

インドネシア カレベダムの施工

寺内 健二

カレベダム建設は、カナダに本社を置く世界最大級のニッケル生産企業の発注であり、インドネシアのニッケル生産工場に電力を供給することを目的とした水力発電用コンクリートダム建設工事である。カレベダムの建設地は、厳しい地理・気候条件に加え、大変難しい地域雇用の環境下であった。そのような状況のもとで、ダム・発電所工事は、2008年7月25日に着工し、大幅な工程短縮を実現し、工事期間37ヶ月という短期間で2011年8月21日に竣工を迎えることができた。本稿では特殊な地域特性下におけるカレベダムの施工について報告する。

キーワード：インドネシア、ダム、RCC工法、メンブレン、ストライキ

1. はじめに

カレベダムは、図-1に示すように、インドネシアのスラウェシ島中央部、南緯2.5度に位置する。インドネシアは面積192万km²、人口2億3千万人、1万8千もの島からなる共和国である。スラウェシ島は同国で4番目に大きい島で、面積は日本の約半分であり、島の南端にマカッサル、北端にメナドという中規模都市がある。

スラウェシ島は高温多湿な熱帯雨林気候に属し、年間雨量3,000mm、年間平均気温28℃である。年間平均気温の変動は少なく、季節は雨季と乾季に分かれる。雨季においても、降雨が一日中続くことはほとんどなく、短時間に豪雨が降り注ぐ気象である。

インドネシアは多様な民族と文化が共存し、スラウェシ島においても、南部はブギス・マカッサル族、中部はトラジャ族、北部はミナハサ族などが独自の文化を保有する。公用語であるインドネシア語以外の固有言語を持つ部族もあり、宗教、習慣や生活様式など複雑な地域特性である。

首都ジャカルタとマカッサルの直線距離は約1,400kmであり、カレベダムは人の移動だけでも東京から2日間を必要とする遠隔地である。資機材の調達運搬は基本的にマカッサル経由で行い、普通乗用車でもマカッサルから片道12時間の道程となり、軽微な部品も含め調達運搬には相当の時間と苦労が伴った現場である。

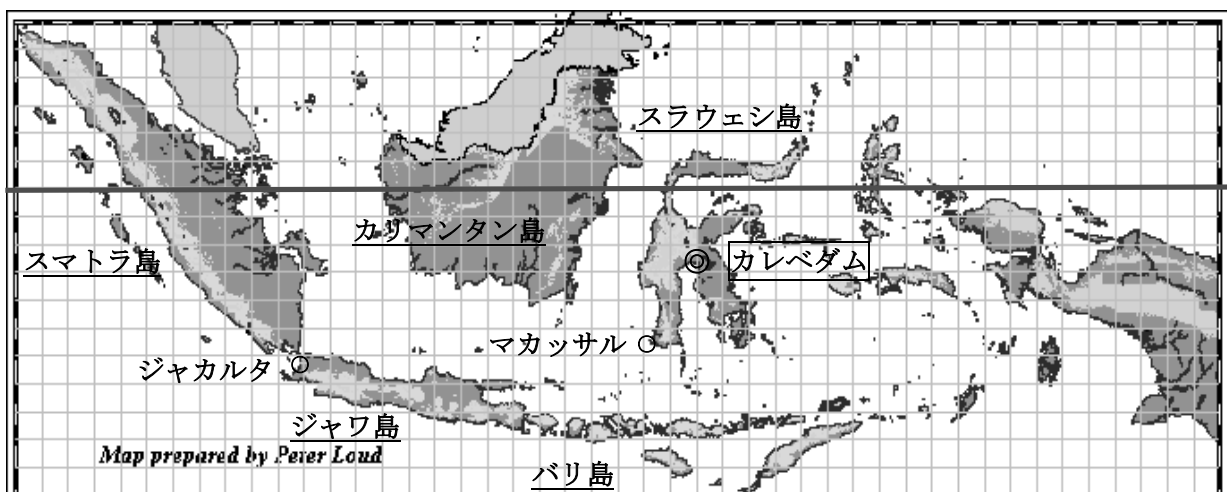


図-1 現場位置図

2. 工事概要

(1) 工事内容

カレバダム（写真—1）は、堤体積 28 万 5 千 m³、堤高 80 m の水力発電用の中規模重力式コンクリートダムである。ダムの諸元を表—1 に示す。

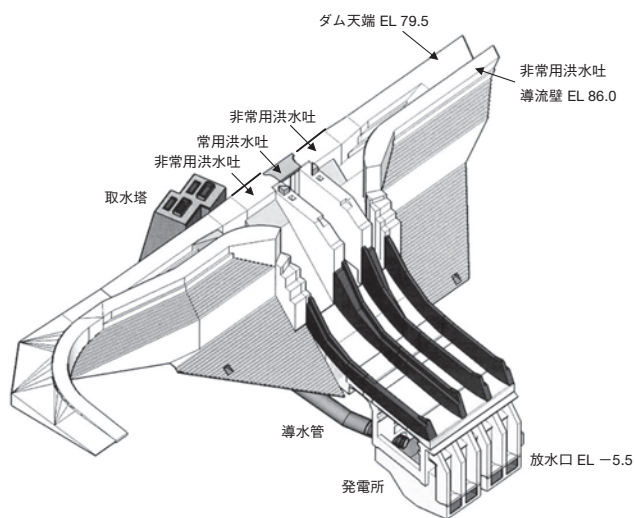
発電所は半地下式で、発電量は 9 万 kW である。



写真—1 カレバダム全景（2012年4月撮影）

表—1 カレバダム諸元

ダム・発電所諸元	
型式	重力式コンクリート
堤高	80.0 m
堤頂長	215 m
堤体積	288,500 m ³
下流面勾配	1 : 0.8（階段状）
ダム天端標高	EL79.5
基礎岩盤	橄欖岩
堤頂幅	6 m
フィレット	なし
発電機	4.5 万 kW × 2 基 = 9 万 kW
導水管	Φ 5.5 m × 80 m × 2 条
常用洪水吐	ラジアルゲート
非常用洪水吐	自然越流方式
集水面積	2,800 km ²
湛水面積	0.64 km ²
常時満水位	EL79.0
最低水位	EL76.0
総貯水容量	22,200,000 m ³
有効貯水量	2,200,000 m ³
仮排水路トンネル諸元	
内径	縦 6.6 m, 横 4.5 m（馬蹄形）
通水延長	278 m
対象流量	600 m ³ /s
放水路諸元	
放水路延長	2,490 m
水路幅	38 ~ 46 m



図—2 ダム鳥瞰図

非常用洪水吐は自由越流型の天端側水路形式で、減勢工はスキージャンプ式であり、ダムの形状は複雑である。ダム鳥瞰図を図—2 に示す。

(2) 全体工程

ダム・発電所工事は、表—2 に示すとおり、2008 年 11 月に基礎掘削工に着手し、2011 年 8 月に発電を開始した。当水力発電プロジェクトは、企業者により土木工事、発電設備工事、ゲート設備工事など 7 つの契約に分けられている。

表—2 ダム堤体・発電所工事の工事経過

2008 年 11 月	基礎掘削工着手
2009 年 5 月	転流開始
2009 年 9 月	基礎掘削工完了
	取水塔構築開始
2009 年 10 月	導水管掘付開始
	発電所構築開始
2009 年 12 月	導水管掘付完了
	堤体コンクリート開始
2010 年 5 月	洪水吐構築開始
2011 年 1 月	取水塔構築完了
2011 年 3 月	洪水吐構築完了
2011 年 5 月	堤体コンクリート完了
2011 年 7 月	発電所構築完了
	湛水開始
2011 年 8 月	発電開始

現場乗込み時、発電機・ゲート設備メーカーとの詳細な取り合いを確認した結果、新たな制約が発生し、土木工事において 6 ヶ月の工程短縮が必要となった。これに対してさまざまな工程短縮対策を実行し、目標

である6ヶ月の工程短縮を実現することができた。これは企業者側と施工者の信頼関係、双方の柔軟な対応と迅速な決断により可能となったもの考える。

(3) 基礎掘削工

河床掘削が全体工程上クリティカルパスであったので、転流前に河川上部の掘削を完了させて、転流直後に河床掘削を開始した。河床掘削は、40mの高低差を15m毎に小段を設け垂直に掘削する形状であった。発破によって岩盤をいためないように配慮し、プレスブリット工法を採用した。また、岩盤状況を確認しロックボルト工およびコンクリート吹付工により部分的に補強しながら段階的に掘削する「逆巻き工法」により施工した。転流後の河床掘削状況を写真—2に示す。

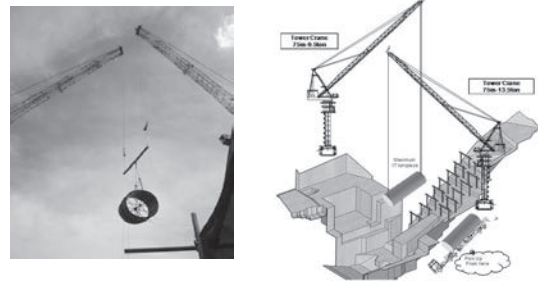


写真—2 転流後 河床掘削状況

(4) 導水鉄管設置工

河床掘削完了直後に、内径5.5m、延長80mである導水鉄管2条の据付を開始した。導水鉄管の重量は20t以上であり、2台の13.5tタワークレーンの相吊により据付を進めた。クレーンオペレータおよび合図者は、相吊作業において初心者であるインドネシア人であったが、練習を繰り返し、無事安全に作業を完了することができた。クレーン相吊による導水鉄管据付状況を写真—3に、据付状況全景を写真—4に示す。

倒式コンクリートバケットを使用して、13.5tダム用タワークレーン2基により打設した。打設状況全景を写真—5に示す。



写真—3 クレーン相吊による導水鉄管据付状況



写真—4 導水鉄管据付状況全景

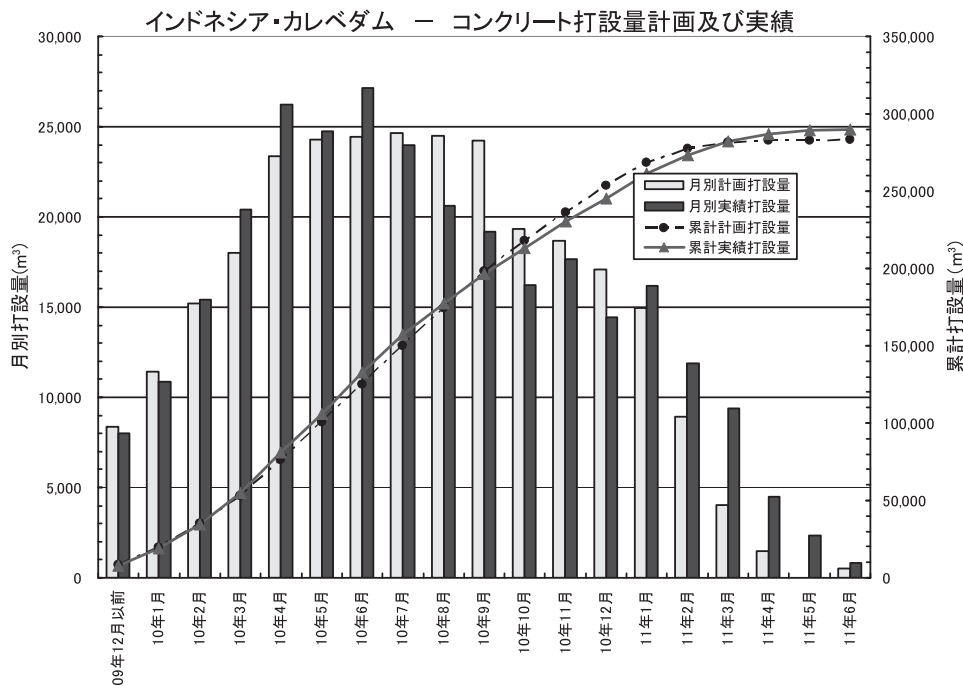
(5) 堤体コンクリート

カレベダムは、契約当初、RCC (Roller Compacted Concrete) 工法で計画されていた。しかし、構造は複雑であり、また多雨地域であったため、超固練りコンクリートをローラで転圧するRCC工法のメリットである高速施工を発揮することは困難であると判断し、コンクリートの配合をRCCから通常の貧配合有スランプダムコンクリートに変更した。

コンクリートは、バッチングプラントからダンプトラックで堤体下流バンカー線まで運搬し、 4.5 m^3 の転



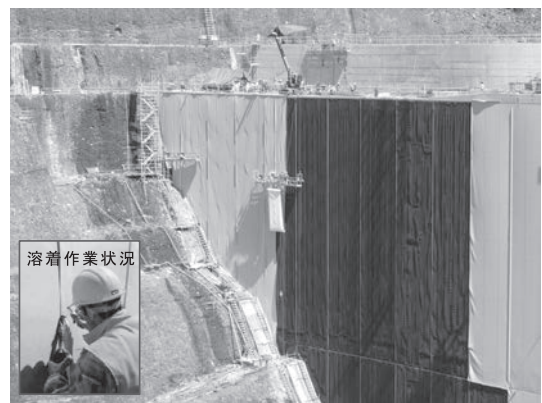
写真—5 堤体打設状況全景



図一三 全体コンクリート打設量実績図

堤体コンクリートは、基礎掘削完了後、2009年12月に開始し、2011年5月に完了し、計画通り18ヶ月間で終了することができた。全体コンクリート打設量の月別計画と実績を図一三に示す。

数々の問題に遭遇したが、企業者、地元自治体など多くの関係者の支援を得て解決し、イスラム教における断食期間の2010年8月および9月は、実績が計画を約5,000 m³/月下回っているものの、構造物構築工事を含め全体を通して計画通りの打設を終了することができた。



写真一六 上流面メンブレン設置状況

(6) 上流面メンブレン設置工

カレバダムは、コンクリートブロック間に止水板を設置することなく、上流面全面に、メンブレンを設置する止水構造を採用している。この工法は、日本国内では実績がなく、堤体側から1層目に透水層であるジオネット、2層目に不透水層である厚み2.5mmのポリ塩化ビニル製メンブレンを設置する2重構造となっている。メンブレンは、ダム堤体コンクリート打設終了後、ダム天端からゴンドラを使用して、幅3mのロール毎に、設置・溶着して、つなぎ合わせた。メンブレンによる止水構造のメリットは、従来のような複雑な止水板を設置しないので、コンクリート打設の急速施工が可能となることである。

メンブレンの実績としては、メンテナンスフリーで30年以上、各国で65ダム以上の施工実績がある。メンブレンの設置状況を写真一六に示す。

3. 特殊な地域特性下での施工

(1) 労務管理

カレバダム建設地は、企業者が長年に渡って地下資源開発を継続している地域である。企業者と地元自治体・住民との間に合意があり、カレバダム・発電所工事における事務所スタッフや作業員は、出来る限り周辺地元から雇用することが契約により義務付けられていた。

ダム技術者、大型重機やクレーンのオペレータなど特殊技術者の一部は、周辺地元以外から雇用することが地元自治体から許可されたが、型枠工や鉄筋工などの作業員は、認められなかった。そのため、ほとんどの作業員を周辺地元から雇用しなければならず、熟練工の採用は難航を極めた。施工は、土木工事に不慣れな作業員による直備体制で進めるしかなく、やる気の

ある職長および作業員を経験のある第三人スーパーバイザーの下に配置し、各作業の核になるよう早期教育を施し、最盛期の作業量増大に対応した。

一方、企業者に雇用されている地元住民との比較から、当工事における雇用条件や待遇に対するデモやストライキが頻発し、工事中断やその対応に苦慮した。場内道路封鎖による争議行動の一例を写真一七に示す。これは、コンクリート打設中にも関わらず、大型ダンプにより工事用道路を閉鎖された状況である。



写真一七 構内道路封鎖による争議行動 (2010年7月)

これらの労務管理対応として、インドネシア人を中心に労務管理チームを構成し、地元自治体、労働監督署、地元労働組合、地元有力者、企業者涉外担当者などと密接な連携を図り、早期に円満な解決ができるような体制を整えた。さらに違法行動に対しては、警察及び軍の協力を得ながら対処にあたった。粘り強い対話と協議の中から労使双方の信頼関係が築き上げられたと考えている。

(2) 資機材調達

カレベダムは僻地に位置し、資機材の調達・運搬には多大な時間を要するため、確実な調達・運搬が工事の進捗において生命線であった。資機材の調達・運搬は、通常、国内調達でも、注文から船便により最低1ヶ月、海外調達では3ヶ月の期間を要した。海外調達では通関が大きな障害となり、4ヶ月間通関で据え置かれるものもあった。一度歯車が狂えば長期的に工程が遅延する恐れがあり、慎重かつ綿密な施工計画が必要であった。基本的にスラウェシ島南端の都市マカッサルまで海上輸送、マカッサルからは幾つかの峠を越えながら約550kmの陸路輸送である。

期間的余裕を見込み、計画的な調達・運搬を心がけたが、大雨や河川氾濫による道路や道路橋の崩壊、運送従事者のストライキなど予期せぬことで物資運搬が不能になることもしばしば発生した。

一例として、2010年5月9日、大雨により現場から約3時間の地点で道路橋台が崩壊し、長期間に渡り道路が通行不能となった。緊急を要する軽微な資機材については、現場から約30km地点に位置する企業者の受払港湾施設(写真一八)の使用が許可された。多量の運搬が毎日必要なセメント・フライアッシュについては、通行不能箇所に応急的に配管を設置し、別のローリー車に積み替えることにより対応した。しかし、材料の制約からフル施工することはできなかったのでクリティカルパスでない工種のコンクリート打設をしばしば先送りにする対応を余儀なくされた。



写真一八 企業者の受払港湾施設

インドネシアの地方インフラ整備の速度は遅く、工期完了まで当該道路橋は、応急補修のまま片側通行であった。

また、資機材の盗難でも頭を悩ませた。カレベダムでは、警備員を配置して、考えうるさまざまな対策をとったが、工具、鉄筋、軽油、機械の制御盤等さまざまなものが盗まれた。外部の犯行に対する対策は、柵の設置、警備員の追加等で対処することはできたが、作業員の内部犯行に対する対策は困難を極めた。盗まれた機械の制御盤などは、日本から調達しなければならず、航空便により取り寄せても、通関などで最低2~3週間かかり、その間機械を動かすことはできない。

このような状況でも、影響を最小限に抑える為の迅速な対応、柔軟な工程の見直し、問題解決後の工程回復への努力により困難を克服できたと考える。

(3) 安全管理

カレベダムは、発注者である資源開発会社の労働許可のもとで施工され、鉱山関係の安全基準が適用された。鉱山関係の安全基準は、建設の安全基準に比べ厳しく、更に欧米のスタンダードに基づく安全管理を求められ、安全そのものに不慣れな現地作業員への安全教育も含めて、現場の安全管理に大変な苦労を経験し

た。

安全管理について、カレベダムの特徴ある安全規則を以下に紹介する。

- ①作業場毎に、安全衛生担当者を配置しなければならない。昼夜作業であり、安全関係スタッフで総勢54名となった。
- ②保護メガネは、作業に関わらず常に着用しなければならない。
- ③すべての通路、足場において、ビティー枠の使用は許されず、Φ2インチ以上、厚み4mm以上の単管を使用しなければならない。
- ④日本で通常使用されている胴ベルト型安全帯は許可されず、ハーネス型安全帯をすべての高所作業において使用しなければならない。
- ⑤現場内連絡車の運転において、一般の運転免許証に加えて、発注者の特別運転免許試験に合格しなければならない。
- ⑥コンクリート打設において、コンクリートバケット直下での作業が一切許されず、タワークレーンをすべて山側旋回しなければならない。

4. おわりに

カレベダム工事は、さまざまな問題点・リスクを抱えていたが、企業者、地元自治体など多くの関係者の支援を得て、予定通り2011年7月に湛水、8月に発電開始を実現することができた。

ダムという工種に限らず、海外建設工事は、自然条件、設計・施工、資機材調達・運搬、労務、安全、資金、契約、税務、為替など各現場で固有なリスクが存在し、その重要度も違ってくる。

カレベダムにおいて、ジャワ島やスマトラ島出身のインドネシア人スタッフがインドネシア国内で経験したことがない労務管理に直面したこともその一例であると思う。

日本の建設資本は、確実に縮小傾向に進み、国内の新規ダム事業も、減少している。日本の建設業の海外工事受注は、1981年に年間1兆円受注となり、その後多少の増減はあるが、今現在も30年前からあまり変わっていない。これまで以上に、日本の技術を武器として、海外へと活躍の場を広げていかなければならないと思う。日系企業としての優位性を発揮していく為にも、これまでの海外現場運営に関わる問題と対応策を地域毎・分野毎に事例分析・研究し、次の各現場のプロジェクトマネジメントに確実に反映させていく仕組みを作り上げていくことが重要であると考えている。

JCMA

【筆者紹介】

寺内 健二 (てらうち けんじ)
鹿島建設㈱
土木管理本部 土木工務部 ダムグループ
課長代理

