

サブテラヘルツ波によるコンクリート内部を透視する技術 で鉄筋腐食状態を推定

非破壊・非接触で情報を得られるサブテラヘルツ波を利用した装置
を開発して、予防保全型の維持管理体系の構築を実現する

* * *

株式会社コンステック（大阪市／社長 茶家義明）、芝浦工業大学（東京都江東区／学長 山田純） 建築学部・デザイン工学部、東北大学大学院工学研究科（仙台市／工学研究科長 伊藤彰則） 都市・建築学専攻は、共同で「サブテラヘルツ波によるコンクリート中の鉄筋腐食評価技術の研究開発」を行っています。

本研究開発は、令和 3 年度～令和 5 年度まで、国土交通省 住宅生産技術イノベーション促進事業 課題名「サブテラヘルツ波を適用した鉄筋コンクリート造集合住宅の予防保全システムの開発」にて採択され、助成を受け着手しました。

■ 研究の背景

住宅・建築物を長期に健全な状態で活用し、維持管理コストを低減するためには、劣化が顕在化する前に対策を行う予防保全による維持保全が求められています。従来の目視や打診を中心とした調査は、劣化が顕在化する以前の情報を把握することはできませんでした。

このような問題点を解決するため、非破壊・非接触で、コンクリート中の鉄筋の腐食化傾向や腐食要因を把握する技術を開発しました。少ない手間で多くの情報を得る調査により生産性の向上を図り、構造物調査の実施率の向上、および予防保全型の維持管理体系の構築を目標としています。

■ 研究の概要

○サブテラヘルツ波の現状

・サブテラヘルツ波とは

周波数 10GHz～300GHz (0.01THz～0.3THz) 程度の周波数帯の電磁波のことで、テラヘルツ波と同様に、コンクリートなどの非極性物質に対する透過性が高く、水などの極性物質に吸収され、金属に対しては高い反射性を持つ電磁波です。このサブテラヘルツ波の特性を

利用してコンクリート中の鉄筋の状態を評価する技術を開発しました。

・サブテラヘルツ波の反射強度変化による評価

本技術開発では、7.5～20GHz 程度の比較的低周波のサブテラヘルツ波による評価を用いました。サブテラヘルツ波をコンクリート表面から入射し、コンクリートおよび鉄筋からの反射波の強度によって、鉄筋位置や腐食度を評価します。鉄筋からの反射波を二次元的に表現したコンター図を図 1 に示します。図中の破線が鉄筋の位置です。かぶり厚さ 50mm 程度までの鉄筋を評価することが可能です。

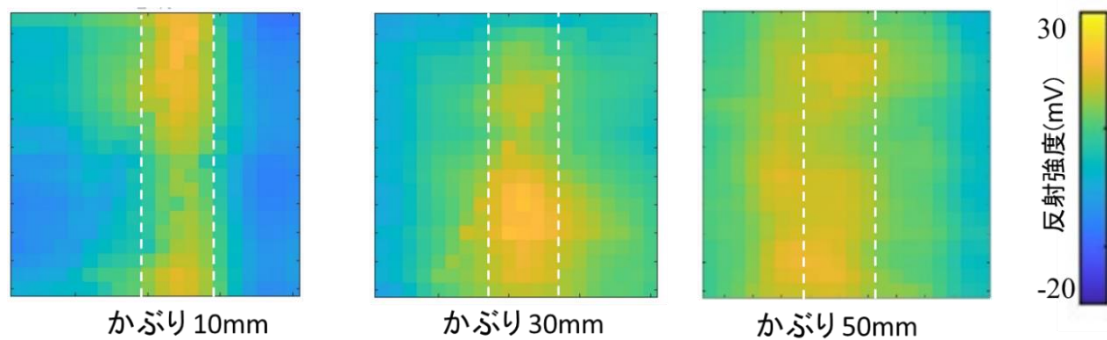


図 1 サブテラヘルツ波反射強度の二次元コンター表示

・かぶり 10mm における鉄筋腐食度評価

鉄筋の腐食により反射強度が小さくなる特性を利用し、鉄筋位置とコンクリート位置の反射強度の差分値と鉄筋の質量減少率の関係をあらかじめ求めておき、鉄筋の腐食度を非破壊・非接触的に評価します。図 2 に腐食度の異なる鉄筋のコンター図、写真 1 に鉄筋腐食の試験体の例を示します。

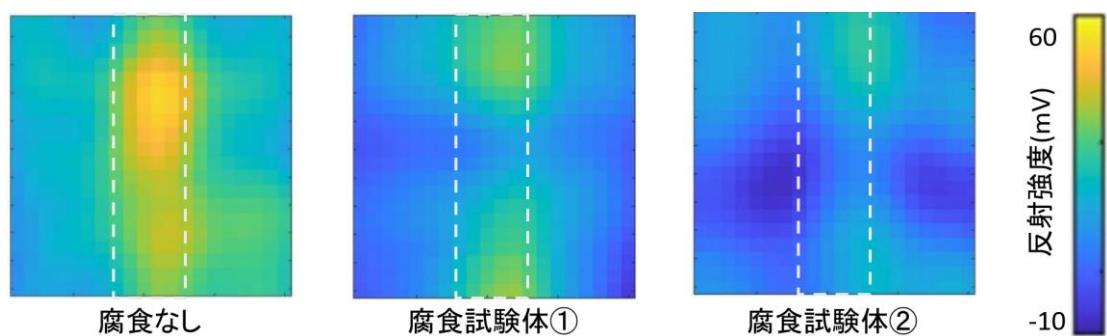


図 1 腐食度評価

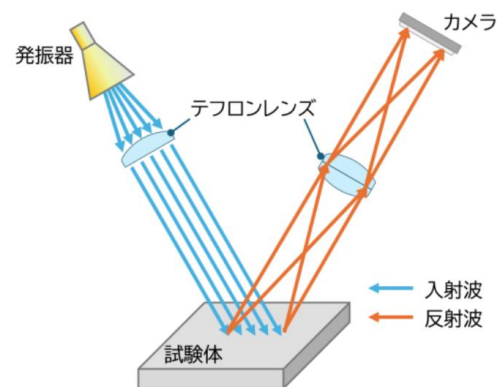
	
測定した鉄筋腐食試験体②	腐食なし 試験体①1.12% 試験体②1.64%
写真 1 鉄筋腐食の試験体の例	

○構造物測定に向けた取組

実構造物に適用可能な可搬型の測定装置（近接評価用・遠隔評価用）を構築しました。



近接評価用測定装置



装置概念図

図 3 開発した測定装置の例

寸法・重量：約 200×300×200mm・約 5kg

電源：ポータブル電源による電源供給(400Wh で約 10 時間測定可)

概要：樹脂製ブレッドボード上に反射型測定系および発振用電源を設置し、架台に置いたレール上でブレッドボードを水平移動することで二次元測定を行うことが可能です。検出器をカメラとすることで三次元での評価も可能になります。図 3 の写真と概念図はカメラを用いた測定系の構成です。

この装置では、装置の可搬性、セッティングに要する時間、腐食度評価の可能性、ポータブル電源による電源の安定供給等を確認しました。

実構造物への適用を考え、開発した装置によるコンクリート中の鉄筋腐食度の測定・評価フローを検討しました。図4 コンクリート中の鉄筋腐食度の測定・評価フローに示すように電磁波レーダ装置を併用する場合と、サブテラヘルツ装置のみで鉄筋位置情報を取得する場合に分け測定することにより、サブテラヘルツ波の情報から、鉄筋腐食の有無の判断、腐食開始初期における鉄筋の質量減少率の推定が可能となります。

本フローについては、実験結果から検討作成したものであり、実構造物への適用では適宜修正されます。

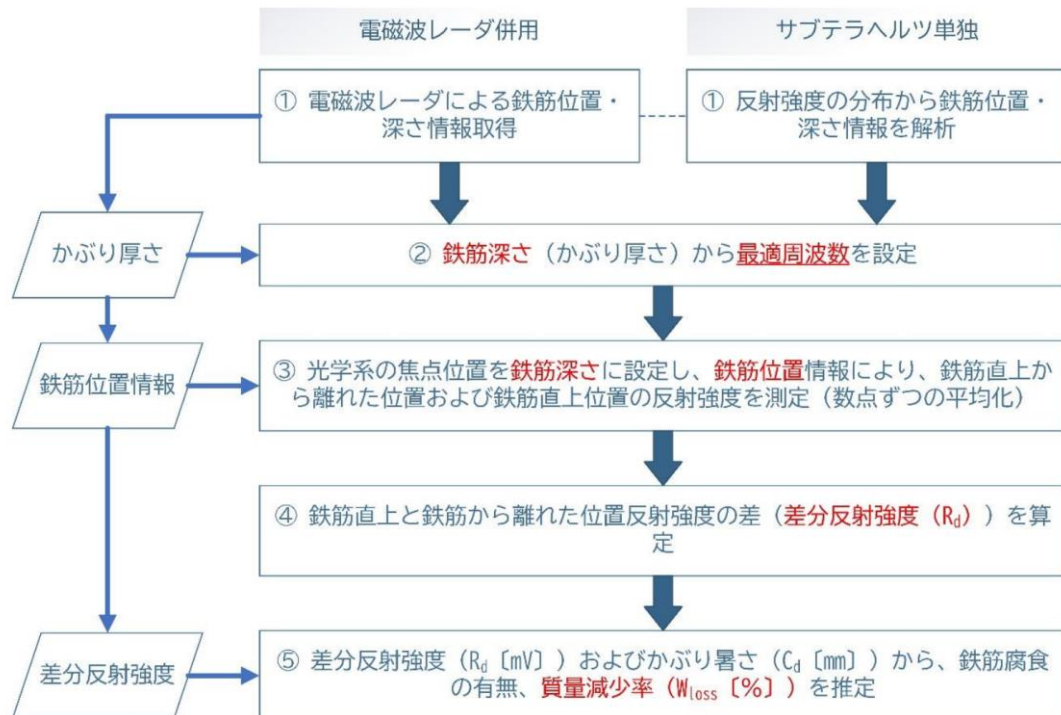


図4 コンクリート中の鉄筋腐食度の測定・評価フロー

■ 今後の展望

現在は、実構造物で得たデータが少ない状態です。今後は、サブテラヘルツ技術を用いた実構造物での測定を想定した実験を行い、予防保全、長寿命化に有用な測定技術として確立するための取組みを行う予定です。

■ 関連発表論文

- ・ 疋島宗哉、濱崎仁、田邊匡生、西脇智哉、田中章夫、佐藤大輔、清水耕史、原星海、藤井翔：サブテラヘルツ波によるコンクリート内部の鉄筋腐食の非破壊・非接触型推定手法に関する研究(その1 含水率,塩化物イオン量,鋼板の腐食による影響についての評価)、日本建築学会大会 (北海道)、学術講演梗概集、pp.395-396、2022.7
- ・ 疋島宗哉、濱崎仁、田邊匡生、西脇智哉、田中章夫：サブテラヘルツ波によるコンクリート内部の劣化因子および鉄筋腐食状況の非破壊・非接触型推定手法に関する基礎的検討、日本非破壊検査協会、シンポジウム「コンクリート構造物の非破壊検査」、pp.53-56、

2022.8

- ・ 疋島宗哉、濱崎仁、田邊匡生、西脇智哉、田中章夫、佐藤大輔、小林大知、有田剛士、藤井翔：サブテラヘルツ反射波による鉄筋コンクリート構造物を対象とした非破壊試験に関する基礎的検討 その2：内部鉄筋の可視化および腐食状況の評価手法の検討、日本建築学会大会（近畿）、学術講演梗概集、pp.199-200、2023.9
- ・ 疋島宗哉、濱崎仁、荒川璃音、田邊匡生サブテラヘルツ波を用いたコンクリート中の鉄筋腐食に対する非破壊・非接触型評価手法の検討：日本コンクリート工学会、コンクリート工学年次論文集、Vol.45、No.1、pp.1282-1287、2023.7
- ・ 濱崎仁、疋島宗哉、田邊匡生、佐藤大輔、倉品吏玖・サブテラヘルツ波を用いたコンクリート中の鉄筋腐食に対する非破壊・非接触型評価手法に関する研究、日本実験力学会：実験力学、Vol.24、No.2、pp.50～58、2024.6*

※2024年8月9日にJ-STAGE (<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jjsem/-char/ja/>) で公開予定

芝浦工業大学とは

工学部／システム理工学部／デザイン工学部／建築学部／大学院理工学研究科

<https://www.shibaura-it.ac.jp/>

理工系大学として日本屈指の学生海外派遣数を誇るグローバル教育と、多くの学生が参画する産学連携の研究活動が特長の大学です。東京都（豊洲）と埼玉県（大宮）に2つのキャンパス、4学部1研究科を有し、約9,500人の学生と約300人の専任教員が所属。2024年には工学部が学科制から課程制に移行。2025年にデザイン工学部、2026年にはシステム理工学部で教育体制を再編し、新しい理工学教育のあり方を追求していきます。創立100周年を迎える2027年にはアジア工科大学トップ10を目指し、教育・研究・社会貢献に取り組んでいます。

建築学部 濱崎仁研究室

<https://www.shibaura-it.ac.jp/faculty/laboratory/00298.html>

デザイン工学部 田邊匡生研究室

<https://www.shibaura-it.ac.jp/faculty/laboratory/00214.html>

東北大学大学院

工学研究科都市・建築学専攻 西脇智哉研究室

<https://www.lcel-tu.com/>

株式会社コンステック

技術本部

<https://www.constec.co.jp/>

取材に関する問い合わせ先

学校法人 芝浦工業大学 入試・広報連携推進部企画広報課 原田

TEL 03-5859-7070 FAX 03-5859-7071 E-mail koho@ow.shibaura-it.ac.jp

以上