

## 低温下におけるアスファルト表面遮水壁の温度ひび割れ発生評価の検討

（財）電力中央研究所 正会員 ○西内 達雄

### 1. はじめに

現在、国内二地点において、アスファルト表面遮水式ロックフィルダム建設が進められている。これらの地点では、冬期の最低気温が $-10^{\circ}\text{C}$ ～ $-25^{\circ}\text{C}$ に達し、アスファルト混合物は変形性能が発揮されにくい低温環境において、ダム堤体に対する変形追随性すなわち遮水性が要求されている。遮水壁は、破断により貯水を漏水させないことが重要であり、遮水壁の破断ひずみを合理的に評価することは重要課題の一つと考えられている。本研究の目的は、低温下においてアスファルト遮水壁に発生するひび割れを合理的に評価する手法を開発することである。

### 2. 低温ひび割れの発生評価手法の検討

#### 2.1 評価手法の特徴

- ①温度と作用応力に依存した時間硬化則クリープ式を用いて、外気温の冬期日変化に対して遮水壁に発生した引張ひずみの緩和を合理的に評価できる。
- ②低温ひび割れの発生は、常時、地震時に応じて評価対象とするひずみの方向が異なり、現実に応じた形で判定できる。検討概要とその手順を図-1に示す。

#### 2.2 検討対象と条件

対象とした表面遮水式ロックフィルダムは、貯水池の全面を遮水壁で覆う形状で、堤高は60m、遮水壁は厚さ36.2cm、遮水壁の勾配は1:2.5である（図-2、3参照）。解析モデルは、①二次元平面ひずみモデル、②二次元軸対称モデル、③三次元モデルである。解析に用いた物性として、アスファルト混合物の熱的物性[1]とクリープ特性[2]ならびにヤング係数[3]の温度依存性は、既往研究を参考に室内実験により定めた。作用荷重は、外気温の年変化（ $5^{\circ}\text{C}$ ～ $-17.5^{\circ}\text{C}$ の正弦波）および冬期日変化（ $-10^{\circ}\text{C}$ ～ $-25^{\circ}\text{C}$ の矩形波）に伴う温度荷重と自重である。

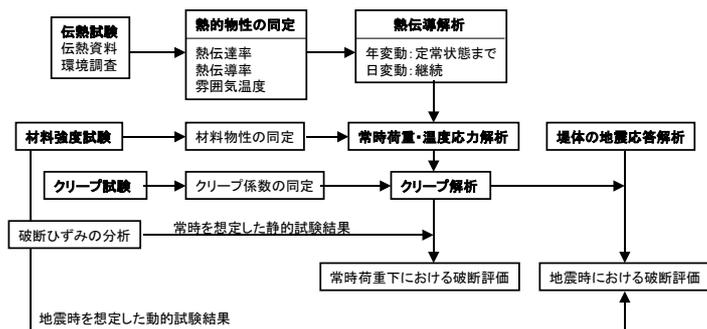


図-1 低温ひび割れの発生評価手法

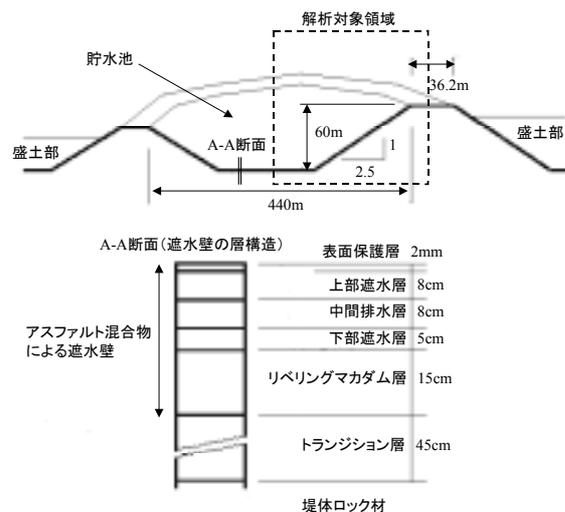


図-2 解析領域と遮水壁の層構造

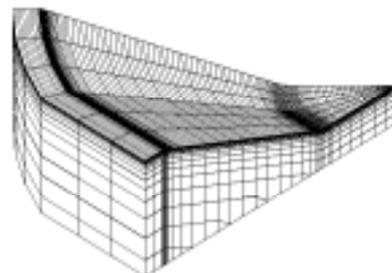


図-3 三次元モデルの要素分割図

### 3. 評価手法の適用結果

#### 3.1 遮水壁の温度分布

遮水壁の深さ方向の温度分布は、外気温 $-25^{\circ}\text{C}$ に対して、表面保護層中心部で $-19^{\circ}\text{C}$ 、上部遮水層で $-19$ ～ $-15^{\circ}\text{C}$ 、下部遮水層で $-14$ ～ $-13^{\circ}\text{C}$ となった。

#### 3.2 遮水壁のひずみ分布

遮水壁の深さ方向のひずみ分布を図-4に示す。

- ①発生するひずみは遮水壁全面の面内方向で二方向引張であった。その大きさは、下部遮水層よりも上部遮水層が、底面部よりも斜面部高標高部が大きくなる傾向を示した。

キーワード アスファルト表面遮水壁、ひび割れ、低温、温度応力、ひずみ緩和

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 電話 0471-82-1181、FAX 0471-83-2962

②三次元モデルと二次元軸対称モデルの解析結果によると、貯水池底面部では、周方向と斜面方向のひずみの大きさは同程度であるが、斜面部では、周方向のひずみが卓越し、高標高部に向かうほど差は大きくなる傾向を示した。これは、温度収縮によるフープ力の違いによると考えられる。

③解析対象とした形状のモデルダムでは、ダム軸方向のフープ力を考慮する必要があり、堤体は二次元軸対称もしくは三次元のモデル化が必要と考えられる。

### 3. 3 低温ひび割れの発生に対する検討

#### (1) 判定方法

遮水壁に発生したひずみの大きさと方向から、ひび割れの発生を判定する。前述の解析結果で示されたように、常時荷重下では、周方向のひずみが卓越することから、この卓越方向のひずみで判定する。地震時は、既往の解析成果[4]より、斜面方向のひずみが卓越することが分かっている。従って、このひずみと常時荷重下での斜面方向のひずみとを合算して判定する。判定式を下記に示す。

$$\text{常時ひび割れ条件} : \varepsilon \exp(s) < \varepsilon \text{sta}(r) \quad (1)$$

$$\text{地震時ひび割れ条件} : \varepsilon \exp(d) < \varepsilon \text{dyn}(s) + \varepsilon \text{sta}(s) \quad (2)$$

$$\varepsilon \text{sta} = \varepsilon e + \varepsilon c \quad (3)$$

ここで、 $\varepsilon \exp(s)$  : 低温、低ひずみ速度での破断ひずみ実験値  
 $\varepsilon \exp(d)$  : 低温、高ひずみ速度での破断ひずみ実験値  
 $\varepsilon \text{dyn}(s)$  : 地震荷重で発生する斜面方向ひずみ解析値  
 $\varepsilon \text{sta}$  : 低温下の常時荷重で発生するひずみ解析値  
 $\varepsilon \text{sta}(r)$  は周方向成分、 $\varepsilon \text{sta}(s)$  は斜面方向成分  
 $\varepsilon e$  : 常時荷重に対する弾性ひずみ解析値  
 $\varepsilon c$  : クリープひずみ解析値

#### (2) 評価結果

ひずみの大きさは、上部遮水層の斜面部で最大  $100 \mu$ 、各遮水層内で生じたひずみ勾配による差は、上部遮水層で最大  $20 \sim 30 \mu$  であった。既往の実験結果と比較して、破断を生じるひずみレベルではないと判断できる。なお、解析結果によると、常時の低温ひび割れが発生しやすい方向は、周方向と直交する斜面方向、即ち、遮水壁の舗設レーン方向であった。隣接する舗設レーン間のジョイント部では、施工不良に起因した接合不良で潜在的欠陥が生じやすく、温度の繰返しにより欠陥が増長される可能性も推測される。

## 4. おわりに

今後は、既設ダムに対して本評価手法の適用性を検討し、手法の高度化を図る予定である。

本研究の実施に当たり、実験データの提供等協力頂いた北海道電力（株）京極水力発電所建設所、総合研究所土木グループの各位に深謝します。

### 参考文献

- [1] 神藤謙一、中井雅司、西内達雄：多層構造アスファルト混合物の内部温度分布と熱伝導解析、平成11年度土木学会北海道支部年次技術発表会、2000.2
- [2] 楠原和典、高野準：間接引張試験による水工用アスファルト混合物の低温時力学的性状—アスファルト表面遮水壁の合理的設計に向けてのアプローチ—、平成11年度土木学会北海道支部年次技術発表会講演概要集、2002.2
- [3] 西内達雄：低温下におけるアスファルト混合物の力学特性、電力中央研究所報告(U00032)、2001.4
- [4] 田代幸英、大内周他：アスファルト全面表面遮水壁型調整池の耐震性評価、電力土木 No. 283、1999.9

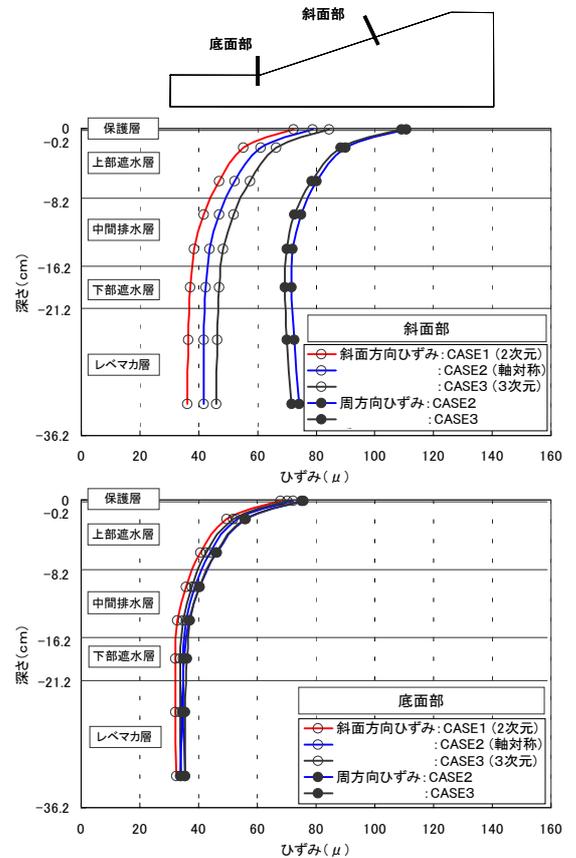


図-4 遮水壁深さ方向のひずみ分布