

直接引張試験を用いた低温下のアスファルト混合物の破断ひずみに対する評価

(財) 電力中央研究所 正会員 西内達雄

1. はじめに

近年、国内の厳冬地域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おり、アスファルト混合物の変形性能が発揮されにくい低温環境において、地震時のダム堤体に対する遮水壁の変形追従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。

本報告では、低温下におけるアスファルト混合物の破断ひずみを求める試験方法のうち、直接引張試験に着目して、試験方法や結果評価に関して考察した。

2. 試験方法の概要

2.1 事前検討

試験体寸法とひずみの評価位置を定めるため、有限要素法を用いた事前解析により、試験体側面におけるひずみ分布を把握した。解析では、試験体载荷軸（長手方向）方向の一端面を固定し、反対側の端面に強制変位を与えた。ひずみの正規化は端面の強制変位量で行った。解析結果を図-1に示す。図から、所定量のひずみを導入するためには、断面一辺長の2倍以上の試験体長が必要であることがわかる。また、試験体端部より試験体長の約15%離れた区間では、最大10%のひずみ集中が想定され、この区間は補強が必要となることが分かる。以上の結果に基づき、試験体寸法は5cm×5cm×10cm、試験体端部補強区間長は両端1.5cm、ひずみ計測区間は中央6cmとした。

2.2 試験概要

アスファルト混合物の破断ひずみは、直接引張試験（以下、純引張試験と称す）を用いて、試験区間に貼付したひずみゲージ値より求めた。試験パラメータは、温度（-10～-30℃）とひずみ速度（10～2000×10⁻⁶/sec）である。アスファルト混合物の配合は、ストレートアスファルト 80・100 を重量比で8.2%混入した。試験体へのひずみゲージ貼付位置を図-2に示す。

载荷試験は、低温槽内部に加力装置の先端部を挿入して実施した。純引張試験の状況を写真-1に示す。試験体の取付手順は、まず試験体両端部にステンレス板をエポキシ系接着剤にて圧着し、さらに、試験体四側面の端部から1.5cm区間をL型鋼製補強材で圧着補強した。その後、ユニバーサルジョイントを介して試験体端部ステンレス板と加力装置の先端部とを連結した。

3. 破断ひずみの特徴

試験では、端面での剥離や応力集中による破壊が生じにくいように工夫した

キーワード アスファルト混合物、破断ひずみ、直接引張試験、低温

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

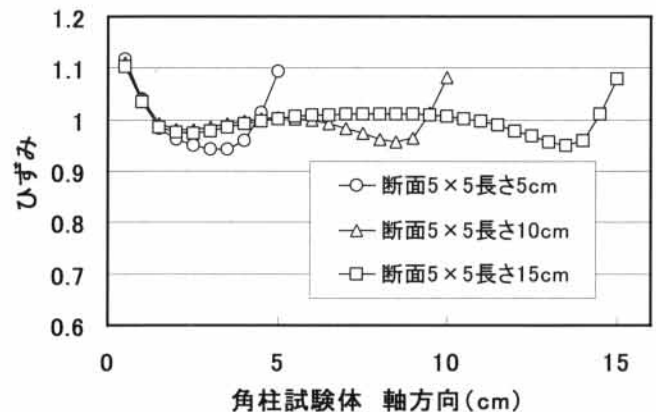


図-1 载荷軸方向の引張ひずみの分布に関する解析結果

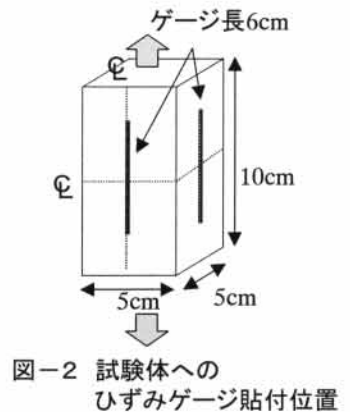


図-2 試験体へのひずみゲージ貼付位置

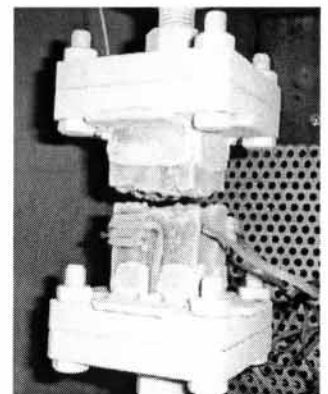


写真-1 純引張試験の状況

が、試験区間で破断したのは全試験中 64% のケースであった。また、側面で計測された破断ひずみの平均値とバラツキは、図-3 に示すように、温度が -10°C の場合が比較的大きく、ひずみ速度が遅い場合、さらにバラツキは大きくなる傾向を示した。これは、温度が高い場合、アスファルト混合物は変形しやすくなり、微小な破断現象が試験体一側面で発生した場合、ひずみ速度が遅いほど、試験体は偏心しながら引張力を受けて破断に達するためと考えられる。この性状は、図-4 に一例として示した、四側面でのひずみが、載荷応力の増大（破断応力の 1/3、2/3）に従って、徐々に偏心している性状からも分かる。

4. 遮水壁の破断評価に関する一考察

アスファルト表面遮水壁の破断を、ダム地震応答解析結果と比較して評価する際、破断ひずみの温度とひずみ速度依存性を把握しておくことが必要となる。本試験条件の範囲内ではあるが、得られた関係式を下記に示す（図-5 参照）。

$$\varepsilon_y = (15.4T + 787) - (4.94T + 182) \cdot \log(v)$$

ここに ε_y : 破断ひずみ ($\times 10^{-6}$)

v : ひずみ速度 ($\times 10^{-6}/\text{sec}$)

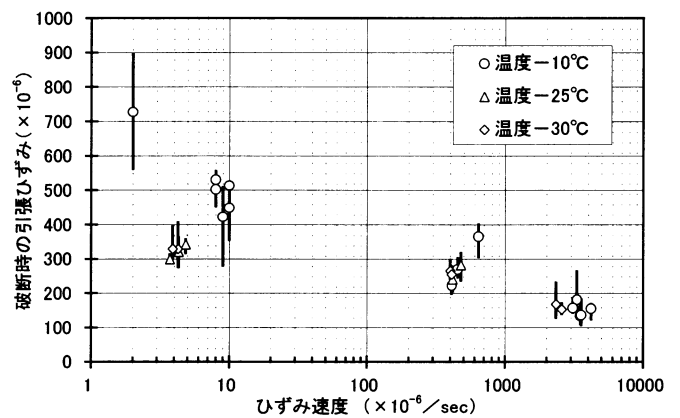
T : 温度 ($^{\circ}\text{C}$)

試験結果に基づき、遮水壁の破断を評価するには、実際の遮水壁に発生する応力状態を考慮して、純引張試験や曲げ試験などの試験方法を適宜選択することが望ましい考えられる。

一方で、アスファルト表面遮水壁において対象とすべき領域と運用状態を考慮して、破断を評価することも重要となる。すなわち、最低気温が生じるのは、貯水面以上であり、貯水面以下は水中のためマイナス温度にならない。このため、最低気温を考慮するのは貯水面以上の領域となること。また、積雪があれば、遮水壁の温度は外気温よりも高いと考えられること。さらに、ダムの季節や日時による運用の変化として、湛水していない時は、遮水壁全域が最低気温になるが、水が無いため地震を受けて遮水壁が損傷しても、機能上は問題とならないことなどである。これらの条件設定を踏まえて、より合理的な遮水壁の設計手法を構築する予定である。

5. まとめ

純引張試験により、低温下におけるアスファルト混合物の破断ひずみに及ぼす温度、ひずみ速度の影響を把握し、これらの関係を定式化した。試験結果によると、破断ひずみは温度が高いほど、ひずみ速度が小さいほど大きくなり、試験結果のバラツキも大きくなる傾向を示した。



※マーカーは平均値、太線は同一試験体でのバラツキを示す。

図-3 純引張試験における破断ひずみの特徴

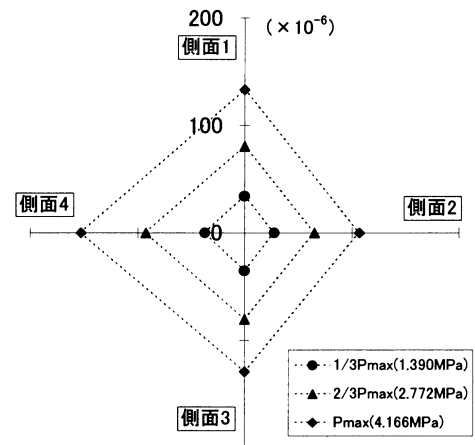


図-4 四側面における引張ひずみの分布性状
(温度 -30°C 、ひずみ速度 $2571 \times 10^{-6}/\text{sec}$)

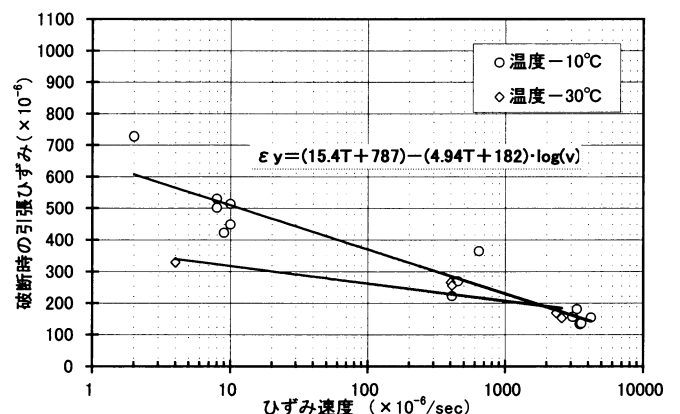


図-5 純引張試験における破断ひずみの温度、ひずみ速度依存性