

Ⅲ. 3 外壁及び屋根防水の補修・改修部分の耐久性評価手法

Ⅲ. 3. 1 新築時の外壁及び屋根防水の耐久性の考え方

1) 「耐久性総プロ」における耐用年数推定手法の提案

新築時の外壁及び屋根防水の耐用年数については、1980年代に実施された旧建設省総合技術開発プロジェクト「建築物の耐久性向上技術の開発（通称：耐久性総プロ）」において、工法毎に設定された標準耐用年数に、耐久性に影響する要素を係数として掛け合わせることで耐用年数を予測する手法が提示された。

仕上塗材については、耐用年数を「塗り仕上げ面が劣化外力により、機能・性能が低下し、通常の修繕や一部分の補修では許容できる限界まで回復することができなくなり、施工後最初に修繕を行う時期」と定義され、その推定式が式Ⅲ.3.1のように提案されている。

$$Y=Y_s \times O \times D \times B \times C \times M \quad (\text{式Ⅲ.3.1}) \quad \text{章末文献2)}$$

- Y_s : 標準耐用年数
- O: 材料による係数
- D: 地域環境による係数
- B: 部位による係数
- C: 施工水準による係数
- M: 維持保全による係数

表Ⅲ.3.1 「耐久性総プロ」で示された仕上塗材の標準耐用年数^{文献2)}

区分	外装塗り仕上材の種類		標準耐用年数 (年)
	例	JIS番号*	
塗料	アクリル樹脂エナメル	K 5654	6
薄付け仕上塗材	合成樹脂エマルジョン系リシン	A 6909	7
複層仕上塗材	アクリル系複層塗材E	A 6910	10
	アクリル系伸長形複層塗材E	A 6910	10
厚付け仕上塗材	セメント系厚塗材	A 6915	12

*JIS番号は当時の番号。1995年にJIS A 6909 に統合されている。

メンブレン防水については、耐用年数を「屋根メンブレン防水が何らかの原因で故障し、雨漏りが発生するような状態になったとき」とし、図Ⅲ.3.1に示す耐用年数推定式及び標準耐用年数が提案された。

推定耐用年数 Y :

$$Y=Y_s \times s \times a \times b \times c \times D \times M$$

Y_s : 標準耐用年数
s : 防水工法の選択係数
a : 設計係数
b : 施工係数
c : 施工時の気象係数
D : 劣化外力係数 (D=d₁×d₂)
d₁ : 断熱係数、d₂ : 地域係数
M : 維持保全係数

防水層の種類	工法の種類*	標準耐用年数
押えアスファルト防水	A-RA2、A-FB2	17年
露出アスファルト防水	A-RC2、A-RD2、A-FE2	13年
押えシート防水、露出シート防水	S-VR3、S-NR2、S-PV1等	13年
露出ウレタン塗膜防水	L-PU2等	10年

*標準耐用年数は、JASS 8 防水工事1981年版の工法について「耐久性総プロ」当時に推定値として提示されたものである。
現在のJASS 8の工法とは異なる。

図Ⅲ.3.1 耐久性総プロにおけるメンブレン防水の推定耐用年数の求め方と標準耐用年数^{章末文献3)}

その後、ISO15686 Buildings and constructed assets—Service life planning が発行され、耐用年数の推定式、標準耐用年数はそれぞれ Factor Method, Reference Service Life (以下 RSL と表記、建築物またはその部分に期待されるまたは予想される、ある特定の使用条件の組み合わせ(代表的組み合わせ)のもとでの耐用年数)と定義された。

2) RSL (Reference Service Life) の見直し

「耐久性総プロ」において提案された耐用年数推定手法の考え方にに基づき、その後学会や材料製造者等において耐久性に関するデータが蓄積されてきた。このため、独立行政法人建築研究所(当時、現在は国立研究開発建築研究所)の研究「建築物の長期使用に対応した材料・部材の品質確保・維持保全手法の開発に関する研究」(2009～2010年度)において、「耐久性総プロ」から20年以上が経過した状況における仕上塗材及び屋根防水の耐久性の概況を把握するとともに、必要に応じて耐久性の参照値である RSL の見直しが行われることとなった。

「耐久性総プロ」以降の耐用年数推定手法の主要な用いられ方としては、RSL を軸として耐久性への影響要因を考慮するといったものであったこと、係数で表される影響要因の影響の多寡等の係数についての検討結果は見当たらなかったことから、係数として設定されている要素とその数値についての見直しは行われなかった。

表Ⅲ.3.2 に、同プロジェクトにより提示された建築用仕上塗材の RSL (案) を示す。(社)建築業協会材料施工専門部会仕上材料研究会耐久性 WG (当時、現在は(社)日本建設業連合会)が実施した一連の研究^{章末文献4)}を基とし、さらに独立行政法人建築研究所が設置した委員会にて専門家判断により調整を行い提示された。

一方、表Ⅲ.3.3 に、同プロジェクトにより提示された防水層の RSL (案) を示す。防水層の種類ごとに、材料製造者または工業会等における経年変化や経年後の漏水の有無等のデータをもとにそれぞれ検討・提示された。

表Ⅲ.3.2 建築用仕上塗材のRSL(案) 章末文献5)より引用

○美観維持の観点からのリファレンスサービスタイプ			○上塗材の溶媒に関する係数	
仕上塗材種類	RSL(年)		溶媒種類	係数O ₁
薄付け仕上塗材仕上げ	外装薄塗材	4	溶剤系・弱溶剤系	1.0
	可とう形外装薄塗材	4		水系
	防水形外装薄塗材	7 (5)	1.1*	
厚付け仕上塗材仕上げ	外装厚塗材C	7 (6)	(1.0)	
	外装厚塗材Si		*アクリル系トップコートの場合	
	外装厚塗材E			
複層仕上塗材仕上げ	複層塗材CE	7	○上塗材の樹脂に関する係数	
	複層塗材Si		樹脂種類	係数O ₂
	複層塗材E		アクリル系	0.6
	複層塗材RE		耐候形3種 (ウレタン系)	1.0
	可とう形複層塗材CE		耐候形2種 (アクリルシリコン系)	1.4
	複層塗材RS		耐候形1種 (ふっ素系)	2.0 (1.8)
防水形複層仕上塗材仕上げ	防水形複層塗材CE	7	*()内は想定した樹脂の種類	
	防水形複層塗材E			
	防水形複層塗材RE			
	防水形複層塗材RS			

表Ⅲ.3.3 防水層のRSL(案) 章末文献5)

防水層の種類	RSL
[押え]アスファルト・改質アスファルトシート防水	20年
露出アスファルト・改質アスファルトシート防水	15年
露出合成高分子系シート防水	15年
露出ウレタンゴム系塗膜防水	15年
露出FRP 防水	15年

Ⅲ. 3. 2 改修後の外壁の耐久性評価の考え方

1) 概要

Ⅲ.3.1で新築時における仕上塗材の耐用年数の考え方を示したが、改修工事においては既存の外壁の経年状況等がその後の塗料、仕上塗材の品質に影響すると考えられる。

塗料・仕上塗材は、美観の確保ばかりではなく、下地や構造体の保護を目的として使用されているが、紫外線、水、汚染物質等に起因する経年劣化によって期待される性能が低下していく。したがって、適切な時期に改修工事が行われるが、改修工事にあたっては、定期的な点検結果や改修工事を勘案した調査・診断結果に基づいて、改修設計・改修工事が実施される。しかし、改修設計や改修工事が不適切な場合、比較的早期に不具合が認められることもあることから、期待される耐久性を確保するためには、改修設計や改修工事において留意すべきことがある。

このような観点から、塗料・仕上塗材の改修設計・改修工事にあたって調査・診断のポイント及び改修設計・改修工事のポイントを示す。

2) 塗装工事における改修設計・改修工事のポイント

(1) 対象

本項では、日本建築学会の建築工事標準仕様書（JASS18）に準じ以下の素地に塗装された既存塗料の改修を対象とする。

- ・鉄鋼、亜鉛めっき鋼の金属系素地に塗料が施されている下地
- ・木質系素地に塗料が施されている下地

(2) 改修設計を行うための調査診断のポイント

調査・診断を行うには、その適切な情報を事前入手しておく必要がある。設計図書などを含む保全関係図書からの情報が主となるが、これらの情報が不足する場合は現地調査または関係者からの情報収集などで補うとよい。対象建築物の情報が的確であれば改修設計を滞りなく進めることが可能である。表Ⅲ.3.4 に改修設計を行うための事前調査項目の要点と、その要点を外れた際に生じる早期不具合の例を示す。

表Ⅲ.3.4 改修設計を行うための事前調査項目と要点を外れた際に生じる早期不具合

(塗装(塗料)の場合)

	調査項目	調査する理由	調査の要点	要点を外れた際に生じる不具合
事前調査	1. 既存塗膜の種類	・既存塗膜への影響や所定の仕上がりを確保するための改修塗装系の選定及び塗装仕様を決定するため。	・過去の設計図書で特定できない場合は、現地での目視・指触、機器分析等によって既存塗膜の種類を推定する。	・既存塗膜と新規塗膜との付着性が確保できていない場合の、塗膜の膨れや剥がれ。 ・新旧塗膜の硬度差に伴う新規塗膜の割れ。 ・既存塗膜よりも耐久性のない新規塗料を採用した場合の早期の光沢低下・変色。 ・既存塗膜の耐溶剤性が不足している場合の、塗膜のちぢみ。
	2. 改修履歴がある場合の既存塗膜の層構成	・複数の塗膜層がある場合に、どの層あるいは層間に劣化が認められるかを調査し、既存塗膜の処理方法を検討するため。	・設計図書等による改修履歴で特定できない場合は、現地で既存塗膜を採取し、既存塗膜断面の目視観察または塗膜層の機器分析により判断する。	・脆弱な既存塗膜層が残存している場合の膨れまたは剥がれ。
	3. 既存塗膜の色調	・改修工事で要求される仕上がりを確保するため。	・設計図書等による既存塗膜の色の調査及び現地での色の確認。	・色違いまたは変退色。

事前調査の結果を基に、既存塗膜の調査・診断を行う。必要と思われる代表的な調査項目としては既存塗膜の汚れ、変退色、光沢低下、白亜化、摩耗、膨れ、浮き、割れ、剥がれなどがある。表Ⅲ.3.5(1)、及び表Ⅲ.3.5(2)に改修設計を行うための調査・診断項目と要点を外れた際に生じる早期不具合について示す。なお、表Ⅲ.3.5(1)は既存塗膜の表面における劣化現象を、表Ⅲ.3.5(2)は、既存塗膜の内部又はその下層における劣化現象を対象としている。

表Ⅲ.3.5(1) 改修設計を行うための調査診断項目と要点を外れた際に生じる早期不具合

【既存塗膜の劣化現象（表面）の場合】

	調査項目	調査する理由	調査の要点	要点を外れた際に生じる不具合
既存塗膜の劣化現象(表面)	1.汚れ	<ul style="list-style-type: none"> 被塗面となる既存塗膜の清浄確保のため。 所定の塗膜性能(改修塗料の既存塗膜に対する密着性)を確保するための改修塗装系の選定及び塗装仕様を決定するため。 雨筋汚れ発生対策のため。 	<ul style="list-style-type: none"> 既存塗膜の塵埃、さび、手垢、黴、苔、皮脂を含む油分、枯れ葉などを確認し、取り除くよう指示する。 美観重視で改修設計する場合、雨筋汚れ箇所も調査し、新規塗料選定の他、上部の水切り対策(天端水勾配)等も検討する。 	<ul style="list-style-type: none"> 改修下塗り塗装時のハジキ。 経時における既存塗膜と改修塗膜の層間剥離 同一箇所の汚れの再発。 塗膜裏面側からの水膨れ。
	2.変退色	<ul style="list-style-type: none"> 既存塗膜表面の経年劣化進行程度を把握するため。 	<ul style="list-style-type: none"> 白亜化とは区別して劣化程度を確認しておく。 塗り重ね適性においては大きな影響を及ぼさないが、現状の劣化程度を把握し、改修設計時の新規塗料選定の際に活用する。 	—
	3.光沢低下	<ul style="list-style-type: none"> 既存塗膜表面の経年劣化進行程度を把握するため。 	<ul style="list-style-type: none"> 塗り重ね適性においては大きな影響を及ぼさないが、現状の劣化程度を把握し、改修設計時の新規塗料選定の際に活用する。 	—
	4.白亜化	<ul style="list-style-type: none"> 所定の塗膜性能(改修塗料の既存塗膜に対する密着性)を確保するための改修塗装系の選定及び塗装仕様を決定するため。 	<ul style="list-style-type: none"> 既存塗膜表面が粉末状になり、新規下塗塗料の付着性を阻害する可能性がある。発止箇所、程度を把握し、適切な処理方法を指示する。程度によって粉化物の固定(シーラー処理)も検討する。 	<ul style="list-style-type: none"> 経時における既存塗膜と改修塗膜の層間剥離。

表Ⅲ.3.5(1) 改修設計を行うための調査診断項目と要点を外れた際に生じる早期不具合（つづき）

【既存塗膜の劣化現象（表面）の場合】

	調査項目	調査する理由	調査の要点	要点を外れた際に生じる不具合
既存塗膜の劣化現象（表面）	5.摩耗 表面強度低下	・所定の塗膜性能（改修塗料の既存塗膜に対する密着性）を確保するための改修塗装系の選定及び塗装仕様を決定するため。	・塗膜は、経時で表面の劣化や外力等の作用により、塗膜表層側から塗膜厚が減少したり、表面強度が低下したりする。 ・このような既存塗膜は高圧水洗で水圧を上げて除去するか、ワイヤブラシ、皮スキ等の手工具、また電動サンダー工具等を併用して脆弱部を除去するよう指示する。程度に応じて適切な処理方法を選択する・程度によっては固定（シーラー処理）も検討する。	・経時における既存塗膜と改修塗膜の層間剝離。

表Ⅲ.3.5(2) 改修設計を行うための調査診断項目と要点を外れた際に生じる早期不具合

【既存塗膜の劣化現象（内部・下層）の場合】

	調査項目	調査する理由	調査の要点	要点を外れた際に生じる不具合
既存塗膜の劣化現象（内部・下層）	6.膨れ・浮き	・所定の仕上がり塗膜性能を確保するための改修塗装系の選定及び塗装仕様を決定するため。膨れ・浮きの再発防止のため。	・塗膜が気体、液体または腐食生成物などを含んで盛り上がる現象で、上塗り塗膜の膨れ、中塗り塗膜からの膨れ、下塗り塗膜からの膨れに分けられる。改修履歴がある場合は更に下層の塗膜層内、層間で膨れに至っていることがあるため、膨れ発生層を明確にし、適切な処理方法を指示する。 ・膨れ発生層までケレン除去する。その際、膨れ塗膜の付着力が低下している危険性があるため、皮スキ、スクレーパー等で十分に付着低下部分を除去しておく。膨れ発生面積とその分布状態等を総合判断し、部分ケレンか全面ケレンか判断する。 ・既存塗膜裏面側の水膨れの場合は、他部材との取り合い部やジョイント部の防水・止水不良や劣化を併発していることがあるので、原因となる水浸入経路を特定し、適切な防水・止水処理を施すよう指示する。	・既存塗膜の浮き・膨れ残存部からの経時における膨れの再発（熱膨れ、水膨れ）。 ・仕上がり不良。

表Ⅲ.3.5(2) 改修設計を行うための調査診断項目と要点を外れた際に生じる早期不具合（つづき）

【既存塗膜の劣化現象（内部・下層）の場合】

調査項目	調査する理由	調査の要点	要点を外れた際に生じる不具合
7.割れ	<ul style="list-style-type: none"> ・所定の仕上がり塗膜性能を確保するための改修塗装系の選定及び塗装仕様を決定するため。 	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的には既存塗膜表面の浅割れと下塗り塗膜または被塗物が見える程度の深割れに区分される。被塗物と塗膜のどちらの層で割れているかを的確に調査し、適切な処理方法を指示する。深割れの場合は付着強度が低下している可能性がある。強度があれば仕上がり性確保のため、適切な下塗り塗料を組み込む。強度がない場合は脆弱層を除去するよう指示する。 ・割れが生じている箇所の補修を計画する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・既存塗膜の付着力が低下した層からの経時における剝離。 ・仕上がり不良。
8.剥がれ	<ul style="list-style-type: none"> ・所定の仕上がり塗膜性能を確保するための改修塗装系の選定及び塗装仕様を決定するため。 	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的には小剥がれ、大剥がれ、そして層間剝離に分けられる。どの層で剥がれているのかを的確に調査し、適切な処理方法を指示する。剥がれ発生層までケレン除去する。代表的な箇所で付着性試験を実施し、その結果と剥がれ箇所、そして発生箇所の分布状態等を総合判断し除去範囲を明確にする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・仕上がり不良。 ・既存塗膜の付着力が低下した層からの経時における剝離。
9.赤さび・白さび	<ul style="list-style-type: none"> ・素地の保護と発錆の再発防止を目的とし、所定の仕上がり塗膜性能を確保するための改修塗装系の選定及び塗装仕様を決定するため。 	<ul style="list-style-type: none"> ・さびの露出面積、深さによっては、処理方法が異なるので的確に調査し、適切な処理方法を指示する。 ・露出しているさびの塗膜下のさび及びさびの深さを診断し適切な方法でさびを除去した後、状況に応じたさび止め塗料を施工するよう指示する。 ・亜鉛めっき鋼面の場合、既存塗膜の密着不良が多く、このような場合は、既存塗膜を除去後、素地に適した変性エポキシ系のさび止め塗料などを施工するよう指示する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・仕上がり不良。 ・さびの早期発生。 ・下地調整の不良による改修塗膜の密着不良。
10.木質素地劣化	<ul style="list-style-type: none"> ・素地の保護を目的とし、所定の仕上がり塗膜性能を確保するための改修塗装系の選定及び塗装仕様を決定するため。下地の状況を把握し、部材交換を含めた改修方法を検討するため。 	<ul style="list-style-type: none"> ・木材腐朽菌による劣化、シロアリやキクイムシなどによる食害を受けることがある。劣化の度合いを的確に調査し、適切な処理方法を指示する。 ・腐朽、虫害の元を絶ち、場合によっては、劣化箇所の除去、交換が必要となることがある。状況に応じた改修方法を指示する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・仕上がり不良 ・既存付着力低下箇所残存層からの経時における剝離

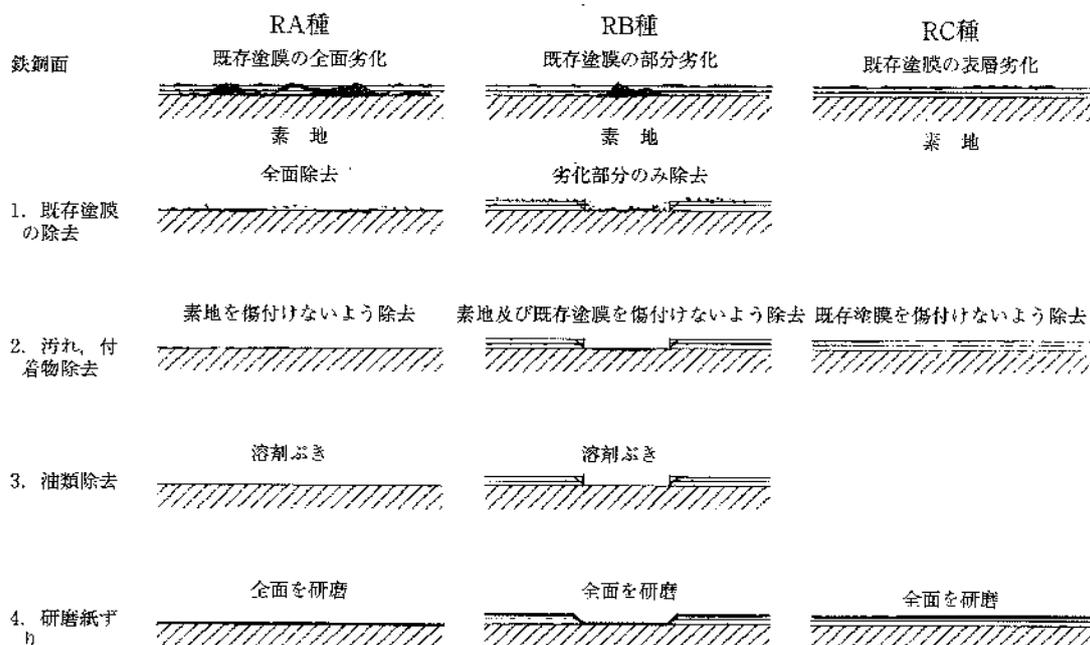
(3) 改修設計のポイント

i) 概要

改修設計をするに当たり、最も重要なことは下地調整と行って過言ではない。基本的な考え方は、下地を新築同様の状態にまで戻すことにより、新築と同等の耐久性が得られるものと考ええる。改修下地である既存塗料・仕上塗材層の処理方法は劣化現象に応じて異なるので劣化現象を十分確認して選定する必要がある。

ii) 既存塗膜の処理方法

鉄鋼面の塗装改修における下地調整の基本は、既存塗膜の除去程度と塗膜劣化によって生じた錆の除去である(図Ⅲ.3.2)。RA種は既存塗膜を全面除去し、発生している錆も除去する。RB種は既存塗膜の劣化部分を除去して、発生している錆を除去する。錆の除去程度が不十分な場合は、早期における錆の再発生等により塗装改修した塗膜の耐久性低下につながるため、十分に注意する。塗替えの場合はRB種が一般的であり、「公共建築改修工事標準仕様書(建築工事編)(以降、改修標仕と記す)」^{文献11)}では特記がなければRB種を適用するよう規定している。RC種は劣化の進行に応じて適用するのではなく、美装上の理由で上塗りのみを塗装する場合等に用いるものであり、塗膜の劣化が少ない場合に適用する。



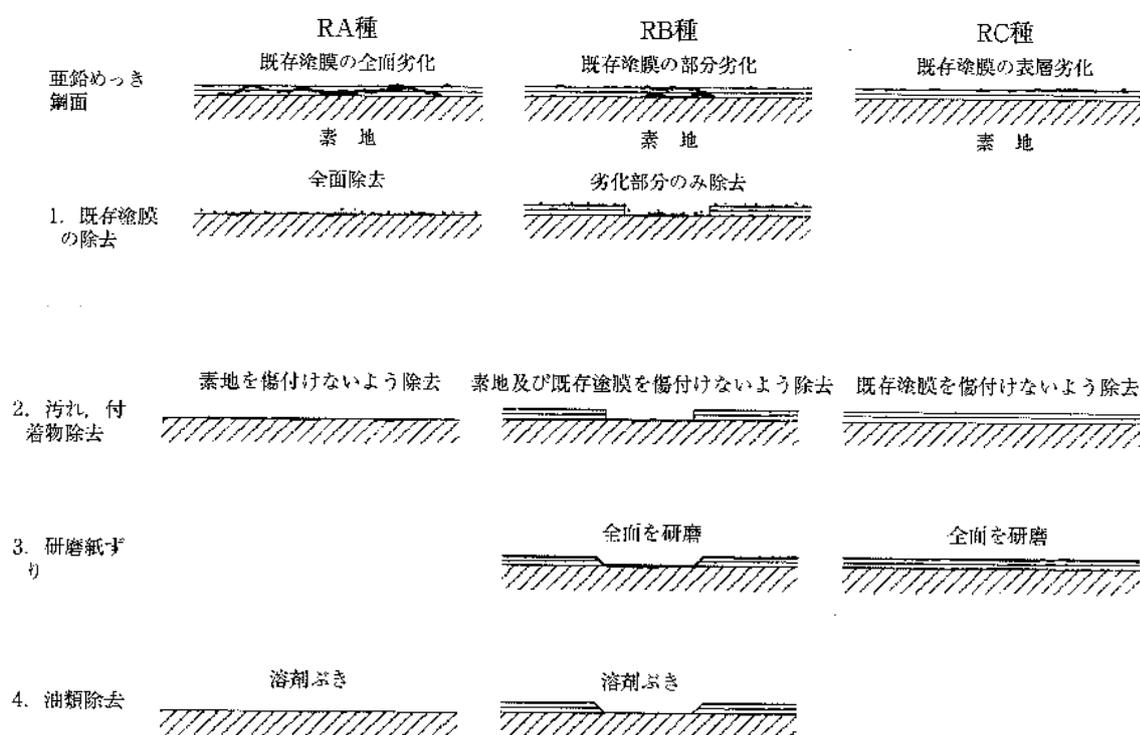
図Ⅲ.3.2 鉄鋼面の下地調整(章末文献6)より引用

亜鉛めっき鋼面の塗替えは塗膜が劣化し、亜鉛めっき面が露出したり白錆が発生している段階のものを前提としている(図Ⅲ.3.3)。亜鉛めっきが消失して、鉄鋼面の赤錆が表面に生じているものは、錆びた鉄鋼面と亜鉛めっき鋼面が混在した下地となり、赤錆や白錆を除去した後、1液形変性エポキシ樹脂さび止めペイントを塗布する。

RA種は既存塗膜を全面除去する場合に用いるもので、下地としては亜鉛めっき鋼面又は白錆が生じた亜鉛めっき鋼面となる。これらの亜鉛めっき鋼面及び白錆が生じた亜鉛めっき鋼面の

全面に対して、ディスクサンダーやスクレーパー等で既存塗膜や錆、汚れ、付着物を除去して、研磨紙ずりをした後、1液形変性エポキシ樹脂さび止めペイントを塗布する。

RB種は既存塗膜の劣化部分のみを除去する場合に用いるもので、ディスクサンダーやスクレーパー等で既存塗膜や錆、汚れ、付着物を除去して、研磨紙ずりをした後、1液形変性エポキシ樹脂さび止めペイントを塗布する。さび止め塗料に変性エポキシ樹脂プライマーを用いる場合は化学処理の工程は行わず、亜鉛めっき鋼面及び既存塗膜全面に直接塗付ける。RC種は塗膜表面の劣化等に対して適用し、鉄鋼面の下地処理RC種と同様である。また、「改修標仕」では、新規鋼製建具等に使用する亜鉛めっき鋼板は、鋼板製造所にて化成皮膜処理を行ったものとし、下地調整はRC種として、RC種の工程3研磨紙ずりに代えて油類除去（溶剤ぶき）を行うことにしている。



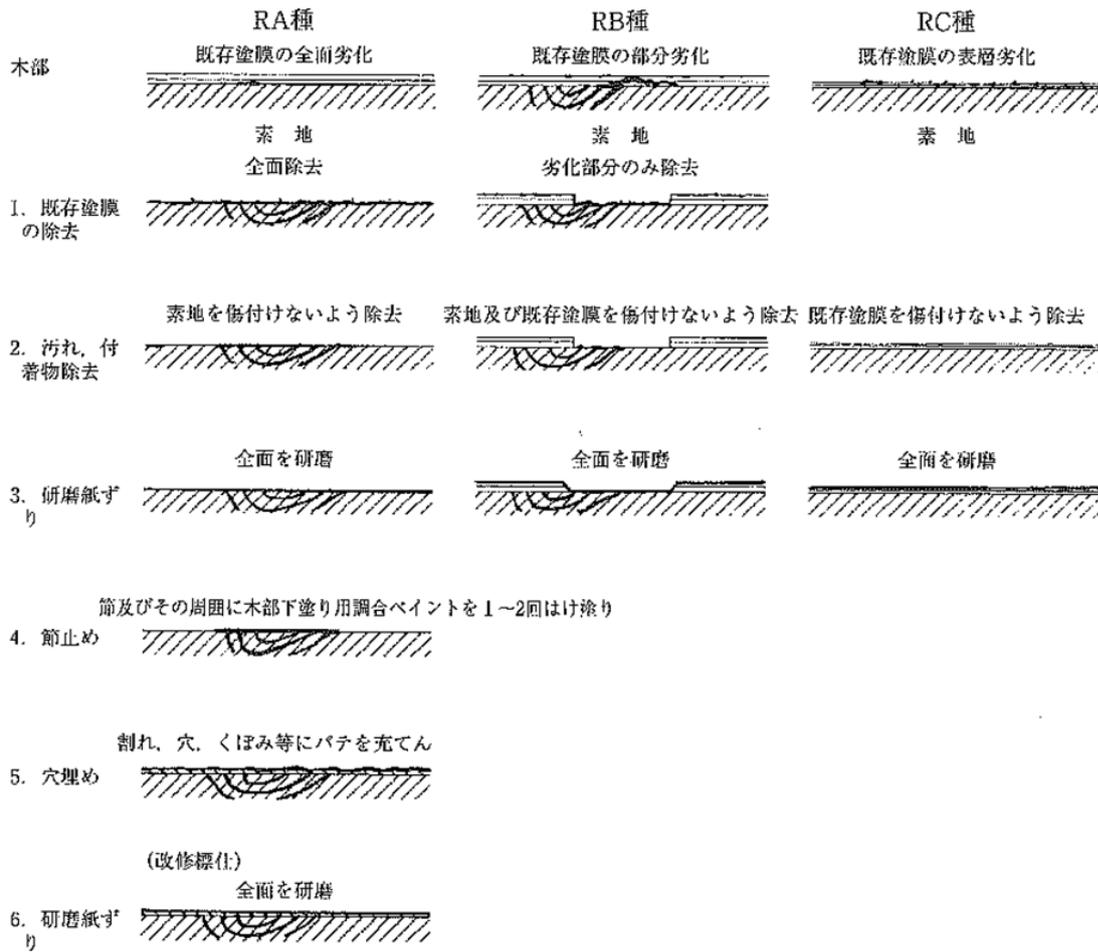
図Ⅲ.3.3 亜鉛めっき鋼面の下地調整(章末文献6)より引用

木部の場合は、仕上げが透明塗料塗りの場合と不透明塗料塗りの場合に大別され、既存塗り仕様の種類によって下地調整が異なる（図Ⅲ.3.4）。

RA種の工程は、既存塗膜を全面に除去する方法である。工程4の節止め、工程5の穴埋め等は着色することとなり、透明塗料塗りの下地調整には用いられない。

RB種の工程は、既存塗膜の劣化状況に応じて活膜を残す場合に、下地調整の標準となる方法であり、劣化した塗膜は除去し、活膜を残すことが基本となる。工程3の研磨紙ずりの目的は、残存した塗膜と露出素地との境界の段差を小さくすること及びそれぞれの表面を活性化させ、新規塗膜の付着性を向上させることにある。

RC種の工程についてもRB種の研磨紙ずりと同様であるが、この場合は既存塗膜が全面活膜の場合に適用する処置であり、新規塗膜の付着性を向上させることが主目的である。



図Ⅲ.3.4 木部の下地調整（章末文献6）より引用

(4) 改修工事のポイント

改修工事は、塗料・仕上塗材の機能・性能を確保するため「改修設計」に基づき、工事の請負者は工程表、施工計画書、施工図などの工事関係図書を作成し、工期内に要求品質を満足する施工と適切な施工管理を、また工事監理者は、工事関係図書通りに工事が実行されているかを監理して、適切な工事が行われていることを目的としている。

表Ⅲ.3.6 に改修工事における留意点についてまとめた。

表Ⅲ.3.6 改修工事に関する留意点

留意点		対処の要点	要点を外れた際に生じる不具合
塗装条件	温湿度	・気温が低いときや湿度が高い場合には、完全な塗膜形成がしづらく十分な性能が発揮されないことがある。塗料製造所が定める気温、湿度下で施工を行う。	・塗膜の造膜不良、硬化不良 ・つや不良、つや引け、白化 ・剥離、膨れ等
	気象	・降雨、降雪等の場合、また絶えず結露が発生するような場所・用途での施工は避ける。	・乾燥不良、乾燥遅延による水分接触不具合(白化、膨れ、色むら等)
		・強風時の施工は回避することが望ましい。	・乾燥ひび割れ ・材料の飛散、浮遊
		・炎天下で被塗物の温度が高い場合は施工を回避する。	・仕上がり不良(発泡、模様のくずれ、つや不良等) ・足場むら ・作業性低下
著しい吸い込み	・適切な下塗り塗料を塗装し、下地の吸い込みを止める。	・吸い込みむら(光沢低下、膜厚低下、色むら) ・仕上がり不良 等	
塗装時の注意点	仕様	・各工程の塗装間隔、塗装回数、所要量(塗付け量)、希釈率を守り、塗料製造所指定以外の材料を使用しない。	・塗膜形成不良、剥離、膨れ(性能不良) ・耐候性低下
		・二液混合形塗料については、必ず規定の調合比で調合し攪拌機を用いて均一になるまで十分に攪拌後使用する。(過剰攪拌は行わないこと) ・指定された以外の材料は混合しない。 ・塗料製造所指定の可使時間を守る。	・塗膜形成不良、剥離、膨れ(性能不良)つや不良、色むら等

表Ⅲ.3.6 改修工事に関する留意点（つづき）

留意点	対処の要点	要点を外れた際に生じる不具合	
下地処理 （既存塗膜）	既存塗膜表面 （付着物、固着物の清掃） ① 汚れ ② 白亜化 ③ 摩耗層	<ul style="list-style-type: none"> 改修を行う場合、被塗面は清浄な面としなければならない。 表面の付着物、固着物の清掃は高圧水洗浄が効率的だが、水洗浄後は十分に乾燥させる。また、付着物の固着が著しい場合、また表層摩耗による脆弱層の除去はワイヤブラシ、電動工具等を使用し、除去後の粉化物や油汚れ等は洗浄により除去する。なお必要に応じて各種下地調整塗材にて下地補修を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 改修下塗り塗装時のハジキ 経時における新旧塗膜層間剥離 膨れ 同一箇所の汚れ再発生
	既存塗膜内部 ① 膨れ・浮き ② 割れ ③ 剥がれ	<ul style="list-style-type: none"> 膨れ・浮き発生層までケレン除去する。ワイヤブラシ、ディスクグラインダー等の工具を使用する。ケレン後の粉化物や油汚れ等は洗浄により除去する。 	<ul style="list-style-type: none"> 既存塗膜層の浮き・膨れ残存部からの経時における熱膨れ、水膨れ 仕上がり不良 既存付着力低下箇所残存層からの経時における剥離
下地処理 （目地）	ワーキングジョイント部	<ul style="list-style-type: none"> カッターやグラインダー等にて既設シーリング材を撤去し、新設シーリング材にて打ち替えする。 三面接着とならないように裏面にバックアップ材又はボンドブレイカーを設置する。 	<ul style="list-style-type: none"> シーリング破断による内部への漏水 目地周辺の新設塗膜層の水廻りによる水膨れ
	ノンワーキングジョイント部	<ul style="list-style-type: none"> 増打ち又は打ち替えを行う。増打ちの際はシーリング材製造所指定の打ち代を確保する。 	<ul style="list-style-type: none"> 止水不足による内部への漏水 打設箇所周辺の新設塗膜層の水廻りによる水膨れ
	シーリング上の塗装	<ul style="list-style-type: none"> シーリング材の上から塗装する際には塗料製造所指定の下塗塗料を使用する。 	<ul style="list-style-type: none"> シーリングと塗膜層との層間剥離 塗膜の割れ 目地及び周辺部の汚染
下地処理 （鋼材）	塗膜下腐食	<ul style="list-style-type: none"> 塗膜と共に鋼材素地の腐食生成物を研磨によって除去する。 	<ul style="list-style-type: none"> 塗膜の剥がれ、膨れ、素地に達する劣化、さびの早期発生
	鋼材赤さび 亜鉛めっき白さび	<ul style="list-style-type: none"> 軽微な腐食は手工具と電動工具を併用して完全に除錆する。腐食の進行が著しい場合はブラスト等で完全に除錆する。 	<ul style="list-style-type: none"> 塗膜の剥がれ、膨れ、素地に達する劣化、さびの早期発生

3) 仕上塗材の改修工事における改修設計・改修工事のポイント

(1) 対象

仕上塗材の改修については、主にコンクリート、モルタル等のセメント系素地の部位に適用するものと考えられる。日本建築学会の建築工事標準仕様書（JASS23）に準じ施工された既存仕上塗材の改修を対象とする。

(2) 改修設計を行うための調査・診断のポイント

調査・診断を行うには、その適切な情報を事前入手しておく必要がある。設計図書などを含む保全関係図書からの情報が主となるが、これらの情報が不足する場合は現地調査または関係者からの情報収集などで補うとよい。対象建築物の情報が的確であれば改修設計を滞りなく進めることが可能である。

表Ⅲ.3.7 に改修設計を行うための事前調査項目の要点と、その要点を外れた際に生じる早期不具合の例を示す。

表Ⅲ.3.7 改修設計を行うための事前調査項目と要点を外れた際に生じる早期不具合の例

【仕上塗材】

	調査項目	調査する理由	調査の要点	要点を外れた時の不具合の例
事前調査	1.既存仕上塗材の種類	・既存仕上塗材への影響や所定の仕上がりを確保するための改修仕上塗材の選定及び仕様を決定するため。	・過去の設計図書及び現地での目視・指触調査あるいは機器分析等によって既存仕上塗材の種類を推定し指示する。 ・JIS A 6909 による仕上塗材の種類、主材及び上塗材の結合材の種別を推定し指示する。	・既存仕上塗材と新規仕上塗材との付着性が確保できていない場合の塗膜の膨れや剥がれ。 ・柔軟性のある既存仕上塗材の表層に柔軟性のない新規仕上塗材を塗り重ねた場合の割れ。
	2.改修履歴がある場合の既存仕上塗材の層構成	・複数の仕上塗材層がある場合に、どの層あるいは層間に劣化が認められるかを調査し、既存塗膜の処理方法を検討するため。	・設計図書等による改修履歴で特定できない場合は、現地で既存仕上塗材を採取し、既存仕上塗材断面の目視観察または仕上塗材層の機器分析により判断する。 ・目視・指触調査により、既存仕上塗材層の劣化の状況を調査する。	・脆弱な既存仕上塗材層が残存している場合の膨れまたは剥がれ。
	3.既存仕上塗材の模様	・改修工事で要求される仕上がり模様の確保するため。 ・下地調整方法や新規仕上塗材の仕様選定するため。	・設計図書等による既存仕上塗材の色の調査及び現地での色の確認。 ・目視による既存仕上塗材の凹凸の程度の確認。	・色違い。 ・設計で要求された仕上がり模様との相違。 ・選定された仕様によっては変退色など耐久性の低下。

以前は強溶剤系の上塗材が多く使用されていたため、改修の際 1 液形上塗材の表層に 2 液形の上塗材を塗り重ねた場合、リフティング(塗膜がしわ状になる)の発生が問題となっていたが、現在では、ほとんどが水性、弱溶剤系の上塗材の採用となり、発生件数が著しく減った。

上記事前調査の情報を基に、既存仕上塗材仕上げ面の調査・診断を行う。

建築物の改修工事は、新築工事の場合と同様に企画、設計、施工の手順で行なわれる。新築の場合と異なるのは、工事対象の建築物が既に存在しており、それが経年によって多かれ少なかれ劣化を生じていることである。この劣化の程度や範囲などによって、改修に対する対応が大きく変わってくるため、適切な劣化状態の把握と共にそれに応じた改修設計を行うことが重要なポイントとなってくる。

表Ⅲ.3.8(1)及び表Ⅲ.3.8(2)に劣化現象の種類と、その調査理由、調査方法、処理方法のほか、その調査や処理の要点を外れた時に生じる不具合の例を示す。

表Ⅲ.3.8(1) 改修設計を行うための調査診断項目と要点を外れた際に生じる早期不具合の例

【仕上塗材の劣化現象（表面）の場合】

	調査項目	調査する理由	調査の要点	要点を外れた際に生じる不具合
既存塗膜の劣化現象（表面）	1.汚れ	<ul style="list-style-type: none"> ・被塗面となる既存仕上塗材の清浄確保のため。 ・所定の性能（改修仕上塗材の既存塗膜に対する密着性）を確保するための改修仕上塗材の選定及び仕様を決定するため。 ・雨筋汚れ発生対策のため。 	<ul style="list-style-type: none"> ・既存仕上塗材の塵埃、手垢、黴、苔、皮脂を含む油分、枯れ葉などを確認し、取り除くよう指示する。 ・美観重視で改修設計する場合、雨筋汚れ箇所も調査し、新規仕上塗材選定の他、上部の水切り対策（天端水勾配）等も検討する。 ・天井面の水染み跡は躯体側への水廻りの可能性があるため、原因特定を行い適切な防水・止水処理を施すよう指示する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・外観不良。 ・経時における既存仕上塗材と改修仕上塗材の層間剝離。 ・同一箇所の汚れの再発。 ・仕上塗材裏面側からの水膨れ
	2.変退色	<ul style="list-style-type: none"> ・既存仕上塗材表面の経年劣化進行程度を把握するため。 	<ul style="list-style-type: none"> ・白亜化とは区別して劣化程度を確認しておく。 ・塗り重ね適性においては大きな影響を及ぼさないが、現状の劣化程度を把握し、改修設計時の新規仕上塗材選定の際に活用する。 	—
	3.光沢低下	<ul style="list-style-type: none"> ・既存仕上塗材表面の経年劣化進行程度を把握するため。 	<ul style="list-style-type: none"> ・塗り重ね適性においては大きな影響を及ぼさないが、現状の劣化程度を把握し、改修設計時の新規仕上塗材選定の際に活用する。 	—
	4.白亜化（チョーキング）	<ul style="list-style-type: none"> ・所定の性能（改修仕上塗材の既存仕上塗材に対する密着性）を確保するための改修仕上塗材の選定及び仕様を決定するため。 	<ul style="list-style-type: none"> ・既存仕上塗材表面が粉末状になり、新規下塗塗料の付着性を阻害する可能性がある。発止箇所、程度を把握し、適切な処理方法を指示する。程度によって紛化物の固定（シーラー処理）も検討する。 ・チョーキングは十分に除去する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・経時における既存仕上塗材と改修仕上塗材の層間剝離。
	5.摩耗表面強度低下	<ul style="list-style-type: none"> ・所定の性能（改修仕上塗材の既存仕上塗材に対する密着性）を確保するための改修仕上塗材の選定及び仕様を決定するため。 	<ul style="list-style-type: none"> ・仕上塗材は、経時で表面の劣化や外力等の作用により、表層側から膜厚が減少したり、表面強度が低下したりする。既存仕上塗材表層に皮スキ等を当てて軽く主材層が削れる場合は表面強度が低下していると判断し、脆弱層は除去するよう指示する。 ・程度によっては固定（シーラー処理・下地調整塗材処理）も検討する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・経時における既存仕上塗材と改修仕上塗材の層間剝離。

表Ⅲ.3.8(2) 改修設計を行うための調査診断項目と要点を外れた際に生じる早期不具合

【仕上塗材の劣化現象（内層・下層）の場合】

	調査項目	調査する理由	調査の要点	要点を外れた際に生じる不具合
既存塗膜の劣化現象（内層・下層）	6. 膨れ・浮き	・所定の仕上がり性能を確保するための改修仕上塗材の選定及び仕様を決定するため。膨れ・浮きの再発防止のため。	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的には既存塗膜の上塗材の膨れ、主材層の膨れに分けられ、改修履歴が複数回の場合、どの層で膨れが発生しているかを明確にし、適切な処理方法を指示する。下地モルタル層の浮きも含めて疑惑箇所は打診し、膨れ発生層まで除去する。膨れが発生している箇所の周辺や際付近は、付着性が低下していることがある。皮スキ、スクレーパー等で十分に付着低下部分を念入りに除去しておくよう指示する。膨れ発生面積とその分布状態等を総合判断し、部分か全面を除去するか判断する。 ・既存仕上塗材裏面側から水膨れとなっている場合は、他部材との取り合い部やジョイント部の防水・止水不良や劣化が併発していることがあるので、原因となる水侵入経路を特定し、適切な防水・止水処理を施すよう指示する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・既存仕上塗材の浮き・膨れ残存部からの経時における膨れの再発（熱膨れ、水膨れ）。 ・仕上がり不良
	7. 割れ	・所定の仕上がり性能を確保するための改修仕上塗材の選定及び仕様を決定するため。	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的には既存仕上塗材の上塗材の浅割れと主材層の深割れに分けられる。下層のモルタル層や躯体コンクリート層のクラックに起因する場合もあるため、下地と塗膜のどちらの層で割れているかを的確に調査し、適切な処理方法を指示する。深割れの場合は付着強度が低下している可能性がある。強度があれば仕上がり性能確保のため、下地調整塗材を組み込む。強度がない場合は脆弱層を除去するよう指示する。 ・下地クラック補修部は下地調整塗材や主材等を用い段差修正し必要に応じて模様合わせを行う。 ・割れが生じている箇所の補修を計画する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・既存仕上塗材の付着力が低下した層からの経時における剥離。 ・仕上がり不良。
	8. 剥がれ	・所定の仕上がり性能を確保するための改修仕上塗材の選定及び仕様を決定するため。	<ul style="list-style-type: none"> ・剥がれの程度、発生個所により処理方法が異なってくるため、剥がれの程度（デグリー）と層間剥離の有無及び下地側の劣化を調べる。 ・剥がれの程度は目視でデグリーを決める。 ・代表的な箇所が付着力試験を実施する等、その結果と剥がれ箇所、発生箇所の分布状態等を総合判断し除去範囲を明確にする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・仕上がり不良。 ・既存仕上塗材の付着力が低下した層からの経時における剥離。

表Ⅲ.3.8(2) 改修設計を行うための調査診断項目と要点を外れた際に生じる早期不具合（つづき）

【仕上塗材の劣化現象（内層・下層）の場合】

	調査項目	調査する理由	調査の要点	要点を外れた際に生じる不具合
既存塗膜の劣化現象（内部・下層）	9. エフロレンセス	・所定の仕上がり性能を確保するための改修仕上塗材の選定及び仕様を決定するため。	<ul style="list-style-type: none"> ・既存仕上塗材がセメント系や下層にセメント系下地調整塗材層がある場合、下地モルタル層や躯体コンクリート層のクラック周辺箇所からの水廻り箇所等に発生する。エフロレンセスの発生により既存塗膜層内の強度低下などが懸念される。また、エフロレンセスを残したまま塗装すると剥離を生じることがある。 ・目視で調査を行い、エフロレンセスの除去、再発防止としてひび割れなど水侵入経路を特定し、適切な防水・止水処理を施すよう指示する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・経時における剥離。 ・ひび割れ再発箇所でのエフロレンセスの再発。
	10. 既存仕上塗材層内、層間の付着強度低下	・所定の仕上がり性能を確保するための改修仕上塗材の選定及び仕様を決定するため。	<ul style="list-style-type: none"> ・既存塗膜層の層内或いは層間において、付着強度が低い層は新規塗膜で覆われると同箇所内で生じる内圧（気体又は液体による圧力）により浮きや膨れに至ることがある。特に改修履歴がある場合は層間或いは層内に水が廻って局部的に強度低下箇所が生じることがあるため、付着強度の他、界面破壊の有無も注意して調査する。 ・JIS A 6909 に準じた付着強さ試験により強度確認、破壊箇所を確認し、改修下地として適するか否か判断する。 ・既存塗膜が平滑塗膜である場合は、セロハンテープ、ガムテープによるクロスカット試験を行い、剥離箇所を確認することができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・経時における既存仕上塗材層内或いは層間での不具合発生（熱膨れ、水膨れ、剥離）。 ・耐候性の低下。

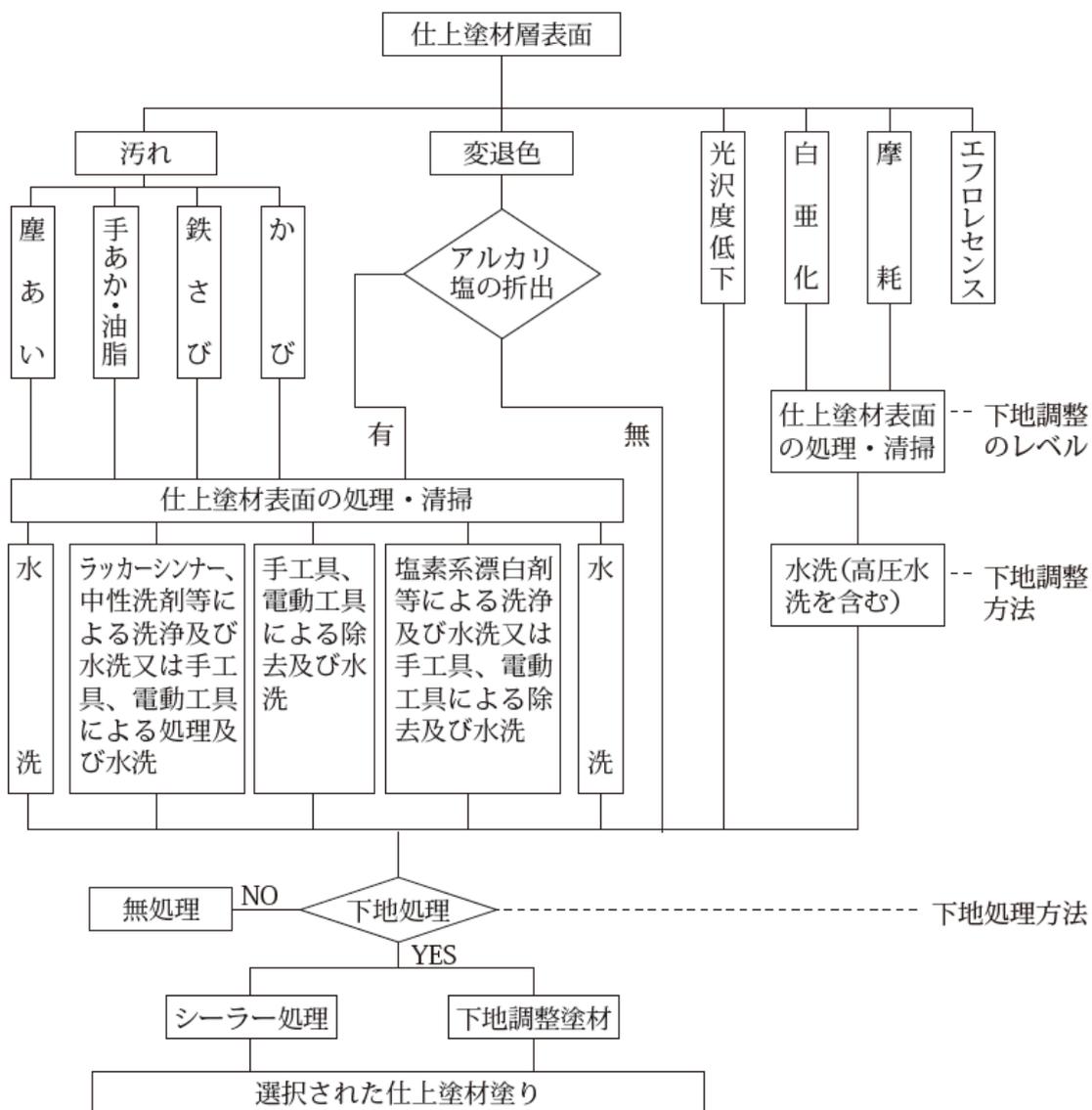
(3) 改修設計のポイント

i) 概要

改修設計をするに当たり、最も重要なことは下地調整と言っても過言ではない。各劣化現象に応じて適切な下地処理方法、そして改修材料・工法を選定すれば、基本的には耐久性を新築時と同様に考える改修設計が可能となる。なお、改修下地である既存仕上塗材層の処理方法は劣化現象に応じて異なるので劣化現象を十分確認して選定する必要がある。

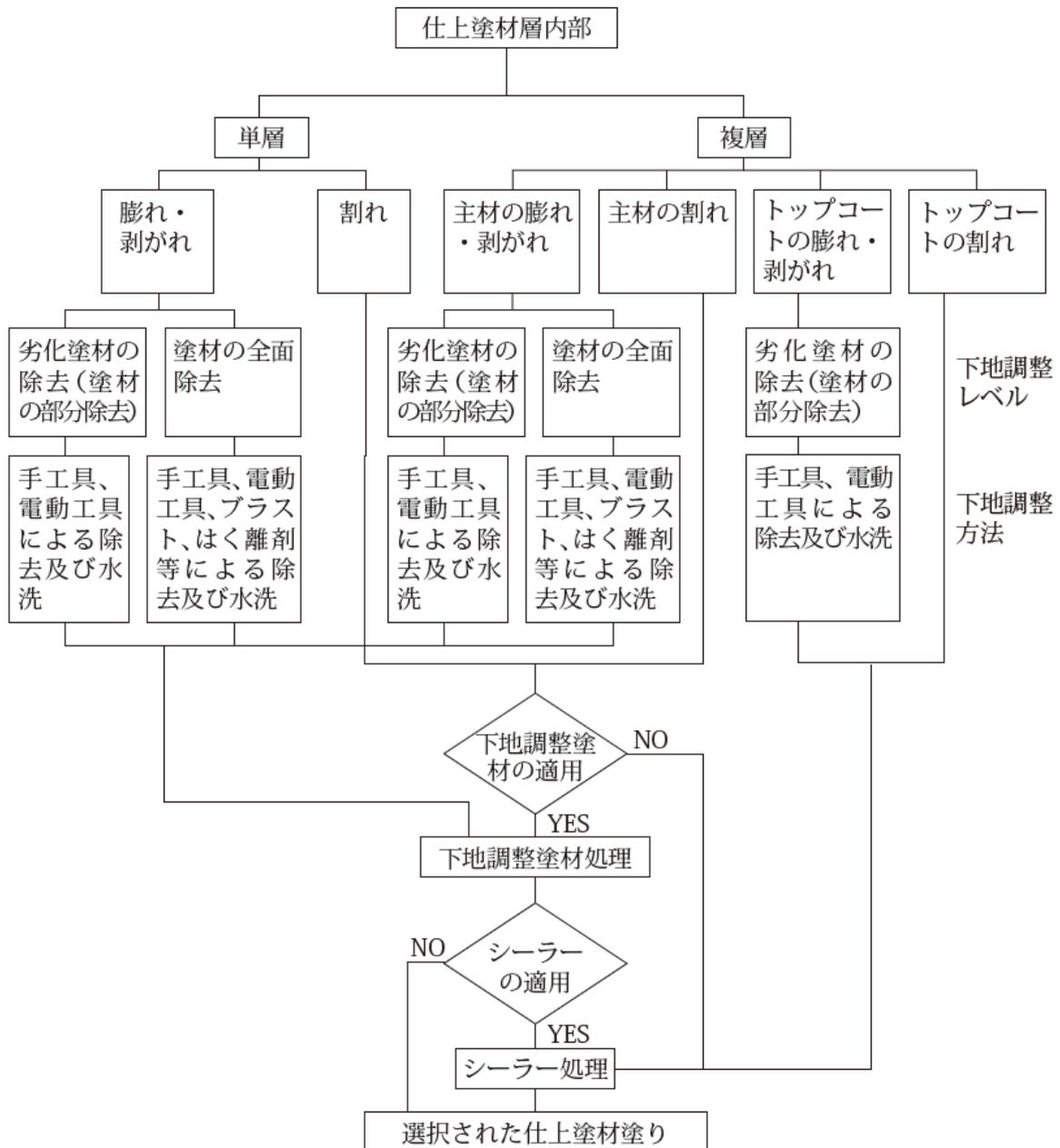
ii) 既存仕上塗材層の処理方法

既往文献に基づき、汚れ、白亜化など既存仕上塗材層表面の劣化現象がある場合の処理方法の例を図Ⅲ.3.5 に示す。



図Ⅲ.3.5 既存仕上塗材層のみの劣化に対する処理方法(章末文献7)より引用

ひび割れ、膨れ、剥がれなど既存仕上塗材層内部に及ぶ劣化現象がある場合の処理方法の例を図Ⅲ.3.6 に示す。劣化部の部分除去や劣化部が広範囲に及ぶ場合の全面除去処理などがある。



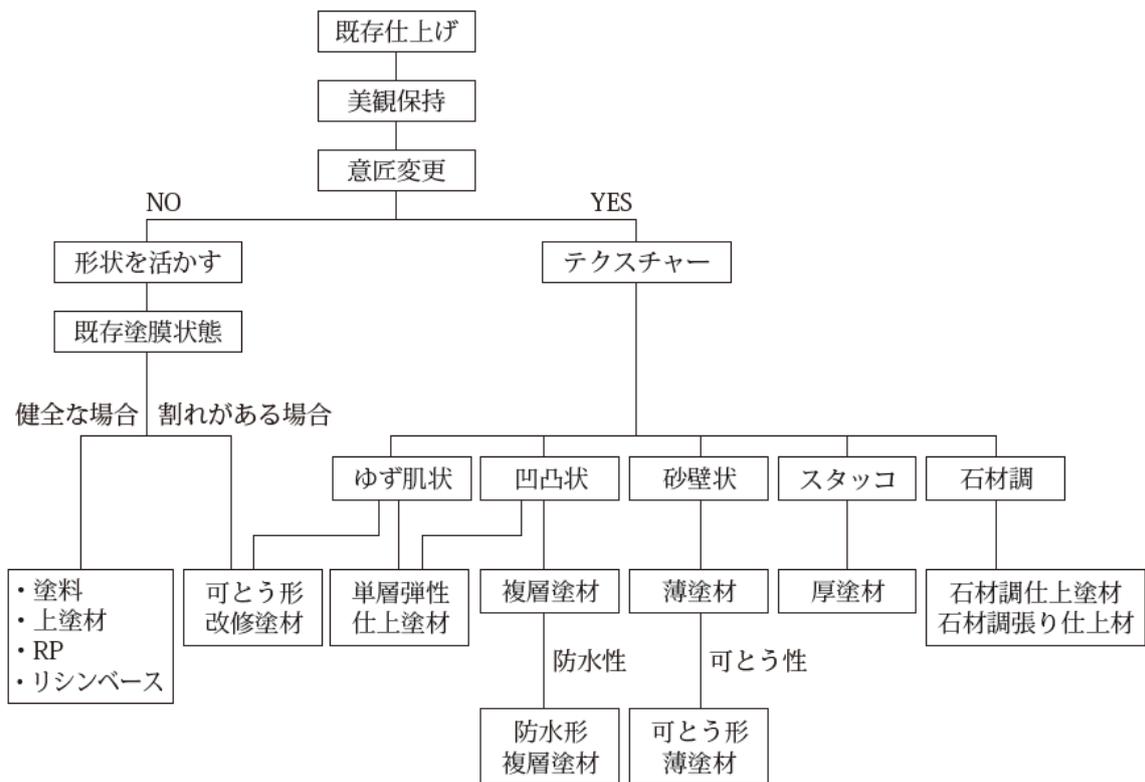
図Ⅲ.3.6 既存仕上塗材層の劣化に対する処理方法（章末文献7）より引用

iii) 塗替え仕上塗材の選定

塗替え改修工事を計画するときの塗り替え仕上塗材については意匠変更の有無、性能、経済性などを踏まえて選定する必要がある。

塗替え改修工事における塗替え仕上塗材の選定手順を図Ⅲ.3.7 に示す。

なお改修に用いる材料の種類によっては既存塗膜との組み合わせにより不具合が生じる可能性があるため調査を行う。



図Ⅲ.3.7 塗替え仕上塗材の選定手順（章末文献7）より引用

(4) 改修工事のポイント

改修工事は、塗料・仕上塗材の機能・性能を確保するため「改修設計」に基づき、工事の請負者は工程表、施工計画書、施工図などの工事関係図書を作成し、工期内に要求品質を満足する施工と適切な施工管理を、また工事監理者は、工事関係図書通りに工事が実行されているかを監理して、適切な工事が行われていることを目的としている。

表Ⅲ.3.9 に改修工事における留意点についてまとめた。

表Ⅲ.3.9 改修工事に関する留意点

留意点		対処の要点	要点を外れた際に生じる不具合
塗装条件	温湿度	気温が低いときや湿度が高い場合には、完全な仕上塗材が形成されにくく十分な性能が発揮されないことがある。製造所が定める気温、湿度下で施工を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・仕上塗材の造膜不良、硬化不良 ・つや不良、つや引け ・剥離、膨れ等
	気象	<p>降雨、降雪等の場合、また絶えず結露が発生するような場所・用途での施工は避ける。</p> <p>強風時の施工は避ける 炎天下で被塗物の温度が高い場合は施工を回避する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・乾燥不良、乾燥遅延による水分接触不具合(膨れ、白化、色むら等) ・乾燥ひび割れ ・材料の飛散、浮遊 ・仕上がり不良(発泡、模様のかずれ、つや不良等) ・足場むら ・作業性低下
塗装時の注意点	仕様	各工程の塗装間隔、塗装回数、所要量(塗付け量)、希釈率を守り、製造所指定以外の材料を使用しない。	<ul style="list-style-type: none"> ・仕上塗材形成不良、剥離、膨れ(性能不良) ・耐候性低下
		二液混合形仕上塗材については、必ず規定の調合比で調合し攪拌機を用いて十分に攪拌後使用する。 指定された以外の材料は混合しない。 製造所指定の可使時間を守る。	<ul style="list-style-type: none"> ・仕上塗材形成不良、剥離、膨れ(性能不良)

表Ⅲ.3.9 改修工事に関する留意点（つづき）

留意点		対処の要点	要点を外れた際に生じる不具合
下地処理 (既存仕上塗材)	既存仕上塗材表面(付着物、固着物の清掃) ④ 汚れ ⑤ 白亜化 ⑥ 摩耗層	改修を行う場合、被塗面は清浄な面としなければならない。 表面に付着物の固着が著しい場合や、表面摩耗による脆弱層がある場合は除去する。その際、高圧水洗浄が効率的だが、十分に除去できない場合はワイヤブラシ・電動工具等を使用して除去する。なお必要に応じてセメント系下地調整塗材にて下地補修を行う。	・改修下塗り塗装時のハジキ ・経時における新旧仕上塗材層間剥離 ・同一箇所汚れ再発生
	既存仕上塗材内部 ④ 膨れ・浮き ⑤ 割れ ⑥ 剥がれ ⑦ エフロレックス	膨れ・浮き発生層までをワイヤブラシ、ディスクグラインダー等の工具を使用して除去する。 なお、既存仕上塗材層の劣化による割れは下地調整塗材を組み込むことにより対処が可能だが、下地クラックの場合はクラック幅に応じてフィラー擦り込みや U カットシール材補修、または樹脂注入を行う等、適切に処理する。	・既存仕上塗材層の浮き・膨れ 残存部からの経時における熱膨れ、水膨れ ・仕上がり不良 ・既存付着力低下箇所残存層からの経時における剥離
	著しい吸い込み	シーラーを塗装し、下地の吸い込みを止める。	・セメント系塗材のドライアウト ・吸い込みむら(光沢低下、膜厚低下、色むら) ・仕上がり不良 等
下地処理 (目地)	ワーキングジョイント部	カッターやグラインダー等にて既設シーリング材を撤去し、新設シーリング材にて打ち替える。 三面接着とならないように裏面にバックアップ材又はボンドプレーカーを設置する。	・シーリング破断による内部への漏水 ・目地周辺の新設仕上塗材層の水廻りによる水膨れ
	ノンワーキングジョイント部	増打ち又は打ち替えを行う。増打ちの際は製造所指定の打ち代を確保する。	・止水不足による内部への漏水 ・打設箇所周辺の新設仕上塗材層の水廻りによる水膨れ
	シーリング上の塗装	シーリング材の上から塗装する際には製造所指定の下塗材を使用する。	・シーリングと仕上塗材層との層間剥離 ・目地汚染

Ⅲ. 3. 3 改修後の屋根防水の耐久性評価の考え方

1) 概要

新設の屋根防水層の耐久性推定手法はⅢ.3.1 で述べた。一方、改修された防水層については補修・改修後の耐用年数が（式1）のように提案されている。

本検討では、改修防水層の耐久性予測手法を開発するにあたり、式Ⅲ.3.2 のうち改修に関する要素である“改修工事制約係数（r）”を具体的に検討することで、改修防水層の耐久性に影響する要因を抽出する。

$$Y = RSL \times s \times r \times b \times c \times D \times M \dots\dots\dots \text{(式Ⅲ.3.2 章末文献 3) を一部修正)}$$

RSL: リファレンスサービスタイプ
(文献³⁾ではYs: 標準耐用年数)

s: 改修防水工法・種別の選択係数

r: 改修工事制約係数

b: 施工係数

c: 施工時の気象係数

D: 劣化外力係数 (D=d₁×d₂)

d₁: 断熱係数

d₂: 地域係数

M: 維持保全係数

表Ⅲ.3.10 既往の検討で提示された改修工事制約係数 r 章末文献 3)

		納まり具合		
下地状態		優	良	可
	優	1.3	1.1	0.8
	良	1.2	1.0	0.7
	可	1.1	0.8	0.5

2) 改修防水層の耐久性に影響する要因の検討

本項では、防水層の工法のうち露出のアスファルト系防水を対象とし、材料製造者や防水工事業者が保有する既存建築物の防水層の状況について事例を収集し、耐久性に影響する要因を抽出することとした。収集した事例について、改修工事制約係数の2つの要素として示された“下地状態”及び“納まり具合”の観点から整理した。表Ⅲ.3.11 に要因ごとに整理した既存防水層の状況を示す。

まず、“下地状態”としては、防水層の経年による変化があげられる。既存の防水層の上に改修防水層を設置する場合、その防水性能は既存防水層の状態に依存する場合がある。例えば、防水層の膨れが広範囲に認められる場合、改修防水層と既存アスファルト防水の密着性が確保されても、防水層全体としての下地との密着性が確保されないままであり、防水層の破断等の不具合が発生した場合に漏水につながる恐れを内包している。一方で、表面仕上げの劣化など、改修防水層が設置されることにより、防水層のその後の性能確保に影響を及ぼさない変状もある。

次に、“納まり具合”としては、立上り部分の高さの確保や水切りの納まり、適切な勾配の確保などの新築時の設計に起因する要因がある。立上り高さが不十分な場合は豪雨時等に雨水が屋上に滞留し、壁との取合い部等から浸水の恐れがある。水切り部をシーリング材のみで処理している場合にはシーリング材に不具合が発生した場合に防水性を確保できない。また、手摺や設備類等の設置により、既存の防水層に下地まで貫通する不連続部分が生じている場合がある。貫通部分が平場の場合には、立上り部の貫通部と比較して漏水への懸念が高まる。一方、防水層の上

に配管や空調設備等が設置された場合は改修防水層の施工時にそれらを移動させる必要があり、移動の可否が改修の容易さ、防水性能の確保に影響すると予想される。

以上から、抽出した改修防水層の耐久性に影響する要因について、補修・改修時に必要な対応の観点から、以下の3段階に分類することとした。

- i) 既存防水層に対し清掃等を行い、改修防水層を施工する
- ii) 既存防水層を残し下地作りや軽微な補修を行った後に改修防水層を施工する
- iii) 既存防水層を撤去した後に下地作りを行った後に改修防水層を施工する、または納まり等に起因する防水上の要因を解消するための補修を行った後に改修防水層を施工する

既存防水層の状態に応じ、改修後の品質確保に向けて適切な処理を行う必要がある。表2に、既存防水層の状態ごとに必要な処理の内容及び想定される工事主体を示す。

表Ⅲ.3.11 既存防水層の状態と必要な処理の内容及び工事主体

既存防水層の状態		処理の内容・工事主体
I	既存防水層の上にそのまま施工できる状態	処理：洗い・簡易な補修等の下地処理の上、改修防水層の施工 工事主体：防水業者
II	既存防水層を残すが、しっかりと下地処理を必要とする状態	処理：既存防水層の補修（通常の別費用による工事）の上、改修防水層の施工 工事主体：防水業者
III	既存防水層を撤去する必要がある状態	処理：既存防水層の撤去及び下地補修の上、改修防水層の施工 工事主体：防水業者
	納まりに防水上の問題点がある状態	処理：納まりの改善 工事主体：防水以外の業態の業者

また、表Ⅲ.3.12 において、各要因について i～iii の3段階に分類し表示している。改修防水層の耐久性を確保するためには、改修工事において下地作りや納まりの不良の解消等の工事を適切に実施することが重要である。

3) 改修された防水層の耐用年数の予測

2) の影響要因の整理と分類にあたり、当初は i～iii の3段階について、式1及び表Ⅲ.3.10 にならって耐用年数の予測手法を設定することを検討した。

RSL については、改修工事にあたって既存の屋根防水の処理が適切に行われれば新築の防水層と同等の耐久性が期待できると考えられることから、表Ⅲ.3.10 と同等の値を用いるのが妥当と考えられる。また、“改修工事制約係数”以外の係数については新築の場合と同様に考えることができるため、今回の検討課題は改修工事に特有の影響要素である既存の屋根面の状態を係数としてどのように考えるか、という点になる。

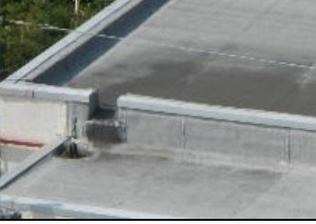
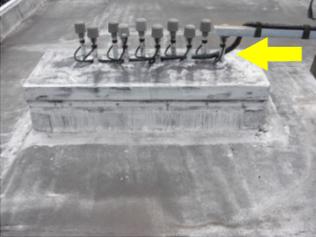
i～iii に記載された対応を実施すれば、改修時の耐久性への影響要因は取り除かれるため、係数は「1.0」と考えられる。一方で、これらの対応を実施しない場合には RSL の年数より早く不具合等が発生する場合が多

くなると推定される。納まりの問題を解消できない場合などは数年で不具合が発生することも考えられる。

このため、係数は 1.0 以下となり、例えば、ii を耐用年数が 3 割減、iii を耐用年数が 7 割減、と考えれば、係数はそれぞれ「0.7」、「0.3」となる。

しかしながら現時点では補修・改修時の対応とその後の耐用年数に関するデータが不十分であること、係数を設定することにより、ii 及び iii の対応を行わなくとも一定の耐用年数が期待できるとの誤解を生じることを避けるため、あくまで仮の提案値とする。

表Ⅲ.3.12 改修防水層の耐久性に影響する既存防水層の状況（例）

既存防水層の状態・経年変化		
i (良好)	ii (部分的な膨れ)	iii (全体にわたる膨れ)
		
立上り納まり		
i (良好)	ii (高さは良好、水切りが不十分)	iii (立上り高さが不十分)
		
勾配不良		
i (良好)	ii (部分的な水たまり)	iii (広範囲にわたる水たまり)
		
防水層貫通配管等		
i (貫通配管無し)	ii (立上り部分に貫通)	iii (平場に貫通)
	 	 
屋上設置物		
i (移動が比較的容易)	ii (移動が困難)	iii (移動が非常に困難)
		

Ⅲ. 3. 4 外壁改修における長寿命化手法の検討

1) はじめに

鉄筋コンクリート（RC）造の公営集合住宅（以降、公営住宅と記す）の外装材を対象に、合理的な改修工事のための検討を行った。ここで示す合理的とは、異なる部材の修繕時期を合わせることで、足場等の工事中仮設物を共有し作業の効率化をはかると共に改修工事費用を合理化することを想定している。また、耐用年数の短い材料を長い材料で保護することで耐久性向上をはかり、長寿命化させることを目指す。

そこで、外装材の中では比較的耐用年数が短い（修繕周期が短い）とされるシーリング目地について、耐久性を向上させて外装仕上塗材の耐用年数に合わせることで長寿命化を目指す改修方法の検討を行った。具体的には、公営住宅のシーリング目地表面には、通常、外壁面と同じように塗装仕上げが施されている。これはRC造建築物の目地の伸縮挙動が小さく（ノンワーキングジョイントと呼ばれる）、仕上塗材に与える影響が小さいため可能な仕様であるが、この特性をいかしシーリング目地を仕上塗材で保護することで耐久性を向上させることとした。実験では主として、シーリング材と仕上塗材種類との相性の確認、ならびに、改修工事の施工品質確保とその検査方法について検討した。

2) 研究の概要

(1) 検討概要について

(1) - 1 建物外壁調査

外壁シーリング目地の耐久性向上の検討にあたり、築後30年以上が経過した公営住宅では竣工時の設計図書や大規模修繕工事の履歴情報が残されていることは少なく、また残されていたとしても外装材の仕様・材料について記載されているものは極めて少ない。このため、関東地方を中心として新潟県や北海道などの地域の複数の建物外壁の劣化等調査を行い、これらの中で大規模改修工事中または用途廃止のため取壊し予定の4棟から、ひび割れ誘発目地（外壁シーリング目地）やサッシ周りなどの開口部周辺からシーリング材を採取し、化学的な成分分析を行い用いられていたシーリング材種類の特定を行った。

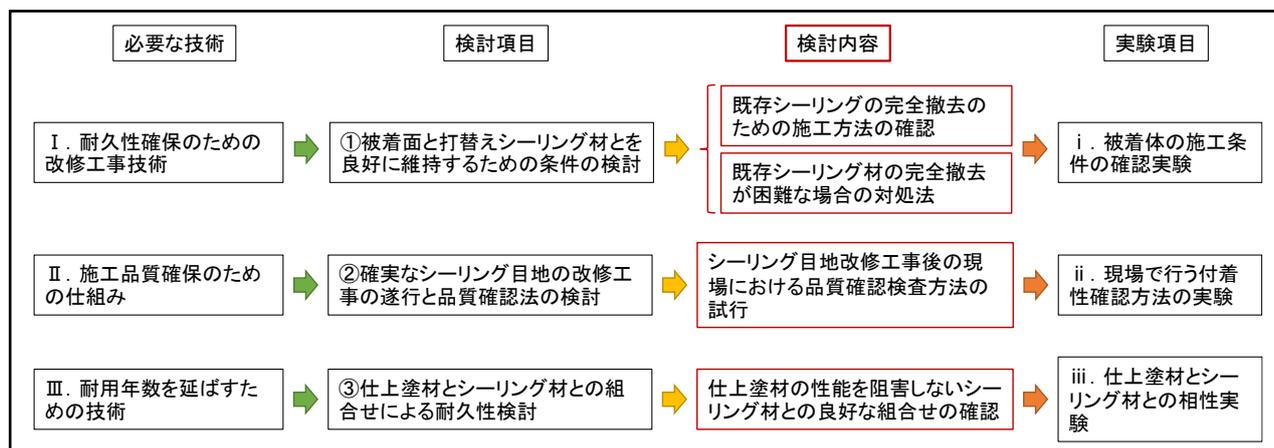
(1) - 2 外壁シーリング目地の耐久性実験

外壁シーリング目地の耐久性向上のために必要な改修技術として、図Ⅲ.3.8に示すように次の3項目について実験による検討を行った。

- I. 耐久性確保のための改修工事技術
- II. 耐用年数を延ばすための技術
- III. 施工品質確保のための仕組み

I.の耐久性確保として取り上げた改修工事技術は、新築工事とは異なり経年変化した既存材料が施工しようとする箇所にあるため、それをどの位の精度で除去できるかにより、打替えたシーリング目地の耐久性に違いが生じると考えられる。このため、シーリング材の除去程度と

実行性をふまえた施工に関する検討を行った。Ⅱ.の耐用年数を延ばすための技術は、シーリング材と仕上塗材について、より耐久性が向上する組合せがないか各材料をいくつか選定し、数パターンについて相性実験を行った。なお、相性実験については標準的な試験法の規定がないため、試験方法及び評価方法については本研究内で適用させる手法を取り決めて実施した。Ⅲ.の品質確保のための仕組みについては、確実な改修工事の遂行と品質確認法の検討として、現場で実施する品質管理試験法について検討した。



図Ⅲ.3.8 検討の概要

(2) 検討条件について

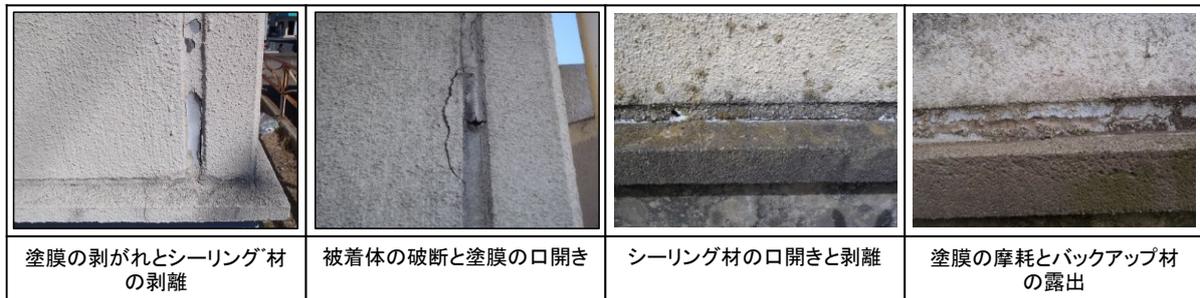
実験による検討に際し、次のような条件を設定した。公営住宅の改修工事を対象としているため高価な材料は予算上使用できない可能性があるため、選択の比重として比較的安価な材料でも実施できるよう、シーリング目地の物理的な耐久性向上を優先することとし、耐汚染性など美観への配慮はやや低くした。また、本件ではシーリング目地の改修後の期待耐用年数を示したが、現状では改修したシーリング目地の経年劣化に関する情報が乏しく未知の部分が多いため、耐用年数を明示できるような結果を得ることは難しいことを付記しておく。

- ① 既存シーリング目地を除去し新規シーリング材を打設する再充填工法について検討する。
- ② シーリング目地の表面には塗装仕上げを施す。
- ③ シーリング材の防水性の期待耐用年数は10年よりも長期とする。
- ④ シーリング目地に施した塗装仕上げの汚染防止は第一条件とはしない。
- ⑤ 施工現場で実施が推奨される品質確認方法を示す。

3) 建物外壁調査の結果

北海道O市及び北海道A市、東京都I区ならびに茨城県T市の公営住宅の外壁調査を行った際に採取したシーリング材に関する化学分析及び物性試験から劣化度診断した結果を示す。写真Ⅲ.3.1は調査建物のシーリング目地の劣化事例、表Ⅲ.3.13にはシーリング材種類の分析結果及び劣化度診断の結果、表Ⅲ.3.14には採取したシーリング材のサンプル画像を示している。なお、採取したシーリング材は過去に改修工事が実施された際のものであったが、用いられた材料などの履歴情報は入手できなかった。

化学分析の結果から、塗装仕上げされた外壁のひび割れ誘発目地材は主に2成分形ポリウレタン系シーリング材であることを確認した。また、仕上塗材は4棟とも外装薄塗材Eであることを確認した。



写真Ⅲ.3.1 公営住宅のシーリング目地の経年劣化事例

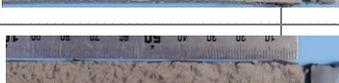
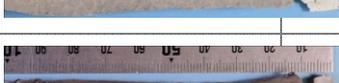
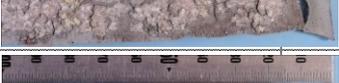
表Ⅲ.3.13 採取サンプルの総合データ

No.	採取サンプル情報						目地寸法		シーリング材種		劣化度診断
	所在	竣工	方位	打設場所	縦横	塗装	厚み (mm)	幅 (mm)	区分	主成分	
1	北海道O市	1960年	北	サッシ下	横	無	4	11	1成分形	ホリサルファイド	I
2			北	出入口	縦	有	9	10	1成分形	ウレタン	II
3			南	ベランダサッシ	縦	有	10	12	1成分形	ウレタン	II
4			南	窓サッシ下	横	無	4	14	1成分形	ウレタン	II
5			南	ベランダ手摺下	横	無	3	15	1成分形	ホリサルファイド	測定不能
6	北海道A市	1974年	北西	1F腰壁	横	有	3	14	2成分形	ウレタン	測定不能
7			東	1F腰壁	横	有	6	9	2成分形	ウレタン	III
8			南	ベランダ手摺下	横	有	11	12	1成分形	ウレタン	II
9	東京都区	1970年頃	北	打替え目地	横	有	10	9	2成分形	ホリサルファイド	III
10			北	サッシ下	横	無	6	10	1成分形	ホリサルファイド	I
11			南	ベランダ	横	有	10	14	1成分形	ウレタン	I
12			南	ベランダ	縦	有	7	10	2成分形	ウレタン	I
13			南西	ベランダ	横	有	5	9	1成分形	ウレタン	I
14	茨城県T市	1983年	北西	-	-	有	4	17	2成分形	ウレタン	測定不能
15			北東	-	横	有	8	14	2成分形	ウレタン	I
16			東	1F腰壁	横	有	6	15	2成分形	ウレタン	I
17			東	バラベット	横	有	7	14	2成分形	ウレタン	I

表Ⅲ.3.13-1 【参考】劣化度診断の劣化分類基準

診断項目		劣化度		
		I	II	III
物性	50%引張り応力 (M50)	0.4N/mm ² 未満、 0.06N/mm ² 以上	0.4~0.6N/mm ² 、 0.03~0.06N/mm ²	0.6N/mm ² 以上、 0.03N/mm ² 未満
	破断時の伸び	500%以上	200~500%	200%以下

表Ⅲ.3.14 採取シーリング材のサンプル画像

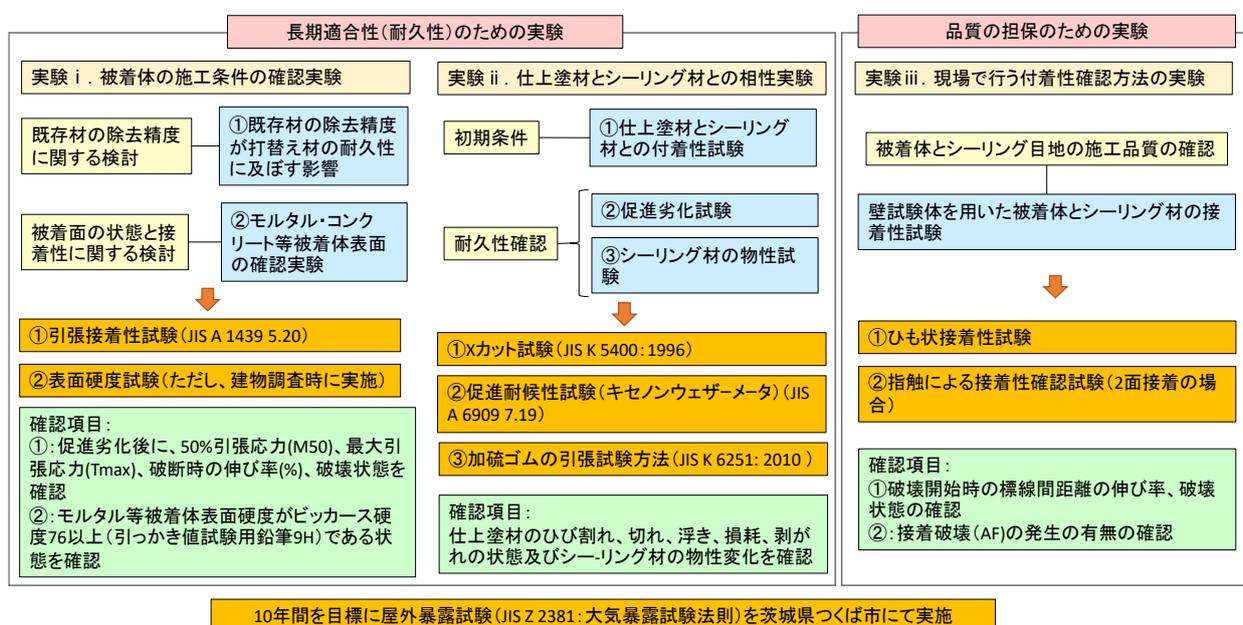
所在	No.	目地厚み (mm)	目地幅 (mm)	写真	
				表面	断面
北海道 〇市	1	4	11		
	2	9	10		
	3	10	12		
	4	4	14		
	5	3	15		
北海道 A市	6	3	14		
	7	6	9		
	8	11	12		
東京都 I区	9	10	9		
	10	6	10		
	11	10	14		
	12	7	10		
	13	5	9		
茨城県 I市	14	4	17		
	15	8	14		
	16	6	15		
	17	7	14		

4) 実験の概要

(1) 試験方法及び評価方法について

実験の概要を図Ⅲ.3.9 に示す。シーリング目地の長寿命化実験では、短期間で現状の仕様よりも耐久性の高い性能のものを検討するため、促進耐候性試験から得られるシーリング材及び塗装仕上材の剥がれや割れ等の発生状況ならびに、施工品質を確保することで耐久性を担保できるものと仮定して評価した。このため、改修するシーリング材と仕上塗材の長期適合性（耐久性）の確認及び品質担保のための実験を行った。

前述のとおり、シーリング材と仕上塗材の相性実験及び既存材と被着面（体）との施工条件の確認実験などは規定された試験方法等がないため、まず試験方法及び評価方法など適用する手法の検討を行った。なお、試験方法や評価方法については、日本シーリング材工業会^{章末文献⁸⁾}や JASS 8 など^{章末文献⁶⁾}、^{文献⁹⁾}、^{文献¹⁰⁾}に示されたものや、JIS 規格の試験方法を参考とし組合せて行った。



図Ⅲ.3.9 実験の概要

(2) シーリング材の種類について

実験では公営住宅では一般的な2成分形ポリウレタン系以外のシーリング材として、選定にあたり PU-2 よりも耐久性が期待できる種類とし、塗装仕上げを施すため仕上塗材を汚染にくいノンブリード (NB) タイプとした。NB タイプのシーリング材は検討を進めていく中で今後市場でも普及が進み、非 NB タイプとの価格差が小さくなると予測されること、ならびに、仕上塗材の汚染は耐久性とも関係が深かったため選定の条件とした。表Ⅲ.3.15 にシーリング材種類を示す。実験に供するシーリング材は市販品とした。

- ・ 基準材 : 2成分形ポリウレタン系 (以降、PU-2) (公営住宅では一般的な材料)
- ・ 高耐久材 : 2成分形変成シリコン系 (以降、MS-2) (改修時の打替え材候補)
- ・ 基準材の上位材 : 2成分形アクリルウレタン系 (以降、UA-2) (改修時の打替え材候補)

表Ⅲ.3.15 シーリング材種類

シーリング材表記	シーリング種類	製造所※	備考
PU-2 (A)	2成分形ポリウレタン系 NB タイプ	E 社	既存材
PU-2 (B)	2成分形ポリウレタン系 NB タイプ	F 社	新設材
MS-2	2成分形変成シリコン系 NB タイプ	E 社	新設材
UA-2	2成分形アクリルウレタン系 NB タイプ	G 社	新設材

※ シーリング材は材種ごとに製造所が異なる。

(3) 仕上塗材

実験では公営住宅で一般的な外装薄塗材 E 以外の仕上塗材として下記の 3 種類を選定した。仕上塗材の選定にあたり、民間の建築物の改修工事では普及しており耐久性が期待できる種類とした。また、仕上塗材は材種が同じのものであっても製造所により構成材の配合量等が異なるため、試験結果の傾向を精度よく確認するために複数の製造所の仕上塗材で比較することとした。そこで、各仕上塗材とも 4 社 (A 社,B 社,C 社,D 社と記す) の市販品を用いることとした。表Ⅲ.3.16 に仕上塗材の仕様を示す。

- ・ 基 準 材：(主材) 外装薄塗材 E
- ・ 普 及 材：(主材) 防水形外装薄塗材 E
- ・ 改修工事材：(上塗材) 水性アクリルシリコン樹脂塗料(硬質・薄塗り)
- ・ 改修工事材：(上塗材) 弱溶剤系アクリルシリコン樹脂塗料 (硬質・薄塗り)

表Ⅲ.3.16 仕上塗材の仕様

仕様 番号	種類		下塗り	主材塗り		上塗り
	呼び名	仕上の形状				
1	可とう形改修塗材E (硬質・薄塗)	平たん状	—	可とう形改修仕上塗材E		水系アクリルシリコン樹脂塗料
2	可とう形改修塗材E (硬質・薄塗)	平たん状	—	可とう形改修仕上塗材E		弱溶剤系アクリルシリコン樹脂塗料
3	防水形外装薄塗材E	さざ波状	合成樹脂エマルジョンシーラー	防水形外装薄塗材E(模様塗り)	(仕上塗り)	—
4	外装薄塗材E	砂壁状	合成樹脂エマルジョンシーラー	外装薄塗材E		—

表Ⅲ.3.17 試験項目

試験項目	概要	備考
シーリング材の打継ぎ後の接着性試験	JIS A 1439:2016の5.20（引張接着性試験）シーリング材の養生（JIS A 1439:2016）後、又は、養生後に温水浸せき（50℃温水に7日間）した後に引張接着性試験を行い、50%引張応力（M50）、最大引張応力（Tmax）（N/mm ² ）、破断時の伸び率（%）ならびに破壊状況を観察・測定する	実験 i
指触による接着性確認試験（非破壊検査）	シーリング材と被着体の接着面付近を木製のへら又は指などで強く押す。接着破壊（AF）が起こらなければ、接着性は良好と判断する	実験 ii
ひも状接着性試験（破壊検査）	カッターで図4.6のようにシーリング材を切断後、標線を記入する。手で、ひも状のシーリング材が破断するまで引っ張り、破壊開始時の標線間距離Lを測定後、破壊状態を観察し、凝集破壊または薄層凝集破壊で、かつ、破壊時の伸びがシーリング材製造業者が設定する「ひも状接着性試験における基準値」以上であれば接着性は良好と判断する。	
促進耐候性試験	JIS K 5600-7-7:2008（キセノンアークランプ法）耐候性試験B法で、負荷時間は仕上塗材としては最長の2,500時間で実施	実験 iii
仕上塗材とシーリング材との付着性試験	Xカッター ⁷ 法（JIS K 5400-8-5-3:1996）現在廃止のため実施方法を下記に記載。。試験片の上に塗膜を貫通して素地面に達するX状の切傷（Xカット）をカッターナイフで付け、その上にセロハン粘着テープを貼り付けて引きはがし、素地又は塗膜間との付着性の優劣を0～10の評価点で判定する	
シーリング材の物性試験	JIS K 6251:2010（加硫ゴム及び熱可塑性ゴム-引張特性の求め方）（ダンベル試験体3号形で実施） 50%引張応力M50）、最大引張応力（Tmax）（N/mm ² ）、破断時の伸び率（%）を測定（ダンベル試験は、初期値および促進耐候性試験終了後に実施）	
暴露実験	JIS Z 2381:2001 大気暴露試験方法通則（表面画像、色差変化、光沢度変化を、初期値、6ヶ月、1年、3年、5年、7年、10年目に測定する）	実験 i、ii、iii

表Ⅲ.3.17(1) 備考※の補足説明

実験番号	実験項目
実験 i	被着体の施工条件の確認実験
実験 ii	仕上塗材とシーリング材の相性実験
実験 iii	現場で行う付着性確認方法の実験

5) 被着体の施工条件の確認実験（実験 i）

前出図Ⅲ.3.9 に示す「実験 i」に関する概要を表Ⅲ.3.17 とともに解説する。なお、本実験は改修工事を対象としているため新築工事よりも施工や品質確保が難しいことをふまえ、作業の実行性に主眼を置き、次の2点に関する検討を行った。

(1) 既存材の除去に関する作業性と精度の実験

既存シーリング目地材の撤去程度について、外壁を模擬した試験体を作製（以降、壁試験体と記す）し、表Ⅲ.3.18 の改修条件を適用してシーリング目地の除去にかかる作業時間及び完全除去を目指す場合の工具及び薬品等を適用した撤去法の試行ならびに、その除去精度の確認を行った。

(2) 既存材の除去程度と被着面の状態による打継ぎ材との接着性に関する実験

壁試験体と同様に表Ⅲ.3.18の改修条件を適用して既存シーリング材を除去し、新設のシーリング材を打設したH形試験体を用いて、引張接着性試験（表Ⅲ.3.17の概要説明を参照）により打継ぎ接着性を確認した。

なお、本試験結果は暴露実験用試験体の初期値としての役割もある。

表Ⅲ.3.18 改修条件

区分	改修施工内容	壁試験体			H形試験体
		適用	シールNo.		
条件1	カッターナイフによる除去・既存材PU-2(A)0.5mm残存 →プライマー塗布 → 新設PU-2(B)打設	I, II	A面	①,⑦	○
条件2	カッターナイフによる除去・既存材PU-2(A)0.5mm残存 →プライマー塗布 → 新設MS-2打設	I, II	A面	②,⑧	○
条件3	カッターナイフによる除去・既存材PU-2(A)0.5mm残存 →プライマー塗布 → 新設UA-2打設	I, II	A面	③,⑨	○
条件4	カッターナイフ+ディスクサンダーによる既存材PU-2(A)の完全除去を目指した施工 → モルタル切粉付着（清掃無し） → プライマー塗布 → 新設材PU-2(B)打設	I, II	B面	⑥,⑩	○※2
条件5	カッターナイフ+シーリング専用リムバーによる既存材PU-2(A)の完全除去を目指した施工 → プライマー塗布 → 新設材PU-2(B)打設	I, II	B面	⑤,⑪	○
条件6	スピンカッター及びブレッドカッター（シーリング目地除去専用工具）による既存材PU-2(A)の完全除去を目指した施工 → プライマー塗布 → 新設材PU-2(B)打設	I, II	B面	④	—※3
条件7	カッターナイフによる既存材PU-2(A)の完全除去を目指した施工 → 新設材PU-2(B)打設（プライマーなし）	I, II	B面	⑫	○
既存材	標準養生後の既存PU-2(A)	—	—	—	○
新設材	標準養生後の既存PU-2(B)	—	—	—	○

※1 既存材PU-2(A)と新設材PU-2(B)は異なる製造所の製品である。

※2 条件4のH形試験体の既存材PU-2(A)は、カッターナイフで完全除去しディスクサンダーは適用しなかった。

※3 H形試験体への専用工具の適用は困難であるため試験は割愛した。

5) - 1 既存材の除去に関する作業性と精度の実験

(1) 実験の概要

(1) - 1 試験体

図Ⅲ.3.10に示す、縦目地又は横目地を両面に3本ずつ配したモルタル塗り仕上げ壁試験体を一体ずつ作製した。

試験体寸法及び仕様は、1,000 mm×1,000 mm×厚さ150 mmの鉄筋コンクリート平板の両面に、厚さ15 mmのモルタル塗仕上げを行い、縦方向と横方向の目地を設け、幅15 mm×厚さ10 mmの2面接着（バックアップ材は5 mm厚さの角形）でPU-2(A)を打設した壁試験体を作製した。これを1年間温湿度調整を行わない建屋内に静置したものを既存シーリング目地とした。

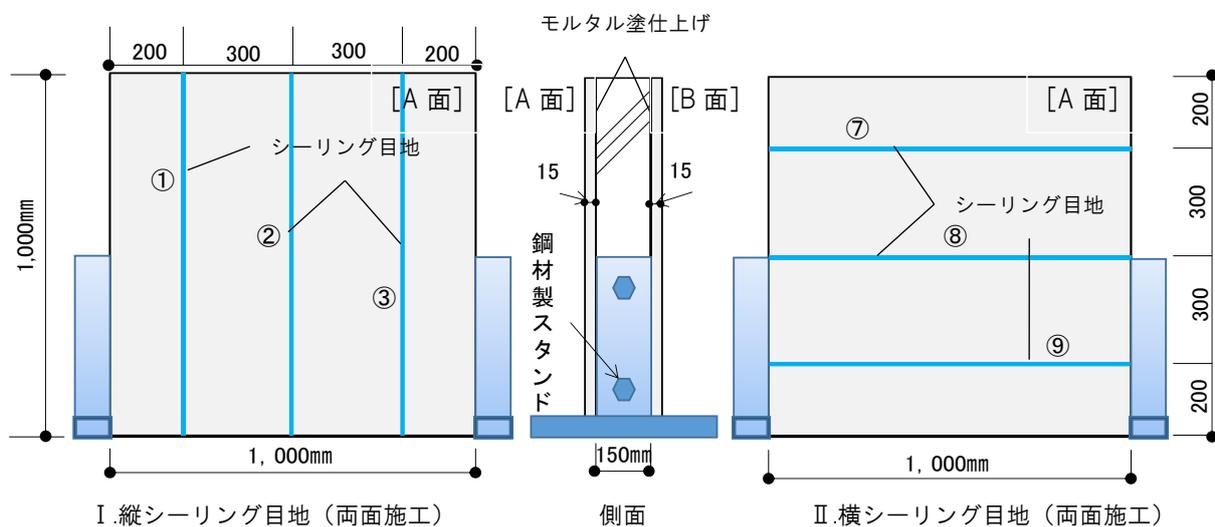
(1) - 2 試験方法

実験のシーリング目地の改修作業は、職歴35年の1級防水施工技能士1名が担当した。

改修条件（表Ⅲ.3.18）の条件1～3は、改修工事で一般的に用いられているカッターナイフを用いて、1回の動作で除去するイメージで0.5mm程度残存している場合の作業時間を測定した。

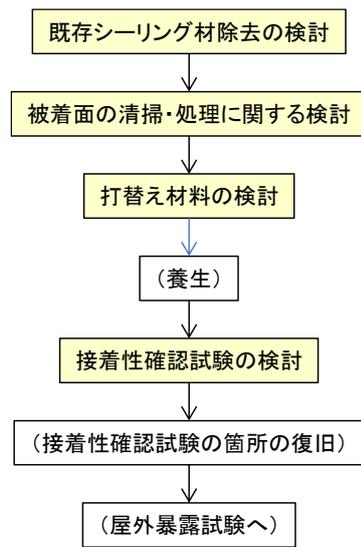
条件4～7は既存シーリング材の完全除去を目指した場合、作業効率を考慮して適用可能性の確認のため、工事用工具及びシーリング除去専用薬品の試行や、従来どおりディスクサンダーを用いた場合、ならびにカッターナイフで丁寧に除去した場合などについて、作業に掛かる時間を計測し、比較した。同時に条件4～7ではPU-2(A)の除去可能な精度の確認も行った。また、参考値として既存材PU-2(A)単体及び新設材PU-2(B)単体の引張接着性試験も実施した。

既存シーリング目地の撤去方法から品質確保、暴露実験に関する検討作業の流れを図Ⅲ.3.11に示し、表Ⅲ.3.19には既存シーリング材除去の検討から品質検査あとの復旧までの、実験項目と測定内容を示した。



※ 試験体 I の B 面にはシール番号④～⑥を配置し、II の B 面にはシール番号⑩～⑫を配置した。

図Ⅲ.3.10 壁試験体



図Ⅲ.3.11 検討作業の流れ

表Ⅲ.3.19 実験項目と測定内容

項目	作業内容	備考
1. 既存シーリング材の除去	「残存厚さ 0.5 mmまで除去」 条件 1～3：カッターナイフによる除去（手動）	A. 画像撮影と時間の記録（添付画像参照）
	「完全除去を目指す」 条件 4：カッターナイフ（手動）＋ディスクサンダー 条件 5：カッターナイフ（手動）＋シーリング専用リム-パ-（ただし、金属製外装材のシーリング目地撤去用を適用可能性の確認のため使用） 条件 6：シーリング目地除去専用工具（3種類について） 条件 7：カッターナイフ（手動）	
2. 接着性への影響	「モルタル等の切粉付着」 条件 4：被着面に切粉塗布＋プライマー塗布	被着面にセメント粉体を刷毛で塗布
	「通常の施工」条件 5：既存シーリング材除去後被着面の清掃＋プライマー塗布	
	「プライマー塗布忘れ」 条件 7：既存シーリング材除去後被着面の清掃のみ（プライマー塗布なし）	
3. 打替えシーリング材の検討	PU-2・「南面」の縦横各 1 本ずつ（計 2 本） ・「北面」の縦横各 3 本ずつ（計 6 本）	・シーリングは全て 2 面接着 ・同条件で H 形試験体を作製し養生後シーリング材の打継ぎ接着性試験を行い初期物性の確認を行う
	MS-2・「南面」の縦横各 1 本ずつ（計 2 本）	
	UA-2・「南面」の縦横各 1 本ずつ（計 2 本）	
4. 施工品質検査	指触（定規又は竹べら）による接着性確認試験	施工品質検査は 1 か月間温湿度調整のない建屋内にて養生後に実施
	ひも状接着性試験による接着性確認試験	
5. 品質検査あとの復旧	測定箇所を部分打替えにより復旧させる	ひも状接着性試験痕を復旧

（2）実験結果

既存材 PU-2 (A) の除去にかかった時間について、カッターナイフで 0.5 mm残存除去の作業時間を 1 としたときに、他の除去方法にかかった作業時間を相対的な値で示す。

作業は 1000 mm長さの目地の除去ごとに測定し、シーリング材が 0.5 mm残存は 6 本ある目地の作業時間の平均値とした。写真Ⅲ.3.2-1～写真Ⅲ.3.2-3 に各条件で PU-2 (A)を除去作業した際の様子を示す。表Ⅲ.3.20 には PU-2 (A)除去作業に要した時間ならびに作業時に発生する、粉塵や臭気、騒音、振動など測定者が感じた結果（定性的な感覚）を示した。

条件	作業	シーリング除去後の状態
<p>■ カッターで0.5 mm 残存するように除去</p>		 <p>・ PU-2 (A)除去後の目地</p>
<p>■ カッターで0.5 mm 程度まで除去しその後ディスクサンダーで研磨</p>		 <p>・ シール材はかなり除去できているが、被着面の凹部分にシール材が薄膜状に残った</p>
	<p>・ シール材の完全除去を目指し作業（粉塵は多い、騒音はそれほど大きくない、振動なし）</p>	

写真Ⅲ.3.2-1 各条件による既存材PU-2 (A) の除去作業

条件	作業	シーリング除去後の状態
<p>■ カッターで極力除去＋シーリング専用リムーバーで残存材の除去</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ・カッターで既存シール材を極力除去した後リム-バ塗布 ・塗置き時間約 30 分後に金属ヘラ等とシンナーで清掃（シール材が厚いとリム-バの浸透に時間がかかる） 	 <ul style="list-style-type: none"> ・上：リムーバー塗置き後のシール材が膨潤した状態 ・中：シール材を除去後にシンナーで拭き取り清掃 ・下：清掃終了後
<p>■ カッターのみで完全除去を目指す</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ・カッターナイフで完全除去を目指す（カッターは 0.5 mm 残存と同一のものを用いた） 	 <ul style="list-style-type: none"> ・上：シール材はかなり除去できている ・下：へこみ箇所に薄膜状の残存があった

写真Ⅲ.3.2-2 各条件による既存材PU-2(A)の除去作業

条件	作業	シーリング除去後の状態
■ シーリング除去専用工具		
		
	<ul style="list-style-type: none"> ・上：スピンカッター(径の大・小あり)を用いた場合（粉塵・振動はなく、音も小さい） ・下：ブレドカッターを用いた場合（粉塵なし、音はそれほど大きくない、振動は不明） ・ブレドカッターは工具の振動により作業者への負荷はある 	<ul style="list-style-type: none"> ・上：スピンカッターはシール材をよく除去できていた。径が小さいほうが作業性は良かった ・ブレドカッターもシール材をよく除去できていた。スピンカッターよりはやや作業スピードが劣る。 ・下：除去面の拡大画像

写真Ⅲ.3.2-3 各条件による既存材PU-2(A)の除去作業

シーリング除去に用いた工具類を写真Ⅲ.3.3 に示す。

シーリング材撤去専用工具		研磨用工具
		
スピナー（写真は大径）	ブレードカッター	ディスクサンダー

写真Ⅲ.3.3 シーリング除去に用いた工具類

表Ⅲ.3.20 既存材 PU-2(A)の除去作業結果

作業内容	時間比較 基準：作業時間	粉	臭	騒	振
		塵	気	音	動
・カッターナイフによる既存材 PU-2 (A) 除去 0.5 mm残存	基準=1 とする				
・カッターナイフ除去+ディスクサンダーによる除去作業	1：3	×		△	
・カッターナイフ除去+シーリング専用リム-パ-によるは除去作業 (作業工程：カッター-除去+シーリング用リム-パ-塗布+塗置き+清掃)	1：30～		△		
・シーリング材除去専用工具による除去作業	1：1.2～1.5			△	
・ブレードカッター（シーリング材除去専用工具）による除去作業	1：1.5			△	-
・カッターナイフによる完全除去を目指す作業	1：1.1～1.2				

※ 作業時に発生する粉塵、臭気、騒音、振動の発生程度「×：影響あり」、「△：若干影響あり」、「空欄：なし」
「-：不明」

表Ⅲ.3.20(1) 既存材 PU-2 (A) 除去作業に関する補足説明

ディスクサンダーによる除去	へこみのある部分には薄膜状に残ることがあった。ただし、作業時間をかけるほど完全除去に近い状態にすることはできる。また、作業により発生する粉塵は多い一方、ディスクサンダーの騒音はそれほど大きくないと感じた。
シーリング専用リムーバーによる除去	<ul style="list-style-type: none"> ・リムーバーを塗布した後に塗置き時間と拭き取り等の清掃を要するため、工具で除去する方法よりもかなりの時間を要した。時間短縮にはシール材を可能な限り除去することがポイントとなる。また、清掃は丁寧に行っても凹凸部分にわずかにシール材が残ることがあったほか、被着面に濡れ色が残る箇所があったが、概ね完全除去に近い状態となった。 ・リムーバーには若干臭気があると感じた。 ・今回使用したシーリング専用リムーバーは、金属パネルやサッシ周りの目地の除去を目的に開発されたものであり、モルタル等の多孔質材料に使用されることを前提としていない。実験では、モルタル仕上げ等の目地への適用可能性について試行的に実施している。
シーリング除去用専用工具	<ul style="list-style-type: none"> ・スピンドルによる除去は良好にシール材を除去できた。カッターの径を大・小の2種類で試行したが、PU-2 の目地材では小径のほうが作業は容易であった。電動工具であるが作業により生じる音は大きくないと感じた。
	<ul style="list-style-type: none"> ・ブレードカッターによる除去も良好にシール材を除去することができた。ブレードカッターは固いシール材向きであるためか、柔軟な PU-2 除去作業のスピードはスピンドルより劣る。作業時の騒音は工具の機械音であり、それほど大きくないと思われる[※]。工具が振動するため作業員への負荷は大きい。建物に対する振動は不明。
カッターナイフ(手動)による完全除去を目指す	<ul style="list-style-type: none"> ・作業では、試験体の目地が比較的平滑の面であったため良好にシール材の除去ができ、完全除去に近い状態にまですることができた。ただし、被着面の僅かなへこみ箇所には、どの除去方法であっても薄膜状にシール材が残った。
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・シーリング材の除去精度については技術者の技能により個人差があるため、カッターナイフによる除去程度については技能にあわせた配慮が必要である。

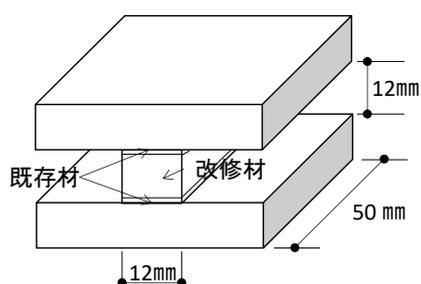
※ 騒音や臭気等の感じ方は、測定値ではなく測定者の感覚によるものであり個人差がある。

5) - 2 既存材の除去程度と被着面の状態による打継ぎ材との接着性に関する実験

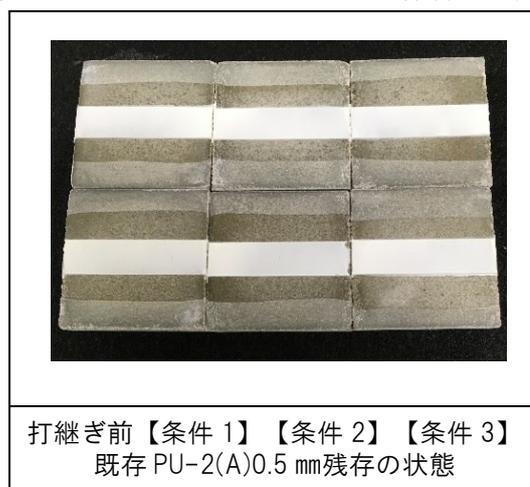
(1) 実験の概要

試験体は、基盤をモルタル製とした H 形試験体とし、寸法及び形状は図Ⅲ.3.12 に示すとおりである。

既存シーリング目地は、PU-2(A)を H 形試験体に打設後に標準養生したものとした。これを、前出の表Ⅲ.3.18 に示した改修条件に基づき、既存材 PU-2(A)を除去し（写真Ⅲ.3.4 および写真Ⅲ.3.5）各種の実験水準を適用させて新設材を打設した H 形試験体を 1 ヶ月間、前出の壁試験体（図Ⅲ.3.10）とともに温湿度調整を行わない建屋内（冬季）にて養生し、その後引張接着性試験を行った。ただし、試験体は試験実施前に 24 時間ほど 23℃±1℃一定の室内にて保管した。



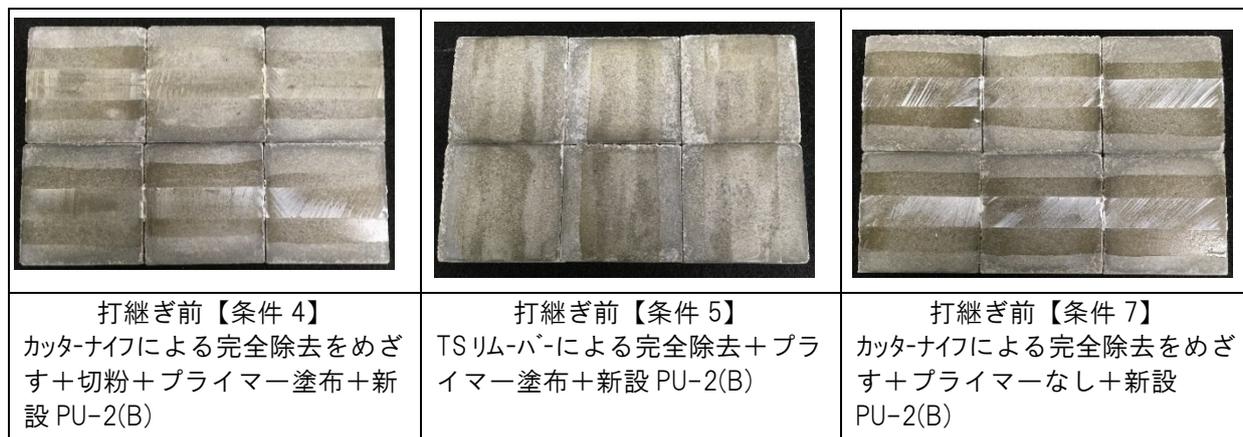
図Ⅲ.3.12 H形試験体



打継ぎ前【条件 1】【条件 2】【条件 3】
既存 PU-2(A)0.5 mm 残存の状態

写真Ⅲ.3.4 H形試験体

—既存 PU-2 (A) の除去（その 1）



写真Ⅲ.3.5 H形試験体 —既存 PU-2 (A) の除去（その 2）

(2) 被着体の施工条件の確認実験の結果

各種改修条件で施工した試験体の引張接着性試験した結果を表Ⅲ.3.21 に示している。表では、50%引張応力 (N/mm^2) (以降、M50 と記す) と最大引張応力 (N/mm^2) (以下「Tmax」と記す。) 及び最大荷重時の伸び率 (%) (以下「Emax」と記す。) の 3 体ずつ測定した平均値と破壊状態の傾向を一覧で示している。

また、引張応力と伸び率についての試験結果を図Ⅲ.3.13に示している。さらに、引張接着試験の破壊状態に関して、破断面を撮影した画像を写真Ⅲ.3.6(1)～Ⅲ.3.6(3)に示している。

表Ⅲ.3.21 各種改修条件による初期引張接着性試験の結果

試験条件	測定項目	50%引張応力 M50 (N/mm ²)	最大引張応力 T _{max} (N/mm ²)	最大荷重時の 伸び率E _{max} (%)	破壊状態			
					CF	TCF	AF	MF
【条件1】新設PU-2(B)		0.13	0.31	247				100
【条件2】新設MS-2		0.2	0.27	126				100
【条件3】新設UA-2		0.15	0.25	169			5	95
【条件4】新設PU-2(B)		0.12	0.44	463	100			
【条件5】新設PU-2(B)		0.13	0.47	535	100			
【条件7】新設PU-2(B)		0.12	0.39	328	50	20		30
既設PU-2(A)		0.15	0.33	506	80	20		
新設PU-2(B)		0.13	0.47	543	100			

※ 破壊状態略式記号 CF:新規シーリング材の凝集破壊 TCF:新規シーリング材の薄層凝集破壊

AF:新規シーリング材の界面破壊 MF:既存シーリング材の破壊

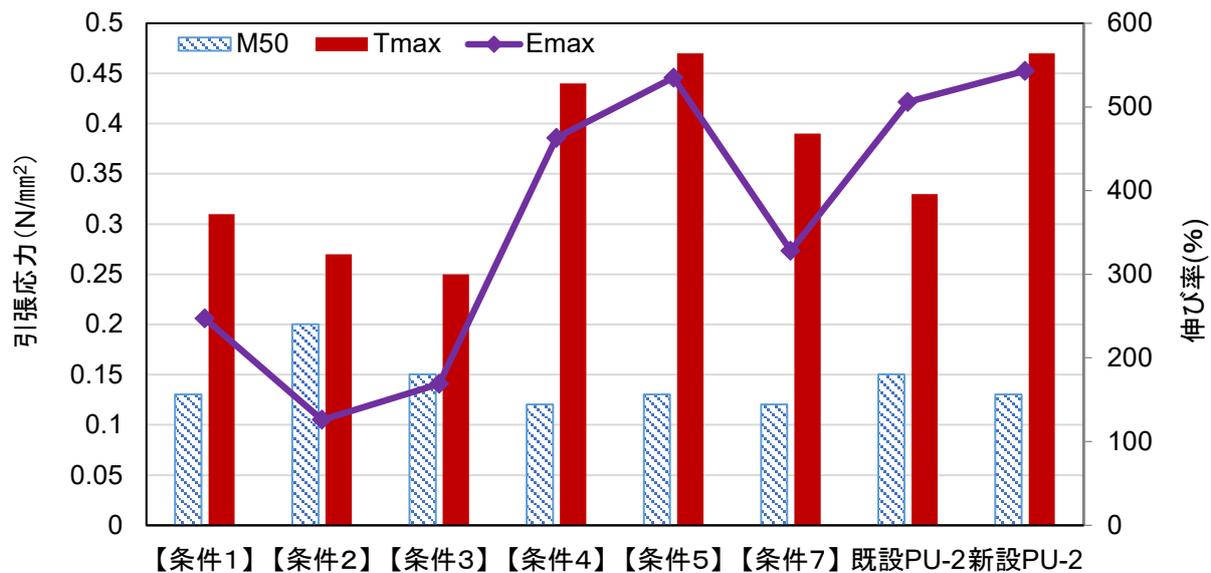
表Ⅲ.3.21(1) 【参考】混合反応硬化2成分形中・低モジュラスシーリング材の一般的性能

項目	PU-2	MS-2	UA-2
50%引張応力 M50 (N/mm ²)	0.07~0.3	0.08~0.2	0.1~0.3
最大引張応力 T _{max} (N/mm ²)	0.2~1.5	0.3~1.0	0.4~1.6
最大荷重時の伸び E _{max} (%)	400~1000	400~800	400~1000
硬さ (JIS K 6253)	5~30	5~20	5~25

※ 本表は、表Ⅲ.3.19の引張接着性試験結果の確認に用いる。

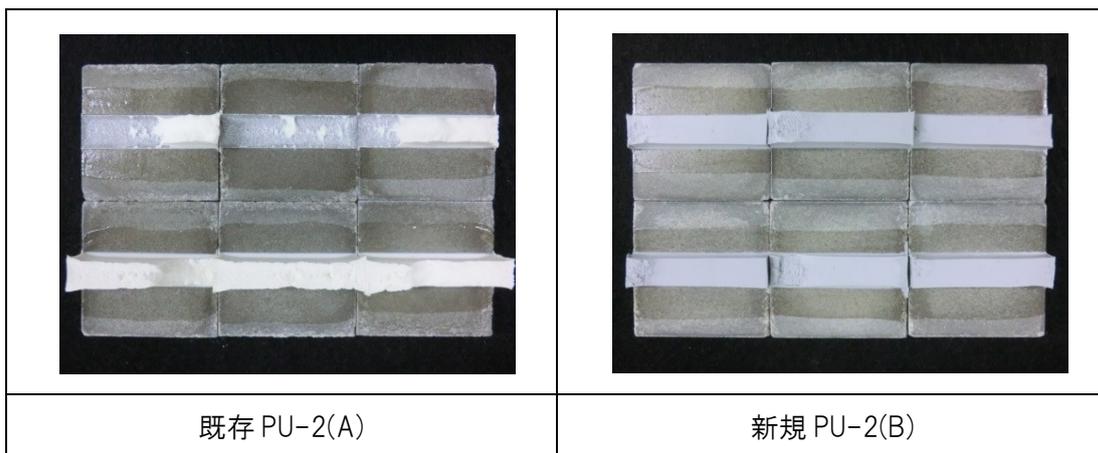
各種改修条件による初期引張接着性試験の結果をまとめると、次のようになる。

- ① 条件1～3のように既存材のPU-2(A) 0.5mm残存しているものに新規シーリング材を打継ぎした試験体は、概ね既存シーリング材で破断しており、M50やT_{max}はPU-2の性能を満たしていたものの、E_{max}(伸び率)が一般的性能に達しておらず、初期の段階でも残存シーリング材が性能発現の妨げになっていた。
- ② 条件4及び条件5は、既存シーリング材を極力除去しているため、打継ぎした(CF)新規シーリング材で凝集破壊しており、性能も参考値をクリアしていた。
- ③ 条件6は、既存シーリング材を極力除去したもののプライマーを塗布しなかったことにより、(TCF)新規シーリング材の薄層凝集破壊や(MF)既存シーリングの破壊が起こっており、E_{max}も性能値に達していないことから、初期性能が確保できていなかった。



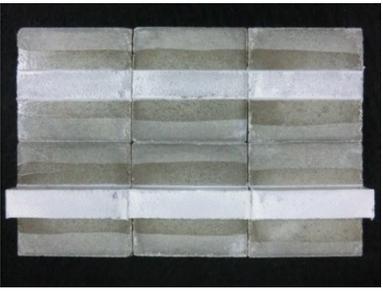
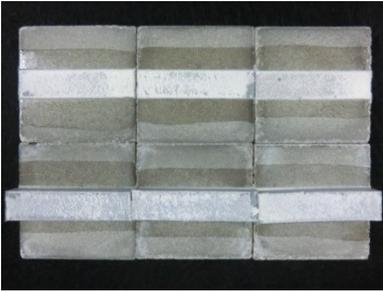
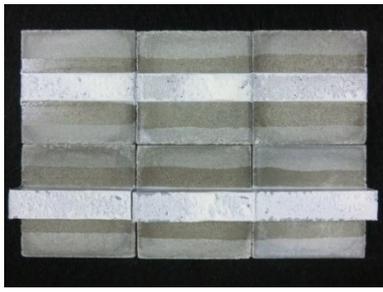
図Ⅲ.3.13 各種改修条件による初期引張接着性試験の結果

(2) - 1 既存 PU-2 (A) 及び新規 PU-2 (B) の引張接着性試験の破壊状態



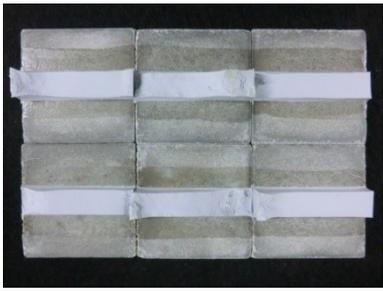
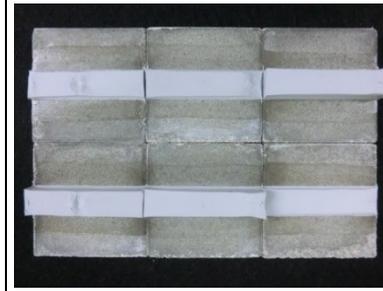
写真Ⅲ.3.6(1) 引張接着性試験後のH形試験体 (その1)

(2) - 2 既存シーリング材が 0.5 mm 残存している場合の引張接着性試験の破壊状態

		
【条件 1】結果 既存材 PU-2(A)→新設 U-2(B)	【条件 2】結果 既存材 PU-2(A)→新設 MS-2	【条件 3】結果 既存材 PU-2(A)→新設 UA-2

写真Ⅲ.3.6(2) 引張接着性試験後のH形試験体 (その 2)

(2) - 3 既存シーリング材を極力除去した場合の破壊状態

		
【条件 4】結果 切粉→プライマー塗布→新設材 PU-2(B)	【条件 5】結果 プライマー塗布→新設材 PU-2(B)	【条件 7】結果 プライマーなし→新設材 PU-2(B)

写真Ⅲ.3.6(3) 引張接着性試験後のH形試験体 (その 3)

(3) 被着体の施工条件の確認実験のまとめ

上記をまとめると、各種施工条件で実施した試験体の引張接着性の試験結果により、確認された点について取りまとめると次のようになる。

- ① 0.5 mm 程度の既存シーリング材が残った状態で新設シーリングを打設した場合は、既存シーリング材の影響 (MF) が確認された。
- ② 既存シーリング材を完全に除去した場合には、新規シーリングと同程度の物性を有しており、改修後の品質確保や長寿命化をするには既存シーリング材は完全除去に近い状態にすることが望ましい。
- ③ プライマーの塗布がない場合は、既存シーリング材を完全に除去しても初期接着性は確保が難しい。

6) 現場で行う付着性確認方法の実験 (実験 iii)

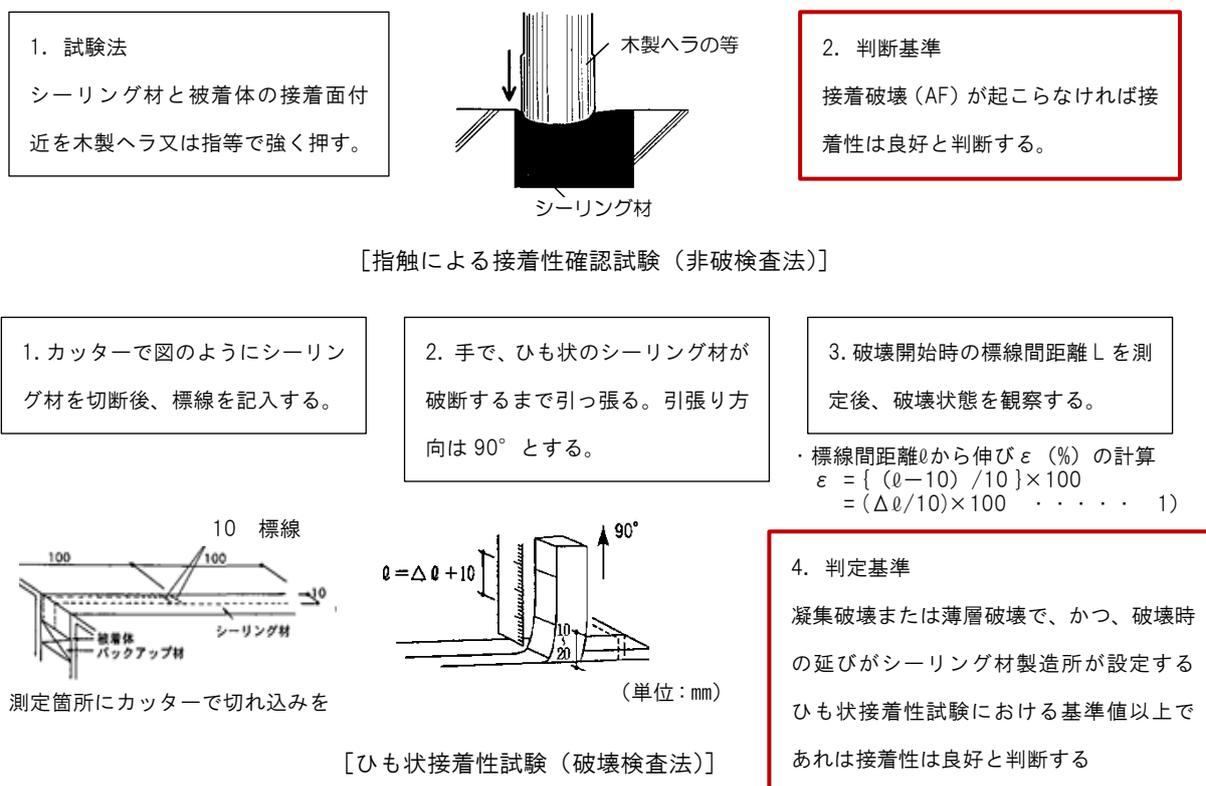
(1) 実験の概要

前出の図Ⅲ.3.9 に示す「実験 iii」の実験に関する概要について解説する。試験体は、前出の壁試験体 (図Ⅲ.3.10) を用いて行った。

表Ⅲ.3.18の改修条件を適用して新設のシーリング材を打設し、1ヶ月間温湿度調整しない建屋内 (冬季) に養生した後に、(表Ⅲ.3.17試験項目でも解説している) 指触による接着性確認試験 (非破壊検査) 及びひも状接着性試験 (破壊検査) を適用し、その施工品質確認検査法の精度等の確認を行った。検査方法及び判定基準については、日本シーリング材工業会の建築用シーリング材ハンドブック(2017)^{章末文献8)} から引用したものを適用した。この試験の概要を図Ⅲ.3.14に示している。

なお、改修施工は前出の1級防水技能士が行い、接着性試験及び判定はシーリング管理士1名が行った。

試験終了後に検査を行った箇所は、次に行う屋外暴露実験のため復旧施工を行った。



図Ⅲ.3.14 現場における接着性試験法^{章末文献8)}より引用抜粋

(2) 現場で行う付着性確認方法の実験結果

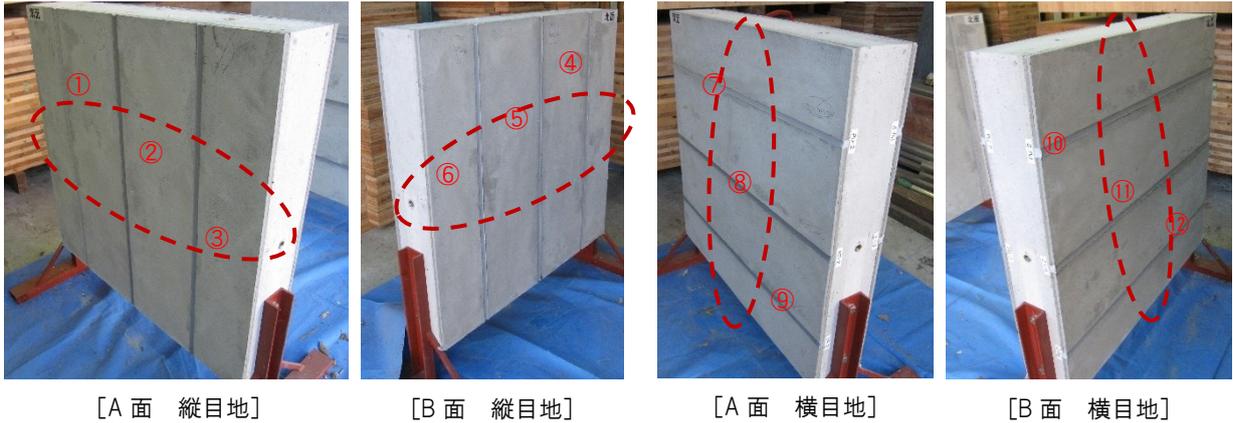
2種類の接着性確認試験は写真Ⅲ.3.7の赤枠の箇所で実施した。

① 指触による接着性確認試験の結果

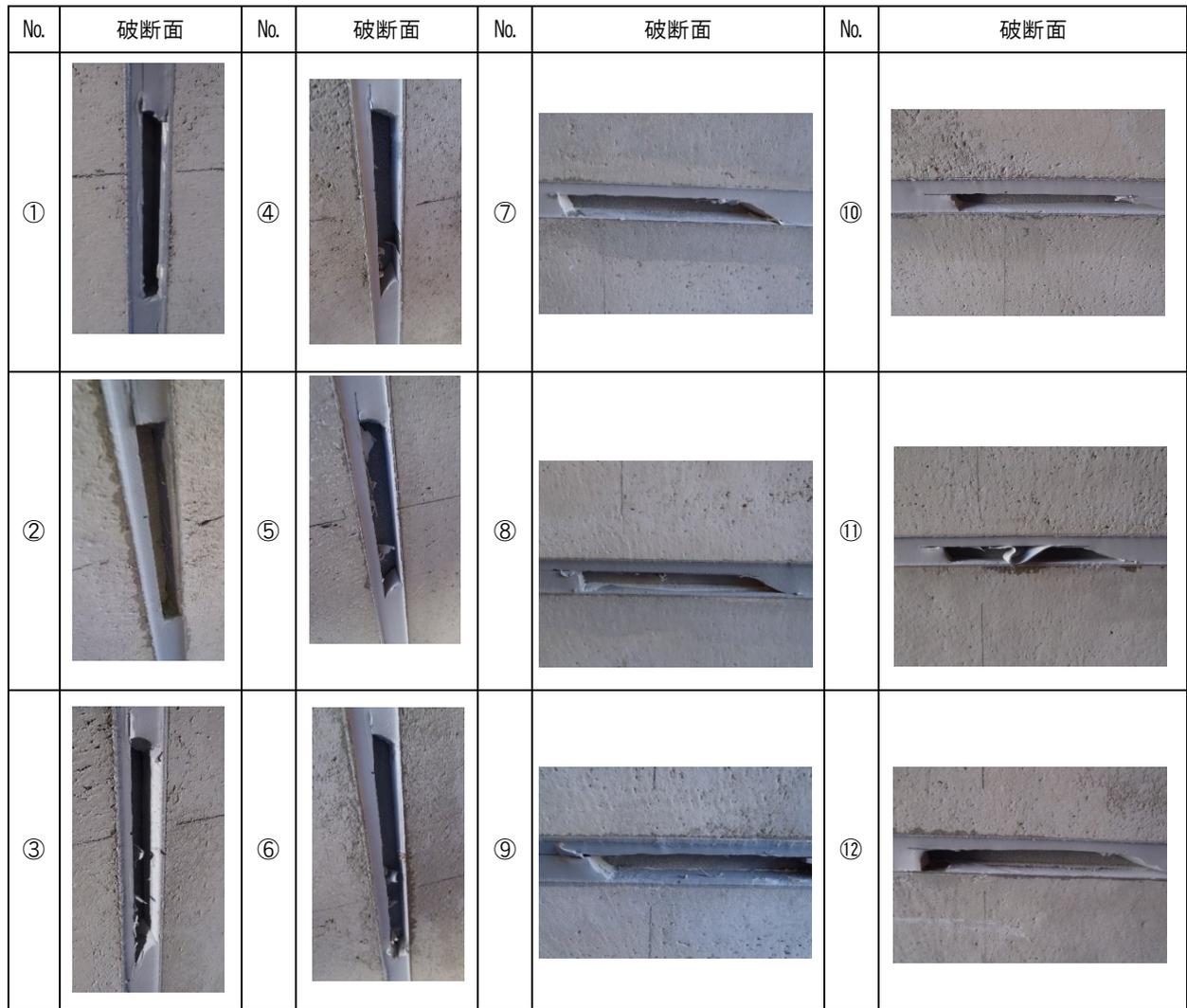
判断基準に基づき判定した結果は接着性に問題はなく、改修条件はすべて合格であった。

② ひも状接着性試験の結果

写真Ⅲ.3.8に、ひも状接着性試験あとの画像を示す。試験結果は表Ⅲ.3.22に示した。⑦と⑫の目地に異常が検知されたが、判定基準に準拠すると合格となった。



写真Ⅲ.3.7 現場における接着性試験の適用箇所



写真Ⅲ.3.8 ひも状接着性試験の破断面

表Ⅲ.3.22 ひも状接着性試験の結果

改修条件	シーリング番号	改修施工条件		破断時の伸び率 (%)	ひも状接着性試験結果
		除去条件	改修条件		
1	①	既存PU-2材0.5mm残	PU-2打設	220	CF: 既存と新規シール材の凝集破壊
2	②	既存PU-2材0.5mm残	MS-2打設	250	CF: 既存と新規シール材の凝集破壊
3	③	既存PU-2材0.5mm残	UA-2打設	500以上	CF: 既存と新規シール材の凝集破壊
4	④	カッターcut+専用工具	プライマーなし	230	CF: 新規シール材の凝集破壊
5	⑤	カッターcut+TSリムバー+1%塩素	塩素系薬剤1%+プライマー塗布	300	CF: 新規シール材の凝集破壊
6	⑥	カッターcut+グラインダー	切粉+プライマー塗布	250	CF: 新規シール材の凝集破壊
1	⑦	既存PU-2材0.5mm残	PU-2打設	350	CFと下地PUのTCF(MF)
2	⑧	既存PU-2材0.5mm残	MS-2打設	500以上	CF: 既存と新規シール材の凝集破壊
3	⑨	既存PU-2材0.5mm残	UA-2打設	500以上	CF: 既存と新規シール材の凝集破壊
4	⑩	カッターcut+グラインダー	切粉+プライマー塗布	250	CF: 新規シール材の凝集破壊
5	⑪	カッターcut+TSリムバー+1%塩素	塩素系薬剤1%+プライマー塗布	250	CF: 既存と新規シール材の凝集破壊
6	⑫	カッターで極力除去	プライマーなし	350	TCF: 薄層凝集破壊

表Ⅲ.3.22(1) 製造所が設定するひも状接着性試験の破断時の伸び率の基準値

シーリング種類	製造業者基準値(%)
PU-2(B)	200
MS-2	200
UA-2	200

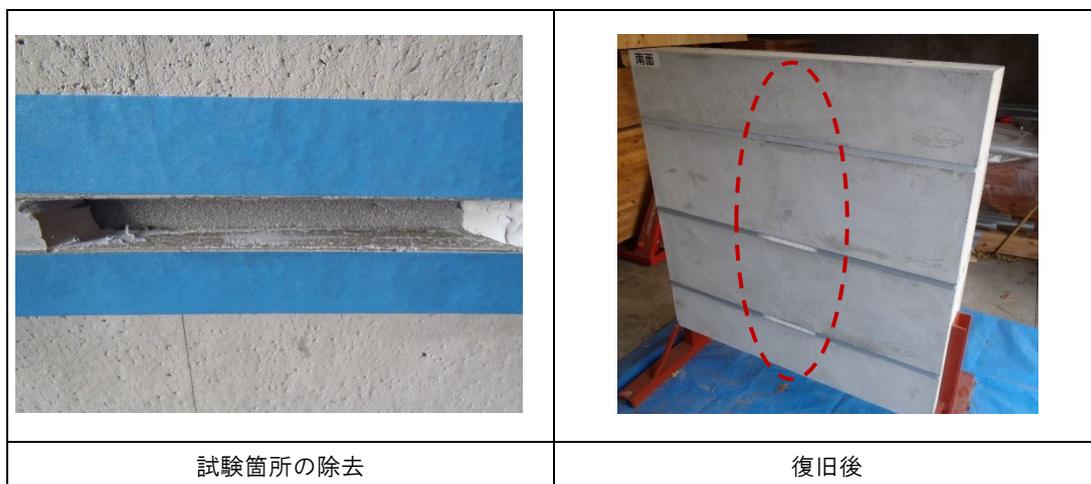
【ひも状接着性試験の結果から破壊状態について補足説明】

- ・破断時の伸び率は打替えシーリング材すべてで合格であった。
- ・⑦の位置にある（横目地）0.5 mm残存で既存 PU-2（A）の打替え目地と⑫の位置の（横目地）カッターで完全除去を目指し、プライマーの塗布無しの新規 PU-2（B）の 打替え目地が薄層凝集破壊あった。

（3）現場で行う付着性確認方法のまとめ

上記の実験結果を通じて、現場で行う付着性確認方法について取りまとめると次の点が指摘できる。

- ① 指触による接着性確認試験よりもひも状接着性試験のほうが精度良く異常を検知できることが確認された。
- ② 上記の試験結果はその一方で、図Ⅲ.3.14 に示す判定基準に従うと、ひも状接着性試験の結果も良好な施工と判定されることになる。さらに、既存 PU-2(A)が 0.5 mm残存している打替え目地の結果も、ひも状引張試験の結果では既存シーリング材が凝集破壊している。これは、既存材の残存がないという前提に定められた判定基準と考えられることから、改修工事に関してはこの判定基準を再度検討する必要があると考える。
- ③ 施工上の注意点としては、残存材は薄いほうが接着性の性能に関する影響は少ないと考えられる。また、施工条件においてプライマーの塗布忘れが最も接着性確保に影響をすることが確認された。プライマーは無色であるため塗布の有無を確認しにくいいため、塗布忘れを無くす施工上の工夫が必要と考える。



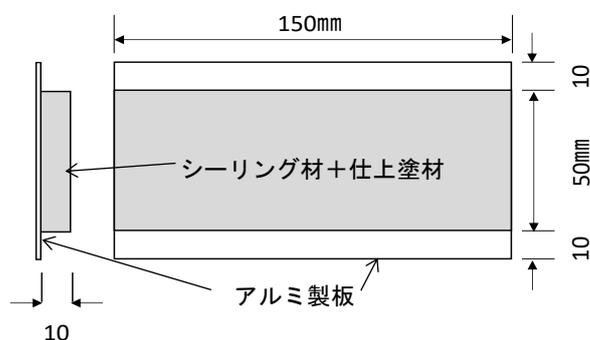
写真Ⅲ.3.9 ひも状接着性試験後の復旧

7) 仕上塗材とシーリング材の相性実験（実験 ii）

（1）試験の概要

図Ⅲ.3.9 に示す「実験 ii」に関する試験項目を表Ⅲ.3.16 とともに解説する。

実験は、図Ⅲ.3.15 に示す形状のアルミニウム製基盤にシーリング材と仕上塗材とを施工した試験体を作製し、表Ⅲ.3.9 の実験 ii の②に示すように キセノンウェザーメータ(JIS K 5600)による促進耐候性試験を行った。試験体の測定は初期値及び 500 時間ごとに 2,500 時間まで仕上塗材の画像と色差ならびに光沢度変化を測定した。また、試験終了後には仕上塗材とシーリング材の付着性試験ならびにシーリング材の物性変化としてダンベル試験を実施し、初期値からのシーリング材の変化から耐久性について確認した。



図Ⅲ.3.15 促進耐候性試験用試験体

（2）試験の結果

（2）-1 シーリング材と塗装材との付着性試験（X カットテープ法による検討^{*1}）

表Ⅲ.3.23 には各仕上塗材の製造所の測定結果を示した。製造所によりやや結果が異なるものの傾向はつかめる。初期接着性は概ね確保できていたが、1社の外装薄塗材 E は PU-2 及び UA-2 に塗布したのものには、カッターナイフで切れ込みを入れた際に剥がれが生じた。

促進耐候性試験後は、3社の外装薄塗材 E で剥離が生じ、とくに PU-2 からの剥離が顕著だった。PU-2 と外装薄塗材 E は公営住宅の主な組みあわせであり、現行の仕様では長期間の性能保持は難しい事がうかがわれる。なお、外装薄塗材 E の付着性試験は骨材が含まれているため付着性試験の適用は難しかったことを付記しておく。

表Ⅲ.3.23 シーリング材と塗装仕上材との付着性評価結果

試験体種類	初期	2500時間後	試験体種類	初期	2500時間後
P-A-1	10	10	P-C-1	10	10
P-A-2	10	10	P-C-2	10	10
P-A-3	10	10	P-C-3	10	10
P-A-4	10	10	P-C-4	10	6
M-A-1	10	10	M-C-1	10	10
M-A-2	10	10	M-C-2	10	10
M-A-3	10	10	M-C-3	10	10
M-A-4	10	10	M-C-4	10	8
U-A-1	10	10	U-C-1	10	10
U-A-2	10	10	U-C-2	10	10
U-A-3	10	10	U-C-3	10	10
U-A-4	10	8	U-C-4	10	8
P-B-1	10	10	P-D-1	10	10
P-B-2	10	10	P-D-2	10	10
P-B-3	10	10	P-D-3	10	10
P-B-4	10	10	P-D-4	4	2
M-B-1	10	10	M-D-1	10	10
M-B-2	10	10	M-D-2	10	10
M-B-3	10	10	M-D-3	10	10
M-B-4	10	10	M-D-4	10	10
U-B-1	10	10	U-D-1	10	10
U-B-2	10	10	U-D-2	10	10
U-B-3	10	10	U-D-3	10	10
U-B-4	10	10	U-D-4	6	10

※ 試験体種類の A～D は塗装材製造所の記号、1～4 は塗装仕上材の種類を表す。

【1：水性アクリルシリコン樹脂塗装（硬質）、2：弱溶剤アクリルシリコン樹脂塗装（硬質）、
3：防水型外装薄塗材（通称、単層弾性）、4：外装薄塗材 E（通称、吹付リシン）】

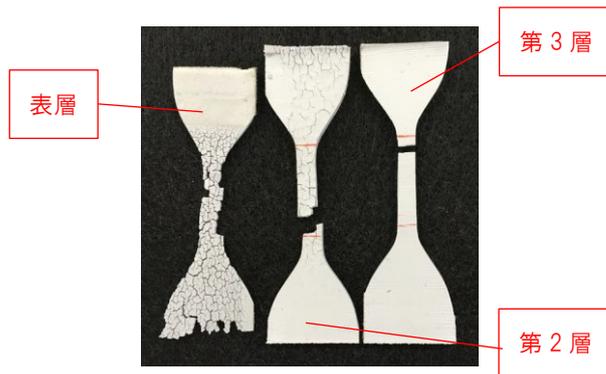
※1 X カット試験法：試験片の上に塗膜を貫通して素地面に達する X 状の切傷（X カット）をカッターナイフで付け、その上にセロハン粘着テープを貼り付けて引きはがし、素地又は塗膜間との付着性の優劣を調べる。（1996 年版で JIS 規格から廃止された試験方法を参考とした。）

（2）－2 物性試験（試験方法：JIS K 6251 加硫ゴムの引張試験方法に準拠）

シーリング材の初期及び促進耐候性試験後の物性試験を（試験体形状：ダンベル状 3 号形、引張速度：200mm/min）で実施した。ダンベル試験体は表層を除去した後、2mm 厚でスライスし、第 2 層、第 3 層について引張接着性試験を実施した。写真Ⅲ.3.10 は、促進耐候性試験後の塗装なし PU-2 のダンベル試験体の試験後を撮影したものであるが、ひび割れが表層だけではなく第 2 層に達するほど深く入っていることが確認された。MS-2 や UA-2 の塗装なし試験体は、第 2 層に達するほどのひび割れは入らなかった。

なお、表Ⅲ.3.24 ならびに表Ⅲ.3.25 の結果は、N=3 で実施した測定値の平均で示した。

また、図Ⅲ.3.16 に P U-2 の促進耐候性試験の物性変化の結果、図Ⅲ.3.17 に M S-2 の促進耐候性試験の物性変化の結果、図Ⅲ.3.18 に U A-2 の促進耐候性試験の物性変化の結果を示している。



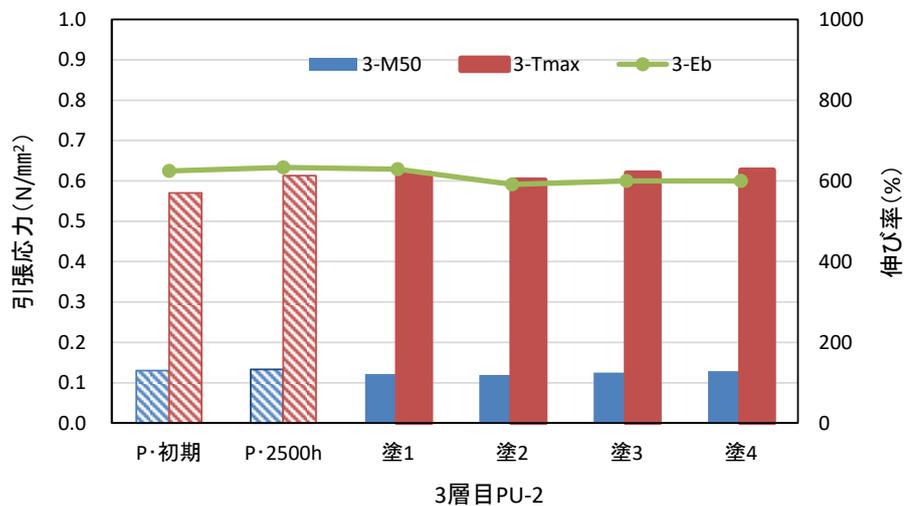
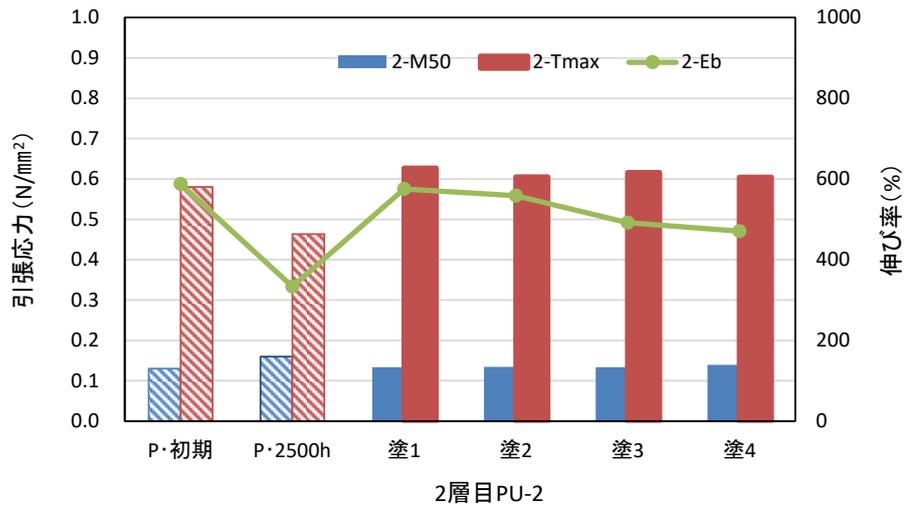
写真Ⅲ.3.10 促進耐候性試験 2500 時間後の PU-2(塗装なし)試験体 (測定後)

表Ⅲ.3.24 シーリング材 (塗装なし) 物性試験結果

測定時期	材種	2層目			3層目		
		50%引張応力 (N/mm ²)	最大引張応力 (N/mm ²)	破断時の伸び率 (%)	50%引張応力 (N/mm ²)	最大引張応力 (N/mm ²)	破断時の伸び率 (%)
初期	PU-2	0.13	0.58	588	0.13	0.57	625
	MS-2	0.21	0.55	500	0.19	0.54	525
	UA-2	0.11	0.68	725	0.12	0.76	725
2500 時間後	PU-2	0.16	0.46	333	0.13	0.61	633
	MS-2	0.23	0.68	450	0.21	0.69	517
	UA-2	0.1	0.68	800	0.12	0.8	767

表Ⅲ.3.25 塗装仕上げしたシーリング材の促進耐候性試験後の物性試験結果

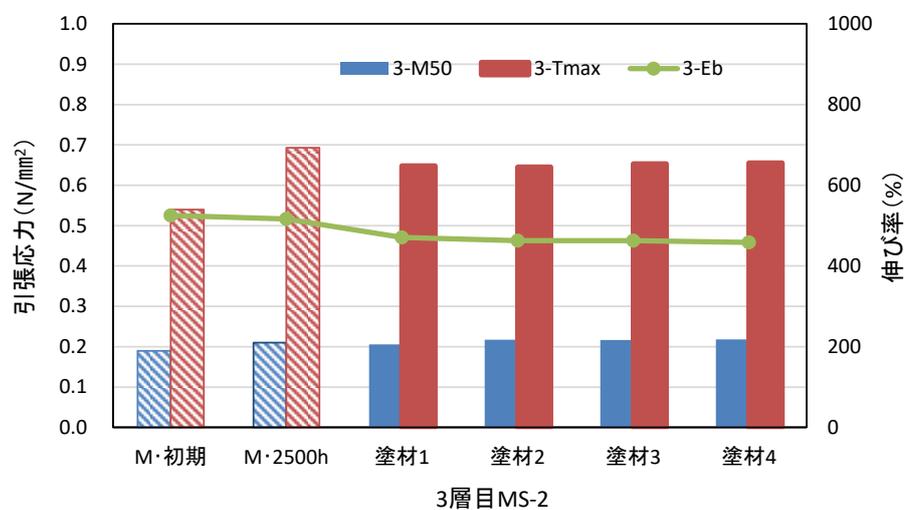
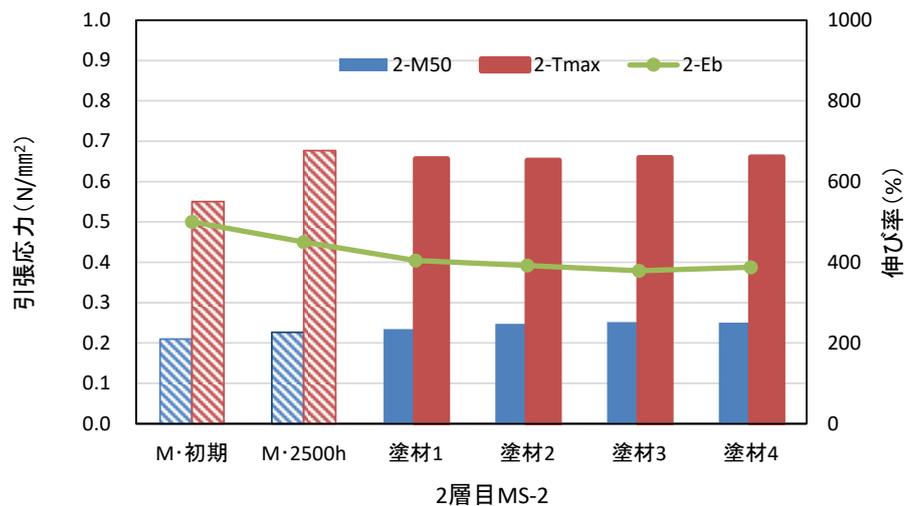
塗装種類	PU-2						MS-2						UA-2					
	2層目			3層目			2層目			3層目			2層目			3層目		
	50%引張応力 (N/mm ²)	最大引張応力 (N/mm ²)	破断時の伸び率 (%)	50%引張応力 (N/mm ²)	最大引張応力 (N/mm ²)	破断時の伸び率 (%)	50%引張応力 (N/mm ²)	最大引張応力 (N/mm ²)	破断時の伸び率 (%)	50%引張応力 (N/mm ²)	最大引張応力 (N/mm ²)	破断時の伸び率 (%)	50%引張応力 (N/mm ²)	最大引張応力 (N/mm ²)	破断時の伸び率 (%)	50%引張応力 (N/mm ²)	最大引張応力 (N/mm ²)	破断時の伸び率 (%)
A-1	0.13	0.63	583	0.12	0.62	650	0.24	0.66	400	0.21	0.64	467	0.11	0.78	783	0.13	0.75	733
A-2	0.13	0.60	533	0.12	0.60	600	0.24	0.64	400	0.21	0.63	467	0.13	0.74	783	0.14	0.78	783
A-3	0.12	0.58	467	0.11	0.60	617	0.27	0.67	383	0.23	0.65	450	0.12	0.76	817	0.13	0.83	783
A-4	0.12	0.57	467	0.10	0.59	617	0.25	0.67	383	0.22	0.66	467	0.12	0.75	800	0.13	0.73	717
B-1	0.12	0.63	583	0.11	0.61	617	0.22	0.66	400	0.19	0.65	467	0.11	0.86	833	0.12	0.87	800
B-2	0.11	0.58	550	0.09	0.57	583	0.24	0.65	400	0.20	0.63	450	0.11	0.73	783	0.13	0.81	767
B-3	0.10	0.61	500	0.10	0.61	583	0.23	0.64	367	0.19	0.65	467	0.11	0.55	550	0.12	0.79	767
B-4	0.13	0.62	483	0.10	0.62	567	0.22	0.65	400	0.18	0.66	483	0.09	0.73	783	0.11	0.74	717
C-1	0.17	0.66	567	0.15	0.65	617	0.21	0.62	400	0.19	0.60	450	0.12	0.80	817	0.14	0.81	733
C-2	0.18	0.65	567	0.16	0.64	583	0.22	0.64	367	0.19	0.63	467	0.14	0.85	800	0.15	0.93	800
C-3	0.16	0.63	483	0.16	0.64	600	0.22	0.63	367	0.20	0.64	483	0.14	0.77	750	0.14	0.77	717
C-4	0.16	0.65	550	0.16	0.65	617	0.23	0.64	400	0.21	0.63	450	0.12	0.72	850	0.13	0.84	783
D-1	0.11	0.60	567	0.10	0.60	633	0.26	0.68	417	0.23	0.70	500	0.10	0.76	817	0.11	0.77	783
D-2	0.12	0.59	583	0.11	0.59	600	0.29	0.68	400	0.27	0.69	467	0.10	0.78	850	0.12	0.81	800
D-3	0.15	0.63	517	0.13	0.63	600	0.29	0.69	400	0.25	0.67	450	0.10	0.65	733	0.12	0.76	767
D-4	0.15	0.58	383	0.15	0.64	600	0.29	0.68	367	0.26	0.66	433	0.11	0.72	800	0.12	0.81	767



図Ⅲ.3.16 PU-2の促進耐候性試験の物性変化

【PU-2の促進耐光性試験の物性変化】

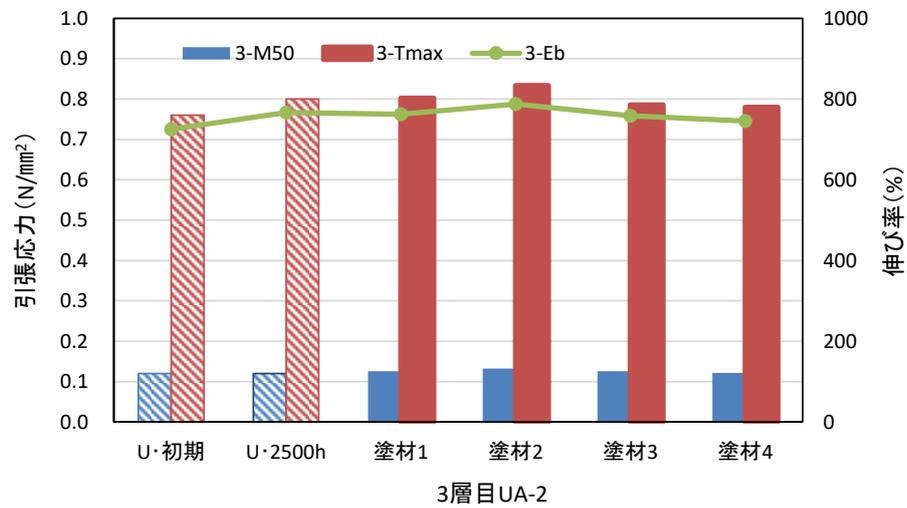
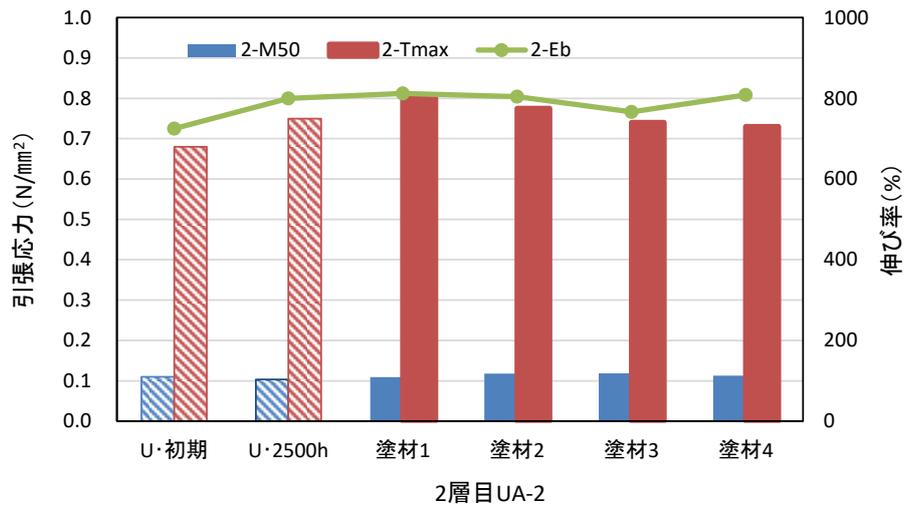
材種	塗装の有・無	結果
PU-2	なし	第2層までひび割れが進行し（写真Ⅲ.3.4.8）物性低下が確認された。 第3層は物性に問題なし。
	あり	第2層、第3層の物性に問題なし。第3層のEmax（伸び率）は初期よりも促進試験後のほうが高く、仕上塗材による差は小さい。一方、第2層は仕上塗材種類で差が見られ、防水形外装薄塗材E及び外装薄塗材Eで仕上げたPU-2はEmaxがやや低かった。



図Ⅲ.3.17 MS-2の促進耐候性試験の物性変化

【MS-2の促進耐光性試験の物性変化】

材種	塗装の有・無	結果
MS-2	なし	E _{max} （伸び率）に低下傾向がみられるものの第2層、第3層の物性に問題なし。
	あり	第2層はE _{max} の低下がみられる。仕上塗材の種類による差は小さい。第3層の物性に問題なし。



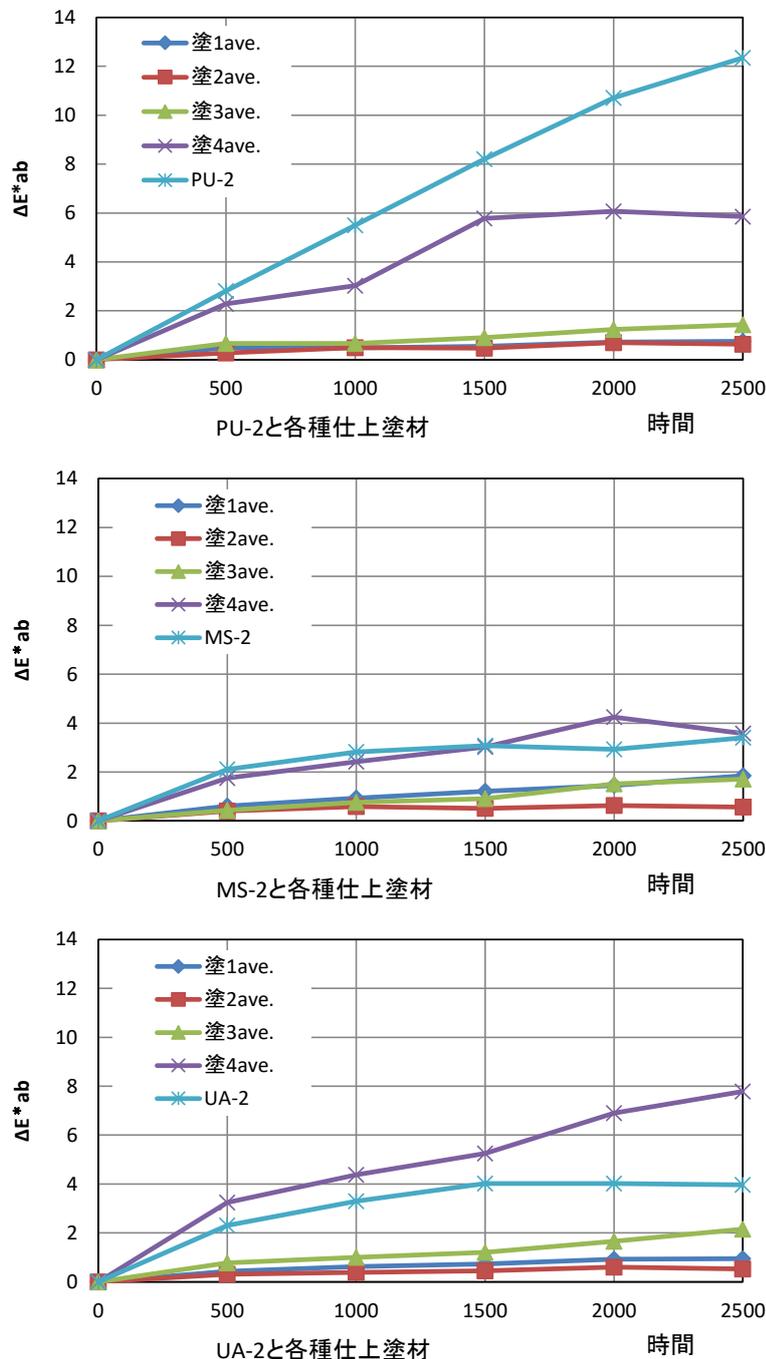
図Ⅲ.3.18 UA-2の促進耐候性試験の物性変化

【UA-2の促進耐光性試験の物性変化】

材種	塗装の有・無	結果
UA-2	なし	第2層、第3層の物性に問題なし。
	あり	第2層、第3層の物性に問題なし。

(2) - 3 色差変化

図Ⅲ.3.19 及び表Ⅲ.3.26 には、PU-2、MS-2 及び UA-2 に各種塗装仕上げして促進耐候性試験した試験体塗装の色差変化を示した。なお、色差変化 ΔE^*ab は仕上塗材の製造所ごとに測定したがグラフには平均値で示した。色差による劣化度の規定はないため、測定結果は JIS A 5422:2002(窯業系サイディング)解説表 1(色差の感覚的表現)*を参考にして示した(表Ⅲ.3.27)。



図Ⅲ.3.19 促進耐候性試験による色差変化

表Ⅲ.3.26 促進耐候性試験後の各種シーリング材に塗布した仕上塗材の色差変化

材種	塗装の有・無	結果
PU-2	なし	・塗装仕上げの無いものが最も変化しており、促進試験 500 時間後には色差が約 3 となった。JIS の色差の感覚的表現 [※] に準じた表現によれば、「目立つ」変化が生じており、2500 時間後には色差は 12 以上と「非常に」変化した。
	あり	・塗 4（外装薄塗材 E）の色差は大きく、促進試験 500 時間後には色差が 3 以上となり「感知するほど」の変化が生じた。1500 時間以降は色差は 6 以上となったが以降は同じ値で推移した。 ・塗 1～塗 3 の色差は促進試験後でも 0.5～1.5 程度であり、「わずかに」から「目立つ」程度の変化であった。
MS-2	なし	塗装仕上のないものが最も変化したが、促進試験終了時は約 3.5 であり、塗装なしの他のシーリング材と比較すると最も変化は小さかった。
	あり	・塗 4（外装薄塗材 E）の色差は塗装なしと同程度で、促進試験 2000 時間では 4 以上の「関知するほどに」変化した。 ・塗 2（弱溶剤アクリルシリコン樹脂塗料）が最も変化が小さく、塗 1（水性アクリルシリコン樹脂塗料）と塗 3（防水形外装薄塗材 E）の色差はほぼ同程度で促進試験終了時は約 2 と「目立つ」変化があった。
UA-2	なし	促進試験 500 時間後に色差は 2 以上となったが、1500 時間に色差が 4「関知するほどに」なると以降は試験終了時まで変化がなかった。
	あり	・塗 4（外装薄塗材 E）の色差は促進試験 500 時間後に色差が 3 以上となり、塗装なしよりも変化が大きかった。試験終了後には色差が 8 と「大いに」変化が見られ、他のシーリング材に塗布するよりも大きな変化が見られた。 ・塗 1（水性アクリルシリコン樹脂塗料）と塗 2（弱溶剤アクリルシリコン樹脂塗料）は促進試験終了時に色差が約 1、塗 3（防水形外装薄塗材 E）の色差は約 2 で「わずかに」変化があった。

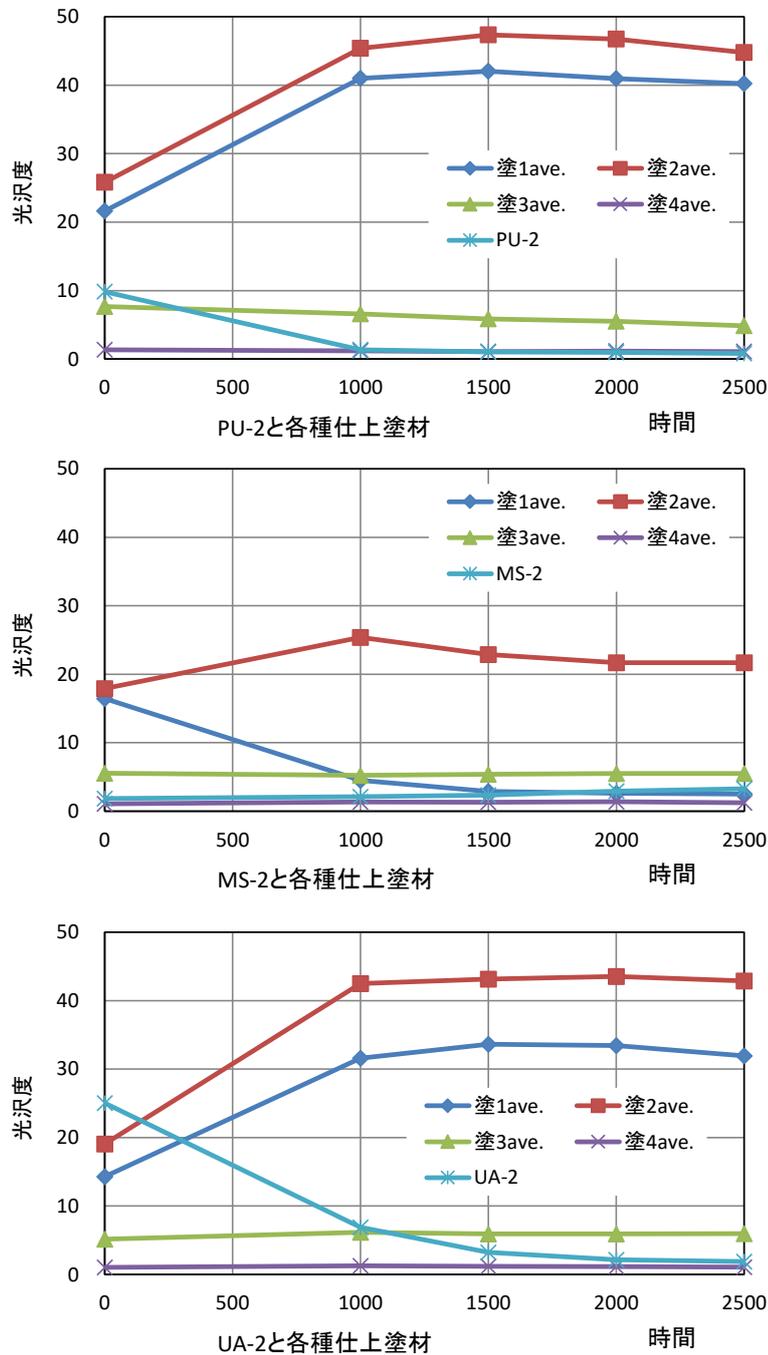
表Ⅲ.3.27 【参考】解説表 1 色差の感覚的表現[※]

色差（NBS 単位）	色差の感覚的表現	
0～0.5	かすかに	Trace
0.5～1.5	わずかに	Slight
1.5～3.0	目立つ	Noticeable
3.0～6.0	感知するほどに	Appreciable
6.0～12.0	多いに	Much
12.0 以上	非常に	Very much

※ 【参考】の解説表 1 は、JIS A 5422：2002(窯業系サイディング)より抜粋引用した。

(2) - 4 光沢度変化

図Ⅲ.3.20 及び表Ⅲ.3.28 には、PU-2、MS-2 及び UA-2 に各種塗装仕上げして促進耐候性試験した試験体の塗装表面の光沢度変化を示した。なお、光沢度は仕上塗材各社ごとに測定したがグラフには平均値で示した。



図Ⅲ.3.20 促進耐候性試験による光沢度変化

表Ⅲ.3.28 促進耐候性試験後の各種シーリング材に塗布した仕上塗材の光沢度変化

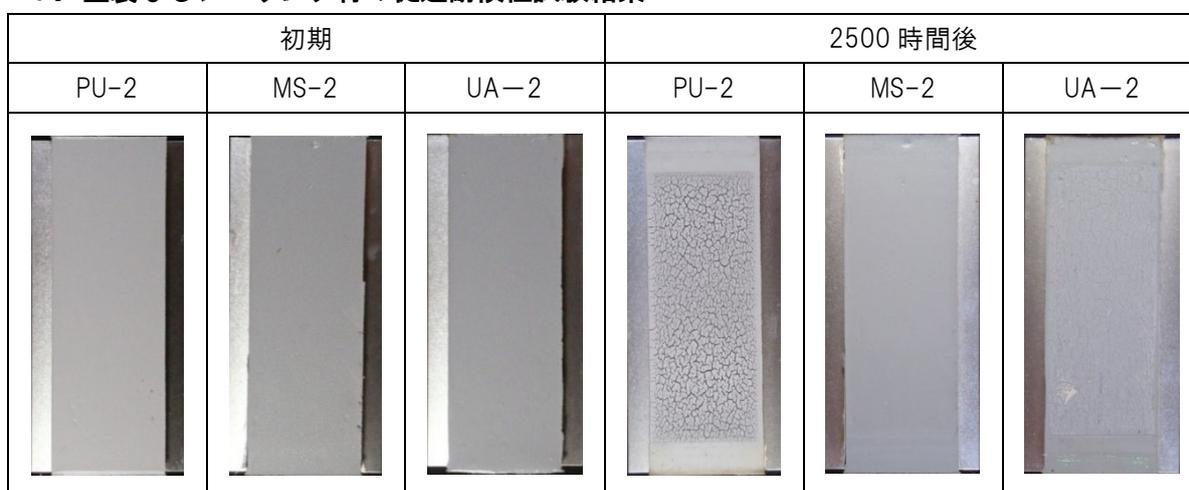
材種	塗装の有・無	光沢度測定の結果
PU-2	なし	光沢度の低下は大きい。
	あり	塗 1（水性アクリルシリコン樹脂塗料）と塗 2（弱溶剤アルリルシリコン樹脂塗料）は光沢度が上昇する傾向があり、塗 3（防水形外装薄塗材 E）は光沢度が低下する傾向があった。塗 4（外装薄塗材 E）は光沢度が低い種類であるため変化は小さい。
MS-2	なし	光沢度の変化は小さい。
	あり	塗 1（水性アクリルシリコン樹脂塗料）は光沢度が大きく減少し、塗 2（弱溶剤アルリルシリコン樹脂塗料）は、わずかではあるが上昇していた。塗 3（防水形外装薄塗材 E）と塗 4（外装薄塗材 E）は変化が小さい。
UA-2	なし	光沢度の低下が著しい。
	あり	仕上塗材の光沢度変化は PU-2 の変化と類似しており、塗 1（水性アクリルシリコン樹脂塗料）と塗 2（弱溶剤アルリルシリコン樹脂塗料）は、試験開始から 1000 時間までは光沢度が上昇し、それ以降は変化が小さかった。塗 3（防水形外装薄塗材 E）及び塗 4（外装薄塗材 E）の変化はわずかであった。

(2) - 5 促進耐候性試験後の試験体画像－初期値と 2500 時間後比較

各種シーリング材と仕上塗材を組み合わせ促進耐候性試験をした。材料表面の変化を画像記録したもののうち、初期値及び 2500 時間終了後の状態を示す。なお、測定結果は目視による観察結果を記載した。

写真Ⅲ.3.11 及び表Ⅲ.3.29 に塗装なしシーリング材の促進耐候性試験結果、写真Ⅲ.3.12 及び表Ⅲ.3.30 に各社の水系アクリルシリコン樹脂塗料とシーリング材との組合せ結果、写真Ⅲ.3.13 及び表Ⅲ.3.31 に各社の弱溶剤系アクリルシリコン樹脂塗料とシーリング材との組合せ試験結果、写真Ⅲ.3.14 及び表Ⅲ.3.32 に各社の防水形外装薄塗材 E とシーリング材との組合せ、写真Ⅲ.3.15 及び表Ⅲ.3.33 に各社の外装薄塗材 E とシーリング材との組合せの試験結果について示している。

i. 塗装なしシーリング材の促進耐候性試験結果

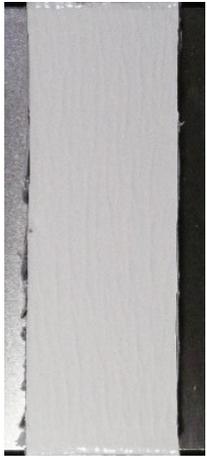
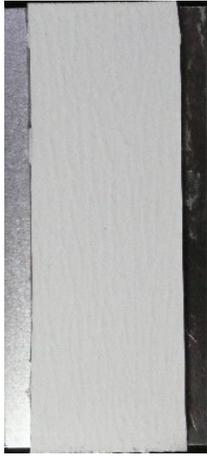
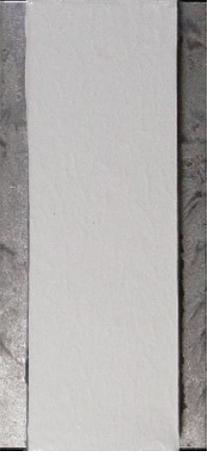


写真Ⅲ.3.11 塗装なしシーリング材の促進耐候性試験結果

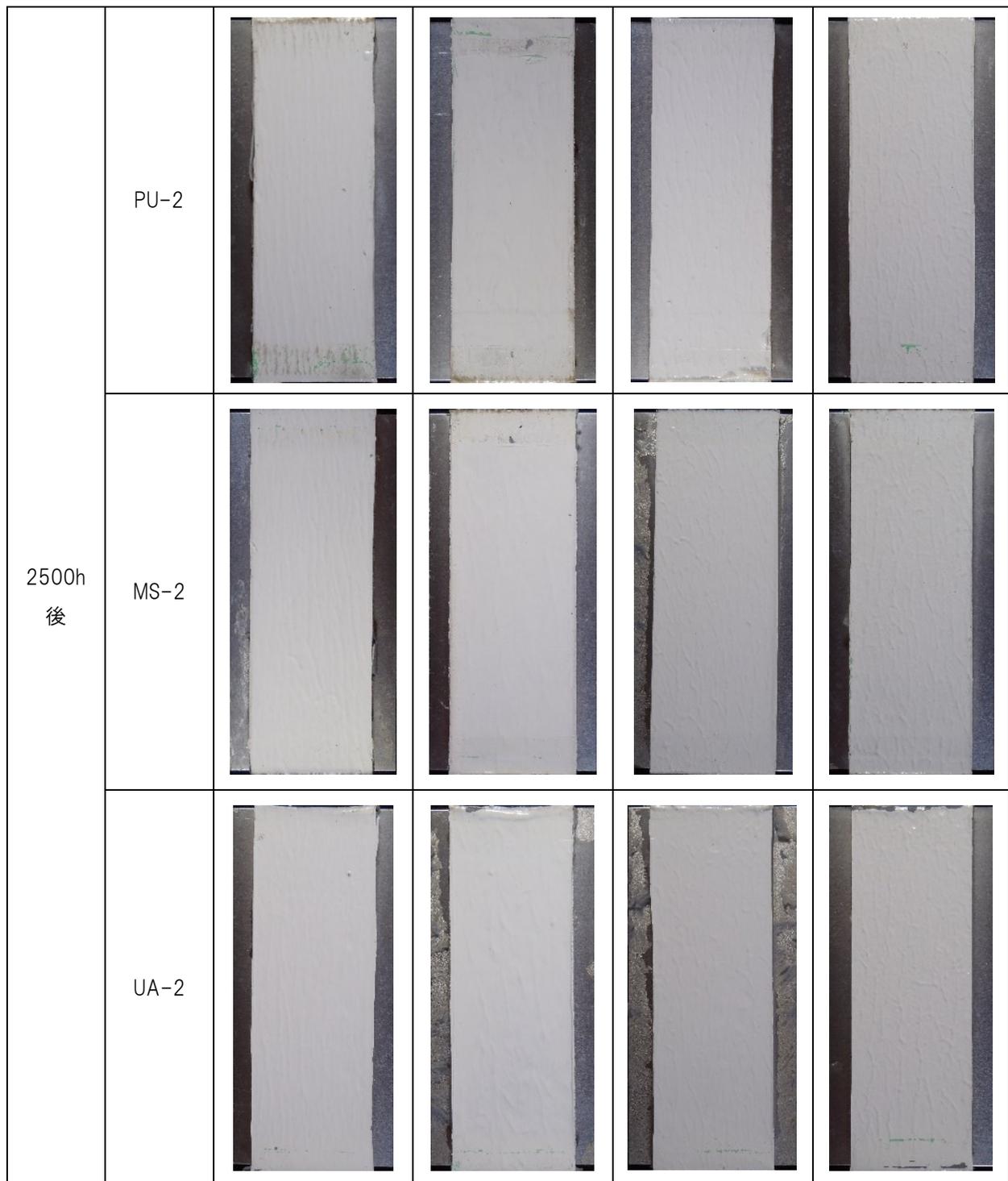
表Ⅲ.3.29 塗装なしシーリング材の促進耐候性試験結果

シール材	塗装仕上げなしの結果
PU-2	無塗装の PU-2 には試験後 2 mm 以上に達する深いひび割れが無数に入った。なお、表面のひび割れは、500 時間後の計測時に細かなひび割れが入っているのを確認した。
MS-2	初期値と試験後では表面的な変化は見られなかった。
UA-2	試験後の UA-2 には無数のひび割れまでには至らない筋が生じており、深い所では 1.5 mm 程度あった。これは材料を混練又は打設の際にできた気泡の痕であると考えられる。UA-2 も PU-2 と同様に 500 時間後の計測時に細かな筋が入っているのを確認した。

ii. 各社の水性アクリルシリコン樹脂塗料とシーリング材との組合せ

測定 時期	塗装 シール	A 社製	B 社製	C 社製	D 社製
	初期	PU-2			
MS-2					
UA-2					

写真Ⅲ.3.12 各社の水性アクリルシリコン樹脂塗料とシーリング材との組合せ結果

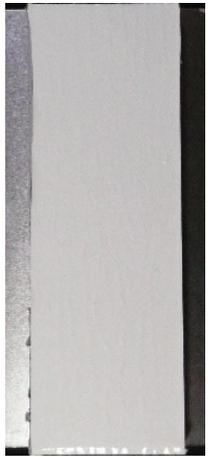
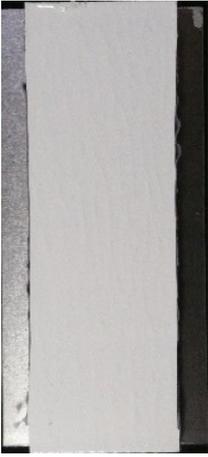
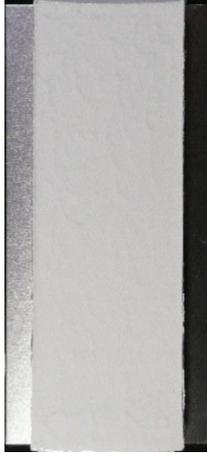


写真Ⅲ.3.12 各社の水性アクリルシリコン樹脂塗料とシーリング材との組合せ結果(つづき)

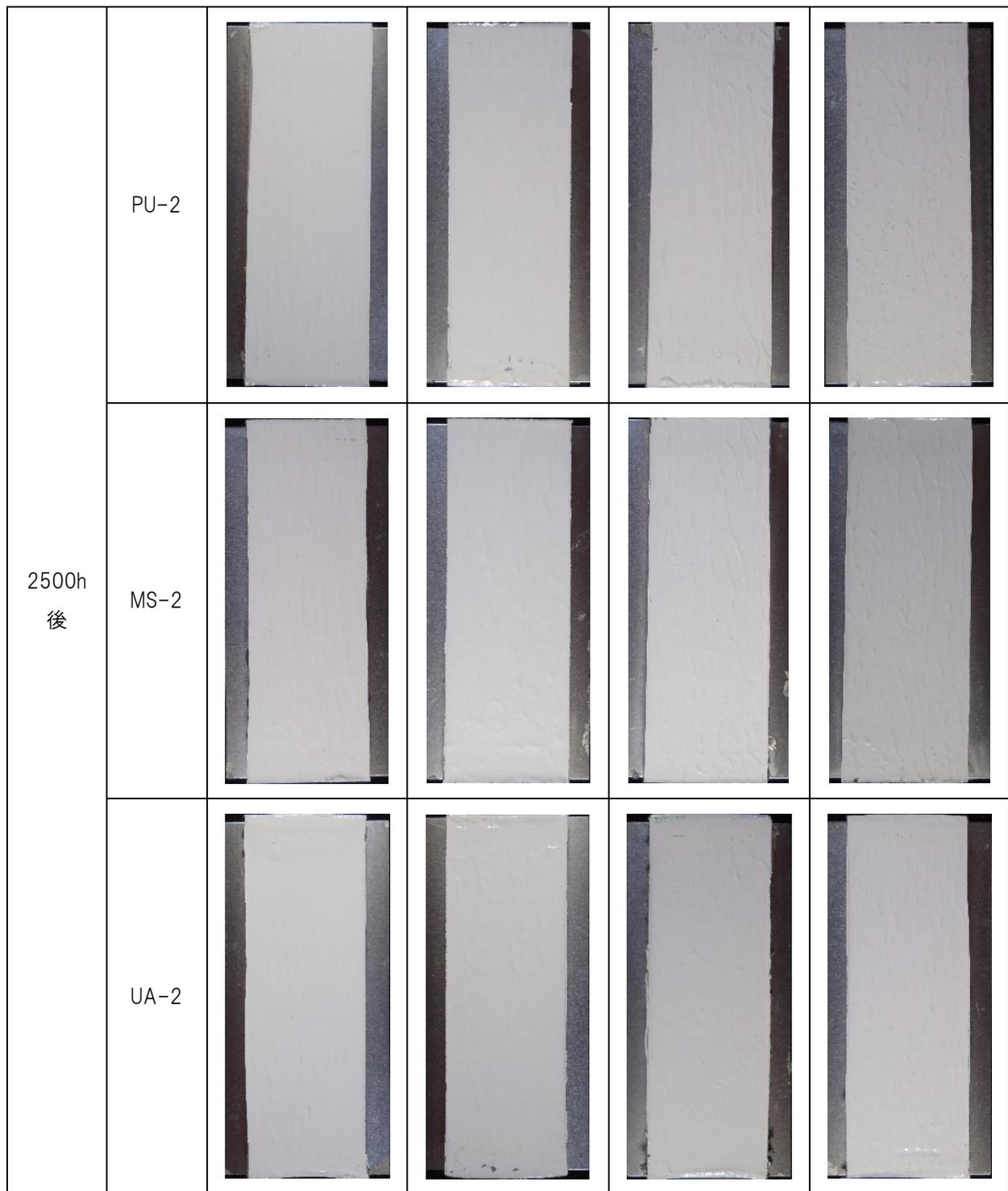
表Ⅲ.3.30 促進耐候性試験後の各種シーリング材と水系アクリルシリコン樹脂塗料の組合せ結果

シール材	水系アクリルシリコン樹脂塗料との組合せ結果
PU-2	各社とも促進試験 1000 時間位から目視で光沢の低下を感知した。ひび割れなし。キセノンアークランプの当たらない縁部分にはべたつきがあり汚れが付着しやすい。
MS-2	各社とも促進試験の早い段階から目視で光沢の低下を感知した。ひび割れなし。
UA-2	各社とも促進試験 1000 時間位から目視で光沢の低下を感知した。ひび割れなし。

iii. 各社の弱溶剤アクリルシリコン樹脂塗料との組合せ試験

測定 時期	塗装 シール	A 社製	B 社製	C 社製	D 社製
初期	PU-2				
	MS-2				
	UA-2				

写真Ⅲ.3.13 各社の弱溶剤アクリルシリコン樹脂塗料との組合せ試験結果

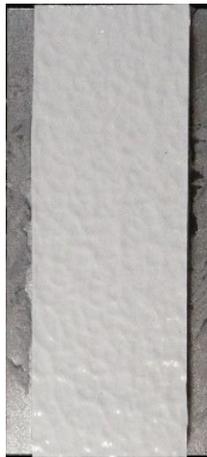


写真Ⅲ.3.13 各社の弱溶剤アクリルシリコン樹脂塗料との組合せ試験結果（つづき）

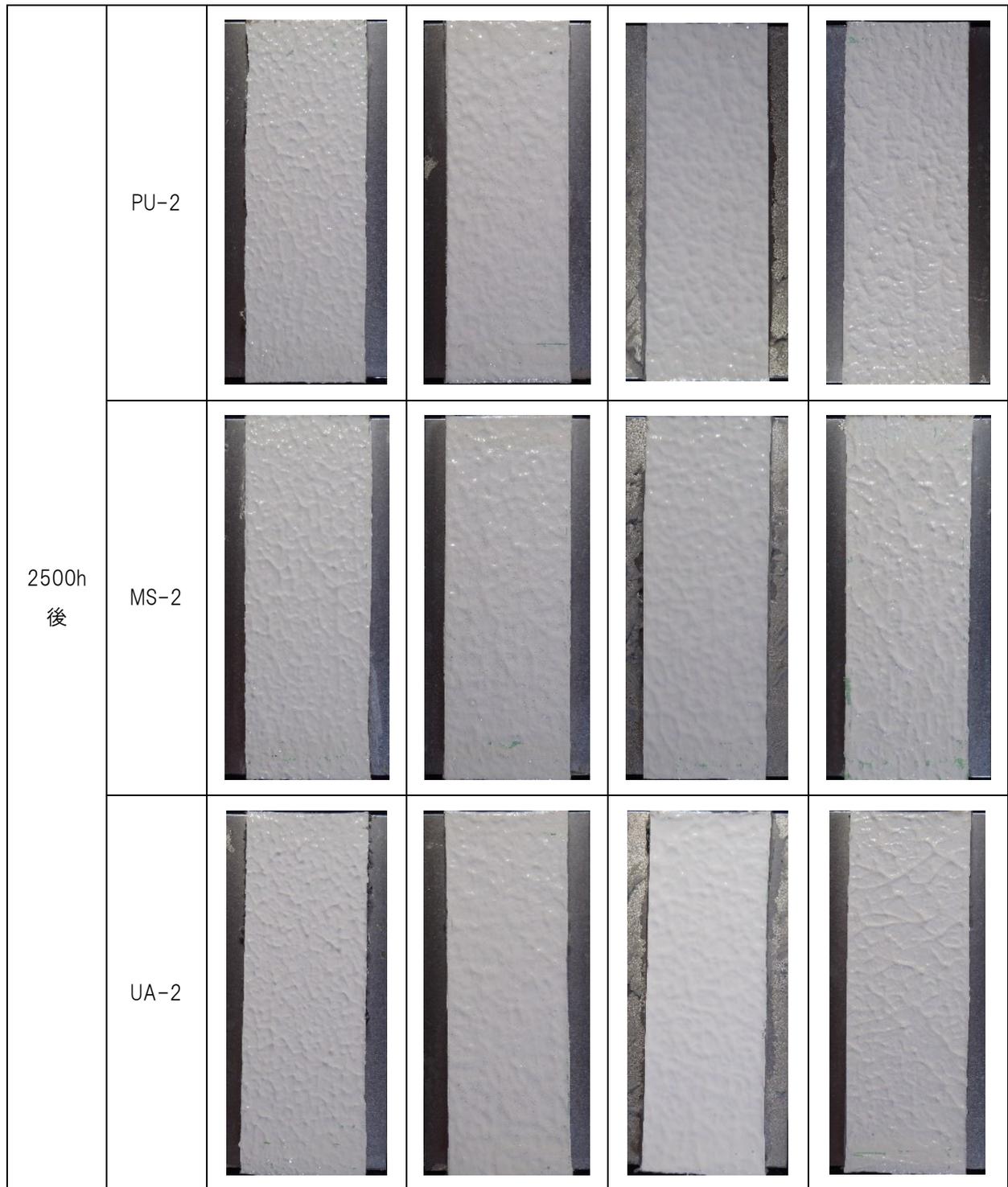
表Ⅲ.3.31 促進耐候性試験後の各種シーリング材と水系アクリルシリコン樹脂塗料の組合せ結果

シーリング材	弱溶剤系アクリルシリコン樹脂塗料との組合せ結果
PU-2	光沢の変化は小さい。ひび割れなし。
MS-2	各社とも目視で光沢の低下は感知するものの小さい。ひび割れなし。
UA-2	光沢の変化は小さい。ひび割れなし。

iv. 各社の防水形外装薄塗材 E との組合せ試験

測定 時期	塗装 シール	A 社製	B 社製	C 社製	D 社製
初期	PU-2				
	MS-2				
	UA-2				

写真Ⅲ.3.14 各社の防水形外装薄塗材 E との組合せ試験



写真Ⅲ.3.14 各社の防水形外装薄塗材 E との組合せ試験（つづき）

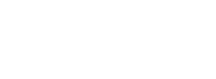
表Ⅲ.3.32 促進耐候性試験後の各種シーリング材と防水形外装薄塗材 E の組合せ結果

シーリング材	防水形外装薄塗材 E との組合せ結果
PU-2	各社とも目視で感知できる光沢の低下はあるものの大きくはない。ひび割れなし。
MS-2	各社とも目視で感知できる光沢の低下はあるものの大きくはない。ひび割れなし。
UA-2	各社とも目視で感知できる光沢の低下はあるものの大きくはない。ひび割れなし。

v. 各社の外装薄塗材 E との組合せ試験

測定 時期	塗装 シール	A 社製	B 社製	C 社製	D 社製
初期	PU-2				
	MS-2				
	UA-2				

写真Ⅲ.3.15 各社の外装薄塗材 E との組合せ試験結果

2500h 後	PU-2				
					
					
					
	UA-2				

写真Ⅲ.3.15 各社の外装薄塗材 E との組合せ試験結果 (つづき)

表Ⅲ.3.33 促進耐候性試験後の各種シーリング材と外装薄塗材 E の組合せ結果

シール材	外装薄塗材 E との組合せ結果
PU-2	初期からひび割れの入っている仕上塗材があった。促進試験後はひび割れ幅や本数は製品により異なるものの、全ての仕上塗材に多数のひび割れが入った。また、塗装が薄くなりシーリングの色が表出し灰色がかってみえる。
MS-2	全ての仕上塗材にごく細かいひび割れが入った。塗装が薄くなりシーリングの色が表出し灰色がかってみえる。
UA-2	全ての仕上塗材に細かいひび割れが多数入った。促進試験中の仕上塗材には黄変がみられたが、試験終了時には灰色になったものがあった。塗装が薄くなったことでシーリングの色が表出したと考えられる。

(3) 仕上塗材とシーリング材の相性実験結果のまとめ

シーリングと仕上塗材の相性実験から次のことを確認した。

- ① PU-2 と UA-2 は塗装仕上げすることで材料表面の劣化を防ぐ効果があり、シーリング材の物性にも問題がなかったため耐久性向上につながると考えられる。
- ② MS-2 への塗装仕上げは、シーリング材と仕上塗材相互の干渉が確認された。影響がみられたのは表層に近いシーリング材の伸び率の低さと、色差では水性アクリルシリコン樹脂塗料及び防水形外装薄塗材 E に「目立つ」変化があり、水性アクリルシリコン樹脂塗装は光沢度が大きく低下した。
- ③ MS-2 は、耐久性のある材種であり塗装仕上げすることでより長寿命化が望めるのではないかと組合せ実験を行ったが、今回用いたシーリング材と仕上塗材には相互の影響が見られたことから、事前検討が必要と考える。
- ④ 外装薄塗材 E はいずれのシーリング材とも付着性が低い傾向がみられた。また、促進耐候性試験の早い段階に大きな色差変化がみられ、これは塗装材料が「減る」ことで生じたと考えられることから、シーリング材の保護という観点から長寿命化を求めるには適切な材料ではない。外装薄塗材 E は公営住宅の仕上塗材として一般的であるが、本試験結果から改修工事を期に耐久性が期待できる別の種類の仕上塗材を選択することを推奨する。
- ⑤ シーリング材と仕上塗材の組合せ実験では、促進耐候性試験の前後にシーリング材の物性試験を行うことで、耐久性向上に関する評価を行った。仕上塗材は色差と光沢度及び画像記録を分析に用いたことは、材料の干渉を知覚だけではなく定量的に確認するには有効であったと考える。
- ⑥ 今後の課題として促進劣化試験では、色差や光沢度の変化から仕上塗材の劣化進行の程度が分かると評価がしやすくなると考える。今後の研究に期待したい。

8) 屋外暴露試験の実施

(1) 実験の概要

促進耐候性試験のみでは適正に耐久性を評価するには十分ではないため、最長 10 年間を目標に屋外暴露試験を茨城県つくば市研究所屋外ばくろ実験場にて実施する。

屋外暴露用試験は、シーリング材と仕上塗材の相性評価を行うための試験体（以降、材料相性評価用屋外暴露試験体と記す）として、形状及び寸法が図Ⅲ.3.21 に示すものを作製した。また、外装材の目地として被着体（面）との接着性評価のために図Ⅲ.3.22 の形状及び寸法の試験体（以降、目地接着性評価用屋外暴露壁試験体と記す）の 2 種類の試験体を作製した。この他に、前出の改修条件で用いた壁試験体 2 体も加えて屋外暴露試験を行う。

(2) 試験体の概要

(2) - 1 シーリング材

材料相性評価用屋外暴露試験体及び、目地接着性評価用屋外暴露壁試験体のシーリング材は、表Ⅲ.3.34 に示した 3 種類を、写真Ⅲ.3.16 及び写真Ⅲ.3.17 のように配置して打設した。なお、シーリング材は壁試験体と改修材料と同じものを用いた。

(2) - 2 仕上塗材

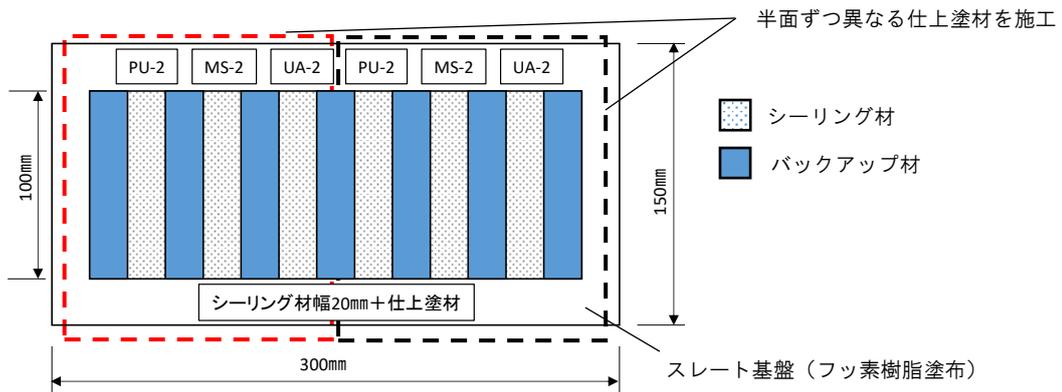
材料相性評価用屋外暴露試験体には、前出表Ⅲ.3.16 に示す 4 種類の仕様（A 社製、B 社製、C 社製、D 社製）の仕上塗材を塗布した。

目地接着性評価用屋外暴露壁試験体ならびに壁試験体には、A 社製の表Ⅲ.3.35 の 6 種類の仕様を各試験体の半面ずつ写真Ⅲ.3.18 のように配置して、暴露時の南北面が同一種類の仕上塗材となるように施工した。

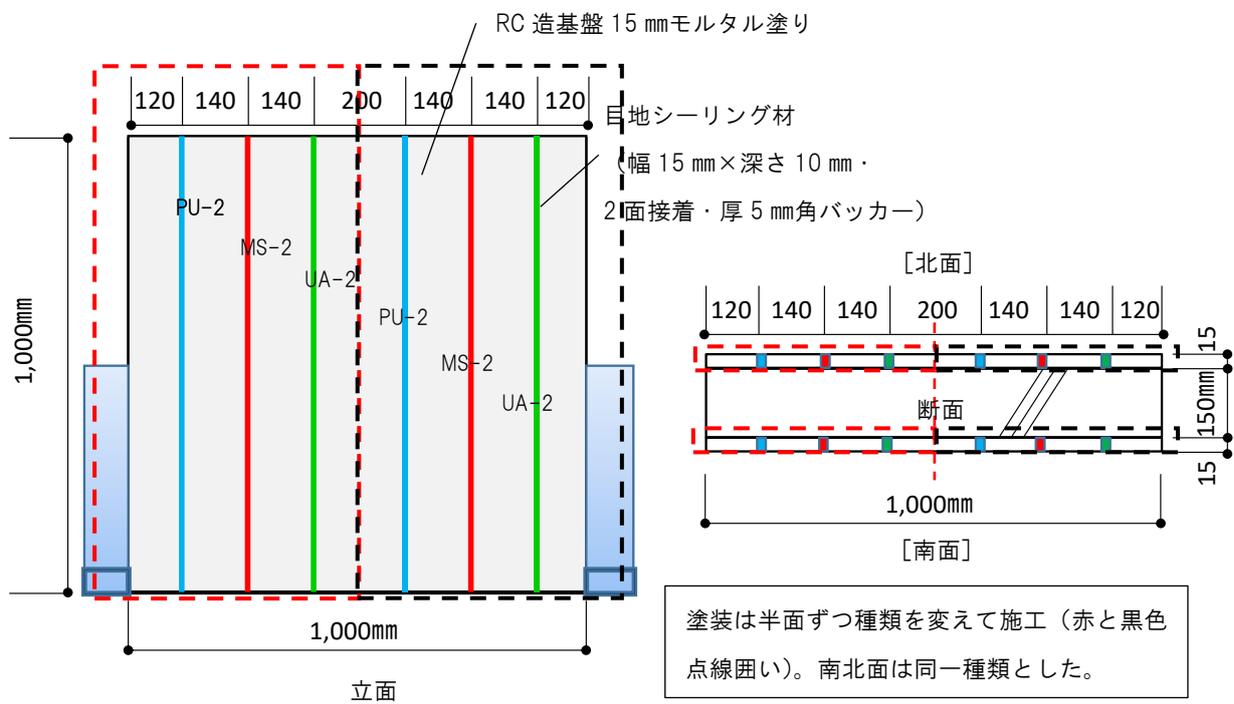
(3) 屋外暴露

- ・ 暴露期間：10 年間を目標に（2018 年 3 月から開始）
- ・ 設置場所：茨城県つくば市 1 番地 国立研究開発法人建築研究所の屋外ばくろ実験場
- ・ 暴露角度：
 - ① 材料相性評価用屋外暴露試験体・・・90°（暴露架台に設置）
 - ② 目地接着性評価用屋外暴露壁試験体及び壁試験体・・・90°（鋼製スタンドで自立）

各試験体の暴露状況は、写真Ⅲ.3.16 及び写真Ⅲ.3.17 のとおりとした。



図Ⅲ.3.21 材料相性評価用屋外暴露試験体



図Ⅲ.3.22 目地接着性評価用屋外暴露壁試験体

表Ⅲ.3.34 屋外暴露試験体のシーリング材種類

シーリング材表記	シーリング種類	製造所※	備考
PU-2 (B)	2成分形ポリウレタン系 NB タイプ	F 社	新設材
MS-2	2成分形変成シリコン系 NB タイプ	E 社	新設材
UA-2	2成分形アクリルウレタン系 NB タイプ	G 社	新設材

表Ⅲ.3.35 屋外暴露用試験体の仕上塗材の仕様

仕様 番号	種類		旧塗膜を想定した塗料	下塗り	主材塗り	上塗り
	呼び名	仕上の形状				
1	可とう形改修塗材E (硬質・薄塗)	平たん状	合成樹脂エマルジョンシーラー	—	可とう形改修仕上塗材E	水系アクリルシリコン樹脂塗料
2	可とう形改修塗材E (硬質・薄塗)	平たん状	合成樹脂エマルジョンシーラー	—	可とう形改修仕上塗材E	弱溶剤系アクリルシリコン樹脂塗料
3	防水形外装薄塗材E	さざ波状	—	合成樹脂エマルジョンシーラー	防水形外装薄塗材E(模様塗り) (仕上塗り)	—
4	外装薄塗材E	砂壁状	—	合成樹脂エマルジョンシーラー	外装薄塗材E	—
5	可とう形改修塗材E (硬質・厚塗)	さざ波状	合成樹脂エマルジョンシーラー	—	可とう形改修仕上塗材E	水系アクリルシリコン樹脂塗料
6	可とう形改修塗材E (硬質・厚塗)	さざ波状	合成樹脂エマルジョンシーラー	—	可とう形改修仕上塗材E	弱溶剤系アクリルシリコン樹脂塗料



写真Ⅲ.3.16 材料相性評価用屋外暴露試験体 (2018年3月撮影)



写真Ⅲ.3.17 目地接着性評価用屋外暴露壁試験体 (2018年4月撮影)



写真Ⅲ.3.18 壁試験体（2018年4月撮影）

9) 研究のまとめ

キセノンウェザーメータによる促進劣化試験では耐用年数の決定づけは難しいものの、より耐久性の高い組合せを検討する際に役立つものと考えられる。

今回の実験から長寿命化（長期耐久性）を要望する場合には、外装薄塗材 E（吹付けリシン）仕上げ以外の仕上塗材仕上げを選択することを推奨する。

また、実験に供したシーリング材や仕上塗材の組合わせ以外にも、材料の製造所等により相性に違いがあるものと考えられる。実建物に適用する場合には、その都度材料や製造所の相性などを検討することで、より確実な長寿命化改修を実施できると考えている。

（1）被着体の施工条件の確認実験のまとめ

- ① 0.5 mm程度の薄膜が残った状態で新設シーリングを打設した場合は、初期の段階で接着性の発現の妨げとなっていた。
- ② 既存シーリング材を完全に除去した場合には、新規シーリングと同程度の物性を有しており、改修後の品質確保や長寿命化させるには既存シーリング材は完全除去に近い状態にすることが望ましい。
- ③ プライマーの塗布がない場合は、既存シーリング材を完全に除去しても初期接着性は確保できないため、プライマーの塗布忘れが無いよう施工管理を徹底して実施すること、ならびに、塗忘れが目視などで簡単に判別できるような対策も期待したい。

（2）現場で行う付着性確認方法のまとめ

- ① 指触による接着性確認試験よりもひも状接着性試験のほうが精度良く異常を検知できることが確認された。その一方で、適用した判定基準に従うと、ひも状接着性試験の結果も良好な施工と判定されることになる。これは、既存材の残存がないという前提に決められた判定基準と考えられることから、改修工事に関してはこの判定を再度検討する必要があると考える。
- ② 施工上の注意点としては、残存材は薄いほうが接着性の性能に関する影響は少ない。また、施工条件においてプライマーの塗布忘れが最も接着性確保に影響をすることが確認された。

プライマーは無色であるため塗布の有無を確認しにくい。塗布忘れを無くする施工上の工夫が必要である。

(3) 仕上塗材とシーリング材の相性実験結果のまとめ

シーリングと仕上塗材の相性実験から以下のことを確認した。

- ① PU-2 と UA-2 は塗装仕上げすることで材料表面の劣化を防ぐ効果があり、シーリング材の物性にも問題がなかったため耐久性向上については長寿命化につながると考えられる。
- ② MS-2 への塗装仕上げは、シーリング材と仕上塗材相互の干渉が確認された。影響がみられたのは表層に近いシーリング材の伸び率の低さと、色差では水性アクリルシリコン樹脂塗料及び防水形外装薄塗材 E に「目立つ」変化があり、水性アクリルシリコン樹脂塗装は光沢度が大きく低下した。
- ③ MS-2 は、耐久性のある材種であり塗装仕上げすることでより長寿命化が望めるのではないかと組合せ実験を行ったが、ノンブリード品を用いたものの仕上塗材にはシーリングの可塑剤によるとみられる見た目の影響や若干の硬化が確認された。MS-2 については、現段階の仕様としては塗装仕上げはなしを推奨したい。
- ④ 外装薄塗材 E は PU-2、MS-2、UA-2 のいずれのシーリング材ともに付着性が低い傾向がみられた。また、促進耐候性試験の早い段階から大きな色差変化が生じ、これは塗材が薄くなることで生じていたと考えられることから、シーリング材の保護という観点から長寿命化を求めるには適切な材料ではなかった。外装薄塗材 E は公営住宅の外装として一般的であるが、改修工事を機に耐久性が期待できる仕上塗材を選択することを推奨する。
- ⑤ シーリング材と仕上塗材の組合せ実験では、促進耐候性試験の前後にシーリング材の物性試験を行うことで、耐久性向上に関する評価を行った。仕上塗材は色差と光沢度及び画像記録を分析に用いたことは、材料の干渉を知覚だけではなく定量的に確認するには有効であった。
- ⑥ 今後の課題として、促進劣化試験では、色差や光沢度の変化から仕上塗材の劣化進行の程度を評価できるとより有効である。

(4) 屋外暴露試験について

シーリング材に各種仕上塗材を塗布した試験体を、10 年間の屋外暴露を目標に、2018 年 3 月より試験を開始した。初期、6 ヶ月後、1 年、3 年、5 年、7 年、10 年目に定期的に、目視観察と色差や光沢度変化などを計測することを予定している。

【参考・引用文献】

文献 2) 建設大臣官房技術調査室監修、「外装仕上げの耐久性向上技術」、技報堂出版、1987

文献 3) 建設大臣官房技術調査室監修、「建築防水の耐久性向上技術」、技報堂出版、1987

文献 4) 小久保正美、大澤悟、久保田浩、添田智美、巴史郎、名知博司、山田人司、「外装用塗料・仕上塗材の標準耐用年数に関する調査研究 その 4 美観上の塗装仕様別リファレンスサービスライフの設定と検証」日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集、2009.10

文献 5) 古賀純子、根本かおり、濱崎仁、鹿毛忠継、本橋健司、大久保孝昭、田中享二、「建築物の長期使用に対応した外装・防水の品質確保ならびに維持保全手法の開発に関する研究」、建築研究資料 No. 145、独立行政法人建築研究所、2013.8

文献 6) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修、「建築改修工事監理指針 平成 28 年版（上巻・下巻）」、一般財団法人建築保全センター、平成 28 年 12 月

- 文献 7) 外壁改修工事の基本的な考え方〈湿式編〉、(一社)日本建築学会
- 文献 8) 建築用シーリング材ハンドブック 2017、日本シーリング材工業会、2017 年 5 月
- 文献 9) 建築工事標準仕様書・同解説 JASS 8 防水工事、日本建築学会、2014 年 11 月
- 文献 10) 外装接合部の水密設計および施工に関する技術指針・同解説、日本建築学会、2008 年 2 月
- 文献 11) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修、「公共建築工事標準仕様書(建築工事編) 平成 28 年版」、
一般財団法人建築保全センター、平成 28 年 6 月