

防水材料の耐候性試験 その40 アスファルト防水層の耐候性予測：試験体温度に関する考察

防水材料 耐候性 耐久性
屋外暴露 熱処理 促進試験

正会員 ○町田 繁* 正会員 中沢 裕二*
正会員 竹本 喜昭** 正会員 松村 宇***
正会員 高根 由充**** 正会員 清水 市郎*****
正会員 富板 崇 ***** 正会員 田中 享二*****

1. はじめに

防水材料の耐候性試験 その39 (先報) ではアスファルト防水層温度と気象Dataについて報告した。本報では、そのDataと2002年から行っている屋外暴露試験Dataより得られた解析結果について報告する。

2. 試験

2.1 試験体及び測定Data

先報と同様の試験体より10分毎の防水層温度Dataを得た。気象Dataは、北海道立総合研究機構 北方建築総合研究所 (北総研) および日本ウェザリングテストセンター (JWTC) より提供頂いた。全てのDataを60分毎に調整し評価した。

2.2 アスファルト防水層の温度履歴の計算

前報で、熱劣化試験による防水工用アスファルトの針入度変化を基に算出された活性化エネルギー-Eは、74.8 (kJ/mol)と報告した¹⁾。屋外環境下の劣化を熱劣化時間から推定するとき、式(1)のような温度-時間換算則が用いられる²⁾。

$$\ln\left[\frac{t_{ref}}{t}\right] = \frac{E}{R} \left[\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T} \right] \dots (1)$$

ここで、
T_{ref} = 基準温度
t_{ref} = 基準温度で劣化する相当時間
T, t = 屋外環境の温度と劣化時間

基準温度を70℃として、先に求めた活性化エネルギー値と試験体の温度を式(1)に代入し、70℃での熱劣化した時の相当時間(70℃劣化相当時間)を算出し評価した。

2.3 気象Dataと防水層温度の相関

気象Dataから防水層温度を推定するため、防水層の実測温度を目的変数とし、平均気温と水平全天日射量積算値(日射量)を説明変数として重回帰分析を行った³⁾。また、日射量で10(kJ/m²h)を境に昼夜を分け、夜間は日射量ゼロとして別々に評価した。推定の確からしさは、70℃劣化相当時間に変換し、それらの誤差にて評価した。概念図を図1に示す。

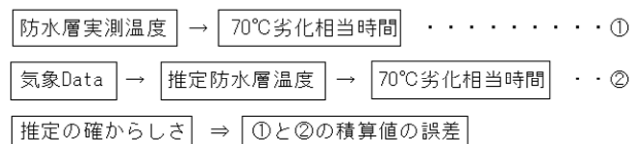


図1 推定の値の確からしさ算出方法

3. 試験結果および考察

3.1 アスファルト防水層温度から算出した劣化度

アスファルト防水は70℃で熱促進劣化させると8736時間(約1年間)で針入度が5となり防水層の寿命とした。この結果と式(1)より図2に示す各熱劣化温度での貼付アスファルト針入度変化速度が得られる。劣化温度が高くなるにつれて指数対数的に劣化速度が速くなる¹⁾。

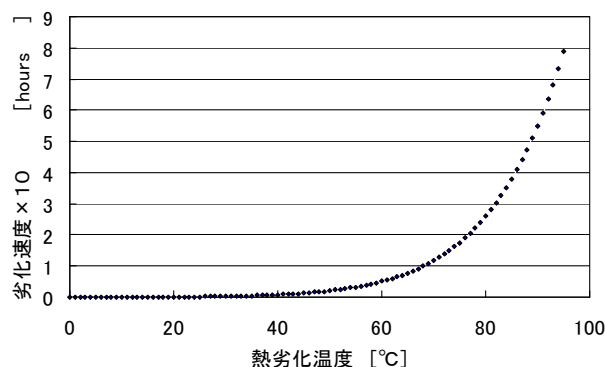


図2 各熱劣化温度での貼付けアスファルト針入度変化速度

表1に暴露した試験体の70℃劣化相当時間の1年間積算結果を示した。非断熱仕様(D4)と比較して断熱仕様(DI-2)の方が70℃劣化相当時間が大きいことが分かる。また、DI-2でも高反射塗料を塗布すると70℃劣化相当時間が軽減され、D4以下の数値となった。

表2には各防水層の70℃劣化相当時間から算出した防水層耐久寿命を示した。また、表3には3年間屋外暴露した各種防水仕様の針入度変化の結果から推定した防水層耐久寿命の結果を示す。

表1. 1年間暴露した試験体の70℃劣化相当時間(hrs)

	D4一般塗料	DI-2一般塗料	DI-2高反射塗料
旭川	90.0	153.7	75.5
銚子	191.3	256.6	137.0
宮古島	243.2	305.5	194.0

表2. 70℃劣化相当時間から計算した耐久寿命(年)

	D4一般塗料	DI-2一般塗料	DI-2高反射塗料
旭川	93.2	54.6	111.0
銚子	43.8	32.7	61.2
宮古島	34.5	27.4	43.2

表3. 3年間屋外暴露した結果から推定した各種防水仕様の耐久寿命(年)

	D4一般塗料	DI-2一般塗料
旭川	88.3	39.0
銚子	55.2	31.1
宮古島	34.9	20.0

表2と3の結果は比較的良好一致を示した。従って、防水層温度Dataから防水層の劣化度をおおよそ算出できると思われる。

3.2 各種防水仕様の70℃劣化相当時間変化

表1の結果を基に、表4に各種防水仕様の70℃劣化相当時間比を算出評価した。地域別にD4一般塗料を1とし各種防水仕様を比較した。非断熱と断熱仕様では70℃劣化相当時間は1.3~1.7倍となる。断熱材の影響で日中の防水層温度が高いためである。高反射塗料を塗布すると一般塗料に比べ70℃劣化相当時間が約半分となった。

表4. 地域別の防水仕様別 70℃劣化相当時間比 (倍)

	D4一般塗料	DI-2一般塗料	DI-2高反射塗料
旭川	1.00	1.71	0.84
銚子	1.00	1.34	0.72
宮古島	1.00	1.26	0.80

3.3 気象Dataと防水層温度の相関

防水層温度 = a0 + a1 × 全天日射量積算値 + a2 × 平均気温と表した。DI-2 一般塗料仕様の地域別の重回帰分析による算出結果を以下の表5に示す。旭川、銚子、宮古島の各地域別に区別した場合と3地域を統合して算出した。各々の相関係数は0.93~0.97と高い値を示すが、各係数は一致せず、地域ごとに傾向があるような結果となった。

表5. DI-2 一般塗料仕様の各係数と相関係数

	3地域統合	旭川	銚子	宮古島
a0	-1.3534	-1.9248	-4.7290	-0.6453
a1	0.0082	0.0090	0.0087	0.0068
a2	0.9926	1.0937	1.1721	0.9430
R2	0.9402	0.9489	0.9680	0.9368

3.4 気象Dataから推定した70℃劣化相当時間の評価

地域別および3地域を統合して気象Data(日射量および平均気温)に掛かる各係数を求め算出した計算防水層温度と実測防水層温度Dataの積算値の差異を表6および7に示した。表6(地域別)の集計結果は実測値と比較的良好一致を示したが、表7(3地域統合)では誤差が大きくなった。

図3に両者の誤差の大きな部分を抽出して示した(例:銚子試験場DI-2一般塗料 7/18~7/28のData)。計算値と実測値の誤差は夏場の防水層温度の高い、日射量の強い短い時間帯に限り精度が悪くなる。例として示した銚子試験場DI-2一般塗料の場合、地域別の計算結果は実測と比べ5℃程度低い、3地域統合では10℃程度低い値となり誤差が大きくなる。

宮古島での計算結果は銚子の結果とは逆に計算結果の方が実測値より高い値を示した。

表5の結果にもある様に日射量に掛かる係数(a1)が、銚子の方が宮古島より大きい。3地域統合での計算結果の誤差が大きいの、日射量を各地で同一の扱いをしている事や気温と日射量の2説明変数のみで防水層温度を求めようとしていることが原因と考えられる。

表6. 地域別に計算した防水層温度と実測温度の誤差値

	D4一般塗料	DI-2一般塗料	DI-2高反射塗料
旭川	-2.9%	-7.0%	-4.7%
銚子	-5.3%	-2.5%	-3.0%
宮古島	-1.1%	-1.8%	-0.2%

表7. 3地域統一相関係数による 誤差値

	D4一般塗料	DI-2一般塗料	DI-2高反射塗料
旭川	-10.1%	-29.8%	-15.6%
銚子	-22.0%	-17.9%	-14.9%
宮古島	14.6%	25.1%	13.0%

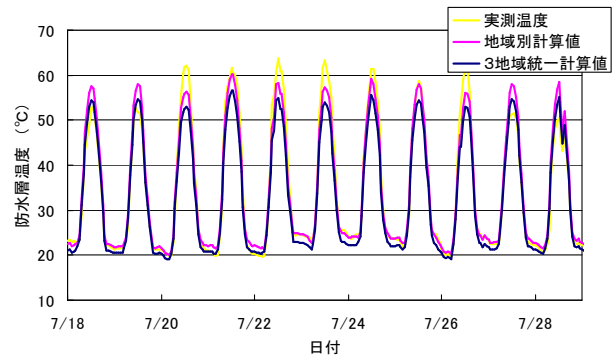


図3 計算により算出した防水層温度と実測温度の違い (例:銚子試験場DI-2一般塗料 7/18~7/28のData)

4. まとめ

各種アスファルト防水層の貼付けアスファルトの針入度について、防水層温度 Data を1年間連続的に測定し、劣化度を算出し、屋外暴露3年試験体の結果と併せて評価した。

- ① 防水層温度測定から推定される劣化度と屋外実暴露の実測値は比較的良好一致を示したことから防水層温度を測定することでその劣化度合いを推定できると思われる。
- ② 断熱仕様の場合、防水層温度が高くなり、非断熱仕様と比べて1.3~1.7倍程度劣化速度が速い結果となった。
- ③ 高反射塗料を塗布すると一般塗料の場合と比べて劣化速度は半分程度まで低下する結果となり、アスファルト防水層の延命を図る事が可能であると分かった。
- ④ 地域別に重回帰分析を行うと相関の高い関係式が導き出せた。各地域別に相関式を立てれば、ある程度の精度で気象 Data より劣化度を算出することが可能と考えられる。
- ⑤ 全国一律に重回帰分析を行うと誤差が大きくなった。いずれも夏場の日射量の大きい時間帯の推定防水層温度の精度が悪いためである。

5. 今後の検討

今後は、全国一律係数で精度の高い防水層推定温度を算出できるような補正方法の検討を行いたい。特に日射量の大きい時間帯の防水層温度推定精度が求められる。説明変数である日射量および平均気温に掛かる係数が地域別に傾向が見られるので、何らかの要因があると考えられる。

【参考文献】

- 1) 町田 繁、中沢祐二、田中享二：防水材料の耐候性試験 その27 アスファルト防水層の耐候性予測方法の提案；日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), 55-56, 2010 .
- 2) 社団法人日本ゴム協会：設計者のための免震積層 ゴムハンドブック,理工図書,2001.
- 3) 富板崇,日本建築学会構造系論文集,第 591 号,13-17,2005年,5月.

*アスファルトルーフィング工業会
 **清水建設 博士(工学)
 ***北海道立総合研究機構 北方建築総合研究所
 ****日本ウエザリングテストセンター 博士(工学)
 *****建材試験センター
 *****九州大学大学院芸術工学研究院 教授 工博
 *****東京工業大学 名誉教授 工博
 *Asphalt Roofing Manufacturers Association
 **Shimizu Corporation, Dr.Eng.
 ***Hokkaido Research Organization Northern Regional Building Research Institute
 ****Japan Weathering Test Center, Dr.Eng.
 *****Japan Testing Center for Construction Materials
 *****Prof.,Kyushu Univ. Facult. of Design Dept. of Environmental Design, Dr.Eng.
 *****Prof. Emeritus, Tokyo Institute of Technology, Dr.Eng.