

ALCパネル床の歩行振動特性に関する基礎的研究 (その3. 床下地材による床振動の抑制に関する解析的検討)

正会員 ○ 杉田 朋哉

ALCパネル 床 歩行振動
床下地 床版 予測解析

1. 序

既報1)では、図1に示す乾式ALCパネル床の落錘加振試験を行い、パネル上の床下地材が隣接するパネルの上下振動を連動させ、床振動を抑制することを確認した。

本報では、ALCパネル床の振動解析モデルを提案し、床下地材による歩行振動への影響を架構の予測解析で確認する。解析では汎用構造解析ソフトmidas-iGenを用いる。

2. ALCパネル床の振動解析モデル

(1) ALCパネル床の解析モデルの提案

図2のように、各パネルを梁要素とし、隣接するパネルのスパン中央節点間をせん断バネで接続することで、床下地材の効果を反映する。

パネル端部は梁への取付け金物の拘束に応じた回転バネ支点とする。ALC材のヤング係数を $1,750\text{N/mm}^2$ とし²⁾、床下地材がない1枚単独のパネルの1次固有振動数(試験値)から回転バネ剛性を算出すると約 $150\text{kN}\cdot\text{m/rad}$ となる。回転バネにこの剛性を用い、床下地材がある1枚単独のパネルの1次固有振動数(試験値)からパネルのヤング係数を逆算すると約 $2,100\text{N/mm}^2$ 相当となる。床下地材とパネルとにわずかな一体効果が生じている可能性があり、落錘加振試験の追跡解析ではこの値を用いる。

(2) ALCパネル間のせん断バネ剛性の設定

パネル間のせん断バネ剛性の設定のため、図4に示す床下地材の強制変位解析を行う。隣接する2枚のパネルにわたり1m四方の床下地材(パーティクルボード、13タイプ、15mm厚)をビスどめした想定で、床下地材を50mm角の板要素とし、JIS A 5908を参考に曲げヤング係数を $2,500\text{N/mm}^2$ とする。

床下地材の右半分はビス位置の節点をピン支点、他の節点をパネルとの接触を考慮した剛の圧縮バネ支点とする。左半分はビス位置の節点に鉛直下向きの強制変位1mmを与え、他の節点は解析モデル(a)では非拘束とし、(b)では剛の圧縮バネを配置する。

各部材が弾性挙動すると仮定し、強制変位節点の反力値の合計からパネル間のせん断バネ剛性を算出すると、(a) $1.30 \times 10^3 \text{ kN/m}$ 、(b) $2.74 \times 10^3 \text{ kN/m}$ になる。本解析ではビス部やパネルの変形を考慮していないことから、以下では相対的に小さな(a)の値を採用する。

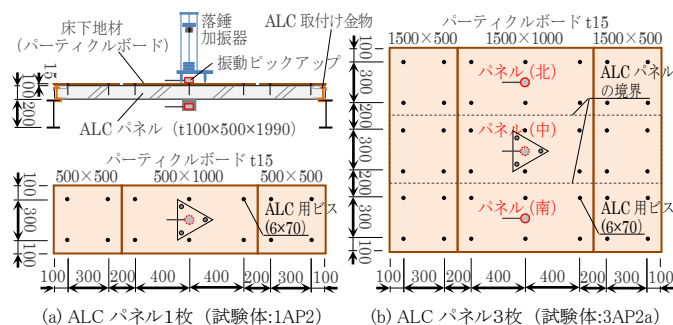


図1 乾式ALCパネル床の落錘加振試験

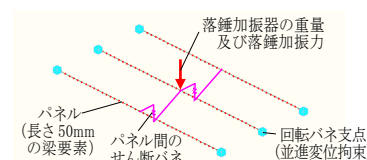


図2 ALCパネル床の解析モデル

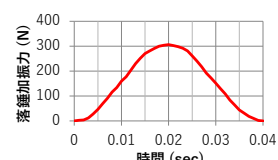


図3 落錘加振力時刻歴

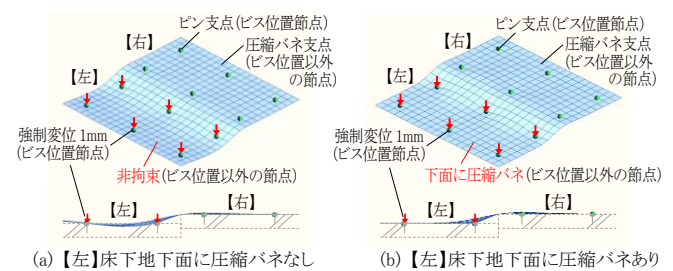


図4 床下地材の強制変位解析

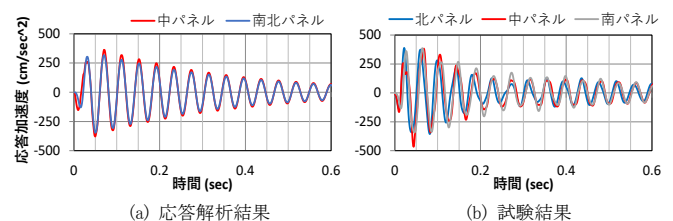


図5 ALCパネルの加速度時刻歴

(3) ALCパネル床の落錘加振試験の追跡解析

図2のモデルに、パネル及び床下地材の重量(等分布荷重)、加振器の重量(集中荷重)、ロードセルでの測定に基づく図3の落錘加振力を入力する。時刻歴応答解析を線形モード法、時間増分0.001秒(出力0.002秒)、減衰比2%(落錘加振器自体がもたらす減衰を考慮、全モード一律)で行ったところ、図5のように中央のパネルのスパン中央節点の加速度応答(a)は試験結果(b)と似た傾向となった。

3. ALCパネル床の歩行振動の予測解析

(1) 対象架構と振動解析モデル

住宅の6m四方の居室を取り出した図6の架構を解析対象とする。図1と同様の床下地材付き乾式ALCパネル床で、上下階とも外周には2m間隔に柱（上下端部ボルト接合）があり、内部には柱がないものとする。

図7のように、梁、パネルを梁要素とし、柱位置をピン支点、梁の負け側端部をピン接合とする。隣接するパネルのスパン中央節点間にせん断バネを、パネル両端に回転バネ（剛性 150kN・m/rad）を配置し、パネル両端の節点は直下の梁節点と同一変位とする。パネルのヤング係数には前述の2,100N/mm²を用いる。

固定・積載荷重を図6に示す。また、大人一人がX0通りをY-2.25からY2.25まで500mm間隔で歩くものとし、図8の加振力（歩調2Hz）を歩調に応じて1歩の加振時間（0.6sec）を拡大・縮小して、歩行先のX-0.25、X0.25通りのパネル節点に半分ずつ入力する。

(2) 解析パラメータと解析条件

パネル間のせん断バネ剛性（0、130、1,300、13,000 kN/m、剛）と歩調（1次固有振動数に対し4倍調、4.5倍調）をパラメータとし、時刻歴応答解析を線形モード法、時間増分0.001秒（出力0.002秒）、減衰比3%で行う。

(3) 解析結果

パネル間せん断バネ剛性1,300kN/mのモデルについて、固有モード形を図9に、X-0.25通りY0位置のパネル節点の応答加速度時刻歴を図10に示す。モード形は、1次・2次は主に梁の変形、3次・4次は主にパネルの変形である。

各モデルの固有振動数及び最大応答加速度を表1に、1/3オクターブバンド分析結果（時定数630ms）を図11に示す。パネル間せん断バネ剛性が大きいほど、応答加速度が小さく、1/3オクターブバンド分析の加速度(0-p)がパネルの固有振動数15Hz付近だけでなく広い範囲で小さい。

一方、歩調については4倍調より4.5倍調の方がやや応答加速度が小さい程度である。1/3オクターブバンド分析の加速度(0-p)は1次固有振動数の付近を除くと傾向に大差はなく、今回の架構の床振動についてはパネル自体の振動の影響が大きいことがうかがえる。

4. まとめ

乾式ALCパネル床の振動解析モデルを提案し、床下地材によるパネルの連動効果が大きいほど架構の歩行振動が抑制されることを予測解析で確認した。

今回の予測解析での応答は、実際の住宅における床振動よりやや大きいと思われる。今後は予測精度の向上に向け、床下地材を始めとした内外装材による床振動への影響をさらに把握し、予測方法の改良を進めたい。

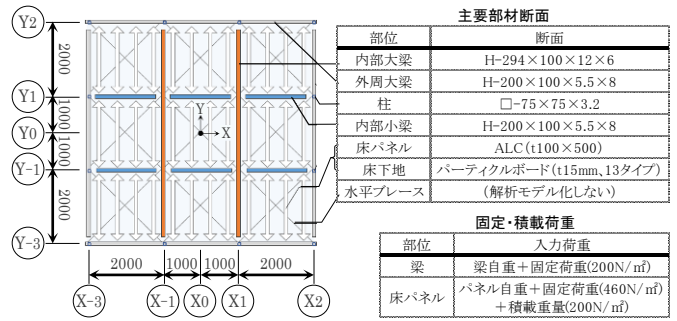


図6 予測解析対象のALCパネル床架構

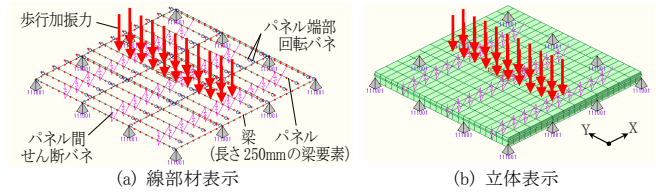


図7 ALCパネル床架構の解析モデル

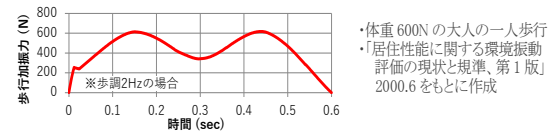


図8 歩行加振力時刻歴

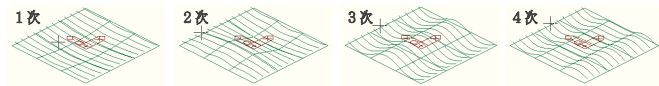


図9 固有モード形（パネル間せん断バネ剛性1,300kN/m）

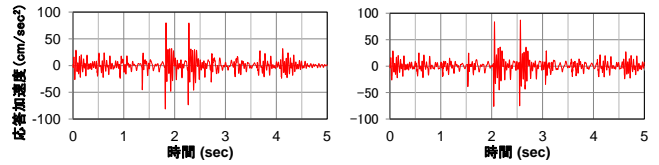


図10 応答加速度時刻歴（パネル間せん断バネ剛性1,300kN/m）

表1 固有振動数及び最大応答加速度

1次固有振動数に対する歩調	4倍調				4.5倍調						
	0	130	1,300	13,000	剛	0	130	1,300	13,000	剛	
パネル間せん断バネ剛性 (kN/m)	0	130	1,300	13,000	剛	0	130	1,300	13,000	剛	
固有振動数	1次	8.38	8.45	8.85	9.47	9.65	8.38	8.45	8.85	9.47	9.65
	2次	10.16	10.46	12.01	14.26	14.26	10.16	10.46	12.01	14.26	14.26
	3次	14.19	14.26	14.26	15.21	15.21	14.19	14.26	14.26	15.21	15.21
	4次	14.23	14.36	15.20	16.00	19.28	14.23	14.36	15.20	16.00	19.28
歩調 (Hz)	2.096	2.114	2.212	2.366	2.412	1.863	1.879	1.967	2.104	2.144	
最大応答加速度 (cm/sec²) 向上正	最大	87.9	92.1	79.9	49.1	22.3	87.3	95.9	87.2	40.8	12.9
	最小	-147.7	-127.2	-81.3	-45.5	-31.9	-123.9	-116.1	-76.2	-32.1	-18.5

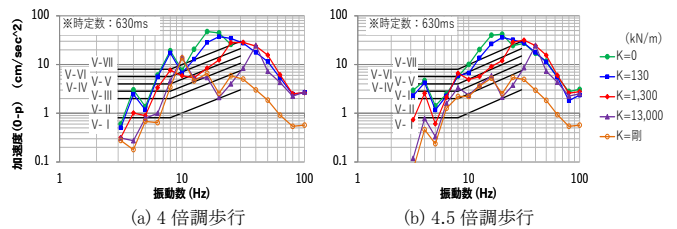


図11 1/3オクターブバンド分析結果

参考文献

- 1) 杉田 朋哉, 小林 礼奈: ALCパネル床の歩行振動特性に関する基礎的研究(その1)(その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学), pp.463-466, 2022.9
- 2) ALC協会: ALCパネル構造設計指針・同解説, pp.16, 2013.12