

防水材料の耐候性試験 その47 アスファルト防水層の耐候性予測：防水層の劣化予測

防水材料 耐候性 屋外暴露
防水層温度 日射反射率 劣化予測

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

防水材料促進耐候性試験方法小委員会では、防水材料の屋外暴露と促進劣化試験の相関を解明するために2002年から“防水材料の耐候性試験”の主題で継続報告している。防水材料の耐候性試験 その40ではアスファルト防水層温度を気象Dataより推定した¹⁾。地域別に得られた相関式の精度は良かったが、3地域統合では日射量の強い時間帯の誤差が大きく推定精度が悪かった。

3地域統合した1つの相関式で各地域の防水層温度を推定できれば、全国の防水層温度を対象とする地域の気象Dataを得るだけで精度良く推定できる。

その46(前報)では隣接に水平設置したブラックペナル(BP)温度を用いると、3地域統合でも精度良く推定できることを報告した。本報では、その40において防水層温度推定式の相関が悪かった原因を検証した。

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)および日本ウエ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。

※ 宮古島の測定気象Dataは欠測値が多かったため、BP温度計以外は宮古島地方気象台のDataを使用した。

2.2 アスファルト防水層の温度履歴の計算

アスファルト防水の劣化に関する活性化エネルギー $E=74.8$ (kJ/mol)を式(1)の温度-時間換算則にて算出した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

2.3 気象Dataと防水層温度の相関と誤差計算

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、気象Dataを説明変数として重回帰分析を行った。推定の確からしさは、70°C劣化相当時間に変換し、それらの誤差にて評価した。概念図を以下に示す(図1)。

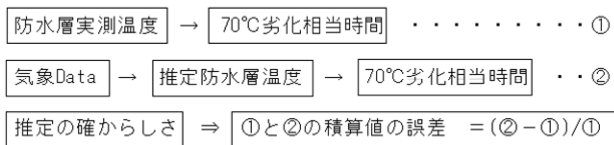


図1 推定の値の確からしさ算出方法

3. 試験結果および考察

3.1 各地域の日射量と試験体温度の関係

各地域での防水層温度と日射量の関係を明確にするために、BP温度計を試験体に隣接水平設置し連続的にDataを測定した。BP温度に影響を与える気象要素は気温、

日射量と風速が上げられる³⁾。

風速を無視すればBP温度は、式(2)の様に表すことができる。

$$BP \text{ 温度} \approx a_0 + a_1 \times \text{気温} + a_2 \times \text{日射量} \dots (2)$$

ここで、 a_0, a_1, a_2 は定数

その40では日射量の強い時間帯の推定温度の誤差が大きく、推定精度が悪くなった¹⁾。

その要因を検討するため各地域のBP温度に対する日射量の影響を確かめた。日射量とBP温度から気温を引いた値(BP温度-気温)の関係を地域別に確認した。その結果を図2-4に示す。

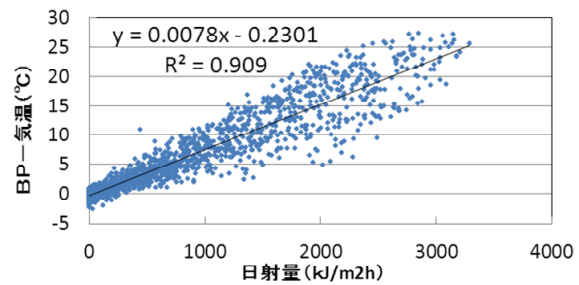


図2 日射量 vs. (BP-気温) : 旭川

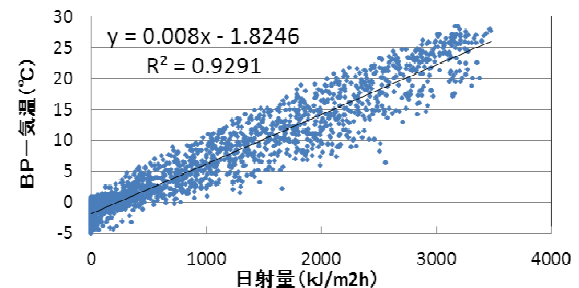


図3 日射量 vs. (BP-気温) : 銚子

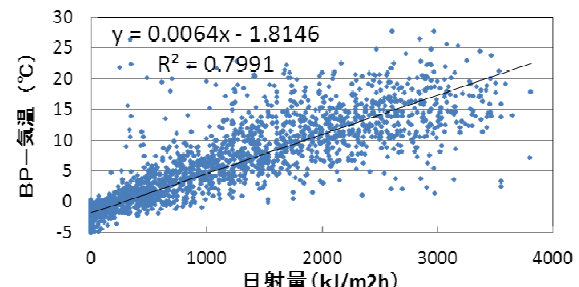


図4 日射量 vs. (BP-気温) : 宮古島

図の左上に回帰式を示した。回帰式の傾きは、日射量が(BP温度-気温)に及ぼす影響を表す。回帰式の傾きは地域毎に異なっており、旭川、銚子の回帰式の傾きは0.008程度に対して、宮古島の回帰式の傾きは0.0064と比較的小さく、決定係数も低い値となった。

Weatherability Test Result of Waterproofing Materials
Part47 Prediction of Weatherability of Asphalt
Waterproofing Membrane : A study of Waterproofing
Membrane Temperature

MACHIDA Shigeru, NAKAZAWA Yuji,
TAKEMOTO Yoshiaki, MATSUMURA Takashi
TAKANE Yoshimitsu, SHIMIZU Ichiro,
TOMIITA Takashi, TANAKA Kyoji

3.2 防水層温度に及ぼす風速の影響

その40では防水層温度の推定では日射量を各地域とも同一視したので結果的に推定誤差が大きくなった。

防水層の温度が気温より高い場合、風速は試験体温度を低下させる因子となる。10分毎の各地の平均風速は、図5のような発生頻度になっており、宮古島、銚子、旭川の順に強い風が吹く確率が高いことが分かる。

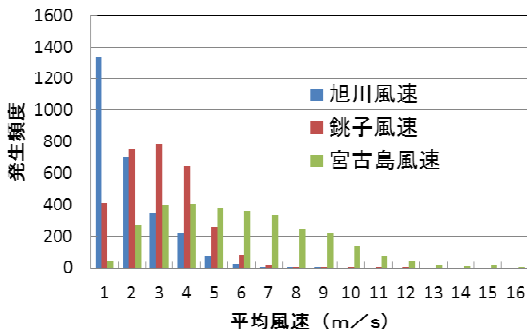


図5 旭川、銚子、宮古島の風速比較

従って、宮古島の回帰式の傾きが小さいのは、特徴的な強い風の影響と考え、風が強く吹いた時の測定Dataを削除した。図6に宮古島にて風速3(m/s)以下の場合の日射量と(BP温度-気温)の関係を示した。その結果、回帰式の傾きが旭川、銚子の値と近くなったことから、宮古島の(BP温度-気温)に及ぼす日射量の影響が比較的小さい要因の1つに風速が大きい事が分かった。

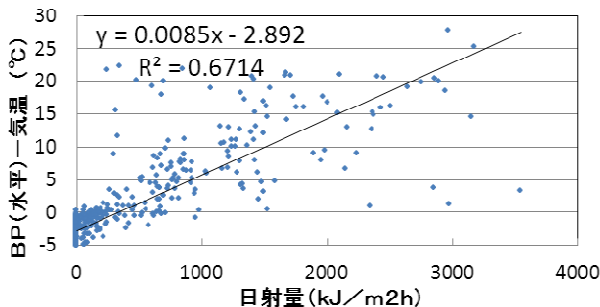


図6 宮古島の風速が3(m/s)以下のDataでの(BP温度-気温) vs. 日射量の関係

3.3 重回帰分析による防水層熱履歴の推定

防水層温度は気温と日射量によって上昇するが、防水層の表面状態の違いで日射量による温度上昇は異なる。また図2-6より風などの因子の影響も受けていることが分かった。

本報では、風などの要因を排除するために日射量の代わりに(BP温度-気温)を用いる事とした。

表1 防水温度推定のための説明因子

	その40	本発表
目的変数	各種防水層の温度	
説明変数	①気温	①気温
	②日射量	②BP温度-気温

*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

重回帰分析の変数を表1の様に設定した。地域ごとに各種防水仕様の係数として表2に示した値を得た。

表2 重回帰分析によって得られた各係数

		旭川	銚子	宮古島	3地域
D4 一般塗料	a0	-1.1553	-0.2591	-4.4832	-0.4041
	a1	1.1460	1.1028	1.2005	1.0684
	a2	0.6494	0.7638	0.7937	0.7798
DI-2 一般塗料	a0	-1.6941	-1.0621	-4.5313	-1.6317
	a1	1.1016	1.0516	1.2055	1.0893
	a2	1.3420	1.3493	1.2661	1.3218
D4 高反射塗料	a0	-1.0294	-2.8699	-4.3796	-1.2941
	a1	1.0881	1.1353	1.1449	1.0445
	a2	0.3451	0.4831	0.5211	0.4995
DI-2 高反射塗料	a0	-1.7913	-3.8486	-4.0326	-2.3612
	a1	1.0666	1.1184	1.1173	1.0569
	a2	0.6193	0.6927	0.6709	0.6873

ここで、a0:切片 a1:気温の係数 a2:BP-気温の係数

表2の結果を基に各地域の各種防水層の熱履歴を計算した。防水層実測温度Dataより計算した値との比較結果を表3に黒文字で示した。(比較方法は図1に示した。)

その40での推定値を下段に括弧付きの青文字で示した。

表3 防水層熱履歴推定値の誤差

		旭川		銚子		宮古島	
		地域別	3地域	地域別	3地域	地域別	3地域
D4 一般塗料		-0.7%	-5.2%	-4.1%	-4.1%	-5.6%	-3.5%
		(-2.9%)	(-10.1%)	(-5.3%)	(-22.0%)	(-1.1%)	(14.6%)
DI-2 一般塗料		-4.3%	-1.4%	-6.0%	-13.1%	-3.7%	-0.3%
		(-7.0%)	(-29.8%)	(-2.5%)	(-17.9%)	(-1.8%)	(25.1%)
D4 高反射塗料		-0.9%	-2.1%	-1.5%	-2.9%	-1.3%	0.1%
DI-2 高反射塗料		-1.6%	-0.9%	-3.2%	-8.2%	-1.6%	0.8%
		(-4.7%)	(-15.6%)	(-3.0%)	(-14.9%)	(-0.2%)	(13.0%)

特に、3地域統合の推定精度が高くなっていることが分かる。この程度の誤差なら防水層劣化診断に活用できると思われる。

4. まとめ

防水層温度は気温と日射量に影響されるが、日射量の影響は、試験体の日射反射率と風速によって異なる。

BP温度計を隣接設置し、そのDataを用いると風速などの影響を排除でき防水層温度を精度良く推定できた。

5. 今後の検討

BP温度と気象Dataの関係性を精査し、気象Dataからの防水層温度推定に繋げたい。

【参考文献】

- 町田 繁,中沢裕二,田中享二: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方法の提案;日本建築学会大会学術講演梗概集(東海),1468-1469,2012.
- 町田 繁,中沢裕二,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.
- 富板崇,日本建築学会構造系論文集,第591号,13-17,2005.

*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.