

韮山反射炉保存管理事業での光学的計測技術による調査

(株)計測リサーチコンサルタント 正会員 渡邊 弘行

1. はじめに

韮山反射炉は日本国内で築造された反射炉のうち実際に稼働した炉の中で唯一現存するものであり 2015 年に世界文化遺産として登録されている。反射炉は 17 世紀から 18 世紀にかけてヨーロッパで発達した溶解炉である。韮山反射炉は鉄製砲の鑄造を目的として 1854 年に着工し 1857 年に完成したが操業を終えて以降しばらく放置状態にあり劣化が進んだ。1908 年と 1920 年に陸軍省による保存修理が実施され鉄帯補強、煉瓦目地補修等が行われている。その後 1922 年に国の史跡に指定されるが 1923 年に関東大震災、1930 年に北伊豆地震と 2 度の大きな地震の影響を受けることになる。それ以降現在までの間で韮山村により数度の保存修理や耐震補強等が実施されている。



出典：韮山反射炉パノラマ（伊豆の国市文化財課発行）

写真1 韮山反射炉(南西側)

近年は 2011 年(平成 23 年)より伊豆の国市が保存管理に向けた調査を開始し現在は修理工事に向けた基本及び詳細設計の段階にある。この調査の中では保存管理に関わる検討及び判断への情報提供や記録保存を目的として最新の光学的計測技術を利用した調査を実施している。調査結果はデジタルデータとして記録し適宜活用されるとともに保存管理のデータとして記録保存している。本報ではこの概要について報告する。

2. 調査の使用機材及び実施概要

この調査は 2012 年(平成 24 年)から 2019 年(平成 31 年)の間で合計 5 年度の期間にて実施している。使用した主な機材はデジタルカメラとレーザスキャナでありそれぞれの実施概要は次のとおりである。

◇デジタルカメラ(写真画像データ)

反射炉を構成する煉瓦表面状況を遠方及び近接位置から写真画像データにて取得した。データは目視調査や検討に利用し個々の煉瓦別に調査及び検討結果等とともにデータベースに保存した。

◇レーザスキャナ(3D点群データ)

周囲からレーザスキャナ計測を行い反射炉全体の 3D 点群データを取得した。現状での全体の形状や寸法等の情報を把握するとともにデータを解析して煉瓦表面の凹凸状況を評価した。この評価結果は設計の検討資料として利用するとともにデータベースに保存した。

3. デジタルカメラ

劣化評価関係の調査では目視点検が基礎的調査として位置付けられ目視にて得た情報をスケッチ等にて記録し図面等に調査結果として示すのが一般的である。韮山反射炉のような煙突の場合、外壁は双眼鏡等を利用した遠方目視調査または足場を架設した近接目視調査が考えられる。内壁は近接目視調査が考えられ過去には昇降装置を利用して実施した事例がある。今般の本調査ではこの目視調査にデジタルカメラを採用し表 1 に示す内容にて実施した。内容の大半は既報¹⁾にて報告している。また、調査に使用した機材を写真 2～3 に示す。

表1 デジタルカメラ実施内容

調査対象	調査対象の状況	使用機材	撮影位置	画像データの形式
外壁	周辺地上部より視認できる	◇デジタルカメラ(望遠) ◇自動撮影システム	周辺地上部	合成によるパノラマ画像
	股部(煙突間)視認できる	◇デジタルカメラ(広角) ◇股部用カメラ固定装置	壁面近接	解析によるパノラマ画像
内壁	煙突内部より視認できる(水平方向)	◇デジタルカメラ(広角) ◇内壁用カメラ固定装置	同上	同上
	煙突内部より視認できる(鉛直方向)	◇デジタルカメラ(広角) ◇内壁最下段用カメラ固定装置	同上	同上
炉体灰穴部(下焚口)	炉体灰穴箇所の地上部より視認できる	◇デジタルカメラ(広角) ◇手持ち	同上	同上

キーワード デジタルカメラ, レーザスキャナ, パノラマ画像, オルソ画像, 3D点群データ, 凹凸評価

連絡先 住所：〒120-0006 東京都足立区谷中 2-10-7 エムケイビル 電話：03-5673-7050 FAX：03-5673-7053

デジタルカメラによる写真画像データを目視調査に利用した場合の利点は次のとおりである。

- ◇現地での調査に要する時間及びコストを低減できる。
- ◇目視調査情報の正確性が向上する。
- ◇データベース化が容易で情報共有や意見交換等が進む。
- ◇検討評価を多面的に行う事が可能で評価精度が向上する。
- ◇データの継時的記録により劣化進行履歴を正確に把握できる。



写真2 外壁用機材(右:股部)



写真3 内壁用機材(右:炉接続部)

4. 3Dレーザスキャナ

3Dレーザスキャナはレーザ光にて計測対象物の高密度3次元座標情報等を示す3D点群データを取得するものである。近年は価格も手頃になり広く利用されている。3D点群データは図面作成に利用するケースが多いが3D情報の解析に基づく検討や研究に活用する場面も見られる。今般の本調査ではこの3Dレーザスキャナを利用して反射炉の3D点群データを取得し図面作成や煉瓦凹凸評価等を実施した。

全体の実施内容を表2に示す。現地での計測状況を写真4に示すとともに取得後に合成処理した点群データを図1に示す。煉瓦凹凸評価例を図2に示すがこのような評価では基準面の設定方法が重要である。本調査では設計検討用に2種類の視点で評価した。

図左が鋼製フレーム面を基準にした場合で図右が周辺煉瓦面を基準にした場合である。この評価結果は設計での煉瓦補修方法検討の基礎データとして利用されている。



写真4 計測状況

4. 電子カルテ

本調査結果を効果的に利用するための電子カルテシステムの整備を並行して進めた。このシステムのトップ画面を図3に示す。煙突を構成する煉瓦を1個ずつ各種情報とともに1つのデータ単位として保存している。保存したデータは各種情報に基づき検索する事が可能である。またWebサーバーを採用し広域的に利用できる。

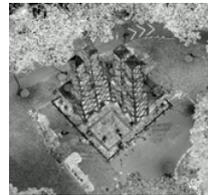


図1 点群データ

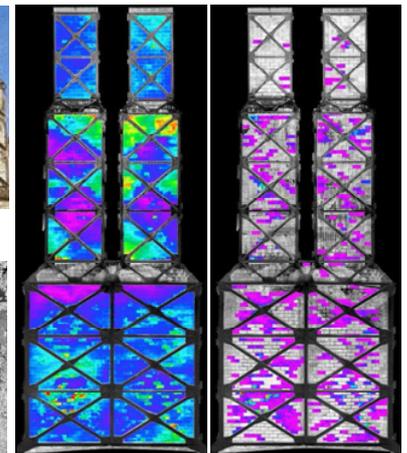


図2 煉瓦凹凸評価例

5. まとめ

本調査事例のように調査関係データのデジタル化はプロジェクトの実施内容の高度化に大きく寄与すると考えられる。また歴史的建造物分野では記録保存の観点からも有効な方法として位置付けられよう。ただし保存では長期的な視点が必要でありデジタル化では保存用ハード環境の変化が課題となる。デジタルデータの保存では継続的な保存はハード環境に依存しこの環境は時とともに変化する。そのため長期的には状況に応じた更新作業等が必要になる。したがって現状において記録保存を主体とする場合にはアナログ的保存方法も含めた効果的な保存方法を選択する必要がある。しかし今後デジタル化分野の技術革新は更に進歩すると考えられるため記録保存分野でも状況が好転する期待が持てよう。



図3 電子カルテトップ画面

【註】1)渡邊弘行,「蕨山反射炉維持管理事業での煙突壁面の外観画像調査」,土木学会第72回年次学術講演会概要集, p13-14(CS12-007), 2017年9月