

◇報告◇

ロボットによる外壁打診技術「ウォールサーベイシステム[®]」
の実構造物における診断精度の評価Accuracy Evaluation of Tiled Building Exterior Wall
Inspection by Tapping Sound Checker Robot
" Wall Survey System[®] "野 中 潔*, 岸 良 竜**,
鈴 木 伸 明***, 堀之内 晋 也****NONAKA, Kiyoshi*; KISHIRA, Ryo**;
SUZUKI, Nobuaki***; HORINOUCHI, Shinya****

要 旨

タイル張り外壁は広く利用される外装仕上げであるが，経年劣化による剥離・落下事故が生じる恐れがある．建築基準法で定期的な外壁点検が義務付けられているが，点検費用や入居者等との調整コストは建築物の管理者の負担となっている．

著者らが開発した「ウォールサーベイシステム[®]」は，屋上から吊り下げて走査するウォールサーベイロボット，延伸することで地上から最大 7.5m の高さの外壁にアクセスできるウォールサーベイロッドを用いる打診技術である．両者は，円運動する打撃部を搭載しており，効率的に壁面を連続打撃することができる．本報では実建築物を対象に従来の手打診との比較によりタイル浮きの検出精度を評価した事例を紹介する．

これらの結果に基づき，本技術は日本建築防災協会の技術認証制度により国土交通省告示に示す打診方法と同等の精度を有する技術であることが認められ，2025 年 7 月に法定点検（12 条点検）での使用が可能となった．

キーワード：ウォールサーベイシステム[®]，タイル張り外壁，外壁点検，ロボット，打診法，建築基準法，12条点検，省力化

* 研究開発本部 新規技術研究所 建設マテリアルグループ

Construction Materials Group, New Technology Research Laboratory, Research & Development Division

** 研究開発本部 新規技術研究所 建設マテリアルグループ リーダー

Manager, Construction Materials Group, New Technology Research Laboratory, Research & Development Division

*** 株式会社太平洋コンサルタント 中央技術センター インフラ技術部

Infrastructure Technology Department, Central Technical Center, Taiheiyō Consultant Co., Ltd.

**** ジャパンマテリアル株式会社 代表取締役社長

Representative Director and President, JAPAN MATERIAL Co., Ltd.

ABSTRACT

Tiled exterior walls are widely used as a building finish. While periodic inspections to detect debonded tiles are required to prevent accidents caused by tiles detachment due to aging, building managers face a significant burden in terms of inspection costs and coordinating with tenants.

The “Wall Survey System®” is an exterior wall inspection technology using unique devices. Wall survey robot is suspended from the roof to scan the exterior wall surface. Wall survey rod can be extended to access exterior walls up to 7.5 meters above ground level. Both devices are equipped with a mechanism that uses a freely rotating striking unit to strike the wall surface continuously and efficiently.

This report presents a case study evaluating the accuracy of detecting debonded tiles in existing buildings by comparing the proposed method with conventional manual tapping.

In July 2025, the “Wall Survey System®” was certified by the Japan Association for Architectural Disaster Prevention's technical certification system as having the same level of accuracy as conventional manual tapping, making it eligible for use in mandatory periodic inspections (inspections under Article 12 of the Building Standards Act).

Keywords : *Tiled exterior walls, Exterior wall inspection, Robots, Tapping method, Building Standards Act, Labor-saving measures*

1. はじめに

建築基準法では公共施設や集合住宅などの特定建築物の定期報告制度（12条点検）を定めている。タイル張り外壁については、第三者に対する安全確保を目的に3年に1度の目視・手が届く範囲の打診点検と10年に1度の全面打診等による調査を義務付けている。

外壁タイルの診断においては従来から、テストハンマー等によりタイルを打撃する「打診法」が広く行われている。この方法では、タイルの接着状態の差異を打音の大きさ、高さ、反響の長さといった打音の特徴から判断する。打診法は検知精度が高い一方、点検員がテストハンマーによる打診が可能な距離まで点検箇所へ近接する必要がある。このため、点検はゴンドラや仮設資材などの足場を使用するか、ロープアクセス（ロープを使った高所作業）によって行われる。足場設置に要する費用や、点検員が生活空間に近接することに対する入居者との調整は、建築物の管理者にとって大きな負担となっている。

著者らはこういった現状を鑑み、打診法の高い信頼性を保持したまま、専用機器による効率的な点検が可能な外壁打診技術であるウォールサーベイシステム®を開発した¹⁾。本報では、実構造物の外壁につ

いて従来の人の手による打診（以下、手打診）との比較によりウォールサーベイシステム®の点検精度を評価した結果を示す。また、本技術を特定建築物の定期報告制度（12条点検）に使用可能とするために取得した「建築物定期調査・点検技術の技術評価制度」の認証について述べる。さらに、ウォールサーベイシステム協会による本技術の普及と点検精度の担保のための取組みについて紹介する。

2. ウォールサーベイシステム®の機器

ウォールサーベイシステム®では、専用機器である「ウォールサーベイロボ」および「ウォールサーベイロッド」を用いる。両機器の打撃機構は、打診機器「コロリン転検棒®」（Fig. 1）をベースとしている。コロリン転検棒®では、先端を壁面に押し当てて移動させると、多角型の打撃部が壁面上を自由回転して回り、連続的な打音を発生させる（Fig. 2）。打音の特徴はその他の打診棒と同様であり、浮いたタイルでは高く響く音が、健全部では低くこもる音が確認される。ウォールサーベイロボおよびウォールサーベイロッドは、同様の多角型の打撃部を3個備え、円運動して円周に沿った位置に打撃を与える「転打子」を持つ。タイルの接着状態は、従来の打



Fig.1 KORORIN TENKENBO®
(コロリン転検棒®)

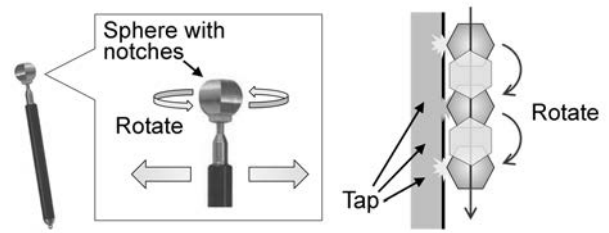


Fig.2 Percussion mechanism of
KORORIN TENKENBO®
(コロリン転検棒®の打診機構)



Wall Survey Robot



Wall Survey Rod

Fig.3 Devices of Wall Survey System®
(ウォールサーベイシステム®の機器群)

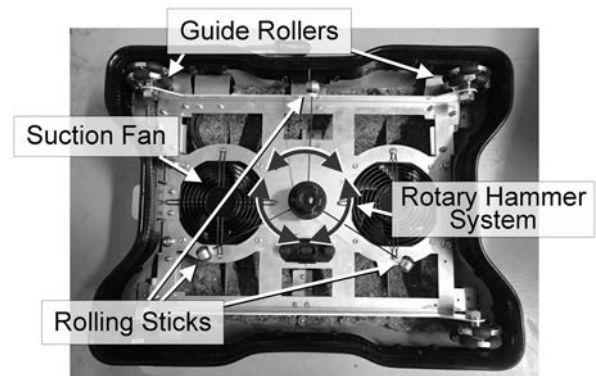


Fig.4 Inside of Wall Survey Robot
(ウォールサーベイロボの内側)

診法と同様に調査員が打音から判断する。

ウォールサーベイロボは本体寸法が縦400 mm×横520 mm×厚み150mm、重量4.6kgの機器で、屋上からロープで吊下げて使用する (Fig. 3 左)。筐体の内部 (Fig. 4) に備える排圧ファンにより壁面に吸着され、屋上の操作者が左右に移動、あるいはロープを繰り出し、巻き取ることで、ガイドローラーを介して滑らかに壁面上を移動できる。打診可能な外壁の最大高さは約30mである。ただし、ウォールサーベイロボは壁面の端から10cm分は転打子がタイルに接触しないため、この範囲については適用対象外となる。

ウォールサーベイロッドは、小型タイプは最大伸長4.5m、重量1.9kg、大型タイプは最大伸長7.5m、重量2.6kgのロッド状の機器である。操作者が機器先端を斜めに壁面に接触させることで転打子が壁面を打撃する (Fig. 3 右)。実務上は、2～3階までの低階層や、特にウォールサーベイロボが到達できないひさしの下などをウォールサーベイロッドで打診し、残りをウォールサーベイロボで打診することが効率的かつ有効である。

3. 診断精度の評価試験

3.1 評価対象

某施設の敷地内に立地する共同センターを対象に、ウォールサーベイシステム®の点検精度を評価した。対象建築物の概要をTable 1に、壁面の外観をFig. 5に示す。平成12年(2000年)に竣工し、調査を行った令和5年(2023年)12月時点で竣工から23年が経過していた。評価試験は対象建築物の西側壁面の外壁タイルで行った。

Table 1 Test Wall Information
(対象壁面の情報)

Floors	Two stories above ground
Test Wall	The entire west wall
Test Area	Width: 8.5 m, Height: 8.4 m (Area: 71.4m ² , About 14,500 tiles)
Tile Type	Width: 100mm, Height: 50mm (Staggered Joint)
Repair History	No Repairs



Fig.5 Appearance of the test wall
(対象壁面の外観)

3.2 点検方法

点検方法は、①打診棒（コロリン転検棒）による手打診、②ウォールサーベイロボによる打診、③ウォールサーベイロッドによる打診、とした。手打診では、高所作業車を使用した。点検はすべて同日中に実施し、調査時の気象は晴時々曇り、平均気温7.0℃、平均風速1.4m/sであった。

手打診およびウォールサーベイロボによる打診は西側壁面の全面に対して実施したのに対し、ウォールサーベイロッドによる打診は高さ4.2mの目地位置までとした。これは、ウォールサーベイロッドを最大まで伸長してもその上部の目地（高さ8.1m）には到達せず、また、打診調査は通常目地で囲まれた範囲を単位として行うためである。

3.3 精度の評価方法

従来の打診法である手打診の結果を正解とし、それに対するウォールサーベイロボまたはウォールサーベイロッドによる打診の結果を比較することで各手法の精度を評価した。

タイル浮きには、タイルの一部だけがわずかに浮いているものから完全に下地と剥離しているものまで様々なパターンがある。本評価試験では、健全部の打音と比較して少しでも異常を感じたタイルは「浮き」と判定し、タイル単位で「健全(sound)」、「浮き(debonded)」の2パターンで判定した。

4. 評価試験の結果

4.1 両手法による判定結果

手打診およびウォールサーベイロボによる判定結果の一部を立面図上に示したものをFig. 6に示す。手打診の結果から分かるように、タイルの浮きは一定範囲でまとまって生じている一方で、その分布は外壁全面にわたって一様ではなく偏在していた。ウォールサーベイロボにより浮きと判定された箇所は帯状の矩形となっている。これは、ウォールサーベイロボでは、上下で折り返しながら左右にスライドして打診が実施されるためである。なお、ウォールサーベイロッドについても走査方式は同様である。

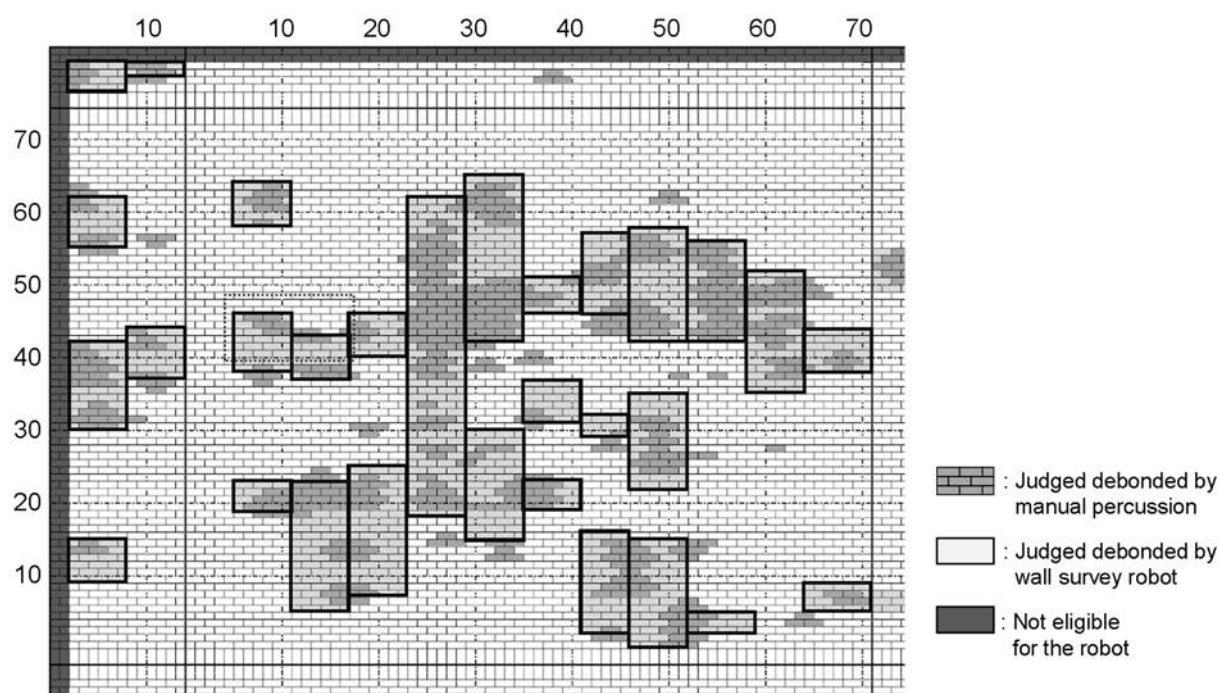


Fig.6 Comparison of results obtained using both methods (Excerpt from the result)
(両手法による判定結果の比較 (壁面の一部))

各手法による判定をタイル単位で集計した結果を **Table 2** に示す．なお，ウォールサーベイロボまたはロッドの判定ではタイル半分を通るように走査する場合もあり，今回は便宜上，タイル 0.5 枚単位で集計した．また，ウォールサーベイロボの適用対象外となる壁面の端 10cm 分については集計の対象外とした．表に示すとおり，ウォールサーベイロボでは 89%が，ウォールサーベイロッドでは 97%が，手打診の判定結果と一致した．一方，手打診で浮きと判定したタイルをウォールサーベイロボやロッドでは健全と判定した箇所，すなわち見落としとした箇所もあり，これは危険側の誤判定と言える．

そこで，**Table 2** の結果に対し，調査範囲全体に対する危険側の誤判定の割合 $R_{miss}(\%)$ を式(1)によって計算した．

$$R_{miss}(\%) = \frac{N_d}{N_b + N_d} \times 100 \quad (1)$$

ここに， N_b ： **Table 2** の記号 b のタイル枚数， N_d ： **Table 2** の記号 d のタイル枚数，である．式(1)によればロボの R_{miss} は 19.9%，ロッドの R_{miss} は 0.7%であった．ロッドは手打診で浮きと判定された箇所の 99%以上を浮きと捉えており，高い精度で浮きを検出できていると言える．

4.2 広い浮きの見落としの評価

ロボの見落とし(危険側の誤判定)に注目すると，**Fig. 6** から読み取れるように，ロボは比較的小規模

の浮き(1～5枚程度のタイルが連続して浮いている箇所)を見落とす場合が多い．外壁タイルは部分的にタイルが剥がれると連鎖的に周囲のタイルにも浮きが広がることが知られており²⁾，重大事故防止の観点からは，浮きが連続し，広範囲のタイルが塊となって落下する恐れがある箇所を見落とさないことが特に重要である．

日本建築防災協会の定める「建築物定期調査・点検技術評価制度要綱」³⁾では，打診調査経験のある調査員が確実に診断可能なタイル浮きの大きさを「20cm×20cm 程度」(= 0.04m²)としている．また，全国タイル業協会が定めた指針⁴⁾でも「アンカーピンニング全面樹脂注入工法」により是正すべきタイル張りの損傷を 0.04m² 以上(下地モルタルと張付けモルタル間の浮きの場合)としている．そこで，本点検結果において手打診で 0.04m² 以上(タイル 8 枚分以上)の範囲で連続して浮いていると判断された浮き(以下，広い浮き)に注目し，機器が手打診の判定に対してどのように浮きを捉えたかを評価した．例えば，**Fig. 7** は広い浮きの判定例として，**Fig. 6** の点線部分を拡大したものである．手打診で浮きと判定されたタイルは 9 枚分に対して，ウォールサーベイロボはそのうちの 7.5 枚分を浮きと判定した．これは広い浮きのうち 83%を捉えたことに相当し，このように浮き全体の大半を捉えていれば広い浮きを見落とさず検知できているといえる．

今回の調査対象の壁面における広い浮きは，ウォ

Table 2 Aggregated results for individual tiles
タイル単位の判定の集計結果

(Comparison between manual tapping and robot tapping)			
Evaluation category		Count	(%)
a	Evaluated as sound by both methods	11,386.5	(83.1)
b	Evaluated as debonded by both methods	793.0	(5.8)
c	Only the robot judged it debonded (false positive)	1,318.0	(9.6)
d	Only manual tapping judged it debonded (false negative)	197.5	(1.4)
(Comparison between manual tapping and rod tapping)			
Evaluation category		Count	(%)
a	Evaluated as sound by both methods	6,554.5	(91.8)
b	Evaluated as debonded by both methods	360.5	(5.0)
c	Only the rod judged it debonded (false positive)	222.5	(3.1)
d	Only manual tapping judged it debonded (false negative)	2.5	(0.0)

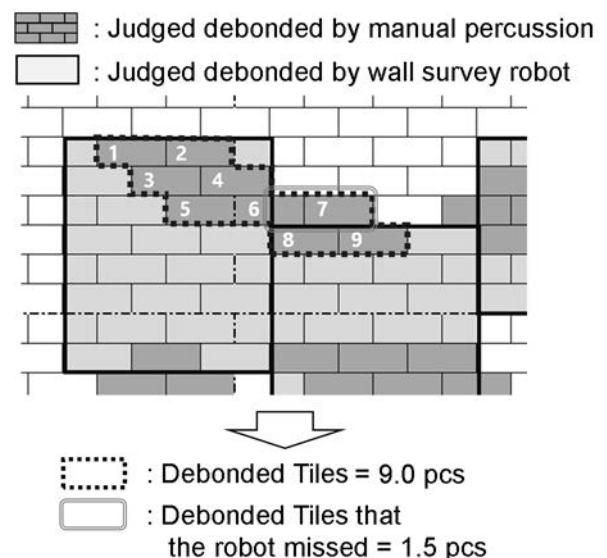


Fig.7 Details about large areas of debonded tiles
(広い面積の浮きについての詳細)

ールサーベイロボの打診範囲に対して 32 か所, ウォールサーベイロッドの打診範囲に対して 12 か所であった。これらの広い浮きに対する, 両機器の検出結果を **Table 3** に示す。ウォールサーベイロボは広い浮きの範囲中の 50%以上の浮きタイルを見落とした箇所が 1 箇所あったものの, その他の広い浮きに対しては 50%以上の浮きタイルを検出できており, 浮き全体を完全に見落とした箇所は無かった。ウォールサーベイロッドでは, すべての広い浮きに対して 50%以上の浮きタイルを検出した。この結果から, ウォールサーベイシステム[®]のロボおよびロッドともに, 外壁タイル点検の上で重要となる 0.04m²以上の広い浮きについては, 見落とすことは稀であると考えられた。

Table 3 Detection of large areas of debonded tiles
タイルが広く浮いている領域の検出結果

Detection Type	Robot	Rod
Missed all the tiles	0	0
Detected less than 50% tiles	1	0
Detected 50% or more of the tiles	19	2
Detected all the tiles	12	10
Total	32	12

5. 特定建築物の定期報告制度への適用

法定点検である定期報告制度（12 条点検）においては, 適切な判断が行われるよう点検に使用可能な技術が指定されており, 外壁タイル点検においては（一財）日本建築防災協会が定める「建築物定期調査・点検技術の技術評価制度」において従来の打診法と同等の精度を有することを認められなければならない⁵⁾。著者らは, ウォールサーベイシステム[®]について同制度での技術評価を依頼し, 前記の評価結果を含めて建築物定期調査・点検技術評価委員会で審議いただいた。その結果, ウォールサーベイシステム[®]が「定期調査報告の調査方法及び判定基準として国土交通省告示に示す方法との同等性がある」と評価され, 2025 年 7 月に「ウォールサーベイロボ及びウォールサーベイロッドによる外壁タイル調査・点検技術」として評価登録された（評価書番号：建防災発 第 25083 号）⁶⁾。

評価書にもとづきウォールサーベイロボ及びウォールサーベイロッドを 12 条点検に適用するには,

点検精度の担保のため各機器を適正な条件で使用する必要がある, また診断結果への責任の所在を明確にする必要がある。評価書では, **Fig. 8** に示す調査点検フローや, **Fig. 9** に示す役割分担を定義している。図中の「外壁点検実施責任者」とは, 点検業務における段取りと安全の統括を行い, 点検結果の責任を負う者をいう。外壁点検実施責任者となるには, 特定建築物調査員または建築仕上診断技術者の資格を有し, かつウォールサーベイシステム協会が実施するウォールサーベイシステム講習会を修了する必

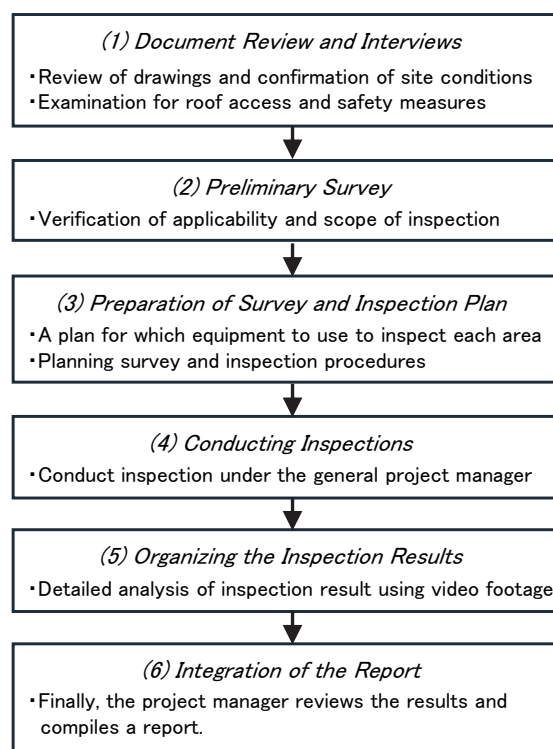


Fig.8 Survey and Inspection Workflow
(調査および点検のフロー)

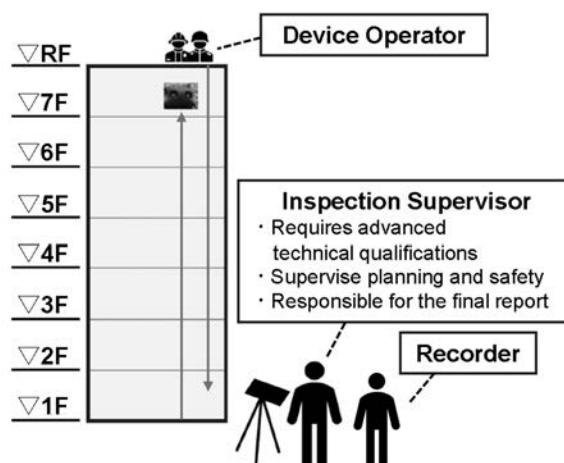


Fig.9 Roles and Responsibilities in Inspection
(点検における役割分担と責任)

要がある。ウォールサーベイシステム協会には、現在、外壁診断企業など 19 社が加盟している。事務局は(株)太平洋コンサルタントおよびジャパンマテリアル(株)が共同運営で務め、機器の管理・講習会開催など技術評価資料に準拠した運用のための取組みを行っている。

6. まとめと今後の展望

著者らが開発した打診法を応用した専用機器による外壁打診技術「ウォールサーベイシステム[®]」について、実建築物の壁面を対象として手打診と比較した時の精度の評価を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) ウォールサーベイロッドについて、手打診で浮きと判定されたタイルを見落とす割合 R_{miss} は 1%未満であり、高い精度で浮きを検出できていた。
- (2) ウォールサーベイロボの R_{miss} はタイル全体では約 20%であった。一方、外壁タイル点検上特に重要となる広い範囲の浮きに関しては、ほぼ見落としがなかった。

ウォールサーベイシステム[®]は、一般社団法人日本建築防災協会の建築物定期調査・点検技術評価制度により従来法との同等性が評価され、2025 年 7 月に定期報告制度(12 条点検)に適用可能となった。点検の精度の担保のために遵守すべき機器運用条件や実施体制を技術評価資料に定めている。今後、ウォールサーベイシステム[®]の普及をさらに進め、建築物管理者の負担を軽減し、住民の安全を守る効率的な点検技術として社会に貢献することを目指していく。

参考文献

- 1) 野中 潔, 梅津基宏, 石田弘徳ほか. 打診点検ロボットによる外壁点検システム「ウォールサーベイシステム[®]」の開発. 太平洋セメント研究報告. 2022, (182), p. 47-53.
- 2) 名知博司, 船越貴恵. 外装タイル張りのはく落防止性に関する実験的研究. 清水建設研究報告. 2015, (92), p. 43-50.
- 3) 日本建築防災協会. 建防災第 22-01 号“建築物定期調査・点検技術評価制度要綱”. 2022.
<https://www.kenchiku-bosai.or.jp/nwcon017/wp-content/uploads/2024/06/1f8a99ad598a243c71c1f83e8ac77ea7.pdf>, (accessed 2026-04-13).
- 4) 全国タイル業協会. 既存建築物のタイル外壁の調査と調査結果判断について. 2008.
https://www.tile-net.com/documents/GC_9_000.pdf, (accessed 2026-04-13).
- 5) 日本建築防災協会. 建築物定期調査・点検技術評価.
<https://www.kenchiku-bosai.or.jp/evaluation/teikicyousa/evaluation-teikichousa-jisseki/>, (accessed 2026-04-13)
- 6) 野中 潔. ウォールサーベイロボ及びウォールサーベイロッドによる外壁タイル調査・点検技術—外壁打診デバイス群を活用した外壁調査技術 ウォールサーベイシステム—. 建築防災. 2025, (573), p. 48-51.