

海外の建設施工特集

ベトナムのフィルダム建設 —大型機械による合理化施工—

西尾 朗

ベトナム南部で建設中のダイニンダム本体工事は、2水系に6つのフィルダム、長大開水路および洪水吐を建設する大規模土工事が特徴である。広大なサイトに分散する多数の施工箇所に対応するため、100余台の大型土工機械を編成、一元管理による機動的な施工体制を構築し、施工場所の地形・地質状況と工事規模に応じた機械の適正配置による合理化施工を追及している。社会主義的な政治体制が残るベトナムで、機械化施工を推進するための施工体制と現場運営、施工計画、生産性向上に不可欠なスタッフやオペレータの教育・訓練や機械の運転、維持管理等について報告する。

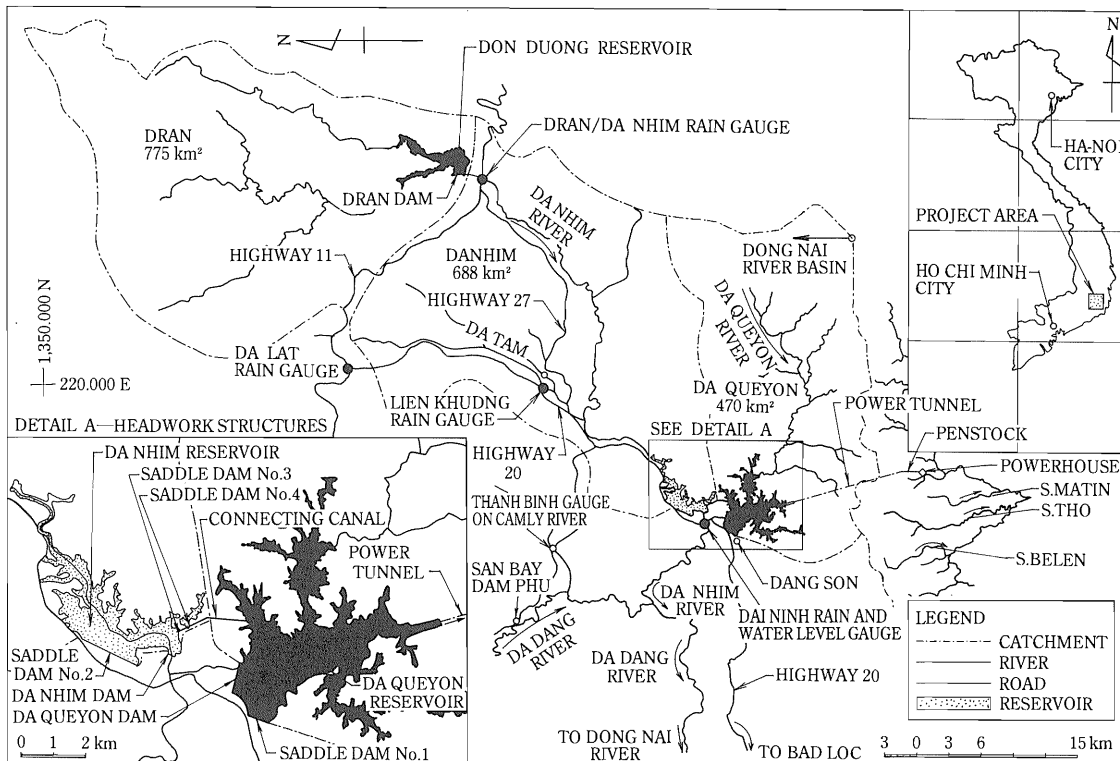
キーワード：フィルダム、合理化施工、機械化施工、大規模土工事、大型土工機械

1. はじめに

ベトナムは、ドイモイ（刷新）政策の下で市場経済化を進めているが、その経済基盤は他のアセアン諸国に比べ依然として脆弱であり、経済の活性化や生活水準向上を図るうえで経済社会インフラストラクチャーの整備が急務となっている。

開発重点分野である電力分野のインフラストラクチャー支援として、国際協力銀行の資金援助（円借款）によるダイニン水力発電所建設事業が計画され、電力需給の逼迫したベトナム南部の安定的な電力供給への貢献が期待されている。

本事業は、ホーチミン市の北東 260 km の地点に総出力 300 MW（150 MW×2 基）のダム水路式の水力発電所と関連送変電設備を建設するものである（図一



図一 プロジェクト位置図

1)。土木工事はダム本体工事と、水路トンネルおよび発電所建設工事に分かれ、共に2国間タイドによる競争入札の結果、前者をハザマ、後者を日系と現地業者の共同企業体が受注、2003年5月に着工している。

2. 工事概要

ダム本体工事は、山岳高原地帯を蛇行するダニム川とその支流ダキヨン川の合流地点上流に中央遮水式ロック・アースフィルダム（主ダム2、サドルダム4）を建設し、2水系の湛水池を結ぶ2.5kmの長大開削水路、および洪水吐と非常用余水吐から成る。サイトは国道20号線沿いに位置し、広大なエリアに上記構造物が

分散配置され、ダム堤頂長の合計は6km余に及ぶ。

当地域はモンスーンに属し5月～11月の雨季と12月～4月の乾季に分かれ、雨期に年間降雨量1,600mm～1,800mmの90%以上が降る。昨年11月にはダニム川ダム地点において20年確立洪水流量を超える約1,200m³/sを記録した。日気温は15～35℃と変動し朝夕は涼しく日中は猛暑となる。工事は雨季入りとほぼ同時期に着工し、仮設備、工事用道路・ヤード造成、地形測量等の準備工事を終え、現在はダム・洪水吐掘削、原石山開発、サドルダムの基礎処理と盛立、及びダキヨンダムの仮排水路工事を急ピッチで行っている（写真—1、写真—2、写真—3）。

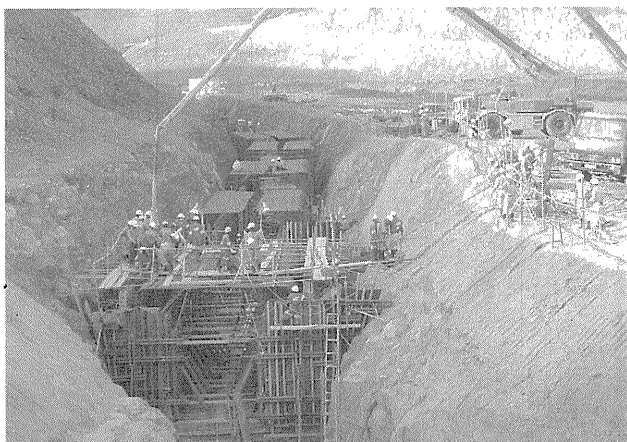
表—1に工事概要と主要構造物諸元、図—2にダニ



写真—1 ダニムダム・洪水吐掘削とサドルダム No.3 盛立て状況



写真—2 洪水吐岩掘削状況



写真—3 ダキヨンダム仮排水路カルバート施工状況

表—1 工事概要と構造物諸元

工事名称	ダイニン水力発電プロジェクトダム本体工事				
企業者	ベトナム電力公社 (Electricity of Vietnam, EVN)				
コンサルタント	日本工営(株)・電源開発(株)共同企業体				
工期	2003年5月15日～2007年8月15日(51カ月)				
貯水池	ダニム水系	ダキヨン水系			計
流域面積 (km ²)	688	470			1,158
常時満水位 (EL(m))	880	880			
計画低水位 (EL(m))	860	860			
総貯水容量 (億 m ³)	0.93	2.27			3.20
ダム	ダニム	サドル	ダキヨン	サドル	計
堤高 (m)	56	17～34	58	22	
堤頂長 (m)	301	2,784	1,748	1,257	6,090
堤長幅 (m)	8.0	8.0	8.0	8.0	
頂標高 (m)	883.7	883.7	884.3	884.3	
堤体積 (千 m ³)	1,945	2,890	2,511	923	8,269
仮排水路カルバート (閉塞工含む)					
断面 (m ²)	18 (4.3×4.3)		14 (3.8×3.8)		
コンクリート量 (m ³)	9,840		10,100		19,940
洪水吐					
設計洪水量 (m ³ /s)	6,000				
ゲート型式	ラジアルゲート 3門×(H=17.5m, W=14.0m)				
コンクリート量 (m ³)	73,360				73,360
非常用余水吐					
設計洪水量 (m ³ /s)	3,600				
連結開水路					
設計通水量 (m ³ /s)	3,180		3,180		

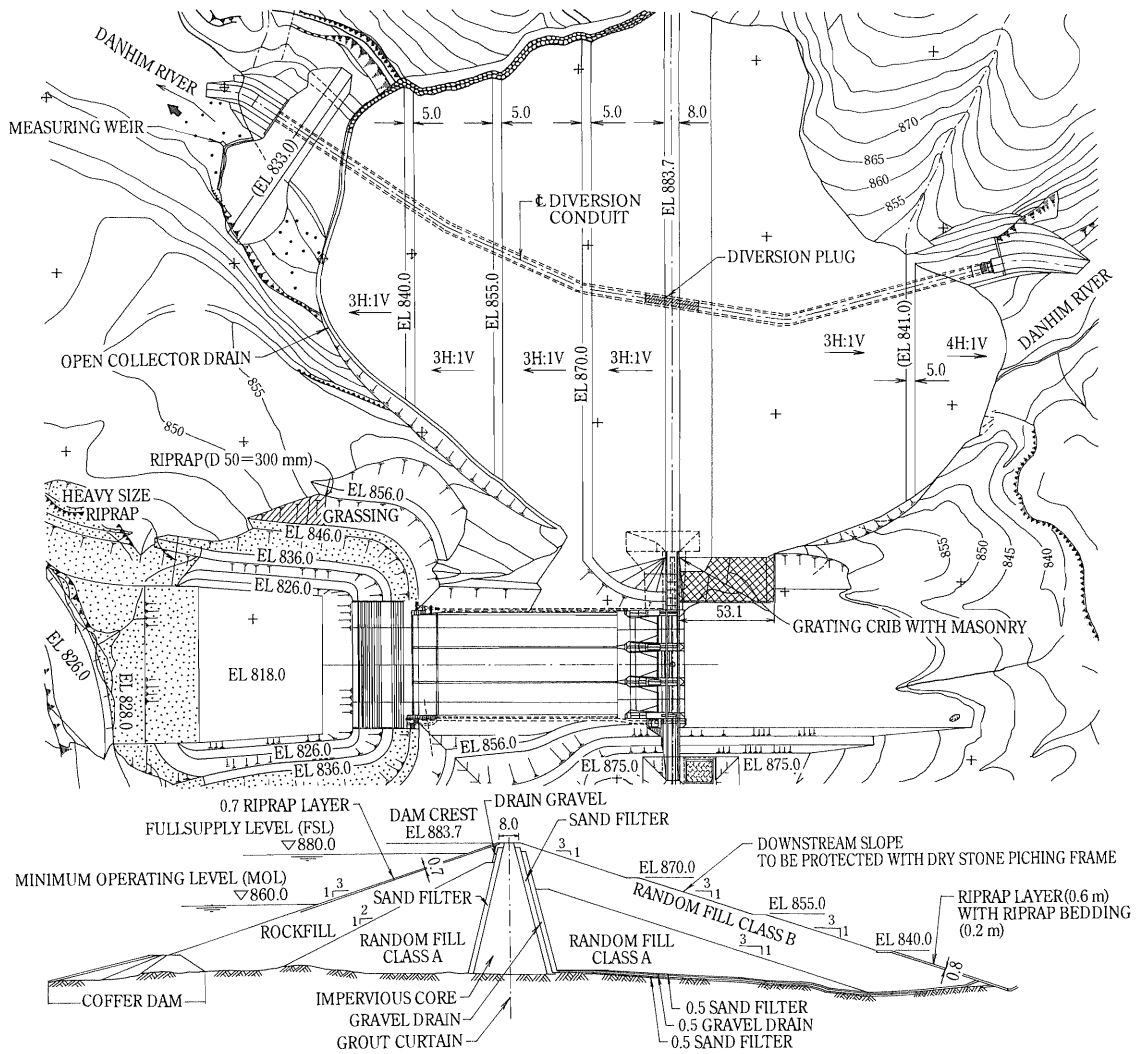


図-2 ダニムダムと洪水吐 (上：平面図, 下：ダム標準断面図)

ムダムと洪水吐の平面図と断面図を示す。

3. 組織編成と施工体制

組織編成に際しては、外国人の雇用枠規制と「雇用の現地化」に基づき、少人数の日本人と第三人国を現場運営・管理の中核とした。ベトナム人スタッフは求人広告での応募、面接を行い、英語力を条件に実務経験者と将来性のある若手を積極的に雇用した。手探りでの組織作りであったが、定着率は予想以上に高く、また適材適所の観点から職種を細分化しOJTを展開した結果、今では貴重な戦力となっている。

ベトナムでは外国企業による作業員や労働者の直接雇用が制限されているため、現地施工会社や労働斡旋会社を利用する必要がある。契約ネゴシエーションでは、企業者から主要工種毎に現地業者の指名を要請された。しかし、ダム工事の特殊性と厳しい工期、安全、品質の観点から現地業者に下請発注するには、技術や施工管理能力に不安があると判断した。工事の根幹を

成す土工事に関しては日本の水谷建設を採用し、基礎処理工事は鉋研工業から機械と技術指導員の派遣、砕石プラントは日本のメーカーから調達するなど、日本の施工技術や最新設備を導入した。

一方、現地化を推進するうえで、当地の廉価で勤勉な労働力は重要な要素であり、一部の技術指導員を除くエンジニア、フォアマン、オペレータ、熟練工や作業員はすべてベトナム人である。重機オペレータはフィルダム施工経験者を優先的に採用した。有能なベトナム人には、技術・技能向上のため日本での教育・研修を実施し、インセンティブを与えている。

4. 土工事の施工計画と機械計画

(1) 施工計画の要点

盛立量 8.3 百万 m^3 に対して掘削と仮置きを合わせた総運土量は 13 百万 m^3 に達する。施工計画の立案に際しては、土工事の生産性を支配する工事用道路を最優先で検討した。総延長 25 km、幹線道路の有効幅員

12 m 以上、縦断勾配は 8% 以下で計画し、路盤材として碎石を敷設した。土捨場は、掘削場から最短の湛水池内の沢部を優先的に選定し、造成後の広大なヤードを盛立て材の仮置場として利用した。仮置きは、含水比・粒度調整が必要なコア材と工程上、掘削岩石の直送が不可能な場合に発生する余剰良質材に限定している。

ゆるやかな地形を利用して工事用道路を掘削場まで取付け、バックホウによる掘削・積込みを基本としブルドーザワークを最小限に抑えた。ホイールローダはブルドーザによる補助が必要で、しかも掘削材の選別に不適なため仮置き材の積込み作業に限定した。運搬機械は、生産性と耐久性を有する 45 t ダンプトラック、雨季対策用に軟弱地での走破性に優れたアーティキュレートタイプの 36 t、現地調達で汎用性の高い 15 t の 3 タイプを採用した。大規模な掘削と盛立ての細かいゾーニング、土砂・岩石の材料別に応じて大型機械と標準機械に分類し適正配置している。

(2) 盛立て計画

盛立て計画の基本条件である盛立て可能日数を次に示す。

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
コア・フィルタ	25	23	24	18	13	16	20	18	11	15	20	26	229 日
ロック	26	24	28	26	26	27	29	28	24	27	27	29	321 日

工程立案に際し、河流処理を必要とするダキヨンとダニムの 2 つの主ダムについては、ダキヨンドムの盛立てを先行し、雨季の増水時には 2 水系を結ぶ開水路を利用してダニム川へ転流することで仮排水路カルバートの経済設計と工期短縮を可能とした。一方、河川の制約を受けない 4 サドルダムの工程を調整することで作業量および機械台数の山均しを行った。

気象条件の影響を受け、クリティカルパスとなるコア盛立の施工促進策を材料面と施工面から検討した。

コア材の生産では、

- ① 乾季に急速施工を図るため良質コア材の大量・安定供給
- ② 遮水性、せん断強度、トラフィカビリティーの確保
- ③ 掘削材料のコア材への効率的流用

の観点から、掘削発生材の細粒土と破碎岩（砂岩、シルト岩）を互層にストックし、粒度、密度、含水比の材料特性に基づき混合比率の調整を行う。混合はブルドーザでスライスカットし、積込み時にホイールローダで再混合する。

盛立て計画では、120 万 m³ のコア盛立てを 2 乾季 3 雨季で行う必要があり、乾季の急速施工と雨季の降

雨対策が課題であった。乾季に盛立て速度 10 m/月の急速施工を図るため、コア材運搬は運搬効率が良い 45 t 大型ダンプトラックを主体（雨季はロック材運搬に使用）とし、雨季および低・高位標高部は 15/36 t タイプを使用、また大量施工に必要な盛立てヤードを確保するため 2 ダムを並行して盛立てる計画とした。また長期にわたる雨季の施工方法として、降雨時の雨水の滞留、浸透を防ぎ曝気時間の短縮を図るため盛立て面を平滑に仕上げる振動ローラを採用した。

(3) 運土計画と施工実績

- ① 施工量の平準化
- ② 雨季の稼働率アップ
- ③ 掘削材の盛立てへの直送の最大化と仮置きによる流用率アップ
- ④ (土量×運搬距離)の最小化

を条件に掘削・盛立て工程と運搬ルートをシミュレーションにより比較検討し、運土計画と機械（配置・運用）計画の最適化を図った。運土計画の当初案（入札時）と実施案を下表に示す。

	運土量 V (百万 m ³)	平均距離 L (km)	土量×運搬距離 V×L (百万 m ³ ×km)
当初案:	13.8	2.3	31.7
実施案:	13.1	1.8	23.5

当初計画では昼夜勤 2 シフトを予定したが、施工量の平準化と生産性の向上により 1 シフト体制（実稼働 9.5 時間、7:00~17:30）で目標の日施工量（掘削）20,000 m³ と月施工量 500,000 m³ を達成した。

(4) 機械計画

表-2 に土工事の使用機械一覧を示す。

表-2 土工事主要機械一覧

機 種	仕 様	台 数	機 種	仕 様	台 数	
ブルドーザ	7 t	5	ダンプトラック	15 t	20	
	11 t	1		36 t	6	
	28 t	6		45 t	10	
	38 t	5		(川砂運搬専用)	15 t	30
	51 t	3		振 動 ロ ー ラ	1 t	1
	68 t	2			16 t	1
油圧クロラドリル	9 t	1	タンピングローラ	19 t	4	
	10 t	4		33 t	2	
バックホウ	0.5 m ³	2	モータグレーダ	4.9 m	2	
	0.8 m ³	3		散水車	45 kL	1
	1.1 m ³	6	16 kL		2	
	1.8 m ³	5	5 kL		1	
	3.3 m ³	3	給油車		12 kL	1
	5.0 m ³	2		16 kL	2	
ジャイアントブレーカ	1.1 m ³	3	クローラクレーン	50 t	1	
ホイールローダ	3.3 m ³	2		トラッククレーン	50 t	1
	3.8 m ³	2			ト レ ー ラ	50 t



写真-4 プラントヤード (左) とモータプール (右)

(a) 機械調達

一時輸入処置による輸入関税が免除されることから大半の機械を日本から輸入した。機械の選定に際しては、性能だけでなく海外での維持管理に不可欠な部品調達と修理の難易、およびメーカーのアフタサービスの充実度を参考にした。車両については、中古車両の年式や右ハンドルの輸入禁止規制があり、それに抵触しない機種選定を行った。

(b) 燃料供給設備

大型土工機械の燃料供給のため現場に 25 kL 軽油タンク 4 基を設置した。燃料はホーチミンの貯蔵タンクから 20 kL 級タンクローリで毎日 1 回運搬している。貯蔵設備には 3 基の給油スタンドと 2 台のタンクローリ用給油ポンプを設置した。大型車両や重機への給油は 16 kL 級タンクローリ 3 台で補給している。

(c) 維持修理

直営修理を基本とし、日本人管理責任者の下、ベトナム人メカニック二十数名を細分編成し日常巡回・メンテナンスに対応している。各修理班には日本で研修・実務を経験した優秀なメカニックをリーダーとして配置し、日本同様の保守管理を徹底している。

修理工場 (450 m², 天井クレーン 5 t 吊り装備)、パーツ倉庫、洗車場、給油設備、廃油処理場をモータプールに集中させ効率的な機械管理を行っている (写真-4)。

通常メンテナンスは始業・終業前に実施し、エンジンの水、オイル点検、作業装置の摩耗部への油脂の補給、作業機 (器) の劣化部の点検を中心に行い、さらに月 2 回の全重機・車輛一斉メンテナンスを実施している。定期メンテナンスでは、機械の累積稼働時間を基に各メーカー指定の装置別交換時間に基づき油脂・消耗劣化部品の交換を計画的に行っている。

(d) 部品管理

海外では大型重機の部品管理コストが高く、持込み

部品を含めて「在庫を最小限に減らす」管理体制を基本とした。緊急故障時等の機械稼働率低下を防ぐため、短期間による良品の安価な調達ルートを、

- ① 現地メーカ代理店
- ② 各メーカーの在庫があるシンガポール
- ③ サポート体制の整った日本

の中から選定している。以上の結果、100% に近い機械稼働率を達成している。

6. あとがき

着工以来 1 年が経過した。現場では土工事を中心にコンクリート、基礎処理、トンネル等多種の工事が展開し、品質・工程・安全管理に忙殺される毎日で、これからの正念場である。

企業者からは、きめの細かい施工管理とダイナミックな機械化施工に対して高い評価を得ている。今後、合理化施工を推進するうえで、企業者に対する技術提案が不可欠である。折衝に当たっては、技術に裏付けられた経済性の追求はもちろんのこと、「根気」と「誠意」が肝要と痛感している。海外に活路を求める土木技術者として、技術以外のメンタル面での真価が問われているようでもある。

緑豊かな大地に、機械力とベトナム人の力を借りて大胆に刻む醍醐味と自然への畏敬の念を覚えつつ、2007 年の湛水開始を目指して邁進していく所存である。

JCM A

【筆者紹介】

西尾 朗 (にしお あきら)
株式会社間組
国際事業統括支店
ダイニンダム作業所
所長

