

屋内運動場屋根ウレタン防水改修施工後の検証  
調査研究事業報告書

【別所小学校】

平成30年3月

公益財団法人横浜市建築保全公社  
横浜市防水事業協同組合

## 1. 調査概要

### 1-1.調査目的

屋内運動場の屋根に超速硬化ウレタン吹付塗膜防水を施した学校で、雨漏り報告があがっている施設を調査することで雨漏りが何に起因するものかを明らかにすると共に今後の改修方法の選定基準の確立に繋げる。

### 1-2.調査結果概要

屋根ウレタン防水の塗膜に異常は確認されなかった。

- ・基準値の膜厚2.0mm良好
- ・散水による漏水なし
- ・ウレタン防水の硬化不良・損傷なし
- ・結露の可能性有り

室内換気で改善されるため換気扇設置を教育委員会に提案する。

概算4,300千円

#### 【成果】

1)判明した以下2項目の不具合について、防水工事マニュアルに管理項目として追加する。

- ①フックボルト廻りシーリングのトップコート塗装剥がれ←シーリング補修が硬化してから、トップコート塗装を行う。
- ②スレート重ね部分の補強用ジョイントテープうねり←ジョイントテープは、しわがないよう密着させる。

2)築40年でもウレタン防水施工の防水効果は発揮される。

但し、スレートが健全\*であることが条件

※ズレがない、割れが少ない(割れは防水工事の際、張り替える)

屋根が波打っていない、沈下や変形がない

スレートの減肉が少ない(製造時厚さ6.3mm 防水時の厚さ確認は今後の課題)

### 1-3.調査建物

- (1) 名 称 : 横浜市立別所小学校
- (2) 所在地 : 横浜市南区別所六丁目3番1号
- (3) 竣工年 : 1975年  
防水改修工事完成 2015年(築40年目)  
漏水発生2017年(改修後2年目)～
- (4) 延床面積 : 558㎡



屋内運動場外景

### 1-4.調査実施者、調査協力

実施者: 横浜市建築保全公社

横浜市防水協同事業組合

調査協力: 建築局保全推進課

横浜ダイワ株式会社(防水改修施工者)

株式会社ダイフレックス(防水改修材メーカー)

### 1-5.調査日

平成30年3月16、27、28日の3日間



屋内運動場内景

## 2. 調査内容及び結果

高所作業車にて以下の調査を実施した。

(1) 目視による確認では雨漏りの要因となり得るウレタン防水層の不具合は確認されなかった。ウレタン防水層の大きな亀裂、穴等は確認されなかったが、ひび割れ等軽度な不具合があり応急処置を施した(写真-P1,2)。ひび割れは1箇所、場所はスレート重ね合わせ部分で発生していた。スレート重ね合わせ部分には全体的に防水層のうねりが生じていたが防水層下部の補強用ジョイントテープが機能し、防水層の亀裂までは至っていなかった。他には、フックボルト廻りのシーリングにトップコートの剥がれが散見されたが、防水機能に大きな影響はないと判断した。全体的に、スレート屋根下地、防水層ともに状態は良好だった。

(2) 塗膜厚測定の結果、基準値の膜厚をクリアしていることを確認できた。防水膜厚の測定を40箇所以上実施したが、設計厚さである2mm以上が確保され平均膜厚2.9mmと良好な結果が得られた。(別紙-1)

(3) 触指による硬化不良の有無確認では、硬化不良等の不具合は確認されなかった。

(4) スレートの変形確認 たわみによる水勾配の不良は確認されなかった。南面軒先のスレート先端部が若干反り返っていたが、雨水が滞留する程ではなく排水に影響はないと考えられる。

(5) 高圧水による散水試験で漏水は確認されなかった。

屋根を3ブロックに分け高圧洗浄機にて1ブロック1.5～2時間程度散水を実施した。その後、屋内運動場内部で漏水の目視確認を行ったが漏水確認されなかった。

(6) 結露調査では、室内上部に高湿度の空気層があり結露の恐れがあると推測される。

屋内運動場の使用状況によって計3回、室内温湿度の測定を行った。測定箇所は、鉄骨梁と室内の温度差で鉄骨梁面に表面結露が発生する想定で、ドローンに温湿度計を搭載して鉄骨梁近傍とした。第1回目の測定は、屋内運動場使用直後(卒業式終了後)とし第2、3回目は使用がない日の日中とした。また測定結果より露点温度を算出し、鉄骨表面温度が露点温度に達していないか確認を行った。測定結果(別紙-2)より、3日間ともに結露が発生する状況ではなかったが、使用直後の第1回目に関しては、湿度が床面での測定値より高いことが確認でき蒸気が上部に溜まっていることが分かった。

## 3. 結果のまとめ

今回の調査により、屋根ウレタン防水層に大きな不具合は無く、高圧洗浄機による散水試験によっても屋内運動場内部に漏水が確認されなかったため、屋根からの漏水の可能性は低いと考えられる。壁面及びサッシ面からの漏水も可能性として考えられるが、これまで学校より報告を受けている漏水位置や事前調査により可能性は非常に低く、どこから雨漏りをしていることは考えにくい。次に可能性として鉄骨梁の表面結露が考えられるが、今回の調査は天候が良く、湿度も低かったため梁鉄骨面で廻りの水蒸気が露点温度に達して結露が発生するという状況ではなかった。しかし、天井や棟付近での測定値は温度、湿度共に屋内運動場床面での測定値、また外気温より高い結果も確認された。屋根はウレタン防水層で蓋をされており、内部棟廻りに溜まった空気や蒸気が外部に抜けないため時期、天候によっては結露が発生する要素が揃い、鉄骨梁に表面結露が発生する可能性は十分に考えられる。また、屋根の改修工法の選定に関しては、今回調査した建物に関しては、築40年のスレート屋根でもウレタン防水改修を施せば、スレート自体が劣化していても屋根としての強度が増し、建物の寿命も延ばす効果が得られたと考えられる。

## 4. 今後の改修方法等について

### 4-1. 防水改修工事品質監理の向上

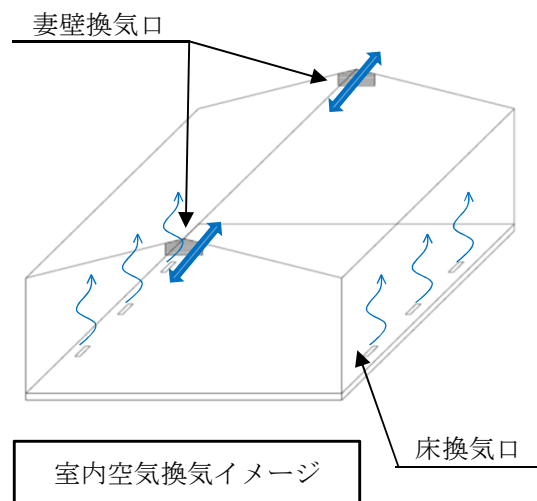
今回の目視調査にてあがった以下2点の項目について今後の工事監理において重点的に確認が必要と感じた。

- ・スレート重ね合わせ部分の補強用ジョイントテープ施工状況(めくれ等がないか)の確認及び、ウレタン防水吹付け後の隙間や斑がないかの確認
- ・手直し部分について、シーリング打設後に防水トップコートを塗布するまでの乾燥時間の管理

#### 4-2.結露対策工事の付随提案

##### (1) 自然換気設備の設置

今回調査を実施した屋内運動場内部は換気ガラリ等給排気設備がなく、屋根のウレタン防水を施工したことによって室内の気密性がより高まっているといえる。窓の開閉がなければ室内利用者から発生した蒸気が外部に抜ける箇所がなく、天井付近、特に天井高が最も高い棟部周辺に滞留すると考えられる。そこで、東西妻壁面頂部、屋内運動場床面に換気口を設置することで屋内運動場上部に滞留した蒸気を排出する。屋内運動場屋根のウレタン防水改修工事は一般的に外周に足場を設置するため、換気口設置工事は防水工事と合わせて工事が可能で、自然換気とするため機械給排気設備と比べてランニングコストを抑えることができ、高い費用対効果を発揮することができると考えられる。(従来は桁側の窓に電動換気扇を設置する工事を屋根防水工事と同時に行っていたが、現状は実施していない。今後、教育委員会、建築局と協議する。)



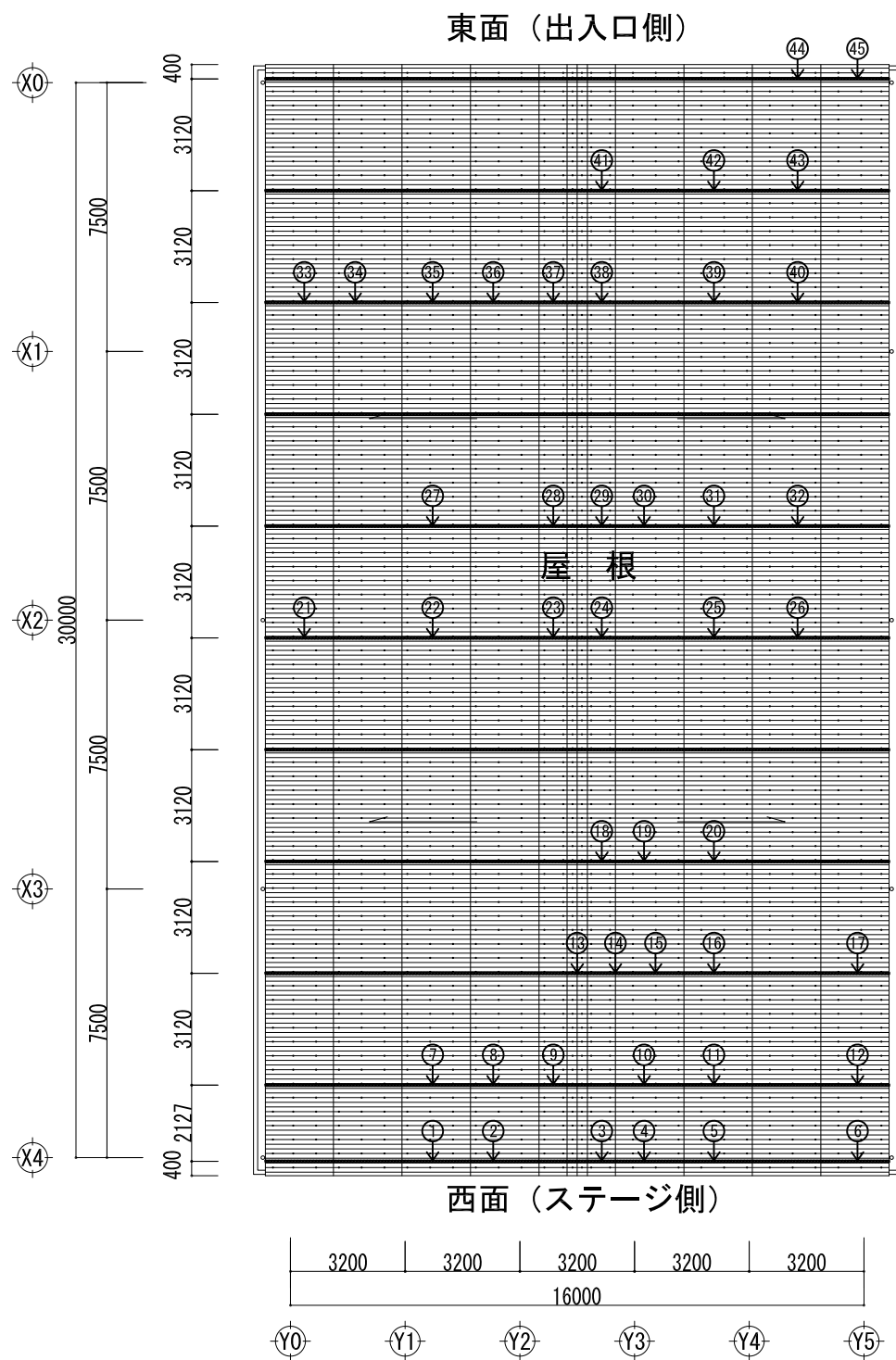
##### (2) 鉄骨梁の結露防止塗材塗装

結露防止塗装材は給水・調湿性があるため結露発生を防止し、一般塗料に比べて低い熱伝導率を持つ為、鉄骨等の急激な温度変化を防ぐことで室内との温度差が低くなり鉄骨面が露点温度に達しに難くなると考えられる。(室内全面足場が必要なため、照明改修工事等と同一施工にて実施タイミングを検討する。)

(参考) ケツロナイン 菊水化学工業㈱

# 屋根ウレタン防水膜厚測定結果図

防水改修工事 2015. 8. 25 完工  
膜厚測定 2018. 3. 27 2年7ヶ月



## 膜厚測定結果 完工時基準値 2.0mm

| 番 号     | ①    | ②    | ③    | ④    | ⑤    | ⑥    | ⑦    | ⑧    | ⑨    | ⑩    | ⑪    | ⑫    | ⑬    | ⑭    | ⑮    | 平均   |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 膜厚 (mm) | 3.04 | 3.99 | 2.91 | 2.57 | 2.56 | 2.36 | 3.36 | 3.09 | 3.42 | 2.26 | 2.60 | 2.81 | 3.34 | 2.78 | 3.10 | 2.86 |
| 番 号     | ⑮    | ⑯    | ⑰    | ⑱    | ⑲    | ⑳    | ㉑    | ㉒    | ㉓    | ㉔    | ㉕    | ㉖    | ㉗    | ㉘    | ㉙    |      |
| 膜厚 (mm) | 2.41 | 2.90 | 2.42 | 2.29 | 2.39 | 3.30 | 2.67 | 2.39 | 1.80 | 2.49 | 2.07 | 4.75 | 2.76 | 2.92 | 3.13 |      |
| 番 号     | ㉚    | ㉛    | ㉜    | ㉝    | ㉞    | ㉟    | ㊱    | ㊲    | ㊳    | ㊴    | ㊵    | ㊶    | ㊷    | ㊸    | ㊹    |      |
| 膜厚 (mm) | 2.02 | 2.34 | 3.66 | 3.63 | 2.34 | 2.76 | 3.16 | 2.61 | 4.21 | 3.03 | 2.28 | 3.25 | 2.75 | 2.61 | 3.05 |      |

## 屋内温湿度測定結果

### □測定方法

温湿度計を搭載したドローンを天井周辺に飛ばして測定を行った。測定箇所は天井近傍を下図のようにドローンを飛行させ、5秒毎の測定を約20分間行った。また、床面での温湿度と鉄骨表面温度の測定も合わせて行った。

### □使用機器

- ・ドローン PHANTOM4 (DJI JAPAN(株))
- ・温湿度計 WS10TH (三和電気計器(株))



ドローン飛行経路図

### □温湿度測定結果

天井面の測定では、5秒毎の測定を約20分間で合計約200地点の温湿度を測定した。下表に約200地点の温湿度の平均値とその値から露点温度を算出した。

| 第1回                     | 測定箇所    | 気温(°C) | 湿度(%) | 露点温度 | 鉄骨表面温度 |
|-------------------------|---------|--------|-------|------|--------|
| 3月16日<br>15:00<br>卒業式直後 | 天井面(平均) | 19.2   | 57.3  | 10.6 | 18.1   |
|                         | 床面      | 21.6   | 51.9  | 11.3 |        |
|                         | 差異      | -2.4   | 5.4   | -0.7 |        |

| 第2回            | 測定箇所    | 気温(°C) | 湿度(%) | 露点温度 | 鉄骨表面温度 |
|----------------|---------|--------|-------|------|--------|
| 3月27日<br>14:00 | 天井面(平均) | 23.8   | 47.6  | 12.0 | 17.5   |
|                | 床面      | 21.5   | 53.4  | 11.6 |        |
|                | 差異      | 2.3    | -5.8  | 0.4  |        |

| 第3回            | 測定箇所    | 気温(°C) | 湿度(%) | 露点温度 | 鉄骨表面温度 |
|----------------|---------|--------|-------|------|--------|
| 3月28日<br>14:00 | 天井面(平均) | 27.1   | 47.6  | 15.0 | 21.3   |
|                | 床面      | 23.5   | 48.3  | 12.0 |        |
|                | 差異      | 3.6    | -0.7  | 3.0  |        |



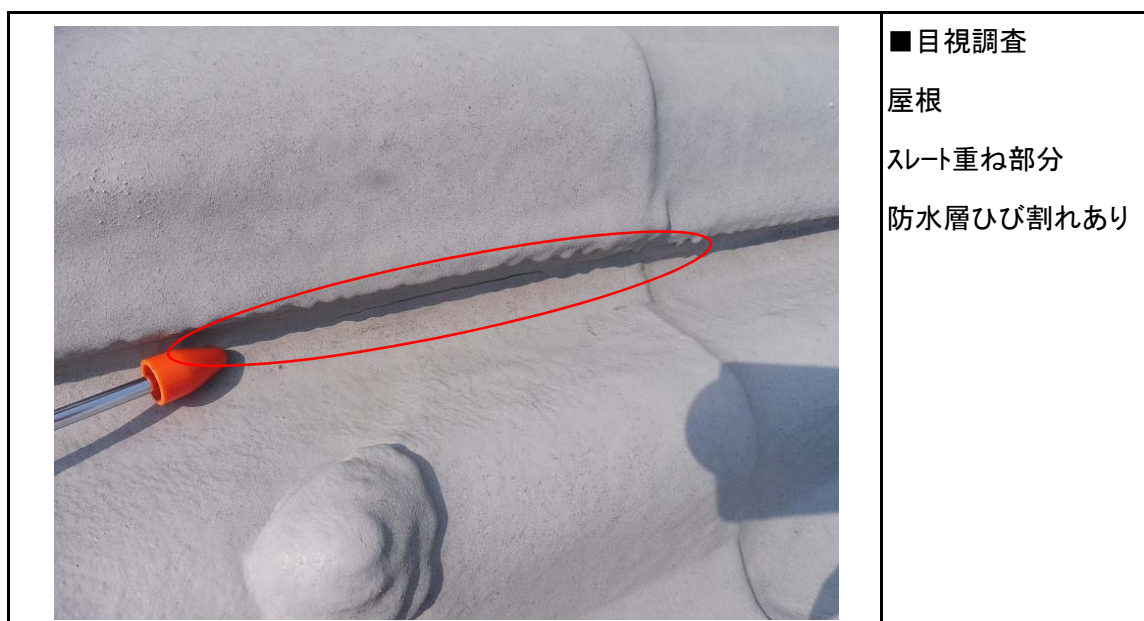
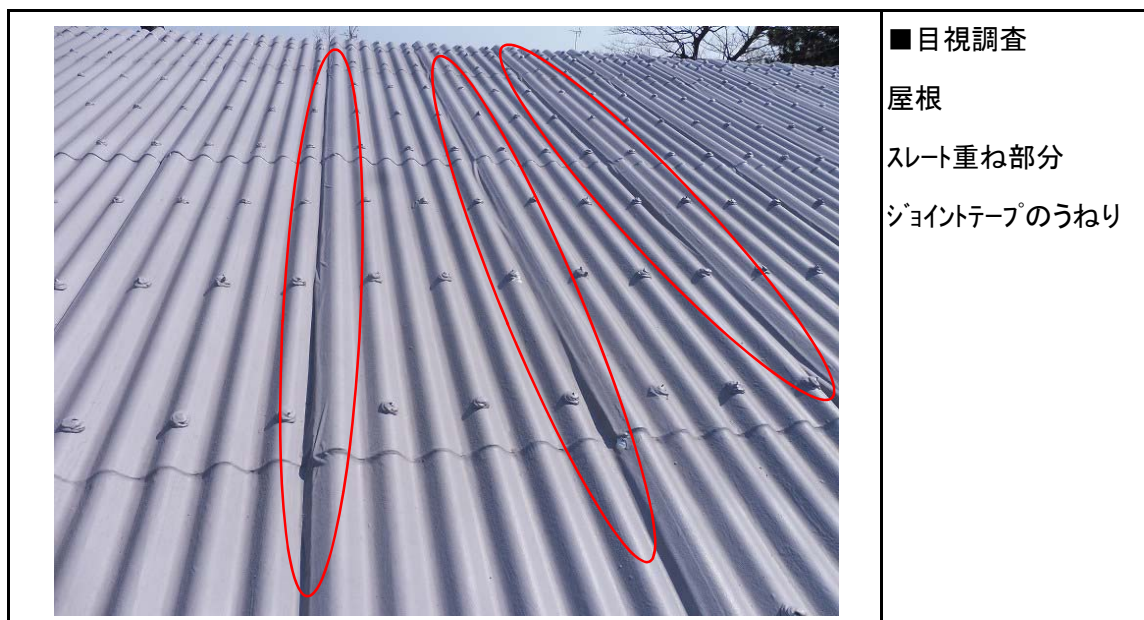
■目視調査  
全景(西側妻面)

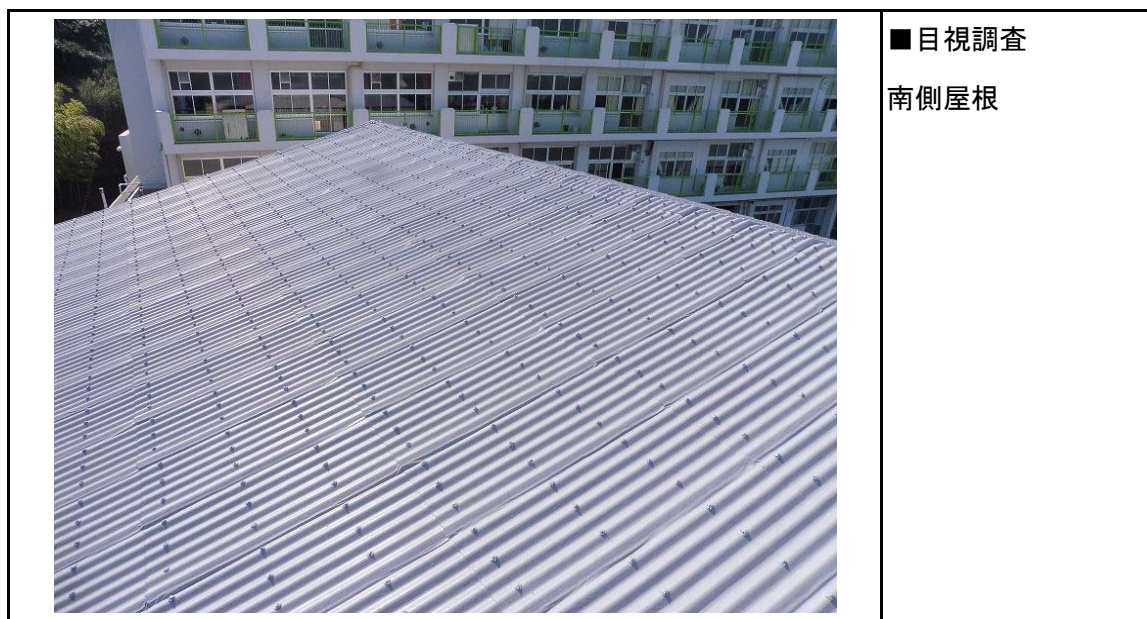
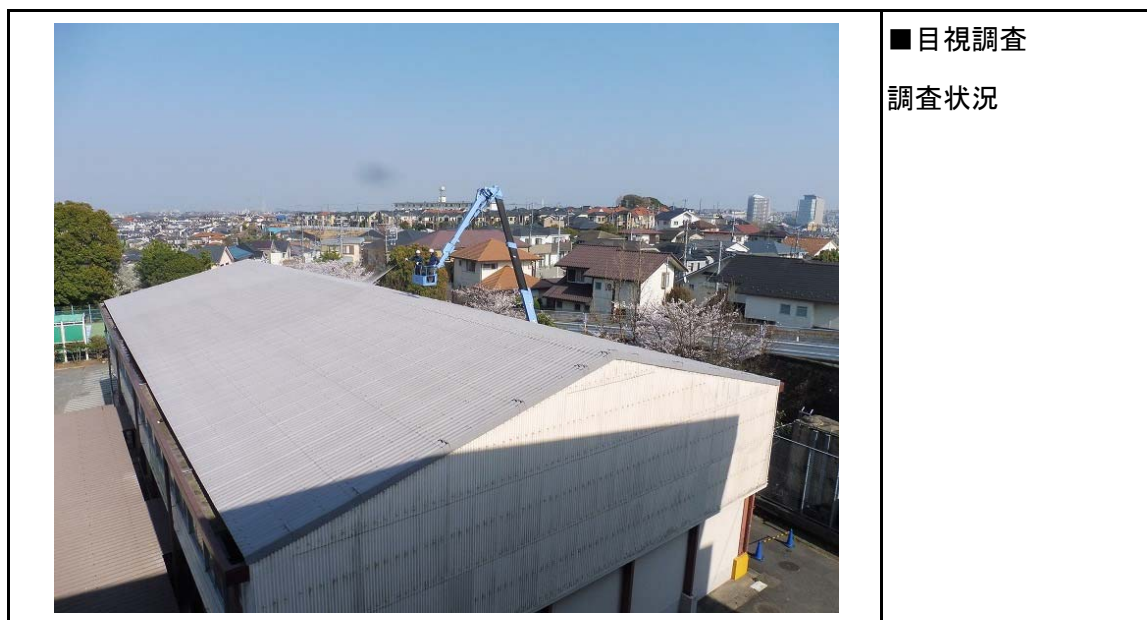
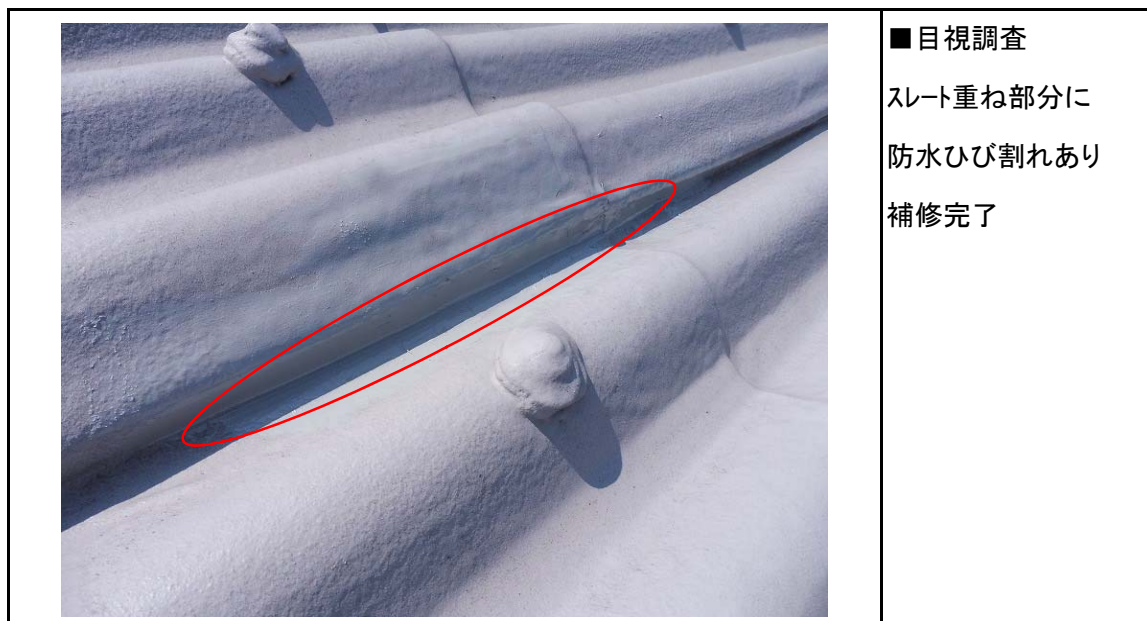


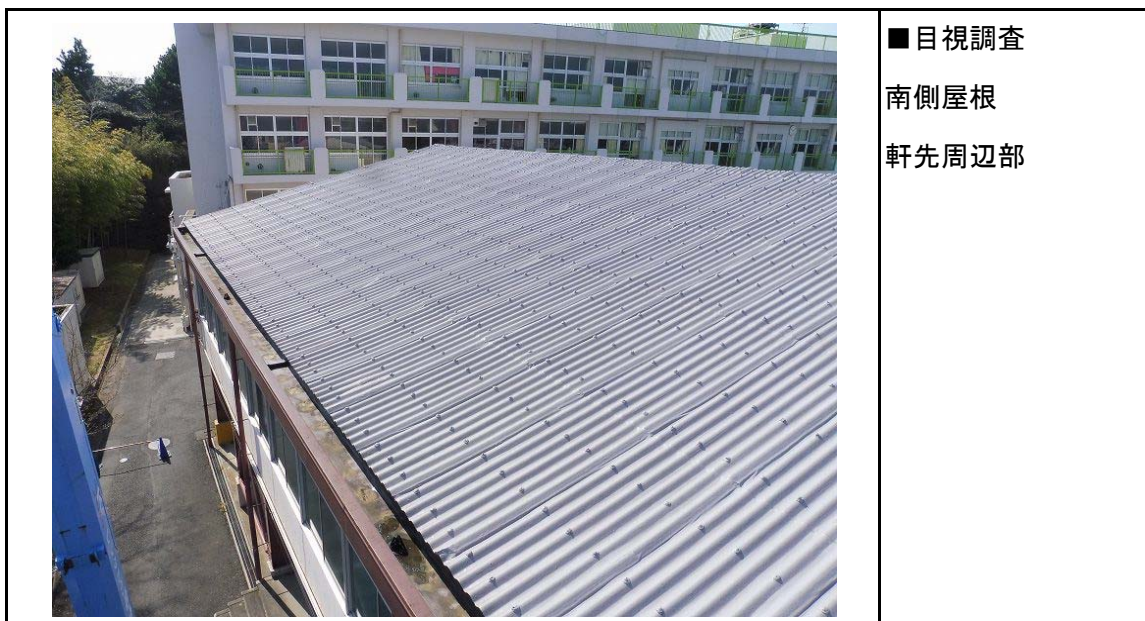
■目視調査  
調査状況



■目視調査  
屋根(棟周辺部)









■膜厚測定  
測定状況



■膜厚測定  
測定状況  
西側



■膜厚測定  
測定状況  
南側



■ 散水試験

散水状況

南側



■ 散水試験

散水状況

南側



■ 散水試験

散水状況

南側



■ 散水試験

散水状況

中央



■ 散水試験

散水状況

東側



■ 散水試験

散水状況

東側

