

平成21年 5月29日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19760381

研究課題名 (和文) 建築材料の超促進劣化試験装置の開発と劣化予測法の提案

研究課題名 (英文) Development of super-artificial degradation apparatus for building materials and proposal of deterioration forecast method

研究代表者

宮内 博之 (MIYAUCHI HIROYUKI)

東京工業大学・応用セラミックス研究所・特任准教授

研究者番号：40313374

研究成果の概要：

建築屋根・外壁は日々の紫外線、降雨、温度変化などに対して居住者の快適性を確保する重要な部位である。本研究では、建築外壁の中で弱点となりやすいシーリング目地の耐久性に着目し、シーリング材の屋外劣化試験を実施し、その結果を基に室内で屋外環境を再現する人工劣化試験装置を開発した。そして、本試験装置により、シーリング材の劣化の状況について検討を試み、本試験装置により屋外環境をほぼ再現することができることを示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,000,000	0	2,000,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,800,000	240,000	3,040,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：建築材料、シーリング材、耐久性、劣化、試験方法、紫外線、ムーブメント

1. 研究開始当初の背景

屋外環境に曝されている建築用シーリング材は、使用期間中のさまざまな劣化要因に対して耐えることが要求される。それは、紫外線、気温、降雨などのウェザリングと、壁部材等の熱伸縮に起因するムーブメントとに大別される。そしてそれらは独立ではなく同時に作用し、次第にシーリング材の性能を低下させる。

シーリング材の実際の使用にあっては、これらの耐久性を事前に評価しておく必要がある。現在、ウェザリングとムーブメントの同時劣化を確認する方法として、動暴露試験

機が利用されることが多い。当然のことながら、これは屋外での使用が前提であり、その結果を得るまでにはかなりの年月を必要とする。実務では短時間での評価が求められており、ウェザリングに関しては各種の促進劣化試験が利用されている。しかし劣化の相似性・相関性については、今なお議論のあるところであり、現在でも屋外暴露と促進との整合性を高めるため、活発に研究が続けられている。

シーリング材の耐久性評価には、ウェザリングとムーブメントの同時作用下での評価は不可欠であり、それらの整合性をもった複

合促進劣化試験方法が求められているのも事実である。最初から両者の促進化を行うのは現時点で困難であるとする、その完成のためには、基本に立ち返り、まずは屋外での劣化を忠実に再現することを目指し、その後、それを基軸として各々の要因の促進化を図るのが順当である。

2. 研究の目的

本研究ではこのような考え方に立ち、屋外でムーブメントを受ける暴露試験として動暴露試験機を活用し、ウェザリングの状態とムーブメントを観測しながら、同じ状態をリアルタイムで再現させるウェザリング・ムーブメント複合劣化装置の開発を試みた。これはまだ初歩的な装置であるが、これを用いて屋外でムーブメントを受けるシーリング材の劣化の再現状態について検討した。

3. 研究の方法

(1)劣化評価試験方法の概要

劣化環境因子をウェザリング（全天日射量、材料温度、水分）とムーブメントに分け、動暴露試験と同期させた人工劣化試験によるシーリング材の劣化状態の相関性を、目視観察と画像による観察結果により調べた。試験項目については、ノンワーキングジョイントを想定したウェザリングのみのと、ワーキングジョイントを考慮したウェザリングとムーブメントを組み合わせた2種類の劣化負荷方法とした。

(2)屋外動暴露試験

図1に試験体の形状・寸法を示す。また、本研究で使用したシーリング材の基本物性値を表1に示す。また、写真1に動暴露試験機を示す。表2に動暴露試験における測定項目と測定器を示す。

(3)人工劣化試験

① 装置の概要

人工劣化試験装置と試験体設置状況を図2に、各劣化因子の測定方法と再現方法を表3に示す。本人工劣化試験装置は、独自に開発した制御プログラムにより、ウェザリングの各因子、及びムーブメントを制御し、屋外環境の条件と同じ条件で劣化を与える機構を有する。人工光源において、本研究では安価で簡易的に全天日射量を調整する方法を採用した。分光放射照度については、渋谷区の気象データを基準とした。

② 試験の実施期間と試験条件

動暴露試験と人工劣化試験の試験期間は1年間とした。途中、3、6ヶ月、1年間においてシーリング材の劣化の状況の確認を行った。試験開始の温度条件は20℃と設定した。

(4)人工劣化試験装置の劣化要素の再現性

動暴露試験に対する人工劣化試験の再現結果について、紫外線量が高い時期を例とし

図1 試験体形状・寸法

表1 シーリング材の種類と物性値

シーリング材	50%モジュラス (N/mm ²)	最大引張応力 (N/mm ²)	伸び率 (%)
MS-1	0.16	0.57	520
MS-2	0.15	0.49	650
PU-1*	0.17	1.32	800

※表面塗装を行っていない。

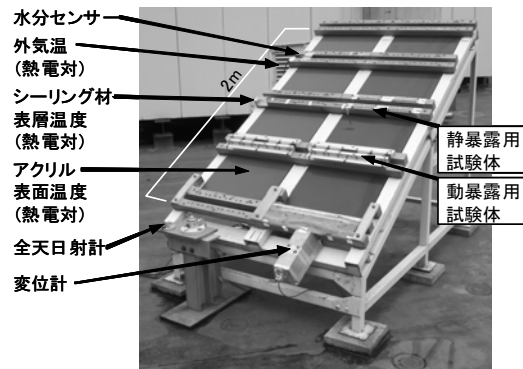
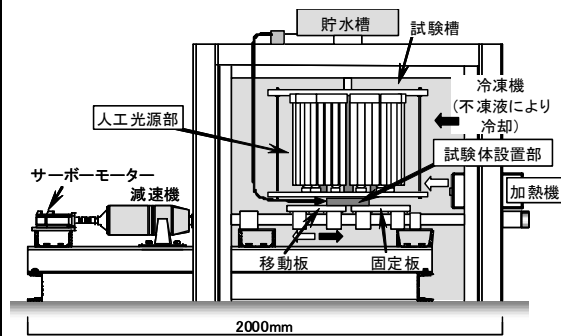


写真1 動暴露試験機

表2 屋外動暴露試験における測定項目と測定器

測定項目	測定器	仕様
全天日射量	日射計	・波長範囲: 305~2800nm ・受感部: 銅-コンスタンタン熱伝堆
温度 ・外気温 ・アクリル板表面温度 ・シーリング材表面温度	熱電対	・測定範囲: -200~200℃ ・素線径: 0.32mm φ ・被覆材料: テフロン
降雨	感雨センサー (※試作品)	・測定原理: 電圧印加方式 ・電極: ステンレス製 ・乾燥時: 0V、濡れ時: 10V
ムーブメント	変位計	・測定範囲: ±10mm ・直線性: ストロークの±0.5%
紫外線量	紫外線放射計 (UV-A型)	・波長範囲: 315~400nm ・分解能: 0.1W/m ²



側面図 図2 製作した人工劣化試験装置

表3 各劣化因子の測定方法と劣化の再現方法

劣化因子	測定器	劣化を与える方法
ウェザリング	全天日射量	日射計 異なった分光放射照度をもつ人工光源の組み合わせ 光源の点灯数
	材料温度	熱電対 加熱器と冷却器
	水分	感雨センサー 給水槽からの蒸留水の供給
ムーブメント	変位計	モーターの正逆回転運動による制御

て図3に示す。全天日射量、材料温度、水分、ムーブメントについては、屋外環境に近い状況で再現できた。しかし、紫外線量(UV-A)については、人工劣化試験の値が小さく、完全に再現するまでには至らなかった。

(5) 動暴露試験と人工劣化試験との劣化

① 観察結果

①-1: 表面のひび割れのマクロ観察

MS-1では、ウェザリング+ムーブメントの劣化において、屋外動暴露試験では被着体近傍でひび割れ深さが6.5mm、人工劣化試験では5mmの大きなひび割れが発生し、同じ劣化状況を再現できた。MS-2では、屋外、人工劣化試験共に大きなひび割れは発生しなかった。PU-1では、屋外動暴露試験では両方の試験体とも、シーリング材表面に大きなひび割れが見られたが、人工劣化試験においては、ひび割れを確認できなかった。しかし、ウェザリングとムーブメントの劣化を与えた試

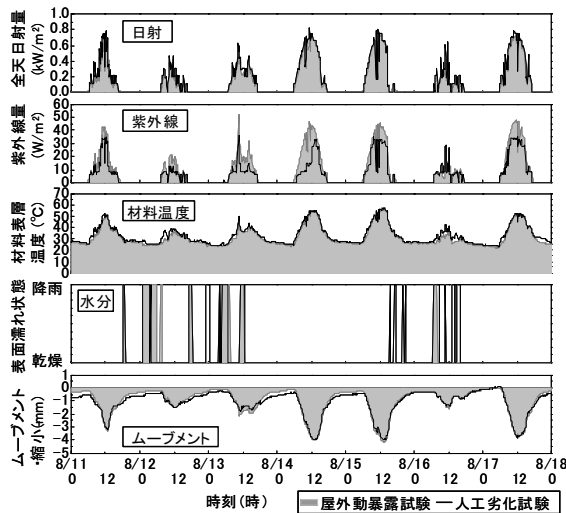


図3 人工劣化試験における各劣化要素の再現状態

表4 光学顕微鏡(150倍)による屋外動暴露試験結果と人工劣化試験結果の比較*

シーリング材	試験期間	ウェザリングのみ		ウェザリング+ムーブメント	
		屋外	人工	屋外	人工
MS-1	12ヶ月	ひび割れなし	ひび割れなし	ひび割れなし	ひび割れなし
MS-2	3ヶ月	ひび割れなし	ひび割れなし		
	6ヶ月				
PU-1	3ヶ月		ひび割れなし		ひび割れなし
	6ヶ月		ひび割れなし		ひび割れなし
	12ヶ月				

*観察箇所:シーリング材表面の中央部(MS-1:亀裂が生じていない箇所)

験体については、ほぼ同じ変形量で圧縮セットしていた。

②-2:微小ひび割れ観察結果

試験期間3,6ヶ月,1年後のシーリング材表面の微小ひび割れの発生状況を2値化し、画像で比較した結果を表4に示す。MS-1について、被着体近傍に生じた大きなひび割れを除いたシーリング材表面において、微小なひび割れは発生していなかった。MS-2について、ウェザリングのみの試験体については、屋外と人工劣化試験共に、試験期間6ヶ月後から微小なひび割れが発生している。ウェザリング+ムーブメントの試験体については、試験期間3ヶ月の時点で屋外、人工劣化試験ともにひび割れが観察されたが、屋外動暴露試験の方が大きなひび割れが発生した。PU-1では、屋外試験の試験期間3ヶ月の時点でひび割れが発生したが、人工劣化試験では試験期間1年目でひび割れが発生した。

③ 考察

③-1:ウェザリング、ウェザリング+ムーブメントの影響

ウェザリングのみの試験体より、ウェザリング+ムーブメントを与えた試験体の方がシーリング材のひび割れの進行が早い。MS-1では、マクロ観察において被着体近傍から大きなひび割れが発生しており、ムーブメントの影響は無視できないと思われる。また、MS-2とPU-1では、ムーブメントによりひび割れが大きく亀甲状から平行なものに変わっていることは重要な点である。

③-2:屋外動暴露と人工劣化試験の劣化の差

屋外動暴露試験と人工劣化試験の相関性を比較すると、ムーブメントの影響を受けやすいMS-1については、屋外と人工劣化試験との相関性が非常に高いことがわかる。

一方で、人工劣化試験における光の劣化の負荷は、シーリング材の劣化状態から判断して、屋外動暴露試験の劣化状態よりやや低く、良い相関性は得られなかった。これから、劣化環境によりシーリング材は大きく変化するため、ウェザリングとムーブメントを同時に与える際に、劣化の影響因子を十分に考慮した試験が必要となる。

4. 研究成果

以下の成果が得られた。

- (1) 人工劣化試験装置の劣化要素の再現性において、太陽光のスペクトル、特に紫外線量の再現には差が生じたものの、その他の全天日射量、材料表層温度、および水分の劣化要素については、屋外条件と近い環境で再現することができた。
- (2) 人工劣化試験による疲労試験結果

試作した劣化試験装置により、シーリング材にウェザリング(紫外線、温度、水分)とムーブメントを与え、屋外暴露試験との劣化の状況の相関性について調べた。その結果、

MS-1, MS-2 のシーリング材については、屋外動暴露試験と同程度のひび割れの状況を再現することができた。また、ウェザリングのみの試験体より、ウェザリング+ムーブメントを与えた試験体の方が、シーリング材のひび割れの進行が早い傾向にあることを見出した。

(3) シーリング材の屋外暴露試験結果

陸別、横浜、宮古島でシーリング材を長期暴露し、シーリング材の劣化の観察と各種物性試験を行った。表面観察の結果、汚れの程度及びひび割れの状態ともに地域差が見られ、3面接着の場合、塗装のひび割れが生じやすくなる傾向を示した。・硬度測定と引張試験の結果、暴露試験体は材料が硬くなる傾向を示した。引張試験の結果、時間の経過とともに伸び率が低下し、特に3面接着試験体で著しく低下した。

(4) シーリング材における暴露試験結果と室内での疲労試験結果との相関性

シーリング材における暴露試験結果と室内での疲労試験結果との相関性を考察する上で最も再現が難しく、かつ重要な劣化要因は紫外線であり、この紫外線劣化と他の劣化要因をバランスを取りながら劣化を与えることが促進劣化試験には必要であることを見出した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① Michael A. Lacasse, Hiroyuki Miyauchi and J. Hiemstra, “*Water Penetration of Cladding Components -A comparison of Laboratory Tests on Simulated Sealed Vertical and Horizontal Joints of Wall Cladding*”, Journal of ASTM International (JAI), Third Symposium on Durability of Building and Construction Sealants and Adhesives (2008-DBCSEA), pp. 25-26, (2008), 審査有
- ② 宮内博之, 竹本喜昭, 田中享二: シーリング材の屋外動暴露と同期させた人工劣化試験装置の開発; 日本建築学会構造系論文集 [615], pp. 39-46, (2007), 審査有

[学会発表] (計3件)

- ① 村田茂樹, 榎本教良, 宮内博之, 田中享二: ALC に適したシーリング材の選定のための基礎的実験; 日本建築学会大会学術講演梗概集 [A-1], pp55-56, 2008.9.18, 広島大学
- ② 清水祐介, 榎本教良, 宮内博之, 田中享

二: アクリル系シーリング材を用いたALC 外壁目地の耐久性 (屋外暴露5年後の試験結果); 日本建築学会大会学術講演梗概集 [A-1], pp57-58, 2008.9.18, 広島大学

- ③ 宮内博之, Michael A. Lacasse: Water penetration of cladding components - results from laboratory tests on simulated sealed vertical joints of wall cladding; 日本建築学会大会学術講演梗概集 [A-1], pp. 939-940, 2007.8.29, 福岡大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮内博之 (MIYAUCHI HIROYUKI)
東京工業大学・応用セラミックス研究所・特任准教授
研究者番号: 40313374

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし