

# ナカイダムにおける RCC の配合と品質管理

## Mix Design and Quality Control of RCC for Nakai Dam

中尾 光宏\*  
Mitsuhiro Nakao

### 要 約

ナカイダムは、108万kWの発電を目的としたナムツン2水力発電プロジェクトの主ダムであり、堤体積21.4万m<sup>3</sup>の重力式コンクリート（RCC）ダムである。仕様書に規定された要求品質を満足させるため、現場試験室における室内試験練りと、ダムサイト近傍での現場試験施工を実施した。2005年7月より現場試験室において室内試験練りを行い、RCCの示方配合を決定した。その後、室内試験練りから得られた示方配合の現場適応性および打設設備の施工性の確認のため、現場試験施工を実施した。ダム本体のRCC本施工は、2006年4月より開始し、2007年3月に完了している。

本稿は、ナカイダムにおけるRCC配合決定の経緯から、試験施工、本施工についてまとめたものである。

### 目 次

- § 1. はじめに
- § 2. ダム諸元およびRCC要求品質
- § 3. 室内試験練りと配合選定
- § 4. 現場試験施工
- § 5. 堤体本施工
- § 6. おわりに

### § 1. はじめに

ナムツン2水力発電プロジェクト（以下、NT2）は108万kWの発電を目的とし、ラオス国中部のポリカムサイ県からカムアンヌ県にかけての地域で、現在各種構造物・設備の建設が進められている。NT2のうち、ナカイダムは発電用水貯水用の主ダムであり、堤体積21.4万m<sup>3</sup>の重力式コンクリートダムである。

日本国内のコンクリートダム建設において、RCD工法は一般的な打設方法として普及し、大～中規模重力式ダムに広く採用されている。しかし、RCD工法は品質面を重視した日本独特の工法であり、海外では、打設速度・コスト面で勝るRCC工法が主流である。そのような背景のもとナカイダムにおいても、他の海外ダム同様RCC工法が採用された。

本稿は、ナカイダムで実施した室内試験練りによるRCC配合決定、現場試験施工による施工性確認、ダム本体での本施工についてまとめたものである。



写真一1 ナカイダム全景（右岸上流より望む）

### § 2. ダム諸元およびRCC要求品質

#### 2-1 ナカイダム諸元

型 式：重力式コンクリートダム  
堤 体 積：214,000 m<sup>3</sup>，堤頂長：437 m，堤高：39 m  
貯水容量：36億 m<sup>3</sup>，貯水面積 450 km<sup>2</sup>

#### 2-2 RCC 要求品質

RCCに要求される品質は、以下のように仕様書に規定されている。

- ・湿潤密度（材令90日）：平均 23.5 kN/m<sup>3</sup> 以上  
最低 23.0 kN/m<sup>3</sup> 以上
- ・圧縮強度（材令90日）：平均 15 MPa 以上  
最低 12 MPa 以上

\* タイ国営業所ナムツン2出張所

- ・引張強度（材令 7 日）：0.5 MPa 以上
- ・結合材水和発熱量：250 J/g（材令 7 日）

上記要求品質自体は、国内の RCD と比べてもとりわけ特異性はない。ただし、①単位水量を約 10 kg/m<sup>3</sup> 減、②単位水量を約 20 kg/m<sup>3</sup> 増とした場合でも、上記湿潤密度の条件を満足する必要がある。この単位水量の増減は、計量誤差を含む施工時の品質変動の影響を極力排除し、RCC の配合を安全側にするためである。

なお、コンクリート材料には下記のものを使用した。

- ・セメント：タイプ 5（低熱タイプ、TPI 社）
  - ・フライアッシュ：クラス C（Mae Moe 火力発電所）
  - ・水：ナムツン川河川水
  - ・細骨材：砕砂（石灰岩）
  - ・粗骨材：碎石（石灰岩，Gmax：50 mm）
  - ・混和剤：遅延形減水剤（SIKA 社 Plastiment TM-21）
- 骨材・練混ぜ水以外の材料のラオスでの調達には難しく、タイからの輸入となった。

### § 3. 室内試験練りと配合選定

#### 3-1 机上計算による暫定配合検討

仕様書に記載された要求品質条件以外は、全て請負者 (JV) の責任で決定し、企業先 (EDF) の承認を受ける必要がある。試験練りに先立って RCC 配合の目安をつけるため US Army Corps of Engineers のエンジニア・マニュアル「Roller-Compacted Concrete EM 1110-2-2006<sup>1)</sup>」を参考として暫定配合を机上計算で作成した。

まず単位結合材量の検討を行った。マニュアルによると、ポゾラン（フライアッシュ）置換率 30~50%、15 MPa の 90 日強度の場合の必要結合材量は約 130 kg/m<sup>3</sup> であり、日本国内の RCD とほぼ同程度であったが、前述した単位水量の増減を考慮し、強度 20 MPa の場合の結合材量（160 kg/m<sup>3</sup>）を採用することとした（図-1 参照）。以上からポゾラン置換率を 30% とし、セメント（110 kg/m<sup>3</sup>）+フライアッシュ（50 kg/m<sup>3</sup>）として試験練りを行うこととした。

練混ぜ水はナムツン河川水の水質を確認の上、使用することとした。最終的な単位水量は試験練りの結果から決定することになるが、Gmax=50 mm の RCC の平均単位水量 120 kg/m<sup>3</sup> を目安とした（図-2 参照）。

骨材に関しては、現場近傍に良好な原石山がないため、ダムサイトから北東に 30 km の距離にあるプーパベンに骨材プラントを設け、石灰岩を破碎して製造することとした。最大骨材径として 50 mm と 63.5 mm を候補に挙げたが、有スランブコンクリートの骨材径や RCC の材料分離抵抗性を考慮し、最終的に 50 mm とした。

骨材種類は、G1（50~25 mm）、G2（25~12.5 mm）、G3（12.5~5 mm）の粗骨材 3 種と細骨材の計 4 種とした。

骨材の主な品質は以下の通りである。

- ・粗骨材：比重 2.68，吸水率 0.5%

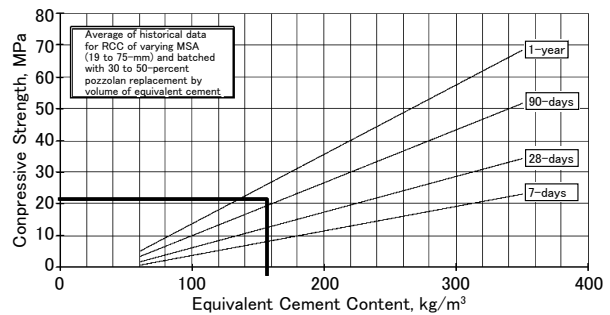


図-1 圧縮強度—結合材量相関図

| Contents  | Nominal Maximum Size of Aggregate |           |         |           |         |           |
|---|-----------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
|   | 19.0 mm                           |           | 50 mm   |           | 75 mm   |           |
|   | Average                           | Range     | Average | Range     | Average | Range     |
| Water content <sup>b</sup> , kg/m <sup>3</sup>            |                                   |           |         |           |         |           |
| a) Vebe <30 sec   | 150                               | 133-181   | 122     | 107-140   | 107     | 85-128    |
| b) Vebe >30 sec   | 134                               | 110-154   | 119     | 104-125   | 100     | 97-112    |
| Sand content, % of total aggregate volume                 |                                   |           |         |           |         |           |
| a) crushed aggregate                                      | 55                                | 49-59     | 43      | 32-49     | 34      | 29-35     |
| b) rounded aggregate                                      | 43                                | 38-45     | 41      | 35-45     | 31      | 27-34     |
| Mortar content, % by volume                               |                                   |           |         |           |         |           |
| a) crushed aggregate                                      | 70                                | 63-73     | 55      | 43-67     | 45      | 39-50     |
| b) rounded aggregate                                      | 55                                | 53-57     | 51      | 47-59     | 43      | 39-48     |
| Paste: mortar ratio, Vp/Vm, by volume                     | 0.41                              | 0.27-0.55 | 0.41    | 0.31-0.56 | 0.44    | 0.33-0.59 |
| Entrapped air content on -1 1/2 in. (37.5-mm) fraction, % | 1.5                               | 0.1-4.2   | 1.1     | 0.2-4.1   | 1.1     | 0.5-3.3   |

a Quantities for use in estimating water, sand, mortar, and entrapped air content for trial RCC mixture proportioning studies.  
 b Lower range of values should be used for natural rounded aggregates and mixtures with low cementitious

図-2 最大骨材径別概略配合

表-1 机上計算による暫定示方配合 (kg/m<sup>3</sup>)

| C   | F  | W   | S   | G1  | G2  | G3  | Ad   |
|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 110 | 50 | 120 | 871 | 551 | 441 | 331 | 0.64 |

- ・細骨材：比重 2.64，吸水率 1.1%，粗粒率 2.89

骨材混合比率（重量比）は G1：G2：G3：S=25：20：15：40 とした。この混合比率は粒径過積曲線がスムーズな曲線となるよう設定したもので、実績率が最大となるように設定する日本の一般的な配合設計とは異なる手法である。

混和剤は、有スランブ用混和剤と同じタイの SIKA 社の、遅延形減水剤 Plastiment TM-21 を使用することとした。この減水剤は RCC 専用混和剤であり、標準添加量は結合材の 0.4% である。

以上より RCC 概略配合を表-1 の通り設定した。

#### 3-2 室内試験練りと配合選定の経緯

仕様書で実施が求められている試験練りは以下の 5 配合、11 バッチである。

- ・示方配合： 3 バッチ
- ・示方配合から水量を 5 段階変化： 5 バッチ
- ・示方配合から結合材量 15 kg/m<sup>3</sup> 減： 1 バッチ
- ・示方配合から細骨材量 10% 減： 1 バッチ
- ・示方配合から細骨材量 10% 増： 1 バッチ

これらの本試験練りを実施する前に、示方配合を決定するための試験練り（予備試験練り）が必要となる。机上計算により算出した暫定配合を参考に、結合材量・水量を変化させ、最適配合を検討することとした。

ここで、最適配合決定手法について、説明を加える。日本の RCD 配合では、過去の実績に準じて結合材量（120～130 kg/m<sup>3</sup> 程度）を定め、適切なワーカビリティ（VC 値 20±10 秒程度）を得られるよう水量を決定し、後に単位容積質量および強度を確認するのが一般的である。それに対しナカイダムでの手法は、RCC の締固め度が最大となる単位水量を「最適水量（Optimal Water Content）」とし、最適水量から -10～+20 kg/m<sup>3</sup> の間で単位水量を変動させても、規定の密度（23.5 kN/m<sup>3</sup> 以上）を満足できるように結合材量を選定する。日本では RCD を「コンクリート」として捉え、強度は水セメント比に支配されると考えるのに対し、ナカイダムでは RCC を「締固め（土質）材料」として捉え、締固め度が高ければ強度も上がるという発想のもとに最適配合を選定する。従って日本の VC 試験に代わる VeBe 試験の規格値も、適切な締固め度を得られる範囲で管理することとなり、VC 値のようなシビアな管理は要求されていない。

2005 年 7 月から実施した予備試験練りでは、以下の 5 種類の結合材量に対しそれぞれ水量を変化させ、締固め密度が要求品質を満足するかを確認した。

- 配合①：セメント 130 kg/m<sup>3</sup>+フライアッシュ 60 kg/m<sup>3</sup>
- 配合②：セメント 120 kg/m<sup>3</sup>+フライアッシュ 55 kg/m<sup>3</sup>
- 配合③：セメント 110 kg/m<sup>3</sup>+フライアッシュ 50 kg/m<sup>3</sup>
- 配合④：セメント 100 kg/m<sup>3</sup>+フライアッシュ 45 kg/m<sup>3</sup>
- 配合⑤：セメント 90 kg/m<sup>3</sup>+フライアッシュ 40 kg/m<sup>3</sup>

これらの試験結果から、結合材量を減少させると密度低下が大きくなり、日本の RCD 配合に最も近い結合材量をもつ配合⑤は、ナカイダムの RCC には適用できなかった。配合①～④では規格値を満足する密度が得られたが、規格値に対する余裕の少ない配合④を除き、最も結合材量の少ない配合③を示方配合の候補とした。配合③の結合材量は机上計算による暫定配合と同じであるが、単位水量が増す結果になった（表一2 参照）。この時、必要密度を満足する水量変動に伴う VeBe 値は 5 秒～52 秒である。

ポゾラン置換率を 30% として予備試験練りを実施中、RCC 中の粉体量（微粒分）が少ないと材量分離を生じ易いことから、フライアッシュを増やすべきではないかとの提案が企業先からあった。結合材量を 200 kg/m<sup>3</sup> 程度にし、ポゾラン置換率を 45% 程度にすべきという提案である。結合材量が 160 kg/m<sup>3</sup> 程度でも品質基準を満足している上、過大な結合材量は供給量の不足およびコストの増加を招くことから、企業先の提案には受け入れられないものであったが、議論を続ける時間的余裕もなく、置換率 45% の予備試験練りも並行することとした。

置換率 30% のケースと同様、下記の 5 種類の中から最適配合を検討した。

- 配合⑥：セメント 130 kg/m<sup>3</sup>+フライアッシュ 100 kg/m<sup>3</sup>
- 配合⑦：セメント 120 kg/m<sup>3</sup>+フライアッシュ 95 kg/m<sup>3</sup>

表一2 置換率 30% の示方配合案 (kg/m<sup>3</sup>)

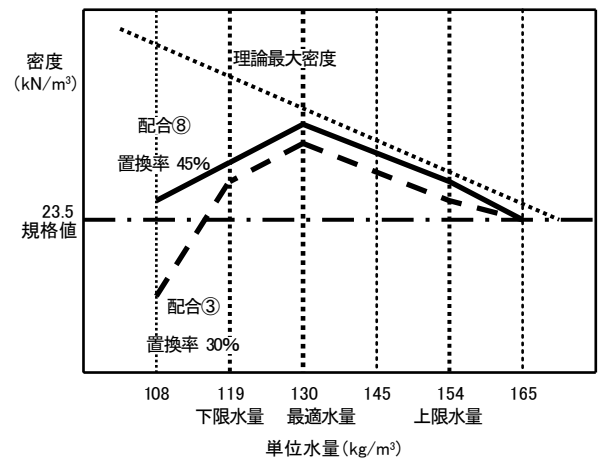
| C   | F  | W   | S   | G1  | G2  | G3  | Ad   |
|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 110 | 50 | 130 | 867 | 542 | 434 | 325 | 0.64 |

表一3 置換率 45% の示方配合案 (kg/m<sup>3</sup>)

| C   | F  | W   | S   | G1  | G2  | G3  | Ad   |
|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 110 | 90 | 130 | 849 | 531 | 425 | 319 | 0.80 |

表一4 本試験練り時ナカイダム示方配合 (kg/m<sup>3</sup>)

| C   | F   | W   | S   | G1  | G2  | G3  | Ad   |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 100 | 100 | 110 | 764 | 546 | 328 | 546 | 0.80 |



図一3 単位水量－密度曲線

- 配合⑧：セメント 110 kg/m<sup>3</sup>+フライアッシュ 90 kg/m<sup>3</sup>
- 配合⑨：セメント 100 kg/m<sup>3</sup>+フライアッシュ 85 kg/m<sup>3</sup>
- 配合⑩：セメント 90 kg/m<sup>3</sup>+フライアッシュ 80 kg/m<sup>3</sup>

これらのうち、必要密度を満足したものは配合⑥～⑩であり、結合材量の少ない配合⑧も示方配合の候補とした。表一3 に配合⑧を示す。VeBe 値の変動幅は 5 秒～38 秒である。

配合③と配合⑧の単位水量と密度に関する試験結果を図一3 に示す。図一3 より、単位水量を下限値よりもさらに減じた場合、配合③と配合⑧の密度に顕著な差が生じている。結合材を増加させることにより RCC 中の微粒分（ペースト分）が増し、水量不足時でも締固め度を高めることができると考えられた。

配合③と配合⑧とは一長一短であるが、どちらを本試験練り・実施に向けての示方配合とするか、企業先と協議を重ねた結果、最終的に結合材量はそのままとし、ポゾラン置換率を 50% とした、セメント量 100 kg/m<sup>3</sup>、フライアッシュ量 100 kg/m<sup>3</sup> で合意した。合意した単位結合材量のもと、同様の予備試験練りを実施し、表一4 に示す配合をナカイダム RCC の示方配合として決定した。本試験練りを実施するにあたり、粗骨材 G3 および細骨材 S の粒度分布が変化していたので、細骨材率（重

量比)を40%から35%に変更し、骨材混合比率(重量比)をG1:G2:G3:S=25:20:15:40からG1:G2:G3:S=25:15:25:35とした。

2005年12月より行った本試験練りでは、予備試験練りにより定めた示方配合の性状確認のため、仕様書に従い11バッチ(前述)の試験を行った。試験項目は下記の通りである。

**VeBe 試験**

RCD用の標準VC試験に代わるものである。試験方法はVC試験同様、容器に詰めた試料中のモルタルが振動により表面に浮かび出てくるまでの秒数を測定する。日本の標準VC試験とナカイダムのVeBe試験には、表一5に示すように試験器具自体にも多少の違いがあるが、管理基準値やその決め方に大きな違いがある。VC値は、過去の実績から20±10秒程度を管理基準値とし、現場での施工性を確認しながら管理目標値を設定するのが一般的である。これに対しナカイダムでは、VeBe値の管理基準は仕様書に規定されていない。予め設定した水量変動に対し、所定の品質(密度・強度)が確保できるようにRCC配合を決定し、この水量変動に対応するVeBe値を試験練りで確認の後、管理基準値としている。ナカイダムでのVeBe値は、RCC締固め度が最大となる最適水量時で18秒であり、管理基準値は2秒～50秒とした(図一4参照)。

**湿潤および乾燥密度測定**

RCCの密度(湿潤・乾燥)は、VeBe試験および圧縮強度試験用の供試体の重量測定により行った。水量変化に対する密度変化は、予備試験練り時と同様に必要密度(23.5 kN/m<sup>3</sup>)を満足し、最適水量時で最大となった。規格値のない参考試験として行った結合材量や細骨材量を増減させた配合についても、所定密度を上回る結果を得た(図一5参照)。これより、想定した範囲での材料変動では、密度への影響が小さいことを確認した。

**粒度分布測定**

練混ぜ直後のフルサイズRCCを水洗いし粒度分布試験を行った結果、理論粒度分布と大きな差異はなく「問題なし」と判断した。

**圧縮強度試験**

- ・φ150 mm 供試体 (材令 1, 7, 18, 28, 90, 180 日)
- ・φ235 mm 供試体 (材令 28, 90 日)

40 mm ふるいでウェットスクリーニングした試料(φ150 mm)とフルサイズ試料(φ235 mm)との圧縮強度試験を行った。示方配合では材令7日で必要強度(15 MPa)を満足し、材料変動させたその他の配合も材令28日で15 MPa以上の強度となった。単位結合材量200 kg/m<sup>3</sup>まで増量した影響もあり、強度面に対しても、材料変動による問題は生じないことが確認された。

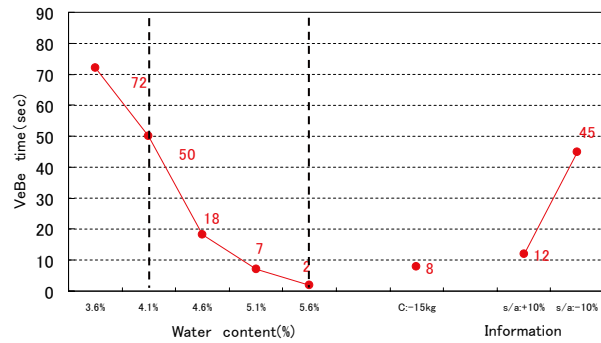
**引張強度試験**

- ・φ150 mm 供試体 (材令 28, 90 日)

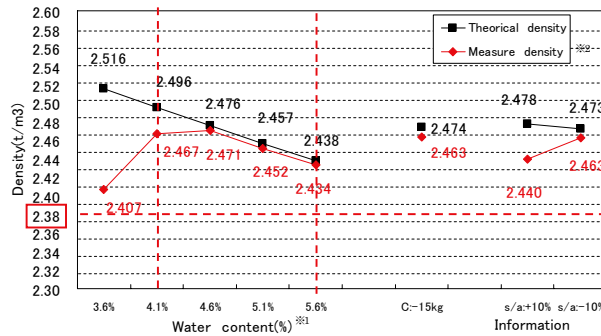
ウェットスクリーニング後の試料で引張強度試験を実

表一5 VC試験とVeBe試験

| 項目    | 日本式VC試験                             | ナカイダム VeBe 試験                |
|-------|-------------------------------------|------------------------------|
| 振動数   | 3000 vpm                            | 3000 vpm                     |
| 振幅    | 1 mm                                | 0.35 mm                      |
| 載荷重   | 20 kg                               | 27 kg                        |
| 管理基準値 | 20 ± 10 秒程度<br>主として現場での施工性を確認しながら管理 | 2 ~ 50 秒<br>仕様書で定め水量変化に対応する値 |



図一4 配合別 VeBe 値



図一5 配合別密度

施した。各配合とも材令28日で必要強度(0.5 MPa)を満足した。

**せん断強度試験**

- ・φ150 mm 供試体 (材令 90 日)

ウェットスクリーニング後の試料でせん断強度試験を実施した。必要せん断強度は仕様書に規定されていないが、設計計算に採用されている粘着力0.0 MPa、内部摩擦角45°を自主管理基準とした。材令90日でのせん断強度は必要強度を満足した。

**プロクター貫入試験**

RCCの凝結時間を調べるため、プロクター貫入試験を実施した。凝結時間によりRCCの水平打継面の種類・処理方法を決定するためである。日本のRCDの水平打継面はすべてコールドジョイントであり、全面グリーンカット・打継モルタル敷き均しを行うが、連続打設を原則とするRCCの水平打継面は、ホット・ウォーム・コールドの3種に区分される。ナカイダム仕様書によると、ホットジョイントとは凝結始発前、「粗骨材が下リフトに貫入

でき再転圧が可能な状態」を指し、無処理で次リフトを打ち継いでいくものである。ウォームジョイントとは凝結始発から終結の間で、「粗骨材の下リフトへの貫入は困難だがグリーンカットを行うと下リフトを損傷してしまう状態」を指し、打継モルタルを敷き均した後に次リフトを打設する。コールドジョイントとは凝結終結以降、「グリーンカットが可能な状態」を指し、RCD 同様グリーンカット・敷きモルタルを必要とする。ここで問題となったのは、凝結の「始発」と「終結」の定義である。企業先には日本同様の基準「始発＝貫入抵抗 500 psi (約 3.5 MPa)」、「終結＝貫入抵抗 4000 psi (約 28 MPa)」を提案したが、仕様書に始発は定義されておらず、終結は 50 MPa とされていた。協議の結果、始発は貫入抵抗の経時グラフの折れ点、終結は 50 MPa (約 7140 psi) での時間とすることにした(図-6 参照)。本試験練り時の貫入試験結果から、暫定的にホットジョイントは練混ぜ後 22 時間以内、コールドジョイントは 27 時間以降との結論が得られたが、凝結時間は気温等の現場条件や VeBe 値等の RCC 性状により変化するため、随時プロクター貫入試験を行って調整することとした。

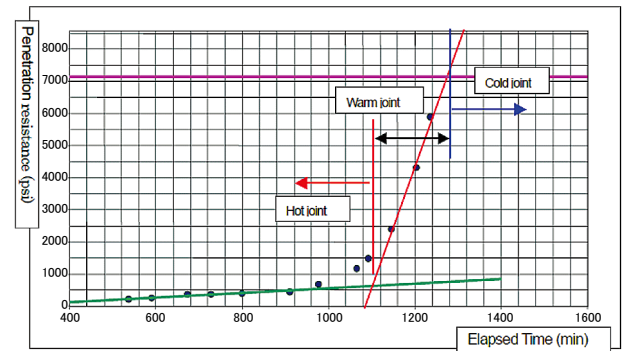


図-6 貫入抵抗—ジョイント種類相関図

表-6 ナカイダム示方配合 (kg/m<sup>3</sup>)

| C   | F   | W   | S   | G1  | G2  | G3  | Ad   |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 100 | 100 | 113 | 873 | 546 | 328 | 436 | 0.80 |

### 3-3 示方配合の選定

上記の通り、予備試験練りにより示方配合を定め、本試験練りによりその妥当性を検証してナカイダム RCC 配合を決定した。RCC の示方配合を表-6 に示す。日本国内のダム工事においては、通常示方配合が変更となることは稀であるが、ナカイダムではコンクリート材料の品質変動、供給面の問題からコンクリート配合を度々変更する必要に迫られた。その都度上記のような試験練りを繰り返し、主として締固め度と強度を確認しながら、骨材混合比率や単位水量を修正した。



写真-2 一次試験施工 (締固め状況)

## § 4. 現場試験施工

現場試験施工は仕様書による要求事項の一つである。運搬・転圧における RCC ワーカービリティの確認や、強度・締固め度・打継面判定等の RCC 性状試験だけでなく、上下流面や監査廊等の型枠、RCC および CVC (Conventional Vibrated Concrete) 打設、養生、全使用予定機械・設備の性能確認を含む本施工全般に関するチェックが要求されていた。試験施工は上流二次仮締切で行う計画であったが、上流二次締切施工方法の事前確認と本ダム打設までに日程の余裕がなかったため、試験施工を品質確認と施工確認の二回に分けて実施することとした。

一次試験施工は右岸上流の仮設ヤードにおいて、主として各種打継面状況の確認を目的として 2006 年 1 月より実施した。準備工として幅 5 m × 長 37 m、30 cm × 2 層の RCC を 3 箇所打設して試験施工ヤードを造成し、それぞれのヤード上に RCC (30 cm × 2 層) でホット・

ウォーム・コールドジョイントの 3 種の打継面を設け比較検討した。ジョイント種類は直近の凝結試験結果より、20 時間以内をホット、25 時間以上をコールドとした。試験ヤード造成用 RCC 打設時には現場密度試験も実施し、必要転圧回数を確認したが、転圧 1 往復で所定の密度を得ることができ、それ以上では大きな密度変化は認められなかった。その結果に基づき締固めは、無振動 1 往復 + 振動 2 往復 + 無振動 1 往復とすることとした。同時に行った、密度 (現場・供試体)、強度 (圧縮・引張・せん断)、VeBe 値、水分量 (現場・供試体) 等の試験結果は、全て要求品質を満足しており、RCC ワーカービリティ、打設関連機械、転圧仕様、打継面処理方法に問題がないことが確認された。懸念された水平打継面せん断強度は、各種打継面とも要求強度を上回る結果を得た。

二次試験施工は、上流二次締切内に必要ヤードが確保できるのを待ち、2006 年 3 月に実施した。ここではコンクリート品質だけでなく、本ダムの施工手順全般の確認が要求されており、仮締切自体には必要のない監査廊・下流面・継目型枠等の施工も「予行演習」として実施し

た。上流面型枠は国内ダム同様のスライド型枠、越流部下流面には大型木製曲面型枠を使用し、非越流部下流面はプレキャストブロックにより階段状に仕上げた。監査廊型枠では碎石を支保代わりに使用し、型枠作業による打設工程への影響低減を図った。RCC の各種品質試験も、一次試験施工同様に実施したが、大きな問題を生じることもなく、無事に試験施工を終えた。

## §5. 堤体本施工

ダム本体の RCC は、2006 年 4 月から 2007 年 1 月にかけて左右岸のウイングダムを打設、2007 年 1 月から 3 月にかけて河床部スピルウェイ RCC を打設した。バッチャープラントは二軸連続練ミキサーで公称最大能力 1,000 t/hr (約 400 m<sup>3</sup>/hr) であったが、打設規模・設備を考慮して 100 ~ 200 m<sup>3</sup>/hr で供給できるよう計量装置を調整した。RCC 運搬は主としてダンプトラック直送とし、進入路設置が困難な箇所では移動式コンベアを用いて行った。敷均しは 15 t 級ブルドーザー、締固めは原則として 11 t 級振動ローラーを用い、型枠際や狭所では 3 t 級振動ローラーを併用した。

打設規制に関しては、温度規制・降雨規制が仕様書に示されている。温度規制は「敷均し時の RCC 温度は 5 ~ 35℃」とされており、チラー冷却水 (設定 8℃) を練混ぜに使用した結果、夏季においても RCC 温度を 35℃ 以下に保つことができた。降雨規制は「15 分間雨量が 2.5 mm を超える場合は打設中止」とされているが、規制雨量に達する前に施工継続が困難となるため、現場状況をみながら強雨時には打設を一時中断して対応した。

ダム本体が小規模であるほか、洪水期の工程上の制約とコンクリート搬入地点の地形上の制約から、堤体を 5 分割して打設せざるを得ず、全面レイヤー打設とはならなかったため、RCC 最大の長所、急速連続打設を生かした施工はできなかった。ただし河床部 RCC 打設においては、企業先の理解・協力により出来形管理基準を緩和できたため、型枠を簡素化 (上流面型枠は木製型枠を盛土で支えるのみ) することによって、約 62,000 m<sup>3</sup> をおよそ 1 月半で打ち終えることができた。日最大打設は片番 (打設 10 時間) で 1,066 m<sup>3</sup>、昼夜では 2,000 m<sup>3</sup> 以上であった。

## §6. おわりに

本稿ではナカイダムの RCC について、配合決定経緯と施工とに分けて述べてきた。その中で、施工方法については、打継面処理とリフト厚を除き、日本の RCD 工法と大きな差異はない。反面、材料に関しては RCC と RCD では考え方が根本的に異なっているように思われる。RCD には有スランブコンクリートとほぼ同様の品質管



写真一3 堤体河床部打設状況

理が要求されるのに対し、RCC にはそれほど厳格な品質基準は要求されていない。したがって設計・施工に関するアプローチに大きな相違がある。特にナカイダムでは、企業先 (フランス電力) の望む RCC がアメリカ式 RCC とも異なっていたため、とりわけ試験練りでの配合決定時、考え方や仕様書の解釈で双方の合意点を見出すのに多くの困難を伴った。今回、企業先との違いを最も強く感じたのは以下の 2 点である。

- ① RCC をコンクリートではなく土質材料的に考えて配合を決定する点
- ② 示方配合を守るために材料の管理を厳しくするのではなく、材料には変動があるものと想定・許容し、配合に余裕を持たせている点

企業先に 75 cm リフトで打設する日本式 RCD 工法を紹介した際、非常に興味を示していたが、採用するには強い抵抗や多くの疑問があるように見受けられた。今後国内ではダム事業減少が見込まれる中、国内建設会社にとって海外での RCC ダム建設は有益であると考えられる。企業先や国により RCC に対する考え・取り組み方は異なるであろうが、他ダムの建設にあたり、本稿が参考となれば幸甚である。

現在ナカイダムでは 2008 年 4 月の試験湛水開始に向け、なお厳しい工程の中、洪水吐ゲートやダム関連設備の施工を実施している。

**謝辞:** 本工事の施工にあたり、多大なご指導とご協力をいただいた発注者のフランス電力 (EDF)、JV パートナーのイタリアン・タイ・デベロップメント (ITD) ほか関係各位に対し、厚く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) US Army Corps of Engineers: Engineering and Design ROLLER-COMPACTED CONCRETE, 2000. 01.