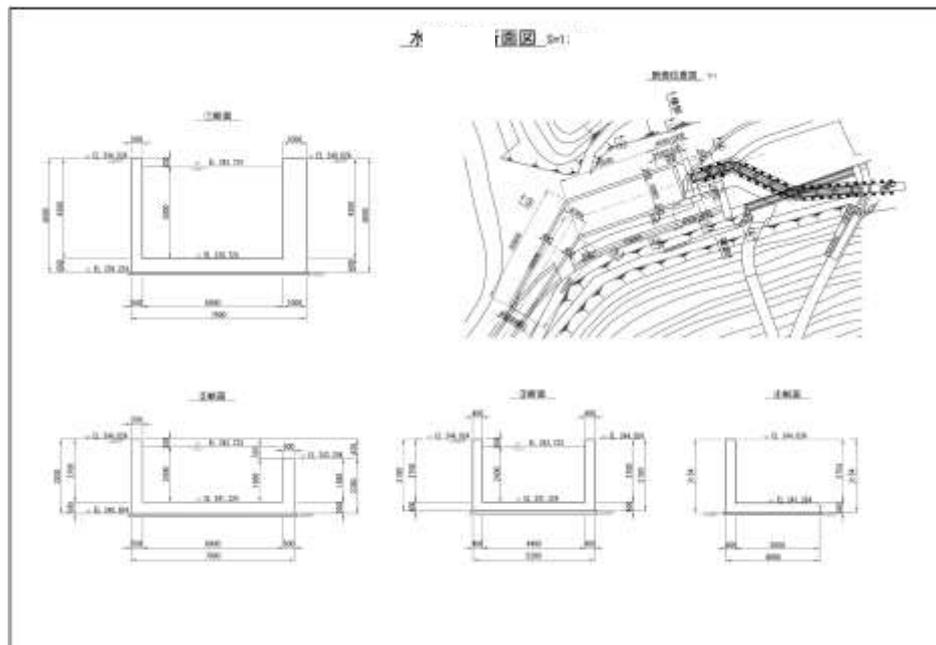
なお、このように新水槽は旧水槽と全く形状が異なり、残念ながら原型復旧も不可能なことから、異例のことながら重要文化財の指定の一部解除(水槽のみ)が了承された。



石岡第一発電所 復旧設計(全体)

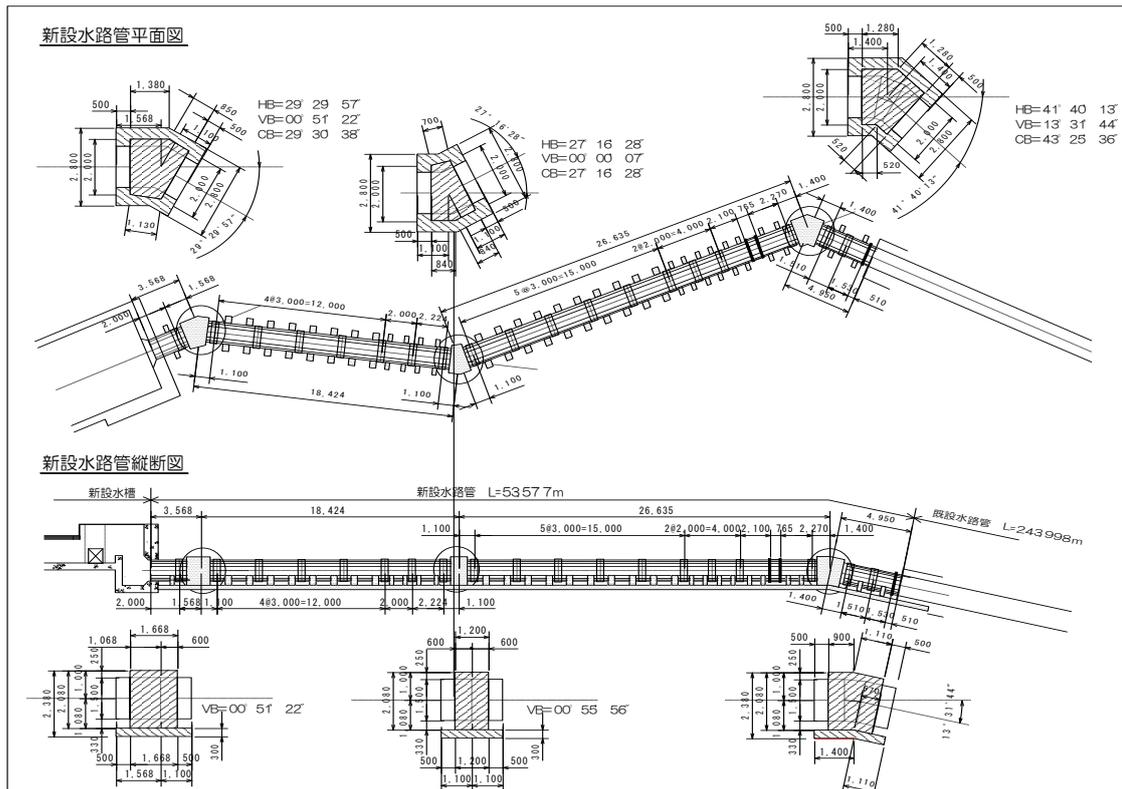


石岡第一発電所 復旧設計（水槽－１）



石岡第一発電所 復旧設計（水槽－２）

水槽からサイフォン管（鉄管）に至る水路管には耐候性のFRPM管（φ1.5m、内圧型）を採用し、水槽の出口と下流の被害の無かったサイフォン管部を、それぞれジョイントを設けながら接合する構造とした。



### 石岡第一発電所 復旧設計（水路管）

上流側の新水槽設置は全工程のクリティカルとなることから先行着手することとし、必要な掘削機械、クレーン等は、ヘリコプターにて運搬した。また、崩壊地の上下流連絡通路確保ならびに水路管設置は下流側から実施することから、必要な掘削機械、ダンプトラック等は進入路を自走させて搬入した。

新水槽の施工は、掘削→基礎地盤セメント改良→基礎砕石→均しコンクリート打設→底板部鉄筋組立→型枠組立→コンクリート打設→型枠解体→側壁足場設置→側壁鉄筋組立→型枠組立→コンクリート打設→型枠・足場解体 の手順で行い、コンクリートは延べ10回打設、総打設量 220m<sup>3</sup>であった。

水路管の施工は、掘削→基礎地盤セメント改良→基礎砕石→均しコンクリート打設→受け台コンクリート（プレキャスト）設置→FRPM管（@3.0m）設置→ジョイント部へのシール設置と滑材塗布→ワイヤによる引き寄せジョイント接合→バンドによる固定の手順で行い、総延長約 50mであった。なお、水槽出口のFRPM管に水膨張性ゴム（クロロプレンゴム）を巻いて水漏れを防止し、既設サイフォン管との接合部は、特殊継輪（異形鋼管）にて接続した。

全体工事工程を左右したのはコンクリート打設であり、購入生コンを使用した。水槽までの進入路は4t ミキサー車しか通行できないことから、市販プラントからの8t ミキサー車のコンクリートを進入路入口にて積み替え、4t 車3台にて約 500m 離れた尾根山頂の水槽現場までピストン輸送を行なった。天候、プラントの状況ならびに作業員の配置を考慮して打設を行なった結果、工期内に完了することができた。

工事は水圧鉄管路等の附帯補修工事を含め6月26日までに完了し、その後2日間、通水試験、負荷遮断試験、電気系統の試験等を実施して異常のないことを確認し、6月29日、石岡第一発電所は運転を再開した。

### 3. プロジェクトの特徴

#### 3.1 好事例としての要素（注目点）

夏期ピーク前までに工事を終了し電力供給に寄与

#### 3.2 成功の理由

上流側に新水槽を設置することが全工程のクリティカルになることからヘリコプターにより重機を運搬した。また、全体工事工程を左右したのがコンクリート打設であり、市販プラントから水槽進入路までは8 t ミキサー車で運搬し、進入路から水槽までは4 t ミキサー車に積み替え、打設を行なった。

### 4. 他地点への適用にあたっての留意点

東北地方太平洋沖地震による地震波は、防災科学技術研究所 KyoshinNet (K-Net) IBR002 高萩において記録されている。これは、被害を受けた石岡第一発電所から 7.2km の距離にある最も近い観測点である。

この記録から、最大加速度は、NS 方向 524.7gal、EW 方向 588.1gal、UD 方向 495.7gal であり、EW 方向が大きいものの、3 方向ともほぼ同等な値となっている。また、地震動の継続時間は 200～300 秒と非常に長くなっている。震度については 6 弱と報告されている。

水槽は痩せ尾根頂部に設置されている。また、水槽の振動の固有周期  $T$  は、最も腰高な水槽制水門の高さ  $H$  が 5.6m であることから、 $T=0.02H$  とすると、0.1 秒程度と推定される。

今回の地震では、増幅された加速度が水槽に作用したものと推定される。ただ、地震波の卓越周期は 0.4 秒、1.0 秒であることから、加速度は大きいものの水槽は共振せず、直撃的な被害は少なかったものと推定される。これは、水槽崩壊が地震発生から 4 時間以上経過し、余震の少なくなった時刻に起きていることからもうなずける。

他の原因としては、地震は継続時間が約 200 秒と長く、その後余震も続いたことから、水槽下部の地山を揺動させ、徐々に滑りに至らしめ、更に、満水状態の水槽のスロッシングによる溢水によってこれらが加速され、引きずられて水槽崩壊が起きたことが考えられる。参考に、震災後に撮影された衛星写真では、水槽周辺に新たに発生した地滑りが散見されている。今回のような地震による被害の場合、地震波を確認することで原因が推定できる。

### 5. その他

(該当なし)

### 6. 参考情報

#### 6-1 参考文献

・ 防災科学技術研究所 K-NET

#### 6-2 問合せ先

会社名：東京発電株式会社

URL: <http://www.tgn.or.jp/teg/>