D1-9

RC 造と木造床を対象とした歩行時の振動感覚と振動応答物理量に関する検討

Correspond of Vibration Sense and Vibration Response Physical Quantity for Walking Vibration on RC and Wooden Floor Structure

○坂元美沙希[2]，井上勝夫[1]，冨田隆太[1]
*Misaki Sakamoto[2], Katsuo Inoue[1], Ryuta Tomita[1]

"Curve for evaluation of performance to vertical vibration" in the "Guidelines for the evaluation of habitability to building vibration" by AIJ doesn't take into account the temporal effects. In this paper, different structure, comparing the RC and wooden structure for walking vibration, and report the results of a study about the correspondence between the vibration response physical quantity and vibration sensory evaluation of such $L_{Veq}+20\log_{10}T_h^{k2}$.

1. はじめに

環境振動の分野において，人の歩行等の動作による鉛直振動を評価する場合には，日本建築学会から刊行されている「建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説」[1)]の「鉛直振動に関する性能評価曲線」（以下，評価曲線）が用いられている．この評価曲線では，振動の時間的な影響を考慮していない．しかし，実際に問題となる床振動は人の歩行のように連続的に発生するものが多い．既報[2)3)]では，長時間振動を暴露した場合の実験を行い，新たな補正値 k_2 を提案し，気になる度合や不快度合と対応のよい物理量として $L_{Veq}+20\log_{10}T_h^{k2}$ などを用いることで一定の対応が得られることを示した．本報では，構造体の異なる，RC 造と木造を比較し，歩行振動において $L_{Veq}+20\log_{10}T_h^{k2}$ などの振動応答物理量と振動感覚量との対応について検討した結果を報告する．

2. 実験概要

実験は，RC 造と実験対象木造モデルの建物で行った．Fig.1 に加振点及び受振点の関係を示す．実験条件は Table.1 に示す通りで，3 種類の実験を行った．実験 1 で用いた RC 造の床構造は，コンクリート 120mm＋モルタル 30mm である．なお，実験 1 は既報[4)]の結果を再分析したものである．実験 2 と実験 3 は既報[5)]と同様の大断面集成材を用いたスパン 6m×6m の 2 方向ラーメン構造の床を用いた．床構造は，梁架構上にプレストレスを導入した PC 版(2000×3000 t70)を直置きし，PC 版同士の接続は金属プレート(50×100 t5)によりパネル上面のみボルトで緊結した．PC 版は防振材として，緩衝材(ポリウレタン合成物質)12.5mm で支持した．なお，実験 2 は床仕様に上部仕上げ構造として合板([合板 12mm×2<エポキシ接着>+緩衝材 25mm 厚 180×280] 緩衝材 16 ヶ所＋合板 24mm［12mm×2，エポキシ接着］＋合板 36mm［12mm×3，ビス留め@200<周囲@100>］，端部開放)を重ね貼りした床を付加し，実験 3 の床仕様は上部仕上げ構造として，乾式二重床(脚高さ 86mm+パーチ 20mm+合板 12mm，ビス留め，端部開放)とした．各実験の実験方法は，Fig.1 に示す加振点(移動動作の場合には加振ルート 1～6)で加振を行い，受振点にて感覚評価実験を行った．加振方法は，Table.1 に示す人の動作と JIS A 1418-2:2000[6)]の衝撃力特性(2)を有するゴムボールを自由落下させ行った．感覚評価実験の方法は，受振点を中心に床に体育座りをしてもらい，Fig.2 に示す感覚評価項目に回答してもらった．なお，評価実験時には耳栓を装着し，評価に加振時の音が影響しないように配慮した．被験者数，回答数は Table.1 に示す通りで，有効回答数の合計は 573 票であった．

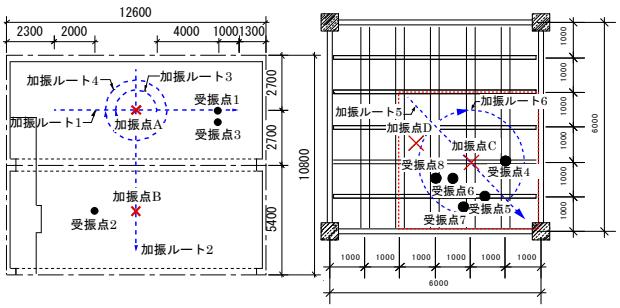

Figure 1. Position of impact points and receiving points (Left: RC structure, Right: Wooden structure)

Table 1. Experimental condition

	実験1					実験2・実験3				
	加振源	実験時間 T	振動知覚時間 T_h	衝撃回数	加振点	加振源	実験時間 T	振動知覚時間 T_h	衝撃回数	加振点
加振条件及び衝撃時間	ボール1	10 s	0.29 s ~1.13 s	1	A	ボール1	10 s	0.58 s ~2.8 s	1	C
	ボール2	10 s	0.25 s ~0.64 s	1	B	ボール2	10 s	0.55 s ~2.62 s	1	D
	1人歩行1	14 s	0.04 s ~6.72 s	11 ~16	加振ルート1	1人歩行1	19 s	3.19 s ~9.74 s	8 ~10	加振ルート5
	1人歩行2	14 s	0.001 s ~1.59 s	11 ~14	加振ルート2	1人歩行2	13 s	1.68 s ~3.6 s	19 ~21	加振ルート6
	1人歩行3	13 s	0.015 s ~2.42 s	10 ~14	加振ルート3	-	-	-	-	-
	1人歩行4	15 s	0.011 s ~1.61 s	12 ~16	加振ルート4	-	-	-	-	-
	2人歩行1	14 s	0.047 s ~4.54 s	13 ~19	加振ルート1	-	-	-	-	-
	2人歩行2	14 s	0.046 s ~4.47 s	12 ~17	加振ルート2	-	-	-	-	-
	2人歩行3	13 s	0.04 s ~4.15 s	11 ~17	加振ルート3	-	-	-	-	-
	2人歩行4	15 s	0.15 s ~5.87 s	12 ~19	加振ルート4	-	-	-	-	-
	実験1					実験2			実験3	
受振点	1, 2 (歩行時：2, 3)					4, 5, 6			4, 7, 8	
構造体	RC造					木造(直貼り)			木造(乾式二重床)	
被験者数	成人男女 20名（男性17名,女性3名）					成人男女 8名（男性5名,女性3名）			成人男女 7名（男性5名,女性2名）	
有効回答数	394					96			84	

※) 歩行加振の際、靴は脱ぎ、靴下着用で歩行した

あてはまるものに○をつけてください。

(1) 振動を感じましたか？　感じない / 判断できない / 感じる

"感じる"と回答した振動は、どの程度に感じましたか？

非常に小さく感じる　-3　-2　-1　0　+1　+2　+3　非常に大きく感じる

(1) で"感じる"と回答した場合、この教室で授業を受けていることを想定し、(2)・(3)に回答してください。

(2) 振動は気になりますか？　どちらともいえない

全く気にならない　-3　-2　-1　0　+1　+2　+3　非常に気になる

(3) 振動を不快に思いますか？　どちらともいえない

全く不快に思わない　-3　-2　-1　0　+1　+2　+3　非常に不快に思う

Figure 2. Sensory evaluation

1：日大理工・教員・建築　2：日大理工・院・建築

3. 実験結果および考察

振動応答物理量は，人の各動作時やゴムボール衝撃時の値を2dB刻みで集計し，衝撃源ごとにカテゴリー尺度法を用いて感覚評価結果を算出した．Fig.3に$Lv_{max(10ms)}$と知覚率，大きさ度合の関係を示す．知覚率をみると，木造はRC造よりも物理量が大きく，全体的に75dB程度で約90%以上が振動を知覚するのがわかる．大きさ度合をみると，衝撃力が一定でない衝撃源である歩行においても相関が良く対応が良い．そのため，知覚率，大きさ度合においては$Lv_{max(10ms)}$と対応が良いことがわかる．

既報[2)3)]では，$L_{Veq}+20\log_{10}T_h^{k2}$などの物理量が気になる度合，不快度合と対応が良いことを示した．そこで本報でも，$L_{Veq,h,Th}+20\log_{10}T_h^{k2}$と$L_{Veq}+20\log_{10}T_h^{k2}$と気になり度合の関係を求め，Fig.4 に示した．これをみると，$L_{Veq,h,Th}+20\log_{10}T_h^{k2}$，$L_{Veq}+20\log_{10}T_h^{k2}$共に気になり度合と対応が良いことがわかる．これらの結果から，既報[2)3)]で提案した物理量が，RC 造だけでなく木造床にも対応し，振動振幅が大きなものにも適用できることがわかった．また，衝撃源がゴムボールだけでなく，衝撃力特性の異なる歩行振動でも対応することがわかった．

次に，今回の実験の歩行振動だけを分析し，Fig.5，Fig.6 に$L_{Veq,h,Th}+20\log_{10}T_h^{k2}$，$L_{Veq}+20\log_{10}T_h^{k2}$と気になる度合，不快度合の関係を示す．これをみても、$L_{Veq}+20\log_{10}T_h^{k2}$などの物理量と感覚量の対応が良いことがわかる．このことから，ゴムボールだけでなく衝撃力特性の異なる歩行加振や異なる構造体においても気になる度合，不快度合では$L_{Veq,h,Th}+20\log_{10}T_h^{k2}$，$L_{Veq}+20\log_{10}T_h^{k2}$の物理量と感覚量が良い対応を示すことがわかった．しかし，$L_{Veq,h,Th}$とL_{Veq}は，積分時間が異なるため，同じ衝撃回数の場合には，衝撃間隔が長くなれば，L_{Veq}の値は小さくなると考えられ，両者の相関がみられなくなっていることも考えられる．そのため，今後更に交通振動なども含め，様々な振動源や時間変動パターンで確認をする必要がある．

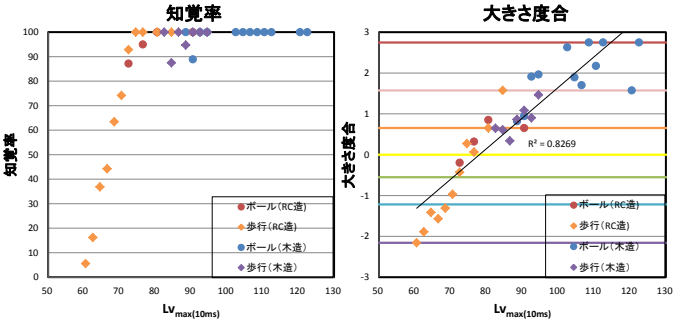

Figure 3. Correspondence between magnitude of vibration sensation and Perception rate and $Lv_{max(10ms)}$

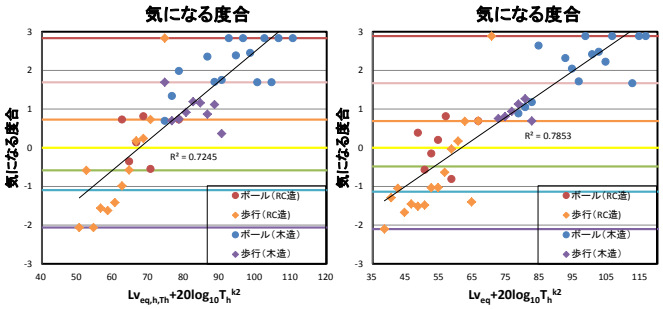

Figure 4. Correspondence between anxious sensation and $L_{Veq,h,Th}+20\log_{10}T_h^{k2}$ and $L_{Veq}+20\log_{10}T_h^{k2}$

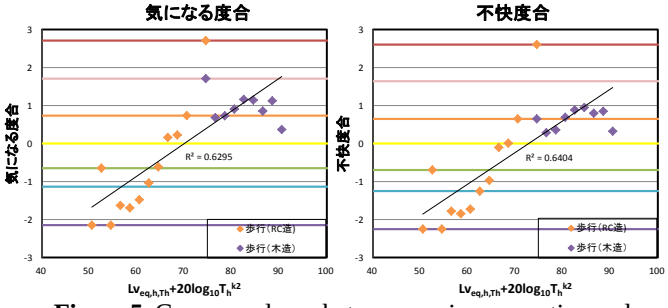

Figure 5. Correspondence between anxious sensation and uncomfortable sensation and $L_{Veq,h,Th}+20\log_{10}T_h^{k2}$

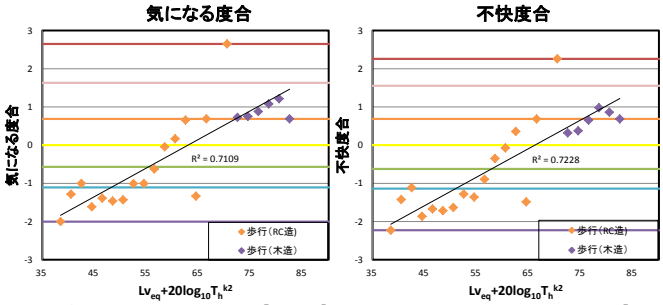

Figure 6. Correspondence between anxious sensation and uncomfortable sensation and $L_{Veq}+20\log_{10}T_h^{k2}$

4. まとめ

本報では，異なる構造体で人の動作及びゴムボールによる振動応答物理量と振動感覚の対応を検討した．その結果，本報の実験条件範囲では，衝撃源の衝撃力特性が変化しても、木造床のような振動が大きくなる場合でも，気になる度合、不快度合においては$L_{Veq}+20\log_{10}T_h^{k2}$などを用いることで一定の対応が得られることを示した．そのため今後は，衝撃振動だけでなく変動性の小さい交通振動等の実験も行うことで，$L_{Veq}+20\log_{10}T_h^{k2}$などと振動感覚の対応について検討を行いたい．さらに，実際の居住物件を対象に実験を行うことで，居住者の反応を考慮した物理量の検討についても進めていきたい．

5. 参考文献

1) 日本建築学会編：建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説，2004. 5
2) 冨田，井上，坂元：振動暴露時間の変化による物理量と振動感覚との対応
(床振動測定用標準衝撃源としてのボールの有用性に関する研究：その 16)，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.369-370，2015.9
3) 坂元，井上，冨田：振動暴露時間の延長による振動感覚量と振動応答物理量に関する検討
(床振動測定用標準衝撃源としてのボールの有用性に関する研究：その 17)，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.371-372，2015.9
4) 冨田，井上，玉置：人の動作及びゴムボール衝撃時を対象とした振動応答物理量と感覚度合に関する検討，日本騒音制御工学会 秋季研究発表会講演論文集，pp.245-248，2013.9
5) 依田，井上，冨田，岡安，大倉：床構造仕様別の重量床衝撃音遮断性能の検討
(大断面集成材を用いた木造建築物の防振床構造による重量床衝撃音遮断性能に関する研究：その 1)，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.221-222，2014.9
6) JIS A 1418-2:2000，建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法―第 2 部：標準重量衝撃源による方法