ベトナム国ソンラ水力発電所建設事業施工監理報告

CONSTRUCTION SUPERVISION FOR SON LA HYDROPOWER PROJECT IN VIETNAM

迫田至誠 *・八木悦央 **・小田多井明 ***・荒木一郎 ****
Shisei SAKODA, Etsuo YAGI, Akira ODATAI and Ichiro ARAKI

The main construction works for the 2,400MW Son La Hydropower Project in Vietnam began in April 2004, and commercial operation of Unit 1 commenced in December 2010. The Project is located on the Da River in Northern Vietnam and consists of a 138 m high and 962 m long concrete gravity dam and a powerhouse housing six 400MW turbines. Nippon Koei with J-Power and SMEC engaged in the construction supervision services for the Project from 2007 to 2011 having performed the design review in 2005 and having been engaged for the procurement assistance of plants from 2006 to 2009. This paper reports an outline of the structures, construction methods and progress of construction of the Project.

Keywords : *construction supervision, hydro power, gravity dam, RCC, flyash, Vietnam*

1. はじめに

本業務は、ベトナム国商工業省（MOIT）傘下のベトナム電力公社（EVN: Vietnam Electricity）が遂行するソンラ水力発電所建設事業の施工監理を、日本工営（NK）、電源開発（JP）、SMEC（豪州、JV 幹事会社）の 3 社 JV で実施したものである。

日本工営（株）と電源開発（株）は JV で 2005 年と 2006 年に設計審査業務、および 2006 年から 2009 年に掛けて発電機器調達支援業務を実施した。本業務はこれらの業務に引き続き、ベトナム政府自己資金により実施したコンサルタント業務である。

発電所は首都ハノイの北西約 250km、ダー川に 1994 年に完成したホアビン水力発電所の約 190km 上流に位置している。ダー川は中国の雲南省を源流とする紅河の最大支流である（図－1）。事業目的は、①急増する電力需要に対する電力供給とホアビン発電所の電力量増大、②紅河デルタ地帯の洪水対策と給水、③北西部地域の社会経済発展である。

図－1 ソンラ発電所位置図

本事業は 1978 年に計画が始まり、2004 年に着工し、2010 年に第 1 号発電機の商業運転を開始している（図－2）。

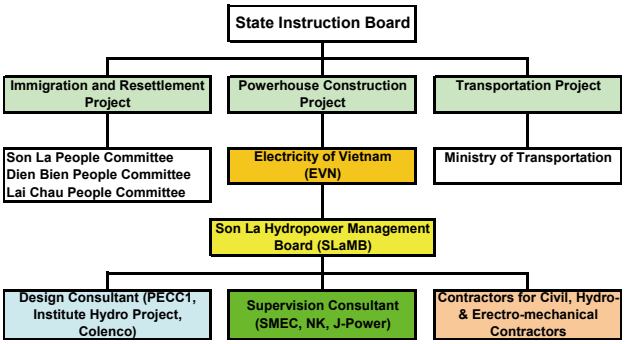
年代	1970	1980	1990	2000	2010	期間
計画						1978-1987
フィージビリティ調査						10-92, 98-04
詳細設計						2004-05
建設工事						2004-2012
NK/JP 設計審査						2005-06
NK/JP プラント調達支援						2006-09
SMEC/NK/JP 施工監理						2007-2011

図－2 発電所建設事業とコンサルタント業務の経緯

2. 事業の概要

(1) 事業者と組織

当事業は住民移転、発電所建設、輸送施設の 3 事業からなり、政府管理委員会のもと、図－3 に示す組織で実施されている。発電所工事は EVN のソンラ水力発電所事業管理局（SLaMB: Son La Hydropower Project Management Board）が管理し、工事の契約・施工監理を実施している。



図－3 事業実施体制組織図

* コンサルタント海外事業本部 技術統括室
** コンサルタント海外事業本部 環境事業部 水環境エネルギー部
*** 電力事業本部 プラント事業部 機械・情報通信技術部
**** コンサルタント海外事業本部

(2) 事業資金

本事業の資金は、設計、施工監理、土木工事、水門・鉄管・発電機器据付はベトナム政府の自己資金、発電機器の調達はサプライヤーズクレジット（輸出企業向け信用供与）である。

(3) 事業諸元

当事業の計画・施設の主要諸元は下記である(**図－4～6**)。

水文：　流域面積 43,760km^2、平均流量 1,515m^3/s、PMF 洪水 6 万 m^3/s

貯水池：　総貯水量 93 億 m^3、有効貯水量 65 億 m^3

ダム：　コンクリート重力式および一部ロックフィル式、最大高さ 138m、堤頂長 962m

洪水吐：　設計洪水量 3.8 万 m^3/s、下部ゲート 幅 6m、高さ 9.6m、12 門、上部ゲート 幅 15m、高さ 11.5m、6 門

取水口：　スクリーン幅 11.5m、高さ 31.5m、取水口ゲート幅 6.3m、高さ 11.2m、維持管理ゲート幅 6.8m、高さ 11.0m、各 12 門

鉄管路：　内径 10.5m、延長 138m、6 条

発電所：　地上式、幅 90m、長さ 267m、高さ 68m

ｺﾝｸﾘｰﾄ：　CVC 220 万 m^3、RCC270 万 m^3、計 490 万 m^3
（注；CVC: Conventional Vibratable Concrete
RCC: Roller Compacted Concrete）

設備容量：　2,400MW（400MW × 6 台）

年間電力量：　102 億 kWh（ホアビン 13 億 kWh 増加）

水車：　フランシス型、有効落差 78m（57m ～ 102m）、使用水量 580m^3/s/ 機、回転数 90.9rpm

発電機：　準傘型、容量 444MVA、定格電圧 18kV、周波数 50Hz

変圧器開閉器：3 相、容量 467MVA、電圧 525kV/18kV、GIS 定格電圧 550kV

送電線：　電圧 500kV、8 回線

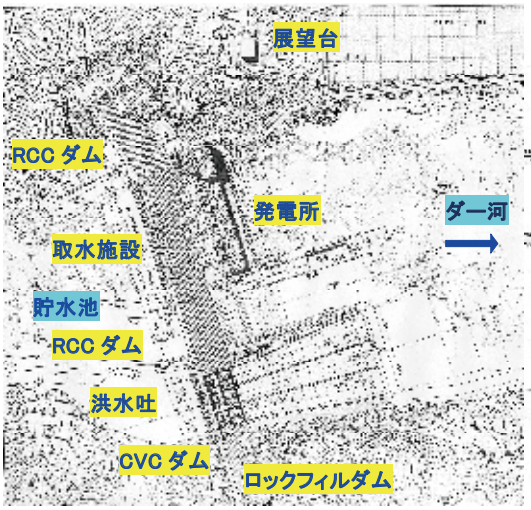
(4) コンサルタント

設計：RCC ダム；Colenco Power Engineering（スイス）
水路・発電所；　Hydro Project international（ロシア）、Power Engineering Consultant Company No.1（PECC1、ベトナム）

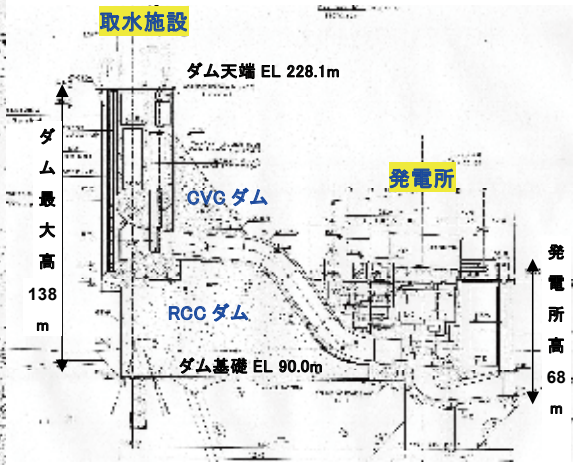
施工監理：日本工営(株)、電源開発(株)、
SMEC International Pty Ltd.（豪州）

(5) 請負者

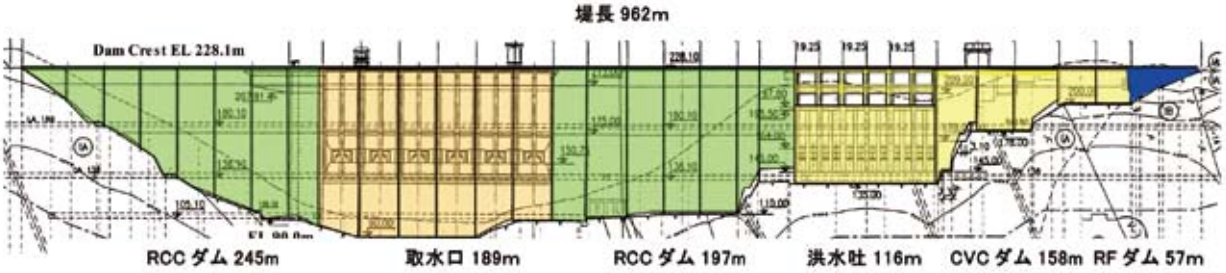
土木工事はベトナムの建設業者、鋼構造物と発電変電機器の設計製作は中国・ベトナム業者、据付はベトナム業者である。多数の関係業者のうち、代表的な企業を以下に示す。



図－4　ダム平面図



図－5　ダム・取水設備・導水路水路・発電所断面図



図－6　ダム正面図

・土木工事（ダム、発電所、洪水吐、グラウト他）
Song Da Holdings Portal, Truong Son Engineering Company, Licogi Engineering Company, Power Engineering Consultant Company No.1（ベトナム）
・鋼構造物工事（ゲート、鉄管、クレーン他）
設 計 製 作：East China Investigation and Design Institute, Jianjiang Hydraulic Machinery Works, China National Heavy Machinery Corporation, Sanmenxia Xinhua Hydraulic Machinery Co., Ltd.（中国）, Machines and Industrial Equipment Corporation, Agriculture and Irrigation Machaniazation Electrification Construction Corporation, National Research Institute of Mechanical Engineering, Cong Ty Co Phan Co Dien Mien Trung, Cong Ty Co Phan Co Khi Dien Luc, Xi Nghiep Co Khi Quang Trung（ベトナム）
据 付：Vietnam Machinery Erection Corporation (Lilama), Xi Nghiep Co Khi Quang Trung（ベトナム）
・発電機器
水 車 発 電 機：Alstom Power Hydraulique, Alstom Power Hydro（フランス）, Tianjin Alstom Hydro Co., Ltd., China, China National Heavy Machinery Corporation（中国）
主要変圧器：Xi'an XD Transformer, China National Heavy Machinery Corporation（中国）
500kV Gas Insulated Switchgear(GIS)：New Northeast Electric(Shenyang) High Voltage Switchgear（中国）
据 付：Vietnam Machinery Erection Corporation (Lilama)（ベトナム）

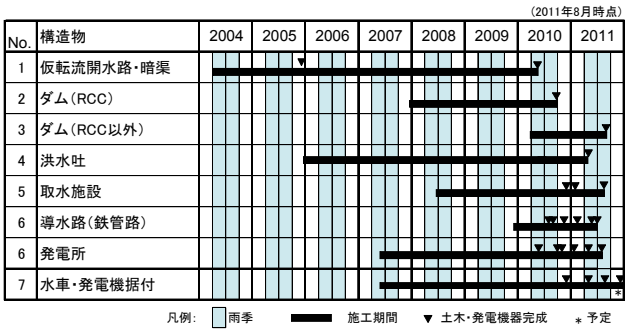
日本企業の日本コンベアー（株）が、RCC 運搬用ベルトコンベアーの設計製作で土木業者の下請けとして参加している。

(6) 建設工程

2004 年 4 月に仮転流工事に着手し、ダム・洪水吐き・取水施設・発電所の土木工事と平行して、水門・鉄管・発電機器の据付工事を行い、予定通り 2010 年 12 月、2011 年 4 月、8 月に第 1、2、3 号機の商業運転をそれぞれ開始した（**図－7**）。引き続き 2012 年第 8 月までに第 4、5、6 号機を順次完成させる予定である。

3. 施工監理コンサルタント JV の役割

日本工営（株）を含むコンサルタント JV は、ベトナムを含む開発途上国での多くのダム・水力発電所の設計・施工監理の経験を生かし、現地の技術者とともに現場に立ち、



図－7 土木構造物と水車発電機器据付の進捗

設計と施工監理の技術移転を行いながら、当工事の品質、工程、安全管理を行った。各コンサルタントは下記の構造物や工事の施工監理を分担した。

日本工営（株）
・土木工事：導水路、発電所、放水庭、ダム基礎のグラウト
・鋼構造物：取水口スクリーン・ゲート・クレーン、洪水吐下部ゲート、水圧鉄管
・建築：意匠、空調・給排気・給排水設備

電源開発（株）
・土木工事：取水口
・鋼構造物：吸出し管、放水庭ゲート
・電気：水車発電機、コントロール機器

SMEC
・土木工事：RCC ダム、ダム計測、コンクリート品質管理
・鋼構造物：天井クレーン、放水庭クレーン
・電気：GIS、主変圧器、SCADA

4. 地形・地質

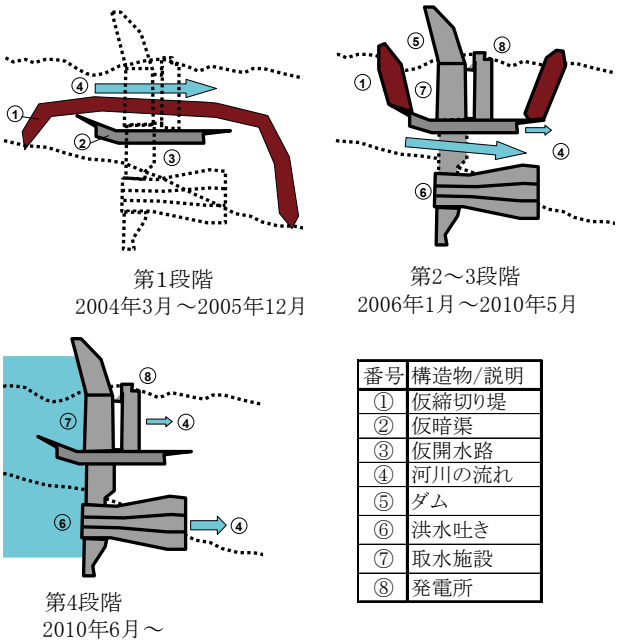
ダムサイト周辺はダー川中流域の U 字谷地形で川幅は約 300m である。この地域は全体的に石灰岩地帯であるが、ダム軸付近と原石山は三畳紀の玄武岩である。ダム基礎となる硬岩層は河底から約 20m の深さである。

5. 工事中の仮転流工

ダムサイトの川幅が広いこと、設計流量が 21,000m^3/s（30 年確率）と大きいことから、本体工事中の仮転流工法についてトンネル工法と半川締切り工法を、施工法・工費・工期の面から比較検討し、半川締切り工法を採用した[1)]。

建設は次の 4 段階で転流を行い建設工事を実施した（**図－8**）。第 1 段階：右岸沿いに仮締切り堤を建設し左岸側に河川水を流し、右岸の開水路（幅 90m）と暗渠（幅 12m、高さ 13m、2 連）を建設、第 2 段階：開水路と暗渠で河川流を流し、右岸の洪水吐、左岸のダム、導水路、発電所を建設（**写真－1**）、第 3 段階：暗渠での転流とダム中央部の RCC ダムの天端での越流で河川水を流下させ、

取水口、導水路、発電所、洪水吐を建設（**写真－4**）、第4段階：洪水吐下部ゲートが完成した時点で、暗渠を閉鎖し堪水を開始した。ダムと取水施設の建設のために必要な貯水池の制限水位に達した時点で河川流を洪水吐下部ゲートから放流した（**写真－5**）。



番号	構造物/説明
①	仮締切り堤
②	仮暗渠
③	仮開水路
④	河川の流れ
⑤	ダム
⑥	洪水吐き
⑦	取水施設
⑧	発電所

図－8 土木構造物と水車発電機器据付の進捗

6. RCC ダム工事

(1) 構造物諸元

ダムはコンクリート重力式で右岸の一部がロックフィルダム式である。ダムの一部に取水施設・導水路があり、最大ダム高さ 138m、堤頂長 962m である。コンクリート部分は RCC（Roller Compacted Concrete）と通常のコンクリート CVC（Conventional Vibratable Concrete）で建設され、ダム勾配は上流面は直、下流面は 1：0.73 である。下流面は高さ 90cm 幅 65cm の階段状として施工を容易にしている。

(2) RCC ダムの選択

本ダムの計画に当り、柱状工法や拡張レア工法などの内部振動機で締め固めを行う CVC 工法と、コンクリートをブルドーザーで敷き均し振動ローラーで転圧する RCC 工法を、施工実績・工費・工期を比較検討し最終的に RCC 工法を採用した。RCC 工法は施工速度が速い、施工法が簡単である等の特色があり、大規模なダムに広く採用されている。

本工事への RCC 工法の適用に当り、RCC の重要な材料であるフライアッシュの品質と数量が確保できるか、また、RCC ダム施工の実績のないベトナムの施工業者が計画通りの品質で工程通りに施工できるかが問題であった。

SLaMB はこれらの問題解決のために施工監理コンサルタントの材料専門家や RCC 施工専門家の助言や指導を積極的に取り入れ問題を解決した。結果として当初の予定より 3 カ月早く RCC の打設を終了することができた。

(3) RCC と CVC ダムの材料と配合

RCC と CVC の粗細骨材は、ダム直上流左岸の玄武岩から製造した砕石砕砂である。セメントは But Son セメント工場から、フライアッシュは Pha Lai 火力発電所から、約 340km をタンクローリーで陸送した。フライアッシュは未燃カーボンが多いため出荷元でカーボン除去を行った [1), 2)]。

RCC の配合は、最大骨材粒径 50mm、セメント 60kg、フライアッシュ 160kg、水 118 kg、細骨材 856kg、粗骨材 1,396kg の単位量を有する High-Paste RCC である。

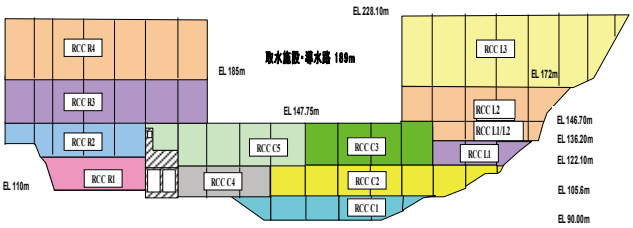
(4) 施工方法

RCC 製造のために時間当り 600m^3 の練り混ぜ容量の 4.5m^3 強制練りミキサー 4 台を備えるバッチャープラントを設置した。水和熱による温度上昇で有害なひび割れがダムに発生しないようコンクリートの打設温度は 22℃以下とする規制があった。そのため、ウェットベルトによる骨材のプレクーリング、アイスプラントによる練混水の冷却、ベルトコンベアへの覆いによる生コンクリートの温度上昇抑制策を実施した。

RCC はバッチャープラントで練り混ぜ、ダムの打設面までの約 500m をベルトコンベアで運搬し、ダンプトラックに積み換え打設場所まで運び、ブルドーザーで敷き均し、振動ローラーで仕上がり 1 層厚さ 30cm で転圧した。転圧は無振動で 2 回、振動で 6 回、0.5m/s の速度で右岸から左岸へ、また下流から上流へ行った（**写真－3**）。水平継ぎ目は転圧後から次の施工までの経過時間に応じ、無処理、レイタンス処理、チッピングなどの 4 種類の継ぎ目処理を行った [3)]。RCC はダム軸方向に 30m ごとに振動目地切機で目地を作り、プラスチックシートを目地材として挿入した。止水性、美観のためにダムの表面部分の上下流型枠に接する幅 60cm は GEVR（Grout enriched vibratable RCC）を用いた。GEVR は RCC の敷き均し後、セメントミルク（W/C=0.6）を人力で撒き、棒型振動機（バイブレーター）で締め固めた特殊工法である [4)]。

(5) 打設実績

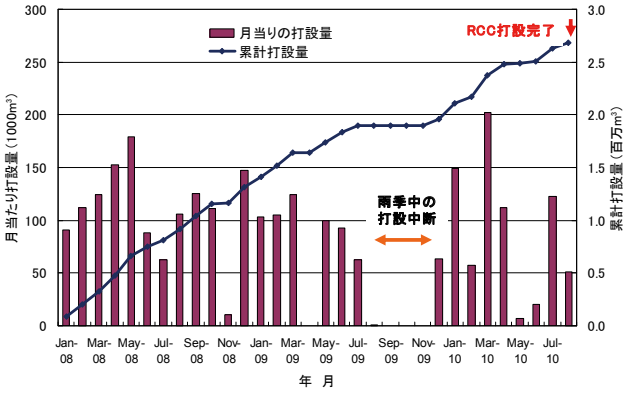
ダムの RCC は、転流時期、取水施設の建設時期を考慮して**図－9** に示す 12 ブロックに分けて打設した。ブロックは最大でダム軸方向 245m、ダム横断方向 111m、高さ 56m である。



図－ 9　RCC 打設ブロック割り（下流から見た縦断図）

RCC の打設はダムの中央部の取水施設の下のブロック C1 から開始し、その後左岸側、右岸を打設した。ブロック R1 が EL.126.0m に達した時点で一旦打設を中断し、このブロック上で雨季の河川流を越流させた。

RCC 打設は**図－ 10** に示すように、2008 年 1 月に打設を開始し、2010 年 8 月に終了した。総 RCC 打設量は 2.68 百万 m^3、日および月最大打設量はそれぞれ 9,920m^3、200,400m^3 である。右岸のダムコンクリート（CVC）打設量は 203,000m^3 である。（取水施設下流側のコンクリート打設量は、取水施設コンクリート量に含まれている。）



図－ 10　RCC 打設実績

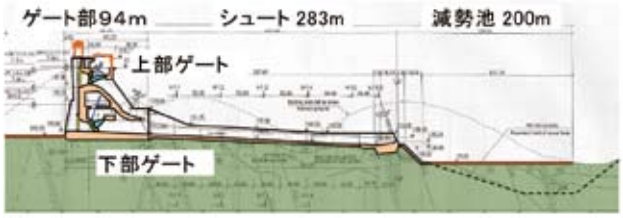
7.　洪水吐工事

(1) 構造物諸元

洪水吐は設計流量 38,200m^3/s を放流するために、**図－ 11** に示すように堤頂と底部に上下 2 段のゲート部、シュート、減勢池で構成されている。上部ゲートは幅 15m、高さ 11.5m のラジアルゲート 6 門、下部ゲートは幅 6m、高さ 9.6m のラジアルゲート 12 門である。ゲート部は幅 112m、長さ 94m、高さ 93m、シュート部は幅 112 ～ 172m、長さ 283m、減勢池は幅 172m、長さ 200m である。

(2) 施工方法

洪水吐の工事は、下部ゲートからの放流を行うためにゲート部を先行し、その後シュート部のコンクリート打設、減勢池の掘削を行った。下部ゲートの据付を終了した後、貯水池の工事用制限水位を確保するために河川水を下部ゲートから放流しながら、上部ゲート部の建設を行った。



図－ 11　洪水吐縦断図

本工事は施工監理コンサルタントの業務には含まれていなかったが SLaMB の要請で品質管理への助言を行った。

(3) 施工実績

洪水吐工事は 2005 年 12 月に掘削を開始し、2011 年 4 月に全コンクリート打設を終了した。全コンクリート量は、612,200m^3 である。

8.　取水施設工事

(1) 構造物諸元

取水施設は 6 連の取水口と導水路からなり、取水口には 12 門の幅 11.5m、高さ 31.5m の除塵スクリーン、幅 6.75m、高さ 10.95m の維持管理ゲート、幅 6.25m、高さ 11.19m の取水口ゲートがそれぞれ設置されている。導水路は内径 10.5m 長さ 138.0m の 6 条の水圧鉄管路で取水口と発電所を接続している。

(2) 施工方法

取水施設と発電所工事が平行して行われるため、建設中の取水口から発電所へ洪水が流れ込まない対策、全取水施設が完成する前に一部の発電を開始できる施工手順と湛水計画を立て施工を行った。

図－ 5 に示すように RCC ダムの上に取水口を建設し EL.181m まで打設した時点で、仮設の移動式門型クレーンを設置し、導水路への浸水を防止するために常用ゲートを設置した（**写真－ 2**）。

2010 年 12 月に 1 号機の発電運転を開始するために、左岸側の 1 号機の取水施設導水路の建設を急ぎ、順次右岸側の 6 号機方向の施設の建設を行った。コンクリートの打設はバッチャープラントから発電所敷地 EL.138m まで 5m^3 のコンクリート運搬車で運搬し、1 ～ 3m^3 のバケットで打設地点まで運搬した。取水施設の天端近くは、バケット運搬と平行してダム左岸までコンクリート運搬車で運搬し、コンクリートポンプで圧送し打設した。

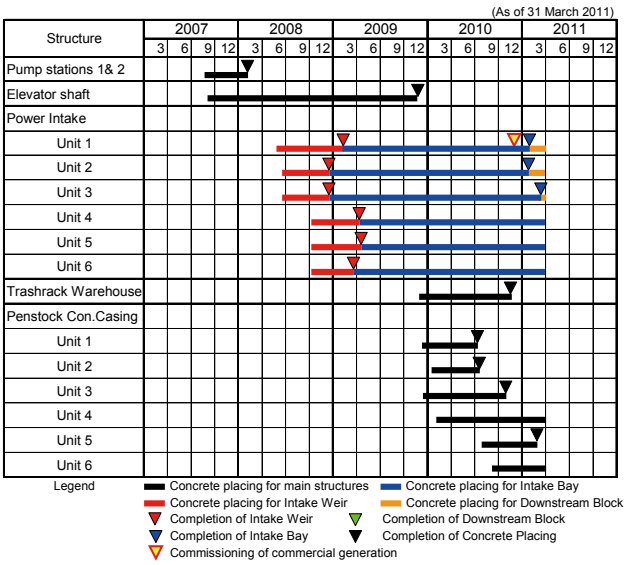
取水施設の下流側ダム部分は上流部の建設とは別に実施した。ダムコンクリートは幅および長さ約 10 ～ 20m、リフト高 1.8m をバケットで打設した。

(3) 施工実績

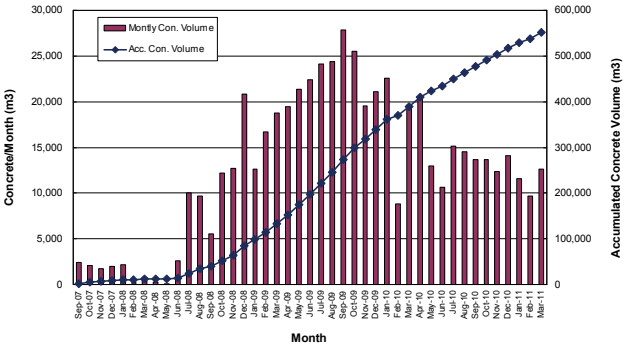
コンクリートの打設はエレベーター・階段部分を 2007 年 9 月に開始し、取水設備の第 1 号機部分が 2010 年 12 月に終了し、残りは 2011 年 7 月までに終了した。取水施設のダム下流部分は順次コンクリートの打設を継続中である（**図－ 12**）。

水圧鉄管を含む導水路のコンクリート打設は 2009 年 12 月に開始、2011 年 7 月までに終了した（**写真－ 7**）。

コンクリート打設進捗を**図－ 13** に示す。総コンクリート量は 551,200m^3 で、月最大打設量は 27,800m^3 であった。



図－ 12　取水設備および導水路土木工事進捗実績



図－ 13　取水設備および導水路のコンクリート打設進捗実績

9.　発電所

(1) 構造物諸元

発電所はダム直下に位置し、幅 90m、長さ 267m、高さ 67.5m の地上構造物で、建屋は発電機室、組立室、主変圧器室、変圧器修理建屋、玄関建屋からなる（**図－ 5**）。発電所周辺にディーゼル発電機建屋、油混合水処理建屋がある。

下流洪水位が水車標高に対して高く、発電所内の資機材搬入場と発電機器分解組立室に高さ 20m の段差があるため、発電機室の天井クレーンとは別に、資機材搬入のため搬入用天井クレーンを設置している。

(2) 施工方法

河床掘削後、当初は移動式、その後は各種のタワークレーンおよびクローラークレーンを使用して資機材、コンクリートの運搬を行った。一部構造物はコンクリートポンプを使用して打設した。使用したコンクリートバケットの容量は 1 ～ 3m^3、クレーンの最大吊上容量はタワークレーン 64t、クローラークレーン 150t である。

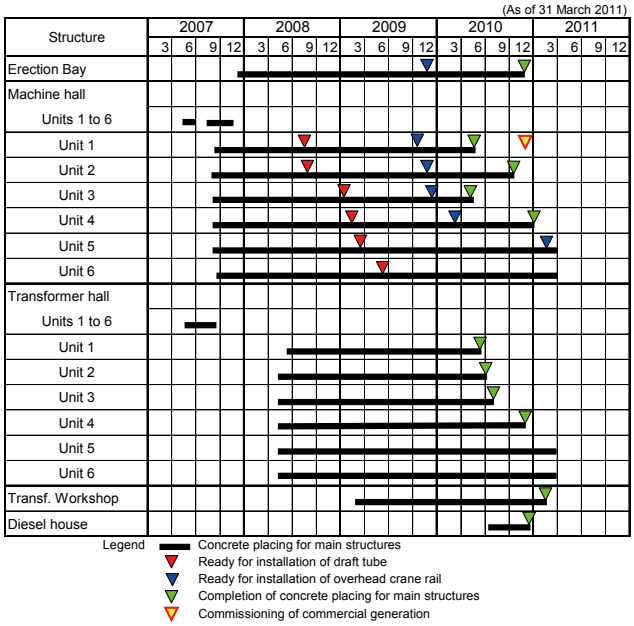
発電所の建設は、まず組立て室部分から開始し、放水庭ゲート付近の構造物を発電機室および主変圧器室に先行して建設した。発電機室および主変圧器室は左岸側の 1 号発電機から 6 号発電機へと順次建設した。

発電機室は吸出し管の据え付け後、2 次コンクリート打設、水圧鉄管と渦巻き管の据え付け後、2 次コンクリート打設、その後建屋、天井クレーン走行桁、天井の建設を行い、水車発電機器を据え付けた。

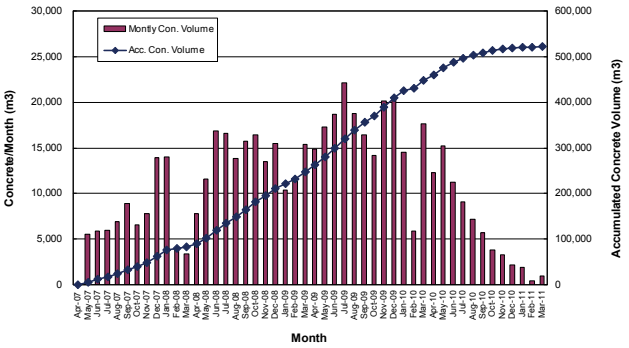
構造物が巨大であるため、1 号発電機の据付、試運転、商業運転を行いながら、2 号機から 6 号機の土木工事、発電機器据付工事を平行して行った。

(3) 施工実績

コンクリートの打設は 2007 年 4 月に開始し、搬入室・組立室・操作室が 2010 年 12 月、発電機室部分は 1 号から 5 号機まで 2010 年 6 月から 2011 年 4 月に掛けて順次完了した。変圧器室は 2008 年 6 月から 2011 年 4 月に掛けて 1 号機側から 5 号機へ建設が順次完了した（**図－ 14**）。



図－ 14　発電所土木工事進捗実績



図－ 15　発電所コンクリート打設進捗実績

発電所のコンクリート打設進捗を**図－ 15** に示す。総コンクリート量は 521,700m^3 で、月最大打設量は 22,100m^3 である。

発電所の玄関建屋、放水庭の護岸工事を 2011 年 4 月に終了した（**写真－ 8**）。

10. ゲート鉄管クレーン工事

(1) 構造物諸元

鋼構造物の諸元は下記である。

1) 洪水吐

洪水吐ゲートは上部ゲートおよび下部ゲートから構成されており、ゲート形式はいずれも四方水密ラジアルゲートで、開閉装置は双方とも油圧シリンダ式である。上部ゲートの補修用に 125t ガントリークレーンが設置されている。各ゲートの上流側には維持管理用ローラゲートが設備され、共用の 700t ガントリークレーンで操作される。

2) 取水口および水圧鉄管路

各取水口の呑口には可動式のスクリーンが設置され、さらに除塵レーキが 1 基設けられており、これらは 260t ガントリークレーンにより操作される。取水口ゲート形式はローラゲートであり、油圧シリンダ式開閉装置により運転される。水車入口弁が設置されていないため、取水口ゲートは急降下遮断能力を有している。取水口ゲートの維持管理目的で維持管理用スライドゲートが設けられ、320t ガントリークレーンにより運転操作が行われる。

水圧鉄管はダム堤体外部分の鉄管もコンクリートで巻き立てられた全埋設形式である。

3) 他のゲート、クレーン

上記の他に発電所の発電機室用天井クレーン（560t × 2 台）と組立て室用資材運搬天井クレーン（250t）、放水口ゲートとガントリークレーン（90t）が設置されている。

(2) 施工方法

各鋼構造物は主にタワークレーンおよび移動式クレーンにより搬入・据付された。水圧鉄管は現地仮組立工場で単位管に製作された後、トレーラで現場に搬入され、主にタワークレーンにより据付された。

施工上の主な特徴は次のとおりである。

1) 戸当りの据付

ゲート戸当り金物は通常 1 次コンクリートにブロックアウトを設けて、コンクリート打設完了後据付を開始するが、本工事では施工速度を上げるため、各コンクリート打設に先立って戸当りを据え付ける工法を、洪水吐ラジアルゲートを除くすべての戸当りに採用した。

2) 無水テスト工法

ダム湛水計画上、ダムコンクリート打設完了以前に湛水を開始する必要があり、取水口ゲート、スクリーンおよび維持管理ゲート、洪水吐下部維持管理ゲートは、コンクリート打設高が EL.181.0m に達した時点で、仮設ガントリークレーンを天端に設けて、無水テストを行い、その性能・機能を確認した。テスト完了後仮設ガントリークレーンを撤去し、コンクリート打設および戸当りの据付を続行した。なお、取水口スクリーンおよび取水口ゲートを設置した状態で充分コンクリートの養生を行い、戸当りの据付を続行した。

3) 洪水吐 125t ガントリークレーンの有効利用

洪水吐上部ゲートの補修用に設置されている 125t ガントリークレーンは、当初、下部ゲートの据付用に洪水吐 EL.173.6m に設置し、下部ゲート据付完了後一旦解体し、その後上部洪水吐ゲートの据付および補修用に堤頂 EL.217.3m に再設置してクレーンの有効利用を図った。

(3) 施工実績

各鋼構造物の施工実績は**表－ 1** の通りである。

表－ 1　ゲート・鉄管工事の施工実績

構造物	据付開始	据付完了	期間（ヶ月）
洪水吐下部ゲート（12門）	2008年9月	2010年4月	20
洪水吐下部維持管理ゲート(2門)	2008年3月	据付中 *1	-
洪水吐上部ゲート（6門）	2009年9月	据付中 *1	-
洪水吐上部維持管理ゲート(2門)	2009年3月	据付中 *1	-
取水口スクリーン設備（1&2号機）	2008年4月	2011年2月	35
取水口スクリーン設備（3-6号機）	2008年4月	据付中 *1	-
取水口ゲート、維持管理ゲート(1号機)	2008年9月	2010年11月	27
取水口ゲート、維持管理ゲート(2号機)	2008年9月	2011年4月	32
取水口ゲート、維持管理ゲート(3-6号機)	2008年9月	据付中 *1	-
水圧鉄管（6条）	2008年4月	2010年4月	25

(注)*1:2011年4月現在

11. 電機工事

水車・発電機・ガス絶縁開閉装置（GIS）、変圧器、送電施設の諸元は、2.（3）に記載のとおりである。水車・発電機の直径はそれぞれ 7.40m と 15.65m である（**写真－ 6**）。1 号機の発電機器工事は 2008 年 8 月に吸出し管の据付を開始し、2009 年の 12 月の天井クレーンの据付、水車・発電機、GIS、変圧器、送電線、発電操作設備工事を終了し、予定通り 2010 年 12 月に商業運転を開始した。1 号機の

写真－1　半川締切工法によるダム工事（2006年7月）

写真－2　取水口コンクリート工事（2009年5月）

写真－3　RCCダム工事（2010年7月）

写真－4　RCCダムR1ブロック上の越流（2009年8月）

写真－5　洪水吐下部ゲートからの放流（2010年8月）

写真－6　第1号機発電機（回転子）吊り込み（2010年8月）

写真－7　ダム（上流面）と貯水池（2011年4月）

写真－8　ダム下流面と発電所（2011年4月）

発電機器据付期間は 28 カ月間であった。その後、2011 年 4 月と 8 月に第 2 号機と第 3 号機の商業運転をそれぞれ開始した。2012 年 8 月までに 4 カ月間隔で第 4、5、6 号機の運転を開始する予定で据付工事中である。

12. 工事成功の要因

本工事で 2004 年 4 月の転流工事開始から 2010 年 12 月までの 6 年 9 カ月という短期間で出力 40 万 kW の第 1 号機の商業運転を開始したことは、賞賛に値することである。短期間での完成だけでなく、ベトナムの土木施工業者が RCC ダムの施工を自力で実施したことと、巨大な取水施設や発電所を予定通り完成させるために事業主が行った施工監理能力も賞賛されるものである。

工事を成功裏に遂行させた要因を筆者らは以下のベトナム流の工事方法と工事に対する姿勢ではないかと考える。

- 発注者と土木・機械・電気業者間の 2 者契約による設計や施工上の問題に対する臨機応変で迅速な対応
- 事業主と施工業者による毎朝・毎週の定例会議における業者間の施工上の問題に対する討議と調整による円滑な施工および安全管理
- 土木･機械･発電機器工事における 3 交代制での 24 時間、年中無休作業による大きな進捗
- 国家事業として、予定通りの事業完成に対する関係者の結束と努力
- 外国人コンサルタントの有効な活用と、若手技術者の専門技術の急速な吸収とその実践

13. おわりに

日本工営（株）は総出力 240 万 kW の東南アジア最大規模の水力発電所工事の設計の審査と工事の施工監理を受注し、世界的にも大規模な RCC ダム、取水施設、発電所、水門鉄管、発電機器の設計・施工監理を実施した。

発電所建設工事の場合 1 カ月でも早い発電開始はその分発電収入があることから、本事業では 3 交代年中無休の突貫工事で予定通りに発電所を完成させた。これはベトナムだから可能な突貫工事であるかもしれないが、この工事に対する姿勢は、今後、短期間で完成させる発電所建設事業の施工計画や工程計画を立てるうえで参考にすべきことである。

これらの巨大構造物の設計と施工監理の経験は日本工営の貴重な技術的財産であり、自然エネルギーとして世界中で見直され始めている水力発電開発計画に大いに役立てるべきものである。

謝辞：本報告掲載を快諾いただいた施主の SLaMB に謝意を表します。

参考文献

1) 河戸則和・荒木一郎・小玉 勉：ベトナム国ソンラ水力発電所設計レビュー業務、こうえいフォーラム第 15 号、pp91–100、2007
2) Buchli, et al, The construction of Vietnam's Son La RCC dam, Hydropower and Dams, pp.63-67, 2010
3) Bui Phoung Nam, The Impact of the Expose Time for the Lift Layer (The Layer Surface) on the Roller Compacted Concrete (RCC) Dam Progress, Lecture Note in Hanoi Water Resources University, 2009
4) P.v. Minh, S. Tsuchida, S. Sakoda: Construction of Son La Dam, the Largest Roller-Compacted Concrete Dam in Vietnam, International Symposium on Modern Technologies and Long-term Behavior of Dams, Zhengzhou, China, 2011