

# 間接引張試験を用いた水工アスファルト混合物の低温時力学性状評価

北海道電力株式会社 正会員 中井 雅司  
北海道電力株式会社 正会員 高野 準  
北海道大学名誉教授 名誉会員 菅原 照雄

## 1. はじめに

アスファルト遮水壁に代表されるように、水工アスファルト混合物を用いた構造物の設計合理化にあたっては、特に低温時における力学性状を把握することが重要であることから、マーシャル安定度試験などこれまで経験的に積み上げられてきた道路舗装技術を直接利用することは困難である。

本報告は、米国の SHRP (Strategic Highway Research Program) 研究によって開発された間接引張試験法を導入して水工アスファルト混合物の低温時における力学性状試験を行い、その有効性について評価したものである。

## 2. 間接引張試験の概要

### (1) SUPERPAVE、SHRP 規格および AASHTO 規格

SUPERPAVE とは、1987 年から 1993 年にかけて米国の SHRP 研究によって開発されたアスファルト舗装の総合的な評価・解析システムの総称であり、この中でアスファルト材料に関しては、SHRP 規格と呼ばれる供用性にもとづいたアスファルトおよびアスファルト混合物に関する数多くの試験方法が開発されている。また AASHTO 規格とは、SHRP で提案された規格を実用化に向けて具体化した暫定規格で、規格や評価方法の見直しが現在も継続的に行われている。

### (2) 間接引張試験の特徴および試験法の改良

アスファルト遮水壁の設計にあたっては、地震時における遮水壁の安定性や低温時での発生が予測される温度応力に対する抵抗性を評価することがその要点となり、最近この種の設計、研究では曲げ試験、直接引張試験による評価例が数例見受けられるが、必要な力学性状を幅広く把握できない、あるいは実験精度があまり良くないなどの問題点が指摘されている。

SHRP では、供用性にもとづいた低温ひびわれを評価する方法の一つとして、間接引張試験機によるクリープ試験と破壊試験を提唱している。この試験では、単に強度やひずみだけではなく変形係数、クリープコンプライアンス、ポアソン比までも同時に算定することが可能で情報量が豊富なこと、また広い温度領域で、地震時対応の速いひずみ速度から温度応力対応に必要な比較的遅いひずみ速度領域まで幅広く測定できるなどの特徴を有している。

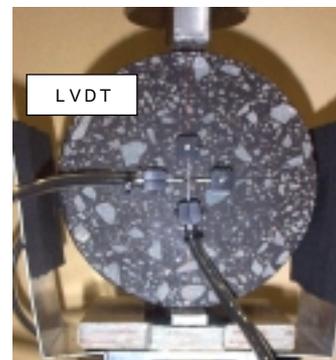
遮水壁の設計では、ひずみ論に根拠を持つので力学性状のうち引張ひずみが重要な評価項目となる。SHRP の間接引張試験では、ひずみに関する測定は規定されていないが、理論解析からひずみ算出が可能となるため、ひずみを測定することとした。この他にも載荷装置の荷重を 10 t から 20 t に変更、破壊試験においてはひずみ測定方法の変更などいくつかの改良を加えた試験法を採用している。

### (3) 間接引張試験装置の概要

間接引張試験装置の全景を写真 - 1 に示す。試験は、載荷装置として 20 t 対応のインストロン万能試験機（間接引張試験の他、曲げ、圧縮、せん断試験も可能）を使用し、-30 から 100 までの温度環境を再現できる空気槽内に円盤形状の供試体（ジャイレトリーコンパクタにより作製）をセットして各種力学性状を実測するものである。なお、コンクリートなどで一般的に用いられている圧裂試験は、引張強度だけを測定するのに対し、間接引張試験は供試体中心部のひずみを非接触型変位計（LVDT）あるいは 2 軸直交ひずみゲージを用いて鉛直・水平の 2 方向について精度良く測定することができる。（写真 - 2 参照）また豊富な載荷パターンを制御できるソフトウェアも充実している。



写真 - 1 間接引張試験装置の全景



クリープ試験



破壊試験

写真 - 2 ひずみの測定方法

【Key Word】間接引張試験、SHRP、変形係数、降伏ひずみ、ジャイレトリーコンパクタ

【連絡先】住所：〒067-0033 北海道江別市対雁 2-1 TEL：011-343-8007 Fax：011-385-7553

### 3. 力学性状試験

ジャイレトリーコンパクタにより作製した供試体を用いて、間接引張試験により水工アスファルト混合物の低温時力学性状試験を実施した。なお、試験は水工アスファルト混合物の他、別途報告している常温混合物（水工フォームドアスファルト）、さらにはこれら混合物に使用しているバインダーについても SHRP 試験機を用いた一連の力学性状試験を実施しているが、紙面の都合上ここでは、低温時における水工アスファルト混合物の試験結果の一例を報告する。

#### (1) 試験条件

クリープ試験および破壊試験に使用した水工アスファルト混合物のアスファルト量および合成粒度を表 - 1 に、バインダーの基本性状を表 - 2 に示す。

表 - 1 水工アスファルト混合物のアスファルト量および合成粒度

As量 %	合成粒度 (通過重量百分率%)								
	19 mm	13.2 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	0.6 mm	0.3 mm	0.15 mm	0.075 mm
8.2	100	99.9	80.6	64.7	52.4	44.0	25.3	16.7	13.9

表 - 2 バインダーの基本性状

バインダー名	針入度 1/10mm	軟化点
St.As.80/100	86	46.0
改質 (SBS 系)	124	80.5

#### (2) 試験結果および考察

##### a. 供試体の作製精度

ジャイレトリーコンパクタ (ニーディング効果が再現できる締固め機) により作製した供試体 (ラム圧: 200kPa、旋回回数: 15 回) の密度測定結果を表 - 3 に示す。測定密度の変動係数は 1% 以下 (測定密度は小数点以下 3 桁目で変動している程度) で、従来の道路用で実施してきた突固め供試体に比べて作製精度が極めて高い。

表 - 3 供試体の密度測定結果

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均	変動係数 (%)
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.348	2.346	2.348	2.343	2.349	2.348	2.345	2.349	2.347	2.341	2.346	0.11

##### b. クリープ試験結果および破壊試験結果

クリープ試験結果のうち、温度と変形係数の関係を図 - 1 に示す。これによると -10 と -30 では、変形係数にして約 1 桁の相違があり、低温領域では弾性的性質、高温領域では粘性的性質を示し、アスファルト混合物の温度依存性がうかがえる。

破壊試験結果のうち、温度と降伏ひずみの関係を図 - 2 に示す。図から降伏ひずみは、バインダーの種類、温度により相違するのは勿論のこと、ひずみ速度によっても変化している。このことは、既往の知見などで述べられているとおり、温度 - 時間換算則が成り立つことを意味している。

なお、測定数は少ないが、降伏ひずみの変動係数は 8% 前後であり、従来の曲げ試験と比較すると極めて精度の高い試験であると考えられる。

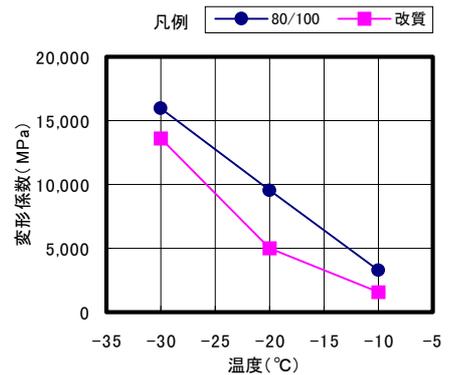


図 - 1 温度と変形係数の関係

#### 4. まとめ

以上、SHRP 試験法をベースに独自の改良を加えた間接引張試験を用いて水工アスファルト混合物の低温時力学性状試験を行い、試験法の有効性を確認した。結果の要約を以下に示す。

- ・ジャイレトリーコンパクタにより作製した供試体は密度のバラツキも小さく、均一である。
- ・間接引張試験は、温度、ひずみ速度に関してその適用範囲は広く、従来の試験法では困難であった低温領域での力学性状を精度良く測定することが可能である。

#### 5. おわりに

本報告は、「アスファルト遮水壁の設計・施工に関する検討」および「アスファルト利用技術拡大に向けての研究」の中で得られた成果の一部について報告したものである。今後は合理的なアスファルト遮水壁の設計施工に向けた諸検討を行うとともに、アスファルト利用技術拡大に向けての諸研究を実施していきたい。

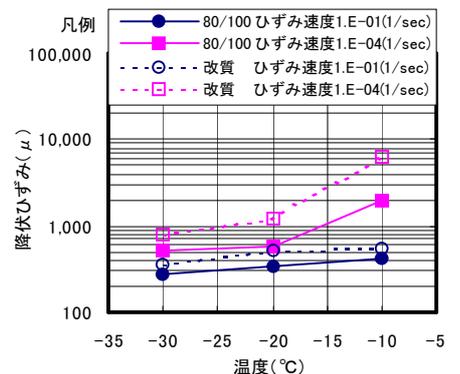


図 - 2 温度と降伏ひずみの関係

【参考文献】 1) AASHTO : AASHTO Provisional Standards-June 1997 Interim Edition , June 1997

2) Texas Univ at Austin Center for Highway Research : Fatigue and Resilient Characteristics of Asphalt Mixtures by Repeated - Load Indirect Tensile Test , 1975

3) 菅原・上島・森吉 : アスファルト混合物の低温領域における破壊時のレオロジー挙動について , 土木学会論文報告集 234 号 , 1975

4) 菅原照雄 : 電力会社のアスファルト研究 , アスファルト第 202 号 , pp10-11 , 2000 年 1 月