

Key Issues : 景観と文化財  
 気候区分 : 温帯湿潤気候 (Cf)  
 主題 : 景観復元に配慮した設備保全  
 効果 : 自然環境の復元  
 最新技術の採用による設計, 施工  
 観光スポット化による地域振興  
 プロジェクト名 : 沈墮発電所取水ダム補強工事  
 国 : 日本、大分県 (アジア)  
 G P 実施機関 : 九州電力株式会社  
 G P 実施期間 : 1998 ~  
 キーワード : 美の復元、新設計手法、観光事業  
 要旨 :



KYUSHU ELECTRIC POWER Co., Inc has successfully developed the practical and systematic engineering method to predict discontinuous rock mass behavior and to evaluate optimum reinforcements by using latest numerical code D.E.M. As the result, the breath-taking view appears again and dam safety is also satisfied. Now, Chinda waterfall is an important resource as a major sightseeing spot.

## 1 プロジェクトの概要

大分県中部の大野町に位置する沈墮発電所は、最大出力 8,300kW、最大使用水量  $25.04\text{m}^3/\text{s}$  の流れ込み式の水力発電所である

沈墮発電所の本流取水ダムは、柱状及び水平節理が発達した溶結凝灰岩の滝（沈墮の滝：高さ 28m、幅 110m）の直上流に位置している。この滝は、これまで大規模出水のたびに崩壊を繰り返して徐々に後退し、遂に 1990 年 7 月の豊肥水害における滝壁面岩盤の崩壊により、滝面がダムエプロン直下まで後退してしまった。このまま放置するとダム決壊の危険性があることから滝の補強工事を実施した。

工事の実施に当たっては、柱状節理岩盤に対する効果的な補強工の設計、危険度の高い岩盤直下での施工における安全管理等、高度な技術が必要となることから、新技術の積極採用、瞬間落石感知器の新規開発を行い、コストダウン、補強工の信頼性向上及び施工時の安全を確保するとともに、『沈墮の滝』の景観に配慮した補強対策を行った。

## 2 プロジェクト地域の特徴

『沈墮の滝』は大分県の中央を流れる大野川の中流にあり、室町時代（約 500 年前）に雪舟がここを訪れ水墨画を描いたのをはじめ、歌に読まれるなど古くから景勝の地として知られていた。

現在では、大野町の観光名所として観光客並びに地域の方に親しまれている。

## 3 主要な影響

滝のほぼ中央の地質図を図 - 1 に示す。滝は溶結凝灰岩（図 - 2）で形成され、基盤は中性代の砂岩であり、これらの間に

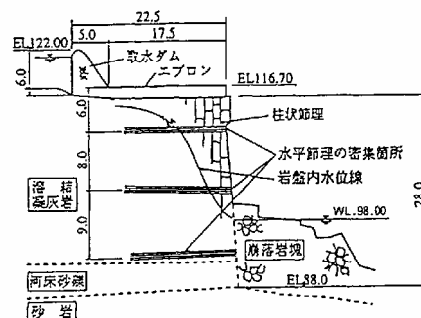


図 - 1 地質断面図

は旧河床堆積物である未固結の砂岩層が1～6mの厚さで堆積している。溶結凝灰岩は、岩盤の一軸圧縮強度は平均48MPaと高溶結であるが、柱状及び水平節理が発達した不連続性岩盤である。滝面及びボーリングコア観察から、水平節理については節理間隔10m程度で連続性がある水平節理密集箇所が3箇所あり、柱状節理については1～2m間で鉛直方向に連続性があることを確認した。また、滝壺内には崩落岩塊が滝面下部を抑えるような状況で堆積しており、これまでに滝の崩落が繰り返されていることを示唆している。

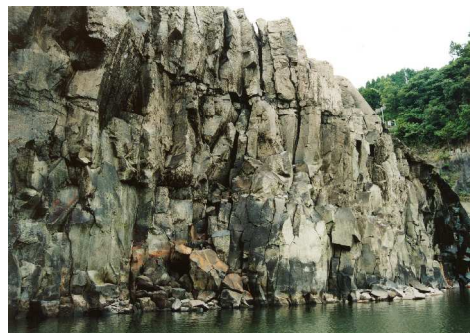


図 - 2 滝面の溶結凝灰岩

なお、地元の郷土史によると、150年前の滝の位置は現在よりも約240m下流にあったとされており、現在までの間に年平均1～2mの速度で滝の後退が進んだことになる。

#### 4 影響緩和策

##### ・景観設計について

『沈墮の滝』はその歴史的背景により地元の観光資源として期待を集めていることから、コンピュータグラフィックにより作成した滝の完成予想図を基に河川景観の専門家や河川管理者の意見を取り入れながら対策工の規模、配置を決定した。

##### ・個別要素法による安定解析

不連続面に起因するトップリング変形が滝の崩壊モードであることから、個別要素法（DEM）により滝の崩壊機構の解明及び効果的な補強対策工の諸元の設計検討を行った。調査結果から、図 - 3 に示す解析モデルを作成し汎用プログラムコード『UDE C』により安定解析を行った。その結果、ダム越流水深6mの100年確率洪水においても図 - 2 に示した滝面下部の変位及び回転を拘束することにより、ダムエプロン直下の溶結凝灰岩の下流側へのトップリング変形が抑制され、ダムの安定化が図れることが判明した。

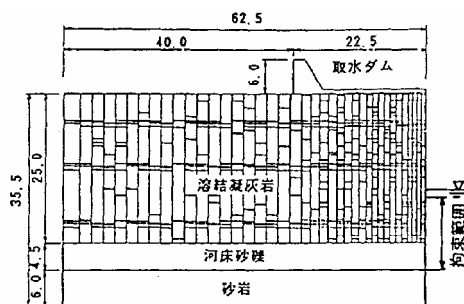


図 - 3 DEM 解析モデル

また、地震時における滝壺より上部の滝面最前列柱状岩盤の剥離的崩壊を抑制するには、ロックボルト工が効果的であることも判明した。

更に、滝下部の根固めコンクリート工の施工において必要となる滝壺内の水位低下時及び崩壊岩塊撤去時の安定解析を行った結果、崩壊岩塊撤去時に滝面が不安定化することが判明した。

##### ・施 工

施工に当たっては以下のことについて実施しており、補強概要は図 - 4 に示すとおり。施工期間は、1996年12月～1998年5月である。

##### ・根固めコンクリート工

大型重機（バックホウ2m<sup>3</sup>級、重ダンプ36t）を用いて、柱状ブロックの崩落岩塊及び砂礫を撤去し、砂岩面を完全に露出させた。

根固めコンクリート工を打設するに当たっては、砂礫層内被圧水対策として、透水マット及び直径300mmの水抜き管を13箇所設置した。

#### ・ロックボルト工

滝壁面岩壁には不連続面が発達し、岩塊の柱状ブロックは大小様々な形をしているため、不連続面の幾何学分析とその状態及び凹凸状況を3次元写真解析システムにより調査し、滝壁面の中で不安程度の高い岩塊を抽出して効果的にロックボルトを配置することとした。

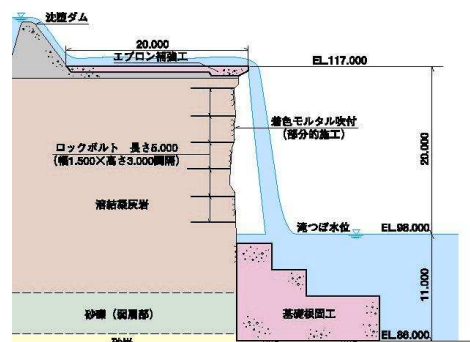


図 - 4 補強工の概要

#### ・擬 岩 工（景観対策）

『沈没の滝』直上流にある取水堰であるコンクリートダム、その下流には平坦なダムエプロンコンクリート、更には、滝面左岸よりの一部には過去の補強工の名残りである滝面補強コンクリート壁面が露出している等、人工的な構造物が『沈没の滝』を取り囲んだ状況となっている。この状況から、周辺環境と調和した滝の自然環境を復元するために、擬岩工を採用して既設コンクリート構造物をカムフラージュすることとした。

#### ・施工時の安全対策

当工事は、崩れやすい岩の下で作業を行うため、作業員の安全を確保する必要があったため、当社では『瞬間落石感知器』（図-5）を開発した。

装置は、パチンコ玉大の鉄球と合成パイプで構成し、工事の振動等で岩が1度でも動けばセンサーが働き、サイレンで危険を周囲に知らせるもので、微小な動きを確実に捉えるものとなっている。

装置の設置により、『沈没の滝』補強工事は無事故、無災害で竣工を迎えている。

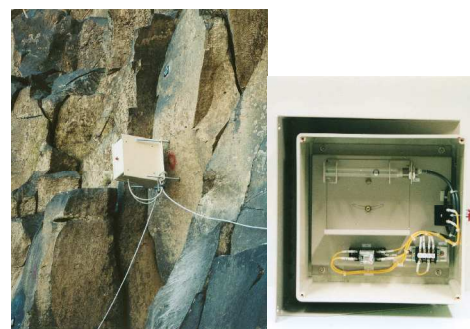


図 - 5 瞬間落石感知器

### 5 影響緩和策の効果

『沈没の滝』補強工事によって、沈没発電所取水ダムが安定したとともに、景観対策により滝(昔日の11条の流れ)が復元(図-6)されたことで、大野町の観光名所として多数の観光客が訪れており、地元の観光事業にも役立っている。

### 6 成功の理由

成功の理由としては、以下の項目が挙げられる。

補強工事の信頼性向上のために個別要素法(DEM)等の新技術を積極的に採用した。

作業の安全を確保するために『瞬間落石感知器』を開



図 - 6 補強工事完成後の「沈没の滝」

発し，補強工事を無事故，無災害で完了した。

景観に配慮した補強を行い，『沈墮の滝』を出来る限り復元し，地元の要望に応えた。

## 7 第三者のコメント

電気新聞(1998 . 2 . 18)掲載

「不連続性岩盤の挙動解析手法である「個別要素法(DEM)」を使用して，沈墮の滝の岩盤崩壊機構の解明と補強対策について解析した。その結果，おおむね岩盤の崩壊現象を再現できたことから，不連続性岩盤の調査手法やDEMの有効性が確認できたとして今後，水力発電所などにおける同様の地質の挙動解析に適用できると期待している。」

大分合同新聞(1998 . 4 . 21)掲載

「室町時代の画僧・雪舟が水墨画を描いたことで知られる大分県大野川の「沈墮の滝」が九州電力・沈墮ダムの補強工事完成に伴い，昔日の11条の流れを取り戻した。」

## 8 詳細情報の入手先等

<参考文献>

1) Tatsuru Mizokami , Toshiharu Sasada , Tetsuro Esaki , Yujing Jiang : Design and Execution of Reinforcement Systems for the Discontinuous Rock masses underlying an Intake Dem for a Hydroelectric Power Plant

<問い合わせ先>

Technical and Environmental Service Group, Civil Engineering Dept.

Kyushu Electric Power Co., Inc

Address: 2-1-82, Watanabe-dori, Chuo-ku, Fukuoka, 810-8720 Japan

Tel : +81-92-761-3031

Fax : +81-92-771-9541

E-mail : tatsuru\_mizokami@kyuden.co.jp