

3D プリンターを用いた耐候性鋼材のさびサンプルの開発

日本橋梁建設協会 正会員 ○岩川 貴志
 日本橋梁建設協会 正会員 志賀 弘明
 日本橋梁建設協会 正会員 鈴木 克弥

1. はじめに

耐候性鋼橋梁は、公共工事の LCC の削減が強く求められる昨今の社会情勢に後押しされ、その実績を増やしてきた。日本橋梁建設協会（以下、当協会）調べでは鋼橋全体の中に占める耐候性鋼橋梁の比率は年々増加を続けており、2010 年時点で鋼橋全体の約 25%の割合まで増加している。しかし、耐候性鋼橋梁の適用環境や桁端塗装なども含めた構造詳細の指針が整備され浸透してきたのはこの 10 年程度であり、それ以前に建設された橋梁の中には、維持管理が十分になされていないことも重なり、損傷してしまった事例が報告されている。今、それらに対する補修・補強や維持管理手法の確立が必要な時期が来ている。

適切な補修・補強を行うためには、まず、適切に状態を評価し、診断する必要がある。当協会では、耐候性鋼材のさび状態の評価の精度向上を目的に、さび外観評価補助システム¹⁾として、従来の写真見本に加えて「さびサンプル」と「映像によるさび評価」による評価手法を提案している。この中で、さびサンプルは、図-1 に示すように、実際のさびを模して作られた立体模型であるため、写真よりも凹凸感が判りやすいという利点から、評価の参考ツールとして用いられてきた。しかし、これまでさび状態を手作業で再現していたという点で課題があった。今回、この課題に対して、昨今の技術開発によって実用化が進んできている 3D スキャナーと 3D プリンターによって実際の橋梁のさび状態をダイレクトに模型化する手法を試みたのでここに報告する。



図-1. さびサンプル（従来型）

2. 3D プリンターおよび 3D スキャナーの概要

3D プリンターは、3 次元 CAD で設計したデジタルデータや 3D スキャナーによって読み込まれた 3 次元データを基に、立体形状を断面にスライスして一層ずつ積層造形する装置であり、切削のように立体形状を作成する際の制限がほとんどなく、複雑な形状も造形が可能である。また、3D スキャナーは、物体の 3 次元データを計測する装置であり、従来、さびのように精緻なもののスキャニングは大型の装置が必要であったため、さびの計測には試験片のような小型ピースが用いられた。しかし、近年 3D スキャナーの軽量・小型・高性能化が進み、ハンディタイプの 3D スキャナーによりビデオカメラと同様の感覚で 3 次元の物体を撮影して高精度 3D

表-2. 3D スキャナー仕様表

Artec Spider	
	
色情報取り込み	可(色数:24bpp)
3D解像度(最大)	0.1 mm
3D精度(最大)	0.03 mm
被写体距離3D精度(最大)	0.03%(100cm)
テクスチャー精度	1.3mp
作業範囲	0.17m - 0.35m
撮影範囲(H×W)	90×70mm-180×140mm
撮影範囲(角度)	30x21°
ビデオフレームレート	7.5 fps
露光時間	0.0005 s
データ取得速度(最大)	1,000,000点/秒
寸法(H/D/W)	190×100×130mm
重量	0.85kg

表-1. 3D プリンター仕様表

ProJet®3500 HD Max	
	
材料	アクリル・プラスチック、100%リアルワックス
装置サイズ	749×1194×1511
造形可能サイズ	298×185×203mm(最大)
造形スピード	5mm/hr(最大)
積層ピッチ	0.016~0.032mm

デジタルモデルを創り出すことが可能となったことから、実橋のさびの 3D データ計測が現実のものとなった。表-1、表-2 に 3D プリンターおよびハンディタイプの 3D スキャナーの仕様表を示す。

キーワード 耐候性鋼, 維持管理, さび評価, 点検, 3D プリンター, 3D スキャナー

連絡先 〒105-0003 東京都港区西新橋6-11 西新橋光和ビル9階 (社)日本橋梁建設協会 TEL03-3507-5225

3. データ計測および3Dプリント

さび3Dデータは、供用されている耐候性鋼橋梁の現場にて採取した。図-2のように採取する鋼材面に対して真正面にスキャナーを向けながら、スキャナーを鋼材面に対して平行に動かし、採取対象範囲を読み取り後、スキャナーを僅かに傾けるなどしてさびの厚みの部分のデータも斜めから計測した。採取対象範囲は、ビニールテープで15cm四方の正方形を作り、目印として使用した。データ採取状況は、スキャナーと接続したPCの画面で確認しながら作業した。図-3は、今回さびサンプルの試作品を造形するにあたって使用した評点3の中でもやや悪い下フランジ下面の外観写真である。図-4は、図-3の写真の部位から採取したさび3Dデータである。また、評点2（うろこ状さび）から採取した3Dデータは図-5のように評点3との凹凸感の違いがよりはっきりと確認できる。



図-2. 3D データ採取状況



図-3. データ採取面外観写真(評点3)

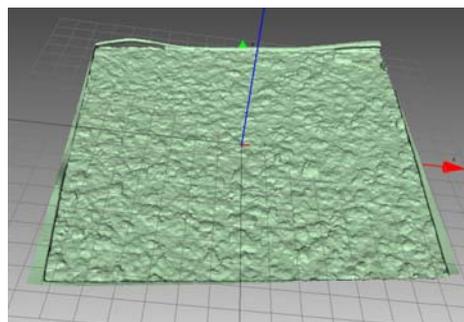


図-4. 採取したさび3Dデータ(評点3)

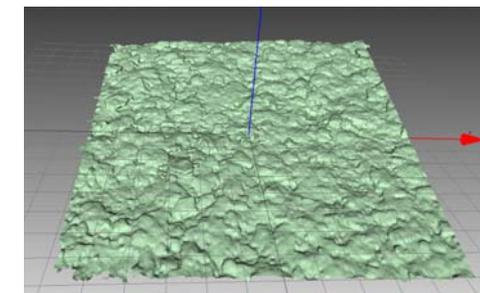


図-5. 採取したさび3Dデータ(評点2)

今回採取したさび3Dデータを3Dプリンターで造形するにあたって、浮きさびのエッジの下面で、鋼材面に対して正面からは見えない厚みの部分のデータが一部欠損していたためデータ補間を行った。これは、データ採取時にスキャナーを更に斜め傾けて、エッジ下面の部分を見き込むように計測すれば、欠損を減らしデータ補間作業を削減することができたと考える。なお、造形材料はVisiJet M3 Crystalを使用した。

4. まとめ

今回、ハンディタイプの3Dスキャナーを用いることで、実橋のさび3Dデータを採取し、3Dプリンターにてさびサンプルを造形することに成功した。図-3のさび面から造形したさびサンプルを図-6に示す。実橋に発生したさび状態を人為的な観点の介入なく、直接的にモデル化できたことで、さびサンプルの再現性はより高いものへと進化した。今回は、単色の材料にて造形後に染料で着色したが、今後は実際のさびの色も3Dプリンターにおいて直接的に再現できるようになる見込みである。



図-6. さびサンプル(3Dプリンター)

今回得られたさび3Dデータは、さびサンプルの製作という目的だけに留まらず、実橋のさび状態の記録として、維持管理にも活用できると考える。写真よりも多くの情報量を有する3Dデータであれば、経年変化の状況をより正確に把握できる。また、今後のデータ分析技術の向上により、3Dデータからの腐食量の推定や、より定量的な外観評価への発展も期待できる。更には、専門家による遠隔診断なども現実的なものとなることから、実橋のさび3Dデータを採取できた意味は大きいと考える。

謝辞: 本検討にあたり兼松エレクトロニクス(株)、(株)データ・デザイン、(株)イグアスの皆様に多大なるご協力を頂きました。ここに深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) 岩川他；耐候性鋼材のさび外観評価補助システムの開発，土木学会第68回年次学術講演会，I-189,2013年9月