

# 蹴上げ部に開口を有するPC段床の振動性能確認実験

—戸田競艇場—

小堀 徹\*1・小坂橋 裕一\*2

## 1. はじめに

本建物は、市民に開放された、より親しみやすいモーターボート競走施設へと改修中の地上7階地下1階スタンド客席数1 814席（今回改修分）の建物である(写真-1)。建物概要を表-1に示す。より快適な観覧施設とするために観客席の前面にガラスを配置して室内とし、空調を効かせる計画としている（写真-2）。

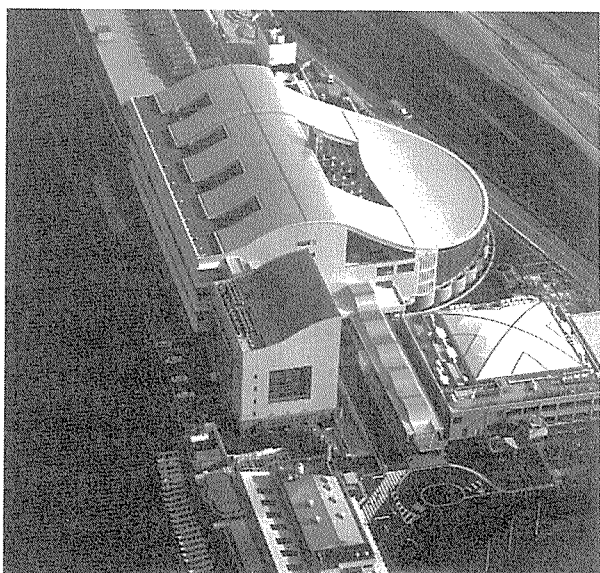


写真-1 建物鳥瞰図

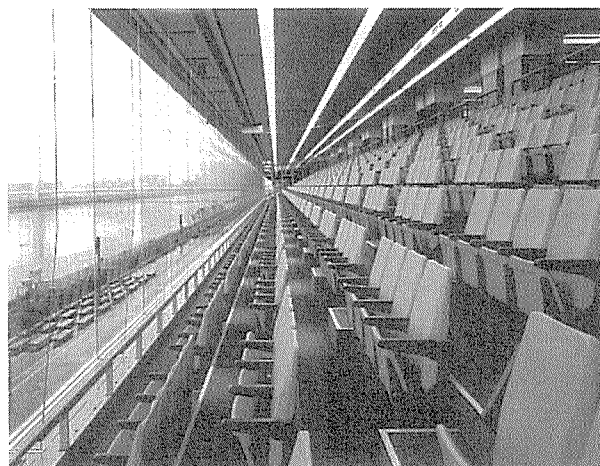


写真-2 3階スタンド一般席内観

表-1 建物概要

名称	戸田競艇場 第2期工事
場所	埼玉県戸田市戸田公園
階数	地上7階 地下1階
構造種別	鉄骨鉄筋コンクリート造
客席数	2～3階 1 248席
	4～5階 566席

図-1の断面図に示すように観客席の下部に空調機械室を設けて足もとからの直接送風により、空調する計画としており、プレキャストコンクリート段床（以下、PC段床と称す）の蹴上げ部に開口を設けて送風口としていることが、本段床の特徴となっている（図-2）。

設計では開口を考慮した検討を行い、断面を決定しているが、蹴上げ部に開口を有したPC段床の実施例は、当時ほとんど見あたらなかった。このような背景から設計意図を確認し、PC段床の構造安全性と振動性状を把握するために、製作時に試験体による振動実験を行った。さらに、竣工後建物にて振動実験を行うことにより、試験体と建物設置後の段床の振動性状について比較検討も行った。今回は、おもにこれらの2つの振動実験について報告する。

なお、本建物に採用したPC段床の断面形状は、観客席の勾配により、蹴上げ高さが50cm（2～3階）のもの



\*1 Tohru KOBORI  
 (株)日建設計  
 構造設計主管



\*2 Yuichi KOITABASHI  
 (株)日建設計

と64cm（4～5階）のもの2種類あるが、本実験は蹴上げ高さの小さい2～3階の段床について行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 PC段床の振動性能確認実験

#### (1) 試験体

試験体の使用材料および設計基準強度を表-2に、形状および配筋を図-3、図-4に示す。

段床の形状は通常のL形を逆にして蹴上げ高さを少しでも大きくとれるように工夫している。試験体はPC段床設置時の状況を考慮し、連続している性状を把握するために3体を現場と同じ境界条件で重ねたS1と単体のS2の2ケースとした。

試験体：S1（3連タイプ）

試験体：S2（単体タイプ）

#### (2) 実験方法

計測位置および計測項目を図-5～8に示す。

##### ① 歩行試験（図-5～7）

- 図-5～7に示した←→を歩行動線とし、S1(3連)では1人から3人、S2(単体)では1人の歩行試験を行った。

1人歩行：65kg（体重）

2人歩行：65kg+70kg

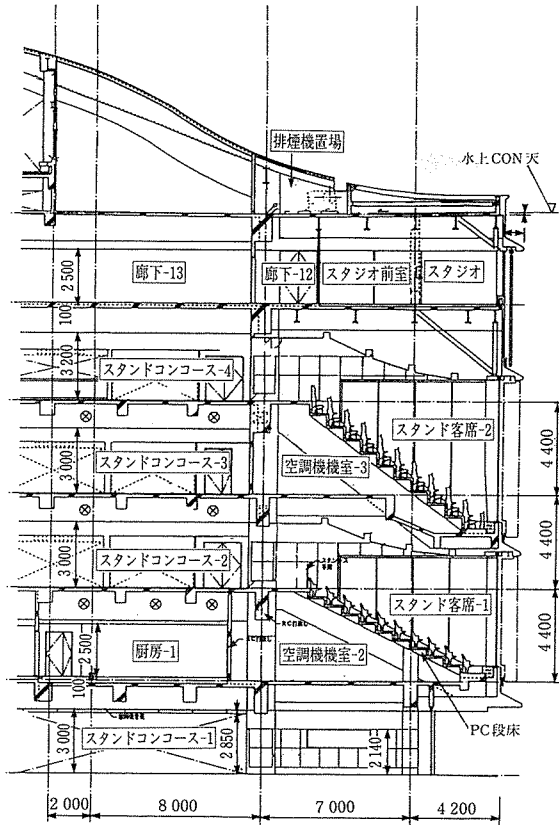


図-1 スタンド断面図

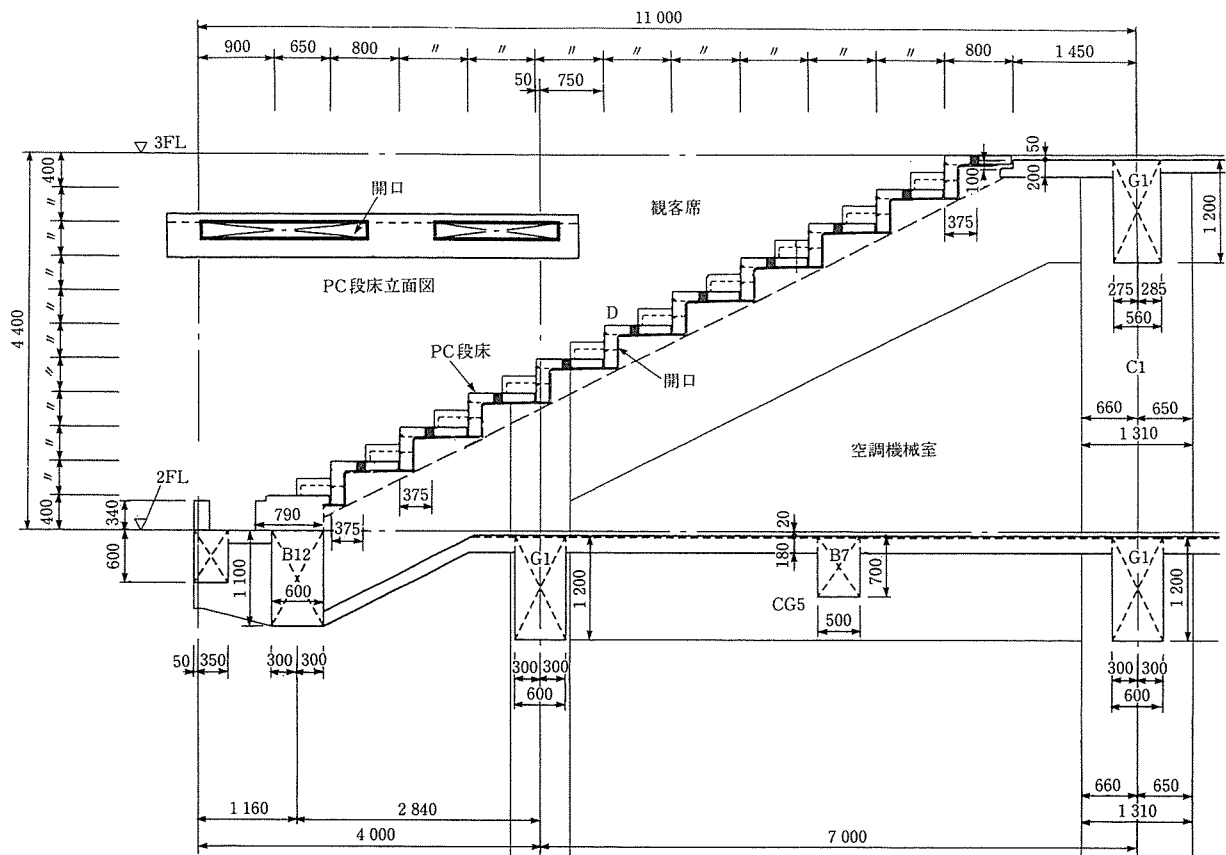


図-2 PC段床部分断面図

表-2 使用材料および設計基準強度

●鉄筋						
名称	径	備考				
SR235 SD295A 溶接金網	4φ, 6φ D10, D13	JIS G3112 JIS G3112 JIS G3551				
●PC鋼材						
名称	引張荷重	降伏荷重	許容引張荷重 導入時/定着時	初期張力	伸び	備考
SWPR7A 9.3φ	9.05tf以上	7.7tf以上	6.55tf/6.16tf	6.16tf	3.5%以上	JIS G3536
●コンクリート						
セメント	普通ポルトランドセメント		備考 JIS R5210			
●コンクリート強度						
設計基準強度			450kg/cm <sup>2</sup>			
張力導入時圧縮強度			300kg/cm <sup>2</sup>			

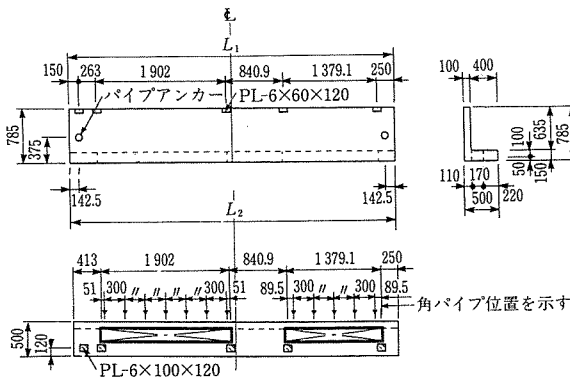


図-3 PC段床形状図

3人歩行：65kg+70kg+63kg

●S1（3連）では、段床の1人昇降試験も行った。

② 衝撃加振

a. 砂ボール(6kg W), 砂袋(30kg W)落下試験

- 加振点は試験体中央とした。
- 砂ボール（6kg W）は5cmおよび40cmの高さから自由落下させた。なお、6kgW-5cmは、2人歩行と同

程度の加振力である。

●砂袋(30kg W)は40cmの高さから自由落下させた。なお、S1(3連)では上, 中, 下段の各段中央を加振した。30kgW-40cmは大きな加振力であり、主に固有振動数を測定するための1つの指標として通常、用いられている。

b. かかと加振試験

●加振点は試験体中央とした。

c. バングマシンによるタイヤ加振試験

●加振点は試験体中央とした。なお、S1（3連）では、中段中央（測点35）の加振とした。

③ 常時微動（図-8）

●S1,S2について、それぞれ数分間の測定をした。

④ ランダム加振法による伝達関数測定【実験的モード解析法】（図-8）

●S1について計測を行った。

●加振位置(ランダム加振器による)は中段の測点45とした。

(3) 分析方法

●歩行および衝撃加振試験、並びに常時微動計測結果の時系列波形より、最大変位と最大加速度振幅値（[Peak-Peak]/2）を読み取り作表した。

●衝撃加振試験結果(鉛直方向加速度)を分析し、固有振動数、モード減衰定数を求めた。

●歩行試験結果および常時微動計測結果(鉛直方向加速度)について、周波数分析により固有振動数の確認を行った。

●S1については、実験的モード解析法により、固有振動数、固有モード、モード減衰定数を求め、さらにはモードアニメーションも作成した。

●歩行試験結果については最大加速度振幅と固有振動数分析結果により、振動影響の評価も行った\*1)。

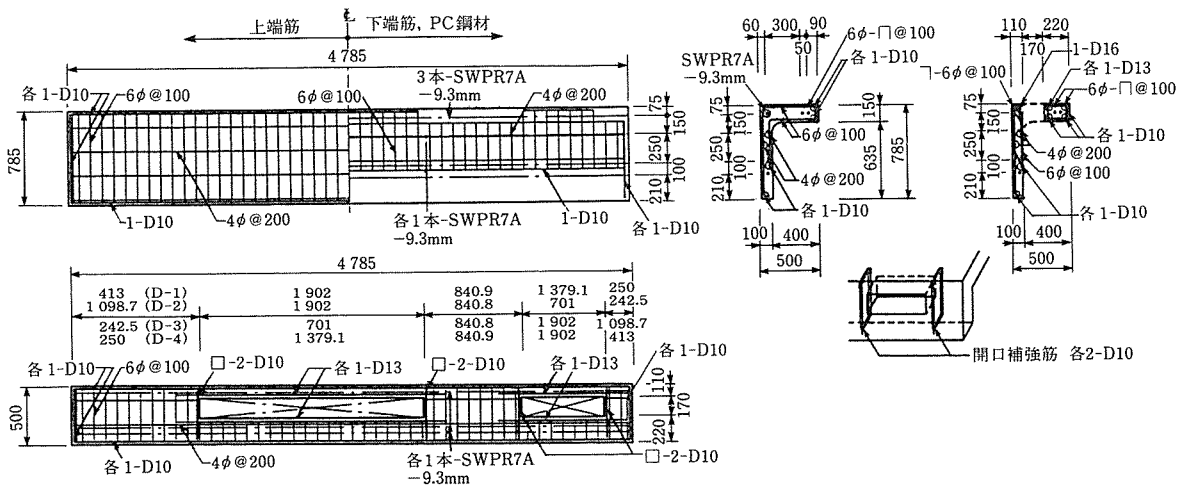


図-4 PC段床配筋図

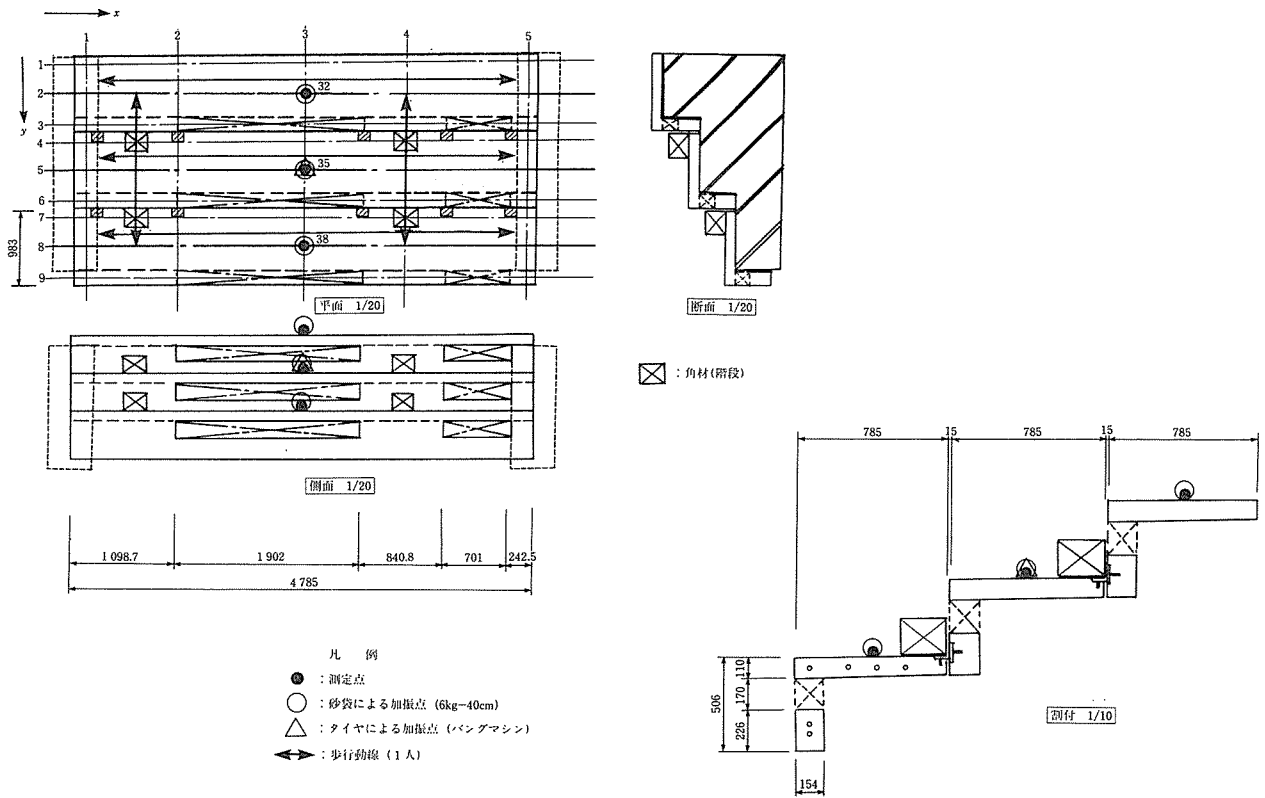


図-5 試験体S1

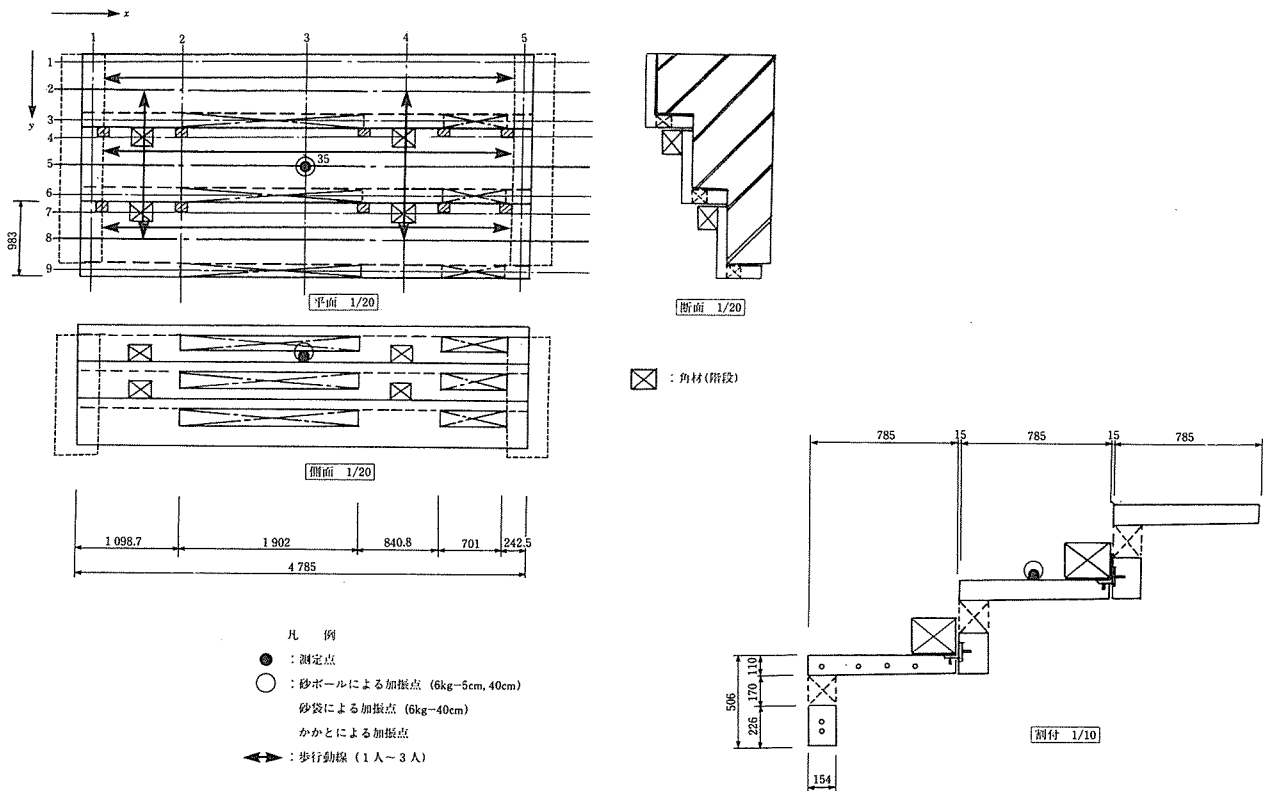


図-6 試験体S1

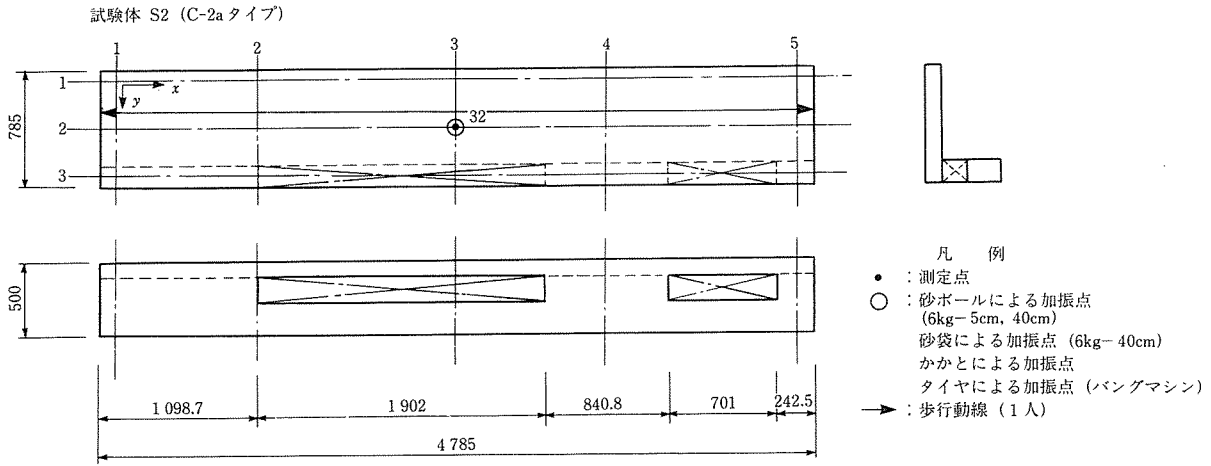


図-7 試験体S2

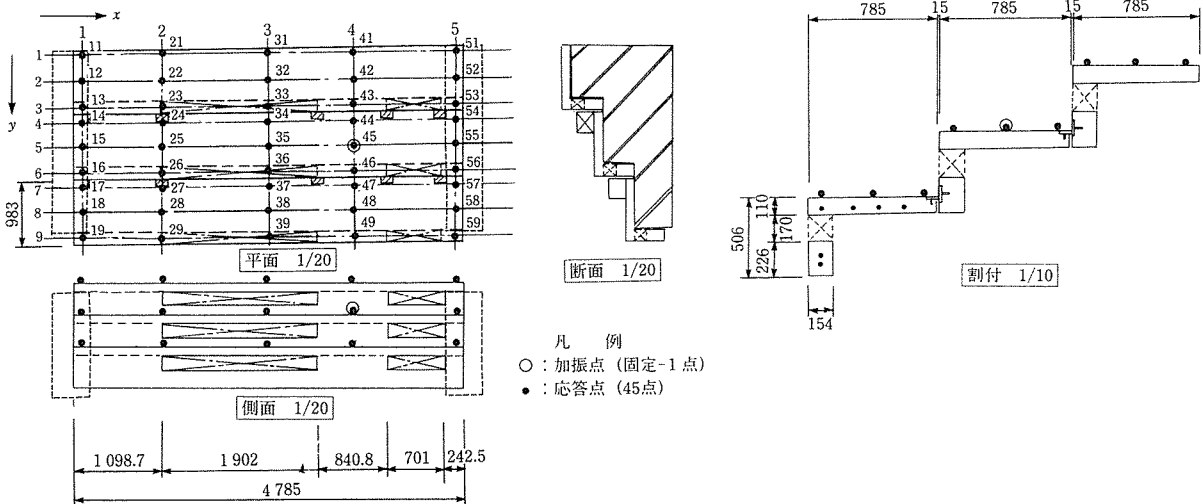


図-8 常時微動ランダム加振試験計測位置 試験体S1

#### (4) 測定機器

振動センサーは、加速度計（使用機器参照）を基本とし、必要に応じて変位計を併用した。測定データは、データレコーダに収録するとともに、ペンレコーダ、周波数分析器によって分析、記録を行った。

振動測定方向は鉛直方向を基本とするが、スタンドの傾斜の関係で水平成分の存在が予想されたため、主要点で水平方向のセンサーも併用した。

##### [使用機器]

##### (計測時)

- 振動計（変位）AL-120F（株東京測振）
- 振動計（加速度）VM-16（リオン株）
- 振動計（加速度）VM-23（リオン株）
- レクチコーダ 8K22（株日本電気三栄）
- FFTアナライザー CF350A（株小野測器）
- データレコーダ PC-208（ソニーマグネスケール株）
- コンピュータ PC9801（株日本電気）

- その他マトリックスピンポット、バングマシン、ランダム加振器

##### (分析時)

- レクチコーダ 8K22（株日本電気三栄）
- データレコーダ PC-208（ソニーマグネスケール株）
- FFTアナライザー 3582A Y・H・P
- コンピュータ HP310 Y・H・P

実験状況を写真-3（歩行試験）に示す。

#### (5) 実験結果

##### ① モード解析

ランダム加振器による加振試験から試験体S1のモード解析を行った。

ドライビングポイントを中段中央の測点45とし、カーブフィッティングにはSDOF-多項式法を用いた。（測定点は上段、中段、下段各15ポイント）

実験によるモード解析結果を表-3および図-9～12に示す。

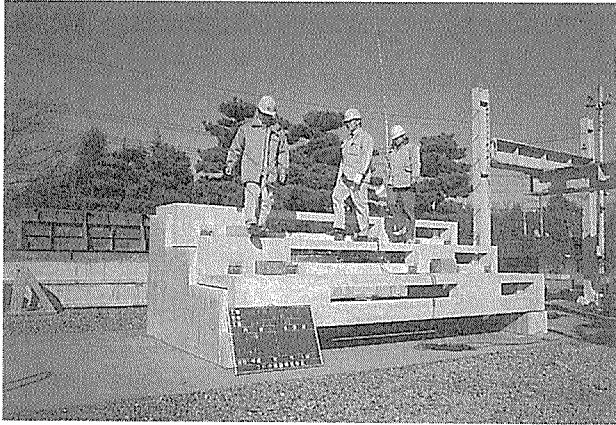


写真-3 歩行試験(試験体S1)

1次モードは各段床が同一方向に上下するモードとなり、段床単体の2次モードは全体の3次モードとなることがわかる。

表-3 モード解析で求めた固有振動数とモード減衰定数(試験体S1)

次数	振動数(Hz)	減衰定数(%)
1	30.71	4.66
2	41.48	2.87
3	68.96	1.80
4	76.69	4.33

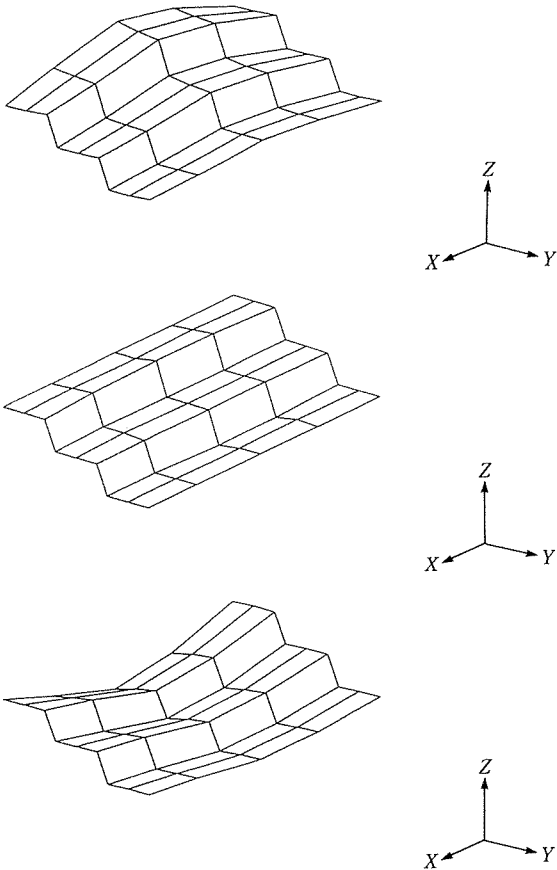


図-9 30.71Hz(減衰率4.56%)のモードシェーブ

② 歩行試験

a. 試験体S1の歩行試験(表-4~5)

●歩行ステップ(2Hz前後)の鉛直動

変位:  $4.7\mu\text{m} \sim 12.2\mu\text{m}$ 。歩行者の人数による差ははっきりしなかった。

加速度: 固有振動数が強調されたため判読出来なかった。

●試験体の固有振動数(31Hz前後)の鉛直動

変位:  $2.6\mu\text{m}$ (1人歩行上段)~ $6.8\mu\text{m}$ (3人歩行中段)。1人歩行の中段と下段では $4.5\mu\text{m} \sim 5.5\mu\text{m}$ であった。

表-4 試験体S1の歩行試験—変位最大振幅の平均—

歩行試験	測点位置	歩行ステップ2Hz前後の振幅((p-p)/2) $\mu\text{m}$	固有振動数の振幅((p-p)/2) $\mu\text{m}$		備考
		鉛直動(Z)	水平動(Y)	鉛直動(Z)	
1人	上段中央(測点32)	4.7	2.1	2.6	
	中段中央(測点35)	6.7~12.2	2.1	4.5~5.3	
	下段中央(測点38)	10.2	2.4	5.5	
2人	中段中央(測点35)	7.0	計測せず	4.7	
3人	中段中央(測点35)	9.4		6.8	

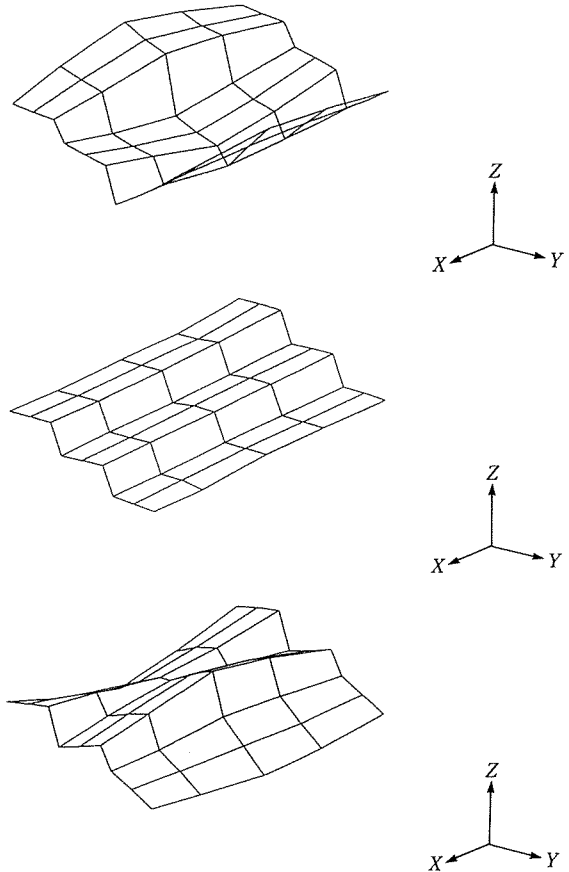


図-10 41.48Hz(減衰率2.87%)のモードシェーブ

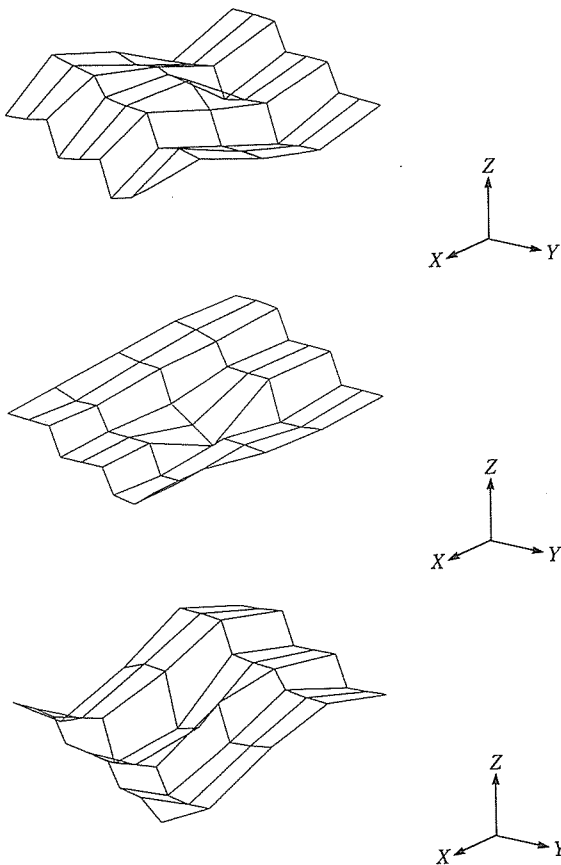


図-11 68.96Hz(減衰率1.80%)のモードシェープ

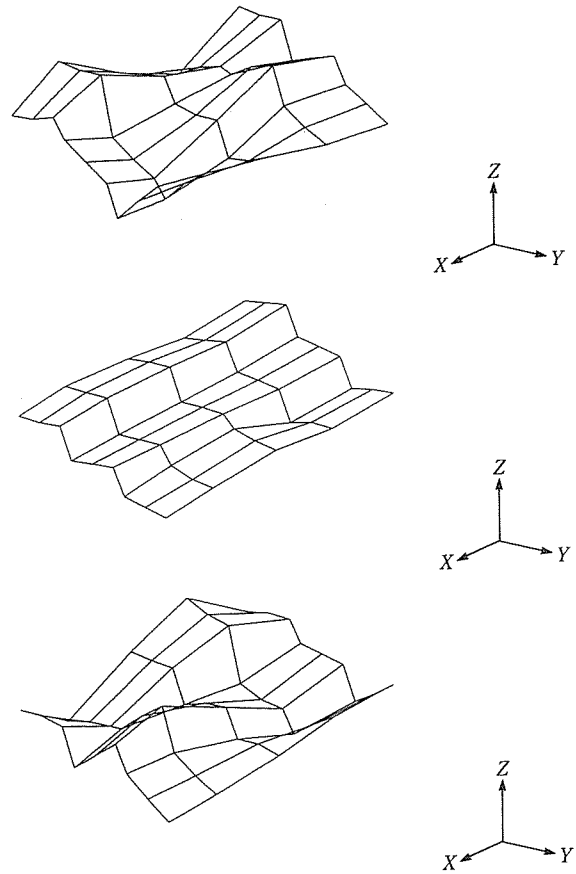


図-12 76.69Hz(減衰率4.33%)のモードシェープ

加速度：9.7gal (1人歩行中段)～22.0gal (3人歩行中段)。なお、1人歩行時の水平動変位は $2.1\mu\text{m}$ ～ $2.4\mu\text{m}$ であった。

- 1人の段床昇降時の固有振動数の最大振幅を表-6に示す。

鉛直動は昇りよりも降りる動作時、また上段よりも下段の位置で振幅が大きくなる傾向があった。水平動は、鉛直動の1/2～1/5前後の振幅であった。

表-5 試験体S1の歩行試験—加速度最大振幅の平均—

歩行試験	測点位置	歩行ステップ2Hz前後の振幅((p-p)/2) gal	固有振動数の振幅((p-p)/2) gal	備考
		鉛直動(Z)	鉛直動(Z)	
1人	中段中央(測点32)		9.7	鉛直動の卓越振動数は、31Hz、42Hz、76Hz、前後にある。
2人	中段中央(測点35)	固有振動数が強調される波形のため判読出来ず	12.1	
3人	中段中央(測点35)		22.0	

表-6 段床昇降時(1人)の最大振幅(31.2Hz)

	昇降時水平動( $\mu\text{m}$ )	昇降時鉛直動( $\mu\text{m}$ )
上段中央	8.1	18.4
中段中央	6.3	30.0
下段中央	10.6	48.8

- 歩行時の卓越振動数を図-13に示した加速度の周波数分析結果で見ると、固有振動数の31Hz前後が最も卓越し、他は42Hz前後、76Hz前後が卓越している。

- 1人～3人歩行時振動の評価を加速度の分析結果をもとに、日本建築学会の居住性能評価で示すと、図-14に示すようになった。

評価は振動種別1(連続振動および間欠的に繰返し発生する振動を受ける床)として、次のように考えられる。

1人歩行：V1.5～V3(用途を一般事務所とした場合、ランクIより良好)

2人歩行：V3程度(用途を一般事務所とした場合、ランクI程度)

3人歩行：V5程度(用途を一般事務所とした場合、ランクIII程度)

b. 試験体S2の歩行試験(表-7～8)

- 歩行ステップ(2Hz前後)の鉛直動

変位： $9.0\mu\text{m}$ 。試験体S1の中段中央( $6.7\sim 12.2\mu\text{m}$ )と同程度となった。

加速度：固有振動数が強調される波形のため判読出来なかった。

- 固有振動数(32Hz前後)の鉛直動

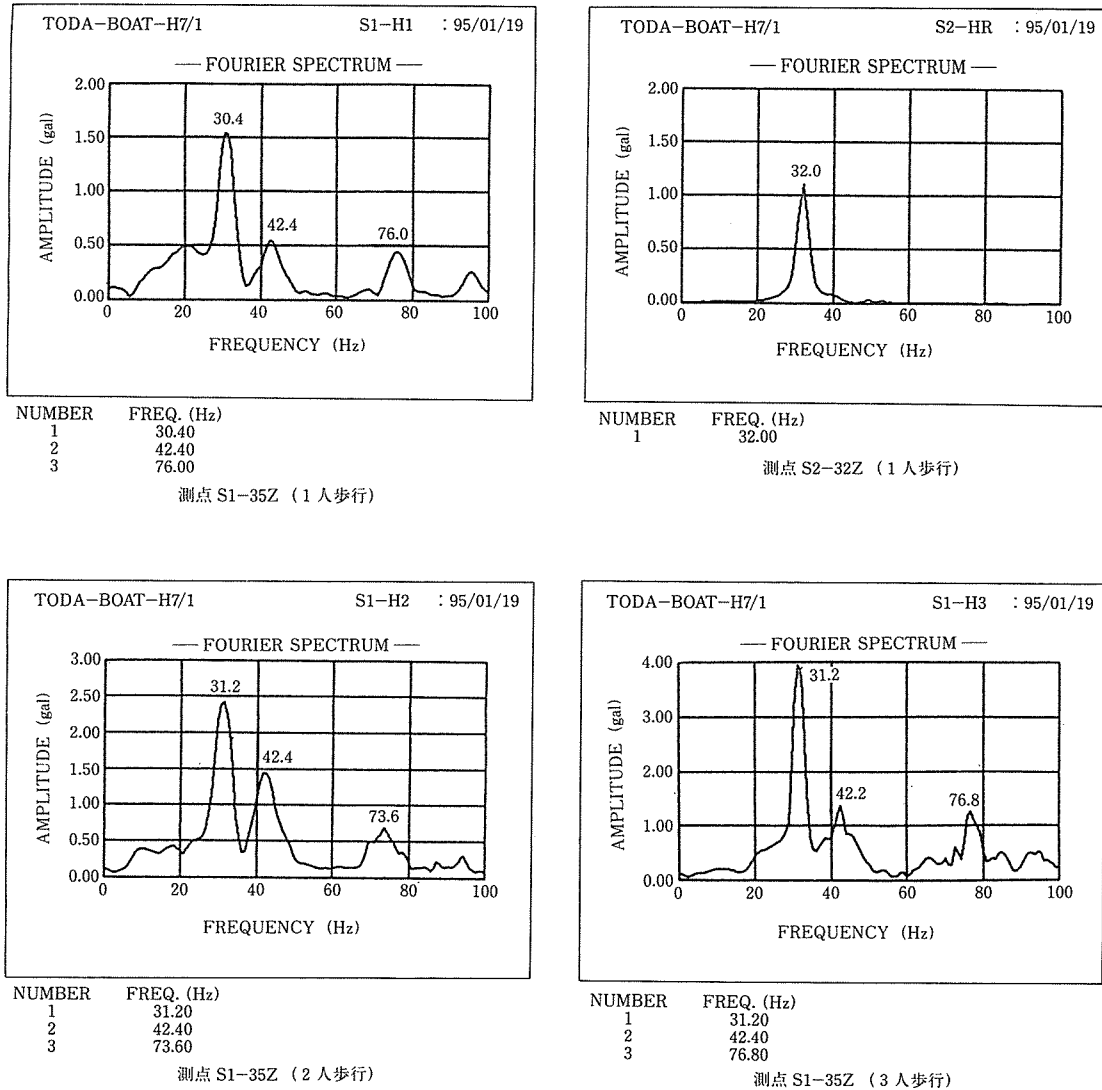


図-13 歩行試験の周波数分析結果(スペクトル図)

変位：8.4 μm。試験体S1中段中央(4.5~5.3 μm)よりやや大きな値となった。

加速度：38.3gal。試験体S1の中段中央(9.7gal)の約4倍となった。なお、水平動は変位(2.7 μm)、加速度(13.3gal)とも、鉛直動の約1/3

程度であった。

- 図-13に示した加速度の周波数分析結果をみると32Hzにのみ顕著な卓越振動数が見られる。
- 図-14に示した日本建築学会の居住性能評価により、試験体S1同様に評価すると次のようになった。  
1人歩行：V10程度(用途を事務室とした場合、ランクⅢを超過する)

③ 衝撃加振試験(表-9)

a. 砂袋落下試験

重量30kgの砂袋を40cmの高さから各段中央へ自由落下させた時の段床中央の振動(変位と加速度)を計測した。時系列波形から最大振幅((P-P)/2)を求めた。

● 試験体S1の鉛直動

上・中・下段の各段加振時の最大振幅の平均は次のようになった。

変位振幅： 上段 中段 下段  
上段加振時 281.3 μm → 126.1 μm → 75.0 μm

表-7 試験体S2の歩行試験—変位最大振幅の平均—

歩行試験	測点位置	歩行ステップ2Hz前後の振幅((p-p)/2) μm	固有振動数の振幅((p-p)/2) μm		備考
		鉛直動(Z)	水平動(Y)	鉛直動(Z)	
1人	中央(測点32)	9.0	2.7	8.4	

表-8 試験体S2の歩行試験—加速度最大振幅の平均—

歩行試験	測点位置	歩行ステップ2Hz前後の振幅((p-p)/2) gal	固有振動数の振幅((p-p)/2) gal		備考
		鉛直動(Z)	水平動(Y)	鉛直動(Z)	
1人	中央(測点32)	固有振動数が強調される波形のため判読出来ず	13.3	38.3	鉛直動の卓越振動数は、32Hz



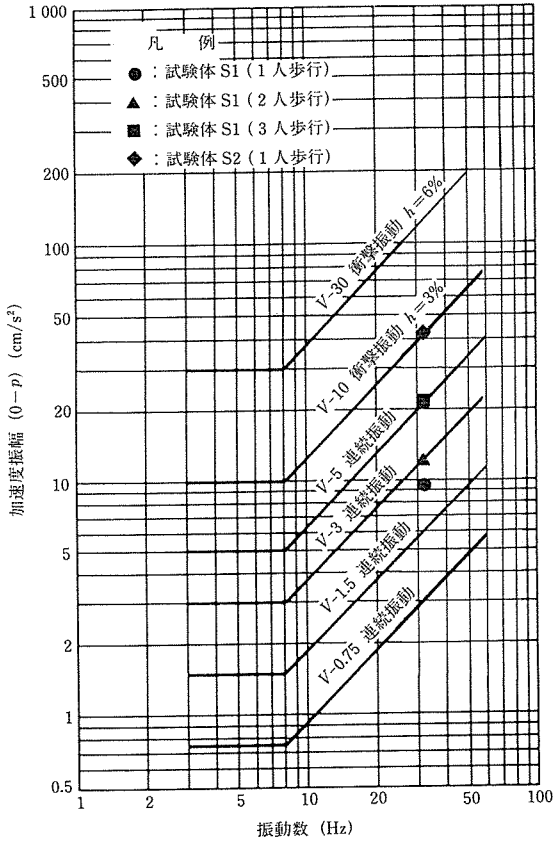


図-14 床振動に関する性能評価基準

中段加振時  $61.6\mu\text{m} \leftarrow 187.5\mu\text{m} \rightarrow 91.7\mu\text{m}$   
 下段加振時  $70.9\mu\text{m} \leftarrow 77.1\mu\text{m} \leftarrow 260.4\mu\text{m}$   
 加振では中段が最も小さな振幅となった。  
 加速度振幅： 上段 中段 下段  
 中段加振時 — 748.2gal —  
 卓越振動数と減衰定数は、中段を加振した時の加速度の分析結果、図-15によると次のようになった。  
 卓越振動数：31.2Hz, 40.8Hz, 72.0Hz, 92.8Hz。ここで最も卓越した振動数は31.2Hzであった。  
 減衰定数(31.2Hz)：2.7~2.9%

表-9 試験体の衝撃加振試験比較

項目	試験体	中段中央加振位置の最大振幅((p-p)/2)の平均		卓越振動数(Hz)	減衰定数(%)	
		変位( $\mu\text{m}$ )	加速度(gal)			
砂袋加振(重量30kg, 40cm)	S1	187.5	748.2	31.2	2.7~2.9	
	S2	329.2	989.9	31.2	3.8~4.1	
砂ボール加振(重量6kg)	落下高5cm	S1	11.3	43.2	31.2	2.5~3.0
		S2	18.3	57.0	32.0	2.7~2.9
	落下高40cm	S1	31.9	105.9	31.2	2.0~2.6
		S2	76.2	245.0	32.0	2.8~3.2
タイヤ加振	S1	126.3	—	—	—	
	S2	237.6	—	—	—	
かかと加振	S1	53.8	142.7	31.2	2.3~2.4	
	S2	86.3	258.4	32.0	2.6~2.9	

なお、水平動変位振幅は25.9~75.0  $\mu\text{m}$ の範囲にあった。

- 試験体S2の鉛直動  
 変位振幅：329.2  $\mu\text{m}$  (試験体S1の約1.2倍~1.7倍)  
 加速度振幅：989.9gal(試験体S1の約1.3倍)
- 図-16から卓越振動数と減衰定数は次の通りとなる。  
 卓越振動数：31.2Hz  
 減衰定数：3.8~4.1%

b. 砂ボール落下試験  
 重量6kgの砂ボールを5cmと40cmの高さから各段床中央へ落下させた時の段床中央の振動(変位と加速度)を計測した。

- 試験体S1の鉛直動  
 中段加振時の加振位置の最大振幅の平均は次のようになった。  
 落下高5cmの時 落下高40cmの時  
 変位振幅： 11.3  $\mu\text{m}$  → 31.9  $\mu\text{m}$   
 加速度振幅： 43.2 gal → 105.9gal  
 落下高5cmに対し、落下高40cmは約2.5~2.8倍大きな振幅となった。  
 卓越振動数と減衰定数は次の通りとなった。

落下高5cmの時 落下高40cmの時  
 卓越振動数： 31.2Hz → 31.2Hz  
 減衰定数： 2.5~3.0% → 2.0~2.6%

- 試験体S2の鉛直動  
 落下高5cmの時 落下高40cmの時  
 変位振幅： 18.3  $\mu\text{m}$  → 76.2  $\mu\text{m}$   
 加速度振幅： 57.0gal → 245.0gal  
 落下高5cmに対し、落下高40cmは、4.2倍前後大きな振幅となった。  
 卓越振動数と減衰定数は次の通りとなった。

落下高5cmの時 落下高40cmの時  
 卓越振動数： 32.0Hz → 32.0Hz  
 減衰定数： 2.7~2.9% → 2.8~3.2%

なお、落下高40cmの時の水平動最大振幅の平均は変位が23.8  $\mu\text{m}$ 、加速度が94.6galとなった。

c. タイヤ加振試験  
 バンゲマシンによるタイヤ加振試験を各段床中央で行った。  
 試験体S1は変位の計測、試験体S2は変位と加速度の計測を行った。

- 試験体S1の鉛直動  
 中段を加振時に上段、下段の応答も同時計測した。  
 この時の最大振幅の平均は次のようになった。  
 変位振幅： 上段 中段 下段  
 中段加振時 88.2  $\mu\text{m}$  → 126.3  $\mu\text{m}$  → 87.8  $\mu\text{m}$

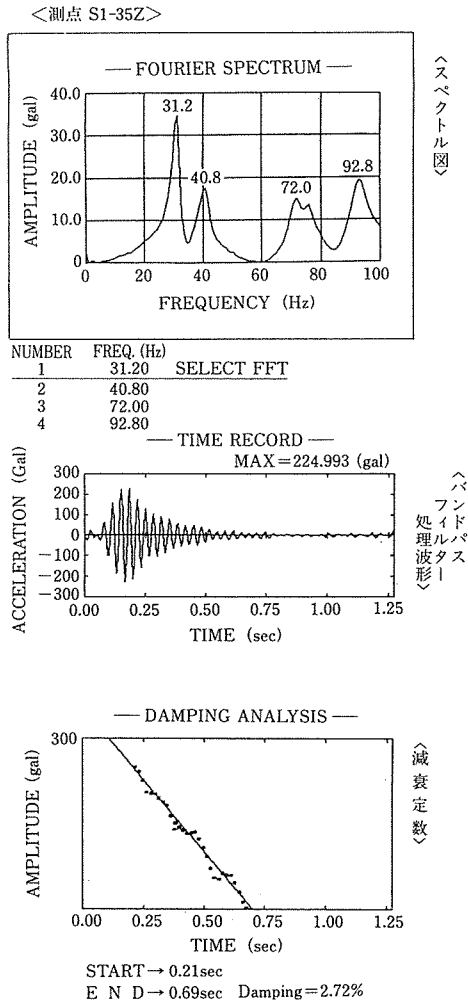


図-15 試験体S1への砂袋落下試験の周波数分析および減衰定数分析結果 [30kg-40cm] (加振位置:S1-35)

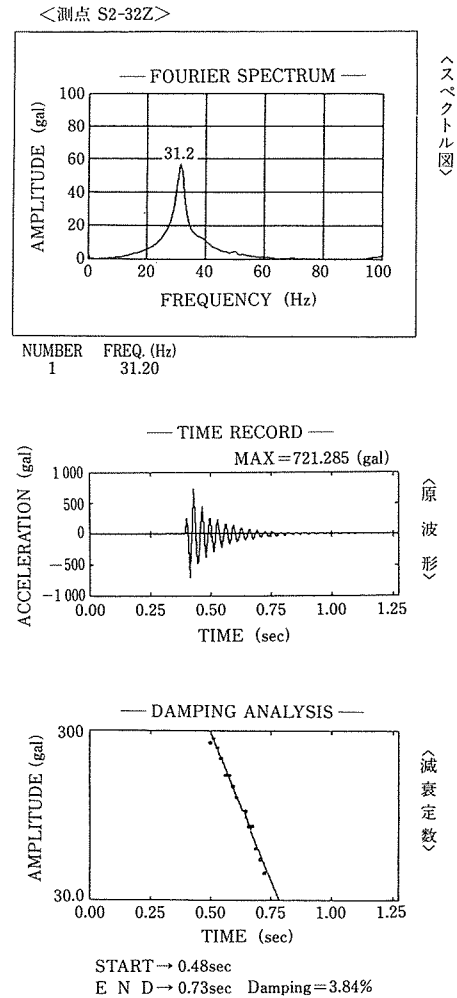


図-16 試験体S2への砂袋落下試験の周波数分析および減衰定数分析結果 [30kg-40cm] (加振位置:S2-32)

なお、水平動変位の最大振幅の平均は28.3  $\mu\text{m}$  ~ 45.4  $\mu\text{m}$  の範囲。

● 試験体S2の鉛直動

変位振幅：237.6  $\mu\text{m}$  (試験体S1の約1.9倍)

加速度振幅：989.8gal

卓越振動数と減衰定数は次のようになった。

卓越振動数：30.4 ~ 32.0Hz

減衰定数：3.1 ~ 3.7%

なお、水平動加速度の最大振幅の平均は364.7galであった。

d. かかと加振試験

人(体重65kg)が直立した姿勢でかかとを上げ、これを踏み降ろす時の振動(変位と加速度)を各段床中央で計測した。

● 試験体S1の鉛直動

中段を加振した時の加振位置の最大振幅の平均卓越振動数および減衰定数は次のようになった。

変位振幅：53.8  $\mu\text{m}$

加速度振幅：142.7gal

卓越振動数：31.2Hz

減衰定数：2.3 ~ 2.4%

● 試験体S2の鉛直動

変位振幅：86.3  $\mu\text{m}$  (試験体S1の約1.6倍)

加速度振幅：298.4gal

卓越振動数：32.0Hz

減衰定数：2.6 ~ 2.9%

なお、水平動最大振幅の平均は変位が28.8  $\mu\text{m}$ 、加速度が77.4galとなった。

e. 衝撃加振試験の比較

砂袋加振、砂ボール加振、タイヤ加振、かかと加振の各試験の加振位置最大振幅の平均および卓越振動数と減数定数の分析結果を表-9にまとめた。

以上をまとめると次のようになる。

① 単体の試験体(S2)とこれを3つ重ねた試験体(S1)の固有振動数はともに31Hzと同程度であり、試験体を増やしても固有振動数に変化がないことがわかった。

② 試験体S2に比べてS1は歩行試験、加振試験ともに

応答量が小さくなり、2人歩行でも居住性能指針の評価でランク I (一般事務所) となり、良好な振動性状であることがわかった。

試験体実験結果より、本建物のPC段床の振動性状は良好であると判断でき、これを踏まえて本工事の段床製作にとりかかった。

## 2.2 建物設置後の振動性能確認実験

### (1) 実験方法

2.1で実験したPC段床を建物に設置後、使用している状態で振動性状がどのように変化したかを測定した。実験方法は次の通りである。計測位置および計測項目を図-17～20に示す。

#### ① 歩行試験 (図-17)

● 図-17に示す←→を歩行動線とし、1人および2人の歩行試験、および1人歩行の昇降試験を行った。歩行速度は試験体実験と同様2Hzとした。

1人歩行者：70kg (体重)

2人歩行者：70kg+65kg

1人昇降者：70kg

#### ② 衝撃加振試験 (図-18)

##### a. 砂袋 (40kgW) 落下試験

- 加振点は中段-中央(No.1およびNo.4)とした。

砂袋は40cmの高さから図-18に示す位置に自由落下させた。

- No.1に落下させたときは中段-中央 (No.1)、大梁端 (No.2)、小梁端 (No.3) の3点を同時測定。

- No.4に落下させたときは中段-中央 (No.4)、小梁端 (No.5)の2点を同時測定 (図-19)。

##### b. 砂ボール (6kgW) 落下試験

- 加振点は中段-中央 (No.1) とした。

- 砂ボールは5cmおよび40cmの高さから図-19に示す位置に自由落下させた (写真-4)。

##### ③ 常時微動 (図-20)

- 常時微動について数分間の測定を行った。



写真-4 砂ボール落下試験(現地実験)

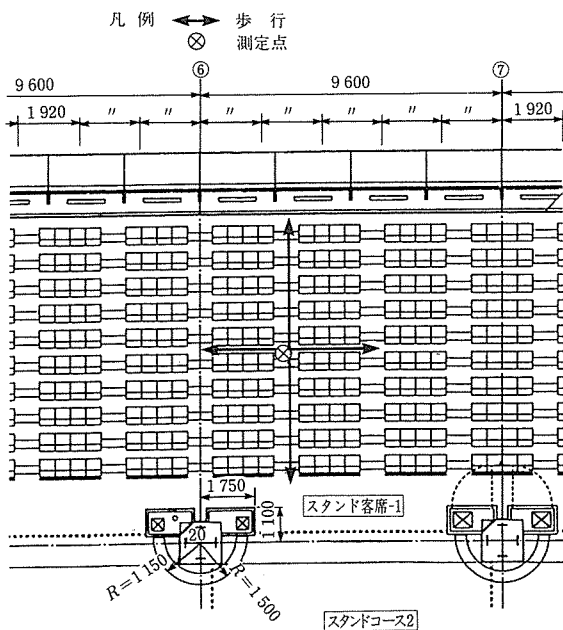


図-17 測定位置(歩行試験)

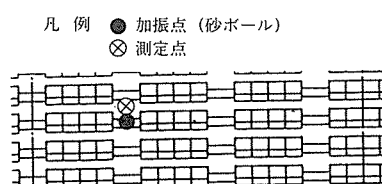


図-18 測定位置(砂ボール)

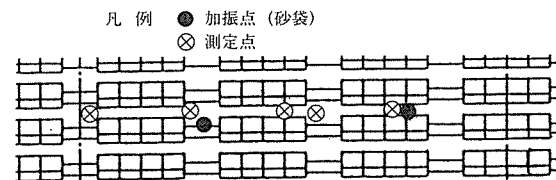


図-19 測定位置(砂袋)

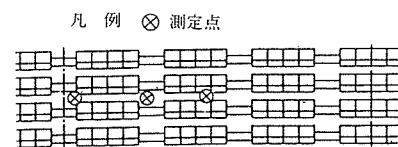


図-20 測定位置(常時微動)

### (2) 分析方法

- 歩行および常時微動計測結果より時系列波形より変位、および加速度の最大振幅  $([P-P]/2)$  を読み取り、周波数分析により卓越振動数を求めた。

- 衝撃加振試験(鉛直方向加速度)結果より時系列波形より変位の最大振幅  $([P-P]/2)$  および加速度の最大振幅  $([P-P]/2)$ 、減衰定数を読み取り、周波数分析により卓越振動数を求めた。

- 歩行試験結果については最大加速度振幅と卓越振動数分析結果により、床振動性能評価を行った。

(3) 測定機器

測定データの記録・分析は試験体実験と同様に行った。なお、振動計は床仕上げのタイルカーペットをはずして設置した。

(4) 実験結果

① 歩行試験 (表-10~12)

- 歩行ステップ2Hz前後の変位振幅

横方向の歩行試験の場合、変位は、試験体試験より全体的に小さかった。

昇降試験の場合、踏み台に体重が作用するため、横方向より大きかった。卓越振動数は25Hzであった。

- 固有振動数25Hz前後の変位振幅

1人横方向より2人横歩行の場合が大きく、昇降歩行より、横歩行の方が大きかった。

- 固有振動数25Hz前後の加速度振幅

昇降試験の場合、踏み台に体重が作用するため加速度は横方向より大きかった。

表-10 歩行試験結果(歩行ステップ2Hz前後の振幅) —変位—

歩行状況	測定位置		最大振幅(p-p値/2) 単位: $\mu\text{m}$			卓越振動数 (Hz)
			1回目	2回目	平均	
1人横	中央	鉛直	3.92	2.86	3.40	—
2人横	中央	鉛直	2.67	4.58	3.63	—
1人昇降	中央	鉛直	9.95	9.00	9.48	—

表-11 歩行試験結果(固有振動数25Hz前後の振幅) —変位—

歩行状況	測定位置		最大振幅(p-p値/2) 単位: $\mu\text{m}$			卓越振動数 (Hz)
			1回目	2回目	平均	
1人横	中央	鉛直	2.38	2.72	2.55	—
2人横	中央	鉛直	2.74	3.66	3.20	—
1人昇降	中央	鉛直	2.60	4.09	6.69	—

表-12 歩行試験結果(固有振動数25Hz前後の加速度振幅) —加速度—

歩行状況	測定位置		最大振幅(p-p値/2) 単位: gal			卓越振動数 (Hz)
			1回目	2回目	平均	
1人横	中央	鉛直	4.84	6.50	5.67	25.3
2人横	中央	鉛直	9.30	8.26	8.87	25.3
1人昇降	中央	鉛直	7.15	11.7	9.43	25.3

② 衝撃加振試験

a. 砂袋落下試験 (表-13~14)

- 砂袋落下の変位振幅

変位は、試験体実験に比べ、やや小さかった。

- 砂袋落下の加速度振幅

加速度は試験体実験に比べ、3/4~2/4程度小さかった。

卓越振動数は25Hzであった。

- No.4での落下の加速度振幅

加速度は中央 (No.1) では、鉛直方向352gal, Y方向149.3galであったのに対して、中央 (No.4) では、鉛直方向495gal, Y方向170.0galであり、No.4のPC版の方が若干大きい傾向にあった。

表-13 砂袋落下試験結果(30kg-40cm) —変位—

加振位置	測定位置		最大振幅(p-p値/2) 単位: $\mu\text{m}$				卓越振動数 (Hz)	減数定数 (%)
			1回目	2回目	3回目	平均		
中央	①中央	Y	38.2	36.0	37.9	37.4	—	—
		Z	133.0	137.0	137.0	135.2	—	—
	②大梁端	Y	0.84	0.74	0.83	0.8	—	—
		Z	3.38	3.42	3.57	3.50	—	—
	③小梁端	Y	1.29	1.16	1.25	1.23	—	—
		Z	13.9	14.6	14.5	14.3	—	—
梁中央	④梁中央	Y	36.8	35.4	39.5	37.2	—	—
		Z	122.0	115.0	121.0	119.0	—	—
	⑤小梁端	Y	1.31	1.50	1.45	1.43	—	—
		Z	7.10	8.60	8.50	8.10	—	—

表-14 砂袋落下試験結果(30kg-40cm) —加速度—

加振位置	測定位置		最大振幅(p-p値/2) 単位: gal				卓越振動数 (Hz)	減数定数 (%)
			1回目	2回目	3回目	平均		
中央	①中央	Y	140.0	154.0	154.0	149.3	25.0~28.5	6.3
		Z	330.0	367.0	360.0	352.0	25.0	6.5
	②大梁端	Y	7.4	7.0	6.8	7.07	25.0~28.5	4.0
		Z	24.0	38.4	31.2	31.2	25.0~82.5	3.6
	③小梁端	Y	14.6	13.7	15.3	15.6	25.0~85.0	5.1
		Z	33.1	59.5	52.5	48.4	16.25~33.0	1.9
梁中央	④梁中央	Y	167.0	153.0	189.0	170.0	32.5	5.6
		Z	530.0	444.0	512.0	495.0	32.5	9.4
	⑤小梁端	Y	21.4	18.7	22.9	21.0	33.7~78.75	5.5
		Z	98.5	95.0	112.5	102.0	15.25~83.0	4.8

b. 砂ボール落下試験 (表-15~18)

- 砂ボール落下 (6kg-5cm) の変位振幅

変位は、試験体実験に比べ、やや大きい傾向にあった。

- 砂ボール落下(6kg-5cm) の加速度振幅

加速度は試験体実験とほぼ同じであった。卓越振動数は25Hzであった。

- 砂ボール落下 (6kg-40cm) の変位振幅

6kg-5cm落下試験とほぼ同様であった。

- 砂ボール落下(6kg-40cm) の加速度振幅

6kg-5cm落下試験とほぼ同様の特性であった。

③ 常時微動 (表-19~20)

- 常時微動の変位振幅

変位は、試験体実験(1.2 $\mu\text{m}$ )とほぼ同様であった。

- 常時微動の加速度振幅

表-15 砂ボール落下試験結果(6kg-5cm) —変位—

加振位置	測定位置	最大振幅(p-p値/2) 単位:μm				卓越振動数 (Hz)	減数定数 (%)
		1回目	2回目	3回目	平均		
中央	①中央 鉛直	17.15	17.20	16.05	16.80	—	—

表-16 砂ボール落下試験結果(6kg-5cm) —加速度—

加振位置	測定位置	最大振幅(p-p値/2) 単位:gal				卓越振動数 (Hz)	減数定数 (%)
		1回目	2回目	3回目	平均		
中央	①中央 鉛直	41.55	40.60	37.95	40.09	25.75	4.2

表-17 砂ボール落下試験結果(6kg-40cm) —変位—

加振位置	測定位置	最大振幅(p-p値/2) 単位:μm				卓越振動数 (Hz)	減数定数 (%)
		1回目	2回目	3回目	平均		
中央	①中央 鉛直	46.95	44.55	45.45	45.55	—	—

表-18 砂ボール落下試験結果(6kg-40cm) —加速度—

加振位置	測定位置	最大振幅(p-p値/2) 単位:gal				卓越振動数 (Hz)	減数定数 (%)
		1回目	2回目	3回目	平均		
中央	①中央 鉛直	110.5	111.0	111.0	110.8	25.5	5.2

表-19 常時微動計測結果 —変位—

測定位置	測定位置	最大振幅(p-p値/2) 単位:μm			卓越振動数 (Hz)
		1回目	2回目	平均	
①中央	Y	1.2	1.4	1.3	—
	Z	3.0	1.1	1.1	—
②大梁端	Y	1.4	1.4	1.4	—
	Z	0.85	1.15	1.0	—
③小梁端	Y	1.4	1.6	1.5	—
	Z	0.85	1.15	1.0	—

表-20 常時微動計測結果 —加速度—

測定位置	測定位置	最大振幅(p-p値/2) 単位:gal			卓越振動数 (Hz)
		1回目	2回目	平均	
①中央	Y	0.279	0.252	0.266	15.0~24.5
	Z	0.392	0.311	0.352	24.5~25.75
②大梁端	Y	0.154	0.180	0.167	24.5
	Z	0.087	0.070	0.079	24.5
③小梁端	Y	0.235	0.239	0.237	24.5
	Z	0.150	0.161	0.156	15.0~17.75

加速度は試験体実験(0.6gal)に比べ小さかった。卓越振動数も供試体試験の31.2Hzに比べ25Hz前後と低下していた。

### 3. 実験結果の考察

#### (1) PC段床の振動性状

S1(3連タイプ),S2(単体)の固有振動数はどちらも31Hz

となっており、段床を連結することによる剛性の上昇はほとんどみられなかった。これはモード図にも示したように断面の主軸が段床の傾斜なりに傾いており、連結しても断面の主軸方向(1次モード)の支持条件が大きく変わらないためである(図-21)。

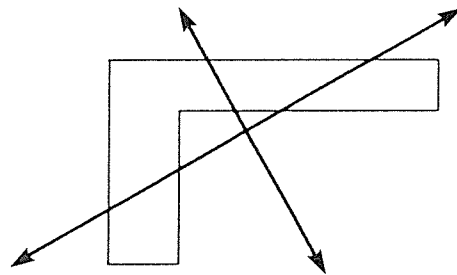


図-21 断面の主軸方向

しかし、1次モードと直交する主軸方向はPC段床を連結することにより剛性が高くなり、これにより鉛直方向の加速度振幅はS2よりS1の方が小さくなったと考えられる(歩行試験では加速度振幅で約1/4になった)。

減衰性能は単体で4%前後、3連で3%前後弱となっており、単体の方が減衰性能は若干良好であった。

#### (2) 建物設置後の振動性状

建物設置後のPC段床は単体および3連の実験とは次に示す条件が異なっている。

- ① 各PC段床とも踏石(94kg)と4人掛け用椅子2セット(59.5×2=119kg)および空調吹出し部金物等が設置されている。このため、1枚のPC床版に作用する重量が増加し、固有振動数が小さくなる。
- ② 仕上げとしてタイルカーペットが全面に敷き詰められており、衝撃力を緩和している。
- ③ 大梁・小梁上に設置しているため、現場測定ではこれらの剛性も複合された値となる。

上記のような諸条件の違いがあるにもかかわらず、設置後段床の固有振動数はPC段床のみの試験体実験から評価できる範囲にあり、加速度振幅は3/4~1/2程度に低下しており良好な居住性能が得られていることがわかった。減衰性能は段床中央部で6.7%~8.0%と試験体のみの実験より大きいことがわかった。

以上まとめると、PC段床の振動性能を把握するために、段床単体または複数個連結した試験体での振動実験を行うことは有効であり、これにより実施工後の挙動は十分予測できることがわかった。また、設置後はPC段床の質量効果や仕上げ材等により応答値は小さくなり、減衰は大きくなっていることがわかった。

上記2つの振動実験から歩行時の振動性状を、居住性能評価指針の図にあてはめると図-22のようになる。

この図から本建物のPC段床の振動性状は、居住性能評価指針にプロットすると2人歩行および1人昇降でV-3, 1人歩行でV-1.5程度となり、一般事務室のランクIと判断でき、極めて良好な性能であることを確認した。

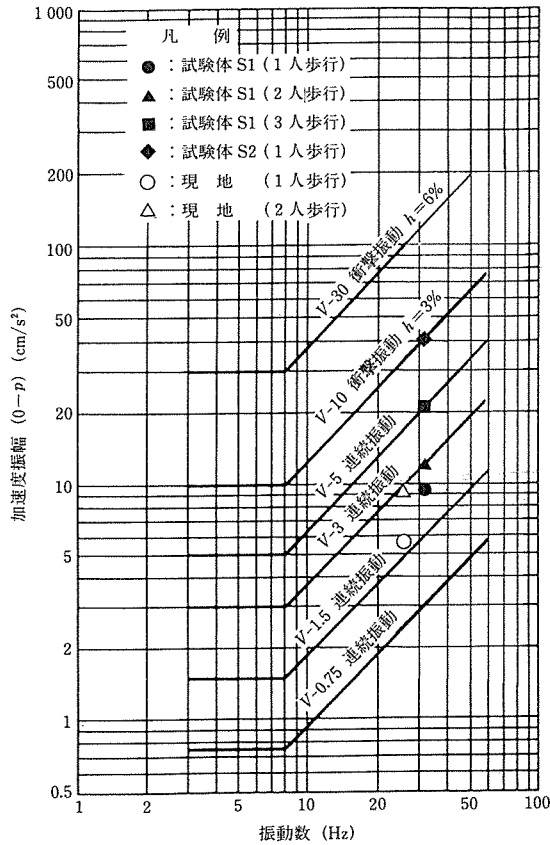


図-22 床振動に関する性能評価基準

#### 4. おわりに

蹴上げ部分に空調の吹出し孔として開口部を有したPC段床を建物設置前に設置時と同じ形状、境界条件とした試験体を用いて振動実験を行い、居住性を確認し、建物設置後にも現地にて振動実験を行った。

その結果、試験体振動実験と現地での振動実験の相関は高く、試験体みの振動実験で設置後の振動性能を十分評価できることがわかった。

本建物の場合、設置後の固有振動数は質量効果等から若干小さくなるが、前後の段床を連結することにより加速度振幅は小さくなり、居住性評価のランクとしては試験体実験より良好な結果が得られた。また、減衰性能も試験体実験よりも大きくなっていることを確認できた。

#### 謝 辞

本報告をまとめるにあたり、試験体実験を実施していただいた(株)竹中工務店技術研究所、現場での振動実験を実施していただいたフドウ建研(株)には厚く御礼申し上げます。

#### 参 考 文 献

- 1) 日本建築学会「建築物の振動に関する居住性能評価指針同解説」

【1997年5月8日受付】