

建物外壁部・屋上部の劣化度評価と健全性の保持条件に関する検討

DB19166 関 隆樹

1. はじめに

建物は、常に日射や雨による乾湿繰り返し作用が生じ、特に、異種材料が繋がる境界部は、その影響による漏水等の影響¹⁾²⁾³⁾を受けやすいといえる。

乾式外壁材のジョイント部を例にすると、紫外線や雨水、ムーブメント等の要因によりシーリング材の劣化が進みやすい点が挙げられる。また、屋上部ではアスファルトや合成樹脂系の液体による防水工法やシート系の防水工法があるが、非木造の大型建築の場合、屋上耐火の条件により基材となる金属薄鋼板を複合的に用いる場合がある点に着目した。なお、後者については、接合処理のつなぎ目が、金属薄鋼板屋根防水シート材をロール化した場合、長期的な変形によりたわむ可能性があり、その境界部からの漏水による屋根下地の劣化が進むと、防水性の機能を損なうことがある。

そこで本研究では、表 1 に示す通り 2 つの研究対象を設けた。研究 1 では、乾式工法の外壁部に関して、ECP パネルの 2 次シーリング材として主に用いられるガスケットの経年変化のメカニズムを検証するために ECP パネルを実大施工し⁴⁾⁵⁾、壁の角度やガスケット種類、施工条件の違いを与え、材料劣化状況について半年間(夏、冬)の暴露、環境の違いを評価し、開口部の漏水に影響するかを検討する。

研究 2 では、実際に約 10 年非木造建物に使用された屋上部材が、漏水を伴う変形が進んだため、耐火・防水保護面材を切削して採取し、残留した反り、歪みを測定して、変形状や劣化度を測定し、屋根材としての機能保持性を検証する。以上により、非木造建物の外壁・屋上に使用される主要構造部位材料について、その劣化度評価と健全性の保持状態を検討する。

2. 実験概要

2.1 建物外壁部ガスケットの劣化度と健全性の評価 (研究 1)

1) 使用材料

表 1 に本研究対象を示し、表 2 に使用材料を示す。本学八王子キャンパス 11 号館実験棟の屋上にて、外壁を模した押出成形セメント板(以下、ECP)に、試験対象となるガスケットを 2 次シーリングとして装着し、屋外暴露試験を実施する。これより、温度・日照等の外的要因による劣化の他に、ガスケットそのものの経年変化が生じる可能性を検討する。また、壁面角度は一般的な壁を想定した 90° の他、促進条件となる 30° の 2 種類とする。指定した暴露期間が終了したガスケットは採取し、一定の物性試験により経年変化について評価を行う。

2) 屋外暴露半年期間(冬、夏)のガスケット採取、評価

2022 年 8 月 2 日、半年(冬)屋外暴露が終了し、試験体の採取ならびに 1 年の暴露を開始した。屋外暴露半年(夏)(2021, 4, 23-2021, 11, 18)に比べ屋外暴露半年(冬)(2021, 11, 19-2022, 8, 2)の方が暴露期間が約 1 ヶ月長い状態で評価を行った。

表 1 本研究対象(研究 1, 2)

	名称	国内・国際規格	用途
研究 1 外壁部	目地 ガスケット	JIS A 5756 ISO 3934	住宅～中低層 ECP,ALC などのビルサッシの 1 次シーリング, 2 次シーリング(ガスケット)によるフィールドジョイントによる目地周りの気密・止水。目地部分、アルミ形材に押し込むことで施工可能。
研究 2 屋上部	溶融亜鉛 メッキ鋼板	JIS G 3302 ISO 3575	非木造建物の不燃材料としての屋根材、樹脂膜保護溶融亜鉛メッキ鋼板。屋根下地材にビス等による木毛セメント板、樹脂系断熱材、アスファルト系防水材を含めた機械式固定での取付。

表 2 使用材料(研究 1, 2)

	部位	使用材料	その他	
研究 1 建物外壁部	外壁	押出成形セメント板(ECP)	パネル寸法 t50×w590×h105 横 7 列×縦 19 列=133 枚使用	
	1次シーリング	一液性変成シリコン		
	2次シーリング (ガスケット)	エスエル系ウレタン発泡体	NIU-es-1	ガスケット寸法 t12×w354×h15
		エスエル系ウレタン発泡体	NIU-es-2	
		エーテル系ウレタン発泡体	NIU-et-1	
		エーテル系ウレタン発泡体	NIU-et-2	
		エーテル系ウレタン発泡体	NIU-et-3	
		エチレンプロピレンゴム発泡体	EPDM-1	
		エチレンプロピレンゴム発泡体	EPDM-2	
		クロロプレンゴム発泡体	CR	
シリコーンゴム発泡体	SR			
研究 2 建物屋上部	耐火用長尺 屋根鋼板	荷重変形試験用大板試験体	大判試験体寸法 t500×w1500×h26 枚使用	
		熱変形試験用小板試験体	小片試験体寸法 t125×w375×h212 枚使用	

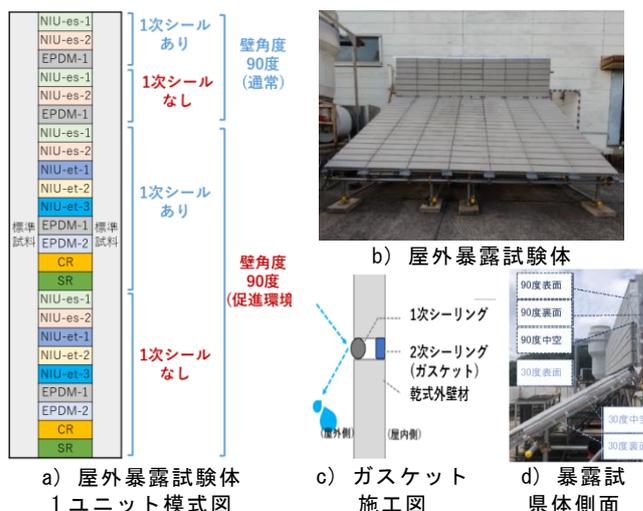
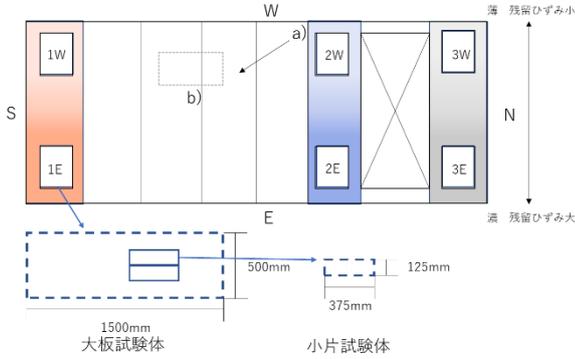


図 1 建物外壁部ガスケットの屋外暴露試験体概要 (研究 1 2021 年開始～2041 年終了予定)



a) 冷間圧延屋根鋼板改修前 b) 経年変化によるたわみ



c) 試験体切削場所

図2 建物屋上部の耐火用長尺屋根鋼板試験体の採取場所と劣化状況(研究1,2)

表3 実験要因と水準(研究1,2)

研究1 建物外壁部の目地ガスケット	
要因	水準
暴露環境	屋外 30°,90°壁 (東京都八王子市)
暴露年数	半年(夏)半年(冬)1年,2.5年,5年,10年,20年(2021年建造)
1次シーリングの有無	1次シーリングあり(変成シリコン一定) 1次シーリングなし(2次シーリング,ガスケット単体)
研究2 建物屋上部の耐火用長尺屋根鋼板	
更新年数	築10年(2009年建設)
更新部位	屋上耐火用長尺屋根鋼板全面
評価箇所	東面雨勾配下がり部3枚(1W~3W),西面雨勾配上がり部3枚(1E~3E)

3) 採取したガスケットの物性評価方法

採取した試験体について汚れによる質量変化測定と、JIS K 6400-5 の引張条件で引張試験を行う。物性評価にあたり、ゴム系材料の老化挙動は材料硬化により、破断時伸び量の低下も併せて評価する必要がある。そのため老化前後の引張強度と破断時伸びの積算値を用いた抗張積残率(以下、Tef)を式(1)で算出し、を半年後変化の初期データを基本に、今後2041年までの暴露データを比較し、劣化度の影響を評価する。

$$Tef(\%) = (TB2 \times EB2) / (TB1 \times EB1) \dots (1)$$

ここに、TB1×EB1:評価前 引張強度×破断時伸び
TB2×EB2:評価後 引張強度×破断時伸び

2.2 建物屋上部の耐火用長尺屋根鋼板劣化度評価(研究2)

1) 使用材料

表1の研究2に本研究対象を、表2の研究2に使用材料を示す。2009年に建設され、築10年が経過したS造施設建物に関して、実際に約10年使用された耐火屋上屋根鋼板(塩ビ被覆処理済)は、東西方向に長尺ロールを機械式固定により、下地の防水層、断熱層、木毛セメント

表4 実験項目(研究1,2)

研究1 建物外壁部の目地ガスケット	
実験項目	内容
汚れによる質量変化	非暴露と暴露後のサンプルの質量(g)を電子天秤にて測定を行い、比較
引張試験	JIS K6400-5 の引張条件で実施する。引張強度と破断時伸びを用い、抗張積残率 Tef で評価
ガスケット圧縮率(%)	JIS K 6400-4 による。非暴露と暴露後ガスケットを比較し、今後評価
研究2 建物屋上部の耐火用長尺屋根鋼板	
垂れ試験(大板試験体)	張り出した長さを図3a)の飛び出した長さとその時の下向きに垂れた長さを垂れた長さとして測定(ノギスで測定)
熱変形測定(小片試験体)	ひずみゲージと熱電対を取り付け、温度昇温、温度維持を20分、温度降下は自然冷却し測定
a) 荷重変形特性測定図	b) 熱変形特性測定図
c) 荷重変形特性測定写真	d) 熱変形特性測定写真

板に漏水対策を施して施工されている。これを東西方向端部2ヶ所、南北等間隔3枚ロール部より合計6カ所で切削したものを試験体とし、鋼板部分の反りや熱歪みの測定を行う。

2) 大判試験体の荷重変形特性

表4a)c)のように台から試験体を張り出させ、張り出した長さ(X)を測定、張り出しにより鉛直下方向に垂れた最下部の長さ(Y)を、ノギスで測定する。この2つのX・Yの長さ変化の試験を行い、切削場所により鋼板のロール巻き歪みの影響を調査する。

3) 小片試験体の熱変形特性

表4b)d)のように荷重変形特性測定で使用した大判試験体をより小さくした小片試験体に加工する。小片試験体にひずみゲージと熱電対を取り付け、乾燥機に入れ常温から20分で60°Cまで加熱し、20分維持後、常温まで温度低下するまでを測定する。ひずみゲージ、熱電対にてデータロガーで測定し、温度変化した際の残留歪みの影響⁶⁾を調査する。

3. 建物外壁部、屋上部の劣化度評価と健全性の結果と考察(研究1,2)

3.1 屋外暴露半年期間(冬,夏)のガスケットの質量変化評価

図3a)b)に暴露期間半年(冬)試験体の汚れ質量変化の結果と暴露期間半年(夏)との比較を示す。引張試験と同様に半年の暴露期間では合成ゴム系・ウレタン系ともに季節間の大きな変化は見られなかったが、暴露期間半年(冬)ではウレタン系の一部で顕著な質量増加がみられた。

3.2 屋外暴露半年期間(冬,夏)のガスケットの物性評価

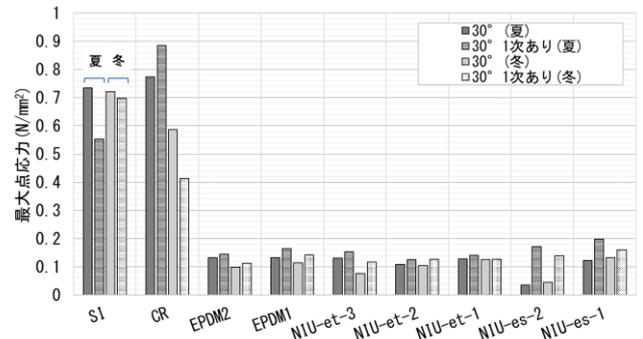
図 4a)b)に最大点応力、図 5a),b)に最大点伸び、図 6a)b)に抗張積残率を示す。最大点応力は、季節間比較をすると暴露期間が若干長かった影響の可能性があるが、1次シールあり・なしに関わらず、冬の方が値が減少しているものが多い。しかし、最大点伸びの季節間比較をすると、冬の方が1次シールあり・なしに関わらず値が増加しているものが多い。これより期間よりも温度による影響の方が大きくなる可能性が考えられた。施工角度については、1次シールなしに関しては30°より90°の方が値が高く、1次シールありに関しては値があまり変わらない。抗張積残率は差が生じ始めており、今後の経過を長期的に評価する必要がある。

3.3 耐火用長尺屋根鋼板の荷重変形特性測定結果

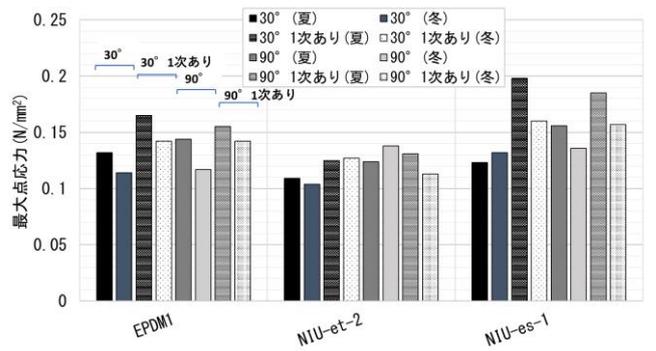
図 7に屋根鋼板の荷重変形特性を示す。全試験体について、張出し量 X が 100(mm) 越えの程度より、垂下がり量 Y が最大 100(mm) 程度生じることがわかる。b)の西位置(W)とc)の東位置(E)の変形特性の傾向より、東西位置での変形挙動の違いは大きくなく、150×50(cm)寸法の小鋼板では変形挙動に影響を生じさせにくいことが確認できた。

3.4 耐火用長尺屋根鋼板の熱変形測定結果

図 8に熱変形測定結果を示す。ロールの端部である東西位置(E, W)の薄片表裏の熱変形挙動については、3WEのように、表裏ともに温度変化に比例した熱伸縮挙動を示し、実部材での表裏の曲がりの影響は確認されないのが通例であったが、1Eにはなく1Wのみ、表裏が温度上昇時に片側方向に曲がり伸縮を生じた区間が確認された。このことは、東西いずれかのロール端部の巻き曲率ひずみが影響している可能性があり、その影響で屋上での反りを生じさせた可能性が考えられ、引き続き詳細な検討が必要といえる。

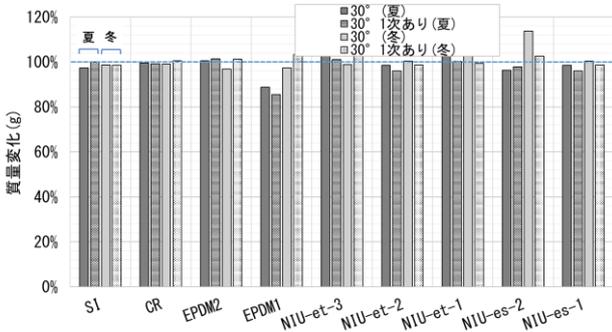


a) 季節比較(夏季, 冬季)

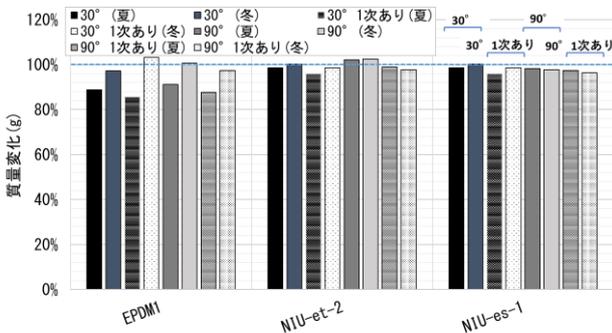


b) 取付角度比較(30°, 90°)

図 4 外壁ガスケットの半年暴露による最大点応力(研究 1)

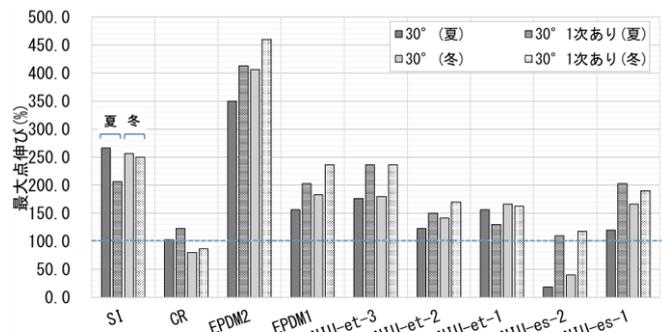


a) 季節比較(夏季, 冬季)

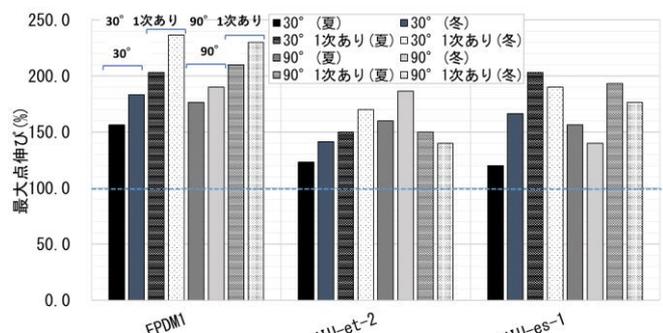


b) 取付角度比較(30°, 90°)

図 3 外壁ガスケットの半年暴露による汚れ質量変化(研究 1)

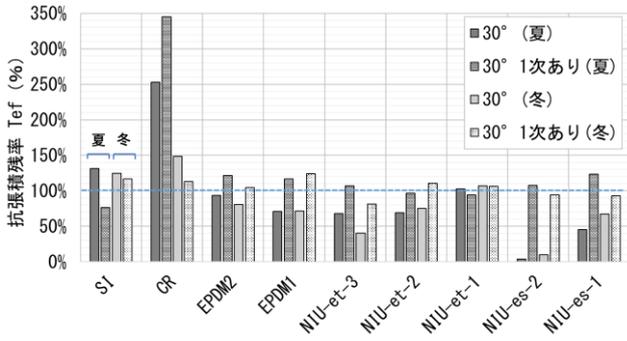


a) 季節比較(夏季, 冬季)

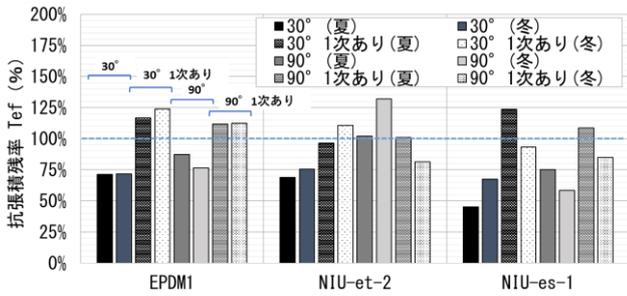


b) 取付角度比較(30°, 90°)

図 5 外壁ガスケットの半年暴露による最大点伸び(研究 1)

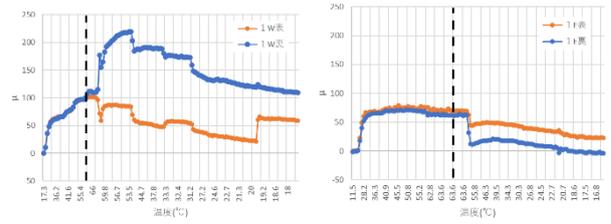


a) 季節比較(夏季,冬季)



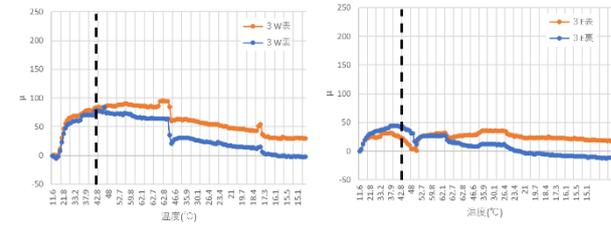
b) 取付角度比較(30°, 90°)

図6 外壁ガスケットの半年暴露による抗張積残率(研究1)



a) 切削場所 1W

b) 切削場所 1E



c) 切削場所 3W

d) 切削場所 3E

図8 耐火屋上屋根鋼板熱変形測定結果(1W~3W,1E~3E)(研究2)

- 2) 最大点伸びを季節間比較すると冬の方が1次シールあり、なしに関わらず数値が増加しているものが多いことが分かる。これらより暴露期間より温度による影響の方がガスケットに対して大きいということが考えられる。
- 3) 荷重変形特性において、東西位置での変形挙動の違いは大きくなく、150×50(cm)寸法の小鋼板では変形挙動に影響を生じさせにくいことが分かった。
- 4) 熱変形測定において、1Eにはなく1Wのみ、表裏が温度上昇時に片側方向に曲がり伸縮を生じた区間が確認された。このことは、東西いずれかのロール端部の巻き曲率ひずみが影響している可能性があり、その影響で屋上で反りを生じさせた可能性が考えられ、引き続き詳細な検討が必要といえる。

謝辞

本研究は株式会社ノザワ、日本発条株式会社、大鳳株式会社との2022年度工学院大学共同研究であり、関係各位に多大な助力を得た。

参考文献

- 1) 奈良利男:シーリング材の劣化度判定フローその1, 月刊建築仕上技術, 2021
- 2) 建築ガスケット協会:開口部に使用されるガスケットの概要, 2017
- 3) 榎本教良, 他:建築用シーリング材の耐候性評価のための新しい試験体及び試験方法, 日本建築学会
- 4) 佐藤瑞希, 他:長期使用を考慮した2次防水仕様を有する乾式外壁材の屋外暴露壁の施工と初期性能評価, 2022, 3
- 5) 岡健太郎, 他:材料選択の観点で見た建築用日本建築学会関東支部目地ガスケットの性能評価に関する研究, 2021 日本建築学会構造系論文集, 71 巻, 第604号, 2006
- 6) 藤田正則, 他:熱伸縮による鋼板断熱二重折版屋根の挙動, 日本建築学会技術報告集, 2018

4. まとめ

本研究より得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 暴露期間が長かった影響している可能性があるが、1次シールあり、なしに関わらず、最大点応力では、冬の方が数値が減少しているものが多いことがわかる。

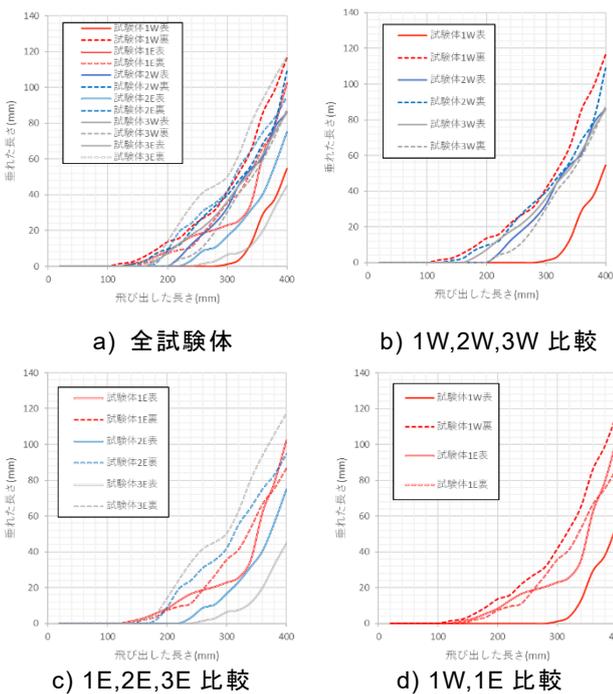


図7 耐火屋上屋根鋼板荷重変形特性測定結果(研究2)