

正会員 ○竹本喜昭*1 同 禾本順一*4
 同 島村浩行*2 同 田中享二*5
 大西正人*3 同

防水材料 耐候性 物性評価
 動的粘弾性 屋外暴露

1. はじめに

防水材料耐久性試験方法小委員会では、防水材料の屋外暴露試験を 2002 年から継続して行っており、今年で 13 年が経過している。これまでは、防水材の劣化程度を把握する目的で、引張り強さ、伸び、成分分析など様々な測定を実施してきた¹⁾。ところが、近年の防水材料は耐候性が格段に向上しており、屋外に数年間暴露した試験体の物性変化は極めて小さい。したがって、これらの屋外暴露させた試験体と促進暴露させた試験体を比較し、防水材料の劣化傾向の把握や寿命を予測することが困難であることが分かってきた。そこで、筆者らは、各種防水材料の物性変化を測定・評価する手法として、動的粘弾性の測定方法に注目した。この方法は、防振ゴムや車両用タイヤなどの弾性と粘性の性質を合わせ持つ高分子材料の品質向上や耐久性評価に多く使われている^{2) 3)}。本報(その 58)では、動的粘弾性についての概略と、一例として促進暴露させたアスファルト系防水材料による測定結果について述べる。次報(その 59)と次々報(その 60)では、各防水材料の屋外暴露試験体を用いた動的粘弾性測定を実施し、防水材料の物性変化の傾向把握と、劣化評価の可能性について考察した。

2. 動的粘弾性

動的粘弾性とは、対象とする素材に微小振幅の正弦歪みまたは応力を与え、図 1 に示すように、発生する応力 σ^* と歪み ε^* および、これらの位相差 δ を測定することにより、素材の力学的な性質を把握する方法である。素材に歪みや応力を与える方法は、引張り(圧縮)、ねじり、曲げなど様々であり、試験体の形状や測定の目的に応じて選択する。

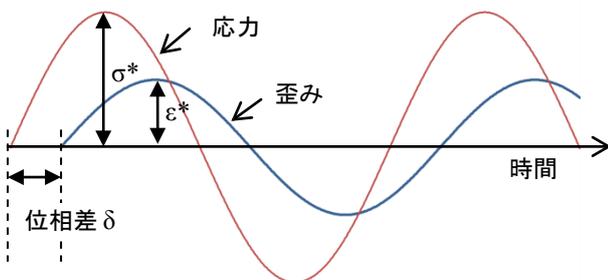


図 1 正弦応力により得られた応力と歪みの波形例

これにより、各種動的粘弾性の要素である弾性率 E^* 、貯蔵弾性率 E' 、損失弾性率 E'' 、および損失正接 $\tan \delta$ を式 (1) ~ (4) によって算出する。

$$E^* = \sigma^* / \varepsilon^* \quad (1)$$

$$E' = E^* \cos \delta \quad (2)$$

$$E'' = E^* \sin \delta \quad (3)$$

$$\tan \delta = E'' / E' \quad (4)$$

ここに、 σ : 応力
 ε : 歪み
 δ : 位相差

各種粘弾性の要素の内容は以下である。

- E' : 素材の弾性特性を反映し、加えられた応力が貯蔵され完全に回復するエネルギーの尺度
- E'' : 素材の粘性特性を反映し、熱などとして消費されるエネルギーの尺度
- $\tan \delta$: 貯蔵弾性率と損失弾性率の比であり、振動吸収性を反映する尺度

図 2 には、 $\tan \delta$ による物性の違いを具体的に示す。 $\tan \delta$ が大きい素材は、 E'' の割合が大きいため跳ね返り高さが低くなる。この様な素材は、反発が小さく軟らかい状態で、振動を吸収しやすい特徴がある。一方、 $\tan \delta$ が小さい素材は、 E' の割合が大きいため跳ね返りの高さが高くなる。この様な素材は、バネのように変形に伴って反発する場合と、硬く変形は小さくても反発する場合がある。

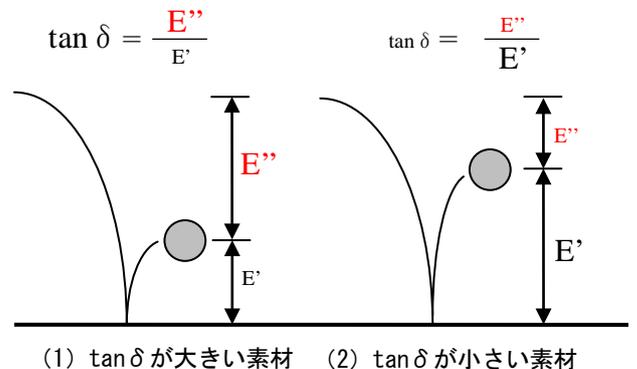


図 2 $\tan \delta$ の大きさによる物性の違い

3. 防水材料の動的粘弾性測定

3.1 試験体の種類

一例として、促進暴露した防水材料を動的粘弾性で測定し、物性の変化について検討した。測定に用いた試験体は、表 1 に示すアスファルト防水材料であり、80℃の環境下で6週間まで暴露した。

表 1 試験体の種類

種類	JIS 規格	厚さ(mm)	暴露時間(週)
アスファルト防水材料	ストレッチルーフィング 1000	1.55	0、2、4、6

3.2 測定方法

測定は、動的粘弾性測定装置 (E 社製 HAAKE MARS) を用いて行った。なお、動的粘弾性の測定は、繰返し周波数、歪み量、昇温または降温速度など様々な設定があるが、今回はこれまでの測定事例に従って、表 2 に示す測定条件で行った。

表 2 動的粘弾性の測定条件

項目	測定条件
測定方式	ねじり方式
測定温度範囲	-100℃~100℃
温度変化速度	3℃/分の降温
周波数	1Hz
設定歪み量	1%
試験体寸法	20 mm(長手方向)×10 mm(幅方向)
ギャップ	5 mm
試験体数	1

3.3 測定結果および考察

図 3 には、アスファルト防水材料の暴露による $\tan \delta$ の波形の変化を示す。また、図 4 には、 E' と E'' の暴露による変化を示す。以下に結果のまとめと考察を示す。

- ・ $\tan \delta$ のピーク高さは、暴露時間とともに低下する傾向が見られた。なお、 $\tan \delta$ のピーク高さは、4 週と 6 週で逆転した。この理由は、現段階では不明である。
- ・ E' と E'' は、ともに暴露時間とともに低下する傾向が見られた。

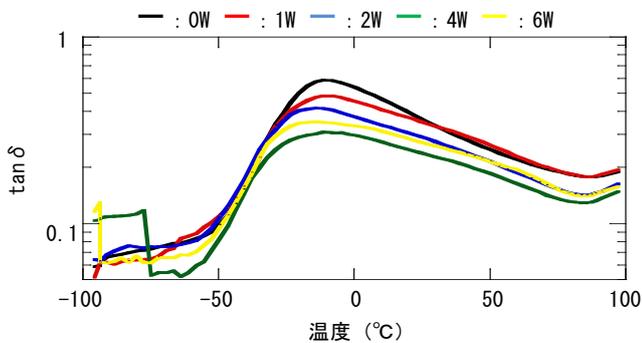


図 3 暴露による $\tan \delta$ の波形の変化

$\tan \delta$ のピーク高さの低下は、 E' と E'' がともに低下しているが、より E' の割合が大きくなっているためである。すなわち、アスファルト防水材料は、粘性を失い (E'' の割合が低下)、硬さが増している (E' の割合が増加) ことが分かる。

図 5 には、過去の研究⁴⁾における熱暴露による工事用アスファルトの針入度の変化を示す。この図から、防水材料を構成する工事用アスファルトは、熱暴露により硬さが増しており、動的粘弾性の傾向と一致する。以上より、動的粘弾性による測定は、アスファルト防水層の物性変化を測定・評価できる可能性が考えられる。

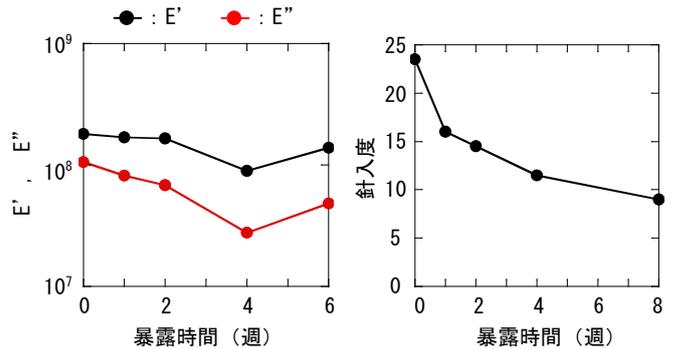


図 4 E' と E'' の変化

図 5 針入度の変化

4. おわりに

本報では、アスファルト防水材料を一例とした動的粘弾性の測定を行った。その結果、動的粘弾性による測定は、暴露による防水材料の物性変化を測定・評価できる可能性を見出した。今後は、各防水材料と動的粘弾性と物性変化の相関を検討するとともに、防水材料の物性変化と劣化とみなす判断について検討する予定である。

謝辞

動的粘弾性については、株式会社日立ハイテクサイエンス西山氏に指導を受けました。ここに謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 例えば、上ノ山悦治, 高根由充, 清水市郎, 松村 宇, 竹本喜昭: 防水材料の耐候性 その 48 加硫ゴムシート防水材の屋外暴露試験と促進暴露試験, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道), pp.773-774, 2013年8月
- 2) 相原直樹, 半坂征則, 御船直人: 動的粘弾性によるゴム・エラストマの耐久性評価, 鉄道総研報告, Vol.9, No.6, 1995年6月
- 3) 石丸 暁, 松村澄子, 秋葉光雄: 加硫ゴムの熱劣化および動的疲労に関する動的粘弾性による評価, 日本ゴム協会誌, 第 69 巻, 第 10 号, pp.83-90, 1996年
- 4) 中沢祐二, 町田 繁, 清水市郎, 田中享二, 高根由充, 松村宇: 防水材料の耐候性試験 その 17 アスファルト防水層の熱処理試験と屋外暴露試験, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), pp.781-782, 2006年9月

*1 清水建設 技術研究所 博士 (工学)
 *2 アスファルトルーフィング工業会
 *3 積水ハウス 総合住宅研究所
 *4 合成高分子ルーフィング工業会
 *5 東京工業大学 名誉教授・工博

*1 Institute of Technology, Shimizu Corporation, Dr. Eng.
 *2 Asphalt Roofing Manufacturers Association
 *3 SEKISUI HOUSE, Comprehensive Housing R&D Institute
 *4 Synthetic Polymeric Roofing Sheet Manufacturers Association
 *5 Prof. Emeritus, Tokyo Institute of Technology, Dr.Eng.