

## 腐食した鋼引張り試験片の3次元形状の測定について

名古屋工業大学 学生会員 ○百合野 博光  
 名古屋工業大学 正会員 藤原 英之  
 名古屋工業大学 正会員 後藤 芳顕

### 1. はじめに

近年の既設構造物の維持管理に対する機運の高まりから、腐食した鋼材の残存耐力に関する研究報告も多数おこなわれている<sup>1)</sup>。腐食鋼材の力学性能を解析的に評価するにはその幾何学的な3次元残存形状を正確に評価し、解析モデルに反映することが重要である。とくに、引張り挙動には腐食による微細な幾何学形状の変化に起因する応力集中やひずみ集中が大きな影響を及ぼすと考えられる。しかしながら、その3次元形状を正確に計測するのは容易でない。ここでは腐食した鋼材の引張り試験片を対象に、既存の表面形状計測装置を用いて、幾何学形状を精度良く再現した3次元数値解析モデルを作成する手法を提案する。

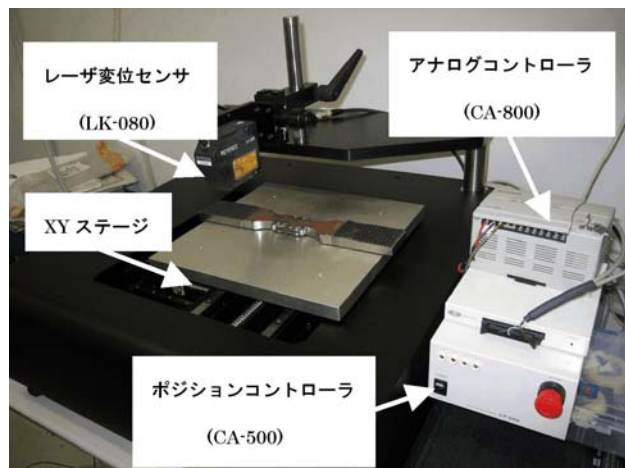


図-1 表面形状自動計測装置

### 2. 表面形状計測装置

本検討で使用した表面形状計測装置の全体図を図-1に、計測システムの構成を図-2に示す。これら図に示すように本装置はPC制御のXYステージとレーザー変位センサで構成されている。被計測物の最大サイズは30×30cm、表面凸凹は±15mmの範囲である。これら計測システムを構成する各要素は、分解能、直線性など計測誤差の原因となる種々の特性を有する。今回の計測対象は腐食面の微小な凸凹であることから、はじめに本計測装置の信頼区間の確認を実施した。検定の結果、XYステージの位置決め精度、レーザー変位センサの精度は共に0.01mmダイヤルゲージ（JIS B7503 準拠品）の誤差と有意な差がない範囲であること確認された。

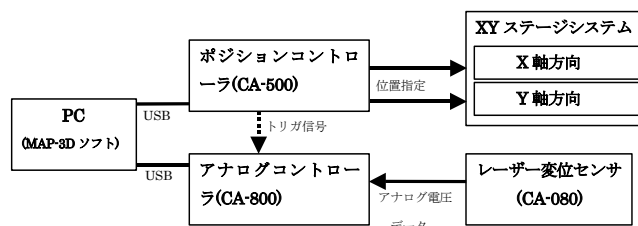


図-2 計測システムの構成

### 3. 表面、裏面の各計測データの結合方法

今回用いた計測装置は、被計測物体の表面の凸凹形状を三次元的に捉えるものであり、供試体の3次元形状を直接計測することはできない。従って数値解析で使用する多面体の3次元モデルを作るためには、個別に計測される供試体各表面のデータを結合する作業が必要となる。ここでは、各表面の

計測データから供試体の3次元形状を再現するために、各表面の計測時に同時に位置を計測される基準点を3点以上供試体内に設定し、その基準点に基づいて各表面を接合する方法を用いる。ただし、本計測装置では、決められた計測ピッチで離散的なデータを取得するため、予め設定した基準点の位置が各表面計測時に全て正



図-3 球体を使用した計測治具

キーワード： 腐食，表面形状，計測，レーザー変位計

連絡先： 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町名古屋工業大学構造研究室 TEL 052-732-2111

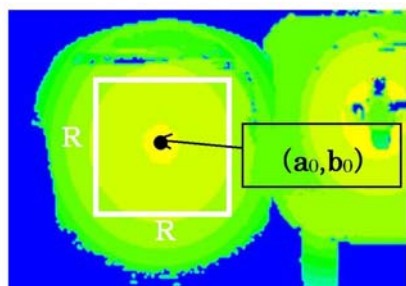


図-4 金属球体の計測例  
(白枠は一辺 R の正方形領域)

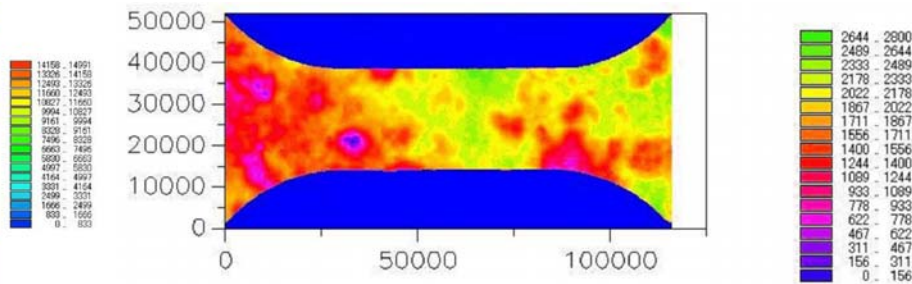


図-5 表面形状の計測例(単位  $\mu\text{m}$ )

確に計測されるように工夫が必要である。そこで、図-3に示す球体を用いた治具を作製し、球体表面の計測座標から計算される中心座標を基準点とすることとした。用いた球体の直径は11mmで、これにより計測ピッチを1mmとした場合でも50点程度の計測値から基準点を算定することができる。球体

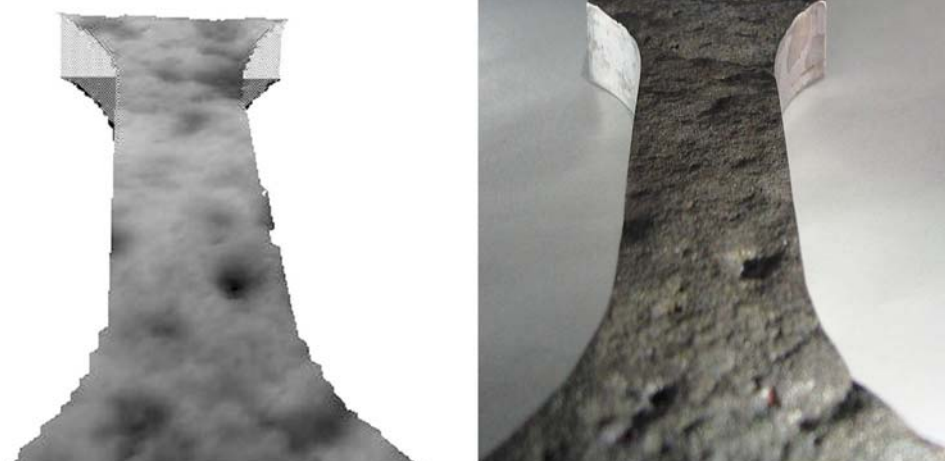


図-6 CGによる立体的な腐食形状の再現例（左:CG, 右:実写）

の計測結果は図-4のようになり、以下の手順で中心座標を計算する。

- ① 球体中心が含まれる十分広い領域内で Z 座標(鉛直方向)が極大となる X,Y 座標  $(a_0, b_0)$  を求める。
- ②  $(a_0, b_0)$  を図心とした X,Y 座標に平行な辺長 R の正方形領域内の球体表面計測データを抽出する。
- ③ 球体の中心座標  $(a, b, c)$  と半径  $r$  を変数として、式 (1) に示す各計測座標を用いた二乗誤差和  $\sigma_\Delta$  が最小となる  $a, b, c, r$  を決定する。

$$\sigma_\Delta = \sum_i^n \Delta_i^2 = \sum_i^n \left( \sqrt{(x_i - a)^2 + (y_i - b)^2 + (z_i - c)^2} - r \right)^2 \quad (1)$$

- ④ 正方形領域の辺長 R を変化させて①～③を繰り返す、解の収束性から最適解を決定する。

#### 4. 腐食鋼材の計測例

本計測装置を用いた引張り試験片の表面形状計測結果を図-5に示す。また、表と裏の2表面の形状計測結果から、ここで提案する手法で接合した3次元形状をCGにより再現したものを実写真とあわせて図-6に示す。なお、図に示す計測例では計測ピッチ  $100\mu\text{m}$  とした。また、計測に先立ち、表面に付着した錆を除去するため、被計測片は10%クエン酸水素三アンモニウムに72時間浸漬した。図-6に示すように、本論文で示した手法により腐食した試験片の3次元形状が精度良く再現できることが確認される。

#### 5. まとめ

腐食した鋼材の引張り試験片を対象に通常の表面形状計測装置を用いて得られた表面データを用いて精度良く3次元モデルを再現する手法を提案した。この手法は対象とする物体の形状や大きさには制限があるものの、引張り試験片の腐食形状を精度良く反映した数値解析モデルを容易に作成することができる。今後このモデルを用いれば局部的で微細な腐食形状の影響がより大きく現れる鋼材の伸びや延性破壊挙動を解析的に予測する手法を検討することも可能であろう。

#### 参考文献

- 1) 後藤芳顕, 川西直樹: 腐食や補修の影響を考慮した長期間の力学性能評価のための構造解析法の開発, 土木学会論文集, No.689/I-57, pp.85-100, 2001.