

画像情報技術を用いた地震下の既設鋼構造物の終局崩壊現象 可視化システムの開発

川田工業(株) 正会員 ○北村匡範 JIP テクノサイエンス(株) 正会員 和田眞禎
 (研究当時大阪市立大学大学院)
 大阪市立大学大学院 正会員 北田俊行 大阪市立大学大学院 正会員 山口隆司
 JIP テクノサイエンス(株) 正会員 丹羽量久 長崎大学工学部 正会員 松田 浩

1. まえがき 本研究では、既設構造物の形状などの位置情報を三次元画像計測から取得し、有限要素解析のための数値解析モデルを作成し、それを用いて弾塑性有限変位解析¹⁾を行い、得られた解析結果と撮影した既設構造物のデジタル画像情報から、地震時の終局状態などを高い現実感を備えて可視化再現するシステムを構築した。本研究で開発したシステムは図1に示す①形状認識サブシステム、②画像・形状データ作成サブシステム、③材料情報取得サブシステム、④数値解析サブシステム、および⑤可視化サブシステムの計5つのサブシステムから構成されている。

2. 鋼製箱型断面柱供試体を用いた本システムの検証 「形状認識サブシステム」において、鋼製箱型断面柱供試体の三次元座標をデジタル画像から取得するため、図2に示すように、供試体の角部をそれぞれ異なった2方向から、供試体を周回し全面を網羅する形で、供試体とC.F.（キャリブレーションフレーム）を撮影した。本サブシステムにより算出した三次元座標と実測値との比較を表1に示す。本サブシステムでは、レンズのひずみを考慮してその影響を除くよう補正している。なお、上段にひずみ補正前、下段にひずみ補正後の座標値を示す。この結果から、レンズのひずみ補正前後ともに、画像計測における一般的な許容誤差である5%以内に収まっている。特に、ひずみ補正後の計測値は1%未満の誤差にとどまっており、非常に高精度で計測が可能であることがわかる。

「画像・形状データ作成サブシステム」では、個々の座標系で算出された供試体の各面の三次元座標を回転させ、閉合誤差を最小にするように合成し、供試体全体の三次元座標を取得後、有限要素解析のための数値解析モデルを構築した。構築した数値解析モデルには若干の凹凸が見られ、これらは各面の三次元座標から供試体全体の三次元座標を取得する際の合成による誤差が積み重なったためと思われる。したが

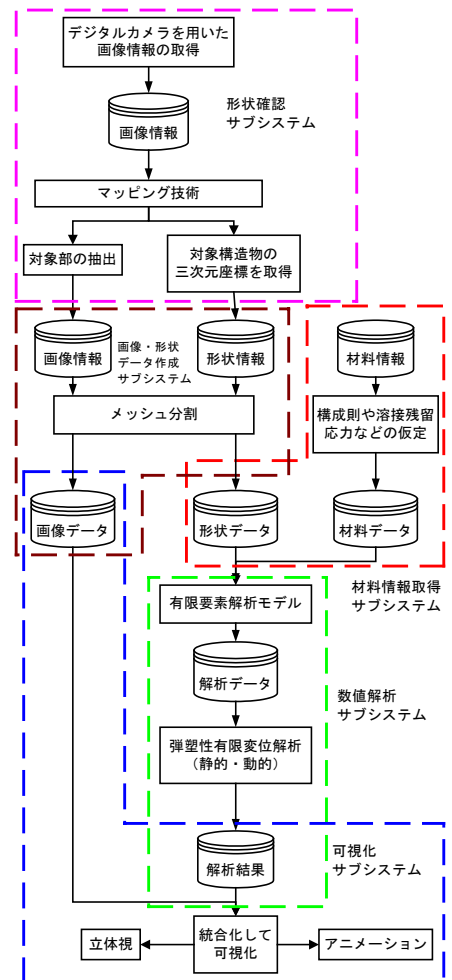


図1 本システムのフロー

表1 三次元座標の計測精度

		高さ方向(mm)		幅方向(mm)			
		実寸法	平均値	誤差	実寸法	平均値	誤差
Face1	補正前	250.0	253.07	1.23%	1355.0	1357.87	0.21%
	補正後	250.0	251.35	0.54%	1355.0	1351.88	0.23%
Face2	補正前	333.3	337.47	1.25%	1355.0	1367.48	0.92%
	補正後	333.3	334.37	0.32%	1355.0	1356.99	0.15%
Face3	補正前	250.0	262.09	4.84%	1355.0	1372.14	1.26%
	補正後	250.0	250.98	0.39%	1355.0	1357.25	0.17%
Face4	補正前	333.3	342.26	2.69%	1355.0	1361.05	0.45%
	補正後	333.3	327.51	1.74%	1355.0	1350.68	0.32%

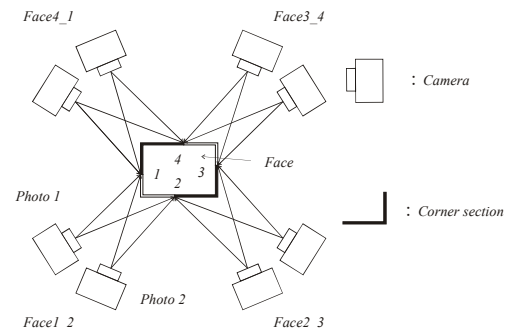


図2 計測位置

って、さらに高精度な数値解析モデルを必要とする場合には、より画素数の多いデジタルカメラを用いて、C.F.および計測対象点の抽出をより正確に行うことや、構造物の撮影時に、基準座標軸を数多く設けるなどする必要はある。

次に、「数値解析サブシステム」において、弾塑性動的応答解析を行った。入力地震波には、JR西日本鷹取駅地盤上NS成分を用いた。なお、画像計測から得る事のできない材料情報については「材料情報取得サブシステム」から取得することになっている。入力した地震波および解析結果を図3および図4にそれぞれ示す。

「可視化サブシステム」では、得られた解析結果から抽出した変位のデータと、「画像・形状データ作成サブシステム」で作成されたデジタル画像とを重ね合わせ、終局状態や地震動の挙動を図4に示すように表示させた。図4(a)はx方向の最大応答変位付近(4.3秒)を表示した結果である。なお、変形倍率は10倍である。これらのデジタル画像と図4(b)から、時刻歴応答結果および終局状態を写真上に再現できていることがわかる。さらに、図5(a)に示す可視化結果と図5(b)に示す解析結果から、局部座屈形状の再現もできている。

また、解析結果から抽出した応力データから変形状態を表示させた画像上に、応力コンターを表示した。表示した応力コンターを図6に示す。表示する応力は、 σ_x 方向の応力を指定している。ここでは、変形後の画像データに記録された対象構造物の要素内画素のRGB値を、圧縮側にR値(赤色)を、引張側にB値(青色)を用いた応力コンタースケールに変換し、応力度の違いを色の濃淡の違いによって表示させている。変形状態と応力コンターを同時に表示させることで、ある要素の応力下の変形状態が瞬時に判断できる。本研究では、解析結果を0.1秒毎で出力しており、地震時の挙動を400分割した400枚の画像を出力し、これらをアニメーションツールを用いて時系列にリアルタイムで再生を行った。それによって、構造物の地震時の挙動を直感的に体験できることを示した。

3. まとめ

1. 本システムは、市販のデジタルカメラと基準座標軸となるC.F.(キャリブレーション・フレーム)を使用することによって、既設構造物の三次元座標値を迅速に取得することができるとともに、安価で可搬性に優れている。そのため、老朽化した鋼橋の点検、診断を行う際、補修・補強箇所に関する三次元データを迅速かつ合理的に収集するのに有効である。
2. 鋼製箱型断面柱供試体では、約800点のデータに対して「形状認識サブシステム」から「画像・形状作成サブシステム」までの所用時間は1時間強であり、「可視化サブシステム」における可視化用の画像を作成するまでの所要時間は変形状態、応力コンターのいずれも30分程度である。

参考文献 1)USSP研究会:USSP ユーザーズ・マニュアル,理論編,Ver.3.0,日本構研情報社,1996.

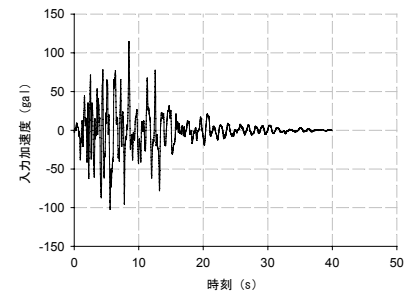


図2 JR西日本鷹取駅地盤上NS成分(1/6モデル)

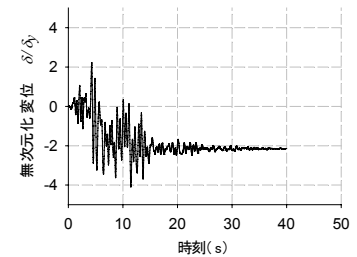


図3 弾塑性動的応答解析結果



(a) 可視化結果 (b) 解析結果

図4 最大応答変位付近の変形状態



(a) 可視化結果 (b) 解析結果

図5 変形状態を表示した画像の拡大図



図6 応力コンター表示結果