

損傷を受けた建造物の改修・解体工事における安全対策 —その2 波板スレート屋根工事で使用する踏抜防護シートの開発—

日野 泰 道*1

日本においては、台風・地震などに起因する自然災害が毎年発生し、それに対応する形で災害復旧工事も毎年行われている。特に建築工事の災害復旧工事では、大雨・台風等に起因する波板スレート屋根補修工事において、数多くの墜落死亡災害が発生している。

本報は、波板スレート工事で使用可能な新しい墜落防止対策として“(仮称)踏抜防護シート”を考案し、その墜落防護性能について実験的に検証を行ったものである。人体の脚部を模擬した落体を用いて実験を行った結果、想定される落体に対して十分な墜落防護性能を有していることが確認された。

キーワード: 踏み抜き防止シート、波板スレート屋根、墜落災害、災害復旧工事、労働災害

1 はじめに

建築工事における災害防止工事では、大雨・台風等に起因する波板スレート屋根の補修工事で多くの墜落死亡災害が発生している。その災害発生状況を調査すると、①災害復旧工事ならではの緊急性の要因等で十分な安全対策が講じられていないこと、②波板スレート屋根の基本構造から、経年劣化による踏み抜き危険性が大きくなること、③屋根梁母屋上の歩行に対して安全と考える傾向があることなどが挙げられ、これらに起因する新しい墜落防止対策の必要性が文献1で示された。

①の具体的な要因としては、台風シーズンに工事が集中することにより、波板スレート専門施工業者が不足し、波板スレートの特性を理解していない業者により作業が行われて被災する場合で特に顕著である。墜落を防止するために講ずべき措置として、踏み抜き防止対策が不十分である他、墜落防止対策を講じていない作業範囲外への立入禁止措置が不十分である場合も見受けられる。

②の具体的な要因としては、図1に示す波板スレート板の梁母屋への取付方法と経年劣化の関係から生ずるもので、強風・振動等に起因するフックボルトの穴・損傷や木毛版、波板スレート板の経年劣化に起因する部材の「たわみ」が生ずることにより、波板スレート板上端部の「梁母屋へのかかり部分」が減少し、かつ両者が面接触から線接触(場合によっては点接触)に変化することにより、構造の面から波板スレート屋根の上方からの荷重(屋根の上に作業員等の重量物が乗ること等)に対する安全性が著しく低下する可能性があることが挙げられる。

③の要因としては、専門業者であってもこのような認識を持っている場合がある点が挙げられる。

そこで本報では、波板スレート屋根工事で使用可能な新しい墜落防止対策として“(仮称)踏抜防護シート”を考案し、その墜落防護性能について実験的に検証を行った。同実験ではこれに加えて近年、波板スレート屋根工

事で使用されることのある“安全ネットを屋根面上へ敷き詰める墜落防止工法”の安全性についても併せて検討を行った。

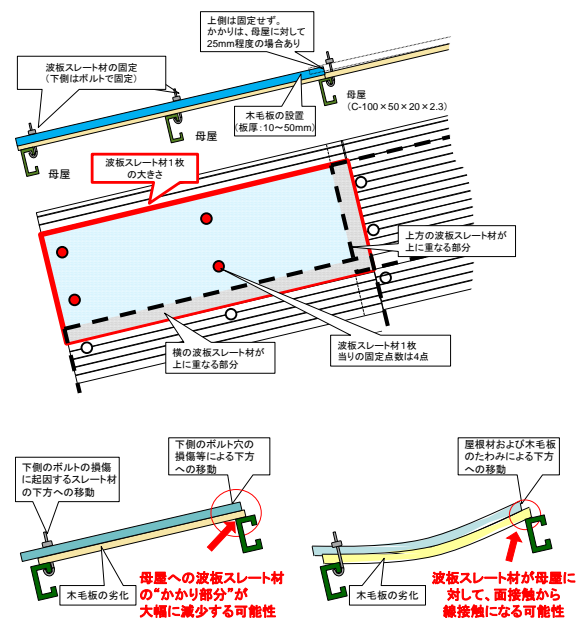


図1 波板スレート板の屋根への固定方法

2 波板スレート屋根の踏み抜き防止対策の現状

1) 法令上必要とされる安全対策

表1に波板スレート屋根作業で労働安全衛生規則により求められる墜落防止措置を示す²⁾。法令上必要とされる波板スレート屋根工事での墜落防止対策としては、①作業床の確保(同規則518条)、②囲い等の設置(同規則519条)、③安全帯等の取付設備(同規則521条)、④踏み抜き防止措置(同規則524条)が挙げられる。

2) 波板スレート屋根工事における典型的な墜落防止対策

作業床とは「足場の作業床、機械の点検台等の作業のために設けられた床のみならず、建設途上のビルの床部、屋上、橋梁の床板等の平面的な広がりをもった建設物等の部分で、通常その上で労働者が作業することが予定されているものが含まれる」³⁾ものであり、作業を安全に

*1 建設安全研究グループ

連絡先: 〒204-0024 東京都清瀬市梅園1-4-6

労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ 日野泰道*1

E-mail:hino@s.jniosh.go.jp

表1 労働安全衛生規則における墜落等による危険防止措置

作業床の設置等 第518条	第1項	事業者は、高さが2メートル以上の箇所（作業床の端、開口部等を除く）で作業を行なう場合において墜落により労働者に危険を及ぼすおそれがあるときは、足場を組み立てる等の方法により作業床を設けなければならない。
	第2項	事業者は、前項の規定により作業床を設けることが困難なときは、防網を張り、労働者に安全帯を使用させる等墜落による労働者の危険を防止するための措置を講じなければならない。
囲い等の設置 第519条	第1項	事業者は、高さが2メートル以上の作業床の端、開口部等で墜落により労働者に危険を及ぼすおそれのある箇所には、囲い、手すり、覆い等（以下この条において「囲い等」という。）を設けなければならない。
	第2項	事業者は、前項の規定により、囲い等を設けることが著しく困難なとき又は作業の必要上臨時に囲い等を取りはずすときは、防網を張り、労働者に安全帯を使用させる等墜落による労働者の危険を防止するための措置を講じなければならない。
安全帯等の 取付設備等 第521条	第1項	事業者は、高さが2メートル以上の箇所で行なう場合において、労働者に安全帯等を使用させるときは、安全帯等を安全に取り付けるための設備を設けなければならない。
	第2項	事業者は、労働者に安全帯を使用させるときは、安全帯等及びその取付け設備等の異常の有無について、随時点検しなければならない。
スレート等の屋根上 の危険の防止 第524条	—	事業者は、スレート、木毛板等の材料でふかれた屋根の上で作業を行なう場合において、踏み抜きにより労働者に危険を及ぼすおそれのあるときは、幅が30センチメートル以上の歩み板を設け、防網を張る等踏み抜きによる労働者の危険を防止するための措置を講じなければならない。

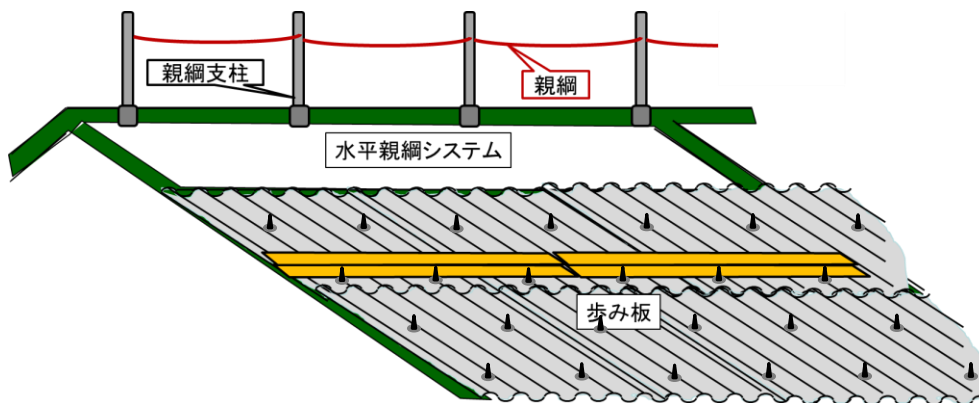


図2 水平親網システム・歩み板による墜落防止措置

行うための十分な広さ及び強度があり、脱落又は転倒のおそれのないものである。このことを踏まえると、波板スレート屋根は、踏み抜きの危険性があるため、それ自体を作業床として捉えることは難しいと考えられる。典型的な安全対策としては、518条1項ではなく第2項により安全確保を行うことが多いようである。具体的には屋根足場の設置等ではなく、水平親網システム⁴⁾の導入（図2参照）や、屋根裏への安全ネットの設置（写真1参照）、更に近年では波板スレート屋根の上方に安全ネットを設置する場合（写真2参照）も見受けられる。なお、囲い等や安全帯取付設備の設置については、上記の水平親網システム等をもって対策を講じているようである。さらに踏み抜き防止対策については、幅300mm程度の歩み板を波板スレート屋根の固定用ボルト（フックボルト等）の上方に設置して、使用することが多いようである（図2参照）。

3) 災害発現場における墜落防止対策

災害発現場の多くでは、十分な墜落防止対策が行われていない現場や、作業範囲外へ立入ったことで発生しているが、従来型の安全対策を講じていた現場でも発生する場合が見受けられる。その典型的な事例としては、歩み板で作業現場への移動中に設置した歩み板の真横付



写真1 屋根裏へ安全ネットを設置する対策



写真2 屋根上に安全ネットを設置する対策

近の波板スレートを踏み抜いて墜落に至る事例である。この点文献5では、熟練者と未熟者を対象とした安全歩行に必要な通路幅について検討を行い、屋根面のように傾斜のない条件においても、少なくとも400mm以上の通路幅を確保することが望ましいとの指摘がなされている。これに対して、上記の災害発現場では、通路に一定の傾斜があるのに加えて、その通路幅も文献5の推奨値よりも狭いものとなっており、安定した歩行が望めない可能性があることが推測される。

以上から、適切な作業床や現場への屋根上での移動時における適切な通路幅を容易に確保できるような新しい工夫が、踏み抜きに起因する波板スレート屋根からの墜落死亡災害を減少させる上で必要であると考えられる。

3 屋根踏み抜きに起因する墜落災害防止のための(仮称)踏抜防護シートの提案

前節で説明した災害発生状況とその改善の方向性を踏まえ、波板スレート屋根の踏み抜きに起因する墜落を防止するための新しい対策の一つとして“(仮称)踏抜防護シート”を考案した(図3参照)。この踏抜防護シートの基本性能を表2に示す。踏抜防護シートには、波板スレート踏み抜き時に労働者を保護するための十分な強度や、大雨・台風等によりシートが濡れた際の滑りに起因する墜落を防ぐための大きな摩擦力が必要であり、かつこれを屋根上に容易に設置するためのある程度の軽量性が必要である。

これらの性能を満たすため、シートの材料の選定を行い、表2のような性能のシートを用いて踏抜防護シートを作成し、実物大波板スレート屋根と落体を用いて強度試験を行った。

4 踏抜防護シートの墜落時保護性能に関する実験

1) 実験方法

新たに考案した踏抜防護シートの屋根踏み抜き時の労働者保護性能を調べるため、写真3に示す実物大スレート屋根を製作し、写真4に示す落体(重量は日本人男性の平均値:65kg)⁶⁾を用いて落下試験を行った。実験条件は、図4に示すように波板スレート屋根上方で体のバランスを崩し、その下方へ片足で着地した場合を想定し、その標準的な落下高さとして300mmとした。実験における踏抜防護シートおよび波板スレート屋根の状況を図5に示す。波板スレート屋根の基本構造および災害発現場の状況を踏まえると、踏み抜きを生ずる屋根面積の大きさは、屋根の梁母屋の間の部分(約800mm×650mmの範囲:図中の赤線で囲んだ範囲)であるため、この部分を踏み抜いた場合を想定して実験を計画した。そして踏抜防護シートの性能把握において、より厳しい条件で実験を行うため、この部分のスレートを取り除いた状態を実験条件として落下試験を実施した。実験で用いる踏抜防護シートの大きさについては、当該屋根穴を防護する最少寸法を想定し、1300mm×880mm(はと目は片側4つ(計8つ))を用いて波板スレート屋根に連結

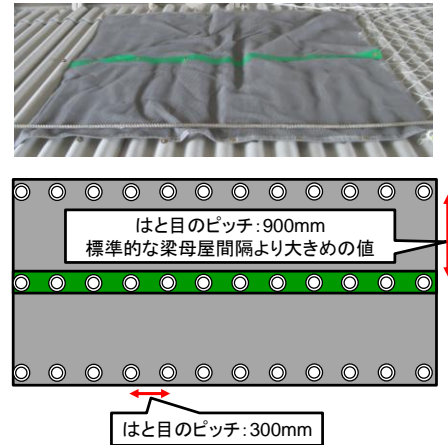


図3 考案した踏抜防護シート

表2 踏抜防護シートの基本性能

質量	密度	引張強さ	伸び率	引裂強さ
[g/m ²]	[本/2.54cm]	[kgf/3cm]	[%]	[kgf]
515	5	260	22	90



写真3 実物大波板スレート屋根試験装置

落体
(片足:総重量65kg)



写真4 実験で用いた落体

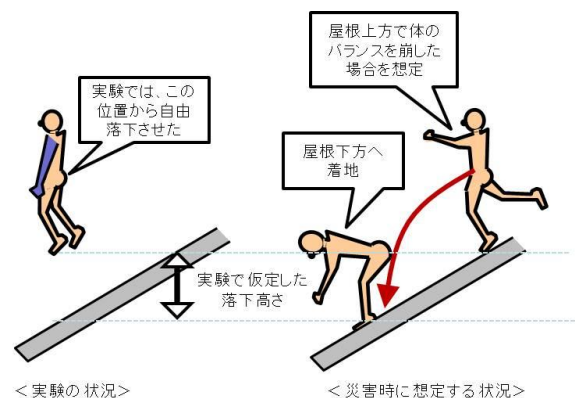


図4 実験条件



写真5 波板スレート屋根の実験時の状況

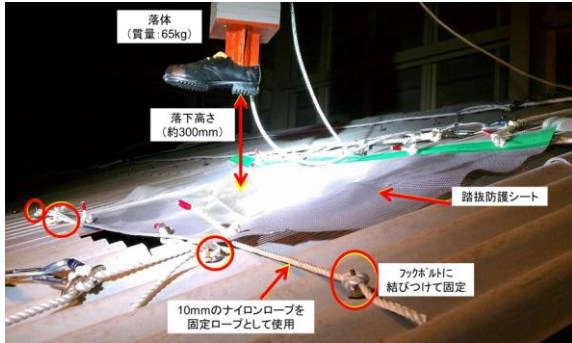


写真6 実験の実施状況

固定)とし、φ10mmのナイロンロープを用いて近接するフックボルトに結合した。写真6に実験概要およびフックボルトへのシートの結合状況を示す。実験パラメータは①墜落防止対策の種類(安全ネットまたは踏抜防護シート)、②落下高さである。

2) 実験結果

安全ネットまたは踏抜防護シートを対象とした実験条件と実験結果を表3に示す。

(1)安全ネットに対する実験結果

高さ300mmからの落体の落下に対し、安全ネットによる対策では、3回の実験においていずれもその落下を防護することができたが、ネットの一部に破損が観察された(写真7参照)。安全ネットは本来、ネット外側の太径ロープ(一般に縁網と呼ばれている)へネット(一般に網糸と呼ばれている)で受けた荷重を伝達することにより、その落下エネルギーを分散吸収するシステムであるが、このような使用方法では太径ロープへの落下エネルギーの伝達が行われず、大きな荷重が網目部分の局所に集中作用して部分的な破断が生じたものと考えられる。

(2)踏抜防護シートに対する実験結果

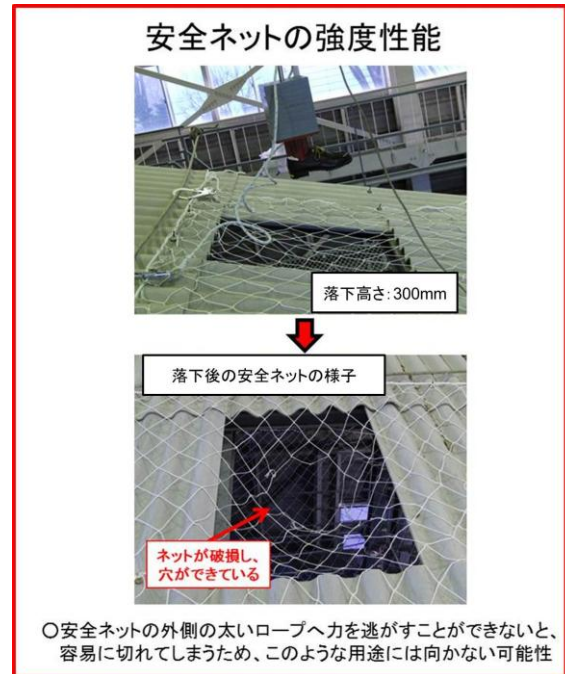
高さ300mmからの落下のみならず、その落下高さを倍にした場合(600mm)においても、すべて落下防護することが本実験の条件下で確認された(写真8参照)。

5 まとめ

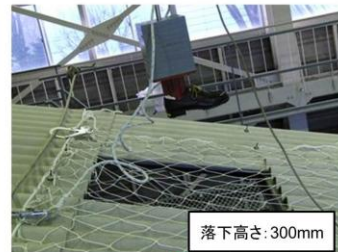
波板スレート屋根の踏み抜き事故を防止するための新しい工法として(仮称)踏抜防護シートを考案し、その墜落防護性能について実験的に検討を行った。その結果、新たに本研究で考案した踏抜防護シートは、想定される落下高さや波板スレート屋根で想定される悪条件を考慮

表3 実験結果

ネットの種類	安全ネット (網目 100mm)	踏抜防護シート (本研究で考案)	
ネットと屋根との連結方法	固定なし (網目がフックボルトに掛かるのを期待)	8点支持	
落下高さ (mm)	300	300	600
実験1	落下せず	落下せず	落下せず
実験2	落下せず	落下せず	落下せず
実験3	落下せず	落下せず	落下せず



安全ネットの強度性能



落下高さ:300mm

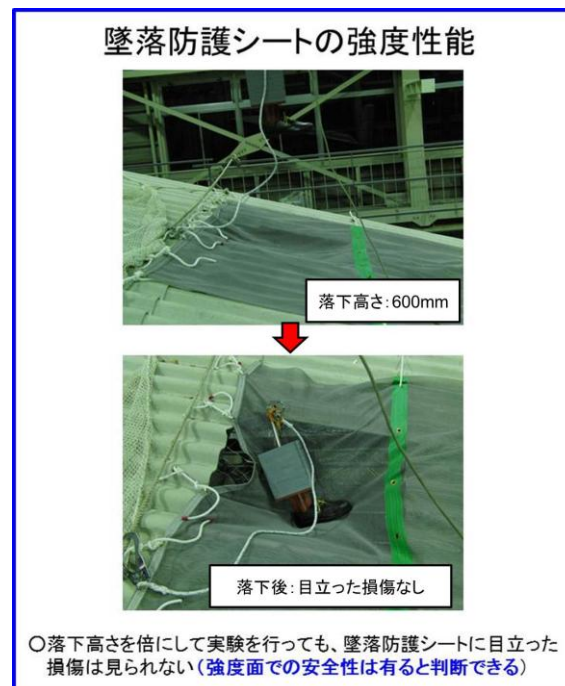


落下後の安全ネットの様子

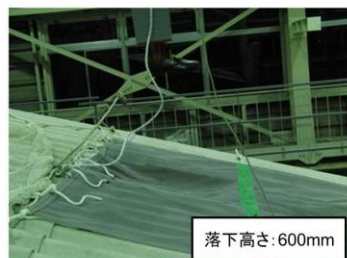
ネットが破損し、穴ができています

○安全ネットの外側の太いロープへ力を逃がすことができないと、容易に切れてしまうため、このような用途には向かない可能性

写真7 安全ネットの落下試験結果



墜落防護シートの強度性能



落下高さ:600mm



落下後:目立った損傷なし

○落下高さを倍にして実験を行っても、墜落防護シートに目立った損傷は見られない(強度面での安全性は有ると判断できる)

写真8 踏抜防護シートを用いた実験結果

しても、十分な性能を有していることが分かった。そのため、踏抜防護シートの適切な固定点数の評価方法を明らかにすることで、スレート屋根の踏み抜き事故に対する実用的な安全対策として利用できるものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 日野泰道, 損傷を受けた構造物の改修・解体工事における安全対策—波板スレート屋根工事における墜落災害発生要因の分析—, 労働安全衛生総合研究所特別研究報告, 2012年
- 2) 労働調査会, 安衛法便覧, 2012年
- 3) 労働省労働基準局安全衛生部, 実務に役立つ労働安全衛生規則の逐次詳解, 第5巻安全基準編④, 労働安全衛生規則解説, 中央労働災害防止協会, 平成5年4月
- 4) 仮設工業会, 仮設機材認定基準とその解説 第三版, 平成19年6月
- 5) 江川義之, 臼井伸之介, 高所作業における生理・心理的負担要因, 産業安全研究所特別研究報告, 2001年
- 6) 社団法人 人間生活工学研究センター, 日本人の人体計測データ 1992-1994, 平成9年10月