災害による屋根被害に対するテント膜を用いた応急補修方法の提案

山根　僚太

1. 研究の背景と目的

近年、大型台風や地震といった災害によって屋根瓦が飛ばされるなどの被害を受けるケースが増えている。特に、令和元年9月に発生した台風15号及び19号は房総半島を中心に甚大な屋根被害をもたらした。こうした被害に対して、発災直後は瓦を葺き替える本修理を行う修理業者の数が不足する為、本修理が行き届くまでの一定期間は応急的な屋根補修で雨漏りなどの二次被害を防ぐ必要がある。しかし、被災地において行った現地調査では、行政や住民が直接補修作業を行うことは難しく、ほとんどの補修作業をボランティア団体に頼っているという現状が明かになった。その上で、補修作業そのものに関しても確立された方法は存在せず、強度不足による貼り直しや施工効率の悪さから復興作業の遅れを招いているという問題がある。そこで本研究では実質的に復興の要となっているボランティアの行う応急的な屋根補修に焦点を当て、現状の補修方法が抱える課題点を明らかにした上で、その改善策を提案する。さらに強度実験・実地施工によってその性能と課題の分析を行い、将来の屋根被害の復興作業における有効手段について検討することを目的とする。

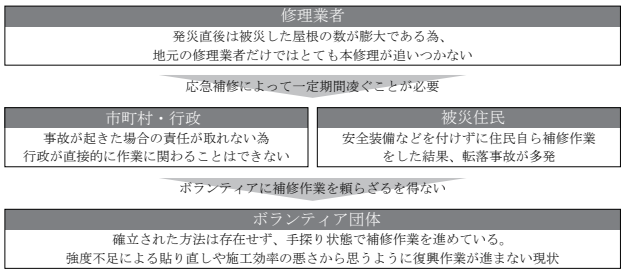


図１　被災地調査による屋根補修の現状の分析

2. 現状の補修方法とその課題

2.1. 復興の流れと補修方法の変遷

現地調査では、災害発生から復興の状況に応じてフェーズ１～３の段階があることがわかった。発災直後から復興作業が少しずつ落ち着き始めるまでのフェーズ１と呼ばれる数か月間は、膨大な数の被害屋根が存在する為、本修理が追いつかず、比較的迅速に補修できるブルーシートと土嚢を用いた応急補修が主流として行われた。また比較的復興作業が落ち着き始めたフェーズ２と呼ばれる段階からボランティア団体の間で従来のブルーシート補修より高い強度を実現する改良型施工法が複数考案され始めた。以下では、ブルーシート補修と改良型施工法について、それぞれの特徴を整理し、現状の補修方法の課題点を分析する。

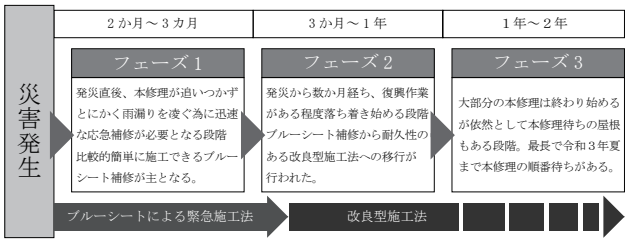


図２　令和元年房総半島台風における復興の流れ

2.2. ブルーシート補修

現在、主に屋根の応急補修として行われているブルーシート補修とは、屋根の損壊面をブルーシートで覆い、その上に重りとして土嚢を載せることでシート全体を固定する補修方法である。この補修法は、必要な資材を被災地においても入手しやすく、施工に高度な技術を必要としない為、被災直後の緊急補修に適している。また、様々な屋根形状に対しても汎用性が高く、こうした利点から広く普及したものと考えられる。しかし、ブルーシート自体の耐久性[注1]が不足していることや、土嚢の「点」での固定ではシートが風をはらみ、土嚢のズレや落下、シートの飛散が起こる為、何度も張り替えが必要となる。また、いくつもの土嚢を屋根上に持ち上げなければならず、労力がかかる。補修後の見栄えが悪いといった問題点が明らかとなっている。

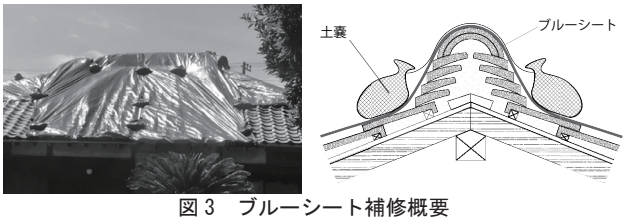


図３　ブルーシート補修概要

図４　剥がれ落ちたブルーシート

2.3. 既存の改良型施工法

前項で述べたブルーシート補修の問題点に対して、被災地で活動するボランティア団体の間では土嚢を使

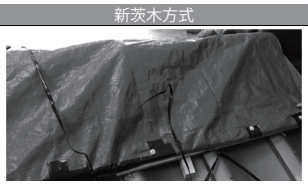
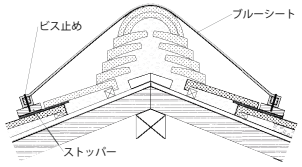
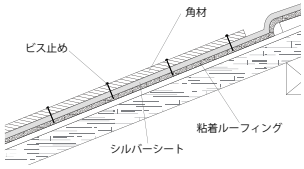
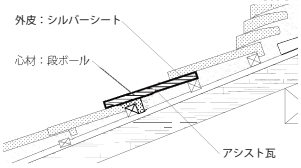
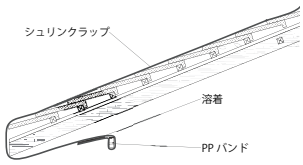
	新茨木方式	シルバーシート方式	アシスト瓦方式	シュリンクフィルム方式
施工例				
断面図				
概要	瓦の隙間にストッパーを差し込み、このストッパー部分に、端部に胴縁を巻き付けたブルーシートをビス止めすることでシートを固定する方法。	まず、被覆部分の瓦を全て取り除き、屋根下地を粘着ルーフィングでカバーし、その上からブルーシートより分厚く、耐久性を有するシルバーシートを被せ、最後に木材を上から直接下地にビス止めする。	瓦1枚～数枚が破損しているといった、限定的な被害に対して有効な方式。瓦と同じ大きさにカットした段ボールの芯材をシルバーシートと防水テープで覆った代用瓦を瓦の欠損部分に差し込んで固定。	シュリンクラップと呼ばれる熱伸縮性のシートで屋根全体を大まかに覆い、軒下を PP バンドで括った後、バーナーで炙ることで、シートを収縮させ屋根に密着させる方法。
長所	胴縁で「線的」に固定する為シートのずれやバタつきが少ない。	確実な防水と固定を実現させている。また部分補修と全体補修の双方に対応可能。	比較的確実な防水性と耐久性を有する。	確実な防水と固定、耐久性や難燃性も期待できる。どのような屋根形状に対しても汎用性が高い。
短所	棟などを部分的に覆うのに適している一方で、屋根を全体的に覆うのには強度的な不安がある。	施工により専門的な知識や技術が必要、複数の資材が必要となりコストがかかる	局所的な被害にしか使用できず、屋根全体などへの汎用性は低い。	施工時に特別な道具や技術を必要とする。また、部分的な補修には適さない。

図 5　改良型施工法概要

わない改良型施工法が既にいくつか実施されている。それぞれの改良型施工法の概要とその特徴について図5にまとめた。上記4つの改良型施工法では土嚢による固定の強度不足やシートの耐久性不足といったブルーシート補修の問題点が改善されている。一方で施工には専門的な技術や知識、特別な道具が必要とされ、さらにコストも高くなる傾向にある。その為、これらの改良型施工法は迅速な補修が求められる被災直後の緊急施工には適しておらず、比較的状況が安定した段階での限定的な利用に留まっているのが現状である。

2.4.明らかになった課題点

ブルーシート補修及び各改良型施工法の特徴から既存の補修方法の抱える主な課題点を整理すると、①強風などでズレや飛散を生じない十分な固定強度の確保 ②迅速な補修を行うことが可能な施工性の簡易化 ③シート自体の耐久性 ④補修後の見栄えの良さ ⑤一般的に普及させやすいコスト といった点が挙げられる。その上で、ボランティアや行政からはフェーズ１からフェーズ２までの最低でも２カ月以上は確実に強度を保持する事ができ、尚且つ迅速に施工できる方法が必要であるという意見が挙がっており、特に①と②を両立させた補修方法を確立することが新たな補修方法を開発する上での大きな課題と言える。

3.作成した補修シートについて

3.1.シートの概要

前章で明らかとなった既存の屋根補修の課題点を踏まえて、筆者らは固定強度と施工性の改善を念頭に置いた屋根補修シートを作成した。本シートの特徴として、シート材としてテント膜の使用、シートの小型ユニット化、固定方法として粘着テープの使用、ユニット接合部の二重構造による止水、といった点が挙げられる。以下では、その詳細について説明する。

3.2.テント膜の使用と小型ユニット化

本補修シートは建築材などに利用され、従来のブルーシートに対して耐久性に優れると考えられるテント膜[注2)]を主な素材として用いた。シートは棟部用と平部用の二種類を用意し、それぞれ1,000x1,800㎜と1,800x1,800㎜のユニットとした。またこれらはコンパクトに折り畳んで、持ち運びをしやすくすることができ、施工時の作業性の向上を図った。さらに、ユニット同士を継いでいくことで、様々な屋根形状や、屋根の被害範囲の大小に対応できるように設計した。

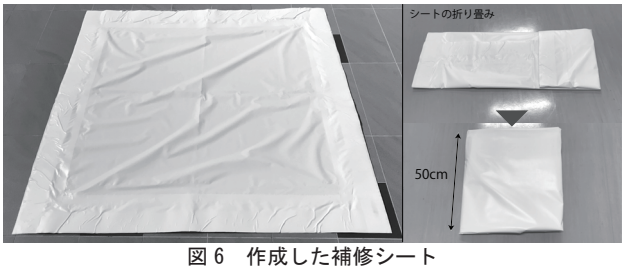


図 6　作成した補修シート

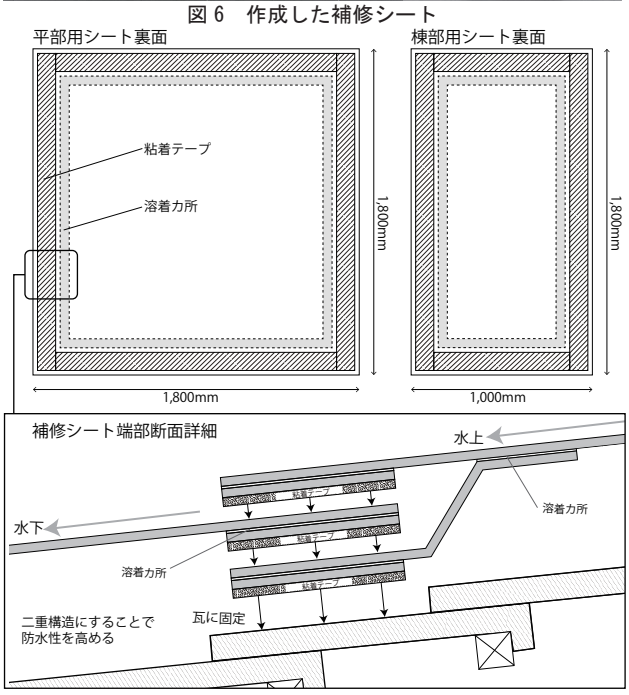


図 7　補修シートの構成

3.3.粘着テープによる固定と接合部

固定強度と施工性を両立させる手段として本提案では、補修シートと屋根の固定部及び補修シート同士の接合部に粘着テープを用いた[注2)]。粘着テープには、空港滑走路の一時的なライン標示などに使われる粘着強度・屋外耐候性に優れ、撤去時の糊残りの少ないものを使用した。粘着テープで屋根と補修シートを直接的に固定することで、土嚢の固定で問題となっていた重りのズレやシートの飛散を解消し、より確実な固定強度の実現を図った。また、粘着テープの基材には補修シートと同素材の膜材をを用いており、補修シートと粘着テープは溶着により一体化させることができる。これにより絆創膏のように被害範囲に補修シートを張り付けるだけで屋根の補修を行うことが可能となり、大幅な施工性の向上が期待できると考えられる。さらに図7に示したように、補修シート同士の接合部分は二重構造とすることで接合部の防水性を高めている。

4.粘着強度試験による固定強度の検証

4.1.実験方法

前章で提案した粘着テープによる補修シートの固定に対して、粘着テープの剥離強度実験を行い、その固定強度を評価した。実験に際しては、JIS K 6854-1（接着剤-はく離接着強さ試験方法-第2部：90度はく離）に規定される90度剥離強度試験を基に剥離強度を測定した。計測に用いた実験装置について図8に示すとともに、実験手順について以下に説明する。

1. 粘着テープの片側100㎜を瓦に接着する。反対側は重りを吊るすアクリル板のバックルに固定する。
2. 実験フレームにサンプルを設置し、荷重をかけ、粘着テープが100㎜剥離するまでの時間を計測する。
3. 重りを200gずつ増やしていき、時間の変化をみる。
4. 同じ実験を10回繰り返し、平均値を算出する。
5. 釉薬瓦とスレート瓦[注4)]のそれぞれで同様の実験を行う。

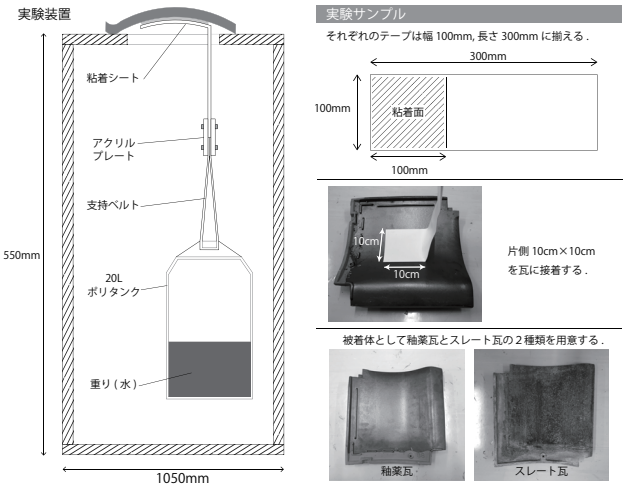


図 8　実験装置概要

4.2.実験結果・考察

実験によって得られた粘着テープの剥離時間と荷重の関係を、被着体を釉薬瓦とスレート瓦にした場合についてそれぞれ図 9に示した。また本研究においては、剥離時間 60秒を安全上の基準として強度を評価した。まず被着体が釉薬瓦の場合、剥離時間 60秒に対する荷重の値から剥離強度は約 20N/100㎠となる。同様に被着体がスレート瓦の場合、剥離強度は約 33N/100㎠となった。

ここで従来の一般的な固定方法である土嚢による固定との強度比較を行う。ボランティアによると、ブルーシート固定に用いる土嚢の１個あたりの重さは約10kg。土嚢を配置する間隔は 1m前後が一般的である為、土嚢固定の強度は約100N/mと算出される。対して、粘着テープの強度は実験結果から釉薬瓦の場合で約200N/m、スレート瓦の場合で約330N/mと算出され、いずれの場合においても固定強度は土嚢＜粘着テープとなる。以上のことから、粘着テープによる固定は土嚢による固定よりも確実な固定力を期待できると考えられる。また、補修シートの設置面が実際の被災屋根に想定されるような様々な種類の瓦面がある場合であっても固定強度は担保されることが期待できる。

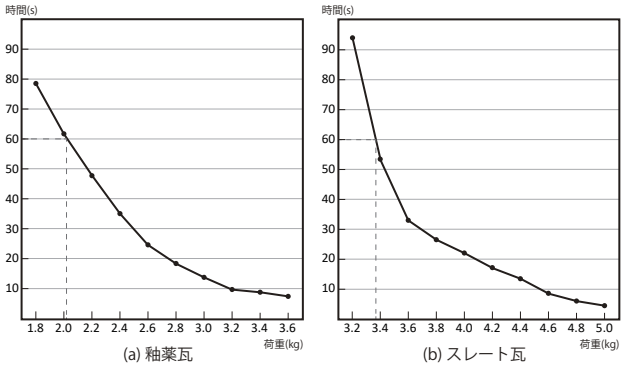


図 9　剥離時間と荷重の関係

4.3.耐久性・耐候性に関する実験

次に粘着シートの屋外での耐久性・耐候性の検証として 2か月間屋外に放置しておいたサンプルに対して同様の方法で強度実験を行い、２カ月間の放置前後で剥離時間の変化を調べた。測定結果について図 10に示す。図 10より釉薬瓦、スレート瓦ともに通常時よりも２か月後の方が剥離時間が長くなっていることがわかる。以上から粘着シートの固定は屋外で長期間置いておいても強度が低下せず、最低限必要とされる２カ月以上の耐久性が確保できることが明らかとなった。

瓦の種類	荷重 (kg)	測定結果 (s)					放置前の平均
		1回目	2回目	3回目	4回目	平均	
釉薬	3.0kg	504.96	250.48	446.50	399.99	**400.48**	**18.44**
スレート	4.2kg	66.87	109.93	66.63	88.06	**67.87**	**16.70**

図 10　2か月間の屋外放置後の剥離時間

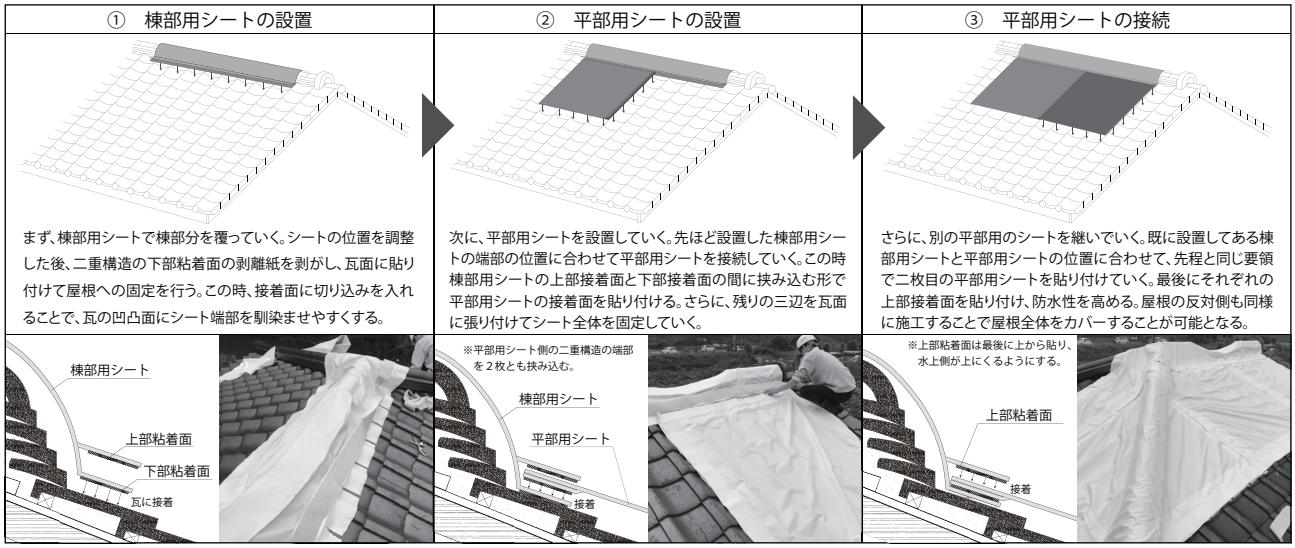


図 11　施工手順

5.施工性に関する検証

5.1.実地施工

作成した補修シートについて、施工性及び耐久性の検証と問題点の把握を目的として、モックアップ屋根での実地施工を行った。実地施工は九州大学伊都地区屋外で行い作業員は4名程度を動員した。施工手順の概要と各段階の詳しい説明を図11に示す。実地施工では4枚の補修シートを用い、屋根の2.8m× 5.4m範囲の疑似的な補修を行ったが、作業員 4人での施工時間には約 1時間程度を有した。提案する補修方法は、基本的に粘着テープの剥離紙を剥がし、屋根に張り付ける作業のみで施工が可能であり、特別な工具や技術を必要としない為、従来の補修方法に比べて施工時間が短縮できたと考えられる。施工後の耐久性については、設置後約 2カ月間にわたり経過観察を行ったが、固定部分の粘着テープの剥離やシート自体の損傷などは見られなかった。さらに、経過観察中に令和 2年台風第10号[注5)]の通過があったが、台風通過前後においても粘着テープの剥離や損傷は見られなかった。このことから本補修方法は台風のような強風に対してもある程度耐えうる強度を担保できると考える。しかし一方で、施工時に粘着テープの貼り損じがあった場合、貼り直しがしにくい、また設置後の補修シートに皺ができ見栄えが悪いといった問題が明らかとなった。

5.2.ボランティアからのフィードバック

また、開発シートのサンプルをボランティア団体に実際に使用してもらい、その有用性について施工者目線からの意見を伺った。その結果、施工性としては土嚢をいくつも屋根の上に持ち上げる必要がある従来の方法よりは確実に作業は楽である。また下準備の必要も無く、発災直後の多くの被害屋根を補修する必要があるフェーズ１の段階では有効ではないかという意見が挙がった。一方で、実際に普及させる上でコストがどのくらいかかるのか気になるといった指摘もあった。

6.結び

本研究では固定部に粘着テープを用いることで既存の補修の課題であった固定強度と施工性の両立を可能とする屋根補修方法を提案し、強度実験と実地施工によってその性能の検証を行った。粘着シートでの固定により、少なくとも従来の土嚢を用いた固定よりも確実な固定強度を担保できることがわかった。また専門的な知識や道具を必要とせず、施工の簡易化を図ることができた。これらのことから、固定部に粘着テープを用いた屋根補修方法は屋根被害の復興作業、とりわけ被災直後の迅速な補修が必要とされる緊急期施工法としてその有用性が期待できると考える。しかしその耐久性については今回、必要最低限とされる2か月程度の経過観察しか行っておらず、それ以上の長期間における耐久性の継続が可能であるかは不明のままである。さらに、設置後のシートに皺ができるなどの見栄えやコスト面についても課題は残る。今後の研究ではより長期的な耐久性、見栄えの良さといった観点からの検証により、その有用性を高めていく必要がある。

【謝辞】
本研究は、太陽工業株式会社との共同研究として行ったものである。また、現地調査では千葉市防災対策課・館山市役所環境部建設課・南房総市役所建設環境部建設課・鋸南町役場復興支援室・コミサポひろしま・ピースボート災害支援センター・レスキューアシストの方々にご協力頂いた。各位に篤くお礼申し上げる。

【注釈】
注1)　ブルーシート製造メーカーの見立てでは、強風による擦れや日射による劣化により約3　か月～6か月程度で脆弱となると言われている。
注2)　厚さ0.35mm, 重量430g/㎡, 引張強度：タテ520N/3cm, ヨコ490N/3cm, 破断伸度：タテ22%，ヨコ25%，引裂強力：タテ80N, ヨコ70N, 耐水圧1,500以上
注3)　東洋紡株式会社：STPテープを使用
注4)　スレート瓦は経年劣化により表面の荒いものを使用した。
注5)　福岡県糸島市における最大風速:16.4m/s, 最大瞬間風速:31.0m/s（福岡管区気象台発表）

【参考文献】
参1)　館山市復興支援局：令和元年房総半島台風に伴う復旧・復興の状況について
参2)　株式会社雪風：熱伸縮シート シュリンクラップ概要
参3)　泉株式会社：COSMO TRPAULIN SERIES
参4)　日本工業規格：JIS　K 6854-1 ： 1999　(ISO 8510-1 ： 1990) 接着剤-はく離接着強さ試験方法 -第1部：90度はく離