

# 床版振動の予測と影響・評価に関する研究 (その1)

——合成ばりスラブの振動性状——

島口 正三郎      金子 正孝  
武田 寿一

## Experimental Study on Vibration Characteristics and Environmental Impact Assessment of Actual Slab (Part 1)

——Vibration Characteristics of Composite Slab——

Shosaburo Shimaguchi      Masataka Kaneko  
Toshikazu Takeda

### Abstract

In recent years, with increased diversity in the way buildings are used, it has often been required that the vibration characteristics of composite slabs under live loads of people walking or running be predicted when performing structural analyses of buildings. However, there is a lack of data on vibration characteristics of actual slabs. The authors, therefore, carried out vibration tests of actual slabs and asked a large number of occupants of the building to fill out questionnaires about the vibration sensibility characteristics of the slabs. The prediction and environmental assessment are influenced by individual differences-physiological, physical, and psychological. It is therefore very difficult to judge whether a slab is good or bad. We have tried to use Meister's sensibility curves<sup>1)</sup> for assessment of random vibrations. In conclusion, the authors were able to obtain a standard for assessment of the vibration sensibilities of actual slabs.

### 概 要

近年、建物の多用途化に伴い、床版の設計段階において、竣工後の住環境に対する振動予測を要求される事が多い。しかし、現時点ではこれらの実測・調査データが不足している。

この報告は、環境振動の予測と影響評価に対する観点から、合成ばりスラブの実態調査結果について検討したものである。その結果、合成ばりスラブの振動性状は、スラブの構造形式により異なり、スラブの1次固有振動数及び減衰定数は、スパンが長くなるほど小さくなる傾向が認められた。また、代表的な建物でアンケート調査を行ない、実際の感覚レベルと振幅値との関係を調査した結果、歩行振動などによる非定常振動に対する人体感覚の評価は、定常振動に示される Meister 曲線の1ランク上 (C 曲線) 程度で対応がみられた。

#### 1. はじめに

建設企業における床版の環境振動に関する研究は、

- (1) 新築工事に伴う設計段階での振動予測、
- (2) 設計仕様書の確認調査、
- (3) 振動障害の原因追求調査、
- (4) 耐震・老朽化診断、
- (5) 精密工場等の微小振動調査、

等到大別される。

特に近年は、建物の多用途化に伴い長スパン床及び軽量床、等の設計段階において、竣工後の歩行振動による人体感覚をチェックする必要性が生じている。

しかし現時点ではこれらの実測・調査データが不足している。また、人体感覚の評価規準として、現在は建築学会設計規準(案)<sup>1)</sup>及び Meister やドイツ工業規格 DIN 4,025<sup>2)</sup>の振動感覚曲線が使用されているが、これらの曲線は定常振動によるものである。したがって、歩行振動のような非定常振動に対する評価規準として、こ

これらの感覚曲線との対応を検討する必要がある。

この報告は、スラブの実態調査結果から、合成ばりスラブの振動性状について述べ、さらに、その実測結果から人体感覚の評価方法を提案するものである。

## 2. 調査概要

合成ばりスラブの固有振動数及び減衰定数を把握すること、さらに、人間歩行時の振動レベルを実測し、人体感覚の評価資料を得る事を目的として、表一1に示す調査項目に基づき、合成ばりスラブ13件、その他のスラブ13件の合計26件について振動測定を実施した。また、今回の測定は研究的な要素から、代表的な測点で変位、速度、加速度の同時記録を行ない、床版の試験方法についても検討した。

使用計器は、動コイル型換振器 (IMV  $T_0=2$  sec), 公

1. 床衝撃装置による自由振動試験 (4kgの重錘を30cmの高さから自然落下)
2. 砂袋落下による自由振動試験 (30kgの重錘を40cmの高さから自然落下)
3. 一人歩行による床振動試験
4. 二人歩行による床振動試験
5. 三人歩行による床振動試験
6. 一人走行による床振動試験
7. 二人走行による床振動試験
8. 起振機による強制振動試験
9. 建屋及び床スラブの常時微動試験
10. アンケート調査

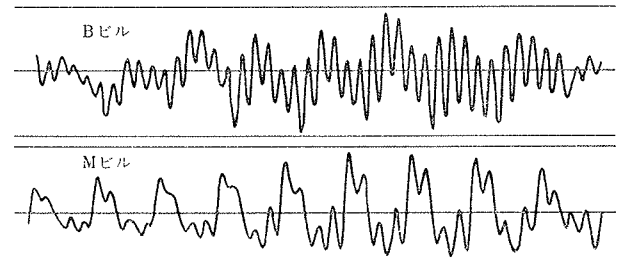
表一1 振動調査項目

害振動計 (RION VM-16), サーボ型加速度計 (IMV VP-9361), データレコーダ (TEAC SR-71), 等である。

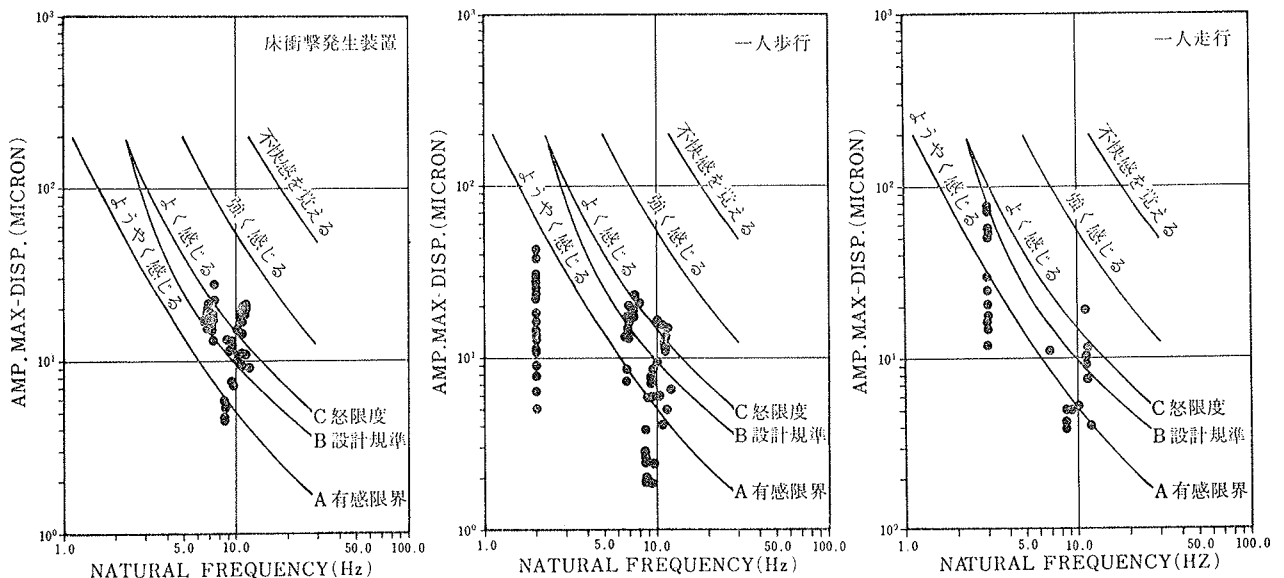
調査名称	建物用途	建物構造概要		
		建物	大ぶり	床版形状
Aビル	事務所	SRC造	S造	標準スパン
Bビル	ホテル	S造	S造	長スパン
Cビル	事務所	S造	S造	標準スパン
Dビル	事務所	S造	S造	標準スパン
Eビル	ホテル	S造	S造	標準スパン
Fビル	銀行	S造	S造	長大スパン
Gビル	事務所	S造	S造	長スパン
Hビル	病院	S造	S造	長大,長スパン
Iビル	官庁	SRC造	S造	長スパン
Jビル	銀行	SRC造	S造	長大スパン
Kビル	事務所	SRC造	S造	長大スパン
Lビル	官庁	SRC造	S造	長大スパン
Mビル	学校	SRC造	S造	長スパン

床版の構造種別は、長大スパン(20m以上), 長スパン(14m以上), 標準スパン(14m未満)とした。

表一2 合成ばりスラブの実態調査一覧表



図一1 一人歩行時の変位記録波形



図一2 床版の代表的な試験法による実測値と人体感覚曲線との比較

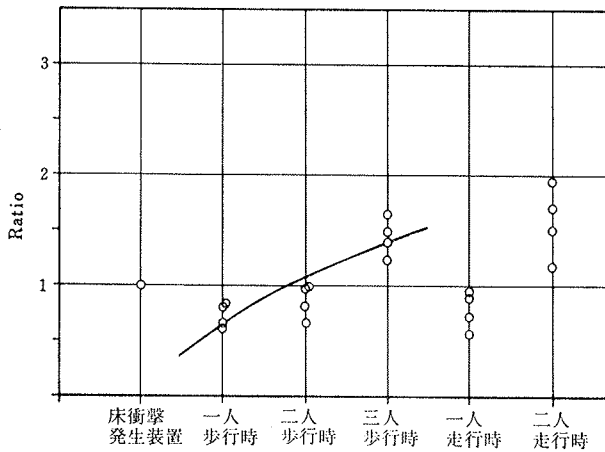


図-3 床衝撃に対する応答振幅比率

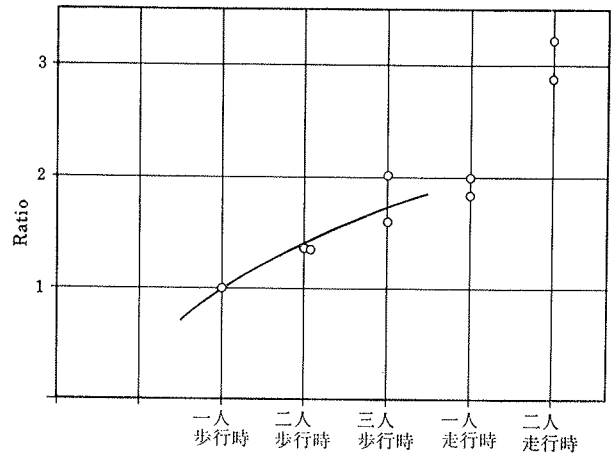


図-4 一人歩行に対する応答振幅比率

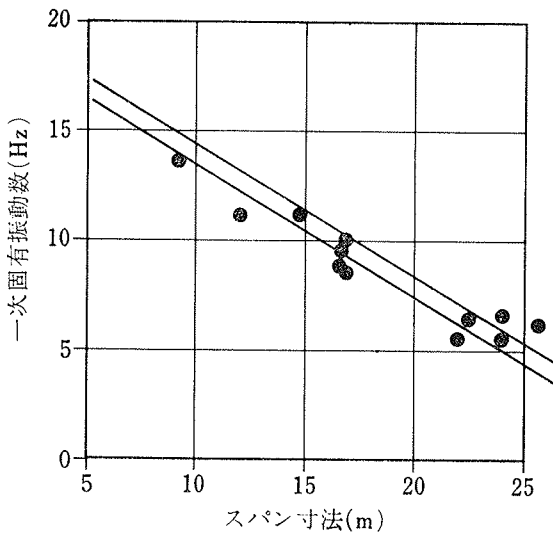


図-5 スパン寸法と1次固有振動数との関係

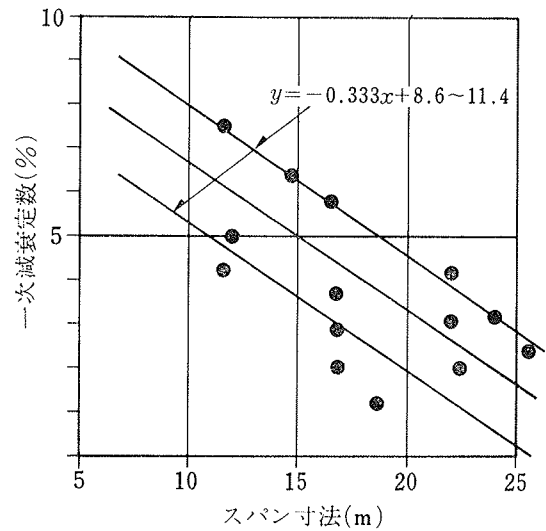


図-6 スパン寸法と1次減衰定数との関係

### 3. 調査結果及び考察

合成ばりスラブの実態調査の建物概要を一覧表にまとめて表-2に示す。調査結果から、次の事がいえる。

#### 3.1. 床版の試験法の違いによる合成ばりスラブの応答性状

歩行及び走行時のスラブの振動は、歩行ピッチ(2 Hz)、走行ピッチ(3 Hz)と床スラブの1次固有振動数が卓越して現われる。これらの振動は、一概にはいえないが、床スラブの構造形式により、1次固有振動数が著しく卓越するものと、そうでないものに大別される。図-1は、これらの事例として、床の振動特性が近似しているにもかかわらず、応答性状に大きな差異が認められる床スラブの一人歩行時の変位記録波形を比較したものである。

図-2は、一例として、電算機内に記憶された床版のデータベースより、床版の代表的な試験法による実測値と Meister の感覚曲線との関係を示したものである。

ここで、図-2のB曲線は、日本建築学会の“振動障

害防止に関する設計規準(案)”において設計規準の目安として定められたものであり、この規準は、適用範囲を主に建物に据え付けた設備機械あるいは他の諸機械によって居室に発生する振動に関して設けられたものである。同図より、一人歩行時の振幅値は、設計規準値を大部分オーバーし、よく感じる範囲に入っている事が分かる。しかし、これらの床スラブの振動に対する苦情は生じていない。

図-3は、表-1に示される振動試験法によって得られたスラブの固有振動数に対する応答値を、床衝撃発生装置を基準として示したものである。

図-4は、一人歩行時に対する応答振幅比を、歩行ピッチに対応する最大振幅値の比率で示している。これから、床版の試験法による加振外力の相関関係が分かる。

床版の試験方法について、歩行ピッチ、走行ピッチ及び床スラブの1次固有振動数の応答性状は、床スラブの評価を行なう上で、不可欠なものである。この点から床版の振動調査は、理想的には速度及び変位の両者を測定

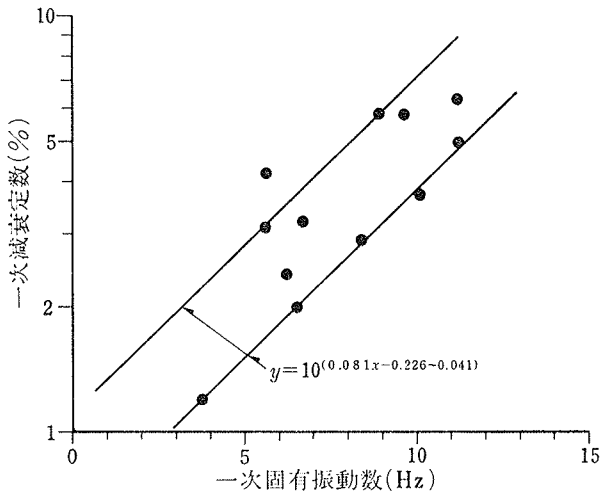


図-7 1次固有振動数と減衰定数との関係

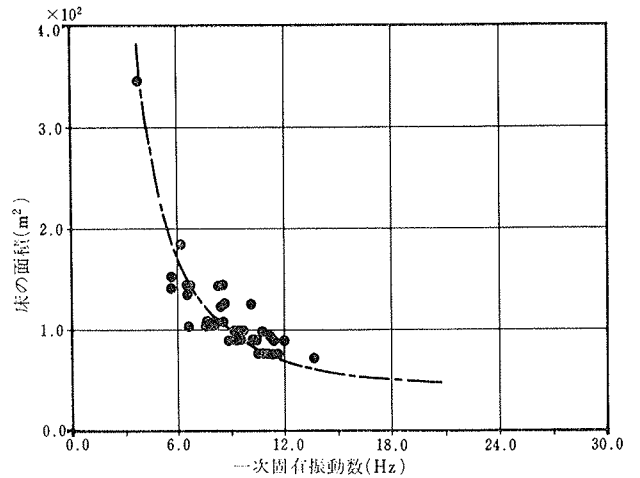


図-8 1次固有振動数と床面積との関係

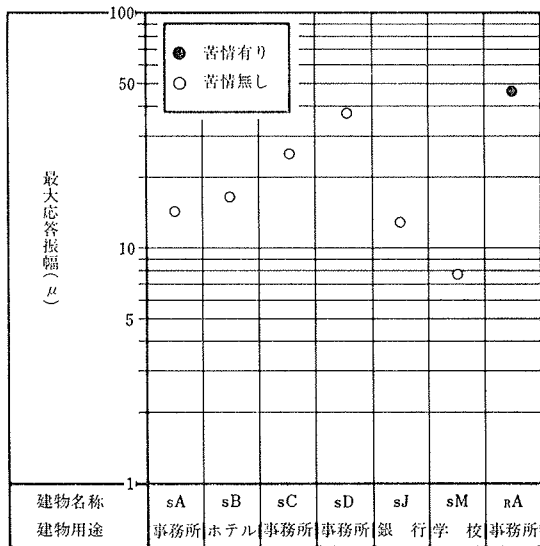


図-9 苦情発生と最大変位応答振幅値との関係

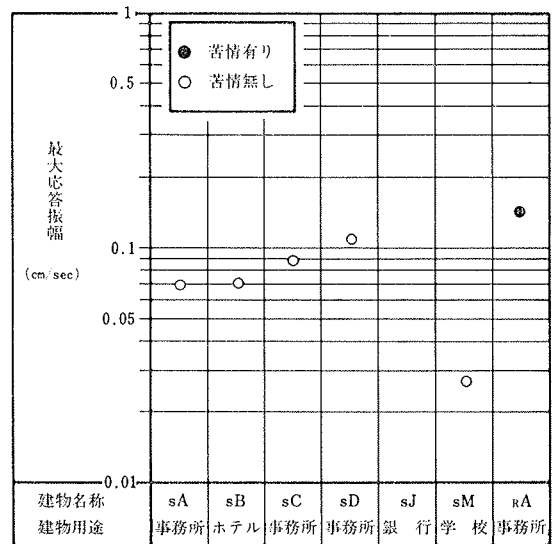


図-10 苦情発生と最大速度応答振幅値との関係

する事が望ましい。

### 3.2. 合成ばりスラブの構造形式の違いによる振動性状の比較

図-5は、合成ばりスラブのスパン寸法と1次固有振動数との関係について、プロットしたものである。

スラブの固有振動数は、5.6 Hz~14.0 Hzの広い範囲に存在するが、スパンが長くなるほど小さくなる傾向が認められる。

図-6は、同様に合成ばりスラブのスパン寸法と1次減衰定数との関係について示したものである。

スラブの減衰定数は、1.2~7.5%とかなりのばらつきが見られる。固有振動数と同様にスパンが長くなるほど小さくなる傾向が認められた。実態調査から得られた振動予測式を下記に示す。

$$y = -0.333x + 8.6 \sim 11.4$$

y; 合成ばりスラブの1次減衰定数(%)

x; スパン寸法(m)

図-7は、合成ばりスラブの1次固有振動数と減衰定数との関係を示している。同図より、スラブの1次減衰定数は、固有振動数が高くなるほど大きくなる傾向が伺える。調査結果から得られた振動予測式を下記に示す。

$$y = 10^{(0.081x - 0.226 - 0.041)}$$

y; 合成ばりスラブの1次減衰定数(%)

x; 合成ばりスラブの1次固有振動数 (Hz)

図-8は、スラブの1次固有振動数と床面積の関係について示した。

### 3.3. 床版振動の苦情発生と最大応答振幅値との関係

図-9、図-10は、代表的なスラブの一人歩行時の最大振幅値と苦情発生との関係を、それぞれ変位振幅(μ)及び速度振幅(cm/sec)について示したものである。同図より、スラブの振動障害の評価規準値を推定すると、概略、速度振幅では0.1(cm/sec)、変位振幅では30(μ)

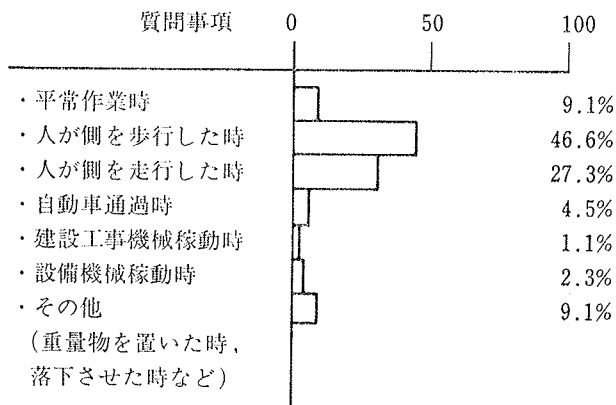
が一つの目安になると考える。

また、図-11は、一人歩行時のフーリエスペクトル解析結果（ピーク・ホールド）と人体感覚曲線との対応を示したものであるが、これらの結果は、次章のアンケート調査でも伺える様に、Meister の感覚曲線によく対応している事が分かった。

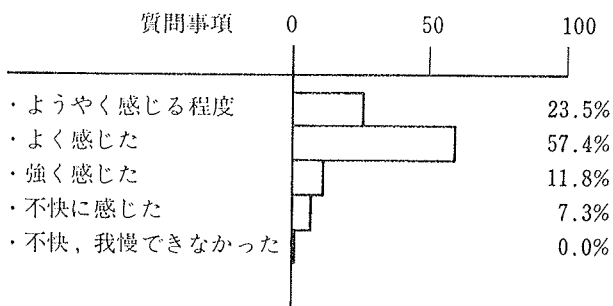
#### 4. アンケート調査にみられる振動感覚特性について

Dビルのスラブの振動に関するアンケート調査結果を左記に示す。（アンケート対象人数 88名）

質問1. 床が揺れていると感じた時、貴方の周囲は、  
どのような状況でしたか？



質問2. 床が揺れていると感じた時、その程度は、  
どのようなものでしたか？



質問3. 貴方が作業を行っていた時の「不快感」又は、  
「支障」は、どのようなものでしたか？

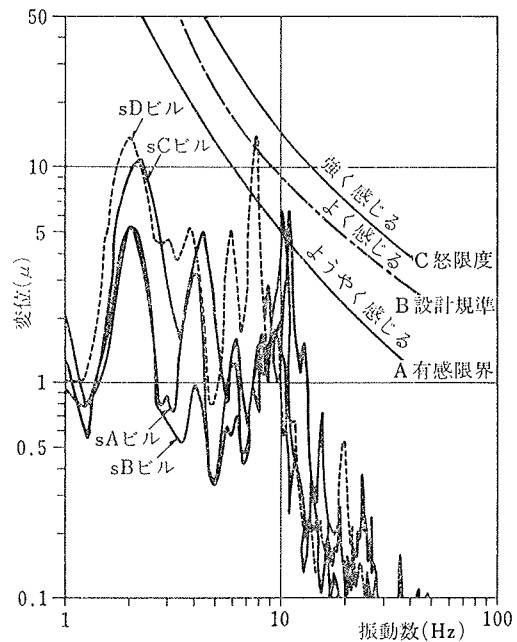
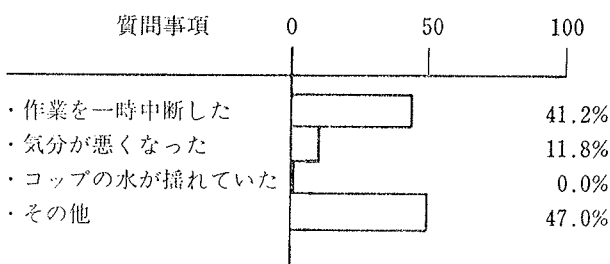


図-11 スペクトル解析結果と感覚曲線との関係

#### 5. まとめ

実態調査結果から、合成ばりスラブの振動性状に関して次の点が明らかになった。

(1) 合成ばりスラブの構造形式の違いによる周波数及び減衰特性を把握することができた。また、実測値を基に、いくつかの振動予測式を提案した。

(2) 各種試験法による床版の応答振幅値を比較検討した結果、各試験時の加振外力の相関関係を把握することができた。

(3) 代表的な建物でアンケート調査を行ない、実際の感覚レベルと振幅値との関係を調査した。また、歩行・走行によるスラブの応答振幅を、Meister の人体感覚曲線上にプロットし、実測値との対応を把握した。その結果、人間歩行、等による非定常振動に対する人体感覚・評価の目安を得ることができた。

#### むすび

近年、振動障害に関する諸問題がますます増えている。これらの問題を処理する上においても振動の予測ができる事が望ましい。この報告は、研究途上の資料の一部であるが、実設計時の参考になれば幸甚である。今後は、環境振動の予測と影響・評価に対する観点から、従来のR.C.スラブ等との比較について解析を進めたい。

#### 参考文献

- 1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準，(1982)
- 2) 江島 淳著：地盤振動と対策，(株)集文社