調査研究報告　　No.437
RESEARCH REPORT 2023. 3

建築材料の耐久性評価に関する基礎的研究

Basic research on evaluation of durability of building materials

高橋　光一[1)]、飯泉　元気[2)]、糸毛　治[3)]
Kouichi Takahashi[1)],Genki Iizumi[2)] ,Osamu Itoge[3)]

地方独立行政法人北海道立総合研究機構
建築研究本部
建築性能試験センター/北方建築総合研究所
Building Performance Testing Center / Northern Building Research Institute
Building Research Department
Local Independent Administrative Agency Hokkaido Research Organization

1)建築性能試験センター　評価試験課　研究職員　2) 北方建築総合研究所　建築研究部　環境システムＧ　研究主任・博士（工学）
3)北方建築総合研究所　建築研究部　建築システムＧ　研究主幹・博士（工学）
1)Researcher of Performance Testing and Evaluation Section 2)Researcher of Environment System Group, Dr.(Eng.)
3)Senior Research Manager of Building Engineering System Group, Dr.(Eng.).

本書の全部および一部の無断での転載はご遠慮ください。

No unauthorized reproduction

概　要
Abstract

建築材料の耐久性評価に関する基礎的研究
Basic research on evaluation of durability of building materials

高橋　光一 1)、飯泉　元気 2)、糸毛　治 3)
Kouichi Takahashi1),Genki Iizumi2）,Osamu Itoge3)

キーワード ***：*** *耐久性、コンクリート、窯業系サイディング、凍害、暴露試験*
Keywords : *Durability, Concrete , Ceramic Siding, Frost Damage, Exposure Test*

1．研究概要

1）研究の背景

・高度経済成長期からバブル期に大量に建設された建築物の老朽化が進み，建替，維持管理に関わる財政負担軽減のため，ストックマネジメントや建築物の長寿命化の必要性が叫ばれている。建築物の寿命は，構成する部材，材料の寿命に依存することは自明であり，個々の材料の耐久性を定量的に知ることは，建築物の寿命予測，制御を行う上で必要不可欠となる。そのため，実環境下での材料の耐久性モニタリング（暴露試験）が実施されており，当所でも古くから各種材料の寒冷地での暴露試験を行っている。

・屋外で使用される各種建築材料は，日射，風雨などにより性能等が時間経過に伴い変化する。北海道では，降雪，凍結融解等の影響が加わり，耐久性の低下が著しい場合があるが，新規開発材料などでは寒冷地の耐久性データが十分といえないものが多々ある。また，耐久性の評価では，日射，凍結融解など特定因子の強度を高めた室内促進暴露試験が行われるが，短期間で劣化を付与できるものの，劣化の再現性や実環境における耐用年数との関係などが明らかとなっていない。

2）研究の目的

・当所で開発した材料の実環境における性能検証データを取得するとともに，耐久性評価に関する基礎的検討を行う。

2．研究内容

重点研究等で開発したコンクリート等の長寿命等の効果について検証を継続する。また，実構造物等の耐久性データを収集する。これまでに取得した耐久性データの詳細分析を進め，促進試験と暴露劣化の関係等を検討する。

1）建築材料の耐久性に関するモニタリング（令和 2～4 年度）

・ねらい： 重点研究で開発した「長寿命コンクリート」,「自己修復コンクリート」の実環境における性能検証データ計測を継続する。重点研究「積雪寒冷地におけるコンクリート劣化の分析評価技術の開発」において作製した試験体をモニタリングし，劣化進行データ取得を継続する。また，実構造物における劣化度の調査等を実施し，耐久性データを取得する。

・試験項目等：相対動弾性係数，超音波伝搬速度，光沢度，色差計等

2）劣化材料の詳細分析（令和 2～4 年度）

・ねらい： 平成 14 年度より実施した暴露試験により得られた劣化材料（サイディング，金属板等）の詳

1)建築性能試験センター　評価試験課　研究職員　2) 北方建築総合研究所　建築研究部　環境システム G　研究主任・博士（工学）
3)北方建築総合研究所　建築研究部　建築システム G　研究主幹・博士（工学）
1)Researcher of Performance Testing and Evaluation Section 2)Researcher of Environment System Group, Dr.(Eng.)
3)Senior Research Manager of Building Engineering System Group, Dr.(Eng.).

細分析を進め，促進試験との関係や気象条件の影響等の検討を行う。
・試験項目等：顕微鏡観察，組成分析等

3．研究成果

1）建築材料の耐久性に関するモニタリング（令和 2～4 年度）

・当研究所で暴露中の自己修復コンクリートについて，実環境における長期的な性能を検証するために，耐久性の評価指標の一つである超音波伝播速度について測定を行った。

・暴露 13、14 年目の測定を行った結果，自己修復コンクリートの方が普通コンクリートよりも，経年に伴う超音波伝播速度比の低下が緩やかであり、これまでの測定結果と同様の傾向が確認された(図 1)。

・4 地域(旭川・北斗・帯広・札幌)で暴露中のコンクリート試験体について、耐久性の評価指標である質量、相対動弾性係数および超音波伝播速度の測定を行い、ならびに外観観察を実施した。

・暴露 3、5 年目での測定を行った結果、促進凍結融解試験で顕著な劣化を示したコンクリートであっても、劣化は見られなかった(図 2)。

2）劣化材料の詳細分析（令和 2～4 年度）

・各地域に暴露していた窯業系サイディングを回収した(札幌・旭川…H14～H30、陸別…H17～R2)。

・回収した窯業系サイディングについて，劣化程度を把握するため、厚さ、質量の測定を行った。暴露年数と凍害劣化程度および厚さ変化率の関係を見たところ、以下の点を確認した。

・製法に着目すると、抄造法と脱水プレスでは、凍害劣化が早く、特に抄造法は、激しく劣化した。

・地域ごとに見ると、3 地域の中で旭川における劣化が最も早かった。

・90° に立てて設置した場合と 45° に傾けて設置した場合で比較すると、45° の方が、劣化が早かった。

・窯業系サイディングの外観上の劣化について，吉野らが提案した凍害劣化指数による評価を行った。その結果, 凍結融解試験後の厚さ変化率が低く JIS 規格を満たしたものでも, 外観上の劣化が生じる(図 3)。

・窯業系サイディングの劣化状況は、H27 年度での状況と大きな変化はなく、これまでの検討結果は、H27 年度の検討結果と同じ結論が得られた。

＜具体的データ＞

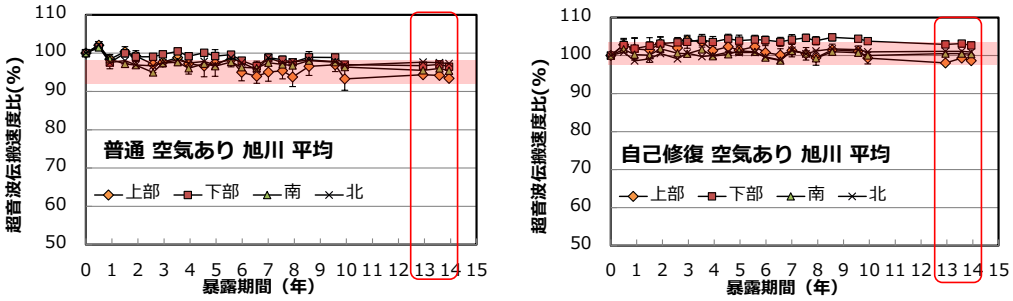


図 1　超音波伝播速度の比較

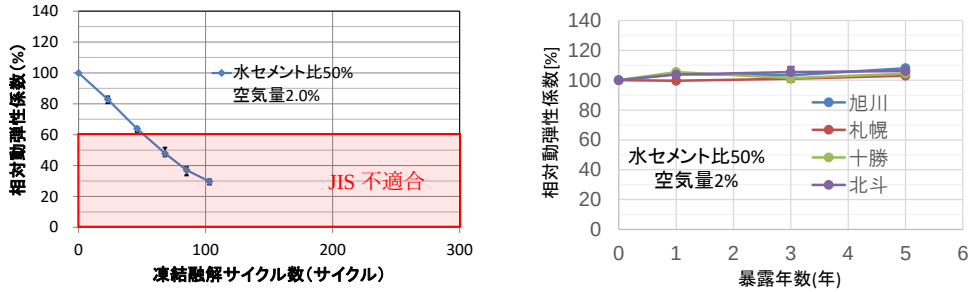


図 2　相対動弾性係数の比較

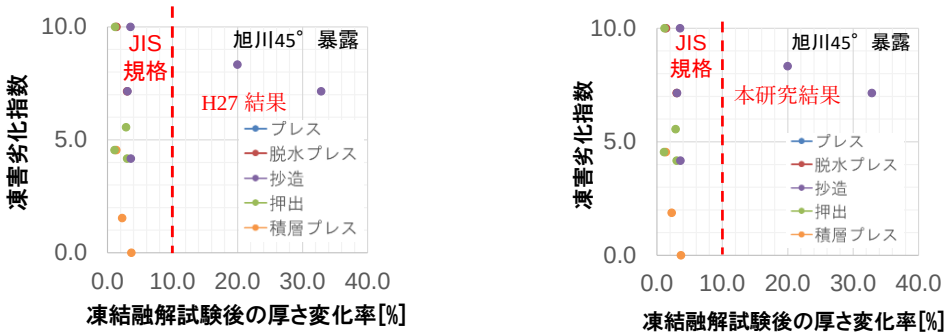


図３　凍結融解試験後の厚さ変化率と凍害劣化指数の関係

４．今後の見通し

・自己修復コンクリート、コンクリート試験体については、引き続きモニタリングを実施する。

目　次

目次

１．はじめに……..1
（１）研究の背景……..1
（２）研究の目的……..1
（３）研究の構成……..1

２．自己修復コンクリート……..1
（１）暴露の経緯と目的……..1
（２）暴露した試験体と暴露条件……..2
（３）暴露試験体の測定方法……..2
（４）測定結果・考察……..3

３．コンクリート試験体……..3
（１）暴露の経緯と目的……..3
（２）暴露した試験体と暴露条件……..3
（３）暴露試験体の測定方法……..4
（４）促進凍結融解試験の方法……..4
（５）測定結果・考察……..4

４．窯業系サイディング……..8
（１）はじめに……..8
（２）暴露した試験体と暴露条件……..8
（３）暴露試験体の測定方法……..8
（４）促進凍結融解試験の方法について……..9
（５）測定結果……..9

５．まとめ……..10

１．はじめに

（１）研究の背景

高度経済成長期からバブル期に大量に建設された建築物の老朽化が進み，建替，維持管理に関わる財政負担軽減のため，ストックマネジメントや建築物の長寿命化の必要性が叫ばれている。建築物の寿命は，構成する部材，材料の寿命に依存することは自明であり，個々の材料の耐久性を定量的に知ることは，建築物の寿命予測，制御を行う上で必要不可欠となる。そのため，実環境下での材料の耐久性モニタリング（暴露試験）が実施されており，当所でも古くから各種材料の寒冷地での暴露試験を行っている。

屋外で使用される各種建築材料は，日射，風雨などにより性能等が時間経過に伴い変化する。北海道では，降雪，凍結融解等の影響が加わり，耐久性の低下が著しい場合があるが，新規開発材料などでは寒冷地の耐久性データが十分といえないものが多々ある。また，耐久性の評価では，日射，凍結融解など特定因子の強度を高めた室内促進暴露試験が行われるが，短期間で劣化を付与できるものの，劣化の再現性や実環境における耐用年数との関係などが明らかとなっていない。

（２）研究の目的

本研究では、当所で開発した材料の実環境における性能検証データを取得するとともに，耐久性評価に関する基礎的検討を行うことを目的とした。

主なモニタリング対象は、自己修復コンクリート、コンクリート試験体、窯業系サイディングの 3 種類である。

（３）研究の構成

表 1-1 に調査対象と調査の期間を示す。本研究は令和 2 年度から令和 4 年度までの 3 年間実施した調査である。自己修復コンクリートについては第 2 章、コンクリート試験体については第 3 章、窯業系サイディングについては第 4 章でそれぞれ述べる。

２．自己修復コンクリート

（１）暴露の経緯と目的

平成 16～18 年度の 3 年にわたり、重点研究「自己修復コンクリートの開発」を行い、供用期間に凍結融解作用などにより生じる微細なひび割れを自ら修復する機能を付加したコンクリートの調合設計手法の提案を行った [1)]。

平成 19～20 年度には、開発したコンクリートの実用化を目指し、実際のコンクリート工場で「自己修復コンクリート」を製造し、基礎性状の検証を行うための共同研究「自己修復コンクリートの実用化」を行った [2)]。

この中で信頼性の検証のため、屋外暴露試験体を作製し、モニタリングを行うこととした。これらのモニタリングは、平成 28～R1 年度の経常研究「建築材料の耐久性モニタリングと評価に関する基礎的研究」に引き継がれ、10 年目の測定で一度結果を報

表 1-1　調査対象と調査期間

建材の種類	年度																												
	95	96	97	98	99	0	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	H7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	R1	2	3	4	5
窯業系サイディング	経常①																					経常②				本研究			
	初期製品試験(暴露、促進試験)																												
								改良品試験(暴露、促進試験)																					
自己修復コンクリート										重点①		重点②		経常①								経常②				本研究			
													暴露試験																
コンクリート試験体																							重点③			本研究			
																							暴露試験						

経常研究①…「建築材料の耐久性に関する研究」
経常研究②…「建築材料の耐久性モニタリングと評価に関する基礎的研究」
重点研究①…「自己修復コンクリートの開発」
重点研究②…「自己修復コンクリートの実用化」
重点研究③…「積雪寒冷地におけるコンクリート劣化の分析評価技術の開発」

告している[3]。

本研究においては、暴露 13 年目、14 年目のデータを追加し、結果を報告する。

（2）暴露した試験体と暴露条件

コンクリート作製時の使用材料の一覧を表 2-1 に示す。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は錦多峰産陸砂、粗骨材には袰朗産石灰石砕石を使用した。減水剤はマイティー150、AE 剤には、普通コンクリートにはヴィンソル、フライアッシュ混入のある自己修復コンクリートにはヤマソーFA を用いた。フライアッシュは北海道電力厚真火力発電所産のフライアッシュを使用した。フライアッシュの各種性状、化学組成などの詳細は、北方建築総合研究所調査研究報告 No.245「自己修復コンクリートの実用化」[2]に示されている。

コンクリートは、比較用の普通コンクリートで空気連行のない N、空気連行のある NA、フライアッシュを混合した自己修復コンクリートで空気連行のない F と空気連行のある F A の 4 種類である。

屋外暴露試験体の形状は、1500×1500mm、幅 500mm、厚さ 150mm のボックスカルバートとした。暴露中の自己修復コンクリートを写真 2-1 に示す。暴露場所は北方建築総合研究所である。暴露試験体は鉛直壁面を南面へ向け、南北に設置した。

表 2-1　自己修復コンクリートの使用材料

材料名	種類
セメント	日鐵セメント　普通ポルトランドセメント
細骨材	錦多峰産　陸砂
粗骨材	袰朗産　砕石(石灰岩)
フライアッシュ	北海道電力厚真火力発電所産　フライアッシュ
減水剤	(株)花王　マイティー150
AE剤	(株)山宗化学 N:ヴィンソル F:ヤマソーFA



写真 2-1　暴露中の自己修復コンクリート

（3）暴露試験体の測定方法

ボックスカルバートの継続的なモニタリングには、躯体の健全度を評価するために、非破壊試験である超音波伝播速度の測定を行った。超音波伝播速度の測定は、PANJIT6 により行い、毎年 5 月、10 月の 2 回の測定を行った。超音波伝播速度の測定位置を図 2-1 に示す。端子間距離 500mm の測定箇所として図

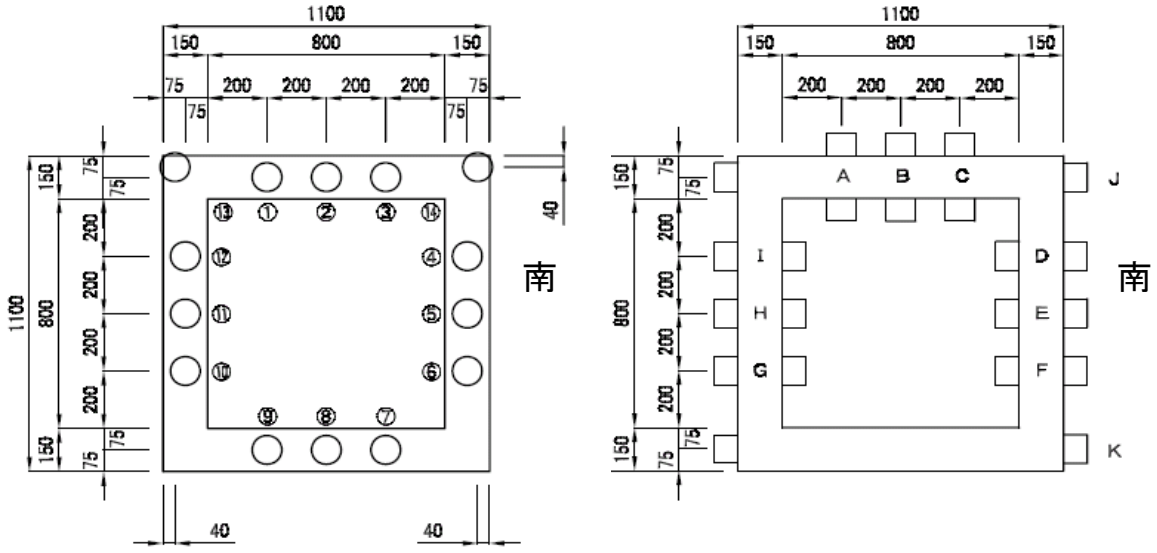


図 2-1　超音波伝播速度の測定位置

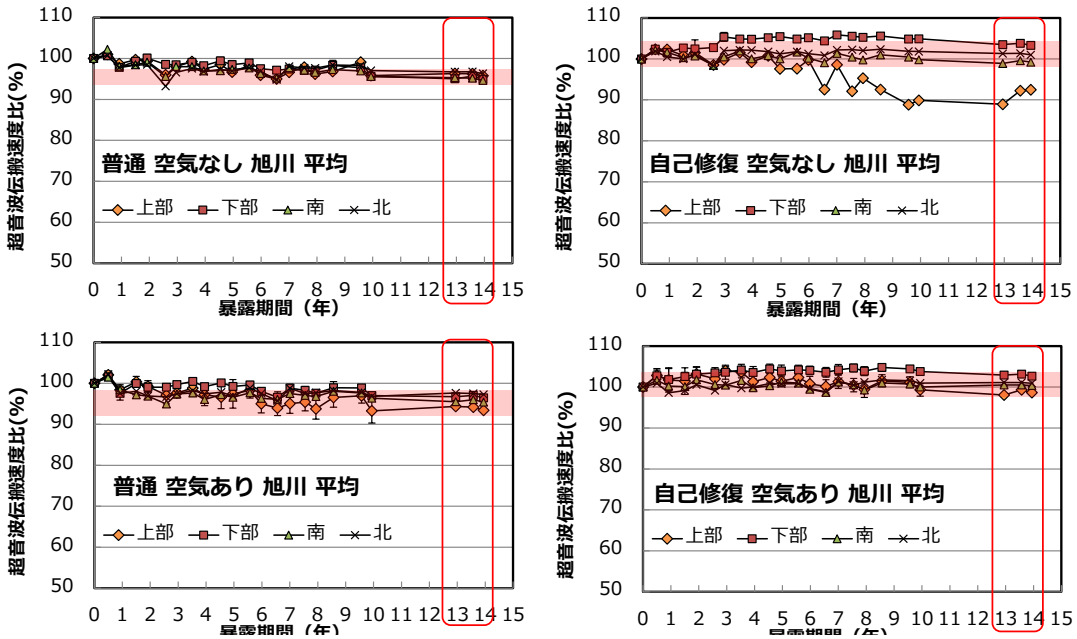


図 2-2　超音波伝播速度比の比較

に示す①～⑭の１４か所、端子間距離 150mm で A～I の 9 か所、端子間距離 1100mm で J,K2 か所の、計 25 か所の測定を行った。

（４）測定結果・考察

図 2-2 に超音波伝播速度の測定結果を示す。縦軸は超音波伝播速度比であり、暴露初期に得られた測定値に対する割合で表している。また、それぞれのコンクリートでの測定位置ごとの平均を示した。

自己修復の空気なしの上部を除き、暴露期間の経過に伴い、超音波伝播速度比が大きく低下したものはなかった。比較用の普通コンクリートでは、いずれも超音波伝播速度比が 100%を下回っているものの、自己修復コンクリートでは、100%以上の超音波伝播速度比を保っているものが多かった。

以上のことから、自己修復コンクリートの方が、経年に伴う超音波伝播速度比の低下が緩やかであった。これは、暴露 10 年目時点での測定結果と同様の傾向であった。暴露 14 年の状況でも大きな劣化は生じておらず、モニタリングを継続する必要がある。

３．コンクリート試験体

（１）暴露の経緯と目的

平成 28～30 年度の 3 年にわたり、重点研究「積雪寒冷地におけるコンクリート劣化の分析評価技術の開発」を行った。この中で、コンクリート試験体を作製し、促進凍結融解試験(ASTM[4]、CIF[5])を行うとともに、促進凍結融解試験結果と各地域における実環境での暴露結果の関係を結び付けるための劣化モデルの作成のために、暴露試験を実施した。

（２）暴露した試験体と暴露条件

試験体の形状は、φ100×200mm の円柱試験体と、100×100×400mm の角柱試験体の 2 種類とした。W/C＝0.5 で、空気量は 2.0%と 6.0%の 2 水準とした。

暴露中のコンクリート試験体の一例を写真 3-2 に示す。暴露場所は、旭川(北方建築総合研究所)、札幌(工業試験場)、帯広(十勝農業試験場)、北斗(道南農業試験場)の 4 地域である。



写真 3-1　暴露中のコンクリート試験体(北斗)

（３）暴露試験体の測定方法

測定項目は、耐久性に関わる指標として、質量、たわみ振動数、縦振動数、超音波伝播速度を測定し、円柱試験体については縦振動数も測定した。さらに試験体の外観観察も行った。

たわみ振動数および縦振動数は、三洋試験機工業(株)の LC-674 で測定した。超音波伝播速度は、PANJIT6 により測定を行い、円柱試験体は底面から 20,30,50,100,180mm の箇所を、角柱試験体は底面から 12.5,31.25,50.68.75,87.5mm の箇所を測定した。

（４）促進凍結融解試験の方法

（２）で示したものと同じ条件のコンクリートについて、ASTM による促進凍結融解試験および RILEM CIF 法による促進凍結融解試験を H28 年に実施済みである。測定項目は、質量、たわみ振動数、超音波伝播速度とし、円柱試験体については縦振動数も測定した。測定機器は上記と同じである。

（５）測定結果・考察

凍結融解試験結果について、抜粋して示す。凍結融解試験(ASTM)のたわみ振動の相対動弾性係数と凍結融解サイクル数の関係を図 3-1 に示す。

空気量 2.0%の試験体については、円柱試験体・角柱試験体ともに、100 サイクルを迎える前に相対動弾性係数が 60%を下回った。空気量 6.0%の試験体は、空気量 2.0%の試験体よりも相対動弾性係数の低下は緩やかだが、円柱試験体の方は、300 サイクルを迎える前に相対動弾性係数が 60%を下回った。

各地域における暴露試験結果を示す。まずは、質量変化率の比較を図 3-2 に示す。円柱試験体の質量変化率は、どの地域においても 0.5%～1.5%の範囲であり、角柱試験体の質量変化率はどの地域においても 1.0%以下であった。どちらの試験体も暴露開始時よりも質量変化率は増加した。また、外観観察結果と比較すると、劣化による剥離は生じておらず、劣化による質量減少は生じていなかった。

次に、たわみ振動の相対動弾性係数の比較を図 3-3 に示す。空気量や試験体の形状、地域を問わず、相対動弾性係数は 100%を超えており、相対動弾性係数の低下は見られなかった。このことから、促進凍結融解試験(ASTM)で顕著な劣化が見られたコンクリートでも、暴露 5 年では劣化が見られない結果となった。

縦振動の相対動弾性係数の比較を図 3-4 に示す。たわみ振動の相対動弾性係数と同じ傾向を示しており、空気量、試験体の形状、地域によらず、相対動弾性係数は 100%を超えていた。

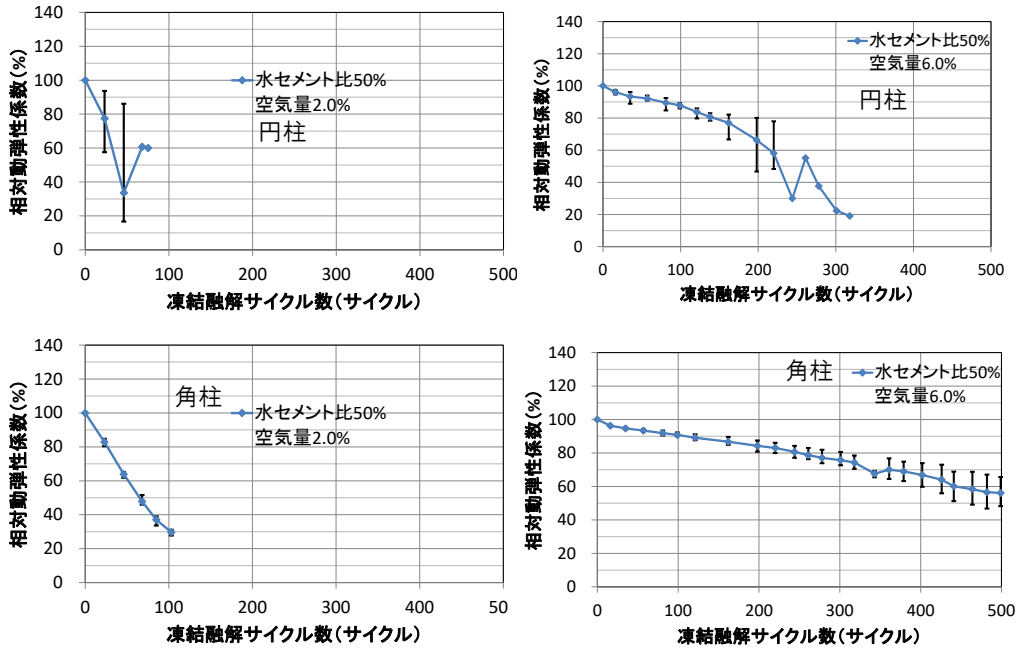


図 3-1　たわみ振動の相対動弾性係数の比較(ASTM による凍結融解試験)

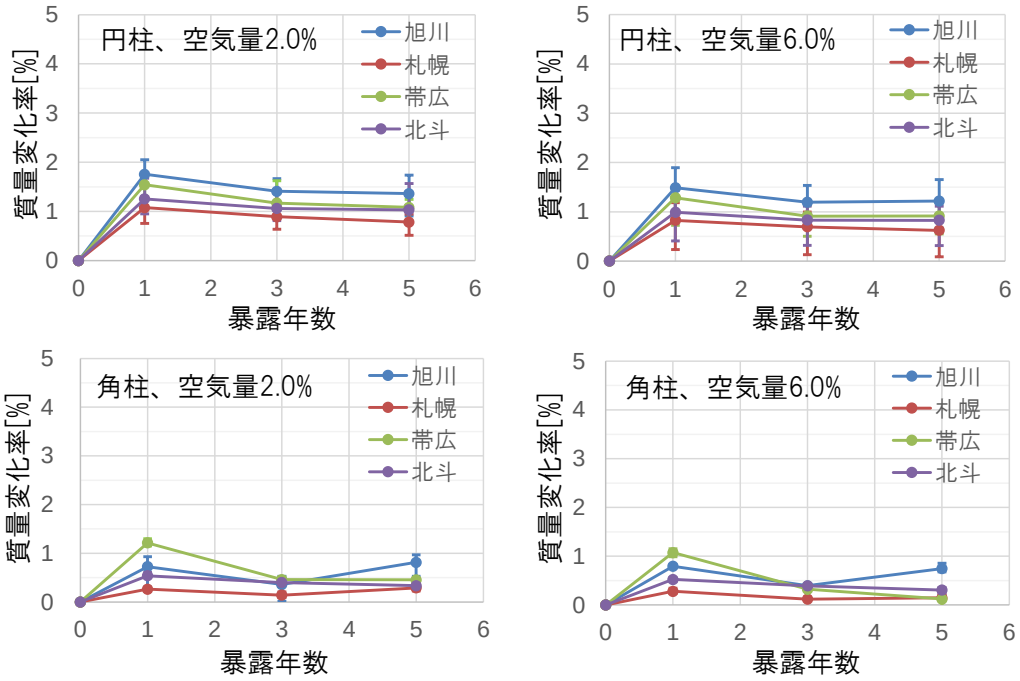


図 3-2　質量変化率の比較(暴露試験)

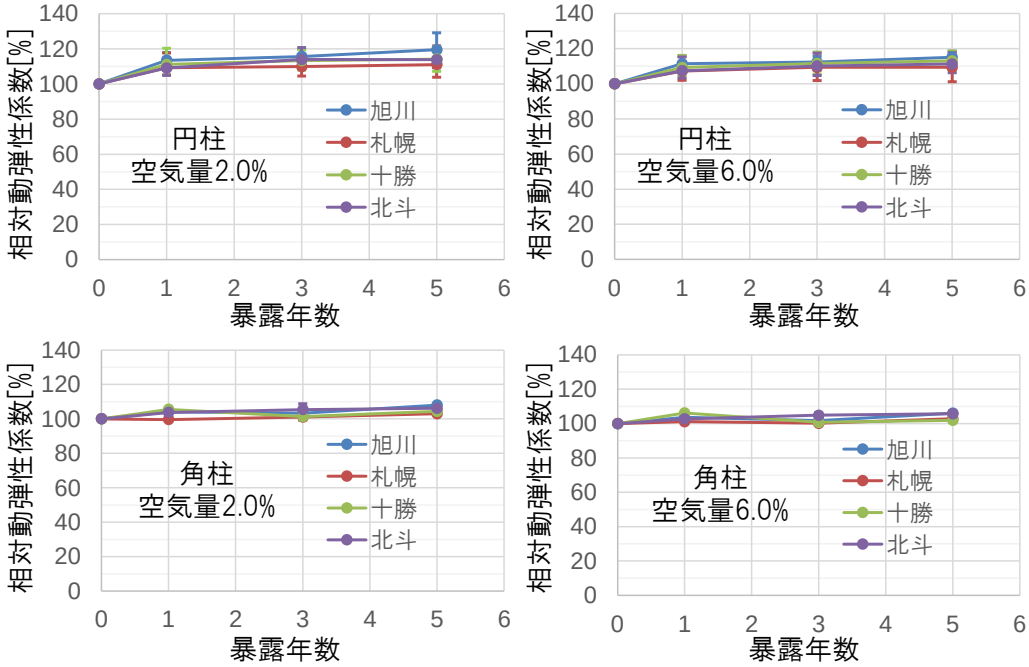


図 3-3　たわみ振動の相対動弾性係数の比較(暴露試験)

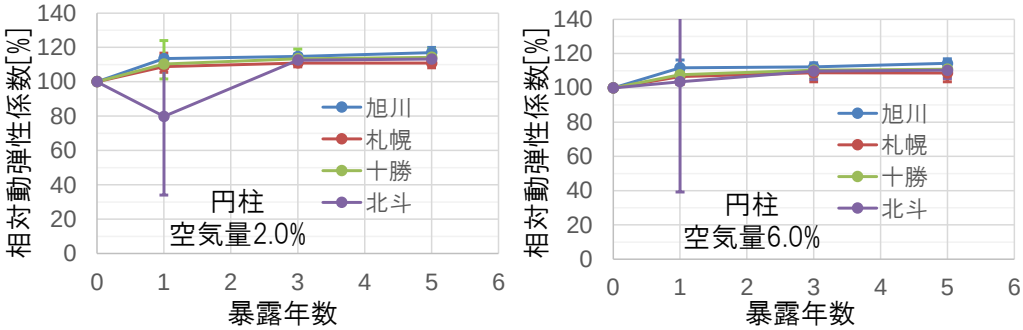


図 3-4　縦振動の相対動弾性係数の比較(暴露試験)

超音波伝播速度比の比較を図 3-5、図 3-6 に示す。空気量、試験体の形状、測定箇所、地域を問わず、暴露 5 年が経過しても超音波伝播速度比は 100%前後を保っており、劣化による超音波伝播速度比の減少は見られなかった。

以上のことから、促進凍結融解試験で顕著な劣化を示したコンクリートでも、暴露 5 年で劣化は見られなかった。現時点では、室内での促進凍結融解試験と実環境との対応は見られないため、モニタリングを継続する必要がある。

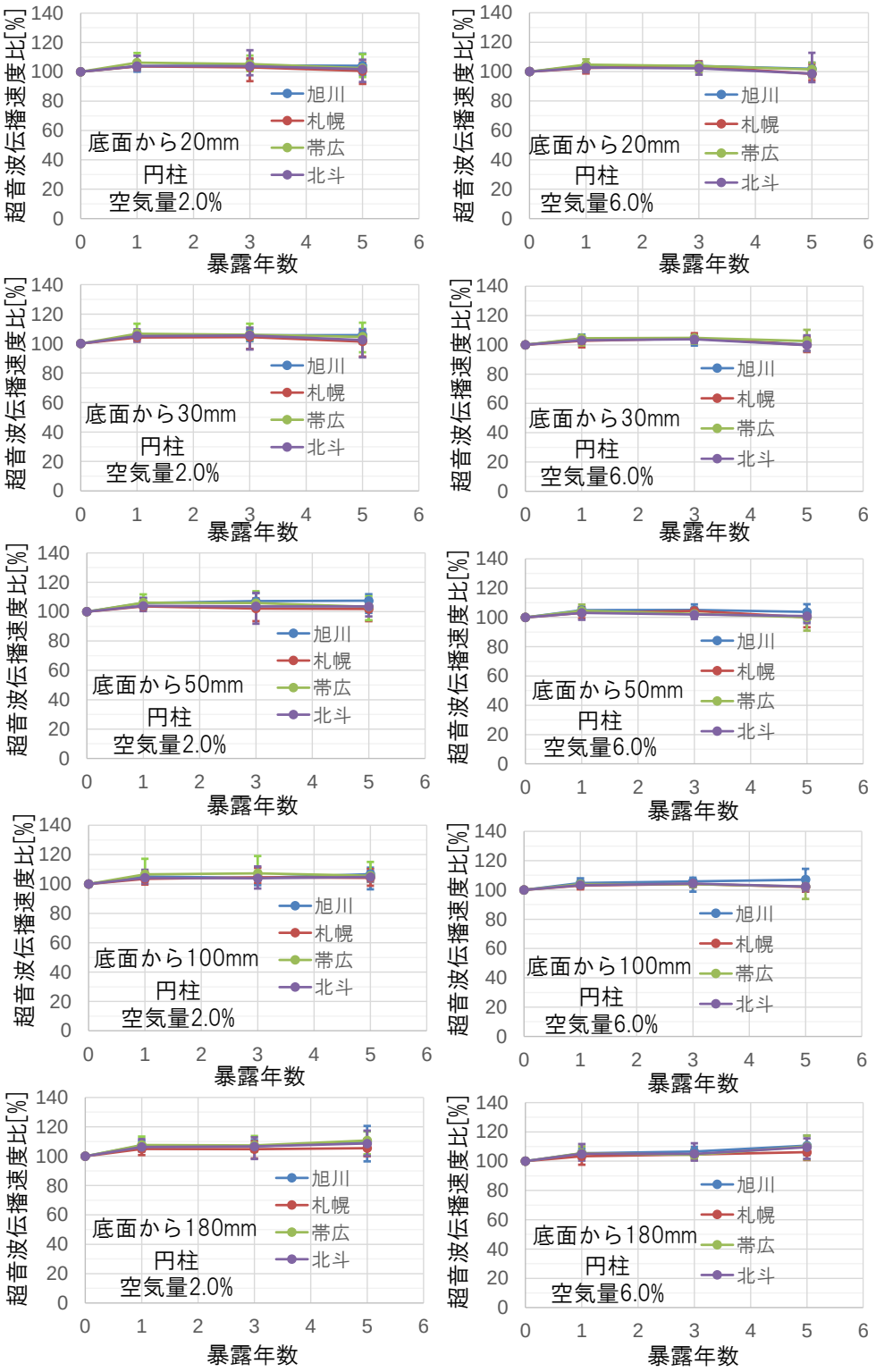


図 3-5　超音波伝播速度比の比較(暴露試験、円柱試験体)

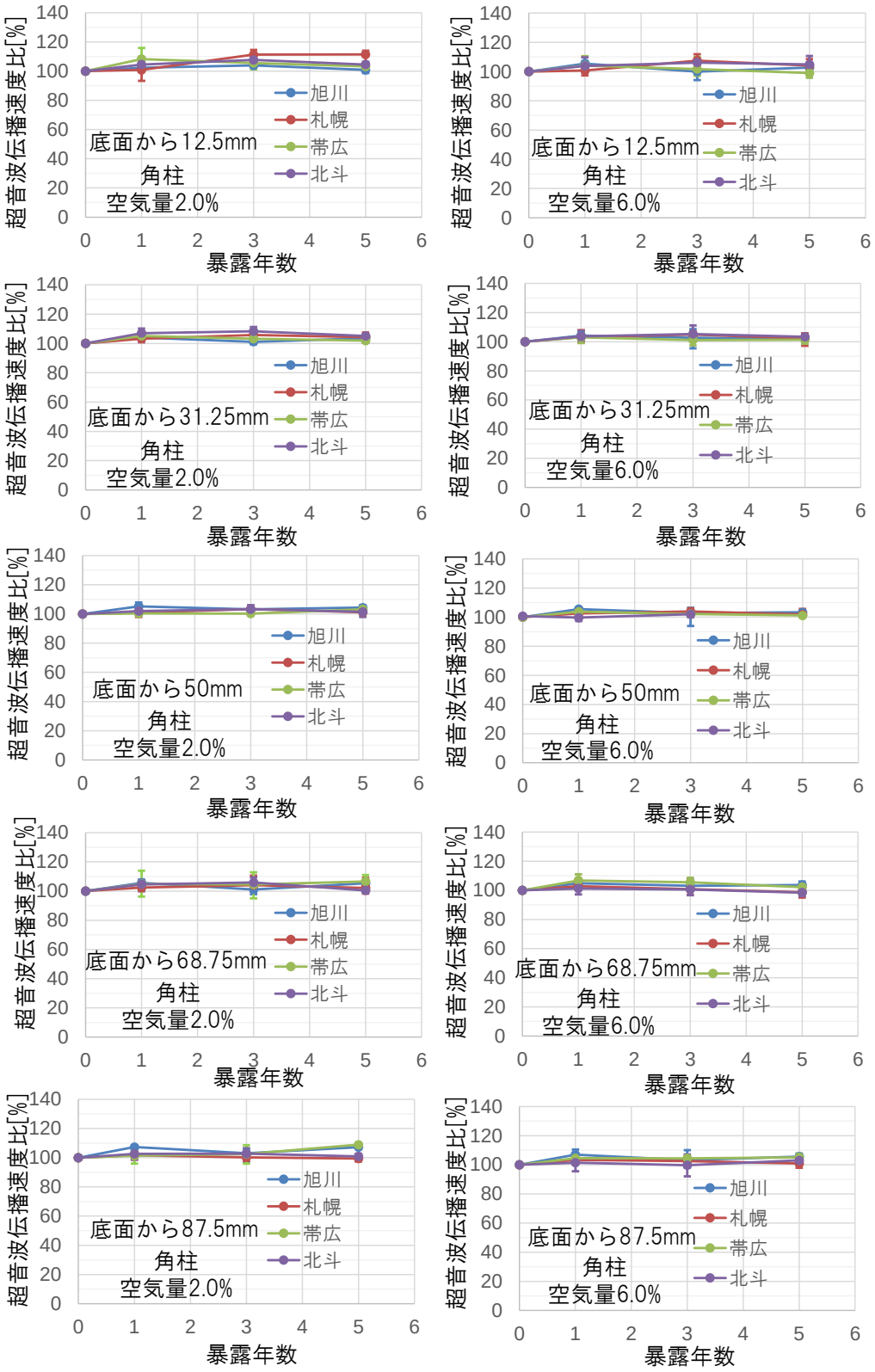


図 3-6　超音波伝播速度比の比較(暴露試験、角柱試験体)

4．窯業系サイディング

（1）はじめに

当所では、実環境における耐凍害性の検討のために、H14 年から窯業系サイディングの暴露試験を実施していた。H27 年度時点で、調査研究報告 No.362「建築材料の耐久性に関する調査」にて、暴露試験結果を報告した [6]。

（2）暴露した試験体と暴露条件

試験に用いた窯業系サイディングについて、表 4-1 に示す。暴露試験用の試験体は、長さ 200×幅 100mm の大きさで各 3 枚とし、小口面のシールは行っていない。暴露地域は、旭川(北方建築総合研究所)、札幌(工業試験場)、陸別(陸別町小利別)の 3 箇所である。暴露期間は、旭川と札幌の試験体が H14～H30 の 16 年、陸別の試験体が H17～R2 の 15 年である。暴露方法は、南面 45° 傾斜による暴露で、旭川でのみ垂直による暴露も実施した。試験体下部が収まる暴露架台の試験体受枠には雨水や融雪水が溜まる形状となっている。

（3）暴露試験体の測定方法

測定項目は質量、厚さとした。厚さは試験体の下部から 2cm 離れた箇所を測定した。また、暴露試験における外観上の劣化は、表 4-2 に示す基準に基づき評価した。写真 4-1 に、凍害劣化程度と評価値の関係を示す。さらに、凍害劣化程度と暴露年数を考慮した凍害劣化指数で評価することとした。凍害劣化指数 D は、暴露年数 10 年を基準とし、式(1)として表した。

$$D = P \times 10/t \qquad \cdots式(1)$$

ここで、D：凍害劣化程度の評価 5 を基準とする凍害劣化指数、P：凍害劣化程度、t：暴露年数もしくは P が 5 に至った時のその年数である。

表 4-1　実験に用いた窯業系サイディング

試験体番号	板厚	成形法	気乾かさ密度[g/cm3]	凍結融解300サイクル後厚さ変化率[%]
1	11	プレス	2.07	-0.2
2	15	脱水プレス	1.11	3
3	18	脱水プレス	1.15	1.4
4	12	抄造	1.04	20
5	16	押出	1.25	3
6	15	押出	1.51	-0.1
7	18	押出	1.10	0
8	13	押出	1.09	-0.1
9	12	積層プレス	1.12	2.3
10	16	抄造	1.20	3.6
11	12	抄造	1.14	32.9
12	16	積層プレス	1.33	1.4
13	18	押出	1.21	1.2
14	12	積層プレス	1.27	3.7
15	18	押出	1.07	1.1
16	15	押出	1.06	2.9
17	12	抄造	1.25	3.1
18	15	抄造	1.20	3.5

表 4-2　凍害劣化程度の判定基準

評価(P)	劣化面積a[%]	目視による凍害劣化程度
0	1>a	認められるような劣化がない
1	2>a≧1	やっと認められる程度
2	3>a≧2	明らかに認められる程度
3	4>a≧3	非常にはっきりと認められる
4	5>a≧4	著しい劣化が認められる
5	a≧5	激烈な劣化が認められる

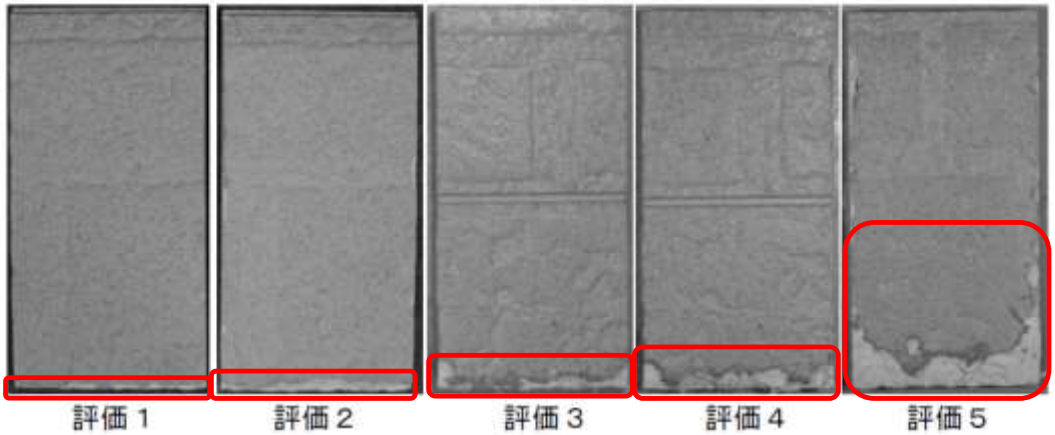


写真 4-1　凍害劣化程度の評価

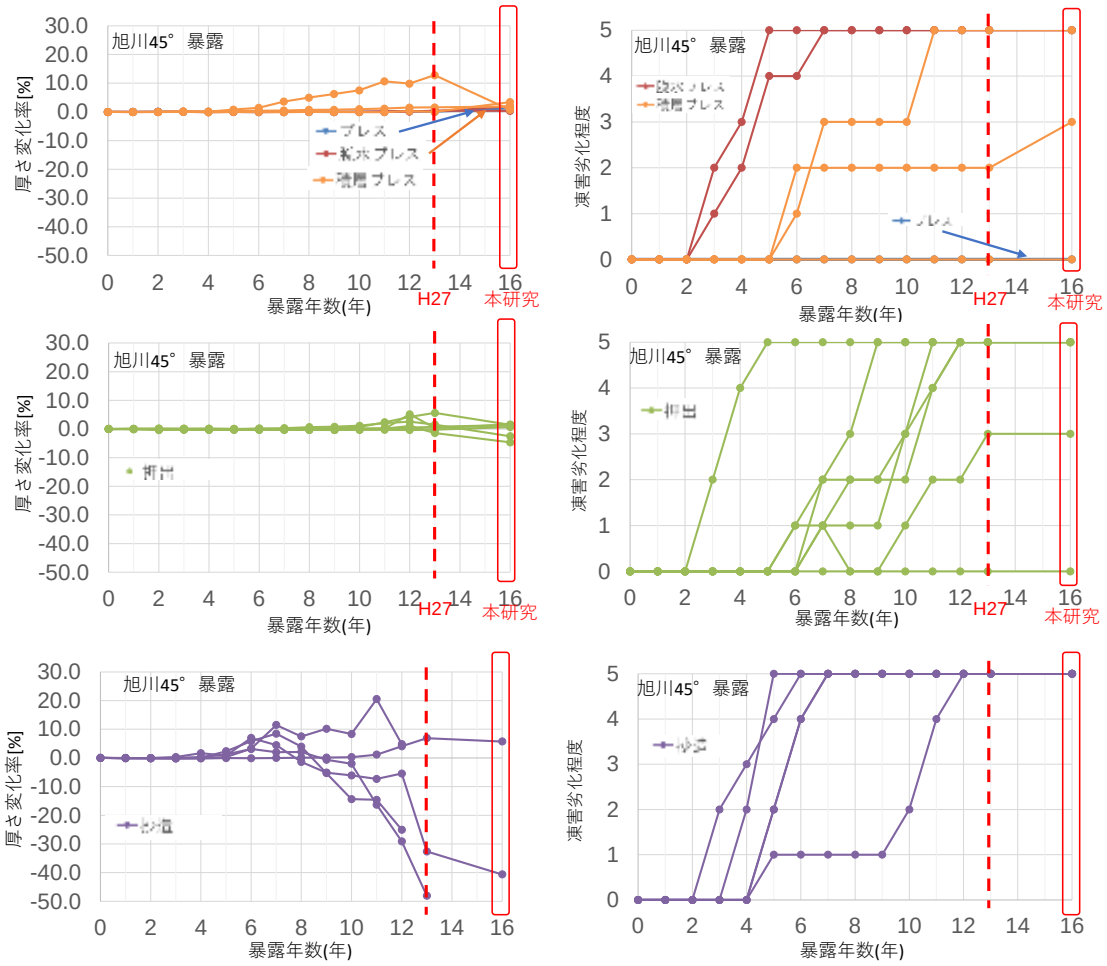


図 4-1　旭川 45° 暴露の厚さ変化率と凍害劣化程度

（4）促進凍結融解試験の方法について

表 4-1 に示した試験体について、H14 年時に促進凍結融解試験を実施しており、データを所有している。当時の試験条件としては、JIS A 5422[7]に準じて、300 サイクルの気中凍結融解試験を行った。試験体数は各 3 枚で、小口面のシールは行っていない。測定項目は質量、厚さとした。

（5）測定結果

旭川 45° 暴露における、厚さ変化率および凍害劣化程度と暴露年数の関係を図 4-1 に示す。旭川 45° 暴露で比較を行っているのは、後述のように、旭川での劣化が最も激しかったためである。

製法ごとで比較すると、製法が抄造法と脱水プレスのものについて、凍害劣化程度が暴露して 2、3 年で増加しており、凍害劣化が早い傾向となった。特に、抄造法の試験体では、凍害劣化程度の増加とあわせて、厚さ変化率の大幅な減少が見られた。これは、写真 4-2 に示した抄造法のサンプルの一例のように、試験体が下部から損傷したことにより、厚さの測定箇所の厚さが減少したためである。



写真 4-2　抄造法のサンプルの一例

次に、地域による比較を行う。最も凍害劣化程度の増加が早かった抄造法のサンプル 2 種類について、厚さ変化率と凍害劣化程度を図 4-2 に示す。3 地域の中で、最も旭川が、凍害劣化程度の増加が早い。また、設置角度で比較すると、設置角度 90°(垂直)のものよりも、45° 傾斜の方が、劣化が早い。

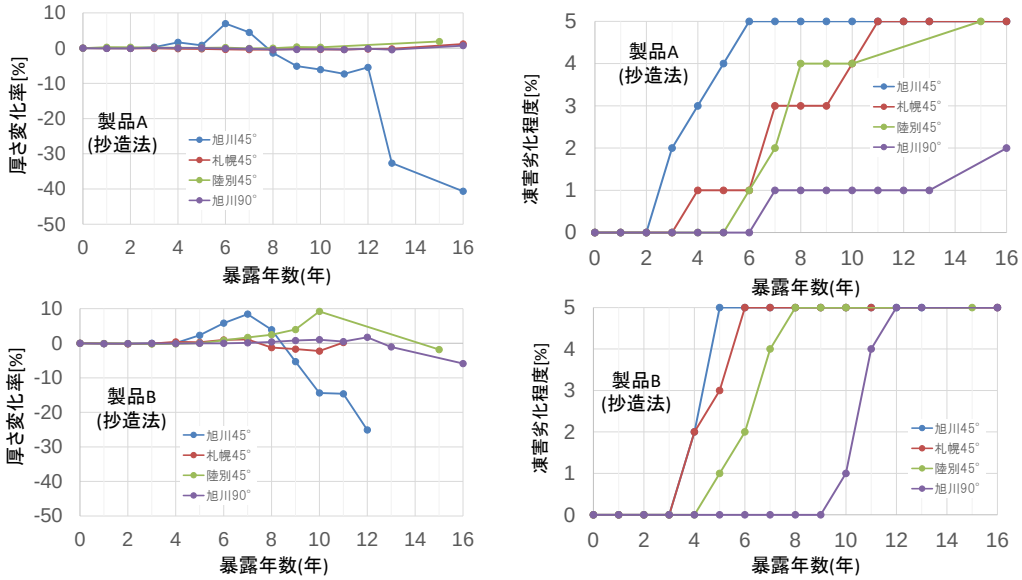


図 4-2　厚さ変化率と凍害劣化程度の地域による比較

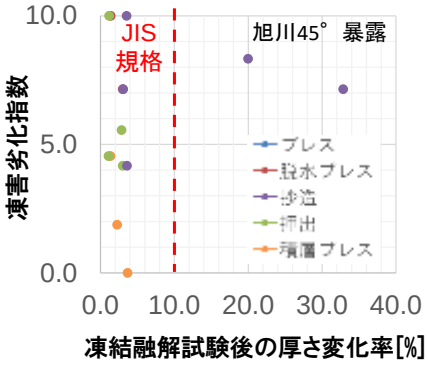


図 4-3　凍害劣化指数と
凍結融解試験後の厚さ変化率の関係

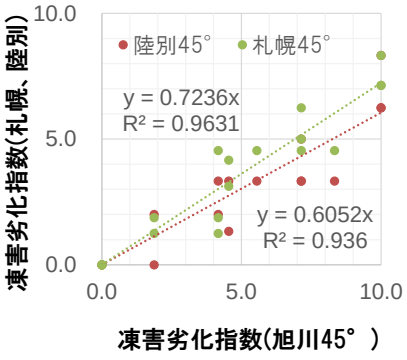


図 4-4　地域による
凍害劣化指数の比較

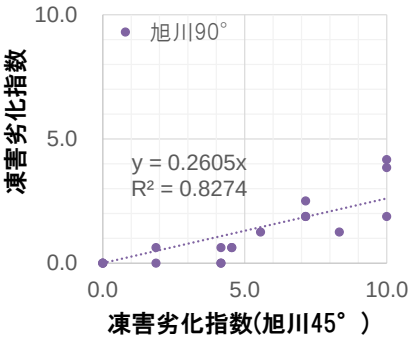


図 4-5　暴露角度による
凍害劣化指数の比較

凍害劣化指数と凍結融解試験後の厚さ変化率の関係を図 4-3 に示す。JIS A 5422 においては、凍結融解 200 サイクル後で厚さ変化率が 10%以下になるものを適合品としている。今回の試験体のうち、JIS 規格に適合しているものについても、暴露試験で外観上の大きな劣化が生じるものがあった。

地域による凍害劣化指数の比較を図 4-4 に示す。設置角度 45° のもので比較すると、旭川で最も劣化が進み、旭川、札幌、陸別の順で劣化が進んでいることがわかった。

暴露角度による凍害劣化指数の比較を図 4-5 に示す。図 4-2 でも示した通り、設置角度 90° (垂直)のものよりも、45° 傾斜の方が、劣化が早い。

これらの窯業系サイディングの劣化状況は、H27 年度時点の状況から大きな変化はなく、H27 年までの検討結果と同じ結論が得られた。

5．まとめ

本研究の成果を以下にまとめる。

・自己修復コンクリートでは、普通コンクリートよりも自己修復コンクリートの方が、経年に伴う超音波伝播速度比の低下が緩やかであった。これは、暴露 10 年目時点での測定結果と同様の傾向であった。

・コンクリート試験体では、促進凍結融解試験で顕著な劣化を示したコンクリートでも、暴露 5 年で劣化は見られなかった。

・窯業系サイディングでは、抄造法と脱水プレスでは、凍害劣化が早く、特に抄造法では、あわせて厚さ変化率の変化も大きく、激しく劣化した。

・窯業系サイディングでは、旭川において、設置角度 90° (垂直)よりも 45° の方が、劣化が早い。

・対象とした窯業系サイディングのうち、凍結融解

試験後で JIS 規格に適合しても大きな外観上の劣化が生じる。

・設置角度 45°で比較すると、劣化は旭川＞札幌＞陸別の順となった。

・これらの窯業系サイディングの劣化状況は、H27 年度時点の状況から大きな変化はなく、H27 年までの検討結果と同じ結論が得られた。

今後、自己修復コンクリート、コンクリート試験体については、引き続きモニタリングを実施する。

参考文献

1)北方建築総合研究所調査研究報告書 No.204「自己修復コンクリートの開発」，2007.3.

2)北方建築総合研究所調査研究報告書 No.245「自己修復コンクリートの実用化」，2009.3.

3)北方建築総合研究所調査研究報告書 No.406「建築材料の耐久性モニタリングと評価に関する基礎的研究」，2020.3.

4)ASTM C 666 「Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing」

5)RILEM TC 176-IDC 「Test of methods of frost resistance of concrete」

6)北方建築総合研究所調査研究報告書 No.362「建築材料の耐久性に関する調査」

7)JIS A 5422「窯業系サイディング」