文 (Original article) 論

森林総合研究所モデル木造住宅における環境振動の伝搬性状

宇京 斉一郎 1)*、佐野泰之2)、末吉修三1)、杉本健一1)、 青木謙治¹)、小林久高³)、原田真樹¹)

要旨

森林総合研究所の構内に建築されたモデル木造住宅に対して、住宅外部の振動源からの振動伝搬 特性を明らかにするため、住宅外部に振動源となる加振機を設置して加振実験を実施し、住宅内部 に伝搬する振動の振動加速度レベル分布を求めた。また、モデル木造住宅近傍での木杭打設工事に 伴って発生した地盤振動についても敷地境界および住宅内部での振動計測を行なった。

住宅内部の振動加速度レベル分布は、1階、2階とも床面の支持構造による影響を受け、2階では、 階下の壁線に沿って振動加速度レベルが減少する傾向がみられた。また、1 階の床は、鋼製束によ って2階の床面よりも短い間隔で支持されているため、比較的高い振動数(40Hz以上)で局所的 に大きな振動加速度レベルが観察された。基礎近傍と住宅内部の振動加速度レベル差については、 2 階床の水平方向の振動加速度レベルが地盤のそれより大きく、振動増幅が認められた。振動増幅 量が最大となった振動数帯域 (6.3Hz から 8Hz) は、常時微動測定により求めた住宅の卓越振動数と も合致することから、振動増幅が共振現象によって生じたものと推察された。

キーワード:モデル木造住宅、加振実験、環境振動、振動加速度レベル、振動増幅、木杭打設

1. はじめに

交通や建設工事、工場の生産活動に伴って発生する 振動は地盤を介して住宅内部に伝搬し、居住者の日常 生活に支障をきたす場合がある。このように外部から 伝搬する振動に対する木造住宅の応答については、複 数の住宅に関する環境振動調査を基にした統計的な傾 向に関して報告はなされているが (平尾ら 2009)、住 宅内での詳細な振動伝搬状況については報告例が少な く (佐野ら 2009)、不明な点も多い。そこで本研究では、 木造軸組工法住宅の構造計画や平面計画が振動伝搬に 与える影響を明らかにすることを目的として、森林総 合研究所内に建築されたモデル木造住宅 (森林総合研 究所 2009, 小林ら 2013) を用いて加振実験を行なった 結果について報告する。また、敷地内で実施された地 盤改良杭の打設工事に伴って発生した環境振動の実測 結果についても報告する。

2. 実験方法

2.1 加振実験

実験対象としたモデル木造住宅の平面図を図1に 示す。本加振実験の目的は、住宅外部を振動源とす る振動が、住宅内部へどのように振動伝搬するかを明 らかにすることにある。実験では、加振機(Shinken G-0130S) を用いて住宅外部の地盤面を鉛直方向に加

振し、住宅内部に伝搬する振動を振動レベル計(RION VM-53) により計測した。実験装置の概要を図2に、 また加振位置と測定点を図3に示す。加振機は写真1 に示すように住宅北側の敷地境界に相当する地盤面に コンクリートブロックを介して設置した。振動レベル 計は図3に示すように、基礎近傍の地盤面および1階、 2階の床面を順次移動し、鉛直方向および水平 2方向 の3方向につき振動加速度を収録した。なお、水平2 方向についてはY方向を南北方向、X方向を東西方向 に合わせた。住宅内部の受振点については、居室の振 動加速度レベル分布を得ることを主眼とし、1 階台所・ リビング、2階主寝室・子供部屋の測定点を密に設定 した。また、各居室内での受振点の間隔は、床下部の 梁や大引、柱の位置と一致するよう設定した。なお、 測定は竣工直後に行なったため、床面には家具等の重 量物は設置されていなかった。加振機から発生させた 振動波形はバーストランダム波(注記)とし、各測定 点につきバーストランダムによる加振を8回繰り返し た。バーストランダム波の例として加振機の近傍で計 測した鉛直成分の加速度波形を図4に示す。記録した 振動加速度波形は、JIS C1510 に規定される振動レベ ル計の指示値と同等の値となるよう、加速度波形を波 形処理ソフトウェア (リオン DA-20PA1) 上で処理し 振動加速度レベルへと変換した。各測定点における振

原稿受付:平成25年8月27日 原稿受理:平成26年2月13日

- 1) 森林総合研究所構造利用研究領域
- 2) 愛知工業大学工学部建築学科
- 3) 島根大学大学院総合理工学研究科
- * 森林総合研究所構造利用研究領域 〒 305-8687 茨城県つくば市松の里 1

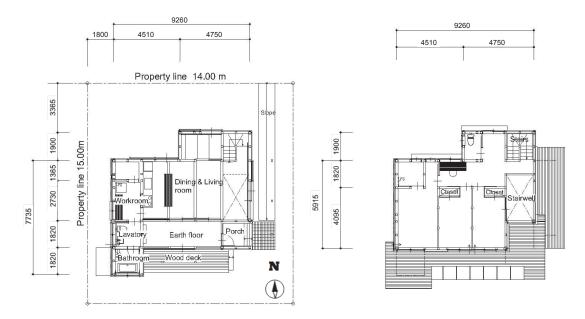


図1. モデル木造住宅の平面図(左:1階、右:2階)

Fig.1. Layout plan of the wooden house constructed at FFPRI. Left: First floor, Right: Second floor.

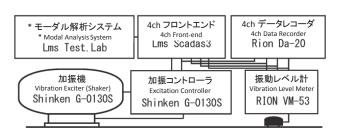


図 2. 加振実験装置のブロックダイアグラム

- *本報告ではモーダル解析結果については含まない
- Fig. 2. A block diagram of the measuring apparatus.
- * This paper does not include the modal analysis results.



写真 1. 加振機設置状況

Photo 1. Setting of the vibration exciter (shaker).

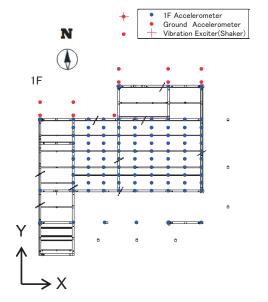
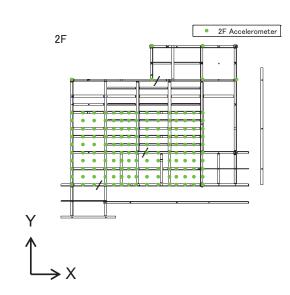


図 3. 加振点及び住宅内外の測定点

Fig. 3. Locations of shakers and accelerometers overlaid on the framing plan.



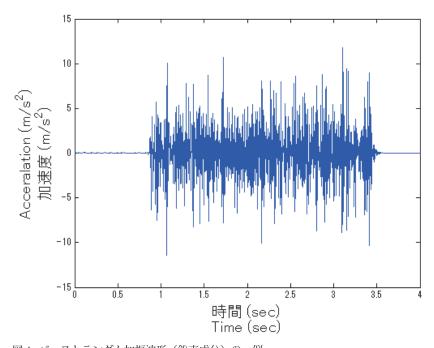


図 4. バーストランダム加振波形(鉛直成分)の一例 Fig. 4. An example of the burst random waveform (vertical component) recorded at the shaking point.

動加速度レベルは、1回のバーストランダム加振ごとの最大値を求め、それを8回の加振について平均して求めた。

注)バーストランダム波(モード解析ハンドブック編集委員会、2000):様々な振動成分を一様に含むランダム波を、FFT分析器で時間窓をかけて短時間に区切って発生させたもので、波形の最初と最後が零になるのが特徴である。

2.2 木杭打設時の振動測定

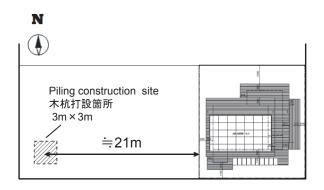
前節の加振実験に加えて、モデル木造住宅の敷地近 傍で木杭打設工事 (写真2)が実施された際に、実振動 源(木杭打設)による環境振動の発生状況を検証する ために、敷地境界地盤面および住宅内部にて振動測定 を行なった。木杭打設は図5に示すとおり、モデル木 造住宅の西側敷地境界より約 21m に位置する 3m×3m の範囲で行われ、1m 間隔で計16本の打設が行われた。 杭打ち機 (コマツ BA100) は打設箇所の北側を作業範 囲としており、振動源と住宅との距離はほぼ一定とみ なせた。振動の測定位置は西側の敷地境界および1階 床上2箇所および2階床上1箇所の計4箇所とした。 前節で用いた振動レベル計に付属する加速度計(リオ ン、PV-83C) と同じものを用いて3方向の加速度波形 を直接データロガー (DA-20、リオン) に収録した。杭 の打設工事は約1時間行われ、工事の開始から終了ま で収録を行なった。収録後、波形処理ソフトウェア (リオン DA-20PA1) を用いて 1/3 オクターブバンド分 析を行なった。

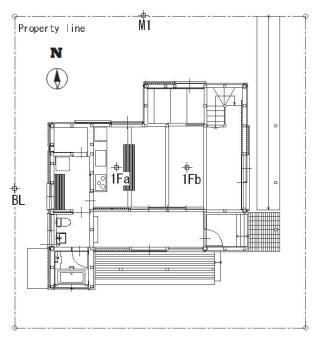


写真 2. 木杭打設工事の様子 Photo 2. Piling of wooden pile (ground improvement work).

2.3 常時微動測定

モデル木造住宅の水平方向の卓越振動数を把握するために、木杭打設時に使用した加速度計(リオン、PV-83C)を敷地境界地盤面(図5中M1)および2階の床面(図5中M2)に設置し、常時微動計測を行なった。収録の結果得られた10分間の振動加速度波形に対してフーリエ解析を行い、フーリエ振幅スペクトルを求めた。





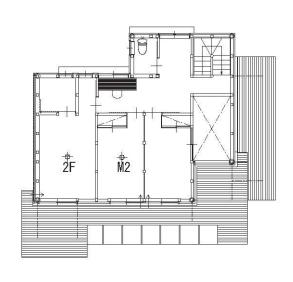


図 5 木杭打設箇所および振動測定点

BL: 敷地境界上地盤面

1Fa: 1 階床 a, 1Fb: 1 階床 b, 2F: 2 階床

M1: 敷地境界上地盤面(常時微動測定点)

M2:2 階床(常時微動測定点)

Fig. 5. Location of the piling construction site and locations of vibration measured points.

BL: The ground point along the property line.

1Fa: point 'a' on the 1st floor, 1Fb: point 'b' on the 1st floor, 2F: the point on the second floor.

M1: The ground point along the property line(microtremor measurement).

M2: the point on the second floor(microtremor measurement).

3. 結果及び考察

3.1 加振実験の測定結果

各測定点で得られた水平(X方向、Y方向)2方向および鉛直方向の振動加速度をもとに、1/3オクターブバンド分析を行い、振動加速度レベル分布を得た。1Hzから80Hzまでの1/3オクターブバンド毎の振動加速度レベル分布図は、補足電子資料(X方向:図1a、Y方向:図2a、Z方向:図3a)に掲載し、以下では特徴的な分布がみられた振動数帯域について示す。

3.1.1 水平方向の振動加速度レベル分布

振動数 12.5Hz の帯域における水平 2 方向(X 方向、Y 方向)の振動加速度レベル分布をそれぞれ図 6 (Y 方

向)および図7(X方向)に示す。振動加速度レベル分布の等高線は、Y方向の分布図ではY方向に、X方向の分布図ではX軸に沿っており、水平構面が一体となって剛体振動している様子がみてとれる。また、両方向とも2階床の振動加速度レベルの最大値は基礎近傍の値より大きく、振動増幅が認められる。2階床の振動加速度レベルは、Y方向の分布図では西側、X方向の分布図では北側で値が大きくなった。図8に示すとおり1階の耐力壁は、南と東に大きな開口部を設けていることから、北側と西側に多く配置されているが、振動加速度レベルはこれら耐力壁が配置されている北側、西側で大きくなった。

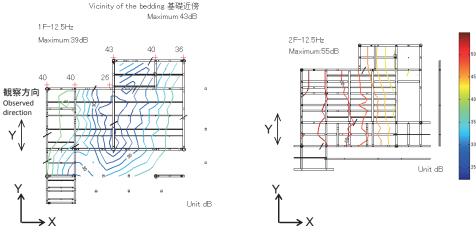


図 6. 水平方向の振動加速度レベル分布 (Y 方向、12.5Hz)

Fig. 6. Distributions of vibration acceleration levels in the horizontal direction(Y direction, 12.5Hz)

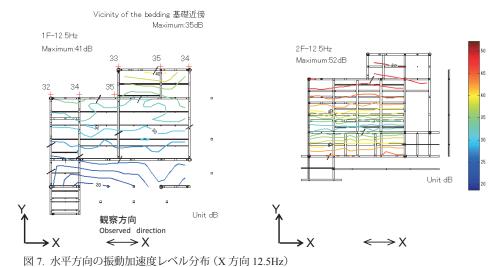
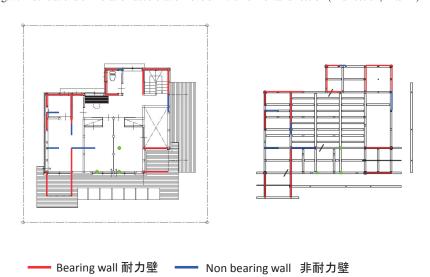


Fig. 7. Distributions of vibration acceleration levels in the horizontal direction (X direction, 12.5Hz)



● Independent stud 独立柱

図8.1階の壁面および独立柱(○)

左:2階平面図に重ねた図、右:2階床伏図に重ねた図

Fig. 8. Layout plan of wall lines and independent studs on the 1st floor.

Left: Wall lines and studs are overlaid on the floor plan of the 2nd floor.

Right: Wall lines and studs are overlaid on the framing plan of the 2nd floor.

3.1.2 鉛直方向の振動加速度レベル分布

鉛直方向(Z方向)の振動加速度レベルについて、 16Hz、40Hz、50Hzの帯域における分布を図9示す。 16Hzの帯域では、1階床、2階床ともに振動源に近い 北東の領域における振動加速度レベルが高く、南西に 向かうにつれて振動加速度レベルが減衰している様子 がわかる。40Hzの帯域では、1階床の東側で、大引と 大引の間に振動加速度レベルの極大値がみられる。2 階床の分布は、階下に壁がない北東の領域において振 動加速度レベルの極大値がみられ、階下の壁線や、柱 で支えられた桁材に沿って等高線が密となり振動加速 度レベルが減少している様子がわかる(下部の支持構 造については、図8参照)。1階の振動加速度レベル 分布について、50Hz の帯域では 40Hz の帯域でみられ た傾向がより強調され、土台と大引の間、あるいは大 引と大引の間の各区間に振動加速度レベルの極大値が 現れた。なお、50Hzの帯域では、1階床で計測された 振動加速度レベルの最大値は 74dB であり、基礎近傍 で計測された最大値 71dB より大きく振動増幅がみら れた。このように、1階と2階で振動加速度レベル分 布に違いが表れた要因としては、1階床では大引の下 に鋼製束が入れられており、2階床よりも短い間隔で 床面が支持または拘束されていることがあげられる。 木造住宅の1階の床面での振動加速度レベル分布につ いては、鉄道を振動源とした測定事例(横島ら2006) においても比較的高い振動数帯域(63Hz)で振動増幅 することが報告されており、その要因として、東材の 影響により高次の振動モードが卓越することが指摘さ れている (佐野ら 2009)。一般的な木造軸組工法にお ける1階の床は、本モデル木造住宅と同様、鋼製束等 によって支持或いは拘束される場合が多く、比較的高 い振動数での振動が卓越しやすいものと考えられる。

3.1.3 振動増幅量

住宅の外部から住宅内部に伝搬した振動の増幅量をみるために、住宅基礎近傍の地盤(基礎から1m離れた測定点の平均値)と住宅内部の振動加速度レベルの差を振動増幅量として求めた。図10は、水平方向(X方向、Y方向)および鉛直方向(Z方向)における1/3オクターブバンド中心周波数毎の振動増幅量を示したものである。1階床については、振動の方向に関わらず全測定点の振動増幅量の平均値は負の側にあり、住宅内部で振動は減衰する傾向にあった。1階床の鉛直方向の振動については、前節でみたように50Hzの帯域では局所的に増幅量が正となる測定点がみられたが、平均値と標準偏差を足した場合でも全帯域において増幅量は負となった。2階床について、鉛直方向の振動増幅量の全測定点における平均値は全ての振動数帯域において負であり、振動は減衰する傾向がみられ

た。2 階床の水平方向の振動については、X 方向では 5Hz から 10Hz の帯域、Y 方向では 6.3Hz から 12.5Hz の帯域において増幅量の平均値および中央値が正とな り、X方向では 6.3Hz、Y 方向では 8Hz の帯域に増幅 量のピークが見られた。増幅量のピーク値は振動が伝 搬する Y 方向のほうが大きくなった。2 階床および敷 地境界地盤面でのX方向およびY方向の常時微動の フーリエ振幅スペクトルを図11に示す。2階床の卓越 振動数は X 方向が 6.3Hz、Y 方向が 7.3Hz にあること がわかる。 増幅量がピークを示した帯域は、常時微動 計測で得られた卓越振動数とほぼ合致していることか ら、住宅構造部の共振現象により増幅が生じた可能性 が示唆される。増幅量が正となった振動数帯域では、 建物の共振が、また負となった振動数帯域では、地盤 から建物への入力損失や建物各部における減衰などの 影響が優勢であったと考えられる。

複数の住宅(木造戸建22棟、鉄骨造戸建5棟)の振動増幅量を調査した結果においても(平尾ら2009)、2階床の水平方向の振動については半数以上の住宅で振動加速度レベルの増幅量が正となったことが報告されている。また同データを振動数毎にみると4Hzから8Hzの帯域で増幅量が正となる傾向にあったことが示されており(国松ら2012)、本モデル木造住宅の結果もこれらの測定事例の傾向と概ね合致した。なお、2階床の鉛直方向の振動については、同文献(国松ら2012)によると8割近い住宅で振動増幅量が負すなわち減衰する傾向にあったことが報告されているが、本モデル木造住宅の鉛直方向の振動についても同様の傾向を示した。

3.2 木杭打設時の測定結果

3.2.1 振動増幅量

木杭打設時に収録した振動加速度について、加振実 験と同様に、敷地境界地盤面と住宅内部との振動加速 度レベルの差、すなわち振動増幅量を求めた結果を図 12 に示す。同図には比較のため、加振実験での振動増 幅量についても示す。木杭打設時における振動増幅量 の振動数帯域毎の傾向は、低い振動数帯域(振動の方 向、測定階によって異なり 16Hz~25Hz 未満)では 概ね加振実験の傾向と一致した。一方、高い振動数帯 域(16Hz~25Hz以上)では、木杭打設時の振動増幅 量は、振動数が高くなるにつれ、加振実験時の振動増 幅量と乖離する傾向がみられた。ここで、地盤面の振 動加速度レベルの振動数成分についてみると(図13)、 振動数が高くなると、加振実験においては振動加速度 レベルが増加したのに対し、木杭打設実験では、中帯 域でピークを示した後、振動加速度レベルが減少して おり、木杭打設時には、高い振動数帯域において、加 振実験時よりも小さな振動加速度レベルの振動が伝搬

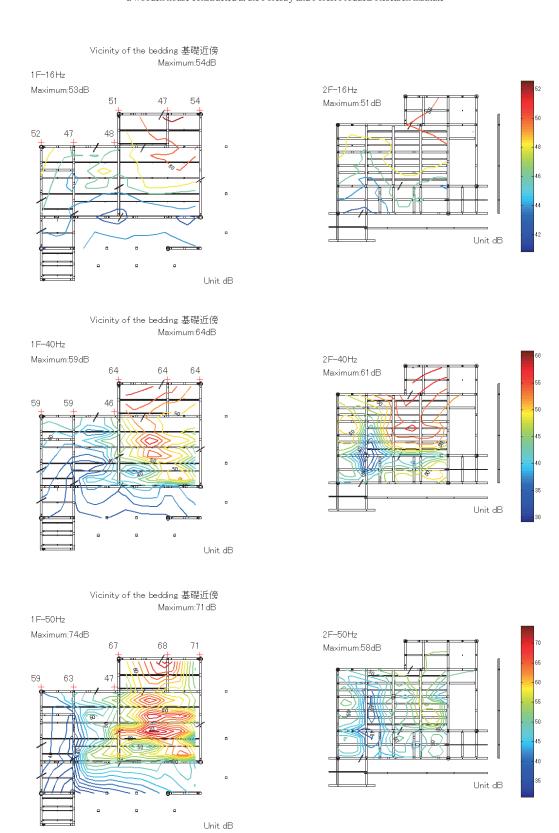


図 9. 鉛直方向の振動加速度レベル分布 (Z 方向: 16, 40, 50Hz)

上:16Hz、中:40Hz、下:50Hz

 $Fig.~9.~Distributions~of~vibration~acceleration~levels~in~the~vertical~direction~(Z~direction:~16,~40,~50 Hz)\\ Upper:~16 Hz,~Middle:~40 Hz,~Lower:~50 Hz$

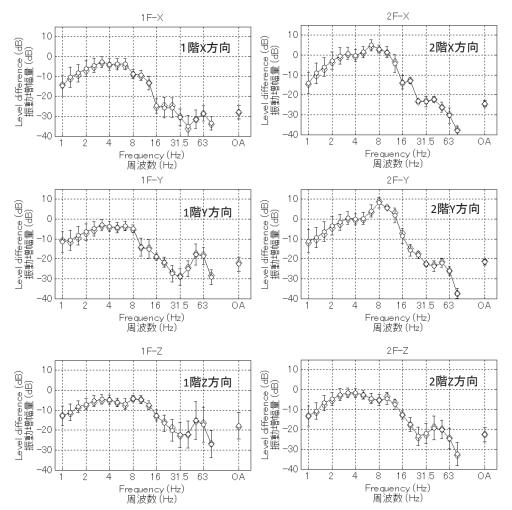


図 10. 加振実験結果による各振動方向の振動増幅量

○: 平均値、◇:中央値、エラーバーは標準偏差を表す。

Fig. 10. Vibration amplification amount in three directions measured at the shaking test.

Legends: ○: mean, ◇: median, error bar indicates standard deviation.

Note: differences of the vibration acceleration level between the ground and each floor.

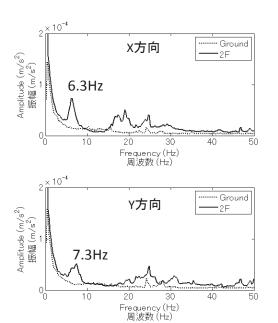


図 11. 水平方向における常時微動の周波数スペクトル 点線: 地盤面、実線:2 階床面。測定点については図 5 参照。 Fig. 11. Frequency spectrum of micro tremors in horizontal direction. Legends: Dotted line: ground, solid line: second floor. Refer to figure 5.

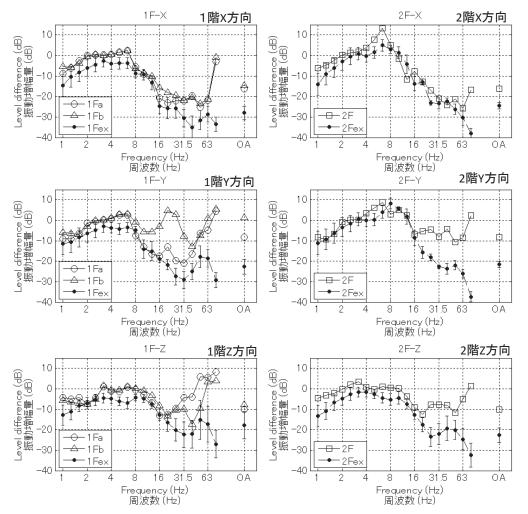


図 12. 木杭打設時の各振動方向の振動増幅量

○:1Fa、△:1Fb、□:2F、●:加振実験時の平均値、エラーバーは標準偏差を表す。

Fig. 12. Vibration amplification amount in three directions measured at the piling construction.

Legends: \bigcirc : 1Fa, \triangle : 1Fb, \square : 2F, \blacksquare : mean of the shaking test. The error bar indicates standard deviation.

Note: differences of the vibration acceleration levels between the ground and each floor.

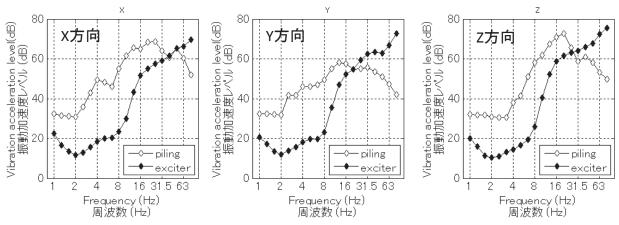


図 13. 木杭打設および加振実験での地盤面における振動加速度レベル (Lva) の比較

- ◇:木杭打設時の地盤(図5中のBL)のL_{va}
- ◆:加振実験時の地盤(基礎から 1m 離れた測定点の平均値)の L_{vA}

Fig. 13. Comparison of the vibration acceleration level (L_{VA}) of ground measured at the piling construction with the shaking test. Legends: \diamondsuit : L_{VA} measured at piling construction(BL in the Fig.5), \spadesuit : L_{VA} measured at shaking test (mean of the measured points which were located 1m apart from the bedding).

したことがわかる。以上のことから、高い振動数帯域 においては、振動増幅量は伝搬した振動の大きさによ って変化していることになり、伝搬した振動加速度レ ベルと振動増幅量が非線形の関係にある。この原因に は、次に示すことが考えられる。加振機実験の加振 力と地盤上に設置された振動レベル計の加速度から地 盤伝搬振動の群速度を計算すると 100m/s 程度となる。 この群速度をもとに振動増幅量において差を生じ始め る 16Hz の波長を計算すると 6m 程度となる。建物の基 礎(振動伝搬方向)が7m程度あり、地表面伝搬して きた振動のうち、これよりも波長が短くなると、建物 への入力損失が大きくなると考えられる(たとえば 櫛 田 1997)。図 14 に示す通り、加振機実験については地 表面加振のみであるのに対し、木杭打設においては重 機がアウトリガーを上下させ杭を打ち込む。この作業 により発生する振動は、アウトリガーの接点に生じる 地表面加振と杭側部及び杭頭に生じる地中加振が考え られる。木杭打設においては、このように地中加振源 が存在する。地表面加振が、表面波成分の伝搬が多い と考えられるのに対し、地中加振では、実体波成分の 影響も大きくなると考えられる。表面波として伝搬し た振動が、建物への入力損失により小さくなることに よって、加振実験と木杭打設との伝搬系の違いが顕著

になり、振動増幅量が見かけ上非線形の関係になっていると考えられる。この他の要因に、打設に伴い、杭側部及び杭頭に生じる非線形変形(杭打設に伴うめり込み)の影響などが挙げられる。これらのメカニズムについては、未解明であるため、今後検討をしていく必要があると考える。

なお、木杭打設時の振動増幅量のピークは2階X方向、6.3Hzの振動数帯域にあり、加振実験と同様、常時微動測定から得られた卓越振動数(X方向6.3Hz)と合致した。

3.2.2 振動に関する居住性能評価

外部の振動源による建物の居住性能評価の指針として、日本建築学会から「建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説」(日本建築学会、2004。以後、指針とする)が刊行されており、交通による水平振動と鉛直振動を対象とした評価指針が示されている。指針では、建物の応答波形に対して1/3オクターブバンド分析を行い、得られた振動加速度の最大値を、水平方向と鉛直方向について別々に定められた性能評価曲線と照合することによって性能評価を実施する。図15は、木杭打設時に収録した振動加速度波形について、1/3オクターブバンド毎の最大値を指針の評価曲線と

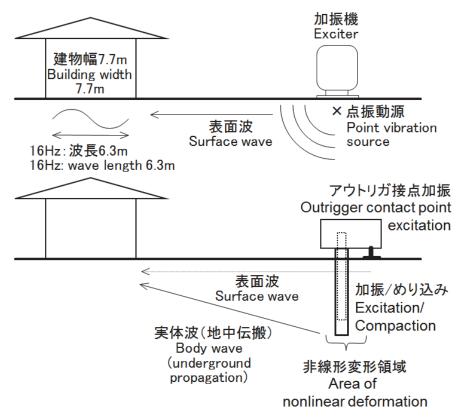


図 14. 加振実験および木杭打設工事における振動伝搬系

Fig. 14. Schematics of vibration propagation systems of the shaking test and the piling construction.

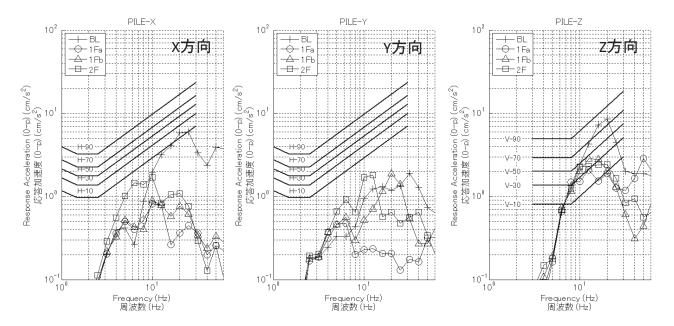


図 15. 木杭打設時の最大応答加速度と*性能評価曲線との比較

凡例:各測定点については図5を参照、

Fig. 15. Comparison of the maximum response acceleration measured during the piling construction with evaluation lines *. Legends: Refer to Fig.5. * Evaluation lines are based on the 'Guidelines for the evaluation of habitability to building vibration' established by Architectural Institute Japan (AIJES-V001-2004).

共に示したものである。指針では、振動加速度そのも のを 1/3 オクターブバンド分析した結果、または、JIS C1513-2002 に定めるところの 1/3 オクターブバンド分 析器を用いる場合は、衝撃信号用時定数(10msec)に て分析処理した結果を用いることを推奨している。本 研究で用いた 1/3 オクターブバンド分析ソフトウェア (リオン、DA-20PA1) は後者に該当しており、時定数 10msec にて実効値計算した値を評価量として用いた。 住宅内部で計測された振動について、水平方向では2 階の応答加速度が敷地境界 (BL) よりも高い値を示し たが、その評価は知覚確率 10% の曲線 (H-10) を下回 る結果となった。ここでいう知覚確率とは、評価点に 人がいた場合、何%の人がその振動を感じるかを示し ている。一方、鉛直方向については、住宅内部の応答 加速度は敷地境界(BL)以下であったが、その評価は 1階、2階共に知覚確率 30% の曲線 (V-30) を超える結 果となった。

4. まとめ

モデル木造住宅の外部から住宅内部への振動伝搬特性を明らかにするために、加振実験を行い、住宅内部の振動加速度レベルの分布を得た。また、モデル木造住宅近傍での木杭打設工事に伴って発生した環境振動の測定を実施した。その結果、以下の事が明らかとなった。

- ・鉛直方向の振動加速度レベル分布は、1 階床、2 階床 ともに、床面を支持する土台、柱、壁およびそれら の平面的配置による影響を受けた。1 階床は、鋼製 束によって2 階床よりも短い間隔で支持されている ため、比較的高い振動数(40Hz 以上)で振動加速度 レベルのピークが観察された。2 階床では、階下の 壁線に沿って振動加速度レベルが減少する傾向がみ られた。
- ・加振実験の結果得られた振動増幅量について、1 階 床では水平・鉛直方向ともに、全ての 1/3 オクター ブバンドにおいて全測定点の平均値が負となり、振 動増幅は認められなかった。2 階床の水平方向の振 動については、5Hz から 12.5Hz の帯域で振動増幅が 認められた。振動増幅量が最大となった振動数帯域 (6.3Hz - 8Hz) は、常時微動計測によって得られた住 宅の水平方向の卓越振動数とも合致しており、共振 現象によって振動増幅が生じた可能性が示唆された。 なお、2 階床の鉛直方向については、全測定点の振 動増幅量の平均値は負となり、振動増幅は認められ なかった。

謝辞

本研究は、森林総合研究所運営費交付金プロジェクト (200903:地域材を利用した安全・快適住宅の開発と評価)によった。

^{*}日本建築学会 2004 「建築物の振動に関する居住性能評価指針」

引用文献(五十音順)

- 櫛田裕(1997)"環境振動工学入門 建築構造物と環境 振動",理工図書,156-157.
- 国松 直・平尾善裕・北村泰寿 (2012) 振動数を考慮した家屋内振動の予測方法. 騒音制御,36(1),89-99.
- 小林久高・末吉修三・杉本健一・原田真樹・森川岳・ 宇京斉一郎 (2013) 森林総合研究所におけるモデル 木造住宅 (実験住宅)の概要等について. 森林総 合研究所研究報告,12(1), 75-87.
- 佐野泰之・伊積康彦・横島潤紀・冨田隆太・石橋敏久・ 平松和嗣・成瀬治興・後藤剛史 (2009) 木造家屋 床面の振動モード解析:鉄道により高振動数が卓 越する床面の解析.日本建築学会技術報告集,15 (29),151-154.
- 森林総合研究所 (2009) "森林総合研究所設計コンペ「近 未来の木造住宅」-安全・快適・高耐久、省エネ - 受賞作品集"、森林総合研究所第2期中期計 画成果9(安全・安心-5).

- 平尾善裕・横島潤紀・国松直 (2009) 地盤振動に起因する家屋振動増幅特性の測定法および事例について 日本騒音制御工学会春季研究発表会講演論文集, 49-52
- モード解析ハンドブック編集委員会(2000)モード解析ハンドブック,コロナ社,53
- 横島潤紀・伊積康彦・平松和嗣・石橋敏久・永関慶樹・ 後藤剛史 (2006) 木造家屋内における鉄道走行時の 振動実測結果について. 日本建築学会技術報告集, 24, 203-206.
- 日本建築学会 (2004) 建築物の振動に関する居住性能評 価指針・同解説

補足電子資料

以下はオンライン版のみの掲載となります。

図 1a-1~1a-5 X 方向の振動加速度レベル分布

図 2a-1~2a-5 Y 方向の振動加速度レベル分布

図 3a-1~3a-5 Z 方向の振動加速度レベル分布

URL: http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/bulletin/430/index.html

Investigation of the environmental vibration propagation characteristics of a wooden house constructed at the Forestry and Forest Products Research Institute

Seiichiro UKYO ^{1)*}, Yasuyuki SANO ²⁾, Shuzo SUEYOSHI ¹⁾, Kenichi SUGIMOTO ¹⁾, Kenji AOKI ¹⁾, Hisataka KOBAYASHI ³⁾ and Masaki HARADA ¹⁾

Abstract

An on-site shaking test was conducted in order to evaluate the vibration propagation characteristics of a two-story wooden model house which was constructed as part of a research project at FFPRI. Distributions of vibration acceleration levels on each floor were measured. Besides shaking test, environmental vibrations induced by the piling of wooden piles were measured.

The distribution of the vibration acceleration level (L_{VA}) was largely influenced by the location of floor supporting structure elements; on the second floor, values of the vertical L_{VA} along the downstairs walls were smaller than the values where no supporting members were present underneath. Unlike the second floor, the first floor was supported by metal studs at shorter intervals as compared to those supporting of the second floor. Therefore, locally high L_{VA} values were observed at a relatively higher frequency band (larger than 40Hz) on the first floor. Vibration amplification was evaluated with the difference of the L_{VA} between the ground near the bedding and each floor. The amplification of horizontal vibration was confirmed on the second floor. The frequency band at which the amplification was largest (6.3Hz -8Hz) was in accordance with the predominant frequency obtained with micro tremor measurement. Therefore, it is likely that amplification is caused by the resonant phenomena.

Key words: wooden model house, on-site shaking test, environmental vibration, vibration acceleration level, vibration amplification, wooden pile construction

Received 27 August 2013, Accepted 13 February 2014

¹⁾ Department of Wood Engineering, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

²⁾ Department of Architecture, Faculty of Engineering, Aichi Institute of Technology

³⁾ Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University

^{*} Department of Wood Engineering, FFPRI, Matsunosato 1, Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan; e-mail: ukyo@ffpri.affrc.go.jp

補足電子資料

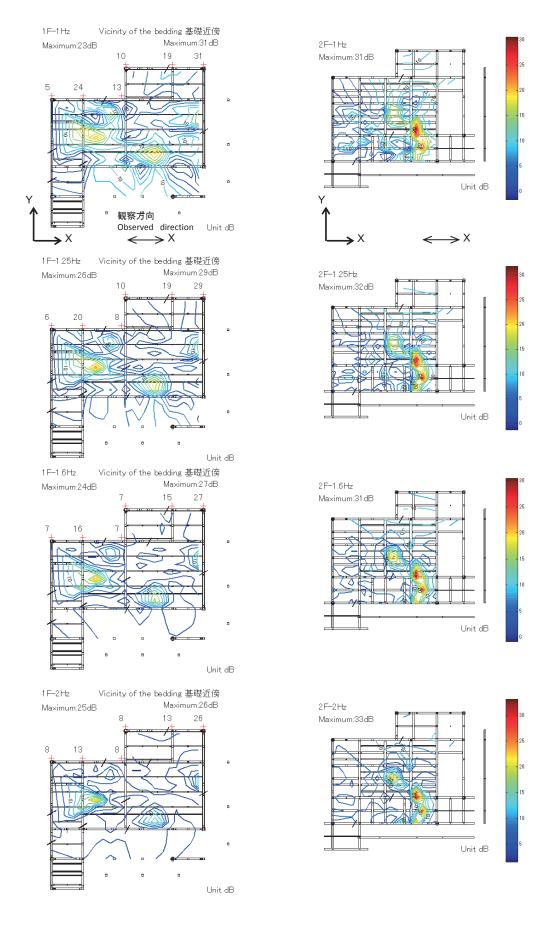


図 1a-1. X 方向の振動加速度レベル分布 (1-2 Hz)

Fig. 1a-1. Distributions of vibration acceleration levels in the X direction(1-2Hz)

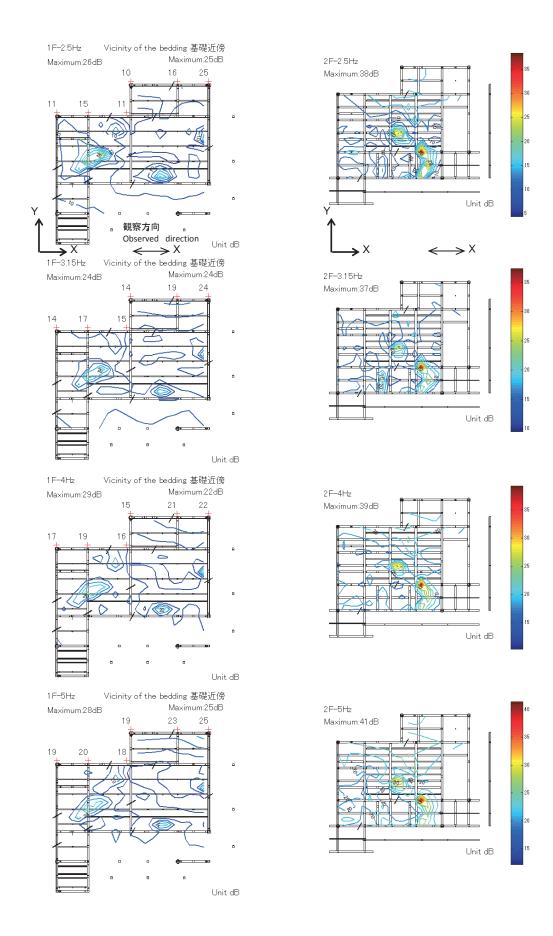


図 1a-2. X 方向の振動加速度レベル分布 (2.5-5 Hz)

Fig. 1a-2. Distributions of vibration acceleration levels in the X direction(2.5-5 Hz)

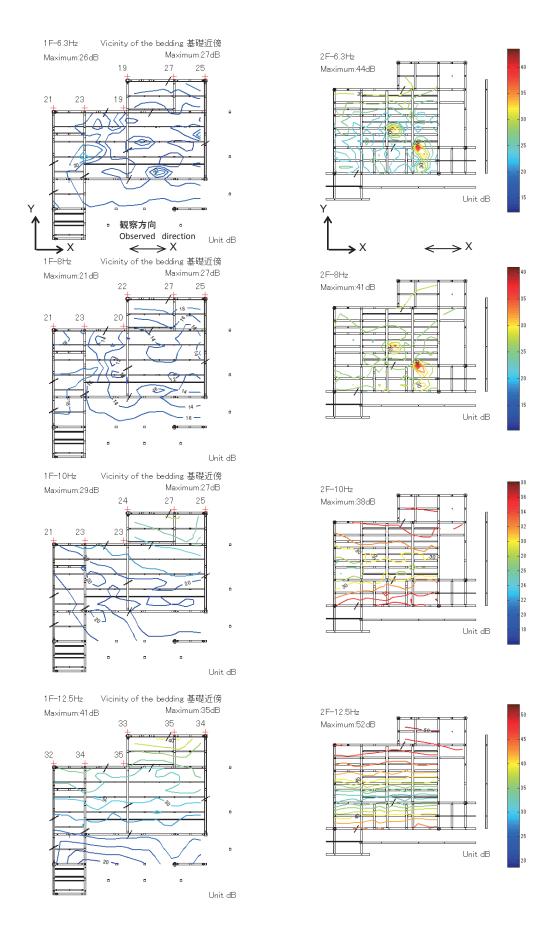


図 1a-3. X 方向の振動加速度レベル分布 (6.3-12.5 Hz) Fig. 1a-3. Distributions of vibration acceleration levels in the X direction(6.3-12.5 Hz)

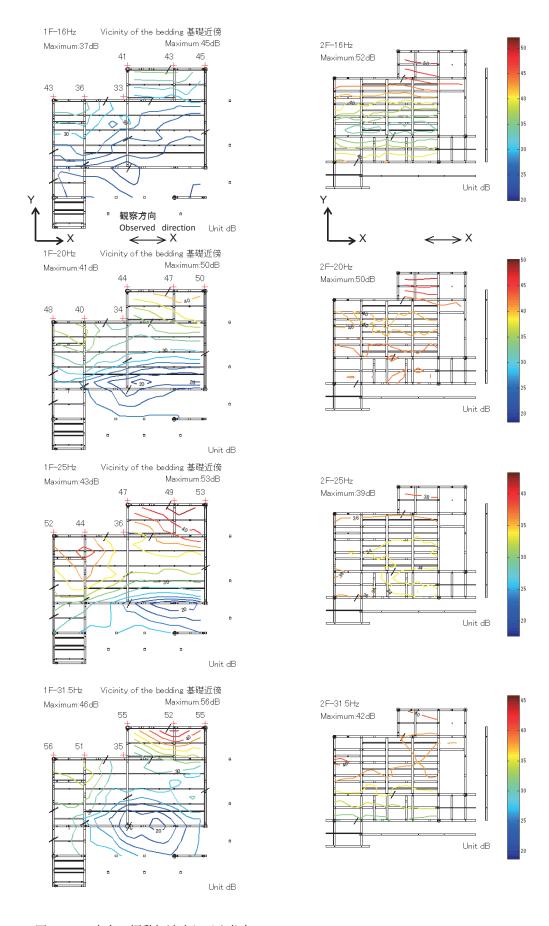


図 1a-4. X 方向の振動加速度レベル分布 (16-31.5 Hz) Fig. 1a-4. Distributions of vibration acceleration levels in the X direction(16-31.5 Hz)

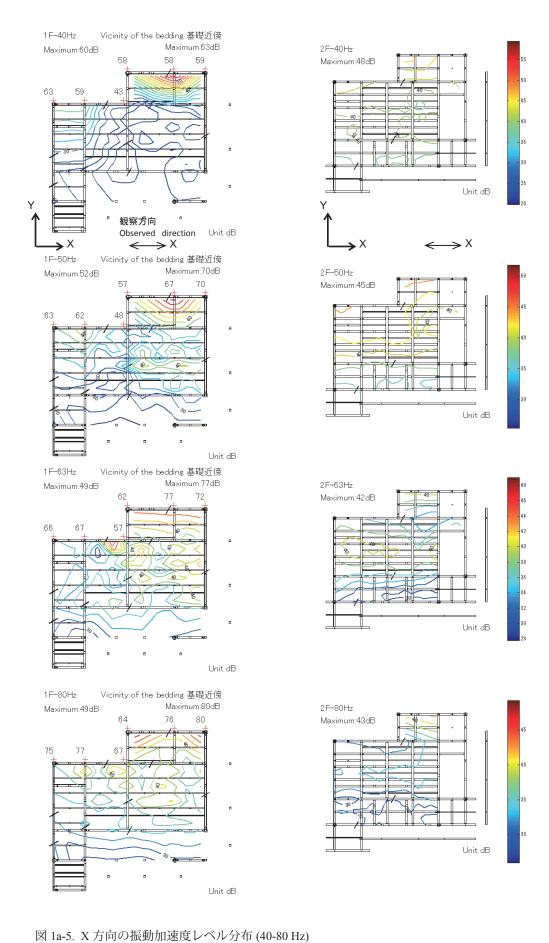


Fig. 1a-5. Distributions of vibration acceleration levels in the X direction(40-80 Hz)

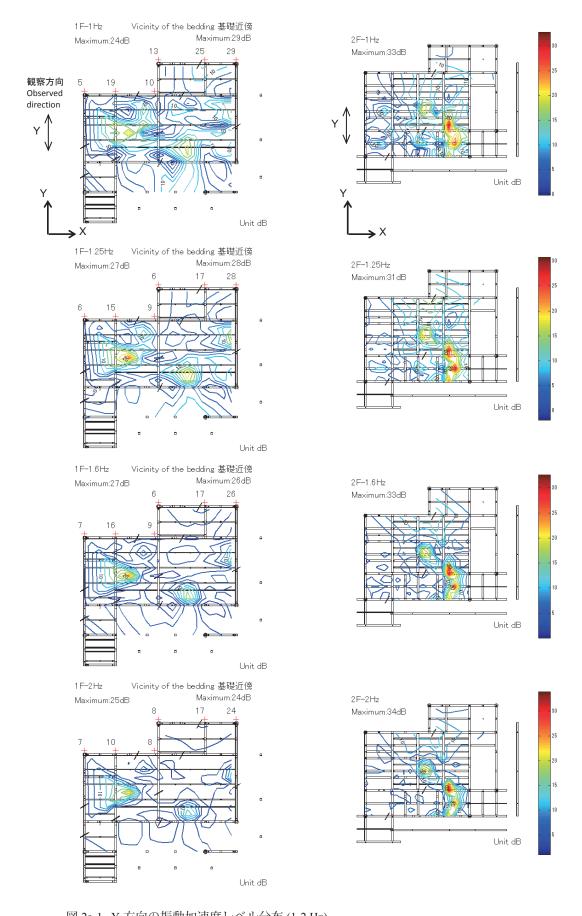


図 2a-1. Y 方向の振動加速度レベル分布 (1-2 Hz) Fig. 2a-1. Distributions of vibration acceleration levels in the Y direction(1-2Hz)

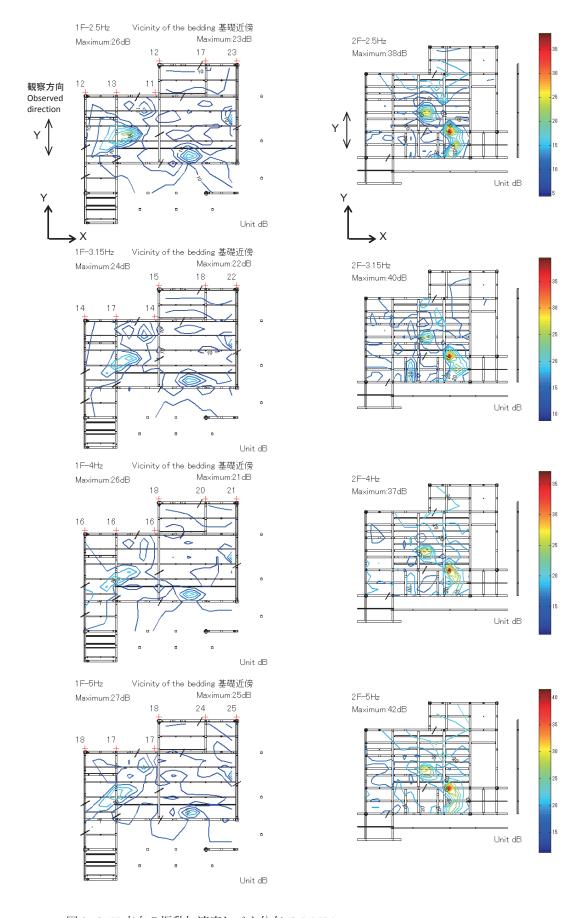


図 2a-2. Y 方向の振動加速度レベル分布 (2.5-5 Hz) Fig. 2a-2. Distributions of vibration acceleration levels in the Y direction(2.5-5 Hz)

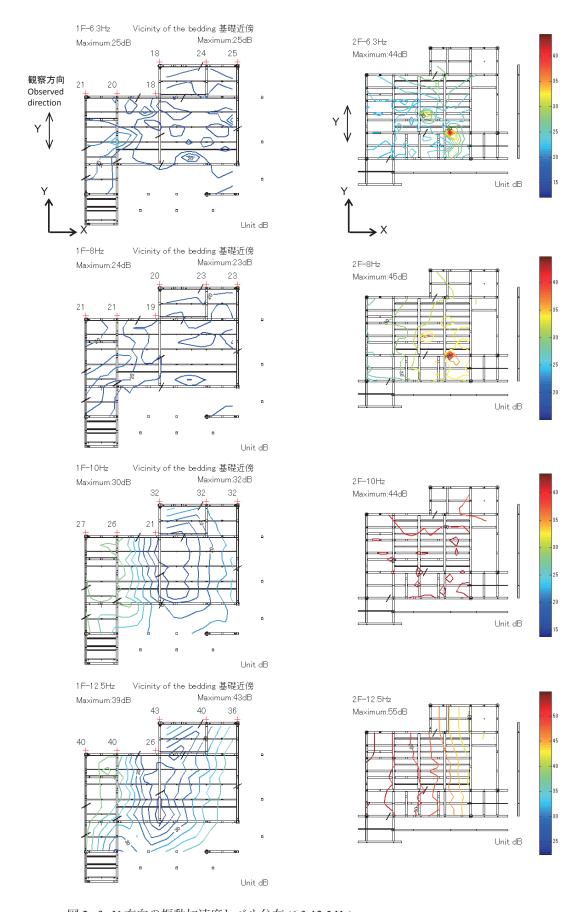


図 2a-3. Y 方向の振動加速度レベル分布 (6.3-12.5 Hz) Fig. 2a-3. Distributions of vibration acceleration levels in the Y direction(6.3-12.5 Hz)

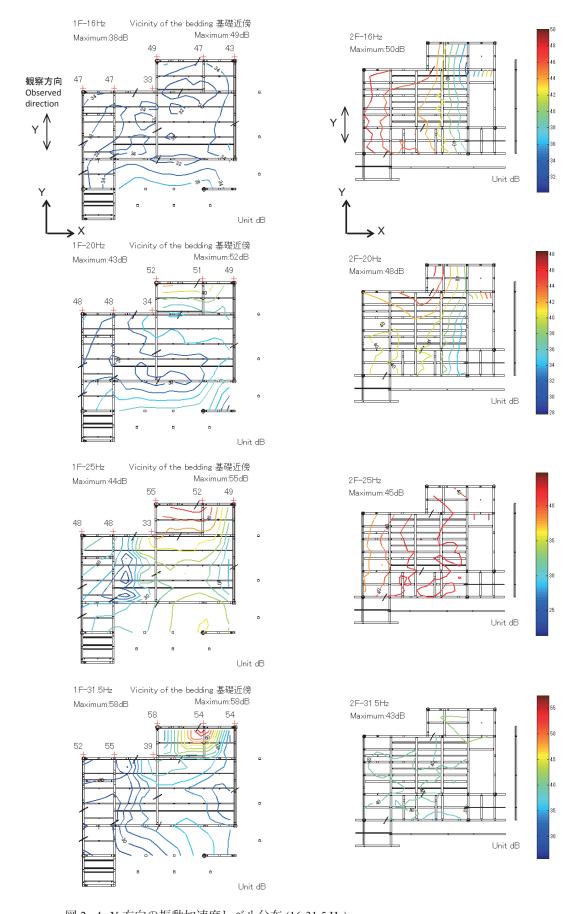


図 2a-4. Y 方向の振動加速度レベル分布 (16-31.5 Hz)

Fig. 2a-4. Distributions of vibration acceleration levels in the Y direction(16-31.5 Hz)

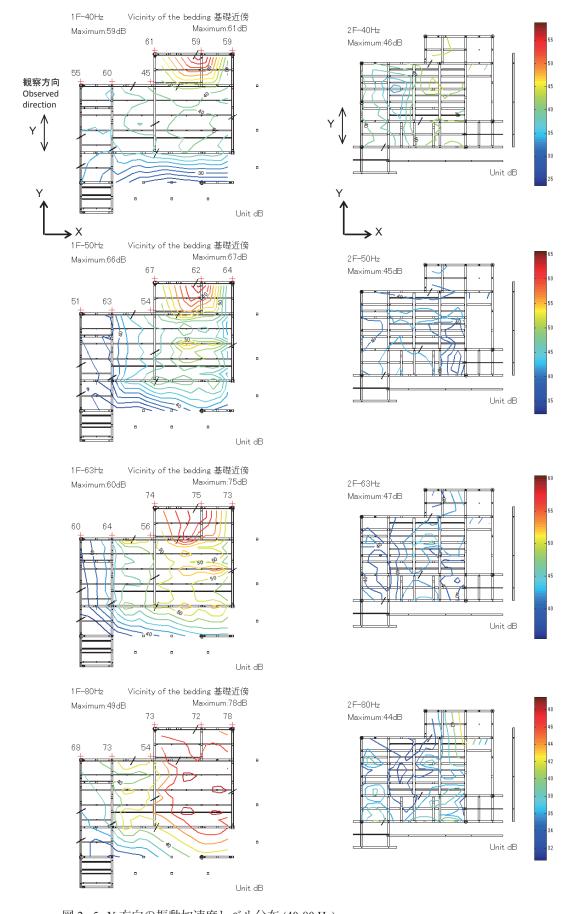


図 2a-5. Y 方向の振動加速度レベル分布 (40-80 Hz) Fig. 2a-5. Distributions of vibration acceleration levels in the Y direction(40-80Hz)

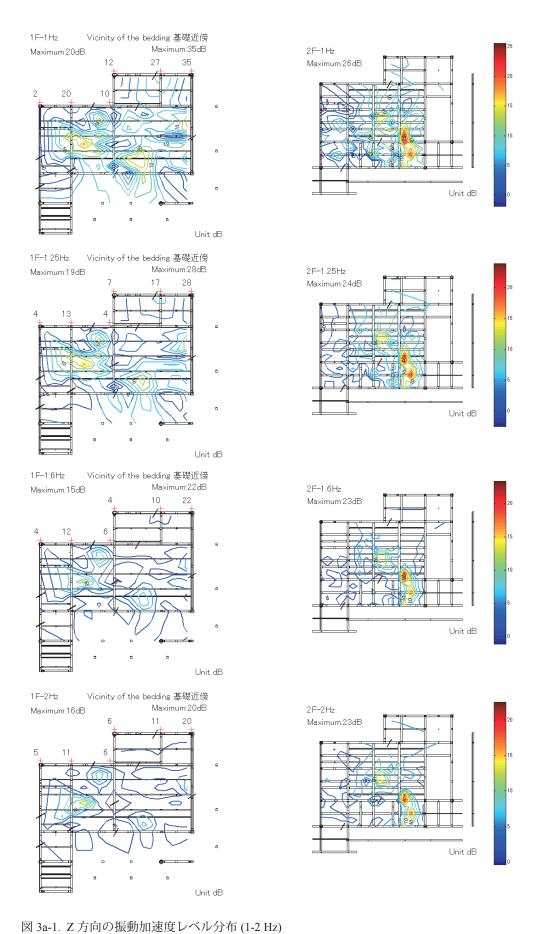


Fig. 3a-1. Distributions of vibration acceleration levels in the Z direction(1-2Hz)

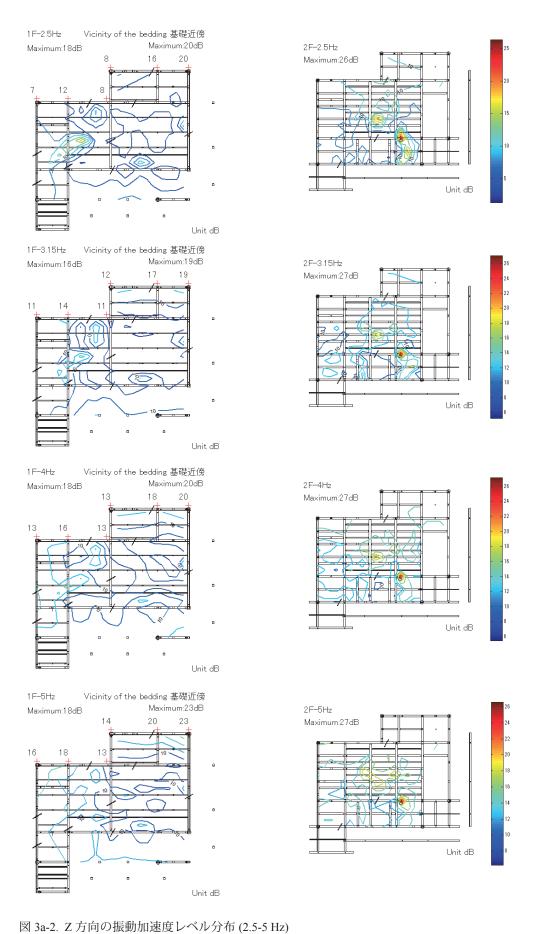


Fig. 3a-2. Distributions of vibration acceleration levels in the Z direction(2.5-5 Hz)

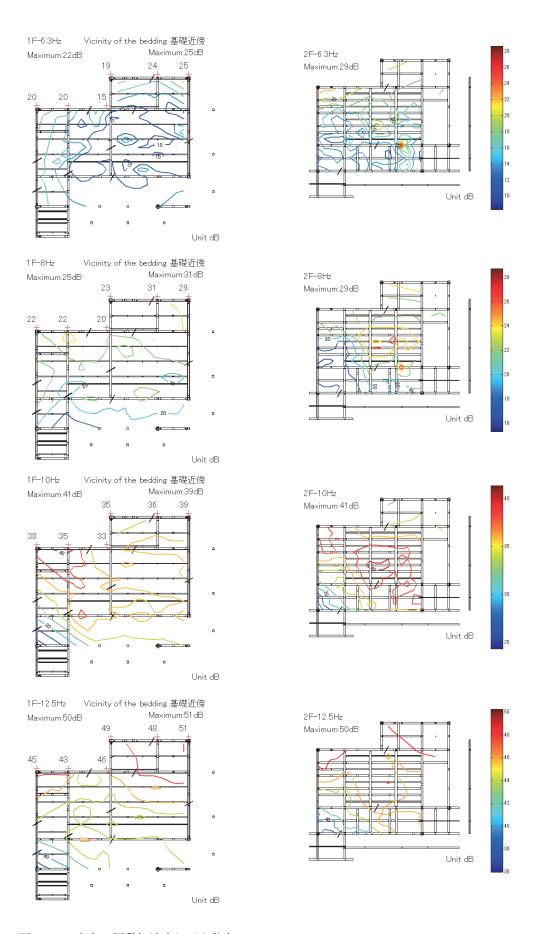


図 3a-3. Z 方向の振動加速度レベル分布 (6.3-12.5 Hz) Fig. 3a-3. Distributions of vibration acceleration levels in the Z direction(6.3-12.5 Hz)

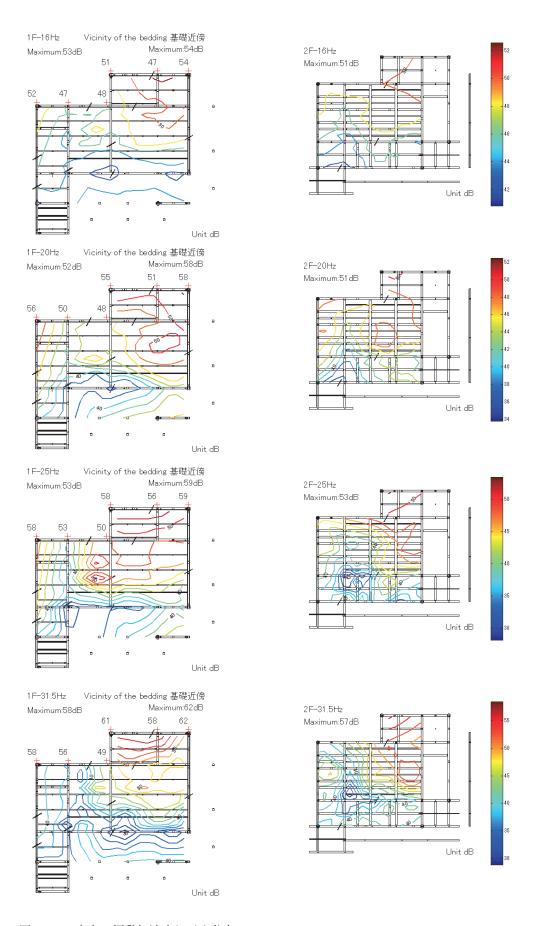


図 3a-4. Z 方向の振動加速度レベル分布 (16-31.5 Hz) Fig. 3a-4. Distributions of vibration acceleration levels in the Z direction(16-31.5 Hz)

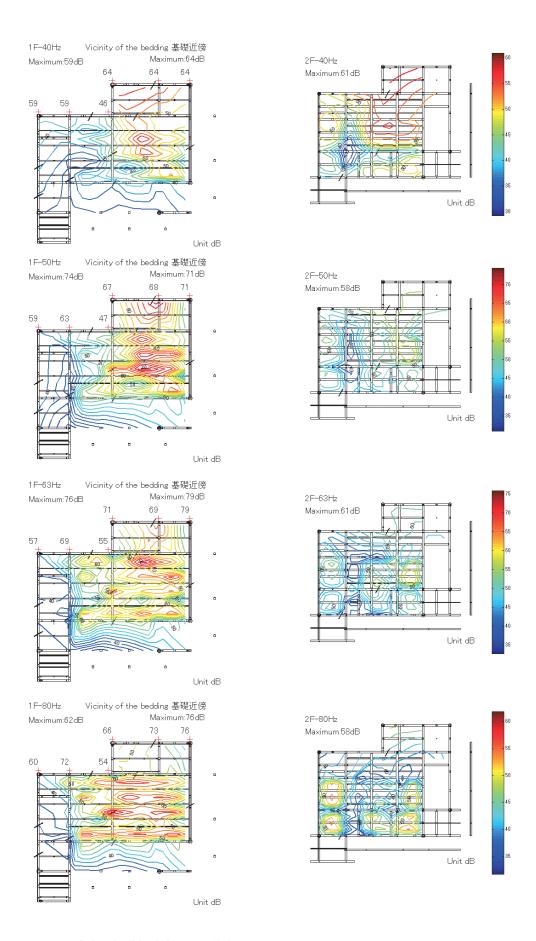


図 3a-5. Z 方向の振動加速度レベル分布 (40-80 Hz) Fig. 3a-5. Distributions of vibration acceleration levels in the Z direction(40-80Hz)