

木柱材端部の不具合が打撃音に及ぼす影響

Influence of Damaged Part at the Edge of Wooden Column on Impact Sound

藤森 繁* 田代 彬**

Shigeru FUJIMORI Akira TASHIRO

Summary

More than 50% of houses in Japan are wooden house. For the reason, demand of maintaining wooden house will continue to increase more. Most importance of maintaining wooden house is early detecting damage, e.g. termite, decay and so on. In this research, as a first step of damage detection on structural member of wooden house, it was examined that damaged part at the edge of wooden column effects on impacting sound at a distance from damaged part. As a result, it was suggested possibility that damages at the edge of structural member can be detected by the dominant frequency and spectral graph of FFT analysis of impact sound.

キーワード : 虫害, 不具合検知, 打撃音, FFT 解析, 卓越周波数

Keywords : termite damage, damage detection, impact sound, FFT analysis, dominant frequency

1. はじめに

日本においては、全住宅建物に占める木造建物の割合が 50%以上を占めており、今後も木造住宅の需要が急速に減少することはないものと推察される。そのため、木造住宅の維持管理の需要は今後も増加すると考えられる。木造住宅の維持管理では、虫害や腐朽などの生物劣化を可能な限り早期に発見し、必要な補修・部材交換等を行っていくことが最も重要な事項となるが、木造住宅における生物劣化の多くは床下や土台などの直接の検診が難しい箇所が発生することがほとんどである。

これまでも、木材中の虫害、腐朽などの生物劣化や不具合を非破壊的に検知するための様々な手法が検討されている¹⁻⁴⁾ものの、多くは不具合箇所を直接検診することによって得られた情報を健全部と比較し、その差異から不具合箇所を特定する方法であり、不具合箇所から離れた位置からの検知を試みた例は非常に少ない。

そこで本研究では、不具合箇所から離れた位置での

打診による不具合箇所の検知方法を検討するために、その準備段階として、端部に欠損部を有する木造住宅の柱部材をモデルとした角材を用いて、不具合箇所から離れた位置でのハンマー打撃によって得られる打撃音を分析することで、不具合が打撃音に及ぼす影響について検討した。

2. 実験の概要

2.1 試験体の概要

試験体は、シロアリによる食害を想定し、スギ角材の材端下部に中央・端部・内部を欠損させたものを使用した。試験体の寸法を表 1 に示す。また、試験体底面の欠損形状を図 1 に示す。また、各試験体の欠陥位置と打撃点を図 2 に示す。欠損部の深さはすべて 100mm とした。

柱は通常、壁・梁・土台と緊結されていることから市販の L 型アンクルで製作した治具によって、構造試験用鉄骨フレームに底面で固定した。試験体である柱の底面は土台を想定したスギ角材(長さ : 400mm, 幅 : 120mm, 厚さ : 120mm)上中央部に Z 金物で固定した。

* 大同大学工学部建築学科

** 元 大同大学工学部建築学科 学生

また、束柱などを想定し、各欠損材の下部固定の有無による打診音に及ぼす影響について検討するため、柱下

部を土台に固定しない場合についても併せて検討した。

2.2 実験方法

表1 試験体の寸法

試験体名	樹種	長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)	欠損部位置	欠損体積 (mm ³)	打撃面
健全材	スギ	1000	120	120	なし	なし	A
中央部欠損材					下部中央	100×50×120	A B
端部欠損材					下部端部	100×50×120	A B C
内部欠損材					下部内部	100×[(80×80)-(20×20)]	A

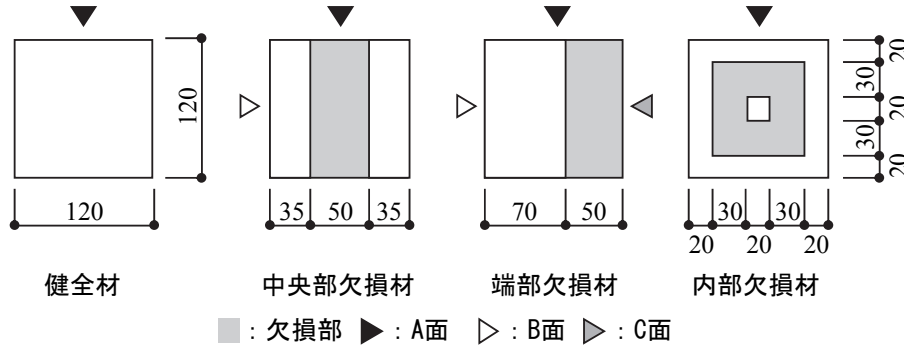


図1 試験体底面の欠損形状

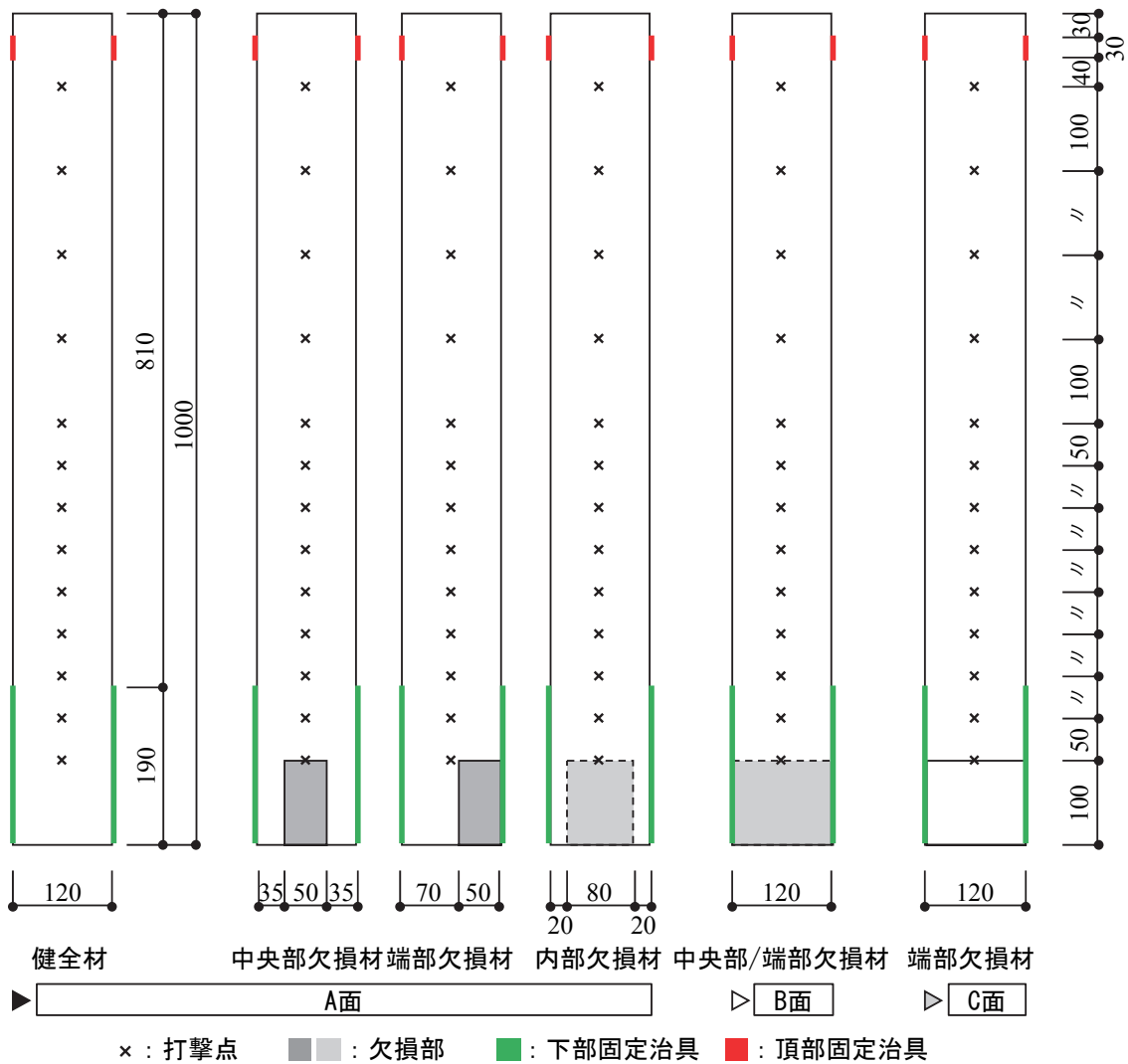


図2 試験体立面の概要

実験は、均一な力で打撃するために振り子を用いて、図 2 に示す各打点を 1 回ずつ、打撃棒で打撃した。打撃面は健全材と内部欠損材は A 面のみ、中央部欠損材は A 面と B 面の 2 面、端部欠損材は A、B および C 面の 3 面を打撃した。また、打撃音は IC レコーダーを用いて、打撃点から水平方向に 150mm 程度離れた位置で採取した。

2.3 実験データの解析方法

採取した打撃音は、FFT アナライザを用いてスペクトル解析を行い、打撃音の卓越周波数・音圧比を算出した。卓越周波数は、フーリエスペクトル中の 60Hz 以上で最も高い周波数とした。また、打撃音のレベルのばらつきを実験結果から除去することを目的に、フーリエスペクトルの最大値で正規化し音圧比とした。

スペクトル面積比は、図 3 に示す、採取した打撃音の正規化したフーリエスペクトルを、音域(a): 1000Hz 以下、音域(b): 1001Hz 以上 2500Hz 以下、音域(c): 2501Hz

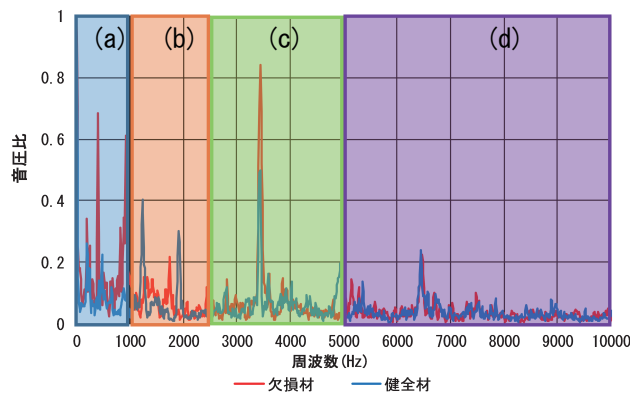


図 3 音域の分割とスペクトル面積比

以上 5000Hz 以下、および音域(d): 5001Hz 以上 10000Hz 以下の 4 つの周波数域に分割し、健全材と欠損材それぞれでグラフの下部の面積を算出し、健全材に対する欠損材の面積比と定義した。

3. 実験結果と考察

3.1 卓越周波数と欠損部からの距離の関係

図 4 に、各欠損材の卓越周波数と欠損からの距離の関係を示す。図 4(a)より、中央部欠損材 A 面の卓越周波数は、欠損からの距離が 400mm 以上では健全材との差が大きくなっている。中央部欠損材 B 面の卓越周波数は、健全材に比べるとほぼすべての値が低い値を示している。欠損部が打撃方向に対して弱軸方向であるため、健全材に比べて剛性が小さくなり、打撃時の変形量が大きくなったことに起因すると推察される。欠損からの距離が 500mm 以上では中央部欠損材 A 面と B 面が同様の値を示している。これは、打撃音が欠損部で反響することで干渉が起きたため、打ち消しあう箇所と強調しあう箇所が発生したことで、周波数変動が多くなったと考えられる。

また、図 4(b)より、端部欠損材 B 面と端部欠損材 C 面の卓越周波数は、健全材に比べると低い値を示している。これは、欠損部の向きが弱軸方向であるため健全材に比べて剛性が小さくなり、打撃時の変形量が大きくなったため周波数が小さくなったと考えられる。

さらに、図 4(c)より、内部欠損材の卓越周波数は、欠損からの距離が 500mm 以上では、中央部欠損材と同様の値を示しているため、打撃音が欠損部で反響することで干渉が起きたために周波数変動が多くなったと考

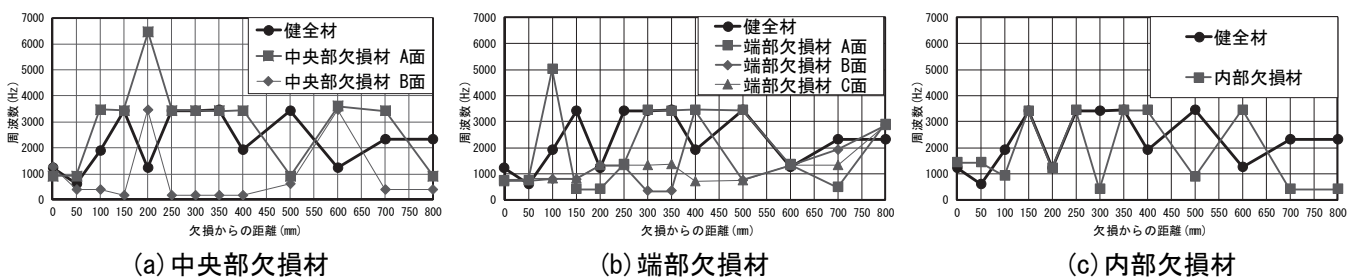


図 4 各欠損材の卓越周波数と欠損部からの距離の関係

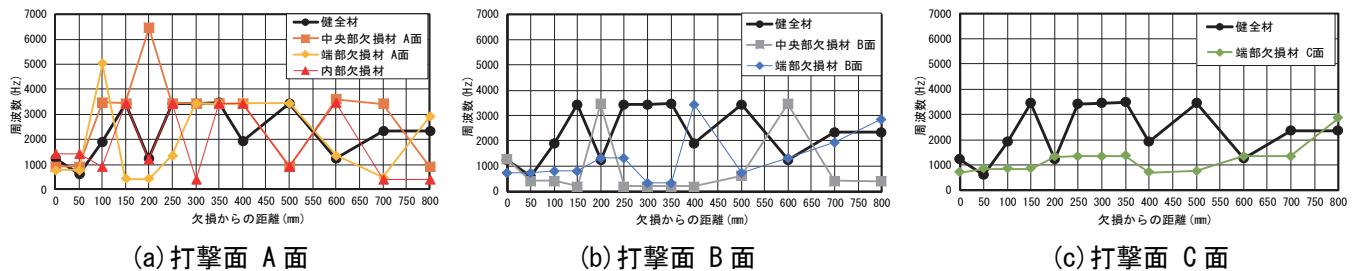


図 5 打撃面が卓越周波数と欠損からの距離との関係に及ぼす影響

えられる。

3.2 打撃面が卓越周波数と欠損部からの距離との関係に及ぼす影響

図5は、図4を打撃面ごとに整理したものである。図5(a)より、欠損からの距離が350mm付近まで各欠損材A面と健全材の卓越周波数はほぼ同様な値を示している。しかし、欠損からの距離が400mm以上離れた場合には、2000Hzから3500Hzの間で健全材と端部欠損材、中央部欠損材と内部欠損材において、卓越周波数がほぼ同様の値を示している。中央部欠損材と内部欠損材では、欠損部で打撃音が反響し周波数が減衰することで若干変化したため、反射した打撃音同士が干渉することで、健全材や端部欠損材と異なる卓越周波数になったものと推察される。

また、図5(b)より、打撃面B面では中央部欠損材と端部欠損材ともに、卓越周波数が健全材に比べて低い値を示している。中心に近い300mmから350mm付近

でどちらの欠損材とも、卓越周波数が低くなる傾向にある。打撃面に対して欠損の向きが弱軸であるため、打撃した時の欠損材の変形量が大きくなる。そのため、卓越周波数が健全材に比べ低い値を示したものと推察される。欠損からの距離が600mm以上では、端部欠損材B面の卓越周波数が健全材と同様の値を示している。これは、柱上部の固定部分に近づき剛性が増したため、打撃時の変形量の差が小さくなったことに起因するものと考えられる。しかし、中央部欠損材B面では、欠損からの距離が600mm以上において、端部欠損材B面とは異なり健全材とは逆の値を示した。

また、図5(c)より、打撃面C面では、打撃面B面と同様の結果となった。健全材よりも端部欠損材のC面の方の卓越周波数が低い傾向にある。

3.3 下部固定の有無がスペクトル面積比と欠損部からの距離との関係に及ぼす影響

図6に、各欠損材の打撃面A面における下部固定の

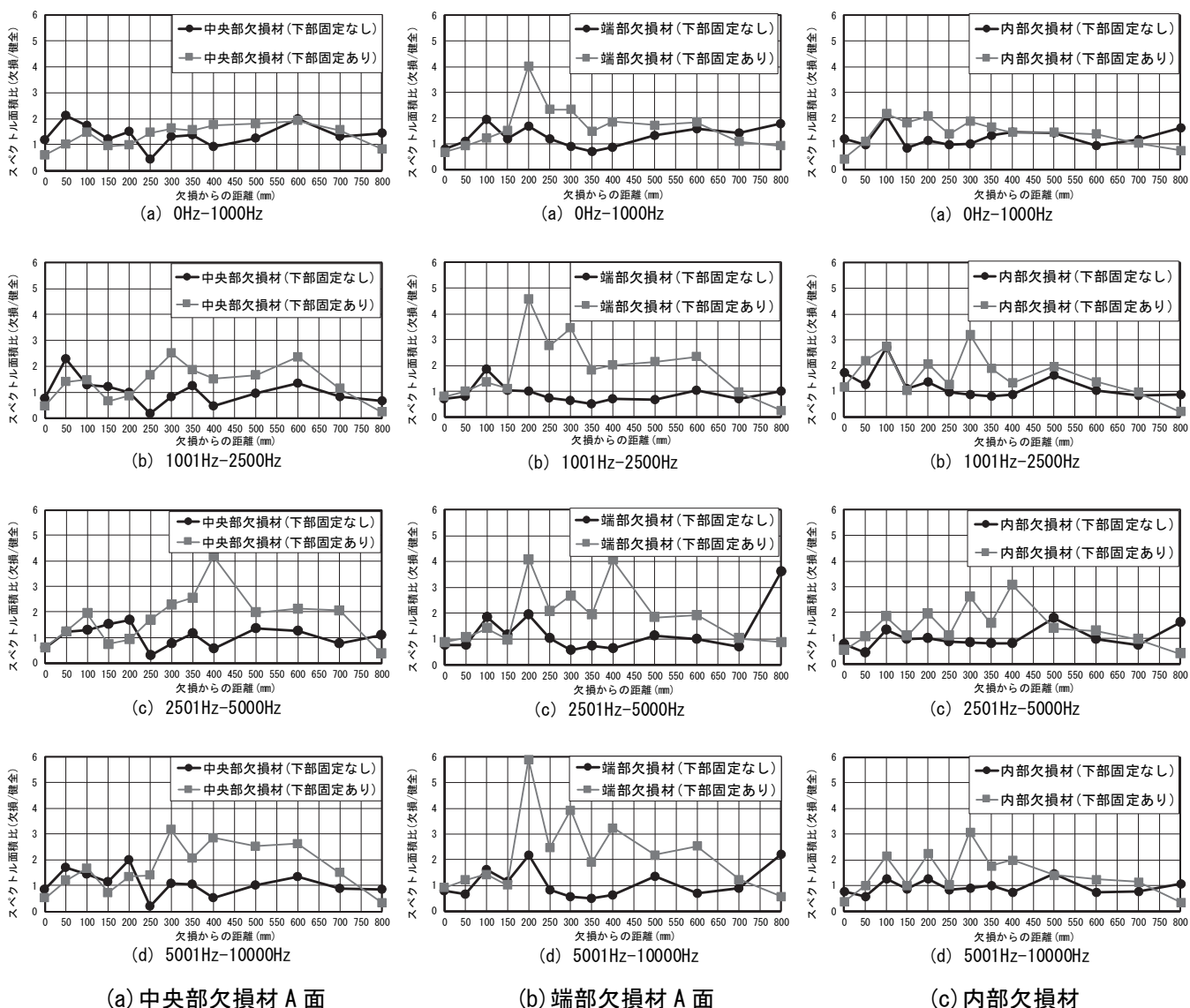


図6 下部固定の有無による各欠損材のスペクトル面積比と欠損部からの距離の関係

違いによるスペクトル面積比と欠損部からの距離の関係を示す。図より、各欠損材とも欠損からの距離が200mm から 600mm の間で、下部を固定した方が固定しない場合に比べてスペクトル面積比が大きい値を示している。下部が固定されることにより剛性が増すことで打撃時の変形量が小さくなったためと考えられる。

端部欠損材では、距離 200mm 付近で、中央部欠損材や内部欠損材よりもスペクトル面積比が大きくなっている。中央部欠損材や内部欠損材では、欠損部で打撃音が反響することで音が減衰したため、端部欠損材よりもスペクトル面積比が小さくなったものと考えられる。また、中央部欠損材と内部欠損材を比べると、(b)、(c)および(d)の周波数域で中央部欠損材のスペクトル面積比が内部欠損材より大きい傾向にある。

4. まとめ

実験結果より、以下の知見が得られた。

- 1) 中央部欠損材の卓越周波数においては、中央部欠損材 A 面では、欠損からの距離が近いと健全材に似た数値を示し、遠くなると異なる数値を示す傾向がみられた。中央部欠損材 B 面では、欠損からの距離が近いと健全材より低い数値を示し、遠くなると中央部欠損材 A 面似た数値を示す傾向がみられた。
- 2) 端部欠損材、内部欠損材も中央部欠損材の卓越周波数と同様な傾向を示すことが確認された。
- 3) 下部に欠損ある場合では、健全材と欠損材の卓越周波数と距離の関係を比べることで、欠損の有無、欠

損が端部などに集中している場合の欠損部の向きの検知がある程度可能であることが確認できた。

- 4) 打診音のスペクトル面積比を求めることで、中央部欠損材では、特定の欠損からの距離でスペクトル面積比が増加する傾向が確認された。端部欠損材でも同様な傾向が確認された。
- 5) スペクトル面積比と欠損からの距離の関係から欠損部検査の可能性が確認された。
- 6) 欠損材の下部が固定されていることで、下部が固定されて無いものより、スペクトル面積比の数値の変動が明確なり、欠損部の検知が詳細にできる可能性が確認された。

参考文献

- 1) 有馬孝禮ほか 3 名：木造住宅の現場劣化診断のための打撃音の周波数分析, 材料, Vol.34, No.353, pp.85-90, 1985.8
- 2) 大岡優, 伊津野和行：伝統的建築物の耐震性評価を目的とした電磁波による柱内部欠損の非破壊検査手法の有効性について, 日本建築学会技術報告集, Vol.17, No.32, pp.133-138, 2011, 2
- 3) 温水章吾ほか 11 名：生物劣化を受けた国産針葉樹の残存強度性能に関する研究, 日本建築学会九州支部報告, Vol.50, pp.713-716, 2011.3
- 4) 岡崎泰男ほか 2 名：木造住宅における打診による劣化診断判定の科学的根拠の解明, 住総研 研究論文集, No.40, pp.189-200, 2014.3

