

ロックフィルダムの安定性評価について

九州電力㈱ 正会員 ○首藤光昭, 中村駿平, 田代幸英

1. まえがき

天山ダムは、九州電力㈱が六角川水系天山川の最上流部に築造した天山揚水発電所の上部ダムで、ダム高69mのロックフィルダムである。当ダムは、昭和61年2月に湛水開始して以来、7年余りを経過した。ダムの管理期間としては、第2期（ダム及び基礎岩盤の挙動が定常状態に達するまで）から第3期（ダムの挙動が定常状態に達した以降）へ移行した段階にあたる。ここで定常状態とは、ダムの挙動が安定した状態を言い、貯水位等の変化に計測値が正常に追従し、その挙動が妥当と判断される事と定義されている。このため当ダムの定常状態の判定を行う上で、漏水量・間隙水圧及び変形量に着目し、それぞれに定常状態の定義を行い、これらの総合判断で安定性評価を行った。本報告は、その結果について述べるものである。

2. ダムの埋設計器

ダムの埋設計器を表-1に示す。

表-1 ダムの埋設計器一覧表

3. 定常状態の定義

漏水量・間隙水圧及び変形量について、定常状態を以下のよう

| ブロック | 種 別     | 個数  | 計器仕様    |
|------|---------|-----|---------|
| 堤 体  | 土 圧 計   | 9   | カールソン型  |
|      | 間隙水圧計   | 110 | "       |
|      | 総 目 計   | 40  | "       |
|      | 鉄 筋 計   | 108 | "       |
|      | ひ ず み 計 | 36  | "       |
|      | 岩盤変位計   | 15  | ポテンショ型  |
| 浸透圧  | 浸 透 圧 計 | 17  | ブルドン管方式 |
| 漏水量  | 監 査 廊 内 | 19  | ゲ ー ジ   |
|      | 法止ダム下流  | 11  | "       |
| 変 位  | 層別沈下計   | 6   | クロスアーム  |
|      | 表面変位計   | 34  | 標 的     |

に定義し、ダムの安定性評価を行った。

- ・漏水量 : 調整池から堤体を浸透してきた水の流出を確認すること。
- ・間隙水圧: 圧力の到達ではなく浸透水の到達を確認すること。
- ・変形量 : 変位の収束状態を確認すること。

4. 計測データからの安定性評価

(1)漏水量

漏水量はコア部・フィルタ部およびダム基礎部からの漏水量をブロック毎に測定し、漏水温の測定も同時に行っている。漏水量は降雨による影響を強く受けるが、貯水位の変動に追従して増減する。降雨がなく貯水位がほぼ一定時期の漏水量を経年的にみると（表-2）、堤体からの漏水量は平成2年以降約70ℓ/分で安定している。また、基礎部からの水量は現在も減少しているが、今後この漏水量も量的に安定してくるものと考えられる。

表-2 漏水量の経年変化

| 測定年月日              | S.62<br>12.23 | S.63<br>12.25 | H.1<br>12.25 | H.2<br>12.17 | H.3<br>12.25 |
|--------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| 貯水位 (ELm)          | 754.42        | 752.64        | 752.16       | 752.26       | 755.09       |
| 堤体からの漏水量<br>(ℓ/分)  | 113.0         | 90.6          | 76.7         | 68.8         | 72.0         |
| 基礎部からの漏水量<br>(ℓ/分) | 324.6         | 282.6         | 283.3        | 268.4        | 231.0        |
| 合計漏水量<br>(ℓ/分)     | 437.6         | 373.2         | 360.0        | 337.2        | 303.0        |

漏水温は図-1に示す様に、周辺地下水温と同様な周期的変化が現れている箇所（L-704-2, L-727-1, R-718-1）と、小さな周期性を持ち一定温度（13～15℃）に近づいている箇所（L-692）がある。前者は漏水量のなかに、周辺地下水がかなり流出しているためと考えられる。観測された漏水量が調整池からの水か、周辺地下水の流出かを識別するため水質分析を行ったが両者に明確な差は無かった。このため堤体内に埋設している間隙水圧計（カールソン型）の温度データからロック部・フィルタ部・コア部の温度履歴を比較した結果（図-1）、ロック部は貯水温と同様な周期変化を示し、フィルタ部・コア部に移るとともに温度のピーク発生時期がずれている事が分かる。これは調整池の水が徐々に堤体内部に浸透している過程を示している。

(2)間隙水圧

堤体内の間隙水圧は図-2に示すように、湛水を開始して満水位に達した時点（昭和61年8月）で定常状

態に近い分布を示している。コア部の透水係数（ $1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ ）から判断して、この時点で浸透水が、コア深部に到達しているとは考えられない。この現象は、当ダムのコア材料は乾燥密度が $2.04 \text{ gf/cm}^3$ と大きく締固められ飽和度が高いため、圧力のみが伝播している事を物語っている。しかし湛水開始以来7年余り経過した現在、ダムの経過年数とともに、調整池水の浸透も進み、漏水量と同様に堤体内部の温度変化から判断して、平成2年以降、コア深部まで浸透水が到達し、現在の間隙水圧分布は、残留間隙水圧の消散も行われ、安定した定常状態の分布を示しているものと思われる。

### (3)変形量

ダム天端の沈下量と経過日数から、圧密試験等で使用される双曲線法および指数関数型回帰式で沈下量推定式を作成した。

・双曲線法による沈下量推定式

$$St = 75 + \frac{t}{2.8 + 0.00884t} \quad (St: \text{沈下量mm})$$

(t : 経過日数)

・指数関数型回帰式による沈下量推定式

$$St = 184.5 \times (1.0 - e^{-(0.001605 \times t)})$$

上式より、最終沈下量を推定すると、双曲線法で188mm、指数関数回帰式では185mm となる。平成3年12月末時点の沈下量は178mm で、ほぼ収束した状態にある。

また、年間変位増分 $\delta$ とダム高 $h$ の比( $\delta/h$ )を年間ひずみ増分とし、他のロックフィルダムとともに、経年的に比較すると、図-3に示すように、年間ひずみ増分が0.02% 以下に低下すれば、それ以降は0.02% を越えることなく安定している。このことから、年間ひずみ増分が0.02% 以下になった時期を変形の収束時期と定めると、当ダムの場合、沈下については約4年、水平変位については約3年で収束時期に達している。

### 5. あとがき

天山ダムの安定性評価について、漏水量・間隙水圧および変形量に着目して検討を行った。その結果、当ダムは湛水開始後7年余り経過した現在、非常に安定した状態を呈しており、ダム管理期間の第3期に達していると判断できる。当ダムは、ダムの挙動をリアルタイムで把握できるダム管理システムを構築して管理しているが、ダムの安定性を評価する場合、きめ細かな計測を行うことが重要であると考えられる。

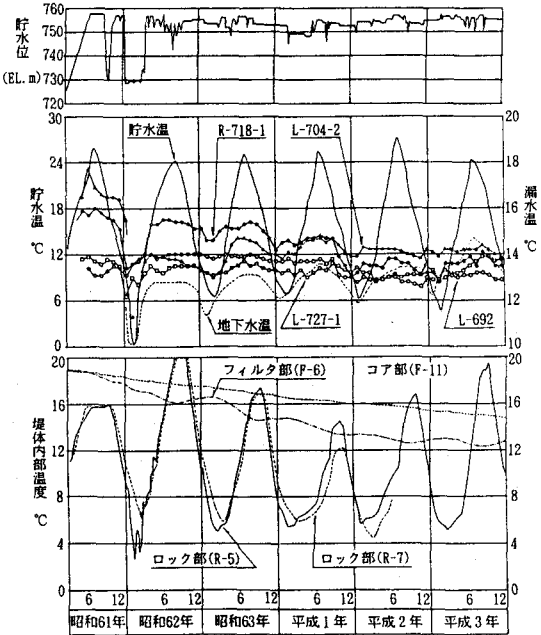


図-1 貯水温・漏水温・堤体内部温度履歴図

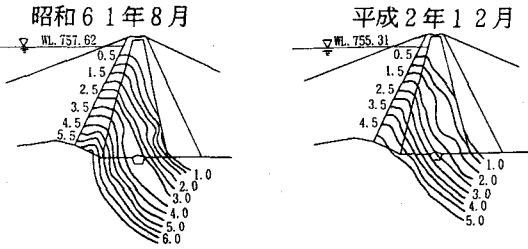


図-2 間隙水圧分布図

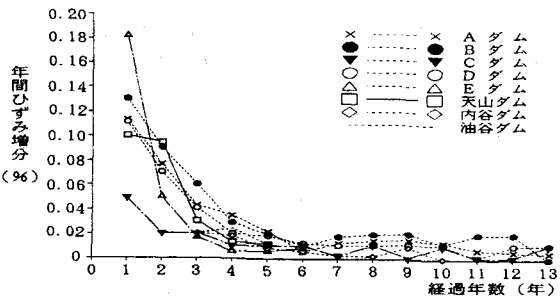


図-3 沈下ひずみ増分の経年変化