

葦山反射炉 近代化産業遺産 世界遺産
煉瓦 レーザースキャナ 表面劣化

1.はじめに

国指定史跡葦山反射炉（以下葦山反射炉）は平成 27 年 7 月に「明治日本の産業革命遺産 製鉄・製鋼、造船、石炭産業」の構成資産の一つとしてユネスコ世界遺産に登録され、将来の長きに亘ってその価値を伝えていくための具体的な方法が委員会などを通して模索されている。

拙稿¹⁾では平成 29 年度に実施された葦山反射炉維持管理事業での壁面煉瓦の凹凸評価について経過報告を行った。平成 30 年度は同事業においてレーザースキャニングによる壁面煉瓦の補完計測と未評価であった煉瓦の凹凸評価を行い、最終的な煉瓦の損傷図と補修図を作成した。これらの成果は平成 32 年度以降に予定されている葦山反射炉の修復工事²⁾の設計に寄与するもので、各煉瓦を修復の対象とするか否か、対象とする場合の補修方法の検討・分類等の判断をサポートする。本稿³⁾では同事業の成果を提示すると共に、調査を通じて得た知見の中から煉瓦造建造物の劣化調査に関する課題について考察を行う。

2. 凹凸解析

平成 29 年度に実施した凹凸評価は平成 24 年度に葦山反射炉の図面作成のために行ったレーザースキャナ計測のデータを用いた。そのデータには一部未計測部があったため、平成 30 年度に改めて補完計測を実施し、外壁煉瓦全てを評価可能な点群モデルを作成した。凹凸評価のプロセスはフレームを基準とした解析と煉瓦を基準とした解析の 2 段階で行った。フレーム基準による解析では、外壁面のある程度まとまった領域である鉄骨に囲まれた三角形の中で、煉瓦面の不陸を確認すると共に、周囲と比較して劣化の進行している煉瓦を抽出した。煉瓦基準による解析では、抽出し

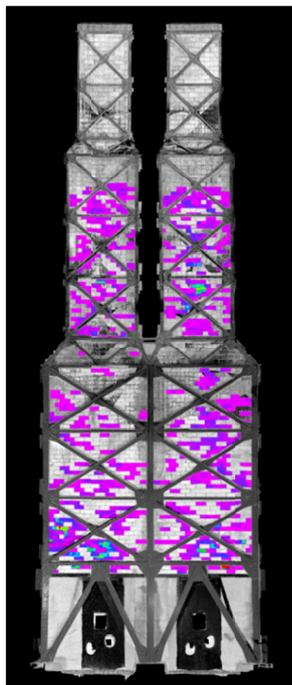


図 1.凹凸評価図

た煉瓦がどの程度の劣化深さであるかを計算した。

2 段階に分けた理由は、葦山反射炉の外壁の各面は部分的に孕み出しや捻れが発生しているため煉瓦は一様な面上に配置されているわけではなく不陸状況を確認する必要があるためと、表面劣化の進行深さを定量化するにあたって壁面全体を共通の基準面からの離隔を元に解析することは出来なかったためである。凹凸評価画像は、周囲の煉瓦の健全部数点からの奥行方向の距離を計算しており、0mm から 100mm 以上までを 10mm ピッチで色分けをしている（図 1）。外壁面の煉瓦数と解析対象となった煉瓦数は表 1 の通りである。

表 1.凹凸解析対象煉瓦数

	北炉	南炉	全体
外壁煉瓦数	7401	6752	14153
解析対象画像	1731	1351	3082
割合(%)	23.4	20.0	21.8

3. 損傷図・補修図の作成

凹凸評価画像から「史跡葦山反射炉保存修理基本設計⁴⁾」の作業フローを元に損傷図及び補修図の作成を行った。この作業フローは凹凸評価を行った煉瓦を「経過観察するもの」と「修復が必要なもの」に分類し、更に修復が必要な煉瓦に対してはどのような修復の工法を採用すべきかを劣化深度の基準や位置、連続性、その他の欠損の有無などによって示したものである。フローで示された数値に従って損傷図を作成し、更にそこから補修対象の位置と補修工法を示した補修図を作成した（図 2）。補修図における分類結果について表 2 に示す。

表 2.補修図における分類

	北炉		南炉		全体	
	個	%	個	%	個	%
経過観察	6829	92.3	6294	93.2	13123	92.7
擬煉瓦補修	369	5.0	270	4.0	639	4.5
煉瓦貼付補修	68	0.9	88	1.3	156	1.1
煉瓦差替	135	1.8	100	1.5	235	1.7

なお、この補修方法の基準はあくまでも仮のものであり、施工時には個々の煉瓦の破損状況及び周囲との納まり等により、各補修方法の適用を判断するものとする。

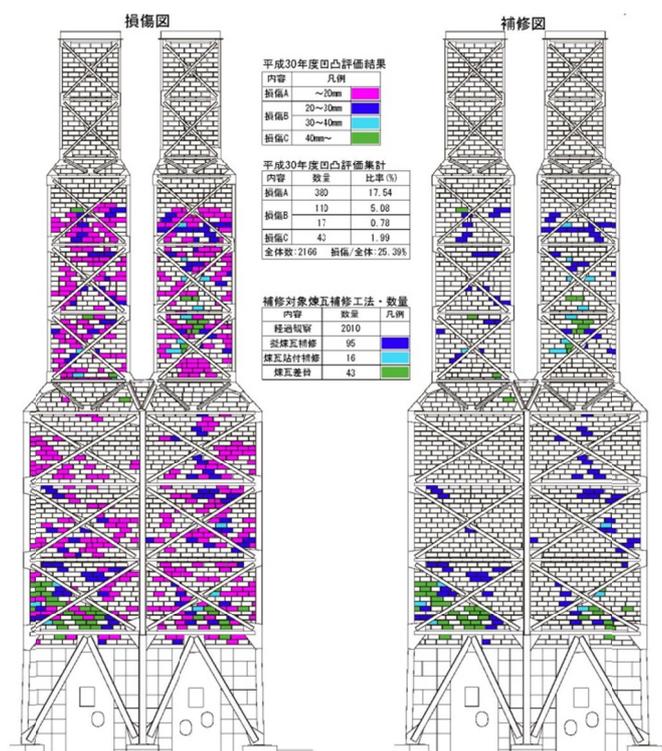


図2 損傷図と補修図

4. 煉瓦造建造物の劣化調査について

文化財の修理を実施するにあたっては当初部材の保存は重要な課題の一つである。葦山反射炉で平成 32 年度以降予定されている修理工事は主に劣化が著しく優先的に修復を実施しなければいけない煉瓦を対象とした緊急的な措置という位置付けであり、その中には当初部材である煉瓦も多く含まれる。葦山反射炉はこれまで数回の大規模な修理・補修工事を経ているが、当初煉瓦の個数は徐々に減少しつつある。それはこれまでの修理・補修工事において当初煉瓦の保存は現在ほど重要視されていなかったためと思われる。報告書の残る昭和 60 年から昭和 63 年にかけて行われた工事においても、基本方針として当初煉瓦を可能な限り保存するというような記述は見られない⁵⁾。当初煉瓦の減少は葦山反射炉の文化財的価値にとって危機的状况であり、今回の修理工事ではそのような背景があり、一連の事業の中で綿密な調査が行われた。

葦山反射炉で実施した一連の調査では表出する煉瓦全てに管理番号を割り振り、画像を利用した目視調査による個々の煉瓦の電子カルテを作成し、修理工事の対象である外壁面の煉瓦については点群データから劣化深さの計算を行った。劣化深さを計算する上で必要となる情報は、解析対象煉瓦の表面の座標データとその深さの基準となる面の位置である。この場合の基準面は、解析対象煉瓦が健全であった時の表面の位置となる。これは当然

失われているため、周囲の状況から推測をするしか方法がない。更に、葦山反射炉の外壁は多くの面で煉瓦が鉛直に積層されてはならず、捻れや孕み出しが多く見られるため、元の煉瓦表面の位置を推測するにはその歪みを考慮した上で位置を決定せざるを得ない。そこで、近傍の健全な煉瓦数枚を元に基準面を推測する手法を取った。このような複雑な解析を実施するためには高精度・高密度の3次元データなくしては不可能である。

レーザースキャナを用いた文化財建造物の調査において実施される3次元データの解析は一般に、床や屋根の不陸状況や壁や柱の倒れなどを把握するために基準位置からの変形量を求めたり、あるいはそれらの情報を統合して全体としての変形モードを求めたりするマクロ的な解析が多い⁶⁾。これに対して葦山反射炉で実施された調査・解析は対象全体をミクロな視点で解析するという緻密なものであった。文化財建造物の調査において個々の煉瓦について3次元データを用いて定量的な劣化深さの調査を行った事例は管見の限りない。当然目視や実測などによって劣化調査はされてきたはずであるが、変形が生じた構造物では正確に測ることは難しく、また計測結果のエビデンスも残らない。調査の正確性、客観性また現状記録としても価値があることから今後、3次元計測を主体とする煉瓦の劣化調査が実施される事が望ましい。

5. おわりに

本事業では、画像やレーザースキャナなどの最新の光学系技術を導入し、必要なデータを収集・解析、電子カルテという媒体で管理を行ってきた。これらのデータは葦山反射炉の現状を詳細に記録しているため、今後も適切に管理されていく必要がある。近い将来実施される修理工事のような機会を利用してこうしたデータを折に触れて取得・更新していくことが今後の文化財の価値の保存に一層重要な視点と思われる。また、こうした技術を存分に活用することで緻密な煉瓦の凹凸解析を行った本事例が今後の文化財調査のよい事例となれば幸いである。

注：

- 1) 味岡収：葦山反射炉維持管理事業における調査報告その3レーザースキャナによる壁面煉瓦の凹凸評価，日本建築学会大会学術講演梗概集，2018.9
- 2) 伊豆の国市，「葦山反射炉の保存・整備・活用に関する計画」，2017.7
- 3) 本報告は，伊豆の国市が㈱計測リサーチコンサルタントに委託した「平成30年度 葦山反射炉保存管理事業 史跡葦山反射炉煉瓦凹凸評価業務」の成果を元に作成したものである
- 4) 伊豆の国市，「史跡葦山反射炉保存修理基本設計」，2019.3
- 5) 葦山町教育委員，(財)建材試験センター，史跡葦山反射炉保存修理事業報告書，葦山町，1989.03
- 6) ミクロ的な計測事例も当然あるが、局所的な計測に留まる場合が多い。