

第3章 耐風2次診断

3.1 耐風2次診断の概要

- (1) 屋根ふき材の耐風2次診断は、居住者や管理者からの依頼を受けて、屋根の設計・施工を専門とする者が修繕や改修の要否を判断する目的で行うものである。
- (2) 耐風2次診断では、耐風1次診断の結果を参照するほか、屋根上での現況調査を行うことを原則とする。
- (3) 調査結果に基づいて、現に劣化や不具合が顕著な場合や現行の技術基準等に適合させる必要があると判断した場合には、改修の実施を計画する。左記以外の場合には、屋根ふき材の強風に対する損傷可能性の診断結果を参考にして、改修の要否を判断することができる。

【解説】

(1) 耐風2次診断の概要

耐風2次診断は、建築物の居住者や管理者等からの依頼を受けて、屋根の設計・施工を専門とする者が屋根ふき材の修繕や改修の要否を判断する目的で行うもので、耐風1次診断よりも実況に近い診断結果を提示することができる。すでに耐風1次診断が行われているので、その結果を参照しつつ、屋根上の各種調査の結果に基づき強風下の損傷可能性を診断する。

この診断では、屋根ふき材等に現に劣化や不具合が顕著な場合や現行の基準等に適合させる場合には、以下に示す計算を行うまでもなく、改修計画の検討に進むことができる。一方、改修の要否判断のための実況データを収集する必要がある場合には、建設地や屋根形状から風荷重、現況調査の結果から残存耐力をそれぞれ算定し、両数値から耐力評点を算定することとしている。この耐力評点を用いた方法は「木造住宅の耐震診断と補強方法」^{3.1)}に示す一般診断法に準じており、通常の耐震診断の経験者にとっては比較的なじみやすい方法と思われる。耐力評点結果から強風下で脱落・飛散する可能性を診断することで、修繕や改修の要否について適切な判断材料を得ることができる。

付録2に耐風2次診断の手順と確認項目を反映した診断票の例示様式を提示した。第一面が3.2.1項の事前調査、第二面が3.2.2項の現況調査、第三面が3.3節の診断方法にそれぞれ対応する。この様式を参考にして、各屋根ふき材の実状に適した診断票を整備されたい。

(2) 耐風2次診断の実施者

耐風2次診断では風荷重や残存耐力を算定するほか、屋根上での慎重な安全管理も求められることから、原則として各屋根ふき材の設計・施工実務の経験者等が担当するものとし、例えば以下の有資格者が想定される。

- ・ 瓦屋根工事技士：(一社)全日本瓦工事業連盟(全瓦連)が設置し運営する制度であり、瓦屋根工事に関係する実務経験を有する者が、外部有識者などによる研修と資格試験を経て認定されるも

ので、瓦屋根工事の構法、設計、施工管理、品質管理などに一定の知見を有する。

- ・ かわらぶき技能士（1級、2級）：職業能力開発促進法に基づき実施される、技能検定試験の合格者が称することのできる資格であり、一定の経験年数と瓦工事に関係する知識と施工能力を習得していることが、一級にあつては厚生労働大臣、その他にあつては都道府県知事によって認定される。
- ・ 瓦屋根診断技士：上記の瓦屋根工事技士の資格を持ち、併せてかわらぶき技能士のいずれかの資格を有した者のうち、全瓦連が主催する育成講座を受講した者。5年ごとに更新され、その際に講習会に出席し、最新の知識を習得している。
- ・ 金属屋根工事技士：（一社）日本金属屋根協会が運営する資格制度であり、3年ごとに講習会を受講して資格が更新される。
- ・ 建築板金技能士：建築物の板金工事の技能を認定する国家資格であり、都道府県職業能力開発協会が実施する建築板金に関する学科と実技試験に合格した者。

上記の者のほか建築士による診断も可能であるが、その場合には建築士単独の実施ではなく、各屋根ふき材に関する業者も調査に同行し、調査内容への助言や屋根上の安全確保の補助をすることが望ましい。また、診断を行う者は上記の公的な有資格者に限るものではない。例えば、屋根ふき材の製品供給業者が独自に施工資格を設ける場合があるが、その有資格者が当該製品に限って現況調査や診断をすることも可能である。

3.2 調査方法

3.2.1 事前調査

現況調査に先立ち、あらかじめ耐風1次診断の結果を把握するほか、調査対象の屋根ふき材に関する技術資料、新築時の設計・施工図書を確認する。

【解説】

耐風2次診断を行う事前準備として、あらかじめ耐風1次診断の結果を把握しておく。1次診断を経ずに2次診断から始める場合には建築物の居住者や管理者に対してヒアリングし、以下の情報を把握する。これらは残存耐力を検討する際の有効な情報となる。

- ・ 建築年
- ・ 建築後の屋根の不具合経験の有無
- ・ 維持管理（点検、修繕等）の既往履歴

残存耐力の算定には屋根ふき材の技術資料が根拠となるため、これらをあらかじめ告示基準と併せて確認しておくことも求められる。今日では各屋根ふき工法ごとの技術資料が整備されており、具体的には以下が該当するが、可能であれば現行の技術資料の内容だけでなく、施工当時に用いられた資料の内容まで確認できるとよい。

- ・ 各屋根ふき材の製品供給業者が発行する製品カタログ、設計・施工要領書（マニュアル）
- ・ 関連する業界団体が発行する設計・施工ガイドライン

さらに、築年数の古い建築物では入手困難な場合も多いと思われるが、新築時の設計・施工図書

も入手や閲覧ができれば風荷重や残存耐力算定の参考になる。

3.2.2 現況調査

- (1) 現況調査は建築物の屋根上で行うものとする。以下の(2)～(3)のほか、屋根ふき材の製品供給業者や関係団体が定める調査項目がある場合には、当該調査も併せて行う。
- (2) 目視や触診によって以下の部位を確認する。
- 1) 屋根ふき材
 - ・ 屋根ふき材の種類と仕様
 - ・ 現行の技術基準や技術資料への適合性
 - ・ 劣化（変色、発錆、腐食等）や不具合（脱落、ずれ、浮き上がり、屋根上の歩行時のたわみ等）の有無
 - 2) 接合部
 - ・ 接合具（くぎ、ねじ等）の種類と仕様
 - ・ 現行の技術基準や技術資料への適合性
 - ・ 接合具の留め付け間隔
 - ・ 劣化（変色、発錆、腐食による断面欠損等）や不具合（抜け等）の有無
 - 3) 下地
 - ・ 下地（下ぶき材を含む）の種類と仕様
 - ・ 現行の技術基準や技術資料への適合性
 - ・ 劣化（変色、発錆、腐朽・腐食等）や不具合（雨漏り痕等）の有無
- (3) 必要に応じて、接合部や下地の劣化の程度を確認するための保持力（引き抜き強度）試験を行う。この場合、原則として複数個所で試験を行うものとする。
- (4) 屋根各部の劣化・不具合の状況と現行の技術基準等への適合状況に基づき、表3.2.1を参考にして改修の要否等を判断する。調査結果に基づく検討をさらに行う場合には、3.3節の診断による。

表 3.2.1 劣化・不具合の状況と現行の技術基準等への適合状況を踏まえた判断

		屋根各部の劣化や不具合の状況	
		現に劣化や不具合が顕著である	劣化や不具合がある
適基現 合進 行 状等 の 況へ 技 術	不適合	◎	◎, ○, △
	適合	—	○, △

(凡例)

◎：改修を要すると判断

○：調査結果に基づく診断を行った上で、改修の要否を判断

△：改修を当面要さず、修繕等に対応すると判断

【解説】

(1) 現況調査の概要

耐風2次診断では耐風1次診断と異なり、屋根上での現況調査を原則としている。したがって、屋根ふき材自体の状況だけでなく、接合部（釘やねじ）の仕様と状態、接合部の保持力に関わる下地の状況も詳細に把握でき、その結果を修繕・改修の要否判断に反映することができる。現況調査は主として、目視や触診による非破壊調査と保持力（引き抜き強度）試験による破壊調査に分けられる。非破壊調査の実施は必須とし、下地に新たに孔を開けることとなる破壊調査は必要に応じて実施するものとした。

現況調査で確認する観点は、屋根各部の劣化・不具合状況と現行の技術基準・技術資料への適合状況の2点である。表3.2.1では、これらの観点の組み合わせからどのように改修の要否等の判断に至るかについて、いくつかの可能性を提示した。屋根ごとの実状に応じて様々な判断があり得ると思われるが、ここでは主に3通りの判断に至ることを想定している。例えば各部の工法や仕様が現行の技術基準等に適合しておらず、かつ、現に顕著な劣化や不具合がある状況では、比較的容易に要改修の判断（◎印）に至ると考えられる。一方、顕著な劣化等にまだ至っていない状況に対しては様々な判断があり得るため、表中ではその協議や判断の余地を狭めないよう、全ての判断（◎、○、△印）があり得るものとした。このうち、○印は改修の要否を協議・判断するために一定の現況データを要すると考えられる場合を想定しており、3.3節の診断で判断材料を得ることができる。また、△印の修繕には屋根ふき材の再塗装や接合具の締め直し等の実施を想定している。なお、現行の技術基準等に適合し、かつ、現に顕著な劣化や不具合がある状況はまれなケースと思われ、同表の対象にしていない。

屋根ふき材の製品供給業者や関係団体が別途定める調査方法がある場合には、それも併用した調査を行う。例えば瓦屋根については、「2021年改訂版 瓦屋根標準設計・施工ガイドライン」^{3,2)}に屋根上調査票の例が掲げられている。同調査票では、各部位の施工状況が昭46建告第109号の規定に不適合である場合及び現に瓦の脱落・浮き上がり等の不具合が発生している場合に、要改修の判断をすることとされており、この取り扱いは表3.2.1の◎印に該当する。

(2) 目視や触診による調査の概要

非破壊調査は目視や触診によることを前提とし、主に各部位に用いられている製品の種類や仕様、接合具の留め付け間隔、不具合や劣化の状況を調査する。また、各部仕様が現行の技術資料に適合しているかどうか確認し、構造方法が昭46建告第109号に規定されている屋根瓦については告示基準への適合性も確認する。

1) 屋根ふき材、接合部、下地の劣化等状況

一般に、屋根ふき材自体の状況は目視のみでもある程度の把握はできるが、屋根上からではふき材の裏面側にある接合部や下地の状況把握は困難である。ただし、下地については、屋根上からでもふき材を触診（上から軽く押す等）しておおよその状況を推察できることもある。ふき材の一部を容易に原状復旧できる方法で取り外すことが可能であれば、下地を目視でも確認でき、また触診の精度も上がり、状況をより確認しやすくなると考えられる。さらに、屋内（小屋裏）からの観察が可能であれば、下地の裏面側について目視や触診にて状況把握が可能となる。しかし、屋内から

の観察については、例えば非住家施設（工場倉庫）の折板屋根では天井高も高いため、高所作業用設備の持ち込みや設置が必要となる状況も多く、場内の通常作業との干渉が避けられない。そのような調査が求められる場合には、遠隔操作カメラを高く掲げ上げる伸縮棒付き台座や UAV（ドローン）の活用も視野に入れつつ、可能な範囲で現況調査を実施することが望ましい。

以下では金属屋根を例にして、目視や触診による現況調査の観点や留意点をまとめる。

a) 屋根ふき材

塗装鋼板は、ふき材として施工後、太陽光線、雨露、気温、大気中に含まれる亜硫酸ガス等の外的条件により、表面の塗膜の変化・消耗から亜鉛の消耗、鉄地の腐食へと劣化が進行していく。塗膜の変化・消耗の段階で適切に塗り替えられれば鉄地の健全性は維持されるが、赤さびが確認された段階では、その程度にかかわらず鉄地の減耗が始まっていると考えることができる。

赤さびが確認された場合、屋根全体の面積に対する赤さびが確認できる面積の比率に着目し、同比率が概ね 50%を超える場合には、本文の表 3.2.1 の「現に劣化や不具合が顕著である」状況に該当するものとして要改修の目安になると考えられる。解図 3.2.1（解図 2.2.2 の再掲）に赤さびの事例を示す。



(a) ほぼ全面的な発錆



(b) 部分的な発錆

解図 3.2.1 赤さびの事例
(画像提供 (一社) 日本金属屋根協会)

また、一般に鉄地（鋼材）の減耗は許容されないが、文献 3.3) では 10%を超える減耗が生じた場合に使用上の限界と定義されていることから、可能な場合にはふき材の板厚を測定する。測定する場合には、ノギスやマイクロメーターで直接測定する方法と非破壊の測定方法がある。前者の方法では鉄地（鋼材）の表裏両面から物理的に挟み込むため、ふき材からの部分的な切り出し（一部破壊）が必要となる場合もある。現実的には切り出しが困難な場合が多いと思われるが、安価に精度よく測定できる手法である。一方、後者の方法はポータブル超音波厚さ計を用いて、ふき材の表面のみからの測定が可能のため破壊を伴わない。ただし、板厚 0.4mm 程度からのふき材が測定可能な市販の機種は少なく、高額となる可能性もある。これらの鉄地（鋼材）の減耗があらかじめ設定した目安を超えた場合には、表 3.2.1 の「現に劣化や不具合が顕著である」状況に該当するものとして、改修の実施を計画することが望ましい。

b) 接合部

ドリルねじ等の接合部は、目視により錆の状態、ボルトの緩みや抜け落ち等の有無を確認するほか、触診によってぐらつきの有無も確認する。解図3.2.2に接合部の不具合例を示す。これらの不具合が確認された場合には、ドリルねじの増し締めや増し打ちなどの対処が可能な場合や、場合によっては一旦ねじを抜いて部材を取り外し、さらに部材の下地（野地板など）を観察できる場合もある。また、解図3.2.3は横ぶき屋根でのドリルねじの緩みや外れによって下り棟部材が浮いている状況である。この場合、一旦下り棟部材を取り外すことで、ドリルねじ受けの部材を目視で確認でき、さらに下地のルーフィングや野地板を目視や触診で確認することもできる。このように一旦取り外すことができ、かつ、即時復旧できる部材に関しては、可能な範囲で取り外すことによって精度の高い調査が可能となる。



(a) リベットの抜け落ち



(b) ボルト・ナットの緩み

解図3.2.2 接合部の不具合例
(画像提供 (一社)日本金属屋根協会)



解図3.2.3 ドリルねじの緩みや外れによって下り棟部材が浮いた状況の例
(画像提供 (一社)日本金属屋根協会)

c) 下地

解図3.2.4は折板材を支持するタイトフレームに断面欠損が認められ、改修（ふき替え）が必要と判断されて鋼製母屋ごと取り外された事例である。赤さびの発錆のみならずここまで断面欠損が進

行していれば、表 3.2.1 の「現に劣化や不具合が顕著である」状況として改修の実施を計画する。



解図 3.2.4 タイトフレームの断面欠損の状況の例
(画像提供 (一社)日本金属屋根協会)

2) 屋根瓦の現行の技術基準等への適合状況

屋根瓦については、2001 年発行の「瓦屋根標準設計・施工ガイドライン」に定められた工法（ガイドライン工法）が過去の台風や地震に対しても構造耐力上有効であることが確認されており、令和 2 年 12 月に改正された昭 46 建告第 109 号では、ガイドライン工法の詳細が反映される形で全ての瓦の下地への緊結（全数緊結）が求められることとなった。したがって、屋根瓦を現況調査する際にはガイドライン工法に該当するか否かが現行の技術基準等への適合性のポイントとなるが、それを外観から判断するためには以下の手順①～②によることができる^{3.4),3.5)}。

手順①（建築年からの判断）

建築年が 2001 年以降（ガイドラインの制定後）の場合には、以下の手順②に進む。建築年が概ね 2001 年より前（ガイドラインの制定前）の場合には、ガイドライン工法に該当しない工法（以下、旧工法）と判断する。

手順②（瓦の緊結方法からの判断）

棧瓦の外観からは、必ずしもガイドライン工法であるか否か判断できないので、袖瓦、軒瓦及び棟瓦の下記の状況から総合的に判断する。

- ・ 袖瓦の側面がパッキン付きステンレスねじ又は緊結線で全数緊結されている場合には、ガイドライン工法の可能性が高い。
- ・ 軒瓦がパッキン付きステンレスねじ又は緊結線で全数緊結されている場合には、ガイドライン工法の可能性が高い。
- ・ 棟瓦が緊結線で緊結（大回し・千鳥）されている場合には、旧方法と判断する。緊結線が確認されない場合には、ガイドライン工法と旧工法の場合がある。

(3) 保持力（引き抜き強度）試験の概要

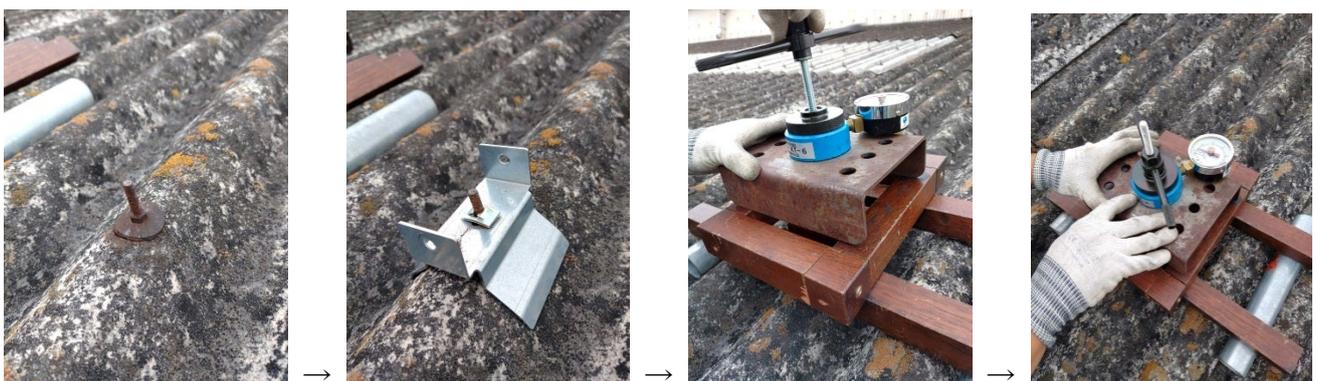
特に接合部や下地の劣化状況の確認に際し、目視・触診による非破壊調査の範囲で十分に確認できない場合やその健全性の判断を保留にした場合には、破壊調査の実施が有用である。具体的には、

屋根上の複数個所で接合部や下地の健全性確認のための保持力（引き抜き強度）試験を実施し、その引き抜き力の平均値を健全性の実況とする。保持力（引き抜き強度）試験の実施箇所の目安として、例えば鋼板製屋根では屋根面ごとに3か所以上（目視で劣化が著しいと判断される場合には、5か所以上）とすることが望ましいとされている^{3,6)}。その他の屋根工法でも調査方法の定めがない場合には、この鋼板製屋根の方法を参考にすることができる。

解図 3.2.5 は、既存の折板屋根の接合部（吊子）の強度を引張試験機で確認した事例、解図 3.2.6 は、既存スレート屋根のフックボルトの強度確認を行いながら、改修工法（カバー工法）における金具の固定方法を同時に検討した例である。破壊調査は既存の下地に新たに孔を開けたり接合部を変形させることになるので、関係者間の協議によって実施の可否判断や実施可能な場合にはその復旧方法を検討する必要があるが、実施が許可された時点で解図 3.2.6 のように改修を行うことが前提となっている場合もあると思われる。



解図 3.2.5 折板屋根の吊子部分の強度確認事例
 (画像提供 (一社)日本金属屋根協会)



解図 3.2.6 既存スレート屋根のフックボルトの強度確認と改修金具固定方法の検討の事例
 (画像提供 (一社)日本金属屋根協会)

3.3 診断方法

3.3.1 風荷重の算定

診断に用いる風荷重 W (N/m²)は、1.4節にしたがって算定した数値とする。

【解説】

診断に用いる風荷重は、設計・施工図書から屋根勾配等を確認し、1.4節にしたがって算定する。

3.3.2 残存耐力の算定

(1) 診断に用いる残存耐力 R_d (N/m²)は、(2)又は(3)にしたがって算定した数値とする。

(2) 目視や触診による調査結果に基づく場合

1) 残存耐力 R_d は、(3.3.1)式によって算定する。

$$R_d = R_0 \cdot k_d \quad (3.3.1)$$

ここで、 R_0 ：許容耐力の基本値 (N/m²)、 k_d ：耐力低減係数である。

2) 許容耐力の基本値は、屋根ふき材の仕様が準拠する技術資料に基づき設定する。

3) 耐力低減係数は、目視・触診による調査で認められた劣化や不具合の状況に応じて、表3.3.1に基づき設定する。ただし、特別な調査による場合には、当該調査で得た数値とすることができる。

表 3.3.1 耐力低減係数

下地等の劣化や不具合の程度	耐力低減係数
劣化等が認められない。	1.0
下地等に部分的な劣化（下地等の部分的な腐朽、釘接合部の軽微な腐食等）が認められる。	0.9～0.8
下地等に劣化（下地等の腐朽や釘接合部の腐食等）や釘の折損その他の不具合等が認められる。	0.6以下

(3) 保持力（引き抜き強度）試験結果に基づく場合

試験実施位置を代表する残存耐力 R_d は、(3.3.2)式によって算定する。

$$R_d = \frac{\bar{R}_t}{a} \quad (3.3.2)$$

ここで、 \bar{R}_t ：試験で得た破壊荷重（最大荷重）の平均値 (N/m²)、 a ：製品供給業者の定める数値又は2以上の数値である。

【解説】

(1) 残存耐力算定の概要

事前調査や屋根上の現況調査に基づき、屋根ふき材の残存耐力を算定する。屋根上で保持力（引き抜き強度）試験を行っている場合には試験結果から耐力を算定できるが、行っていない場合には目視・触診結果から劣化・不具合状況を鑑みて残存耐力を算定する方針とした。

(2) 目視・触診結果に基づく残存耐力の算定

1) 許容耐力の基本値

この場合の残存耐力は、許容耐力の基本値に耐力低減係数を乗ずることで算定する。外装材の耐風計算に関する告示（平12建告第1458号）ではガラスの許容耐力のみ規定されており、屋根ふき材の許容耐力は規定されていない。したがって、算定に必要な許容耐力の基本値には適切な技術資料（当該屋根ふき材の製品カタログ、設計・施工要領書等）に定められた数値を参照する。技術資料の数値を参照する際、現況調査で確認した仕様詳細が技術資料に掲載されている仕様と合致していることを必ず確認しなければならない。しかし、築年数の経った屋根工法の場合、現在入手できる技術資料にそのまま参照できる数値が掲載されていないことも想定される。その場合には、参照できる数値をふき材の板厚、留め付け間隔（荷重負担面積）、接合具の保持力等の違いで調整したものを、許容耐力の基本値とする。

2) 耐力低減係数

現況調査で劣化や不具合が認められた場合には、(3.3.1)式に示す耐力低減係数によって一定程度耐力を低減する必要がある。しかし、屋根ふき材の劣化等と残存耐力に関する技術的知見が乏しいのが現状で、劣化等を適切に反映した低減係数は十分に整備されておらず、調査事例ごとの実況を踏まえて個々に判断されているものと思われる。

本文の表3.3.1は主に下地等の部材の劣化程度に着目したもので、解表3.3.1に示す「木造住宅の耐震診断と補強方法」^{3.1)}精密診断法2に定める壁の劣化低減係数の定性的記述に倣った。厳密には、耐震診断での低減が主として壁体のせん断抵抗の程度を反映するものに対して、本診断での低減は接合部単体の引き抜き抵抗の程度を反映すべきもので、そのまま援用することが適切でない可能性がある。しかし、解表3.3.1での「劣化の程度」の定性的な記述は屋根の構成材にも共通する部分があること、それに対応する数値も0.85と0.7の2つのみで取り扱いが簡便であることから、これを参考にとした。耐力低減係数については、解表3.3.1の「0.85」を「0.9～0.8」、「0.7」を「0.6」とし、ほとんど耐力を有さない極めて著しい劣化事象がある場合には、解表3.3.1の数値にかかわらず、より大きな低減が望ましいとされていることを踏まえ、「0.6」に「以下」を付記した。

また、表3.1.1の劣化の程度とそれに対応する係数は木下地の知見を根拠としているが、鋼製下地の場合にもこれを参考にとした。もちろん、下地や接合部の種類にかかわらず適切な技術資料等^{例えば3.7)}を参照して特別な調査を実施できる場合には、表3.3.1によらずに調査結果から係数を設定することが望ましい。

解表 3.3.1 壁の劣化等による低減係数^{3.1)}

劣化の程度	低減係数
①劣化が認められない。	1.0
②部材に部分的な劣化が認められる。 (ドライバーが刺さる、部材の腐朽が見られる、面材釘接合部に軽微な腐食が見られる、モルタルに亀裂があるなど)	0.85
③部材に著しい劣化が認められる。 (ドライバーが簡単に深く刺さる、部材の劣化や面材釘接合部の腐食、釘の折損等により接合部の耐力がない、モルタルや土壁が一部剥落しているなど)	0.7

以下に、木下地の劣化（保持力低下）を想定した引き抜き耐力の検討例を示す。日本建築学会「木質構造設計規準・同解説－許容応力度・許容耐力設計法－」^{3.8)}では、釘接合の終局引き抜き耐力 p_w (N) として(解 3.3.1)式が規定されている。

$$p_w = 44.1r_0^{2.5} d l_r \quad (\text{解 3.3.1})$$

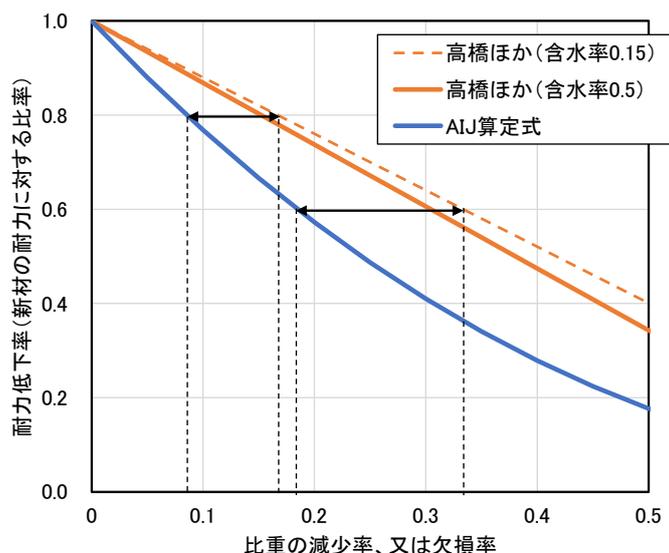
ここで、 r_0 ：木材の基準比重、 d ：釘径(mm)、 l_r ：釘の主材への有効打ち込み長さ(mm)であり、耐力は比重の2.5乗に比例することとされている。

また、外装下地材の劣化による影響として下地材の欠損率と含水率に着目し、欠損率、含水率と最大引き抜き耐力との関係を検討した研究例^{3.9)}を引用する。ここで、欠損率とは欠損がないと考えられる試験片の絶乾状態で求めた重量に対する、20年間放置された屋外曝露材から採取した試験片の絶乾時の重量（重量減少率）として定義される。この研究では、引き抜き耐力との相関がみられた欠損率と含水率を説明変数として線形重回帰分析を行い、釘の引き抜き耐力 R_n (kN) について(解 3.3.2)式が示されている。

$$R_n = 0.58 - 0.67k_v - 0.14k_m \quad (\text{解 3.3.2})$$

ここで、 k_v ：欠損率、 k_m ：含水率である。

上記の2つの式に基づき、木下地の比重の減少率又は欠損率と耐力低下率との関係を解図 3.3.1 に示す。例えば、縦軸を釘の引き抜きを想定した木下地接合部の耐力低減係数とみなせば、比重の減少率又は欠損率が10～20%程度で0.8、20～30%程度で0.6の係数に対応している。



解図 3.3.1 木下地の比重の減少率・欠損率と耐力低下率との関係

(3) 屋根上の保持力（引き抜き強度）試験結果に基づく残存耐力の算定

例えば、古い屋根ふき工法が採用された屋根ふき材等の場合には、今日入手できる技術資料にその工法に該当する仕様や許容耐力が掲載されていないことが予想される。このように適切な根拠を参照できない場合には、下地等に留め付けた部品の保持力（引き抜き強度）試験の結果から耐力算定することが有効である。ここでは、試験で得た破壊荷重（最大荷重）の平均値を製品供給業者の定める数値又は2以上の数値で除して、残存耐力を得ることとした。この方法は鋼板製屋根の算定方法^{3,4)}に倣ったものである。

3.3.3 耐力評点に基づく強風に対する損傷可能性の診断

(1) (3.3.3)式によって屋根ふき材の耐力評点 S を算定する。ここで、 W : 3.3.1 項で算定した風荷重 (N/m^2)、 R_d : 3.3.2 項で算定した残存耐力 (N/m^2) である。

$$S = \frac{R_d}{W} \quad (3.3.3)$$

(2) 算定した耐力評点 S を表 3.3.3 に当てはめて、屋根ふき材の強風に対する損傷可能性を診断する。

表 3.3.3 強風に対する損傷可能性の診断

耐力評点S	強風に対する損傷可能性
1.0以上	低い
0.7以上1.0未満	やや高い
0.7未満	高い

(3) 強風に対する損傷可能性が**高い**と診断された場合、耐風補強を伴う改修の実施を計画し、**やや高い**と診断された場合、耐風補強を伴う改修の実施の要否について居住者や管理者と協議する。なお、**低い**と診断された場合、必ずしも耐風補強を伴う改修は要しないが、必要に応じて修繕等に対応するか又は今後の調査実施計画を検討することが望ましい。

【解説】

(1) 耐力評点に基づく診断の概要

耐風2次診断では、診断に用いる風荷重に対する残存耐力の比率を耐力評点Sと定義し、これに基づいた診断の方法とした。耐力評点は外力に対する耐力の余裕度に相当し、それを屋根ふき材の損傷可能性の大小と関連付けた。表 3.3.3 に示した耐力評点の区分 ($S < 0.7$ 、 $0.7 \leq S < 1$ 、 $1 \leq S$) は、「木造住宅の耐震診断と補強方法」^{3.1)}の一般診断法における上部構造評点の判定の区分に倣った。耐力評点が1以上であれば最低限確保すべき耐力を保持し、損傷可能性は「低い」と判断することができる。一方、例えば不具合や劣化の状況が認められた場合には耐力評点が1未満となることも想定され、損傷可能性を「やや高い～高い」と診断する。

(2) 損傷可能性と耐風補強を伴う改修の要否との関係

今後、将来にわたって既存屋根の脱落・飛散による人的・物的被害の可能性を減らすことが耐風補強のモチベーション（動機）となる。そこで、表 3.3.3 の診断結果に基づき、耐力評点が1以上であれば耐風補強を当面要さないが、0.7未満となった場合には原則として、耐風補強を伴う改修の実施を計画する方針とした。耐力評点が0.7以上1.0未満となった場合には、建築物個々の状況も勘案した上で、最終的には居住者又は管理者との間で改修実施の要否を決定することとなる。

工事の費用や期間等の都合で全面的な葺き替え改修を当面行わない場合には、改修までの現実的な措置として、屋根ふき材の飛散防止対策を兼ねた修繕や補修を行うことも考えられる。例えば文献 3.10)～3.11)に示す集合住宅の例では、既存の屋根ふき材を補修した上で、ポリエステル製の安全ネットで上から覆う応急的な対策がされている。その後、台風の強風によって一部の屋根ふき材に剥がれが生じたが、外部に飛散することなくネット内に納まった実例が報告されている。この実例を踏まえれば、安全ネットの敷設も飛散によって生じうる人命に対する危害や周囲への二次被害の可能性の低減が一定程度期待できるものであり、1.1節に示した本マニュアル(案)の目的にも整合

する。この方法は、耐久性や耐摩耗性を考慮したネット材を選定するとともに、ネット材が負担する引張力、ネット材の軒先への固定方法等を適切に検討する前提において有効であり、全面的な改修を行うまでの当面の被害予防対策として参考にすることができる。

参考文献

- 3.1) 日本建築防災協会：2012年版木造住宅の耐震診断と補強方法，2012.
- 3.2) 全日本瓦工事業連盟・全国陶器瓦工業組合連合会・全国PCがわら組合連合会・日本建築防災協会：2021年改訂版 瓦屋根標準設計・施工ガイドライン，2021.7.
- 3.3) 国土開発技術センター・建築物耐久性向上技術普及委員会 編：建築物の耐久性向上技術シリーズ 建築構造編Ⅱ 鉄骨造建築物の耐久性向上技術，技報堂出版，1986.
- 3.4) 国土技術政策総合研究所・(国研) 建築研究所：福島県沖を震源とする地震による建築物の瓦屋根等の被害 現地調査報告，2021.6.8. (2024.09.01 閲覧)
<https://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/R2/fukushimajishin.pdf>
- 3.5) 高館祐貴，喜々津仁密，宮村雅史，石井儀光，鈴木裕美：令和元年房総半島台風による屋根の強風被害調査と被害分析，日本建築学会技術報告集，第74巻，pp.542-547，2024.2.
- 3.6) 日本金属屋根協会・日本鋼構造協会：鋼板製屋根・外壁の設計・施工・保全の手引き MSRW2014，2014.2.
- 3.7) 日本建築学会：既存木造建築物健全性調査・診断の考え方(案)(木質部材・接合部等)，2002.3.
- 3.8) 日本建築学会：木質構造設計規準・同解説－許容応力度・許容耐力設計法－，2006.12.
- 3.9) 高橋徹，L Y Sophearith，西嶋一欽：令和元年台風15号の被害に基づく家屋の耐風性能評価と経年劣化した外装下地材の耐風性能の比較実験，日本建築学会技術報告集，第29巻，第71号，pp.58-61，2023.12.
- 3.10) 谷口順，桜井宏行，谷口政和，田沼毅彦：「UR賃貸住宅ストック活用・再生ビジョン」に係る技術的事項について(その6)－UR賃貸住宅における勾配屋根の強風被害の状況と課題について－，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.265-266，2021.9.
- 3.11) 谷口政和，桜井宏行，谷口順，田沼毅彦：「UR賃貸住宅ストック活用・再生ビジョン」に係る技術的事項について(その7)－UR賃貸住宅における勾配屋根の強風被害の予防対策について－，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.1331-1332，2021.9.