

## 防水材料の耐候性試験 その56

## ヒステリシスロスを利用した高伸長形ウレタン防水材の劣化評価 その3

防水材料 耐候性 屋外暴露  
ウレタン 高伸長 ヒステリシスロス

正会員 ○中山俊昭\*1 正会員 清水市郎\*3  
正会員 川那部恒\*1 正会員 松村 宇\*4  
正会員 鈴木 博\*1 正会員 高根由充\*5  
正会員 竹本喜昭\*2 正会員 田中享二\*6

## 1.はじめに

前報「ヒステリシスロスを利用した高伸長形ウレタン防水材の劣化評価その1及びその2」では、宮古島(亜熱帯地)で暴露した試験体について評価を行った。

ヒステリシスロス (Gn, H1, Hn) により得られた結果が、ウレタン塗膜防水層の劣化の進行と関連付けられるか評価を始めたところである。

本報告では、旭川(寒冷地)、銚子(温暖地)で暴露した試験体について追加評価した結果を報告する。また従来、防水層の評価方法として引張強さ及び破断時の伸び率が用いられてきた。これらの結果と比較して、ヒステリシスロスにより新たな情報が得られるのか検討した結果について報告する。

## 2.評価に使用した屋外暴露試験体

## 2.1 試験体の種類

試験体は、高伸長形ウレタンの手塗りタイプを用い、平均膜厚を3mmとした。またトップコートによる耐久性の差を確認する目的で、試験体はトップコート有り(アクリルウレタン系)及び無し(アクリルウレタン系)の2種類とした。トップコートの塗布量は0.2kg/m<sup>2</sup>とした。屋外暴露試験体一覧を表1に示す。

表1 屋外暴露試験体一覧

ウレタン防水材		トップコート		
		1	2	
C	高伸長形手塗りタイプ	ブランク	C-1-0	C-2-0
		3年暴露	C-1-3	C-2-3
		7年暴露	C-1-7	C-2-7

## 2.2 試験体形状

縦300mm、横300mmの試験体を、ステンレスベルトでコンクリート舗道板に機械的に固定したものを屋外で暴露した。

## 2.3 屋外暴露地域

屋外暴露の場所は、環境条件によって防水材料の劣化状態に差が出ることを予測して、寒冷地である北海道の旭川(北方建築総合研究所・旭川屋外暴露場)、温暖地である千葉県の銚子(日本ウェザリングテストセンター・銚子屋外暴露場)、亜熱帯地である沖縄県の宮古島(同・宮古島屋外暴露場)の気象環境が異なる3地点とした。

## 3.引張試験によるヒステリシスロス評価

## 3.1 測定方法

試験片は、ダンベル状3号形を用い、引張速さは0.83±0.08mm/s、引張長さ(伸度)は10mmとした。引張速さ及び引張長さ(伸度)は、JIS K7312に準拠した。この引張長さにおいてトップコートの破断は見られなかった。

試験は、図1に示すように試験片を一定の速さで引張り、

かつ、一定の速さで元へ戻した。これを1サイクルとした。

図2には、例として、C-1の1サイクルと5サイクルのヒステリシス曲線を重ねて示す。塗膜変形時と塗膜回復時の荷重-伸度曲線で囲まれた部分がヒステリシスロスであり、その割合であるヒステリシスロス率は、次式で求められる。

$$H = ((A - B) / A) \times 100$$

H: ヒステリシスロス率 (%)

Hn: サイクル数 n 回後に一定となったヒステリシスロス率 (%) を示し、3回同じとなるまで繰り返す。

※ サイクル数1回の場合、H1と表記する。

※ 同試験片にて繰り返し試験する場合、弛みがないよう、毎回試験片を設置し直した。

A: 塗膜変形時の荷重-伸度曲線の面積

B: 塗膜回復時の荷重-伸度曲線の面積

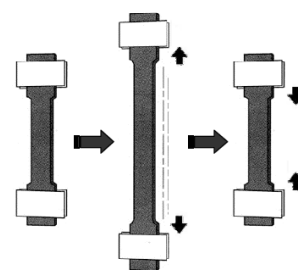


図1 ヒステリシスロス試験の概要

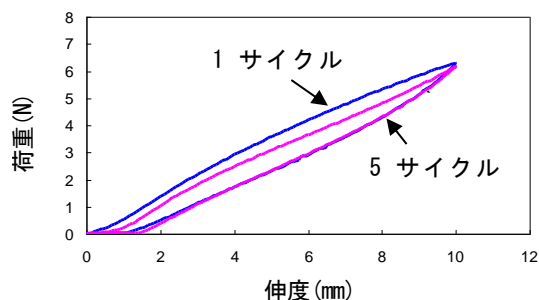


図2 ヒステリシスロス曲線の例

最大応力保持率は、次式で求められる。

$$Gn = (Mn / Ln) \times 100$$

Gn: 最大応力保持率 (%)

※ Hn 値が得られるヒステリシス曲線の最大応力値(伸度10mm)における経年での保持率を示す。

Ln: ブランクの最大応力値 (N/mm<sup>2</sup>)

Mn: 暴露後の最大応力値 (N/mm<sup>2</sup>)

3.2 測定結果と考察

Hn, H1, Gn の測定結果及び比較のために行った引張強さ (以下, T<sub>B</sub>), 破断時の伸び率 (以下, E) の測定結果を表 2 に示す。また, Gn 及び H1, Hn, T<sub>B</sub>, E の各保持率の経年による変化を表 3 に示す。

1) Gn, H1 保持率及び Hn 保持率の経年変化

Gn は C-1, C-2 とも経年により低下する傾向が見られた。一方, 地域による差は, 暴露 7 年では見られなかった。Gn は繰返し伸縮させても変化しない貯蔵された弾性を示すと考えられるため, C-1, C-2 とも弾性が低下していると考えられる。

H1 保持率は C-1, C-2 とも経年により上昇した。地域による大きな差は, ほとんど見られなかった。H1 保持率は, 弾性の損失率を示していると考えられるため, C-1, C-2 とも経年により弾性が低下していると考えられる。

Hn 保持率は C-1 において経年による変化が見られなかった。一方, C-2 は, 北方地域ほど上昇する傾向を示した。Hn 保持率は, 繰返し伸縮させても変化しない弾性の損失率を示すと考えられるため, C-1 ではブランクと同等の弾性が維持されていると考えられる。一方, C-2 では経年により北方地域ほど弾性が低下する傾向にあると考えられる。

2) T<sub>B</sub> と E の保持率との比較

C-1 の T<sub>B</sub> 保持率は経年により低下し, E 保持率はほぼ維持されていた。3 地域を比較すると宮古島の T<sub>B</sub> 保持率の低下が著しかった。C-2 は, 3 地域とも T<sub>B</sub> 保持率と E 保持率が上昇した。

T<sub>B</sub> 保持率や E 保持率の結果からは, C-1 において経年による強度低下が見られるが, C-2 では見られなかった。これに対し, Gn, H1 では, C-1, C-2 とも経年により低下傾向を示し, C-2 において異なる傾向を示していると考えられる。

4. おわりに

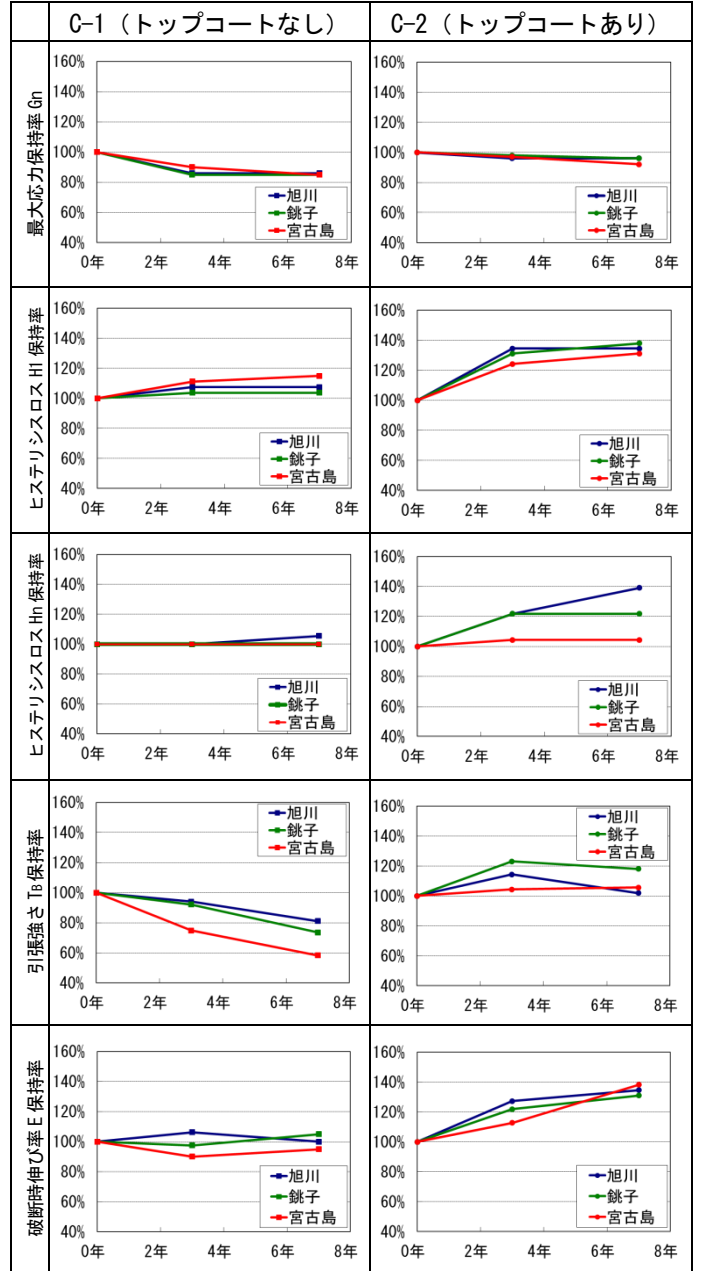
高伸長形ウレタン防水材の 7 年目までの暴露試験体を用

表 2 C-1 及び C-2 の物性及びヒステリシスロス測定結果

		C-1 (トップコートなし)			C-2 (トップコートあり)		
		0	3	7	0	3	7
旭川	T <sub>B</sub> N/mm <sup>2</sup>	3.1	2.9	2.5	1.6	1.8	1.6
	E %	800	850	800	550	700	740
	Hn %	18	18	19	23	28	32
	H1 %	27	29	29	29	39	39
	Gn %	100	86	86	100	96	96
銚子	T <sub>B</sub> N/mm <sup>2</sup>	3.1	2.8	2.3	1.6	2.0	1.9
	E %	800	780	840	550	670	720
	Hn %	18	18	18	23	28	28
	H1 %	27	28	28	29	38	40
	Gn %	100	85	85	100	98	96
宮古島	T <sub>B</sub> N/mm <sup>2</sup>	3.1	2.3	1.8	1.6	1.7	1.7
	E %	800	720	760	550	620	760
	Hn %	18	18	18	23	24	24
	H1 %	27	30	31	29	36	38
	Gn %	100	90	85	100	97	92

い, ヒステリシスロスによる劣化評価を行った。今後は, 更なる精査を進めてゆく予定であるが, ヒステリシスロス (Gn, H1, Hn) は, 引張強さ (T<sub>B</sub>) や破断時の伸び率 (E) では評価できない塗膜内部の状態を知る手掛りになるのではないかと期待される。

表 3 各保持率の経年変化



(参考文献) [1] 宇都木崇, 清水市郎, 中山俊昭, 松村宇, 鈴木博, 高根由充, 竹本喜昭, 田中享二: 防水材料の耐候性試験 その 51 ヒステリシスロスを利用した高伸長形ウレタン防水材の劣化評価 その 2: 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 779-780, 2013

\*1 日本ウレタン建材工業会  
 \*2 清水建設 技術研究所 博士 (工学)  
 \*3 建材試験センター 中央試験所  
 \*4 北海道立総合研究機構 北方建築総合研究所  
 \*5 日本ウェザリングテストセンター銚子試験場 博士 (工学)  
 \*6 東京工業大学名誉教授 工博

\*1 Japan Urethane Waterproofing Industry Association.  
 \*2 Shimizu Corporation, Institute of Technology. Dr. Eng.  
 \*3 Japan Testing Center for Construction Materials, Central Test Laboratory.  
 \*4 Hokkaido Research Organization, Northern Regional Building Research Institute.  
 \*5 Japan Weathering Test Center, Choshi test field. Dr. Eng.  
 \*6 Emeritus professor of Tokyo Institute of Technology. Dr. Eng.