

建築床振動の実験的モーダル解析

その1 梁・壁追加による床振動性状の推移に関する模型実験

Experimental Modal Analysis of the Floor Vibration.

- PART 1 -

Several Investigations of Remarkable Shifts of the Modal Characters by Additions some Structural Parts to the Floor Slab.

成瀬治興*, 鈴木裕久**, 佐野泰之**

NARUSE Haruoki, SUZUKI Hirohisa, SANO Yasuyuki

Abstract This paper describes some results of model experiments of the floor vibration by experimental modal analysis, with a view to investigating some remarkable shifts of the modal characters by additions some structural parts to the floor slabs. The results are summarized as follows. With addition beams and girders, modal frequency parameters shift up about twice as before, and with addition walls, shift up about 15 % as before. Therefore it is required further investigation in the future.

1. はじめに

環境振動に関する研究及び報告は、対象となる振動と呼ばれる事象そのものがもつ多様性故に非常に多岐にわたっているが、地盤から建築基礎部分を経て躯体に至る過程の振動伝搬性状を総合的に検討、考察した研究の報告は多くないと考える。

建築躯体を媒体とし構造各部を伝搬する振動のうち、人体が振動として感じることのできる領域では、設備機器や人の歩行などの内部振動源や、交通機関、風力などの外部振動源から発生する振動が、主な原因となる場合が多い。

近年、建築の振動障害に対する対策として、制振技術が適用されはじめているが、共振特性把握の技術は、その基礎になる技術であると思われ、その測定・解析の有効的な手段となる実験的モーダル解析とそれによる研究が必要であると考えられる。

しかし、構造物の加振及び測定による実験的モーダル解析を適用した研究は、簡単なアクリル床板等による、床板の支承状態の変化やそれに伴う応答の

減衰の変化の検討がなされている程度である。

そこで本研究では、建築躯体の振動伝搬性状の解明に、実験的モーダル解析を適用することにより、特に問題とされる有感振動領域での躯体の動的な特性を解析、評価している。

本報では、屋内に振動源を想定した床の鉛直振動について、アクリル床構造模型に実験的モーダル解析を適用することにより、床振動の伝搬性状、及びラーメン構造における柱・梁・耐力壁等の各部位が床振動に与える影響の把握を試みている。

2. 実験の概要

本報では、既存の建築床構造を模型化した50分の1アクリル模型による模型加振実験を行っている。

対象となる建築物は、愛知工業大学7号館（実験・教室棟、鉄筋コンクリート造3階建）であり、そのうち2階西端の2教室（西より順に204、203教室）及びその廊下を模型化している（図1）。測定範囲の下階には外壁及び階段室の壁以外に壁はなく、北側の大半は1階からの吹き抜けとなっている。模型は、以下のように段階的に製作し、実測と同様、床鉛直振動の伝搬性状を模型加振によりそれ

* 愛知工業大学建築学科（豊田市）

** 愛知工業大学大学院（豊田市）

ぞれ測定・解析している。

- ①ケース1 (床板のみ) : 端部を弾性ゴムひもで吊るし、自由支承を想定している。
- ②ケース2 (床板+柱) : 床板に柱を追加し、基礎に固定している。
- ③ケース3 (床板+柱+梁) : ケース2に梁を追加している。
- ④ケース4 (床板+柱+梁+壁) : ケース3に壁を追加し、実物の模型としている。

なお、材料にはメタクリル酸樹脂を使用している。柱下面は厚さ9mmのベニヤ合板に固定し、ベニヤ上部に厚さ20mmの軽量気泡コンクリートを敷き、基礎及び地盤面の模型としている(図2)。

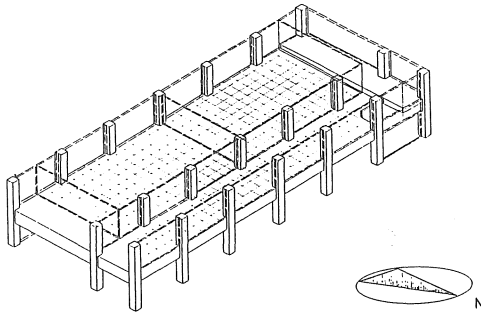


図1. 実験模型(ケース4)

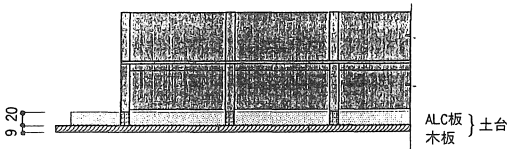


図2. 実験模型(基礎部分)

3. 実験方法

加振は1点加振としている。長方形床板では、その対角線上に位置する励振点が最も数多くの共振モードを励振するといわれていることから、加振位置は、それぞれ2つの角を結んだ対角線上に位置するように選定している。

受振点は、格子状(2cm間隔)に453点設定している。実験に用いた測定装置を図3に示す。

加振機による振動数帯域10~1800Hzの1点バーストランダム加振を15回行い、加振点入力(力単位)と受振点応答(加速度単位)を測定し、受振点毎の振動数応答関数を求めている。

求めた振動数応答関数について実験的モデル解

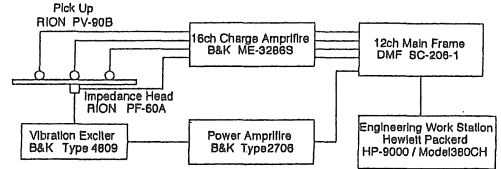


図3. 実験装置

析を適用し、最小二乗複素指数法により各モードの固有振動数、減衰比を推定し、その後、最小二乗周波数領域法により共振のモード形状を推定している。順次、モードの精度を確認し、高精度なモードが得られるまで、解析を繰り返している。

4. 実験結果

モードの固有振動数及び減衰比の比較を表1に示す。

表1. 固有振動数及び減衰比の比較

モード No.	床板のみ(自由)		床板+柱		床板+柱+梁		床板+柱+梁+壁	
	固有振動数 (Hz)	減衰比 (%)	固有振動数 (Hz)	減衰比 (%)	固有振動数 (Hz)	減衰比 (%)	固有振動数 (Hz)	減衰比 (%)
1	81.3	6.69	112.1	3.12	---	---	---	---
2	119.3	5.61	165.1	6.74	357.4	3.73	378.5	3.79
3	154.2	6.38	---	---	425.6	4.43	470.9	3.53
4	184.6	4.92	214.8	4.22	493.3	2.83	547.0	5.27
5	241.4	5.31	280.4	2.89	592.0	5.28	732.8	2.38
6	275.0	4.49	309.3	4.64	708.0	4.27	755.0	2.97
7	302.0	3.41	332.2	2.81	749.1	15.15	878.3	3.42
8	349.4	3.62	411.1	4.33	827.4	2.34	956.1	3.90
9	385.4	3.55	516.6	3.48	890.2	3.19	1110.7	3.73
10	432.5	4.02	566.6	4.14	1049.0	3.24	---	---
11	463.7	3.87	628.0	4.75	---	---	---	---
12	574.1	3.37	811.1	2.49	---	---	---	---

模型の各実験の振動数応答関数を図4に示す。

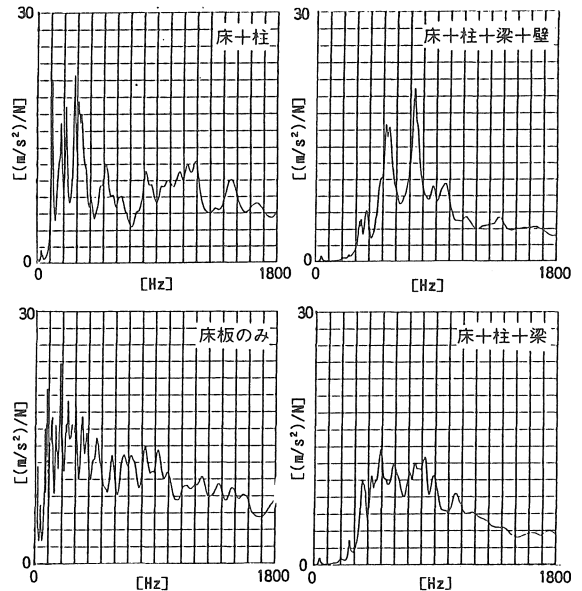


図4. 振動数応答関数の比較

各段階でのモード形状の推移を図5に示す。

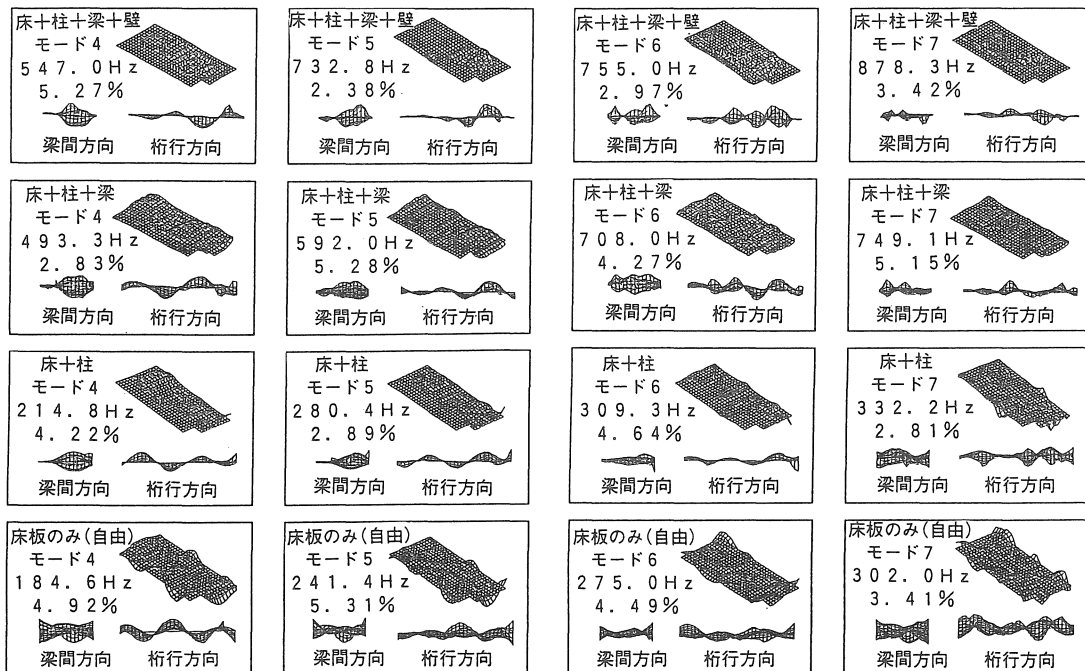


図5. モード形状の比較

5. 梁・壁の設置の効果に関する考察

各模型加振実験結果の振動数応答関数を比較すると、ケース1（床のみ）、ケース2（床+柱）、ケース3（床+柱+梁）、と段階的に部材を追加していくと、共振の振動数はより高く推移し、卓越はより低く抑えられる傾向が見受けられる。しかし、ケース3に壁を追加した、ケース4（床+柱+梁+壁）の応答は、その前ケースの応答と比べ、卓越のピーク

が集約され、卓越の度合いも高くなっている。このことは、500 Hz 付近及び740 Hz 付近で顕著に見受けられる。

モード形状の推移をみてみると、モード2とモード3、モード5とモード6、のように、床板のみでは明らかに異なる形状を示しているモードが、部材の追加により、互いに強い相関を示すモードに推移していく傾向がみとめられる。この2対のモードの固有振動数は、それぞれ上記の500 Hz、740 Hz 付近に位置している。

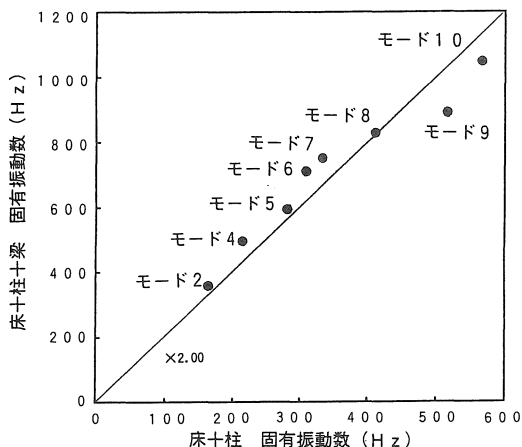


図6 (a) . 梁の追加による固有振動数の推移

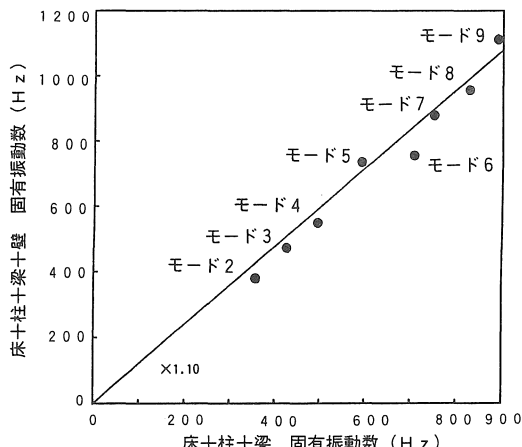


図6 (b) . 壁の追加による固有振動数の推移

部材追加による各モードの固有振動数の推移をみると、梁の追加により、モードの固有振動数は約2倍の増加を示し(図6(a))、壁の追加により、約15%の増加を示す(図6(b))ことがみとめられるが、壁の追加による上記モード5の固有振動数の高まりの度合いはやや高いが、モード6のそれは、やや低く、互いに近付いていることがみとめられる。

以上のことから、壁の追加により、互いのモードの連成が強まり、卓越のピークが高くなっているものと考えられる。

6. まとめ

① 床スラブに梁部材を追加すると、共振の振動数は約2倍の値に推移し、卓越はより低く抑えられる傾向が見受けられるが、さらに壁部材を追加した場合、応答の卓越ピークが集約され、卓越の度合いも高くなることがみとめられ、共振の振動数は1.1~1.2倍の値に推移を示した。

② モード形状の推移をみると、部材追加以前では明らかに異なる形状を示しているモードが、部材の追加により、互いに強い相関を示すモードに推移していく傾向がみとめられた。

③ ②のような傾向にあるモードの固有振動数は部材追加により互いに近付いていくことがみとめられた。

7. おわりに

補剛以前では明らかに異なるモード形状を示している複数のモードが、部材の追加により、互いに強い相関を示すモードに推移していく傾向がみとめられ、互いのモードの連成が強まっているものと考えられるため、部材の補剛によるモードの連成性状の推移特性の解明が望まれる。

最後に、模型の製作及び実験の遂行に惜しみない協力を頂いた、本学工学部建築学科成瀬研究室の平成5年度卒研究生の廣見好亮、舟橋聖宣、古橋直幸の諸君に感謝します。

参考文献

- 1) 井野 智; 鉄筋コンクリート床スラブの振動性状について, 日本建築学会論文報告集第273号(昭和53.11).
- 2) L.Cremer, M.Heckl; Structure-Borne Sound, Springer-Verlag.
- 3) L. マイロヴィッチ; 振動解析の理論と応用, 技報堂出版.

(受理 平成7年3月20日)