

平成 27 年度研究開発成果概要書

課 題 名 : 電磁波を用いた建造物非破壊センシング技術の研究開発
採 択 番 号 : 16501
個 別 課 題 名 :
副 題 : 建造物評価用 3 次元イメージングレーダ技術の開発

(1) 研究開発の目的

在来工法による木造家屋の健全性評価には、強度部材である、柱、梁、筋交いなどの状態を正確に把握することが求められる。これらの部材は、壁面の（内壁もしくは外壁）内部にあるため目視等による検査は不可能である。コンクリート構造でよく利用される打音検査や超音波検査などの非破壊検査手法は、壁面と構造部材との間に空間が存在するため、適用できない。X 線を利用する手法は可能であるが装置が大型化し、また周囲への影響を考慮すると使用しにくい方法である。これに対して電波は空気層を含む建材を容易に透過することから、こうした目的に最も適していると考えられる。

電波を用いた非破壊検査装置として地中レーダ(GPR)及びその応用機器が実用化されているが、これらはその主な対象が地中埋設物やコンクリート構造体であった。電波は媒質の電気的な性質によって伝搬、反射・散乱特性が大きく変化する。従って、木造家屋の健全性評価には、目的に適応した周波数を利用する新しい装置の開発が必要である。

個々の研究開発項目として

- 木造建築物用部材の電気的特性計測
- アレイ型 GPR の単体性能検証
- 高精度位置追尾装置の試作
- データ統合システムの開発

以上の 4 項目を実施することにより、プロトタイプの基本構成要素を確立させ、最終年度におけるプロトタイプ製作の足掛かりとする。

(2) 研究開発期間

平成 24 年度から平成 28 年度 9 月末 (4 年間半)

(3) 実施機関

東北大学<代表研究者> (実施責任者 佐藤 源之)、三井造船 (株)

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 404 百万円 (平成 27 年度 91 百万円)
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発課題と担当

課題 1. 木造建築用部材の電気的特性の計測

課題 1-1. 計測器、計測場所の提供 (情報通信研究機構)

課題 1-2. 計測の実施 (東北大学、三井造船)

課題 2. 高精度 3 次元イメージングレーダの開発

課題 2-1. 高精度イメージング技術 (東北大学)

課題 2-2. 3 次元イメージングレーダ技術 (三井造船)

課題 2-3. 疎行列アレイレーダ (SPA) システム設計・試作 (三井造船)

課題 2-4. 疎行列アレイレーダ (SPA) システム評価 (東北大学)

(27-1)

- 課題3. 高精度3次元イメージングレーダに関する実証実験
 - 課題3-1. 高精度イメージング技術の実証（東北大学）
 - 課題3-2. 3次元イメージングレーダの実証（三井造船）
- 課題4. 診断助力システムの構築と評価
 - 課題4-1. 診断助力システムの基本技術（東北大学）
 - 課題4-2. 診断助力システムの詳細技術（三井造船）
- 課題5. 開発した装置の電波利用に関する検討
 - 課題5-1. 計測による評価（東北大学）

(6) これまで得られた成果（特許出願や論文発表等）

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	3	2
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	2	0
	その他研究発表	25	5
	プレスリリース・報道	4	0
	展示会	11	2
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

課題2. 高精度3次元イメージングレーダの開発

- ・課題2-1. 高精度イメージング技術

イメージングレーダに適した高精度位置追尾システムとして、光学カメラ方式と超音波方式の装置を検討した。光学カメラ方式は比較的安価に使用できる利点がある反面、屋外では誤動作が多くなる問題のあることがわかった。そこで当面超音波方式のシステムをレーダに取り付けて壁面を走査し、電磁波による壁面内部計測と同時に走査した方向を記録できることを確認した。

スパースアレイレーダは、リニアアレイレーダに比べてレーダ位置計測の精度が要求されないことから、レーダシステムの開発に合わせた計測技術を選定する。

- ・課題2-3. スパースアレイレーダ（SPA）システム設計・試作

2次元配列したアンテナをまばらに配置し、壁面を走査する必要なしに、3次元画像をほぼリアルタイムに得ることができる装置を目指す。前年度に実施した試作1号機の実験結果を反映させた2号機用の高周波回路について設計および試作を実施した。レーダ方式としてはこれまでと同じステップ周波数方式を採用しながら、周波数帯域を4~8GHzから0.1~8GHzへと拡張し、チャンネル数を送信8ch、受信8chから送信16ch、受信16chへと増加した。

課題3. 高精度3次元イメージングレーダに関する実証実験

- ・課題3-1. 高精度イメージング技術の実証

10-20GHz帯域を利用して、実物大家屋模擬試験体を対象とするデータを取得した。課題2-1で開発する高精度イメージング技術の検証を進めた。特にスパースアレイのアンテナ配列を最適化する研究を進めた。現時点で、送受信8chずつのシステムを利用して、1m四方程度の領域を一度に計測できることを実験的に確かめられた。

- ・課題3-2. 3次元イメージングレーダの実証

32chのアレイ型GPRのプロトタイプを用いて、壁モデルおよび家屋模擬試験体のイメージングの実証を行った。石膏ボードなどの内壁材を透過して内部構造材の明瞭な映像を得ることに成功した。この結果を課題4で開発した診断助力システムに利用した。また、神奈川県にある一般の木

(27-1)

造住宅についてもプロトタイプレーダを適用し、イメージングアルゴリズムの有用性を実証することが出来た。

課題 4. 診断助力システムの構築と評価

・課題 4-1. 診断助力システムの基本技術

診断をアシストするための機能として診断助力システムを構築し評価する。耐震診断の流れにおけるレーダ装置適用の役割をつかむために、木材関連の専門家の意見を取り入れた結果、レーダの画像から壁面内部の筋交いの位置、太さを把握することが重要であるとの結論を得た。

こうした目的に対しては、高分解能のレーダイメージは必ずしも必要なく、リニアアレイレーダによる粗い計測、またスパースアレイレーダによる2次元計測が有効であると考えている。

・課題 4-2. 診断助力システムの詳細技術

課題 4-1 で得られた結論に沿って、レーダ計測によって得られたデータを3次元画像としてだけでなくイメージング結果を数値データ（反射強度）として取り込むこととした。取り込まれたデータをシステムに統合することで、筋交い木材に関する情報の認知度合いを高めることに成功した。また本システムを耐震診断ソフトウェアと併用することで、試験的な機能評価システムを構築することが出来た。