

複雑形状体の超音波探傷システムの開発

コンピュータグラフィックスの非破壊検査への応用

Development of an Ultrasonic Inspection System for Structures with Complex Configuration
Application of Computer Graphics to Non-destructive Inspection

(電力技術研究所 材料診断G)

形状が複雑なため、通常の超音波探傷法の適用が困難な火力発電所大口径蒸気管継手、ポンプ・弁等を対象とする新たな超音波探傷システムを川崎重工業㈱と共同で開発した。本システムはコンピュータグラフィックス(CG)の適用により、構造物の立体形状をCG上にモデル化し、それに探傷データを重ねてリアルタイムで三次元表示する。これにより、超音波ビーム伝搬方向を確認しながら現場探傷ができ、また、構造物中の欠陥の三次元位置を正確に把握することができる。

(Material Diagnosis Group, Electric Power Research & Development)

We have developed, jointly with Kawasaki Heavy Industries, Ltd., a new ultrasonic inspection system for steam pipe joints with huge internal diameters, pumps, valves, and the like in thermal power plants, which have complex configuration making the application of normal ultrasonic inspection difficult.

The present system, an application of computer graphics (CG), models solid shapes of structures on CG, and overdisplays flaw data to show a real-time 3-dimensional display. The system enables confirmation of the precise direction of ultrasonic beams and the detection of flaws on the spot, in addition to grasping the 3-dimensional position of flaw in structures precisely.

1 開発の背景

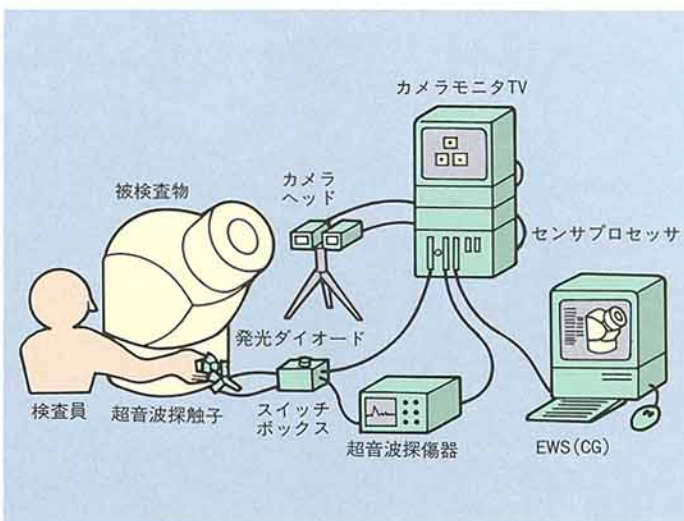
火力発電所の高圧高温機器は長時間の使用により、さまざまなダメージを受ける。そのため、内面にき裂が発生していないか等の綿密な点検・検査を行い、常にその健全性に注意が払われている。一方、これら内面欠陥の検査には通常、超音波探傷法が用いられるが、例えば大口径蒸気管継手、ポンプ・弁のケーシング等は形状が非常に複雑であるためき裂の検出が一般に容易ではない。それは、これらの機器が厚肉で内外面が曲面形状であるため、超音波がどのように伝わっているのかが解りにくく、また、とらえた欠陥がどの位置にあるのかの判定が困難であるからである。

これを解決するため、CGの採用により被検査物の立体形状と超音波ビームをリアルタイムで三次元グラフィック表示する、新しい超音波探傷システムを開発した。

2 開発システムの概要

機器構成とその外観を第1図、第2図に示す。開発システムは主として超音波探傷器・探触子、カメラユニット、センサプロセッサおよびCG用エンジニアリングワークステーション(EWS)から構成される。

本システムは第3図に示す探傷のフローに従って使用する。まず、CADシステムにより図面から対象構造物の三次元形状モデルを作成し、それをCG用EWSへ登録する。次いで、現場検査では超音波探傷器・探触子、位置測定カメラ系およびEWS等をセットする。検査のスタートに際しては実空間とCG上の空間との位置、スケール合せが必要である。これについては、CG上の被検査体形状上に座標点(3点)を予め登録しておき、それに対応する実構造物上の座標点を開発したシステムを用いて計測し、3点が成す相互の三角形の重心および法線ベクトルが等しいとして瞬時に決定する方法を考案した。



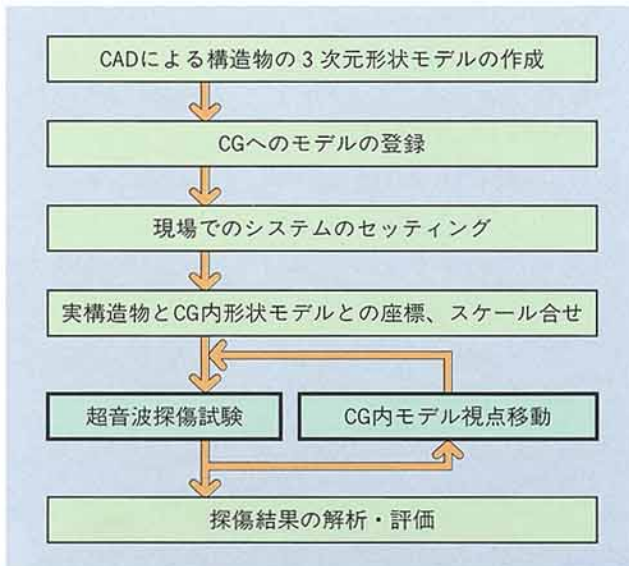
第1図 開発システムの構成



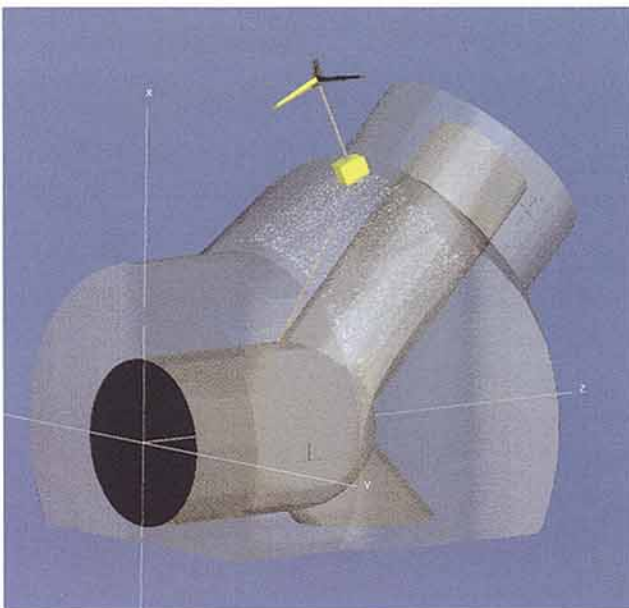
第2図 開発システムの概要

この座標合せの操作を行った後に、超音波探傷試験を実施する。この時、検査員は実対象物で探触子を走査しながら、その動きをCG画面の形状モデル上で見ることができ、超音波ビームの方向をあたかも実物を見る感覚で検査することができる。

本システムの要点となる位置の三次元計測は、マニュアルで走査する超音波探触子に取付けられた3個の発光ダイオードの位置を2台のカメラでとらえ、画像処理により計測する方法を採用した。この計測値から、探触子の位置座標および超音波ビームの伝搬方向が計算される。同時に、超音波が往復してきた時間から超音波の反射点すなわち欠陥の座標位置が計算され、探触子、超音波ビームとともに欠陥位置がCGの形状モデル上に表示される。



第3図 探傷のフロー



第4図 CG表示例 (外面半透明表示)

3 開発システムの性能

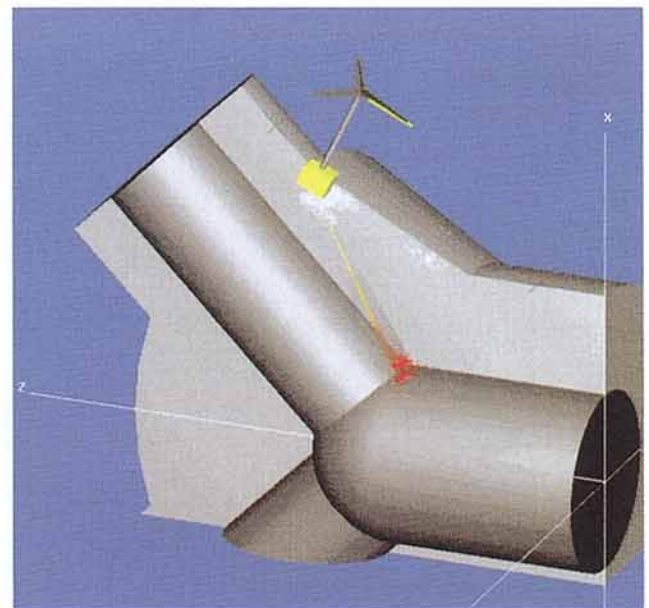
本システムの計測視野は、カメラと検査対象物の距離が1mの時、約1m四方である。また、探傷試験時に追従性で問題となる描画速度は、約33msec/1データであり、実用上十分なリアルタイム性を有している。

人工欠陥を内在したモックアップを用いて性能確認を行った結果を第4・5図に示す。内在させた欠陥は内面の疲労き裂を模擬した半楕円形状のものである。本システムはリアルタイムで超音波ビームの可視化ならびに視点の移動が可能なることから欠陥エコーと形状エコーとの識別が容易であるため、欠陥を効率良く検出でき、欠陥は見逃すことなくすべて検出できた。また、欠陥測定精度として、位置については最大でも±5mm、欠陥長さについては実長さに対して1~1.5倍の誤差範囲で評価でき、いずれも期待した良好な結果が得られた。

4 今後の展開

開発したシステムは、探傷技術者にリアルな情報を与える点、および誰にでもわかるように探傷結果を表示し、結果を保存するという点で、今までの超音波探傷技術の分野では画期的なシステムと考えている。

これまでの研究において原形が完成したので、今後は実部材での検証を重ね、さらに装置のコンパクト化を進め実用化をめざしたい。



第5図 CG表示例 (半割れ表示)