

間接固定式スレート屋根改修工法「JFE スレートカバー 780」

Slate-roof Covering System by Indirect Fixing Method “JFE Slate-cover 780”

工藤 教雄 KUDOH Norio JFE 鋼板 商品開発センター 主幹(部長)
竹国 宏 TAKEKUNI Hiroshi JFE 鋼板 商品開発センター 加工商品開発室 主任部員(課長) (現 JFE シビル)
大岸 英夫 OHGISHI Hideo JFE 鋼板 商品開発センター 加工商品開発室長(理事)

要旨

JFE 鋼板では、老朽化したスレート屋根の改修工法として「JFE スレートカバー 780」を開発した。改修用屋根材はスレート屋根固定用既存フックボルト（以下、既存フックボルト）の頭部に取り付けた固定金具にビス留めされ、既存フックボルトを介して間接的にスレート屋根下地に固定される。本工法はスレート屋根を新たに貫通する改修用部材がない。そのため、施工中のアスベスト粉塵の飛散が少なく、施工者や建物内で作業している従業員の作業環境はもちろん、建物周辺部の環境にもやさしい工法である。働き幅をスレート屋根で標準的な「780 mm」に等しくした。これにより、隣り合う改修用屋根材の重ね部分の固定にも既存フックボルトが使える。母屋などの改修用下地が省略可能となり、優れた施工性を実現した。

Abstract:

“JFE Slate-cover 780” is a metal-roof covering system especially suitable for overaged roofs covered with slate including asbestos. The cover-roof is indirectly fastened to metal fittings fixed at existing hook-bolts over slate-roof. This covering system provides little scattering of asbestos particles during construction both inside and outside of buildings due to no additional holes in slate-roof. The work-width of covering metal-roof is 780 mm in order to fit to the work-width of slate. This provides no use of new beams between cover-roof and slate-roof. Thus “JFE Slate-cover 780” exhibits excellent workability compared with conventional covering systems.

1. はじめに

がんの一種「中皮腫」などアスベストが原因とみられる疾病の患者が多数発生したことを報じた 2005 年 6 月の新聞記事¹⁾がきっかけとなり、アスベストによる健康被害が大きな社会問題になった。これまでアスベストは、その優れた特性を生かし、数多くの製品の原料として使用されてきた。建築分野でも、2004 年 10 月に労働安全衛生法によりスレート屋根を含むアスベスト含有成形板の輸入、製造、使用が禁止されるまで、多くの建物で使用されてきた。老朽化による雨漏防止などのため、これらの建物の屋根を改修する場合、スレート屋根を改修用屋根材でカバーし、その山部からスレート屋根下地まで屋根固定ビスを貫通させる「直接固定工法」がこれまで多く採用されてきた(図 1)。しかし、この場合、ビス貫通時にアスベストを含む粉塵、切り屑が屋内に飛散するため、屋内側にシートを張るなど

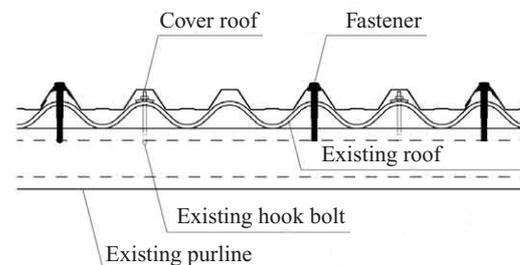


図 1 直接固定工法
Fig.1 Direct fixing method

の養生が必要になる。この問題を解決するため、スレート屋根を屋根固定ビスが貫通しない「間接固定工法」が開発された(図 2)。今後、これらの建物の改修はアスベスト粉塵の飛散が少ない間接固定工法へ移行していくものと考えられる。そこで JFE 鋼板でも部品数を削減した間接固定工法として「JFE スレートカバー 780」を開発した。

本論文では、「JFE スレートカバー 780」の概要と各種性能試験結果について報告する。

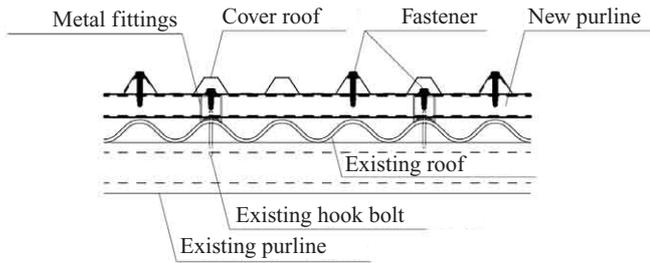


図2 間接固定工法
Fig.2 Indirect fixing method

2. 開発コンセプト

現在、広く施工されている間接固定工法は、スレート屋根に孔をあけず、既存フックボルトを利用して固定金具を用いてスレート屋根の上に母屋などの改修用下地を組み、その改修用下地に改修用屋根材を固定している²⁾。原板幅は914 mmで働き幅650 mm、山高35 mm程度が一般的である。当社では施工中のアスベスト飛散の削減はもちろん、部品数の削減による施工性の向上を目標に開発を進めてきた。働き幅をスレート屋根で標準的な「780 mm」に等しくすることで、隣り合う改修用屋根材の重ね部分の固定にも既存フックボルトが使える、母屋などの改修用下地を省略できるように設計した。

3. JFE スレートカバー 780 の概要

図3に改修用屋根材の断面図を示す。本工法は改修用屋根材、固定金具および面戸、棟包みなどの役物で構成される。改修用屋根材の働き幅は780 mm、山高は原板幅914 mmを採用した関係で33 mm、17.5 mmの2種類ある。素材には板厚0.5 mmまたは0.6 mmのGL鋼板、カラーGL鋼板を使用する。裏貼り断熱材として、ポリエチレンフォーム4 mmを接着貼りすることもできる。

働き幅を650 mmの1.2倍に広げることで、改修用屋根材の葺き枚数が2割減少し、母屋などの改修用下地も省略できるため、優れた施工性が実現できる。スレート屋根への付加重量は6 kgf/m²前後で他の間接固定工法に対して4～5割軽くなり、その分、地震時の建物への負荷が軽減で

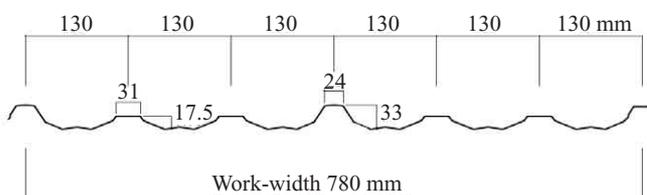


図3 改修用屋根材の断面図
Fig.3 Section of cover roof

きる。

本工法では既存フックボルトを介して間接的に改修用屋根材をスレート屋根下地に固定するため、既存フックボルトの引抜き強度が構造上、重要である。ゆえに、本工法採用予定物件では、比較的腐食が厳しいと予測される屋根周辺部からサンプリングした複数の既存フックボルトを対象にポータブル試験機を用いた引抜き試験を現地で行い、引抜き強度の事前調査を行っている。

施工手順としては、まず、スレート屋根の上に落下防止用の捨てネットを敷き込む。固定金具を既存フックボルトの上から落とし込むように設置する。続いて、改修用屋根材に当たらないように既存フックボルトのネジ突出部の長さを切り揃え、専用ナットを既存フックボルトに締め付けて固定金具を固定する。改修用屋根材は、およそ390 mm間隔に配置されている既存フックボルトに取り付けた固定金具にビス留めされる。

建物の高さが高くなるにつれて、特に屋根周辺部では吹上げによる風圧力が大きくなり、改修用屋根材の強度不足が生じる場合がある。そのような場合には、図4に示すように改修用屋根材と固定金具の間に単山形状の補強材を追加することで強度の向上を図る。補強材の板厚は0.6 mm、長さは1800 mm以上としている。長手方向の両端部近傍で改修用屋根材、補強材、固定金具の3部材を、中央部近傍で改修用屋根材、補強材の2部材をそれぞれ緊結するようにビス留めすることで、正負両方の風圧力に対する強度をアップできる。なお、本工法の適用範囲としては、高さ20 m程度までの平屋建ての工場、倉庫などを想定している。

4. 基本性能

4.1 曲げ耐力

板厚が0.5 mmと0.6 mmの改修用屋根材の断面性能、最大曲げ耐力を調べるため、JIS（日本工業規格）の試験および評価方法³⁾に従いスレート屋根における標準的な母屋

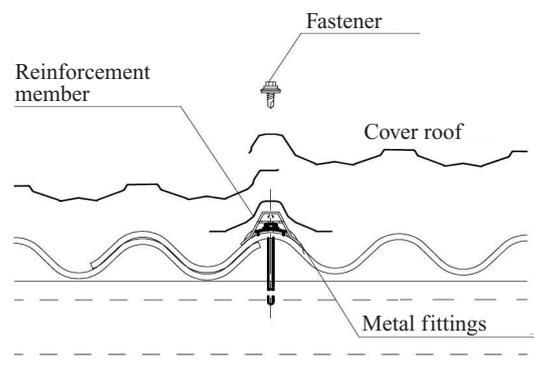


図4 改修用屋根材の取付
Fig.4 Setting of cover roof

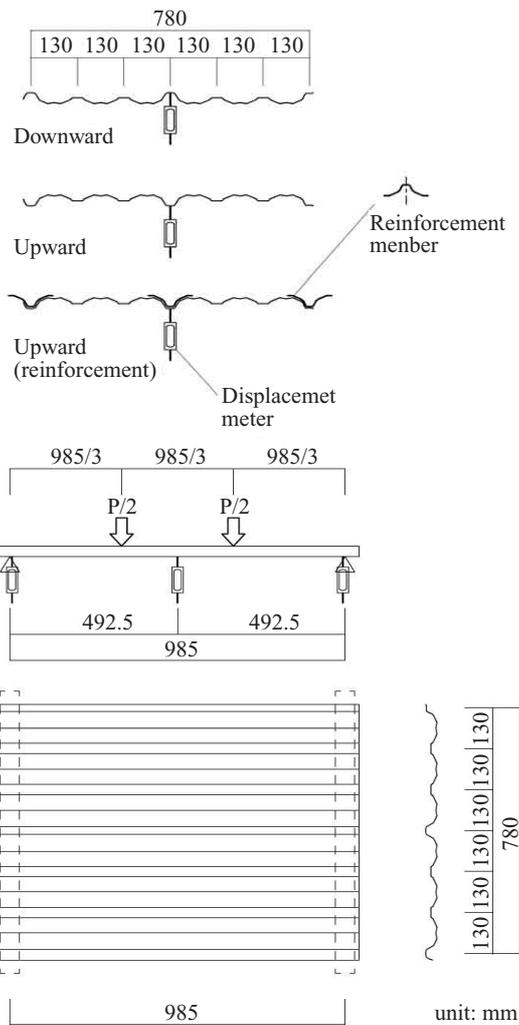


図5 曲げ試験方法

Fig. 5 Method of bending test

間隔の最大値 985 mm をスパンとする単純梁形式で 3 等分 2 点集中荷重により、積雪および暴風時吹上げ荷重を想定した正および負の曲げ試験を行った。負の曲げ試験では補強材の効果についても調べた。各試験体の形状と荷重および変形測定位置を図 5 に示す。試験体の中立軸の位置確認に必要なひずみ量を測定するため、スパン中央部にはひず

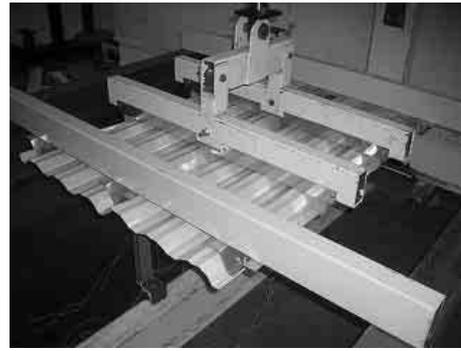


写真1 曲げ試験状況
Photo 1 Bending test

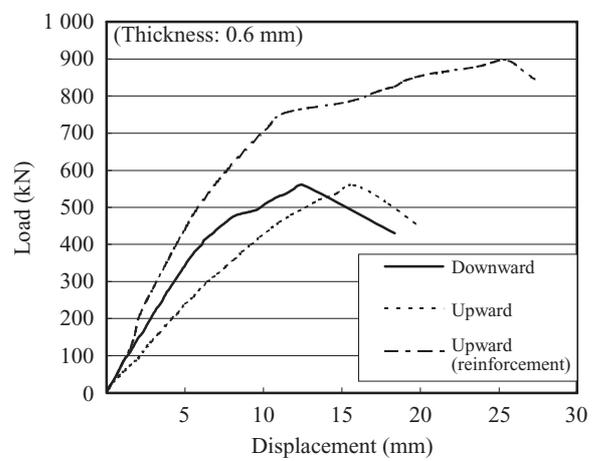


図6 荷重 - 変形関係

Fig. 6 Relation between load and deflection

みゲージを貼付した。写真 1 に実験状況を示す。

板厚 0.6 mm の荷重 - 変形曲線を図 6 に示す。横軸はスパン中央部の試験体のたわみ量で、両端の支持点の変形量を差し引いたもの、縦軸は載荷荷重である。荷重と変形の関係から各試験体の断面性能を求め、その結果を表 1 に示す。

最大曲げ耐力は、補強材なしの場合、正曲げ、負曲げとも同程度であり、ほぼ板厚に比例している。負曲げでは、

表 1 曲げ試験結果

Table 1 Result of bending test

Thickness, t (mm)	Load direction	Section property		Ultimate load		Design load		Safety factor, $*P_{max}/*P_0$ or W_{max}/W_0
		I (cm ⁴)	Z (cm ³)	$*P_{max}$ (N)	W_{max} (N/m ²)	$*P_0$ (N)	W_0 (N/m ²)	
0.5	Downward	4.35	2.00	4 300	7 462	1 671	2 960	2.52
	Upward	3.18	1.52	4 300	7 462	1 270	2 250	3.32
	Upward (Reinforcement)	7.04	3.39	7 425	12 886	2 833	5 017	2.57
0.6	Downward	5.58	2.58	5 625	9 762	2 156	3 818	2.56
	Upward	3.74	1.73	5 600	9 718	1 446	2 509	3.80
	Upward (Reinforcement)	7.58	3.62	9 100	15 792	3 025	5 357	2.95

$I, Z, *P_{max}, *P_0$: Calculated per 0.78 m-width

補強材追加により最大曲げ耐力は 0.5 mm 厚で 1.73 倍、0.6 mm 厚で 1.63 倍にそれぞれ増大している。荷重 - 変形曲線から評価した断面二次モーメント I 、断面係数 Z も補強材追加により 2 倍以上増大しており、補強材の効果がみられる。

4.2 耐風圧性能

改修用屋根材は図 3 に示すように不規則な断面形状をしており、低い山付近では暴風時の負圧により浮き上がりが生じやすいと予想される。そこで、動風圧試験を行い、負圧時の耐風圧性能を調べた。実験状況を写真 2 に示す。試験体に補強材は用いていない。試験体はスレート屋根を含み、大きさは 4.2 m × 4.3 m、母屋間隔はスレート屋根の標準間隔の中で最大の 985 mm とした。試験では動風圧試験機の圧力箱内の圧力、改修用屋根材のスパン中央部および母屋上の支持点における高い山、低い山の各変位量を測定した。試験結果の一例として、板厚 0.6 mm の高い山中央部の荷重 - 変形曲線を図 7 に示す。3 100 N/m² まで加圧した時の残留変位は、高い山で 0.4 mm、低い山で 0.2 mm と小さく、変形はほぼ弾性範囲内に収まっていた。4 000 N/m² 過ぎから急激に変位量が大きくなっているのは改修用屋根材の高い山を固定しているドリルビス近傍での

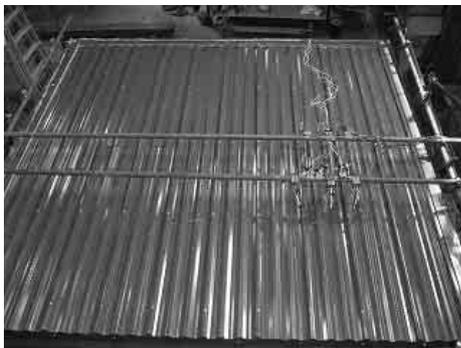


写真 2 耐風圧試験状況
Photo 2 Wind pressure test

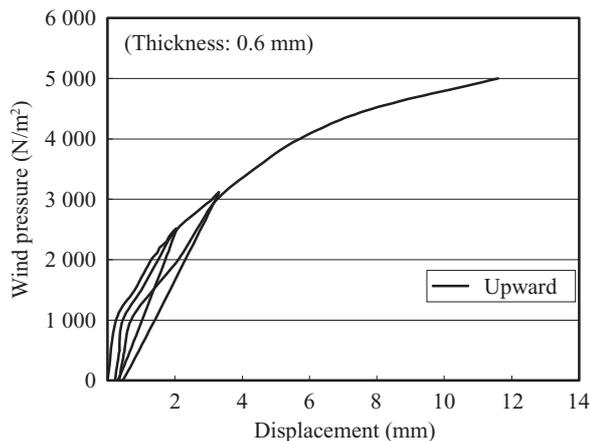


図 7 風圧力 - 変形関係

Fig. 7 Relation between wind pressure and deflection

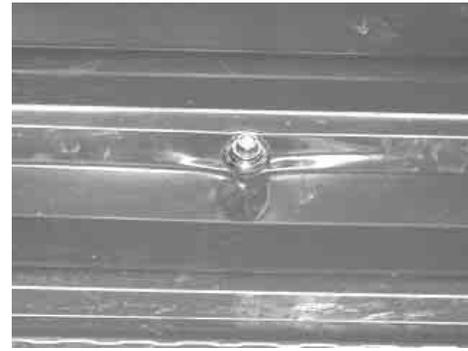


写真 3 局部座屈現象の例
Photo 3 Example of local buckling

局部座屈が原因と考えられる (写真 3)。4.1 節の曲げ試験結果、補強材がない場合の負圧に対する許容荷重は表 1 より 2 509 N/m² であり、実用上、十分な性能であることが確認できた。

4.3 防水性能

防水性能は屋根に要求される性能の中で最も重要な性能の一つである。この性能を調べるため、防水試験を行った。試験体は、板厚 0.5 mm の改修用屋根材をスレート屋根の上に動風圧試験同様、実態に近い状態で施工した。縦重ね部はシーリング材を充填することで防水処理した。試験体は大型圧力箱 (4.2 m × 4.3 m) の上面に 3/10 の勾配で設置した。試験では、まず正負の予備加圧 250 N/m² を加えた後、屋根表面から一様に 4 l/(m² · min) の水量を噴霧しながら 2 s 周期の近似正弦波脈動圧で順次増圧载荷した (図 8)。屋根の漏水状況は、圧力箱の観察窓を通して目視観察した。試験結果を表 2 に示す。400 N/m² まで屋内への漏水は見られなかった。一方、スレート屋根単体での防水試験では、200 N/m² で縦重ね部から屋内への漏水が見られた。このことから既存スレート屋根を改修用屋根材でカバーすることで、屋根の防水性能が向上することが確認できた。

4.4 既存フックボルトの引抜き強度

万能引張試験機を使用し、既存フックボルトの引抜き強

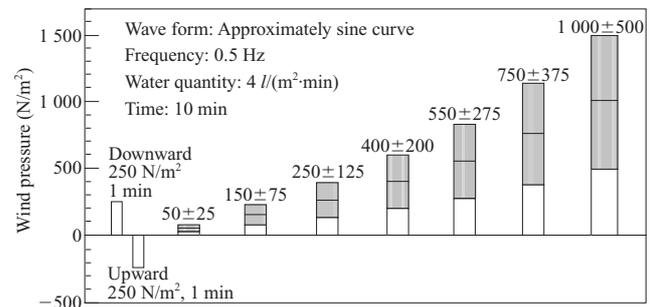


図 8 防水試験における加圧スケジュール

Fig. 8 Load diagram of wind pressure for rainproof test

表 2 防水試験結果
Table 2 Result of rainproof test

Thickness, <i>t</i> (mm)	Span (mm)	Average wind pressure (N/m ²)						
		50	150	250	400	550	750	1 000
0.5	985	○	○	○	○	△	△	■

○ : Normal △ : Dewy ■ : Dripping

度を調べた。試験用のフックボルトは、立地場所が異なる3物件から採取したもので、いずれも35年以上（1971年以前）経過している。試験状況を写真4に、試験結果を表3に示す。腐食して細くなった軸部の破断現象はみられず、引抜き強度は写真5に示すようにフック部分が軸部破断よりも先に伸びることで決まった。フック部分は屋内にあり、厳しい腐食環境にある屋外とは異なるため、腐食量はごくわずかであり、腐食による強度のばらつきは少なくなると考えられる。一例であるが、腐食によって軸部が細くなった断面写真を写真6に示す。着工当初、5.3 mm あった軸径が腐食によって3.5 mm になったものだが、このケース

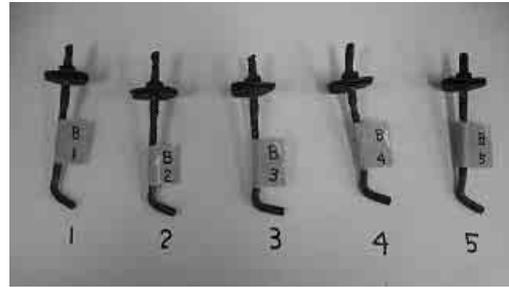


写真5 既存フックボルトの引張試験後の状況
Photo 5 Example of deformed existing hook bolt

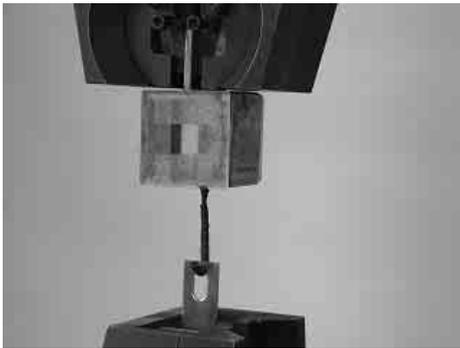


写真4 既存フックボルトの引張試験状況
Photo 4 Tension test of existing hook bolt

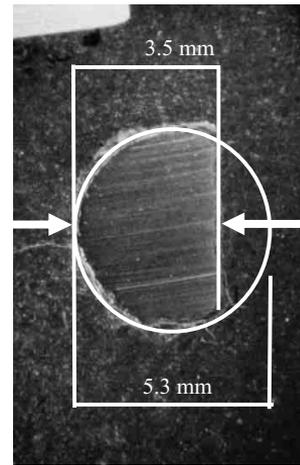


写真6 既存フックボルトの断面写真
Photo 6 Cross section of existing hook bolt

表 3 既存フックボルトの引抜き強度試験結果
Table 3 Result of tension test of existing hook bolt

Specimen		Ultimate load (N)	Average load (N)	Design load (N)
Location (A)	A-1	2 803	3 037	1 518
	A-2	3 276		
	A-3	3 250		
	A-4	2 818		
Location (B)	B-1	2 502	2 658	1 329
	B-2	2 838		
	B-3	2 406		
	B-4	2 431		
	B-5	3 113		
Location (C)	C-1	2 867	2 911	1 456
	C-2	3 063		
	C-3	2 804		

でも軸部の破断より先にフック部分が伸び、引抜き強度は2 431 Nであった。

SSR2007⁴⁾ 付録 2.1.2 (2) 既存フックボルトの耐力確認、に記載されている算出方法に従い許容引抜き耐力を求めると、引抜き強度が最も低い値のサンプル (B) の許容引抜き耐力は安全率 2 として 1 329 N/本となる。これを標準的な母屋間隔 835 mm、フックボルト水平間隔 390 mm を掛け合わせて求めたフックボルト 1 本あたりの負担面積で除すと 4 081 N/m² となる。

スレートの建物が多数ある建築基準法上の地表面粗度区分(Ⅲ)の地域で建物高さ 20 m、3.5 寸屋根勾配の場合、日本全域の 8 割以上をカバーする基準風速 $V_0 = 38$ m/s に対する設計負荷重は最大 3 361 N/m² である。よって、今回の実験結果から、既存フックボルトの引抜き強度としては基準風速 38 m/s を超える一部の地域を除いて十分である。

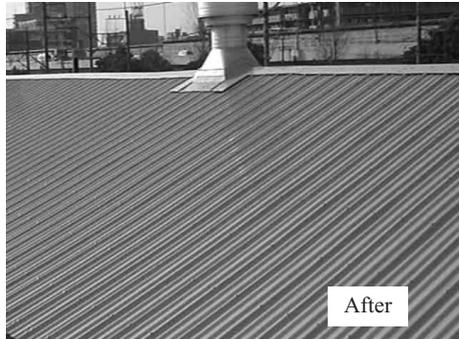
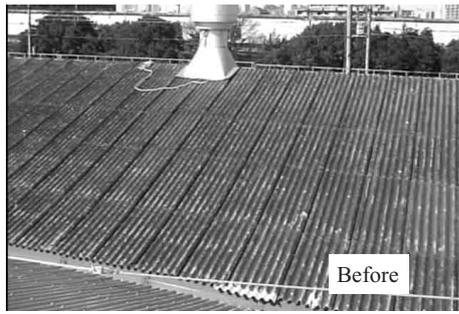


写真7 施工例

Photo 7 Construction example

部品数を削減し、働き幅を広くしたことで、作業効率が約2割向上し、地震時の建物への負荷が4～5割軽減できた。また、屋根の基本性能である耐風圧性能、防水性能についても実用上、十分であることが確認できた。

- (1) 曲げ耐力試験から設計時に必要な断面性能を算出した。
- (2) 動風圧試験では3100 N/m²加圧後の残留変位は小さく、変形はほぼ弾性範囲内に収まっていた。
- (3) 防水性能は、スレート屋根単体での防水性能と比べ向上する。
- (4) 既存フックボルトは腐食により減肉するので、屋根改修の可否は事前に行う引抜き強度試験で判断する。

今後も既存フックボルト引抜き強度については、実物件を通して、データを蓄積し、腐食による引抜き強度への影響について継続して調査していく。

参考文献

- 1) たとえば、「アスベスト?がんなどで79人死亡」。読売新聞。2005-06-30.
- 2) 「スレート屋根改修、無塵工法が伸びる」。建材レポート。2007-01.
- 3) JIS A6514「鋼板製屋根用折板」。1977.
- 4) 日本金属屋根協会。鋼板製屋根構法標準 SSR2007.

5. 施工例

2008年2月にJFEスチール京浜THiNK地区にある腐食・防食試験棟のスレート屋根を本工法により改修した。施工前後の写真を写真7に示す。施工時に実施したアスベスト環境分析では労働安全衛生法（屋内）、大気汚染防止法（敷地境界）に定められている基準値以下であった。施工性については、他の間接固定工法よりも作業効率が約2割向上することを確認した。

6. おわりに

「JFE スレートカバー 780」は、他の間接固定工法に比べ、



工藤 教雄



竹国 宏



大岸 英夫