

電磁波レーダ法を用いた実大壁モデルの壁内構造材における 非破壊劣化検知方法の検討

(広大院工) ○黒塚ひとみ、森 拓郎、(積水ハウス) 馬場 祐、高橋一聡

【緒言】

木造住宅の長寿命化を目指すために、木材劣化とその残存耐力性能に関する研究や、壁内の様子を確認するための非破壊検知技術に関する研究が進められている¹⁾。近年RC造の分野では、機器の進歩と画像解析技術が進歩したことで建設現場でも非破壊検査が行われている²⁾が、木造への適用例は少ない³⁾。そこで本研究は、電磁波レーダ法を用いて木造建築における壁内構造材の劣化状態を非破壊で壁越しに検知する方法を確立することを目的とする。

本実験では壁内構造材の腐朽劣化につながる高含水率状態を判別するために、電磁波レーダ方式のコンクリート内部探査機を用いて、各計測条件における様々な含水率状態の壁内構造材がどのように検出されるか、検出の際に接合金物がどのような影響を与えるかを実験的に検討した。

【試験体概要】

図1、表1に試験体諸元を示す。壁内構造材は4層集成材のスプルース(W)、スギ(S)を用いた柱材と、オウシュウアカマツ(R)を用いた間柱材の表面に合板を張り付けたもので、含水率、金物の取付方向の異なるものを合計62体用意した。水中養生を行い、期間を変えることで試験体ごとの含水率に分布をもたせた。また間柱材については、合板側に湿らせたキムタオルを付着させることで表面を高含水率状態とした、片面吸水材も用意した。含水率は標準状態を12%として重量から算出し、予測含水率とした。実大壁モデルはサイディング仕様(A面)と陶板外壁仕様(B面)(H=1490mm、L=2000mm)の2種類とした。図2のように、屋内側から構造材を合板切り欠き部にはめ込めるように設計し、屋外側で計測器を走らせる仕様とした。

【電磁波レーダ法による探査方法】

図3にRC躯体内鉄筋探査時における画像表示データの一例を示す。計測機器は電磁波を放射し、反射波を受信しながら躯体表面を移動する。この際、横軸に計測機器の移動距離、縦軸に電磁波の伝播時間(奥行方向の距離)を並べ、反射率の異なる境界面を濃淡で表示することでコンクリート内の鉄筋が可視化される。本実験では、計測機器は周波数の異なるXT(2700MHz)、Cube(2300MHz)、LT(1600MHz)の3種類(SIR-EZ、KEYTEC製)を用いた。

【実験結果】

構造材の表面含水率：図4に、構造材がない場合と各含水率の構造材をはめ込んだ場合の画像を示す。ただし壁内の誘電率が一樣でないため奥行方向の目盛りは除いている。⑥より構造材表面が山形(赤丸)に表示され、柱と間柱では山形の幅が異なって表示されることがわかった。表面含水率の状態は山形部の濃淡で判断し、構造材が高含水率になるほど(反射率が大きい境界面ほど)明瞭な濃淡で表示された。奥行方向の濃淡(青丸)は金物表面または多重反射による表示と考えられる。②の標準状態では奥行方向の濃淡が明瞭となったのに対し、③-⑥の高含水率状態

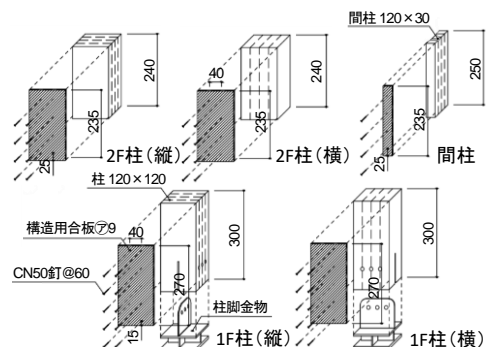


図1 試験体概要

表1 試験体一覧

		柱				間柱
		1T	1Y	2T	2Y	
樹種	W	6	6	6	6	-
	S	6	6	6	6	-
	R	-	-	-	-	14
養生条件	水中	8	8	8	8	8
	片面吸水	-	-	-	-	2
	標準状態	4	4	4	4	4

記号の意味

1TW-53

①②③ 予測含水率

①形状 1: 1F(金物有) 2: 2F(金物無)
②金物方向 T: 縦 Y: 横

③樹種

W: スプルース

S: スギ

R: オウシュウアカマツ

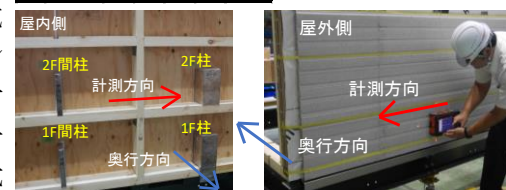


図2 計測概要(左: 壁モデル室内側の様子、右: 計測の様子)

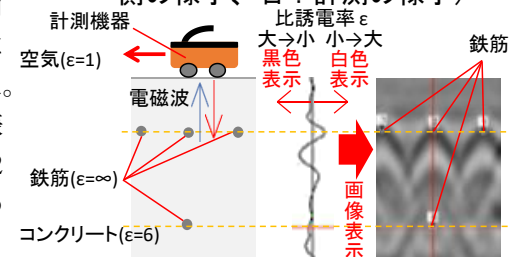


図3 RC 躯体内鉄筋探査方法²⁾

では全て山形部での濃淡が明瞭となった。これは高含水率材の表面で電磁波が反射し、奥行方向まであまり届かなかったためと考えられ、含水率がおおよそ 50%以上の高含水率状態と標準状態の判別は可能であることがわかった。図 5 より①の片面吸水と②、③の水中養生を比較すると、①の片面吸水と予測含水率の近い②よりも、おおよそ 90%の③とほぼ同等の結果となった。これより①の構造材の表面含水率状態が③とほぼ同等であったと考えられ、得られる画像は表面含水率状態による影響が大きいことがわかった。図 6 より①A 面と②B 面、②W と③S を比較すると、壁や樹種による違いは見られなかった。図 7 より機種で比較すると、表面の含水率状態を示す山形部では周波数帯域による違いはみられなかった。②Cube で奥行方向の濃淡が薄いように見えるが、計測幅が小さいため他の機種と同じ中心位置を計測しても金物部を通過しなかったためと考える。

金物による影響：図 8 に含水率、金物取付方向の異なる画像データを示す。上下段で比較すると②、③の金物がある場合についてそれぞれ奥行方向で異なる反応がみられたが、全てにおいて山形部の濃淡に①の金物がない場合との違いは見られず、柱脚金物の有無は表面含水率の判別には支障がないことがわかった。また標準状態（上段）において、奥行方向に着目すると金物形状を推定できる可能性がみられた。上段①の金物がない場合の多重反射の形状と、②、③の金物がある場合の奥行方向の反応の違いを比較すると、上段②の矢印で示す部分では真ん中に鋭角に反応が集中しているのに対し、③の矢印で示す部分では真ん中の反応が平らに見えた。これは金物プレートの向きが影響しているためと考える。一方、高含水率状態（下段）の奥行方向では構造材表面における電磁波の反射率が大きく、内部の金物取付方向の推定は難しかった。

【まとめ】

電磁波レーダ法を用いた壁内構造材の劣化状態を非破壊で壁越しに検知する方法を確立することを目的に実験を行った。実験の結果、接合金物の有無、壁の種類、樹種、使用機器の周波数帯域はあまり影響せず、おおよそ 50%以上の高含水率状態と標準状態は画像データから判別することができた。また、画像データより内部の金物形状の推定を行える可能性が見出された。

【謝辞】

本実験をするにあたり KEYTEC 株式会社の株本重雄様、石谷昌宏様にご協力いただきました。心から感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 森 拓郎と他3名：高周波を用いた壁内部の空洞検知技術開発のための基礎実験～その2 壁モデルを用いた計測、第69回日本木材学会大会研究発表要旨集、N15-P-11、2019
- 2) 荒金直樹と他2名：プレキャスト複合コンクリート部材の内部空隙の探査手法に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.903-904、2018.
- 3) Yoshihisa Fujii と他8名：Development of Radar Apparatus for Scanning of Wooden-wall to Evaluate Inner Structure and Bio-degradation Non-destructively, 2nd International Conference on Structural Health Assessment of Timber Structures (SHATIS'13), Trento, Italy, 2013.

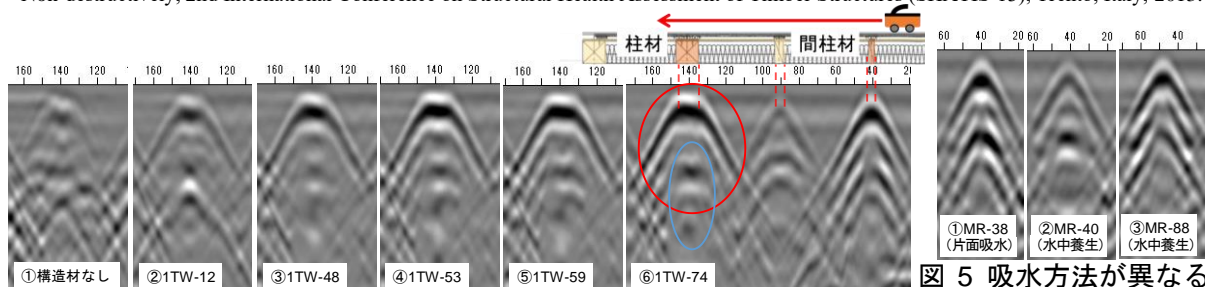


図 5 吸水方法が異なる壁内間柱材探査画像

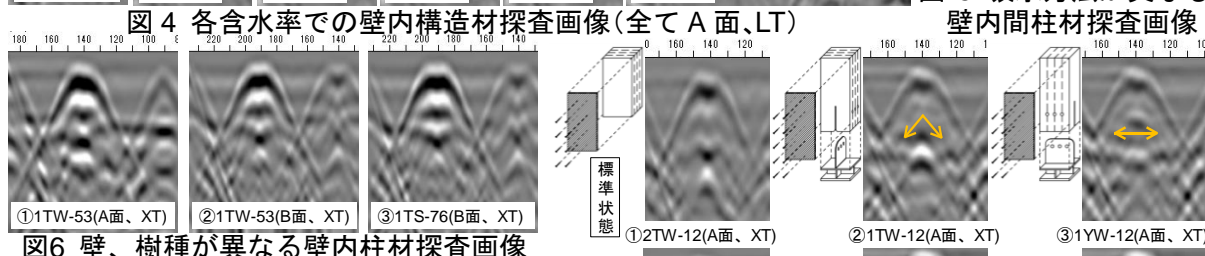


図 6 壁、樹種が異なる壁内柱材探査画像

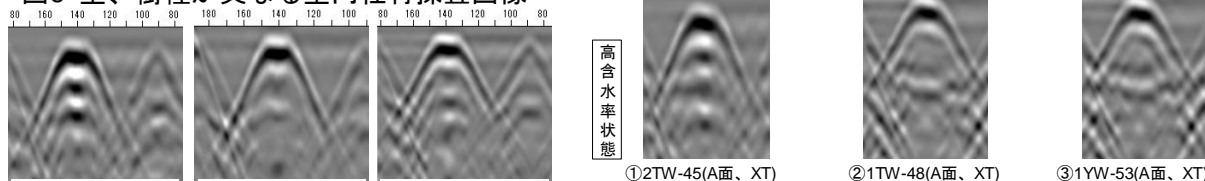


図 7 計測機器が異なる壁内柱材探査画像

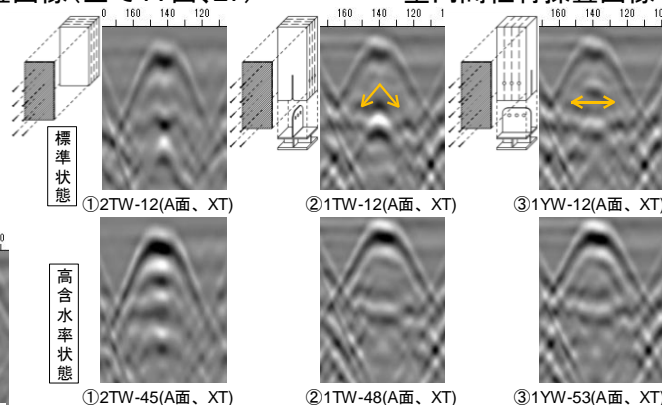


図 8 金物形状が異なる壁内柱材探査画像
(上段：標準状態、下段：高含水率状態)