

付属資料4

時計台南面の外壁塗装剥離の
原因と対策に関する検討資料

………付4-1～付4-11

時計台南面の外壁塗装剥離の 原因と対策に関する検討資料

時計台保存活用計画検討委員会 説明資料を再編集

検討の経緯

- 平成30年(2018年)に時計台の外部改修工事において、外壁全面で塗装の塗り替えを行った。
- 時計台の南面において、平成30年以降数年程度で、下見板塗装の剥離が確認され始め、現在に至るまで南面の広い範囲で塗装剥離が進行している状態。

⇒時計台南面における短期塗装剥離の原因とその対策について調査・検討を行った。



外部改修工事前



平成30年の時計台南面

外部改修工事後



現状の時計台南面(令和6年5月撮影)

目次

- 1.外壁の塗装補修履歴
⇒短期間(概ね5年以内)での塗り替えが繰り返されてきた歴史
- 2.時計台南面外壁塗装の現状と塗装剥離の要因整理
⇒塗装剥離している木地面の特徴
- 3.今後の修理での塗装仕様方針(対策)
- 4.過去の塗装施工に関する資料

目次

- 1.外壁の塗装補修履歴
⇒短期間(概ね5年以内)での塗り替えが繰り返されてきた歴史
- 2.時計台南面外壁塗装の現状と塗装剥離の要因整理
⇒塗装剥離している木地面の特徴
- 3.今後の修理での塗装仕様方針(対策)
- 4.過去の塗装施工に関する資料

外壁の塗装補修履歴

凡例(色分け)
全面塗装 部分塗装 全面か部分か不明

塗装施工月			内容	備考
1924	T13	5月	外壁全面塗装	
...				この間の履歴は不明
1949	S24	10月	外壁全面塗装	濃緑色に塗替
1950	S25			
1951	S26			
1952	S27			
1953	S28	8月	外壁全面塗装	白色に塗替。 塗替前の状態について、8月9日付北海道新記事に「パツとしない濃いオリープ色で、ところどころはげ落ち」バケモノ屋敷の異名すら飛び出している有様」との記載あり
1954	S29			
1955	S30			
1956	S31			
1957	S32			
1958	S33	5月	外部塗装	北海道大博覧会の前の塗替。全面？
1959	S34			
1960	S35			
1961	S36			
1962	S37			
1963	S38	5月	外部塗装	さっぽろ文庫に「塗替」と記載。全面？
1964	S39			
1965	S40			
1966	S41			
1967	S42	11/28～	外壁全面塗装	復原工事。塗装は冬期実施。
1968	S43			
1969	S44			
1970	S45			
1971	S46	5月	外部塗装	札幌塗装工業協同組合創立10周年記念事業の寄附



昭和41年札幌市有形文化財「時計台」調査報告 調査写真（南面）



昭和42年時計台補修工事 工事写真（南面）
土台入れ替えに伴い、全周に渡り下側の下見板は新材に取替



昭和46年外部塗装前(どの面かは不明)
南面だとすると、下側が剥離少ない傾向は今と同じ

外壁の塗装補修履歴

凡例(色分け)
全面塗装 部分塗装 全面か部分か不明

塗装施工月			内容	備考
1971	S46	5月	外部塗装	札幌塗装工業協同組合創立10周年記念事業での寄附
1972	S47			
1973	S48			
1974	S49			
1975	S50			
1976	S51	8～10月初	外壁全面塗装	保存修理工事
1977	S52			時計台修景工事(樹木増)
1978	S53	6月	塗装、屋根の部分塗装	春先の車粉による汚れの清掃及び塗装補修が奉仕活動として毎年行われた。 【時計台外壁清掃奉仕】 ・内容:外壁水洗い、ガラス清掃、塗装補修 ・奉仕団体:(社)北海道ビルメンテナンス協会80名程度 【時計台清掃奉仕】 ・内容:時計台周辺と内部の清掃 ・奉仕団体:札幌赤十字奉仕団100名程度(ほか複数団体)
1979	S54	6月		
1980	S55	6月		
1981	S56	6月		
1982	S57	6月		
1983	S58	6月		
1984	S59	6月		
1985	S60	6月		
1986	S61	6月		
1987	S62	6月		
1988	S63	6月		
1989	H1	6月		
1990	H2	6月		
1991	H3	6月		
1992	H4	6月		
1993	H5	6月		
1994	H6	6月		



昭和51年保存修理工事前（南面）



平成元年 時計台外壁清掃奉仕



(参考)平成元年 時計台清掃奉仕

外壁の塗装補修履歴

凡例(色分け)
全面塗装 部分塗装 全面か部分か不明

塗装施工月			内容	備考
1994	H6	6月	部分塗装	
1995	H7			保存修理工事
1996	H8			
1997	H9	3～9月	全面塗替	
1998	H10			
1999	H11		—	
2000	H12		—	
2001	H13		—	
2002	H14		—	
2003	H15	6月	外壁塗装補修	委託業者発注
2004	H16	6月	外壁塗装補修	委託業者発注
2005	H17		外壁塗装補修	
2006	H18	6月?	外壁塗装補修	指定管理者(市友会)発注
2007	H19			
2008	H20		外壁塗装補修	
2009	H21	8月	外壁塗装補修	塔:札幌市発注、 外壁:指定管理者(市友会)発注



平成7年 保存修理工事前

【工事前の状態(H10年保存修理工事報告書より)】
昭和53年以降は、毎年塗装補修が行われていたの
で、方位の違いによる塗装の傷み具合に、顕著な差は
生じていない。しかし、周辺との色調・艶の調整が不
十分なため、補修箇所が浮き立って見えた。このほか、
塗り重ねが多いため縦形部分の先鋭さが失われ、持
送りや破風・鼻隠の先端のあちこちで、塗料の垂れが
鍾乳石状態になっていた。



平成9年 塗装工事後



平成17年

外壁の塗装補修履歴

凡例(色分け)
全面塗装 部分塗装 全面か部分か不明

塗装施工月			内容	備考
2009	H21	8月	外壁塗装補修	塔:札幌市発注、外壁: 指定管理者(市友会)発注
2010	H22		—	
2011	H23		—	
2012	H24		—	
2013	H25		—	
2014	H26		—	
2015	H27		—	
2016	H28		—	南側樹木1本伐採
2017	H29		—	
2018	H30	7～9月	全面塗替	外部改修工事
2019	R1		—	
2020	R2		—	南側樹木1本伐採
2021	R3		—	
2022	R4		—	
2023	R5		—	
2024	R6		—	
2025	R7		—	



平成22年



平成26年



平成30年 外部改修工事前



平成30年 外部改修工事後



令和4年12月 南側塗装面の荒れが全体的に確認できる

外壁の塗装補修履歴

- 昭和24年(1949年)以降、平成21年(2009年)までの間、時計台での塗装補修の間隔はおよそ5年以内。
⇒塗装の剥離・補修が繰り返されてきた歴史。適切な期間での定期補修を検討する必要がある。
- 時計台南面の下見板塗装劣化が5年程度であるのに対し、同じオイルペンキ塗装である豊平館では平成27年(2015年)の塗装以降、南面であっても塗装剥離はほとんど確認できない。
※下見板での塗装補修は平成27年以降一度も行っていない。
※下見板塗膜表面での縦割れが確認できる点は時計台と同様。
※豊平館バルコニー等の積雪が残りやすい部分では、塗装剥離が確認されており、適宜補修を行っている。

⇒時計台と豊平館の下見板塗装劣化速度の違いについて、次ページ以降で検討



時計台南面



豊平館南面(正面)

目次

1. 外壁の塗装補修履歴

⇒短期間(概ね5年以内)での塗り替えが繰り返されてきた歴史

2. 時計台南面外壁塗装の現状と塗装剥離の要因整理

⇒塗装剥離している木地面の特徴

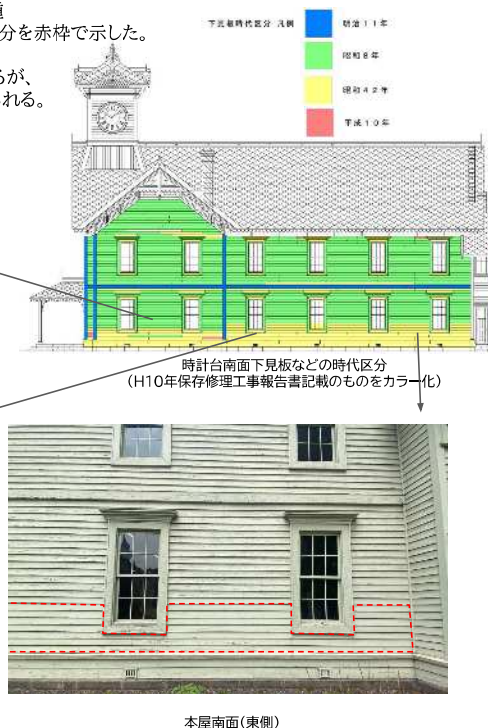
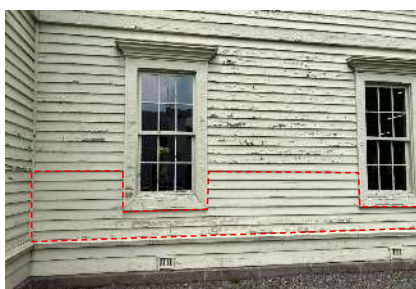
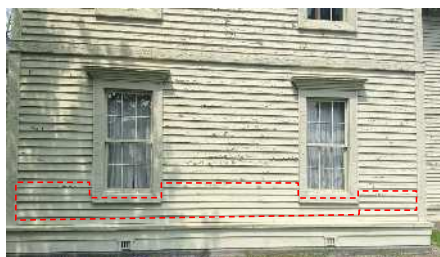
3. 今後の修理での塗装仕様方針(対策)

4. 過去の塗装施工に関する資料

時計台南面の現状



- ・時計台南面の下見板は主に昭和8年材と昭和42年材の2種
- ・南面の現状写真(令和6年5月時点)に対し、昭和42年材部分を赤枠で示した。
- ⇒時計台南面での塗装剥離は昭和8年材に集中している。
- ※昭和42年材でも水切り周辺では塗装剥離が確認できるが、豊平館バルコニーと同様で、積雪等によるものと考えられる。



時計台南面の現状

※北海道立総合研究機構林産試験場の技術指導により得た知見に基づき作成



塗膜剥落部(木地の露出部)に着目すると、

- 昭和8年材、昭和42年材ともに木地の腐朽は観察されていない。
- 但し、木部が露出している部位は、今後腐朽が短期間(数年以内)のうちに進行する可能性はある。

昭和8年材の木地は灰色に変色

- 木地の光劣化、カビ汚染により劣化が進行しており、木繊維が剥がれやすい状態

昭和42年材の木地の変色は軽微

- 木地表面は比較的健全な状態

木地表面の状態と塗装に関する知見

※北海道立総合研究機構林産試験場の技術指導により得た知見に基づき作成

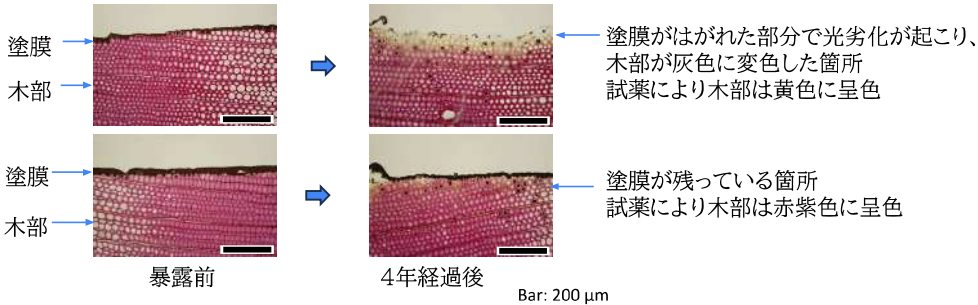
➤ 木地表面の状態が塗装に与える影響

- 木地が露出し灰色となった部分は、木地の光劣化、カビ汚染により劣化が進行している部分（木繊維が剥がれやすい状態）。そのため、この部分に塗装をしても剥がれやすくなる。
- 劣化した木地組織の層は厚くても1mm程度。素地調整を行い、劣化した木地を取り除けば、健全な組織が現れる（塗装にも悪影響はなし）。

【参考】補修時の研磨の効果に関する文献

1. 屋外で木材の美しさを長持ちさせる塗装法を開発しました。森林総合研究所、平成25年版 研究成果集、<https://www.affpri.go.jp/pubs/seikasenshu/2013/documents/p20-21.pdf>
2. 水性木材保護塗料の耐候性能評価(IV)ー塗替えによる寿命延長効果ー、木材保存、43(2),80-89(2017). https://www.istage.ist.go.jp/article/iwpa/43/2/43_80/pdf/-char/ja

➤ 塗装下の木地の劣化に関する例



図(道総研 林産試験場 提供画像) 屋外暴露4年前後の塗装断面の顕微鏡写真の例(基材:カラマツ)
木材断面を切り出して切片を作製し、リグニン呈色試薬(フロログルシン-塩酸溶液)を用いることで、健全な木部を赤紫色に、光劣化した木部を黄色に呈色したもの。

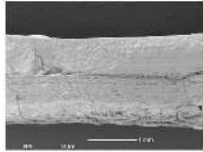
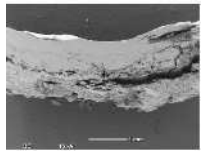
塗装割れ・剥離に関する要因整理

※北海道立総合研究機構林産試験場の技術指導や
塗料メーカーへのヒアリング等により得た知見に基づき作成

考え得る要因	知見 (情報元 林:道総研 林産試験場、メ:塗料メーカー、米:米国森林局HP)	時計台の現状	(参考)豊平館の現状	時計台南面での 塗装剥離への影響度
1.塗装面(木地)の状態	● 木地が露出し灰色となった部分は、木地の光劣化、カビ汚染により劣化が進行している部分(木地が剥がれやすい状態)。そのため、この部分に塗装しても剥がれやすくなる。素地調整を行い、劣化した木地を取り除けば、健全な組織が現れる(塗装にも悪影響はなし)。(林)	前述のとおり	過去の工事写真では時計台ほど灰色に変色した木地には見えない。  豊平館(ボイル油塗布)	○
2.日射や雨の影響	● 日射(紫外線、熱)による塗膜の劣化 ● 古い木材は水を吸いやすく、膨らむことがある(林)	● 南側の樹木がH28年から伐採・剪定されることにより日射・雨はあたりやすい状態。	● 中島公園の中にあり、正面(南側)に日射・雨を遮る樹木はない。 ● バルコニーは積雪で塗装剥離が顕著だが、下見板は塗装剥がれはほとんどない。	△

塗装割れ・剥離に関する要因整理

※北海道立総合研究機構林産試験場の技術指導や
塗料メーカーへのヒアリング等により得た知見に基づき作成

考え得る 要因	知見 (情報元 林:道総研 林産試験場、メ:塗料メーカー、 米:米国森林局HP)	時計台の現状	(参考)豊平館の現 状	時計台南面 での塗装剥 離への影響 度
3.塗膜厚み	● 一般に木材用の屋外塗料は、やわらかい樹脂が利用されるが、伸縮性の低い硬い樹脂の場合は厚みが増すと割れることも起こり得る。(林) ● 油性系塗膜の塗替えてトータル膜厚が500μm以上に達する場合は、塗膜の内部応力が大きくなり、付着が弱いところから剥離が発生する。(メ) ● 古い油性アルキド塗料の厚い膜があると、木目と直交するひび割れが発生(米) (参考文献:USDA Forest Products Laboratory (2021) "Wood Handbook"Ch.16 p.23"Cross-Grain Cracking" https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/fplstr/fplstr282/chapter16.fplstr282.pdf)	厚み1mmに達する(※)  時計台の剥離塗膜断面の電顕画像 (道総研林産試験場にて撮影)	厚み1mmに達する(※)  豊平館の剥離塗膜断面の電顕画像 (道総研林産試験場にて撮影)	△
4.凍結融解	● 凍結融解(もしくは、低温に起因する塗膜割れ)は、樹脂の線膨張係数が木材より大きい場合、木目と直交する方向にひび割れが起こる可能性も考えられる。(林) 参考文献:「塗料物性入門」p173-178 植木憲二 著、理工出版社、1967年出版) ● 厚い木材の割れ目に入った水分が凍結して大きな割れを引き起こす可能性もある。下見板張りのような板材でそのような状況になれば、板が完全に割れることも起こり得る。(林)	● 全方位で木目と直交する塗膜の割れが観察できる。 ● 完全に割れた下見板はほとんどない(北側の1枚だけ)	● 全方位で木目と直交する塗膜の割れが観察できる。 ● 完全に割れた下見板は確認できない。	×

※塗膜厚みに関する補足
現代の建築物における塗膜厚みは、厚くても100 μ m(0.1mm)程度。
文化財の塗装修理では、状態の良いところは古い塗膜を残し、その上に塗り重ねているため厚くなる。
仕上げはまだらになるが古い塗装、歴史を残していく目的であり、塗膜は非常に貴重なものとして扱われている。

目次

- 1.外壁の塗装補修履歴
⇒短期間(概ね5年以内)での塗り替えが繰り返されてきた歴史
- 2.時計台南面外壁塗装の現状と塗装剥離の要因整理
⇒塗装剥離している木地面の特徴
- 3.今後の修理での塗装仕様方針(対策)
- 4.過去の塗装施工に関する資料

時計台の外壁塗装修理方針(何をどこまで守るか)

- 使用する塗料
⇒ オイルペイントを使用する。
詳細仕様は平成30年工事で使用した塗料仕様(保存活用計画P56参照)を参考とする。
- 色彩
⇒ 昭和28年以來の現在の色を踏襲(保存活用計画第2章2保護の方針 参照)
- これまで塗り重ねてきた塗膜
⇒ 健全な塗膜は残す
但し、特に南面について、残す塗膜の健全度合いを、文化庁との協議(※1)も行いながら検討する。
- 下見板そのもの
⇒ 使用に耐えない著しい腐朽・割れが確認できない限りは取り替えはしない
但し、特に南面について、素地調整の方法を、文化庁との協議(※1)も行いながら検討する。
- その他施工に関して再考を要する事項
 - ・「表面洗浄」の方法(平成30年工事で、壁から距離を取っての高圧水洗浄を実施)
 - ・ボイル油(※2)の塗布範囲(旧塗膜剥離部分を含めて塗布することを検討)
 - ・使用する道具(刷毛/ローラー、その他)
 - ・上記のほかにも、従来行われてきたオイルペイント塗装の仕様に基づき、工程を見直す。



平成30年の外部改修工事で残した塗膜



平成30年の外部改修工事で表面洗浄

※1 文化財の保存修理において、材料の保存が基本となる。
そのため、割れが生じていても、剥がれない塗膜は残したり、
板材を傷めないよう素地調整でのペーパー掛けも加減をして行うこと等が
文化財における塗装施工の基本事項であることに留意する必要がある。

※2 木の油気が抜けた状態に対し、ボイル油を
塗布することで、油気を追加している。

目次

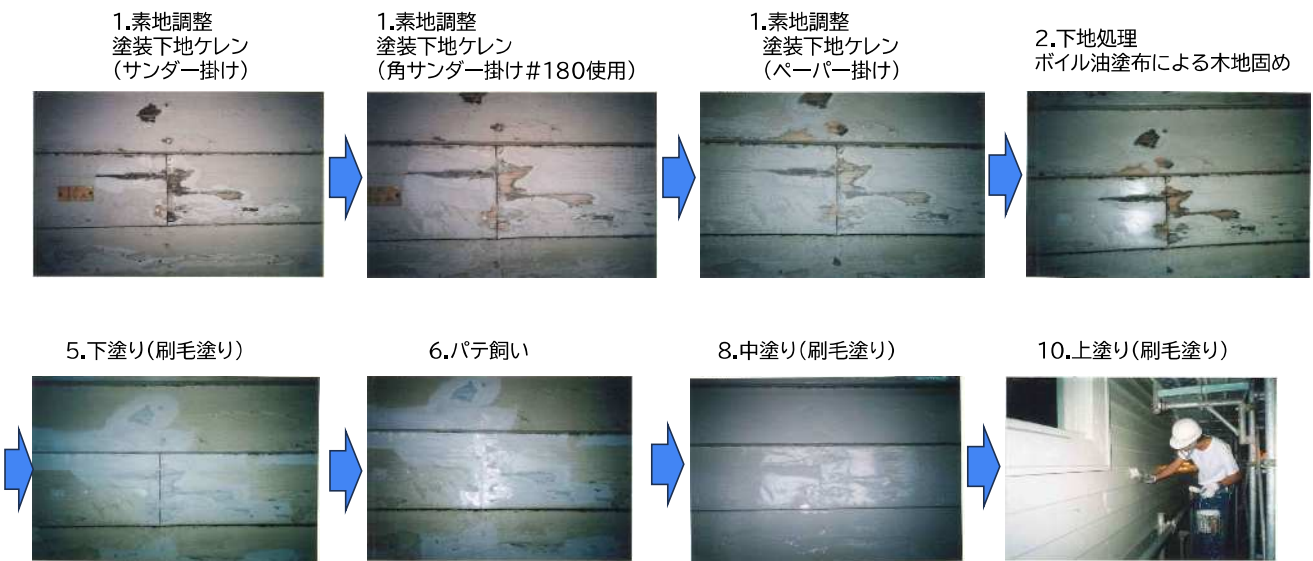
1. 外壁の塗装補修履歴
⇒ 短期間(概ね5年以内)での塗り替えが繰り返されてきた歴史
2. 時計台南面外壁塗装の現状と塗装剥離の要因整理
⇒ 塗装剥離している木地面の特徴
3. 今後の修理での塗装仕様方針(対策)
4. 過去の塗装施工に関する資料

時計台外壁塗装 過去工事の塗装工程比較

※塗料仕様の比較については、保存活用計画書P56を参照

工程	平成7～10年(1995～1998年) 保存修理工事 H10年保存修理工事報告書より (斜字は施工写真での確認や施工者ヒア等による補足)	平成30年(2018年) 外部改修工事 施工計画書、工事報告書より (斜字は施工写真での確認や施工者ヒア等による補足)
1.素地調整	全面を研磨紙摺り、剥離面の除去、厚塗部分との段違い調整、 厚塗部分に発生した木目と直交する亀裂 の調整、表面清掃など (補足:太字部は現在確認できる亀裂の傾向と同じ)	【内容】劣化部(剥離面)の除去、厚塗り部分との段違い調整 【方法】下地を傷めないよう、剥離した塗膜をブラ(ゴム)ハンマー等で叩き落とす。これによって塗膜の浮き上がりや割れを生じた場合は、皮スキ等で塗膜を掻き落す。 部分的に劣化塗膜が残った場合は素地を傷付けないように注意してオービルサンダーや研磨紙掛けで除去する。塗膜が素地と密着している部分は無理に掻き落とさず、そのまま存置する。残した塗膜が素地から盛り上がった部分は塗膜の周囲が斜めになるよう研磨紙摺りをする。
2.下地処理	ボイル油の塗布による木地固め (施工者ヒアによる補足:活眼を残したところも含め、 全面でボイル油塗布)	下塗り材と同じ塗料でのタッチアップ塗装(下見板素地の水分吸い込み防止措置) (施工者ヒアによる補足: 旧塗膜除去をした部分にのみ、ボイル油塗布も実施した。)
3.パテ飼い	傷、穴、割れにパテを飼う(※写真上では実施の確認はできていない) (施工者ヒアによる補足:パテは ガラスパテ を使用)	※写真上では実施の確認はできていない (施工者ヒアによる補足:パテは オイルパテ を使用。H30年のときは、木地と旧塗膜との段差が小さくガラスパテでは硬いため、 オイルパテ を使用)
4.研磨紙摺り	下塗素地調整、パテ飼い部分の処理(※写真では実施の確認はできない)	※素地調整工程の写真で研磨紙摺り実施を確認。 ※施工計画書記載の工程ではないが、写真では塗装後に高圧水洗浄を実施。下塗り前中含水率10%以下を確認。 (施工者ヒアによる補足:H10年工事では、高圧水での洗浄は行っていない。)
5.下塗り	新材・木地の露出している部分に対し、油性調合白亜鉛B種ペイント下塗り用を塗る(補足:指定色7.5Y 7.5/2、写真で確認する限り刷毛塗)	油性調合白亜鉛B種ペイント(白、刷毛、ローラー塗) (写真で見ると、 全面に対し塗装) (施工者ヒアによる補足: 大部分ローラー塗 、細かいところは刷毛使用)
6.パテ飼い	「3」の痩せを繕い、下塗の実施で露呈した細かな亀裂などにパテ飼いを行う	(※写真では「6」の実施は確認できない)
7.研磨紙摺り	中塗素地調整、パテ飼い部分処理、垂れ・縮みなどの障害除去	(※写真では「6」の実施は確認できない)
8.中塗り	油性調合白亜鉛B種ペイント(指定色7.5Y 7.5/2、 刷毛塗)	油性調合白亜鉛ペイント(白)＋合成樹脂調合ペイント(指定色7.5Y 7.5/2) (刷毛、 ローラー塗)
9.パテ飼い	「6」に痩せが生じている場合に実施	(※写真では「6」の実施は確認できない)
10.研磨紙摺り	「7」に同じ	(※写真では「6」の実施は確認できない)
11.上塗り	「8.中塗り」に同じ	「8.中塗り」に同じ

平成7～10年(1995～1998年)保存修理工事 塗装工程



平成30年(2018年)外部改修工事 塗装工程

1.素地調整
塗装下地ケレン
(皮スキ)



1.素地調整
塗装下地ケレン
(研磨紙摺り#120)



1.素地調整
塗装下地ケレン後の南面外壁



2.下地処理
下塗り材にてタッチアップ
(はけ、ローラー使用)
※下見板素地の水分吸い込み防止措置



3,4.高圧水洗浄



5.下塗り(はけ、ローラー使用)



8.中塗り(はけ、ローラー使用)



11.上塗り(はけ、ローラー使用)



豊平館での塗装工事管理記録 ※(「国指定重要文化財「豊平館」耐震改修ほか保存修理工事の工事管理記録」より抜粋)

現代の塗料と異なり、オイルペイント(OP)、ボイル油の乾燥には時間を要するため、
施工スケジュール検討の際には注意を要する。



PIGMENTS LIMITED Ultramarine Blue/PR

ウルトラマリンブルーはベースのOP 白亜鉛(B)に顔料 青を混ぜてつく。顔料はHOLLIDAY

外壁の塗装は、平成26年6月より平成27年5月 米山塗装

外壁の塗装材は創建当時と同じ油性調合ペイント(OP)を使用した。OPは現在「乾」には販売されていない。しかし、大同塗料のみ販売してくれると分かった。納入された文化財の塗装補修は極力既存の塗膜を残すのが一般的らしく、今回もこの方法で補修した。既存の浮いた塗膜を除去し、サンドペーパーやサビタールサンダーで凹面塗装との段差を極力なめらかにするように下地を調整した。

外壁復旧時の釘跡は釘頭を防锈塗装をした上にガラスパテをヘラで塗りつけてならかに凹面塗装と馴染ませた。設計監理者より全ても平らにする必要はないとの指示を受けた。

OPを塗る前に既存塗料との付着を良くするためにボイル油を塗布した。OP 中塗り(塗)を塗布している。OPはボイル油で希釈して使用した。ボイル油もOPも乾きが遅いため、塗り重ねの頻度は最低でも4〜5日程度が必要であった。ウルトラマリンブルーの下塗りには白のOPを塗り、中塗り上塗りブルーを使用した。車寄せ柱の柱頭飾りなどは塗り重ねによって隙間がなくなる事を避けるため、2度塗りしている部分もある。