

令和元年6月13日現在

機関番号：82113

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06600

研究課題名（和文）建築物の長寿命化に資する外壁目地の性能評価システムの開発

研究課題名（英文）Study on development of evaluation system for the durability of sealed joints

研究代表者

宮内 博之（Miyauchi, Hiroyuki）

国立研究開発法人建築研究所・材料研究グループ・主任研究員

研究者番号：40313374

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：シーリング目地は建築物の外装部材等の挙動、熱・紫外線・降雨等の気象環境など複合的な外力を受け、この目地に使用されるシーリング材には高い耐久性が要求される。

本研究では、建物に負荷する気象外力や機械的なムーブメントを想定したシーリング目地を対象とした複合劣化試験装置の開発と試験を実施し、シーリング材の評価並びに目地性能を規定する技術を開発することを目的とした。具体的には、各種性能の異なるシーリング材を用いて、ムーブメント量、周期の異なる条件で複合劣化試験を実施し、荷重測定を行った。そしてシーリング目地の耐久性について比較検討し、目地の性能評価システムの一つの技術として提示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

シーリング目地の耐久性評価ではウェザリングと目地ムーブメントの複合劣化因子を同時に考慮する必要があるため、本研究で提案する複合劣化試験は建築外皮目地に使用されるシーリング材の性能を適切に評価するための試験方法として、学術的価値は高い。これら試験方法は簡便に複合劣化試験が可能で、かつシーリング目地内の応力の変化を測定できる画期的な評価システムであり、材料設計から耐久性評価手法に至る一連の過程で貢献するものである。また本研究の成果は、建物から漏水を失くし、建物全体の耐久性を向上させ、居住者が安心して快適に住むことができる支援技術を提示するもので、社会的貢献度は高いと判断される。

研究成果の概要（英文）： In this paper, a description of the sealant jointing product test device was given including information on its operation and results from its use in subjecting sealant products to fatigue resistance tests. In the first instance, a novel bench-top sealant test device was developed that permits assessing the expected long-term performance of joint sealant products. Also, the effect of curing condition and stress relaxation of sealants during joint movement were continuously monitored over the course of a daily cycle of compression-tension with the device's load cell. Also, the durability of sealed joints was verified with the use of the testing device. Final, we evaluated the fatigue resistance and the service life prediction of sealed joint by using this test results.

研究分野：建築防水

キーワード：建築構造・材料 建築防水 シーリング材 長寿命化 性能評価 試験機 耐疲労性 接着性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年の気象災害の中で、風水害を伴う大型の台風、ゲリラ豪雨等が頻発しており、建物に甚大な被害を及ぼすケースも増えてきている。風雨を伴う外力に対して、建築物の居住者の安全だけでなく躯体保護の観点から、屋根・壁の外皮は重要な部位に位置づけられる。建設市場において、気象災害に耐えうる屋根や壁部材の強靱化や高耐久性の技術開発が盛んになる中、建築外皮全体の性能向上を考える上で、屋根・壁部材を接合するシーリング目地も同等の性能を確保すべきではあるが、実際には目地の損傷や漏水は今なお問題となっている。

これら建築外皮の目地にシーリング材から漏水が多い要因として、シーリング材が相手となる建築部材の挙動を吸収する高い耐久性を保持し、かつその部材に使用される建築材料に対して長期的な接着性を確保しなければならないオールラウンドな接着機構を保持しなければならないことが挙げられる。しかし、シーリング目地は他の外壁部材に比べて、早期に亀裂等が生じ、漏水に繋がるケースが多い。

2. 研究の目的

シーリング目地は建築物の外装部材等の挙動、熱・紫外線・降雨等の気象環境など複合的な外力を受け、この目地に使用されるシーリング材には高い耐久性が要求される。

本研究では、建物に負荷する気象外力や機械的なムーブメントを想定したシーリング目地を対象とした複合劣化試験装置の開発と試験を実施し、シーリング材の評価並びに目地性能を規定する技術を開発することを目的とした。具体的には、各種性能の異なるシーリング材を用いて、ムーブメント量、周期の異なる条件で複合劣化試験を実施し、荷重測定を行った。そしてシーリング目地の耐久性について比較検討し、目地の性能評価システムの一つの技術として提示した。

3. 研究の方法

1) 小型動的疲労試験装置

疲労試験装置には写真1に示す目地にムーブメントを与え、複合劣化試験が可能な小型動的疲労試験装置を用いた。本装置は疲労試験装置、荷重計測機器、PCにより構成され、シーリング材の応力計測が可能である。表1に仕様を示す。

2) シーリング材と基本物性

シーリング材は、表2に示す1成分形変成シリコン系シーリング材(MS-1)と2成分形変成シリコン系シーリング材(MS-2)とした。試験体はISO型試験体としプライマーを塗布している。試験体養生はA養生(温度 23 ± 2 、湿度 $50 \pm 5\%$)の条件とし、28日間養生した。

3) 疲労試験概要と計測方法

表3に疲労試験の概要を示す。圧縮と引張の目地変形率は目地幅に対して $\pm 20\%$ とし、圧縮側から疲労試験を開始した。

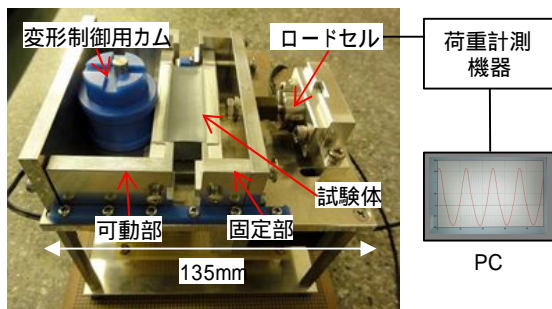


写真1 小型動的疲労試験装置

表1 装置の仕様

負荷方法	駆動源	減速機付モータ+ウォームギア
	変位機構	カムの偏心運動による変位制御
	変形モード	圧縮引張変形 $\pm 1.2, 2.4, 3.6\text{mm}$
荷重	変形周期	5cycle/分 ~ 1cycle/日(正弦波)
	耐荷重	最大100N
使用環境	荷重計測	引張圧縮用ロードセル(Max.200N)
	温度	-10 ~ +50 (モーター仕様に依存)
他	電源	100V電源、もしくは電池(低負荷用)
	寸法, 重量	幅100 x 長さ135 x 高さ110mm

表3 疲労試験概要

試験体	シーリング材	変成シリコン系(1成分形, 2成分形)	
	試験体	W12 x D12 x L50mm(バックアップ材なし)	
試験条件	変形量	圧縮引張変形 $\pm 2.4\text{mm}$ (変形率 $\pm 20\%$)	
	周期, 回数	12秒(5cycle/分)、最大1万回	
評価	目視観察	シーリング材表面(試験終了後裏面)観察	
	荷重計測	引張圧縮用ロードセル+PC計測	

表2 引張試験結果と応力緩和率

シーリング材	M_{50} (N/mm ²)	T_{MAX} (N/mm ²)	E_{MAX} (%)	応力緩和率 (%)
MS-1	0.06	0.25	579	68
MS-2	0.12	0.25	407	28

4. 研究成果

1) シーリング材の粘弾性特性

図1に疲労変形1回目のシーリング材の応力変化を示す。MS-1は最大圧縮応力が最大引張応力に対して2.2倍、MS-2は2倍を示した。MS-2は目地縮小から拡大に変化する変位量ゼロ地点で応力がゼロとなった。

2) 繰り返し変形に対するシーリング材の応力低下特性

変形1回目の最大圧縮応力もしくは最大引張応力を基準値1とし、変形繰返し時の発生応力との比を緩和応力比(疲労応力比)として求め、繰返し回数との関係を図2に示す。MS-1とMS-2ともに、圧縮側は引張側に比べて応力低下率が大きく、特にMS-1で顕著である。

図3に疲労回数毎に目地縮小・拡大時の圧縮応力・引張応力の変化の履歴曲線を示す。MS-1、MS-2ともに疲労初期において変位量と応力の位相差が大きく、材料比較ではMS-1がMS-2に比べて大きく、目地変位の影響については圧縮側が引張側に比べて影響が大きい。これらを粘弾性の面からみると、MS-1はMS-2に比べ、粘性的性質が多く、弾性的性質が少ない性状と言える。しかし疲労回数が多くなるほど、その位相差は小さくなる。

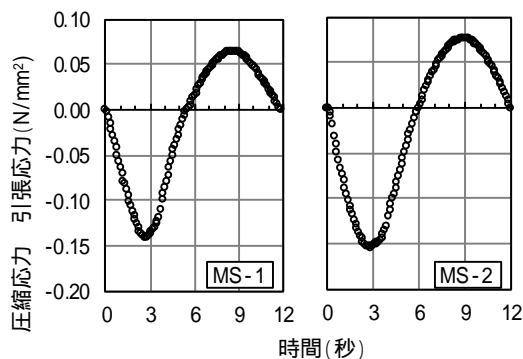


図1 疲労変形1回目のシーリング材の応力変化(周期12秒)

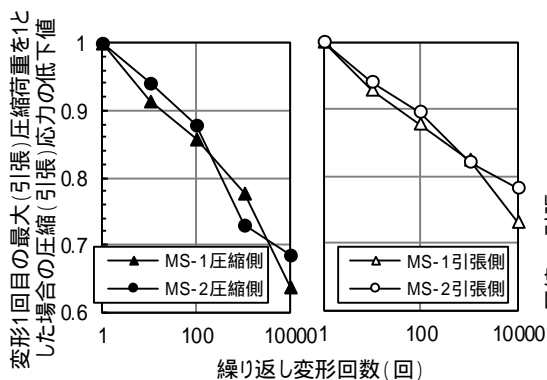


図2 応力比と疲労回数との関係(周期12秒)

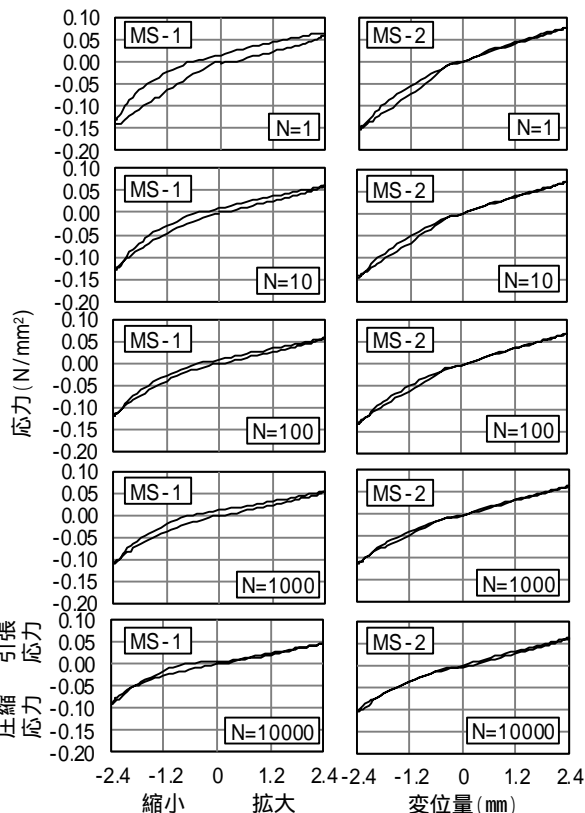


図3 変位量と応力の履歴曲線(周期12秒)

3) 疲労周期の影響

表4に試験条件における試験日数と総ひずみエネルギーとの関係を示す。周期12秒は周期1日に比べて、試験日数が1/10であるが総ひずみエネルギーは5倍で試験を実施している。図4に疲労周期12秒と疲労周期1日の引張応力低下率を示す。MS-2は、両周期における疲労回数14回目の引張応力低下率はほぼ同じ値である。これは、MS-2の応力低下特性には、目地変形の繰返し回数が支配的に影響を及ぼすものと考えられる。一方、MS-1についてはMS-1の応力低下特性には疲労負荷時間が支配的に影響を及ぼすものと推察される。

以上より、MS-2は温度 23 ± 2 の条件下でJISA 1439で規定されている5~6回/分の疲労周期による試験方法によって、実周期である1回/日の疲労の影響を負荷できているが、MS-1は疲労周期の影響を考慮して疲労試験を実施する必要があると考えられる。

表4 本研究で負荷した周期と最大疲労回数時の試験日数と歪エネルギーの関係

試験条件		日数 (比)	総歪 エネルギー
周期	疲労回数 (比)		
12秒	10000 (714倍)	1.4 (1)	5倍
1日	14(1)	14 (10倍)	1

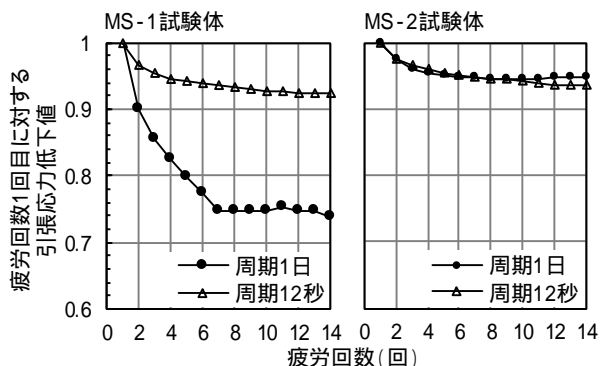


図4 疲労周期の違いによるシーリング材の荷重低下

5 . 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 11 件)

- 1) Miyauchi, H., Lacasse, M. A., Ito, A. and Yamada, H., New automated fatigue testing device for assessing performance of sealant jointing products, 6th Symposium on the Durability of Building and Construction Sealants and Adhesives, 2017
- 2) 山田人司、宮内博之、八田泰志、鳥居智之、添田智美、伊藤彰彦、シーリング材に繰り返し変形を与えた時の圧縮、引張応力変化の特性 その 1: シーリング材種と疲労周期の影響、日本建築学会学術講演梗概集、pp.903-904、2017
- 3) 三浦尚文、宮内博之、硬化途上の MS-2 および PU-1 に繰り返し疲労を与えた際の圧縮、引張荷重変化の計測、日本建築学会学術講演梗概集、pp.905-906、2017
- 4) 山下浩平、宮内博之、中島亨、伊藤彰彦、添田智美、片山大樹、梶山武夫、高橋愛枝、坪田篤侍、鳥居智之、八田泰志、西谷久、桐林亨、山田人司、硬化途上ムーブメントを考慮したシーリング材の接着性、耐疲労性評価試験方法の検討 その 2. 耐疲労性に影響を及ぼす要因検証、日本建築学会学術講演梗概集、pp.901-902、2017
- 5) 八田泰志、宮内博之、伊藤彰彦、高橋明、山田人司、砂山佳孝、鳥居智之、樋口豊、本郷雅也、久住明、井原健史、根本かおり、シーリング材の接着性評価方法に関する研究(その 3 温水伸長試験による接着信頼性評価)、日本建築学会学術講演梗概集、pp.891-892、2017
- 6) 八田泰志、本郷雅也、宮内博之、伊藤彰彦、井原健史、砂山佳孝、添田智美、高橋愛枝、高原英之、鳥居智之、中島亨、樋口豊、根本かおり、山田人司、シーリング材の接着性評価方法に関する研究(その 4 温水伸長試験の判定基準および適用範囲について)、日本建築学会学術講演梗概集、pp.989-990、2018
- 7) 山下浩平、宮内博之、添田智美、伊藤彰彦、牛尼伸也、桐林亨、片山大樹、坪田篤侍、西谷久、八田泰志、小倉寛之、山田人司、硬化途上ムーブメントを考慮したシーリング材の接着性・耐疲労性評価試験方法の検討 その 3. ムーブメントの引張・圧縮開始の条件と環境温度の影響、日本建築学会学術講演梗概集、pp.993-994、2018
- 8) 三浦尚文、宮内博之、温度条件を変化させた場合の硬化途上における圧縮・引張荷重変化の計測、日本建築学会学術講演梗概集、pp.1001-1002、2018
- 9) 八田泰志、本郷雅也、宮内博之、山田人司、高原英之、鳥居智之、樋口豊、三宅容慈、伊藤彰彦、井原健史、砂山佳孝、添田智美、高橋愛枝、中島亨、根本かおり、シーリング材の接着性評価方法に関する研究(その 5 屋外暴露後の温水伸長試験)、日本建築学会学術講演梗概集、2019 年 9 月発表予定
- 10) 高原英之、八田泰志、本郷雅也、宮内博之、山田人司、鳥居智之、樋口豊、三宅容慈、伊藤彰彦、井原健史、砂山佳孝、添田智美、高橋愛枝、中島亨、根本かおり、シーリング材の接着性評価方法に関する研究(その 6 屋外暴露後の温水伸長試験 -1 年暴露後の評価-)、日本建築学会学術講演梗概集、2019 年 9 月発表予定
- 11) 山下浩平、宮内博之、添田智美、伊藤彰彦、桐林亨、片山大樹、坪田篤侍、西谷久、八田泰志、小倉寛之、山田人司、中島亨、シーリング材に繰り返し変形を与えた時の圧縮・引張応力変化の特性 その 2. 変位量と温度条件、及び伸縮繰り返し回数の影響、日本建築学会学術講演梗概集、2019 年 9 月発表予定